

## LỜI NÓI ĐẦU

Năng lượng là nhu cầu thiết yếu cho cuộc sống của tất cả sinh vật và hoạt động của mọi nền kinh tế. Nó đã đóng góp một vai trò cơ bản trong sự phát triển của các nền văn minh. Mức tiêu thụ năng lượng bình quân trên mỗi đầu người được dùng như một chỉ tiêu để đánh giá mức độ phát triển của mỗi quốc gia. Năng lượng cũng là nguyên nhân gây ra các cuộc chiến tranh giữa các dân tộc để giành quyền kiểm soát các nguồn năng lượng trong suốt thế kỷ XX và những năm đầu của thế kỷ XXI.

Trong thế kỷ XX, con người đã dễ dàng khai phá và tiếp cận với các nguồn nhiên liệu hóa thạch dồi dào, điều đó đã góp phần vào sự phát triển vượt bậc của nhân loại trong suốt thời kỳ công nghiệp hóa. Nhưng cũng chính điều này đã phát sinh những hệ lụy của nó, mà cụ thể là sự phá hủy môi trường toàn cầu và sự cạn kiệt của các nguồn năng lượng hóa thạch. Vì vậy, khái niệm “Phát triển bền vững” được ra đời và được sử dụng như kim chỉ nam cho sự phát triển của nhân loại nói chung và phát triển năng lượng nói riêng.

Các nguồn năng lượng tái tạo đáp ứng được các tiêu chí của sự phát triển bền vững, vì đó là các nguồn năng lượng vô tận và không gây nên các vấn đề ô nhiễm môi trường. Để góp phần hiểu rõ vấn đề này, chúng tôi biên soạn cuốn sách **“Giáo trình Năng lượng tái tạo và sự phát triển bền vững”**. Cuốn sách gồm mười chương, được trình bày với nội dung như sau:

*Chương 1* - Tổng quan: phân tích tình hình tiêu thụ năng lượng hiện nay trên thế giới, trong đó phân loại ra các nguồn năng lượng tái tạo và không tái tạo, hay còn gọi là các nguồn năng lượng truyền thống hay năng lượng hóa thạch; các vấn đề về môi trường do việc tiêu thụ các nguồn năng lượng không tái tạo gây nên. Từ đó, vấn đề phát triển bền vững cũng như tính cấp thiết của việc sử dụng và phát triển năng lượng bền vững được đề cập.

*Chương 2* - Bức xạ mặt trời: đề cập đến các vấn đề cơ bản nhất về mặt trời và bức xạ mặt trời, từ mối quan hệ hình học giữa mặt trời và trái đất, bức xạ mặt trời bên ngoài bầu khí quyển, những yếu tố làm suy giảm lượng bức xạ mặt trời khi đi qua bầu khí quyển đến lượng bức xạ đến bề mặt trái đất trên mặt phẳng nằm ngang cũng như các mặt phẳng nghiêng cố định và di động. Các phương pháp tính các thành phần bức xạ, cách tính bức xạ ngày từ bức xạ tháng cũng như tính bức xạ giờ từ bức xạ ngày cũng được phân tích và trình bày chi tiết.

*Chương 3* - Bộ thu năng lượng mặt trời: trình bày nguyên lý hoạt động, cấu tạo và các bước tính toán chi tiết các loại bộ thu tấm phẳng, bộ thu ống chân không và bộ thu tập trung.

*Chương 4 - Pin mặt trời:* mô tả vật liệu bán dẫn, hiệu ứng quang điện trong vật liệu bán dẫn, nguyên lý cấu tạo và hoạt động của pin mặt trời. Các thể hệ của pin mặt trời, hiện trạng và tiềm năng phát triển của chúng cũng được giới thiệu. Kế tiếp, cấu tạo và nguyên lý hoạt động của một hệ thống điện mặt trời độc lập và các bước tính toán một hệ thống điện mặt trời độc lập công suất nhỏ được trình bày chi tiết.

*Chương 5 - Năng lượng gió:* giới thiệu tổng quan về năng lượng gió, từ nguồn gốc sinh ra gió đến cách đánh giá trữ lượng tiềm năng nguồn năng lượng gió tại một địa điểm khảo sát. Tiếp theo, nguyên lý cấu tạo và vận hành một turbine gió cũng như cách tính toán lượng điện năng có thể sản xuất ra ứng với một turbine gió và vị trí lắp đặt cụ thể được mô tả. Sau đó cơ sở động học cánh, các lý thuyết tính toán cánh cũng như việc tính toán kích thước, công suất và hiệu suất của turbine gió được tập trung trình bày.

*Chương 6 - Thủy điện:* trình bày về nguồn năng lượng thủy điện, lý thuyết tính toán năng lượng và công suất các turbine thủy điện, các phương pháp đo cột áp và lưu lượng các nguồn nước làm thủy điện. Kế tiếp, các loại turbine được sử dụng trong các nhà máy thủy điện, các loại nhà máy thủy điện cũng như lợi ích và tác động của việc xây dựng các nhà máy thủy điện được mô tả. Cuối cùng, phương pháp phân tích, đánh giá và tính toán các nhà máy thủy điện nhỏ và cực nhỏ được giới thiệu.

*Chương 7 - Năng lượng địa nhiệt:* tổng quan về năng lượng địa nhiệt, tình hình hiện tại và tiềm năng khai thác năng lượng địa nhiệt trên thế giới cũng như tại Việt Nam. Tiếp theo, các ứng dụng của năng lượng địa nhiệt cũng như giá thành và các thách thức môi trường khi sử dụng nguồn năng lượng này được mô tả. Cuối cùng, khả năng khai thác và tính toán nguồn địa nhiệt được trình bày.

*Chương 8 - Năng lượng sinh học:* mô tả tổng quan về năng lượng sinh học, về năng lượng sinh khối và nhiên liệu sinh học. Tiếp theo, một số công nghệ sản xuất nhiên liệu sinh học được giới thiệu. Cuối cùng, hiện trạng và tiềm năng khai thác và sử dụng năng lượng sinh học trên thế giới cũng như tại Việt Nam được trình bày.

*Chương 9 - Năng lượng đại dương:* bao gồm năng lượng sóng đại dương, năng lượng thủy triều và năng lượng nhiệt đại dương. Khái niệm, sự hình thành và phương pháp chuyển đổi các nguồn năng lượng này thành điện năng được trình bày. Nguyên lý hoạt động và cấu tạo các thiết bị để chuyển đổi các nguồn năng lượng đại dương cũng được mô tả. Ưu nhược điểm của các nguồn năng lượng đại dương cũng được phân tích và một số tính toán các nguồn năng lượng sóng đại dương và thủy triều cho những ví dụ cụ thể tại Việt Nam cũng được đề cập.

*Chương 10 - Exergy, năng lượng tái tạo và sự phát triển bền vững:* giới thiệu về exergy cũng như mối quan hệ của exergy với năng lượng, môi trường và sự phát triển bền vững. Năng lượng tái tạo và các công cụ để đánh giá sự phát triển bền vững cũng được trình bày chi tiết hơn với các ví dụ minh họa. Cuối cùng, phương pháp phân tích vòng đời exergy được sử dụng để đánh giá tính bền vững của các nguồn năng lượng tái tạo và không tái tạo.

Đối tượng phục vụ của cuốn sách là cán bộ giảng dạy ở các trường, các viện; cán bộ quản lý, cán bộ kỹ thuật, chuyên viên ở các công ty, xí nghiệp, doanh nghiệp; đồng thời là các học viên cao học và sinh viên ở các trường đại học, cao đẳng và dạy nghề cùng các độc giả quan tâm đến lĩnh vực này.

Chúng tôi xin chân thành cảm ơn các thầy cô trong Hội đồng Thẩm định Giáo trình của Trường Đại học Bách khoa - Đại học Quốc gia TP Hồ Chí Minh đã có những nhận xét và đánh giá chân thành cho cuốn sách này được hoàn chỉnh hơn. Chúng tôi cũng xin cảm ơn NCS Nguyễn Hiếu Nghĩa về những đóng góp trong cuốn sách này và gửi lời tri ân đến cô Nguyễn Thị Thùy Dung cũng như Ban Giáo trình Trường Đại học Bách khoa đã đánh máy, chỉnh sửa và hiệu đính để cuốn sách này đến tay bạn đọc được chính chu nhất trong điều kiện cho phép.

Cuốn sách được biên soạn từ kinh nghiệm tích lũy của 15 năm giảng dạy môn Năng lượng tái tạo, nhưng cũng không thể tránh khỏi những thiếu sót. Chúng tôi mong nhận được sự góp ý của độc giả để không ngừng cải thiện chất lượng cuốn sách nhằm đáp ứng yêu cầu ngày càng cao của quý vị.

Ý kiến đóng góp xin liên hệ:

Bộ môn Công nghệ Nhiệt lạnh - Trường Đại học Bách khoa - Đại học Quốc gia TP Hồ Chí Minh.

268 Lý Thường Kiệt, Quận 10, TP Hồ Chí Minh.

Điện thoại: (08) 38647256 (ext. 5898)

Email: drthebao@gmail.com

Xin chân thành cảm ơn.

**Tác giả**

# MỤC LỤC

## LỜI NÓI ĐẦU

## BẢNG KÝ HIỆU

### Chương 1 TỔNG QUAN

|                                                                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1.1. Những khái niệm cơ sở                                                                                   | 15 |
| 1.2. Vấn đề năng lượng và môi trường                                                                         | 18 |
| 1.3. Sản xuất và tiêu thụ các nguồn năng lượng không tái tạo<br>và năng lượng tái tạo trên thế giới hiện nay | 36 |
| 1.4. Sự phát triển bền vững                                                                                  | 38 |
| Câu hỏi và bài tập                                                                                           | 49 |

### Chương 2 BỨC XẠ MẶT TRỜI

|                                    |     |
|------------------------------------|-----|
| 2.1. Các khái niệm                 | 50  |
| 2.2. Bức xạ mặt trời trên trái đất | 67  |
| Câu hỏi và bài tập                 | 109 |

### Chương 3 BỘ THU NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI

|                                                                  |     |
|------------------------------------------------------------------|-----|
| 3.1. Lý thuyết bộ thu tấm phẳng                                  | 111 |
| 3.2. Đặc tính kỹ thuật của bộ thu ống chân không                 | 140 |
| 3.3. Một số so sánh giữa bộ thu chân không và tấm phẳng          | 141 |
| 3.4. Lý thuyết bộ thu ống chân không                             | 143 |
| 3.5. Bộ thu dạng tập trung                                       | 160 |
| 3.5.1. Cấu tạo bộ thu                                            | 161 |
| 3.5.2. Tỷ số tập trung                                           | 164 |
| 3.5.3. Hiệu suất nhiệt của bộ thu dạng tập trung                 | 167 |
| 3.5.4. Hiệu suất quang học của bộ thu dạng tập trung             | 173 |
| 3.5.5. Một số đặc điểm quang học của bộ tập trung không hình ảnh | 175 |
| 3.5.6. Định hướng và năng lượng hấp thụ đối với collector CPC    | 181 |
| 3.5.7. Hiệu suất của bộ thu CPC                                  | 186 |
| Câu hỏi và bài tập                                               | 188 |

|                                                                           |     |
|---------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Chương 4 PIN MẶT TRỜI</b>                                              | 194 |
| 4.1. Hiệu ứng quang điện trong chất bán dẫn                               | 194 |
| 4.2. Vật liệu bán dẫn                                                     | 199 |
| 4.3. Nguyên lý hoạt động và cấu tạo pin mặt trời                          | 205 |
| 4.4. Các thể hệ pin mặt trời                                              | 208 |
| 4.5. Hệ thống điện mặt trời                                               | 239 |
| 4.6. Tính toán thiết kế hệ thống điện mặt trời                            | 255 |
| Câu hỏi và bài tập                                                        | 265 |
| <b>Chương 5 NĂNG LƯỢNG GIÓ</b>                                            | 269 |
| 5.1. Tổng quan về năng lượng gió                                          | 269 |
| 5.2. Turbine gió                                                          | 286 |
| 5.3. Cơ sở động học của cánh                                              | 303 |
| 5.4. Các lý thuyết tính toán cánh                                         | 311 |
| 5.5. Tính toán công suất và hiệu suất turbine gió                         | 320 |
| 5.6. Tính toán bán kính cánh turbine gió                                  | 321 |
| 5.7. Tỷ tốc đầu mút                                                       | 321 |
| Câu hỏi và bài tập                                                        | 327 |
| <b>Chương 6 THỦY ĐIỆN</b>                                                 | 330 |
| 6.1. Tổng quan                                                            | 330 |
| 6.2. Tính toán năng lượng và công suất của turbine thủy điện              | 333 |
| 6.3. Do lưu lượng và cột áp                                               | 334 |
| 6.4. Các loại turbine sử dụng trong nhà máy thủy điện                     | 338 |
| 6.5. Các loại nhà máy thủy điện                                           | 343 |
| 6.6. Các công trình và thiết bị của nhà máy thủy điện                     | 349 |
| 6.7. Ưu điểm và tác động của thủy điện                                    | 352 |
| 6.8. Phân tích các dự án thủy điện nhỏ và cực nhỏ                         | 357 |
| Câu hỏi và bài tập                                                        | 362 |
| <b>Chương 7 NĂNG LƯỢNG ĐỊA NHIỆT</b>                                      | 364 |
| 7.1. Giới thiệu về năng lượng địa nhiệt                                   | 364 |
| 7.2. Tiềm năng và tình hình khai thác địa nhiệt trên thế giới và Việt Nam | 371 |
| 7.3. Các ứng dụng của địa nhiệt                                           | 379 |

|                                                                             |     |
|-----------------------------------------------------------------------------|-----|
| 7.4. Giá thành sản xuất địa nhiệt                                           | 392 |
| 7.5. Các thách thức về môi trường khi sử dụng<br>nguồn năng lượng địa nhiệt | 393 |
| 7.6. Khả năng khai thác và tính toán nguồn địa nhiệt                        | 395 |
| Câu hỏi và bài tập                                                          | 401 |
| <b>Chương 8 NĂNG LƯỢNG SINH HỌC</b>                                         | 402 |
| 8.1. Tổng quan                                                              | 402 |
| 8.2. Sinh khối                                                              | 406 |
| 8.3. Nhiên liệu sinh học                                                    | 408 |
| 8.4. Một số công nghệ sản xuất nhiên liệu sinh học                          | 416 |
| 8.5. Tình hình sản xuất nhiên liệu sinh học trên thế giới                   | 431 |
| 8.6. Hiện trạng và tiềm năng sản xuất nhiên<br>liệu sinh học tại Việt Nam   | 434 |
| Câu hỏi và bài tập                                                          | 440 |
| <b>Chương 9 NĂNG LƯỢNG ĐẠI DƯƠNG</b>                                        | 441 |
| 9.1. Năng lượng sóng đại dương                                              | 441 |
| 9.2. Năng lượng thủy triều                                                  | 453 |
| 9.3. Năng lượng nhiệt đại dương OTEC (Ocean Thermal Energy Conversion)      | 459 |
| Câu hỏi và bài tập                                                          | 465 |
| <b>Chương 10 EXERGY, NĂNG LƯỢNG TÁI TẠO<br/>VÀ SỰ PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG</b>   | 466 |
| 10.1. Giới thiệu exergy                                                     | 466 |
| 10.2. Năng lượng tái tạo và các công cụ đánh giá sự phát triển bền vững     | 479 |
| 10.3. Ví dụ minh họa                                                        | 486 |
| 10.4. Phân tích vòng đời exergy của hệ thống năng lượng tái tạo             | 489 |
| Câu hỏi và bài tập                                                          | 504 |
| <b>PHỤ LỤC</b>                                                              | 505 |
| <b>TÀI LIỆU THAM KHẢO</b>                                                   | 536 |