



زمین در فضا

(رشته جغرافیا)

عباسقلی صادقی سید محمود نجفیان رضوی

بسم الله الرحمن الرحيم

پیشگفتار ناشر

کتابهای دانشگاه پیام نور حسب مورد و با توجه به شرایط مختلف به صورت درسنامه، آزمایشی، قطعی، متون آزمایشگاهی، فرادری، و کمک درسی چاپ می شود. کتاب **درسنامه (د)** نخستین ثمره کوششهای علمی صاحب اثر است که براساس نیازهای درسی دانشجویان و سرفصلهای مصوب تهیه می شود و پس از داوری علمی در گروههای آموزشی چاپ می شود. با دریافت بازخوردها و تجدید نظر صاحب اثر و اصلاح کتاب، درسنامه به صورت **آزمایشی (آ)** چاپ می شود. با دریافت نظرهای اصلاحی و متناسب با پیشرفت علوم و فناوری، صاحب اثر در کتاب تجدید نظر می کند و کتاب به صورت **قطعی (ق)** چاپ می شود. در صورت ضرورت، در کتابهای چاپ قطعی نیز می تواند تجدیدنظرهای اساسی به عمل آید.

متون آزمایشگاهی (م) متونی است که دانشجویان با استفاده از آن و راهنمایی مربیان کارهای عملی آزمایشگاهی را انجام می دهند. **کتابهای فرادری (ف)** و **کمک درسی (ک)** به منظور غنی تر کردن منابع درسی دانشگاهی تهیه می شوند. کتابهای فرادری با تأیید معاونت پژوهشی و کتابهای کمک درسی با تأیید شورای انتشارات تهیه می شوند.

مدیریت تولید مواد و تجهیزات آموزشی

فهرست

شش	پیشگفتار مؤلفین
۱	فصل ۱. کلیات
۳۱	فصل ۲. تولد جهان و آشنایی با اجرام آسمانی
۵۹	فصل ۳. زمین در فضا
۸۹	فصل ۴. خورشید
۱۱۳	فصل ۵. منظومه شمسی و سیارات
۱۴۷	فصل ۶. زمین و ماه گرفتگی
۱۸۱	فصل ۷. کره آسمانی و سیستمهای مختصات آسمانی
۱۹۳	فصل ۸. زمان و تقویم
۲۱۳	فهرست منابع و مآخذ

پیشگفتار مؤلفین

با توجه به شیوه تدریس نیمه حضوری در دانشگاه پیام نور و محدودیت‌های کلاس‌های حضوری نسبت به سایر دانشگاه‌ها، نقش کتاب‌های درسی خودآموز در این دانشگاه اهمیت بیشتری پیدا می‌کند. از طرفی بازنگری کتاب‌های علمی با توجه به اطلاعات علمی جدید و نیز رفع اشکالات علمی و چاپی احتمالی، امری ضروری است. بر این اساس کتاب زمین در فضا برای رشته جغرافیا، که یکی از دورس پایه و تخصصی این رشته است، مورد بررسی و تجدیدنظر قرار گرفته و به‌صورت حتی‌الامکان خودآموز تألیف شده است.

نحوه نگارش کتاب طوری است که ضمن خودآموز بودن متن، بر روانی و یکدستی بیان مطالب تأکید داشته‌ایم و جهت انسجام بیشتر هر جا که لازم بوده تغییراتی در ترتیب فصل‌ها و بخش‌ها داده و یا مطالب جدیدی را برای کمک به مفاهیم درس و توضیح بیشتر آن افزوده‌ایم. در ابتدای هر فصل دانشجو در جهت اهداف مرحله‌ای و اهداف رفتاری - آموزشی، راهنمایی شده است. همچنین ضمن حفظ چارچوب اصلی کتاب، منطبق بر سرفصل‌های مصوب برای این درس، در انتهای هر بخش به تناسب خودآزمایی‌هایی به صورت چهار جوابی از متن درس مطرح شده و در انتهای هر درس پاسخ آنها را آورده‌ایم تا دانشجو با توجه به هدف‌های آن فصل و مطالعه این خودآزمایی‌ها، خود را برای آزمون درس آماده سازد. تعدادی سؤال نیز در آخر هر فصل برای تمرین بیشتر آمده است.

عباسقلی صادقی

سید محمود نجفیان رضوی

اعضاء هیأت علمی دانشگاه پیام‌نور

فصل ۱

کلیات

الف) هدفهای مرحله‌ای

با مطالعه این فصل، ضمن آشنایی با درس زمین در فضا (جغرافیای ریاضی) و اهمیت آن، تاریخچه علم نجوم به اختصار بیان می‌شود و با مروری بر اصول فیزیک نور، دانش نجوم از نظر قوانین نور بررسی می‌شود. سپس در مورد چگونگی مطالعه و ثبت امواج مری و غیر مری توضیحاتی داده می‌شود و در انتها پس از شرحی در مورد انواع تلسکوپ و موارد استفاده آنها و معرفی برخی از رصدخانه‌های مهم جهان، مستقر در زمین یا در فضا، یکاهای مورد استفاده در فواصل نجومی معرفی می‌شوند.

ب) هدفهای رفتاری - آموزشی

- از دانشجو انتظار می‌رود که پس از مطالعه این فصل؛
- هدف از مطالعه و بررسی آسمان و وضعیت اجرام آسمانی را بداند.
- با موضوع درس جغرافیای ریاضی (زمین در فضا) آشنا شود.
- نقش و اهمیت نجوم و کاربردهای آن را در زندگی بشر بشناسد.
- از تقسیم بندی علم نجوم با اطلاع باشد.
- تعدادی از دانشمندان ایرانی پایه گذار دانش هیأت و نجوم را نام ببرد.
- از تاریخچه علم نجوم از نخستین دانشمندان یونانی تا تاریخ معاصر، اطلاعاتی داشته باشد.
- نظریات زمین مرکزی (جهان بطلمیوسی) و خورشید مرکزی (کپرنیکی) را به اختصار توضیح دهد.

- ✓ دو پدیده مهم دوره خورشید مرکزی را نام ببرد.
- ✓ رفتار دوگانه نور (موجی و ذره‌ای) را توضیح دهد.
- ✓ طیف الکترومغناطیسی را که نشان‌دهنده انواع تابش‌های الکترومغناطیسی است، تا حدودی بشناسد.
- ✓ محدوده طول موج نور مرئی را بیان کند.
- ✓ ارتباط بین طول موج گسیل شده از هر جسم با دمای آن را بداند.
- ✓ نجوم مرئی و غیر مرئی را شرح دهد.
- ✓ ستاره‌شناسی فضایی را توضیح دهد.
- ✓ چگونگی مطالعه و ثبت امواج فروسرخ، فرابنفش و پرتوهای ایکس و گاما را بیان کند.
- ✓ انواع تلسکوپ را بشناسد و در مورد معایب و مزیت‌های هر یک توضیح دهد.
- ✓ چند رصدخانه مهم را در جهان، مستقر در زمین یا فضا، نام ببرد.
- ✓ رصدخانه‌های موجود در ایران را بشناسد.
- ✓ یکاهای مورد استفاده در اندازه‌گیری فواصل نجومی را بشناسد و ضمن تعریف هریک بتواند آنها را به یکدیگر تبدیل کند.

۱-۱ جغرافیای ریاضی و اهمیت آن

بدون تردید جغرافیا یکی از علوم کهن و یکی از قدیمی‌ترین رشته‌های دانش بشری است. پیشینه تاریخی این دانش به قدمت پیدایش انسان بر روی کره زمین است و کوشش انسان برای شناخت محیط اطرافش را می‌توان منشاء اولیه این علم دانست. محیط اطراف انسان تنها به کره زمین محدود نمی‌شود، بلکه شناخت آسمان و فضایی که زمین در آن قرار دارد، از آرزوهای دیرین بشر بوده است و همواره ذهن کنجکاو بشر به جستجو و کشف روابط متقابل زمین و سایر اجرام سماوی مشغول بوده است. نور و گرمای خورشید و اثر حیاتی آن بر زندگی انسان، ماه و زیبایی مهتاب و حرکتش در آسمان و پیدایش شب و روز، فصول و غیره، همه و همه بر نظام زندگی طبیعی انسان، گیاهان، جانوران و حتی حیات اقتصادی و اجتماعی وی مؤثر بوده است، بنابراین با مطالعه و بررسی آسمان و وضعیت اجرام آسمانی می‌توان نسبت به جهان

آفرینش آگاهی به دست آورد و علاوه بر ارضای حس کنجکاوی بشر در کشف رازها و پدیده‌های عالم، باعث می‌شود تا بیشتر به قدرت بیکران الهی پی ببرد.

موضوع درس جغرافیای ریاضی بررسی شکل هندسی زمین و حرکات آن در فضا است و تا حدودی به بررسی وضعیت اجرام سماوی مثل سیارات، ستارگان، سحابی‌ها و کهکشانها نیز می‌پردازد از طرفی با کمک نجوم می‌توان دانش جغرافیای ریاضی را فراگرفت و برخی پدیده‌های طبیعی جهان مثل خسوف، کسوف، جزر و مد و غیره را توجیه کرد. بنابراین ضمن تعریف علم نجوم، به توضیح ارتباط و بستگی نزدیک جغرافیای ریاضی و نجوم می‌پردازیم.

علم نجوم، مطالعهٔ حرکات، ساختار، تکامل و سرنوشت اجرام آسمانی است که در مسیر تحول خود به کشف بسیاری از قوانین حاکم بر اجرام سماوی نایل آمده است. باید دانست که کار تحقیق و پژوهش در این باره هرگز پایان نیافته است زیرا با پیشرفت تکنولوژی، در هر زمان به اسرار تازه‌ای از جهان آفرینش دست می‌یابیم. به هر صورت نقش و اهمیت نجوم در زندگی بشر انکار ناپذیر است و موارد کاربرد آن را می‌توان در جهت‌یابی، هوانوردی، دریانوردی و مطالعات جغرافیایی، تهیه نقشه‌های مختلف جغرافیایی و نقشه‌برداری از زمین، پیش‌بینی جزر و مد، طوفان و تغییرات در توده‌های هوایی، انواع جبهه‌ها، جو و ترکیب آن، فرایندهای انتقال گرما، کیفیت پدیده‌های مربوط به تابش، تهیه تقویم‌های مختلف و بررسی نیروی گرانش به کمک محاسبات نجومی، نام برد. در حال حاضر علم نجوم را به پنج بخش مجزا تقسیم می‌کنند که عبارتند از:

۱. **هیات و نجوم**^۱. در این بخش، تنها مسائل مربوط به حرکت و جابجایی اجرام

سماوی و اثرات ناشی از این حرکات مورد مطالعه قرار می‌گیرد.

۲. **اختر فیزیک**^۲. این بخش، ساختار، خواص فیزیکی، ترکیب شیمیایی و تحولات درونی ستارگان مورد بحث قرار می‌دهد. در دانش اختر فیزیک درباره حرکات ظاهری و حقیقی ستارگان و تعیین مواضع آنها نیز بحث می‌شود.

1. Astronomy

کلمه Astronomy از دوره یونانی، آسترون، Astron به معنای قانون گرفته شده است. nomos به معنای ستاره

و نوموس.

2. Astrophysics

۳. **طالع بینی**^۱. در این بخش، به کمک حرکت و مواضع اجرام سماوی، حوادث آسمانی پیشگویی می‌شود، البته آن دسته از پیشگویی‌ها که منطبق بر قوانین علمی است، مانند خسوف و کسوف، مورد تایید است و آن پیشگویی‌هایی که پایه علمی ندارد و بیشتر جنبه فال گیری دارد، در این بخش بررسی نمی‌شود.

۴. **کیهان شناسی**^۲. در این بخش، قوانین عمومی تکامل طبیعی و مادی جهان و ساختار آن را بررسی می‌کند به عبارت دیگر، جهان هستی را از دید کلی در نظر می‌گیرد و به مطالعه آن می‌پردازد. بررسی وضع کهکشانها، نواختران و به ویژه مساله انبساط جهان نیز از مباحث این بخش هستند.

۵. **کیهان زایی**^۳. بخشی از دانش نجوم که درباره چگونگی پیدایش و منشاء کیهان بحث می‌کند کیهان زایی می‌باشد. مسائل مربوط به پیدایش، تحول و تکوین عالم هستی در قلمرو مطالعات کیهان زایی است. با توجه به تقسیم بندی علم نجوم، ملاحظه می‌شود که دانش جغرافیای ریاضی، زمین در فضا، در بخش اول این تقسیم بندی یعنی در بخش هیات و نجوم قرار می‌گیرد.

لازم به ذکر است که از دانشمندان ایرانی پایه گذار دانش هیات، می‌توان از ابوریحان بیرونی، عبدالرحمن صوفی، خواجه نصیرالدین طوسی و نام برد.

خودآزماییهای بخش ۱-۱

۱. منشاء اولیه علم جغرافیا چیست؟

الف) کوشش انسان برای شناخت محیط اطرافش

ب) روابط متقابل زمین و اجرام آسمانی

ج) کنجکاوای در کشف پدیده‌های عالم

د) پیدایش انسان در سطح کره زمین

۲. با کدام علم می‌توان دانش جغرافیای ریاضی را فرا گرفت؟

الف) فیزیک

ب) ریاضی

د) هندسه

ج) نجوم

1. Astrology

2. Cosmology

3. Cosmogony

۳. در کدامیک از بخشهای مجزای علم نجوم؛ ساختار، خواص فیزیکی، ترکیب شیمیایی و تحولات درونی ستارگان مورد بحث قرار می‌گیرد؟

الف) هیات و نجوم ب) اختر فیزیک

ج) کیهان شناسی د) کیهان زایی

۴. دانش جغرافیای ریاضی (زمین در فضا) در کدامیک از تقسیم بندیهای علم نجوم قرار می‌گیرد؟

الف) هیات و نجوم ب) اختر فیزیک

ج) طالع بینی د) کیهان شناسی

۱-۲ تاریخچه علم نجوم

نجوم در نظر همه اقوام سراسر جهان از دیرباز حائز اهمیت بوده است، زیرا در گردش فصول، زمان کاشت و برداشت محصول و حرکت دادن رمه و مانند آنها، راهنمای انسان بوده است. اهمیت دیگر علم نجوم بهره‌گیری از این علم برای راهیابی در خشکی و دریا بوده است.

هر چند آثار بجای مانده در نقاط مختلف جهان از دوران باستان تا کنون بر نشانه‌ها و علائمی اشاره دارند که ستاره شناسان اولیه توانسته‌اند مشاهدات نجومی حرفه‌ای انجام دهند ولی چون هیچ زبان نوشتاری نداشته‌اند مطالعات مربوط به این آثار کاملاً مستدل نیست. بنابراین تاریخ نجوم معمولاً با یونانیان آغاز می‌شود که هنوز برخی از نسخه‌های خطی آنها باقی است و ما می‌توانیم کشف کنیم که تفکر آنها دربارهٔ شکل و حرکت اجرام آسمانی چگونه بوده است.

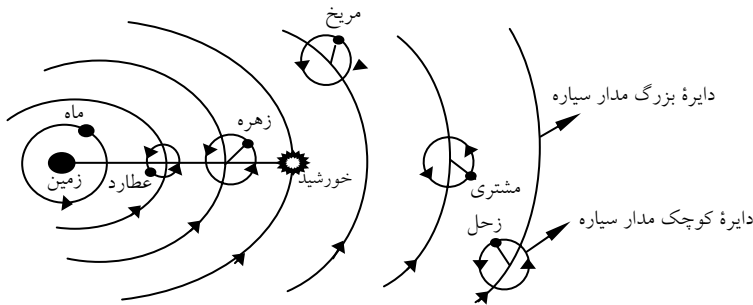
نخستین دانشمندان یونانی که در آسیای صغیر زندگی می‌کردند و با تمدنهای مصر و بین‌النهرین در تماس بوده‌اند، در توسعهٔ دانش نجوم تأثیر عمده‌ای داشتند و علاوه بر اکتشاف مناطق جغرافیایی، در راه شناخت مناطق کشف شده نیز تلاش زیادی کردند و اطلاعاتی دربارهٔ شکل و حجم زمین و دیگر سیارات جمع‌آوری کردند.

از جمله این دانشمندان می‌توان از تالس^۱، بنیانگذار ستاره شناسی یونانی،

فیثاغورت^۱، اقلیدس^۲، ارسطو^۳، آریستارخوس ساموسی^۴، اراتوستن^۵، هیپاخورس^۶، ابرخس نیکه‌ای^۷، آناکسیمندر^۸، بطلمیوس^۹، نام برد.

هر چند آریستارخوس ساموسی اولین کسی بود که عقیده داشت خورشید بی حرکت است و در مرکز کره سماوی قرار دارد و زمین به دور آن می‌گردد ولی منجمان قدیم بنابر نظریه زمین مرکزی بطلمیوس، زمین را مرکز عالم می‌دانستند که خورشید و سایر سیارات دور آن می‌گردند، این نظریه تا قرن شانزدهم میلادی حاکم بود و منجمان اروپایی در قرون وسطی با توجه به آن صرفاً به مطالعه حرکات ظاهری سیارات می‌پرداختند و شدیداً تحت تأثیر اصول بطلمیوس قرار داشتند.

در این زمان دانش نجوم و جغرافیای ریاضی در بین مسلمانان به پیشرفتهای قابل توجهی رسید. از جمله می‌توان از منجمان و ریاضیدانان مشهور زیر نام برد؛ تبانی، ابوالوفا بوزجانی، ابومعشر بلخی، یعقوب کندی (مترجم آثار یونانی)، محمد، احمد و حسن فرزندان موسی بن شاکر، ابن یونس، یحیی بن منصور، خالد بن عبدالملک، ابوریحان بیرونی (ریاضیدان و منجم جغرافیدان)، ابن هیثم و خوارزمی و



شکل ۱-۱ دستگاه زمین مرکزی به اعتقاد بطلمیوس

1. Pythagoras (م. ۵۸۲-۴۹۷ ق.م)
2. Euclidozus (م. ۴۰۹-۳۶۵ ق.م)
3. Arisotile (م. ۳۸۴-۳۲۲ ق.م)
4. Eristar chus of samas (م. ۳۲۰-۲۵۰ ق.م)
5. Eratothenes (م. ۲۷۶-۱۹۶ ق.م)
6. Hipparshus (م. ۱۹۰-۱۲۵ ق.م)
7. Abarkhas of Nicaea (م. ۱۹۰-۱۲۰ ق.م)
8. Anaxi mender (م. ۶۱۱-۴۵۷ ق.م)
9. Ptolemy (م. ۱۲۷-۱۵۱ ق.م)

بنیانگذار نجوم نوین را بایستی منجم لهستانی، نیکولائوس، کپرنیکوس^۱ (نیکولا کپرنیک) دانست. وی در آغاز جوانی به تحصیل حقوق، ریاضیات و نجوم پرداخت و از دانشگاه فرارا^۲، درجه دکتری گرفت. وی از همان آغاز مطالعاتش در زمینه نجوم به نارساییهای نظام نجوم بطلمیوس پی برد. برای اصلاح این نارساییها به مطالعه نوشته‌های کهن در این زمینه پرداخت و دریافت که درتاریخ نجوم، نظریه معدودی از ستاره‌شناسان که خورشید را در مرکز گیتی قرار می‌دهد، نادیده گرفته شده است. کپرنیک این نظریه را به عنوان اساس نظام خود انتخاب کرد. و در کتاب معروف خود به نام دوران افلاک آسمانی، سیارات را به صورت منظومه واحدی معرفی کرده است که برگرد خورشید دوران می‌کنند. به اعتقاد کپرنیک چون هر سیاره با سرعت متفاوتی به دور خورشید می‌گردد زمانی که سیاره‌ای در زمینه ستارگان ثابت، رویت می‌شود، به نظر می‌رسد که به جلو و یا عقب حرکت می‌کند. نظریه خورشید مرکزی تا قرن هجدهم میلادی ادامه داشت و در این دوره دانشمندان بزرگی چون تیکو براهه^۳، گالیلئو گالیله^۴، ایزاک نیوتن^۵، یوهانس کپلر^۶، پای به عرصه جهان علم گذاشتند.

گالیله بنیانگذار روش علمی جدید به یاری مشاهده، با دوربین خود چهار قمر مشتری را کشف کرد و معلوم ساخت که سطح ماه صیقلی نیست بلکه مانند سطح زمین ناهموار است، وی در کتاب خود به نام گفتگو درباره منظومه‌های بزرگ جهان که به صورت گفت و شنود و به زبان ایتالیایی نوشته بود، توضیح داد که چگونه زمین می‌تواند گرد خورشید بچرخد و ساکنان آن به چرخش در نیایند یا چگونه ممکن است که وزنه‌ای از بالای برج بلندی به صورت قائم بر زمین چرخنده‌ای فرو افتد. گالیله در سال (۱۶۴۲/۱۰۲۱) در حالی که نابینا شده بود از دنیا رفت اما روز اول همان سال میلادی، ایزاک نیوتن در انگلستان به دنیا آمد.

1. Nicolas Copernicus (۱۵۴۳/۹۲۲-۱۵۷۳/۸۵۲)

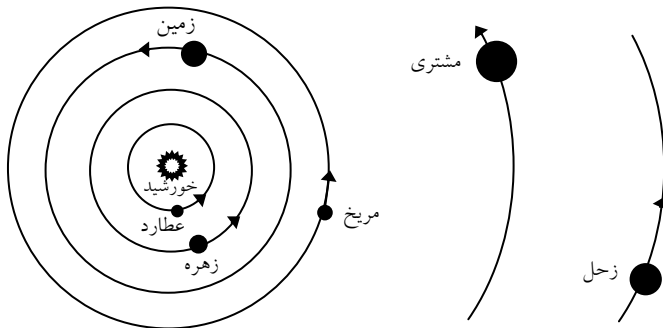
2. Ferrara

3. Tycho Beae (۱۵۴۸/۹۲۷-۱۶۰۱/۹۸۰)

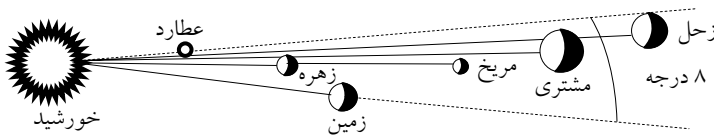
4. Galileo Galilei (۱۵۶۴/۹۳۴-۱۶۴۲/۲۱۱۰)

5. Isaac Newton (۱۶۴۲/۱۰۲۱-۱۷۲۷/۱۱۰۶)

6. Johannes Kpler (۱۶۳۰/۱۰۰۹-۱۵۷۱/۹۵۰)



(الف) از بالا



(ب) از کنار

شکل ۱-۲ نظریه خورشیدی مرکزی

منجم و ریاضیدان آلمانی معاصر گالیله و تیکوبراهه (منجم دانمارکی)، یوهانس کپلر بود که تیکوبراهه را در تهیه جدولهای نجومی جدید یاری می‌کرد و پس از مرگ تیکوبراهه، به تنهایی این کار را ادامه داد پس از سالها زحمت مداوم، این جدولها تکمیل و منتشر شدند، وی با استفاده از اسناد و مدارک تیکوبراهه که در اختیار داشت و پس از مطالعات دقیق قوانین کپلر^۱ را ارائه داد.

دو پدیده بسیار مهم دوره خورشید مرکزی، انتشار قوانین کپلر و اختراع تلسکوپ بودند. پس از دوره زمین مرکزی و دوره خورشید مرکزی، سومین دوره از تاریخ علم نجوم را دوره کهکشانی می‌نامند که از قرن هیجدهم میلادی شروع شده و تا کنون ادامه دارد. در این دوره تحقیقات نجومی به کمک تلسکوپ نوری و رادیوتلسکوپهای بزرگ برای تکمیل تصویر کامل جهان ادامه دارد. در این دوره مشخص شد که کهکشان خودی فقط یکی از هزاران کهکشان بزرگ و کوچک موجود

در فضااست، این دوره از تاریخ نجوم بیش از همه با نام آلبرت انیشتین^۱ پیوند دارد. کیهان شناسی و اختر فیزیک جدید سخت به نظریه نسبیت او متکی است ما در این دوره زندگی می‌کنیم و تا پایان آن راهی بس طولانی در پیش است.

خود آزمایشهای بخش ۱-۲

۵. بنیان گذار ستاره شناسی یونان چه کسی بود؟

الف) فیثاغورث ب) اقلیدس

ج) تالس د) ارسطو

۶. نظریه زمین مرکزی به چه نظریه‌ای معروف است؟

الف) نظریه ارسطو ب) نظریه اقلیدس

ج) نظریه بطلمیوس د) نظریه تالس

۷. بنیان گذار نجوم نوین چه کسی بود؟

الف) کپرنیک ب) گالیله

ج) نیوتن د) کپلر

۸. بنیان گذار روش علمی جدید چه کسی بود؟

الف) نیوتن ب) گالیله

ج) کپلر د) تیکوبراهه

۹. کدام دانشمند اولین بار چهار قمر مشتری را کشف کرد؟

الف) کپلر ب) نیوتن

ج) کپرنیک د) گالیله

۱-۳ اصول فیزیک نور

بیشترین اطلاعات ستاره شناسان در مورد کیهان از تجربه و تحلیل نور ناشی از ستارگان است هنگامی که به طور مثال به ستاره نسر واقع^۲ که ستاره بسیار روشن و مرئی آسمان پاییزی است و در فاصله ۲۶ سال نوری^۳ از ما قرار دارد می‌نگریم، چشمه

1. Albert Einstein

2. Vega

۳. یک سال نوری مسافتی است که نور با سرعت ثابت در خلاء در مدت یکسال طی می‌کند.

نوری را احساس می‌کنیم که ۲۶ سال پیش مسافرتش را آغاز کرده و با سرعت $3 \times 10^8 \text{ m/s}$ حرکت کرده است و در خلاء تقریباً کاملاً این فاصله را طی کرده تا این که به زمین و چشم ما رسیده و پس از ایجاد تغییرات شیمیایی در شبکیه چشم و تشخیص مغز، آن را احساس می‌کنیم. نور که بنا بر نظر فاراده^۱ و ماکسول^۲ موجی الکترومغناطیسی است، هنگام انتشار از خود خواص موجی نشان می‌دهد و با این فرض می‌توانیم پدیده‌هایی مثل بازتاب، شکست و پراش نور^۳ را توضیح دهیم و هنگام تأثیر متقابل با ماده مانند ذره رفتار می‌کند که پدیده‌هایی مثل تابش جسم سیاه و اثر فوتوالکتریک^۴ را می‌توانیم با این فرض توضیح دهیم به عبارت دیگر برای بیان خواص انرژی تابشی اجسام نظریه الکترومغناطیسی نور و به طور کلی فیزیک کلاسیک با مشکل مواجه می‌شد که با فرض کوانتومها یا بسته‌های مجزای نوری (فوتون) توسط پلانک^۵ و بسط این فرضیه به وسیله انیشتین در توضیح پدیده فوتوالکتریک و آزمایشهای دانشمندان دیگر، ماهیت دوگانه نور عنوان شد.

در انتشار نور به صورت موج، یکی از مشخصه‌های منحصر به فرد امواج از نظر فیزیکی، تداخل سازنده یا ویرانگر آنها هنگام برهمکنش (ترکیب) با یکدیگر است. همان طور که امواج صوتی چنین تداخل‌هایی را از خود نشان می‌دهند، آزمایش دو شکاف یانگ^۶ نیز نشان داد که نور خاصیت موجی دارد و برای آن طول موج (λ) و بسامد (ν) تعریف می‌شود. طول موج عبارت است از فاصله بین دو قله متوالی که بر حسب متر یا سایر یکاهای طول اندازه‌گیری می‌شود. بسامد عبارت است از تعداد نوسانها در واحد زمان بر حسب سیکل بر ثانیه یا هرتز (Hz)^۷.

1. Farady

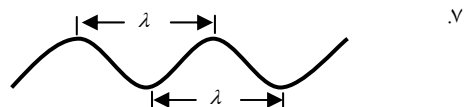
2. Maxwell

۳. در برخورد نور با لبه اجسام و موانع کوچک پدیده پراش رخ می‌دهد. به عبارت دیگر هر نقطه از لبه یا مانع به عنوان منبع نور ثانوی عمل می‌کند.

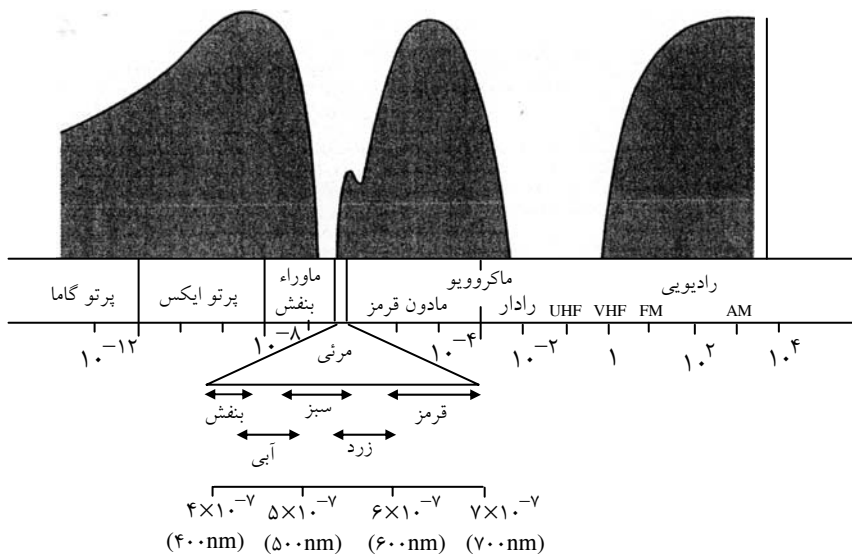
۴. نوری که بر ماده‌ای می‌تابد گاهی می‌تواند الکترون‌ها را از آن ماده خارج کند. به این پدیده اثر فوتوالکتریک گویند.

5. Plank

6. Young



همانطور که اشاره شد نور مرئی بخش کوچکی از امواج الکترومغناطیسی و آشناترین آنهاست و تابش الکترومغناطیسی یک اغتشاش الکتریکی و مغناطیسی^۱ است که انرژی را با سرعت نور در فضای تهی منتقل می‌کند. به گستره تابشهای الکترومغناطیسی که معمولاً بر حسب طول موج یا بسامد مرتب شده‌اند، بیناب الکترومغناطیسی می‌گویند (شکل ۳-۱).



شکل ۳-۱ بیناب الکترومغناطیسی که نشان‌دهنده انواع تابشهای الکترومغناطیسی به صورت تابعی از طول موج و بسامد است.

با توجه به شکل ۳-۱ مشاهده می‌شود که طول موج نور مرئی بین ۴۰۰ تا ۷۰۰ نانگستروم است^۲ ($1 \text{ \AA} = 10^{-8} \text{ cm}$)، و چشم انسان به این گستره نوری حساس است و سایر نورهایی با طول موج بیش از $7000 \text{ \AA}$ (فروسرخ) یا کمتر از $4000 \text{ \AA}$ (فرابنفش) نورهای غیر مرئی بوده و با چشم دیده نمی‌شوند. هر چه طول

۱. منظور از اغتشاش الکتریکی و مغناطیسی، میدانهای الکتریکی و مغناطیسی نوسان کننده عمود برهم‌اند که در خلاء با سرعت نور منتشر می‌شوند.

۲. گاهی طول موج بر حسب نانومتر بیان می‌شود که $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$ ، است و بنابراین طول موج نور مرئی بین ۴۰۰ nm تا ۷۰۰ nm است.

موج نور کمتر باشد انرژی آن بیشتر است و بر عکس. تمام تابشهای الکترومغناطیسی از جمله نور مرئی در فضای تهی با سرعت یکسانی به نام سرعت نور 299793 km/s (یا تقریباً $3 \times 10^8 \text{ m/s}$) حرکت می‌کنند. سرعت نور در سایر اجسام، مثل هوا، شیشه و یا آب کمتر است.

بنابر قانون تشعشعات تابش، طول موج گسیل شده از هر جسمی با دمای آن جسم نسبت عکس دارد. در نتیجه هر چه ستاره داغ‌تر باشد، طول موج آن کوتاهتر است و ماکزیمم نور را دارد. بعضی از ستاره‌ها هزاران درجه کلوین^۱ از دیگر ستارگان گرم‌ترند و با توجه به رنگ آنها می‌توان میزان گرمی را تشخیص داد. ستارگان گرم‌تر به رنگ (آبی سفید)، طول موج کوتاه، خنکترین ستارگان قرمز به نظر می‌آیند، طول موج بلند، مثلاً ستارگان نسر واقع و شعرای یمانی به رنگ آبی سفیدند و دمای آنها حدود ۱۰۰۰۰ درجه کلوین است و ستارگان قلب العقرب و ابط الجوزا به رنگ قرمز دیده می‌شوند و دمای آنها به ترتیب ۳۴۰۰ و ۳۰۰۰ درجه کلوین است.

خودآزمایی‌های ۱-۳

۱۰. کدام عبارت در مورد انتشار نور صحیح است؟
 الف) نور موج الکترومغناطیسی است و می‌تواند در خلاء منتشر شود.
 ب) نور ذره است و نمی‌تواند در خلاء منتشر شود.
 ج) نور موج الکترومغناطیسی است و نمی‌تواند در خلاء منتشر شود.
 د) نور موجی است که از چشم ما به طرف اجسام گسیل می‌شود.
۱۱. گستره طول موجهای نور مرئی کدام است؟

- الف) 6000 Å تا 10000 Å ب) 4000 Å تا 7000 Å
 ج) 3000 Å تا 8000 Å د) 2000 Å تا 9000 Å

۱-۴ دانش نجوم از نظر قوانین نور

ما به تابش الکترومغناطیسی اهمیت می‌دهیم، زیرا سر نخی است برای مطالعه طبیعت ستارگان، سیارات و سایر اجرام سماوی. با وجود این، تنها قسمت کمی از تابش

۱. مقیاس کلوین یک مقیاس مطلق برای دما است و $T(K) = T(^{\circ}C) + 273/15$.

می‌تواند از جو زمین عبور کند، تنها طول موجهای مرئی نزدیک به فروسرخ تا طول موجهای نزدیک به فرابنفش و بعضی طول موجهای رادیویی می‌توانند به سطح زمین برسند و سایر امواج جذب می‌شوند. بالاترین قسمتهای جو، پرتو ایکس، گاما و مقداری از امواج رادیویی را جذب می‌کنند و لایه‌ای از اوزون (O_3) در ارتفاعی حدود ۳۰ کیلومتری، تابش فرابنفش را جذب می‌کند. همچنین بخار آب در قسمت پایتتر جو، تابش فروسرخ را جذب می‌کند.

چنانچه بخواهیم آسمان را از روی زمین مورد مطالعه قرار دهیم، می‌توانیم از **تلسکوپهای نجومی** استفاده کنیم که برای رصد نور مریی از روی سطح زمین طراحی می‌شوند. این نوع ستاره شناسی را نجوم مریی می‌گویند. اگر بخواهیم تابشهای گسیل شده با طول موجهای مختلف ناشی از اجرام سماوی و قستمهای مختلف فضا بجز طول موجهای مریی، را بررسی کنیم، معمولاً از **تلسکوپهای رادیویی** استفاده می‌شود که این نوع ستاره شناسی را **نجوم غیر مریی** می‌گویند. امروزه در عصر فضا که انسان می‌تواند از جو زمین خارج شود و تلسکوپهای رادیویی و تجهیزات مربوطه را در مدارهایی بالای جو زمین قرار دهد، مشاهدات و مطالعات خود را درباره تابشهای فروسرخ، فرابنفش و پرتوهای ایکس و گامایی که از نقاط مختلف فضا گسیل می‌شود، گسترش داده است. این نوع ستاره شناسی را **ستاره شناسی فضایی** می‌گویند.

خود آزمایه‌های بخش ۱-۴

۱۲. لایه اوزون (O_3) در ارتفاع ۳۰ کیلومتری زمین چه تابشی را جذب می‌کنند؟

الف) مریبی ب) غیر مریبی

(ج) فراہنفش

۱۳. در قسمتهای پایین جو، بخار آب کدام تابش را جذب می‌کند؟

الف) مریبی ب) غیر مریبی

(ج) فرانفیش (د) فروسرخ

۱۴. سه نوع ستاره شناسی عبارتند از؛

الف) مری، غیر مری، زمینی ب) مری، غیر مری، فضایی

(ج) زمینی، غیر مری، فضایی

۱-۵ مطالعه و ثبت امواج غیر مریی

الف) امواج فروسرخ

بیشترین تابش فروسرخ با طول موج‌هایی در گستره ۱۲ میکرون (یا میکرومتر)^۱ تا ۴۰ میکرون که فروسرخ نزدیک نامیده می‌شوند، توسط بخار آب موجود در جو زمین جذب می‌شوند، بنابراین قرار دادن تلسکوپ‌ها روی کوه‌ها که هوا رقیق و خشک است، در این مورد مناسب است. مانند تلسکوپ بزرگ فروسرخ که در ارتفاع ۴/۵۰ کیلومتری در بالای کوه موناکی^۲ در هاوایی استقرار یافته‌اند.

گستره طول موج‌های بلندتر از ۴۰ میکرون که فروسرخ دور نامیده می‌شوند و می‌توانند اطلاعاتی در مورد سیارات، دنباله‌دارها، تشکیل ستارگان و سایر اجسام سرد در اختیار ما قرار دهند. اما این تابش‌ها قویاً توسط جو زمین قرار گیرند و از راه دور عمل کنند.

برای این منظور تلسکوپ‌ها و تجهیزات مربوطه در زیر بالون‌هایی که تا ارتفاع ۴۱ کیلومتری بالا می‌روند، آویزان می‌شوند و یا این که تلسکوپ‌های فروسرخ را توسط هواپیما تا ارتفاع مورد نظر بالا می‌برند. در نهایت به دلیل جذب این طول موج‌ها توسط جو، ممکن است تلسکوپ را در مداری بالای جو زمین قرار دهند.

به عنوان مثال، ماهواره ستاره شناسی مادون قرمز (IRAS) یک تلسکوپ ۵۶ سانتی متری را که تا حدود صفر مطلق توسط هلیوم مایع، سرد شده بود، حمل می‌کرد که این تلسکوپ در مدار ۹۰۰ کیلومتری بالای زمین در تمام سال (۱۹۸۳/۱۳۶۲) رصد می‌کرد.

گرد و غبار موجود در مرکز کهکشان ما، نور ستارگان هسته کهکشانی را جذب کرده و دما را از چند درجه بالای صفر تا ۵۰ درجه کلوین افزایش داده و باعث تابش پرتوی فروسرخ می‌شود.

ب) امواج فرابنفش

امواج فرابنفش را به دو دسته تقسیم می‌کنند دسته اول که طول موجشان به طول موج

1. $1 \mu\text{m} = 10^{-6} \text{ m}$

2. Mounakea

نور بنفش نزدیکتر است **فرابنفش نزدیک** نامیده می‌شود. دسته دوم که طول موج آنها بالاتر از حدود 300 nm است، **فرابنفش دور** نامگذاری شده‌اند. این امواج توسط لایه اوزون در محدوده ۲۰ تا ۳۰ کیلومتری جو زمین به طور کامل جذب می‌شوند، بنابراین برای رسیدن به بالای این لایه بایستی تلسکوپ‌های فرابنفش وارد فضا شوند. اولین مشاهدات فرابنفش از یک جرم سماوی در سال $1946/1325$ انجام شد. هنگامی که موشک آلمانی ۲-۷، ابزاری را به ارتفاع ۱۰۰ کیلومتری بالا برد و طیف خورشید را ثبت نمود، اما اطلاعات گسترده، تنها از طریق ماهواره ممکن شد.

در سال $1968/1347$ یک ماهواره به نام (رصد خانه نجومی مداری) یا قمر کپرنیک با یازده تلسکوپ به فضا ارسال شد، که هدف از ارسال آن مطالعه امواج فرابنفش بود. این ماهواره که طول آن ۳ متر و قطرش $2/3$ متر و وزنش حدود 1993 کیلوگرم بوده، پیچیده‌ترین ماهواره تحقیقاتی در آن زمان بود. انرژی لازم برای گیرنده‌ها و فرستنده‌های آن به وسیله سلولهای خورشیدی تأمین می‌شد. این ماهواره با دریافت پیام‌های رادیویی از زمین می‌توانست تغییر جهت دهد و به سمت ستاره مورد نظر نشانه رود. با ارسال این ماهواره به فضا، رصد 32273 سیاره کهکشان و اخترنما میسر شد.

یکی از موفق‌ترین رصدخانه‌های فرابنفش، کاوشگر فرابنفش بین‌المللی (IVE) است، که در ژانویه $1987/1366$ پرتاب شد و یک تلسکوپ 45 سانتی‌متری با بیناب نگارهایی متصل به آن را با خود حمل می‌کرد. بینابها بعداً به سیستم‌های رایانه‌ای مستقر بر روی زمین که ماهواره را کنترل می‌کنند، منتقل می‌شدند.

ج) پرتو ایکس

در ورای طول موج‌های فرابنفش دور، طول موج‌های 10 تا 0.1 نانومتر پرتو ایکس قرار دارند. این طول موج‌ها مربوط به فوتون‌های با انرژی خیلی زیادند. برای رصد این فاصله از طول موج‌ها، راکت‌هایی را به طور عمودی و به ارتفاع 96 کیلومتری از سطح زمین به فضا پرتاب کردند.

این راکت‌ها قادر بودند به مدت 10 دقیقه متوقف شوند و به آزمایش‌های لازم پردازند. به این ترتیب 40 منبع عظیم پرتوی ایکس که غالباً در کهکشان راه شیری قرار

داشتند، کشف شد. مقدار انرژی متوسطی که از این نقاط به صورت پرتو ایکس انتشار می‌یابد، هزار مرتبه از انرژی که خورشید در تمام طول موج‌ها منتشر می‌کند، بیشتر است. قوی‌ترین این منابع به نام عقرب $X-I$ در صورت فلکی عقرب قرار دارد. در مرحله بعد، ستاره شناسان اولین ماهواره پرتو ایکس را در سال ۱۹۷۰/۱۳۵۹ با نام یوهورو^۱ از سواحل کشور کنیا به فضا پرتاب کردند. این ماهواره در هر ۱۲ دقیقه یک بار مدار زمین را طی می‌کند.

با پرتاب این ماهواره یک تپنده پرتو ایکس در صورت فلکی دجاجة^۲ کشف شد. این تپنده در هر ثانیه ۱۵ بار تپش دارد و احتمالاً هسته ستاره‌ای است که به تازگی منفجر شده است. این ماهواره در حدود ۱۷۰ منبع مجزای پرتو ایکس را در فضا کشف کرد. رصدخانه‌های پرتوی ایکس دیگری مثل رصدخانه انیشتین، اکروست^۳ نیز به فضا پرتاب شده است و رصدخانه‌های پرتو ایکس جدید دیگری نیز در مراحل برنامه ریزی هستند.

(د) پرتو گاما

پرتوهای گاما، امواجی با انرژی فوق‌العاده زیاد و طول موج کوتاهند. بخش اعظم این پرتوها توسط جو زمین جذب می‌شود و فقط اندکی از آن به زمین می‌رسد. تا کنون به کمک چندین ماهواره، پرتوهای گاما مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. ناسا سه تلسکوپ مهم پرتو گاما را روی ماهواره‌ها نصب و راه‌اندازی کرده است که یکی از آنها بر روی ماهواره نجومی ۲ (SAS۲) می‌باشد، کشورهای تازه استقلال یافته جماهیر شوروی سابق نیز دو تلسکوپ به فضا فرستاده‌اند. آخرین تلسکوپ پرتو گاما بر روی ماهواره COSB بود که در سال ۱۹۷۵/۱۳۵۴ توسط آژانس هوایی اروپا به فضا پرتاب شد. این تلسکوپ از آسمان و فضا نقشه برداری و به جستجو پرداخته و پرتوهای گاما را در ابرهای گازی در فضا، مرکز کهکشان ما و بقایای ستاره‌های منفجر شده، آشکار کرده است. اگر چه آشکار کردن پرتوهای گاما بسیار مشکل است، اما این پرتوها از فرآیندهای مهمی در جهان، از جمله تولد و مرگ ستارگان اطلاعاتی به دست می‌دهند.

1. Uhuru
2. Cygnus
3. Exosat

خود آزمایشهای بخش ۱-۵

۱۵. کدامیک از ماهواره‌های ستاره شناسی زیر برای بررسی امواج فروسرخ استفاده شده است؟

الف) IRAS (ب) موشک (۲-۷)

ج) رصدخانه نجومی مداری (د) کاوشگر (IUE)

۱۶. اولین مشاهدات فرابنفش از یک جرم سماوی توسط کدام ماهواره میسر شد؟

الف) IRAS (ب) موشک (۲-۷)

ج) قمر کوپرنیک (د) موشک آلمانی (۲-۷)

۱۷. با ارسال کدام ماهواره به فضا، رصد سیاره‌ها، کهکشان‌ها و اخترنمای ۳۲۲۷۳ میسر شد؟

الف) قمر کپرنیک (ب) کاوشگر (IUE)

ج) ماهواره IRAS (د) موشک آلمانی (۲-۷)

۱۸. گستره طول موجی ۱۰ تا ۰/۱ نانومتر مربوط است به:

الف) نورمریی (ب) فروسرخ

ج) پرتوی گاما (د) پرتوی ایکس

۱۹. قوی‌ترین منبع پرتوی ایکس که در کهکشان راه شیری کشف شده، در کدام صورت فلکی قرار دارد؟

الف) حوت (ب) سنبله

ج) عقرب (د) دجاجة

۲۰. ماهواره یوهورو، اولین ماهواره برای کشف چه منابعی بود؟

الف) امواج فروسرخ (ب) پرتوهای ایکس

ج) پرتوهای گاما (د) امواج فرابنفش

۲۱. آشکار کردن کدام نوع از پرتوها می‌تواند در مورد تولد و مرگ ستارگان اطلاعات مهمی به ما بدهد؟

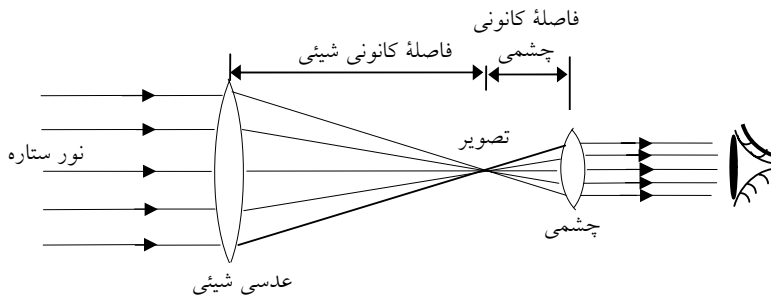
الف) پرتوهای گاما (ب) پرتوهای ایکس

ج) پرتوهای مرئی (د) امواج فروسرخ

۱-۶ تلسکوپ و کاربردهای آن

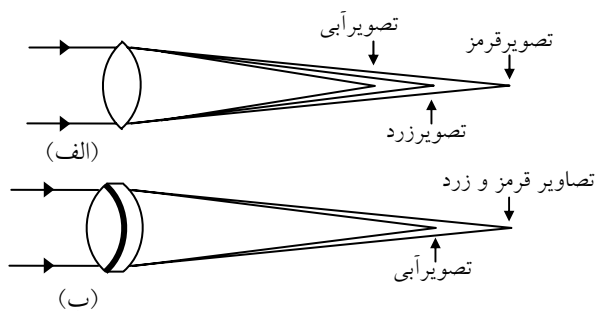
تلسکوپ از نظر لغوی از دو قسمت تل به معنی دور و اسکوپ به معنی دیدن تشکیل شده است. عامل ایجاد ارتباط بین زمین و ستاره‌ها نور است و مهمترین ویژگی یک تلسکوپ، جمع‌آوری نور است. بسیاری از اجرام آسمانی منابع ضعیفی از نورند، بنابراین برای داشتن شکل واضح و روشن از آنها به تلسکوپ‌های بزرگی نیاز داریم که بتوانند مقدار زیادی از نور را در یک جا جمع کنند. بنابراین توانایی یک تلسکوپ در حلقه اول به قدرت جمع‌آوری نور بستگی دارد. دومین توانایی یک تلسکوپ، قدرت تفکیک آن است که باعث می‌شود جزئیات کوچکتری را نیز مشاهده کنیم. مثلاً مؤلفه‌های ستاره‌های دوتایی را مجزا نشان دهد. برای این منظور معمولاً از یک تلسکوپ با آینه‌ای با قطر بزرگ استفاده می‌شود. البته کیفیت اپتیکی و شرایط جوی نیز می‌توانند در قدرت تفکیک تلسکوپ مؤثر باشند، به عبارت دیگر بایستی تلسکوپ از کیفیت نوری بالا برخوردار باشد و معمولاً در ارتفاعات و در مکانهایی که لایه هوا نازکتر و یکنواخت‌تر است، بهتر کار می‌کند. سومین توانایی یک تلسکوپ را می‌توان قدرت بزرگنمایی آن دانست. یعنی توانایی آن در بزرگ کردن بخش مورد مطالعه در آسمان. تلسکوپ‌ها یا شکستی هستند یا انعکاسی؛

تلسکوپ‌های شکستی. یک تلسکوپ شکستی تشکیل شده است از یک عدسی با فاصله کانونی نسبتاً بزرگ که تصویری از شیئی مورد نظر به دست می‌دهد. این عدسی را که به شیء نزدیکتر است، عدسی شیئی می‌گویند و همچنین از یک عدسی به نام عدسی چشمی که تصاویر را بزرگ می‌کند.



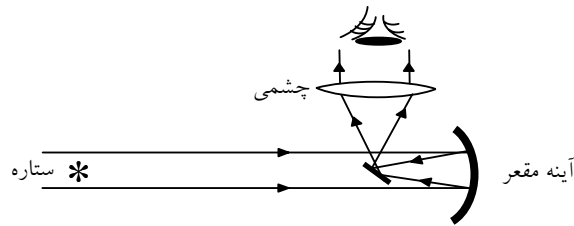
شکل ۱-۴ در یک تلسکوپ شکستی، عدسی شیئی تصویری تشکیل می‌دهد که توسط عدسی چشمی بزرگ شده است.

در تلسکوپ‌های شکستی، اعوجاج نوری یا ابیراهی رنگی قدرت دید ما را محدود می‌کند. با توجه به این که نور با طول موج کوتاه‌تر بیشتر خمیده می‌شود، کانون برای نور آبی از کانون برای نور قرمز به عدسی نزدیک‌تر است، در نتیجه اگر عدسی چشمی را روی تصویر آبی کانونی کنیم، یک لکه قرمز اطراف تصویر ایجاد می‌شود. البته با قرار دادن دو عدسی از دو نوع شیشه متفاوت به جای یک عدسی شیء (به نام عدسی‌های بی رنگ) می‌توان به میزان کم، این عیب را بر طرف کرد. مثلاً برای تصاویر قرمز و زرد تا حدی یک کانون ایجاد می‌شود، ولی برای نورهای دیگر مثل آبی و بنفش، کانون متفاوت بوده و یک نوار آبی مبهم اطراف اشیاء را روشن می‌کند. (شکل ۵-۱).



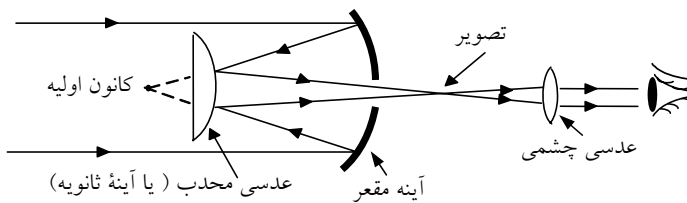
شکل ۵-۱ الف) ابیراهی رنگی به علت این که طول موج‌های کوتاه بیشتر از طول موج‌های بلند شکست پیدا می‌کنند. **ب)** با استفاده از عدسی‌های دو قسمتی و آوردن هر دو رنگ به یک کانون تا حدی عیب ابیراهی بر طرف می‌شود ولی سایر رنگ‌ها کمی دورتر از کانون باقی می‌مانند.

تلسکوپ‌های انعکاسی. در تلسکوپ‌های انعکاسی به جای عدسی شیئی از آینه استفاده می‌شود، در نوعی از این تلسکوپ‌ها که تلسکوپ انعکاسی نیوتنی نامیده می‌شود، به جای عدسی شیئی از آینه مقعر استفاده شده است و برای این که سر ناظر مانع برخورد نور با آینه نباشد، از یک آینه تخت زاویه ۴۵ درجه استفاده می‌شود تا تصویر در خارج تلسکوپ به وسیله عدسی چشمی دیده شود (شکل ۶-۱).



شکل ۱-۶ تلسکوپ انعکاسی نیوتنی

در نوع دیگری از این تلسکوپ‌ها که تلسکوپ انعکاسی کسگرین^۱ نامیده می‌شود، در مرکز آینه مقعر سوراخی وجود دارد و در کانون آینه مقعر از یک عدسی محدب (یا آینه ثانویه کوچکتری) استفاده می‌شود تا تصویر در امتداد محور تلسکوپ به وسیله عدسی چشمی قابل رویت باشد (شکل ۱-۷).

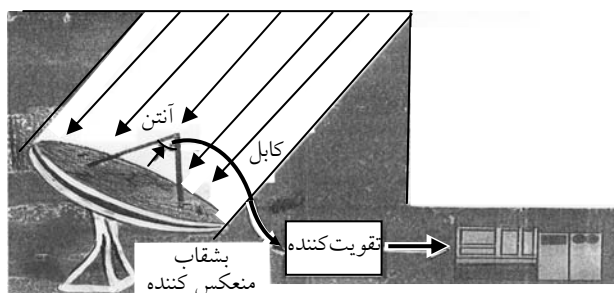


شکل ۱-۷ تلسکوپ انعکاسی کسگرین.

مزیت منعکس کننده کسگرین بر منعکس کننده نیوتنی این است که در اولی ناظر روی زمین و در انتهای آن قرار می‌گیرد و رصد می‌کند. ولی در منعکس کننده نیوتنی ناظر در ارتفاع حدود ۱۳ متری بالای سکو و در شرایط نامساعد بایستی قرار گیرد. تقریباً تمام تلسکوپ‌هایی که اخیراً ساخته شده‌اند، انعکاسی هستند. به این علت که نور وارد شیشه نمی‌شود اعوجاج رنگی ندارند و لزومی ندارد که شیشه از کیفیت نوری بالایی برخوردار باشد و با توجه به این که تلسکوپ‌های شکستی با داشتن عدسی‌های بزرگ تحت تأثیر وزن زیادشان خمیده می‌شوند، در تلسکوپ‌های انعکاسی برای کاهش خمیده شدن، آینه را از پشت مهار می‌کنند. همچنین تلسکوپ‌های انعکاسی

می‌توانند کوتاه‌تر باشند و لذا به نصب‌های کوچکتر و ساختمانهای رصدخانه نیاز دارند.

تلسکوپ‌های رادیویی. یک تلسکوپ رادیویی معمولاً شامل چهار بخش است، یک بشقاب منعکس کننده، یک تقویت کننده، یک گیرنده و یک آشکار ساز رمز. بشقاب منعکس کننده، امواج فرودی را جمع کرده و آنها را روی آنتن که انرژی را جذب می‌کند، کانونی می‌کند. علائم تقویت می‌شوند و شدت آنها معمولاً تحت هدایت یک کامپیوتر ثبت می‌شود (شکل ۸-۱).



شکل ۸-۱ شمایی از یک تلسکوپ رادیویی.

منعکس کننده بشقابی، مانند آینه یک تلسکوپ نوری، باید تا حد امکان قطر بزرگی داشته باشد ولی به علت این که فوتون‌های امواج رادیویی دارای طول موج‌های بلندی هستند، نیازی نیست که سطح آنها صاف و صیقلی باشد با استفاده از تلسکوپ‌های رادیویی می‌توانند، نقشه‌هایی را ترسیم کنند که، مشخص کننده شدت انرژی رادیویی دریافتی از نواحی مختلف آسمان است. بزرگترین تلسکوپ رادیویی جهان، بشقابی به قطر ۳۰۰ متر دارد که در منطقه طبیعی آرسیو پرتوریکو^۱، به طور معلق قرار گرفته و آنتن بر روی بشقاب توسط کابل‌های کشیده از دو طرف، آویزان است.

رادیو تلسکوپ‌ها، توان تفکیک کمتری نسبت به تلسکوپ‌های نوری دارند، زیرا آنها امواجی با طول موج بلند، بین یک سانتی‌متر تا یک متر را کانونی می‌کنند. هر چه قطر بشقاب بیشتر باشد، توان تفکیک بیشتر و علائم قوی‌تر خواهند بود.