



فیزیک حالت جامد ۲

دکتر امیرعباس صبوری دودران

سرشناسه	صوری دودران، امیرعباس، ۱۳۴۹-
عنوان و نام پدید آور	فیزیک حالت جامد ۲/ مؤلف امیرعباس صوری دودران.
مشخصات نشر	تهران: دانشگاه پیام نور، ۱۳۹۳.
مشخصات ظاهری	پازده، ۲۴۳ ص.
فروست	دانشگاه پیام نور؛ ۲۰۲۷. گروه فیزیک؛ ۱/۵۰
شابک	978 - 964 - 14 - 0073 - 8
وضعیت فهرست نویسی	فیبا.
موضوع	فیزیک حالت جامد - آموزش برنامه ای
موضوع	فیزیک حالت جامد - مسائل، تمرین ها و غیره (عالی)
شناسه افزوده	دانشگاه پیام نور.
رده بندی کنگره	۱۳۹۳ ۱۳۹۳/۵/۱۷۶/۵ QC
رده بندی دیویی	۵۳۰/۴۱۰۷۱۱
شماره ثبت ملی	۳۴۸۷۵۴۶



فیزیک حالت جامد

مؤلف: دکتر امیر عباس صوری دودران

ویراستار علمی: سید احمد بایان دهقان

تهیه و تولید: مدیریت تولید محتوا و تجهیز آموزش

لیتوگرافی، چاپ و صحافی: مرکز چاپ و انتشارات دانشگاه پیام نور

شمارگان: ۲۰۰۰ نسخه

نوبت و تاریخ چاپ: چاپ اول مرداد ۱۳۹۳

شابک: ۹۷۸ - ۹۶۴ - ۱۴ - ۰۰۷۳ - ۸

ISBN: 978 - 964 - 14 - 0073 - 8

فروش این کتاب فقط از طریق نمایندگی‌های دانشگاه پیام نور مجاز می باشد و فروش

آن در سایر مراکز فروش کتاب موجب تعقیب قانونی فروشنده خواهد گردید

(کلیه حقوق نشر اعم از چاپی، الکترونیکی، تصویری، صوتی و اینترنتی برای دانشگاه پیام نور محفوظ است)

قیمت: ۶۴۰۰۰ ریال

بسم الله الرحمن الرحيم

پیشگفتار ناشر

کتابهای دانشگاه پیام نور حسب مورد و با توجه به شرایط مختلف یک درس در یک یا چند رشته دانشگاهی، به صورت کتاب درسی، متن آزمایشگاهی، فرادرسی، و کمک درسی چاپ می شود.

کتاب درسی معرفی شده برای دانشجوهای علمی صاحب اثر است که براساس نیازهای درسی دانشجویان و سرفصلهای مصوب تهیه و پس از داوری علمی، طراحی آموزشی، و ویرایش علمی در دوره های علمی و آموزشی، به چاپ می رسد. پس از چاپ ویرایش اول اثر، با نظرخواهی معاون آموزشی و علمی مجدداً و با دریافت نظرات اصلاحی و متناسب با پیشرفت علوم و فنون صاحب اثر در کتاب تجدیدنظر می کند و ویرایش جدید کتاب با اعمال ویرایش زبانی و فوری جدید چاپ می شود.

متن آزمایشگاهی (م) راهنمایی است که دانشجویان در استفاده از آن و کمک استاد، کارهای عملی و آزمایشگاهی را انجام می دهند.

کتابهای فرادرسی (ف) و کمک درسی (ک) به منظور تسهیل در کردن منابع درسی دانشگاهی تهیه و بر روی لوح فشرده تکثیر می شوند و یا در کتابخانه دانشگاه قرار می گیرند.

مدیریت تولید محتوا و تجهیزات آموزشی

فهرست

پیشگفتار

نه

فصل اول. نگاه نیمه کلاسیکی الکترون در میدان فلزی

۱

۲

۲

۴

۶

۶

۷

۱۱

۱۲

۱۴

۱۹

۲۳

۱

۳۰

مقدمه

۱-۱ فلزات

۲-۱ مدل الکترون آزاد

۳-۱ مدل درود

۱-۳-۱ تقریب زمان واهلش

۲-۳-۱ شکست های مدل درود

۴-۱ نظریه نواری جامد

۱-۴-۱ نوارهای انرژی در جامدات

۲-۴-۱ نظریه بلوخ

۳-۴-۱ شرط بورن-وان کارمن یا شرط مرزی تناوبی

۴-۴-۱ مدل کرونیگ-پنی

مسائل

سؤالات تستی

فصل دوم. منظری کوانتومی از الکترون در یک پتانسیل تناوبی

۳۳

۳۴

۳۴

۴۱

۴۷

۴۷

مقدمه

۱-۲ معادله شرودینگر در یک پتانسیل تناوبی

۲-۲ پراش الکترون های ظرفیت

۳-۲ مدل الکترون تقریباً آزاد

۱-۳-۲ پتانسیل صفر

۲-۳-۲ ترازهای انرژی چندگانه تبهن

مسائل

سؤالات تستی

فصل سوم. رویکردهای دیگر در بررسی ساختار الکترونی جامدات

مقدمه

۱-۳ مدل تنگابست

۱-۱-۳ جرم مؤثر حاملین بار

۲-۳ روش سلول ویگنر-سایتز

۳-۳ پتانسیل مافین-تین

۴-۳ روش توابع موج تخت افزوده (APW)

۵-۱ روش امواج تخت متعامد (OPW)

مسائل

سؤالات تستی

فصل چهارم. سیم فرس و فلزات

مقدمه

۱-۴ سطح فرمی

۲-۴ اثر دوهاس-ون آلس

مسائل

سؤالات تستی

فصل پنجم. نگاهی بر ساختار الکترونی نمرساناها

مقدمه

۱-۵ ساختار بلورین نمرساناها و انواع آن

۲-۵ ساختار الکترونی نمرسانا

۳-۵ ناخالصی در نمرسانا

۴-۵ احتمال پرشدگی ترازهای ناخالصی بخشنده و پذیرنده

۵-۵ پتانسیل شیمیایی نمرساناهای غیرذاتی و اثرات دما بر آنها

۶-۵ گذارهای مستقیم و غیرمستقیم در نمرسانا

۷-۵ خواص انتقال الکتریکی

۸-۵ حاملین اقلیت در نمرساناها

۹-۵ اثر هال در نمرسانا

۱۰-۵ تشدید سیکلوترون

مسائل

سؤالات تستی

فصل ششم. خواص مغناطیسی جامدات

مقدمه

۱۵۷	۱-۶ گشتاور مغناطیسی
۱۶۰	۲-۶ مغناطش الکترون‌های سرگردان در فلزات
۱۶۰	۱-۲-۶ پارامغناطیسی اسپینی
۱۶۷	۲-۲-۶ دیامغناطیس لاندائو
۱۷۴	۳-۲-۶ رفتار دیامغناطیسی گاز الکترونی
۱۸۰	مسائل
۱۸۰	سؤالات تستی
۱۸۳	فصل ۸. اثرات میدان مغناطیسی بر قطبش اتم‌های مغناطیسی مواد
۱۸۳	مقدمه
۱۸۴	۱-۷ اثر پارامغناطیسی الکترون‌های مغزی در حضور میدان B
۱۸۴	۱-۱- نگاه نیمه کلاسیکی به پارامغناطیسی سیستم
۱۹۲	۱-۷-۱ نگاه کوانتومی به پارامغناطیسی سیستم
۱۹۹	۲-۷ قانون هوند
۲۰۳	پیوست (الف): قانون سوم هوند
۲۰۷	پیوست (ب): محاسبه کریستال فیلد
۲۰۸	مسائل
۲۱۰	سؤالات تستی
۲۱۳	فصل هشتم. مغناطش یک سیستم با برهم‌کنش
۲۱۴	مقدمه
۲۱۴	۱-۸ نظریه هایزنبرگ
۲۱۴	۱-۱-۸ برهم‌کنش گشتاور دو قطبی‌های مغناطیسی
۲۱۶	۲-۱-۸ انرژی تبادل
۲۲۱	۲-۸ فرومغناطیس
۲۲۵	۳-۸ پادفرومغناطیس
۲۲۶	۱-۳-۸ محاسبه مدل میدان متوسط وایس برای یک پادفرومغناط
۲۳۰	۴-۸ فری‌مغناطیس
۲۳۱	۵-۸ امواج اسپینی نرومغناطیسی
۲۳۵	۶-۸ امواج اسپینی پادفرومغناطیسی
۲۳۶	۷-۸ جامدهای پارامغناطیسی
۲۳۷	مسائل
۲۳۹	سؤالات تستی
۲۴۱	جداول
۲۴۳	مراجع

پیشگفتار

فیزیک حالت جامد به یکی از سردگس و نیز ارتباط مستقیم آن با ریاضیات پیشرفته، الکترومغناطیس، اپتیک، بلورشناسی، شیمی و ... به سختی می‌توان کتابی در حجم کم نوشته شود که اولاً مطالب ساده بیان گردد ثانیاً پیوستگی مطالب در آن رعایت شود. از این رو در نگارش این کتاب بسیار دقت نمود تا در خوان بودن این کتاب تأمین گردد ولی این کتاب به دلایل گفته شده دارای کساستی‌هایی است که از اساتید محترم و دانشجویان عزیز تقاضا دارم با خواندن این کتاب هر گونه انتقاد و یا اشکالاتی چه محتوایی و چه نگارشی که در این کتاب می‌بینند به من ایمیل داده شده فرستاده تا بتوانم در ویرایش‌های بعدی این اشکالات را برطرف نمایم. ذکر است که در هنگام نگارش این کتاب فرض بر آن شده است که دانش‌جویان، با دروس ریاضی فیزیک ۱ و ۲، مکانیک کوانتومی ۱، ۲، مکانیک آماری، ترمودینامیک و فیزیک حالت جامد ۱ آشنا باشند.

در مقطع کارشناسی رشته فیزیک، دانشجویان گرایش فیزیک حالت جامد و در درس تخصصی سه واحدی با عناوین فیزیک حالت جامد ۱ و فیزیک حالت جامد ۲ را می‌گذرانند. این کتاب در ادامه کتاب فیزیک حالت جامد ۱ تهیه و تنظیم شده است. در کتاب فیزیک حالت جامد ۱ ما با بلور که متشکل از اتم‌ها با یک آرایش منظم که یک شبکه را پدید می‌آورند، آشنا شدیم. همچنین در آن کتاب به معرفی ساختارهای مختلف بلور، انواع پیوندهای اتمی و ارتعاشات شبکه‌ای می‌پردازد. الکترون‌ها می‌توانند

خواص مختلف الکترونی و مغناطیسی در بلور پدید آورند که بررسی این خواص به طور دقیق امکان پذیر نمی باشد ولی با ساده سازی و استفاده از تقریب ها ما را به سمت ساختار الکترونی واقعی بلور هدایت می کنند. در این کتاب در ابتدا به بررسی ساختار الکترونی فلزات پرداخته است. الکترون های رسانش با تقریب مرتبه اول، می توان به مانند الکترون های تقریباً آزاد در نظر گرفته شوند. از این رو در فصل اول به بررسی ساختار الکترونی یک گاز الکترونی پرداخته ایم. این تقریب، یک سری اطلاعات کلی از فلزات در اختیار ما می گذارد ولی با این مدل نمی توان بین فلزات تمایزی در اختیار الکترونی شان قائل شد. در فصل دوم تقریب را کمی واقع بینانه تر نموده و پتانسیل یون های شبکه را به مجموعه گاز الکترونی به مانند یک اختلال اضافه نمودیم. این اختلال باعث ایجاد گاف های در نوارهای انرژی می شود. برای بررسی ساختار الکترونی دیگر دسته الکترون ها (الکترون های ظرفیت و مغزی) نیاز به مدل های دیگر است که در فصل سوم به چند مدل که در پیدایش مدل های واقع بینانه تر کمک کرده اند، به آنها پرداخته می شوند. فصل چهارم به معرفی سطح فرمی به عنوان تعریف دیگری از فلزات می پردازد. فلزات به دلیل داشتن هندسه سطح فرمی متفاوت دارای خواص الکتریکی و مغناطیسی متفاوتی باشند. دسته دیگر مواد نیم رساناها هستند که در دماهای پایین رفتاری عایق گونه و در دماهای بالا رفتاری فلز گونه دارند که در فصل پنجم به خواص الکترونی این دسته مواد و نیز به معرفی حفره به عنوان دیگر حاملین مهم در رسانش نیم رساناها پرداخته است. نیم رسانا امروزه نقش کلیدی در صنعت الکترونیک بازی می کند. در ادامه فصول، به دسته بندی مواد مغناطیسی از لحاظ مغناطیسی (فرومغناطیس، فری مغناطیس و آنتی فرومغناطیس) و رفتار این دسته مواد در حضور میدان مغناطیسی (پارامغناطیسی یا دیامغناطیسی) و نیز ابررساناها و مگنون ها (برانگیختگی مغناطیسی) می پردازد. در داخل هر فصل به نکات مهمی به طور مشخص و مجزا بیان و برخی دیگر از آنها در پاورقی جهت تکمیل مطالب آمده شده است که به خوانندگان محترم توصیه می شود به آنها توجه نمایند.

در انتها لازم می دانم از دوست و همکار محترم جناب آقای دکتر سید احمد بابائزاد به خاطر نقطه نظرهای ارزشمندشان که در ویرایش این کتاب بنده را یاری نموده اند کمال سپاسگزاری را داشته باشم و نیز از کلیه همکاران محترم تدوین

مخصوصاً مدیریت محترم تدوین جناب آقای دکتر محمدعلی ابراهیمی و معاون محترم تدوین جناب آقای محمدرضا ثمری و کارشناسان محترم تدوین سرکار خانم اشرف شوریابی، سرکار خانم زینب حیدری عراقی، سرکار خانم خدیجه علی‌نژاد و جناب آقای امیر عالی به خاطر زحمات بی‌دریغ‌شان در راستای چاپ این کتاب، کمال سپاسگزاری و امتنان را دارم.

این کتاب را به همسر و فرزندانم به خاطر صبوری‌شان در طی نگارش این کتاب تقدیم دارم.

امیرعباس صبوری‌دودران^۱

تابستان ۱۳۹۳

۱. آدرس ایمیل: sabouri@pnu.ac.ir