

GS. TS. NGUYỄN HUY SINH

Giáo trình

VẬT LÝ CƠ - NHIỆT ĐẠI CƯƠNG

TẬP HAI

**Nhiệt động học
và Vật lý phân tử**



NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC VIỆT NAM

GS.TS. NGUYỄN HUY SINH

GIÁO TRÌNH VẬT LÝ CƠ – NHIỆT ĐẠI CƯƠNG

TẬP 2

NHIỆT ĐỘNG HỌC VÀ VẬT LÝ PHÂN TỬ

(Tái bản lần thứ nhất)

NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC VIỆT NAM

MỤC LỤC

LỜI NÓI ĐẦU	07
Chương 1. NHIỆT ĐỘ VÀ NGUYÊN LÝ THỨ KHÔNG	09
1.1. Nhiệt độ và phép đo nhiệt độ	09
1.1.1. Nhiệt độ.....	09
1.1.2. Phép đo nhiệt độ.....	09
1.1.3. Các thang nhiệt giai để đo nhiệt độ.....	10
1.2. Nguyên lý thứ không của nhiệt động lực học	12
1.2.1. Phát biểu nguyên lý.....	12
1.2.2. Nhiệt kế khí thể tích không đổi.....	13
1.3. Dẫn nở nhiệt	15
1.3.1. Sự dẫn nở dài.....	15
1.3.2. Sự dẫn nở khối.....	15
1.3.3. Giải thích sự giãn nở vì nhiệt theo quan điểm của thuyết Động học phân tử	16
1.3.4. Những chú ý về dẫn nở nhiệt.....	17
1.4. Sự truyền nhiệt	18
1.4.1. Truyền nhiệt bằng dẫn nhiệt.....	18
1.4.2. Đối lưu.....	20
1.4.3. Bức xạ.....	21
Tóm tắt chương 1.....	21
Bài tập.....	23
 Chương 2. KHÍ LÝ TƯỢNG	28
2.1. Cấu tạo chất	28
2.1.1. Cấu tạo nguyên tử và phân tử của vật chất.....	28
2.1.2. Cấu tạo và tính chất của chất khí.....	28
2.2. Thuyết động học phân tử các chất khí	30
2.2.1. Quan sát một số hiện tượng động học.....	30
2.2.2. Nội dung thuyết động học phân tử.....	32
2.3. Các định luật cơ bản của chất khí	32
2.3.1. Định luật Boyle – Mariott.....	32
2.3.2. Định luật Charles (Sác-lơ).....	33
2.3.3. Phương trình trạng thái của khí lý tưởng và định luật Gay- Lussac....	34
2.3.4. Phương trình Clapeyron – Mendeleev.....	37
2.4. Phương trình cơ bản của thuyết động học phân tử	38
2.4.1. Áp suất khí lý tưởng theo quan điểm của thuyết động học phân tử	38
2.4.2. Nhiệt độ của khí lý tưởng.....	40
2.4.3. Động năng trung bình chuyển động tịnh tiến của phân tử.....	42
2.5. Các định luật phân bố	43
2.5.1. Định luật phân bố phân tử theo vận tốc Maxwell.....	43
2.5.2. Động năng trung bình chuyển động tịnh tiến của phân tử tính theo hàm phân bố Maxwell.....	46
2.5.3. Định luật phân bố phân tử theo thể năng (định luật Boltzmann).....	47
2.5.4. Định luật phân bố năng lượng đều theo các bậc tự do.....	50

2.6. Quỹ đạo tự do trung bình của các phân tử.....	52
Tóm tắt một số dạng bài tập tổng quát về chất khí.....	54
Tóm tắt chương 2.....	55
Bài tập.....	58
 Chương 3. CƠ SỞ CỦA NHIỆT ĐỘNG LỰC HỌC VÀ NGUYÊN LÝ THỨ I.....	67
3.1. Cơ sở của nhiệt động lực học.....	67
3.1.1. Nhiệt động lực học là gì.....	67
3.1.2. Nội năng.....	68
3.1.3. Khái niệm công và nhiệt.....	69
3.1.4. Mối liên hệ giữa nhiệt và công.....	71
3.2. Nguyên lý thứ I của nhiệt động lực học.....	75
3.2.1. Cách phát biểu nguyên lý thứ I.....	
3.2.2. Áp dụng nguyên lý thứ I cho các quá trình cơ bản của nhiệt động lực học đối với khí lý tưởng.....	76
3.3. Nhiệt dung.....	79
3.3.1. Nhiệt dung của vật rắn.....	79
3.3.2. Nhiệt dung mol của khí lý tưởng.....	81
3.3.3. Thuyết nhiệt dung cổ điển.....	82
3.3.4. Nhiệt chuyển trạng thái (nhiệt chuyển pha).....	84
Tóm tắt chương 3.....	85
Bài tập.....	87
 Chương 4. CÁC HIỆN TƯỢNG ĐỘNG HỌC TRONG CHẤT KHÍ.....	94
4.1. Các hiện tượng truyền.....	94
4.1.1. Quá trình khuếch tán.....	94
4.1.2. Quá trình nội ma sát.....	96
4.1.3. Quá trình truyền nhiệt.....	97
4.1.4. Phương trình truyền.....	99
4.2. Tính chất của khí ở áp suất rất thấp.....	99
4.2.1. Hiện tượng phóng lưu.....	99
4.2.2. Hiện tượng truyền nhiệt của chất khí ở áp suất thấp và ứng dụng.....	100
4.2.3. Sự chảy của chất khí ở áp suất rất thấp.....	101
4.3. Phương pháp tạo chân không cao.....	102
4.3.1. Một số loại bơm chân không thông dụng.....	102
4.3.2. Một vài phương pháp xác định chân không.....	104
Tóm tắt chương 4.....	105
Bài tập.....	107
 Chương 5. NGUYÊN LÝ THỨ II CỦA NHIỆT ĐỘNG LỰC HỌC. ENTROPY..	113
5.1. Chu trình.....	113
5.1.1. Chu trình thuận nghịch.....	113
5.1.2. Chu trình bất thuận nghịch.....	114
5.1.3. Ý nghĩa của việc nghiên cứu các chu trình thuận nghịch và bất thuận nghịch.....	115
5.2. Nguyên lý thứ hai của nhiệt động lực học.....	115
5.2.1. Những khiếm khuyết của nguyên lý thứ I.....	115

5.2.2. Hai cách phát biểu nguyên lý II nhiệt động lực học.....	116
5.2.3. Chứng minh sự tương đương của hai cách phát biểu nguyên lý thứ II.....	120
5.2.4. Ứng dụng của nguyên lý thứ II nhiệt động lực học.....	121
5.3. Chu trình Carnot	122
5.3.1. Định nghĩa, cấu tạo và hoạt động.....	122
5.3.2. Hiệu suất của chu trình.....	122
5.3.3. Định lý Carnot.....	124
5.4. Khái niệm về Entropy	125
5.4.1. Nhiệt lượng rút gọn.....	125
5.4.2. Bất đẳng thức Clausius.....	126
5.4.3. Định lý Clausius và định nghĩa Entropy.....	127
5.4.4. Nguyên lý tăng entropy.....	128
5.4.5. Tính chất và ý nghĩa của entropy.....	128
5.4.6. Tầm quan trọng của entropy trong thực tế.....	129
Tóm tắt chương 5.....	130
Bài tập.....	133
 Chương 6. KHÍ THỰC VÀ HƠI	138
6.1. Lực tương tác phân tử và thế năng tương tác	138
6.1.1. Lực tương tác phân tử.....	138
6.1.2. Thế năng tương tác giữa các phân tử	139
6.1.3. Khí thực và phương trình trạng thái của khí thực.....	140
6.1.4. Đường đẳng nhiệt lý thuyết (Van Der Waals) và thực nghiệm (Angdrew).....	143
6.1.5. Ý nghĩa thực tiễn của họ đường đẳng nhiệt Van der Waals.....	145
6.1.6. Xác định các thông số tới hạn.....	146
6.1.7. So sánh đường đẳng nhiệt lý thuyết (Van Der Waals) và đường đẳng nhiệt thực nghiệm (Angdrew).....	146
6.2. Nội năng của khí thực. Hiệu ứng Joule – Thomson	148
6.2.1. Nội năng của khí thực.....	148
6.2.2. Hiệu ứng Joule – Thomson.....	149
6.2.3. Thí nghiệm Joule – Thomson.....	149
6.2.4. Giải thích thí nghiệm.....	150
6.3. Sự hoá lỏng khí và cách tạo nhiệt độ thấp	151
6.3.1. Phương pháp nén khí	151
6.3.2. Ứng dụng hiệu ứng Joule – Thomson.....	154
6.4. Một số hiện tượng ở nhiệt độ thấp	159
6.4.1. Hiện tượng siêu dẫn và nhiệt độ tới hạn.....	159
6.4.2. Hiện tượng siêu chảy của He.....	162
Tóm tắt chương 6.....	163
Bài tập.....	167
 Chương 7. CHẤT LỎNG	171
7.1. Tính chất của chất lỏng	
7.1.1. Tính chất của chất lỏng theo quan điểm của thuyết động học phân tử.....	171

7.1.2. Hiện tượng mặt ngoài của chất lỏng.....	172
7.1.3. Một vài ứng dụng hiện tượng làm ướt và không làm ướt của chất lỏng	173
7.1.4. Mặt cầu bảo vệ và lực tương tác giữa các phân tử chất lỏng.....	174
7.1.5. Năng lượng mặt ngoài và lực căng mặt ngoài	175
7.1.6. Áp suất phụ dưới mặt cong.....	177
7.2. Hiện tượng mao dẫn	180
7.2.1. Hiện tượng mao dẫn	180
7.2.2. Tính độ chênh lệch của mức chất lỏng trong ống mao dẫn.....	181
7.2.3. Ứng dụng hiện tượng mao dẫn.....	182
7.3. Áp suất thẩm thấu và định luật Van' Hoff.....	183
7.3.1. Liên hệ giữa dung dịch loãng và chất khí. Áp suất thẩm thấu.....	183
7.3.2. Định luật Van' Hoff.....	185
7.3.3. Ứng dụng hiện tượng thẩm thấu.....	186
7.3.4. Sự giảm áp suất hơi bão hoà trong dung môi. Định luật Raun.....	186
Tóm tắt chương 7.....	188
Bài tập.....	190
 Chương 8. SỰ CHUYỂN PHA.....	 201
8.1. Khái niệm về pha và sự chuyển pha.....	201
8.1.1. Chuyển pha loại I và chuyển pha loại II.....	201
8.1.2. Một vài tính chất chung của chuyển pha loại I.....	202
8.2. Một số hiện tượng chuyển pha trong chất lỏng.....	204
8.2.1. Hiện tượng bay hơi.....	204
8.2.2. Hiện tượng sôi.....	205
8.2.3. Hiện tượng hoá lỏng từ hơi bão hoà.....	206
8.3. Hiện tượng chuyển pha trong chất rắn.....	207
8.3.1. Hiện tượng thăng hoa.....	207
8.3.2. Hiện tượng nóng chảy.....	207
8.3.3. Hiện tượng kết tinh từ chất lỏng.....	208
8.4. Sự bay hơi và hơi bão hoà.....	208
8.4.1 Sự bay hơi và ngưng tụ.....	208
8.4.2. Hơi bão hoà.....	208
8.4.3. Độ ẩm không khí.....	209
8.5. Giản đồ pha.....	209
8.5.1. Giản đồ pha mô tả sự phụ thuộc nhiệt độ vào áp suất của hơi bão hoà.....	210
8.5.2. Giản đồ pha đồng tồn tại 3 pha. Điểm ba.....	211
Tóm tắt chương 8.....	213
Bài tập.....	216
Tài liệu tham khảo.....	227

Lời nói đầu

“**Giáo trình Vật lý Cơ - Nhiệt Đại cương**” là sự tích lũy kiến thức và kinh nghiệm nhiều năm trong quá trình giảng dạy và nghiên cứu của tác giả ở trường Đại học Tổng hợp Hà Nội (trước đây) và các trường trong Đại học Quốc gia Hà Nội (hiện nay). Sách được biên soạn từ các bài giảng của tác giả cho các ngành Vật lý, Toán học, Hóa học, Sinh vật học, Điện tử viễn thông, Địa lý, Địa chất, Khí tượng – Thủy văn và Môi trường. Biên soạn cuốn sách này tác giả đã cố gắng cập nhật thường xuyên cả về hình thức lẫn nội dung của chương trình Vật lý từ các nước tiên tiến nhất. Cho đến nay, các ngành cần học môn Vật lý trong Đại học Quốc gia có cùng một chương trình giảng dạy “Vật lý Đại cương” nhưng vẫn chưa có một giáo trình thống nhất chung. Điều đó đòi hỏi cần phải có một cuốn sách làm cơ sở chung cho các ngành học môn Vật lý, chứa đựng đầy đủ những nội dung cơ bản để các thầy, cô giáo và các sinh viên có thể sử dụng làm giáo trình giảng dạy chính hoặc tài liệu tham khảo. Mặt khác, trong lúc các trường Đại học ở nước ta đang chuyển đổi từ phương pháp học theo niên chế sang phương pháp học theo “tín chỉ” thì việc cung cấp những tài liệu mới và cập nhật cho sinh viên trong quá trình tự học là điều cấp thiết. Viết cuốn sách này tác giả mong muốn sẽ giải quyết được những yêu cầu đó.

Cuốn sách được chia làm hai tập: Tập một là phần Cơ học (đại cương) bao gồm 9 chương và tập hai là phần Nhiệt động học và Vật lý phân tử bao gồm 8 chương. Cuối mỗi tập sách đều có phần phụ lục mà trong đó độc giả có thể tra cứu các hằng số và các thông số Vật lý trong quá trình giải bài tập và tham khảo khi cần thiết.

Trong mỗi chương của giáo trình, các phần cơ sở lý thuyết, hiện tượng, bản chất vật lý và sự giải thích các hiện tượng để dẫn đến các định luật hay nguyên lý đều được trình bày một cách hệ thống, ngắn gọn, đơn giản và dễ hiểu. Thêm vào đó, sau mỗi chương đều có các bài tập áp dụng nhằm làm sáng tỏ và minh họa sâu sắc bản chất vật lý sinh động của các vấn đề lý thuyết trong thực tế. Ở những phần quan trọng, tác giả đưa thêm mục tóm tắt, bảng tổng kết hoặc so sánh để độc giả dễ dàng ghi nhớ.

Trong quá trình biên soạn, tác giả đã cố gắng đảm bảo tính khoa học, tính sư phạm và tính lô-gic trong toàn bộ chương trình, nhằm giúp cho độc giả dễ dàng tiếp thu được các vấn đề cơ bản của môn khoa học mang tính trừu tượng cao đó là “Vật lý học”.

Cuốn sách này còn có thể dùng làm tài liệu giảng dạy hoặc tham khảo trong các trường Đại học thuộc khối kỹ thuật ngoài Đại học Quốc gia hoặc các trường Cao đẳng nói chung có chương trình học môn Vật lý Đại cương.

Để hoàn thành cuốn sách này, tác giả xin chân thành cảm ơn các đồng nghiệp trong và ngoài Đại học Quốc gia Hà Nội đã đóng góp những ý kiến quý báu trong quá trình biên soạn. Cảm ơn các đồng nghiệp trong khoa vật lý trường Đại học khoa học tự nhiên: PGS.TS. Bùi Văn Loạt, PGS.TS. Hoàng Nam Nhật, TS. Nguyễn Anh Tuấn đã động viên, góp ý cho phần nội dung.

Hy vọng rằng, cuốn sách này sẽ giúp ích nhiều cho các giáo viên, học sinh, sinh viên trong quá trình giảng dạy và học tập các môn Vật lý Đại cương, đặc biệt là phần Cơ - Nhiệt. Tác giả trân trọng cảm ơn những ý kiến đóng góp của các thầy, cô giáo và các em học sinh, sinh viên để lần xuất bản sau được hoàn thiện hơn. Các ý kiến đóng góp xin gửi về địa chỉ : GS.TS. Nguyễn Huy Sinh, khoa Vật lý trường Đại học Khoa học Tự nhiên – Đại học Quốc gia Hà Nội hoặc công ty CP sách Đại học – Dạy nghề, Nhà xuất bản Giáo dục Việt Nam, 25 Hàn Thuyên, Hà Nội.

Hà Nội, tháng 6 năm 2010

GS.TS. Nguyễn Huy Sinh