

مقدمه‌ای بر شناخت نجوم در جغرافیای ریاضی*

(۱)

از بدو زندگی انسان درصدد شناختن جایگاه خویش در این فضای بیکران بوده و حس کنجکاوی او همیشه وی را به کشف رابطه بین زمین و دیگر اجرام سماوی و تأثیرات متقابل آنها تشویق می‌کرده است. پایه‌پای تکامل علم، آگاهیهای انسان از فضا و زمین نیز افزایش یافته است به طوری که انسان امروز نسبت به گذشته اطلاعات بیشتری درباره زمین و موقعیت آن در فضا دارد.

دانش نجوم علی‌رغم جاذبه همگانی‌اش هنوز برای بسیاری از مردم ناشناخته است و این درحالی است که بدون آشنایی با این علم نمی‌توان به شناخت دقیق مفاهیم و اصطلاحات جغرافیای ریاضی و اندیشه‌ای منطقی درباره آنها دست یافت.

در تقسیمات علم جغرافیا، مباحث مربوط به جغرافیای ریاضی در قلمرو جغرافیای طبیعی قرار می‌گیرد. آنجایی که برای فهم دقیق جغرافیای ریاضی باید بعضی از مفاهیم فیزیک و ریاضی را آموخت لذا تدوین آن به علت کمبود منابع، همیشه با مشکلاتی همراه

* از همکاران گروه جغرافیای بنیاد پژوهشهای اسلامی بویژه از آقای صمد پناهی (در تنظیم مقاله) و لیلیز آقابان احمد فدایی و غلامرضا ناقب حسین پور (در ترسیم نمودارها) و علیرضا چکنگی (ویرایش مقاله) همکاری داشته‌اند، تشکر می‌شود.

بوده است.

در سلسله مقالاتی که عرضه می‌شود، سعی بر این است که ضمن مشخص کردن جایگاه نجوم در جغرافیای ریاضی به سؤالات مربوط نیز پاسخی علمی داده شود. به امید تأثیر این مقالات در تفهیم بهتر جغرافیای ریاضی.

الف: تعریف علم نجوم:

کلمه Astronomy (نجوم) از دو واژه یونانی آسترون^۱ به معنای ستاره و نوموس^۲ به معنی قانون گرفته شده است^۳. علم نجوم در واقع، مطالعه حرکات، ساختار تکامل و سرنوشت اجرام آسمانی است^۴. این علم در مسیر تحول خود، به کشف بسیاری از قوانین حاکم بر اجرام آسمانی نایل آمده است، البته کار تحقیق و پژوهش در این باره هرگز پایان پذیر نیست و با پیشرفت بیشتر تکنولوژی به اسرار تازه تری از جهان آفرینش دست می‌یابیم. علم نجوم پاسخ به چراهای آدمی درباره جهان و ماهیت آن است.

از دیدگاهی دیگر علم نجوم عبارتست از مطالعه تکامل طبیعی و مادی اجرام و اجسام آسمانی در زمان و مکان معین^۵. با این دید، نجوم با مباحث نظری و فلسفی پیوند بسیار نزدیکی پیدا می‌کند.

نقش نجوم در زندگی بشر انکارناپذیر است. جهت‌یابی، در هواوردی، دریانوردی و مطالعات جغرافیایی، تهیه نقشه‌های مختلف جغرافیایی و نقشه برداری از زمین، پیش‌بینی جزر و مد، طوفان و توفند، توده‌های هوایی، انواع جبهه‌ها، اتمسفر و ترکیب آن، فرآیندهای انتقال انرژی گرمایی، کیفیت پدیده‌های مربوط به تشعشع، تهیه تقویمهای مختلف، تعیین نیروی گرانش به کمک محاسبات نجومی امکان‌پذیر بوده و یا تسهیل می‌شود. دانش نجوم در بعضی موارد کاملاً به فیزیک، شیمی، ریاضی، جغرافیا، زمین‌شناسی و... نزدیک شده و با آنها پیوند می‌خورد.

ب: تقسیمات دانش نجوم:

دانش نجوم در سیر تکاملی خود از مراحل متعددی گذشته است بر این اساس بعضی آن

1-Astron 2-Nomos

۳- استرو-واو، لیندزب، پیلانزاج، میانی نجوم، ترجمه حسین زمره‌پایند بهروز حاجبی، دانشگاه تهران ۱۳۶۴

۴- مایر، دکانی، نجوم به زبان ساده، ترجمه محمد رضا خواجه‌پور، تهران، انتشارات گیتا شناسی ۱۳۶۱

۵- امین سبحانی، ابراهیم [و دیگران]، زمین در فضا، تهران، نشر آفتاب ۱۳۶۳

را به پنج بخش تقسیم کرده اند:

۱- هیئت ونجوم محض^۶: به طور کلی درباره حرکت اجرام آسمانی بحث می‌کند، به عبارت دیگر در دانش هیئت تنها حرکت و جابجایی اجرام مطالعه می‌شود و ساختار اجرام سماوی مورد نظر نیست.

۲- اختر فیزیک^۷: درباره ساختار، خواص فیزیکی، ترکیب شیمیایی و تحولات درونی ستارگان بحث می‌کند و به مطالعه حرکات ظاهری و حقیقی ستارگان و تعیین مواضع آنها می‌پردازد، این رشته شامل دو قسمت است:

الف: اختر فیزیک کاربردی^۸: عمده^۹ به طراحی ابزار و وسایل نجومی و مطالعه کاربرد روشهای اخترشناسی می‌پردازد.

ب: اختر فیزیک نظری^۹: به کمک قوانین فیزیک پدیده‌های نجومی را توضیح می‌دهد.

۳- طالع بینی^{۱۰}: با توجه به حرکت و مواضع اجرام آسمانی به پیشگویی می‌پردازد و به طالع بینی علمی و غیر علمی تقسیم می‌شود. در طالع بینی علمی تمام پیشگوییها منطبق بر موازین علمی است، به عنوان مثال اگر پیشگویی شود که تابستان امسال بیش از حله گرم خواهد بود، به این دلیل است که چون هر چند سال یک بار سیاره مریخ با جو رقیقش در حالت مقابله با زمین، نسبت به خورشید، قرار می‌گیرد، در این حالت زمین از خورشید و مریخ حرارت می‌گیرد، لذا گرمتری شود. در طالع بینی غیر علمی که در بعضی کتب به نام احکام نجوم شهرت دارد به پیشگوییهای می‌پردازد که نه تنها پایه علمی ندارد، بلکه اعتبار مذهبی آنها نیز مورد تردید است. به عنوان مثال اگر در هنگام تولد بچه، سیاره مریخ در آسمان باشد، آن بچه جنگجو خواهد شد و یا نحس بودن اسباب کشی در روز چهارشنبه...!

۴- کیهان شناسی^{۱۱}: این رشته قوانین عمومی تکامل طبیعی و مادی جهان و ساختار آن را بررسی می‌کند، به عبارت دیگر، جهان هستی را به طور کلی در نظر می‌گیرد و به مطالعه آن می‌پردازد. دو موضوع مهم مورد مطالعه کیهان شناسی، بررسی وضع کهکشانها،

6 - Astronomy. 7 - Astrophysics 8 - Applied - astrophysics.

9 - Theoretical - Astrophysics 10 - Astrology. 11 - Cosmology.

نواختران^{۱۲} و مسأله اساسی انبساط جهان می‌باشد.

۵- کیهان زایی^{۱۳}: راجع به پیدایش و منشأ کیهان بحث می‌کند، مسایل مربوط به پیدایش، تحوّل و تکوین عالم در قلمرو مطالعات کیهان‌زایی است.

ج: تاریخ نجوم:

از زمانی که جوردانو برونو^{۱۴} (۱۶۰۰-۱۵۴۸ م) دانشمند ایتالیایی را به گناه سخنان نجومی در آتش سوزاندند، حدود ۳۹۰ سال می‌گذرد، او گفته بود «هر ستاره خورشید دوری است و در حول تعدادی از این ستارگان احتمال دارد، سیاراتی دور بزنند که در آنها شرایط مناسب برای زندگی وجود داشته باشد.» از آن زمان تا به امروز دانش نجوم دچار تحولات زیادی شده است.

در قرون قبل از میلاد مسیح، چینیها مطالعات جالبی درباره نجوم داشته‌اند، آنان در حدود ۱۵۰۰ ق. م. صور فلکی آسمان را تشریح کردند و هر سال را ۳۶۵ روز می‌دانستند. در یادداشت‌های منجمان چینی، مطالعاتی درباره ۳۷۲ ستاره دنباله‌دار، ستارگان نواختر، پیش‌بینی خسوف و کسوف به چشم می‌خورد. امپراطور یائو^{۱۵} (۲۳۶ ق. م) از منجمان چینی خواسته بود تا موقعیت انقلابین و اعتدالین را تعیین کنند.

در مصر باستان مطالعات نجومی صرفاً جنبه توصیفی داشته و به اندازه گیریهای دقیق علمی توجه چندانی نشده است. گفته می‌شود که ساعت آبی، آفتابی و عقربه‌ای در قرن ۷ ق م در مصر ساخته شده است.

بابلیها در زمینه نجوم پیشرفت قابل ملاحظه‌ای کرده بودند. آنها به کمک ریاضیات پیشرفته خود توانسته بودند دوره‌های تناوبی پدیده‌های آسمانی را پیشگویی کنند.

نخستین دانشمندان یونانی، آیونیه‌ها^{۱۶} بودند که در آسیای صغیر زندگی می‌کردند و در بسط و توسعه دانش نجوم نقش عمده‌ای داشتند. تالس میلوسی^{۱۷} (۶۴۰-۵۴۶ ق. م) توانسته بود

12 - Nova.

نواختر: روشنایی ناگهانی یک ستاره باسازه صدها هزار، عقیده بر این است که انفجار، نتیجه سقوط مواد بر روی یک ستاره از همدم دوتایی آن می‌باشد. به عبارت دیگر ستارگانی هستند که ناگهان می‌درخشند و با گذشت زمان کم نور می‌شوند تا به نور واقعی خود برسند.

13 - Casmogony 14 - Jordano Bronow. 15 - Yao.

16 - Ionian. 17 - Thales of Miletus.

اختلاف طول فصول، طول سال و مواضع انقلابین و اعتدالین و بروج دوازده گانه را دریابد^{۱۸} فیثاغورث^{۱۹} (۴۹۷-۵۸۲ ق.م) ظاهراً اولین کسی است که به کروی بودن زمین پی برده بود.

اقلیدس سیندوسی^{۲۰} (۳۶۵-۴۰۹ ق.م) موفق شد که حرکات سماوی را توسط ترکیبی از حرکات دایره ای نشان دهد. او وجود کرات مختلف را باور نداشت. ارسطو^{۲۱} (۳۸۴-۳۲۲ ق.م) ایده خود را از اقلیدس گرفت ولی در آن تغییراتی به وجود آورد و سرانجام به کروییت زمین معتقد شد.

آریستارخوس ساموسی^{۲۲} (۳۲۰-۲۵۰ ق.م) اولین کسی است که عقیده داشت خورشید بی حرکت است و در مرکز کره آسمانی قرار دارد و زمین به دور آن می چرخد.

اراتوستن سیرنه ای^{۲۳} (۲۷۶-۱۹۶ ق.م) که در اسکندریه رییس کتابخانه بزرگی بود، توانست با دقت خاصی محیط زمین را اندازه بگیرد که به ارقام امروزی خیلی نزدیک است. بزرگترین ستاره شناس دنیای قدیم، ابرخس نیقه ای^{۲۴} (۱۹۰-۱۲۰ ق.م) است. او با تأسیس رصدخانه ای در جزیره ردزس^{۲۵} به مطالعات دقیق نجومی مشغول شد. او واضع و یا اصلاح کننده علم مثلثات است. وی جدولی ارائه کرد که در آن طول و عرض ستارگان و درخشندگی آنها را در ۶ طبقه تقسیم بندی شده بود.^{۲۶} جداول او بعدها ستاره شناسان را قادر ساخت که گرفتگیهای ماه را در کمتر از ۲ ساعت پیشگویی کنند. از مهمترین کارهای ابرخس تعیین موضع قطب شمال آسمان که قبلاً تغییر کرده بود، می باشد. او توانست سال را با تقریب ۶ دقیقه تعیین کند، همچنین اسطرلاب را اختراع و یا تکمیل کرد که مهمترین ابزار نجومی در قرنهای ۱۶ و ۱۷ میلادی بود.

بطلمیوس^{۲۷}، جغرافیدان، منجم و ریاضیدان معروفی است که در سالهای ۱۲۷ تا ۱۵۱ ق.م در حوالی اسکندریه به مطالعات نجومی اشتغال داشت. بطلمیوس معتقد بود که

۱۸- مدرسه ستاره شناسی و علوم دریایی مرینند، درسهایی از ستاره شناسی، ترجمه حاجی خداوردیخان، امیر، مشهد، معاونت فرهنگی آستان قدس رضوی، ۱۳۶۶.

19- Phthagoras. 20- Eudoxus of cnidus. 21 - Aristotle. 22 - Eristarchus of samos.

23 - Eratosthenes of cyrene 24 - Abarkhas of nicaea. 25 - Rhodes.

۲۶- ایزاک، آسیموف، دایرة المعارف دانشمندان علم و صنعت، ترجمه محمود، مصاحب، جلد اول، تهران،

انتشارات علمی و فرهنگی ۱۳۶۶.

زمین در مرکز یک کره بزرگ سماوی قرار دارد و هفت سیاره (منجمله ماه و خورشید) در روی مدارهای معینی به دور زمین می‌چرخند. او نظریات ابرخس را تکمیل کرد. اثر معروف او المَجَسْطی (کار بزرگ) نام دارد.

بعد از بطلمیوس تحقیقات نجومی در یونان عملاً متوقف شد و ستاره‌شناسان پس از او با تقلید از الگوی وی، فقط توانستند پارامترهای نجومی را دقیقتر ثبت کنند. در خلال قرون وسطی تازمان کپرنیک، نوشته‌های ارسطو و بطلمیوس آخرین اسناد علمی درباره دانش نجوم به شمار می‌رفت و در قرن شانزدهم میلادی بود که تغییرات اساسی در نجوم پدید آمد. به طور کلی تاریخ نجوم را به سه دوره زیر می‌توان تقسیم کرد:

۱- دوره زمین مرکزی^{۲۸}: منجمان قدیم معتقد بودند که زمین مرکز عالم است و خورشید و سایر سیارات به دور زمین می‌چرخند اخترشناسان یونانی برای توضیح حرکات ظاهری سیارات نظریه‌ای بیان داشتند که اساس دستگاه زمین مرکزی بطلمیوس در سده دوم میلادی شد. به کمک این دستگاه مشخص کردن حرکات و مواضع سیارات به طور تقریبی ممکن بود و تا چندین سده نیز نیاز نجومی آن زمان را مرتفع می‌ساخت^{۲۹}. بطلمیوس اعتقاد داشت که عطارد و زهره روی دایره‌ای می‌چرخند که مراکز آنها نیز به دور زمین می‌چرخند. بجز خورشید که مستقیماً به دور زمین می‌چرخد. به این ترتیب بطلمیوس برای خود جهان خاصی را مجسم می‌کرد (شکل ۱). از جهتی نظریه او صحیح است، زیرا اگر فردی بر پشت بام بایستد، تمام اجرام آسمانی را به فاصله مساوی از خود خواهد دید. بدیهی است اگر کسی در هر سیاره‌ای بایستد، چنین مشاهده‌ای را درباره آن سیاره خواهد داشت، لذا از دید ناظر زمین می‌تواند به عنوان مرکز عالم تصور شود. همچنان که در دانش نجوم ریاضی تمام محاسبات بر مبنای زمین مرکز صورت می‌گیرد.

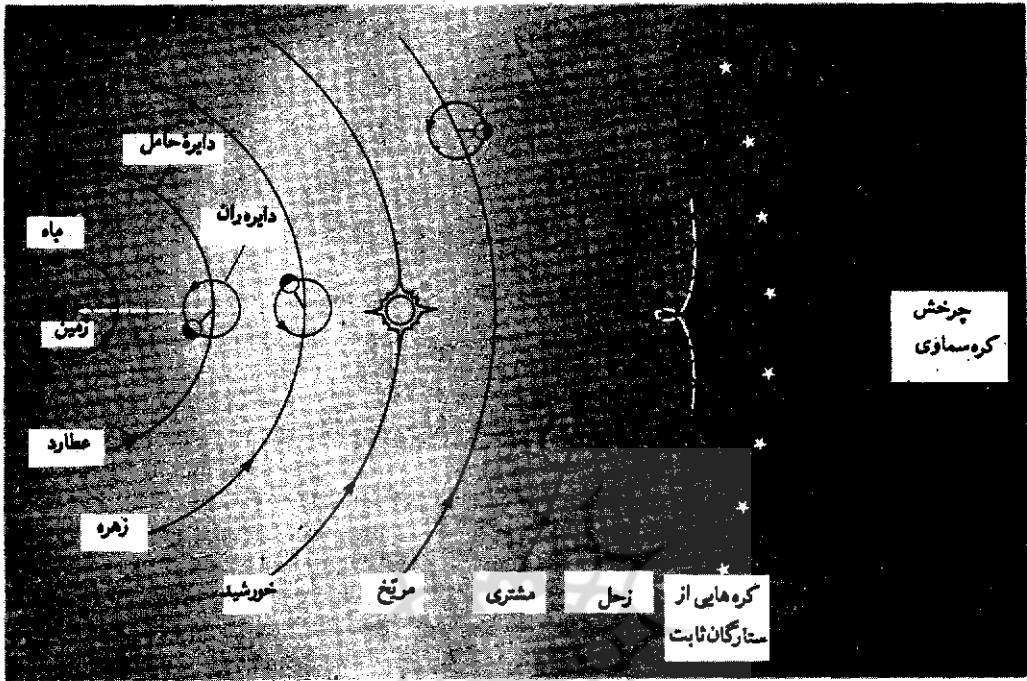
نظریه زمین مرکزی تا قرن ۱۶م حاکم بود. با وجود این تحقیقات ارزنده‌ای در این دوره صورت گرفت، گاه شماری^{۳۰} با دقت زیاد دنبال شد. دایرة البروج^{۳۱} - مسیر حرکت ظاهری سالانه خورشید بر روی کره سماوی - تعریف و دوره کامل خسوف و کسوف مشخص شد^{۳۲}.

28 - Geocentric

۲۹- ابراهیم، امین سبحانی، [و دیگران] زمین در فضا، تهران، نشر آفتاب ۱۳۶۳.

30 - Chronology. 31 - Ecliptic.

۳۲- مایر، دکانی، نجوم به زبان ساده، ترجمه محمد رضا خواجه پور، تهران، انتشارات گیتاشناسی ۱۳۶۱.



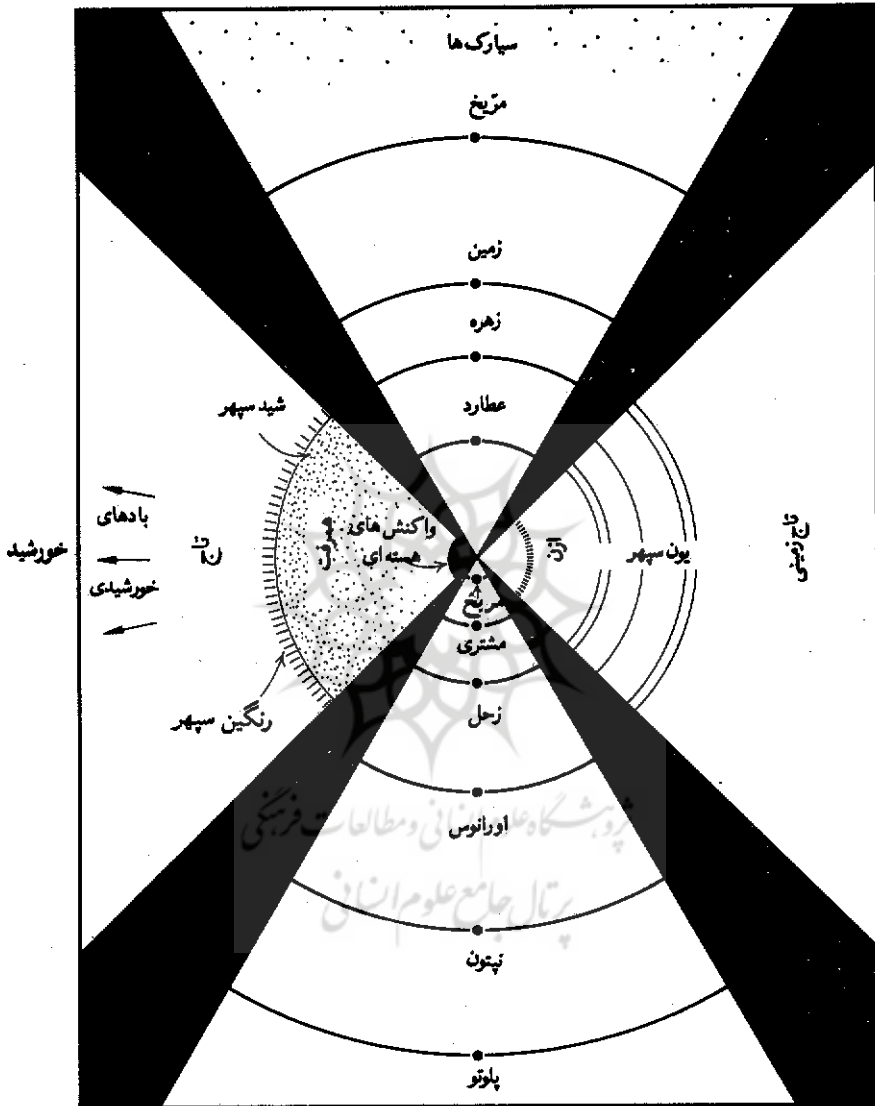
شکل شماره ۱ - زمین مرکزی به اعتقاد بطلمیوس - جهان بطلمیوسی

منجمان اروپایی در قرون وسطی به کمک دستگاه زمین مرکزی صرفاً به مطالعه حرکات ظاهری سیارات می پرداختند و شدیداً تحت تأثیر اصول بطلمیوسی بودند. در این زمان دانش نجوم در میان مسلمانان به پیشرفتهای قابل توجهی رسید. دانشمندانی چون ابوریحان بیرونی (۹۷۳-۱۰۴۸) بتانی (۹۲۹-۸۵۰م) ابوموسی خوارزمی (۸۴۸-۷۸۰م) الفییک (۱۳۹۴-۱۴۴۹) و ابن هیثم (۹۶۵-۱۰۳۹م) از آن جمله اند.*

۲ - دوره خورشید مرکزی: با تکامل و پیشرفت علوم، دانش نجوم نیز کاملاً متحول شد. دانشمند لهستانی نیکولائوس کوپرنیک^{۳۳} ثابت کرد که زمین مرکز عالم نبوده و فقط یکی از سیاراتی است که در فضای بیکران می چرخد، سیاره‌ای معمولی با حرکات معمولی.

* - نظریه اهمیت نقش مسلمانان در پیشبرد دانش نجوم، مقاله جداگانه‌ای به فعالیت منجمان مسلمان اختصاص

می‌یابد.



شکل شماره ۲ - نظریه خورشید مرکزی

نظریات کوپرنیک در واقع انقلابی در علم نجوم بود. دستگاه خورشید مرکزی^{۳۴} او پس از مرگش رسماً اعلام شد. (شکل شماره ۲)

34 - Heliocentric system.

با اعلام نظریه خورشید مرکزی که هدفش کشف قوانین حاکم بر اجرام آسمانی بود، مطالعات نجومی علمیتر شد. به اعتقاد کوپرنیک چون هر سیاره با سرعت متفاوتی به دور خورشید می چرخد، زمانی که سیاره ای در زمینه ستارگان ثابت رؤیت شود، به نظر می رسد که به جلو و یا عقب حرکت می کند. برطبق نظریه او، حرکات حلقه ای سیارات قابل بیان است ولی کوپرنیک ثابت نکرد که زمین و دیگر سیارات به دور خورشید می چرخند. تنها می توان گفت که نظریات او توضیح ساده تری از پدیده های نجوم بود. نظریه خورشیدی مرکزی تا قرن ۱۸م ادامه داشت و در این دوره دانشمندان بزرگی چون تیکوبراهه^{۳۵} (۱۶۰۱-۱۵۴۸) گالیلگالیله^{۳۶} (۱۶۴۲-۱۵۶۴). ایزاک (اسحق) نیوتون^{۳۷} (۱۶۴۲-۱۶۴۲) و یوهانس کپلر^{۳۸} (۱۶۳۰-۱۵۷۱) پا به عرصه جهان علم گذاشتند. دو پدیده مهم دوره خورشید مرکزی، انتشار قوانین کپلر و اختراع تلسکوپ است.

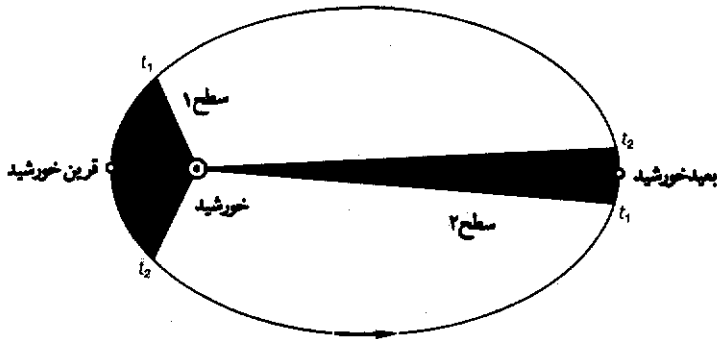
الف: قوانین کپلر: کپلر با مطالعات و پی گیریهای دقیق رصد های تیکوبراهه به سه قانون مهم در دانش نجوم دست یافت که پایه و اساس این علم را تشکیل می دهند. این قوانین عبارتند از:

قانون اول: مدار حرکت همه سیارات به دور خورشید بیضی است و خورشید در یکی از کانونهای آن قرار دارد. این قانون از مهمترین قوانین حرکت سیارات است زیرا تا آن زمان، مدار حرکت سیارات را به شکل دایره می پنداشتند و معتقد بودند که اجرام آسمانی فقط در این شکل می توانند به حرکت خود ادامه دهند، ولی کپلر شکل صحیح گردش سیارات را ارائه کرد و مهمتر از آن که از این قانون می توان بخوبی به قانون مهم گرانش دست یافت.

قانون دوم: شعاع حامل هر سیاره در زمانهای مساوی مساحت های مساوی را جاروب می کند. به عبارت دیگر هر سیاره چنان به دور خورشید می چرخد که خطی که مراکز سیاره و خورشید را به هم وصل می کند در زمان معین، سطح معینی را می پیماید^{۳۹}. (شکل شماره ۳) بر اساس قانون دوم کپلر، سرعت حرکت سیارات به دور خورشید ثابت نیست و هنگامی که سیارات به خورشید نزدیک می شوند، سریعتر می چرخند و هر چه از خورشید فاصله می گیرند، کندتر حرکت می کنند. به عبارت دیگر هر سیاره حداکثر سرعت خود را

35- Tycho Brahe. 36- Galileo - Galilei 37- Sir - Isaac Newton. 38 - Johannes Kepler.

۳۹- استروو-او، لیندزب، پیلاتز-اچ، مبانی نجوم ترجمه حسین زمردیان، بهروز حاجبی، تهران، انتشارات دانشگاه



شکل شماره ۳ - قانون دوم کپلر

زمانی دارد که بیشتر از هر وقت به خورشید نزدیکتر و حداقل سرعت را وقتی دارد که دورترین فاصله را نسبت به خورشید دارد. سرعت متوسط زمین به دور خورشید ۳۰ کیلومتر بر ثانیه است و چون مدار زمین به دور خورشید، تقریباً دایره است لذا سرعت آن در طول مسیر چندان تغییر نمی‌کند، یعنی زمین در نقطه اوج خود با سرعتی حدود یک کیلومتر بر ثانیه (۲۹/۳) کندتر از حالت حضیض حرکت می‌کند. در شکل شماره (۳) چون مدار سیاره تقریباً بیضی است اگر سطوح ۱ و ۲ با هم مساوی باشند، بدیهی است که سیاره باید در طول t_1 و t_2 سریعتر از طول t_1 و t_2 حرکت کند.

قانون سوم کپلر: این قانون رابطه میان دوره تناوب هر سیاره و فاصله متوسط آن از خورشید را بیان می‌کند، به عبارت دیگر، نسبت مجذور مدت حرکت انتقالی هر سیاره به دور خورشید به مکعب فاصله آن سیاره از خورشید پیوسته مقداری ثابت است $t^2 \propto d^3$. یا زمان یک دوره تناوب سیارات به دور خورشید با زیاد شدن فاصله آنها از خورشید افزایش می‌یابد، یعنی اگر زمان گردش سیارات به دور خورشید را با « p » و فاصله آن را با « d » نشان دهیم، میان آنها رابطه مقدار ثابت $\frac{p^2}{d^3}$ برقرار است. به این ترتیب به کمک قانون دوم کپلر می‌توان فاصله و زمان گردش سیاره را تا خورشید به دست آورد.

همان‌طور که قبلاً اشاره شد قوانین کپلر اصول و پایه علم نجوم را تشکیل می‌دهند. ولی دنیای علم به دانشمندانی چون ایزاک (اسحق) نیوتون محتاج بود که در سال ۱۸۶۷م

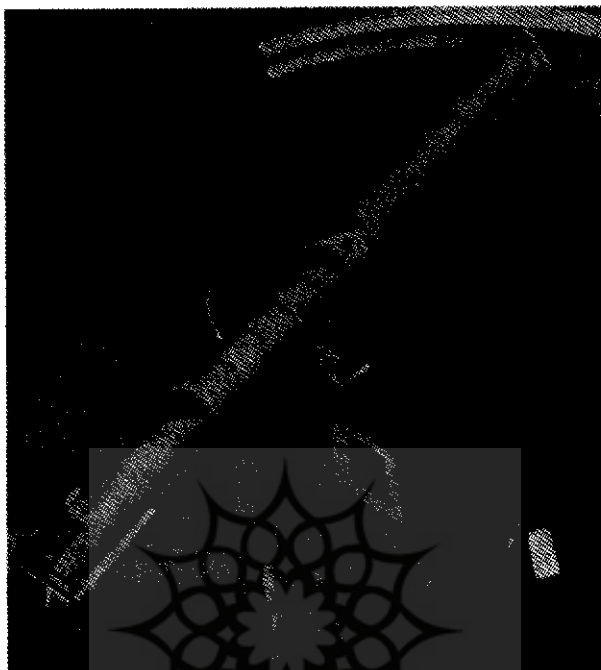
۴۰- مدرسه ستاره شناسی و علوم دریایی مرینلند، درسهایی از ستاره شناسی، ترجمه امیر حاجی خداوردیخان، مشهد

قوانین حرکت و جاذبه عمومی را با استفاده از قوانین کپلر به دست آورد و آنها را به صورت فرمولهای ریاضی ارائه کرد. کپلر گفته بود که سیارات در مسیر بیضوی در حرکتند، اما به چه دلیل؟ کپلر علت آن را هرگز بیان نکرد تا این که نیوتون در کتاب «اصول ریاضی و حکمت طبیعی» به این گونه سؤالات پاسخ داد. نیوتون با ارائه فرمول معروف گرانش $F = G \frac{m_1 m_2}{d^2}$ بخوبی نشان داد که سیارات فقط تحت تأثیر نیروی گرانی می توانند در مسیری بیضی شکل حرکت کنند. چه «هر ذره ماده در جهان، ذره دیگر را با نیرویی جذب می کند که نسبت مستقیم با جرمهای آن دو ذره و نسبت معکوس با مجذور فاصله آن دو دارد».

ب: تلسکوپ^{۴۱} یکی از ابزارهای بسیار مهمی که در دوره خورشید مرکزی اختراع شد تلسکوپ است که احتمالاً بین سالهای ۱۶۰۰ تا ۱۶۰۹ میلادی به دنیای علم عرضه شد. این وسیله در سال ۱۶۰۸ م توسط عینک سازان هلندی-آلمانی ساخته شد و در سال ۱۶۰۹ م که به ایتالیا رسید سخت مورد توجه گالیله استاد دانشگاه پادوا^{۴۲} قرار گرفت. او بلافاصله شروع به تراشیدن عدسی آن کرد. گالیله به کاربرد نظامی تلسکوپ بخوبی واقف بود لذا نمونه ای از آن را به جمهوری ونیز^{۴۳} هدیه کرد و نوشت «با این وسیله می توان شهر را در برابر تجاوزات دشمن حفظ کرد، زیرا به کمک آن می توان کشتیها را دو ساعت زودتر دید». گالیله سپس تلسکوپ خود را به سمت آسمان گرفت و توانست حرکت ماه ناهمواریهای سطح ماه، لکه های خورشیدی^{۴۴}، سیاره مشتری و چهار قمرش که امروزه به نام «اقمار گالیله» مشهورند را رؤیت کند. آخرین تجربه گالیله در مورد تعداد ستارگان آسمان بود، یک شخص تیز بین و پر حوصله می تواند با چشم غیر مسلح، تعداد ۵۰۰۰ ستاره را در آسمان شمارش کند، گالیله به کمک تلسکوپ خود این رقم را به ۵۰۰۰۰ ستاره رساند. تلسکوپ در واقع وسیله ای است که از یک استوانه و دو عدسی با قطرهای متفاوت تشکیل شده است. عدسی بزرگتر به عنوان عدسی شیئی^{۴۵} و عدسی کوچکتر به عنوان عدسی چشمی^{۴۶} مورد استفاده قرار می گیرد. عدسی شیئی نور اجسام دور را گرفته و در نقطه همگرایی خود-کانون عدسی- متمرکز می کند. پس از آن که تصویر به وجود آمد، عدسی چشمی آن را بزرگ و قابل تشخیص می کند. چون تصویر اجسام در تلسکوپ بزرگ می شود، راصد تصور می کند که اجسام به او

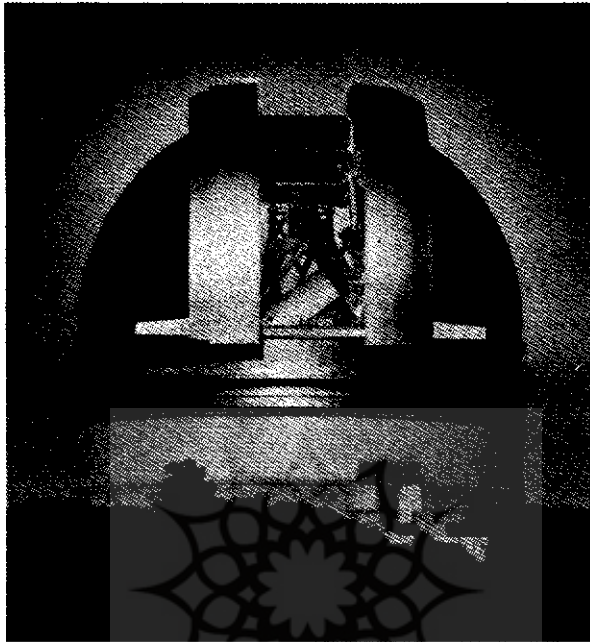
۴۱- جسترو، رابرت- تامسون مالکم، اچ- میانی و مرزهای ستاره شناسی، ترجمه تقی عدالتی- جمشید قنبری، مشهد،

دانشگاه آزاد، ۱۳۶۳



شکل شماره ۴ - تلسکوپ رصدخانه یرکز

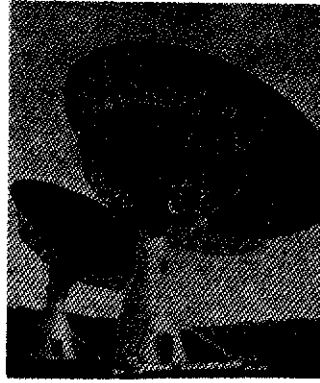
نزدیک شده‌اند، در حالی که چنین نیست و اجسام از مکان خود تغییری نکرده‌اند. تلسکوپها بر دو نوعند: شکستی^{۴۷} و بازتابی^{۴۸}. شیئی تلسکوپ شکستی یک عدسی است. نور در عبور از عدسی می‌شکند. ولی در تلسکوپ بازتابی آینه است. نور از آینه باز می‌تابد و در نزدیکی چشمی تصویر را به وجود می‌آورد. در تلسکوپهای بازتابی کار عدسی شیئی را یک آینه انجام می‌دهد و به جای عدسی، آینه‌ای کاوموجب همگرایی نور ورودی می‌شود. قطر اولین تلسکوبی که نیوتن ساخت فقط ۵ سانتیمتر بود که از لحاظ جمع‌آوری نور، مزیتی بر تلسکوپهای انکساری نداشت. بزرگترین تلسکوپ شکستی جهان با قطر ۱۰۰ سانتیمتر در رصدخانه یرکز^{۴۹} در ویسکانسین^{۵۰} ایالات متحده آمریکا قرار دارد. (شکل شماره ۴)



شکل شماره ۵ - رصدخانه کوه مونت پالومار.

قطر منعکس کنندهٔ تلسکوپ بازتابی رصدخانه کوه پالومار^{۵۱} در آمریکا، بیش از ۵ متر است. این تلسکوپ توانهای عظیمی دارد، از جمله، به اندازه یک میلیون چشم، نور جمع می‌کند، به کمک آن می‌توان نور یک شمع را از فاصلهٔ ۱۶۰۰ کیلومتری دید و فاصلهٔ ۲۰۰۰ میلیون سال نوری در فضا نفوذ کرد. آینه ۵ متری تلسکوپ پالومار از جنس پیرکسن^{۵۲} با روکش آلومینیوم می‌باشد. ساخت آن یازده سال طول کشید ولی در طول جنگ دوم جهانی متوقف شد. ضمن تراش و صیقل کاری آن حدود ۵ تن شیشه از آن تراشیده شد. آینه آن به شکل سهمی و حدود ۱۸۷۵۰۰ سانتیمتر مربع مساحت دارد. دقت آینه این تلسکوپ در هر نقطه $2/5 \times 10^{-6}$ سانتیمتر است. (شکل شماره ۵)

- تلسکوپهای رادیویی: منعکس کننده‌هایی مانند آینه که امواج نور مرئی را منعکس



شکل شماره ۶- تلسکوپ رادیویی جدرل بنک

می‌کنند، قادرند امواج رادیویی را نیز منعکس کنند. نور مرئی و امواج رادیویی هر دو امواج الکترو مغناطیسی اند، به عبارت دیگر ستارگان تنها اشعه مرئی ندارند، بلکه تشعشعاتی با طول موج کوتاهتر (x) و بلند (گرما، امواج رادیویی) نیز از آنها پخش می‌شود. برای مطالعه این امواج از وسایلی استفاده می‌شود که به آنها رادیو تلسکوپ^{۵۳} می‌گویند. مبتکر آن یک مهندس الکترونیک به نام کارل جانسکی^{۵۴} بود.

امواج رادیویی برخلاف نوری براحتی می‌توانند از توده گردوغبار بگذرند و به زمین برسند. با ذکر مثالی می‌توان به اهمیت رادیو تلسکوپها پی برد. در کهکشان راه شیری فواصل بین ستارگان را توده‌های عظیم گردوغبار فرا گرفته، تلسکوپهای نوری نمی‌توانند آنها را ببینند ولی ستاره شناسان به کمک رادیو تلسکوپها موفق شده‌اند نه تنها تمام قسمتهای کهکشان راه شیری را مشاهده کنند بلکه از آن نقشه برداری نیز کرده‌اند. آنها به وسیله رادیو تلسکوپها توانسته‌اند کهکشانهایی را ببینند که از نظر فاصله، دوبار دورتر از کهکشانهای قابل رؤیت با تلسکوپهای نوری بوده‌اند، و نیز پرجذبه‌ترین اجرام آسمانی مانند تپنده‌ها^{۵۵} و اخترنماها^{۵۶} را کشف کنند (شکل شماره ۶- رادیو تلسکوپ ۸۳ متری در جدرل بنک^{۵۷}

53 - Radio telescope 54 - Karljansky 55 - Pulsars. 56 - Auasars.

تپنده: یک ستاره نوترونی با چرخش سریع و میدان مغناطیسی قوی است که خط دید ناظر را در فواصل زمانی منظم جاروب کرده و تپشهای متوالی تولید می‌کند.

اخترنما: ستارگان پرنوری هستند که گاهی اوقات درخششی به اندازه یک کهکشان دارند.

57 - Jodrell Bank

انگلستان را نشان می دهد).

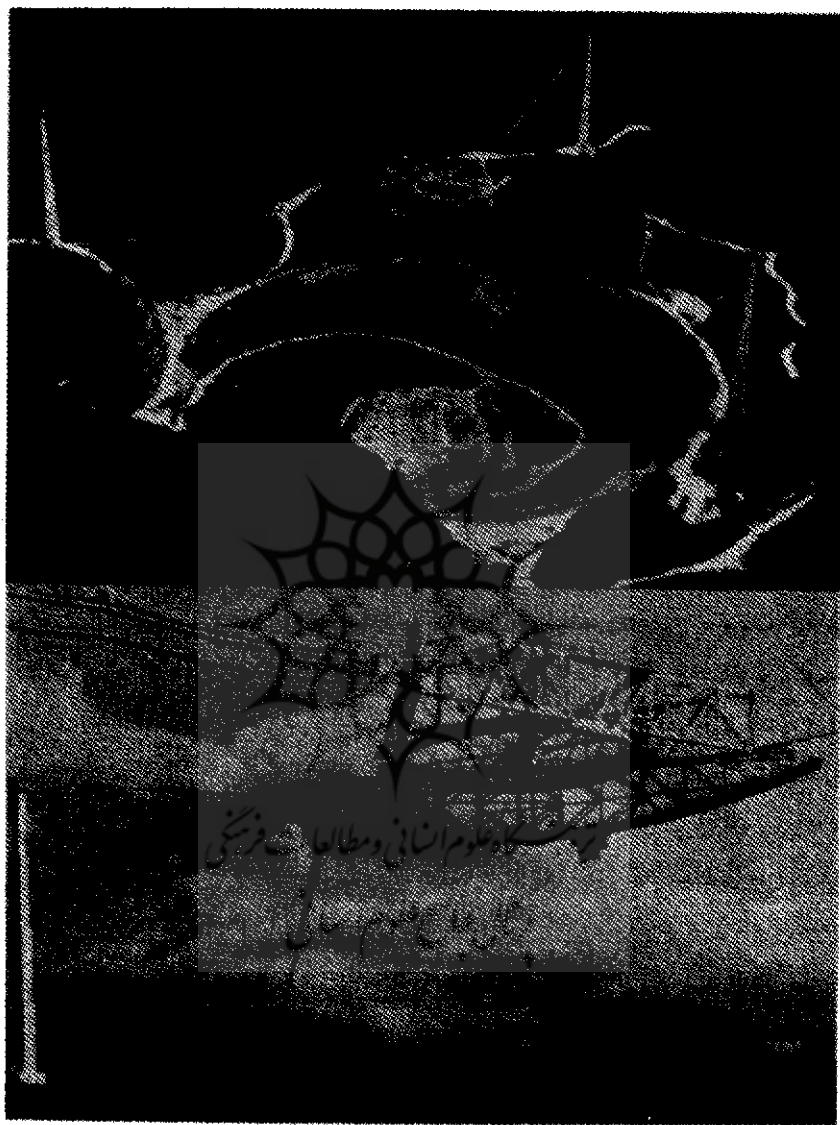
در حال حاضر بزرگترین تلسکوپ رادیویی جهان، رادیوتلسکوپ ۳۳۳ متری آرسیبو است ۵۸ که در جزیره پرتوریکو^{۵۹} و روی دهانه یک آتشفشان خاموش نصب شده است. بشقاب این رادیوتلسکوپ با شبکه های فلزی آن در میان یک حفره طبیعی ساخته شده است و محور آن به طور عمودی به طرف بالا ثابت می ماند و به علت چرخش زمین قادر است علایمی را که از بعضی نقاط آسمان می رسد، دریافت کند (شکل شماره ۷).

از دیگر رادیوتلسکوپهای معروف جهان می توان از رادیوتلسکوپ ۱۰۰ متری مؤسسه ستاره شناسی ماکس پلانک در بُن پایتخت آلمان غربی و نیز رادیوتلسکوپ مؤسسه فیزیک لیدف^{۶۰} در شوروی را نام برد.

۳- دوره کهکشانی: سومین دوره از تاریخ نجوم است که از قرن ۱۸م شروع شده و تا کنون ادامه دارد. در این دوره تحقیقات نجومی به کمک تلسکوپهای نوری و رادیو تلسکوپهای بزرگ برای تکمیل تصویر کامل جهان ادامه دارد. در همین دوره مشخص شد که کهکشان بزرگ ما، یکی از هزاران کهکشان بزرگ و کوچک موجود در فضا است. این دوره از تاریخ نجوم بیش از همه با نام آلبرت اینشتاین^{۶۱} (۱۸۷۹-۱۹۵۵) پیوند دارد و کیهان شناسی و اختر فیزیک جدید سخت به نظریه نسبیت او متکی است. ما در این دوره زندگی می کنیم و تا پایان آن راهی بس طولانی در پیش است. دانش نجوم در این دوره از نظر نور به کمال رسید. دوره کهکشانی خود به دو بخش نجوم نوری و نجوم غیرمیری تقسیم می شود: الف: نجوم نوری^{۶۲}: از سال ۱۶۰۹م که گالیله برای اولین بار از تلسکوپ نوری استفاده کرد تا سال ۱۹۳۱م که امواج رادیویی فضا کشف شد، طول موجهای نورمیری، هسته اصلی مطالعات نجومی را تشکیل می دادند. بعد از پیدایش تلسکوپهای رادیویی، ستاره شناسی رادیویی و نوری با یکدیگر سهیم شدند. کشف قوانین نور از بزرگترین اکتشافات قرن نوزدهم است. نور به خط مستقیم منتشر می شود، نور آگرازمحیطی وارد محیط دیگر شود، امتداد آن تغییر می کند و به اصطلاح می شکنند^{۶۳}، نور دارای پدیده پراش است و لذا

58 - Arecibo. 59 - Puerterico. 60 - Lebedev 61 - Albertenistein 62 - Visual astronomy.

۶۳- بعضی از مشاهدات روزانه ما ناشی از شکست نور است به عنوان مثال، سراب در بیابان و در فصل تابستان در خیابان. در تابستان که سطح زمین گرم می شود لایه های هوای نزدیک به زمین، رقیقتر می شود و بالعکس هر چه از سطح زمین بالاتر رویم، لایه های هوا غلیظتر می شود و در نتیجه سرعت انتشار نور کمتر خواهد بود.



شکل شماره ۷ - بزرگترین رادیو تلسکوپ جهان

دارای خاصیت موجی می باشد، نور یک موج عرضی است، یعنی امتداد ارتعاشات بر امتداد انتشار نور عمود است، به عبارت دیگر نور هم طبیعت موجی و هم ذره ای دارد.

یک جسم وقتی حتی اندکی گرم شود، از خود امواجی منتشر می‌کند. این امواج اساساً زیرسرخ (فروسرخ) و امواج رادیویی هستند، بتدریج که گرما زیاد شود، مقدار امواج منتشره افزایش یافته و بتدریج امواج کوتاه، امواج قابل رؤیت (از سرخ تا بنفش)، امواج ماوراء بنفش و سپس پرتوهای X و... ظاهر می‌شوند. به عبارت دیگر در طیف خورشیدی که تشعشعات الکترو مغناطیسی حاصل از خورشید آن را بوجود می‌آورد به طول موجهای زیر بر می‌خوریم. طول موجهای رادیویی که با متر و کیلومتر اندازه گیری می‌شوند، اشعه X که با آنگستر^{۶۴} و اشعه گاما و کیهانی که با اجزاء آنگستر^{۶۴} اندازه گیری می‌شوند.

نور خورشید سفید و ترکیبی از امواج الکترو مغناطیسی با طول موجهای مختلف است. نور مرئی خورشید از 4000 \AA تا 7000 \AA ($0/4$ تا $0/7$) میکرون متغیر است. امواج الکترو مغناطیسی با طول موج 4000 \AA تا 7000 \AA برای ما قابل رؤیت می‌باشند لذا آنها را نور مرئی می‌نامیم. امواج با طول موج 4000 \AA به چشم ما بنفش و با 7000 \AA با نور قرمز جلوه می‌کنند. رنگهای دیگر طول موجهایی بین این دو حد دارند. امواج بزرگتر از 7000 \AA ، اشعه مادون قرمز^{۶۶} نامیده می‌شوند. این امواج با چشم قابل رؤیت نیستند ولی خاصیت گرمایی دارند. امواجی که طول موج آنها از 4000 \AA کوچکتر می‌باشد، ماوراء بنفش نامیده می‌شوند، ازن^{۶۷} موجود در جو زمین اشعه ماوراء بنفش را جذب می‌کند ولی بخشی از آن ($2/8$ تا $3/5$ میکرون) از لایه ازن عبور کرده و موجب آفتاب زدگی می‌شود. اشعه ماوراء بنفش روی نسوج زنده اثر می‌گذارد و خاصیت میکرب کشی دارد، به طوری که اگر جذب آن از مقدار فعلی کمتر می‌بود، رشد بیش از حد میکربها و باکتریها حیات را مورد تهدید جدی قرار می‌داد. زمین با حرارت متوسط^{۱۳} C، اشعه خود را با طول موجهای بلند و در حدود ۱۰ میکرون پخش می‌کند.

ب: نجوم غیر مرئی^{۶۸}: با آغاز عصر فضا که انسان توانست از جو زمین خارج شود به بخشهای دیگری از طیف الکترو مغناطیسی دست یافت که طول موج آنها از گستره طول موج نور مرئی بیشتر و یا کمتر است. این امواج را که از ماوراء بنفش و مادون قرمز شروع و به

۶۴- آنگستر: با علامت \AA مشخص می‌شود و مقدار آن برابر $\frac{1}{10,000,000}$ میلیمتر است.

۶۵- میکرون: با علامت μ مشخص می‌شود و یک میکرون برابر با $\frac{1}{1,000,000}$ میلیمتر و یا 10^{-6} است.

۶۶- ویلیام جی، کافمن، ستاره و سحابی، ترجمه تقی عدالتی- بهزاد قهرمان، تهران، نشر گستره، ۱۳۶۳.

ترتیب تا اشعه ایکس و بالاتر از آن به ناحیه پرتو گاما و نیز امواج رادیویی گسترش می یابد، فقط در بالای جو یافت می شوند، زیرا این امواج به وسیله جو زمین و کاملاً به سطح زمین نمی رسند. مهمترین این امواج عبارتند از:

۱- امواج مادون قرمز^{۶۹}: ستاره شناسان از مدت‌ها قبل می دانستند که در میان طیف تشعشعات الکترومغناطیسی فضا، امواج مادون قرمز نیز وجود دارد ولی به دلیل عدم وجود ابزار مناسب، ثبت این امواج مدت‌ها طول کشید. باید گفت که چشم، صفحه عکاسی و گیرنده‌های رادیویی که ستاره شناسی نوری و رادیویی بر آن استوارند نسبت به امواج مادون قرمز حساس نمی باشند. در سال ۱۹۶۳ م یک فیزیکدان به نام فرانگ لو^{۷۰} موفق به ساختن ابزار مناسب شد و ستاره شناسی مادون قرمز را پایه گذاری کرد. اهمیت اطلاعاتی که از طریق امواج مادون قرمز به دست می آید، ستاره شناسان را بر آن داشت که برداشته فعالیت خود بیفزایند، چون طول موج این امواج نسبت به امواج دیگر کوتاهتر است لذا به وسیله بخار آب موجود در جو زمین جذب شده و به زمین نمی رسند، به همین علت ستاره شناسان درصدد برآمدند که برای ثبت آنها، تلسکوپها را به وسیله بالون یا هواپیماهایی که در ارتفاع زیاد پرواز می کنند به قسمتهای فوقانی جو بفرستند. ارسال تلسکوپ با بالون تا ارتفاع ۳۳۳۳۳ متری امکان ثبت امواج مادون قرمز که طول موج آنها بین یک دهم تا یک میلیمتر است را فراهم کرد. گردوغبار موجود در مرکز کهکشان ما، نور ستارگان هسته کهکشانی را جذب و دما را از چند درجه بالای صفر مطلق تا 50°K (کیلین) افزایش داده و باعث تابش اشعه مادون قرمز می شود

69- Infrared. 70- Frank low.

71- Lordthamson kelvine (۱۹۰۷-۱۸۲۴) فیزیکدان انگلیسی است،

- برای اندازه گیری دما چند واحد، اندازه گیری، وجود دارد. مثلاً درجات کلین (K) واحدهایی از دما هستند که در بالای صفر مطلق بر حسب سانتیگراد اندازه گیری شده اند، بنابراین مقیاس کلین اغلب در ستاره شناسی به کار می رود. جدول زیر مقایسه واحدهای کلین، فارنهایت و سانتیگراد را نشان می دهد.

درجات	صفر مطلق	انجماد آب	جوش آب
فارنهایت (F)	-۴۵۹	۳۲	۲۱۲
سانتیگراد (C)	-۲۷۳	:	۱۰۰
کیلین (K)	:	۲۷۳	۳۷۳

۲- امواج ماوراء بنفش^{۷۲}: این امواج در انتهای طیف نورمری و بلافاصله بعد از نور بنفش قرار دارند و به دو دسته تقسیم می شوند: دسته اول که طول موجشان به طول موج نور بنفش نزدیکتر است، ماوراء بنفش نزدیک^{۷۳} نامیده می شوند. دسته دوم که طول موج آنها بین ۱۰۰۰ تا ۲۶۵۰ Å^{۷۴}، است ماوراء بنفش دور^{۷۴} نام گذاری شده اند. در سال ۱۹۶۸ م یک ماهواره به نام «رصدخانه نجومی^{۷۵} مداری» (O. A. O) یا «قمر کپرنیک» با یازده تلسکوپ به فضا فرستاده شد. هدف از ارسال این ماهواره، مطالعه امواج ماوراء بنفش بود، این ماهواره که طول آن ۳ متر و قطرش ۲/۳ متر و وزنش حدود ۱۹۹۳ کیلوگرم بود، پیچیده ترین ماهواره تحقیقاتی تا آن زمان بود، انرژی لازم برای گیرنده ها و فرستنده های آن به وسیله سلولهای خورشیدی^{۷۶} که انرژی تابشی خورشید را به انرژی الکتریکی تبدیل می کردند، تأمین می شد. ماهواره مذکور با دریافت پیامهای رادیویی از زمین می توانست تغییر جهت دهد و به سمت ستاره مورد نظر قراول رود. با ارسال این ماهواره به فضا، رصد سیاره ها، کهکشانها و اخترنمای ۳۰۲۷۳ یعنی درخشانترین جسم آسمانی میسر شد.

۳- اشعه ایکس^{۷۷}: طول موجهایی هستند که در طیف الکترو مغناطیسی، بعد از امواج ماوراء بنفش قرار گرفته اند و اندازه آنها به ترتیب نزولی بین ۱۰۰ تا ۸^{۷۸}، است. برای رصد این فاصله از طول موج راکتهای را به طور عمودی و به ارتفاع ۹۶ کیلومتری از سطح زمین به فضا پرتاب کردند. این راکتها قادر بودند به مدت ۱۰ دقیقه متوقف شوند و به آزمایشهای لازم بپردازند. بدین ترتیب ۴۰ منبع عظیم پرتو X که غالباً در کهکشان راه شیری قرار داشتند، کشف شد. جالب توجه آن که به طور متوسط مقدار انرژی که از این نقاط به صورت پرتو X انتشار می یابد، هزار مرتبه از انرژی که خورشید در تمام طول موجها منتشر می کند، بیشتر است. قویترین این منابع با نام «عقرب^{۷۸} X-۱» در صورت فلکی عقرب قرار دارد. در مرحله بعد ستاره شناسان اولین ماهواره پرتو X را در سال ۱۹۷۰ م با نام پیوهور^{۷۹} از سواحل کشور کنیا به فضا پرتاب کردند. این ماهواره در هر دوازده دقیقه یک بار مدار زمین را طی می کند و ضمن گردش منابع پرتو X را بررسی می کند. با پرتاب این ماهواره ستاره شناسان موفق شدند که در صورت فلکی دجاجة^{۸۰} یک تپنده پرتو X کشف کنند. این تپنده در هر

72- Ultra - Violet

73- Ultra - Violet near.

74- Ultra - Violet far

75- Orbiting astronomical observatory. 76- Solarcells. 77 - X - Ray. 78 - Scorpius

۷۹- Uhuru در زبان سواحیلی به معنای آزادی است.

80 - Cygnus.

ثانیه ۱۵ بار تنش می‌کند و احتمالاً هسته فشرده شده ستاره‌ای است که به تازگی منفجر شده است.

۴ - پرتوگاما^{۸۱}: پرتوهای گاما، بخشی از تشعشع الکترومغناطیسی با انرژی فوق العاده زیاد و طول موج کوتاه می‌باشند. بخش اعظم این پرتوها توسط جو زمین جذب می‌شود و فقط اندکی از آن به زمین می‌رسد. تاکنون به کمک چندین قمر مصنوعی، پرتوهای گاما مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. براساس این مطالعات تابش پراکنده از پرتوهای گاما در کهکشان ما وجود دارد. این پرتوها، احتمالاً ناشی از باقی مانده بک ابرنواختر^{۸۲} می‌باشد. البته در این مورد هنوز دلایل قانع کننده‌ای ارائه نشده است.

نور تنها تشعشع الکترومغناطیسی نیست بلکه پرتوهای گاما، ایکس، ماوراء بنفش، پرتوهای مادون قرمز، رادار، علایم تلویزیونی و امواج رادیویی نیز انواعی از تشعشعات الکترومغناطیسی است. این امواج توأم با نور طیف الکترومغناطیسی را تشکیل می‌دهند. سرعت تمامی امواج الکترومغناطیسی مشابه سرعت نور است. مقدار این سرعت برابر 299792458 کیلومتر بر ثانیه در خلاء و در اجسام مادی کمی کمتر است. قسمتهای مختلف طیف الکترومغناطیسی تنها نسبت به بسامد^{۸۳} امواج الکترومغناطیسی با یکدیگر متفاوتند.

شیکته چشم انسان نسبت به امواج الکترومغناطیسی با بسامدهایی بین 4×10^{14} تا 7.5×10^{14} CPS^{۸۴}، ارتعاش در ثانیه حساس است. این پهنه از بسامدها ناحیه مری طیف هستند. اگر امواج الکترومغناطیسی دارای بسامدی بزرگتر از 7.5×10^{14} CPS باشند، چشم آنها را نخواهد دید و ماوراء بنفش نامیده می‌شوند. به امواجی که بسامد آنها از 4×10^{14} CPS کمتر است، مادون قرمز یا تشعشع قرمز می‌گویند. پرتو ایکس شامل امواجی با بسامد بین 3×10^{16} تا 5×10^{18} CPS است. پرتو گاما دارای بیشترین بسامد می‌باشد که پهنه آن از 3×10^{19} CPS به بالا است. در انتهای دیگر طیف بسامدهای

81 - Gamma - Ray 82 - Super nova.

- ابرنواختر: ستاره‌ای که درخشش آن پس از انفجار، صد بیلیون بار افزایش می‌یابد. عقیده بر این است که انفجار توسط هسته ستاره یا فروریزش عظیم و گردآمدن مجدد در پایان مرحله سوختن هسته‌ای حاصل می‌شود.

83 - Frequency. بسامد: تعداد ارتعاشات در یک دوره تناوب را گویند، معمولاً به ثانیه

84 - Circle per second. Cps- معمولاً دور در هر ثانیه را با Cps نشان می‌دهند.

اسم ناحیه	نوعی جو	طول موج (سانتی متر)	بسامد (CPS)
		۱-۹	3×10^{11}
		آنگستروم	
		۱-۶	3×10^{16}
		3×10^{-8}	10^{15}
		۱-۶	
		۱-۳	3×10^{11}
		۱	3×10^{10}
		۱/۵ سانتی متر	3×10^{14}
		۱۰ ^۲	3×10^{17}
		۱۰ ^۲	3×10^{16}
		۱۰ ^۵	3×10^{14}
		۱/۶ کیلومتر	

پانفش
آبی
سبز
زرد
قرمز
فوق قرمز

FM

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
نیم شفاف
شفاف

شکل شماره (۸) - طیف کامل الکترومغناطیسی

که موج^{۸۵} یا رادار درواری قسمت مادون قرمز قرار دارند و درواری ناحیه رادار، پهنه تلویزیونی یا F. M امتداد دارد. امواج رادیویی یا کمترین بسامد 3×10^{15} CPS، به سمت پائین طیف بسط پیدامی کنند^{۸۶} (شکل شماره ۸)

85 - Microwave

۸۶- رابرت جسترو، اچ تامسون، مالکم- میانی و مرزهای ستاره شناسی ترجمه نقی عدالتی، جمشید قبری، مشهد،

منابع انگلیسی:

- 1 - Universe/ kaufmann III/ 1988
- 2 - introduction to astronomy and astrophysics. zeilik/ smith/ 1988
- 3 - Spherical astronomy. smart/ 1982



پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی