

فیزیک دانشگاهی

جلد دوم

الکتریسته | مغناطیس | موج‌های الکترومغناطیسی

• سیرز • ریمانسکی • یانگ • فریدمن

مترجمان :

اعظم پورقاضی

روح‌الله خلیلی بروجنی

محمدتقی فلاحتی مروت

ویراسته: ناصر مقبلی



مؤسسه نشر علوم نوین

سرشناسه: یانگ، هیردی.

عنوان و نام پدیدآور: فیزیک دانشگاهی، جلد دوم، الکتریسته، مغناطیس و موج‌های الکترومغناطیس، سیرز، زیمنسکی، یانگ، فریدمن؛

مترجمان: اعظم پورقاسی، روح‌ا... خلیلی بروجنی، محمدتقی فلاحتی مروست.

مشخصات نشر: تهران: موسسه نشر علوم نوین، ۱۳۹۱.

مشخصات ظاهری: ۴۴۸ ص: مصوره، جدول

شابک: ۳۰۰۰۰۰ ریال: ۲ - ۲۸ - ۵۳۰۴ - ۶۰۰ - ۹۷۸

وضعیت فهرست‌نویسی: فیا

یادداشت: عنوان اصلی: Sears and Zemansky's University Physics, 13th edition, 2012

یادداشت: واژه‌نامه

یادداشت: نمایه

موضوع: فیزیک

موضوع: فیزیک - مسائل، تمرین‌ها و غیره (عالی)

شناسه افزوده: فریدمن، راجر

شناسه افزوده: سیرز، فرانسیس وستون، ۱۸۹۸ - م. فیزیک دانشگاهی

شناسه افزوده: زیمنسکی، مارک والدو، ۱۹۰۰ - م. فیزیک دانشگاهی

رده‌بندی کنگره: ۱۳۸۹ ف ۹ ۱۸ ی ۲۱/۳ QC

رده‌بندی دیویی: ۵۳۰

شماره کتابشناسی ملی: ۲۰۲۷۷۰۳



مرکز نشر، پخش و فروش: تهران - میدان انقلاب - ابتدای کارگر جنوبی - خیابان شهدای زاندارمیری

پلاک ۱۷ تلفن: ۶ - ۶۶۴۸۵۵۰۱ / فاکس ۱۳۵۶ ۶۶۴۰

نام کتاب: فیزیک دانشگاهی (جلد دوم)

الکتریسته، مغناطیس و موج‌های الکترومغناطیس

مترجمان: اعظم پورقاسی، روح‌ا... خلیلی بروجنی، محمدتقی فلاحتی مروست

ویراستار: ناصر مقبلی

ناشر: مؤسسه نشر علوم نوین

(مرکز چاپ و نشر کتاب‌های علمی دانشگاهی)

قطع و تعداد صفحه: رحلی و ۴۴۸ صفحه

تایپ، صفحه‌آرایی و تصاویر: مؤسسه نشر علوم نوین (رقیه اسمعیلی)

نمونه‌خوان تخصصی: راحله زادفتح‌اله

طراح جلد: فراد صادق‌زاده

شمارگان: ۱۵۰۰ جلد

نوبت چاپ و تاریخ انتشار: چاپ اول، ۱۳۹۱

لیتوگرافی: موج

چاپ و صحافی: بهمن

شابک: ۲ - ۲۸ - ۵۳۰۴ - ۶۰۰ - ۹۷۸

کلیه حقوق چاپ و نشر محفوظ و مخصوص ناشر است.

قیمت: ۳۰۰۰۰ تومان

درباره‌ی مؤلفان



هیو دی. یانگ^۱ استاد ممتاز^۲ فیزیک در دانشگاه کارنگی ملان^۳ در پیتزبورگ^۴ پنسیلوانیاست. او دوره‌های کارشناسی و کارشناسی ارشد خود هر دو را در کارنگی ملان گذراند و دکترای خود را در نظریه‌ی ذره‌های بنیادی به راهنمایی مرحوم ریچارد کتکاسکی^۵ گرفت. او در سال ۱۹۶۵ میلادی به عضویت هیئت علمی کارنگی ملان درآمد و دو سال را نیز به عنوان استاد میهمان در دانشگاه کالیفرنیا در برکلی گذراند. فعالیت‌های شغلی پرفسور یانگ به طور کامل بر آموزش دوره‌ی کارشناسی متمرکز بوده است. او چند کتاب درسی در سطح کارشناسی نوشته است و در سال ۱۹۷۳ میلادی مؤلف همکار فرانسیس سیرز و مارک زیمانسکی در ویرایش‌های جدید کتاب‌های درسی پایه‌ای مشهور آن‌ها بوده است. پس از مرگ آن‌ها او مسئولیت کامل ویرایش‌های بعدی این کتاب‌ها را تا زمانی که پرفسور فریدمن^۶ برای کتاب فیزیک دانشگاهی به او پیوست برعهده گرفت. پرفسور یانگ اسکی‌باز و کوه‌نوردی پرشور و اهل گشت‌های پیاده‌روی است. او چند سال نیز به عنوان ارگ‌نواز همکار در کلیسای جامع سنت پاول در پیتزبورگ خدمت کرده و تعداد بیشماری تکنوازی ارگ نیز در سطح پیتزبورگ اجرا کرده است. پرفسور یانگ و همسرش آلیس به طور معمول در تابستان‌ها به سفرهای طولانی به ویژه به اروپا یا به صحرای ژرف دره‌ی کویری جنوب یوتا می‌روند.

راجر ا. فریدمن^۷ استادیار فیزیک در دانشگاه کالیفرنیا در سانتا باربارا (یو سی اس بی) است. دکتر فریدمن دوره‌ی کارشناسی را در پردیس‌های دانشگاه کالیفرنیا در سان‌دیگو و لس‌آنجلس گذراند و پژوهش دکترای خود را در نظریه‌ی هسته‌ای با راهنمایی پرفسور ج. درک والپاکا در دانشگاه استنفورد انجام داد. پس از سه سال آموزش و پژوهش در دانشگاه واشنگتن در سال ۱۹۸۱ میلادی به یوسی‌اس‌بی آمد. دکتر فریدمن در یو سی اس بی هم در بخش فیزیک و هم در کالج "بررسی‌های خلاقانه" که شعبه‌ای از دانشگاه ویژه‌ی دانشجویان با استعدادهای درخشان و پرانگیزه‌ی دوره‌ی کارشناسی است تدریس کرده است. او پژوهش‌هایی در فیزیک هسته‌ای، فیزیک ذره‌های بنیادی و فیزیک لیزر به چاپ رسانده است. در سال‌های اخیر او در گسترش ابزاری رایانه‌ای برای فراگیران فیزیک مقدماتی و نجوم همکاری داشته است.

ا. لوئیس فورد^۸ استاد فیزیک در دانشگاه A&M تکزاس است. او مدرک کارشناسی خود را در سال ۱۹۶۸ از دانشگاه رایس^۹ و Ph.D. در رشته‌ی شیمی فیزیک را در سال ۱۹۷۲ از دانشگاه تکزاس در آستین^۹ گرفت. او پس از گذراندن یک سال پس‌دکتری در دانشگاه هاروارد به دانشکده‌ی فیزیک A&M تکزاس پیوست و تاکنون در همان جا کار می‌کند. زمینه‌ی پژوهشی پرفسور فورد فیزیک اتمی نظری به‌ویژه درباره‌ی برخوردهای اتمی است. او در A&M تکزاس درس‌های کارشناسی و تحصیلات تکمیلی متنوعی تدریس کرده است ولی تدریس فیزیک پایه بخش عمده‌ی فعالیت آموزشی او را تشکیل می‌دهد.

1- Hugh D. young
4- Pittsburgh
7- A. Lewis Fard

2- Emeritus Professor
5- Richard Cutkosky
8- Rice

3- Carnegie Mellon
6- Prof. Freedman
9- Austin

چگونه با تلاش واقعی در فیزیک موفق باشیم

مارک هولاباugh^۱ کالج دولتی نورمندانده^۲

فیزیک بزرگ و کوچک، کهنه و نو را دربرمی گیرد. فیزیک به واقع بخشی است از دنیای اطراف ما از اتم‌ها تا کهکشان‌ها و از مدارهای الکتریکی تا آنرو دینامیک. شاید شما این درس پایه‌ای مبتنی بر حسابان را به این دلیل می‌گذرانید که پیش نیاز درس‌هایی است که پس از این در سردارید به منظور آمادگی برای حرفه‌ای در فیزیک یا مهندسی بگیرید. استادان از شما می‌خواهند فیزیک را یاد بگیرید و از این تجربه لذت ببرید. او بسیار علاقه‌مند است که شما را در فرا گرفتن این موضوع جذاب یاری دهد. این نکته بخشی از دلیل انتخاب این کتاب توسط شما برای این درس بوده است. به همین دلیل هم دکتر یانگ و دکتر فریدمن از من خواستند که این بخش معرفی را بنویسم. ما می‌خواهیم شما موفق شوید!

هدف این بخش از کتاب فیزیک دانشگاهی ارائه‌ی نظریه‌هایی است که یاریگر شما در امر آموختن باشد. پس از بحث مختصری درباره‌ی شیوه‌های عادی و راهبردهای کلی مطالعه، پیشنهادها و ویژه‌ای در باب چگونگی استفاده از این کتاب درسی ارائه خواهیم کرد.

آمادگی برای این درس

با گذراندن فیزیک دبیرستان احتمال می‌رود که مفهوم‌ها را سریع‌تر از آن‌هایی که این درس را نگذرانده‌اند فراگیرید زیرا با زبان فیزیک آشنا شده‌اید. به همین ترتیب اگر درس‌های ریاضی پیش‌تری گذرانده باشید جنبه‌های ریاضی درس فیزیک را سریع‌تر فرا خواهید گرفت. حتی اگر به حد کفایت ریاضی بدانید باز ممکن است کتابی نظیر کتاب آرنولد دی. پیکار^۳ با عنوان

Preparing for General Physics: Math Skill Drills and Other Useful Help (Calculus Version)

برایتان سودمند بیفتد. در واقع استادان ممکن است برای یاری به فراگیری شما بخش‌هایی از این مرور ریاضی را به عنوان تکلیف تعیین کرده باشد.

یادگیری را بیاموزیم

هر یک از ما شیوه‌ی یادگیری متفاوت و ابزار یادگیری برگزیده‌ی خود را داریم. درک شیوه‌ی یادگیری خودتان به شما کمک می‌کند که روی جنبه‌هایی از فیزیک که می‌تواند برای شما دشوار باشند تمرکز کنید و آن مؤلفه‌هایی از دوره را به کار گیرید که شما را در غلبه بر مشکل یاری می‌دهند. روشن است که شما می‌خواهید وقت بیش‌تری را صرف آن جنبه‌هایی کنید که بیش‌ترین زحمت را برای شما فراهم می‌کنند. اگر شما با شنیدن یاد می‌گیرید: کلاس‌های درس بسیار مهم هستند. اگر با توضیح دادن یاد می‌گیرید آنگاه کار کردن با دانشجویان دیگر برای شما بسیار مهم است. اگر مسئله حل کردن برای شما مشکل است وقت بیش‌تری را صرف یادگیری روش حل مسئله‌ها کنید. درک و گسترش شیوه‌های عادی خوب نیز اهمیت دارد. شاید مهم‌ترین کاری که می‌توانید برای خودتان انجام دهید آن باشد که زمان‌های مطالعه‌ای با برنامه‌ی زمانبندی منظم و کافی در محیطی خالی از عامل‌های برهم زننده‌ی تمرکز برای خود در نظر بگیرید.

پرسش‌های زیر را برای خود پاسخ دهید:

- آیا من توانایی به کار بردن مفهوم‌های ریاضی بنیادی جبر، هندسه و مثلثات را دارم؟ (اگر پاسخ منفی است با کمک استاد خود برنامه‌ای برای آن مفهوم‌ها بریزید.)
- در درس‌های مشابه چه فعالیت‌هایی بیش‌ترین دودسر را برای من داشته است؟ (زمان بیش‌تری به این فعالیت‌ها بپردازید.) آسان‌ترین فعالیت‌ها برای من کدام‌ها بوده‌اند؟ (نخست این فعالیت‌ها را انجام دهید؛ این کار به ایجاد اعتماد به نفس در شما کمک می‌کند.)
- آیا اگر کتاب را پیش از کلاس خوانده باشم مطلب را بهتر می‌فهمم یا پس از آن؟ (ممکن است شما به این روال بهتر یاد بگیرید که نخست مطلب را با ورق زدن کتاب به طور سرسری بخوانید سپس به کلاس درس بروید و پس از آن به خواندن موضوع بپردازید.)
- آیا زمانی که صرف مطالعه‌ی فیزیک می‌کنم کافی است؟ (یک حساب سرانگشتی برای دروس مشابه این درس آن است که به ازای هر یک ساعت کلاس باید به طور متوسط $2/5$ ساعت خارج از کلاس به آن اختصاص داده شود. به این معنا که برای دوره‌ای که در آن ۵ ساعت در هفته تدریس می‌شود شما باید بین ۱۰ تا ۱۵ ساعت در هفته به مطالعه‌ی فیزیک بپردازید.)
- آیا من هر روز فیزیک می‌خوانم؟ (آن ۱۰ تا ۱۵ ساعت را در طول هفته بخش کنید!) برای من بهترین ساعت روز برای مطالعه‌ی فیزیک کدام است؟ (زمان خاصی از روز را برگزینید و آن را تعیر ندهید.)
- آیا جای آرامی که بتوانم تمرکز خود را حفظ کنم کار می‌کند؟ (مراحت‌ها روال کار شما را برهم می‌زند و موجب می‌شود نکته‌های مهم را از قلم ببندازید.)

کار کردن با دیگران

دانشمندان و مهندسان به ندرت در انزوا از یک‌دیگر کار می‌کنند بلکه بیش‌تر با یک‌دیگر همکاری دارند. اگر با دیگر دانشجویان کار کنید هم فیزیک بیش‌تری یاد خواهید گرفت و هم از این یادگیری بیش‌تر لذت خواهید برد. برخی از استادان ممکن است به این همکاری در یادگیری رسمیت بخشند یا تشکیل گروه‌های مطالعه را فراهم سازند. شما ممکن است بخواهید همراه با برخی هم‌کلاسی‌های خود که در همسایگی شما یا در خوابگاه به سر می‌برند گروه مطالعه‌ی خود را تشکیل دهید. اگر به پست الکترونیکی دسترسی دارید با استفاده از آن با یک‌دیگر در تماس باشید. گروه مطالعه‌ی شما به هنگام مرور درس‌ها برای آزمون‌ها پشتیبانی گرانقدری است.

کلاس درس و یادداشت برداری

یک مؤلفه‌ی مهم در هر درس کالج کلاس درس است. در خصوص فیزیک کلاس درس اهمیت ویژه‌ای دارد زیرا استاد درس اغلب اصل‌های فیزیکی را نمایش می‌دهد، شبیه‌سازی‌های رایانه‌ای انجام می‌دهد یا نمایش ویدئویی نشان می‌دهد. این‌ها جملگی فعالیت‌ها یادگیری هستند که شما را یاری می‌دهند تا اصل‌های بنیادی فیزیک را بفهمید. در کلاس‌ها غیبت نکنید، و اگر به دلیلی نتوانستید در کلاسی شرکت کنید از دوستی یا از یکی از عضوهای گروه مطالعه‌ی خود درخواست کنید که یادداشت‌هایی برای شما تهیه کند و شما را در جریان آن چه گذشته است قرار دهد.

یادداشت‌برداری در کلاس را به صورت ثبت رئوس مطالب انجام دهید و جزئیات را بعد وارد کنید. یادداشت‌برداری کلمه به کلمه می‌تواند بسیار مشکل باشد، بنابراین تنها نکته‌های اصلی را بنویسید. استاد شما ممکن است از نموداری در کتاب استفاده کند جای آن را در یادداشت‌های خود خالی بگذارید و نمودار را بعد از کلاس اضافه کنید. پس از کلاس درس با ویرایش یادداشت‌های خود هر جای خالی یا از قلم‌افتادگی را پر کنید. ارجاع‌های به کتاب درسی را با دادن شماره‌ی صفحه، شماره‌ی فرمول یا شماره‌ی بخش بنویسید.

• تسلط بر فیزیک (www.masteringphysics.com). مقوله‌ی تسلط بر فیزیک (*Mastering Physics*) که از ویراست یازدهم مطرح گردید اینک به صورت سامانه‌ی به لحاظ فنی پیشرفته‌ای از راهنمایی‌ها و تکلیف‌های خارج از کلاس، روی اینترنت قرار داده است که به طور گسترده به کار گرفته می‌شود. تسلط بر فیزیک در ویرایش دوازدهم حاوی انبوهی از مطالب جدید و بهای‌های فناوریانه است. تسلط بر فیزیک علاوه بر مجموعه‌ی بیش از ۱۲۰۰ راهنمایی و تمامی مسئله‌های آخر فصل، راهنمایی‌های ویژه‌ای نیز برای هر راهبرد حل مسئله و هر پرسش درک خود را بیازمایید برای هر فصل ارائه می‌کند. پاسخ‌ها هم از انواع جبری، عددی، و چند گزینه‌ای‌اند و هم از انواع رده‌بندی، مرتب کردنی، رسم نمودار، رسم بردار و ترسیم پرتوها هستند.

ویژگی‌های کلیدی فیزیک دانشگاهی

راهنمایی برای دانشجویان بسیاری از دانشجویان فیزیک به سادگی به این دلیل دچار مشکل می‌شوند که نمی‌دانند از کجا شروع چگونه استفاده کنند. بخش "چگونه با تلاش واقعی در فیزیک موفق باشیم" که پیش از این پیش‌گفتار آمد یک "راهنمای استفاده" برای همه‌ی جنبه‌های این کتاب است. در این بخش که توسط پروفیسور مارک لایانو (کالج دولتی نورمندیل) نوشته شده تعدادی راهنمایی مفید برای شیوه‌ی درس خواندن نیز داده شده است. هر دانشجو باید این بخش را بخواند! آرایش فصل، بخش نخست هر فصل مقدمه‌ای است که در آن مثال‌های ویژه‌ای از محتوای فصل ارائه می‌شود و فصل را به آنچه پیش از آن آمده است مربوط می‌کند. یک پرسش آغازین فصل همراه با فهرستی از هدف‌های آموزشی نیز هست تا خواننده را درباره‌ی موضوع فصلی که در پیش دارد به تفکر وادارد. (برای یافتن پاسخ این پرسش به دنبال نشانه‌ی ؟ بگردید.) بیش‌تر بخش‌ها با یک پرسش درک خود را بیازمایید پایان می‌یابد که یا مفهومی است یا اهمیت کمی دارد. پس از بخش پایانی فصل یک خلاصه‌ی فصل دیداری می‌آید که دربردارنده‌ی مهم‌ترین اصل‌های فصل است و همراه با آن فهرستی از اصطلاح‌های کلیدی با رجوع به شماره‌ی صفحه‌ای که هر واژه در آن مطرح شده است ارائه می‌شود. پاسخ پرسش آغازین فصل و پرسش‌های درک خود را بیازمایید پس از اصطلاح‌های کلیدی می‌آید.

پرسش‌ها و پاسخ‌ها در پایان هر فصل مجموعه‌ای از پرسش‌هایی بحث‌انگیز است که درک مفهومی دانشجو را آزموده و به آن عمق می‌بخشد. آنچه پس از این مجموعه می‌آید عبارت است از تمرین‌ها که مسئله‌های تک مفهومی مربوط به تک تک بخش‌های متن هستند. مسئله‌ها که به طور معمول شامل یک یا دو گام نه چندان ساده‌اند؛ و مسئله‌های چالشی که به منظور به چالش فراخواندن دانشجویان زبده مطرح شده‌اند. مسئله‌ها شامل کاربردهایی در زمینه‌های بسیار دور از همی چون اختر فیزیک، زیست‌شناسی، و آثرودینامیک‌اند. بسیاری از مسئله‌ها یک بخش مفهومی دارند که در آن دانشجویان باید نتیجه‌هایی را که به دست آورده‌اند به بحث بگذارند و توضیح دهند. پرسش‌ها، تمرین‌ها و مسئله‌های تازه‌ای که در این ویراست آمده‌اند توسط واین اندرسون (*Wayne Anderson*) (کالج ساکرامنتوسی)، لایرد کرامر (*Laird Kramer*) (دانشگاه بین‌المللی فلوریدا) و چارلی هیبارد (*Charlie Hibbard*) طراحی و تنظیم شده‌اند.

راهبردهای حل مسئله و مثال‌های حل شده، در سراسر کتاب راهبردهایی برای حل مسئله فوتوفن حل انواع ویژه‌ی مسئله‌ها را در اختیار دانشجویان قرار می‌دهند. این راهبردها نیاز آن دانشجویانی را که احساس می‌کنند "مفهوم‌ها را می‌فهمند ولی نمی‌توانند مسئله‌ها را حل کنند" برآورده می‌کنند.

راهبردهایی برای حل مسئله جملگی رهیافت شناسایی، آمادگی، اجرا، و ارزیابی را برای حل مسئله‌ها دنبال می‌کنند. این رهیافت دانشجویان را در یافتن چگونگی آغاز به کار در شرایط پیچیده، شناسایی مفهوم‌های فیزیکی مربوط، تصمیم‌گیری درباره‌ی این که چه ابزارهایی برای حل مسئله مورد نیاز است، اجرای حل و سپس ارزیابی این که آیا نتیجه منطقی است یا نه یاری می‌دهد.

پس از هر راهبرد حل مسئله یک یا چند مثال حل شده می‌آید که آن راهبرد را نمایش می‌دهد. در هر فصل مثال‌های حل شده‌ی فراوان دیگری نیز گنجانده شده است. همه‌ی مثال‌های کمی همانند راهبردهای حل مسئله همان رهیافت شناسایی، آمادگی، اجرا و ارزیابی را به کار می‌برند. چندتایی از مثال‌ها صرفاً کیفی‌اند و با عنوان مثال‌های مفهومی مشخص شده‌اند؛ برای نمونه مثال مفهومی ۵-۶ (که انرژی‌های جنبشی را مقایسه می‌کند، ۸-۱۰ (تکانه برحسب انرژی جنبشی) و ۶-۵ (فرایند بی‌درروی برگشت‌ناپذیر).

بندهای "هشدار" با تجربه‌ی دو سده پژوهش در آموزش فیزیک، شماری از شبهات مفهومی که دانشجویان تازه‌کار فیزیک را به دروسری اندازد آشکار ساخته است. از جمله این که برای حرکت نیرو لازم است، این که جریان الکتریکی در حین حرکت در مدار "مصرف" می‌شود، و این که حاصل ضرب جرم جسم در شتاب آن خود یک نیرو است. بندهای "هشدار" دانشجویان را از وجود این شبهات و شبهات دیگر آگاه می‌کند و توضیح می‌دهد که شیوه‌ی نادرست تفکر که ممکن است دانشجو از آغاز درباره‌ی یک وضعیت خاص در پیش گرفته باشد چرا نادرست است. (برای مثال صفحه‌های ۱۱۸ و ۱۵۹ و ۵۵۹ را ببینید.)

نمادگذاری و یکاها دانشجویان اغلب به این که چه کمیتی بردار است و چه کمیتی بردار نیست توجه ندارند. ما برای کمیت‌های برداری از نمادهای ایتالیک سیاه با پیکانی روی آن استفاده می‌کنیم، مثل $\vec{a}$ ، $\vec{b}$ و $\vec{F}$. بردارهای یکبه مثل $\vec{a}$ نشان داده می‌شوند. علامت‌های +، -، x و سیاه در معادله‌های برداری به کار برده می‌شوند تا بین عملیات ریاضی برداری و نرده‌ای تمایز ایجاد شده باشد.

فقط از یکاهای SI استفاده شده است (در جایی که لازم باشد از تبدیل‌های انگلیسی نیز استفاده شده است). برای تمام شکل‌های انرژی، از جمله گرما، از ژول به عنوان یکای استاندارد استفاده شده است.



موضوع‌های مرتبط با این کتاب را می‌توانید
در صفحه‌ی ویژه‌ای به آدرس زیر دنبال کنید:
www.avang.org/up.html

مدرس‌ان ارجمند



مجت دریاخت فلسفه‌ی پردی اف «راهنمای استاد» این کتاب
لطفاً به khalily@gmail.com ایمیل برالید.



برای دیدن شبیه‌سازی‌ها و آزمایش‌های مجازی که با علامت
اختصاری PhET در جاهای مختلف کتاب مشخص شده است به
آدرس زیر بروید:

www.phet.colorado.edu/fa



فهرست مطالب

الکتریسته - مغناطیس - موج‌های الکترومغناطیسی

۲۱ بار الکتریکی و میدان الکتریکی

۱	بار الکتریکی	۱.۲۱
۲	رساناها، عایق‌ها و بارهای القایی	۲.۲۱
۵	قانون کولن	۳.۲۱
۷	میدان الکتریکی و نیروی الکتریکی	۴.۲۱
۱۲	محاسبه میدان الکتریکی	۵.۲۱
۱۷	خط‌های میدان الکتریکی	۶.۲۱
۲۲	دوقطبی‌های الکتریکی	۷.۲۱
۲۳	خلاصه‌ی مطالب	
۲۸	پرسش‌ها/تمرین‌ها/مسئله‌ها	
۲۹		

۲۲ قانون گاوس

۳۰	بار و شار الکتریکی	۱.۲۲
۳۲	محاسبه شار الکتریکی	۲.۲۲
۳۵	قانون گاوس	۳.۲۲
۳۹	کاربردهای قانون گاوس	۴.۲۲
۵۳	بارهای روی رساناها	۵.۲۲
۵۸	خلاصه‌ی مطالب	
۶۳	پرسش‌ها/تمرین‌ها/مسئله‌ها	
۶۴		

۲۳ پتانسیل الکتریکی

۷۳	انرژی پتانسیل الکتریکی	۱.۲۳
۷۳	انرژی پتانسیل	۲.۲۳
۸۰	محاسبه پتانسیل الکتریکی	۳.۲۳
۸۶	سطح‌های هم‌پتانسیل	۴.۲۳
۹۰	گرادیان پتانسیل	۵.۲۳
۹۳	خلاصه‌ی مطالب	
۹۶	پرسش‌ها/تمرین‌ها/مسئله‌ها	
۹۷		

۲۴ ظرفیت و دی‌الکتریک‌ها

۱۰۹	خازن‌ها و ظرفیت	۱.۲۴
۱۱۰	خازن‌های متوالی و موازی	۲.۲۴
۱۱۴	ذخیره انرژی در خازن‌ها و انرژی میدان الکتریکی	۳.۲۴
۱۱۷	دی‌الکتریک‌ها	۴.۲۴
۱۲۱	مدل مولکولی بار القایی	۵.۲۴
۱۲۶	قانون گاوس در دی‌الکتریک‌ها	۶.۲۴
۱۲۸		

خلاصه‌ی مطالب

پرسش‌ها/تمرین‌ها/مسئله‌ها

۲۵ جریان، مقاومت و نیروی محرکه‌ی الکتریکی

۱۴۲	جریان	۱.۲۵
۱۴۳	مقاومت ویژه	۲.۲۵
۱۴۶	مقاومت	۳.۲۵
۱۴۹	نیروی محرکه‌ی الکتریکی و مدارها	۴.۲۵
۱۵۲	انرژی و توان در مدارهای الکتریکی	۵.۲۵
۱۵۸	نظریه‌ی رسانش فلزی	۶.۲۵
۱۶۲	خلاصه‌ی مطالب	
۱۶۵	پرسش‌ها/تمرین‌ها/مسئله‌ها	
۱۶۶		

۲۶ مدارهای جریان مستقیم

۱۷۷	مقاومت‌های متوالی و موازی	۱.۲۶
۱۷۷	قاعده‌ی کیرشهوف	۲.۲۶
۱۸۲	ابزارهای اندازه‌گیری الکتریکی	۳.۲۶
۱۸۷	مدارهای R-C	۴.۲۶
۱۹۱	سامانه‌های توزیع برق (توان)	۵.۲۶
۱۹۵	خلاصه‌ی مطالب	
۲۰۰	پرسش‌ها/تمرین‌ها/مسئله‌ها	
۲۰۱		

۲۷ میدان مغناطیسی و نیروی مغناطیسی

۲۱۳	مغناطیس	۱.۲۷
۲۱۳	میدان مغناطیسی	۲.۲۷
۲۱۵	خط‌های میدان مغناطیسی و شار مغناطیسی	۳.۲۷
۲۱۹	حرکت ذره‌های باردار در میدان مغناطیسی	۴.۲۷
۲۲۲	کاربردهای حرکت ذره‌های باردار	۵.۲۷
۲۲۶	نیروی مغناطیسی وارد بر رسانای حامل جریان	۶.۲۷
۲۲۸	نیرو و گشتاور نیروی وارد بر یک حلقه‌ی جریان	۷.۲۷
۲۳۱	موتور جریان مستقیم	۸.۲۷
۲۳۷	اثر هال	۹.۲۷
۲۳۹	خلاصه‌ی مطالب	
۲۴۱	پرسش‌ها/تمرین‌ها/مسئله‌ها	
۲۴۳		

۲۸ چشمه‌های میدان مغناطیسی

۲۵۵	میدان مغناطیسی یک بار متحرک	۱.۲۸
۲۵۵	میدان مغناطیسی یک عنصر جریان	۲.۲۸
۲۵۸	میدان مغناطیسی حاصل از رسانای مستقیم حامل جریان	۳.۲۸
۲۶۰	نیروی بین دو رسانای موازی	۴.۲۸
۲۶۳	میدان مغناطیسی یک حلقه‌ی دایره‌ای جریان	۵.۲۸
۲۶۴		

۳۹۰	موج‌های الکترومغناطیسی	۲۶۷	۶.۲۸	قانون آمپر
۳۹۱	معادله‌های ماکسول و موج‌های الکترومغناطیسی	۲۷۰	۷.۲۸	کاربردهای قانون آمپر
۳۹۴	موج‌های الکترومغناطیسی تخت و تندی نور	۲۷۳	۸.۲۸	مواد مغناطیسی
۳۹۹	موج‌های الکترومغناطیسی سینوسی	۲۷۹		خلاصه‌ی مطالب
	انرژی و تکانه (اندازه حرکت) در موج‌های	۲۸۱		پرسش‌ها/تمرین‌ها/مسئله‌ها
۴۰۳	الکترومغناطیسی			
۴۰۸	موج‌های الکترومغناطیسی ساکن	۲۹۱	۲۹	القای الکترومغناطیسی
۴۱۲	خلاصه‌ی مطالب	۲۹۲	۱.۲۹	آزمایش‌های القا
۴۱۳	پرسش‌ها/تمرین‌ها/مسئله‌ها	۲۹۳	۲.۲۹	قانون فاراده
		۳۰۱	۳.۲۹	قانون لنز
		۳۰۳	۴.۲۹	نیروی الکتروموتوری حرکتی
		۳۰۵	۵.۲۹	میدان‌های الکتریکی القایی
		۳۰۸	۶.۲۹	جریان‌های تلامسی
		۳۰۹	۷.۲۹	جریان جابه‌جایی و معادله‌های ماکسول
		۳۱۳	۸.۲۹	ابر رسانایی
		۳۱۵		خلاصه‌ی مطالب
		۳۱۶		پرسش‌ها/مسئله‌ها/تمرین‌ها
		۳۱۷	۳۰	القابیدگی
		۳۱۷	۱.۳۰	القابیدگی متقابل
		۳۳۰	۲.۳۰	خودالقایی و القاگرها
		۳۳۴	۳.۳۰	انرژی میدان مغناطیسی
		۳۳۷	۴.۳۰	مدار $R-L$
		۳۴۱	۵.۳۰	مدار $L-C$
		۳۴۵	۶.۳۰	مدار متوالی $L-R-C$
		۳۴۸		خلاصه‌ی مطالب
		۳۴۹		پرسش‌ها/مسئله‌ها/تمرین‌ها
		۳۵۹	۳۱	جریان متناوب
		۳۵۹	۱.۳۱	فازورها و جریان‌های متناوب
		۳۶۲	۲.۳۱	مقاومت و واکنایی
		۳۶۸	۳.۳۱	مدار متوالی $L-R-C$
		۳۷۲	۴.۳۱	توان در مدارهای جریان متناوب
		۳۷۵	۵.۳۱	تشدید در مدارهای جریان متناوب
		۳۷۸	۶.۳۱	مبدل‌ها
		۳۸۱		خلاصه‌ی مطالب
		۳۸۲		پرسش‌ها/مسئله‌ها/تمرین‌ها