

نگاهی به گردش افلاک در طول تاریخ

آشنایی با روشهای علمی و تجربی مردان بزرگ علم در طی قرون، و چگونگی استدلال نمودن ایشان و همچنین روند پیشرفت علوم گوناگونی مانند ریاضیات، نجوم، فیزیک و... نه تنها روند قانونمند و منطقی آن را در برابر چشمان ما می‌گشاید بلکه شکوه‌مندی بنای عظیمی به نام علم را هرچه بیشتر درک خواهیم نمود. یکی از تبعات آن برای خودمان، آمادگی برای تفکر درست و قانونمند در عرصه‌های گوناگون می‌باشد.

دکتر پرویز شهریاری در کتاب "جمشید کاشانی ریاضی دان ایرانی" پس از ذکر نکات مهمی در باره اهمیت تاریخ ریاضیات و به طور کلی، تاریخ علم می‌نویسد: "تاریخ گذشته ریاضیات (و علم) ما را قانع می‌کند که، کشف‌های ریاضی (و علمی) تصادفی و جدا از هم و محصول نبوغ فرد یا ملت برگزیده‌ای نبوده است و نشان می‌دهد که این پیشرفت قانونمند است و به همین مناسبت، بررسی و مطالعه آن، راه امروز و فردای ما را روشن می‌کند." با مراجعه به این کتاب اهمیت رجوع به تاریخ علم روشنتر می‌شود.

در این میان پرداختن به تاریخ علم نجوم، لطفی دیگر دارد. بسیار جالب است که بخواهیم سرچشمه کشف‌های مهم را بدانیم هرچند مدل‌های باستانی در نظر امروزی ما نادرست و شاید مضحک به نظر برسند، ولی با نگاهی عمیق‌تر و موشکافانه‌تر عظمت فکر انسانی و تاریخ تکامل آن ما را به تامل وا می‌دارد.

و سرانجام به لذتی خواهیم رسید که از مشاهده جهان هستی در پرتو این اندیشه‌های نو به انسانی اندیشمند دست می‌دهد.

در این مقاله سعی داریم به آرای بی‌پروا، که در طول قرن‌ها برای توجیه و پیش بینی حرکات آسمانی ارائه شده است. در آن روزگار، همچون روزگار ما همه ی این دگرگونی‌ها و بی نظمی‌ها به توضیحی مناسب احتیاج داشت. یونانیان در شمار نخستین اقوامی بودند که به جستجوی توضیحی منطقی و روشن برای پدیده‌های طبیعی برآمدند.

آراء یونانیان:

آناکسیمندروس *Anaximander*

او در ۶۱۰ پیش از میلاد به دنیا آمد. تعیین اوقات اعتدال شب و روز و نیز تشخیص میل دایره البروج را به وی نسبت داده اند. او به وجود جهان‌هایی به تعداد بی نهایت معتقد بود و آنها را حاصل تقسیم عالم بی نهایت می دانست که روزی دوباره جذب یکدیگر می شوند. وی توضیح داد که ماده تشکیل دهنده زمین و اطرافش تقسیم شده و حرکی دورانی یافته است، در نتیجه مواد سنگینتر به مرکز افتاده و زمین را تشکیل داده اند و آتش و هوا در کناره ها مانده و تبدیل به اجرام آسمانی شده اند.

آناکسیمنس *Anaximenes*

وی شاگرد آناکسیمندر بود و جهان بینی او تقریباً به سان استادش است. او زمین را بشقایی شکل می دانست و می پنداشت که کل جهان مادی از از تراکم توده گرانی از هوا پدید آمده است. زمین در هوا شناور بود و خورشید و ماه قرص هایی از آتش بودند که گرد زمین می چرخیدند.

افلاطون Plato

فیلسوف یونانی قرن چهارم پیش از میلاد، مساله‌ای برای توضیح حرکت‌های آسمانی وضع کرد. او می‌گفت: ستارگان نمایندهٔ موجودات تغییرناپذیر و جاودانه هستند با سرعت یکنواخت و در کاملترین و منظمترین مسیرها در آسمان، به دورزمین می‌گردند. توجیه افلاطون مبنی بر اینکه تمامی ستارگان و سیارات باید در مسیرهایی دایره وار (چون دایره کاملترین شکل است) به دور زمین بچرخد، به مدت ۲ هزار سال مهمترین مساله در نجوم باقی ماند. افلاطون در بیان توصیفات علمی خود از تصاویری رویایی و فوق العاده استفاده می کرد. مثل موقعی که نوشت: حرکات سماوی به این علت روی می دهد که اجرام آسمانی به حلقه هایی متصلند که بر لب هر کدامشان یک پری نشسته است و همه آنها گرد مرکز عالم می چرخند در حالیکه خود محور را تقدیرها (سه الهه کاتوس، آتروپوس و لاکسیس) در حرکت نگه می دارند.

ادوکسوس کنیدوسی Eudoxos of Cnidos

او برای مدت کوتاهی شاگرد افلاطون بود. امروزه ادوکسوس بیشتر با نظریه افلاک متحدالمرکز شناخته می شود. این نظریه توضیحی بر حرکت مشهود خورشید و ماه و سیارات بود با استفاده از کراتی که همه متحدالمرکز بودند. طرح او استفاده از کرات متحدالمرکزی بود که با سرعت های مختلف و گرد محورهای مختلف می چرخیدند.

ارسطو Aristotle

عالم ارسطو کره ای بود که زمین در مرکزش ثابت بود. ارسطو زمین را ثابت در نظر گرفت زیرا معتقد بود اگر زمین متحرک باشد باید پدیده خاصی مانند وزش باد یا عدم یکنواختی در آن رخ دهد. ستارگان و اجرام فلکی در مسیری دایره وار در حرکتند. این مسیر دایروی بر کره ای شفاف و بلورین قرار داشت که در چرخش بود. اما حرکت آنها از کجاست؟ ارسطو معتقد بود، که خارجی ترین فلک (فلک ثوابت) محرک اول است. افلاک وی غیرقابل تغییر و بدون دگرگونی بود چرا که از عنصر پنجمی ساخته شده بودند که در فلک زیر ماه که زمین در مرکزش بود، وجود نداشت.

راه حلی که یونانیان برای توضیح این پدیده‌ها مطرح می‌نمودند، کاملاً مبتنی بر مشاهده‌ای بود که از آسمان داشتند. ایشان می‌دیدند که ستارگان گویی بر سطح درونی کره‌ای چسبیده‌اند و این کره به دور زمین می‌گردد. از طرف دیگر حرکت خاصه ی خورشید را به همین گونه توصیف می‌کردند.

آنان فرض نمودند که زمین در مرکز کره بلورین (شفاف) بزرگی قرار دارد که این کره در ۲۴ ساعت یک دور به دور زمین می‌چرخد. درون این کره، کره دیگری قرار دارد که به کره اول متصل است. این کره فلک حامل خورشید است که محورش حدود ۲۳,۵ درجه با محور چرخش کره بزرگ زاویه دارد. با چرخش کره آسمان، فلک حامل خورشید نیز می‌چرخد و در همین حین فلک حامل خورشید به دور محور خود در یک سال در حال دوران است.

پیش از فلک حامل خورشید، افلاک حامل ماه و زهره و عطارد قرار دارند، که به زمین نزدیک ترند و خارج فلک خورشید، افلاک حامل مریخ، مشتری و زحل قرار گرفته‌اند که همگی به کره آسمان (فلک الافلاک) متصل اند. یونانیان سعی می‌کردند که با انتخاب اندازه مناسب برای فلک‌ها و سرعت و جهت آنها، مدل را با مشاهده سازگار نمایند.

فیلسوفی به نام فیثاغورث و شاگردش فیلولائوس نامتظرترین نظر را پیرامون عالم ارائه دادند و آن این بود که زمین خود نیز یک سیاره است و مانند سایر سیارات دیگر مدار دارد. ریشه این نظر در مورد زمین و حرکت آن در اهمیت عدد ده (تتراکتوس) نهفته بود. با قرار دادن یک آتش کانونی به جای زمین در مرکز عالم و قرار دادن همه چیزهای دیگر در مدار، آرایش عالم تعیین می‌شود. آتص کانونی ثابت بود و زمین و ماه و خورشید و پنج سیاره و نیز فلک سیر ستارگان به گرد آن می‌چرخیدند. با این حساب نه جسم متحرک خواهیم داشت! فیلولائوس برای حل این مشکل یک اتیخون یا ضد زمین مطرح کرد که با سرعتی برابر سرعت زمین به گرد آتش کانونی می‌گردد. ازینرو ضدزمین همواره بین زمین و آتش کانونی (که نورش را خورشید منعکس می‌کند) قرار می‌گرفت. بنابراین دیدن آتش کانونی هرگز میسر نیست.

نجوم اسکندریه:

اسکندریه شهری مدیترانه‌ای در ساحل مصر بود. اسکندر این شهر را بدین نیت بر پا داشت که کانونی باشد برای همه دانش‌ها و دانشمندان هراکلیدس، اراتستس، آریستارخوس و بطليموس همگی از بزرگان نجوم اسکندرانی به شمار می‌روند.

هراکلیدس Heraclitus

معتقد بود که برخی سیارات مانند زهره و مریخ به‌گرد خورشید در حرکت اند و خورشید به روی مداری به دور زمین در گردش می‌باشند. وی می‌گفت: اگر به جای اینکه تصور کنیم تمام دنیا به دور زمین می‌گردد، بینداریم که زمین دور محور خود می‌چرخد، بر بسیاری از مسائل چیره شده‌ایم. او علاوه بر پافشاری به نظریه گردش محوری زمین، با توجه به دقت‌های فراوان در نحوه حرکت سیارات در آسمان پی برده بود که حرکت دو سیاره زهره و عطارد فقط با گردش به دور خورشید قابل توجیه و تبیین است؛ از این رو با صراحت بیان کرد که این دو سیاره نه تنها به دور زمین نمی‌گردند بلکه به‌طور کاملاً واضح به دور خورشید در گردش‌اند. او در این مرحله از وظیفه خود در قبال علم، دو گام بسیار اساسی و والا برداشت (حرکت محوری زمین و گردش زهره و عطارد به دور خورشید)، با این که به خاطر عوامل گوناگونی، تثبیت و مقبولیت نظریه مرکزیت خورشید بر سیارات هفتگانه (عطارد، زهره، زمین، ماه، مریخ، مشتری، زحل) صدها سال به تأخیر افتاد.

آپولونیوس Apolonius

وی یکی از ریاضیدانان مکتب اسکندرانی بود که با معرفی فلک تدویر، فلک خارج از مرکز و فلک حامل نقش مهمی در تعریف و توصیف حرکات سیارات ایفا نمود.

اراتستنس

نخستین کسی بود که در تاریخ علم دست به اندازه‌گیری قطر کره زمین زد. وی قطر کره زمین را به وسیله تفاوت ارتفاع خورشید در دو شهر، در زمانی واحد بدست آورد.

آریستارخوس

وی که احتمالاً تحت تاثیر هراکلیدس بوده است، مدل ونظریات جالبی اظهار داشته است:

آریستارخوس نظریه چرخش روزانه زمین به گرد محورش را پذیرفت و خورشید را در مرکز عالم ثابت قرار داد. نظریه آریستارخوس نه نظریه‌ای ریاضی بوده، و نه نظریه‌ای منطبق با واقعیت مداری منظومه شمسی؛ بلکه صرفاً براساس مشاهدات و رصدهای پیوسته، به طور بیانی و گفتاری ساده می‌گفت که زمین و سیارات دیگر در مدارهای دایره‌ای مختص به سیارات (Tropic of copricorn) به دور خورشید می‌گردند و این نوع فرض برای حرکت اجرام آسمانی صحیح به نظر می‌رسد. به همین جهت، نظریه آریستارخوس، چیزی بیش از آنچه کوپرنیک مطرح کرده بود، نبوده است. و بلکه شاید به خاطر فرض گرفتن این مسئله، اندکی کم اعتبارتر از نظر کوپرنیک بوده باشد.

مشکل زمین متحرک

تنها مشکل اساسی که متوجه نظریه زمین متحرک بوده و هست، مسئله اختلاف منظر (parallax) است. برای توضیح اختلاف منظر، به بیان ساده‌ای از هلزی هال بسنده می‌کنیم:

ایراد علمی جدی بر نظر آریستارخوس این بود که اگر زمین حرکت می‌کند، پس جای ستارگان هم باید به نسبت یکدیگر تغییر کند، مانند چیزهای ثابتی که از درون کشتی در حال حرکت دیده می‌شوند. اما وقتی کشتی از آن چیزها بسیار دور باشد، حرکت کشتی در مقایسه با فاصله آن اجسام از کشتی، ناچیز است و بنابراین تغییر وضع‌های نسبی از دیده پنهان می‌ماند. پاسخ درست این ایراد این است که فاصله‌های اخترهای ثابت باید آنقدر زیاد باشد که در مقام مقایسه، قطر مدار زمین ناچیز بنماید. و به قول ارشمیدس، این نکته را نیز آریستارخوس بیان کرده بود. همان گونه که از منابع و شواهد تاریخی پیدا است، خود آریستارخوس به طور کاملاً علمی و تحقیقی، به حمایت و اثبات نظریه حرکت زمین و مرکزیت خورشید، پرداخته بود. و بسیاری از حقایق مربوط به آسمان پر ستاره را فهمیده بود.

نظریهٔ خورشید مرکزی آریستارخوس علت بعضی پدیده‌ها را که توسط یونانیان قابل توجیه نبود، را به خوبی توضیح میداد. مثلاً حرکت رجعی سیارات و اینکه چرا در حین حرکت رجعی پرنورتر می‌شوند. ولی با این همه، این نظر برای فلاسفهٔ آن زمان قابل پذیرش نبود. اولاً اینکه تصور حرکت زمین با اندیشه‌های فلسفی که زمین با اجرام فلکی تفاوت دارد و جای طبیعی آن باید در مرکز جهان باشد، مبنایت داشت. دوماً فلاسفه دلایل قانع‌کننده خود را داشتند: ایشان عنوان می‌کردند که اگر زمین به دور خورشید در حال حرکت باشد باید حرکات منظره‌ای برای ستارگان رویت شود.

اختلاف منظر زمانی پیش می‌آید که ناظر مکان خود را نسبت به جسمی که به آن نگاه می‌کند در جهت عمود بر خط و اصل خود و جسم تغییر دهد.

ابرخس نیقی Hipparchos of Nicaea

گرچه هرگز به اسکندریه پا نگذاشت اما کارش مهمترین تاثیر را بر مکتب اسکندریه داشت. او را گاه بزرگترین راصد عهد باستان می‌دانند که بطلمیوس از اندازه‌ها و داده‌های او بسیار استفاده می‌کند.

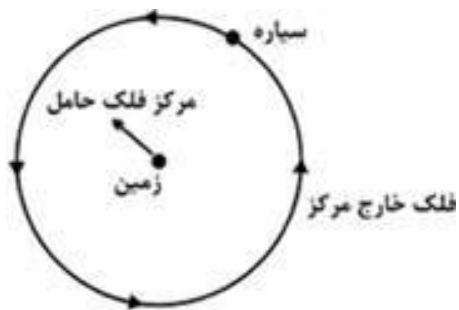
بطلمیوس Ptolemy

ابرخس بهترین راصد یونان بود و دستاوردهای او سه قرن بعد در به همت بطلمیوس در تالیف کبیر (المجسطی) به نقد و چالش کشیده شد. المجسطی بطلمیوس بی شک قله افتخارات و اوج اخترشناسی یونان است.

بطلمیوس و المجسطی:

بطلمیوس منجم بزرگ اسکندرانی در ۱۵۰ میلادی کتاب المجسطی را به رشتهٔ تحریر در آورد. او در این کتاب به دنبال منظومه ایست که قادر به پیشگویی دقیق مواضع هر سیاره باشد. نوع منظومه و فیزیک حرکت‌ها، در مدل او، مبنی بر فرضیه‌های ارسطو بود. در واقع علت اصلی این نکته که بطلمیوس نظریهٔ زمین مرکزی را پذیرفت نه خورشید مرکزی را همین بود که با عوامل حرکت یعنی دینامیک ارسطویی بر اساس حرکت طبیعی سازگار بود. وی برای هرچه دقیق‌تر ساختن تئوری زمین مرکزی سه طرح مهم دارد و با فلک خارج مرکز، فلک تدویر، فلک معدل المسیر وی سعی نمود با استفاده از این سه شگرد، نه تنها حرکات ناپیکنواخت خورشید و سیارات و ماه را تعیین کند بلکه پدیده‌هایی مانند حرکت رجعی سیارات را نیز توضیح دهد.

فلک خارج از مرکز:

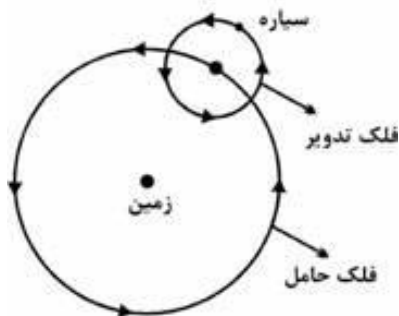


سیاره بر روی فلک حامل خود قرار دارد، و فلک حامل به دور مرکزش می‌چرخد و سیاره را با خود بر می‌گرداند. ولی مرکز این فلک در مرکز زمین نیست بلکه از زمین فاصله دارد.

فلک تدویر:

فلکی است که مرکز آن، بر روی محیط فلک حامل قرار دارد و سیاره روی محیط فلک تدویر نصب شده و در حین گردش فلک تدویر، همراه فلک حامل به دور زمین بر می‌گردد.

نکته جالبی که دربارهٔ فلک تدویر سیارات خارجی ایجاد کرد آن بود که دورهٔ گردش فلک‌های تدویر سیارات بیرونی



همگی یکسال بود. در واقع چون بطلمیوس نمی‌خواست زمین را با دورهٔ تناوب یکسال به دور خورشید در نظر بگیرد، مجبور بود فلک تدویر سیارات را با دورهٔ تناوب یکسان در نظر بگیرد تا حرکات رجعی سیارات خارجی را توضیح دهد.

و حرکات رجعی سیارات یکسان نبود. مریخ حرکات رجعی متفاوتی در هر بار، نشان میداد: گاهی حلقوی، گاهی زیگ زاگ... پس بطلمیوس ترفندی دیگر زد: فلک معدل المسیر.

فلک معدل المسیر:

بطلمیوس برای توضیح بعضی حرکات غیر یکنواخت ظاهری فرض کرد که سیاره به دور زمین با سرعتی غیر یکنواخت در حال چرخش است. در این مدل سرعت سیاره یکنواخت است منتها از نگاه نقطه ای که منطبق بر زمین نیست بلکه کمی از آن فاصله دارد .

با ورود فلک معدل المسیر به بعضی از قسمت‌های مدل بطلمیوس، پیچیدگی کار را ناخوشایند نمود و شاید یکی از دلایلی که منجمین پس از بطلمیوس شروع به نقد وی کردند، همین فلک معدل المسیر بود. البته نقد اصلی ابن هیثم بر فلک معدل المسیر دربارهٔ تناقضی بود که فلک معدل المسیر با اصل یکنواخت بودن حرکت داشت.

زمین در مرکز کائنات بود و هشت فلک آنرا در بر گرفته بودند و بر هر فلک ماه و خورشید و ستارگان و پنج سیاره ای که تا به آن روزگار شناخته شده بود یعنی عطارد ، زهره ، مریخ ، مشتری و زحل قرار داشتند . سیارات بر فلک مربوطه خود ، دوایر کوچک تری را می پیمودند تا مسیر های نسبتاً پیچیده رصد شده شان را توجیه نمایند . فلک بیرونی ثوابت را حمل می کرد و موقعیت آنها نسبت به یکدیگر هیچگاه تغییر نمی نمود ، اما همه با هم در آسمان به گرد زمین می چرخیدند . هرگز معلوم نشد که فراتر از فلک ثوابت چه چیز قرار داشت . مدل بطلمیوس برای پیش بینی موقعیت اجرام سماوی انصافاً دستگاه دقیقی بود . اما برای آنکه بطلمیوس پیش بینی هایش درست از آب در آید ، می بایست فرض می کرد که مسیر ماه گاه تا دو برابر سایر مواقع ، به زمین نزدیک می گردد و این بدان معنا بود که ماه می بایست گاه دو برابر دیگر اوقات در آسمان به نظر برسد ! بطلمیوس از این نقص آگاهی داشت ، اما با این همه مدل او عموماً ، هرچند نه کاملاً ، پذیرفته شد . کلیسای مسیحی این دستگاه را به عنوان تصویری از جهان که با کتاب مقدس همخوانی داشت ، برگزید چراکه در ورای گردون ثوابت به اندازه کافی جا برای بهشت و جهنم باقی می ماند .

کتاب المجسطی و استدلال‌ها و محاسباتی که در آن بود، باعث شد که مدل بطلمیوس به الگویی مناسب برای پیش بینی موقعیت اجرام سماوی با دقت مطلوبی تبدیل شود. مدل سیاره‌ای بطلمیوس قریب ۱۰۰۰ سال مورد استفاده بود. چرا این مدت طولانی مدل بطلمیوس باقی ماند؟ از دلایلی که می‌توان به آنها اشاره کرد:

۱. دقت کافی مدل برای پیش بینی موضع اجرام سماوی (حدود ۲ درجه)
۲. با فلسفه ارسطویی، انطباق نسبی داشت. (البته تجاوزهایش از کیهانشناسی ارسطویی بعداً باعث اعتراض بعضی فلاسفه مثل ابن باجه شد).
۳. و همچنین با اعتقادات مسیحی زمان سازگار بود و هر مدل دیگری به معنای اختلاف با اعتقادات مسیحی به شمار می‌رفت.

مخالفتان نظریه زمین‌مرکزی در میان دانشمندان اسلامی

علی‌رغم نظریاتی از این دست که در میان باستانی‌ها در مقام مخالفت با سیستم زمین‌مرکزی مطرح شده است، اما آنچه در میان مسلمانان شکل گرفته است بسی متفاوت از نظرات پیشین است. نکته اساسی در مورد تفاوت مزبور، دقت و ظرافت بسیار زیاد در نگرش‌های دانشمندان اسلامی است؛ نگرش‌هایی نظیر دایره نبودن مدار حرکتی سیارات، ترسیم نحوه طبیعی و حقیقی حرکات رجعی، و بسیاری از موضوعات و مسایل نوین.

برای ترسیم این مسئله، مناسب است به طور اجمالی، شکل‌گیری مخالفت‌ها و نوآوری‌های دانشمندان اسلامی در مقابل نظریه زمین‌مرکزی را (از لحاظ تاریخی) بررسی کنیم:

۱. نظریه ابو سعید سجزی

از میان ستاره‌شناسان مسلمان نیز نام ابوسعید سجزی (احمد بن محمد بن عبد الجلیل سجزی، از ستاره‌شناسان چیره‌دست اسلامی در اواخر قرن ۴ و اوایل قرن ۵ ق "۴۱۴ ق") چنان پرتلاو می‌درخشد که کمتر کسی در تاریخ علوم دوره اسلامی به منزلت و مقام علمی او می‌رسد؛ چرا که علاوه بر فائل شدن به حرکت زمین و مخالفت با گردش افلاک به دور آن، اسطرلابی طراحی کرده و اختراع نمود، که عملاً کارکرد و چگونگی سیستم چرخش سیاره‌ای زمین (Planetary rotation of Earth) را نشان می‌داد. او این اسطرلاب را که به نام "اسطرلاب زورقی" معروف است، به گونه‌ای ساده و زیبا ساخته بود که دقیقاً براساس حرکت محوری زمین کار می‌کرد؛ علاوه بر این، از پیچیدگی اسطرلاب‌های دیگر که براساس زمین‌مرکزی ساخته می‌شدند، خالی بود؛ زیرا سایر اسطرلاب‌ها شامل اجزای پیچیده زیادی بودند (مرکب از شمالی، جنوبی، و...) در حالی که این اختراع بسیط و غیرمرکب از آن اجزا بود. ابوریحان بیرونی معاصر وی، درباره اختراع بی‌نظیرش چنین می‌نویسد:

حقیقتاً برای ابوسعید سجزی اسطرلابی از نوع بسیط و غیر مرکب از شمالی و جنوبی دیدم که آن را زورقی نامیده بود، و او را به خاطر این اختراعش بسیار تحسین کردم، اختراعی که براساس اصل مستقل و قائم به خودش استوار گشته و ساخته شده بود، همان اصلی که (چنان که برخی از مردم معتقدند) می‌گوید :

حرکت کلی مرتب شرقی (از جانب غرب به شرق) همانا به زمین تعلق دارد نه فلک و آسمان. و به جانم قسم که این مسئله شبیه بسیار سخت و غیر قابل حلی بود (که شاید با ساخته شدن این اسطرلاب، مسئله حل شود) و چیزی از رد آن برای مهندسان و دانشمندان دانش نجوم حاصل نمی‌آید. زورقی به معنی بیضوی (Elliptic) می‌باشد، و اساس اندیشه سجزی در ساختن این اسطرلاب بر پایه علمی کشف شده به وسیله خودش بود که قایل به منظومه شمسی با مدارهایی بیضوی برای سیارات آن بود. به هر حال، از این نوع تحسین و استقبالی که ابوریحان از سجزی و اختراعش کرده است روشن می‌شود که خود او نیز قائل به حرکت زمین و عدم مرکزیت آن بوده است. و همچنین، از عبارت اخیر، که نوشته است: "چیزی از رد آن برای مهندسان و دانشمندان دانش نجوم حاصل نمی‌آید". چنین بر می‌آید که خود ابوریحان نیز به بطلان زمین مرکزی و صحیح بودن نظریه حرکت زمین و خورشید مرکزی، معتقد بود، که به زودی آن را بررسی می‌کنیم.

البته احتمال می‌رود که منظور بیرونی از این عبارت، این نکته باشد که فرض سکون یا حرکت زمین، در نحوه محاسبات نجومی فرقی اساسی ایجاد نمی‌کند. همان گونه که عده‌ای از منجمان بر این باورند.

۲. نظریه ابوریحان بیرونی

با توجه به این توضیحات مشخص می‌شود که خود بیرونی نیز از جمله منتقدان و مخالفان سیستم زمین مرکزی بوده است. بنا به نوشته ویل دورانت :

ابوریحان بیرونی در کروی بودن زمین تردید نداشت؛ معتقد بود که اشیا به طرف مرکز زمین جذب می‌شوند. گفته بود که داده‌های نجومی را، مطابق این فرض که زمین هر روز یک بار به دور محور خود و هر سال یک بار به دور خورشید می‌گردد، به همان سهولت می‌توان توضیح داد که اگر عکس آن را فرض کنیم. دانشمند جلیل‌القدر، عبدالله نعمه، در کتاب فلاسفه شیعه، در مورد نظریه ابوریحان بیرونی درباره حرکت زمین این گونه نوشته است: : شاید بیرونی اولین کسی است که اشاره به چرخیدن زمین بر محور خود نمود، پیش از آنکه گالیله ایتالیایی (۱۵۶۴-۱۶۴۲م) به حرکت زمین معتقد شود.

البته با توجه به توضیحاتی که درباره تلاش‌های علمی و عملی سجزی داده شد، روشن می‌شود که سخن عبدالله نعمه اعتبار چندانی ندارد؛ چرا که قبل از قایل شدن بیرونی به حرکت زمین، و لاقلاً قبل از مطرح نمودن چنین نظری در آثار علمی‌اش، ابوسعید سجزی اسطرلابی با این کارکرد ساخته بود. پس بیرونی اولین کس در این عرصه نیست. از طرفی، چنانکه در ادامه ذکر می‌کنیم، نه شاید و بلکه حتماً و یقیناً ابوریحان بیرونی قایل به حرکت محوری، و حتی حرکت انتقالی زمین بوده است .

علاوه بر این و از این واضح تر هم در کتاب قانون مسعودی، بر حرکت زمین دلیل اقامه کرده و به طور کامل روشن و علمی به اثبات رسانده است:

هنگامی که چیزی از بلندی فرو می افتد، محل افتادن آن درست پایه خط قائم بر نقطه فرو افتادن نیست، و سقوطها با زوایای مختلف نسبت به خط قائم صورت می گیرد، هنگامی که پاره ای از زمین از آن جدا می شود و فرو می افتد، دارای دو گونه حرکت است: یکی حرکت دورانی که از گردش زمین، به آن تعلق می گیرد؛ و دیگری حرکت مستقیم الخطی که از سقوط مستقیم آن به طرف مرکز زمین، برای آن حاصل می شود. اگر تنها حرکت مستقیم می داشت، لازم بود که محل سقوط آن در طرف مغرب وضع قائم آن قرار گیرد. ولی چون هر دو حرکت در زمان واحد وجود دارد، نه در مشرق خط قائم سقوط می کند و نه در امتداد قائم، بلکه محل سقوط آن اندکی در جانب غرب است.

اگر نیک به استدلال و شیوه نگرش بیرونی به آسمان و زمین، و پدیده مرموز حرکت اجرام در گنبد پیچیده کیان بنگریم، روشن می شود که او افق های بسیار والایی از مدل های ریاضی و فیزیکی زمین و آسمان را فهم کرده بود. چرا که استدلال ارایه شده به وسیله کوپرنیک، گالیله، و دیگران برای مدل خورشیدمرکزی (Heliocentric model)، و حرکت زمین را با بیان شیوا و صریحی ذکر کرده است. البته این توجه از سوی بیرونی به عنوان ساختار حقیقی و طبیعی زمین، نه فقط از جانب وی بلکه از جانب بوعلی سینا و پیروان مشائی او به عنوان ردیه ای برای نظریه زمین متحرک، مطرح شده بود؛ همانگونه که بعدها، خود کوپرنیک هنگامی که می خواست نظریه خورشیدمرکزی را ارایه کند با این اشکال مواجه شده، به شیوه ای شبیه به روش بیرونی، آن را حل کرد. فرقی که میان بوعلی سینا و کوپرنیک بود این است که بوعلی سینا برای رد کردن نظریه مبنی بر حرکت زمین عنوان می کرد، و بیرونی و کوپرنیک به عنوان دفاع از چنین رویکردی به سیستم سیاره ای منظومه شمسی. به هر حال اشکال بوعلی سینا با بیانی که خودش مطرح کرده است بدین قرار است:

و اگر آنچه که طرفداران حرکت زمین می گویند درست باشد، آنگاه جسم افتانی که در حال سقوط است، باید از جایگاه قائم و شاقولی سقوطش منحرف گردد. و با توجه به اینکه در این صورت حرکت زمین بسیار سریع خواهد بود، آن جسم از راستای قائم به طور قابل ملاحظه ای زیاد عقب خواهد ماند، ...

نجم الدین کاتبی نیز در عین حالی که استدلال بوعلی سینا را رد کرده است، با استدلال و اشکال دیگری دوران و حرکت زمین را رد کرده است:

برخی گمان کرده اند که زمین حرکت می کند و حرکت آن (از مغرب) به مشرق است، و ظهور ستارگان در مشرق و ناپدید شدن آنها در مغرب به همین خاطر است، نه به این خاطر که فلک اعظم حرکت می کند، بلکه فلک اعظم ساکن است.

اما این سخن صحیح نیست، البته نه به این سبب که برخی (مثل بوعلی سینا) گفته اند: اگر زمین به طرف مشرق حرکت کند باید پرنده‌ای که در جهت حرکت زمین پرواز می‌کند نتواند (در همان محل) فرود آید، به سبب اینکه حرکت زمین سریع‌تر از حرکت پرنده است، برای اینکه زمین (با حرکت سریع خود) در یک شبانه روز به جای اول خود بر می‌گردد، زیرا این ملازمه را نمی‌توان قبول کرد، چون ممکن است هوایی که به زمین متصل است با حرکت زمین حرکت کند، همان طوری که اثر هم با فلک حرکت می‌کند؛ بلکه به این خاطر (زمین حرکت مستدیر ندارد) که دارای میل مستقیم به پایین است، و در این صورت نمی‌تواند دارای حرکت مستدیر باشد، (والا باید دارای دو میل متضاد باشد در حالی که این امر محال است).

نکته‌ای که کاتبی به آن اشاره کرده است بسیار عالی و تحلیلی فیزیکی از مسئله به شمار می‌رود، اما با این حال او به خاطر پیش زمینه‌های نادرستی که از سیستم منظومه‌ای داشت، از پی بردن به حقیقت بزرگ، و مهم فیزیکی و طبیعی عاجز مانده

۳. نظریه ابوعلی الله بتانی

بتانی از جمله مخالفان سیستم زمین مرکزی بود؛ اما او در این مخالفت با توجه به توجیه‌ناپذیر بودن حالت ژيروسکوپی و فرفره‌گونه زمین بر اساس مرکزیت و ساکن بودن آن، حرکت رقص محوری (Nutation) زمین را مطرح کرد، و با محاسبه زیرکانه این حرکت شالوده‌آسای سیستم بطلموسی (ساکن بودن زمین) را در هم ریخت؛ او با این کار که قدمی بسیار بزرگ در تحول علم نجوم بود، "با بطلموس - که اوج خورشید را ثابت می‌دانست - مخالفت ورزید و ثابت کرد که اوج خورشید، تابع حرکت تقدیمی (Precession) اعتدالین است. برای فهم این نوآوری بهتر است که توصیفی از حرکت اعتدالی ارایه کنیم :

نقاط اعتدال ثابت نیستند. [برخلاف پنداشت بطلموسی] هر نقطه به آرامی بر دایره بروج حرکت می‌کند و یک دور کامل را تقریباً در ۲۵۸۰۰ سال می‌بیماید. این حرکت نقاط اعتدال را تقدیم اعتدالین گویند.

...اگر فرفره‌ای را روی زمین به چرخش در آوریم به طوری که محور فرفره بر زمین عمود نباشد، نیروی ثقل فرفره می‌خواهد فرفره را به زمین بیاندازد، ولی چون فرفره دارای حرکت دورانی (و نیروی مرکزگرا Cetrripetal force) است به زمین نمی‌افتد بلکه در حول خط قائم نقطه اتکا می‌گردد و محورش در حول این خط، مخروطی را طی می‌کند. ویل دوران نیز از نوآوری‌های وی سخن گفته و جایگاه والای او را مورد توجه قرار داده است.

۴. نظریه ابن الا علم بغدادی

ابوالقاسم ابن الا علم بغدادی از منجمان زبردست نیمه اول قرن چهارم (۳۵۰ ق، مقارن با سال ۹۶۱م) نیز با مطالعاتی به طور کاملاً علمی و تحقیقی - پژوهشی در بستر آسمان، نتایج شگرفی به دست آورده بود که قابل توجه است؛ چرا که از میان دانشمندان اسلامی، اولین کسی بود که به شدت اصرار بر کرویت زمین کرده و تمام مناطق این کره خاکی

را قابل سکونت دانسته است. و همو نیز اولین منجمی بوده که اقمار مشتری را چیزی حدود چهار قرن قبل از گالیله (۱۵۶۴-۱۶۴۲م) کشف و رصد کرد، و حرکت کلفهای خورشید را حدود هزار و دویست سال قبل از به وجود آمدن تلسکوپ‌های پیشرفته، مورد بحث و مطالعه قرار داده، مدار خارج مرکز ستاره‌های دنباله‌دار را محاسبه و تعیین کرد.

۵. نظریه هاتف اصفهانی

از میان دانشمندان اسلامی که در مورد زمین و آسمان نظریات ویژه‌ای داشتند، نام پرآوازه هاتف اصفهانی نیک می‌درخشد. او در بسیاری از موارد در آثار شعری خود، به مرکزیت خورشید، اشاره داشته است، که یکی از آنها این بیت است:

دل هر ذره را که بشکافی آفتابیش در میان بینی

این بیت بیانگر دو نکته بسیار دقیق علمی است: یکی، هسته داشتن ذرات ریز (اتم، زیراتمی، مولکول، و...) است، که با تمام ظرافت، و دقت، افق‌های والای یافته شده از حقایق هستی را ذکر کرده است؛ دیگری (به طور کلی و اجمالی) عبارت است از در وسط قرار گرفتن خورشید به سایر اجرام است. که از لحاظ بیان حقیقتی از حقایق کاینات بسیار حائز اهمیت است.

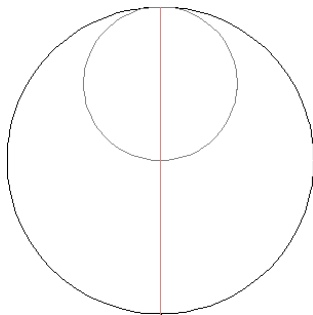
۶. نظریه سیاره‌ای و منظومه‌ای ابن شاطر دمشقی

براساس اسناد و شواهد تاریخی، و همچنین تحقیق‌های علمی به عمل آمده از سوی برخی از دانشمندان، اولین سیستم اصلاح یافته خورشیدمرکزی، در دوره رکود علم نجوم، توسط علاءالدین ابوالاحسن علی بن ابراهیم، معروف به ابن شاطر دمشقی (۷۰۵-۷۷۷ق. برابر با ۱۳۰۵-۱۳۷۵م.) که از شاگردان مکتب ستاره‌شناسی مراغه بوده است، ارائه و بسط یافته است که تمامی نظریه پردازان مغرب زمین از قرن پانزده به بعد از تحقیقات و دست‌آوردهای او استفاده کرده و نظرات او را به اسم خود به جهان علم عرضه کرده‌اند. او نتایج چندین سال زحمت و تلاش علمی و تجربی خود را در کتابی به نام نهاییه السول فی تصحیح الاصول لبطلیموس گردآوری نمود که همین کتاب به دست کسانی چون کوپرنیک و تیکو براهه و دیگران رسید، و راه را برای آنه هموار ساخت تا نظریه‌ای سامان یافته مبنی بر مرکزیت خورشید و گردش سیارات به دور آن ارائه دهند؛ گرچه نه تنها هیچ‌یک از آنان اسمی از ابن شاطر و کتاب پر اهمیتش به میان نیاورده‌اند.

خواجه نصیرالدین طوسی

وی برای توصیف حرکت سیارات و رفع ایرادات مدل بطلیموس، مدلی را ابداع کرد که بعدها به نام جفت طوسی شناخته شد. «جفت طوسی» را نخستین بار ادوارد کندی در مقاله‌ای در

۱۳۴۵/۱۹۶۶ ش مطرح کرد. این سازوکار، در ساده‌ترین طرح خود (خطی یا



مستقیم الخط)، از دو دایره تشکیل یافته است که یکی در درون دیگری قرار دارد و می‌تواند نقطه‌ای را در طول یک خط راست به نوسان در آورد. طرح دیگر (منحنی الخط) جفت طوسی به صورتی طراحی شده بود که بتواند همین نوسان را بر سطح یک کره و در طول کماتی از دایره عظیمه آن ایجاد کند.



از نظر تاریخی، جفت طوسی به جریانی باز می‌گردد که از سده پنجم، و با انتقاد اخترشناسان اسلامی از الگوهای سیاره‌ای بطلمیوس آغاز گشت. ابوعلی حسن بن هیثم (۳۵۴-۴۳۰) در اثر مهم خویش، الشکوک علی بطلمیوس، به نقد الگوهای بطلمیوس پرداخت و چنین استدلال کرد که این الگوها حرکت‌های نامنظمی ایجاد می‌کنند که در چارچوب طبیعیات آسمانی مرسوم — که بر اساس آن، حرکت هر جسم آسمانی توسط اجسام کروی شکل دارای حرکت دورانی یکنواخت (افلاک)، صورت می‌پذیرد جایی ندارند. نظیر چنین

استدلالی را می‌توان در آثار معاصران ابن‌هیثم، چون ابوریحان بیرونی و ابو عبید جوزجانی (شاگرد ابن‌سینا)، نیز یافت. در دوران متأخرتر اسلامی، این بی‌نظمی‌ها را با عنوان اشکالات شانزده‌گانه می‌شناختند، که شش اشکال آن به حرکت‌های نامنظم ماه و سیارات مربوط می‌شد که بر اثر حرکت فلک حامل (که فلک تدویر خویش را به حرکت در می‌آورد) با سرعت یکنواخت، حول نقطی ایجاد می‌شد که خارج از مرکز آن قرار داشت (در مورد سیاره‌ها این نقاط را معدّل‌المسیر می‌نامیدند)؛ نه اشکال به سازوکارهایی مربوط می‌شد که بطلمیوس آنها را برای ایجاد تغییرات عرضی در حرکت سیارات (یعنی حرکت سیارات در بالا و پایین دایره البروج) به کار برده بود؛ و آخرین اشکال نیز به قطر فلک تدویر ماه مربوط می‌شد که امتداد آن، به جای آنکه بر مرکز فلک حامل قرار گیرد، بر نقطه‌ای به نام نقطه محاذات قرار می‌گرفت. طوسی راه‌حلی از ابن‌هیثم، برای رفع اشکالات نظریه‌های بطلمیوس در مورد عرض سیاره‌ها، معرفی کرده است. راه‌حل ابن‌هیثم در اصل مبتنی بر افزودن دو فلک هم‌مرکز دیگر به فلک تدویر است، به صورتی که فلک‌های افزوده شده محورهای متفاوتی داشته باشند و در جهت‌های مخالف گردش کنند تا بتوانند «دوایر کوچک» بطلمیوس را به وجود آورند؛ دوایری که هدف از طرح آنها در مجسطی پدید آوردن عرض سیاره یا به تعبیر دیگر، تعیین موقعیت سیاره در شمال و جنوب دایره البروج است. استفاده از چنین سازوکاری، که در آن دو کره (فلک) مماس بر هم در جهت‌های مختلف دوران می‌کنند، بسیار شبیه به سازوکاری است که ائودوکسوس اهل کنیدوس در سده چهارم پیش از میلاد به کار برده است. در التذکره فی علم الهیئة طوسی طرح منحنی‌الخط جفت دایره‌های خویش را، به عنوان صورت تغییر شکل یافته‌ای از مدل ابن‌هیثم، معرفی کرده؛ اما، در حل مشکلات معینی، آن را بدون هیچ‌گونه شرحی صرفاً عرضه نموده است.

سازوکار جفت طوسی. اینک به دو طرح مختلف جفت طوسی، چنان که در تذکره آمده است، می‌پردازیم. در طرح اول، که نوسان خطی یک نقطه را نمایش می‌دهد کره‌ای با استوای **ABG** با سرعت زاویه‌ای ثابتی **(a)** دوران می‌کند. کره دیگر با استوای **GED**، که قطر آن نصف **ABG** است، درون کره اول و مماس بر آن در نقطه **G** قرار دارد. کره دوم با سرعت زاویه‌ای دو برابر کره اول و در جهت خلاف آن (یعنی **a2**) گردش می‌کند. طوسی ثابت کرده که یک نقطه مفروض بر روی **GED**، به صورت خطی در طول قطر استوای کره بزرگ‌تر حرکت رفت و برگشتی خواهد داشت.

در طرح بعدی جفت طوسی یا شکل منحنی‌الخط آن، سه کره هم‌مرکز داریم: کره‌ای بزرگ با محور **HT**، کره‌ای کوچک با محور **EZ** که درون کره بزرگ‌تر جای دارد، و یک فلک تدویر با محور **AB** که درون کره کوچک جای دارد. کره بزرگ‌تر با سرعت زاویه‌ای ثابت **(θ)** می‌چرخد، که در نتیجه آن کره کوچک و فلک تدویر حول محور **HT** به چرخش در خواهند آمد. ضمناً کره کوچک با سرعتی دوبرابر سرعت زاویه‌ای کره بزرگ‌تر در جهت مخالف آن **($\theta 2$)** می‌چرخد. از نظر طوسی، این ترکیب حرکت‌ها، نقطه‌ای بر روی فلک تدویر را به نوسان بین **A** و **G** بر روی کمان دایره عظیمه **AG** وا می‌دارد. عملاً نوسان روی مسیری به شکل ۸ به صورت باریک، کشیده، و نوک تیز خواهد بود، اما اختلاف بین آن و کماتی از یک دایره عظیمه بسیار ناچیز است، و این چیزی بود که اخلاف طوسی بدان پی بردند. گذشته از استفاده از طرح منحنی‌الخط برای حل مشکلات مربوط به عرض سیاره‌ها در مدل‌های بطلمیوس و نیز مشکل نقطه محاذات ماه، طوسی همچنین پیشنهاد کرده است که این الگو برای تقدیم اعتدالین و تغییرات دوره‌ای میل دایره البروج، در صورتی که به آنها به عنوان پدیده‌هایی واقعی نگریسته شود، نیز به کار رود.

منابع

۱. اکرمی، موسی، *گاهشماري/ایراني*، تهران: دفتر پژوهش‌های فرهنگی، ۱۳۸۰؛
۲. ارسطو، در آسمان، اسماعیل سعادت، تهران، هرمس، اول، ۱۳۷۹.
۳. الفاخوری، حنا، الجر، خلیل، تاریخ فلسفه در جهان اسلام، عبدالمحمد آیتی، تهران، انتشارات علمی و فرهنگی، بنجم، ۱۳۷۷.
۴. بیرونی، ابوریحان محمدبن احمد، *الآثارالباقیه عن القرون الخالیه*؛ پرویز اذکائی، تهران: نشر میراث مکتوب، ۱۳۸۰؛
۵. بیرونی، ابوریحان محمدبن احمد، *التفهيم لاوائل صناعه التنجيم*، جلال الدین همایی، تهران: وزارت معارف، ۱۳۱۸؛
۶. نلینو، کرلو آلفونسو، *تاریخ نجوم/اسلامی*، احمد آرام، تهران: کانون نشر پژوهش‌های اسلامی، بی تا؛ ونیز:

۷. حسن‌زاده آملی، حسن، دروس هیات و دیگر رشته‌های ریاضی، قم، دفتر انتشارات اسلامی، اول، ۱۳۷۱، ج ۱.
۸. دورانت، ویل، تاریخ تمدن، تهران، انتشارات علمی و فرهنگی، ۱۳۶۷، ج ۲، ج ۴.
۹. راسل، برتراند، تاریخ فلسفه غرب، نجف دریابندری، تهران، پرواز، ششم، ۱۳۷۳، ج ۱، ج ۲.
۱۰. شریف، میان محمد، تاریخ فلسفه در اسلام، احمد آرام (بخش ریاضیات و نجوم) تهران، مرکز نشر دانشگاهی، اول، ۱۳۶۷.
۱۱. کرومبی، آ.سی، از آگوستین تا گالیله، احمد آرام، تهران، سمت، اول، ۱۳۷۱، ج ۱.
۱۲. لیندبرگ، دیوید. سی، سرآغازهای علم در غرب، دکتر فریدون بدره‌ای، تهران، انتشارات علمی و فرهنگی، اول، ۱۳۷۷.
۱۳. نصر، سید حسین، علم و تمدن در اسلام، احمد آرام، تهران، خوارزمی، دوم، ۱۳۵۹.
۱۴. هیات نویسندگان زیر نظر سروپاولی رادا کریشنان، تاریخ فلسفه شرق و غرب، خسرو جهان‌داری، تهران، سازمان انتشارات علمی و فرهنگی، اول، ۱۳۶۷، ج ۱.