

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

مبانی نجوم

(جلد دوم)

مؤلفین:

کارتونن - کروگر - اوجا - پوتانن - دونر

مترجمین:

کامبیز خالقی - فرهاد ذکاوت

ویراستار:

امیر رضا امیرالهی

عنوان و نام پدیدآور	: مبانی نجوم / مؤلفین: کارتونن ... [و دیگران]; مترجمین کامبیز خالقی، ذوالفقار دانشی نسب، فرهاد ذکاوت.
مشخصات نشر	: تهران : دانشپژوهان جوان، ۱۳۹۵ -
مشخصات ظاهری	: ۲: مصور، جدول، نمودار، بخشی رنگی.
فروش	: دانشپژوهان جوان؛ ۶۲۵
شابک	: دوره: ۴-۲۸۸-۰-۲۸۸-۰-۵۹-۸؛ ۹۷۸-۶۰۰-۲۸۸-۰-۵۹-۸؛ جلد: ۲: ۹۷۸-۶۰۰-۲۸۸-۰-۵۹-۸؛ جلد: ۱: ۹۷۸-۶۰۰-۲۸۸-۰-۲۷-۷
وضعیت فهرست نویسی :	فایل
یادداشت	: عنوان اصلی: Fundamental astronomy, 5th ed., c2007.
یادداشت	: مؤلفین کارتونن، کروگر، اوجا، پوتانن، دونر.
عنوان دیگر	: مبانی ستاره‌شناسی.
موضوع	: نجوم
شناسه افزوده	: کارتونن، هانو، ۱۹۵۲ - ۳.
شناسه افزوده	: خالقی، کامبیز، ۱۳۶۹ -، مترجم Karttunen, Hannu:
شناسه افزوده	: ذکاوت، فرهاد، ۱۳۵۹ -، مترجم
شناسه افزوده	: دانشی نسب، ذوالفقار، ۱۳۶۹ -، مترجم QB ۴۳/۳ م ۱۳۹۳:
رده بندی کنگره	: ۵۲۰:
رده بندی دیوی	: ۳۵۳۷۶۵۷:
شماره کتابشناسی ملی	

مبانی نجوم (جلد دوم)

مؤلفین: کارتونن- کروگر- اوجا- پوتانن- دونر

مترجمین: کامبیز خالقی - فرهاد ذکاوت

ویراستار: امیر رضا امیرالهی

صفحه آرایی و طرح جلد: فاطمه قلی نژاد

شابک جلد دوم : ۹۷۸-۶۰۰-۲۸۸-۰-۵۹-۸

شابک دوره : ۹۷۸-۶۰۰-۲۸۸-۰-۲۸-۴

قیمت : ۲۷۰۰۰ تومان

چاپ اول: نوروز ۱۳۹۵

قطع: وزیری

تیراژ: ۱۲۰۰ نسخه



ناشر کتابهای المپیاد

آدرس: میدان انقلاب، خیابان کارگر جنوبی، خیابان شهید نظری، بین خیابان منیری جاوید و
۱۲ فروردین، پلاک ۱۰۵، طبقه ۳، واحد ۱۱ تلفن: ۰۶۴۹۶۳۶۳-۰۶۶۴۹۸۹۹۸-۰۶۶۴۸۵۲۳۴ www.irolympiad.com کد پستی: ۱۳۱۴۶۷۵۹۳۴ دورنگار: ۰۶۹۵۳۲۵۰

فصل ۱۹ کیهان‌شناسی	
۲۷۵	
۲۷۶	مشاهدات کیهان‌شناختی ۱-۱۹
۲۸۳	اصل کیهان‌شناختی ۲-۱۹
۲۸۵	عالمهای همگن و همسان‌گرد ۲-۱۹
۲۸۷	مدل‌های فریدمن ۳-۱۹
۲۹۰	آزمایش‌های کیهان‌شناسی ۴-۱۹
۲۹۳	تاریخچه‌ی عالم ۵-۱۹
۲۹۶	تشکیل ساختارها ۶-۱۹
۳۰۲	آینده‌ی عالم ۷-۱۹
۳۰۷	مثال‌ها ۸-۱۹
۳۱۰	تمرین‌ها ۹-۱۹

۳۱۱	
۳۱۲	حیات چیست؟ ۱-۲۰
۳۱۴	شیمی حیات ۲-۲۰
۳۱۶	پیش‌نیازهای حیات ۳-۲۰
۳۱۷	خطرهای ۴-۲۰
۳۱۹	پیدایش حیات ۵-۲۰
۳۲۳	آیا ما مریخی هستیم؟ ۶-۲۰
۳۲۵	حیات در منظومه شمسی ۷-۲۰
۳۲۶	سیاره‌های فراخورشیدی ۸-۲۰
۳۲۸	شناسایی حیات ۹-۲۰
۳۲۸	ستی-شناسایی حیات هوشمند ۱۰-۲۰
۳۳۰	تعداد تمدن‌ها ۱۱-۲۰
۳۳۱	تمرین‌ها ۱۲-۲۰

۳۳۳	
۳۳۵	ریاضیات ۱-۲۱
۳۴۶	نظریه نسبیت ۲-۲۱
۳۵۲	جداول ۳-۲۱

طیف‌های ستاره‌ای

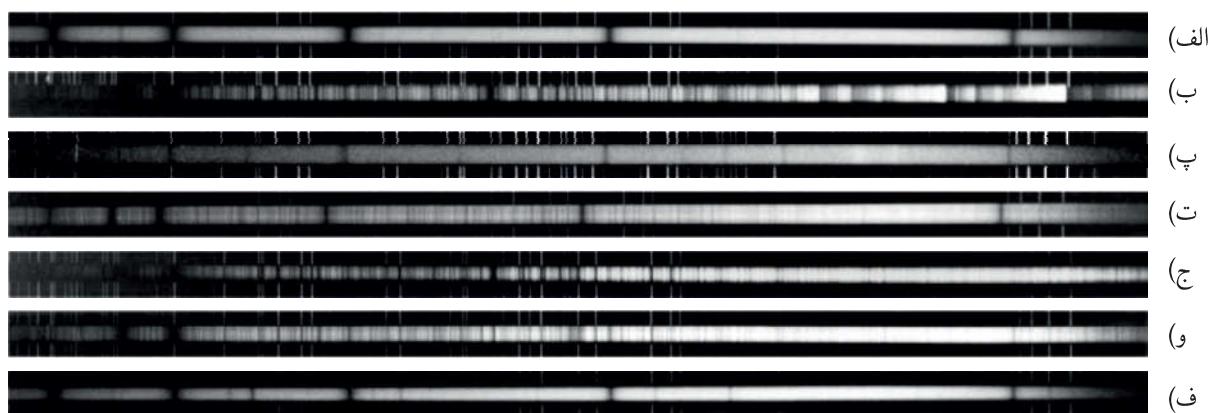
۸

تمام اطلاعات ما در مورد ویژگی‌های فیزیکی ستارگان کم‌وبیش از بررسی مستقیم طیف‌های آن‌ها به دست می‌آید؛ مثلاً با مطالعهٔ شدت خطوط جذبی مختلف، می‌توان به جرم‌های ستارگان، دما و ترکیب شیمیایی آنان پی‌برد. شکل خط‌ها نیز اطلاعات دقیقی در مورد فرآیندهای جوی به دست می‌دهد.

همان‌طور که در فصل ۳ دیدیم، با استفاده از یک منشور یا توری پراش می‌توان نور ستاره را در یک طیف منتشر کرد و توزیع چگالی شار انرژی در فرکانس را به دست آورد. طیف ستارگان از طیف پیوسته یا پیوستی تشکیل می‌شود که خطوط طیفی باریک بر آن قرار گرفته‌اند (شکل ۱-۸). خطوط موجود در طیف‌های ستاره‌ای اکثراً خطوط جذبی تیره‌اند، ولی در بعضی اجسام، خطوط گسیلی روشن نیز ایجاد می‌شود.

برای ساده‌سازی می‌توان چنین تصور کرد که طیف پیوسته از سطح داغ ستاره گسیل می‌شود. اتم‌های موجود در اتمسفر بالای سطح، طول‌موج‌های مشخص و خاصی از این تابش را جذب کرده و شکاف‌های تیره را در نقاط متناظر طیف باقی می‌گذارند. در واقعیت، چنین تفکیک مشخصی بین سطح و اتمسفر وجود ندارد. تمامی لایه‌ها، تابش را گسیل و جذب می‌کنند اما نتیجه‌ی خالص این فرآیندها این است که در طول‌موج‌های خطوط جذبی انرژی کم‌تری تابش می‌شود.

طیف ستارگان بر اساس شدت نوارهای طیفی آن‌ها طبقه‌بندی می‌شود. آیزاک نیوتون در سال ۱۶۶۶/۱۴۵۰ طیف خورشیدی را مشاهده کرد، ولی طیفنگاری از سال ۱۸۱۴/۱۱۹۳ آغاز شد زمانی که ژوزف فرانوفر^{۱)} خطوط تیره‌ای در طیف خورشید مشاهده نمود. وی بدون این‌که از عناصر عامل به وجود آمدن این خطوط آگاهی داشته باشد، پاره‌ای از خطوط تیره شدیدتر را با حروف بزرگ، همچون H، G، D و K نام‌گذاری کرد (بخش ۲-۸). خطوط جذبی را خطوط فرانهوفر نیز می‌نامند. در سال ۱۸۶۰/۱۲۳۹ گوستاو رابت کیرشهف^{۲)} و رابت بانسن^{۳)} دریافتند که این نوارها خطوطی خاص هستند که به‌وسیله‌ی عناصر گوناگون موجود در گاز تابان ایجاد می‌شود.



شکل ۱-۸: نمونه‌ای از طیف ستاره‌ای. طیف ۷۶ - اسب بالدار (Pegasi). (و) بسیار شبیه خورشید است. طیف پیوسته در حدود ۵۵ nm در روشن‌ترین حالت است و هر چه به سمت طول‌موج‌های کوچک‌تر و بلندتر می‌رویم، کم‌نورتر می‌شود. خطوط جذبی تیره بر طیف پیوستار قرار گرفته است. تمرین ۱-۸ را نیز ببینید. (رصدخانه‌ی مونت ویلسون)

1) Joseph Fraunhofer

2) Gustav Robert Kirchhoff

3) Robert Bunsen

۱-۸

اندازه‌گیری طیف

مهم‌ترین روش‌های ایجاد طیف، استفاده از منشور شیئی یا طیفنگار شکاف‌دار است. در روش اول هر تصویر ستاره‌ای در یک طیف پخش شده است. تنها بر یک صفحه‌ی عکاسی می‌توان از صدھا طیف، تصویربرداری و از آن‌ها برای دسته‌بندی طیفی استفاده نمود. مقدار جزئیاتی که می‌توان در طیف مشاهده نمود به پاشندگی^۱ منشور بستگی دارد؛ یعنی نسبت بازه طول موجی در هر میلی‌متر از صفحه‌ی عکاسی (یا بر پیکسل در CCD). پاشندگی یک منشور شیئی چند ده نانومتر در میلی‌متر است. برای مشاهدات دقیق‌تر وجود طیفنگار شکاف‌دار ضروری است. پاشندگی این نوع طیفنگارها بین $1 - 10\text{ nm/mm}$ ^۲ است. در این حالت می‌توان جزئیات شکل بر خط طیفی را مورد مطالعه قرار داد.

تصویر طیف به نموداری از شدت تبدیل می‌شود که چگالی شار را به صورت تابعی از طول موج نشان می‌دهد. این کار به وسیله‌ی یک ریز‌چگالی‌سنجد^۳ انجام می‌پذیرد. این دستگاه مقدار نور انتقال یافته توسط طیف ثبت شده را اندازه‌گیری می‌نماید. از آن‌جا که سیاهشدنگی صفحه‌ی عکاسی خطی رابطه‌ای با مقدار انرژی دریافتی ندارد، سیاهشدنگی به دست آمده را باید به وسیله‌ی مقایسه‌ی آن با نورده‌های مشخص رابطه‌ای درجه‌بندی کرد. در طیفنگارهای سی‌سی‌دی جدید، منحنی شدت مستقیماً و بدون نیاز به مرحله‌ی میانی و زمان بر صفحه‌ی عکاسی به دست می‌آید. برای اندازه‌گیری شدت خطوط، معمولاً طیف را با تقسیم آن بر شدت پیوستار تصحیح می‌کنند.

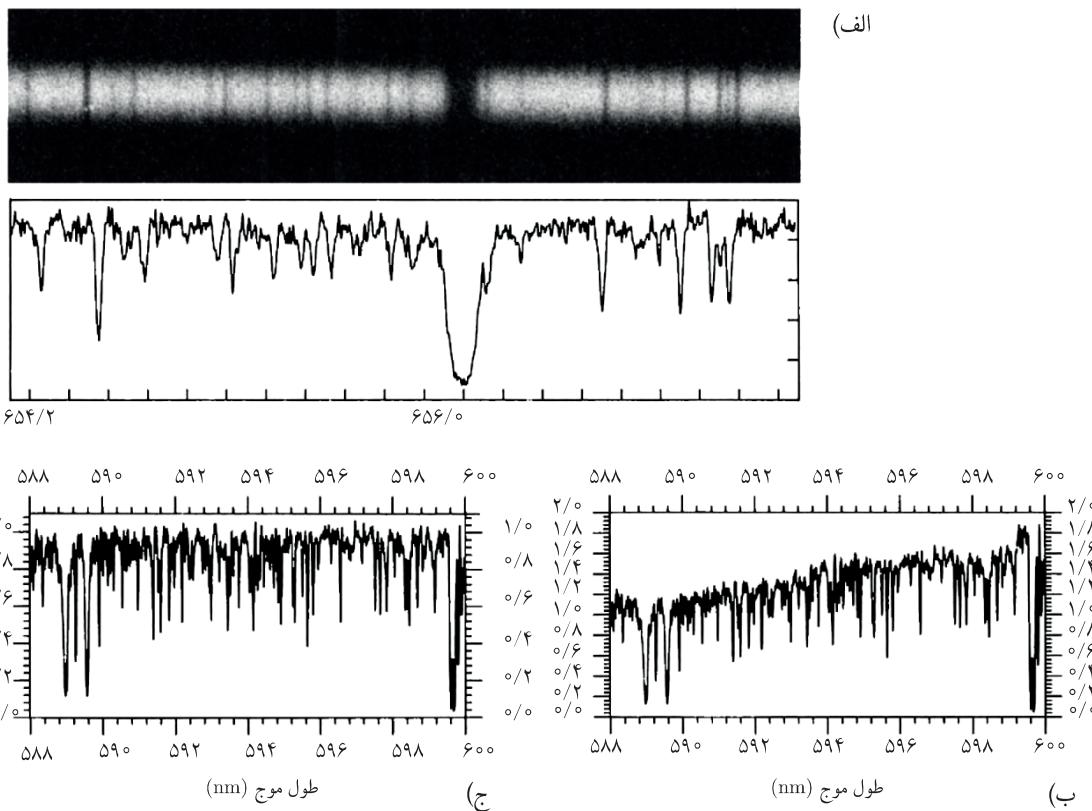
شکل ۲-۸ تصویری از طیف یک ستاره و همین‌طور منحنی شدت به دست آمده از ردیابی یک ریز‌چگالی‌سنجد درجه‌بندی شده و تصحیح شده را نشان می‌دهد. دو عکس بعدی، منحنی شدت را پیش و پس از بهنجارش نشان می‌دهد. خطوط جذبی مانند دره‌هایی با اندازه‌های متفاوت در منحنی به نظر می‌رسد. علاوه بر خطوط واضح و عمیق، تعداد زیادی خطوط ضعیفتر مشاهده می‌شوند که تشخیص آن‌ها به سختی امکان‌پذیر است. دانه دانه بودن امولسیون عکاسی، منبع اغتشاشی است که به صورت افت و خیزهای نامنظم منحنی شدت ظاهر می‌شود. برخی خطوط آن قدر به هم نزدیک‌اند که در این پاشندگی به نظر می‌رسد با هم ترکیب شده‌اند.

شکل کامل یک خط طیفی، «نمایه‌ی خطی^۳» نامیده می‌شود (بخش ۳-۵). شکل واقعی این خط، ویژگی‌های اتمسفر ستاره را منعکس می‌کند اما نمایه‌ی مشاهده شده به وسیله‌ی دستگاه اندازه‌گیری پخش می‌گردد. با این وجود، کل جذب در خط که معمولاً بر حسب پهناور معادل بیان می‌شود، به اختلالات رصدی حساسیت کم‌تری دارد (شکل ۶-۵ را ببینید).

1) Dispersion

2) Microdensitometer

3) Line Profile



شکل ۲-۸: (الف) بخشی از تصویر یک طیف ستاره‌ای نمودار شدت تصحیح شده ریزچگالی‌سنجبی متناظر با آن طیف اصلی در رصدخانه‌ی کریمه‌گرفته شده است. (ب) بخش وسیع‌تری از طیف. (ج) منحنی شدت تصویر اولیه با بهنجارش مقدار شدت پیوسنتر به یک، تصحیح شده است. (تصویر از جی کایرولینن و اچ ویرتان، رصدخانه‌ی هلسینکی)

پهنانی معادل^۱ خط طیفی به این بستگی دارد که چه تعداد اتم در اتمسفر در حالتی قرار دارند که می‌توانند طول موج مورد بررسی را جذب کنند. هر چه تعداد اتم‌ها بیشتر باشد، خط طیفی قوی‌تر و پهن‌تر خواهد بود. برای مثال، پهنانی معادل معمول یک خط فلزی (Fe) در طیف خورشیدی حدود $10 \text{ pm} = 10^{-10} \text{ m} = 0.1 \text{ nm} = 1 \text{\AA}$ است. پهنانی خط غالباً به آنگستروم بیان می‌شود.

تنهای در خطوط ضعیف است که پهنانی معادل به طور خطی به تعداد اتم‌ها جذب‌کننده بستگی دارد. رابطه‌ی پهنانی معادل به صورت تابعی از مقدار اتم‌های جذب‌کننده، به نام منحنی رشد^۲ شناخته می‌شود. این مفهوم فراتر از سطح این کتاب است. اثر دوپلری نیز نمایه‌های خطی را پهن می‌کند. در اتمسفرهای ستاره‌ای حرکت‌هایی ریزمقیاس و بزرگ‌مقیاس، نظیر حرکت گرمایی اتم‌ها و جریان‌های همرفتی وجود ندارد.

از روی شدت خطوط طیفی می‌توان ترکیب شیمیایی اتمسفر را به دست آورد. با ظهور کامپیوتراهای بزرگ، ساخت مدل‌هایی کاملاً دقیق از ساختار اتمسفرهای ستاره‌ای و محاسبه‌ی طیف حاصل از یک مدل خاص میسر گشته است. طیف مصنوعی محاسبه شده را می‌توان با مشاهدات مقایسه کرد و مدل نظری را اصلاح نمود تا انطباق خوبی به دست آید. در این صورت مدل‌های نظری، تعداد اتم‌های جذب‌کننده و در نتیجه فراوانی عناصر در اتمسفر را تعیین خواهد کرد. ساخت مدل‌های اتمسفری در بخش ۶-۸ مورد بحث قرار می‌گیرد.

1) Qmivalent With

2) Curve of growth