

ویراست یازدهم / دوازدهم

همان نسخه‌ی چاپی ویراست دهم

بر اساس آخرین تصحیحات نویسنده

دیوید هالیدی . رابرت رزنیگ . یول واکر

مبانی فیزیک

جلد اوّل

مکانیک و گرما

شاره‌ها و نوسان

محمد رضا خوش بین خوش نظر

نیاز دانش

فیزیک هالیدی: ویراست‌های پیشین

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 بیش 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^۱ 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 ضعف‌هایی 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 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 مطالب هیچ کتابی به پای مبانی فیزیک نمی‌رسد، البته اگر از کتاب مهجور فیزیک نوشته‌ی یوجین هشت^۲ بگذریم که واقعاً در بین کتاب‌های فیزیک پایه کم‌نظیر 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 ویراست نهم (همچون ویراست دهم) از من تشکر کرده بود، تماس گرفتم و جوایب 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 شده، ولی این دو کتاب تفاوتی با هم ندارند. در هر حال، کتاب *Principles* از جان - وایلی به دستم

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

² Physics Algebra/Trig by Eugen Hecht

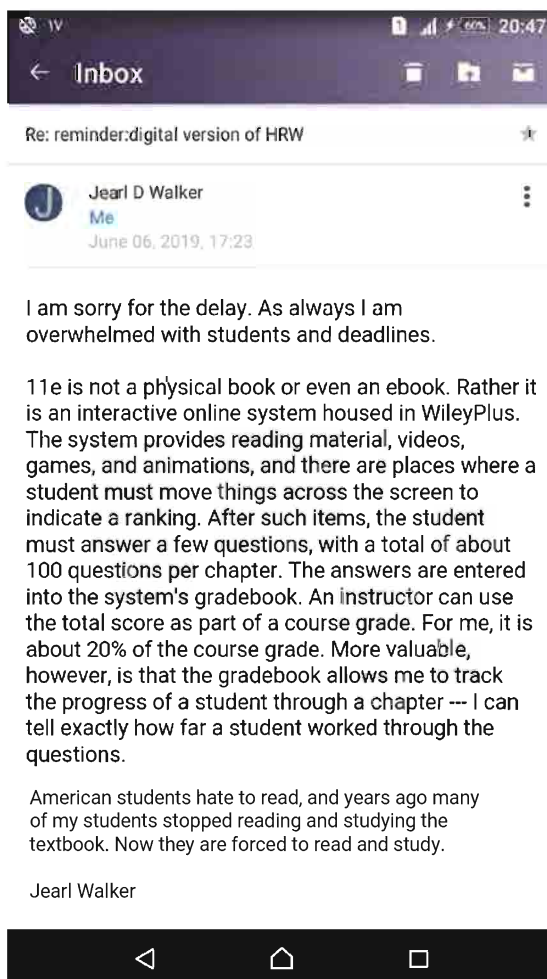
رسید و شروع به واریسی مسأله‌های آن کردم. حدود ۵۰٪ مسئله‌ها دچار تغییرات کمی نسبت به ویرایش قبلی شده بود که بسیاری از آن‌ها به جواب‌های زمختی می‌انجامید، پاره‌ای اصلاً جواب نمی‌داد (مثلاً زیر رادیکال منفی می‌شد!) و بعضی دیگر به جوابی می‌رسید که در مغایرت با پاسخی بود که در آخر کتاب داده شده بود. باز مجبور شدم با واکر تماس بگیرم و باز از او انکار و از من اصرار. می‌گفت ما مسأله‌ها را بارها و بارها واریسی 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. البته ویراست دهم نیز خالی از اشکال نبود که البته پاره‌ای از آنها را به واکر گوشزد کردم که همگی مورد تأیید او قرار گرفت (شاید نامه‌های ما درباره‌ی این ویراست به بیش از ۴۰ نامه سر بزند). این واریسی همچنان ادامه یافت و مثلاً بحث پدیده‌های مابعدالطبیعی در ماشین کارنوی کتاب داشتیم که به تغییراتی در متن کتاب انجامید. تا آنجا که توانسته‌ام اصلاحات تأیید شده را در ترجمه‌ی ویراست دهم اعمال کنم.

اما در مورد ترجمه‌ی این کتاب، باید اعتراف کنم بعد از سال‌های زیادی که ویراست‌های مختلف مبانی فیزیک را ترجمه کرده‌ام، پس از آنکه دریافتیم ویراست دهم به یقین آخرین ویراست چاپی 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 تألیف 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 - به‌درستی - 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 مخاطبان این کتاب به سایت *WileyPLUS* دسترسی ندارند، ناشرم در صدد است محیط جامعی بر اساس سایت مدرسان *Wiley* برای کتاب تهیه کند که البته کلیه فصول کتاب را شامل می‌شود و توصیه می‌شود هر گاه این محیط مهیا شد، دانشجویان برای درک جامع کتاب سری به آن هم بزنند، بخصوص که آزمون‌های تعاملی نیز در آن تدارک دیده شده است.

فیزیک هالیدی: ویراست دهم یا یازدهم؛ مسئله این است

واکر به من اطمینان داده بود که ویراست دهم، آخرین ویراست چاپی کتاب خواهد بود، به طوری که من با اطمینان در مقدمه‌ی خود بر ویراست دهم به این موضوع اشاره کردم. ولی در ۲۴ جولای سال ۲۰۱۵، نطفه‌ی کتاب دیگری بسته شد که چیزی سوی آن نسخه‌ی چاپی بود. واکر در ۲۵ جولای ۲۰۱۵ از کتابی با من سخن گفت که روز قبلش قرارداد آن را با جان وایلی بسته بود. او برایم نوشت که دانشجویان آمریکایی دیگر رغبتی به خواندن کتاب‌های چاپی ندارند و او در پی نگارش کتابی مبتنی بر *WileyPLUS* است که بر روی گوشی‌های هوشمند و آی‌پد نیز قابل خواندن باشد - کتابی که البته یک *e-book* نخواهد بود، چرا که برای سال‌ها کتاب مبانی فیزیک به صورت *e-book* در دسترس بوده است. او در پایان نامه خاطرنشان کرد که ویراست دهم مبانی فیزیک برای همیشه برقرار خواهد بود، و آنچه او در پی آن است نوع دیجیتالی خاصی از این ویراست است که عملاً برای دانشجویان آمریکایی و مدرسانی که قابلیت دسترسی به *WileyPLUS* را دارند، قابل استفاده خواهد بود.

با این اوصاف، در نمایشگاه بین‌المللی کتاب سال ۱۳۹۸ از گوشه و کنار شنیدم که ویراست یازدهم کتاب مبانی فیزیک چاپ شده است و برایم عجیب بود که واکر چنین خطبی را انجام داده است. با او تماس گرفتم و قولش را یادآور شدم. او در پاسخ گفت این کتاب که نام ویراست یازدهم را گرفته است، همان نسخه دیجیتالی تعاملی مبتنی بر *WileyPLUS* است که چهار سال پیش وعده‌ی آن را داده بود و عملاً نسخه‌ی چاپی کتاب همان ویراست دهم است - البته با اصلاحاتی که من پیشتر در ویراست دهم انتشارات نیاز دانش به انجام رسانیده بودم؛ چرا که در این مدت من به‌عنوان یکی از اعضای تیم مرورگران ویراست دهم نظرات اصلاحی خود را برای او ارسال و تمامی موارد مورد تأیید او را در ترجمه‌ی کتاب اعمال کرده بودم. از همین رو است که اکنون در این نسخه‌ی تعاملی نیز از نگارنده به عنوان یکی از اعضای تیم مرورگران صاحب‌نظر تشکر شده است.



تصویر یکی از نامه‌های واکر

با این حال، فضای منحنی بازار که اطلاعاتی از این مباحث نداشت، در بوق و کرنا کردند که ویراست یازدهم مبانی فیزیک چاپ شده است و عده‌ای از همه‌جا بی‌خبر نیز در پی ویراست یازدهم گشتند که همین باعث شد برخی با سوء استفاده از این موضوع و صرفاً با تغییر واژه‌ی ویراست ۱۰ به ویراست ۱۱، آن کتاب قدیمی را - که تازه همان هم دقیقاً محتوای ویراست دهم را نداشت - به‌عنوان ویراست ۱۱ به خلاق‌الله غالب کنند. ناشر محترم بنده نیز در این میانه مانده بود چه‌کار کند. اگر می‌خواست مانند آن‌ها کتاب خود را ویراست ۱۱ بنامد، او نیز به جمع نااهلان می‌پیوست و اگر می‌خواست درست و منطقی عمل کند، باید کتاب را با نام اصلی ویراست ۱۰ به چاپ می‌رساند و در این صورت آن عده‌ی از همه‌جا بی‌خبر سراغ آخرین ویراست را می‌گرفتند و به این ترتیب کتاب او زمین می‌خورد. چاره چه بود؟ چاره را آن دیدیم که راه میانه را پیش گیریم و در عین حال واقعیت را هم بگوییم. جلد کتاب را مطابق جلد جدید نسخه‌ی انگلیسی تغییر دادیم. جالب آنکه روی جلد جدید نوشته شده است «این همان نسخه‌ای است که پیشتر به عنوان ویراست دهم فروخته می‌شد» همچنین بخشی از مقدمه‌ی ویراست یازدهم را نیز در پی این مقدمه آوردیم که در آن به‌وضوح اشاره شده است که تنها تفاوت نسخه‌ی چاپی ویراست جدید با ویراست دهم، همین مقدمه‌ای است که بر آن نوشته شده است؛ مقدمه‌ای که البته خواندن بخش آغازین آن خالی از لطف نیست. با این اوصاف، به مصداق آنکه گفته‌اند «عدو شود سبب خیر، اگر خدا خواهد» بر آن شدم از فرصت استفاده کنم و در آنچه اکنون ترجمه ویراست یازدهم خوانده می‌شود، چند ایراد جزئی در ترجمه ویراست دهم را اصلاح کنم - ایراداتی که در غیر این صورت سخت می‌توانستم ناشر محترم را به اصلاح آن‌ها ترغیب کنم.

ظاهراً پس از شارون که واکر را به نگاشتن کتاب *نمایش هیجان انگیز فیزیک* واداشت، اکنون دانشجوی دختر دیگری به نام ریچل او را به طراحی این واحد آموزشی واداشته است. من خیلی در پی شارون گشتم، ولی او را نیافتم. ولی خوشبختانه این بار ریچل را در کنار واکر می‌یابم و دیگر دلیلی برای جستن او نمی‌بینم. همچنین به‌گمانم واکر در این مقدمه اندکی مبادی آداب بوده و نخواستہ است حرف دلش را که چند بار به من زده بود، بازگو کند و آن اینکه دانشجویان امروز آمریکایی برخلاف اسلافشان تمایلی به خواندن ندارند و او با طراحی این واحد یادگیری به‌دنبال آن بوده است که شاید دانشجویانی مثل ریچل را ترغیب به آموختن کند - طرحی که او از آن به عنوان فیزیک برای ریچل یاد می‌کند. شاید یک بهره از این مقدمه آن باشد که مدرسان ما را نیز ترغیب به طراحی واحدهای آموزشی مشابهی برای دانشجویان خود کند.

تهران - محمدرضا خوش‌بین خوش‌نظر

مقدمه

ویراست یازدهم

چگونه از ویراست یازدهم مبانی فیزیک استفاده کنیم

این ویراست یازدهم از دوره‌ی درسی *WileyPLUS* برای مبانی فیزیک است. باید توجه داشته باشید بخش چاپی کتاب، شماره‌ی ویراست ندارد. این به آن دلیل است که ما در حالی که به‌طور کامل دوره‌ی درسی *WileyPLUS* برای ویراست ۱۱ را بازنگری کرده‌ایم، ولی هیچ تغییری در متن چاپی، به جز در این مقدمه انجام نداده‌ایم. امید آن است که دانشجویان از ویراست ۱۱ مبانی فیزیک در *WileyPLUS* به‌عنوان یگانه منبع درسی خود استفاده کنند. ولی اگر آنها نیاز به یک کتاب چاپی دارند، ویراستی که پیشتر به عنوان ویراست ۱۰ فروخته می‌شد، همچنان در دسترس است.

نامه‌ای از نویسنده

فیزیک برای ریچل

ویراست یازدهم مبانی فیزیک یک واحد درسی یادگیری برخط، تعاملی، و دیجیتال مبتنی بر *WileyPLUS* است. عنوان فیزیک برای ریچل را از آنرو برای این بخش برگزیدم که من طراحی این واحد یادگیری را هنگامی آغاز کردم که ریچل کاترینا دانشجوی کلاس فیزیک ترم اولم بود.



یرل واکر و ریچل کاترینا

در چند هفته‌ی اول، ریچل به اتاق کارم می‌آمد تا او را در یادگیری درس یاری کنم. بزودی دریافتم که گرچه بسیار مشتاق است که موفق شود، ولی با خواندن کتاب درسی به حد کافی نمی‌آموزد و از کلاس‌های من آنقدر فرا نمی‌گیرد که بتواند از پس تکالیف خانه برآید و یا خود را برای آزمون‌ها آماده کند. بنابراین، ما در ادامه‌ی ترم هر هفته یک جلسه‌ی دوساعته‌ی گذاشتیم تا در مورد فیزیک با هم بحث کنیم. من قدری از یک مبحث فیزیک را توضیح می‌دادم و سپس پرسش‌هایی هدفمند را از او می‌پرسیدم. او پاسخ می‌داد. اگر پاسخش نادرست بود، به او پاسخ درست و دلیل آن را می‌گفتم. به جای آموزش غیرفعال در کتاب‌های درسی یا شنیدن غیرفعال به نطق استاد، ما یک مبادله‌ی تعاملی از پرسش و پاسخ داشتیم. *انفعال* جایش را به *تعامل* داده بود. او فیزیک می‌آموخت و من درمی‌یافتم یک دانشجوی معاصر چگونه می‌اندیشد.

در پایان ترم، ایده‌ی تبدیل ویراست دهم *مبانی فیزیک* به یک «کتاب» *برخط*، دیجیتال، و تعاملی را با ناشرم، *جان وایلی و پسران* در میان گذاشتم. اکنون ما با هم آن کتاب قدیمی مملو از هزاران جمله‌ی توضیحی را به گفتمانی از نوع *ریچلی* آن تبدیل کرده‌ایم. در هر بخش از یک فصل، من نخست قدری از یک مبحث فیزیکی را توضیح می‌دهم و سپس چند پرسش هدفمند مطرح می‌کنم. اگر پاسخ دانشجو نادرست باشد، سپس پاسخ درست و دلیل آن را بیان می‌کنم. به این ترتیب، من دانشجو را در سرتاسر فصل هدایت و راهنمایی می‌کنم. این کتاب اکنون بیشتر از یک کتاب صرف است. این کتاب اکنون بخشی از یک واحد یادگیری شامل اطلاعات، چالش‌های تعاملی، بازی‌های فعال (که می‌تواند فعالیت‌های گروهی باشد)، و محیط نهفته^۱ است.

واقعیت این است که امروزه بسیاری از دانشجویانی که درس فیزیک پایه را می‌گیرند شبیه *ریچل* هستند و نیاز به راهنمایی‌ها و تعامل‌های فراوانی دارند. گرچه من شخصاً نمی‌توانم، مانند آنچه برای *ریچل* انجام دادم، برای تمام دانشجویان در دسترس باشم، اما این مرجع دیجیتال و تعاملی ۲۴ ساعت روز، در ۷ روز هفته در دسترس است.

¹ Embedded medium

در باب ویراست دوازدهم و اینکه چرا باید به جنگ ویراست‌ها پایان داد؟

اندک زمانی پس از آنچه ویراست یازدهم مبانی فیزیک خوانده شد، خبر از انتشار ویراست دوازدهم رسید. طبق عادت مألوف دوباره با جرل واکر تماس گرفتم. این بار به واقع شاکی بودم و بی پروا به او تاختم. او هم در نامه ای که به پیوست آورده‌ام به خوبی توضیح می‌دهد تحت فشار ناشر مجبور می‌شود تغییراتی در کتاب بدهد و با ناخرسندی می‌گوید این کتاب در هر حال کتاب ناشر است و او مجبور است مطیع درخواست کارفرما باشد.

کتاب مبانی فیزیک عملاً در ویراست دهم که شکل‌ترین و جامع‌ترین ویراست کتاب است به پایان رسیده است و مؤلف به ضرب و زور ناشر به ناچار تغییراتی در کتاب ایجاد می‌کند تا نظر ناشر را از این نظر برآورده کند که در رقابت با ناشران دیگری که کتابهایی از این دست چاپ می‌کنند، از قافله عقب نماند. همان طور که از متن نامه برمی‌آید مؤلف صرفاً در برخی از فصل‌ها یکی از مسئله‌های نمونه را تغییر داده که این اضافات هم همان مسئله‌های نمونه‌ای بوده است که پیشتر در ویراست‌های قبلی حذف شده بودند- مسئله‌هایی که به یقین در صورت تداوم انتشار ویراست‌های خنثی بعدی با مسئله‌های نمونه‌محذوف دیگری جایگزین می‌شوند! برخی از مسئله‌های پایان فصل که از قضا خوب و چالشی بوده‌اند نیز حذف شده‌اند و به جایشان مسئله‌های ساده‌ای آمده است که بیشتر مناسب دانشجویان رشته‌های غیرفیزیک و مهندسی است و مواردی هم از کتاب درخشان نمایش هیجان‌انگیز فیزیک افزوده شده که سالهاست ترجمه آن در اختیار علاقه‌مندان است -درحالی که متن اصلی کتاب به گواهی نامه واکر هیچ تغییری نکرده است. این تغییرات به حدی خنثی است که واکر برایم نوشته است «به زحمتش نمی‌ارزد که ترجمه اش کنی».

خوشبختانه ویراست مورد تأیید آموزش عالی همان ویراست وزین و استوار دهم است و دنبال کردن ویراست‌های بعدی (آنچنان که واکر در انتهای نامه اش خبر از آن می‌دهد) کاری عبث و بیهوده است و ارزش و اهمیت علمی ندارد...

مفتخرم واکر همچنان از من به عنوان یکی از مرورگران کتاب یاد و تشکر کرده است. من بی‌گمان در به سامان رساندن ویراست سترگ دهم نقش درخوری داشته‌ام و خرسندم کتابی بایسته و شایسته برای همیشه برجای مانده است.

The publisher insisted on another edition and gave me 11 months to produce one. (They own the copyright, not me.) In my 32 years of working on the book, putting out 12e was by far the worst experience.

I changed one sample problem in most of the chapters, some unique but also some good ones from earlier editions. I removed some of the homework problems at the end of each chapter and put in about 200 new ones, many with medical applications or traffic-flow applications. I put in more description of black holes and the first photograph of a black hole, but I did not change the basic physics and kept in the really good homework problems. I don't think a new translation is worth your effort.

I am now at work on 12e of the Global Edition (formerly called the International Student Edition). It is based on 12e, but I am changing nearly all the data in the homework problems and replacing some of the sample problems with ones from earlier editions.

The market for print books is rapidly approaching zero, so I will just alter the online version. There might be a Global 13e in 4 or 5 years, but at age 77, I may be rapidly approaching zero.

Jearl Walker

نخستین تصحیحاتی که با رایزنی مترجم در ویراست دهم کتاب اعمال 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 μ Wb	Ok in WP		yes
Ans	AN-3 Vol 2	Prob 30-101	Answer to prob 101 should be 1.15 μ 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 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	

مقدمه

ویراست دهم

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*¹ 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*²، 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) ارسال کنید. ممکن است نتوانیم به همه‌ی پیشنهادها پاسخ دهیم، ولی همه‌ی آن‌ها را حفظ و مطالعه خواهیم کرد.

نمایش هیجان‌انگیز فیزیک

یرل واکر



مغزها و چشم‌ها را فریب دهد
رسول جعفر برزاق

¹ The Flying Circus of Physics

² 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.

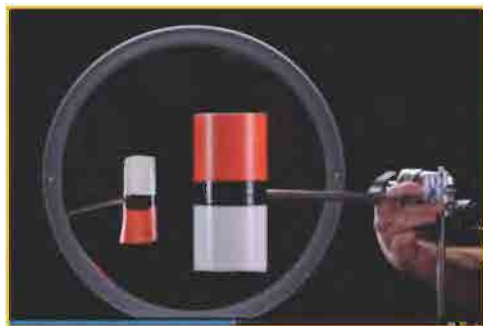
من برای حل این مشکل، در این ویراست جدید، هر فصل را با بخش‌هایی مفهومی مبتنی بر یک موضوع اصلی نوسازی کردم و هر بخش را با فهرستی از هدف‌های یادگیری آغاز نمودم. این فهرست شامل شرحی واضح از مهارت و نکات آموزشی است که باید در پی خواندن آن بخش فرا گرفته شود. در پی هر فهرست، خلاصه‌ی کوتاهی از نکته‌هایی کلیدی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

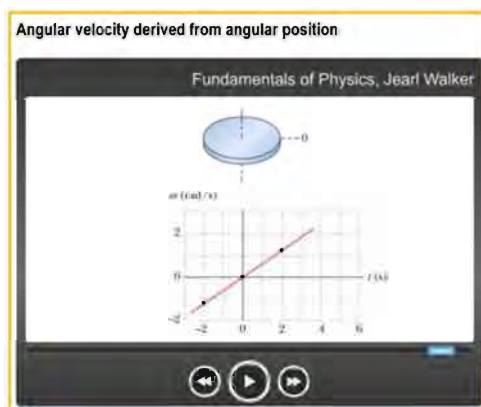


یادگیری پویا پر از کمک‌های آموزشی مختلف است که شامل حل با راهنمایی و مرحله به مرحله‌ی مسئله‌ها، همراه با آزمون‌های کوچک، تصاویر متحرک، صدها مسئله‌ی نمونه، شبیه‌سازی‌ها و نمایش‌های تصویری، و بالغ

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

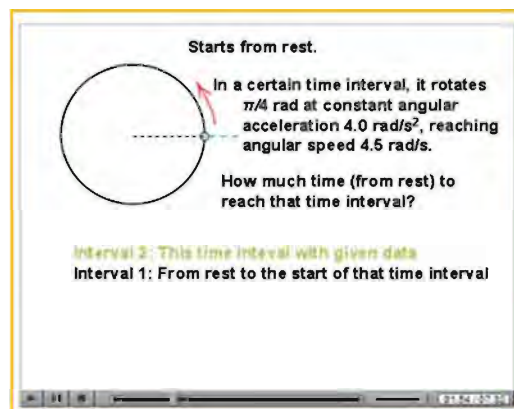


وقتی من نخستین ویراست کتاب *هالیدی - رزنیکی* در سال اول تحصیل خود فرا می‌گرفتم، برای درک بیشتر مطالب آن، هر فصل را بارها و بارها می‌خواندم. ولی امروزه دانشجویان گستره‌ی وسیعی از شیوه‌های یادگیری را در اختیار دارند، و من از این رو گستره‌ی وسیعی از ابزارهای یادگیری را هم در این ویراست جدید و هم به طور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

Exact 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 distance is $s = 2.75$ Check Your Input

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

What was the initial angular speed?

Number Unit

Exact 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 distance is $s = 2.75$ 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 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 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 دانشجوی باشد یا صرفاً وسیله‌ای باشد برای استفاده‌ی دانشجوی.

• 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) $۱-۳m, ۵m$ (ب) $۱-۳m, -۷m$ (پ) $۱-۳m, -۷m$ ؟

• همهی مسئله‌های آخر فصل (و بسیاری مسائل دیگر) در *WileyPLUS* موجود است. مدرس می‌تواند یک تکلیف‌خانه ایجاد کند و وقتی پاسخ‌ها به طور برخط رسیدند، چگونگی نمره دادن به آن‌ها را تنظیم کند. مثلاً، مدرس می‌تواند زمان پاسخ‌گویی و این‌که دانشجوی 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 تکلیف‌خانه 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 دانشجوی را بیازمایند.

نشانگرهایی 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.

حل در *ILW*

<http://www.wiley.com/college/halliday> داده شده است.

تعداد نقطه‌ها مطابقت‌دهنده‌ی مسئله را مشخص می‌کند.

حل به روش تعاملی در *WWW*

اطلاعات بیشتر در کتاب نمایش هیجان‌انگیز فیزیک و در www.flyingcircusofphysics.com

سپاسگزاری

ویراست دهم

اشخاص زیادی در این کتاب سهیم 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-بن لیانو از آزمایشگاه ملی لارنس لیورمور، جیمز وایتتون از دانشگاه ایالتی پلی‌تکنیک جنوبی، و جری شی از سیتی کالج پاسادنا کار بسیار سترگ تهیه‌ی پاسخ‌های مسأله‌ها را بر عهده داشته‌اند. در انتشارات جان وایلی از کمک‌های استوارت یوهانسون، جرالدين 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 لژور 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 نظرها و ایده‌هایشان در مورد ویراست‌های اخیر کتاب سپاسگزاری کنند:

جانانان آبرامسون از دانشگاه ایالتی پرتلند؛ عمر آدوی از کالج پرتلند؛ ادوارد آدلسون از دانشگاه ایالتی آهایو؛ استیون آر. بیکر 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؛ استوارت لوکس از کالج آمریکن ریور؛ لارنس لوریو از دانشگاه ایلنوی شمالی؛ تین ماهسوارانتان از دانشگاه ویتروپ؛ جو مک‌کولاج از کالج کابلریلو؛ کارل ای. موگان از آکادمی نیروی دریایی ایالات متحده؛ دان ان. پیچ از دانشگاه آلبرتا؛ الی ریچی از کالج فورت اسکات کامیونیتی، اندرو جی. رینزler از دانشگاه فلوریدا؛ دوبراوکا راپنیک از دانشگاه ایالتی لویزیانا؛ رابرت اشبینگر از دانشگاه رانگرس؛ روث شوارتز از دانشکده‌ی مهندسی میلوکی؛ کارول استرانگ از دانشگاه آلبرتا در هانتیل؛ نورا تورنبر از کالج راریتان ولی کامیونیتی؛ فرانک ونگ از کالج لاگو آریا کامیونیتی؛ گراهام دبلیو. ویلسون از دانشگاه کانزاس؛ رولند وینکلر از دانشگاه ایلنوی شمالی، اورلینج زوکر از دانشگاه ایالتی کلیولند.

سپاسگزاری

ویراست یازدهم

مرورگران صاحب‌نظر بیرونی ما ممتاز و برجسته بوده‌اند و در اینجا می‌خواهیم مراتب قدردانی خود را به تک تک اعضای این تیم واری ابراز داریم.

- M. R. Khoshbin-e-Khoshnazar, *Research Institution for Curriculum Development and Educational Innovations (Tehran)*
- Sudipa Kirtley, *Rose-Hulman Institute*
- Leonard Kleinman, *University of Texas at Austin*
- Craig Kletzing, *University of Iowa*
- Peter F. Koehler, *University of Pittsburgh*
- Arthur Z. Kovacs, *Rochester Institute of Technology*
- Kenneth Krane, *Oregon State University*
- Hadley Lawler, *Vanderbilt University*
- Priscilla Laws, *Dickinson College*
- Edbertho Leal, *Polytechnic University of Puerto Rico*
- Vern Lindberg, *Rochester Institute of Technology*
- Peter Loly, *University of Manitoba*
- Stuart Loucks, *American River College*
- Laurence Lurio, *Northern Illinois University*
- James MacLaren, *Tulane University*
- Ponn Maheswaranathan, *Winthrop University*
- Andreas Mandelis, *University of Toronto*

- Robert R. Marchini, *Memphis State University*
- Andrea Markelz, *University at Buffalo, SUNY*
- Paul Marquard, *Caspar College*
- David Marx, *Illinois State University*
- Dan Mazilu, *Washington and Lee University*
- Jeffrey Colin McCallum, *The University of Melbourne*
- Joe McCullough, *Cabrillo College*
- James H. McGuire, *Tulane University*
- David M. McKinstry, *Eastern Washington University*
- Jordon Morelli, *Queen's University*
- Eugene Mosca, *United States Naval Academy*
- Carl E. Mungan, *United States Naval Academy*
- Eric R. Murray, *Georgia Institute of Technology, School of Physics*
- James Napolitano, *Rensselaer Polytechnic Institute*
- Blaine Norum, *University of Virginia*
- Michael O'Shea, *Kansas State University*
- Don N. Page, *University of Alberta*

فهرست مطالب

۶۸	جمع بردارها به روش هندسی
۷۰	مؤلفه‌های بردار
۷۳	۲-۳ بردارهای یگه، جمع بردارها با استفاده از مؤلفه‌ها
۷۳	بردارهای یگه
۷۴	جمع بردارها با استفاده از مؤلفه‌ها
۷۵	بردارها و قوانین فیزیک
۷۷	۳-۳ ضرب بردارها
۷۷	ضرب بردارها
۸۲	مرور و خلاصه‌ی درس
۸۴	مسئله‌ها

۴ حرکت در دو و سه بعد

۹۳	۱-۴ مکان و جابه‌جایی
۹۳	فیزیک چیست؟
۹۴	مکان و جابه‌جایی
۹۵	۲-۴ سرعت متوسط و سرعت لحظه‌ای
۹۶	سرعت متوسط و سرعت لحظه‌ای
۹۸	۳-۴ شتاب متوسط و شتاب لحظه‌ای
۹۸	شتاب متوسط و شتاب لحظه‌ای
۱۰۰	۴-۴ حرکت پرتابی
۱۰۰	حرکت پرتابی
۱۰۷	۵-۴ حرکت دایره‌ای یکساخت
۱۰۷	حرکت دایره‌ای یکساخت
۱۰۹	۶-۴ حرکت نسبی در یک بعد
۱۱۰	حرکت نسبی در یک بعد
۱۱۱	۷-۴ حرکت نسبی در دو بعد
۱۱۱	حرکت نسبی در دو بعد
۱۱۳	مرور و خلاصه‌ی درس
۱۱۶	مسئله‌ها

۵ نیرو و حرکت - I

۱۳۳	۱-۵ قانون‌های اول و دوم نیوتون
۱۳۳	فیزیک چیست؟
۱۳۴	مکانیک نیوتونی
۱۳۴	قانون اول نیوتون
۱۳۵	نیرو
۱۳۶	جرم
۱۳۸	قانون دوم نیوتون
۱۴۱	۲-۵ چند نیروی خاص
۱۴۲	چند نیروی خاص

۱ اندازه‌گیری

۱-۱ اندازه‌گیری چیزها، از جمله طول

۱۷	فیزیک چیست؟
۱۷	اندازه‌گیری چیزها
۱۸	دستگاه بین‌المللی یکاها
۱۹	تبدیل یکاها
۲۰	طول
۲۰	رقم‌های بامعنی و رقم‌های اعشاری

۲-۱ زمان

زمان

۳-۱ جرم

۲۳	کیلوگرم استاندارد
۲۳	دومین استاندارد جرم
۲۴	چگالی
۲۴	مرور و خلاصه‌ی درس
۲۵	مسئله‌ها

۲ حرکت در راستای یک خط راست

۱-۲ مکان، جابه‌جایی و سرعت متوسط

۳۳	فیزیک چیست؟
۳۳	حرکت
۳۴	مکان و جابه‌جایی

۲-۲ سرعت و تندی لحظه‌ای

سرعت و تندی لحظه‌ای

۳-۲ شتاب

شتاب

۴-۲ شتاب ثابت

شتاب ثابت: یک حالت خاص
نگاهی دیگر به شتاب ثابت

۵-۲ شتاب سقوط آزاد

شتاب سقوط آزاد

۶-۲ انتگرال‌گیری نموداری در تحلیل حرکت

انتگرال‌گیری نموداری در تحلیل حرکت

۴۰	مرور و خلاصه‌ی درس
۴۰	مسئله‌ها

۳ بردارها

۱-۳ بردارها و مؤلفه‌های آنها

۶۷	فیزیک چیست؟
۶۷	بردارها و نرده‌ای‌ها

۲۴۸	۳-۸ تفسیر منحنی انرژی پتانسیل	۱۴۶
۲۴۸	تفسیر منحنی انرژی پتانسیل	۱۴۶
۲۵۲	۴-۸ کار انجام شده توسط یک نیروی خارجی بر روی دستگاه	۱۴۷
۲۵۲	کار انجام شده توسط یک نیروی خارجی بر روی دستگاه	۱۵۳
۲۵۵	۵-۸ پایداری انرژی	۱۵۶
۲۵۶	پایداری انرژی	
۲۶۰	مرور و خلاصه‌ی درس	
۲۶۳	مسئله‌ها	

۹ مرکز جرم و تکانه‌ی خطی

۲۸۳	۱-۹ مرکز جرم	۱۶۹
۲۸۳	فیزیک چیست؟	۱۶۹
۲۸۴	مرکز جرم	۱۷۰
۲۸۹	۲-۹ قانون دوم نیوتون برای دستگاهی از ذرات	۱۷۲
۲۸۹	قانون دوم نیوتون برای دستگاهی از ذرات	۱۷۶
۲۹۳	۳-۹ تکانه‌ی خطی	۱۷۹
۲۹۳	تکانه‌ی خطی	۱۷۹
۲۹۴	تکانه‌ی خطی دستگاهی از ذرات	۱۸۴
۲۹۵	۴-۹ برخورد و ضربه	۱۸۷
۲۹۵	برخورد و ضربه	
۲۹۹	۵-۹ پایداری تکانه‌ی خطی	۲۰۱
۲۹۹	پایداری تکانه‌ی خطی	۲۰۱
۳۰۲	۶-۹ تکانه و انرژی جنبشی در برخوردها	۲۰۲
۳۰۳	تکانه و انرژی جنبشی در برخوردها	۲۰۳
۳۰۳	برخورد ناکشسان در یک بعد	۲۰۴
۳۰۶	۷-۹ برخورد کشسان در یک بعد	۲۰۸
۳۰۷	برخورد کشسان در یک بعد	۲۰۸
۳۱۰	۸-۹ برخورد در دو بعد	۲۱۲
۳۱۰	برخورد در دو بعد	۲۱۳
۳۱۱	۹-۹ دستگاه‌های با جرم متغیر: موشک	۲۱۶
۳۱۱	دستگاه‌های با جرم متغیر: موشک	۲۱۶
۳۱۴	مرور و خلاصه‌ی درس	۲۲۰
۳۱۴	مسئله‌ها	۲۲۰

۱۰ چرخش

۳۳۵	۱-۱۰ متغیرهای چرخشی	۲۲۲
۳۳۶	فیزیک چیست؟	۲۲۵
۳۳۶	متغیرهای چرخشی	
۳۴۲	آیا کمیت‌های زاویه‌ای بردارند؟	
۳۴۳	۲-۱۰ چرخش با شتاب زاویه‌ای ثابت	۲۳۷
۳۴۳	چرخش با شتاب زاویه‌ای ثابت	۲۳۷
۳۴۵	۳-۱۰ رابطه‌ی بین متغیرهای خطی با متغیرهای زاویه‌ای	۲۳۸
۳۴۶	رابطه‌ی متغیرهای خطی با متغیرهای زاویه‌ای	۲۳۹
۳۴۹	۴-۱۰ انرژی جنبشی چرخش	۲۴۲
۳۴۹	انرژی جنبشی چرخش	۲۴۴

۳-۵ به کارگیری قوانین نیوتون	
قانون سوم نیوتون	
به کارگیری قوانین نیوتون	
مرور و خلاصه‌ی درس	
مسئله‌ها	

۶ نیرو و حرکت II

۱-۶ اصطکاک	
فیزیک چیست؟	
اصطکاک	
ویژگی‌های اصطکاک	
۲-۶ نیروی پس‌کشی و تندی حد	
نیروی پس‌کشی و تندی حد	
۳-۶ حرکت دایره‌ای یکنواخت	
حرکت دایره‌ای یکنواخت	
مرور و خلاصه‌ی درس	
مسئله‌ها	

۷ انرژی جنبشی و کار

۱-۷ انرژی جنبشی	
فیزیک چیست؟	
انرژی چیست؟	
انرژی جنبشی	
۲-۷ کار و انرژی جنبشی	
کار	
کار و انرژی جنبشی	
۳-۷ کار انجام شده توسط نیروی گرانشی	
کار انجام شده توسط نیروی گرانشی	
۴-۷ کار انجام شده توسط نیروی فنری	
کار انجام شده توسط نیروی فنری	
۵-۷ کار انجام شده توسط یک نیروی متغیر در حالت کلی	
کار انجام شده توسط یک نیروی متغیر در حالت کلی	
۶-۷ توان	
توان	
مرور و خلاصه‌ی درس	
مسئله‌ها	

۸ انرژی پتانسیل و پایداری انرژی

۱-۸ انرژی پتانسیل	
فیزیک چیست؟	
کار و انرژی پتانسیل	
عدم وابستگی به مسیر نیروهای پایستار	
تعیین مقادیر انرژی پتانسیل	
۲-۸ پایداری انرژی مکانیکی	
پایداری انرژی مکانیکی	

۴۳۰	۳-۱۲ کشسانی	۳۵۱	۵-۱۰ محاسبه‌ی لختی چرخشی
۴۳۰	ساختارهای نامتعیّن	۳۵۱	محاسبه‌ی لختی چرخشی
۴۳۱	کشسانی	۳۵۵	۶-۱۰ گشتاور نیرو
۴۳۵	مرور و خلاصه‌ی درس	۳۵۶	گشتاور نیرو
۴۳۸	مسئله‌ها	۳۵۸	۷-۱۰ قانون دوم نیوتون برای چرخش
		۳۵۸	قانون دوم نیوتون برای چرخش
	۱۳ گرانش	۳۶۱	۸-۱۰ کار و انرژی جنبشی چرخشی
۴۵۳	۱-۱۳ قانون گرانش نیوتون	۳۶۱	کار و انرژی جنبشی چرخشی
۴۵۳	فیزیک چیست؟	۳۶۴	مرور و خلاصه‌ی درس
۴۵۴	قانون گرانش نیوتون	۳۶۷	مسئله‌ها
۴۵۶	۲-۱۳ گرانش و اصل برهم‌نهی		
۴۵۶	گرانش و اصل برهم‌نهی		
۴۵۹	۳-۱۳ گرانش در نزدیکی سطح کره زمین	۳۸۱	۱۱ غلتش، گشتاور نیرو و تکانه‌ی زاویه‌ای
۴۵۹	گرانش در نزدیکی سطح کره زمین	۳۸۱	۱-۱۱ غلتش به‌صورت ترکیبی از انتقال و چرخش
۴۶۲	۴-۱۳ گرانش در داخل کره زمین	۳۸۲	فیزیک چیست؟
۴۶۲	گرانش در داخل کره زمین	۳۸۲	غلتش به‌صورت ترکیبی از انتقال و چرخش
۴۶۴	۵-۱۳ انرژی پتانسیل گرانشی	۳۸۳	۲-۱۱ نیروها و انرژی جنبشی غلتش
۴۶۴	انرژی پتانسیل گرانشی	۳۸۴	انرژی جنبشی غلتش
۴۶۹	۶-۱۳ سیاره‌ها و ماهواره‌ها: قوانین کپلر	۳۸۴	نیروهای وارد در غلتش
۴۶۹	سیاره‌ها و ماهواره‌ها: قانون کپلر	۳۸۸	۳-۱۱ یویو
۴۷۲	۷-۱۳ ماهواره‌ها: مدارها و انرژی	۳۸۸	یویو
۴۷۲	ماهواره‌ها: مدارها و انرژی	۳۸۹	۴-۱۱ نگاهی دوباره به گشتاور نیرو
۴۷۵	۸-۱۳ اینشتین و گرانش	۳۸۹	نگاهی دوباره به گشتاور نیرو
۴۷۵	اینشتین و گرانش	۳۹۱	۵-۱۱ تکانه‌ی زاویه‌ای
۴۷۸	مرور و خلاصه‌ی درس	۳۹۱	تکانه‌ی زاویه‌ای
۴۸۱	مسئله‌ها	۳۹۳	۶-۱۱ شکل زاویه‌ای قانون دوم نیوتون
		۳۹۳	شکل زاویه‌ای قانون دوم نیوتون
		۳۹۶	۷-۱۱ تکانه‌ی زاویه‌ای یک جسم صلب
		۳۹۶	تکانه‌ی زاویه‌ای دستگاهی از ذرات
		۳۹۷	تکانه‌ی زاویه‌ای یک جسم صلب چرخان حول محوری ثابت
۴۹۳	۱-۱۴ شماره‌ها، چگالی، و فشار	۳۹۹	۸-۱۱ پایداری تکانه‌ی زاویه‌ای
۴۹۳	فیزیک چیست؟	۳۹۹	پایداری تکانه‌ی زاویه‌ای
۴۹۴	شماره چیست؟	۴۰۴	۹-۱۱ حرکت تقدیمی ژيروسکوپ
۴۹۶	۲-۱۴ شماره‌های ساکن	۴۰۶	حرکت تقدیمی ژيروسکوپ
۴۹۶	شماره‌های ساکن	۴۰۶	مرور و خلاصه‌ی درس
۴۹۹	۳-۱۴ اندازه‌گیری فشار	۴۰۶	مسئله‌ها
۴۹۹	اندازه‌گیری فشار	۴۰۸	
۵۰۰	۴-۱۴ اصل پاسکال		
۵۰۱	اصل پاسکال		
۵۰۱	نمایش اصل پاسکال		
۵۰۱	اصل پاسکال و اهرم هیدرولیکی	۴۱۹	۱۲ تعادل و کشسانی
۵۰۲	۵-۱۴ اصل ارشمیدس	۴۱۹	۱-۱۲ تعادل
۵۰۳	اصل ارشمیدس	۴۲۱	فیزیک چیست؟
۵۰۶	۶-۱۴ معادله‌ی پیوستگی	۴۲۱	تعادل
۵۰۶	شماره‌های آرمانی در حال حرکت	۴۲۲	شرط‌های لازم برای تعادل
۵۰۷	معادله‌ی پیوستگی	۴۲۲	مرکز گرانی
۵۰۸		۴۲۴	۲-۱۲ مثال‌هایی چند از تعادل ایستا
		۴۲۴	مثال‌هایی چند از تعادل ایستا

۱۹ نظریه‌ی جنبشی گازها

۶۰۷	۵۱۰	۱-۱۹ عدد آووگادرو	۵۱۰
۶۰۷	۵۱۱	فیزیک چیست؟	۵۱۱
۶۰۸	۵۱۴	عدد آووگادرو	۵۱۴
۶۰۸	۵۱۶	۲-۱۹ گازهای کامل (آرمانی)	۵۱۶
۶۰۹		گازهای کامل (آرمانی)	
۶۱۳	۵۲۷	۳-۱۹ فشار، دما و تندی RMS	۵۲۷
۶۱۳	۵۲۸	فشار، دما، و تندی RMS	۵۲۸
۶۱۵	۵۲۸	۴-۱۹ انرژی جنبشی انتقالی	۵۲۸
۶۱۶		انرژی جنبشی انتقالی	
۶۱۶	۵۳۶	۵-۱۹ مسافت آزاد میانگین	۵۳۶
۶۱۷	۵۳۶	مسافت آزاد میانگین	۵۳۶
۶۱۹	۵۳۸	۶-۱۹ توزیع تندی‌های مولکولی	۵۳۸
۶۱۹	۵۳۸	توزیع تندی‌های مولکولی	۵۳۸
۶۲۳	۵۴۰	۷-۱۹ گرمای ویژه‌ی مولی یک گاز کامل	۵۴۰
۶۲۳	۵۴۴	گرماهای ویژه‌ی مولی یک گاز کامل	۵۴۴
۶۲۷	۵۴۵	۸-۱۹ درجه‌های آزادی و گرماهای ویژه‌ی مولی	۵۴۵
۶۲۸	۵۴۵	درجه‌های آزادی و گرماهای ویژه‌ی مولی	۵۴۵
۶۳۰	۵۴۸	اشاره‌ای به نظریه‌ی کوانتومی	۵۴۸
۶۳۱	۵۴۸	۹-۱۹ انبساط بی‌درروی یک گاز کامل	۵۴۸
۶۳۱	۵۴۸	انبساط بی‌درروی یک گاز کامل	۵۴۸
۶۳۵	۵۴۹	مرور و خلاصه‌ی درس	۵۴۹
۶۳۸	۵۵۲	مسئله‌ها	۵۵۲

۲۰ آنتروپی و قانون دوم ترمودینامیک

۶۴۷	۵۶۵	۱-۲۰ آنتروپی	۵۶۵
۶۴۸	۵۶۵	فیزیک چیست؟	۵۶۵
۶۴۸	۵۶۶	فرآیندهای برگشت‌ناپذیر و آنتروپی	۵۶۶
۶۴۹	۵۶۶	تغییر آنتروپی	۵۶۶
۶۵۳	۵۶۷	قانون دوم ترمودینامیک	۵۶۷
۶۵۵	۵۶۹	۲-۲۰ آنتروپی در جهان واقعی: ماشین‌های گرمایی	۵۶۹
۶۵۵	۵۶۹	آنتروپی در جهان واقعی: ماشین‌های گرمایی	۵۶۹
۶۶۱	۵۷۱	۳-۲۰ یخچال‌ها و ماشین‌های واقعی	۵۷۱
۶۶۲	۵۷۱	آنتروپی در جهان واقعی: یخچال‌ها	۵۷۱
۶۶۳	۵۷۴	بازدهی ماشین‌های واقعی	۵۷۴
۶۶۴	۵۷۶	۴-۲۰ آنتروپی از دیدگاه آماری	۵۷۶
۶۶۵	۵۸۰	آنتروپی از دیدگاه آماری	۵۸۰
۶۶۷	۵۸۰	احتمال و آنتروپی	۵۸۰
۶۶۹	۵۸۳	مرور و خلاصه‌ی درس	۵۸۳
۶۷۱	۵۸۴	مسئله‌ها	۵۸۴
۶۷۹	۵۸۶	پاسخ‌ها	۵۸۶
۶۸۹	۵۸۷	پیوست‌ها	۵۸۷
۷۰۳	۵۹۱	نمایه	۵۹۱

۱۴-۷ معادله‌ی برنولی

معادله‌ی برنولی
اثبات معادله‌ی برنولی
مرور و خلاصه‌ی درس
مسئله‌ها

۱۵ نوسان‌ها

۱-۱۵ حرکت هماهنگ ساده

فیزیک چیست؟
حرکت هماهنگ ساده

۲-۱۵ انرژی حرکت هماهنگ ساده

انرژی حرکت هماهنگ ساده

۳-۱۵ نوسانگر هماهنگ ساده‌ی زاویه‌ای

نوسانگر هماهنگ ساده‌ی زاویه‌ای

۴-۱۵ آونگ‌ها، حرکت دایره‌ای

آونگ‌ها
حرکت هماهنگ ساده و حرکت دایره‌ای یکنواخت

۵-۱۵ حرکت هماهنگ ساده‌ی میرا

حرکت هماهنگ ساده‌ی میرا

۶-۱۵ نوسان‌های واداشته و تشدید

نوسان‌های واداشته و تشدید

مرور و خلاصه‌ی درس

مسئله‌ها

۱۸ دما، گرما، و قانون اول ترمودینامیک

۱-۱۸ دما

فیزیک چیست؟
دما
قانون صفرم ترمودینامیک
اندازه‌گیری دما

۲-۱۸ مقیاس‌های سلسیوس و فارنهایت

مقیاس‌های سلسیوس و فارنهایت

۳-۱۸ انبساط گرمایی

انبساط گرمایی

۴-۱۸ جذب گرما

دما و گرما
جذب گرما توسط جامدات و مایعات

۵-۱۸ قانون اول ترمودینامیک

نگاهی دقیق‌تر به مفاهیم کار و گرما
قانون اول ترمودینامیک
چند حالت خاص از قانون اول ترمودینامیک

۶-۱۸ سازوکارهای انتقال گرما

سازوکارهای انتقال گرما

مرور و خلاصه‌ی درس

مسئله‌ها
