

／ CẢI CÁCH VÀ XÂY DỰNG  
CHƯƠNG TRÌNH ĐÀO TẠO KỸ THUẬT  
THEO PHƯƠNG PHÁP TIẾP CẬN CDIO

(Tái bản lần thứ nhất)

Rethinking Engineering Education  
The CDIO Approach

**Edward F. Crawley**

*Massachusetts Institute of Technology*

**Johan Malmqvist**

*Chalmers University of Technology*

**Sören Östlund**

*KTH - Royal Institute of Technology*

**Doris R. Brodeur**

*Massachusetts Institute of Technology*

**Biên dịch: Hồ Tấn Nhựt, Đoàn Thị Minh Trinh**



**NHÀ XUẤT BẢN**

**ĐẠI HỌC QUỐC GIA TP. HỒ CHÍ MINH**



**Springer**

**Translation from the English Language Edition:**

*Rethinking Engineering Education*

*The CDIO Approach*

By E.F. Crawley, J. Malmqvist, S. Östlund, D. Brodeur

Copyright © 2007 Springer Science+Business Media, LLC

All Rights Reserved.

**CẢI CÁCH VÀ XÂY DỰNG  
CHƯƠNG TRÌNH ĐÀO TẠO KỸ THUẬT  
THEO PHƯƠNG PHÁP TIẾP CẬN CDIO**

Biên dịch: Hồ Tấn Nhựt, Đoàn Thị Minh Trinh

Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh giữ bản quyền xuất bản và phát hành ấn bản tiếng Việt theo hợp đồng chuyển nhượng bản quyền với Springer Science+Business Media, LLC.

Bất cứ sự sao chép, trích dẫn nào không được sự đồng ý của Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh và Springer Science + Business Media, LLC đều là bất hợp pháp và vi phạm Luật Xuất bản Việt Nam, Luật Bản quyền Quốc tế và Công ước Bảo hộ Bản quyền Sở hữu Trí tuệ Berne.

**ĐẠI HỌC QUỐC GIA THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH**

Khu phố 6, Phường Linh Trung, Quận Thủ Đức, TP. Hồ Chí Minh

Tel: (+84.8) 37242181 - (+84.8) 37242160

Fax: (+84.8) 37242057

Website: [www.vnuhcm.edu.vn](http://www.vnuhcm.edu.vn)

# MỤC LỤC

<b>1. GIỚI THIỆU .....</b>	<b>1</b>
CƠ SỞ LÝ LUẬN .....	1
CƠ SỞ HÌNH THÀNH.....	2
ĐỀ XUẤT CDIO .....	2
ĐỀ CƯƠNG VÀ TIÊU CHUẨN CDIO.....	3
TRIỂN KHAI VÀ TIẾN TRIỂN.....	4
VỀ QUYỀN SÁCH .....	5
<b>2. TỔNG QUAN.....</b>	<b>6</b>
GIỚI THIỆU .....	6
MỤC TIÊU CỦA CHƯƠNG .....	7
ĐỘNG LỰC THAY ĐỔI .....	7
Người kỹ sư hiện đại làm gì .....	7
Hình thành ý tưởng - Thiết kế - Triển khai - Vận hành.....	8
Sự cần thiết cải cách giáo dục kỹ thuật.....	10
Yêu cầu cải cách giáo dục kỹ thuật .....	14
Hình thành ý tưởng - Thiết kế - Triển khai - Vận hành là bối cảnh của giáo dục kỹ thuật .....	14
Duy trì những nền tảng đồng thời tăng cường các kỹ năng.....	16
Sự tham gia của các bên liên quan.....	17
Thu hút và giữ lại các sinh viên đạt tiêu chuẩn .....	18
Phạm vi của nỗ lực cải cách ở cấp chương trình .....	18
Hợp tác trong cải cách giáo dục kỹ thuật.....	19
Hình thành dựa trên những phương pháp tiếp cận giáo dục theo thực tiễn tốt nhất .....	20
Không đòi hỏi nhiều nguồn lực mới.....	20
ĐỀ XUẤT CDIO.....	20
Các mục tiêu .....	22
Mục tiêu 1.....	22
Mục tiêu 2.....	23
Mục tiêu 3.....	23
Tầm nhìn.....	24
Chuẩn đầu ra.....	25
Cải cách chương trình đào tạo .....	28
Các trải nghiệm thiết kế - triển khai và không gian làm việc CDIO .....	31

Cải cách dạy và học.....	32
Đánh giá kết quả học tập của sinh viên và kiểm định chương trình.....	33
Nền tảng phương pháp sư phạm.....	34
Đáp ứng các yêu cầu.....	36
<b>THỰC HIỆN TÂM NHÌN.....</b>	<b>36</b>
Đề cương CDIO.....	37
Tiêu chuẩn CDIO .....	38
Thay đổi về tổ chức và văn hóa.....	40
Nâng cao năng lực giảng viên .....	42
Các ý tưởng và các nguồn lực nguồn mở .....	43
Giá trị của việc hợp tác để phát triển song song.....	44
Thống nhất tiêu chuẩn quốc gia và các đề xướng thay đổi khác .....	44
Thu hút và tạo động lực thúc đẩy sinh viên “sẵn sàng làm việc kỹ thuật” .....	45
Đáp ứng các yêu cầu.....	47
<b>TÓM TẮT.....</b>	<b>48</b>
<b>CÂU HỎI THẢO LUẬN.....</b>	<b>48</b>
<b>TÀI LIỆU THAM KHẢO .....</b>	<b>49</b>

### **3. ĐỀ CƯƠNG CDIO:**

#### **CHUẨN ĐẦU RA DÀNH CHO GIÁO DỤC KỸ THUẬT .....**

Viết cùng với P. J. Armstrong

<b>GIỚI THIỆU.....</b>	<b>50</b>
<b>MỤC TIÊU CỦA CHƯƠNG .....</b>	<b>51</b>
<b>KIẾN THỨC VÀ KỸ NĂNG CỦA NGÀNH KỸ THUẬT.....</b>	<b>52</b>
Kiến thức và những kỹ năng kỹ thuật cần thiết.....	52
Tầm quan trọng của cơ sở lý luận và mức độ chi tiết.....	53
<b>ĐỀ CƯƠNG CDIO.....</b>	<b>54</b>
Sự phát triển và tích hợp Đề cương CDIO .....	55
Nội dung và cấu trúc Đề cương CDIO .....	56
Phê chuẩn Đề cương CDIO .....	62
Những chủ đề đương đại trong kỹ thuật –	
Phát minh và Bền vững .....	67
Tổng quát hóa Đề cương CDIO.....	70

<b>CHUẨN ĐẦU RA VÀ TRÌNH ĐỘ NĂNG LỰC CỦA SINH VIÊN.....</b>	<b>71</b>
---	-----------

Nghiên cứu chuẩn đầu ra ở bốn trường đại học sáng lập CDIO.....	72
Quy trình khảo sát xác định trình độ năng lực mong muốn.....	73
Kết quả khảo sát ở MIT .....	74
Kết quả khảo sát tại ba trường đại học ở Thụy Điển .....	75
So sánh giữa bốn trường đại học .....	77
Nghiên cứu chuẩn đầu ra ở Đại học Queen's - Belfast.....	78
Diễn giải trình độ năng lực mong đợi thành chuẩn đầu ra.....	82
<b>TÓM TẮT.....</b>	<b>84</b>
<b>CÂU HỎI THẢO LUẬN.....</b>	<b>85</b>
<b>TÀI LIỆU THAM KHẢO .....</b>	<b>85</b>

#### **4. THIẾT KẾ CHƯƠNG TRÌNH ĐÀO TẠO**

<b>TÍCH HỢP .....</b>	<b>87</b>
Viết cùng với K. Edström, S. Gunnarsson, và G. Gustafsson	
<b>GIỚI THIỆU .....</b>	<b>87</b>
<b>MỤC TIÊU CỦA CHƯƠNG .....</b>	<b>89</b>
<b>CƠ SỞ HÌNH THÀNH CHƯƠNG TRÌNH ĐÀO TẠO</b>	
<b>TÍCH HỢP .....</b>	<b>90</b>
Các lý do thực tiễn.....	90
Các lý do sự phạm .....	90
Đặc tính của việc thiết kế chương trình đào tạo .....	91
Nhận thức của giảng viên đối với những kỹ năng chung .....	92
<b>NỀN TẢNG CHO VIỆC THIẾT KẾ</b>	
<b>CHƯƠNG TRÌNH ĐÀO TẠO .....</b>	<b>93</b>
Mô hình quá trình thiết kế chương trình đào tạo .....	93
Nội dung chương trình đào tạo và các chuẩn đầu ra.....	95
Các điều kiện đã tồn tại trước đây .....	95
Đổi mới chương trình đào tạo hiện có.....	97
<b>THIẾT KẾ CHƯƠNG TRÌNH ĐÀO TẠO TÍCH HỢP.....</b>	<b>100</b>
Cấu trúc của chương trình đào tạo.....	100
Nguyên tắc tổ chức.....	100
Kế hoạch tổng thể.....	102
Cấu trúc khối môn học.....	103
Khái niệm cho cấu trúc chương trình đào tạo.....	105
Trình tự nội dung và các chuẩn đầu ra.....	107
Đổi ứng các chuẩn đầu ra .....	109
<b>GIỚI THIỆU VỀ NGÀNH KỸ THUẬT .....</b>	<b>112</b>
<b>TÓM TẮT.....</b>	<b>115</b>
<b>CÂU HỎI THẢO LUẬN.....</b>	<b>116</b>
<b>TÀI LIỆU THAM KHẢO .....</b>	<b>116</b>

<b>5. TRẢI NGHIỆM THIẾT KẾ - TRIỂN KHAI VÀ KHÔNG GIAN LÀM VIỆC KỸ THUẬT .....</b>	<b>117</b>
Viết cùng với P.W.Young và S. Hallström	
GIỚI THIỆU.....	117
MỤC TIÊU CỦA CHƯƠNG .....	118
CÁC TRẢI NGHIỆM THIẾT KẾ - TRIỂN KHAI.....	119
Ý nghĩa của trải nghiệm thiết kế - triển khai .....	119
Vai trò và lợi ích của các trải nghiệm thiết kế - triển khai.....	120
Những trải nghiệm thiết kế - triển khai ở trình độ cơ bản .....	122
Những trải nghiệm thiết kế - triển khai ở trình độ nâng cao.....	122
Những đặc điểm của trải nghiệm thiết kế - triển khai .....	123
Các trải nghiệm thiết kế - triển khai xuyên suốt	
chương trình đào tạo.....	124
Các đề án năm thứ nhất.....	124
Các đề án năm thứ hai .....	124
Các đề án năm thứ ba và năm thứ tư.....	126
Những thách thức của trải nghiệm thiết kế - triển khai .....	130
Những phản ứng của bên liên quan và tóm lược .....	134
KHÔNG GIAN LÀM VIỆC KỸ THUẬT .....	134
Vai trò và lợi ích của không gian làm việc CDIO .....	135
Thiết kế không gian làm việc .....	136
Ví dụ về không gian làm việc CDIO .....	139
Các loại hình giảng dạy và học tập	
trong không gian làm việc CDIO .....	140
Thiết kế - triển khai sản phẩm, quy trình, và hệ thống .....	141
Củng cố kiến thức chuyên ngành .....	143
Khám phá tri thức.....	144
Xây dựng cộng đồng .....	144
Các công dụng phụ trợ.....	144
Những thách thức của không gian làm việc kỹ thuật	
và phản ứng của các bên liên quan.....	145
TÓM TẮT.....	146
CÂU HỎI THẢO LUẬN.....	148
TÀI LIỆU THAM KHẢO .....	148

<b>6. GIẢNG DẠY VÀ HỌC TẬP .....</b>	<b>150</b>
Viết cùng với K. Edström, D. Soderholm, và M. Knutson wedel	
GIỚI THIỆU .....	150
MỤC TIÊU CỦA CHƯƠNG .....	151
QUAN ĐIỂM CỦA SINH VIÊN VỀ GIẢNG DẠY VÀ HỌC TẬP.....	152
HỌC TẬP TÍCH HỢP .....	155
Lợi ích của học tập tích hợp .....	155
Học tập tích hợp qua đa trải nghiệm.....	157
CÁC PHƯƠNG PHÁP VÀ NGUỒN LỰC KHUYẾN KHÍCH HỌC TẬP TÍCH HỢP.....	158
Xác định các chuẩn đầu ra dự định.....	158
Phân loại các chuẩn đầu ra dự định .....	159
Các ví dụ về chuẩn đầu ra dự định .....	160
Sự nhất quán mang tính xây dựng của các chuẩn đầu ra dự định.....	161
Hỗ trợ của giảng viên cho học tập tích hợp.....	162
HỌC CHỦ ĐỘNG VÀ TRẢI NGHIỆM.....	163
Các phương pháp học chủ động .....	164
Thẻ “bùn” .....	164
Các câu hỏi khái niệm .....	164
Các hệ thống trả lời điện tử .....	166
Đánh dấu.....	166
Các phương pháp học tập trải nghiệm .....	167
Học dựa trên đồ án.....	168
Mô phỏng.....	169
Nghiên cứu tình huống .....	169
Sử dụng đa phương pháp chủ động và trải nghiệm .....	170
Tạo sự thu hút của giáo dục kỹ thuật đối với tất cả sinh viên.....	171
CÁC LỢI ÍCH VÀ THÁCH THỨC.....	172
TÓM TẮT.....	173
CÂU HỎI THẢO LUẬN.....	174
TÀI LIỆU THAM KHẢO .....	175
<b>7. ĐÁNH GIÁ VIỆC HỌC TẬP CỦA SINH VIÊN.....</b>	<b>176</b>
Viết cùng với P. J. Gray	
GIỚI THIỆU.....	176
MỤC TIÊU CỦA CHƯƠNG .....	178

QUY TRÌNH ĐÁNH GIÁ HỌC TẬP .....	178
NHẤT QUÁN CÁC PHƯƠNG PHÁP ĐÁNH GIÁ VỚI CÁC CHUẨN ĐẦU RA.....	180
CÁC PHƯƠNG PHÁP ĐÁNH GIÁ HỌC TẬP CỦA SINH VIÊN.....	182
Các câu hỏi viết và vấn đáp.....	183
Xếp hạng năng lực.....	183
Xét duyệt sản phẩm.....	185
Nhật ký kỹ thuật và hồ sơ thành tích cá nhân.....	186
Các công cụ tự báo cáo khác.....	187
SỬ DỤNG CÁC KẾT QUẢ ĐÁNH GIÁ NHẪM CẢI TIẾN VIỆC DẠY VÀ HỌC.....	188
CÁC LỢI ÍCH VÀ THÁCH THỨC CHÍNH YẾU.....	189
TÓM TẮT.....	190
CÂU HỎI THẢO LUẬN.....	191
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	191
<b>8. THÍCH NGHI VÀ TRIỂN KHAI PHƯƠNG PHÁP TIẾP CẬN CDIO .....</b>	<b>192</b>
Viết cùng với D. Boden	
GIỚI THIỆU.....	192
MỤC TIÊU CỦA CHƯƠNG.....	193
PHÁT TRIỂN MỘT CHƯƠNG TRÌNH CDIO NHƯ LÀ MỘT VÍ DỤ VỀ SỰ THAY ĐỔI VĂN HÓA VÀ TỔ CHỨC.....	193
Các nhân tố thành công chính yếu đẩy mạnh sự thay đổi về văn hóa.....	195
Giai đoạn đầu tiên của sự thay đổi – Bắt đầu đúng.....	196
Hiểu được nhu cầu cần thay đổi.....	196
Sự lãnh đạo từ cấp cao nhất.....	198
Hình thành một tầm nhìn.....	199
Hỗ trợ cho những người tiên phong thực hiện thay đổi.....	200
Những thành công bước đầu.....	200
Giai đoạn thứ hai – tạo động lực cho các hoạt động cốt yếu trong quá trình thay đổi.....	201
Tránh lối mòn suy nghĩ cũ.....	201
Bao gồm sinh viên như là tác nhân của sự thay đổi.....	203
Sự tham gia và sở hữu.....	204
Có nguồn lực đầy đủ.....	205
Giai đoạn ba – thể chế hóa thay đổi.....	205



Công nhận và khích lệ các giảng viên .....	205
Văn hóa học tập của giảng viên.....	206
Kỳ vọng của sinh viên và các yêu cầu giáo dục .....	206
Sự thay đổi ở trường đại học là một ví dụ của sự thay đổi tổ chức .....	207
<b>SỰ PHÁT TRIỂN VÀ HỖ TRỢ GIẢNG VIÊN.....</b>	<b>211</b>
Nâng cao năng lực về kỹ năng của giảng viên .....	212
Nâng cao năng lực giảng dạy và đánh giá của giảng viên.....	215
<b>CÁC NGUỒN LỰC HỖ TRỢ THAY ĐỔI CHƯƠNG TRÌNH.....</b>	<b>217</b>
Mô hình thiết kế kỹ thuật cho sự phát triển phương pháp tiếp cận CDIO .....	218
Các ý tưởng và các nguồn lực nguồn mở .....	220
Giá trị của sự hợp tác để phát triển song song.....	224
<b>TÓM TẮT.....</b>	<b>225</b>
<b>CÂU HỎI THẢO LUẬN.....</b>	<b>225</b>
<b>TÀI LIỆU THAM KHẢO .....</b>	<b>226</b>
<b>9. KIỂM ĐỊNH CHƯƠNG TRÌNH.....</b>	<b>227</b>
Viết cùng với P. J. Gray	
<b>GIỚI THIỆU.....</b>	<b>227</b>
<b>MỤC ĐÍCH CỦA CHƯƠNG.....</b>	<b>229</b>
<b>KIỂM ĐỊNH CHƯƠNG TRÌNH</b>	
<b>DỰA VÀO CÁC TIÊU CHUẨN .....</b>	<b>229</b>
<b>CÁC TIÊU CHUẨN CDIO</b>	
<b>VÀ CÁC CÂU HỎI LIÊN QUAN CHÍNH YẾU .....</b>	<b>231</b>
Cơ sở lý luận và cơ cấu tổ chức của các Tiêu chuẩn CDIO.....	232
Các câu hỏi chính yếu nhất quán với các Tiêu chuẩn.....	234
<b>CÁC PHƯƠNG PHÁP KIỂM ĐỊNH CHƯƠNG TRÌNH .....</b>	<b>236</b>
Xem xét tài liệu.....	237
Phỏng vấn cá nhân và nhóm tập trung .....	237
Các bảng câu hỏi và khảo sát.....	237
Ghi chú hồi tưởng của giảng viên.....	238
Xem xét chương trình bởi các chuyên gia từ bên ngoài .....	238
Các nghiên cứu theo thời gian .....	239
<b>KIỂM ĐỊNH CHƯƠNG TRÌNH</b>	
<b>THEO CÁC TIÊU CHUẨN CDIO .....</b>	<b>239</b>
<b>QUY TRÌNH CẢI TIẾN CHƯƠNG TRÌNH LIÊN TỤC .....</b>	<b>245</b>

<b>TÁC ĐỘNG TỔNG THỂ CỦA CÁC CHƯƠNG TRÌNH CDIO ...</b>	<b>246</b>
Các kết quả ban đầu của các đầu vào, quy trình và đầu ra ngắn hạn.....	247
Các nghiên cứu về đầu ra dài hạn và tác động tổng thể.....	248
<b>TÓM TẮT.....</b>	<b>250</b>
<b>CÂU HỎI THẢO LUẬN.....</b>	<b>251</b>
<b>TÀI LIỆU THAM KHẢO .....</b>	<b>251</b>

**10. CÁC BÓI CẢNH LỊCH SỬ  
CỦA GIÁO DỤC KỸ THUẬT ..... 253**

U. Jørgensen

<b>GIỚI THIỆU.....</b>	<b>253</b>
<b>MỤC ĐÍCH CỦA CHƯƠNG.....</b>	<b>256</b>
<b>NGUỒN GỐC CỦA GIÁO DỤC KỸ THUẬT .....</b>	<b>256</b>
Giáo dục kỹ thuật ở Pháp .....	257
Giáo dục kỹ thuật ở Bắc Âu .....	257
Giáo dục kỹ thuật ở Anh.....	258
Giáo dục kỹ thuật ở Mỹ.....	259
<b>SỰ PHÁT TRIỂN KỸ THUẬT VÀ CÔNG NGHIỆP.....</b>	<b>260</b>
<b>KHOA HỌC NHƯ LÀ NỀN TẢNG CỦA KỸ THUẬT.....</b>	<b>262</b>
Các phát triển ở Mỹ.....	263
Các phát triển ở Châu Âu .....	263
Các phát triển sau chiến tranh.....	264
<b>SỰ GIÁM SÚT VỀ KỸ NĂNG THỰC HÀNH VÀ KINH NGHIỆM .....</b>	<b>265</b>
Sự chuyển đổi của những trường kỹ thuật.....	266
Sự đáp lại từ phía công nghiệp .....	267
Sự trở về của thực hành.....	268
<b>SỰ TẮC NGHẼN CHUYÊN MÔN VÀ LU MỜ CÁC RANH GIỚI.....</b>	<b>269</b>
Những thay thế cho sự tắc nghẽn chuyên môn.....	269
Lu mờ ranh giới giữa công nghệ và tự nhiên.....	270
Sự ảnh hưởng của công nghệ mới .....	271
<b>NHỮNG THÁCH THỨC ĐƯƠNG ĐẠI.....</b>	<b>273</b>
Một đặc thù mới cho kỹ thuật.....	173
Một nền giáo dục mới cho các kỹ sư.....	274
Giải quyết những thách thức đương thời với phương pháp tiếp cận CDIO.....	276
<b>TÓM TẮT .....</b>	<b>276</b>
<b>CÂU HỎI THẢO LUẬN .....</b>	<b>278</b>

TÀI LIỆU THAM KHẢO .....	278
<b>11. TRIỂN VỌNG TƯƠNG LAI.....</b>	<b>281</b>
Viết cùng với S. Gunnarsson	
GIỚI THIỆU .....	281
MỤC TIÊU CỦA CHƯƠNG .....	282
CÁC ĐỘNG LỰC THAY ĐỔI	
TRONG GIÁO DỤC KỸ THUẬT .....	282
Những đột phá khoa học và những phát triển công nghệ .....	283
Sự quốc tế hóa, sự lưu động và linh hoạt của sinh viên.....	283
Những kỹ năng và thái độ của những sinh viên kỹ thuật mới ....	287
Các vấn đề về giới tính và mở rộng số lượng sinh viên	
tham gia vào kỹ thuật.....	288
Các đề xướng của chính phủ và đa phương.....	288
SỰ PHÁT TRIỂN TRONG TƯƠNG LAI	
CỦA PHƯƠNG PHÁP TIẾP CẬN CDIO .....	289
Áp dụng vào những ngành kỹ thuật khác .....	289
Khái quát hóa bối cảnh chu trình vòng đời sản phẩm,	
quy trình, và hệ thống.....	290
Những sự khác biệt về phương pháp sư phạm	
và chương trình đào tạo.....	290
Thích ứng và áp dụng một số phần	
của phương pháp tiếp cận CDIO .....	292
Sự áp dụng vào các chương trình sau đại học .....	293
Vai trò nghề nghiệp của kỹ sư như là bối cảnh .....	293
Các mục tiêu giáo dục đặt ra bởi các bên liên quan	
và được đáp ứng bằng một trình tự các hoạt động	
học tập thích hợp .....	294
Sự áp dụng ngoài lĩnh vực giáo dục kỹ thuật .....	295
TÓM TẮT.....	296
CÂU HỎI THẢO LUẬN.....	297
TÀI LIỆU THAM KHẢO .....	298
<b>Phụ lục</b>	
A. Đề cương CDIO .....	299
B. Tiêu chuẩn CDIO .....	312
<b>PHỤ LỤC DANH MỤC .....</b>	<b>324</b>



# LỜI GIỚI THIỆU

Việt Nam đang trong giai đoạn chuyển tiếp sang nền kinh tế tri thức, vai trò của các trường đại học như những động cơ cho sự tăng trưởng kinh tế càng trở nên quan trọng hơn bao giờ hết. Một trong những thách thức chính yếu mà các trường đại học đang phải đối mặt là làm thế nào để đào tạo sinh viên có thể đáp ứng nhu cầu của một nền kinh tế đang phát triển, và cụ thể hơn là làm thế nào để sinh viên có được các kiến thức, kỹ năng, và thái độ mà doanh nghiệp và các bên liên quan khác mong muốn. Một số nghiên cứu về chất lượng giáo dục thực hiện bởi các cơ quan và tổ chức trong nước, cũng như các tổ chức nước ngoài, chẳng hạn như Quỹ Giáo dục Việt Nam, Intel, và các tổ chức khác, cho thấy cải tiến chất lượng giáo dục của Việt Nam là một nhu cầu cần thực hiện, có nhiều cơ hội và phương pháp tiếp cận có thể áp dụng để đáp ứng nhu cầu cải tiến này, và Việt Nam cần có một cách tiếp cận tầm hệ thống, bao gồm cải tiến giáo dục từ bậc tiểu học cho đến bậc đại học và sau đại học.

Một trong những khía cạnh chính yếu của giải pháp hệ thống là cải tiến giáo dục kỹ thuật ở bậc đại học và sau đại học. Điều cơ bản nhất cần phải có là một *phương pháp luận* để giúp chúng ta trả lời hai câu hỏi trọng tâm của giáo dục kỹ thuật:

- *Sinh viên kỹ thuật nên đạt được các kiến thức, kỹ năng, thái độ toàn diện nào khi rời khỏi trường đại học, và đạt được ở trình độ năng lực nào?*
- *Làm thế nào để chúng ta có thể làm tốt hơn trong việc đảm bảo sinh viên đạt được những kỹ năng ấy?*

Đây là hai câu hỏi *làm gì* và *làm như thế nào* mà các nhà giáo dục kỹ thuật trên thế giới nói chung, và ở Việt Nam nói riêng, thường gặp phải.

Trong quyển sách này, chúng tôi giới thiệu một *phương pháp luận* về cải cách giáo dục kỹ thuật có thể đáp ứng hai câu hỏi này. *Phương pháp luận* này được gọi là Hình thành ý tưởng (Conceive) - Thiết kế (Design) - Triển khai (Implement) - Vận hành (Operate), hay CDIO. CDIO là một đề xướng quốc tế lớn được hình thành để đáp ứng nhu cầu một thập kỷ mới của các doanh nghiệp và các bên liên quan khác trên toàn thế giới trong việc nâng cao khả năng của sinh viên tiếp thu các kiến thức cơ bản, đồng thời đẩy mạnh việc học các kỹ năng cá nhân và giao tiếp, và kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình, và hệ thống. Tầm nhìn của Đề xướng CDIO là cung cấp cho sinh viên một nền giáo dục trong đó sự nhấn mạnh về

kiến thức nền tảng kỹ thuật được đặt trong bối cảnh của Hình thành ý tưởng - Thiết kế - Triển khai - Vận hành các sản phẩm và hệ thống thực. Đề xướng CDIO có ba mục tiêu tổng quát: *đào tạo các sinh viên kỹ thuật thành những người có thể*

- *nắm vững kiến thức chuyên sâu của nền tảng kỹ thuật*
- *dẫn đầu trong kiến tạo và vận hành sản phẩm và hệ thống mới.*
- *hiểu được tầm quan trọng và tác động chiến lược của nghiên cứu và phát triển công nghệ đối với xã hội.*

Quyển sách này đóng vai trò giới thiệu một phương pháp luận mới cho các ngành kỹ thuật bậc đại học nói riêng, và cho nền giáo dục bậc đại học và sau đại học ở Việt Nam nói chung để xây dựng và phát triển chương trình đào tạo. Nội dung quyển sách lần lượt trình bày 12 Tiêu chuẩn của Đề xướng CDIO, và các nội dung của Đề cương CDIO, trong đó cũng trình bày nhiều dẫn chứng và ví dụ về cách thức áp dụng Đề xướng này ở các trường đại học thành viên của Hiệp hội CDIO. Điều rất quan trọng là Đề xướng không mang tính quy tắc. Cách thức áp dụng các Tiêu chuẩn CDIO và Đề cương CDIO phụ thuộc hoàn toàn vào đặc thù, điều kiện, và nguồn lực của từng chương trình đào tạo, và từng trường đại học. Thông tin và những cập nhật về Đề xướng CDIO được đăng trên trang web <http://www.cdio.org>.

Trong thời gian quyển sách được biên dịch sang tiếng Việt, Đề xướng CDIO đã có hơn 50 trường đại học thành viên trên khắp thế giới, trong đó có hơn 70 chương trình đào tạo tham gia, bao gồm nhiều ngành kỹ thuật, cũng như các ngành không thuộc lĩnh vực kỹ thuật như kinh doanh, quản lý dịch vụ khách sạn, quản lý môi trường, kiến trúc và thiết kế, khoa học tự nhiên v.v. Các trường và chương trình đào tạo tham gia đã sử dụng *phương pháp luận CDIO* làm phương châm cho việc cải tiến toàn diện, cụ thể là áp dụng Đề cương CDIO – một danh sách các chuẩn đầu ra – để trả lời câu hỏi *phải làm gì* và các Tiêu chuẩn CDIO để trả lời câu hỏi *làm như thế nào* để cải tiến các chương trình đào tạo mà các trường đang vận hành. Bên cạnh đó, một số quốc gia như Thụy Điển và Trung Quốc đã và đang dựa vào các Tiêu chuẩn CDIO để thực hiện kiểm định ở tầm quốc gia đối với các chương trình đào tạo thuộc lĩnh vực khoa học tự nhiên, kỹ thuật, và công nghệ.

Chủ trương áp dụng phương pháp luận CDIO ở Việt Nam đã được bắt đầu từ Mùa Hè năm 2008 dưới sự lãnh đạo của Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh (ĐHQG-HCM) thông qua một số lớp tập huấn nâng cao năng lực và hiệu quả tổ chức và quản lý đào tạo theo hệ thống tín chỉ. Và đến nay, các đề án triển khai thí điểm áp dụng CDIO cho một số nhóm ngành đào tạo, đang được xây dựng tại các trường đại học thành viên của ĐHQG-HCM để bắt đầu thực hiện từ năm 2010. Dưới sự chỉ đạo của Bộ Giáo dục và Đào tạo, các lớp tập huấn về CDIO cho các trường đại học sẽ được tổ chức vào năm 2010 tại Hà Nội, Đà Nẵng, và Thành phố Hồ Chí Minh. Một thách thức chung cho việc áp dụng và triển khai CDIO ở

Việt Nam là việc tạo ra các mô hình khung để áp dụng CDIO sao cho phù hợp với điều kiện và bối cảnh ở Việt Nam. Chúng tôi hy vọng rằng quyển sách này sẽ là một nguồn tài liệu tham khảo hữu ích cho những nhà giáo dục tâm huyết ở Việt Nam. Nếu bạn nhận thấy phương pháp luận CDIO này là đúng đắn và phù hợp cho chương trình đào tạo và trường đại học của bạn, chúng tôi khuyến khích bạn chia sẻ những kinh nghiệm áp dụng với chúng tôi và với những trường khác. Chúng tôi tin rằng sinh viên Việt Nam tốt nghiệp từ các chương trình áp dụng CDIO sẽ không những đạt được yêu cầu của các bên liên quan ở Việt Nam, mà còn sẽ đạt được trình độ theo chuẩn mực quốc tế như các sinh viên khác tốt nghiệp từ các chương trình CDIO trên thế giới.

Chúng tôi cảm ơn sự ủng hộ của Bộ Giáo dục và Đào tạo đối với việc biên dịch và xuất bản quyển sách này. Quyển sách đã không được dịch sang tiếng Việt với mong muốn chia sẻ với nhiều bạn đọc hơn, nếu như không có được sự ủng hộ từ Ban Giám đốc ĐHQG-HCM và Ban Sáng lập CDIO. Với chúng tôi, việc biên dịch một quyển sách với nhiều ý tưởng và thuật ngữ mới, hay chưa có trong tiếng Việt, là một công trình lớn, và đã có thể là rất khó khăn nếu không có sự đóng góp đáng kể của nhiều đồng nghiệp trong và ngoài ĐHQG-HCM. Chúng tôi chân thành cảm ơn Cơ quan Văn phòng, các đơn vị, và các trường đại học thành viên của ĐHQG-HCM, đặc biệt là lãnh đạo và các chuyên viên Ban Đại học và Sau Đại học, Ban Quan hệ Đối ngoại, Nhà Xuất bản ĐHQG-HCM; các đồng nghiệp từ Trường Đại học Bách khoa, Trường Đại học Công nghệ Thông tin, Trường Đại học Khoa học Xã hội và Nhân văn đã đóng góp cho công tác này. Chúng tôi cảm ơn TS. Peter Gray từ Học viện Hải quân Hoa Kỳ, TS. Doris Brodeur từ MIT, và đặc biệt cảm ơn TS. Nguyễn Thị Thanh Phượng từ Quỹ Giáo dục Việt Nam.

Chúng tôi đã cố gắng hoàn thành việc biên dịch và xuất bản quyển sách này trong một thời gian rất ngắn nhằm phục vụ kịp thời cho công tác, chắc chắn có những sơ sót, mong bạn đọc góp ý để quyển sách được hoàn thiện hơn.

*Ban Giám đốc Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh*

*PGS. TS. Hồ Tấn Nhựt, California State University  
Northridge, CA, USA*

*PGS.TS. Đoàn Thị Minh Trinh, Đại học Quốc gia  
Thành phố Hồ Chí Minh*

Mùa Đông 2009





# ĐÀO TẠO KỸ SƯ CHO NĂM 2020 TRỞ ĐI

Charles M. Vest

Nguyên Hiệu trưởng

Học viện Công nghệ Massachusetts (MIT)

Phần lớn sự nghiệp của tôi được diễn ra trong Thế kỷ 20 – một thế kỷ của Vật lý, Điện tử, và Truyền thông và Vận tải tốc độ cao. Và giờ đây, tất cả chúng ta – và đặc biệt là các sinh viên của chúng ta – có một đặc ân được sống trong quá trình chuyển tiếp sang Thế kỷ 21 – có lẽ là thế kỷ của Sinh học và Thông tin.

Khi sự chuyển tiếp này diễn ra, đó là lúc thích hợp để suy nghĩ lại về giáo dục kỹ thuật. Khi tôi nhìn lại khoảng thời gian trên 35 năm làm nhà giáo dục về kỹ thuật, tôi nhận ra rằng nhiều thứ đã thay đổi một cách đáng kể, nhưng cũng có nhiều thứ khác dường như không thay đổi gì cả. Những thách thức đã đi cùng chúng ta trong 35 năm qua bao gồm làm thế nào cho năm đại học đầu tiên được thú vị hơn, trao đổi với nhau về những gì người kỹ sư thực sự làm, và đem đến sự phong phú đa dạng về con người cho lực lượng lao động kỹ thuật. Sinh viên cần phải học cách thức hợp nhất khoa học vật lý, khoa học đời sống, và khoa học thông tin ở mức nano-, meso-, vi mô và vĩ mô; có đạo đức nghề nghiệp và trách nhiệm xã hội, cần phải có khả năng sáng tạo và phát minh đột phá, và cần phải có khả năng viết và giao tiếp tốt. Các sinh viên của chúng ta cần phải được trang bị để sống và làm việc như một công dân quốc tế, hiểu được người kỹ sư nên đóng góp như thế nào cho xã hội. Họ cần phải có kiến thức cơ bản về quy trình kinh doanh; thành thạo trong phát triển sản phẩm và sản xuất có chất lượng cao; và biết làm thế nào để *hình thành ý tưởng, thiết kế, triển khai, và vận hành* các hệ thống kỹ thuật có độ phức tạp thích hợp. Họ phải làm việc này ngày càng nhiều trong khuôn khổ của sự phát triển bền vững, và được trang bị để sống và làm việc như những công dân toàn cầu. Đó là một yêu cầu rất cao có lẽ là một yêu cầu bất khả thi.

Nhưng có thật như vậy không? Tôi đã gặp sinh viên ở hành lang của MIT và ở các trường đại học khác, họ có thể làm được tất cả những điều này – và còn nhiều hơn thế nữa. Vì vậy, chúng ta cần phải có tầm nhìn cao. Nhưng làm thế nào chúng ta có thể đạt được tất cả công việc giảng dạy và học tập này? Điều gì cần phải giữ nguyên, và điều gì cần phải thay đổi?

Khi chúng ta nghĩ về những thách thức phía trước, điều quan trọng cần phải ghi nhớ rằng một số yếu tố là cố định. Các sinh viên, chẳng hạn, được thúc đẩy bởi niềm đam mê, lòng hiếu kỳ, sự tham gia, và những ước mơ.

Mặc dù chúng ta không thể biết chính xác nên dạy họ những gì, chúng ta có thể tập trung vào môi trường và bối cảnh trong đó họ học tập, và tập trung vào các động lực, ý tưởng, niềm cảm hứng, và những tình huống thực mà họ tiếp xúc.

Một yếu tố cố định khác là nhu cầu cho sinh viên lĩnh hội được một nền tảng vững chắc về khoa học, các nguyên lý kỹ thuật, và các khả năng phân tích. Theo quan điểm của tôi, sự hiểu biết chuyên sâu về kiến thức nền tảng là điều quan trọng nhất mà chúng ta cung cấp cho sinh viên. Phần lớn các quan điểm hiện nay của chúng ta về nền tảng kỹ thuật được định hình bởi cái thường được gọi là “cuộc cách mạng khoa học kỹ thuật”. Cuộc cách mạng này đã được sản sinh chủ yếu bởi những giáo sư của MIT, những người đã dựa trên các kinh nghiệm có được từ việc phát triển các hệ thống radar trong Chiến tranh Thế giới Thứ II để tạo ra một cách thức hoàn toàn khác cho thực hành và giảng dạy kỹ thuật. Một di sản to lớn của kỷ nguyên này, với sự đóng góp từ nhiều trường đại học lớn, là một thế giới giáo dục kỹ thuật mới, được xây dựng dựa trên một nền tảng vững chắc về khoa học nhiều hơn là công trình vĩ mô truyền thống, các biểu đồ, các cảm nang, và các luật lệ. Khoa học kỹ thuật mới đòi hỏi sự trang bị mới các sách giáo khoa và phòng thí nghiệm. Tuy nhiên, những nhà sáng lập tâm nhìn mới về giáo dục kỹ thuật này đã không hề có ý thay thế sự thú vị của kỹ thuật – cơ hội cho sinh viên thiết kế và xây dựng, hoặc nhu cầu làm việc theo nhóm và đạo đức, những điều này làm phong phú các trải nghiệm của sinh viên. Trong quá trình đó, có một điều gì đó đã đi lạc hướng. Chúng ta cần phải suy nghĩ lại về giáo dục kỹ thuật, và tìm ra một sự cân bằng mới.

Có lẽ tôi quá cổ hủ vì tôi tin rằng những bài giảng với những ý tưởng thật hay và phong cách truyền đạt tốt vẫn là những trải nghiệm giảng dạy và học tập tuyệt vời. Chúng vẫn có chỗ đứng trong giáo dục. Nhưng ngay cả tôi, phải thú nhận rằng có rất nhiều sự thật trong câu nói mà người bạn lỗi lạc của tôi, Murray Gell-Mann, người đoạt giải Nobel về vật lý năm 1929, rất thích nói: “Chúng ta phải chuyển đổi từ một nhà uyên bác trên sân khấu thành người hướng dẫn bên cánh gà”. Việc giảng dạy trong studio, các đề án làm việc theo nhóm, giải quyết vấn đề, học tập trải nghiệm, tham gia nghiên cứu, nên là những thành tố không thể thiếu được trong giáo dục kỹ thuật.

Triết lý của phương pháp tiếp cận CDIO cho giáo dục kỹ thuật nắm bắt những đặc tính chính yếu này của nền giáo dục hiện đại – sự hứng khởi về những gì người kỹ sư sẽ làm, học chuyên sâu về nền tảng, các kỹ năng, và kiến thức về cách thức người kỹ sư đóng góp cho xã hội. Triết lý này được dạy theo cách thức sao cho có thể nắm bắt được niềm đam mê của sinh viên chúng ta.

Tôi khuyến khích bạn hãy đọc về phương pháp tiếp cận tích hợp này, và xem xét phương pháp này có thể có tác động như thế nào đến thực hành giáo dục kỹ thuật tại trường đại học của bạn.

# CHƯƠNG MỘT

## GIỚI THIỆU

### CƠ SỞ LÝ LUẬN

Mục đích của giáo dục kỹ thuật là đáp ứng yêu cầu học tập của sinh viên để họ trở thành người kỹ sư thành đạt – có chuyên môn kỹ thuật, có ý thức xã hội, có thiên hướng sáng tạo. Sự kết hợp những kiến thức, kỹ năng và thái độ này là điều kiện cốt yếu để tăng cường hiệu quả, tinh thần khởi nghiệp và tính xuất sắc trong môi trường ngày càng dựa trên sản phẩm, quy trình và hệ thống mang tính phức hợp về kỹ thuật và đòi hỏi tính bền vững. Do đó yêu cầu cấp thiết là phải cải tiến chất lượng và bản chất của giáo dục kỹ thuật ở bậc đào tạo đại học.

Trong hai thập niên gần đây, giới lãnh đạo học thuật, công nghiệp và chính phủ bắt đầu đề cập tới sự cần thiết của việc cải cách bằng cách đề xuất các quan điểm về tố chất của người kỹ sư. Qua nỗ lực này, chúng tôi xác định nhu cầu thiết yếu là đào tạo sinh viên có năng lực Hình thành ý tưởng (Conceive) - Thiết kế (Design) - Triển khai (Implement) - Vận hành (Operate) sản phẩm, quy trình và hệ thống mang tính phức hợp, có giá trị gia tăng trong môi trường hiện đại, làm việc theo nhóm. Xuất phát từ việc đề cao chu trình vòng đời (lifecycle) sản phẩm, quy trình và hệ thống, đề xướng này được hình thành với tên gọi CDIO (Conceive-Design-Implement-Operate).

Trong phần nội dung sau đây, chúng tôi sẽ trình bày vì sao quá trình Hình thành ý tưởng - Thiết kế - Triển khai - Vận hành sản phẩm, quy trình, và hệ thống là bối cảnh phù hợp cho giáo dục kỹ thuật. Phương pháp tiếp cận CDIO được xây dựng dựa trên sự góp ý của các bên liên quan để xác định nhu cầu học tập của sinh viên trong chương trình đào tạo và xây dựng chuỗi kinh nghiệm học tập tích hợp nhằm đáp ứng nhu cầu đó. Chúng tôi kết hợp một phương pháp tiếp cận toàn diện và đề áp dụng rộng rãi để cải tiến chương trình đào tạo, cải tiến việc giảng dạy và học tập, cải tiến không gian học tập. Phương pháp tiếp cận này được hỗ trợ bởi các quy trình đánh giá và thay đổi chặt chẽ. Theo phương thức này, chúng tôi hướng tới cải tiến một cách đáng kể chất lượng và bản chất giáo dục kỹ thuật ở bậc đào tạo đại học.

## CƠ SỞ HÌNH THÀNH

Vào những năm 1980 và 1990, giới kỹ sư trong ngành công nghiệp và chính phủ, cùng lãnh đạo ở các trường đại học, bắt đầu bàn luận về việc cải tiến tình trạng giáo dục kỹ thuật. Trong quá trình này, họ đã xem xét các tổ chất mong muốn của kỹ sư tốt nghiệp trong những năm gần đây và lập ra danh sách các tổ chất mong muốn của kỹ sư. Trong danh sách này, phổ biến nhất là sự phê phán gián tiếp về giáo dục kỹ thuật đương thời, trong đó coi trọng giảng dạy lý thuyết, gồm toán học, khoa học, và những môn kỹ thuật, trong khi đó nền tảng thực hành như kỹ năng thiết kế, làm việc theo nhóm và giao tiếp không được đề cao.

Sự phê phán này biểu lộ sự mâu thuẫn giữa hai mục tiêu cơ bản của giáo dục kỹ thuật đương đại: yêu cầu đào tạo sinh viên trở thành *chuyên gia* trong nhiều lĩnh vực công nghệ – mỗi lĩnh vực đòi hỏi kiến thức chuyên nghiệp ngày càng cao; đồng thời yêu cầu đào tạo sinh viên trở thành *người đa năng* có các kỹ năng cá nhân, kỹ năng giao tiếp, kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình và hệ thống.

Những chương trình kỹ thuật ở phần lớn các quốc gia trên thế giới – chứa đựng mâu thuẫn này – là sản phẩm của sự phát triển giáo dục kỹ thuật trong nửa thế kỷ trước. Trong những năm đó, các chương trình này đã chuyển đổi từ chương trình giáo dục dựa trên thực hành sang mô hình đào tạo dựa trên khoa học kỹ thuật. Hệ quả chủ ý của sự thay đổi này là nhằm trang bị cho sinh viên nền tảng khoa học vững chắc để đối ứng với những thách thức kỹ thuật có thể gặp phải trong tương lai. Hệ quả không chủ ý của sự thay đổi này là sự chuyển đổi trong văn hóa giáo dục kỹ thuật, mà sự chuyển đổi đó làm giảm giá trị của những kỹ năng và thái độ được xem là tiêu chuẩn của giáo dục kỹ thuật cho đến thời kỳ ấy. Từ đó đã hình thành sự mâu thuẫn giữa chương trình giảng dạy thiên về lý thuyết và chương trình giảng dạy thiên về thực hành.

Thách thức hiện nay là cần có sự thay đổi nhằm giải tỏa mâu thuẫn này để đáp ứng yêu cầu của những bên liên quan ngoài trường đại học, để cải cách chương trình và phương pháp giáo dục, và thực chất là để biến đổi văn hóa giáo dục.

## ĐỀ XUẤT CDIO

Đề xuất CDIO đáp ứng thách thức này thông qua việc đào tạo sinh viên trở thành người kỹ sư toàn diện hiểu được cách thức Hình thành ý tưởng - Thiết kế - Triển khai - Vận hành những sản phẩm, quy trình, và hệ thống kỹ thuật phức hợp, có giá trị gia tăng, trong môi trường hiện đại, làm việc theo nhóm. Đề xuất có ba mục tiêu tổng quát:

*Đào tạo sinh viên có khả năng:*

- *Lĩnh hội vốn kiến thức sâu hơn của nền tảng kỹ thuật.*
- *Dẫn đầu trong kiến tạo và vận hành sản phẩm, quy trình, và hệ thống mới.*
- *Hiểu tầm quan trọng và ảnh hưởng chiến lược của nghiên cứu và phát triển công nghệ đối với xã hội.*

Sự giáo dục này nhấn mạnh về nền tảng và đặt trong bối cảnh Hình thành ý tưởng - Thiết kế - Triển khai - Vận hành sản phẩm, quy trình và hệ thống. Chúng tôi phấn đấu xây dựng các chương trình học hiệu quả về mặt giáo dục và tạo nhiều hứng khởi hơn cho sinh viên, thu hút sinh viên đến với kỹ thuật, duy trì sinh viên trong chương trình đào tạo và nghề nghiệp.

Bối cảnh hình thành ý tưởng, thiết kế, triển khai, vận hành này là phù hợp bởi vì nó là vai trò nghề nghiệp của kỹ sư và bởi vì nó tạo nên sự xếp đặt tự nhiên cho việc giảng dạy kỹ năng và thái độ hướng nghiệp kỹ thuật chủ yếu. Theo bối cảnh này, chúng tôi triển khai phương pháp tiếp cận tích hợp để xác định yêu cầu học tập của sinh viên và xây dựng chuỗi kinh nghiệm học tập để đáp ứng các nhu cầu này.

Đặc tính trọng tâm của phương pháp tiếp cận CDIO là tạo ra kinh nghiệm học tập *tác động kép* thúc đẩy việc học sâu về nền tảng kỹ thuật và kỹ năng thực hành. Chúng tôi sử dụng cách tiếp cận sư phạm hiện đại, phương pháp giảng dạy tiên tiến và môi trường học tập hiện đại để cung cấp kinh nghiệm học tập thực tiễn. Kinh nghiệm học tập cụ thể này tạo ra một cơ cấu nhận thức cho việc học tập những vấn đề trừu tượng của nền tảng kỹ thuật và cung cấp cơ hội ứng dụng tích cực, thuận lợi để tiếp thu và duy trì kiến thức. Do đó, những kinh nghiệm học tập cụ thể này cung cấp đường hướng để đạt kiến thức nền tảng sâu hơn, cũng như những kỹ năng cá nhân, kỹ năng giao tiếp, kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình và hệ thống.

## ĐỀ CƯƠNG VÀ TIÊU CHUẨN CDIO

Nhằm đạt được mục đích đề ra, một quy trình kỹ thuật chặt chẽ đã được áp dụng để thiết kế phương pháp tiếp cận CDIO. Chúng tôi thiết lập cách tiếp cận tích hợp để xác định nhu cầu học tập của sinh viên đối với chương trình và thiết kế chuỗi kinh nghiệm học tập để đáp ứng nhu cầu này. Hai thành phần này được thể hiện trong một cấu trúc dựa trên những thông lệ tốt nhất, bao gồm Đề cương CDIO và Tiêu chuẩn CDIO.

Chuẩn đầu ra cụ thể được sắp xếp một cách hệ thống trong Đề cương CDIO. Đề cương bao gồm danh sách những kỹ năng nhất quán, hợp lý, thích đáng đối với người kỹ sư. Đề cương CDIO được hình thành từ việc đánh giá nhu cầu và các nguồn tài liệu gốc, và được kiểm chứng bởi đánh

# CHƯƠNG HAI

## TỔNG QUAN

### GIỚI THIỆU

Mục tiêu của giáo dục kỹ thuật là đào tạo sinh viên “sẵn sàng trở thành kỹ sư” được chuẩn bị rộng về kỹ năng hướng nghiệp kỹ thuật và có kiến thức sâu về nền tảng kỹ thuật. Đó là nhiệm vụ của những nhà giáo dục kỹ thuật nhằm liên tục cải thiện chất lượng và bản chất giáo dục kỹ thuật ở bậc đại học để đạt được mục tiêu này. Trong 25 năm qua, nhiều người trong các doanh nghiệp, chính phủ và chương trình đại học đề cập đến nhu cầu cải cách giáo dục kỹ thuật thường bằng cách nêu lên chuẩn đầu ra dưới dạng các tố chất đối với sinh viên tốt nghiệp kỹ thuật. Sau khi cân nhắc những quan điểm này, chúng tôi xác định được một yêu cầu cơ bản: đào tạo sinh viên có năng lực Hình thành ý tưởng - Thiết kế - Triển khai - Vận hành sản phẩm, quy trình, hệ thống phức tạp, có giá trị gia tăng, và sử dụng các năng lực này trong môi trường hiện đại, làm việc theo nhóm.

Phương pháp tiếp cận CDIO sẽ cải cách giáo dục kỹ thuật để đáp ứng yêu cầu cơ bản trên. Đối với sinh viên, giá trị của phương pháp tiếp cận này được xây dựng trên ba tiền đề phản ánh mục tiêu, tầm nhìn và nền tảng sự phạm của phương pháp:

- Nhu cầu cơ bản được đáp ứng tốt nhất bằng cách đặt ra các mục tiêu nhấn mạnh đến kiến thức cơ bản, đồng thời làm cho quá trình hình thành ý tưởng - thiết kế - triển khai - vận hành sản phẩm, quy trình, hệ thống trở thành bối cảnh giáo dục kỹ thuật.
- Chuẩn đầu ra của sinh viên nên được đặt ra với sự tham gia của các bên liên quan và được đáp ứng bằng cách thiết lập một chuỗi những kinh nghiệm học tập tích hợp, trong đó một số mang tính trải nghiệm, điều này tạo điều kiện cho sinh viên tiếp xúc với các tình huống mà người kỹ sư sẽ gặp trong nghề nghiệp của họ.
- Cấu trúc phù hợp của các hoạt động học tập tích hợp sẽ làm cho các hoạt động này có tác động kép, tạo điều kiện cho sinh viên học tập kỹ năng cá nhân và kỹ năng giao tiếp quan trọng; kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình, và hệ thống; và đồng thời nâng cao kiến thức cơ bản.

Phương pháp tiếp cận CDIO kết hợp những quy trình mang tính toàn diện và có khả năng ứng dụng rộng rãi để cải tiến chương trình đào tạo, chất lượng giảng dạy và học tập, không gian làm việc; và được hỗ trợ bởi các quy trình đánh giá và thay đổi chặt chẽ.

Chương tổng quan này phác thảo những tiền đề và đặc điểm chính yếu của Đề xướng CDIO. Chương bắt đầu với sự bàn luận về động lực cải tiến giáo dục kỹ thuật, bao gồm bàn luận về nhu cầu của sinh viên, hoàn cảnh lịch sử của giáo dục, và những yêu cầu đối với một chương trình cải cách hiệu quả. Phần thứ hai của chương mô tả một số chi tiết của Đề xướng: gồm mục tiêu, tầm nhìn và nền tảng sư phạm. Cấu trúc của phần thứ hai này đóng vai trò là khung nội dung cho nhiều chương tiếp theo của cuốn sách, mà những chương này sẽ đi vào chi tiết những chủ đề về xác định mục tiêu học tập, cải tiến chương trình và môi trường học tập, giảng dạy và học tập, đánh giá kết quả học tập của sinh viên và kiểm định chương trình. Phần sau cùng của chương mô tả những phương cách để triển khai Đề xướng, bao gồm những nguồn lực sẵn có và cách tiếp cận hợp tác, cũng như nhấn mạnh nhu cầu công nhận cải cách giáo dục là một quá trình thay đổi văn hóa và tổ chức ở trường đại học.

## MỤC TIÊU CỦA CHƯƠNG

Chương này được soạn thảo nhằm giúp độc giả

- Nhận thức động lực đương thời của việc cải cách giáo dục kỹ thuật.
- Giải thích những mục tiêu cơ bản, tầm nhìn và nền tảng sư phạm.
- Mô tả đặc tính chính yếu của một chương trình CDIO.
- Giải thích phương pháp tiếp cận để triển khai Đề xướng CDIO.

## ĐỘNG LỰC THAY ĐỔI

Người kỹ sư chế tạo sản phẩm để phục vụ xã hội. Theo Theodore von Kármán [1]: *"Nhà khoa học thì khám phá những thứ đã tồn tại trên thế giới; người kỹ sư thì kiến tạo những thứ chưa từng có"*. Bộ luật 1828 về kỹ sư xây dựng nêu rằng kỹ thuật là "nghệ thuật sử dụng nguồn sức mạnh lớn lao của tự nhiên cho lợi ích và tiện nghi của con người". Tạo nên sản phẩm mới và sử dụng nguồn lực thiên nhiên là nhiệm vụ của người kỹ sư ngày nay.

## Người kỹ sư hiện đại làm gì

Người kỹ sư hiện đại tham gia vào toàn bộ chu trình vòng đời sản phẩm, quy trình, và hệ thống từ đơn giản tới cực kỳ phức tạp nhưng tất cả đều có

chung một đặc điểm đó là đáp ứng nhu cầu xã hội. Người kỹ sư giỏi biết quan sát và lắng nghe cẩn thận để nhận định được những nhu cầu của đối tượng mà họ phục vụ. Họ tham gia vào việc hình thành ý tưởng cho thiết bị hoặc hệ thống đó.

Người kỹ sư hiện đại thiết kế sản phẩm, quy trình, và hệ thống kết hợp với công nghệ. Đôi khi đó là công nghệ hiện đại, có thể mở ra những chân trời mới, và tạo ra những năng lực mới. Đó là việc của những công ty mới thành lập và những phát minh mang tính đột phá. Tuy nhiên, phần lớn việc thiết kế kỹ thuật được thực hiện bằng cách áp dụng và thích ứng công nghệ hiện có để đáp ứng nhu cầu thay đổi của xã hội. Phần lớn trên thế giới, xã hội được nâng cao bởi những ứng dụng rộng rãi của công nghệ hiện có. Người kỹ sư giỏi biết ứng dụng công nghệ thích hợp để thiết kế.

Người kỹ sư đóng vai trò hướng dẫn và lãnh đạo, và trong một số trường hợp, sẽ kiêm luôn việc triển khai thiết kế thành những sản phẩm, quy trình, hoặc hệ thống thực thụ. Tất cả các kỹ sư cần phải thiết kế sao cho hệ thống của họ được triển khai một cách dễ dàng và bền vững. Một số kỹ sư, như những kỹ sư phát triển phần mềm, thật ra tham gia vào cả hai giai đoạn thiết kế và triển khai chương trình phần mềm. Trong một số ngành công nghiệp khác, người kỹ sư chuyên sâu ở giai đoạn triển khai, ví dụ như kỹ sư chế tạo.

Người kỹ sư hiện đại thường làm việc theo nhóm trong quá trình hình thành ý tưởng, thiết kế và triển khai sản phẩm, quy trình hoặc hệ thống. Các nhóm làm việc thường phân tán về địa lý và có tính quốc tế. Các kỹ sư trao đổi tư duy, ý tưởng, dữ liệu và bản vẽ, các chi tiết và thiết bị với nhau ở nơi làm việc và trên phạm vi thế giới. Họ nắm bắt ý tưởng thiết kế và triển khai hệ thống sao cho chúng có thể được điều chỉnh và nâng cấp trong tương lai. Người kỹ sư giỏi làm việc theo nhóm và giao tiếp hiệu quả, đồng thời vẫn luôn luôn rèn luyện tính sáng tạo và trách nhiệm cá nhân.

Để có thể mang lại lợi ích cho xã hội, thiết bị và hệ thống kỹ thuật phải được đưa vào sử dụng. Những thiết bị đơn giản như lò nấu, ô tô hoặc máy tính laptop được sử dụng bởi cá nhân. Những thiết bị phức tạp hơn như lò công nghiệp, máy bay hoặc mạng truyền thông được vận hành bởi những nhà chuyên nghiệp. Người kỹ sư giỏi biết cân nhắc và hoạch định vận hành sản phẩm, quá trình, hoặc thiết bị như một phần không tách rời của quá trình thiết kế. Đôi khi họ cũng tham gia luôn vào quá trình vận hành hệ thống.

## **Hình thành ý tưởng - Thiết kế - Triển khai - Vận hành**

Người kỹ sư hiện đại hướng dẫn và lãnh đạo hoặc tham gia vào toàn bộ chu trình vòng đời sản phẩm, quy trình hoặc hệ thống. Nghĩa là họ hình thành ý tưởng, thiết kế, triển khai và vận hành. Giai đoạn *hình thành ý tưởng* bao gồm việc xác định nhu cầu của khách hàng; cân nhắc công nghệ sử dụng,



chiến lược kinh doanh, và các quy tắc; và thiết lập kế hoạch sơ bộ, kế hoạch kỹ thuật và kế hoạch kinh doanh. Giai đoạn thứ hai, *thiết kế*, tập trung vào việc hình thành bản thiết kế, gồm kế hoạch, bản vẽ và thuật toán mô tả sản phẩm, quá trình hoặc hệ thống gì sẽ được triển khai. Giai đoạn *triển khai* là giai đoạn chuyển thiết kế thành sản phẩm, bao gồm chế tạo thiết bị phần cứng, lập trình phần mềm, kiểm tra và phê chuẩn. Giai đoạn cuối cùng, *vận hành*, sử dụng sản phẩm, quy trình hoặc hệ thống được triển khai để đem lại những giá trị mong muốn đã dự định, bao gồm bảo trì, phát triển, tái sử dụng, và đào thải hệ thống.

Bốn thuật ngữ này, cũng như các hoạt động và đầu ra của bốn giai đoạn, được lựa chọn bởi vì chúng có thể áp dụng được cho nhiều lĩnh vực kỹ thuật. Chi tiết các nhiệm vụ của bốn giai đoạn – hình thành ý tưởng, thiết kế, triển khai và vận hành – được thể hiện ở Hình 2.1. Lưu ý rằng trình tự không hoàn toàn đúng theo Hình 2.1. Ví dụ, trong mô hình phát triển sản phẩm dạng xoắn ốc sẽ có nhiều tương tác giữa các nhiệm vụ này. Tuy thế, dù theo bất kỳ trình tự nào, các nhiệm vụ này đều được thực hiện trong hầu hết các quá trình phát triển sản phẩm thành công và do đó tạo thành quy trình cốt lõi để người kỹ sư áp dụng khi kiến tạo sản phẩm, quy trình, và hệ thống đáp ứng nhu cầu xã hội.

Hình thành ý tưởng		Thiết kế		Triển khai		Vận hành	
Sứ mệnh	Ý tưởng thiết kế	Thiết kế sơ bộ	Thiết kế chi tiết	Chế tạo chi tiết	Tích hợp và thử nghiệm hệ thống	Hỗ trợ	Phát triển
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chiến lược kinh doanh</li> <li>• Chiến lược kỹ thuật</li> <li>• Nhu cầu khách hàng</li> <li>• Mục tiêu</li> <li>• Đối thủ cạnh tranh</li> <li>• Kế hoạch chương trình</li> <li>• Kế hoạch kinh doanh</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Yêu cầu</li> <li>• Chức năng</li> <li>• Ý tưởng</li> <li>• Công nghệ</li> <li>• Cấu trúc</li> <li>• Sơ đồ mặt bằng</li> <li>• Định vị thị trường</li> <li>• Luật điều tiết</li> <li>• Kế hoạch sử dụng nhà cung cấp</li> <li>• Cam kết</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Phân bố yêu cầu</li> <li>• Lập mô hình</li> <li>• Phân tích hệ thống</li> <li>• Phân chia hệ thống</li> <li>• Đặc điểm giao diện</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Thiết kế chi tiết</li> <li>• Kiểm tra các yêu cầu</li> <li>• Phân tích hỏng hóc và khắc phục</li> <li>• Phê chuẩn thiết kế</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chế tạo phần cứng</li> <li>• Lập trình phần mềm</li> <li>• Cung ứng</li> <li>• Thử nghiệm chi tiết</li> <li>• Cải tiến chi tiết</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tích hợp hệ thống</li> <li>• Thử nghiệm hệ thống</li> <li>• Cải tiến</li> <li>• Chứng nhận</li> <li>• Tăng tốc độ triển khai</li> <li>• Giao hàng</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bán hàng và phân phối</li> <li>• Vận hành</li> <li>• Vận chuyển</li> <li>• Hỗ trợ khách hàng</li> <li>• Bảo trì và sửa chữa</li> <li>• Tái chế</li> <li>• Nâng cấp</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cải thiện hệ thống</li> <li>• Mở rộng dòng sản phẩm</li> <li>• Đào thải</li> </ul>

**HÌNH 2.1: HÌNH THÀNH Ý TƯỞNG - THIẾT KẾ - TRIỂN KHAI - VẬN HÀNH**  
**NIÊU LÀ MỘT MÔ HÌNH CHU TRÌNH VÒNG ĐỜI SẢN PHẨM, QUY TRÌNH, DỰ ÁN,**  
**HOẶC HỆ THỐNG**

Bốn giai đoạn này được thể hiện rõ ràng nhất trong quá trình phát triển sản phẩm và hệ thống điện/cơ khí/công nghệ thông tin dạng rời trong sản xuất hàng loạt, ví dụ như ô tô, máy bay, tàu thuyền, phần mềm, máy tính và các loại thiết bị truyền thông. Trên thực tế, kỹ sư chế tạo lập kế hoạch, thiết kế, triển khai và vận hành quy trình sản xuất sản phẩm và hệ thống dạng rời này. Các kỹ sư khác hình thành ý tưởng, thiết kế, phát triển và triển khai hệ thống mạng và hệ thống của những thiết bị này, bao gồm mạng giao thông và hệ thống truyền thông. Trong công nghệ phần mềm, người kỹ sư hình

thành ý tưởng, thiết kế, lập trình và giải mã. Trong ngành kỹ thuật hóa học và các ngành công nghiệp chế biến tương tự, người kỹ sư hình thành ý tưởng, thiết kế, xây dựng và vận hành nhà máy hoặc trang thiết bị. Trong ngành kỹ thuật xây dựng, các bước tương tự đều được thực hiện trong bước lập kế hoạch, thiết kế, xây dựng và vận hành dự án.

Diễn giải một cách đúng đắn, mô hình chung của việc hình thành ý tưởng, thiết kế, triển khai và vận hành này bao hàm các hoạt động nghề nghiệp cơ bản của phần lớn các kỹ sư. Để đơn giản hóa và chuẩn hóa các thuật ngữ trong quyển sách này, khái niệm *sản phẩm, quy trình, và hệ thống* được sử dụng nhất quán cho đối tượng mà người kỹ sư thiết kế và vận hành. Tùy thuộc vào từng lĩnh vực cụ thể, đối tượng này được gọi là sản phẩm, quy trình, hệ thống, thiết bị, hệ thống mạng, mã, phân xưởng, trang thiết bị, hoặc dự án. Tương tự như vậy, *hình thành ý tưởng, thiết kế, triển khai và vận hành* được sử dụng một cách nhất quán để mô tả bốn nhiệm vụ chính trong việc triển khai các sản phẩm, quy trình, và hệ thống này. Một cách ngắn gọn, chu trình vòng đời này đôi khi được gọi đơn giản là *xây dựng hệ thống*.

## Sự cần thiết cải cách giáo dục kỹ thuật

Nhiệm vụ của giáo dục đại học là đào tạo sinh viên trở thành những kỹ sư hiện đại làm việc hiệu quả – có năng lực tham gia và sau đó đóng vai trò lãnh đạo trong phương diện hình thành ý tưởng, thiết kế, triển khai và vận hành hệ thống, sản phẩm, quy trình và dự án. Để làm được điều này, sinh viên phải là chuyên gia kỹ thuật, có trách nhiệm với xã hội và có xu hướng sáng tạo. Sự giáo dục như thế là rất quan trọng để đạt được hiệu quả, tinh thần khởi nghiệp, và sự xuất sắc trong môi trường với hệ thống ngày càng phức tạp về công nghệ và đòi hỏi tính bền vững. Điều được công nhận rộng rãi rằng chúng ta phải trang bị tốt hơn cho các sinh viên kỹ thuật tương lai này, và rằng chúng ta phải làm điều này bằng cải cách giáo dục kỹ thuật một cách có hệ thống. Chuẩn bị tốt hơn cho sinh viên kỹ thuật thông qua cải cách giáo dục kỹ thuật một cách hệ thống là mục tiêu cơ bản nhất của Đề xướng CDIO.

Bất kỳ cách tiếp cận nào nhằm cải tiến giáo dục kỹ thuật phải trả lời hai câu hỏi trọng tâm:

- *Sinh viên kỹ thuật nên đạt được các kiến thức, kỹ năng, thái độ toàn diện nào khi rời khỏi trường đại học, và đạt được ở trình độ năng lực nào?*
- *Làm thế nào để chúng ta có thể làm tốt hơn trong việc đảm bảo sinh viên đạt được những kỹ năng ấy?*

Về cơ bản, đây là hai câu hỏi *làm gì và làm như thế nào* mà các nhà giáo dục kỹ thuật thường gặp phải. Ở câu hỏi thứ nhất, dường như có sự mâu thuẫn không hòa giải được giữa hai thái cực trong giáo dục kỹ thuật.

Một bên là nhu cầu truyền tải khối kiến thức kỹ thuật không ngừng gia tăng mà sinh viên kỹ thuật phải làm chủ. Mặt khác, có sự thừa nhận ngày càng rộng rãi rằng kỹ sư phải có một loạt những kỹ năng cá nhân và kỹ năng giao tiếp rộng; cũng như phải có kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình, và hệ thống; và những kỹ năng cần thiết để làm việc theo nhóm nhằm tạo ra sản phẩm và hệ thống thực thụ.

Sự mâu thuẫn này biểu hiện sự khác biệt rõ rệt về quan điểm giữa các nhà giáo dục kỹ thuật và cộng đồng kỹ thuật, những người sẽ tuyển dụng sinh viên tốt nghiệp kỹ thuật sau này. Theo truyền thống, kỹ sư được đào tạo từ trường đại học đạt được một sự cân bằng trong việc nhấn mạnh tầm quan trọng của khối kiến thức kỹ thuật. Tuy nhiên, bắt đầu vào cuối những năm 1970 và đầu những năm 1980, và đặc biệt là những năm 1990, giới đại diện công nghiệp bắt đầu thể hiện mối lo ngại về sự cân bằng này, họ nêu lên sự cần thiết của một quan điểm rộng hơn nhằm chú trọng hơn đến kỹ năng cá nhân, kỹ năng giao tiếp; và kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình, và hệ thống. Báo cáo Finiston vào năm 1978 ở Vương quốc Anh là một trong những ví dụ đầu tiên về phản ứng này [3]. Vài năm sau đó, vào năm 1984, Bernard M. Gordon, nhà phát minh bộ chuyển đổi tương tự - số, người được trao giải Công nghệ Quốc gia Hoa Kỳ (U.S. National Medal of Technology) và nhà tài trợ của giải thưởng Gordon về giáo dục kỹ thuật của Viện Hàn lâm Kỹ thuật Quốc gia Hoa Kỳ, tuyên bố thẳng thắn rằng: “Xã hội ... trên thế giới không hoàn toàn hài lòng với hiện trạng chung của giáo dục kỹ thuật đại cương” [4]. Khung nội dung 2.1 là trích dẫn lời phát biểu của ông trong hội nghị thường niên của Hiệp Hội Giáo dục Kỹ thuật Châu Âu (The European Society for Engineering Education – SEFI).

Đến những năm 1990, xu hướng phê phán giáo dục kỹ thuật của các trường đại học ngày càng lan rộng. Ví dụ, Công ty Boeing ở Hoa Kỳ đã tạo ra một thể lực nhằm gây ảnh hưởng đến giáo dục kỹ thuật ở bậc đại học bằng cách đưa ra danh sách những yêu cầu năng lực mong muốn ở mỗi người kỹ sư [5], như liệt kê trong Khung 2.2. Rộng hơn là phản ứng của giới doanh nghiệp ở các nước phát triển, bao gồm các lớp tập huấn và các chương trình về giáo dục kỹ thuật khởi xướng bởi doanh nghiệp, và ảnh hưởng của doanh nghiệp đối với các cơ quan kiểm định và cơ quan chuyên môn. Phản ứng này cũng bao gồm tài trợ trực tiếp của các quỹ và của doanh nghiệp dành cho các đề xướng về giáo dục, và ảnh hưởng của doanh nghiệp đối với chính phủ nhằm tạo nguồn lực và khuyến khích thay đổi. Đây không phải là một nỗ lực ngẫu nhiên hoặc thiếu hợp tác, mà là phản ứng nhất quán về một vấn đề mà giới doanh nghiệp cho là mối đe dọa chính yếu đối với nguồn nhân lực được tạo ra từ các trường đại học. Những điểm bình luận chung của các nhà doanh nghiệp là họ luôn nhấn mạnh tầm quan trọng của nền tảng khoa học kỹ thuật và kiến thức kỹ thuật, nhưng sau đó tiếp tục liệt kê một loạt những kỹ năng chủ yếu bao gồm các yếu tố về kỹ năng thiết kế, giao tiếp, làm việc theo nhóm, đạo đức, và các kỹ năng cá nhân và tố chất khác.

### KHUNG 2.1: NGƯỜI KỸ SƯ LÀ AI?

Một điều rõ ràng rằng toàn xã hội trên thế giới, đặc biệt ở các nước phương Tây, không hoàn toàn hài lòng với hiện trạng giáo dục đại cương. Sự không hài lòng này được phản ánh qua các phê phán dồn dập vào việc sinh viên tốt nghiệp không thể đọc và viết một cách hiệu quả, và không nắm vững phép tính đại số ở mức phức tạp trung bình. Câu hỏi nổi tiếng: “Tại sao Johnny không biết đọc?” tóm tắt sự quan tâm của xã hội.

Câu hỏi song hành: “Tại sao người kỹ sư không thể làm việc kỹ thuật hiệu quả?” ngày càng được đặt ra nhiều hơn, và thể hiện nỗi phiền toái của những nhà quản lý kỹ thuật và của công chúng khi phải chịu đựng sự hư hỏng của những thiết kế tồi. Trong những nội dung than phiền về “sản phẩm” của hệ thống giáo dục, các nhà phê bình về giáo dục kỹ thuật thường nêu lên những bất cập sau:

- Hiệu quả kinh doanh ngày càng kém, không cân đối so với nguồn lực kỹ thuật được đầu tư
- Hạn chế về đào tạo chính quy và cơ hội tiếp cận với phạm vi kiến thức kỹ thuật cơ bản rộng lớn
- Giới hạn trong việc đào tạo và định hướng để đạt được một chiều sâu kỹ năng kỹ thuật có ý nghĩa
- Thiếu sự hiểu biết về tầm quan trọng của việc đo lường và kiểm tra chính xác
- Thiếu động lực cạnh tranh và sự kiên trì
- Hạn chế về kỹ năng giao tiếp
- Thiếu kỷ luật và thiếu kiểm soát trong lề lối làm việc
- Không dám chấp nhận rủi ro cá nhân

Do đó, việc chúng ta cần làm là xem xét lại nhận thức về kỹ thuật thực thụ nhằm tập trung vào nội dung chúng ta muốn người kỹ sư làm gì trong cuộc đời nghề nghiệp của họ, đồng thời chúng ta tìm cách ứng dụng công nghệ mới cho phương pháp giáo dục.

#### Định nghĩa

Tôi đề nghị định nghĩa một người KỸ SƯ THỰC THỤ, nghĩa là chuyên nghiệp, là người đã đạt được và liên tục hoàn thiện kiến thức, kỹ năng và thái độ về kỹ thuật, giao tiếp, quan hệ con người; là người đóng góp hiệu quả cho xã hội bằng cách lập luận, hình thành ý tưởng, phát triển và sản sinh ra những máy móc và kiến trúc đáng tin cậy có giá trị thực tiễn và kinh tế.

Kiến thức càng rộng, người kỹ sư càng có những kỹ năng đa dạng và hoàn chỉnh hơn, và khi người kỹ sư càng có tinh thần cống hiến nhiều hơn, thì thành quả đạt được sẽ càng cao hơn; đưa đến kết quả là người kỹ sư được công nhận một cách thích đáng là người nêu gương người thầy, và người lãnh đạo.

#### Kiến thức

Kiến thức của người kỹ sư thực thụ không chỉ giới hạn ở những dữ liệu có được, và đương nhiên là hơn nhiều so với dữ liệu kỹ thuật thu nhận được. Quá trình nhận thức khác hẳn với quá trình thu thập dữ liệu. Trong khi một người kỹ sư ngày nay có thể sử dụng công nghệ thông tin để tạo ra bất kỳ dữ liệu nào trên thế giới chỉ trong chốc lát, người kỹ sư thực thụ hiểu được mối tương quan giữa các dữ liệu, và biết cách khai thác và xử lý những dữ liệu liên quan tương xứng nhằm tổng hợp thành thông tin mới để giải quyết vấn đề.

Phạm vi kiến thức yêu cầu không chỉ giới hạn ở lĩnh vực khoa học hay công nghệ, khi vai trò của người kỹ sư được coi như một nhà lãnh đạo. Sự hiểu biết về những tiến hóa xã hội thông qua việc nghiên cứu về lịch sử, kinh tế học, xã hội học, tâm lý học, văn học, và nghệ thuật sẽ nâng cao giá trị của đóng góp kỹ thuật. Và, khi công nghệ truyền thông đang làm thế giới ngày càng thu nhỏ lại, chúng ta không nên quên việc học ngoại ngữ – một môn học thường xuyên bị lãng quên ở các nước phía Tây của Đại Tây Dương.

**Kỹ năng**

Kỹ năng của người kỹ sư thực thụ là kỹ thuật giải quyết vấn đề thiết kế theo trình tự, trong đó, những nguyên tắc trọng tâm của khoa học và kỹ thuật được áp dụng cùng với sự sáng tạo và phán xét cá nhân đạt được từ quá trình đào tạo và kinh nghiệm thực tiễn. Hơn nữa, vì các thành tích kỹ thuật luôn đạt được trong môi trường làm việc theo nhóm nên kỹ năng giao tiếp là rất cần thiết trong vai trò của người chấp hành cũng như người lãnh đạo.

Những kỹ năng này chỉ có thể đạt được bằng cách: thực hành trên vấn đề giả lập, hoặc trên những tình huống thực tế dưới sự giám sát của chuyên gia, tương tự như khi bác sĩ mới vào nghề. Tuy nhiên, số lần nghiên cứu tình huống (case study) vẫn không thể nào có thể thay thế thực hành, ví dụ như tìm và loại bỏ những sai sót trong một thiết kế. Phương pháp nghiên cứu tình huống có thể hữu ích, nhưng không đủ điều kiện để đào tạo một người kỹ sư thực thụ.

**Thái độ**

Trong bất kỳ vấn đề nào, thái độ của người kỹ sư thực thụ ảnh hưởng trực tiếp đến chất lượng giải pháp thiết kế. Người kỹ sư thực thụ là người lãnh đạo của một nhóm các nguồn lực: tài lực, nhân lực, và vật lực ở mọi cấp độ của hoạt động kỹ thuật. Khả năng lãnh đạo nhóm thành công đòi hỏi một mức độ tự phê bình, trong đó, tính tự cao tự đại và sự khiêm tốn có những ảnh hưởng cân đối qua lại. Điều này đòi hỏi tinh thần ham học hỏi và lòng can đảm để hướng tới khả năng sáng tạo và có sáng kiến đột phá. Năng lực lãnh đạo thành công được định hình bởi tính thuyết phục trong việc ra lệnh và chấp hành mệnh lệnh, cũng như chấp nhận những thử thách về sự cạnh tranh trên thị trường với lòng kiên trì đạt được thành công. Khả năng lãnh đạo biểu hiện sự trung thành với cấp dưới cũng như với cấp trên, và cần có được sự tôn trọng của các thành viên trong nhóm về năng lực cá nhân, lòng bao dung, và khả năng giám sát.

- B.M. GORDON, CÔNG TY ANALOGIC

**KHUNG 2.2: YÊU CẦU NĂNG LỰC ĐỐI VỚI KỸ SƯ**

- Hiểu biết tốt các kiến thức cơ bản về khoa học kỹ thuật
  - Toán học (bao gồm thống kê)
  - Sinh học và khoa học vật lý
  - Công nghệ thông tin (hiểu biết nhiều hơn là chỉ biết sử dụng máy tính đơn thuần)
- Hiểu biết tốt về quy trình thiết kế và chế tạo
- Có tầm nhìn hệ thống và đa ngành
- Hiểu biết cơ bản về bối cảnh thực tiễn kỹ thuật
  - Kinh tế học (bao gồm cả thông lệ kinh doanh)
  - Lịch sử
  - Môi trường
  - Nhu cầu xã hội và khách hàng
- Kỹ năng giao tiếp tốt
  - Kỹ năng viết, nói, đồ họa, và nghe
- Tiêu chuẩn đạo đức cao
- Năng lực suy luận một cách phê phán và sáng tạo – độc lập và hợp tác
- Linh hoạt, ví dụ khả năng và sự tự tin để thích ứng với những nhanh chóng hoặc thay đổi lớn
- Tính ham tìm hiểu và ước muốn học hỏi suốt đời
- Hiểu rõ tầm quan trọng của làm việc theo nhóm

- CÔNG TY BOEING

\*Được in lại với sự cho phép của Công ty Quản lý Boeing.

## **Yêu cầu cải cách giáo dục kỹ thuật**

Để đáp lại phản ứng đóng góp từ các bên liên quan, chúng tôi bắt đầu hình thành Đề xướng CDIO thông qua việc xem xét các góp ý từ doanh nghiệp phản ánh về yêu cầu đào tạo sinh viên. Khi chúng tôi cố gắng để tổng hợp các yêu cầu từ doanh nghiệp, thì chúng tôi thấy rằng chúng xuất phát từ nhu cầu cơ bản hơn, đó là, lý do cốt lõi mà xã hội cần người kỹ sư.

Do đó, điểm xuất phát trong nỗ lực của chúng tôi là diễn đạt lại yêu cầu cơ bản đối với giáo dục kỹ thuật. Chúng tôi tin rằng mỗi người kỹ sư tốt nghiệp nên có khả năng:

*Hình thành ý tưởng - Triển khai - Thiết kế - Vận hành sản phẩm, quy trình, và hệ thống phức tạp, có giá trị gia tăng, trong một môi trường hiện đại, làm việc theo nhóm.*

Đơn giản hơn, chúng ta phải đào tạo người kỹ sư có năng lực làm việc kỹ thuật. Về trách nhiệm kỹ thuật đó là: thực hiện chuỗi *công việc*, để thiết kế và triển khai *sản phẩm, quy trình* hoặc *hệ thống* trong một *tổ chức*. Chính sự nhấn mạnh vào chu trình vòng đời của sản phẩm hoặc hệ thống (Conceive - Design - Implement - Operate) đã dẫn đến tên gọi cho Đề xướng là CDIO. Chúng tôi định nghĩa *giá trị gia tăng* như là giá trị được thêm vào hoặc tạo ra ở một giai đoạn cụ thể nào đó trong quá trình chế tạo, hoặc thông qua hình ảnh và tiếp thị. Nó phản ánh sự đóng góp của các yếu tố sản xuất nhằm nâng cao giá trị của một sản phẩm, quy trình, hoặc hệ thống.

**Hình thành ý tưởng - Thiết kế - Triển khai - Vận hành là bối cảnh của giáo dục kỹ thuật.** Chúng tôi khẳng định rằng hình thành ý tưởng - triển khai - thiết kế - vận hành phải là bối cảnh của giáo dục kỹ thuật. *Bối cảnh* đối với giáo dục là khung văn hóa, hoặc môi trường, trong đó kiến thức và kỹ năng kỹ thuật được tiếp thu. Văn hóa của giáo dục, những kỹ năng chúng ta giảng dạy, và thái độ chúng ta truyền tải, tất cả đều nên nêu rõ rằng hình thành ý tưởng - thiết kế - triển khai - vận hành là vai trò của người kỹ sư trong công cuộc phục vụ xã hội. Điều quan trọng cần lưu ý là chúng tôi khẳng định rằng chu trình vòng đời sản phẩm hoặc của hệ thống nên là *bối cảnh* chứ không phải là *nội dung* của giáo dục kỹ thuật. Chẳng hạn như không phải kỹ sư nào cũng đều chuyên về chế tạo sản phẩm. Mà người kỹ sư nên được đào tạo trong nhiều lĩnh vực khác nhau như cơ khí, điện, hóa học, hoặc ngay cả khoa học kỹ thuật. Tuy nhiên, họ nên được đào tạo về những lĩnh vực này trong bối cảnh mang lại cho họ kỹ năng và thái độ để họ có thể thiết kế và triển khai. Điều này đưa chúng ta tới yêu cầu đầu tiên của chương trình học trong cuộc cải cách giáo dục kỹ thuật:

*Chương trình đào tạo tiếp nhận nguyên lý phát triển và triển khai sản phẩm, quy trình, và hệ thống – hình thành ý tưởng, thiết kế, triển khai và vận hành – là bối cảnh của giáo dục kỹ thuật.*

Trong phần sau của chương này, chúng tôi xác định yêu cầu này là Tiêu chuẩn CDIO 1.

Khi chúng ta chấp nhận tiền đề CDIO này là *bối cảnh* của giáo dục kỹ thuật, thì chúng ta có thể dẫn xuất một cách hợp lý chuẩn đầu ra chi tiết đối với việc đào tạo sinh viên. Chúng ta có thể trả lời một cách có hệ thống câu hỏi đầu tiên trong hai câu hỏi trọng tâm, cụ thể là: “*Sinh viên kỹ thuật nên đạt được kiến thức, kỹ năng, thái độ toàn diện nào khi rời khỏi trường đại học, và đạt được ở trình độ năng lực nào?*”

Lý do cơ bản của việc tiếp nhận nguyên lý chu trình vòng đời sản phẩm – hình thành ý tưởng, thiết kế, triển khai, vận hành – là bối cảnh thích hợp cho giáo dục kỹ thuật được hỗ trợ bởi các lập luận sau:

- Đó là những gì người kỹ sư phải làm.
- Đó là nhu cầu cơ bản và là cơ sở cho những “danh sách kỹ năng” mà giới doanh nghiệp đề xuất cho các nhà giáo dục đại học.
- Đó là bối cảnh tự nhiên để đào tạo những kỹ năng này cho sinh viên kỹ thuật.

Điểm đầu tiên đã được biện luận ở phần trên - những gì người kỹ sư hiện đại phải làm là tham gia vào một vài hoặc toàn bộ các giai đoạn của việc hình thành ý tưởng, thiết kế, triển khai và vận hành. Điểm thứ hai được dẫn chứng bằng phản ứng rộng rãi, nhất quán và có tổ chức từ doanh nghiệp trong vài thập niên gần đây. Điểm thứ ba thì phức tạp hơn. Về nguyên tắc, có thể đào tạo cho sinh viên các kỹ năng và thái độ kỹ thuật trong khi họ tự làm việc với lý thuyết kỹ thuật, nhưng như vậy có thể không hiệu quả. Phương pháp đào tạo kỹ năng nào cho sinh viên có thể tự nhiên hơn là cách đặt việc đào tạo trong bối cảnh phát triển và triển khai sản phẩm và hệ thống – chính là bối cảnh mà sinh viên sử dụng các kỹ năng này.

Sự quan sát này dường như quá hiển nhiên và làm cho chúng ta phải xem xét lại tại sao chu trình vòng đời sản phẩm, quá trình, và hệ thống kỹ thuật không là bối cảnh chung của giáo dục kỹ thuật hiện nay. Hoàn toàn đơn giản, bởi vì các trường kỹ thuật chủ yếu không bao gồm những người thực hành kỹ thuật mà phần lớn là những người nghiên cứu kỹ thuật. Những nhà nghiên cứu này phát triển kiến thức khoa học kỹ thuật bằng cách tiến hành nghiên cứu với cách tiếp cận đơn giản hóa, đây là cách tiếp cận có bản chất tuyên dương nỗ lực của cá nhân. Ngược lại, trong bối cảnh kỹ thuật thực hành, trọng tâm được đặt vào việc chế tạo ra sản phẩm và hệ thống kỹ thuật bằng cách phát triển theo cách tiếp cận tích hợp, và đây là cách tiếp cận có bản chất tuyên dương nỗ lực của cả nhóm người. Đồng thời, bối cảnh mong muốn này phải luôn chú trọng tới việc xử lý các nền tảng kỹ thuật một cách khắt khe. Vì vậy, chúng ta cần phải công nhận rằng việc chuyển đổi giáo dục từ bối cảnh hiện tại sang bối cảnh mong muốn là một sự thay đổi về văn hóa. Chúng ta phải nâng cao kỹ năng lẫn thái độ của

cạnh nhà đầu tư của giáo dục. Doanh nghiệp, bao gồm cả cựu sinh viên đang đi làm, mới hiểu được đầu tư là cần thiết cho những lợi ích lâu dài và do đó, doanh nghiệp đại diện cho lợi ích đầu tư của sinh viên.

Các giảng viên đại học là những người phát triển và cung cấp kiến thức, kỹ năng, thái độ, và họ mang sự hiểu biết sâu sắc của mình vào cả nhu cầu đầu tư và nhu cầu khách hàng của sinh viên. Bên cạnh doanh nghiệp, thông qua pháp luật và kiểm định, xã hội đặt ra những yêu cầu về giáo dục kỹ thuật, bao gồm cả yêu cầu về trình độ bằng cấp và nhấn mạnh vào những mục tiêu của xã hội, chẳng hạn như sự phát triển bền vững và lâu dài. Ở một số quốc gia, chính phủ trả chi phí giáo dục cho sinh viên. Vì vậy, cả bốn nhóm liên quan có quan điểm quan trọng trong mục tiêu giáo dục. Các nhân tố này dẫn đến yêu cầu thứ ba cho sự thành công trong cải cách giáo dục kỹ thuật là:

*Chuẩn đầu ra của sinh viên trong một chương trình đào tạo cần phản ánh được quan điểm của tất cả các nhóm liên quan: sinh viên, doanh nghiệp, giảng viên đại học, và xã hội.*

**Thu hút và giữ lại các sinh viên đạt tiêu chuẩn.** Tại sao doanh nghiệp và các nhà giáo dục kỹ thuật lại nên quan tâm về hành vi khách hàng và nhà đầu tư của sinh viên? Nhiều quốc gia phát triển và đang phát triển đang thiếu sinh viên có chuyên ngành kỹ sư, khoa học và kỹ thuật. Các ngành này không thu hút được sinh viên ở các trường đại học; chương trình đào tạo không giữ được sinh viên, hoặc là sau khi tốt nghiệp, sinh viên lại chuyển sang làm việc trong những lĩnh vực khác. Nếu các yếu tố khác đều như nhau, thì cải cách giáo dục kỹ thuật là cần thiết để có thể thu hút sinh viên hơn. Vì vậy, yêu cầu thứ tư cho sự thành công trong cải cách giáo dục kỹ thuật là:

*Chương trình đào tạo và phương pháp sư phạm nên được chỉnh sửa để giáo dục kỹ thuật có thể thu hút, duy trì và đào tạo sinh viên có đủ tiêu chuẩn chuyên môn, cho đến khi tốt nghiệp và bước vào nghề mà không ảnh hưởng đến chất lượng hoặc nội dung đào tạo.*

**Phạm vi của nỗ lực cải cách ở cấp chương trình.** Nhiều nhà giáo dục kỹ thuật tâm huyết đã đáp lại nhu cầu cần thiết phải cải cách giáo dục kỹ thuật, và nhiều người trong giới doanh nghiệp, chính phủ, và cơ quan kiểm định đã cố gắng hỗ trợ. Những nỗ lực này có thể được mô tả qua bản chất và quy mô của chúng: 1) quy mô nhỏ ở cấp độ môn học hoặc môđun; 2) quy mô chương trình học ở cấp độ chương trình cấp bằng; 3) những hiệp hội các trường đại học hoặc nhóm chương trình hợp tác với nhau; 4) các chương trình nghiên cứu về giáo dục.

Trong bất kỳ chương trình đào tạo nào cũng có những giảng viên rất tâm huyết về giảng dạy. Các trường đại học và nguồn tài trợ thường đầu tư nguồn lực vào những giáo sư này để họ phát triển phương pháp tiếp cận sư



phạm mới dựa trên thực hành và nội dung mới. Các giáo sư này thường nhận được những bằng khen về giảng dạy ở cấp khoa và cấp trường, và được sinh viên kính trọng. Họ là nguồn quan trọng cung cấp những ý tưởng mới, và kết thành một nhóm những người tiên phong trong những nỗ lực cải cách ở cấp hệ thống. Tuy nhiên, cá nhân một giáo sư không dễ dàng gây ảnh hưởng đến toàn bộ chương trình. Cải cách giáo dục kỹ thuật phải được thực hiện tối thiểu ở cấp độ khoa, hoặc ở cấp độ chương trình cấp bằng. Có như vậy, những kỳ vọng chung về thành tích của các giảng viên và trách nhiệm học tập của sinh viên mới có thể được thiết lập và duy trì. Chương trình giáo dục không nên được xem như là một tổng hợp của nhiều bộ phận, mà phải là một hệ thống, trong đó mỗi bộ phận vừa mang các mục tiêu riêng lẻ lẫn các mục tiêu chung của chương trình. Vì vậy, yêu cầu thứ năm cho sự thành công trong cải cách giáo dục kỹ thuật là:

*Bất kỳ nỗ lực thành công nào trong cải cách giáo dục kỹ thuật đều bao gồm phần lớn, hoặc tất cả, những kinh nghiệm học tập có lợi cho sinh viên, và vì vậy, phải được thiết lập và duy trì ở cấp chương trình hoặc cấp khoa.*

**Hợp tác trong cải cách giáo dục kỹ thuật.** Nhiều hiệp hội trường đại học trên thế giới đang thực hiện cải cách giáo dục kỹ thuật (xem Bảng 2.1). Ví dụ, Liên đoàn IDEA là một hiệp hội quốc tế gồm bốn đại học nghiên cứu lớn ở Luân Đôn, Delft, Aachen và Zürich. Khi các hiệp hội trường đại học được tổ chức chặt chẽ – điểm chính yếu để tăng cường nỗ lực chung, thì việc hợp tác với các hiệp hội này sẽ đem lại rất nhiều thuận lợi. Điểm chính yếu là có thể tăng cường được nỗ lực chung. Ví dụ, thời hạn thích hợp để cải cách hệ thống giáo dục có thể được chia như sau: trong Năm đầu tiên, xác định cơ hội cải tiến, và triển khai phương pháp tiếp cận; trong Năm thứ hai, thử nghiệm phương pháp tiếp cận; trong Năm thứ ba, điều chỉnh và thử nghiệm lại; trong Năm thứ 4, hoàn chỉnh phương pháp tiếp cận. Bây giờ chúng ta hãy cùng xem xét các nhiệm vụ liên quan đến tiến trình cải cách này: a) chương trình đào tạo: dạy cái gì và ở môn nào; b) thành phần sư phạm: chương trình đào tạo sẽ được dạy như thế nào; c) thành phần đánh giá: chuẩn đầu ra sẽ được đo lường và cải tiến như thế nào; d) không gian làm việc và hậu cần: môi trường học tập. Lợi thế của hiệp hội là sự triển khai song song và phân chia nhiệm vụ. Cũng là một nhóm với nhau, các trường đại học liên kết sẽ xác định những cơ hội chung để cải tiến, thực hiện các phương pháp tiếp cận khác nhau cùng một lúc, và so sánh kết quả dựa trên các phương pháp đánh giá giống nhau. Sự hợp tác này có tác dụng thúc đẩy các nỗ lực cải cách mạnh mẽ. Nó cũng cho phép việc chia sẻ các nguồn lực và kinh nghiệm, giúp cắt giảm chi phí cho việc chuyển đổi và tăng khả năng thành công. Những thuận lợi này có thể được tổng kết thành yêu cầu thứ sáu cho sự thành công trong cải cách giáo dục kỹ thuật là:

*Cải cách giáo dục kỹ thuật được đảm trách bởi hiệp hội các chương trình hoặc hiệp hội các khoa tạo điều kiện triển khai song song và chia sẻ nguồn lực.*

**Hình thành dựa trên những phương pháp tiếp cận giáo dục theo thực tiễn tốt nhất.** Tương tự, trên thế giới có một số nỗ lực cải cách giáo dục kỹ thuật dựa trên nghiên cứu, nghĩa là, họ tìm những thực tiễn tốt nhất và phát triển những phương pháp tiếp cận mới dựa trên lý thuyết học thuật. Ví dụ, Viện Hàn lâm Kỹ thuật Quốc gia Hoa Kỳ phối hợp với một số trung tâm nghiên cứu và dự án thông qua Trung tâm Phát triển Tri thức Giáo dục Kỹ thuật (CASEE) [6]. Các giảng viên kỹ thuật ít khi nhận biết rằng những lý thuyết và thực hành giáo dục có thể giúp họ thúc đẩy những nỗ lực cải cách. Nhiều đề xướng dựa trên nghiên cứu đã thành công khi đưa những bên quan tâm từ giáo dục và kỹ thuật lại với nhau để thành lập những nhóm mạnh hơn. Một số trung tâm nghiên cứu chỉ tập trung vào một chuyên ngành cụ thể, ví dụ như kỹ thuật y sinh. Những trung tâm khác có ứng dụng rộng rãi hơn. Điều này dẫn đến yêu cầu thứ bảy cho sự thành công trong cải cách giáo dục kỹ thuật là:

*Cải cách giáo dục kỹ thuật được xây dựng dựa trên sự tiếp nhận với đầy đủ thông tin về thực tiễn tốt nhất và am hiểu các mô hình học tập được ứng dụng rộng rãi cho các ngành kỹ thuật.*

**Không đòi hỏi nhiều nguồn lực mới.** Tất cả chương trình học thuật đều tồn tại trong môi trường với các nguồn lực có hạn. Điều này đúng với hàng loạt các tổ chức giáo dục, gồm cả những trường bách khoa và các trường đại học chuyên về nghiên cứu. Khi bước vào một chương trình cải cách giáo dục, chúng ta cần phải phân biệt nguồn lực cần thiết cho sự chuyển đổi và nguồn lực ở trạng thái ổn định. Trong chuyển đổi cải cách, một số nguồn lực bổ sung từ chính các cán bộ giảng dạy hoặc tốt hơn là từ trường đại học sẽ phải cần đến là điều không thể tránh khỏi. Thay đổi không thể không tốn kém chi phí. Tuy nhiên, trong trạng thái ổn định, chúng ta không thể mong đợi nhiều nguồn lực hơn, và vì thế phải tìm ra các phương pháp mới chủ yếu tái phân bổ nguồn lực sẵn có – thời gian của giảng viên, thời gian của sinh viên, phòng ốc, v.v. Điều này dẫn đến yêu cầu thứ tám và là yêu cầu cuối cùng cho sự thành công trong cải cách giáo dục kỹ thuật là:

*Cải cách giáo dục kỹ thuật dựa trên sự tái phân bổ các nguồn lực sẵn có trong khi vẫn tiếp tục hoạt động.*

Đề xướng CDIO được thiết kế và phát triển nhằm đáp ứng tám yêu cầu kể trên.

## ĐỀ XƯỚNG CDIO

Đề xướng CDIO là một phương pháp cải cách giáo dục kỹ thuật hiện đại. Đề xướng này phần đầu nhằm đáp ứng tám yêu cầu cho sự thành công trong cải cách giáo dục kỹ thuật như đã xác định trong phần trước của chương này. Đề xướng được hình thành dựa trên ba ý tưởng chủ đạo: tập hợp các *mục tiêu, tâm nhìn* hay khái niệm về giáo dục kỹ thuật, và *nền tảng sự phạm* nhằm đảm bảo tâm nhìn có thể thực hiện được. Ba ý tưởng chính này sẽ lần lượt được giới thiệu trong phần này.

BẢNG 2.1: VÍ DỤ CÁC HIỆP HỘI ĐẠI HỌC CÁI CÁCH GIÁO DỤC KỸ THUẬT

Tên nhóm/ Địa chỉ	Tổ chức thành viên	Trong tâm và đề án
Liên đoàn IDEA <a href="http://www.idcalcaguc.org">http://www.idcalcaguc.org</a>	Đại học Hoàng gia Luân Đôn TU Delft RWTH Aachen ETH Zurich	Trao đổi ý tưởng và kiến thức chuyên môn trong giáo dục và nghiên cứu khoa học, công nghệ
Trung tâm phát triển tri thức về giáo dục kỹ thuật (CAEE) <a href="http://www.cngr.washington.edu/caee">http://www.cngr.washington.edu/caee</a>	Đại học Colorado of Mines Đại học Howard Đại học Stanford Đại học Minnesota Đại học Washington	Hợp tác tập trung vào kiến thức về kỹ thuật học tập, kỹ thuật giảng dạy và giáo dục kỹ thuật. Chia sẻ các ấn phẩm, báo cáo, và hội thảo.
Trung tâm tích hợp nghiên cứu, giảng dạy và học tập (CIRTL) <a href="http://cirtl.wceruw.org">http://cirtl.wceruw.org</a>	Đại học Wisconsin Đại học Michigan State Đại học Pennsylvania State	Phát triển đội ngũ giảng viên quốc gia về khoa học, công nghệ, kỹ thuật và toán học (STEM). Phát triển giảng viên tốt nghiệp dựa trên quan điểm giảng dạy như nghiên cứu được triển khai trong cộng đồng học tập.
Trung tâm giáo dục kỹ thuật và công nghệ quốc gia (NCETE) <a href="http://www.ncete.org">http://www.ncete.org</a>	Đại học Georgia Đại học Illinois Đại học Minnesota Đại học Utah State	Một trong 17 trung tâm dạy và học được quỹ NSF tài trợ Cộng đồng những người nghiên cứu về giáo dục kỹ thuật và công nghệ. Mục tiêu nhằm truyền đạt kỹ năng kỹ thuật cho các trường từ mẫu giáo đến trung học.
Trung tâm công nghệ giáo dục công nghệ sinh học VaNTH <a href="http://www.vanth.org">http://www.vanth.org</a>	Đại học Vanderbilt Đại học Northwestern Đại học Texas Harvard-MIT	Trao đổi nghiên cứu về công nghệ sinh học, khoa học học tập, công nghệ học tập và đánh giá.

## Các mục tiêu

Đề xướng CDIO có ba mục tiêu tổng quát: *Nhằm đào tạo những sinh viên có khả năng:*

1. *Nắm vững kiến thức chuyên sâu hơn về quy tắc cơ bản của kỹ thuật.*
2. *Dẫn đầu trong kiến tạo và vận hành sản phẩm, quy trình, và hệ thống mới.*
3. *Hiểu được tầm quan trọng và tác động chiến lược của nghiên cứu và phát triển kỹ thuật đối với xã hội.*

Từ những lý do đã thảo luận ở trên, chúng tôi tin rằng ba mục tiêu này có thể đạt được một cách tốt nhất khi bối cảnh của giáo dục kỹ thuật là hình thành ý tưởng, thiết kế, triển khai, và vận hành. Chúng ta hãy cùng thảo luận chi tiết về các mục tiêu này.

**Mục tiêu 1:** Giáo dục kỹ thuật nên luôn luôn nhấn mạnh những nền tảng kỹ thuật. Trường đại học là nơi những nền tảng cho việc học tập sau này được hình thành. Phương cách tiếp cận của chúng tôi không có ý xem nhẹ tầm quan trọng của những nền tảng cơ bản, hay xem nhẹ nhu cầu học tập của sinh viên. Thật ra, sự hiểu biết sâu về kiến thức và khái niệm được nhấn mạnh để tăng cường khả năng tiếp thu các nền tảng kỹ thuật.

Hiểu biết về khái niệm là khả năng có thể ứng dụng kiến thức vào nhiều loại trường hợp hoặc tình huống chưa từng xảy ra [7]. Đó không phải là sự ghi nhớ các dữ kiện và định nghĩa, cũng không phải là việc ứng dụng đơn giản của một nguyên lý chứa khái niệm, ví dụ như áp dụng Quy luật Thứ nhất của Nhiệt Động lực học. Hiểu biết khái niệm là khả năng trình bày những ý tưởng có giá trị lâu dài và có thể thu hút sự tham gia của sinh viên. Cách giảng dạy truyền thống sử dụng phương pháp truyền đạt kiến thức cho rằng sinh viên tiếp thu bằng cách lắng nghe bài giảng một cách thụ động. Trong chương trình CDIO, mục tiêu đặt ra là sinh viên cũng tham gia vào việc xây dựng kiến thức, đối mặt với những quan niệm sai của chính mình. Sự chuyển đổi từ phương pháp truyền đạt lâu đời sang phương pháp dạy theo khái niệm là rất khó. Marton và Saljo [8] gọi phương pháp truyền đạt lâu đời này là *phương pháp học bề mặt*, trái với *phương pháp học chuyên sâu*. Bảng 2.2 là một mô phỏng của công trình nghiên cứu có ảnh hưởng lớn của Marton và Saljo, dựa trên bài viết của Gibbs [9], Rhem [10], và Biggs [11]. Lời khẳng định mục tiêu đào tạo sinh viên có khả năng *nắm vững kiến thức chuyên sâu về quy tắc cơ bản của kỹ thuật* nhằm đối lập phương pháp tiếp cận này với phương pháp truyền đạt kiến thức đang phổ biến hiện nay. Ý này sẽ được nêu lại trong Chương 6.

**BẢNG 2.2: PHƯƠNG PHÁP HỌC BỀ MẶT VÀ PHƯƠNG PHÁP HỌC CHUYÊN SÂU**

Phương pháp học bề mặt	Phương pháp học chuyên sâu
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Chương trình giảng dạy bao hàm quá nhiều tài liệu</li> <li>- Số giờ tiếp xúc trong lớp học tương đối nhiều</li> <li>- Không có cơ hội tìm hiểu sâu các môn học</li> <li>- Thiếu sự lựa chọn về môn học và phương pháp học</li> <li>- Việc đánh giá gây ra lo lắng và sợ hãi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Yêu cầu sinh viên có khái niệm học chuyên sâu</li> <li>- Bối cảnh khuyến khích học tập</li> <li>- Cơ cấu nền tảng kiến thức tốt</li> <li>- Hoạt động của sinh viên và có nhiều lựa chọn</li> <li>- Sự đánh giá dựa trên việc áp dụng vào những tình huống mới</li> <li>- Có tương tác và cộng tác với những sinh viên khác</li> </ul>

**Mục tiêu 2:** Mục tiêu thứ hai là giáo dục sinh viên trở thành những người có thể dẫn đầu hoặc *lãnh đạo trong xây dựng và vận hành các sản phẩm, quy trình, và hệ thống mới*. Mục tiêu này công nhận nhu cầu phải chuẩn bị cho sinh viên một sự nghiệp trong lĩnh vực kỹ thuật. Nhu cầu xây dựng và vận hành những sản phẩm, quy trình, và hệ thống mới định hướng cho những mục tiêu giáo dục liên quan tới các kỹ năng cá nhân và giao tiếp; cũng như các kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình, và hệ thống. Các kỹ năng và thái độ cá nhân bao gồm những cách thức tư duy, ví dụ như lý luận kỹ thuật và giải quyết vấn đề, tìm hiểu khoa học, suy nghĩ tầm hệ thống, tư duy sáng tạo và phê phán. Thái độ và tố chất cá nhân bao gồm tính trung thực, trách nhiệm xã hội, tính ham học hỏi, có khuynh hướng mạo hiểm, và linh hoạt. Các kỹ năng và kiến thức giao tiếp bao gồm giao tiếp và làm việc theo nhóm. Các kỹ năng và kiến thức về kiến tạo sản phẩm, quy trình, và hệ thống đặt nền tảng cho hình thành ý tưởng, thiết kế, triển khai, và vận hành sản phẩm và hệ thống trong phạm vi bối cảnh doanh nghiệp và xã hội. Các chuẩn đầu ra cụ thể hơn xuất phát từ mục tiêu này sẽ được thảo luận trong phần sau và cũng là trọng tâm chính của Chương 3.

**Mục tiêu 3:** Mục tiêu thứ ba là giáo dục cho sinh viên trở thành những người có khả năng *hiểu được tầm quan trọng và tác động chiến lược của nghiên cứu và phát triển kỹ thuật đối với xã hội*. Xã hội của chúng ta phụ thuộc rất nhiều vào sự đóng góp của các nhà khoa học và kỹ sư để giải quyết nhiều vấn đề, từ việc chăm sóc sức khỏe cho tới giải trí, và cũng để đảm bảo tính cạnh tranh giữa các quốc gia. Tuy nhiên, nghiên cứu và phát triển công nghệ phải đi đôi với trách nhiệm xã hội và hướng tới những kỹ thuật có tính bền vững. Các kỹ sư tốt nghiệp phải có sự hiểu biết sâu sắc về vai trò của khoa học và kỹ thuật trong xã hội để gánh vác những trách nhiệm này. Hơn nữa, mục tiêu này cũng công nhận rằng một số sinh viên sẽ không trở thành các kỹ sư thực hành, nhưng sẽ theo đuổi các công việc như trở thành nhà nghiên cứu trong doanh nghiệp, chính phủ và trường đại học.

Mặc dù có những quan tâm về nghề nghiệp khác nhau, tất cả các sinh viên đều được hưởng lợi từ nền giáo dục được đặt trong bối cảnh phát triển sản phẩm, quy trình, và hệ thống. Trước hết, họ được lợi từ việc hoàn thành mục tiêu đầu tiên cho việc *nắm vững kiến thức chuyên sâu về quy tắc cơ bản của kỹ thuật*. Thứ hai, các nhà nghiên cứu kỹ thuật cần hiểu được mối liên hệ giữa nỗ lực của họ và tác động về sau đối với một sản phẩm hoặc hệ thống. Các nhà nghiên cứu thành công ngày càng được mọi người ghi nhận về ảnh hưởng của họ đối với xã hội, bên cạnh những đóng góp học thuật của họ. Do đó, điều quan trọng đối với những sinh viên chọn nghiên cứu là sự nghiệp cần phải hiểu được kỹ thuật ảnh hưởng như thế nào đến sản phẩm và quy trình, và có khả năng đánh giá cũng như nâng cao giá trị chiến lược của những đóng góp của mình.

Hai mục tiêu đầu tiên thể hiện mâu thuẫn giữa xưa và nay trong giáo dục kỹ thuật, nghĩa là giữa kiến thức về nền tảng kỹ thuật và các kỹ năng. Hầu hết các nhà giáo dục kỹ thuật đều đồng ý rằng hai mục tiêu này là quan trọng, nhưng họ lại bất đồng với nhau về lượng thời gian cần dành ra cho mục tiêu này so với mục tiêu kia. Nếu mô hình giáo dục là một quá trình truyền đạt với mức độ truyền đạt hiệu quả tối đa cố định và trong thời lượng cố định, thì mâu thuẫn giữa nền tảng kỹ thuật và kỹ năng sẽ tăng lên. Đề xướng CDIO có một quan điểm khác về giáo dục giúp giải tỏa được mâu thuẫn đó. Chúng tôi khẳng định rằng hoàn toàn có thể nâng cao sự tiếp thu các nguyên tắc cơ bản, và cùng lúc đẩy mạnh việc học các kỹ năng cá nhân và giao tiếp, và kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình, hệ thống.

Mục tiêu thứ ba thể hiện một mâu thuẫn đáng kể khác trong giáo dục kỹ thuật, đó là mâu thuẫn giữa nghiên cứu và phát triển. Với chương trình đào tạo tích hợp, hoàn toàn có thể bao quát cả hai lĩnh vực, và cho sinh viên được quyền chọn đặt trọng tâm vào lĩnh vực nào để chuẩn bị cho nghề nghiệp của họ sau này.

## Tâm nhìn

Để giải quyết mâu thuẫn này, chúng ta cần có một tầm nhìn mới về giáo dục kỹ thuật. Nền giáo dục này cần dựa trên việc nghiên cứu về học tập và những thực tiễn tốt nhất của giáo dục kỹ thuật. Nó cần phải được tích hợp toàn diện, có nghĩa là bao gồm toàn bộ chương trình giáo dục.

Đề xướng CDIO đề xuất một nền giáo dục nhấn mạnh nền tảng cơ bản trong bối cảnh hình thành ý tưởng - thiết kế - triển khai - vận hành sản phẩm, quy trình, và hệ thống. Những điểm nổi bật của tầm nhìn này là:

- Giáo dục dựa trên các mục tiêu của chương trình học và chuẩn đầu ra của sinh viên được nêu rõ ràng nhờ vào sự góp ý của các bên liên quan.
- Chuẩn đầu ra của sinh viên được đáp ứng bằng việc xây dựng một chuỗi kinh nghiệm học tập tích hợp, trong đó có một số kinh nghiệm

mang tính trải nghiệm, nghĩa là, tạo điều kiện cho sinh viên trải nghiệm những tình huống mà người kỹ sư sẽ gặp phải trong nghề nghiệp của họ.

- Việc xây dựng một chuỗi kinh nghiệm học tập thích hợp sẽ tạo ra *tác dụng kép*, vừa đào tạo các kỹ năng vừa hỗ trợ việc lĩnh hội sâu hơn các nền tảng cơ bản.

Sau đây, chúng tôi sẽ trình bày cách thức thiết lập chuẩn đầu ra của sinh viên, và sau đó là phần giới thiệu ngắn gọn về các khía cạnh chính của tầm nhìn CDIO:

- Chương trình đào tạo được thiết kế từ các môn học chuyên ngành bổ trợ lẫn nhau xen lẫn với các hoạt động nâng cao kỹ năng cá nhân và giao tiếp, kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình, và hệ thống.
- Kinh nghiệm thiết kế - triển khai và học qua thực hành được thực hiện trong lớp học và trong không gian học tập hiện đại làm cơ sở cho việc tiếp thu các kiến thức kỹ thuật mang tính trải nghiệm.
- Học trải nghiệm và chủ động, bên cạnh kinh nghiệm thiết kế - triển khai, có thể kết hợp trong các môn học chuyên ngành.
- Có quy trình đánh giá và kiểm định toàn diện.

Chúng ta cần tìm cách để hiện thực hóa tầm nhìn này bằng việc tăng cường năng lực tổng hợp của đội ngũ giảng viên, phân bổ lại những nguồn lực sẵn có, và không trông chờ nhiều vào việc có thêm nguồn lực mới.

**Chuẩn đầu ra.** Nhiệm vụ đầu tiên để chuyển tầm nhìn thành một chương trình mẫu là phát triển và hệ thống hóa sự hiểu biết toàn diện về những năng lực cần thiết của người kỹ sư đương đại. Nhiệm vụ này được hoàn tất thông qua việc phỏng vấn nhóm các nhóm liên quan, bao gồm các giảng viên ngành kỹ thuật, sinh viên, đại diện doanh nghiệp, hội đồng kiểm định chương trình đào tạo, cựu sinh viên, và các viện sĩ hàn lâm có thâm niên. Các nhóm liên quan được yêu cầu trả lời câu hỏi đầu tiên của hai câu hỏi trọng tâm cần được giải quyết trong cải cách giáo dục kỹ thuật: “*Sinh viên kỹ thuật nên đạt được những kiến thức, kỹ năng, thái độ nào khi tốt nghiệp?*”. Một ví dụ về ý kiến đóng góp rất sâu sắc từ phía doanh nghiệp trong quá trình này là ý kiến của Ray Leopold, cựu Phó Giám đốc và Trưởng Phòng Công nghệ của Bộ phận Giải pháp Viễn thông Toàn cầu của Motorola (xem Khung 2.3). Những kết quả từ việc phỏng vấn các nhóm liên quan, cùng với những đề tài viết ra từ quan điểm của doanh nghiệp, chính phủ và giới học thuật về những kỳ vọng đối với sinh viên tốt nghiệp được sắp xếp vào một danh sách các chuẩn đầu ra, gọi là Đề cương CDIO (CDIO Syllabus). Bảng mô tả, thiết lập, và phê chuẩn Đề cương CDIO là những chủ đề trong Chương 3.

### **KHUNG 2.3: NHU CẦU VỀ KỸ SƯ CDIO TRONG DOANH NGHIỆP**

Theo ước tính của tôi, đóng góp to lớn nhất của những sinh viên tốt nghiệp chương trình CDIO là khả năng sử dụng những kỹ năng kỹ thuật của họ với sự trân trọng chín chắn hơn về việc một sản phẩm thỏa mãn nhu cầu thật sự của xã hội đến mức độ nào. Điều này đòi hỏi sự thành công của dự án, theo nghĩa rộng, dựa trên cả những đóng góp kỹ thuật và phi kỹ thuật.

Người kỹ sư không những phải có khả năng tìm ra các giải pháp kỹ thuật cho một vấn đề, mà còn phải tìm được các giải pháp kinh tế có xác suất thành công cao. Người kỹ sư phải biết xác định những đề xuất có giá trị và tìm giải pháp cho những đề xuất đó. Một sinh viên tốt nghiệp phải rèn luyện những kỹ năng không chỉ sáng tạo những ý tưởng mới nổi bật, mà còn phải biến những ý tưởng này thành thực tế.

Như là một phần của quá trình này, những sinh viên tốt nghiệp ngành kỹ thuật phải hiểu rõ hơn giá trị họ có thể đem đến cho tổ chức. Họ phải phát triển tốt hơn các kỹ năng cá nhân, và có thể làm việc với các kỹ sư khác và với các đồng nghiệp từ các chuyên ngành khác. Sự trưởng thành của một kỹ sư không chỉ từ sự hiểu biết rộng và sâu về kiến thức chuyên ngành, mà còn từ kinh nghiệm cá nhân trong việc phát triển kỹ năng cá nhân và kỹ năng nghề nghiệp.

Trong phạm vi doanh nghiệp, chúng tôi thường cố gắng xác định cá nhân đó biết gì, cá nhân đó có thể đóng góp như thế nào, quan điểm cá nhân đó mang tới cho chúng tôi, và cá nhân đó thích ứng như thế nào đối với văn hóa công ty của chúng tôi. Chúng tôi thường không tuyển dụng những chuyên gia công nghệ quyền uy nhưng không có các kỹ năng làm việc với người khác để thích nghi với môi trường làm việc theo nhóm của chúng tôi, hoặc quan điểm của cá nhân đó có vẻ như bị giới hạn trong một lĩnh vực kỹ thuật bó hẹp. Chúng tôi cần người có chuyên môn kỹ thuật cao, nhưng chuyên môn đó phải có bối cảnh, và cá nhân đó có thể làm việc với những người khác.

Khi phỏng vấn tuyển dụng, tôi thường hỏi những câu thiên về hành xử, chẳng hạn như *"Từ kinh nghiệm giáo dục của mình, hãy cho tôi biết cụ thể khi bạn phải:*

- *Xử trí với một người có vẻ không tập trung vào mục tiêu của nhóm*
- *Xác định lại một đề xuất có giá trị*
- *Điều chỉnh kế hoạch công việc của mình cho phù hợp với thời hạn.*

Người tốt nghiệp chương trình CDIO nên có khả năng trả lời những câu hỏi này một cách sâu sắc hơn, và những câu trả lời của họ nên bao hàm sự trân trọng về bức tranh bao quát hơn trong khi thỏa mãn vấn đề hiện tại.

**-R. LEOPOLD, CÔNG TY MOTOROLA**

Như đã trình bày ở Bảng 2.3, Đề cương CDIO chia chuẩn đầu ra thành bốn phân loại cấp cao:

1. Kiến thức và lập luận kỹ thuật
2. Kỹ năng và tổ chức cá nhân và nghề nghiệp
3. Kỹ năng giao tiếp: làm việc theo nhóm và giao tiếp
4. Hình thành ý tưởng, thiết kế, triển khai, và vận hành hệ thống trong bối cảnh doanh nghiệp và xã hội

Bốn tiêu đề này trực tiếp dẫn đến nhu cầu cơ bản được xác định ở phần trước của chương này, đó là, đào tạo sinh viên để họ có thể:



*hiểu cách hình thành ý tưởng, thiết kế, triển khai và vận hành (Mục 4) sản phẩm, quy trình, và hệ thống kỹ thuật phức tạp, có giá trị gia tăng (Mục 1) trong môi trường kỹ thuật hiện đại, làm việc theo nhóm (Mục 3), và là những cá nhân trưởng thành, suy nghĩ sâu sắc (Mục 2).*

**BẢNG 2.3: ĐỀ CƯƠNG CDIO CHI TIẾT CẤP ĐỘ HAI**

<b>1. Kiến thức và lập luận kỹ thuật</b>	<b>3. Kỹ năng giao tiếp: làm việc theo nhóm và giao tiếp</b>
1.1 Kiến thức khoa học cơ bản	3.1 Làm việc nhóm đa ngành
1.2 Kiến thức nền tảng kỹ thuật cốt lõi	3.2 Giao tiếp
1.3 Kiến thức nền tảng kỹ thuật nâng cao	3.3 Giao tiếp bằng ngoại ngữ
<b>2. Kỹ năng cá nhân và nghề nghiệp, và tố chất</b>	<b>4. Hình thành ý tưởng, thiết kế, triển khai, và vận hành hệ thống trong bối cảnh doanh nghiệp và xã hội</b>
2.1 Lập luận kỹ thuật và giải quyết vấn đề	4.1 Bối cảnh bên ngoài và xã hội
2.2 Thử nghiệm và khám phá kiến thức	4.2 Bối cảnh tổ chức và kinh doanh
2.3 Suy nghĩ tầm hệ thống	4.3 Hình thành ý tưởng và xây dựng hệ thống
2.4 Kỹ năng và thái độ cá nhân	4.4 Thiết kế
2.5 Kỹ năng và thái độ nghề nghiệp	4.5 Triển khai
	4.6 Vận hành

Cụm từ cuối, “là những cá nhân trưởng thành, suy nghĩ sâu sắc”, công nhận rằng trong bối cảnh đại học, sinh viên trưởng thành về mặt tâm lý và xã hội, cũng như về mặt trí tuệ. Kiến thức, kỹ năng, và thái độ được nêu lên ở Mục 2, 3 và 4 của Đề cương có nghĩa là những kỹ năng cá nhân và giao tiếp, kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình, và hệ thống. Mục 1, Kiến thức và lý luận kỹ thuật, là tùy thuộc vào chương trình cụ thể, nghĩa là nó liệt kê những khái niệm chính của chuyên ngành kỹ thuật cụ thể đó. Mục 2, 3 và 4 thì có thể áp dụng vào bất kỳ chương trình kỹ thuật nào.

Nội dung của mỗi phần được triển khai chi tiết đến cấp độ hai, cấp độ ba và cấp độ bốn. Các chủ đề của Đề cương chi tiết ở cấp độ hai được phê chuẩn bởi các chuyên gia chuyên ngành và các bên liên quan chủ yếu. Để đảm bảo tính toàn diện, Đề cương tương quan rõ ràng với các văn bản liệt kê các yêu cầu về giáo dục kỹ thuật và các tố chất mong muốn. Vì vậy, Đề cương CDIO là một tập hợp các kỹ năng hợp lý và nhất quán, hình thành từ sự hiểu biết về những nhu cầu mà các bên liên quan kỳ vọng ở sinh viên tốt nghiệp. Đề cương mang tính toàn diện, được đánh giá đồng cấp (peer-reviewed), và hình thành cơ sở cho việc thiết kế và kiểm định chương trình. Bảng 2.3 là Đề cương CDIO chi tiết cấp độ hai. Đề cương hoàn chỉnh được trình bày trong phụ lục A.

Để chuyển những chủ đề và kỹ năng của Đề cương CDIO sang chuẩn đầu ra có thể đánh giá được, chúng tôi đã đề xuất thực hiện khảo sát bởi các bên liên quan đến chương trình nhằm xác định trình độ mong đợi từ các kỹ sư tốt nghiệp theo mỗi chủ đề của Đề cương. Quá trình và kết quả khảo sát

từ các chương trình tiêu biểu sẽ được giải thích trong Chương 3. Từ những khảo sát ban đầu, chúng tôi có được câu trả lời toàn diện và dựa trên ý kiến của những bên liên quan cho câu hỏi đầu tiên trong hai câu hỏi trọng tâm được đặt ra ở phần đầu của chương này, “*Sinh viên kỹ thuật nên đạt được những kiến thức, kỹ năng, thái độ nào khi tốt nghiệp, và đạt được ở trình độ năng lực nào?*” Những đặc điểm còn lại của tầm nhìn CDIO nhằm vào câu hỏi trọng tâm thứ hai “*Làm thế nào để chúng ta có thể làm tốt hơn trong việc đảm bảo sinh viên đạt được những kỹ năng ấy?*” Nói chung, điều này đòi hỏi cải cách trong bốn lĩnh vực chính: cấu trúc của chương trình đào tạo và nội dung của một số môn học; môi trường học tập; phương pháp giảng dạy; và phương pháp đánh giá kết quả đầu ra ở cấp độ sinh viên cũng như ở cấp độ chương trình. Những phương pháp tiếp cận của chúng tôi trong bốn lĩnh vực này dựa trên nghiên cứu về giáo dục mà chúng tôi đã tiến hành, và dựa trên những cuộc khảo sát rộng về những thông lệ tốt nhất. Sau đó nó được hoàn thiện thêm qua sự xét duyệt lại của các thành viên trong hiệp hội CDIO. Giáo sư Sheri Sheppard của Đại học Stanford và đồng nghiệp của bà trong Quỹ Phát triển Phương pháp Sư phạm Carnegie (The Carnegie Foundation for the Advancement of Teaching) đã viết một quan điểm bổ sung, trong đó nêu lên tiến triển mong muốn đối với những lĩnh vực tương tự, được trình bày ở Khung 2.4.

**Cải cách chương trình đào tạo.** Để đạt được mục tiêu kép là có kiến thức kỹ thuật chuyên môn sâu hơn về nền tảng kỹ thuật đồng thời có khả năng dẫn đầu trong việc xây dựng và vận hành các sản phẩm, quy trình, hệ thống mới, chúng ta cần phải cải tiến chương trình đào tạo chuyên ngành kỹ thuật. Chúng ta không thể hy vọng sẽ có thêm nhiều nguồn lực mới, học kỳ dài hơn, nhiều năm hơn, hoặc mở rộng chương trình đào tạo. Do đó, chúng ta phải phân công lại các nguồn lực sẵn có. Thách thức ở đây là thiết lập một chương trình đào tạo tích hợp, nghĩa là, tìm những phương cách sáng tạo có thể, để thời lượng giảng dạy đảm bảo hai nhiệm vụ: 1) sinh viên vừa phát triển kiến thức sâu về nền tảng kỹ thuật, và 2) đồng thời học các kỹ năng cá nhân và giao tiếp; cũng như kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình, và hệ thống.

Chúng ta không nên phó mặc việc học tập này cho sự may rủi, mà phải có một kế hoạch rõ ràng đảm bảo sinh viên học được các kỹ năng này. Để đạt được được sự tích hợp này có thể đòi hỏi những thay đổi trong cấu trúc của chương trình đào tạo, nhằm khai thác những cơ hội học tập ngoại khóa, song song với chương trình đào tạo kết hợp với thực hành bên ngoài, và phát triển giáo trình giảng dạy mới. Để hỗ trợ công tác cải cách chương trình giảng dạy, chúng tôi đề nghị giữ lại các môn chuyên ngành để làm khung sườn tổ chức của chương trình giảng dạy, đồng thời thực hiện hai cải tiến lớn. Trước hết, các môn học chuyên ngành phải mang tính chất bổ trợ lẫn nhau, giống như trong thực tiễn. Thứ hai, giáo dục các kỹ năng cá nhân

và giao tiếp, kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình, và hệ thống phải được đan xen vào giáo dục chuyên ngành.

### KHUNG 2.4: ĐÀO TẠO KỸ SƯ

(dựa vào nghiên cứu về giáo dục kỹ thuật tại Hoa Kỳ của Quỹ Carnegie [1])

Nền giáo dục kỹ thuật chính quy chịu trách nhiệm giúp sinh viên học các kỹ năng cần thiết để khởi nghiệp thành công trong ngành kỹ thuật và đóng góp vào nhu cầu kỹ thuật của đất nước. Theo quan điểm của sinh viên, nhập học một trường kỹ thuật là giai đoạn khởi đầu cho quá trình học nghề gồm ba giai đoạn: học nhận thức hoặc kiến thức, học kỹ năng thực tế, và học về đặc điểm và các giá trị của chuyên ngành. Đây cũng là trường hợp cho ai bước vào các ngành nghề khác, như luật hoặc y khoa.

#### Chương trình đào tạo (curriculum)

Ba thành phần chính của giáo dục kỹ thuật chính quy là chương trình đào tạo, các phương pháp sư phạm được áp dụng, và chương trình học. *Chương trình đào tạo* nên phản ánh được các kỹ năng, kiến thức, thực hành, và giá trị trong công tác kỹ thuật. Do vậy, nó phải bao gồm toàn bộ kiến thức cốt lõi, các chiến lược giải quyết vấn đề then chốt, và khả năng vận dụng kiến thức để giải quyết những vấn đề mới, khác lạ, và/hoặc quan trọng.

Kiến thức cốt lõi trong kỹ thuật bao gồm: các công cụ lý thuyết (dựa trên toán học và khái niệm); các khái niệm thiết kế căn bản (các nguyên tắc về vận hành và cấu hình thường dùng); các tiêu chuẩn và đặc điểm kỹ thuật; dữ liệu về số lượng; cân nhắc các ý nghĩa thực tiễn; các công cụ hỗ trợ; và kiến thức về bối cảnh sự việc. Giáo dục chính quy cần tập trung vào các loại kiến thức có giá trị rộng nhất và bền nhất để hỗ trợ cho việc học và thực hành chuyên môn liên tục, bao gồm kiến thức lý thuyết, các nguyên tắc vận hành, các công cụ hỗ trợ, và kiến thức về bối cảnh sự việc [2,3].

Các chiến lược giải quyết vấn đề then chốt bao gồm thiết kế và phân tích, mà ở đó, một vấn đề hoặc hiện trạng được xác định, thuộc tính và hạn chế được định rõ, và mối quan hệ giữa phương tiện và kết quả được hình thành [3,4]. Cuối cùng, chương trình đào tạo nên bao gồm những kinh nghiệm thực tế được dạy dưới sự hướng dẫn, theo nghĩa rộng là áp dụng kiến thức tối thiểu sẵn có và các chiến lược giải quyết vấn đề để xử lý một vấn đề không được đặt ra rõ ràng một cách có trách nhiệm.

#### Các phương pháp sư phạm

*Các phương pháp sư phạm* dùng để truyền đạt chương trình đào tạo cần được lựa chọn hết sức thận trọng. Các phương pháp này chỉ nên được chọn sau khi phân tích các mục tiêu học tập và cách thức đánh giá mức độ sinh viên đã tiến bộ trong việc đạt được các mục tiêu này [5]. Việc thực hiện thành công bất cứ phương pháp sư phạm nào cũng đòi hỏi giảng viên phải có "kiến thức nội hàm sư phạm", kiến thức này vượt xa kiến thức về nội dung chuyên ngành [6]. Phương pháp giảng dạy cần hỗ trợ cho việc truyền tải và phát triển kiến thức hướng đến chuyên môn [7]. Những kết quả nghiên cứu vừa thực hiện về học tập và nhận thức (đặc biệt là nghiên cứu về học trực quan, phát triển chuyên môn trong nhiều lĩnh vực, và phương pháp giải quyết vấn đề) đã cho chúng ta biết những cách thức mới để đánh giá và cải tiến các mô hình giảng dạy hiện thời trong ngành kỹ thuật.

#### Chương trình học (program)

*Chương trình học* đóng vai trò là thành phần chính thứ ba trong giáo dục kỹ thuật. Chương trình học phân lớn bao gồm việc giảng viên truyền đạt chương trình đào tạo cho sinh viên thông qua nhiều phương pháp sư phạm khác nhau. Để thúc đẩy sinh viên tiếp thu được chuyên môn trong ngành kỹ thuật, một chương trình học không nên chỉ đơn thuần là một tập hợp các môn học. Mà nó phải được thiết kế và truyền đạt như một tập hợp các kinh nghiệm giáo dục tương tác và gắn khớp với nhau, tập trung vào mục tiêu phát triển

khả năng thực hiện những nhiệm vụ liên quan đến kỹ thuật của sinh viên. Khi cân nhắc một chương trình học cụ thể, các giảng viên nên tích cực thảo luận, tranh luận và hành động như một tập thể xung quanh các câu hỏi như:

- Loại kiến thức nào cần có? Tại sao những loại kiến thức này cần được nhấn mạnh? Ai quyết định điều này? Cách dạy, cách học và phương pháp đánh giá nào sẽ được áp dụng để đảm bảo sinh viên thực sự học được những loại kiến thức này?
- Môn giải quyết các vấn đề kỹ thuật sẽ được dạy theo hình thức nào? Phương pháp nào sẽ được dùng để dạy môn giải quyết những vấn đề đòi hỏi phải tổng hợp? Môn giải quyết vấn đề tích hợp? Các phương pháp này nên được nâng cao như thế nào để đem đến những kiến thức cốt lõi một cách chặt chẽ?
- Những kinh nghiệm giáo dục gì sẽ thách thức sinh viên kết hợp những kiến thức chuyên môn và giải quyết vấn đề? Nói cách khác, phương pháp sư phạm nào hướng sinh viên tham gia vào những thực hành kỹ thuật thực tiễn?
- Bằng những cách thức nào để thách thức sinh viên kết hợp giữa thông tin và kiến thức về bối cảnh để giải quyết vấn đề? Sinh viên được dạy hành xử với tinh thần nghề nghiệp như thế nào? Mọi việc có thể được cải thiện như thế nào?
- Mối quan hệ giữa thực hành và giáo dục là gì? Mối quan hệ này nên là gì? Đối tượng nào nên tham gia vào việc xác định mối quan hệ này? Lịch sử ảnh hưởng đến mối quan hệ này như thế nào?
- Cấu trúc (số lượng và tiến trình của các môn học) trong chương trình học có thể hiện được khối lượng làm việc hợp lý trong bốn năm không? Đối tượng nào nên tham gia để xác định cái gì là hợp lý, và/hoặc giải pháp tối ưu? Sự cân bằng giữa học kiến thức và thực hành giải quyết vấn đề là gì?
- Những thực hành giáo dục trong chương trình học của chúng ta có đáp ứng được nhiệm vụ đào tạo những chuyên gia tương lai hay không? Làm thế nào chúng ta biết được rằng chúng ta đã thành công trong nhiệm vụ này?

#### Tài liệu tham khảo

- [1] Sheppard, S., Sullivan, W, and Colby, A., "Preparation for the Professions Program: Engineering Education in the United States," in *Educating the Engineer of 2020: Adapting Engineering Education to the New Century*, 2005. Available at <http://www.nap.edulbooks/0309096499/html/>
- [2] Vincenti, W G., *What Engineers Know and How They Know It: Analytical Studies from Aeronautical History*, The Johns Hopkins University Press, Baltimore, Maryland, 1990.
- [3] Sheppard, S., Colby, A., Macatangay, K., and Sullivan, W, "What is Engineering Practice?" in press for the *International Journal of Engineering Education*.
- [4] Rubinstein, M. F., *Patterns of Problem Solving*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1975.
- [5] Bransford, J., Vye, N., Bateman, H., "Chapter 6-Creating High-Quality Learning Environments: Guidelines from Research on How People Learn", in *The Knowledge Economy and Postsecondary Education: Report of a Workshop*. Available at <http://books.nap.edu/catalog/10239.html>
- [6] Shulman, L. S., "Knowledge and Teaching: Foundations of the New Reform", *Harvard Educational Review*, 57,1-22,1987.
- [7] Schwartz, D. L., Bransford, J. D., and Sears, D. L., "Efficiency and Innovation in Transfer", in Mestre, J. (Ed.), *Transfer of Learning from a Multidisciplinary Perspective*, Information Age Publishing.

-S. SHEPPARD, W. SULLIVAN, A. COLBY, K. MACATANGAY,  
QUỖ PHÁT TRIỂN PHƯƠNG PHÁP SƯ PHẠM CARNEGIE

Thiết kế một chương trình đào tạo mới đòi hỏi đối sánh chương trình đào tạo hiện thời để xác định mối liên kết hiện có giữa các chuyên môn và những khía cạnh mà các kỹ năng đã được dạy, đồng thời cũng để xác định những thiếu sót và trùng lặp. Ba kết cấu cụ thể của chương trình đào tạo là những thành phần then chốt của một chương trình đào tạo tích hợp: 1) *kinh nghiệm kỹ thuật ở mức độ giới thiệu* nhằm giúp tạo khung sườn cho quá trình học về sau và tạo động lực thôi thúc sinh viên muốn trở thành kỹ sư; 2) các môn học chuyên ngành thông thường được phối hợp và liên kết với nhau thể hiện rằng kỹ thuật đòi hỏi những nỗ lực liên ngành; và 3) đồ án hoặc đề án tốt nghiệp (capstone - môn học kéo dài nguyên năm cuối và đòi hỏi sinh viên làm đề án theo nhóm). Đề án phải bao gồm trải nghiệm quan trọng để sinh viên hình thành ý tưởng, thiết kế, triển khai và vận hành sản phẩm, quy trình hoặc hệ thống. Khi ba kết cấu mới này được hoàn thành, có thể lên kế hoạch rõ ràng cho những kỹ năng cần thiết. Kết cấu chương trình đào tạo mới này còn hỗ trợ sinh viên làm đề án, thực tập, và đặt sinh viên vào vị trí thích hợp ở doanh nghiệp. Từ đó mở rộng thêm quỹ thời gian để sinh viên có thể học thêm kỹ năng và trau dồi thêm kinh nghiệm học toàn diện. Thành quả của việc cải cách chương trình đào tạo như vậy là chương trình đào tạo tích hợp bao gồm chuỗi những trải nghiệm học tập được hoạch định chặt chẽ nhằm giúp sinh viên đạt được các mục tiêu giáo dục khát khe và phù hợp. Chương 4 sẽ mô tả việc thiết kế và phát triển chương trình đào tạo tích hợp.

**Các trải nghiệm thiết kế - triển khai và không gian làm việc CDIO.** Kỹ sư thiết kế và triển khai sản phẩm, quy trình, và hệ thống. Việc cung cấp những trải nghiệm thiết kế - triển khai lặp đi lặp lại nhiều lần sẽ giúp sinh viên tiếp thu sâu những kiến thức nền tảng và học được kỹ năng thiết kế và triển khai sản phẩm, quy trình, và hệ thống mới. Do kỹ năng cá nhân và giao tiếp, kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình, và hệ thống đều bắt nguồn từ nhu cầu người kỹ sư làm việc trong nhóm thiết kế, các đề án thiết kế - triển khai sẽ tạo môi trường tự nhiên mà ở đó sinh viên được dạy những kỹ năng này. Trong chương trình CDIO, các trải nghiệm về hình thành ý tưởng, thiết kế, triển khai và vận hành được lồng vào chương trình đào tạo, đặc biệt là trong các môn học giới thiệu và đồ án tốt nghiệp. Đồ án tốt nghiệp có thể được tái tổ chức thành môn học có mối liên hệ chặt chẽ với một hoặc nhiều chuyên môn khác và thu hút sinh viên tham gia thiết kế, triển khai và vận hành sản phẩm, quy trình hoặc hệ thống. Việc sắp xếp phát triển kiến thức lý thuyết với triển khai thực tế tạo cơ hội cho sinh viên học được cả khả năng ứng dụng và hạn chế của lý thuyết.

Nếu như sinh viên hiểu rằng hình thành ý tưởng - thiết kế - triển khai - vận hành là bối cảnh của giáo dục, thì việc tổ chức lại các phòng thí nghiệm sẵn có bằng việc xây dựng không gian làm việc kỹ thuật hiện đại có thể hỗ trợ và được tổ chức theo các hoạt động *Hình thành Ý tưởng*, *Thiết kế*, *Triển khai*, và *Vận hành* là cần thiết. Trong các *không gian làm việc CDIO* như

thế, không gian làm việc phục vụ hoạt động *hình thành ý tưởng* được thiết kế nhằm khuyến khích con người tương tác qua lại và tìm hiểu nhu cầu của nhau đồng thời tạo môi trường khuyến khích sự suy ngẫm và phát triển khái niệm. Chúng là những môi trường chủ yếu không được trang bị công nghệ. Các cơ sở vật chất phục vụ hoạt động *Thiết kế và Triển khai* tạo điều kiện cho sinh viên làm quen với cách thiết kế đòi hỏi sinh viên hợp tác với nhau và sử dụng công nghệ kỹ thuật số, cách chế tạo hiện đại, và cách hợp nhất phần mềm và phần cứng. Không gian phục vụ hoạt động *Vận hành* thì khó quản lý hơn trong trường học. Tuy nhiên, sinh viên có thể học cách vận hành những thí nghiệm của cá nhân mình hoặc do giảng viên chỉ định. Việc mô phỏng vận hành thực tế cũng như việc nối kết điện tử với môi trường vận hành thực tế có thể bổ sung kinh nghiệm trực tiếp cho sinh viên. Hơn nữa, không gian học tập cũng phải hỗ trợ những hoạt động học chủ động và thực hành khác như: việc làm thí nghiệm, phòng thí nghiệm chuyên ngành, và tương tác xã hội. Không gian làm việc phải hỗ trợ và khuyến khích việc xây dựng nhóm và các hoạt động nhóm. Kinh nghiệm thiết kế - triển khai và không gian học tập CDIO sẽ được khảo sát chi tiết ở Chương 5.

**Cài cách dạy và học.** Biết được những nội dung trong chương trình đào tạo như đã nêu, bây giờ chúng ta xem xét đến các vấn đề liên quan đến phương pháp sư phạm, như dạy thế nào và sinh viên học như thế nào. Để đạt được mục tiêu kép trong việc học chuyên ngành và học kỹ năng một cách tốt hơn, thì việc sắp xếp lại thời gian học của sinh viên và áp dụng những thông lệ tốt nhất trong phương pháp học và dạy là rất cần thiết và nên được thực hiện xuyên suốt chương trình học. Để đáp ứng các nhu cầu học tập này, chúng tôi đề nghị cải thiện hai lĩnh vực: 1) tăng cường học chủ động và học trải nghiệm, và 2) thiết lập kinh nghiệm học tích hợp dẫn đến nắm vững kiến thức chuyên môn, kỹ năng cá nhân và giao tiếp; cũng như kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình, và hệ thống.

Nghiên cứu về giáo dục cho thấy rằng các kỹ năng học chủ động có thể thúc đẩy việc học của sinh viên một cách đáng kể. Việc học chủ động hình thành khi sinh viên được tham gia nhiều hơn vào việc thảo luận, vận dụng và đánh giá ý tưởng. Việc học chủ động trong các môn học thiên về lý thuyết có thể bao gồm những khoảng thời gian dành cho sinh viên suy xét, thảo luận theo nhóm, và phản hồi tức thời về những gì mà họ đang học. Việc học chủ động trở thành kinh nghiệm thực tế khi sinh viên đảm nhiệm vai trò mô phỏng thực hành kỹ thuật nghề nghiệp, đó là các đề án thiết kế - triển khai, mô phỏng, nghiên cứu tình huống. Sự nhấn mạnh vào việc sử dụng rộng rãi phương pháp học chủ động và học trải nghiệm là chủ đề chính trong nỗ lực của chúng tôi nhằm giúp sinh viên phát triển kiến thức sâu hơn về nền tảng kỹ thuật. Kết quả mong muốn của phương pháp này là hiểu biết các khái niệm kỹ thuật quan trọng và ứng dụng của chúng. Việc này có thể xem như là tiền đề cho những sáng tạo mang tính đột phá sau này.

Để thời gian học tập của sinh viên đạt được hiệu quả và hiệu suất cao, đòi hỏi phải có kinh nghiệm học tập tích hợp. Học tập tích hợp bao gồm kinh nghiệm học dẫn đến nắm vững kiến thức chuyên môn kết hợp với kỹ năng cá nhân và giao tiếp, kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình, và hệ thống. Điều này mang đến tác động kép cho kinh nghiệm học. Cách học này đương nhiên sẽ có trong các kinh nghiệm thiết kế - triển khai, nhưng không chỉ giới hạn ở những trải nghiệm này. Ví dụ, giải quyết vấn đề là một kỹ năng kỹ thuật cần thiết.

Kiến thức chuyên môn giúp sinh viên giải quyết vấn đề một cách đúng đắn, nhưng sự phối hợp các kỹ năng ở phạm vi rộng lớn hơn là cần thiết để dạy sinh viên giải quyết đúng vấn đề. Phương pháp tiếp cận CDIO nhằm mục tiêu phát triển các kỹ năng đặt vấn đề, ước tính, tạo mô hình, và giải quyết. Một mô hình học bổ sung dựa trên giải quyết vấn đề, với điểm nhấn vào kiến thức cơ bản, sẽ hỗ trợ cho hình thức học tích hợp này. Tuy nhiên, có nhiều cơ hội khác để phối hợp quá trình học tập, chẳng hạn như, tạo cặp đôi trao đổi hoặc nhóm làm việc trong các bài tập; khuyến khích sinh viên đào sâu vào một chủ đề và sử dụng các phương pháp nghiên cứu cụ thể; hoặc thảo luận các khía cạnh đạo đức của một vấn đề kỹ thuật cùng với các đặc điểm kỹ thuật của nó. Một đặc điểm tinh tế quan trọng của phương pháp học tích hợp là sinh viên thấy được những người gương mẫu, cụ thể là những giảng viên kỹ thuật, thảo luận nhiều loại kỹ năng cho thấy tầm quan trọng của các kỹ năng này trong nghề nghiệp kỹ thuật. Phương pháp học tích hợp và học chủ động, học trải nghiệm là trọng tâm của Chương 6.

**Đánh giá kết quả học tập của sinh viên và kiểm định chương trình.** Đánh giá và kiểm định chặt chẽ là hai thành phần cần thiết để thực hiện tiến trình cải cách giáo dục. Thành phần *đánh giá học tập* (learning assessment) đo lường việc học và theo dõi thành tích học tập đạt được về kiến thức chuyên môn, kỹ năng cá nhân và giao tiếp, kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình, và hệ thống. Thành phần *kiểm định chương trình* (program evaluation) tập hợp và phân tích các dữ liệu liên quan đến chất lượng và tác động chung của cả chương trình đào tạo.

Đánh giá kết quả học tập của sinh viên một cách hiệu quả đòi hỏi việc đánh giá tập trung vào những chuẩn đầu ra đã được xác định cho sinh viên. Chuẩn đầu ra là kiến thức, kỹ năng, và thái độ mà sinh viên cần nắm vững qua trải nghiệm học tập. Phương pháp đánh giá việc học của sinh viên sẽ đo mức độ sâu rộng mà mỗi sinh viên đạt được trong quá trình học của mình. Phương pháp đánh giá kết quả học tập bao gồm kiểm tra viết và vấn đáp, quan sát và đánh giá thuyết trình và các quy trình khác, đánh giá đồng cấp (peer evaluation), tự đánh giá và hồ sơ ghi lại các thành quả sinh viên đạt được (portfolio). Trong một chương trình CDIO, việc đánh giá lấy người học làm trọng tâm: nó được thống nhất với chuẩn đầu ra của việc dạy và học, sử dụng nhiều phương pháp để tập hợp chứng cứ về thành tích, và khuyến khích việc học tập trong môi trường mang tính hỗ trợ và hợp tác.

Việc đánh giá tập trung vào thu thập chứng cứ về việc sinh viên liên thông thạo kiến thức chuyên môn; kỹ năng cá nhân và giao tiếp; kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình, và hệ thống. Việc đánh giá học tập là chủ đề thảo luận ở Chương 7.

Kiểm định chương trình là đánh giá toàn bộ chất lượng của một chương trình dựa trên chứng cứ về tiến trình đạt mục tiêu đề ra của chương trình. Kỹ thuật thu thập dữ liệu bao gồm các phương pháp thực hành tốt nhất về kiểm định chương trình, như phỏng vấn đầu vào, khảo sát mức độ hài lòng của sinh viên, và văn bản hồi tưởng của giảng viên. Khi các chứng cứ và kết quả được thường xuyên báo cáo đến các giảng viên, sinh viên, các cán bộ quản lý chương trình, cựu sinh viên, và đến các bên liên quan chủ chốt, lúc đó phản hồi trở thành cơ sở để ra quyết định về chương trình và cải tiến chương trình liên tục. Việc kiểm định chương trình và cải tiến chương trình liên tục sẽ được thảo luận ở Chương 9.

## Nền tảng phương pháp sư phạm

Chúng tôi tin rằng việc cải cách chương trình giáo dục kỹ thuật dựa trên tầm nhìn CDIO sẽ đưa chúng ta đến gần hơn trong việc giải quyết mâu thuẫn giữa hai mục tiêu chính là phát triển việc học chuyên sâu kiến thức nền tảng kỹ thuật và khả năng dẫn đầu trong việc hình thành và vận hành các sản phẩm, quy trình, và hệ thống. Niềm tin này không chỉ dựa trên kinh nghiệm mà còn dựa trên việc áp dụng những lý thuyết và mô hình học tập.

Để hiểu những bước tiến về phương pháp sư phạm, chúng ta cần phải cân nhắc xem chúng ta biết gì về cách thức sinh viên học. Cũng giống như trường hợp của nhiều trẻ em và người lớn, nhiều sinh viên ngành kỹ thuật có xu hướng học từ cụ thể đến trừu tượng. Tuy nhiên, họ không còn bước vào trường đại học với những kinh nghiệm tự mày mò với những chiếc xe hơi hoặc lắp ráp những cái radio. Tương tự như thế, những cải cách giáo dục trong khoa học kỹ thuật từ nửa sau Thế kỷ 20 phần lớn đã xóa bỏ kinh nghiệm thực hành mà các sinh viên kỹ thuật từng gặp ở đại học. Kết quả là, các sinh viên kỹ thuật hiện nay có ít kinh nghiệm cụ thể dựa trên đó để hình thành nền tảng cho các lý thuyết kỹ thuật. Những thiếu sót về kinh nghiệm thực tiễn này ảnh hưởng đến khả năng học lý thuyết trừu tượng của sinh viên, mà chính lý thuyết này tạo nên các kiến thức cơ bản trong kỹ thuật; đồng thời cũng ngăn cản khả năng nhận thấy tính khả thi của việc ứng dụng và lợi ích thực tiễn của một lý thuyết tốt.

Phương pháp tiếp cận CDIO dựa trên lý thuyết học trải nghiệm bắt nguồn từ lý thuyết xây dựng (constructivism) và phát triển nhận thức (cognitive development). Trong số các thuyết gia về phát triển nhận thức, có lẽ Jean Piaget là người có ảnh hưởng lớn nhất [12], giải thích rằng việc học diễn ra trong nhiều giai đoạn phát triển. Ý kiến của Piaget và các thuyết gia phát triển nhận thức kể tục ông đã dẫn đến ba nguyên tắc quan trọng về việc học thể hiện trong chương trình của chúng tôi:



- Điểm then chốt của việc học là nó dạy cho người học ứng dụng những cấu trúc nhận thức sẵn có đối với nội dung mới.
- Bởi vì người học không thể học cách áp dụng những cấu trúc nhận thức mà họ chưa có, do đó những kiến trúc nhận thức cơ bản phải được phát triển trước trong người học.
- Những kinh nghiệm học tập được thiết kế để dạy những khái niệm vượt trên mức độ phát triển nhận thức hiện có là sự lãng phí về thời gian cho cả người dạy và người học [13].

Lý thuyết phát triển nhận thức cùng với tâm lý học xã hội (social psychology) và lý thuyết học qua xã hội (social learning theory), cung cấp các tiền đề lịch sử cho lý thuyết xây dựng, một học thuyết giả định rằng những gì được học là hàm số của nội dung, bối cảnh, hoạt động, và mục tiêu của người học. Những người theo lý thuyết xây dựng tin rằng người học xây dựng những khuôn kiến thức nội tại để dựa vào đó mà gắn các ý tưởng mới vào. Mỗi người học bằng cách xây dựng kiến thức cho mình một cách chủ động, kiểm tra các khái niệm dựa trên những kinh nghiệm trước đó, áp dụng các khái niệm này vào các tình huống mới, và tích hợp các khái niệm vào kiến thức có sẵn. Việc tạo điều kiện xử lý thông tin mới và giúp sinh viên xây dựng các mối liên hệ có ý nghĩa được xem như yêu cầu cơ bản cho việc dạy và học.

Các lý thuyết xây dựng và học qua xã hội đã được ứng dụng cho nhiều mô hình và thực hành chương trình đào tạo và giảng dạy. Cách tiếp cận CDIO tập trung vào một trong những thực hành này, được gọi là học trải nghiệm. Học trải nghiệm được định nghĩa là quá trình hình thành và chuyển đổi kinh nghiệm thành kiến thức, kỹ năng, thái độ, giá trị, cảm xúc, niềm tin, và giác quan. Trong nghiên cứu về học trải nghiệm, Kolb [14] nhấn mạnh sáu đặc điểm của việc học trải nghiệm:

- Việc học tốt nhất nên được xem như là một quá trình, nghĩa là, các khái niệm được hình thành, và không ngừng được chỉnh sửa, từ các kinh nghiệm.
- Việc học là một quá trình liên tục, được xây dựng trên kinh nghiệm, nghĩa là, người học bước vào môi trường học tập với ít hoặc nhiều hiểu biết về vấn đề, trong đó một số hiểu biết có thể là sai.
- Quá trình học tập yêu cầu giải quyết những mâu thuẫn giữa các phương thức thích nghi với thế giới thực tiến đối lập nhau, nghĩa là, người học cần nhiều khả năng khác nhau từ kinh nghiệm cụ thể đến khái niệm hóa trừu tượng, và từ quan sát có suy ngẫm đến việc thí nghiệm thực sự.
- Việc học là một quá trình thích ứng thế giới thực tiến một cách toàn diện, nghĩa là, việc học thì rộng hơn những gì diễn ra trong lớp học.
- Việc học bao gồm sự tương tác giữa con người và môi trường thế giới thực tiến.

- Việc học là một quá trình tạo ra kiến thức, nghĩa là, theo truyền thống của các học thuyết xây dựng.

Với sự diễn giải này, đặc điểm cần thiết của phương pháp tiếp cận CDIO – tạo tác động kép cho các kinh nghiệm học tập – có thể trở nên dễ hiểu hơn. Nếu các hoạt động học tập mang tính trải nghiệm được thiết kế nhằm hỗ trợ tác phong trước khi vào nghề rõ ràng, chúng sẽ hỗ trợ việc học các kỹ năng cá nhân và giao tiếp, kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình, và hệ thống. Một cách tinh tế hơn, các kinh nghiệm học tập này cho phép sinh viên phát triển một cơ cấu kiến thức dễ hiểu và học các khái niệm trừu tượng liên quan đến các kiến thức cơ bản về kỹ thuật. Những trải nghiệm cụ thể cũng tạo cơ hội cho việc ứng dụng tích cực, để hỗ trợ quá trình hiểu và ghi nhớ. Vì vậy, chúng tạo điều kiện để đạt được mục tiêu mong muốn – kiến thức sâu về các khái niệm cơ bản.

## Đáp ứng các yêu cầu

Trong phần thảo luận này, chúng tôi đã trình bày phương pháp tiếp cận CDIO đáp ứng được bốn trong tám yêu cầu cho quá trình cải cách giáo dục kỹ thuật thành công:

- Nó nhấn mạnh những kiến thức kỹ thuật cơ bản và nâng cao việc học kỹ năng cá nhân và giao tiếp, cũng như các kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình, và hệ thống.
- Chu trình vòng đời của sản phẩm, quy trình, và hệ thống là bối cảnh của giáo dục kỹ thuật.
- Các mục tiêu đào tạo và chuẩn đầu ra phản ánh ý kiến đóng góp của tất cả các nhóm liên quan.
- Nó dựa trên mô hình thực hành tốt nhất và những hiểu biết về các mô hình học tập đã được ứng dụng rộng rãi trong các ngành kỹ thuật.

Trong phần tiếp theo của chương này, chúng tôi sẽ trình bày cách thức mà phương pháp tiếp cận CDIO đáp ứng được bốn yêu cầu còn lại của quá trình cải cách giáo dục thành công.

## THỰC HIỆN TẦM NHÌN

Như đã mô tả ở phần trước của chương này, Đề xướng CDIO đề cập đến *nhu cầu* được công nhận rộng rãi là đào tạo sinh viên hiểu làm thế nào để hình thành ý tưởng - thiết kế - triển khai - vận hành sản phẩm, quy trình, và hệ thống kỹ thuật phức tạp, có giá trị gia tăng, trong môi trường làm việc hiện đại theo nhóm. *Những mục tiêu* chính yếu của chương trình là giáo dục sinh viên có thể nắm vững hơn những kiến thức kỹ thuật cơ bản; dẫn đầu trong việc xây dựng và vận hành các sản phẩm, quy trình, và hệ thống

mới; và hiểu được tầm quan trọng và tác động chiến lược của nghiên cứu và phát triển kỹ thuật đối với xã hội. Chúng tôi tin tưởng rằng những mục tiêu này sẽ đạt được khi hình thành ý tưởng - thiết kế - triển khai - vận hành sản phẩm, quy trình, hệ thống là *bối cảnh* của giáo dục. *Tầm nhìn* bao gồm các chuẩn đầu ra được xác lập bởi các bên liên quan, và giáo dục tập trung vào chuỗi những kinh nghiệm học trải nghiệm tích hợp, được thiết lập trong một chương trình đào tạo được tổ chức đan xen chặt chẽ giữa các môn học chuyên ngành kỹ thuật hỗ trợ lẫn nhau, với các kỹ năng cá nhân, kỹ năng giao tiếp; kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình, và hệ thống. *Nền tảng phương pháp sư phạm* hỗ trợ cho tiền đề rằng với những kinh nghiệm cụ thể về kỹ thuật được hoạch định tốt, cùng với việc học chủ động và trải nghiệm, các mục tiêu có thể đạt được với nguồn lực hiện có.

Thách thức trong việc thực hiện tầm nhìn là chuyển đổi các chương trình kỹ thuật và, thực ra, là thay đổi văn hóa của giáo dục kỹ thuật. Để hỗ trợ cho sự chuyển đổi này, chúng tôi đã áp dụng một số kỹ thuật để thu hút sự tham gia của các giảng viên, tạo điều kiện thúc đẩy và đảm bảo chất lượng:

- Một văn bản rõ ràng về mục tiêu học tập của sinh viên, đó là, Đề cương CDIO.
- Một danh sách rõ ràng các đặc điểm ở cấp chương trình nhằm phân biệt chương trình CDIO, đó là, những Tiêu chuẩn CDIO.
- Hỗ trợ cho sự thay đổi về mặt tổ chức và văn hóa.
- Nâng cao năng lực giảng viên về kỹ năng, về giảng dạy, học tập và đánh giá.
- Sử dụng chung nguồn lực mở để, trong tình trạng ổn định, một chương trình được cải cách sẽ không đòi hỏi nhiều nguồn lực hơn một chương trình bình thường.
- Phối hợp giữa các chương trình để có sự phát triển và cách tiếp cận song song đối với các vấn đề chung.
- Thống nhất với các chuẩn quốc gia và các đề xướng cải cách quan trọng khác.

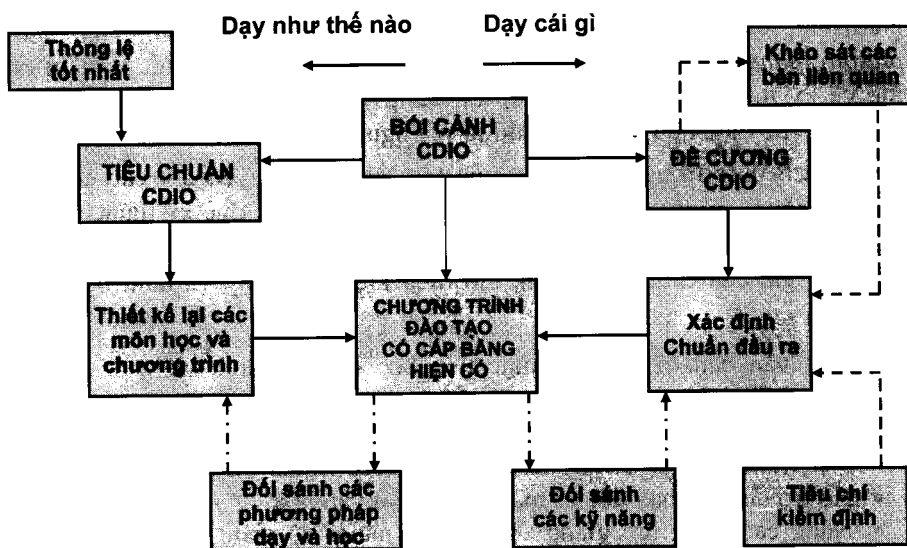
Kết quả tức thời của phương pháp tiếp cận CDIO là thu hút và tạo hứng thú cho các sinh viên và rèn luyện các kỹ sư, những người “sẵn sàng làm việc kỹ thuật.” Mỗi một phương pháp này được mô tả sơ lược trong phần này và sẽ được giải thích cụ thể hơn ở các chương sau. Hai kỹ thuật đầu tiên - Đề cương CDIO và Tiêu chuẩn CDIO - đúc kết nội dung *Cái gì và Như thế nào* của cải cách giáo dục được trình bày trên Hình 2.3.

## Đề cương CDIO

Điểm xuất phát của việc thiết kế và phát triển giáo dục là văn bản tuyên bố chuẩn đầu ra, đó là năng lực hoặc khả năng mà sinh viên nên có sau khi kết

thức môn học hoặc chương trình học. Văn bản tuyên bố chuẩn đầu ra là câu trả lời cho câu hỏi trọng tâm đầu tiên: “*Sinh viên kỹ thuật nên đạt được kiến thức, kỹ năng, thái độ toàn diện nào khi rời khỏi trường đại học, và đạt được ở trình độ năng lực nào?*” Văn bản tuyên bố chuẩn đầu ra rõ ràng sẽ đóng vai trò quan trọng trong việc thiết kế chương trình bởi:

**TRIỂN KHAI PHƯƠNG PHÁP TIẾP CẬN CDIO**



HÌNH 2.3: TRIỂN KHAI PHƯƠNG PHÁP TIẾP CẬN CDIO

- Chính thức hóa các kiến thức, kỹ năng và thái độ mà các cựu sinh viên, giảng viên, và các nhà lãnh đạo doanh nghiệp và xã hội mong đợi từ các sinh viên tốt nghiệp kỹ thuật.
- Hỗ trợ thiết kế một chương trình đào tạo tích hợp (xem Chương 4), các kinh nghiệm học tích hợp (xem Chương 6), và đánh giá có hệ thống việc học tập của sinh viên (xem Chương 7).
- Cung cấp thông tin về chương trình cho các sinh viên trong hiện tại và tương lai.

Đề cương CDIO, đã được đề cập ngắn gọn ở chương này, sẽ được giải thích chi tiết ở Chương 3.

**Tiêu chuẩn CDIO**

Chúng tôi đã phát triển 12 tiêu chuẩn mô tả những chương trình CDIO. Những tiêu chuẩn này hệ thống hóa các nguyên tắc hướng dẫn thiết kế và phát triển chương trình đào tạo. Chúng là điểm chính của câu trả lời cho câu hỏi trọng tâm thứ hai, “*Làm thế nào để chúng ta có thể làm tốt hơn*

*trong việc đảm bảo sinh viên đạt được những kỹ năng ấy?'* Các tiêu chuẩn này đã được hình thành để đáp lại các nhà lãnh đạo chương trình, cựu sinh viên, đối tác công nghiệp, những người muốn biết làm thế nào họ có thể công nhận chương trình CDIO và những sinh viên đã tốt nghiệp chương trình đào tạo này. Do đó, những tiêu chuẩn này xác định các tính chất đặc trưng của một chương trình CDIO, đóng vai trò hướng dẫn việc cải cách và kiểm định chương trình giáo dục, tạo ra các đối sánh và mục tiêu được ứng dụng trên toàn thế giới, và tạo ra một khung chung để cải tiến liên tục.

12 tiêu chuẩn CDIO đề cập đến:

- Triết lý chương trình (Tiêu chuẩn 1).
- Phát triển chương trình đào tạo (Tiêu chuẩn 2, 3 và 4).
- Kinh nghiệm và không gian học tập để thiết kế - triển khai (Tiêu chuẩn 5 và 6).
- Các phương pháp giảng dạy và học tập (Tiêu chuẩn 7 và 8).
- Phát triển giảng viên (Tiêu chuẩn 9 và 10).
- Đánh giá và kiểm định (Tiêu chuẩn 11 và 12).

Các Tiêu Chuẩn này cũng là nguyên tắc tổ chức của cuốn sách này. Mỗi chương tập trung vào một hoặc hai tiêu chuẩn, giải thích ý nghĩa và đưa ra các ví dụ minh họa cho việc ứng dụng các tiêu chuẩn này vào các chương trình CDIO hiện có. Bảng 2.4 liệt kê 12 tiêu chuẩn cùng với sự đối chiếu với chương mà nội dung đó sẽ được thảo luận. Có thể tìm thấy những văn bản hoàn chỉnh về Tiêu chuẩn CDIO ở phụ lục B. Đối với mỗi tiêu chuẩn, nội dung mô tả giải thích ý nghĩa, trong đó nêu rõ lý do xác lập tiêu chuẩn. Các ví dụ minh chứng việc đáp ứng các tiêu chuẩn được trình bày gắn liền với tiêu chuẩn liên quan. Như được giải thích ở Chương 9, các tiêu chuẩn này còn được sử dụng như cơ sở để kiểm định chương trình và cải tiến liên tục.

Trọng tâm của chương này là phát triển bối cảnh cho phương pháp tiếp cận CDIO và giải thích những lý do áp dụng việc Hình thành ý tưởng - Thiết kế - Triển khai - Vận hành như là bối cảnh của giáo dục kỹ thuật. Đây chính là dụng ý của Tiêu chuẩn 1.

#### **TIÊU CHUẨN 1 – BỐI CẢNH**

**Tiếp nhận nguyên lý rằng việc phát triển và triển khai chu trình vòng đời sản phẩm, quy trình, và hệ thống – hình thành ý tưởng, thiết kế, triển khai và vận hành – là bối cảnh của giáo dục kỹ thuật.**

Chu trình vòng đời sản phẩm, quy trình, và hệ thống được xem như là bối cảnh cho giáo dục kỹ thuật, nó là khung văn hóa, hoặc môi trường, trong đó, các kiến thức chuyên ngành kỹ thuật và các kỹ năng khác được giảng dạy, thực hành và học tập. Nguyên tắc này được tiếp nhận bởi một chương trình khi có sự đồng ý rõ ràng của các giảng viên để chuyển đổi sang một chương trình CDIO và có sự hỗ trợ từ những người lãnh đạo chương trình để duy trì các đề xướng cải cách.

BẢNG 2.4: TIÊU CHUẨN CDIO

	Tiêu chuẩn CDIO	Chương
1	<b>Bối cảnh</b> Tiếp nhận nguyên lý rằng việc phát triển và triển khai chu trình vòng đời sản phẩm, quy trình, và hệ thống - hình thành ý tưởng, thiết kế, triển khai và vận hành - là bối cảnh của giáo dục kỹ thuật.	2
2	<b>Chuẩn đầu ra</b> Các chuẩn đầu ra cụ thể và chi tiết cho các kỹ năng cá nhân và giao tiếp, các kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình, hệ thống cũng như kiến thức chuyên ngành phù hợp với các mục tiêu của chương trình học được phê chuẩn bởi các bên liên quan.	3
3	<b>Chương trình đào tạo tích hợp</b> Chương trình đào tạo được thiết kế với các khóa học chuyên ngành bổ trợ lẫn nhau, với một kế hoạch rõ ràng để kết hợp các kỹ năng cá nhân và giao tiếp; và các kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình, và hệ thống.	4
4	<b>Giới thiệu về kỹ thuật</b> Môn học giới thiệu cung cấp khung chung cho việc thực hành kỹ thuật trong việc kiến tạo sản phẩm, quy trình, và hệ thống, và giới thiệu các kỹ năng cá nhân và giao tiếp cần thiết.	4
5	<b>Các kinh nghiệm Thiết kế - Triển khai</b> Chương trình đào tạo bao gồm ít nhất hai trải nghiệm thiết kế - triển khai, gồm một ở trình độ cơ bản và một ở trình độ nâng cao.	5
6	<b>Không gian làm việc kỹ thuật</b> Không gian làm việc kỹ thuật và các phòng thí nghiệm hỗ trợ và khuyến khích học tập thực hành trong việc kiến tạo sản phẩm, quy trình, và hệ thống, kiến thức chuyên ngành, và kiến thức xã hội.	5
7	<b>Trải nghiệm học tích hợp</b> Các trải nghiệm học tích hợp dẫn đến việc tiếp thu các kiến thức chuyên ngành, cũng như các kỹ năng cá nhân và giao tiếp; các kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình, và hệ thống.	6
8	<b>Học chủ động</b> Giảng dạy và học tập dựa trên các phương pháp học chủ động và trải nghiệm.	6
9	<b>Nâng cao năng lực giảng viên</b> Các hoạt động nhằm nâng cao năng lực giảng viên về kỹ năng cá nhân và giao tiếp; các kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình, và hệ thống.	8
10	<b>Nâng cao năng lực giảng dạy của giảng viên</b> Các hoạt động nhằm nâng cao năng lực giảng viên trong việc cung cấp các trải nghiệm học tích hợp, trong việc sử dụng các phương pháp học chủ động và trải nghiệm, và trong đánh giá việc học tập của sinh viên.	8
11	<b>Đánh giá việc học tập</b> Đánh giá việc học tập của sinh viên về kỹ năng cá nhân và giao tiếp; các kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình, và hệ thống cũng như trong kiến thức chuyên ngành.	7
12	<b>Kiểm định chương trình</b> Một hệ thống kiểm định chương trình dựa trên các tiêu chuẩn này, và cung cấp thông tin phản hồi cho sinh viên, giáo sư, và các bên liên quan với mục đích thực hiện cải tiến liên tục.	9

## Thay đổi về tổ chức và văn hóa

Triển khai phương pháp tiếp cận CDIO hàm ý một sự thay đổi cơ bản trong bản chất của giáo dục kỹ thuật sang một chương trình giảng dạy tích hợp

hơn, phong phú về việc học qua trải nghiệm, trong bối cảnh kiến tạo sản phẩm, quy trình, và hệ thống. Đây sẽ là một thách thức. Các giảng viên dạy kỹ thuật hiện nay, nói chung, là các nhà nghiên cứu kỹ thuật. Họ có xu hướng nghĩ về chuyên môn một cách riêng lẻ, giải thích chúng dựa trên cơ sở nền lý thuyết, và tập trung vào sự phát triển của lĩnh vực chuyên môn, hơn là sự ứng dụng và tổng hợp của nó. Việc mang lại sự chuyển đổi này sẽ đòi hỏi nhiều hơn là chỉ đơn giản chỉnh sửa chương trình giảng dạy; nó có thể đòi hỏi sự thay đổi văn hóa. Để đạt được hiệu quả trong sự chuyển đổi, chúng ta cần ghi nhận việc này và chuẩn bị sẵn sàng học từ những thực hành tốt nhất trong sự thay đổi về tổ chức và văn hóa, và áp dụng nó tùy theo bối cảnh của trường đại học. Giáo sư Thomas Gray của Đại học Strathclyde, phản ánh về vấn đề của sự thay đổi và triển khai này trong Khung 2.5. Đây sẽ là một trong các chủ đề của Chương 8.

### KHUNG 2.5: MỘT NỀN GIÁO DỤC KỸ THUẬT LÝ TƯỞNG

Giáo dục kỹ thuật lý tưởng không thể định nghĩa được nếu không đề cập đến thời gian, không gian, môi trường và bối cảnh. Nếu định nghĩa quá hẹp, nó có thể trở nên cứng nhắc, không thể thay đổi. Dụng ý phía sau của điều này là vị trí mặc định của các trường đại học và các cơ quan chuyên môn đều có xu hướng chống lại sự thay đổi. Vì vậy, khởi đầu cho một chương trình lý tưởng cần phải có nhiều mầm mống cho sự thay đổi được gieo rải một cách tự do. Nhìn lại nhiều năm qua trong kinh nghiệm của tôi, hầu hết các tiến triển đều đạt được thông qua chiến lược tận dụng những sự may mắn ngẫu nhiên và cho phép một chút hỗn loạn.

Với những điều kiện như vậy, chúng ta có thể cố gắng xác định những kỹ năng, năng lực, và thái độ mà chúng ta muốn phát triển cho một kỹ sư tốt nghiệp ra trường, và hy vọng là không bằng một cách tẻ nhạt và tuân thủ pháp luật một cách tuyệt đối. Những tố chất này luôn luôn cần thiết. Trong quá khứ, chúng có thể đã không được đề cập đến một cách trực tiếp trong các chương trình giáo dục, nhưng được đề cập đến trong ký ức xa xôi qua sở thích, tập quán doanh nghiệp, v.v. Những điều dưới đây có thể được dùng để mô tả đặc điểm của một kỹ sư tốt nghiệp có chất lượng trong điều kiện hiện nay:

- Một sự ham tìm hiểu không dễ thỏa mãn để hiểu mọi thứ hoạt động như thế nào, trên phạm vi rộng lớn nhất của kỹ thuật và thiên nhiên, được củng cố bởi kiến thức cần thiết về khoa học vật lý (hard science) hoặc thực hành kỹ thuật.
- Đầy đủ tự tin để làm mô hình và phân tích hoạt động của các hệ thống kỹ thuật. Sự tự tin này chỉ có thể có khi làm những việc này một cách độc lập.
- Nhận thức và nhạy cảm về những bối cảnh của xã hội, môi trường, kinh tế và chính trị, mà kỹ thuật được đặt vào.
- Đầy đủ tự tin để làm nên việc, dựa trên kinh nghiệm làm việc với sự hạn chế về thời gian và ngân sách.
- Nhận thức được năng lực của mình và của những người khác.
- Khả năng tối ưu hóa các năng lực này, dựa trên thực nghiệm và thông qua việc nghiên cứu ngầm sự việc đã xảy ra như thế nào.

Các tố chất này luôn luôn là quan trọng. Trong quá khứ, tuy nhiên, các đại học đã dựa trên các lĩnh vực kinh nghiệm khác của sinh viên và những người tốt nghiệp để phát triển nhận thức về bối cảnh, kiến thức về thực hành kỹ thuật, và khả năng làm nên việc. Ngày nay, kỳ vọng còn lớn hơn nhiều. Những sinh viên tốt nghiệp được yêu cầu phải làm được việc ngay lập tức, và phạm vi khoa học và kỹ thuật của các doanh nghiệp thì bao la. Điều này hàm ý nhấn mạnh hơn trong các chương trình kỹ thuật cách học tập, làm việc, tự đánh giá bản thân và hợp tác hiệu quả với người khác.

Vì vậy, thách thức chủ yếu trong việc nghĩ ra và vận hành các chương trình giáo dục là thúc đẩy sinh viên đạt được những đặc điểm này. Những rủi ro chính nằm ở việc giảm mọi thứ chỉ còn là các bài tập được phân chia nhỏ; hoặc, ở thái cực đối nghịch, là chơi nhiều, phát triển độc lập, nhưng lại bỏ lỡ những lĩnh vực kiến thức quan trọng, sự hiểu biết hoặc năng lực chuyên môn. Mặt tốt của những chương trình dạng chủ động này là nó trở thành động cơ thúc đẩy sinh viên nhiều hơn.

Một chương trình CDIO rất có khả năng đạt được những mục tiêu trên bởi vì nó đảo ngược trọng tâm. Trong những chương trình có thể gọi là chương trình truyền thống, kiến thức chuyên ngành, kiến thức chuyên đề, sự hiểu biết, và khả năng phân tích chiếm ưu thế. Việc sinh viên có khả năng kết hợp những yếu tố này được xem như là đã thực hiện được (mặc dù không biết bằng cách nào), và khả năng sinh viên làm được những việc mới (độc lập với những điều đã thực hiện trước đó) chỉ được diễn ra qua sự đóng góp nhỏ của đề án cá nhân. Ngược lại với những điều này, các hoạt động CDIO điển hình trong bối cảnh kỹ thuật là tập trung vào thực hành và các cơ sở kiến thức/ hiểu biết/ phân tích nhằm phục vụ cho việc đó. Vì các thành phần CDIO riêng lẻ bao trùm toàn bộ các lĩnh vực kỹ thuật, sự bao trùm này nên hoàn chỉnh, với điều kiện là chuyên ngành khoa học kỹ thuật được lựa chọn phù hợp với ngành đào tạo.

Dĩ nhiên, có thể lập luận rằng CDIO không phải là mô hình duy nhất được sử dụng hiệu quả để đạt được các mục tiêu này. Các tổ chức kiểm định tại Vương quốc Anh gần đây đã hình thành phương pháp tiếp cận theo ma trận, trong đó các kỹ sư chuyên nghiệp được yêu cầu chứng minh các thuộc tính khác nhau tham chiếu đến các bối cảnh kỹ thuật cụ thể: khoa học nền tảng, phân tích, thiết kế, nhận thức về bối cảnh kinh tế, xã hội, môi trường và thực hành kỹ thuật. Điều này trông có vẻ là một ý tưởng hay, nhưng nó phớt lờ cho người cung cấp chương trình tự quyết định các hoạt động để phát triển các thuộc tính này và để chứng minh với các tổ chức kiểm định rằng quy trình đánh giá là có cơ sở đối với một tiêu chí nào đó. Và vấn đề nằm ở điều này. Mô hình CDIO, đương nhiên, hoàn toàn tương đương với phương pháp tiếp cận như vậy, nhưng nó có lợi thế đặc biệt là những mô hình cho các hoạt động của sinh viên được tập trung vào các nhiệm vụ kỹ thuật đặc trưng.

-T. GRAY, ĐẠI HỌC STRATHCLYDE

## Nâng cao năng lực giảng viên

Một phần của quá trình thay đổi sẽ đòi hỏi việc nâng cao năng lực giảng viên về các kỹ năng, về việc học chủ động và trải nghiệm, và về việc đánh giá sinh viên. Gần như không có lý do để mong đợi một giảng viên được tuyển dụng với cương vị là một cán bộ nghiên cứu lại có thể thành thạo về các kỹ năng thực hành kỹ thuật. Và tuyệt đối không có lý do gì để hy vọng các cán bộ nghiên cứu này có khả năng giảng dạy những kỹ năng này. Vì vậy, nếu chúng ta muốn hỗ trợ sinh viên học tập thành công, chúng ta phải phát triển các cách tiếp cận để nâng cao những kỹ năng này cho các giảng viên kỹ thuật.

Tương tự, các giảng viên, nói chung được đào tạo sử dụng phong cách sư phạm dựa trên truyền tải thông tin – giảng bài hoặc tương tự. Nếu chúng ta dự định phát triển nền giáo dục lấy học tập làm trọng tâm, dựa trên học chủ động và học phối hợp kỹ năng và kiến thức (embedded learning), thì các giảng viên hiện tại phải được hỗ trợ phát triển năng lực cá nhân và sử dụng các kỹ thuật này. Trong cả hai trường hợp, các kỹ năng và giảng dạy, việc chuyển đổi sẽ được rộng hơn và hiệu quả hơn nếu có nỗ lực hoạch định tốt để nâng cao năng lực giảng viên, bằng cách đưa những cá nhân với



năng lực này vào một nhóm và từ đó nâng cao năng lực của cả nhóm. Nâng cao năng lực giảng viên sẽ được thảo luận ở Chương 8.

## **Các ý tưởng và các nguồn lực nguồn mở (Open-source ideas and resources)**

Không có điều gì trong Đề xướng CDIO là quy tắc. Chúng tôi đã phát triển các nguồn lực để hỗ trợ các chương trình kỹ thuật giải quyết mâu thuẫn chủ yếu trong giáo dục kỹ thuật, đó là, thời gian và các nguồn lực phân bổ cho việc học tập nền tảng kỹ thuật lẫn các kỹ năng cá nhân và giao tiếp, các kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình, và hệ thống. Các nguồn lực này dự kiến sẽ được dùng để hỗ trợ cho việc áp dụng và triển khai nhanh chóng phương pháp tiếp cận CDIO vào các chương trình đại học.

Đến nay, nó đã được triển khai trong các chương trình thể hiện những khác biệt về mục tiêu, về sinh viên, các nguồn lực tài chính, cơ sở vật chất hiện có, các hạn chế của đại học, pháp luật nhà nước, nhu cầu doanh nghiệp, và chứng nhận của các hiệp hội nghề nghiệp. Nhằm đáp ứng những sự khác biệt này và nhằm thừa nhận rằng phương pháp tiếp cận của chúng tôi đang tiếp tục được phát triển và thích ứng, nó được hệ thống hóa và biên soạn thành tài liệu như nguồn mở. Các nguồn lực có tính mô tả, không có tính quy tắc. Một cấu trúc mở, có thể truy cập được đối với các tài liệu chương trình thúc đẩy sự phổ biến trao đổi các ý tưởng và nguồn lực. Các nguồn lực này được thiết kế đặc biệt để các chương trình kỹ thuật đại học có thể thích ứng phương pháp tiếp cận CDIO cho các nhu cầu cụ thể của họ. Các chương trình kỹ thuật có thể triển khai toàn bộ phương pháp tiếp cận hoặc lựa chọn các thành phần cụ thể.

Các nguồn lực sẵn có cho các chương trình kỹ thuật muốn áp dụng và triển khai phương pháp tiếp cận CDIO bao gồm tài liệu giới thiệu về mô hình, Đề cương CDIO, các công cụ khảo sát nhu cầu các bên liên quan, hướng dẫn các trải nghiệm thiết kế - triển khai, hỗ trợ triển khai, tư vấn ban đầu, và các bước đề xuất cho việc chuyển giao. Quá trình chuyển đổi và các công cụ liên quan sẽ được đề cập chi tiết hơn ở Chương 8. Rất ít chương trình đại học chọn hướng gia tăng thêm các nguồn lực. Chúng tôi đã thiết kế phương pháp tiếp cận để chương trình CDIO có thể được triển khai với sự tái phân bổ các nguồn lực hiện có. Tuy nhiên, trong quá trình chuyển giao, có thể sẽ phải cần thêm thời gian và sự hỗ trợ. Chương 8 mô tả các nguồn lực hỗ trợ việc giảm thiểu tối đa công sức và nguồn lực trong quá trình chuyển giao, và tối đa hóa các lợi ích của việc triển khai một chương trình CDIO.

## Giá trị của việc hợp tác để phát triển song song

Sự hợp tác của các chương trình kỹ thuật giữa các nước trên thế giới là một phần cơ bản trong phương pháp của chúng tôi nhằm đến sự phát triển. Những nhà giáo dục kỹ thuật trên thế giới đang loay hoay với các vấn đề tương tự nhau, ví dụ, mâu thuẫn giữa các mục tiêu theo định hướng khoa học và các kỹ năng theo định hướng thực hành. Giải quyết mâu thuẫn này là thách thức đối với bất kỳ nhà thiết kế giáo dục kỹ thuật nào. Chìa khóa cho sự phát triển giáo dục hiệu quả không phải là tạo nên những thỏa hiệp nhỏ giữa hai mục tiêu này, mà là tạo ra một mô hình cho giáo dục kỹ thuật bao gồm cả hai mục tiêu. Việc này sẽ khó khăn đối với một chương trình hoặc khoa riêng lẻ. Hơn nữa, sự phổ biến của các vấn đề này trên thế giới cho thấy nhiều người đang tìm giải pháp cho những vấn đề giống nhau. Việc hình thành một đề xướng quốc tế cho phép chúng ta xây dựng và triển khai một mô hình giáo dục tổng quát và có thể thích ứng được.

## Thống nhất tiêu chuẩn quốc gia và các đề xướng thay đổi khác

Đây là thời kỳ gia tăng sự chú ý đến quá trình giáo dục ở đại học nói chung và kỹ thuật nói riêng. Trong một vài trường hợp, các tiêu chuẩn kiểm định quốc gia đã được sửa đổi để phản ánh phương pháp tiếp cận dựa trên chuẩn đầu ra của các chương trình. Ví dụ như ABET EC2000 ở Hoa Kỳ [15] và UK-SPEC ở Anh quốc [16]. Trong các trường hợp khác, cải cách giáo dục đại học là kết quả của cuộc cải cách trong khu vực trên diện rộng, ví dụ, Tuyên bố Bologna [17], hoặc dự án Kiểm định các Chương trình Chuyên ngành Kỹ thuật và Sinh viên Tốt nghiệp (EUR-ACE) [18].

Chúng tôi đã nỗ lực bằng mọi cách để đảm bảo rằng phương pháp tiếp cận CDIO thống nhất với các nỗ lực này. Chương 3 thảo luận về sự so sánh giữa Tiêu chuẩn CDIO với một số tiêu chuẩn kiểm định quốc gia Hoa Kỳ. Những sự so sánh này đều cho thấy một xu hướng tương tự, đó là, Đề cương CDIO toàn diện hơn và có cấu trúc rõ ràng hơn dựa trên những nhiệm vụ của kỹ thuật. Vì vậy, một chương trình giáo dục kỹ thuật được thiết kế để đáp ứng các chuẩn đầu ra của sinh viên đặt ra trong Đề cương có thể dễ dàng đáp ứng các tiêu chuẩn quốc gia tương ứng. Sự thống nhất với các mục tiêu của Tuyên bố Bologna sẽ được trao đổi trong Chương 11. Đề cương chuẩn đầu ra CDIO và 12 Tiêu chuẩn CDIO là những mục tiêu rất cao mà ngay cả những chương trình tốt nhất trên thế giới cũng phải làm việc cật lực để có thể đáp ứng được. Các tiêu chuẩn quốc gia nêu lên các *quy định* về những việc cần làm. Ngược lại, các Tiêu chuẩn và Đề cương CDIO tạo nên một khung thực hành tốt nhất đóng vai trò như *sách chỉ dẫn* – các phương pháp, nguồn lực, và cộng đồng cho phép một chương trình đạt được các mục tiêu của nó.

## Thu hút và tạo động lực thúc đẩy sinh viên “sẵn sàng làm việc kỹ thuật”

Một trong những yêu cầu quan trọng của Đề cương CDIO là làm cho kỹ thuật trở nên thú vị hơn, và vì vậy làm tăng động lực thúc đẩy và duy trì sinh viên trong chương trình. Ở phần lớn các nước phát triển, cũng như các nước đang phát triển, có một mối quan ngại rằng ngày càng cần nhiều nhà khoa học và nhà kỹ thuật trong tương lai, và rằng nguồn cung hiện nay đang bị thiếu. Chúng tôi tin rằng mình đã tích hợp một số tính năng nhằm thu hút và tạo động lực cho sinh viên.

Rất nhiều sinh viên bị thu hút bởi ngành kỹ thuật vì tin rằng kỹ sư xây dựng nên mọi sự vật và bị thất vọng ngay trong năm đầu tiên theo học chương trình giáo dục kỹ thuật truyền thống, khi được giảng dạy về lý thuyết. Bằng cách đưa những trải nghiệm thiết kế - triển khai vào chương trình học từ sớm và được lặp lại nhiều lần, chúng tôi đã thu hút được ý thích xây dựng và sáng tạo. Nhiều sinh viên than phiền rằng giáo dục kỹ thuật “đè nén họ” với chương trình học dày đặc cùng lối giáo dục nặng về lý thuyết nhưng ít tương tác. Bằng cách sử dụng các kỹ thuật học trải nghiệm, học chủ động và đề án, chúng tôi cho các sinh viên cơ hội để phát triển một cảm giác có được vị thế và hiệu quả của bản thân, những tính chất rất quan trọng đối với việc nhận thức giá trị bản thân. Các đề án mở ra cánh cửa cho sự sáng tạo và khả năng lãnh đạo với những biểu hiện rõ ràng về thành quả đạt được. Các yếu tố này có thể thấy trong phản hồi của một vài sinh viên đã tốt nghiệp từ chương trình của chúng tôi. Kinh nghiệm của các em được tóm tắt trong Khung 2.6.

### **KHUNG 2.6: QUAN ĐIỂM CỦA SINH VIÊN VỀ LỢI ÍCH CỦA CHƯƠNG TRÌNH CDIO**

Lý do duy nhất mà tôi chọn trường KTH mà không là trường khác là vì có lời cam kết là sinh viên có thể thiết kế máy bay vào cuối chương trình - đây là điều mà các trường khác không có. Một khóa học mà bạn được thiết kế, xây dựng và bay là một cơ hội lớn để thử đôi cánh của mình, và xem thử thật sự bạn đã học được bao nhiêu, và được sở hữu cả một quy trình. Giải quyết được vấn đề của riêng bạn sẽ cảm thấy thỏa mãn nhiều hơn là giải quyết vấn đề do giảng viên đặt ra. Thực hành các kỹ năng và kiến thức kỹ thuật trong một đề án giúp bạn cảm thấy sẵn sàng hơn cho các công việc kỹ thuật thực tế ngoài đời.

Động lực cho việc theo học chương trình phải được thấy rõ. Vì vậy, trong khóa học của năm đầu tiên có được động lực từ kinh nghiệm thiết kế là một điều hữu ích. Đồng thời, các giảng viên cũng giới thiệu những lĩnh vực hoạt động của họ và những điều bạn cần làm để tự mình đạt được điều đó. Tôi đã từng cần có được những ý tưởng đó luôn mới trong tâm trí của mình khi đang vật lộn với môn học toán giải tích.

Danh sách những kỹ năng trong Đề cương CDIO có thể dài nhưng sinh viên đồng ý rằng đó là những kỹ năng bạn cần trong môi trường làm việc - giao tiếp, đạo đức và bồi đắp xã hội. Tuy nhiên, sinh viên kỹ thuật không muốn theo học các khóa học rời rạc về các kiến thức và kỹ năng này. Họ đánh giá cao các chương trình đào tạo tích hợp, trong đó các kỹ năng được kết hợp chặt chẽ với kiến thức và thực hành kỹ thuật. Thực ra, đây là cách mà các kỹ năng sẽ gặp trong cuộc sống thực tế. Tất cả những lý do trên kết hợp lại nhằm làm cho CDIO trở thành một chương trình giáo dục kỹ thuật giúp bạn sẵn sàng trở thành một kỹ sư.

**-H. GRANKVIST, CỰU SINH VIÊN KTH - VIỆN CÔNG NGHỆ HOÀNG GIA**

Một trong những lợi ích chủ yếu khi theo học chương trình CDIO là vì chương trình này cho phép bạn phát triển các kỹ năng ví dụ như *lý luận kỹ thuật* và *giải quyết vấn đề*. Công việc của chúng ta đòi hỏi bạn phải có khả năng xác định và đưa ra vấn đề, cũng như đưa ra giải pháp và kiến nghị. Đây là những kỹ năng cốt yếu mà một chương trình CDIO chú trọng. Tôi nhận ra rằng những kỹ năng được giảng dạy là rất quan trọng cho cá nhân tôi lẫn những người tuyển dụng tôi trong tương lai. Những kỹ năng về lý luận kỹ thuật và giải quyết vấn đề còn giúp tạo cầu nối cho khoảng cách giữa việc học tập tại trường đại học và thực tế công việc ngoài đời, giúp cho việc chuyển tiếp dễ dàng và nhanh chóng hơn.

Chương trình CDIO tạo nên một môi trường hỗ trợ cho các kỹ sư ngày nay vì chúng tôi chuẩn bị trở thành một phần của nghề nghiệp nơi mà trong đó làm việc nhóm và kỹ năng giao tiếp là rất cần thiết. Bằng một cách nào đó, chương trình CDIO đảm bảo một trình độ nhất định trong việc phát triển những kỹ năng này. Vì vậy, tất cả sinh viên, không phải chỉ những sinh viên tích cực nhất trong các hoạt động ngoại khóa, đều có thể phát triển những kỹ năng này trong suốt những năm học đại học. Tôi tin rằng mỗi cá nhân chúng ta tự chịu trách nhiệm cho sự phát triển của mình. Bằng cách tham gia một chương trình CDIO, chúng ta học được tầm quan trọng của điều này ngay từ giai đoạn đầu.

Sự phát triển của những kỹ năng này đã không làm giảm đi tầm quan trọng của các môn khoa học cơ bản (toán, vật lý, hóa học, sinh học, v.v...) và các môn khoa học cơ bản về kỹ thuật cốt lõi. Sau hết, đó là sự kết hợp của các kỹ năng lý luận kỹ thuật, giải quyết vấn đề, làm việc theo nhóm và giao tiếp. Các kỹ năng này cùng với các kiến thức của khoa học cơ bản về kỹ thuật cốt lõi giúp chúng ta trở thành những kỹ sư đầy hứa hẹn trong tương lai.

#### -A. WIBRING, CỰU SINH VIÊN ĐẠI HỌC KỸ THUẬT CHALMERS

Theo tôi, một chương trình kỹ thuật lý tưởng đã được mô tả bởi Đề cương CDIO. Trọng tâm là nhấn mạnh vào kiến thức kỹ thuật và phương pháp thực hành, những điều được giảng dạy trong bối cảnh của những yêu cầu thực tế của các ngành nghề kỹ thuật. Làm việc theo nhóm, kỹ năng viết, và đạo đức nghề nghiệp, cũng như việc hiểu các yếu tố bên ngoài (ví dụ: tài chính, chính trị, môi trường) ảnh hưởng đến những người kỹ sư hôm nay là những điểm đặc trưng quan trọng của chương trình học này.

Trong suốt quá trình đào tạo, tôi có thể phát triển nhiều kỹ năng mà một chương trình CDIO hướng tới. Vào đầu chương trình, môn học nhấn mạnh đến kiến thức khoa học kỹ thuật và ứng dụng của nó trong việc giải quyết vấn đề. Những khóa học sau bao gồm nhiều yếu tố "mới" trong chương trình đào tạo, như làm việc trong những nhóm dự án và trình bày các bài thuyết trình. Nói chung, những bài tập này là một phần quý giá trong việc học ở lĩnh vực kỹ thuật của tôi và đã mang lại nhiều lợi ích kể từ khi tôi tốt nghiệp.

Ngoài nền tảng kỹ thuật vững chắc, tôi còn tiếp thu được những kỹ năng khác trong việc học hiện tại của tôi, hướng đến bằng Thạc sĩ về Điều khiển máy bay và du hành vũ trụ. Luận văn của tôi thuộc lĩnh vực điều khiển động cơ không gian, một lĩnh vực khá hẹp, và tôi đã dựa vào cách nhìn ở tầm hệ thống để đảm bảo rằng luận văn của tôi sẽ thích hợp với việc thiết kế các hệ thống không gian tương lai. Khả năng hiểu được tác động của những lựa chọn về thiết kế bộ phận lên toàn bộ hệ thống là một trong những điều quan trọng mà tôi học được từ chương trình. Khả năng hợp tác với những người khác và khả năng truyền tải những điều cốt lõi của một vấn đề là một ví dụ khác về kỹ năng liên quan trực tiếp đến những kinh nghiệm của tôi trong chương trình CDIO.

-P. SPRINGMANN, CỰU SINH VIÊN  
HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ MASSACHUSETTS (MIT)

Một yếu tố khác trong việc thu hút và tạo động lực cho sinh viên là phải thể hiện việc đào tạo hướng đến một việc làm chất lượng cao hơn. Thực ra, bằng cách đáp lại những ý kiến đóng góp của các doanh nghiệp,

những người tuyển dụng sinh viên của chúng ta, chúng ta nên trang bị cho các sinh viên, “những người sẵn sàng làm việc kỹ thuật”- sẵn sàng để được tuyển dụng hơn, thành công hơn trong sự nghiệp, và có nhiều ảnh hưởng hơn trong nghề nghiệp của họ. Những biểu hiện đầu tiên cho thấy các doanh nghiệp quen thuộc với Đề xướng CDIO rất sẵn sàng thuê những sinh viên tốt nghiệp từ các chương trình này, như đã được dẫn chứng trong lời nhận xét của Billy Fredriksson, cựu Trưởng Bộ phận Kỹ thuật (Chief Technology Officer) của công ty SAAB, trong Khung 2.7. Nếu chúng ta làm cho giáo dục kỹ thuật thú vị, có vị thế và tương thưởng hơn và đồng thời gia tăng việc học cả cơ bản và các kỹ năng thì nhu cầu cho sự đào tạo này sẽ tăng lên và nhu cầu về lực lượng kỹ thuật của xã hội sẽ được đáp ứng.

### **KHUNG 2.7: CÁC KỸ SƯ CDIO TRONG DOANH NGHIỆP**

Các doanh nghiệp sẽ muốn tuyển dụng những kỹ sư tốt nghiệp từ chương trình CDIO hơn bởi vì họ đã nhận được sự đào tạo tối ưu trong việc áp dụng những kiến thức lý thuyết cơ bản vào việc phát triển sản phẩm thực tế hoặc các đề án liên quan đến quy trình. Trong suốt thời gian học tập, các kỹ sư CDIO đã có được một phần giới thiệu tốt về thực tiễn kỹ thuật. Họ đã học cả kỹ năng kỹ thuật và kỹ năng cá nhân và giao tiếp; và tầm quan trọng của các phương pháp tiếp cận tổng thể và sự tích hợp các hệ thống trong việc thiết kế và kiến tạo sản phẩm. Điều này có nghĩa là các kỹ sư CDIO có thể áp dụng kiến thức của mình nhanh hơn khi bắt đầu làm việc trong doanh nghiệp. Họ có thể dễ dàng và nhanh chóng làm việc hiệu quả trong các nhóm kỹ thuật.

Có một vài lý do vì sao các kỹ sư tốt nghiệp từ chương trình CDIO gần như có nhiều lựa chọn hơn và thành công hơn trong sự nghiệp của họ. Tôi cho rằng các kỹ sư CDIO bắt đầu khởi nghiệp nhanh hơn, cho dù ở vị trí một chuyên gia chuyên ngành hay một kỹ sư dự án. Là một chuyên gia chuyên ngành, họ biết tầm quan trọng của việc phải cân nhắc đến những yêu cầu từ các lĩnh vực liên quan khi tích hợp kết quả vào sản phẩm hay hệ thống. Khi họ là kỹ sư dự án hay là người lãnh đạo dự án, họ được chuẩn bị kỹ hơn và hiểu được tầm quan trọng của việc làm theo nhóm và các kỹ năng cá nhân và giao tiếp khác. Họ có thể theo dõi và bảo đảm kết quả tích hợp và hiệu suất của sản phẩm cuối cùng, và họ nhận ra tầm quan trọng của thời hạn đối với dự án.

Vì vậy, những người tốt nghiệp từ các chương trình CDIO sẽ được các doanh nghiệp chú ý hơn và nhiều khả năng thành công hơn về mặt cá nhân lẫn trách nhiệm xây dựng các hệ thống có giá trị cho xã hội.

**-B. FREDRIKSSONS, SAAB**

## **Đáp ứng các yêu cầu**

Trong phần này, chúng tôi đã chứng minh rằng Đề xướng CDIO đáp ứng bốn yêu cầu còn lại của việc cải cách thành công giáo dục kỹ thuật:

- Nó toàn diện trong việc cải cách tất cả kinh nghiệm học tập quan trọng của sinh viên.
- Nó là một tổ hợp các chương trình và các khoa cùng phối hợp để phát triển song song và chia sẻ nguồn lực.
- Nó phân công lại các nguồn lực hiện có trong suốt quá trình vận hành.
- Nó được thiết kế để thu hút, duy trì và đào tạo các sinh viên tốt nghiệp đạt tiêu chuẩn cho ngành nghề kỹ thuật.

## TÓM TẮT

Chương này đã trình bày tổng quát về Đề xướng CDIO, các mục tiêu, bối cảnh, tầm nhìn và nền tảng phương pháp sư phạm, và từ đó, chương này cũng chứng minh nó đáp ứng tám yêu cầu để cải cách thành công giáo dục kỹ thuật. Chúng tôi cũng đã nêu ra câu trả lời cho hai câu hỏi trọng tâm mà bất cứ phương pháp tiếp cận cải thiện giáo dục kỹ thuật nào cũng phải đề cập đến:

- *Sinh viên kỹ thuật nên đạt được kiến thức, kỹ năng, thái độ toàn diện nào khi rời khỏi trường đại học, và đạt được ở trình độ năng lực nào?*
- *Làm thế nào để chúng ta có thể làm tốt hơn trong việc đảm bảo sinh viên đạt được những kỹ năng ấy?*

Câu hỏi đầu tiên được đề cập đến trong Đề cương CDIO và quá trình đạt được sự nhất trí của các bên liên quan về trình độ thông thạo mà sinh viên cần đạt được trong một chương trình học. Đề cương sẽ được thảo luận chi tiết hơn ở Chương 3.

Câu hỏi thứ hai được đề cập từ Chương 4 đến Chương 7, trong đó trao đổi về việc thiết kế chương trình đào tạo, những trải nghiệm về thiết kế - triển khai, giảng dạy và học tập, và đánh giá sinh viên, sử dụng Tiêu chuẩn CDIO như là nguyên tắc tổ chức. Chương 8 và Chương 9 tập trung vào kiểm định chương trình và quá trình thay đổi cần thiết để nâng cao năng lực giảng viên, dẫn đến việc áp dụng và triển khai thành công phương pháp tiếp cận CDIO vào một chương trình đại học.

Phương pháp tiếp cận về giáo dục kỹ thuật của chúng tôi kết thúc bằng cách nhìn lại quá khứ và nhìn về tương lai phía trước. Chương 10 đặt nỗ lực của chúng tôi trong bối cảnh lịch sử của cải cách giáo dục kỹ thuật, và Chương 11 nhìn trước về thách thức của giáo dục kỹ thuật vào những thập kỷ tới.

### CÂU HỎI THẢO LUẬN

1. Bằng cách nào bạn cải thiện giáo dục kỹ thuật trong chính các chương trình của bạn ?
2. Làm thế nào để Phương pháp tiếp cận CDIO được áp dụng vào các đề xướng cải cách của bạn ?
3. Những rào cản phổ biến nào mà các chương trình cải cách giáo dục trên thế giới thường gặp? Những rào cản nào là đặc trưng của riêng chương trình của bạn?
4. Các đề xướng giáo dục của bạn có thể so sánh như thế nào với Phương pháp tiếp cận CDIO và các nỗ lực cải cách khác?

## Tài liệu tham khảo

- [1] Von Kármán, T., In A. L. Mackay, *Dictionary of Scientific Quotations*, London, 1994.
- [2] The Royal Charter, *The Institution of Civil Engineers*, London, 1828. Available at <http://www.ice.org.uk>
- [3] Finiston, M., *Engineering Our Future: Report of the Committee of Inquiry into the Engineering Profession*, HMSO CMND 7794, London, 1980.
- [4] Gordon, B. M., "What is an Engineer?", Invited Keynote Presentation, Annual Conference of the European Society for Engineering Education (SEFI), University of Erlangen-Niimberg, 1984.
- [5] The Boeing Company, *Desired Attributes of an Engineer*, 1996. Available at [http://www.boeing.com/companyoffices/pwua/tributes/a\\_tributes.html](http://www.boeing.com/companyoffices/pwua/tributes/a_tributes.html)
- [6] The National Academy of Engineering. Center for the Advancement of Scholarship in Engineering Education (CASEE). Available at <http://www.nae.edu>
- [7] Wiggins, G., and McTighe, J., *Understanding by Design*, Association for Supervision and Curriculum Development, Alexandria, Virginia, 1998.
- [8] Marton, F., and Saljo., R., Approaches to Learning, in Marton, F., Hounsell, D., and Entwistle, N. J., Eds., *The Experience of Learning*. Edinburgh: Scottish Academic Press, 1984.
- [9] Gibbs, G., *Improving the Quality of Student Learning*, TES, Bristol, England, 1992.
- [10] Rhem, J., *National Teaching and Learning Forum*, Vol. 5, No. I, 1995.
- [11] Biggs, J., *Teaching for Quality Learning At University*, 2nd ed., The Society for Researching to Higher Education and Open University Press, Berkshire, England, 2003.
- [12] Jarvis, P., Holford, J., and Griffin, C., *The Theory and Practice of Learning*, Kogan Page, London, 1998.
- [13] Brainerd, C. J., Piaget, J., Learning, Research, and American Education, in Zimmerman, B. J., and Schunk, D. H., *Educational Psychology: A Century of Contributions*, Lawrence Erlbaum Associates, London, 2003.
- [14] Kolb, D. A., *Experiential Learning*, Prentice-Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 1984.
- [15] Accreditation Board of Engineering and Technology, *Criteria for Accrediting Engineering Programs: Effective for Evaluations During the 2000-2001 Accreditation Cycle*, 2000. Available at <http://www.abet.org>
- [16] Engineering Council, *UK Standards for Professional Engineering Competence the Accreditation of Higher Education Programs*, 2004. Available at <http://www.iee.orgtprofessionalregistration/ukspec.cfm>
- [17] The Bologna Declaration. Available at <http://www.crue.orgteurec/bolognaexplanation.htm>
- [18] The EUR-ACE Project. Available at <http://www.eurace.org>

# CHƯƠNG BA

## ĐỀ CƯƠNG CDIO:

### CHUẨN ĐẦU RA DÀNH CHO

### GIÁO DỤC KỸ THUẬT

VIẾT CÙNG VỚI P. J. ARMSTRONG

#### GIỚI THIỆU

Như đã được đề cập ở Chương 2, chúng tôi sẽ phát triển một phương pháp toàn diện để trả lời câu hỏi đầu tiên trong hai câu hỏi trọng tâm của cải cách giáo dục kỹ thuật.

*Sinh viên kỹ thuật nên đạt được kiến thức, kỹ năng, thái độ toàn diện nào khi rời khỏi trường đại học, và đạt được ở trình độ năng lực nào?*

Nói một cách khác, chuẩn đầu ra mong muốn của giáo dục kỹ thuật là gì?

Câu hỏi này nêu bật lên mâu thuẫn giữa hai nhu cầu: một có nguồn gốc lịch sử gần đây của giáo dục kỹ thuật, đã được mô tả ở Chương 2; hai là khối lượng kiến thức về kỹ thuật ngày càng tăng mà sinh viên tốt nghiệp cần phải đạt được. Đây là trách nhiệm của chúng ta, những người thầy ở trường đại học, cần cung cấp cho sinh viên khối kiến thức rộng của chuyên ngành. Mặt khác, người kỹ sư phải sở hữu hàng loạt những kỹ năng cá nhân và giao tiếp; kỹ năng xây dựng sản phẩm, quy trình, và hệ thống cho phép họ làm việc trong những nhóm kỹ sư thực thụ và tạo ra những lợi ích hữu hình cho xã hội.

Đề xướng CDIO đã phát triển một phương pháp tiếp cận giáo dục để cố gắng giải quyết mâu thuẫn này và đề nêu lên toàn bộ những nhu cầu của sinh viên. Phương pháp này yêu cầu trước hết là phát triển một sự hiểu biết toàn diện về kiến thức, kỹ năng, và thái độ mà người kỹ sư hiện đại phải có, nghĩa là, các chuẩn đầu ra mong muốn. Chủ đề của chương này là phát triển sự hiểu biết nêu trên. Chương trình giảng dạy, phương pháp sư phạm, và những chiến lược đánh giá nhằm hỗ trợ việc đạt được những chuẩn đầu ra này sẽ được trình bày trong 6 chương tiếp theo của cuốn sách này.



Chương này mô tả sự phát triển và nội dung của Đề cương CDIO – hệ thống các kiến thức, kỹ năng, và thái độ của ngành kỹ thuật hiện đại. Đề cương CDIO hình thành nền tảng cho việc cải cách chương trình giáo dục kỹ thuật ở bậc đại học. Các kỹ sư có thể xem Đề cương như là một văn bản các yêu cầu về giáo dục kỹ thuật. Đối với những chuyên gia về giáo dục, nó được xem như một văn bản toàn diện về chuẩn đầu ra. Cả hai cách diễn giải trên đều có giá trị như nhau.

Mục đích của chúng tôi là tìm ra giải pháp để giải quyết sự mâu thuẫn trong giáo dục kỹ thuật đương đại bằng cách tạo ra một danh sách liệt kê đầy đủ những kiến thức và kỹ năng mà sinh viên tốt nghiệp nên có. Danh sách liệt kê này cần phải đủ tổng quát để nó có thể được áp dụng trong tất cả các nhóm ngành kỹ thuật. Danh sách này cũng nên đủ chi tiết để có thể giúp ích được cho quá trình hoạch định chương trình đào tạo và đánh giá học tập. Nửa chương đầu mô tả sự phát triển của Đề cương, liên quan đến phần đầu tiên của câu hỏi trọng tâm *“Sinh viên kỹ thuật nên đạt được kiến thức, kỹ năng, thái độ toàn diện nào khi rời khỏi trường đại học?”*

Theo truyền thống, phần thứ hai của câu hỏi trọng tâm – và *đạt được ở trình độ năng lực nào?* – được quyết định trong nội bộ các giảng viên của trường đại học, từ ý kiến tập thể, hoặc từ sự lựa chọn của cá nhân người giảng viên. Chúng tôi tán thành một phương pháp bao gồm các bên liên quan từ sinh viên, giảng viên, nhân viên trường đại học, cựu sinh viên, và các đại diện của doanh nghiệp cùng nhất trí đề ra mức độ thành thạo mong muốn cho từng chuẩn đầu ra. Không có gì giới hạn hai bước quan trọng trong quy trình này – một danh sách liệt kê hoàn chỉnh các chuẩn đầu ra và sự tham gia của các bên liên quan trong việc đề ra mức độ thành thạo mong muốn – trong việc áp dụng vào bất cứ sự nỗ lực giáo dục nào. Chương 2 cũng sẽ trình bày sự tổng quát hóa của quy trình này cho những lĩnh vực khác của giáo dục.

## MỤC TIÊU CỦA CHƯƠNG

Chương này được soạn thảo nhằm giúp độc giả:

- giải thích nội dung của Đề cương CDIO được rút ra từ thực hành kỹ thuật như thế nào
- mô tả nội dung và cấu trúc của Đề cương
- giải thích cơ sở xác định các chuẩn đầu ra cho kỹ năng cá nhân và giao tiếp; kỹ năng xây dựng sản phẩm, quy trình, và hệ thống, cũng như kiến thức chuyên ngành kỹ thuật
- mô tả việc làm như thế nào để thu hút các bên liên quan trong nội bộ và bên ngoài trường đại học trong sự phát triển chuẩn đầu ra cụ thể
- liệt kê tóm lược quy trình phát triển các chuẩn đầu ra cho giáo dục kỹ thuật mà nó có thể phổ biến cho tất cả các chuyên ngành khác.

## KIẾN THỨC VÀ KỸ NĂNG CỦA NGÀNH KỸ THUẬT

Những kiến thức và kỹ năng cần thiết của ngành kỹ thuật được xác định một cách tốt nhất thông qua việc xem xét thực hành kỹ thuật. Thật vậy, từ khi kỹ thuật được xem là một ngành nghề vào Thế kỷ 19 đến giữa Thế kỷ 20, giáo dục kỹ thuật được dựa trên thực hành kỹ thuật. Như đã giải thích ở Chương 2, vào giai đoạn nửa cuối Thế kỷ 20, chúng ta đã thấy được sự phát triển của giáo dục kỹ thuật chuyển từ dựa trên cơ sở thực hành kỹ thuật sang cơ sở khoa học-kỹ thuật. Giờ đây chúng ta đang quan sát thấy sự quan tâm trở lại cho việc phát triển một phương pháp tiếp cận thứ ba hợp nhất được những cái tốt nhất của hai quan điểm khoa học-kỹ thuật và thực hành kỹ thuật. Phương pháp thứ ba này đòi hỏi phải xem xét lại nhu cầu thực hành kỹ thuật hiện đại.

### Kiến thức và những kỹ năng kỹ thuật cần thiết

Vào đầu những năm 1940, những nỗ lực đã được thực hiện để hệ thống hóa những kỹ năng phi truyền thống mà người kỹ sư cần phải có. Một trong những nỗ lực đó, quyền Luật Bất thành văn trong Lĩnh vực Kỹ thuật [1] kêu gọi sự phát triển của những kỹ năng như giao tiếp bằng lời nói và viết, lập kế hoạch, và khả năng làm việc thành công trong những tổ chức. Thêm vào đó, Luật Bất thành văn còn nhấn mạnh tầm quan trọng của những tố chất cá nhân, như có xu hướng hành động, trung thực, và tự lực cánh sinh. Ở nhiều mặt, danh sách những kỹ năng này vẫn còn giá trị đối với những kỹ sư thời nay mặc dù nó đã có từ hơn nửa thế kỷ trước.

Với sự ra đời của phương pháp tiếp cận khoa học kỹ thuật hiện đại vào những năm 1950, việc giáo dục kỹ sư đã trở nên ngày càng xa rời với thực hành kỹ thuật. Khoa học-kỹ thuật đã trở thành văn hóa nổi trội ở các trường kỹ thuật, nơi mà rất ít giảng viên từng làm công việc kỹ sư trước khi bước vào công tác giảng dạy. Vào những năm 1980, những nhà giáo dục kỹ thuật và những nhà doanh nghiệp bắt đầu phản ứng về khoảng cách ngày càng rộng giữa giáo dục kỹ thuật và thực hành. Ví dụ, trong bài luận với tựa đề *Người Kỹ sư là gì?* [2], Gordon liệt kê một cách rõ ràng những kiến thức và kỹ năng cần thiết trong thực hành kỹ thuật hiện đại (Xem Khung 2.1 trong Chương 2).

Thập kỷ qua, chúng ta chứng kiến một nỗ lực phối hợp nhằm lấp khoảng cách giữa giáo dục kỹ thuật và thực hành. Những công ty kỹ thuật hàng đầu (ví dụ như Boeing) đã công bố các danh sách về tố chất cần thiết [3], và các nhà lãnh đạo doanh nghiệp hỏi thúc cần có nhìn nhận mới về những vấn đề liên quan đến tiêu chuẩn của người kỹ sư [4]. Một vấn đề có thể được đặt ra là những liệt kê này có phải dành riêng cho nền giáo dục Mỹ hay không, một lĩnh vực cụ thể nào đó của kỹ thuật, hay đây là những nhu cầu của một thập kỷ? Thật thú vị là 10 năm sau khi hai tài liệu tham khảo này xuất hiện, vào năm 2004 Hội đồng Kỹ thuật Hóa học Thế giới đã

đưa ra danh sách những thiếu sót rõ ràng của sinh viên tốt nghiệp kỹ thuật so với những kỹ năng quan trọng cần có [5], như được trình bày trên Bảng 3.1. So sánh danh sách liệt kê này với những điều mà Boeing (Khung 2.2 trong Chương 2), Hội đồng Kiểm định ABET EC2000 [6], cũng như những nguồn tài liệu khác đã đưa ra trong khoảng thời gian 50 năm qua cho thấy một sự nhất quán đáng kể về những tố chất mong muốn đối với những người kỹ sư trẻ. Những kiến thức, kỹ năng và thái độ cần thiết mà các doanh nghiệp mong muốn một cách nhất quán đối với các kỹ sư của họ bao gồm sự hiểu biết về nền tảng kỹ thuật cơ bản, về thiết kế và chế tạo; về bối cảnh của thực hành kỹ thuật; về khả năng suy xét và tư duy sáng tạo để giao tiếp và làm việc theo nhóm.

Dựa trên sự nhất quán này, các nhà lãnh đạo doanh nghiệp ở Hoa Kỳ đã vận động thành công các cơ quan chính phủ để tài trợ cho nghiên cứu khoa học và cải cách giáo dục kỹ thuật, thuyết phục các tổ chức nghề nghiệp điều chỉnh lại những tiêu chuẩn kiểm định, và tạo ra những nhóm làm việc chung để tạo thuận lợi cho việc trao đổi quan điểm. Các nước công nghiệp khác trên thế giới cũng đã đề xướng những cải cách giáo dục tương tự. Mặc dù có ý định tốt, nhưng hầu hết các đề xướng này đã không đạt được những tác động cơ bản đối với giáo dục như mong muốn đặt ra ban đầu.

**BẢNG 3.1: NHỮNG THIẾU SÓT CỦA KỸ SƯ VỀ KỸ NĂNG VÀ NĂNG LỰC**

Những năng lực quan trọng nhất đối với NGÀNH NGHIỆP	Những thiếu sót quan trọng nhất về năng lực đối với GIÁO DỤC
Làm việc hiệu quả theo nhóm Phân tích thông tin Giao tiếp hiệu quả Thu thập thông tin Tự học	Cách tiếp cận kinh doanh Những kỹ năng quản lý Những phương pháp quản lý đề án Những biện pháp nhằm đảm bảo chất lượng Khả năng giao tiếp hiệu quả Kiến thức về các nguyên tắc tiếp thị Khái niệm về đạo đức và trách nhiệm nghề nghiệp

### Tầm quan trọng của cơ sở lý luận và mức độ chi tiết

Hai nguyên nhân chính giải thích tại sao giữa giáo dục kỹ thuật và thực hành kỹ thuật không có điểm chung là do: thiếu cơ sở lý luận và thiếu chi tiết. Những danh sách liệt kê kỹ năng trước đây đã thất bại trong việc thuyết phục tại sao đây là những tố chất mong muốn đối với người kỹ sư. Như đã giải thích ở Chương 2, phương pháp tiếp cận CDIO diễn đạt lại nhu cầu cơ bản làm cho cơ sở lý luận được rõ ràng hơn. Vì vậy, điểm khởi đầu cho nỗ lực của chúng tôi là đề xuất lại *nhu cầu* cơ bản của giáo dục kỹ thuật. Chúng tôi tin rằng mỗi kỹ sư được đào tạo sẽ có thể:

*Hình thành ý tưởng - Thiết kế - Triển khai - Vận hành những sản phẩm, quy trình, và hệ thống kỹ thuật phức tạp có giá trị gia tăng trong môi trường hiện đại, làm việc theo nhóm.*

Về bản chất, cơ sở lý luận là sự diễn giải của một sự thật là khả năng làm công việc kỹ sư là trách nhiệm của người kỹ sư. Nếu giả thuyết *Hình thành ý tưởng - Thiết kế - Triển khai - Vận hành* được chấp nhận là bối cảnh của giáo dục kỹ thuật, thì có thể rút ra được mục tiêu và chuẩn đầu ra cụ thể hơn cho giáo dục kỹ thuật, có thể hiểu được trong phạm vi cơ sở lý luận này.

Hạn chế thứ hai là, thực tế các danh sách khác liệt kê kỹ năng đã thiếu chi tiết để có thể thông hiểu và triển khai rộng rãi. Đề cương CDIO đã được phát triển để giải quyết giới hạn này bằng cách tạo ra một tập các mục tiêu rõ ràng, hoàn chỉnh, và nhất quán cho giáo dục kỹ thuật ở mức đủ chi tiết để những giảng viên giảng dạy kỹ thuật có thể hiểu và triển khai được. Tập những mục tiêu chi tiết này tạo ra cơ sở phù hợp cho việc thiết kế chương trình giảng dạy và hệ thống đánh giá toàn diện.

Việc đề xuất chức năng của người kỹ sư, mà từ đó Đề cương được đúc kết, không hề có ý loại bỏ vai trò của khoa học-kỹ thuật hay nghiên cứu kỹ thuật. Ngược lại, khoa học-kỹ thuật là nền tảng thích hợp cho giáo dục kỹ thuật, và nghiên cứu kỹ thuật là quá trình bổ sung những kiến thức mới vào nền tảng đó. Mặc dù hầu hết các cộng tác viên của Đề cương CDIO là những nhà khoa học và nghiên cứu kỹ thuật, nhưng chương trình của chúng tôi là đào tạo những sinh viên, mà đại đa số sinh viên này sẽ trở thành những kỹ sư chuyên nghiệp. Đây là điều có thật ngay cả ở những trường đại học chuyên về nghiên cứu, ví dụ như MIT ở Mỹ và KTH ở Thụy Điển. Dù cho sinh viên trở thành kỹ sư thực hành hay nhà nghiên cứu về kỹ thuật, thì việc tổ chức những trải nghiệm giáo dục của họ trong bối cảnh hình thành ý tưởng, thiết kế, triển khai, và vận hành hệ thống và sản phẩm sẽ nâng cao nền tảng của họ.

## ĐỀ CƯƠNG CDIO

Đề cương CDIO là danh sách các kiến thức, kỹ năng và thái độ để đạt chuẩn mực thực hành kỹ thuật đương đại, được tổng kết từ các danh sách kỹ năng đã được biết đến và được xem xét lại bởi các chuyên gia trong nhiều lĩnh vực. Giá trị chủ yếu của Đề cương là nó có thể được ứng dụng vào nhiều chương trình khác nhau và có thể xem như là một mô hình cho tất cả các chương trình nhằm rút ra những chuẩn đầu ra cụ thể nào đó. Tiêu chuẩn 2 của CDIO nhấn mạnh tầm quan trọng của Đề cương trong công cuộc cải cách giáo dục kỹ thuật.

**TIÊU CHUẨN 2 – CHUẨN ĐẦU RA**

**Chuẩn đầu ra chi tiết, cụ thể đối với kỹ năng cá nhân và giao tiếp, kỹ năng xây dựng sản phẩm, quy trình, và hệ thống, cũng như các kiến thức chuyên môn, phải nhất quán với các mục tiêu của chương trình, và được phê chuẩn bởi các bên liên quan của chương trình.**

Kiến thức, kỹ năng và thái độ là kết quả dự định của quá trình giáo dục kỹ thuật, là chuẩn đầu ra được hệ thống hóa trong Đề cương CDIO. Chuẩn đầu ra này trình bày cụ thể những gì sinh viên nên biết và có thể làm được khi học xong chương trình kỹ thuật. Bên cạnh chuẩn đầu ra dành cho kiến thức chuyên ngành kỹ thuật (Phần 1), Đề cương còn nêu rõ chuẩn đầu ra gồm kỹ năng cá nhân và giao tiếp; kỹ năng xây dựng sản phẩm, quy trình, và hệ thống. Chuẩn đầu ra liên quan đến cá nhân (Phần 2) tập trung vào sự phát triển về nhận thức và cảm tính của từng cá nhân các sinh viên, bao gồm lập luận kỹ thuật và giải quyết vấn đề, thử nghiệm và khám phá kiến thức, suy nghĩ tâm hệ thống, tư duy sáng tạo, khả năng suy xét, và đạo đức nghề nghiệp. Chuẩn đầu ra liên quan đến giao tiếp (Phần 3) tập trung vào sự tương tác giữa cá nhân và nhóm như làm việc theo nhóm, lãnh đạo nhóm và giao tiếp. Kỹ năng xây dựng sản phẩm, quy trình, và hệ thống (Phần 4) tập trung vào việc hình thành ý tưởng, thiết kế, triển khai và vận hành sản phẩm, quy trình, và hệ thống trong bối cảnh của doanh nghiệp, kinh doanh và xã hội.

Chuẩn đầu ra được xem xét lại bởi những bên liên quan chủ chốt – những nhóm chia sẻ chung mối quan tâm đến sinh viên tốt nghiệp các chương trình kỹ thuật – nhằm đảm bảo chúng nhất quán với những mục tiêu của chương trình đào tạo và phù hợp với thực hành kỹ thuật. Ngoài ra, các bên liên quan cũng hỗ trợ việc xác định trình độ năng lực cần đạt được, hoặc những tiêu chuẩn về thành tích, cho mỗi chuẩn đầu ra. Quy trình phê chuẩn Đề cương cùng với các bên liên quan sẽ được thảo luận sau trong chương này.

## **Sự phát triển và tích hợp Đề cương CDIO**

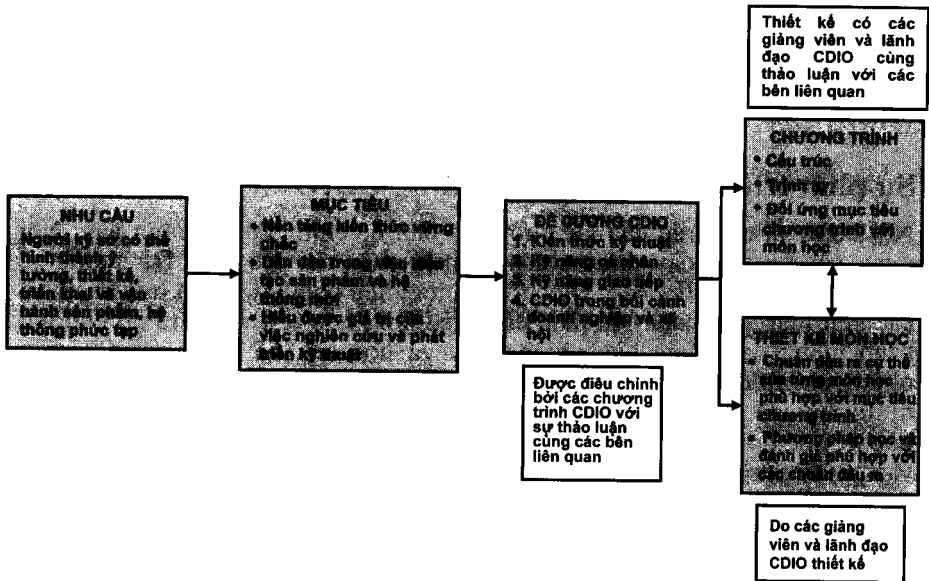
Nội dung và cấu trúc của Đề cương là chủ đề chính của chương này. Nội dung và cấu trúc này được chi phối một phần từ việc hiểu Đề cương sẽ được sử dụng như thế nào. Đề cương được điều chỉnh theo kết quả khảo sát các bên liên quan, đặt nền tảng cho việc lập kế hoạch và tích hợp chương trình giảng dạy, thực hành giảng dạy và học tập, và đánh giá dựa trên những chuẩn đầu ra. Hình 3.1 minh họa sự phát triển của Đề cương CDIO đi từ nhu cầu đến mục tiêu cần đạt được, sự điều chỉnh Đề cương cho phù hợp với các mục tiêu của chương trình, và sự tích hợp những mục tiêu đó vào chương trình giảng dạy. Các chi tiết của quá trình này sẽ được trình bày ở các chương sau. Quy trình tích hợp Đề cương vào chương trình giảng dạy là chủ đề của Chương 4. Các phương pháp dạy và học nội dung của Đề cương được mô tả ở Chương 6. Đánh giá sinh viên theo chuẩn đầu ra là trọng tâm của Chương 7.

## Nội dung và cấu trúc Đề cương CDIO

Có ba mục tiêu chi phối sự lựa chọn nội dung và cấu trúc của Đề cương. Ba mục tiêu này nhằm:

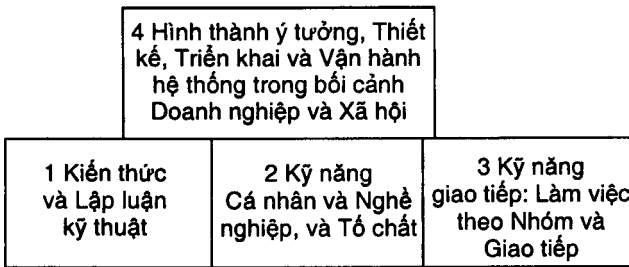
- Tạo ra một cấu trúc với cơ sở lý luận có thể nhìn thấy rõ ràng.
- Đúc kết một tập những mục tiêu tổng hợp ở mức độ cao, tương quan với những nguồn tin cậy.
- Phát triển một tập những chủ đề rõ ràng, hoàn chỉnh và nhất quán để hỗ trợ việc triển khai và đánh giá.

Điểm xuất phát cho sự đúc kết nội dung của Đề cương là một lời khẳng định đơn giản rằng những kỹ sư làm công việc kỹ sư, có nghĩa là, họ xây dựng những sản phẩm, quy trình, và hệ thống nhằm cải thiện đời sống con người. Để bước vào nghề nghiệp kỹ thuật hiện đại, sinh viên cần phải có khả năng thực hiện được những chức năng chính yếu của người kỹ sư. Như đã mô tả ở phần trước, những người kỹ sư đã qua đào tạo phải có khả năng hình thành ý tưởng - thiết kế - triển khai - vận hành những sản phẩm, quy trình, và hệ thống kỹ thuật phức tạp, có giá trị gia tăng trong môi trường làm việc theo nhóm hiện đại. Nói cách khác, những kỹ sư đã qua đào tạo nên hiểu được quy trình kỹ thuật; có khả năng đóng góp vào sự phát triển sản phẩm, quy trình, và hệ thống kỹ thuật; và làm những điều đó khi làm việc ở những tổ chức kỹ thuật. Thêm vào các kỹ năng này là một kỳ vọng gián tiếp rằng, là sinh viên tốt nghiệp đại học và là những người trẻ tuổi, họ nên là những cá nhân trưởng thành và chín chắn.



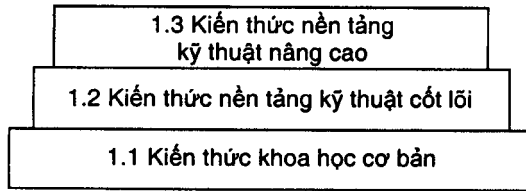
HÌNH 3.1: SỰ PHÁT TRIỂN VÀ TÍCH HỢP CỦA ĐỀ CƯƠNG CDIO

Những kỳ vọng ở cấp độ cao này đối ứng trực tiếp với cấp độ một, hay còn gọi là cấp độ X của cấu trúc Đề cương, như được mô tả trên Hình 3.2. Sự đối ứng của những hạng mục trong cấp độ một của Đề cương với bốn kỳ vọng thể hiện rằng một cá nhân trưởng thành có ý muốn phát triển sự nghiệp trong lĩnh vực kỹ thuật nên sở hữu một tập các *Kỹ năng Cá nhân, kỹ năng Giao tiếp và các Tố chất*, làm trọng tâm cho thực hành. Để phát triển những hệ thống kỹ thuật phức tạp có giá trị gia tăng, sinh viên phải nắm vững những nền tảng của *Kiến thức và Lập luận Kỹ thuật* (Technical Knowledge and Reasoning) cần thiết. Để làm việc trong môi trường hiện đại, và theo nhóm, thì sinh viên cần phải phát triển những *Kỹ năng Giao tiếp* làm việc theo nhóm và giao tiếp với người khác. Cuối cùng, để xây dựng và vận hành sản phẩm, quy trình, và hệ thống, sinh viên phải hiểu ở một mức độ nào đó về *Hình thành ý tưởng, Thiết kế, Triển khai, và Vận hành trong Bối cảnh Doanh nghiệp và Xã hội*.



HÌNH 3.2: ĐỀ CƯƠNG CDIO CHI TIẾT CẤP ĐỘ MỘT

Nội dung chi tiết cấp độ hai, hay cấp độ X.X của Phần 1. *Kiến thức và Lập luận Kỹ thuật* được thể hiện trên Hình 3.3. Nền kỹ thuật hiện đại dựa vào *Kiến thức Khoa học Cơ bản* (1.1). Khối *Kiến thức Nền tảng Kỹ thuật Cốt lõi* (1.2) được xây dựng trên nền cốt lõi khoa học đó, và tập hợp *Nền tảng Kỹ thuật Nâng cao* (1.3) đưa sinh viên hướng đến những kỹ năng cần thiết để bắt đầu một nghề nghiệp. Đây là một chương trình đào tạo chuyên ngành mà giảng viên các trường kỹ thuật thường tranh luận và xác định. Chi tiết Phần 1 của Đề cương tùy thuộc vào ngành nghề đào tạo, và nội dung thay đổi nhiều giữa các ngành. Việc đặt Kiến thức và Lập luận Kỹ thuật ngay ở phần mở đầu của Đề cương là để nhắc nhở rằng việc phát triển kiến thức chuyên sâu về nền tảng kỹ thuật là, và nên là mục tiêu ưu tiên hàng đầu của giáo dục kỹ thuật. Phần còn lại của Đề cương nêu lên kiến thức, kỹ năng, và thái độ tổng quát hơn mà tất cả sinh viên tốt nghiệp ngành kỹ thuật nên có.



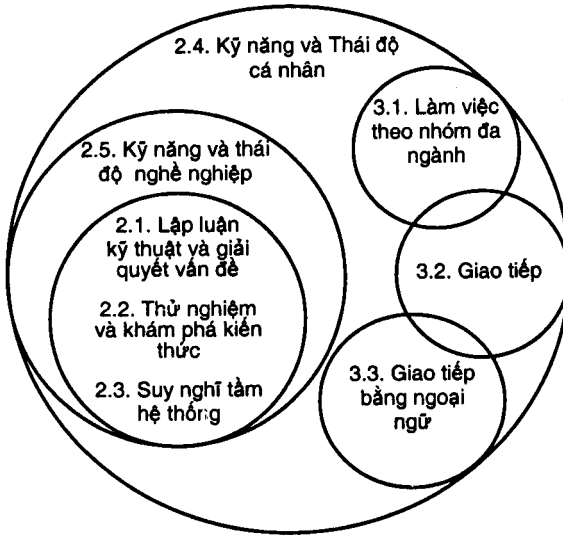
HÌNH 3.3: ĐỀ CƯƠNG CDIO: KIẾN THỨC VÀ LẬP LUẬN KỸ THUẬT

Tất cả kỹ sư các ngành nghề sử dụng những kỹ năng cá nhân và giao tiếp gần giống nhau, và đi theo những quy trình tổng quát gần như nhau. Chúng tôi đã cố gắng đưa hết những kiến thức, kỹ năng, và thái độ mà tất cả các sinh viên tốt nghiệp kỹ thuật có thể yêu cầu vào ba phần còn lại của Đề cương. Bên cạnh đó, chúng tôi đã cố gắng sử dụng những thuật ngữ mà tất cả các ngành nghề đều có thể nhận biết được. Khi sử dụng ở những nơi khác nhau và trong những lĩnh vực kỹ thuật khác nhau có thể sẽ đòi hỏi việc biên dịch và diễn giải.

Nội dung cấp độ hai của Phần 2. *Kỹ năng và Tố chất Cá nhân và nghề nghiệp* được trình bày cùng với Phần 3. *Kỹ năng Giao tiếp* trên Hình 3.4. Vòng tròn trong cùng nhất nêu lên 3 hình thức tư duy mà người kỹ sư thực hành nhiều nhất: *Lập luận Kỹ thuật và Giải quyết Vấn đề* (2.1), *Thử nghiệm và Khám phá Kiến thức* (2.2), và *Suy nghĩ tâm Hệ thống* (2.3). Các cách thức tư duy này còn được gọi là tư duy kỹ thuật, tư duy khoa học, và tư duy tầm hệ thống. Mỗi cách thức tư duy được chi tiết hóa thành đặt vấn đề, quá trình tư duy, và giải quyết vấn đề. *Kỹ năng và Thái độ Nghề nghiệp* (2.5), khác với ba cách thức tư duy ở trên, bao gồm tính trung thực nghề nghiệp; những hành xử chuyên nghiệp; và những kỹ năng, thái độ cần thiết để hoạch định nghề nghiệp và thực hiện phương châm học tập suốt đời trong thế giới kỹ thuật. *Kỹ năng và Thái độ Cá nhân và* (2.4) bao gồm những đặc điểm chung về tính tiên phong và kiên trì; tư duy sáng tạo và suy xét; biết rõ về chính mình; ham học hỏi và học tập suốt đời; cũng như quản lý thời gian.

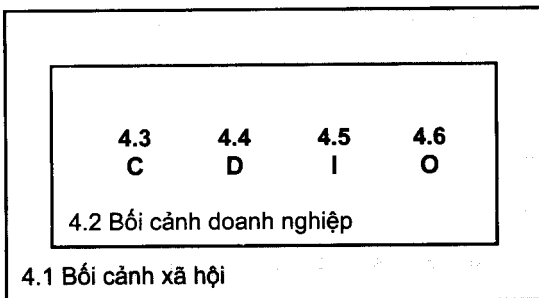
*Kỹ năng Giao tiếp* là tập con riêng biệt của những kỹ năng cá nhân và được chia ra thành ba tập con chồng chéo nhau: *Làm việc theo Nhóm Đa ngành* (3.1), *Giao tiếp* (3.2) và *Giao tiếp bằng Ngoại ngữ* (3.3). Kỹ năng *Làm việc theo Nhóm* gồm thành lập nhóm, hoạt động, phát triển, và lãnh đạo những nhóm chuyên kỹ thuật. Kỹ năng *Giao tiếp* gồm những kỹ năng cần thiết để đặt ra chiến lược và cấu trúc giao tiếp, và để sử dụng bốn hình thức giao tiếp phổ biến: viết, nói, bằng đồ họa, và điện tử. *Giao tiếp bằng Ngoại ngữ* gồm những kỹ năng truyền thống liên quan đến việc học ngoại ngữ, và ứng dụng đặc biệt cho giao tiếp kỹ thuật.





HÌNH 3.4: ĐỀ CƯƠNG CDIO: KỸ NĂNG CÁ NHÂN, NGHỀ NGHIỆP VÀ GIAO TIẾP

Hình 3.5 trình bày khái quát về Phần 4. *Hình thành Ý tưởng, Thiết kế, Triển khai, và Vận hành Hệ thống trong Bối cảnh Doanh nghiệp và Xã hội.* Hình 3.5 mô tả cách thức sản phẩm, quy trình, hay hệ thống phát triển qua bốn giai đoạn: *Hình thành Ý tưởng và Hệ thống Kỹ thuật* (4.3), *Thiết kế* (4.4), *Triển khai* (4.5) và *Vận hành* (4.6). Các thuật ngữ được lựa chọn để mô tả công nghiệp về phần cứng, phần mềm, hệ thống và chế tạo. *Hình thành Ý tưởng và các Hệ thống Kỹ thuật* là quy trình đi từ việc xác định thị trường hay cơ hội đến hình thành ý tưởng thiết kế ở cấp độ cao và bao gồm cả việc phát triển và quản lý đề án. *Thiết kế* bao gồm các khía cạnh của quy trình thiết kế, cũng như những thiết kế chuyên ngành, đa ngành, và đa mục tiêu. *Triển khai* bao gồm những quy trình liên quan đến phần cứng và phần mềm; kiểm tra và kiểm chứng; cũng như thiết kế và quản lý quá trình triển khai. *Vận hành* gồm nhiều vấn đề khác nhau, từ thiết kế và quản lý các hoạt động; tới việc hỗ trợ chu trình vòng đời sản phẩm, quy trình, hệ thống và cải tiến; cho đến lập kế hoạch đến cuối chu trình vòng đời.



HÌNH 3.5: ĐỀ CƯƠNG CDIO: HÌNH THÀNH Ý TƯỞNG, THIẾT KẾ, TRIỂN KHAI VÀ VẬN HÀNH

Sản phẩm, quy trình, và hệ thống được tạo ra và vận hành trong *Bối cảnh Doanh nghiệp và Kinh doanh (4.2)* mà người kỹ sư cần phải hiểu để vận hành có hiệu quả. Những kỹ năng cần thiết để làm điều này bao gồm việc nhận biết văn hóa và chiến lược của doanh nghiệp và hiểu được cách ứng phó và hành động trong kinh doanh ở bất kỳ thể loại và tầm cỡ doanh nghiệp nào. Tương tự như vậy, doanh nghiệp tồn tại trong *Bối cảnh Môi trường Bên ngoài và Xã hội (4.1)* lớn hơn. Kiến thức và những kỹ năng trong lĩnh vực này bao gồm sự nhận biết mối quan hệ giữa xã hội và kỹ thuật; sự hiểu biết về bối cảnh lịch sử, văn hóa, và toàn cầu rộng lớn hơn.

Tóm lại, hai cấp độ đầu tiên của cấu trúc Đề cương được sắp xếp một cách hợp lý. Cấp độ 1, hay cấp độ X, phản ánh chức năng của người kỹ sư, một cá nhân được trang bị tốt, tham gia vào quá trình gắn liền với một tổ chức, với ý định xây dựng sản phẩm, quy trình, và hệ thống. Cấp độ hai của nội dung chi tiết, hay cấp độ X.X, phản ánh thực hành và nghiên cứu hiện đại của ngành kỹ thuật.

Đề cương được xác định đến mức độ chi tiết cấp độ ba và cấp độ bốn, tương ứng với cấp độ X.X.X và X.X.X.X. Những chi tiết ở cấp độ này cần thiết cho sự chuyên đổi từ những mục tiêu ở cấp độ cao sang chuẩn đầu ra có thể giảng dạy và đánh giá được. Mặc dù thoát nhìn nó có vẻ quá tải, nhưng Đề cương chi tiết mang lại rất nhiều lợi ích cho các giảng viên chuyên ngành kỹ thuật, những người có thể không phải là chuyên gia về một số chủ đề trong Đề cương. Những chi tiết cung cấp hiểu biết về bản chất nội dung và các chuẩn đầu ra; sự tích hợp những kỹ năng này vào chương trình đào tạo; lập kế hoạch giảng dạy và đánh giá. Bảng 3.2 là bản trình bày cô đọng nội dung chi tiết cấp độ ba. Phụ lục A là Đề cương CDIO hoàn chỉnh ở mức chi tiết cấp độ bốn.

**BẢNG 3.2: ĐỀ CƯƠNG CDIO CÔ ĐỌNG Ở MỨC CHI TIẾT CẤP ĐỘ BA**

- 
- 1. KIẾN THỨC VÀ LẬP LUẬN KỸ THUẬT**
    - 1.1 KIẾN THỨC KHOA HỌC CƠ BẢN
    - 1.2 KIẾN THỨC NỀN TẢNG KỸ THUẬT CỐT LÕI
    - 1.3 KIẾN THỨC NỀN TẢNG KỸ THUẬT NÂNG CAO
  - 2. KỸ NĂNG CÁ NHÂN VÀ NGHỀ NGHIỆP, VÀ CÁC TỐ CHẤT**
    - 2.1 LẬP LUẬN KỸ THUẬT VÀ GIẢI QUYẾT VẤN ĐỀ
      - 2.1.1 Xác định vấn đề và phạm vi
      - 2.1.2 Mô hình hóa
      - 2.1.3 Ước lượng và phân tích định tính
      - 2.1.4 Phân tích với sự hiện diện của các yếu tố bất định
      - 2.1.5 Kết thúc vấn đề
    - 2.2 THỬ NGHIỆM VÀ KHÁM PHÁ KIẾN THỨC
      - 2.2.1 Nguyên tắc nghiên cứu và điều tra
      - 2.2.2 Điều tra theo thử nghiệm
      - 2.2.3 Khảo sát qua tài liệu và thông tin điện tử
      - 2.2.4 Thử nghiệm giả thuyết và bảo vệ
    - 2.3 SUY NGHĨ TÂM HỆ THỐNG
      - 2.3.1 Suy nghĩ toàn cục
      - 2.3.2 Sự nảy sinh và tương tác trong những hệ thống
      - 2.3.3 Sắp xếp trình tự ưu tiên và tập trung
      - 2.3.4 Trao đổi và cân bằng các yếu tố khác nhau
-

**BẢNG 3.2: ĐỀ CƯƠNG CDIO CÔ ĐỘNG Ở MỨC CHI TIẾT CẤP ĐỘ BA (tiếp theo)**

- 
- 2.4 **KỸ NĂNG VÀ THÁI ĐỘ CÁ NHÂN**
    - 2.4.1 Đề xuất sáng kiến và sẵn sàng chấp nhận rủi ro
    - 2.4.2 Tính kiên trì và linh hoạt
    - 2.4.3 Tư duy sáng tạo
    - 2.4.4 Tư duy suy xét
    - 2.4.5 Hiểu biết về bản thân
    - 2.4.6 Ham tìm hiểu và học tập suốt đời
    - 2.4.7 Quản lý thời gian và nguồn lực
  - 2.5 **KỸ NĂNG VÀ THÁI ĐỘ NGHỀ NGHIỆP**
    - 2.5.1 Đạo đức nghề nghiệp, tính trung thực, có bản phận và có trách nhiệm
    - 2.5.2 Hành xử chuyên nghiệp
    - 2.5.3 Chủ động lên kế hoạch cho nghề nghiệp của mình
    - 2.5.4 Luôn cập nhật thông tin trong lĩnh vực kỹ thuật
  - 3. **KỸ NĂNG GIAO TIẾP: LÀM VIỆC THEO NHÓM VÀ GIAO TIẾP**
    - 3.1 **LÀM VIỆC THEO NHÓM ĐA NGÀNH NGHỀ**
      - 3.1.1 Thành lập nhóm hoạt động hiệu quả
      - 3.1.2 Hoạt động nhóm
      - 3.1.3 Phát triển và tiến triển nhóm
      - 3.1.4 Lãnh đạo
      - 3.1.5 Hợp tác kỹ thuật
    - 3.2 **GIAO TIẾP**
      - 3.2.1 Chiến lược giao tiếp
      - 3.2.2 Cơ cấu giao tiếp
      - 3.2.3 Giao tiếp bằng văn viết
      - 3.2.4 Giao tiếp điện tử/ đa truyền thông
      - 3.2.5 Giao tiếp đồ họa
      - 3.2.6 Thuyết trình và giao tiếp
    - 3.3 **GIAO TIẾP BẰNG NGOẠI NGỮ**
      - 3.3.1 Tiếng Anh
      - 3.3.2 Ngôn ngữ của các nước công nghiệp trong khu vực
      - 3.3.3 Các ngôn ngữ khác
  - 4. **HÌNH THÀNH Ý TƯỞNG, THIẾT KẾ, TRIỂN KHAI VÀ VẬN HÀNH TRONG BỐI CẢNH DOANH NGHIỆP VÀ XÃ HỘI**
    - 4.1 **BỐI CẢNH BÊN NGOÀI VÀ XÃ HỘI**
      - 4.1.1 Vai trò và trách nhiệm của người kỹ sư
      - 4.1.2 Hiểu được tác động của kỹ thuật
      - 4.1.3 Hiểu ngành kỹ thuật được điều tiết như thế nào
      - 4.1.4 Kiến thức về bối cảnh lịch sử và văn hóa
      - 4.1.5 Kiến thức về những vấn đề và giá trị đương thời
      - 4.1.6 Phát triển một quan điểm toàn cầu
    - 4.2 **BỐI CẢNH DOANH NGHIỆP VÀ KINH DOANH**
      - 4.2.1 Tôn trọng các nền văn hóa doanh nghiệp khác nhau
      - 4.2.2 Chiến lược, mục tiêu, và kế hoạch của doanh nghiệp
      - 4.2.3 Có đầu óc kinh doanh thông qua kỹ thuật
      - 4.2.4 Làm việc thành công trong các tổ chức
    - 4.3 **HÌNH THÀNH Ý TƯỞNG VÀ CÁC HỆ THỐNG KỸ THUẬT**
      - 4.3.1 Thiết lập những mục tiêu và yêu cầu của hệ thống
      - 4.3.2 Định nghĩa chức năng, khái niệm và cấu trúc
      - 4.3.3 Mô hình hóa hệ thống và đảm bảo mục tiêu có thể đạt được
      - 4.3.4 Quản lý đề án
-

**BẢNG 3.2: ĐỀ CƯƠNG CDIO CÔ ĐỘNG Ở MỨC CHI TIẾT CẤP ĐỘ BA (tiếp theo)**

- 
- 4.4 THIẾT KẾ
    - 4.4.1 Quy trình thiết kế
    - 4.4.2 Phân đoạn quy trình thiết kế và phương pháp tiếp cận
    - 4.4.3 Vận dụng kiến thức trong thiết kế
    - 4.4.4 Thiết kế chuyên ngành
    - 4.4.5 Thiết kế đa ngành
    - 4.4.6 Thiết kế đa mục đích
  - 4.5 TRIỂN KHAI
    - 4.5.1 Thiết kế và mô phỏng quá trình triển khai
    - 4.5.2 Quy trình sản xuất phần cứng
    - 4.5.3 Quy trình triển khai phần mềm
    - 4.5.4 Tích hợp phần cứng và phần mềm
    - 4.5.5 Kiểm tra, kiểm chứng, phê chuẩn và chứng nhận
    - 4.5.6 Quản lý quá trình triển khai
  - 4.6 VẬN HÀNH
    - 4.6.1 Mô phỏng, thiết kế và tối ưu hóa vận hành
    - 4.6.2 Đào tạo và vận hành
    - 4.6.3 Hỗ trợ chu trình vòng đời hệ thống
    - 4.6.4 Cải thiện và phát triển hệ thống
    - 4.6.5 Những vấn đề về đào thải và kết thúc vòng đời
    - 4.6.6 Quản lý vận hành
- 

## Phê chuẩn Đề cương CDIO

Quy trình được dùng để tạo ra nội dung chi tiết của Đề cương tác hợp các yếu tố nghiên cứu nhu cầu người sử dụng trong việc phát triển sản phẩm với các kỹ thuật khác sử dụng trong nghiên cứu học thuật. Nó bao gồm việc thảo luận của các nhóm tập trung (focus group: là một nhóm được thành lập để trao đổi và thảo luận về một đề tài mà người phỏng vấn quan sát và ghi nhận để tìm hiểu), nghiên cứu tài liệu, khảo sát, tập huấn, và đánh giá đồng cấp. Các nhóm tập trung được tổ chức gồm các giảng viên, sinh viên, những người lãnh đạo trong doanh nghiệp, những nhà giáo dục kỹ thuật thâm niên từ nhiều trường đại học khác nhau. Để đảm bảo Đề cương có khả năng ứng dụng được trong tất cả các ngành kỹ thuật, cần có sự tham gia của các cá nhân từ các ngành kỹ thuật khác nhau. Những nhóm này sẽ được đặt cùng một câu hỏi: *”Sinh viên tốt nghiệp kỹ thuật nên đạt được những kiến thức, kỹ năng, và thái độ gì, khi rời khỏi trường đại học?”*

Những kết quả thu được từ việc thảo luận của các nhóm tập trung kết hợp với những chủ đề được trích dẫn từ bốn nguồn tài liệu chính yếu để tổng hợp thành một phác thảo sơ bộ. Những nguồn tài liệu đó trình bày quan điểm của doanh nghiệp, chính phủ, và ngành giáo dục đại học về những mong đợi của họ đối với sinh viên tốt nghiệp đại học. Bốn nguồn tài liệu này gồm Tiêu chuẩn ABET EC2000 [6] như đã đề cập ở trên, *”Yêu cầu năng lực đối với người kỹ sư”* của Boeing [3], và hai tài liệu từ MIT [7, 8].

Để thu thập những thông tin phản hồi từ các bên liên quan nhằm phê chuẩn các chủ đề của Đề cương, một cuộc khảo sát đã được triển khai gồm



64 Cải cách và xây dựng chương trình đào tạo kỹ thuật

ĐỀ CƯƠNG CDIO	TIÊU CHUẨN 3 CỦA ABET EC2000										
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k
2.4 Kỹ năng và thái độ cá nhân									■		
2.5 Kỹ năng và thái độ nghề nghiệp						■					□
3.1 Làm việc theo nhóm đa ngành				■							
3.2 Giao tiếp							■				
3.3 Giao tiếp bằng ngoại ngữ											
4.1 Bối cảnh bên ngoài và xã hội								■		■	
4.2 Bối cảnh doanh nghiệp và kinh doanh											
4.3 Hình thành ý tưởng và hệ thống kỹ thuật			■								
4.4 Thiết kế			■								
4.5 Triển khai			■								
4.6 Vận hành			■								
■ Mức tương quan cao □ Mức tương quan khá cao											

Tài liệu ABET cụ thể hơn so với các nguồn tài liệu khác trong việc bao quát hết được sự tham gia toàn diện vào chu trình vòng đời sản phẩm qua việc nêu rõ đề mục (3c) *Khả năng thiết kế hệ thống, bộ phận, hoặc quy trình để đáp ứng các nhu cầu mong muốn*. Thiết kế một hệ thống đáp ứng các nhu cầu *Hình thành ý tưởng và những hệ thống kỹ thuật* (4.3) trong Đề cương. *Thiết kế một bộ phận* tương ứng với *Thiết kế* (4.4), và *thiết kế một quy trình* có thể được hiểu bao gồm *Triển khai* (4.5) và *Vận hành* (4.6).

Khi so sánh Đề cương CDIO với Tiêu chuẩn 3 của ABET EC2000, Đề cương có hai ưu điểm, một phụ và một chính. Ưu điểm phụ là Đề cương có cấu trúc tổ chức hợp lý hơn. Nó xuất phát từ những chức năng của nền kỹ thuật hiện đại. Mặc dù cấu trúc này có thể không mang lại một sự hiểu biết tốt hơn về cách thức thực hiện những thay đổi, nhưng nó chắc chắn mang đến một sự hiểu biết nhiều hơn về các lý do để thay đổi. Ưu điểm chính là Đề cương bao gồm nhiều cấp độ chi tiết hơn tài liệu ABET. Đề cương đi sâu vào đủ chi tiết để những cụm từ chung chung như *kỹ năng giao tiếp tốt* cũng có nghĩa đáng kể. Ngoài ra, Đề cương định nghĩa những mục tiêu có thể đo lường được, mà những mục tiêu này đóng vai trò quan trọng trong thiết kế chương trình giảng dạy và đánh giá.

Những sự so sánh tương tự giữa Đề cương CDIO với các tiêu chuẩn kiểm định ở các quốc gia khác đã được thực hiện. Khung 3.1 so sánh Đề cương với các tiêu chuẩn của chương trình kỹ thuật ở Anh [9].

Như một sự kiểm tra độc lập về tính toàn diện của Đề cương CDIO, nó được so sánh với những kỹ năng chung mà những người kỹ sư cần có theo năm hướng nghề nghiệp khác nhau. Những kỹ năng chung này thích hợp với tất cả các hướng, bao gồm: *2.1 Lập luận kỹ thuật và khả năng giải quyết vấn đề*, *2.4 Những kỹ năng và thái độ cá nhân*, *2.5 Những kỹ năng và thái độ nghề nghiệp*, *3.1 Làm việc theo nhóm đa ngành (Multidisciplinary*

Teamwork), 3.2 Giao tiếp, 3.3 Giao tiếp bằng ngoại ngữ, và 4.1 Bối cảnh bên ngoài và xã hội. Tùy thuộc vào tài năng và sở thích cá nhân, các kỹ sư có thể và đi theo tối thiểu năm hướng nghề nghiệp khác nhau. Các hướng, và những phần hỗ trợ chúng trong Đề cương được thể hiện trên Hình 3.6.

### KHUNG 3.1: SO SÁNH ĐỀ CƯƠNG CDIO VỚI UK-SPEC

Đề cương CDIO được so sánh bằng cách đối chiếu với những tiêu chuẩn kiểm định được phát hành vào năm 2004 cho các chương trình kỹ thuật ở Anh. Những tiêu chuẩn mới đã thay thế các yêu cầu trong tài liệu gọi là SARTOR 3 (Những Tiêu chuẩn và Lộ trình để Đăng ký, Hội đồng Kỹ thuật, Xuất bản lần 3, 1997). Tài liệu SARTOR 3 đã không liệt kê một cách rõ ràng những chuẩn đầu ra của giáo dục kỹ thuật. Tuy nhiên, nó đã nêu cụ thể nội dung chương trình giảng dạy, và đã gây một ít tranh cãi, khi đặt bằng cấp Thạc sỹ Kỹ thuật (MEng) là yêu cầu về giáo dục tối thiểu để trở thành một Chartered Engineer – CEng (danh hiệu cho kỹ sư được xem là có đủ tư cách). Những sinh viên tốt nghiệp với yêu cầu giáo dục thấp hơn tức là bằng cấp Cử nhân Kỹ thuật (BEng) sẽ trở thành Incorporated Engineer – IEng, trừ khi những sinh viên này học một năm chương trình sau đại học để tương xứng với lượng kiến thức được đào tạo của các sinh viên tốt nghiệp Thạc sỹ (MEng).

SARTOR 3 được thay thế lần đầu vào tháng 12 năm 2003, với một tập hợp những yêu cầu mới được gọi là UK-SPEC, nó tập trung vào ngưỡng tiêu chuẩn về năng lực cần thiết để được đăng ký là một Chartered Engineer hay Incorporated Engineer (*Tiêu chuẩn của Anh đối với Năng lực của Người hành nghề Kỹ thuật: Tiêu chuẩn Chartered Engineer và Incorporated Engineer, Hội đồng Kỹ thuật, 2003*). Một tài liệu tiếp theo sau đó được phát hành vào tháng 5 năm 2004 liên quan đến việc kiểm định những chương trình bằng cấp kỹ thuật (*Tiêu chuẩn của Anh đối với Năng lực của Người hành nghề: Sự Kiểm định Các Chương trình Sau Đại học, Hội đồng Kỹ thuật, 2004*). Tài liệu UK-SPEC ít theo quy tắc hơn so với SARTOR 3, và phù hợp với lối suy nghĩ hiện tại, các tiêu chí kiểm định được thể hiện dưới dạng danh sách các chuẩn đầu ra cần có. Các tiêu chí được trình bày dưới dạng các đề mục *Chuẩn Đầu ra Chung* và *Chuẩn Đầu ra Cụ thể*.

- A. Chuẩn Đầu ra Chung (General Learning Outcomes)
  1. Kiến thức và sự hiểu biết
  2. Năng lực trí tuệ
  3. Những kỹ năng thực tiễn
  4. Những kỹ năng chung có thể chuyển giao được
- B. Chuẩn Đầu ra Cụ thể (Specific Learning Outcomes)
  1. Khoa học và toán học cơ bản, và chuyên ngành liên quan đến kỹ thuật
  2. Phân tích kỹ thuật
  3. Thiết kế
  4. Bối cảnh kinh tế, xã hội và môi trường
  5. Thực hành kỹ thuật

Trong UK-SPEC, tập ban đầu các chuẩn đầu ra được cung cấp cho các chương trình BEng, sau đó, những chuẩn đầu ra bổ sung được quy định ở hầu hết các đề mục của chương trình MEng. Các chuẩn đầu ra chi tiết hơn những yêu cầu của ABET EC2000. Để minh họa, 40 chuẩn đầu ra riêng biệt đã được liệt kê trong *Chuẩn Đầu ra Cụ thể* cho một chương trình MEng. Tuy nhiên, trong một số trường hợp, các chuẩn đầu ra thiếu sự chính xác và rõ ràng. Một phần, đây là hậu quả của hệ thống giáo dục ở Anh, nơi mà những chương trình bằng cấp không được kiểm định bởi một cơ quan trung ương nào, nhưng lại bởi những học viện kỹ thuật riêng lẻ, ví dụ Học viện Kỹ sư Cơ khí và Học viện Kỹ sư Điện. Có hơn 30 học viện được cấp giấy phép. Sau khi SARTOR 3 được phát hành, nhiều tài liệu diễn giải đã ra đời nhằm điều chỉnh các tiêu chí kiểm định cho phù hợp với những chuyên ngành cụ thể của họ. Điều mọi người dự kiến là việc này sẽ xảy ra tương tự đối với UK-SPEC.

Các chuẩn đầu ra được liệt kê là *Chuẩn Đầu ra Chung* trong UK-SPEC, trong hầu hết các trường hợp, được lập lại và mở rộng trong *Chuẩn Đầu ra Cụ thể*. Điều ngoại lệ là *Kỹ năng chung có thể chuyển giao* (General Transferable Skills) được quy chiếu với *Kỹ năng trọng tâm ở cấp độ cao* (high-level skills), do Cơ quan về Năng lực và Chương trình Đào tạo (Qualifications and Curriculum Authority) định nghĩa. Cơ quan này ban hành nhiều hướng dẫn phát triển kỹ năng trọng tâm trong sáu lĩnh vực: ứng dụng số, truyền thông, thông tin, và công nghệ truyền thông, cải thiện học tập và thành tích cá nhân, khả năng giải quyết vấn đề, và làm việc với người khác. Mức độ đạt được được quy định đối với tất cả các lĩnh vực trong hệ thống giáo dục ở Anh, bao gồm cả giáo dục đại học. Tuy nhiên, những kỹ năng trọng tâm ở cấp đại học thì chung chung và không liên quan cụ thể đến giáo dục kỹ thuật.

Mối quan hệ giữa tiêu chí kiểm định (accreditation criteria) của UK-SPEC với những tiêu chuẩn của UK-SPEC đã ban hành trước đó cho việc đăng ký nghề nghiệp là tương đối yếu. Cụ thể là, những chuẩn đầu ra được yêu cầu không cân xứng với những tiêu chuẩn đăng ký liên quan đến kỹ năng lãnh đạo, kỹ năng giao tiếp, và giao tiếp trong môi trường nghề nghiệp. Một phần, đây là kết quả của quyết định giao phó trách nhiệm xác định những kỹ năng có thể chuyển giao được cho Cơ quan về Năng lực và Chương trình Đào tạo. Nó cũng có thể phản ánh một quan điểm rằng những kỹ năng và thái độ nghề nghiệp chỉ có thể đạt được khi sinh viên tốt nghiệp bắt đầu đi làm với vai trò kỹ sư thực hành.

Như đã liệt kê trong danh sách, UK-SPEC đã dành hết một nhóm những chuẩn đầu ra cụ thể cho quy trình thiết kế. Trong nhóm đó có một vài chuẩn đầu ra liên quan đến quy trình khai niệm trước khi đến thiết kế. Tuy nhiên, sự khẳng định về việc giáo dục kỹ thuật nên bao hàm chu trình vòng đời sản phẩm hay hệ thống hoàn chỉnh đã không được phản ánh đầy đủ trong UK-SPEC. Một chuẩn đầu ra nêu lên rằng sinh viên tốt nghiệp nên có *khả năng đảm bảo sự phù hợp với mục đích của tất cả các khía cạnh của vấn đề bao gồm sản xuất, vận hành, bảo trì và đào thải*. Trong khi chuẩn đầu ra này lần đầu tiên trong suy nghĩ của chúng tôi, nó được bao gồm trong phần thiết kế và ám chỉ đến thiết kế đa mục đích. Vì vậy, có thể lập luận rằng UK-SPEC không nhận ra một cách đầy đủ rằng tất cả các kỹ sư cần biết làm thế nào để triển khai những thiết kế của họ dưới dạng những sản phẩm và hệ thống thật sự. Ngoài ra, UK-SPEC không đề cập gì cụ thể đến quy trình vận hành trong chu trình vòng đời sản phẩm hay hệ thống, ngoài việc đề cập đến nhu cầu đầy mạnh sự phát triển bền vững.

Từ thảo luận trên, rõ ràng là Đề cương CDIO có nhiều ưu điểm hơn UK-SPEC, trong đó những điểm nổi bật nhất là:

- Mặc dù UK-SPEC có nhiều chuẩn đầu ra hơn tiêu chí ABET, nhưng nó vẫn còn thiếu tính chi tiết của Đề cương CDIO.
- UK-SPEC không hoàn chỉnh, đó là, nó giao phó trách nhiệm về các kỹ năng cá nhân và kỹ năng giao tiếp quan trọng cho Cơ quan về Năng lực và Chương trình Đào tạo. Cơ quan này ban hành hướng dẫn một tập hạn chế các kỹ năng không được yêu cầu phải có đối với sinh viên tốt nghiệp kỹ thuật.
- So với Đề cương CDIO, UK-SPEC đưa ra những kỹ năng nghề nghiệp chưa toàn diện. Mặc dù việc đào tạo nhân viên chính thức ở nơi làm việc đã từng rất phổ biến ở Anh, nhưng nay đã trở nên khan hiếm, những nhà tuyển dụng mong đợi sinh viên tốt nghiệp phải có một số kỹ năng nghề nghiệp tối thiểu nào đó cần thiết để vào thẳng vị trí và gánh vác trách nhiệm của công việc.
- UK-SPEC không phản ánh yêu cầu năng lực trong tất cả các khía cạnh của chu trình vòng đời sản phẩm hay hệ thống. Đặc biệt là những quy trình triển khai và vận hành đã không được đề cập đến với những chuẩn đầu ra thích hợp.

Có thể lý luận rằng UK-SPEC ít hữu dụng hơn là nó có thể, bởi vì nó giới hạn ở việc liệt kê các chuẩn đầu ra. Mặc dù mang tính chất dựa trên chủ đề, nhưng Đề cương CDIO được hỗ trợ bởi một cơ sở lý luận, một tập các tiêu chuẩn, và một quy trình cho việc phát



triển các chuẩn đầu ra cho từng chương trình cụ thể. Bản chất toàn diện của Đề cương CDIO cũng có nghĩa là nó sẽ luôn bao quát được bất kỳ chuẩn đầu ra nào cho các mục đích kiểm định. Tuy nhiên, khi được kết hợp với các thành phần khác của nó, phương pháp tiếp cận CDIO đạt được một mục tiêu cơ bản hơn, đó là, không chỉ đơn giản là chương trình đã được kiểm định, mà là nó nêu rõ được một chương trình kỹ thuật có thể được cải tiến như thế nào.

P. ARMSTRONG, ĐẠI HỌC QUEEN - BELFAST

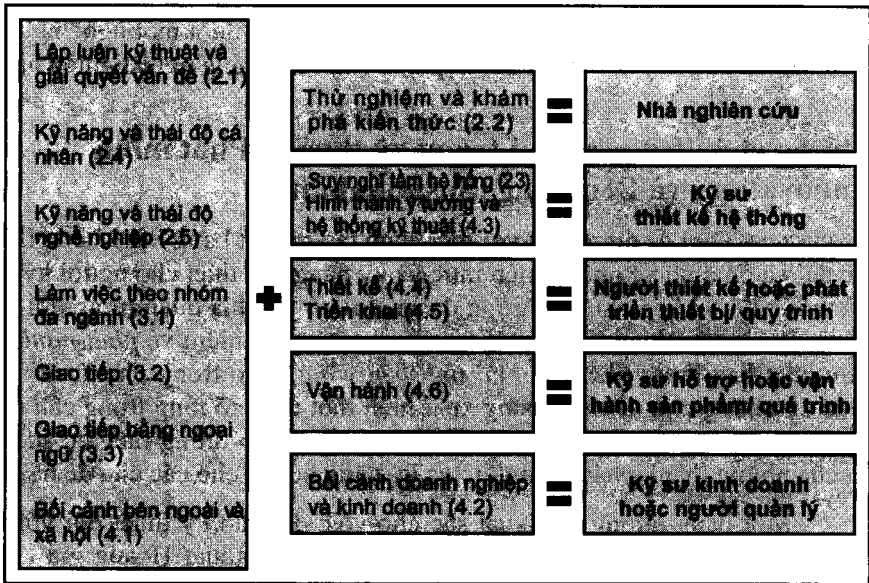
Dĩ nhiên, không có một người kỹ sư tốt nghiệp nào tinh thông hết trong tất cả hướng nghề nghiệp này, và thật ra, cũng có thể sẽ không thành thạo trong bất kỳ hướng nào cả. Tuy nhiên, mô hình thực hành kỹ thuật hiện đại là vai trò của một cá nhân sẽ thay đổi và tiến triển. Những người kỹ sư tốt nghiệp phải có khả năng tương tác một cách có hiểu biết với các cá nhân trong các hướng nghề nghiệp này, và phải được giáo dục như một người kỹ sư có kiến thức tổng quát, chuẩn bị để theo đuổi một nghề nghiệp theo một hướng hay bất kỳ sự kết hợp nào của các hướng nghề nghiệp này.

### **Những chủ đề đương đại trong kỹ thuật – Phát minh (Innovation) và Bền vững (Sustainability)**

Đề cương CDIO đã được viết với mục đích tạo ra một bảng liệt kê có giá trị lâu dài và ổn định về những kiến thức và kỹ năng cần thiết cho người kỹ sư. Cùng lúc đó, những chủ đề đương đại ra đời có ý nghĩa quan trọng đối với kỹ thuật và giáo dục kỹ thuật. Hiện tại, những quan niệm về *phát minh* và *bền vững* hay là *sự phát triển có tính bền vững*, nằm trong phạm trù này. Mặc dù những chủ đề này không xuất hiện một cách rõ ràng trong cấu trúc cấp độ cao của Đề cương CDIO, nhưng chúng tôi tin tưởng rằng có sự tồn tại của những thành phần kiến thức và kỹ năng hỗ trợ cho các chủ đề này.

Một bảng hướng dẫn xuất sắc cho việc đào tạo kỹ thuật đối với sự phát triển có tính bền vững đã được Học viện Kỹ thuật Hoàng gia (The Royal Academy of Engineering) ở Anh [10] cho ra đời gần đây. Nó trích dẫn định nghĩa thường được sử dụng cho tính bền vững từ Báo cáo Bruntland 1987 (The Bruntland Report) của Ủy ban Thế giới của Liên Hiệp Quốc về Môi trường và Phát triển (United Nations World Commission on Environment and Development): “Nhân loại có khả năng tạo ra sự phát triển có tính bền vững – để đảm bảo rằng nó đáp ứng những nhu cầu hiện tại mà không gây hại đến khả năng của những thế hệ tương lai trong việc đáp ứng những nhu cầu của chính họ”. Đề cương CDIO có một dẫn chiếu rõ ràng đến tính bền vững, trong Phần 4.4.6 *Thiết kế đa mục đích*, trong đó việc thiết kế có tính bền vững của môi trường nằm trong những mục đích của quá trình thiết kế sản phẩm, quy trình hay hệ thống. Báo cáo của Học viện Hoàng gia (The Royal Academy) tiếp tục mô tả tính bền vững là giao

điểm có tính chất hỗ trợ lẫn nhau giữa các mối quan tâm mang trọng tâm kỹ thuật, trọng tâm xã hội, và trọng tâm môi trường. Đọc thoáng qua Đề cương CDIO cho ba loại hạng mục quan tâm này cho thấy có bốn chủ đề ở cấp độ ba (X.X.X) thảo luận những vấn đề về sự phát triển và sử dụng kỹ thuật đúng đắn, năm chủ đề ở cấp độ ba đề cập đến những vấn đề về môi trường khác nhau, và chín chủ đề ở cấp độ ba nêu lên nhiều khía cạnh khác nhau về trách nhiệm của người kỹ sư trong việc cân nhắc xã hội, những vấn đề xã hội trong quá trình thiết kế, và quy tắc của xã hội đối với kỹ thuật. Báo cáo của Học viện Hoàng gia xác định 12 nguyên tắc hướng dẫn của kỹ thuật trong sự phát triển có tính bền vững. Bảng 3.4 so sánh 12 nguyên tắc này với những chủ đề tương ứng gần nhất của Đề cương CDIO. Trong hầu hết tất cả các trường hợp, Đề cương CDIO bao hàm những kỹ năng hoặc kiến thức liên quan đến nguyên tắc hoặc một sự khái quát hóa của nó.



HÌNH 3.6: HƯỚNG NGHỀ NGHIỆP CỦA KỸ SƯ ĐƯỢC XÁC ĐỊNH MỘT CÁCH GIÁN TIẾP TRONG ĐỀ CƯƠNG CDIO

Trong cuộc Khảo sát về Phát minh gần đây, Liên đoàn Công nghiệp Anh (Confederation of British Industry - CBI) định nghĩa sự phát minh theo nghĩa rộng là “sự khai thác thành công những ý tưởng mới” [11]. Từ định nghĩa này và những định nghĩa tương tự, Học viện Công nghệ MIT - Cambridge đã xác định một tập kiến thức, kỹ năng và thái độ đặt nền móng cho sự phát minh [12]. Một cách ngắn gọn, tập này bao gồm sự hiểu biết khái niệm sâu sắc về nền tảng cơ bản, những kỹ năng để khai thác ý tưởng, có ý thức tự tạo điều kiện cho chính mình từ học hành. Nói cách khác, đây

là khối kiến thức để phát minh, những kỹ năng để phát minh, và một thái độ tích cực chấp nhận những rủi ro cần thiết cho phát minh. Khi so sánh mô hình này với Đề cương CDIO, chúng tôi nhận thấy kiến thức của ngành kỹ thuật liệt kê trong Phần 1, được củng cố bởi mục tiêu phát triển kiến thức chuyên sâu hơn về các nền tảng kỹ thuật. Những kỹ năng cần thiết để khai thác các ý tưởng bao gồm sự hiểu biết về những nhu cầu của khách hàng (Đề cương CDIO 4.3.1), sự ứng dụng kỹ thuật thích hợp (4.3.2), giao tiếp (3.2 và 3.3) và làm việc theo nhóm (3.1). Những đặc điểm tiêu biểu làm nền tảng cho khuynh hướng để phát minh bao gồm sự sẵn sàng chấp nhận rủi ro (2.4.1), tính kiên trì (2.4.2), và tư duy sáng tạo (2.4.3). Bên cạnh đó, một người phát minh thành công có hiểu biết về công ty nơi làm việc (4.2.2), làm việc trong các tổ chức đã được lập sẵn (4.2.3), và những quan tâm về kinh doanh (4.2.4).

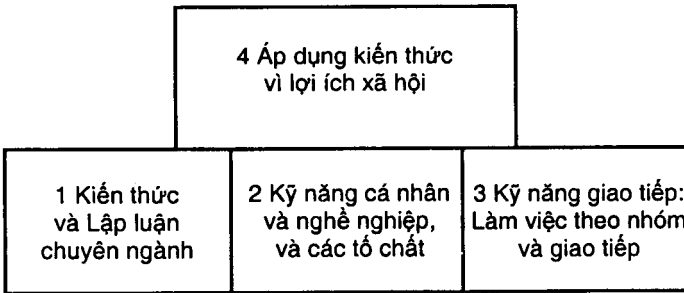
**BẢNG 3.4: NGUYÊN TẮC CỦA TÍNH BỀN VỮNG SO SÁNH VỚI ĐỀ CƯƠNG CDIO**

	<b>Nguyên tắc của tính Bền vững</b>	<b>Đề cương CDIO</b>
1	Nhìn rộng hơn môi trường xung quanh mình và nhìn xa hơn tương lai trước mắt	4.1.1 Các Luật lệ và Trách nhiệm của Kỹ sư  4.1.2 Tác động của Kỹ thuật trong Xã hội 4.1.6. Phát triển Quan điểm Toàn cầu
2	Phát minh và có óc sáng tạo	2.4.3 Tư duy Sáng tạo
3	Tìm giải pháp cân bằng	2.3.4 Trao đổi, Phán đoán và Cân bằng trong Giải pháp
4	Cố gắng có sự tham gia của các bên liên quan	4.3.1 Thiết lập Mục tiêu và Yêu cầu của Hệ thống
5	Cần đảm bảo rằng bạn biết được nhu cầu và ý muốn	
6	Hoạch định và quản lý hiệu quả	4.3.4 Phát triển Quản lý Đề án
7	Chấp nhận tính bền vững là một yêu cầu đúng đắn	4.4.6 Thiết kế Đa Mục tiêu
8	Nếu một người gây ô nhiễm ngoài ý muốn của họ (làm ảnh hưởng đến tính bền vững), thì người đó vẫn phải trả giá	
9	Áp dụng phương pháp tiếp cận toàn diện từ đầu đến cuối ("cradle-to-grave")	2.3.1 Tư duy Toàn diện
10	Làm việc đúng, với điều kiện chọn đúng việc để làm	2.5.1 Đạo đức Nghề nghiệp, Trung thực, Bón phận và Trách nhiệm
11	Cần chú ý rằng chi phí giảm không có nghĩa là có sự đóng góp của giá trị kỹ thuật	2.4.4 Giải pháp và Kiến nghị
12	Thực hành điều bạn nói	2.5.1 Đạo đức Nghề nghiệp, Trung thực, Bón phận và Trách nhiệm

Hai ví dụ này minh họa rằng khối kiến thức cơ bản, những kỹ năng và thái độ của giáo dục trong các chủ đề đương đại của tính bền vững và sự phát minh là hiện hữu trong Đề cương CDIO, mặc dù các tiêu đề không đề cập đến.

## Tổng quát hóa Đề cương CDIO

Về nguyên tắc, chúng tôi đã hình thành Đề cương CDIO sao cho nó có thể ứng dụng trong bất kỳ lĩnh vực kỹ thuật nào. Như đã được đề cập ở trên, chúng tôi lựa chọn những từ ngữ, ví dụ như từ “triển khai”, mà nó được nhận biết bởi tất cả các kỹ sư, mặc dù khi Đề cương CDIO được điều chỉnh cho phù hợp thì một kỹ sư xây dựng có thể hiểu từ này là “xây dựng”, trong khi đó một kỹ sư phần mềm lại thích dùng từ “mã hóa và thử nghiệm” để thay thế cho từ “triển khai”. Dụng ý là nhằm tạo ra các từ ngữ ở cấp độ hai, hay là X.X, mà cấp độ này là cấp độ tổng quát cho tất cả các ngành kỹ thuật, và nhằm cố gắng làm điều này càng nhiều càng tốt ở cấp độ ba, hay là X.X.X. Ở cấp độ thấp nhất, có thể có một vài dẫn chiếu đến các ngành kỹ thuật sản xuất sản phẩm dạng rời, ví dụ xe hơi, máy bay và các thiết bị điện tử. Tuy nhiên, chúng ta có thể chỉnh sửa dễ dàng những chủ đề và chuẩn đầu ra ở cấp độ thấp nhất này với những từ ngữ mô tả phù hợp cho các ngành kỹ thuật hóa học, sinh học, phần mềm, và các ngành khác của kỹ thuật.



HÌNH 3.7: CẤU TRÚC CẤP ĐỘ CAO CỦA ĐỀ CƯƠNG CDIO  
ĐÃ ĐƯỢC TỔNG QUÁT HÓA

Ở cấp độ cao nhất, Đề cương CDIO có thể được sử dụng như là một tuyên ngôn về các mục tiêu giáo dục cho bất cứ chương trình giáo dục đại học nào. Như vậy, Phần 1 sẽ được tổng quát hóa từ *Kiến thức và Lập luận Kỹ thuật* thành *Kiến thức và Lập luận Chuyên ngành*, và đây là một bước đơn giản. Phần 2 và 3, các *Kỹ năng và Thái độ Cá nhân*, và *Kỹ năng và Thái độ Nghề nghiệp*; *Kỹ năng Giao tiếp*, gần như giữ nguyên không thay đổi. Một ngoại lệ duy nhất là trình tự cấu trúc của Phần 2 có thể sẽ thay đổi để nhấn mạnh những cách tư duy khác. Phần 4, *Hình thành ý tưởng, Thiết kế, Triển khai, và Vận hành các Hệ thống trong Bối cảnh Doanh nghiệp và Xã hội*, là thách thức lớn nhất để tổng quát hóa. Nếu chúng ta tách chủ đề này thành “kỹ sư đóng góp giá trị cho xã hội như thế nào”, thì sự tổng quát hóa của Phần 4 sẽ là *Áp dụng Kiến thức để mang lại Lợi ích cho Xã hội*. Ví dụ, trong ngành luật, phần này sẽ bao gồm những kỹ năng nghề nghiệp của

thực hành luật, trong khi kiến thức về luật là ở trong Phần 1. Tương tự trong ngành y, Phần 4 sẽ bao gồm thực hành nghề nghiệp về y dược, trong khi kiến thức về dược là ở Phần 1. Hình 3.7 mô tả cấu trúc cấp độ cao của Đề cương CDIO đã được tổng quát hóa song song với Hình 3.2, là cấu trúc cấp độ cao dành cho ngành kỹ thuật.

## CHUẨN ĐẦU RA VÀ TRÌNH ĐỘ NĂNG LỰC CỦA SINH VIÊN

Đề cương CDIO là một danh sách chi tiết kiến thức và kỹ năng mà người kỹ sư tốt nghiệp nên đạt được ở một trình độ năng lực nào đó. Nó trả lời một cách toàn diện phần đầu tiên của câu hỏi trọng tâm trong chương này:

*Sinh viên kỹ thuật nên đạt được các kiến thức, kỹ năng, thái độ toàn diện nào khi rời khỏi trường đại học, và đạt được ở trình độ năng lực nào?*

Tuy nhiên, Tiêu chuẩn 2 ở trên đòi hỏi nhiều hơn là chỉ đơn thuần một danh sách các chủ đề. Nó đòi hỏi một chương trình phải đề ra *những chuẩn đầu ra cụ thể, chi tiết cho những kỹ năng cá nhân và giao tiếp; và những kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình, và hệ thống nhất quán với các mục tiêu của chương trình và được phê chuẩn bởi các bên liên quan của chương trình*. Để có thể chuyển danh sách kiến thức, kỹ năng, và thái độ này thành những chuẩn đầu ra, chúng ta cần phải có trình độ cụ thể về năng lực mong muốn cho tất cả các chủ đề trong Đề cương.

Chúng tôi kiến nghị dùng quy trình này để thiết lập trình độ năng lực và các chuẩn đầu ra như sau:

- Xem xét lại Đề cương CDIO tổng quát (đã trình bày ở Bảng 3.1) và thực hiện những chỉnh sửa hoặc bổ sung để điều chỉnh cho phù hợp với quá trình học môn học cụ thể trong bối cảnh kỹ thuật và quốc gia của chương trình đào tạo.
- Xác định những bên liên quan chủ chốt của chương trình - cả trong nội bộ và bên ngoài của trường đại học. Việc nắm bắt ý kiến của những người đại diện của các bên liên quan của chương trình đào tạo, và việc khuyến khích sự nhất trí giữa các quan điểm cá nhân và trí tuệ tập thể, là rất cần thiết. Đây là dụng ý của cụm từ *được phê chuẩn bởi các bên liên quan của chương trình* trong Tiêu chuẩn 2.
- Xác định một cách thức để thu hút sự tham gia của các bên liên quan và tóm lược các ý kiến của họ. Cách tiếp cận được sử dụng phổ biến nhất cho đến nay trong các chương trình của chúng tôi là thực hiện một cuộc khảo sát để thu thập dữ liệu từ các bên liên quan.
- Những cuộc thảo luận của các giảng viên giúp làm sáng tỏ những kết quả đóng góp của các bên liên quan, và những cuộc thảo luận này đưa đến sự nhất trí về trình độ năng lực mong muốn.

- Sau đó, các trình độ năng lực mong muốn này lại được chuyển đổi thành những chuẩn đầu ra được nêu lên một cách chính thức hơn, và đó là cơ sở để thiết kế chương trình giảng dạy và đánh giá việc học của sinh viên.

Kết quả của quy trình này là câu trả lời cho phần 2 của câu hỏi “... và đạt được ở trình độ năng lực nào?”

Hai ví dụ của quy trình này nhằm xác định những trình độ năng lực cho Đề cương CDIO được mô tả bên dưới. Trong ví dụ thứ nhất, khi mới được hình thành, Đề cương CDIO đã được sử dụng để làm cơ sở cho cuộc khảo sát các bên liên quan của chương trình. Ví dụ tổng quát này được dựa trên kinh nghiệm của các chương trình ở Mỹ và ở Thụy Điển [13]-[4] và tập trung vào Phần 2, 3, và 4 của Đề cương. Trong ví dụ thứ hai, các giảng viên đã quyết định kết nối khảo sát của họ với các chủ đề trong Phần 1, *Kiến thức và Lập luận Kỹ thuật*, nhằm hình thành một quan điểm hoàn chỉnh hơn về những ý kiến đóng góp của các bên liên quan đối với các chuẩn đầu ra [15].

## **Nghiên cứu chuẩn đầu ra ở bốn đại học sáng lập CDIO**

Trong giai đoạn đầu của Đề xướng CDIO, Đại học Kỹ thuật Chalmers (Chalmers University of Technology), Đại học Linköping (LiU), Học viện Công nghệ Hoàng gia (The Royal Institute of Technology-KTH), và Học Viện Công nghệ Massachusetts (MIT), đã tiến hành các chương trình nghiên cứu song song để xác định trình độ năng lực mong muốn đối với các chủ đề trong Đề cương CDIO với những bên liên quan của chương trình của họ [14]. Nhằm tạo điều kiện cho sự so sánh những kết quả này một cách trực tiếp hơn, bốn đại học này đã nhất trí sử dụng phiên bản tổng quát nguyên thủy của Đề cương (mặc dù những trường đại học Thụy Điển đã dịch tài liệu này sang tiếng Thụy Điển).

Giáo dục kỹ thuật có nhiều nhóm các bên liên quan có thể tham gia vào quá trình khảo sát và thống nhất ý kiến. Những nhóm này bao gồm giảng viên trong nội bộ và bên ngoài của chương trình mục tiêu, cựu sinh viên với nhiều độ tuổi khác nhau, các đại diện doanh nghiệp, và đồng nghiệp ở các trường đại học khác. Các Hội đồng tư vấn, quản trị, và các giảng viên ở các khoa khác cũng có thể tham gia. Tùy thuộc vào văn hóa của địa phương, sinh viên kỹ thuật cũng có thể tham gia khảo sát.

Trong những cuộc nghiên cứu thực hiện bởi bốn trường đại học sáng lập ra CDIO, chúng tôi đã đi đến kết luận có sáu nhóm các bên liên quan chung là:

- Giảng viên đại học
- Lãnh đạo doanh nghiệp cấp trung và cấp cao cấp
- Cựu sinh viên đã tốt nghiệp năm năm

- Cựu sinh viên đã tốt nghiệp 15 năm
- Sinh viên năm thứ nhất
- Sinh viên năm cuối

Chúng tôi đã chọn những nhóm cựu sinh viên, những người đủ trẻ tuổi để có thể nhớ lại chi tiết quá trình đào tạo của họ, nhưng cũng đủ thâm niên để có thể phản ánh quá trình đào tạo của họ với một quan điểm có ý nghĩa. Chúng tôi đã chọn hai nhóm để xác định xem các ý kiến của cựu sinh viên có thay đổi theo thời gian hay không. Chúng tôi chọn cả sinh viên năm thứ nhất và năm cuối để đánh giá những thay đổi về kỳ vọng của sinh viên qua năm tháng, và để tương quan giữa những quan điểm của họ với những nhóm khác.

### Quy trình khảo sát xác định trình độ năng lực mong muốn

Có một số cách thức để thu thập ý kiến đóng góp của các bên liên quan, chẳng hạn như phỏng vấn và sử dụng nhóm tập trung, nhưng cách thức được sử dụng phổ biến nhất trong các chương trình của chúng tôi là thực hiện khảo sát. Trong ví dụ của bốn chương trình của các trường sáng lập, quá trình khảo sát đã sử dụng một bảng câu hỏi để thu thập thông tin từ các bên liên quan về trình độ năng lực mong muốn đối với kiến thức và những kỹ năng của Đề cương CDIO. Công cụ khảo sát đã đặt những câu hỏi sao cho những thông tin thu thập được phục vụ cho những đề mục trong Đề cương ở mức chi tiết cấp độ hai, hay X.X, và cấp độ ba, hay X.X.X (xem Bảng 3.1). Cả hai loại câu trả lời mang tính chất định tính và định lượng đều đã được tham khảo. Những người được khảo sát được cung cấp một bản các định nghĩa nhằm đảm bảo sự nhất quán hợp lý trong việc hiểu ý nghĩa của câu hỏi và tăng mức độ tin cậy của câu trả lời. Những người này còn được cung cấp bản Đề cương CDIO hoàn chỉnh (xem phụ lục A) và tài liệu với thông tin về chương trình. Mỗi mẫu điển hình từ 20 đến 30 người tham gia khảo sát thường bao hàm được những xu hướng quan trọng của quan điểm các bên liên quan.

Cho mỗi chủ đề ở mức chi tiết cấp độ hai, hay X.X, những người tham gia khảo sát được yêu cầu xác định trình độ năng lực mong muốn bằng cách sử dụng thang điểm 5. Bảng 3.5 trình bày thang điểm đánh giá này. Các thang điểm thể hiện mức độ tuyệt đối về trình độ mong muốn trong các hoạt động hoặc kinh nghiệm của kỹ sư. Nhưng chúng không là sự so sánh về kỹ năng giữa sinh viên tốt nghiệp trường này với trường khác. Ví dụ, điểm 5 *Có thể lãnh đạo hoặc phát minh về* đòi hỏi một trình độ về năng lực cần đạt được bởi những chuyên gia trong một chuyên ngành hoặc lĩnh vực cụ thể. Bên cạnh đó, những người tham gia khảo sát cũng được khuyến khích viết ra những ý kiến ngắn gọn, để chú giải cho thang điểm mà họ lựa chọn.

Cho mỗi chủ đề của Đề cương ở cấp độ hai (X.X), những người tham gia khảo sát được yêu cầu chọn một trong hai chủ đề ở cấp độ ba (X.X.X) trong đó sinh viên phát triển năng lực tương đối cao hơn (+), và một hoặc hai chủ đề mà trong đó họ có thể phát triển năng lực tương đối thấp hơn (-). Những người tham gia khảo sát được khuyến khích, mặc dù không đòi hỏi, nên cân bằng những dấu cộng và dấu trừ trong bất cứ nhóm X.X nào. Bảng 3.6 minh họa một ví dụ trả lời cho một chủ đề của Đề cương.

**BẢNG 3.5: TRÌNH ĐỘ NĂNG LỰC MONG MUỐN VỀ KIẾN THỨC VÀ KỸ NĂNG TRONG ĐỀ CƯƠNG CDIO**

1	Có trải nghiệm qua hoặc gặp qua
2	Có thể tham gia vào và đóng góp cho
3	Có thể hiểu và giải thích
4	Có kỹ năng trong thực hành hoặc triển khai trong
5	Có thể lãnh đạo hoặc phát minh trong

**BẢNG 3.6: VÍ DỤ TRẢ LỜI CHO BÀN CÂU HỎI VỀ TRÌNH ĐỘ NĂNG LỰC MONG MUỐN**

2.1	Lập luận Kỹ thuật và Giải quyết vấn đề	4
2.1.1	Xác định vấn đề và phạm vi	+
2.1.2	Mô hình hóa	-
2.1.3	Ước lượng và phân tích định tính	
2.1.4	Phân tích với sự hiện diện của yếu tố bất định	-
2.1.5	Kết thúc vấn đề	+

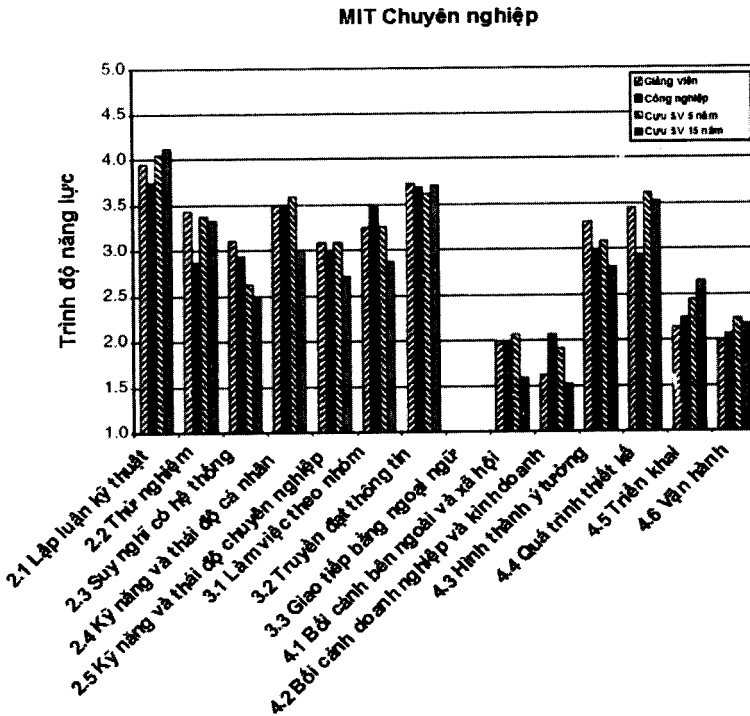
Các dữ liệu định tính và định lượng được thu thập với 14 chủ đề cấp độ hai và 67 chủ đề cấp độ ba từ những người tham gia khảo sát trong mỗi nhóm bên liên quan. Đối với mỗi chương trình trong bốn chương trình, điểm trả lời trung bình của mỗi nhóm bên liên quan được tính. Các kiểm tra thống kê (statistical test), ví dụ, Student t-test, kiểm tra xem sự khác biệt về mức trung bình có nghĩa hay không. Các ý kiến này có thể mang tính định tính của những người tham gia khảo sát được xem xét để xác định nếu khái quát hóa đưa về việc hiểu biết các khuynh hướng và khác biệt giữa các nhóm liên quan khác nhau.

## **Kết quả khảo sát ở MIT**

Hình 3.8 trình bày kết quả của những cuộc khảo sát trình độ năng lực ở MIT. Bốn nhóm bên liên quan bao gồm: giảng viên, những nhà lãnh đạo doanh nghiệp, và 2 nhóm cựu sinh viên. Các nhóm này được gọi là *những*



chuyên nhóm MIT chuyên nghiệp trong cuộc khảo sát. Hình 3.8 cho thấy rằng trong sự so sánh năng lực mong muốn với trình độ năng lực trong phạm vi 3.4 và 4, thì *Lập luận Kỹ thuật và Giải quyết Vấn đề* (2.1), *Giao tiếp* (3.2), *Thiết kế* (4.4), và *Kỹ năng Cá nhân và Thái độ* (2.4) là những chủ đề được xếp hạng cao nhất. Các nhóm chuyên nghiệp luôn nhất quán trong việc chú giải rằng bốn chủ đề này thuộc những kỹ năng quan trọng nhất của kỹ thuật, và vì vậy khi những chủ đề này được xếp hạng cao thì không có gì là đáng ngạc nhiên. Điểm trung bình của những chủ đề này tương ứng với thang điểm 4, nghĩa là *Có kỹ năng trong thực hành hoặc triển khai trong những chủ đề này*.



**HÌNH 3.8: TRÌNH ĐỘ NĂNG LỰC MONG ĐỢI THEO BÁO CÁO CỦA CÁC NHÓM BÊN LIÊN QUAN TẠI MIT**

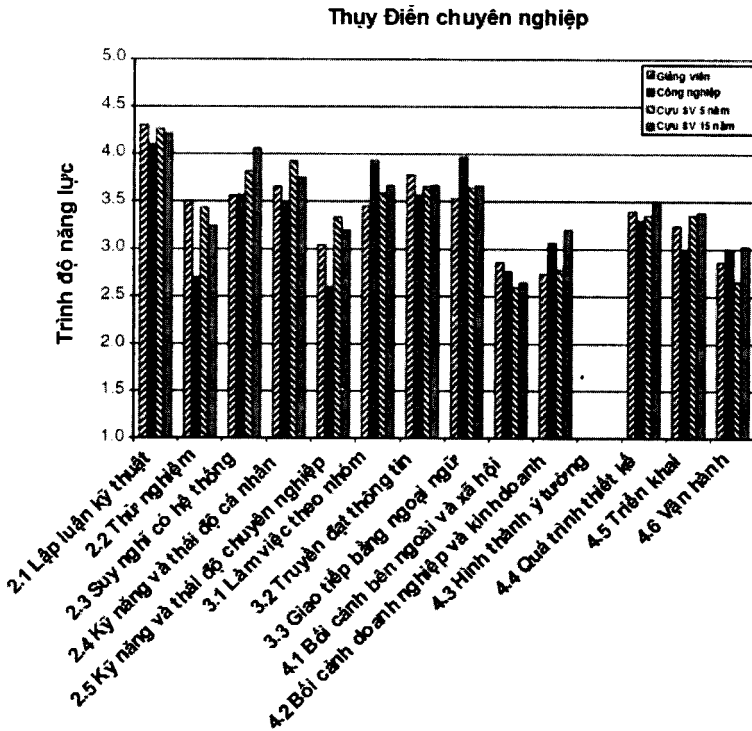
*Bối cảnh Bên ngoài và Xã hội* (4.1), *Bối cảnh Doanh nghiệp và Kinh doanh* (4.2), *Triển khai* (4.5), và *Vận hành* (4.6) được xếp hạng thấp, với trình độ năng lực mong muốn ở thang điểm 2, nghĩa là *có thể tham gia vào và đóng góp cho*. Việc xếp hạng thấp của hai chủ đề đầu tiên không thể giải thích thông qua những góp ý của người tham gia khảo sát. Tuy nhiên,

những người tham gia khảo sát giải thích cụ thể rằng việc xếp hạng thấp của *Triển khai* (4.5), và *Vận hành* (4.6) liên quan đến những đề nghị rằng những chủ đề này tốt hơn là nên học hỏi trong công việc, hoặc những chủ đề này quá cụ thể trong chuyên môn để dạy ở trường đại học. Một trong những chủ đề của Đề cương, *Giao tiếp bằng Ngoại ngữ* (3.3) đã không nằm trong nội dung khảo sát ở MIT.

Một kết quả nổi bật nhất của cuộc khảo sát ở MIT là bốn nhóm liên quan đều đồng ý (thông qua kiểm tra thống kê) trong việc xếp hạng tất cả các chủ đề, ngoại trừ một chủ đề. Kết quả này hoàn toàn nằm ngoài sự mong đợi. Nó cho thấy rằng khi được hỏi về một chương trình đào tạo cụ thể, với một bảng liệt kê đầy đủ những kỹ năng và một tập các thang điểm rõ ràng, thì các bên liên quan khác nhau sẽ có nhiều quan điểm tương đồng đối với các trình độ năng lực mong muốn. Sự đồng nhất này là một điểm khởi đầu mạnh mẽ cho việc thiết kế chương trình đào tạo, và là một đối sánh quan trọng cho việc đánh giá học tập của sinh viên.

### **Kết quả khảo sát tại ba đại học ở Thụy Điển**

Hình 3.9 trình bày kết quả các cuộc khảo sát của các bên liên quan ở ba trường đại học của Thụy Điển: Chalmers, KTH, và LiU. Cho mỗi chủ đề của Đề cương, điểm trung bình của những nhóm tham gia khảo sát ở ba trường đại học được mô tả. Những chủ đề được xếp hạng cao là: *Lập luận Kỹ thuật và Giải quyết Vấn đề* (2.1), *Suy nghĩ tầm Hệ thống* (2.3), *Những Kỹ năng và Thái độ Cá nhân* (2.4), *Làm việc theo Nhóm* (3.1), *Giao tiếp* (3.2), và *Giao tiếp bằng Ngoại ngữ* (3.3), tất cả đều được xếp hạng gần thang điểm 4, nghĩa là *Có kỹ năng trong thực hành hoặc triển khai trong các lĩnh vực này so sánh giữa kết quả của MIT với kết quả của ba trường đại học Thụy Điển bị ảnh hưởng bởi sự khác nhau về phiên bản tiếng Anh và phiên bản tiếng Thụy Điển của Đề cương CDIO. Bối cảnh Bên ngoài và Xã hội* (4.1), *Bối cảnh Doanh nghiệp và Kinh doanh* (4.2), và *Vận hành* (4.6) được xếp hạng thấp, với điểm trung bình gần thang điểm 3, nghĩa là *Có thể hiểu và giải thích*. Những xếp hạng này không thấp như ở MIT. Kết quả của 4.3 *Hình thành ý tưởng* thì không được trình bày ở đây do lỗi phần mềm trong giai đoạn phân tích dữ liệu.



HÌNH 3.9: TRÌNH ĐỘ NĂNG LỰC MONG ĐỢI THEO BÁO CÁO CỦA CÁC NHÓM BÊN LIÊN QUAN Ở BA TRƯỜNG ĐẠI HỌC TẠI THỤY ĐIỂN

### So sánh giữa bốn trường đại học

Sự xếp hạng của các nhóm liên quan nghề nghiệp (giảng viên, lãnh đạo doanh nghiệp, và hai nhóm cựu sinh viên) được so sánh giữa MIT, Chalmers, KTH và LiU. Hình 3.10 cho thấy rằng, nhìn chung, sự nhất quán giữa những kỹ sư chuyên nghiệp trong công việc của bốn trường đại học là rất cao đối với tất cả các chủ đề, ngoại trừ *Suy nghĩ tầm Hệ thống* (2.3), trong đó MIT xếp hạng trình độ năng lực này giữa thang điểm 2 và 3, trong khi LiU đã xếp hạng trên thang điểm 4.

Cũng có những sự bất đồng đáng kể trong chủ đề *Bối cảnh Bên ngoài và Xã hội* (4.1), *Bối cảnh Doanh nghiệp và Kinh doanh* (4.2), *Triển khai* (4.5), và *Vận hành* (4.6). Những phân tích thống kê cho thấy có một vài điểm khác nhau trong việc xếp hạng giữa các nhóm của Thụy Điển với nhau, đặc biệt là đối với *Bối cảnh Doanh nghiệp và Kinh doanh* (4.2) và *Triển khai* (4.5), nhưng điều khác biệt quan trọng nhất là điểm xếp hạng thấp hơn một cách đáng kể cho chủ đề 4.1, 4.2, 4.5 và 4.6 của MIT so với Thụy Điển. Một cách giải thích có thể là các chương trình tại bốn trường

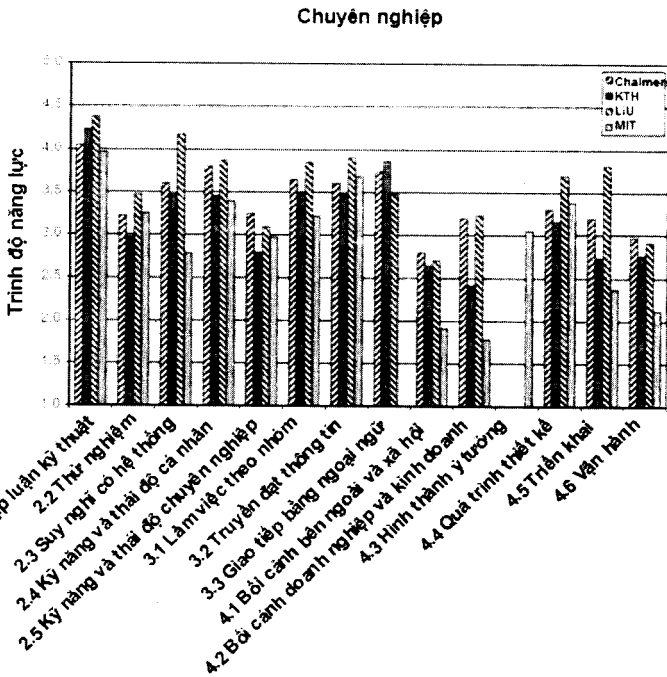
đại học Thụy Điển là bốn năm rưỡi, trong khi chương trình ở MIT chỉ là bốn năm. Một cách giải thích khác là, những kỹ năng này được nhấn mạnh trong luận văn tốt nghiệp mà hầu hết các sinh viên kỹ thuật Thụy Điển hoàn thành tại doanh nghiệp, dưới sự giám sát của giảng viên. Nên lưu ý rằng các nhóm bên liên quan của Thụy Điển gồm nhiều chuyên ngành kỹ thuật, ví dụ, cơ khí động lực (vehicle engineering), kỹ thuật cơ khí, vật lý ứng dụng, và kỹ thuật điện, trong khi những nhóm tham gia khảo sát của MIT chủ yếu thuộc lĩnh vực hàng không và không gian.

Kết quả quan trọng nhất của các cuộc khảo sát này là sự tương đồng về ý kiến của các nhóm bên liên quan của mỗi trường. Mức độ của sự nhất trí vượt ngoài sự mong đợi, và đã giúp phê chuẩn trình độ năng lực mong muốn về kiến thức này, và kỹ năng cho sinh viên tốt nghiệp từ các chương trình CDIO.

### **Nghiên cứu chuẩn đầu ra ở Đại học Queen's - Belfast**

Trường Kỹ thuật Cơ khí và Chế tạo của Đại học Queen's - Belfast (QUB) đã làm một cuộc khảo sát tương tự về trình độ năng lực mong đợi. Cũng giống như các cuộc khảo sát tại MIT và ba trường đại học Thụy Điển, cuộc khảo sát này đặt trọng tâm vào Phần 2, 3 và 4 của Đề cương. Bên liên quan quan trọng nhất cho cuộc khảo sát của QUB là các cựu sinh viên. Với vai trò là những người tốt nghiệp từ QUB, họ quen thuộc với các chương trình của QUB, và với vai trò là những kỹ sư chuyên nghiệp đầy kinh nghiệm, họ hiểu được kiến thức và kỹ năng tiếp thu được trong suốt quá trình học tập đã trang bị nghề nghiệp cho họ như thế nào. Khoảng 800 cựu sinh viên, những người đã tốt nghiệp từ năm đến 30 năm về trước, được mời tham gia vào cuộc khảo sát này.

Bên cạnh những câu hỏi về Đề cương CDIO, cuộc khảo sát đã hỏi các cựu sinh viên về những vấn đề khác liên quan đến chương trình đào tạo, ví dụ, những chủ đề thích hợp trong toán học, tính chuyên sâu của các ngành khoa học kỹ thuật và những môn học bổ sung nên có trong chương trình. Cũng như với hầu hết các trường đại học ở Anh, QUB bổ sung vào các chương trình khoa học kỹ thuật cơ khí và toán các môn học về thiết kế, quản trị, kinh tế, luật, điện tử, và lập trình máy tính. Thường thì rất khó để đánh giá nên bao gồm những môn học nào và cần bao nhiêu thời gian giảng dạy dành cho các môn học bổ sung này. Là mục tiêu sâu xa hơn của cuộc khảo sát, QUB đã muốn khẳng định rằng cựu sinh viên đã hỗ trợ cho những thay đổi của chương trình đào tạo được vạch ra trong quá trình chuyển đổi sang phương pháp tiếp cận CDIO. Cuối cùng, những thông tin cơ bản về nghề nghiệp mà cựu sinh viên theo đuổi đã được cho là một nguồn tài liệu hữu ích cho những tranh luận trong tương lai. Nhưng để có được tất cả các thông tin này đòi hỏi một bảng câu hỏi tương đối dài.

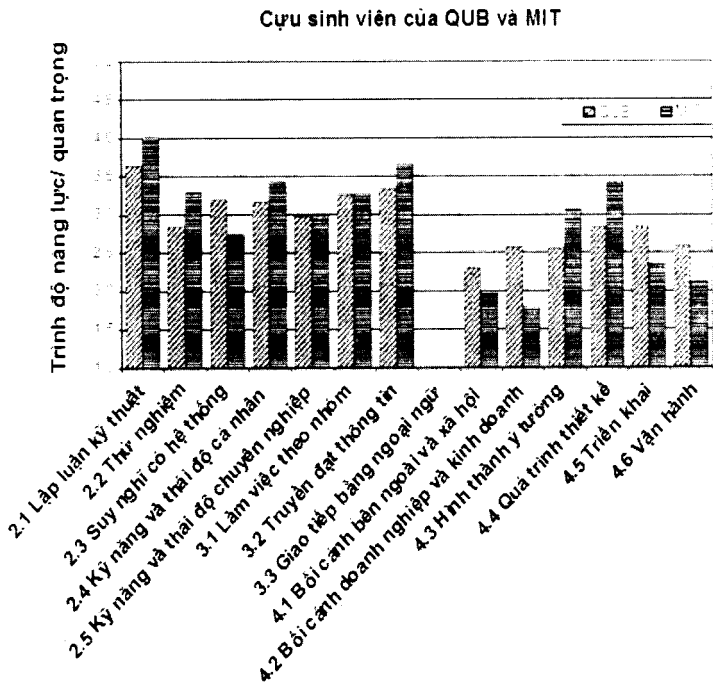


HÌNH 3.10: MỨC ĐỘ TRUNG BÌNH VỀ TRÌNH ĐỘ NĂNG LỰC MONG ĐỢI THEO BÁO CÁO CỦA CÁC NHÓM BÊN LIÊN QUAN NGHỀ NGHIỆP TẠI BÓN TRƯỜNG ĐẠI HỌC

Không giống như những cuộc khảo sát trước ở MIT, Chalmers, KTH và LiU, QUB đã không sử dụng thang điểm 5 như trong Bảng 3.4 để hỏi về trình độ năng lực mong đợi về kiến thức và kỹ năng của Đề cương. Thay vào đó, thang 5 mức độ quan trọng (5-point level of importance scale) đã được sử dụng. Thang mức độ được sắp xếp theo trình tự từ 1 *Không quan trọng* đến 5 *Cần thiết*. Thang mức độ này được thay đổi chủ yếu bởi vì mức độ quan trọng thì phù hợp hơn cho nhiều danh mục trong bảng câu hỏi của họ. Sự tương ứng giữa hai loại thang đánh giá này là một vấn đề gây tranh cãi, nhưng nếu một kỹ năng cụ thể nào đó là quan trọng hơn kỹ năng kia, thì nó có thể được xem là đòi hỏi trình độ năng lực cao hơn.

Khoảng 200 cựu sinh viên đã trả lời – một tỷ lệ hưởng ứng mạnh cho một cuộc khảo sát qua bưu điện. Các điểm trung bình được tính cho các đề mục liên quan tới Phần 2, 3 và 4 của Đề cương, để so sánh với những kết quả từ các cựu sinh viên ở MIT. Hình 3.11 cho thấy sự so sánh điểm trung bình của cựu sinh viên QUB và cựu sinh viên MIT (từ các khảo sát đã được mô tả trong chương này). Sự đồng thuận giữa các kết quả của MIT và Thụy Điển được lặp lại khi so sánh giữa QUB và MIT (Điều này giả định rằng thang điểm về năng lực của MIT và thang mức độ quan trọng của QUB là tương ứng nhau. Sự tương đồng của các kết quả gợi ý rằng sự tương ứng này là chấp thuận được). Tuy nhiên, một sự xem xét kỹ lưỡng hơn cho thấy

một vài sự khác biệt thú vị. *Bối cảnh Doanh nghiệp và Kinh doanh* (4.2) được xếp hạng cao hơn một cách đáng kể bởi cựu sinh viên QUB, so với cựu sinh viên MIT. Điều này hiển nhiên là sự phản ánh của một sự thật rằng một tỷ lệ tương đối cao sinh viên tốt nghiệp từ QUB được tuyển dụng vào làm việc ở những công ty nhỏ, mà những công ty này thống lĩnh nền kinh tế địa phương. Trong các công ty này, những kỹ sư có xu hướng tham gia vào quá trình điều hành chung của công ty, và phải gánh vác những trách nhiệm về quản lý và tài chính. Do vậy, đối với họ, việc đào tạo những kỹ năng quản lý và kinh doanh ở trường đại học thì quan trọng hơn nhiều so với các sinh viên tốt nghiệp được tuyển dụng bởi các công ty lớn. Một điểm khác biệt sâu xa hơn giữa cựu sinh viên MIT và QUB là tầm quan trọng đối với thiết kế và triển khai của hai trường. Như Hình 3.11 đã cho thấy, cựu sinh viên MIT cho rằng trình độ năng lực trong các chủ đề liên quan đến triển khai nên thấp hơn nhiều so với trình độ trong thiết kế. Ngược lại, cựu sinh viên QUB nghĩ rằng việc triển khai cũng quan trọng như việc thiết kế. Những người tham gia khảo sát ở Thụy Điển cũng xếp hạng việc triển khai cao hơn so với những người tham gia khảo sát ở MIT, nhưng điều này chỉ đơn giản là phản ánh sự khác biệt giữa các chuyên ngành kỹ thuật liên quan đến những cuộc khảo sát ở MIT, QUB, và Thụy Điển. Những sinh viên tốt nghiệp ngành hàng không và không gian ở MIT thì hầu như ít làm việc trong những lĩnh vực liên quan đến sản xuất hơn những sinh viên khác, và có xu hướng xem việc triển khai không quan trọng bằng việc thiết kế.



HÌNH 3.11: SO SÁNH KẾT QUẢ CỦA CỰU SINH VIÊN QUB VÀ MIT (MỤC 3.3 KHÔNG BAO GỒM TRONG NỘI DUNG KHẢO SÁT)

Sự khác biệt về chi tiết của những kết quả khảo sát chứng tỏ rằng mỗi trường đại học nên tiến hành cuộc khảo sát riêng. Như vậy mỗi trường đại học có thể điều chỉnh việc đặt trọng tâm đối với mỗi phần của Đề cương nhằm phù hợp với nhu cầu cụ thể của sinh viên trường đó. Một điều cũng đáng lưu ý rằng những quan điểm của các sinh viên và giảng viên của QUB đối với Phần 2, 3 và 4 của Đề cương thì khác với những quan điểm của cựu sinh viên, và mặc dù giống nhau, những kết quả của sinh viên và giảng viên cho thấy những sự khác nhau thú vị. Việc phơi bày những nhận thức sai lầm giữa các sinh viên và giảng viên là một lợi ích khác mà mỗi trường nên tiến hành những cuộc khảo sát riêng.

Hai mươi môn học đã được liệt kê trong phần câu hỏi dành cho cựu sinh viên về những môn học bổ sung. Những người tham gia khảo sát được yêu cầu đánh giá từng môn bằng cách sử dụng thang 5 mức độ quan trọng. Các kết quả cho thấy các cựu sinh viên xem những môn về sản xuất, quản lý, và kinh doanh là đặc biệt quan trọng. Môn về điều khiển (control) đã nhận được mức độ quan trọng thấp, điều này có lẽ là sự phản ánh bản chất lý thuyết của những môn học về điều khiển ở trường đại học. Tuy nhiên, mức độ quan trọng thấp nhất thuộc về lập trình máy tính, đây là một kết quả mà Trường đặc biệt quan tâm vì một số giảng viên đã nghi vấn về nhu cầu giảng dạy lập trình máy tính. Lý lẽ của họ là trong hoàn cảnh hiện nay với hàng loạt những phần mềm ứng dụng, các kỹ sư cơ khí và chế tạo gần như không cần những kỹ năng lập trình. Những quan điểm của cựu sinh viên đã được cân nhắc và sau khi tranh luận thêm, môn lập trình máy tính đã bị xóa bỏ khỏi chương trình giảng dạy.

Một phần bảng câu hỏi đặt ra cho cựu sinh viên liên quan đến những môn giảng dạy về khoa học kỹ thuật. Đối với mỗi một môn khoa học kỹ thuật chính được giảng dạy, những người tham gia khảo sát được yêu cầu đánh giá sự quan trọng tương đối của việc hiểu các nguyên tắc cơ bản, để có thể xác định được các mối quan hệ cụ thể giữa các biến số; và có thể thể hiện những mối quan hệ này một cách toán học. Những kết quả này cho thấy rằng một tỷ lệ phần trăm cao (hơn 80%) đã cảm thấy rằng sự quen thuộc với những nguyên tắc cơ bản là rất quan trọng hay cần thiết, trong khi một phần nhỏ (khoảng 30%) đã cảm thấy tương tự như vậy đối với việc hình thành và ứng dụng của các mối quan hệ toán học.

Một phần khác của bảng câu hỏi liên quan đến sự cân bằng cần thiết giữa các lĩnh vực khác nhau của chương trình đào tạo. Các cựu sinh viên được hỏi cần bao nhiêu thời gian để dành cho mỗi lĩnh vực, so với những kinh nghiệm họ có được khi là sinh viên của QUB. Thang xếp hạng được áp dụng trong trường hợp này đi từ 1 Thời gian ít hơn một cách đáng kể tới 5 Thời gian nhiều hơn một cách đáng kể. Bảng 3.7 cho thấy việc xếp hạng của mỗi lĩnh vực trên cơ sở điểm trung bình ghi nhận được. Thêm vào đó, tỷ lệ phần trăm của những người tham gia khảo sát yêu cầu thời gian nhiều hơn hoặc nhiều hơn một cách đáng kể được trình bày riêng cho các cựu sinh viên trẻ hơn (đã tốt nghiệp dưới 10 năm) và cựu sinh viên lớn hơn (đã

tốt nghiệp trên 20 năm). Mặc dù có sự khác biệt giữa hai nhóm này về độ tuổi và kinh nghiệm, nhưng có một sự nhất trí cao rằng cần dành nhiều thời gian hơn cho ba lĩnh vực: công việc thực hành dưới hình thức những bài tập thiết kế-và-xây dựng; sự phát triển của những kỹ năng và tố chất; và những môn học bổ sung ngoài phạm vi khoa học kỹ thuật và toán học.

Nhìn chung, những cuộc khảo sát của QUB đã có giá trị cao trong tiến trình thiết kế chương trình đào tạo. Những kết quả đạt được cho Phần 2, 3, và 4 của Đề cương đã cung cấp những thông tin hữu ích trong việc đặt trọng tâm đối với mỗi lĩnh vực kiến thức, kỹ năng, và thái độ. Hơn nữa, các kết quả nhấn mạnh những lĩnh vực mà giảng viên và sinh viên có những ý kiến không tương ứng với những quan điểm có căn cứ hơn của cựu sinh viên. Bảng câu hỏi mở rộng cũng trợ giúp cho việc quyết định những chủ đề nào nên được dạy trong toán học và các môn học bổ sung nào được đưa vào trong chương trình giảng dạy. Tuy nhiên, một kết quả nổi bật của cuộc khảo sát là sự hỗ trợ mà nó tạo ra cho phương pháp tiếp cận CDIO trong giáo dục kỹ thuật. Những sinh viên tốt nghiệp QUB xem việc hiểu được những nguyên tắc nền tảng là rất quan trọng, và ủng hộ hoàn toàn cho việc dành thêm thời gian cho những trải nghiệm thiết kế - xây dựng và phát triển các kỹ năng và thái độ. Kết quả này là một sự chứng thực đúng lúc về việc tham gia của Trường vào Đề xướng CDIO.

## **Diễn giải trình độ năng lực mong đợi thành chuẩn đầu ra**

Sau khi xác định trình độ năng lực mong đợi cho mỗi chủ đề của Đề cương CDIO chi tiết cấp độ hai và cấp độ ba, nhiệm vụ còn lại là thiết lập chuẩn đầu ra tương ứng. Việc thiết lập này đòi hỏi ba bước:

- Chọn một nguyên tắc phân loại chuẩn đầu ra.
- Hình thành một sự tương thích giữa nguyên tắc phân loại và thang đánh giá thường để xác định trình độ năng lực mong đợi.
- Cụ thể hóa một chuẩn đầu ra cho mỗi chủ đề chi tiết nhất trong Đề cương, tương ứng với nguyên tắc phân loại và phù hợp mức đánh giá.

Bước đầu tiên trong việc thiết lập chuẩn đầu ra là chọn một nguyên tắc phân loại thích hợp. Từ một vài nguyên tắc khả thi, một trong những nguyên tắc được sử dụng rộng rãi nhất bởi những chương trình của chúng tôi là của Bloom và các đồng nghiệp của ông ấy [15]-[17]. Một cách ngắn gọn, nguyên tắc phân loại của Bloom chia việc học thành ba lĩnh vực có thể chồng chéo lên nhau. Lĩnh vực nhận thức liên quan đến kiến thức và lập luận; lĩnh vực cảm tính bao gồm thái độ và giá trị; lĩnh vực tâm lý vận động (psychomotor) mô tả kỹ năng đòi hỏi sự vận động và thao tác (mobility and manipulation). Mỗi một lĩnh vực được phân loại thành năm hay sáu mức độ có tính thứ bậc.



**BẢNG 3.7: THỜI GIAN ĐƯỢC PHÂN BỐ CHO MỖI LĨNH VỰC  
CỦA CHƯƠNG TRÌNH ĐÀO TẠO**

Hạng	Lĩnh vực của chương trình đào tạo	Điểm Trung bình	% Thời gian Nhiều hơn hoặc Nhiều hơn một cách Đáng kể	
			Cựu Sinh viên trẻ hơn	Cựu Sinh viên lớn hơn
5	Khoa học Kỹ thuật Cơ khí	3,06	18	9
6	Toán học	2,35	5	0
3	Những môn bổ sung	2,44	49	48
4	Công việc thực hành: Những môn Thí nghiệm	3,13	26	21
1	Công việc thực hành: Thiết kế và Xây dựng	3,84	64	71
2	Phát triển các Kỹ năng và Tố chất	3,81	67	59

Để định rõ những chuẩn đầu ra được rút ra từ Đề cương, một sự tương đồng phải được hình thành giữa nguyên tắc phân loại của Bloom và thang đánh giá thường để xác định trình độ năng lực mong muốn. Bảng 3.8 minh họa cho sự tương thích đó. Ví dụ, trong lĩnh vực nhận thức của Bloom, không có kỹ năng nào tương ứng với mức điểm 1 *Có trải nghiệm qua hoặc gặp qua*. Tuy nhiên, nhìn xa hơn một chút, mức điểm 2 *Có thể tham gia vào và đóng góp cho* tương thích với Kiến thức; mức điểm 3 *Có thể hiểu và giải thích* liên quan đến Khả năng Hiểu; mức điểm 4 *Có kỹ năng trong thực hành hoặc triển khai trong* tương ứng với hai cấp độ, Ứng dụng và Phân tích; và cuối cùng mức điểm 5 *Có thể lãnh đạo hoặc phát minh trong* tương ứng với những mức độ nhận thức cao nhất của Bloom là Sự Tổng hợp và Đánh giá. Những sự tương ứng xấp xỉ tương tự cũng có thể rút ra được từ các lĩnh vực cảm tính và tâm lý vận động.

Bước cuối cùng để diễn giải các chủ đề của Đề cương thành chuẩn đầu ra cụ thể là kết hợp mỗi một cụm từ chủ đề với một động từ mà nó mô tả một cách tốt nhất trình độ năng lực xác định bởi các bên liên quan của chương trình. Mỗi một cấp độ trong nguyên tắc phân loại của Bloom đều có thể được diễn đạt bằng những động từ cụ thể. Ví dụ, Sự Tổng hợp trong lĩnh vực nhận thức bao gồm những kỹ năng như *hình thành, chế tạo, xây dựng, và tái tổ chức*. Bảng 3.8 đưa ra những ví dụ của các chuẩn đầu ra cụ thể rút ra từ Đề cương được trình bày ở những trình độ năng lực mong đợi phù hợp. Mặc dù việc xác định các chuẩn đầu ra của chương trình cũng có thể đã thực hiện được mà không cần thu thập ý kiến đóng góp của các bên liên quan, nhưng quy trình khảo sát chặt chẽ được dùng để xác định trình độ năng lực mong đợi đã cho phép chúng ta xác định các chuẩn đầu ra thực tế hơn cho sinh viên kỹ thuật.

**BẢNG 3.8: SỰ TƯƠNG THÍCH CỦA THANG ĐÁNH GIÁ NĂNG LỰC VÀ NGUYÊN TẮC PHÂN LOẠI CỦA BLOOM**

Mức đánh giá năng lực – những cuộc khảo sát của bên liên quan	Nguyên tắc phân loại của Bloom – lĩnh vực nhận thức	Những ví dụ chuẩn đầu ra dựa trên Đề cương CDIO
1 Có trải nghiệm qua hoặc gặp qua		
2 Có thể tham gia vào và đóng góp cho	Kiến thức	Liệt kê những giả thiết và những nguồn định kiến (bias)
3 Có thể hiểu và giải thích	Khả năng hiểu	Giải thích sự khác nhau trong kết quả
4 Có kỹ năng trong thực hành hoặc triển khai trong	Ứng dụng	Thực hành phân tích chi phí-lợi ích và phân tích rủi ro trong kỹ thuật
	Phân tích	Phân biệt những giả định để kiểm chứng
5 Có thể lãnh đạo hoặc phát minh trong	Tổng hợp	Hình thành những khái niệm trừu tượng cần thiết để mô phỏng hệ thống
	Đánh giá	Đưa ra những phán quyết hợp lý về các chứng cứ hỗ trợ

## TÓM TẮT

Chương này đã tập trung vào việc định nghĩa Đề cương CDIO, mô tả cấu trúc và sự phát triển của nó, và trình bày việc Đề cương đã được sử dụng như thế nào để làm cơ sở cho việc xác định sự nhất trí của các bên liên quan về chuẩn đầu ra mong muốn. Đề cương là tài liệu tổng quát hóa những mục tiêu giáo dục kỹ thuật mà nó bắt nguồn một cách trực tiếp từ vai trò thực sự của những người kỹ sư. Nó mang tính toàn diện thể hiện ở việc bao gồm tất cả kiến thức, kỹ năng và thái độ mong muốn đối với người kỹ sư được đào tạo.

Mặc dù Đề cương là tài liệu tổng quát hóa, nhưng nó có thể được điều chỉnh cho phù hợp với nhu cầu chương trình ở địa phương. Quy trình điều chỉnh này bao gồm định nghĩa về nội dung chuyên ngành cho Phần 1 *Lập luận Kỹ thuật và Giải quyết Vấn đề* và những sự điều chỉnh cho phần còn lại của Đề cương, đặc biệt là ở mức độ chi tiết cấp độ ba và cấp độ bốn. Các cuộc khảo sát đã thu thập ý kiến đóng góp của các bên liên quan của chương trình về trình độ năng lực mong muốn, hay tầm quan trọng, của mỗi chủ đề Đề cương. Các kết quả khảo sát đã giúp hướng dẫn cho việc thiết kế chương trình đào tạo và đánh giá học tập.

Các cuộc khảo sát thực hiện trong những chương trình điển hình đã mang lại một số kết quả thú vị. Sự nhất trí giữa các giảng viên, những nhà lãnh đạo doanh nghiệp, và cựu sinh viên về trình độ năng lực mong muốn của kỹ sư được đào tạo là rất đáng kể và ngoài mong đợi. Các cuộc khảo sát cho thấy rằng những kỹ năng mà trình độ năng lực được mong muốn cao nhất bao gồm lập luận kỹ thuật, tổ chức cá nhân, giao tiếp, và thiết kế. Bốn

kỹ năng này luôn nằm trong danh sách những kỹ năng được xem là quan trọng nhất đối với kỹ sư được đào tạo. Trong các chương trình ở các trường đại học ở Thụy Điển, trình độ năng lực mong muốn trong giao tiếp bằng ngoại ngữ cũng ở mức cao.

Đề cương CDIO, được điều chỉnh phù hợp với kết quả khảo sát các bên liên quan, đặt nền tảng cho các chuẩn đầu ra cụ thể, hoạch định và tích hợp chương trình đào tạo, thực hành dạy và học, và đánh giá dựa trên cơ sở chuẩn đầu ra. Quy trình tích hợp Đề cương vào một chương trình đào tạo là chủ đề của Chương 4. Những phương pháp tiếp cận dạy và học nội dung của Đề cương được mô tả ở Chương 6. Đánh giá sinh viên về chuẩn đầu ra này là trọng tâm của Chương 7.

### CÂU HỎI THẢO LUẬN

1. Bạn tự đánh giá năng lực của mình về kiến thức và những kỹ năng của Đề cương CDIO như thế nào?
2. Bạn đánh giá trình độ năng lực mong muốn của sinh viên tốt nghiệp trong chương trình của bạn như thế nào?
3. Những đánh giá của bạn so với những đánh giá trong các chương trình học như mô tả trong chương này như thế nào?
4. Bằng cách nào bạn có thể triển khai những quy trình được khuyến nghị để xác định các chuẩn đầu ra cho chương trình của bạn và phê chuẩn chúng với các bên liên quan của chương trình bạn?

### Tài liệu tham khảo

- [1] King, W. J., "The Unwritten Laws of Engineering", *Mechanical Engineering*, May 1944, pp. 323-326; June 1944, pp. 398-402; July 1944, pp. 459-462.
- [2] Gordon, B. M., "What is an Engineer?", Invited Keynote Presentation, Annual Conference of the European Society for Engineering, University of Erlangen-Nürnberg, 1984.
- [3] The Boeing Company, "Desired Attributes of an Engineer: Participation with Universities", 1996, Available at: <http://www.boeing.com/companyoffices/pwu/attributes/attributes.html>
- [4] Augustine, N. R., "Socioengineering (and Augustine's Second Law Thereof)", *The Bridge*, Fall 1994, pp. 3-14.
- [5] World Chemical Engineering Council, "How Does Chemical Engineering Education Meet the Requirements of Employment?" 2004.
- [6] Accreditation Board of Engineering and Technology, "Criteria for Accrediting Engineering Programs: Effective for Evaluations During the 2000-2001 Accreditation Cycle", 2000. Available at <http://www.abet.org>

- [7] Massachusetts Institute of Technology, School of Engineering Committee on Engineering Undergraduate Education, "Eight Goals of an Undergraduate Education", Cambridge, MA, 1988. Unpublished internal document.
- [8] Massachusetts Institute of Technology, Task Force on Student Life and Learning, *Task Force Report, 22 April 1998*, Cambridge, MA, 1988. Unpublished internal document.
- [9] Engineering Council, "UK Standards for Professional Engineering Competence: The Accreditation of Higher Education Programs", 2004. Available at <http://www.iee.org/professionalregistration/ukspec.cfm>
- [10] Dodds, R., and Venables, R., *Engineering for Sustainable Development: Guiding Principles*, The Royal Academy of Engineering, London, 2005.
- [11] The Confederation of British Industry (CBI), *Innovation Survey 2005*, London, Author, 2005.
- [12] Cambridge-Massachusetts Institute of Technology Institute (CMI).
- [13] Crawley, E. F., *The CDIO Syllabus -A Statement of Goals for Undergraduate Engineering Education*, Massachusetts Institute of Technology, Department of Aeronautics and Astronautics, Cambridge, Massachusetts, 2001.
- [14] Bankel, J., Berggren, K.-F., Blom, K., Crawley, E. F., Wiklund, I., and Östlund, S., "The CDIO Syllabus -A Comparative Study of Expected Student Proficiency", *European Journal of Engineering Education*, Vol. 28, No.3, 2003, pp. 297-315.
- [15] Bloom, B. S., Englehart, M. D., Furst, E. J., Hill, W H., and Krathwohl, D. R., *Taxonomy of Educational Objectives: Handbook I -Cognitive Domain*, McKay, New York, 1956.
- [16] Krathwohl, D. R., Bloom, B. S., and Masia, B. B., *Taxonomy of Educational Objectives: Handbook II -Affective Domain*, McKay, New York, 1964.
- [17] Simpson, E. J., *The Classification of Educational Objectives in the Psychomotor Domain*, Gryphon House, Washington, DC, 1972.

# CHƯƠNG BỐN

## THIẾT KẾ CHƯƠNG TRÌNH ĐÀO TẠO TÍCH HỢP

VIẾT CÙNG VỚI K. EDSTRÖM, S. GUNNARSSON, VÀ G. GUSTAFSSON

### GIỚI THIỆU

Bây giờ chúng ta đang ở giai đoạn chuyển tiếp trong quá trình thảo luận. Ở Chương 2, chúng ta đã nêu ra hai câu hỏi trọng tâm mà bất kỳ phương pháp tiếp cận nào nhằm cải thiện giáo dục kỹ thuật cũng phải trả lời:

- *Sinh viên kỹ thuật nên đạt được những kiến thức, kỹ năng, thái độ toàn diện nào khi rời khỏi trường đại học, và đạt được ở trình độ năng lực nào?*
- *Làm thế nào để chúng ta có thể làm tốt hơn trong việc đảm bảo sinh viên đạt được những kỹ năng ấy?*

Như đã thảo luận ở các chương trước, có nhiều lý do bắt buộc các chương trình kỹ thuật ở đại học cần đào tạo cho sinh viên các kỹ năng cá nhân và giao tiếp; kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình, và hệ thống; cũng như hướng dẫn họ trong các môn chuyên ngành kỹ thuật. Chúng tôi cho rằng cách tốt nhất để đạt được điều này là nhấn mạnh vào kiến thức nền tảng, và đặt giáo dục trong bối cảnh của hình thành ý tưởng - thiết kế - triển khai - vận hành sản phẩm, quy trình và hệ thống (bản chất của Tiêu chuẩn 1 CDIO); rằng các sinh viên được mong đợi sẽ đạt được các chuẩn đầu ra toàn diện, như được định nghĩa trong Đề cương CDIO; và các chuẩn đầu ra cần phải toàn diện, nhất quán với các mục tiêu của chương trình, cũng như phải được phê chuẩn bởi các bên liên quan của chương trình (bản chất của Tiêu chuẩn 2). Ba chương đầu tiên đã đưa ra một quy trình để trả lời cho câu hỏi trọng tâm đầu tiên.

Ba chương kế tiếp sẽ thảo luận giải pháp cho câu hỏi trọng tâm thứ hai: *Làm thế nào để chúng ta có thể làm tốt hơn trong việc đảm bảo sinh viên đạt được những kỹ năng ấy?* Các chương trình kỹ thuật cần mang đến một nền giáo dục tốt hơn không chỉ giảng dạy những kiến thức nền tảng chuyên ngành, mà còn dạy các kỹ năng cá nhân và giao tiếp; kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình, và hệ thống. Trong hầu hết các trường hợp, chúng ta cần làm phải làm tốt hơn trong phạm vi những nguồn lực đã được cung cấp. Để đạt được những mục tiêu này, chương trình tái phân bổ các nguồn lực sẵn có để tận dụng những nguồn lực này được nhiều hơn – nó tái phân bổ chương trình đào tạo và không gian học tập, tái cấu trúc các trải nghiệm học tập. Chương này sẽ bàn đến việc một chương trình CDIO được xây dựng xoay quanh chương trình đào tạo tích hợp kết hợp với phần giới thiệu về kỹ thuật như thế nào. Chương 5 sẽ giải thích một chương trình kết hợp các bài tập trải nghiệm về thiết kế - triển khai, thường tiến hành trong các buổi tập huấn kỹ thuật hiện đại, như thế nào. Chương 6 sẽ mô tả phương pháp tiếp cận CDIO làm thế nào để kết hợp với việc học chủ động và các hoạt động học tập tích hợp vừa giảng dạy kiến thức chuyên ngành, đồng thời đào tạo kỹ năng cá nhân và giao tiếp, kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình và hệ thống. Vì vậy, khi chúng ta bắt đầu chương này, chúng ta chuyển từ nội dung *cái gì* được hàm ý trong câu hỏi trọng tâm đầu tiên thành nội dung *như thế nào* được hàm ý trong câu hỏi thứ hai.

Chương trình đào tạo tích hợp đặc trưng bởi phương pháp tiếp cận có tính hệ thống đối với việc giảng dạy các kỹ năng cá nhân và giao tiếp, kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình, và hệ thống. Nhìn chung, một chương trình đào tạo tích hợp có những đặc tính quan trọng sau:

- Chương trình đào tạo được tổ chức xoay quanh các chuyên ngành. Tuy nhiên, chương trình đào tạo được tái cấu trúc sao cho các chuyên ngành được kết nối và hỗ trợ lẫn nhau hơn, trái với việc tách rời và độc lập với nhau.
- Các kỹ năng cá nhân và giao tiếp, kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình, và hệ thống đan xen chặt chẽ vào các môn học mang tính hỗ trợ lẫn nhau, nhằm giải tỏa mâu thuẫn tiềm ẩn giữa chuyên môn kỹ thuật và những kỹ năng này.
- Mỗi môn học hoặc trải nghiệm học tập đặt ra các chuẩn đầu ra cụ thể về kiến thức chuyên ngành, về các kỹ năng cá nhân và giao tiếp, về kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình, và hệ thống, nhằm đảm bảo sinh viên có được nền tảng phù hợp cho tương lai của họ trong vai trò người kỹ sư.

Nói một cách khác, chương trình đào tạo tích hợp hình thành một *hệ thống giáo dục* có tác động lớn hơn là tổng hợp các thành phần nhỏ của nó lại. Hệ thống giáo dục được phối hợp với các thành phần được hiểu rõ và hỗ trợ lẫn nhau – mỗi thành phần có nhiệm vụ được xác định rõ ràng. Tất cả các thành phần này hợp tác với nhau để tạo điều kiện cho sinh viên đạt được

các chuẩn đầu ra của chương trình. Một phần quan trọng của chương trình đào tạo tích hợp là môn học giới thiệu ngành kỹ thuật (introductory course in engineering), nó tạo sự hứng khởi cho sinh viên về ngành kỹ thuật; đào tạo một vài kỹ năng then chốt sơ khởi; tạo một số trải nghiệm kỹ thuật cụ thể mà sinh viên có thể dựa vào đó để làm cơ sở cho quá trình học tập về sau; và đề xuất khung chương trình đào tạo cho các môn về sau. Cũng như với bất kỳ một hệ thống được xác lập tốt nào, chương trình đào tạo phải được thiết kế với một sự cân bằng thích hợp giữa tính linh hoạt và hiệu suất. Sẽ là một sai lầm nghiêm trọng nếu chúng ta thiết kế một chương trình đào tạo đưa đến các chuẩn đầu ra chính xác, nhưng lại chò sinh viên quá ít sự lựa chọn và linh hoạt.

Chương này mô tả quá trình thiết kế chương trình đào tạo được hình thành và triển khai trong Đề xướng CDIO. Quá trình này tôn trọng những điều kiện đã tồn tại từ trước và các nguồn lực sẵn có đã tạo nên đặc điểm của mỗi chương trình, tuy vậy, quá trình này cũng đề xuất các phương pháp tiếp cận và những sự lựa chọn trong việc thiết kế chương trình đào tạo để hỗ trợ tốt hơn việc học tập của sinh viên. Phần đầu của chương này nhấn mạnh đến tầm quan trọng của chương trình đào tạo tích hợp, như đã định nghĩa ở Tiêu chuẩn 3. Tiếp theo đó sẽ là phần bàn luận và ví dụ về những phương pháp tiếp cận hệ thống trong việc thiết kế chương trình đào tạo. Phần thứ hai của chương sẽ bàn đến nhiệm vụ giới thiệu sinh viên về ngành kỹ thuật, và đưa ra ví dụ về việc giới thiệu này trong môn học giới thiệu ngành kỹ thuật như thế nào, như định nghĩa ở Tiêu chuẩn 4. Các trải nghiệm về thiết kế - triển khai và các khía cạnh sư phạm trong học tập tích hợp sẽ được thảo luận tương ứng ở Chương 5 và Chương 6.

## MỤC TIÊU CỦA CHƯƠNG

Chương này được soạn thảo nhằm giúp độc giả:

- giải thích cơ sở lý luận cho một chương trình đào tạo mà nó tích hợp việc học tập, thiết lập các chuẩn đầu ra đòi hỏi sự tích hợp các kỹ năng cá nhân và giao tiếp; các kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình và hệ thống; và các kiến thức nền tảng chuyên môn.
- đặt nền tảng cho việc tái thiết kế chương trình đào tạo bằng cách đối sánh chương trình đào tạo hiện có và nhận biết các điều kiện đã tồn tại ảnh hưởng đến việc thiết kế chương trình đào tạo trong điều kiện hiện tại.
- mô tả quá trình thiết kế và triển khai một chương trình đào tạo tích hợp.
- mô tả mục đích và lợi ích từ môn học giới thiệu ngành kỹ thuật trong chương trình đào tạo kỹ thuật.

## CƠ SỞ HÌNH THÀNH CHƯƠNG TRÌNH ĐÀO TẠO TÍCH HỢP

Chương trình đào tạo tích hợp đặc trưng bởi phương pháp tiếp cận có tính hệ thống đối với việc giảng dạy các kỹ năng cá nhân và giao tiếp, kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình, và hệ thống được tổ chức xoay quanh và tích hợp với các kiến thức nền tảng kỹ thuật. Phương pháp tiếp cận tích hợp này đối với chương trình đào tạo là trọng tâm của Tiêu chuẩn 3.

### TIÊU CHUẨN 3 – CHƯƠNG TRÌNH ĐÀO TẠO TÍCH HỢP

Chương trình đào tạo được thiết kế với các môn học chuyên ngành hỗ trợ lẫn nhau, với một kế hoạch rõ ràng để kết hợp các kỹ năng cá nhân và giao tiếp; các kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình, hệ thống.

Các môn học chuyên ngành sẽ hỗ trợ lẫn nhau khi chúng tạo nên những mối liên hệ rõ ràng giữa nội dung và các chuẩn đầu ra liên quan. Một kế hoạch rõ ràng xác định được các phương thức trong đó sự tích hợp giữa các kỹ năng cá nhân và giao tiếp, kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình và hệ thống với những mối liên hệ đa ngành được hình thành.

### Các lý do thực tiễn

Việc xây dựng chương trình đào tạo tích hợp có cả lý do thực tiễn và lý do mang tính sư phạm. Xét ở khía cạnh thực tiễn, chúng ta không có nhiều lựa chọn ngoài việc tái phân bổ lại khối lượng thời gian và nguồn lực sẵn có. Trong một chương trình đào tạo kỹ thuật truyền thống, rất khó để bổ sung thêm nội dung hoặc thời gian, đặc biệt là nếu chuẩn đầu ra dự tính vượt ngoài nội dung chuyên ngành cốt lõi. Số lượng môn học trung bình của sinh viên được xác lập cố định cho mỗi học kỳ, và các chương trình rất dè dặt trong việc mở rộng các kinh nghiệm học tập. Thay vào đó, một chương trình đào tạo cần phải tận dụng kép cả thời gian và nguồn lực trong các môn học chuyên ngành sẵn có, nghĩa là tận dụng sự tổng hợp của việc học cùng lúc các kỹ năng và kiến thức chuyên ngành.

### Các lý do sư phạm

Bên cạnh đó, còn có các lý do sư phạm hợp lý cho việc tích hợp những kỹ năng cá nhân và giao tiếp, kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình, và hệ thống cùng với kiến thức chuyên ngành:

- Những kỹ năng cá nhân và giao tiếp, kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình, và hệ thống tùy thuộc vào bối cảnh chúng được truyền đạt. Trong giáo dục kỹ thuật, các kỹ năng cá nhân và giao tiếp thường được gọi là các kỹ năng chung. Ở một mức độ nào đó, những kỹ năng này là



chung. Chẳng hạn như, luật sư, bác sĩ và kỹ sư đều cần phải giao tiếp và làm việc theo nhóm. Tuy nhiên, ở một mức độ cụ thể hơn, thì những kỹ năng cá nhân và giao tiếp, kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình và hệ thống mà người kỹ sư sử dụng được học và thực hành trong các bối cảnh cụ thể. Ví dụ, năng lực giao tiếp bằng lời nói trong một lĩnh vực kỹ thuật phụ thuộc vào những khía cạnh chuyên ngành cụ thể – có khả năng ứng dụng các khái niệm chuyên môn; xem xét các vấn đề ở các mức độ trừu tượng khác nhau; tạo nên các mối liên kết; và giải thích các vấn đề kỹ thuật cho các thính giả khác nhau.

- *Sinh viên phát triển kiến thức chuyên sâu hơn về nền tảng kỹ thuật bằng việc học hỏi các kỹ năng liên quan.* Việc học những kỹ năng cá nhân và giao tiếp, kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình, và hệ thống trong bối cảnh chuyên ngành sẽ củng cố sự hiểu biết của sinh viên về nội dung kiến thức chuyên môn. Học tập các kỹ năng này tạo điều kiện để ứng dụng các kiến thức kỹ thuật, và qua đó giúp chuyển đổi các kiến thức chuyên môn từ những khái niệm trừu tượng thành hiểu biết thực hành. Do vậy, kiến thức chuyên môn; các kỹ năng cá nhân và giao tiếp; các kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình, và hệ thống tất cả đều hỗ trợ lẫn nhau. Học hỏi các kỹ năng trong bối cảnh chuyên ngành giúp sinh viên phát triển sâu hơn những kiến thức về nền tảng cơ bản của kỹ thuật.
- *Các giảng viên có thể đóng vai trò là những người nêu gương cho các chuẩn đầu ra có giá trị.* Các giảng viên giảng dạy kỹ thuật là những người nêu gương cho sinh viên. Nếu như người giảng viên tin rằng việc học những kỹ năng cá nhân và giao tiếp, kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình và hệ thống là quan trọng, thì họ sẽ xếp chúng vào cùng với những chuẩn đầu ra về kiến thức chuyên môn thuộc các môn học của họ. Theo cách này, thì khi họ thể hiện các kỹ năng, họ sẽ tạo cơ hội cho sinh viên phát triển các kỹ năng này thông qua các hoạt động của lớp. Do vậy, việc các giảng viên cho sinh viên thấy rằng những kỹ năng cá nhân và giao tiếp, kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình và hệ thống là quan trọng, và là những khía cạnh hợp lý của kỹ thuật là rất cần thiết.

## **Đặc tính của việc thiết kế chương trình đào tạo**

Kết quả của quá trình được mô tả dưới đây là việc thiết kế chương trình đào tạo tích hợp. Nếu được tiến hành đúng đắn, thiết kế này sẽ có những đặc tính sau:

- Các chuẩn đầu ra của chương trình được chuyển tải một cách có hệ thống thành các chuẩn đầu ra trong từng thành phần đào tạo – môn học, môđun, và các yếu tố khác.
- Các thành phần trong hệ thống giáo dục mô tả cách thức chúng hỗ trợ lẫn nhau trong việc học các kiến thức nền tảng chuyên môn, và mô tả

chi tiết cách thức chúng đạt được mức độ mong muốn về kỹ năng cá nhân và giao tiếp, kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình và hệ thống.

- Thiết kế chương trình đào tạo là một kế hoạch rõ ràng được toàn thể giảng viên của chương trình tiếp nhận và làm chủ.

Đặc tính cuối cùng có tính quyết định cho sự thành công của chương trình đào tạo tích hợp. Bởi vì xét về tổng thể, giáo dục thuộc sở hữu của đội ngũ giảng dạy, và phần lớn được tiến hành bởi từng thành phần cá thể, do đó, các giảng viên và những người đứng đầu các thành phần phải đồng thuận với kế hoạch.

## Nhận thức của giảng viên đối với những kỹ năng chung

Khi hoạch định việc thiết kế chương trình đào tạo tích hợp, một điều quan trọng là cần nhận ra rằng các giảng viên có thể có những nhận thức khác nhau về giá trị và vị trí của các kỹ năng cá nhân và giao tiếp, các kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình và hệ thống như là một phần của chương trình đào tạo. Những giảng viên nào cho rằng các kỹ năng này có tầm quan trọng thứ yếu, và cho là nên được dạy tách rời khỏi các nội dung chuyên môn, có thể sẽ không muốn tích hợp các kỹ năng này vào trong môn học của họ. Theo như Barrie [1], ví dụ như, nhận thức của giảng viên về các tổ chất sẽ rơi vào bốn hạng mục thứ bậc bao gồm: tạo điều kiện (enabling), chuyển đổi (translating), bổ sung (complementary), và trừ bị (precursory) (xem Bảng 4.1). Các hạng mục không loại trừ nhau, nhưng có thứ bậc, nghĩa là, hạng mục trên sẽ bao gồm tất cả các hạng mục cấp thấp hơn.

**BẢNG 4.1: NHẬN THỨC CỦA GIẢNG VIÊN VỀ CÁC KỸ NĂNG CHUNG**

Tạo điều kiện	Các tổ chất chung tích hợp cho kiến thức chuyên ngành, thâm thấu và <i>tạo điều kiện</i> cho quá trình học tập và kiến thức.	Tích hợp
Chuyển đổi	Các tổ chất chung giúp sinh viên sử dụng và ứng dụng kiến thức chuyên ngành. Chúng có thể tương tác với kiến thức chuyên ngành thông qua việc ứng dụng, thay đổi và <i>chuyển đổi</i> các kiến thức ấy, và các kiến thức chuyên ngành ngược lại sẽ định hình chúng. Chúng cũng liên hệ mật thiết với các chuẩn đầu ra chuyên ngành.	Tích hợp
Bổ sung	Các tổ chất là những kỹ năng phụ trội cần thiết <i>bổ sung</i> cho kiến thức chuyên ngành. Chúng là một phần của đề cương môn học nhưng lại tách rời và chỉ được xếp ở vị trí thứ yếu.	Liên quan
Trừ bị	Chúng là các kỹ năng và khả năng cơ bản <i>trừ bị</i> cần thiết, và có thể cần được dạy ở các môn trừ bị ở đại học.	Không thuộc chương trình đào tạo

Mối quan hệ nhận thức giữa những kỹ năng và nội dung chuyên môn sẽ ảnh hưởng đến cách mà người giảng viên nghĩ nên thiết kế chương trình đào tạo như thế nào. Sử dụng cách phân loại này, Tiêu chuẩn 3 nhấn mạnh

vào việc nâng quan điểm về việc học các kỹ năng từ hạng mục *Không là một phần của Chương trình đào tạo (Not part of the curriculum)* và *Liên quan (Associated)* lên thành hạng mục *Tích hợp (Integrated)*, tập trung vào mối tương tác giữa những kỹ năng và kiến thức chuyên môn. Chẳng hạn như, việc giảng dạy về giao tiếp như là một phần của chủ đề chuyên ngành có thể được xem là *Chuyển đổi*, trong khi đó việc giảng dạy về thiết kế có thể được xem là ở mức độ *Tạo điều kiện*, bởi vì nó tạo điều kiện cho sự tiếp thu và củng cố kiến thức. Trong cả hai trường hợp, chúng đều phải được tích hợp thật sự vào chương trình đào tạo.

Thiết kế một chương trình đào tạo tích hợp sẽ khó khăn khi các giảng viên bất đồng về mục đích và vị trí của các đặc tính chung. Vào lúc này, ý kiến đóng góp của bên liên quan về tầm quan trọng của những kỹ năng này có thể rất quan trọng để có được sự nhất trí. Giảng viên cũng có thể cần có cơ hội để thảo luận những tranh cãi về chương trình đào tạo tích hợp và phản ánh những vấn đề theo thời gian. Những cuộc thảo luận có thể đóng vai trò xác định những sự pha trộn hợp lý các kỹ năng cá nhân và giao tiếp, kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình và hệ thống, và nội dung chuyên ngành nhằm chuẩn bị cho quá trình thiết kế chương trình đào tạo.

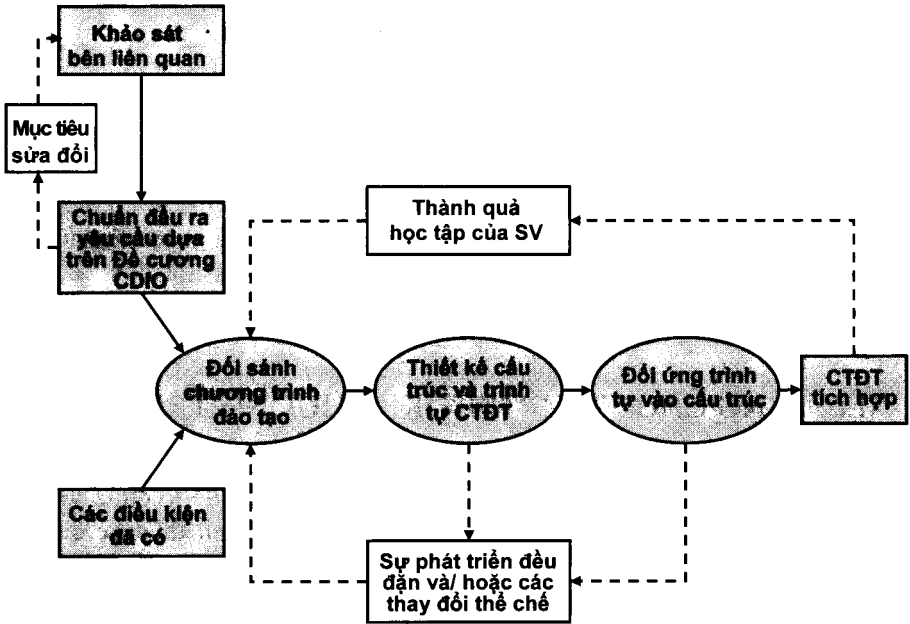
## NỀN TẢNG CHO VIỆC THIẾT KẾ CHƯƠNG TRÌNH ĐÀO TẠO

Chúng ta sử dụng quá trình giải quyết vấn đề kỹ thuật để tổ chức việc tái thiết kế giáo dục kỹ thuật. Điểm khởi đầu cho quá trình thiết kế chương trình đào tạo có thể khác nhau một cách đáng kể giữa các chương trình. Việc chuyển đổi một chương trình hiện có sang chương trình CDIO đòi hỏi phải cân nhắc một số các điều kiện ban đầu. Việc thiết kế một chương trình mới hoàn toàn không nhất thiết phải có nhiều các điều kiện đã tồn tại trước đó. Không kể đến điểm khởi đầu, chữ *thiết kế* được sử dụng ở đây để mô tả việc hình thành các chương trình mới và việc chuyển đổi các chương trình hiện có.

### Mô hình quá trình thiết kế chương trình đào tạo

Hình 4.1 mô tả một mô hình để thiết kế chương trình đào tạo tích hợp. Mô hình yêu cầu sự chuyển đổi tầm nhìn CDIO thành một tập chính thức các mục tiêu làm nền tảng cho việc thiết kế chương trình đào tạo. Việc chuyển đổi này dựa vào các chuẩn đầu ra mong muốn, các điều kiện đã tồn tại trước đó, và đối sánh chương trình đào tạo. Kế đến, chính việc thiết kế chương trình đào tạo này lại được xác định như là một sự thể hiện các mục tiêu này vào các môn học và những trải nghiệm học tập liên quan mà chúng chính thức gộp thành chương trình đào tạo.

Ở giai đoạn sơ khởi, các điểm khởi đầu là các quá trình hình thành các chuẩn đầu ra mong muốn và sự xem xét các điều kiện đã tồn tại trước đó. Nội dung của chương trình CDIO được định nghĩa bởi các chuẩn đầu ra được rút ra từ Đề cương, đã mô tả ở Chương 3. Các điều kiện tồn tại trước đó bao gồm các nhân tố như mục đích và độ dài của chương trình, thiết kế chương trình ở cấp độ cao, và cấu trúc cơ bản của chương trình đào tạo. Những nhân tố này lại được chi phối bởi các tiêu chuẩn quốc gia, quy định của nhà trường, và tính truyền thống của chương trình.



HÌNH 4.1: MÔ HÌNH QUÁ TRÌNH THIẾT KẾ CHƯƠNG TRÌNH ĐÀO TẠO TÍCH HỢP

Với vai trò là điểm khởi đầu cho việc thiết kế chương trình đào tạo, việc đối sánh để kiểm tra chương trình đào tạo hiện có là để xem nó như thế nào so với những điều mong muốn, nghĩa là, các chuẩn đầu ra của Đề cương. Phạm vi của hoạt động đối sánh bao gồm tất cả các trải nghiệm đóng góp cho các trải nghiệm giáo dục ở bậc cử nhân. Ví dụ, yêu cầu của ngành kỹ thuật về các môn học liên quan đến nhân văn có thể bao gồm tư duy suy xét, giao tiếp, và đạo đức. Mặc dù nằm ngoài sự kiểm soát của chương trình kỹ thuật, nhưng những yêu cầu này thể hiện một phần sự tiếp thu giáo dục của sinh viên. Ở một mức độ nào đó, hoạt động đối sánh có thể được tiến hành song song với việc khảo sát các bên liên quan về trình độ năng lực mong muốn đã được trình bày ở chương trước.

Một khi những mục tiêu của chương trình được thiết lập rõ ràng, các điều kiện đã tồn tại trước đó được hiểu rõ, và chương trình đào tạo hiện có

đã được đối sánh, thì việc thiết kế chương trình đào tạo có thể thực sự được bắt đầu.

Việc thiết kế chương trình đào tạo đúng đắn sẽ bắt đầu với hai bước song song, và dần dần sẽ tương tác nhau, như sau: thiết kế cấu trúc chương trình đào tạo và xác định trình tự giảng dạy phù hợp cho mỗi chủ đề. Với cấu trúc và trình tự đã được thiết lập, bước cuối cùng của quá trình thiết kế là đối ứng trình tự vào các yếu tố của cấu trúc, sao cho mỗi yếu tố mang những trách nhiệm rõ ràng đối với việc học tập của sinh viên trong một thiết kế tích hợp, hỗ trợ lẫn nhau, và phối hợp nhau. Dĩ nhiên, thiết kế là quá trình hai chiều với một số vòng phản hồi, được thể hiện bởi các đường kết nối như thể hiện trên Hình 4.1. Kết quả đánh giá học tập của sinh viên; những thay đổi về chuẩn đầu ra yêu cầu theo thời gian; và những thay đổi về thể chế, như quỹ dành cho phát triển, nguồn lực thay đổi, và sự tổ chức lại đội ngũ giảng viên, ảnh hưởng đến sự cải tiến liên tục và chọn lọc thiết kế chương trình đào tạo. Trong các phần tiếp theo, mỗi bước trong mô hình thiết kế này sẽ được thảo luận chi tiết hơn.

### **Nội dung chương trình đào tạo và các chuẩn đầu ra**

Cơ sở cho việc thiết kế chương trình đào tạo là sự mô tả về nội dung chương trình đào tạo mong muốn và nội dung chi tiết các chuẩn đầu ra. Nội dung chương trình đào tạo kiến thức chuyên ngành bao gồm các kiến thức nền tảng về toán và khoa học, khoa học kỹ thuật, và các kiến thức kỹ thuật khác, cũng như các yêu cầu của nhà trường, chẳng hạn như kiến thức về nhân văn và khoa học xã hội. Đề cương liệt kê nội dung chính của kỹ năng cá nhân và giao tiếp, kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình, và hệ thống. Trong chương trình CDIO, chuẩn đầu ra được xác định cụ thể cho nội dung chuyên ngành, cũng như cho các kỹ năng được định nghĩa trong Đề cương. Khảo sát các bên liên quan xác định được trình độ năng lực mong muốn của kỹ sư cho mỗi chủ đề, và sau đó cũng có thể cho các nội dung chuyên ngành. Quá trình chuyển đổi các chủ đề thành các chuẩn đầu ra dự tính được giải thích ở Chương 3. Các chuẩn đầu ra và trình độ năng lực mong muốn cho cả chủ đề chuyên ngành lẫn kỹ năng, hình thành nền tảng cho việc thiết kế chương trình đào tạo.

### **Các điều kiện đã tồn tại trước đây**

Quá trình thiết kế chương trình đào tạo bắt đầu với nhu cầu phản ánh các điều kiện đã tồn tại trước đó và sự kết nối hiện có của chương trình đào tạo. Các điều kiện đã tồn tại trước đó là tổng hợp tất cả các nhân tố liên quan đến chương trình đào tạo hiện có. Nhân tố này bao gồm các tiêu chuẩn kiểm định, quy định của nhà trường, truyền thống của chương trình, và yêu cầu của các thành phần địa phương, khu vực, và trong nước. Ba điều kiện đã tồn tại trước có ảnh hưởng lớn đến mức độ linh hoạt sẵn có đối với quá

trình thiết kế là: mục tiêu và độ dài của chương trình, thiết kế chương trình cấp độ cao, và cấu trúc cơ sở của chương trình đào tạo.

- *Mục tiêu và độ dài của chương trình.* Căn cứ vào mục tiêu, các chương trình thường được chia làm hai nhóm: các chương trình đưa đến việc đạt được bằng đại cương về kỹ thuật, và các chương trình dành cho trình độ sau khi đã có bằng đại cương. Sự khác biệt này thường được phản ánh qua độ dài và cấu trúc của các chương trình. Thiết kế chương trình đào tạo cần phải nhận biết và tiến hành trong phạm vi những giới hạn này.
- *Thiết kế chương trình cấp độ cao (High-level program design).* Các trường thường đề ra thiết kế chương trình ở cấp độ cao. Một số chương trình được chia thành các môn học cấp độ cao (high-level courses) và các môn học cấp độ thấp (low-level courses). Trong các chương trình kỹ thuật, chúng ta rất thường thấy dạng chương trình cấu trúc ba giai đoạn hay bốn giai đoạn: 1) Toán và khoa học cơ bản; 2) kỹ thuật cơ bản; và 3) các môn chuyên ngành và tùy chọn; 4) trải nghiệm tổng kết. (với cấu trúc ba giai đoạn thì phần trải nghiệm tổng kết sẽ được xem như là một phần của các môn chuyên ngành). Thiết kế cấp độ cao này ảnh hưởng đến trách nhiệm giảng dạy của giảng viên và mức độ những người đứng đầu chương trình có thể tác động đến từng giai đoạn. Ví dụ, ở nhiều trường đại học, các giảng viên dạy về khoa học sẽ chịu trách nhiệm trong các môn nền tảng khoa học và không bị ảnh hưởng trực tiếp từ công việc của những người thiết kế chương trình đào tạo cho ngành kỹ thuật. Mặt khác, kiến thức nền tảng kỹ thuật thường được giảng dạy trong các môn học chính bắt buộc, do đó có thể bị ảnh hưởng trực tiếp. Các môn chuyên sâu của một chuyên ngành, hay môn tùy chọn, có thể được hoặc không được công nhận một cách rõ ràng như những lựa chọn chính thức của chương trình đào tạo được dạy bởi các giảng viên có trình độ kỹ thuật. Bởi vì các môn học tùy chọn thường có số lượng nhiều hơn, và số lớp dạy các môn này lại mở ít thường xuyên hơn những lớp học về chuyên ngành chính, nên việc tạo ảnh hưởng đến những lớp này sẽ khó hơn. Trải nghiệm tổng kết, chẳng hạn như các đồ án năm cuối và các trải nghiệm thiết kế - triển khai, có thể tạo cơ hội để kết hợp các môn chuyên sâu và tùy chọn vào chương trình đào tạo.
- *Cấu trúc cơ sở của chương trình đào tạo.* Hầu hết các trường đại học đều có cấu trúc cơ sở quy định độ dài của một năm học, độ dài và cường độ hoạt động cho từng học kỳ, và đơn vị nhỏ nhất của giảng dạy, thường được gọi là môn học trong cuốn sách này. Các chương trình đôi khi cũng có các đơn vị giảng dạy nhỏ hơn một môn học, như các môđun hay chuyên đề thảo luận, hay lớn hơn một môn học, chẳng hạn như những bài giảng lý thuyết kết hợp với môn thí nghiệm. Các đơn vị giảng dạy đã được thiết lập sẵn trước đó và tổng số đơn vị cho phép có thể giới hạn sự linh hoạt của kế hoạch chương trình đào tạo.

- Nhiều điều kiện đã tồn tại trước năm một phần hoặc hoàn toàn ngoài sự kiểm soát của người thiết kế chương trình đào tạo cho một chương trình riêng biệt. Việc thiết kế chương trình đào tạo cần phải xem xét đến các điều kiện đã tồn tại trước, và quá trình thiết kế này phải cung cấp cách tiếp cận đa chiều và linh hoạt để có thể áp dụng được khi có sự hiện diện của những điều kiện này.

Một hình thức khác của điều kiện đã tồn tại từ trước là nội dung chuyên ngành của chương trình và mức độ cố định của chúng. Một điều quan trọng là phải hiểu được mối liên hệ giữa các chủ đề, nghĩa là, các mối tương quan hay độc lập hiện có của các chủ đề chuyên ngành trong phạm vi các môn học. Những mô tả chương trình được viết ra và những kế hoạch cho hướng phát triển của sinh viên thông qua chương trình có thể đem đến các môn học chuyên ngành có tính hỗ trợ lẫn nhau cho chương trình đào tạo, như được yêu cầu trong Tiêu chuẩn 3. Tuy nhiên, cách thức đáng tin cậy nhất trong việc tìm hiểu cấu trúc chuyên ngành là phỏng vấn những giảng viên của chương trình. Như trong ví dụ, Khung 4.1 mô tả kết quả của một khảo sát về các điều kiện đã tồn tại trước đó trong chương trình Vật lý Ứng dụng và Kỹ thuật Điện tại trường Đại học Linköping. Thông thường, những kết quả này cho thấy một mối liên hệ cao độ giữa các chủ đề. Không có gì là ngạc nhiên trong ví dụ về đại học Linköping, các môn toán được sử dụng bởi nhiều môn học tiếp sau. Bảng này cũng cho thấy những môn then chốt, như môn *Tính toán Khoa học (Scientific Computing)*, cũng được sử dụng bởi rất nhiều môn học. Có được những thông tin này là rất quan trọng khi nhóm thiết kế bắt đầu xem xét cách thức chương trình đào tạo có thể được tái cấu trúc lại.

## Đối sánh chương trình đào tạo hiện có

Mục đích của việc đối sánh là để ghi chép lại chương trình đào tạo hiện có đáp ứng được những kỳ vọng và trình độ năng lực của những kỹ năng như thế nào, và để làm một nguồn tài liệu quan trọng cho việc thiết kế về sau. Nhìn chung, các chương trình kỹ thuật đều đã có các hoạt động liên quan đến những chủ đề này, nhưng chúng thường không được thiết kế tốt, phối hợp tốt, hoặc không được toàn diện. Chúng thường không phân bổ đủ thời gian để học các kỹ năng cá nhân và giao tiếp, các kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình và hệ thống. Việc đối sánh xác định các nguồn lực hiện có và nêu lên những cách mà một chương trình đào tạo có thể sử dụng thời gian tốt hơn. Đề xướng CDIO đã tạo ra một công cụ đối sánh cho mục đích xác định các các hoạt động hiện có [2].

Trong các cuộc nghiên cứu về đối sánh, các giảng viên được hỏi về mức độ các chuẩn đầu ra được đặt ra trong các môn học tương ứng của họ như thế nào. Với mỗi chủ đề trong 14 chủ đề ở mức chi tiết cấp độ hai của Đề cương trong Phần 2, 3 và 4 – ví dụ, *2.1 Lập luận Kỹ thuật và Giải quyết Vấn đề* – giảng viên được hỏi về các hoạt động giảng dạy trong môn học

của họ đã liên quan đến chủ đề này. Phần 1 của Đề cương CDIO là nội dung chuyên ngành của chương trình. Tùy theo sự lựa chọn chương trình của địa phương, các chủ đề cũng có thể nằm trong những nghiên cứu về đối sánh.

Các hoạt động giảng dạy được phân loại thành Giới thiệu – I (Introduce), Giảng dạy – (T) (Teaching), Sử dụng – (U) (Utilize), dựa vào dự định, thời gian, và sự liên kết rõ ràng với các chuẩn đầu ra, bài tập, và tiêu chí đánh giá. Những định nghĩa chính thức cho phần Giới thiệu, Giảng dạy, và Sử dụng được trình bày trong Bảng 4.2. Sự phân biệt giữa Giới thiệu, Giảng dạy, và Sử dụng được quyết định sau khi quan sát thấy rằng chữ *Giảng dạy* được sử dụng để mô tả nhiều hoạt động đa dạng khác nhau diễn ra trong môn học.

**BẢNG 4.2: ĐỊNH NGHĨA VỀ GIỚI THIỆU, GIẢNG DẠY, VÀ SỬ DỤNG**

	<b>Chuẩn đầu ra</b>	<b>Hoạt động học tập</b>	<b>Đánh giá</b>
<b>Giới thiệu</b>	Có thể không phải là một chuẩn đầu ra rõ ràng	Chủ đề được bao gồm trong hoạt động	Không đánh giá
<b>Giảng dạy</b>	Phải là một chuẩn đầu ra rõ ràng	Bao gồm trong một hoạt động bắt buộc Sinh viên thực hành và nhận phản hồi	Thành tích của sinh viên được đánh giá. Có thể tính điểm hay không tính điểm
<b>Sử dụng</b>	Có thể là một chuẩn đầu ra có liên quan	Được sử dụng để đạt các chuẩn đầu ra dự tính khác	Được sử dụng để đánh giá các chuẩn đầu ra khác

**KHUNG 4.1: SỰ LIÊN HỆ GIỮA CÁC MÔN HỌC BẮT BUỘC TRONG CHƯƠNG TRÌNH VẬT LÝ ỨNG DỤNG VÀ KỸ THUẬT ĐIỆN Ở ĐẠI HỌC LINKÖPING**

Một cuộc khảo sát các giảng viên đã được tiến hành tại Đại học Linköping nhằm ghi chép lại các mối liên hệ chuyên ngành hiện có trong phạm vi chương trình Vật lý Ứng dụng và Kỹ thuật Điện. Mục đích của cuộc khảo sát này là nhằm điều tra và làm rõ những mối liên hệ giữa các môn học bắt buộc, nghĩa là, những môn trong ba năm đầu của chương trình. Do đó, cuộc khảo sát bao trùm các môn toán, khoa học và kỹ thuật. Cuộc khảo sát được tiến hành bằng cách yêu cầu các giảng viên phụ trách từng môn học cho biết mức độ liên hệ giữa môn học của họ và những môn học trước đó trong chương trình. Lưu ý rằng trong những cuộc khảo sát như vậy, các giảng viên nhận biết rõ mối liên hệ với những môn học trước, hay “người cung cấp” hơn là những môn học sau đó, hay “khách hàng”. Mỗi mối liên kết được đánh giá theo bốn mức độ, từ *Không có liên hệ trực tiếp* (ô trắng) cho đến *Liên hệ cao* (ô xám đen). Hàng ngang trong bảng mô tả nội dung của một môn học cụ thể được sử dụng như thế nào trong các môn học kế tiếp. Cột dọc trong bảng thể hiện mức độ mà một môn học cụ thể sử dụng kiến thức từ các môn học trước.



	Môn nền tảng	Đại số tuyến tính	Giải tích một biến	Định luật vật lý	Đại cương về máy tính	Giải tích nhiều biến	Điện tử, đo lường...	Lý thuyết chuyển mạch	Đại cương Matlab	Tính toán khoa học, phần 1	Phân tích véctơ	Tính toán khoa học, phần 2	Phân tích phức hợp	Lập trình: Trừu tượng và mô hình hóa	Chuyển động sóng	Cơ kỹ thuật, phần 1	Xác suất 1	Đại cương về tối ưu hóa	Cơ kỹ thuật, phần 2	Phần cứng máy tính và kiến trúc	Thống kê môn 1	Lý thuyết trường điện từ	Phân tích Fourier	Lập trình và cấu trúc dữ liệu	Vật lý hiện đại	Tin hiệu và hệ thống	Điều khiển tự động	Nhiệt động lực học và...
Môn nền tảng toán học																												
Đại số tuyến tính		×																										
Giải tích một biến			×																									
Định luật vật lý				×																								
Đại cương về máy tính					×																							
Giải tích nhiều biến						×																						
Điện tử, đo lường và công nghệ							×																					
Lý thuyết chuyển mạch và thiết kế logic								×																				
Đại cương Matlab									×																			
Tính toán khoa học, phần 1										×																		
Phân tích véctơ											×																	
Tính toán khoa học, phần 2												×																
Phân tích phức hợp													×															
Lập trình: Trừu tượng và mô hình hóa														×														
Chuyển động sóng															×													
Cơ kỹ thuật, phần 1																×												
Xác suất 1																	×											
Đại cương về tối ưu hóa																		×										
Cơ kỹ thuật, phần 2																			×									
Phần cứng máy tính và kiến trúc																				×								
Thống kê môn 1																					×							
Lý thuyết trường điện từ																						×						
Phân tích Fourier																							×					
Lập trình và cấu trúc dữ liệu																								×				
Vật lý hiện đại																									×			
Tin hiệu và hệ thống																										×		
Điều khiển tự động																											×	
Nhiệt động lực học và cơ thống kê																												×

Ô trắng: Không có liên hệ trực tiếp  
 Ô xám đen: Liên hệ cao

-T. KARLSSON, ĐẠI HỌC LINKÖPING

Các cuộc phỏng vấn trực tiếp được tiến hành với các giảng viên chịu trách nhiệm đối với từng môn học trong chương trình. Các phản hồi và dữ liệu được tóm tắt và phân tích để làm sáng tỏ các xu hướng giảng dạy. Chúng ta không thể đánh đồng trình độ năng lực mong muốn của CDIO trực tiếp với mức độ hoạt động giảng dạy. Tuy nhiên, chúng ta có thể so sánh, để xác định các điểm mạnh và điểm yếu trong các chương trình đào tạo hiện có, và đồng thời xác định các chuẩn đầu ra nào cần được chú trọng nhiều hơn (hay ít hơn) trong toàn bộ chương trình đào tạo. Chúng ta cũng có thể xác định các chủ đề được giới thiệu nhiều lần nhưng lại không có giảng viên nào có trách nhiệm giảng dạy chúng một cách thật sự. Những chủ đề này là “ứng viên” ưu tiên cho việc cải thiện. Kết quả của các cuộc

nghiên cứu đối sánh đem lại các thông tin quan trọng cho việc thiết kế chương trình đào tạo.

## THIẾT KẾ CHƯƠNG TRÌNH ĐÀO TẠO TÍCH HỢP

Sau khi có được các nội dung của chương trình đào tạo và chuẩn đầu ra, thì các khía cạnh then chốt của việc thiết kế chương trình đào tạo là cấu trúc, trình tự, và đối ứng (mapping). Cấu trúc của chương trình đào tạo là nói đến khung tổ chức của các môn học và trải nghiệm học tập. Trình tự khuyến nghị các bước tiến triển thích hợp của các chuẩn đầu ra, và đối ứng là sự phân nhiệm các chuẩn đầu ra cho từng môn học và trải nghiệm học tập cụ thể. Mỗi bước trong 3 bước để thiết kế – cấu trúc, trình tự, và đối ứng – được thảo luận riêng sau đây:

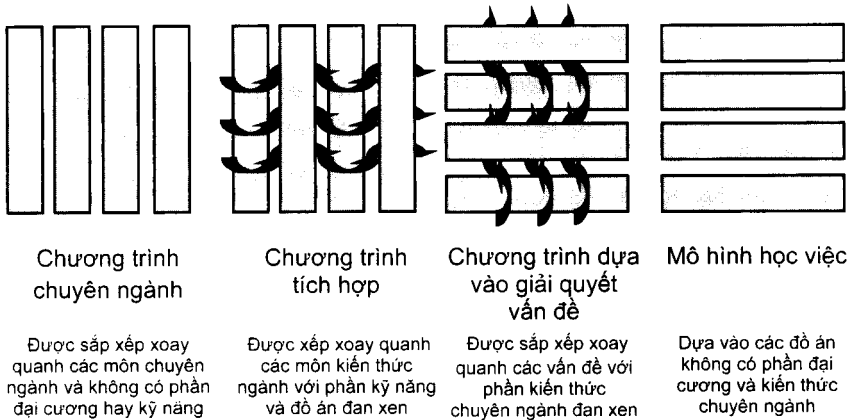
### Cấu trúc của chương trình đào tạo

Cấu trúc chương trình đào tạo là sự sắp xếp các nội dung và các chuẩn đầu ra tương ứng thành các đơn vị giảng dạy, hay môn học, nhằm hỗ trợ sự liên kết tri thức giữa các môn học. Các yêu cầu về cấu trúc chương trình đào tạo trong chương trình CDIO xuất phát từ Tiêu chuẩn 3. Cấu trúc chương trình đào tạo phải cho phép các môn kiến thức chuyên ngành hỗ trợ cho nhau, và phải cho phép các kỹ năng cá nhân và giao tiếp, các kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình, và hệ thống được đan xen vào trong chương trình đào tạo kỹ thuật. Phương pháp tiếp cận CDIO cải tiến các chương trình đào tạo sẵn sàng hơn trong việc tận dụng kép thời gian, sao cho những trải nghiệm học tập giúp cho sinh viên phát triển cả về kiến thức nền tảng chuyên sâu lẫn những kỹ năng cá nhân và giao tiếp, các kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình, và hệ thống cần thiết. Một số cấp độ quyết định về cấu trúc chương trình đào tạo cần phải tiến hành để hỗ trợ việc triển khai phương pháp tiếp cận CDIO. Những quyết định này bao gồm việc chọn lựa nguyên tắc tổ chức, kế hoạch tổng thể cho việc tích hợp, sử dụng các cấu trúc khối môn học, và khái niệm chương trình đào tạo.

**Nguyên tắc tổ chức.** Sự lựa chọn ở cấp độ cao nhất trong quá trình thiết kế chương trình đào tạo tích hợp là sự lựa chọn về nguyên tắc tổ chức. Hình 4.2 cho thấy có bốn cách tiếp cận trong tổ chức chương trình đào tạo. Trên hình, các chuyên ngành là cột thẳng đứng, các đồ án và kỹ năng là hàng ngang. Tổ chức chuyên ngành truyền thống được mô tả ở hình ngoài cùng bên trái, với các chủ đề chuyên ngành đứng độc lập như những “ống khói”. Cách tổ chức chương trình đào tạo này là trường hợp giới hạn của cách tiếp cận khoa học kỹ thuật. Sinh viên học một chuỗi các chủ đề, với rất ít các mối liên kết hoặc tương tác qua lại, và có rất ít sự tích hợp về kỹ năng. Ngược lại, hình ngoài cùng bên phải là mô hình thực tập học việc

(apprenticeship) truyền thống, trong đó một sinh viên sẽ làm việc như thực tập sinh trong đồ án đầu tiên, kế đến là đồ án thứ hai, và cứ thế tiếp tục với rất ít hoặc không có một sự tổ chức chính thức để học kiến thức chuyên ngành.

Hai lựa chọn ở giữa về cách thức tổ chức cho phép có sự tích hợp. Chương trình đào tạo dựa vào giải quyết vấn đề (problem-based curriculum) dùng vấn đề hoặc đồ án làm nguyên tắc tổ chức, tích hợp nội dung kiến thức chuyên ngành trên cơ sở cần phải biết (need-to-know basis) thông qua hình thức giảng dạy chính thức và không chính thức. Một số trường đại học, đáng chú ý là Đại học Aalborg ở Đan Mạch, đã khá thành công với mô hình chương trình đào tạo này, và cách thức này đáng để chúng ta nghiên cứu và xem xét. Trong khi thiết kế chương trình đào tạo theo mô hình này là khả thi, tuy nhiên có hai điều cần quan tâm. Thứ nhất, nguyên tắc tổ chức này có thể xem nhẹ kiến thức kỹ thuật, điều này mâu thuẫn với mục tiêu phát triển kiến thức chuyên sâu về nền tảng kỹ thuật. Mỗi quan tâm thứ hai thì thực tế hơn. Vì nhiều trường đại học đã có sẵn cơ cấu chuyên ngành từ trước, nên việc chuyển đổi từ chương trình hiện có sang một cơ cấu tổ chức toàn diện dựa trên giải quyết vấn đề sẽ có khó khăn.

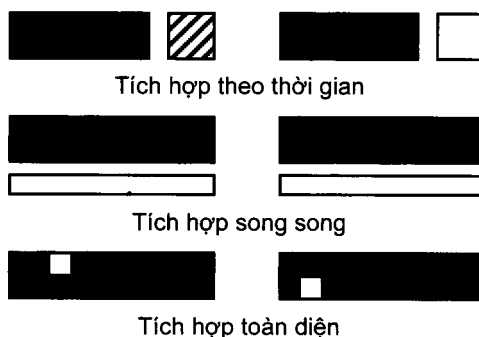


Kiến thức chuyên ngành phân bố dọc; đồ án và kỹ năng phân bố ngang

HÌNH 4.2: BỐN CÁCH TIẾP CẬN TỔ CHỨC CHƯƠNG TRÌNH

Do vậy, nguyên tắc tổ chức được khuyến khích sử dụng cho một chương trình đào tạo tích hợp là mô hình thể hiện trên Hình 4.2, trong đó các môn học chuyên ngành hỗ trợ lẫn nhau, các đồ án và kỹ năng đan xen với nhau. Cấu trúc chương trình đào tạo khuyến khích việc học nội dung chuyên ngành, và cho phép một số cấu trúc linh hoạt đối với việc tích hợp đồ án và những trải nghiệm thiết kế - triển khai.

**Kế hoạch tổng thể.** Tất cả các thiết kế tốt đòi hỏi một kế hoạch tổng thể sao cho nội dung chuyên ngành và các chuẩn đầu ra được tích hợp vào trong chương trình đào tạo. Một lần nữa, có một vài cách thức khác nhau để lựa chọn. Hình 4.3 mô tả khái quát một năm học từ trái qua phải trong hai học kỳ, với việc đan xen giảng dạy các kỹ năng. Mức độ cao nhất của quá trình tích hợp xuất hiện ở mô hình *tích hợp toàn diện (integral)*. Việc học các kỹ năng cá nhân và giao tiếp, các kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình và hệ thống được lồng vào hoàn toàn trong các môn học chuyên ngành. Tất cả các công việc giảng dạy được sử dụng kép, nâng cao kiến thức chuyên ngành và những kỹ năng CDIO. Hình này mô tả một kế hoạch lý tưởng. Mô hình này có một số ứng dụng quan trọng, nhưng nó cũng có những giới hạn về phối hợp khi cần thiết, đặc biệt là trong chương trình giảng dạy các môn học tùy chọn.



HÌNH 4.3: CÁC KẾ HOẠCH TỔNG THỂ CHO CẤU TRÚC CHƯƠNG TRÌNH ĐÀO TẠO

Kế hoạch tổng thể thứ hai được gọi là mô hình *tích hợp song song (parallel integration)*. Ở đây, một phần các trải nghiệm học tập trong một hay nhiều học kỳ được tổ chức xoay quanh các đồ án hay các kỹ năng, trong đó nội dung chuyên ngành được giảng dạy song song với kỹ năng. Các môn học về thiết kế - triển khai kéo dài trong một hoặc nhiều học kỳ là một ví dụ. Kế hoạch tổng thể thứ ba là mô hình *tích hợp thời gian (temporal integration)*, trong đó một khối lượng thời gian được dành riêng cho việc làm thật nhiều đồ án hay học thật nhiều kỹ năng. Các trường đại học có ba học kỳ mỗi năm học hoặc các học kỳ phụ có thể sẽ muốn áp dụng mô hình này. Chúng tôi phát hiện ra rằng một vài sự kết hợp của các kế hoạch tích hợp toàn diện cộng với một trong những kế hoạch tích hợp song song hoặc tích hợp thời gian là phù hợp nhất với những chương trình của chúng tôi. Sự lựa chọn phụ thuộc phần lớn vào các điều kiện đã tồn tại trước đó ở địa phương. Sự thật là trong các kế hoạch tích hợp song song và theo thời gian, các hoạt động đồ án và kỹ năng tách rời nhau không có nghĩa là chúng không có tác động kép. Các đồ án thiết kế - triển khai được

thiết kế tốt cùng với các hoạt động học tập theo trải nghiệm khác có thể thúc đẩy và củng cố việc học chuyên ngành mặc dù chúng ở các mô đun khác nhau của chương trình đào tạo.

Các nguồn thời gian của sinh viên mà chúng ta thường không xem xét đến trong việc thiết kế chương trình đào tạo là các hoạt động ngoại khóa (extra-curricular activities) trong học kỳ hè. Các khối lượng thời gian trong kế hoạch tích hợp theo thời gian và kế hoạch tích hợp song song trên Hình 4.3 có thể là các hoạt động đồ án ngoại khóa hay hoạt động hè. Thật ra, thời lượng sinh viên đầu tư cho các hoạt động này trong suốt các năm học ở trường đại học chiếm một phần đáng kể trong toàn bộ thời gian dành cho giáo dục chính thức. Vì phần lớn các hoạt động này là tùy ý ở hầu hết các trường đại học, thách thức đối với nhóm thiết kế chương trình đào tạo là tìm ra những cách thức mà thời gian ngoại khóa và thời gian hè có thể giúp nâng cao việc học cả kiến thức chuyên ngành lẫn kỹ năng, mà không làm cho việc tham gia là yêu cầu bắt buộc. Chúng tôi kiến nghị tăng cường các chương trình ngoại khóa và chương trình hè, phát triển các nguồn tài liệu cho phép sinh viên hiểu một cách trực tiếp hơn các mối liên kết, và khuyến khích sinh viên phát triển các cảm năng tự học thúc đẩy sự tích hợp các trải nghiệm vào trong việc học tập của họ.

**Cấu trúc khối môn học (Block course structure).** Hầu hết các trường đại học phân khúc chương trình đào tạo thành một vài hình thức mô đun hoặc các khối môn học. Giảng viên và những người quản lý chương trình có xu hướng không để ý đến cấu trúc khối bởi vì ảnh hưởng của họ có giới hạn trong việc này. Chương trình đào tạo được xây dựng từ các đơn vị giảng dạy, hay môn học, trong một khoảng thời gian nhất định với một số giờ nhất định. Cấu trúc truyền thống này được thể hiện dưới dạng biểu đồ trong trên Hình 4.4a. Thông thường, mối liên kết duy nhất có thể nhận biết được giữa các môn học được quyết định bởi các môn học tiền đề (prerequisites), nghĩa là, theo thời gian các môn tiền đề cần phải học trước các môn đòi hỏi các môn tiền đề. Đôi khi các trường đại học cũng cho phép môn học song hành (corequisites), nghĩa là, những môn tiền đề có thể được học trước hoặc học cùng lúc với các môn đòi hỏi môn tiền đề. Đây là những liên kết yếu của cấu trúc theo thời gian, mà nó không nhất thiết phản ánh bất kỳ sự tích hợp thật sự nào giữa các chủ đề học tập trong các môn học.

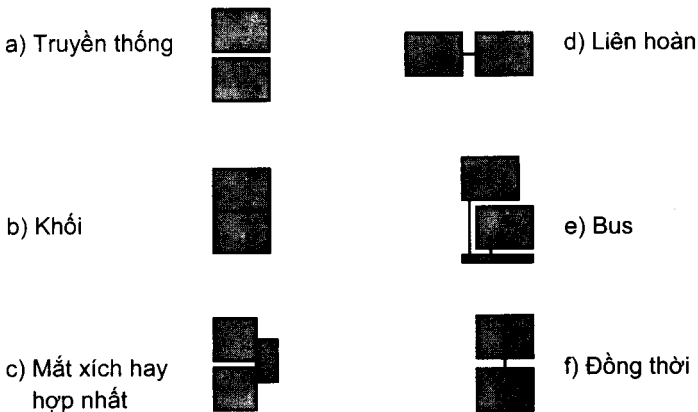
Cấu trúc chương trình đào tạo truyền thống có hai trở ngại chủ yếu trong việc thiết kế chương trình đào tạo tích hợp. Thứ nhất, việc tạo ra và đảm bảo mối liên kết chuyên ngành giữa các chủ đề trong chương trình đào tạo truyền thống sẽ có khó khăn. Thứ hai, đôi khi sẽ khó để kết hợp việc học các kỹ năng cá nhân và giao tiếp, kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình và hệ thống trong cấu trúc chương trình đào tạo truyền thống. Làm việc trong phạm vi các điều kiện đã tồn tại của chính sách và quy định chung của nhà trường, những người thiết kế chương trình đào tạo đã xác định nhiều phương pháp tiếp cận để xây dựng nhiều sự linh hoạt hơn trong cấu

trúc chương trình đào tạo. Hình 4.4b - Hình 4.4f thể hiện các phương pháp này:

- *Cấu trúc khối (Block Structure) (Hình 4.4b)*: Có lẽ phương pháp tốt nhất là cấu trúc khối, trong đó thời gian và nội dung được phân phối cho hai môn học sẽ được kết hợp lại thành một môn. Một trong hai người giảng viên sẽ dạy môn tích hợp này, hoặc phổ biến hơn, là hai hoặc nhiều giảng viên cùng giảng dạy với sự phối hợp chặt chẽ. Cấu trúc này cho phép tạo nên rất nhiều liên kết nội tại của môn học, nghĩa là, các mối liên hệ trong khuôn khổ một môn học, và cấu trúc này có xu hướng làm cho các trải nghiệm học tập xuyên suốt các chủ đề được linh hoạt hơn và chung hơn.
- *Cấu trúc mắt xích hay cấu trúc hợp nhất (Linked or merged structures) (Hình 4.4b)*: Cấu trúc mắt xích hay hợp nhất cho phép sự liên hệ chuyên ngành cũng mạnh gần như cấu trúc khối. Trong cấu trúc này, hai người giảng viên giảng dạy độc lập nhau vào đầu học kỳ, nhưng đến một lúc nào đó, hai môn học nhập lại với nhau và cùng làm việc chung. Điều này có hiệu quả nhất khi công việc chung được liên quan đến một đề án thiết kế hoặc bài tập kết thúc môn đòi hỏi sự tích hợp nội dung từ hai môn học.
- *Cấu trúc liên hoàn (Sequential structure) (Hình 4.4d)*: Dạng biến thể (variant) của cấu trúc hợp nhất là cấu trúc liên hoàn, trong đó thời gian và nội dung được phân phối cho hai môn học kết hợp chặt chẽ trong hai học kỳ liên tiếp nhau. Ở đây, hai người giảng viên dạy theo nhóm, hoặc dạy luân phiên nhau trong toàn bộ thời gian của hai học kỳ, nhằm thể hiện mạnh hơn sự tích hợp về tổng thể. Cấu trúc này không cho phép nhiều sự linh hoạt như đối với cấu trúc khối, bởi vì thời gian được phân bổ trong bất cứ một tuần lễ nào đều dành riêng cho một môn học, nhưng lại có thêm được lợi ích giúp sinh viên có một sự hiểu biết sâu hơn về các mối liên kết do được tiếp xúc trong một thời gian dài.
- *Cấu trúc bus (Bus structure) (Hình 4.4e)*: Một cấu trúc khác, trình bày trên Hình 4.4e, là cấu trúc bus. Ý tưởng của cấu trúc này là thời gian phân phối cho hai hoặc nhiều môn học được chuyển vào một yếu tố tri thức kết nối hoạt động cho các môn học, hoạt động như bus. Bus có thể là một đề án, chẳng hạn như đề án thiết kế - triển khai, hoặc một tập tích hợp các bài giảng hoặc buổi thảo luận chuyên đề. Bài tập về nhà và các bài giảng trong các môn học truyền thống có thể liên quan trực tiếp đến bus. Một ưu điểm của cấu trúc này là sinh viên có thể chọn học những môn học truyền thống mà không cần thiết phải tham gia vào những trải nghiệm bus.
- *Cấu trúc đồng thời (Simultaneous structure) (Hình 4.4f)*: Mối liên kết yếu nhất là ở cấu trúc đồng thời. Trong cấu trúc này, hai người giảng viên dạy hai môn học riêng biệt, song song nhau. Thông qua giao tiếp

và hợp tác tốt, họ cho thấy được trong tức thời việc học môn này có thể tác động đến môn kia như thế nào. Hơn nữa, từng người đưa ra các bài tập đòi hỏi kiến thức và sự ứng dụng từ cả hai môn học.

Ngoại trừ cấu trúc truyền thống (Hình 4.4a), hầu hết các cấu trúc trên Hình 4.4 đều có chung ưu điểm ở nhiều mức độ khác nhau. Chúng cho phép các nhà thiết kế chương trình đào tạo sự linh hoạt trong việc tạo ra các liên kết chuyên ngành trong phạm vi chương trình đào tạo, và tạo cơ hội cho các trải nghiệm học tập tích hợp. Tuy nhiên, chúng cũng có chung những nhược điểm là chúng đặt ra những giới hạn về sự linh hoạt trong hướng đi của người sinh viên trong suốt chương trình. Kết quả là, chúng sẽ thích hợp nhất với những phần của chương trình đào tạo mà nó đã ít nhiều được tiêu chuẩn hóa và dưới sự kiểm soát của chương trình – các môn cốt lõi kỹ thuật hoặc trải nghiệm thiết kế - triển khai tổng hợp. Các mối liên kết trong phạm vi chương trình đào tạo cũng đòi hỏi nhiều từ phía các giảng viên bởi vì chúng cần sự hợp tác và điều chỉnh nội dung môn học một cách đáng kể để có thể đạt được các mối liên hệ như mong muốn.

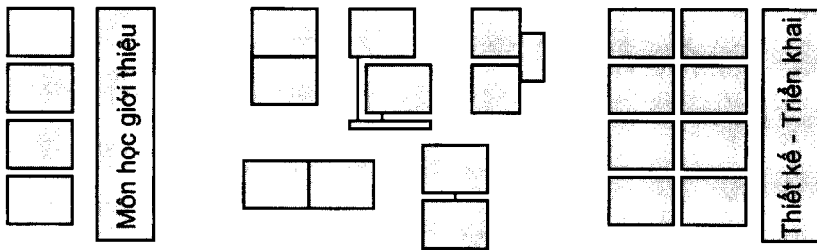


HÌNH 4.4: CÁC LOẠI CẤU TRÚC KHỐI MÔN HỌC

**Khái niệm cho cấu trúc chương trình đào tạo.** Tùy thuộc vào các điều kiện tồn tại trước đó và sự lựa chọn nguyên tắc tổ chức, kế hoạch tổng thể và các cấu trúc khối, một khái niệm cho cấu trúc chương trình đào tạo tích hợp sẽ được hình thành. Phần lớn, một chương trình đào tạo tích hợp sẽ bao gồm bốn loại môn học sau: môn giới thiệu ngành, các môn chuyên ngành, các môn chuyên sâu, và kinh nghiệm tổng thể. Ví dụ về một khái niệm cho cấu trúc chương trình đào tạo được minh họa trên Hình 4.5. Phần đầu của chương trình đào tạo được thiết kế từ các môn về nền tảng chuyên ngành và môn giới thiệu về kỹ thuật nhằm khuyến khích sự hứng khởi của sinh viên

và củng cố động cơ của họ cho lĩnh vực kỹ thuật bằng cách tập trung vào việc ứng dụng các môn học kỹ thuật cốt lõi thích hợp. Thêm vào đó, môn học giới thiệu cũng tạo điều kiện cho sự khởi đầu phát triển các kỹ năng cá nhân và giao tiếp, các kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình và hệ thống. Môn này đi kèm với các môn nền tảng khác và có thể gắn liền với các cấu trúc đổi mới. Môn học giới thiệu sẽ được giải thích chi tiết hơn ở phần sau của chương này.

Phần thứ hai của chương trình đào tạo tích hợp – các môn chuyên ngành, bao gồm các môn kỹ thuật và các đồ án thiết kế liên quan. Những thành phần này thường tạo thành cốt lõi chung hoặc bắt buộc của chương trình. Các trải nghiệm học tập được tổ chức và sắp xếp vào một số cấu trúc đổi mới đa dạng khác nhau cho phép quá trình tích hợp các chuẩn đầu ra vào các kỹ năng cá nhân và chuyên môn, các kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình và hệ thống cùng với các chuẩn đầu ra của kiến thức chuyên ngành được dễ dàng hơn.



Khung chương trình:

Môn học năm thứ nhất đặt nền tảng cho kỹ năng; đi cùng với các môn khác; có thể bao gồm các cấu trúc đổi mới

Cốt lõi kỹ thuật:

Các cấu trúc đổi mới đa dạng chú trọng xem các kỹ năng như là một phần của chương trình chính quy

Môn học chuyên ngành và tùy chọn:

Đi cùng với môn học thiết kế - triển khai tổng thể; có thể sử dụng cấu trúc đổi mới

HÌNH 4.5: KHÁI NIỆM VỀ CẤU TRÚC CHƯƠNG TRÌNH ĐÀO TẠO

Phần thứ ba và thứ tư của chương trình đào tạo bao gồm các môn chuyên sâu, các môn tự chọn, và môn tổng hợp, hoặc đồ án tốt nghiệp (Capstone), các kinh nghiệm thiết kế triển khai. Khi số lượng các môn học chuyên ngành dành cho một sinh viên tăng lên trong phần này của chương trình, việc tích hợp học các kỹ năng sẽ trở nên khó hơn. Trong các giai đoạn này, có lẽ tốt nhất là tập trung vào môn học thiết kế - triển khai tổng hợp, mà trong đó một số cấu trúc đổi mới đa dạng có thể tạo nên sự linh



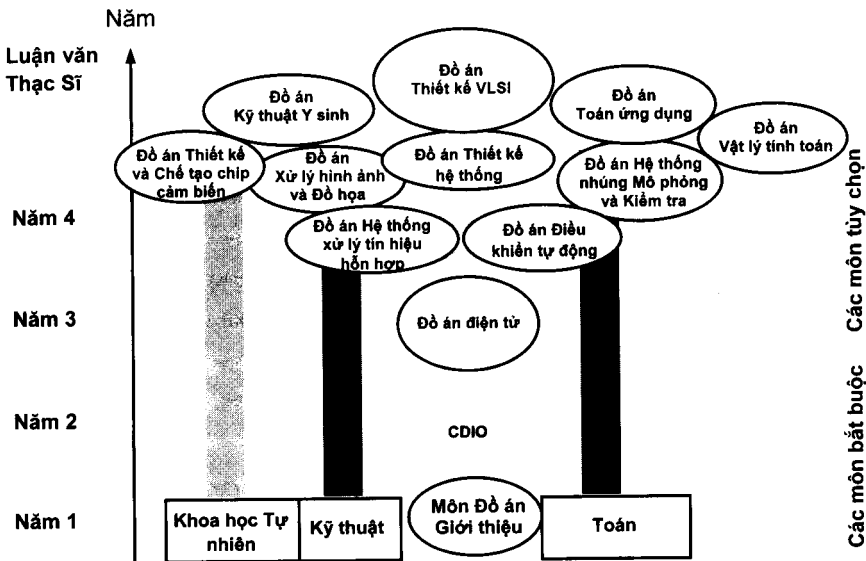
hoạt về độ dài của thời gian và trình tự của các trải nghiệm học tập. Các kinh nghiệm thiết kế triển khai được giải thích chi tiết ở Chương 5.

Đại học Linköping đi theo một cấu trúc chương trình đào tạo tương tự, như được minh họa trên Hình 4.6.

### Trình tự nội dung và các chuẩn đầu ra

Vấn đề để cân nhắc kế tiếp của việc thiết kế chương trình đào tạo là trình tự nội dung và các chuẩn đầu ra. Trình tự là thứ tự của tiến trình học tập của sinh viên. Nếu trình tự được thiết lập một cách đúng đắn, việc học tập sẽ đi theo một chu trình mà trong đó mỗi trải nghiệm được xây dựng trên và củng cố những trải nghiệm trước đó.

#### Chương trình Vật lý Ứng dụng và Kỹ thuật Điện



HÌNH 4.6: KHÁI NIỆM CẤU TRÚC CHƯƠNG TRÌNH Ở ĐẠI HỌC LINKÖPING

Đối với các ngành học truyền thống, trình tự nội dung được xác định tương đối rõ ràng. Trong phần lớn các trường hợp, những trình tự này được xây dựng dựa trên kinh nghiệm của giảng viên, những người giảng dạy và viết các giáo trình kỹ thuật. Trong các ngành khoa học khác, có nhiều cách tiếp cận trong việc xác lập trình tự nội dung. Ví dụ, một số giảng viên cơ học trình bày một cách chi tiết các ví dụ 1 chiều không gian trước khi đề cập các ví dụ 2 hay 3 chiều không gian (cách tiếp cận này thường được gọi là cách tiếp cận kiểu sức bền vật liệu). Một số giảng viên khác giới thiệu

điều kiện cân bằng, các quan hệ tương thích và quan hệ ứng xử một cách tổng quát trước khi áp dụng chúng cho ví dụ đơn giản trong không gian 1 chiều (cách tiếp cận này thường được gọi là cách tiếp cận kiểu cơ học môi trường liên tục). Rõ ràng điểm khác biệt cơ bản ở đây là tùy vào cách chúng ta tiếp cận các vấn đề từ tổng quát đến trường hợp đặc biệt như thế nào. Trong các lĩnh vực mới hơn, cách tiếp cận thậm chí còn đa dạng hơn. Chẳng hạn, trong lĩnh vực khoa học máy tính, tranh luận quan trọng liên quan đến việc nên chăng bắt đầu với việc giảng dạy ngôn ngữ lập trình, lý thuyết tính toán hay là bắt đầu bằng việc giảng dạy về hoạt động của máy tính.

Đối với các chuẩn đầu ra của các kỹ năng, một trình tự phù hợp có thể kém rõ ràng hơn. Đề cương sử dụng một cấu trúc theo chủ đề để đề xuất cái gì nên được dạy. Cả Đề cương và các chuẩn đầu ra liên quan đều không đưa ra sự hướng dẫn về trình tự các chủ đề và các kỹ năng hoặc số lần lặp lại cần thiết để có được trình độ năng lực cần thiết. Ví dụ, không có một trình tự nào được đưa ra về việc dạy kỹ năng làm việc theo nhóm. Bài tập đầu tiên về rèn luyện kỹ năng làm việc theo nhóm nên là không có trường nhóm; có một trường nhóm được chỉ định; có một trường nhóm được bình chọn; hay có một trường nhóm tự đề cử? Có nên có một kết quả cụ thể hay không? Khi nào sinh viên cần được dạy nên làm thế nào để chẩn đoán và thương lượng các giải pháp giải quyết xung đột trong một nhóm – bước đầu hay phần sau trong trải nghiệm của họ? Bằng cách trả lời các câu hỏi như thế này, trình tự học tập cho từng chủ đề của Đề cương có thể được hình thành trong quá trình thiết kế chương trình đào tạo. Nếu không có sự thống nhất về trình tự tại điểm này sẽ phức tạp hóa bước kế tiếp, đó là đối ứng các kỹ năng vào chương trình đào tạo.

Trình độ năng lực cao thường được yêu cầu đối với một số kỹ năng phức tạp, bao gồm thiết kế, giao tiếp, và làm việc theo nhóm. Những kỹ năng này sẽ phải được phát triển trong vài môn học trong suốt chương trình. Ví dụ, trong chương trình Cơ khí Động lực (Vehicle Engineering) ở Học viện Công nghệ Hoàng gia (The Royal Institute of Technology - KTH), một số môn học trong chương trình đào tạo tích hợp giảng dạy làm việc theo nhóm. Trình tự của các hoạt động làm việc theo nhóm được phối hợp với nhau để các kinh nghiệm trong một môn học được xây dựng trên các kinh nghiệm trước, và chuẩn bị sinh viên cho các kinh nghiệm tiếp theo trong trình tự đó. Ở KTH, trình tự của những kinh nghiệm học tập cho một chuẩn đầu ra cụ thể được gọi là *lộ trình phát triển (development route)*. Hai trong số các lộ trình phát triển, về kỹ năng viết và kỹ năng giao tiếp tiếng Anh được mô tả trên Hình 4.7.

Sự phối hợp của các chuẩn đầu ra và kinh nghiệm là cần thiết cho việc đạt được các tiên trình học tập thích hợp và sử dụng các nguồn lực và thời gian một cách hiệu quả. Ví dụ, trong khi sinh viên học viết báo cáo, họ được lợi ích từ sự lặp lại nhiều lần việc sử dụng các tiêu chuẩn giống nhau cho việc viết báo cáo kỹ thuật trong nhiều môn học. Sau khi họ lĩnh hội được các

tiêu chuẩn, họ có thể được lợi từ sự đa dạng ngày càng nhiều của các kiểu viết báo cáo kỹ thuật. Sự phối hợp phát triển giữa các môn học tạo cơ hội cho các giảng viên chia sẻ phương pháp giảng dạy, biểu mẫu phản hồi, và công cụ đánh giá. Bên cạnh đó, với những lộ trình phát triển, giảng viên càng có hiểu biết sâu hơn về toàn bộ chương trình, và các đóng góp của các môn học của họ đối với toàn bộ chương trình. Những nhà “vô địch” của lộ trình phát triển có trách nhiệm hỗ trợ việc phát triển và phân phối các tài liệu, cũng như giám sát sự tiến bộ của sinh viên. Những người “vô địch” này có thể là chuyên gia về các chủ đề, hoặc có thể là giảng viên có mối quan tâm đặc biệt đến các kỹ năng tương ứng.

Lộ trình Phát triển-- Cơ khí động lực-- KTH					
Đề cương CDIO	Năm 1		Năm 2		Năm 3
3.2.3 Giao tiếp viết	Môn qui định	Cơ học 1	Cơ học 2	Cơ khí động lực	Lý thuyết điều khiển
	Toán 1	Toán 2	Cơ chất rắn	Toán 3	Kỹ thuật điện
3.3 Giao tiếp bằng tiếng Anh	Vật	Phương pháp	Phát triển sản phẩm	Cơ lưu chất	Thống kê
				Âm thanh và dao động	Phân tích tín hiệu
					Tối ưu hóa

HÌNH 4.7: TÍCH HỢP CHUẨN ĐẦU RA VỀ KỸ NĂNG VÀO CHƯƠNG TRÌNH ĐÀO TẠO

### Đối ứng các chuẩn đầu ra

Các chuẩn đầu ra sẽ được đối ứng một khi cấu trúc của chương trình đào tạo và trình tự học tập được hình thành. Tiêu chuẩn 3 yêu cầu “một kế hoạch rõ ràng để tích hợp các kỹ năng cá nhân và giao tiếp, các kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình, và hệ thống”. Kế hoạch rõ ràng này, hay sự đối ứng mô tả các kỹ năng cá nhân và giao tiếp, kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình, và hệ thống được đan xen vào các môn học giới thiệu, môn học chuyên ngành và các môn học tổng thể như thế nào. Kết quả của sự đối ứng chương trình đào tạo là một ma trận, trong đó một trục liệt kê các chủ đề của Đề cương ở cấp độ X.X, và một trục liệt kê từng môn học trong chương trình. Bảng 4.3 là một phần trích từ một ma trận tổng quát hóa việc đối ứng chương trình đào tạo. Ma trận được điền các mục phù hợp ở chỗ mà mỗi chủ đề được tích hợp vào các môn của chương trình. Trình tự học tập và trình độ năng lực được đề xuất từ các cuộc khảo sát của các bên liên quan sẽ quyết định các mục điền vào phù hợp.

**BẢNG 4.3: TRÍCH ĐOẠN MỘT MA TRẬN ĐỐI ỨNG CHƯƠNG TRÌNH ĐÀO TẠO**

Môn học	1	2	3	4	5	6	7
1.1 Kiến thức khoa học cơ bản							
1.2 Kiến thức Nền tảng Kỹ thuật Cốt lõi							
1.3 Kiến thức Nền tảng Kỹ thuật Nâng cao							
2.1 Lập luận kỹ thuật và giải quyết vấn đề							
2.2 Thử nghiệm và khám phá kiến thức							
2.3 Suy nghĩ tầm hệ thống							
2.4 Kỹ năng và thái độ cá nhân							
2.5 Kỹ năng và thái độ chuyên nghiệp							
3.1 Làm việc theo nhóm							
3.2 Giao tiếp							

Ở điểm này, các giảng viên tham gia vào việc giảng dạy các môn học trong chương trình phải tham gia vào quá trình thiết kế chương trình đào tạo. Họ đóng góp cái nhìn sâu sắc về tính khả thi của việc tích hợp các kỹ năng cụ thể nào đó vào trong nội dung chuyên môn mà họ phụ trách giảng dạy. Họ cũng phê chuẩn trình tự dự định của chuẩn đầu ra. Bằng cách tham gia vào việc thiết kế chương trình đào tạo, thông qua giai đoạn chỉnh sửa lặp đi lặp lại, các giảng viên hình thành quyền sở hữu đối với chương trình đào tạo tích hợp mới.

Nguyên tắc giúp cho việc quyết định kỹ năng nào nên được tích hợp vào trong mỗi môn học:

- Xác định những sự kết hợp tự nhiên hơn của nội dung chuyên ngành và các kỹ năng cá nhân và giao tiếp, kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình, và hệ thống. Sẽ có một số nội dung và kỹ năng được kết hợp tự nhiên hơn những nội dung và kỹ năng khác.
- Được xây dựng trên mặt mạnh của chương trình đào tạo hiện có.
- Tận dụng việc môn học đang được dạy ở đâu trong trình tự chương trình.
- Bắt đầu với các giảng viên nào sẵn sàng và có thể phát triển môn học của họ theo hướng này. Họ có thể làm gương và mang đến thành công bước đầu, và từ đó thuyết phục được nhiều giảng viên dè dặt hơn trong việc chuyển đổi.

Khung 4.2 mô tả một bài tập để hỗ trợ sự phối hợp giữa các môn học. Bài tập này có thể hữu ích trong việc tích hợp cả các chuẩn đầu ra của nội dung chuyên ngành và kỹ năng.

### KHUNG 4.2: HỘP ĐEN: MỘT VÍ DỤ ĐỂ HỖ TRỢ SỰ PHỐI HỢP GIỮA CÁC MÔN HỌC

Trong một chương trình đào tạo tích hợp, điều quan trọng là giao diện của hai môn học được xác định rõ. Trong bài tập này, giảng viên thảo luận về chuyên ngành và môn học của họ để làm rõ trách nhiệm của từng môn học đối với việc học tổng thể của sinh viên. Để đi đến điểm này một cách nhanh chóng, mỗi môn bắt buộc đơn giản là một hộp đen – chỉ được thảo luận trên phương diện những kiến thức và kỹ năng ở đầu vào; kiến thức và kỹ năng ở đầu ra. Mục đích của việc này là giúp cho sự thảo luận được tập trung.

Trước cuộc họp, các giảng viên được yêu cầu chuẩn bị một bài thuyết trình ngắn về các môn học của họ. Trong mỗi môn học, họ trình bày những kiến thức và khả năng cụ thể mà sinh viên nên có khi họ bắt đầu môn học, cũng như những kiến thức và khả năng cụ thể sinh viên có thể mang đến cho những môn học tiếp theo sau đó. Những điều này được thể hiện thành các chuẩn đầu ra dự định. Với sự chuẩn bị này, có thể xác định và thảo luận những mối liên hệ giữa các môn học, điều chỉnh những gì không nhất quán, những phần không cần thiết, khoảng cách giữa chúng, cũng như tìm ra được nội dung mà một môn học có thể đã vượt ra khỏi dự định ban đầu.

Bài tập này nâng cao sự thảo luận giữa các giảng viên và làm nổi bật những mối liên kết giữa các môn học chuyên ngành hỗ trợ cho nhau. Các lộ trình phát triển cho các chuẩn đầu ra về chuyên ngành và kỹ năng cũng được làm rõ cho toàn thể giảng viên. Lợi ích từ bài tập này sẽ tăng lên khi thảo luận được ghi chép lại rõ ràng. Kinh nghiệm cho thấy rằng bài tập này có thể mang lại những buổi thảo luận hiệu quả. Do đó, việc dành ra một khoảng thời gian dài ở một địa điểm bên ngoài trường để đạt được lợi ích đầy đủ từ bài tập này là một điều nên làm.

ĐẦU VÀO:

ĐẦU RA:

Kiến thức  
và kỹ năng  
trước đó →



Đầu vào cho môn học sau

Đầu vào cho môn học sau

Đầu vào cho môn học sau

Các chuẩn đầu ra "cuối cùng" – năng lực của kỹ sư

- K. EDSTRÖM, KTH

Kết quả cuối cùng của quá trình thiết kế chương trình đào tạo tích hợp nên là một chương trình đào tạo đáp ứng được các mục tiêu học tập và mục tiêu của chương trình. Việc thiết kế chương trình đào tạo tích hợp đòi hỏi ba đặc điểm mong muốn đã thảo luận trong phần giới thiệu của chương này: các môn học chuyên ngành hỗ trợ lẫn nhau; học tập đan xen với nhiều kỹ năng; và các chuẩn đầu ra được xác định rõ cho từng môn học về cả kỹ năng và kiến thức chuyên ngành. Thiết kế chương trình đào tạo cũng tạo ra một môi trường mà trong đó sinh viên có các trải nghiệm học tập tích hợp

rõ ràng các đồ án của họ thật sự vận hành [3], nên nhiều chương trình đã tổ chức những buổi tập huấn cho sinh viên trong đó cho phép họ tạo mẫu thử (prototype) như là một phần của môn giới thiệu.

Kinh nghiệm từ các môn giới thiệu của chúng tôi củng cố và hỗ trợ cho ý kiến rằng các đồ án thiết kế - triển khai giúp sinh viên làm quen và thấy tự tin hơn khi phải tiếp xúc với các vấn đề kỹ thuật không có giải pháp rõ ràng. Ngoài ra, sinh viên còn có thể thể hiện sự hiểu biết về việc làm thế nào để thiết kế và xây dựng một thiết bị với các bộ phận không được xác định trước [4]. Sinh viên thích thú với cơ hội được phát triển các ý tưởng của mình trong một đồ án, và họ đánh giá cao khả năng được nhìn thấy một cái gì đó mà chính họ đã hình thành ý tưởng được trở thành hiện thực. Khung 4.3 mô tả một môn học giới thiệu ở Đại học Linköping.

#### **KHUNG 4.3. MỘT MÔN HỌC GIỚI THIỆU Ở ĐẠI HỌC LINKÖPING**

Là kết quả của Đề xướng CDIO, Chương trình Vật lý Ứng dụng và Kỹ thuật Điện ở Đại học Linköping đã thiết kế một môn học giới thiệu được gọi là Đồ án Kỹ thuật Y. Sự phát triển của môn học này bắt đầu từ đầu năm 2001, và môn học được đưa vào giảng dạy lần đầu tiên vào năm 2002. Môn học thu hút gần 150 sinh viên mỗi năm, và kéo dài toàn bộ học kỳ thứ nhất, và tương ứng với khoảng 25% khối lượng học tập của sinh viên. Môn học giới thiệu này bao gồm ba phần chính: một loạt các bài giảng và buổi thảo luận, thực hiện đồ án, và hội thảo về đồ án:

- **Bài giảng và buổi thảo luận:**

Một loạt các bài giảng và buổi thảo luận trình bày các chủ đề liên quan đến vai trò của kỹ sư, sự năng động của nhóm làm việc, giao tiếp qua nói và viết, thu thập thông tin, và mô hình quản lý đồ án được phát triển ở Đại học Linköping. Thêm vào đó, đại diện của doanh nghiệp cũng tham gia giảng dạy với tư cách khách mời.

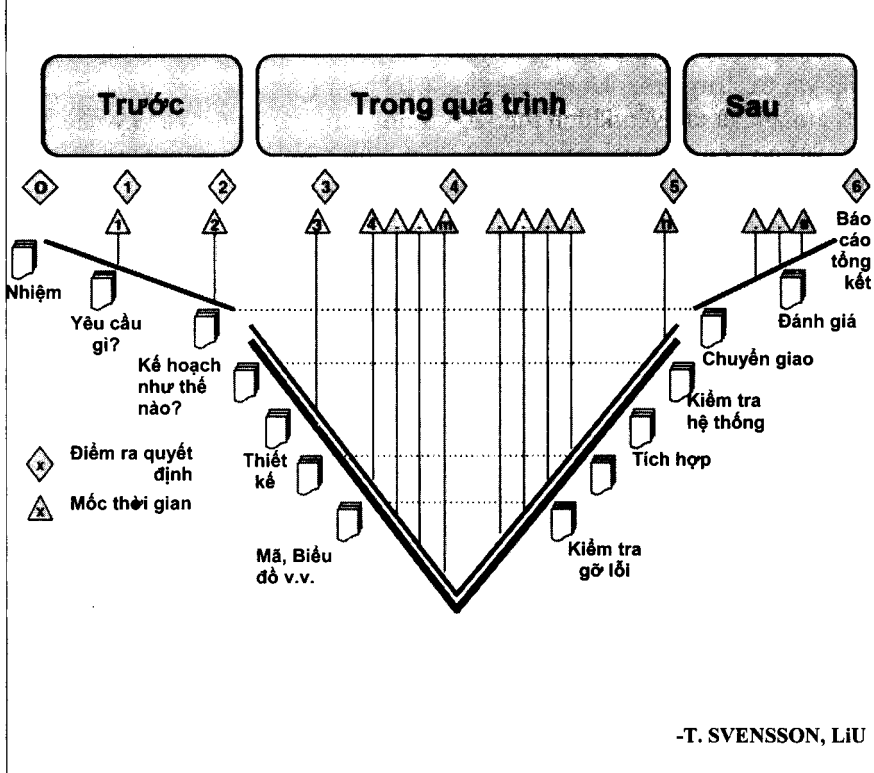
- **Công việc đồ án:**

Các nhân viên của đồ án phân sinh viên thành những nhóm từ năm đến sáu người để thực hiện công việc đồ án. Mỗi nhóm được giao một nhiệm vụ của đồ án dựa theo các chi tiết yêu cầu kỹ thuật. Mỗi năm có trung bình khoảng 10 nhiệm vụ đồ án khác nhau đề ra bởi năm khoa khác nhau. Đồ án đại diện bao gồm: “Giám sát nhiệt độ trong nhà dựa trên nền web”, “Dò tìm vật thể di động trong chuỗi hình ảnh”, và “Hệ thống điều khiển giúp tối ưu hóa hiệu suất của xe hơi mẫu”. Các công việc đồ án được quản lý bằng phương pháp quản lý dự án, được gọi là LIPS, được hình thành tại trường Đại học Linköping. Mô hình dự án LIPS được trình bày bên dưới và chi tiết sẽ được giải thích ở Chương 5.

Bắt đầu từ yêu cầu kỹ thuật, bước đầu tiên trong công việc đồ án là vạch ra kế hoạch đồ án và thời gian. Các kế hoạch này phải được phía khách hàng của đồ án chấp thuận trước khi công việc được tiến hành. Trong nhiều trường hợp, các thành viên của nhóm thỏa thuận một hợp đồng nhóm trong đó quy định rõ các quy tắc làm việc trong nhóm và những cách giải quyết mâu thuẫn. Trong suốt công việc đồ án, các nhóm họp thường xuyên, và họ trao đổi các kết quả đồ án cho khách hàng theo các yêu cầu kỹ thuật. Ở lần báo cáo kết quả tổng kết, các chuyên gia trong lĩnh vực giao tiếp nói và viết sẽ đánh giá bài thuyết trình của nhóm và đưa ra phản hồi cũng như lời khuyên cho các nhóm về kỹ năng giao tiếp của họ. Khi khách hàng chấp thuận kết quả, mỗi nhóm sẽ viết bài phản ánh, trong đó họ đánh giá công việc của mình, trên phương diện kết quả kỹ thuật lẫn công việc của nhóm.

• **Hội thảo đồ án:**

Môn học kết thúc với một hội thảo tổng kết trong đó các nhóm trình bày phần công việc của mình. Hội thảo được tổ chức với các phiên họp song song, và giảng viên đóng vai trò chủ tọa trong các phiên họp. Buổi hội thảo tạo cơ hội để sinh viên luyện tập khả năng hùng biện trước đám đông khán giả.



**TÓM TẮT**

Một chương trình đào tạo tích hợp được mô tả bằng một phương pháp có hệ thống việc giảng dạy những kỹ năng cá nhân và giao tiếp; những kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình, và hệ thống. Nó được tổ chức xoay quanh, và tích hợp với các kiến thức nền tảng kỹ thuật hỗ trợ qua lại với nhau. Phương pháp tiếp cận tích hợp này phát huy được kiến thức chuyên sâu hơn thông qua việc ứng dụng các khái niệm kỹ thuật và nhấn mạnh đến tầm quan trọng của các kỹ năng trong thực hành kỹ thuật. Việc thiết kế một chương trình đào tạo tích hợp bắt đầu từ việc thiết lập các chuẩn đầu ra dựa trên ý kiến đóng góp của bên liên quan, và việc xem xét các điều kiện đã tồn tại trước đó, chẳng hạn như, mục tiêu và độ dài của chương trình và những chính sách và văn hóa của trường.

Quá trình thiết kế chương trình đào tạo tập trung vào ba thành phần chính yếu sau: cấu trúc, trình tự, và đối ứng. Những ví dụ từ các chương trình CDIO minh họa cho việc ứng dụng các thành phần này. Kết quả của quá trình thiết kế là một chương trình đào tạo tích hợp bao gồm một môn học giới thiệu, các môn học kiến thức chuyên ngành, các môn học kiến thức chuyên sâu, và các trải nghiệm thiết kế - triển khai tổng hợp đan xen chặt chẽ với các các chuẩn đầu ra của kỹ năng. Các môn học giới thiệu đóng vai trò truyền tải khung chương trình của thực hành kỹ thuật, thu hút sự tham gia và khuyến khích thúc đẩy sinh viên, truyền đạt các kỹ năng đầu tiên, và tạo nên các trải nghiệm cá nhân giúp nâng cao việc học kiến thức chuyên ngành. Các môn học giới thiệu thường bao gồm các trải nghiệm thiết kế - triển khai sẽ được đề cập chi tiết hơn ở Chương 5. Các vấn đề về thiết kế một chương trình đào tạo tích hợp sẽ được nhắc lại trong Chương 6 với sự thảo luận về các thách thức trong việc giảng dạy tích hợp.

### CÂU HỎI THẢO LUẬN

1. Các điều kiện đã tồn tại từ trước nào, chẳng hạn như cấu trúc chương trình học, tạo điều kiện thuận lợi hay cản trở việc thiết kế một chương trình đào tạo tích hợp trong chương trình của bạn?
2. Bằng cách nào bạn có thể tích hợp các chuẩn đầu ra của kỹ năng vào chương trình đào tạo hiện có của bạn?
3. Trong các cấu trúc chương trình đào tạo được trình bày trong chương này, cấu trúc nào khả thi cho chương trình của bạn?
4. Môn học giới thiệu hiện có có thể được điều chỉnh như thế nào để đáp ứng được các mục đích của môn học giới thiệu trong chương trình CDIO?

### Tài liệu tham khảo

- [1] Barrie, S. C., "A Research-Based Approach to Generic Graduate Attributes Policy", Higher Education Research & Development, Vol. 23, No. 3, August 2004.
- [2] Bankel, J., Berggren, K. F., Crawley, E. F., Engström, M., El Gaidi, K., Wiklund, I., Östlund, S., and Soderholm, D., "Benchmarking Engineering Curricula With the CDIO Syllabus", International Journal of Engineering Education, Vol. 21, No. 1, 2005, pp. 121-133.
- [3] West, H., "A Criticism of an Undergraduate Design Curriculum", Design Theory & Methodology, ASME DE, Vol. 31, 1991, pp. 7-12.
- [4] Newman, D. J., and Amir, A. R., "Innovative First-Year Aerospace Design Course at MIT", Journal of Engineering Education, Vol. 90, No. 3, 2001, pp. 375-381.



# CHƯƠNG NĂM

## TRẢI NGHIỆM THIẾT KẾ - TRIỂN KHAI VÀ KHÔNG GIAN LÀM VIỆC KỸ THUẬT

VIẾT CÙNG VỚI P.W. YOUNG VÀ S. HALLSTRÖM

### GIỚI THIỆU

Ở chương này, chúng ta tiếp tục thảo luận về giải pháp cho câu hỏi trọng tâm thứ hai xoay quanh việc nâng cao chất lượng giáo dục kỹ thuật – *Làm thế nào để chúng ta có thể làm tốt hơn trong việc đảm bảo sinh viên đạt được những kỹ năng này?* Ở Chương 4, chúng ta đã xem xét việc một chương trình đào tạo có thể được tái cấu trúc và tái bố trí lại như thế nào, nhằm tăng cường sự liên kết giữa các môn học chuyên ngành và đan xen những kỹ năng cần thiết vào trong kế hoạch đào tạo. Trong chương này, chúng ta sẽ xem xét một phương pháp, có lẽ là công cụ quan trọng nhất, để đáp ứng được những đòi hỏi đặt ra trong chương trình đào tạo tích hợp cho ngành kỹ thuật – trải nghiệm qua thiết kế - triển khai.

Các trải nghiệm thiết kế - triển khai cho phép sinh viên thiết kế, triển khai (xây dựng, viết báo cáo, chế tạo) và kiểm tra sản phẩm, quy trình hay hệ thống thực hay chi tiết thay thế hợp lý nào đó. Những trải nghiệm như vậy đôi khi được gọi là thiết kế - xây dựng, thiết kế - xây dựng - kiểm tra, hay thiết kế - xây dựng - bay. Trong kỹ thuật phần mềm, sinh viên thường thiết kế và sau đó lập trình. Các môn học dựa trên sự thi đua sẽ có đủ các khía cạnh của thiết kế - xây dựng - thi đua. Tương phản với những môn học “thiết kế trên giấy” truyền thống, nét đặc trưng chủ yếu của những trải nghiệm này là việc sinh viên thật sự xây dựng thiết kế và kiểm chứng tính hiệu quả của nó.

Các trải nghiệm qua thiết kế - triển khai là nét đặc trưng chính của một chương trình CDIO. Tầm quan trọng của chúng được nêu bật bởi những lý do sau:

- Chúng có tác động kép, nghĩa là, chúng dạy cho sinh viên những kỹ năng cá nhân và giao tiếp, kỹ năng thiết kế và triển khai sản phẩm, quy trình và hệ thống, và đồng thời củng cố kiến thức chuyên môn.
- Chúng nâng cao việc học kiến thức nền tảng, qua việc được trình bày nhiều lần trong chương trình đào tạo, trước hết là để giới thiệu và tạo động lực học tập, và sau đó là tạo những cơ hội cho việc ứng dụng.
- Chúng bao hàm cả việc học chủ động, trong đó sinh viên xem xét, ứng dụng và đánh giá ý tưởng; và việc học dựa trên trải nghiệm, trong đó sinh viên sẽ tham gia vào vai trò mô phỏng thực hành kỹ thuật chuyên nghiệp, như sẽ được thảo luận ở Chương 6.
- Chúng tạo động lực thúc đẩy và thú vị, lôi cuốn sinh viên vào ngành kỹ thuật và giữ chân họ trong môn học một khi họ đã ghi danh.

Bởi vì có vai trò quan trọng đối với giáo dục kỹ thuật, các trải nghiệm thiết kế -triển khai không nên mang tính tùy chọn, mà phải được tích hợp một cách nghiêm túc cẩn thận vào chương trình đào tạo. Sinh viên phải được tham gia ít nhất là hai chu kỳ thiết kế - triển khai để có được sự hỗ trợ tốt nhất trong việc tiếp thu kiến thức chuyên môn và rèn luyện những kỹ năng.

Một khía cạnh bổ sung quan trọng của chương trình CDIO là nó cung cấp không gian làm việc tạo điều kiện cho việc học tập dựa trên đồ án thực hành. Điều này không nhất thiết phải là phòng ốc hay không gian hoàn toàn mới được tạo ra để phục vụ mục đích này, nhưng nó có thể là những phòng ốc được tái bố trí từ những không gian trước đây vốn là lớp học hay các phòng thí nghiệm kỹ thuật truyền thống.

Chương này sẽ thảo luận những cách thức giáo dục chính được dùng để lên kế hoạch và tiến hành các trải nghiệm thiết kế - triển khai. Chúng tôi đã lấy những ví dụ từ những trải nghiệm thu thập được của các chương trình tham gia Đề xướng CDIO. Chúng tôi cũng sẽ thảo luận về không gian làm việc, hay môi trường học tập, nơi diễn ra các trải nghiệm thiết kế - triển khai này. Nội dung mô tả về không gian làm việc sẽ bao gồm các đặc điểm chủ yếu của không gian làm việc hiệu quả và những đề xuất để chỉnh sửa lại các điều kiện cơ sở vật chất hiện có nhằm phục vụ các trải nghiệm thiết kế - triển khai.

## MỤC TIÊU CỦA CHƯƠNG

Chương này được soạn thảo nhằm giúp độc giả

- Nhận thức được tầm quan trọng của các trải nghiệm thiết kế - triển khai và không gian làm việc trong nền giáo dục kỹ thuật.
- Liệt kê những yêu cầu cho các trải nghiệm thiết kế - triển khai và những không gian làm việc phù hợp.

- Đưa ra những ví dụ về trải nghiệm thiết kế - triển khai trong các bối cảnh giáo dục khác nhau.
- Thảo luận về những lợi ích và thách thức của trải nghiệm thiết kế - triển khai.
- Thích ứng những cơ sở vật chất và nguồn lực hiện có để cải tiến các trải nghiệm thiết kế - triển khai và không gian làm việc CDIO.

## CÁC TRẢI NGHIỆM THIẾT KẾ - TRIỂN KHAI

Một trải nghiệm thiết kế - triển khai là một chuỗi những hoạt động mà trong đó việc học tập diễn ra thông qua sự phát triển một sản phẩm, quy trình, hay một hệ thống. Tiêu chí chính yếu của một trải nghiệm như vậy là vật thể tạo ra được thiết kế và triển khai đến một giai đoạn mà sinh viên có thể kiểm tra sự vận hành của nó. Ở giai đoạn này, sinh viên xác minh xem sản phẩm, quy trình, hay hệ thống có đáp ứng yêu cầu đặt ra hay không. Từ đó, họ xác định những khả năng để cải tiến.

### Ý nghĩa của trải nghiệm thiết kế - triển khai

Chúng tôi dùng thuật ngữ *trải nghiệm thiết kế - triển khai* để nói về một loạt các hoạt động kỹ thuật tập trung chủ yếu vào quá trình phát triển sản phẩm, quy trình và hệ thống mới. Các trải nghiệm này cho phép sinh viên được trải nghiệm qua hầu hết hay tất cả các hoạt động trong các giai đoạn *Thiết kế* và *Triển khai* của mô hình chu trình vòng đời sản phẩm, quy trình, hay hệ thống. Thật ra, hai giai đoạn này là “cốt lõi” của chu trình vòng đời sản phẩm. Như chúng ta đã thảo luận ở Chương 2, quá trình *Thiết kế* tập trung vào việc tạo ra thiết kế, nghĩa là, những bản kế hoạch, bản vẽ và những thuật toán mô tả sản phẩm, quy trình hay hệ thống gì sẽ được triển khai. Quá trình *Triển khai* là việc chuyển thiết kế thành sản phẩm, bao gồm sản xuất phần cứng, lập trình phần mềm, thử nghiệm, kiểm tra, và phê chuẩn. Khi sinh viên thành thạo hơn, các trải nghiệm thiết kế - triển khai có thể sẽ phù hợp để bao gồm thêm các khía cạnh thích hợp về thiết kế khái niệm (conceptual design) của giai đoạn *Hình thành Ý tưởng*. *Hình thành Ý tưởng* bao gồm việc định nghĩa nhu cầu của khách hàng; cân nhắc công nghệ sử dụng, chiến lược kinh doanh, những quy tắc; và phát triển những kế hoạch mang tính khái niệm, kỹ thuật, và kinh doanh.

Giai đoạn cuối cùng của chu trình vòng đời là *Vận hành*, sử dụng những sản phẩm, quy trình và hệ thống đã được triển khai để mang lại giá trị dự định, bao gồm cả việc bảo trì, nâng cấp, và đào thải hệ thống. Lý tưởng nhất là sinh viên được tiếp xúc với những khía cạnh của việc vận hành thật sự, nhưng kinh nghiệm cho thấy rằng điều này khó thực hiện trong môi trường giáo dục ngoại trừ đối với những thiết bị đơn giản nhất. Do đó, vì cả hai lý do sự phạm và thực tiễn, chúng ta tập trung cho việc

## **Những trải nghiệm thiết kế - triển khai ở trình độ cơ bản**

Như đã giải thích ở Chương 4, một chương trình đào tạo tích hợp đem những trải nghiệm thiết kế - triển khai vào càng sớm càng tốt. Những môn học giới thiệu trong năm thứ nhất thường bao gồm các trải nghiệm thiết kế - triển khai ở trình độ cơ bản. Những trải nghiệm sớm này có tác động tích cực đáng kể đối với sinh viên năm thứ nhất. Các sinh viên được giới thiệu cách thức giải quyết vấn đề kỹ thuật có cấu trúc rõ ràng với các cơ hội được ứng dụng các nguyên lý kỹ thuật cơ bản. Bên cạnh đó, họ được học cách làm việc theo nhóm và cách trao đổi với nhau về quá trình tiến hành cũng như kết quả đạt được. Những trải nghiệm sớm này còn là biện pháp hữu hiệu nhằm giới thiệu nội dung kiến thức chuyên ngành sẽ được giảng dạy ở những học kỳ kế tiếp. Việc giới thiệu các kiến thức chuyên ngành sớm sẽ có tác dụng tạo nên lòng nhiệt tình của sinh viên đối với kỹ thuật. Trong những môn học sớm này, sinh viên có thể sáng tạo và có được thời gian vui vẻ với các bạn trong nhóm. Sinh viên cũng có thể tiếp thu được một sự hiểu biết sâu sắc hơn về chuyên ngành kỹ thuật trước khi chọn một lĩnh vực chuyên sâu.

Các trải nghiệm thiết kế - triển khai cơ bản cũng mang lại nhiều lợi ích cho giảng viên. Từ những trải nghiệm, giảng viên làm quen với những tính cách, sự chín chắn, sự đáng tin cậy, và những kỹ năng đặc biệt của từng sinh viên từ rất sớm trong quá trình đào tạo. Bởi vì họ hiểu rõ hơn từng sinh viên nên người giảng viên có thể nhận biết được từng cá nhân sinh viên, và cách học tập của họ, những điều mà họ không thể làm được trong những lớp học mang tính truyền thống hơn. Điều này tăng cường sự tiếp xúc cá nhân với từng sinh viên và tạo điều kiện cho việc tư vấn, hướng dẫn, và đánh giá học tập.

## **Những trải nghiệm thiết kế - triển khai ở trình độ nâng cao**

Trái với những trải nghiệm cơ bản, những trải nghiệm thiết kế - triển khai nâng cao thường được chuẩn bị cho sinh viên năm thứ ba hoặc năm thứ tư. Chúng cung cấp những cơ hội thực tế để phân tích, thiết kế, xây dựng, kiểm tra, và cuối cùng là vận hành các hệ thống kỹ thuật hoạt động ở mức độ phức tạp cao hơn so với các trải nghiệm cơ bản. Trong khi các trải nghiệm cơ bản chia sinh viên thành nhiều nhóm nhỏ và ứng dụng kiến thức kỹ thuật tương đối hạn hẹp, những nhóm đề án nâng cao thường lớn hơn và đòi hỏi những khả năng kỹ thuật với phạm vi rộng lớn hơn. Một đề án nâng cao có thể đòi hỏi một nhóm từ 12 tới 15 sinh viên cùng làm trong một đề án duy nhất kéo dài trong một hoặc nhiều học kỳ. Những đề án này thường bắt nguồn từ các cuộc nghiên cứu chuyên nghiệp, các đề án hợp tác với doanh nghiệp, và các giải pháp cho những vấn đề thực tế.

Những trải nghiệm thiết kế - triển khai nâng cao thường mang tính thử thách về mặt kỹ thuật ở tất cả các giai đoạn của đề án. Công việc bao gồm thiết kế và triển khai các bộ phận do sinh viên tạo thành, cũng như thử nghiệm, kiểm tra, và phê chuẩn cùng với các bộ phận kinh doanh ngoài thị

trường hoặc các bộ phận tạo ra bởi các sinh viên khác. Các nhiệm vụ kỹ thuật liên quan thường ở trình độ mà sinh viên sẽ sớm gặp phải trong nghề nghiệp của họ, bao gồm việc sử dụng những bộ vi xử lý công suất cao, hệ thống tự hành và hệ thống điều khiển, phép đo từ xa không dây, gia công chính xác, cấu trúc nhẹ, giao diện người sử dụng, và tương tự. Nhu cầu đối với kiến thức kỹ thuật và những kỹ năng liệt kê trong Đề cương CDIO sẽ tăng dần khi nhiệm vụ của sinh viên trở nên phức tạp hơn.

## Những đặc điểm của trải nghiệm thiết kế - triển khai

Việc phát triển và thực hiện các trải nghiệm thiết kế - triển khai có thể phức tạp hơn so với nhiều so với việc phát triển và giảng dạy các môn học truyền thống. Việc lập kế hoạch và tổ chức các trải nghiệm này đòi hỏi cân nhắc một vài nhân tố, đặc biệt là trong việc lựa chọn những dự án phù hợp và quản lý các nguồn lực. Hơn thế nữa, chất lượng của trải nghiệm học tập tùy thuộc vào sự kết hợp mang tính cộng lực (synergistic) của không gian làm việc thích hợp và sự hỗ trợ đầy đủ của giảng viên. Bản chất chi tiết của trải nghiệm thiết kế - triển khai phụ thuộc phần lớn vào chuyên ngành kỹ thuật mà từ đó nó được rút ra. Tuy nhiên, những đặc điểm thiết yếu và mong muốn của những trải nghiệm thiết kế - triển khai hiệu quả là khá phổ biến, và được liệt kê trong Bảng 5.1.

**BẢNG 5.1: NHỮNG ĐẶC ĐIỂM THIẾT YẾU VÀ MONG MUỐN CỦA NHỮNG TRẢI NGHIỆM THIẾT KẾ-TRIỂN KHAI**

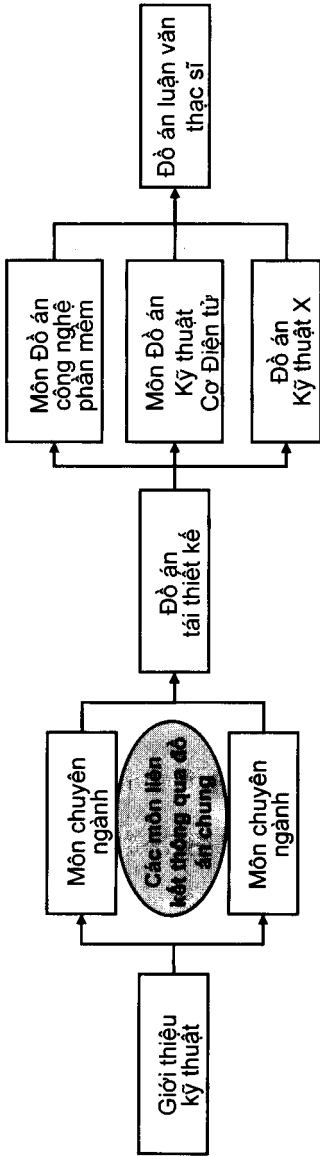
<b>Những đặc điểm thiết yếu</b>	Trải nghiệm thiết kế - triển khai <ul style="list-style-type: none"> <li>• giới thiệu và củng cố kiến thức chuyên ngành</li> <li>• nâng cao những kỹ năng thiết kế và triển khai sản phẩm, quy trình và hệ thống kỹ thuật</li> <li>• tập trung vào thiết kế và triển khai, bao gồm cả kiểm tra</li> <li>• bao hàm các yếu tố về khái niệm và vận hành</li> <li>• nhấn mạnh các chuẩn đầu ra thay vì là sản phẩm hay quy trình cuối cùng</li> <li>• cho phép nhiều hướng tiếp cận để đi đến giải pháp</li> <li>• tích hợp toàn diện vào chương trình đào tạo</li> <li>• bao gồm huấn luyện đầy đủ việc sử dụng các thiết bị</li> <li>• mang đến cho tất cả các sinh viên những cơ hội giống nhau để phát triển kỹ năng của họ</li> <li>• nâng cao sự yêu thích của sinh viên đối với kỹ thuật</li> <li>• Khen thưởng sinh viên một cách công bằng cho những đóng góp của họ đối với các nhiệm vụ</li> </ul>
<b>Những đặc điểm mong muốn</b>	Trải nghiệm thiết kế - triển khai <ul style="list-style-type: none"> <li>• cung cấp nền tảng cho việc huấn luyện những kỹ năng cá nhân và chuyên nghiệp</li> <li>• phát triển những kỹ năng làm việc theo nhóm và xây dựng cộng đồng</li> <li>• phát triển những kỹ năng giao tiếp viết, nói, và đồ họa</li> <li>• là liên ngành</li> <li>• cho phép sinh viên xây dựng và vận hành những hệ thống nhỏ, vừa, và lớn cho phép chế tạo, kiểm tra, và tái thiết kế mẫu thử</li> </ul>

## Các trải nghiệm thiết kế - triển khai xuyên suốt chương trình đào tạo

Chúng ta nhận thấy rằng một trải nghiệm thiết kế - triển khai duy nhất, dù được chuẩn bị tốt đến như thế nào đi chăng nữa, cũng không đủ để đem đến cho sinh viên một sự hiểu biết hoàn toàn về quy trình thiết kế - triển khai. Để nắm vững những kỹ năng này, cũng như bất kỳ kỹ năng nào khác, đều đòi hỏi sự rèn luyện của sinh viên. Một chiến thuật hiệu quả là tích hợp một trình tự gồm các trải nghiệm thiết kế - triển khai vào chương trình đào tạo và hoạch định cho sự đa dạng một cách có hệ thống cho nhiều tình huống. Các đồ án trong giai đoạn đầu của chương trình giới thiệu những khái niệm và chiến thuật cơ bản. Trong các trải nghiệm ở giai đoạn sau, các đồ án phức tạp hơn giúp sinh viên tích hợp những kiến thức và kỹ năng cần thiết xuyên suốt toàn bộ chương trình đào tạo. Một đồ án có thể nhấn mạnh tính sáng tạo, trong khi một đồ án khác tập trung vào khả năng chế tạo hay những vấn đề tích hợp kiến thức đa ngành. Hình 5.1 minh họa một kế hoạch tích hợp các trải nghiệm thiết kế - triển khai trong chương trình đào tạo năm năm.

**Các đồ án năm thứ nhất.** Trong năm thứ nhất, trải nghiệm thiết kế - triển khai có thể là một phần của môn học giới thiệu trong đó nhấn mạnh vào những nguyên tắc cơ bản của quy trình thiết kế, ví dụ, như việc nêu ra và lựa chọn khái niệm. Tính sáng tạo được khuyến khích qua các bài tập thực tiễn. Những mẫu thử thì đơn giản, nhưng cho phép sinh viên đi hết quá trình từ những nhu cầu của người sử dụng cho tới việc xây dựng và kiểm tra. Bản thiết kế có thể bao gồm sự phân tích dựa trên những kiến thức cơ bản đã học ở trung học phổ thông hay trong năm thứ nhất. Nên thiết kế nhiệm vụ sao cho chi phí của các nguyên vật liệu và thiết bị được giữ ở mức tối thiểu. Sinh viên thường làm việc theo nhóm từ ba tới năm người, luyện tập những kỹ năng giao tiếp và làm việc theo nhóm. Một mô hình quản lý đồ án đơn giản có thể được đưa vào với mốc thời gian (milestone), tên gọi, và biểu mẫu cụ thể để lập báo cáo đồ án. Một ví dụ cho một mô hình đồ án như vậy là Mô hình Quản lý dự án Linköping (Linköping Project Management Model - LIPS) [2], được mô tả ở Khung 5.1.

**Các đồ án năm thứ hai.** Trong năm thứ hai, trải nghiệm thiết kế - triển khai có thể được sử dụng để tích hợp kiến thức cần thiết trong các môn học chuyên ngành khác nhau, như được đề xuất trên Hình 5.1. Một cách tiếp cận là xếp thành đôi hai môn kỹ thuật để thiết kế đa ngành. Một lựa chọn khác là xếp thành cặp một môn học chuyên ngành với một môn học tập trung về chế tạo, kỹ thuật phần mềm hay những chủ đề tương tự. Sinh viên có thể thiết kế và triển khai mẫu thử dựa trên nhiệm vụ do doanh nghiệp đặt ra nhằm tăng thêm tính thực tiễn cho công việc.



Đặc điểm vấn đề	Đặc điểm	Đề xuất của đồ án
Thiết kế khái niệm sáng tạo	Xem xét đa ngành Công ty là khách hàng	Mẫu thử đơn giản Phân tích chất lượng
	Đa mục tiêu Tái thiết kế	Mẫu thử nâng cao hơn Một số mô phỏng
	hiết kế sáng tạo bao gồm khía cạnh phát triển kinh doanh	Mẫu thử theo yêu cầu Mô phỏng theo yêu cầu Kế hoạch kinh doanh
	Nhóm liên khoa Công ty là khách hàng	Thuyết trình Viết báo cáo

Năm 1 Năm 2 Năm 3 Năm 4 Năm 5

HÌNH 5.1: KẾ HOẠCH TÍCH HỢP TRẢI NGHIỆM THIẾT KẾ - TRIỂN KHAI XUYẾN SUỐT CHƯƠNG TRÌNH HỌC

Tại thời điểm này, sinh viên có thể quyết định những bản thiết kế dựa trên những kiến thức kỹ thuật mà họ học được ở năm thứ nhất. Họ nên cân nhắc khả năng chế tạo mẫu thử nhằm đạt được các giải pháp chi phí có hiệu quả. Sự mô phỏng (simulation) có thể được sử dụng ở mức độ cao hơn là trong những môn học trước đó, và các mẫu thử cũng nâng cao hơn. Trong trải nghiệm ở năm thứ hai, những kỹ năng giao tiếp có thể được truyền đạt một cách rõ ràng, và sinh viên lại làm việc theo từng nhóm nhỏ. Sinh viên thuyết trình kết quả công việc của họ trước lớp và chia sẻ quá trình và ý tưởng của họ trong những bài báo cáo. Mô hình quản lý đồ án tương tự như đã được giới thiệu ở năm thứ nhất có thể được sử dụng lại, nhưng ở mức độ chi tiết hơn.

Trong một đồ án thiết kế - triển khai ở năm thứ hai tại Đại học Queen's - Belfast, các lớp được chia thành những nhóm sáu người để đảm nhận việc thiết kế, xây dựng, và kiểm tra một thanh dầm dài 1 m uốn tại 3 điểm (3-point bending). Mục đích là để đạt được độ tải tối đa cho mỗi đơn vị trọng lượng. Trải nghiệm này đòi hỏi sự ứng dụng lý thuyết đã được giới thiệu ở năm thứ nhất và phát triển ở năm thứ hai. Khung 5.2 mô tả trải nghiệm thiết kế - triển khai này ở Đại học Queen's.

**Các đồ án năm thứ ba và năm thứ tư.** Trong năm thứ ba và năm thứ tư, các sinh viên được giao những nhiệm vụ có độ phức tạp và xác thực tăng lên. Ví dụ, trong năm thứ ba họ có thể được yêu cầu tái thiết kế các sản phẩm hiện có để tăng hiệu suất hay giảm các chi phí và tác động đến môi trường. Việc phân tích sự cân đối giữa nhiều mục tiêu nay được cân nhắc trực tiếp hơn. Tại thời điểm này, sinh viên có thể sử dụng nhiều hơn các chiến thuật được điều chỉnh phù hợp với hoàn cảnh để đưa ra quyết định, lựa chọn những mẫu thử và phương pháp mô phỏng cần thiết để hỗ trợ các quy trình của sự phát triển (Hình 5.1).

#### **KHUNG 5.1: MÔ HÌNH QUẢN LÝ DỰ ÁN Ở LINKÖPING (THE LINKÖPING PROJECT MANAGEMENT MODEL - LIPS)**

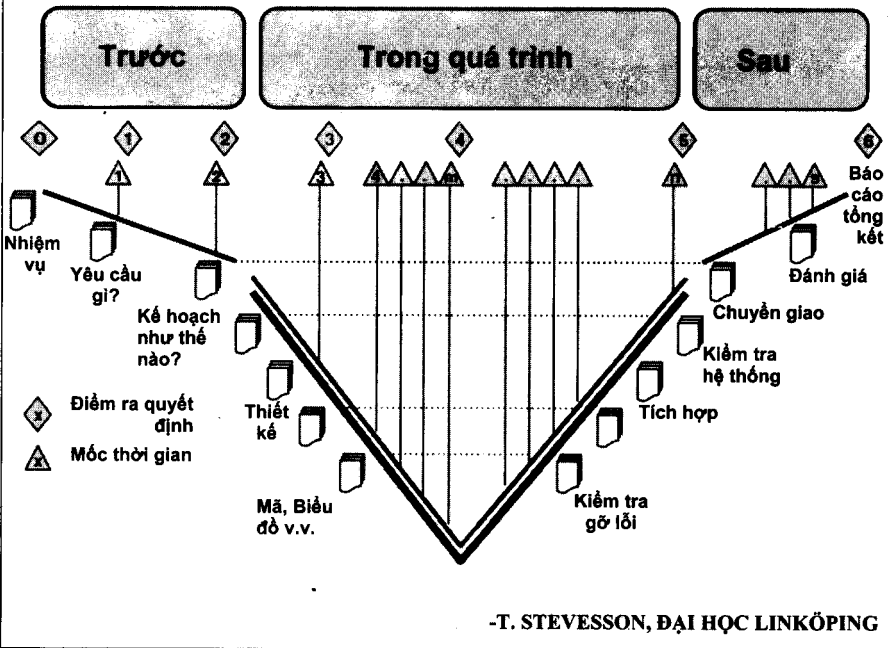
Mô hình LIPS, được thiết kế tại Đại học Linköping ở Thụy Điển, hỗ trợ các trải nghiệm thiết kế - triển khai và giới thiệu phương pháp quản lý dự án chuyên nghiệp trong môi trường giáo dục. LIPS phù hợp với các mô hình dự án hiện đại và được điều chỉnh để sử dụng cho các dự án giáo dục và các dự án doanh nghiệp nhỏ. Mô hình giới thiệu các giai đoạn, các định nghĩa, chuỗi quyết định cần thiết để điều hành một dự án một cách có hiệu quả. Ba giai đoạn của mô hình mô tả sự chuẩn bị và hoạch định cho dự án (giai đoạn hình thành ý tưởng), thực hiện dự án (giai đoạn thiết kế và triển khai), và chuyển giao dự án và đánh giá (giai đoạn vận hành). Mô hình còn bao gồm những mô tả về hoạt động, vai trò, và giao tiếp trong dự án.

Biểu mẫu điện tử mô tả và minh họa các văn bản dự án. Các văn bản này bao gồm các biểu mẫu cho các yêu cầu cụ thể, kế hoạch dự án, kế hoạch thời gian, các báo cáo tình hình, biên bản các cuộc họp, và phản ánh về dự án. Việc sử dụng mốc thời gian và các điểm quyết định được giới thiệu trong mô hình này. Bản chất hoạt động của dự án được học thông qua mối quan hệ người bảo trợ-người thực hiện. Vào các thời điểm quyết định đã được xác định trước, sinh viên được yêu cầu nộp các báo cáo để có được sự chấp thuận để bắt đầu giai đoạn kế tiếp của đồ án.



LIPS có thể điều chỉnh được và có thể sử dụng để theo dõi các dự án với nhiều mức độ phức tạp khác nhau. Tại Đại học Linköping, mô hình được sử dụng cho các môn học CDIO trong chương trình Vật lý và Kỹ thuật Điện Ứng dụng. Mỗi sinh viên sử dụng LIPS cho đồ án giới thiệu trong năm thứ nhất, đồ án điện tử nâng cao vào năm thứ ba và đồ án tốt nghiệp trong năm thứ tư.

Mô hình đã được sử dụng thành công cho hơn 150 đồ án. Các trải nghiệm sử dụng LIPS đem đến nhiều ưu điểm. Ví dụ, các bước thực hiện được xác định rõ ràng trong mô hình tạo nên việc đánh giá liên tục một cách tự động. Chúng cũng báo động khi đồ án bị chậm tiến độ hay một thành viên nào của nhóm không có sự đóng góp. Hơn nữa, việc sử dụng các biểu mẫu điện tử giúp cắt giảm đáng kể thời gian cần thiết để viết và đánh giá đồ án.



Trong các đồ án năm thứ tư, phạm vi có thể được mở rộng hơn để bao gồm những khía cạnh phát triển kinh doanh. Các nhóm có nhiều người hơn, thường có từ tám tới 10 sinh viên từ các khoa khác nhau và có thể có sinh viên từ chương trình kinh doanh. Những đợt khảo sát khách hàng và thị trường có thể bao gồm trong đồ án. Những kỹ năng giao tiếp và những mô hình quản lý dự án được chỉnh chu và cải tiến hơn. Việc quản lý đồ án có tổ chức, ghi chép liên tục, và theo sát các quyết định là cần thiết cho việc hoàn tất đồ án. Những mâu thuẫn về lợi ích và nhiều cách tiếp cận khác nhau đối với những nhiệm vụ có thể là một phần bản chất hoạt động của nhóm.



HÌNH 5.2: ĐỒ ÁN SPHERES Ở MIT: QUÁ TRÌNH KIỂM TRA CÁC ROBOT TRONG TÌNH TRẠNG “KHÔNG TRỌNG LỰC”

## Những thách thức của trải nghiệm thiết kế - triển khai

Việc mang đến các trải nghiệm thiết kế - triển khai hiệu quả và tạo động lực thúc đẩy cho sinh viên đặt ra một số thách thức cho chương trình kỹ thuật [3].

- *Các chuẩn đầu ra cho những trải nghiệm thiết kế - triển khai cần phải được phân biệt giữa hiệu năng của sản phẩm và hiệu quả của việc học.* Các chuẩn đầu ra, nghĩa là, những gì sinh viên sẽ biết và có khả năng làm là kết quả của trải nghiệm thiết kế - triển khai, cần phải phân biệt giữa sự thành công trong việc tiếp thu những kỹ năng cá nhân và giao tiếp, kỹ năng xây dựng sản phẩm, quy trình và hệ thống, với tính năng của sản phẩm, quy trình hay hệ thống được thiết kế. Chúng ta vẫn có thể đạt được những lợi ích học tập đáng kể mặc dù đồ án không hoàn toàn thành công về phương diện khả năng vận hành của sản phẩm.
- *Nhiệm vụ của trải nghiệm thiết kế - triển khai phải đủ phức tạp, nhưng giới hạn về phạm vi, để đảm bảo kết quả thành công cho sinh viên.* Đôi khi giảng viên và sinh viên xem những thành quả của một giải pháp kỹ thuật tốt là một chuẩn đầu ra thật sự. Sự thất bại trong nhiệm vụ có thể bị xem là sự thất bại trong học tập. Nếu nhiệm vụ quá khó khăn, kết quả có thể là một sản phẩm ấn tượng mà về bản chất là do giảng viên thiết kế, còn sinh viên đóng vai trò là những người triển khai. Một nhiệm vụ quá đơn giản lại có thể không tạo nên động lực thúc đẩy sinh viên hay không tạo được sự tự tin xuất phát từ việc phải đối mặt với

một thách thức. Thời gian sinh viên dành cho nhiệm vụ cần phải được giám sát cẩn thận để duy trì sự cân bằng với những yêu cầu cạnh tranh khác về thời gian đối với sinh viên.

- *Các trải nghiệm thiết kế - triển khai đòi hỏi những cách thức giảng dạy và đánh giá khác hơn so với cách giảng dạy truyền thống.* Với các trải nghiệm thiết kế - triển khai, vai trò của người giảng viên thay đổi từ người giảng viên và người cung cấp thông tin sang vai trò người hướng dẫn và người huấn luyện. Trong môi trường học tập ít bị ràng buộc, các sinh viên được khuyến khích thảo luận, lập luận và khám phá những vấn đề với sự hỗ trợ của giảng viên. Một người huấn luyện thành công là người hướng dẫn đóng vai trò hỗ trợ, là người trung gian đóng vai trò như một vật đệm với khách hàng, và là người quản lý chi đạo nhóm và tiến trình thiết kế [4]. Các phương pháp giảng dạy và đánh giá trải nghiệm thiết kế - triển khai sẽ được đề cập chi tiết hơn ở Chương 6 và Chương 7.

### KHUNG 5.3: MÔN HỌC ĐỒ ÁN Ở HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ HOÀNG GIA (KTH)

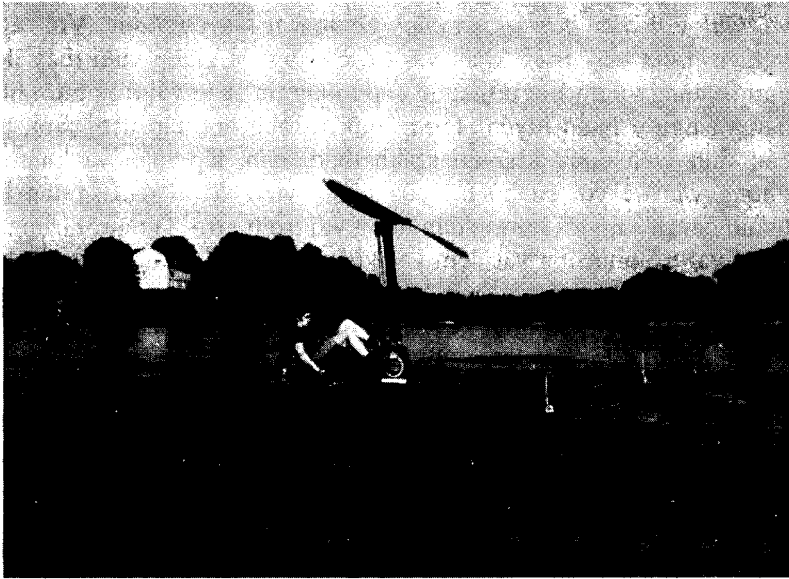
Khoa Kỹ thuật Hàng không và Cơ khí động lực tại Học viện Công nghệ Hoàng gia (KTH) ở Stockholm, đã phát triển một môn học đồ án thiết kế - triển khai cho các sinh viên năm thứ tư. Nó được dành cho sự kết hợp sinh viên học chuyên sâu ngành Kết cấu Nhẹ (light weight structure), và Hệ thống Hải quân. Các sinh viên được phân nhiệm vụ đồ án theo tập thể, nhưng có quyền tự do để xác định và phân phối các nhiệm vụ cụ thể trong phạm vi đồ án, dựa vào sở thích cá nhân và chuyên môn của các thành viên trong nhóm. Môn học kéo dài trong hai học kỳ. Mỗi sinh viên phải đóng góp công việc kỹ thuật trong một số nhiệm vụ cụ thể và trong việc quản lý đồ án chung. Một nhóm điển hình có 10 đến 15 sinh viên, một nửa từ chương trình Kết cấu và một nửa từ chương trình Hải quân. Với số lượng sinh viên trong nhóm, nhu cầu đặt ra là cần phải hoạch định, ghi chép thành văn bản, chia sẻ thông tin, giao tiếp, và xây dựng nhóm. Tầm quan trọng của các hoạt động này trở nên rõ ràng và hiển nhiên đối với những sinh viên trong suốt quá trình làm việc của khóa học.

Nhiệm vụ đồ án được thiết kế một cách cẩn thận tương ứng với Hình thành Ý tưởng - Thiết kế - Triển khai - Vận hành (CDIO):

**C** Đề xuất của đồ án nên khác lạ đối với sinh viên, nghĩa là, sinh viên nên có rất ít kinh nghiệm đối với các sản phẩm tương tự. Sự không quen thuộc này nâng cao trình độ của quy trình *hình thành ý tưởng* và khuyến khích sinh viên tìm hiểu những thách thức và những phương pháp tiếp cận kỹ thuật chính. Vì môn học có sự tham gia của các sinh viên từ các định hướng chương trình khác nhau, đồ án nên là đa ngành. Sự nhìn nhận vấn đề khác nhau và các giải pháp không tương xứng rất có khả năng xảy ra và do đó tạo nên nhu cầu cho các cuộc thỏa hiệp và cân bằng giữa những mâu thuẫn đối nghịch. Kết quả là, sự suy nghĩ ở tầm toàn cục được hình thành một cách tự nhiên và trong một tình huống thực tiễn.

**D** Nhiệm vụ phải đủ khó để trở thành một thách thức thật sự đối với sinh viên, nhưng phải có khả năng giải quyết được nếu công việc được tổ chức và tiến hành tốt. Một trong những mục tiêu chính của môn học là khuyến khích sinh viên áp dụng lý thuyết và các công cụ phân tích và các phương pháp luận được học trong những môn học khác, từ đó củng cố kiến thức của họ và tạo được lòng tự tin trong vai trò của họ là người kỹ sư.

I Phạm vi và độ phức tạp của sản phẩm đòi hỏi làm việc theo nhóm và sự hợp tác, và nên đem đến những cơ hội để đạt được những trải nghiệm thực tế từ việc chế tạo thực sự ở mức độ mẫu thử.



O Nhiệm vụ nên được hình thành theo hướng mà việc đánh giá đồ án dựa trên sự vận hành của sản phẩm và sự đánh giá tính năng của nó theo các yêu cầu kỹ thuật. Các vấn đề về an toàn được đặt ở vị trí ưu tiên trong quá trình vận hành.



Nhiệm vụ được định nghĩa bằng yêu cầu kỹ thuật ngắn gọn đối với một hệ thống kỹ thuật, điển hình là một loại động cơ nào đó, mà trong đó tính năng mong muốn được quy định cùng với những ràng buộc về chi phí, kích thước, trọng lượng, nguồn điện và các yếu tố khác. Dụng ý ở đây là các yêu cầu được nêu lên một cách rõ ràng khi bắt đầu môn học nhưng phương pháp giải quyết nhiệm vụ thì không dễ thấy. Sản phẩm cuối cùng sẽ như thế nào vẫn còn để bỏ ngỏ.

Một trang web được sử dụng để ghi chép tài liệu và chia sẻ thông tin về đồ án. Bằng cách này tất cả các thông tin được cập nhật liên tục và chia sẻ tức thời trong nhóm đồ án. Trang web cũng cho phép những người quan tâm bên ngoài nhóm đồ án theo dõi tiến trình của công việc. Những đồ án trước đây bao gồm xe đạp nước (human-powered water bike), tàu lặn lướt (subskimmer) có khả năng lặn và lướt trên mặt nước như hình bên dưới

- S. HALLSTRÖM AND J. KUTTENKEULER, KTH

- *Rất ít giảng viên được chuẩn bị tinh thần để gánh trách nhiệm cho những đồ án có tính thử thách về mặt kỹ thuật.* Trong một khoa kỹ thuật điển hình, chỉ có một bộ phận nhỏ các giảng viên và nhân viên có kinh nghiệm cá nhân và thực tiễn trong việc phát triển những hệ thống phức tạp. Nhiều chương trình dựa trên năng lực và kỹ năng của một hay hai cá nhân chủ chốt. Việc đưa vào các trải nghiệm thiết kế - triển khai đòi hỏi một nguồn lực giảng viên đầy đủ để đảm bảo sự hoạt động ổn định và bền vững. Một vài chương trình kỹ thuật tuyển dụng học viên cao học làm trợ giảng. Những học viên này đang tham gia vào những công trình nghiên cứu được hỗ trợ về tài chính với các mục tiêu và nhiệm vụ phục vụ cho các trải nghiệm thiết kế - triển khai dự định. Cách tiếp cận này mang đến cho học viên sự giúp đỡ về mặt kỹ thuật có giá trị, đồng thời cũng đạt được các mục tiêu nghiên cứu đã đặt ra từ trước. Những chương trình khác sử dụng các nhà tư vấn kỹ thuật từ doanh nghiệp có quan tâm đến các đồ án cụ thể nào đó của sinh viên. Thách thức nhằm nâng cao năng lực của giảng viên về các kỹ năng sẽ được đề cập lại ở Chương 8.
- *Các trải nghiệm thiết kế - triển khai cần phải có hiệu quả kinh tế.* Sự dè dặt trong việc đưa các trải nghiệm thiết kế - triển khai vào chương trình đào tạo kỹ thuật thường bắt nguồn từ sự nghi ngờ rằng những trải nghiệm như thế này đòi hỏi rất nhiều về nguồn lực. Các trải nghiệm thiết kế - trải nghiệm trung bình tốn 1,5 lần chi phí so với các môn học truyền thống với mức dao động từ 1 tới 2,5 lần [3]. Với một vài sự sáng tạo, chúng ta có thể hình thành các trải nghiệm thiết kế - triển khai với chi phí thấp mà không ảnh hưởng đến kết quả giáo dục. Một cuộc nghiên cứu trong nội bộ của một trường đại học về hiệu quả đầu tư (return on investment) của một đồ án thiết kế - triển khai - kiểm tra ở trình độ nâng cao đã kết luận là sự thành công của một đồ án đầy tham vọng là nhân tố chủ yếu để trường tham gia đấu thầu và thắng

những đề án nghiên cứu tiếp theo. Những con số của họ đưa đến kết luận rằng tỉ lệ chi phí - lợi nhuận là 6-1 từ sự liên kết phối hợp giữa mục tiêu giáo dục và nghiên cứu [3].

## Những phản ứng của bên liên quan và tóm lược

Các trải nghiệm thiết kế - triển khai là một trong những thành phần chính của một chương trình đào tạo tích hợp. Bằng cách tạo ra việc học có tác động kép, chúng hỗ trợ mục tiêu đào tạo sinh viên nắm vững kiến thức sâu hơn về nền tảng kỹ thuật và hướng dẫn trong việc chế tạo và vận hành sản phẩm, quy trình và hệ thống mới. Chúng cũng tạo được sự vui thích và động lực cho sinh viên, và còn là đặc điểm trọng tâm của chương trình giáo dục kỹ thuật cho sinh viên. Trong một nghiên cứu về tác động của trải nghiệm thiết kế - triển khai cho thấy, các sinh viên, giảng viên, và các đại diện doanh nghiệp đều đánh giá cao những trải nghiệm này. Xét về khía cạnh doanh nghiệp, đã có bằng chứng cho thấy rằng sinh viên có tham gia trải nghiệm thiết kế - triển khai được nhận vào làm việc dễ dàng bởi vì họ có kiến thức và kỹ năng có giá trị cao đối với các nhà tuyển dụng doanh nghiệp. Bảng 5.2 liệt kê một vài nhận xét tiêu biểu.

**BẢNG 5.2: MỘT VÀI NHẬN XÉT TIÊU BIỂU VỀ TRẢI NGHIỆM THIẾT KẾ - TRIỂN KHAI [3]**

<b>Sinh viên</b>	“Là một sinh viên, tôi muốn nói rằng đây là môn học bổ ích nhất mà tôi từng được học!” (KTH) “Chế tạo mẫu thử nâng cao chất lượng của công việc” (Chalmers) “Là một điều rất tốt để có kinh nghiệm điều hành một dự án theo phương thức doanh nghiệp”
<b>Giảng viên</b>	“Các sinh viên có động lực mạnh hơn” (Chalmers) “Đề án tạo nên một niềm khao khát về kiến thức” (KTH)
<b>Doanh nghiệp</b>	“Sinh viên xuất sắc và công việc xuất sắc! Gửi đến đây thêm nhiều sinh viên tương tự!” (SKF-ERC, Hà Lan, nói về sinh viên trong chuyên ngành Cơ Điện tử của Đại học Chalmers). “Các chuyên gia doanh nghiệp đánh giá các sản phẩm xuất phát từ trải nghiệm thiết kế - xây dựng của sinh viên năm thứ tư ở MIT ngang hàng với các sản phẩm thiết kế chuyên nghiệp.”

## KHÔNG GIAN LÀM VIỆC KỸ THUẬT

Mang đến cho sinh viên những trải nghiệm thiết kế - triển khai thành công đòi hỏi một môi trường học tập với không gian làm việc, trang thiết bị, và dụng cụ đầy đủ. Chúng tôi gọi những cơ sở vật chất này là những không gian làm việc, để biểu thị sự liên kết của chúng với sự phát triển kỹ thuật mang tính sáng tạo, và để phân biệt với những phòng thí nghiệm, theo truyền thống vốn là địa điểm của việc nghiên cứu khoa học. Không gian làm việc có thể là không gian mới xây hay phòng thí nghiệm và phòng ốc

được tái bố trí từ những công dụng hiện tại. Chúng là môi trường học với cách thức học đa dạng hỗ trợ cho quá trình hình thành ý tưởng - thiết kế - triển khai - vận hành những vấn đề đơn giản và phức tạp cho những đồ án cá nhân hay của nhóm. Chúng tạo nên cơ sở hạ tầng cho thấy một cách rõ ràng và hỗ trợ các chiến lược học tập chủ động và thực tế.

## Vai trò và lợi ích của không gian làm việc CDIO

Nếu sinh viên nhận thức được rằng hình thành ý tưởng - thiết kế - triển khai - vận hành là bối cảnh của giáo dục, họ cần phải được hòa vào các không gian làm việc được tổ chức xoay quanh C, D, I và O. Chúng ta có thể sử dụng cơ cấu tổ chức của một không gian để cho thấy tầm quan trọng của bối cảnh đối với sinh viên, và nâng cao sự giáo dục của họ. Kết quả là không gian làm việc trở thành một yếu tố chính yếu của chiến lược chương trình CDIO. Không gian làm việc và các môi trường học tập khác hỗ trợ học theo phương thức thực hành là những nguồn lực quan trọng cho việc phát triển những kỹ năng thiết kế, xây dựng, và kiểm tra sản phẩm, quy trình và hệ thống. Không gian làm việc là trọng tâm của Tiêu chuẩn 6.

### TIÊU CHUẨN 6 – KHÔNG GIAN LÀM VIỆC KỸ THUẬT

Không gian làm việc kỹ thuật và các phòng thí nghiệm hỗ trợ và khuyến khích học tập thực hành trong việc xây dựng sản phẩm, quy trình, hệ thống, kiến thức chuyên ngành, và kiến thức xã hội.

Môi trường học tập cho một chương trình CDIO bao gồm không gian làm việc truyền thống như các lớp học, giảng đường, phòng hội thảo, cũng như không gian làm việc kỹ thuật. Những không gian này nhằm mục đích hỗ trợ học tập kỹ năng xây dựng sản phẩm, quy trình và hệ thống, đồng thời hỗ trợ cả những kiến thức chuyên ngành và đa ngành. Chúng được thiết kế để đẩy mạnh việc học qua thực hành trong đó sinh viên tham gia trực tiếp vào sự phát triển cá nhân của họ, và cung cấp những cơ hội cho việc học các kiến thức xã hội. Không gian làm việc CDIO là nơi mà sinh viên có thể học hỏi lẫn nhau và tương tác với các nhóm. Những sinh viên được tiếp xúc với những công cụ kỹ thuật, phần mềm, hay những phòng thí nghiệm hiện đại có điều kiện tốt để mở rộng kiến thức, nâng cao kỹ năng, và thái độ hỗ trợ năng lực xây dựng sản phẩm, quy trình và hệ thống. Những năng lực này được phát triển tốt nhất trong những không gian làm việc mà sinh viên là trọng tâm, thuận tiện cho việc sử dụng, luôn mở rộng cửa, và khuyến khích sự tương tác giữa sinh viên.

Bên cạnh những lợi ích giáo dục trực tiếp này, các không gian làm việc lôi cuốn được sinh viên và cho phép họ làm việc cùng nhau trong những môi trường nhiều khuyến khích nâng cao động lực thúc đẩy sinh viên. Khi sinh viên đã hình thành được thói quen làm việc trong những không gian

này cũng là lúc giảng viên nên bắt đầu ghé thăm, cải thiện mối tương tác giữa sinh viên và giảng viên. Các buổi họp mặt xã giao cũng được diễn ra. Do đó, không gian làm việc cũng đóng vai trò khác bên cạnh những dự định ban đầu – như là không gian xây dựng cộng đồng cho sinh viên và giảng viên.

## Thiết kế không gian làm việc

Không gian làm việc được thiết kế để chủ động lôi cuốn sinh viên vào một quy trình học tập sáng tạo và trải nghiệm, và được thiết kế để hỗ trợ toàn bộ chương trình đào tạo. Điều này tương phản với những phòng thí nghiệm truyền thống được thiết kế tập trung cho một chuyên ngành và hoặc để sinh viên đóng vai trò thụ động hơn. Các không gian làm việc truyền thống của sinh viên có khuynh hướng tạo điều kiện học những kỹ năng chuyên biệt, ví dụ như các môi trường được trang bị phần mềm LabView (LabView supported environments) [5], phòng đồ án (project studios) [6]-[7], phòng thí nghiệm CAD/CAM/CAE nối liền với phòng thiết bị [8], và môi trường đa truyền thông [9], hơn là tạo một tập hợp các không gian làm việc tích hợp. Các phòng thí nghiệm truyền thống cho sinh viên thường đặt nặng vào việc trình diễn hơn là hỗ trợ việc hình thành ý tưởng, thiết kế hay xây dựng cộng đồng.

Một chương trình CDIO thường yêu cầu các loại hình mới đối với không gian làm việc cho phép sinh viên tham gia xuyên suốt một chu trình vòng đời sản phẩm, quy trình, hay hệ thống. Trong bối cảnh này, *không gian làm việc* có nghĩa là những cơ sở vật chất bao hàm một phạm vi rộng lớn – từ những nơi làm việc truyền thống của sinh viên tới những không gian làm đồ án theo nhóm, đến những phòng thiết kế với máy tính cho phép sinh viên trong nhóm làm việc kỹ thuật song song cùng lúc, đến các cơ sở vật chất được thiết kế cho hoạt động ngoại khóa. Thuật ngữ *không gian làm việc* bao gồm các môi trường tạo điều kiện cho sinh viên chế tạo những bộ phận cơ khí, lắp ráp những bản vi mạch, lập trình và cài đặt phần mềm, và những hoạt động tương tự khác nếu cần. Các không gian làm việc khác nhau một cách đáng kể giữa các chương trình và các trường đại học. Do đó, những hướng dẫn cho không gian làm việc phải xác định được những tiêu chí chung, độc lập với các ngành kỹ thuật. Những hướng dẫn này tập trung vào những đặc điểm cần thiết và cách thức sử dụng không gian làm việc hơn là nỗ lực để tạo ra một bản kế hoạch chi tiết khắt khe cho môi trường học tập. Hình dạng, kích thước, trang thiết bị và công cụ đo đạc của không gian làm việc tùy thuộc vào nguồn lực sẵn có. Bảng 5.3 tóm tắt những đặc điểm thiết yếu và mong muốn đối với không gian làm việc trong chương trình CDIO.

Nếu chúng ta nhấn mạnh rằng hình thành ý tưởng, thiết kế, triển khai, và vận hành là bối cảnh của kỹ thuật, thì cần tạo ra những không gian làm việc trong đó hoạt động của sinh viên phản ánh trực tiếp các giai đoạn này.



Các cơ sở vật chất cần phải linh động và đa chức năng, hỗ trợ những đồ án chuyên xử lý thông tin cũng như chuyên xử lý phần cứng. Những không gian làm việc chủ yếu hỗ trợ việc học bốn giai đoạn của chu trình vòng đời theo bốn loại hình không gian khác nhau [10], như được minh họa ở Hình 5.3.

**BẢNG 5.3: NHỮNG ĐẶC ĐIỂM THIẾT YẾU VÀ MONG MUỐN CỦA KHÔNG GIAN LÀM VIỆC CDIO**

**Những đặc điểm thiết yếu**

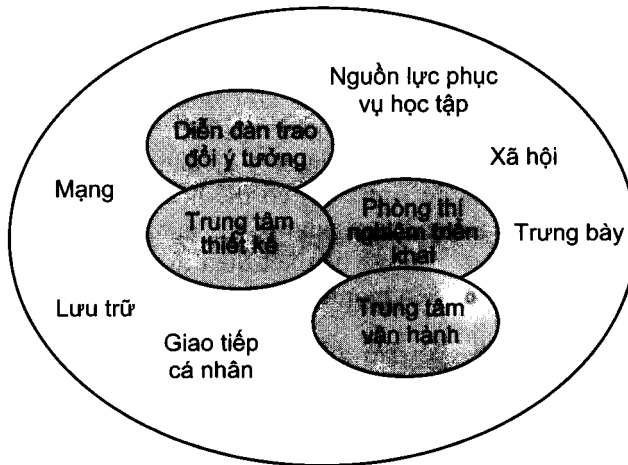
Không gian làm việc CDIO được thiết kế nhằm

- khuyến khích học tập thực hành thiết kế và vận hành sản phẩm, quy trình và hệ thống, và đồng thời hỗ trợ kiến thức chuyên ngành và liên ngành
- tạo điều kiện cho sinh viên học các kỹ năng cá nhân và giao tiếp
- tạo điều kiện cho hoạt động theo nhóm, giao tiếp xã hội, và giao tiếp đưa đến việc học kiến thức xã hội
- tuân thủ các quy định về sức khỏe và an toàn của địa phương
- cung cấp những nguồn lực bền vững

**Những đặc điểm mong muốn**

Không gian làm việc CDIO được thiết kế nhằm

- tạo điều kiện cho sinh viên tổ chức và quản lý
- cung cấp thiết bị linh động, bàn ghế, và các tiện nghi
- cho phép sinh viên sử dụng ngoài giờ lên lớp chính thức
- tạo điều kiện tiếp xúc với các dụng cụ, thiết bị và phần mềm hiện đại



**HÌNH 5.3: MÔ HÌNH KHÁI NIỆM VỀ KHÔNG GIAN LÀM VIỆC CDIO [10]**

- Không gian làm việc hình thành ý tưởng tạo điều kiện cho sinh viên tưởng tượng những hệ thống mới, hiểu biết về nhu cầu của người sử dụng, và hình thành các khái niệm. Chúng bao gồm cả không gian làm việc theo nhóm và cá nhân nhằm khuyến khích sự phát triển và phản ánh khái niệm. Những thiết bị và nguồn lực tiêu biểu bao gồm các tấm bảng trắng, truy cập trực tuyến và các nguồn tài liệu thư viện, và các máy chiếu. Không gian làm việc là những khu vực hầu như không trang bị kỹ thuật. Mục đích chính của chúng là hỗ trợ sự tương tác giữa con người khi nói chuyện, lắng nghe và phản hồi.
- Không gian làm việc *Thiết kế* hỗ trợ mô hình mới cho việc thiết kế mang tính hợp tác và hỗ trợ bởi kỹ thuật số. Chúng cho phép sinh viên có thể thiết kế, mô phỏng và chia sẻ thiết kế, và hiểu được các mối tương tác. Thiết bị tiêu biểu bao gồm máy vi tính với phần mềm CAD (computer-aided design), CAM (computer-aided manufacturing), phát triển phần mềm và mô phỏng. Những thiết bị khác, ví dụ như họp qua mạng (video conferencing) và cơ sở dữ liệu sử dụng chung, có thể hỗ trợ sự hợp tác với các nhóm sinh viên khác trên toàn thế giới. Không gian làm việc thiết kế cũng nên được mở cửa cho sinh viên sau những giờ học thông thường vì họ thường thực hiện các công việc thiết kế trong những thời gian cho phép vào buổi tối hay vào cuối tuần.
- Không gian làm việc *Triển khai* cho phép sinh viên xây dựng những hệ thống với quy mô từ nhỏ, trung bình cho tới lớn, bao gồm những thành phần cơ khí, điện tử và phần mềm. Các thiết bị tiêu biểu bao gồm các máy móc gia công kim loại, dụng cụ cầm tay, thiết bị đo đạc, thiết bị chế bản vi mạch, và những máy vi tính để tích hợp phần mềm vào sản phẩm. Các loại đồ án của sinh viên yêu cầu phải có tính linh hoạt rất lớn. Vấn đề an toàn và những thuận tiện trong việc sử dụng không gian làm việc là những vấn đề quan trọng khác.
- Không gian *Vận hành* tạo cơ hội cho sinh viên học hỏi về vận hành bằng cách thực hiện những cuộc thử nghiệm của họ và chế tạo những bản thiết kế. Vận hành không là điều dễ dàng để giảng dạy trong môi trường đại học, nhưng sinh viên có thể học cách để vận hành những thử nghiệm của riêng họ và những thí nghiệm trên lớp. Mô phỏng những hoạt động thực tế và liên kết điện tử đến môi trường vận hành thì bổ sung cho sinh viên những trải nghiệm trực tiếp [10].

Những không gian làm việc hữu hình này nên được kết nối với nhau nhằm tăng cường sự liên kết về ý tưởng của chúng. Bên cạnh đó, chúng cũng nên được kết nối với các cơ sở vật chất chung khác, chẳng hạn như thư viện, các không gian giao tiếp, kho lưu trữ, và qua mạng đến cộng đồng trực tuyến. Không gian làm việc cũng có thể bao gồm những vật trưng bày về nghiên cứu kỹ thuật và các đồ án phát triển hoặc nói về lịch sử của một lĩnh vực hay là những sự đóng góp của một khoa hay một chương trình giáo dục.

## Ví dụ về không gian làm việc CDIO

Các không gian làm việc CDIO rõ ràng không nhất thiết phải là mới, nhưng có thể sử dụng không gian đã được tái bố trí. Nhiều đại học có những phòng thí nghiệm cho sinh viên theo mô hình truyền thống đã không được tận dụng đúng mức. Việc tái bố trí một vài không gian này thành không gian làm việc CDIO thường đạt được hiệu suất sử dụng cao hơn. Dựa vào kinh nghiệm của chúng tôi, khi sinh viên tham gia vào các công việc trong những không gian làm việc mới, cả sự thu hút và nhu cầu của những phòng thí nghiệm thụ động kiểu cũ sẽ bị giảm thiểu. Chúng ta cũng có thể tái bố trí phòng học và phòng họp thành những không gian làm việc cho các đồ án không đòi hỏi các thiết bị chế tạo lớn.

Sự triển khai không gian làm việc CDIO ở những trường cộng tác rất đa dạng, từ sự thiết kế và xây dựng không gian mới đến sự điều chỉnh và tái thiết kế những cơ sở vật chất đã có. Đại học Công Nghệ Chalmers ở Göteborg đã tái bố trí những không gian hiện có thành Phòng thí nghiệm tạo mẫu (Prototype Laboratory). Ở đây, sinh viên từ những chương trình Cơ khí, Tự động và Cơ Điện tử, Thiết kế Công nghiệp xây dựng những mô hình thiết kế với sự hỗ trợ của máy tính (Computer-Assisted Design) nhằm chế tạo mẫu và kiểm tra mô hình chức năng của sản phẩm cơ khí và cơ điện tử khác nhau. Mẫu thử có thể được làm bằng gỗ, kim loại, nhựa, bìa cứng, điện tử, và hoặc bằng phần mềm sao cho phù hợp nhất với nhu cầu của từng đồ án.

Một ví dụ khác về không gian làm việc CDIO là Poolen ở Học viện Công nghệ Hoàng Gia (KTH) ở Stockholm. Không gian này được chuyển thể từ phòng học hoặc phòng họp trước đây chưa được sử dụng đúng mức, với diện tích khoảng 60 m<sup>2</sup>, thành một phòng có chức năng hỗn hợp gồm không gian thiết kế, phòng hội thảo, phòng chế tạo, và là phòng lắp ráp và kiểm định dành cho sinh viên đăng ký chuyên ngành Cơ khí Động lực. Đồ án gần đây nhất của họ là một xe lội nước có khả năng chở một người điều khiển di chuyển với vận tốc cao trên mặt nước. Với một vài thay đổi, nó có khả năng lặn dưới mặt nước và hoạt động như một chiếc tàu ngầm trong một thời gian khá dài [11] (Chiếc tàu lặn lướt này được minh họa trong Khung 5.3).

Ví dụ thứ ba về việc tái bố trí lại không gian một cách đáng kể hơn, kết hợp với một vài xây dựng mới, là Phòng Thí nghiệm Hệ thống Phức hợp (Complex Systems Laboratory) ở MIT. Khoa Hàng không và Không gian đã thành lập nguyên một tòa nhà với những không gian làm việc dành cụ thể cho từng thành phần Hình thành Ý tưởng, Thiết kế, Triển khai, và Vận hành của mô hình chu trình CDIO. Tầng hầm và tầng một hiện có của tòa nhà được sửa chữa lại, tạo thành một phòng thí nghiệm phức hợp mới. Từng chức năng cụ thể của CDIO được chỉ định cho từng khu vực làm việc riêng biệt: quy trình hình thành ý tưởng ở phòng Diễn đàn Ý tưởng và Quản lý Seamans (Seamans Concept and Management Forum); quy trình thiết kế ở Trung tâm Thiết kế (Design Center); quy trình triển khai ở Phòng

Thí nghiệm Gelb (Gelb Laboratory) (bao gồm phân xưởng máy móc và điện tử, thiết bị tạo mẫu nhanh); quy trình vận hành ở Phòng Thí nghiệm NeuMann (NeuMann Laboratory) và Nhà chứa máy bay và Trung tâm vận hành bay. Ở Phòng Thí nghiệm Seamans, tọa lạc tại tầng một, còn có thêm một khoảng không gian mở với diện tích khoảng 1.500 m<sup>2</sup> dành cho học tập và xây dựng cộng đồng. Sinh viên học tập theo nhóm, tương tác một cách thân mật với giảng viên và những người trợ giảng, và sử dụng máy tính để hỗ trợ làm bài tập. Thư viện khoa nằm ngay bên không gian mở này.

Một vài chủ đề kiến trúc chính yếu được kết hợp vào trong không gian làm việc này. Bàn ghế di chuyển được cho phép sắp xếp lại không gian thuận tiện cho việc đáp ứng các nhu cầu khác nhau về số lượng sinh viên, phong cách giảng dạy, và nhu cầu của đồ án. Cửa ra vào điều khiển bằng điện tử cho phép sinh viên ra vào tòa nhà (ngoại trừ phân xưởng máy móc) vào ban đêm và những ngày cuối tuần.

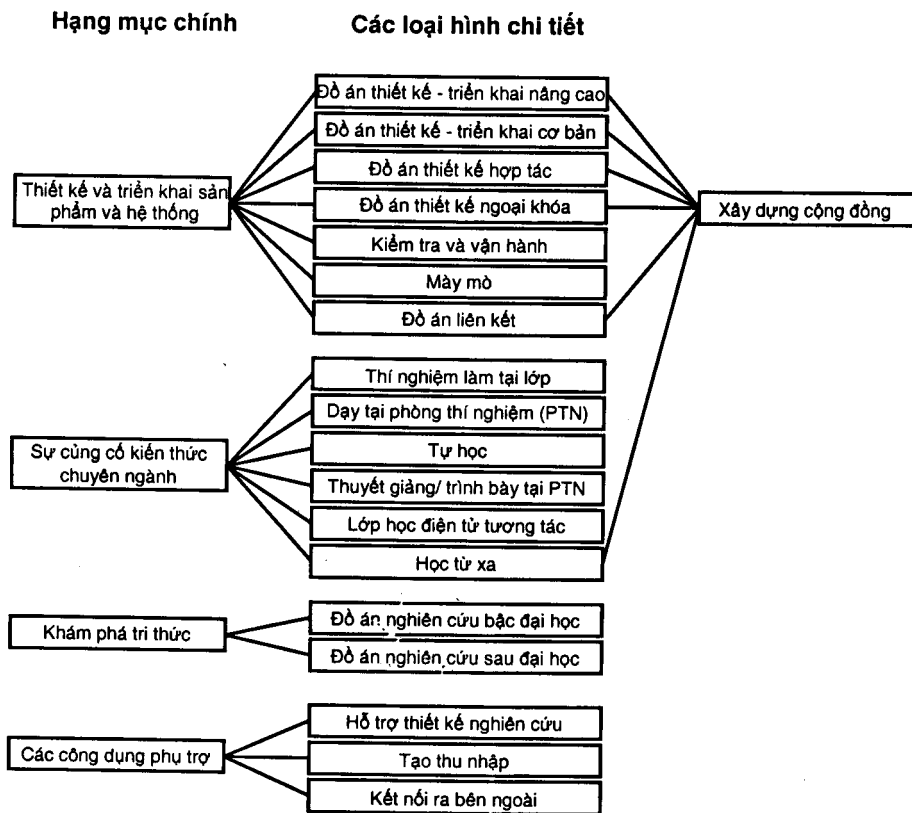
Sử dụng những bài học từ các ví dụ này và từ những không gian làm việc của sinh viên ở phạm vi quốc tế khác, bao gồm Phòng Thí nghiệm Tích hợp Giảng dạy và Học tập (Integrated Teaching and Learning Laboratory) ở Đại học Colorado; Trung tâm Tích hợp Học tập (Integrated Learning Center) ở Đại học Queen's, Canada; các cơ sở khác cộng tác với chương trình CDIO đã thành công trong việc phát triển những không gian làm việc của riêng họ, phục vụ cho các mục tiêu giáo dục mà họ đã đề ra. Phạm vi cơ sở vật chất của không gian làm việc ở mỗi trường thay đổi tùy thuộc vào không gian cho phép, nguồn tài chính, yêu cầu của chương trình và một vài yếu tố khác, nhưng chủ đề chung vẫn là sự nhận thức rằng các không gian Hình thành Ý tưởng, Thiết kế, Triển khai, và Vận hành là những công cụ hỗ trợ hiệu quả cho việc cải tiến chương trình giáo dục kỹ thuật.

## **Các loại hình giảng dạy và học tập trong không gian làm việc CDIO**

Các loại hình giảng dạy và học tập trong không gian làm việc CDIO được phân theo ba hạng mục chính sau đây: thiết kế và triển khai sản phẩm, quy trình và hệ thống; củng cố kiến thức chuyên ngành; và khám phá tri thức. Ngoài ra, không gian làm việc còn đóng vai trò quan trọng trong việc xây dựng cộng đồng giữa các sinh viên. Ở mỗi hạng mục trên, một số loại hình giảng dạy và học tập có thể được mô tả chi tiết hơn. Các loại hình này gần như bao trùm hầu hết các khía cạnh và có thể trùng lặp nhau. Chúng được định hướng để sử dụng như một sự hướng dẫn trong việc suy nghĩ xuyên suốt các yêu cầu trong quá trình thiết kế không gian làm việc ở một trường đại học cụ thể. Hình 5.4 minh họa các loại hình giảng dạy và học tập được hỗ trợ bởi các không gian làm việc này.

**Thiết kế - triển khai sản phẩm, quy trình, và hệ thống.** Hạng mục này đại diện cho loại hình giảng dạy và học tập chính yếu rõ ràng nhất diễn ra trong không gian làm việc CDIO. Tuy nhiên, chúng ta cũng nên hiểu rằng sẽ có nhiều sự thay đổi trong loại hình này tùy thuộc vào các yêu cầu khác nhau trong việc thiết kế không gian làm việc:

- *Các đồ án thiết kế - triển khai cơ bản* là những đồ án thiết kế dựa vào môn học do các nhóm sinh viên của môn học đó thực hiện trong thời gian một học kỳ. Công việc thiết kế bao gồm sự hình dung và mô phỏng bằng máy vi tính. Kết quả của việc thiết kế này sẽ là một thiết kế “trên giấy” và một mẫu thử đơn giản. Thông thường công việc được thực hiện bởi các nhóm nhỏ từ ba đến tám sinh viên. Thiết bị hỗ trợ cho loại hình này bao gồm các công cụ thiết kế, công cụ quản lý, công cụ trực quan (visualization), và các thiết bị tạo mẫu thử cơ bản.



**HÌNH 5.4: CÁC LOẠI HÌNH GIẢNG DẠY VÀ HỌC TẬP TRONG KHÔNG GIAN LÀM VIỆC CDIO**

- *Các đồ án thiết kế - triển khai nâng cao* là những đồ án nhấn mạnh về tính thiết kế và làm việc theo nhóm, đòi hỏi một không gian riêng cho những khoảng thời gian từ một học kỳ cho đến một năm. Các đồ án thiết kế - triển khai nâng cao liên quan tới nhiều kiến thức chuyên ngành và kết quả đồ án là một sản phẩm hay một mẫu thử bao gồm số lượng phần cứng và phần mềm khác nhau. Những đồ án này chủ yếu diễn ra ở năm thứ tư của chương trình đào tạo và thường được thực hiện bởi những nhóm gồm 10 tới 20 sinh viên.
- *Các đồ án thiết kế hợp tác* là những đồ án được thực hiện với sự hợp tác của các trường đại học khác, chính phủ, hay doanh nghiệp. Đồ án có thể là để đáp ứng cho nhu cầu của một bên cộng tác, hay là một sự hợp tác trong đó những nhóm thành viên làm những phần khác nhau của cùng một hệ thống. Loại hình này đòi hỏi rất nhiều về giao tiếp, và yêu cầu dữ liệu thời gian thực, giao tiếp qua điện thoại và video.
- *Các đồ án thiết kế ngoại khóa* thường nhắm tới việc xây dựng một cái gì đó để thi đua, ví dụ như máy bay dựa trên sức người, robot trực thăng, hay xe hơi chạy bằng năng lượng mặt trời. Những đội đến từ các ngành kỹ thuật khác nhau và đòi hỏi có không gian văn phòng, không gian thiết kế, không gian xây dựng và kiểm tra, nơi cất giữ đồ đạc, và quyền được sử dụng các cơ sở vật chất vào buổi tối và cuối tuần. Những đồ án thường kéo dài một năm cho đến nhiều năm này thường đòi hỏi nhóm từ năm tới 10 người và kết quả là những mẫu thử có thể vận hành được với kích thước đáng kể.
- *Các loại hình kiểm tra và vận hành* được sử dụng để truyền đạt cho sinh viên các khái niệm vận hành của hệ thống kỹ thuật bằng cách cho họ những trải nghiệm thực hành trong quá trình kiểm tra và vận hành. Loại hình này đòi hỏi phải bố trí nhân sự cho việc bảo trì và vận hành các hệ thống, không gian để đặt thiết bị trong thời gian dài, và sự liên lạc trong thời gian thực với các khoa khác và với những địa điểm khác.
- *Loại hình máy mò* dành cho những cá nhân làm các đồ án trong thời gian nhàn rỗi của họ. Những đồ án này thường đòi hỏi việc sử dụng thiết bị của phân xưởng, những công cụ, và mặt bằng làm việc, và diễn ra vào bất kỳ lúc nào khi không gian làm việc có chỗ trống.
- *Các đồ án liên kết* là những đồ án liên ngành dài hạn giữa các bộ phận khác nhau trong khoa, trong trường đại học. Những đồ án này có thể kết nối vài môn học trong cùng một chương trình. Ví dụ, một đồ án về xe tự hành trên mặt đất có thể đòi hỏi sử dụng các loại máy gia công kim loại để tạo mẫu cơ khí và chế tạo; các phần mềm CAD để vẽ sơ đồ mặt bằng; công cụ của máy tính để phát triển phần mềm và kiểm tra phần cứng. Những đồ án liên kết cũng có thể kết nối với những chương trình khác nhau, với sự tham gia của những nhóm sinh viên ở nhiều ngành chuyên sâu làm việc với nhau và đóng góp kiến thức chuyên

môn từ lĩnh vực của họ. Bản chất đa ngành của loại hình này đòi hỏi những không gian cho việc hội họp, làm việc, lưu trữ, và thuyết trình.

Sự đa dạng của các loại hình đề xuất một cách mạnh mẽ nhu cầu phải cân nhắc thận trọng những liên kết giữa chương trình đào tạo và việc thiết kế không gian làm việc và nhu cầu về sự linh động trong ngắn hạn và dài hạn.

**Củng cố kiến thức chuyên ngành.** Không gian làm việc CDIO được thiết kế để tăng cường kiến thức chuyên ngành của sinh viên bằng cách cung cấp sự hỗ trợ cho những phương pháp học thực hành, học chủ động, trong đó sinh viên tham gia trực tiếp vào các hoạt động tư duy và giải quyết vấn đề. (Việc học chủ động và học trải nghiệm sẽ được mô tả chi tiết hơn ở Chương 6). Một số loại hình giảng dạy và học tập trong các không gian làm việc này đưa đến việc củng cố kiến thức chuyên ngành.

- *Thí nghiệm làm tại lớp* là phòng thí nghiệm truyền thống được chỉ định bởi giảng viên trong đó sinh viên thu thập và rút gọn dữ liệu. Sau đó, họ viết những bài báo cáo về tiến trình thực hiện. Sinh viên làm việc trong nhóm từ ba đến sáu người và đòi hỏi các loại bản thí nghiệm hoặc các thiết bị lớn được lắp đặt cố định.
- Loại hình *giảng dạy trong phòng thí nghiệm* là sự trình bày các nguyên lý và hiện tượng bằng các thiết bị dành riêng cho phòng thí nghiệm. Giảng viên thường đưa cả lớp đến phòng thí nghiệm để xem. Một sự mở rộng của loại hình này là việc sử dụng các lớp học điện tử tận dụng tối đa không gian và sử dụng những thiết bị chuyên dùng trong phòng, như là những máy chiếu có kết nối mạng.
- Trong loại hình *tự học*, sinh viên tự học những khái niệm và nguyên lý kỹ thuật. Theo truyền thống, việc này có nghĩa là đọc sách giáo khoa và nghiên cứu trong thư viện. Ngày nay, việc tự học bao gồm xem phim có nội dung giáo dục, những chương trình và thông tin trực tuyến, và những phương tiện truyền thông điện tử khác.
- *Thuyết giảng hay trình bày* là loại hình giảng dạy trong lớp học và là loại hình tiêu chuẩn. Giảng viên sử dụng những phần cứng, phần mềm thuyết trình điện tử trong lớp để giới thiệu những tài liệu của môn học và những mô phỏng minh họa cho lý thuyết và nguyên lý.
- *Lớp học điện tử tương tác* là lớp học được trang bị điện tử hoàn toàn, ở đây sinh viên có thể làm các công việc dựa trên máy tính trong thời gian thực với sự giám sát và hỗ trợ của giảng viên. Những phần mềm tương tác được sử dụng để chú thích về công việc, và thiết bị máy chiếu được sử dụng để trình bày những ví dụ. Những lớp thiết kế tương tác là hình thức mở rộng của loại hình này.
- *Học từ xa* bao gồm những lớp học được trang bị thiết bị trao đổi và thảo luận bằng video và phòng phát sóng theo đó bài giảng được phát sóng đến nhiều địa điểm ở xa trong thời gian thực.

**Khám phá tri thức.** Không gian làm việc CDIO cũng có thể hỗ trợ các đồ án nghiên cứu của sinh viên. Sự hỗ trợ này thể hiện bằng cách cho phép sinh viên sử dụng các thiết bị thường chỉ có ở những phòng thí nghiệm nghiên cứu.

- *Đồ án nghiên cứu bậc đại học* tập trung vào những đồ án nghiên cứu của sinh viên năm thứ ba và năm thứ tư đòi hỏi sinh viên thiết kế, xây dựng, vận hành, và báo cáo những cuộc thí nghiệm dưới sự hướng dẫn của các giảng viên cố vấn. Loại hình này thường được thực hiện trong một vài học kỳ, trong đó học kỳ đầu tiên dành cho những nghiên cứu nền tảng, và học kỳ thứ hai dành cho việc xây dựng dụng cụ, tiến hành thí nghiệm, và báo cáo kết quả bằng văn bản và thuyết trình chính thức.
- *Loại hình nghiên cứu sau đại học* là để hỗ trợ học viên sau đại học có nhu cầu thiết lập các dụng cụ cần thiết để làm thí nghiệm trong một khoảng thời gian. Mức độ thời gian kéo dài từ 1 học kỳ cho tới vài năm, với yêu cầu là không gian được dành riêng cho đồ án trong suốt khoảng thời gian đó.

**Xây dựng cộng đồng.** Không gian làm việc CDIO cũng đóng một vai trò trung tâm trong việc xây dựng cộng đồng giữa các sinh viên. Bên cạnh làm việc liên quan đến những đồ án thiết kế - triển khai của họ, sinh viên còn sử dụng không gian làm việc để học các môn học chuyên ngành và tham gia những hoạt động xã hội thân mật. Không gian làm việc CDIO cũng cung cấp cơ sở vật chất cho các câu lạc bộ sinh viên tự mày mò, xây dựng mô hình, và thực hiện các đồ án ngoại khóa khác. Nói đúng hơn đây là một loại hình phát sinh từ ba loại hình trước đã lôi cuốn sinh viên đến không gian làm việc, tạo điều kiện cho họ tham gia, và cho phép họ tương tác với nhau.

**Các công dụng phụ trợ.** Bên cạnh những loại hình giảng dạy và học tập nổi kết trực tiếp đến chuẩn đầu ra của chương trình, không gian làm việc CDIO còn có một số công dụng phụ trợ khác.

- Loại hình *hỗ trợ thiết kế nghiên cứu*. Các nhóm nghiên cứu sử dụng những khả năng của trung tâm thiết kế của không gian làm việc trong một khoảng thời gian ngắn, nghĩa là vài giờ hay vài ngày, để thực hiện một công đoạn thiết kế nghiên cứu. Việc sử dụng không gian ngắn hạn này hỗ trợ những nỗ lực thiết kế của nhóm nghiên cứu với những công cụ phân tích, công cụ thiết kế, trao đổi thông tin và thiết bị trình bày. Loại hình này có thể được hỗ trợ trực tiếp bằng loại hình học từ xa, nơi mà những công cụ giao tiếp được sử dụng cho các buổi họp với các nhà tài trợ nghiên cứu.
- Loại hình *tạo thu nhập từ bên ngoài* nhằm hỗ trợ những công ty bên ngoài thuê các cơ sở vật chất làm thí nghiệm chuyên dùng. Loại hình này thường kéo dài một vài tuần và đòi hỏi dành riêng việc sử dụng thiết bị, nhân viên hỗ trợ để vận hành thiết bị, và không gian cho



những công ty bên ngoài đó. Việc bảo mật thông tin là một vấn đề với một vài công ty.

- Loại hình *kết nối ra bên ngoài* hỗ trợ cho sự hiểu biết của công chúng về các chương trình và không gian làm việc CDIO. Những chuyên tham quan trường đại học bao gồm không gian làm việc và sự giải thích về các chương trình sử dụng những cơ sở vật chất này. Sinh viên có thể hướng dẫn chuyên tham quan các không gian làm việc cho đại diện doanh nghiệp và những vị khách khác, giải thích cách thức mà môi trường học tập hỗ trợ chương trình như thế nào. Loại hình này cho phép sinh viên trình bày công việc của họ, củng cố những kiến thức đã học, và hỗ trợ sự tương tác với doanh nghiệp.

### **Những thách thức của không gian làm việc kỹ thuật và phản ứng của các bên liên quan**

Các không gian làm việc tích hợp có thể cung cấp các nguồn lực đáng kể, và những cơ chế sáng tạo mang tính đột phá để hỗ trợ việc giáo dục sinh viên kỹ thuật. Tuy nhiên, chúng có thể đặt ra các thách thức trong phát triển và vận hành. Các không gian làm việc khác nhau một cách đáng kể về chi phí và hình thức, tùy thuộc vào các mục tiêu, số lượng sinh viên, và những nguồn tài chính cho phép [12]. Tuy nhiên, một số thách thức về mặt thiết kế và vận hành luôn tồn tại bất kể quy mô và phạm vi hoạt động của không gian làm việc. Những thách thức được tóm lược như sau:

- *Nhu cầu cho việc thiết kế không gian làm việc bị chi phối bởi chương trình đào tạo và loại hình sử dụng* như Ông Young và các tác giả khác [12] thảo luận về các loại hình sử dụng khác nhau của không gian làm việc đã trình bày ở trên. Họ nêu lên bản chất đa mục tiêu của không gian làm việc kỹ thuật và chúng đóng vai trò trọng tâm trong chương trình đào tạo. Không gian làm việc có thể tạo điều kiện cho sự nổi lên của những sinh viên có tố chất lãnh đạo từ số sinh viên trong lĩnh vực thiết kế, triển khai, và thí nghiệm. Những sinh viên này có thể tham gia vào những hoạt động vận hành không gian làm việc – dưới vai trò là người dạy kèm và “người sử dụng tiên phong” (lead user) để tạo cảm hứng cho sự phát triển không gian làm việc.
- *Hoạch định cho tính linh hoạt trong loại hình sử dụng và tạo điều kiện cho không gian làm việc thay đổi theo thời gian.*
- Không gian làm việc cần phải linh hoạt để phù hợp với yêu cầu của những đồ án khác nhau và để hỗ trợ việc nâng cấp trang thiết bị dựa trên kinh nghiệm sử dụng. Một số nghiên cứu về không gian làm việc cho thấy rằng các giới hạn của không gian làm việc thường được cho là liên quan đến mặt bằng và kho chứa đồ hơn là thiếu thiết bị.

- *Mối quan tâm về an toàn và mở rộng thời gian và quyền sử dụng cho sinh viên.*
- Việc cho phép sinh viên được vào sử dụng không gian làm việc vào ban đêm và cuối tuần là điều rất cần thiết với sự ra vào được kiểm soát bởi những biện pháp an ninh nội bộ như thẻ nhận dạng (ID card) hay chìa khóa. Mặc dù việc sử dụng các thiết bị có khả năng gây hại được sử dụng trong giờ học bình thường dưới sự giám sát của nhân viên, không gian làm việc kỹ thuật nên được chủ động thiết kế để cung cấp một môi trường cho việc học tập theo nhóm, xã giao, và hòa nhập sinh viên và giảng viên trong những môi trường chính khóa và ngoại khóa.
- *Lên thời khóa biểu cho những hoạt động và bố trí nhân lực cho không gian làm việc.*
- Các vấn đề mang tính thách thức đã được xác định trong các hoạt động của không gian làm việc CDIO. Khi sức lôi cuốn của không gian làm việc được nhận biết đến và nhu cầu tăng lên, việc lập thời khóa biểu cho mỗi học kỳ trở thành một thách thức, đặc biệt là trong những giai đoạn mà công việc trở nên dồn dập, thường vào những thời điểm giữa và cuối học kỳ. Việc có được một đội ngũ nhân viên kỹ thuật trong nhiều lĩnh vực chuyên môn, cũng như lòng tận tụy làm việc với số lượng đông đảo sinh viên trong suốt năm học, là nhân tố chính cho sự tán thành từ phía sinh viên. Sự kết hợp gần gũi với những giảng viên trong việc chuẩn bị cho những đề án không gian làm việc sắp tới, cũng như sự quản lý những đề án đang hoạt động, đòi hỏi một sự cần cù chăm chỉ từ tất cả những người tham gia.

Những đợt khảo sát trong sinh viên cho thấy sự phản hồi tích cực của sinh viên về môi trường không gian làm việc, nơi họ có cơ hội để tham gia vào quá trình hình thành ý tưởng, thiết kế, triển khai và vận hành sản phẩm, quy trình, và hệ thống kỹ thuật như một phần trong chương trình đào tạo và trong những hoạt động ngoại khóa. Sự phản hồi của sinh viên về các đề xướng không gian làm việc này đều tích cực như nhau ở tất cả các trường tham gia. Dữ liệu khảo sát cụ thể ở MIT cho thấy rằng những sinh viên tốt nghiệp từ Chương trình Hàng không và Không gian cảm thấy rằng những không gian làm việc được tái thiết kế lại không chỉ giúp họ tăng khả năng tiếp thu kiến thức chuyên ngành mà còn giúp họ có cảm tình với các bạn học cùng lớp, và có niềm tin với chuyên ngành họ đã chọn.

## TÓM TẮT

Trải nghiệm thiết kế - triển khai là một sự kiện học tập mà trong đó việc học tập được diễn ra qua sự tạo thành sản phẩm, quy trình hay hệ thống. Các trải nghiệm học này đóng vai trò trọng tâm trong phương pháp tiếp cận CDIO. Bên cạnh việc giảng dạy cho sinh viên cách thiết kế, xây dựng và kiểm định sản phẩm, quy trình và hệ thống như thế nào, chúng còn đem lại

tính thực tế cho quá trình đào tạo kỹ thuật. Sinh viên nhận thấy rằng những trải nghiệm thiết kế - triển khai này mang lại cho họ niềm vui và tạo động lực trong học tập cho họ. Chúng nuôi dưỡng khả năng sáng tạo của sinh viên và tăng cường lòng tự tin của họ. Đứng trên góc độ học tập, những trải nghiệm thiết kế - triển khai kích thích việc tiếp thu kiến thức kỹ thuật, liên kết lý thuyết và thực hành, minh họa sự kết nối giữa các môn học, và nâng cao sự hiểu biết về khoa học kỹ thuật. Những đồ án thiết kế - triển khai cũng đóng vai trò như những phương tiện cho việc giảng dạy những kỹ năng cá nhân và giao tiếp, như đã được liệt kê trong Đề cương CDIO. Những trải nghiệm giáo dục này được sinh viên, giảng viên, và bên liên quan doanh nghiệp đánh giá cao. Tuy nhiên, những nhiệm vụ thiết kế - triển khai cần được hoạch định một cách cẩn thận như là những sự kiện học tập riêng biệt, cũng như là những thành phần của một chuỗi các trải nghiệm thiết kế - triển khai được lên kế hoạch trong một chương trình đào tạo tích hợp.

Không gian làm việc CDIO nâng cao sự giáo dục sinh viên kỹ thuật một cách đáng kể. Sinh viên phản hồi một cách tích cực đối với môi trường không gian làm việc nơi mà họ thật sự trải nghiệm bốn giai đoạn của chu trình vòng đời sản phẩm hoặc quy trình – hình thành ý tưởng, thiết kế, triển khai và vận hành. Các không gian này tạo thuận lợi cho những hoạt động khuyến khích sự rèn luyện kỹ năng thiết kế và triển khai; củng cố kiến thức chuyên ngành; sự khám phá và thử nghiệm. Các không gian làm việc khác nhau một cách đáng kể về chi phí và hình thức, tùy thuộc vào các mục tiêu, số lượng sinh viên, và những nguồn tài chính cho phép. Tuy nhiên, một vài vấn đề về thiết kế luôn tồn tại bất kể quy mô và phạm vi hoạt động của không gian làm việc: nhu cầu cho việc thiết kế không gian làm việc bị chi phối bởi chương trình đào tạo và loại hình sử dụng; việc hoạch định cho tính linh hoạt trong loại hình sử dụng và tiến triển theo thời gian; mối quan tâm về an toàn và mở rộng thời gian và quyền sử dụng; và các vấn đề về vận hành. Những lợi ích bao gồm cho phép những cách tiếp cận mới đối với giáo dục kỹ thuật, sự thúc đẩy động lực của sinh viên, cải thiện và phát triển sự tương tác giữa sinh viên và giảng viên. Không gian làm việc CDIO đã chứng minh được vai trò quan trọng của nó trong việc xây dựng cộng đồng giao tiếp và học tập vượt xa hơn các mục tiêu dự định ban đầu.

Trải nghiệm thiết kế - triển khai, được hỗ trợ bởi các không gian làm việc kỹ thuật, là một thành phần quan trọng của chương trình đào tạo tích hợp được trình bày ở Chương 4. Chúng cũng hỗ trợ việc học tập chủ động và trải nghiệm, đây là chủ đề của chương kế tiếp.

### CÂU HỎI THẢO LUẬN

1. Chương trình đào tạo hiện có của bạn có những trải nghiệm thiết kế - triển khai nào?
2. Bằng cách nào bạn có thể chỉnh sửa các trải nghiệm thiết kế - triển khai hiện có hoặc thiết lập các trải nghiệm mới từ các ý tưởng trình bày ở chương này?
3. Làm thế nào bạn có thể khắc phục những thách thức đối với việc hình thành và thực hiện các trải nghiệm thiết kế - triển khai hiệu quả?
4. Làm thế nào những cơ sở vật chất học tập và không gian làm việc của bạn có thể được chỉnh sửa để hỗ trợ một phương pháp tiếp cận CDIO với trải nghiệm thiết kế - triển khai?
5. Những không gian làm việc mới sẽ có những chức năng cụ thể nào?
6. Làm thế nào bạn có thể khắc phục những thách thức đối với việc hình thành và xây dựng những không gian làm việc và các cơ sở vật chất học tập mới?

### Tài liệu tham khảo

- [1] Andersson, S. B., Malmqvist, J., Knutson Wedel, M., Brodeur, D. B., "A Systematic Approach to the Design and Implementation of Design-Build-Test Project Courses". Proceedings of ICED 05, Melbourne, Australia, 2005.
- [2] Svensson, T., and Krysanter, C., "The LIPS Project Model", Technical Report, Linköping University, Sweden, 2004.
- [3] Malmqvist, J., Young, P. W., Hallström, S., Svensson, T., "Lessons Learned From Design-Implement- Test-Based Project Courses", International Design Conference-Design 2004, Dubrovnik, May 18-21, 2004.
- [4] Taylor, D. G., Magleby, S. P., Todd, R. H., Parkinson, A. R., "Training Faculty to Coach Capstone Design Teams", *International Journal of Engineering Education*, Vol. 17, No.4 and 5, 2001, pp. 353-358.
- [5] Ertugrul, N., "Towards Virtual Laboratories: A Survey of Lab View-based Teaching/Learning Tools and Future Trends", *International Journal of Engineering Education*, Vol. 16, No 3: 171-180,2000.
- [6] Kuhn, S., "Learning from the Architecture Studio: Implications for Project-Based Pedagogy". *International Journal of Engineering Education*, Vol. 17, No.4 and 5, pp. 349-352, 2001.
- [7] Thompson, B. E., "Studio Pedagogy for Engineering Design". *International Journal of Engineering Education*, Vol. 18, No.1, pp. 39-49,2002.
- [8] Dutta, D., Geister, D. E., Tryggvason, G., "Introducing Hands-on Experiences in Design and Manufacturing Education", *International Journal of Engineering Education*, Vol. 20, No.5, pp. 754-763,2004.
- [9] McCarthy, M., Seidel, R., Tedford, D., "Developments in Projects and Multimedia-based Learning in Manufacturing Systems Engineering". *International Journal of Engineering Education*, Vol. 20, No.4, pp. 56-542, 2004.

- [10] Crawley, E. F., Hallam, C.R.A., Imrich, S., "*Engineering the Engineering Learning Environment*", Department of Aeronautics and Astronautics, Massachusetts Institute of Technology, USA, 2002.
- [11] Hallström, S., Kutteneuler, J., "Experiences From a Three-Semester Design-Implement Project Course", The Royal Institute of Technology (KTH), Stockholm, Sweden, 2004.
- [12] Young, P. W., Malmqvist, J., Hallström, S., Kutteneuler, J., Svensson, T., Cunningham, G. C., "Design and Development of CDID Student Workspaces-Lessons Learned", *Proceeding of the 2005 Annual Conference and Exhibition of the American Society' of Engineering Education*, Portland, Oregon, 2005.

# CHƯƠNG SÁU

## GIẢNG DẠY VÀ HỌC TẬP

VIẾT CÙNG VỚI K. EDSTRÖM, D. SODERHOLM,  
VÀ M. KNUTSON WEDEL

### GIỚI THIỆU

Chương này mở rộng thêm và đưa ra kết luận cho phần thảo luận về câu hỏi thứ hai hướng vào việc cải cách giáo dục kỹ thuật: *Làm thế nào để chúng ta có thể làm tốt hơn trong việc đảm bảo sinh viên đạt được những kỹ năng này?* Quy trình thiết kế chương trình đào tạo trình bày ở Chương 4 đã phát triển một cách tiếp cận nhằm tích hợp các chuẩn đầu ra vào trong chương trình đào tạo. Các đồ án thiết kế - triển khai, được thảo luận ở Chương 5, là một cơ chế chính yếu để tạo nên những trải nghiệm học tập tác động kép, và vì thế, có thể vừa đáp ứng được các chuẩn đầu ra của kỹ năng và vừa đào sâu sự hiểu biết của sinh viên về kiến thức chuyên ngành.

Ở chương này, chúng ta tìm hiểu ở phạm vi rộng hơn về các phương pháp dạy và học có hiệu quả trong việc tích hợp các kỹ năng với kiến thức chuyên ngành. Chúng tôi bắt đầu chương này bằng cách mô tả các trải nghiệm học tập của sinh viên kỹ thuật, theo góc độ của họ. Sau đó, chúng tôi sẽ mô tả cách thức mà các chuẩn đầu ra của kỹ năng được thành hiện thực qua các hoạt động giảng dạy và học tập như thế nào. Ở chương này, chúng tôi nhấn mạnh vào sự nhất quán của các cách tiếp cận giảng dạy - học tập với chương trình đào tạo.

Học tập tích hợp nghĩa là sinh viên thực hành và học các kỹ năng cá nhân và giao tiếp, các kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình và hệ thống, cùng lúc với kiến thức chuyên ngành. Trong khi Chương 4 nhấn mạnh một kế hoạch có tính hệ thống nhằm tích hợp các kỹ năng vào trong chương trình đào tạo tích hợp; việc học tập tích hợp lại tập trung vào sự triển khai của kế hoạch đó trong từng môn học của chương trình và các hoạt động song song với chương trình. Các trải nghiệm thiết kế - triển khai là những ví dụ điển hình của học tập tích hợp, nhưng học tập tích hợp không giới hạn ở các môn học đồ án. Học tập tích hợp là một ví dụ của phương pháp học

chủ động và trải nghiệm có thể được áp dụng trong nhiều tổ chức chuyên ngành khác nhau.

Trải nghiệm học tập tích hợp và học chủ động và trải nghiệm là nền tảng để đạt đến các mục tiêu giáo dục của chương trình CDIO. Các đặc điểm chủ yếu các cách tiếp cận là:

- Việc lập kế hoạch cho học tập tích hợp đòi hỏi chi tiết cụ thể về các chuẩn đầu ra dự định liên quan đến các kỹ năng cá nhân và giao tiếp, kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình và hệ thống, cũng như nội dung chuyên ngành.
- Học tập tích hợp đặt giảng viên kỹ thuật vào vị trí trung tâm của việc học tập của sinh viên về cả kiến thức kỹ thuật lẫn kỹ năng, và nhấn mạnh giá trị và mối liên kết của cả hai phần trong giáo dục.
- Học trải nghiệm cho phép sinh viên tham gia vào những tình huống mà người kỹ sư sẽ gặp phải trong nghề nghiệp, và nó còn bao gồm không chỉ là các đồ án thiết kế - triển khai, mà còn có các nghiên cứu tình huống, các mô phỏng, và vai trò kỹ sư giả định.
- Học chủ động cho phép sinh viên tham gia việc khám phá, ứng dụng, và đánh giá các ý tưởng. Học chủ động có thể được áp dụng không chỉ vào các tình huống trải nghiệm, mà còn trong các môn học chuyên ngành truyền thống và các lớp học với số lượng đông sinh viên.

Các nghiên cứu cho thấy rằng sinh viên gần như đạt được các kết quả mong muốn nhiều hơn và cảm thấy thỏa mãn hơn với nền giáo dục họ nhận được khi họ tham gia vào các phương pháp học tập này.

Chương này bắt đầu bằng cách xem xét các kết quả nghiên cứu, tiến hành trong các chương trình CDIO, tóm lược quan điểm của sinh viên về việc học tập của họ. Sau đó, chương này sẽ phác thảo một phương pháp tiếp cận hình thành việc học chủ động và trải nghiệm dựa trên quy trình thiết kế chương trình đào tạo. Các ví dụ về học chủ động và trải nghiệm minh họa việc các kỹ năng có thể được tích hợp vào các môn học dựa trên bài giảng và các đồ án thiết kế - triển khai như thế nào. Cuối cùng, một số thách thức chủ yếu đối với việc giảng dạy và học tập hiệu quả được nêu lên và khắc phục, bao gồm nhu cầu hỗ trợ nâng cao năng lực giảng viên trong dạy và học. Thách thức này cũng sẽ được nêu lại ở Chương 8.

## MỤC TIÊU CỦA CHƯƠNG

Chương này được soạn thảo nhằm giúp độc giả:

- đánh giá cao tầm quan trọng của quan điểm của sinh viên trong dạy và học

- giải thích lợi ích và thách thức của việc tích hợp các kỹ năng với các chuẩn đầu ra của kiến thức chuyên ngành kỹ thuật
- mô tả phương pháp và nguồn lực khuyến khích phương pháp học tích hợp
- nhận thức được tầm quan trọng của việc nhất quán giữa chương trình giảng dạy với việc dạy và học, việc đánh giá
- đưa ra các ví dụ về các phương pháp học chủ động và trải nghiệm thúc đẩy sự hiểu biết sâu về kiến thức chuyên ngành và việc tiếp thu các kỹ năng cá nhân và giao tiếp, kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình và hệ thống
- đánh giá cao những khác biệt về sở thích học tập và cách thức học tập của sinh viên.

## QUAN ĐIỂM CỦA SINH VIÊN VỀ GIẢNG DẠY VÀ HỌC TẬP

Việc áp dụng và triển khai phương pháp tiếp cận CDIO trong chương trình kỹ thuật của một trường đại học đòi hỏi sự thay đổi liên tục trong các phương pháp giảng dạy, học tập và đánh giá. Trong các giai đoạn lập kế hoạch, thu thập ý kiến đóng góp của sinh viên về những trải nghiệm của họ đối với phương pháp học tập hiện có là một điều rất hữu ích. Ví dụ, các đại diện sinh viên ở Đại học Công nghệ Chalmers, Học viện Công nghệ Hoàng gia, và Đại học Linköping đã tiến hành phỏng vấn 56 sinh viên khác [1]. Mục đích là nhằm đóng góp các quan điểm của sinh viên về việc dạy và học trong giai đoạn lập kế hoạch trước khi vào giai đoạn triển khai phương pháp tiếp cận CDIO. Những cuộc phỏng vấn này có thể xác định được các hiện tượng chung về các vấn đề liên quan đến việc học tập của sinh viên. Tất cả các bản ghi chép về phỏng vấn đều được diễn giải lại bởi các đại diện sinh viên phối hợp với các chuyên gia về giảng dạy và học tập, dựa trên các tài liệu nghiên cứu về học tập của sinh viên. Cuộc nghiên cứu đã đem đến cho Đề xướng CDIO những thông tin thâm sâu đáng giá trong nhận thức của sinh viên về việc dạy và học. Ngoài ra, nó còn chứng minh được với bên liên quan sinh viên rằng việc cải cách các chương trình là phù hợp và cần thiết. Bảng 6.1 tóm tắt kết quả của cuộc nghiên cứu dưới hình thức các kiến nghị cho việc giảng dạy và học tập hiệu quả hơn.

Chẳng ngạc nhiên khi nhiều kiến nghị của sinh viên đều liên quan đến sự đánh giá học tập và những kỳ vọng đối với họ. Thực ra, học tập và đánh giá là đan xen với nhau. Sự nhất quán của việc đánh giá với học chủ động và trải nghiệm được thảo luận đầy đủ hơn ở Chương 7.



**BẢNG 6.1: CÁC KIẾN NGHỊ CỦA SINH VIÊN GIÚP CHO VIỆC GIẢNG DẠY VÀ HỌC TẬP HIỆU QUẢ HƠN**

- 
1. **Đề ra các chuẩn đầu ra dự định rõ ràng và phù hợp với thực tiễn kỹ thuật.**  
Các chuẩn đầu ra dự định được rõ ràng làm tăng động lực thúc đẩy và hướng dẫn học tập. Việc nhìn thấy được môn học đóng góp như thế nào cho trình độ năng lực chuyên nghiệp mang lại sự phấn khích.
  2. **Phát triển các hoạt động giảng dạy và công tác đánh giá giúp sinh viên đạt được các chuẩn đầu ra dự định.**  
Động lực sẽ được gia tăng một khi sinh viên hiểu nguyên nhân họ được yêu cầu tham gia các hoạt động học tập và đánh giá.
  3. **Chú trọng vào kiến thức chuyên sâu của những khái niệm cơ bản và cung cấp các mối liên hệ thực tiễn kỹ thuật.**  
Sự tập trung này giúp tạo nên việc tiếp cận sâu trong học tập, gia tăng động lực thúc đẩy, khuyến khích sự ghi nhớ lâu dài.
  4. **Sắp xếp trình tự ưu tiên trong nội dung của môn học.**  
Cần ghi nhớ rằng nhồi nhét nội dung là kẻ thù của sự hiểu biết. Việc tổ chức lại và giảm bớt nội dung sẽ giúp tạo sự tiếp cận sâu với học tập và làm cho các mối quan hệ giữa các khái niệm liên quan được rõ ràng hơn.
  5. **Đưa nhiệm vụ đánh giá vào phần đầu của môn học.**  
Việc này giúp sinh viên bắt đầu sớm và tạo cho họ cơ hội thành công sớm. Sự phản hồi đúng lúc và có hiệu quả sẽ khuyến khích sinh viên học tập, và biết được giảng viên mong đợi gì ở họ sẽ là động lực thúc đẩy họ.
  6. **Thường xuyên đưa nhiệm vụ đánh giá vào môn học.**  
Sự phản hồi thường xuyên rất cần thiết cho học tập của sinh viên. Việc giám sát sự tiến bộ thường xuyên giúp sinh viên phân bổ thời gian và bắt kịp tiến độ của môn học.
  7. **Xác lập tiêu chí đánh giá rõ ràng.**  
Các tiêu chí rõ ràng sẽ giúp đỡ sinh viên tập trung vào các khía cạnh quan trọng của hoạt động học tập hay đánh giá.
  8. **Thiết kế các hoạt động học tập bao gồm sự tương tác - cả sự tương tác giữa sinh viên với nhau, lẫn giữa giảng viên và sinh viên.**  
Sự tương tác là một hình thức của học chủ động, mà học chủ động lại là một nhân tố khuyến khích tiếp cận sâu trong học tập.
  9. **Lập một kế hoạch thực tế cho yêu cầu về thời gian trong môn học và nhận phản hồi thường xuyên từ sinh viên về lượng thời gian sinh viên thật sự đã dành cho môn học. Phối hợp thời hạn nộp bài và khối lượng bài vở với các môn học song hành khác.**  
Các yêu cầu về quản lý thời gian giúp giảm mức độ căng thẳng mà sinh viên đã trải nghiệm liên quan đến các vấn đề về quản lý thời gian.
  10. **Thể hiện lòng nhiệt tình đối với môn học và các nhiệm vụ học tập liên quan đến môn học.**  
Sự nhiệt tình của giảng viên nâng cao giá trị của môn học, và khích lệ sinh viên coi trọng sự phù hợp và giá trị của môn học.
-

Một phát hiện thú vị trong cùng cuộc khảo sát đó là nhiều sinh viên thể hiện sự quan tâm về sự hữu ích và các ứng dụng thực tiễn của kiến thức lý thuyết. Sinh viên thường cảm thấy rằng các lý thuyết kỹ thuật cần phải nhớ thuộc lòng để làm bài kiểm tra, nhưng họ lại không thấy được những mối liên hệ giữa lý thuyết với thực tiễn kỹ thuật và giải quyết vấn đề. Dĩ nhiên quan điểm này đối lập rõ rệt với cách mà giảng viên nhìn nhận về lý thuyết, các giảng viên xem lý thuyết là cơ sở cho giải quyết vấn đề và sự hiểu biết về thế giới xung quanh chúng ta. Một số trích dẫn từ các cuộc phỏng vấn sinh viên đã minh họa cho quan điểm của họ:

- *Những gì mà các giảng viên quan tâm là liệu bạn đã học lý thuyết chưa. Bạn thường học cho thi cử và sau đó quên đi. Thay vì tập trung vào lý do tại sao và bằng cách nào bạn thực hiện một điều gì đó, mà phần lớn ở đây lại là học vẹt.*
- *Chúng ta nên chuyển sự tập trung theo hướng ứng dụng nhiều hơn – để có thể nắm bắt được thực chất của vấn đề. Tôi không cảm thấy rằng tôi có thể áp dụng kiến thức mà tôi có được.*
- *Tôi muốn nhìn thấy công dụng thực tiễn trước khi học lý thuyết, bởi vì điều đó làm động lực thúc đẩy lý thuyết.*

Sinh viên chỉ ra rằng để đáp ứng các yêu cầu của môn học theo cách họ nhìn nhận (học vẹt lý thuyết để thi cử), việc học tập của họ dẫn đến sự hiểu biết nông cạn, không thể nhớ lâu, và động lực thấp. Điều này nói lên rằng nhiều sinh viên đang áp dụng cách *tiếp cận trên bề mặt trong học tập* [2]-[4], nghĩa là chủ tâm của sinh viên chỉ là có thể tái hiện lại được tài liệu môn học để thi đậu. Ở Chương 2, các yếu tố liên quan đến cách tiếp cận bề mặt được so sánh với các yếu tố khuyến khích sinh viên áp dụng cách tiếp cận sâu trong học tập (Xem Bảng 2.2). Cũng như chính những sinh viên đã nhận thức được, kiến thức có được từ cách tiếp cận bề mặt có cấu trúc nghèo nàn và mau quên. Đối nghịch là cách *tiếp cận sâu* trong học tập, là cách tiếp cận mà chủ tâm của sinh viên là để hiểu được tài liệu môn học. Ở cách này, kiến thức tiếp thu có cấu trúc tốt và có xu hướng nhớ được trong thời gian dài.

Việc đề ý đến các khái niệm về tiếp cận bề mặt và tiếp cận sâu trong học tập khi thiết kế các hoạt động học tập cho sinh viên là rất quan trọng. Đối với đa số sinh viên, con đường dẫn đến sự hiểu biết và động lực học kiến thức lý thuyết là qua các ứng dụng và các mối liên hệ với các vấn đề thực tế. Khi sinh viên học qua các ứng dụng thực tiễn, họ sẽ có động lực hơn, và họ nhận thấy nền giáo dục của họ là hữu ích và phù hợp. Sự gia tăng về động lực này dẫn đến sự gia tăng lòng tự tin về kiến thức và kỹ năng của họ. Vì thế, họ cảm thấy có đủ năng lực và được trang bị tốt hơn cho vai trò tương lai là những nhà kỹ sư.

Đề cương CDIO đã cân nhắc các quan điểm của sinh viên khi lập kế hoạch cho các phương pháp giảng dạy, học tập, và đánh giá hiệu quả. Phần tiếp theo của chương này mô tả các phương pháp để tích hợp việc giảng dạy các nội dung chuyên ngành với các kỹ năng cá nhân và giao tiếp, kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình và hệ thống đã được liệt kê trong Đề cương CDIO.

## HỌC TẬP TÍCH HỢP

Học tập tích hợp là đặc điểm then chốt của một chương trình CDIO, trong đó sinh viên học các kỹ năng cá nhân và giao tiếp, các kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình và hệ thống cùng với kiến thức chuyên ngành trong bối cảnh thực hành kỹ thuật chuyên nghiệp. Với những trải nghiệm học tập tích hợp, giảng viên có thể trở nên hiệu quả hơn trong việc giúp đỡ sinh viên áp dụng kiến thức chuyên ngành vào thực hành kỹ thuật, và giảng viên có thể chuẩn bị tốt hơn cho sinh viên để đáp ứng nhu cầu của ngành nghề kỹ thuật. Học tích hợp cho phép sử dụng kép thời gian học tập của sinh viên.

Trong khi Tiêu chuẩn 3 – Chương trình Đào tạo Tích hợp, nhấn mạnh một kế hoạch có tính hệ thống để tích hợp các chuẩn đầu ra của kỹ năng vào một chương trình, Tiêu chuẩn 7 – Học tập Tích hợp, lại tập trung vào việc triển khai kế hoạch đó trong từng môn học và trong các hoạt động song song của chương trình. Tiêu chuẩn 3 và 7 có thể được xem như hai mặt của một đồng xu.

### **TIÊU CHUẨN CDIO 7 – CÁC TRẢI NGHIỆM HỌC TẬP TÍCH HỢP**

Các trải nghiệm học tập tích hợp đưa đến sự tiếp thu các kiến thức chuyên ngành, cũng như các kỹ năng cá nhân và giao tiếp, kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình và hệ thống.

## **Lợi ích của học tập tích hợp**

Học tập tích hợp có nghĩa là sinh viên học và thực hành các kỹ năng cá nhân và giao tiếp, kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình và hệ thống đồng thời với học kiến thức kỹ thuật và chuyên ngành. Các hoạt động có mục đích kép có vai trò như là phương tiện để học các kỹ năng cùng lúc với việc đào sâu sự hiểu biết của sinh viên về kiến thức chuyên ngành. Kiến thức kỹ thuật và các chuẩn đầu ra liên quan đến Đề cương CDIO phụ thuộc lẫn nhau và được phát triển cùng nhau. Ví dụ, trong một chương trình CDIO, các kỹ năng giao tiếp lồng sâu vào kiến thức kỹ thuật. Sinh viên có được khả năng giao tiếp kỹ thuật với cả với những người chuyên gia lẫn những người không phải là chuyên gia. Họ đạt được sự tự tin trong việc thể hiện

bản thân trong phạm vi lĩnh vực công việc của họ. Họ được mong đợi có khả năng mô tả và thể hiện những ý tưởng, tranh cãi ủng hộ hay phản đối các ý tưởng khái niệm và giải pháp, và phát triển ý tưởng thông qua thảo luận và lập luận kỹ thuật. Điều hiển nhiên là các kỹ thuật giao tiếp này không thể tách rời khỏi sự diễn đạt và ứng dụng kiến thức kỹ thuật của sinh viên. Vì thế các hoạt động học tập và đánh giá nên được điều chỉnh để đáp ứng các chuẩn đầu ra liên quan đến kiến thức chuyên ngành cùng với kỹ năng. Giao tiếp trong học tập và đánh giá là hiệu quả nhất trong các bối cảnh thực, nghĩa là, trong các tình huống mô phỏng thực tiễn kỹ thuật.

Việc thực hành các kỹ năng trong bối cảnh kỹ thuật còn tạo điều kiện cho sinh viên đạt được kiến thức chuyên sâu hơn về nền tảng kỹ thuật. Để có được công dụng kép của thời gian học tập, hoạt động học tập và phương pháp đánh giá phải áp dụng các cách tiếp cận mới. Điều quan trọng cần ghi nhớ là việc tích hợp các chuẩn đầu ra của kỹ năng vào trong môn học không phải là sự cộng thêm nhiều nội dung lý thuyết mới vào trong môn học vốn đã dày đặc nội dung. Đề cương không nên được hiểu là bảng liệt kê nội dung của nguyên một khối kiến thức lý thuyết mới về xã hội học, tâm lý học, triết học, hay kinh tế học. Thay vào đó, nó liệt kê các khía cạnh quan trọng của việc ứng dụng kiến thức kỹ thuật như là một kỹ sư chuyên nghiệp. Chúng là những kỹ năng, hay năng lực, và vì vậy chúng nên được phát triển thông qua các chu trình của sự ứng dụng, phản hồi và phản ánh.

### **Học tập tích hợp qua đa trải nghiệm**

Một số kỹ năng, như làm việc theo nhóm và các kỹ năng giao tiếp, cần được dạy và đánh giá trong một vài môn học xuyên suốt chương trình. Các hoạt động học tập được sắp xếp theo trình tự việc để xây dựng trên những trải nghiệm trước đó của sinh viên hơn là bắt đầu lại từ đầu trong mỗi môn học hay trải nghiệm học tập. Ở Chương 4, quá trình thiết kế chương trình đào tạo đề cập đến việc sắp xếp các kỹ năng cá nhân và giao tiếp, kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình và hệ thống trong các môn học được sắp theo trình tự (Xem Hình 4.7). Trình tự này hình thành khung chuẩn cho việc hoạch định các hoạt động giảng dạy và học tập tích hợp. Ví dụ, các phương pháp dạy các kỹ năng giao tiếp viết có thể được phối hợp xuyên suốt một vài môn học, ngay cả khi có nhiều giảng viên khác nhau dạy về giao tiếp viết. Khung 6.1 nêu lên một ví dụ về việc tích hợp các kỹ năng giao tiếp vào việc giảng dạy và học tập nội dung chuyên ngành trong chương trình Kỹ thuật Cơ khí tại Đại học Công nghệ Chalmers.

### KHUNG 6.1: HỌC TẬP TÍCH HỢP VỀ CÁC KỸ NĂNG GIAO TIẾP

Trong chương trình Kỹ thuật Cơ khí tại trường Đại học Công nghệ Chalmers, các kỹ năng giao tiếp nói và viết được tích hợp vào trong ba môn học trong ba năm đầu của chương trình đào tạo: môn giới thiệu trong năm thứ nhất, môn đồ án thiết kế - triển khai trong năm thứ hai, và là một phần tích hợp trong bài luận văn cuối năm thứ ba. Trong suốt ba năm đầu, sự phát triển kỹ năng giao tiếp chủ yếu tập trung cho kỹ năng viết phục vụ bài tập trong môn học, mặc dù có nhiều các yếu tố của kỹ năng viết phản hồi, nghĩa là, viết để học. Ở trình độ thạc sĩ (năm thứ tư và thứ năm của chương trình), kỹ năng giao tiếp được phát triển hơn thêm nhấn mạnh vào việc nâng cao học tập nội dung kỹ thuật.

Các chuẩn đầu ra dự định là sinh viên có đủ khả năng để viết những báo cáo kỹ thuật (thiết kế) và báo cáo khoa học, có khả năng thuyết trình với công cụ thuyết trình, và trình bày áp phích (poster). Các báo cáo đồ án cũng bao gồm thuyết trình về đồ án của môn học và bài tập. Từ bảng bên dưới, chúng ta có thể thấy rằng việc đánh giá được tiến hành thông qua thông tin phản hồi về các hoạt động khác nhau, trong đó các giảng viên dạy về ngôn ngữ và giao tiếp làm việc cùng với các giảng viên kỹ thuật để đánh giá nội dung, hình thức, và ngôn ngữ. Ở trình độ thạc sĩ (năm thứ tư và năm thứ năm), các kỹ năng giao tiếp được tích hợp chủ yếu vào trong các môn học dựa trên đề án (project-based courses). Tuy nhiên, ngay cả trong một số môn học dựa trên thuyết giảng (lecture-based courses), chúng tôi cũng nhấn mạnh tầm quan trọng của giao tiếp hiệu quả. Ví dụ, trong môn học về Động cơ Đốt trong (Internal Combustion Engines), sinh viên báo cáo bài tập của họ bằng cách thuyết trình. Nội dung phản hồi cho phần thuyết trình bao gồm cả phần nội dung báo cáo cũng như chất lượng và tính phù hợp của các trang trình bày (slides).

	<b>Môn Giới thiệu (năm thứ nhất)</b>
Nhiệm vụ tích hợp	Viết một báo cáo kỹ thuật và thực hiện một bài thuyết trình đồ án được giao.
Bài giảng	Làm như thế nào để viết báo cáo kỹ thuật; thuyết trình; giao tiếp đa truyền thông và điện tử.
Thảo luận	Giao tiếp và tư duy suy xét (critical thinking); viết như là phương pháp để phản ánh; hình thức và nội dung bài viết.
Bài tập	Các kỹ năng giao tiếp bằng đồ họa; phác thảo.
Thông tin phản hồi	Thông tin phản hồi về bài báo cáo viết và bài thuyết trình.
	<b>Môn đồ án (năm thứ ba)</b>
Bài giảng và thảo luận	Chiến lược giao tiếp; đa truyền thông; viết.
Thông tin phản hồi	Thông tin phản hồi về bài thuyết trình.
	<b>Luận văn (năm thứ ba)</b>
Bài giảng và thảo luận	Đánh giá sâu sát về thông tin khoa học; phát triển kỹ năng xử lý thông tin; làm thế nào để viết báo cáo khoa học; làm thế nào để làm áp phích.
Thông tin phản hồi	Các buổi để chỉnh sửa và cho phản hồi; phản hồi về báo cáo và áp phích; phản hồi về bài thuyết trình.

## CÁC PHƯƠNG PHÁP VÀ NGUỒN LỰC KHUYẾN KHÍCH HỌC TẬP TÍCH HỢP

Lập kế hoạch cho học tập tích hợp bắt đầu bằng việc quyết định về mục đích của môn học. Quá trình này được thực hiện bằng cách xác định các chuẩn đầu ra dự định. Các chuẩn đầu ra của một môn học không chỉ bao gồm nội dung chuyên ngành, mà còn bao gồm các chuẩn đầu ra liên quan đến Đề cương CDIO. Những yếu tố này được xác định một phần trong quy trình thiết kế chương trình đào tạo, được miêu tả ở Chương 4. Quy trình thiết kế chương trình đào tạo đó chỉ đến mức đảm bảo các chuẩn đầu ra của Đề cương được thể hiện trong chương trình đào tạo đúng về mức độ thường xuyên và trình tự. Tuy nhiên, việc chọn lọc và chi tiết hóa các chuẩn đầu ra là nhiệm vụ của từng môn học. Các kỹ năng cụ thể được nêu lên rõ ràng trong chuẩn đầu ra của môn học giúp đảm bảo các kỹ năng này sẽ được dạy và đánh giá. Nếu không, có thể phát sinh mâu thuẫn khi các giảng viên không thống nhất với nhau về mục đích của môn học. Ví dụ sự phát triển các kỹ năng làm việc theo nhóm có thể được xem như một tác dụng phụ có thể hoặc không thể diễn ra trong một môn học mà sinh viên làm việc theo nhóm. Một cách khác, các kỹ năng làm việc theo nhóm có thể được xem là một chuẩn đầu ra quan trọng của môn học, một chuẩn đầu ra cần được xem xét cẩn thận trong quá trình phát triển môn học. Quá trình xác định rõ ràng và thống nhất các chuẩn đầu ra dự định là một cách để giải quyết vấn đề và tránh những mâu thuẫn phát sinh không cần thiết. Việc xác định các chuẩn đầu ra đã bắt đầu ở Chương 3.

### Xác định các chuẩn đầu ra dự định

Các chuẩn đầu ra dự định mô tả điều mà sinh viên sẽ có khả năng thực hiện sau khi học môn học đó. Các câu văn liên quan đến thành tích của sinh viên sử dụng các động từ và cụm động từ nhận thức chủ động, như là *mô tả, đưa ra ví dụ về, lựa chọn, giải thích theo cách diễn đạt của bạn, ước lượng, tính toán, giải quyết, áp dụng, thiết kế, diễn giải, hoạch định, đánh giá, điều chỉnh, quyết định, phác thảo, phê bình*. Các chuẩn đầu ra cần phải được đáp ứng bằng các thành tích có thể quan sát được, nghĩa là, sinh viên có thể thể hiện, và giảng viên có thể quyết định rằng, nếu chuẩn đầu ra đó đã được đáp ứng hay chưa. Các chuẩn đầu ra có thể đánh giá được được viết ra bằng cách nối một chủ đề từ Đề cương CDIO với một động từ nhận thức chỉ rõ trình độ năng lực mong muốn. Những ví dụ về các chuẩn đầu ra có thể đánh giá được bao gồm “*thảo luận và xác định giá trị mang tính thống kê của dữ liệu*” và “*Phát hiện và diễn giải nhu cầu khách hàng*”. Thu thập bằng chứng về những thành tích thể hiện của các chuẩn đầu ra dự định là

trọng tâm của việc đánh giá học tập của sinh viên và sẽ được thảo luận ở Chương 7.

Các chuẩn đầu ra dự định còn nêu rõ trình độ hiểu biết hoặc kỹ năng mà sinh viên phải đạt được. Như đã được thảo luận xuyên suốt cuốn sách này, giáo dục kỹ thuật trong các chương trình CDIO nên đào tạo ra những người kỹ sư có thể hình thành ý tưởng, thiết kế, triển khai và vận hành những hệ thống kỹ thuật phức tạp, có giá trị gia tăng trong môi trường làm việc theo nhóm hiện đại. Điều này có nghĩa là sinh viên phải đạt được sự hiểu biết khái niệm về lý thuyết và nguyên lý kỹ thuật, và phải có khả năng phân tích, ứng dụng và đánh giá các khái niệm này.

### Phân loại các chuẩn đầu ra dự định

Phân loại các chuẩn đầu ra dự định, hay nguyên tắc phân loại, là những công cụ hữu ích để xác định các chuẩn đầu ra nhắm vào các mức độ hiểu biết khác nhau. Các hoạt động giảng dạy và học tập, cũng như các phương pháp đánh giá, cần phải nhất quán với mức độ hiểu biết dự định. Như đã mô tả ở Chương 3, *Nguyên tắc Phân loại các Mục tiêu Giáo dục* của Bloom [5] liệt kê sáu mức độ hiểu biết: Kiến thức, Khả năng Hiểu, Ứng dụng, Phân tích, Tổng hợp, và Đánh giá. Bloom và các đồng nghiệp đã đề xuất một khung theo cấp bậc từ kiến thức đến đánh giá, với mỗi mức độ là tổng hợp của những mức độ trước nó (Xem Bảng 3.8 về các ví dụ của chuẩn đầu ra nhất quán với Nguyên tắc Phân loại của Bloom).

Đối với các môn học chuyên ngành kỹ thuật tập trung và giải quyết vấn đề bằng tính toán, *Nguyên tắc Phân loại Kỹ thuật* của Feisel-Schmitz [6], cũng có thể hữu ích (Xem Bảng 6.2). Năm mức độ hiểu biết của *Nguyên tắc Phân loại Kỹ thuật* của Feisel-Schmitz gồm Định nghĩa, Tính toán, Giải thích, Giải quyết, và Đánh giá. Mỗi mức độ phân loại liệt kê các chuẩn đầu ra cụ thể. Nguyên tắc phân loại này phân biệt hữu hiệu giữa hai mức độ giải quyết vấn đề: *Tính toán* và *Giải quyết*. *Tính toán* nghĩa là làm theo một quy trình đã biết để giải quyết một vấn đề tiêu chuẩn. *Giải quyết* nói đến một mức độ giải quyết vấn đề cao hơn, trong đó cần phải có thành phần của mô hình hóa, hay tổng hợp kiến thức, và vì thế cần có một sự hiểu biết khái niệm ở mức độ cao hơn. Bản chất thứ bậc trong nguyên tắc phân loại này nghĩa là sinh viên có thể đạt được mức độ *Tính toán* mà không có khả năng *Giải thích*, trong khi đó *Giải quyết* bao gồm tất cả các mức độ dưới nó là *Giải thích*, *Tính toán*, và *Định nghĩa*.

**BẢNG 6.2: NGUYÊN TẮC PHÂN LOẠI CỦA FEISEL-SCHMITZ [6]**

<b>Nguyên tắc phân loại Feisel-Schmitz</b>	<b>Các chuẩn đầu ra mẫu</b>
Định nghĩa	Nêu rõ định nghĩa của khái niệm hoặc mô tả đặc điểm theo định tính hay định lượng
Tính toán	Tuân theo các quy luật và quy trình; thế số vào công thức
Giải thích	Nêu lại khái niệm theo cách diễn đạt của người đó; giải thích quy trình được sử dụng; thảo luận kết quả
Giải quyết	Mô tả đặc điểm, phân tích, hoặc tổng hợp để tạo mô hình cho hệ thống; điều chỉnh mô hình của hệ thống; cung cấp các giả thiết
Đánh giá	Đánh giá sâu sát nhiều giải pháp; lựa chọn một giải pháp tối ưu; đánh giá các chứng cứ hỗ trợ

**BẢNG 6.3: CÁC VÍ DỤ VỀ CHUẨN ĐẦU RA DỰ ĐỊNH LIÊN QUAN ĐẾN CÁC CHỦ ĐỀ CỤ THỂ TRONG ĐỀ CƯƠNG CDIO**

Từ kết quả của trải nghiệm học tập này, bạn nên có khả năng...	Liên quan đến Đề cương DIO
Giải thích, ở mức độ có thể hiểu được bởi một người không học kỹ thuật, cách thức hoạt động của động cơ phân lực	1.3 Kiến thức Nền tảng Kỹ thuật Nâng cao
So sánh dữ liệu thí nghiệm với các mô hình sẵn có	2.2.3 Thí nghiệm Nghiên cứu
Lập giải pháp cho các vấn đề bằng tính sáng tạo và kỹ năng ra quyết định hiệu quả	2.4.3 Tư duy Sáng tạo
Phân tích ưu điểm và nhược điểm của nhóm	3.1.2 Hoạt động theo Nhóm
Sử dụng cách thức giao tiếp không lời thích hợp, chẳng hạn như, điệu bộ, ánh mắt, tư thế, khi làm thuyết trình	3.2.6 Thuyết trình và Giao tiếp
Đánh giá hệ thống hoạt động cho sản phẩm của nhóm và đề xuất những cải tiến	4.6.4 Cải tiến Hệ thống và Tiến triển

Nêu rõ các chuẩn đầu ra dự định ở các mức độ cụ thể là cơ sở để chọn những phương pháp giảng dạy, học tập, và đánh giá thích hợp.

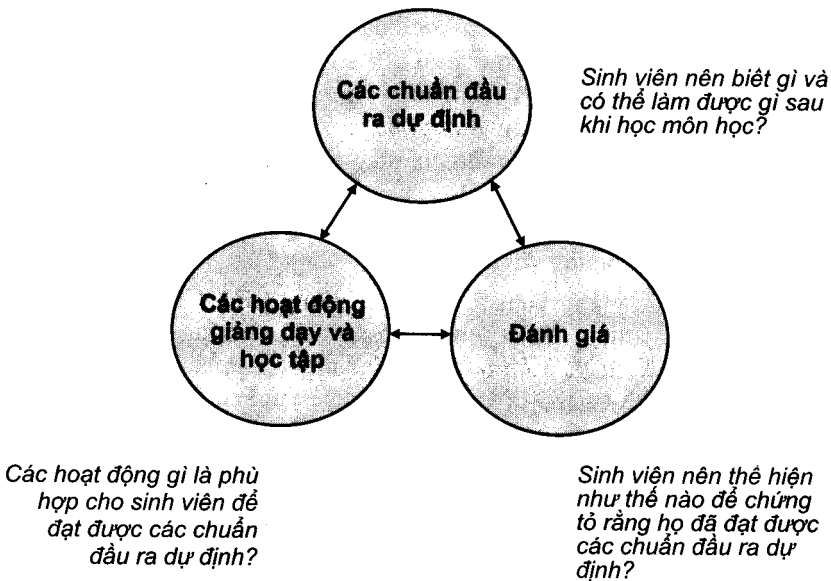
### **Các ví dụ về chuẩn đầu ra dự định**

Các chuẩn đầu ra ở cấp độ môn học nên dựa trên Đề cương CDIO đã được điều chỉnh cho phù hợp với địa phương, và thiết kế chương trình đào tạo tích hợp. Chuẩn đầu ra dự định nên được nêu ra dưới hình thức những thành tích có thể quan sát được và nên chỉ rõ mức độ hiểu biết mà sinh viên phải thể hiện. Tất cả các chuẩn đầu ra cho môn học nên mang tính thực tế đối với thời gian của sinh viên và các nguồn lực, và phải rõ ràng đối với giảng viên, sinh viên, và các bên liên quan khác. Bảng 6.3 đưa ra ví dụ về các chuẩn đầu ra được sử dụng trong chương trình CDIO và mối liên hệ của chúng đối với một tập các chuẩn đầu ra giả thiết có thể được giao phó cho một môn học.



## Sự nhất quán mang tính xây dựng của các chuẩn đầu ra dự định

Sự tích hợp các kỹ năng cá nhân và giao tiếp, các kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình và hệ thống vào trong một môn học nghĩa là chúng được đề cập đến một cách rõ ràng trong các chuẩn đầu ra của môn học, trong các hoạt động giảng dạy - học tập, và trong việc đánh giá học tập của sinh viên. Mỗi quan hệ có mục đích giữa các chuẩn đầu ra dự định, các hoạt động giảng dạy - học tập, và việc đánh giá được gọi là *sự nhất quán mang tính xây dựng* [4], như được minh họa trên Hình 6.1. Trong chương này chúng tôi tập trung vào sự nhất quán của các hoạt động giảng dạy - học tập với các chuẩn đầu ra dự định của một môn học CDIO. Chương 7 xem xét sự nhất quán của các phương pháp đánh giá với các chuẩn đầu ra dự định và với giảng dạy và học tập.



HÌNH 6.1: SỰ NHẤT QUÁN MANG TÍNH XÂY DỰNG GIỮA CÁC CHUẨN ĐẦU RA, GIẢNG DẠY VÀ HỌC TẬP, VÀ ĐÁNH GIÁ

Nhiều chuẩn đầu ra là kiến thức, kỹ năng, và thái độ học được chủ yếu thông qua ứng dụng và thực hành. Chỉ một mình kiến thức lý thuyết là không đủ. Các chuẩn đầu ra của kỹ năng nên được lập kế hoạch và giảng dạy một cách có mục đích. Ví dụ, yêu cầu sinh viên làm việc theo nhóm không có nghĩa rằng tự động họ sẽ học các kỹ năng làm việc theo nhóm hiệu quả. Vấn đề như làm sao để thành lập một nhóm, làm sao lập kế hoạch và phân chia công việc trong nhóm, và làm sao để giải quyết những mâu

thuần trong nhóm cần phải được giảng dạy một cách rõ ràng. Học tập hiệu quả xảy ra khi các hoạt động mang đến những cơ hội cụ thể cho sinh viên thực hành, phản ánh những trải nghiệm của họ, và các ứng dụng khái niệm lý thuyết. Để có thể đáp ứng thử thách của việc thiết kế những trải nghiệm học tập tích hợp, chúng ta cần phải tìm hiểu những lợi ích của việc học chủ động và trải nghiệm. Việc tích hợp tất cả các chuẩn đầu ra tạo cơ hội cho giảng viên thiết kế các nhiệm vụ học tập thực, có nghĩa là, cho sinh viên tham gia vào cùng một loại nhiệm vụ mà những người kỹ sư sẽ thực hiện.

## **Hỗ trợ của giảng viên cho học tập tích hợp**

Nếu các kỹ năng cá nhân và giao tiếp, các kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình và hệ thống là một thành phần cần thiết của thực hành và giáo dục kỹ thuật, thì chúng cần được tích hợp vào trong mỗi môn học của chương trình đào tạo. Sinh viên phải có khả năng nhìn nhận giảng viên như những người kỹ sư chuyên nghiệp, hướng dẫn họ trong cả nội dung chuyên ngành lẫn kỹ năng. Để điều chỉnh lại các môn học của họ để bao gồm học chủ động và trải nghiệm, giảng viên cần có cơ hội để nâng cao các kỹ năng giảng dạy và đánh giá của họ. Nhiều khoa có nét văn hóa sâu đậm về các môn học được dạy theo lối bài giảng truyền thống, và có thể nhanh chóng phát hiện ra rằng cần có một nỗ lực rất lớn để gia tăng việc sử dụng năng lực trong các phương pháp giảng dạy và đánh giá mới. Việc hoạch định cho học chủ động và trải nghiệm đòi hỏi nhiều thời gian, nguồn tài lực, và sự hỗ trợ từ các chuyên gia về học tập và đánh giá.

Mặc dù các giảng viên trong các chương trình CDIO là chuyên gia về các chuyên ngành kỹ thuật, nhưng trong nhiều trường hợp họ lại có một nền tảng tương đối ít về kiến thức và kỹ năng vượt phạm vi phần thứ nhất của Đề cương CDIO – mô tả kiến thức chuyên ngành. Bên cạnh đó, những hạn chế về nguồn lực thường giới hạn thuê các chuyên gia để thiết kế các trải nghiệm bao hàm tất cả các kỹ thuật mong muốn. Nếu việc giảng dạy kiến thức, kỹ năng, và thái độ được tích hợp vào trong việc giảng dạy chuyên ngành, giảng viên sẽ cần sự hỗ trợ để kết hợp việc giảng dạy của họ và các hoạt động đánh giá. Khi việc giảng viên truyền đạt các kỹ năng là một phần của các hoạt động giảng dạy - học tập chuyên ngành, sinh viên sẽ thấy tầm quan trọng của các kỹ năng này giống như giảng viên kỹ thuật. Bên cạnh đó sinh viên hiểu rằng các kỹ năng này là một phần quan trọng cần thiết cho sự thành công của họ trong vai trò người kỹ sư.

Để tạo điều kiện thuận lợi cho việc thiết kế những hoạt động giảng dạy và học tập tích hợp, các nguồn lực cho thực hành được hiệu quả, bao gồm các ví dụ được tập hợp và sắp xếp sao cho có thể phản ánh bố cục của Đề cương CDIO. Những nguồn lực này, gọi là Nguồn Tài liệu cho Giảng viên (Instructor Resource Materials - IRM), giúp giải quyết những hạn chế về việc triển khai chương trình đào tạo, giảng dạy, và đánh giá tích hợp bằng cách đưa ra các ví dụ và nguồn lực cho các kỹ năng cụ thể. Mỗi IRM cung

cấp tài liệu hỗ trợ giảng dạy, gợi ý giảng dạy, và các công cụ đánh giá cho một phạm vi kỹ năng cụ thể mà các giảng viên kỹ thuật trên thế giới có thể sử dụng để tích hợp các chuẩn đầu ra về kỹ năng vào trong các môn học hiện có của họ. Điều quan trọng cần nhấn mạnh rằng, những tài liệu này là dành cho giảng viên, chứ không dành cho sinh viên để thiết lập các trải nghiệm học tập tích hợp. Các IRM có thể cung cấp ý tưởng và tài liệu mà giảng viên có thể áp dụng và sửa đổi cho phù hợp với các môn học của họ. Bên cạnh các tài liệu về giảng dạy và học tập cụ thể, còn có những quy chiếu đến các bài viết, trang web, sách, và những chuyên gia có thể cung cấp thêm thông tin. IRM bao gồm các ví dụ của những thực tiễn tốt nhất mà tài liệu được sử dụng trong các lớp học khác. Là một phần của quá trình cải tiến liên tục, những người thiết kế IRM thu thập tài liệu và thông tin phản hồi từ những chuyên gia có nguyện vọng đóng góp tài liệu bổ sung.

## HỌC CHỦ ĐỘNG VÀ TRẢI NGHIỆM

Các phương pháp học chủ động thu hút sinh viên một cách trực tiếp trong các hoạt động tư duy và giải quyết vấn đề. Các phương pháp này nhấn mạnh việc thu hút sinh viên vào việc khám phá, áp dụng, phân tích, và đánh giá các ý tưởng nhiều hơn là truyền đạt thông tin một cách thụ động. Bằng cách thu hút sinh viên vào quá trình suy nghĩ về các khái niệm, đặc biệt là những ý tưởng mới, và đòi hỏi sinh viên trả lời thẳng thắn, sinh viên không chỉ học được nhiều hơn, mà họ còn nhận thức được họ học gì và học như thế nào. Quá trình này giúp sinh viên nâng cao động cơ để đạt được các chuẩn đầu ra dự định và hình thành thói quen học tập suốt đời. Học chủ động được xem là trải nghiệm khi sinh viên làm những việc mô phỏng thực hành kỹ thuật chuyên nghiệp, như là, các đồ án thiết kế - triển khai, mô phỏng, và nghiên cứu tình huống. Tiêu chuẩn CDIO 8 đề cập đến nhu cầu học chủ động và trải nghiệm.

### TIÊU CHUẨN CDIO 8 – HỌC CHỦ ĐỘNG

Giảng dạy và học tập dựa trên các phương pháp học chủ động và trải nghiệm.

Học chủ động được hiểu là để hỗ trợ cho một cách tiếp cận sâu trong học tập [3]-[4]. Như đã giải thích ở phần trước của chương này, một cách tiếp cận sâu trong học tập có nghĩa là sinh viên chủ tâm để hiểu các khái niệm, thay vì chỉ đơn giản là tái thể hiện lại thông tin trong bài thi. Các phương pháp học chủ động và trải nghiệm có ảnh hưởng đến cách thức học tập mà sinh viên thường sẽ chọn. Khi sinh viên được đóng vai trò chủ động trong quá trình học tập của họ, họ sẽ học tốt hơn bởi vì họ có xu hướng chọn một cách tiếp cận sâu trong học tập. Những sinh viên chủ động tham gia vào

khái niệm bởi vì nhận được những thông tin phản hồi có thể giúp họ lập kế hoạch thời gian học tập. Như thế “bùn”, phương pháp này đòi hỏi thời gian để chuẩn bị và tiến hành, nhưng các giảng viên cũng như sinh viên đều nhận thấy rằng những phương pháp này là phương tiện hữu hiệu để giúp đỡ sinh viên đạt được sự hiểu biết khái niệm sâu sắc hơn.

**Các hệ thống trả lời điện tử.** Một vài chương trình của chúng tôi sử dụng hệ thống trả lời điện tử, chẳng hạn như Hệ thống Trả lời Cá nhân (Personal Response System - PRS) cùng với các câu hỏi khái niệm [11]. Một hệ thống trả lời điện tử là một cách thu thập, tổng kết, và trình bày thông tin phản hồi trong lớp học. Với những máy phát hồng ngoại không dây trông giống như thiết bị điều khiển truyền hình từ xa, sinh viên có thể chỉ định câu trả lời bằng cách nhấp một cái nút. Hệ thống trả lời điện tử thu thập thông tin phản hồi cùng một lúc từ tất cả các sinh viên. Các kết quả được thu nhận ngay lập tức, và được hiển thị dành riêng cho người giảng viên, hoặc hiển thị cho cả lớp. Giảng viên nhận thấy rằng các hệ thống trả lời điện tử làm tăng động lực và sự tham gia trong lớp của sinh viên. Với phần mềm kèm theo, các câu trả lời có thể được lưu lại, và phân tích vào ngày sau đó để lập kế hoạch và đánh giá môn học trong tương lai. Dù được phép tùy nghi sử dụng, nhưng phải tốn kém chi phí để trang bị hệ thống này trong lớp học.

**Đánh dấu.** Đánh dấu là một phương pháp học chủ động phù hợp cho nhiều môn học kỹ thuật cơ bản đặt trọng tâm vào giải quyết vấn đề. Phương pháp này được sử dụng tại Học viện Công nghệ Hoàng gia (KTH) ở Stockholm để hỗ trợ phân dạy bổ sung của các trợ giảng ngoài giờ lên lớp chính thức, và dạy kèm bài tập trong những nhóm lớn [12]. Trong những buổi dạy bổ sung ngoài giờ, sinh viên được yêu cầu giải quyết một số vấn đề, và đánh dấu vào một danh sách những vấn đề mà họ sẵn sàng và chuẩn bị để trình bày. Người trợ giảng sẽ chọn ngẫu nhiên một sinh viên từ danh sách để trình bày vấn đề thứ nhất lên bảng, tiếp theo là một sinh viên thứ hai trình bày vấn đề tiếp theo, và cứ như thế tiếp tục. Đánh dấu ít nhất 75% các vấn đề trong môn học sẽ được cộng điểm cho bài thi hoặc những hình thức thưởng tương tự. Điểm thưởng chỉ dành cho việc đánh dấu chứ không phải là dành cho chất lượng của việc trình bày. Tuy nhiên, yêu cầu tối thiểu mà sinh viên phải chứng minh là họ đã cố gắng thật sự trong quá trình chuẩn bị cho vấn đề trình bày. Họ phải có khả năng hướng dẫn một cuộc thảo luận trên lớp để tìm ra một giải pháp đạt yêu cầu. Nếu sinh viên không đạt được mục tiêu này thì những đánh dấu của họ sẽ bị xóa. Tại KTH, sinh viên phản ứng một cách tích cực với phương pháp học chủ động này, và họ thường bình chú trong phần đánh giá môn học rằng phương pháp này giúp đỡ việc học của họ.

Việc đánh dấu nâng cao hiệu quả học tập vì một số lý do:

- Chuẩn bị các vấn đề hàng tuần nhằm khuyến khích sinh viên dành thời gian vào các vấn đề. Mỗi vấn đề được trình bày bởi một sinh viên, thì 30 sinh viên khác cũng cùng chuẩn bị vấn đề này. Cũng vì thế mà số sinh viên tham gia tăng lên.

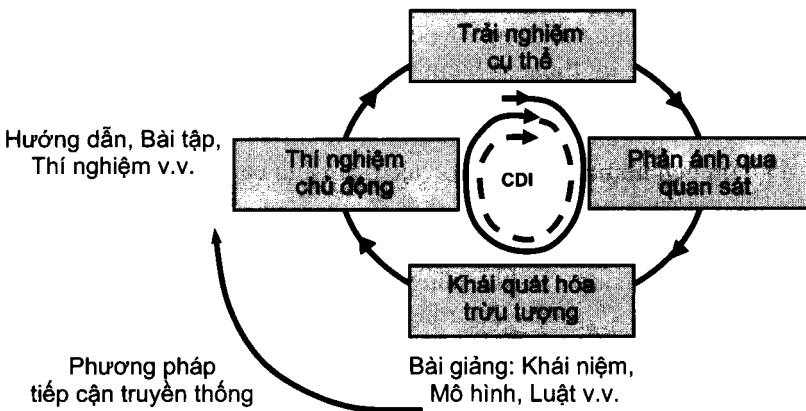
- Việc đánh dấu tạo nên hoạt động học tập thích hợp. Bởi vì sinh viên không những phải giải quyết vấn đề mà còn phải chuẩn bị để trình bày trước lớp, họ được khuyến khích suy ngẫm lại làm sao để giải thích các phương pháp và quyết định của họ.
- Vì sinh viên đã chuẩn bị cùng những vấn đề như những sinh viên khác trình bày, nên họ có thể theo sát các cách tiếp cận để giải quyết vấn đề, thậm chí khi phần trình bày không được hoàn hảo. Phương pháp học chủ động này cung cấp thông tin phản hồi ngay lập tức cho tất cả các sinh viên, và thường dẫn đến những buổi thảo luận bổ ích về các giải pháp khác nhau.

Ngoài ra, việc đánh dấu tận dụng lợi ích giao tiếp động viên sinh viên học tập. Một điều quan trọng là sinh viên cần phải cảm nhận được một bầu không khí an toàn và thân thiện.

### Các phương pháp học tập trải nghiệm

Như đã định nghĩa trước đây, học tập trải nghiệm thu hút sự tham gia của sinh viên bằng cách đặt giảng dạy và học tập trong các bối cảnh mô phỏng vai trò kỹ thuật và thực hành. Các phương pháp học tập trải nghiệm bao gồm học dựa trên đồ án, mô phỏng, nghiên cứu tình huống, và những trải nghiệm thiết kế - triển khai được trình bày ở Chương 5. Những phương pháp này dựa lên lý thuyết sư phạm về cách thức mà sinh viên, đặc biệt là sinh viên kỹ thuật, học và phát triển các kỹ năng nhận thức.

Phương pháp tiếp cận CDIO đối với giáo dục kỹ thuật dựa trên cơ sở lý thuyết học tập trải nghiệm. Chu kỳ học tập, do Kollb đề xuất [13], cung cấp sự nhận thức sâu sắc hữu ích cho việc lập kế hoạch các hoạt động giảng dạy và học tập. Một ứng dụng kế hoạch như thế được minh họa trên Hình 6.3 [14].



HÌNH 6.3: MÔ HÌNH HỌC TẬP TRẢI NGHIỆM (CHỈNH SỬA TỪ KOLB, 1984)  
SỬ DỤNG VỚI SỰ CHO PHÉP CỦA NHÀ XUẤT BẢN PRENTICE-HALL

Trong một chương trình CDIO, chu kỳ học tập trải nghiệm được đưa vào ở những thời điểm khác nhau. Những môn học dựa trên bài giảng phối hợp với học chủ động bắt đầu với sự quan sát phản ánh nhằm kích thích học tập, bởi vì sinh viên có một cơ sở trải nghiệm chung. Các bài giảng cũng có thể bắt đầu với sự khái quát hóa trừu tượng, và kết thúc với thí nghiệm chủ động, ví dụ, một số vấn đề hoặc bài tập. Vì vậy, có thể đáp ứng được việc các sinh viên có cách thức học tập khác nhau. Môn học giới thiệu kỹ thuật cung cấp trải nghiệm cụ thể đầu tiên về kỹ thuật, tạo ra một khuôn khổ nhận thức cho việc học lý thuyết tiếp theo. Trong các trải nghiệm thiết kế - triển khai, các trải nghiệm cụ thể là điểm khởi đầu cho chu trình học tập trải nghiệm. Sinh viên sẽ tham gia vào các nhiệm vụ tương tự thực tiễn kỹ thuật để phản ánh điều mà họ đã học từ những trải nghiệm này, khái quát công việc học tập để phát triển các ý tưởng và nguyên lý trừu tượng, và kiểm nghiệm các ý tưởng mới này với thí nghiệm chủ động và ứng dụng cho những vấn đề khác. Việc đan xen các học tập trải nghiệm vào trong chương trình đào tạo đem đến nhiều cơ hội để củng cố việc học tập. Trải nghiệm đá vòm (capstone) mang đến cơ hội để áp dụng lý thuyết và để xây dựng lòng tự tin của sinh viên đối với kỹ thuật.

**Học dựa trên đồ án.** Học tập dựa trên đồ án được xây dựng trên thực tiễn những tình huống và vấn đề mà giải pháp được tìm thấy. Giải pháp đó có thể bao gồm các trải nghiệm thiết kế - triển khai. Thông thường thì chúng tôi không đi theo một chương trình đào tạo dựa trên vấn đề có kết cấu theo đồ án, ví dụ như Đại học Aalborg ở Đan Mạch [15]. Tuy nhiên, việc sử dụng các hoạt động học tập dựa trên đồ án là phổ biến trong khuôn khổ chương trình đào tạo hiện có. Giảng viên xác định các vấn đề bao gồm những khái niệm và nguyên lý nhất quán với lĩnh vực nội dung, và họ thiết kế những nhiệm vụ thực mà trong đó đòi hỏi lối tư duy nhất quán với lối tư duy trong môi trường kỹ thuật. Nhiệm vụ và môi trường phản ánh mức độ phức tạp của các môi trường kỹ thuật và khuyến khích sinh viên kiểm nghiệm các ý tưởng của họ với những quan điểm và bối cảnh khác nhau. Các đồ án đem đến những cơ hội cho việc phản ánh cả về nội dung học tiếp thu được lẫn quá trình học tập.

Các giảng viên nhận ra rằng việc học tập dựa trên đồ án làm tăng động lực cho sinh viên và nâng cao khả năng của sinh viên trong việc ứng dụng kiến thức và kỹ năng kỹ thuật vào trong các vấn đề thực tế. Tuy nhiên các nguồn tài lực đòi hỏi cho việc thiết kế và giám sát các trải nghiệm học tập – con người, thời gian, thiết bị và không gian – có hạn chế việc áp dụng học tập dựa trên đồ án. Bên cạnh đó, phương pháp tiếp cận này còn đòi hỏi có sự thay đổi trong vai trò của giảng viên, từ người trình bày bài giảng trở thành người huấn luyện hoặc người hướng dẫn. Những kinh nghiệm của chúng tôi với việc học tập dựa trên đồ án, và những kiến nghị để khắc phục

những giới hạn chủ yếu, được phác thảo trong một báo cáo trên trang web của CDIO [16].

**Mô phỏng.** Tương tự với việc học tập dựa trên đồ án, mô phỏng là những hoạt động mà sinh viên đóng vai tương tự kỹ sư trong việc ứng dụng các định luật hoặc nguyên lý kỹ thuật. Mô phỏng thường có những quy tắc cụ thể, những nguyên tắc hướng dẫn, và những vai trò và mối liên hệ có cấu trúc [17]. Vai trò của giảng viên trong một mô phỏng là để giải thích các quy tắc, tình huống, và vai trò mà sinh viên sẽ đảm nhiệm; để giám sát mô phỏng khi nó được thực hiện, để giúp đỡ sinh viên phản ánh về trải nghiệm; và để hướng dẫn một buổi tổng kết. Đa số các mô phỏng đều dựa trên phần cứng và phần mềm máy tính. Ví dụ như chương trình hàng không và không gian của Học viện Công nghệ Massachusetts (MIT) sử dụng thiết bị mô phỏng máy bay (flight simulator) cho sinh viên thực hành làm phi công để chuẩn bị cho cuộc thi đua thiết kế - triển khai - bay của một máy bay điều khiển vô tuyến. Những giảng viên sử dụng các mô phỏng này nhận thấy rằng các hoạt động học tập này đã mang đến cho sinh viên những cơ hội được trải nghiệm các nhiệm vụ kỹ thuật trong một môi trường an toàn hơn so với tình huống thực tế. Bên cạnh đó, sinh viên được tiếp cận với những thiết bị và cơ sở vật chất được xem là hiếm hoi và không thể với tới được.

**Nghiên cứu tình huống (Case studies).** Mặc dù nghiên cứu tình huống đã được sử dụng chủ yếu trong giáo dục luật, thương mại, và y học, nhưng chúng cũng phù hợp không kém cho giáo dục kỹ thuật. Một trường hợp nghiên cứu hay sẽ tường thuật về một trải nghiệm kỹ thuật thực tế, thường xuất phát từ quan điểm của những người tham gia. Bên cạnh việc tường thuật, một trường hợp điển hình sẽ cung cấp những cơ sở chi tiết, ví dụ như những tính toán và bản vẽ ban đầu, những giới hạn về ngân sách và thời khóa biểu, các nguồn nguyên liệu và cơ sở vật chất kỹ thuật sẵn có, và sự tham gia của yếu tố con người và các tổ chức trong việc hoàn thành nhiệm vụ [18]. Qua việc thảo luận về trường hợp nghiên cứu, sinh viên được trải nghiệm một cách gián tiếp hoạt động của trường hợp nghiên cứu và được tham gia vào giải quyết các vấn đề. Mục tiêu là để giúp sinh viên phát triển tính suy nghĩ độc lập và những kỹ năng quyết định thông qua thực hành. Những giảng viên sử dụng các nghiên cứu tình huống nhận ra rằng kỹ thuật dạy và học này giúp sinh viên phát triển các kỹ năng phân tích và giải quyết vấn đề, và cho phép họ tìm ra các giải pháp cho các vấn đề phức tạp. Hơn thế nữa, việc nhìn thoáng qua những hoạt động của những người kỹ sư mang đến những thông tin cơ sở về lịch sử và truyền thống của nghề kỹ thuật. Một khó khăn mà giảng viên gặp phải với phương pháp nghiên cứu tình huống là làm sao tìm ra được các trường hợp nhất quán với nội dung chuyên ngành cụ thể nào đó.

## Sử dụng đa phương pháp chủ động và trải nghiệm

Nhiều giảng viên kết hợp hai hoặc nhiều phương pháp học chủ động và trải nghiệm trong một môn học. Ví dụ, một môn học về Khí động lực học (aerodynamics) nâng cao ở MIT kết hợp bốn phương pháp: các câu hỏi khái niệm, hệ thống trả lời điện tử, các bài đọc và các vấn đề được giao trước buổi giảng bài, và phương pháp học tập dựa trên đồ án và theo nhóm. Bên cạnh đó, môn học còn bao gồm thi vấn đáp để đánh giá việc học tập của sinh viên. Khung 6.2 mô tả ví dụ này.

### Khung 6.2. HỌC CHỦ ĐỘNG VÀ TRẢI NGHIỆM TRONG MÔN KHÍ ĐỘNG LỰC HỌC

Các phương pháp học chủ động và trải nghiệm làm thay đổi môn Khí động lực học nâng cao ở MIT. *Khí động lực học* là một môn của năm thứ ba thường với 40 sinh viên. Trước năm 1999, môn học này là một môn kỹ thuật truyền thống với bài giảng, các buổi học bổ sung ngoài giờ, bài tập về nhà hàng tuần, một đồ án thiết kế nhỏ vào cuối học kỳ, và các bài thi viết. Môn học hiện tại bao gồm nhiều hoạt động học tập và trải nghiệm:

- *Các bài giảng dựa trên khái niệm với phản hồi tức thời.* Trong cách tiếp cận này, hai hoặc ba câu hỏi khái niệm dưới dạng trắc nghiệm là một phần của bài giảng. Những câu hỏi này được thiết kế để nêu lên những khái niệm quan trọng của chủ đề và những sự hiểu lầm về khái niệm thường gặp. Sau vài phút phản ánh độc lập, các sinh viên sử dụng một hệ thống trả lời điện tử để chọn câu trả lời. Những câu trả lời này được vẽ biểu đồ và chiếu lên ngay sau đó. Tùy theo câu trả lời, sinh viên sẽ thảo luận câu trả lời của họ với nhau hoặc giảng viên sẽ làm rõ những quan niệm sai.
- *Bài tập hàng tuần (có chấm điểm) được giao trước giờ lên lớp và thảo luận.* Trong môn *Khí động lực học*, sinh viên hoàn tất các bài tập được giao và các bài đọc liên quan trước buổi thảo luận trên lớp. Với sự chuẩn bị này, lớp học trở thành một môi trường tương tác qua lại nơi mà sinh viên nói cùng một đề tài để thảo luận những khó khăn về khái niệm mà họ gặp phải.
- *Đồ án theo nhóm và kéo dài một học kỳ yêu cầu phân tích và thiết kế máy bay.* Trong phương pháp tiếp cận dựa trên đồ án này, các kiến thức lý thuyết được ứng ngay lập tức vào việc thiết kế một máy bay hiện đại phức tạp. Ngoài ra, việc sử dụng đồ án kéo dài một học kỳ tạo ra một bối cảnh để học các kiến thức kỹ thuật nền tảng. Trong những năm gần đây, hai đồ án thiết kế đã được tiến hành, một dựa vào máy bay chiến đấu quân đội, và một cái khác dựa trên máy bay vận tải thương mại thân cánh gập.
- *Các bài thi vấn đáp.* Các bài thi vấn đáp là một cách tiếp cận chủ động để đánh giá việc học tập của sinh viên. Chúng cung cấp thông tin chuyên sâu về việc sinh viên hiểu và liên hệ các khái niệm như thế nào. Hơn thế nữa, những kỹ sư thực thụ đối diện hàng ngày với nhu cầu trong thời gian thực phải dùng những lý lẽ dựa trên các khái niệm nền tảng để tranh luận. Bằng cách sử dụng các bài thi vấn đáp, chúng ta có thể đánh giá khả năng của sinh viên trong việc đưa ra những lý lẽ khái niệm đúng đắn.

Đánh giá sinh viên cuối học kỳ về những thay đổi trong phương pháp sư phạm và phương pháp đánh giá cho thấy những kết quả sau:

- Phương pháp sư phạm mới luôn được đánh giá là đạt hiệu quả cao.
- Các bài tập khó được giao trước giờ lên lớp làm tăng tính hiệu quả của bài giảng.



- Việc học tập của sinh viên được nâng cao trong suốt một học kỳ, khi sinh viên chuyên tiếp qua các phương pháp mới.
- Việc triển khai hiệu quả đồ án theo nhóm là một điều khó.
- Các bài thi vấn đáp rất hiệu quả trong việc giúp giảng viên xác định xem sinh viên có đạt được các chuẩn đầu ra của môn học hay không.
- Nhiều sinh viên thấy rằng bài thi vấn đáp là sự thể hiện chính xác hơn về sự hiểu biết của họ so với các bài thi viết truyền thống. Sự thực là, một số sinh viên đã nói rằng thi vấn đáp là phần hay nhất của môn học.

- D. DARMOFAL, MIT

## Tạo sự thu hút của giáo dục kỹ thuật đối với tất cả sinh viên

Chương trình CDIO tích hợp việc học tập các kỹ năng cá nhân và giao tiếp, các kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình và hệ thống với các kiến thức chuyên ngành thông qua những phương pháp học chủ động và trải nghiệm. Với cách tiếp cận này đối với học tập, kỹ thuật trở nên hấp dẫn hơn đối với các sinh viên vốn không chọn kỹ thuật là một lĩnh vực để nghiên cứu hoặc là một nghề nghiệp. Mặc dù đã cải thiện, giáo dục kỹ thuật có truyền thống lâu dài là môi trường hầu như dành cho nam giới, với rất ít nữ giới và các thành phần thiểu số. Bằng cách chọn các phương pháp học chủ động và trải nghiệm, chúng ta cần nhạy bén hơn với cách thức mà chúng ta có thể giúp đỡ tất cả các sinh viên tiến bộ và thành công.

Các công trình nghiên cứu về sở thích học tập của sinh viên xuất thân từ các nhóm thiểu số xác định các yếu tố cụ thể được xem là quan trọng đối với họ trong môi trường học tập. Ví dụ, ở Thụy điển, một cuộc nghiên cứu được thực hiện với các sinh viên kỹ thuật nữ cho thấy rằng, so với các sinh viên nam, các sinh viên nữ thích được:

- có tiếp xúc trực tiếp với giảng viên
- nhận được các phản hồi thường xuyên về việc học của họ
- các bài tập phù hợp với đời sống của họ
- giảng dạy và học tập được đặt trong bối cảnh toàn diện
- quản lý thời gian hiệu quả trong công việc đồ án
- đánh giá dựa trên thành tích hơn là dựa trên thi cử truyền thống
- được tiếp xúc với những gương điển hình thích hợp [19].

Một cuộc nghiên cứu liên quan đến sở thích học tập, thực hiện tại Đại học Linköping được tóm tắt trong Khung 6.3. Các thay đổi do chương trình CDIO mang đến sẽ là những bước tích cực hướng tới một nền giáo dục kỹ thuật nơi mà tất cả sinh viên có thể thăng hoa.

## CÁC LỢI ÍCH VÀ THÁCH THỨC

Chúng tôi đã và đang nghiên cứu các kết quả từ những sáng kiến này trong các phương pháp giảng dạy và học tập. Qua việc tích hợp các kỹ thuật vào nội dung chuyên ngành, và sử dụng phương pháp học chủ động và trải nghiệm, chúng tôi thấy rằng:

### **KHUNG 6.3: SỰ KHÁC BIỆT VỀ GIỚI TÍNH TRONG SỞ THÍCH HỌC TẬP**

Trong hai chương trình tại Đại học Linköping, Khoa học Máy tính và Vật lý Ứng dụng và Kỹ thuật Điện, các sinh viên nữ chiếm ít hơn 10% tổng số sinh viên. Trong một đồ án nhằm mục đích tạo giúp có ý thức về sự khác biệt giới tính trong cách thức học tập, sinh viên nữ được yêu cầu quan sát bài giảng, bài học, công việc đồ án, các kỳ thi, và các bài đọc giáo trình dưới góc độ giới tính. Mười một sinh viên ở các trình độ khác nhau tình nguyện tham gia trong một học kỳ. Họ được giới thiệu về những nghiên cứu về giới tính từ những nhà nghiên cứu trong lĩnh vực. Họ cũng tham dự các cuộc gặp mặt thường xuyên với những người hướng dẫn để giúp họ phản ánh những trải nghiệm của họ và thảo luận về những người tham gia quan sát khác. Có bốn kết quả chính sau đây:

- *Thiếu người điển hình là nữ*

Có rất ít giảng viên nữ. Ngoại trừ một vài môn học không thuộc kỹ thuật, một số học sinh không bao giờ học với giảng viên nữ cho đến khi họ lên năm thứ ba. Cũng có ít tác giả nữ trong các sách giáo khoa và bài đọc của môn học. Trong một chương trình kỹ thuật, chỉ có bốn cuốn sách trong 90 cuốn là được viết bởi tác giả nữ.

- *Các ví dụ về kỹ thuật đại diện cho quan điểm của phái nam*

Một nhiệm vụ đồ án liên quan đến việc phát triển của một trò chơi máy tính mang tính bạo lực. Các sinh viên nữ cảm thấy họ không liên quan tới loại trò chơi mạo hiểm này và cho rằng trường đại học không nên cho phép loại trò chơi vì tính này. Trong một số môn học, giảng viên nam giải thích việc ứng dụng một vấn đề lý thuyết qua kinh nghiệm: bản thân của mình khi phục vụ trong quân đội, một điều mà không quen thuộc đối với phần lớn sinh viên nữ ở Thụy điển.

- *Vai trò trong các nhóm sinh viên bị ảnh hưởng bởi giới tính*

Sinh viên nữ thường đóng vai trò là thư ký hơn là người lãnh đạo của nhóm. Sinh viên nữ cũng nhận thấy rằng cần có ít nhất hai người nữ trở lên trong một nhóm đồ án, đặc biệt là trong hai năm đầu của chương trình.

- *Sinh viên nữ dường như bị ảnh hưởng bởi việc giảng dạy dài nhiều hơn là các sinh viên nam*

Lý do cho việc này không hoàn toàn rõ ràng, và đòi hỏi định nghĩa thế nào là giảng dạy hay hoặc dở, cũng như cần tìm hiểu sâu hơn.

Các kết quả nhất quán với những nghiên cứu về giới tính, hơn nữa, thảo luận nhóm đóng một vai trò quan trọng. Các sinh viên nhận thấy rằng việc có thể phản ánh từ những kinh nghiệm của họ và từ các cấu trúc môi trường học tập dẫn đến một nhận thức và trưởng thành sâu sắc. Kể từ sau cuộc nghiên cứu, các sinh viên cũng nhận thấy họ sử dụng các quan điểm giới tính ngay cả bên ngoài trường đại học. Đồ án này đưa đến sự trưởng thành cá nhân và tư duy phán xét của sinh viên – những phẩm chất này là mục tiêu then chốt của trường đại học. Việc nâng cao nhận thức các sự khác biệt về giới tính trong sở thích học tập có thể dẫn đến những sự thay đổi tích cực trong các chương trình giáo dục đại học. Trong số những kiến nghị của sinh viên gồm có: nên có nhiều người điển hình nữ hơn, bổ trí các sinh viên năm thứ ba và thứ tư làm người hướng dẫn cho các sinh viên nữ mới, giáo dục các giảng viên và sinh viên về những sự khác biệt giới tính trong giảng dạy và học tập.

- Việc giới thiệu phương pháp tiếp cận CDIO đã giúp đào sâu – chứ không phải xem nhẹ – sự hiểu biết của sinh viên về kiến thức chuyên ngành kỹ thuật.
- Các cuộc khảo sát hàng năm với các sinh viên tốt nghiệp cho thấy rằng họ đã nắm vững những kiến thức và kỹ năng dự định trong Đề cương CDIO.
- Các kết quả của việc đánh giá môn học cho thấy rằng giảng viên sử dụng nhiều phương pháp giảng dạy và đánh giá đa dạng hơn trước đây.
- Các dữ liệu tự báo cáo của sinh viên cho thấy sinh viên hài lòng với trải nghiệm học tập của họ.
- Những nghiên cứu theo thời gian của các sinh viên trong chương trình CDIO cho thấy sự gia tăng về số lượng sinh viên đăng ký vào chương trình, giảm tỷ lệ thất bại, đặc biệt trong số sinh viên nữ, và tăng sự thỏa mãn của sinh viên trong học tập.

Những lợi ích này sẽ được xem xét chi tiết hơn trong Chương 9.

Tuy nhiên, sự tích hợp các kỹ năng cá nhân và giao tiếp, các kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình và hệ thống vào với nội dung chuyên ngành, và các phương pháp học chủ động và trải nghiệm, không phải là không có thách thức:

- Mặc dù các bằng chứng cho thấy sự ngược lại, nhưng các giảng viên đôi khi nhận thấy sự mâu thuẫn giữa kiến thức chuyên ngành và sự học tập của các kỹ năng cá nhân và giao tiếp, kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình và hệ thống.
- Giảng viên đôi khi do dự để giảm bớt nội dung giảng dạy trong môn học, bởi vì các môn tiếp theo sau đó lệ thuộc vào tất cả các nội dung của môn học trước.
- Giảng viên và sinh viên thường chống đối những thay đổi về cách thức dạy và học mà họ đã quen thuộc từ lâu.
- Giảng viên có thể thiếu chuyên môn để triển khai các phương pháp học chủ động và trải nghiệm.

Các vấn đề liên quan đến việc nâng cao các phương pháp giảng dạy, học tập, và đánh giá cho giảng viên được trình bày ở Chương 8.

## TÓM TẮT

Học tập tích hợp giúp sinh viên có thể học các kỹ năng cá nhân và giao tiếp, các kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình và hệ thống đồng thời đào sâu sự hiểu biết về khái niệm của kiến thức chuyên ngành của họ. Sinh viên thực hành và học kỹ thuật trong những bối cảnh thực sẽ thấy thỏa mãn hơn với trải nghiệm học tập của họ. Trong các môn học năm thứ nhất và năm thứ hai, sinh viên cũng được giới thiệu, động viên để học những khái niệm trừu tượng chuyên ngành. Trong những năm tiếp theo, kiến thức chuyên

ngành này được củng cố bằng ứng dụng, và sinh viên thấy tự tin hơn với thành quả của họ.

Các phương pháp học chủ động, ví dụ, thẻ “bùn”, câu hỏi khái niệm, và hệ thống trả lời điện tử, gắn bó sinh viên vào quá trình học tập bằng cách đòi hỏi một nỗ lực tinh thần có mục đích, và bằng cách khuyến khích những câu trả lời thẳng thắn. Giảng viên có thể điều chỉnh nhiều phương pháp học chủ động khác nhau cho phù hợp với các môn học dựa trên bài giảng, các môn học dựa trên đồ án, và môn thảo luận chuyên đề. Đối với học tập trải nghiệm, chẳng hạn như học tập dựa trên đồ án, mô phỏng, và nghiên cứu tình huống, sinh viên có cơ hội để đảm nhiệm nhiều vai trò kỹ thuật khác nhau trong các tình huống học tập ngày càng phức tạp.

Các chương trình CDIO tích hợp việc học tập các kỹ năng cá nhân và giao tiếp, các kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình và hệ thống với kiến thức chuyên ngành thông qua các phương pháp học chủ động và trải nghiệm. Với cách tiếp cận này đối với học tập, kỹ thuật trở nên hấp dẫn hơn đối với các sinh viên, và đây là điều đặc biệt thu hút những sinh viên vốn không chọn kỹ thuật là một lĩnh vực để nghiên cứu hoặc là một nghề nghiệp.

Cùng với Chương 4 và Chương 5, chương này đưa ra câu trả lời cho câu hỏi trọng tâm thứ hai xoay quanh cải cách giáo dục kỹ thuật: *Làm thế nào để chúng ta có thể làm tốt hơn trong việc đảm bảo sinh viên đạt được những kỹ năng này?* Chúng tôi đã tập trung vào các chuẩn đầu ra, trong đó kỹ năng được tích hợp với kiến thức chuyên ngành, và tương ứng các phương pháp giảng dạy và học tập với các chuẩn đầu ra này. Chương 7 sẽ tiếp tục triển khai cách tiếp cận này với việc tương ứng các phương pháp đánh giá học tập của sinh viên với các chuẩn đầu ra và các phương pháp giảng dạy và học tập.

### CÂU HỎI THẢO LUẬN

1. Bằng cách nào bạn có thể bắt đầu tích hợp các kỹ năng cá nhân và giao tiếp, các kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình và hệ thống vào trong các môn học của bạn?
2. Những phương pháp học chủ động và trải nghiệm nào được sử dụng hiệu quả trong các môn học của bạn?
3. Bằng cách nào bạn có thể tìm hiểu thêm về sự nhận thức của sinh viên đối với việc học tập của họ?
4. Bằng cách nào bạn sẽ bắt đầu giải quyết những thách thức chính yếu đối với việc học tập tích hợp và học chủ động và trải nghiệm được đề ra trong chương này?

## Tài liệu tham khảo

- [1] Edström, K., Törnevik, J., Engström, M., and Wiklund, Å., "Student Involvement in Principled Change: Understanding the Student Experience", *Proceedings of the 11th International Symposium Improving Student Learning, OCSLD*, Oxford, England, 2003.
- [2] Marton, F., and Säljö, R., "Approaches to Learning", in Marton, F., Hounsell, D., and Entwistle, N. J. (Eds.) *The Experience of Learning*. Edinburgh: Scottish Academic Press, 1984.
- [3] Gibbs, G., *Improving the Quality of Student Learning*, TES, Bristol, England, 1992.
- [4] Biggs, J., *Teaching for Quality Learning At University*, 2nd ed., The Society for Research into Higher Education and Open University Press, Berkshire, England, 2003.
- [5] Bloom, B. S., Englehart, M. D., Furst, E. J., Hill, W. H., and Krathwohl, D. R., *Taxonomy of Educational Objectives: Handbook I—Cognitive Domain*, McKay, New York, 1956.
- [6] Feisel, L. D., "Teaching Students to Continue Their Education", *Proceedings of the Frontiers in Education Conference*, 1986.
- [7] Angelo, T. A., and Cross, K. P., *Classroom Assessment Techniques: A Handbook for College Teachers*, 2nd ed., Jossey-Bass, San Francisco, California, 1993.
- [8] Johnson, D.W., and Johnson, R., *Leading the Cooperative School*. Interaction Book Company, Edina, Minnesota, 1994.
- [9] Mosteller, F., 1989, "The 'Muddiest Point in the Lecture' as a Feedback Device", *On Teaching and Learning*, Vol. 3, pp. 10-21. Available at <http://isites.harvard.edu/fs/html/icb.topic58474/mosteller.html>
- [10] Mazur, E., *Peer Instruction: A User's Manual*. Prentice Hall, NJ, 1997.
- [11] InterWritePRS. Available at <http://www.gtccalcomp.com/interwriteprs.htm>
- [12] Lindqvist, K., and Edstrom, K., *Ticking*, The Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden. Personal communication.
- [13] Kolb, D. A., *Experiential Learning*, Prentice-Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 1984.
- [14] Cunningham, G., Queen's University, Belfast, Northern Ireland.
- [15] See Aalborg University at <http://www.aau.dk>
- [16] Andersson, S., Edström, K., Eles, P., Knutson Wedel, M., Engström, M., and Soderholm, D., *Recommendations to Address Barriers in CDIO Project-Based Courses*, CDIO Report, 2003. Available at <http://www.cdio.org>
- [17] Bonwell, C., and Eison, J., *Active Learning; Creating Excitement in the Classroom*. ASHE-ERIC Higher Education Report 1. The George Washington University, School of Education and Human Development, Washington, DC, 1991.
- [18] Kardos, G., "Engineering Cases in the Classroom", *Proceedings of the National Conference on Engineering Case Studies* 1979. Available at <http://www.civeng.carleton.ca/ECL/cclas.html>
- [19] Salminen-Karlsson, M., *Bringing Women into Computer Engineering*, Linköping University, Department of Education and Psychology Dissertations No 60. Linköping, Sweden, 1999.

# CHƯƠNG BẢY

## ĐÁNH GIÁ VIỆC HỌC TẬP CỦA SINH VIÊN

VIẾT CÙNG VỚI P. J. GRAY

### GIỚI THIỆU

Ba chương vừa rồi đã thảo luận về những câu trả lời cho câu hỏi trọng tâm thứ hai cho việc giáo dục kỹ thuật: *Làm thế nào để chúng ta có thể làm tốt hơn trong việc đảm bảo sinh viên đạt được những kỹ năng ấy?* Chương trình đào tạo tích hợp, các trải nghiệm thiết kế - triển khai, học tập tích hợp, và học chủ động và trải nghiệm là những thành phần chủ yếu của một nền giáo dục kỹ thuật được cải cách nhằm đảm bảo tốt hơn việc sinh viên đạt được các chuẩn đầu ra mong muốn của tất cả các sinh viên tốt nghiệp ngành kỹ thuật. Tiềm ẩn trong câu hỏi "*Làm thế nào để chúng ta có thể làm tốt hơn...*" là một câu hỏi thêm khác: *Làm thế nào chúng ta biết chúng ta đang làm tốt hơn?*

- Làm thế nào chúng ta biết được rằng các sinh viên đang đạt được các chuẩn đầu ra dự định?
- Làm thế nào chúng ta biết được rằng các chương trình kỹ thuật của chúng ta là có hiệu quả?

Chúng tôi trả lời phần đầu của câu hỏi về việc đánh giá học tập của sinh viên trong chương này, và sau đó sẽ quay lại thảo luận về phần thứ hai của câu hỏi ở Chương 9 về đánh giá chương trình. Đánh giá việc học tập của sinh viên đo lường mức độ mà mỗi sinh viên đạt được các chuẩn đầu ra cụ thể. Các giảng viên hoạch định và triển khai việc đánh giá học tập của sinh viên tương ứng với chuẩn đầu ra trong phạm vi môn học của họ. Ngược lại, việc đánh giá chương trình xem xét các yếu tố thành công chủ chốt của các chương trình CDIO trên phương diện cả về các chuẩn đầu ra bao quát và sự tiếp nhận các Tiêu chuẩn CDIO.

Việc học tập được đánh giá trước, trong, và sau các hoạt động giảng dạy. Đánh giá quá trình (formative) thu thập chứng cứ về thành quả của sinh viên khi sinh viên đang ở trong quá trình học tập. Kết quả của đánh giá

quá trình cho sinh viên biết về tiến bộ của họ, giúp theo dõi tiến độ của công tác giảng dạy, và chỉ ra các lĩnh vực giảng dạy cần được thay đổi. Đánh giá tổng kết (summative) thu thập chứng cứ lúc kết thúc một hoạt động giảng dạy, chẳng hạn như một đồ án lớn, một môn học, hay toàn bộ chương trình. Các kết quả của việc đánh giá tổng kết nói lên mức độ của các chuẩn đầu ra dự định mà các sinh viên đạt được trong đồ án, môn học, hay chương trình. Nếu hoạt động giảng dạy được lặp lại với các sinh viên khác, việc đánh giá tổng kết, cũng như đánh giá quá trình, được dùng để cải tiến chương trình đào tạo, các phương pháp giảng dạy- học tập, và sự thiết kế và sử dụng các không gian học tập.

Đánh giá việc học tập của sinh viên về các kỹ năng cá nhân và giao tiếp, về các kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình và hệ thống, và về kiến thức chuyên ngành có bốn giai đoạn chính:

- Xác định các chuẩn đầu ra.
- Tương ứng các phương pháp đánh giá với chương trình đào tạo, các chuẩn đầu ra, và các phương pháp giảng dạy.
- Sử dụng nhiều phương pháp đánh giá khác nhau để thu thập chứng cứ về thành quả của sinh viên.
- Sử dụng các kết quả đánh giá để cải tiến việc giảng dạy và học tập.

Tầm quan trọng của việc xác định các chuẩn đầu ra và tương ứng chúng với việc giảng dạy và học tập đã được nhấn mạnh ở các chương trước. Bây giờ, trọng tâm là về các phương pháp đánh giá tương ứng với chương trình đào tạo và các phương pháp giảng dạy. Việc đánh giá học tập hiệu quả được tương ứng với các chuẩn đầu ra dự định, nghĩa là, kiến thức, kỹ năng, và thái độ mà sinh viên được kỳ vọng sẽ nắm vững là kết quả của những trải nghiệm giáo dục của họ.

Chúng tôi dùng nhiều phương pháp khác nhau nhằm thu thập chứng cứ về việc sinh viên đang đạt tới chuẩn đầu ra dự định, chẳng hạn như, các câu hỏi viết và nói, xếp hạng thành tích, xét duyệt sản phẩm, nhật ký, hồ sơ thành tích cá nhân (portfolios), và các phương tiện tự báo cáo khác. Các phương pháp này có thể thu thập chứng cứ về sự tiến bộ và thành quả của sinh viên trong nhiều môi trường giảng dạy - học tập khác nhau. Việc thu thập dữ liệu và thảo luận các thông tin từ nhiều nguồn đa dạng cho phép chúng biết rõ được sinh viên đã học được những gì. Tuy nhiên, quá trình đánh giá học tập vẫn chưa hoàn tất cho đến khi các kết quả đánh giá được sử dụng để cải thiện các trải nghiệm giáo dục của sinh viên.

Trong chương này, chúng tôi nhấn mạnh ý tưởng rằng, trong một nền văn hóa phối hợp, hợp tác, và hỗ trợ, việc đánh giá học tập được dùng để phán đoán và thúc đẩy học tập. Việc giảng dạy và học tập đan xen vào nhau, và sinh viên và giảng viên học hỏi cùng nhau. Chúng tôi xem xét một cách chi tiết về quá trình đánh giá học tập, mô tả các phương pháp đánh giá lựa chọn, và đưa ra các ví dụ về việc đánh giá học tập của sinh viên trong các chương trình tiêu biểu. Cuối cùng, chúng tôi xác định những thách thức

chính yếu của việc đánh giá học tập hiệu quả, và chỉ ra con đường để khắc phục các thách thức này.

## MỤC TIÊU CỦA CHƯƠNG

Chương này được soạn thảo nhằm giúp độc giả:

- triển khai các quy trình đánh giá học tập
- xây dựng kế hoạch nhằm tương ứng việc đánh giá với chuẩn đầu ra dự định và các phương pháp giảng dạy - học tập
- mô tả nhiều phương pháp đánh giá khác nhau cung cấp chứng cứ về học tập của sinh viên
- sử dụng các kết quả đánh giá cho việc cải tiến liên tục các trải nghiệm học tập
- mô tả những ích lợi và thách thức của việc đánh giá học tập hiệu quả.

## QUY TRÌNH ĐÁNH GIÁ HỌC TẬP

Theo quan điểm truyền thống, đánh giá được quan niệm tách rời giảng dạy. Giảng viên tin rằng thời gian dành cho đánh giá sẽ phải lấy đi từ thời gian “giảng dạy”; sinh viên thường xem đánh giá thật đáng sợ và có tính đe dọa. Trái lại, quan điểm CDIO lấy việc đánh giá làm trọng tâm của học tập, nghĩa là phần không tách rời trong quá trình giảng dạy, nhằm khuyến khích học tập tốt hơn trong nền văn hóa thầy trò cùng học. Bảng 7.1 là một so sánh của đánh giá lấy giảng dạy làm trọng tâm và đánh giá lấy học tập làm trọng tâm, dựa trên nghiên cứu của Huba và Freed [1].

Việc đánh giá lấy học tập làm trọng tâm nghĩa là nó tương ứng với các chuẩn đầu ra, sử dụng nhiều phương pháp nhằm thu thập chứng cứ của thành quả, và thúc đẩy việc học tập trong môi trường hỗ trợ, hợp tác. Đánh giá tập trung vào việc thu thập chứng cứ để thấy rằng sinh viên đã phát triển năng lực về kiến thức chuyên ngành, các kỹ năng cá nhân và giao tiếp, và các kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình và hệ thống. Việc đánh giá học tập sinh viên chính là trọng tâm của Tiêu chuẩn 11.

### **TIÊU CHUẨN 11 – ĐÁNH GIÁ HỌC TẬP**

**Đánh giá học tập của sinh viên về các kỹ năng cá nhân và giao tiếp, và các kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình và hệ thống, cũng như kiến thức chuyên ngành.**

Quy trình đánh giá học tập của sinh viên có 4 giai đoạn chính: xác định chuẩn đầu ra; tương ứng các phương pháp đánh giá với chuẩn đầu ra và các phương pháp giảng dạy; sử dụng nhiều phương pháp đánh giá nhằm thu thập chứng cứ về việc học của sinh viên; và sử dụng các kết quả đánh giá để cải tiến việc giảng dạy và học tập. Hình 7.1 minh họa quy trình đánh

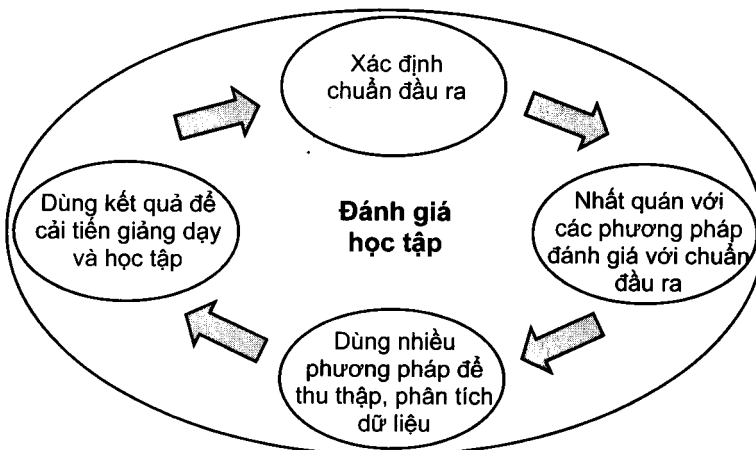


giá học tập có thể triển khai trong bất kỳ chương trình giáo dục nào. Các đặc tính riêng biệt của việc đánh giá học tập của sinh viên trong các chương trình CDIO liên quan với bản chất của các chuẩn đầu ra, và sự tích hợp của chúng vào trong chương trình đào tạo.

**BẢNG 7.1: ĐÁNH GIÁ LẤY GIÁNG DẠY LÀM TRỌNG TÂM  
SO VỚI LẤY HỌC TẬP LÀM TRỌNG TÂM**

• Dạy và đánh giá tách rời	• Dạy và đánh giá đan xen với nhau
• Đánh giá dùng để theo dõi học tập	• Đánh giá dùng để thúc đẩy và phán đoán việc học tập
• Trọng tâm là vào các câu trả lời đúng	• Trọng tâm là việc đưa ra các câu hỏi hay hơn và việc học hỏi rút ra từ những sai sót
• Việc học tập mong muốn được đánh giá gián tiếp thông qua việc sử dụng các bài kiểm tra được chấm điểm khách quan	• Việc học tập mong muốn được đánh giá trực tiếp thông qua các bài viết, đồ án, công việc, hồ sơ thành tích sinh viên, v.v.
• Văn hóa là cạnh tranh và chủ nghĩa cá nhân	• Văn hóa là phối hợp, hợp tác, và hỗ trợ
• Chỉ có sinh viên được xem là người học	• Giảng viên và sinh viên cùng học hỏi

\* Của Mary E. Huba & Jann E. Freed. Đánh giá lấy người học làm trọng tâm ở các cơ sở đại học: Sự chuyển đổi trọng tâm từ giảng dạy sang học tập. Được xuất bản bởi Allyn và Bacon, Boston, MA. Copyright © 2000 bởi Pearson Education. Được điều chỉnh dưới sự cho phép của nhà xuất bản.



**HÌNH 7.1: QUY TRÌNH ĐÁNH GIÁ VIỆC HỌC TẬP CỦA SINH VIÊN**

Trong hầu hết các chương trình kỹ thuật, đánh giá học tập chú trọng vào nội dung chuyên ngành. Mặc dù sự chú trọng này tiếp tục đóng vai trò

quan trọng trong phương pháp tiếp cận CDIO, một sự nhấn mạnh tương đương khác cần được đặt vào việc đánh giá các kỹ năng cá nhân và giao tiếp, và các kỹ năng xây dựng quy trình, sản phẩm và hệ thống; tất cả được tích hợp vào trong chương trình đào tạo. Một phương pháp đánh giá đơn lẻ sẽ không đủ để thu thập chứng cứ của một dãy rộng của các chuẩn đầu ra.

Đánh giá học tập của sinh viên bắt đầu bằng việc xác định chuẩn đầu ra mà sinh viên sẽ đạt được, đó là kết quả của việc giảng dạy và các trải nghiệm học tập có liên quan. Các kỹ năng cá nhân và giao tiếp, các kỹ năng xây dựng quy trình, sản phẩm và hệ thống, và kiến thức chuyên ngành mà các kỹ năng này dựa vào, tạo nên các chuẩn đầu ra có tính bao quát. Ở Chương 3, chúng ta đã mô tả quá trình biên soạn các chuẩn đầu ra từ Đề cương CDIO (Xem Bảng 3.8). Một khi chuẩn đầu ra được phát biểu rõ ràng, chúng được tích hợp vào trong chương trình đào tạo, và được sắp xếp theo trình tự phù hợp với các trải nghiệm học tập tương ứng. Các Chương 4, 5, và 6 mô tả sự tích hợp và sắp xếp trình tự này một cách chi tiết. Vì các thể loại khác nhau của chuẩn đầu ra đòi hỏi các phương pháp giảng dạy khác nhau, các phương pháp này lại sản sinh ra các trải nghiệm học tập khác nhau – đặc biệt là các cách tiếp cận học chủ động và trải nghiệm – chúng cũng sẽ đòi hỏi các phương pháp đánh giá khác nhau nhằm đảm bảo độ tin cậy và giá trị của các dữ liệu đánh giá. Các mục tiếp theo của chương này chú trọng vào các giai đoạn hai, ba, và tư của quy trình đánh giá học tập.

## NHẤT QUÁN CÁC PHƯƠNG PHÁP ĐÁNH GIÁ VỚI CÁC CHUẨN ĐẦU RA

Một khi chuẩn đầu ra đã được xác lập cho một môn học, một môđun, hay các trải nghiệm học tập khác, chúng cần được sắp xếp theo thể loại nhằm tạo thuận lợi cho việc lựa chọn các phương pháp đánh giá phù hợp. Ví dụ, Bảng 7.2 là một hướng dẫn chung cho việc chọn các phương pháp đánh giá phù hợp nhất quán với các thể loại cụ thể của chuẩn đầu ra. Chúng được phỏng theo công trình nghiên cứu của R. J. Stiggins, một chuyên gia đánh giá giáo dục chuyên làm việc với các thầy cô giảng dạy trực tiếp trên lớp [2]. Cột thứ nhất thể hiện các thể loại liên quan đến kiến thức (3 cấp độ), kỹ năng và thái độ. Các tiêu đề hàng ngang là những thể loại của các phương pháp đánh giá. Những ví dụ về các phương pháp đánh giá theo thể loại được giải thích trong phần tiếp theo của chương. Hiện tại, bảng được trình bày để nhấn mạnh tầm quan trọng của việc lựa chọn các phương pháp đánh giá sao cho phù hợp với việc thu thập chứng cứ để chứng tỏ sinh viên đã đạt được các chuẩn đầu ra trong học tập.

**BẢNG 7.2: NHẤT QUÁN CÁC PHƯƠNG PHÁP ĐÁNH GIÁ VỚI CHUẨN ĐẦU RA**

	Các câu hỏi vấn đáp và viết	Xếp hạng năng lực	Xét duyệt sản phẩm	Nhật ký kỹ thuật và hồ sơ thành tích	Các công cụ tự báo cáo
Hiểu khái niệm	X				
Giải quyết vấn đề và hiểu biết về quy trình	X			X	
Sáng tạo và tổng hợp kiến thức		X	X	X	
Các kỹ năng và các quy trình		X	X	X	X
Thái độ			X	X	X

Bảng trên cho rằng, hiểu khái niệm có thể được đánh giá một cách hiệu quả bằng các câu hỏi vấn đáp và viết. Các câu hỏi này có thể nằm trong các kỳ kiểm tra, phỏng vấn, hoặc khi trao đổi thông tin với sinh viên. Các ví dụ của chuẩn đầu ra trong thể loại này bao gồm:

- *Phân biệt các đặc điểm của sự phát thải (emission) và sự đốt cháy (combustion) (ví dụ chuẩn đầu ra này sẽ được điền vào trong Đề cương CDIO mục 1.3, phần chuyên ngành cụ thể)*
- *Định nghĩa một hệ thống, cách thức hoạt động, và các thành phần của nó (Đề cương CDIO 2.3)*

Giải quyết vấn đề và hiểu biết về quy trình có thể được đánh giá bằng cách yêu cầu sinh viên tìm các giải pháp cho các tình huống đơn giản và phức tạp bằng cách dùng các câu hỏi vấn đáp, các hình thức dưới dạng viết, hoặc qua các báo cáo và nhật ký kỹ thuật. Các ví dụ về các chuẩn đầu ra nhằm tới giải quyết vấn đề bao gồm:

- *Hình thành giải pháp cho các vấn đề bằng cách sử dụng các kỹ năng sáng tạo và ra quyết định sáng suốt (Đề cương CDIO 2.1)*
- *Áp dụng các mô hình xác suất và thống kê các sự kiện và quy trình (Đề cương CDIO 2.1)*

Các chuẩn đầu ra liên quan đến việc sáng tạo và tổng hợp kiến thức, mặc dù khó đánh giá hơn, nhưng có thể sử dụng các phương pháp đánh giá tương tự với các phương pháp để đánh giá kỹ năng và quy trình. Ví dụ:

- *Hình thành ý tưởng và thiết kế một sản phẩm kỹ thuật đáp ứng yêu cầu của khách hàng (Đề cương CDIO 4.3 và 4.4)*
- *Đánh giá các hệ điều hành và đề xuất các cải tiến (Đề cương CDIO 4.6)*

Các chuẩn đầu ra thuộc thể loại kỹ năng và phương pháp (skills and processes) được đánh giá thích hợp thông qua xếp hạng năng lực (performance ratings), xét duyệt sản phẩm, nhật ký kỹ thuật (journals), hồ sơ thành tích, và các công cụ tự báo cáo khác. Các ví dụ của các chuẩn đầu ra này là:

- *Xác định các trạng thái ứng suất và biến dạng của các kết cấu bằng cách sử dụng các công cụ mô phỏng phù hợp (ví dụ chuẩn đầu ra này sẽ được điền vào trong Đề cương CDIO mục 1.3, phần chuyên ngành cụ thể).*
- *Sử dụng cách thức giao tiếp không lời thích hợp, chẳng hạn, điều bộ, quan sát (eye contact), tư thế (Đề cương CDIO 3.2).*

Cuối cùng, thái độ có thể được đánh giá bằng hầu hết các công cụ tự báo cáo, bao gồm các nhật ký kỹ thuật và các hồ sơ thành tích. Đề cương CDIO nêu cụ thể các chuẩn đầu ra mang tính cảm tính (các thái độ) để được tích hợp vào trong các chương trình đào tạo. Các ví dụ gồm:

- *Nhận ra các vấn đề đạo đức liên quan tới việc dùng con người cho các thí nghiệm khoa học (Đề cương CDIO 2.2)*
- *Cam kết tham gia một chương trình cá nhân về học tập suốt đời và phát triển nghề nghiệp (Đề cương CDIO 2.4)*

Bảng trên chỉ là một *hướng dẫn* nhằm tương ứng các phương pháp đánh giá với chuẩn đầu ra; nó không chỉ định sự tương ứng chính xác. Sự lựa chọn các phương pháp đánh giá thường phụ thuộc vào kinh nghiệm của các giảng viên đối với phương pháp đó và các nguồn lực sẵn có để thu thập và phân tích dữ liệu. Phần tiếp theo mô tả một số phương pháp đánh giá và các ví dụ cho việc sử dụng các phương pháp này trong các chương trình của chúng tôi.

## CÁC PHƯƠNG PHÁP ĐÁNH GIÁ HỌC TẬP CỦA SINH VIÊN

Giai đoạn thứ ba của quy trình đánh giá học tập sinh viên, như đã minh họa ở Hình 7.1, là việc sử dụng nhiều phương cách để thu thập và phân tích dữ liệu. Theo truyền thống, việc đánh giá trong các chương trình kỹ thuật theo hình thức viết và thường diễn ra ở cuối học kỳ. Ngược lại, theo cách tiếp cận CDIO, đánh giá học tập sinh viên sử dụng nhiều phương pháp thu thập chứng cứ trước, trong, và sau các hoạt động học tập để đưa ra một cái nhìn toàn diện hơn về những đổi thay xảy ra trong các thành quả và thái độ của sinh viên. Một số phương pháp đánh giá, khi được sử dụng trong lúc học trải nghiệm, cũng là phương pháp *giảng dạy* hiệu quả. Ví dụ, các câu hỏi khái niệm, mô tả ở Chương 6, là hiệu quả cả cho việc học hỏi các khái niệm mới cũng như mang lại cho giảng viên phản hồi về việc học tập của sinh viên. Bằng chứng của việc học tập được thu thập qua các câu hỏi vấn đáp và viết, xếp hạng năng lực, xét duyệt sản phẩm, nhật ký kỹ thuật, hồ sơ thành tích, và các công cụ tự báo cáo khác. Các tiêu chí và tiêu chuẩn của năng lực hợp thành thang biểu và đề mục (rating scale and rubrics) được sử dụng để đánh giá chất lượng học tập và thành quả của sinh viên. Bây giờ

chúng ta cùng xem xét một số phương pháp thu thập dữ liệu và đánh giá này, và cho các ví dụ từ các chương trình của chúng tôi.

## Các câu hỏi viết và vấn đáp

Đa số các giảng viên kỹ thuật quen thuộc với các bài kiểm tra viết gồm các câu hỏi trắc nghiệm và đề thi kín khác (closed items), các tính toán, và các đề thi mở (open-ended). Các giảng viên được khuyến khích đề ra các câu hỏi kiểm tra viết tương ứng với chuẩn đầu ra của môn học, và kiểm tra thành quả của sinh viên theo các chuẩn đầu ra này. Để đánh giá việc hiểu khái niệm của sinh viên thì kiểm tra viết vẫn là các phương pháp có hiệu quả và hiệu lực. Một số lượng lớn các sinh viên có thể được đánh giá trong cùng một lúc, và thành quả của sinh viên được ghi nhận lại. Tuy nhiên, việc biên soạn các câu hỏi tốt là không dễ dàng, và câu trả lời của sinh viên không luôn thể hiện nguyên nhân của sai lầm cũng như nguồn gốc các hiểu sai về khái niệm của họ.

Mặt khác, các câu hỏi vấn đáp cho phép giảng viên nhận ra được các hiểu sai về khái niệm của sinh viên. Kiểm tra vấn đáp đòi hỏi sinh viên trả lời những câu hỏi mà họ không được biết trước và phải ăn nói mạch lạc. Việc sử dụng các kỳ kiểm tra vấn đáp, cùng với với các câu hỏi khái niệm tại lớp, đã được mô tả ở Chương 6 qua ví dụ về môn Khí động lực học tại MIT (Xem khung 6.1).

Trong cả hai kiểu kiểm tra viết và vấn đáp, giảng viên sử dụng các câu hỏi khái niệm để xác định mức độ hiểu sâu hơn về nội dung chuyên ngành của sinh viên. Sử dụng các câu hỏi khái niệm, đã mô tả ở Chương 6, là một ví dụ về phương pháp có thể phù hợp cho cả giảng dạy và đánh giá. Khung 7.1 mô tả việc sử dụng các câu hỏi khái niệm để đo lường sự hiểu khái niệm trong cơ học và toán học tại Đại học Công nghệ Chalmers. Các câu hỏi khái niệm là phần thứ hai của một cuộc nghiên cứu theo quá trình (longitudinal study) để theo dõi sinh viên trong thời gian ba năm.

## Xếp hạng năng lực

Nhiều chuẩn đầu ra có thể được đánh giá bằng cách quan sát sinh viên thực hiện các nhiệm vụ cụ thể, ví dụ, giao tiếp bằng lời và làm việc theo nhóm. Trong những tình huống này, các thang biểu và đề mục hỗ trợ việc thu thập và phân tích dữ liệu đánh giá. Một đề mục là danh sách các tiêu chí xác định chất lượng của một sự thực hiện, một quy trình, hay sản phẩm, với thang bậc phản hồi các mức độ chất lượng khác nhau. Bên cạnh sự hữu ích cho giảng viên, chúng còn truyền đạt đến sinh viên các thành tích mong muốn. Bởi vì cùng các tiêu chí được áp dụng cho cả lớp, các sinh viên cảm thấy sự đánh giá là công bằng và khách quan hơn. Các đề mục là phương

tiện hiệu quả để ghi nhận lại các quan sát và đánh giá, nhưng việc biên soạn các đề mục thì tốn thời gian và đầy thách thức.

### **KHUNG 7.1: TRÍCH DẪN MỘT NGHIÊN CỨU THEO QUÁ TRÌNH ĐỐI VỚI SINH VIÊN KỸ THUẬT CƠ KHÍ TẠI ĐẠI HỌC KỸ THUẬT CHALMERS**

Chương trình Kỹ thuật Cơ khí tại Đại học Kỹ thuật Chalmers tiến hành một nghiên cứu sử dụng Danh mục Khái niệm về Lực (*Force Concept Inventory – FCI*), một khảo sát nổi tiếng nhằm kiểm tra sự hiểu biết của sinh viên về các khái niệm vật lý cơ bản [1]. FCI được thiết kế đặc biệt nhằm đánh giá sự hiểu biết của sinh viên về những khái niệm cơ bản của vật lý Newton, mặc dù nó cũng có thể được dùng cho nhiều mục đích và trong nhiều hoàn cảnh khác. Việc nghiên cứu so sánh khảo sát FCI được hoàn tất vào tháng Giêng năm 2002 và một khảo sát khác hoàn tất vào Mùa Thu năm 2002, khi các sinh viên đã ở năm thứ hai của chương trình Kỹ thuật Cơ khí. Các sinh viên cũng được hỏi những câu hỏi khái niệm về sự hiểu biết các khái niệm vật lý của họ.

Năm sau, một nghiên cứu khác tập trung vào mô hình toán, tức là khả năng của sinh viên trong việc dùng toán học ở các tình huống ứng dụng. Các sinh viên được cung cấp một bài kiểm tra mô hình toán nổi tiếng và phổ biến, được soạn bởi các nhà nghiên cứu ở Úc, Anh, và Ái Nhĩ Lan, nhằm thu thập chứng cứ về sự phát triển năng lực mô hình toán [2]. Bài kiểm tra mô hình được thực hiện hai lần, lần đầu vào tháng 9 năm 2003, khi sinh viên mới bắt đầu năm thứ ba trong chương trình Kỹ thuật Cơ khí. Cuộc khảo sát lần thứ hai hoàn tất vào tháng 2 năm 2004, khi sinh viên đang ở học kỳ hai của năm thứ ba.

Kết quả của các nghiên cứu theo quá trình này đã cho thấy rằng các sinh viên Kỹ thuật Cơ khí đã thể hiện sự tiến bộ về hiểu biết khái niệm của vật lý, toán học, và cơ học từ trước khi kiểm tra so với sau khi kiểm tra. Hơn nữa, FCI và công cụ mô hình toán học tỏ ra hữu ích trong việc đánh giá thành quả của sinh viên trong việc đạt được các chuẩn đầu ra liên quan đến kiến thức chuyên ngành. Nghiên cứu này đã chỉ ra sự khác biệt về kết quả theo giới tính, nhưng những khác biệt này không thể được giải thích thỏa đáng trong bối cảnh của cuộc nghiên cứu. Các khảo cứu tiếp theo đã được hoạch định nhằm xác định các yếu tố về bối cảnh nào đã tác động đến kết quả.

[1] Hestenes, D., Wells, M., and Swackhammer, G., Force Concept Inventory, *The Physics Teacher*, vol. 30, 1992, pp. 141-151.

[2] Izard, J., Haines, C., Crouch, R., Houston, K., and Neill, M., Assessing the Impact of Teaching Mathematical Modeling: Some Implications, in Lamon, S. J., Parker, W. A., Houston, S. K., (Eds.), *Mathematical Modeling: A Way of Life*, ICTMA 11, Chichester, Harwood Publishing, 165-177.

- T. LINGEFJÄRD, ĐẠI HỌC CÔNG NGHỆ CHALMERS

Điều may mắn là các ví dụ về đề mục có thể tìm thấy trong các bài viết đăng trên tạp chí chuyên ngành và các kỳ yếu hội nghị của các tổ chức giáo dục kỹ thuật, chẳng hạn Hội Giáo dục Kỹ thuật Hoa Kỳ (American Society for Engineering Education – ASEE) và Hội Giáo dục Kỹ thuật Châu Âu (Société Européenne pour la Formation des Ingénieurs - SEFI). Bảng 7.3 là một ví dụ của một đề mục được sử dụng trong một vài chương trình CDIO nhằm xếp hạng chất lượng trình bày kỹ thuật và thuyết trình của sinh viên. Nên lưu ý rằng những người quan sát được yêu cầu xếp hạng sự hiểu biết của sinh viên về thông tin kỹ thuật, cũng như khả năng của sinh viên trình

bày các ý tưởng của mình một cách rõ ràng và chuyên nghiệp. Đề mục mẫu trình bày trong Bảng 7.3 là một ví dụ của một đề mục phân tích. Ở đây, các tiêu chí được nêu lên với một vài điểm cụ thể trong cột bên trái. Người đánh giá phân xét chất lượng của từng tiêu chí một cách riêng biệt. Trái lại, một đề mục tổng quát bắt đầu bằng việc phân mức chất lượng, và mô tả chi tiết, chẳng hạn, một sự trình bày tốt sẽ là như thế nào, với sự mô tả thêm về từng mức độ của chất lượng [2].

## Xét duyệt sản phẩm

Các đề mục tương tự có thể được soạn thảo và sử dụng nhằm đánh giá các sản phẩm và đồ án của sinh viên. Một trong những yếu tố khác biệt cơ bản của một chương trình CDIO so với các chương trình khác là sự nhấn mạnh về trải nghiệm thiết kế - triển khai. Các sinh viên cần thể hiện khả năng hình thành ý tưởng, thiết kế, triển khai, và vận hành các sản phẩm, quy trình và hệ thống. Việc đánh giá có thể được tiến hành bằng cách phân xét sự thể hiện (công việc), hoặc xét duyệt sản phẩm hữu hình – dù nó là vật nhân tạo, báo cáo, hay hình vẽ trên máy tính. Khung 7.2 đưa ra một ví dụ về một đề mục được thiết kế và triển khai tại Đại học Queen - Belfast nhằm đánh giá việc học tập một mô đun đồ án thiết kế.

**BẢNG 7.3: ĐỀ MỤC MẪU NHẪM ĐÁNH GIÁ TRÌNH BÀY KỸ THUẬT VÀ THUYẾT TRÌNH**

	Kém	Đạt	Tốt	Rất tốt	Bình luận
<b>Chất lượng Trình bày</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mục tiêu chính của sự trình bày được phát biểu rõ ràng</li> <li>- Người trình bày duy trì quan sát tốt với khán giả</li> <li>- Người trình bày dùng giọng nói hiệu quả (âm lượng, sự rõ ràng, chuyển điệu)</li> <li>- Người trình bày đĩnh đạc và chuyên nghiệp (về bề ngoài, tư thế, cử chỉ)</li> <li>- Sự chuyển tiếp sang người trình bày tiếp theo trơn tru và hiệu quả</li> </ul>					
<b>Nội dung Kỹ thuật</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Nội dung kỹ thuật chính xác và có ý nghĩa</li> <li>- Nội dung kỹ thuật chứng tỏ đã được phát triển đủ ý</li> <li>- Các điểm chính được nhấn mạnh và mối quan hệ giữa các ý tưởng được rõ ràng</li> <li>- Các ý tưởng được hỗ trợ với đầy đủ chi tiết và hình vẽ rõ ràng</li> <li>- Các đồ thị và các thuyết minh được thiết kế và sử dụng hiệu quả</li> <li>- Các phương án khác nhau được trình bày và cơ sở hợp lý cho các phương án được lựa chọn</li> <li>- Các vấn đề chính được nêu ra và giải quyết</li> <li>- Các câu hỏi được trả lời chính xác, và xúc tích</li> </ul>					

Bình luận chung:

Chúng tôi xin có một lưu ý nhỏ về *đánh giá đồng cấp*, nghĩa là các sinh viên đánh giá lẫn nhau. Đánh giá đồng cấp thường xảy ra trong bối cảnh xếp hạng công việc và xét duyệt sản phẩm. Ví dụ, trong ví dụ ở Bảng 7.3, các sinh viên được cung cấp đề mục và được yêu cầu xếp hạng các thuyết trình của các thành viên trong nhóm hoặc các thành viên trong lớp. Dĩ nhiên, đánh giá đồng cấp không buộc phải ghi nhận theo các đề mục. Trong một số chương trình, mỗi nhóm sinh viên được giao nhiệm vụ phê phán, cả bằng lời và bằng viết, công việc và các sản phẩm của ít nhất một nhóm khác trong lớp.

## Nhật ký kỹ thuật và hồ sơ thành tích cá nhân

Nhật ký kỹ thuật và hồ sơ thành tích cá nhân cung cấp các ghi nhận về nỗ lực cá nhân và hợp tác của sinh viên trong các đồ án thiết kế - triển khai, và nghiên cứu mang tính thí nghiệm. Chúng thể hiện các kỹ năng tư duy suy xét và lập luận của sinh viên, và ghi nhận lại các bước mà sinh viên theo đuổi trong một quy trình kỹ thuật. Các tài liệu này cung cấp chứng cứ về thành quả của sinh viên trong các tình huống có thể không có sản phẩm hữu hình khi đồ án kết thúc. Hơn nữa, nhật ký kỹ thuật giúp phân biệt những đóng góp cá nhân vào đồ án và các hoạt động của nhóm. Mặc dù phải mất thời gian đọc và đánh giá nhật ký kỹ thuật và hồ sơ thành tích cá nhân, nhưng chúng có hiệu quả nhất khi sinh viên nhận được các phản hồi một cách thường xuyên.

### KHUNG 7.2: XÉT DUYỆT THIẾT KẾ ĐỒ ÁN TẠI ĐẠI HỌC QUEEN - BELFAST

Bảng xếp hạng bao gồm các tiêu chí được thiết kế nhằm đánh giá việc học của sinh viên liên quan tới chuẩn đầu ra của môđun đồ án. Người giám sát quan sát sinh viên và hoàn tất các bảng này.

Công việc của sinh viên trong suốt quá trình làm đồ án sẽ được đánh giá theo các kỹ năng liệt kê trong bảng dưới đây. Người giám sát được yêu cầu xếp hạng công việc của sinh viên bằng cách sử dụng thang điểm sau đây:

Chuẩn đầu ra cho đồ án	Chưa đạt	Đạt	Tốt	Xuất sắc
Giao tiếp hiệu quả bằng viết, lời nói, và phương tiện đồ họa				
Quản lý thời gian, nguồn lực, biết sắp xếp ưu tiên, và làm việc đúng hạn				
Dùng máy tính và công nghệ thông tin hiệu quả				
Thu thập và tổng hợp thông tin bằng cách dùng nhiều nguồn lực bên ngoài khác nhau				
Thể hiện các kỹ năng chung để giải quyết vấn đề học được trong quá trình làm đồ án				
Làm việc và học tập một cách độc lập				
Làm việc an toàn				
Giao tiếp hiệu quả với các kỹ thuật viên và các nhân viên hỗ trợ khác				



## Các công cụ tự báo cáo khác

Các công cụ tự báo cáo khác, chẳng hạn như các bản danh mục và các bảng câu hỏi, giúp sinh viên phát triển ý thức về mình với vai trò là người học cũng như là người kỹ sư trong tương lai. Yêu cầu sinh viên suy nghĩ về các kinh nghiệm học tập của họ sẽ giúp họ thấy rõ hơn các mối liên hệ giữa các khái niệm mà họ đã học, cũng như ứng dụng của những khái niệm này vào những tình huống mới. Khi những nhận xét được kết hợp với các hồ sơ thành tích cá nhân bao gồm các ví dụ về công việc của sinh viên, thì chúng là các công cụ hữu ích để đánh giá thành quả của từng cá nhân sinh viên, cũng như đánh giá toàn bộ chương trình nói chung.

Như đã đề cập trước đây, chính các sinh viên có thể tham gia vào quy trình đánh giá bằng cách xét duyệt và bình luận về công việc của các bạn cùng khóa cũng như của chính bản thân mình. Các đánh giá này có thể sử dụng các đề mục tương tự như các đề mục đánh giá công việc khác, các bài tường thuật mở hoặc các hồ sơ phản hồi thành tích cá nhân. Khung 7.3 mô tả một hồ sơ phản hồi thành tích cá nhân soạn thảo bởi các sinh viên trong chương trình Kỹ thuật Động cơ tại Viện Công nghệ Hoàng gia (KTH) ở Stockholm cho việc đánh giá đồng cấp và tự đánh giá.

### **KHUNG 7.3: VIỆC SỬ DỤNG MỘT HỒ SƠ PHẢN HỒI THÀNH TÍCH CÁ NHÂN (REFLECTIVE PORTFOLIO) TẠI KTH**

Đồ án phản hồi được áp dụng trong chương trình Cơ khí Động lực tại Viện Công nghệ Hoàng gia (the Royal Institute of Technology – KTH) ở Stockholm trong năm học 2002-2003. Mười sinh viên năm thứ hai được mời tham gia vào bốn buổi hồ sơ phản hồi, mỗi buổi gặp trong ba giờ. Năm sinh viên trong số đó đã tham gia đến khi kết thúc đồ án vào hai năm sau đó.

Các chuẩn đầu ra cụ thể của đồ án phản hồi hồ sơ thành tích cá nhân tạo điều kiện cho các sinh viên:

- Phản hồi về các phương pháp học tập và xác định các lựa chọn của mình trong học tập
- Tăng cường hiệu quả học tập thông qua việc phản hồi
- Đánh giá bản thân và các bạn đồng lứa
- Cho và nhận các phê bình mang tính chất xây dựng
- Hoạch định việc tiếp thu các chuẩn đầu ra liên quan của CDIO
- Xác định và tận dụng các cơ hội học tập dựa trên trải nghiệm
- Phát triển các thói quen học hỏi suốt đời
- Có trách nhiệm trong việc hoạch định nghề nghiệp

Các sinh viên được giao đọc các tài liệu ngắn trước mỗi buổi thảo luận và được yêu cầu mang một bài tóm tắt các phản hồi của họ đến mỗi buổi họp của đồ án. Sau khi mỗi sinh viên chia sẻ các phản hồi của mình, mọi người sẽ thảo luận và bình luận về các phản hồi đó. Mục đích của việc này không phải là để phê bình, mà là chia sẻ những cái nhìn sâu hơn cũng như những kinh nghiệm để có thể mở rộng ý tưởng.

Một hồ sơ thành tích cá nhân điện tử đã được thiết lập với ba mức độ: mức cá nhân, mức chung của nhóm, có thể tiếp cận nếu tác giả cho phép; mức công khai, đưa lên internet và mọi người đều có thể tiếp cận được. Hồ sơ thành tích cá nhân này gồm các bài kiểm tra, đồ án, bài viết, bài thuyết trình, v.v. Trong đó cũng có một số tường thuật cá nhân về vai trò của những nội dung này trong việc học tập của người sinh viên.

Kết quả đánh giá đề án cho thấy sinh viên rất hài lòng và giúp làm sáng tỏ các mối quan tâm của sinh viên về việc học và hướng nghiệp của họ. Các buổi thảo luận và phân hồi đã giúp sinh viên thấy rằng họ không đơn độc trong các ý tưởng, trong nỗi lo lắng sợ hãi và niềm hy vọng; và rằng họ đều có chung những cảm giác đó. Những sinh viên tham gia đề án báo cáo rằng họ đã có những cái nhìn sâu sắc mới về việc học tập, có thêm lòng tin về khả năng tổ chức việc học, và hình thành một tầm nhìn về học tập trong tương lai và nghề nghiệp của họ. Một sinh viên có vẻ như đã tổng hợp được các nhận thức của sinh viên về đề án khi đưa ra lời đánh giá chung: “Đề án đã nâng cao ý thức trách nhiệm học tập của tôi”.

- K. EL. GAIDI, KTH – VIỆN CÔNG NGHỆ HOÀNG GIA

## SỬ DỤNG CÁC KẾT QUẢ ĐÁNH GIÁ NHẪM CẢI TIẾN VIỆC DẠY VÀ HỌC

Bước thứ tư trong quy trình đánh giá học tập của sinh viên, có lẽ là bước quan trọng nhất như đã trình bày ở Hình 7.1, là việc sử dụng các kết quả đánh giá nhằm cải tiến việc giảng dạy và học tập, và nhằm giúp cải tiến chương trình nói chung. Bước cuối cùng này khép lại vòng đánh giá (assessment loop).

Các thành phần của quy trình đánh giá học tập nhằm mục đích phát triển và thể hiện một *văn hóa chất lượng*, như Massy [3] đã mô tả. Ông nêu lên một loạt các nguyên lý cốt lõi xác định quy trình đảm bảo chất lượng trong giáo dục đại học:

- Định nghĩa chất lượng giáo dục theo chuẩn đầu ra của sinh viên.
- Tập trung vào quy trình dạy, học, và đánh giá sinh viên.
- Phân đầu tạo sự chặt chẽ giữa chương trình đào tạo, quá trình giáo dục, và đánh giá.
- Làm việc với tinh thần hợp tác nhằm gắn kết và hỗ trợ lẫn nhau.
- Ra các quyết định dựa vào việc thật nếu có thể.
- Xác định và học hỏi từ các thực tiễn tốt nhất.
- Ưu tiên hàng đầu cho sự cải tiến liên tục việc học tập.

Các chương trình thường xuyên áp dụng các nguyên lý này trong một quá trình cải tiến liên tục thể hiện một văn hóa chất lượng.

Trong ví dụ về việc đánh giá môđun đề án tại Đại học Queen - Belfast, mô tả trong Khung 7.2 ở trên, một số công cụ được sử dụng nhằm xác định thành quả của chuẩn đầu ra. Các công cụ được sử dụng để đánh giá công việc của sinh viên so sánh với chuẩn đầu ra, qua đó thu thập được các chứng cứ trực tiếp của việc học tập của sinh viên. Các công cụ đánh giá cũng cung cấp một phương tiện sẵn có để xác định các chuẩn đầu ra dự định đạt được ở đâu và tốt như thế nào trong chương trình đào tạo. Ví dụ, nếu các sinh viên được những người đánh giá khác nhau nhận xét là chưa

đạt về bất cứ tiêu chí nào trong đề mục thể hiện trong Khung 7.2, thì các nỗ lực cải tiến sẽ được tập trung vào khắc phục các nhược điểm ấy.

Bên cạnh việc cải tiến giảng dạy và học tập, các thông tin về đánh giá có thể được thu thập nhằm đáp ứng yêu cầu đối với các chuyên gia đánh giá của trường hay từ bên ngoài. Ví dụ, các tiêu chí được dùng trong công tác kiểm định của Hội đồng Kiểm định Kỹ thuật và Công nghệ (Accreditation Board of Engineering and Technology – ABET) phát biểu rằng một chương trình cần phải có:

- một chương trình đào tạo đem đến cho sinh viên các cơ hội học tập, thực hành và thể hiện các chuẩn đầu ra của sinh viên
- một quy trình đánh giá đưa ra các kết quả được ghi nhận lại rằng sinh viên đạt được các chuẩn đầu ra yêu cầu
- văn bản ghi nhận lại các quy trình đánh giá với các chuẩn đầu ra của sinh viên có thể đo lường được và các vòng phản hồi thể hiện sự cải tiến chương trình một cách liên tục [4].

Bất chấp những yêu cầu của các tổ chức đánh giá bên ngoài, công dụng quan trọng nhất của thông tin đánh giá là phục vụ mục đích cải tiến chương trình một cách liên tục. Ví dụ, tại Học viện Hải quân Hoa Kỳ (The United States Naval Academy–USNA) ở Annapolis, Maryland, chỉ dẫn cho việc báo cáo hàng năm về đánh giá tiến trình là “mục đích cơ bản của các chương trình đánh giá tại Học viện Hải quân là để hỗ trợ sự cải tiến liên tục của các chương trình đào tạo của USNA, và đẩy mạnh việc học tập của các sinh viên hải quân” [5]. Một quy trình được diễn tiến như vậy đặt việc đánh giá định kỳ từ bên ngoài vào bối cảnh phù hợp và đưa ra các lý do chính đáng cho việc sử dụng các nguồn lực vào việc đánh giá. Việc sử dụng các dữ liệu đánh giá học tập của sinh viên cho việc kiểm định chương trình sẽ được đề cập chi tiết ở Chương 9.

## CÁC LỢI ÍCH VÀ THÁCH THỨC CHÍNH YẾU

Các phương pháp đánh giá học tập tốt sẽ đóng góp cho sự thành công của sinh viên và chương trình theo một số cách thức sau:

- Việc thu thập và bàn thảo về các thông tin từ nhiều nguồn phong phú khác nhau tạo điều kiện để biết được chắc chắn rằng sinh viên đã học được những gì.
- Giảng dạy và đánh giá nên được đan xen vào nhau, sao cho việc cải tiến các phương pháp đánh giá cũng sẽ cải tiến luôn công tác giảng dạy và học tập.
- Có những phương pháp đánh giá phù hợp để đo lường sự tiến bộ và thành quả của sinh viên trong các môi trường giảng dạy - học tập khác nhau.

Trong quá trình triển khai các phương pháp đánh giá học tập tốt vẫn tồn tại một số thách thức:

- Việc thay đổi quan niệm truyền thống về đánh giá thành một cách tiếp cận lấy việc học làm trọng tâm là một thách thức, vì các giảng viên dạy kỹ thuật thường hay dựa vào cùng các phương pháp đã được sử dụng khi họ còn đi học, chẳng hạn, các bài tập và bài kiểm tra viết. Việc hỗ trợ nhằm đẩy mạnh năng lực đánh giá của các giảng viên được mô tả ở Chương 8.
- Việc tìm kiếm hoặc biên soạn các phương pháp và công cụ đánh giá học tập đáng tin cậy, có giá trị và phù hợp với tất cả các chuẩn đầu ra có vẻ đầy khó khăn vào lúc đầu. Đề xướng CDIO hỗ trợ các giảng viên và các chương trình bằng việc biên soạn và triển khai các phương pháp đánh giá học tập mới. Sự hợp tác thúc đẩy việc chia sẻ các công cụ và kết quả đánh giá.
- Biên soạn và điều chỉnh cho thích ứng các phương pháp đánh giá học tập để hỗ trợ sự hiểu sâu hơn về các khái niệm kỹ thuật đòi hỏi nhiều thời gian của giảng viên. Các phương pháp đánh giá quá trình diễn ra trong các đơn vị giảng dạy cung cấp cho giảng viên và sinh viên cơ hội để theo dõi sự phát triển của kiến thức, kỹ năng, và thái độ, và bộc lộ những hiểu lầm sai về khái niệm. Các phương pháp đánh giá tổng kết, diễn ra vào giai đoạn cuối của đơn vị giảng dạy, mang đến cho giảng viên và sinh viên cơ hội để có được quan điểm rộng hơn và tổng thể hơn trong việc đạt được các chuẩn đầu ra.
- Các kết quả của việc đánh giá học tập về cả quá trình và tổng thể, không luôn được tận dụng hoàn toàn. Để đạt được hiệu quả tối đa, các kết quả cần được chia sẻ với các giảng viên, sinh viên, và các giảng viên khác ở vị trí lãnh đạo nhằm xác định mức độ các chuẩn đầu ra đã đạt được. Chất lượng của các thành quả này là động cơ thúc đẩy việc duy trì sự xuất sắc, hoặc cải tiến, của các trải nghiệm giảng dạy - học tập trong tương lai.

## TÓM TẮT

Một chương trình triển khai tốt công tác đánh giá học tập khi có một kế hoạch đánh giá học tập của sinh viên một cách rõ ràng, với sự tham gia của đa số các giảng viên và các thành viên giáo dục khác, và có nhiều phương pháp đánh giá phù hợp với các chuẩn đầu ra. Việc triển khai được coi là thành công nếu đa số giảng viên sử dụng nhiều phương pháp đánh giá phù hợp khác nhau, và các kết quả đánh giá được sử dụng để xác định thành quả của sinh viên nhằm cải tiến các trải nghiệm giảng dạy - học tập trong các môn học của họ. Nói ngắn gọn, một chương trình triển khai thành công việc đánh giá học tập của sinh viên khi có các chứng cứ rằng tất cả 4 giai đoạn của quy trình đánh giá học tập, đã mô tả ở chương này, đều được thực hiện.

Việc tìm kiếm hay biên soạn các phương pháp và công cụ đánh giá đáng tin cậy, có giá trị, và thích hợp với tất cả các chuẩn đầu ra vẫn là một thách thức. Đề xướng CDIO mang đến các cơ hội cho giảng viên và các chuyên gia đánh giá để hình thành các công cụ mới và chia sẻ kinh nghiệm thông qua các bối cảnh giáo dục kỹ thuật. Những người tham gia hợp tác đang xây dựng một danh mục các phương pháp tiếp cận đánh giá, ví dụ bài thi vấn đáp, các đề mục cho công việc, hồ sơ thành tích cá nhân, các công cụ tự báo cáo, như đã thấy trong các ví dụ nêu ra ở chương này.

Chương này đã xem xét các cách thức khác nhau hoạch định tốt cho việc đánh giá học tập và đề xuất những phương hướng khắc phục những thách thức chủ yếu trong khi triển khai. Việc hình thành một văn hóa sử dụng đánh giá để thúc đẩy học tập đòi hỏi một sự thay đổi trong cách tiếp cận từ việc lấy giảng dạy làm trọng tâm sang lấy học tập làm trọng tâm, và sự cam kết sử dụng các kết quả đánh giá nhằm cải tiến chương trình đào tạo, các phương pháp giảng dạy, và toàn bộ môi trường học tập. Các vấn đề liên quan tới việc nâng cao năng lực của giảng viên trong việc sử dụng các phương pháp đánh giá học tập của sinh viên, cũng như các phương pháp giảng dạy, được đề cập đến ở chương tiếp theo.

### CÂU HỎI THẢO LUẬN

1. Bạn đã dùng các loại dữ liệu hay chứng cứ chủ yếu nào làm căn cứ cho các quyết định trong các môn học và chương trình kỹ thuật?
2. Bạn có thể áp dụng hoặc cải tiến các phương pháp đánh giá nào trong các môn học của bạn?
3. Bạn đã sử dụng các kết quả đánh giá học tập như thế nào trong việc cải tiến chương trình đào tạo, giảng dạy và học tập, sự thỏa mãn của sinh viên và giảng viên, cũng như các không gian học tập trong các chương trình của bạn?
4. Bạn sẽ bắt đầu khắc phục các thách thức chính yếu của việc đánh giá nêu lên trong chương này như thế nào?

### Tài liệu tham khảo

- [1] Huba, M. E., and Freed, J. E., *Learning-Centered Assessment on College Campuses*, Allyn and Bacon, Boston, MA, 2000.
- [2] Stiggins, R. J., *Student-Centered Classroom Assessment*, 2d ed., Merrill, Upper Saddle River, NJ, 1997.
- [3] Massy, W. F., *Honoring the Trust: Quality and Cost Containment in Higher Education*, Anker Publishing, Bolton, MA, 2003.
- [4] Accreditation Board of Engineering and Technology, *Evaluative Criteria 2000*. Available at <http://www.abet.org/criteria.html>
- [5] The United States Naval Academy, Academic Dean and Provost, Instruction 5400.1 (internal document).

# CHƯƠNG TÁM

## THÍCH NGHI VÀ TRIỂN KHAI PHƯƠNG PHÁP TIẾP CẬN CDIO

VIẾT CÙNG VỚI D. BODEN

### GIỚI THIỆU

Việc thích nghi và triển khai phương pháp tiếp cận CDIO có khả năng mang lại giá trị to lớn cho các chương trình giáo dục và các sinh viên. Tuy nhiên, điều này có nghĩa là thay đổi – một nỗ lực vốn đầy thách thức, đặc biệt đối với trường đại học. Các nhà lãnh đạo chương trình có khả năng thành công nhiều hơn trong quá trình thay đổi nếu các giảng viên được trang bị kiến thức làm thế nào để tạo ra sự thay đổi, và được hướng dẫn và được cung cấp nguồn lực thích hợp. Chương này thảo luận quá trình triển khai phương pháp tiếp cận CDIO dưới góc độ của ba quá trình thay đổi: sự thay đổi về tổ chức và văn hóa; nâng cao năng lực và hỗ trợ giảng viên; và thay đổi về chương trình.

Sự chuyển đổi sang một chương trình CDIO sẽ tác động đến toàn bộ các giảng viên của chương trình, và nó sẽ ảnh hưởng đến bối cảnh và cơ cấu tổ chức của chương trình giáo dục. Để thành công, giảng viên cần phải xem sự chuyển đổi này là một quá trình thay đổi về văn hóa và tổ chức, và tận dụng các bài học tiếp thu được để hỗ trợ cho các quá trình thay đổi như vậy. Phần đầu của chương này sẽ ôn lại các bài học này và áp dụng chúng vào trong bối cảnh của trường đại học.

Quá trình triển khai đặt ra những yêu cầu mới đối với giảng viên và cán bộ phục vụ giảng dạy. Chúng ta không thể đòi hỏi họ có các kỹ năng mới mà không cung cấp các nguồn lực cần thiết để nâng cao năng lực của họ. Phần hai của chương này sẽ giới thiệu Tiêu chuẩn CDIO 9 và 10. Tiêu chuẩn 9 và 10 nói về vấn đề năng lực của giảng viên trong các kỹ năng chuyên nghiệp và giảng dạy. Phần này cũng thảo luận về các phương pháp để nâng cao năng lực của giảng viên hiện tại và xây dựng một đội ngũ giảng viên hùng mạnh trong tương lai.

Đề xướng CDIO hỗ trợ quá trình thay đổi và việc nâng cao năng lực của giảng viên bằng cách phát triển các nguồn lực và cơ cấu. Phần ba của chương này sẽ trình bày một lộ trình cho sự thay đổi chương trình mà nó ví việc thích nghi và triển khai như một quá trình thiết kế kỹ thuật. Phần thứ ba này cũng đưa ra các ví dụ về các nguồn lực hỗ trợ hiện có.

## MỤC TIÊU CỦA CHƯƠNG

Chương này được soạn thảo nhằm giúp độc giả:

- nhận ra các nhân tố thành công chính yếu ảnh hưởng đến sự thay đổi trong tổ chức
- xem sự phát triển của một chương trình CDIO như là một ví dụ về sự thay đổi văn hóa
- hoạch định các hoạt động để nâng cao năng lực của giảng viên về các kỹ năng cá nhân và giao tiếp, các kỹ năng xây dựng sản phẩm, quy trình, và hệ thống
- hoạch định các hoạt động để nâng cao năng lực của giảng viên trong giảng dạy, học tập và các phương pháp đánh giá
- mô tả các cách tiếp cận và xác định các nguồn lực để hỗ trợ quá trình áp dụng và triển khai phương pháp tiếp cận CDIO trong các chương trình kỹ thuật.

## PHÁT TRIỂN MỘT CHƯƠNG TRÌNH CDIO NHƯ LÀ MỘT VÍ DỤ VỀ SỰ THAY ĐỔI VĂN HÓA VÀ TỔ CHỨC

Như đã đề cập ở Chương 2, mô hình chiếm ưu thế trong giáo dục kỹ thuật ngày nay là một mô hình mà trong đó *nội dung* là chuyên ngành và dựa trên khoa học - kỹ thuật. Kết quả ngoài dự định của việc chuyển đổi trong thế kỷ qua sang mô hình này là *bối cảnh* của giáo dục cũng thay đổi dựa trên khoa học - kỹ thuật và nghiên cứu. Một vài mức độ của sự thay đổi về văn hóa đòi hỏi sự chuyển đổi một chương trình sang một tầm nhìn mong muốn, một tầm nhìn mà trong đó tích hợp tốt hơn các kiến thức chuyên ngành khoa học - kỹ thuật và đặt chúng vào trong bối cảnh của hình thành ý tưởng - thiết kế - triển khai - vận hành các sản phẩm, quy trình, và hệ thống.

Điều may mắn là có một tầm hiểu biết rộng về các nhân tố hỗ trợ sự thay đổi về văn hóa thành công trong các tổ chức. Việc thích nghi những nhân tố thay đổi này vào môi trường đại học sẽ tạo thuận lợi cho việc chuyển đổi sang phương pháp tiếp cận CDIO. Chúng tôi bắt đầu cuộc thảo luận về sự thay đổi bằng cách xem xét lại hai câu hỏi trọng tâm đã đề ra ở Chương 2:

- *Sinh viên kỹ thuật nên đạt được kiến thức, kỹ năng, thái độ gì khi rời khỏi trường đại học, và đạt được ở trình độ năng lực nào?*
- *Làm thế nào để chúng ta có thể làm tốt hơn trong việc đảm bảo sinh viên đạt được những kỹ năng ấy?*

Cách tiếp cận để trả lời cho câu hỏi thứ nhất đã được trả lời phần lớn ở Chương 3 với sự thảo luận về Đề cương CDIO. Chương 4 đến Chương 7 trình bày các cách tiếp cận để trả lời câu hỏi thứ hai. Nhưng làm sao chúng ta có thể thuyết phục các đồng nghiệp của chúng ta về yêu cầu “ làm tốt hơn trong việc đảm bảo sinh viên đạt được những kỹ năng ấy?”

Câu hỏi thứ hai được cố tình đặt ra trên tinh thần của việc cải tiến quá trình liên tục. Tất nhiên chúng ta có thể làm tốt hơn! Chúng ta có thể đối sánh các đồng nghiệp của mình và học từ những thực tiễn tốt nhất. Chúng ta có thể làm quen tốt hơn với lý thuyết về học tập và ứng dụng nó một cách đúng đắn. Chúng ta có thể lắng nghe từ các bên liên quan trong nội bộ và bên ngoài. Chúng ta có thể học để ứng dụng công nghệ tốt hơn. Chúng ta có thể làm tốt hơn. Các sinh viên của chúng ta yêu cầu chúng ta làm như vậy, các bên liên quan doanh nghiệp thúc đẩy chúng ta làm như vậy, và các nhà lập pháp chính phủ và chuyên nghiệp khuyến khích chúng ta làm như vậy. Nó không phải là vấn đề sửa chữa điều gì đó sai, mà nó là cải tiến một điều gì đó đóng vai trò quan trọng cho tương lai của chúng ta – đó là giáo dục kỹ thuật.

Tuy nhiên, việc thích nghi và triển khai phương pháp tiếp cận CDIO sẽ là một thử thách ở một mức độ nào đó đối với hầu hết các trường đại học, và cho một lý do tốt, đó là nó đòi hỏi *sự thay đổi*. Những cụm từ như *sự thay đổi* và *trường đại học* không dễ dàng cùng tồn tại trong một câu. Có hai quan điểm cần phải hiểu trước khi bắt đầu quá trình thay đổi trong một trường đại học :

**Quan điểm 1:** Cũng như các tổ chức khác, các trường đại học vốn được thiết kế có khuynh hướng chống lại sự thay đổi.

**Quan điểm 2:** Bất kể Quan điểm 1, các trường đại học *có thể* được thay đổi bằng việc ứng dụng đúng đắn thực tiễn tốt nhất trong việc đem lại sự thay đổi về tổ chức.

Các trường đại học có khuynh hướng chống lại sự thay đổi là do cơ cấu tổ chức và tính truyền thống của chúng. Ở Châu Âu, các trường đại học ra đời thời Trung Cổ từ các tổ chức nhà thờ và tu viện, nơi được thiết kế cho sự ổn định và thiên định trong một kỷ nguyên có nhiều biến động xã hội. Các trường đại học tạo nên khái niệm chế độ nhiệm kỳ vĩnh viễn (tenure – giảng viên có quyền được đi ngược lại những quan điểm có sẵn nhưng không bị đuổi việc. Ở điểm mạnh nhất của nó, chế độ nhiệm kỳ vĩnh viễn được xem là một giấy phép để các giảng viên có thể có quan điểm chính trị mạnh mẽ và đem lại những sáng tạo mang tính đột phá, nhưng nó cũng gây trở ngại cho việc thay đổi về cơ cấu tổ chức). Mặc dù các trường đại học được tổ chức theo thứ bậc (Khoa, Trường khoa, Hiệu phó, v.v.)



nhưng thực ra các trường đại học có một cơ cấu tổ chức phẳng trong đó các cấp bậc quyền hành thì mờ nhạt, yếu, hoặc không tồn tại. Theo truyền thống, các trường đại học có xu hướng hoạt động khép kín, lệ thuộc vào chính sự phản ánh của chúng và dựa vào tranh luận để đưa đến những thay đổi.

Vì vậy, các trường đại học đều là những học viện ổn định và tồn tại lâu dài. Ở Châu Âu, trong số hơn 25 viện giáo dục đã hoạt động liên tục từ thời kỳ Phong trào Cải cách vào Thế kỷ 16, chỉ có bốn viện không là trường đại học. Ở Mỹ đã có chín trường đại học tồn tại từ năm 1770 đến nay [1]. Ít nhất là một trường đại học ở Châu Âu và Mỹ chia sẻ quan điểm rằng “thay đổi ít thì tốt, không thay đổi thì càng tốt hơn.”

Tuy nhiên, thay đổi cũng có thể xảy ra ở các trường đại học. Vào những năm 1880, Eliot đã thay đổi Harvard từ một trường cao đẳng thuộc địa thành một trường đại học hiện đại [1]. Vannevar Bush đã tạo ra một chân trời mới trong *Khoa học, Một Chân Trời Vô Tận (Science The Endless Frontier)*, thay đổi quan điểm cơ bản về nghiên cứu ở các trường đại học ở Mỹ [2]. Như chúng tôi đã nêu lên ở Chương 2, cuộc cách mạng khoa học - kỹ thuật vào nửa sau của thế kỷ 20 đã làm thay đổi một cách cơ bản cách tiếp cận giáo dục kỹ thuật trên thế giới. Bằng chứng này cho thấy rằng, thay đổi, ngay cả những sự thay đổi lớn, đều có thể thực hiện được ở các trường đại học. Nhưng những người lãnh đạo sẽ đem lại sự thay đổi hiệu quả hơn nếu như họ được trang bị với một sự hiểu biết làm như thế nào để dẫn dắt sự chuyển đổi về cơ cấu tổ chức.

## **Các nhân tố thành công chính yếu đẩy mạnh sự thay đổi về văn hóa**

Những động lực nào có thể thúc đẩy sự thay đổi ở các trường đại học? Theo quan sát của chúng tôi, thật đáng ngạc nhiên, sự thay đổi diễn ra ở các trường đại học cũng rất giống như ở hầu hết các tổ chức. Nói ngắn gọn, cần có sự lãnh đạo mạnh mẽ, tầm nhìn, các kế hoạch và hành động, các nguồn lực và chế độ khích lệ. Chúng ta sẽ thảo luận 12 nhân tố thành công chính yếu có thể được sử dụng để hướng dẫn quá trình thay đổi ở một trường đại học. Các nhân tố này được chia thành ba giai đoạn: khởi sự, tạo động lực, thể chế hóa thay đổi.

- Bắt đầu đúng:
  - Hiểu được nhu cầu cần thay đổi
  - Sự lãnh đạo từ cấp cao nhất
  - Hình thành một tầm nhìn
  - Hỗ trợ cho những người tiên phong thực hiện thay đổi
  - Những thành công bước đầu

Một khi chúng tôi quyết định áp dụng Đề cương CDIO, câu hỏi tiếp theo được đặt ra là *làm thế nào để chúng tôi có được sự hỗ trợ từ thành phần quản lý, lãnh đạo chương trình, và các giảng viên?* Một khi chúng tôi hoàn tất Đề cương CDIO và nhìn lại chương trình hiện có, thì rõ ràng là chúng tôi coi trọng các chủ đề trong Đề cương, nhưng chúng tôi lại không dạy các chủ đề này. Điều mâu thuẫn này là động lực cho sự thay đổi và đề thuyết phục các giảng viên áp dụng phương pháp tiếp cận CDIO. Cuộc khảo sát các bên liên quan chủ yếu càng khẳng định vững chắc hơn nhu cầu thay đổi và các lợi thế của Đề cương và cách tiếp cận CDIO.

- D. BODEN, HỌC VIỆN HẢI QUÂN HOA KỲ

Một phương tiện có giá trị khác của sự tham khảo từ bên ngoài là đối sánh. Trong một số hệ thống, các trường đại học chia sẻ dữ liệu; trong các hệ thống khác, chính phủ phát hành công khai các dữ liệu về thành tích. Các trường đại học hàng đầu đối sánh mình một cách liên tục với nhau, thông qua các phương tiện chính thức lẫn không chính thức.

Áp lực từ phía trên là một cách khác để khuyến khích sự cam kết. Nếu hiệu trưởng của một trường đại học hoặc trường khoa ra yêu cầu thực hiện xét duyệt, lập kế hoạch chiến lược, hay tái đánh giá chương trình, đây là một cơ hội tốt để thúc đẩy hành động ở các hoạt động cấp khoa hay cấp chương trình.

Không kể đến các kích thích từ bên ngoài, chúng ta cũng có thể tạo ra nhu cầu cấp bách từ trong nội bộ bằng cách giới hạn vấn đề trong khái niệm quá trình cải tiến liên tục. Điều quan trọng là cần tránh việc tạo nên một điều gì đó cần phải sửa đổi, mà thay vào đó nên hỏi *“làm sao chúng ta có thể làm nó tốt hơn.”*

Các nguồn lực mới có thể trở thành động lực của sự thay đổi. Việc bổ nhiệm giảng viên mới, các quỹ xây dựng mới, các quỹ thiết bị mới, những kêu gọi mới để viết đề án xin kinh phí từ các cơ quan chính phủ, tất cả đều có thể được sử dụng để tập trung cho việc thay đổi, đặc biệt là nếu các nguồn lực được phân bổ dựa trên thi đua và cạnh tranh.

Cuối cùng, những biến đổi lớn trong xã hội cũng có thể tạo ra bối cảnh thuận lợi cho sự thay đổi. Ở Mỹ, cuộc cạnh tranh với Liên Xô, rõ ràng nhất là việc phóng vệ tinh Sputnik, là động lực cho những sự thay đổi lớn về giáo dục. Ở Châu Âu, Hiệp ước Bologna gần đây đã đem đến nhiều sự linh hoạt trong suy nghĩ về giáo dục đại học [3].

**Sự lãnh đạo từ cấp cao nhất.** Những người lãnh đạo đứng ở vị trí tốt nhất để thay đổi một văn hóa. Sự cam kết của người lãnh đạo và sự tham gia chủ động của người đó là rất quan trọng. Trong trường hợp của một khoa hay một chương trình đại học, trưởng khoa, hay người đứng đầu chương trình phải lãnh đạo quá trình thay đổi. Giao phó trách nhiệm cho một hội đồng, hay một thành viên ở cấp thấp, sẽ gần như đạt kết quả yếu.

Người lãnh đạo chính thức phải được hỗ trợ bởi một đội ngũ các cá nhân *nội bộ* có vị thế trong chương trình. Để thay đổi một tổ chức, các nhà lãnh đạo tư tưởng phải thể hiện mối quan tâm và sự tham gia của họ một cách công khai. Đội ngũ *nội bộ* có thể bao gồm những giảng viên thâm niên và cấp thấp hơn, mà những người này là người có sáng kiến đối mới hiệu quả. Bên cạnh việc cung cấp sự hỗ trợ, đội ngũ này còn đóng vai trò là ban cố vấn, ban chủ trì các buổi họp trong đó mọi thành viên nêu lên ý kiến rồi bàn bạc, và lập kế hoạch. Không nên xây dựng đội ngũ làm việc quá tách biệt, vì điều đó có thể tạo ra cảm giác “chúng ta” và “họ” với những người còn lại. Mà đội ngũ *nội bộ* này cần phải thông thoáng và tạo điều kiện cho các thành viên khác tham gia.

Bên cạnh đó cũng cần có sự ủng hộ rõ ràng của những người trong tổ chức ở một hoặc hai cấp cao hơn người lãnh đạo thực hiện thay đổi. Các trưởng khoa, hiệu phó, hiệu trưởng, giám đốc cung cấp các nguồn lực và quyền hành trong tổ chức. Họ thường có khuynh hướng tìm sự thay đổi để cải thiện tổ chức, nhưng họ ở vị trí quá xa đối với giảng viên để có thể lãnh đạo một cách hiệu quả ở cấp độ khoa hay chương trình. Do đó, họ thường vui lòng hỗ trợ các kiến nghị thay đổi từ các khoa hay các chương trình.

**Hình thành một tầm nhìn.** Để đẩy mạnh sự thay đổi, tốt nhất là người lãnh đạo, đôi khi được hỗ trợ bởi một nhóm nhỏ, nhanh chóng truyền đạt một tầm nhìn về cách thức giải quyết các nhu cầu cấp bách. Tầm nhìn này cần phải dễ truyền đạt và trở thành khẩu hiệu hành động. Nó có thể phát triển thành chiến lược cho quá trình thay đổi ở phạm vi lớn.

Trong các tổ chức cần có sự đồng thuận, như các khoa hoặc các chương trình của một trường đại học, sự căng thẳng thường xuất hiện trong giai đoạn này. Một mặt, nếu nhóm *nội bộ* đi đến tầm nhìn quá nhanh chóng, thì sẽ tạo nên một cảm giác bị áp đặt, làm mất giá trị của tính sở hữu dựa trên nhiều người, cần thiết cho sự chấp nhận lâu dài. Mặt khác, việc trì hoãn quá lâu trước khi đạt đến sự đồng thuận về một tầm nhìn sẽ đưa đến sự lúng túng trong tổ chức và đánh mất khả năng được chấp nhận. Người lãnh đạo cần phải cân bằng cho phù hợp.

Chúng tôi đã áp dụng một tầm nhìn rõ ràng, như đã đề cập ở Chương 2 – giáo dục kỹ thuật nên được đặt trong bối cảnh của hình thành ý tưởng - thiết kế - triển khai - vận hành các sản phẩm, quy trình và hệ thống, và giáo dục được thực hiện tốt nhất bằng cách tổ chức xoay quanh kiến thức chuyên ngành với các trải nghiệm thiết kế - triển khai đan xen vào nhau. Chúng tôi đã chính thức đúc kết tầm nhìn này vào trong Tiêu chuẩn 1. Khi thích nghi phương pháp tiếp cận CDIO cho một chương trình cụ thể, việc hữu ích nên làm là bắt đầu với tiền đề này, và hình thành một tầm nhìn. Một cách khác, cũng có thể bắt đầu với một phiên bản đặc trưng riêng cho tổ chức đó, ví dụ, *người kỹ sư hoàn thiện*, và từ đó xây dựng trên những sự tương tự với tầm nhìn CDIO.

cách tiếp cận này trong các lĩnh vực khác. Nếu là cài cách trong giáo dục y học, người lãnh đạo có thể hỏi: *Làm thế nào chúng ta có thể chuẩn đoán và điều trị cho bệnh nhân – hệ thống giáo dục y học đang ốm yếu?*

### **KHUNG 8.2: ÁP DỤNG MỘT PHƯƠNG PHÁP TIẾP CẬN CDIO TẠI ĐẠI HỌC QUEEN (CANADA)**

Bộ môn Cơ khí và Kỹ thuật Vật liệu ở Khoa Khoa học Ứng dụng, Đại học Queen là một trong những khoa lớn về lĩnh vực này tại Canada. Chương trình đào tạo của khoa gồm nhiều môn kỹ thuật tùy chọn mà sinh viên có thể lựa chọn, làm cho nó hấp dẫn đối với sinh viên bởi vì họ có thể tìm việc trong nhiều lĩnh vực khác nhau. Bộ môn có nhiều thế mạnh nghiên cứu về các hệ thống năng lượng, kỹ thuật cơ sinh (biomechanical engineering), chế tạo, và vật liệu.

Vào cuối năm 2002, Ed Crawley từ MIT giới thiệu phương pháp tiếp cận CDIO tại Đại học Queen cho giảng viên và những người quan tâm đến giáo dục kỹ thuật. Sau đó một số thành viên của bộ môn đã tham gia vào các buổi hội thảo ở MIT và Đại học Công nghệ ở Đan Mạch để tìm hiểu thêm về Đề xướng CDIO. Các báo cáo của họ đủ sức thuyết phục để nhận được sự hỗ trợ toàn diện từ bộ môn cho việc tham gia vào Đề xướng vào tháng 12 năm 2003. Các phần công việc của Đề xướng đã làm được trong năm 2003 được xem như là một sự cố vũ cho các hoạt động đang tiến hành tại Đại học Queen với sự ủng hộ của trường khoa. Các môn học và ý tưởng tương tự với phương pháp tiếp cận CDIO đã có ở một mức độ nào đó trong chương trình. Hơn nữa, việc hoàn thiện gần đây của *Trung tâm Học tập Tích hợp* (Integrated Learning Centre – ILC) đã cung cấp một cơ sở vật chất lý tưởng để hỗ trợ chương trình đào tạo CDIO.

Hàng năm, phản hồi thu thập được từ các hội đồng xét duyệt của doanh nghiệp, đánh giá của sinh viên, và các đề xướng của giảng viên, tất cả đều chỉ về cùng một hướng. Các bài tập, giao tiếp, làm việc theo nhóm, và các kỹ năng chuyên nghiệp khác trong *hình thành ý tưởng, thiết kế, triển khai, và vận hành* được chú trọng hơn, và dĩ nhiên không phải hy sinh việc giảng dạy và học tập các kiến thức và kỹ năng kỹ thuật cơ bản. Điều rõ ràng là Đề xướng CDIO đã đi xa hơn bằng cách thu thập các phản hồi về chương trình đào tạo kỹ thuật từ phía sinh viên, giảng viên, cựu sinh viên và doanh nghiệp ở Mỹ và Thụy Điển. Nó cũng hình thành một đề cương bao hàm các yếu tố cần thiết của một chương trình đào tạo kỹ thuật, cùng với nhiều đề xướng hỗ trợ khác mà Đại học Queen có thể hưởng lợi ích. Đồng thời, thông qua các đề xướng của chính mình, Đại học Queen cũng có những đóng góp.

Sau đây là một trong số những hoạt động đã được tiến hành tại Đại học Queen kể từ khi tham gia vào Đề xướng CDIO. Nếu không có sự động viên từ các mối quan hệ hợp tác, thì các hoạt động này đã không được thực hiện một chút nào hết, hoặc chỉ được thực hiện với một mức độ rất hạn chế:

- Một cuộc khảo sát các cựu sinh viên với hơn 400 người trả lời
- Đối sánh chương trình với các Tiêu chuẩn CDIO
- Thêm “C - D” vào một môn học đồ án (capstone course) và “I - O” vào một môn học khác
- Cải tiến cách thức chúng tôi đào tạo giao tiếp trong kỹ thuật

Vẫn còn nhiều công việc cần phải được tiến hành để cải tiến chương trình đào tạo của bộ môn Cơ khí và Kỹ thuật Vật liệu. Một điều rõ ràng là việc tiếp tục tham gia vào Đề xướng CDIO sẽ cho phép chúng tôi thảo luận và học hỏi nhiều từ những thành viên tham gia khác, do đó cho phép Bộ môn phát triển một chương trình cải tiến.

Việc đưa ra các chứng cứ là một cách quan trọng để thay đổi quan điểm của người khác. Chúng ta thường có khuynh hướng ít sử dụng các cách tiếp cận dựa trên chứng cứ ở các trường đại học. *Những nhà lãnh đạo tư tưởng bên ngoài trường của bạn nói gì? Hiện trạng các đề xướng khác ở các trường đại học đồng cấp là gì? Các khoa và các chương trình khác trong trường của bạn đang làm gì? Các nguồn lực nào đang có sẵn?* Việc thu thập tài liệu ngắn gọn về các chứng cứ như vậy sẽ cung cấp một cơ hội thay đổi chính sách dựa trên bằng chứng.

Một cách để các giảng viên tham gia vào việc xem xét bằng chứng này là tổ chức một buổi tranh luận chính thức theo kiểu Oxford hay Cambridge. Trong hình thức này, người giảng viên không nhất thiết phải tranh cãi cho quan điểm cá nhân của mình, nhưng tranh cãi cho một vị trí đã được phân công trước, có thể là ủng hộ hoặc chống đối vấn đề, được dựa vào bằng chứng hoặc các dữ kiện được đưa ra. Việc sắp xếp khéo léo các cá nhân tham gia sẽ dễ dàng làm cho một cá nhân trở thành tranh cãi cho một vị trí đối lập với quan điểm của chính cá nhân người đó. Nếu các giảng viên thành viên biết được rằng họ đang diễn vai trò thì hầu hết sẽ cố gắng để thuyết phục và có lẽ, thuyết phục ngay cả bản thân họ.

Một kỹ thuật thông dụng khác để làm cho một nhóm cảm thấy dễ chịu với thay đổi được gọi là *kéo căng và thư giãn*. Việc này đòi hỏi đầu tiên là *kéo căng* – xem xét sự thay đổi là có thể tin được nhưng hơi cực đoan; kế đó cho phép nhóm được *thư giãn* về một vị trí ít cực đoan hơn, nhưng vẫn tiến xa hơn vị trí hiện có. Đây là điểm chính yếu của nghệ thuật thỏa hiệp chính trị.

**Bao gồm sinh viên như là tác nhân của sự thay đổi.** Một lực lượng khác có thể kích thích hay trì hoãn sự thay đổi là ý kiến của các sinh viên. Chúng tôi nhận thấy rằng điều quan trọng là cần phải có sự tham gia một cách đáng kể của sinh viên trong quá trình thay đổi giáo dục. Về mặt tích cực, các sinh viên là các tác nhân mạnh mẽ để đem lại thay đổi. Họ có khuynh hướng biết được điều gì làm tốt, và điều gì không làm tốt – ai dạy giỏi và ai không. Họ có thể là một nguồn thông tin quý giá cho việc lên kế hoạch để thay đổi, và trong việc cung cấp những ý kiến phản hồi sau khi những sự thay đổi đã được thử nghiệm. Vai trò này sẽ được nâng cao hơn nữa nếu chúng ta giải thích cho các sinh viên hiểu động lực phía sau của sự thay đổi, và phương hướng mà nó đang đi đến. Một khi các sinh viên trải nghiệm được sự thay đổi của chương trình, họ thường đặt áp lực cho những người không - tiên - phong cũng cần phải cải tiến.

Về mặt tiêu cực, sinh viên cũng có thể cảm thấy không thoải mái với sự thay đổi giống như giảng viên. Các sinh viên đặc biệt cảm thấy bất an vì sự thay đổi trong tương lai cá nhân của họ. Một phương pháp để khắc phục sự lo ngại này là tạo ra sự thay đổi cuốn chiếu, bắt đầu trong những năm đầu của chương trình. Bằng cách này, những sinh viên ở trình độ cao hơn

Một điều quan trọng cần làm là trong quá trình đánh giá chính thức giảng viên cần công nhận và tuyên dương những sự đóng góp về giáo dục. Điều này có nghĩa là trong các chu kỳ đánh giá hàng năm, những báo cáo đóng góp cho giáo dục cần phải được xem xét. Quan trọng hơn, trong quá trình quyết định tuyển dụng, xét duyệt thăng chức, và trao chế độ nhiệm kỳ vĩnh viễn (tenure), cần phải coi trọng các nỗ lực này. Cụ thể là, các bài viết về nghiên cứu giáo dục nên được đánh giá cao như các bài viết về nghiên cứu trong các lĩnh vực khác.

**Văn hóa học tập của giảng viên.** Tất cả các trường đại học đều nhấn mạnh vào việc học tập, đặc biệt là việc học rộng của sinh viên, và của giảng viên về kiến thức chuyên ngành. Ngược lại, nhiều giảng viên đại học đã không tiếp nhận một văn hóa học rộng suốt đời là quan trọng ngoại trừ lĩnh vực chuyên môn của họ. Người lãnh đạo thay đổi cần phải đặt kỳ vọng, và đề ra tiêu chuẩn rằng việc học tập suốt đời của giảng viên là quan trọng, không chỉ trong lĩnh vực chuyên môn của họ, mà còn trong giáo dục và việc giảng dạy các kỹ năng chuyên nghiệp.

Việc khi theo định hướng này thì không quá khó, và thường bắt đầu với việc đơn giản là để ý đến nó và đặt kỳ vọng. Hành động có thể bao gồm cho giảng viên nghỉ phép và cho giảng viên nghỉ để du khảo hoặc thực hiện các hoạt động kỹ thuật chuyên môn hay các hoạt động liên quan đến giáo dục, bên cạnh những lần nghỉ để làm nghiên cứu. Một khoa hay một chương trình có thể bắt đầu cho lưu hành những bài viết quan trọng về các chủ đề này và thảo luận các chủ đề này tại các buổi họp, giống như các nhóm nghiên cứu đọc các tài liệu hiện hành.

Các giảng viên cũng có thể được yêu cầu lập kế hoạch phát triển chuyên môn cho chính họ, có thể là một phần của việc xét duyệt hàng năm. Họ có thể gặp khó khăn để xác định họ sẽ học gì và học như thế nào trong năm kế tiếp. Nếu người lãnh đạo thấy được chiều hướng về nhu cầu học tập của giảng viên, người này có thể tạo ra các nhu cầu học tập ở trường bằng cách mời các chuyên gia bên ngoài dạy các khóa học ngắn hạn cho giảng viên, hay tạo mối liên hệ với các nhóm trường đại học khác, gồm cả trung tâm giảng dạy và học tập của trường.

**Kỳ vọng của sinh viên và các yêu cầu giáo dục.** Các sinh viên là những khách hàng và người thụ hưởng trực tiếp dịch vụ giáo dục mà chúng ta cung cấp, và cũng giống như bất kỳ quá trình thay đổi nào trong các công ty cung cấp dịch vụ khách hàng, những kỳ vọng của họ cần phải được cân nhắc cẩn thận. Điều này có hai dạng: các kỳ vọng không chính thức và các yêu cầu giáo dục chính thức.

Chúng tôi quan sát thấy rằng, giống như tất cả các ấn tượng ban đầu khác, một chương trình chỉ có một cơ hội để đặt kỳ vọng về học tập và hành vi đối với sinh viên của nó. Ở trường đại học, đó là ngày đầu tiên của năm học thứ nhất, hay ngày đầu tiên sinh viên bắt đầu chương trình. Trong

cơ hội đầu tiên này, các mục tiêu của giáo dục nên được giải thích rõ ràng. Quan trọng hơn, quy chuẩn mong muốn về việc sinh viên tham gia học tập cần phải được xác lập ngay lập tức. Nếu chúng ta mong muốn học chủ động nhiều hơn, với nhiều học sinh tự chịu trách nhiệm cho việc học của họ, chúng ta nên hình thành chiều hướng này ngay trong ngày lên lớp đầu tiên và nhất quán xuyên suốt tất cả các môn học hay môđun mà sinh viên tham dự.

Cũng cần yêu cầu thể chế hóa chuẩn đầu ra theo những mô tả chính thức của chương trình. Có thể thực hiện ở cấp độ môn học hoặc môđun trong chuẩn đầu ra và trong mục đích, và ở cấp độ cao hơn trong phần tổng quan hoặc mô tả môn học của chương trình.

### **Sự thay đổi ở trường đại học là một ví dụ của sự thay đổi tổ chức**

Các nhân tố chính yếu tạo điều kiện cho sự thay đổi ở một trường đại học không có gì khác so với các khuôn khổ đã được thiết lập để hỗ trợ các loại hình tổ chức khác thành công trong việc thay đổi. Ví dụ, có một sự đồng thuận chung là việc khởi đầu của quá trình là rất quan trọng, và động lực của sự cấp bách và việc hiểu được nhu cầu, tầm nhìn, và các bước đầu tiên cần phải được phối hợp để khắc phục sự chống đối thay đổi. Thực ra có cả một *công thức* dựa trên sự quan sát này, là công lao của Beckhard, Harris và Gleicher [4]:

$$D \times V \times F > R$$

Công thức được diễn giải như sau: sự không hài lòng D (dissatisfaction) một đo lường về sự hiểu biết nhu cầu thật sự và cơ hội để cải tiến, nhân với tầm nhìn V (vision), nhân với những bước đầu tiên F (first steps) cần phải lớn hơn sự chống đối thay đổi R (resistance). Các khuôn khổ khác, tương tự như Kotter [5] đề xuất, đưa ra các giai đoạn có thể áp dụng một cách tổng quát cho sự thay đổi trong một tổ chức (Bảng 8.1). Những giai đoạn này nhấn mạnh vào phần đầu tiên của nỗ lực và có nhiều nét tương đồng với một số trong 12 nhân tố thành công chính yếu của các trường đại học như đã mô tả trong chương này.

Việc so sánh này với các tài liệu của nhiều thể loại rộng hơn và kinh nghiệm về sự thay đổi trong tổ chức nên cho chúng ta sự đảm bảo rằng với một sự cam kết, lưu ý đến quá trình, và nhạy bén với các nét đặc trưng của môi trường đại học, chúng ta sẽ có thể thực hiện được những sự thay đổi cần thiết để triển khai phương pháp tiếp cận CDIO. Khung 8.3 mô tả một ứng dụng của mô hình quy trình thay đổi, gọi là AWAKEN, tại Đại học Liverpool.

**BẢNG 8.1: TÁM GIAI ĐOẠN CỦA QUÁ TRÌNH THAY ĐỔI THEO KOTTER [5]**

- 1 Hình thành ý niệm của sự cấp bách**  
Xem xét các thực tế của thị trường và cạnh tranh  
Xác định và thảo luận về các khủng hoảng, nguy cơ khủng hoảng, và các cơ hội lớn
- 2 Thành lập một liên minh hướng dẫn vững mạnh**  
Hình thành một nhóm đủ mạnh để lãnh đạo nỗ lực thay đổi  
Khuyến khích tinh thần làm việc theo nhóm.
- 3 Xây dựng một tầm nhìn**  
Xây dựng một tầm nhìn nhằm định hướng nỗ lực thay đổi  
Hình thành các chiến lược để đạt được tầm nhìn đó
- 4 Truyền đạt tầm nhìn**  
Sử dụng mọi phương tiện có thể để truyền đạt tầm nhìn và các chiến lược mới  
Dạy các hình vi ứng xử mới thông qua ví dụ của liên minh hướng dẫn
- 5 Cho người khác quyền được hành động theo tầm nhìn**  
Loại bỏ các trở ngại để thay đổi  
Thay đổi các hệ thống hay cấu trúc làm suy yếu nghiêm trọng tầm nhìn  
Khuyến khích chấp nhận mạo hiểm và các ý tưởng, hoạt động, và hành động không mang tính truyền thống
- 6 Hoạch định và tạo ra những thành công ngắn hạn**  
Hoạch định cho những cải tiến thành tích có thể thấy được  
Tạo những cải tiến đó  
Công nhận và khen thưởng các nhân viên tham gia vào những cải tiến
- 7 Củng cố các cải tiến và tạo thêm thay đổi**  
Sử dụng sự tin nhiệm được tăng lên để thay đổi các hệ thống, cơ cấu, và chính sách không phù hợp với tầm nhìn  
Tuyển dụng, đề bạt, và phát triển các nhân viên nào có thể triển khai tầm nhìn  
Tăng cường sinh lực cho quá trình thay đổi với các đề án, chủ đề, và tác nhân thay đổi mới
- 8 Thể chế hóa các giải pháp mới**  
Nêu rõ các mối liên hệ giữa những hành vi ứng xử mới với thành công của doanh nghiệp  
Hình thành những phương tiện để đảm bảo phát triển và kế tục sự lãnh đạo

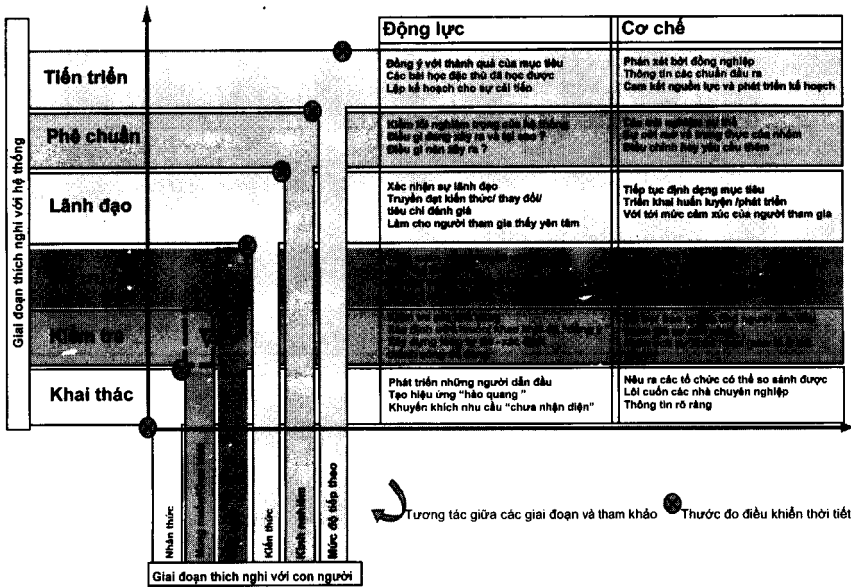
- In lại với sự cho phép của Nhà xuất bản Harvard Business School.

### **KHUNG 8.3: MÔ HÌNH AWAKEN**

Mô hình AWAKEN là một trong các kỹ thuật được dùng làm cơ sở cho việc triển khai CDIO ở Đại học Liverpool. Sử dụng Nguyên tắc Phân loại của Bloom [1] về các lĩnh vực nhận thức, cảm tính, và tâm lý vận động, AWAKEN cố gắng mang lại một phương pháp tiếp cận mang tính nhân văn, dân chủ, có cơ sở khoa học cho việc thích nghi bền vững và linh hoạt trong quá trình đào tạo. Kết quả đạt được là trở thành một tổ chức giáo dục mở, linh hoạt, và có thể chấp nhận sự thay đổi.



Sáu bước của phương pháp tiếp cận AWAKEN nắm bắt được bản chất của *Phiếu Ghi điểm Cân bằng (Balanced Scorecard)* [2], đúc kết và làm sáng tỏ tầm nhìn và chiến lược tổng quát, và lập kế hoạch hành động có thể đạt tới được và có sự nhất trí trước đó nhằm phục vụ cho việc triển khai để đáp ứng được mong muốn của các bên liên quan một cách nhất quán và hiệu quả. Do đó, AWAKEN trở thành vừa là một cơ cấu vừa là một quy trình mà thông qua đó các quan điểm về *chu trình vòng đời giáo dục* được nắm bắt, thông hiểu, và quản lý, để đạt tới một môi trường giáo dục bền vững. Các quy trình mang tính định lượng và định tính của mô hình AWAKEN cung cấp một quá trình có hệ thống, nhưng linh hoạt, giúp nó dễ được áp dụng ở các cấp độ mô đun, chương trình, xuyên tổ chức, và trong tổ chức. AWAKEN đang được triển khai trong các tổ chức hàng không và không gian và điện tử ở Anh.



**Mô hình AWAKEN: Động lực cơ bản và các Cơ chế**

AWAKEN trong bối cảnh của phương pháp tiếp cận CDIO tương ứng các mục tiêu chiến lược về học tập và giảng dạy của Khoa Kỹ thuật với các nhu cầu đang thay đổi của hệ thống trường học địa phương – trường đại học – doanh nghiệp (quy trình), các nhu cầu của các chuyên gia giáo dục trong hệ thống (các thành viên giảng viên), người sử dụng hệ thống (sinh viên), và các bên liên quan bên ngoài của hệ thống (các nhà tuyển dụng), đối chiếu với khuôn khổ của Đề cương CDIO. Các thách thức cơ bản trong việc triển khai liên quan đến sự xác định của các mốc triển khai và đánh giá thành công. Cụ thể hơn, các câu hỏi trọng tâm tập trung vào các tiêu chí cho việc đánh giá hiệu quả và tự đánh giá cần thiết để đánh giá kiến thức, kỹ năng, thái độ. Một cơ chế đang được xem xét để hỗ trợ cho việc triển khai tự đánh giá là Hồ sơ Năng lực Cá nhân (Individual Competency Record – ICR). ICR hướng tới nắm bắt các chuẩn đầu ra chính yếu đối chiếu với các giai đoạn CDIO tổng quát của sự phát triển và tích hợp các hệ thống. Mỗi sinh viên ghi nhận trong sổ nhật ký kỹ thuật những điều liên quan đến các chuẩn đầu ra

cụ thể, từ đó hình thành một phương pháp dựa trên hồ sơ thành tích cá nhân để tự học và tự đánh giá. Các trợ giảng đánh giá sự tiến bộ so với các chuẩn đầu ra theo định kỳ hàng tuần hoặc hai lần một tuần.

**HỒ SƠ NĂNG LỰC CÁ NHÂN**

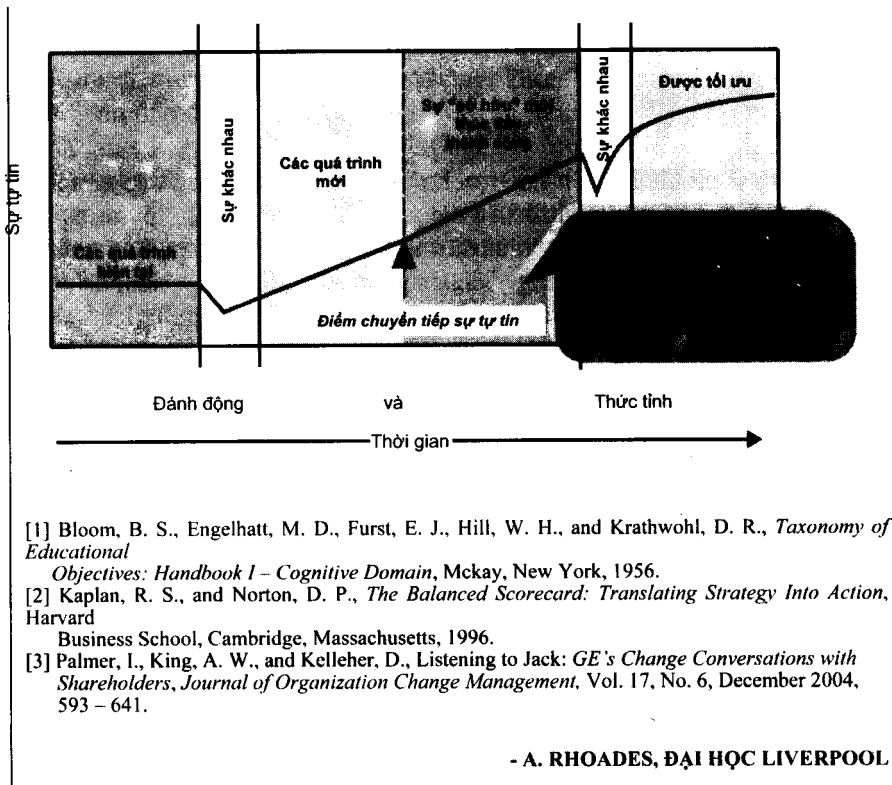
MATS109	Hồ sơ năng lực cá nhân														
	Tất cả		Kế hoạch		Thiết kế		Nguồn		Chế tạo		Bán		Dịch vụ		
	Chất lượng	Quan lý đề án/ chương trình	Thay đổi/ miễn quản lý	Khái niệm	Lập kế hoạch	Thiết kế	Kỹ thuật	Nguồn tiên tiến	Nguồn số lượng	Hoạch định sản xuất	Sản xuất	Giới thiệu ra thị trường	Bán	Dịch vụ	Đào thải
Phạm vi vật liệu	<input checked="" type="radio"/>														
Phân loại vật liệu			<input checked="" type="radio"/>												
Chọn vật liệu															
Sử dụng CES															
Làm việc theo nhóm					<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>									
Giải quyết vấn đề						<input checked="" type="radio"/>		<input checked="" type="radio"/>					<input checked="" type="radio"/>		

**MẪU HỒ SƠ NĂNG LỰC CÁ NHÂN**

Một trong những phương pháp giả thiết để xác định việc triển khai thành công là khái niệm sẽ có một điểm chuyển tiếp sự tự tin (Confidence Transition Point – CTP) có thể xác định, mà điểm này sẽ được chứng minh bằng sự sở hữu hệ thống của phương pháp tiếp cận CDIO mới bởi các người tham gia. Giả thiết này chưa được chứng minh.

**AWAKEN VÀ ĐIỂM CHUYỂN TIẾP SỰ TỰ TIN (CTP) CDIO**

Một trong những rào cản lớn nhất cho bất kỳ quá trình triển khai nào là sự sợ hãi và thói quen trong quá khứ. Sự thay đổi, hay đúng hơn là thích nghi, trên thang đo này tạo ra sự sợ hãi và không chắc chắn, và nếu bị bỏ lơ trong quá trình, có thể dẫn đến rắc rối. Mọi người đều biết rằng hành vi bị điều tiết phần lớn bởi kỳ vọng rút ra từ các kinh nghiệm đã qua hơn là các tình huống mà người ta nghĩ sẽ xảy ra trong tương lai. Để khắc phục các động lực tiêu cực, việc triển khai quy trình AWAKEN - CDIO sử dụng *Đàm thoại về Thay đổi (Change Conversation – CC)*, như đã được sử dụng bởi Jack Welch trong thời gian Ông làm việc ở General Electric [3]. CC là một bản tin thường xuyên để thông báo đến các bên liên quan về tiến trình đi đến mục tiêu, làm mờ mống cho thấy rằng phương pháp tiếp cận CDIO là một chiến lược hoàn toàn tích cực và rất quan trọng trong tổ chức. Việc này củng cố tầm nhìn rằng hành động sẽ mang lại một sự thay đổi về văn hóa tích cực dài hạn trong môi trường. Thông qua một Đề cương CDIO của kiến thức kỹ thuật được góp ý từ doanh nghiệp và thẩm nhận cảm giác tham gia vào công việc thực tiễn, phương pháp tiếp cận CDIO có thể mang lại điều nó đã hứa hẹn.



## SỰ PHÁT TRIỂN VÀ HỖ TRỢ GIÁNG VIÊN

Như đã chứng minh trong sự thảo luận về các nhân tố thành công chính yếu ở phần trên, sự tham gia và nhiệt tình của giảng viên tạo điều kiện thuận lợi rất lớn cho việc triển khai phương pháp tiếp cận CDIO trong các chương trình kỹ thuật. Giảng viên được yêu cầu trở thành những người có sáng kiến – họ được yêu cầu thích nghi cách giảng dạy của họ theo cách lấy sinh viên làm trọng tâm hơn, và dạy các kỹ năng cá nhân và giao tiếp, các kỹ năng xây dựng sản phẩm, quy trình và hệ thống đã nêu lên trong Đề cương. Cần phải có một quá trình để hỗ trợ giảng viên khi họ nâng cao năng lực về giảng dạy, về hình thức đánh giá mới, và về thực hành kỹ thuật và các kỹ năng liên quan.

Việc nâng cao năng lực giảng viên cần phải đạt được và đồng thời bảo vệ sự nghiệp của họ. Các hoạt động phát triển chuyên môn nên đem lại cho họ nhiều cơ hội để được thăng tiến và được vào biên chế vĩnh viễn, mà không ảnh hưởng đến sự thăng tiến trong tương lai. Cũng nhất quán với các nhân tố chính yếu ở trên, việc công nhận và khích lệ đối với giảng viên lý

chuyên nghiệp có kinh nghiệm vào trường để chia sẻ các kinh nghiệm với các sinh viên và giảng viên.

Một ví dụ khác, ở MIT, một vị trí được gọi là *Giảng viên Thực hành* đã được hình thành để bổ nhiệm những nhà thực hành dày dặn kinh nghiệm. Một phương pháp khác là để thu hút các kỹ sư thâm niên vào các vị trí ngắn hạn như các vị trí khách mời hay vị trí phụ giảng. Những người thực hành thâm niên này đem các kỹ năng cá nhân và giao tiếp, các kỹ năng xây dựng sản phẩm, quy trình, và hệ thống không chỉ đến lớp học mà còn trong sự tương tác của họ với các giảng viên trong chương trình. Kết quả là, trình độ năng lực của toàn thể giảng viên tăng lên có được từ kết quả của việc tuyển dụng các kỹ sư có kinh nghiệm thực hành.

#### KHUNG 8.4: ĐÀO TẠO KỸ SƯ VỀ THIẾT KẾ

Chương trình Giảng viên Thỉnh giảng (Visiting Professors' Scheme), được bảo trợ bởi Học viện Kỹ thuật Hoàng gia, thúc đẩy mối liên kết giữa doanh nghiệp - trường học và hướng đến hỗ trợ các trường đại học dạy thiết kế kỹ thuật cho các sinh viên bậc đại học theo một cách liên quan đến thực hành chuyên nghiệp thực sự. Chương trình có ba thành phần:

- Giảng viên Thỉnh giảng về các Nguyên lý Kỹ thuật
- Giảng viên Thỉnh giảng về Thiết kế Kỹ thuật phục vụ Phát triển Bền Vững
- Giảng viên Thỉnh giảng về Thiết kế Hệ thống Tích hợp

Chương trình Giảng viên Thỉnh giảng được thành lập từ năm 1989 và từ đó đã tạo ra nhiều động lực và nguồn lực, cùng với các kinh nghiệm công nghiệp thiết yếu được cập nhật. Hiện tại có khoảng 120 giảng viên thỉnh giảng, làm việc với hơn 46 trường đại học, đem đến một quan điểm phong phú và nhiều kinh nghiệm thực tế về thiết kế cho nhiều môn học đại học và sau đại học trong chương trình đào tạo kỹ thuật. Các kỹ sư giàu kinh nghiệm, như là các giảng viên thỉnh giảng, có rất nhiều điều để truyền đạt lại cho các kỹ sư trẻ, và trong quá trình truyền đạt kinh nghiệm họ sẽ có cơ hội để nhận thức sâu hơn và đánh giá cao về bản chất của công việc và quy trình kỹ thuật họ đang sử dụng.

Tại các trường đại học có nhu cầu cải tiến hoặc cập nhật chương trình đào tạo về thiết kế kỹ thuật, các giảng viên thỉnh giảng đã có những đóng góp rất đáng kể bằng cách nâng cao tầm quan trọng của thiết kế, hình thành các khuôn khổ và môn học mới về thiết kế - giảng dạy, và tạo ra các đề tài nghiên cứu và đề án đa ngành với sự hợp tác của doanh nghiệp. Các giảng viên thỉnh giảng đã đóng vai trò là người cố vấn và kiểm duyệt, người khởi xướng và đàm phán, người động viên và truyền cảm hứng, và người hướng dẫn và đánh giá. Chương trình Giảng viên Thỉnh giảng đưa ra ba khái niệm làm nền tảng cho việc thực hành hiệu quả:

- Việc thiết kế tạo ra một chủ đề tích hợp cho việc học tập kỹ thuật.
- Các đề án đa ngành làm việc theo nhóm là cách tốt nhất để giới thiệu với sinh viên sự phức tạp của thiết kế về kỹ thuật và tổ chức.
- Sẽ có nhiều lợi ích từ việc thực hiện các đề án với sự hợp tác của doanh nghiệp mà trong đó việc tổ chức tốt đề án sẽ đem lại cho sinh viên một động lực mạnh để học khoa học - kỹ thuật với niềm thích thú và nhiệt tình.

- C. PEARCE (ED.), VIỆN CÔNG NGHỆ HOÀNG GIA

## Nâng cao năng lực giảng dạy và đánh giá của giảng viên

Các chương trình nên hỗ trợ giảng viên trong quá trình nâng cao năng lực của họ trong các trải nghiệm học tập tích hợp, học chủ động và trải nghiệm, và đánh giá học tập của sinh viên. Các phương pháp giảng dạy và đánh giá được mô tả ở Chương 6 và 7. Một số hoạt động nâng cao năng lực của giảng viên bao gồm: hỗ trợ giảng viên tham gia vào các chương trình phát triển trong và ngoài trường, diễn đàn chia sẻ ý tưởng và những thực tiễn tốt nhất, xem trọng các kỹ năng giảng dạy hiệu quả khi tuyển dụng và đánh giá giảng viên. Việc nâng cao năng lực giảng dạy và đánh giá của giảng viên là trọng tâm của Tiêu chuẩn 10.

### **TIÊU CHUẨN 10 – NÂNG CAO NĂNG LỰC GIẢNG DẠY CỦA GIẢNG VIÊN**

**Các hoạt động nâng cao năng lực của giảng viên trong việc cung cấp các trải nghiệm học tập tích hợp, sử dụng các phương pháp học chủ động và trải nghiệm, và đánh giá học tập của sinh viên.**

Nếu các giảng viên được yêu cầu dạy và đánh giá theo các cách thức mới, họ cần có cơ hội để phát triển và cải tiến năng lực của họ trong các lĩnh vực này. Có hai cách phổ biến để thực hiện nhiệm vụ này. Nhiều trường đại học có các chương trình phát triển giảng viên và các nhóm hỗ trợ cải tiến phương pháp giảng dạy của giảng viên và thường rất sẵn lòng hợp tác. Bên cạnh đó, các chương trình đang hướng tới nhấn mạnh tầm quan trọng của giảng dạy, học tập, và đánh giá cần chuẩn bị cam kết các nguồn lực để phát triển năng lực giảng viên trong các lĩnh vực này.

Quá trình biến đổi người giảng viên đòi hỏi nhiều thay đổi, không chỉ đối với chương trình đào tạo, mà còn đối với các phương pháp giảng dạy và đánh giá. Đối với giảng viên, thay đổi các phương pháp giảng dạy thường là mối đe dọa lớn hơn so với thay đổi chương trình đào tạo. Chúng tôi nhận biết được sự sợ hãi này, và cố gắng giảm hoặc xóa bỏ các rào cản để triển khai học chủ động và trải nghiệm trong lớp. Bonwell và Sutherland [6] đã xác định năm rào cản chính, đó là:

1. không bao quát hết nội dung giảng dạy
2. tăng thời gian chuẩn bị của giảng viên
3. sĩ số lớp đông
4. thiếu các nguồn lực
5. rủi ro đối với giảng viên

Không bao quát hết nội dung giảng dạy nghĩa là mối quan tâm rằng “tất cả các nội dung sẽ không được giảng dạy”. Mối quan tâm này sẽ được khắc phục một phần nào bằng cách chú trọng vào việc sinh viên học tập nhiều

pháp tiếp cận CDIO. Chúng tôi đã tạo ra một số phương pháp tiếp cận và các nguồn tài liệu mở cho việc thích nghi và triển khai trong nhiều chương trình kỹ thuật đa dạng ở bậc đại học. Phương pháp tiếp cận chính yếu là dựa trên một ứng dụng của mô hình thiết kế kỹ thuật và được xem như là một lộ trình cho sự thay đổi. Các nguồn lực có sẵn bao gồm các lời khuyên thực tế, tài liệu hướng dẫn triển khai, tài liệu giảng dạy, và các mô tả về những hoạt động chuyên tiếp. Đề xướng CDIO cũng hỗ trợ việc phát triển hợp tác, và bảo trợ các lớp tập huấn và hội nghị để trao đổi ý tưởng và để tăng cường sự hiểu biết lẫn nhau về các thực tiễn tốt nhất.

## **Mô hình thiết kế kỹ thuật cho sự phát triển phương pháp tiếp cận CDIO**

Một mô hình thiết kế kỹ thuật đã được áp dụng để phát triển phương pháp tiếp cận CDIO. Mô hình này cũng đóng vai trò như một lộ trình hữu ích cho việc thích nghi và triển khai các chương trình kỹ thuật hiện có. Giáo dục có thể được xem là một dịch vụ, cũng giống như các hàng hóa và dịch vụ khác, có thể được thiết kế và chế tạo bằng cách sử dụng các phương pháp phát triển và vận hành sản phẩm và hệ thống. Việc sử dụng mô hình thiết kế kỹ thuật để phát triển một chương trình CDIO có một vài lợi ích cá biệt :

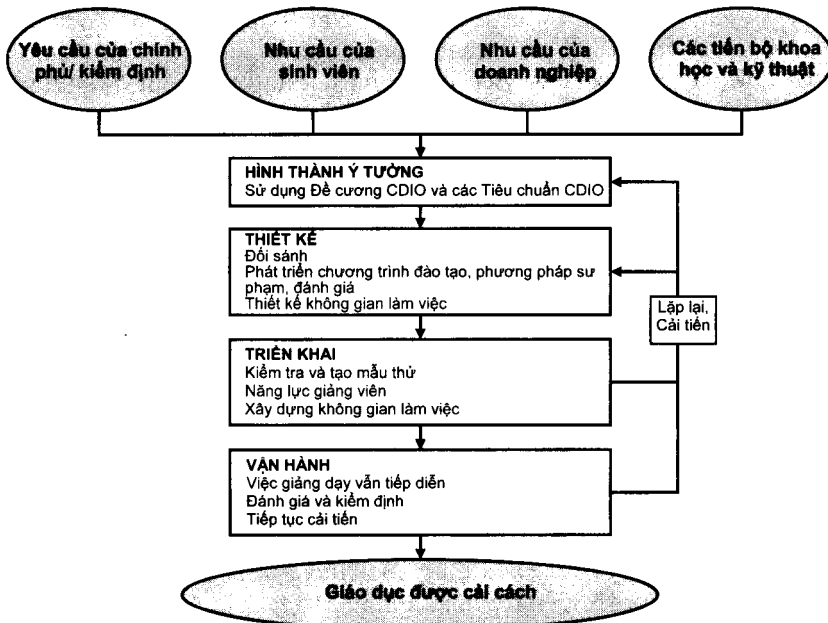
- Nó khơi dậy tính chuyên nghiệp của các giảng viên kỹ thuật bằng cách gọi lên những đặc tính nghề nghiệp tích cực của họ – đáp ứng các nhu cầu, giải quyết vấn đề, phát triển các phương pháp mới, áp dụng các tiêu chuẩn chất lượng. Việc đặt quá trình thay đổi vào trong một khung thiết kế kỹ thuật mang đến cho giảng viên cảm giác dễ chịu hơn đối với thay đổi.
- Nó tận dụng những năng lực đã được hình thành của các giảng viên. Việc sắp đặt quá trình thay đổi ví như là một nhiệm vụ kỹ thuật cho phép các giảng viên áp dụng chuyên môn của họ, ví dụ, xác định các yêu cầu, xây dựng các biểu mẫu và thu thập dữ liệu.
- Nó đảm bảo các chuẩn đầu ra có ý nghĩa được định rõ và làm cơ sở để phát triển chương trình đào tạo, các phương pháp giảng dạy và học tập, và các kế hoạch đánh giá. Mô hình thiết kế kỹ thuật đề ra phương hướng để phương pháp tiếp cận CDIO được ghi chép lại và hệ thống hóa – một tuyên ngôn hoàn chỉnh về mục tiêu, kỹ thuật tổ chức và đối ứng chương trình đào tạo, và một mô hình định lượng cho việc cải tiến liên tục. Những văn bản, quy trình, và ví dụ là các đề tài của Chương 3 đến Chương 9.

Quá trình thích nghi và triển khai phương pháp tiếp cận CDIO tương ứng chặt chẽ với các giai đoạn chu trình vòng đời sản phẩm, quy trình, và hệ thống, như được minh họa trên Hình 8.1. Đề xướng CDIO sử dụng các kỹ thuật phát triển sản phẩm, quy trình, và hệ thống để tổ chức một chương trình giáo dục dựa trên tiền đề rằng bối cảnh đúng đắn cho việc giáo dục kỹ thuật là chu trình vòng đời sản phẩm, quy trình, và hệ thống (Hình 2.1 trong

Chương 2 phác họa những nhiệm vụ tổng quát và kết quả của mỗi giai đoạn của chu trình vòng đời sản phẩm, quy trình, và hệ thống).

Giai đoạn *Hình thành Ý tưởng* tổng quát xem xét các nhu cầu, công nghệ, chiến lược doanh nghiệp, và luật lệ, sau đó phát triển cơ cấu và tình huống kinh doanh đáp ứng các yếu tố trên. Giai đoạn *Hình thành Ý tưởng* phân tích các nhu cầu của một kỹ sư tốt nghiệp, đề ra các chuẩn đầu ra rõ ràng và nhất quán, hình thành một khái niệm về giáo dục kỹ thuật đáp ứng các yêu cầu. Khái niệm về giáo dục kỹ thuật này phải nhất quán với các mục tiêu và tiêu chuẩn của trường và quốc gia, và phản ánh được sự tiến bộ của khoa học-kỹ thuật. Các chuẩn đầu ra của giai đoạn *Hình thành Ý tưởng* là độc nhất cho mỗi chương trình, nhưng được hướng dẫn bởi Đề cương CDIO, mà Đề cương là một văn bản về các chuẩn đầu ra cho sinh viên kỹ thuật, và các Tiêu chuẩn CDIO, mà các tiêu chuẩn này là 12 đặc điểm mô tả chương trình CDIO.

Giai đoạn *Thiết kế* tổng quát bao hàm việc tạo ra thiết kế – các kế hoạch, bản vẽ, và các thuật toán, nhằm mô tả những gì cần xây dựng và thực hiện. Các hoạt động này bao gồm đối sánh chương trình đào tạo hiện có, và sử dụng các công cụ nguồn mở để hỗ trợ việc phát triển chương trình đào tạo, phát triển môn học, các phương pháp giảng dạy và học tập, các phương pháp đánh giá, và không gian làm việc cho sinh viên. Những công cụ này, có trên trang web của CDIO gọi là các Bộ Công cụ Triển khai (Implementation Kits – I Kits), và các Nguồn Tài liệu cho Giảng viên (Instructor Resource Materials – IRM) hỗ trợ việc thích nghi và triển khai.



HÌNH 8.1: SỰ THIẾT KẾ VÀ PHÁT TRIỂN CỦA PHƯƠNG PHÁP TIẾP CẬN CDIO

Trong giai đoạn *Triển khai* tổng quát, thiết kế được chuyển đổi thành sản phẩm được kiểm tra và phê chuẩn. Các công cụ và nguồn lực giáo dục mới đã được thử nghiệm trong các chương trình kỹ thuật ở các trường đại học tham gia. Sự hợp tác tạo điều kiện cho Đề xướng CDIO so sánh kết quả, đánh giá, lặp đi lặp lại, và cải tiến các quy trình và tài liệu, và thích nghi phương pháp tiếp cận cho các chương trình kỹ thuật trong nhiều môi trường giáo dục khác nhau. Trong giai đoạn này, các nguồn nhân lực và vật lực được phát triển.

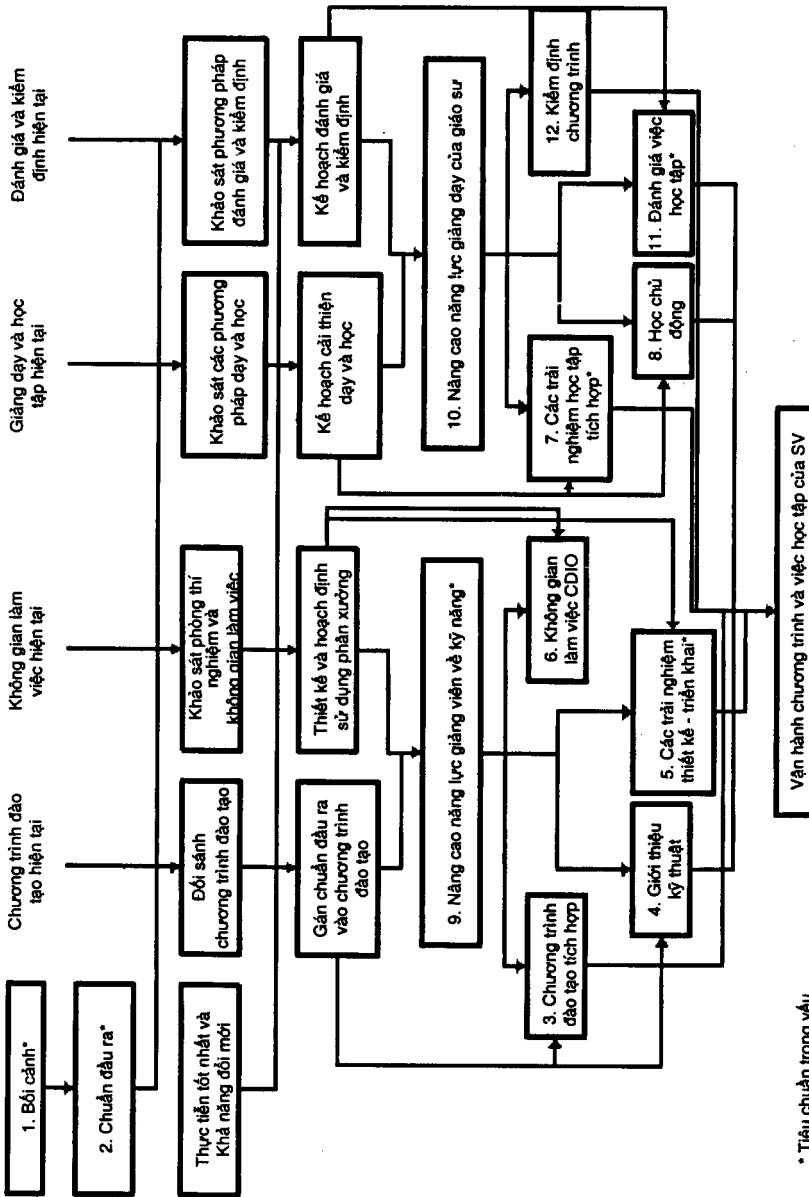
Cuối cùng, giai đoạn *Vận hành* tổng quát, bao hàm việc sử dụng sản phẩm được triển khai để mang lại giá trị dự định, bao gồm duy trì, tiến triển, và đào thải hệ thống. Vận hành diễn ra khi các đề xướng cải cách giáo dục đi qua các giai đoạn thí điểm và kiểm tra để sang giai đoạn trạng thái ổn định, nơi mà các sự thay đổi lớn về chương trình đã được triển khai. Việc đánh giá và cải tiến liên tục của một chương trình và của phương pháp tiếp cận CDIO tiếp diễn trong giai đoạn này và được hỗ trợ bởi việc đánh giá và kiểm định.

Quá trình chuyển tiếp sang một chương trình CDIO được minh họa chi tiết hơn trên Hình 8.2. Hình này là sự mở rộng của phương pháp tiếp cận được đơn giản hóa trình bày trên Hình 8.1, và nó vẫn giữ lại các giai đoạn chính, dựa vào chu trình vòng đời sản phẩm, quy trình, và hệ thống. Ở đây, giai đoạn *Hình thành Ý tưởng* bao gồm sự tiếp nhận Hình thành Ý tưởng - Thiết kế - Triển khai - Vận hành là bối cảnh, và việc điều chỉnh Đề cương cho phù hợp. Tiếp theo là giai đoạn *Thiết kế* bao gồm việc đối sánh nội dung và các nguồn lực của chương trình, và các sự so sánh với các mục tiêu và các chương trình khác. Các kết quả của giai đoạn này là sự xác định các thay đổi cần thiết đối với chương trình đào tạo, không gian làm việc, thực hành giảng dạy và học tập, việc đánh giá học tập và kiểm định chương trình. Giai đoạn *Triển khai* được hỗ trợ bởi các ý tưởng nguồn mở và các nguồn lực, sẽ được trình bày ở phần tiếp theo. Cuối cùng, giai đoạn *Vận hành* bao gồm việc vận hành và đánh giá chương trình. Các cột trong sơ đồ tương ứng với 4 chủ đề: chương trình đào tạo, không gian làm việc, giảng dạy và học tập, đánh giá sinh viên và kiểm định chương trình. Các hộp có đánh số trong sơ đồ đại diện cho việc áp dụng 12 Tiêu chuẩn CDIO.

## Các ý tưởng và các nguồn lực nguồn mở (Open-source ideas and resources)

Đề xướng CDIO đã phát triển các nguồn lực để hỗ trợ sự thích nghi và triển khai của phương pháp tiếp cận CDIO. Trong một số trường hợp, các tài liệu này là kết quả trực tiếp từ việc so sánh các trải nghiệm của chúng tôi; trong một số trường hợp khác, chúng dựa trên các cuộc nghiên cứu thực hiện bởi các thành viên trong nhóm Đề xướng của chúng tôi; và một số khác được thích ứng từ những thực tiễn tốt nhất ở những nơi khác. Chúng tôi đã phân đầu tổng hợp một tập hợp các nguồn lực nhằm phục vụ cải cách toàn diện chương trình đào tạo.





HÌNH 8.2 : QUÁ TRÌNH CHUYỂN ĐỔI SANG PHƯƠNG PHÁP TIẾP CẬN CDIO

\* Tiêu chuẩn trong yếu

Phương pháp tiếp cận CDIO đã được triển khai ở nhiều trường đại học, ngành nghề và quốc gia khác nhau. Các chương trình hiện có này cũng phản ánh sự đa dạng về mục tiêu, sinh viên, các nguồn tài lực, cơ sở hạ tầng hiện có, bối cảnh trường đại học, mong muốn của doanh nghiệp, luật lệ của chính phủ, và các tiêu chuẩn kiểm định của các hiệp hội chuyên nghiệp. Để đáp ứng sự đa dạng này, phương pháp tiếp cận được hệ thống hóa như một nguồn mở. Cấu trúc mở và tính dễ tiếp cận này đối với các tài liệu về chương trình tạo thuận lợi cho sự phổ biến và trao đổi các ý tưởng và nguồn lực.

**BẢNG 8.2 : CÁC NGUỒN LỰC NGUỒN MỞ CỦA ĐỀ XƯƠNG CDIO**

Nguồn tài nguyên	Mục đích	Mô tả
Đề cương CDIO (The CDIO Syllabus)	Hỗ trợ việc xây dựng các mục tiêu và chuẩn đầu ra rõ ràng, toàn diện cho các chương trình kỹ thuật.	Các mẫu phát biểu mục tiêu chung có thể điều chỉnh, bao gồm các kiến thức kỹ thuật, các kỹ năng cá nhân và giao tiếp, các kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình, và hệ thống.
Các tiêu chuẩn CDIO (The CDIO Standards)	Phân biệt chương trình CDIO và các sinh viên tốt nghiệp chương trình này, hướng dẫn thực hiện và triển khai	12 đặc điểm của chương trình CDIO bao gồm cả mô tả phân tích và chứng minh việc áp dụng các đặc điểm đó.
Hướng dẫn khởi đầu (Start-up Guidance)	Cung cấp các ý tưởng và hỗ trợ người lãnh đạo đang thích nghi và triển khai phương pháp tiếp cận CDIO.	Các lời khuyên thực tế để khởi động quá trình cải tiến chương trình và thực hiện phương pháp tiếp cận CDIO.
Công cụ thực hiện (Implementation Kits – I-Kits)	Cung cấp các thông tin, công cụ, phương pháp tiếp cận và biểu mẫu để giúp các chương trình điều chỉnh và thực hiện CDIO	Hướng dẫn, báo cáo thực tế, công cụ và biểu mẫu trong 4 lĩnh vực: chương trình, không gian làm việc, dạy và học, và đánh giá.
Tài liệu hướng dẫn giảng viên (Instructor Resource Material – IRM)	Phát triển, chia sẻ nguồn tài nguyên về dạy học cho các giảng viên.	Các hướng dẫn trực tuyến, đa phương tiện về giảng dạy và các công cụ đánh giá các kỹ năng chuẩn đầu ra.
Các ấn phẩm và báo cáo (Published Papers and Reports)	Ghi chép lại các thay đổi đào tạo thực hiện trong nhóm Đề xương CDIO.	Các bài báo, báo cáo trong tạp chí, hội thảo viết bởi các cộng tác viên về sự phát triển và áp dụng phương pháp tiếp cận CDIO.
Trang web CDIO (CDIO website)	Cung cấp các thông tin về nhóm Đề xương CDIO và các hoạt động hiện tại, và lưu trữ các hoạt động phát triển.	Bao gồm các công cụ, nguồn tài nguyên, các tiêu chuẩn CDIO, Đề cương CDIO, bài báo, thông tin về các hội thảo.

Hiện có sẵn nhiều nguồn lực đa dạng khác nhau. Các nguồn lực chính được mô tả trong Bảng 8.2. Đề cương CDIO và các Tiêu chuẩn CDIO được thảo luận chi tiết ở Chương 3 và Chương 1. Một số các nguồn lực chính yếu khác bao gồm:

- *Hướng dẫn Khởi đầu (Start-up Guidance)* được thiết kế cho những người lãnh đạo chương trình xem xét hoặc quyết định việc thích nghi và triển khai phương pháp tiếp cận CDIO. Nó cho những lời khuyên thực tế để bắt đầu các bước đầu tiên như thế nào.
- Bộ Công cụ Triển khai (Implement Kits – I-Kits) được dùng cho nhóm công tác lên kế hoạch và triển khai cải cách trong chương trình. Các bộ công cụ được sắp xếp theo đề tài, tổ chức xoay quanh 4 chủ đề và các Tiêu chuẩn, và có các thông tin đầu tiên cần thiết để cải tiến chương trình đào tạo, hoạch định các trải nghiệm thiết kế - triển khai và các thông tin cần thiết khác để bắt đầu triển khai.
- *Các Nguồn Tài liệu cho Giảng viên (Instruction Resource Materials – IRM)* được phát triển cho cá nhân các giảng viên, mà các giảng viên này phải tích hợp các kỹ năng cá nhân và giao tiếp, các kỹ năng xây dựng sản phẩm, quy trình, và hệ thống vào trong các môn học hay mô đun của họ. Các tài liệu này được mô tả chi tiết ở Chương 6.
- *Các Ấn phẩm và Báo cáo (Published Papers and Reports)* là những bài viết và báo cáo trong các tạp chí chuyên đề và trong báo cáo hội nghị được viết bởi các cộng tác viên của nhóm Đề xướng CDIO, các văn bản mô tả sự phát triển và các thực tiễn tốt nhất.
- *Trang Web CDIO (CDIO website – www.cdio.org)* là một kho trực tuyến các nguồn liệu mở, và cung cấp thông tin về các hoạt động hiện có của Đề xướng.

Các nguồn lực này và các nguồn lực khác đã được phát triển để tạo điều kiện cho các chương trình kỹ thuật thích nghi phương pháp tiếp cận CDIO sao cho phù hợp với nhu cầu cụ thể của họ. Các chương trình kỹ thuật có thể triển khai toàn bộ phương pháp tiếp cận hoặc lựa chọn một số thành phần cụ thể.

Đề xướng CDIO không có ý định trở thành một quy tắc. Chúng tôi hiểu được mỗi chương trình, khoa, trường đại học, chuyên ngành, và quốc gia có những nhu cầu riêng biệt. Chúng tôi đã tạo ra một tập hợp các nguồn lực, phương pháp tiếp cận, và ý tưởng có thể được thích nghi để cải tiến kỹ thuật cho sinh viên và các bên liên quan chính yếu khác. Các tài liệu tham khảo ở đây, và nhiều phương pháp được đề cập trong các chương khác vẫn còn đang được tiếp tục phát triển. Chúng tôi công nhận rằng hầu hết mỗi chương trình giáo dục kỹ thuật có chất lượng đang tham gia vào một vài, hoặc nhiều khía cạnh của việc cải cách này, và đang có nhiều đóng góp mà tất cả chúng ta có thể học hỏi.

Các nguồn lực ở tất cả các trường đại học là có giới hạn. Rất ít trường đại học có thể tham gia vào một cuộc cải cách toàn diện với kỳ vọng rằng các nguồn lực thường xuyên sẽ tăng thêm. Chúng tôi đã phát triển phương pháp tiếp cận CDIO với giả định rằng các nguồn lực thường xuyên sẽ

không tăng thêm – các chương trình phải tái bố trí lại nguồn nhân lực, không gian, và thời gian hiện có. Đôi khi, các trường đại học và các cơ quan tâm quốc gia tạo điều kiện cho các chương trình xin thêm nguồn lực thường xuyên. Có một phương pháp tiếp cận được hoạch định thấu đáo, thường sẽ tăng tính cạnh tranh một cách hiệu quả trong việc xin thêm các nguồn lực mới này.

Trong quá trình chuyển tiếp từ một chương trình kỹ thuật truyền thống sang một chương trình CDIO, sẽ cần có thêm thời gian và sự hỗ trợ. Việc thiết kế một chương trình đào tạo mới, phát triển các trải nghiệm học tập mới, tái bố trí lại các không gian làm việc, và phát triển các công cụ đánh giá, sẽ không thực hiện được nếu không có thêm thời gian và nỗ lực. Chúng tôi đã tạo ra các nguồn lực liệt kê ở đây nhằm tạo thuận lợi cho quá trình chuyển đổi, tuy nhiên những nỗ lực này vẫn còn cần nhiều hơn nữa.

### **Giá trị của sự hợp tác để phát triển song song**

Chúng tôi thấy được rằng các nhà giáo dục kỹ thuật trên thế giới đều đối mặt với những vấn đề tương tự như nhau. Nhiều trong số những vấn đề cơ bản xuất phát từ mâu thuẫn giữa hai mục tiêu chính là việc hiểu biết sâu về các nền tảng và năng lực trong nhiều loại kỹ năng chuyên nghiệp. Những vấn đề khác rất phổ biến như làm sao chia sinh viên theo nhóm trong việc thực hiện các đồ án, và đánh giá các nhóm đồ án này. Việc giải quyết các vấn đề này một cách nghiêm túc, chưa nói đến việc cải tiến toàn bộ chương trình, cũng đã là một thử thách cho bất kỳ chương trình hay khoa nào. Phạm vi của các vấn đề này, và sự phổ biến của chúng trên thế giới, cho thấy rằng chúng ta nên làm việc chung với nhau để giải quyết chúng, theo một cách thức có tổ chức và hướng đến những mục tiêu chung. Đề xướng CDIO mang tính quốc tế cho phép chúng ta phát triển và triển khai một mô hình giáo dục toàn diện và có thể được thích nghi. Giá trị của việc hợp tác quốc tế bao gồm:

- Tạo những điểm xuất phát vững chắc và tổng quát hơn cho sự phát triển các chương trình CDIO. Ví dụ, các khảo sát và nghiên cứu đối sánh so sánh kỳ vọng của các bên liên quan và điều kiện tổ chức của các trường đại học ở các quốc gia khác nhau.
- Chia sẻ các phương pháp tiếp cận và các ý tưởng trong một khuôn khổ có tổ chức của các mục tiêu chung.
- Tạo ra một tập hợp các nguồn lực có thể chuyển giao được, bao gồm Bộ Công cụ Triển khai (I-Kits), Hướng dẫn Khởi đầu, Nguồn Tài liệu cho Giảng viên (IRM), mà các trường đại học khác có thể sử dụng để thích nghi và triển khai.
- Cải tiến các đặc điểm chính yếu của các Tiêu chuẩn CDIO.

Ngoài ra còn có một lợi ích quan trọng khác từ cách thức làm việc hợp tác. Làm việc với nhau giúp chúng ta thấy được các thành viên khác trong nhóm đang làm gì. Điều này nâng cao mức độ tham vọng cho việc phát triển giáo dục ở các trường của chúng ta qua việc cạnh tranh một cách thân

thiện để hướng tới mục tiêu chung. Nó cũng có thêm lý do cho việc áp dụng phương pháp tiếp cận CDIO ở các trường tham gia. Bằng chứng của sự thành công ở các trường cạnh tranh có thể trở thành động lực rất thuyết phục cho sự thay đổi.

Để tạo điều kiện thúc đẩy hợp tác, Đề xướng tổ chức một số hoạt động sau:

- *Hội thảo* để giới thiệu các ý tưởng chính.
- *Các Hội nghị Khu vực* cho phép các trường đại học tham gia trong khu vực được gặp gỡ để trao đổi ý tưởng và phát triển các phương pháp tiếp cận mới.
- *Hội nghị Quốc tế hàng năm* đưa các nhà giáo dục trên khắp thế giới đến trao đổi về các bài học chủ chốt và những thành công mới đạt được.

Nhóm Đề xướng CDIO hoan nghênh sự tham gia của bạn vào tất cả các hoạt động này, cũng như những đóng góp từ các chương trình đang trong quá trình cải tiến giáo dục kỹ thuật.

## TÓM TẮT

Sự chuyển đổi sang một chương trình CDIO tác động đến tất cả các thành viên giảng viên trong một khoa hay một chương trình, bởi vì nó đặt lại bối cảnh cho giáo dục và tổ chức lại quy trình đào tạo. Chương này đã xem xét 12 nhân tố thành công chính yếu tạo điều kiện thay đổi cơ cấu tổ chức, và đưa ra các ví dụ của các chương trình kỹ thuật đã đúc kết các nhân tố này vào trong quá trình chuyển đổi của họ như thế nào. Tầm quan trọng của việc hỗ trợ và phát triển giảng viên cũng được nhấn mạnh. Nó cho thấy các chương trình mong muốn triển khai phương pháp tiếp cận CDIO làm sao có thể tận dụng các trải nghiệm của những chương trình hiện có, và sử dụng các nguồn lực nguồn mở trên trang web như thế nào. Chương tiếp theo sẽ tạo ra một khung kiểm định chương trình dựa vào 12 Tiêu chuẩn CDIO.

### CÂU HỎI THẢO LUẬN

1. Bạn đã dùng các chiến lược nào để triển khai quá trình thay đổi? Chúng có tương thích với những chiến lược đề xuất trong chương này không?
2. Những chính sách và khích lệ nào hiện có để nâng cao năng lực của giảng viên? Chúng đã có hiệu quả như thế nào?
3. Bạn có thể xác định người nào, chương trình, và nguồn lực nào để hỗ trợ việc phát triển giảng viên trong giảng dạy và đánh giá tại trường của bạn?
4. Bạn sẽ sử dụng các nguồn lực cung cấp bởi nhóm Đề xướng CDIO như thế nào?

## Tài liệu tham khảo

- [1] Rudolph, F., *The American College and University: A History*, The University of Georgia Press, Athens, Georgia, 1990.
- [2] Bush, V., *Science The Endless Frontier*, U. S. Government Printing Office, Washington, D. C., 1945.
- [3] *The Bologna Accord*. Available at [http://en.wikipedia.org/wiki/Bologna - process](http://en.wikipedia.org/wiki/Bologna_process)
- [4] Gleicher, D., Beckhard, R., and Harris, R., *Change Model Formula*, 1987. Available at <http://www.valuebasedmanagement.net>
- [5] Kotter, J. P., *Leading Change: Why Transformation Efforts Fail*, Harvard Business Review, March - April, 1995.
- [6] Bonwell, C. C., and Sutherland, T. E., "*The Active Learning Continuum: Choosing Activities to Engage Students in the Classroom*", in Sutherland, T. E., and Bonwell, C. C. (Eds), *Using Active Learning in College Classes: A Range of options for Faculty*, New Directions of Teaching and Learning, No. 67, Jossey - Bass, San Francisco, California, 1996.

# CHƯƠNG CHÍN

## KIỂM ĐỊNH CHƯƠNG TRÌNH

VIẾT CÙNG VỚI P. J. GRAY

### GIỚI THIỆU

Ở các chương trước, chúng tôi đã mô tả các đặc trưng chính yếu của một chương trình CDIO. Trước hết, chúng tôi đã hướng đến chúng ta cần dạy *cái gì*: các chuẩn đầu ra cho nội dung chuyên ngành, cũng như các kỹ năng cá nhân và giao tiếp, và các kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình, và hệ thống. Kế đến, chúng tôi đã thảo luận chúng ta nên dạy *như thế nào*: một chương trình đào tạo tích hợp; một trình tự các trải nghiệm thiết kế-triển khai trong các không gian làm việc được thiết kế đặc biệt nhằm hỗ trợ các trải nghiệm; giảng dạy, học tập, và kiểm định sinh viên một cách tích hợp. Ở Chương 8, chúng tôi đã trình bày các cách tiếp cận nhằm tăng cường năng lực của giảng viên về các kỹ năng này cũng như các phương pháp giảng dạy. Tiếp theo, chúng tôi hướng đến ba câu hỏi chính yếu liên quan đến tính hiệu quả của phương pháp tiếp cận của chúng tôi:

- *Bằng cách nào chúng ta xác định được rằng các chương trình đang triển khai thành công phương pháp tiếp cận CDIO?*
- *Làm cách nào chúng ta có thể cải tiến các chương trình chưa đạt tiêu chuẩn?*
- *Tác động của việc triển khai một chương trình CDIO là gì?*

Đây là các câu hỏi tổng quát về kiểm định chương trình. Chúng ta định nghĩa kiểm định chương trình là một quá trình xem xét hiệu quả tổng thể của một chương trình, dựa trên các chứng cứ về sự tiến triển hướng đến việc đạt được các mục tiêu của nó. Cách tiếp cận cụ thể để kiểm định chương trình có thể có nhiều hình thức khác nhau, phụ thuộc vào khung khái niệm và cơ sở lý luận của việc kiểm định. Việc kiểm định các chương trình CDIO chủ yếu tuân thủ theo một mô hình phán xét (judgment model), dựa trên các đầu vào, các quy trình, và các đầu ra. Các *đầu vào (inputs)* bao gồm sự phản hồi từ nhân viên, việc sử dụng và tính khả dụng của các cơ sở vật chất, việc sử dụng và sự sẵn có của các nguồn lực; các *quy trình (processes)* bao gồm các phương pháp giảng dạy, đánh giá, và kiểm định

chương trình; và các *đầu ra* (*outputs*) là các chuẩn đầu ra về kết quả học tập dự định của các sinh viên và chuẩn đầu ra của toàn bộ chương trình học.

Chúng ta kiểm định một chương trình bằng cách phân xét chất lượng tổng thể của nó dựa trên các chỉ số về sự tiến triển hướng đến việc đạt được các mục tiêu của nó. Một cách để phân xét chất lượng tổng thể này là chú trọng vào sự tiến triển của chương trình đào tạo hướng tới việc triển khai 12 Tiêu chuẩn CDIO được mô tả xuyên suốt cuốn sách này. Vì các Tiêu chuẩn hướng tới các đầu vào, quy trình, đầu ra, và sự tác động ở một mức độ nào đó, việc kiểm định chương trình dựa trên các Tiêu chuẩn CDIO có thể cung cấp cho các nhà lãnh đạo chương trình các dữ liệu, dựa vào đó để xác định các chương trình có đang tiếp cận được mục tiêu hay không, có đang vận hành hiệu quả hay không, có phân bổ các nguồn lực phù hợp hay chưa, và có đang tạo nên sự khác biệt nói chung hay không.

Chúng tôi sử dụng thuật ngữ *kiểm định chương trình dựa trên các tiêu chuẩn* (*standards-based program evaluation*) để mô tả cách tiếp cận mà chúng tôi sử dụng với các chương trình CDIO. Cách tiếp cận này là nhất quán với một mô hình phân xét về kiểm định chương trình. Một tiêu chuẩn, trong bối cảnh này, là một tiêu chí hoặc một đặc điểm, mà nó xác định một chương trình. Minh chứng của sự tiến triển hướng đến việc triển khai một cách tiếp cận CDIO được thu thập từ nhiều nguồn, bằng cách sử dụng nhiều phương pháp định tính và định lượng. Khi minh chứng này thường xuyên được báo cáo ngược trở lại đến các giảng viên, sinh viên, các nhà quản lý chương trình, các cựu sinh viên, và các bên liên quan chủ yếu, sự phản hồi tạo thành cơ sở để ra quyết định về chương trình cũng như việc cải tiến liên tục của nó.

Kiểm định chương trình dựa trên các tiêu chuẩn, bằng cách sử dụng 12 Tiêu chuẩn CDIO, là nhất quán với các mô hình kiểm định và các cách tiếp cận kiểm định quốc gia khác. Sự nhất quán này dựa trên các mục đích tương tự. Cả hai cách tiếp cận đều đặt ra các tiêu chí, thu thập chứng cứ phù hợp với tiêu chí, và đòi hỏi các kế hoạch cải tiến chương trình. Tuy nhiên, các tiêu chí kiểm định quốc gia thường đề ra các mức tối thiểu chấp nhận được về các thành quả của chương trình. Chúng tôi đã cố tình đặt các Tiêu chuẩn CDIO khá cao, sao cho tất cả các chương trình – ngay cả các chương trình có chất lượng cao nhất – có thể sử dụng các Tiêu chuẩn CDIO làm cơ sở cho việc cải tiến liên tục.

Trong chương này, chúng tôi thảo luận mục đích và giá trị của một cách tiếp cận dựa trên tiêu chuẩn để kiểm định chương trình như là một cách nhằm xác định các chương trình có đang triển khai thành công cách tiếp cận CDIO hay không. Để làm việc này, chúng tôi xác định các câu hỏi kiểm định chính yếu tương ứng với các Tiêu chuẩn, và xem xét một loạt các phương pháp thu thập dữ liệu khác nhau để trả lời cho các câu hỏi kiểm định. Chúng tôi đưa ra các ví dụ về việc thu thập dữ liệu và phân tích dữ liệu trong các chương trình học tiêu biểu. Chúng tôi tạo các mối liên hệ



giữa kết quả kiểm định chương trình với quá trình cải tiến liên tục và đưa ra các đề xuất nhằm cải thiện chương trình chưa đạt tiêu chuẩn. Cuối cùng, chúng tôi tóm lược các kết quả cung cấp minh chứng về tác động của các chương trình CDIO nói chung.

## MỤC ĐÍCH CỦA CHƯƠNG

Chương này được soạn thảo nhằm giúp độc giả:

- nhận biết các đặc tính của cách tiếp cận dựa trên tiêu chuẩn để kiểm định chương trình.
- xác định các câu hỏi chính yếu hướng dẫn việc kiểm định chương trình và hướng các câu hỏi này sao cho nhất quán với các Tiêu chuẩn CDIO.
- mô tả một loạt các phương pháp cung cấp minh chứng về chất lượng của chương trình.
- đưa ra các ví dụ về kiểm định chương trình dựa theo tiêu chuẩn.
- nhấn mạnh mối liên kết giữa việc kiểm định chương trình và cải tiến chương trình một cách liên tục.
- đánh giá tác động chung của các chương trình đã triển khai phương pháp tiếp cận CDIO.

## KIỂM ĐỊNH CHƯƠNG TRÌNH DỰA VÀO CÁC TIÊU CHUẨN

Khung khái niệm của kiểm định chương trình phụ thuộc vào mục tiêu và cơ sở lý luận khi tiến hành kiểm định. Ví dụ, các mô hình dựa trên mục tiêu (objectives-based models) tập trung vào mục tiêu của chương trình và sự đạt tới các mục đích, mục tiêu, và chuẩn đầu ra mong đợi. Trái lại, kiểm định phi mục đích (goal-free evaluation) chú trọng vào chuẩn đầu ra mà không hề có các mục tiêu đặt ra trước. Các cách tiếp cận theo chủ nghĩa tự nhiên (naturalistic approaches) khá rộng về phạm vi, tập trung vào các yếu tố và quá trình nhân văn của chương trình trong các bối cảnh cụ thể. Các mô hình phán xét, chẳng hạn như là kiểm định chương trình, nhắm tới sự tuân thủ chặt chẽ các hướng dẫn chuẩn, và thường hướng vào đầu vào và quy trình. Đánh giá chương trình theo định hướng quản trị (management-oriented program evaluation) lại tập trung vào các câu hỏi chính yếu của những người ra quyết định, giới hạn phạm vi thu thập dữ liệu vào các câu hỏi chính yếu. Các câu hỏi này thường nhấn mạnh vào các đầu ra và tác động chung của một chương trình [1].

Kiểm định các chương trình CDIO chủ yếu là mô hình phán xét, với các thành phần của các mô hình dựa trên mục tiêu và định hướng quản trị. Tương tự như nhiều mô hình kiểm định khác, các phán xét được hình thành dựa trên các đầu vào của chương trình, chẳng hạn, chất lượng của đội ngũ

giảng dạy; việc tiếp cận công cụ kỹ thuật hiện đại; không gian làm việc; quy trình của chương trình, ví dụ như giảng dạy, tư vấn, tuyển sinh. Khi ấy, kiểm định chương trình là việc chứng tỏ sự tuân thủ các tiêu chí, mà các tiêu chí nhằm vào các đầu vào và các quy trình này. Trong những năm gần đây, các mô hình kiểm định đã mở rộng phạm vi để bao gồm cả đánh giá đầu ra. Giống như các mô hình dựa vào mục tiêu, kiểm định chương trình tập trung vào việc đạt tới các mục đích của chương trình và các chuẩn đầu ra cụ thể của chương trình. Các mô hình định hướng quản trị, ví dụ như là *Phiếu Ghi điểm Cân bằng* [2] đã được triển khai tại Đại học Linköping, đóng góp các thành phần về hoạch định chiến lược, phân bổ nguồn lực, và đo lường sự tác động, tất cả đã mở rộng việc kiểm định chương trình vượt ra ngoài các mô hình phán xét và các mô hình dựa trên mục tiêu.

Kiểm định chương trình dựa trên tiêu chuẩn, mô tả bất kỳ cách tiếp cận kiểm định nào tập trung vào các tiêu chí rõ ràng, tiêu chuẩn, và các thành phần khác của quy trình kiểm định [3]. Cách tiếp cận này nhất quán cao với cơ sở lý luận cho ba mô hình đã trình bày – mô hình phán xét, mô hình dựa trên mục tiêu, và mô hình định hướng quản trị, và chia sẻ các đặc điểm chung với ba mô hình này. Các tiêu chuẩn đề ra cho mục tiêu và đầu ra của chương trình tập trung vào các kết quả cuối cùng của chương trình cho những người mà chương trình muốn phục vụ. Các tiêu chuẩn này liên quan đến các kết quả tích lũy của các trải nghiệm giáo dục mà chương trình đã mang lại cho sinh viên. Các kết quả tích lũy này bao gồm các chuẩn đầu ra của sinh viên trong các môn học và các hoạt động khác, cũng như các chuẩn đầu ra được mong đợi khi hoàn tất một chương trình học. Dĩ nhiên, hy vọng rằng hầu hết các chuẩn đầu ra là những chuẩn đã dự định, nhưng cũng có thể có những chuẩn đầu ra ngoài dự định.

Bên cạnh các chuẩn đầu ra, việc kiểm định chương trình dựa trên tiêu chuẩn cũng xem xét các quy trình đưa tới các chuẩn đầu ra đó. Kiểm định quy trình là việc xem xét có hệ thống về những gì diễn ra bên trong chương trình và bao hàm cả việc kiểm định về việc chương trình đang vận hành như thế nào để đạt được các mục tiêu của nó. Các quy trình của chương trình có thể bao gồm công tác tuyển sinh, tư vấn, đăng ký, các dịch vụ hỗ trợ sinh viên, giảng dạy, học tập, và thực tập và tìm việc làm (job placement). Việc xem xét các quy trình này giúp giải thích các đầu ra của chương trình và nêu lên các đặc tính nào của chương trình thành công nhiều hay thành công ít.

Trong một mức độ giới hạn, kiểm định chương trình dựa trên tiêu chuẩn còn đo lường mức độ tác động chung của một chương trình, bằng cách nhìn vào những gì xảy ra với những người tham gia và những người khác từ kết quả của chương trình. Tác động này thường được xem là đầu ra trong dài hạn và có thể bao gồm cả các tác động của chương trình đối với cộng đồng và xã hội ở phạm vi rộng hơn. Các nghiên cứu về tác động có thể nhìn vào năng lực của đội ngũ lao động, sự bình đẳng về chủng tộc và giới tính, và hiệu suất. Các nghiên cứu như vậy có thể đổi theo những sinh

viên tốt nghiệp trong toàn bộ sự nghiệp của họ, nhằm xác định tác động trong dài hạn của một chương trình [4].

Khi kiểm định một chương trình trong khuôn khổ của các Tiêu chuẩn CDIO, chúng tôi kiểm tra minh chứng của các quy trình và các đầu ra, và kiểm tra trong một phạm vi giới hạn các đầu vào và tác động. Nhìn một cách bao quát, các Tiêu chuẩn 1 và 6 nhắm tới đầu vào; Tiêu chuẩn 2 chỉ rõ các chuẩn đầu ra dự định; các Tiêu chuẩn 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10 và 11 tập trung vào các quy trình. Mặc dù các Tiêu chuẩn không tập trung cụ thể vào tác động trong dài hạn, việc kiểm định các chương trình của chúng tôi thường bao gồm các câu hỏi liên quan đến kế hoạch tương lai của sinh viên, các đóng góp của cựu sinh viên vào lĩnh vực kỹ thuật của họ, và các ảnh hưởng của chương trình đối với các doanh nghiệp địa phương, trong nước, và quốc tế. Tiêu chuẩn còn lại, Tiêu chuẩn 12, là tiêu chí cho sự kiểm định chính bản thân chương trình, nghĩa là, một chương trình CDIO áp dụng một phương pháp tiếp cận hệ thống và toàn diện trong việc thu thập và phân tích dữ liệu và cải tiến chương trình.

#### **TIÊU CHUẨN 12 – KIỂM ĐỊNH CHƯƠNG TRÌNH**

Một hệ thống để kiểm định các chương trình theo mười hai tiêu chuẩn này, và cung cấp phản hồi đến sinh viên, giảng viên, và các bên liên quan khác cho các mục đích cải tiến liên tục.

Kiểm định dựa trên các tiêu chuẩn có tính hệ thống vì nó xác định và trả lời nhiều loại câu hỏi, sử dụng nhiều phương pháp khác nhau để thu thập và phân tích dữ liệu, và dùng các dữ liệu để ra quyết định về tính hiệu quả của chương trình và sự cần thiết để cải tiến liên tục. Bây giờ, chúng ta xem xét quy trình kiểm định mang tính hệ thống này khi áp dụng quy trình này vào các chương trình CDIO.

## **CÁC TIÊU CHUẨN CDIO VÀ CÁC CÂU HỎI LIÊN QUAN CHÍNH YẾU**

Sự kiểm định chương trình được dựa trên 12 Tiêu chuẩn mà chúng tôi đã phát triển. Trước khi bước vào thảo luận chi tiết về quy trình kiểm định chương trình, chúng tôi trình bày cơ sở lý luận và cơ cấu tổ chức của chính các Tiêu chuẩn. Các Tiêu chuẩn đã được giới thiệu ở Chương 2, và đã được thảo luận theo chủ đề từ Chương 3 đến Chương 8. Chúng được liệt kê ở Phụ lục B, có kèm theo mô tả và cơ sở lý luận cho mỗi tiêu chuẩn, và các ví dụ về minh chứng cho thấy tiêu chuẩn đã được đáp ứng.

## Cơ sở lý luận và cơ cấu tổ chức của các Tiêu chuẩn CDIO

Đề xướng CDIO đã phát triển và áp dụng các Tiêu chuẩn để hỗ trợ các chương trình đáp ứng các nhu cầu được nhận biết – đào tạo các sinh viên có khả năng hình thành ý tưởng, thiết kế, triển khai và vận hành các sản phẩm, quy trình, và hệ thống phức tạp có giá trị gia tăng trong môi trường hiện đại, và làm việc theo nhóm. Các Tiêu chuẩn tạo thành một cầu nối giữa các mục tiêu của chương trình và một tập hợp hữu hình các đầu vào, quy trình, và đầu ra về giáo dục. Chúng cung cấp hướng dẫn cho các chương trình đại học riêng lẻ làm cách nào để tiến hành, và cố gắng trả lời các câu hỏi trọng tâm của cải cách giáo dục kỹ thuật:

- *Sinh viên kỹ thuật nên đạt được kiến thức, kỹ năng, thái độ toàn diện nào khi rời khỏi trường đại học, và đạt được ở trình độ năng lực nào?*
- *Làm thế nào để chúng ta có thể làm tốt hơn trong việc đảm bảo sinh viên đạt được những kỹ năng ấy?*

Điều rất quan trọng là cần phải hiểu được các Tiêu chuẩn là gì, và không là gì. Chúng là một phương tiện để hướng dẫn các chương trình theo hướng đáp ứng được các nhu cầu và mục tiêu cụ thể. Chúng là một hệ thống của thực tiễn tốt nhất dựa trên nghiên cứu và tập hợp các kinh nghiệm của chúng tôi trên toàn thế giới. Chúng được dự định để hỗ trợ thay đổi theo hướng mà các bên liên quan của chương trình đòi hỏi. Chúng được thiết kế nhất quán với các tiêu chí kiểm định quốc gia, nhưng vẫn cho phép việc đối sánh quốc tế với các trường đại học đồng cấp. Bên cạnh đó, các Tiêu chuẩn còn hình thành cơ sở cho việc kiểm định chương trình và cải tiến liên tục.

Các Tiêu chuẩn được dự kiến để phân biệt những chương trình áp dụng toàn diện phương pháp tiếp cận CDIO với các chương trình chỉ áp dụng chỉ một vài thành phần. Các Tiêu chuẩn ngay từ đầu vốn được phát triển nhằm đáp ứng nhu cầu của những người lãnh đạo chương trình, các cựu sinh viên, các bên liên quan phía doanh nghiệp, mà họ muốn biết rằng làm thế nào họ sẽ nhận diện được các chương trình CDIO và các sinh viên tốt nghiệp của các chương trình này. Trong số 12 Tiêu chuẩn, chúng tôi tách biệt bảy tiêu chuẩn có tính cốt yếu cho phương pháp tiếp cận CDIO:

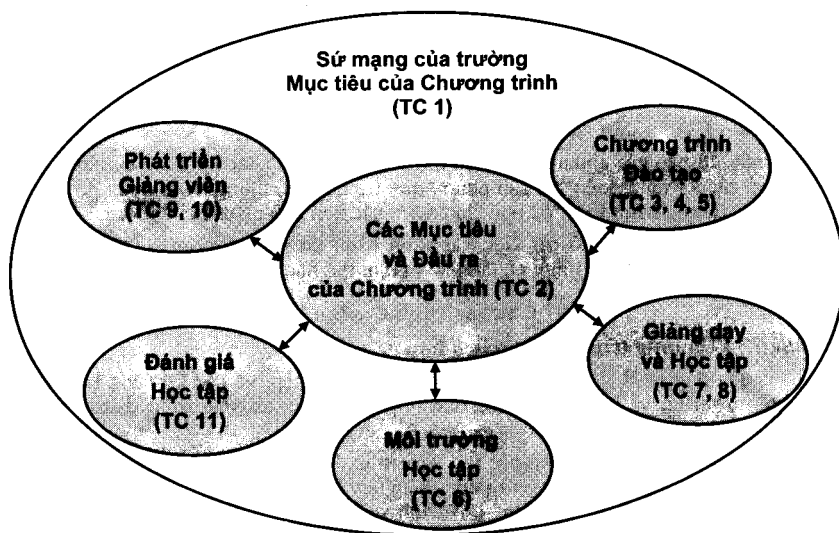
- Tiêu chuẩn 1 Bối cảnh
- Tiêu chuẩn 2 Các chuẩn Đầu ra
- Tiêu chuẩn 3 Chương trình Đào tạo Tích hợp
- Tiêu chuẩn 5 Các Trải nghiệm Thiết kế-Triển khai
- Tiêu chuẩn 7 Các Trải nghiệm Học tập Tích hợp
- Tiêu chuẩn 9 Nâng cao Năng lực của Giảng viên
- Tiêu chuẩn 11 Đánh giá Học tập

Năm Tiêu chuẩn còn lại được xem như là bổ sung và biểu thị của thông lệ tốt, nhưng không nhất thiết là các nét đặc thù của một chương trình CDIO: Tiêu chuẩn 4 Giới thiệu về Kỹ thuật; Tiêu chuẩn 6 Không gian Làm

việc Kỹ thuật; Tiêu chuẩn 8 Học tập Chủ động; Tiêu chuẩn 10 Nâng cao Năng lực Giảng dạy của Giảng viên; và Tiêu chuẩn 12 Kiểm định chương trình.

Các Tiêu chuẩn không bao gồm tất cả các yếu tố của một chương trình kỹ thuật. Chúng bỏ qua một số đầu vào và quy trình phổ biến, ví dụ, trình độ chuyên môn của giảng viên về chuyên ngành kỹ thuật của họ, tư vấn sinh viên, và các phương tiện trong phòng học. Phạm vi có giới hạn này là có chủ ý nhằm làm nổi bật các sự khác biệt và hướng đến một tầm nhìn mà nó đáp ứng các mục tiêu của chương trình. Mặc dù vậy, không có điều gì trong các Tiêu chuẩn là có tính tuyệt đối duy nhất cho các chương trình thành viên của Đề xướng CDIO. Các chương trình giáo dục kỹ thuật chất lượng cao trên toàn thế giới có một số đầu vào, quy trình, và đầu ra đã thảo luận trong các Tiêu chuẩn, và các chương trình có chất lượng cao nhất thì có nhiều đầu vào, quy trình, và đầu ra đã được thảo luận trong các Tiêu chuẩn. Các Tiêu chuẩn được đưa ra như là một hướng dẫn cho việc cải tiến liên tục, bất chấp chất lượng ban đầu của chương trình là như thế nào.

### Đánh giá Chương trình (Tiêu chuẩn 12)



HÌNH 9.1: ĐÁNH GIÁ CHƯƠNG TRÌNH VÀ CÁC TIÊU CHUẨN CDIO

Các Tiêu chuẩn có thể được tổ chức một cách nhất quán với việc kiểm định chương trình truyền thống. Như minh họa ở Hình 9.1, kiểm định chương trình tập trung vào các chuẩn đầu ra của chương trình và các quy trình đóng góp vào việc đạt được các chuẩn đầu ra đó của sinh viên, như đã được thể hiện trong 12 Tiêu chuẩn. Các Tiêu chuẩn có thể được nhóm lại thành một hay nhiều lĩnh vực tập trung: sứ mạng và mục tiêu của chương trình, chương trình đào tạo, các phương pháp giảng dạy và học tập, môi

trường học tập, đánh giá học tập, và phát triển đội ngũ giảng viên. Lưu ý rằng kiểm định chương trình, tự nó, là một trong các tiêu chuẩn.

## Các câu hỏi chính yếu nhất quán với các Tiêu chuẩn

Khi hoạch định kiểm định, các câu hỏi chính yếu được đặt ra cho mỗi lĩnh vực trọng tâm quan trọng. Bảng 9.1 minh họa sự nhất quán của các câu hỏi chính yếu của kế hoạch kiểm định với 12 Tiêu chuẩn CDIO. Các câu hỏi chính yếu này được đúc kết từ các mô tả của các Tiêu chuẩn CDIO.

**BẢNG 9.1: CÁC CÂU HỎI CHÍNH YẾU NHẤT QUÁN VỚI CÁC TIÊU CHUẨN CDIO**

---

Các câu hỏi chính yếu
<p style="text-align: center;"><b>Sứ mạng của trường và các mục tiêu của chương trình</b></p> <p><b>Tiêu chuẩn 1 – Bối cảnh</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Đến mức độ nào sứ mạng của trường và các mục tiêu của chương trình phản ánh việc áp dụng nguyên lý hoặc triết lý của chương trình rằng sự phát triển và thực hiện chu trình vòng đời sản phẩm, quy trình, và hệ thống – Hình thành Ý tưởng, Thiết kế, Triển khai, và Vận hành – là bối cảnh của giáo dục kỹ thuật?</li><li>• Đến mức độ nào chu trình vòng đời của sản phẩm, quy trình, và hệ thống được xem là bối cảnh của giáo dục kỹ thuật, mà trong đó bối cảnh là khung văn hóa, hay môi trường, mà các kiến thức và các kỹ năng khác được dạy, được thực hành và được học?</li></ul> <p style="text-align: center;"><b>Chuẩn đầu ra của chương trình</b></p> <p><b>Tiêu chuẩn 2 – Chuẩn đầu ra</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Đến mức độ nào các chuẩn đầu ra cụ thể, và chi tiết cho các kỹ năng cá nhân và giao tiếp, và các kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình và hệ thống, nhất quán với các mục tiêu của chương trình và được phê chuẩn bởi các bên liên quan của chương trình?</li><li>• Các bên liên quan đã hỗ trợ việc xác định trình độ năng lực mong muốn, hay tiêu chuẩn của thành quả, cho mỗi chuẩn đầu ra như thế nào?</li></ul> <p style="text-align: center;"><b>Chương trình đào tạo</b></p> <p><b>Tiêu chuẩn 3 - Chương trình đào tạo tích hợp</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Các chuẩn đầu ra cho các kỹ năng cá nhân và giao tiếp, và các kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình và hệ thống được tích hợp vào trong chương trình đào tạo như thế nào?</li><li>• Đến mức độ nào chương trình đào tạo được thiết kế với các môn học chuyên ngành hỗ trợ lẫn nhau, với một kế hoạch rõ ràng nhằm tích hợp các kỹ năng cá nhân và giao tiếp, và các kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình và hệ thống?</li></ul> <p><b>Tiêu chuẩn 4 – Giới thiệu về kỹ thuật</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Môn giới thiệu kỹ thuật đã hiệu quả như thế nào trong việc cung cấp khuôn khổ cho thực hành kỹ thuật trong các kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình và hệ thống, và giới thiệu các kỹ năng cá nhân và giao tiếp cần thiết?</li><li>• Đến mức độ nào các môn học giới thiệu kích thích mối quan tâm của sinh viên, và tăng cường động cơ của họ cho lĩnh vực kỹ thuật bằng cách tập trung vào sự ứng dụng các chuyên ngành kỹ thuật cốt lõi?</li></ul>

---

*(Còn tiếp)*

**BẢNG 9.1: CÁC CÂU HỎI CHÍNH YẾU NHẤT QUÁN VỚI CÁC TIÊU CHUẨN CDIO**  
(Tiếp theo)

**Các câu hỏi chính yếu**

**Tiêu chuẩn 5 – Các trải nghiệm Thiết kế-Triển khai**

- Chương trình đào tạo bao gồm ít nhất hai trải nghiệm thiết kế-triển khai, bao gồm một trải nghiệm ở trình độ cơ bản và một ở trình độ nâng cao hay không?
- Các cơ hội để hình thành ý tưởng, thiết kế, triển khai, và vận hành sản phẩm, quy trình, và hệ thống được bao hàm trong chương trình đào tạo và trong các hoạt động ngoại khóa tùy chọn như thế nào?

**Giảng dạy và học tập**

**Tiêu chuẩn 7 – Các trải nghiệm học tập tích hợp**

- Có các trải nghiệm học tập tích hợp dẫn đến sự tiếp thu kiến thức chuyên ngành, cũng như các kỹ năng cá nhân và giao tiếp, và các kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình, và hệ thống hay không?
- Các trải nghiệm học tập tích hợp đã kết hợp các vấn đề kỹ thuật chuyên nghiệp vào các bối cảnh mà trong đó chúng cùng tồn tại với các vấn đề chuyên ngành như thế nào?

**Tiêu chuẩn 8 – Học chủ động**

- Các phương pháp học chủ động và trải nghiệm đã đóng góp vào việc đạt được các chuẩn đầu ra của chương trình trong bối cảnh CDIO như thế nào?
- Đến mức độ nào các phương pháp giảng dạy và học tập dựa trên các tiếp cận lỗi cuốn sinh viên một cách trực tiếp vào các hoạt động tư duy và giải quyết vấn đề?

**Môi trường học tập**

**Tiêu chuẩn 6 – Không gian làm việc kỹ thuật**

- Các không gian làm việc và các môi trường học tập khác hỗ trợ cho việc học thực hành và trải nghiệm như thế nào?
- Đến mức độ nào các sinh viên được sử dụng phần mềm và các phòng thí nghiệm kỹ thuật hiện đại, tạo điều kiện cho họ có cơ hội để phát triển kiến thức, các kỹ năng, và thái độ nhằm hỗ trợ cho các kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình, và hệ thống?
- Các không gian làm việc có lấy sinh viên làm trọng tâm, để sử dụng, mở cửa ngoài giờ, và có tính tương tác hay không?

**Đánh giá học tập**

**Tiêu chuẩn 11 – Đánh giá học tập**

- Việc đánh giá học tập của sinh viên về các kỹ năng cá nhân và giao tiếp; các kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình, và hệ thống; và kiến thức chuyên ngành được lồng vào trong chương trình như thế nào?
- Các chuẩn đầu ra này được đo lường và ghi chép lại thế nào?
- Các sinh viên đã đạt được những gì so với các chuẩn đầu ra của chương trình?

**Phát triển giảng viên**

**Tiêu chuẩn 9 – Nâng cao năng lực về các kỹ năng của giảng viên**

- Các hành động nâng cao năng lực của giảng viên về các kỹ năng cá nhân và giao tiếp, và các kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình, và hệ thống đã được hỗ trợ và khuyến khích như thế nào?

**Tiêu chuẩn 10 – Nâng cao năng lực giảng dạy của giảng viên**

- Những hành động nào đã được tiến hành để nâng cao năng lực của giảng viên trong việc mang lại các trải nghiệm học tập tích hợp, trong việc sử dụng các phương pháp học chủ động trải nghiệm, và trong việc đánh giá học tập của sinh viên?

**BẢNG 9.1: CÁC CÂU HỎI CHÍNH YẾU TƯƠNG ỨNG VỚI CÁC TIÊU CHUẨN CDIO**  
(Tiếp theo)

---

Các câu hỏi chính yếu

---

**Kiểm định chương trình**

**Tiêu chuẩn 12 – Kiểm định chương trình**

- Có một quy trình mang tính hệ thống để kiểm định các chương trình theo 12 Tiêu chuẩn CDIO hay không?
  - Đến mức độ nào các kết quả kiểm định được cung cấp cho sinh viên, giảng viên, và các bên liên quan khác cho các mục đích cải tiến liên tục?
  - Tác động tổng thể của chương trình là gì?
- 

Trong việc thu thập dữ liệu để trả lời những câu hỏi kiểm định chính yếu này, cần phải ghi nhớ bốn yếu tố liên quan tới minh chứng:

- các tiêu chí của thành công cho mỗi lĩnh vực quan trọng, nghĩa là, một ví dụ tốt sẽ giống như thế nào?
- minh chứng mà nó sẽ chỉ ra được rằng chương trình đang làm tốt trong mỗi lĩnh vực chính yếu.
- loại minh chứng mà nó sẽ thuyết phục được các bên liên quan chính.
- cách thức mà trong đó minh chứng nên được tóm tắt cho các nhóm liên quan khác nhau.

Tóm lại, trong một chương trình CDIO, các tiêu chí của thành công là 12 Tiêu chuẩn. Một chương trình được coi là thành công, nếu nó có thể đưa ra minh chứng rằng các thành phần của chương trình mô tả trong các Tiêu chuẩn là hiện hữu. Các nhóm liên quan khác nhau sẽ nhấn mạnh đến các tập hợp con của 12 Tiêu chuẩn, nhưng tất cả các Tiêu chuẩn là các thước đo quan trọng cho ít nhất một nhóm liên quan. Trong phần sau của chương này, chúng tôi sẽ cho một vài ví dụ về những cách thức để ghi chép lại mức độ mà các câu hỏi kiểm định chính yếu trong các chương trình CDIO tiêu biểu đã được trả lời như thế nào. Bây giờ chúng ta xem xét nhiều phương pháp khác nhau để thu thập các dữ liệu kiểm định đáng tin cậy và có giá trị.

## CÁC PHƯƠNG PHÁP KIỂM ĐỊNH CHƯƠNG TRÌNH

Một khi các câu hỏi chính yếu đã được nêu lên rõ ràng, việc quan trọng là phải cân nhắc nguồn thông tin và dữ liệu có thể được thu thập như thế nào trong giới hạn nguồn lực cho phép. Kiểm định chương trình hiệu quả sử dụng nhiều phương pháp thu thập dữ liệu ở nhiều thời điểm khác nhau trong chương trình. Một số phương pháp được sử dụng trong các chương trình hiện có nhằm xác định chất lượng và kế hoạch thiết kế để cải tiến liên tục sẽ được mô tả ở đây. Các phương pháp này bao gồm xem xét tài liệu, phỏng vấn, khảo sát, ghi chú hồi tưởng, phê bình của chuyên gia, và các nghiên cứu theo thời gian. Bên cạnh đó, mục đánh giá của trang web CDIO có ví dụ về các công cụ trong nhiều phương pháp này.



## **Xem xét tài liệu**

Khi triển khai các Tiêu chuẩn, sẽ rất hữu ích nếu chúng ta ghi nhận lại các kế hoạch và các hành động tại mỗi bước trong quá trình. Ví dụ, các văn bản về sứ mạng chương trình và các chuẩn đầu ra, các thiết kế chương trình đào tạo, và các đề cương chi tiết của các môn học có thể được lưu trữ lại để ghi nhận lại sự phát triển của chương trình. Việc ghi nhận lại các phân tích về cơ sở vật chất hiện tại, các phương pháp giảng dạy - học tập, và các kỹ thuật đánh giá sẽ giúp xác định được các thực tiễn tốt nhất và các lĩnh vực có thể cần được cải tiến. Các dữ liệu thu thập được khi chương trình đang triển khai có thể hướng dẫn cho việc điều chỉnh cũng như cải tiến liên tục chương trình. Các báo cáo về đánh giá các chuẩn đầu ra của sinh viên và kiểm định các thành phần cụ thể của chương trình có thể cung cấp dữ liệu cho việc phán xét mức độ thành công của chương trình trong việc đạt được các mục tiêu của nó. Một quá trình xem xét tài liệu tập trung vào tầm quan trọng của việc thiết lập và duy trì một kho trữ thông tin về chương trình. Trong các chương trình của chúng tôi, các tài liệu này được xem xét trong phạm vi nội bộ, thường không chia sẻ ra bên ngoài.

## **Phỏng vấn cá nhân và nhóm tập trung**

Các tài liệu chính thức không kể hết được diễn tiến về sự thành công của chương trình. Các phỏng vấn cá nhân và nhóm tập trung có thể cung cấp thông tin về tác động của các chương trình đối với sinh viên và các bên liên quan khác. Phỏng vấn có lợi thế là có thể hỏi những câu hỏi khai thác mang tính mở. Chúng tôi sử dụng phỏng vấn cá nhân để thu thập dữ liệu từ sinh viên khi họ bắt đầu chương trình học tập của họ, và thêm một lần nữa, khi họ kết thúc chương trình. Các cuộc phỏng vấn cũng được tiến hành để thu thập thông tin từ các giảng viên về phương pháp giảng dạy và đánh giá mà họ sử dụng trong các môn học của họ. Các cuộc phỏng vấn nhóm tập trung đem lại dữ liệu hoàn chỉnh hơn so với phỏng vấn cá nhân, vì sự tương tác trong nhóm làm phát sinh thêm các câu hỏi và câu trả lời. Một số chương trình CDIO tiến hành phỏng vấn nhóm tập trung để kiểm định các môn học. Các hội đồng sinh viên, giảng viên, và người quản lý môn học sẽ gặp nhau để xem xét từng môn học vào cuối mỗi học kỳ. Các nhóm tập trung cũng được sử dụng để thu thập ý kiến đóng góp từ các bên liên quan chính yếu để xác định các chuẩn đầu ra của chương trình. Các ví dụ về các nhóm tập trung này đã được mô tả ở Chương 3.

## **Các bảng câu hỏi và khảo sát**

Tương tự như phỏng vấn, các bảng câu hỏi và khảo sát sẽ hỏi những câu hỏi giống nhau. Tuy nhiên, chúng có thể hiệu quả hơn phỏng vấn vì chúng có thể được dùng để thu thập một lượng lớn thông tin từ nhiều nhóm khác

nhau trong cùng một lúc. Hơn nữa, có thể thu thập dữ liệu có giá trị mang tính thống kê từ mẫu rất lớn. Các câu trả lời có thể được thu thập qua tiếp xúc trực tiếp, qua đường bưu điện, thư điện tử, hoặc trên mạng. Các ví dụ về bảng câu hỏi và khảo sát trong các chương trình của chúng tôi bao gồm cả khảo sát các bên liên quan về Đề cương CDIO, đánh giá xếp hạng của sinh viên về giảng viên và môn học, và khảo sát ra trường đối với sinh viên tốt nghiệp.

## Ghi chú hồi tưởng của giảng viên

Trong các ghi chú hồi tưởng, các giảng viên tổng kết kinh nghiệm của họ về giảng dạy, học tập, và đánh giá trong các môn học của họ. Biên bản có thể nói về các nội dung sau:

- các chuẩn đầu ra dự định và minh chứng cho thấy chúng đã được đáp ứng.
- các cách thức mà theo đó các kỹ năng cá nhân và giao tiếp, và các kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình và hệ thống được tích hợp vào trong các môn học của họ.
- minh chứng cho thấy rằng các phương pháp giảng dạy và đánh giá của họ là có hiệu quả.
- các kế hoạch của họ nhằm cải tiến môn học trong những học kỳ sau, và
- tên của các giảng viên khác mà họ sẽ chia sẻ biên bản này.

Các ghi chú cá nhân này có thể được tổng kết lại trong chương trình nhằm tạo nên một nguồn thông tin khác về sự thành công của chương trình. Các giảng viên cũng có thể gặp người đứng đầu chương trình, hoặc người có trách nhiệm về chất lượng giảng dạy, để thảo luận về ghi chú và các vấn đề khác liên quan tới chương trình đào tạo và giảng dạy.

Các giảng viên tại MIT đã viết ghi chú hồi tưởng từ năm 1999. Họ báo cáo rằng giá trị cơ bản của các ghi chú hồi tưởng này là cơ hội để phản ánh về việc giảng dạy của họ và ghi lại những đề xuất thay đổi khi trải nghiệm trong học kỳ vẫn còn in rõ trong trí nhớ họ. Thực hành này đã đóng góp đáng kể vào sự cải tiến việc giảng dạy và học tập trong chương trình. Các bản tổng kết hàng năm của các ghi chú hồi tưởng này cũng là các nguồn thông tin có giá trị cho các cuộc xem xét kiểm định cấp quốc gia và cấp khu vực.

## Xem xét chương trình bởi các chuyên gia từ bên ngoài

Thường rất hữu ích để có những người không quan hệ trực tiếp tới một chương trình thực hiện một kiểm định độc lập. Các câu hỏi tương tự như trong Bảng 9.1 có thể được đưa cho các nhà kiểm định bên ngoài. Để chuẩn bị cho các đoàn đánh giá ngoài đến thăm và kiểm định, bộ phận nhân sự của chương trình nên chuẩn bị các tài liệu tóm lược bao gồm:

- một kế hoạch kiểm định chương trình
- thông tin về chương trình
- một báo cáo tự đánh giá xác định những điểm mạnh, điểm yếu, và các vấn đề liên quan tới các Tiêu chuẩn
- các câu hỏi cụ thể mà các bên liên quan của chương trình muốn nhắm tới

Việc xem xét chương trình bởi các chuyên gia bên ngoài bao gồm các kiểm định cấp khu vực và cấp quốc gia, xét duyệt ở cấp trường, và chứng nhận hoặc xếp hạng có chứng thực từ các hiệp hội kỹ thuật chuyên nghiệp. Ví dụ, ở Thụy Điển, các chương trình được xem xét bởi Cơ quan Quốc gia Thụy Điển về Giáo dục Đại học (Swedish National Agency for Higher Education). Mô tả về lần xem xét gần đây được trình bày ở Khung 9.2 trong phần sau của chương này.

### Các nghiên cứu theo thời gian

Trong các nghiên cứu theo thời gian, các dữ liệu được thu thập từ các nhóm những người tham gia trong một thời gian. Các dữ liệu có thể được thu thập từ các nhóm đồng khóa, nghĩa là, các sinh viên học cùng nhau trong suốt chương trình, theo định kỳ đều đặn trong lúc và sau khi họ tham gia vào chương trình, hay từ những nhóm khác nhau, mà họ học chung với nhau vào một thời điểm nào đó trong chương trình. Phỏng vấn và các bảng câu hỏi là những phương pháp phổ biến nhằm thu thập các dữ liệu dài hạn. Đại học Linköping là một ví dụ tốt về nghiên cứu dài hạn trong đó xem xét các kỳ vọng cũng như sự thỏa mãn của sinh viên từ lúc họ bước vào chương trình Vật lý và Kỹ thuật Điện Ứng dụng cho đến khi họ hoàn tất các yêu cầu để có bằng cấp. Nghiên cứu dài hạn này được mô tả trong Khung 9.1 ở phần sau của chương này.

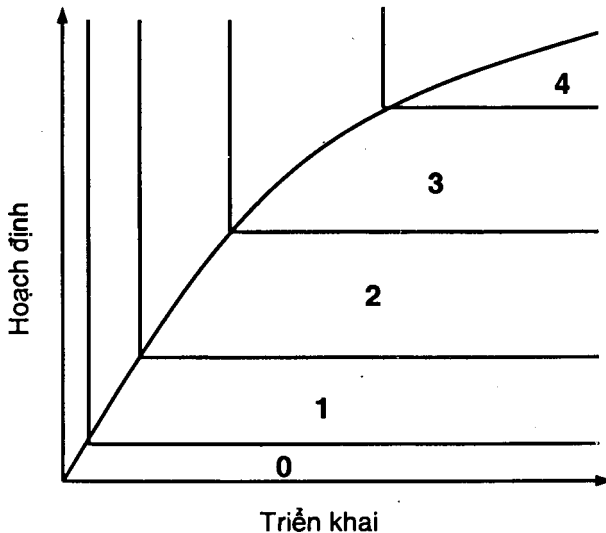
## KIỂM ĐỊNH CHƯƠNG TRÌNH THEO CÁC TIÊU CHUẨN CDIO

Một khi các dữ liệu đáng tin cậy và có giá trị đã được thu thập và được phân tích, các kết quả được sắp xếp theo cách nhằm để trả lời cho các câu hỏi kiểm định chính yếu, đặt ra trong phần đầu của chương này. Như đã giải thích trước đây, kiểm định chương trình tập trung vào 12 Tiêu chuẩn. Tương tự như phần lớn các mô hình phán xét của kiểm định, việc xác định sự tiến triển của chương trình hướng tới việc đáp ứng các Tiêu chuẩn có thể được thực hiện thông qua sự tự đánh giá. Chúng tôi dùng một thang đánh giá có năm mức độ để nêu lên sự tiến triển hướng tới hoạch định, triển khai, và áp dụng mỗi Tiêu chuẩn. Như đã thấy các mức xếp hạng trong Bảng 9.2, và trên đồ thị ở Hình 9.2, sự hoạch định, triển khai, và ứng dụng các Tiêu

chuẩn không phải là một quá trình tuyến tính. Một đề mục đã được thiết kế nhằm thúc đẩy việc hoạch định và cho phép nhiều kiểu triển khai và áp dụng khác nhau. Các chương trình dùng đề mục này cho việc tự đánh giá theo 12 Tiêu chuẩn ít nhất theo định kỳ mỗi năm.

**BẢNG 9.2: THANG XẾP HẠNG CHO TỰ ĐÁNH GIÁ**

Thang xếp hạng	Mô tả
0	Không có kế hoạch ban đầu cấp chương trình hoặc triển khai thí điểm nào
1	Kế hoạch cấp chương trình ban đầu và triển khai thí điểm ở cấp môn học hay cấp chương trình
2	Kế hoạch cấp chương trình được xây dựng tốt và triển khai thí điểm ở cấp môn học và cấp chương trình
3	Kế hoạch cấp chương trình được hoàn tất, và việc triển khai của kế hoạch này ở môn học và cấp chương trình đang diễn tiến
4	Kế hoạch cấp chương trình được hoàn tất, và việc triển khai toàn diện ở môn học và các cấp chương trình đã được thực hiện, với các quy trình cải tiến liên tục đang được thực thi



**HÌNH 9.2: DIỄN GIẢI THANG XẾP HẠNG CHO TỰ ĐÁNH GIÁ**

Bên cạnh việc xếp hạng theo số, mỗi chương trình mô tả minh chứng làm cơ sở cho việc xếp hạng mỗi tiêu chuẩn. Minh chứng này đóng vai trò là căn cứ cho các quyết định về việc cải tiến chương trình. Đầu tiên, các chương trình tham gia vào sự phát triển của cách tiếp cận CDIO từ chối

việc so sánh xếp hạng giữa các trường đại học, do tính chủ quan cố hữu của quá trình tự xếp hạng. Giá trị thực của những tự xếp hạng chương trình là sự đóng góp của chúng vào quy trình cải tiến liên tục. Tuy nhiên, gần đây việc tự xếp hạng chương trình và các mô tả về minh chứng đã được xem xét cho 12 chương trình nhằm giúp xác định tác động tổng thể của Đề xướng CDIO. Bảng 9.3 liệt kê một mẫu của việc tự xếp hạng và minh chứng trong 12 chương trình vào thời điểm tháng 5 năm 2005. Bảng này có thể được dùng làm cẩm nang để một chương trình xác định xếp hạng của nó cho từng Tiêu chuẩn. Các ví dụ trong bảng lấy trực tiếp từ các bảng tự báo cáo của các chương trình tiêu biểu [5]. Trong tương lai, một đề mục chính thức hơn, dựa trên các ví dụ này, sẽ được phát triển nhằm tạo điều kiện thuận lợi cho công tác tự đánh giá.

Yếu tố gây nên nhiều biến động trong việc tự xếp hạng là số năm mà một chương trình tham gia vào Đề xướng CDIO, hoặc từ lúc bắt đầu cải cách giáo dục kỹ thuật của chương trình. Mười hai chương trình trong Bảng 9.3 trải dài từ bốn trường sáng lập cho tới ba chương trình mới – bắt đầu nỗ lực cải cách chưa được hai năm trước khi tiến hành tự xếp hạng của họ. Một số khuynh hướng có thể nhận thấy được trong các bảng tự báo cáo:

- Chương trình ở cấp độ cao và thiết kế chương trình đào tạo là trọng tâm khi bắt đầu các đề xướng cải cách của một chương trình.
- Các phương pháp mới về giảng dạy, học tập, và đánh giá học tập được triển khai sau năm thứ hai hoặc năm thứ ba của việc cải cách chương trình.
- Mặc dù các chương trình CDIO bắt đầu kiểm định chương trình ngay từ đầu, chúng cần một vài năm để triển khai việc kiểm định chương trình toàn diện có hệ thống.

Tóm lược việc tự đánh giá chương trình của tất cả các thành viên của Đề xướng CDIO nêu ra được những lĩnh vực mà trong đó sự hợp tác có thể hỗ trợ các chương trình thành viên.

**BẢNG 9.3: TỰ XẾP HẠNG VÀ MINH CHỨNG CỦA 12 CHƯƠNG TRÌNH CDIO**

Xếp hạng	Các ví dụ tiêu biểu về minh chứng
<b>Tiêu chuẩn 1 – Bối cảnh</b>	
0	(không có chương trình nào có xếp hạng là 0)
1	Phương pháp tiếp cận CDIO được chấp nhận là một phần của kế hoạch phát triển giáo dục của khoa
2	Một chương trình đa ngành mà nó nhấn mạnh sự phát triển và triển khai chu trình vòng đời sản phẩm được hoàn tất, và được hoạch định để bắt đầu vào năm sau

(Còn tiếp)

**BẢNG 9.3: TỰ XẾP HẠNG VÀ MINH CHỨNG CỦA 12 CHƯƠNG TRÌNH CDIO (Tiếp theo)**

<b>Xếp hạng</b>	<b>Các ví dụ tiêu biểu về minh chứng</b>
3	Một chương trình đào tạo mới với một kế hoạch chương trình hoàn chỉnh dựa trên phương pháp tiếp cận CDIO được hội đồng giáo dục thông qua, với việc triển khai đã bắt đầu từ năm thứ nhất
4	Chu trình vòng đời quy trình, sản phẩm, và hệ thống được áp dụng như là bối cảnh bởi ban quản lý chương trình, với sự ghi nhận lại trong tài liệu mục tiêu của chương trình
<b>Tiêu chuẩn 2 – Các chuẩn đầu ra</b>	
0	(không có chương trình nào có xếp hạng là 0)
1	Các bên liên quan đã được tham vấn ý kiến, nhưng chưa được khảo sát đối với Đề cương CDIO
2	Các chuẩn đầu ra chi tiết đã có trong ba năm đầu tiên của chương trình; các chuẩn đầu ra của môn học cần phải được xem xét cho các trình độ nâng cao
3	Khảo sát các bên liên quan được hoàn tất, và việc phát triển các chuẩn đầu ra đang được tiến hành
4	Đề cương CDIO đã được các bên liên quan chương trình phê chuẩn
<b>Tiêu chuẩn 3 – Chương trình đào tạo tích hợp</b>	
0	(không có chương trình nào có xếp hạng là 0)
1	Một chương trình đào tạo đa ngành đang được hoạch định, với những năng lực về kỹ năng cá nhân và giao tiếp
2	Một khuôn khổ để tích hợp các kỹ năng có trong các môn học đồ án; với các thành phần khác của chương trình đào tạo đang được phát triển
3	Chương trình có một kế hoạch bằng văn bản tích hợp các kỹ năng với nội dung chuyên ngành kỹ thuật
4	Chương trình đào tạo tích hợp đã được triển khai đầy đủ; mỗi môn học có một kế hoạch để tích hợp các kỹ năng cụ thể
<b>Tiêu chuẩn 4 – Giới thiệu về kỹ thuật</b>	
0	(không có chương trình nào có xếp hạng là 0)
1	Một đề án học tập dựa trên vấn đề nhấn mạnh việc kiến tạo sản phẩm và hệ thống, và giới thiệu các kỹ năng cá nhân
2	Các thành phần của phương pháp tiếp cận CDIO đã được lồng vào trong môn học thiết kế ở năm thứ nhất, với một môn giới thiệu mới kéo dài 1 năm sẽ bắt đầu vào năm học sau
3	Hai môn học và một đồ án trong năm thứ nhất đóng vai trò giới thiệu
4	Một môn học giới thiệu đang được triển khai trong học kỳ thứ nhất, và được ghi nhận lại trong một Bộ Công cụ Triển khai (I-Kit) trên trang web CDIO
<b>Tiêu chuẩn 5 – Kinh nghiệm Thiết kế-Triển khai</b>	
0	(không có chương trình nào có xếp hạng là 0)
1	(không có chương trình nào có xếp hạng là 1)
2	Một trình tự các môn học thiết kế-triển khai và một số các môn tùy chọn được bao gồm trong kế hoạch của chương trình đào tạo

*{Còn tiếp}*

**BẢNG 9.3: TỰ XẾP HẠNG VÀ MINH CHỨNG CỦA 12 CHƯƠNG TRÌNH CDIO (Tiếp theo)**

Xếp hạng	Các ví dụ tiêu biểu về minh chứng.
3	Bốn đề án thiết kế – mỗi năm một đề án – được bao hàm trong chương trình mới; trong đó các đề án năm thứ hai và năm thứ tư là thiết kế-triển khai
4	Chương trình bao gồm hai trải nghiệm thiết kế-triển khai bên cạnh môn học giới thiệu; 11 môn hiện đang được giảng dạy trong năm thứ tư
<b>Tiêu chuẩn 6 – Không gian học tập kỹ thuật</b>	
0	Không gian không đầy đủ; an toàn trong phòng thí nghiệm là một mối quan tâm; các công cụ kỹ thuật lạc hậu; các không gian làm việc không lấy sinh viên làm trọng tâm hoặc không dễ sử dụng
1	Các không gian làm việc không nhiều; các không gian mới đã được lên kế hoạch cho năm sau
2	Một vài không gian đã được thích nghi với C-D-I-O, và đang tiến hành các việc tiếp theo
3	Hầu hết các ngành chuyên sâu có không gian làm việc và phòng thí nghiệm để hỗ trợ cho trải nghiệm thiết kế-triển khai
4	Phòng thí nghiệm học tập có các không gian được bố trí cho C-D-I-O; các môi trường làm việc đóng góp một cách đáng kể cho sự thỏa mãn của các sinh viên đối với chương trình
<b>Tiêu chuẩn 7 – Trải nghiệm học tập tích hợp</b>	
0	(không có chương trình nào có xếp hạng là 0)
1	(không có chương trình nào có xếp hạng là 1)
2	Việc học tập tích hợp được phổ biến trong năm thứ nhất của chương trình
3	Các đề án được thiết kế thành các trải nghiệm học tập tích hợp; các đề án cũng được tích hợp vào các môn chuyên ngành
4	Các vấn đề từ doanh nghiệp được sử dụng làm bài tập thiết kế và các đề án tốt nghiệp (capstone); những đối tác doanh nghiệp tham gia vào các trải nghiệm học tập
<b>Tiêu chuẩn 8 – Học chủ động</b>	
0	(không có chương trình nào có xếp hạng là 0)
1	(không có chương trình nào có xếp hạng là 1)
2	Một vài lớp áp dụng học chủ động, nhưng cần phải tập trung thêm vào phương pháp này
3	Các phương pháp bao gồm việc làm trong phòng thí nghiệm, các hoạt động thiết kế, các đề án học tập thí nghiệm và các bài tập tự đánh giá
4	Các thẻ “bùn” (muddy cards), các câu hỏi khái niệm, các hệ thống trả lời cá nhân, và các phương pháp bàn thảo với bạn (turn-to-your partner methods) được sử dụng trong các môn học dựa trên bài giảng; giải quyết vấn đề, các đề án, và làm thí nghiệm được sử dụng trong các môn dựa trên đồ án
<b>Tiêu chuẩn 9 – Nâng cao năng lực về kỹ năng của giảng viên</b>	
0	(không có chương trình nào có xếp hạng là 0)
1	Các chương trình huấn luyện mới sẽ được bộ phận bồi dưỡng và phát triển nhân sự phát động

(Còn tiếp)

**BẢNG 9.3: TỰ XẾP HẠNG VÀ BẢNG CHỨNG CỦA 12 CHƯƠNG TRÌNH CDIO(Tiếp theo)**

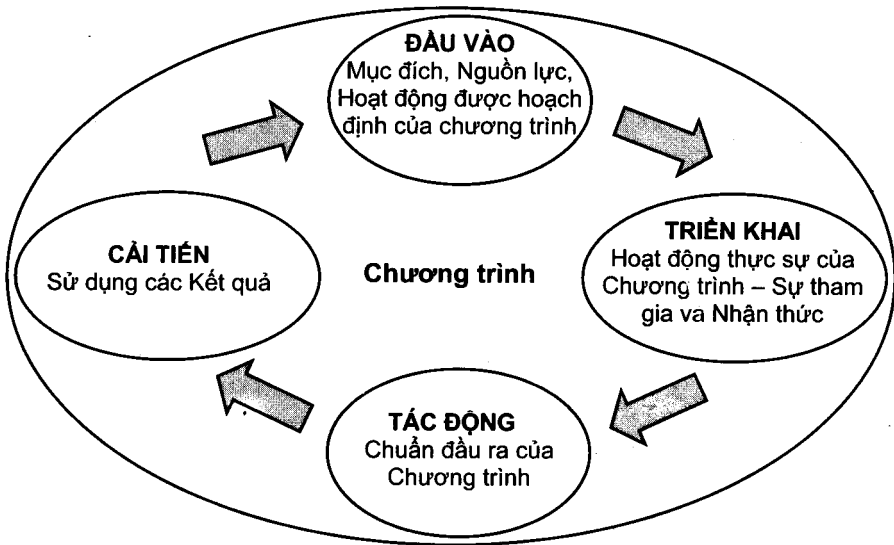
<b>Xếp hạng</b>	<b>Các ví dụ tiêu biểu về minh chứng</b>
2	Chương trình hiện có bao gồm ba ngày dành cho các lớp tập huấn về chương trình đào tạo mới với sự nhấn mạnh về các kỹ năng cá nhân và giao tiếp
3	Hành động bao gồm tuyển dụng các giảng viên với chuyên môn về CDIO, bảo trợ cho giảng viên làm việc trong doanh nghiệp, và nghỉ phép để đi thực hành kỹ thuật
4	(không có chương trình nào có xếp hạng là 4)
<b>Tiêu chuẩn 10 – Nâng cao năng lực giảng dạy của giảng viên</b>	
0	(không có chương trình nào có xếp hạng là 0)
1	Các chương trình đang được hoạch định bởi bộ phận bồi dưỡng và phát triển nhân sự của trường
2	Các môn học nâng cao năng lực giảng dạy của giảng viên được tổ chức bởi bộ phận bồi dưỡng và phát triển nhân sự của trường; các giảng viên mới bắt buộc phải tham gia
3	Các nguồn lực sẵn có trong phòng thí nghiệm về giảng dạy của trường phục vụ cho việc cải tiến giảng dạy; các kỹ năng giảng dạy được cân nhắc trong quá trình xét duyệt thành tích
4	Chương trình phát triển giảng viên đã có hơn 25 năm qua; các chuyên gia giáo dục của trường tham gia các cuộc họp của Đề xướng CDIO
<b>Tiêu chuẩn 11 – Đánh giá học tập</b>	
0	(không có chương trình nào có xếp hạng là 0)
1	Việc đánh giá trong đồ án năm cuối đã được bắt đầu, nhưng cần có một kế hoạch toàn diện hơn
2	Việc đánh giá được tiến hành vận vật trong các môn học; các phương pháp bao gồm thi vấn đáp, đánh giá đồng cấp trong các đồ án và thuyết trình, và các hồ sơ phản hồi thành thích cá nhân
3	Việc đánh giá trong các môn học đồ án đã tách bạch các mục tiêu của môn học và mục tiêu của đề án; việc đánh giá hầu hết được thực hiện với mô hình đề án
4	Các phương pháp đánh giá được ghép phù hợp với các chuẩn đầu ra và được xem xét bởi người kiểm tra bên ngoài và người đứng đầu của khoa; các phương pháp bao gồm thi vấn đáp, thuyết trình, đánh giá đồng cấp, và hồ sơ phản hồi thành thích cá nhân
<b>Tiêu chuẩn 12 – Kiểm định chương trình</b>	
0	Kiểm định chương trình không thường xuyên và không đầy đủ
1	Kiểm định chương trình đang ở giai đoạn lên kế hoạch
2	Một hệ thống nội bộ về kiểm tra chất lượng được sử dụng, với các kế hoạch nhằm đánh giá chương trình theo các tiêu chuẩn CDIO
3	Các phương pháp bao gồm khảo sát sinh viên đầu vào, các đánh giá bắt buộc, các khảo sát sinh viên sắp ra trường, và một khảo sát bậc đại học ở tầm quốc gia
4	Một hệ thống toàn diện bao gồm việc đánh giá môn học, nghiên cứu theo thời gian, về các kỳ vọng và sự thỏa mãn của sinh viên, các khảo sát sinh viên đầu vào, và khảo sát cựu sinh viên



## QUY TRÌNH CẢI TIẾN CHƯƠNG TRÌNH LIÊN TỤC

Ngoài việc cung cấp thông tin về sự tiến triển và hiện trạng của một chương trình, việc tự đánh giá theo các Tiêu chuẩn CDIO tạo điều kiện cho chương trình lên kế hoạch những hành động cụ thể nhằm cải tiến liên tục. Các tiêu chuẩn liên quan tới đầu vào, quy trình, và chuẩn đầu ra tất cả đều được xem xét để xác định các lĩnh vực chưa được triển khai đầy đủ hoặc chưa đạt được chất lượng mong muốn bởi mỗi chương trình tương ứng. Hình 9.3 minh họa một quy trình cải tiến chương trình liên tục ở 4 giai đoạn:

- Đầu vào
- Các quy trình
- Các đầu ra
- Cải tiến



HÌNH 9.3. QUY TRÌNH CẢI TIẾN CHƯƠNG TRÌNH LIÊN TỤC

Ở giai đoạn *Đầu vào*, chương trình xem xét các dữ liệu liên quan tới sứ mạng của nó, mục tiêu, mục đích của chương trình, sự đầy đủ của các nguồn lực của nó, và năng lực của các giảng viên và nhân viên. Ở giai đoạn *Các Quy trình*, chương trình nhìn vào hiệu quả và hiệu suất của các quy trình của nó, bao gồm giảng dạy, tư vấn, đánh giá sinh viên, và các hoạt động khác. Giai đoạn *Các Đầu ra* tập trung vào sự phân tích các kết quả, bao gồm các chuẩn đầu ra ngắn hạn của sinh viên, cũng như tác động dài hạn của chương trình đến các bên liên quan, cộng đồng địa phương, và các ngành nghề chuyên nghiệp. Tuy nhiên, quy trình vẫn chưa kết thúc, cho tới

khi các kết quả kiểm định từ ba giai đoạn đầu tiên được sử dụng để cải tiến chương trình. Chu kỳ được lặp lại một cách liên tục, bằng cách thu thập và phân tích dữ liệu, và sử dụng kết quả cho việc cải tiến chương trình.

Nhằm minh họa phương thức mà dữ liệu kiểm định chương trình được sử dụng với vai trò là cơ sở để cải tiến liên tục và ra quyết định, Khung 9.1 mô tả một nghiên cứu theo thời gian tại Đại học Linköping [6]. Mục đích của nghiên cứu là cung cấp dữ liệu đáng tin cậy và có giá trị cho chương trình đối với chương trình *Vật lý và Kỹ thuật Điện Ứng dụng* để hỗ trợ mục đích của nó là làm cho chương trình trở nên hấp dẫn hơn đối với các sinh viên, và đặc biệt là các sinh viên từ các thành phần thiểu số.

## TÁC ĐỘNG TỔNG THỂ CỦA CÁC CHƯƠNG TRÌNH CDIO

Như đã nói ở Chương 1 và 2, các mục tiêu tổng thể của Đề xướng CDIO là để trực tiếp cải tiến giáo dục của sinh viên kỹ thuật, và gián tiếp là giáo dục nhiều kỹ sư hơn. Các mục đích trực tiếp là – *Giáo dục các sinh viên thành người có thể:*

- *Nắm vững một kiến thức sâu hơn về nền tảng kỹ thuật*
- *Dẫn đầu trong việc hình thành và vận hành sản phẩm, quy trình, và hệ thống mới*
- *Hiểu được tầm quan trọng và tác động chiến lược của nghiên cứu và phát triển kỹ thuật đối với xã hội*

### KHUNG 9.1: CÁC NGHIÊN CỨU THEO THỜI GIAN CHO VIỆC KIỂM ĐỊNH CHƯƠNG TRÌNH Ở ĐẠI HỌC LINKÖPING

Trong năm học 1997-1998, ban tổ chức chương trình của Chương trình Vật lý và Kỹ thuật Điện Ứng dụng (Chương trình-Y) của Đại học Linköping đã bắt đầu một nghiên cứu với mục đích tìm hiểu trải nghiệm tự báo cáo của sinh viên liên quan đến:

- các kỳ vọng của sinh viên khi họ bắt đầu Chương trình Y
- chương trình đào tạo và môi trường học tập trong các giai đoạn khác nhau của chương trình
- các phương thức mà chương trình đã chuẩn bị cho sinh viên về sự nghiệp của họ

Kết quả rất quan trọng và có giá trị cho sự phát triển hơn nữa của chương trình đào tạo, cũng như cho sự hoàn thiện của chương trình. Đề án nghiên cứu này sau đó được mở rộng đến các nhóm sinh viên ở các năm học 1998-1999, 1999-2000, 2000-2001, và 2001-2002. Thiết kế của đề án nghiên cứu này dựa trên:

- Bảng câu hỏi gửi cho tất cả các sinh viên trong mỗi nhóm đồng khóa, hai lần ở năm thứ nhất, một lần ở các năm thứ hai đến năm thứ năm, và một bảng câu hỏi vào mỗi năm sau khi tốt nghiệp.
- Các cuộc phỏng vấn 10 sinh viên, năm nam và năm nữ trong mỗi nhóm đồng khóa. Các sinh viên này cũng được phỏng vấn hai lần trong năm thứ nhất, và mỗi năm hai lần từ năm thứ hai đến năm thứ năm

- Phòng vấn bằng điện thoại các cựu sinh viên sau khi tốt nghiệp được một năm
- Các cuộc phỏng vấn giảng viên

Các kết quả của đề án nghiên cứu được phản hồi một cách liên tục đến ban tổ chức chương trình, và từ đó, Chương trình Y đã được cải tiến theo nhiều cách, bao gồm hành động thu hút và duy trì nhiều sinh viên hơn từ thành phần thiểu số. Các báo cáo và bài viết hội nghị đã được xuất bản trên trang web của Chương trình Y. Khi diễn giải kết quả của các nghiên cứu này, điều quan trọng cần lưu ý là kết quả của một chương trình nghiên cứu không thể chỉ được tiên đoán từ ý định của chương trình hoặc những điều kiện tiên quyết và các ý định của sinh viên. Nó là một tác động qua lại phức tạp giữa các yếu tố mang tính cá nhân, mang tính trường đại học, và tính chính trị. Trong cuộc nghiên cứu theo thời gian này, mỗi một nhóm đồng khóa tham gia nghiên cứu với các kinh nghiệm khác nhau. Các ý định của chương trình, vì thế, được trải nghiệm một cách khác nhau. Các kết quả phải liên quan tới một bối cảnh, theo thời gian và tình huống, cũng như các phản ánh lên những tương tác giữa các kết quả dự định và không dự định của các hành động đã làm.

- E. EDVARDSSON-STIWNE, ĐẠI HỌC LINKÖPING

Một cách gián tiếp, Đề xướng phân đầu phát triển các chương trình có hiệu quả giáo dục và thú vị hơn cho các sinh viên, thu hút họ vào kỹ thuật, giữ họ lại trong chương trình và trong nghề nghiệp.

Một cách tiếp cận dựa trên tiêu chuẩn để kiểm định chương trình cung cấp minh chứng về sự thành công tổng thể của một chương trình trong việc đáp ứng các mục tiêu này, và của sự tác động rộng hơn của các chương trình của chúng tôi. Trong mức độ mà các tiêu chuẩn đo lường đầu vào, quy trình, đầu ra, và tác động, việc kiểm định chương trình cũng đo lường sự cải tiến của những đầu vào, quy trình, và đầu ra đó. Khi xem xét thời gian phát triển và triển khai cần có từ quy định sứ mạng đến các đầu vào, quy trình, và đầu ra liên quan đến việc học tập của sinh viên, nó vẫn tương đối sớm để xác định tác động tổng thể của các chương trình CDIO đến các bên liên quan tương ứng. Tuy vậy, chúng tôi đã có được một số kết quả ban đầu.

### **Các kết quả ban đầu của các đầu vào, quy trình và đầu ra ngắn hạn**

Trong vài năm nay, chúng tôi đang thu thập và phân tích dữ liệu liên quan tới các câu hỏi chính yếu của kiểm định chương trình đặt ra trước đây trong chương này. Việc sử dụng nhiều phương pháp để thu thập dữ liệu đã đem lại các kết quả kiểm định ban đầu này cho đầu vào và các quy trình:

- Các bảng tự báo cáo về hiện trạng kiểm định chương trình chỉ ra rằng tất cả các chương trình tham gia đang triển khai, hoặc đã hoàn tất, việc thiết kế lại các chương trình tương ứng, việc đánh giá các kỹ năng của sinh viên, và cải tiến năng lực của giảng viên.

- Các bảng tự báo cáo và các cuộc viếng thăm ở các chương trình tham gia cho thấy sự phát triển đáng kể và sinh viên tham gia vào các không gian làm việc CDIO ở mức độ cao.
- Các kết quả đánh giá môn học và các ghi chú hồi tưởng của giảng viên cho thấy rằng giảng viên đang sử dụng nhiều phương pháp giảng dạy và đánh giá khác nhau.

Chúng tôi đang sử dụng các công cụ đánh giá để ghi nhận lại sự tiến triển đều đặn hướng đến việc triển khai toàn diện các tiêu chuẩn đầu vào và quy trình. Ngoài ra, các chỉ số ban đầu cho thấy rằng các chương trình đang đạt tới mục đích cải tiến giáo dục cho sinh viên, và các mục đích thu hút và duy trì họ trong nghề nghiệp:

- Các bảng tự báo cáo cho thấy rằng tất cả các chương trình tham gia đã chấp nhận một sứ mạng bao gồm Hình thành Ý tưởng - Thiết kế - Triển khai - Vận hành (CDIO) là bối cảnh và đã triển khai việc khảo sát các bên liên quan nhằm đề ra các chuẩn đầu ra.
- Các cuộc khảo sát hàng năm với các sinh viên tốt nghiệp cho thấy rằng họ đã phát triển kiến thức và kỹ năng mong muốn của chương trình.
- Các dữ liệu tự báo cáo của sinh viên cho thấy sự thỏa mãn cao độ của sinh viên đối với các trải nghiệm thiết kế - triển khai và các không gian làm việc, mà các không gian này tạo cảm nhận về tính cộng đồng giữa các sinh viên với nhau.
- Không có minh chứng nào về sự giảm sút kiến thức và kỹ năng của sinh viên về nền tảng kỹ thuật do, hoặc là kết quả của sự tích hợp các kỹ năng cá nhân và giao tiếp; các kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình, và hệ thống.
- Các nghiên cứu theo thời gian đối với sinh viên cho thấy lượng ghi danh tăng lên, tỷ lệ rớt giảm xuống, đặc biệt trong số các sinh viên thuộc thành phần thiểu số, và sự gia tăng trong thỏa mãn của sinh viên đối với trải nghiệm học tập của họ.

## **Các nghiên cứu về đầu ra dài hạn và tác động tổng thể**

Mười hai Tiêu chuẩn CDIO tập trung vào đầu vào, các quy trình, và đầu ra ngắn hạn. Các tiêu chuẩn không nêu lên một cách cụ thể tác động dài hạn, mà tác động này rất khó đo lường được, và đương nhiên đòi hỏi một khoảng thời gian dài trước khi các dữ liệu có ý nghĩa có thể thu thập được. Việc kiểm định các chương trình CDIO cũng có thể bao hàm các câu hỏi liên quan tới kế hoạch tương lai và việc làm của sinh viên sau khi rời khỏi trường đại học. Các dữ liệu có được từ các câu hỏi này có thể chứng tỏ sự thay đổi về thái độ và sự bắt đầu của các hành xử nghề nghiệp cho thấy sự tác động dài hạn. Trong một khung thời gian dài hơn nhiều, các khảo sát sẽ cho thấy các đóng góp của cựu sinh viên vào lĩnh vực kỹ thuật của họ, và

ảnh hưởng của một chương trình lên các doanh nghiệp địa phương, quốc gia, và quốc tế. Hiện nay, vẫn còn quá sớm để có các kết quả kiểm định chương trình có ý nghĩa đối với các ảnh hưởng này.

Một khía cạnh khác của tác động là khả năng ứng dụng rộng rãi của phương pháp tiếp cận CDIO. Việc kiểm định chương trình dựa trên các Tiêu chuẩn gần đây được áp dụng trên toàn Thụy Điển nhằm kiểm định các chương trình khoa học, công nghệ, và kỹ thuật tại 10 trường đại học khác nhau. Khung 9.2 mô tả phương pháp kiểm định chương trình thực hiện bởi *Högskoleverket*, Cơ quan Quốc gia Thụy Điển về Giáo dục Đại học [7]. Việc kiểm định và cuộc khảo sát sau đó cho thấy rằng các Tiêu chuẩn CDIO có thể áp dụng rộng rãi và có giá trị trong việc xác định các đường hướng cải tiến chương trình.

Như công nhận ở trên, kiểm định chương trình dựa trên các Tiêu chuẩn có thể không trả lời hết được tất cả các câu hỏi chính yếu cần thiết cho một bức tranh toàn cảnh của một chương trình. Như đã thấy trong ví dụ ở Thụy Điển, các hoạt động thu thập dữ liệu khác có thể cần tiến hành nhằm bổ sung cho các dữ liệu liên quan đến các Tiêu chuẩn CDIO.

### **KHUNG 9.2: ĐÁNH GIÁ CHƯƠNG TRÌNH CDIO VÀ CƠ QUAN QUỐC GIA THỤY ĐIỂN VỀ GIÁO DỤC ĐẠI HỌC (HVS)**

*Högskoleverket* (HSV), Cơ quan Quốc gia Thụy Điển về Giáo dục Đại học, là một cơ quan chính phủ đảm trách việc kiểm định giáo dục đại học ở Thụy Điển. Các môn học và các chương trình cấp bằng chuyên môn được kiểm định 6 năm một lần. HSV cũng kiểm định các đơn đăng ký mở ngành từ các trường đại học và trường cao đẳng ở các trình độ cử nhân, thạc sĩ, và tiến sĩ.

Trong năm 2005, cuộc kiểm định các chương trình cấp bằng kỹ thuật *civilingenjör* đã được tiến hành. Các chương trình này là các chương trình kỹ thuật tích hợp dài bốn năm rưỡi (sẽ trở thành các chương trình năm năm vào năm 2007), gần như tương đương với các bằng cấp thạc sĩ về khoa học hay các bằng *Diplome-Ingenieur*. Ở Thụy Điển có khoảng 100 chương trình như vậy ở khoảng 10 trường đại học. Các chương trình này trải rộng trong tất cả các lĩnh vực của khoa học và kỹ thuật, bao gồm vật lý kỹ thuật, cơ khí, công nghệ thông tin, và kỹ thuật công nghiệp. Các câu hỏi được chia ra thành các câu hỏi ở cấp độ trường và cấp chương trình. Trong quá trình kiểm định, HSV đã quyết định thêm vào một thành phần kiểm định chương trình tổng thể nhằm

- Bổ sung các câu trả lời cho các câu hỏi cơ bản để đạt được sự kiểm định toàn diện hơn về trường và chương trình
- Cung cấp cho đoàn đánh giá bên ngoài một công cụ bổ sung để phân tích và kiểm định
- Cung cấp cho các trường và các chương trình một công cụ có thể dùng làm cơ sở cho các nỗ lực cải tiến liên tục trong tương lai

Các Tiêu chuẩn CDIO và mức thang xếp hạng liên quan đã được lựa chọn cho mục đích này, với sự cải biến để thích nghi các Tiêu chuẩn cho phù hợp với bối cảnh. Khi việc tự đánh giá được hoàn tất, những người quản lý chương trình được khảo sát để xác định tính hữu ích của việc sử dụng các Tiêu chuẩn CDIO làm cơ sở cho việc kiểm định các chương trình [7].

Các kết quả khảo sát và phỏng vấn cho thấy rằng các Tiêu chuẩn CDIO phù hợp và có thể áp dụng được cho nhiều chương trình khác nhau, và việc thực hiện các bước hướng dẫn triển khai các Tiêu chuẩn sẽ cải tiến chất lượng của chương trình. Các kết quả khảo sát còn cho thấy rằng lợi ích quan trọng nhất của các Tiêu chuẩn là chúng cung cấp một cơ sở để phát triển chương trình một cách có hệ thống. Đã có một vài mối quan tâm rằng sự nhấn mạnh vào các kỹ năng cá nhân và giao tiếp, các kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình, và hệ thống trong các Tiêu chuẩn CDIO có thể làm giảm tầm quan trọng của các kiến thức chuyên ngành và nghiên cứu kỹ thuật. Mối quan tâm này có thể được khắc phục bằng cách bổ sung các câu hỏi chính yếu khác và công cụ vào các Tiêu chuẩn CDIO trong quá trình kiểm định chương trình tổng thể. Có thể tìm thấy bản báo cáo toàn văn của HSV trên trang web của họ.

- J. MALMQVIST, K. EDSTRÖM, S. ÖSTLUND, S. GUNNARSSON

## TÓM TẮT

Các Tiêu chuẩn CDIO tỏ ra hữu ích theo nhiều cách nhằm kiểm định các chương trình và thay đổi chương trình đào tạo. Chúng dựa trên các nhu cầu, mục tiêu, và các phương pháp tiếp cận xác định bởi các chương trình CDIO và đặt cơ sở trên sự nghiên cứu và thực tiễn tốt nhất. Chúng tạo một khuôn khổ cho các câu hỏi chính yếu tập trung vào kiểm định đầu vào, quy trình, và đầu ra của chương trình. Chúng có thể được áp dụng một cách linh hoạt cho nhiều chương trình, nhiều trường đại học, và nhiều nền văn hóa giáo dục khác nhau. Quá trình tự đánh giá đem lại các hành động cụ thể để cải tiến chương trình liên tục và có thể được thực hiện một cách thường xuyên, với rất ít nguồn lực cần phải bổ sung. Hơn nữa, các Tiêu chuẩn có thể được dùng để hướng dẫn phát triển chương trình mới. Chúng không phải là một công cụ kiểm định chương trình chung chung nhưng nhấn mạnh vào các đặc điểm cụ thể của một nền giáo dục kỹ thuật đặt trong bối cảnh của hình thành ý tưởng, thiết kế, triển khai, và vận hành. Những câu hỏi chính yếu và các mức thang xếp hạng liên quan cho phép các chương trình kiểm định hiện trạng, xác định các lĩnh vực có tiềm năng tiến bộ, kế hoạch cải cách, và đối sánh các chương trình của họ với các chương trình tương tự trên toàn thế giới.

Tuy nhiên, sự ứng dụng của phương pháp tiếp cận dựa trên tiêu chuẩn để kiểm định chương trình không phải là không có giới hạn. Những thách thức chính yếu để kiểm định chương trình hiệu quả tập trung vào hai lĩnh vực: triển khai nhiều phương pháp kiểm định chương trình nhằm thu thập các dữ liệu từ sinh viên, giảng viên, lãnh đạo chương trình, cựu sinh viên, và các bên liên quan khác để đánh giá các đầu ra của chương trình một cách thích hợp; và ghi nhận lại quá trình cải tiến liên tục dựa trên các kết quả kiểm định chương trình. Hầu hết các chương trình kỹ thuật thu thập một lượng lớn các dữ liệu về sinh viên, giảng viên, cơ sở vật chất, và các bên liên quan của họ. Thách thức nằm ở chỗ phải phân tích dữ liệu và tổng hợp các kết quả thành thông tin hữu ích cho việc ra quyết định.

Chúng tôi đã và đang sử dụng phương pháp tiếp cận kiểm định chương trình dựa trên tiêu chuẩn từ tháng 10 năm 2000. Các trường hợp tác mới tiến hành kiểm định chương trình tương tự khi họ bắt đầu quá trình cải cách của họ, và khi họ dự kiến kết quả mong muốn trong thời gian từ hai đến năm năm. Tại Thụy Điển, các nhóm giáo dục chịu trách nhiệm về kiểm định các chương trình giáo dục đại học đã thí điểm các Tiêu chuẩn CDIO như là một phần trong quá trình kiểm định của họ. Các Tiêu chuẩn cũng nhất quán với các tiêu chí kiểm định của các nhóm kiểm định quốc gia ở Mỹ, Canada, Anh Quốc, và Nam Phi. Với sự nhấn mạnh về cải tiến chương trình liên tục, phương pháp tiếp cận dựa trên tiêu chuẩn tổng hợp nhiều kết quả kiểm định. Ít nhất là hàng năm, mỗi chương trình xác định các nhiệm vụ cụ thể liên quan tới mỗi tiêu chuẩn để cải tiến tổng thể chương trình của họ.

Đến điểm này của cuốn sách, chúng tôi đã xem xét chi tiết các đặc tính chính yếu của các chương trình CDIO; một số phương pháp tiếp cận để thiết kế và phát triển phương pháp tiếp cận CDIO; và các phương pháp nhằm triển khai và kiểm định chương trình. Chúng tôi đã thấy các ví dụ từ các chương trình tiêu biểu ở mỗi giai đoạn trong quá trình lập kế hoạch, triển khai, và đánh giá của họ. Trong hai chương cuối cùng, chúng ta sẽ nhìn lại bối cảnh lịch sử của cải cách giáo dục kỹ thuật, và hướng đến những thay đổi dự tính trong các chương trình giáo dục kỹ thuật tương lai.

### CÂU HỎI THẢO LUẬN

1. Bạn có thể dùng các Tiêu chuẩn CDIO làm khuôn khổ để kiểm định các chương trình của bạn như thế nào?
2. Bạn dựa vào những loại hình dữ liệu hay minh chứng nào trong các quyết định về các chương trình kỹ thuật?
3. Bạn dùng các kết quả kiểm định để cải tiến chương trình đào tạo, giảng dạy và học tập, sự thỏa mãn của sinh viên và giảng viên, và các không gian học tập trong các chương trình của bạn như thế nào?
4. Tác động chính của việc triển khai một chương trình CDIO trong trường bạn sẽ là gì?

### Tài liệu tham khảo

- [1] Worthen, B. R., Sanders, J. R., and Fitzpatrick, J. L., *Program Evaluation: Alternative Approaches and Practical Guideline*, 2<sup>nd</sup> ed., Longman, New York, 1996.
- [2] Kaplan, R. S., and Norton, D. P., *The Balanced Scorecard: Translating Strategy Into Action*, Harvard Business School Press, Cambridge, Massachusetts, 1996.

- [3] Stake, R., *Standards-Based and Responsive Evaluation*, Sage Publications, Thousand Oaks, California, 2004.
- [4] Weiss, C. H., *Evaluation*, 2d ed., Prentice-Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 1998.
- [5] Brodeur, D. R., *Report on the Self-Evaluation of Twelve CDIO Programs*, Unpublished report, 2006.
- [6] Edvardsson Stiwne, E., *The First Year as Engineering Student –The Experiences of Four Cohorts of Engineering Students in Applied Physics and Electrical Engineering in Linköping University*. Paper presented at the International CDIO Conference, Kingston, Ontario, June 2005.
- [7] Malmqvist, J., Edström, K., Gunnarsson, S., Ostlund, S., “Use of CDIO Standards in Swedish National Evaluation of Engineering Educational Programs,” *Proceedings of the 1<sup>st</sup> Annual CDIO Conference*, Kingston, Ontario, June 2005.



# CHƯƠNG MƯỜI

## CÁC BỐI CẢNH LỊCH SỬ CỦA GIÁO DỤC KỸ THUẬT

U. JØRGENSEN

### GIỚI THIỆU

Khi tham gia vào việc cải cách giáo dục, điều quan trọng là cần phải hiểu được bối cảnh lịch sử của nó. Với trên 150 năm, các trường đã đóng một vai trò quan trọng trong việc hình thành các kỹ năng và những đặc thù (identity) nghề nghiệp của người kỹ sư. Trong thời gian này, tìm ra một phương pháp tiếp cận giáo dục kỹ thuật thích hợp đã trở thành chủ đề của những cuộc thảo luận và tranh cãi liên tục. Những thay đổi lớn đã diễn ra cả về cách thức tổ chức giáo dục kỹ thuật lẫn trong mối quan hệ giữa giáo dục kỹ thuật và giáo dục khoa học. Những sự thay đổi triệt để cũng đã xảy ra trong các lĩnh vực công nghệ và chuyên môn kỹ thuật. Bất chấp những sự kiện này trong lịch sử, và đặc biệt là quan điểm của những tranh cãi xung quanh vai trò của giáo dục kỹ thuật kể từ cuối những năm 1960, một điều đáng ngạc nhiên là các trường kỹ thuật vẫn duy trì một trạng thái ổn định về triết lý cơ bản của họ liên quan đến cấu trúc và nội dung cốt lõi trong chương trình đào tạo kỹ thuật. Chỉ có một vài cải cách không đáng kể đã được triển khai trong chương trình đào tạo và phương pháp sư phạm của giáo dục kỹ thuật trong nhiều thập niên qua. Hầu hết các cải cách này được tập trung vào việc gia tăng số lượng chủ đề kỹ thuật, và giải quyết hậu quả của sự nhòe nhét nhiều chủ đề chuyên ngành.

Vào những năm 1990, các nỗ lực có tổ chức ở cả Mỹ và Châu Âu đã nêu lên những nghi vấn cơ bản về sự phù hợp của giáo dục kỹ thuật vì nó đã được hình thành từ thời Chiến tranh Thế giới lần thứ II. Các vấn đề bao gồm sự khiếm khuyết các kỹ năng thực tiễn trong đào tạo kỹ thuật hiện đại, thiếu sự phù hợp đối với giới doanh nghiệp về kiến thức khoa học được giảng dạy, và trình độ về khả năng phân tích lý thuyết được đào tạo trong giáo dục kỹ thuật so với tầm nhìn về hình ảnh của người kỹ sư là người thiết kế sáng tạo và người có những phát minh mang tính đột phá về công

nghệ trong tương lai. Với việc nhấn mạnh vào khoa học và kiến thức được tổ chức xoay quanh các kiến thức chuyên ngành kỹ thuật, giáo dục kỹ thuật đã phát triển thành một nền giáo dục đào tạo những người có kỹ năng làm việc kỹ thuật và hợp tác. Tuy nhiên, nhiều người cảm thấy rằng các kiến thức và khả năng phát minh cần thiết trong nhiều lĩnh vực để đào tạo ra những người kỹ sư thiết kế có óc sáng tạo để có thể đối mặt với những sự thay đổi đương thời về kỹ thuật dường như đang khiếm khuyết trong giáo dục kỹ thuật.

Một số đề xướng giáo dục đã nhắm vào các vấn đề này, và cũng cố gắng phác thảo ra các kế hoạch để cải cách giáo dục kỹ thuật. Một số tập trung vào chương trình đào tạo kỹ thuật và phương pháp sư phạm; một số thì tập trung vào thiết lập những chương trình kỹ thuật hoàn toàn mới dựa trên các công nghệ mới. Các đề xướng giáo dục khác kết hợp kinh doanh, quản trị, và kiến thức về tổ chức với kỹ thuật, hay, một cách khác, nhấn mạnh vào các khía cạnh sáng tạo và thiết kế của kỹ thuật. Một số đề xướng cải cách đã được tài trợ bởi của các cơ quan chính phủ, như Quỹ Khoa học Quốc gia (National Science Foundation – NSF) ở Mỹ; một số đề xướng khác xuất phát từ Tiến trình Bologna (Bologna Process) với nỗ lực thúc đẩy một hệ thống giáo dục thống nhất trên toàn Châu Âu. Trong khi nhiều đề xướng tập trung vào các trải nghiệm và cải cách trong phạm vi địa phương, khu vực, hay cấp quốc gia, Đề xướng CDIO mang tính đa quốc gia, với các nguồn lực nguồn mở, và một phương pháp luận có phạm vi rộng và toàn diện.

Các mâu thuẫn đương đại trong giáo dục kỹ thuật có thể bắt nguồn từ sự đa dạng của các công nghệ hiện đại. Việc ứng dụng những công nghệ đa dạng này trên toàn xã hội đòi hỏi sự phân biệt trong giáo dục cho kỹ sư ngày càng tăng. Sự đa dạng này đã mang lại những thách thức mới cho việc định nghĩa về năng lực kỹ thuật. Sự đa dạng về công nghệ đem đến những thách thức mới cho ý niệm thống nhất của một trường kỹ thuật, đặc thù của nó, và việc chuẩn hóa sự trang bị chuyên môn cho sinh viên. Bất chấp sự phức tạp và vô số công nghệ, việc thống nhất ở cấp trường và sự thể hiện của nó trong chương trình đào tạo cốt lõi chung về kỹ thuật đến nay vẫn được duy trì thành công bởi ngành nghề kỹ thuật và bởi các trường đại học kỹ thuật ưu tú. Tuy nhiên, các chính sách để hình thành sự đặc thù và việc tạo ra một hình ảnh đồng nhất về kỹ thuật là những vấn đề cần được coi trọng, cả trong các bối cảnh lịch sử và trong các đề xướng cải cách đương đại. Đặc thù kỹ thuật đóng một vai trò quan trọng trong cải cách giáo dục và đàm phán để thay đổi.

Nhận xét của những nhà quan sát nắm vững tình hình đều nêu lên nhu cầu cần phải cải cách giáo dục kỹ thuật [1]-[2]. Những nhà phê bình khác có vẻ tự tin hơn về những thành tựu mà người kỹ sư đạt được trong xã hội, và bên vực cho việc tiếp tục chương trình đào tạo kỹ thuật truyền thống dựa trên khoa học [3]. Từ quan điểm của họ, công nghệ và khoa học tự nhiên là hai phương pháp tiếp cận kiến thức hoàn toàn tách biệt nhau [4].

Các nghiên cứu của họ đối lập với ý niệm sai lệch phổ biến rằng khoa học kỹ thuật là *khoa học ứng dụng*. Tuy nhiên, họ không nêu lên những vấn đề quan trọng liên quan đến sự lệ thuộc vào công nghệ của xã hội và trường đại học. Một cách đáng tiếc là ngay cả các trường kỹ thuật và các tổ chức chuyên nghiệp đã ủng hộ cho ý kiến về mối quan hệ mật thiết giữa khoa học và công nghệ bằng cách quả quyết rằng khoa học tự nhiên là nền tảng cốt lõi của kỹ thuật. Những sự phát triển đương thời trong khoa học tự nhiên và khoa học kỹ thuật đã làm lu mờ các ranh giới. Những phương pháp tiếp cận về *khoa học - công nghệ (techno-science)* dường như đang có xu hướng trở thành sự mô tả của mối quan hệ giữa khoa học và kỹ thuật hiện đại, mà không có cái nào đóng vai trò thứ yếu [5]. Những phương pháp tiếp cận mới này công nhận vai trò của công nghệ là nhân tố đóng góp cho các thành tựu khoa học, và thay đổi quan niệm cơ bản của tự nhiên và công nghệ.

Câu hỏi cơ bản là phải chăng những sự chỉ trích nhắm vào các vấn đề đòi hỏi những cuộc cải cách và những thay đổi quan trọng, hay vào một sự khủng hoảng của giáo dục kỹ thuật sẽ tan biến đi, như đã xảy ra rất thường xuyên trước đây khi công nghệ và kỹ thuật bị chỉ trích. Quan điểm cho rằng công nghệ lèo lái sự thay đổi và phát minh đột phá, ngày nay dường như ít bị chỉ trích hơn so với những năm 1970. Đồng thời, có một cuộc khủng hoảng trong chính thực hành kỹ thuật liên quan đến các vấn đề trong quan niệm và việc sử dụng công nghệ; và trong các nhu cầu thúc đẩy cải cách thể hiện bởi giới doanh nghiệp và xã hội.

Mục tiêu của chương này là đặt Đề xướng CDIO vào trong một bối cảnh lịch sử lần theo dấu vết của những mâu thuẫn trong thực hành kỹ thuật, những sự thay đổi ở cấp trường hoặc tổ chức, sự hình thành đặc thù, và những sự phát triển công nghệ khác mà chúng là bối cảnh của giáo dục kỹ thuật hiện đại. Chú ý là để nhấn mạnh những sự phức tạp của bối cảnh lịch sử, và không nhất thiết tường thuật lại sự tiến triển của giáo dục kỹ thuật dẫn đến sự ra đời của Đề xướng. Phần đầu của chương mô tả sự hình thành sớm của giáo dục kỹ thuật dân dụng (không vũ trang), và minh họa các mô hình giáo dục kỹ thuật phản ánh những đặc thù quốc gia đa dạng và các quan điểm về vai trò của người kỹ sư trong xã hội. Phần tiếp theo trình bày vai trò của kỹ thuật trong sự phát triển công nghiệp và xã hội và vai trò đó đã tạo khuôn khổ cho các chuyên ngành kỹ thuật cổ điển dẫn đến việc tiêu chuẩn hóa trên phạm vi quốc tế về các môn kỹ thuật như thế nào. Phần thứ ba tập trung vào sự chuyển đổi sang *khoa học* của kỹ thuật sau Chiến tranh Thế giới Thứ II khi có nhiều môn khoa học kỹ thuật được bổ sung vào các môn khoa học tự nhiên truyền thống. Nội dung thảo luận nhấn mạnh sự dịch chuyển khỏi những kỹ năng thực tiễn, trong những thập kỷ gần đây do giảm nhu cầu đối với kỹ thuật viên và thợ thủ công có tay nghề, những người mà một thời là thành phần tuyển sinh quan trọng cho giáo dục kỹ thuật. Cuối cùng, phần này còn mô tả sự bùng nổ đương thời về số lượng những chuyên ngành kỹ thuật, các trường, và các chương trình tập

trung vào các lĩnh vực công nghệ, dẫn đến việc thảo luận về sự tranh cãi chương trình đào tạo kỹ thuật cốt lõi trong tương lai nên là gì.

## MỤC ĐÍCH CỦA CHƯƠNG

Chương này được soạn thảo nhằm giúp độc giả có thể

- nhận ra được những thay đổi lịch sử và sự khác nhau giữa các trường và tổ chức trong giáo dục kỹ thuật
- nhận ra sự tranh cãi về trải nghiệm và thực hành kỹ thuật nên được thể hiện như thế nào trong giáo dục
- hiểu được sự đóng góp của giáo dục kỹ thuật trong việc hình thành đặc thù kỹ thuật
- giải thích lý do tại sao những đề xướng cải cách đã được ra đời trong những năm gần đây
- đánh giá sự tranh cãi về cơ sở của chương trình đào tạo kỹ thuật cốt lõi là phương pháp tiếp cận giải quyết vấn đề kỹ thuật, hay là những môn khoa học tự nhiên
- truyền cảm hứng để thử nghiệm những cách mới để mang lại cho sinh viên những năng lực kỹ thuật

## NGUỒN GỐC CỦA GIÁO DỤC KỸ THUẬT

Các mâu thuẫn giữa lý thuyết và thực hành đã lan truyền trong giáo dục kỹ thuật kể từ khi nó chính thức được bắt đầu vào Thế kỷ 19. Các học giả ở Mỹ đã từng dùng hình ảnh ẩn dụ của quả lắc đung đưa để diễn tả nhiều lần sóng khác nhau của sự nhấn mạnh vào thực tiễn so với việc lấy lý thuyết làm ưu tiên để định hình cho mục tiêu của giáo dục kỹ thuật [6]. Một cuộc nghiên cứu sâu hơn đã cho thấy rằng quả lắc có nhiều vị trí, trải dài từ các nền giáo dục dựa vào thực tiễn, kỹ năng, kỹ xảo, cho đến các nền giáo dục dựa trên khoa học, đã phát triển ở các trường kỹ thuật và các đại học về công nghệ. Hình ảnh về quả lắc đung đưa còn có thể thấy ở các trường với sự khác biệt ở hai thái cực về đặc thù và trọng tâm, đây là tình trạng trong một thời gian dài ở một số nước Châu Âu.

Các ngành nghề kỹ thuật đã xuất hiện trong thế kỷ thứ 19. Đầu tiên là sự phát triển của ngành kỹ thuật xây dựng, như là một nhánh của kỹ thuật quân sự, tập trung vào cấu tạo của các vũ khí, công sự (để bảo vệ một nơi nào đó chống lại sự tấn công) và cơ sở hạ tầng [3]. Hoạt động công nghiệp ban đầu dựa trên những kỹ năng và kỹ xảo thực hành, đã dẫn tới sự hình thành những trường kỹ thuật. Mặt khác, kỹ thuật được dựa vào một tầm nhìn của phát triển công nghệ và việc sử dụng các phương pháp tiếp cận mang tính hệ thống và phân tích, tương tự như ý tưởng của Pháp về *bách khoa* (polytechnique)[7]. Ý tưởng này đã được phát triển và thúc đẩy thông

qua sự thành lập trường *Đại học Bách khoa (École Polytechnique)* vào năm 1792, đánh dấu cho sự bắt đầu một kỷ nguyên mới về giáo dục kỹ thuật xây dựng. Những ý tưởng này đã lan ra cả Châu Âu và Mỹ trong nửa đầu thế kỷ 19 và đã dẫn tới việc thành lập một loại hình mới của giáo dục đại học. Cùng thời điểm đó, những trường học quân sự, ví dụ như West Point ở Mỹ, cũng bị ảnh hưởng sâu sắc bởi những phương pháp phân tích xuất phát từ ý tưởng bách khoa. Những phương thức thực tiễn và lý thuyết đã dẫn đến sự khác biệt trong các cơ cấu tổ chức đại học về kỹ thuật công nghệ và giáo dục kỹ thuật ở Châu Âu và Mỹ. Mặc dù hình ảnh mà chúng ta thấy được ngày hôm nay là một ngành nghề thống nhất với đặc thù mang tính quốc tế được xác định rõ ràng, nhưng trên thực tế đã có một lịch sử trầy trật và nhiều xung đột để đạt được hình ảnh này. Bây giờ chúng ta hãy xem qua sự tiến triển về giáo dục kỹ thuật ở Pháp, Bắc Âu, Anh, và Mỹ.

### Giáo dục kỹ thuật ở Pháp

Ở Pháp, các học viện kỹ thuật đã phát triển theo cơ cấu của các thể chế của chính phủ Pháp và doanh nghiệp [8]. Lấy từ nguồn cảm hứng của ý tưởng *bách khoa*, các đại học (*grande écoles*) đã trở thành cốt lõi của nền giáo dục công lập của Pháp, đề ra các tiêu chuẩn lý tưởng cho việc đào tạo kỹ sư. Bên cạnh làm việc trong các học viện của chính phủ, các kỹ sư tham gia vào việc tạo ra cơ sở hạ tầng mới từ nhu cầu của những thành phố đang phát triển và những doanh nghiệp có nhu cầu về vận chuyển, năng lượng, và thông tin liên lạc. Trong bối cảnh này, các ngành khoa học kỹ thuật được xem như là khoa học ứng dụng. Lối suy nghĩ này được dựa vào giả định rằng lý thuyết toán học và các nguyên tắc chung của khoa học sẽ hình thành một cơ sở để cải tiến công nghệ, đưa nó từ trình độ của thực hành và trải nghiệm dựa trên kỹ năng lên một hình thức cao hơn của kiến thức thực tiễn.

Các trường kỹ thuật khác cũng được thành lập, một vài trong số đó đã được tập trung vào các ngành công nghiệp chính yếu đang nổi lên, như khai khoáng và ngành công nghiệp cơ khí – những ngành cung cấp thiết bị công nghệ mới cho nông nghiệp và các nhà máy. Mặc dù đào tạo thực hành đã có và những nhu cầu của nền công nghiệp cũng gây ảnh hưởng đến nội dung của chương trình đào tạo, việc tổ chức các trường đại học theo cấp bậc ưu tú (*elitist structure*) này vẫn duy trì địa vị và vai trò của đào tạo theo lý thuyết.

### Giáo dục kỹ thuật ở Bắc Âu

Ở Bắc Âu, cấu trúc chiếm ưu thế trong lĩnh vực đào tạo kỹ thuật gồm hai mô hình là tuyển dụng kỹ thuật và đào tạo kỹ thuật. Mô hình thứ nhất, gọi là *fachhochschulen*, thì dựa trên giáo dục thực hành, nó tuyển dụng những người thợ lành nghề từ các ngành công nghiệp và thương nghiệp. Mô hình

giáo dục này đã phát triển vào cuối Thế kỷ 19 từ các trường kỹ thuật để bổ sung các kỹ năng cho người công nhân đã được huấn luyện qua học việc, bằng cách cung cấp các môn học lý thuyết từ vẽ kỹ thuật đến toán học [9]. Mô hình thứ hai là giáo dục kỹ thuật giống như trường đại học, thường được phân biệt với giáo dục đại học mang tính chuyên sâu về lĩnh vực khoa học tự nhiên. Thông thường được gọi là *technische hochschulen* (đã đổi tên lại thành *technische universität*es vào cuối Thế kỷ 20), một số trường đại học kỹ thuật đã phát triển ở Đức và các nước Scandinavian để đáp ứng truyền thống địa phương. Cơ sở của hai mô hình này hỗ trợ bởi hai hướng tuyển dụng khác nhau: một hướng cho những người công nhân có kỹ năng thực hành, và hướng kia cho những người kỹ sư được đào tạo qua trường lớp đến trực tiếp từ các trường trung học.

Mô hình thứ hai có được sự công nhận chính thức từ ý kiến cho rằng các trường kỹ thuật đóng góp vào việc sản sinh ra các nguyên lý, trong khi đó mô hình *fachhochschulen* đạt được sự công nhận chính thức bằng cách nhấn mạnh đóng góp của nó vào sự tiến bộ thông qua việc đặt trọng tâm vào các kỹ thuật có chất lượng, sự hữu dụng của các kỹ năng thực hành kỹ thuật trong doanh nghiệp, và sự ứng dụng của công nghệ [10]. Các kỹ sư được đào tạo qua trường lớp đã đóng góp hơn 50 năm vào công cuộc xây dựng cơ sở hạ tầng và các trường học, và các tổ chức trong xã hội [11]. Một số kỹ sư đã được đào tạo theo hướng lý thuyết này đã đóng góp vào sự phát triển của nền công nghiệp mới theo sau những phát minh trong lĩnh vực hóa học và điện tử. Tuy nhiên, vào Thế kỷ 19, số lượng những kỹ sư có kỹ năng thực hành vẫn chi phối sự phát triển công nghiệp ở cả ngành công nghiệp cơ khí và khai khoáng. Thậm chí ở Đức nơi mà việc đào tạo theo hướng lý thuyết ở các trường đại học kỹ thuật đã được đề xướng và hỗ trợ bởi việc thiết lập các cơ sở nghiên cứu và phát triển trong các tập đoàn doanh nghiệp lớn hơn, sự đóng góp của kỹ sư về phát minh công nghiệp đã xuất phát từ kinh nghiệm thực hành và những thí nghiệm mang tính hệ thống của họ, và chỉ một phần nhỏ là từ kiến thức dựa trên khoa học và lý thuyết [12].

## Giáo dục kỹ thuật ở Anh

Ở Anh, một mô hình đại học tương đối khác đã được phát triển. Ngành kỹ thuật được xem là xuất phát từ việc thực hành thủ công có kỹ năng, và vì vậy đã được tách rời khỏi các trường đại học và khoa học. Mặc dù ý tưởng của giáo dục bách khoa đã thâm nhập vào Anh dưới hình thức của các trường bách khoa, sự triển khai của nó giống như cơ cấu tầng lớp trong xã hội, mà trong xã hội này sự lãnh đạo trong chính phủ và doanh nghiệp được điều khiển bởi những người tốt nghiệp từ trường đại học, và kỹ thuật được xem là một ngành nghề quan trọng hạng hai – quan trọng, nhưng là dựa trên những kỹ năng thực hành. Sự phân biệt này đã tách rời giáo dục kỹ thuật khỏi các trường đại học trong một thời gian dài.

Bên cạnh đặc tính cụ thể của giáo dục kỹ thuật và hình ảnh của thực hành ở Anh, hệ thống kiểm định ở Anh có một sự khác biệt quan trọng với các hệ thống được thiết lập ở Đức và Pháp, mà những hệ thống này chiếm ưu thế ở lục địa Châu Âu. Ở Châu Âu, các hội đồng chính phủ lập ra tiêu chuẩn của kỹ sư thông qua các chương trình giáo dục của họ. Hệ thống kiểm định ở Anh nhấn mạnh vào các kỹ năng thực hành và trải nghiệm kỹ thuật, và nó cũng ủng hộ ý kiến rằng năng lực kỹ thuật có một bản chất khác so với các tiêu chuẩn đào tạo từ các trường đại học. Hệ thống kiểm định ở Anh ở một mức độ nào đó đã được sao chép ở Mỹ.

## Giáo dục kỹ thuật ở Mỹ

Ở Mỹ, cơ khí và kỹ thuật xây dựng là một trong những ngành đầu tiên của trọng tâm kỹ thuật. Nó xuất phát từ văn hóa của sự đa dạng và chuyên sâu của các xưởng máy và máy móc nông nghiệp ra đời để hỗ trợ quá trình công nghiệp hóa. Học viện Bách khoa Rensselaer là trường đầu tiên được thành lập vào năm 1824, và có được tên gọi hiện đại này vào năm 1861. Mặc dù tên của nó giống *bách khoa*, trường Rensselaer đóng vai trò tiêu biểu của phương pháp tiếp cận Mỹ đối với giáo dục kỹ thuật, nó nhấn mạnh trải nghiệm thực tiễn doanh nghiệp và nông nghiệp cho sinh viên, với sự tập trung ít hơn vào toán học và khoa học. Các trường khác hình thành trong những thập niên về sau đã sao chép mô hình học việc nâng cao này. Ở giữa Thế kỷ 19, sự thành lập của các trường *Nông nghiệp và Cơ học* và *những trường được chính phủ cấp đất*, bao gồm Học viện Công nghệ Massachusetts (Massachusetts Institute of Technology – MIT) vào năm 1861, đã củng cố phương pháp tiếp cận thực tiễn này với mối quan hệ chặt chẽ đối với doanh nghiệp, tập trung mạnh vào kiến thức thực hành, làm việc trong các xưởng máy, và rất ít nghiên cứu độc lập bởi các giáo sư.

Trong cuối Thế kỷ 19, các nhà giáo dục kỹ thuật Mỹ, ví dụ, Robert Thurston, nhận thấy được điểm mạnh của các hệ thống Châu Âu, và bắt đầu kêu gọi tăng sự hiện diện của toán học và khoa học trong chương trình đào tạo. Quan điểm này trùng hợp với sự mong muốn ngày càng nhiều để ngành giáo dục kỹ thuật được coi trọng tương đương với những ngành như y học và luật. Kế hoạch của Thurston cũng bao gồm sự nhấn mạnh vào nghiên cứu. Nhiều hoạt động đã được thực hiện dưới sự yểm trợ về nghiên cứu, thường thông qua các *trạm nghiên cứu kỹ thuật (engineering experiment stations)* theo mô hình trong nông nghiệp.

Mặc dù có nhiều khởi động trong các phương pháp tiếp cận mới xuất hiện vào những năm 1920 và 1930, giáo dục kỹ thuật Mỹ vẫn chủ yếu duy trì định hướng thực hành và công nghiệp cho đến Chiến tranh Thế giới thứ II. Ngược lại, các trường ở Châu Âu, với những nhà lãnh đạo như Felix Klein ở Göttingen, đã vượt xa trong việc áp dụng các phương pháp khoa học và lý thuyết vào các vấn đề kỹ thuật. Trong khoảng thời gian này, các nhà lãnh đạo trí thức ở Mỹ, ví dụ, Theodore von Kármán (một học sinh của

Klein) được đào tạo ở Châu Âu [6], chuyên giao ý tưởng của loại hình giáo dục dựa trên khoa học nhiều hơn cho các trường ở Mỹ.

Cách tiếp cận thực hành của các trường kỹ thuật ở Mỹ, các trường bách khoa, và *fachhochschulen* ở Châu Âu đã đóng vai trò quan trọng đối với sự phát triển và triển khai của công nghệ trong doanh nghiệp và xã hội. Các trường này đã gây ảnh hưởng đến sự hình thành đặc thù của ngành nghề kỹ thuật. Mặc dù sự thật này được công nhận trong các cuộc thảo luận đương thời, nó bị che phủ bởi sự chú trọng vào hướng đào tạo dựa trên lý thuyết và khoa học, trong đó hướng đào tạo này là mô hình lý tưởng cho việc giảng dạy kỹ thuật ngày nay. Kết quả của mâu thuẫn phát sinh từ sự hình thành của đặc thù kỹ thuật nhằm cố gắng tách biệt người kỹ sư ra khỏi những kỹ thuật viên lành nghề được đào tạo dựa trên học việc, đã đem lại sự chú trọng về truyền thống học thuật dựa trên tầm nhìn của những trường đại học bách khoa.

## SỰ PHÁT TRIỂN KỸ THUẬT VÀ CÔNG NGHIỆP

Nhiều đại học và trường kỹ thuật xuất phát từ ngành kỹ thuật xây dựng và cơ khí phát triển vào đầu Thế kỷ 19. Các sinh viên tốt nghiệp được tuyển dụng vào làm việc trong các tổ chức chính phủ, hay tham gia vào việc sáng lập các doanh nghiệp quốc doanh và tư nhân để xây dựng cơ sở hạ tầng: hệ thống giao thông, đường xá, cầu, cảng, kênh rạch, tàu thuyền, hệ thống thoát nước, hệ thống cấp nước, và cuối cùng là các hệ thống sản xuất và phân phối chất khí. Trách nhiệm và đóng góp của người kỹ sư vào quá trình phát triển được dựa vào vai trò của họ là những người xây dựng các trụ cột vật chất của xã hội hiện đại. Về sau, quan điểm về những vai trò của họ được mở rộng bao gồm kỹ sư là những người sáng chế và người xây dựng hệ thống do những đóng góp của họ vào những tổ chức mới, kiến thức mới, và nền tảng công nghệ [2]. Để hợp pháp hóa những dự án đầu tư lớn vào cơ sở hạ tầng, những người ra quyết định đòi hỏi các dữ liệu có cơ sở, và nhu cầu này phù hợp với sự tập trung vào những kiến thức chính thức và dựa trên khoa học. Nhu cầu hợp pháp hóa sự phát triển còn hỗ trợ việc hình thành các tổ chức kỹ thuật có thứ bậc và có cơ cấu hành chính. Vì vậy, ý tưởng về chế độ kỹ trị (technocracy) có thể hỗ trợ và ngay cả đóng góp vào chính sách của chính phủ, nhất quán với những chiều hướng và cấu trúc cơ bản của kiến thức được hình thành liên quan đến những dự án xây dựng và cơ sở hạ tầng có quy mô lớn này. Ví dụ, mối liên hệ ở Pháp giữa ý tưởng về *bách khoa* và vai trò của bộ máy hành chính của chính phủ được minh họa trong các ý tưởng của Hans Christian Oerstedt, nhà sáng lập người Đan Mạch của *Polyteknisk Lærestalt* (ngày nay là Đại học Kỹ thuật của Đan Mạch) vào năm 1829. Oerstedt thấy được mối quan hệ mật thiết giữa giáo dục bách khoa và giáo dục trong khoa học chính trị ở trong *staatswissenschaft* [13] của Đức và Đan Mạch.



Vai trò của các tổ chức quân sự, và nguồn cảm hứng từ việc các dự án cơ sở hạ tầng quy mô lớn tuyển dụng những người kỹ sư quân sự cũng có những tác động lớn đến các hệ thống phân xưởng hình thành trong những doanh nghiệp lớn [14]-[15]. Các hệ thống doanh nghiệp này được truyền cảm hứng bởi mô hình quân sự tổ chức theo thứ bậc; và nhu cầu cho sự thống nhất và các tiêu chuẩn. Nhu cầu về các tiêu chuẩn cũng đem lại ý tưởng nâng cao năng suất và duy trì việc kiểm soát đối với quy trình sản xuất và lực lượng lao động qua việc sử dụng các nguyên tắc quản lý khoa học, mà không lâu sau trở thành yếu tố chính yếu của quản lý kỹ thuật.

Các mâu thuẫn giữa đào tạo bác sĩ khoa dựa trên vật lý và toán học với các kỹ năng thực hành về vẽ kỹ thuật và thí nghiệm ở phòng thí nghiệm đã rất rõ rệt ngay từ đầu. Những sự tranh cãi còn tăng thêm từ công việc của những sinh viên mới tốt nghiệp bách khoa, được đào tạo về khoa học tự nhiên, nhưng chủ yếu lại tham gia vào việc xây dựng các cơ sở hạ tầng kỹ thuật mới, như hệ thống nước, nước thải, ống dẫn khí, và sau đó là các hệ thống truyền tải điện. Các sinh viên tốt nghiệp bách khoa cũng tham gia vào việc thiết lập các cơ sở hạ tầng cho giao thông, như kênh rạch và đường ray; và các cơ sở hạ tầng mới cho thông tin liên lạc, như điện tín, điện thoại và hệ thống vô tuyến nối liền các thành phố, khu vực và các quốc gia.

Ngược lại, nhiều sự phát triển của các xưởng máy và những thành tựu công nghiệp ban đầu, phần lớn là kết quả từ thành quả của những kỹ thuật viên lành nghề và thợ thủ công. Họ tạo kiến thức dựa trên kinh nghiệm làm việc chế tạo máy móc và các quá trình hóa học trong công nghiệp; và chuyển giao kiến thức khi đến các xưởng máy khác. Những cách thức phổ biến để chuyển giao kiến thức và công nghệ mới [16] bao gồm du lịch, làm việc ở nước ngoài, và trở về với kiến thức chế tạo và phát minh công nghệ, các bản vẽ kỹ thuật chi tiết và mô tả máy móc mới. Sự phổ biến công nghệ mới được hỗ trợ bởi các tạp chí chuyên môn (journals), thường là ở phạm vi quốc gia, chẳng hạn như *Polyteknisk Tidsskrift* của Đan Mạch, được biên tập bởi Ursin, người giáo sư cơ khí đầu tiên của *Polyteknisk Lærestalt*.

Trong thời kỳ đầu của sự phát triển công nghiệp, các trường kỹ thuật đã cung ứng nhiều nhà phát minh máy móc, công cụ, và hệ thống sản xuất mới. Các kỹ sư có tay nghề thực hành, được tuyển dụng từ các trường này, đóng vai trò quan trọng trong quá trình công nghiệp hóa cho đến cuối Thế kỷ 19 [11]. Các kỹ sư này tham gia vào các ngành công nghiệp mới vì họ có kinh nghiệm với các thí nghiệm tổ chức hợp lý; với các quy trình được minh chứng bằng tài liệu; và kinh nghiệm của họ với những thành tựu phát triển công nghệ [17]. Mặc dù các chuyên ngành kỹ thuật thể hiện những chiều hướng giống nhau giữa các quốc gia, những sự khác biệt của thực hành kỹ thuật tồn tại giữa các nền văn hóa quốc gia khác nhau, đặc biệt là trong cách thức những đóng góp lý thuyết từ khoa học kỹ thuật được sử dụng trong thực hành kỹ thuật [18]. Trong giai đoạn sau của Thế kỷ 19, khi nghiên cứu và phát minh về các chất hóa dầu tạo sự kích lệ cho các ngành

công nghiệp hóa chất và các hệ thống phân phối năng lượng, thì các nghiên cứu trong trường học và những người kỹ sư được đào tạo qua trường lớp càng có vị trí quan trọng. Qua việc này, sự phát triển của công nghệ hóa dầu và kỹ thuật điện đã dẫn đến những thay đổi về vai trò của các cơ sở đào tạo kỹ thuật bậc đại học (technical institutions of higher education), đặc biệt là ở khu vực Bắc Âu.

Cơ cấu tổ chức của nhiều sở đào tạo kỹ thuật đã xây dựng chương trình đào tạo dựa trên *bốn ngành lớn* trong kỹ thuật – xây dựng, cơ khí, hóa chất, và điện – đã xuất phát từ thời điểm này. Mặc dù các trường kỹ thuật vẫn có xu hướng huấn luyện sinh viên để giải quyết những vấn đề công nghiệp thực tiễn, và nghiên cứu trong trường học thường khó phân biệt với tư vấn công nghiệp, ngành kỹ thuật điện vẫn là ngoại lệ. Trong chuyên ngành kỹ thuật này, mối quan hệ giữa giảng dạy lý thuyết và công nghệ được phát triển trong công nghiệp thì gần hơn so với những lĩnh vực kỹ thuật khác. Tuy nhiên, nhiều trường đại học đã duy trì những kỹ năng kỹ thuật cơ bản bằng cách yêu cầu kỹ sư điện học về cơ khí, vẽ kỹ thuật, và trắc địa. Những yêu cầu này không thể giải thích được trong mối liên quan với kiến thức và những kỹ năng cần thiết trong lĩnh vực mới của kỹ thuật điện, nhưng được thiết lập như là một phần của chương trình đào tạo cho giáo dục kỹ thuật trong thời gian đầu, mà trong thời gian này các thực hành kỹ thuật cơ khí và xây dựng là chuẩn.

Trong tiến trình lịch sử, nhiều chuyên ngành kỹ thuật phát triển từ giai đoạn có thể gọi là *giai đoạn bách khoa toàn thư (encyclopedia stage)*, trong đó sự mô tả các ví dụ điển hình công nghệ là chủ yếu, sang *giai đoạn khoa học* [19]-[20] trừu tượng hơn và dựa trên lý thuyết. Giai đoạn sau bổ sung thể mạnh của việc áp dụng những mô tả mô hình, bao gồm biểu thị toán học và khái quát hóa chủ đề. Tuy nhiên, trong quá trình chuyển đổi, các trải nghiệm cụ thể và những kiến thức dựa trên thực hành được lồng vào những giải pháp công nghệ cụ thể, thường bị thất lạc. Kết quả là, sự chuyển tiếp tượng trưng cho sự dịch chuyển từ những thu thập rải rác các điển hình mang tính đại diện đến những biểu thị hoàn chỉnh hơn về công nghệ đang được quan tâm, được ghi lại bằng những lý thuyết và mô hình đã được thiết lập. Đồng thời, sự chuyển tiếp tượng trưng cho sự dịch chuyển vượt khỏi những trải nghiệm và thực hành kỹ thuật là cần thiết để làm cho công nghệ có thể ứng dụng được [21].

## KHOA HỌC NHƯ LÀ NỀN TẢNG CỦA KỸ THUẬT

Để có thể hiểu được tình hình hiện nay, chúng ta phải xem xét một trong những thay đổi mang tính lịch sử quan trọng nhất trong giáo dục kỹ thuật – việc xây dựng một cơ sở khoa học cho kỹ thuật. Sự phát triển này là kết quả từ việc gia tăng trong tài trợ của chính phủ và quân đội cho nghiên cứu kỹ thuật trong suốt Chiến tranh Thế giới thứ II. Chương trình thiết lập một cơ

sở khoa học cho kỹ thuật đã tạo ra một tầng lớp ưu tú mới các đại học thiên về lý thuyết và các trường kỹ thuật bậc đại học ở cả Mỹ và Châu Âu. Ban đầu, có một khoảng cách trong chương trình kỹ thuật giữa các môn khoa học đặt nặng về kiến thức toán học, và những môn kỹ thuật mang tính mô tả nhiều hơn nhưng lại ít hơn về hệ thống hóa kỹ thuật. Những cuộc tranh luận lúc đầu dẫn đến sự bố trí những môn khoa học kỹ thuật trở thành môn phụ, hoặc môn ứng dụng, của những môn khoa học tự nhiên. Các trường đại học kỹ thuật, ít nhất là ở Châu Âu, bị hạn chế trong việc trao bằng tiến sĩ khoa học và trong việc đi sâu vào nghiên cứu khoa học nếu không có sự ủng hộ của các giáo sư giỏi về lĩnh vực khoa học tự nhiên trong trường. Tuy nhiên, kỷ nguyên mới của việc mở rộng khoa học kỹ thuật đã làm giảm bớt những cuộc tranh luận này bởi vì trọng tâm của kỷ nguyên này là những phát minh và việc nhận thức được sự tương tác mật thiết giữa các lĩnh vực cụ thể của khoa học và kỹ thuật.

### **Các phát triển ở Mỹ**

Bước ngoặt trong nền kỹ thuật của Mỹ là Chiến tranh Thế giới thứ II. Một trong những học viện dẫn đầu trong sự thay đổi này là MIT. Trước chiến tranh, MIT đã đi theo đường lối khoa học trong thời nhà vật lý học Karl Compton làm Giám đốc của Viện. Vannevar Bush, một giáo sư trẻ của MIT, đã định hướng lại nghiên cứu của chính ông ta từ việc mô phỏng mạch điện cho các mạng lưới cung cấp điện thành nghiên cứu tổng quát về máy tính (calculating machines) – một định hướng thiên về khoa học hơn – đã thành công trong việc thu hút được quỹ tài trợ phi chính phủ [22]. Năm 1940, Bush đã sáng lập Hội đồng Nghiên cứu Quốc phòng (National Defense Research Council), là một cơ quan nghiên cứu chính của liên bang dành cho thời kỳ chiến tranh, được đặt ở Washington, DC. Mặc dù các kỹ sư đã có những đóng góp đáng kể trong thời kỳ chiến tranh, nhưng thành công của Dự án Manhattan (Manhattan Project) đã đặt những nhà vật lý vào vị trí được mọi người chú ý đến, và những nhà lãnh đạo kỹ thuật sáng suốt nhận ra rằng con đường dẫn đến tiếng tăm trên là đặt những người kỹ sư ngang tầm cạnh tranh với những nhà khoa học.

### **Các phát triển ở Châu Âu**

Ở Châu Âu, định hướng thiên về một cơ sở khoa học cho kỹ thuật đã có trong truyền thống lâu đời ở các học viện ưu tú, đặc biệt ở Pháp và Đức. Xu hướng sau chiến tranh thiên về thiết lập các hội đồng khoa học một cách chính thức và những chương trình nghiên cứu lớn được sự tài trợ của chính phủ, đã tập trung vào việc sử dụng những công nghệ được phát triển trong Chiến tranh Thế giới Thứ II, đã khuyến khích một sự gia tăng đột biến trong nghiên cứu ở các trường đại học, và sự thay đổi trong phương pháp giảng dạy kỹ thuật. Trong suốt nửa đầu Thế kỷ 19, một số môn khoa học tự

nhiên, ví dụ ở Đức và Đan Mạch, đã trở thành những môn được dạy chung ở các trường đại học cũng như các trường bách khoa, hoặc chỉ dạy ở các trường bách khoa, để các sinh viên chuyên ngành khoa học tự nhiên phải học ở các trường bách khoa. Khi những môn khoa học tự nhiên được xác lập vững chắc ở các trường đại học truyền thống, chúng càng được xem là nền tảng của khoa học ứng dụng.

Trong nửa đầu Thế kỷ 20, các trường bách khoa đã phải đấu tranh để được chấp nhận. Họ được công nhận về những nền tảng của họ trong khoa học, nhưng họ bị nghi vấn là họ có thể thực hiện nghiên cứu khoa học một cách độc lập hay không; hay họ bị giới hạn là chỉ làm được những thí nghiệm thực hành với các tiến bộ về kỹ thuật và triển khai thực hành. Những tranh luận này đã được chứng tỏ trong sự thừa nhận các chương trình tiến sĩ ở các trường đại học kỹ thuật. Ở Thụy Điển và Đức, cũng như nhiều quốc gia khác, những quyết định về chất lượng của thành tựu khoa học là gì và ai là người đủ tiêu chuẩn để đưa ra đánh giá đã được bàn cãi khá nhiều. Cuộc tranh luận đã kết thúc với sự chấp nhận khoa học kỹ thuật là một lĩnh vực riêng biệt của nghiên cứu khoa học, mặc dù quan niệm về khoa học kỹ thuật chỉ là khoa học tự nhiên ứng dụng đã tiếp tục là chủ đề của các cuộc thảo luận về đặc điểm và vai trò của các ngành khoa học kỹ thuật. Vài trường kỹ thuật đã bắt đầu cấp bằng trong lĩnh vực khoa học kỹ thuật cho những sinh viên xuất sắc nhất của họ [24].

### Các phát triển sau chiến tranh

Phong trào hướng đến một cơ sở khoa học xảy ra cùng lúc với sự mở rộng to lớn sau chiến tranh của nghiên cứu dựa trên tài trợ của chính phủ ở Mỹ. Việc tài trợ các nghiên cứu cơ bản trong nhiều lĩnh vực khác nhau đã cổ vũ cho xu hướng xa rời nghiên cứu và giáo dục theo hướng thực hành. Những thành công trong các lĩnh vực khí động lực học cao tốc (high-speed aerodynamics), điện tử bán dẫn, và tính toán đã khẳng định rằng vật lý và toán học, được thực hiện trong các phòng thí nghiệm, có thể mở ra những chân trời kỹ thuật mới. Nghiên cứu trong quân sự trong những năm này cũng đã tập trung vào hiệu suất – tăng công suất, cường độ cao hơn, tốc độ nhanh hơn – đó là những mục tiêu tạo điều kiện cho các phương pháp tiếp cận khoa học.

Ví dụ, ngành kỹ thuật điện không còn tập trung vào điện năng và máy trục quay, mà thay vào đó tập trung vào điện tử, lý thuyết truyền thông và khoa học máy tính. Như sử gia Bruce Seely [6] đã viết:

*Những nghiên cứu lý thuyết được coi trọng hơn những đề án thí nghiệm thực hành; các bài viết đăng tải trên tạp chí chuyên môn và các quỹ nghiên cứu đã thay thế cho các bằng sáng chế và kinh nghiệm công nghiệp như thước đo của một giáo sư giỏi. Đến giữa*

*những năm 1960, sự chuyển tiếp sang hướng phân tích và khoa học hơn phần lớn đã được hoàn tất ở hầu hết các trường kỹ thuật ở Mỹ.*

Mặc dù vậy, cho tới ngày hôm nay, nhiều khoa kỹ thuật vẫn còn có những hoạt động cốt lõi được xác lập bởi các chuyên ngành kỹ thuật, như là cơ học, hệ thống năng lượng, điện tử, hóa học, công trình xây dựng, hoặc kỹ thuật vệ sinh và xây dựng. Trong những năm thành lập, nhiều trong số những chuyên ngành này có các vấn đề cụ thể để tìm hiểu và có những ngành công nghiệp liên quan đến những vấn đề này, nhưng khi nhu cầu về nghiên cứu dựa trên khoa học và giảng dạy trở nên phổ biến, các nguồn gốc xuất phát từ thực hành và công nghiệp của chuyên ngành mất đi tầm quan trọng của chúng. Cùng với sự thay đổi về nhu cầu, nhiều môn học trừu tượng hơn, và những môn học được xác lập bởi các lĩnh vực khoa học, đã được phát triển.

Những thập kỷ sau chiến tranh đã chứng kiến sự gia tăng của kỹ thuật hệ thống và tư duy hệ thống là những công cụ kỹ thuật có thể được ứng dụng rộng rãi [22]. Những môn khoa học hệ thống bao gồm lý thuyết điều khiển, lý thuyết hệ thống, kỹ thuật hệ thống, nghiên cứu vận hành, hệ thống động lực học, điều khiển học kỹ thuật và những môn khác đã hướng người kỹ sư tập trung vào việc xây dựng mô hình phân tích hệ thống tỷ lệ nhỏ (small-scale) và tỷ lệ lớn (large-scale), thông thường từ việc tận dụng những công cụ mới cung cấp bởi máy tính và mô phỏng số [25]. Các dạng kỹ thuật bao gồm từ công cụ quản lý thực hành, ví dụ như kỹ thuật hệ thống, cho đến các hình thức kỹ thuật, như lý thuyết điều khiển, cho đến những hình thức toán học, ví dụ như nghiên cứu vận hành. Một phong trào rộng lớn trong phạm vi kỹ thuật đã phát hiện ra rằng những công cụ này đã có thể mang đến cơ sở lý thuyết cho tất cả các ngành kỹ thuật nào vượt lên trên những nguyên lý cơ bản cung cấp bởi các ngành khoa học tự nhiên. Trong khi có thể tổ chức ngành kỹ thuật hệ thống vào những năm 1950, một cách phân cấp và phân tích trong phạm vi hẹp, thì những ý tưởng mới về hệ thống trong những năm 1980 và 1990 lại tập trung vào mối quan hệ giữa công nghệ và bối cảnh xã hội và doanh nghiệp của nó. Mối quan hệ mới này và sự hiểu biết về các môn khoa học tự nhiên và khoa học kỹ thuật được phản ánh trong ý niệm, rằng kỹ thuật cũng giống như khoa học-công nghệ đã phát triển trong những nghiên cứu xã hội về khoa học và công nghệ, để phản ánh mối quan hệ mật thiết mới giữa những lĩnh vực khoa học này [26].

## SỰ GIÁM SÚT VỀ KỸ NĂNG THỰC HÀNH VÀ KINH NGHIỆM

Việc hình thành trường đại học nghiên cứu trở thành một mô hình lý tưởng và ưu tú cho các trường đại học kỹ thuật cũng tác động đến việc sắp xếp

các vị trí giảng dạy cho giáo dục kỹ thuật. Sự gia tăng quỹ tài trợ cho việc nghiên cứu ở các vị trí này có nghĩa là truyền thống tuyển dụng những người đang hành nghề để giảng dạy về kỹ thuật được bổ sung hay thay thế ngày càng nhiều bởi các giảng viên được tuyển dụng dựa trên những thành tựu của họ trong khoa học kỹ thuật và công tác thí nghiệm, thay vì là những thành tựu của họ trong thực hành công nghiệp. Những sự lên tiếng cả bên trong và bên ngoài các trường đại học chống lại sự thay đổi này, đưa đến việc chuyển đổi ở hầu hết các giảng viên và những người làm công tác nghiên cứu ở các trường đại học kỹ thuật. Tuy nhiên, trong nội bộ các trường đại học, những sự phản đối và tranh cãi hầu hết đều xuất phát từ những người hành nghề tham gia vào việc giảng dạy và làm công tác thí nghiệm được cho là công việc nhàm chán và tầm thường so với việc nghiên cứu ở tuyến đầu.

### Sự chuyển đổi của những trường kỹ thuật

Trong cơ cấu ở Châu Âu, việc yêu cầu phải có bằng cấp tiến sĩ đã thu hẹp sự tuyển dụng các giảng viên kỹ thuật và gây khó khăn cho các kỹ sư hành nghề trong công nghiệp để thỏa mãn yêu cầu đầu vào cho vị trí giảng viên đại học. Với số lượng ngày càng tăng những người mới có bằng tiến sĩ vào làm việc ở các vị trí nghiên cứu tài trợ bởi các chương trình của chính phủ, chỉ có một số ít vào làm việc ở các phòng thí nghiệm công nghiệp và thực hành kỹ thuật. Mặc dù yêu cầu về bằng cấp tiến sĩ có thể được thay thế bởi những hoạt động phát minh cá nhân trong công nghiệp, nhưng thật là khó để tuyển dụng những kỹ sư lành nghề vào các trường đại học. Ngày nay, các vị trí trong giáo dục đòi hỏi các ứng viên phải ghi nhận lại tất cả các hoạt động nghiên cứu và chứng tỏ nghiên cứu của họ được đăng tải để có thể được xem xét bổ nhiệm. Với điều kiện tuyển dụng này, cùng với khoảng cách về mức lương của doanh nghiệp so với của các trường đại học, đã làm giảm số lượng kỹ sư đủ tiêu chuẩn về kỹ năng thực hành kỹ thuật trong các trường đại học.

Những sự thay đổi trong nền tảng của giáo dục kỹ thuật, cùng với sự mở rộng các chuyên ngành kỹ thuật dựa trên khoa học, cũng dẫn đến những sự thay đổi trong chương trình đào tạo của các trường dạy nghề kỹ thuật truyền thống, cũng như tài trợ cho nghiên cứu. Mặc dù có những tên khác nhau, *polytechnics* ở Anh, *fachhochschulen* ở Đức và *teknika* ở Đan Mạch, nhưng tất cả đều có chung những đặc điểm trong cách tuyển dụng sinh viên từ những nhóm kỹ thuật viên có tay nghề và bổ sung kiến thức lý thuyết cho họ, mà vẫn duy trì trọng tâm thực hành công nghiệp. Kết quả là các trường học đã thừa hưởng những kiến thức thực hành dựa trên kinh nghiệm và những kỹ năng của sinh viên, mà những người này đã từng học việc ở các công ty xây dựng, xưởng máy, và các doanh nghiệp. Trong những năm 1960, chương trình giảng dạy của những trường kỹ thuật này đã được mở rộng và nhiều lĩnh vực chuyên sâu trong giáo dục kỹ thuật của họ đã được

mở rộng về quy mô và thời gian. Điển hình là những sự thay đổi bao gồm những cải tiến trong toán học và khoa học tự nhiên bằng cách sao chép cơ sở khoa học từ những trường đại học kỹ thuật, trong khi vẫn cố gắng duy trì định hướng thực hành. Điều này đã dẫn đến việc thành lập các ủy ban chính phủ về việc định hình giáo dục kỹ thuật thực hành [27]. Nó cũng đã đặt ra những câu hỏi về sự cân bằng giữa lý thuyết và thực hành, và các trường này có nên tiếp tục cung cấp kỹ sư có kỹ năng thực hành cho doanh nghiệp hay không.

Cùng thời điểm đó, sự suy giảm trong việc đào tạo nghề cho thợ thủ công và công nhân lành nghề bắt đầu làm suy yếu việc tuyển sinh của những trường bách khoa [28]. Trong khi các doanh nghiệp nhỏ, truyền thống, và dựa trên thủ công cung ứng tốt lượng sinh viên cho loại hình giáo dục kỹ thuật này, thì sự tăng trưởng về quy mô của các doanh nghiệp dẫn đến sự thay đổi trong cách thức mà lực lượng lao động được huấn luyện. Điều này dẫn đến kỹ năng làm việc trong xưởng máy của lực lượng lao động càng chuyên sâu hơn nữa. Rất ít ứng viên có được những kỹ năng và đào tạo nghề rộng cần thiết để đáp ứng yêu cầu tuyển sinh của các trường kỹ thuật. Các trường này buộc phải thiết lập những hệ thống tuyển sinh khác để tiếp tục tồn tại. Quá trình này đảo ngược hoàn toàn thành phần tuyển sinh trong những năm 1990. Kết quả là, ngày nay rất khó để phân biệt hai tuyển khác nhau của giáo dục kỹ thuật, bởi vì cả sinh viên từ hai tuyển đều hội tụ vào chương trình đào tạo, và bản chất trọng tâm giáo dục của họ.

## Sự đáp lại từ phía công nghiệp

Sự đáp lại từ phía công nghiệp đối với những mâu thuẫn trong giáo dục kỹ thuật cho thấy sự mập mờ về mối quan tâm của doanh nghiệp trong việc duy trì những người kỹ sư có kỹ năng thực hành. Doanh nghiệp không sẵn sàng gánh những chi phí của hệ thống giáo dục để duy trì những kỹ năng cơ bản cần thiết trong lực lượng lao động. Tổng quát hơn, vấn đề còn cho thấy những sự mập mờ trong việc hiểu được những khía cạnh thực hành và kinh nghiệm nào là quan trọng đối với công tác kỹ thuật. Các cuộc nghiên cứu về kỹ thuật đã cho thấy tầm quan trọng của sự kết hợp công việc mang tính lý thuyết chính thống, dựa trên kiến thức quy chuẩn, với những phương pháp vẽ, thí nghiệm, mô hình, và những lập luận tương tự [16]. Những kỹ năng này không chỉ dựa đơn thuần vào những kinh nghiệm thực hành của những kỹ thuật viên làm việc trong xưởng máy, mà còn dựa vào những kinh nghiệm của những người kỹ sư thực hành. Những quan điểm thực hành khác, chẳng hạn như có được kinh nghiệm về những công việc hàng ngày trong tổ chức công nghiệp có thể đạt được từ những cách thức khác hơn là làm việc như một kỹ sư. Khả năng tuyển sinh của các trường kỹ thuật với những sinh viên có kỹ năng thực hành có thể đã suy giảm, nhưng

vấn đề duy trì những khía cạnh thực hành của năng lực kỹ thuật vẫn tiếp tục tồn tại [29].

## Sự trở về của thực hành

Vào những năm 1970, nhiều sự kiện về kỹ thuật và chính trị đã bắt đầu thay đổi phương hướng kỹ thuật trong bối cảnh xã hội của nó, và bắt đầu đưa quá lác một lần nữa về hướng thực hành. Những cú sốc về dầu hỏa, thời kỳ đầu của phong trào môi trường hiện đại, và sự hủy bỏ dự án vận chuyển siêu thanh (supersonic transport) ở Mỹ là những biểu thị rằng công nghệ đã không còn tiến triển dọc theo những ranh giới công nghệ cứng nhắc. Vào những năm 1980, Mỹ lâm vào tình trạng khủng hoảng về cạnh tranh, một số người cho rằng sự khủng hoảng này là do các tổ chức nghiên cứu kỹ thuật tập trung quá mức vào năng suất và nghiên cứu quân sự, so với những nghiên cứu khác mang tính công nghiệp hơn. Công trình nghiên cứu “Sản xuất tại Mỹ” (Made in America) ở MIT [30] đã báo cáo rằng việc thiết kế và chế tạo đã không nhận được những nguồn lực giáo dục hay uy tín tri thức của khoa học kỹ thuật, và do đó Mỹ đã bị qua mặt bởi những đối thủ như Đức và Nhật trong việc sản xuất hàng hóa tiêu dùng. Đồng thời, sự kết thúc của cuộc chiến tranh lạnh có nghĩa là những nguồn tài trợ lớn cho nghiên cứu quân sự có thể sẽ không còn nữa. Vào những năm 1990, các tổ chức giáo dục quay sang tìm sự hỗ trợ của các doanh nghiệp ngày càng tăng. Cùng với những nguồn tài chính mới, còn có sự xuất hiện của những nghiên cứu theo hướng thiết kế sản phẩm, phát triển sản phẩm, và những nghiên cứu phát minh sáng chế, với việc nhân mạnh hơn vào những vấn đề từ thực hành kỹ thuật.

Trong nội bộ các trường đại học kỹ thuật, có những sự phản đối lại hậu quả của sự tập trung quá hạn hẹp vào việc giảng dạy khoa học mà nó thiếu sự quan tâm về những khía cạnh thực tiễn của công việc và năng lực kỹ thuật [31]. Những chương trình giáo dục tập trung vào công việc đề án và học tập dựa trên vấn đề, được đưa vào một số chương trình giáo dục thí điểm vào những năm 1970, đã lan rộng trong những năm 1990. Những chương trình này cố gắng giải quyết những vấn đề từ quan điểm sư phạm. Ở cả Đan Mạch và Đức, một vài trường đại học cải cách triệt để đã lấy việc học tập theo hướng đề án làm thương hiệu cho giáo dục của họ, phát biểu rằng những đề án có thể phục vụ cho các khía cạnh liên ngành của các phương pháp kỹ thuật và giải quyết vấn đề, và phục vụ cho sự tích hợp của các yếu tố thực hành và lý thuyết cần thiết trong kỹ thuật [32].

Mặc dù việc huấn luyện tại phân xưởng và những khía cạnh thực hành của tổ chức công việc là trọng tâm của những giai đoạn đầu của kỹ thuật, những quan điểm mới đối với thực hành kỹ thuật tập trung và mức độ phức tạp của các nhiệm vụ kỹ thuật, bao gồm tổ chức đề án và giao tiếp, vai trò của những người tư vấn chuyên môn, những kỹ năng cần thiết để thực hiện những nhiệm vụ thiết kế mang tính phát minh, và nhu cầu phải bao gồm cả



những yếu tố xã hội của kỹ thuật [33]. Những điểm nhấn mạnh mới này có thể không loại trừ nhu cầu đối với những kỹ năng thực hành trong việc lập bản vẽ, hình dung, mô hình hóa, và tạo ra những vật thể, nhưng sự lặp đi lặp lại của việc làm thủ công truyền thống không thỏa mãn nhu cầu đào tạo thực hành trong kỹ thuật. Những nhấn mạnh mới tạo ra nhu cầu để tái xác định lại việc *thực hành kỹ thuật* và bỏ lại mô hình học nghề ở phía sau.

## SỰ TẮC NGHẼN CHUYÊN MÔN VÀ LU MỜ CÁC RANH GIỚI

Sự gia tăng của việc sử dụng công nghệ vào nửa cuối Thế kỷ 20, cùng với những khoản đầu tư lớn vào nghiên cứu kỹ thuật từ doanh nghiệp và từ các viện nghiên cứu và các trường đại học, đã mang lại sự tăng trưởng mạnh của khối kiến thức công nghệ, số lượng lĩnh vực công nghệ mới, và các chuyên ngành khoa học kỹ thuật chuyên sâu [34]. Những sự phân biệt trong những ngành kỹ thuật chuyên sâu đã tạo áp lực cho giáo dục kỹ thuật phải đổi mới với sự đa dạng và bắt kịp với kiến thức tiên tiến của nhiều lĩnh vực khác nhau. Ở nhiều trường, điều này mang lại một số ngành chuyên sâu mới. Một số ngành chuyên sâu này liên quan đến những ngành và doanh nghiệp, trong khoảng thời gian ngắn hay dài, đã đòi hỏi những người kỹ sư với những loại kiến thức cụ thể nào đó. Những sự thay đổi về các nhu cầu cho chuyên ngành sâu tạo nên sự mâu thuẫn giữa kiến thức kỹ thuật tổng quát và kiến thức chuyên sâu cần thiết trong những lĩnh vực công nghệ và thực hành kỹ thuật cá thể. Những ví dụ của những ngành chuyên sâu này bao gồm kỹ thuật đường cao tốc, đóng tàu, kỹ thuật vệ sinh, kỹ thuật khai khoáng, kỹ thuật phát và phân phối điện, kỹ thuật ngoài khơi, hàng không và không gian, kỹ thuật vi mạch, kỹ thuật môi trường, kỹ thuật sinh học, kỹ thuật đa truyền thông, và kỹ thuật tuabin gió.

### Những thay thế cho sự tắc nghẽn chuyên môn

Tất cả những ngành chuyên sâu này dẫn đến việc mở rộng về số lượng và sự đa dạng của những môn học tập trung vào nhiều ngành khoa học kỹ thuật. Ở một số trường đại học kỹ thuật, ví dụ MIT và Đại học Kỹ thuật của Đan Mạch (DTU), chương trình đào tạo được tổ chức thành môđun, cho sinh viên những lựa chọn để tự sắp xếp việc học của họ. Trong khi một số trường đại học đã mở rộng số lượng ngành chuyên sâu, các trường đại học khác đổi mới với sự tắc nghẽn về chuyên môn bằng cách cân đối những nội dung cốt lõi và chọn những môn học tùy chọn trong một phần nhỏ của chương trình đào tạo. Việc cải cách phương pháp sư phạm tổng quát dựa trên công việc theo hướng đề án cũng bên cạnh việc cung cấp cho sinh viên một sự hiểu biết rộng về công việc kỹ thuật và giải quyết vấn đề, với ít sự

nhấn mạnh vào kiến thức lý thuyết được trình bày trong những môn học và chuyên ngành. Một phản ứng khác đặt vấn đề về khái niệm của giáo dục kỹ thuật nói chung, bằng cách tăng thêm các môn khoa học trong chương trình đào tạo, bằng cách giảm số lượng những môn học thí nghiệm, và bằng cách giảm mối quan hệ với doanh nghiệp và các lĩnh vực công nghệ mà kỹ thuật đã khởi phát từ đó.

## Lu mờ ranh giới giữa công nghệ và tự nhiên

Vai trò nổi trội của công nghệ đòi hỏi các cách tiếp cận đa ngành, và thách thức những mô hình hợp lý dựa trên khoa học và cách tiếp cận giải quyết vấn đề. Những đòi hỏi này đã hình thành những lĩnh vực mới của giáo dục kỹ thuật. Ví dụ, trong những lĩnh vực nghiên cứu về môi trường, nhu cầu về những phương pháp mới trong công nghiệp dựa vào công nghệ sạch hơn và quản lý dây chuyền sản phẩm, thách thức các chuyên ngành đã được thiết lập trong kỹ thuật vệ sinh dựa vào công nghệ cuối-ống-thải (end-of-pipe) và phân tích hóa chất. Thay vì xem thiên nhiên là nơi thu nhận chất thải, các kỹ sư phải nhận biết rằng chính thiên nhiên đã bị ảnh hưởng nghiêm trọng, và rằng kiến thức về môi trường phải bao gồm việc thiết kế các quy trình sản xuất và các chất hóa học như là một phần của việc tái thiết kế lại thiên nhiên một cách liên tục. Những ranh giới không rõ ràng giữa công nghệ và thiên nhiên đã đưa các vấn đề nghiêm trọng về đạo đức và chính trị vào cốt lõi của kỹ thuật.

Một ví dụ khác có thể tìm thấy trong lĩnh vực kỹ thuật xây dựng nhà ở và công trình. Nhu cầu để tích hợp cả yếu tố xã hội và thẩm mỹ, cũng như sự tương tác với người sử dụng trong cả đề án và các giai đoạn thi công, đã đưa đến một vài nỗ lực để vượt qua ranh giới truyền thống giữa kỹ thuật xây dựng và kiến trúc. Một số khoa giáo dục kỹ thuật cố gắng giải quyết vấn đề này bằng cách tuyển dụng nhân viên từ các ngành nghề khác nhau – các kỹ sư, kiến trúc sư, các nhà xã hội học – với hy vọng rằng các giải pháp sẽ được tìm thấy từ sự kết hợp đa ngành như vậy. Trong vài trường hợp, sự tích hợp là rất khó; việc xây dựng nhà ở và quy hoạch thành phố trong kỹ thuật gặp thất bại bất chấp nỗ lực. Vấn đề nan giải này đặt các các khoa kỹ thuật xây dựng nhà ở vào các tình huống thiên về lý thuyết nhiều hơn là đóng góp cho thiết kế và chức năng của việc xây dựng công trình. Ngược lại, tính chức năng, tính dễ sử dụng, tính linh hoạt, cũng như việc cho người sử dụng tham gia vào việc hoạch định thiết kế xây dựng, đã được giao phó cho các kiến trúc sư, nhưng các người này lại quan tâm đến tính thẩm mỹ nhiều hơn. Ví dụ này minh họa sự chiếm ưu thế của văn hóa chuyên ngành trong các trường kỹ thuật, và các cách thức mà các văn hóa đó định nghĩa và thiết lập những khuynh hướng mới của kiến thức và nghiên cứu khoa học.

## Sự ảnh hưởng của công nghệ mới

Những thay đổi về vai trò của công nghệ trong xã hội nơi mà việc sử dụng của người tiêu dùng, việc sản xuất mang tính phức tạp, và cơ sở hạ tầng đang càng trở nên quan trọng hơn, đã dẫn đến việc tập trung nhiều hơn về sự tích hợp tính khả dụng và các đặc điểm thiết kế. Những công việc truyền thống về quy trình và sản xuất chưa bị loại bỏ nhưng các công việc mới về tư vấn, thiết kế, tiếp thị đã được tạo ra. Những công việc mới này đòi hỏi các năng lực cá nhân và chuyên nghiệp mới, và đòi hỏi các lĩnh vực mới đóng góp cho nền tảng kiến thức [35]-[36]. Trong những năm 1990, một số trường kỹ thuật đã bắt đầu những hướng giáo dục mới, nhấn mạnh vào các kỹ năng thiết kế kỹ thuật và đưa các khía cạnh của khoa học xã hội vào chương trình đào tạo thiết kế kỹ thuật. Những bổ sung này bao gồm nghiên cứu về công nghệ, dân tộc học của người sử dụng, và phân tích thị trường. Sự phát triển của các công nghệ mới và đa dạng cũng phản ánh các giới hạn của khoa học kỹ thuật trong khả năng bao phủ hết các khía cạnh của kỹ thuật [31]-[37]. Có thể được tìm thấy những ví dụ của các chương trình kỹ thuật được cải cách này tại Đại học Delft ở Hà Lan, và Học viện Bách khoa Rensselaer ở Mỹ, Đại học Kỹ thuật ở Đan Mạch, Đại học Khoa học và Công nghệ Na-uy, và Đại học Cranfield ở Anh.

Sự gia tăng và đa dạng của kiến thức cũng tạo ra cho các trường những áp lực liên tục để đổi mới và khó khăn trong việc xác định nên duy trì và phát triển các lĩnh vực kỹ thuật nào. Một vài lĩnh vực và phân nhánh công nghiệp đã đi qua giai đoạn tăng trưởng của nó, và các công nghệ liên quan không còn là trọng tâm của các tài trợ về nghiên cứu. Các nền công nghiệp này vẫn có thể tuyển dụng một số lượng lớn kỹ sư, nhưng nhu cầu về kỹ sư của chúng không là một động cơ hợp lý để tạo ra hay duy trì các chương trình trong các trường kỹ thuật. Đối với giáo dục kỹ thuật, điều này có nghĩa là khả năng mất đi những lĩnh vực quan trọng của kiến thức kỹ thuật.

Thập niên những năm 1990 không phải là lần đầu tiên mà mối quan tâm về vai trò của công nghệ được đặt ra, nhưng lần này các câu hỏi nêu lên những vấn đề mang tính chất cơ bản hơn, liên quan đến nội dung của giáo dục kỹ thuật và sự tác động đối với công nghệ minh họa bởi những cuộc tranh luận về hoạch định đường cao tốc, những loại hóa chất sử dụng trong nông nghiệp, nhà máy năng lượng hạt nhân và những tác động của xã hội đối với tự động hóa. Mối quan tâm đã nghi vấn vai trò của kiến thức về công nghệ và một số nhà phê bình yêu cầu đưa yếu tố nhân văn vào chương trình đào tạo với những môn như đạo đức, lịch sử, triết học và những chuyên ngành từ khoa học xã hội [38]. Ý tưởng này được dựa trên giả thuyết rằng những sinh viên ngành kỹ thuật, thông qua việc trải nghiệm những vị trí và cơ hội thảo luận các vấn đề về xã hội và đạo đức, sẽ được trang bị tốt hơn trong việc đáp ứng những thách thức của công nghệ. Tuy nhiên, trong hầu hết các chương trình giáo dục kỹ thuật, những môn học mới này chỉ là những môn bổ sung thường không được tích hợp vào những

môn kỹ thuật và khoa học, càng làm tăng sự tắc nghẽn về chuyên môn trong kỹ thuật [39].

Những phát triển của công nghệ cũng có ý nghĩa là những ranh giới giữa chuyên ngành kỹ thuật đang lu mờ, thật vậy, bản chất tự nhiên và sự tồn tại của kỹ thuật đã trở thành nghi vấn trong những năm gần đây. Các lĩnh vực đã từng khá khác biệt trong kỹ thuật – xây dựng, cơ khí, hóa học, điện – nay đã trở thành sự kết hợp giữa hai hoặc nhiều lĩnh vực chuyên ngành. Ví dụ, ngày nay có những chương trình trong kỹ thuật xây dựng và môi trường, hàng không và không gian, kỹ thuật điện và khoa học máy tính, khoa học vật liệu và kỹ thuật. Những chương trình mới trong kỹ thuật sinh học và vật liệu sinh học cũng phản ánh sự dịch chuyển này [1]. Ngày nay, nhiều đại học kỹ thuật lớn cung cấp các chương trình thuộc các lĩnh vực kỹ thuật khác nhau.

Sự thay đổi công nghệ cũng làm thay đổi diện mạo của kỹ thuật theo nhiều cách khác nhau. Nghiên cứu và thiết kế kỹ thuật đang thay đổi không nhỏ do ảnh hưởng của máy tính và internet. Thuật toán, từng được dạy như những kỹ năng cơ bản, nay được lồng vào phần mềm thiết kế tự động. Những đề án lớn được điều hành và phối hợp thông qua những liên kết số (digital links) giữa những người có thể chưa bao giờ gặp mặt nhau. Những nghề nghiệp mà đã từng chủ yếu là của người đàn ông da trắng, thì bây giờ đã có sự đa dạng về chủng tộc, xuất xứ, và giới tính. Bên cạnh đó những công ty cũng có thể thực hiện những chức năng kỹ thuật trên khắp thế giới với sự giúp đỡ của hệ thống tự động và những công nghệ mới. Ý tưởng về những ranh giới được xác định rõ đối với giáo dục kỹ thuật đã bị thách thức bởi những lĩnh vực công nghệ mới và bởi những nền giáo dục đại học hiện có mà chúng đã xác định công nghệ là một phần của chương trình đào tạo.

Những lĩnh vực nhấn mạnh về công nghệ và có những mối liên hệ mật thiết với kỹ thuật bao gồm nhiều môn và phương pháp tiếp cận đa dạng, ví dụ, y dược, kiến trúc, khoa học máy tính, công nghệ thông tin, những nghiên cứu về môi trường, công nghệ sinh học, công nghệ nano, và quản lý công nghệ. Đối với những lĩnh vực chuyên môn này không nhất thiết phải xem chúng là một phần của kỹ thuật. Ở một số lĩnh vực, những quan điểm mới về khoa học-công nghệ có thể hình thành những mối quan hệ mới giữa khoa học và công nghệ. Những lĩnh vực mới của công nghệ sinh học và công nghệ nano cũng đã làm lu mờ ranh giới với khoa học tự nhiên, dẫn đến việc hình thành những lĩnh vực như kỹ thuật toán học và kỹ thuật nano trong khoa học tự nhiên. Vì vậy, một tình huống mới đang xảy ra, trong đó những người chuyên nghiệp mới, những nhà công nghiệp, và những nhà chính trị đặt câu hỏi phải chăng công nghệ vẫn là một lĩnh vực của riêng những người kỹ sư, và kỹ thuật sẽ tiếp tục là nguồn gốc và sản sinh chính yếu của phát minh. Tình huống này được gọi là *sự phân rã mở rộng* [1], phản ánh một mặt là sự mở rộng phối hợp của một số công nghệ, ngành chuyên sâu và chuyên ngành; và một mặt khác là sự phân rã liên tục của những gì mà trước đây là sự thống nhất và đặc thù của kỹ thuật. Những sự

biến đổi này sẽ thách thức một cách cơ bản vai trò của các trường kỹ thuật trong tương lai.

## NHỮNG THÁCH THỨC ĐƯƠNG ĐẠI

Vai trò của người kỹ sư trong công nghệ và phát minh thường được xem là mặc nhiên. Ngay cả trong những bản báo cáo định hướng tương lai về kỹ thuật, có xu hướng kỳ vọng ngành kỹ thuật có khả năng giải quyết những vấn đề về xã hội và môi trường, nhưng không đặt câu hỏi về nền tảng đương thời của chương trình đào tạo kỹ thuật [23]. Những sự hiểu biết xuất phát từ lý thuyết phát minh sáng chế cho thấy phạm vi của phát minh ngày càng lớn, và khi được kết hợp với những thay đổi mà công nghệ được sử dụng trong xã hội đã nêu lên được nhu cầu cải tiến giáo dục kỹ thuật. Mặt khác, các phát minh trong thập niên vừa qua đang dẫn đến những thay đổi làm cho kỹ thuật ít đóng vai trò trọng tâm hơn trong tương lai. Các nỗ lực về chính sách và quản lý để điều phối quy trình phát minh đã và đang mở rộng phạm vi và dịch chuyển sự tập trung từ những phát triển và đột phá về kỹ thuật sang một sự tập trung rộng hơn về nhu cầu thị trường, các vấn đề chiến lược, và việc sử dụng công nghệ.

### Một đặc thù mới cho kỹ thuật

Vào đầu Thế kỷ 20, ý tưởng cho rằng người kỹ sư phải có trách nhiệm xã hội và là những anh hùng xây dựng cho những cấu trúc vật chất của xã hội hiện đại đã bị thay thế bởi một hình ảnh ít anh hùng và bình thường hơn là những người *phục vụ* của doanh nghiệp. Hình ảnh này của kỹ thuật phản ánh một sự sút giảm về ảnh hưởng của người kỹ sư đối với phương hướng và nội dung của phát minh kỹ thuật, và làm cho người kỹ sư bị bỏ trí vào những vai trò có ít ảnh hưởng hơn và ở cấp bậc thấp hơn [13]-[36].

Quan điểm này thì không khác gì so với hình ảnh tự có của người kỹ sư trong xã hội đương thời. Sự mô tả năng lực của một người kỹ sư có thể bao gồm những điều sau: sở hữu một kiến thức khoa học cơ bản của kỹ thuật, các khả năng giải quyết vấn đề, và khả năng thích nghi kiến thức và thực hành của họ vào những loại hình vấn đề mới. Trọng tâm thường được đặt vào giải quyết vấn đề nhiều hơn là xác định và định nghĩa vấn đề [37]. Trọng tâm này nhấn mạnh vấn đề của đặc thù kỹ thuật trong việc phân biệt người kỹ sư là người sáng tạo và nhà thiết kế hay là người phân tích và nhà khoa học. Mặc dù đặc thù của một người kỹ sư như là người sáng tạo và nhà thiết kế được minh chứng trong các tài liệu lịch sử và trong các bản báo cáo chiến lược về vai trò của kỹ thuật trong tương lai [23], nhưng thực tế dường như đặt người kỹ sư vào vai trò gần hơn với người phân tích và các nhà khoa học trong các phòng thí nghiệm và các ngành công nghiệp kỹ thuật hiện đại.

Giả thiết cơ bản trong thảo luận về giải quyết vấn đề kỹ thuật, là người kỹ sư làm việc với những vấn đề kỹ thuật và phương pháp đã được xác định rõ từ một số ngành kỹ thuật hiện có. Giả định này không trả lời câu hỏi là người kỹ sư có khả năng để giải quyết các quy trình xã hội và kỹ thuật không được tiêu chuẩn hóa cho các vấn đề chưa được xác định rõ ràng và đòi hỏi các phương thức mới để kết hợp kiến thức hay không. Một cách đơn giản, mở rộng cơ sở khoa học theo hướng liên ngành, bao gồm khoa học xã hội và nhân văn, có lẽ không phải là một giải pháp thỏa đáng. Nếu chỉ đơn thuần bổ sung các chủ đề vào trong chương trình đào tạo sẽ không thay đổi những thực hành kỹ thuật hay mang lại sự tích hợp của kiến thức tốt hơn [1]. Một đặc thù mới sẽ dựa trên việc trả lời các câu hỏi sau đây:

- *Những năng lực nào là cần thiết để quản lý những kỹ năng sáng tạo, kỹ năng kỹ thuật-xã hội và kỹ năng thiết kế, mà các kỹ năng này cần phải được cải tiến trong giáo dục kỹ thuật?*
- *Ý nghĩa của việc xác định các vấn đề kỹ thuật và giải quyết vấn đề ngày nay là gì, và chúng có thể được phản ánh như thế nào trong giáo dục kỹ thuật?*

## Một nền giáo dục mới cho các kỹ sư

Những cải cách trong giáo dục kỹ thuật, được khởi xướng vào những năm 1970 ở một số trường kỹ thuật, đã nhấn mạnh sự cần thiết đối với giải quyết vấn đề và công việc đề án mà chúng mô phỏng thực hành kỹ thuật thật sự, nhưng những cải cách này đã không mang lại một câu trả lời hoàn chỉnh. Câu trả lời nằm ở sự hiểu biết mới về vai trò của khoa học trong sự phát minh và việc sử dụng công nghệ trong bối cảnh. Cách tiếp cận này nhấn mạnh nhu cầu hiện có để kết nối khoảng cách giữa những kiến thức chuyên ngành về khoa học công nghệ và khoa học xã hội, và những lĩnh vực thực tiễn của kỹ thuật, trong đó kiến thức đặc thù và những công việc thường nhật tích hợp các khía cạnh xã hội, thực tiễn, và kỹ thuật của công nghệ tại nơi làm việc [24]. Suy xét lại những kiến thức chuyên ngành như được thể hiện trong giáo dục kỹ thuật là cần thiết, cũng như xem lại nhu cầu tương ứng để cải cách nội dung và cơ cấu của kiến thức đó.

Một giải pháp có thể, là chấp nhận ý tưởng của một đặc thù kỹ thuật mang tính thống nhất đơn lẻ là có vấn đề. Giáo dục kỹ thuật sẽ không tránh khỏi việc trở nên đa dạng hơn trong tương lai. Việc tích hợp kỹ thuật vào trong cơ cấu đại học tổng thể [1] có thể là một giải pháp hấp dẫn, xóa bỏ sự tập trung cứng nhắc vào chương trình đào tạo cốt lõi, trong khi vẫn tiếp tục đấu tranh cho việc chấp nhận khoa học kỹ thuật. Tuy nhiên, những vấn đề của việc bao gồm các kiến thức chuyên môn và thực tiễn, và duy trì nhu cầu đối với những kỹ năng chuyên nghiệp trong kỹ thuật không được giải quyết bằng cách dạy cho sinh viên thêm nhiều nền tảng khoa học đa dạng hơn ở các trường đại học. Việc dạy những ngành chuyên sâu mới dựa trên

khoa trong kỹ thuật cũng không mang lại một giải pháp, mà còn có thể làm cho kỹ thuật rời xa khỏi những kiến thức thực tiễn. Hầu hết các chuyên ngành công nghệ tập trung vào những giải pháp công nghệ cụ thể được giảng dạy như những môn học đơn lẻ và ít nhấn mạnh vào sự ứng dụng của chúng. Những môn học này đáng lẽ ra phải đóng góp vào một tập hợp chặt chẽ các năng lực kỹ thuật, mặc dù chúng có rất ít điểm tương đồng với một lĩnh vực đã được thiết lập của kỹ thuật về giải quyết vấn đề thực tiễn và các giải pháp [40].

Những cuộc tranh luận về giáo dục có khuynh hướng lặp đi lặp lại nhiều lần một số thảo luận. Một ví dụ là sự cân đối giữa những kỹ năng thực hành và kiến thức lý thuyết. Mặc dù cuộc thảo luận trông có vẻ giống nhau, nhưng nội dung đã thay đổi rất nhiều trong hơn một thế kỷ của sự tranh cãi [41]-[42]. Danh sách của những kỹ năng thực hành liên quan có thể không giống nhau, và tương tự, kiến thức lý thuyết cũng đã thay đổi vì những phát triển công nghệ, những công cụ tiên tiến, máy tính, và các mô hình mô phỏng. Những cuộc cải cách cần phải đem lại sự nhận thức mới của những hiểu biết thực tiễn tương ứng với giáo dục kỹ thuật ngày nay.

Một thách thức khác vẫn chưa ngã ngũ liên quan đến sự cân bằng giữa kiến thức chuyên sâu và kiến thức tổng quát trong kỹ thuật. Một quá trình cân bằng diễn ra, mà trong đó kiến thức và những kỹ năng chuyên sâu *hiện tại* thay đổi một cách liên tục. Kiến thức và những kỹ năng mới từ những chân trời khoa học mới lại được đòi hỏi. Nhưng khi những phát minh công nghệ tiên tiến này dịch chuyển, những kiến thức và kỹ năng đó trở thành một phần của quy trình kỹ thuật cơ bản, các tiêu chuẩn công nghệ, các bộ phận được tiêu chuẩn hóa, các khái niệm thiết kế, và được hỗ trợ bởi những công cụ được máy tính hóa và những mô hình mô phỏng. Những gì được xem là chuyên ngành cốt lõi hay cơ bản trong chương trình đào tạo kỹ thuật, thay đổi trong quá trình mở rộng các lĩnh vực và chuyên ngành kỹ thuật mới, bất chấp sự thật là tất cả đều bị điều tiết bởi ý tưởng của một nền tảng lý thuyết chung.

Một nền giáo dục mới cho kỹ sư sẽ trả lời những câu hỏi sau:

- *Một chương trình đào tạo kỹ thuật cốt lõi nên có nội dung gì trong tương lai?*
- *Những kỹ năng nào nên là một phần của chương trình đào tạo, và những kỹ năng nào có thể được phát triển ở nơi làm việc sau khi ra trường?*
- *Trình tự của kiến thức từ kiến thức trừu tượng đến ứng dụng thực tiễn là gì?*

Dựa vào những hiểu biết từ sự phạm, điều quan trọng cần phải nhận biết rằng ý tưởng về một “trình tự tự nhiên của kiến thức” bắt đầu ở các môn chuyên ngành trừu tượng và tổng quát nhất và kết thúc với sự ứng dụng không mang lại một câu trả lời tốt cho việc hoạch định chương trình đào

### CÂU HỎI THẢO LUẬN

1. Bạn có thể xác định những nguồn gốc của những tranh cãi trong lịch sử giáo dục kỹ thuật, được trình bày ở chương này, ở trường của bạn hoặc trong môi trường chuyên nghiệp của bạn được không?
2. Làm sao bạn có thể mô tả giáo dục kỹ thuật ở nước bạn? Bạn có thể xác định một loại hình nổi trội của giáo dục kỹ thuật trong cách mà nó cân bằng lý thuyết và thực hành? Có nhiều hơn một mô hình hay không?
3. Bạn có thấy bất kỳ giới hạn hay rào cản nào để có một chương trình đào tạo kỹ thuật chỉ dựa trên khoa học và các chuyên ngành kỹ thuật hay không? Các vấn đề xã hội của kỹ thuật đã được tích hợp vào chương trình đào tạo như thế nào?
4. Bằng những cách nào phương pháp tiếp cận CDIO có thể thay đổi đường hướng của cải cách giáo dục kỹ thuật?

### Tài liệu tham khảo

- [1] Williams, R., *Retooling: A Historian Confronts Technological Change*, Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 2003.
- [2] Hughes, T. P., *Networks of Power: Electrification in Western Society*, Baltimore, Maryland: John Hopkins University Press, 1983.
- [3] Auyang, S. Y., *Engineering: An Endless Frontier*, Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press, 2004.
- [4] Vincenti, W. G., *What Engineers Know and How They Know It: Analytical Studies from Aeronautical History*, Baltimore, Maryland: John Hopkins University Press, 1990.
- [5] Ihde, D., and Selinger, E., *Chasing Technoscience: Matrix for Materiality*, Bloomington, Indiana: Indiana University Press, 2003.
- [6] Reynolds, T. S., and Seely, B. E., "Striving for Balance: A Hundred Years of the American Society for Engineering Education", *Journal of Engineering Education*, Vol. 82, No. 3, 1993.
- [7] Kranakis, E., *Constructing a Bridge: An Exploration of Engineering Culture, Design, and Research in Nineteenth-Century France and America*, Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 1997.
- [8] Crawford, S., "The Making of the French Engineer", in Meiksins, P., and Smith, C. (eds.), *Engineering Labour: Technical Workers in Comparative Perspective*, London: Verso, 1996.
- [9] Gispen, K., *New Professions, Old Order: Engineers and German Society*, Cambridge: Cambridge University Press, 1990.
- [10] Manegold, K., "Technology academized: Education and training of the engineer in the nineteenth century", in Layton, K. E., and Wiengard, P., *The Dynamics of Science and Technology: Sociology of the Sciences*, Dordrecht: D. Reidel Publishing, pp. 137-158, 1978.



- [11] Nørregaard, G., *Teknikumuddannede ingeniørers betydning for den danske industri* (Engineers from Teknikum and their impact on Danish industry), Copenhagen: Ingeniør-Sammenslutningen, 1955.
- [12] Hård, M., *Machines are Frozen Spirit: The Scientification of Refrigeration and Brewing in the 19th Century—A Weberian Interpretation*, Frankfurt, Germany: Campus, 1994.
- [13] Wagner, M. F., *Det polytekniske gennembrud - Romantikkens teknologiske konstruktion 1780-1850 (The poly-technical breakthrough-The construction of technology in the romantic period 1780-1850)*, Aarhus: Aarhus Universitetsforlag, 1999.
- [14] Roe-Smith, M., *Military Enterprise and Technological Change: Perspectives on the American Experience*, Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 1989.
- [15] Noble, D. F., *America by Design - Science, Technology and the Rise of Corporate Capitalism*, Oxford: Oxford University Press, 1977.
- [16] Ferguson, E. S., *Engineering and the Mind's Eye*, Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 1992.
- [17] Hård, M., "The Grammar of Technology: German and French Diesel Engineering, 1920-1940", in *Technology and Culture*, Vol. 40, No. 1, 1999, pp. 26-46.
- [18] Hård, M., *The Practice of Research: Behind the Scenes of Engineering Science*, paper forthcoming.
- [19] Latour, B., *Science in Action - How to Follow Scientists and Engineers Through Society*, Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press, 1987.
- [20] Jørgensen, U., *Fremtidige profiler i ingeniørarbejde og -uddannelse, (Future profiles in engineering work and education)*, Copenhagen: IDA, 2003.
- [21] Gibbons, M., Limoges, C., Nowotny, H., Schwarzman, S., Scott, P., and Trow, M., *The New Production of Knowledge - The Dynamics of Science and Research in Contemporary Societies*, London: Sage, 1994.
- [22] Mindell, D., *Between Human and Machine - Feedback, Control, and Computing before Cybernetics*, Baltimore, Maryland: John Hopkins University Press, 2002.
- [23] National Academy of Engineering, *The Engineer of 2020: Visions of Engineering in the New Century*, Washington, DC: National Academy Press, 2004.
- [24] Seely, B., "The Other Re-engineering of Engineering Education, 1900-1965, *Journal of Engineering Education*, July, pp. 285-294, 1999.
- [25] Hughes, A. C., and Hughes, T. P., *Systems, Experts, and Computers: The Systems Approach in Management and Engineering, World War II and After*, Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 2000.
- [26] Juhlin, O., and Elam, M., "What the New History of Technological Knowledge Knows and How It Knows It", in Juhlin, O., *Prometheus at the Wheel: Representations of Road Transport Informatics*, Linköping, Sweden: Tema T, Linköping Universitet, 1997.
- [27] Finniston, M., *Engineering Our Future. Report of the Committee of Inquiry into the Engineering Profession*, London: Her Majesty's Stationery Office, 1980.
- [28] Lutz, B., and Kammerer, G., *Das Ende des graduierten Ingenieurs? (The end of the 'craft-based' engineer?)*. Frankfurt: Europäische Verlagsanstalt, 1975.

- [29] Cohen, S. S., and Zysman, J., *Manufacturing Matters - The Myth of the Post-Industrial Economy*, New York: Basic Books, 1987.
- [30] Dertouzos, M. L., Lester, R. K., and Solow, R. M., *Made in America Regaining the Productive Edge*, Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 1989.
- [31] Seely, B., "A Swinging Pendulum: The Place of Science in American Engineering Schools, 1800-2000", in Jørgensen, U. (ed), *Engineering Profession and Foundations of Technological Competence*. (forthcoming)
- [32] Kjersdam, F., and Enemark, S., *The Aalborg Experiment -Implementation of Problem Based Learning*, Aalborg: Aalborg University Press, 2002.
- [33] Henderson, K., *On Line and On Paper: Visual Representations, Visual Culture, and Computer Graphics in Design Engineering*, Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 1999.
- [34] Wengenroth, U., *Managing Engineering Complexity: A Historical Perspective*, paper for the Engineering Systems Symposium at MIT, 2004.
- [35] Sørensen, K. H., "Engineers Transformed: From Managers of Technology to Technology Consultants", in *The Spectre of Participation*, Oslo: Scandinavian University Press, 1998.
- [36] Schön, D. A., *The Reflective Practitioner: How Professionals Think in Action*, New York: Basic Books, 1983.
- [37] Bucciarelli, L. L., *Designing Engineers*, Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 1996.
- [38] Beder, S., *The New Engineer: Management and Professional Responsibility in a Changing World*, The University of Wollongong, 1998.
- [39] Downey, G., "Are Engineers Losing Control of Technology? From 'Problem Solving' to 'Problem Definition and Solution' in Engineering Education", *Chemical Engineering Research and Design*, Vol. 83, 2005.
- [40] Knorr Cetina, K., *Epistemic Cultures - How the Sciences Make Knowledge*, Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press, 1999.
- [41] Björck, I. (ed.), *Vad är en ingenjör? (What is an engineer?)*, report from the NyIng project, Linköping, Sweden: Linköpings Tekniska Högskola, 1998.
- [42] ATV, *Ingeniørernes nye virkelighed-roller og uddannelse*, (The engineers new reality,roles and education). Lyngby, Denmark: Akademiet for de Tekniske Videnskaber, 2000.

# CHƯƠNG MƯỜI MỘT

## TRIỂN VỌNG TƯƠNG LAI

VIẾT CÙNG VỚI S. GUNNARSSON

### GIỚI THIỆU

Đề xướng CDIO đáp lại bối cảnh lịch sử và những thách thức trong tương lai theo một cách tích hợp và thực tế, chính trong bối cảnh lịch sử này, giáo dục kỹ thuật đã tìm ra được chính nó. Đề xướng này đã khởi đầu tại bốn trường đại học ở hai quốc gia, và lan rộng một cách nhanh chóng về phương diện quy mô và số lượng các trường đại học tham gia. Các chương trình ban đầu thường nằm trong những lĩnh vực của cơ khí, động cơ vận tải và kỹ thuật điện, nhưng nay phương pháp CDIO đã được triển khai trong các chương trình đào tạo kỹ sư hóa học, khoa học vật liệu và ứng dụng, và kỹ thuật sinh học. Mô hình này đã được áp dụng để cải cách những đề xướng có ảnh hưởng đến tất cả các chương trình kỹ thuật ở một trường đại học, và nó cũng đóng vai trò làm một khuôn mẫu cho những đề xướng về chương trình học và kiểm định ở tầm quốc gia. Hiện nay, con số các trường đại học tham gia vào đề xướng này đã lan rộng trên 20 trường thuộc 12 quốc gia, và gần như trải khắp các châu lục. Các sự phát triển đang được triển khai tại các trường đại học mang tính chất chuyên sâu vào nghiên cứu hoặc tập trung vào giảng dạy; quy mô lớn hay nhỏ; trường tư thục hay trường công; hoặc các trường vốn tập trung vào thành phần thiểu số. Các Trung tâm Khu vực của CDIO được đặt ở Bắc Mỹ, các nước Bắc Âu, Vương quốc Anh và Ai-len, Nam Phi đã được thành lập để tạo điều kiện cho việc trao đổi ý kiến và hỗ trợ việc triển khai CDIO tại các khu vực. Để phổ biến và phát triển phương pháp CDIO, một số phương tiện, công cụ, và diễn đàn đã được thiết lập, bao gồm trang web và những hội nghị quốc tế thường niên.

Phương pháp tiếp cận CDIO có khả năng sẽ tiến triển và được thích nghi và phát triển trong những môi trường đa dạng hơn – trong các chuyên ngành kỹ thuật chưa được triển khai CDIO, trong giáo dục sau đại học, và trong các nền giáo dục ngoài kỹ thuật. Nó đã được thiết kế để có tính linh hoạt và thích ứng, với khả năng đáp ứng những động lực thúc đẩy giáo dục

kỹ thuật trong tương lai không xa. Chúng tôi mong muốn làm việc với tất cả các trường trong quá trình tiến triển này. Chương này nhấn mạnh những gì chúng tôi thấy là những thách thức trong tương lai của giáo dục kỹ thuật, và phác họa những cách thức mà phương pháp CDIO có thể được phát triển để đương đầu với những thách thức này.

## MỤC TIÊU CỦA CHƯƠNG

Chương này được soạn thảo nhằm giúp độc giả

- nhận thức các nhân tố tiếp tục thúc đẩy sự thay đổi trong giáo dục kỹ thuật và những cách thức mà Đề xướng CDIO liên hệ đến chúng
- thảo luận tiềm năng về sự phát triển và ứng dụng rộng hơn của phương pháp tiếp cận CDIO

## CÁC ĐỘNG LỰC THAY ĐỔI TRONG GIÁO DỤC KỸ THUẬT

Mục tiêu chính của giáo dục là phục vụ xã hội và sinh viên kỹ thuật bằng cách cung cấp những chương trình học với nội dung được cập nhật, cơ hội học tập có tổ chức và chất lượng cao. Duy trì và cải tiến chất lượng đòi hỏi một sự nhận thức về những nhân tố môi trường chính yếu, mà những nhân tố này thúc đẩy sự thay đổi trong giáo dục kỹ thuật. Các động lực quan trọng nhất của sự thay đổi trong giáo dục kỹ thuật bao gồm:

- Những đột phá khoa học và những phát triển công nghệ
- Sự quốc tế hóa, sự lưu động và sự linh hoạt của sinh viên
- Những kỹ năng và thái độ của những sinh viên kỹ thuật mới
- Các vấn đề về giới tính và mở rộng số lượng sinh viên tham gia vào kỹ thuật
- Các chính sách và đề xướng của chính phủ và đa phương

Điều quan trọng là phải có cơ chế tốt để duy trì sự nhận thức về các yếu tố mà chúng thúc đẩy sự thay đổi, và có những phương pháp hiệu quả để lập kế hoạch và triển khai những thay đổi này trong những chương trình giáo dục kỹ thuật. Chương 8 nêu lên những phương pháp cho việc triển khai thay đổi chương trình, và Chương 9 đưa ra những ví dụ về những công cụ và kỹ thuật cho việc kiểm định và cải tiến chương trình. Chính bản thân đề cương CDIO được thảo luận trong Chương 3, cũng có thể là một công cụ hữu dụng để theo dõi một số động lực.

## Những đột phá khoa học và những phát triển công nghệ

Sự tiến triển trong khoa học và công nghệ là một động lực dễ nhận thấy cho việc phát triển và cải tiến giáo dục kỹ thuật. Những môn học hiện có trong chương trình đào tạo phải được cập nhật theo sự tiến triển của lĩnh vực chuyên môn đó, và những lĩnh vực mới trong nghiên cứu cần được đúc kết vào trong chương trình đào tạo. Có một số cách thức để giữ một chương trình luôn được cập nhật và phù hợp. Một cách là xem thử giáo sư có đầy đủ nguồn lực cho việc nghiên cứu trong lĩnh vực chuyên môn của họ hay không. Các kết quả nghiên cứu có liên quan sau đó có thể đem vào chương trình giáo dục. Cách thứ hai là phải đảm bảo có một cơ chế hiện tại đầy đủ để đem các phát triển trong doanh nghiệp vào chương trình giáo dục kỹ thuật. Chúng ta có thể đạt được quan hệ mật thiết hơn với doanh nghiệp bằng cách tuyển dụng giáo sư và nhân viên nghiên cứu với kinh nghiệm làm việc trong doanh nghiệp và bằng cách lôi cuốn sự tham gia của những người từ doanh nghiệp và trong việc triển khai và quản lý chương trình đào tạo.

Sự phát triển công nghệ cũng ảnh hưởng đến các chương trình kỹ thuật qua cách mà việc thiết kế, phát triển, và sản xuất được tổ chức và đặt theo vị trí địa lý. Ngày nay, đối với nhiều nước công nghiệp hóa, việc chế tạo và sản xuất đang dần được chuyển qua các nước có chi phí sản xuất và giá nhân công rẻ hơn. Nếu việc nghiên cứu, thiết kế, và phát triển kỹ thuật đi theo con đường xuất khẩu của sản xuất và chế tạo, thì sự thay đổi sẽ ảnh hưởng mạnh đến nhu cầu về kỹ sư và chuyên môn của họ, và do đó, ảnh hưởng đến giáo dục kỹ thuật.

Phương pháp tiếp cận CDIO cung cấp một số phương thức để giữ cho nền giáo dục được cập nhật với những thay đổi trong khoa học và công nghệ. Như đã trình bày trong Chương 6, Tiêu chuẩn CDIO 7 *Trải nghiệm Học tập Tích hợp* nhấn mạnh các vấn đề thực tế trong giáo dục kỹ thuật thông qua sự tham gia của những đối tác doanh nghiệp trong việc thiết lập các trải nghiệm học tập. Đề cương CDIO được mô tả trong Chương 2, là một công cụ khác để theo dõi sự phát triển và nhu cầu của doanh nghiệp. Những kết quả khảo sát từ các bên liên quan, đặc biệt là từ những người đang hoạt động tích cực trong doanh nghiệp, là những đóng góp ý kiến rõ ràng cho quá trình phát triển giáo dục. Cuối cùng, các giáo sư, những người tham gia vào giáo dục và nghiên cứu, có thể ảnh hưởng tốt hơn đến các chương trình kỹ thuật từ những đột phá trong khoa học và phát triển công nghệ. Như đã giải thích trong Chương 8, Tiêu chuẩn 9 *Nâng cao năng lực các kỹ năng của giáo sư* đã khuyến khích sự tham gia của giáo sư.

## Sự quốc tế hóa, sự lưu động và linh hoạt của sinh viên

Sự toàn cầu hóa của các nơi công sở và doanh nghiệp hiện nay đòi hỏi sinh viên tốt nghiệp phải được trang bị cho những ngành nghề có những giao

tiếp quốc tế hàng ngày, đi công tác thường xuyên, và hợp tác với những người ở xa. Do đó giáo dục sẽ ngày càng mang tính quốc tế và phải hướng tới những bằng cấp được quốc tế công nhận. Chúng ta có thể thấy rằng đã có những thay đổi to lớn trong sự lưu động của sinh viên trong suốt hai thập kỷ qua. Ví dụ ở Châu Âu, sự lưu động của sinh viên gia tăng cùng với sự hình thành mạng lưới trao đổi sinh viên Châu Âu, chẳng hạn như *Erasmus and Socrates*. Sự lưu động và linh hoạt cũng là những khía cạnh quan trọng của Quy trình Bologna, bởi vì một cơ cấu giáo dục đại học thống nhất sẽ gia tăng cơ hội của sinh viên để di chuyển giữa nhiều trường đại học. Khung 11.1 là một sự mô tả của những điểm chính của Quy trình Bologna [1] khi được áp dụng ở Thụy Điển và Anh.

Ở Bắc Mỹ, cũng có một truyền thống phát triển lâu đời về sự lưu động quốc tế trong giáo dục tương tự. Ví dụ, ở Canada, số lượng sinh viên quốc tế lớn nhất đến từ Trung Quốc, Ấn Độ và Trung Đông. Họ thông thường hoàn tất một chương trình Cử nhân Khoa học bốn năm, đây là điều điển hình đối với tất cả các chương trình kỹ thuật ở Canada, nhất quán với các yêu cầu về kiểm định của Ban Kiểm định Kỹ thuật Canada (Canadian Engineering Accreditation Board - CEAB) [2]. Ở Mỹ, số lượng các chương trình cho sinh viên kỹ thuật học ở nước ngoài ít nhất một năm ngày càng tăng. Trên toàn thế giới, các hệ thống giáo dục đại học tầm quốc gia, bao gồm cả những hệ thống ở Chile và Úc, cũng đang cân nhắc những sự thay đổi về cơ cấu quy mô lớn nhằm cho phép các sinh viên của họ có sự lưu động nhiều hơn.

#### KHUNG 11.1: QUY TRÌNH BOLOGNA Ở THỤY ĐIỂN VÀ ANH

Quy trình Bologna là một nỗ lực chung ở Châu Âu, gồm 40 nước, nhằm đạt được một sự thống nhất trong cấu trúc giáo dục đại học tại các quốc gia Châu Âu. Tuyên bố Bologna bao gồm sáu hành động liên quan đến giáo dục đại học:

- Một hệ thống điểm số dễ đọc và dễ so sánh
- Một hệ thống dựa trên hai chu trình
- Một hệ thống tích lũy và chuyển tín chỉ
- Sự lưu động của sinh viên, giảng viên, những nhà nghiên cứu
- Hợp tác nhằm đảm bảo chất lượng
- Mang đặc tính Châu Âu về giáo dục đại học

Mục tiêu của quy trình là làm cho các hệ thống giáo dục đại học ở Châu Âu hội tụ theo một cấu trúc rõ ràng hơn trong đó các hệ thống quốc gia khác nhau sẽ có một khuôn khổ chung dựa vào ba chu kỳ – Cử nhân, Thạc sĩ và Tiến sĩ.

Hiện tại chưa có một sự thoả thuận chung về các mục tiêu cho ba trình độ này. Một đề xuất được gọi là *Dublin Descriptors* [1] nói rằng các bằng cấp Cử nhân được trao cho những sinh viên:

- đã thể hiện kiến thức và sự hiểu biết trong một lĩnh vực được xây dựng trên và cao hơn trình độ giáo dục trung học tổng quát. Thông thường ở trình độ được hỗ trợ chủ yếu bởi những sách giáo khoa ở trình độ nâng cao, nhưng có được một số kiến thức thuộc tuyến đầu trong lĩnh vực của họ.
- có thể áp dụng kiến thức và sự hiểu biết của họ để đưa ra những phương pháp chuyên nghiệp trong công việc và nghề nghiệp của họ, và có đủ năng lực để tạo ra và bảo vệ chủ ý của mình và giải quyết những vấn đề trong lĩnh vực chuyên môn của họ.

- có khả năng thu thập và xử lý thông tin phù hợp (thông thường trong phạm vi chuyên môn) để đưa ra những phán đoán bao gồm sự phản ánh về vấn đề xã hội, khoa học, hay đạo đức.
- có thể truyền đạt thông tin, ý tưởng, vấn đề, và các giải pháp cho cả chuyên gia và những người không chuyên.
- đã phát triển được những kỹ năng học tập cần thiết để tiếp tục học cao hơn với mức độ tự chủ cao.

Các bằng cấp Thạc sĩ được trao cho những sinh viên:

- đã thể hiện được kiến thức và sự hiểu biết được xây dựng trên và mở rộng và/hoặc nâng cao năng lực liên quan đến trình độ Cử nhân, và cung cấp một cơ sở hay cơ hội để có tính chất sáng tạo trong việc phát triển và/hoặc ứng dụng ý tưởng, thông thường trong một bối cảnh nghiên cứu.
- có thể áp dụng kiến thức và sự hiểu biết, các khả năng giải quyết vấn đề trong những môi trường mới hay không quen thuộc trong phạm vi bối cảnh rộng hơn (hay đa ngành) liên quan đến lĩnh vực chuyên môn của họ.
- có khả năng tích hợp kiến thức và xử lý những phức tạp để đưa ra những phán xét với lượng thông tin không đầy đủ và hạn chế, nhưng điều này phản ánh các trách nhiệm xã hội và đạo đức liên quan đến việc áp dụng kiến thức và phán xét của họ.
- có thể truyền đạt những kết luận, và kiến thức và cơ sở lý luận cho chuyên gia và những người không phải chuyên gia một cách rõ ràng.
- có các kỹ năng học tập để cho phép họ tiếp tục học theo hướng tự học hay tự chủ.

Các bằng cấp Tiến sĩ được trao cho những sinh viên:

- đã thể hiện một sự hiểu biết có hệ thống trong lĩnh vực chuyên môn và nắm vững những kỹ năng và phương pháp nghiên cứu liên quan đến lĩnh vực đó
- đã thể hiện được khả năng hình thành ý tưởng, thiết kế, triển khai, và thích ứng với quá trình nghiên cứu với sự trung thực
- có đóng góp thông qua sáng tạo trong nghiên cứu, mà nó mở rộng tầm hiểu biết bằng cách đạt được nhiều thành quả đáng kể, trong đó có một số bài viết được làm tài liệu tham khảo trong nước hoặc trên thế giới
- có khả năng phân tích, đánh giá, tổng hợp những ý tưởng mới và phức tạp
- có thể giao tiếp với đồng nghiệp, cộng đồng học giả, và với xã hội nói chung về các lĩnh vực chuyên môn của họ
- có thể được kỳ vọng thúc đẩy, trong phạm vi bối cảnh giáo dục và chuyên nghiệp, sự phát triển về kỹ thuật, xã hội, hoặc văn hóa trong một xã hội dựa trên kiến thức.

Việc nỗ lực để thích nghi giáo dục kỹ thuật ở một quốc gia cụ thể theo cấu trúc Bologna tùy thuộc vào các mục tiêu của quốc gia và cơ cấu tổ chức trước Quy trình Bologna. Ví dụ, ở Thụy Điển, trong giáo dục kỹ thuật, bằng Cử nhân (*Högskoleingenjör*) là các chương trình ba năm, bằng Thạc sĩ (*Civilingenjör*) là năm năm, Bằng *Civilingenjör* có một truyền thống lâu đời, và biểu trưng cho một thương hiệu mạnh cho Thụy Điển. Vì vậy, chính phủ đã đề nghị rằng bằng này vẫn tiếp tục được duy trì sau khi hệ thống ba chu kỳ đã được đưa vào. Thách thức chính của các trường đại học Thụy Điển là phải tìm ra những hình thức phù hợp để hệ thống ba chu kỳ và các chương trình kỹ thuật dẫn đến bằng *Civilingenjör* có thể tồn tại song song.

[1] Joint Quality Initiative Group, *Shared 'Dublin' Descriptors for the Bachelor, Master and Doctoral Awards*, Dublin, 2004

Ở Anh, bằng Thạc sĩ Kỹ thuật (Master of Engineering - M.Eng) cũng có một hình ảnh nhãn hiệu nổi tiếng tương tự, bất chấp khả năng có sự nhầm lẫn trong tên gọi “Thạc sĩ”. Bằng M.Eng bốn năm ở Anh đã được xem là bằng đại học trong chu kỳ một, với nội dung được nâng cao và rộng hơn bằng Cử nhân kỹ thuật ba năm thông thường. Thay vì một bằng Cử nhân với sự lựa chọn là có thêm một năm, 3+1, nó được xem là 4+0. Tuy nhiên, hiện nay, có những đề nghị cho rằng bằng M.Eng nên được xem là bằng cấp chu kỳ hai *Thạc sĩ tích hợp*. Bằng M.Eng đã tồn tại với một bằng sau cử nhân, đó là tiêu chuẩn Thạc sĩ chu kỳ hai, bằng Thạc sĩ Khoa học, thường kéo dài 12 tháng thay vì 24 tháng của một tiêu chuẩn chu kỳ hai ở những nơi khác và điều kiện để được nhận vào chương trình thường là bằng ba năm Cử nhân Kỹ thuật hoặc Cử nhân Khoa học. Một thách thức dành cho các trường ở Anh là dung hòa ba loại bằng này (Cử nhân Kỹ thuật, Thạc sĩ Kỹ thuật, và Thạc sĩ Khoa học) với hai chu kỳ của Quy trình Bologna trước bằng Tiến sĩ. Việc sinh viên ở Anh có thể hoàn tất hai chu kỳ trong vòng bốn năm được xem là lợi điểm, và có xu hướng chống lại việc chuyển sang mô hình 3+2.

- P. GOODHEW, ĐẠI HỌC LIVERPOOL

Sự tương đồng trong kiểm định là một cơ chế khác của sự quốc tế hóa. Những hiệp ước quốc tế, như *Hiệp ước Washington (Washington Accord)* [3] trong việc thừa nhận chéo của chứng chỉ chuyên nghiệp giúp cách thống nhất các phương thức kiểm định khác nhau. Ở Mỹ, các tiêu chí kiểm định của *Hội đồng Kiểm định Kỹ thuật và Công nghệ Hoa Kỳ (ABET)* [4] đã ảnh hưởng đến tư duy trong nhiều hệ thống ở tầm quốc gia, và thu hút nhiều chương trình quốc tế nộp đơn xin kiểm định. Ở Châu Âu, có một đề xướng, tương thích với Quy trình Bologna, đang phát triển một hệ thống chung cho việc kiểm định hệ thống giáo dục kỹ thuật. Dự án này, *Kiểm định Chương trình Kỹ thuật và Sinh viên Tốt nghiệp Châu Âu (Accreditation of European Engineering Programmes and Graduates - EUR-ACE)*[5], đã chính thức được Ủy ban Châu Âu chấp nhận. Mục tiêu của dự án này là để tạo ra một hệ thống kiểm định tương đồng với những hệ thống đang được sử dụng ở một số nước Châu Âu [6].

Đề xướng CDIO hỗ trợ sự quốc tế hóa và tính lưu động bằng cách đem lại một mô hình quốc tế được thiết lập tốt, một cơ sở để so sánh chung các chuẩn đầu ra của sinh viên, và có khả năng là cơ sở cho việc kiểm định chung. Đáp ứng Quy trình Bologna và các tiêu chí kiểm định sẽ là yêu cầu cơ bản cho tất cả các chương trình giáo dục trong tương lai. Tuy nhiên, các yêu cầu kiểm định có đặc điểm là ở cấp độ cao và chính quy. Đề xướng CDIO còn đi thêm một bước xa theo hướng trở thành một nền giáo dục quốc tế thực sự bằng cách triển khai và thích nghi một mô hình theo thực tế, mô hình này được hình thành trong sự cộng tác giữa các trường đại học hàng đầu trên khắp thế giới. Trong phạm vi các chương trình CDIO, có một mối liên quan chặt chẽ giữa sự kiểm định và các chuẩn đầu ra của Đề cương. Trong Chương 3, chúng tôi đã so sánh Đề cương CDIO với các tiêu chí kiểm định của ABET, đặc biệt là Tiêu chí 3 EC 2000 (Xem Bảng 3.3). Quá kiểm định cấp quốc gia về giáo dục kỹ thuật được thực hiện ở Thụy Điển vào năm 2005 là một ví dụ khác của các mối quan hệ giữa phương



pháp tiếp cận CDIO và các nỗ lực kiểm định và đánh giá ở tầm quốc gia. Cơ quan giáo dục đại học của Thụy Điển (The Swedish Agency for Higher Education – HSV) đã dùng các Tiêu chuẩn CDIO làm thành phần cốt lõi cho việc tự đánh giá được thực hiện ở tất cả các trường đại học nào có chương trình giáo dục kỹ thuật ở Thụy Điển (Xem Khung 9.2 trong Chương 9).

## **Những kỹ năng và thái độ của những sinh viên kỹ thuật mới**

Những kỹ năng và thái độ của các sinh viên mới bước vào các chương trình kỹ thuật là những tác nhân quan trọng cho việc định hướng thiết kế giáo dục, theo phương diện nội dung lẫn cơ cấu tổ chức. Các hệ thống giáo dục là bộ phận của xã hội; vì thế, những sự thay đổi trong thái độ xã hội ảnh hưởng đến giáo dục kỹ thuật. Nhiều nước công nghiệp hóa đang trải qua tình trạng suy giảm mối quan tâm trong khoa học và công nghệ ở những sinh viên trẻ hơn. Sự thiếu quan tâm này ảnh hưởng đến giáo dục kỹ thuật ở chỗ ít sinh viên hơn và sinh viên có ít động lực hơn để theo đuổi ngành kỹ thuật. Các thái độ đối với khoa học và công nghệ trong một xã hội cũng có ảnh hưởng quan trọng đến các môn khoa học và công nghệ trong giáo dục phổ thông.

Bên cạnh đó, các trường đại học trên nhiều quốc gia cũng đối mặt với những khó khăn ngày càng nhiều về trình độ kiến thức và nền tảng kinh nghiệm của những sinh viên mới vào trường. Đây là một sự thật được công nhận trong chuyên ngành toán học và vật lý [7]. Một điều cũng quan trọng là giáo dục kỹ thuật cần nhấn mạnh sự phát triển của những kỹ năng thực hành và kiến thức công nghệ đạt được qua những hoạt động trong chương trình học trước khi vào đại học và các kinh nghiệm sống, chẳng hạn như mày mò đồ điện tử, chế tạo đồ đạc, sửa chữa các thiết bị thông dụng, và phát triển phần mềm. Những trải nghiệm trước khi vào đại học này, đã phổ biến hơn trong quá khứ, tạo điều kiện cho việc tiếp thu kiến thức lý thuyết bằng cách nối kết nó với thực hành.

Việc tập trung vào những vấn đề này đòi hỏi nhiều sự thay đổi ở nhiều cấp độ trong các hệ thống trường – các trình độ tiểu học, trung học, và đại học. Trong phạm vi trường đại học, các môn học giới thiệu nhằm mục đích giới thiệu cho sinh viên về vai trò của khoa học và kỹ thuật trong xã hội và cung cấp các trải nghiệm kỹ thuật ban đầu làm tăng cường động cơ thúc đẩy cho sinh viên. Các hoạt động học tập thực hành và thiết kế - triển khai đem lại các trải nghiệm cụ thể nối kết các mô hình trừu tượng của toán học và vật lý với những ứng dụng thực tế. Các trải nghiệm này cũng nhằm làm cho kỹ thuật thú vị và sinh động hơn, và nhằm để tuyển sinh vào kỹ thuật và giữ họ trong nghề nghiệp. Các trải nghiệm thiết kế - triển khai đang được xem xét để được bổ sung vào các chương trình giáo dục ở tiểu học và trung học, nhằm tăng cường hơn nữa động cơ thúc đẩy cho sinh viên và chuẩn bị học kỹ thuật ở trình độ đại học.

- *Tiêu chuẩn 1, bối cảnh chu trình vòng đời của sản phẩm, quy trình, và hệ thống có thể được khái quát hóa hay không? Nó có thể áp dụng được vào các chuyên ngành khác hay không?*
- *Có hay không những sự khác biệt về phương pháp sư phạm và chương trình đào tạo khi áp dụng phương pháp CDIO vào:*
  - *Những chuyên ngành kỹ thuật truyền thống khác, ví dụ, kỹ thuật xây dựng, hàng hải, phần mềm*
  - *Những chuyên ngành khoa học nền tảng và kỹ thuật, ví dụ, khoa học vật liệu, kỹ thuật sinh học, kỹ thuật nano, vật lý ứng dụng*
  - *Kỹ thuật công nghiệp, kỹ thuật chế tạo, và quản lý kỹ thuật.*
- *Một chương trình có thể áp dụng một phần của phương pháp tiếp cận CDIO hay không? Nếu được, thì tỷ lệ phần trăm của các Tiêu chuẩn phải áp dụng là bao nhiêu để được xem là một “Chương trình CDIO”?*

**Khái quát hóa bối cảnh chu trình vòng đời sản phẩm, quy trình, và hệ thống.** Tiêu chuẩn 1, *Tiếp nhận nguyên lý rằng việc phát triển và triển khai chu trình vòng đời của sản phẩm, quy trình và hệ thống – Hình thành Ý tưởng, Thiết kế, Triển khai và Vận hành - là bối cảnh của giáo dục kỹ thuật, có thể trông có vẻ liên quan mật thiết đến những chuyên ngành ban đầu của Đề xướng CDIO. Những thuật ngữ như hệ thống, sản phẩm, và triển khai, có thể cảm thấy không phù hợp cho các chương trình về kỹ thuật xây dựng hoặc hóa học. Mặc dù người quản lý chương trình giáo dục có thể chuyển đổi thuật ngữ sang thuật ngữ của lĩnh vực đó, nhưng những bên liên quan khác có thể không sẵn sàng làm việc này. Tuy nhiên, hoàn toàn khả thi để chuyển những thuật ngữ được sử dụng trong Tiêu chuẩn 1 để phù hợp với một lĩnh vực kỹ thuật cụ thể mà vẫn giữ được nguyên vẹn nội dung của tiêu chuẩn, bằng cách tập trung vào việc người kỹ sư thiết kế và triển khai cái gì. Ví dụ, các kỹ sư xây dựng có vẻ thích nói về những tòa nhà thay vì là những sản phẩm, và một phiên bản đã được thích ứng của Tiêu chuẩn 1 có thể được đọc là “Nguyên tắc là để đào tạo các kỹ sư đáp ứng được các nhu cầu của ngành công nghiệp xây dựng, nghĩa là, lập kế hoạch, thiết kế, kỹ thuật, sản xuất, vận hành và duy tu các tòa nhà” [8].*

Những thay đổi khác về thuật ngữ sẽ theo sau, sau khi có quyết định thích ứng cách dùng từ trong Tiêu chuẩn 1 cho bối cảnh của một lĩnh vực cụ thể. Những việc này có thể bao gồm thuật ngữ trong các tiêu chuẩn khác, và trong Mục 4 của Đề cương CDIO – *Hình thành Ý tưởng, Thiết kế, Triển khai và Vận hành các Hệ thống, Sản phẩm trong Bối cảnh Doanh nghiệp và Xã hội.*

**Những sự khác biệt về phương pháp sư phạm và chương trình đào tạo.** Những sự thay đổi đáng kể hơn là sự thay đổi về thuật ngữ có thể cần thiết khi áp dụng phương pháp CDIO vào các chuyên ngành mà trong đó bản chất của trình tự thiết kế - triển khai khác nhau một cách cơ bản với sự phát

triển của những sản phẩm hoặc hệ thống. Ví dụ, trong kỹ thuật sinh học, quá trình thiết kế và triển khai không dễ dàng mô tả bằng những mục tiêu cuối cùng muốn đạt đến, nhưng phù hợp hơn là đạt tới những giới hạn mà vật lý, hóa học, và sinh học cho phép. Việc phân chia một vấn đề chung thành những vấn đề riêng lẻ để giải quyết và sau đó tích hợp lại thành giải pháp cho nguyên cả vấn đề chung có thể không thực hiện được. Thực vậy, Chương trình Kỹ thuật Sinh học ở Đại Học Linköping đã xác định một việc diễn giải một khái niệm thiết kế - triển khai là một trong những thách thức chủ yếu của họ. Khung 11.2 là một sự mô tả ngắn gọn về Chương trình Kỹ thuật Sinh học.

Có nhiều cách để kết hợp những trải nghiệm thiết kế - triển khai vào kỹ thuật sinh học một cách sáng tạo. Ví dụ những biến thể ở mức độ phân tử của các trải nghiệm học tập thiết kế - triển khai có thể được phát triển, ví dụ bằng cách sử dụng biến đổi gen định hướng điểm (site-directed mutagenesis) để thay đổi chức năng của một loại chất đạm cụ thể trong vi sinh vật [9]. Một trải nghiệm học tập như vậy có thể bắt đầu với việc các sinh viên thiết kế một chuỗi gen đã thay đổi và dự đoán những kết quả của cấu trúc chất đạm. Bước kế tiếp là tạo ra một plasmid (plasmid) có chứa gen đã được biến đổi, và nhiễm nạp một vi khuẩn vào plasmid (plasmid). Kế đến, vi khuẩn sẽ được cấy để tạo ra chất đạm recombinant. Cuối cùng, chức năng của chất đạm, hay vi khuẩn đã được biến đổi gen, sẽ được đánh giá bằng cách sử dụng các phương pháp hóa sinh. Có thể nâng cao các trải nghiệm học tập bằng cách yêu cầu sinh viên giữ lại các vở ghi chép trong phòng thí nghiệm, mà trong đó họ ghi nhận lại tất cả các diễn biến.

#### **KHUNG 11.2. HÌNH THÀNH Ý TƯỞNG - THIẾT KẾ - TRIỂN KHAI - VẬN HÀNH TRONG NGÀNH KỸ THUẬT SINH HỌC Ở ĐẠI HỌC LINKÖPING**

Chương trình Kỹ thuật Sinh học ở Đại học Linköping bắt đầu vào năm 1996. Chương trình kéo dài năm năm, trong đó ba năm đầu tiên tập trung vào toán, vật lý, hóa học, sinh học và kỹ thuật. Các môn học về kỹ thuật bao gồm lập trình, điện tử, điều khiển tự động và xử lý tín hiệu (signal processing), bên cạnh những môn khác. Năm thứ tư được dành cho một ngành chuyên sâu. Hiện tại có tám chuyên ngành chuyên sâu, bao gồm tin sinh học (bio-informatics), vi hệ thống (micro-systems) và cảm biến sinh học (bio - sensors) và kỹ thuật chất đạm (protein engineering).

Trong năm 2004, Ban Chương trình Kỹ thuật Sinh học thiết lập một kế hoạch để tăng cường các khía cạnh kỹ thuật của chương trình. Mô hình CDIO là một thành phần quan trọng trong kế hoạch. Bước đầu tiên để chuyển sang chương trình CDIO là một môn học giới thiệu mở lần đầu tiên vào năm 2005. Các công việc cũng đã bắt đầu để phát triển chương trình và các chuẩn đầu ra của môn học. Những môn học dựa trên đề án, liên quan đến các chuyên ngành khác nhau sẽ được đưa vào sau đó trong chương trình.

Một vấn đề chính yếu trong môn học giới thiệu, và những môn học đề án tiếp theo, là làm sao để giới thiệu khái niệm thiết kế - triển khai. Sự diễn giải của *sản phẩm, quy trình, và hệ thống* trong Đề cương CDIO và các Tiêu chuẩn cần được xem xét cẩn thận.

Trong phiên bản đầu tiên của môn học giới thiệu, một số đề án sẽ tập trung vào việc thiết kế và triển khai các hệ thống dùng để đo lường và theo dõi các quy trình sinh học. Những sự áp dụng này rất gần với các chuyên ngành ban đầu của CDIO nhưng vẫn nằm trong phạm vi của chương trình Kỹ thuật Sinh học.

- S. GUNNASSON, ĐẠI HỌC LINKÖPING

Các chương trình khác cũng đang áp dụng phương pháp tiếp cận CDIO vào trong kỹ thuật sinh học. Chương trình cơ khí và kỹ thuật vật liệu ở Đại học Queen ở Canada sẽ đưa một lựa chọn thứ hai vào kỹ thuật y sinh cho học kỳ mùa Thu năm 2007. Tại Đại học Liverpool, phương pháp tiếp cận đã áp dụng vào trong một chương trình trong đó bao gồm khoa học vật liệu và kỹ thuật, như đã mô tả trong Khung 11.3

### **KHUNG 11.3: HÌNH THÀNH Ý TƯỞNG - THIẾT KẾ - TRIỂN KHAI - VẬN HÀNH TRONG CÁC CHƯƠNG TRÌNH VẬT LIỆU TẠI ĐẠI HỌC LIVERPOOL**

Các chương trình Cử nhân Kỹ thuật ba năm và Thạc sĩ Kỹ thuật bốn năm của ngành khoa học vật liệu ở Liverpool đang được đúc kết lại để hoàn toàn tuân theo các Tiêu chuẩn CDIO. Những chương trình này đã có chung 94% số môn học trong năm đầu tiên với những chương trình kỹ thuật khác (Cơ khí, Hàng không và Không gian, Xây dựng, Thiết kế Sản phẩm). Mỗi chương trình của năm đầu tiên đều có một mô-đun nhỏ riêng biệt được thiết kế để giới thiệu sơ lược chuyên ngành phụ. Đối với sinh viên ngành Vật liệu, mô-đun này bao gồm làm việc theo nhóm để phát triển một phương pháp phân loại các vật liệu. Phương pháp này có hầu hết các đặc tính của một *sản phẩm* và chắc chắn đòi hỏi một phương pháp tiếp cận có hệ thống.

Tất cả sinh viên năm thứ nhất tham gia vào hai bài tập thiết kế - xây dựng - kiểm tra trong các nhóm có năm đến sáu sinh viên. Vì vậy, sự tuân thủ chung với các mục tiêu của CDIO là rất cao. Trong năm thứ hai, ba, và tư, có một vài cách thức mà sinh viên ngành vật liệu được lợi từ việc vận hành trong một khoa kỹ thuật rộng. Họ là những thành viên lý tưởng có thể đóng góp các ý kiến về lựa chọn vật liệu cho các bài tập CDIO, và họ tích hợp đặc biệt tốt với các sinh viên ngành Thiết kế Sản phẩm. Một ví dụ của mô-đun dựa trên vấn đề được thực hiện bởi những sinh viên ngành Vật liệu là bài tập “cửa xe hơi”. Các nhóm sinh viên được giao nhiệm vụ cải tiến hiệu suất (trọng lượng, khả năng chống bị mốp, và chi phí) của một thiết kế cửa xe bằng sắt hiện có. Họ phải cần phải tham gia vào các việc thiết kế sản phẩm, lựa chọn vật liệu, kiểm tra (cả trên thực tế lẫn phần mềm, bằng cách sử dụng những phần mềm được thiết kế đặc biệt), và những kỹ năng giao tiếp như là báo cáo cho bộ phận nhân sự của công ty và đàm phán. Cho đến nay tất cả những hoạt động này đều đạt được sự hưởng ứng tốt từ phía sinh viên.

- P. GOODHEW, ĐẠI HỌC LIVERPOOL

**Thích ứng và áp dụng một số phần của phương pháp tiếp cận CDIO.** Những chương trình tham gia vào đề xướng đều thể hiện mục tiêu triển khai toàn bộ 12 tiêu chuẩn CDIO. Tuy nhiên, các chương trình có thể nhận thấy một số phần nội dung là hữu ích và những phần nội dung khác ít phù hợp hay không thực tế trong trường hợp của họ. Điều này đặt ra câu hỏi

rằng bao nhiêu tỷ lệ phần trăm của Tiêu chuẩn cần phải được áp dụng để được xem là một “Chương trình CDIO?” Không có ngưỡng giới hạn cụ thể nào mà một chương trình trở thành, hoặc hết được xem là một chương trình CDIO. Tuy nhiên, sẽ khó tưởng tượng một chương trình CDIO không chấp nhận một số biến thể của Tiêu chuẩn 1, công nhận rằng chu trình phát triển sản phẩm, quy trình, hoặc hệ thống là bối cảnh thích hợp cho giáo dục kỹ thuật. Trong Chương 9, sáu tiêu chuẩn khác được xác định là những điểm đặc trưng của một chương trình CDIO. Năm tiêu chuẩn còn lại được xem là những tiêu chuẩn phụ, hỗ trợ cho việc áp dụng thực hành tốt nhất.

Đối với các chương trình giáo dục không tiếp nhận toàn bộ phương pháp tiếp cận, thì những phần nội dung phù hợp có thể được áp dụng. Khi đó phương pháp tiếp cận CDIO trở thành một tập hợp những công cụ cho sự phát triển chương trình và hỗ trợ giảng dạy. Ví dụ, những chương trình không chấp nhận bối cảnh chu trình vòng đời hay vai trò chính yếu của các trải nghiệm thiết kế - triển khai có thể thấy được các lợi ích của phương pháp tiếp cận mang tính hệ thống đối với sự phát triển của chương trình. Sự tập trung vào việc hoạch định và việc ghi nhận một cách có hệ thống, sự tham gia của bên liên quan, sự so sánh đồng cấp, và những không gian làm việc hiện đại có thể được xem là mới và hữu ích.

## Sự áp dụng vào các chương trình sau đại học

Đề xướng CDIO khởi đầu là một chương trình dành cho việc cải cách giáo dục kỹ thuật bậc đại học. Có một mối quan tâm lớn trong việc áp dụng phương pháp tiếp cận CDIO vào trong các chương trình cấp độ Thạc sĩ, đặc biệt là trong các bối cảnh ở Châu Âu. Các chương trình Tiến sĩ nhằm vào việc phát triển các kỹ năng quản lý đề án và giao tiếp cũng như các kỹ năng nghiên cứu đang nổi lên một cách nhanh chóng, đặc biệt là với ý định đào tạo “những người bác sỹ cho công nghiệp.” Để trả lời câu hỏi rằng phương pháp tiếp cận có thể được áp dụng vào hệ thống giáo dục ba-cấp-độ như thế nào, chúng ta cần phải để ý đến các khía cạnh chính yếu, chứ không phải là các chi tiết của quá trình triển khai. Một chương trình CDIO mang lại một nền giáo dục trong phạm vi một bối cảnh của kỹ thuật chuyên nghiệp. Nền giáo dục này được phác họa bởi các mục tiêu giáo dục, được đề ra bởi các bên liên quan, đáp ứng bởi các trình tự của hoạt động học tập trải nghiệm, và được lồng vào một chương trình đào tạo tích hợp có sự hỗ trợ lẫn nhau giữa các chuyên ngành.

**Vai trò nghề nghiệp của kỹ sư như là bối cảnh.** Vai trò nghề nghiệp của kỹ sư là một nhân tố có thể sẽ khác từ bằng Cử nhân đến bằng Tiến sĩ. Trong khi hầu hết các chương trình Cử nhân chủ yếu nhằm vào việc đào tạo kỹ sư, hầu hết các chương trình Tiến sĩ lại chủ yếu nhằm vào đào tạo những nhà nghiên cứu. Đối với các chương trình bằng cấp Thạc sĩ, có nhiều chương trình, từ những chương trình theo hướng nghiên cứu đến chương

trình theo hướng kỹ thuật. Để có thể đáp ứng những sự khác biệt này, bối cảnh cần phải được tổng quát hóa từ “vai trò của những người kỹ sư chuyên nghiệp” đến “vai trò của những nhà chuyên môn”, vai trò thứ hai cho phép các chương trình đưa ra quyết định có chú ý về việc bối cảnh chuyên môn là nghiên cứu hay kỹ thuật. Những khác biệt này có thể đưa tới các định nghĩa về bối cảnh như là, “*Chương trình X có khuynh hướng mạnh về nghiên cứu, trong sinh viên học cách suy nghĩ, phân tích và giải quyết các vấn đề trong một bối cảnh nghiên cứu thay vì trong bối cảnh sản xuất công nghệ. Sự nhấn mạnh là vào sản sinh ra tri thức hơn là sản sinh ra sản phẩm.*” [8] Sự điều chỉnh bối cảnh như vậy đưa đến những sự thay đổi liên quan đến các Tiêu chuẩn CDIO khác, nhưng vẫn còn nhiều tiêu chuẩn có thể áp dụng được, như được thảo luận bên dưới.

**Các mục tiêu giáo dục đặt ra bởi các bên liên quan và được đáp ứng bằng một trình tự các hoạt động học tập thích hợp.** Chủ đề này nêu lên câu hỏi rằng những phần nội dung nào của Đề cương CDIO được áp dụng vào các chương trình Thạc sĩ và Tiến sĩ và những phần nào thì không. Ngoài ra, câu hỏi, *Trình độ năng lực nâng cao gì được mong đợi ở những trình độ Thạc sĩ và Tiến sĩ?* được thảo luận.

Bắt đầu với câu hỏi về phạm vi, chúng tôi xác định rằng Mục 2 và 3 của Đề cương CDIO liệt kê kiến thức và những kỹ năng quan trọng cho những nhà nghiên cứu cũng như cho những người kỹ sư. Rõ ràng là các nhà nghiên cứu có các kỹ năng cá nhân, chẳng hạn như giải quyết vấn đề, thử nghiệm, khám phá tri thức, và suy nghĩ tầm hệ thống. Các kỹ năng giao tiếp cũng quan trọng tương tự đối với công việc nghiên cứu. Những công cuộc nghiên cứu hiện nay thường được thực hiện bởi các nhóm quốc tế đòi hỏi một khả năng làm việc hợp tác. Để thành công trong việc xin tài trợ nghiên cứu thì không chỉ đòi hỏi các ý tưởng hay, mà còn các kỹ năng giao tiếp. Các chuẩn đầu ra cho các kỹ năng giao tiếp trong một chương trình thiên về nghiên cứu có thể chuyên về các thao tác giao tiếp liên quan đến nghiên cứu, ví dụ, viết báo chuyên đề hay đề xuất nghiên cứu. Các đề tài trong Mục 4 – Hình thành Ý tưởng, Thiết kế, Triển khai, Vận hành - có thể áp dụng được ít hay nhiều tùy thuộc vào chương trình Thạc sĩ hoặc Tiến sĩ. Một chương trình về phát triển sản phẩm có thể sẽ chọn sử dụng hết tất cả các đề tài trong Mục 4, trong khi một chương trình vật lý có thể không sử dụng đề tài nào cả. Bất kể việc lựa chọn những phần nội dung phù hợp của Đề cương, có những công cụ để viết dành cho các bản mục tiêu của chương trình và các chuẩn đầu ra của môn học.

Vấn đề kế tiếp phải cân nhắc là sự khác biệt của các chuẩn đầu ra của kỹ năng vào cuối của các bằng Cử nhân, Thạc sĩ và Tiến sĩ. Trình độ năng lực nâng cao về các kỹ năng được mong đợi cho trình độ Thạc sĩ là gì? Cho đến nay, những khác biệt này chưa được tra cứu một cách định lượng trong Đề cương, và vẫn là một vấn đề mở. Trong khi chờ các nghiên cứu bổ sung, một số đề xuất có thể sẽ được đưa ra trong Quy trình Bologna. Đó là

các hướng dẫn được công nhận trên phạm vi quốc tế đối với các đặc điểm của các trình độ Cử nhân, Thạc sĩ và Tiến sĩ, về một số mục tiêu ở cấp độ cao, bao gồm kiến thức kỹ thuật cũng như các kỹ năng giao tiếp [1]. Có khả năng rằng những mục tiêu đã được thỏa thuận trên phạm vi quốc tế này vẫn mang tính trừu tượng, còn các chi tiết sẽ dành cho các chương trình quyết định có tham vấn với các bên liên quan tương ứng.

Việc áp dụng phương pháp CDIO vào một chương trình Thạc sĩ được kết hợp chặt chẽ với một chương trình Cử nhân cũng sẽ đòi hỏi sự cân nhắc về trình tự của các trải nghiệm học tập. Cụ thể là, Tiêu chuẩn 4 *Giới thiệu về Kỹ thuật* và Tiêu chuẩn 5 *Các Trải nghiệm Thiết kế - Triển khai* đã đề xuất một cách rõ ràng các loại hình trải nghiệm học tập trong chương trình đào tạo. Làm việc với những sinh viên nào chưa có các trải nghiệm này ở cấp bậc đại học sẽ là một thách thức. Những sinh viên này có thể được trang bị tốt kiến thức kỹ thuật, nhưng ít có khả năng về các kỹ năng cá nhân và giao tiếp, và các kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình, và hệ thống. Việc trang bị cho các sinh viên này dưới hình thức các trải nghiệm học tập bổ sung có thể cần thiết.

### **Sự áp dụng ngoài lĩnh vực giáo dục kỹ thuật**

Các nguyên tắc và thực hành của phương pháp tiếp cận CDIO có thể được áp dụng vào hầu hết các chương trình trong giáo dục đại học. Ở cấp độ trừu tượng cao nhất, phương pháp này khẳng định rằng: nền giáo dục nên được đặt trong bối cảnh thực hành; có một danh sách về kiến thức có thể xác định được, kỹ năng, thái độ mà sinh viên nên đạt được một trình độ thành thạo; rằng bằng cách thu hút sự tham gia của các bên liên quan, trình độ năng lực mong muốn có thể được xác định được; rằng chương trình đào tạo và phương pháp sư phạm nên được thiết lập một cách tích hợp để đảm bảo một cách hợp lý các chuẩn đầu ra sẽ đạt được; và rằng đánh giá người học và kiểm định chương trình nên nhất quán với các chuẩn đầu ra, và dùng kết quả này để thông tin cho các giảng viên và sinh viên về sự tiến triển, và để làm cơ sở cho việc cải tiến liên tục. Chương trình nào sẽ không hưởng lợi ích từ việc áp dụng một cách có hệ thống các phương pháp tiếp cận này?

Ở cấp độ chi tiết kế tiếp, Đề cương CDIO xác định những chuẩn đầu ra mong đợi cho các chương trình giáo dục kỹ thuật, và Đề cương có thể được thích nghi một cách dễ dàng đối với bất kỳ một chương trình giáo dục nào. Mục 1 *Kiến thức Kỹ thuật và Lập luận*, có thể được thay đổi thành *Kiến thức Chuyên ngành và Lập luận*. Đối với Mục 2 và 3, *Kiến thức và Các Kỹ năng Cá nhân* và *Giao tiếp*, thì phần lớn là giống nhau trong giáo dục ở tất cả các trường đại học. Trong Mục 4, việc điều chỉnh những mô tả của chu trình vòng đời sản phẩm *Hình thành Ý tưởng, Thiết kế, Triển khai, và Vận hành các Hệ thống trong Bối cảnh Doanh nghiệp và Xã hội*, thành *Áp dụng Kiến thức để đem lại Lợi ích cho Xã hội* có thể khái quát hóa được Mục này. (Xem Hình 3.7 trong Chương 3). Một cách tương tự, những Tiêu

chuẩn có thể được thích nghi bằng cách điều chỉnh Tiêu chuẩn 1 *Bối cảnh* thành “giáo dục trong bối cảnh của thực hành.”

Cũng có thể thấy được những ngành nghề tương tự sử dụng những sản phẩm, quy trình, hoặc hệ thống để trực tiếp định hình chuẩn đầu ra. Ngành kiến trúc, được, giáo dục, và quản trị kinh doanh rơi vào hạng mục ngành nghề tương tự này. Các quy trình cơ bản trong thực hành của kiến trúc là rất giống với kỹ thuật, và có lẽ nhấn mạnh nhiều hơn vào tính thẩm mỹ và thiết kế trực quan (visual design). Việc thích nghi phương pháp tiếp cận CDIO vào lĩnh vực này có thể là trực tiếp nhất. Thực ra, nhiều nhà giáo dục trong lĩnh vực kiến trúc có thể thấy rằng Hình thành ý tưởng - Thiết kế - Triển khai - Vận hành đưa giáo dục kỹ thuật đến gần hơn với giáo dục kiến trúc, nhấn mạnh vào việc học trải nghiệm.

Tiêu chuẩn 1 xác định sự phát triển và triển khai của chu trình vòng đời sản phẩm, quy trình và hệ thống là bối cảnh của giáo dục kỹ thuật. Trong kỹ thuật, thường có một sự diễn giải rõ ràng trong ý nghĩa của một sản phẩm, quy trình, hoặc hệ thống, nhưng những khái niệm này có lẽ sẽ không tồn tại trong lĩnh vực khác. Ví dụ, trong ngành y hoặc ngành sư phạm, bối cảnh là một dịch vụ cho bệnh nhân, và sự tiến bộ của sinh viên. Việc đưa khái niệm về dịch vụ vào trong Đề cương và các Tiêu chuẩn tạo điều kiện thuận lợi cho việc áp dụng phương pháp tiếp cận vào các lĩnh vực ngoài kỹ thuật. Giáo dục kinh doanh là một lĩnh vực khác có khả năng áp dụng được. Trong các chương trình kinh doanh và quản trị, có nhu cầu phải mở rộng hay điều chỉnh các định nghĩa của sản phẩm, quy trình, và hệ thống. Tuy nhiên, phương pháp tiếp cận CDIO vẫn có thể áp dụng được tới mức độ mà các chuyên gia trong quản trị kinh doanh định nghĩa các chiến lược, tổ chức, sản phẩm, và dịch vụ.

Việc áp dụng vào các lĩnh vực mà trong đó giới chuyên môn không sử dụng sản phẩm, quy trình, và hệ thống rõ ràng để định hình đầu ra thì cần phải xem xét ở mức độ trừu tượng nhất. Việc ứng dụng vào các ngành khoa học xã hội, nhân văn, nghệ thuật và khoa học sẽ đặt ra những câu hỏi như, *Bối cảnh của thực hành là gì? Và Ai là các bên liên quan thích hợp?*

## TÓM TẮT

Chương này phản ánh những gì chúng tôi thấy được là các thách thức trong tương lai đối với giáo dục kỹ thuật, và những cách thức mà Đề xướng CDIO có thể đóng góp để khắc phục những thách thức này. Các vấn đề bao gồm những đột phá trong khoa học và phát triển công nghệ, sự quốc tế hóa, tính lưu động và linh hoạt của sinh viên, những kỹ năng và thái độ của những sinh viên kỹ thuật mới bắt đầu, những vấn đề về giới tính và mở rộng số lượng sinh viên, và những chính sách và đề xướng của chính phủ. Cuối cùng, chúng tôi đã thảo luận phương pháp tiếp cận CDIO có thể được



áp dụng vào trong những lĩnh vực kỹ thuật truyền thống, giáo dục sau đại học, và những chương trình ngoài kỹ thuật.

Chúng tôi bắt đầu cuốn sách này với đoạn văn sau: Mục đích của giáo dục kỹ thuật là đáp ứng yêu cầu học tập của sinh viên để họ trở thành người kỹ sư thành đạt – có chuyên môn kỹ thuật, có ý thức xã hội, có thiên hướng sáng tạo. Những kiến thức, kỹ năng, và thái độ này là điều kiện cốt yếu để tăng cường hiệu quả, tinh thần khởi nghiệp và tính xuất sắc trong môi trường ngày càng dựa trên sản phẩm, quy trình, và hệ thống mang tính phức hợp về kỹ thuật và đòi hỏi tính bền vững. Do đó yêu cầu cấp thiết là cải tiến chất lượng và bản chất của giáo dục kỹ thuật ở bậc đào tạo đại học. Chúng tôi tin rằng Đề xướng CDIO đã phát triển một phương pháp tiếp cận để đáp ứng yêu cầu cấp thiết này. Nó trả lời cho các nhu cầu đã xác định của việc đào tạo các sinh viên thành người “đã sẵn sàng làm việc kỹ thuật.” Đề xướng này đã có và cũng giống như các mục tiêu của nó rằng học tập nên được củng cố cả về kiến thức nền tảng và các kỹ năng. Nó đã phát triển một phương pháp tiếp cận thực tế và có hệ thống cho một chương trình đào tạo tích hợp và phương pháp sư phạm với các công cụ đánh giá được tương thích một cách phù hợp.

Chúng tôi đã tạo ra một tập hợp các nguồn lực mở để những người khác có thể tiếp cận được với phương pháp, với một sự hiểu biết rằng không có gì là qui tắc. Chúng tôi mang lại một tập hợp các nguồn lực và phương pháp có thể thích ứng và triển khai vào mỗi chương trình địa phương. Chúng tôi hy vọng rằng các nguồn lực này sẽ tiếp tục phát triển vì có được sự đóng góp của những người khác.

Chúng tôi dự đoán Đề xướng CDIO sẽ nổi trội trong vài năm tới trở thành một trong những thí nghiệm thành công trong cải cách giáo dục kỹ thuật trên thế giới. Chúng tôi tiếp tục phản ánh về kết quả của các nỗ lực này để cải thiện nền giáo dục cho sinh viên của chúng ta, khi chúng ta trang bị cho họ để kiến tạo sản phẩm, quy trình, và hệ thống có tính phức tạp về công nghệ và có tính bền vững rất quan trọng cho tương lai của chúng ta.

### CÂU HỎI THẢO LUẬN

1. Bạn mong muốn giáo dục kỹ thuật sẽ thay đổi theo những cách thức nào trong 10 năm kế tiếp? trong 20 năm kế tiếp?
2. Những phát triển trong khoa học, công nghệ, và kinh doanh có tác động lớn nhất đối với giáo dục kỹ thuật trong 20 năm kế tiếp là gì?
3. Bạn mong muốn chương trình của bạn thay đổi bằng cách nào theo các ý tưởng được trình bày trong cuốn sách này?

## Tài liệu tham khảo

- [1] The Bologna Process. Available at [http://europa.eu.int/comm/education/policies/educ/bologna/bologna\\_en.html](http://europa.eu.int/comm/education/policies/educ/bologna/bologna_en.html)
- [2] Canadian Engineering Accreditation Board, Canadian Council of Professional Engineers. Available at <http://www.ccpe.ca>
- [3] Washington Accord. Available at <http://www.washingtonaccord.org>
- [4] American Board of Engineering and Technology, Criteria for Accrediting Engineering Programs Effective for Evaluations During the 2000 – 2001 Accreditation Cycle, 2000. Available at <http://www.abet.org>
- [5] Accreditation of European Engineering Programmes. Available at <http://www.eurace.org>
- [6] Augusti, G., Accreditation of Engineering Programmes: A Pan – European Approach. 33 rd SEFI Annual Conference, Ankara, Turkey, September 7-10, 2005.
- [7] Irandoust, S. et al., Att lyfta matematiken–intresse, lärande, kompetens (Lifting Mathematics–Interest, Learning, Competence), SOU2004:97, 2004. In Swedish.
- [8] Malmqvist, J., Edström, K., Gunnarsson, S., Östlund, S., “Use of CDIO Standards in Swedish National Evaluation of Engineering Educational Programs”, Proceedings of 1st CDIO Conference, Kingston, Canada, 2005.
- [9] Franzén, C. J., Private communication, Department of Chemical and Biological Engineering, Chalmers University of Technology, Göteborg, Sweden., 2005.

# ĐỀ CƯƠNG CDIO

## 1 KIẾN THỨC VÀ LẬP LUẬN KỸ THUẬT

### 1.1 KIẾN THỨC KHOA HỌC CƠ BẢN

1.1.1 (Do chương trình xác định)

### 1.2 KIẾN THỨC NỀN TẢNG KỸ THUẬT CỐT LÕI

1.2.1 (Do chương trình xác định)

### 1.3 KIẾN THỨC NỀN TẢNG KỸ THUẬT NÂNG CAO

1.3.1 (Do chương trình xác định)

## 2 KỸ NĂNG VÀ TỐ CHẤT CÁ NHÂN VÀ CHUYÊN NGHIỆP

### 2.1 LẬP LUẬN KỸ THUẬT VÀ GIẢI QUYẾT VẤN ĐỀ

2.1.1 Xác định và Hình thành Vấn đề

Đánh giá dữ liệu và vấn đề

Phân tích các giả thiết và những nguồn định kiến

Thể hiện vấn đề ưu tiên trong bối cảnh các mục tiêu chung

Hình thành một kế hoạch giải quyết (mô hình phối hợp, các giải pháp giải tích và số, phân tích định tính, thử nghiệm và xem xét các yếu tố bất định)

2.1.2 Mô hình hóa

Sử dụng các giả thiết để đơn giản hóa các hệ thống và môi trường phức tạp

Lựa chọn và áp dụng các mô hình khái niệm và định tính

Lựa chọn và áp dụng các mô hình định lượng và mô phỏng

2.1.3 Ước lượng và Phân tích Định tính

Ước lượng biên độ, giới hạn và khuynh hướng

Áp dụng kiểm tra tính nhất quán và lỗi (giới hạn, số nguyên, v.v.)

Thể hiện sự tổng quát hóa của các giải pháp phân tích

2.1.4 Phân tích với sự hiện diện của yếu tố bất định

Tìm ra những thông tin không hoàn chỉnh và mơ hồ

Áp dụng các mô hình xác suất và thống kê sự kiện và trình tự

Thực hành phân tích chi phí-lợi ích kỹ thuật và rủi ro

Thảo luận phân tích quyết định

Lập kế hoạch cho biên độ và dự phòng

2.1.5 Giải pháp và Đề xuất

Tổng hợp các giải pháp cho vấn đề

Phân tích các kết quả quan trọng của các giải pháp và kiểm tra dữ liệu

Phân tích và xử lý sự khác biệt trong kết quả

Hình thành các đề xuất tóm lược

Đánh giá những cải tiến có thể đạt được trong quy trình giải quyết vấn đề

## **2.2 THỬ NGHIỆM VÀ KHÁM PHÁ TRI THỨC**

### **2.2.1 Lập Giả thuyết**

Chọn những câu hỏi quan trọng để xem xét

Lập giả thuyết để kiểm tra

Thảo luận về đối chứng và nhóm đối chứng

### **2.2.2 Khảo sát qua Tài liệu in và Tài liệu Điện tử**

Chọn chiến lược nghiên cứu tài liệu

Thể hiện việc tra cứu và xác định thông tin bằng cách sử dụng các công cụ thư viện (tài liệu trên mạng, các cơ sở dữ liệu, công cụ tìm kiếm)

Thể hiện việc sắp xếp và phân loại thông tin chính yếu

Nghi vấn chất lượng và độ tin cậy của thông tin

Xác định những nội dung chính yếu và sáng kiến hàm chứa trong thông tin

Xác định những vấn đề nghiên cứu chưa được trả lời

Liệt kê những trích dẫn về tài liệu tham khảo

### **2.2.3 Điều tra theo Thí nghiệm**

Hình thành khái niệm và chiến lược thí nghiệm

Thảo luận những điều cần lưu ý khi con người được dùng vào việc thí nghiệm

Tiến hành xây dựng và tổ chức thí nghiệm

Tiến hành các biên bản và các thủ tục thí nghiệm

Tiến hành đo lường thí nghiệm

Phân tích và báo cáo dữ liệu thí nghiệm

So sánh dữ liệu thí nghiệm với những mô hình có sẵn

### **2.2.4 Kiểm tra Giả thuyết, và Bảo vệ**

Thảo luận tính hiệu lực thống kê của dữ liệu

Thảo luận những giới hạn của dữ liệu được sử dụng

Chuẩn bị các kết luận được chứng minh bởi dữ liệu, các nhu cầu và giá trị

Đánh giá những cải tiến có thể đạt được trong quá trình khám phá tri thức

## **2.3 SUY NGHĨ TÂM HỆ THỐNG**

### **2.3.1 Suy nghĩ toàn cục**

Xác định và định nghĩa một hệ thống, sự vận hành của nó, và các yếu tố cấu thành của nó

Sử dụng những phương pháp tiếp cận liên ngành để đảm bảo rằng hệ thống được hiểu từ mọi phía có liên quan

Xác định bối cảnh xã hội, doanh nghiệp, và công nghệ của hệ thống

Xác định những sự tương tác ngoài hệ thống, và tác động vận hành của hệ thống

**2.3.2 Sự Phát sinh và những sự Tương tác trong các Hệ thống**

Thảo luận những khái niệm trừu tượng cần thiết để định nghĩa và lập mô hình hệ thống

Xác định các đặc tính vận hành và chức năng (chủ ý và không chủ ý) phát sinh từ hệ thống

Xác định các giao diện quan trọng giữa các yếu tố

Nhận thức được sự thích ứng tiến triển theo thời gian

**2.3.3 Sắp xếp theo Thứ tự Ưu tiên và Tập trung**

Xác định và phân loại tất cả các nhân tố liên quan đến toàn bộ hệ thống

Xác định các nhân tố chính yếu từ trong các yếu tố hệ thống

Giải thích các sự phân bổ nguồn lực để giải quyết các vấn đề chính

**2.3.4 Trao đổi, Phán xét, và Cân bằng trong Hướng Giải quyết**

Xác định các mâu thuẫn và nhân tố để giải quyết qua trao đổi

Lựa chọn và sử dụng các phương pháp cân bằng nhiều yếu tố khác nhau, giải quyết các mâu thuẫn và tối ưu hóa toàn bộ hệ thống

Mô tả các giải pháp linh hoạt so với các giải pháp tối ưu trong suốt vòng đời của hệ thống

Đánh giá những cải tiến có thể đạt được trong quá trình suy nghĩ tâm hệ thống

**2.4 KỸ NĂNG VÀ THÁI ĐỘ CÁ NHÂN**

**2.4.1 Đề xướng và Sẵn sàng Chấp nhận Rủi ro**

Xác định các nhu cầu và các cơ hội cho đề xướng

Thảo luận các lợi điểm và các rủi ro tiềm năng của một hành động

Giải thích các phương pháp và hoạch định thời gian cho việc đề xướng đề án

Thể hiện sự lãnh đạo trong những đề xướng mới, với hướng thiên về các hành động đúng đắn

Có hành động dứt khoát, đạt được kết quả, và báo cáo các hành động

**2.4.2 Tính Kiên trì và Linh hoạt**

Thể hiện sự tự tin, lòng nhiệt tình, và niềm đam mê

Thể hiện tầm quan trọng của làm việc chăm chỉ, có cường độ cao và chú ý đến chi tiết

Thể hiện sự thích nghi đối với thay đổi

Thể hiện một sự sẵn sàng và khả năng làm việc độc lập

Thể hiện sự sẵn sàng làm việc với người khác, và xem xét và chấp nhận các quan điểm khác nhau

Thể hiện sự chấp nhận lời phê bình và những phản hồi tích cực

#### 2.4.3 Tư duy Sáng tạo

Thể hiện khả năng khái niệm hóa và trừu tượng hóa

Thể hiện khả năng tổng hợp và tổng quát hóa

Thực hiện quá trình phát minh

Thảo luận vai trò của tính sáng tạo trong nghệ thuật, khoa học, và nhân văn và công nghệ

#### 2.4.4 Tư duy Suy xét

Phân tích sự trình bày về vấn đề

Lựa chọn những lý lẽ và các giải pháp lô-gic

Đánh giá chứng cứ hỗ trợ

Xác định các quan điểm, lý thuyết và dữ kiện đối nghịch

Xác định các sự nhầm lẫn lô-gic

Kiểm tra các giả thuyết và kết luận

#### 2.4.5 Nhận biết về Kiến thức, Kỹ năng, và Thái độ Cá nhân của Mình

Mô tả các kỹ năng, mối quan tâm, điểm mạnh, điểm yếu của mình

Thảo luận về giới hạn những khả năng của mình, trách nhiệm của mình, cho sự cải tiến bản thân để khắc phục những điểm yếu quan trọng

Thảo luận tầm quan trọng của cả độ sâu và độ rộng của kiến thức

#### 2.4.6 Ham Tìm hiểu và Học tập Suốt đời

Thảo luận động cơ tự học liên tục

Thể hiện các kỹ năng tự học hỏi

Thảo luận cách học của riêng mình

Thảo luận sự phát triển các mối quan hệ với người hướng dẫn

#### 2.4.7 Quản lý Thời gian và Nguồn lực

Thảo luận việc sắp xếp nhiệm vụ theo thứ tự ưu tiên

Giải thích tầm quan trọng và/hay tính cấp bách của các nhiệm vụ

Giải thích việc thực hiện hiệu quả của các nhiệm vụ

### 2.5 CÁC KỸ NĂNG VÀ THÁI ĐỘ CHUYÊN NGHIỆP

#### 2.5.1 Đạo đức Chuyên nghiệp, Tính Trung thực, Bồn phận và Trách nhiệm

Thể hiện các tiêu chuẩn và nguyên tắc về đạo đức của mình

Thể hiện lòng can đảm để hành động theo nguyên tắc bất chấp hoàn cảnh không thuận lợi

Xác định khả năng mâu thuẫn giữa những mệnh lệnh đạo đức chuyên nghiệp

Thể hiện việc hiểu được rằng sai lầm là có thể chấp nhận được, nhưng mình phải có trách nhiệm đối với sai lầm đó  
Thực hành việc công nhận đúng đắn công lao của những người hợp tác

Thể hiện một sự cam kết để phục vụ

**2.5.2 Hành xử Chuyên nghiệp**

Thảo luận phong cách chuyên nghiệp

Giải thích sự lịch thiệp chuyên nghiệp

Xác định các phong tục quốc tế và tập quán tiếp xúc trong giao tiếp

**2.5.3 Chủ động Lên Kế hoạch cho Nghề nghiệp của Mình**

Thảo luận tầm nhìn cá nhân cho tương lai của mình

Giải thích việc tạo mạng lưới quan hệ với những người chuyên nghiệp

Xác định hồ sơ thành tích của mình về các kỹ năng chuyên nghiệp

**2.5.4 Luôn Cập nhật Thông tin trong Lĩnh vực Kỹ thuật**

Thảo luận sự tác động tiềm năng của những khám phá khoa học mới

Mô tả tác động xã hội và kỹ thuật của những công nghệ và phát minh mới

Thảo luận sự quen thuộc với thực hành/ công nghệ đương thời trong kỹ thuật

Giải thích các mối liên kết giữa lý thuyết và thực hành kỹ thuật

**3 KỸ NĂNG GIAO TIẾP: LÀM VIỆC THEO NHÓM VÀ GIAO TIẾP**

**3.1 LÀM VIỆC THEO NHÓM**

**3.1.1 Thành lập Nhóm Hoạt động Hiệu quả**

Xác định các giai đoạn của việc thành lập nhóm và vòng đời của nhóm

Diễn giải nhiệm vụ và các quy trình hoạt động nhóm

Xác định các vai trò và trách nhiệm của các thành viên trong nhóm

Phân tích các mục tiêu, nhu cầu, và đặc tính (cách làm việc, sự khác biệt về văn hóa) của từng cá nhân thành viên trong nhóm

Phân tích các điểm mạnh và điểm yếu của nhóm

Thảo luận về các quy tắc liên quan đến tính bảo mật, bản phận, và đề xướng của nhóm

**3.1.2 Hoạt động Nhóm**

Lựa chọn các mục tiêu và công việc cần làm

Thực hiện kế hoạch và tạo điều kiện cho các cuộc họp có hiệu quả

Áp dụng các quy tắc của nhóm

Thực hành giao tiếp hiệu quả (lắng nghe, hợp tác, cung cấp, và tiếp nhận thông tin một cách chủ động)

Thể hiện sự phản hồi tích cực và hiệu quả

Thực hành việc lập kế hoạch, lên chương trình và thực hiện một đề án

Hình thành các giải pháp cho các vấn đề (tính sáng tạo và đưa ra quyết định)

Thực hành thương lượng và giải quyết mâu thuẫn

### 3.1.3 Phát triển và Tiến triển Nhóm

Thảo luận các chiến lược cho sự phản hồi, đánh giá, và tự đánh giá

Xác định các kỹ năng cho sự duy trì và phát triển nhóm

Xác định các kỹ năng cho sự phát triển cá nhân trong phạm vi nhóm

Giải thích các chiến lược cho việc giao tiếp của nhóm

### 3.1.4 Lãnh đạo

Giải thích các mục tiêu của nhóm

Thực hành quản lý quy trình nhóm

Thực hành các kiểu lãnh đạo và hỗ trợ (chỉ dẫn, huấn luyện, hỗ trợ, phân nhiệm)

Giải thích các phương pháp để động viên (ví dụ, khích lệ, sự công nhận, v.v.)

Thực hành đại diện nhóm trước những người khác

Mô tả khả năng hướng dẫn và cố vấn

### 3.1.5 Hợp tác Kỹ thuật

Mô tả làm việc trong nhiều loại nhóm khác nhau:

Các nhóm liên ngành, bao gồm không kỹ thuật

Nhóm nhỏ và nhóm lớn

Các môi trường ở xa, phân tán, điện tử

Thể hiện hợp tác kỹ thuật với các thành viên trong nhóm

## 3.2 GIAO TIẾP

### 3.2.1 Chiến lược Giao tiếp

Phân tích tình huống giao tiếp

Lựa chọn một chiến lược giao tiếp

### 3.2.2 Cấu trúc Giao tiếp

Hình thành lý lẽ lô-gic và có sức thuyết phục

Hình thành cấu trúc phù hợp và các mối quan hệ giữa các ý tưởng

Lựa chọn những bằng chứng hỗ trợ phù hợp, đáng tin cậy, và chính xác



Sử dụng ngôn ngữ một cách súc tích, quả quyết, chính xác, rõ ràng

Phân tích các yếu tố cường điệu (ví dụ: cách trình bày tùy thuộc vào người nghe)

Xác định cách giao tiếp liên ngành và liên văn hóa

### 3.2.3 Giao tiếp bằng Văn viết

Thể hiện khả năng viết mạch lạc và trôi chảy

Thực hành viết đúng chính tả, chấm câu, và ngữ pháp

Thể hiện khả năng viết kỹ thuật

Áp dụng những kiểu viết khác nhau (văn bản chính thức và không chính thức, báo cáo, v.v.)

### 3.2.4 Giao tiếp Điện tử/ Đa truyền thông

Thể hiện khả năng chuẩn bị bài thuyết trình bằng điện tử

Xác định các tập quán liên quan đến việc sử dụng thư điện tử, lời nhắn, và hội thảo qua video

Áp dụng các kiểu hình thức (biểu đồ, trang web, v.v)

### 3.2.5 Giao tiếp Đồ họa

Thể hiện vẽ phác, và vẽ

Thể hiện việc tạo ra các bảng biểu, đồ thị, biểu đồ

Diễn giải các bản vẽ kỹ thuật và vẽ phối cảnh chính thức

### 3.2.6 Thuyết trình và Giao tiếp

Thực hành thuyết trình và công cụ truyền thông hỗ trợ với ngôn ngữ, phong cách, thời gian, và cấu trúc phù hợp

Sử dụng các phương tiện giao tiếp không bằng văn bản hay lời nói (cử chỉ, ánh mắt, tư thế)

Thể hiện trả lời các câu hỏi một cách hiệu quả

## 3.3 GIAO TIẾP BẰNG NGOẠI NGỮ

### 3.3.1 Tiếng Anh

### 3.3.2 Ngôn ngữ của các nước Công nghiệp trong Khu vực

### 3.3.3 Các Ngôn ngữ Khác

## 4 HÌNH THÀNH Ý TƯỞNG, THIẾT KẾ, TRIỂN KHAI, VÀ VẬN HÀNH TRONG BỐI CẢNH DOANH NGHIỆP VÀ XÃ HỘI

### 4.1 BỐI CẢNH BÊN NGOÀI VÀ XÃ HỘI

#### 4.1.1 Vai trò và Trách nhiệm của Người Kỹ sư

Chấp nhận các mục tiêu và vai trò của ngành nghề kỹ thuật

Chấp nhận các trách nhiệm của kỹ sư đối với xã hội

#### 4.1.2 Sự Tác động của Kỹ thuật đối với Xã hội

Giải thích tác động của kỹ thuật đối với môi trường, các hệ thống xã hội, kiến trúc, và kinh tế trong văn hóa hiện đại

#### 4.1.3 Các Quy định của Xã hội Đối với Kỹ thuật

Chấp nhận vai trò của xã hội và các cơ quan của nó trong việc điều tiết kỹ thuật

Nhận biết phương thức các hệ thống pháp lý và chính trị điều tiết và tác động đến kỹ thuật

Mô tả các tổ chức chuyên nghiệp cấp giấy phép và đề ra các tiêu chuẩn như thế nào

Mô tả tài sản trí tuệ được tạo ra, sử dụng, và bảo vệ như thế nào

#### 4.1.4 Bối cảnh Lịch sử và Văn hóa

Mô tả bản chất đa dạng và lịch sử của xã hội loài người cũng như các truyền thống của họ về văn học, triết lý, và nghệ thuật

Mô tả các nghị luận và phân tích phù hợp cho việc thảo luận ngôn ngữ, tư tưởng, và giá trị

#### 4.1.5 Các Vấn đề và Giá trị Đương thời

Mô tả các vấn đề về giá trị quan trọng đương thời đối với chính trị, xã hội, pháp lý, và môi trường

Xác định quy trình sử dụng để đặt ra các giá trị đương thời và vai trò của mỗi người trong các quy trình này

Xác định các cơ chế để mở rộng và phổ biến kiến thức

#### 4.1.6 Phát triển Một Quan điểm Toàn cầu

Mô tả sự quốc tế hóa của hoạt động nhân loại

Nhận biết những điểm tương đồng và khác nhau trong các tập quán của các văn hóa về chính trị, xã hội, kinh tế, kinh doanh, và kỹ thuật

Nhận biết các hiệp ước và đồng minh quốc tế giữa các doanh nghiệp với nhau, và giữa các chính phủ với nhau

## 4.2 BỐI CẢNH DOANH NGHIỆP VÀ KINH DOANH

### 4.2.1 Tôn trọng các Nền Văn hóa của Tổ chức Khác nhau

Nhận biết sự khác biệt trong quy trình, văn hóa, và thước đo sự thành công trong các văn hóa doanh nghiệp khác nhau:

Công ty so với giáo dục so với cơ quan chính phủ so với các tổ chức vô vụ lợi/ phi chính phủ

Điều tiết bởi thị trường so với điều tiết bởi chính sách

Lớn so với nhỏ

Tập trung so với phân quyền

Nghiên cứu và phát triển so với vận hành

Giai đoạn bão hòa so với giai đoạn tăng trưởng so với giai đoạn khởi đầu

Chu trình phát triển dài hơn so với chu trình phát triển nhanh hơn

Có hoặc không có lao động có tổ chức

### 4.2.2 Chiến lược, Mục tiêu, và Kế hoạch của Tổ chức

Nêu rõ sứ mạng và quy mô của tổ chức

Nhận biết khả năng chính yếu và thị trường của tổ chức

Nhận biết các liên minh quan trọng và mối quan hệ với nhà cung ứng

Liệt kê các mục tiêu và hệ thống đo lường về tài chính và quản lý

Nhận biết hoạch định và kiểm soát tài chính

Mô tả các quan hệ với các bên liên quan (với chủ sở hữu, nhân viên, khách hàng, v.v.)

#### 4.2.3 Có Đầu óc Kinh doanh Thông qua Kỹ thuật

Nhận thức các cơ hội kinh doanh có thể sử dụng công nghệ

Nhận biết các công nghệ có thể tạo ra các sản phẩm, và hệ thống mới

Mô tả cách tổ chức và tài chính trong kinh doanh

#### 4.2.4 Làm việc Thành công trong Các Tổ chức

Xác định chức năng của quản trị

Mô tả các vai trò và trách nhiệm khác nhau trong một tổ chức

Mô tả các vai trò của các tổ chức theo chức năng và theo chương trình

Mô tả cách làm việc hiệu quả trong phạm vi cấp bậc và tổ chức

Mô tả sự thay đổi, năng động, và tiến triển trong các tổ chức

### 4.3 HÌNH THÀNH Ý TƯỞNG VÀ XÂY DỰNG CÁC HỆ THỐNG

#### 4.3.1 Thiết lập Những Mục tiêu và Yêu cầu của Hệ thống

Xác định các nhu cầu và cơ hội của thị trường

Tìm kiếm và diễn giải nhu cầu khách hàng

Xác định các cơ hội xuất phát từ công nghệ mới hay các nhu cầu tiềm ẩn

Giải thích các yếu tố đặt ra bối cảnh của yêu cầu

Xác định các mục tiêu, chiến lược, khả năng, và đồng minh của tổ chức

Xác định và phân loại những đối thủ cạnh tranh và đối sánh thông tin

Diễn giải các ảnh hưởng về đạo đức, xã hội, môi trường, pháp lý và luật lệ điều tiết

Giải thích xác suất của thay đổi trong các yếu tố ảnh hưởng đến hệ thống, các mục tiêu và nguồn lực sẵn có của nó

Diễn giải các mục tiêu và yêu cầu của hệ thống

Xác định cách diễn đạt/ thể thức của các mục tiêu và yêu cầu

Diễn giải những mục tiêu ban đầu (dựa trên các nhu cầu, cơ hội và các ảnh hưởng khác)

Giải thích đo lường hiệu suất của hệ thống

Diễn giải sự hoàn chỉnh và nhất quán trong các yêu cầu

#### 4.3.2 Định nghĩa Chức năng, Khái niệm và Cấu trúc

Xác định các chức năng cần thiết của hệ thống (và các điều kiện hoạt động)

Lựa chọn các khái niệm về hệ thống

Xác định mức độ công nghệ phù hợp

Phân tích sự trao đổi giữa các khái niệm và sự phối hợp của chúng

Xác định hình thức và tổ chức cấu trúc ở cấp độ cao  
Giải thích sự phân rời hình thức thành các thành phần, giao chức năng cho từng thành phần, và xác định giao diện giữa các thành phần

#### 4.3.3 Mô hình hóa Hệ thống và Đảm bảo Mục tiêu Có thể Đạt được

Xác định các mô hình phù hợp về hiệu suất kỹ thuật

Thảo luận khái niệm về triển khai và vận hành

Thảo luận các giá trị và chi phí trong chu trình vòng đời (thiết kế, triển khai, vận hành, cơ hội v.v.)

Thảo luận sự trao đổi giữa các mục tiêu, chức năng, khái niệm, và cơ cấu; và lặp đi lặp lại cho đến khi có được kết quả thống nhất cuối cùng

#### 4.3.4 Quản lý Đề án

Mô tả việc kiểm soát chi phí, hiệu suất, và thời khóa biểu của đề án

Giải thích các điểm chuyển tiếp phù hợp và nhận xét

Giải thích cấu hình quản lý và tài liệu

Diễn giải hiệu suất so với mức tiêu chuẩn

Xác định quy trình đạt giá trị

Thảo luận việc ước lượng và phân bổ các nguồn lực

Xác định các rủi ro và các lựa chọn thay thế

Mô tả sự phát triển các quy trình cải tiến có thể thực hiện được

### 4.4 THIẾT KẾ

#### 4.4.1 Quy trình Thiết kế

Lựa chọn các yêu cầu cho mỗi thành phần hay bộ phận được rút ra từ các mục tiêu và yêu cầu ở mức độ hệ thống

Phân tích các lựa chọn thay thế trong thiết kế

Lựa chọn thiết kế ban đầu

Sử dụng các mẫu thử và vật phẩm thí nghiệm trong quá trình phát triển thiết kế

Thực hiện tối ưu hóa phù hợp với những hạn chế

Thể hiện sự lặp đi lặp lại cho đến khi đạt kết quả

Tổng hợp thiết kế cuối cùng

Thể hiện sự đáp ứng yêu cầu thay đổi

#### 4.4.2 Phân đoạn Quy trình Thiết kế và Phương pháp Tiếp cận

Giải thích các hoạt động trong các giai đoạn của thiết kế hệ thống (ý tưởng, thiết kế sơ bộ, và chi tiết)

Thảo luận các mô hình quy trình phù hợp cho các đề án phát triển cụ thể (mô hình thác nước, mô hình xoắn ốc, mô hình đồng thời)

Thảo luận quy trình cho các sản phẩm đơn lẻ, sản phẩm nền, hay sản phẩm chỉnh sửa

#### 4.4.3 Vận dụng Kiến thức trong Thiết kế

Vận dụng kiến thức kỹ thuật và khoa học

Thực hành tư duy sáng tạo và suy xét, và giải quyết vấn đề

Thảo luận về công việc ưu tiên trong lĩnh vực, sự tiêu chuẩn hóa và tái sử dụng các thiết kế (bao gồm kỹ thuật ngược và tái thiết kế)

Thảo luận việc thu thập kiến thức thiết kế

#### 4.4.4 Thiết kế Chuyên ngành

Lựa chọn những kỹ thuật, dụng cụ, và quy trình phù hợp

Giải thích sự hiệu chỉnh và phê chuẩn công cụ thiết kế

Thực hiện phân tích định lượng cho các lựa chọn thay thế khác

Thực hành mô hình hóa, mô phỏng, và kiểm tra

Thảo luận sự chất lọc có tính phân tích về thiết kế

#### 4.4.5 Thiết kế Đa ngành

Xác định sự tương tác giữa các chuyên ngành

Xác định các quy ước và giả định khác nhau

Giải thích sự khác biệt về tính hoàn hảo của các mô hình chuyên ngành

Giải thích các môi trường thiết kế đa ngành

Giải thích thiết kế đa ngành

#### 4.4.6 Thiết kế Đa Mục đích

Thể hiện thiết kế đáp ứng:

Tính năng, chi phí và giá trị chu trình vòng đời

Thẩm mỹ và yếu tố con người

Việc triển khai, phê chuẩn, kiểm tra, và sự bền vững đối với môi trường

Sự vận hành

Khả năng duy trì, độ tin cậy, và an toàn

Sự vững chắc, tiến triển, cải tiến và đào thải sản phẩm

### 4.5 TRIỂN KHAI

#### 4.5.1 Thiết kế Quá trình Triển khai

Nêu rõ các mục tiêu và đo lường tính năng, chi phí, và chất lượng của việc triển khai

Nhận biết sự triển khai của thiết kế hệ thống

#### 4.5.2 Quy trình Sản xuất Phần cứng

Mô tả việc chế tạo các bộ phận

Mô tả việc lắp ráp các bộ phận thành những thành phần lớn hơn

Định nghĩa dung sai, biên độ biến đổi, đặc tính chính yếu, và quy trình kiểm soát dùng thống kê

#### 4.5.3 Quy trình Triển khai Phần mềm

Giải thích sự chia nhỏ các thành phần ở mức độ cao thành các môđun thiết kế (bao gồm thuật toán, và cấu trúc dữ liệu)  
Thảo luận thuật toán (cấu trúc dữ liệu, dòng điều khiển, dòng dữ liệu)

Mô tả ngôn ngữ lập trình

Thực hành thiết kế ở cấp độ thấp (mã hóa)

Mô tả tổ chức của hệ thống

#### 4.5.4 Tích hợp Phần cứng và Phần mềm

Mô tả sự tích hợp phần mềm vào trong phần cứng điện tử (quy mô của bộ xử lý, tuyến thông, v.v.)

Mô tả sự tích hợp của việc tích hợp phần mềm với bộ cảm biến, bộ kích hoạt, và các phần cứng cơ khí

Mô tả chức năng và độ an toàn của phần cứng/ phần mềm

#### 4.5.5 Thử nghiệm, Kiểm tra, Thử Tính Hiệu lực, Chứng nhận

Thảo luận các thủ tục kiểm tra và phân tích (phần cứng so với phần mềm, mức độ chấp nhận được so với mức độ có chất lượng)

Thảo luận sự kiểm tra tính năng so với yêu cầu của hệ thống

Thảo luận hiệu lực của tính năng so với yêu cầu khách hàng

Giải thích sự chứng nhận đối với các tiêu chuẩn

#### 4.5.6 Quản lý Quá trình Triển khai

Mô tả tổ chức và cơ cấu cho việc triển khai

Mô tả nguồn cung cấp, hợp tác, và dây chuyền cung ứng

Nhận biết việc kiểm soát chi phí trong triển khai, thực hiện và thời gian biểu

Mô tả đảm bảo chất lượng và an toàn

Mô tả các cải tiến có thể thực hiện được trong quá trình triển khai

### 4.6 VẬN HÀNH

#### 4.6.1 Thiết kế và Tối ưu hóa Vận hành

Diễn giải các mục tiêu và đo lường tính năng hoạt động, chi phí, và giá trị của vận hành

Giải thích cấu trúc và phát triển quy trình vận hành

Giải thích sự phân tích và mô hình hóa vận hành (và sứ mạng)

#### 4.6.2 Huấn luyện và Vận hành

Mô tả việc huấn luyện để vận hành chuyên nghiệp:

Mô phỏng

Hướng dẫn và chương trình

Các thủ tục

Nhận biết sự giáo dục cho sự vận hành của khách hàng

Mô tả các quy trình vận hành

Nhận biết các sự tương tác của quy trình vận hành

#### 4.6.3 Hỗ trợ Chu trình Vòng đời Hệ thống

Giải thích sự bảo trì và hậu cần

Mô tả tính năng và độ tin cậy của chu trình vòng đời  
Mô tả giá trị và các chi phí của chu trình vòng đời  
Giải thích sự phản hồi để tạo điều kiện cho việc cải tiến hệ thống

#### 4.6.4 Cải tiến và Tiến triển Hệ thống

Xác định sự cải tiến sản phẩm được hoạch định trước  
Nhận biết các cải tiến dựa trên các nhu cầu nhận thấy được từ vận hành  
Nhận biết sự tiến triển trong việc nâng cấp hệ thống  
Nhận biết các cải tiến/ giải pháp để xử lý các trường hợp bất ngờ xảy ra từ vận hành

#### 4.6.5 Những Vấn đề về Đào thải và Cuối đời

Xác định các vấn đề cuối đời  
Liệt kê các lựa chọn để đào thải  
Xác định giá trị còn lại vào cuối đời  
Liệt kê những sự cân nhắc về môi trường cho việc đào thải

#### 4.6.6 Quản lý Vận hành

Mô tả tổ chức và cơ cấu cho việc vận hành  
Nhận biết các sự hợp tác và đồng minh  
Nhận biết sự kiểm soát của chi phí vận hành, tính năng, và thời gian biểu  
Mô tả việc đảm bảo chất lượng và an toàn  
Xác định việc quản lý chu trình vòng đời  
Nhận biết sự cải tiến có thể thực hiện được trong quá trình vận hành

# CÁC TIÊU CHUẨN CDIO

## CƠ SỞ HÌNH THÀNH

Một dự án quốc tế lớn nhằm cải cách chương trình đào tạo kỹ thuật bậc đại học được khởi xướng vào tháng 10 năm 2000. Dự án này, có tên gọi là *Đề xướng CDIO*, đã được mở rộng để bao gồm các chương trình kỹ thuật trên toàn thế giới. Tầm nhìn của dự án là mang đến cho sinh viên một nền giáo dục nhấn mạnh về nền tảng kỹ thuật trong bối cảnh Hình thành Ý tưởng - Thiết kế - Triển khai - Vận hành (Conceiving – Designing – Implementing – Operating – CDIO) các hệ thống và sản phẩm thực tế. *Đề xướng CDIO* đưa ra ba mục tiêu chung cho công tác đào tạo sinh viên thành những người có khả năng:

- nắm vững kiến thức chuyên sâu của nền tảng kỹ thuật
- dẫn đầu trong việc kiến tạo và vận hành sản phẩm và hệ thống mới
- hiểu được tầm quan trọng và tác động chiến lược của nghiên cứu và phát triển công nghệ đối với xã hội

*Đề xướng CDIO* tạo ra các nguồn tài liệu mà các chương trình cụ thể có thể thích nghi và triển khai để đạt được các mục tiêu này. Những nguồn tài liệu này hỗ trợ cho chương trình đào tạo được tổ chức xung quanh các chuyên ngành hỗ trợ lẫn nhau, đan xen với các trải nghiệm học tập liên quan đến các kỹ năng cá nhân và giao tiếp, và các kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình, và hệ thống. Sinh viên nhận được nền giáo dục có các trải nghiệm thiết kế - triển khai phong phú và chủ động, và học tập trải nghiệm, trong môi trường lớp học và không gian làm việc phục vụ học tập hiện đại. Một trong những nguồn tài liệu này là các Tiêu chuẩn CDIO, được cung cấp trong phần nội dung này. Thông tin chi tiết về *Đề xướng CDIO* được đăng tải trên trang web <http://www.cdio.org>.

## CÁC TIÊU CHUẨN CDIO

Vào tháng Giêng năm 2004, *Đề xướng CDIO* đã tiếp nhận 12 tiêu chuẩn mô tả về các chương trình CDIO. Những nguyên tắc hướng dẫn này được phát triển để đáp ứng mong muốn của các nhà lãnh đạo chương trình, cụ



sinh viên, và các đối tác doanh nghiệp, làm thế nào để nhận biết được các chương trình CDIO và sinh viên tốt nghiệp từ các chương trình này. Kết quả là, các Tiêu chuẩn CDIO này định nghĩa những đặc điểm riêng biệt của một chương trình CDIO, đóng vai trò như những hướng dẫn cho việc cải cách và kiểm định chương trình đào tạo, xác lập những đối sánh và mục tiêu mang lại sự ứng dụng trên toàn cầu, và cung cấp một khuôn khổ cho sự cải tiến liên tục.

Mười hai Tiêu chuẩn CDIO nhắm vào triết lý của chương trình (Tiêu chuẩn 1), sự phát triển chương trình đào tạo (các Tiêu chuẩn 2, 3 và 4), các trải nghiệm thiết kế - triển khai và các không gian làm việc (các Tiêu chuẩn 5 và 6), các phương pháp giảng dạy và học tập mới (các Tiêu chuẩn 7 và 8), phát triển giảng viên (các Tiêu chuẩn 9 và 10), và đánh giá và kiểm định (các Tiêu chuẩn 11 và 12). Trong 12 tiêu chuẩn này, bảy tiêu chuẩn được xem là *thiết yếu* vì chúng phân biệt các chương trình CDIO với các đề xướng cải cách giáo dục khác. (Dấu [\*] chỉ ra những tiêu chuẩn thiết yếu này). Năm tiêu chuẩn *phụ* (supplementary) hỗ trợ (enrich) cho chương trình CDIO một cách đáng kể và phản ánh những thông lệ thực hành tốt nhất trong giáo dục kỹ thuật.

Đối với mỗi tiêu chuẩn, phần *mô tả* giải thích ý nghĩa của tiêu chuẩn, phần *cơ sở lý luận* nhấn mạnh những lý do đặt ra tiêu chuẩn, và phần *minh chứng* cung cấp các ví dụ về tài liệu và các sự kiện thể hiện việc tuân thủ tiêu chuẩn.

#### TIÊU CHUẨN 1 – BỐI CẢNH \*

Tiếp nhận nguyên lý rằng việc phát triển và triển khai vòng đời của sản phẩm, quy trình và hệ thống – Hình thành Ý tưởng, Thiết kế, Triển khai, và Vận hành - là bối cảnh của giáo dục kỹ thuật

*Mô tả:* Một chương trình CDIO được dựa trên nguyên lý rằng sự phát triển và triển khai chu trình vòng đời của sản phẩm, quy trình, và hệ thống là bối cảnh của giáo dục kỹ thuật. *Hình thành Ý tưởng-Thiết kế - triển khai-Vận hành* là một mô hình của toàn bộ vòng đời của sản phẩm, quy trình, và hệ thống. Giai đoạn *Hình thành Ý tưởng* bao gồm xác định nhu cầu khách hàng; xem xét công nghệ sử dụng, chiến lược doanh nghiệp, và các quy định; và, phát triển các kế hoạch khái niệm, kỹ thuật, và kinh doanh. Giai đoạn thứ hai, *Thiết kế*, tập trung vào việc tạo ra thiết kế, ví dụ như các kế hoạch, bản vẽ, và các thuật toán mô tả cái gì sẽ được triển khai. Giai đoạn *Triển khai* nói về việc chuyển thể một thiết kế thành sản phẩm, quy trình, hay hệ thống, bao gồm chế tạo, mã hóa, kiểm tra, và phê chuẩn. Giai đoạn cuối cùng, *Vận hành*, sử dụng sản phẩm hay quy trình đã được triển khai để mang lại giá trị dự định, bao gồm duy trì, cải tiến, và đào thải hệ thống.

Vòng đời của sản phẩm, quy trình và hệ thống được xem là *bối cảnh* cho giáo dục kỹ thuật trong đó nó là khung văn hóa, hay môi trường, trong

đó kiến thức kỹ thuật và những kỹ năng khác được giảng dạy, thực hành và học tập. Nguyên lý này được một chương trình *tiếp nhận* khi có được sự đồng thuận công khai của giảng viên để chuyển đổi sang một chương trình CDIO, và có sự hỗ trợ từ những người lãnh đạo của chương trình để nhằm duy trì các đề xướng cài cách.

*Cơ sở lý luận:* Các kỹ sư mới vào nghề nên có khả năng *Hình thành Ý tưởng - Thiết kế - triển khai - Vận hành* những sản phẩm, quy trình, và hệ thống phức tạp có giá trị gia tăng trong những môi trường hiện đại làm việc theo nhóm. Họ nên có khả năng tham gia vào những quy trình kỹ thuật, đóng góp vào sự phát triển những sản phẩm kỹ thuật, và làm những việc đó trong lúc làm việc trong những tổ chức kỹ thuật. Đây là bản chất của nghề nghiệp kỹ thuật.

*Minh chứng:*

- có một phát ngôn về sứ mạng, hay tài liệu khác được những cơ quan có trách nhiệm thích hợp phê chuẩn, mô tả chương trình là một chương trình CDIO
- giảng viên và sinh viên có thể giải thích được nguyên tắc rằng vòng đời sản phẩm, quy trình, và hệ thống là bối cảnh của giáo dục kỹ thuật

#### **TIÊU CHUẨN 2 – CHUẨN ĐẦU RA\***

Những chuẩn đầu ra chi tiết, cụ thể đối với những kỹ năng cá nhân và giao tiếp, và những kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình, và hệ thống, cũng như các kiến thức chuyên môn, phải nhất quán với các mục tiêu của chương trình, và được phê chuẩn bởi các bên liên quan của chương trình

*Mô tả:* Kiến thức, kỹ năng, và thái độ được dự định đạt được kết quả của giáo dục kỹ thuật, nghĩa là, *các chuẩn đầu ra*, được hệ thống hóa trong *Đề cương CDIO*. Những chuẩn đầu ra này liệt kê đầy đủ những gì sinh viên nên biết và nên có khả năng làm khi kết thúc chương trình kỹ thuật của họ. Bên cạnh các chuẩn đầu ra cho kiến thức chuyên ngành kỹ thuật (Mục 1), *Đề cương CDIO* chỉ rõ các chuẩn đầu ra là những kỹ năng cá nhân và giao tiếp, và kiến tạo sản phẩm, quy trình, và hệ thống. Các chuẩn đầu ra *Cá nhân* (Mục 2) tập trung vào việc phát triển nhận thức và cảm tính cho các sinh viên, ví dụ, lập luận kỹ thuật và giải quyết vấn đề, thí nghiệm và khám phá tri thức, suy nghĩ tầm hệ thống, tư duy sáng tạo, tư duy phán xét, và đạo đức nghề nghiệp. Các chuẩn đầu ra *Giao tiếp* (Mục 3) tập trung vào những tương tác cá nhân và nhóm, chẳng hạn như, làm việc theo nhóm, tài lãnh đạo, và giao tiếp. Các kỹ năng *kiến tạo sản phẩm, quy trình, và hệ thống* (Mục 4) tập trung vào hình thành ý tưởng, thiết kế, triển khai, và vận hành các hệ thống trong các bối cảnh doanh nghiệp, kinh doanh, và xã hội.

Các chuẩn đầu ra được xem xét và phê chuẩn bởi các bên liên quan chính yếu, các nhóm có chung mối quan tâm đến các sinh viên tốt nghiệp từ các chương trình kỹ thuật, nhằm đảm bảo tính thống nhất với các mục tiêu của chương trình và phù hợp với thực hành kỹ thuật. Bên cạnh đó, các bên liên quan giúp xác định trình độ năng lực mong đợi, hay tiêu chuẩn của thành quả, cho từng chuẩn đầu ra.

*Cơ sở lý luận:* Việc đặt ra các chuẩn đầu ra cụ thể giúp đảm bảo rằng các sinh viên có được một nền móng/cơ sở phù hợp cho tương lai của họ. Các tổ chức kỹ thuật nghề nghiệp và những người đại diện của doanh nghiệp đã xác định các tố chất chính yếu của những người kỹ sư mới bước vào nghề cả về các lĩnh vực kỹ thuật lẫn nghề nghiệp. Hơn nữa, nhiều cơ quan đánh giá và kiểm định yêu cầu các chương trình kỹ thuật phải xác định các đầu ra của chương trình về các mặt kiến thức, kỹ năng, và thái độ của sinh viên tốt nghiệp của họ.

*Minh chứng:*

- có các chuẩn đầu ra bao gồm kiến thức, kỹ năng, và thái độ của những kỹ sư tốt nghiệp
- có các chuẩn đầu ra được các bên liên quan chính yếu (ví dụ: giảng viên, các sinh viên, cựu sinh viên, và các đại diện doanh nghiệp) phê chuẩn về nội dung và trình độ năng lực

### **TIÊU CHUẨN 3 – CHƯƠNG TRÌNH ĐÀO TẠO TÍCH HỢP \***

Một chương trình đào tạo được thiết kế có các khóa học kiến thức chuyên ngành hỗ trợ lẫn nhau, có một kế hoạch rõ ràng trong việc tích hợp các kỹ năng cá nhân và giao tiếp, và kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình và hệ thống

*Mô tả:* Một chương trình đào tạo tích hợp bao gồm các trải nghiệm học tập nhằm giúp sinh viên lĩnh hội được các kỹ năng cá nhân và giao tiếp, các kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình, và hệ thống (Tiêu chuẩn 2), đan xen với việc học kiến thức chuyên ngành. Các môn học chuyên ngành hỗ trợ lẫn nhau khi chúng có mối liên hệ rõ ràng giữa các nội dung hỗ trợ và các chuẩn đầu ra liên quan. Một kế hoạch rõ ràng xác định các cách thức trong đó mối liên hệ của kỹ năng và kiến thức đa ngành được tích hợp, ví dụ, bằng cách đối ứng các chuẩn đầu ra cụ thể với các môn học và các hoạt động ngoại khóa cấu thành nên chương trình đào tạo.

*Cơ sở lý luận:* Việc giảng dạy các kỹ năng cá nhân và giao tiếp, và các kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình, và hệ thống không nên được xem là một phần bổ sung vào một chương trình đào tạo vốn đã đầy kín, mà là một phần không thể thiếu trong chương trình đào tạo. Để đạt được các chuẩn đầu ra dự định về kiến thức chuyên ngành và các kỹ năng, chương trình đào tạo và

các trải nghiệm học tập cần phải tận dụng kếp lượng thời gian có được. Giảng viên đóng một vai trò chủ động thiết kế chương trình đào tạo tích hợp bằng cách đề xuất các mối liên kết chuyên ngành phù hợp, cũng như các cơ hội để đào tạo các kỹ năng cụ thể vào trong lĩnh vực giảng dạy của họ.

*Minh chứng:*

- có kế hoạch tích hợp các kỹ năng cá nhân và giao tiếp, và các kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình, và hệ thống bên cạnh những kiến thức chuyên ngành kỹ thuật; và khai thác những mối liên kết chuyên ngành phù hợp
- có đào tạo các kỹ năng cụ thể trong các môn học và các hoạt động ngoại khoá
- có sự công nhận của các giảng viên và sinh viên về các kỹ năng này trong chương trình đào tạo

**TIÊU CHUẨN 4 – GIỚI THIỆU VỀ KỸ THUẬT**

Một môn giới thiệu mang lại khung chương trình cho thực hành kỹ thuật trong việc kiến tạo sản phẩm, quy trình, và hệ thống, và giới thiệu các kỹ năng cá nhân và giao tiếp thiết yếu

*Mô tả:* Môn học *giới thiệu*, thường là một trong những môn học bắt buộc đầu tiên trong một chương trình học, cung cấp một khung chương trình cho việc thực hành của kỹ thuật. *Khung chương trình* này là một phác thảo rộng của những nhiệm vụ và trách nhiệm của người kỹ sư, và việc sử dụng kiến thức chuyên ngành vào việc thực hiện những nhiệm vụ đó. Các sinh viên tham gia vào *thực hành kỹ thuật* qua các bài tập giải quyết vấn đề và thiết kế đơn giản, cá nhân hay theo nhóm. Môn học còn bao gồm kiến thức về các kỹ năng cá nhân và giao tiếp, các kỹ năng, và thái độ *thiết yếu* vào thời điểm bắt đầu chương trình để chuẩn bị cho sinh viên các trải nghiệm kiến tạo sản phẩm, quy trình, và hệ thống nâng cao hơn. Ví dụ, các sinh viên có thể tham gia vào các bài tập theo nhóm nhỏ để chuẩn bị cho họ tham gia vào những nhóm phát triển lớn hơn.

*Cơ sở lý luận:* Các môn học giới thiệu nhằm vào việc khơi dậy ý thích của sinh viên trong, và tăng cường động cơ thúc đẩy họ cho, lĩnh vực kỹ thuật bằng cách tập trung vào sự ứng dụng các chuyên ngành kỹ thuật cốt lõi phù hợp. Sinh viên thường chọn các chương trình kỹ thuật bởi vì họ muốn được kiến tạo đồ vật, và các môn giới thiệu có thể tận dụng ý thích này. Bên cạnh đó, các môn học giới thiệu giúp phát triển sớm các kỹ năng thiết yếu được mô tả trong *Đề cương CDIO*.

**Minh chứng:**

- có các trải nghiệm học tập giới thiệu các kỹ năng cá nhân và giao tiếp, và các kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình, và hệ thống
- sinh viên lĩnh hội các kỹ năng được mô tả trong Tiêu chuẩn 2
- có sự yêu thích/mối quan tâm cao của sinh viên đối với chuyên ngành học mà họ đã chọn lựa, ví dụ, được thể hiện qua các cuộc khảo sát hay qua sự lựa chọn các môn học nhiệm ý về sau

**TIÊU CHUẨN 5 – CÁC TRẢI NGHIỆM THIẾT KẾ - TRIỂN KHAI\***

Một chương trình đào tạo gồm ít nhất hai trải nghiệm thiết kế - triển khai, bao gồm một ở trình độ cơ bản và một ở trình độ nâng cao

*Mô tả:* Thuật ngữ *trải nghiệm thiết kế - triển khai* có nghĩa là một dãy các hoạt động kỹ thuật chính yếu cho sự phát triển các sản phẩm và hệ thống mới. Bao gồm tất cả các hoạt động được mô tả trong Tiêu chuẩn 1 ở các giai đoạn *Thiết kế* và *Triển khai*, cộng với những khía cạnh thích hợp của thiết kế khái niệm từ giai đoạn *Hình thành Ý tưởng*. Các sinh viên phát triển các kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình, và hệ thống, cũng như khả năng ứng dụng khoa học kỹ thuật, trong các trải nghiệm thiết kế - triển khai được tích hợp vào chương trình đào tạo. Các trải nghiệm thiết kế - triển khai được xem là *cơ bản* hay *nâng cao* tùy theo quy mô, độ phức tạp, và trình tự trong chương trình. Ví dụ, các sản phẩm và hệ thống đơn giản hơn sẽ có trong phần sớm hơn của chương trình, trong khi các trải nghiệm thiết kế - triển khai phức tạp hơn sẽ xuất hiện ở những môn về sau này được thiết kế để giúp sinh viên tích hợp kiến thức và các kỹ năng tiếp thu được từ những môn học và hoạt động học tập trước đó. Các cơ hội để hình thành ý tưởng, thiết kế, triển khai, và vận hành các sản phẩm, quy trình, và hệ thống cũng có thể được bao gồm trong các hoạt động ngoại khóa bắt buộc, ví dụ, các đề án nghiên cứu và thực tập bậc đại học.

*Cơ sở lý luận:* Các trải nghiệm thiết kế - triển khai được tổ chức và sắp xếp để khuyến khích có được thành công sớm trong thực hành kỹ thuật. Việc lặp đi lặp lại các trải nghiệm thiết kế - triển khai và các mức độ phức tạp của thiết kế tăng dần sẽ củng cố sự hiểu biết của sinh viên đối với quá trình phát triển sản phẩm, quy trình, và hệ thống. Các trải nghiệm thiết kế - triển khai còn cung cấp một nền tảng vững chắc để từ đó giúp sinh viên hiểu biết sâu hơn các kỹ năng chuyên ngành. Sự nhấn mạnh vào các quy trình kiến tạo những sản phẩm và triển khai trong bối cảnh thực tế tạo cho sinh viên có cơ hội thiết lập mối liên hệ giữa nội dung kỹ thuật họ đang học và những ý thích về chuyên môn và nghề nghiệp của họ.

*Minh chứng:*

- có ít nhất hai trải nghiệm thiết kế - triển khai bắt buộc trong chương trình đào tạo (ví dụ, là một phần của môn học giới thiệu và môn học nâng cao)
- có các cơ hội ngoại khóa bắt buộc đối với các trải nghiệm thiết kế - triển khai (chẳng hạn như, làm việc ở phòng thí nghiệm nghiên cứu hay thực tập)
- có các trải nghiệm học tập cụ thể cung cấp nền tảng cho việc học các kỹ năng chuyên ngành về sau

**TIÊU CHUẨN 6 – KHÔNG GIAN LÀM VIỆC KỸ THUẬT**

Không gian làm việc kỹ thuật và các phòng thí nghiệm hỗ trợ và khuyến khích học tập thực hành trong việc kiến tạo sản phẩm, quy trình, và hệ thống; kiến thức chuyên ngành; và học tập xã hội

*Mô tả:* Môi trường học tập vật lý hình bao gồm không gian học tập truyền thống, ví dụ, lớp học, giảng đường, và phòng hội thảo, cũng như *không gian làm việc kỹ thuật và phòng thí nghiệm*. Các không gian làm việc và phòng thí nghiệm hỗ trợ việc học các kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình, và hệ thống cùng lúc với kiến thức chuyên ngành. Chúng nhấn mạnh học thực hành trong đó các sinh viên tham gia trực tiếp vào việc học của chính họ, và đem lại các cơ hội cho học tập qua xã hội (*social learning*), nghĩa là, các môi trường mà sinh viên có thể học hỏi từ nhau và tương tác với các nhóm. Việc tạo ra các không gian làm việc mới, hay tái thiết kế các phòng thí nghiệm hiện có, sẽ thay đổi tùy thuộc vào quy mô của chương trình và các nguồn lực của trường.

*Cơ sở lý luận:* Không gian làm việc và các môi trường học tập khác hỗ trợ học tập thực hành là những nguồn lực cơ bản để học thiết kế, triển khai, và vận hành các sản phẩm, quy trình, và hệ thống. Những sinh viên nào được tiếp cận các công cụ kỹ thuật, phần mềm, và các phòng thí nghiệm hiện đại sẽ có cơ hội phát triển kiến thức, kỹ năng, và thái độ hỗ trợ cho các năng lực kiến tạo sản phẩm, quy trình, và hệ thống. Những năng lực này được phát triển tốt nhất trong các không gian làm việc lấy sinh viên làm trọng tâm, dễ sử dụng, dễ tiếp cận (mở cửa ngoài giờ chính thức), và khuyến khích sự tương tác giữa sinh viên.

*Minh chứng:*

- có không gian đầy đủ được trang bị các công cụ kỹ thuật hiện đại
- có không gian làm việc lấy sinh viên làm trọng tâm, dễ sử dụng, dễ tiếp cận (mở cửa ngoài giờ chính thức), và khuyến khích sự tương tác giữa sinh viên

- có sự hài lòng cao của giảng viên và sinh viên đối với không gian làm việc

### **TIÊU CHUẨN 7 – CÁC TRẢI NGHIỆM HỌC TẬP TÍCH HỢP\***

Các trải nghiệm học tập tích hợp đưa đến sự tiếp thu các kiến thức chuyên ngành, cũng như các kỹ năng cá nhân và giao tiếp, và các kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình, và hệ thống

*Mô tả:* Các trải nghiệm học tập tích hợp là những phương pháp sư phạm thúc đẩy việc học tập kiến thức chuyên ngành đồng thời với việc học các kỹ năng cá nhân và giao tiếp, và các kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình, và hệ thống. Chúng kết hợp các vấn đề kỹ thuật nghề nghiệp thực tế vào trong các bối cảnh mà trong đó chúng tồn tại với các vấn đề chuyên ngành. Ví dụ, các sinh viên có thể xem xét sự phân tích của một sản phẩm, thiết kế của sản phẩm, trách nhiệm xã hội của người thiết kế ra sản phẩm đó, tất cả trong một bài tập. Các đối tác doanh nghiệp, cựu sinh viên, và các bên liên quan chính yếu khác thường rất hữu ích trong việc đưa ra các ví dụ cho những bài tập này.

*Cơ sở lý luận:* Việc thiết kế chương trình đào tạo và các chuẩn đầu ra, được quy định trong Tiêu chuẩn 2 và 3 tương ứng, chỉ có thể thành hiện thực nếu có được các phương pháp sư phạm tương ứng tận dụng kếp được thời gian học tập của sinh viên. Hơn nữa, một điều quan trọng là sinh viên công nhận giảng viên là mô hình gương mẫu về những người kỹ sư chuyên nghiệp, hướng dẫn họ về kiến thức chuyên ngành, các kỹ năng cá nhân và giao tiếp, và các kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình, và hệ thống. Với các trải nghiệm học tập tích hợp, giảng viên có thể giúp sinh viên một cách hiệu quả hơn trong việc áp dụng kiến thức chuyên ngành vào thực hành kỹ thuật và chuẩn bị cho họ tốt hơn để đáp ứng các nhu cầu của nghề nghiệp kỹ thuật.

#### *Minh chứng:*

- có sự tích hợp các kỹ năng cá nhân và giao tiếp, và các kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình, và hệ thống, với kiến thức chuyên ngành trong các hoạt động và trải nghiệm học tập
- có sự tham gia trực tiếp của các giảng viên kỹ thuật vào việc triển khai các trải nghiệm học tập tích hợp
- có sự tham gia của các đối tác doanh nghiệp và các bên liên quan khác trong việc thiết kế các trải nghiệm học tập

### **TIÊU CHUẨN 8 – HỌC TẬP CHỦ ĐỘNG**

Giảng dạy và học tập dựa trên các phương pháp học tập trải nghiệm chủ động

**Mô tả:** Các phương pháp *học tập chủ động* thu hút sự tham gia của sinh viên một cách trực tiếp vào các hoạt động tư duy và giải quyết vấn đề. Có ít sự nhấn mạnh hơn về việc truyền đạt thông tin một cách thụ động, nhưng lại nhấn mạnh nhiều hơn vào việc thu hút sinh viên sự tham gia vào khám phá, ứng dụng, phân tích, và đánh giá các ý tưởng. Học tập chủ động trong các môn học dựa trên bài giảng có thể bao gồm các phương pháp như những cuộc thảo luận với bạn học hay trong nhóm nhỏ, làm demo, tranh luận, các câu hỏi về khái niệm, và phản hồi của sinh viên về nội dung họ đang học. Học tập chủ động được xem là *trải nghiệm* khi sinh viên đảm nhận các vai trò mô phỏng thực hành kỹ thuật nghề nghiệp, ví dụ, các đề án thiết kế - triển khai, mô phỏng, và nghiên cứu tình huống (case studies).

**Cơ sở lý luận:** Bằng việc thu hút sinh viên tham gia vào tư duy về các khái niệm, đặc biệt là các ý tưởng mới, và đòi hỏi một hình thức trả lời công khai nào đó, sinh viên không chỉ học được nhiều hơn, mà họ còn tự nhận ra được họ học gì và học như thế nào. Quá trình siêu nhận thức này giúp làm tăng động lực của sinh viên để đạt được các chuẩn đầu ra của chương trình và hình thành thói quen học tập suốt đời. Với các phương pháp học tập chủ động, các giảng viên có thể giúp sinh viên tạo dựng mối liên hệ giữa các khái niệm chính yếu và tạo điều kiện thuận lợi áp dụng kiến thức này vào trong các hoàn cảnh mới.

**Minh chứng:**

- có triển khai thành công các phương pháp học tập chủ động, ví dụ như thể hiện qua quan sát hay các bản tự báo cáo
- phần lớn các giảng viên sử dụng các phương pháp học tập chủ động
- sinh viên đạt được thành tích cao đối với tất cả các chuẩn đầu ra
- có sự hài lòng cao của sinh viên đối với các phương pháp học tập tích cực

#### TIÊU CHUẨN 9 – NÂNG CAO NĂNG LỰC VỀ KỸ NĂNG CỦA GIẢNG VIÊN\*

Các hành động nâng cao năng lực của giảng viên trong các kỹ năng cá nhân và giao tiếp, các kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình, và hệ thống

**Mô tả:** Các chương trình CDIO hỗ trợ cho giảng viên nâng cao năng lực của họ trong *các kỹ năng cá nhân và giao tiếp, và các kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình, và hệ thống* được mô tả trong Tiêu chuẩn 2. Họ phát triển những kỹ năng này được tốt nhất trong các bối cảnh thực hành kỹ thuật nghề nghiệp. Đặc điểm và phạm vi của sự phát triển giảng viên thay đổi tùy theo nguồn lực và chú ý của các chương trình và các trường khác nhau. Ví dụ về *các hành động nâng cao năng lực của giảng viên* bao gồm: nghỉ phép để làm việc trong doanh nghiệp, hợp tác với những đồng môn trong giới doanh nghiệp trong các đề án nghiên cứu và giáo dục, đưa tiêu chí thực hành kỹ thuật vào điều kiện tuyển dụng và đề bạt, và các trải nghiệm phát triển nghề nghiệp phù hợp trong trường đại học.



*Cơ sở lý luận:* Nếu giảng viên được yêu cầu giảng dạy một chương trình đào tạo có các kỹ năng cá nhân và giao tiếp, các kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình, và hệ thống được tích hợp với kiến thức chuyên ngành, như đã mô tả trong các Tiêu chuẩn 3, 4, 5, và 7, thì chính họ cần phải có năng lực trong các kỹ năng này. Nhiều giáo sư kỹ thuật có xu hướng là những chuyên gia trong nghiên cứu và kiến thức cơ sở của chuyên ngành của họ, có rất ít kinh nghiệm trong thực hành kỹ thuật trong các môi trường kinh doanh và công nghiệp thật sự. Hơn nữa, với tốc độ nhanh chóng của các phát minh kỹ thuật đòi hỏi phải cập nhật liên tục các kỹ năng kỹ thuật. Các giảng viên cần phải nâng cao kiến thức và các kỹ năng kỹ thuật của họ để họ có thể cung cấp các ví dụ phù hợp cho sinh viên và cũng đóng vai trò nêu gương mẫu mực cho người kỹ sư đương đại.

*Minh chứng:*

- phần lớn các giảng viên có năng lực về các kỹ năng cá nhân và giao tiếp, và các kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình, và hệ thống, ví dụ, thể hiện qua quan sát và các bản tự báo cáo
- có một số lượng lớn các giảng viên với kinh nghiệm trong thực hành kỹ thuật
- có sự chấp thuận của trường về việc phát triển nghề nghiệp về những kỹ năng này trong chính sách và thực hành đánh giá giảng viên và tuyển dụng
- có cam kết các nguồn lực cho sự phát triển những kỹ năng này cho giảng viên

#### **TIÊU CHUẨN 10 – NÂNG CAO NĂNG LỰC GIẢNG DẠY CỦA GIẢNG VIÊN**

**Các hành động nâng cao năng lực của giảng viên trong việc cung cấp các trải nghiệm học tập tích hợp, trong việc sử dụng các phương pháp học tập trải nghiệm chủ động, và trong việc đánh giá học tập của sinh viên**

*Mô tả:* Một chương trình CDIO hỗ trợ cho giảng viên nâng cao năng lực của họ trong các trải nghiệm học tập tích hợp (Tiêu chuẩn 7), học tập chủ động và trải nghiệm (Tiêu chuẩn 8), và trong việc đánh giá học tập của sinh viên (Tiêu chuẩn 11). Đặc điểm và phạm vi của các thực hành phát triển giảng viên sẽ thay đổi theo các chương trình và các trường. Các ví dụ về các hành động nâng cao năng lực của giảng viên bao gồm: hỗ trợ cho giảng viên tham gia vào các chương trình phát triển bên trong và bên ngoài trường, tổ chức các diễn đàn để chia sẻ ý kiến và những thông lệ thực hành tốt nhất, và nhấn mạnh vào việc xem xét thành tích và tuyển dụng dựa vào các phương pháp giảng dạy hiệu quả.

*Cơ sở lý luận:* Nếu giảng viên được yêu cầu phải giảng dạy và đánh giá theo những cách thức mới, như đã mô tả trong các Tiêu chuẩn 7, 8, và 11, thì họ cần có được những cơ hội để phát triển và nâng cao những năng lực

này. Nhiều trường đại học có các chương trình và dịch vụ phát triển có thể sẽ sẵn lòng hợp tác với giảng viên trong các chương trình CDIO. Bên cạnh đó, nếu các chương trình CDIO muốn nhấn mạnh tầm quan trọng của giảng dạy, học tập và đánh giá, họ cần phải cam kết những nguồn lực đầy đủ để giảng viên có thể phát triển trong những lĩnh vực này.

*Minh chứng:*

- đa số giảng viên có năng lực về các phương pháp giảng dạy, học tập, và đánh giá, ví dụ, thể hiện qua quan sát và các bản tự báo cáo
- có sự chấp thuận của trường về giảng dạy hiệu quả trong chính sách và thực hành đánh giá giảng viên và tuyển dụng
- có cam kết các nguồn lực cho sự phát triển những kỹ năng này cho giảng viên

#### **TIÊU CHUẨN 11 – ĐÁNH GIÁ HỌC TẬP\***

Đánh giá học tập của sinh viên về các kỹ năng cá nhân và giao tiếp, và các kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình, và hệ thống, cũng như kiến thức chuyên ngành

*Mô tả:* Đánh giá học tập của sinh viên là việc đo lường xem mỗi sinh viên đạt được các chuẩn đầu ra cụ thể tới mức độ nào. Các giảng viên thường tiến hành việc đánh giá này trong phạm vi các môn học của họ. Việc đánh giá học tập hiệu quả dùng nhiều phương pháp khác nhau phù hợp với các chuẩn đầu ra liên quan đến *kiến thức chuyên ngành*, cũng như *các kỹ năng cá nhân và giao tiếp*, và *các kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình, và hệ thống*, như được mô tả trong Tiêu chuẩn 2. Những phương pháp này có thể bao gồm các bài thi viết và vấn đáp, sự quan sát thành tích của sinh viên, các mức thang xếp hạng, những sự phản hồi từ sinh viên, bài viết chuyên đề, hồ sơ thành tích cá nhân, và sự đánh giá đồng cấp và tự đánh giá.

*Cơ sở lý luận:* Nếu chúng ta coi trọng các kỹ năng cá nhân và giao tiếp, và các kỹ năng kiến tạo sản phẩm, quy trình, và hệ thống; và đúc kết các kỹ năng này vào trong chương trình đào tạo và các trải nghiệm học tập, thì chúng ta phải có những quy trình đánh giá hiệu quả để đo lường chúng. Những thể loại chuẩn đầu ra khác nhau sẽ đòi hỏi những phương pháp đánh giá khác nhau. Ví dụ, các chuẩn đầu ra liên quan đến *kiến thức chuyên ngành* có thể được đánh giá với các bài thi vấn đáp và viết, trong khi các chuẩn đầu ra liên quan đến các kỹ năng thiết kế - triển khai tốt hơn là nên được đánh giá bằng sự quan sát được ghi hình lại. Sử dụng nhiều phương pháp đánh giá khác nhau sẽ thích ứng được với nhiều cách thức học tập khác nhau, và làm tăng mức độ tin cậy và giá trị của các dữ liệu đánh giá. Vì vậy, việc xác định thành quả về các chuẩn đầu ra dự định của sinh viên có thể được tiến hành một cách tự tin hơn.

**Minh chứng:**

- có các phương pháp đánh giá phù hợp với tất cả các chuẩn đầu ra
- triển khai thành công các phương pháp đánh giá
- xác định thành quả của sinh viên dựa trên các dữ liệu tin cậy và có giá trị

**TIÊU CHUẨN 12 – KIỂM ĐỊNH CHƯƠNG TRÌNH**

Một hệ thống kiểm định các chương trình theo 12 tiêu chuẩn này, và cung cấp phản hồi đến sinh viên, giảng viên, và các bên liên quan khác cho mục đích cải tiến liên tục

*Mô tả:* Kiểm định chương trình là sự phán xét giá trị tổng thể của một chương trình dựa trên minh chứng của sự tiến bộ của chương trình theo hướng đạt được các mục tiêu của nó. Một chương trình CDIO nên được kiểm định theo 12 tiêu chuẩn CDIO này. Minh chứng về giá trị tổng thể của chương trình có thể thu thập được qua đánh giá môn học, sự phản hồi của giảng viên, những cuộc phỏng vấn khi bắt đầu tham gia và khi hoàn tất chương trình, báo cáo của những người đánh giá ngoài, các cuộc nghiên cứu tiếp theo với các sinh viên tốt nghiệp và các nhà tuyển dụng. Minh chứng có thể được báo cáo thường xuyên đến giảng viên, sinh viên, những người quản lý chương trình, cựu sinh viên, và các bên liên quan chính yếu khác. Sự phản hồi này hình thành cơ sở cho các quyết định về chương trình và những kế hoạch cải tiến liên tục.

*Cơ sở lý luận:* Một chức năng chính yếu của kiểm định chương trình là xác định tính hiệu quả và hiệu suất của chương trình trong việc đạt được các mục tiêu dự định. Minh chứng thu thập được trong quá trình kiểm định chương trình còn đóng vai trò là cơ sở cho sự cải tiến chương trình liên tục. Ví dụ, trong cuộc phỏng vấn lúc kết thúc chương trình, phần lớn sinh viên báo cáo rằng họ không thể đạt được một số chuẩn đầu ra nào đó, thì một kế hoạch cần được đề ra để xác định nguồn gốc nguyên nhân, và tiến hành triển khai những thay đổi cần thiết. Hơn nữa, nhiều người đánh giá ngoài và các cơ quan kiểm định yêu cầu kiểm định chương trình một cách thường xuyên và nhất quán.

**Minh chứng:**

- có nhiều phương pháp kiểm định chương trình khác nhau được sử dụng để thu thập thông tin từ sinh viên, giảng viên, những người lãnh đạo chương trình, cựu sinh viên, và các bên liên quan chính yếu khác
- có một quy trình cải tiến liên tục dựa trên các kết quả kiểm định chương trình được ghi nhận lại
- những thay đổi dựa trên dữ liệu là một phần của quy trình cải tiến liên tục

# PHỤ LỤC DANH MỤC

## A

Anh, giáo dục kỹ thuật tại, 258

## B

*Bảng kê khái niệm có hiệu lực (FCI)*, 184

Bắc Âu, giáo dục theo  
mô hình *fachhochschulen*, 257  
mô hình *technische hochschulen*, 257

Bảng cử nhân, *Högskoleingenjör*,

Bảng Thạc sĩ, *Civilingenjör*, 285

Bảng Tiến sĩ, 285

Biểu mẫu điện tử, dành cho tài liệu dự án, 117

*Bối cảnh và nội dung*, mô hình, 193

*Bối cảnh và phát triển vòng đời của hệ thống*, 290, 296

*Bối cảnh lịch sử của giáo dục kỹ thuật*

ở Đan mạch, 260, 265, 267 - 271

sự tắc nghẽn chuyên môn và lu mờ ranh giới trong, 269 - 273

ở Châu Âu, 253 - 254, 256 - 260, 262 - 266

ở Pháp, 256 - 260, 263

nguồn gốc, 256 - 260

ở Đức, 257 - 258, 263, 267 - 268

sự phát triển công nghiệp và, 259 - 262

sự từ chối trải nghiệm và kỹ năng thực hành, 266 - 268

khoa học và, 262 - 266

ở Anh, 256, 258, 266, 271

ở Mỹ, 253 - 254, 256, 258 - 260, 263 - 265, 268

## C

CASEE. *Xem* Trung tâm Phát triển

Nghiên cứu Giáo dục Kỹ thuật

Cách thức giảng dạy trong phòng thí nghiệm, 143

Cách thức học tập dựa trên vấn đề, 32

Cách thức nghiên cứu sau đại học, 144

Cách thức dạy và học

dựa trên phương pháp học chủ động học và trải nghiệm, 164

các hoạt động, sự nhất quán, 161 trong tiêu chuẩn CDIO, 233

trong không gian làm việc CDIO, 141 - 144

kỹ năng giao tiếp trong, tích hợp của, 156

cải cách, 31 - 32

quan điểm của sinh viên về, 151 - 154

Cải cách giáo dục kỹ thuật

phương pháp giáo dục dựa trên thực hành tốt nhất, 20

sự hợp tác dành cho, 19

nhu cầu, 10 - 11

yêu cầu dành cho, 14 - 20, 36, 47 nguồn lực và, 20

hiệp hội các trường đại học, 19 - 20

Cấu trúc chương trình đào tạo theo khối môn học, 103 - 105

Cấu trúc chương trình đào tạo tích hợp khái niệm cho, 105 - 106

môn học chuyên ngành, 106

môn học giới thiệu ngành, 105

kế hoạch tổng thể, 101

ấn dụ, 113

CDIO. *Xem* Hình thành ý tưởng - thiết kế - triển khai - vận hành

Công ước Washington, Hiệp định Quốc tế, 286

Cơ chế quốc tế hóa, 286

Cơ quan Giáo dục Đại học Quốc gia của Thụy Điển, 271, 286

Chuẩn đầu ra, 25, 71

hạng mục, 24

dành cho trải nghiệm thiết kế - triển khai, 12

và trải nghiệm, 108

- nghiên cứu tại Đại học Queen - Belfast, 78 - 82  
 nghiên cứu bởi các trường đại học sáng lập, 72  
 kỹ năng làm việc nhóm, 157  
 Chuẩn đầu ra cá nhân, 55  
 Chuẩn đầu ra cấp môn học, 160  
 Chuẩn đầu ra của những kỹ năng tích hợp, 107 - 108  
 Chuẩn đầu ra mong đợi  
   với phương pháp đánh giá với, 161  
   đối với Đề cương CDIO, 160  
   phân loại, 159  
   nhất quán về cấu trúc, 160 - 161  
   đặc điểm kỹ thuật của, 159  
 Chuẩn đầu ra chương trình học của chương trình CDIO, 234  
 Chuẩn đầu ra quốc tế, 55  
 Chuẩn đầu ra về chuyên ngành và về kỹ năng  
   phối hợp giữa các môn học, 111  
   sự tích hợp, 110  
 Chuyên ngành kỹ thuật, sự thay đổi ranh giới trong, 271 - 273  
 Chuyên ngành kỹ thuật truyền thống, 289  
 Chương trình CDIO  
   lợi ích, 45 - 46  
   đặc điểm, 179 - 180  
   sự hiểu biết về khái niệm, 180 - 181  
   cấu trúc chương trình đào tạo trong, 101  
   thu thập dữ liệu, 235, 239  
   định nghĩa, 227  
   trải nghiệm thiết kế - triển khai, 117, 185  
   hồ sơ điện tử, 187  
   không gian làm việc kỹ thuật, 136, 243  
   chu trình học trải nghiệm, 168  
   giảng viên trong, 162  
   đánh giá quá trình thường kỳ, 176 - 177, 189 - 190  
   khung tiêu chuẩn, 231  
   người tốt nghiệp, 26  
   tác động, 245 - 249  
   quá trình cải tiến, 239 - 240  
   môn học giới thiệu ngành trong, 114  
   sáng kiến và mục tiêu, 3, 4, 10 - 11, 22 - 24  
   những câu hỏi chính yếu của kế hoạch  
   kiểm định, 232 - 234  
   đánh giá lấy học tập làm trọng tâm so với lấy giảng dạy làm trọng tâm, 178 - 179  
   môi trường cơ sở vật chất học tập dành cho, 135  
   lý luận và tổ chức dành cho các tiêu chuẩn, 232  
   tự đánh giá, 239 - 245  
   đánh giá chương trình theo truyền thống, 232  
 Chương trình kỹ thuật, 2  
   thách thức dành cho, 130  
   sự hợp tác, 44  
   thiết kế ở mức cao dành cho, 96  
   môn học giới thiệu ngành, 112  
   ý tưởng và mã nguồn mở, 43  
 sự biến đổi, 37  
 Chương trình Kỹ thuật Sinh học, tại Đại học Linköping, 290 - 291  
*Chương trình Giảng viên Thịnh giảng*, 213 - 215  
 Chương trình giáo dục kỹ thuật chất lượng cao, 233  
 Chương trình Vật lý và Kỹ thuật Điện Ứng dụng, 127, 246
- D**
- DTU. Xem Đại học Công nghệ Đan mạch  
 Dự án nghiên cứu đại học, 144
- Đ**
- Đánh giá chương trình theo định hướng quản trị, 230  
 Đánh giá đồng cấp, 186  
 Đánh giá lấy giảng dạy làm trọng tâm học tập giám sát, 178 - 179  
   so với đánh giá lấy việc học tập làm trọng tâm, 178 - 179  
 Đánh giá và môi trường học tập, trong Tiêu chuẩn CDIO, 234  
 Đánh giá tổng kết, 281 - 282, 189 - 190  
 Đại học Công nghệ Chalmers, 72, 139, 156

Đại học Kỹ thuật của Đan Mạch, 217, 260, 265, 270 - 271

Đại học Linköping (LiU), 72, 98

Cấu trúc chương trình đào tạo ở, 107

trải nghiệm thiết kế - triển khai tại, 246

sự khác biệt về giới tính trong, sở thích học tập ở, 172

môn học giới thiệu ngành tại, 114 - 115

Đại học Queen's - Belfast (QUB)

thí nghiệm thiết kế xà dầm tại, 128 - 129

đồ án thiết kế - triển khai tại, 124

nghiên cứu chuẩn đầu ra tại, 78 - 81

và cựu sinh viên của MIT, 79

khảo sát mức độ thành thạo tại, 78

Đặc điểm cá nhân và giao tiếp

thái độ và tổ chức, 23

trình độ kiến thức, 295

kỹ năng, 23, 58, 59, 88, 90 - 91

Đặc điểm của học trải nghiệm, 35

Đặc thù kỹ thuật, 273 - 274

Đề cương CDIO được tổng quát hóa, tổ chức ở mức cao, 70

Đề cương CDIO, 38, 50, 70, 294 - 296

với Tiêu chí của ABET EC2000, 3, 63

với những tiêu chuẩn kiểm định, 65

nội dung và cấu trúc, 56 - 59

khác biệt trong chương trình đào tạo, 290

cải cách chương trình đào tạo, 28

sự phát triển và tích hợp, 56

tổng quát hóa, 69, 70

trong cải cách giáo dục kỹ thuật, 55

chi tiết ở cấp độ một, 57

chuẩn đầu ra, 55

chi tiết ở cấp độ hai, 27

chi tiết ở cấp độ ba, 60 - 62

chủ đề và kỹ năng, 28

phê chuẩn, 59

với UK-SPEC, 65 - 67

Đề mục, 182 - 185

Định nghĩa phương pháp đánh giá học tập của sinh viên, 178

Nhật ký kỹ thuật và hồ sơ thành tích cá nhân, và công cụ tự báo cáo 187 - 188

Xếp hạng năng lực thực hiện, 182 - 185

giai đoạn, 179

xét duyệt sản phẩm, 186 - 187

câu hỏi viết và vấn đáp, 182 - 183

Đồ án hợp tác thiết kế, 142

học tích hợp, 155 - 156

Đổi ứng chương trình đào tạo, ma trận cho, 110

## E

*Erasmus*, 284

EUR-ACE. Xem Kiểm định Chương trình và sinh viên tốt nghiệp kỹ thuật

## G

Giao tiếp bằng ngoại ngữ, 58

Giáo dục kỹ thuật

Thu hút và khuyến khích sinh viên, 45 - 46

mở rộng sự tham gia, 288

phương pháp tiếp cận CDIO dành cho, 289

tầm nhìn CDIO dành cho, 24

thành phần, 29

bối cảnh cho, 39

văn hóa, 16

cơ sở chuyên ngành cho, 58

sự phát triển, 16

sự linh hoạt, 283 - 284

thách thức trong tương lai dành cho, 281

mục tiêu, 281

những chính sách và sáng kiến của chính phủ và đa phương, 288 - 289

mâu thuẫn giữa xưa và nay trong, 24

sự quốc tế hóa, 283

vấn đề giới tính, 288

chuẩn đầu ra dành cho, 50

sự thúc đẩy cho sự thay đổi, 7

mục tiêu, 7

sự thay đổi văn hóa và tổ chức, 40 - 41

phương pháp sư phạm dành cho, 18 - 19

và thực hành, 52 - 53

lý luận dành cho, 53 - 54

tái thiết kế, 93

đột phá trong khoa học, 282 - 283

kỹ năng và thái độ, 286  
 cộng đồng các bên liên quan, 17, 72  
 sự năng động của sinh viên, 283  
 sự phát triển công nghệ, 283

Giáo dục kỹ thuật lý tưởng, 41 - 42  
*Giáo dục trong giảng dạy đại học tại DTU (UDTU)*, 217

Giảng viên kỹ thuật, 6, 10  
 năng lực, 42 - 43  
 sự phát triển, 17  
 nhận thức đối với những tổ chức chung, 92  
 gương mẫu cho sinh viên, 91  
 kỹ năng và thái độ của, 15  
 Giới thiệu, Dạy, và Sử dụng, định nghĩa, 99

## H

Hoa Kỳ, giáo dục kỹ thuật tại Học viện Công nghệ Massachusetts, 258  
 Học viện Bách khoa Rensselaer, 258  
 Ý tưởng của Theodore von Kármán, 259  
 Chương trình nghị sự của Thurston, 258

Hình thành ý tưởng - thiết kế - triển khai - vận hành  
 các trường hợp tác, 139  
 bối cảnh giáo dục kỹ thuật, 13 - 15  
 người kỹ sư, trong công nghiệp, 23, 42  
 đặc tính, 3  
 triển khai và tiến triển, 4, 38  
 chu trình vòng đời, 9

Hệ thống trả lời điện tử, 166

Hiệp hội IDEA, 19

Hình thành ý tưởng - thiết kế - triển khai - vận hành (tiếp theo)  
 các giai đoạn, 8  
 trong chương trình kỹ thuật đại học, 151

Hệ thống trả lời cá nhân, 166

Hiệp hội Giáo dục Kỹ thuật Hoa Kỳ (ASEE), 184

Hoạt động giảng dạy, 99

Học tập  
 phương pháp tiếp cận, 23  
 đánh giá và kiểm định chương trình, 32 - 33, 153

trải nghiệm, chất lượng của, 123  
 nguyên tắc của, 35  
 phương pháp tiếp cận bề mặt và chiều sâu vào, 154

Học tích hợp

đặc tính, 151  
 lợi ích, 155  
 và kỹ năng giao tiếp, 156  
 kinh nghiệm, 32, 155, 283  
 hỗ trợ cho giảng viên, 161 - 162  
 phương pháp và nguồn lực, 157  
 không gian, 144

Học tích hợp, trải nghiệm, 32, 283

Học dựa trên đồ án, 168

Học tập với tác động kép, 3, 36, 104

Học từ xa, 143

Học viện Công nghệ Hoàng gia, 4, 72, 187  
 môn đồ án thiết kế - triển khai tại, 131  
 đánh dấu vào, 166  
 chương trình cơ khí động lực tại, 109

Học viện Công nghệ Massachusetts (MIT), 72, 258, 263, 269  
 ngành khí động lực học tại, mô học nâng cao ở, 170  
 trải nghiệm thiết kế - triển khai tại, 129  
 chuyến bay giả lập, 169  
 cuộc khảo sát mức độ thành thạo tại, 74 - 76  
 đồ án SPHERES tại, 130

Học viện Hàng không và Vũ trụ Hoa Kỳ (AIAA), 121

Học viện Hải quân Hoa Kỳ, 189

Học viện Kỹ thuật Hoàng gia, 67, 214

Hồ sơ phản hồi thành tích cá nhân, 187

Hội đồng Kiểm định Kỹ thuật và Công nghệ (ABET), 53, 63, 197, 286  
 Hội đồng Kỹ thuật Hóa học Thế giới, 52

*Hội Giáo dục Kỹ thuật Châu Âu*, 14, 184

HSV. Xem Cơ quan Giáo dục đại học Quốc gia của Thụy Điển

**I**

IRM. Xem Nguồn tài liệu cho giảng viên

**K**

Kiểm định chương trình dựa trên tiêu chuẩn, 229 - 231

Kiểm định Chương trình Kỹ thuật Châu Âu và Sinh viên tốt nghiệp, 44, 286

Kiến thức chuyên ngành và suy luận, 295  
sự tăng cường của, 143  
và kỹ năng, 102

Kiến thức và lập luận kỹ thuật, 27, 55, 57 - 58, 239

Kinh nghiệm thiết kế - triển khai tích hợp, 125

Khái niệm đối sánh, 198

Khảo sát bên liên quan của các trường đại học Thụy Điển, 76 - 77, 286

Khoa học và kỹ thuật Châu Âu, sự phát triển ở, 263 - 265  
phát triển sau chiến tranh ở, 263 - 265

Hoa Kỳ, sự phát triển ở, 263

*Khoa học, Một Chân Trời Vô Tận*, 195

Không gian học tập CDIO tổ chất, 137

sử dụng phụ dành cho, 144

trong xây dựng cộng đồng, 144

dự án thiết kế hợp tác, 142

mô hình khái niệm, 137

thiết kế, 136 - 138

đồ án thiết kế - triển khai, 31, 141 - 142

các ví dụ, 139

dự án thiết kế chương trình ngoại khóa, 142

triển khai, 139

khám phá kiến thức, 144

dự án liên kết, 142

tại phòng thí nghiệm hệ thống phức hợp của MIT, 139

kế hoạch vận hành và nhân sự, 146

vai trò và lợi ích, 135 - 136

tại Học viện Công nghệ Hoàng gia

(KTH), 139

khảo sát sinh viên, 146 - 147

cách thức dạy và học trong, 141

cách thức kiểm tra và vận hành, 142

Không gian làm việc kỹ thuật (*Xem không gian làm việc CDIO*), 135, 144 - 147

Không gian làm việc phục vụ thiết kế, 139

Không gian triển khai, 138

Không gian vận hành, 138

KTH. Xem Học viện Công nghệ Hoàng gia

Kỹ năng chung, nhận thức của giảng viên, 92

Kỹ năng giao tiếp, 58

Kỹ năng và thái độ của sinh viên kỹ thuật, 286

Kỹ năng và thái độ nghề nghiệp, 58

Kỹ sư hiện đại, 7 - 8

Kỹ sư chế tạo, 9

Kỹ thuật

Những chủ đề đương đại trong, 67

kiến thức cốt lõi trong, 29

thiết kế, 9

cho phát triển bền vững, 67

nền tảng, 15

kiến thức và kỹ năng, 52 - 53

Kỹ thuật kéo căng và thư giãn, 203

Kỹ thuật nano, 289

**L**

Lập luận và giải quyết vấn đề kỹ thuật, 98

Lớp học điện tử tương tác, 143

Lý thuyết phát triển nhận thức, 35

**M**

Mạng lưới trao đổi sinh viên Châu Âu, 284

Máy bay nghiên cứu NASA KC-135A, 129

MIT. Xem Học viện Công nghệ Massachusetts

Mô hình AWAKEN, 208, 209

Mô hình dự án công nghiệp, 126 - 127

Mô hình tích hợp thời gian, 103

Mô hình toán học, 184

*Mô tả Dublin*, mục tiêu của giáo dục



đại học, 285  
 Mô hình kiểm định chương trình dựa trên mục tiêu của, 230 - 231  
 Mô hình tự học, 142  
 Môn học chuyên ngành, 28  
 Môn học khoa học kỹ thuật, giảng dạy, 81  
 Mô hình kiểm định chương trình dựa trên phán xét, 229  
 Mô hình quản lý dự án của Linköping (LIPS), 127  
 Mô hình tích hợp song song, 102  
 Môn học giới thiệu ngành trong chương trình giảng dạy tích hợp, 112 tại Đại học Linköping, 114 - 115  
 Môn học dựa vào bài giảng, 168  
 Mức độ thành thạo, 71  
 của kiến thức và kỹ năng trong Đề cương CDIO, 73  
 như là chuẩn đầu ra, 82 - 84  
 bởi nhóm các bên liên quan nghề nghiệp, 79  
 quy trình khảo sát dành cho, 73

## N

Nền tảng kỹ thuật cơ bản, bằng cách học những kỹ năng liên quan, 91,  
 Nền tảng sư phạm, 34  
 Nội dung chương trình đào tạo chuyên ngành, 95  
 Nội dung và chuẩn đầu ra, trình tự, 107 - 109  
 Nguồn tài liệu cho giảng viên (IMR), 162, 219, 223  
 Nguồn gốc của giáo dục kỹ thuật giáo dục kỹ thuật dân dụng, 256  
 thiết lập *EEIcole Polytechnique*, 256  
 Nguyên tắc Phân loại Kỹ thuật theo Feisel-Schimitz, chuẩn đầu ra, 159 - 160  
 Người kỹ sư, 11  
 thái độ và tổ chức, 13  
 định nghĩa, 12  
 giáo dục, 274 - 276  
 kiến thức, 12  
 vai trò, 3, 293  
 kỹ năng và khả năng, 12, 53

Nghề nghiệp kỹ thuật, hướng nghề nghiệp, 68  
 Nghiên cứu và thiết kế kỹ thuật, 23, 54, 283  
 Nghiên cứu đối sánh trong thiết kế chương trình đào tạo, 97 - 99  
 Nhiệt động lực học, câu hỏi khái niệm trong, 164  
 Nhóm các bên liên quan nghề nghiệp, 77  
 Nhóm triển khai (I-Kits), 223  
 Những hoạt động trong chương trình đào tạo dự bị đại học, 286

## P

Pháp, giáo dục kỹ thuật đa ngành, 256 - 257  
 tác động của công nghiệp trên , 256 - 258  
 Phát triển giảng viên trong Tiêu chuẩn CDIO, 234  
 Phát triển công nghệ, 284  
 Phân loại theo Bloom, thang đánh giá mức độ thành thạo, 79, 82 - 84, 209  
*Phiếu ghi điểm cân bằng*, 209, 230  
 Phương pháp tiếp cận quản lý dự án nghề nghiệp, 127  
 Phương pháp học chủ động và trải nghiệm trong môn khí động lực học, 170  
 lợi ích và thách thức, 172  
 Phương pháp học chủ động, 32, 151 - 152, 162  
 câu hỏi khái niệm, 164  
 hệ thống trả lời điện tử, 166  
 phiếu phản hồi từ sinh viên, 164  
 đánh dấu, 166  
 Phương pháp CDIO, tiếp nhận và triển khai  
 mô hình AWAKEN, 208 - 209  
 đòi hỏi thay đổi, 194  
 những thách thức đương đại với, 276  
 sự thay đổi văn hóa, 196 - 205  
 thiết kế và phát triển, 217 - 220  
 các chuyên ngành kỹ thuật, 289 - 290  
 và chương trình kỹ thuật, 295 - 296

phát triển đội ngũ giảng viên và, 211  
 - 217  
 trong chương trình sau đại học, 292  
 - 295  
 hợp tác quốc tế, giá trị của, 224  
 nguồn lực mở cho, 222 - 223  
 tại Đại học Queen (Canada), 202  
 tại Học viện Hải quân Mỹ, 197  
 Phương pháp học trải nghiệm, 151,  
 162, 166  
 nghiên cứu tình huống, 169  
 đặc điểm, 35  
 mô hình, 166  
 học dựa trên đồ án, 168  
 mô phỏng, 168  
 Phương pháp kiểm định CDIO. *Xem*  
 chương trình CDIO  
 tài liệu, 237  
 nghiên cứu theo thời gian, 239  
 bảng hỏi và các khảo sát, 237 - 238  
 PRS. *Xem* Hệ thống Trả lời Cá nhân

## Q

Quyết định *phân nhiệm giảng dạy*, 205  
 Quy trình đánh giá học tập, 178 - 179  
 chuẩn đầu ra, 180 - 182  
 nghiên cứu theo thời gian, 184

## R

Robot tự hành, vận hành thử nghiệm,  
 129

## S

Sản phẩm, quy trình và hệ thống  
 kỹ năng kiến tạo, 23, 55, 88, 90  
 thiết kế và triển khai, 141  
 phát triển vòng đời, 290  
 Sáng kiến CDIO, 2, 4, 10, 154  
 mục tiêu, 22 - 24  
 quy trình thiết kế chương trình đào  
 tạo, 88 - 89  
 SARTOR 3 (Tiêu chuẩn và lộ trình để  
 đăng ký, Hội đồng kỹ thuật, phát  
 hành lần 3, 1997), 65  
 SEFI. *Hội Giáo dục Kỹ thuật Châu Âu*  
*Socrates*, 284  
 Sở thích học tập, sự khác biệt giới tính  
 trong, 172  
 Sự phát triển khoa học và công nghệ,

283

Sự sáng tạo  
 với Đề cương CDIO, 70  
 định nghĩa, 70  
 và tính bền vững, 67  
 Sự tác nghiệp chuyên môn, các khả  
 năng thay thế, 269  
 Sự tương đồng trong kiểm định, 286  
 SPEC. *Xem* Tiêu chuẩn của Anh về  
 Năng lực Nghề nghiệp Kỹ thuật  
 Sự phát triển công nghiệp và vai trò  
 của người kỹ sư, 260  
 quá trình thay đổi chuyên ngành kỹ  
 thuật, 262  
 chương trình đào tạo trong các  
 trường kỹ thuật, 262  
 tư tưởng kỹ trị, 260  
 công nghệ và kiến thức mới, 261  
 vai trò của các trường kỹ thuật, 261  
 - 262  
 Suy nghĩ kỹ thuật, khoa học, và tầm hệ  
 thống, 58  
 Sứ mệnh trường và mục tiêu chương  
 trình trong Tiêu chuẩn CDIO, 234  
 Sự giám sát về trải nghiệm và kỹ năng  
 thực hành, quan điểm kỹ thuật, 268  
 sự đáp lại từ phía công nghiệp, 267 -  
 268  
 sự chuyển đổi trong các trường kỹ  
 thuật, 266 - 267

## T

Tầm nhìn CDIO, 24, 36 - 37  
 giáo dục kỹ thuật trong, 34  
 đặc tính, 28  
 Thành phần của chương trình đào tạo  
 tích hợp, 31  
 Thay đổi văn hóa, và phương pháp  
 tiếp cận CDIO  
 đòi hỏi thay đổi, 195  
 nhân tố ảnh hưởng, 195 - 196  
 giai đoạn đầu tiên, 196 - 201  
 giai đoạn thứ hai, 201 - 205  
 giai đoạn thứ ba, 205 - 207  
 Thay đổi về tổ chức tương quan với  
 thay đổi trong trường đại học, 207  
 tám giai đoạn của Kotter, 208  
 Thụy Điển, giáo dục kỹ thuật, 286  
 Tính bền vững

- với Đề cương CDIO, 67
- nguyên tắc, 67
- Toán học, khoa học, và các môn học kỹ thuật, khảo sát của, 98 - 99
- Tiêu chuẩn của Anh về Năng lực Nghề nghiệp Kỹ thuật chuẩn đầu ra, 65 - 67
- tiêu chuẩn để đăng ký nghề nghiệp, 67
- Thí nghiệm thiết kế xà dầm. . . , 128
- Thiết kế chương trình đào tạo tích hợp, 99
  - đặc tính, 88, 91 - 92
  - đối sánh, 97 - 99
  - nội dung và chuẩn đầu ra, 95
  - hạn chế, 103
  - tính năng, 111
  - nền tảng cho, 93
  - môn học giới thiệu ngành, 111
  - đối ứng chuẩn đầu ra trên, 109 - 111
  - nguyên tắc tổ chức, 100
  - lý do sự phạm, 91
  - lý do thực tiễn, 89
  - những điều kiện tồn tại trước đây, 95
  - mô hình quá trình, 93 - 94
  - Mục tiêu và độ dài của chương trình, 95
  - cơ sở cho, 89
  - cơ cấu, 93, 96, 100
- Thiết lập tính xã hội của kỹ thuật tự động (SAE), 121
- Thực hành bối cảnh giáo dục, 295 - 296
- Thực hành kỹ thuật, 53
- Tiêu chuẩn CDIO, 3, 38 - 40, 55, 234
  - chương trình đào tạo và chuẩn đầu ra, 233
  - lĩnh vực tập trung, 232
  - với những tiêu chuẩn kiểm định quốc gia, 44
  - Tiêu chuẩn 1, 39
  - Tiêu chuẩn 2, 55
  - Tiêu chuẩn 3, 90
  - Tiêu chuẩn 4, 112
  - Tiêu chuẩn 5, 120
  - Tiêu chuẩn 6, 135
  - Tiêu chuẩn 7, 155
  - Tiêu chuẩn 8, 163
  - Tiêu chuẩn 9, 121
  - Tiêu chuẩn 10, 215
  - Tiêu chuẩn 11, 178
  - Tiêu chuẩn 12, 231
- Tổ chức chương trình, 100 - 101
- Tự đánh giá, thang xếp hạng, 240 - 241
- Trải nghiệm thiết kế - triển khai thành thạo, 122
  - tại Học viện Công nghệ Hoàng gia (KTH), 131
  - tổ chất, 123
  - cơ bản, 122
  - thách thức, 130
  - chi phí, 133
  - định nghĩa, 118 - 119
  - đồ án năm nhất và năm hai, 124
  - nền tảng/cơ bản, 121
  - trong chương trình đào tạo, 121
  - trong chương trình đào tạo tích hợp, 120
  - vai trò và lợi ích, 120 - 121
  - phản ứng của bên liên quan, 134
  - thực hành giảng dạy và đánh giá, 131
  - những đồ án cho năm ba và năm tư, 117
- Tranh luận chính thức theo phương thức Cambridge, 203
- Trung tâm CDIO khu vực, 281
- Trung tâm học tập tích hợp* (ILC), 202
- Trung tâm Phát triển Tri thức về Giáo dục Kỹ thuật (CASEE), 20
- Trường đại học, các nhân tố cho sự thay đổi văn hóa khi có nguồn lực thích hợp, 205
  - xây dựng tầm nhìn, 198 - 200
  - những người tiên phong, hỗ trợ, 199 - 200
  - thành công sớm, ảnh hưởng của, 200 - 201
  - chính sách dựa vào minh chứng, 202 - 204
  - kỳ vọng của sinh viên, 206 - 208
  - lãnh đạo, ảnh hưởng của, 198
  - cần thiết phải thay đổi, sự hiểu biết, 198 - 199
  - tính chuyên nghiệp, giới thiệu, 201
  - công nhận của giảng viên, 205 - 206

332 Phụ lục danh mục

sinh viên như tác nhân, 204  
sự tham gia nhóm trong sự thay đổi,  
204 – 205  
Tuyên bố Bologna, 284

**U**

Ủy ban Kiểm định Kỹ thuật Canada  
(CEAB), 284  
USNA. *Xem* Học viện Hải quân  
Hoa Kỳ

**V**

Vòng đời sản phẩm, qui trình, và hệ  
thống kỹ thuật, 15

# CẢI CÁCH VÀ XÂY DỰNG CHƯƠNG TRÌNH ĐÀO TẠO KỸ THUẬT THEO PHƯƠNG PHÁP TIẾP CẬN CDIO

Hồ Tấn Nhựt, Đoàn Thị Minh Trinh (biên dịch)

---

**NHÀ XUẤT BẢN**  
**ĐẠI HỌC QUỐC GIA TP HỒ CHÍ MINH**  
KP 6, P. Linh Trung, Q. Thủ Đức, TPHCM  
Số 3 Công trường Quốc tế, Q.3, TPHCM  
**ĐT: 38239172, 38239170**  
**Fax: 38239172; Email: vnuhp@vnuhcm.edu.vn**



*Chịu trách nhiệm xuất bản*

**TS HUỖNH BÁ LÂN**

*Tổ chức bản thảo và chịu trách nhiệm về tác quyền*

**ĐẠI HỌC QUỐC GIA TP HỒ CHÍ MINH**

*Biên tập*

**NGUYỄN HUỖNH**

*Sửa bản in*

**QUỐC AN**

**TK.02.GD(V)**

**962-2009/CXB/01-93**

**GD.TK.789-10(T)**

**ĐHQG.HCM-10**

---

In tái bản 1000 cuốn, khổ 16 x 24cm. Số đăng ký KHXB:962-2009/CXB/01-93/ĐHQGTPHCM. Quyết định xuất bản số 588/QĐ-ĐHQGTPHCM/TB ngày 30 tháng 11 năm 2010 của Nhà xuất bản ĐHQG TPHCM. In tại Công Ty TNHH In & bao bì Hưng Phú, In xong và nộp lưu chiểu tháng 12 /2010.

