

جرل واکر

ویراست هشتم

مبانی فیزیک

فیزیک پایه ۱

مکانیک، شارها، و نوسان‌ها
برای دانشجویان فیزیک، شیمی، و ریاضی

هالیدی/رزنیک

دکتر محمد ابراهیم ابوکاظمی

دکتر جلال الدین پاشایی راد

دکتر محمدرضا کلاه‌چی



نویردازان

ویراسته

دکتر محمد ابراهیم ابوکاظمی

سرشناسه	: واکر، چرل، ۱۹۴۵ - م.
عنوان و نام‌پیداآور	: Walker, Jeanl
مشخصات نشر	: میانی فیزیک / چرل واکر، هالیدی، رزنیکی، [ترجمه] محمدابراهیم ابوکاظمی، جلال‌الدین پاشایی‌راد، محمدرضا کلاه‌چی، ویراسته محمدابراهیم ابوکاظمی. تهران: نوپردازان. ۱۳۸۹ -
مشخصات ظاهری	: ج۳: مصور، نمودار.
شابک	: دوره: 978-964-975-062-0، ج۱: 978-964-975-099-6
وضعیت فهرست‌نویسی	: فیپا
یادداشت	: عنوان اصلی: Fundamentals of Physics, 8th ed, c2008
مندرجات	: ج۱: میانی فیزیک: فیزیک پایه ۱: (مکانیک، شارها، نوسان‌ها برای دانشجویان رشته فیزیک، شیمی، و ریاضی).
موضوع	: فیزیک
شناسه افزوده	: هالیدی، دیوید، ۱۹۱۶ - م.
شناسه افزوده	: Halliday, David
شناسه افزوده	: رزنیکی، رابرت، ۱۹۲۳ - م.
شناسه افزوده	: Resnick, Robert
شناسه افزوده	: ابوکاظمی، محمدابراهیم، ۱۳۲۴ - مترجم
شناسه افزوده	: پاشایی‌راد، جلال‌الدین، ۱۳۲۴ - مترجم
شناسه افزوده	: کلاه‌چی، محمدرضا، مترجم
رده‌بندی کنگره	: QC۲۱/۳/۵۲ م۲ ۱۳۸۹
رده‌بندی دیویی	: ۵۳۰
شماره کتابشناسی ملی	: ۱۹۵۷۰۵۰

A PERSIAN TRANSLATION OF FUNDAMENTALS OF
PHYSICS, 8TH ED. D. HALLIDAY, R. RESNICK, J. WALKER,
JOHN WILEY & SONS (2008)

کتاب	مبانی فیزیک/ فیزیک پایه ۱ (مکانیک، شاره‌ها، و نوسان‌ها) (برای دانشجویان فیزیک، شیمی، و ریاضی)
تالیف	واکر - هالیدی - رزنیگ
ترجمه	محمد ابراهیم ابوکاظمی - جلال‌الدین پاشایی راد - محمد رضا کلاه‌چی
ویراسته	محمد ابراهیم ابوکاظمی
ناشر	نوپردازان
قطع	رحلی
نوبت	اول
تاریخ	تابستان ۱۳۸۹
تیراژ	۵۰۰۰
صفحات	۶۱۲
شابک	۹۷۸-۹۶۴-۹۷۵-۰۹۹-۶
شابک دوره	۹۷۸-۹۶۴-۹۷۵-۰۶۲-۰
قیمت	۲۵۰۰۰ تومان

■ مراکز پخش

کتابیران: تهران، میدان انقلاب، ابتدای خیابان آزادی، خیابان دکتر قریب، بعد از فرصت شیرازی،
پلاک ۷، تلفن: ۶۶۵۶۶۵۰۹ - ۱۸

نوپردازان: تهران، خیابان لبافی‌نژاد، بین اردیبهشت و فروردین، پلاک ۲۳۸،
تلفن: ۶۶۴۱۴۴۷۴ - ۶۶۴۱۴۵۱۵ - ۶۶۴۱۱۱۷۳ - ۶۶۴۹۴۴۰۹

ناشر و مترجمان این اثر مراتب سپاس و قدردانی خود را نسبت به افراد زیر
که به نوعی در خلق آن سهمیم بوده اند بیان می دارند

- | | |
|--------------------------------|--|
| ۱ خانم هدی اسکندری | کرافیت متن، صفحه آرا |
| ۲ خانم سوسن انوری | نسخه پرداز |
| ۳ خانم مرجان تاجدار | کرافیت متن، صفحه آرا |
| ۴ خانم فاطمه حبابی | کرافیت متن، صفحه آرا |
| ۵ آقای علی حسن زاده | ناظر فنی چاپ |
| ۶ آقای محران رجعی | سرپرست حروفچینی، حروفچین اثر، صفحه پرداز |
| ۷ آقای مصطفی رشوندی | ناظر فنی چاپ |
| ۸ خانم مصوٰه رمزی | حروفچین، صفحه پرداز |
| ۹ خانم فرزانه زینی پور | کرافیت متن، صفحه آرا |
| ۱۰ آقای فخرالدین قارلقی | ناظر فنی چاپ |
| ۱۱ آقای محمدس میایون مقدس | کرافیت مؤل، طرح جلد |
| ۱۲ آقای فرید مراب پور | ناظر فنی چاپ |
| ۱۳ خانم مریم السادات میرفرغانی | سرپرست واحد کرافیت، کرافیت |
| ۱۴ آقای محمد نور | لیتوگراف، مشاور چاپ |
| ۱۵ کارکنان | چاپخانه نقش و نگار |
| ۱۶ کارکنان | مراکز پیش کتابیران نوپردازان |

یادداشت مترجمان نه
پیش‌گفتار یازده

۱ اندازه‌گیری

چگونه ممکن است ساختمانی نشست کند و فرو برود؟ ۱

۱-۱ فیزیک این فصل ۲

۲-۱ اندازه‌گیری‌ها ۲

۳-۱ دستگاه بین‌المللی یکاها ۳

۴-۱ تبدیل یکاها ۴

۵-۱ طول ۵

۶-۱ زمان ۷

۷-۱ جرم ۸

مرور و جمع‌بندی ۱۰

مسئله‌ها ۱۰

۲ حرکت در راستای خط راست

دارکوب چگونه می‌تواند از ضربات فوق‌العاده شدید برخورد با تنه درخت
جان سالم به در برود؟ ۱۷

۱-۲ فیزیک این فصل ۱۸

۲-۲ حرکت ۱۸

۳-۲ مکان و جابه‌جایی ۱۸

۴-۲ سرعت متوسط و مقدار سرعت متوسط ۲۰

۵-۲ سرعت لحظه‌ای و مقدار سرعت لحظه‌ای ۲۳

۶-۲ شتاب ۲۵

۷-۲ شتاب ثابت: حالت خاص ۲۸

۸-۲ نگاهی دیگر به شتاب ثابت ۳۱

۹-۲ شتاب سقوط آزاد ۳۲

۱۰-۲ انتگرال‌گیری نموداری در تحلیل حرکت ۳۶

مرور و جمع‌بندی ۳۸

پرسش‌ها ۳۹ / مسئله‌ها ۴۰

۳ بردارها

این مورچه در بیابانی که هیچ علامت هدایت‌کننده‌ای ندارد چگونه لانه‌اش
را پیدا می‌کند؟ ۵۱

۱-۳ فیزیک این فصل ۵۲

۲-۳ بردارها و اسکالرها ۵۲

۳-۳ جمع بردارها به روش هندسی ۵۳

۴-۳ مؤلفه‌های بردار ۵۵

۵-۳ بردار یکه ۵۹

۶-۳ جمع بردارها با استفاده از مؤلفه‌ها ۶۰

۷-۳ بردارها و قانون‌های فیزیک ۶۴

۸-۳ ضرب بردارها ۶۴

مرور و جمع‌بندی ۶۹

پرسش‌ها ۷۰ / مسئله‌ها ۷۱

۴ حرکت دو بُعدی و سه بُعدی

در حرکت توپ بیسبال چه نشانه‌ای نهفته است؟ ۷۹

۱-۴ فیزیک این فصل ۸۰

۲-۴ مکان و جابه‌جایی ۸۰

۳-۴ سرعت متوسط و سرعت لحظه‌ای ۸۲

۴-۴ شتاب متوسط و شتاب لحظه‌ای ۸۵

۵-۴ حرکت پرتابه‌ای ۸۷

۶-۴ تحلیل حرکت پرتابه‌ای ۸۹

۷-۴ حرکت دایره‌ای یک‌نواخت ۹۴

۸-۴ حرکت نسبی یک بُعدی ۹۷

۹-۴ حرکت نسبی دو بُعدی ۹۹

مرور و جمع‌بندی ۱۰۰

پرسش‌ها ۱۰۱ / مسئله‌ها ۱۰۳

۵ نیرو و حرکت I

چه عامل ظریفی است که باعث ترس سرنشینان آخرین واگن قطار هوایی
می‌شود؟ ۱۱۷

۱-۵ فیزیک این فصل ۱۱۸

۲-۵ مکانیک نیوتونی ۱۱۸

۳-۵ قانون اول نیوتون ۱۱۸

۴-۵ نیرو ۱۱۹

- ۵-۵ جرم ۱۲۱
۶-۵ قانون دوم نیوتون ۱۲۲
۷-۵ نگاهی به چند نیروی خاص ۱۲۶
۸-۵ قانون سوم نیوتون ۱۳۲
۹-۵ کاربرد قانون‌های نیوتون ۱۳۳
مرور و جمع‌بندی ۱۴۱
پرسش‌ها ۱۴۲ / مسئله‌ها ۱۴۴
- ۱-۸ فیزیک این فصل ۲۲۸
۲-۸ کار و انرژی پتانسیل ۲۲۸
۳-۸ نیروهای پایستار مستقل از مسیر ۲۳۰
۴-۸ تعیین مقادیر انرژی پتانسیل ۲۳۲
۵-۸ پایستگی انرژی مکانیکی ۲۳۵
۶-۸ بهره‌گیری از منحنی انرژی پتانسیل ۲۳۹
۷-۸ کاری که نیروی خارجی روی سیستم انجام می‌دهد ۲۴۳
۸-۸ پایستگی انرژی ۲۴۸
مرور و جمع‌بندی ۲۵۴
پرسش‌ها ۲۵۵ / مسئله‌ها ۲۵۷

۱۵۷ نیرو و حرکت II

مصريان قدیم این قطعه سنگ‌ها را چگونه جابه‌جا کرده‌اند؟ ۱۵۷

- ۱-۶ فیزیک این فصل ۱۵۸
۲-۶ اصطکاک ۱۵۸
۳-۶ خواص اصطکاک ۱۶۰
۴-۶ نیروی پس‌کشی و سرعت حد ۱۶۵
۵-۶ حرکت دایره‌ای یکنواخت ۱۶۸
مرور و جمع‌بندی ۱۷۶
پرسش‌ها ۱۷۶ / مسئله‌ها ۱۷۷

۱۹۱ انرژی جنبشی و کار

چه خصوصیتی در اتومبیل، تعیین‌کننده زمان بُرد است؟ ۱۹۱

- ۱-۷ فیزیک این فصل ۱۹۲
۲-۷ انرژی چیست؟ ۱۹۲
۳-۷ انرژی جنبشی ۱۹۳
۴-۷ کار ۱۹۴
۵-۷ کار و انرژی جنبشی ۱۹۴
۶-۷ کاری که نیروی گرانشی انجام می‌دهد ۱۹۹
۷-۷ کاری که نیروی فنر انجام می‌دهد ۲۰۴
۸-۷ کاری که نیروی متغیر انجام می‌دهد ۲۰۸
۹-۷ توان ۲۱۲

مرور و جمع‌بندی ۲۱۵

پرسش‌ها ۲۱۶ / مسئله‌ها ۲۱۷

۳۲۷ چرخش

چنگال میگو چگونه می‌تواند چنین موج صوتی قدرتمندی را پدید آورد؟ ۳۲۷

- ۱-۱۰ فیزیک این فصل ۳۲۸
۲-۱۰ متغیرهای چرخش ۳۲۸
۳-۱۰ آیا کمیت‌های زاویه‌ای کمیت‌هایی برداری‌اند؟ ۳۳۳

۲۲۷ انرژی پتانسیل و پایستگی انرژی

بهمن‌های بزرگ چگونه ممکن است مسافت‌هایی تا این اندازه طولانی را در دره بپیمایند؟ ۲۲۷

- ۵-۱۲ چند نمونه از تعادل ایستا ۴۲۱
۶-۱۲ ساختارهای نامعین ۴۲۷
۷-۱۲ کشسانی ۴۲۹
مرور و جمع‌بندی ۴۳۳
پرسش‌ها ۴۳۴ / مسئله‌ها ۴۳۵

۱۳ گرانش ۴۴۹

- در مرکز کهکشان ما چه غولی نشسته است؟ ۴۴۹
۱-۱۳ فیزیک این فصل ۴۵۰
۲-۱۳ قانون گرانش نیوتون ۴۵۰
۳-۱۳ گرانش و اصل برهم‌نهی ۴۵۲
۴-۱۳ گرانش در نزدیکی سطح زمین ۴۵۵
۵-۱۳ گرانش درون زمین ۴۵۸
۶-۱۳ انرژی پتانسیل گرانشی ۴۶۰
۷-۱۳ سیاره‌ها و ماهواره‌ها: قانون‌های کپلر ۴۶۵
۸-۱۳ ماهواره‌ها: مدارها و انرژی ۴۶۹
۹-۱۳ اینشتین و گرانش ۴۷۱
مرور و جمع‌بندی ۴۷۳
پرسش‌ها ۴۷۵ / مسئله‌ها ۴۷۶

۱۴ شاره‌ها ۴۸۷

- خلاصه کلام، موج‌سوار چگونه موج‌سواری می‌کند؟ ۴۸۷
۱-۱۴ فیزیک این فصل ۴۸۸
۲-۱۴ شاره چیست؟ ۴۸۸
۳-۱۴ چگالی و فشار ۴۸۸
۴-۱۴ شاره‌های در حال سکون ۴۹۱
۵-۱۴ اندازه‌گیری فشار ۴۹۵
۶-۱۴ اصل پاسکال ۴۹۶
۷-۱۴ اصل ارشمیدس ۴۹۸
۸-۱۴ حرکت شاره‌های آرمانی ۵۰۳
۹-۱۴ معادله پیوستگی ۵۰۴
۱۰-۱۴ معادله برنولی ۵۰۷
مرور و جمع‌بندی ۵۱۲
پرسش‌ها ۵۱۳ / مسئله‌ها ۵۱۴

- ۴-۱۰ چرخش با شتاب زاویه‌ای ثابت ۳۳۵
۵-۱۰ ارتباط میان متغیرهای خطی و زاویه‌ای ۳۳۷
۶-۱۰ انرژی جنبشی چرخش ۳۴۱
۷-۱۰ محاسبه لختی چرخشی ۳۴۲
۸-۱۰ گشتاور نیرو ۳۴۷
۹-۱۰ قانون دوم نیوتون در حرکت چرخشی ۳۴۸
۱۰-۱۰ کار و انرژی جنبشی چرخشی ۳۵۲
مرور و جمع‌بندی ۳۵۷
پرسش‌ها ۳۵۹ / مسئله‌ها ۳۶۰

۱۱ غلتش، گشتاور نیرو، و تکانه زاویه‌ای ۳۷۳

- جادوی پرس توأم با چرخش چه توجیهی دارد؟ ۳۷۳
۱-۱۱ فیزیک این فصل ۳۷۴
۲-۱۱ غلتش به عنوان حرکت ترکیبی انتقال و چرخش ۳۷۴
۳-۱۱ انرژی جنبشی غلتش ۳۷۶
۴-۱۱ نیروهای غلتش ۳۷۷
۵-۱۱ یویو ۳۸۱
۶-۱۱ نگاهی دیگر به گشتاور نیرو ۳۸۲
۷-۱۱ تکانه زاویه‌ای ۳۸۴
۸-۱۱ شکل زاویه‌ای قانون دوم نیوتون ۳۸۶
۹-۱۱ تکانه زاویه‌ای سیستم ذرات ۳۸۹
۱۰-۱۱ تکانه زاویه‌ای جسم صلب در حال چرخش حول محور ثابت ۳۹۰
۱۱-۱۱ پابستگی تکانه زاویه‌ای ۳۹۳
۱۲-۱۱ حرکت تقدیمی ژيروسکوپ ۳۹۸
مرور و جمع‌بندی ۴۰۰
پرسش‌ها ۴۰۱ / مسئله‌ها ۴۰۲

۱۲ تعادل و کشسانی ۴۱۵

- پس خطری که برج را تهدید می‌کند، چیست؟ ۴۱۵
۱-۱۲ فیزیک این فصل ۴۱۶
۲-۱۲ تعادل ۴۱۶
۳-۱۲ شرط‌های تعادل ۴۱۸
۴-۱۲ گرانیگاه ۴۱۹

۱۵ نوسان ۵۲۵

- این گوی چگونه ممکن است با تکان خوردن ساختمان بلند مقابله کند؟ ۵۲۵
- ۱-۱۵ فیزیک این فصل ۵۲۶
- ۲-۱۵ حرکت هماهنگ ساده ۵۲۶
- ۳-۱۵ قانون نیرو در حرکت هماهنگ ساده ۵۳۰
- ۴-۱۵ انرژی در حرکت هماهنگ ساده ۵۳۳
- ۵-۱۵ نوسانگر هماهنگ ساده زاویه‌ای ۵۳۵
- ۶-۱۵ آونگ‌ها ۵۳۶
- ۷-۱۵ حرکت هماهنگ ساده و حرکت دایره‌ای یکنواخت ۵۴۱
- ۸-۱۵ حرکت هماهنگ ساده میرا ۵۴۳
- ۹-۱۵ نوسان واداشته و تشدید ۵۴۵
- مرور و جمع‌بندی ۵۴۷
- پرسش‌ها ۵۴۸ / مسئله‌ها ۵۴۹

پیوست‌ها پ-۱

- ۱ دستگاه بین‌المللی یکاها (SI) پ-۱
- ۲ برخی ثابت‌های بنیادی فیزیک پ-۳
- ۳ برخی داده‌های اخترشناسی (نجومی) پ-۴
- ۴ ضرایب تبدیل پ-۵
- ۵ فرمول‌های ریاضی پ-۹
- ۶ خواص عناصر پ-۱۲
- ۷ جدول تناوبی عناصر پ-۱۶

پاسخ به خودآزمایی‌ها، پرسش‌ها، و مسئله‌های با شماره فرد ج-۱

نمایه ن-۱

مختلف، به طور متوسط هر پنج سال یکبار ویراست جدیدی از آن را عرضه می‌کند. در ویراست هشتم این کتاب که در سال ۲۰۰۸ به چاپ رسیده است، استاد واکر برای آن که بر جذابیت این متن درسی بیفزاید و درک‌پذیری مسائل دنیای واقعی را با اصول بنیادی فیزیک بنمایاند، مطالب زیادی از کتاب دیگرش^۲ را متناسب با موضوعات مورد بحث در جای جای آن گنجانده است.

کتاب حاضر که ترجمه فارسی فصل‌های ۱ تا ۱۵ متن اصلی و مشتمل بر مباحث مکانیک، شاره‌ها، و نوسان‌هاست، براساس برنامه مصوب شورای عالی برنامه‌ریزی دانشگاه‌ها، به عنوان متن درسی فیزیک پایه ۱ برای دانشجویان رشته‌های فیزیک، شیمی، و ریاضی در نظر گرفته شده است. مترجمان در حد توان خود کوشیده‌اند که مطالب متن اصلی را با رعایت امانت، درستی محتوای علمی، حفظ روح نوشته و تأکیدات مؤلفان به زبان فارسی روان و قابل فهم برای دانشجویان درآورند. در انجام این کار و مسئولیت بزرگی که بر عهده گرفته‌ایم، بی‌چون و چرا، نارسایی‌هایی هم داشته‌ایم که استادان و خوانندگان محترم با یادآوری آن‌ها بر ما منت می‌گذارند و این فرصت را فراهم می‌کنند که چاپ‌های بعدی این کار کم‌نقص‌تر و مفیدتر عرضه شوند. در پایان، قدردانی و سپاس‌مان را تقدیم می‌کنیم به جناب آقای دکتر شاپور گهواره، مدیر محترم انتشارات نوپردازان، و به تک‌تک همکاران زحمت‌کش بخش‌های رایانه، حروف‌چینی، نسخه‌پردازی، گرافیک، صفحه‌آرایی، و نظارت بر چاپ این مؤسسه که در جهت تولید فنی این کتاب تلاش‌های خستگی‌ناپذیر و مسئولانه‌ای از خود نشان داده‌اند و —اگر اغراق نباشد— توانسته‌اند اثری نمونه در صنعت نشر کتاب‌های درسی کشور پدید بیاورند.

محمدابراهیم ابوکاظمی
جلال‌الدین پاشایی‌راد
محمد رضا کلاه‌چی

برای بسیاری از مدرسان و دانشجویان علوم پایه و مهندسی، نام «هالیدی-رزنیک» گویی مترادف است با «فیزیک پایه دانشگاهی». با نگاهی به پیشینه، روش ارائه، و ویژگی‌های این اثر شاید بتوان این نکته را قابل‌توجیه دانست. ویراست اول «مبانی فیزیک هالیدی-رزنیک»، نخستین بار، در سال ۱۹۷۰ چاپ و منتشر شد. این کتاب نسخه تعدیل شده‌ای از کتاب دیگر همین مؤلفان، با نام «فیزیک»، بود که چهار سال پیش‌تر از آن به چاپ رسیده بود. از آن زمان تاکنون، این متن درسی در پرتو نظرات اصلاحی مدرسان و متقدمان، متناسب با پیشرفت روش‌های آموزش و فناوری تولید کتاب، و همچنین در پاسخ به نیازها و کاربردهای تازه، بارها و بارها بازنگری، بازنویسی، و بازتولید شده است. مؤلفان ویراست دوم این متن را در سال ۱۹۸۱، و ویراست سوم آن را با همکاری «جان مریل» در سال ۱۹۸۸ به چاپ سپردند. به گفته یکی از متقدمان، در آن ویراست مؤلفان در حالی که سطح کلی متن درسی را حفظ کرده بودند، توانستند پیش‌نیازهای آموزشی درک مفاهیم را تا حد ممکن پایین بیاورند.^۱ چنین نکته‌ای می‌تواند یادآور دیدگاه آلبرت اینشتین در سخن‌رانی درباره «روش‌های فیزیک نظری» باشد که گفته بود: «تا آن‌جا که می‌شود ساده، اما نه ساده‌تر از آن».^۲ شاید همین ویژگی‌ها از یک‌سو، و تلفیق منحصر به فرد مطالب آموزشی با کاربردهای هیجان‌برانگیز دنیای روزمره از سوی دیگر بوده باشد که رمز موفقیت و ماندگاری این متن درسی در طول چهل سال گذشته بوده است.

از ویراست چهارم این کتاب (و چاپ سال ۱۹۹۳ آن) است که «جرل واکر»، استاد دانشگاه کلیولند امریکا، به عنوان همکار مؤلف وارد صحنه می‌شود و با نشان دادن ارتباط فیزیک با «دنیای واقعی و زندگی روزمره» در این کتاب^۳، رنگ و روی تازه‌ای به آن می‌بخشد. او این اثر را «طرحی در حال پیشرفت» در نظر می‌گیرد، و با استفاده از بازخوردهای مستقیم تدریس آن در کلاس‌های «هالیدی-رزنیک-واکر» و اظهار نظرات متقدمان و مدرسان و دانشجویان دانشگاه‌های

1. Halliday-Resnick, *Fundamentals of Physics* (3rd Ed.), Wiley, 1988.

2. A. Einstein, The Herbert Spencer Lecture delivered at Oxford University, 10 June 1933, in *Mein Weltbild*, Verlag, 1934.

4. J. Walker, *The Flying Circus of Physics*, Wiley, 1977.

۳. پیش‌گفتار همین کتاب، ص ۱۰.

نداشتند. جنبه سرگرم‌کنندگی موضوع در آن‌ها نادیده گرفته شده بود. در این کتاب هالیدی-رزنیک-واکر (HRW) سعی کرده‌ام فیزیک دنیای واقعی را هرچه بیشتر بگنجانم و آن را با ویراست جدید کتاب دیگرم، سیوک بال‌دار فیزیک، مرتبط کنم. خیلی از مطالب آن از کلاس‌های درس HRW است که من در آن‌ها تدریس می‌کنم. در آن‌جاست که از روی چهره‌ها و اظهار نظرهای صریح می‌فهمم چه مطالب و چه روش‌هایی کارآمدی دارند و از چه چیزهایی باید پرهیز کرد. یادداشت‌هایی که از موفقیت‌ها و شکست‌هایم در این کلاس‌ها برمی‌دارم، راهنمای من در فراهم آوردن شالوده این کتاب‌اند. از خیلی وقت پیش، یعنی از همان وقتی که با آن دانشجو و سؤال او روبه‌رو شدم، پیام من به دانشجویان همواره این بوده و هست که «بله، مسلماً شما می‌توانید از مفاهیم اولیه فیزیک شروع کنید، راهی طولانی را پیمایید، و به نتیجه‌گیری‌های معتبری درباره دنیای واقعی برسید؛ تمام سرگرمی فیزیک هم در همین پی بردن به طرز کار دنیای واقعی است.»

هدف‌های زیادی از نوشتن این کتاب دارم، اما هدف اصلی‌ام این است که ابزاری در اختیار مدرسان قرار دهم که به وسیله آن بتوانند به دانشجویان بیاموزند تا مطالب علمی را به‌طور مؤثر بخوانند، مفاهیم بنیادی را تشخیص بدهند، با استفاده از سؤال‌های علمی استدلال کنند،

موضوع فیزیک، از دید من، هم سرگرم‌کننده است و هم بسیار چالش‌برانگیز. از روزی که یکی از دانشجویان در سر کلاس درس مرا با سؤالش متوقف کرد، من همیشه به فیزیک این چنین نگریده‌ام. در آن زمان دانشجوی دکتری بودم، و سؤال این بود: «این چیزهایی که می‌گویید چه ربطی به زندگی من دارد؟» البته من هم بلافاصله جواب دادم: «اساساً همه زندگی من و تو با همین چیزها—یعنی با همین فیزیک—سر و کار دارد.»

او از من خواست که نمونه بیاورم. هرچه فکر کردم، پاسخی به نظرم نرسید. آن شب فکر سیوک بال‌دار فیزیک به ذهنم آمد و آن را به خاطر دانشجویم پدید آوردم و این البته به خاطر خودم هم بود، چون متوجه شده بودم که اعتراض او اعتراض خود من هم بود. شش سال بود که از میان چند ده کتاب درسی فیزیک به سختی راه خودم را پیدا کرده بودم. همه آن کتاب‌ها با دقت بسیار نوشته شده بودند و بهترین شیوه‌های آموزشی هم در آن‌ها به کار گرفته شده بود. با این حال، همگی شان چیزهایی کم داشتند. فیزیک جالب‌ترین موضوع عالم

است زیرا ساختار و طرز کار عالم را بررسی می‌کند، اما این کتاب‌ها انتزاعی بودند و هیچ ارتباطی با دنیای واقعی و زندگی روزمره



۲۸۰ پادای پرسرعتی که در اطراف دیواره (تورتادو) تولید می‌شوند می‌توانند بر تابه‌هایی را به تنه درختان، دیوار ساختمان‌ها، و حتی عکاسان و رفتگی فلزی فرو بکنند. در یک شیب‌سازی آزمایشگاهی، یک خلال دندان معمولی را به کمک تفنگ بادی شلیک کردیم و به شانه درخت بلوط فرو کردیم. جرم خلال دندان ۱۳ g، سرعت آن قبل از فرو رفتن به شانه ۲۲۰ m/s، و عمق نفوذ آن ۱۵ mm بود. اگر سرعت خلال دندان با کمک پکتواشی کاهش یابد، انفوز نیرویی که شانه بر خلال دندان وارد آورد چقدر بوده است؟

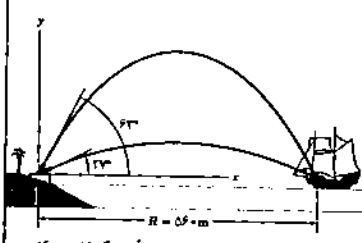
مسئله نمونه ۷-۲

شکل ۴-۱۶ یک کشتی دزدان دریایی را نشان می‌دهد که ۵۶۰ m از دژی کوچک، که از ورودی بندرگاه محافظت می‌کند، فاصله دارد. از تیری که در سطح دریا قرار گرفته است، گلوله‌هایی با سرعت اولیه $v_0 = 87 \text{ m/s}$ شلیک می‌شوند.

(الف) این گلوله‌ها با چه زاویه‌ای، θ ، نسبت به افق باید شلیک شوند تا به کشتی برخورد کنند؟

تکلیف

(۱) گلوله توپ شلیک شده همانند پرتابه است. باید معادله‌ای را پیدا کنیم که زاویه پرتاب، θ ، در آن به جابه‌جایی افقی گلوله، در فاصله میان توپ و کشتی، مربوط شود. (۲) چون توپ و کشتی در یک سطح افقی (یا ارتفاع یکسان) قرار دلوند، جابه‌جایی افقی همان پرتابه است.



شکل ۴-۱۶ کشتی دزدان دریایی زیر آتش تکیه‌تکان بندرگاه

۶۲۰۰۰ بالینی حرکت پرشی توأم با چرخش را با سرعت زاویه‌ای ده آغاز می‌کند (شکل ۱۱-۲۰ الف). لختی چرخشی او از دو تست تشکیل شده است: تست $1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ مربوط به پا که به‌طور بیرون کشیده شده است و با بدن زاویه ۹۰° تشکیل می‌دهد، و تست دیگر $1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ مربوط به بقیه بیکر (که مسلماً مربوط به تنه است). این بالین در نزدیکی بیشترین توان، هر دو پا با زاویه $\theta = 30^\circ$ نسبت به بدن نگه می‌دارد و سرعت زاویه‌ای‌اش در این حالت ω می‌شود (شکل ۱۱-۲۰ ب). با فرض این که I تغییر نکرده باشد، نسبت ω/ω_0 چقدر است؟

مو حرکت توپ پویسلیل چه شکلهای نهفته است؟

در بازی بسکتبال، دتر توپ نهایی ده می‌شود تا به بسکت و زمین بسکت بازگردد. توپ نهایی ده می‌شود تا به بسکت و زمین بسکت بازگردد. توپ نهایی ده می‌شود تا به بسکت و زمین بسکت بازگردد.

۳. برخی طوف و قش یک ورزشکار پرش طول در حال بلند شدن از کف زمین است، نیروهای وارد بر پای خیزبردارونده به ورزشکار تکلهای زاویه‌ای می‌دهد که منجر به چرخش رو به جلوی وی حول یک محور افقی می‌شود. چنین چرخشی سبب می‌شود که پرشکار ترقه‌ای به‌صورتی مناسب فرود بیاید. هنگام فرود، پاها باید در کنار هم و کشیده شده به سمت جلوتر در چنان زاویه‌ای با زمین برخورد کنند که پاشنه‌ها روی مله در بیشترین مسافت کشیده شوند به محض شتاورد شدن در هوا، تکله زاویه‌ای قابل تغییر نیست (تکله زاویه‌ای پایسته می‌ماند) زیرا هیچ گشتاور نیروی خارجی‌ای بر آن وارد نمی‌شود که منجر به تغییر شود. اما، این پرشکار می‌تواند بخش اعظم تکله زاویه‌ای‌اش را با چرخاندن بازوایش، به‌صورت پره‌های آسیای‌یادی، به آن‌ها منتقل کند (شکل ۱۱-۱۹). در این صورت، بدن به‌طور قائم و با سمت گیری مناسب برای فرود قرار می‌گیرد.

مسئله‌های جدید زیادی نیز، از هر دو سطح متوسط و دشوار، افزوده شده‌اند.

ویژگی فصل‌ها

معمای سرآغاز فصل هر فصل با توصیف وضعیتی معمایی آغاز می‌شود که توضیح آن در همان فصل آمده است، و هدف هم کنجکاو کردن و ترغیب دانشجو به خواندن فصل است. این ویژگی‌های متمایزکننده کتاب هبانی فیزیک همگی بر پایه تحقیقات آموزشی استوارند که به صورت مقالات در مجلات علمی، مهندسی، پزشکی، و حقوقی گزارش شده‌اند.

فیزیک این فصل در کتاب حاضر، داستان هر فصل با این عنوان شروع می‌شود که مقدمه‌ای است برای معرفی موضوع آن فصل. (روزی لوله‌کشی از من پرسید «حرفه شما چیست؟» من پاسخ دادم «من فیزیک درس می‌دهم.» چند دقیقه‌ای فکر کرد و سپس پرسید «فیزیک چیست؟» با این که تمام کار لوله‌کشی بر پایه فیزیک استوار است، او فیزیک را نمی‌شناخت و از من می‌پرسید که فیزیک چیست. بسیاری از دانشجویان در کلاس‌های درس فیزیک مقدماتی نمی‌دانند فیزیک چیست، ولی تصورشان این است که فیزیک ربطی به حرفه‌ای که انتخاب کرده‌اند ندارد.)

خودآزمایی‌ها همانند ایستگاه‌هایی در میان فصل عمل می‌کنند. در این ایستگاه‌ها از دانشجو پرسیده می‌شود «آیا می‌توانید این سؤال را با اندکی استدلال بر پایه موضوع یا نمونه مسئله‌ای که تازه خوانده‌اید، پاسخ دهید؟» اگر نه، دانشجو پیش از آن که بیشتر وارد متن فصل شود باید برگردد و آن مطلب را دوباره مطالعه کند. برای مثال، نگاه کنید به خودآزمایی ۱ صفحه ۸۴ و خودآزمایی ۲ صفحه ۲۸۲. پاسخ همه این خودآزمایی‌ها در آخر کتاب آمده است.

مسئله‌های نمونه چنان انتخاب شده‌اند که راه حل مسئله‌ها را با روش‌هایی استدلالی نشان دهند، نه این که صرفاً اعدادی در معادله‌ای بگذارند و خیلی راحت به جواب برسند بی آن که به مضمون معادله توجهی داشته باشند. مسئله‌های نمونه‌ای که عنوان «کارآموزی» دارند، معمولاً طولانی‌ترند و راهنمایی بیشتری در آن‌ها درج شده است.

نکته‌ها در مسئله‌های نمونه، توجه دانشجو را به مفاهیم اولیه‌ای که ریشه حل مسئله‌اند جلب می‌کنند. انگار که این نکته‌ها چنین می‌گویند

و با حل مسائل به پاسخ‌هایی کمی برسند. این فرایند نه برای دانشجویان آسان است نه برای مدرسان. درواقع، یادگیری این درس در این کتاب شاید چالش‌برانگیزترین مورد در میان تمامی دروسی باشد که هر دانشجویی می‌گذراند. در عین حال، شاید مفیدترین آن‌ها هم باشد زیرا ساز و کار بنیادی عالم را که منشأ تمام کاربردهای علمی و مهندسی است، نشان می‌دهد.

خیلی از کسانی که از ویراست هفتم این کتاب استفاده کردند (هم مدرس و هم دانشجو)، اظهار نظرهای پیشنهادی خود را برای بهتر شدن آن فرستادند. این‌ها در متن کتاب و مسائل پایان فصل‌ها گنجانده شده‌اند. هم ناشر و هم خود من این کتاب را به صورت طرحی در حال پیشرفت در نظر می‌گیریم و ارسال پیشنهادهای بیشتر کاربران را انتظار داریم. نظرات مثبت یا منفی، پیشنهادها، و تصحیحات خود را می‌توانید به نشانی جان وایلی و پسران (<http://www.wiley.com/college/halliday>) یا به نشانی جرج واکر (دانشکده فیزیک، دانشگاه ایالتی کالیفرنیا، کالیفرنیا، اوهایو، ۴۴۱۱۵، ایالات متحد آمریکا؛ شماره دورنگار ۲۴۲۴ ۶۸۷ ۲۱۶ (امریکا)؛ یا پست الکترونیکی physics@wiley.com؛ یا وبگاه www.flyingcircusofphysics.com) بفرستید. ممکن است نتوانیم به همه پیشنهادها پاسخ بدهیم، اما تک‌تک آن‌ها را مطالعه و نگاه‌داری خواهیم کرد.

تغییرات محتوایی عمده

- مطالب کتاب سپوک بال‌دار از چند راه در این کتاب وارد شده‌اند: از راه معماهای مطرح شده در سرآغاز فصل‌ها، از راه مسئله‌های نمونه، مثال‌ها، و مسئله‌های پایان فصل. در این کار، دو هدف مد نظر بوده‌اند: (۱) موضوع جالب‌تر و دوست‌داشتنی‌تر شود، (۲) به دانشجو نشان داده شود که دنیای پیرامون خود را می‌تواند با استفاده از اصول بنیادی فیزیک بررسی و درک کند.
- قانون گرانش نیوتون، قانون کولن، و قانون بیو-ساوار در کتاب حاضر با استفاده از نماد بردار یکپارچه شده‌اند.
- اغلب معماهای مطرح شده در سرآغاز فصل‌ها (مثال‌هایی از فیزیک کاربردی که به منظور ترغیب خواننده و برانگیختن کنجکاویش نسبت به موضوع فصل طراحی شده‌اند) تازه‌اند، و مستقیماً از مجلات تحقیقاتی در رشته‌های گوناگون برگرفته شده‌اند.
- چند هزار مسئله پایان فصل را چنان بازنویسی کرده‌ام که هم کارایی طرز ارائه را بالاتر ببریم و هم راه حل را روشن‌تر نشان دهم.

تحلیل و درهم‌آمیزی مفاهیم نداشته باشد. از همه این‌ها گذشته، دانشجوی مدت‌ها پس از خواندن این کتاب و گذراندن این درس، به مهارت‌های تجزیه و تحلیل و درهم‌آمیزی مفاهیم ذهنی نیاز خواهد داشت.

کاربرد ماشین حساب مجهز به عملیات برداری هنگامی که محاسبات برداری یک مسئله نمونه را بتوان با ماشین حساب مجهز به عملیات برداری انجام داد، در حل این مسئله به این نکته اشاره می‌شود. با این حال، به روال معمول، حل مسئله با استفاده از مؤلفه‌ها ادامه می‌یابد. در حالتی که محاسبات برداری مسئله را نتوان روی صفحه این نوع ماشین حساب‌ها انجام داد، دلیل آن را توضیح داده‌ایم.

نمودار به جای مسئله این‌ها مسئله‌هایی هستند که حاوی نمودارند و نتیجه‌ای را خواستارند که صرفاً با خواندن داده‌ها از روی نمودار به دست نمی‌آید. حل این مسئله‌ها نیازمند درک وضعیت فیزیکی مسئله و شناخت مبانی معادلات مرتبط با آن است. این مسئله‌ها بیشتر شبیه به معماهایی است که شریلوک هولمز با آن‌ها سر و کار پیدا می‌کند، زیرا دانشجو باید تعیین کند که چه داده‌هایی حایز اهمیت‌اند. برای مثال، نگاه کنید به مسئله ۵۰ صفحه ۱۰۸، مسئله ۱۲ صفحه ۱۴۵، و مسئله ۲۲ صفحه ۳۱۲.

مسئله‌های با مضمون فیزیک کاربردی که براساس تحقیقات منتشر شده طراحی شده‌اند، در جای‌جای این کتاب به یکی از صورت‌های معمایی سرآغاز فصل، مسئله نمونه، یا مسئله تکلیفی پایان فصل آمده‌اند. برای مثال، نگاه کنید به معمایی سرآغاز فصل ۴ صفحه ۷۹، نمونه مسئله ۴-۸ صفحه ۹۳، و مسئله ۶۲ صفحه ۴۰۹. به عنوان نمونه‌ای از مسئله‌هایی که از جوانب گوناگون در قالب داستانی دنباله‌دار طراحی شده‌اند، نگاه کنید به مسئله‌های ۲، ۳۹، و ۶۱ در صفحات ۱۷۷، ۱۸۲، و ۱۸۴.

مسئله‌های با موضوع‌های نوظهور که در این جا به یکی از چند صد مسئله از این دست اشاره می‌شود. مسئله ۶۹ صفحه ۱۵۱، به داستان واقعی پرواز ۱۴۳ هواپیمایی از شرکت ایر کانادا مربوط می‌شود که در ارتفاع ۷/۹ km سوختش تمام شد. دلیل آن هم این بود که خدمه هواپیما و کارکنان فرودگاه به یکاهای متداول برای سوخت به دقت توجه نکردند (که باید درس مهمی برای دانشجویانی باشد که می‌خواهند همین جوری از خیر یکاها بگذرند).

«حل مسئله را با این مفاهیم اولیه شروع می‌کنیم. این روشی است که ما را برای حل بسیاری از مسئله‌های دیگر هم آماده می‌کند. این طور نیست که معادله‌ای را برداریم و صرفاً در آن عددگذاری کنیم، روشی که به هیچ دردی نمی‌خورد.»

شگردهای حل مسئله شامل دستورهای هستند که دانشجوی تازه وارد به درس فیزیک را راهنمایی می‌کنند تا بتواند مسئله را حل کند و از اشتباه‌های متداول بپرهیزد.

مرور و جمع‌بندی خلاصه‌ای از محتویات فصل و شامل مفاهیم اصلی آن است، ولی جانشینی برای مطالعه فصل نیست.

پرسش‌ها هم مانند خودآزمایی‌ها به درک مطلب و قدرت استدلال نیاز دارند نه به محاسبه. پاسخ به پرسش‌هایی که شماره‌فرد دارند در آخر کتاب آمده است.

مسئله‌ها طبق عناوین بخش‌های فصل دسته‌بندی شده‌اند، و تعداد ستاره‌هایی که در کنار شماره مسئله گذاشته شده‌اند سطح دشواری آن‌ها را مشخص می‌کند. پاسخ به مسئله‌هایی که شماره‌فرد دارند در آخر کتاب آمده است.

مسئله‌های دیگر این مسئله‌ها به هیچ روشی مرتب یا دسته‌بندی نشده‌اند، بنابراین دانشجو خودش باید تشخیص دهد که هر مسئله به کدام بخش از فصل مربوط می‌شود و چگونه باید آن را حل کرد.

ویژگی‌های دیگر

استدلال در برابر عددگذاری و جواب‌گیری یکی از هدف‌های اصلی کتاب حاضر این است که به دانشجو بیاموزد چگونه از اصول اولیه شروع کند و با استدلال و پیمودن مسیر چالش‌برانگیز حل مسئله به پاسخ آن برسد. هرچند تعدادی از مسئله‌های «عددگذاری کن و جواب بگیر» در این کتاب همچنان باقی مانده‌اند، ولی تأکید بیشتر مسئله‌ها بر استدلال کردن است.

فصل‌های با اندازه موجه برای پرهیز از کتابی که چنان ضخیم باشد که جلوی فشنگ (و همچنین دانشجو) را بگیرد، اندازه فصل‌های کتاب حاضر را توجیه‌پذیر در نظر گرفته‌ام. مطالب را به قدر کافی و آن‌چنان توضیح می‌دهم که دانشجو بتواند مسیر خود را پیدا کند و شروع به حرکت کند، ولی نه آن قدر زیاد که دیگر احتیاجی به تجزیه و