

ویراست دهم

بر اساس آخرین تصحیحات نویسنده

دیوید هالیدی . رابرت رزنیک . پرل 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 کوانتومی، فیزیک اتمی، فیزیک هسته ای و ذرات بنیادی)

محمد رضا خوش بین خوش نظر

نیاز دانش

Halliday, David	: هالیدی، دیوید، ۱۹۱۶ م.	سرشناسه
: مبانی فیزیک / جلد سوم / دیوید هالیدی، رابرت رزنیک، یرل واکر؛ ترجمه محمدرضا خوش بین خوش نظر.	: عنوان و نام پدیدآور	
: ویراست ۱۰.	: وضعیت ویراست	
: تهران، نیاز دانش، ۱۳۹۶	: مشخصات نشر	
: ۳ ج. مصور(رنگی)، جدول(رنگی)، نمودار (رنگی)	: مشخصات ظاهری	
: شابک (جلد دوم): ۹۷۸-۶۰۰-۶۴۸۱-۹۵-۱	: شابک	
: شابک (جلد سوم): ۹۷۸-۶۰۰-۸۹۰۶-۰۱-۸	: شابک	
: شابک (جلد اول): ۹۷۸-۶۰۰-۶۴۸۱-۸۹-۰	: شابک	
: شابک (دوره): ۹۷۸-۶۰۰-۶۴۸۱-۹۰-۶	: شابک	
: فیبا	: وضعیت فهرست نویسی	
: Fundamentals of Physics, 10 <sup>th</sup> . ed, 2014	: عنوان اصلی:	
: واژه نامه	: یادداشت	
: کتابنامه	: یادداشت	
: ج ۱ - مکانیک و گرما (شماره ها و نوسان) - ج ۲ - الکتریسیته و مغناطیس	: مندرجات	
: ج ۳ - فیزیک عمومی ۳ (شماره ها، حرارت و ترمودینامیک، امواج، نور هندسی و نور موجی)		
: فیزیک عمومی ۴ (فیزیک جدید و مکانیک کوانتومی، فیزیک اتمی، فیزیک هسته ای و ذرات بنیادی)		
: فیزیک	: موضوع	
Resnick, Robert	: رزنیک، رابرت، ۱۹۲۳ م	: شناسه افزوده
Walker, Jearl	: واکر، یرل، ۱۹۴۵ م	: شناسه افزوده
	: خوش بین خوش نظر، محمدرضا، ۱۳۴۸ مترجم.	: شناسه افزوده
	: QC۲۱/۳ الف ۵۲م ۱۳۹۳	: رده بندی کنگره
	: ۵۳۰	: رده بندی دیویی
	: ۳۶۲۰۸۱۵	: شماره کتابشناسی ملی



نام کتاب	: مبانی فیزیک / جلد سوم
نویسندگان	: دیوید هالیدی / رابرت رزنیک / یرل واکر
مترجم	: محمدرضا خوش بین خوش نظر
مدیر اجرایی - ناظر بر چاپ	: حمیدرضا محمد شیرازی - محمد شمس
ناشر	: نیاز دانش
صفحه آرا	: واحد تولید انتشارات نیاز دانش
نوبت چاپ	: اول - ۱۳۹۶
شمارگان	: ۱۰۰۰ نسخه
قیمت	: ۵۰۰۰۰۰ ریال همراه با DVD

ISBN:978-600-8906-01-8

شابک (جلد سوم): ۹۷۸-۶۰۰-۸۹۰۶-۰۱-۸

ISBN:978-600-6481-90-6

شابک (دوره): ۹۷۸-۶۰۰-۶۴۸۱-۹۰-۶

هرگونه چاپ و تکثیر (اعم از زیراکس، بازنویسی، ضبط کامپیوتری و تهیه CD) از محتویات این اثر بدون اجازه کتبی ناشر ممنوع است. متخلفان به موجب بند ۵ از ماده ۲ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان و هنرمندان تحت پیگرد قانونی قرار می گیرند.

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

۰۲۱-۶۶۴۷۸۱۰۶-۶۶۴۷۸۱۰۸-۰۹۱۲۷۰۷۳۹۳۵

www.Niaze-Danesh.com

مشاوره جهت نشر: ۰۹۱۲-۲۱۰۶۷۰۹

## چرا این کتاب را نوشتیم

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*<sup>1</sup> 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 (پداگوژی) نگاشته شده بودند، ولی همگی چیزی کم داشتند. فیزیک جالب‌ترین موضوع جهان است، زیرا به چگونگی عمل‌کرد 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 افزوده‌ام. 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 درباره‌ی 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 مطالب 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*<sup>2</sup>، به این کتاب به چشم طرحی رو به پیشرفت نگاه می‌کنیم و با دریافت نظرات استفاده‌کنندگان آن، دلگرم‌تر می‌شویم. می‌توانید پیشنهادها، تصحیح‌ها، نظرهای مثبت یا منفی خود را به انتشارات *جان وایلی و پسران* یا *یرل واکر* (آدرس پستی:

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

یا پایگاه ([www.flyingcircusofphysics.com](http://www.flyingcircusofphysics.com)) ارسال کنید. ممکن است نتوانیم به همه‌ی پیشنهادها پاسخ دهیم، ولی همه‌ی آن‌ها را حفظ و مطالعه خواهیم کرد.

## نمایش هیجان‌انگیز فیزیک

یرل واکر

معدرسا خوشبین خوش‌نظر  
رسول چهاری‌زاد



<sup>1</sup> The Flying Circus of Physics

<sup>2</sup> John Wiley & Sons

## موارد جدید کدام‌اند؟

**بخش‌ها و هدف‌های یادگیری** دانشجویانم از ضعیف‌ترین آن‌ها گرفته تا قوی‌ترین‌شان 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 فرا گیرد. این احساسی است که خودم هم سال‌ها پیش در استفاده از نخستین ویراست کتاب *هالیدی - رزیک* داشتم، وقتی که فیزیک سال اول دانشگاه را می‌گذراندم.

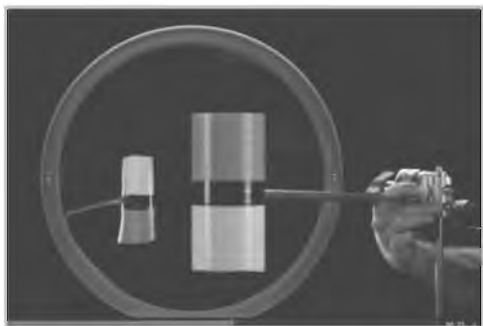
من برای حل این مشکل، در این ویراست جدید، هر فصل را با بخش‌هایی مفهومی مبتنی بر یک موضوع اصلی نوسازی کردم و هر بخش را با فهرستی از هدف‌های یادگیری آغاز نمودم. این فهرست شامل شرحی واضح از مهارت و نکات آموزشی است که باید در پی خواندن آن بخش فرا گرفته شود. در پی هر فهرست، خلاصه‌ی کوتاهی از نکته‌هایی کلیدی می‌آید که آن‌ها نیز باید فرا گرفته شوند. مثلاً نگاهی به نخستین بخش فصل ۱۶ بیاندازید، فصلی که در آن دانشجویان 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 و آرسی مشخصی را تدارک دیده‌ام که قدری شبیه به فهرستی است که یک خلبان پیش از راندن هواپیما باید آن‌ها را بررسی کند.

**ارتباط بین تکالیف 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.



**بازنویسی فصل‌ها** دانشجویان من با چند فصل اصلی و بخش‌هایی از چند فصل دیگر مشکل داشتند و از همین رو من در این ویراست جدید بخش عمده‌ای از مطالب را بازنویسی کرده‌ام. مثلاً، من فصل‌های قانون گاوس و پتانسیل الکتریکی را که برای دانشجویانم سخت به نظر می‌رسید، از نو پی‌ریزی کرده‌ام. اکنون مطالب روان‌ترند و به شیوه‌ای سراسرتر به نکته‌های اصلی می‌رسند. در فصل‌های مربوط به فیزیک کوانتومی، 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 مدرّسان، 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 مدرّسان، حدود ۲۵۰ مسئله و ۵۰ پرسش به آخر فصل‌ها افزوده شده است.



**فیلم‌های آموزشی** در نسخه‌ی الکترونیکی کتاب که در *WileyPLUS* موجود است، دیوید مایولو 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 به دست دهد.



**کمک‌های برخط** *WileyPLUS* صرفاً یک برنامه‌ی امتیازدهی نیست، بلکه بیشتر یک مرکز

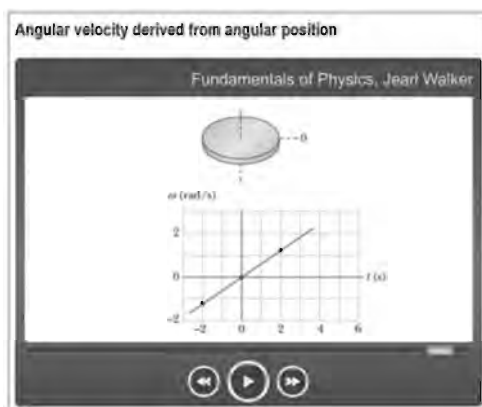


یادگیری پویا پر از کمک‌های آموزشی مختلف است که شامل حل با راهنمایی و مرحله به مرحله‌ی مسئله‌ها، همراه با آزمون‌های کوچک، تصاویر متحرک، صدها مسئله‌ی نمونه، شبیه‌سازی‌ها و نمایش‌های تصویری، و بالغ

بر ۱۵۰۰ فیلم از مرورهای 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 درگیر 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

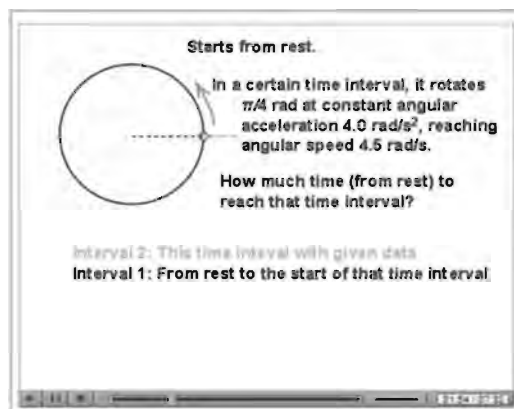


وقتی من نخستین ویراست کتاب *هالیدی - رزنیکی* در سال اول تحصیل خود فرا می‌گرفتم، برای درک بیشتر مطالب آن، هر فصل را بارها و بارها می‌خواندم. ولی امروزه دانشجویان گستره‌ی وسیعی از شیوه‌های یادگیری را در اختیار دارند، و من از این رو گستره‌ی وسیعی از ابزارهای یادگیری را هم در این ویراست جدید و هم به طور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

**پویا 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 برگزیدم که دانشجویان بتوانند فیزیک مطالب را در یک یا دو دقیقه به طور عملی ببینند، به جای آن‌که صرفاً آن‌ها را به‌طور 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 ببینند، گویی پهلو به پهلو من، به هنگام نوشتن آن مطالب در اتاقم 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 گردند.



- آموزش‌های ویدئویی راجع به مباحث هر فصل. مباحثی را برگزیدم که دانشجویان بیشترین مشکل را با آن‌ها دارند و آن‌ها را سردرگم می‌سازد.
- مرورهای ویدئویی بر ریاضیات دبیرستان. از قبیل توابع جبری مقدماتی، توابع مثلثاتی، 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 آن‌که صرفاً فرمول‌ها را به کار گیرم. ولی، همچنین می‌خواهم 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 تعمیم یابند.

**GO Tutorial** Close

The GO Tutorial will provide you with a step-by-step guide on how to approach this problem. When you are finished, go back and try the problem again on your own. To view the original question while you work, you can just drag this screen to the side. (This GO Tutorial consists of 4 steps).

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

**KEY IDEAS:**

(1) When an object rotates at constant angular acceleration, we can use the constant-acceleration equations of Table 10-1 modified for angular motion.

(1)  $\omega = \omega_0 + \alpha t$

(2)  $\theta - \theta_0 = \omega_0 t + \frac{1}{2} \alpha t^2$

(3)  $\omega^2 = \omega_0^2 + 2\alpha(\theta - \theta_0)$

(4)  $\theta - \theta_0 = \frac{1}{2}(\omega_0 + \omega)t$

(5)  $\theta - \theta_0 = \omega t - \frac{1}{2} \alpha t^2$

Counterclockwise is the positive direction of rotation, and clockwise is the negative direction.

(2) If a particle moves around a rotation axis at radius  $r$ , the magnitude of its radial (centripetal) 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

$a_r = \frac{v^2}{r} = \omega^2 r$

(3) If a particle moves around a rotation axis at radius  $r$ , the magnitude of its tangential acceleration at (the acceleration along the circular path) at any moment is related to angular acceleration  $\alpha$  at that moment by

$a_t = r\alpha$

(4) If a particle moves around a rotation axis at radius  $r$ , the angular displacement through which it rotates is related to the distance  $s$  it moves along its circular path by

$s = r\Delta\theta$

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

Number  Unit

Reset 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 +/-2%

Check Your Input

**Step 3: Solution Step 3 of GO Tutorial 10-30**

What was the initial angular speed?

Number  Unit

Reset 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 +/-2%

Check Your Input

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

### • حل‌های ویدئویی برای ۲۰٪ مسئله‌های

برگزیده‌ی آخر فصل. چگونگی دسترسی و

تعیین زمان دسترسی به این حل‌ها توسط مدرس تعیین می‌شود. مثلاً آن‌ها می‌توانند پس از یک فرجه‌ی تکلیف‌خانه یا یک امتحان، قابل دسترس باشند. هر حل صرفاً یک جای‌گذاری 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 شهادت فیزیکی نیاز داشته باشد.

### • مثال‌های ویدئویی از چگونگی خواندن

داده‌ها از روی نمودار. (بیش از خواندن ساده‌ی یک عدد بدون درک فیزیک آن)

**کمک حل مسئله** من مراجع زیادی برای *WileyPLUS* نوشته‌ام تا به مهارت‌های حل مسئله‌ی دانشجویان کمک کند.



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

• صدها مسئله‌ی نمونه‌ی 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 تکلیف‌خانه، 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 المثنی آن تکلیف نیست و بنابراین حلی را فراهم نمی‌آورد که بشود بدون درک موضوع، صرفاً از آن کپی‌برداری کرد.

• حل‌های یا 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 بدهند، 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 برخط (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.

### مطالب ارزشیابی



• پرسش‌های مروری در هر بخش به‌طور برخط 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 انتها ظاهر

می‌شود. مدرس می‌تواند تصمیم بگیرد که آیا این پرسش بخشی از نمره‌ی دانشجو باشد یا صرفاً وسیله‌ای باشد برای استفاده‌ی دانشجو.

• نکته‌ی واری در بیشتر بخش‌ها در دسترس‌اند. این پرسش‌ها به تحلیل و بررسی دربار‌ه‌ی فیزیک آن بخش نیاز دارند. پاسخ همه‌ی نکته‌های واری در انتهای کتاب آمده است.



نکته‌ی واری

سه جفت از مکان‌های اولیه و نهایی، به ترتیب روی محور  $x$  داده شده‌اند. کدام جفت یک جابه‌جایی منفی را به دست می‌دهد؛ (الف)  $1-3m, 5m$  (ب)  $1-3m, -7m$  (پ)  $1-3m, -2m$  ؟

• همه‌ی مسئله‌های آخر فصل (و بسیاری مسائل دیگر) در *WileyPLUS* موجود است. مدرس می‌تواند یک تکلیف خانه ایجاد کند و وقتی پاسخ‌ها به طور برخط رسیدند، چگونگی نمره دادن به آن‌ها را تنظیم کند. مثلاً، مدرس می‌تواند زمان پاسخ‌گویی و این‌که دانشجو چقدر می‌تواند با هر پرسش کلنچار رود را تنظیم کند. مدرس همچنین می‌تواند تصمیم بگیرد کدام کمک‌های یادگیری، در صورت وجود، در کنار هر مسئله‌ی تکلیف خانه موجود باشد. این ارتباط‌ها می‌توانند شامل راهنمایی‌ها، مسئله‌های نمونه، مطالب نوشتاری داخل فصل، آموزش‌های ویدئویی، مرورهای ریاضی ویدئویی، و حتی حل‌های ویدئویی باشد (که آخری می‌تواند پس از مثلاً یک فرجه‌ی پاسخ‌گویی در دسترس باشد).

• مسئله‌های با نمادگذاری نشان‌دار در هر فصل موجودند و نیاز به پاسخ‌های جبری دارند.

• همه‌ی پرسش‌های آخر فصل کتاب به عنوان تکلیف در *WileyPLUS* موجود است. این پرسش‌ها (به شکل چندگزینه‌ای) طراحی شده‌اند تا درک مفهومی دانشجو را بیازمایند.

**نشانه‌هایی برای کمک بیشتر** وقتی حل‌هایی برای تعداد معینی از مسئله‌های فرد، چه در شکل الکترونیکی و چه در شکل چاپی کتاب، تدارک دیده شد، به صورت این مسئله‌ها نشانگرهایی اختصاص داده شد تا هم دانشجویان و هم مدرسان از محلی که پاسخ‌ها در آن‌جا قرار دارند، مطلع شوند. همچنین نشانگرهایی را برای حل‌های با راهنمایی مرحله به مرحله و حل به روش تعاملی، و ارتباطی با کتاب نمایش هیجان‌انگیز فیزیک ارائه شده است. یک راهنمای نشانگرها در این‌جا داده شده است:

مسئله‌ها

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

تعداد نقطه‌ها مطابقت‌دهنده‌ی مسئله را مشخص می‌کند.

حل در *ILW*

حل به روش تعاملی در *WWW*

اطلاعات بیشتر در کتاب نمایش هیجان‌انگیز فیزیک و در [www.flyingcircusofphysics.com](http://www.flyingcircusofphysics.com)

داده شده است.

اشخاص زیادی در این کتاب سهمیم بوده‌اند. جی. ریچارد کریسمن از آکادمی حفاظت ساحلی دوباره مکمل‌های بسیار خوبی برای این کتاب فراهم کرده است؛ پیشنهادهای او برای این کتاب گران‌بها بوده است. سن-بن‌لیانو از آزمایشگاه ملی لارنس لیورمور، جیمز وایتتون از دانشگاه ایالتی پلی‌تکنیک جنوبی، و جری شی از سیتی کالج پاسادنا کار بسیار سترگ تهیه‌ی پاسخ همه‌ی مسائل کتاب را بر عهده داشته‌اند. در انتشارات جان وایلی از کمک‌های استوارت یوهانسون، جرالدین آساتو و آلی رتروپ، ویراستاران این انتشارات بهره‌گرفتم که در سرتاسر کار، از ابتدا تا پایان، بر آن نظارت داشتند. از الیزابت اسواین، مدیر تولید که مسئولیت همه‌ی بخش‌های کتاب را در حین فرآیند پیچیده‌ی تولید بر عهده داشت، سپاسگزاریم. همچنین از مدی لزور برای طراحی متن و جلوه‌های هنری جلد، لی گلدشتاین 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 وایلی و هم یرل واکر مایل‌اند از اشخاص زیر برای نظرها و ایده‌هایشان در مورد ویراست‌های اخیر کتاب سپاسگزاری کنند:

جانانان 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؛ محمدرضا خوش‌بین خوش‌نظر از سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی (تهران)؛ کرایگ کلتزینگ از دانشگاه آیوا؛ استورات لوکس از کالج آمریکن ریور؛ لارنس لوریو از دانشگاه ایلنوی شمالی؛ تین ماهسوارانتان از دانشگاه ویتروپ؛ جو مک‌کولاک از کالج کابلریلو؛ کارل ای. موگان از آکادمی نیروی دریایی ایالات متحده؛ دان‌ان. پیچ از دانشگاه آلبرتا؛ الی ریچی از کالج فورت اسکات کامیونیتی، اندرو جی. رینزیر از دانشگاه فلوریدا؛ دوبراوکا راپنیک از دانشگاه ایالتی لویزیانا؛ رابرت اشبینگر از دانشگاه راتگرز؛ روث شوارتز از دانشکده‌ی مهندسی میلواکی؛ کارول استرانگ از دانشگاه آلبرتا در هانتویل؛ نورا تورنبر از کالج رازیتان ولی کامیونیتی؛ فرانک ونگ از کالج لاگو آریا کامیونیتی؛ گراهام دبلیو. ویلسون از دانشگاه کانزاس؛ رونلد وینکلر از دانشگاه ایلنوی شمالی، اورلینج زوکر از دانشگاه ایالتی کلیولند.



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 جوانی‌ام را جستجو می‌کنم. احتمالاً بخش‌هایی از این کتاب، بخصوص برای دانشجویان رشته‌های مهندسی که آن را پس از سال اول به بایگانی می‌سپارند، خاطره‌هایی را تداعی می‌کند، چیزی مثل داستان ریزعلی خواجوی، که هنوز از کتاب‌های دوره ابتدایی خود به خاطر داریم. من به جنبه‌ی نوستالژیک این کتاب پیش از این نخواهم پرداخت و شاید در جایی دیگر بیشتر به آن بپردازم، 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" خواننده 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 دهه‌ی ۸۰ میلادی، و با پا به سن گذاشتن هالیدی و رزنیک، دو نفر ادامه‌ی این دو کتاب را پی گرفتند، کنت کرین به تکمیل کتاب "فیزیک" پرداخت<sup>۱</sup> و یرل واکر تکمیل کتاب "مبانی فیزیک" را بر عهده گرفت.

تفاوت ماهوی اندیشه‌های این دو به‌زودی نمود پیدا کرد. کنت کرین همچنان در دوران پیشین مانده بود و یرل واکر با دمیدن روح جذاب فیزیک، به کتاب سر و شکلی تازه می‌داد. به‌زودی کتابی که ویرایش‌های اولیه‌ی آن اصولاً هیچ محلی از اعراب 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 درمی‌یابید که جملگی کتاب مبانی فیزیک را به عنوان "هالیدی" در نظر گرفته‌اند. کنت کرین با دیدگاه محافظه‌کارانه‌ی خود و حفظ همان چارچوب‌های اولیه نتوانست رضایت مخاطبان خود را حفظ کند. البته مبانی فیزیک ضعیف‌هایی هم داشت [البته در ویراست‌های متأخر تا حدودی برطرف شده] که به‌خصوص برای ما اینجایی‌ها که شیفته‌ی مسائل دشوار و پیچیده هستیم بیشتر جلوه می‌کرد. مسأله‌های آن به جاننداری مسأله‌های 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" به کتاب راهنمای حل مسئله‌ها افزودم و در مورد ضعیف‌های 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 مطالب هیچ کتابی به پای مبانی فیزیک نمی‌رسد، البته اگر از کتاب مهجور فیزیک نوشته‌ی یوجین هشت<sup>۲</sup> بگذریم که واقعاً در بین کتاب‌های فیزیک پایه کم نظیر است.

در ویراست نهم مبانی فیزیک از ناشر معروف و بین‌المللی جان - وایلی خطایی 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*. بلافاصله با واکر، که منت گذاشته بود و در مقدمه کتاب (همچون همین ویراست) از من تشکر کرده بود، تماس گرفتم و جویای ماجرا شدم. جالب این بود که او هیچ اطلاعی نداشت و اظهار تعجب می‌کرد. بعد از مدتی با من تماس گرفت و گفت ویراستارم گفته است که کتاب در سایر کشورهای جهان به جز ایالات متحده به نام *Principles* چاپ

<sup>1</sup> Robert Resnick, David Halliday & Kenneth S. Krane, Physics.

<sup>2</sup> 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٪ مسأله‌ها دچار تغییرات کمی نسبت به ویرایش قبلی شده بود که بسیاری از آن‌ها به جواب‌های زمختی می‌انجامید، پاره‌ای اصلاً جواب نمی‌داد (مثلاً زیر رادیکال منفی می‌شدا) 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 مسأله‌ها را بارها و بارها واری کرده‌ایم و چنین چیزی ممکن نیست. ولی من به او اطمینان دادم که واقعیت همین است که می‌گویم. 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. کاشف به عمل آمد که یکی در جان - وایلی بدون اجازه‌ی نویسنده در صورت مسأله‌های کتاب دست برده است و همین منجر به آن فاجعه شده است. بلافاصله 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 بزنند). البته این واری همچنان ادامه دارد و مثلاً اخیراً بحث پدیده‌های 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 - و نه 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 درگیر تصحیح و بازنویسی کتاب‌های فیزیک دبیرستان بودم اندیشیدم برخی از معادله‌ها را به همان واژه‌هایی برگردانم که در کتاب‌های فیزیک دبیرستان 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 شاره‌هاست و 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 ۱۴، 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، منطبق 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 - محمدرضا خوش‌بین خوش‌نظر

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

فیزیک عمومی ۲

۱۰۷

عنوان درس		فارسی	فیزیک عمومی ۲			
		انگلیسی	General Physics 4			
دروس پیش‌نیاز	تعداد واحد عملی	تعداد واحد نظری	نوع واحد			
			الزامی		اختیاری	
	۰	۳	عملی	نظری	عملی	نظری
فیزیک عمومی ۲	آموزش تکمیلی عملی: دارد □ ندارد ■					
	سفر علمی: دارد □ ندارد ■					
	کارگاه: دارد □ ندارد ■					
	آزمایشگاه: دارد □ ندارد ■					
	سمینار: دارد □ ندارد ■					
	حل تمرین: در ساعت در هفته الزامی است.					

فیزیک عمومی ۳

۱۰۶

عنوان درس		فارسی	فیزیک عمومی ۳			
		انگلیسی	General Physics 3			
دروس پیش‌نیاز	تعداد واحد عملی	تعداد واحد نظری	نوع واحد			
			الزامی		اختیاری	
	۰	۲	عملی	نظری	عملی	نظری
فیزیک عمومی ۳	آموزش تکمیلی عملی: دارد □ ندارد ■					
	سفر علمی: دارد □ ندارد ■					
	کارگاه: دارد □ ندارد ■					
	آزمایشگاه: دارد □ ندارد ■					
	سمینار: دارد □ ندارد ■					
	حل تمرین: در ساعت در هفته الزامی است.					



هدف درس:

آشنایی با مقدمات فیزیک قرن بیستم؛ نسبیت خاص و فیزیک زیر اتمی

رئوس مطالب:

تعداد جلسات ۹۰ دقیقه‌ای	مبحث
۱	مقدمه‌ای بر فیزیک و تاریخ فیزیک در قرن ۲۰
۶	نسبیت خاص (سینماتیک-دینامیک)
۴	فیزیک کوانتومی: دیدگاه ذره‌ای (فوتوالکتریک -)
۴	فیزیک کوانتومی: دیدگاه موجی (دو شکاف -)
۲	مدل های ابتدایی مکانیک کوانتومی و عدم قطعیت
۲	طیف اتم هیدروژن
۲	مستوها
۲	وایاشی‌ها
۳	معرفی پرم‌کنش‌ها و ذرات بنیادی
۲	اختر فیزیک و نسبیت عام
۲۰	جمع

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
-	+	+	-

منابع اصلی:

Modern Physics. K.S. Krane, Wiley, 2012.

منابع فرعی پیشنهادی:

- 1) Fundamentals of Physics Extended, David Halliday, Robert Resnick, Jearl Walker, 10th edition (2013)
- 2) Physics, David Halliday, Robert Resnick, Kenneth S. Krane, 5th edition, (2001)
- 3) University Physics with Modern Physics, Technology Update, H. D. Young and R. A. Freedman, 13th Edition (2013).



هدف درس:

آشنایی با مبانی حرارت، مبانی شاردها، موج و نور.

رئوس مطالب:

تعداد جلسات ۹۰ دقیقه‌ای	مبحث
۴	تعریف چگالی و فشار- اصل پاسکال اصل ارشمیدس. سیال آرمانی و معادله پیوستگی
۶	ترمودینامیک (دما- تعادل انبساط بر اثر گرما قانون اول (کارو گرما) انتقال گرما)
۲	نظریه جنبشی
۲	قانون دوم و بازده
۲	موج و ذره، انواع موج، طول موج و فرکانس
۲	انواع گذرا و ایستا، تداخل امواج صوتی-تداخل امواج ضربه و اثر دو پلر
۳	نورهندسی، آینه عدسی‌ها، تلسکوپ و میکروسکوپ
۳	نور موجی آزمایش یانگ تداخل
۲	پراش
۲۰	جمع

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
-	+	+	-

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 <b>positively</b> 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 vactors. 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	

۶۷	۵-۱۶	تداخل موج‌ها
۶۷		اصل برهم‌نهی موج‌ها
۶۸		تداخل موج‌ها
۷۱	۶-۱۶	فازبردارها
۷۲		فازبردارها
۷۴	۷-۱۶	موج‌های ایستاده و تشدید
۷۵		موج‌های ایستاده
۷۶		بازتاب‌ها در مرز
۷۷		موج‌های ایستاده و تشدید
۸۰		مرور و خلاصه‌ی درس
۸۳		مسئله‌ها

۹۵	۱۷	امواج - II
۹۵	۱-۱۷	موج‌های عرضی
۹۵		فیزیک چیست؟
۹۶		امواج صوتی
۹۶		تندی صوت
۹۹	۲-۱۷	موج‌های صوتی پیش‌رونده
۹۹		موج‌های صوتی پیش‌رونده
۱۰۲	۳-۱۷	تداخل
۱۰۲		تداخل
۱۰۵	۴-۱۷	شدت و تراز صوت
۱۰۵		شدت و تراز صوت

۱۱۰	۵-۱۷	چشمه‌های صوتی موسیقایی
۱۱۰		چشمه‌های صوتی موسیقایی
۱۱۴	۶-۱۷	زنش
۱۱۴		زنش
۱۱۶	۷-۱۷	اثر دوپلر
۱۱۶		اثر دوپلر
۱۲۱	۸-۱۷	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	۱-۱۸	دما
۱۳۹		فیزیک چیست؟
۱۴۰		دما
۱۴۰		قانون صفرم ترمودینامیک
۱۴۱		اندازه‌گیری دما

۱۷	۱۴	شماره‌ها
۱۷	۱-۱۴	شماره‌ها، چگالی، و فشار
۱۷		فیزیک چیست؟
۱۸		شماره چیست؟
۲۰	۲-۱۴	شماره‌های ساکن
۲۰		شماره‌های ساکن
۲۳	۳-۱۴	اندازه‌گیری فشار
۲۳		اندازه‌گیری فشار
۲۴	۴-۱۴	اصل پاسکال
۲۵		اصل پاسکال
۲۵		نمایش اصل پاسکال
۲۵		اصل پاسکال و اهرم هیدرولیکی
۲۶	۵-۱۴	اصل ارشمیدس
۲۷		اصل ارشمیدس
۳۰	۶-۱۴	معادله‌ی پیوستگی
۳۱		شماره‌های آرمانی در حال حرکت
۳۲		معادله‌ی پیوستگی
۳۴	۷-۱۴	معادله‌ی برنولی
۳۴		معادله‌ی برنولی
۳۵		اثبات معادله‌ی برنولی
۳۸		مرور و خلاصه‌ی درس
۴۰		مسئله‌ها

۵۱	۱۶	امواج - I
۵۱	۱-۱۶	موج‌های عرضی
۵۲		فیزیک چیست؟
۵۲		انواع موج‌ها
۵۲		موج‌های عرضی و طولی
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 پیش‌رونده
۶۰	۲-۱۶	تندی موج در یک ریسمان کشیده
۶۰		تندی موج در یک ریسمان کشیده
۶۲	۳-۱۶	انرژی و توان یک موج پیش‌رونده در طول ریسمان
۶۲		انرژی و توان یک موج پیش‌رونده در طول ریسمان
۶۴	۴-۱۶	معادله‌ی موج
۶۵		معادله‌ی موج

- ۲-۲۰ آنتروپی در جهان واقعی: ماشین‌های گرمایی ..... ۲۲۹  
 آنتروپی در جهان واقعی: ماشین‌های گرمایی ..... ۲۲۹
- ۲-۲۰ یخچال‌ها و ماشین‌های واقعی ..... ۲۳۵  
 آنتروپی در جهان واقعی: یخچال‌ها ..... ۲۳۶  
 بازدهی ماشین‌های واقعی ..... ۲۳۷
- ۲-۴۰ آنتروپی از دیدگاه آماری ..... ۲۳۸  
 آنتروپی از دیدگاه آماری ..... ۲۳۹  
 احتمال آنتروپی ..... ۲۴۱  
 مرور و خلاصه‌ی درس ..... ۲۴۳  
 مسئله‌ها ..... ۲۴۵
- ۳۴ تصویرها**
- ۱-۳۴ تصویرها و آینه‌های تخت ..... ۲۵۳  
 فیزیک چیست؟ ..... ۲۵۳  
 دو نوع تصویر ..... ۲۵۳  
 اجسام گسترده ..... ۲۵۶
- ۲-۳۴ آینه‌های کروی ..... ۲۵۸  
 آینه‌های کروی ..... ۲۵۸  
 تصویرهای حاصل از آینه‌های کروی ..... ۲۶۰
- ۳-۳۴ سطح‌های شکست‌دهنده‌ی کروی ..... ۲۶۴  
 سطح‌های شکست‌دهنده‌ی کروی ..... ۲۶۴
- ۴-۳۴ عدسی‌های نازک ..... ۲۶۷  
 عدسی‌های نازک ..... ۲۶۷
- ۵-۳۴ ابزارهای نوری ..... ۲۷۴  
 ابزارهای نوری ..... ۲۷۵
- ۶-۳۴ اثبات سه فرمول ..... ۲۷۹  
 مرور و خلاصه‌ی درس ..... ۲۸۲  
 مسئله‌ها ..... ۲۸۴
- ۳۵ تداخل**
- ۱-۳۵ نور به‌عنوان موج ..... ۲۹۹  
 فیزیک چیست؟ ..... ۲۹۹  
 نور به‌عنوان موج ..... ۳۰۰
- ۲-۳۵ آزمایش تداخلی ینگ ..... ۳۰۵  
 پراش ..... ۳۰۶  
 آزمایش تداخل ینگ ..... ۳۰۷
- ۳-۳۵ شدت در تداخل دوشکافی ..... ۳۱۲  
 همدوسی ..... ۳۱۲  
 شدت در تداخل دوشکافی ..... ۳۱۳
- ۴-۳۵ تداخل در لایه‌های نازک ..... ۳۱۷  
 تداخل در لایه‌های نازک ..... ۳۱۸
- ۵-۳۵ تداخل سنج مایکلسون ..... ۳۲۴  
 تداخل سنج مایکلسون ..... ۳۲۵  
 مرور و خلاصه‌ی درس ..... ۳۲۶  
 مسئله‌ها ..... ۳۲۹
- ۳۶ پراش**
- ۱-۳۶ پراش تک‌شکافی ..... ۳۴۱  
 پراش تک‌شکافی ..... ۳۴۱
- ۲-۱۸ مقیاس‌های سلسیوس و فارنهایت ..... ۱۴۳  
 مقیاس‌های سلسیوس و فارنهایت ..... ۱۴۳
- ۳-۱۸ انبساط گرمایی ..... ۱۴۵  
 انبساط گرمایی ..... ۱۴۵
- ۴-۱۸ جذب گرما ..... ۱۴۸  
 دما و گرما ..... ۱۴۸  
 جذب گرما توسط جامدات و مایعات ..... ۱۵۰
- ۵-۱۸ قانون اول ترمودینامیک ..... ۱۵۴  
 نگاهی دقیق‌تر به مفاهیم کار و گرما ..... ۱۵۴  
 قانون اول ترمودینامیک ..... ۱۵۷  
 چند حالت خاص از قانون اول ترمودینامیک ..... ۱۵۸
- ۶-۱۸ سازوکارهای انتقال گرما ..... ۱۶۰  
 سازوکارهای انتقال گرما ..... ۱۶۱  
 مرور و خلاصه‌ی درس ..... ۱۶۵  
 مسئله‌ها ..... ۱۶۸
- ۱۹ نظریه‌ی جنبشی گازها**
- ۱-۱۹ عدد آووگادرو ..... ۱۸۱  
 فیزیک چیست؟ ..... ۱۸۱  
 عدد آووگادرو ..... ۱۸۲
- ۲-۱۹ گازهای کامل (آرمانی) ..... ۱۸۲  
 گازهای کامل (آرمانی) ..... ۱۸۳
- ۳-۱۹ فشار، دما و تندی RMS ..... ۱۸۷  
 فشار، دما، و تندی RMS ..... ۱۸۷
- ۴-۱۹ انرژی جنبشی انتقالی ..... ۱۸۹  
 انرژی جنبشی انتقالی ..... ۱۹۰
- ۵-۱۹ مسافت آزاد میانگین ..... ۱۹۰  
 مسافت آزاد میانگین ..... ۱۹۱
- ۶-۱۹ توزیع تندی‌های مولکولی ..... ۱۹۳  
 توزیع تندی‌های مولکولی ..... ۱۹۳
- ۷-۱۹ گرمای ویژه‌ی مولی یک گاز کامل ..... ۱۹۷  
 گرماهای ویژه‌ی مولی یک گاز کامل ..... ۱۹۷
- ۸-۱۹ درجه‌های آزادی و گرماهای ویژه‌ی مولی ..... ۲۰۱  
 درجه‌های آزادی و گرماهای ویژه‌ی مولی ..... ۲۰۲  
 اشاره‌ای به نظریه‌ی کوانتومی ..... ۲۰۴
- ۹-۱۹ انبساط بی‌درروی یک گاز کامل ..... ۲۰۵  
 انبساط بی‌درروی یک گاز کامل ..... ۲۰۵  
 مرور و خلاصه‌ی درس ..... ۲۰۹  
 مسئله‌ها ..... ۲۱۲
- ۲۰ آنتروپی و قانون دوم ترمودینامیک**
- ۱-۲۰ آنتروپی ..... ۲۲۱  
 فیزیک چیست؟ ..... ۲۲۲  
 فرآیندهای برگشت‌ناپذیر و آنتروپی ..... ۲۲۲  
 تغییر آنتروپی ..... ۲۲۳  
 قانون دوم ترمودینامیک ..... ۲۲۷

۴۳۳	۲-۳۸ اثر فوتوالکتریک
۴۳۴	اثر فوتو الکتریک
۴۳۷	۳-۳۸ فوتون‌ها، تکانه، پراکندگی کامپتون، تداخل نوری
۴۳۷	فوتون‌ها تکانه دارند
۴۴۱	نور به عنوان موج احتمال
۴۴۴	۴-۳۸ زایش فیزیک کوانتومی
۴۴۴	زایش فیزیک کوانتومی
۴۴۶	۵-۳۸ الکترون‌ها و موج‌های ماده
۴۴۷	الکترون‌ها و موج‌های ماده
۴۵۰	۶-۳۸ معادله‌ی شرودینگر
۴۵۱	معادله‌ی شرودینگر
۴۵۳	۷-۳۸ اصل قطعیت هایزنبرگ
۴۵۴	اصل عدم قطعیت هایزنبرگ
۴۵۵	۸-۳۸ بازتاب از یک پله‌ی پتانسیل
۴۵۵	بازتاب از یک پله‌ی پتانسیل
۴۵۷	۹-۳۸ تونل‌زنی در یک سدّ پتانسیل
۴۵۸	تونل‌زنی در یک سدّ پتانسیل
۴۶۱	مرور و خلاصه‌ی درس
۴۶۳	مسئله‌ها

۴۷۱	۳۹ مطالبی بیشتر درباره‌ی موج‌های ماده
۴۷۱	۱-۳۹ انرژی‌های الکترون به تله افتاده
۴۷۱	فیزیک چیست؟
۴۷۲	موج‌های ریسمان و موج‌های ماده
۴۷۳	انرژی‌های الکترون به تله افتاده
۴۷۴	یافتن انرژی‌های کوتابنده
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

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

۳۴۱	فیزیک چیست؟
۳۴۲	پراش و نظریه‌ی موجی نور
۳۴۳	پراش حاصل از تک‌شکاف: تعیین محلّ کمینه‌ها
۳۴۷	۲-۳۶ شدت در پراش تک‌شکافی
۳۴۷	شدت پراش تک‌شکافی، روش کیفی
۳۴۹	شدت در پراش تک‌شکافی، روش کمی
۳۵۲	۳-۳۶ پراش حاصل از یک روزنه‌ی دایره‌ای
۳۵۲	پراش حاصل از یک روزنه‌ی دایره‌ای
۳۵۶	۴-۳۶ پراش حاصل از دو شکاف
۳۵۷	پراش حاصل از دو شکاف
۳۶۰	۵-۳۶ توری‌های پراش
۳۶۰	توری‌های پراش
۳۶۴	۶-۳۶ توری‌ها: پاشندگی و توان تفکیک
۳۶۴	توری‌ها: پاشندگی و توان تفکیک
۳۶۷	۷-۳۶ پراش پرتوی X
۳۷۰	مرور و خلاصه‌ی درس
۳۷۲	مسئله‌ها

## فیزیک عمومی ۴

۳۷۱	نسبیت
۳۸۵	۱-۳۷ همزمانی و اتساع زمان
۳۸۵	فیزیک چیست؟
۳۸۶	اصول موضوعه
۳۸۸	اندازه‌گیری یک رویداد
۳۸۹	نسبیت همزمانی
۳۹۱	نسبیت زمان
۳۹۶	۲-۳۷ نسبیت طول
۳۹۶	نسبیت طول
۴۰۰	۳-۳۷ تبدیل لورنتس
۴۰۰	تبدیل لورنتس
۴۰۲	برخی از پیامدهای معادله‌های لورنتس
۴۰۴	۴-۳۷ نسبیت سرعت‌ها
۴۰۵	نسبیت سرعت‌ها
۴۰۶	۵-۳۷ اثر دوپلر برای نور
۴۰۶	اثر دوپلر 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

۴۳۱	۳۸ فوتون‌ها و موج‌های ماده
۴۳۱	۱-۳۸ فوتون، کوانتوم نور
۴۳۱	فیزیک چیست؟
۴۳۲	فوتون، کوانتوم نور

- ۴۰-۳ تشدید مغناطیسی ..... ۵۲۲
- تشدید مغناطیسی ..... ۵۲۳
- ۴۰-۴ اصل طرد پاولی و الکترون‌های چندگانه در یک تله ..... ۵۲۴
- اصل طرد پاولی ..... ۵۲۴
- الکترون‌های چندگانه در تله‌های مستطیلی ..... ۵۲۵
- ۴۰-۵ بنا کردن جدول تناوبی ..... ۵۲۸
- بنا کردن جدول تناوبی ..... ۵۲۹
- ۴۰-۶ پرتوهای X و ترتیب عنصرها ..... ۵۳۱
- پرتوهای X و ترتیب عنصرها ..... ۵۳۱
- ۴۰-۷ لیزرها ..... ۵۳۵
- لیزرها و نور لیزر ..... ۵۳۶
- لیزرها چگونه کار می‌کنند ..... ۵۳۷
- مرور و خلاصه‌ی درس ..... ۵۴۱
- مسئله‌ها ..... ۵۴۳
- ۴۱-۱ رسانش الکتریسیته در جامدها ..... ۵۵۱
- ۴۱-۱-۱ ویژگی‌های الکتریکی فلزات ..... ۵۵۱
- فیزیک چیست؟ ..... ۵۵۲
- ویژگی‌های الکتریکی جامدها ..... ۵۵۲
- ترازهای انرژی در جامد بلورین ..... ۵۵۳
- عایق‌ها ..... ۵۵۴
- فلزها ..... ۵۵۵
- ۴۱-۲ نیم‌رساناها و آلایش ..... ۵۶۱
- نیم‌رساناها ..... ۵۶۲
- نیم‌رساناهای آلاییده ..... ۵۶۳
- ۴۱-۳ پیوندگاه p-n و ترانزیستور ..... ۵۶۶
- پیوندگاه p-n ..... ۵۶۷
- یکسوساز پیوندی ..... ۵۶۹
- دیود نور-گسیل (LED) ..... ۵۷۰
- ترانزیستور ..... ۵۷۲
- مرور و خلاصه‌ی درس ..... ۵۷۳
- مسئله‌ها ..... ۵۷۶
- ۴۲-۱ فیزیک هسته‌ای ..... ۵۸۱
- ۴۲-۱-۱ کشف هسته ..... ۵۸۱
- فیزیک چیست؟ ..... ۵۸۱
- کشف هسته ..... ۵۸۱
- ۴۲-۲ برخی از ویژگی‌های هسته‌ای ..... ۵۸۴
- برخی از ویژگی‌های هسته‌ای ..... ۵۸۵
- ۴۲-۳ واپاشی پرتوزا ..... ۵۹۲
- واپاشی پرتوزا ..... ۵۹۲
- ۴۲-۴ واپاشی آلفا ..... ۵۹۶
- واپاشی آلفا ..... ۵۹۶
- ۴۲-۵ واپاشی بتا ..... ۵۹۹
- واپاشی بتا ..... ۵۹۹
- ۴۲-۶ عمرسنجی پرتوزا ..... ۶۰۲
- عمرسنجی پرتوزا ..... ۶۰۳
- ۴۲-۷ اندازه‌گیری دُز تابشی ..... ۶۰۴
- اندازه‌گیری دُز تابشی ..... ۶۰۴
- ۴۳-۸ مدل‌های هسته‌ای ..... ۶۰۵
- مدل‌های هسته‌ای ..... ۶۰۵
- مرور و خلاصه‌ی درس ..... ۶۰۹
- مسئله‌ها ..... ۶۱۱
- ۴۳-۱ انرژی حاصل از هسته ..... ۶۲۱
- ۴۳-۱-۱ شکافت هسته‌ای ..... ۶۲۱
- فیزیک چیست؟ ..... ۶۲۱
- شکافت هسته‌ای: فرایند اصلی ..... ۶۲۲
- نگاهی دقیق‌تر به شکافت ..... ۶۲۳
- مدلی برای شکافت هسته‌ای ..... ۶۲۵
- ۴۳-۲ راکتور هسته‌ای ..... ۶۲۹
- راکتور هسته‌ای ..... ۶۲۹
- ۴۳-۳ یک راکتور هسته‌ای طبیعی ..... ۶۳۴
- یک راکتور هسته‌ای طبیعی ..... ۶۳۴
- ۴۳-۴ گداخت گرما هسته‌ای: فرایند اصلی ..... ۶۳۶
- گداخت گرما هسته‌ای: فرایند اصلی ..... ۶۳۶
- ۴۳-۵ گداخت گرما هسته‌ای در خورشید و ستارگان دیگر ..... ۶۳۸
- گداخت گرما هسته‌ای در خورشید و ستارگان دیگر ..... ۶۳۸
- ۴۳-۶ گداخت گرما هسته‌ای کنترل‌شده ..... ۶۴۱
- گداخت گرما هسته‌ای کنترل‌شده ..... ۶۴۱
- مرور و خلاصه‌ی درس ..... ۶۴۴
- مسئله‌ها ..... ۶۴۶
- ۴۴-۱ کوارک‌ها، لپتون‌ها، و مهبانگ ..... ۶۵۳
- ۴۴-۱-۱ ویژگی‌های عمومی ذرات بنیادی ..... ۶۵۳
- فیزیک چیست؟ ..... ۶۵۳
- ذره‌ها، ذره‌ها، ذره‌ها ..... ۶۵۴
- میان‌گفتار ..... ۶۵۹
- ۴۴-۲ لپتون‌ها، هادرون‌ها، و شگفتی ..... ۶۶۳
- لپتون‌ها ..... ۶۶۴
- هادرون‌ها ..... ۶۶۶
- باز هم یک قانون پایستگی دیگر ..... ۶۶۶
- راه هشتگانه ..... ۶۶۸
- ۴۴-۳ کوارک‌ها و ذره‌های پیام‌رسان ..... ۶۷۱
- مدل کوارکی ..... ۶۷۱
- نیروهای اصلی و ذره‌های پیام‌رسان ..... ۶۷۵
- ۴۴-۴ کیهان‌شناسی ..... ۶۷۸
- درنگی برای اندیشیدن ..... ۶۷۸
- عالم در حال انبساط است ..... ۶۷۹
- تابش زمینه‌ی کیهانی ..... ۶۸۰
- ماده‌ی تاریک ..... ۶۸۱
- مهبانگ ..... ۶۸۲
- جمع‌بندی ..... ۶۸۶
- مرور و خلاصه‌ی درس ..... ۶۸۶
- مسئله‌ها ..... ۶۸۸
- ۴۴-۵ پاسخ‌ها ..... ۶۹۷
- نمایه ..... ۷۰۵