

فصل اول

تاریخچه مختصر نجوم

۱-۰ آسمان شب :

با نگاهی شب هنگام به آسمان، و نظر به خیل بیشمار ستارگان، طبیعت زیبا در برابر ما جلوه گر می شود. آگاهی یافتن به رموز این نقاط نورانی از دیرباز ذهن بشر را بخود مشغول می نموده است. مسلماً آگاهی بشر امروزی از ستارگان، بر نفوذ نگاهش خواهد افزود. این آگاهی از گنبد دوار، در سایه علم نجوم حاصل می شود. نجوم یا ستاره شناسی عبارتست از مطالعه و دقت در رفتار اجرام سماوی. این علم که از علوم کهن بشری بحساب می آید، قدمت آن به سن کهن ترین تمدنهای می رسد و ردپای آن را می توان در تمدن های کهن چین و یونان یافت. این دانش در سدهء اخیر گام های بلندی در زمینه های تجربی و نظری خویش برداشته و از علوم پیشرفته روز به شمار می آید. دامنه ستاره شناسی



شکل (۱-۱) استون هنج در انگلستان. گمان می رود که این خرابهء سنگی رصدخانه ای از پیشینیان بوده است.

نوین بسیار وسیع بوده و از فضای ماکروسکوپی^۱ و مزوسکوپی^۲ گرفته تا محیط میکروسکوپی^۳ سخن می گوید. ستاره شناسی را در زبان انگلیسی **استرونومی**^۴ گویند که ماخوذ از یونانی است و ترکیبی از لغات استرون^۵ به معنای **ستاره** و نومز^۶ به معنی **قانون** گرفته شده و ما از آن بعنوان علم نجوم، هیئت و ستاره شناسی یاد می کنیم. ستاره شناسی جزئی از زندگی مردم قدیم بوده و امور آنان بستگی به موقعیت ستارگان داشته و ستارگان جزئی از دین و مذهب آنان بوده و منجمان با طالع بینی یا تنجیم^۷، سرنوشت آنها را تعیین می کرده است و همچنانکه اجرام آسمانی در آسمان ظاهر می شدند درباره وقت شکار، صیدماهی،

کاشت و برداشت محصول خود تصمیم می گرفتند. آنها تقویم را به کار می برند. بناهای سنگی قدیمی در برخی مناطق، نشان می دهد که مردمان پیشین شهرها را مطابق موقعیت ستارگان می ساختند. استون هنج^۸ در انگلستان نمونه ای ۵۵۰۰ ساله از این نظریه است. قبایل مایا در آمریکای جنوبی کسوف ها را در ۲۰۰۰ ق.م. پیش بینی می کردند و اینکاها در آمریکای جنوبی معابد و شهرها را مطابق موقعیت ستارگان قرار می دادند. بایلی ها و چینی ها در ۲۳۰۰ ق.م. رصدخانه ساخته بودند. بومیان مکزیک در هزارسال قبل از میلاد (آزتک^۹ ها) خدایان بسیاری داشتند از جمله تزکاتلیپوکا که خدای



شکل (۱-۲) تقویم سنگی آرتک ها
که در ۱۷۹۰ کشف شد و دارای ۲۵
تن وزن و ۳/۷ متر طول می باشد
(موزه ملی نیومکزیکو، به نقل از دایره
المعارف بریتانیکا)

خورشید بود که هم فراوانی محصول را به بار می آورد و هم خشکسالی را، آرتکها برای خشنودی تزکاتلیپوکا هرم های بزرگی را برای نیایش آن بنا می کردند.

آسمان در فارسی به معنی **آسیاب مانند** است. قدما آسمان را سقفی مشبک می پنداشتند و ستاره ها را مانند سوراخ های آن، که شبها در حرکت بودند. این موفقیت بزرگی بود که فهمیدند ستارگان همانگونه که شبها می درخشند، روزها نیز می درخشند. آنها می دیدند که چگونه نقاط روشن آسمان، هر شب پدیدار می شوند و روزها ناپدید می گردند و همیشه به همان وضعیت باقی می ماندند. آنها این نقاط ثابت را **ستاره** و آنها را که تغییر وضع می دادند را **سیاره** نامیدند. در انگلیسی به سیاره را **پلانیٹ**^{۱۱} گویند که از لغتی یونانی بمعنی شگفت انگیز می آید. ملل قدیم قائل به هفت سیاره بودند، خورشید، ماه، عطارد، زهره، مریخ، مشتری، زحل. بنابراین علاوه بر زمین، شش سیاره از سیارات کنونی را می شناختند. آنها بر

ستارگان آسمان، صورت و اشکالی متناسب با حیوانات و انسان ها ساختند و هر کدام را **صورت فلکی** یا **برج فلکی** نامیدند. سپس از حرکت سالانه خورشید دریافتند که خورشید در منطقه خاصی از آسمان در حرکت است و این ناحیه از حرکت سالانه خورشید را **منطقه البروج** نامیدند، زیرا که خورشید بر دوازده گونه از این صورت ها عبور می کرد. این برجهای دوازده گانه چنین بودند: حمل، ثور، جوزا، سرطان، اسد، سنبله، میزان، عقرب، قوس، جدی، دلو، حوت. این بروج دوازده گانه قبل از سالهای ۷۰۰ ق.م نیز به کار برده می شده است. مردمان قدیم زمین را مسطح می پنداشتند که از هر طرف به آب منتهی می گردد و هندوان عقیده داشتند که جهان بر پشت فیلهایی قرار گرفته و آن فیل ها نیز بر پشت لاک پستی عظیم قرار دارند.

۲-۰ چینی ها :

برای چینی های قدیم غولی به نام پانکو وجود داشت که بدنش زمین و چشمانش از ماه و خورشید و خون او آب دریاها و نفس او از بادها تشکیل شده بود. چینی ها از ۱۵۰۰۰ ق.م. صورفلکی خود را وضع نموده بودند که این صورتها با سایر نقاط متفاوت بودند. آنان پیش از ۱۴۰۰ ق.م. تقویم داشتند. یادداشتهای باقیمانده، از رصدخانه ای صحبت می کند که برای اصلاح تقویم در سال ۲۶۵۰ ق.م. ساخته شده است و امپراطور یائو^{۱۱} -حدود سال ۲۳۶۰ ق.م- از منجمان خواست تا با مشاهدات خود، وضع انقلابین و اعتدالین را تعیین کنند. سال ۲۱۵۹ ق.م.، سالی محسوب می شود که دو ستاره شناس درباری با نام های هی^{۱۲} و هو^{۱۳} برای قصور در پیش بینی یک گرفتگی اعدام شدند که گناهشان بی دقتی در تنظیم یک تقویم رسمی بود. چینی ها سال را ۳۶۵/۲۵ روز تعیین نمودند و همچنین مشاهدات قابل توجه و مطالب با ارزشی را ثبت نمودند. مشاهده ۳۷۲ دنباله دار در یادداشت های متعلق به سالهای ۶۱۱ ق.م. تا ۱۶۲۱ م. و نیز رصد ستارگان مهمان که آنها را نواختر^{۱۴} می نامیم، توسط چینیهها، راهنمای با ارزشی برای کاوشهای کنونی اخترشناسان امروزی بوده است. مراودات بین چین و ایران از سال ۱۱۹ ق.م. در زمان امپراتوری وودی (سلسله های غربی) تا قرنهای پس از اسلام، مطابق مدارک و نوشتجات چینی و خارجی و سفرنامه ها، در پیشبرد علم نجوم بین این دو امپراتوری بی تأثیر

نبوده است. جمعاً چهل واژه در قسمت نجوم واژه ها با تلفظ و تفسیر دقیق فارسی در نوشتجات مردم کنونی چین مخصوصاً مسلمانان شمال غربی چین به چشم می خورد، مثلاً "روز اول سال را هنوز نوروز می نامند. از کتب قدیمی که به زبان چینی ترجمه شده است کتاب "المدخل فی صناعه احکام النجوم" یا "مجمل الاصول فی احکام النجوم" در ۱۳۸۳ م. است که بدست کوشیار صورت گرفته است. این کتاب که حوالی سال ۳۸۰ ه.ق. (حوالی ۹۹۰ م.) نوشته شده طبق نظر آقی می چی یانو - که نقدی بر آن نوشته - احتمالاً از روی یک ترجمه فارسی صورت گرفته است. مراودات علمی بین چین و ایران قرن‌ها پس از اسلام نیز به چشم می خورد آنجا که جمال الدین منجم معروف ایرانی در ۱۲۷۰ م. تقویم و هفت اسباب نجومی ایرانی را بدربار چین تقدیم می کند. چینی ها با کمک اختراعات گوناگون از جمله قطب نما و پول و نیز باروت (که در زمان حکومت تانگ صورت گرفت) پیشرفتهای زیادی در دانش نشان دادند.

۳-۰ هندی ها :

عقاید دینی هندوان که مظاهر طبیعت از جمله ستارگان را می پرسیدند، از دلایل وجود علم نجوم در میان هندی ها است. ضرورت تعیین وقت و روز دقیق جشن و قربانی برای خدایان، آنها را وادار به تعیین و محاسبه حرکت ستارگان نمود.

۴-۰ مصریان :

به اعتقاد مصریان آغاز آفرینش از آسمان بود. مصریان اجسام آسمانی را تنها رب النوع نمی شمردند، آسمان از نظر آنان گنبد دواری بود که رب النوع حثور^{۱۵} - که آنرا بصورت ماده گاوی تصور می کردند- در فضای بیکران آن قرار



شکل (۱-۴) برخی معتقدند که اهرام ثلاثه مطابق ستارگان صورت فلکی جبار در ده هزار سال پیش ساخته شده اند.

داشت و زمین در زیر پای این رب النوع بوده و ده هزار ستاره مشکی او را می پوشاندند. خداع خورشید که رع^{۱۶} نام داشت می پرستیدند و تصور می نمودند که در هنگام کسوف مار بزرگی که ایپ نام داشت، سعی دارد رع را ببلعد. مهمتر اینکه نجوم در میان کاهنان این قوم رشد یافت و در اصل ستاره شناسان مصر قدیم کاهنان بودند و شاید بدین علت بود که سوابق رصدهای آنان کشف نشده است. آنان ساعت آبی و عقربه ای را پیش از قرن هفتم قبل از میلاد بکار می بردند. آنان تقویم

نجومی را تنظیم کردند زیرا پیش بینی طغیان سالانه نیل برای آنان اهمیت زیادی داشت. بزودی دریافتند که تقویم شان به اندازه کافی دقیق نیست ولی پی بردند که جاری شدن سیل با ظاهر شدن ستاره شعرای یمانی در آسمان صبحگاهی همزمان است و این مبنای تقویم دقیقتری شد که سال آنان را ۳۶۵/۲۵ روز قرار می داد چنانکه ۱۲ ماه و ۳ روز داشت و ۵ روز آخر سال را نیز جشن می گرفتند. هرم بزرگ خئوپس گذرگاهی رو به ستاره قطبی داشت که در ۴۵۰۰ سال پیش ستاره ثعبان در صورت فلکی اژدها بوده است. مصریان زمان طلوع بیشتر ستارگان را مشخص نمودند هرچند ریاضیات آنها در سطح بالایی نبوده لذا آنان تنها نتایج کیفی را دنبال می نمودند. اسباب و آلات نجومی مانند شاخص تعیین جهت و نمونه های آن که امروزه در موزه های مصر و برلن نگهداری می شود نشان رشد دانش نجوم در میان این قوم دارد.

۵-۰ بین النهرین^{۱۷}:

قدیمیترین رب النوع های بابلی ها^{۱۸} آسمان و ستارگان بودند. انو (گنبد نیگلون)، شمس (خورشید) و ن نار (ماه) از جمله این خدایان بودند. ریشه ریاضیات و نجوم در تمدن بابل قرار داشت. جبر خاص آنها از دستگاه عددنویسی شصت گانی بهره می برد و آنان دایره را ۳۶۰ قسمت نموده و هر قسمت را ۶۰ قسمت و آن قسمتها را نیز ۶۰ قسمت می نمودند، به عبارتی شصت را به عنوان مبنا بکار می بردند. علم نجوم و هیئت از رصدهای فلکی و نقشه های نجومی که بابلی ها برای پیش گویی و غیب گویی انجام می دادند، متولد شد. بابلی ها در ۲۰۰۰ ق.م. موفق شدند نسبت طلوع و غروب ستاره زهره و خورشید را ثبت کنند و موضع ستارگان مختلف را در آسمان حساب کنند، آنان ستارگان ثابت و سیار را از یکدیگر تمییز می دادند و تناوب آنها را دریافتند. نجوم بابلی با نجوم مصری متفاوت بود، بابلی ها با توجه به پیشرفت در ریاضیات رصدهای دقیقتری از ستارگان داشتند، که شاید در زمره بزرگترین کارهای علوم قدیمه بشمار می رفت. آنها از کیسه بهره می برند و ساعت آبی^{۱۹} و آفتابی را اختراع نمودند. منشاء دایره البروج و تعدادی از صورفلکی زمان ما از نجوم بین النهرین است. در زمان بخت النصر، کاهنان بابلی موفق شدند مدار خورشید را رسم کنند و توانستند قواعد خسوف و کسوف را کشف کنند. بابلیها پی بردند که گرفتگی ها پس از یک دوره خاص (با نام ساروس^{۲۰}) اتفاق می افتد که شامل ۶۵۸۵ روز است و بسته به اینکه ۴ یا ۵ سال کیسه را شامل شود، معادل ۱۸ سال زمینی بعلاوه ۱۰ یا ۱۱ روز است و این دوره تناوب خیلی نزدیک به ۲۲۳ ماه قمری مقارنه ای است. برخی عقیده دارند که تمام کارهای این قوم، متعلق به یک شخص در قرن ۳ یا ۴ قبل از میلاد است. بابلیها عقیده داشتند که زمین از هر طرف به آب منتهی می شود و آسمان را هفت طبقه می دانستند و آنرا تپستانه می گفتند، که بعداً معرب شد و به کلمه طبقات تبدیل شد، کلمه عربی فلک نیز احتمالاً از ریشه بابلی پولوکو گرفته شده است.

۶-۰ یونان :

ژئوس^{۲۱} خدای آسمان و فرستنده آذرخش برای یونانیان قدیم بود. باید گفت یونان منشاء فلسفه به حساب می آمد و در واقع منشاء علم نجوم در یونان، تمدنهای مصر و بین النهرین بودند. نخستین دانشمندان یونانی آیونی ها^{۲۲} بودند که در آسیای صغیر کنونی ساکن بوده و با مصر و بین النهرین ارتباط داشتند. قدیمیترین فلاسفه یونان حکمای سبعة بودند از جمله تالس ملطی آیونی^{۲۳} (۶۲۴-۵۴۵ ق.م.) که ظاهراً نخستین منجم و ریاضیدان یونانی بوده است او در سفر به مصر، علوم آنان را به یونان منتقل کرد و عقیده داشت که جهان کروی شکل است. ادخوس سیندسی^{۲۴} (۴۰۹-۳۵۶ ق.م.) می گفت که ستارگان روزی یکبار دور زمین می چرخند. انکسماندر میلوسی^{۲۵} (۶۱۱-۵۴۶ ق.م.) از حکمای سبعة یونان، برای مطالعه ستارگان از اسبابی به نام شاخص بهره می برد که در بابل و مصر ساخته شده بود. فیثاغورث^{۲۶} (۵۸۲-۴۹۷ ق.م.) که از شاگردان تالس بود، به فینیقیه سفر کرد و از آنجا به مصر و سپس به بابل رفت و علوم نجوم و ریاضیات را فرا گرفت. به نظر می رسد که وی کروی بودن زمین را با توجه به اهله ماه دریافته بود و اعتقاد به خورشید مرکزی داشته است. قوانین موسیقی توسط فیثاغورث



شکل (۱-۳) بطلمیوس
با مجسطی خود مرد
بزرگ نجوم قدیم بشمار
می رود.

معرفی گردید و این فواصل منظم را از طریق سیارات پیدا نموده بودند. فیلولائوس^{۲۷} از شاگردان تالس عقیده زمین مرکزی را بکلی مردود شمرد، لیکن عقیده اش به فراموشی سپرده شد. پلاتو^{۲۸} (۴۲۸-۳۴۷ ق.م.) نیز به زمین مرکزی عقیده داشت. اقلیدوس سنیدسی^{۲۹} (۴۰۹-۳۶۵ ق.م.) حرکات سماوی سیارات را با دویری توصیف نمود. ارسطو^{۳۰} (۳۸۴-۳۲۲ ق.م.) شاگرد پلاتو، نظریات مهمی را در نجوم و فیزیک بیان نمود که تا سال ها مورد بحث دانشمندان بود. گفته می شود که وی گردش زمین بدور خورشید را تعلیم می داده است. وی همچنین کرات اقلیدس را به عنوان اشیای مادی واقعی، که از دیدگاه مکانیکی مفهوم بغرنجی دارد، مطرح نمود. وی می گفت زمین مسطح نیست ولی حرکت ظاهری ستارگان را به دو صورت توصیف نمود، یکی ایده زمین مرکزی و دیگری ایده چرخش زمین بدور خورشید یعنی چرخش کره سماوی. بدرستی معلوم نیست چرا او ایده گردش زمین بدور خورشید را رد کرد اما دلیل می آورد که اگر زمین حول خورشید حرکت کند، ما باید از مواضع مختلف در امتداد مدار زمین ستارگان را ببینیم و جهات ظاهری ستارگان در خلال سال پیوسته تغییر خواهد کرد. از سال ۳۰۰ ق.م. که اسکندریه مرکز علم یونان بشمار می رفت، دانشمندان یونانی نظریات عمیق تری ارائه دادند. اریستارخوس ساموسی^{۳۱} (۳۲۰-۲۵۰ ق.م.) که اولین و مشهورترین ستاره شناس آنجا بود، عنوان کرد که زمین به دور خورشید می چرخد و خورشید و سیارات ثابت اند. همچنین سعی کرد فاصله خورشید و ماه را نسبت به قطر زمین اندازه بگیرد لیکن نتیجه بدست آمده دور از واقعیت بود. اراتستن سیرنه ای^{۳۲} (۲۷۰-۱۹۶ ق.م.) که رئیس کتابخانه اسکندریه بود، با اندازه گرفتن اختلاف زاویه خورشید به هنگام ظهر در شهرهای اسکندریه و سیان و فواصل این دو شهر، توانست محیط زمین را ۲۵۰۰۰۰ استادیای تعیین کند که اگر هر استادیا را ۱۸۵ متر -معادل طول یک استادیوم- بگیریم نتیجه او حدود ۲۰ درصد از واقعیت بزرگتر است. ابرخس نیفیه ای^{۳۳} (۱۹۰-۱۲۰ ق.م.) فهرستی از ۸۵۰ تا ۱۰۸۰ ستاره گردآوری کرد که عرض و طول هر ستاره را نیز بدست می داد و درخشندگی ظاهری آنها را در شش بخش یا ۶ قدر تقسیم بندی نموده بود. اکثر کارهای او در جزیره رودس^{۳۴} در رصدخانه اش انجام می گرفت. وی طول سال را با تقریب ۶ دقیقه تعیین نمود. روشهای ابرخس و جداولش، منجمان بعدی را قادر ساخت تا زمان خسوف ها را تا کمتر از ۲ ساعت و کسوف ها را با فاصله بیشتر پیش بینی کنند. ابرخس اسطراب را اختراع یا تکمیل نمود که وسیله ای است برای تعیین طول و عرض سماوی ستارگان یا سیارات، که تا قرن هفدهم میلادی استفاده می شده است. کلودیوس بطلمیوس^{۳۵} (۹۰-۱۵۰ م.) طی سال های ۱۲۷ م. تا ۱۵۱ م. نظریات ابرخس و دیگر دانشمندان اسکندریه را تکمیل کرده و کتاب بزرگ سینتاکسیس^{۳۶} را در ۱۲۰ م. نگاشت که تا قرن ها مورد استفاده منجمان بود. این کتاب تحت عنوان المجسطی^{۳۷} به عربی ترجمه شد که به معنای "کار بزرگ" یا "بزرگترین" است. بطلمیوس بیش از هزار ستاره را در مجسطی برشمرده است و هیئت بطلمیوسی بر ایده زمین مرکزی استوار بود. بعد از وی کارهای ستاره شناسی در یونان عملاً متوقف شد تا زمان پیدایش نجوم در بین مسلمانان، که نظریات جدیدتری ارائه گردید.

۷-۰ نجوم در ایران :

ایران باستان نیز مانند سایر ملل کهن به تقدیس نیروهای طبیعت از جمله آفتاب و ماه و ستارگان می پرداختند، آنان میترا^{۳۸} (مهر-خورشید) که خدای عدالت و فدییه بود و همچنین آناهیتا^{۳۹} (ناهید-زهره) که خدای حاصلخیزی و تولید

است را در کنار اهورامزدا تقدیس می نمودند. ایران از قدیم الایام از مراکز مهم ستاره شناسی بوده است. در دوره ساسانی در مدرسه گندی شاپور، نجوم تدریس می شد و زیج های مختلفی برای مطالعه ستارگان ساخته بودند مانند زیج شهریار. دانش نجوم ایرانیان اقباسی از دانش نجومی چینی ها، کلدانی ها و یونانی ها بشمار می رفت. با ورود اسلام و ضرورت آشنایی مسلمانان با برخی احکام مانند نماز آیات، اوقات شرعی نماز، شناخت قبله، ایام حج و استهلال و غیره و بعلاوه ترغیب آیات و کلام الهی در مطالعه زمین و خورشید و ستارگان، این امور باعث گردید تا دانشمندان اسلامی در آموزش و تحقیق و تفحص در علم نجوم و هیات اهتمام خاصی نشان دهند و در توسعه این علم و ساخت ابزار آلات نجومی و رصدی ستارگان بکوشند و بنابراین رصدخانه های بزرگی در بغداد، قاهره، قرطبه، طلیطله، سمرقند بنا نهاده شد. نجوم در ایران وابسته به ریاضیات بود و اغلب منجمان مسلمان، ریاضیدانان ماهر و قابل عصر خود بشمار می آمدند.

از قرن دوم تا پنجم هجری (۸ تا ۱۱ میلادی) علم نجوم در میان ایرانیان و مسلمانان رواج بسیار داشته است. اهالی سوریه که از زمان اسکندر تحت تاثیر فرهنگ یونان واقع شده بودند واسطه های اصلی انتقال علم از افکار یونانی به عربها بودند. این آثار که از یونانی بیشتر به آرامی یا سریانی ترجمه می شدند، در زمان مامون خلیفه عباسی (۱۹۷-۲۱۸ه.ق.) به اوج خود رسید. دارالترجمه این در بیت الحکمه عباسی به ریاست ثابت بن قره حرانی^{۴۱} (۲۱۱-۲۸۸هجری)، از گروهی از صابئیها (پرستندگان ستاره) مقیم حران تشکیل شد که آثار ترجمه ای آنان در ریاضیات و نجوم ارزشمند بود. مسلمانان از هندی ها نیز چیزهایی یاد گرفتند. در سال ۱۵۵هجری یک جهانگرد هندی با نام سیدهانثا^{۴۲} با خود دو کتاب به بغداد آورد که یکی درباره ریاضیات و دیگری حاوی جداول نجومی هندی بود و این کتاب بدستور خلیفه توسط فزاری ترجمه شد و مسلمانان بدینوسیله به جداول نجومی هندیها دست یافتند.

سپس دوره ابتکار فرا رسید و مسلمانان با تعمق در علوم مختلف بر آنها افزودند. خوارزمی (وفات ۲۳۵هجری) بزرگترین ریاضیدان و ستاره شناس مسلمان، جداول نجومی خود را بر اساس سیستمهای یونانی و هندی معرفی نمود. وی بنیانگذار جبر بود و این نام را از رساله علمی اش گرفتند. از نخستین منجمان مسلمان، محمد فزاری^{۴۳} (وفات ۱۶۱هجری) در دوره عباسی را می توان نام برد و برخی عقیده دارند که نخستین اسطرلاب را او ساخت. بتانی^{۴۴} (۲۴۲-۳۱۷هجری) نیز روش تازه ای برای رؤیت هلال یافت که تا قرن هفدهم میلادی در اروپا آن را به کار می بردند. بتانی نتایج اندازه گیری خود را در جدول محاسباتی به نام زیج مدون می ساخت و این زیجات تا عهد رنسانس از مهمترین آثار نجومی برای اروپائیان به شمار می رفت. شش رابطه نوین مثلثاتی سینوس، کسینوس، تانژانت، کتانژانت، سکانت و کسکانت در سده سوم هجری تعریف شد که تنها سینوس خواستگاه هندی داشت (سینوس^{۴۵} کلمه لاتینی بمعنای خلیج برگرفته از جیب است) و بکمک این روابط، منجمان اسلامی مسائل نجومی را حل می نمودند. از فراوانی نام های عربی برای ستارگان که هنوز هم بر آنها



شکل (۱-۴) خوارزمی دانشمند بزرگ اسلامی، وفات ۲۳۵هجری

اطلاق می شود مانند^{۴۶} (نسرطایر) و الدبران^{۴۷} می توان گفت منجمان مسلمان آسمان را بطور کامل و مبسوطی مطالعه کردند و هرچند وقایع نجومی را ثبت نکردند، اما در زمان خویش در نجوم و ریاضیات نجومی بسیار ماهر بودند. با اینکه چینی ها انفجار ابرنواختر سال ۱۰۵۴م. را که حاصلش سحابی خرچنگ بود و بسیاری وقایع دیگر را ثبت می نمودند،

ولی منجمان اسلامی در رصد صورفلکی دقت زیادی داشتند. عبدالرحمن صوفی^{۴۷} (۲۹۱-۳۷۶ ه.ق.) کتاب "صور الكواكب" را که به عقیده سارتون از شاهکارهای نجومی است نگاشت. ابوریحان بیرونی^{۴۸} (۳۶۲-۴۴۰ ه.ق.) کتاب "قانون مسعودی" که بهترین دایره المعارف نجومی اسلامی است را نگاشت و نیز کتاب التفهیم^{۴۹} را نگاشت که در آن اقوال بطلمیوس در المجسطی و عبدالرحمان صوفی را نقل کرد. حکیم عمر خیام^{۵۰} (۴۳۹-۵۱۷ هجری) تاریخ جلالی را بنا نهاد که تقویمی است برای تنها حامی خود، جلال الدین ملک‌شاه سلجوقی که این تقویم هنوز از تقویم گریگوری صحیحتر بشمار می رود.



شکل (۱-۵) نمایش کیهان ارسطویی که افلاک هفتگانه بر روی هم قرار گرفته اند.

از مهمترین دانشمندان علم نجوم ایران محمد بن فزاری، یعقوب بن طارق، ابومعشر بلخی، محمد بن جابر البتانی، ابوریحان بیرونی، خواجه نصیرالدین طوسی، ابراهیم زرقانی، احمد بن قیصر ضرغامی، ابوالعباس حاتم نیریزی، جابر بن افصح، حسن ابن خصیب، مسلمه مجریطی، احمد مروزی، شیخ بهایی و دانشمندان دیگری که هر کدام سهمی عمده در این علم دارا بودند. جابر بن حیان صوفی، ماشاله، عمر بن فرخان، نهاوندی، فرغانی، یحیی بن منصور، اصطرابی، سند بن علی، حبش حاسب، ابن آدمی، ابن اماجور، ابن اعلم، غلام زحل، عبدالرحمن صوفی، صاغانی، ابوسهل مسیحی، ابن یونس، ابن صفار، ابن عجم فارسی، نسوی، ابوالصلت، ابن رشد، امام فخر رازی، ابن بدر، ابن شاطر، الغ بیگ، جمشید کاشانی، ملا محمد باقر یزدی، ماردینی، ملا محمد علی اصفهانی.

اولین رصدخانه در ۲۱۴ ه.ق. در زمان مأمون عباسی در بغداد به نام شماسیه ساخته شد و سپس رصدخانه بتانی و رصدخانه عبدالرحمان صوفی ساخته شدند. خواجه نصیرالدین طوسی^{۵۱} (۵۹۷-۶۷۲ ه.ق.) منجم معروف اسلامی که در مثلثات کروی مهارت داشت، رصدخانه مراغه را در سال ۶۵۷ هجری، به دستور هلاکوخان و بر اساس منظومه بطلمیوسی بنا کرد و نیز تقویم نجومی و نقشه افلاک را تدوین کرد. ابن شاطر با استفاده از نظریات خواجه نصیر طرح جدیدی از افلاک را عرضه کرد که توسط کپرنیک به کار گرفته شد. سپس رصدخانه الغ بیگ در سمرقند ساخته شد که غیاث الدین جمشید کاشانی و قوشچی در آن فعالیت می کردند و بعد از آن، رصدخانه استانبول در قرن دهم هجری ایجاد شد که مقارن تأسیس رصدخانه تیکوبراهه بود. به عقیده گوستاولوبون اعراب نه تنها علم هیات را به حد کمال دارا بودند بلکه



شکل (۱-۴) ابوریحان بیرونی از پرکارترین منجمان و ریاضیدانان مسلمان سده چهارم است.

جانشینان آنان نیز به گسترش این دانش در همه سوی جهان پرداختند و مدرسه عالی و مهم هیات بغداد، از سال ۱۳۰ تا ۸۵۰ هجری بمدت هفتصدسال دایر بود. منجمان اسلامی مطابق منظومه بطلمیوسی هفت فلک بر گرد زمین فرض می نمودند که به قول ابوریحان بیرونی مانند پوست حلقه های پیاز بر گرد هم است، این هفت فلک بترتیب قمر و شمس (نیرین)، مشتری و زهره (سعدین)، زحل و مریخ (نحسین) و سپس ثوابت که روی فلک الافلاک قرار می گرفت. برخی از ایشان معتقد به سعد و نحس سیارات بودند و به هر کدام از آنها ایام هفته و رنگ ها و فلزاتی را منسوب می کردند:

شنبه : زحل، سرب، سیاه

یکشنبه : خورشید، زر، زرد

دوشنبه : ماه، نقره، سبز

سه شنبه : مریخ، آهن، سرخ

چهارشنبه : عطارد، جیوه، فیروزه

پنج شنبه : مشتری، مس، صندل

جمعه : زهره، قلع، سفید

برخی دانشمندان نیز نوعی از نجوم را که به معنای پیشگویی سرنوشت یک شخص با توجه به موضع سیارات و خورشید و ماه در لحظه تولد است و نجوم زایچه ای^{۵۲} نام داشت و برگرفته از نوعی دیگر که نجوم احکامی^{۵۳} نامیده می شد، بکار می بردند. در نجوم احکامی از حوادث سماوی برای پیشگویی آینده یک کشور در حوادث طبیعی و غیرطبیعی بهره می بردند. بمرور ایام علم نجوم با دانش رمل و اسطرلاب یا هنر ارزیابی اثر آسمانی بر زمین و انسان ارتباط برقرار کرد، آنچنانکه حتی در چند دهه پیش دانشمندی این اعتقاد را داشت که ظهور لکه های خورشیدی در حمله نابودکننده ملخها در جنوب آسیا ارتباط دارد. علمای دیگری به اثر پدیده های فضایی بر حوادث زمینی توجه داشتند و این طرز فکر منجمین تا ۱۴ قرن وجود داشت. دانشمندان اسلامی فلک نهم را به افلاک بطلمیوسی افزودند و از کارهای دیگر آنان پیشنهاد دستگاه نجومی جدید بود که توسط خواجه نصیر ارائه شد و قطب الدین شیرازی و ابن شاطر آنرا تکمیل نمودند. سپس این نوشتجات و آثار دانشمندان اسلامی از طریق اسپانیا به غرب رفت.

العقرب	Acrob
الجدی	Algedi
نسر طائر	Altair
سمت	Azimuth
النظیر - نظیرالسمت	Nadir
السمت	Zenith

شکل (۱-۶) برخی از کلماتی که از عربی وارد لاتین شده و هنوز بکار می روند.

درحالیکه اروپا دوران تاریک قرون وسطی را می گذراند، اخترشناسی در اسلام بصورت هنری درخشان درآمده بود و مسلمانان با تعمق در علوم پیشینیان و گسترش آن و سپس انتقال آن به دیگران، پلی ارتباطی و زنجیری علمی بین فرهنگ قدیم و جدید بوجود آوردند. در نیمه اول سده نهم میلادی، خوارزمی و دستیارانش که بالغ بر نود نفر می شدند، به فرمان خلیفه مامون نقشه آسمان و زمین را ترسیم کردند. آنان پس از محاسبه دریافتند که پیرامون زمین بالغ بر ۳۲۱۸۰ کیلومتر و نصف قطرش ۱۰۴۵۸ کیلومتر است. این محاسبات در هنگامی به شرق منتقل شد که اروپائیان هنوز زمین را مسطح می پنداشتند. بنابراین تنها چند قرن بعد در دوران رنسانس بود که اروپائیان پس از دست یافتن به نوشتجات دانشمندان اسلامی، به این علوم راه یافتند. در ریاضیات، با ترجمه آثار خوارزمی در قرن دوازدهم به زبان لاتینی در تولد^{۵۴} اسپانیا اروپائیان با اعداد عربی و صفر آشنا شدند. آنها به اعداد نیومرال^{۵۵} و به صفر سیفر^{۵۶} می گویند. که هر دو واژه عربی است. در زمینه نجوم نیز کتب زیادی ترجمه شد. در ۱۱۳۰م. یوهانس هیپالینس، کتاب نجومی المدخل الکبیر اثر ابومعشر بلخی^{۵۷} (۱۷۲-۲۷۲هجری) را ترجمه کرد که در آن از تاثیر کره ماه در جزر و مد دریا صحبت شده بود و کتابی از فرغانی^{۵۸} (وفات ۲۲۵هجری) به نام "جوامع علم نجوم" را جرالدم کرمونی و یوهانس هیپالینس به یونانی ترجمه نمودند و ملاپختن در ۱۵۳۷م. در نورنبرگ آنرا منتشر ساخت. در قرن یازدهم و دوازدهم، رواج اخترشناسی مسلمین در

اسپانیا موفقیت های چشمگیری داشت و سپس این علم از اسپانیا به اروپا رفت و نیز در این زمان بود که کتاب مجسطی بطلمیوس تحت عنوان المجسطی^{۵۹} ترجمه شد. رساله زرکلی (۴۲۰-۵۴۸۰ه.ق.) که در اسپانیا به ساخت ابزار نجومی شهرت داشت، توسط دانشمندان اهل مثن پیه به لاتین ترجمه شد و آلفوسوکاستیل پادشاه اسپانیا دستور داد تا آنرا به اسپانیولی برگردانند. همچنین زیجهای سمرقند که در ۸۴۰ برای الغ بیک تهیه شده بود، در ۱۶۵۰ میلادی توسط ج.گریوز در لندن بفارسی و لاتینی به چاپ رسید و سدیو مقدمه آن را در ۱۸۴۶ در پاریس به فرانسوی برگرداند. این انتقال علوم، از جمله علم نجوم طی هفت قرن از ایران به اروپا انجام شد. قانون مسعودی و تاریخ الهند بیرونی که وقایع و ستاره شناسی و طالع بینی را در خود دارد، در ۱۸۸۸م. توسط زاخائو^{۶۰} به انگلیسی ترجمه شد. مجریطی (۳۳۸-۳۹۸هجری) که اخترشناس عرب اندلسی بود، در زیج خوارزمی تجدید نظرهایی نمود و این زیج در سال ۱۱۲۶م. بوسیله ادلارد به لاتینی ترجمه شد. زیجهای بسیاری نیز به زبان لاتینی توسط جرارد کرمنائی وارد شد و زرقالی زیجهائی موسوم به تولدوئی را از خود به یادگار گذاشت که مجموعه ای از رصدهای ستاره شناسان مسلمان و یهودی بودند. ریموند از اهالی ماری (شکوفه ۱۱۴۰) قوانینی از زرقالی استخراج کرد که کوپرنیک آن را باز گفته است. دانشمند مسلمان دیگر بطروجی مرگ ۱۲۰۴ کتاب الهیئه را نگاشت و این کتاب در ۱۲۱۷ بوسیله مایکل اسکات^{۶۱} به لاتینی و به سال ۱۲۵۹ به عبری ترجمه گردید.

۸-۰ ستاره شناسی بعد از قرون وسطی (قرن ۱۶):

از قرون وسطی به بعد، ستاره شناسان ایده متفاوتی از منظومه شمسی و جهان پیدا کردند و بطور کلی ستاره شناسی از طالع بینی جدا شد و علم جداگانه ای بحساب آمد. تا این زمان تنها نوشته های ارسطو و بطلمیوس و ترجمه های مسلمان قابل پذیرش بودند. در سال ۱۶۱۶م. ستاره شناسی لهستانی به نام نیکلا کپرنیک^{۶۲} (۱۴۷۳-۱۵۴۳م) با مطالعات و رصدهای بیشتری که از سیارات انجام داد، ایدهء زمین مرکزی را مردود شمرده و ایده خورشید مرکزی را عنوان نمود. این کشتی ش لهستانی جداول پروتینیک^{۶۳} را بر اساس خورشید مرکزی و نیز جداول آلفونسین^{۶۴} را مطابق با سیستم بطلمیوسی تدوین نمود و عقاید و نظریات خورشید مرکزی خود را در کتابش با نام "گردش افلاک آسمانی"^{۶۵} (حرکت



اجرام سماوی) که در سال مرگش انتشار یافت، ذکر نمود. این دید از جهان هستی که کپرنیک آن را با استفاده از مفهوم حرکت نسبی، تحت عنوان نظریهء خورشید مرکزی ارائه کرد، نقطهء عطفی در تاریخ علم بشر

شکل (۱-۳۰) سه دانشمند زمی‌نه ساز برای ستاره شناسی نوی‌ن. از راست کپرنیک، کپلر، براهه. نیکلا کپرنیک تحول عظیمی در نجوم بوجود آورد. یوهان کپلر سه قانون خود را برای سیارات منظومه شمسی ارائه داد. تیکو براهه منجم دانمارکی

محسوب می شود. در این مدل از جهان، سیارات عطارد، زهره، زمین، مریخ، مشتری و زحل بر روی مدارات دایره ای، برتیب بدور خورشید می چرخند. این مدل که تحت عنوان مدل کپرنیکی جهان شناخته می شود، در آن زمان که کپلر آنرا با تردیدهای بیان نمود، از نظر کلیسا خلاف قوانین الهی بشمار می رفت و دارندگان عقیده کپرنیکی در آتش سوزانده می شدند. بعد از کپرنیک، ستاره شناسی دانمارکی با نام تیکوبراهه^{۶۶} (۱۵۴۶-۱۶۰۱م) که از جداول کپرنیک بهره می برد، اشتباهاتی را در جداول کپرنیک یافت. وی این اشتباهات را در ۲۴ آگوست ۱۵۶۳ که مشتری و زحل در کنار همدیگر قرار می گرفتند، یافت. بنابراین تیکو مدل کپرنیکی را نقد نمود و اگرچه نظریه خورشید مرکزی را رد کرد، ولی سیستم مشابهی را عنوان نمود که در آن، سیارات به دور خورشید می چرخند و خورشید نیز با سیاراتش و ماه بدور زمین می گردند. بهرحال این سیستم از لحاظ ریاضی همان سیستم کپرنیک بود. فردریک دوم، پادشاه دانمارک جزیره هون^{۶۷} را در اختیار تیکو گذاشت و او در آنجا رصدخانه اوزانین برگ را بنا نمود و موقعیت بسیاری از ستارگان را ثبت کرد. همچنین تیکو در ۱۵۷۲م. که ستاره جدیدی در آسمان پیدا شد و درخششی به اندازه زهره پیدا کرد، با اندازه گیری درخشش و موقعیت آن دریافت که این ستاره دارای اختلاف منظری نیست و آنرا در مقاله ای در ۱۵۷۳ تحت عنوان "ستاره جدید"^{۶۸} منتشر کرد که به نواختن تیکو شناخته می شود.

دستیار آلمانی تیکو، یوهان کپلر^{۶۹} (۱۵۷۱-۱۶۳۰م) که به همراه تیکو جداول رودلفی^{۷۰} را مدون کرد، بعد از تیکو در سال ۱۶۰۱م. به جانشینی وی منسوب شد و مطالعات مفصلی را راجع به مریخ انجام داد. وی با مالعه روی مدارات سیارات پی برد که مدار سیارات بیضی بوده و می توان روابطی بین پارامترهای مدارهای سیارات یافت. کپلر در ۱۵۹۶م. کتابی به نام راز جهان^{۷۱} منتشر ساخت و دو قانون تجربی مهم را در حرکت سیارات منظومه شمسی بیان کرد. سپس قانون سومی را در کتاب ستاره شناسی جدید^{۷۲} که در ۱۶۰۹م. منتشر کرد، ارائه داد. این سه قانون مهم که به قوانین کپلر مشهورند، در واقع اولین قوانین ریاضی در سیارات منظومه شمسی بحساب می آیند. کپلر در ۱۶۲۸م. جداول رودلفی را به افتخار امپراتور رودلف دوم^{۷۳} منتشر ساخت و این کاری بود که وی ۲۸ سال قبل از آن بعنوان دستیار تیکو شروع کرده بود، لذا با استفاده از جداول توانست عبور عطارد و زهره از عرض خورشید را در ۱۶۳۱م. پیش بینی کند.

گالیله^{۷۴} (۱۵۶۴-۱۶۴۲م) دانشمند ایتالیایی در سال ۱۶۰۹م با طرح دوربین های عینک ساز هلندی، هنزلیپرسی^{۷۵}، اولین تلسکوپ نوری را توسط عدسی ساخت. البته وی تلسکوپ را اختراع نکرد، ولی اولین کسی بود که از میان آن به آسمان نگریت و بعنوان تلسکوپ از آن بهره برد. گالیله برای نخستین بار چهار قمر مشتری را کشف کرد. این چهار



شکل (۱-۱۰) گالیله، طرح از اوتاویو

قمر عبارت بودند از آیو^{۷۶}، اروپا^{۷۷}، گانمید^{۷۸} و کالیستو^{۷۹}. سپس کوه های سطح ماه و لکه های سطح خورشید و سطح زهره و حلقه های زحل را رصد نمود. لکه های خورشید نشان از چرخش آن می داد بعلاوه وی کشف نمود که زهره مانند ماه اهله دارد و مدارش محدود به فاصله ای از خورشید است، لذا بایستی بدور خورشید در حرکت باشد. این اکتشافات در سال ۱۶۱۰م. نظریه خورشید مرکزی را اثبات می نمود. در واقع این سال را باید سال فروپاشی نظام بطلمیوسی نامید، زیرا تا آن هنگام دلیلی علیه نظام بطلمیوسی موجود نبود. وی در سال ۱۶۳۲م. کتاب «گفتگونی درباره سیستم

های دنیای بزرگ»^{۸۰} را با آراء کپرنیک و نظریات خویش منتشر ساخت که ایده ماریو لئونی (۱۶۲۴)، موزه لوور

خورشید مرکزی را نیز عنوان نموده بود. این نظریه خورشید مرکزی که مخالفت با کلیسا بود، گالیله را در سال ۱۶۳۳م. به دادگاه تفتیش عقائد کشاند و از سوی دادگاه بازجویی شد. وی در دادگاه مرکز بودن زمین را علیرغم مخالف میل باطنی خویش ابراز نمود تا مانند جوردانوبرونو^{۸۱} (که چند سال پیش از گالیله به جرم داشتن عقیده کپرنیکی توسط دادگاه تفتیش عقائد در آتش سوخت) در آتش سوزانده نشود.

دانشمند انگلیسی، اسحاق نیوتن^{۸۲} (۱۶۴۳-۱۷۲۷م.) که در ریاضیات، نور و مکانیک کارهای زیادی انجام داده بود، مطالعات کپلر و گالیله را اساس کار خود قرار داد و با ارائه قوانین خود، در بیان مدل ریاضی منظومه شمسی کوشید. در ۱۶۸۷م. نیوتن کتاب خود را با عنوان "اصول ریاضی فلسفه طبیعی"^{۸۳} که به اختصار آن را "اصول" می نامند، منتشر کرد و نیروی جاذبه را معرفی نمود و سه قانون جهانی حرکت را در آن عنوان کرد که توسط آنها حرکت سیارات تشریح می شد و نظریات او در مکانیک و اپتیک، رهگشای منجمان بعدی بود. علاوه بر این نیوتن در سال ۱۶۶۸م. یک تلسکوپ انعکاسی ساخت که تلسکوپ های جدید امروزی از همان نوعند.



مشاهدات گالیله و کپلر و سپس محاسبات نیوتن که با کشف جاذبه بنا شده بود، روشن نمود که چگونه سیارات در مدارهایی بر گرد خورشید می چرخند و تحت جاذبه آن قرار دارند. با استفاده از این کشفیات، ادموند هالی^{۸۴} در ۱۶۸۲م. اولین محاسبات از یک مدار بیضوی یک ستاره دنباله دار را انجام داد، که بعداً به نام خودش ثبت شد و پیش بینی نمود که در ۱۷۵۸م. مجدداً باز می گردد. لوئیس بوفون^{۸۵} طبیعی دان فرانسوی که در کارهای ریاضی و نجومی دست داشت، در ۱۷۴۵م. فرضیه ای عنوان نمود که منظومه شمسی در اثر نیروی خارجی بوجود آمده است.

در سال ۱۷۸۰م. یک نوع تلسکوپ انعکاسی جدید ساخته شد که فردریک ویلیام هرشل^{۸۶} (۱۷۳۸-۱۸۲۲م.) در سال ۱۷۸۱م. یعنی سال بعد، با این تلسکوپ سیاره اورانوس را کشف کرد. وی شروع به شمارش سیستماتیک ستارگان کرد و با این

موفقیتها، وی صاحب کرسی سلطنتی ستاره شناسان شد. سپس وی توسط تلسکوپ انعکاسی بزرگ به قطر ۱/۲ متر و طول کانونی ۱۲/۲ متر دو قمر اورانوس و ششمین و هفتمین ماه زحل را کشف نمود. وی بیش از ۸۰۰ ستاره دوتائی^{۸۷} را کشف و طبقه بندی نمود و حرکتشان را تشریح کرد. یک اسپکتروسکوپ^{۸۸} نیز که برای تعیین ترکیبات شیمیائی و حرارت سطح سیارات بکار می رود، در اواسط قرن نوزدهم ساخته شد. حدود این زمان سیاره هشتم، نپتون کشف گردید و منظومه شمسی کامل شد.

۹-۰ قرن بیستم:

بعد از کشف نپتون در ۱۸۴۶م. مطابق فواصل منظم سیارات منظومه شمسی، ستاره شناسی به نام پرسپیوال لوول^{۸۹} ۲۲۰۰ متر آنطرف تر از نپتون، برای سیاره مجهول دیگری آسمان را جستجو کرد. وی در ۱۹۱۶م. بدون اینکه کسی از کارش اطلاع یابد، فوت کرد. در سال ۱۹۳۰م یک ستاره شناس در رصدخانه لوول این شیء را کشف کرد و نام آنرا پلوتو^{۹۰} گذاشت. پلوتو طی قرن بیستم نهمین سیاره منظومه شمسی محسوب می شد و در سال ۲۰۰۶م. از رده سیارات

منظومه خارج شد و منظومه هشت سیاره ای باقی ماند. علاوه بر سیارات، کره ماه و زمین، دو قمر مریخ، ۶ قمر مشتری، حدود ۲۰ قمر زحل، ۱۵ قمر اورانوس و ۸ قمر نپتون و تنها قمر پلوتو کشف شد. بعلاوه بیش از ۱۶۰۰ سیارک^{۹۱} و چند صد دنباله دار^{۹۲} کشف گردیدند. در ۱۹۹۷م. یک مجموعه جدید از شبه-دنباله دارها^{۹۳} کشف گردیدند که حول خورشید گردش می کنند و در آنسوی مدار نپتون در خارج از منظومه شمسی واقعند.

کشفیات اساسی زیادی طی قرن بیستم حاصل شد. در ابتدای قرن بیستم با مطرح شدن نسبیت خاص و سپس نسبیت عام توسط آلبرت اینشتین^{۹۴} (۱۸۷۹-۱۹۵۵م.) در فیزیک و متعاقب آن در نجوم، این علم دچار تحول عظیمی شد. اگر تا پیش از اینشتین جهان اقلیدسی بود و یک متر همه جا یک متر محسوب می شد، اکنون با طرح نسبیت جهان اقلیسی با جهانی مملو از کمیت هائی چون سرعت و زمان و همسنگی ماده و انرژی جای خود را عوض می نمود. دیگر جریان زمان و طی مسافتات یکنواخت نیست و خطوط مستقیم همیشه مستقیم نمی مانند و بالاخره اینکه زمان بعدی از فضاست و این قوانین در فضای بیکران آسمان کاملاً مصداق دارد. تحول نظریات اینشتین در نجوم دید تازه ای به آن بخشید و خیلی از اعمال کیهانی تشریح شدند. طی قرن بیستم، کهکشان ما و اجرام آسمانی و فرایند تولد تا مرگ ستارگان، تشریح شد، که این را مدیون اشعه X و رادیوتلسکوپ ها هستیم و بدین ترتیب کهکشان ها^{۹۵} و خوشه های کهکشانی^{۹۶} کشف شدند. هنری رولند^{۹۷} (۱۸۴۸-۱۹۰۱) ۲۰ هزارخط در طیف خورشید یافت. ژرژ هال^{۹۸} (۱۸۶۸-۱۹۳۸) وجود یک میدان مغناطیسی قوی اطراف لکه های خورشید را ثابت کرد. هنریت لوویت^{۹۹} (۱۸۶۸-۱۹۲۱) ارتباط بین روشنائی متغیرهای قیفاووسی^{۱۰۰} و رفتار تناوبی آنها را یافت. همچنانکه مسافرت فضانوردان به فضا، نشاندهنده تلاش بشر برای شناخت ناشناخته های فضاست، فلذا این مهم در نیمه قرن بیستم با ارسال سفینه های سرنشین دار و سپس بدون سرنشین انجام شد. از طرف دیگر، گسترش آلات رصدی نیز جزئیات زیادی از آسمان را آشکار کرد. رفلکتور ۶۰ اینچی مونت - ویلسون که در ۱۹۰۸م. تکمیل شد و رفلکتور ۱۰۰ اینچی در همان رصدخانه در ۱۹۱۷م. و ۲۰۰ اینچی مونت پالومار در ۱۹۴۸م. اکتشافات زیادی را در مورد اجسام دوردست کسب نمودند. ادوین هابل^{۱۰۱} (۱۹۵۳-۱۸۸۹م) که از ۱۹۱۹م. به بعد در رصدخانه مونت ویلسون تحقیق می کرد، نشان داد که بسیاری از نقاط نورانی آسمان، کهکشان های عظیمی از ستارگان هستند، وی کهکشان های مختلف را طبقه بندی نمود. در سال ۱۹۲۰م هابل کشف نمود که کهکشان های دوردست با دور شدن از ما، به رنگ قرمز تغییر رنگ می دهند، در واقع انتقال قرمزی که متناسب با فاصله هر کهکشان از ماست و این انتقال به قرمز بمنزله تغییر در خطوط طیفی و افزایش طول موج است. این کشف دقیقاً اثر پیش بینی شده توسط مدل های اینشتین - فریدمن بود. هابل فاصله آندرومدا را تعیین نمود و بدین وسیله برای اولین بار راهی به مختصات اجرام خارج از راه شیری گشود. در سالهای اخیر آلات نجومی مانند گیرنده های اشعه X و زیرقرمز و فنون بسیاری نظیر فن عکسبرداری به شناخت کیهان کمک نمود. تشعشع حاصل از انفجار بزرگ^{۱۰۲} سه درجه کلوین محاسبه و تجربه شد. تلسکوپ فضایی هابل که در ۱۹۹۰م. توسط شاتل دیسکاور^{۱۰۳} به ایستگاهی در مدار زمین منتقل شد، امکان جستجوی بیشتری در آسمان را فراهم نمود که از سطح زمین قابل بررسی نیستند. با این تلسکوپ مطالعات زیادی درباره کهکشانها، کوازارها^{۱۰۴}، اخترها^{۱۰۵} و سوپرنواها^{۱۰۶} انجام گرفت. گسترش ستاره شناسی رادیویی نیز بسیاری از مرزها را شکافت. مطالعاتی که توسط کارل گوته جانسکی^{۱۰۷} (۱۹۰۵-۱۹۵۰م) انجام گرفت نشان داد که منشاء بسیاری از امواج رادیویی،