

نجوم

جهان در حال تحول

ویرایش نهم

مایکل زیلیک

ترجمه

دکتر جمشید قنبری

سعیده حسایی

سرشناسه	: زیلیک، مایکل -
عنوان و نام پدیدآور	: نجوم (جهان در حال تحول) / مایکل زیلیک؛ ترجمه جمشید قنبری، سعیده حسابی.
مشخصات نشر	: مشهد، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۱۳۹۴.
مشخصات ظاهری	: ۸۲۴ ص. : مصور، جدول، نمودار.
فروست	: انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد؛ ۵۲۳ : علوم پایه؛ ۸۶.
شابک	: ۹۷۸-۹۶۴-۳۲۴-۳۴۵-۶
عنوان به انگلیسی	: Astronomy: The Evolving Universe. Michael Zeilik, Ninth edition. 2002.
وضعیت فهرست نویسی	: فیپا.
یادداشت	: کتابنامه.
موضوع	: نجوم.
شناسه افزوده	: قنبری، جمشید، مترجم.
شناسه افزوده	: حسابی، سعیده، مترجم.
رده بندی کنگره	: ۱۳۹۴ : ۳۹ ن ۹۸ / ز ۴۵ QB
رده بندی دیوئی	: ۵۲۰



انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد

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

ص. پ. ۱۳۷۶ - ۹۱۷۷۵ تلفن ۳۸۸۳۲۳۶۷ مرکز پخش ۳۸۸۴۲۲۳۰

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

نجوم (جهان در حال تحول)

تألیف : مایکل زیلیک

ترجمه: دکتر جمشید قنبری ، سعیده حسابی

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

چاپ اول زمستان ۱۳۹۴ / ۱۱۰۰ نسخه / شماره نشر ۵۲۳

شابک ۹۷۸-۹۶۴-۳۲۴-۳۴۵-۶ ISBN: 978-964-324-345-6

کلیه حقوق نشر برای ناشر محفوظ است.

قیمت: ۴۸۰,۰۰۰ ریال

به نام خداوند جان و خرد

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 پانصد و بیست و سومین 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

۵- گرفت‌های خورشید و قمر زمین..... ۵۶	درباره نویسنده..... ۱۶
کانون توانگری ۱-۲..... ۵۸	پیشگفتار مترجمین..... ۱۷
اندازه و تندی زاویه‌ای..... ۵۸	مقدمه نویسنده..... ۱۹
مفاهیم کلیدی..... ۶۰	مخفف‌ها..... ۲۵
تمرین‌های مطالعاتی..... ۶۱	چگونه نجوم را مطالعه کنیم..... ۲۹
مسائل و فعالیت‌ها..... ۶۳	

بخش اول: پنداشت‌های در حال تغییر کیهان

فصل ۲: تولد الگوهای کیهان‌شناسی..... ۶۴	فصل ۱: از بی‌نظمی تا کیهان..... ۳۶
نتایج آموزشی..... ۶۴	نتایج آموزشی..... ۳۶
۱-۲ الگوهای علمی..... ۶۶	۱-۱ آسمان قابل رؤیت..... ۳۸
ساختمان الگوها..... ۶۶	صورت‌های فلکی..... ۳۸
ارزیابی الگوها..... ۶۷	اندازه‌گیری زاویه‌ای..... ۳۸
۲-۲ الگوهای یونانی از کیهان..... ۶۸	حرکات ستارگان..... ۳۹
هماهنگی و هندسه..... ۶۸	۱-۲ حرکات خورشید..... ۴۲
یک الگوی زمین‌مرکزی فیزیکی..... ۶۹	حرکات نسبت به افق..... ۴۳
کانون توانگری ۱-۲..... ۷۱	حرکات نسبت به ستارگان..... ۴۵
بررسی زمین..... ۷۱	کانون توانگری ۱-۱..... ۴۸
یک دیدگاه مخالف: یک الگوی خورشیدمرکزی..... ۷۲	جلو افتادن اعتدال‌ها..... ۴۸
اختلاف منظر ستاره‌ای در یک کیهان محدود..... ۷۲	دید از نیمکره جنوبی..... ۴۹
بسط الگوی زمین‌مرکزی..... ۷۳	۱-۳ حرکات قمر زمین..... ۴۹
۲-۳ کلادیوس بطلمیوس: یک الگوی زمین‌مرکزی کامل..... ۷۶	حرکات نسبت به ستارگان..... ۴۹
الگوی زمین‌مرکزی اصلاح شده..... ۷۶	فازها..... ۵۰
حرکت غیریکنواخت..... ۷۸	۱-۴ حرکات سیارات..... ۵۲
الگوی کامل بطلمیوس..... ۷۹	حرکت بازگشتی..... ۵۲
اندازه کیهان..... ۸۱	کشیدگی‌ها، مقارنه‌ها، و مقابله‌ها..... ۵۳
ارزیابی الگو..... ۸۱	تندی زاویه‌ای و فواصل نسبی..... ۵۵
۲-۴ توصیف مشاهدات بنیادی با یک الگوی زمین‌مرکزی..... ۸۱	

۱۱۴.....مسائل و فعالیت‌ها.....	۸۳.....مفاهیم کلیدی.....
۱۱۶..... فصل ۴: جهان منظم و دقیق	۸۵.....تمرین‌های مطالعاتی.....
۱۱۶.....نتایج آموزشی.....	۸۵.....مسائل و فعالیت‌ها.....
۱۱۸.....۴-۱ گالیه: حامی الگوی خورشیدمرکزی.....	۸۷..... فصل ۳: ترتیب کیهانی جدید
۱۱۸.....تلسکوپ جادویی.....	۸۷.....نتایج آموزشی.....
۱۲۱.....پیام ستاره‌ای.....	۸۹.....۳-۱ کوپرنیک پیرو سنت‌های قدیم.....
۱۲۱.....کشفیات گالیه و الگوی کوپرنیک.....	۸۹.....مفهوم خورشیدمرکزی.....
۱۲۳.....جرم گالیه.....	۹۰.....طرحی از انقلاب.....
۱۲۴.....۴-۲ گالیه و یک فیزیک جدید حرکت.....	۹۱.....۳-۲ الگوی خورشیدمرکزی کوپرنیک.....
۱۲۴.....شتاب، سرعت و تندی.....	۹۲.....جزئیات الگو.....
۱۲۶.....کانون توانگری ۴-۱.....	۹۳.....حرکت بازگشتی که به‌طور طبیعی توضیح داده شد.....
۱۲۶.....تندی، سرعت و شتاب.....	۹۵.....فواصل سیاره‌ای.....
۱۲۶.....مشاهده مجدد حرکت طبیعی.....	۹۶.....کانون توانگری ۳-۱.....
۱۲۸.....حرکت واداشته: گرانی.....	دوره تناوب‌های نجومی و هلالی در یک الگوی
۱۲۸.....سیارات و آونگ‌ها.....	خورشیدمرکزی.....
۱۳۰.....کیهان‌شناسی گالیه.....	۹۷.....فواصل نسبی سیارات.....
۱۳۱.....۴-۳ نیوتون: یک الگوی فیزیکی از کیهان.....	۹۹.....مشکلات الگوی خورشیدمرکزی.....
۱۳۲.....نیوتون جوان شگفت‌انگیز.....	۱۰۰.....اثر الگوی خورشیدمرکزی.....
۱۳۲.....اصول باشکوه.....	۱۰۰.....۳-۳ تیکو براهه: اولین استاد اندازه‌گیری نجومی.....
۱۳۳.....نیروها و حرکات.....	۱۰۱.....ستاره جدید ۱۵۷۲.....
۱۳۴.....قوانین حرکت نیوتون.....	۱۰۱.....الگوی پیوندی تیکو.....
۱۳۶.....۴-۴ نیوتون و گرانش.....	۱۰۳.....۳-۴ یوهانس کپلر و هماهنگی‌های کیهانی.....
۱۳۷.....شتاب مرکز گرا.....	۱۰۳.....هماهنگی‌های کره‌ها.....
۱۳۹.....قانون گرانش نیوتون.....	۱۰۵.....۳-۵ نجوم جدید کپلر.....
۱۴۲.....کانون توانگری ۴-۲.....	۱۰۵.....جدال با مریخ.....
۱۴۲.....نیوتن، سیب و قمر زمین.....	۱۰۶.....خصوصیات بیضی‌ها.....
۱۴۳.....۴-۵ پیامدهای کیهانی قوانین جهانی.....	۱۰۶.....کانون توانگری ۳-۲.....
۱۴۴.....کانون توانگری ۴-۳.....	۱۰۶.....هندسه بیضی‌ها.....
۱۴۴.....جرم خورشید.....	۱۰۸.....قوانین حرکت سیاره‌ای کپلر.....
۱۴۴.....چرخش زمین.....	۱۱۱.....نجوم جدید.....
۱۴۵.....جلو افتادن محور زمین.....	۱۱۲.....مفاهیم کلیدی.....
۱۴۵.....گردش زمین و جرم خورشید.....	۱۱۴.....تمرین‌های مطالعاتی.....

۱۸۰.....	طیف‌های خط جذبی.....	۱۴۶.....	گرانی و مدارها.....
۱۸۲.....	مفاهیم کلیدی.....	۱۴۸.....	مدارها و تندی فرار.....
۱۸۳.....	تمرین‌های مطالعاتی.....	۱۵۱.....	کانون توانگری ۴-۴.....
۱۸۴.....	مسائل و فعالیت‌ها.....	۱۵۱.....	تندی فرار.....
۱۸۵.....	فصل ۶: تلسکوپ‌ها و نگاه ما به کیهان	۱۵۱.....	کیهان‌شناسی نیوتون.....
۱۸۵.....	نتایج آموزشی.....	۱۵۲.....	مفاهیم کلیدی.....
۱۸۷.....	۱-۶ مشاهدات و الگوها.....	۱۵۳.....	تمرین‌های مطالعاتی.....
۱۸۹.....	۲-۶ نجوم مرئی: تلسکوپ‌های نوری.....	۱۵۵.....	مسائل و فعالیت‌ها.....
۱۸۹.....	پایه نورشناسی.....	۱۵۶.....	فصل ۵: تولد اختر فیزیک
۱۹۰.....	نورشناسی و تصاویر.....	۱۵۶.....	نتایج آموزشی.....
۱۹۱.....	تلسکوپ‌ها.....	۱۵۸.....	۱-۵ نور خورشید و طیف‌سنجی.....
۱۹۳.....	عملکردهای یک تلسکوپ.....	۱۵۹.....	اتم‌ها و ماده.....
۱۹۵.....	کانون توانگری ۱-۶.....	۱۵۹.....	یک الگواز اتم.....
۱۹۵.....	ویژگی تلسکوپ‌ها.....	۱۶۰.....	طیف‌سنجی ساده.....
۱۹۷.....	نسل بعدی تلسکوپ‌ها.....	۱۶۲.....	۲-۵ تجزیه و تحلیل نور خورشید.....
۱۹۷.....	فن‌های نوری جدید.....	۱۶۳.....	قوانین کیرشهف.....
۱۹۹.....	۳-۶ نجوم غیر مرئی.....	۱۶۶.....	پایستگی انرژی.....
۲۰۱.....	رادویوی زمینی.....	۱۶۷.....	انرژی جنبشی.....
۲۰۳.....	توان تفکیک و تداخل‌سنج‌های رادویوی.....	۱۶۸.....	کانون توانگری ۱-۵.....
۲۰۴.....	فروسرخ زمینی.....	۱۶۸.....	انرژی جنبشی.....
۲۰۵.....	نجوم فضایی.....	۱۶۸.....	انرژی پتانسیل.....
۲۰۷.....	۴-۶ تجمع و پردازش تصویر.....	۱۶۹.....	۳-۵ طیف‌ها و اتم‌ها.....
۲۰۸.....	درک نقشه‌های شدت.....	۱۶۹.....	نور و تابش الکترومغناطیسی.....
۲۰۸.....	عکاسی.....	۱۷۰.....	امواج.....
۲۰۹.....	ابزار بار جفت‌شده (CCDها).....	۱۷۱.....	طیف الکترومغناطیسی.....
۲۰۹.....	مفاهیم کلیدی.....	۱۷۲.....	اتم‌ها، نور، و تابش.....
۲۱۱.....	تمرین‌های مطالعاتی.....	۱۷۳.....	کانون توانگری ۲-۵.....
۲۱۱.....	مسائل و فعالیت‌ها.....	۱۷۳.....	انرژی و نور.....
۲۱۳.....	فصل ۷: دیدگاه انیشتین	۱۷۳.....	حل معمای طیف‌های اتمی.....
۲۱۳.....	نتایج آموزشی.....	۱۷۶.....	ترازهای انرژی.....
۲۱۵.....	۱-۷ بررسی مجدد حرکت طبیعی.....	۱۷۷.....	اتم‌های دیگر.....
		۱۷۹.....	۴-۵ طیف‌های اتم‌ها.....

۲۴۷.....	مغناطیس سپهر.....	۲۱۶.....	فرضیات نیوتون.....
۲۴۸.....	۸-۴ پوشش جو.....	۲۱۶.....	حرکت و هندسه.....
۲۴۹.....	اثر گلخانه‌ای.....	۲۱۸.....	۷-۲ طلوع نسیت.....
۲۵۰.....	گردش جوی.....	۲۱۸.....	جرم و انرژی، فضا و زمان.....
۲۵۲.....	۸-۵ تحول پوسته.....	۲۱۹.....	نظریه نسیت عام.....
۲۵۲.....	تحول سیاره‌ای و انرژی.....	۲۲۰.....	اصل هم‌ارزی.....
۲۵۲.....	فعالیت آتشفشانی و صفحات زمین‌ساختی.....	۲۲۱.....	بی‌وزنی و حرکت طبیعی.....
۲۵۵.....	۸-۶ تحول جو و اقیانوس‌ها.....	۲۲۲.....	۷-۳ هندسه فضا زمان.....
۲۵۵.....	منشأ و توسعه اقیانوس‌ها.....	۲۲۲.....	هندسه اقلیدسی.....
۲۵۶.....	تحول جو.....	۲۲۳.....	هندسه غیر اقلیدسی.....
۲۵۷.....	تحول دمای سطحی زمین.....	۲۲۳.....	هندسه محلی و گرانی.....
۲۵۸.....	۸-۷ تحول زمین: تصویری بزرگ.....	۲۲۵.....	انحنای فضا زمان.....
۲۵۹.....	۸-۸ الگوهای سیارات.....	۲۲۶.....	انحنای فضا زمان در منظومه شمسی.....
۲۶۱.....	مفاهیم کلیدی.....	۲۲۸.....	آزمون‌های تجربی نسیت عام.....
۲۶۲.....	تمرین‌های مطالعاتی.....	۲۲۹.....	۷-۴ هندسه و جهان.....
۲۶۳.....	مسائل و فعالیت‌ها.....	۲۲۹.....	هندسه کیهانی.....

فصل ۹: قمر زمین و عطارد، مریخ و زهره،

۲۶۴.....	سیارات خاکی.....
۲۶۴.....	نتایج آموزشی.....
۲۶۶.....	۹-۱ مشخصه‌های کلی فیزیکی و مداری.....
۲۶۶.....	قمر زمین.....
۲۶۶.....	کانون توانگری ۱-۹.....
۲۶۶.....	جزرو مدها و اصطکاک جزرومدی.....
۲۶۹.....	عطارد.....
۲۷۱.....	کانون توانگری ۲-۹.....
۲۷۱.....	فواصل در منظومه شمسی.....
۲۷۲.....	مریخ.....
۲۷۴.....	زهره.....
۲۷۴.....	۹-۲ محیط‌های سطحی.....
۲۷۵.....	قمر زمین.....
۲۷۹.....	کانون توانگری ۳-۹.....
۲۷۹.....	دهانه‌دار شدن برخوردی.....

۲۳۰.....	۷-۵ نسیت و کیهان.....
۲۳۰.....	تندی فرار و چگالی بحرانی.....
۲۳۱.....	آینده جهان.....
۲۳۳.....	مفاهیم کلیدی.....
۲۳۴.....	تمرین‌های مطالعاتی.....
۲۳۵.....	مسائل و فعالیت‌ها.....

بخش دوم: سیارات: گذشته و حال

۲۳۸.....	فصل ۸: زمین: یک سیاره در حال تحول.....
۲۳۸.....	نتایج آموزشی.....
۲۴۰.....	۸-۱ جرم و چگالی زمین جامد.....
۲۴۲.....	۸-۲ داخل و سن زمین.....
۲۴۴.....	کانون توانگری ۱-۸.....
۲۴۴.....	پرتوزایی و واپاشی صخره‌ها.....
۲۴۶.....	۸-۳ میدان مغناطیسی زمین.....
۲۴۷.....	منشأ.....

..... ۳۲۱ حلقه‌های مشتری	..... ۲۸۱ عطارد
..... ۳۲۲ ۳-۱۰ زحل: گوهر منظومه شمسی	..... ۲۸۳ مریخ
..... ۳۲۳ جو و داخل	..... ۲۸۷ زهره
..... ۳۲۴ شباهت‌ها با مشتری	..... ۲۸۹ سطح فعال زهره
..... ۳۲۴ ۴-۱۰ قمرها و حلقه‌های زحل	..... ۲۹۳ ۳-۹ میدان‌های مغناطیسی
..... ۳۲۵ تیتان	..... ۲۹۳ قمر زمین
..... ۳۲۶ قمرهای دیگر	..... ۲۹۳ عطارد
..... ۳۲۶ سیستم حلقه‌ای	..... ۲۹۴ مریخ
..... ۳۲۹ ۵-۱۰ اورانوس: اولین جهان جدید	..... ۲۹۴ زهره
..... ۳۳۰ ویژگی‌های جوی و فیزیکی	..... ۲۹۵ ۴-۹ تاریخچه و تحول
..... ۳۳۰ قمرها و حلقه‌ها	..... ۲۹۵ قمر زمین
..... ۳۳۲ میدان مغناطیسی	..... ۲۹۷ عطارد
..... ۳۳۳ ۶-۱۰ نپتون: نگهبان عمق	..... ۲۹۸ مریخ
..... ۳۳۳ ویژگی‌های فیزیکی	..... ۲۹۹ زهره
..... ۳۳۴ قمرها و حلقه‌ها	..... ۳۰۰ مفاهیم کلیدی
..... ۳۳۷ ویژگی‌های جوی	..... ۳۰۲ تمرین‌های مطالعاتی
..... ۳۳۸ میدان مغناطیسی	..... ۳۰۳ مسائل و فعالیت‌ها
..... ۳۳۸ ۷-۱۰ پلوتو و چارون: نگهبان‌های تاریکی	
..... ۳۳۹ ویژگی‌های مدار و فیزیکی	
..... ۳۳۹ چارون: سیاره همدم پلوتو	
..... ۳۴۱ مفاهیم کلیدی	
..... ۳۴۳ تمرین‌های مطالعاتی	
..... ۳۴۴ مسائل و فعالیت‌ها	
..... ۳۴۵ فصل ۱۱: منشأ و تحول منظومه شمسی	
..... ۳۴۵ نتایج آموزشی	
..... ۳۴۷ ۱۱-۱ قطعات کوچک میان سیارات: سیارک‌ها	
..... ۳۴۷ سیارک‌ها: سیارات کوچک	
..... ۳۵۰ ترکیب شیمیایی	
..... ۳۵۰ ۲-۱۱ دنباله‌دارها: گلوله‌های برفی در فضا	
..... ۳۵۱ ترکیب شیمیایی	
..... ۳۵۳ مدارها	
..... ۳۵۴ ابر دنباله‌دار	
..... ۳۰۵ فصل ۱۰: سیارات مشتری‌گون: جهان‌های اولیه	
..... ۳۰۵ نتایج آموزشی	
..... ۳۰۷ ۱۰-۱ مشتری: ارباب افلاک	
..... ۳۰۷ مشخصه‌های فیزیکی	
..... ۳۰۸ ویژگی‌ها و ترکیب‌های شیمیایی جوی	
..... ۳۱۱ کانون توانگری ۱-۱۰	
..... ۳۱۱ انتقال دوپلری	
..... ۳۱۳ یک الگو از داخل	
..... ۳۱۴ میدان مغناطیسی	
..... ۳۱۵ ۲-۱۰ قمرها و حلقه‌های زیاد مشتری	
..... ۳۱۶ آیو	
..... ۳۱۸ اروپا	
..... ۳۱۹ گانیمد	
..... ۳۲۰ کالیستو	

- ۳۸۵..... چقدر وزین؟
- ۳۸۵..... چقدر چگال؟
- ۳۸۶..... ۱۲- گازهای عادی
- ۳۸۶..... دما
- ۳۸۷..... فشار
- ۳۸۸..... ۱۲-۳ طیف پیوسته خورشید
- ۳۸۸..... تابندگی
- ۳۸۸..... دمای سطحی و گرماتاب‌های جسم سیاه
- ۳۸۹..... کانون توانگری ۱-۱۲
- ۳۸۹..... تابندگی خورشید
- ۳۹۱..... کانون توانگری ۲-۱۲
- ۳۹۱..... کدری
- ۳۹۴..... ۱۲-۴ طیف خط جذبی خورشیدی
- ۳۹۴..... منشأ خطوط جذبی
- ۳۹۵..... ترکیب شیمیایی شیدسپهر
- ۳۹۶..... ۱۲-۵ شارش انرژی در خورشید
- ۳۹۶..... هدایت، همرفت، تابش
- ۳۹۷..... شیدسپهر
- ۳۹۸..... رنگین سپهر
- ۳۹۹..... تاج
- ۴۰۰..... باد خورشیدی
- ۴۰۱..... ۱۲-۶ داخل خورشید
- ۴۰۱..... چشمه‌های انرژی
- ۴۰۲..... تبدیلات هسته‌ای
- ۴۰۲..... واکنش‌های گداخت
- ۴۰۵..... مشکل نوترینوی خورشیدی
- ۴۰۶..... داخل و ارتعاشات خورشیدی
- ۴۰۷..... خورشید فعال
- ۴۰۷..... لکه‌های خورشیدی
- ۴۰۸..... چرخه لکه خورشیدی
- ۴۱۰..... طبیعت فیزیکی لکه‌های خورشیدی
- ۴۱۰..... شراره‌ها
- ۴۱۲..... چاله‌ها و حلقه‌های تاجی
- ۳۵۵..... برهم کنش‌ها با باد خورشیدی
- ۳۵۵..... دنباله‌دار هالی
- دنباله‌دار شومیکر-لوی ۹ و برخورد بزرگ دنباله‌دار
با مشتری..... ۳۵۸
- ۳-۱۱ شهاب‌ها و شهاب‌سنگ‌ها..... ۳۵۹
- انواع شهاب‌سنگ‌ها..... ۳۶۱
- منشأ شهاب‌سنگ‌ها..... ۳۶۲
- ۱۱-۴ قطعات و معماهای منظومه شمسی..... ۳۶۴
- شیمی..... ۳۶۴
- دینامیک..... ۳۶۵
- الگوهای منشأ..... ۳۶۵
- ۵-۱۱ پایه‌های الگوهای سحابی..... ۳۶۶
- تکانه زاویه‌ای..... ۳۶۶
- کانون توانگری ۱-۱۱..... ۳۶۷
- تکانه و تکانه زاویه‌ای..... ۳۶۷
- گرم شدن سحابی..... ۳۷۰
- ۶-۱۱ شکل‌گیری سیارات..... ۳۷۱
- ساختن سیارات..... ۳۷۱
- شیمی و منشأ..... ۳۷۲
- مشتری و زحل: یک داستان متفاوت؟..... ۳۷۴
- قمر ما: یک داستان متفاوت!..... ۳۷۵
- ارزیابی الگوی سحابی..... ۳۷۶
- مفاهیم کلیدی..... ۳۷۷
- تمرین‌های مطالعاتی..... ۳۷۷
- مسائل و فعالیت‌ها..... ۳۷۸
- بخش سوم: جهان ستارگان**
- فصل ۱۲: خورشید ما: ستاره محلی**..... ۳۸۲
- نتایج آموزشی..... ۳۸۲
- ۱-۱۲ یک بررسی فیزیکی خورشیدی..... ۳۸۴
- در چه فاصله‌ای؟..... ۳۸۵
- چقدر بزرگ؟..... ۳۸۵

فصل ۱۴: تولد ستارگان و ماده	۴۱۳..... مفاهیم کلیدی
۴۵۳..... میان ستاره‌ای	۴۱۵..... تمرین‌های مطالعاتی
۴۵۳..... نتایج آموزشی	۴۱۶..... مسائل و فعالیت‌ها
۴۵۵..... ۱-۱۴ محیط میان ستاره‌ای: گاز	
۴۵۵..... سبحایی‌های روشن	فصل ۱۳: ستارگان به عنوان خورشیدها
۴۵۷..... کانون توانگری ۱-۱۴	۴۱۸..... نتایج آموزشی
۴۵۸..... اتم‌های میان ستاره‌ای	۴۲۰..... ۱۳-۱ پیام‌هایی از نور ستارگان
۴۵۸..... گسیل cm-۲۱ از هیدروژن اتمی	۴۲۰..... روشنایی و شار
۴۶۰..... ابرها و گاز میان ابری	۴۲۲..... کانون توانگری ۱-۱۳
۴۶۱..... مولکول‌های میان ستاره‌ای	۴۲۴..... شار و تابندگی
۴۶۲..... ابرهای مولکولی	۴۲۵..... قانون عکس مربعی برای نور
۴۶۳..... ۲-۱۴ محیط میان ستاره‌ای: گردوغبار	۴۲۷..... ۲-۱۳ فواصل ستاره‌ای: اختلاف منظرها
۴۶۳..... گردوغبار کیهانی	۴۲۸..... کانون توانگری ۲-۱۳
۴۶۷..... گردوغبار و مشاهدات فرسرخ	۴۳۰..... ۳-۱۳ رنگ‌ها، دماها و اندازه‌های ستاره‌ای
۴۶۸..... طبیعت گردوغبار میان ستاره‌ای	۴۳۰..... رنگ و دما
۴۶۹..... گردوغبار و شکل‌گیری مولکول‌ها	۴۳۱..... دما و شعاع
۴۷۰..... شکل‌گیری گردوغبار کیهانی	۴۳۳..... اندازه‌گیری مستقیم قطرها
۴۷۱..... ۳-۱۴ تولد ستاره‌ای: ایده‌های نظری	۴۳۳..... ۳-۱۳ رده‌بندی طیفی ستارگان
۴۷۱..... الگوهای رمبش	۴۳۳..... دما و خطوط بالمر
۴۷۲..... شکل‌گیری پیش ستاره	۴۳۴..... رده‌بندی طیفی
۴۷۳..... رمبش با چرخش	۴۳۸..... ۵-۱۳ نمودار هرتزپرونگ-راسل
۴۷۳..... ۴-۱۴ تولد ستاره‌ای: نشانه‌های مشاهداتی	۴۳۸..... دما در مقابل تابندگی
۴۷۴..... نشانه‌ها برای تولد ستارگان وزین	۴۴۱..... فواصل طیف‌سنجی
۴۷۵..... تولد ستارگان وزین	۴۴۴..... ۶-۱۳ توزین و سنجش ابعاد ستارگان: سیستم‌های دوتایی
۴۷۶..... تولد ستارگان به جرم خورشید	۴۴۴..... ستارگان دوتایی
۴۷۸..... جریان‌های روبه خارج مولکولی و تولد ستاره‌ای	۴۴۶..... سیستم‌های دوتایی طیف‌سنجی
۴۸۰..... سیستم‌های سیاره‌ای؟	۴۴۷..... رابطه جرم-تابندگی برای ستارگان رشته اصلی
۴۸۱..... کوتوله‌های قهوه‌ای: ستارگان ناکام	۴۴۸..... چگالی‌های ستاره‌ای
۴۸۲..... ۴-۱۴ سیستم‌های سیاره‌ای همسایه: دیده شدند!	۴۴۹..... طول عمرهای ستاره‌ای
۴۸۲..... حرکات مرکز جرم	۴۴۹..... مفاهیم کلیدی
۴۸۳..... آشکارسازی‌های انتقال دوپلری	۴۵۰..... تمرین‌های مطالعاتی
۴۸۵..... مفاهیم کلیدی	۴۵۱..... مسائل و فعالیت‌ها
۴۸۶..... تمرین‌های مطالعاتی	

۵۱۶.....	ستارگان متغیر.....	۴۸۷.....	مسائل و فعالیت‌ها.....
۵۱۷.....	ستارگان مرکزی سحابی‌های سیاره‌نما.....	۴۸۸.....	فصل ۱۵: حیات ستاره
۵۱۸.....	۱۵-۸ سنتز عناصر در ستارگان.....	۴۸۸.....	نتایج آموزشی.....
۵۱۹.....	سنتز هسته‌ای ستارگان غول قرمز.....	۴۹۰-۱۵	تحول ستاره‌ای و نمودار هر تزیروننگ-راسل.....
۵۲۰.....	مفاهیم کلیدی.....	۴۹۱.....	دسته‌بندی اجسام.....
۵۲۲.....	تمرین‌های مطالعاتی.....	۴۹۲.....	زمان و نمودار H-R.....
۵۲۲.....	مسائل و فعالیت‌ها.....	۴۹۳.....	۱۵-۲ تشریح ستاره‌ای.....
۵۲۴.....	فصل ۱۶: مرگ ستاره‌ای	۴۹۳.....	تعادل انرژی و فشار.....
۵۲۴.....	نتایج آموزشی.....	۴۹۴.....	انتقال انرژی.....
۵۲۶.....	۱۶-۱ ستارگان کوتوله سفید: لاشه‌های معمولی.....	۴۹۵.....	۱۵-۳ الگوهای ستاره‌ای.....
۵۲۶.....	فیزیک گازهای چگال.....	۴۹۶.....	اهداف الگوها.....
۵۲۷.....	کوتوله‌های سفید در نظریه.....	۴۹۷.....	نتایج کلی.....
۵۲۷.....	مشاهدات کوتوله‌های سفید.....	۴۹۸-۱۵	تولید انرژی و ترکیب‌های شیمیایی ستارگان.....
۵۲۸.....	۱۶-۲ ستارگان نوترونی: لاشه‌های متراکم.....	۴۹۸.....	هیدروژن‌سوزی.....
۵۲۸.....	گازهای نوترونی تبه‌گن.....	۴۹۹.....	سوختن هلیوم و کربن.....
۵۲۹.....	خصوصیات فیزیکی.....	۵۰۰-۱۵	تحول نظری یک ستاره به جرم خورشید.....
۵۳۰.....	۱۶-۳ نواخترها: انفجارهای ستاره‌ای خفیف.....	۵۰۱.....	تحول تا رشته اصلی.....
۵۳۱.....	نواخترهای معمولی.....	۵۰۲.....	تحول بر روی رشته اصلی.....
۵۳۲.....	الگوی یک نواختر.....	۵۰۲.....	تحول پس از ترک رشته اصلی.....
۵۳۳.....	۱۶-۴ ابرنواخترها: انفجارهای کاتاکلیسمی.....	۵۱۲.....	کانون توانگری ۱-۱۵.....
۵۳۴.....	دسته‌بندی ابرنواخترها.....	۵۰۵.....	تحول تا انتها.....
۵۳۶.....	منشأ ابرنواخترها.....	۵۰۶.....	تقدیر زمین.....
۵۳۷.....	ابرنواختر A ۱۹۸۷.....	۵۰۶.....	ستارگان با جرم پایین تر.....
۵۳۹.....	باقی مانده‌های ابرنواختری.....	۵۰۶.....	ترکیب شیمیایی و تحول.....
۵۴۱.....	کانون توانگری ۱-۱۶.....	۵۰۷.....	۱۵-۶ تحول نظری ستارگان وزین.....
۵۴۱.....	گسیل گرمایی و غیر گرمایی (همزمانی).....	۵۰۷.....	تحول یک ستاره با ۵ جرم خورشیدی.....
۵۴۲.....	سحابی خرچنگ: یک باقی مانده ابرنواختری.....	۵۰۹.....	ستارگان بسیار وزین تر.....
۵۴۴.....	۱۶-۵ ساخت عناصر سنگین.....	۵۰۹-۱۵	شواهد مشاهداتی برای تحول ستاره‌ای.....
۵۴۴.....	سنتز هسته‌ای در ستارگان.....	۵۰۹.....	ستارگان در گروه‌ها.....
۵۴۵.....	سنتز هسته‌ای در یک ابرنواختر.....	۵۱۰.....	خوشه‌های کروی.....
۵۴۷.....	مکان‌های دیگر سنتز هسته‌ای.....	۵۱۳.....	جمعیت‌های ستاره‌ای.....
۵۴۸.....	۱۶-۶ تپ‌اخترها: ستارگان نوترونی در چرخش.....	۵۱۴.....	مقایسه با نمودار H-R خوشه‌ها.....

- ۵۸۰..... ردياب‌های مارپیچی و ساختار مارپیچی
- ۵۸۲..... نقشه‌های نوری از ساختار مارپیچی
- ۵۸۲-۴..... کشف ساختار کهکشانی توسط نجوم رادیویی
- ۵۸۳..... سرعت‌های شعاعی و چرخش
- ۵۸۴..... نقشه‌های رادیویی از ساختار مارپیچی
- ۵۸۴-۷..... تحول ساختار مارپیچی
- ۵۸۵..... مشکل پیچ و تاب
- ۵۸۶..... الگوی موج چگالی
- ۵۸۸..... وضعیت الگوی موج چگالی
- ۵۸۸-۶..... قلب کهکشان خودی
- ۵۸۹..... مشاهدات رادیویی
- ۵۹۱..... مشاهدات فروسرخي
- ۵۹۱..... پرتوهای X
- ۵۹۲..... ۳۰ سال نوری درونی
- ۵۹۲..... آیا در هسته یک سیاه‌چاله در کمین است؟
- ۵۹۴-۷..... هاله کهکشان خودی
- ۵۹۴..... خوشه‌های کروی
- ۵۹۵..... ماده دیگر در هاله
- ۵۹۶-۸..... یک تاریخچه از کهکشان ما
- ۵۹۶..... جمعیت‌ها و موقعیت‌ها
- ۵۹۶..... تولد کهکشان خودی
- ۵۹۸..... مفاهیم کلیدی
- ۶۰۰..... تمرین‌های مطالعاتی
- ۶۰۱..... مسائل و فعالیت‌ها
- ۵۴۸..... مشخصه‌های مشاهده‌شده
- ۵۴۹..... سازوکار ساعت
- ۵۵۰..... تپ‌اخترها و ابرنواخترها
- ۵۵۱..... یک الگوی فانوس دریایی برای تپ‌اخترها
- ۵۵۲..... تپ‌اخترهای رادیویی دوتایی
- ۵۵۳..... تپ‌اخترهای بسیار سریع
- ۵۵۳..... تپ‌اخترها با سیارات
- ۵۵۴-۷..... سیاه‌چاله‌ها: لاشه‌های نهایی
- ۵۵۵..... شعاع شوارتزشیلد
- ۵۵۶..... تکنیکی
- ۵۵۷..... سفری مخاطره‌آمیز به داخل یک سیاه‌چاله
- ۵۵۹-۸..... مشاهده سیاه‌چاله‌ها
- ۵۵۹..... چشمه‌های پرتوی X دوتایی
- ۵۶۰..... مشاهده سیاه‌چاله‌ها
- ۵۶۲-۹..... انفجارهای انرژی-بالا
- ۵۶۲..... در هر جایی!
- ۵۶۳..... انفجارهای پرتوی X
- ۵۶۴..... انفجاری‌های پرتوی گاما: رازی سرگشوده؟
- ۵۶۵..... مفاهیم کلیدی
- ۵۶۶..... تمرین‌های مطالعاتی
- ۵۶۷..... مسائل و فعالیت‌ها

بخش چهارم: کهکشان‌ها و تحول کیهانی

- ۵۷۰..... فصل ۱۷: تحول کهکشان خودی
- ۵۷۰..... نتایج آموزشی
- ۵۷۲-۱..... ساختار کلی کهکشان خودی
- ۵۷۴-۲..... چرخش کهکشانی: ماده در حرکت
- ۵۷۵..... تندی خورشید حول کهکشان خودی
- ۵۷۶..... فاصله خورشید از مرکز
- ۵۷۸..... منحنی چرخش و جرم کهکشان خودی
- ۵۸۶..... کانون توانگری ۱-۱۷
- ۵۸۰-۳..... ساختار کهکشانی از مشاهدات نوری
- ۶۰۲..... فصل ۱۸: جهان کهکشان‌ها
- ۶۰۲..... نتایج آموزشی
- ۶۰۴-۱..... ۱۸-۱ منازعه فرا کهکشانی
- ۶۰۴..... استدلال‌های پایه
- ۶۰۷..... نتیجه منازعه
- ۶۰۷-۲..... ۱۸-۲ کهکشان‌های معمولی: یک باغ وحش کهکشانی
- ۶۰۸..... بیضوی‌ها
- ۶۰۸..... قرص‌ها (مارپیچی‌ها)

- نامنظم‌ها ۶۰۹
- دسته‌های تابندگی ۶۱۱
- ۱۸-۳ بررسی جهان کهکشان‌ها ۶۱۲
- قضایات در مورد فواصل ۶۱۲
- شاخص‌های فاصله ۶۱۲
- ۱۸-۴ قانون هابل و فواصل ۶۱۴
- قرمزگرایی‌ها و فواصل ۶۱۴
- ”سن“ کیهان ۶۱۸
- کانون توانگری ۱-۱۸ ۶۲۶
- یک انبساط شتابدار؟ ۶۱۹
- ۱۸-۵ مشخصات کلی کهکشان‌ها ۶۲۰
- اندازه ۶۲۰
- جرم ۶۲۱
- تابندگی‌ها ۶۲۳
- نسبت‌های جرم-تابندگی ۶۲۳
- رنگ‌ها ۶۲۴
- چرخش ۶۲۵
- ۱۸-۶ خوشه‌های کهکشان‌ها ۶۲۶
- گروه محلی ۶۲۶
- خوشه‌های دیگر از کهکشان‌ها ۶۲۸
- خوشه‌ها و تابندگی کهکشان‌ها ۶۲۹
- کهکشان‌های در حال برهم‌کنش ۶۳۱
- ۱۸-۷ ابرخوشه‌ها و تهی‌جاها ۶۳۴
- فرشینه کیهانی ۶۳۵
- ۱۸-۸ محیط میان کهکشانی و ماده تاریک ۶۳۷
- مفاهیم کلیدی ۶۳۹
- تمرین‌های مطالعاتی ۶۴۰
- مسائل و فعالیت‌ها ۶۴۱
- فصل ۱۹: فعالیت شدید کیهانی** ۶۴۲
- نتایج آموزشی ۶۴۲
- ۱۹-۱ فعالیت شدید در کهکشان‌ها ۶۴۴
- شواهدی از فعالیت شدید در کهکشان‌ها ۶۴۴
- بررسی مجدد گسیل همزمانی ۶۴۵
- کهکشان‌های فعال ۶۴۶
- ۱۹-۲ کهکشان‌های رادیویی ۶۴۸
- دو کهکشان فعال با نمایه بالا ۶۴۸
- ساختارهای گسیل رادیویی ۶۵۱
- ۱۹-۳ کهکشان‌های سیفرت و اجسام بی‌ال سوسمار ۶۵۳
- کهکشان‌های سیفرت ۶۵۳
- اجسام بی‌ال سوسمار ۶۵۶
- ۱۹-۴ اختروش‌ها: حل راز ۶۵۷
- قرمزگرایی‌های اختروشی ۶۵۸
- خصوصیات مشاهده‌شده کلی ۶۵۹
- نور اختروش‌ها ۶۶۰
- طیف‌های خطی ۶۶۰
- تغییرپذیری تابندگی ۶۶۱
- ۱۹-۵ خیال‌های بزرگ: عدسی‌های گرانشی ۶۶۲
- ۱۹-۶ مشکلاتی با اختروش‌ها ۶۶۴
- کانون توانگری ۱-۱۹ ۶۷۵
- چشمه‌های انرژی در اختروش‌ها ۶۶۶
- یک اختروش نوعی و یک الگوی AGN ۶۶۹
- یک الگو برای اختروش‌ها و AGN ها ۶۶۹
- کهکشان‌های میزبان برای اختروش‌ها ۶۷۳
- مفاهیم کلیدی ۶۷۴
- تمرین‌های مطالعاتی ۶۷۵
- مسائل و فعالیت‌ها ۶۷۶
- فصل ۲۰: تاریخچه کیهانی** ۶۷۷
- نتایج آموزشی ۶۷۷
- ۲۰-۱ فرضیات و مشاهدات کیهان‌شناسی ۶۷۹
- فرضیات ۶۸۰
- مشاهدات ۶۸۱
- بازبینی مختصر کیهان‌شناسی ۶۸۲
- ۲۰-۲ الگوی انفجار بزرگ پایه ۶۸۲
- ۲۰-۳ تابش زمینه کیهانی ۶۸۴

۷۰۲.....	۲۰-۸ جهان تورمی.....	۶۸۴.....	کشف!
۷۰۲.....	مشکل تختی.....	۶۸۵.....	تأیید!
۷۰۳.....	مشکل افق.....	۶۸۷.....	خصوصیات.....
۷۰۴.....	مفاهیم کلیدی.....	۶۸۸.....	۲۰-۴ آذرگوی اولیه.....
۷۰۶.....	تمرین‌های مطالعاتی.....	۶۸۸.....	شروعی داغ.....
۷۰۷.....	مسائل و فعالیت‌ها.....	۶۸۹.....	خلق ماده از فوتونها.....
۷۰۹.....	پیوست الف: یکاها.....	۶۹۰.....	دمای بیشتر از $10^{12} K$
۷۱۵.....	پیوست ب: داده‌های سیاره‌ای.....	۶۹۱.....	دما حدود $10^{12} K$
۷۱۹.....	پیوست ج: ثابت‌های فیزیکی و داده‌های نجومی.....	۶۹۲.....	دما حدود $10^9 K$
۷۲۰.....	پیوست د: ستارگان نزدیک در فهرست هیپارکوس.....	۶۹۲.....	دما حدود $3000 K$
۷۲۱.....	پیوست ه: تابان‌ترین ستارگان در فهرست هیپارکوس.....	۶۹۳.....	شاهدی برای انفجار بزرگ.....
۷۲۲.....	پیوست و: جدول تناوبی عناصر.....	۶۹۴.....	۲۰-۵ پایان زمان؟.....
۷۲۳.....	واژگان بسط یافته	۶۹۶.....	۲۰-۶ از انفجار بزرگ تا کهکشان‌ها.....
۷۶۵.....	نمایه	۶۹۷.....	۲۰-۷ ذرات بنیادی و کیهان.....
۷۸۵.....	پیوست رنگی	۶۹۷.....	نیروهای طبیعت.....
		۶۹۸.....	GUTها و کیهان.....
		۶۹۹.....	GUTها و شکل‌گیری کهکشان.....

درباره نویسنده

دکتر مایکل زیلیک به عنوان پروفیسور نجوم در دانشگاه نیومکزیکو مشغول به کار است. در تدریس خود، درآموزه‌های مقدماتی مبتکرانه برای دانش آموزان مبتدی بدون دانش تخصص دارد. کلاس‌های او پر از گروه‌های آموزشی دوستانه برای کشف مفاهیم نجومی کلیدی با فعالیت‌های عملی است. او با کمک هزینه‌هایی از بنیاد علمی ملی، NASA، بنیاد آموزشی اکسون و صندوق فرهنگستان علوم ملی برای ابتکاراتش در آموزش نجوم، ارائه نجوم به عموم و کارگاه‌های نجومی برای معلمان مشغول به خدمت حمایت می‌شود.

فعالیت‌های تحقیقاتی فعلی دکتر زیلیک بر دو حوزه متمرکز می‌شوند: آموزش نجوم و نجوم در جهان سرخپوستی ماقبل تاریخ و تاریخی در جنوب غربی آمریکا. او بیش از ۱۰۰ مقاله حرفه‌ای و چهار کتاب منتشر کرده و بیش از ۲۰۰ گردهمایی با اساتید داشته‌است.

دکتر زیلیک مدرک لیسانس خود را در فیزیک با افتخار در دانشگاه پرینستون و فوق‌لیسانس و دکتری خود را در نجوم از دانشگاه هاروارد دریافت کرد. او همکار و درو ویلسون، همکار بنیاد علمی ملی، و همکار پیش‌دکتری رصدخانه اخترفیزیکی اسمیتسونی بوده‌است. در دانشگاه نیومکزیکو، سخنران منتخب لقب گرفته‌است، بالاترین پاداش برای عملکرد همه‌جانبه یک عضو هیئت علمی. در سال ۱۹۹۸، به عنوان همکار تحقیقاتی مؤسسه ملی آموزش علمی برگزیده شد.

در سال ۲۰۰۰، رئیس کمیته آموزش نجوم انجمن دبیران فیزیک آمریکا شد.

دکتر زیلیک در فهرست زنان و مردان علوم آمریکا، نام کتاب نویسندگان، نویسندگان معاصر، کتاب کی کیست در غرب و کتاب کی کیست رهبران نوظهور در آمریکا قرار دارد. او یکی از اعضای نویسندگان انجمن نویسندگان دانشگاهی است. چاپ هشتم نجوم: جهان در حال تحول در سال ۱۹۹۷ برنده جایزه واژه‌پردازی از انجمن نویسندگان دانشگاهی گردید.

پیشگفتار مترجمین

از اولین روزهای زندگی انسان بر روی زمین، آسمان بالای سرش بیش از هر چیز نظر او را به خود جلب می‌نمود، چه به لحاظ تغییرات و دگرگونی‌های محسوس در محیط زندگی از قبیل تاریکی و روشنایی، رعد و برق و بارش و امثال آن که منشأ آنرا در آسمان می‌جست و چه از منظر زیبایی شگرف و بهت‌انگیز مجموعه ستارگان درخشان در دامن یکرنگ شب‌های صاف که حس کنجکاوی او را به شدت برانگیخته می‌ساخت.

ولی از آنجا که انسان راهی برای عروج به دنیای شگفت‌انگیز بالای سرش پیدا نمی‌کرد حسرت زده، چاره‌ای نیافت جز آنکه دورادور به مطالعاتی آمیخته با تخیل درباره آسمان و اجرام آسمانی بپردازد و فرضیه‌هایی گوناگون برای اقیان خویشتن به وجود آورد. نظم مشخصی که در رفت و آمد روشنایی خورشید و کوچک‌نمایی و بزرگ‌نمایی ماه و غیبت آن در شب‌های معین مشاهده می‌شد، انسان را به مطالعه بیشتر بر روی ستارگان به‌منظور گشودن معماهای تازه‌ای از آفرینش و کشف نظم‌ها و هماهنگی‌های مجهول، تشویق می‌نمود.

طی هزاران سال که بر این منوال گذشت، گرچه اطلاعات جالب و ارزنده‌ای ذائقه مطالعه‌کنندگان آسمان را شیرین ساخته بود، ولی به‌رحال دید علمی انسان آن روزگار از سقفی نیلگون که با چراغ‌های تابناک آذین شده باشد، فراتر نمی‌رفت. تا آنکه بعدها طی گذشت زمان‌های طولانی، بشر توانست ابزار علمی خاصی را اختراع کند که به کمک آنها به مطالعه و جستجو در فضاها دورتر توفیق یابد.

محدودیت ابزار مطالعه کیهان، رشد این دانش ارزنده را کند ساخته بود تا آنکه بالاخره در سایه پیشرفت سریع و ناگهانی فناوری، اتفاقات عجیب و خیره‌کننده‌ای در جهان رخ داد که در پرتو آن بشر قادر به مسافرت و جستجو در فضا گردید و به‌همین علت اطلاعات او از جهان اطرافش به یکباره افزایش یافت. مبارزه علمی در دوران تاریخ قرون وسطی اکثراً به‌وسیله نتایج رصد‌های نجومی شروع شده و پایه‌های عقاید نادرست آن دوران را متزلزل و راه را برای پیشرفت‌های آینده هموار نمود. نباید فراموش کرد که همین رصد‌های گذشته ستاره‌شناسان بود که راه را برای کشف قوانین حرکت‌های سیارات هموار کرد و برای توجیه این حرکات، قوانین حرکت و قانون گرانش کیهانی وضع شدند که اینک پایه و اساس بیشتر علوم و فناوری جدید را تشکیل می‌دهند.

کتاب حاضر تاکنون ۹ بار ویرایش شده و به چاپ رسیده است. کتاب شامل مطالبی مربوط به سیارات، خورشید، ستارگان، محیط‌های بین ستاره‌ای، کهکشان‌ها و کیهان می‌باشد. نگارش کتاب با زبانی بسیار ساده و در سطح نه تنها دانشجویان کلیه رشته‌ها بلکه دانش‌آموزان دبیرستان‌ها و عموم علاقه‌مندان غیر دانشگاهی به نجوم صورت گرفته است. بیان آخرین اکتشافات بشر در زمینه نجوم در کتاب، به آن جذابیت خاصی بخشیده که مطالعه آن برای علاقه‌مندان بسیار دلچسب می‌باشد. از طرف دیگر، استفاده بسیار کم از روابط فیزیکی و ریاضی در کتاب سبب شده است تا از آن به عنوان کتاب درسی برای درس نجوم مقدماتی به ارزش ۳ واحد در دانشگاه‌های اکثر کشورها استفاده شود.

از آنجا که کمبود یک کتاب جامع و حاوی جدیدترین مطالب نجومی به زبان فارسی در کشور به چشم می‌خورد، لذا سعی نمودیم تا ترجمه حاضر را هرچه زودتر در اختیار علاقه‌مندان قرار دهیم. امیدواریم که کتاب مورد توجه و قبول علاقه‌مندان نجوم واقع شود.

در اینجا لازم می‌دانم که از اقدامات مؤثر و چشمگیر انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد جهت چاپ کتاب‌های دانشگاهی به ویژه کتاب حاضر نهایت سپاسگزاری را نمایم.

در پایان یادآوری دو نکته را لازم می‌دانم: اولاً مطالعه کلیه پیشگفتارهای کتاب برای بهره‌گیری بیشتر از آن، ضروری به نظر می‌رسد. ثانیاً نظرات موشکافانه شما برای ارتقاء کیفیت کتاب بسیار مؤثر می‌باشد، لذا مطمئن هستیم ما را از دانستن آنها محروم نخواهید نمود.

دکتر جمشید قنبری

استاد تمام اختر فیزیک دانشگاه‌های خیام (مشهد) و فردوسی مشهد

ایمیل: ghanbari@um.ac.ir

سعیده حسابی

کارشناس ارشد اختر فیزیک

مقدمه نویسنده

چاپ نهم! نمی‌توانم باور کنم که یک ایده از بیست و پنج سال پیش تا به حال استوار مانده است. معلمین و دانشجویان بسیاری به من گفته‌اند که از استفاده از این کتاب لذت برده‌اند، و این بازخورد قطعاً به من کمک کرده است! تصمیم بر بهبود این کتاب دارم به نحوی که به‌عنوان یک ابزار آموزشی بهتر نوآوری کرده و تحول یابد. در نهایت، نجوم به‌سرعت تغییر می‌کند، به‌ویژه با تلسکوپ‌های فضایی و زمینی جدید، بینش بیرونی ما رشد می‌کند و بینش درونی‌مان تشدید می‌گردد. بنابراین چه چیز این چاپ جدید است؟

یک، **به‌روزرسانی واضح اطلاعات**. تغییر پیوسته منجر به هیجان نجوم می‌گردد. به‌همین دلیل نجوم برای من جذابیت دارد، و امیدوارم، برای شما نیز همینطور باشد. همیشه چیزهای جدید و غیر منتظره‌ای برای کشف در جهان وجود دارد. من برای تمرکز بر روی کشفیاتی که گمان می‌کنم ارزش درازمدت دارند و با مفاهیم اصلی در ارتباط‌اند به‌روزرسانی را با دقت زیادی انجام دادم.

دو، **پربازده ساختن اطلاعات** برای اینکه مفاهیم و توضیحات را تا حد امکان شفاف و قابل لمس بسازد. برای به حداقل رساندن استفاده از اصطلاحات فنی و حالت‌های مجهول دقت زیادی به خرج دادم. همچنین به حفظ دقت و اختصار نتایج آموزشی و مفاهیم کلیدی توجه خاصی داشتم.

سه، **برنامه هنری بهسازی‌شده**، شکل‌ها با هدف درک بهتر آنها توسط دانشجویان مبتدی بازبینی و اصلاح شدند (با حفظ دقت علمی). تلاش کردم در هر جایی که ممکن بود زیبایی‌شناسی را نیز وارد کار کنم. همچنین خواستار شفاف‌سازی و ساده‌سازی بودم به‌نحوی که «نگاه» دقیق به شکل‌ها مفاهیم کلیدی را نشان خواهد داد.

چهار، **آموزگاری بر پایه تحقیق**. من در این چاپ مفاهیم را در بیش از هر زمان دیگر هدف قرار دادم، بر پایه تحقیق در آموزش نجومی انجام‌شده توسط خودم و دیگران. اما مفاهیم در انزوا ارزش کمی دارند- آنها باید به‌هم مرتبط شوند. پیوند درست مفاهیم کلیدی منجر به «تصویر بزرگی» از کیهان می‌گردد. هدف من برای کلاس خودم و این کتاب ارائه یک درک یکپارچه از نجوم است. برای تحقق این هدف، یک شکل سازمان‌یافته جدید را معرفی کردم، ردیاب‌های آسمانی TM.

هر فصل حاوی یک **ردیاب آسمانی TM** است. این نقشه‌ها راهنمایان دیواری مفاهیم اصلی در فصل را ارائه و ارتباط آنها را به‌سادگی نشان می‌دهند. من آنها را در کلاس‌هایم آزمودم، و در درک یکپارچه

دانشجویان در نجوم بازده خوبی داشت.

به منظور ارتقاء بیشتر یکپارچگی مفهومی، هر قسمت با یک مفهوم بخش آغاز می‌شود، و به دنبال آن برای ارتباط مفاهیم موجود در فصل‌های یک بخش یک کانون تحقیق می‌آید - مجموعه‌ای از سؤالات "به چه سبب می‌دانیم...؟" باز هم، هدف "تصویر بزرگ" است، این بار در یک بخش از لحاظ موضوعی یکپارچه.

ساختار بن‌مایه‌ای و موضوعی

در ویرایش‌های قبلی تصویر کلی "به چه سبب می‌دانیم" را در نجوم توسعه دادیم. من آن سؤال و مضمون اصلی کل کتاب را صریح‌تر کردم. من معتقدم که پاسخ به "به چه سبب می‌دانیم؟" درک از هر موضوعی را ارتقاء می‌بخشد، اما نجوم را بیشتر از سایرین. چرا؟ زیرا زمانی که زمین و منظومه شمسی را ترک می‌کنیم، نجوم، دراصل نور، فیزیک و الگوها، غیر قابل لمس می‌شود.

مردم هنوز هم تمایل به دیدن علم به‌عنوان یک مجموعه گسسته از حقایق دارند و فرهنگ ما این دیدگاه را تقویت می‌کند. مثالی را در نظر بگیرید، نمایش آزمون چه کسی می‌خواهد میلیونر باشد. سؤالات یک طرح چند گزینه‌ای دارند، که در مدارس آمریکا رایج است. در اینجا یک سؤال برای جایزه بزرگ ۱۰۰۰۰۰۰ دلار داریم:

چه مدت طول می‌کشد تا نور از خورشید به زمین برسد؟

الف. ۴۲ ثانیه

ب. ۳ دقیقه

ج. ۸ دقیقه

د. ۱ ساعت

آیا پاسخ را می‌دانید؟ (گزینه ج) درست است. اما آیا سؤال ناخواسته را می‌دانید؟ به چه سبب می‌دانیم که خورشید در ۸ دقیقه نوری از زمین است؟ که سؤال پیچیده‌تری است و مستلزم درک بسیار اساسی‌تری از اولی (که تنها می‌توانید به‌خاطر بسپارید) می‌باشد.

"به چه سبب می‌دانیم" مضمون این چاپ را تعیین می‌کند. در اصطلاحات عناوین، این کتاب دو جنبه اصلی دارد: توصیف داستان‌وار نوعی از جهان نجومی و ارتباطات کیهانی آن؛ و شناساندن اینکه منجمین درباره کیهان چگونه می‌اندیشند به‌نحوی که دانشجویان بتوانند درباره عملکرد آن درکی حاصل کنند. این ویرایش برای ارائه یک نیمسال تحصیلی طراحی شده است. توجه داشته باشید که بسیار کوتاه‌تر از چاپ‌های قبلی است، با فصل‌های کمتر و کوتاه‌تر. هنوز هم ساختار قبلی چهار بخش خود را حفظ کرده‌است، هر کدام بر روی یک زیرموضوع کلیدی از کیهان متمرکز می‌باشد. مانند کیهان، هر بخش با دیگری ارتباط دارد، بنابراین در واقع می‌توانید در هر حالت به چهار بخش دسترسی داشته باشید.

بخش ۱: مفاهیم در حال تغییر کیهان

این بخش بر تحول ایده‌های کیهانی تأکید دارد، از عقاید هندسی یونانیان تا نظرات تکان‌دهنده نجوم جدید، و با ساده‌ترین مشاهداتی که می‌توانید از زمین بدون یک تلسکوپ انجام دهید شروع شده و با دورترین حدها از جهان مرئی به پایان می‌رسد. بخش ۱ خواننده را با ایده *الگوهای علمی*، هسته مفهومی تفکر علمی جدید، آشنا می‌کند. الگوهای علمی از تصورات و تجربه ما متولد می‌شوند، آنها رفتار خلاقانه ذاتی کارهای علمی را نشان می‌دهند. همان‌طور که چنین الگوهایی تحول می‌یابند، تصورات در حال تغییر ما از کیهان را شکل می‌دهند. گسترش الگوهای علمی سرتاسر کتاب را فراگرفته‌است؛ آنها ابزار اصلی برای درک جهان هستند.

شکل‌گیری الگوها مستلزم مشاهدات نجومی جدید است. در عصر نجوم فضایی و ریزالکترونیک‌ها، تصورات خود از کیهان را تا حد زیادی گسترش دادیم. بسیاری از تلسکوپ‌های فضایی، مخصوصاً تلسکوپ‌های فضایی هابل، تغییرات زیادی را در تصورات بیرونی ما از نجوم قرن بیستم نشان دادند. در این قرن، می‌دانیم که تلسکوپ‌های فنی جدید بر روی زمین از چندین نظر از تلسکوپ‌های فضایی پیشی خواهند گرفت. می‌توانیم امیدوار باشیم که تلسکوپ‌های زمینی بر ماترک مشاهداتی تلسکوپ‌های فضایی نیفزایند. نسل جدیدی از رایانه‌ها توسط شبیه‌سازی سیستم‌های نجومی ذهن ما را از شیوه‌های دیگر برای دیدن فرایندهای فیزیکی در کیهان بهره‌مند می‌سازند. رایانه‌ها و تلسکوپ‌ها، با هم به‌عنوان ابزاری برای ارائه ایده‌های مبتکرانه به منجمین به کار می‌روند.

بخش ۲: سیارات: گذشته و حال

عبور فضاپیما و زمین‌گردهای گروهی دیدگاه‌های جدیدی را برای درک ما از سیارات فراهم می‌آورند. این بخش به‌منظور پی بردن به مبدأ و تحول سیارات بر روی ماهیت فیزیکی آنها تمرکز می‌کند. ابتدا نگاهی اجمالی به دانش فعلی ما از سیارات داشته، مخصوصاً زمین و قمر آن، همچنین عطارد، زهره و مریخ. این سیارات درجات مختلفی از تحول را نشان می‌دهند، زمین بیش از سایرین تحول یافته‌است. در عوض، سیارات دیگر - مشتری، زحل، اورانوس، نپتون و پلوتو - از زمان تولد خود کمی تغییر کرده‌اند. مأموریت‌های فضایی نشان دادند که در واقع قمرهای سیارات خارجی جهان‌هایی از خودشان هستند، مکان‌هایی از صخره و یخ که توسط آسیبی در گذشته صدمه دیدند. این جهان‌های جدید، به‌همراه دنباله‌دارها و شهاب‌سنگ‌ها، نشانه‌های مهمی از تاریخچه اولیه منظومه شمسی ارائه می‌دهند. بنابراین ردپای تحول سیاره‌ای به مبدأ باز می‌گردد - تولد منظومه شمسی از یک ابر میان‌ستاره‌ای از گاز و گردوغبار. با توجه به استانداردهای نجومی، این تولد سریع، شدید و آشوبناک بوده‌است - ساختن اشکال اولیه سیارات. این تصویر دلالت بر این دارد که تعداد زیادی از ستارگان منفرد دیگر منظومه‌های سیاره‌ای دارند و به‌لحاظ کلی این جهان‌های دیگر شبیه به سیارات محلی هستند.

بخش ۳: جهان ستارگان

خورشید ما و سیارات آن حول یک جزیره پهناور از ستارگان به نام کهکشان راه شیری - کهکشان خانه ما - شناورند. به عنوان نزدیکترین ستاره، خورشید ما به عنوان الگویی خاص برای ستارگان دیگر به شمار می‌رود، مخصوصاً برای درک فرایندهای فیزیکی درون آنها. کهکشان خودی حاوی صد میلیارد ستاره در مراحل مختلف حیات آنها است. این ستارگان، مانند خورشید، از ابرهایی از گاز و گردوغبار میان‌ستاره‌ای متولد شدند. فناوری جدید برای ما امکان نگاهی ژرف به نواحی تولد ستاره‌ای را فراهم می‌آورد، و به ما زندگی اولیه ستارگان را نشان می‌دهد.

از آنجا که با توجه به استانداردهای بشری ستارگان عمر طولانی دارند، نمی‌توانیم به‌طور مستقیم تحول آنها را مشاهده کنیم. می‌توانیم به کمک رایانه الگوهایی از ستارگان بسازیم و این الگوها با بعد زمان به ما طرحی از حیات ستارگان ارائه می‌دهند. ستارگان معمولی توسط واکنش‌های خویشتن نیرو می‌گیرند، پیر می‌شوند، و پیش از مرگ خود ماده را به بیرون می‌دهند. بسیاری از آنها مرگ‌های سختی دارند، لاشه‌های شگفت‌آوری مانند ستارگان نوترونی به‌جا می‌گذارند. ستارگان وزین دستخوش مرگ‌های سختی می‌گردند، که توسط انفجارهای عظیمی که عناصر سنگین را می‌سازند دیده می‌شوند و آنها را برای بذرافشانی بعدی ستارگان به فضا می‌رانند. بررسی حیات ستارگان راهنمای ما در درک آنچه برای خورشید در کهنسالی‌اش اتفاق می‌افتد خواهد بود.

بخش ۴: کهکشان‌ها و تحول کیهانی

جهان حاوی کهکشان‌هایی است، که در آن قابل‌رؤیت‌ترین ماده از کیهان قرار دارد. این بخش ابتدا کهکشان‌های معمولی، مانند راه شیری، و پس از آن کهکشان‌های ناآرام را بررسی می‌کند. در حال حاضر می‌دانیم که کهکشان‌های با فعالیت غیر معمول توسط گرانی با همسایگان خود در حال برهم‌کنش‌اند، که موجب جار و جنجال‌های سماوی می‌گردند. این نمایش حاوی جت‌های رقیق و طولانی از ماده است، که توسط میدان‌های مغناطیسی محدود شده، از هسته‌های این کهکشان‌ها به بیرون پرتاب می‌شوند.

تمام این کهکشان‌ها، با کهکشان‌های دیگر در خوشه‌هایی سکنی گزیدند، و به این ادراک می‌رسیم که خوشه‌ها در زنجیره‌های بلندی با حفره‌های پهناوری در میان آنها قرار دارند - فرشیته کیهانی. در میان این طرح قابل توجه از ماده مرئی ماده‌ای که ما هنوز نمی‌توانیم ببینیم نهفته است - به نام ماده تاریک که هم ساختار وهم چگالی جهان قابل رؤیت را می‌سازد.

طراحی کیهانی در معماری بزرگ‌مقیاس از انفجاری شگفت‌انگیز که درون جهان آغاز شد نقش بست. آن انفجار - انفجار بزرگ - کوچکترین تکه‌هایی از ماده را به جهان پیوند داد. انفجار بزرگ پسماندهایی را که امروزه مشاهده می‌کنیم نیز به‌جای گذاشت، شواهدی از شدت خلقت. از انفجار بزرگ حدود ۱۵ میلیارد سال پیش، تحول کیهانی ما را در مکان و زمانی که در جهان هستیم شکل داد.

آغازی سریع

این کتاب برای دانشجویان است. کسانی که احتمالاً نوآموز نجوم هستند. امید دارم که این کتاب برای آموزش آنها به درد بخور باشد. من یک ساختار چهار بخشی طراحی کردم به گونه‌ای که می‌توانید هر بخش را تا حدودی مستقل از دیگری بررسی کنید. بسیاری از ارجاعات، مخصوصاً به فیزیک پایه و ایده‌های نجومی، باید به شما برای پیوند بخش‌ها کمک کند. من برای معرفی تا حد امکان ملموس دیده‌ها تلاش زیادی کردم. ابتدا به آشناترین آنها پرداختم: فصل ۱ (بخش ۱) با آسمان مرئی؛ فصل ۸ (بخش ۲) با زمین؛ فصل ۱۲ (بخش ۳) با خورشید؛ و فصل ۱۷ (بخش ۴) با کهکشان راه شیری. در فصل‌ها، سعی کردم پیش از عقاید دشوار، مثال‌های قابل لمسی ارائه دهم.

بخش‌های **کانون توانگری** پیوندهای دیگری را در سراسر کتاب فراهم می‌کنند. من برای غنی ساختن ایده‌ها با ریاضیات پایه (جبر، مثلثات، هندسه) این بخش‌های انتخابی را از متن اصلی جدا کردم. شما تصمیم خواهید گرفت که کدامیک از آنها را انتخاب کنید. مسائل و فعالیت‌های انتهای هر فصل را ملاحظه خواهید کرد. برخی از آنها به مطالب در بخش‌های کانون نزدیکند.

برای کمک به دانشجویان مبتدی، برای ساده کردن زبان تا جایی که می‌توانستم به جای استفاده از زبان فنی از انگلیسی روزمره استفاده کردم. قانون من در هنگام استفاده از اصطلاحات فنی این است: هر اصطلاحی را که استفاده می‌کنی تعریف کن، و از هر اصطلاحی که تعریف می‌کنی استفاده کن. سعی کردم از کاربرد یک مرتبه‌ای یک اصطلاح فنی تنها به خاطر بی‌کم و کاست بودن اجتناب کنم. اگر دانشجویان شما بایک استراتژی خوب در یادگیری نجوم سر درگم شدند، لطفاً به آنها بگویید که بخش ویژه "چگونه نجوم را مطالعه کنیم" را به دقت بخوانند. این بخش برای مطالعه یک استراتژی کامل ارائه می‌دهد؛ به علاوه، برای هر یک از ویژگی‌های آموزشی این کتاب راهنمایی‌های خاصی دارد. توجه: اگر از این بابت که درباره نجوم کنجکاوید این کتاب را تهیه کردید، ممکن است علاقه‌مند به اخذ یک واحد درسی دانشگاهی از طریق پست باشید.

بنویسید برای: مطالعه مستقل، آموزش پیوسته، دانشگاه نیومکزیکو، ۱۶۳۴ دانشگاه NE، آلبو کرک، NM ۸۷۱۳۱، آمریکا. این دوره آموزشی نجوم ۱۰۱C نام دارد؛ من آموزگارم.

منابع معلمین

من تمام منابع آموزشی را بر روی وبگاهی برای این کتاب جمع‌آوری کردم.
URL آن بدین صورت هست:

<http://www.TheEvolvingUniverse.com>

قدردانی

سابرینا مور برای به دست آوردن تصویر تجسم در کتاب پا پیش گذاشت. لوییس شیلر کار ویراستاری

ژرفکاوانه‌ای بر روی دست‌نوشته انجام داد. علاوه بر این، او به من در دور آخر واریسی تصاویر نجومی و اخذ اجازه برای آنها کمک کرد. بوریس استاروستای هنرمند با من در خلق نقشه‌های ردیاب آسمانی TM مشارکت داشت.

سایر افراد از جمله دانشجویان مکاتبه‌ای‌ام (که فقط کتاب و هوش دارند) و دانشجویانم در دوره آموزشی نجوم ۱۰۱ در UNM. همچنین نامه‌ها و پست‌های الکترونیکی از دانشجویان دانشکده‌ها و دانشگاه‌های دیگر و همچنین معلمان دریافت کردم. از همگی متشکرم!

شخصاً مسئول هرگونه خطایی در این کتاب هستم. مسلم است که اصلاحات و تغییرات کوچکی در چاپ بعدی صورت می‌گیرد. لطفاً این نکته را به‌خاطر بسپارید و هرگونه اشتباهی را که ممکن است پیدا کنید برای من بفرستید. هنگام سفارش، لطفاً آخرین چاپ کتاب را بخواهید تا دانشجویانان درست‌ترین نسخه را در اختیار داشته باشند.

بازخورد شما می‌تواند باعث پیشرفت این کتاب باشد! لطفاً نظرات خود را برای من در بخش نجوم و فیزیک، دانشگاه نیومکزیکو ۸۰۰ Yale Blvd NE، آلبو کرک، NM، ۸۷۱۳۱-۱۱۵۶ آمریکا بفرستید. آدرس پست الکترونیکی من،

zeilik@la.unm-edu.

مایکل زیلیک

سانتافه، نیومکزیکو، آمریکا، اکتبر ۲۰۰۱

مخفف‌ها

مخفف‌ها اغلب برای نام‌های رصدخانه‌ها و سازمان‌های مهم (مخصوصاً در زیرنویس‌های شکل‌ها) به کار می‌روند؛ اینها به صورت زیر هستند:

- رصدخانه انگلیسی - استرالیایی - AAO
- دانشگاه‌های وابسته به هم، به ثبت رسیده - AUI
- همکاری دانشگاه‌ها برای تحقیق در نجوم - AURA
- رصدخانه آمریکای مرکزی سرو تولو - CTIO
- آژانس فضایی اروپایی - ESA
- رصدخانه جنوبی اروپایی - ESO
- تلسکوپ فضایی هابل - HST
- رصدخانه ملی کیت پیک - KPNO
- اداره فضایی و هوانوردی ملی - NASA
- مرکز ملی تحقیقات جوی - NCAR
- مرکز ملی کاربردهای ابر رایانه‌ای - NCSA
- رصدخانه‌های نجومی نوری ملی - NOAO
- رصدخانه نجومی رادیویی ملی - NRAO
- رصدخانه خورشیدی ملی - NSO
- رصدخانه اختر فیزیکی اسمیتسونی - SAO
- رصدخانه خورشید سپهری و خورشیدی - SOHO
- مؤسسه علمی تلسکوپ فضایی - STScI
- کاوشگر تاجی و ناحیه‌گذار - TRACE
- تلسکوپ رادیویی آرایه بسیار بزرگ - VLA
- ESO، تلسکوپ آرایه بسیار بزرگ - VLT

دسته‌های مفهومی

مطالب این کتاب در چهار گروه از مفاهیم یکپارچه جای می‌گیرند؛ خود این گروه‌ها متقابلاً به هم مرتبط‌اند. ردیاب‌های آسمانی (tm) حاوی زیرمجموعه‌ای از مهمترین مفاهیم هستند، توسط گروه نیز سازمان یافتند.

۱. فواصل کیهانی

زوایا/ قطرهای زاویه‌ای/ موقعیت‌ها
 تندی‌های زاویه‌ای/ حرکات نسبی
 یکای نجومی/ قوانین کپلر
 اختلاف منظر خورشیدمرکزی/ سه‌گوش
 قانون عکس مربعی برای نور/ شار
 دسته‌های تابندگی از نمودار H-R/ فواصل طیف‌سنجی
 انتقال دوپلری ابرهای میان‌ستاره‌ای/ منحنی چرخش کهکشان خودی
 رابطه دوره تناوب- تابندگی برای قیفاووسی‌ها
 ساختار کهکشان راه شیری/ فواصل
 شاخص‌های فاصله تا کهکشان‌ها (قیفاووسی‌ها، ابرنواخترها)
 خوشه‌ها و ابرخوشه‌هایی از کهکشان‌ها
 قانون هابل، ثابت هابل/ قرمزگرایی‌ها/ سن جهان

۲. حرکات افلاک

زوایا/ تندی‌های زاویه‌ای/ فواصل نسبی
 حرکات خورشید، قمر زمین نسبت به افق، ستارگان/ گرفت‌ها
 حرکات سیارات نسبت به خورشید، ستارگان/ بازگشت‌ها/ مقابله‌ها/ کشیدگی‌ها
 زمین مرکزی/ خورشیدمرکزی
 اختلاف منظر خورشیدمرکزی
 قوانین کپلر/ مدارها/ حرکت دوره‌ای/ ماده تاریک
 قوانین حرکت و گرانش نیوتون/ مدارها/ جرم/ وزن/ سقوط آزاد/ تندی فرار
 ستارگان دوتایی/ جرم‌های ستارگان/ مرکز جرم
 نیروهای جزرومدی
 برافزایش گرانشی/ انقباض
 نسبیت عام/ فضا زمان/ هندسه انحناء یافته
 پایستگی انرژی/ انواع انرژی
 پایستگی تکانه زاویه‌ای

۳. طیف‌ها و نور سماوی

تابش الکترومغناطیسی/ طیف
 گسیل/ جذب
 قوانین کیرشهف (گسیل، جذب، طیف پیوسته)

ترازهای انرژی اتمی / فوتون‌ها/ برانگیختگی / انرژی تابشی
 تلسکوپ‌ها: آشکارسازها؛ تفکیک، جمع‌آوری نور، تقویت توان؛ تداخل‌سنج‌ها
 منحنی پلانک / جسم سیاره / رنگ‌ها/دما
 گسیل هم‌زمانی / میدان‌های مغناطیسی
 واکنش‌های همجوشی / سنتز هسته‌ای
 انتقال انرژی (تابش، همرفت، رسانش)
 ترکیب شیمیایی / طیف‌ها
 انتقال دوپلری / سرعت شعاعی / قرمزگرایی و آبی‌گرایی
 دسته‌های تابندگی و رده‌های طیفی ستاره‌ای
 نمودار هرتزپروننگ - راسل (H-R) / خوشه‌های ستارگان
 رابطه تابندگی - جرم (M-L) / طول عمر ستاره‌ای
 طیف‌های محیط میان‌ستاره‌ای / محیط میان‌کهکشانی
 طیف‌های کهکشان‌ها / قرمزگرایی‌ها / انبساط کیهان
 تابش پس‌زمینه کیهانی / الگوی انفجار بزرگ

۴. الگوهای علمی

فرضیات، هنر/هندسه، فیزیک
 مشاهدات (خطاها) / پیش‌بینی‌ها، توضیحات
 نظریه کوانتوم / فوتون‌ها/ ترازهای انرژی
 سن / طول عمر واپاشی / نیمه‌عمر
 ماهیت ماده (جامدها، مایعات، گازها، پلاسماها) / چگالی
 منظومه شمسی (زمین مرکزی / خورشید مرکزی)
 سیارات / تحول سیاره‌ای / زمین‌ساخت‌ها / فعالیت آتشفشانی / انرژی گرمایی
 میدان‌های مغناطیسی / الگوی دینامو
 خورشید / ستارگان / تحول ستاره‌ای / نمودار H-R
 نواخترها / ابرنواخترها / سنتز هسته‌ای / از دست دادن جرم
 لاشه‌های ستاره‌ای / کوتوله‌های سفید / ستارگان نوترونی / سیاه‌چاله‌ها
 تولد ستاره‌ای / سیستم‌های سیاره‌ای / پیش‌ستارگان و پیش‌سیارات / کوتوله‌های قهوه‌ای
 کهکشان راه شیری / کهکشان‌های معمولی
 کهکشان‌های فعال / سیاه‌چاله‌های ابروزین
 شکل‌گیری کهکشان‌ها / پیش‌کهکشان‌ها
 الگوی انفجار بزرگ / چگالی بحرانی / الگوهای تورم / GUT‌ها