



دوره فیزیک برکلی - جلد ۵

فیزیک آماری

تألیف اف. رابف

ترجمه جعفر سیروس ضیاء، ابوالحسن فرج زاده

مرکز نشر دانشگاهی

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری



مرکز نشر دانشگاهی

Statistical Physics
berkeley physics course-volume 5
F. Reif
McGraw-Hill, 1975

فیزیک آماری

دوره فیزیک برکلی - جلد ۵

تألیف اف. رایف

ترجمه جعفر سیروس شباء، ابوالحسن فرج‌زاده

ویراسته لطیف کاشیگر
مرکز نشر دانشگاهی
چاپ اول ۱۳۶۴
چاپ هفتم ۱۳۹۳
تعداد ۵۰۰
چاپ و صحافی: کتبه
۱۳۰۰۰ تومان

نشانی فروشگاه مرکزی: خیابان انقلاب، روبه‌روی سینما سیده، پاساژ خیبری، تلفن: ۶۶۴۱۰۶۸۶ ۶۶۴۰۸۸۹۱
فروشگاه و نمایشگاه دائمی: خیابان دکتر بهشتی، خیابان خالد اسلامبولی، نبش خیابان دهم، شماره ۵۰، تلفن: ۸۸۷۲۵۹۵۴

فروش اینترنتی: www.bookup.ir

حق چاپ برای مرکز نشر دانشگاهی محفوظ است
فهرست‌نویسی پیش از انتشار کتابخانه ملی جمهوری اسلامی ایران

F. Reif

رایف

فیزیک آماری / تألیف اف. رایف؛ ترجمه جعفر سیروس شباء، ابوالحسن فرج‌زاده. - تهران: مرکز نشر دانشگاهی، ۱۳۶۴.
پانزده، ۳۵۰ ص: مصور، جدول، عکس، نمودار. - (مرکز نشر دانشگاهی؛ ۱۷۵: فیزیک؛ ۲۰)

Statistical Physics.

فهرست‌نویسی بر اساس اطلاعات فیبا.
بالای عنوان: دوره فیزیک برکلی - جلد ۵.
عنوان اصلی:

ISBN 978-964-01-0175-9

واژه‌نامه.
چاپ هفتم: ۱۳۹۳

۱. فیزیک آماری. الف. سیروس شباء، جعفر، ۱۳۱۰-
ب. مترجم. ب. مرکز نشر دانشگاهی. ج. عنوان. د. عنوان: دوره فیزیک برکلی.

QC۱۷۴ / N۰۲ / ۴۹
۵۳۰ / ۱۳
۱۳۶۴

۶۶۵ - ۲۳۲۴

کتابخانه ملی ایران

بسم الله الرحمن الرحيم

فهرست

صفحه	عنوان
نه	مقدمه بر دوره فیزیک برکلی
یازده	مقدمه جلد پنجم
سیزده	سپاسگزاری
پانزده	سخنی با استاد و دانشجو
	فصل ۱ : خواص مشخصه دستگاههای ماکروسکوپیك
۳	۱-۱ افت و خیز در تعادل
۱۲	۲-۱ برگشت ناپذیری و گرایش به سمت تعادل
۲۳	۳-۱ مثالهای دیگر
۲۷	۴-۱ خصوصیات تعادل
۳۱	۵-۱ گرما و دما
۳۵	۶-۱ مرتبه بزرگی بعضی از مقادیر
۴۰	۷-۱ مسایل مهم در فیزیک ماکروسکوپیك
۴۲	خلاصه تعریفها
۴۵	منابع برای مطالعات تکمیلی
۴۵	مسایل
	فصل ۲ : مفاهیم بنیادی احتمالات
۵۰	۱-۲ مجموعه (هنگرد)های آماری
۵۷	۲-۲ رابطه‌های مقدماتی احتمالات
۵۹	۳-۲ توزیع دو جمله‌ای
۶۷	۴-۲ مقادیر میانگین

صفحه	عنوان
۷۱	۵-۲ محاسبه مقادیر میانگین برای دستگاهی از اسپین‌ها
۷۷	۶-۲ توزیع پیوسته احتمالات
۸۱	خلاصه تعریفها
۸۱	رابطه‌های مهم
۸۱	منابع برای مطالعات تکمیلی
۸۲	مسائل

فصل ۳: توصیف آماری دستگاههای ذرات

۹۱	۱-۳ تعریف حالت يك دستگاه
۹۷	۲-۳ مجموعه آماری
۹۹	۳-۳ اصول موضوعه آماری
۱۰۳	۴-۳ محاسبه نهایی احتمالات
۱۰۶	۵-۳ تعداد حالت‌های قابل حصول برای يك دستگاه ماكروسكويك
۱۱۱	۶-۳ قيود، تعادل، برگشتناپذیری
۱۱۶	۷-۳ برهم‌کنش بین دستگاهها
۱۲۲	خلاصه تعریفها
۱۲۲	رابطه‌های مهم
۱۲۳	منابع برای مطالعات تکمیلی
۱۲۴	مسائل

فصل ۴: برهم‌کنش گرمایی

۱۳۰	۱-۴ توزیع انرژی بین دستگاههای ماكروسكويك
۱۳۵	۲-۴ گرایش به تعادل حرارتی
۱۳۶	۳-۴ دما
۱۴۱	۶-۴ انتقال گرما به مقدار کم
۱۴۲	۵-۴ دستگاه در تماس با يك چشمه گرما
۱۴۷	۶-۴ پارامفناطیس
۱۵۰	۷-۴ انرژی میانگین گاز کامل
۱۵۲	۸-۴ فشار میانگین گاز کامل
۱۵۷	خلاصه تعریفها
۱۵۸	رابطه‌های مهم
۱۵۸	منابع برای مطالعات تکمیلی
۱۵۸	مسائل

فصل ۵: نظریه میکروسكويك و اندازه‌گیری ماكروسكويك

۱۷۲	۱-۵ تعیین دمای مطلق
-----	---------------------

۱۷۵	۲-۵ دماهای مطلق خیلی بالا و خیلی پایین
۱۷۹	۳-۵ کار، انرژی داخلی و گرما
۱۸۷	۴-۵ ظرفیت حرارتی
۱۸۸	۵-۵ آنتروپی
۱۹۲	۶-۵ پارامترهای فزونور و نافزونور
۱۹۲	خلاصه تعریفها
۱۹۳	رابطه‌های مهم
۱۹۳	منابع برای مطالعات تکمیلی
۱۹۴	مسائل

فصل ۶: توزیع کانونیک در تقریب کلاسیک

۲۰۲	۱-۶ تقریب کلاسیک
۲۰۷	۲-۶ توزیع ماکسولوی سرعتها
۲۱۰	۳-۶ بحث در توزیع ماکسولوی
۲۱۵	۴-۶ نشت و باریکه‌های مولکولی
۲۲۰	۵-۶ قضیه همبازی
۲۲۲	۶-۶ کاربردهای قضیه همبازی
۲۲۲	۷-۶ گرمای ویژه جامدات
۲۲۹	خلاصه تعریفها
۲۲۹	رابطه‌های مهم
۲۲۹	منابع برای مطالعات تکمیلی
۲۳۰	مسائل

فصل ۷: برهم‌کنش کلی ترمودینامیک

۲۳۸	۱-۷ بستگی تعداد حالتها به پارامترهای خارجی
۲۴۲	۲-۷ رابطه‌های کلی معتبر در تعادل
۲۴۵	۳-۷ کاربرد در گاز کامل
۲۴۹	۴-۷ نتایج بنیادی در ترمودینامیک آماری
۲۵۲	۵-۷ شرایط تعادل
۲۵۷	۶-۷ تعادل بین فازها
۲۶۲	۷-۷ تبدیل کاتورگی به نظم
۲۶۸	خلاصه تعریفها
۲۶۸	رابطه‌های مهم
۲۶۸	منابع برای مطالعات تکمیلی
۲۶۹	مسائل

فصل ۸: مبانی نظریه جنبشی در فرایندهای انتقال

۲۷۸	۱-۸ مسافت آزاد میانگین
۲۸۱	۲-۸ چسبندگی و انتقال اندازه حرکت (تکانه)
۲۸۷	۳-۸ رسانایی حرارتی و انتقال انرژی
۲۹۰	۴-۸ خودبخشی و انتقال مولکولها
۲۹۲	۵-۸ رسانایی الکتریکی و انتقال بار
۲۹۵	خلاصه تعریفها
۲۹۶	رابطه‌های مهم
۲۹۶	منابع برای مطالعات تکمیلی
۲۹۶	مسائل
	پیوست
۳۰۲	۱-پ توزیع گاوس
۳۰۸	۲-پ توزیع بواسون
۳۱۰	۳-پ بزرگی افت و خیزهای انرژی
۳۱۱	۴-پ برخوردهای مولکولی و فشار داخل گاز
	یادداشتهای ریاضی
۳۱۶	۱-ر نمادهای جمع‌زنی
۳۱۶	۲-ر جمع سری هندسی
۳۱۷	۳-ر مشتق \ln به ازای n بزرگ
۳۱۷	۴-ر مقدار $\ln!$ به ازای n بزرگ
۳۱۸	۵-ر نامساوی $\ln x \leq x$
۳۱۸	۶-ر محاسبه انتگرال $\int_{-\infty}^{\infty} e^{-x^2} dx$
۳۱۹	۷-ر محاسبه انتگرالهایی به شکل $\int_0^{\infty} e^{-ax^2} x^n dx$
۳۲۱	مسائل تکمیلی
۳۲۵	نمادهای ریاضی
۳۲۷	الفبای یونانی
۳۲۹	مقادیر عددی
۳۳۱	پاسخ مسائل
۳۲۱	واژه‌نامه انگلیسی به فارسی
۳۲۳	واژه‌نامه فارسی به انگلیسی
۳۲۵	واژه‌یاب

مقدمه بر دوره فیزیک برکلی

این دوره کتابها شامل دروس مقدماتی لیسانس برای دانشجویانی است که رشته اختصاصی آنها علوم و مهندسی است. قصد مؤلفان این بوده است که فیزیک مقدماتی را حتی المقدور به همان شیوه‌ای عرضه کنند که توسط فیزیکدانانی که روی موضوعات پیشرفته حوزه تخصص خود کار می‌کنند، به کار می‌رود. در تهیه این دوره، کوشش ما بر این بوده است که قریباً بر مبنای فیزیک تأکید کنیم. بویژه، خواسته‌ایم که مفاهیم نسبت خاص، فیزیک کوانتومی و فیزیک آماری را به نحوی منسجم در برنامه مقدماتی وارد کنیم.

این دوره برای دانشجویانی است که فیزیک دبیرستانی را خوانده‌اند. لازم است دانشجو همزمان با این درس، یک دوره ریاضیات شامل حساب دیفرانسیل و انتگرال را نیز بخواند.

هم اکنون چندین دوره جدید فیزیک برای دوره لیسانس در دست تهیه است. تهیه دوره‌های جدید به فکر بسیاری از فیزیکدانانی خطور کرده است که به ضرورت پیشبرد علم و فن و لزوم تأکید بر علوم در مدارس ابتدایی و متوسطه واقف بوده‌اند. دوره فیزیک برکلی در اواخر سال ۱۳۴۵/۱۹۶۱ در جریان مذاکرات بین فیلیپ موریسون^۱ از دانشگاه کرنل^۲ و چارلز کیتل^۳ طرح‌ریزی شد. جان میز^۴ و همکارانش در بنیاد ملی علوم^۵ و والتر میشل^۶ رئیس وقت کمیسیون فیزیک دانشگاهی مشوق ما بودند. برای پیشبرد مراحل مقدماتی این دوره، یک کمیته اطلاعاتی تشکیل شد. در آغاز اعضای این کمیته عبارت بودند از لوییس الوارز^۷، ویلیام فرتتر^۸، چارلز کیتل، والتر نایت^۹، فیلیپ موریسون، ادوارد پورسل^{۱۰}، مالوین رودرمان^{۱۱} و جراللد زاخاریس^{۱۲}. نخستین نشست کمیته در اردیبهشت ماه ۱۳۴۱/۱۹۶۲ در دانشگاه برکلی صورت گرفت. در همین نشست بود که طرح کلی یک دوره کاملاً جدید ریخته شد. به علت مسئولیتهای دیگری که بسیاری از این افراد داشتند، کمیته در دیماه ۱۳۴۳/ژانویه ۱۹۶۴ ترمیم شد. در حال حاضر اعضای این کمیته آنهایی هستند که امضایشان در پای مقدمه آمده است. نام افراد دیگری که در تهیه این دوره مشارکت داشته‌اند، در مقدمه هر جلد ذکر شده است.

مطالبی که نهایتاً تدوین شد از طرح مقدماتی این دوره و روح حاکم بر آن عیناً تأثیر پذیرفته است. این طرح، دربرگیرنده مشروح مطالب و مباحثی است که به عقیده ما هر دانشجوی جدید علوم و مهندسی باید - و می‌تواند - بیاموزد؛ و بر آن نبوده‌ایم که این دوره تنها به دانشجویان ممتاز، یا آنهایی که پایه قوی دارند، اختصاص داشته

1. Philip Morrison
2. Cornell
3. Charles Kittel
4. John Mays
5. National Science Foundation
6. Walter C. Michels
7. Luis Alvarez
8. William B. Fretter
9. Walter D. Knight
10. Edward M. Purcell
11. Malvin A. Ruderman
12. Jerrold R. Zacharias

باشد. اهتمام ما بر این بود که اصول فیزیکی را از دیدگاههای جدید و یکپارچه عرضه کنیم و بنا بر این قسمتهایی از درس شاید هم برای مدرسان و هم برای دانشجویان تازگی داشته باشد.

پنج جلد این دوره همچنانکه پیش بینی شده بود عبارت اند از:

۱. مکانیک (کیتل، نایت، رودرمان)

۲. الکتریسته و مغناطیس (پورسل)

۳. امواج (کرافورد^۱)

۴. فیزیک کوانتومی (ویشمان^۲)

۵. فیزیک آماری (رایف)

مؤلفان هر جلد در انتخاب سبک و روشی که برای عرضه مطالبشان مناسب می دیدند، آزاد بوده اند. بر رسیهای اولیه این دوره، الن پورتیس^۳ را بر آن داشت که دستور کار جدیدی برای آزمایشگاه تهیه کند که اکنون فیزیک آزمایشگاهی بر کلی نام دارد. از آنجا که این دوره بر اصول فیزیک تأکید دارد، بعضی از مدرسان ممکن است احساس کنند که به قدر کافی به فیزیک تجربی نپرداخته است. فیزیک آزمایشگاهی بر کلی از لحاظ آزمایشهای مهم غنی است و طوری تدوین شده است که دوره درسی را کامل کند. بودجه لازم برای تهیه این دوره توسط بنیاد ملی علوم تأمین شد؛ دانشگاه کالیفرنیا نیز به طور غیر مستقیم به این امر کمکهای قابل توجهی کرده است. مدیریت مالی را سازمان خدمات آموزشی^۴ به عهده داشته، که سازمانی غیر انتفاعی است و به منظور توسعه برنامه های آموزشی تأسیس شده است.

از ژیلبر اوکلی^۵، جیمز السدریچ^۶ و ویلیام جونز^۷ که هر سه از اعضای سازمان خدمات آموزشی هستند، به مناسبت کمکهای مؤثر و صمیمانه شان سپاسگزاریم. این سازمان به منظور کمک به پیشبرد این دوره و دستور کار آزمایشگاهی آن، دفتری در بر کلی تحت مدیریت بسیار شایسته خانم ماری مالونی^۸ تأسیس کرده است. دانشگاه کالیفرنیا اگرچه هیچ گونه ارتباط رسمی با این برنامه نداشته، ولی به طرق مختلف به ما کمک کرده است. ما به خاطر این کمکها، بوژه از دو رئیس متوالی گروه فیزیک، اگوست هلمولتز^۹ و برتون مویر^{۱۰}، و نیز از هیئت علمی و کارمندان گروه، از دونالد کنی^{۱۱} و از بسیاری دیگر از اعضای دانشگاه، همچنین از ابراهام اولشن^{۱۲} که در آغاز برای سازماندهی امور کمک زیادی به ما کرده است، تشکر می کنیم.

از تذکرات اصلاحی و پیشنهاد های شما همواره استقبال خواهیم کرد.

اوژن د. کامینز ^{۱۳}	فرانک س. کرافورد	والتر د. نایت
فیلیپ موریسون	الن م. پورتیس	ادوارد م. پورسل
فردریک رایف	مالوین ا. رودرمان	ایویند ه. ویشمان
	چارلز کیتل (رئیس)	

ژانویه ۱۹۶۵
بر کلی - کالیفرنیا

- | | | |
|--------------------------------------|--------------------|-----------------------|
| 1. Krawford | 2. Wichmann | 3. Allan M. Portis |
| 4. Educational Services Incorporated | 5. Gilbert Oakley | 6. James Aldrich |
| 7. William Jones | 8. Mary R. Maloney | 9. August C. Helmolzt |
| 10. Burton J. Moyer | 11. Donald Coney | 12. Abraham Olshen |
| 13. Eugene D. Commins | | |

مقدمه جلد پنجم

فیزیک آماری آخرین جلد از دوره فیزیک برکلی مختص مطالعه دستگاههای مقیاس بزرگ (یعنی ماکروسکوپی) است که از آنها یا مولکولهای زیاد تشکیل می‌شوند؛ بنابراین تدارک مقدمه‌ای است بر موضوعات گوناگون: مکانیک آماری، نظریه جنبشی، ترمودینامیک و گرما. خطی که از آن پیروی کرده‌ام نه منطبق بر توسعه تاریخی در این زمینه است و نه پرداختن به آن با روشهای سنتی. هدف، بیشتر پذیرفتن نقطه نظر جدیدی است که حتی المقدور به نحو ساده و با اسلوبی منظم نشان دهد، چگونه مفاهیم پایه نظریه اتمی به چارچوب مفهوم منسجمی منجر می‌شود که قادر است خواص دستگاههای ماکروسکوپی را توصیف و پیشگویی کند.

در نگارش این کتاب کوشیده‌ام دانشجویی را در مدنظر داشته باشم که با موضوع هیچگونه آشنایی ندارد و ذهنش از آگاهیهای قبلی در این زمینه خالی است و برای نخستین بار با این موضوعات برخورد می‌کند و تنها امتیازش این است که قبلاً فیزیک مقدماتی و فیزیک اتمی را آموخته است. بنابراین سیاقی را برای عرضه مطالب برگزیده‌ام که بتواند برای این دانشجو که می‌کوشد خودش به درکی از دستگاههای ماکروسکوپی دست یابد کاملاً موجه باشد. برای اینکه عرضه مطالب به هم پیوسته و منسجم باشند، بنای تمام بحث را بر این گذاشته‌ام که به یک اصل تنها به طور سیستماتیک پردازم، آن اصل این است که یک دستگاه منزوی گرایش دارد به کاتوره‌ای (نامنظم)ترین حالت خود نزدیک شود. اگرچه توجهم را به دستگاههای ساده محدود کرده‌ام ولی آنها را با روشهایی بررسی کرده‌ام که ممکن است کاربردهای وسیعی داشته و بسادگی قابل تعمیم باشند. بویژه کوشیده‌ام در همه جای کتاب روی بینش فیزیکی و قابلیت پیش‌بینی سریع و راحت روابط مهم تأکید کنم. بنابراین کوشیده‌ام بدون اینکه در روابط صوری ریاضی غرق شوم و اندیشه‌های فیزیکی را عمیقاً مورد بحث قرار دهم، برای تشریح مفاهیم کلی مجرد مثالهای ساده‌ای فراهم آورم، از کمیت‌های با معنی برآوردهای عددی به دست دهم و نظریه را با دنیای واقعی مشاهده و آزمایش مرتبط سازم.

ناگزیر بودم مطالب مورد بحث در این جلد را با دقت زیاد انتخاب کنم. قصد من تأکید بر مفاهیم بسیار اساسی است که می‌توانند برای فیزیکدانان و همچنین برای دانشجویان شیمی و زیست‌شناسی یا مهندسی سودمند باشند. در «گفتاری با استاد و دانشجو» محتوا و سازمانبندی کتاب خلاصه شده و راهنماییهایی جهت معلمان و دانشجویان دورنگر ارائه شده است. سیاق غیرمتعارف عرضه مطالب که هدفش تأکید بر رابطه بین توصیفهای سطوح ماکروسکوپی و اتمی است، الزاماً به معنی فدا کردن فضایل ذاتی نگرشهای خیلی سنتی نیست. بویژه، می‌توان مشخصات زیر را ذکر کرد:

۱) دانشجو با خواندن فصل هفتم (حتی اگر فصل ششم را نادیده گرفته باشد)، اصول بنیادی و کاربردهای

اساسی ترمودینامیک کلاسیک را خواهد شناخت، درست مثل اینکه موضوع را برحسب روشهای سنتی مطالعه کرده است. طبیعتاً پیش روشنی نیز در معنای آنژی و فیزیک آماری کسب خواهد کرد.

۲) سعی و مراقبت برای این بود که خاطر نشان کنم که نظریه آماری به بعضی نتایج منجر می شود که محتوای ماکروسکوپی محض دارند و کاملاً مستقل از هر گونه مدلی هستند که می شود برای ساختار اتمی دستگاههای مورد نظر فرض کرد. از این رو عمومیت و استقلال قوانین ترمودینامیک بوضوح نشان داده شده است.

۳) اگرچه بررسی تاریخی، بندرت منطقیترین و روشن کننده ترین مقله برای یک موضوع است، ولی آگاهی از تحول اندیشه های علمی جالب توجه و در عین حال آموزنده است. بدین جهت بعضی تذکرات مناسب، منابع مراجعه و عکسهای دانشمندان نامی را در متن گنجانده ام، تمام آنها طوری انتخاب شده اند که چشم اندازی از پیشرفت تاریخی این بخش از فیزیک برای دانشجوی ترسیم شود.

پیش نیازهای لازم برای مطالعه این کتاب، علاوه بر آشنایی مقدماتی با مکانیک و الکترومغناطیس کلاسیک، فقط آشنایی قبلی با ساده ترین مفاهیم اتمی و اندیشه های کوانتومی زیر در شکل بسیار ساده آنهاست: معنی حالت های کوانتومی و ترازهای انرژی، اصل عدم قطعیت هایزبرگ، طول موج دو بروی، مفهوم اسپین و مسئله ذره آزاد در یک جعبه. ابزار ریاضی لازم، از مشتقات و انتگرالهای ساده، به اضافه آشنایی با سریهای تیلور فراتر نمی رود. دانشجوی که با موضوعات اساسی مورد بررسی در کتابهای پیشین دوره فیزیک برکلی (بویژه جلد چهارم) آشنا باشد، طبیعتاً خود را برای مطالعه این کتاب کاملاً آماده می بیند. مع ذلک این کتاب را می توان به عنوان آخرین بخش از درس فیزیک جدید مقدماتی، یا هر درس دیگری در این سطح، برای دانشجویان سال دوم کالج یا بالاتر تدریس کرد.

همچنان که در آغاز این مقدمه گفتم، هدف من نفوذ در که مطالب مغالطه شده و شکافتن آنها به نحوی است که موضوع برای دانشجویان مبتدی ساده، مرتبط و به سهولت قابل درک باشد. اگرچه رسیدن به این هدف به زحمتش می آرد ولی نیل به آن دشوار بوده است. باید بگویم که نگارش این کتاب وظیفه ای دشوار و خسته کننده بود، وقتی باور نکردنی از من گرفت و قوایم را به تحلیل برد. پاداش اندک من آن است که معلوم شود به کمال مطلوب دست یافته ام یعنی این کتاب سودمند واقع شده است.

ف - رایف

سخنی با استاد و دانشجو

تقسیمبندی کتاب

این کتاب به سه قسمت اساسی بشرح زیر تقسیم شده است:

قسمت اول: مفاهیم مقدماتی (فصل ۱ و ۲)

فصل ۱: این فصل مقدمه کیفی از بنیادترین مفاهیم فیزیکی را که در این کتاب بررسی خواهند شد به دست می‌دهد. هدف آن این است که دانشجو را از خواص مشخصه دستگاههای میکروسکوپیك آنگاه سازد و افکار او را به سوی خطوط سودبخش سوق دهد.

فصل ۲: بالطبع جنبه ریاضی این فصل تا اندازه‌ای بیشتر است و هدف آن آشنا کردن دانشجو با مفاهیم پایه نظریه احتمالات است. شناخت قبلی از احتمالات به هیچوجه لازم نیست. روی مفهوم مجموعه تأکید می‌شود و هدف همه مثالها روشن کردن اوضاعی است که در فیزیک با آنها برخورد می‌کنیم. اگرچه این فصل کاربستهای بعدی در بقیه کتاب را تدارک می‌بیند، اما مفاهیمی از احتمالات که در اینجا درباره آنها بحث کرده‌ام می‌توانند بعداً در زمینه‌های زیادی مفید باشند.

نباید وقت زیادی برای این فصلها صرف کرد. زیرا ممکن است بعضی از دانشجویان با موضوعاتی که در این فصلها بررسی شده‌اند آشنایی کافی داشته باشند. معذالك، به این دانشجویان نیز موكداً توصیه می‌کنم که از این دو فصل نگذرند، بلکه آنها را به عنوان مروری که سودمند خواهد بود نگاه کنند.

قسمت دوم: مبانی نظری (فصل ۳، ۴، ۵)

این قسمت جان کتاب را تشکیل می‌دهد. بسط منطقی و کمی موضوع این کتاب واقعاً از فصل سوم شروع می‌شود. (از این رو دو فصل اول را می‌توان نادیده گرفت، ولی این کار از لحاظ تربیتی خیلی مصلحت نیست.)

فصل ۳: در این فصل از چگونگی توصیف يك دستگاه میکروسکوپیك متشکل از تعداد زیادی ذره با اصطلاحات آماری بحث می‌شود. همچنین اصول موضوعه بنیادی نظریه آماری را در این فصل وارد کرده‌ام. در پایان این فصل دانشجو تازه درمی‌یابد که شناخت کمی دستگاههای میکروسکوپیك اساساً به نقطه نظرهای درگیر در شمارش تعداد حالت‌های قابل حصول برای این دستگاهها وابسته است. معذالك، ممکن است هنوز به باروری این اندیشه دست نیافته باشد.

فصل ۴: این فصل واقعاً سودمندترین فصل است، نسبتاً ساده، با بررسی دو دستگاه در برهم کنش منحصرأ تبادل گرما آغاز می شود. مع ذلک این بررسی سرعت به مفاهیم بنیادی آنتروپی، دمای مطلق و توزیع کانونیک (بندادی) (یا سازه بولتزمن) منجر می شود. در پایان این فصل، دانشجو ابزار بررسی عمیق مسایل عملی را در اختیار دارد. در واقع، آموخته است به کمک اصول نخستین، خواص پارامغناطیسی یک جسم یا فشار یک گاز کامل را محاسبه کند.

فصل ۵: در این فصل اندیشه های نظری را برای مسایل بسیار عملی به کار می بریم. بدین طریق که در چگونگی ربط مفاهیم اتمی به اندازه گیریهای ماکروسکوپی و تعیین تجربی کمیت هایی از قبیل دمای مطلق و آنتروپی بحث می کنیم.

اگر وقت تنگ باشد استاد می تواند بدون احساس تأسف زیاد در پایان این پنج فصل متوقف شود. وقتی دانشجو به این مرحله رسید باید شناخت نسبتاً خوبی از دمای مطلق، آنتروپی و سازه بولتزمن، یعنی مهمترین مفاهیم مکانیک آماری و ترمودینامیک، داشته باشد (در واقع، تنها موضوع ترمودینامیک که گفته نشده است، این نکته است که آنتروپی در جریان یک فرآیند بی دررو و ایستوار ثابت می ماند). در این صورت تصور می کنم که حداقل هدفهای درس کاملاً تأمین شده است.

قسمت سوم: شرح و بسط نظریه آماری (فصل ۶، ۷ و ۸)

این قسمت مشتمل بر سه فصل مستقل از همدیگر است بدین معنی بدون اینکه یکی پیش نیاز دیگری باشد هر کدام را می توان جدا از بقیه مطالعه کرد. بعلاوه، کاملاً امکان دارد که به چند بخش اول از هر کدام از این فصول اکتفا کرد و از مراجعه به بخشهای دیگر این فصول چشم پوشید. بنابراین استاد می تواند از این انعطاف پذیری استفاده کند و درس خود را با سلیقه خود یا علاقه دانشجویان تطبیق دهد. یکی از این فصول، فصل ۷، برای تکمیل نظریه آماری، از دو فصل دیگر مهمتر است. زیرا بحث زوی اصول ترمودینامیک را تکمیل می کند، بدون تردید این فصل بیش از سایر فصول برای دانشجویان شیمی یا زیست شناسی مفید خواهد بود.

فصل ۶: این فصل، با وارد کردن تقریب مفاهیم کلاسیک در توصیف آماری، درباره اهمیت ویژه بعضی از کاربردهای توزیع کانونیک (بندادی) بحث می کند. توزیع ماکسولی سرعت مولکولهای گاز و قضیه همپاری، عنوانهای اصلی این فصل را تشکیل می دهند. کاربردهای روشنگر آن باریکه مولکولی، جدا سازی ایزوتوپها و گرمای ویژه جامدات را در بر می گیرد.

فصل ۷: این فصل با بیان ثابت ماندن آنتروپی در جریان فرایندهای بی دررو و ایستوار آغاز می شود. این بیان بحث درباره قوانین ترمودینامیک را، که با کلیت تمام در نتیجه به طور خلاصه بیان شده اند، تکمیل می کند. آنگاه چند کاربرد مهم را بررسی می کنیم: شرایط عمومی تعادل، از جمله خواص انرژی آزاد گیبس؛ تعادل بین فازها؛ بحث درباره ماشینهای حرارتی و سازواره های زیستی.

فصل ۸: این فصل آخر به منظور روشن کردن بحث خواص یک دستگاه در حالت نائترازندی است. در آنجا به کمک ساده ترین استدلالها از مسیر آزاد میانگین به پدیده های انتقال در گاز رقیق می پردازیم و چسبندگی، رسانایی حرارتی، خودپختی و رسانایی الکتریکی مورد بحث قرار می گیرد.

بدین طریق شرح تقسیم بندی کتاب به پایان می رسد. این دوره در دانشگاه برکلی، به نحوی تدریس

می‌شود که قسمت اعظم این کتاب تقریباً هشت هفته مر بوط به آخرین ربع ترم فیزیک مقدماتی را در بر می‌گیرد. از این توضیحات روشن می‌شود که اگرچه نحوه عرضه مطالب در این کتاب غیر سنتی است، ولی از ساخت منطقی استوار خاص خود برخوردار است. این بسط منطقی شاید به نظر دانشجو که، بدون هیچگونه پیشبینی‌ای با عناوین برخورد می‌کند، ساده‌تر و طبیعی‌تر باشد تا مدرس که ذهن او از آموزش سنتی موضوع شکل گرفته است. به مدرس توصیه می‌کنم که روی تمام موضوع مجدداً به تمام و کمال بیندیشد، اگر صرف نیروی عادت بتواند از روی بی‌احتیاطی وی را به تزییق دیدگاههای سنتی خود بکشاند، احتمالاً بسط منطقی کتاب را در هم خواهد ریخت، در نتیجه بجای روشن کردن مسایل موجب سردرگمی ذهن دانشجو خواهد شد.

سایر مشخصات کتاب

پیوست: چهار بخش پیوست محتوی چند موضوع پیرامون کتاب است. بویژه درباره تویعهای گاؤس و پواسون دقیقاً گفتگو می‌شود زیرا این توزیعا جزو برنامه کارهای عملی درس فیزیک بر کلی‌اند و نیز اینکه در پهنه‌های متفاوت و زیادی اهمیت دارند.

یادداشتهای ریاضی: این یادداشتهای صرفاً مجموعه را بطه‌های کوچک ریاضی‌اند که در بعضی جاهای متن یا در بعضی مسایل مورد استفاده قرار می‌گیرند.

نمادهای ریاضی و ثابتهای عددی: نمادها و ثابتها را در پایان کتاب و همچنین در صفحات داخلی جلد آن گرد آورده‌ایم.

خلاصه تعریفها: برای اینکه مراجعه آسان و مرور راحت باشد در پایان هر فصل خلاصه‌ای از تعریفهای آن فصل نیز ذکر شده‌اند.

مسایل: مسایل بخش بسیار مهم کتاب را تشکیل می‌دهند. ۱۶۰ مسئله داده‌ام که مجموعه وسیعی از سؤاها را تشکیل می‌دهد که تفکر برانگیزند. اگرچه انتظار نداریم که دانشجو همه آنها را حل کند ولی او را ترغیب می‌کنم هر فصلی را که مطالعه کرد قسمت اعظم مسایل پایان آن فصل را نیز حل کند و در غیر این صورت احتمالاً از مطالعه کتاب چندان بهره نخواهد برد. مسایلی که با علامت باضافه مشخص شده‌اند نسبتاً مشکلتر اند. مسایل تکمیلی اساساً مربوط به موضوعاتی است که در پیوستها مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

پاسخ مسایل: پاسخ اغلب مسایل در پایان کتاب آمده است. در اختیار بودن این پاسخها استفاده از کتاب را برای کسانی که بدون معلم کار می‌کنند آسان می‌کند. بعلاوه اگرچه ناچاراً باید به دانشجو توصیه کنم که مسئله را قبل از نگاه به پاسخ آن حل کند، تصور می‌کنم که از لحاظ تعلیم و تربیت خوب است وسیله نظارت نتایجی را که خود به دست آورده است در اختیارش بگذاریم. بدین طریق خیلی زود دانشجو به اشتباهاتش پی خواهد برد و شاید به جای اینکه درخشنودی ناموجهی به خواب رود برای تعمق بیشتری تحریض شود. (اگرچه کوشیده‌ام از درستی پاسخهای پایان کتاب خاطر جمع باشم اما نمی‌توانم آن را تضمین کنم. بسیار خشنود خواهم شد اشتباهاتی را که از زیر دستم در رفته است یادآوری کنند.)

ملحقات کتاب: شرح تصاویر باحروف کوچک و تذکارها در قطع مخصوص عرضه شده‌است تا از متن اصلی کتاب متمایز باشد. در اولین مطالعه کتاب این اطلاعات را نباید نادیده گرفت ولی در دفعات بعد می‌توان از آنها صرف نظر کرد.

شماره گذاری معادلات: معادلات بدین شکل شماره گذاری شده‌اند: مثلاً (۳-۸) به معنای معادله شماره

هشدار به دانشجو

یادگیری فرایندی فعال است. اکتفا به خواندن و حفظ کردن عملاً به هیچ کاری نمی‌آید. از متن به عنوان راهنما استفاده کنید و طوری موضوع را بررسی کنید که گویی خودتان می‌خواهید کشف کنید. هدف علم آموختن شیوه‌هایی از تفکر است که قادر باشد رفتار دنیای مورد مشاهده را توصیف و پیشگویی کند. تنها روش آموزش و شیوه جدید تفکر این است که خود به تفکر پردازیم. بکوشید تا خود روابط تازه‌ای بیابید، راههای ساده‌تری را که قبل از شما کسی نیموده است کشف کنید. مخصوصاً، صرفاً رابطه‌ها را حفظ نکنید و شیوه استدلال را نیز یاد بگیرید. تنها روابطی که سرفرصت باید حفظ کنید رابطه‌های مهمی هستند که بروشنی در پایان هر فصل گردآوری کرده‌ام. اگر از این روابط نمی‌توانید از حفظ رابطه مهم دیگری را در حدود بیست ثانیه یا کمتر به دست آورید معلوم می‌شود که موضوع را نفهمیده‌اید.

سرانجام شناخت عمیق از تعداد کمی از مفاهیم بنیادی خیلی مهمتر از انباشتن مغز از روابط و نتایج فرعی است. اگر این احساس به شما دست می‌دهد که بعضی مثالهای فوق‌العاده ساده، از قبیل دستگاه اسپین‌ها یا گاز کامل، را بیهوده در متن کتاب تکرار کرده‌ام این امر تعمدی بوده است. برآستی در آموزش فیزیک آماری و ترمودینامیک بعضی نتایج ظاهراً بسیار ساده یافت می‌شوند که به نتایج با کلیت غیرمنتظره منجر می‌شوند. بالعکس تعداد زیادی از مسایل را می‌توان یافت که ناهمگویی یا ظاهراً به محاسبات غیرمنتظره‌ای منجر می‌شوند؛ در اینجا نیز ملاحظه مثالهای ساده ممکن است مشکلات مفهومی مطلب را مرتفع سازد و روشهای جدید محاسبه یا تقریب را القا کنند. بنابراین آخرین توصیف من این است که بکوشید که اندیشه‌های بنیادین ساده را خوب بفهمید و آنگاه درصدد حل مسایل برآید؛ مسایلی که در این کتاب آمده‌اند و مسایلی که ممکن است از سؤالهایی که برای خودتان مطرح است ناشی شوند. تنها از این راه است که می‌توانید آموخته‌هایتان را بیازمایید و به تفکر مستقل دست یابید.