

ویراست دهم

براساس آخرین تصحیحات فویسنده

دیوید هالیدی . رابت رزنیک . یرل واکر

مبانی فیزیک

جلد سوم

فیزیک عمومی ۳

(شاره ها، حرارت و ترمودینامیک، امواج، نور هندسی و نور موجی)

فیزیک عمومی ۴

(فیزیک جدید و مکانیک کوانتمی، فیزیک اتمی، فیزیک هسته ای و ذرات بنیادی)

محمد رضا خوش بین خوش نظر

نیاز دانش

Halliday, David	: هالیدی، دیوید، ۱۹۱۶ م.	سرشناسه
شابک (جلد اول): ۹۷۸-۶۰۰-۶۴۸۱-۸۹-۰	: مبانی فیزیک / جلد سوم / دیوید هالیدی، رابت رزنیک، بول واکر؛ ترجمه محمدرضا خوشبین خوش نظر.	عنوان و نام پدیدآور
شابک (دوره): ۹۷۸-۶۰۰-۶۴۸۱-۹۰-۶	: ویراست ۱۰.	وضعیت ویراست
شابک (جلد سوم): ۹۷۸-۶۰۰-۸۹۰-۱-۸	: تهران، نیاز دانش، ۱۳۹۶	مشخصات نشر
شابک (دوره): ۹۷۸-۶۰۰-۶۴۸۱-۹۵-۱	: ۳ج، مصور(رنگی)، جدول(رنگی)، نمودار(رنگی)	مشخصات ظاهری
Fundamentals of Physics, 10 th . ed, 2014	: شابک (جلد دوم): ۹۷۸-۶۰۰-۶۴۸۱-۹۵-۱	شابک
	: شابک (جلد سوم): ۹۷۸-۶۰۰-۸۹۰-۱-۸	شابک
	: فیبا	وضعیت فهرستنويسي
	: عنوان اصلی: Fundamentals of Physics, 10 th . ed, 2014	يادداشت
	: واژه‌نامه	يادداشت
	: کتابنامه	يادداشت
	: ج ۱ - مکانیک و گرما (شاره‌ها و نوسان) - ج ۲ - الکتریسیته و مغناطیس	مندرجات
	: ج ۳ - فیزیک عمومی ۳ (شاره‌ها، حرارت و ترمودینامیک، امواج، نور هندسی و نور موجی)	
	: فیزیک عمومی ۴ (فیزیک جدید و مکانیک کوانتومی، فیزیک اتمی، فیزیک هسته‌ای و ذرات بنیادی)	
Resnick, Robert	: فیزیک	موضوع
Walker, Jearl	: رزنیک، رابت، ۱۹۲۳ م	شناسه افزوده
	: واکر، بول، ۱۹۴۵ م	شناسه افزوده
	: خوشبین خوشنظر، محمدرضا، ۱۳۴۸ مترجم	شناسه افزوده
	: QC21/۳ ه۲۰۱۳۹۳	ردبندی کنگره
	: ۵۳۰	ردبندی دیوبی
	: ۳۶۲۰۸۱۵	شماره کتابشناسی ملی



نام کتاب	: مبانی فیزیک / جلد سوم
	: فیزیک عمومی ۳ (شاره‌ها، حرارت و ترمودینامیک، امواج، نور هندسی و نور موجی)
	: فیزیک عمومی ۴ (فیزیک جدید و مکانیک کوانتومی، فیزیک اتمی، فیزیک هسته‌ای و ذرات بنیادی)
نویسنده‌گان	: دیوید هالیدی / رابت رزنیک / بول واکر
متترجم	: محمدرضا خوشبین خوشنظر
مدیر اجرایی - ناظر بر چاپ	: حمیدرضا شیرازی - محمد شمس
ناشر	: نیاز دانش
صفحه آرا	: واحد تولید انتشارات نیازدانش
نوبت چاپ	: اول - ۱۳۹۶
شمارگان	: ۱۰۰۰ نسخه
قیمت	: ۸۰۰۰۰ رویال همراه با DVD

شابک (جلد سوم): ۹۷۸-۶۰۰-۸۹۰-۱-۸

شابک (دوره): ۹۷۸-۶۰۰-۶۴۸۱-۹۰-۶

شابک (جلد سوم): ۹۷۸-۶۰۰-۸۹۰-۱-۸

شابک (دوره): ۹۷۸-۶۰۰-۶۴۸۱-۹۰-۶

هرگونه چاپ و تکثیر (اعم از زیراکس، یاپنیویسی، ضبط کامپیوتی و تهیه CD) از محتویات این اثر بدون اجازه کتبی ناشر ممنوع است.
متخلخان به موجب بند ۵ از ماده ۲ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفات و هنرمندان تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.

کلیه حقوق این اثر برای ناشر محفوظ است.

آدرس انتشارات: تهران، میدان انقلاب، خیابان ۱۲ فروردین، تقاطع وحید نظری، پلاک ۲۵۵، طبقه ۱، واحد ۲
۰۹۱۲۷۰۷۳۹۲۵

www.Niaze-Danesh.com

مشاوره چهت نشر: ۰۹۱۲ - ۲۱۰۶۷۰۹

مقدمه

چرا این کتاب را نوشتم

سرگرمی با چالشی بزرگ. این، آن شیوه‌ای است که من به فیزیک نگریسته‌ام، از آن روزی که شارون، یکی از دانشجویان کلاسی که من به عنوان یک دانشجوی تحصیلات تکمیلی در آن تدریس می‌کردم، ناگهان از من پرسید: "این چیزها چه ربطی به زندگی من دارد؟" و البته من بی‌درنگ پاسخ دادم: "شارون، این‌ها به همه چیز زندگی تو ربط دارند - این فیزیک است."

او از من خواست مثالی بزنم. فکر کردم و فکر کردم، ولی نتوانستم مثالی بیاورم. آن شب بود که کتاب نمایش هیجان‌انگیز فیزیک^۱ را برای شارون و البته خودم آفریدم؛ زیرا اندیشیدم که شکایت او، شکایت من نیز هست. من شش سال تمام در چندین و چند کتاب درسی فیزیک لولیده بودم که به طرز شایسته‌ای بر مبنای بهترین برنامه‌های تعلیم و تربیت (پدآگوژی) نگاشته شده بودند، ولی همگی چیزی کم داشتند. فیزیک جالب‌ترین موضوع جهان است، زیرا به چگونگی عمل کرد جهان می‌پردازد و تا آن زمان کتاب‌های درسی هر ارتباط تنگاتنگی با جهان واقعی را کاملاً حذف کرده بودند؛ سرگرمی غایب بود.

من حجم زیادی از فیزیک جهان واقعی را، مرتبط با ویراست جدید کتاب نمایش هیجان‌انگیز فیزیک به ویراست جدید مبانی فیزیک افزودم. اغلب آن‌ها حاصل کلاس‌هایی هستند که در آن‌ها مبانی فیزیک را درس می‌دهم، جایی که می‌توانم از مواجهه‌ی رو در رو و اظهارنظرهای بی‌پروا دریابم که چه موضوعی به کار می‌آید و چه موضوعی، نه. یادداشت‌های حاصل از موفقیت‌ها و شکست‌هایم مبنای این کتاب را شکل می‌دهند. پیام من در این‌جا همانی است که از زمان پس از شارون در چندین سال پیش، با هر دانشجویی که ملاقات کرده‌ام به زبان آورده‌ام. "بله، تو می‌توانی با استفاده از مفاهیم اصلی فیزیک برای همه‌ی روش‌های منجر به نتایج معتبر دریاره‌ی جهان واقعی دلیل بیاوری، و این فهم واقعی، جایی است که سرگرمی هست."

هدف‌های زیادی از نگارش این کتاب داشته‌ام، ولی یکی از مهم‌ترین آن‌ها در اختیار گذاردن ابزاری برای

مدرسان بوده است تا با آن بتوانند به دانشجویان آموزش دهند که چگونه به طرز مؤثری مطلب علمی را بخوانند، مفاهیم بنیادی را بشناسند، در مورد پرسش‌های علمی استدلال، و مسئله‌های کمی را حل کنند. این فرآیند، نه برای دانشجویان و نه برای مدرسان، ساده نیست. در واقع درسی که به این کتاب مربوط می‌شود ممکن است یکی از چالشی‌ترین درس‌هایی باشد که دانشجو انتخاب می‌کند. در عین حال، می‌تواند یکی از ارزشمندترین درس‌ها باشد، زیرا نظم بنیادینی را در عالم آشکار می‌سازد که تمام کاربردهای علمی و مهندسی از آن سرچشمه می‌گیرد.

بسیاری از استفاده‌کنندگان ویراست نهم (هم مدرسان و هم دانشجویان) نکته‌ها و پیشنهادهایی جهت اصلاح کتاب ارسال کرده‌اند. این اصلاح‌ها اکنون در متن و مسئله‌های سرتاسر کتاب اعمال شده است. من و انتشارات جان وایلی و پسران^۲، به این کتاب به چشم طرحی رو به پیشرفت نگاه می‌کنیم و با دریافت نظرات استفاده‌کنندگان آن، دلگرم‌تر می‌شویم. می‌توانید پیشنهادها، تصویح‌ها، نظرهای مثبت یا منفی خود را به انتشارات جان وایلی و پسران یا یرسل واکر (آدرس پستی:

Physics Department, Cleveland State University, Cleveland, OH 44115 USA

یا پایگاه (www.flyingcircusofphysics.com) ارسال کنید. ممکن است نتوانیم به همه‌ی

پیشنهادها پاسخ دهیم، ولی همه‌ی آن‌ها را حفظ و مطالعه خواهیم کرد.

¹ The Flying Circus of Physics
² John Wiley & Sons



مادر شما خوش‌بین خوش‌نظر
رسول جهانی می‌زاید

موارد جدید کدام‌اند؟

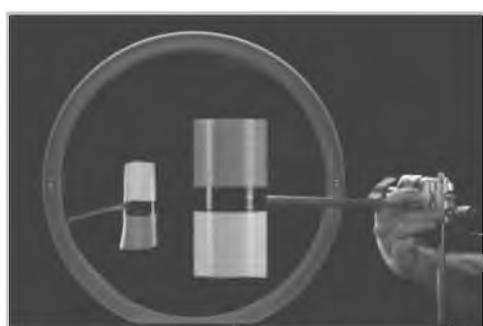
بخش‌ها و هدف‌های یادگیری دانشجویانم از ضعیفت‌ترین آن‌ها گرفته تا قوی‌ترین شان همواره این سؤال را از من پرسیده‌اند "قرار بوده است چه چیزی از این بخش بیاموزیم؟" موضوع این است که حتی یک دانشجوی فکور هم ممکن است متوجه نشود کدام نکات اصلی را باید از هر بخش فراگیرد. این احساسی است که خودم هم سال‌ها پیش در استفاده از نخستین ویراست کتاب هایلایدی - رزنيک داشتم، وقتی که فيزيك سال اول دانشگاه را می‌گذراندم.

من برای حل این مشکل، در این ویراست جدید، هر فصل را با بخش‌هایي مفهومی مبتنی بر یک موضوع اصلی نوسازی کردم و هر بخش را با فهرستی از هدف‌های یادگیری آغاز نمودم. اين فهرست شامل شرحی واضح از مهارت و نکات آموزشی است که باید در پی خواندن آن بخش فراگرفته شود. در پی هر فهرست، خلاصه‌ی کوتاهی از نکته‌هایی کلیدی می‌آید که آن‌ها نیز باید فراگرفته شوند. مثلاً نگاهی به نخستین بخش فصل ۱۶ بیاندازید، فصلی که در آن دانشجو با حجم زیادی از مطالب و مفاهیم مواجه می‌شود. به جای آنکه کسب این مفاهیم و تقسیم‌بندی آن‌ها را به توانایی هر دانشجو واگذارم، من اکنون فهرست وارسی مشخصی را تدارک دیده‌ام که قدری شبیه به فهرستی است که یک خلبان پیش از راندن هوایپما باید آن‌ها را بررسی کند.

ارتباط بین تکاليف خانه و هدف‌های یادگیری در WileyPLUS، هر پرسش و مسئله‌ی آخر فصل به یک هدف یادگیری مربوط شده است، تا این پرسش (که معمولاً صحبتی از آن نمی‌شود) پاسخ داده شود که "چرا من دارم این مسئله را حل می‌کنم؟ و قرار است از حل آن چه چیزی بیاموزم؟" به گمان من با شرحی واضح از هدف یک مسئله، دانشجو می‌تواند آن هدف یادگیری را بهتر به مسائلی دیگر منتقل کند که بیانی متفاوت ولی همان نکته‌ی اصلی را در بر دارند. این می‌تواند به حل این مشکل فراگیر کمک کند که دانشجو روش حل یک مسئله‌ی خاص را می‌آموزد ولی نمی‌تواند نکته‌ی کلیدی آن را برای مسئله‌هایی با شکل و شمایل دیگر به کار بندد.

پازنوبی فصل‌ها دانشجویان من با چند فصل اصلی و بخش‌هایی از چند فصل دیگر مشکل داشتند و از همین‌رو من در این ویراست جدید بخش عمدۀ‌ای از مطالب را بازنوبیسی کرده‌ام. مثلاً، من فصل‌های قانون گاؤس و پتانسیل الکتریکی را که برای دانشجویانم سخت به نظر می‌رسید، از نو پی‌ریزی کرده‌ام. اکنون مطالب روان‌ترند و به شیوه‌ای سرراست‌تر به نکته‌های اصلی می‌رسند. در فصل‌های مربوط به فیزیک کواتسومی، من معادله‌ی شرودینگر را بسط داده‌ام، به طوری که اکنون بازتاب امواج مادی از پتانسیل پله‌ای را نیز در بر می‌گیرد. به درخواست چند تن از مدرسان، بحث اتم بور را از معادله‌ی شرودینگر برای اتم هیدروژن جدا کردم تا بدین ترتیب بتوان از دلایل تاریخی کار بور گذشت. همچنین، اکنون بخشی در مورد تابش جسم سیاه پلانک افزوده شده است.

مسئله‌های نمونه، پرسش و مسئله‌های جدید ۶۰ مسئله‌ی نمونه‌ی جدید به فصل‌ها افزوده شده است. این مسئله‌ها طوری نوشته شده‌اند که برخی از مطالب دشوار را برای دانشجویانم روشن کند. همچنین بنا به درخواست تعدادی از مدرسان، حدود ۲۵۰ مسئله و ۵۰ پرسش به آخر فصل‌ها افزوده شده است.



فیلم‌های آموزشی در نسخه‌ی الکترونیکی کتاب که در WileyPLUS موجود است، دیوید مایلو از دانشگاه راتگرز فیلم‌هایی از تقریباً ۳۰ عکس و تصویر متن کتاب تدارک دیده است. بیشتر فیزیک، مطالعه‌ی چیزها در حرکت است و یک فیلم اغلب می‌تواند درک بهتری از یک عکس یا شکل ساکن به‌دست دهد.

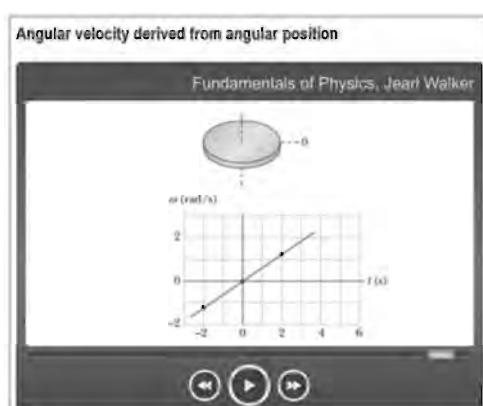
کمک‌های برخط WileyPLUS صرفاً یک

برنامه‌ی امتیازدهی نیست. بلکه بیشتر یک مرکز یادگیری پریا پر از کمک‌های آموزشی مختلف است که شامل حل با راهنمایی و مرحله‌ی مسئله‌ها، همراه با آزمون‌های کوچک، تصاویر متحرک، صدها مسئله‌ی نمونه، شبیه‌سازی‌ها و نمایش‌های تصویری، و بالغ

بر ۱۵۰۰ فیلم از مروارهای ریاضی گرفته تا گفتارهایی کوتاه برای مثال‌ها است. در هر ترم تحصیلی به بیشتر این کمک‌های یادگیری افزوده می‌شود. برای ویراست دهم، برخی از عکس‌هایی که مربوط به حرکت می‌شوند، به فیلم تبدیل شده‌اند تا بتوان آن‌ها را با دور آهسته مشاهده و تحلیل کرد.

همه‌ی این هزاران کمک‌های یادگیری ۲۴ ساعت روز و در ۷ روز هفته در دسترس‌اند و در هر زمانی قابل تکرارند. بنابراین، اگر دانشجویی در گیر مسئله‌ای، مثلاً در ساعت ۲ نیمه‌شب بشود (که ظاهراً زمانی فراگیر برای حل تکالیف فیزیک است) منابعی سودمند و مساعد در دسترس دارد که صرفاً با کلیک یک ماوس (موشواره) به او ارائه می‌شوند.

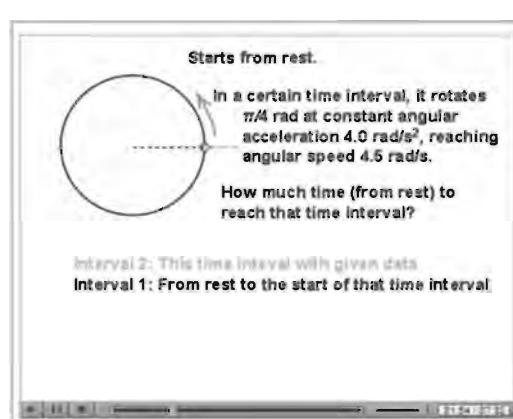
ابزارهای یادگیری



وقتی من نخستین ویراست کتاب هالیدی - رزنيک را در سال اول تحصیل خود فرا می‌گرفتم، برای درک بیشتر مطالب آن، هر فصل را بارها و بارها می‌خواندم. ولی امروزه دانشجویان گسترده وسیعی از شیوه‌های یادگیری را در اختیار دارند، و من از این رو گسترده‌ی وسیعی از ابزارهای یادگیری را هم در این ویراست جدید و هم به طور برشط در WileyPLUS تدارک دیده‌ام:

بوا نمایی یکی از مشخصه‌های بارز هر فصل است. در این کتاب، این مشخصه‌ها با نقشی چرخشی

نشان داده شده است. در WileyPLUS، پویانمایی‌ها با یک کلیک(ماوس) موشواره شروع می‌شوند. من این نمایش‌ها را که غنی از اطلاعات هستند از آنرو برقزیدم که دانشجویان بتوانند فیزیک مطالب را در یک یا دو دقیقه به طور عملی بیینند، به جای آن که صرفاً آن را به طور تخت در صفحه‌ی کاغذ مشاهده کنند. این نمایش‌ها نه تنها به فیزیک جان می‌بخشند، بلکه می‌توانند هر بار که دانشجو بخواهد، تکرار شوند.



فیلم‌ها من بیش از ۱۰۰۰ فیلم آموزشی را تدارک دیده‌ام که هر ترم روزآمد می‌شوند. دانشجویان می‌توانند موقع شنیدن مطالب من درباره‌ی حل‌ها، نکات آموزشی، مسائل نمونه، یا مروری‌ها، رسم‌ها و نوشته‌های من را روی صفحه‌ی نمایشگر بیینند، گویی پهلو به پهلوی من، به هنگام نوشتمن آن مطالب در اتاق نشسته‌اند. تدریس رودررو، همواره از ارزشمندترین ابزار آموزشی است، با این حال فیلم‌های من ۲۴ ساعت روز، در ۷ روز هفته در دسترس‌اند، و می‌توانند به طور نامحدودی تکرار گردد.

- آموزش‌های ویدئویی راجع به مباحث هر فصل. مباحثی را برقزیدم که دانشجویان بیشترین مشکل را با آن‌ها دارند و آن‌ها را سردرگم می‌سازد.
- مروارهای ویدئویی بر ریاضیات دیبرستا. از قبیل توابع جبری مقدماتی، توابع متعددی، و دستگاه معادلات.
- مقدمات ریاضی ویدئویی. از قبیل ضرب‌برداری که برای دانشجویان جدید هستند.
- نمایش‌های ویدئویی تمام مسئله‌های نمونه. در هر فصل کتاب قصد من حل مسئله‌ها با شروع از یک ایده‌ی کلیدی است، به جای آن که صرفاً فرمول‌ها را به کار گیرم. ولی، همچنین می‌خواهیم چگونگی خواندن یک مسئله‌ی نمونه را نشان دهم، یعنی چگونه حل مسئله را بخوانیم تا روش‌های حل مسئله‌ای را بیاموزیم که می‌توانند به انواع دیگری از مسائل نیز تعیین یابند.

The screenshot shows a sequence of four windows from a physics tutorial software. Each window contains a problem statement, equations, and input fields for numerical answers.

- Step 1 : Solution Step 1 of GO tutorial 10-30**

KINEMATICS:

 - When an object rotates at constant angular acceleration, we can use the constant-acceleration equations of Table 3-1 modified for angular motion:
 - $\theta - \theta_0 = \omega_0 t + \frac{1}{2}\alpha t^2$
 - $(\omega)^2 = \omega_0^2 + 2\alpha(\theta - \theta_0)$
 - $(\omega) - \omega_0 = \frac{1}{2}(\omega_0 + \omega)t$
 - $\theta - \theta_0 = \omega_0 t + \frac{1}{2}\alpha t^2$

Counter-clockwise is the positive direction of rotation; clockwise is the negative direction.

 - If a particle moves around a rotation axis at radius r , the magnitude of its radial (centrifugal) acceleration at any moment is related to its tangential speed v (the speed along the circular path) and its angular speed at that moment by
$$a_r = \frac{v^2}{r} = \omega^2 r$$
 - If a particle moves around a rotation axis at radius r , the magnitude of its tangential acceleration at any moment is related to its angular acceleration α by
$$\dot{\theta} = \omega r$$

GETTING STARTED: What is the radius of rotation (in meters) of a point on the rim of the flywheel?

Number: _____ Unit: _____

Input Number, no tolerance: _____

Check Your Input
- Step 2 : Solution Step 2 of GO tutorial 10-30**

What is the final angular speed in radians per second?

Number: _____ Unit: _____

The tolerance is +/-1%

Check Your Input
- Step 3 : Solution Step 3 of GO tutorial 10-30**

What was the initial angular speed?

Number: _____ Unit: _____

Input Number, no tolerance: _____

Check Your Input
- Step 4 : Solution Step 4 of GO tutorial 10-30**

Through what angular distance does the flywheel rotate to reach the final angular speed?

Number: _____ Unit: _____

The tolerance is +/-1%

Check Your Input

Note that you know how to solve the problem, go back and try again on your own. Close

* حل های ویدئویی برای ۲۰٪ مسئله های برگزیده‌ی آخر فصل. چگونگی دسترسی و تعیین زمان دسترسی به این حل ها توسط مدرس تعیین می شود. مثلاً آنها می توانند پس از یک فرجه‌ی تکلیف خانه یا یک امتحان، قابل دسترس باشند. هر حل صرفاً یک جای گذاری در فرمول‌ها نیست. بلکه من هر حل را از ایده‌های کلیدی تا نخستین مرحله‌ی استدلال و تا حل نهایی پی می‌ریزم. دانشجویان صرفاً حل یک مسئله‌ی خاص را فرا نمی‌گیرند، بلکه یاد می‌گیرند که چگونه با هر نوع مسئله‌ای دست و پنجه نرم کنند، حتی اگر حل آن مسائل به یک شهامت فیزیکی نیاز داشته باشد.

* مثال های ویدئویی از چگونگی خواندن داده ها از روی نمودار. (بیش از خواندن ساده‌ی یک عدد بدون درک فیزیک آن)

کمک حل مسئله من مراجع زیادی برای WileyPLUS نوشته ام تا به مهارت های حل مسئله‌ی دانشجویان کمک کند.

* تمام مسئله‌های تمونه‌ی کتاب، به طور وصل-خط در هر دو شکل نوشتاری و ویدئویی در دسترس است.

* صدها مسئله‌ی تمونه‌ی اضافی، گرچه آنها به طور مستقل در دسترس‌اند، اما (بسته به صلاح‌دید مدرس) می‌توانند به مسائل تکالیف خانه نیز مرتبط شوند. بنابراین، اگر یکی از مسائل تکلیف خانه، مثلاً مربوط به نیروهای وارد بر قطعه‌ای روی سطح شیبدار باشد، ربطی به یک مسئله‌ی نمونه‌ی مربوط به آن فراهم شده است. ولی، این مسئله‌ی نمونه صرفاً المتشی آن تکلیف نیست و بنابراین حلی را فراهم نمی‌آورد که بشود بدون درک موضوع، صرفاً از آن کپی‌برداری کرد.

* حل های با راهنمایی مرحله به مرحله. برای ۱۵٪ مسئله‌های آخر کتاب فراهم آمده‌اند. من در چند مرحله، دانشجویان را با شروع از ایده‌های کلیدی راهنمایی می‌کنم و وقتی پاسخ غلطی بدنهند، آنها را برای رسیدن به پاسخ درست راهنمایی می‌کنم. ولی عمدتاً قسمت آخر (پاسخ نهایی) را به دانشجویان وا می‌گذارم تا در پایان آنها مسئول پاسخ نهایی باشند. برخی از سیستم‌های حل مسئله‌ی مرحله به مرحله، وقتی دانشجو پاسخ غلطی را می‌دهد او را به دام می‌اندازند، که این می‌تواند موجب سرخوردگی زیادی شود. سیستم یاددهی من دامی ندارد، زیرا دانشجو می‌تواند در هر مرحله‌ای از حل، به مسئله‌ی اصلی بازگردد.

* راهنمایی برای تمام مسئله‌های آخر فصل. به طور برشط (بسته به صلاح‌دید مدرس) در دسترس‌اند. من این راهنمایی‌ها را به صورت ایده‌های اصلی و روش‌های کلی حل مسائل نوشته‌ام، نه این‌که دستورالعمل‌هایی برای رسیدن به پاسخ نهایی بدون هیچ درکی از مطلب باشند.

مطلوب اوزشیابی

* پرسش‌های مروری در هر بخش به طور برشط در دسترس‌اند. من پرسش‌ها را از آن رو نوشته‌ام که نیاز به تحلیل یا درک عمیقی ندارند؛ بلکه آنها آزمون ساده‌ای برای آن‌اند که آیا دانشجو آن بخش را خوانده است یا خیر. وقتی دانشجو یک بخش را باز می‌کند، یک پرسش به طور تصادفی (از بانک پرسش‌ها) در انتهای ظاهر

می شود. مدرس می تواند تصمیم بگیرد که آیا این پرسش بخشنی از نمره دانشجو باشد یا صرفاً وسیله ای باشد برای استفاده دانشجو.

- * نکته های وارسی در پیشتر پخش ها در دسترس آنها هستند. این پرسش ها به تحلیل و بررسی درس ای فیزیک آن بخش نیاز دارند. پاسخ همه های نکته های وارسی در انتهای کتاب آمده است.

 سه جفت از مکان های اولیه و نهایی، به ترتیب روی محور x داده شده اند. کدام جفت یک جابه جایی منفی را به دست می دهد: (الف) $(-3m, -7m)$ ، (ب) $(-5m, -7m)$ ، (پ) $(-3m, -7m)$

- * همه مسئله های آخر فصل (و بسیاری مسائل دیگر) در *WileyPLUS* موجود است. مدرس می تواند یک تکلیف خانه ایجاد کند و وقتی پاسخ ها به طور برخط رسیدند، چگونگی نمره دادن به آنها را تنظیم کند. مثلاً مدرس می تواند زمان پاسخ گیری و این که دانشجو چقدر می تواند با هر پرسش کلنچار رود را تنظیم کند. مدرس همچنین می تواند تصمیم بگیرد کدام کمک های یادگیری، در صورت وجود، در کنار هر مسئله تکلیف خانه موجود باشد. این ارتباط ها می توانند شامل راهنمایی ها، مسئله های نمونه، مطالب نوشتاری داخل فصل، آموزش های ویدئویی، مرور های ریاضی ویدئویی، و حتی حل های ویدئویی باشد (که آخری می تواند پس از مثلاً یک فرجه هی پاسخ گیری در دسترس باشد).

* مسئله های با نماد گلزاری ت Shankar. در هر فصل موجودند و نیاز به پاسخ های جبری دارند.

- * همه پرسش های آخر فصل کتاب، به عنوان تکلیف در *WileyPLUS* موجود است. این پرسش ها (به شکل چندگزینه ای) طراحی شده اند تا درک مفهومی دانشجو را بیازمایند.

 **لشاتکرهایی برای کمک پیشتر** وقتی حل هایی برای تعداد معینی از مسئله های فرد، چه در شکل الکترونیکی و چه در شکل چاپی کتاب، تدارک دیده شد، به صورت این مسئله ها نشانگرهای اختصاص داده شد تا هم دانشجویان و هم مدرسان از محلی که پاسخ ها در آن جا قرار دارند، مطلع شوند. همچنین نشانگرهایی را برای حل های با راهنمایی مرحله به مرحله و حل به روش تعاملی، و ارتباطی با کتاب نمایش هیجان انگیز فیزیک ارائه شده است. یک راهنمای نشانگرها در اینجا داده شده است:

مسئله ها

حل با راهنمای مرحله به مرحله (بسته به صلاحیت مدرس) در *WebAssign* و *WileyPLUS* موجود است.

تعداد تقطه ها سطیح دشواری مسئله را مشخص می کند.

 حل در

 حل به روش تعاملی در

www.flyingcircusofphysics.com

داده شده است.

<http://www.wiley.com/college/halliday>

داده شده است.

سپاسگزاری

اشخاص زیادی در این کتاب سهیم بوده‌اند. جی. ریچارد کریسمن از آکادمی حفاظت ساحلی دویاره مکمل‌های بسیار خوبی برای این کتاب فراهم کرده است؛ پیشنهادهای او برای این کتاب گران‌بها بوده است. سن-بن لیانو از آزمایشگاه ملی لارنس لیورمور، جیمز وايتون از دانشگاه ایالتی پلی‌تکنیک جنوی، و جرج شی از سیتی کالج پاسادنا کار بسیار سترگ تهیه‌ی پاسخ همه‌ی مسائل کتاب را بر عهده داشته‌اند. در انتشارات جان وایلسی از کمک‌های استوارت یوهانسون، جرالدین آسانتو و آلی رترورپ، ویراستاران این انتشارات بهره گرفتم که در سرتاسر کار، از ابتدا تا پایان، بر آن نظارت داشتند. از الیزابت اسوین، مدیر تولید که مسئولیت همه‌ی بخش‌های کتاب را در حین فرآیند پیچیده‌ی تولید بر عهده داشت، سپاسگزاریم. همچنین از تدبی کثیر برای طراحی متن و جلوه‌های هنری جلد، لی گلدرشتاین برای صفحه‌آرایی، هلن والدن برای ویرایش متن، و لیلیان برادی برای غلط‌گیری سپاسگزاریم. جنیفر اتکینز در جستجوی عکس‌های جالب و نامتعارف الهام‌بخش بود. هم انتشارات جان وایلسی و هم بیل واکر مایل‌اند از اشخاص زیر برای نظرها و ایده‌هایشان در مورد ویراست‌های اخیر کتاب سپاسگزاری کنند:

جانathan آبرامسون از دانشگاه ایالتی پرتلند؛ عمر آداوی از کالج پرتلند؛ ادوارد آدلسون از دانشگاه ایالتی آهایو؛ استیون آربیکر از دانشکده تحصیلات تکمیلی نیروی دریایی؛ جرج کاپلان از کالج ولسلی؛ ریچارد کاس از دانشگاه ایالتی آهایو؛ محمد رضا خوش‌بین خوش‌نظر از سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی (تهران)؛ کرایک کلتزینگ از دانشگاه آیوو؛ استورات لوکس از کالج آمریکن ریور؛ لارنس لوریو از دانشگاه ایلنبوی شمالی؛ پن ماہسواراندان از دانشگاه ویتروپ؛ جو مک‌کولاگ از کالج کابلریلو؛ کارل ای. موگان از آکادمی نیروی دریایی ایالات متحده؛ دان ان. پیچ از دانشگاه آلبرتا؛ الی ریچی از کالج فورت اسکات کامپونیتی، اندرو جی. رینزبر از دانشگاه فلوریدا؛ دویراوکا راپنیک از دانشگاه ایالتی لویزیانا؛ رابرت اشیینگر از دانشگاه راتگرز؛ روث شوارتز از دانشکده مهندسی میلووکی؛ کارول استرانگ از دانشگاه آلبرتا در هانتویل؛ نورا تورنبر از کالج راریتان ولی کامپونیتی؛ فرانک ونگ از کالج لاگو آریا کامپونیتی؛ گراهام دبلیو. ویلسون از دانشگاه کانزاس؛ رولند وینکلر از دانشگاه ایلنبوی شمالی، اورلینچ زوکر از دانشگاه ایالتی کلیولند.

مقدمه‌ی مترجم

برای بسیاری از همنسلان من کتابی که به نام "فیزیک هالیدی" مشهور شده است اندکی جنبه نوستالژیک دارد. من هنوز از بو کشیدن کتاب هالیدی خود، خاطرات جوانی ام را جستجو می‌کنم. احتمالاً بخش‌هایی از این کتاب، بخصوص برای دانشجویان رشته‌های مهندسی که آن را پس از سال اول به باگانی می‌سپارند، خاطره‌هایی را تداعی می‌کند، چیزی مثل داستان ریزعلی خواجهی، که هنوز از کتاب‌های دوره ابتدایی خود به خاطر داریم. من به جنبه‌ی نوستالژیک این کتاب بیش از این نخواهم پرداخت و شاید در جایی دیگر بیشتر به آن پردازم، خصوصاً از آن‌رو که بعدها خودم این کتاب را درس دادم و نوستالژی آن را از جنبه‌ای دیگر حس کردم.

در هر حال، آنچه که کتاب "هالیدی" خوانده می‌شد عملاً کتابی تحت عنوان فیزیک بود که دیوید هالیدی و رابرت رزنیک آن را نوشته بودند. ساختار این کتاب انسجام خوبی داشت و عملاً یک کتاب درسی به تمام معنا بود. در همان زمان کتاب دیگری تحت عنوان مبانی فیزیک توسط همین دو نویسنده نوشته شده بود که تا آن‌جا که به خاطر دارم از سطح پایین‌تری برخوردار بود و اصولاً نمی‌شد نام آن را یک کتاب درسی گذاشت. در اواخر دهه ۸۰ میلادی، و با پا به سن گذاشتن هالیدی و رزنیک، دو نفر ادامه‌ای این دو کتاب را پی‌گرفتند، کننده‌گیرین به تکمیل کتاب "فیزیک" پرداخت^۱ و یزل واکر تکمیل کتاب "مبانی فیزیک" را بر عهده گرفت.

تفاوت ماهوی اندیشه‌های این دو بهزودی نمود پیدا کرد. کننده‌گیرین همچنان در دوران پیشین مانده بود و یزل واکر با دمیدن روح جذاب فیزیک، به کتاب سر و شکلی تازه می‌داد. بهزودی کتابی که ویرایش‌های اولیه‌ی آن اصولاً هیچ محلی از اعراض نداشت سر برآورد و جای خود را در دانشکده‌های فیزیک باز کرد. حالا این کتاب مبانی فیزیک بود که کتاب درسی اکثر دانشگاه‌های جهان محسوب می‌شد. اگر به مقاله‌های بین‌المللی در مجله‌های آموزش فیزیک رجوع کنید درمی‌بایید که جملگی کتاب مبانی فیزیک را به عنوان "هالیدی" در نظر گرفته‌اند. کننده‌گیرین با دیدگاه محافظه‌کارانه‌ی خود و حفظ همان چارچوب‌های اولیه توانست رضایت مخاطبان خود را حفظ کند. البته مبانی فیزیک ضعف‌هایی هم داشت [البته در ویراست‌های متاخر تا حدودی برطرف شده] که بهخصوص برای مایتجایی‌ها که شیفتی مسائل دشوار و پیچیده هستیم بیشتر جلوه می‌کرد. مسائل‌های آن به جانداری مسائل‌های کتاب فیزیک نبود و همین شد که دانشگاه‌های برتری چون دانشگاه صنعتی شریف، دیرتر تصمیم به تدریس از روی این کتاب گرفتند. من برای رفع مشکل سطح مسئله‌ها، مسائل خوبی را تحت عنوان "مسئله‌های خوب دیگر"^۲ به کتاب راهنمای حل مسئله‌ها افزودم و در مورد ضعف‌های دیگر هم باید دانست که هیچ کتابی کامل نیست و من خود در حین تدریس "چاله چوله‌های" مبانی فیزیک را با کتاب‌های دیگر می‌پوشاندم، ولی سیر منطقی و ترتیب توالی پداگوژیک طالب هیچ کتابی به پای مبانی فیزیک نمی‌رسد، البته اگر از کتاب مهجور فیزیک نوشته‌ی یوجین هشت^۳ بگذریم که واقعاً در بین کتاب‌های فیزیک پایه کم نظری است.

در ویراست نهم مبانی فیزیک از ناشر معروف و بین‌المللی جان - والی خطاپی بزرگ سر زد که از ناشری در این حد و اندازه و اعتبار واقعاً بعید بود. دو نسخه از ویراست نهم مبانی فیزیک چاپ شد. یکی تحت عنوان *همیشگی Fundamentals of Physics* و دیگری تحت عنوان *جدید Principles of Physics* بالافاصله با واکر، که منت گذاشته بود و در مقدمه کتاب (همچون همین ویراست) از من تشکر کرده بود، تماس گرفتم و جوابی ماجرا شدم. جالب این بود که او هیچ اطلاعی نداشت و اظهار تعجب می‌کرد. بعد از مدتی با من تماس گرفت و گفت ویراستار گفته است که کتاب در سایر کشورهای جهان به جز ایالات متحده به نام *Principles* چاپ

¹ Robert Resnick, David Halliday & Kenneth S.Krane, Physics.

² Physics Algebra/Trig by Eugen Hecht

شده، ولی این دو کتاب تفاوتی با هم ندارند. در هر حال کتاب *Principles* از جان - وایلی به دستم رسید و شروع به حل مسأله‌های آن کردم. حدود ۵۰٪ مسئله‌ها دچار تغییرات کمی نسبت به ویرایش قبلی شده بود که بسیاری از آن‌ها به جواب‌های زمختی می‌انجامید، پاره‌ای اصلًا جواب نمی‌داد (مثلاً زیر رادیکال منفی می‌شد!) و بعضی دیگر به جوابی می‌رسید که در مغایرت با پاسخی بود که در آخر کتاب داده شده بود. باز مجبور شدم با واکر تماس بگیرم و باز از او انکار و از من اصرار. می‌گفت ما مسئله‌ها را بارها و بارها وارسی کرده‌ایم و چنین چیزی ممکن نیست. ولی من به او اطمینان دادم که واقعیت همین است که می‌گوییم. بالاخره راضی شد. به او گفتم کتاب *Principles* را تهیه کند نه کتاب *Fundamental* را که در ایالات متحده تدریس می‌شود.

مجدداً با من تماس گرفت و حرفم را تأیید کرد. کافش به عمل آمد که یکی در جان - وایلی بدون اجازه نویسنده در صورت مسأله‌های کتاب دست برده است و همین منجر به آن فاجعه شده است. بلاfacile غلط‌نامه‌ای به پایگاه اینترنتی مدرسان کتاب افزوده شد. از واکر خواسته‌ام این بار خود بر هر دو کتاب نظارت داشته باشد، بخصوص که اکیداً به من گفته است این آخرین ویراست چاپی کتاب خواهد بود. گرچه متأسفانه همین ویراست هم خالی از اشکال نبوده است که البته پاره‌ای از آنها را به واکر گوشزد کرده‌ام که همگی مورد تأیید او قرار گرفته است (شاید نامه‌های ما درباره‌ی این ویراست جدید به بیش از ۴۰ نامه سر برزند). البته این وارسی همچنان ادامه دارد و مثلاً اخیراً بحث پردازه‌ای درباره‌ی مبحث ماشین کارنوی کتاب داشته‌ایم که به تغییراتی در متن کتاب انجامید. تا آنجا که توانسته‌ام اصلاحات تأیید شده را در این ترجمه اعمال کرده‌ام و اگر تفاوت‌هایی بین متن اصلی و این ترجمه مشاهده می‌شود ناشی از همین تصحیحاتی است که با رایزنی با واکر صورت پذیرفته است. تمام این اصلاحات در چاپ - ونه ویراست - بعدی کتاب انگلیسی اعمال خواهد شد. مثلاً صفحه‌ی پیوست، نخستین مجموعه‌ی تصحیحاتی است که پس از مکاتبات اولیه‌ی من با او صورت پذیرفت که البته این تصحیحات همچنان ادامه یافت و به چندین صفحه رسید).

اما در مورد ترجمه‌ی این کتاب، باید اعتراف کنم بعد از سال‌های زیادی که ویراست‌های مختلف مبانی فیزیک را ترجمه کرده‌ام، این بار پس از آنکه دریافتیم ویراست دهم به احتمال قریب به یقین آخرین ویراست مبانی فیزیک خواهد بود، کتاب را خط به خط بازخوانی کردم. ویراست دهم بیشترین تغییر را نسبت به ویراست‌های قبلی داشته است و در چند فصل بازنویسی شده است. خودم هم در حین بازخوانی متوجه خطاهایی در کارهای پیشین خود شدم و از آنجا که در گیر تصحیح و بازنگری کتاب‌های فیزیک دیبرستان بودم اندیشیدم برخی از معادل‌ها را به همان واژه‌هایی برگردانم که در کتاب‌های فیزیک دیبرستان آمده است، ضمن اینکه در این سال‌ها توصیه‌هایی نیز جهت ترجمه‌ی صحیح‌تر برخی عبارات به دستم رسیده بود که همه را اعمال کردم. در تقسیم‌بندی کتاب نیز، دو فصل به جلد اول کتاب افزودم، چراکه ترمودینامیک در ارتباط تنگاتنگی با شاره‌های نوسان نیز جزو مکانیک محسوب می‌شود و دانستم که در برخی دانشگاه‌ها - به درستی - همچنان نوسان را در فیزیک عمومی ۱ تدریس می‌کنند. جلد دوم همچنان در ۱۳ فصل خواهد آمد چراکه سرفصل‌های فیزیک عمومی ۲ همین ۱۳ فصل را شامل می‌شود. اما در جلد سوم، افزون بر فصل‌های باقی‌مانده، فصل‌های ۱۸، ۱۹ و ۲۰ را که پیشتر در جلد اول آمده بود افزودم تا این مجلد، مرجعی یگانه برای تدریس دروس فیزیک عمومی ۳ و فیزیک عمومی ۴ رشته‌های فیزیک، مرتبط بر سرفصل‌های ارائه شده از سوی وزارت علوم، تحقیقات، و فناوری گردد. همچنین با توجه به اینکه ممکن است برخی از مخاطبان این کتاب به سایت *WileyPLUS* دسترسی نداشته باشند، DVDی جامعی بر اساس سایت مدرسان *Wiley* برای کتاب تهیه شده است که البته کلیه فصول کتاب را شامل می‌شود و توصیه می‌شود دانشجویان حتماً برای درک جامع کتاب سری به آن هم بزنند، بخصوص که آزمون‌های تعاملی‌ای نیز در آن تدارک دیده شده است. این DVD همچنین شامل پاره‌ای از اصلاحات کتاب می‌شود که در بالا به آن اشاره شد.

در هر حال این آخرین ویراست چاپی کتاب خواهد بود و شاید روزی خاطره‌ای شود برای کسانی که امروز برای نخستین بار آن را به دست می‌گیرند.

تهران - محمد رضا خوشبین خوش نظر

سرفصل‌های ارائه شده از سوی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری مربوط به دروس فیزیک عمومی ۳ و فیزیک عمومی ۲

فیزیک عمومی ۴

1.4

فیزیک عمومی ۴				فارسی	عنوان درس
General Physics 4				انگلیسی	
دروس پیش‌نیاز	تعداد واحد عملی	تعداد واحد نظری	نوع واحد		
فیزیک عمومی ۷	.	۳	اختریاری	الگام	پایه
			علمی نظری عملی نظری عملی	علمی نظری عملی نظری عملی	پیشرفته
			■ اموزش تکمیلی عملی	دارد □ ندارد	سفر علمی:
			■ دارد □ ندارد	دارد □ ندارد	کارگاه:
			■ دارد □ ندارد	دارد □ ندارد	آزمایشگاه:
			■ دارد □ ندارد	دارد □ ندارد	سمینار:
			■ دارد □ ندارد	دارد □ ندارد	حل تمرینی: دور ساعت در هفته ایامی است.

فہرست

14

فیزیک عمومی ۳				فارسی	عنوان دروس
General Physics 3				انگلیسی	
دروس پیش‌نیاز	العداد واحد عملی	تعداد واحد نظری	نوع واحد		
فیزیک عمومی ۱	۲	اختباری	الزامی	سلسی	آموزش تکمیلی عملی:
		نظری	علمی	علمی	سفر علمی:
		علمی			دارد تندارد
					دارد تندارد
					دارد تندارد
					دارد تندارد
					آزمایشگاه:
					سبیتان:
					حر اتم:

شیوه درس:

هدف درس:

مطالعه

تعداد جلسات ۹۰ دقیقه‌ای		مبحث
۱		مقدسی‌ای بر فیزیک و تاریخ فیزیک در قرن ۲۰
۶		نشستی خاص (سینماتیک-سینامیک)
۴		فیزیک کوانتمی: بیدگاه ذرهای (فوتوکتریک ..)
۴		فیزیک کوانتمی: بیدگاه موجی (درو شکاف ..)
۲		مدل‌های ابتدایی مکانیک کوانتمی و عدم قطعیت
۲		طیف اتم پیدرولن
۲		مستها
۲		وایاشهایها
۳		معرفی پرهم‌کنش‌ها و زرات بینایاری
۳		اختن فیزیک و نشسته‌عام
۳۰		

دشنه

پروژه	آزمون نهایی	میان نرم	ارزشیابی مستمر
-	+	+	-

Salinity

روش ارزیابی:

پوزه	آزمون نهایی	میان فرم	ارزشیابی مستمر
-	*	+	-

منابع اصلی:

Fundamentals of Physics Extended, David Halliday, Robert Resnick, Jearl Walker, 10th edition (August 5, 2013), Wiley

منابع فرعی پیشنهادی:

- 1) Physics. David Halliday , Robert Resnick , Kenneth S. Krane, 5th edition (2001)
2) University Physics with Modern Physics, Technology Update, H. D. Young and R. A. Freedman, 13th Edition (2013).



نخستین تصحیحاتی که با رایزنی مترجم در ویراست دهم کتاب اعمال و به صورت غلط‌نامه‌ای به آن افزوده شد.

chap	10e page	item	change	WileyPlus	paper book	pdf made
Ans	AN-13 extended	Prob 43-13 (a)	answer should be 253 MeV instead of 251 MeV.	already ok		yes
Ans	AN-13 vol 2	Prob 43-13 (a)	answer should be 253 MeV instead of 251 MeV.	already ok		yes
Ans	AN-1 Regular, Vol 1, extended	Prob 3-51	answer to prob 3-51 (b) should be negative	WP wording will now ask for "magnitude".		yes
Ans	AN-9 Regular, extended	Prob 30-101	Answer to prob 101 should be $1.15 \mu\text{Wb}$	Ok in WP		yes
Ans	AN-3 Vol 2	Prob 30-101	Answer to prob 101 should be $1.15 \mu\text{Wb}$	Ok in WP		yes
3	44	SP 3.01	Unit of answer on orienteering SP should be km instead of "m".	13-01-18		yes
4	75	SP 4.05	Wrong superscripts in two places.			yes
4			Prob 138 is a duplicate of Prob 83.	Cannot fix		
4			Prob 137 is similar to Prob 88	Cannot fix		
6	129	SP 6.02	Correction to caption to Fig. 6-4 (left over from 9e). Correct "hown" to "down".			yes
18	538	SP 18.07	Correct subscript "env" to "abs"			yes
23	682	Prob 23-48	Change wording to "A positively charged particle"	Fixed	Fixed	no need
26	748	SP 26.01	Reference should be to Table 14-1 instead of 15-1			yes
28	829	Prob 28-11	Delete "smallest". The hor and vert setup and then the demand of "undeflected" requires that the E be perp to the other vectors. No other choice.			yes
31		Q13	"(a)" missing in question statement	Ok in WP prob area		yes
42		Prob 42-46	This should be shifted back to the beta-decay module because it involves beta-decay.	Cannot fix		

فهرست مطالب

۶۷	۵- تداخل موج‌ها
۶۷	اصل برهم‌نهی موج‌ها
۶۸	تداخل موج‌ها
۷۱	۶- فازبردارها
۷۲	فازبردارها
۷۴	۷- موج‌های ایستاده و تشید
۷۵	موج‌های ایستاده
۷۶	بازتاب‌ها در مرز
۷۷	موج‌های ایستاده و تشید
۸۰	مرور و خلاصه‌ی درس
۸۳	مسئله‌ها
۹۵	۱۷ امواج - II
۹۵	۱- موج‌های عرضی
۹۵	فیزیک چیست؟
۹۶	امواج صوتی
۹۶	تندی صوت
۹۹	۲- موج‌های صوتی پیش‌روندۀ
۹۹	موج‌های صوتی پیش‌روندۀ
۱۰۲	۳- تداخل
۱۰۲	تداخل
۱۰۵	۴- شدت و تراز صوت
۱۰۵	شدت و تراز صوت
۱۱۰	۵- چشمۀ‌های صوتی موسیقایی
۱۱۰	چشمۀ‌های صوتی موسیقایی
۱۱۴	۶- زنش
۱۱۴	زنش
۱۱۶	۷- اثر دوبلر
۱۱۶	اثر دوبلر
۱۲۱	۸- تندی‌های آبرصوتی، موج‌های شوکی
۱۲۱	تندی‌های آبرصوتی، موج‌های شوکی
۱۲۳	مرور و خلاصه‌ی درس
۱۲۶	مسئله‌ها
۱۳۹	۱۸ دما، گرما، و قانون اول ترمودینامیک
۱۳۹	۱- دما
۱۳۹	فیزیک چیست؟
۱۴۰	دما
۱۴۰	قانون صفرم ترمودینامیک
۱۴۱	اندازه‌گیری دما

فیزیک عمومی ۳

۱۷	۱۴ شاره‌ها
۱۷	۱- شاره‌ها، چگالی، و فشار
۱۷	فیزیک چیست؟
۱۸	شاره چیست؟
۲۰	۲- شاره‌های ساکن
۲۰	شاره‌های ساکن
۲۳	۳- اندازه‌گیری فشار
۲۳	اندازه‌گیری فشار
۲۴	۴- اصل پاسکال
۲۵	اصل پاسکال
۲۵	نمایش اصل پاسکال
۲۵	اصل پاسکال و اهرم هیدرولیکی
۴۶	۵- اصل ارشمیدس
۴۶	اصل ارشمیدس
۳۰	۶- معادله‌ی پیوستگی
۳۱	شاره‌های آرمانی در حال حرکت
۳۲	معادله‌ی پیوستگی
۳۴	۷- معادله‌ی بربولی
۳۴	معادله‌ی بربولی
۳۵	انبات معادله‌ی بربولی
۳۸	مرور و خلاصه‌ی درس
۴۰	مسئله‌ها
۵۱	۱۶ امواج - I
۵۱	۱- موج‌های عرضی
۵۲	فیزیک چیست؟
۵۲	انواع موج‌ها
۵۲	موج‌های عرضی و طول
۵۴	طول موج و بسامد
۵۴	دامنه و فاز
۵۵	طول موج و عدد موج زاویه‌ای
۵۵	دوره‌ی تناوب، بسامد زاویه‌ای، و بسامد
۵۶	ثابت فاز
۵۷	تندی موج پیش‌روندۀ
۶۰	۲- تندی موج در یک ریسمان کشیده
۶۰	تندی موج در یک ریسمان کشیده
۶۲	۳- انرژی و توان یک موج پیش‌روندۀ در طول ریسمان
۶۲	انرژی و توان یک موج پیش‌روندۀ در طول ریسمان
۶۴	۴- معادله‌ی موج
۶۵	معادله‌ی موج

<p>۲-۲۰ آنتروبی در جهان واقعی: ماشین‌های گرمایی</p> <p>۲۲۹ آنتروبی در جهان واقعی: ماشین‌های گرمایی</p> <p>۳-۲۰ پنجال‌ها و ماشین‌های واقعی</p> <p>۲۳۵ آنتروبی در جهان واقعی: پنجال‌ها</p> <p>۲۳۶ بازدهی ماشین‌های واقعی</p> <p>۴-۲۰ آنتروبی از دیدگاه آماری</p> <p>۲۳۸ آنتروبی از دیدگاه آماری</p> <p>۲۳۹ احتمال آنتروبی</p> <p>۲۴۱ مرور و خلاصه‌ی درس</p> <p>۲۴۳ مسئله‌ها</p> <p>۲۵۳ تصویرها</p> <p>۱-۳۴ تصویرها و آینه‌های تخت</p> <p>۲۵۳ فیزیک چیست؟</p> <p>۲۵۳ دو نوع تصویر</p> <p>۲۵۶ اجسام گسترده</p> <p>۲-۳۴ آینه‌های کروی</p> <p>۲۵۸ آینه‌های کروی</p> <p>۲۶۰ تصویرهای حاصل از آینه‌های کروی</p> <p>۳-۳۴ سطوح‌های شکست‌دهنده‌ی کروی</p> <p>۲۶۴ سطح‌های شکست‌دهنده‌ی کروی</p> <p>۴-۳۴ عدسی‌های نازک</p> <p>۲۶۷ عدسی‌های نازک</p> <p>۵-۳۴ ابزارهای نوری</p> <p>۲۷۴ ابزارهای نوری</p> <p>۶-۳۴ اثبات سه فرمول</p> <p>۲۸۲ مرور و خلاصه‌ی درس</p> <p>۲۸۴ مسئله‌ها</p> <p>۲۹۹ تداخل</p> <p>۱-۳۵ نور به عنوان موج</p> <p>۲۹۹ فیزیک چیست؟</p> <p>۳۰۰ نور به عنوان موج</p> <p>۲-۳۵ آزمایش تداخل یانک</p> <p>۳۰۵ برash</p> <p>۳۰۷ آزمایش تداخل یانک</p> <p>۳-۳۵ شدت در تداخل دوشکافی</p> <p>۳۱۲ هندوسی</p> <p>۳۱۳ شدت در تداخل دوشکافی</p> <p>۴-۳۵ تداخل در لایه‌های نازک</p> <p>۳۱۷ تداخل در لایه‌های نازک</p> <p>۵-۳۵ تداخل سنج مایکلsson</p> <p>۳۲۴ تداخل سنج مایکلsson</p> <p>۳۲۵ مرور و خلاصه‌ی درس</p> <p>۳۲۶ مسئله‌ها</p> <p>۳۴۱ پراش</p> <p>۱-۳۶ پراش تک‌شکافی</p>	<p>۱۴۳ مقیاس‌های سلسیوس و فارنهایت</p> <p>۱۴۳ مقیاس‌های سلسیوس و فارنهایت</p> <p>۱۴۵ انبساط گرمایی</p> <p>۱۴۵ انبساط گرمایی</p> <p>۱۴۸ جذب گرما</p> <p>۱۴۸ دما و گرما</p> <p>۱۵۰ جذب گرما توسط جامدات و مایعات</p> <p>۱۵۴ قانون اول ترمودینامیک</p> <p>۱۵۴ نگاهی دقیق‌تر به مفاهیم کار و گرما</p> <p>۱۵۷ قانون اول ترمودینامیک</p> <p>۱۵۸ چند حالت خاص از قانون اول ترمودینامیک</p> <p>۱۶۰ سازوکارهای انتقال گرما</p> <p>۱۶۱ سازوکارهای انتقال گرما</p> <p>۱۶۵ مرور و خلاصه‌ی درس</p> <p>۱۶۸ مسئله‌ها</p> <p>۱۸۱ نظریه‌ی جنبشی گازها</p> <p>۱-۱۹ عدد آوگادرو</p> <p>۱۸۱ فیزیک چیست؟</p> <p>۱۸۲ عدد آوگادرو</p> <p>۲-۱۹ گازهای کامل (آلمانی)</p> <p>۱۸۲ گازهای کامل (آلمانی)</p> <p>۱۸۳ گازهای کامل (آلمانی)</p> <p>۳-۱۹ RMS، دما و تندی</p> <p>۱۸۷ فشار، دما، و تندی RMS</p> <p>۱۸۷ RMS</p> <p>۴-۱۹ انرژی جنبشی انتقالی</p> <p>۱۸۹ انرژی جنبشی انتقالی</p> <p>۱۹۰</p> <p>۵-۱۹ مسافت آزاد میانگین</p> <p>۱۹۰ مسافت آزاد میانگین</p> <p>۱۹۱</p> <p>۶-۱۹ توزیع تندی‌های مولکولی</p> <p>۱۹۳ توزیع تندی‌های مولکولی</p> <p>۱۹۳</p> <p>۷-۱۹ گرمای ویژه‌ی مولی یک گاز کامل</p> <p>۱۹۷ گرمای ویژه‌ی مولی یک گاز کامل</p> <p>۱۹۷ گرمایهای ویژه‌ی مولی یک گاز کامل</p> <p>۸-۱۹ درجه‌های آزادی و گرمایهای ویژه‌ی مولی</p> <p>۲۰۱ درجه‌های آزادی و گرمایهای ویژه‌ی مولی</p> <p>۲۰۲ اشاره‌ای به نظریه‌ی کوانتوسی</p> <p>۲۰۴</p> <p>۹-۱۹ انبساط بی‌درروری یک گاز کامل</p> <p>۲۰۵ انبساط بی‌درروری یک گاز کامل</p> <p>۲۰۵</p> <p>۲۰۹ مرور و خلاصه‌ی درس</p> <p>۲۱۲ مسئله‌ها</p> <p>۲۲۱ آنتروبی و قانون دوم ترمودینامیک</p> <p>۱-۲۰ آنتروبی</p> <p>۲۲۱ فیزیک چیست؟</p> <p>۲۲۲ فرآیندهای برگشت‌ناپذیر و آنتروبی</p> <p>۲۲۳ تغییر آنتروبی</p> <p>۲۲۷ قانون دوم ترمودینامیک</p>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

۴۳۳	۲-۳۸ اثر فوتولکتریک	۳۴۱	فیزیک چیست؟
۴۳۴	اثر فوتولکتریک	۳۴۲	پراش و نظریه‌ی موجی نور
۴۳۷	۳-۳۸ فوتون‌ها، تکانه، پراکنده‌گی کامپتون، تداخل نوری	۳۴۳	پراش حاصل از تک‌شکاف؛ تعیین محل کمینه‌ها
۴۳۷	فوتون‌ها تکانه دارند	۳۴۷	۲-۳۶ شدت در پراش تک‌شکافی
۴۴۱	نور به عنوان موج احتمال.	۳۴۷	شدت پراش تک‌شکافی، روش کیفی
۴۴۴	۴-۳۸ زیشن فیزیک کوانتومی	۳۴۹	شدت در پراش تک‌شکافی، روش کتفی
۴۴۴	زیشن فیزیک کوانتومی	۳۵۲	۳-۳۶ پراش حاصل از یک روزنای دایره‌ای
۴۴۶	۵-۳۸ الکترون‌ها و موج‌های ماده	۳۵۲	پراش حاصل از یک روزنای دایره‌ای
۴۴۷	الکترون‌ها و موج‌های ماده	۳۵۶	۴-۳۶ پراش حاصل از دو شکاف
۴۵۰	۶-۳۸ معادله‌ی شرودینگر	۳۵۷	پراش حاصل از دو شکاف
۴۵۱	معادله‌ی شرودینگر	۳۶۰	۵-۳۶ توری‌های پراش
۴۵۳	۷-۳۸ اصل قطعیت هایزنبرگ	۳۶۴	۶-۳۶ توری‌ها: پاشندگی و توان تفکیک
۴۵۴	اصل عدم قطعیت هایزنبرگ	۳۶۴	توری‌ها: پاشندگی و توان تفکیک
۴۵۵	۸-۳۸ بازتاب از یک پله‌ی پتانسیل	۳۶۷	۷-۳۶ پراش پرتوی X
۴۵۵	بازتاب از یک پله‌ی پتانسیل	۳۷۰	مرور و خلاصه‌ی درس
۴۵۷	۹-۳۸ تونل‌زنی در یک سد پتانسیل	۳۷۲	مسئله‌ها
۴۵۸	تونل‌زنی در یک سد پتانسیل		
۴۶۱	مرور و خلاصه‌ی درس		
۴۶۳	مسئله‌ها		

فیزیک عمومی ۴

۴۷۱	۳۹ مطالب بیشتر درباره‌ی موج‌های ماده
۴۷۱	۱-۳۹ انرژی‌های الکترون به تله افتاده
۴۷۱	فیزیک چیست؟
۴۷۲	موج‌های رسیمان و موج‌های ماده
۴۷۳	انرژی‌های الکترون به تله افتاده
۴۷۴	یافتن انرژی‌های کوانتیده
۴۷۷	۲-۳۹ توابع موج یک الکترون به تله افتاده
۴۷۷	توابع موج یک الکترون به تله افتاده
۴۸۱	۳-۳۹ الکترون در یک چاه متناهی
۴۸۲	الکترون در یک چاه متناهی
۴۸۴	۴-۳۹ تله‌های دو و سه بعدی
۴۸۴	تله‌های الکترونی بیشتر
۴۸۶	تله‌های دو و سه بعدی
۴۸۸	۵-۳۹ اتم هیدروژن
۴۸۹	اتم هیدروژن یک تله‌ی الکترون است
۴۹۲	معادله‌ی شرودینگر و اتم هیدروژن
۵۰۱	مرور و خلاصه‌ی درس
۵۰۳	مسئله‌ها

۴۰ همه چیز درباره‌ی اتم‌ها

۵۱۱	۱-۴۰ ویزگی‌های اتم‌ها
۵۱۱	فیزیک چیست؟
۵۱۲	برخی از ویزگی‌های اتم‌ها
۵۱۲	تکانه‌ی زاویه‌ای، گشتاورهای دوقطبی مغناطیسی
۵۱۵	۲-۴۰ آزمایش اشترن-گرلاخ
۵۱۹	آزمایش اشترن-گرلاخ
۵۱۹	آزمایش اشترن-گرلاخ

۳۷ نسبیت

۳۸۵	۱-۳۷ همزمانی و اتساع زمان
۳۸۵	فیزیک چیست؟
۳۸۵	اصول موضوعه
۳۸۶	اندازه‌گیری یک رویداد
۳۸۸	نسبت همزمانی
۳۸۹	نسبت زمان
۳۹۱	۲-۳۷ نسبیت طول
۳۹۶	نسبت طول
۴۰۰	۳-۳۷ تبدیل لورنتس
۴۰۰	تبدیل لورنتس
۴۰۲	برخی از پیامدهای معادله‌های لورنتس
۴۰۴	۴-۳۷ نسبیت سرعت‌ها
۴۰۵	نسبت سرعت‌ها
۴۰۶	۵-۳۷ اثر دوبلر برای نور
۴۰۶	اثر دوبلر برای نور
۴۰۹	۶-۳۷ تکانه و انرژی
۴۱۰	نگاهی نو به تکانه
۴۱۱	نگاهی نو به انرژی
۴۱۶	مرور و خلاصه‌ی درس
۴۱۹	مسئله‌ها

۳۸ فوتون‌ها و موج‌های ماده

۴۳۱	۱-۳۸ فوتون، کوانتوم نور
۴۳۱	فیزیک چیست؟
۴۳۱	فوتون، کوانتوم نور
۴۳۲	فوتون، کوانتوم نور

۸-۴۲ مدل‌های هسته‌ای ۶۰۵ مدل‌های هسته‌ای ۶۰۵ مرور و خلاصه‌ی درس ۶۰۹ مسئله‌ها ۶۱۱	۴۰-۴۳ تشدید مغناطیسی تشدید مغناطیسی ۴۴ اصل طرد پاؤلی و الکترون‌های چندگانه در یک تله اصل طرد پاؤلی الکترون‌های چندگانه در تله‌های مستطبی ۴۵ بنا کردن جدول تناوی بنا کردن جدول تناوی ۴۶ پرتوهای α و ترتیب عنصرها پرتوهای α و ترتیب عنصرها ۴۷ لیزرها لیزرهای کار می‌کنند ۴۸ مرور و خلاصه‌ی درس مرور و خلاصه‌ی درس ۴۹ مسئله‌ها
۴۳ اندری حاصل از هسته ۶۲۱ ۱-۴۳ شکافت هسته‌ای ۶۲۱ فیزیک چیست؟ ۶۲۲ شکافت هسته‌ای: فرایند اصلی ۶۲۳ نگاهی دقیق‌تر به شکافت ۶۲۵ مدلی برای شکافت هسته‌ای ۴۳-۴۴ راکتور هسته‌ای ۶۲۹ راکتور هسته‌ای ۴۳-۴۵ یک راکتور هسته‌ای طبیعی ۶۳۴ یک راکتور هسته‌ای طبیعی ۴۳-۴۶ گداخت گرمابهسته‌ای: فرایند اصلی ۶۳۶ گداخت گرمابهسته‌ای: فرایند اصلی ۴۳-۴۷ گداخت گرمابهسته‌ای در خورشید و ستارگان دیگر ۶۳۸ گداخت گرمابهسته‌ای در خورشید و ستارگان دیگر ۴۳-۴۸ گداخت گرمابهسته‌ای کنترل شده ۶۴۱ گداخت گرمابهسته‌ای کنترل شده ۴۴ مرور و خلاصه‌ی درس مرور و خلاصه‌ی درس ۴۶ مسئله‌ها	۴۱ رسانش الکتریسیته در جامد‌ها ۵۵۱ ۱-۴۱ ویژگی‌های الکتریکی فلزات ۵۵۱ فیزیک چیست؟ ۵۵۲ ویژگی‌های الکتریکی جامد‌ها ۵۵۲ ترازهای انرژی در جامد بلورین ۵۵۳ عایق‌ها ۵۵۴ فلزها ۵۵۵ ۴۱ نیمرسانانها و آلایش نیمرسانانها نیمرسانانهای آلاییده ۴۱-۴۲ پیوندگاه p-n و ترانزیستور پیوندگاه p-n ۵۶۶ یکسوساز پیوندی ۵۶۷ دیود نور-گسیل (LED) ۵۶۹ ترانزیستور ۵۷۰ مرور و خلاصه‌ی درس ۵۷۲ مسئله‌ها ۵۷۳ ۵۷۶
۴۴ کوارک‌ها، لپتون‌ها، و مهبانگ ۶۵۳ ۱-۴۴ ویژگی‌های عمومی ذرات بنیادی ۶۵۳ فیزیک چیست؟ ۶۵۴ ذره‌ها، ذره‌ها، ذره‌ها ۶۵۹ میان‌گفتار ۴۴-۴۵ لپتون‌ها، هادرون‌ها، و شگفتی ۶۶۳ لپتون‌ها ۶۶۴ هادرون‌ها ۶۶۶ باز هم یک قانون پایستگی دیگر ۶۶۸ راه هشتگانه ۴۴-۴۶ کوارک‌ها و ذره‌های پیام‌رسان ۶۷۱ مدل کوارکی ۶۷۱ نیروهای اصلی و ذره‌های پیام‌رسان ۴۴-۴۷ کیهان‌شناسی ۶۷۸ درنگی برای اندیشیدن ۶۷۹ عالم در حال انساط است ۶۸۰ تابش زمینه‌ی کیهانی ۶۸۱ مادی تاریک ۶۸۲ مهبانگ ۶۸۶ جمع‌بندی ۴۶ مرور و خلاصه‌ی درس مرور و خلاصه‌ی درس ۴۸ مسئله‌ها ۴۹ نمایه	۴۲ فیزیک هسته‌ای ۵۸۱ ۱-۴۲ کشف هسته ۵۸۱ فیزیک چیست؟ ۵۸۱ کشف هسته ۴۲-۴۳ برخی از ویژگی‌های هسته‌ای برخی از ویژگی‌های هسته‌ای ۴۲-۴۴ واپاشی پرتوزا واپاشی پرتوزا ۴۲-۴۵ واپاشی آلفا واپاشی آلفا ۴۲-۴۶ واپاشی بتا واپاشی بتا ۴۲-۴۷ عمر سنجی پرتوزا عمر سنجی پرتوزا ۴۲-۴۸ اندازه‌گیری دُز تابشی اندازه‌گیری دُز تابشی