

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

مقدمہ ای بر اختر فیزیک نوین

(جلد اول)

مؤلف:

بردلی کارول - دیل ہسٹن

مترجمان:

احسان مہرجو - کامبیز خالقی

کارول، برادلی دبلیو - Carroll, Bradley W.	میراثنامه
مقدمه‌ای بر اختر فیزیک نوین	عنوان و نام پدیدآور
نویسنده: دانش پژوهان جوان، ۱۳۹۳-	مشخصات نشر
ع. م. مصری، جدول، نمودار	مشخصات ظاهری
مجموعه: ۶۲۱	فهرست
۵۰۱-۳۴-۶۸۸-۳۰۰-۶۷۸-۳۰۰-۶۵۰-۲۰۰-۶۸۸-۳۰۰-۶۷۸-۳۰۰	شابک
فصلی مضامین	وضعیت فهرست‌ویسی
این مدرک در آدرس http://opac.ishlib.ir قابل دسترسی است.	یادداشت
واژه نامه	یادداشت
آوستلی، دیل ا.	شماره افزوده
Ostlie, Dale A.	شماره افزوده
خانگی، کامییز، ۱۳۶۹-	شماره افزوده
مهرجو، احسان، ۱۳۶۳-	شماره افزوده
۳۶۴۵۷۰۴	شماره کتابخانه ملی

مقدمه‌ای بر اختر فیزیک نوین (جلد اول)

مؤلفان: برادلی کارول - دیل اوستلی

ترجمه: احسان مهرجو - کامییز خالقی

نویسنده: مسیحه اسکندری

حروف چینی و صفحه‌آرایی (T.E.X) دوره فنی هیمنه (بک‌نبرد ۰۶۶۵۶۶۵۴)

شابک جلد اول: ۶۷۸ ۶۰۰-۲۸۸-۳۴۵

شابک دوره: ۶۷۸ ۶۰۰-۲۸۸-۳۴۵

قیمت: ۲۱۳۰۰

نوبت چاپ: اول ۱۳۹۳

قطع: وزیری

تیراژ: ۲۴۰۰ نسخه



ناشر: کتابهای المعیاد

آدرس: میدان انقلاب، خیابان کارگر جنوبی، حیاطان شهید نظری، بین حیاطان منیری جاوید و
 ۱۲ فروردین، بلاک ۱، طبقه ۳، واحد ۱
 تلفن: ۶۶۴۸۵۲۳۴-۶۶۴۹۸۹۹۸-۶۶۴۹۶۳۶۳
 www.irolympiad.com کد پستی: ۱۳۱۴۶۷۵۹۴۴
 دورنگار: ۶۶۹۵۳۲۵

به جرات می‌توان گفت پیشرفت‌های چشم‌گیر علوم پایه به ویژه نجوم در نیمه دوم قرن بیستم به حدی بوده است که منابع درسی این رشته‌ی جذاب دانشگاهی پیوسته تغییر کرده یا اصلاح شده است. یکی از شاخه‌ی منحون شده‌ی علم نجوم در دو دهه‌ی اخیر اختریف یک بوده است که این مهم نیز به تفرق به لطف پیشرفت شگرف فناوری، ساخت و استفاده از ابزارهای رصدی و تحلیلی بسپار پیشرفته محقق شده است. در این بین سه گانه‌های معروف آفاین Carroll و Ostlie به نام‌های "An Introduction to Modern Stellar Astrophysics" و "An Introduction to Modern Galactic Astrophysics and Cosmology" سهم زیادی در معرفی و آسان کردن دانشجویان و علاقه‌مندان نجوم با جنبه‌ی مختلف علم اختریف یک داشته است، به‌خوری که امروزه بسیاری از دانشگاه‌های دنیا به عنوان یکی از منابع اصلی تدریس به دانشجویان سال چهارم دوره‌ی لیسانس و مقطع فوق‌لیسانس شناخته می‌شوند.

در ایران نیز طی چند سال گذشته کتب نخست از این مجموعه یعنی "An Introduction to Modern Astrophysics" که ابتدا در سال ۱۹۹۶ تألیف و سپس در سال‌های ۲۰۰۶ و ۲۰۰۷ ویرایش و به روز رسانی شد، به تدریس در بسیاری از دانشگاه‌ها معرفی و مورد استفاده قرار گرفته است. همچنین جمعیت مباحث گام به گام بودن و سطح قابل فهم آن (که تنها مستلزم آشنایی با فیزیک دوره‌ی دبیرستان و ریاضیات سال اول دانشگاه است)، این کتب را به منبعی بسیار عالی برای دانش‌آموزان شرکت‌کننده در المپید نجوم و اختریف یک تبدیل کرده است.

توضیحات فوق، اینجانبان را بر آن داشت تا نسبت به ترجمه این کتاب با عنوان مقدمه‌ای بر ختریف یک نوین در چهار جلد اقدام کنیم. اگرچه مطالعه‌ی کل کتاب برای دانشجویان رشته نجوم ضروری است، با وجود این جلد اول شامل ۱۰ فصل نخست کتب اصلی و مناسب دانش‌آموزان شرکت‌کننده در مرحله دوم المپید نجوم است. جلد دوم، در برگزیده‌ی فصل‌های ۱۱-۱۸ (عمدتاً مباحث اختریف یک پیشرفته)، جلد سوم در برگزیده‌ی فصل‌های ۱۹-۲۳ (منظومه شمسی)، جلد چهارم فصل‌های ۲۴-۳۰ (انسان دیتامیک کهکشانی و کیهان‌شناسی) نیز منبع خوبی برای دانش‌آموزان شرکت‌کننده در مرحله دوم جهانی المپید نجوم و اختریف یک محسوب می‌شوند.

اگرچه خلوتی شدن مراحل ترجمه، مقابله‌خوانی، ویرایش، صفحه‌آرایی، خذ مجوز و چاپ کتاب باعث شد تا در این میان شاهد انتشار ترجمه‌های دیگر از این اثر باشیم، لیکن کیفیت عالی چاپ، روان بودن ترجمه، انتخاب صحیح و دقیق معادل فارسی اصطلاحات تخصصی و از همه مهم‌تر برصرف کردن غلط‌های علمی! موجود در کتاب اصلی (که بالغ بر ۳۱ مورد می‌شود)، به گواه برخی اسانبد محترم که نسخه‌ی پیش از چاپ را مشاهده کرده‌اند، بی‌شک این کتاب را به اثری ماندگار و کم نظیر در میان کتب تخصصی نجوم

موجود در کشور تدبیر خواهند کرد. ان شاء الله.

در پایان هم بر خود لازم می‌دانیم از دوستان رجمنده آقایان مرتضی محمدآبادی، دکتر عیسی یوسفی، سید مصطفی حیدریان، میر حسن زاده، ذوالفقار دانشی نسب، آتیلا پرو، فرهاد ذکاوت، فربرز الهی‌پناه، امیررضا ابری، میررضا میرانهی، شهریار جاویدی، رامین فتاحی، محمدرضا نورمندی‌پور، پارس نوری، آرش حزینی، امیر یارسانی، میرحسین جمان‌لوانی، علی رقابلی، سعید مذهب، مهد مرتضوی، معین حبشستی، محمد حسین جوادی، محمد حسین ضحایی، صمد غلامی، حامد عرب، امین عظیمی و خانم مهتاب یارمنشی، سارا خالقی‌زاده، پاک‌نژاد و تمامی دوستانی که در طی این چند سال نکستی را بری هر چه بهتر شدن این اثر و در فرایند آماده‌سازی، ویراستی، تایپ و چاپ متذکر شدند و به علت کثرت و ضمیمه‌ها، حاشیه نام نگ ایشان بخاطر من نمانده است، تشکر و قدردانی می‌نمایم.

احسان مهرجو - کامپیوتر خالقی

از زمانی که نخستین چاپ ز کتب مقدمه‌ای بر اخترفیزیک نوین و همتای خلاصه‌تر آن کتاب مقدمه‌ای بر اخترفیزیک ستاره‌ای در سال ۱۹۹۶ میلادی روانه‌ی بازار شد، انفجاری باورنکردنی در دانش ما از آسمان بالای سرمان رخ داده است. حدود ۲ دهه قبل از چاپ اول این کتاب بود که مایکل مایر و دبیر کوئووز خیر کشف جدیدشان که یک سیاره‌ی فراخورشیدی و گردش آن به دور ستاره‌ی ۵۱ - فرس اعظم بود را منتشر کردند، و این نخستین سیاره‌ای بود که در گردش به دور یک ستاره‌ی رشته صلی کشف شده بود. اکنون که در سال ۲۰۰۷ و در حال ویرایش دوم این کتاب هستیم، ۱۱ سال از این کشف می‌گذرد و تعداد سیاره‌های فراخورشیدی کشف شده به ۱۹۳ رسیده است. این قبیل کشفیات نه تنها نور تازه‌ای به نحوه‌ی شکل‌گیری ستارگان و سیستم‌های سیاره‌ای تاباند، بلکه چگونگی تشکیل و تحول سیارات منظومه شمسی خودمان را هم بر ما شکافت.

علاوه بر این، طی یک دهه‌ی گذشته شاهد کشفیات مهمی در منظومه‌ی شمسی خودمان و در ورای مدار پلوتون بوده‌ایم. مهم‌ترین این سیاره‌ی کوچک هستند. در حقیقت یکی از اجرام تازه کشف شده در کمربند کویپر، که احتمالاً به المپ ۳۱۳ TUB ۲۰۰۳ را برای آن برگزیده و کسی بزرگ‌تر از پلوتون است، تعریف ما از سیاره را به مثابه منظومه شمسی میزبان چه تعداد سیاره است را به چالش کشیده. اکتشافات فضاپیماهای روباتیک کارهایی که به سوی جسم منظومه شمسی رهسپار شده بودند اطلاعات فوق العاده ارزشمندی از همسایه‌ی شمسی ما در اختیار ما قرار داده‌اند. ناوگان مریخ‌توردهایی که سیاره‌ی سرخ را هدف قرار داده بودند مثل روح (Spirit) و فرصت (Opportunity) شید کردند که در روزگاری ز گذشته‌ی مریخ، بر سطح این سیاره آب مایع جریان بوده است. به علاوه ما تعداد زیادی کاوشگر رهسپار مشتری و زحل کرده‌ایم، سطح قمر تیتان را لمس کرده‌ایم، از میان غبارهای گیسوی دنباله‌دارها گذشته‌ایم و حتی به سوی قلب یخی آن‌ها نیز حمله کرده‌ایم.

مأموریت‌هایی مثل سوئیفت (Swift) به ما کمک کردند تا به پس‌زمین‌ها که منشأ پرتوهای گاما‌ی کیهانی چیست، نزدیک شویم. ما امروزه می‌دانیم که احتمالاً دو رده از پرتوهای گاما وجود دارد که یکی از انفجارهای هسته‌ای برنواختی سرچشمه می‌گیرد و دیگری احتمالاً در فرآیند جدایی غلظت شدن دو ستاره‌ی نوترونی یا یک ستاره‌ی نوترونی و یک سیاهچاله در قالب یک منظومه دوتایی بوجود می‌آیند.

بعد از انتشار ویرایش اول این کتاب و بررسی‌های دقیق رصدهایی که بر مطالعه‌ی مرکز کهکشان راه‌شیری خودمان متمرکز بوده‌اند، فهمیدیم که احتمالاً بسیاری از کهکشان‌هایی که می‌شناسیم مارپیچی یا بیضوی‌اند. این مطابقت همچنین نشان دادند که احتمالاً بسیاری از این کهکشان‌ها مثل راه‌شیری خودمان در هسته‌ی خود یک سیاهچاله پنهان کرده‌اند و دائماً خوراک لازم برای بزرگ و بزرگ‌تر شدن این سیاهچاله‌ها را تأمین می‌کنند؛ بنابراین امروزه چنین به نظر می‌رسد که بیشتر سیاهچاله‌های برپرجرمی که در مرکزین کهکشان‌ها

قرار دارند، مسئول تابش‌های یارزوی و گامی هستند که مبدآنسان را به نام کهکشان‌های رادیویی، پلیزرها و کوازار گذاشته‌اند.

همچنین در یک دهه‌ی گذشته فهمیده‌ایم که نه تنها اینسطح جهان رو به گسترش نیست، بلکه در حال شتاب گرفتن نیز هست! همین رصدها به ما نشان داده‌اند که ما امروزه در عالمی زندگی می‌کنیم که در حجم انبوهی از انرژی تاریک غوطه‌ور است که در آن ثابت کیهان‌شناختی آلبرت اینشتین (که خود توان بزرگ‌ترین اشتباهش نامیده بود) نقش مهمی در فهم ما از کیهان بازی می‌کند. در هنگام چاپ ویرایش اول این کتاب حتی احتمال وجود انرژی تاریک هم عافلاته به نظر نمی‌رسید.

روفع بعد از چاپ ویرایش اول این کتاب، کیهان‌شناسی وارد حیطه‌ی جدید اندازه‌گیری‌های دقیق شد. استخراچ اطلاعات حاصل از بررسی‌های تداخل‌سنج میکروموج زمینه‌ی ویکینسون (WMAP) سن کیهان با دقتی بیشتر در حدود ۲٪ کاهش پیدا کرد و به چیزی در حدود 13.7 ± 0.05 رسید. علاوه بر این، اطلاعات دقیق‌تر در حوزه‌ی تحولات ستاره‌ای هم نشان داد که این سن جدید اندازه‌گیری شده از ستاره‌ی پیرایه‌ی سن‌ترین خوشه‌های ستاره‌ای مطابقت کامل دارد.

ما در مقدمه‌ی ویرایش اول این کتاب نوشته بودیم: هیچ زمانی تا بدین اندازه اختراعات یک مدرن را بررسی نکرده بودیم. این جمله غلط به بررسی‌های پیشرفته‌ی ترمودینامیکی نوشته شده بود که در دهه‌ی قبل از آن به انجام می‌رسید. بدیهی است که این تدرجه در یک دهه‌ی بعد از آن پیشرفت‌های بزرگ‌تری را باعث شد. پیوستن تلسکوپ فضایی هابل و مریخ‌پژوهی‌های باکیفیت بالای آن، رصدخانه‌ی پرتو X چاندرا و تلسکوپ فروسرخ اسپیتزر از همراهان اصلی در این مسیر بوده‌اند. از روی زمین هم، تلسکوپ‌های غول‌پیکری به بزرگی ۸ متر به جمع کاوشگران کیهان پیوستند. پروژه‌های جاه‌طلبانه‌ای که روزگاری شاید در مخیله‌ی اخترشناسان نیز نشانی از آن‌ها یافت نمی‌شد، توانستند اطلاعات قابل‌تحلیل زیادی را استخراج کنند. پوششگر دیجیتالی آسمان (اسلون)، بررسی انتقال به سرخ در یک موسوم به 10^5 ، تصاویر عمیق هابل و بسیاری ابزار ریز و درشت دیگر ما را در رسیدن به اکتشافات جدید و مطالعات دقیق‌ترمان، همراهی کرده‌اند. همچنین در این مدت از رصدها و رصدخانه‌هایی در ارتفاع ۵۰۰۰ متر، آرایه‌های ریز میلی‌متری آتاکاما و سنجیده‌های دقیقی مثل تلسکوپ فضایی گایا یا جستجوگر سیاره‌ای SIM نیز استفاده کرده‌ایم. اما هنوز به اکتشافات درون منظومه‌ی خودمان هم مشغولیم و مدارگرایی زیادی را روانه‌ی سیاره‌ی سرخ کرده‌ایم.

از سوی دیگر در طی یک دهه‌ی گذشته ما یک انقلاب اطلاعاتی را هم پشت سر گذاشته‌ایم. آن روزهایی که ویرایش اول کتاب به چاپ رسید شبکه‌ی جهانی وب بسیار محدودتر بود. در آن روزها شاید کسی تصور نمی‌کرد که به این سرعت شبکه‌ای به وجود بیاید که با استفاده از یک موتور جستجوگر و چند کلیک ماوس، حجم انبوهی از اطلاعات، آرشیو آخرین مقالات ژورنال‌ها و یک دوجین اطلاعات ریز و درشت دیگر پیش‌روی شما قرار بگیرد.

بعد از نسخه‌ی اول این کتاب ویرایش دوم آن روانی بازار شد که بیشتر دانشجویان آن را با نام «کتاب نازنجی بزرگ» به یاد می‌آورند. این ویرایش از کتاب بر اخترفیزیک ستاره‌ای متمرکز شده بود و انتشار آن تقریباً هم‌زمان بود با چاپ کتاب

An introduction to modern Galactic Astrophysics and Cosmology

زانجا که بن نسخه هم خیلی زود با استقبال دانشجویان روبرو شد، به سرعت و چندین بار در کلاس‌های درس مورد ارزیابی قرار گرفت و بارها و بارها نکاتی از سوی اساتید و دانشجویان به ما یادآوری می‌شد که نکاتی از کتاب از قلم افتاده است.

از سال دیگر در نسخه‌ی دوم کتاب تمامی واحدها را از سیستم CGS به سیستم SI تغییر دادیم. مثلاً در نسخه‌های قبلی از واحد ergs^{-1} برای تعریف درخشندگی استفاده می‌کردیم چرا که به نظرم، واحد معقول بود اما خیلی زود دیدیم که دانشجویان بش ما فکر نمی‌کنند و ترجیح می‌دهند واحدها برحسب W باشد. به همین ترتیب واحدهای دیگری که با اعداد عجیب و قریب بزرگ هم سر و کار داشتند را برحسب عددی صغیر از مریخی 10^{-31} و 10^{-26} بازنویسی کردیم تا دانشجویان کمتر درگیر بازی‌های عددی پیچیده شوند.

هدف ما از نوشتن این کتاب، باز کردن مسجعی نویسی بود به دنیای پر رمز و راز اخترفیزیک که در آن تنها از ابزار پایه‌ی و فیزیک مقدماتی استفاده می‌شود. هیچ چیز ریزتر و راضی‌کننده‌تر از این نیست که بتوانیم نمایش کیهان را با استفاده از قواعد فیزیکی یک ترک کنیم. ریاضیات تنها ابزاری است سودمند که این تحلیل‌ها را بر می‌مد ساده‌تر می‌کند. فیلسوف معروف یونانی، افلاطون بزرگ چنین می‌نویسد: آیا باور ندارید که یک ستاره‌شناس واقعی باید فرد باهوش و دانایی باشد؟ من این حرف را به چند دلیل بیان می‌کنم. نخست و مهم‌ترین دلیل آنکه بخش فردی باید با اعداد عجیب زیاد کر بکند. در مسیر مطالعاتش باید از روش‌های هندسه و ستاره‌های مختلف عددی و بسیاری تحلیل‌هایی استفاده کند که به‌مانند یک نمایش نامه با هدف قرار هم چیده شده‌اند و هیچ‌یک به‌تنهایی معنایی ندارند. به عقیده‌ی من، درک این نمایش امکان‌پذیر نخواهد بود، مگر با روش‌های ریاضیات.

این کتاب‌ها زاده‌ی دورنی هستند که ما دوره‌های اخترفیزیک سال سوم دانشگاه را تدریس می‌کردیم، و خودمان از برخی منابع محروم بودیم. متون موجود در آن زمان، اکثراً توصیفی بودند و کمتر محاسبات ریاضی داشتند. دانشجویانی که در کلاس‌های دیگر معادله‌ی شرودینگر، توابع پارش و بسط‌های چندگانه را بد می‌گرفتند، احساس ناامیدی می‌کردند زیرا کتاب‌های درسی‌شان از مبحث‌های فیزیکی آنها بهره‌ای نمی‌بردند و این باعث سرافکنندگی دوچندان ما می‌شد. زیر اخترفیزیک فرصت منحصر به فردی را در اختیار قرار می‌گذارد تا با به کارگیری عملی دانش فیزیکی خود بسیاری از پدیده‌های هیجان‌انگیز نجومی را درک کنند. علاوه بر این، اخترفیزیک به عنوان یک رشته، واقعاً تمامی جنبه‌های فیزیک را به تصویر

می‌کشند. به همین دلیل اخترفیزیک به دانشجویان این فرصت را می‌دهد تا دانش خود را مرور کرده و گسترش دهند.

هر شخص‌ای که یک دوره‌ی مقدماتی فیزیک محاسباتی را گذرانده باشد تقریباً می‌تواند تمامی مفاهیم اصلی اخترفیزیک مدرن را درک کند. سطح فیزیک ستوده شده در بخش‌های مختلف این کتاب به میزان قابل توجهی متفاوت است. همین‌طور که در ادامه خواهید دید در یک فصل از کتاب به معرفی نظریه نسبیت خاص پرداخته‌ایم و در فصل دیگری فیزیک کوانتومی را آورده‌ایم تا پیش‌زمینه‌ی فیزیکی لازم برای بحث‌های جدی‌تر را فراهم کنند. سایر مضامین به صورت خودآموز بوده و با مراجعه به بخش‌های دیگر همین کتاب قایل فهم می‌شوید و حتی در زنجیره‌ی 'سندل‌ها و درک خواننده از مفاهیم و ایده‌های نجومی' اکتفا نمی‌کنند.

چیز دیگری که در این کتاب تلاش کرده‌ایم نسبتاً دقیق باشیم، با این حال تمایل داشتیم تا محاسبات مربوطه را اقتدارده‌ایم دست‌نیم تا با استفاده از مدل‌های ساده به مطالعه‌ی سیستم‌های مورد نظر بپردازیم. نسبت نتیجه تلاش در این حالت بسیار زیاد است به طوری که ۸۰ درصد از بدگیری با ۲۰ درصد تلاش به دست می‌آید. برای محاسبات سریع باید بخشی از ابزار هر اخترفیزیک‌دانی باشند. در واقع، زمانی که این کتاب را می‌خوانید تعداد پدیده‌هایی که با این روش قابل توصیف می‌شوند شگفت‌زده می‌شوید. با وجود همه این‌ها، بخش محاسبات صادقانه به شما بوده است و هرکجا به مفاهیم مهمی که نیاز به درک بیشتری داشتند رسیدیم مانند زون ستارگان، جوهای ستاره‌ای، نسبیت عام و گیکان‌شناسی، سعی کردیم تا دست از ساده‌سازی مسئله برداریم و جای توصیف سطحی محض، به تشریح عمیق و مفهومی آن‌ها بپردازیم.

امروزه اخترفیزیک محاسباتی (یا کمک رنده) بخشی از بسیاری از رشته‌های پیشرفت درک ما از نجوم داشته است و از این روست که توانسته‌ایم تعداد بی‌شماری از مسائل رایج فیزیکی را کدنویسی تحلیل کرده و نتایج در قالب نمود درسی در کتب نجومی بیوریم. اکنون شما می‌توانید سیرهای و نیز ویژگی‌های رصدی سیستم‌های ستاره‌ای دوتایی را محاسبه کنید، همچنین علاقه‌مندان به سیستم‌های ستاره‌ای دلخواهتان می‌توانید برهم‌کنش‌های گرانشی بین کهکشان‌ها را هم بررسی کنید. این کارها باعث ساده‌تر شدن پیچیدگی‌های آموزشی می‌شوند و شما به راحتی می‌توانید کدهایی که در این کتاب گذاشته‌ایم را بسط و گسترش دهید. اخترفیزیک‌دان‌ها از گذشته در تصویرسازی و محاسبه‌ی ویژگی‌های مقیاس پیش‌قدم بوده‌اند، اکنون نیز ما تلاش می‌کنیم شما را با این آمیزه‌ی علم و هنر آشنا کنیم.

امانتید محترم می‌نمائند من این کتاب را به فراخور نیازهای ویژه‌ی خود انتخاب کرده و به رویکرد اخترفیزیکی، می‌نماید از غذاهای اخترفیزیکی را برای دانشجویان خود آماده‌ی سرو کنند. ما خودمان با انتخاب صحیح مبحث مربوطه از بین ۱۸ فصل اول، از این کتاب برای تدریس یک دوره‌ی یک ترمی اخترفیزیک ستاره‌ای استفاده کرده‌ایم. سپس دانشجویان علاقه‌مند را به گذراندن یک دوره‌ی تکمیلی

کیهن‌شناسی سوون دادیم.

از سوی دیگر، استفاده از کل مطلب کتاب، به خوبی یک دوره‌ی یک سانه را پر می‌کند و تمامی مباحث ختلفیه یک مدرین را پوشش می‌دهند. برای کمک به تشخیص و انتخاب مباحث مهم بخش‌های کتاب، عناوین و سرفصل‌های فرعی را به ویریش دوم کتاب اضافه کرده‌یم.

وب ساینی با آدرس <http://www.aw-bc.com/astrophysics> به مطلب این کتاب اختصاص یافته و شامل نسخه‌های قابل دلودی از کدهای کامپیوتری به زبان‌های برنامه‌نویسی مختلف مانند فورترن، C++ و در برخی موارد جدا است. همچنین به برخی از مهم‌ترین وب سایت‌های نجومی و نیز برخی تصاویر اخذ با کتاب لینک داده شده است. ضمناً اساتید می‌توانند کنجدهی پاسخ‌های تشریحی را مستقیماً از ناشر دریافت کنند.

بردنی کارول - دیل اوستنی

www.ketab.ir

فهرست مطالب

فصل ۱	کره‌ی سماوی	۱
۱-۱	سنت یونانی	۲
۲-۱	انقلاب کوپرنیکی	۵
۳-۱	موقعیت‌ها بر کره‌ی سماوی	۹
۴-۱	فیزیک و اخترشناسی	۲۱
	مسائل	۲۵
فصل ۲	مکانیک سماوی	۲۷
۱-۲	مدارهای بیضی	۲۸
۲-۲	مکانیک نیوتنی	۳۴
۳-۲	استخراج قوانین کپلر	۴۵
۴-۲	قضیه‌ی ویریال	۵۷
	مسائل	۶۲
فصل ۳	طیف پیوسته‌ی ر	۶۷
۱-۳	اختلاف منظر ستاره‌ای	۶۸
۲-۳	مقیاس قدر	۷۱
۳-۳	ماهیت موجی نور	۷۵
۴-۳	تابش جسم سیاه	۸۱
۵-۳	کوانتیده شدن انرژی	۸۵
۶-۳	شاخص رنگ	۸۹
	مسائل	۹۷
فصل ۴	نظریه‌ی نسبیت خاص	۱۰۱
۱-۴	شکست تبدیلات گالیله‌ای	۱۰۲
۲-۴	تبدیلات لورنتس	۱۰۵
۳-۴	زمان و فضا در نسبیت خاص	۱۱۱
۴-۴	تکانه و انرژی نسبیتی	۱۲۳
	مسائل	۱۳۰

فصل ۵	برهم‌کنش نور و ماده	۱۳۵
۱-۵	خطوط طیفی	۱۳۶
۲-۵	فوتون‌ها	۱۴۲
۳-۵	مدل اتمی بور	۱۴۵
۴-۵	مکانیک کوانتومی و دوگانگی ذره- موج	۱۵۵
	مسائل	۱۶۸
فصل ۶	تلسکوپ‌ها	۱۷۳
۱-۶	تلسکوپ‌های اولیه	۱۷۴
۲-۶	تلسکوپ‌های اپتیکی (نوری)	۱۸۸
۳-۶	تلسکوپ‌های رادیویی	۱۹۶
۴-۶	پنجره‌های نوری، لایف الکترومغناطیسی	۲۰۲
۵-۶	نقشه‌برداری و اسکان و رصدخانه‌های مجازی	۲۰۷
	مسائل	۲۱۲
فصل ۷	سیستم‌های دوتایی و آرامترهای ستاره‌ای	۲۱۷
۱-۷	طبقه‌بندی ستاره‌های دوتایی	۲۱۸
۲-۷	تعیین جرم با استفاده از دوتایی‌های دیدنی	۲۲۲
۳-۷	دوتایی‌های طیف‌نمایی، گزفتی	۲۲۴
۴-۷	جستجوی سیاره‌های فراخورشیدی	۲۳۶
	مسائل	۲۴۲
فصل ۸	طبقه‌بندی طیف‌های ستاره‌ای	۲۴۷
۱-۸	تشکیل خطوط طیفی	۲۴۸
۲-۸	نمودار هرتسپرونگ - راسل	۲۶۹
	مسائل	۲۸۰
فصل ۹	جو ستارگان	۲۸۳
۱-۹	توصیف میدان تابشی	۲۸۴
۲-۹	کدوری ستاره‌ای	۲۹۱

۳۰۸	انتقال تابشی	۳-۹
۳۱۳	معادله‌ی انتقال	۴-۹
۳۲۶	نمایه‌های خطوط طیفی	۵-۹
۳۴۲	مسائل	

فصل ۱۰ درون ستاره‌ها ۳۴۹

۳۵۰	تبادل هیدرواستاتیک	۱-۱۰
۳۵۴	معادله‌ی حالت فشار	۲-۱۰
۳۶۳	تابش انرژی ستاره‌ای	۳-۱۰
۳۸۶	تئودینامیک و انتقال انرژی	۴-۱۰
۴۰۴	مدل انرژی ستاره‌ای	۵-۱۰
۴۱۵	رشته‌ی اصلی	۶-۱۰
۴۲۲	مسائل	