فصلنامه آموزش مهندسی ایران، سال هفدهم، شماره ۶۵، بهار۱۳۹۴، صص. ۵۸-۳۵

مفاهیم فیزیک از دیدگاه دانشمندان ایرانی قدیم

محمد اخوان [۱]، عبدالحسن بصیره [۲]، سینا شیبانی [۳] و
اسفندیار معتمدی [۴]

چکیده: تاریخ مفاهیم فیزیک بررسی طبیعت و پدیده‌های طبیعی است. در این مقاله دیدگاههای چندین نفر از دانشمندان قدیمی ایرانی، که در طول سده‌های متمادی در خطه جغرافیایی به ایران‌زمین منسوب به پژوهشهای وسیعی دست زده و مطالب بسیاری نوشته‌اند، در بارهٔ مفاهیمی مانند ماده، مکان، زمان، حرکت، نور (شامل توجه به ابزار اپتیکی و پدیده‌های بازتاب و شکست نور، رنگین‌کمان و ...)، و موضوعاتی مانند نجوم و اخترشناسی (شامل ساخت اسطرلاب، زیج‌شناسی، رصدخانه و ....)، تقویم و گاهشماری، صوت و موسیقی، اندازه‌گیری (نظیر زمان‌سنجی، وزن و ترازو، چگالی، و ....)، زلزله، هوا (تشکیل باران و برف، رعد و برق، صاعقه و ...) و مغناطیس ارائه شده است. این مفاهیم و موضوعات صرفاً از دیدگاه فیزیک امروز و طبیعیات عصر قدیم نقل شده است. این در حالی است که دانشمندان ایرانی آن عصر عمدتاً فیلسوف بوده و مفاهیم یادشده را در بسیاری از موارد با دیدگاه فلسفه و از منظر یک فیلسوف مطرح کرده‌اند. امید است که توانسته باشیم نقش فرهنگ و تمدن قدیم ایران‌زمین را در فیزیک و طبیعیات تا حدودی برای دانش‌پژوهان کشورمان روشن کرده باشیم.

واژه‌های کلیدی: مفاهیم فیزیک، پدیده‌های طبیعی، دانشمندان قدیمی ایرانی.

---

۱. استاد دانشکده فیزیک، دانشگاه صنعتی شریف، تهران، ایران.akhavan@sharif.edu
۲. مربی گروه فیزیک دانشگاه کردستان، کردستان، ایران.
۳. مربی دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرکز، تهران، ایران.
۴. کارشناس دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتب درسی، وزارت آموزش و پرورش.

(دریافت مقاله: ۱۳۹۲/۱۲/۲۴)
(پذیرش مقاله: ۱۳۹۳/۷/۱۹)

۱. مقدمه

تاریخ علم بررسی ساختارهای اندیشهٔ انسانها در بارهٔ جهان است و تاریخ حکمت طبیعی بررسی نظامهای تفکر انسانها در بارهٔ جهان با سیر زمانی و مکانی و تعامل آنها در سایر شئون فرهنگ و تمدن بشری است. شناخت علم طبیعت و پدیده‌های طبیعی محور شناخت هستی است. از دورترین سده‌های تاریخ علم مفاهیمی همچون ماده، مکان، زمان، حرکت، نور و غیره مورد توجه اندیشه‌وران و دانشمندان عالم بوده است. دانشمندان و حکمای ایرانی نیز در طول سده‌های متمادی در بارهٔ چنین مفاهیمی مطالب زیادی نوشته و بحث و مناقشهٔ زیادی داشته‌اند. منظور ما از «ایران» سرزمینی است که در هر دوره تاریخی متعلق به تمدن ایرانی بوده، اگرچه به دلایل تاریخی، گستره ایران‌زمین در طول تاریخ با تغییرات بسیاری همراه بوده است. در این گستره جغرافیایی نام‌آورانی زاده شده‌اند، ولی فقط نام آنهایی که در این خطه رشد یافته و از تمدن ایران بهره‌مند شده‌اند، آورده شده است. مفاهیمی که در این مقاله به آنها پرداخته شده است، بررسی پدیده‌های مهم طبیعت‌اند که امروزه، به مفاهیم فیزیک شناخته می‌شوند. نگاهی به این مفاهیم از دیدگاه برخی دانشمندان ایرانی سده‌های پیشین با این هدف است که نقش این دانشوران و سهم آنها در گسترش علم در جهان بازتاب یابد. بی‌تردید، این نگاه خالی از نقص نیست و علاوه بر آن، دانشمندان ایرانی دیگری نیز بوده‌اند که در همان سده‌ها این نقش و سهم را کم و بیش داشته و از قلم افتاده‌اند. آیندگان و دانش‌پژوهانی که به تاریخ علم این مرز و بوم عشق می‌ورزند، به نقد این نوشته خواهند پرداخت و آن را تکمیل خواهند کرد تا ادای دینی باشد به دانشمندان پرآوازه و همچنین، کمنام و گمنامی که در سده‌های دور به گسترش علم در جهان خدمت کرده‌اند.

بحث و تأمل در باره این مفاهیم نه به دانشمندان ایرانی سده‌های پیشین محدود شده و نه بحث آنها در میان دانشمندان شرق و غرب پایان یافته است، چرا که این مفاهیم از همان ابتدای دانش بشر از پرسشهای بنیادین بوده‌اند و هنوز هم هستند و چه بسا دانشمندان پاسخی قطعی برای برخی از آنها نیافته‌اند. از این رو، در این مقاله دیدگاههای چند نفر از دانشمندان ایرانی در بارهٔ مفاهیم و موضوعات یاد شده ارائه شده است که عبارت‌اند از: ماده، مکان، زمان، حرکت، نور (شامل توجه به ابزار اپتیکی و پدیده‌های بازتاب و شکست نور، رنگین‌کمان و ...)، نجوم و اخترشناسی (شامل ساخت اسطرلاب، زیج‌شناسی، رصدخانه و ....)، تقویم و گاهشماری، صوت و موسیقی، اندازه‌گیری (نظیر زمان‌سنجی، وزن و ترازو، چگالی، و ....)، زلزله، هوا (تشکیل باران و برف، رعد و برق، صاعقه و ...)، مغناطیس.

در این نوشتار به موارد فوق به اختصار اشاره و از ذکر جزئیات خودداری شده است؛ همچنین از جمعبندی و نتیجه‌گیری خاص نیز حذر شده است. این مفاهیم و موضوعات صرفاً از دیدگاه فیزیک امروز و طبیعیات عصر قدیم نقل شده است. این در حالی است که دانشمندان ایرانی آن عصر عمدتاً

فیلسوفان جامع‌الاطراف بوده‌اند و مفاهیم یادشده را در بسیاری از موارد با دیدگاه فلسفه و از منظر یک فیلسوف مطرح کرده‌اند. شایسته ذکر است که در تجزیه و تحلیل مسائل تاریخی علمی کشور مقالات تحقیقی و کتب ارزنده‌ای نگارش شده که ارجاع به همه آنها از حوصله این خلاصه خارج است، چه در این‌صورت امکان جمع‌آوری این مقاله کوتاه ممکن نبود. این خلاصه‌نگاری را نباید حمل بر بی‌توجهی به این مطالعات تصور کرد. در این مجموعه فقط سعی شده است که با نمونه‌ای از ارجاعات تاریخی، به مفاهیم مورد نظر در فیزیک کشور اشاراتی کوتاه بشود، با این امید که محققان کشورمان در تکمیل این راه حرکت جدی داشته باشند. ابتدا دیدگاه دانشمندان ایرانی در بارهٔ ماده ارائه شده است.

۲. ماده

شاید یکی از برجسته‌ترین دانشمندان ایرانی که به تأمل در بارهٔ هیولی یا مادهٔ نخستین پرداخته است، ابوعلی‌سینا (۴۲۸-۳۴۸) باشد [سالها به هجری شمسی است، مگر مشخص شده باشد]. او در بخش فن سماع طبیعی از کتاب *شفا*[۱] یا در بخش طبیعیات کتاب *اشارات و تنبیهات*[۲] و همچنین، در بخش طبیعیات کتاب *دانشنامهٔ علائی*[۳] به تفصیل هیولی یا مادهٔ جسم را توصیف کرده است. از دیدگاه ابن‌سینا جسم عنصری با جرم فلکی تفاوت دارد، چرا که به اعتقاد وی اجسام عنصری دایماً در تغییر و تبدیل‌اند و حرکتهای گوناگون دارند، اما در اجرام فلکی تغییر و تبدیل صورت نمی‌گیرد و همواره به یک صورت باقی می‌مانند و فقط حرکت وضعی دارند.

ابن‌سینا همچنین، با نظریهٔ اتمی دموکریتوس به‌شدت مخالف بود و در کتاب فن سماع طبیعی چنین می‌گوید: «دموکریتوس به اجرام صلب معتقد است که جوهرشان یکی و اشکالشان مختلف است و ذاتاً در خلأ متحرک‌اند ... پس این اجرام هرگاه مجتمع شوند و با هم تماس کنند، اجتماع آنها و مقتضای شکلهای آنها این نخواهد بود که بعضی به بعضی بچسبند، بلکه باید ذاتاً از هم جدا بوده و حرکت ذاتی آنها مستمر باشد [۱]. وی به صراحت نظر دموکریتوس را درخصوص جسم تقسیم‌پذیر رد می‌کند و می‌گوید: اما دلیل دموکریتوس اشتباهش مبنی بر این است که این مقدمه را مسلم دانسته است که تمام جسم تقسیم‌پذیر است و این سخن را به دو معنا می‌توان گرفت: یکی اینکه جسم تماماً با هم تقسیم می‌شود، دیگر اینکه تقسیم جسم به هرجا برسد، باز اجزای آن قابل قسمت‌اند و به جایی منتهی نمی‌شود ..... خلاصه اینکه این خطا از خطاهایی است که از اشتباه دو لفظ «همه» و «دهر» دست داده است و وجود جسم لایتجزا را به زودی ابطال خواهیم کرد»[۲]. شاید اصرار و تأکید ابن سینا در رد نظریه دموکریتوس و به پیروی از ارسطو، اعتقاد نداشتن وی به خلأ بوده است که در کتاب *اشارات و تنبیهات*[۲] و بخش طبیعیات کتاب *دانشنامهٔ علائی*[۳]

به صراحت منکر خلأ میان اجسام می‌شود و در ابطال خلاء استدلال می‌کند که بعد متصل بدون ماده قوام ندارد و جایی که بعد محض باشد، وجود ندارد[۳].

یکی از مخالفان نظر ابن سینا در این خصوص و در برخی موارد دیگر ابوریحان بیرونی (۳۴۱-۴۱۷) است که معاصر ابن سینا بود. ابوریحان در مخالفت با برخی از آرای مطرح شده در کتاب فیزیک ارسطو ده پرسش و نیز هشت پرسش هم خود مطرح کرده و از ابن‌سینا پرسیده بود. این پرسش و پاسخها شاید جزء اولین مناظره‌های علمی به‌شمار آید[۴]. ابوریحان بیرونی که بسیاری از پرسشها و استدلالهای خود را از طریق تجربه و آزمایش مطرح می‌کرد، از اولین دانشمندان مکتب تجربه‌گرایی و عقل‌گرایی پیش از گالیله است که به حق می‌توان او را پیشگام این مکتب شمرد. از جمله پرسشهای ابوریحان این بوده است: «اگر مقرر است در نزد ما که وجود خلأ در خارج و داخل عالم محال است، پس چرا شیشهٔ ممصوصه را که به‌شدت مکیده شود سرازیر بر روی آب گذاریم، آب را متصاعداً به طرف بالا می‌کشد؟»[۴].

از جمله موافقان نظر ابن سینا در باره ماده و عدم اعتقاد به خلأ فیلسوف معتبر شهاب‌الدین سهروردی (شیخ اشراق) (۵۱۶- ۵۵۳) است. به نظر فلسفی او که در کتاب معروفش به نام *حکمة الاشراق* منعکس شده، تخلخل و تکاثف حقیقی وجود ندارد و خلأ امری موهوم است و تحقق خارجی ندارد[۵]. همچنین، ابوالفتح عبدالرحمن خازنی (درگذشته ۵۱۶) در کتاب *میزان‌الحکمه* در نظری مشابه با نظر ابن سینا قوه را به ماده و حرکت جسم مرتبط می‌سازد و اظهار می‌کند: «جسمهای ثقیل در قوت متفاوت‌اند، بعضی را قوت بیش است و آن جسمهای کثیف است، چون سرب و بعضی را قوت کمتر است، همچون چوب ...»[۶]

صدرالدین محمد بن ابراهیم قوامی شیرازی (۹۵۰-۱۰۱۸)، معروف به ملاصدرا، از منظر فلسفی در بارهٔ ماده و جسم نظرهای ویژه‌ای دارد که با نظر پیشینیان متفاوت است. وی برای ماده و حرکت نوعی یگانگی قایل است، همان‌گونه که این یگانگی را در خصوص مکان و زمان نیز تعمیم می‌دهد. به عقیدهٔ وی وجود ماده عین حرکت است. برای وی ماده دارای اصالتی پویاست که با اصل پویش و حرکت همراه است[۷].

۳. مکان

تعریف ابن‌سینا از مکان و دلایل وی بر بطلان خلأ با تعریف ارسطو از مکان کاملاً مطابقت می‌کند. وی می‌گوید: «جایگاه جسم نه هیولی است و نه صورت و نه بعد و نه خلأ، ولیکن جایگاه جسم کنارهٔ آن جسم بود که به وی محیط بود و اندر گرد وی بود ...»[۳]. از موافقان نظر ابن‌سینا، شهاب‌الدین سهروردی است که از منظر فلسفی چنین می‌گوید: «مکان عبارت از باطن حاوی جزء اقرب بود و بنابراین، هرچیزی که ورا حاوی نبود، مکانی نبود»[۵]. ابوریحان بیرونی در پرسش و پاسخهای خود

با ابن‌سینا در اعتراض به جواب او می‌گوید: «بودن هر یک از عناصر در مکان طبیعی خویش مسلم نیست، برای آنکه مکان طبیعی ثقیل؛ یعنی جهت سفل، مرکز است و مکان طبیعی خفیف علو؛ یعنی محیط»[۴].

ملاصدرا به جوهریت مکان قایل است و آن را بعدی بدون ماده می‌داند. در نظر وی مکان حقیقی جوهری نفسانی است که ذهن آن را به جسم نسبت می‌دهد و بین آن و موجودیتهای مادی خارج انطباق برقرار می‌کند. عقیده ملاصدرا در بارهٔ نسبت مکان به جسم با آرای فلاسفه مشایی نظیر ابن‌سینا تفاوت زیادی دارد. در نظر ملاصدرا رابطهٔ بین مکان و جسم ارتباط ظرف و مظروف و حاوی و محوی نیست، بلکه همانند احاطهٔ روح بر جسم است. او به اتحاد مکان با جسم اعتقاد دارد[۷].

۴. زمان

«آن» در فلسفه طبیعی ابن سینا همچون حلقهٔ زنجیری قبل و بعد رشتهٔ زمان را به هم پیوند می‌دهد و آن را حد مشترک بین گذشته و آینده می‌داند. درحقیقت، از دید ابن‌سینا «آن» ها شماره‌کنندگان زمان هستند و به واسطهٔ آنهاست که «نقاط» زمانی شماره می‌شوند[۱]. اما شهاب‌الدین سهروردی زمان را لایتناهی می‌داند و آن را ازلی و ابدی می‌شمرد. ملاصدرا برخلاف فلاسفهٔ مشائی و بسیاری از حکمای پیش از خود که زمان را ظرف وجودی اشیا می‌دانستند، اجزای زمان را عین وجود اشیا می‌داند. به عقیدهٔ ملاصدرا حرکت به حسب ذات دارای اتصالی نیست. زمان صورت اتصال وجود حرکت است و دو مفهوم زمان و حرکت عین یکدیگرند. زمان از دید ملاصدرا صورت طبیعی هویتی جوهری است»[۸].

۵. حرکت

ابونصر محمدبن‌محمد طرخانی فارابی (۲۶۰-۳۲۹) در *رسالهٔ الدعاوی القلبیه* اقسام حرکت را در چهار نوع تقسیم کرده است: ۱. حرکت در وضع؛ ۲. حرکت در مکان؛ ۳. حرکت در کم؛ ۴. حرکت در کیف. وی حرکت در جوهر را صریحاً منع کرده است [۹]. ولی ابن سینا در بارهٔ دو قسم تغییر تدریجی و غیرتدریجی معتقد است که حرکت در جمیع اجسام هست، خواه عنصری و خواه فلکی. او حرکت را به شش امر وابسته می‌داند که عبارت‌اند از: ۱. متحرک؛ ۲. محرک؛ ۳. مسافت؛ ۴. مبداء؛ ۵. انتها؛ ۶. زمان. وی وجود محرک را اساس انجام حرکتهای قسری می‌داند. ابن سینا به وجود محرک اول؛ یعنی قوه‌ای که تمام حرکتها از اوست، معتقد است. این محرک اول از دید او خود متحرک نیست و افلاک را به گردش درمی‌آورد و از این حرکتهاست که جنبشهای بعدی حاصل می‌شوند و این محرک اول همان خالق عالم است. این دیدگاه مانند نظر ارسطو است [۱]. اما ابوریحان بیرونی در پرسش و

پاسخهای خود با ابن‌سینا می‌پرسد: «چون فلک از مرکز حرکتی ندارد و به سوی مرکز هم حرکتی ندارد ... فلک را ثقلی باشد، ولی ثقل آن موجب حرکت و میل به جانب مرکز نباشد، زیرا که هر جزء از اجزای فلک با یکدیگر متشابه هستند»[۴].

شهاب‌الدین سهروردی در بارهٔ حرکت و اجسام متحرک بر این اعتقاد است که هر هیئتی که تصور ثبات در آن نتوان کرد، دارای حرکت است و هر موجودی که در زمانی نبوده و سپس حادث شود، دارای حرکتی است و عالم وجود را از لحاظ ماهیت دارای حرکت می‌داند و این حرکت را حرکت مستدیره تلقی می‌کند، چون بر این اعتقاد است که حرکتهای مستقیم دارای حد و نهایتی هستند و ناچار منقطع و غیر مستمر چون در ابعاد متناهی واقع‌اند[۵].

ابوالفتح عبدالرحمن خازنی در باره حرکت اجسام در کتاب *میزان‌الحکمه* چنین می‌گوید: «هر جسمی ثقیل که حرکت کند، سوی مرکز عالم و مانعی در پیش وی نیاید، از مرکز بگذرد و چون به مرکز رسد، حرکت او سپری شود و ساکن گردد ...»[۶]. وی در بارهٔ سرعت حرکت اجسام چگال در شاره‌ها (سیالات) چنین می‌افزاید: «چون جسمی در میان جسمی تر و روان مانند آب حرکت کند، حرکت او به اندازهٔ تری و روانی آن جسم باشد. چندان که روانی و تنگی او بیشتر بود، حرکت جسم ثقیل سبک‌تر باشد و چون دو جسم که حجم هر دو متساوی بود و شکل هر دو متشابه باشند و در کثیفی [چگالی] مختلف باشند، در میان جسمی تر و روان حرکت کنند، آن را که کثافت بیشتر بود حرکت سبک‌تر باشد.... و چون دو جسم که در قوت ثقل متساوی باشند و در حجم مختلف، در میان جسمی تر حرکت کنند، آن جسم که حجم او بزرگ‌تر بود حرکت او سبک‌تر باشد[۶].

فخرالدین رازی (۵۲۸- ۵۸۸) در فلسفهٔ طبیعی (فیزیک) سه کتاب با عناوین نوشته است: ۱. المباحث المشرقیه فی علم الالهیات و الطبیعیات[۸]، ۲. محصل افکار المتقدمین و المتأخرین من العلماء و الحکماء و المتکلمین و ۳. شرح کتاب «*الاشارات و التنبیهات*» اثر بوعلی سینا. فخرالدین در این سه کتاب در باره نیرو و حرکت بحثهای مفصلی انجام داده است. مثلاً میان نیروها از جهت شدت و مدت تفاوت قابل شده است. از دید وی نیرویی که در مدت زمان بسیار کوتاه عمل می‌کند، همچون نیروی حاصل از برخورد دو شیئی و دوم نیرویی با مقدار ثابت که تا مدت زمانی طولانی اثر می‌کند [۹]. بالاخره، ملاصدرا در کتاب *اسفار اربعه* در بارهٔ حرکت به توصیف نظریهٔ حرکت جوهری می‌پردازد. برای وی حرکت امری ثابت و بالفعل باشد[۷].

۶. نور

زکریای رازی (۲۳۵-۲۹۴) در باره کیفیت بینایی با این نظریه یونانیان که بینایی در نتیجه خروج پرتو نور از چشم و تابش بر اجسام مرئی حاصل می‌شود، مخالف بود. او در ارائه نظریه درست در باره

چگونگی بینایی بر دیگران سبقت جسته و معتقد بود با خروج پرتو نور از شیئی مرئی و رسیدن آن به چشم بینایی رخ می‌دهد[۱۰].

ابوعلی‌حسن‌ابن‌الحسن‌ابن هیثم معروف به الحازن و مهندس بصری (۳۳۲-۴۰۴) نامدارترین دانشمندی است که در فیزیک، به ویژه در نورشناسی، دستاوردهای مهمی پدید آورد که در نوع خود بدیع و نخستین بود. هرچند ابن‌هیثم در بصره [متعلق به ایران آن زمان] به دنیا آمد، ولی فعالیتهای علمی خود را در مصر انجام داد و بنابراین، نمی‌توان او را در زمره دانشمندان ایرانی به حساب آورد، اما به‌دلیل تأثیر شگرفی که بر معاصرانش نظیر بوعلی سینا و ابوریحان بیرونی و... و همچنین، بر دانشمندان ایرانی و اسلامی بعد از خود و حتی دانشمندان سده‌های میانه اروپا برجای گذاشت، به شرح اندیشه‌ها و کارهای علمی او در زمینه نورشناسی می‌پردازیم.

ابن‌هیثم در کتاب معروفش در زمینه نورشناسی به نام *المناظر و المرایا* که در اروپا به نام پرسپکتیو به لاتین ترجمه شده است، با دلایل مکفی به تأیید نظر زکریای رازی پرداخته و تأکید ورزیده است که در اثر خروج پرتو نور از شیئی مرئی و رسیدن آن به چشم، بینایی رخ می‌دهد و می‌افزاید که نور در اجسام شفاف نفوذ می‌کند و مسیر آن به شکل خط مستقیم است. و در باره شکست نور اظهار می‌دارد هنگامی که نور از محیطی وارد محیط دیگری می‌شود که شفافیت آن نسبت به شفافیت محیطی که چشم در آن قرار دارد و در آن به صورت متمایل به شیئی می‌نگرد، چگونه آن را شکسته می‌بیند[۱۰].

جالب اینکه بوعلی سینا در کتاب *روانشناسی شفا* ضمن بحثهای جامع و مفصل در باره نور، به نظری متفاوت با نظر ابن هیثم اشاره می‌کند. ابن سینا در این کتاب به تمایزی میان واژه‌های «ضوء»، «نور» و «شعاع» اشاره می‌کند و می‌گوید: «اول ضوء آن کیفیتی است که چشم در خورشید و آتش درک کند، بدون اینکه بگوید این کیفیت سیاه یا سپید یا سرخ یا رنگ دیگری است. دوم نور آن چیزی است که از خورشید و آتش می‌تابد و به تخیل می‌رسد که این پرتو تابش بر اجسام می‌افتد و در این هنگام سپیدی، سبزی، و سیاهی آشکار می‌شود. سوم شعاع آن چیزی است که در اجسام تخیل می‌شود که می‌درخشند و می‌خواهند رنگ خود را بپوشانند و اگر این حقیقت را جسمی از جسمی دیگر استفاده کرده باشد، آن را درخشش و لمعان گویند، چنان‌که در آینه و غیر آینه مشاهده می‌شود و اگر جسم به ذاته دارای آن باشد، آن را شعاع نامند و ما اکنون به دو معنی اخیر که شعاع و لمعان باشد، احتیاج نداریم و فقط به دو معنای دیگر نیازمندیم. یکی از این دو امر را که جسم خود دارای آن باشد، ضوء نام می‌نهیم و دیگری را که از غیر کسب کرده است، نور اصطلاح می‌کنیم» [۱۱].

بوعلی‌سینا همچنین، در باره نور و رنگ چنین می‌گوید: «رنگ به سبب نور بالفعل می‌شود. زبار نور چون بر جسمی بیفتد، سپیدی یا سبزی یا دیگر الوان در آن جسم بالفعل می‌شوند و اگر نور نباشد، آن جرم فقط سیاه خواهد بود ... گمان می‌برید که سپیدی و سرخی و دیگر الوان را به این‌طور که می‌بینیم، در اجسام بالفعل موجود باشند و هوای تاریک مانع از رؤیت گردد»[۱۱].

شهاب الدین سهروردی در توصیف پدیده‌های طبیعی نظری مخالف نظر ارسطو و فلاسفه مشائی دارد. طبیعیات وی بر پایه نور بنا شده و معتقد است که همه اجسام درجاتی از نور و سایه هستند. وی در باره بینایی و رؤیت اجسام، برخلاف نظر برخی که دیدن اجسام را به‌دلیل خروج شعاع از چشم و ملاقات آن با مبصرات می‌دانند، نمی‌پذیرد، بلکه با دیدی اشراقی بینایی و دیدن را نتیجه اشراف و اشراق نفس می‌داند. چنان‌که می‌گوید: «بعضی از مردم گمان کرده‌اند که شعاع جسم بود و این گمان باطل است... در آن صورت لازم آید که از جرم آفتاب همچنان کاسته شود»[۵]. ولی خواجه‌نصیر الدین طوسی (۵۷۹-۶۵۲) در توصیف نور می‌گوید: «به نظر برخی از دانشمندان، نور از ذرات خردی ساخته شده که از منبع نور جدا شده است و به اجسام گیرنده نور می‌رسد»[۷].

قطب‌الدین شیرازی (۶۱۵-۶۸۸) از نورشناسی هندسی، ماهیت بینایی و رنگین‌کمان بحث می‌کند. او نخستین کسی است که توضیح قانع کننده‌ای را در باره رنگین‌کمان عرضه کرد. وی این توضیح را با مطالعه عبور شعاع نورانی از یک کره شفاف (قطره آب) ارائه داد؛ بدین ترتیب که شعاع نور دو بار می‌شکند و یک بار بازتاب می‌کند (یا در باره رنگین‌کمان ثانوی دوبار). این توضیح اساساً مشابه توضیح دکارت است[۱۲].

کمال‌الدین فارسی (۶۴۵-۶۹۶)، یکی از برجسته‌ترین شاگردان قطب‌الدین شیرازی، از مکتب مراغه است. او با تألیف دو جلد کتاب به نام *تنقیح المناظر لذوی الابصار و البصائر* به جرئت می‌توان گفت علم نورشناسی را سده‌ها قبل از دکارت، اسنل، نیوتون، هویگنس و دیگران مدون ساخت. کمال‌الدین فارسی در زمینه نورشناسی دو کتاب دیگر به نام *فی الهاله و قوس قزح* و *البصائر فی علم المناظر فی الحکمه* نیز تألیف کرده که در آنها دیدگاههای خود را در باره رخداد رنگین‌کمان و بینایی بیان کرده است او درخصوص انتشار مستقیم الخط نور و جبهه‌های کروی و ایجاد موجکهای نور با توصیفی کاملاً واضح و آشکار می‌گوید: «اما مقصود از راستای انتشار این است که بخش نزدیک به چشمه نور شبیه به خود جسم نورانی می‌شود و حکم چشمه نور را پیدا می‌کند و بخشی که بلافاصله پس از آن قرار گرفته است، شبیه به بخش اول می‌شود و این عمل همین‌گونه ادامه دارد تا کم‌کم نور از بین برود یا اینکه به جسم کدر جذب شود» [۱۳].

۷. نجوم و اخترشناسی

در نظر انسانهای قدیم و تا سده دهم هجری شمسی، زمین مرکز عالم و ساکن تصور می‌شده است. بنابراین، طبیعی است که تمام نظریات نجوم و ستاره‌شناسی با این فرض ابراز می‌شد. از دیدگاه ناظری (قدیمی و تا قبل از ارائه نظریه خورشید مرکزی کوپرنیکی) که روی کره زمین ایستاده است، آسمان به‌سان نیمکره یا گنبدی می‌ماند که بر روی افق قرار گرفته است. از دید این ناظر خورشید، ماه و دیگر ستارگان به دور زمین گردش می‌کنند. ایرانیان آریایی با مشاهده دریافته بودند که گونه‌ای ارتباط میان حرکتهای سالیانه خورشید با حرکتهای صورتهای فلکی واقع بر منطقه البروج وجود دارد. ایرانیان، و بعدها یونانیان، مبدأ شروع شمارش سال را زمانی گرفتند که خورشید در برج بره (برج حمل، برج اول از برجهای دوازده‌گانه منطقه البروج) قرار می‌گرفته است. سال نو ایرانیان از دیرباز از هنگامی آغاز می‌شده که برج بره در نقطه اعتدال ربیعی قرار می‌گرفته و خورشید در آن طلوع می‌کرده است. نقطه مقابل آن نقطه نیز در نزد ستاره‌شناسان به نام اعتدال پاییزی (خریفی) نام گرفته است.

ابوالحسین عبدالرحمن عمربن محمد صوفی رازی (۲۷۳-۳۵۴) اولین منجمی بود که تا آن زمان در تعیین قدر ستارگان تفحص کرده است. وی اشتباهات رصدهای بتانی و بطلمیوس را اصلاح کرد و خطاهای آنها را نمایان ساخت. وی موفق شد که در مجموع، ۱۰۲۷ ستاره را با دقت رصد و محاسبه و مشخصات دقیق آنها را به درجه، دقیقه و ثانیه معلوم کند. او نشان داد از این تعداد یک ستاره قدر اول، ۳۴ کوکب قدر دوم، ۲۰۶ اختر قدر سوم، ۴۲۸ ستاره قدر چهارم، ۲۵۸ ستاره قدر پنجم و ۸۶ ستاره قدر ششم هستند. عبدالرحمن صوفی رازی ازجمله سحابی‌های درون صورت فلکی خرچنگ و زن به زنجیر بسته در اندرومدا و سحابی ولپکولا درصورت فلکی روباه و سحابی دیگری درون صورت فلکی تیرانداز و همچنین، سحابی و ستارگان مزدوج را بدون داشتن تلسکوپ کشف کرد. او نخستین کسی بود که کهکشان مارپیچی M۳۱ را، که در فاصله ۲/۹ میلیون سال نوری از ما قرار گرفته است، با چشم غیرمسلح رصد و مطالعه کرده است. گزارش صوفی از کهکشان امراه المسلسله و همین‌طور ابر ماژلانی بزرگ، قدیمی‌ترین مدارک موجود از مشاهده اجرام آسمانی است[۱۴].

عبدالرحمن صوفی با رصدهای پیاپی اعلام کرد که رنگ ستاره شباهنگ تغییر نمی‌کند. پیش از او منجمان یونانی مانند سنکا و بطلمیوس گفته بودند که این ستاره را به رنگهای گوناگونی دیده‌اند. صوفی در رصدهایش به این نتیجه رسید که صفحهٔ دایره البروج نسبت به استوای سماوی مایل است و با توجه به این مسئله توانست طول سال اعتدالی را با دقت بیشتری محاسبه کند. او نصف النهار شهر شیراز را محاسبه کرد. او در رصد ستارگان و تعیین قدر ستارگان (میزان درخشندگی)، رنگ و موقعیت آنها در صور فلکی بسیار کوشش کرد[۱۴]. انحمن بین‌المللی نجوم به پاس خدمات علمی

عبدالرحمن صوفی رازی یکی از دهانه‌های ماه را به نام AZOF در مدار ۲۲ درجه جنوبی و نصف‌النهار ۱۳ درجه کره ماه به همراه ۹ نقطه دیگر را به نام وی به ثبت رساند. عبدالرحمن صوفی در کتاب *صورالکواکب* خویش به این ۹ جرم آسمانی اشاره و آنها را «سحابی» قلمداد کرده که به شرح زیر است[۱۴]: ۱. خوشهٔ دوتایی X,H یا ۸۶۹/۸۴۴ NGC (خوشه باز)؛ ۲. خوشه کندوی عسل یا ۴۴M (خوشه باز) در صورت فلکی خرچنگ؛ ۳. vM (خوشه باز۳) در صورت فلکی عقرب؛ ۴. ستارگان نو -۱ و نو-۲ در صورت فلکی قوس؛ ۵. ستارگان لاندا، فی -۱ و فی-۲ در صورت فلکی جبار؛ ۶. خوشه ۳۳۹ Cr (خوشه باز) در صورت فلکی سهم؛ ۷. کهکشان آندرومدا یا M۳۱ در صورت فلکی اندرومدا؛ ۸. خوشه ۲۳۹۱ IC (خوشه باز) در صورت فلکی بادبان؛ ۹. خوشه ۲۹ NGC (خوشه باز) در صورت فلکی بادبان.

ابوعلی‌سینا با قبول تصور قدما از عالم خلقت چنین اظهار می‌دارد: «قدما عالم را مانند پیاز مدور مرکب از چند طبقه پوستهای مدور تودرتو تشبیه کرده‌اند که در وسط این پیاز کره خاک قرار دارد (مانند هسته در وسط میوه یا زرده در تخم‌مرغ) و این کره خاک در درون کره آب است؛ یعنی از همه طرف آب بر آن احاطه دارد [بجز قسمتی که ما روی آن ساکنیم] و کره آب با کره خاک که درون اوست، درون کره هوا واقع است و کره هوا درون کره آتش و این چهار جسم؛ یعنی خاک، آب، هوا و آتش همان عناصر چهارگانه تشکیل دهنده عالم است. مجموع این چهار کره عنصری عالم سفلی درون کره دیگری که آن را فلک می‌گویند، واقع است و فلک هم مانند پیاز چند طبقه است، هر یک از طبقات یک فلک است. فلک اول که بر کره آتش احاطه دارد، فلک ماه است و بالای آن فلک سیارات‌اند و بالای همه، فلک ستاره‌های ثابت یا فلک‌الافلاک که فلک اعلی و اعظم نیز می‌گویند و بعد از فلک اعظم چیزی نیست و مجموع افلاک را عالم علوی (عالم اعلا) گفته‌اند. پس مرکز عالم مرکز کره خاک است و محیطش فلک‌الافلاک. عالم علوی و سفلی هر دو از جسم ساخته شده‌اند، اما جسم عنصری با جرم فلکی تفاوت دارد. ... علم طبیعی علم به اجسام عنصری و فلکی و تغییرات آنهاست و تغییر دو قسم است: تدریجی و غیرتدریجی...»[۱].

ابوریحان بیرونی در کتاب *التفهیم* در حالهای آسمان و زمین چنین نوشته است: جسمی است چون گوی گردنده اندر جای خویش و اندر میان او چیزهاست که حرکت ایشان به سرشت خویش به خلاف حرکت فلک است و ما اندر میان اوییم و او را فلک نام کردند از بهر حرکت او که کرده است، همچون حرکت بادریسه و فیلسوفان او را اثیر نام همی کنند. فلکها هشت گوی‌اند یک بر دیگر پیچیده، همچون پیچیدن توپهای پیاز و خردترین فلکها آن است که به ما نزدیک‌تر است و ماه اندر او همی رود و همی برآید و فرود آید، فقط بی‌هنبار. هر کره‌ای را مقداری است از ستبری و ستاره او را از بهر آن دو بعد اوفتد، یکی در دورترین و دیگر نزدیک‌ترین وکره دوم که زیر وی همی گردد، آن عطارد است و سوم آن زهره است و چهارم آن آفتاب است و پنجم آن مریخ و ششم آن مشتری و

هفتم آن زحل. این گوی‌های هفت ستاره رونده‌اند و زیر این همه گویی است ستارگان بیابانی را که ثابته خوانند ایشان را؛ یعنی ایستاده و این صورت هر هشت گوی است و قطر زمین دو هزار و صد و شصت و سه فرسنگ است و چهار دانگ فرسنگ و دورش گرد برگرد، شش هزار و هشتصد فرسنگ است. و بر این شمار مساحت روی او از بیرون چنانک ارشی اندر ارشی، یک ارش مکسر باشد، چهارده بار هزار هزار و هفتصد و دوازده هزار و هفتصد و بیست و هفت فرسنگ و چهار یک»[۱۵].

اینک فهرست کارهای عمده و نظریات ابوریحان بیرونی در زمینه علم نجوم، اخترشناسی و گاهشماری نقل می‌شود:

- **حرکت اوج خورشید:** بطلمیوس و دیگر ستاره‌شناسان یونانی و نیز دانشمندان اسلامی تا زمان ابوریحان‌بیرونی اوج خورشید را ثابت می‌دانستند. بیرونی با دلایل ریاضی ثابت کرد که اوج خورشید متحرک است و مقدار این اوج را خود او رصد کرد[۸].
- **حرکت ویژه میانی خورشید:** بیرونی حرکت ویژه میانی خورشید را که نتیجه آن مدت سال شمسی حقیقی به‌دست می‌آید، یک بار در جرجانیه خوارزم و بار دیگر در غزنه رصد کرد که حاصل آن مدت سال شمسی ۳۶۵ روز با کسری که نزدیک چهار ـ یک (۱/۴) روز است[۱۵].
- **محاسبه قطر کره زمین:** ابوریحان بیرونی قطر کره زمین را با استفاده از رصدهای نجومی و روشهای محاسباتی به‌دست آورد. پیش از وی یونانیان و نیز دانشمندان ایرانی در زمان مأمون به این کار اقدام کرده بودند. محاسبه‌ها و اندازه‌گیریهای بیرونی که با روشهای خاص خود او انجام گرفت، استقلال نظر او را در پژوهشهای علمی به اثبات می‌رساند[۸].
- **روش تسطیح کره و ترسیم نقشه‌های جغرافیایی:** بیرونی در کتاب *آثار الباقیه* اختراع خویش را در باره روش تسطیح یک کره روی یک سطح مستوی و چگونگی ترسیم نقشه‌های جغرافیایی شرح داده است. بیرونی این روش ابداعی خود را تسطیح استوانه‌ای نامیده است [۱۶].
- **دو روش نجومی:** ابوریحان بیرونی در عمل تسویه البیوت روش نوینی وضع کرد که به مراکز محققه موسوم شد. همچنین، وی در موضوع مطرح شعاع روشی ابداع کرد که گویا با روشهای ستاره‌شناسی عبدالرحمن صوفی رازی تفاوت داشته است. در هر دو مورد، بیرونی رساله‌هایی نیز نگاشته است[۱۵].
- **رصد میل کلی (میل اعظم):** میل کلی یا میل اعظم عبارت از زاویه بین دو صفحه استوا با صفحه دایره منطقه البروج یا به گفته دیگر زاویه میل صفحه دایره البروج و مدار انتقالی زمین از خط استوا یا به عبارتی، مقدار تمایل محور حرکت زمین از مدار استوایی است. تعیین میل

کلی در علم نجوم اهمیت زیادی دارد و از این‌رو، ستاره‌شناسان از قدیم به این اندازه‌گیری اقدام می‌کردند. ابوریحان بیرونی در کتاب *تحدید نهایات الاماکن* خویش نام آن دانشمندان را تا زمان خود یاد می‌کند و نتایج کارهایشان را در این زمینه بیان می‌دارد[۱۷]. وی آن گاه برای اطمینان از صحت رصدها خود اقدام به تجربه می‌کند و چندین بار این کار را انجام می‌دهد. وی نتیجه کار خود را بدین گونه گزارش می‌کند: «اندازه این میل بزرگ را چنانک ما به رصد یافتیم، بیست و سه جزو است و سی و پنج دقیقه ('۳۵ و ۲۳۰) و او را میل بزرگ خوانند»[۱۵].

- **اختراع ابزار رصدی:** ابوریحان بیرونی چندین گونه جدید از اسباب ستاره‌شناسی را خود اختراع کرده و در اندازه‌گیریهایش به کار برده است. وی در باره این ابزار در کتابهای *تحدید نهایات الاماکن* و *قانون مسعودی* شرح داده است. ابزار و وسایلی که ابوریحان بیرونی از آنها نام برده است عبارت‌اند از: نیمکره و شاقول قائم برای یافتن ارتفاع و میل خورشید، کره کامل با شاقول و شاخص برای یافتن ارتفاع و میل خورشید و عرض جغرافیایی نقاط، سه میله و شاقول با عضاده و هدفه برای تعیین ارتفاع و میل خورشید و عرض جغرافیایی نقاط، تخته مربع و شاخص مدرج قائم برای تعیین ارتفاع و میل خورشید و عرض جغرافیایی نقاط، ابزار رصد برنج برای رصد رؤیت هلال ماه، تخته مربع قائم‌الزاویه مدرج برای یافتن ارتفاع کوه و تخته حساب و قوس دایره مدرج برای تعیین ارتفاع و میل خورشید و عرض جغرافیایی نقاط [۷].
- **رصدهای چند ماه‌گرفتگی و خورشیدگرفتگی:** ابوریحان بیرونی در جرجان و جرجانیه خوارزم سه رصد نجومی را در باره ماه‌گرفتگی (خسوف) انجام داد. منظور او از این کار تصحیح تعیین حرکتهای میانی و تقویمی ماه بود.
- **ساختن کره جغرافیایی:** بیرونی برای نشان دادن موقعیت ستارگان و وضعیت منطقه البروج یک کره جغرافیایی به قطر ۱۰ ذرع (حدود ۵ متر) ساخت. وی در باره این اختراعش در کتاب *تحدید نهایات الاماکن* شرح داده است[۱۷].
- **حرکت زمین:** ابوریحان بیرونی به صراحت در باره اینکه زمین ساکن نیست و متحرک است، اشاره‌ای نکرده، اما وی این مسئله را به‌گونه‌ای طرح کرده و آن را از نظر ریاضی ممکن دانسته است. طرح این مسئله و اینکه امکان چنین امری وجود دارد را باید گامی مؤثر در جهت فروریزش بنیان پابرجای سنت «ارسطویی - بطلمیوسی» در سده‌های میانه دانست[۱۷]. بحثها و تردیدهایی از این‌گونه بود که در سده‌های میانه از میان دانشمندان ایرانی و مسلمانان پاگرفت و به اروپا نفوذ کرد و به نظریات مخالف و مستندتر اروپاییان در سده‌های بعد تبدیل و

مقدمه فروریختن کامل «نظام فلک شناسی بطلمیوسی» و مطرح شدن «نظام خورشید مرکزی کوپرنیکی» فراهم شد.

- **اندازه‌ها و فاصله‌های زمین و ستارگان:** از جمله مسائل نجومی که ستاره‌شناسان از قدیم بدان می‌پرداختند، تعیین اندازه زمین، فواصل میان ستارگان و اندازه ستارگان بود. بطلمیوس، ستاره‌شناس معروف سده دوم میلادی و بنیان‌گذار نظام بطلمیوسی، در کتاب *جغرافیا* اندازه‌گیری پوسیدونیوس را، که محیط زمین را یکصد و هشتاد هزار استادیون و طول یک درجه را پانصد استادیون اندازه گرفته است، پذیرفته بود [بطلمیوس یک استادیون را به جای استادیون اولومپی که معادل ۱۸۵ متر بوده معادل استادیون فیلتری برابر ۲۱۳ متر گرفته است][۱۸].
- **در باره مرکزیت خورشید:** کهن‌ترین رویکرد به نگرش مرکزیت خورشید به جای زمین، پس از نخستین پیشنهاد از سوی هیپارخوس که سراسر بر پایه زیباشناختی استوار بود، داده‌های نجومی و پذیرش آن از سوی اریستارخوس بود. ابوسعید سگزی با اسطرلابی که ساخته بود، این اندیشه یونانیان پیشین را کاربردی کرد. اما این ابوریحان بیرونی بود که با هواداری از اختراع ابوسعید سگزی و این نگرش پیگیر این اندیشه شد[۱۸].

ابوریحان بیرونی و مسئله رؤیت هلال: کتاب *قانون مسعودی*، نوشته ابوریحان بیرونی، مفصل‌ترین دانشنامهٔ نجوم دورهٔ اسلامی است. یکی از مباحث مهم این اثر در بارهٔ رؤیت هلال و مسائل مربوط به آن است که به دلیل اهمیت رؤیت هلال در آغاز و پایان ماه مبارک رمضان، از دیرباز مورد توجه بوده و از حالت بررسی نجومی ـ ریاضی صرف درآمده و رنگ و بویی مذهبی نیز به خود گرفته است[۱۹].

شهمردان بن ابی الخیر رازی (حدود ۳۹۵-پس از ۴۶۵) مؤلف کتاب *روضه المنجمین* است؛ این کتاب شامل مطالبی در باره علم نجوم و ستاره‌شناسی است[۲۰]. ابی‌الخیر رازی در مقاله پانزدهم در باره کتاب *صورالکواکب* عبدالرحمن صوفی رازی به تفصیل سخن گفته و از آن به نیکی یاد کرده است، وی طول ستارگان و قدر آنها را که عبدالرحمن صوفی رازی قبلاً اندازه گرفته، دوباره اندازه‌گیری کرده و آنجا که لازم دیده تصحیح‌هایی بر آنها آورده است. او در باره اندازه و جرم سیاره‌های هفت‌گانه در همین کتاب و کتاب *نزهت‌نامه علائی*[۲۱] به تفصیل سخن گفته است.

خواجه‌نصیرالدین طوسی (۵۷۹-۶۵۲) از جمله کسانی است که به منظومه بطلمیوسی ایرادهایی وارد آورد و مقدمات بحث و تأمل بیشتر را در این باره فراهم ساخت. شاید بتوان گفت که در مکتب مراغه بود که این امواج تردید و مخالفت با نظام بطلمیوسی به‌گونه‌ای منسجم‌تر و پرنفوذتر تکوین یافت و بعدها قوت گرفت و از آنجا به دیگر محافل علمی راه یافت. خرده‌گیری و ایرادهای نصیرالدین‌طوسی به منظومه بطلمیوسی در یکی از تألیفهای مهم او به نام *التذکره النصیریه فی الهیئه*

آمده است. این نوشته به نام *رساله هیئت* یا *رساله معینیه* به فارسی ترجمه شده است. نصیرالدین طوسی پس از نقد دستگاه منظومه بطلمیوسی، خود طرحی برای منظومه‌های ستاره‌ای ارائه داد. در طرح طوسی، برخلاف منظومه بطلمیوسی زمین درست در مرکز عالم قرار داده شده بود. طوسی برای تعیین حرکت ظاهری اجرام آسمانی دو کره تصور کرده بود، به‌گونه‌ای که یکی از دو کره در درون کره دیگر دوران می‌کرد. عنوان جدید سازکاری که نصیرالدین طوسی ابداع کرد و به‌صورت بخشی از نظریه سیاره‌ای بدیع خویش به کاربرد، به جفت طوسی معروف شد. در نجوم دوره اسلامی این سازکار را با نام عربی اصل الکبیره و الصغیره (دایره بزرگ و خرد) می‌شناختند[۱۲ و ۲۲].

فرزندان موسی‌بن شاکر خراسانی (محمد، احمد و حسن‌بن موسی‌بن شاکر خراسانی) در ریاضیات، طبیعیات و نجوم از محققان، نویسندگان و مترجمان بزرگ سده سوم خورشیدی هستند. احمدبن موسی مؤلف کتاب *الحیل* (به معنی مکانیک) است. این کتاب شامل طرحهای بی‌شماری است و نشان‌دهنده اختراع دستگاههای جالب و قابل توجه در زمینه استفاده از فشار هوا، فشار مایعات و فشار باد است. همچنین، قطب‌الدین شیرازی (۶۱۵-۶۸۸) از شاگردان برجسته مکتب مراغه است. مهم‌ترین اثر نجومی او *نهایه الادراک فی درایه الافلاک* نام دارد که شرحی جامع نه فقط از اخترشناسی، بلکه از موضوعهای مربوط به زمین‌سنجی، هواشناسی، مکانیک و اپتیک ...است. ابن‌هیثم و نصیرالدین طوسی سطح افلاک را بر مدار سیارات مماس می‌دانستند، اما قطب‌الدین شیرازی اظهار کرد باید میان آنها فضایی موجود باشد. کتاب *نهایه الادراک* شامل بحثی مفصل در باره حرکت یا سکون کره زمین است که نتیجه آن بحث ساکن بودن زمین را پذیرفته است ..»[۱۲]. در کتاب *اختیارات مظفری* قطب‌الدین شیرازی به این مطلب برمی‌خوریم که وی از منجمان صاحب نظریه در حوزه مدلهای غیر بطلمیوسی است و مدل سیاره‌ای او برای سیاره‌های خارجی هرچند دارای اشکالهای رصدی است، اما برخلاف دیگر مدلهای غیربطلمیوسی مکتب مراغه، در آن مرکز تدویر در فاصله نسبتاً زیادی از مرکز تدویر بطلمیوس در نظر گرفته می‌شود و در نتیجه، فاصله مشاهدات رصدی و مقادیر محاسبه شده قابل چشمپوشی است [۲۳].

غیاث‌الدین جمشید کاشانی (۷۶۶-۸۰۷) معروف به الکاشی (بطلمیوس ثانی) است. نخستین فعالیت علمی او رصد ماه‌گرفتگی (خسوف) در کاشان است. کاشانی زمان این رصد را در کتاب *زیج خاقانی* سی‌ام شهریورماه ۷۷۵ یزدگردی (۷۸۴ش) ثبت کرده است. کاشانی یک سال بعد نیز دو خسوف دیگر را در این شهر رصد کرد. غیاث‌الدین کاشانی در مقالهٔ اول کتاب *سلم السماء* خود نسبت محیط به قطری (عدد پی) را که ارشمیدس به‌دست آورده ـ یعنی سه و یک هفتم ـ تقسیم می‌کند تا قطر زمین را به‌دست آورد. سپس، مساحت زمین، ربع معمور و قدر معمور را بر همان مبنا محاسبه

می‌کند. او شعاع زمین را ۱۲۷۲/۷۲۷۳ فرسنگ و محیط زمین را ۸۰۰۰ فرسنگ به دست آورده است [۲۴].

۸. تقویم و گاهشماری

سال مبتنی بر گردش ماه در آسمان ۳۵۴ روزه بود که ایرانیان باستان مجبور شدند بعدها سال ناقصهٔ ۳۶۵ روزهٔ بی‌کبیسه و بالاخره، سال خورشیدی کبیسه‌دار را اختیار کنند. سال ۳۶۵ روزهٔ بدون کسری نزد ستاره‌شناسان دوران اسلامی به سال سیّار ایرانی یا سال ناقصه معروف شد. آغاز سال با ماه فروردین یکی از مبادی معمول سالشماری در ایران بوده است. در دوران اسلامی گاهشماری متداول در ایران پیش از اسلام و همچنین، گرامیداشت روزهای خاص از سال محفوظ ماند و فقط در موارد اندکی تغییر یافت. عیدهایی چون نوروز و سده در دوران اسلامی نیز مانند دوران پیش از اسلام برجای ماندند. ایرانیان در دوران اسلامی جشن سده را که روز دهم بهمن‌ماه برپا می‌شده است، به نام شب چلهٔ کوچک گرامی داشته‌اند. در شب اول دی‌ماه که طولانی‌ترین شب زمستان و به شب یلدا معروف است، ایرانیان بر این اعتقادند که مهر ایزد فروغ تولد می‌یابد و با تولد او فروغ بر تاریکی و نور بر ظلمت چیره می‌شود. در سال ۴۵۳ چند نفر از ستاره شناسان معروف ایرانی در رصدخانه اصفهان گرد آمدند تا تقویم را اصلاح کنند. این گروه شامل ابومظفر اسفزاری، میمون بن نجیب واسطی، عبدالرحمن خازنی و با سرپرستی عمر خیام نیشابوری موفق شدند بهترین اصلاح را در تقویم انجام دهند. تقویم اصلاح شده به نام تقویم جلالی معروف شد. در این تقویم نوروز که تا آن زمان در سال خورشیدی سیّار بود، ثابت شد و به روز اول بهار در آغاز سال که در برج بره (حمل) بود، منتقل شد. این روز را بعدها نوروز سلطانی نامیدند. در تقویم خیام پنج روز آخر سال به اضافه یک روز دیگر به آخر شش ماه اول سال اضافه شد. محاسبهٔ کبیسه‌ها (یعنی روزها و کسرهای روز) اضافه بر ۳۶۵ روز نیز طوری انجام شد که هرچند سال یک بار خود به خود در تقویم اعمال شدنی بود. چون سال خورشیدی واقعی اندکی از ۳۶۵ و ۱/۴ روز کمتر است، برای منطبق کردن تقویم با واقعیت، بعد از یک دورهٔ ۲۴ یا ۴۸ ساله اضافهٔ روز ششم (روز کبیسه در هر چهار سال) شش یا هفت بار تکرار می‌شد. دفعهٔ بعد، چنان‌که در جدول تقویم خیام آمده است، به جای آنکه آن را پس از چهار سال اضافه کنند، پس از ۵ سال اضافه می‌کردند. در محاسباتی که الغبیگ انجام داد، هر ۶۳ سال جمعاً ۱۵ روز اضافی به عنوان کبیسه اضافه می‌شد و مدت سال به‌طور میانگین برابر ۳۶۵/۲۴۱۹۳۵ روز می‌شد. اگر این تطبیق را با مدت دقیق‌تر سال خورشیدی که ۳۶۵/۲۴۲۲ روز است مقایسه کنیم، می‌بینیم که در هر ۳۷۷۰ سال فقط یک روز اشتباه روی می‌دهد که دقت بی‌نظیر اصلاح انجام شده به‌دست حکیم عمرخیام نیشابوری را در تقویم معروف به تقویم جلالی نشان می‌دهد[۱۸، ۲۵ و ۲۶].

۹. صوت و موسیقی

از جملهٔ نام‌آوران موسیقی در سده‌های سوم و چهارم باید از ابوالفرج اصفهانی (۲۷۵- ۳۴۵) نام برد. او موسیقی‌دان نبود، اما مجموعه‌ای ۲۱ جلدی به نام *الاغانی* در شناخت موسیقی‌دانان نوشت[۲۷]. وی در این کتاب نام بسیاری از موسیقی‌دانان ایرانی و آهنگها و دستگاههای ایرانی را آورده است. سدهٔ سوم و چهارم عصر زندگی یکی از نام‌آورترین اندیشمندان علم و هنر ایران و جهان؛ یعنی ابونصرمحمدبن طرخانی فارابی نیز بوده است. فارابی نه تنها در موسیقی نظری، بلکه در موسیقی عملی نیز از موسیقی‌دانان طراز اول و در نواختن عود بسیار زبردست بود. فارابی در کتاب *موسیقی کبیر* خویش در بارهٔ پیدایش و انتقال صوت چنین می‌گوید: «برخی اجسام چنان‌اند که در مقابل فشار جسمی دیگر مقاومتی ندارند و به فشار آن جسم تن در می‌دهند، از این قرار که یا بر اثر فشار در خود فرو می‌روند مانند اجسام جامد نرم، یا راه را برای جسم خارجی باز می‌کنند مانند اجسام مایع یا بدون هیچ مقاومتی در جهت حرکت جسم فشاردهنده به حرکت درمی‌آیند. در چنین حالتهایی از هیچ‌یک از این اجسام صوتی حاصل نمی‌شود». فارابی سپس، در توصیف نغمه در موسیقی چنین می‌گوید: «نغمه صوتی است که به مقدار زمانی محسوس در جسمی که از آن ایجاد می‌شود، درنگ کند[۲۸]. فارابی در ادامهٔ بیان این نظرهای نو و بدیع خود در علم موسیقی به شرح ارتباط بین نتها و اقتران (یا سازش) بین آنها می‌پردازد که چگونه در یک نوای موسیقی اقتران کامل اعظم (یا سازش کامل بزرگ) رخ می‌دهد. استاد مهدی برکشلی، پژوهشگر نامدار موسیقی معاصر ایران، در پژوهش علمی خویش به نام «اندیشه‌های علمی فارابی» در بارهٔ موسیقی چنین می‌گوید: «... ابونصرفارابی برای جمع و تفریق فاصله‌ها روش ریاضی مبتنی بر عملیات با حاصلضرب و حاصل تقسیم نسبتهای معرف آنها را به‌کار می‌برد. این ابتکار فارابی را باید اندیشه‌ای نوین در راه عملیات با فاصله‌های لگاریتمی به‌شمار آورد» [۲۹].

ابن‌سینا در بارهٔ حدوث صوت و پدید آمدن آواز چنین می‌گوید: «گمان من بر آن است که سبب قریب آواز، موج زدن ناگهانی هواست به تندی و نیرو، به هر سبب که باشد و اینکه کوب را در آن شرط کرده‌اند، بسا که آن سبب کلی آواز نیست، بلکه سبب اکثری آن است و اگر نیز سبب کلی باشد، سبب بعیدست، نه سبب پیوسته به وجود آواز[۳۰].

در سدهٔ هفتم نام آور دیگری در زمینه موسیقی در ایران ظاهر شد و او صفی‌الدین ارموی (۵۹۴- ۶۷۲) است. او در تنظیم و تثبیت گامهای موسیقی و نیز در پایه‌گذاری موسیقی علمی در ایران و جهان نقش تأثیرگذاری داشته است. صفی‌الدین نیم پردهٔ فیثاغورث را که ۲۳ واحد (ساوار) بود، مبنا قرار داد و بر اساس آن پله‌های هر طبقه را منظم کرد.

در سدهٔ نهم؛ یعنی در عصری که نزدیک بود که موسیقی کم‌کم رنگ ببازد، موسیقیدانی در ایران زاده شد که توانست سنت موسیقی را بار دیگر در ایران زنده کند. این شخص عبدالقادرمراغی (۷۲۷ یا ۷۳۷-۸۱۳) است. او را می‌توان آخرین موسیقیدان بزرگ و وارث موسیقی کلاسیک ایران دانست. مراغی همچون فارابی هنرمندی بزرگ بود، به خوبی عود می‌نواخت و خوش می‌خواند و در ساختن تصنیف استاد بود. متأسفانه، بعد از مراغی و پسرش «عبدالعزیز» موسیقی در ایران مانند دیگر رشته‌های هنری بی‌فروغ شد[۳۱].

۱۰.اندازه‌گیری

ایرانیان از دوران باستان برای زمان و سنجش آن ارزش خاصی قایل بودند. واحدی که آن روزگار متداول بود و در برخی از اشعار فردوسی نیز واژهٔ آن به کار رفته است، «پاس» نام داشت. پاس از واحدهای زمان‌سنجی و برابر ۱/۲۴ شبانه روز یا معادل یک ساعت امروزی است. اما یکی از نخستین دستگاههای زمان‌سنجی در ایران باستان پنگان (معرب آن فنجان) نام داشت. پنگان ظرفی بود که در ته آن سوراخی تعبیه کرده بودند. این ظرف را روی آب قرار می‌دادند و آب به تدریج و با گذشت زمان از سوراخ به درون ظرف وارد می‌شد تا وقتی که پنگان از آب پر می‌شد و به درون آب فرو می‌رفت. تنگی و گشادی سوراخ ظرف را با انتخاب یک پنگان مشخص (به تعبیر امروزی استاندارد) چنان اختیار می‌کردند که فاصلهٔ بین ورود آب به ظرف تا فرورفتن آن در آب یک واحد زمانی مثلاً یک ساعت را مشخص می‌کرد. این سنجش را پنگ کردن می‌نامیدند. یک پنگ متداول آن زمان معادل ۱/۱۰۰۰ یک شبانه روز یا حدود ۸۶/۴ ثانیه امروزی بوده است[۳۲].

در بارهٔ اندازه‌گیری وزن و ترازو و چگالی اجسام، دانشمندان ایرانی نیز تلاشهای ارزنده‌ای کرده و آثار گران‌قدری از خود به جا گذاشته‌اند، از جمله زکریای رازی از طریق تعیین وزن مخصوص؛ یعنی وزن حجم معینی از ماده متناسب با همان حجم از آب تفاوت دو فلز طلا و نقره را تعیین می‌کند و چون وزن مخصوص طلا (حدود ۱۹/۳) به مراتب بیش از وزن مخصوص نقره (حدود ۱۰/۴۵) است، با این ویژگی طبیعی تفاوت آنها را روشن می‌کند[۱۰].

جدول ۱: مقایسه محاسبه وزن مخصوص فلزات از نظر خازنی، ابوریحان بیرونی و محاسبات امروزی

ماده		محاسبه خازنی	محاسبه بیرونی	محاسبات امروزی
فلزات	طلا	۱۹/۰۵	۱۹/۲۶	۱۹/۲۶
	جیوه	۱۳/۵۹	۱۳/۷۴	۱۳/۵۹
	مس	۸/۸۳	۸/۹۲	۸/۸۵
	اهن	۷/۷۴	۷/۸۲	۷/۷۹
	قلع	۷/۱۵	۷/۲۲	۷/۲۹
	سرب	۱۱/۲۹	۱۱/۴۰	۱۱/۳۵
سنگهای قیمتی	یاقوت	۳/۶۰	۳/۷۵	۳/۵۲
	زمرد	۲/۶۲	۲/۷۳	۲/۷۳
	مروارید	۲/۶۲	۲/۷۳	۲/۷۵
	بلور کوارتز	۲/۵۸	۲/۵۳	۲/۵۸

یکی از آثار مهم به‌جا مانده از دانشمندان ایرانی در زمینهٔ ترازو و وزن اجسام و مواد کتاب *میزان‌الحکمه* متعلق به ابوالفتح عبدالرحمن خازنی است. این کتاب از مهم‌ترین کتابهای آن عصر در زمینهٔ مکانیک، تعادل مایعات و طبیعیات (فیزیک) است. در این کتاب خازنی به شرح کارهای دانشمندانی که در این زمینه کارکرده‌اند، پرداخته و اندیشه‌های خود را نیز در آن نوشته است. پس از ارشمیدس فقط چند تن از جمله زکریای رازی، ابوریحان بیرونی، حکیم عمر خیام نیشابوری و مظفربن اسماعیل اسفزاری در کار ترازو اندیشه کردند و خازنی کار آنها را تکمیل کرده و بر آن افزوده است. کتاب *میزان‌الحکمه* شامل جدول وزنهای مخصوص (چگالی) چندین مایع و جامد و تاریخ مربوط به این موضوع است. خازنی به‌دلیل مطالعه در اثر مویینگی، اندازه‌گیری چگالی، تخمین دمای مایعات، مطالعهٔ دقیق در نظریهٔ اهرمها و به‌ویژه در ساخت و استفاده از ترازو نشان داده که ابزارساز و آزمایشگر دقیق و ماهری بوده است. خازنی در محاسبهٔ وزن مخصوص فلزات و سنگهای قیمتی (جواهر) و مایعات در عصر خویش دقت خاصی داشته که در جدول ۱، محاسبات وی با محاسبات ابوریحان بیرونی و محاسبات امروزی مقایسه شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، اندازهٔ وزن مخصوص برخی فلزات و سنگهای قیمتی بر مبنای محاسبهٔ انجام شده به‌دست بیرونی و عبدالرحمن خازنی با محاسبه‌های امروزی تفاوت چندانی ندارد.

۱۱. زلزله

شهمردان ابی‌الخیر در بارهٔ کتاب *آثار علوی*[۳۳] مظفربن‌اسمعیل اسفزاری (۴۱۸-۵۰۰) مطالبی با عنوان اندر زلازل که در باره علت زلزله است، چنین نقل می‌کند: «هرگاه که بخارات بسیار در زمین باشد و راه یابد و به زمین متخلخل و فضای هوا آید، مادّت گردد و به حواشی آن جایگاه معتاد شود، باد بسیار آمدن گیرد و چون آن بخارات در زیر زمین تولد کند و راه نیابد که بر هوا آید، به سبب آن حرارت که اندر وی باشد، قصد بالا می‌کند و زمین صلب بود و راه ندهد و چون بخار بسیار بود، آن زمین را بجنبانیدن گیرد تا آن‌گاه که جایگاه ازو بشکافد و آن بخارات بدان شکافتگی برآید و آن اضطراب ساکن گردد و باشد که قوت آن بخار با قوت زمین شکافی بود، پس این اضطراب و زلزله روزهای بسیار بماند. آن‌گاه اگر بخار بسیار غالب شود، زمین بشکافد و باشد که آن بخار سرد گردد و قوتش کمتر شود و بیارامد، بی‌انکه زمین بشکافد و باشد که گرمی آن بخار زیادت شود یا بخار افزونی بدو پیوندد و قوی گردد و زمین را بشکافد و باشد که پس از آنکه زمین بشکافد و از آن بخار ظاهر گردد و از پس آن اگر مادت بسیار بود و پیوسته می‌آید، دایم از آن شکافتگی بخاری مانند بادی برمی‌آید مانند این جایها که در کوههای گوگرد باشد که دایم ازو بادی برمی‌آید و باشد که تا بدان حد بود که قوت آن چون سنگی به قهر در وی فکنی آن سنگ برگرداند و به بالا برآرد و به جانبی از جوانب آن چاه بیفکند و اگر آن بخار دخانی بود پدیدار باشد که مانند دخان از آن چاه برمی‌آید، و باشد که تا بدان حد برسد که هر سوختنی که در وی افکنی مشتعل گردد و بسوزد از افراط گرمی آن دخان که از وی برمی‌آید، والله اعلم.»[۲۱]. همچنین، محمد کرجی (درگذشته در ۴۰۷) در مقدمه کتاب *استخراج آبهای پنهانی* زمین‌لرزه را بر اثر بسته‌شدن چشمه‌های زیرزمینی و گشودن رخنه‌های نو مؤثر می‌داند[۳۴].

۱۲. هوا

مردم ایران از دیرباز به‌دلیل فعالیتهای کشاورزی و برنامه‌ریزیهای آن نیازمند آن بودند که آگاهی نسبتاً دقیقی از دگرگونیهای فصلی سال داشته باشند؛ بدین دلیل، توجه به پدیده‌های جوّی برای آنها امر ضروری می‌نمود. دانشمندان ایرانی نظریات جالبی در بیان و توجیه این پدیده‌های طبیعی ارائه داده‌اند. از آن میان، به نظریات مظفر بن اسمعیل اسفزاری می‌پردازیم. شهمردان ابی‌الخیر در کتاب *نزهت نامهٔ علائی* به نقل از کتاب *آثار علوی* اسفزاری چنین نقل می‌کند[۲۱، ۳۳ و ۳۴]:

اندر باران ـ هرگاه حرارتی از پس تابش خورشید یا از جوهر آتش به آب پیوندد و مدتی با او بماند، آن آب مستحیل شود و از جایگاه خویش برخیزد و به سوی بالا برشود و مر آن را بخار گویند، اگر برودتی بر آن بخار مستولی شود، جوهر آب گردد و قصد زمین کند و آن آب است که آن را باران خوانند.

اندر برف ـ هرگاه اتفاق افتد که بخاری از آب گرم تولد کند و بر بالا برود و به هوای سرد رسد و برودت به افراط بر او غالب شود آن بخار را ببنداند، پیش از آنکه آب شود و همچنان بسته به زمین آید، آن جوهر را برف گویند و اختلاف اشکال او از چند جهت است: یکی آنکه اجزای اصغار تولد کند و باد آن اجزا را بهم پیوندد و چون ببنداند، جرم آن بخار کمتر شود. آن نقصان که اندرو آید، آن جوهر را متشنج گرداند و اگر آن تشنج از سه جانب بود، شکل آن برف مثلث و اگر از چهار جهت مربع و اگر از شش جهت بود، مسدّس گردد و به‌هیچ وقت مخمّس نشود و آن را سببی طبیعی است که این جایگاه جای بیان آن نیست و اگر چنان بود که تشنج از همه جوانب یکسان بود، آن برف مدوّر آید، و اگر تشنج از بعضی جوانب زیادت باشد، برحسب اختلاف شکل آن برف مضرّش آید و برف را بیرون از این اشکال نباشد.

اندر ژاله ـ اما تولد ژاله از آن بود که بخاری باشد اندک مایه حرارت برو مستولی شود و تا آن حد نباشد که او را هوا تواند کردن....

اندر شبنم ـ هرگاه که هوای شب سرد بود، به سبب آن سرما هوا کثیف [چگال] گردد و بخار شود، چون سرما بر آن بخار مستولی گردد، آن هوا آب شود و به صورت قطره‌های آب از برگها بیاویزد...

اندر رعد و برق ـ پیش از این گفته آمد که دو بخار از زمین برخیزد، یکی دخانی و یک مائی. چون یکی از این دو بخار از زمین دور شود، جایگاهی می‌رسد که انعکاس شعاع خورشید از زمین به آنجا نرسد و آن جایگاهی است که آن را مرکز زمهریر گویند و برودت بر آن بخار غالب شود، کثیف گردد و قصد زمین کند و اندر زیر او بخارات گرم باشد و قصد این بخارات گرم سوی بالا بود و آن بخارات سرد بخار گرم را راه ندهد و با یکدیگر مزاحمت کنند. بر یک جانب این دو بخار حرارت مستولی گردد و به سوی زمین گراید و از اصطکاک ایشان بر یکدیگر صوتی پدید آید که آن را رعد خوانند و آن هوا که اندر میان آن دو حرکت گرفتار آید، از افراط حرارت به غایت گرم گردد و مانند آتش شود و آن را برق خوانند و رعد و برق هر دو در یک حال باشند، لیکن حس بصر مرئیات را بی‌زمانی بیند و حس سمع مسموعات را به مدتی شنود، چون مسافتی باشد میان حس سمع و جایگاه آن حرکت. حس بصر از مسافت دور برق را ادراک کند و حس سمع از مسافت دور صوت را ادراک نتواند کرد و از این سبب است که بصر برق را حال می‌بیند و گوش صوت رعد را نتواند شنود، به سبب دوری مسافت. و نیز برق را زودتر بیند که روحانی پیکرست و آن روشنایی است و رعد جسمانی است و آن آوازست دیرتر شنود.

اندر بادها ـ هرگاه یبوست بخار دخانی بر بخار مائی غالب شود، جوهر آن بخار تر را مادت باد گرداند و این بادها در همهٔ جوانب عالم تولد کند، اگر در ناحیت مشرق باشد، آن را باد صبا خوانند و اگر در

جانب مغرب تولد کند، آن را باد دبور خوانند و اگر در جانب شمال تولد کند، آن را باد شمال خوانند و اگر در ناحیت جنوب تولد کند، آن را باد جنوب خوانند.

اندر قوس و قزح ـ ... بدان که وقتی اتفاق افتد که باران می‌باشد و خورشید به آفاق نزدیک بود و رویش گشاده بود چون کسی پشت به سوی خورشید کند و بر آن قطره‌های باران نگرد و بعضی از آن قطره‌ها بر وضعی باشند که چون بصر بدو رسد و بر زاویهٔ مساوی منعکس شود و به جرم خورشید رسد و از حرکت قطرهٔ باران شکل جرم خورشید اندرو پدید آید.

اندر هاله ـ هرگاه که ماه بر میان آسمان بود و میان بصر و میان قمر ابری بود تنک چنان‌که روشنایی را از نفوذ کردن اندرو باز ندارد، چون میان بصر و میان جرم قمر خطی توهّم کنی، برین ابر بگذرد و نقطه بدو پدیدار آورد که مرکز دایرهٔ هاله بود.

اندر صاعقه ـ هرگاه آن بخار که سبب رعد و برق است اندر کمیت سخت بسیار باشد و اندر کیفیت سخت مخالف، چون خواهند از یکدیگر جدا شوند، به سبب بسیاری مادت مسافتی سخت دراز حرکت باید کردن و به سبب مخالفت کیفیت حرکتشان سخت سریع بود. هوایی که در میان دو بخار گرفتار آید، بسیار بود و از سرعت حرکت جملهٔ آن آتش گردد و بخار سرد جمله آن آتش را به قسر به جانب زمین افکند و از بسیاری که باشد، فرو نمی‌رد و به زمین رسد و از آن قسر اندرو نفسی تمام نمانده بود و بر هر چیز که افتد، آن چیز را ببرّد و بسیار دیده‌اند که بر کوه بزرگ خورد و آن را بشکافد و باشد که به زمین فرو شود تا به مسافت دور و نیز باشد که بر دریا خورد و بر آب فرو شود و حیوانات بزرگ را که در زیر آب باشند، فرو خورد و مانند پخته گردند...»[۲۱]

۱۳. مغناطیس (آهنربا)

در منابع فارسی نوشته‌هایی مربوط به مغناطیس وجود دارد که سه نمونه آن را در اینجا می‌آوریم:

- *نزهت نامه علایی*: تألیف شهمردان بن ابی‌الخیر[۲۱] که زیر عنوان مغناطیس چنین آمده است: «مقناطیس- مقناطیس سنگی است آهن ربا و تا بدان حد او را آهن اطاعت دارد که اگر جوال‌دوزی بدو داری برباید و همچنین، دیگری را همین جوال دوز بگیرد و همچنین، در قدر و قوّت، سنگ بیکدیگر پیوندد و بهتر جنس آن است که سیاهی درو باشد و با سرخی گراید و اگر مغناطیس نزدیک قفل بسته‌داری، پرها را درهم آرد، چنان‌که بی‌کلید توان گشادن، و اصحاب حبل درمیان کاغذی نهند این سنگ را، پس بقفل نمایند و گویند این از تعویذ گشاده شد. اگر مردی را رندش آهن داده باشند، این سنگ را خرد کنند و با روغن بدو دهند و همه خرده‌های آهن به‌خویشتن پذیرد و بیارد و مرد شفا یابد. اگر سخاله زر و آهن بهم بر شده باشد، بزخم سوهان و جدا نتوان کردن و نتوان گداخت این سنگ را بدان دارند، هرچه آهن

باشد برگیرد و زر بماند. اگر سرنیش فصّاد در رگ شکسته شود یا بن تیری در اندام بماند و این سنگ را بر آنجا بندند بیرون آرد. اگر منقرس را به‌گاه درد فزودن سنگ مقناطیس در دست نهند، ساکن شود و همچنین، اگر زنی آبستن به وقت زادن در دست گیرد، زادن برو آسان شود. اگر این سنگ را در سرکه نهند، قوّتش بیفزاید. اگر به خیوهٔ مرد روزه‌دار تر کنند یا به سیر نیک بمالند، قوّتش سست شود و آهن نر باید و چون به سرکه بشویند، به صلاح باز آید.»

- در *تنسوخ‌نامه ایلخانی*، تألیف محمدبن محمدبن‌حسن طوسی (خواجه نصیرالدین)،[۳۵] در موضوع مغناطیس چنین آمده است: «در حجر مقناطیس و صفت او و معادن و خواصّ او. و آن سنگی باشد که آهن رباید و چندان که بزرگ‌تر باشد، آهن بزرگ‌تر برگیرد و اگر چیزی تنک میان او و آهن بدارند، آهن را با آن چیز بندد و معدن او در دریای قلزم است و بهترین او، سرخ سیاه پام بود. گفته‌اند اگر شیر یا روغن زیتون در مغناطیس مالند، عمل او باطل گردد و چون باز به سرکه بشویند، نیک گردد و گفته‌اند که سنگی دیگر هست مانند مقناطیس، در خاصیت به‌عکس او که آهن از وی بگریزد. و آورده‌اند که در دریای زنگبار از مقناطیس کوهاست. چون کشتی بدان حوالی رسد، هرچه از آهن در آن کشتیها باشد، ربودن گیرد. و بدان کوه نزدیک می‌شود و از این سبب بند کشتی به ریسمان نارجیل کنند، نه به آهن و این سخن از قیاس دور نیست، چون ما می‌بینیم که وزن پاره‌ای مغناطیس که دو ستیر باشد، پنج مثقال آهن را جذب می‌کند، چون حجم آن سنگ زیادت بود، پاره‌ها آهن بزرگ [را] برباید و قوّت جذب او سرایت می‌کند، در آهن چنان که چون سوزنی را جذب کرد و ملاصق او شد. اگر سوزنی دیگر را مماس آن سوزن اول کنند (و دیگری را بدان سوزن دارند)، او را جذب کند و اگر سوزنی یا دانگی سنگ زر که آهن کرد باشند، بر روی کاغذ یا جامه یا چوبی تنک یا طبقی از مس نهند، مقناطیس در زیر آن در محاذات آن سوزن یا آن دانگ سنگ حرکت می‌دهند، به حرکت مقناطیس در برابر او هم بر آن صورت حرکت می‌کند و اگر سنگ مقناطیس را شیر یا روغن زیت درمالند، قوت انجذاب او نقصان پذیرد و بکلّی قوت او برود و باز چون به سرکه بشویند یا بخون بز، گرم و تیز شود.»
- ابن سینا می‌گوید: «اگر کسی را آهن سوده دهند، مقناطیس (سوده) حل کرده باید داد تا آهنها را جمع کند و برون آرد و گویند که اگر (کسی) مغناطیس حلّ کرده در دست مالد و بگذارد تا خشک شود، و دست بر قفل بسته بمالد، باز شود. زن حامله به وقت بار نهادن بر پای‌بندد یا بردست گیرد، بچه زود برون آید و جذب و انجذاب در بسیاری از چیزها حاصل

است، غیر مقناطیس، چون کهربا و بیجاده که پر مرغ را جذب می‌کند. و نفط آتش را و بسیار احجار آورده‌اند که جواهر را به خویشتن می‌کشد، اما معلوم نه»[۳۵].

۱۴. سخن پایانی

ایران مانند پلی میان تمدن مشرق زمین و اروپا همواره در جریان اندیشه‌های گوناگون فرهنگها و تمدنهای بشری بوده و از هر دو متأثر بوده و بر هردو تأثیر گذارده است. هرگاه بستری مناسب برای ظهور اندیشه‌های نو در عرصه علم و هنر و سازندگی در این کشور فراهم شده است، نوابغی ظهور کرده و آثار شگرفی ایجاد کرده‌اند که در روند پیشرفت جهانی علم فیزیک مؤثر افتاده است. از مطالب این مقاله، اگرچه به اختصار آمده، روشن است که دانشمندان گذشته ایرانی در طرح و حل و بحث مفاهیم علمی فیزیک دارای افکار پویایی بوده‌اند. برای یافتن نشانه‌هایی از این نبوغ موارد بسیاری را می‌توان یافت، ولی شاید ذکر دو نمونه مربوط به هزار سال پیش کفایت کند: ابوریحان بیرونی در کتاب *التفهیم* بسیاری از مفاهیم اساسی، اصطلاح‌های علمی، و آلات و ابزار اندازه‌گیری را مطرح کرده و با دقیق‌ترین و ساده‌ترین بیان به فارسی نوشته شده است[۱۵] و جای شگفتی است وقتی در می‌یابیم که مظفر اسفزاری در کتاب *آثار علوی* در باره اشکال مختلف بلورهای برف اظهار نظر علمی کرده است[۳۳]!

با توجه به اینکه این مقاله خلاصه بسیار کوتاهی از بخشی از مجموعه تاریخ فیزیک ایران (طرح انجام شده در فرهنگستان علوم) است که باید در حد حجم مقاله‌های معمول برای فصلنامه آموزش مهندسی فرهنگستان علوم ایران تهیه می‌شد، از ذکر جزئیات بسیار اجتناب شده است که این امر می‌تواند برای خواننده غیرمتخصص سوءتفاهم ایجاد کند. در عین حال، این پژوهش اولین کنکاش مقدماتی از سیر تحول تاریخ فیزیک ایران است که با توجه به محدودیتهای زمانی و اعتباری، به‌طور مسلم کامل نیست و دارای نقایص احتمالی بسیاری است که امید است با ممارست محققان، تاریخ علم‌شناسان و جامعه‌شناسان توانمند کشورمان در آینده تکمیل شود.

مراجع

۱. بوعلی سینا (۱۳۶۰)، فن سماع طبیعی، ترجمه محمدعلی فروغی، تهران: امیرکبیر.
۲. بوعلی سینا (۱۳۷۵)، اشارات و تنبیهات، ترجمه حسن ملکشاهی، تهران: انتشارات سروش.
۳. بوعلی‌سینا (۱۳۵۳)، طبیعیات دانشنامه علائی، به کوشش سیدمحمد مشکوه، تهران: انتشارات دهخدا.
۴. علی اکبر دهخدا (۱۳۲۴)، نابغه شهیر ایران ابوریحان بیرونی، تهران: انتشارات طهوری.
۵. شهاب‌الدین سهروردی (۱۳۸۹)، حکمت الاشراق، ترجمه سیدجعفر سجادی، دانشگاه تهران، چاپ نهم.
۶. ابوالفتح خازنی (۱۳۴۶)، میزان‌الحکمه، به کوشش مدرس رضوی، بنیاد فرهنگ ایران.
۷. مهدی فرشاد (۱۳۶۲)، تاریخ علم در ایران، تهران، امیرکبیر.
۸. فخرالدین رازی (۱۳۴۳ه. ق.)، المباحث المشرقیه فی علم‌الالهیات و الطبیعیات، جلد دوم، فن اول، فصل ششم، هندوستان: چاپ حیدرآباد دکن.
۹. حسن ملکشاهی (۱۳۸۸)، حرکت و استیفای آن، تهران: سروش.
۱۰. علی عبدالله دفاع (۱۳۸۲)، مشاهیر فیزیک در تمدن اسلامی، تهران: پژوهشگاه علوم و مطالعات فرهنگی.
۱۱. بوعلی سینا (۱۳۶۳)، روانشناسی شفا، ترجمه اکبر داناسرشت، تهران: امیرکبیر.
۱۲. جورج سارتن (۱۳۸۳)، مقدمه‌ای بر تاریخ علم، ترجمه غلامحسین صدری افشار، تهران: انتشارات علمی و فرهنگی.
۱۳. کمال‌الدین فارسی (۱۹۲۸)، تنقیح المناظر لذوی‌الابصار و البصائر، انتشارات دائره‌المعارف العثمانیه، هندوستان: چاپ حیدرآباد دکن، جلد اول ۱۹۲۸ م، جلد دوم ۱۹۲۹.
۱۴. عبدالرحمن صوفی‌رازی (۱۳۸۹)، صورالکواکب، ترجمه خواجه نصیرالدین طوسی، به کوشش بهروز مشیری، تهران: انتشارات ققنوس.
۱۵. ابوریحان بیرونی (۱۳۶۲)، التفهیم لاوائل صناعه التنجیم، به کوشش جلال‌الدین همایی، التفهیم، تهران: انتشارات بابک.
۱۶. ابوریحان بیرونی (۱۳۶۳)، آثارالباقیه عن‌القرون الخالیه، ترجمه اکبرداناسرشت، تهران: امیرکبیر.
۱۷. ابوریحان بیرونی (۱۳۵۲)، تحدید نهایات الاماکن لتصحیح مسافات المساکن، ترجمه احمد آرام، دانشگاه تهران.
۱۸. کرلو آلفونسو نلینو (۱۳۴۹)، تاریخ نجوم اسلامی، ترجمه احمد آرام، تهران: چاپخانه بهمن.
۱۹. ابوریحان بیرونی (۱۳۳۳)، *قانون مسعودی*، ۳ جلد، هندوستان: چاپ حیدرآباد (دکن)، ۱۹۵۴-۱۹۵۶م.
۲۰. شهمردان ابی‌الخیر رازی (۱۳۸۲)، روضه‌المنجمین، به کوشش جلیل اخوان زنجانی، تهران: کتابخانه مجلس شورای اسلامی.
۲۱. شهمردان ابی‌الخیر رازی (۱۳۶۲)، نزهت‌نامه علائی، به کوشش فرهنگ جهانپور، تهران: مؤسسه مطالعات و تحقیقات فرهنگی.
۲۲. مدرس رضوی (۱۳۴)، احوال و آثار محمدبن‌الحسن طوسی (خواجه‌نصیرالدین)، دانشگاه تهران.
۲۳. *مجله علمی، پژوهشی در تاریخ علم*، شمارهٔ هشتم، دانشگاه تهران، ۱۳۸۸.