مبانی فیزیک آماری و گرمایی

فریک رایف

www.ketab.ir

ترجمهٔ عبدالرحیم اشعری

مرکز نشر دانشگاهی

مرکز نشر دانشگاهی
۱۳۵۴

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
مرکز نشر دانشگاهی

فیزیک
۱۴۳

Fundamentals of Statistical and Thermal Physics
Federick Reif
McGraw-Hill, 2008

مبانی فیزیک آماری و گرمایی

تألیف فدریک رایف

ترجمهٔ عبدالرحیم اشعری

ویراستهٔ منیژه رهبر
طراح جلد: سمیه عابدینی
حروفچین و صفحه‌آرا: مریم حسین‌نیا
مرکز نشر دانشگاهی
چاپ اول ۱۳۸۸
چاپ سوم ۱۳۹۵
تعداد ۱۰۰۰
چاپ و صحافی: طرفه
۳۰۰۰۰ تومان

نشانی فروشگاه مرکزی: خیابان انقلاب، روبه‌روی سینما [illegible]، ساختمان شریعتی، تلفن: ۶۶۴۰۸۸۹۱، ۶۶۴۱۰۶۸۶
نشانی فروشگاه و نمایشگاه دائمی خیابان دکتر بهشتی، خیابان خالد اسلامبولی، نبش خیابان دهم، شماره ۵۰، تلفن: ۸۸۷۲۵۹۵۴

فروش اینترنتی: www.bookiup.ir

حق چاپ برای مرکز نشر دانشگاهی محفوظ است

فهرست‌نویسی پیش از انتشار کتابخانهٔ ملی جمهوری اسلامی ایران

سرشناسه: رایف، فدریک، ۱۹۲۷ـ م. (Reif, F. Federick)
عنوان و نام پدیدآور: مبانی فیزیک آماری و گرمایی/تألیف فدریک رایف؛ ترجمهٔ عبدالرحیم اشعری؛ ویراستار منیژه رهبر.
مشخصات نشر: تهران: مرکز نشر دانشگاهی، ۱۳۸۸.
مشخصات ظاهری:دوازده، ۸۳۲ص.: مصور.
فروست: مرکز نشر دانشگاهی؛ ۱۳۵۴. فیزیک ۱۴۳.
شابک: 978-964-01-1354-7
وضعیت فهرست‌نویسی : فیپا
یادداشت: عنوان اصلی: **Fundamentals of statistical and thermal physics.**
یادداشت: نمایه.
موضوع: مکانیک آماری
موضوع: ترمودینامیک آماری
شناسه افزوده: اشعری، عبدالرحیم، ۱۳۰۹ـ ، مترجم
شناسه افزوده: رهبر، منیژه، ۱۳۲۴ـ ، ویراستار
شناسه افزوده: مرکز نشر دانشگاهی
رده‌بندی کنگره: ۱۳۸۸ ۲م۲ر/ QC ۱۷۵
رده‌بندی دیویی: ۵۳۰/۱۳
شماره کتابخانه ملی: ۱۹۶۸۹۸۰

www.ketab.ir

بسم‌الله‌الرحمن‌الرحیم

فهرست

عنوان	صفحه
پیشگفتار	۱
۱ مقدمه‌ای بر مکانیک آماری	۷
قدم‌زدن کاتوره‌ای و توزیع دوجمله‌ای	۱۱
۱.۱ مفاهیم مقدماتی آماری و مثالها	۱۱
۲.۱ مسئلهٔ قدم‌زدن کاتوره‌ای ساده در فضای یک‌بعدی	۱۴
۳.۱ بحث عمومی مقادیر میانگین	۱۹
۴.۱ محاسبهٔ مقادیر میانگین برای مسئلهٔ قدم‌زدن کاتوره‌ای	۲۲
۵.۱ توزیع احتمال برای N بزرگ	۲۶
۶.۱ توزیعهای احتمال گاؤسی	۳۲

www.ketab.ir

عنوان	صفحه
بحث کلی قدم‌زدن کاتوره‌ای	۳۶
۷.۱ توزیعهای احتمال چندمتغیری	۳۶
۸.۱ ملاحظاتی دربارهٔ توزیع احتمالهای پیوسته	۳۹
۹.۱ محاسبهٔ کلی مقادیر میانگین قدم‌زدن کاتوره‌ای	۴۵
۲ توصیف آماری دستگاههای ذرات	۶۵
فرمولبندی آماری مسئلهٔ مکانیکی	۶۶
۱.۲ تعیین حالت یک دستگاه	۶۶
۲.۲ مجموعهٔ آماری	۷۱
۳.۲ اصول مجموعه‌بندی	۷۳
۴.۲ محاسبه احتمالات	۸۰
۵.۲ رفتار چگالی حالتها	۸۲
برهم‌کنش میان دستگاههای کلاسیک	۸۲
۶.۲ برهم‌کنش گرمایی	۸۸
۷.۲ برهم‌کنش مکانیکی	۹۰
۸.۲ برهم‌کنش عمومی	۹۶
۹.۲ فرایندهای شبه‌ایستا	۹۸
۱۰.۲ کار شبه‌ایستای انجام‌شده توسط فشار	۱۰۰
۱۱.۲ دیفرانسیلهای کامل و "ناکامل"	۱۰۲
۳ ترمودینامیک آماری	۱۱۳
برگشت‌ناپذیری و دستیابی به تعادل	۱۱۳
۱.۳ شرایط تعادل و قیود	۱۱۳
۲.۳ فرایندهای برگشت‌پذیر و برگشت‌ناپذیر	۱۱۸
برهم‌کنش گرمایی میان دستگاههای ماکروسکوپی	۱۲۲
۳.۳ توزیع انرژی میان دستگاههای در تعادل	۱۲۲

www.ketab.ir

عنوان	صفحه
۴.۳ نزدیک شدن به تعادل گرمایی	۱۳۰
۵.۳ دما	۱۳۲
۶.۳ منابع گرما	۱۳۸
۷.۳ تیزی توزیع احتمال	۱۳۹
برهم‌کنش کلی میان دستگاههای ماکروسکوپی	۱۴۴
۸.۳ بستگی چگالی حالتها به پارامترهای خارجی	۱۴۴
۹.۳ تعادل میان دستگاههای برهم‌کنش‌کننده	۱۴۷
۱۰.۳ خواص آنتروپی	۱۵۲
خلاصهٔ نتایج بنیادی	۱۵۷
۱۱.۳ قوانین ترمودینامیک و روابط آماری اساسی	۱۵۷
۱۲.۳ محاسبهٔ آماری کمیتهای ترمودینامیکی	۱۶۰
۴ پارامترهای ماکروسکوپی و اندازه‌گیری آنها	۱۶۵
۱.۴ کار و انرژی داخلی	۱۶۵
۲.۴ گرما	۱۶۹
۳.۴ دمای مطلق	۱۷۱
۴.۴ ظرفیت گرمایی و گرمای ویژه	۱۷۸
۵.۴ آنتروپی	۱۸۲
۶.۴ پیامدهای تعریف مطلق آنتروپی	۱۸۶
۷.۴ پارامترهای گسترده و متمرکز	۱۹۰
۵ کاربردهای سادهٔ ترمودینامیک ماکروسکوپی	۱۹۵
خواص گازهای کامل	۱۹۶
۱.۵ معادلهٔ حالت و انرژی داخلی	۱۹۶
۲.۵ گرمای ویژه	۲۰۰
۳.۵ انبساط یا تراکم بی‌دررو	۲۰۳
۴.۵ آنتروپی	۲۰۴

www.ketab.ir

عنوان	صفحه
رابطه‌های کلی برای مادهٔ همگن	۲۰۶
۵.۵ به‌دست آوردن رابطه‌های کلی	۲۰۶
۶.۵ خلاصهٔ رابطه‌های ماکسول و توابع ترمودینامیک	۲۱۰
۷.۵ گرمای ویژه	۲۱۳
۸.۵ آنتروپی و انرژی داخلی	۲۱۸
انبساط آزاد و فرایندهای خفه‌سازی	۲۲۴
۹.۵ انبساط آزاد یک گاز	۲۲۴
۱۰.۵ فرایند خفه‌سازی (یا فرایند ژول ـ تامسون)	۲۲۷
ماشینهای گرمایی ویخچالها	۲۳۵
۱۱.۵ ماشینهای گرمایی	۲۳۵
۱۲.۵ یخچالها	۲۴۲
۶ **روشهای بنیادی و نتایج مکانیک آماری**	۲۵۶
مجموعه‌های معرّف وضعیتهای ماکروسکوپی فیزیکی	۲۵۶
۱.۶ دستگاه منزوی	۲۵۶
۲.۶ دستگاه در تماس با یک منبع گرما	۲۵۷
۳.۶ کاربردهای سادهٔ توزیع بندادی	۲۶۲
۴.۶ دستگاه با انرژی میانگین مشخص	۲۶۸
۵.۶ محاسبهٔ مقادیر میانگین در یک مجموعهٔ بندادی	۲۶۹
۶.۶ ارتباط با ترمودینامیک	۲۷۲
روشهای تقریبی	۲۷۹
۷.۶ مجموعه‌هایی که به‌عنوان تقریب به‌کار می‌روند	۲۷۹
۷ **کاربردهای سادهٔ مکانیک آماری**	۳۰۲
روش کلی رهیافت	۳۰۲
۱.۷ توابع پارش و خواص آنها	۳۰۲

www.ketab.ir

عنوان	صفحه
گاز کامل تک‌اتمی	۳۰۵
۲.۷ محاسبهٔ کمیتهای ترمودینامیکی	۳۰۵
۳.۷ پارادوکس گیبس	۳۱۰
۴.۷ اعتبار تقریب کلاسیک	۳۱۴
قضیهٔ همپاری	۳۱۷
۵.۷ اثبات قضیه	۳۱۷
۶.۷ کاربردهای ساده	۳۱۹
۷.۷ گرمای ویژهٔ جامدات	۳۲۳
پارامغناطیس	۳۲۷
۸.۷ محاسبهٔ کلاسیک مغناطیدگی	۳۲۷
نظریهٔ جنبشی گازهای رقیق در حال تعادل	۳۳۵
۹.۷ توزیع سرعت ماکسول	۳۳۵
۱۰.۷ توزیعهای وابسته به سرعت و مقدارهای میانگین	۳۳۷
۱۱.۷ تعداد مولکولهایی که در یک سطح برخورد می‌کنند	۳۴۳
۱۲.۷ برون‌پخشی	۳۴۸
۱۳.۷ فشار و انتقال تکانه	۳۵۴
۸ تعادل میان فازها یا گونه‌های شیمیایی	۳۶۶
شرایط تعادل کلی	۳۶۷
۱.۸ دستگاه منزوی	۳۶۷
۲.۸ دستگاه در تماس با منبعی در دمای ثابت	۳۷۱
۳.۸ دستگاه در تماس با یک منبع در دما و فشار ثابت	۳۷۴
۴.۸ شرایط پایداری برای یک مادهٔ همگن	۳۷۷
تعادل میان فازها	۳۸۳
۵.۸ شرایط تعادل و معادلهٔ کلاوْسیوس‌ـکاپیرون	۳۸۳
۶.۸ تبدیلهای فاز و معادلهٔ حالت	۳۸۹

www.ketab.ir

دستگاه با چندین مؤلفه؛ تعادل شیمیایی ۳۹۶
۷.۸ رابطه‌های کلی برای دستگاه چند مؤلفه‌ای ۳۹۶
۸.۸ بحث دیگری دربارهٔ تعادل حالتها ۴۰۰
۹.۸ شرایط کلی برای تعادل شیمیایی ۴۰۳
۱۰.۸ تعادل شیمیایی میان گازهای کامل ۴۰۵

۹ آمار کوانتومی گاز کامل ۴۲۰

آمارهای ماکسول ـ بولتزمن، بوز ـ اینشتین و فرمی ـ دیراک ۴۲۰
۱.۹ ذرات یکسان و شرایط تقارن ۴۲۰
۲.۹ فرمولبندی مسئلهٔ آماری ۴۲۶
۳.۹ تابعهای توزیع کوانتومی ۴۲۹
۴.۹ آمار ماکسول ـ بولتزمن ۴۳۶
۵.۹ آمار فوتون ۴۳۸
۶.۹ آمار بوز ـ اینشتین ۴۴۰
۷.۹ آمار فرمی ـ دیراک ۴۴۴
۸.۹ آمار کوانتومی در حد کلاسیک ۴۴۶

گاز کامل در حد کلاسیک ۴۴۹
۹.۹ حالات کوانتومی یک تک‌ذره ۴۴۹
۱۰.۹ براوردکردن تابع پارش ۴۵۹
۱۱.۹ استلزامهای شمارش کوانتوم مکانیکی حالتها ۴۶۲

تابش جسم سیاه ۴۷۵
۱۳.۹ تابش الکترومغناطیسی در تعادل گرمایی داخل یک محفظه ۴۷۵
۱۴.۹ سرشت تابش داخل یک محفظهٔ دلخواه ۴۸۲
۱۵.۹ تابش گسیل‌شده از جسمی در دمای T ۴۸۴

الکترونهای رسانش در فلزات ۴۹۳
۱۶.۹ نتایج توزیع فرمی ـ دیراک ۴۹۳

www.ketab.ir

عنوان	صفحه
۱۰ دستگاههای متشکل از ذره‌های برهم‌کنش‌کننده	۵۱۳
جامدات	۵۱۶
۱.۱۰ ارتعاشهای شبکه و مدهای بهنجار	۵۱۶
۲.۱۰ تقریب دبی	۵۲۲
گاز ناکامل	۵۳۱
۳.۱۰ محاسبهٔ تابع پارش برای چگالیهای پایین	۵۳۱
۴.۱۰ معادلهٔ حالت و ضریبهای ویریال	۵۳۵
۱۰ ،اه دیگر به‌دست آوردن معادلهٔ واندروالس	۵۳۹
فرومغناطیس	۵۴۲
۶.۱۰ بر مکنش میان اسپینها	۵۴۲
۷.۱۰ تقریب ن ول ولی ویس	۵۴۴
۱۱ مغناطیس و دماهای پایین	۵۵۳
۱.۱۱ کار مغناطیسی	۵۵۵
۲.۱۱ خنک‌سازی مغناطیسی	۵۶۱
۳.۱۱ اندازه‌گیری دماهای مطلق بسیار پایین	۵۷۰
۴.۱۱ ابررسانایی	۵۷۴
۱۲ نظریهٔ جنبشی مقدماتی فرایندهای ترابرد	۵۸۲
۱.۱۲ زمان برخورد	۵۸۴
۲.۱۲ زمان برخورد و سطح مقطع پراکندگی	۵۹۰
۳.۱۲ چسبندگی	۵۹۶
۴.۱۲ رسانندگی گرمایی	۶۰۴
۵.۱۲ خودپخشی	۶۱۰
۶.۱۲ رسانندگی الکتریکی	۶۱۶

www.ketab.ir

۱۳ نظریهٔ ترابرد با استفاده از تقریب زمان واهلش ۶۲۳

۱.۱۳ فرایندهای ترابرد و تابعهای توزیع ۶۲۴

۲.۱۳ معادلهٔ بولتزمن در نبود برخوردها ۶۲۸

۳.۱۳ فرمولبندی انتگرال مسیر ۶۳۳

۴.۱۳ مثال: محاسبهٔ رسانندگی الکتریکی ۶۳۶

۵.۱۳ مثال: محاسبهٔ چسبندگی ۶۳۹

۶.۱۳ فرمولبندی معادلهٔ دیفرانسیل بولتزمن ۶۴۲

۷.۱۳ هم‌ارزی دو فرمولبندی ۶۴۳

۸.۱۳ مثالهایی از روش معادلهٔ بولتزمن ۶۴۵

۱۴ فرمولبندی نسبتاً دقیق نظریهٔ ترابرد ۶۵۱

۱.۱۴ توصیف برحوردها، دوگانی ۶۵۲

۲.۱۴ سطح مقطعهای پراکندگی و ویژگیهای تقارن ۶۵۵

۳.۱۴ به‌دست آوردن معادلهٔ بولتزمن ۶۵۹

۴.۱۴ معادلهٔ تغییر برای مقادیر میانگین ۶۶۲

۵.۱۴ معادله‌های پایستگی و هیدرودینامیک ۶۶۸

۶.۱۴ مثال: بحث سادهٔ رسانندگی الکتریکی ۶۷۱

۷.۱۴ روشهای تقریبی برای حل معادلهٔ بولتزمن ۶۷۵

۸.۱۴ مثال: محاسبهٔ ضریب چسبندگی ۶۸۲

۱۵ فرایندهای برگشت‌ناپذیر و افت‌وخیزها ۶۹۴

احتمالهای گذار و معادلهٔ مبنا ۶۹۴

۱.۱۵ دستگاه منزوی ۶۹۴

۲.۱۵ دستگاه در تماس با یک منبع گرما ۶۹۸

۳.۱۵ تشدید مغناطیسی ۷۰۱

۴.۱۵ قطبش هسته‌ای دینامیکی؛ اثر اورهاوزر ۷۰۵

www.ketab.ir

عنوان	صفحه
بحث سادهٔ حرکت براونی	۷۱۰
۵.۱۵ معادلهٔ لانژون	۷۱۰
۶.۱۵ محاسبهٔ جابه‌جایی میانگین مربعی	۷۱۵
تحلیل تفصیلی حرکت براونی	۷۱۸
۷.۱۵ رابطهٔ میان اتلاف و نیروی افت‌وخیزکننده	۷۱۸
۸.۱۵ تابعهای همبستگی و ثابت اصطکاک	۷۲۱
۹.۱۵ محاسبهٔ نمو سرعت میانگین مربعی	۷۲۶
۱۰.۱۵ تابع همبستگی سرعت و جابه‌جایی میانگین مربعی	۷۲۸
محاسبهٔ توزیعهای احتمال	۷۳۱
۱۱.۱۵ معادلهٔ اویلر ـ لانژون	۷۳۱
۱۲.۱۵ حل معادلهٔ فوکر ـ پلانک	۷۳۵
تحلیل فوریهٔ تابعهای کاتوره‌ای	۷۳۷
۱۳.۱۵ تحلیل فوریه	۷۳۷
۱۴.۱۵ میانگینهای مجموعه‌ای و زمانی	۷۳۹
۱۵.۱۵ رابطه‌های واینر ـ کینچین	۷۴۱
۱۶.۱۵ قضیهٔ نیکوئیست	۷۴۵
۱۷.۱۵ قضیهٔ نیکوئیست و شرایط تعادل	۷۴۷
بحث کلی فرایندهای برگشت‌ناپذیر	۷۵۲
۱۸.۱۵ افت‌وخیزها و رابطه‌های اُنساگر	۷۵۲
پیوستها	۷۶۵
الف.۱ مرور جمعهای مقدماتی	۷۶۵
الف.۲ ارزیابی انتگرال $\int_{-\infty}^{\infty} e^{-x^2} dx$	۷۶۶
الف.۳ ارزیابی انتگرال $\int_{0}^{\infty} e^{-x} x^n dx$	۷۶۸
الف.۴ ارزیابی انتگرالهای به‌صورت $\int_{0}^{\infty} e^{-\alpha x^n} x^n dx$	۷۶۹

www.ketab.ir

عنوان	صفحه
الف.۵ تابع خطا	۷۷۱
الف.۶ فرمول استرلینگ	۷۷۲
الف.۷ تابع دلتای دیراک	۷۷۷
الف.۸ نامساوی $\ln x \leq x - ۱$	۷۸۲
الف.۹ رابطه‌های میان مشتقهای جزئی چندمتغیری	۷۸۳
الف.۱۰ روش ضرایب لاگرانژ	۷۸۵
الف.۱۱ ارزیابی انتگرال $\int_۰^\infty (e^x - ۱)^{-۱} x^۳ dx$	۷۸۷
الف.۱۲ قضیهٔ H و نزدیک‌شدن به تعادل	۷۹۰
الف.۱۳ قضیهٔ لیوویل در مکانیک سیالات	۷۹۲
ثابتهای عددی	۷۹۶
کتاب‌شناسی	۷۹۸
پاسخ به مسئله‌های برگزیده	۸۰۲
نمایه	۸۰۹

www.ketab.ir

پیشگفتار

این کتاب به بحث دربارهٔ برخی مفاهیم فیزیکی بنیادی و روشهای مناسب برای توصیف دستگاههایی می‌پردازد که از تعداد بسیار زیادی ذره تشکیل شده‌اند. هدف آن به‌طور ویژه ارائهٔ مباحث ترمودینامیک، مکانیک آماری و نظریهٔ جنبشی، از دیدگاهی واحد و جدید است. بنابراین، اثر حاضر خارج از روند تاریخی است که در آن ترمودینامیک اولین مبحثی بوده است که به‌صورت موضوعی مستقل ظاهر شده است. تاریخچهٔ اندیشه‌های مربوط به گرما، کار و نظریهٔ جنبشی ماده جالب و آموزنده است، اما روشنترین و روشمندترین روش ارائهٔ این موضوعها نیست. بنابراین، روش تاریخی را به سود روشی کنار گذاشته‌ام که به نظر من اساسی در مطالب تأکید دارد و بر آن است که با تکیه بر محتوای میکروسکوپی نظریه، بینش فیزیکی به وجود آورد.

مفاهیم اتمها و مولکولها چنان موفقیت‌آمیز در علم جدید تثبیت شده است که تردید قرن نوزدهمی در مورد آنها هم مهجور و هم نامناسب به نظر می‌رسد. بدین‌سبب، آگاهانه بر آن شده‌ام تا تمام بحث خود را بر این مبنا بگذارم که کلیهٔ دستگاههای ماکروسکوپی در نهایت از اتمهایی تشکیل شده است که از قوانین مکانیک کوانتومی پیروی می‌کنند. در این صورت، ترکیبی از این مفاهیم با برخی اصل موضوعهای آماری فوراً به نتیجه‌گیریهایی بسیار کلی در سطح توصیف کاملاً ماکروسکوپی می‌انجامند. این نتیجه‌گیریها بدون توجه به هر مدل خاصی که بتوان دربارهٔ سرشت برهم‌کنشهای ذرات در دستگاه مورد نظر در نظر گرفت، معتبرند؛ بنابراین، دارای این ویژگی هستند که تعمیم کامل قوانین ترمودینامیک کلاسیک باشند. درواقع، این نتایج کلیترند، زیرا روشن می‌سازند که پارامترهای ماکروسکوپی هر دستگاه سرشت آماری دارند و افت‌وخیزهایی را نشان می‌دهند که در شرایط مناسب قابل محاسبه و مشاهده‌پذیرند. بدین‌ترتیب کتاب، به رغم دیدگاه میکروسکوپی حاوی استدلالهای کلی بسیاری در سطح ماکروسکوپی است ــ احتمالاً در حدود

www.ketab.ir

متنی درسی برای ترمودینامیک کلاسیک ــ ولی محتوای میکروسکوپی استدلالهای ماکروسکوپی در تمام مراحل واضح باقی می‌مانند. به علاوه، اگر بخواهیم مدلهای میکروسکوپی خاصی را در ارتباط با ذرات تشکیل‌دهندهٔ یک دستگاه بپذیریم، در این صورت معلوم می‌شود که چگونه می‌توان کمیتهای ماکروسکوپی را بر مبنای این آگاهیهای میکروسکوپی حساب کرد. سرانجام، مفاهیم آماری که در بحث وضعیتهای تعادل به‌کار رفته‌اند زمینه‌ای مناسب برای کاربردشان را در دستگاههایی فراهم می‌آورند که در تعادل نیستند.

این رهیافت، با توجه به تجربهٔ تدریسی خود من، چندان مشکلتر از روش متداول نیست که با ترمودینامیک کلاسیک شروع می‌شود. موضوع اخیر که براساس کاملاً ماکروسکوپی توسعه می‌یابد، به لحاظ مفهومی ساده نیست. استدلال آن اغلب بسیار ظریف و از نوعی است که برای بسیاری از دانشجویان فیزیک غیرطبیعی به نظر می‌رسد و درک مفهوم بنیادی آنتروپی در آن بسیار دشوار است. بنابراین تصمیم گرفته‌ام که نکته‌سنجی استدلالهای سنتی بر مبنای چرخه‌های انتخابی زیرکانه را کنار بگذارم و به جای آن از برخی ایده‌های آماری مقدماتی استفاده کنم. با این کار نتیجه‌های زیر به‌دست آمده‌اند: (الف) به جای صرف زمان زیاد در بحث استدلالهای گوناگون بر پایهٔ ماشینهای گرمایی، می‌توان دامنهٔ آن را در مراحل اولیه با روشهای آماری آشنا کرد که در سراسر فیزیک دارای اهمیت زیاد و مکرر است. (ب) رهیافت میکروسکوپی به بینش فیزیکی بسیار بهتر از پدیده‌های زیادی می‌انجامد و به درک فوری مفهوم آنتروپی کمک می‌کند. (ج) بخش عظیمی از فیزیک جدید به بیان پدیده‌های ماکروسکوپی برحسب مفاهیم میکروسکوپی سروکار دارد. بنابراین، ارائهٔ مطالب با تأکید مکرر بر ارتباط میان توصیف میکروسکوپی و ماکروسکوپی سودمند است. تدریس سنتی ترمودینامیک و مکانیک آماری در دو درس، موضوعهای متفاوت اغلب باعث می‌شود که دانشجویان معلومات جزئی‌نگر پیدا کنند و برای گسترش ایده‌های جدیدی چون دمای اسپین یا دمای منفی، به‌عنوان پدیده‌های مشروع طبیعی، آمادگی لازم را نداشته باشند. (د) چون ارائهٔ وحدت‌یافته به لحاظ مفهومی و نیز به‌لحاظ صرفه‌جویی در وقت مناسبتر است، امکان بحث مطالب بیشتر و نیز برخی موضوعهای جدیدتر فراهم می‌شود.

طرح بنیادی کتاب عبارت است از: فصل اول برای معرفی برخی مفاهیم بنیادی احتمال درنظر گرفته شده است. سپس ایده‌های آماری برای دستگاههای ذرات در حال تعادل به‌کار برده می‌شوند تا مفاهیم بنیادی مکانیک آماری شکل بگیرند و از آنجا گزاره‌های کلی صرفاً ماکروسکوپی ترمودینامیک به‌دست آیند. سپس جنبه‌های ماکروسکوپی نظریه به تفصیل مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرند؛ همین‌کار در مورد، جنبه‌های میکروسکوپی نظریه انجام‌شده‌است. برخی وضعیتهای تعادل پیچیده‌تر چون تغییر حالتها و گازهای کوانتومی بعد مطرح می‌شوند. در این نقطه، کتاب

www.ketab.ir

به بحث دربارهٔ وضعیتهای غیرتعادلی می‌پردازد و نظریهٔ ترابرد در گازهای رقیق را در سطوح گوناگون با باریک‌بینی مطرح می‌کند. سرانجام، فصل آخر با برخی پرسشهای کلی شامل فرایندهای برگشت‌ناپذیر و افت‌وخیزها سروکار دارد. پیوستهای متعدد کتاب هم بیشتر شامل نتایج ریاضی مفید است.

این کتاب عمدتاً به‌عنوان کتاب درسی برای دورهٔ مقدماتی در فیزیک آماری و گرما برای دانشجویان سالهای سوم دانشگاه و بالاتر نوشته شده است. یادداشتهای تکثیرشده را که بر مبنای کتاب بوده است، خود من و چندین نفر از همکارانم بیش از دو سال در تدریس این موضوع در دانشگاه کالیفرنیا در برکلی به‌کار برده‌ایم. هیچ معلومات قبلی از گرما یا ترمودینامیک در نظر گرفته نشده است. پیش‌نیازهای لازم تنها یک درس فیزیک مقدماتی و یک دورهٔ ابتدایی فیزیک اتمی است. درس اخیر صرفاً به دانشجویان زمینهٔ کافی را در فیزیک جدید می‌دهد تا (الف) بدانند که مکانیک کوانتومی دستگاهها را برحسب حالتهای کوانتومی و تابعهای موج توصیف می‌کند، (ب) با ترازهای انرژی یک سامانهٔ همانگ و توصیف کوانتومی ذره در یک جعبه آشنا شوند و (ج) دربارهٔ اصلهای عدم قطعیت هایزنبرگ و طرد پاؤلی چیزهایی شنیده باشند. کلیهٔ مفاهیم مکانیک کوانتومی مورد نیاز همینها هستند.

مطالبی که در اینجا منظور کرده بیش از آن است که بتوان در یک درس نیم‌سال دورهٔ کارشناسی درس داد. این مطالب را اگاهانه آورده‌ایم تا (الف) بخشی از آن ایده‌های بنیادی را که احتمالاً برای ساده کردن دستیابی بعدی دانشجو در کارهای پیشرفته بسیار مفید است منظور کرده باشیم، (ب) به دانشجویان کنجکاو امکان دهیم که مطالب بیش از حداقل لازم در یک موضوع مفروض را بخواند، (ج) به مدرس امکان دهیم که از میان موضوعهای متنوع مطالبی را انتخاب کند، و (د) به استقبال بازنگری در برنامهٔ درس فیزیک مقدماتی برویم که دانشجویان برتر را در آیندهٔ نزدیک برای کار با مطالب پیشرفته دقیقتر از آنچه اکنون هست آماده می‌سازد. خود من توانسته‌ام ۱۲ فصل را (با حذف فصل ۱۰ و بیشترین بخشهای ستاره‌دار) در یک دورهٔ نیم‌ساله تدریس کنم. فصل اول حاوی بحثی از مفاهیم و احتمالات گسترده‌تر از مقدار لازم برای درک فصلهای بعدی است. به علاوه، فصلها چنان ترتیب یافته‌اند که بعد از هشت فصل نخست، بدون روبه‌روشدن با مشکلات پیشنیازها، به آسانی می‌توان برخی از فصلها را به سود فصلهای دیگر حذف کرد.

کتاب برای دورهٔ مقدماتی کارشناسی ارشد نیز مناسب است مشروط بر اینکه بخشهای ستاره‌دار و سه فصل آخر که شامل مطالب کم و بیش پیشرفته است، منظور شود. درواقع، با دانشجویانی که ترمودینامیک کلاسیک را خوانده‌اند ولی در دورهٔ کارشناسی چندان در معرض ایده‌های مکانیک

www.ketab.ir

آماری قرار نگرفته‌اند، نمی‌توان امیدوار بود که در یک درس پیشرفتهٔ نیم‌ساله مطالب بیشتری از آنچه در اینجا بررسی شده ارائه کرد. یکی از همکاران من بدین‌نحو مطالب را در درس پیشرفتهٔ برکلی در مکانیک آماری به‌کار برده است (دوره‌ای که آمادگی دانشجویانش تا به امروز در حد دانشجویان یادشده بوده است).

در سراسر کتاب کوشیده‌ام رهیافتی انگیزه‌ساز را حفظ کنم و برای سادگی ارائهٔ مطلب تلاش کنم. هدف من جدی‌گرفتن مطلب به معنای رسمی ریاضی نبوده است. با این همه، به حفظ ایده‌های فیزیکی بنیادی در اولویت اول و بحث دقیق دربارهٔ آنها مبادرت کرده‌ام. در این فرایند، کتاب طولانی‌تر از آن شد که به‌گونه‌ای دیگر ممکن می‌بود، زیرا در افزایش نسبت کلمات به فرمولها، برای مثال، با ارائهٔ چند روش نگریستن به یک پرسش را در مواردی که حس کردم به درک مطلب کمک می‌کند، تردد نکرده‌ام. هدف من تأکید بر بصیرت فیزیکی و روشهای مهم استدلال بوده است و صمیمانه توصیه می‌کنم دانشجویان بر این جنبه‌های موضوع تأکید داشته باشند، به جای آنکه بکوشند تا فرمولهایی را که به خودی خود معنایی ندارند حفظ کنند. برای اجتناب از سرگردانی خواننده در جزئیات بی‌اهمیت، اغلب از ارائهٔ کلیترین مورد یک مسئله اجتناب کرده‌ام و به جای آن کوشیده‌ام تا موردهای نسبتاً ساده را با روشهای توانمند و بسادگی تعمیم‌پذیر، بررسی کنم. کتاب به‌صورت دانشنامه نیست بلکه صرفاً به فراهم آوردن اسکلتی بنیادی از ایده‌های کلی می‌پردازد که بیشترشان احتمالاً برای دانشجو در کار آینده‌اش مفیدند. لازم به ذکر نیست که برخی انتخابها را باید در نظر گرفت. برای مثال، معرفی معادلات بولتزمن را مهم دانسته‌ام ولی در مقابل وسوسهٔ بحث در مورد کاربردهای رابطه‌های انسانگر در پدیده‌های گوناگون بازگشت‌ناپذیر، چون اثرهای ترموالکتریک، مقاومت کرده‌ام.

مفید است که خواننده بتواند مطالب با درجهٔ دوم اهمیت را از آنچه در زنجیرهٔ اصلی بحث اساسی است، تمیز دهد. دو وسیله برای نشان دادن مطالب کم‌اهمیت‌تر به‌کار رفته است: (الف) بخشهایی که با یک ستاره نشانه‌گذاری شده‌اند شامل مطالب پیشرفته‌تر یا سخت‌تر است؛ آنها را می‌توان بدون ایجاد مشکل در روند بخشهای بعدی حذف کرد (و احتمالاً می‌توان در خواندن نخست حذف کرد). (ب) بسیاری از گوشزدها، مثالها و شاخ و برگها در سراسر متن به‌صورت جداگانه در داخل کادر جلوهٔ خاصی یافته‌است.

کتاب شامل حدود ۲۳۰ مسئله است که باید به‌عنوان بخش اساسی متن در نظر گرفته شود. لازم است که دانشجویان بخش قابل ملاحظه‌ای از این مسائل را حل کنند، تا شناخت پرمعنایی از مطالب آن به‌دست آورند نه صرفاً یک آشنایی مختصر و کم‌عمق.

گفته شده که "یک نویسنده هیچ وقت یک کتاب را تمام نمی‌کند، او صرفاً آن را رها می‌سازد".

www.ketab.ir

من بدانجا رسیده‌ام تا به روشنی تمام درست‌بودن این گزاره را تصدیق کنم و نگران آن باشم که وقتی با متن چاپی آن روبه‌رو می‌شوم، بفهمم که بسیاری از مطالب را می‌شد بهتر به سامان رساند و روشنتر بیان کرد. اگر کتاب را با این همه رها کرده‌ام، امیدوارم که با وجود تمام نارساناییها، بتواند برای دیگران مفید واقع شود.

اف. رایف

www.ketab.ir