

مقدمه‌ای بر  
اختر فیزیک جدید  
(جلد اول)

نویسندگان:

Bradley W. Carrol, Dale A. Ostlie

برگردانندگان:

دکتر جمشید قنبری

سعیده حسابی

کارول ، برادلی .

مقدمه‌ای بر اخترفیزیک جدید(جلد اول)/ نویسندگان: برادلی کارول، دیل استلی؛

برگردانندگان : جمشید قنبری ، سعیده حسابی . مشهد. جهاد دانشگاهی مشهد ، ۱۳۹۱

۷۵۲ ص. مصور، جدول، نمودار. (انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد؛ ۴۶۶ : علوم پایه ؛ ۷۰)

ISBN 978-964-324-426-2

عنوان به انگلیسی :

AN INTRODUCTION TO MODERN ASTROPHYSICS.

Bradley W.Carrol , Dale A.Ostlie . 2007.

کتابنامه: پایان هر فصل.

الف. استلی ، دیل ا . نویسنده همکار . ب. قنبری ، جمشید، مترجم . ج. حسابی ، سعیده ،

مترجم . د. جهاد دانشگاهی مشهد. هـ عنوان.



انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد

مشهد میدان آزادی، پردیس دانشگاه فردوسی، سازمان مرکزی جهاد دانشگاهی مشهد

ص.پ. ۱۳۷۶-۹۱۷۷۵ تلفن ۸۳۲۳۶۷ مرکز پخش ۸۴۲۳۰

E-mail: info@jdmpress.com www.jdmpress.com

مقدمه‌ای بر اخترفیزیک جدید(جلد اول)

نویسندگان: برادلی کارول ، دیل استلی

برگردانندگان: جمشید قنبری ، سعیده حسابی

حروفچینی: واژگان خرد /لیتوگرافی: مشهد اسکر / چاپ و صحافی دانشگاه فردوسی

نسخه الکترونیکی / پاییز ۱۳۹۸ / شماره نشر ۴۶۶

شابک ۹۷۸-۹۶۴-۳۲۴-۴۲۶-۲ ISBN: 978-964-324-426-2

کلیه حقوق نشر برای ناشر محفوظ است.

قیمت: ۲۰۰/۰۰۰ ریال

## بسم الله الرحمن الرحيم

کتاب بزرگترین دستاورد فرهنگی بشر است. دانش بشری مدیون هزاران هزار کتابی است که در طول تاریخ با رنج و تلاش فراوان گرد آمده‌اند. کتاب تداوم معرفت علمی انسان است که سرانجام به تراکم دانش و بروز دگرگونی‌های تمدنی می‌انجامد.

جهاد دانشگاهی مشهد بر این باور است که نخستین گام در راه بهبود ساختارهای اقتصادی-اجتماعی و توسعه کشور، دستیابی به تازه‌های دانش و نشر یافته‌های پژوهشگران است. کتاب حاضر چهارصد و شصت و ششمین اثری است که با همین رویکرد منتشر می‌شود. رهنمودهای خوانندگان فرهیخته می‌تواند ما را در ارتقای سطح کیفی و کمی این آثار یاری نماید.

انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد



# فهرست

پیشگفتار مترجمین ..... ۱۰

## بخش I: ابزار نجوم

۱ کره سماوی ..... ۱۳

۱-۱ سنت یونانی ..... ۱۳

۱-۲ انقلاب کوپرنیکی ..... ۱۶

۱-۳ موقعیت‌ها بر روی کره سماوی ..... ۱۹

۱-۴ فیزیک و نجوم ..... ۲۹

منابع پیشنهادی ..... ۳۰

مسائل ..... ۳۰

۲ مکانیک سماوی ..... ۳۲

۲-۱ مدارهای بیضی شکل ..... ۳۲

۲-۲ مکانیک نیوتنی ..... ۳۷

۲-۳ استخراج قوانین کپلر ..... ۴۶

۲-۴ قضیه ویريال ..... ۵۵

منابع پیشنهادی ..... ۵۸

مسائل ..... ۵۹

۳ طیف پیوسته نور ..... ۶۳

۳-۱ اختلاف منظر ستاره‌ای ..... ۶۳

۳-۲ مقیاس قدر ..... ۶۵

۳-۳ طبیعت موجی نور ..... ۶۸

۳-۴ تابش جسم سیاه ..... ۷۳

۳-۵ کوانتشن انرژی ..... ۷۶

۳-۶ شاخص رنگ ..... ۸۰

منابع پیشنهادی.....	۸۴
مسائل.....	۸۴

<b>۴ نظریه نسبیت خاص</b> .....	۸۸
۴-۱ ناکامی تبدیلات گالیه.....	۸۸
۴-۲ تبدیلات لورنتز.....	۹۱
۴-۳ فضا و زمان در نسبیت خاص.....	۹۵
۴-۴ تکانه و انرژی نسبی.....	۱۰۵
منابع پیشنهادی.....	۱۰۹
مسائل.....	۱۱۰

<b>۵ برهم کنش نور و ماده</b> .....	۱۱۴
۵-۱ خطوط طیفی.....	۱۱۴
۵-۲ فوتونها.....	۱۱۹
۵-۳ الگوی اتمی بوهر.....	۱۲۱
۵-۴ مکانیک کوانتومی و دوگانگی ذره - موج.....	۱۲۹
منابع پیشنهادی.....	۱۳۹
مسائل.....	۱۳۹

<b>۶ تلسکوپ‌ها</b> .....	۱۴۳
۶-۱ نورشناسی بنیادی.....	۱۴۳
۶-۲ تلسکوپ‌های نوری.....	۱۵۵
۶-۳ تلسکوپ‌های رادیویی.....	۱۶۲
۶-۴ نجوم فرسرخ، فرابنفش، پرتو X و پرتو گاما.....	۱۶۷
۶-۵ پیمایش تمام - آسمان و رصدخانه‌های مجازی.....	۱۷۱
منابع پیشنهادی.....	۱۷۳
مسائل.....	۱۷۳

## بخش II: طبیعت ستارگان

<b>۷ سیستم‌های دوتایی و پارامترهای ستاره‌ای</b> .....	۱۷۹
۷-۱ طبقه‌بندی ستارگان دوتایی.....	۱۷۹
۷-۲ تعیین جرم با استفاده از دوتایی‌های مرئی.....	۱۸۲
۷-۳ دوتایی‌های طیف‌سنجی، گرفتی.....	۱۸۴

۱۹۳	۷-۴ جستجو برای سیارات فراخورشیدی .....
۱۹۶	منابع پیشنهادی .....
۱۹۶	مسائل .....

## ۸ دسته‌بندی طیف‌های ستاره‌ای .....

۲۰۰	۸-۱ شکل‌گیری خطوط طیفی .....
۲۱۶	۸-۲ نمودار هرتزپرونگ - راسل .....
۲۲۴	منابع پیشنهادی .....
۲۲۴	مسائل .....

## ۹ جوه‌های ستاره‌ای .....

۲۲۷	۹-۱ توصیف میدان تابشی .....
۲۳۳	۹-۲ کدری ستاره‌ای .....
۲۴۵	۹-۳ انتقال تابشی .....
۲۴۹	۹-۴ معادله انتقال .....
۲۵۹	۹-۵ مشخصه‌های خطوط طیفی .....
۲۷۰	منابع پیشنهادی .....
۲۷۰	مسائل .....

## ۱۰ درون ستارگان .....

۲۷۶	۱۰-۱ تعادل هیدرواستاتیکی .....
۲۸۰	۱۰-۲ معادله حالت فشار .....
۲۸۶	۱۰-۳ چشمه‌های انرژی ستاره‌ای .....
۳۰۴	۱۰-۴ انتقال انرژی و ترمودینامیک .....
۳۱۶	۱۰-۵ ساختمان الگوی ستاره‌ای .....
۳۲۵	۱۰-۶ رشته اصلی .....
۳۲۹	منابع پیشنهادی .....
۳۲۹	مسائل .....

## ۱۱ خورشید .....

۳۳۵	۱۱-۱ داخل خورشید .....
۳۴۵	۱۱-۲ جو خورشید .....
۳۶۴	۱۱-۳ چرخه خورشید .....
۳۷۷	منابع پیشنهادی .....

مسائل ..... ۳۷۸

**۱۲ محیط میان ستاره‌ای و شکل‌گیری ستاره** ..... ۳۸۱

- ۱۲-۱ گردوغبار و گاز میان ستاره‌ای ..... ۳۸۱  
 ۱۲-۲ تحول پیش‌رشته اصلی ..... ۴۰۶  
 منابع پیشنهادی ..... ۴۲۳  
 مسائل ..... ۴۲۳

**۱۳ رشته اصلی و تحول ستاره‌ای پس از رشته اصلی** ..... ۴۲۷

- ۱۳-۱ تحول بر روی رشته اصلی ..... ۴۲۷  
 ۱۳-۲ مراحل پایانی تحول ستاره‌ای ..... ۴۳۷  
 ۱۳-۳ خوشه‌های ستاره‌ای ..... ۴۵۲  
 منابع پیشنهادی ..... ۴۵۷  
 مسائل ..... ۴۵۸

**۱۴ تپش ستاره‌ای** ..... ۴۶۱

- ۱۴-۱ مشاهدات ستارگان در حال تپیدن ..... ۴۶۱  
 ۱۴-۲ فیزیک تپیدن ستاره‌ای ..... ۴۶۹  
 ۱۴-۳ الگوسازی تپیدن ستاره‌ای ..... ۴۷۶  
 ۱۴-۴ تپش ستاره‌ای غیر شعاعی ..... ۴۸۰  
 ۱۴-۵ لرزه‌شناسی خورشیدی و لرزه‌شناسی نجومی ..... ۴۸۶  
 منابع پیشنهادی ..... ۴۸۹  
 مسائل ..... ۴۹۰

**۱۵ تقدیر ستارگان سنگین** ..... ۴۹۴

- ۱۵-۱ تحول ستارگان سنگین پس از رشته اصلی ..... ۴۹۴  
 ۱۵-۲ دسته‌بندی ابر نواخترها ..... ۵۰۰  
 ۱۵-۳ ابر نواخترها با هسته فروریزی ..... ۵۰۴  
 ۱۵-۴ انفجارهای پرتو گاما ..... ۵۱۸  
 ۱۵-۵ پرتوهای کیهانی ..... ۵۲۵  
 منابع پیشنهادی ..... ۵۲۸  
 مسائل ..... ۵۲۹



۵۳۲	۱۶	باقی مانده‌های تبهکن ستارگان
۵۳۲	۱۶-۱	کشف B شعرای یمانی
۵۳۴	۱۶-۲	کوتوله‌های سفید
۵۳۸	۱۶-۳	فیزیک ماده تبهکن
۵۴۳	۱۶-۴	حد چاندراسکار
۵۴۶	۱۶-۵	سرد شدن کوتوله‌های سفید
۵۵۱	۱۶-۶	ستارگان نوترونی
۵۶۰	۱۶-۷	تپ اخترها
۵۷۶		منابع پیشنهادی
۵۷۷		مسائل

۵۸۲	۱۷	نسبیت عام و سیاه چاله‌ها
۵۸۲	۱۷-۱	نظریه نسبیت عام
۵۹۵	۱۷-۲	بازه‌ها و ژئودزی‌ها
۶۰۶	۱۷-۳	سیاه چاله‌ها
۶۱۸		منابع پیشنهادی
۶۱۸		مسائل

۶۲۵	۱۸	سیستم‌های ستاره‌ای دوتایی نزدیک
۶۲۵	۱۸-۱	گرانی در یک سیستم ستاره‌ای دوتایی نزدیک
۶۳۲	۱۸-۲	قرص‌های بر افزایشی
۶۳۹	۱۸-۳	بررسی سیستم‌های دوتایی در حال برهم کنش
۶۴۴	۱۸-۴	کوتوله‌های سفید در دوتایی‌های نیمه جدا
۶۵۶	۱۸-۵	ابر نواخترهای نوع Ia
۶۵۹	۱۸-۶	ستاره‌های نوترونی و سیاه چاله‌ها در دوتایی‌ها
۶۷۶		منابع پیشنهادی
۶۷۷		مسائل

۶۸۳		پیوست‌ها
۷۱۹		واژه‌نامه
۷۳۵		نمایه

## پیشگفتار مترجمین

توسعه اخترفیزیک در خلال چند دهه گذشته سبب شده است در حوزه عمومی علم و همچنین علاقه‌مندی عموم مردم جایگاه ویژه‌ای را به خود اختصاص دهد. اخترفیزیک نه تنها ذاتاً با اهمیت است بلکه برای فیزیکدانان نیز سودمند می‌باشد تا دریابند که موضوعات مورد نظرشان چگونه با شرایط چالش برانگیز در نجوم قابل انطباق است.

اخترفیزیک در زمره مهیج‌ترین علوم زمان ما قرار دارد که با کشف‌های جدید مربوط به همه چیز از خورشید گرفته تا پدیده‌های برون کهکشانی دور، پیوسته در حال تغییر و تحول است.

از زمان نخستین ویرایش این کتاب که در سال ۱۹۹۶ منتشر گردید، اطلاعات فراوانی به حوزه نجوم اضافه شده است. درست دو ماه پیش از چاپ ویرایش اول، کشف یک سیاره فراخورشیدی در اطراف ۵۱ اسب بالدار گزارش شد. در ۱۱ سال بعد، تعداد این نوع سیارات بالغ بر ۱۹۳ عدد گردید. به علاوه، در خلال دهه گذشته اکتشافات مهمی از اجرام در منظومه شمسی ولی در وراء پلوتو صورت گرفته است. در حقیقت، یکی از اجرام کشف شده در کمربند کوپبر به نام 2003UB313 بزرگتر از پلوتو بوده است که سبب شد تعریف سیاره جدال برانگیز شود.

فضاییماها و خاک‌نشین‌ها در منظومه شمسی نیز اطلاعات جدید فراوانی از اجرام سماوی در همسایگی ما به دست داده‌اند. از این نمونه پروازها می‌توان به تأیید آب مایع در سطح مریخ در گذشته، ملاقات با مشتری و مریخ، تماس با تیتان و برخورد با دنباله‌دارها و حتی برگرداندن گردو غبار از دنباله‌دارها به زمین اشاره نمود.

مشاهدات مرکز راه شیری و دیگر کهکشان‌ها حاکی از حضور سیاه‌چاله‌های ابرجرم در مراکز آنها بوده است. در دهه گذشته شاهد این بوده‌ایم که انبساط جهان آهسته پیش نمی‌رود، بلکه سرعت می‌گیرد. این خود دلالت بر این دارد که در یک جهان با غلبه انرژی تاریک زندگی می‌کنیم. داده‌های حاصل از WMAP توانسته است عدم دقت تعیین عمر جهان را به کمتر از ۲٪ برساند ( $13.7 \pm 0.2 \text{ Gyr}$ ). به موازات آن نظریه تحول ستاره‌ای و مشاهدات، عمر خوشه‌های کروی پیر را در توافق بسیار خوبی با حد بالای عمر جهان قرار داده است.

از اینرو، نیاز مبرمی به تغییرات اساسی در ویرایش اول کتاب احساس می‌شد که جملگی توسط نویسندگان در ویرایش دوم اعمال شده است. در ویرایش دوم، مروری همه‌جانبه بر کلیه مطالب اخترفیزیک صورت گرفته است.

به دلایل فوق و نیاز مبرم جامعه به یک کتاب جامع در زمینه اخترفیزیک، ما را بر آن داشت تا به ترجمه ویرایش اخیر کتاب کمر بندیم. کتاب حاضر از نظر تنوع مطالب و به‌روز بودن آنها، برای کلیه علاقه‌مندان به اخترفیزیک که با مبانی فیزیک آشنایی دارند مفید می‌باشد. عناوین کتاب به‌گونه‌ای است که دانش‌آموزان و دانشجویان دوره‌های کارشناسی فیزیک، کارشناسی ارشد و حتی دکتری اخترفیزیک نیز می‌توانند از آن بهره بگیرند.

با توجه به حجم زیاد مطالب، ترجمه کتاب در دو جلد ارائه شده است. هر فصل دربرگیرنده مباحثی است که در خلال آنها مثال‌های متنوع و مناسبی ارائه شده است. مثال‌ها به خوانندگان کمک می‌کند تا درک بهتر و عمیق‌تری از مطالب فصل پیدا کنند. هر فصل با معرفی مراجع و تارنماهای مناسب، زمینه بهره‌برداری بیشتر از کتاب را مهیا نموده است. مسائل ارائه‌شده در انتهای هر فصل سبب سنجش توانایی خوانندگان خواهد شد. ما کوشیده‌ایم حل کامل این مسائل را در جلد دوم کتاب ارائه نماییم تا خوانندگان، نتایج محاسبات خود را با آنها مقایسه نمایند.

انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد که همواره مشوق دانشگاہیان در تدوین متون دانشگاهی بوده است، چاپ کتاب را تقبل نموده است. وظیفه خود می‌دانیم از مسئولان محترم جهاد دانشگاهی برای این اقدام فرهنگی تشکر کنیم. افراد مختلفی ما را در تهیه کتاب یاری نموده‌اند که از یکایک آنها به‌ویژه جناب آقای فروغیان سپاسگذاری می‌نماییم. امیدواریم خوانندگان گرامی، ما را با ارسال آرای ریزبینانه خود یاری نمایند.

دکتر جمشید قنبری استاد تمام اخترفیزیک دانشگاه‌های فردوسی و خیام (مشهد)

سعیده حسابی کارشناس ارشد اخترفیزیک

ghanbari@um.ac.ir