



CK.0000070205

TS. NGUYỄN BÁ ĐỨC

Giáo trình
VẬT LÝ
THỐNG KÊ

Sách tặng

NGUYỄN
ĐỌC LIỆU



NHÀ XUẤT BẢN ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN

TS. NGUYỄN BÁ ĐỨC

**GIÁO TRÌNH
VẬT LÝ THỐNG KÊ**

**NHÀ XUẤT BẢN ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN
NĂM 2012**

Mã số: 02 - 19
ĐHTN - 2012

LỜI NÓI ĐẦU

Giáo trình Vật lý thống kê được biên soạn theo chương trình dành cho sinh viên và học viên cao học chuyên ngành Vật lý lý thuyết của các trường đại học. Giáo trình cũng là tài liệu tham khảo bổ ích cho đội ngũ giáo viên của các trường cao đẳng và trung học phổ thông.

Nội dung giáo trình trình bày những cơ sở của vật lý thống kê cổ điển và thống kê lượng tử đồng thời áp dụng để nghiên cứu tính chất của các hệ thực, hiện tượng ngưng tụ Bose và sự suy biến của khí Fermi... Tài liệu cũng xét đến lý thuyết các quá trình cân bằng và không cân bằng của hệ nhiều hạt.

Tác giả xin chân thành cảm ơn GS. TSKH Nguyễn Văn Hùng đã đọc và góp ý sửa chữa, bổ sung cho tài liệu hoàn chỉnh; cảm ơn GS. TS Nguyễn Quang Bá, GS. TS Vũ Hùng vì trong quá trình biên soạn tài liệu, tác giả đã được tham khảo và sử dụng một số nội dung trong tài liệu, giáo trình do các giáo sư chủ biên.

Lần đầu tiên giáo trình được xuất bản, chắc chắn không tránh khỏi khiếm khuyết. Tác giả rất mong nhận được những ý kiến đóng góp của các đồng nghiệp và độc giả để giáo trình được hoàn thiện hơn trong lần tái bản sau. Xin chân thành cảm ơn!

Tuyên Quang, năm 2012

TÁC GIẢ

MỤC LỤC

TRẠNG THÁI NHIỆT ĐỘNG	
QUÁ TRÌNH THAY ĐỔI TRẠNG THÁI 8	
1.1	Trạng thái nhiệt động và phương pháp thống kê 8
1.1.1	Trạng thái vi mô, trạng thái vĩ mô 8
1.1.2	Nghiên cứu hệ vĩ mô bằng phương pháp thống kê 12
1.2	Các đặc điểm của trạng thái cân bằng nhiệt động . . 14
1.2.1	Trạng thái cân bằng nhiệt động và thời gian . 14
1.2.2	Trạng thái cân bằng nhiệt động và trạng thái ban đầu của hệ vĩ mô 15
1.2.3	Mức độ ngẫu nhiên của trạng thái cân bằng nhiệt động 15
1.3	Tương tác giữa các hệ vĩ mô và quá trình thay đổi trạng thái 17
1.3.1	Tương tác nhiệt 17
1.3.2	Tương tác cơ học, công 18

1.3.3	Tương tác thông qua trao đổi vật chất	19
-------	---	----

2 ĐỊNH LÝ LIOUVILLE. MA TRẬN MẬT ĐỘ. PHƯƠNG TRÌNH CHUYỂN ĐỘNG CỦA MA TRẬN MẬT ĐỘ 22

2.1	Định lý Liouville	22
2.1.1	Hàm phân bố xác suất	22
2.1.2	Định lý Liouville	24
2.1.3	Hệ quả	27
2.1.4	Vai trò của năng lượng	27
2.2	Ma trận mật độ	29
2.2.1	Ma trận mật độ	29
2.2.2	Các tính chất của ma trận mật độ	30
2.3	Phương trình chuyển động của ma trận mật độ	32
2.3.1	Phương trình chuyển động của ma trận mật độ	32
2.3.2	Hệ quả	33
2.3.3	So sánh khái niệm thống kê cổ điển và thống kê lượng tử	35

3 TRỌNG SỐ THỐNG KÊ - ENTROPI - NHIỆT ĐỘ 37

3.1	Trọng số thống kê của trạng thái vĩ mô	37
3.1.1	Trọng số thống kê	37
3.1.2	Liên hệ giữa năng lượng và trọng số thống kê	39
3.2	Entropi	44
3.2.1	Entropi	44
3.2.2	Các tính chất của entropi	44

3.3	Nhiệt độ	48
3.3.1	Sự phân bố năng lượng giữa các hệ cấu thành hệ cô lập	48
3.3.2	Nhiệt độ tuyệt đối	49
3.3.3	Các tính chất của nhiệt độ tuyệt đối	51
3.3.4	Sự truyền nhiệt lượng khi hai vật tiếp xúc nhau	52
3.3.5	Biến thiên của entropi khi trao đổi nhiệt . . .	54

4 VẬT LÝ THỐNG KÊ VÀ NHIỆT ĐỘNG HỌC 56

4.1	Vật lý thống kê và các đại lượng nhiệt động	56
4.1.1	Quan hệ giữa nhiệt động học với vật lý thống kê	56
4.1.2	Các đại lượng nhiệt động	57
4.2	Các thể nhiệt động	57
4.2.1	Hàm nhiệt (entanpi)	57
4.2.2	Năng lượng tự do và các thể nhiệt động . . .	59
4.3	Đạo hàm của những đại lượng nhiệt động	61
4.4	Quá trình Joule - Thomson	67
4.4.1	Quá trình Joule - Thomson	67
4.4.2	Quá trình thuận nghịch	68
4.5	Các bất đẳng thức nhiệt động	69
4.6	Nguyên lý độ không tuyệt đối	72
4.6.1	Nguyên lý độ không tuyệt đối	72
4.6.2	Tính chất của một số đại lượng nhiệt động ở độ không tuyệt đối	72

4.7	Các đại lượng nhiệt động và số hạt	74
-----	--	----

5 PHÂN BỐ GIBBS **78**

5.1	Phân bố chính tắc Gibbs	78
-----	-----------------------------------	----

5.1.1	Nguyên lý đẳng xác suất, phân bố không chính tắc	78
-------	--	----

5.1.2	Phân bố Gibbs	79
-------	-------------------------	----

5.2	Phân bố Gibbs cổ điển	82
-----	---------------------------------	----

5.2.1	Điều kiện áp dụng phép gần đúng cổ điển	82
-------	---	----

5.2.2	Biểu thức phân bố Gibbs cổ điển	83
-------	---	----

5.3	Phân bố Gibbs suy rộng	86
-----	----------------------------------	----

5.4	Năng lượng tự do trong phân bố Gibbs	89
-----	--	----

5.4.1	Hệ thức giữa năng lượng tự do và nội năng của hệ trong phân bố Gibbs	89
-------	--	----

5.4.2	Hệ thức giữa năng lượng trung bình, năng lượng tự do và entropi trong phân bố Gibbs	90
-------	---	----

6 PHÂN BỐ MAXWELL - BOLTZMANN
PHÂN BỐ FERMI - DIRAC
PHÂN BỐ BOSE - EINSTEIN **92**

6.1	Phân bố Maxwell - Boltzmann	92
-----	---------------------------------------	----

6.1.1	Phân bố Maxwell - Boltzmann	92
-------	---------------------------------------	----

6.1.2	Công thức phân bố Maxwell	92
-------	-------------------------------------	----

6.1.3	Công thức phân bố Boltzmann	92
-------	---------------------------------------	----

6.2	Hệ hạt không tương tác	97
-----	----------------------------------	----

6.2.1	Hàm sóng của hệ lý tưởng	97
5.2.2	Đối với hệ các hạt fermion độc lập	98
6.2.3	Đối với hệ các hạt boson độc lập	99
6.3	Phân bố Bose - Einstein, phân bố Fermi - Dirac và phân bố Boltzmann	99
6.3.1	Số hạt trung bình	100
6.3.2	Phân bố Bose - Einstein	102
6.3.3	Phân bố Fermi - Dirac	103
6.3.4	Phân bố Boltzmann	106
6.4	Khí điện tử tự do trong kim loại	107
6.4.1	Đặc điểm của khí điện tử tự do	107
6.4.2	Khí điện tử tự do ở độ không tuyệt đối	107
6.4.3	Khí điện tử tự do ở nhiệt độ thấp	109
6.5	Hệ các hạt boson ở nhiệt độ thấp	113

QUÁ TRÌNH KHÔNG CÂN BẰNG THEO LÝ THUYẾT CỐ ĐIỂN **117**

7.1	Hàm phân bố không cân bằng	117
7.2	Phương trình Bogoliubov	119
7.3	Hệ phương trình Vlasov	124
7.4	Phương trình động học Boltzmann	
	Phương pháp gần đúng theo thời gian	128
7.4.1	Phương trình động học Boltzmann	128
7.4.2	Phương pháp gần đúng theo thời gian	130

8	QUÁ TRÌNH KHÔNG CÂN BẰNG THEO LÝ THUYẾT LƯỢNG TỬ	136
8.1	Phương trình Liouville lượng tử	136
8.2	Lý thuyết phản ứng tuyến tính	138
8.3	Lý thuyết phản ứng không tuyến tính	143
9	PHƯƠNG PHÁP TOÁN TỬ SINH HẠT VÀ HỦY HẠT	148
9.1	Phương pháp toán tử sinh hạt và huỷ hạt boson và fermion	148
9.1.1	Khái niệm	148
9.1.2	Toán tử sinh hạt và huỷ hạt boson	150
9.1.3	Toán tử sinh hạt và huỷ hạt fermion	151
9.2	Hệ các dao động tử điều hoà	153
9.2.1	Xác định trị riêng bằng cách giải phương trình Shrodinger với Hamiltonian H_k của một dao động tử điều hoà	154
9.2.2	Xác định trị riêng bằng cách thay đổi biến của hàm sóng qua các số lấp đầy và biểu diễn Hamiltonian qua các toán tử sinh hạt và huỷ hạt	155
9.3	Hamiltonian của hệ điện tử	157
9.3.1	Trường hợp các hạt điện tử không tương tác .	157
9.3.2	Trường hợp các hạt điện tử tương tác với nhau	159
9.4	Hamiltonian của hệ điện tử - phonon	161
9.4.1	Tương tác giữa điện tử và phonon	161
9.4.2	Hamiltonian của hệ điện tử - phonon	163