

تاریخ علم، دوره ۲۰، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۴۰۱، ص ۱۲۱-۱۳۹

مقاله علمی- پژوهشی

برهان اَنی در روش علمی ابوریحان بیرونی

محمد مهدی صدر فراتی

دکترای تخصصی، دانشگاه عالی دفاع ملی

sadrforati@ut.ac.ir

DOI: 10.22059/JIHS.2022.344111.371686

(دریافت: ۱۴۰۱/۰۳/۱۷؛ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۷/۱۰)

چکیده

ابوریحان بیرونی دانشمند برجسته قرون چهارم و پنجم هجری رویکرد منحصر به فردی در علوم طبیعی داشت. در حالی که دانشمندان برجسته‌ای چون ابوعلی سینا روش‌های قیاسی و مبانی فلسفه ارسطو را در علوم طبیعی دارای اصالت تلقی می‌کردند، ابوریحان توجه بیشتری به براهین اَنی که روش علوم ریاضی بود داشت. در این روش علمی می‌توان با نگاهی انتقادی به مبانی فلسفی نگریست و تعهدی به این و آن دستگاه فلسفی نداشت. بیرونی گرچه خود بسیاری از مبانی ارسطو را پذیرفته بود و عملاً در مقدمات علم نجوم اعمال کرده بود، اما همواره نگاهی انتقادی به آنها داشت و در برخی موارد به مرزهای علم تجربی، آن طور که در دوره انقلاب علمی در غرب می‌شناسیم، نزدیک شده بود. همچنین از ملزومات چنین نگرشی غیریقینی بودن علوم طبیعی است که سنخیت بسیاری با علوم طبیعی و تجربی به شکل جدید خود دارد. در این مقاله تلاش می‌کنیم رویکرد اَنی بیرونی در علوم طبیعی را با چند نمونه و شرح آنها روشن کنیم.

کلیدواژه‌ها: ابوریحان بیرونی، برهان اَنی، روش علمی، فلسفه ارسطو

مقدمه

متأسفانه در میان منابع فارسی‌زبان و حتی غیرفارسی‌زبان، بررسی جایگاه و روش علمی ابوریحان بیرونی به درستی و دقت بررسی نشده است، حتی برخی از آثار مشهور بیرونی هنوز مطالعه نشده‌اند. یکی از دلایل آن اخیر بودن کشف و ضبط و تصحیح برخی از مهم‌ترین آثار اوست. مثلاً هنوز نامه‌های میان بیرونی و ابن‌سینا که منبع سرشاری از روش‌شناسی علمی بیرونی و خصوصاً درک زمینه و زمانه قرون چهارم و پنجم هجری است، نه به زبان‌های اروپایی و نه حتی به فارسی دقیقی ترجمه نشده است و مورخان به ترجمه الکن و قریب به مضمون این رساله در نامه دانشوران، مربوط به میانه دوره قاجار، اکتفا کرده‌اند. برخی از تلاش‌ها با هدف احیای این رساله توسط غیرمتخصصان و با رویکرد آموزش عمومی انجام شده و لذا نکات و مطالب علمی ابوریحان که در بستر علم ارسطویی و علم در دوره اسلامی مطرح شده خام‌دستانه با علم امروز (مثلاً فیزیک نیوتون و یا نورشناسی معاصر) مقایسه شده است (معمدی، ۱۳۸۳). لذا نیاز به نگاهی مجدد از نقطه نظر تاریخ علم به این رسائل بسیار واضح است.

از دیگر عوامل ایجاد چنین خلای در مطالعه ابوریحان (و حتی برخی دیگر از مفاخر علمی ایران) بررسی تقریباً انحصاری این مطالب توسط مستشرقان یا محققان غربی است که لزوماً به زبان‌های فارسی یا عربی مسلط نبودند و لذا مشکلات زیادی در چنین راهی داشتند. به عنوان مثال برخی از این مشکلات توسط مهم‌ترین مورخین علمی غربی همچون ادوارد گرنٹ^۱ پیش آمده است. از آنجایی که او به زبان‌های عربی و فارسی مسلط نبوده است، در مطالعه آثار اسلامی دچار اشتباهاتی شده است که امروز بر بسیاری از مورخان علم واضح و مبرهن است (برای مطالعه در باره نمونه‌ای از این اشتباهات نک: صدرفراتی و گمینی، ۱۴۰۰).

در این مقاله تلاش می‌کنیم با نگاهی دقیق‌تر به چند رساله ابوریحان بیرونی، برخی از رویکردهای علمی او را برجسته کنیم. این بررسی با تمرکز بر رویکرد ابوریحان بر استفاده از استدلال/برهان انّی انجام خواهد شد و نشان خواهیم داد که این رویکرد نه تنها در دوره او بلکه تا چند قرن پس از او نیز بسیار نادر بود و منشأ تأثیرات بسیاری

1. Edward Grant (1926-2020)

برهان اَنی در روش علمی ابوریحان بیرونی/ ۱۲۳

بر جریان علم‌ورزی در تاریخ علم اسلامی شد. در یک تعریف اجمالی می‌توان گفت طبق روش‌شناسی رایج در آن روزگار، براهین «اَنی» در علوم ریاضی چون نجوم و نورشناسی/اپتیک رایج بودند و در طبیعات کمتر به این براهین اعتماد می‌شد. برهان اَنی طبق تعریف برهانی است که از معلول به علت پی می‌برد. در مقابل، برهان‌های «لَمی»، برهان‌هایی هستند که از علت به معلول پی می‌برد و در روش فلسفی بیشتر استفاده می‌شدند (معصومی همدانی، ۱۳۸۷). در علوم ریاضی، به‌ویژه نجوم، بر اساس مشاهدات و رصد موقعیت سیارات و ماه و خورشید (معلول‌ها)، به وجود افلاک حامل و تدویر و ... (علت‌ها) می‌رسیدند. لذا به نظر می‌رسد استدلال‌های اَنی مبنای تجربی بیشتری داشته باشند، زیرا از مشاهدات به علل می‌رسند، اما در مقابل از اطمینان کمتری برخوردارند و لذا کمتر مورد اعتماد دانشمندان قرون اسلامی قرار می‌گرفتند. بر این اساس خواهیم دید که ابوریحان بیرونی تا چه اندازه به گسترش استفاده از براهین اَنی به جای براهین لَمی همت گمارد.

لازم به تذکر است که این مقاله در پی ارائه یک روش‌شناسی جامع (اگر اساساً چنین چیزی وجود داشته باشد) از علم‌ورزی ابوریحان نیست. همچنین به دلایلی که برخی از آنها در بالا آمد قادر نیستیم تمام رسائل و مطالب او را احصاء و بررسی کنیم، لذا پژوهش خود را به برخی از ابعاد علم‌ورزی او با محوریت استدلال‌های اَنی محدود کردیم. پژوهش حاضر حاصل نگاهی دقیق به فزاهایی از رسائل ابوریحان است.

ابوریحان بیرونی کیست و ما چقدر در باره او می‌دانیم؟

ابوریحان محمد بن احمد بیرونی خوارزمی (۳۶۲-۴۴۰ ق/۹۷۳-۱۰۴۸ م) در حوالی شهر کاث به دنیا آمد. در آغاز جوانی به دربار ملوک آل عراق (خوارزمشاهیان قدیم) پیوست و در این دوره از زندگی علوم مختلف را آموخت. علی اکبر دهخدا (۱۳۲۴) گزارش می‌کند که احتمالاً دین او اسلام با گرایش به سوی تشیع بوده است اما «مسلمانی خشک و خشن و متعصب نبوده است» (۲۰). او همراه سلطان محمود غزنوی در لشکرکشی به هندوستان حضور داشت (شاید به اِکراه) و آثار مهمی در آنجا به نگارش درآورد. شاید مهم‌ترین و پربارترین دوره علمی زندگی ابوریحان در سه دهه انتهایی عمرش در دربار غزنویان بود، جایی که تحت حمایت سلاطین غزنوی و بزرگان خاندان آل عراق توانست آثار بسیاری را به رشته تحریر درآورد.

۱۲۴ / تاریخ علم، دوره ۲۰، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۴۰۱

بیرونی آثار بسیاری دارد. او در ابتدای رساله‌ای که درباره آثار و زندگی زکریای رازی (۲۵۱-۳۱۳ق) نوشته ادعا می‌کند که خودش بیش از ۱۱۳ کتاب و رساله نگاشته است. سید حسین نصر (۱۳۹۷) می‌گوید:

حاجی خلیفه در کشف الظنون پانزده اثر دیگر از بیرونی نام می‌برد که در فهرستی که چهارده سال قبل وفات ابوریحان تألیف شده بود [منظور فهرستی است که در رساله آثار رازی آمده است] موجود نیست. به علاوه هفت نسخه خطی از نوشته‌های بیرونی در دست است که نه در کشف الظنون و نه در فهرست از آنها نامی به میان نیامده است (۱۴۹).

نصر معتقد است در کل شاید بیش از ۱۸۰ رساله و کتاب را بتوان به بیرونی نسبت داد، که «متأسفانه بیشتر آن‌ها به مرور زمان راه زوال پیموده‌اند و معروض تطاول ایام شده است» (همان). آنچه امروز در دست است مهم‌ترین آثار بیرونی است که تنها کمتر از ۱۰ عنوان است.

کرویت، مرکزیت و سکون زمین

بر خلاف آنچه برخی غیرمتخصصان می‌پندارند، کرویت زمین بسیار پیشتر از دوره انقلاب علمی در غرب یا تمدن اسلامی پذیرفته شده بود. اگر چنین باوری نزد فیلسوفان یونانی تا پیش از ارسطو بیشتر جنبه لمّی داشت و از استدلال‌های فلسفی برای آن استفاده می‌شد، اما به سختی می‌توان گفت که آثار ارسطو و سپس بطلمیوس (در قرن دوم پس از میلاد) صرفاً مبتنی بر براهین لمّی است. فیثاغورس و بیشتر فیلسوفان یونانی کرویت زمین و افلاک را به سبب کامل بودن شکل کره فرض استدلال می‌کردند، حال آنکه ارسطو علاوه بر این استدلال‌ها به مشاهداتی مانند محوشدن کشتی‌ها در افق و سایه زمین بر روی ماه در هنگام خسوف نیز اشاره کرد. بطلمیوس در دو اثر مشهور خود مجسطی و اقتصاص به تبع از ارسطو بر کرویت زمین با ترکیبی از براهین انّی و لمّی تأکید کرد. او در آغاز مقاله نخست از مجسطی چند برهان را برای اثبات کرویت زمین و آسمان و نیز مرکزیت و سکون زمین آورده است. همین براهین با اندکی دخل و تصرف به طور عمده توسط دانشمندان اسلامی پذیرفته شده و به‌کار گرفته شده است.

اما اشتباه است اگر فکر کنیم این باورهای طبیعی به راحتی و صرفاً با تبعیت چشم‌پسته توسط دانشمندان مسلمان پذیرفته شد. همچنین اشتباه است اگر فکر کنیم

برهان ائی در روش علمی ابوریحان بیرونی / ۱۲۵

بطلمیوس و منجمان دوره اسلامی بر مبنای مجموعه‌ای از باورهای اسطوره‌ای، دینی یا صرفاً فلسفی (در اینجا فلسفه ارسطویی) چنین ادعایی کردند. اگر در خصوص فلاسفه و متکلمان بتوانیم مبنای این نتایج را معقولات و مفروضات فلسفی قلمداد کنیم، در خصوص بیشتر منجمان و دانشمندان تجربی می‌توانیم خلاف آن را نشان دهیم و سهم بیرونی از آنها تمرکز بر استدلال‌های ائی بود. از سوی دیگر بیرونی تنها یک دانشمند در میان دیگر دانشمندان نبود؛ بلکه تلاش‌های او در تمایز این دو روش و نقد یکی در حمایت از دیگری، او را نسبت به هم‌کسوتانش برجسته می‌کند. به بیان دیگر مساله پذیرش کرویت یا مرکزیت زمین نیست (اصل حکم)، مساله ارائه و ترکیب استدلال‌های متنوع برای رسیدن به این دعاوی نیز نیست (برهان)، بلکه مساله رویکردی است که می‌توان نسبت به دسته‌ای از براهین در مقابل براهین دیگری داشت (روش علمی).

بر خلاف نگاهی که علم گذشتگان را به خاطر احکام مردودشان بسیار دور از روش علمی امروز در علم تجربی قلمداد می‌کند، استدلال بطلمیوس (و بیرونی) برای آن‌که زمین مرکز عالم است بیشتر مبتنی بر دلایل مشاهدتی است نه از سر اعتقاد به باورهای کلامی و یا اینکه انسان اشرف مخلوقات است. او تلاش می‌کند دلایل متعددی را بر اساس مشاهده برای این مدعا عرضه کند. مثلاً او معتقد است پدیده خسوف تنها زمانی ممکن است رخ بدهد که ماه و خورشید روی یکی از قطره‌های عالم قرار بگیرند که دو سر این قطر نقاط تقاطع مدار این دو سیاره باشد، در چنین حالتی اگر زمین در مرکز عالم نباشد (یا اندکی بالاتر یا پایین‌تر باشد) آنگاه باید خسوف‌هایی داشته باشیم در غیر از زمان‌هایی که خورشید و ماه در گره‌های مداری خود باشند. مثلاً ممکن است خسوفی داشته باشیم در حالی که ماه دارای بیشترین عرض دایرة البروجی باشد. این در حالی است که تمام مشاهدات ثبت شده از خسوف‌ها زمانی بوده که خورشید و ماه به دایرة البروج و نقاط گره مدار بسیار نزدیک بوده‌اند. این استدلال صراحتاً در مجسطی آمده است (Toomer, 1984: 42) و پس از او ابوریحان بیرونی نیز در قانون مسعودی همین استدلال را آورده است (بیرونی، ۱۹۵۴: ۳۱). استدلال‌های دیگری نیز در اثبات مرکزیت زمین وجود دارد که ابوریحان عیناً از بطلمیوس اخذ کرده است. مانند استدلال عدم تغییر درخشندگی ستارگان (Toomer, 1984: 41-42؛ بیرونی، ۱۹۵۴: ۳۹-۳۷) که در هر دو کتاب

آمده است. البته براهین دیگری نیز وجود دارد که در مجسطی آمده است ولی بیرونی (احتمالاً) به خاطر غیرتجربی بودن آن بدان توجهی نکرده و برخی دیگر از استدلال‌ها را با کمی دخل و تصرف ذکر کرده است.

در باره حرکت وضعی زمین اغلب دانشمندان یونانی و اسلامی رأی به سکون داده‌اند. تومر، مترجم مشهور بطلمیوس، در مقدمه ترجمه انگلیسی مجسطی نام افرادی مانند هراکلیدس پونتوسی (قرن چهارم قبل از میلاد) و آریستارخوس ساموسی (قرن سوم قبل از میلاد) را اقلیتی می‌داند که معتقد به حرکت وضعی زمین بودند (Toomer, 1984: 44) ولی به هر حال نظریه غالب سکون زمین بود. استدلال اول بطلمیوس بر این اساس است که بعید به نظر می‌رسد که زمین سنگین بچرخد ولی افلاک سبک نچرخند (ibid, 45). ابوریحان در اینجا در مقام نقد در می‌آید. او معتقد است مطابق نظر فلاسفه افلاک نه سبک هستند و نه سنگین چرا که متشکل از عنصر پنجمی هستند که اثری و فاقد خصوصیات زمینی است، لذا این استدلال بطلمیوس قانع کننده نیست (بیرونی، ۱۹۵۴: ۴۹-۵۰).

این نقد کلیدی در مجموعه نامه‌هایی که بیرونی با ابوعلی سینا رد و بدل کرده، بیشتر مورد مذاقه قرار گرفته است. ابن سینا در این رسائل نماینده دانشمندانی است که از استدلال‌های لمی برای نیل به مقصود استفاده می‌کنند و لذا بیرونی در مقابل او می‌ایستد. آنها در مقام ثبوت اختلاف چندانی با یکدیگر ندارند، اما در مقام اثبات به شدت مخالف یکدیگر هستند، زیرا روش بیرونی آنی و روش ابن سینا (حداقل در این فرازها) لمی است. در مجموعه این رسائل هجده سوال بین آنها رد و بدل می‌شود. در اولین سؤال بیرونی می‌پرسد: چرا فلاسفه (ارسطو) معتقدند افلاک سبکی و سنگینی ندارد؟ ابن سینا در پاسخ در جایگاه فیلسوف پاسخ می‌دهد که اگر تکه‌ای از افلاک را بریده و به زمین بیاوریم، چون میل دارد به مکان طبیعی‌اش در بالا بازگردد، حرکتی مثل آتش خواهد داشت و لذا مثل آتش سبک است (بیرونی و ابن سینا، ۱۳۵۲: ۲-۱۲). بیرونی این پاسخ را نمی‌پذیرد اما مکالمه ادامه پیدا نمی‌کند. پدرسن در کتابش

۱. بطلمیوس و دانشمندان اسلامی به پیروی از ارسطو معتقد بودند هستی ۵ عنصر اصلی دارد: آب، خاک، هوا، آتش و ائیر که مختص افلاک است. آب و خاک سنگین هستند و میلشان به مرکز هستی است، آتش و هوا سبک هستند و ائیر فاقد خصوصیات زمینی است.

برهان ائی در روش علمی ابوریحان بیرونی / ۱۲۷

نشان می‌دهد که بطلمیوس در رسالهٔ دیگری با عنوان «در باب ترازو» در بارهٔ نه سبک و نه سنگین بودن افلاک اظهار نظر کرده است، اما نظر غالب خلاف آن نظر است (Pedersen, 2010: 44) و ابن سینا نیز مطابق نظر عرف پیش رفته است. گمینی معتقد است اینکه نویسندگان آثار هیئت به این رسالهٔ بطلمیوس اشاره‌ای نمی‌کنند بدان دلیل است که استدلال او لمی بوده است (گمینی، ۱۳۹۱: ۶۴).

استدلال بوعلی از سنخ لمی بود و کمتر مورد توجه دانشمندان مسلمان قرار گرفت. اما استدلال بطلمیوس و بیرونی، به پیروی از او، از این قرار است: چنانچه سنگی را به طور قائم به بالا پرتاب کنیم، دقیقاً در همان نقطه به زمین بازخواهد گشت در حالی که اگر زمین چرخش وضعی داشت سنگ باید کمی جلوتر یا عقب‌تر می‌افتاد. این استدلال به همین شکل و گاهی با عبارتهای مختلف (حرکت پرتابه‌ها، پزندگان، ابرها و ...) در کتاب در آسمان ارسطو نیز آمده است (۱۳۷۹: ۱۲۳ و ۱۶۹)، اما در کنار دیگر استدلال‌ها به دانشمندان مسلمان این امکان را داده است که رویکرد ائی یا لمی به موضوع داشته باشند.

بطلمیوس استدلال می‌کند که اگر به جای حرکت خورشید به دور زمین، شبانه‌روز به دلیل حرکت زمین به دور خودش پدید می‌آید، برای ایجاد چنین حرکت سریعی می‌بایست سرعت زمین بسیار زیاد باشد و به این ترتیب اجسام از زمین عقب می‌ماندند، پس چنین حرکت سریعی ممکن نیست و زمین ثابت است (Toomer, 1984: 44). بیرونی نیز همین استدلال را می‌آورد اما بر اساس اندازه‌گیری‌های خودش از محیط کره زمین آن را دقیق‌تر بیان می‌کند. او می‌نویسد:

من در کوهستان‌های هند مقدار انحطاط افق را رصد کردم و طول هر درجه را تقریباً ۵۹ میل به دست آوردم و اعتمادم به رصد موصل [به فرمان مأمون] بیشتر شد (بیرونی، ۱۹۵۴: ۵۲).

سپس بر همین اساس محیط زمین را ۲۴۰۰۰ میل محاسبه می‌کند. اگر زمینی با این محیط بخواهد بچرخد و اجسام در مکان خود ثابت بمانند، سرعت زمین بایست بسیار زیاد باشد، لذا ابوریحان رای به سکون زمین می‌دهد.

خواجه نصیرالدین طوسی این استدلال ابوریحان را نمی‌پذیرد و معتقد است سکون زمین جز به استدلال‌های فلسفهٔ طبیعی ثابت نمی‌شود:

و امکان آن نیست که حرکت اولی [وضعی] را به زمین نسبت دهیم... نه بدان دلیل که گفته شده که این فرض موجب می‌شود که پرتابه در هوا به موضع اول خود برنگردد، بلکه باید در طرف غرب [موضع اولش] به زمین بیافتند، یا [این فرض] موجب می‌شود که حرکت اجسامی مثل تیر و پرنده زمانی که [از زمین] در جهت حرکتش جدا می‌شوند کندتر و در خلاف جهت آن سریع‌تر باشد، چرا که هر آن چه به هوا متصل باشد امکان دارد با آن همراهی کند، همان‌طور که [کره] اثیر با فلک [ماه] همراهی می‌کند، چرا که دنباله‌دارها به واسطه حرکت فلک حرکت می‌کنند، بلکه بدین دلیل که زمین دارای مبدأ میل [حرکت] مستقیم است، بنا بر این امکان ندارد به طبع حرکت دورانی داشته باشد (طوسی، ۱۹۹۳: ۱۰۷).

طوسی در جای دیگری با نقد این استدلال می‌گوید «اقول و بعض هذه الحجج اقناعیه» که بدان معناست که استدلال‌های ابوریحان و پیش از او بطلمیوس را تنها در مقام اقناع پذیرفته است (گمینی، ۱۳۹۱: ۶۷). در اینجا نیز مشاهده می‌کنیم که اختلاف طوسی و بیرونی در اصل حکم یا حتی این استدلال خاص نیست، بلکه در رویکردی است که بیرونی به استدلال ائنی دارد و خواجه آن را نمی‌پذیرد. قطب‌الدین شیرازی یکی از اسلاف خواجه نیز با نظر او مخالف است و معتقد است می‌توان با عرضه برهان ائنی سکون زمین را ثابت کرد. او معتقد است اگر هوا اجسام را به حرکتی برابر حرکت وضعی زمین وادارد، آنگاه اگر دو سنگ سبک و سنگین را به هوا پرتاب کنیم سنگ سبک‌تر باید دورتر از سنگ سنگین‌تر به زمین بیاید، چرا که اثر حرکت هوا بر اجسام سبک بیشتر است، اما چنین چیزی مشاهده نمی‌شود پس حرکت هوا همراه زمین منتفی است (شیرازی، اختیارات، ۳۰). مباحثه شیرازی و طوسی که هر دو از متأخران بیرونی هستند و هر دو وامدار او، بعدها اسباب بحث و جدل‌های بیشتر میان شاگردان آنها شده است. رساله‌هایی که با عنوان «شرح تذکره» نوشته شده‌اند در دفاع یا رد این موضوع درآمده‌اند.

همین جا لازم است اشاره کنیم بیرونی (سده‌های ۴ و ۵ق) چگونه بذر این تردید را در ذهن طوسی و قطب‌الدین (سده‌های ۷ و ۸ق) و بعدی‌ها انداخته است. درست است که او در کتاب قانون مسعودی بر اساس استدلال‌های بطلمیوس حرکت وضعی زمین را رد می‌کند، اما در همین کتاب از فردی یاد می‌کند که او را «من المبرزین فی علم الهيئة» می‌نامد و این اعتقاد را به او منتسب می‌کند که اجسام رها شده دارای دو

برهان ائی در روش علمی ابوریحان بیرونی/ ۱۲۹

حرکت هستند: نخست حرکت طبیعی در جهت حرکت زمین و دوم حرکت طبیعی به سمت مرکز زمین، به همین دلیل حرکت حقیقی اجسام برآیند این دو حرکت خواهد بود و لذا برآیند حرکت همسو با خطی است که با افق زاویه شرقی یا غربی می‌سازد. اما اینکه اجسام روی خط عمود بر افق سقوط می‌کنند دلیل بر سکون زمین نیست و می‌توان ادعا کرد که اجسام در حرکت زمین مشارکت می‌کنند (بیرونی، ۱۹۵۴: ۵۰). او در رد این مدعی ناشناخته استدلال می‌کند که اگر حرکت طبیعی اجسام مثلاً به سمت شرق باشد، باید پرتاب قسری آن به سمت غرب کمی دشوارتر از پرتاب به سمت شرق باشد که چنین نیست،

ابوریحان در استیعاب الوجوه الممكنة لصنعة الاطرلاب درباره روش‌های مختلف ساخت اسطرلاب نوشته است. او در این کتاب در مورد ساخت اسطرلاب زورقی توسط ابوسعید سجزی، ریاضی‌دان نامی سده چهارم و پنجم، سخن گفته است. در این اسطرلاب بر خلاف دیگر اسطرلاب‌های مسطح، به جای چرخش صفحه ستارگان، صفحه افق گردان ساخته شده است. چرخش صفحه افق در این اسطرلاب را می‌توان تعبیری از گردش وضعی زمین دانست. ابوریحان با آن‌که این فرض را محال می‌داند اما می‌گوید:

ابوسعید سجزی، این اسطرلاب را بر اساس این فرض ساخته که (بعضی مردم بدان اعتقاد دارند) که زمین به دور خود در گردش است. این فرضی است که نمی‌توان با هندسه و علم هیئت آن را نقض کرد، و برای رد آن باید از طبیعیات کمک گرفت (بیرونی، ۱۳۸۰: ۱۲۰)

خواجه نصیرالدین طوسی نیز سال‌ها بعد همین نظر را ابراز کرده است. او معتقد است فرضیه حرکت وضعی زمین را نمی‌توان با علوم هندسه و هیئت نشان داد و برای اثبات آن می‌بایست به علوم طبیعی یا استدلال‌های فلسفه طبیعی رجوع کرد. لذا در اینجا ملاحظه می‌کنیم که بیرونی نیز از رویکرد ائی خود تخطی می‌کند و این رویکرد رویه ثابت روش علمی او نیست. اما باید توجه کرد که بیرونی با دیدن اسطرلاب زورقی بسیار به هیجان می‌آید و می‌نویسد:

مرا پسند افتاد وی را بسیار تحسین کردم... قسم با جان خود که آن عقیدت شبهه‌ایست که تحلیلش در نهایت دشواری است و قولی است که رفع و ابطالش در کمال صعوبت است (به نقل از دهخدا، ۱۳۲۴: ۱۲).

۱۳۰ / تاریخ علم، دوره ۲۰، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۴۰۱

در این فراز بیرونی به اوج تنش‌های فکری خود در رویکرد آئی و تناقض آن با ساخت باورهای علمی زمانه‌اش روبه‌رو شده است. او از یک سو مدل حرکت زمین را می‌پسندد و با ساختار علم‌ورزی خود هم‌سنگ می‌بیند (یا حداقل دلیلی برای رد آن ندارد) و از سوی دیگر نمی‌تواند آن را بپذیرد چون با بدنه دیگر باورهای علمی زمانه‌اش هم‌سنگ نیست. البته ابوریحان در ادامه همین رساله در ساخت چنین اسطرلابی توسط سجزی تردید می‌کند و در جای دیگری می‌گوید چنین اسطرلابی را با چشمان خود دیده که ساخته جعفر ابن محمد جریر بوده است.

گرچه نظر نهایی ابوریحان در باب حرکت یا سکون زمین هنوز برای مورخان پوشیده است اما اساساً تصمیم‌گیری در باره آن مطلوب ما نبود. قصد ما از شرح این مطالب نمایش رویکرد استدلالی بیرونی در باره مسائل علمی مورد وفاق جامعه علمی در آن زمان بود. همان طور که گفتیم در مسأله کرویت، مرکزیت و سکون زمین اختلاف نظر اندکی میان دانشمندان اسلامی وجود داشت، اما تفاوت رویکرد بیرونی و بوعلی یا حتی تفاوت رویکرد بیرونی و طوسی قابل اعتناست.

نگاه انتقادی به مبانی فلسفی علم

وقتی در باره مبانی فلسفی علم (فلسفه طبیعی) سخن می‌گوییم، در واقع به سراغ علل رفته‌ایم. اینکه شکل کروی به‌طور پیشینی بر شکل بیضوی ارجحیت دارد، علت حرکت دورانی افلاک و دوایری است که برای تبیین حرکت سیارات ترسیم می‌شوند. اینکه حرکت یکنواخت به‌طور پیشینی بر حرکت شتابدار ارجح است، جزو مبانی فلسفی علم است که بعداً در توضیح حرکات و مدل‌ها اثرگذار است. اینکه طبایع چهارگانه بر مزاج و سلامتی انسان‌ها اثر می‌گذارد، مبنایی است که بعداً با مصداق‌یابی تایید می‌شود. برای نمونه ابن سینا، چهره برجسته این رویکرد، در جایی می‌نویسد:

بدان که ایزد توانا هر جاننداری و هر اندامی را مزاجی بخشیده است که به آن سزاوار است و این مزاج با توان و تحمل وی سازگار و با احوال و کردارش متناسب است. پژوهش در این زمینه کار فیلسوف است، نه پزشک. (ابوعلی سینا، ۱۳۶۶: کتاب اول، ۹)

یا در جای دیگری می‌نویسد:

برهان اِنّی در روش علمی ابوریحان بیرونی / ۱۳۱

به عقیده من بحث به همین مقدار کافی است، زیرا شرح این موضوع به درازا می‌کشد و بر طیب نیست که در این زمینه جزییات را شرح دهد، این کار به عهده عالم طبیعیات است (همان، کتاب دوم، ۱۹).

به نظر می‌رسد محاجّه به روش اِنّی با این رویکرد فلسفی ثمربخش نباشد، زیرا از همان ابتدا راهی میان تجربه و فلسفه تعبیه نشده است. اما ابوریحان تلاش می‌کند این مبانی طبیعی را از اساس به چالش بکشد. همان‌طور که پیشتر گفتیم رساله «الأسئلة و الأجوبة» (نصر، ۲۰۱۰) که مجموعه نام‌نگاری‌های ابوریحان و ابن‌سینا است، معرض تقابل دو رویکرد علمی زنده در اوایل قرن چهارم هجری است. رویکرد بیرونی و ابن‌سینا نه تنها در برهان‌های اِنّی و لمی بلکه در مبانی روش‌شناسی فلسفی نیز در مقابل یکدیگر است. در واقع هرچه بوعلی می‌کوشد دانشمندان تجربی را از مسائل فلسفی مبرا کند تلاش بی‌سرانجام است، چرا که بیرونی با ابزار خود به سراغ این مبانی می‌رود. سؤال اینجاست که آیا راهی از تجربه به فلسفه وجود دارد؟

در مجموعه رسائل وقتی به سؤال ششم می‌رسیم ابوریحان در مبانی فلسفه طبیعی بوعلی و استادش ارسطو تردید می‌کند. در این سؤال ابوریحان در باره لزوم کروی بودن افلاک سؤال می‌کند. از گذشته تا آن زمان فرض بر این بود که چرخش هر شکلی غیر از دایره کامل مکانی خالی ایجاد می‌کند که مستلزم ایجاد خلاء است و چون خلاء در فلسفه ارسطویی غیرممکن است، لذا تصور افلاک بیضی محال فرض شده بود (McGinnies, 2007). اما ابوریحان با یک تصور ساده هندسی (که پیش از آن دانشمندان به خاطر پارادایم علمی خاصی که در آن بودند به طور جدی به آن فکر نکرده بودند) به ابن‌سینا نشان می‌دهد که اگر بیضی حول قطر کوچک‌تر یا عدسی حول قطر بزرگ‌تر بچرخد، خلاء ایجاد نمی‌شود و همان کره ایده‌آل را ایجاد می‌کند. به عبارت دیگر فرض چرخش بیضوی سیارات در افلاک کروی به طور هندسی ممکن است، پس چرا باید احتمال وجود آن را از لحاظ تجربی انکار کرد؟ در واقع در اینجا ابوریحان یکی از اساسی‌ترین فرضیات علم در دوره اسلامی و حتی علم یونانی را مورد تردید قرار می‌دهد، چرا که کروی بودن افلاک و چرخش آنها جزو اساسی‌ترین مبانی فلسفه طبیعی یونانی و اسلامی است که حداقل تا چند قرن بعد به صورت مستحکم باقی می‌ماند.

۱۳۲ / تاریخ علم، دوره ۲۰، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۴۰۱

ابن سینا در پاسخ به این سؤال هوشمندانه سعی می‌کند در باره مبانی و اهمیت کروی بودن اشیا و اهمیت ابعاد سه گانه و جهت‌های شش‌گانه سخن بگوید. ابن سینا که به خوبی متوجه مشکل شده است، با اندکی عقب‌نشینی می‌گوید «باید سخن فیلسوف [ارسطو] را به بهترین نحو تبیین کنیم» (همان، ۳۹). این یعنی گرچه می‌پذیریم که ظاهر سخن ارسطو مشکل دارد و حصر منطقی ایجاد نمی‌کند، اما ما به عنوان پیروان او باید تلاش کنیم تا به نحوی این مطلب را توجیه و ترمیم کنیم. او در ادامه بدون ارائه راهکاری مناسب، فقط به گفتن همین مطلب اکتفا می‌کند که کروی بودن افلاک «دلایل هندسی و طبیعی» دارد. البته ابوریحان نیز در طرح سؤال جانب احتیاط را رعایت می‌کند و می‌نویسد «البته این مطلب را از روی اعتقاد به عدم کروی بودن فلک یا بیضی یا عدسی بودن آن نمی‌گوییم...» (همان).

در مسأله چهارم از بخش دوم (مسأله چهاردهم در کل) بیرونی در باره باور به «ربع مسکون» سؤال می‌کند. می‌دانیم که این مفهوم اساسی نیز از میراث فلسفه یونان است. هر چند منشأ این تفکر روشن نیست اما بطلمیوس در کتاب مجسطی آن را تعریف و تحدید می‌کند و همین تعریف بدون تغییر به دست دانشمندان مسلمان می‌رسد. محمد حسن گنجی در دایرةالمعارف بزرگ اسلامی در باره اختلاف نظر دانشمندان مسلمان در باره حدود و ثغور ربع مسکون یا معنای آن نوشته است و باور به ربع مسکون کره زمین و ناآبادانی سه ربع دیگر «بیشتر از ده قرن بر تفکرات و تفحصات و نوشته‌های جغرافی‌دان‌های اسلامی سایه افکند». سؤال ابوریحان بخش مهمی از جغرافیا و جهان‌شناسی سنتی را زیر سؤال می‌برد. ابوریحان می‌پرسد

چرا تنها یک چهارم از سطح زمین آبادان است و ربع دیگر بخش شمالی و دو ربع از بخش جنوبی آبادان نیستند، حال آنکه قواعد حاکم بر آنها همانند قواعد حاکم بر دو ربع شمالی است؟ (نصر، ۲۰۱۰: ۴۲).

پاسخ ابن سینا در اینجا نیز سنتی و بی‌فایده است. ابن سینا غیرمعمور بودن سه ربع دیگر را به گرما و سرمای شدید یا وجود دریاها نسبت می‌دهد (إمّا شدة الحرّ و إمّا شدة البرد و إمّا البحار). البته او در باره اینکه کدام یک از این سه شق در قطب شمال و جنوب وجود دارد اظهار بی‌اطلاعی می‌کند، اما معتقد است اگر سرمای وجود داشته باشد، به خاطر زاویه تند تابش با زمین است. اولین نکته درباره چنین اظهار نظری تردیدی بودن آن است. بوعلی حتی مشخص نمی‌کند که قطبین سرد هستند یا

برهان ائی در روش علمی ابوریحان بیرونی / ۱۳۳

گرم. دوم اینکه قطب ها جزو هیچ یک از ربع های سطح کره زمین نیستند، بلکه مرز بالا و پایین این ربع ها هستند. سوم اینکه گرما و سرمای شدید که مانع از سکونت بشر شود کبرای یک استدلال است، اهمیت یک مسأله جغرافیایی (علم در عمل) به صغرای استدلال است. در واقع اینکه گرما و سرمای شدید مانع حیات می شوند صحیح است، اما چرا یک ربع خوب است و دیگر ربع ها گرم و سرد شدید؟ در اینجا ابن سینا توقف می کند و می گوید «تا اینجا پاسخی در تخصص من بود»، ادامه مسأله را باید به عهده ریاضی دان (جغرافی دان) گذاشت! ابوریحان از این پاسخ نیز راضی نمی شود و حق دارد که راضی نشود.

رویکرد تجربی بیرونی او را نسبت به مبانی فلسفی که توسط دیگر دانشمندان به سادگی پذیرفته شده بود، مردد می کرد. این رویکرد تجربی در بسیاری مسائل پیش چشم بیرونی بود. به عنوان مثال در سؤال ششم از بخش دوم مکاتبات میان آنها (سؤال شانزدهم در کل) در باره گرم کردن قمقمه ای سخن می رود که محتوای آن را به شدت گرم می کنیم. بیرونی می نویسد «... من آن را رد کرده ام، چرا که در عمل [دیدم] خلاف آن اتفاق افتاد...» (نصر، ۱۰۴: ۲۰۱۰). بیرونی آزمایش را انجام داده است و خلاف باور رایج را مشاهده کرده است، حال این مشاهده عینی در پیش چشمان اوست و او نمی تواند مبانی فلسفه طبیعی را به سادگی بپذیرد.

جهان شناسی تاریخی و غیر یقینی بودن برهان ائی

یکی از ویژگی های برجسته در روش شناسی علمی ابوریحان بیرونی نگاه تاریخی به علم تجربی است. این رویکرد حتی امروز نیز هنوز به طور فراگیر استفاده نمی شود، اما بدون شک تمام علمای فن بر اهمیت و لزوم آن صحه می گذارند. اما منظور از جهان شناسی تاریخی چیست؟ جهان شناسی تاریخی نگاه غیردائم یا غیرهمیشگی (non-stable) به مطالعات تجربی است. به عبارت دیگر او برای علوم تجربی ارزشی یقینی و همیشگی قائل نیست و معتقد است چه بسا در زمان های آینده یا زمان های قدیم شرایط به گونه دیگری بوده است یا خواهد شد. این در حالی است که ابوریحان برخلاف ابوعلی سینا بر اهمیت علم تجربی در مقابل علم عقلی تاکید می کند. در واقع با وجود آنکه می دانیم در نظر ابوریحان، ارسطو و مشائیان اعتبار چندانی ندارند و او به مطالعات تجربی توجه می کند، اما خود می داند که تجربه محل گذر است و نمی توان بر آن یقین کرد. او در باره علم زمین شناسی می گوید:

... و چیزهایی که حکایت می‌شود از اهل هند و سایر امم در باب جبال بعد از تتبع و تحصیل ظاهرالبطلان است، زیرا که ایشان مشهودات خود را ضبط کرده‌اند و چنان دانسته‌اند که آنچه دیده‌اند همواره بدان حالت بود و خواهد بود، با آنکه بالمعاینه مکشوف گردیده است که آن جبال از طریق حوادث بر یک حال نماده‌اند و دفعه واحده یا به مرور ایام در آنها اختلاف و اختلال پدید آمده است، پس نمی‌توان حالات و کیفیاتی که عندالمشاهده از برای ما مشهود بوده است، مؤید و مستدام شمرد (دهخدا، ۱۳۲۴: ۳۶، تأکیدات از ماست).

در نقل قول بالا بر روی «همواره» و «مؤید و مستدام» تأکید کردیم تا نشان دهیم در نظر ابوریحان مشاهده اعتبار همیشگی ندارد. هارتر و شرآم^۱ دو مورخ غربی‌اند که مطالعه دقیقی در باره نظریات ابوریحان بیرونی در باره حرکت خورشید انجام داده‌اند. آنها نشان می‌دهند که بیرونی تا چه اندازه نسبت به رصدهای پیشین و نظریات متقدمین اسلامی و یونانی خود موشکافانه و دقیق اظهار نظر کرده است، اما در انتهای این مقاله از قول بیرونی می‌نویسند:

بیرونی این فرضیه را می‌پذیرد اما اضافه می‌کند: فرضیه‌ای که به هر حال فقط تا وقتی معتبر است که چیز دیگری آن قدر آشکار نشود که مجبور به پذیرش آن شویم، چه در زمان حیات ما باشد، چه عصری دیگر، که دیگرانی به جای ما زندگی خواهند کرد (Hartner and Schramm 1963, p. 218).

به عبارت دیگر اگر برهان لمّی در شرایط ایده‌آل یقین‌آور باشد، برهان انی به هیچ عنوان یقین‌آور نیست و اتفاقاً همین غیریقینی بودن ویژگی منحصر به فرد علوم تجربی است.

این نکته مهم روش‌شناختی از نظر بسیاری از دانشمندان و فلاسفه علم در چند قرن اخیر مغفول مانده است. اکنون در کتب مرسوم تاریخ و فلسفه علم می‌خوانیم که بخش بزرگی از قرن بیستم به روش‌شناسی پوزیتویستی اختصاص یافته است. کسانی که چنان به همیشگی و همه‌جایی بودن مشاهدات اعتماد کرده بودند که نه تنها بنای

1. Hartner, Willy & Schramm, Matthias

برهان ائی در روش علمی ابوریحان بیرونی / ۱۳۵

علم که بنای علوم اجتماعی و سیاسی خود را نیز بر آن استوار می‌کردند. آلن چالمرز در کتاب چستی علم می‌نویسد:

پوزیتویسم [منطقی] شکل افراطی تجربه‌گرایی است که بر طبق آن نه تنها می‌توان نظریه‌ها را... تصویب و توجیه کرد، بلکه پنداشته می‌شود آنها فقط در صورتی معنا دارند که با این شیوه [تجربی] به دست آمده باشند (چالمرز، ۱۳۸۷: ۹).

بر اساس همین باورتجربه‌گرایانه بود که گزاره‌های غیرتجربی همگی به چوب بی‌معنایی طرد شدند و علم‌گرایی افراطی طرفداران بسیاری پیدا کرد. اما همان طور که در بالا نشان دادیم، ابوریحان تجربه‌گرا حدود هزار سال پیش این افراط را اخطار داده است.

در اینجا سید حسین نصر (۱۳۹۷) گامی به‌پیش می‌رود و معتقد است بیرونی به نظریه «هر لحظه جهانی» معتقد است و فکر می‌کند قوانین طبیعی و نظریات علمی زمان‌مند و غیردائم‌اند. نصر معتقد است بر خلاف باور امروز که قوانین طبیعت «برای تمام ادوار زمان و ابعاد مکان» یکسان تلقی می‌شود، نزد بیرونی «ادوار تاریخ عالم دارای شرایط یکنواخت نبوده است»، «بنا بر این قوانین طبیعت ... در تمام اعصار یکسان نبوده است» (۱۶۰). ممکن است این ادعا در باره کیفیت مفهوم زمان و مکان نزد ابوریحان صحیح باشد، اما اینکه بگوییم «قوانین طبیعی» نزد ابوریحان زمان‌مند و غیردائم است، ادعای بزرگی است که نیاز به مقدمات، اسناد و استدلال‌های بیشتر دارد. ابوریحان در نقل قول بالا و در چند جای دیگر بر غیر یقینی و غیردائمی بودن تجربه تأکید می‌کند، همچنین او معتقد است جهان در تطور و تغییر است و یک پدیده در زمان‌های مختلف دست‌خوش دگرگونی‌های بسیار می‌شود، اما این به معنای نظریه‌ای متافیزیکی در باره قانون علمی نیست. نظریات متافیزیکی در باره قوانین طبیعی (از جمله نظریات سیستمی، همه‌جانبه، غیرواقع‌گرایانه و غیرفروکاهش^۱)

۱. برای مطالعه در باره این چهار رویکرد متفاوت به قوانین علمی به مقاله Carroll, 2003 مراجعه کنید. این چهار رویکرد به قوانین طبیعی هر کدام تعریف یا تعریف‌های خاصی از قانون علمی ارائه می‌کنند. در همه آنها تداوم قوانین (Stability) از جمله مهم‌ترین ویژگی‌ها است. در واقع آنها معتقدند قانونی که تداوم نداشته باشد، تنها یک صدق تصادفی است.

۱۳۶ / تاریخ علم، دوره ۲۰، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۴۰۱

هیچ‌گاه تداوم قوانین را انکار نمی‌کنند. به بیان دیگر مفهوم «قانون» بماهو قانون نوعی تداوم را می‌طلبد وگرنه چیزی جز یک صدق تصادفی نیست (Carroll, 2003).

نگاه کیفی ابوریحان به زمان و مکان اتفاقاً نگرشی مترقی است که در زمان خود کمتر مورد توجه بود. این رویکرد کیفی به معنای آن است که نمی‌توان شگفتی‌های طبیعت و تغییرات کلان آن را صرفاً به این خاطر که اکنون مشاهده نمی‌شوند انکار کرد. بیرونی در باره مشاهدات گذشتگان نیز ادعای مشابهی دارد که نشان می‌دهد او فقط به همیشگی نبودن و یقینی بودن تجربه تأکید دارد (که احتمالاً در توجیه معجزات پیامبران نیز کاربرد دارد). او می‌نویسد:

«بخش دیگر اشیایی است که به طور غیرمنظم در روزگار واقع می‌شود، ولیکن به طور اتفاق و چون زمانی را ظرف آن بود، منقضی شد، جز خبری از آن باقی نخواهند ماند و اگر این قبیل اخبار با شرایط صحت خبر تدام گردد... البته چاره جز قبول آن نخواهد بود اگرچه کیفیت و طرز علت آن شناخته نشود... [به عنوان مثال] طول عمر و بزرگی اندام اشخاص گذشته را از حد امکان بیرون نمی‌کند و امثال این قضایا که در دوره زمان روی می‌دهد... اما عظم و بزرگی اجسام اگر چه در عهد ما و یا قریب به زمان ما دیده نمی‌شود ولی به محض اینکه از زمان‌های دور چنین مطالبی را نقل کنند، نباید این امر را جزو ممتنعات شمرد.» (آثارالباقیه، ۱۳۸۶: ۱۱۰-۱۱۶).

در اینجا نیز ابوریحان مسائلی را که در زمان ما غیرمحمتمل می‌نماید به خاطر تجربی بودن، جزو ممتنعات قلمداد نمی‌کند و معتقد است اگر فرآیند تاریخی رسیدن خبر صادق باشد، باید به صحت خبر اذعان کرد. از همین روست که معتقدیم نزد ابوریحان نوعی جهان‌شناسی تاریخی وجود دارد که مطابق آن مشاهدات یقینی و همیشگی نیستند. ای بسا ابوریحان می‌توانست وابستگی علم تجربی به تاریخ را به وابستگی مکانی و فرهنگی نیز توسعه دهد. امروز می‌دانیم که علم تجربی بر خلاف

برهان‌انی در روش علمی ابوریحان بیرونی / ۱۳۷

آنچه علم‌گراها (Scientists) می‌اندیشیدند، برساخت اجتماعی و حاصل فعالیت انسان‌ها در زمان و مکان خاص است.^۱

نتیجه‌گیری

در این مقاله به سراغ برخی از منابع کمتر بررسی‌شده ابوریحان رفتیم و تلاش کردیم چندی از برجسته‌ترین ویژگی‌های علم‌ورزی ابوریحان بیرونی را برکشیم. این ویژگی‌ها با تمرکز بر رویکرد انی بیرونی در براهین فلسفه طبیعی ترسیم شد. براهین انی از معلول به سوی علت حرکت می‌کنند و لذا تناسب بیشتری با علوم تجربی دارند. از سوی دیگر غیریقینی بودن براهین انی با غیریقینی بودن علوم تجربی سنخیت دارد. این رویکرد انی در ابوریحان به‌طور ویژه در مجموعه مکاتبات او با ابن‌سینا (دانشمند برجسته هم‌عصر او) بررسی شد. اهمیت این مکاتبات در مقاله ما بیش از هر چیز موضع متفاوت بیرونی و بوعلی نسبت به جایگاه تجربه و فلسفه در علوم طبیعی بود. نشان دادیم که بوعلی سینا اعتماد بسیار به مبانی فلسفی دارد و میان تجربه و فلسفه راهی را واصل نمی‌داند، اما بیرونی از تجربه به سوی فلسفه می‌نگرد و مشاهداتش را بر مبانی غیریقینی فلسفه ارسطو ارجح می‌داند.

۱. البته نمی‌خواهیم در اینجا از نظریه برساخت‌گرایی اجتماعی که گاهی جنبه‌های افراطی به خود می‌گیرد و از واقعیت دور می‌شود دفاع کنیم. صدالبته وظیفه ما در این مقاله چنین موضع‌گیری‌هایی نیست. بلکه حتی واقع‌گرایان علمی نیز اذعان می‌کنند که تجربه خطاپذیر است و می‌تواند تحت تأثیر جامعه و زمان دست‌خوش تغییر شود.

۱۳۸ / تاریخ علم، دوره ۲۰، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۴۰۱

منابع

- ابن سینا. (۱۳۶۶ش). قانون در طب (جلد اول و دوم). تهران: انتشارات سروش.
- ارسطو. (۱۳۷۹ش). در آسمان. ترجمه اسماعیل سعادت. تهران: نشر هرمس.
- بیرونی، ابوریحان. (۱۹۵۴م) قانون مسعودی. حیدرآباد: دایره المعارف العثمانیه.
- بیرونی، ابوریحان. (۱۳۵۲ش) تحدید نهایات الاماکن لتصحیح مسافات المساکن. ترجمه احمد آرام. تهران.
- بیرونی، ابوریحان. (۱۳۸۰ش) استیعاب الوجوه الممكنة لصنعة الاضطراب. تصحیح سید محمد اکبر جوادی حسینی. مشهد: آستان قدس رضوی.
- بیرونی، ابوریحان. (۱۳۸۶ش) آثار الباقیه عن القرون الخالیه. ترجمه اکبر داناسرشت. تهران: انتشارات امیرکبیر، چاپ پنجم.
- بیرونی و ابن سینا. (۱۳۵۲ش). الاسئلة والاجوبة. به تصحیح سیدحسین نصر و مهدی محقق. تهران: شورای عالی فرهنگ و هنر.
- چالمرز، آلن. (۱۳۸۷ش). چیستی علم: درآمدی بر مکاتب علم‌شناسی فلسفی. ترجمه سعید زیباکلام. تهران: سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها (سمت)، چاپ نهم.
- دهخدا، علی اکبر. (۱۳۲۴ش) شرح حال نابغه شهیر ایران ابوریحان محمد ابن احمد خوارزمی بیرونی. تهران: چاپخانه مجلس.
- شیرازی، قطب الدین. اختیارات مظفری. نسخه خطی شماره ۱۱۹۵۴ کتابخانه ملی ایران.
- صدرفراتی، محمد مهدی، گمینی، امیرمحمد. (۱۴۰۰ش) «افلاک از کی صلب شدند؟ نگاهی به تاریخ تحول مفهوم فلک در تمدن اسلامی.»، فلسفه علم، دوره ۱۱، شماره ۲۲، ص ۱۲۵-۱۵۷.
- صفا، ذبیح الله. (۱۳۵۲ش) احوال و آثار ابوریحان بیرونی. تهران: اداره کل نگارش وزارت فرهنگ و هنر، چاپخانه مؤسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران.
- طوسی، خواجه نصیر الدین. (۱۹۹۳م) التذکرة فی علم الهیئة. تصحیح و تحقیق جمیل رجب نیویورک: اشپرنگر.
- گمینی، امیرمحمد. (۱۳۹۱ش). «بررسی دلایل مرکزیت و سکون زمین در آثار هیئت دوره اسلامی.» تاریخ علم، دوره نهم، شماره ۲، (شماره پیاپی ۱۱)، ص ۴۵-۸۰.
- معتمدی، اسفندیار. (۱۳۸۳ش). پرسش‌های ابوریحان و پاسخ‌های ابن سینا. تهران: انتشارات نغمه زندگی، چاپ اول.
- معصومی همدانی، حسین. (۱۳۸۷ش). «برهان و علیت در طبیعیات و علوم ریاضی: ارسطو، ابن سینا، ابن رشد، ابن هیثم.» نامه فلسفی، ج ۴، ش ۱، ص ۳-۳۴.

برهان اثنی در روش علمی ابوریحان بیرونی/ ۱۳۹

نصر، حسین. (۱۳۹۷ش) نظر متفکران اسلامی در باره طبیعت: خلاصه‌ای از آراء اخوان الصفا، بیرونی و ابن سینا راجع به جهان. چاپ سوم، تهران: دانشگاه تهران.
نصر، حسین. (۲۰۱۰م). مجموعه الأسئلة و الأجوبة. باريس: داربیللیون.

Carroll, J. W. (2003). "Laws of Nature." *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Winter 2020 Edition), Edward N. Zalta (ed.), URL = <https://plato.stanford.edu/archives/win2020/entries/laws-of-nature/>.

Hartner, W, and Schramm, M. (1963). "Al-Bīrūnī and the Theory of the Solar Apogee. An Example of Originality in Arabic Science." in *Scientific Change*. Ed. Crombie, A. London, pp. 206-218.

McGinnis, J. (2007). *Avoiding the Void: Avicenna on the Impossibility of Circular Motion in a Void*, in P. Adamson (ed.), *Classical Arabic Philosophy: Sources and Reception*, London – Turin: The Warburg Institute – Nino Aragno Editore, 74–89.

Toomer, G. J. (1984). (tr.), *Ptolemy's Almagest*. London.

Pedersen, O. (2010). *A Survey of the Almagest*. With Annotation and New Commentary by Alexander Jones. Springer.