

ویراست دهم

بر اساس آخرین تصحیحات نویسنده

دیوید هالیدی . رابرت رزنیک . یروا واکر

# مبانی فیزیک

جلد اوّل

مکانیک و گرما

شاره‌ها و نوسان

محمد رضا خوش بین خوش نظر

نیاز دانش

Halliday, David	: هالییدی، دیوید، ۱۹۱۶ م.	سرشناسه
: مبانی فیزیک مکانیک و گرما (شاره‌ها و نوسان) / جلد اول / دیوید هالییدی، رابرت رزنیگ، یرل واکر؛ ترجمه محمدرضا خوش‌بین خوش نظر.	: عنوان و نام پدیدآور	
: ویراست ۱۰.	: وضعیت ویراست	
: تهران، نیاز دانش، ۱۳۹۵	: مشخصات نشر	
: ج. ۲. مصور(رنگی)، جدول(رنگی)، نمودار (رنگی)	: مشخصات ظاهری	
: شابک (جلد اول): ۹۷۸-۶۰۰-۶۴۸۱-۸۹-۰	: شابک	
: شابک (دوره): ۹۷۸-۶۰۰-۶۴۸۱-۹۰-۶	: وضعیت فهرست‌نویسی	
: فیپا	: یادداشت	
: عنوان اصلی: Fundamentals of Physics, 10 <sup>th</sup> ed, 2014	: یادداشت	
: واژه‌نامه	: یادداشت	
: کتابنامه	: یادداشت	
: ج ۱ - مکانیک و گرما (شاره‌ها و نوسان)	: مندرجات	
: فیزیک	: موضوع	
Resnick, Robert	: رزنیگ، رابرت، ۱۹۲۳ م	شناسه افزوده
Walker, Jearl	: واکر، یرل، ۱۹۴۵ م	شناسه افزوده
	: خوش‌بین خوش نظر، محمدرضا، ۱۳۴۸ مترجم.	شناسه افزوده
	: ۱۳۹۳ ۲م ۵۲ / الف / QC۲۱۳	رده‌بندی کنگره
	: ۵۳۰	رده‌بندی دیویی
	: ۳۶۲۰۸۱۵	شماره کتابشناسی ملی



نیاز دانش

نام کتاب	: مبانی فیزیک مکانیک و گرما (شاره‌ها و نوسان) / جلد اول
نویسندگان	: دیوید هالییدی / رابرت رزنیگ / یرل واکر
مترجم	: محمدرضا خوش‌بین خوش نظر
مدیر اجرایی - ناظر بر چاپ	: حمیدرضا / محمد شیرازی - محمد شمس
ناشر	: نیاز دانش
صفحه‌آرا	: واحد تولید انتشارات نیاز دانش
لیتوگرافی / چاپ	: گنجینه
نوبت چاپ	: سوم - ۱۳۹۶
شمارگان	: ۱۵۰۰ نسخه
قیمت	: ۴۵۰۰۰۰ ریال همراه با DVD

شابک (جلد اول): ۹۷۸-۶۰۰-۶۴۸۱-۸۹-۰ ISBN:978-600-6481-89-0

شابک (دوره): ۹۷۸-۶۰۰-۶۴۸۱-۹۰-۶ ISBN:978-600-6481-90-6

هر گونه چاپ و تکثیر (اعم از زیراکس، بازنویسی، ضبط کامپیوتری و تهیه‌ی 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 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

۰۲۱-۶۶۴۷۸۱۰۶-۶۶۴۷۸۱۰۸-۰۹۱۲۷۰۷۳۹۳۵

مشاوره جهت نشر: ۰۹۱۲-۲۱۰۶۷۰۹

## مقدمه

### 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



مغزها و چشم‌ها را فریب دهد  
رسول جعفر برزاق

<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.

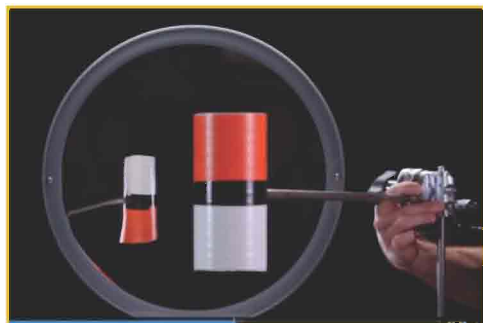
من برای حل این مشکل، در این ویراست جدید، هر فصل را با بخش‌هایی مفهومی مبتنی بر یک موضوع اصلی نوسازی کردم و هر بخش را با فهرستی از هدف‌های یادگیری آغاز نمودم. این فهرست شامل شرحی واضح از مهارت و نکات آموزشی است که باید در پی خواندن آن بخش فرا گرفته شود. در پی هر فهرست، خلاصه‌ی کوتاهی از نکته‌هایی کلیدی 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 سراسر استر 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

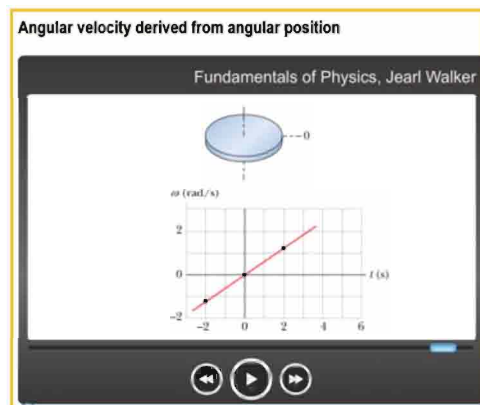


یادگیری پویا پر از کمک‌های آموزشی مختلف است که شامل حل با راهنمایی و مرحله به مرحله‌ی مسئله‌ها، همراه با آزمون‌های کوچک، تصاویر متحرک، صدها مسئله‌ی نمونه، شبیه‌سازی‌ها و نمایش‌های تصویری، و بالغ

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

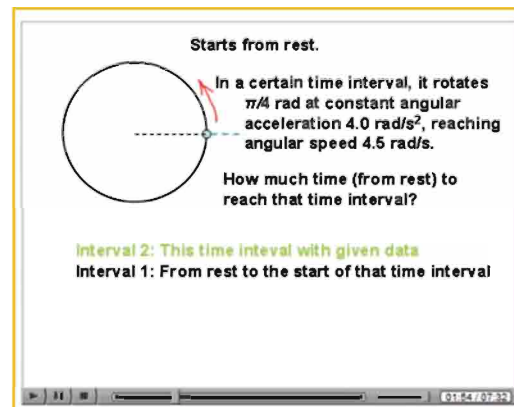


وقتی من نخستین ویراست کتاب *هالیدی - رزنیکی* در سال اول تحصیل خود فرا می‌گرفتم، برای درک بیشتر مطالب آن، هر فصل را بارها و بارها می‌خواندم. ولی امروزه دانشجویان گستره‌ی وسیعی از شیوه‌های یادگیری را در اختیار دارند، و من از این رو گستره‌ی وسیعی از ابزارهای یادگیری را هم در این ویراست جدید و هم به طور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

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 tolerance is +/-2%

[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 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

صلاحید 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 صلاحید 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)  $47m, -3m$ ؟

• 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 تپه‌ها مطح دشواری مسئله را مشخص می‌کند.

حل در

داده شده است.

حل به روش تعاملی در

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

اشخاص زیادی در این کتاب سهم 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 پاسخ‌های مسأله‌ها را بر عهده داشته‌اند. در انتشارات جان وایلی از کمک‌های استوارت یوهانسون، جeraldین 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 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؛ محمد رضا 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 وینتروپ؛ جو مک‌کولاک از کالج کابلریلو؛ کارل ای. موگان از آکادمی نیروی دریایی ایالات متحده؛ دان این. پیچ از دانشگاه آلبرتا؛ الی ریچی از کالج فورت اسکات کامیونیتی، اندرو جی. رینزلیز از دانشگاه فلوریدا؛ دویراوکا رابنیک 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 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.



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<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 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

<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٪ 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 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 پدیده‌ی 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 درگیر تصحیح و بازنگری 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 پایه ۱ تدریس می‌کنند. جلد دوم همچنان در ۱۳ فصل خواهد آمد چراکه سرفصل‌های فیزیک پایه ۲ همین ۱۳ فصل را شامل می‌شود و امید دارم اگر مجالی شد مابقی فصل‌ها را در مجلدی دیگر به چاپ برسانم. همچنین با توجه به اینکه ممکن است برخی از مخاطبان این کتاب به سایت *WileyPLUS* دسترسی نداشته باشند، DVD 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

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 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	

جلد ۱

اندازه‌گیری	۱
حرکت در راستای یک خط راست	۲
بردارها	۳
حرکت در دو و سه بعد	۴
نیرو و حرکت - I	۵
نیرو و حرکت - II	۶
انرژی جنبشی و کار	۷
انرژی پتانسیل و پایداری انرژی	۸
مرکز جرم و تکانه‌ی خطی	۹
چرخش	۱۰
غلتش، گشتاور نیرو و تکانه‌ی زاویه‌ای	۱۱
تعادل و کشسانی	۱۲
گرانش	۱۳
شاره‌ها	۱۴
نوسان‌ها	۱۵
دما، گرما، و قانون اول ترمودینامیک	۱۸
نظریه‌ی جنبشی گازها	۱۹
آنتروپی و قانون دوم ترمودینامیک	۲۰

جلد ۲

بار الکتریکی	۲۱
میدان‌های الکتریکی	۲۲
قانون گاوس	۲۳
پتانسیل الکتریکی	۲۴
ظرفیت	۲۵
جریان و مقاومت الکتریکی	۲۶
مدارهای الکتریکی	۲۷
میدان‌های مغناطیسی	۲۸
میدان‌های مغناطیسی حاصل از جریان	۲۹
القایش و القايدگی	۳۰
نوسان‌های الکترومغناطیسی و جریان متناوب	۳۱
معادله‌های ماکسول؛ خواص مغناطیسی مواد	۳۲
امواج الکترومغناطیسی	۳۳

# فهرست مطالب

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

## ۴ حرکت در دو و سه بعد

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

## ۵ نیرو و حرکت - I

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

۴۷	فیزیک چیست؟
۴۷	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 پایستگی انرژی	۱۵۶
۲۵۶	پایستگی 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 پایستگی تکانه‌ی خطی	۲۰۱
۲۹۹	پایستگی 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 بُعد	۲۰۸
۳۰۷	برخورد کشسان در یک بُعد	۲۰۸
۳۱۰	۸-۹ برخورد در دو بُعد	۲۱۲
۳۱۰	برخورد در دو بُعد	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 پایستگی انرژی

۱-۸ انرژی پتانسیل	
فیزیک چیست؟	
کار و انرژی پتانسیل	
عدم وابستگی به مسیر نیروهای پایستار	
تعیین مقادیر انرژی پتانسیل	
۲-۸ پایستگی انرژی مکانیکی	
پایستگی 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
		۳۶۱	۸-۱۰ کار و انرژی جنبشی چرخشی
۴۵۳	۱۳-۱ قانون گرانش نیوتون	۳۶۱	کار و انرژی جنبشی چرخشی
۴۵۳	فیزیک چیست؟	۳۶۴	مرور و خلاصه‌ی درس
۴۵۴	قانون گرانش نیوتون	۳۶۷	مسئله‌ها
۴۵۶	۱۳-۲ گرانش و اصل برهم‌نهی		
۴۵۶	گرانش و اصل برهم‌نهی		
۴۵۹	۱۳-۳ گرانش در نزدیکی سطح کره زمین	۳۸۱	۱۱-۱ غلتش، گشتاور نیرو و تکانه‌ی زاویه‌ای
۴۵۹	گرانش در نزدیکی سطح کره زمین	۳۸۱	۱-۱۱ غلتش به صورت ترکیبی از انتقال و چرخش
۴۶۲	۱۳-۴ گرانش در داخل کره زمین	۳۸۲	فیزیک چیست؟
۴۶۲	گرانش در داخل کره زمین	۳۸۲	غلتش به صورت ترکیبی از انتقال و چرخش
۴۶۴	۱۳-۵ انرژی پتانسیل گرانشی	۳۸۳	۲-۱۱ نیروها و انرژی جنبشی غلتش
۴۶۴	انرژی پتانسیل گرانشی	۳۸۴	انرژی جنبشی غلتش
۴۶۹	۱۳-۶ سیاره‌ها و ماهواره‌ها: قوانین کپلر	۳۸۴	نیروهای وارد در غلتش
۴۶۹	سیاره‌ها و ماهواره‌ها: قانون کپلر	۳۸۸	۳-۱۱ یویو
۴۶۹		۳۸۸	یویو
۴۷۲	۱۳-۷ ماهواره‌ها: مدارها و انرژی	۳۸۹	۴-۱۱ تکانه‌ی دوباره به گشتاور نیرو
۴۷۲	ماهواره‌ها: مدارها و انرژی	۳۸۹	نگاهی دوباره به گشتاور نیرو
۴۷۵	۱۳-۸ اینشتین و گرانش	۳۹۱	۵-۱۱ تکانه‌ی زاویه‌ای
۴۷۵	اینشتین و گرانش	۳۹۱	تکانه‌ی زاویه‌ای
۴۷۸	مرور و خلاصه‌ی درس	۳۹۳	۶-۱۱ شکل زاویه‌ای قانون دوم نیوتون
۴۸۱	مسئله‌ها	۳۹۳	شکل زاویه‌ای قانون دوم نیوتون
		۳۹۶	۷-۱۱ تکانه‌ی زاویه‌ای یک جسم صلب
		۳۹۶	تکانه‌ی زاویه‌ای دستگای از ذرات
		۳۹۷	تکانه‌ی زاویه‌ای یک جسم صلب چرخان حول محوری ثابت
۴۹۳	۱۴-۱ 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 زیروسکوپ
۴۹۶	۱۴-۲ شماره‌های ساکن	۴۰۶	حرکت تقدیمی زیروسکوپ
۴۹۶	شماره‌های ساکن	۴۰۶	مرور و خلاصه‌ی درس
۴۹۹	۱۴-۳ اندازه‌گیری فشار	۴۰۸	مسئله‌ها
۴۹۹	اندازه‌گیری فشار		
۵۰۰	۱۴-۴ اصل پاسکال		
۵۰۱	اصل پاسکال		
۵۰۱	نمایش اصل پاسکال		
۵۰۱	اصل پاسکال و اهرم هیدرولیکی	۴۱۹	۱۲-۱ تعادل
۵۰۲	۱۴-۵ اصل ارشمیدس	۴۱۹	فیزیک چیست؟
۵۰۳	اصل ارشمیدس	۴۲۱	تعادل
۵۰۶	۱۴-۶ معادله‌ی پیوستگی	۴۲۱	شرط‌های لازم برای تعادل
۵۰۷	شماره‌های آرمانی در حال حرکت	۴۲۲	مرکز گرانی
۵۰۸	معادله‌ی پیوستگی	۴۲۴	۱۲-۲ 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
----------