

جاسپریت سنگ

فیزیک مدرن در مهندسی



عیسی کریمزاده

شبیم هاشمی دولت آبادی

ویراستار: دکتر ایرج جلال پور



فوپردازان

این اثر مشمول قانون حمایت مولفان و مصنفان و هنرمندان مصوب ۱۳۶۸ است
 قلمی از این اثر را بدون اجازه ناشر، نشر یا پخش کند، مورد پیگرد قانونی قرار می‌گیرد

سرشناسه : سینگ، جاسپریت، ۱۹۵۳-م.
 Singh, Jasprit
 عنوان و نام‌پدیدآور : فیزیک مدرن در مهندسی / جاسپریت سینگ؛ [ترجمه] عیسی کریم‌زاده، شبنم هاشمی دولت‌آبادی.
 مشخصات نشر : تهران: نوپردازان، ۱۳۹۲.
 مشخصات ظاهری : چهارده، ۳۹۲ ص: مصور، جدول، نمودار.
 شابک : 978-964-970-209-9
 وضعیت فهرست نویسی : فیبا
 داشت : عنوان اصلی: Modern physics for engineers, c1999.
 یا نام : کتابنامه: ص. چهارده.
 نام است : نمایه.
 موضوع : کوانتوم
 موضوع : مکانیک آماری
 موضوع : مهندسی مواد
 شناسه افورده : کریم‌زاده، عیسی، مترجم
 شناسه افورده : عیسی دولت‌آبادی، شبنم، ۱۳۵۷-، مترجم
 رده‌بندی کنگر : QC ۱۷۴/۱۲/۱۳۹۹
 رده‌بندی دیویی : ۵۳۱/۱۲
 شماره کتابشناسی ملی : ۳۲۱۰۹۰۹



کتابخانه ملی ایران

تألیف : جاسپریت سینگ
 ترجمه : عیسی کریم‌زاده، شبنم هاشمی دولت‌آبادی
 ناشر : نوپردازان
 قطع : وزیری
 نوبت چاپ : اول
 تاریخ : بهار ۱۳۹۳
 تیراژ : ۱۵۰۰
 صفحات : ۳۹۲
 شابک : ۹۷۸-۹۶۴-۹۷۵-۲۰۹-۹
 لیتوگرافی : نورنگ ۷۷۵۳۱۰۲۷-۷۷۵۲۹۳۶۳
 چاپ و صحافی : طرّفه ۵۵۲۶۹۲۸۷-۸

کتابیران: تهران، میدان انقلاب، ابتدای خیابان آزادی، خیابان دکتر قریب بعد از فرصت شیرازی،

پلاک ۷، تلفن: ۶۶۵۶۶۵۰۹ - ۱۸

نوپردازان: تهران، خیابان لپافی، نزله بین اردیبهشت و فروردین، پلاک ۳۳۸

تلفن: ۶۶۲۱۳۲۷۲ - ۶۶۲۱۳۵۱۵ - ۶۶۲۱۱۱۷۲ - ۶۶۲۹۲۳۰۹

WWW.Ketabiran.ir

فروش اینترنتی

تو دیم به الدینم که هر چه دارم از وجود با برکت آنهاست:

پدر زحمتکش و دانا، پینه بسته‌اش درس سخت کوشی، همت و اراده آهنین داشتن
را به من آموخت. مادر مهربانم که نگاهش همواره سایه ساری از مهر بر سرم گردانیده
و امید به موفقیت مرا آموخت.

عیسی کریم زاده

از پدر و مادر عزیزم که همیشه و در همه حال مرا در پیشرفت اهدافم یاری و تشویق نموده‌اند
کمال تشکر را دارم.

محمد هاشمی دولت آبادی

فهرست مطالب

۵۵	مقدمه (سخن مؤلف)
یازده	پیشگفتار
۱	□ فصل ۱ جهان در نگاه کلاسیک
۲	۱.۱ پیشگفتار
۲	۱.۱.۱ روش علمی
۴	۲ نگاه کلی به فیزیک کلاسیک: برهم‌کنش‌های اصلی
۱۱	۳.۱ ذرات و تابش
۱۲	۱.۴ مکانیک نیوتونی
۱۲	۵.۱ پدیده‌های موجی کلاسیکی
۱۳	۱.۵.۱ ارتباط ریاضی و آنتن
۱۴	۶.۱ امواج، بستن سی‌سی و عدم قطعیت
۱۷	۱.۶.۱ انتشار بسته موجی
۲۱	۷.۱ سیستم‌های با تعداد نامتناهی
۲۵	۸.۱ خلاصه فصل
۲۵	۹.۱ مسائل
۲۸	□ فصل ۲ مکانیک کوانتومی و جهان
۲۹	۱.۲ پیشگفتار
۲۹	۱.۱.۲ نیاز به مکانیک کوانتومی
۲۹	۲.۲ برخی از آزمایش‌هایی که با فیزیک کلاسیک مخالف بود
۳۰	۱.۲.۲ رفتار ذره‌ای امواج: تابش جسم سیاه
۳۲	۲.۲.۲ امواج مانند ذرات رفتار می‌کنند (رفتار ذره‌ای امواج): فوتوالکتیک
۳۵	۳.۲.۲ ذرات مانند امواج رفتار می‌کنند (رفتار موجی ذرات): گرما و پراش فلزات
۳۷	۴.۲.۲ ذرات مانند امواج رفتار می‌کنند (رفتار موجی ذرات): طیف اتمی
۴۲	۳.۲ دوگانگی موجی-ذره‌ای: یک اشاره در اپتیک
۴۳	۱.۳.۲ فرضیهٔ دوپروی
۴۴	۴.۲ معادلهٔ شرودینگر
۴۷	۵.۲ دامنهٔ موج
۴۸	۱.۵.۲ بهنجار سازی تابع موج

۴۹	۲.۵.۲ چگالی جریان احتمال
۴۹	۳.۵.۲ مقادیر انتظاری (مقادیر چشم داشتی)
۵۱	۶.۲ امواج، بسته‌های موج و عدم قطعیت
۵۲	۱.۶.۲ معادلات حرکت: قضیهٔ اهرنفس
۵۴	۷.۲ چگونه می‌توان معادلهٔ شرودینگر را حل کرد؟
۵۴	۱.۷.۲ سعی داریم چه کاری انجام دهیم؟
۶۰	۸.۲ برخی از ابزارهای ریاضی برای مکانیک کوانتومی
۶۰	۱.۸.۲ شرایط مرزی روی تابع موج
۶۱	۲.۸.۲ توابع پایه
۶۳	۳.۸.۲ تابع δ -ی دیراک و نمادگذاری دیراک
۶۵	۹.۱ خلاصه فصل
۶۵	۱۰.۲ مسائل

□ فصل ۳ ذراتی که جهان را می‌سازند

۷۰	۱.۳ پیشگفتار
۷۱	۲.۳ ماهیت ذرات
۷۲	۳.۳ آزمایش‌های ساده با ذرات سبک
۷۳	۱.۳.۳ اصل طرد پائولی
۷۴	۴.۳ وقتی امواج مانند ذرات رفتار می‌کنند
۷۵	۱.۴.۳ کوانتش دوم میدان تابشی
۷۶	۵.۳ آمار کلاسیکی و کوانتومی
۸۲	۶.۳ آمار ترازهای انرژی گسسته
۸۴	۷.۳ چگالی طیفی جسم سیاه
۸۷	۸.۳ خلاصهٔ فصل
۸۷	۹.۳ مسائل

□ فصل ۴ ذرات در پتانسیل‌های دوره‌ای

۸۹	۱.۴ پیشگفتار
۹۰	۲.۴ مسئلهٔ ذره آزاد و چگالی حالت‌ها
۹۰	۱.۲.۴ چگالی حالت‌ها برای یک سیستم سه‌بعدی:
۹۳	۲.۲.۴ چگالی حالت‌ها در سیستم‌های کمتر از سه بعد
۹۴	۳.۴ ذره در یک پتانسیل دوره‌ای: قضیهٔ بلوخ
۹۸	۴.۴ مواد بلوری
۹۹	۱.۴.۴ تناوب یک بلور
۱۰۰	

۱۰۱	۲.۴.۴ انواع شبکه اصلی
۱۰۳	۳.۴.۴ ساختارهای الماس و سولفید روی
۱۰۴	۴.۴.۴ ساختار شش ضلعی متراکم
۱۰۵	۵.۴.۴ بلورهای فروالکتریک
۱۰۷	۶.۴.۴ نمادگذاری برای تعیین صفحات و نقاط در یک شبکه: شاخص‌های میلر
۱۱۰	۷.۴.۴ ساختارهای مصنوعی: فرا شبکه‌ها و چاه‌های کوانتومی
۱۱۱	۸.۴.۴ پراش موج و قانون براگ
۱۱۳	۵.۵.۴ مدل کرونیگ-پنی برای ساختار نواری
۱۱۵	۱.۵.۴ اهمیت بردار k
۱۱۸	۶. مثال‌های کاربردی: فلزات، نیم‌نارساناها، عایق‌ها و ابررساناها
۱۲۱	۴. پل‌ها
۱۲۳	۲.۶. پست‌های طبیعی و ابررسانایی
۱۲۴	۷.۴ ساختار نواری مخفی مواد
۱۲۴	۱.۷.۴ نارساناها به مستقیم و غیر مستقیم: جرم مؤثر
۱۳۰	۲.۷.۴ اصل ساختار نواری توسط همجوشی
۱۳۲	۸.۴ تراکم حامل‌های حاملی
۱۳۸	۹.۴ الکترون‌ها در فلزات
۱۴۰	۱۰.۴ خلاصه فصل
۱۴۰	۱۱.۴ مسائل
۱۴۶	□ فصل ۵ ذرات در پتانسیل‌های جاذب
۱۴۷	۱.۵ پیشگفتار
۱۴۷	۲.۵ ذره در یک چاه کوانتومی
۱۴۸	۱.۲.۵ چاه کوانتومی مربعی
۱۵۱	۲.۲.۵ مثال کاربردی: ساختار غیرهمگن نیم‌رساناها
۱۵۵	۳.۲.۵ ذره در یک چاه کوانتومی مثلثی
۱۵۶	۴.۲.۵ مثال کاربردی: ترازهای محصور شده در
۱۶۰	ترانزیستورهای نیم‌رسانا
۱۶۳	۳.۵ مسئله نوسانگر هماهنگ
۱۶۹	۱.۳.۵ مثال کاربردی: کوانتتش دوم میدان‌های موجی
۱۷۳	۴.۵ مسئله اتم تک الکترونی و اتم هیدروژن
۱۷۸	۱.۴.۵ مثال کاربردی: آلایندة سازی نیم‌رساناها
۱۸۲	۲.۴.۵ مثال کاربردی: اکسیتون‌ها در نیم‌رساناها
	۵.۵ از اتم هیدروژن تا جدول تناوبی: یک مرور کیفی

۱۸۴	۶.۵ مواد غیر تناوبی: ملاحظات ساختاری
۱۸۶	۷.۵ مواد غیر تناوبی: ساختار الکترونیکی
۱۸۸	۱.۷.۵ نقص‌ها در مواد بلوری و حالت‌های دام
۱۸۹	۸.۵ خلاصه فصل
۱۸۹	۹.۵ مسائل

□ فصل ۶ تونل‌زنی ذرات

۱۹۴	۱.۶ پیشگفتار
۱۹۵	۲.۶ مسئله عمومی تونل‌زنی
۱۹۶	۳.۶ روش مستقل از زمان برای تونل‌زنی
۱۹۷	۱.۳.۶ تونل‌زنی از یک سد پتانسیل مربعی
۲۰۳	۴.۶ تونل‌زنی در بردهای مهم
۲۰۳	۱.۴.۶ اتصالات اهمی
۲۰۶	۱.۳.۶ تونل‌زنی در سیل میدانی
۲۰۸	۳.۴.۶ تونل‌زنی در لایه‌های نازک
۲۱۰	۴.۴.۶ تونل‌زنی در دی‌های نیم‌رسانا
۲۱۳	۵.۴.۶ رادیواکتیوینت
۲۱۷	۵.۶ تونل‌زدن از سد‌های پتانسیل: تونل‌زنی شدید
۲۲۰	۱.۵.۶ مثال کاربردی: دیود تونل‌زدن شدید
۲۲۰	۶.۶ تونل‌زنی در پیوندهای ابررسانایی
۲۲۵	۷.۶ خلاصه فصل
۲۲۵	۸.۶ مسائل

□ فصل ۷ روش‌های تقریبی

۲۲۹	۱.۷ پیشگفتار
۲۳۰	۲.۷ نظریه اختلال مانا
۲۳۱	۱.۲.۷ مثال کاربردی: اثر اشتراک در چاه‌های کوانتومی
۲۳۳	۱.۲.۷ مثال کاربردی: اثرات میدان مغناطیسی در مواد
۲۳۵	۱.۲.۷ مثال کاربردی: اثرهای تشدید مغناطیسی
۲۴۲	۳.۷ جفت‌شدگی در چاه‌های دوگانه
۲۴۲	۱.۳.۷ جفت‌شدگی چاه‌های کوانتومی یکسان
۲۴۶	۲.۳.۷ مثال کاربردی: یون مولکول هیدروژن
۲۴۸	۳.۳.۷ جفت‌شدگی بین چاه‌های کوانتومی نامشابه
۲۴۹	۴.۳.۷ مولکول H_2
۲۵۱	

۲۵۱	۵.۳.۷ مثال‌های کاربردی: مولکول‌های آمونیاک و رنگینه‌های آلی
۲۵۳	۶.۳.۷ مثال کاربردی: ساعت اتمی
۲۵۵	۴.۷ روش وردشی
۲۵۸	۱.۴.۷ مثال کاربردی: اکسیتون در چاه‌های کوانتومی
۲۵۹	۵.۷ نمودار پیکربندی انرژی
۲۶۰	۱.۵.۷ رشد بلور از فاز بخار
۲۶۱	۲.۵.۷ کاتالیز
۲۶۳	۶.۷ خلاصه فصل
۲۶۳	۷.۷ مسائل
۲۶۶	□ فصل ۸. پراکندگی و برخورد
۲۶۷	۱.۸ شکست
۲۶۷	۲.۸ ۱.۱.۸ انتشار وابسته به زمان
۲۷۰	۳.۸ خواص امواج نورسانا
۲۷۸	۴.۸ تزریق بار و تعادل شبکه فرمی
۲۷۸	۱.۴.۸ ترازهای شبکه فرمی
۲۸۱	۵.۸ تزریق بار و باز ترکیب تاب
۲۸۴	۱.۵.۸ مثال کاربردی: فروزنه و وئورسانی
۲۸۷	۶.۸ برخوردها و تقریب بورن
۲۸۹	۱.۶.۸ مثال کاربردی: پراکندگی آلیاژی
۲۹۱	۲.۶.۸ مثال کاربردی: پراکندگی اسیدر شبکه
۲۹۴	۷.۸ نظریه پراکندگی و برابر
۳۰۱	۸.۸ برابر: رابطه میدان سرعت
۳۰۲	۱.۸.۸ تحرک محدود شده در اثر ناخالصی یونیده
۳۰۵	۲.۸.۸ تحرک محدود شده در اثر پراکندگی آلیاژی
۳۰۵	۳.۸.۸ تحرک محدود شده در اثر ارتعاش شبکه
۳۱۰	۴.۸.۸ برابر میدان قوی
۳۱۲	۵.۸.۸ برابر میدان بسیار قوی: شکست بهمنی
۳۱۴	۹.۸ خلاصه فصل
۳۱۴	۱۰.۸ مسائل
۳۱۹	□ فصل ۹. نظریه نسبیت خاص
۳۲۰	۱.۹ پیشگفتار
۳۲۰	۲.۹ فیزیک کلاسیک در چارچوب‌های مرجع متحرک

۳۲۲	نور در چارچوب‌های مختلف	۳.۹
۳۲۲	۱.۳.۹ آزمایش مایکلسون-مورلی	
۳۲۵	۲.۳.۹ پیشنهاد لورنتس	
۳۲۶	۴.۹ نظریهٔ اینشتین	
۳۲۷	۱.۴.۹ نسبی بودن زمان	
۳۲۸	۲.۴.۹ نسبیت طول	
۳۳۰	۳.۴.۹ جمع سرعت نسبیتی و اثر دوپلر	
۳۳۲	۵.۹ تبدیلات لورنتس	
۳۳۶	۶.۹ دینامیک نسبیتی	
۳۳۶	۱.۶.۹ پایداری تکانه: تکانهٔ نسبیتی	
۳۳۸	۲.۶.۹ پایداری انرژی: انرژی نسبیتی	
۳۴۰	۷.۹ پهنای پهنای	
۳۴۰	۱.۷.۹ پهنای پهنای	
۳۴۲	۲.۷.۹ پهنای پهنای	
۳۴۳	۳.۷.۹ پهنای پهنای	
۳۴۴	۸.۹ خلاصه فصل	
۳۴۴	۹.۹ مسائل	
۳۴۷	□ پیوست الف قاعدهٔ طلایی فرمی	
۳۵۳	□ پیوست ب نظریهٔ تراپرد بولتزمن	
۳۵۳	ب.۱ معادلهٔ تراپرد بولتزمن	
۳۵۴	ب.۱.۱ تحول پخش القایی $f_k(r)$	
۳۵۴	ب.۱.۲ تحول میدان خارجی - القایی $f_k(r)$	
۳۵۵	ب.۱.۳ تحول پراکندگی - القایی $f_k(r)$	
۳۶۲	ب.۲ روش‌های میانگین‌گیری	
۳۶۴	□ پیوست ج دستگاه‌های تداخل کوانتومی	
۳۶۴	ج.۱ پیشگفتار	
۳۶۴	ج.۲ هم‌دوسی ذره-موج	
۳۶۶	ج.۳ الکترون آزاد در میدان‌های مغناطیسی	
۳۶۹	ج.۴ قطعات ابررسانا	
۳۷۳	□ نمایه	

مقدمه (سخن مؤلف)

در طول چند سال اخیر تغییرات مهمی در تحصیلات پایه در مهندسی و هم در فیزیک رخ داده است. در سازمان‌های (مدارس) مهندسی توجهی فزاینده روی طراحی نوعی از رشته‌ها وجود دارد که زمانی که دانشجویان برای رشته‌های پایه می‌گذرانند را فشرده می‌کند. در بخش فیزیک، یک افزایش نیاز برای ساختن ارتباطات قوی‌تر بین دانش ماده (مطالعه ماده) و کاربردهای تکنولوژی جدید وجود دارد. این کتاب با انگیزه این تغییرات دنبال شده است.

این کتاب با موضوعات مهمی از میدان‌های مکانیک کوانتومی، ترمودینامیک آماری و علم مواد سروکار دارد. این کتاب همچنین یک بحثی از تئوری خاص نسبیت را بیان می‌کند. توجه شده است که این عناوین نه به صورت گسسته بلکه به صورت ارتباط بسیار نزدیک به هم بحث شوند. تجربه شخص من به عنوان یک مدرس این است که دانشجویان علوم کاربردی تشویق شوند که پایه و حتی مفاهیم پیچیده را هنگامی که این مفاهیم به صورت بسیار نزدیک به کاربردهای تکنولوژی زندگی واقعی مربوط می‌شوند را یاد بگیرند. این کتاب تلاش می‌کند که چنین تلاشی را تا حد امکان منتشر کند.

محتویات کتاب می‌تواند در دوران یک ترم پوشش داده شود. متن طوری طراحی شده است که بسیار کاربردی باشد و هر مفهوم با چند کاربردی در تکنولوژی مدرن بیان شود.

در این متن تأکیدی روی راه‌های گسسته‌کننده ریاضی برای جواب‌های گوناگون مسائل کوانتومی نیست. در عوض ما بر روی نتایج و کاربردهای فیزیکی آنها تمرکز کرده‌ایم. این روش به ما این اجازه را می‌دهد که چندین موضوع پیچیده مشابه را که اهمیت بسیاری در کاربردهای علمی دارند را پوشش دهیم.

من معتقدم که سطح متن کتاب چنان است که می‌تواند در دپارتمان‌های فیزیک، مهندسی برق یا علم مواد بسیاری از مدارس درس داده شود. برای دانشجویان فیزیک ممکن است مناسب سال دوم باشد، در حالی که در مدارس مهندسی ممکن است برای دانشجویان سال بالاتر یا حتی برای دانشجویان دوره ارشد به کار رود.

از گرگ فرانکلین (Greg Franklin)، ویرایشگر، به خاطر حمایت و تشویقش بسیار ممنونم. او قادر بود که درآمدهای ارزشمندی از چندین مرجع که بسیار مفید بودند را ارائه دهد. همچنین مایلم که از مرور کنندگان زیر برای تخصص و پیش زمینه ارزشمندشان تشکر کنم: پرفسور آرنور گوسا (Arthur Gossau)، از دپارتمان مواد دانشگاه کالیفرنیا، سانتا باربارا؛ پرفسور کارل هس (Karl Hess) از موسسه بک من (Beckman) از بخش علم و تکنولوژی پیشرفته دانشگاه الینوی (Illinois) و دکتر مایکل استروسکیو (Micheal Strosccio) از دفتر پژوهش ارتش.

شکل‌ها، تایپ، طراحی جلد و format این کتاب توسط ترزا سینگ (Teresa singh)، همسر من انجام شده است. او همچنین حمایت‌هایی را فراهم کرد که بدون آنها وجود این کتاب ممکن پذیر نمی‌شد.

جاسپریت سینگ Jasprit Singh

آن آربر، ام ای Ann Arbor, MI

پیشگفتار

فیزیک مدرن و تکنولوژی

تکنولوژی‌های مدرن زندگی ما را به شیوه جدیدی تغییر می‌دهند. مواد جدید، تکنولوژی‌های اطلاعاتی، ارتباطات و محاسبات و دستاوردهای مهم در تکنولوژی‌های پزشکی فرصت‌های جدیدی را به ما عرضه می‌کنند. برای دانشجویان فیزیک کاربردی و مهندسی این تکنولوژی‌ها فرصت‌ها و چالش‌هایی را به وجود می‌آورند. از یک طرف، این پیشرفت‌ها راه‌حل‌هایی را برای مسائل پیچیده ارائه می‌دهند که دهه‌های قبل غیرقابل حل به نظر می‌رسیدند. طرف دیگر، میزان دانش لازم برای درک و هم بخشی پیشرفت‌های جدید نیز فزاینده‌ای در حال رشد است. این نوع فشار مضاعفی را روی دانشجویان قرار می‌دهد.

تکنولوژی‌های جدید به نظر بسیار "جادویی" می‌رسند که اغلب ما را برای این باور خام و می‌دارد که کسی یک عصای جادویی به دستمان می‌دهد و قطعات و سیستم‌های جدید به وجود می‌آیند. آسان است، فراموش کنیم که این اختراعات جدید بر بنای اصول بنیادین خوش تعریف فیزیکی بر گرفته از کاربرد روش علمی بنا شده‌اند، را فراموش کنیم. بسیاری از این اصول صد سال و یا کمتر است که بر بشریت شناخته شده‌اند. مکانیک کوانتومی، آمار کوانتومی، نظریه نسبیت و ساختار مواد پایه تکنولوژی جدید را برای ما فراهم می‌کنند. در عین حال همه این دانسته‌های مدرن بیستم توسعه یافته‌اند.

این کتاب با اصول پایه فیزیک مدرن سر و کار دارد که منجر به تکنولوژی‌های جدید انقلابی شده است. تمرکز ما روی اصول پایه مکانیک کوانتوم و علم مواد است و اینطور این اصول برای تولید تکنولوژی‌های مدرن به کار گرفته شده‌اند. توجه خاص در این متن روی محاسبات ساده‌ای است که به دست آوردن جواب‌های مسائل کوانتومی گوناگون نیست. در عوض تمرکز ما روی کاربردهای فیزیکی آنها است. در فصل ۹ ما نظریه نسبیت خاص را به همراه برخی از کاربردهای مهم آن بیان می‌کنیم.

در شکل ۱ و ۲ یک نتیجه‌گیری از برخی از کاربردهایی که به اصولی که در این کتاب بیان می‌کنیم مرتبط می‌شوند را نشان می‌دهیم. همان‌طور که می‌بینیم، تعدادی از حوزه‌های مختلف فیزیک مدرن سود می‌برند. ارتباط بین اصول پایه و کاربردها مورد بسیار مهمی است، موردی که به وسیله علم کاربردی برای اختراع تکنولوژی‌های جدید استفاده می‌شود. برای دانشجویان فیزیک کاربردی و مهندسی مهم است که این ارتباطات را بشناسند (از این ارتباطات قدردانی کنند).

خطوط راهنما برای مدرس

این کتاب می‌تواند برای دانشجویان مهندسی نیز همانند دانشجویان فیزیک استفاده شود. برای دانشجویان مهندسی دو راه ممکن برای این کتاب موجود است، بسته به تحصیل در مقطع کارشناسی در دانشگاه‌های

کاربردها	حوزه
• فلزات، نیمه‌رساناها، عایق‌ها (نارساناها) • آلایندگی نیمه‌رساناها • تکنولوژی اتصالات اتمیک • میکروسکوپ تونل‌زنی روبشی • قطعات تونل‌زنی • لیزر، LEDها و صفحات نمایشی • تحرک و مقاومت • قطعات چاه‌های کوانتومی • مفهوم تراز شبه فرمی • قطعات موج الکترونی جدید	مهندسی الکترونیک
• Tailored drugs • رنگینه‌های آلی • تبدیلات کاتالیکی	شیمی مهندسی شیمی
• رادیواکتیویته برای تشخیص بیماری • پرتو درمانی • تشدید مغناطیسی هسته‌ای	پزشکی
• حرکت سوسک‌ها در سیستم فاضلاب • روند واکنش بیولوژیکی	علوم زیستی

شکل ۱: حوزه‌های به کار گرفته شده در این کتاب و کاربردهای آن

مشخص. در برخی از مدارس یک واحد فیزیک جدید در دانشکده فیزیک برای دانشجویان کارشناسی مهندسی ارائه می‌شود. این کتاب باید مشخصاً برای چنین واحدهایی جذاب (مستحب) باشد چون ارتباط نزدیکی بین اصول پایه و کاربردها وجود دارد. برای چنین دانشجویانی مدرس موظف است در فصل اول از نه فصل و برخی عناوین منتخب از فصل ۷ و ۸ را پوشش دهد. برای مثال از فصل ۷ مسئله چاه پتانسیل است شده باید گفته شود. یک بحث فیزیکی از فرایندهای اپتیک می‌تواند از فصل هشتم گفته شود. برای دانشجویان این سطح روش به‌دست آوردن قانون طلایی فرمی (پیوست الف) یا نظریه انتقال بولتزمن (پیوست ب) نباید گفته شود. این کتاب برای دانشجویانی در مقطع ارشد یا بالاتر در رشته‌های مهندسی الکترونیک، علوم ماده یا مهندسی شیمی بسیار مناسب خواهد بود. برای چنین دانشجویانی دو فصل اول بسیار سریع گفته شود (برخی از بخش‌ها به‌عنوان خودخوان ارائه می‌گردد). عنوان فصل‌های ۷ و ۸ نیز به همراه پیوست A و B می‌تواند با جزئیات گفته شود. در نهایت، برای دانشجویان رشته فیزیک این کتاب می‌تواند به‌عنوان واحد فیزیک جدید ارائه شود. باید اغلب عناوین مرتبط به این واحد پوشش داده شود و یک ارتباط مهم با کاربردهای تکنیکی را فراهم