

ابوریحان بیرونی

ابوریحان محمدبن احمد بیرونی (۳۶۲-۴۴۰ هجری قمری)، دانشمند برجسته‌ی ایرانی، در رشته‌های گوناگون دانش، ریاضی، جغرافیا، زمین‌شناسی، مردم‌شناسی، فیزیک و اخترشناسی، سرآمد روزگار خود بود. او از نخستین دانشمندانی است که در نوشته‌های خود به پیشینه‌ی تاریخی یک موضوع علمی پرداخته است. اندازه‌گیری چگالی ۱۸ فلز و سنگ ران‌بها، اندازه‌گیری قطر و محیط زمین، شیوه‌ای نو برای طراحی نقشه‌های جغرافیایی، اندازه‌گیری فاصله‌ی بین شهرها، پژوهش در باورها و تاریخ مردم هندوستان و تهیه‌ی فهرست کتاب‌های زکریای رازی، از کارهای ماندگار اوست.

زندگی‌نامه

محمدبن احمد بیرونی، ابوریحان، (۳۶۲-۴۴۰ قمری)، دانشمند برجسته‌ی ایرانی، در سوم ذیحجه‌ی ۳۶۲ هجری قمری (۱۸ دی‌ماه ۳۵۱ خورشیدی) در شهرکات، از شهرهای ولایت خوارزم، به دنیا آمد. پدرش، ابوجعفر احمدبن علی اندیجانی، اخترشناس دربار خوارزم‌شاه در رصدخانه‌ی گرگانج بود و مادرش، مهرانه، پیشینه‌ی مامایی داشت. چنان که خود گفته است، پدرش را در پی بدگویی حسودان از دربار راندند و به ناچار در یکی از روستاهای پیرامون خوارزم ساکن شدند و چون برای مردم روستا بیگانه بودند، به بیرونی شهرت پیدا کردند. برخی نیز گفته‌اند چون در بیرون شهر کات، که پایتخت خوارزم بود، به دنیا آمد، به این نام شهره گشت.

ابوریحان خردسال بود که فراگیری دانش را آغاز کرد. آشنایی بیرونی با امیرنصرمنصوربن علی‌بن عراق، دانشمند برجسته‌ی ایرانی و از شاهزادگان آل‌عراق، باعث راه‌یابی او به دربار خوارزم‌شاه و مدرسه‌ی سلطانی خوارزم شد که امیرنصر آن را بنیان‌گذاری کرده بود. در همین دوران بود که به سال ۳۸۰ قمری و در حالی که تنها ۱۷ سال داشت، به کمک حلقه‌ی درجه‌دار (حلقه‌ی شاهیه) به اندازه‌گیری بلندی نیم‌روزی (ارتفاع نصف‌النهار) خورشید در شهر کات پرداخت. چهار سال پس از آن می‌خواست رصدهای دیگری انجام دهد، اما تنها توانست انقلاب تابستانی را در روستایی به نام بوشکانز در جنوب کات و غرب آمودریا رصد کند. چرا که مامون‌بن محمود، فرمان‌روای گرگانج، به کات تاخت و ابو عبدالله محمدبن احمد، آخرین خوارزمشاهیان از آل‌عراق و پشتیبان بیرونی را از بین برد.

با فروپاشی دستگاه آل‌عراق در خوارزم، بیرونی مدتی را پنهان شد یا به جایی دیگر رفت و در زمان فروان‌روایی پسر مامون‌بن محمد، علی‌بن مامون، به سال ۳۸۷ قمری به کات بازگشت. او در ۱۱ جمادی‌الاول/۷ خرداد همان سال توانست

خورشیدگرفتگی را رصد کند. پیش‌تر با ابوالوفای بوزجانی قرار گذاشته بود که او نیز خورشیدگرفتگی را در بغداد رصد کند. ابوریحان از روی اختلاف زمانی که از این راه به دست آمد، توانست اختلاف طول جغرافیایی آن دو شهر را به دست آورد. تردیدی نیست که بیرونی جوان در آن زمان به جایگاهی رسیده بود که ابوالوفای بوزجانی در کهن‌سالی حاضر شد با او همکاری داشته باشد.

هر چند بیرونی کتاب تسطیح الصور را به نام علی‌بن‌مامون نوشته است، اما به نظر می‌رسد چندان از سوی او پشتیبانی نمی‌شده یا پشتیبانی آن خوارزمشاه جدید، چندان استوار نبوده است، چرا که پس از زمان اندکی به ری سفر کرده است. او در ری با دو ریاضی‌دان و اخترشناس شناخته شده‌ی ایرانی، کوشیاربن‌لبان گیلانی و ابومحمد خجندی دیدار کرد و رساله‌ی کوتاهی را در شرح دستگاه رصدی ساخته‌ی خجندی و رصدهای او با آن دستگاه بزرگ و دقیق نوشت. بیرونی آن دستگاه را دقیق‌ترین دستگاه رصدی شناخته‌شده تا آن زمان دانسته است. سپس به نزد اسپهبد ابوالعباس مرزبان‌بن‌رستم‌بن‌شروین رفت و کتاب مهم "مقالید علم الهیئه" را به نام آن فرمان‌روا نوشت.

بیرونی در سال‌های پایانی سده‌ی چهارم هجری به گرگان رفت و به سال ۳۹۱ قمری کتاب آثارالباقیه را به نام شمس المعالی قابوس بن وشمگیر نوشت. این درحالی بود که پیش از آن ۷ کتاب دیگر نوشته و با ابن‌سینا نیز نامه‌نگاری علمی خود را آغاز کرده بود. او در سال ۳۹۳ قمری خورشیدگرفتگی را در گرگان رصد کرد. هم‌چنین کوشید طول یک درجه از کمان نصف‌النهار را که دو سده پیش در روزگار مامون عباسی و در بغداد اندازه‌گیری شده بود، با دقت بیش‌تر در پیرامون گرگان اندازه‌گیری کند. اما پشتیبان او، قابوس‌بن‌وشمگیر، به دلیل ناشناخته‌ای علاقه‌ی خود را به انجام چنین کاری از دست داد و بیرونی نتوانست کار خود را ادامه دهد.

بیرونی در ۳۹۹ یا ۴۰۰ قمری بار دیگر به خوارزم بازگشت و مدتی را در دربار ابوالعباس مأمون بن مامون بزیست. او با پشتیبانی آن خوارزمشاه توانست رصدهای مهمی انجام دهد و حلقه‌ی بزرگی ساخت که روی صفحه‌ی نصف‌النهار سوار می‌شد و در کار رصد بسیار سودمند بود. هم‌چنین نیم‌کره‌ای ساخت که از آن برای تصویرگری در حل ترسیم مساله‌های مساحی بهره می‌گرفت. اما مامون در سال ۴۰۷ قمری به دست سپاهیان کشته شد و در سال دیگر نیز محمود غزنوی به گرگانج یورش آورد و بسیاری از بزرگان، از جمله بیرونی، را در سال ۴۰۸ قمری به خود به غزنه برد.

بیرونی در لشکرکشی‌ها محمود به هندوستان همراه او بود و در این سفرها با دانشمندان هندی آشنا شد و با آنان به گفت‌وگو نشست. زبان سانسکریت آموخت و اطلاعات لازم برای نگارش کتاب تحقیق ما للهند را فراهم کرد. او به هر شهری که

می‌رفت می‌کوشید عرض جغرافیایی آن را تعیین کند و زمانی که به سال ۴۱۶ قمری در قلعه‌ی نندنه به سر می‌برد، از کوهی که در آن نزدیکی بود برای تعیین قطر زمین بهره گرفت. سرانجام، دستاورد پژوهشی خود را در رساله‌ای به نام "مقاله فی استخراج قدر الارض به رصد انحطاط الافق عن قتل جبال" نوشت.

در سال ۴۱۵ قمری فرمان‌روای ترک‌های وولگا گروهی را به غزنه فرستاده بود. آن مردمان با ساکنان سرزمین‌های قطبی رابطه‌ی بازرگانی داشتند و بیرونی از آنان خواست اطلاعاتش را درباره‌ی آن سرزمین‌ها بیش‌تر کند. یکی از آن فرستادگان در پیشگاه محمود غزنوی گفت که در سرزمین‌های دور دست شمال، گاهی خورشید روزهای زیادی غروب نمی‌کند. سلطان محمود در آغاز بسیار خشمگین شد و آن سخنان را کفرآمیز خواند. اما ابوریحان به او گفت که سخن آن فرستاده درست و علمی است و ماجرا را برایش توضیح داد.

بیرونی در زمان محمود غزنوی علاوه بر چند رصد مهم، رساله‌ی استخراج الاوتار را به سال ۴۱۸ و کتاب التفهیم لاوائل صناعه التنجیم را به سال ۴۲۰ قمری به پایان رساند. پس از مرگ محمود و جانشینی فرزندش مسعود، راه برای پژوهش‌های بیرونی هموارتر شد و در همین روزگار بود که بیرونی کتاب قانون مسعودی را به نام سلطان مسعود غزنوی نوشت که دانش‌نامه‌ای از دانسته‌های اخترشناسی تا آن زمان است. سلطان مسعود به پاس کوشش او در نگارش آن کتاب، پاداش از زر و سیم برای او فرستاد، اما بیرونی همه‌ی آن را به خزانه بازگرداند و به مسعود گفت که از آن بی‌نیاز است، چرا که دیر زمانی را به ناچار به قناعت گذرانده است و اکنون به این شیوه خو گرفته و ترک آن برایش بسیار سخت است. بیرونی در زمان مودود بن مسعود نیز از پشتیبانی پادشاه غزنوی برخوردار بود و کتاب دستور و کتاب الجواهر خود را به نام او نوشته است.

سرانجام، بیرونی در سال‌های آغازین فرمان‌روایی جانشین مودود، در رجب ۴۴۰ هجری قمری در ۷۷ سالگی در غزنه درگذشت. ابوالحسن علی بن عیسی، فقیه نام‌داری که در لحظه‌های پایانی بر بالین او بود، نوشته است که: "آن‌گاه که نفس در سینه‌ی او به شماره افتاد، بر بالین او حاضر آمدم و در آن حال از من پرسشی فقهی پرسید. گفتم اکنون چه جای این پرسش است. گفت ای مرد کدام یک از این دو کار بهتر است، این مساله را بدانم و بمیرم یا نادانسته از دنیا بروم؟ و من آن مساله را بازگفتم و فرا گرفت و از نزد وی بازگشتم. هنوز بخشی از راه را نپیموده بودم که شیون از خانه‌ی او برخاست."

سال شمار زندگی ابوریحان بیرونی

۳۶۲ قمری/۳۵۱ خورشیدی: روز پنج‌شنبه سوم ذی‌الحجه/هجدهم دی‌ماه در روستایی بیرون شهر کاث به دنیا آمد.

۳۶۸ قمری/۳۵۷ خورشیدی: در مکتب شهر جرجانیه برای یک‌سال درس خواند.

۳۶۹ قمری / ۳۵۸ خورشیدی: درسش را در مکتب روستا ادامه داد.

۳۷۹ قمری / ۳۵۸ خورشیدی: در هفده سالگی به اندازه‌گیری ارتفاع نیم‌روزی خورشید در شهر کاث پرداخت.

۳۸۵ قمری / ۳۷۳ خورشیدی: انقلاب تابستانی را در دهکده‌ای در جنوب شهر کاث رصد کرد.

۳۸۷ قمری / ۳۷۵ خورشیدی: روز شنبه یازدهم جمادی‌الاول / ۷ خردادماه، خورشید گرفتگی را رصد کرد.

۳۹۱ قمری / ۳۷۹ خورشیدی: کتاب آثارالباقیه را در گرگان به نام قابوس بن وشمگیر آل زیار نوشت.

۳۹۳ قمری / ۳۸۱ خورشیدی: روز شنبه چهاردهم ربیع‌الثانی / ۶ اسفند ماه و روز یک‌شنبه سیزدهم شوال / ۲۹ مرداد، دو

ماه گرفتگی را در گرگان رصد کرد.

۳۹۴ قمری / ۳۸۲ خورشیدی: روز یک‌شنبه دوازدهم شعبان / ۲۰ مردادماه، ماه گرفتگی را در جرجانیه رصد کرد.

۴۰۸ قمری / ۳۹۶ خورشیدی: همراه سلطان محمود غزنوی از جرجانیه به غزنه رفت.

۴۰۹ قمری / ۳۹۷ خورشیدی: عرض جغرافیایی جیخور، در نزدیکی کابل، را با کمک شاقول اندازه گرفت.

۴۱۲ قمری / ۴۰۰ خورشیدی: اعتدال بهاری و پاییزی و انقلاب تابستانی و زمستانی را در شهر غزنه رصد کرد.

۴۱۶ قمری / ۴۰۴ خورشیدی: نگارش کتاب تحدید نهایات الاماکن را به پایان رساند.

۴۱۸ قمری / ۴۰۵ خورشیدی: رساله‌ی استخراج‌الوتار فی‌الدایره را نوشت.

۴۲۰ قمری / ۴۰۷ خورشیدی: نگارش کتاب التفهیم لاوائل‌الصناعه‌التنجیم را به پایان رساند.

۴۲۱ قمری / ۴۰۸ خورشیدی: کتاب تحقیق‌ماللهند را نوشت و رساله‌ی قانون مسعودی را به سلطان مسعود غزنوی هدیه داد.

۴۲۵ قمری / ۴۱۲ خورشیدی: فهرست کتاب‌ها و نوشته‌های محمد بن زکریای رازی و فهرست ۱۱۳ جلد کتاب خود را نوشت.

۴۴۲ قمری / ۴۲۹ خورشیدی: روز جمعه سوم رجب / ۶ آذرماه، به سوی پروردگار خود رفت.

پژوهش‌های بیرونی

بیرونی از آن دسته از دانشمندان بوده است که تنها به گفته‌ها و نوشته‌های دانشمندان پیش از خود بسنده نمی‌کرده و بارها نظریه‌های دانشمندان پیش از خود، به‌ویژه ارسطو، را به چالش کشیده است. او برای درستی سخنان دیگران و بررسی نظریه‌های خود به مشاهده‌ی دقیق پدیده‌ها و آزمودن آزمودنی‌ها، حتی اگر از باورهای مردمان باشد، می‌پرداخت. برای نمونه، در کتاب الجواهر خود چند آزمایش را شرح می‌دهد که برای بررسی علمی دو باور عامیانه انجام داده است. او زهرآگین نبودن الماس را با خوراندن آن به سگی می‌آزماید و نشان می‌دهد که آن سگ پس از چند روز هم‌چنان سالم

می‌ماند. هم‌چنین، گردن‌بندی از زمرد بر گردن ماری می‌اندازد و نشان می‌دهد که مار با دیدن زمرد نابینا نمی‌شود و این کار را در ۹ ماه و در گرما و سرما می‌آزماید و سرانجام به شیرینی می‌نویسد که اگر این کار بینایی آن مار را افزایش نداده باشد، چیزی از بینایی آن نکاسته است.

بیرونی در آزمایش‌های خود مانند یک پژوهشگر امروزی می‌کوشد هنگام مقایسه‌ی ویژگی دو ماده، دیگر شرایط را برای آن‌ها یکسان سازد. برای نمونه، او برای بررسی این نظریه‌ی ارسطو که آب گرم از آب سرد زودتر یخ می‌بندد، چنین آزمایشی انجام می‌دهد: "من دو ظرف یک‌شکل و یک اندازه برگرفتم و در هر دو ظرف، مقداری برابری از یک آب، یکی گرم و دیگری سرد، ریختم و هر دو ظرف را در هوای سرد و خشک نهادم. سطح آب سرد یخ بست، در حالی که در آب گرم هنوز گرمایی باقی مانده بود. این را دیگر بار آزمودم، باز هم چنان شد." شگفت‌آور این که برخی از دانشمندان ایرانی که مقاله‌ها و کتاب‌هایی درباره‌ی هواشناسی نوشته‌اند، نظر او را نادرست دانسته و بی آن‌که دلیل روشنی برای سخن خود بیاورند، تنها به این خاطر که ارسطو و ابن‌سینا بر نظر دیگری هستند، او را به فهم نادرست متهم کرده‌اند.

بیرونی نخستین دانشمندی است که در همه‌ی نوشته‌های خود به پیشینه‌ی تاریخی و مقایسه‌ی نظرهای دانشمندان پیش از خود در هر موضوع مورد نظر می‌پردازد. گاه نیز کتاب‌هایی را فقط به خاطر تاریخ علم نگاشته است. برای نمونه، در الآثار الباقیه که در گاهشماری و شناخت زمان است، به معرفی گاهشماری ملت‌های گوناگون، هندی، عربی، یونانی، یهودی و ایرانی می‌پردازد یا در کتاب تمهید المستقر و التحلیل و التقطیع، که در اخترشناسی است، از چگونگی به دست آوردن شاخص‌ها گوناگون اخترشناسی در ۳ مکتب یونانی، هندی و ایرانی و میزان تاثیرپذیری دانشمندان گوناگون از آن‌ها سخن می‌گوید. از این رو، بررسی نوشته‌های او راه تازه‌ای برای پژوهشگران تاریخ علم گشوده است تا دگرگونی علم را طی سده‌های دراز پی‌گیری کند. برای نمونه، اشاره‌ی او به گردهمایی اخترشناسان دوران انوشیروان برای تصحیح زیج شاه، پژوهشگران تاریخ علم را از وجود دست‌کم دو نگارش از زیج شاه آگاهی داده است.

از دیگر ویژگی‌های پژوهشی بیرونی آشنا بودن به چند زبان است. او فارسی، ترکی، عربی، عبری، سریانی و سانسکریت را به‌خوبی می‌دانسته و با زبان یونانی نیز آشنایی داشته است. او به‌خوبی دریافته بود که برای پژوهش در فرهنگ مردمان و دانش تمدن‌های گوناگون، باید نخست زبان آنان را فراگرفت و بهره‌گیری از مترجم یا کتاب‌های ترجمه شده، در پژوهش‌های دقیق چندان راه‌گشا نیست. از این رو، نخستین کاری که در سفر به هند کرد، یادگیری زبان سانسکریت بود و چنان که خود گفته است آن را به دشواری اما با پشتکار یاد گرفت: "پس از به خاطر سپردن یک کلمه، چون آن را تکرار

می‌کردم و کوشش فراوان به کار می‌بستم که حرف‌های آن از مخرج خود ادا شود، باز هندیان نمی‌فهمیدند چه می‌گوییم. به‌ناچار از نو کوشش می‌کردم که درست تلفظ شود." سرانجام، در آن زبان چنان مهارت یافت که چند کتاب را از سانسکریت به عربی ترجمه کرد و بنا به نوشته برخی نویسندگان، چند کتاب را نیز از یونانی به سانسکریت بازگرداند.

پژوهش‌های زمین‌شناسی

در میان نوشته‌های زمین‌شناختی نویسندگان مسلمان، کم‌تر کتابی به درستی و علمی بودن آثار بیرونی می‌رسد. او طی سفرهای گوناگونی که به سرزمین‌های آسیای غربی و به‌ویژه هندوستان داشته است، پیرامون ناهمواری‌های زمین‌شناختی و ساختمان کوه‌ها به پژوهش پرداخته و به کشف‌هایی نیز دست یافته است. هم‌چنین، به روش نوآورانه برای اندازه‌گیری چگالی کانی‌ها و فلزها دست پیدا کرده بود و توصیف علمی او از چاه‌های آرتزین نیز معروف است. در ادامه به شرح گوشه‌هایی از پژوهش‌های زمین‌شناختی او می‌پردازیم.

توصیف‌های زمین‌شناختی

بیرونی به ماهیت رسوبی حوضه‌ی رود گنگ پی برده و در ماللهند پیرامون آن چنین نوشته است: "یکی از این دشت‌ها در هندوستان است که از جنوب به اقیانوس هند می‌رسد و در سه سوی دیگر، کوه‌ها آن را فراگرفته‌اند و آب‌های آن کوه‌ها به آن می‌ریزد. ولی اگر خاک هندوستان را با چشم خود ببینی و درباره‌ی ماهیت آن فکر کنی و اگر سنگ‌های گردی را در نظر بگیری که هر اندازه که زمین را عمیق‌تر بکنید بازهم آن‌ها را خواهید یافت، سنگ‌هایی که در نزدیکی کوه‌ها و آن‌جاها که رودها جریان تندی دارند بزرگ‌تر است و هر چه از این کوه‌ها دورتر می‌شوید و به آن‌جاها برسید که رودها کندتر پیش می‌روند، کوچک‌تر می‌شوند و از آن‌جا که رودها حالت ایستاده پیدا می‌کنند و به مصب دریا نزدیک می‌شوند این سنگ‌ها خرد می‌شوند و به صورت دانه‌های شن در می‌آیند، اگر همه‌ی این‌ها را در نظر بگیرید ناگزیر به این باور می‌رسید که در روزگاری هندوستان دریا بوده است و این دریا به تدریج با رسوب‌های این رودها پر شده است."

بیرونی از دگرگونی‌های زمین‌شناختی که در گذشته رخ داده نیز به‌خوبی آگاه بوده است، چنان‌که در شرح زمین‌شناختی بیابان عربستان و بیابان شنی خوارزم در کتاب تحدید نهایات خود به گوشه‌هایی از دانسته‌های خود اشاره کرده و از فسیل‌ها به عنوان شاهی بر نظریه‌های خود بهره می‌گیرد: "این بیابان عربستان که می‌بینیم، نخست دریا بوده و سپس پر شده است و نشانه‌های آن هنگام کندن چاه‌ها به دست می‌آید و هم‌چنین سنگ‌هایی بیرون می‌آید که چون آن‌ها را بشکنند، صدف‌ها

و حلزون‌ها و چیزهایی که گوش ماهی نامیده می‌شود به نظر می‌رسد که یا به حال خود باقی است یا آن که پوسیده و از میان رفته و جای خالی آن‌ها به شکل اصلی دیده می‌شود. از این چیزها در باب‌الابواب بر کرانه‌ی دریای خزر نیز هست ... و چنین سنگی را که در میان آن گوش ماهی است در بیابان شنی میان جرجان و خوارزم نیز می‌بینیم. این بیابان در گذشته هم چون دریاچه‌ای بوده است، چه گذرگاه جیحون یعنی نهر بلخ بر آن بوده ... سپس در گذرگاه آن بستگی پیدا شده و آب آن به سرزمین‌ها قوم غز پیچید و کوهی راه را بر آن گرفت که اکنون شیطان شیر خوانده می‌شود...

چگالی کانی‌ها. ابوریحان در کتاب الجواهر فی معرفه الجواهر به شرح فلزها و جواهرهای قاره‌های آسیا، اروپا و آفریقا می‌پردازد و ویژگی‌های فیزیکی ماند بو، رنگ، نرمی و زبری حدود ۳۰۰ نوع کانی و مواد دیگر را شرح می‌دهد و نظریه‌ها و گفتارهای دانشمندان یونانی و اسلامی را درباره‌ی آن‌ها بیان می‌کند. او چگالی سنج دقیقی اختراع کرد و چگالی کانی‌های شناخته شده را اندازه‌گیری کرد. اندازه‌گیری‌های او با اندازه‌گیری‌های امروزی، که با ابزارهای پیشرفته انجام می‌شود، چندان تفاوتی ندارد. شرح دستگاه چگالی‌سنج او در کتابی با نام "مقاله فی النسب التی بین الفلزات و الجواهر فی الحجم" آمده است.

مقایسه‌ی اندازه‌گیری چگالی کانی‌ها به روش بیرونی و روش‌های امروزی

| کانی | اندازه‌گیری | |
|--------------|-------------|-----------|
| | بیرونی | امروزی |
| طلا | ۱۹/۲۶ | ۱۹/۲۶ |
| جیوه | ۱۳/۷۴ | ۱۳/۵۶ |
| مس | ۸/۹۲ | ۸/۸۵ |
| برنج | ۸/۶۷ | ۸/۴ |
| یاقوت آسمانی | ۳/۹۷ | ۴/۰۱-۴/۰۹ |
| یاقوت سرخ | ۳/۸۵ | ۳/۹۵-۴/۱۴ |
| لعل | ۳/۵۸ | ۳/۵-۳/۷ |
| زمرد | ۳/۷۵ | ۳/۶۵-۳/۷۵ |

| | | |
|----------|------|---------|
| عقیق سرخ | ۲/۵۶ | ۲/۵-۲/۸ |
| لاجورد | ۲/۶ | ۲/۴-۲/۸ |

دستگاه چگالی سنج بیرونی که بر اصل ارشمیدوس کار می‌کرد، تشکیل شده بود از یک ظرف آب که میزابی ظریف به آن وصل کرده بود و ترازویی که یک کفه‌ی آن درست زیر میزاب جای گرفته بود و در کفه‌ی دیگر آن صد مثقال از کانی مورد نظر را می‌گذاشت. سپس برای به تعادل رسیدن ترازو، در کفه‌ای که زیر میزاب جای داشت، آب می‌ریخت. آن‌گاه، وزن و حجم آب را می‌سنجید تا به جرم حجمی (چگالی) کانی مورد نظر دست یابد. او به درستی دریافته بود که خلوص و دمای آب به کار رفته در این آزمایش‌ها، در چگالی آن اثر دارد و از این رو، برای آزمایش‌های خود همواره از جای مشخصی از رود جیحون و آن‌هم در آغاز پاییز آب بر می‌داشت. او پس از رفتن به غزنه، همین آزمایش‌ها را با آب رودخانه‌ی غزنه انجام داد. شرح این پژوهش‌ها در کتاب میزان‌الحکمه، اثر ابوالفتح عبدالرحمن خازنی، آمده است.

چاه‌های آرتزین

بیرونی در آثار الباقیه درباره‌ی فوران آب از برخی چشمه‌ها و چاه‌ها چنین می‌گوید: "اما فوران چشمه‌ها و صعود آب به سمت بالا، علتش این است که خزانه‌ی آن از خود چشمه‌ها بالاتر جای دارد، مانند فوران معمولی و گرنه آب هرگز به سوی بالا جز این که منبع آن بالاتر باشد، نخواهد رفت ... بسیاری از مردم که چون علت امری طبیعی را ندانند، به همین اندازه کفایت می‌کنند که بگویند الله اعلم، مطلبی را که ما گفته‌ایم انکار کرده‌اند و یکی از آنان با من به منازعه پرداخت ... البته ممکن است آب به قله‌ی کوه هم برود، به شرط آن که قله‌ی کوه از منبع و مخزن آب، پایین‌تر باشد."

اندازه‌گیری قطر و محیط زمین

در کتاب قانون مسعودی نوشته است: "در سرزمین هند، کوهی را مشرف بر صحرای همواری یافتم که همواری آن همسان همواری سطح دریا بود. بر قله‌ی آن محل برخورد ظاهری آسمان با زمین، یعنی دایره‌ی افق را اندازه گرفتم که از خط مشرق و مغرب به اندازه‌ی اندکی کم‌تر از ثلث و ربع درجه، انحطاط داشت و من آن را ۳۴ دقیقه محسوب داشتم. سپس ارتفاع کوه را از طریق رصد کردن قله‌ی آن از دو نقطه الحجر این قله، که بر یک امتداد بودند، اندازه گرفتم که مساوی ششصد و پنجاه و دو ذراع در آمد ... و چون حساب کردم، تقریباً ۵۸ میل درآمد و از این‌جا به درستی اندازه‌گیری منجمان

مأمون اطمینان یافتیم." او در پایان کتاب اسطرلاب، روش ریاضی به دست آوردن شعاع، محیط، مساحت و حجم کره‌ی زمین را شرح داده است.

پژوهش‌های جغرافیایی

بیرونی در پژوهش‌های جغرافیایی خود از نظرهای دانشمندان یونانی و دانش جغرافیایی هندوان و ایرانیان باستان و نیز جغرافی‌دان‌ها و جهان‌گردان پیش از خود در دوره‌ی اسلامی، مانند ابن‌خردادبه، یعقوبی و مسعودی، یاد کرده و خود نیز پژوهش‌های جغرافیایی دقیقی داشته است. او در به دست آوردن طول و عرض جغرافیایی شهرها کوشش‌های فراوانی کرده و در کتاب قانون مسعودی، طول و عرض جغرافیایی بیش از ۶۰۰ نقطه‌ی جغرافیایی را نوشته است. همان‌طور که پیش از این گفته شد، او با همکاری ابوالوفای بوزجانی، ریاضی‌دان ایرانی ساکن بغداد، توانست با روش رصد هم‌زمان خورشیدگرفتگی در دو نقطه‌ی جغرافیایی، اختلاف طول جغرافیایی بغداد و اورگنج (خوارزم قدیم) را به دست آورد.

مقایسه‌ی اندازه‌گیری‌های بیرونی از طول و عرض جغرافیایی شهرها با اندازه‌گیری‌های امروزی

| اندازه‌گیری امروزی | | اندازه‌گیری بیرونی | | | | نام شهر | | |
|--------------------|-------|--------------------|-------|-------------------|-------|---------|-------|-------|
| طول نسبت به تعداد | | عرض | | طول نسبت به تعداد | | | عرض | |
| درجه | دقیقه | درجه | دقیقه | درجه | دقیقه | | درجه | دقیقه |
| ۷ | ۱ | ۳۵ | | ۵ | ۳۵ | ۳۴ | ری | |
| | | ۳۵ | | ۸ | | | | |
| ۰ | ۰ | ۲۰ | | ۰ | ۳۳ | ۲۵ | بغداد | |
| | | ۳۳ | | | | | | |
| ۲۲ | ۲۴ | ۴۶ | | ۲۱ | ۰ | ۴۰ | بلخ | |
| | | ۳۶ | | | | ۳۶ | | |
| -۸ | ۷ | ۳۰ | | -۱۰ | ۳۳ | ۳۰ | دمشق | |
| | | ۳۳ | | | | | | |
| ۲۴ | ۲ | ۳۳ | ۲۴ | ۲۲ | ۳۳ | ۳۵ | غزنین | |

| | | | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|----|---------|
| | | ۳۳ | | | | | |
| ۱۴ | ۲۳ | ۱۳ | ۱۵ | ۰ | ۳۶ | ۱۰ | نیشابور |
| | | ۳۶ | | | | | |
| -۴ | ۳۷ | ۲۶ | -۳ | ۰ | | ۴۰ | مکه |
| | | ۲۱ | | | | ۲۱ | |
| ۸ | ۸ | ۳۸ | ۸ | ۳۲ | | ۳۶ | شیراز |
| | | ۲۹ | | | | ۲۹ | |

بیرونی در رساله‌ی تسطیح الصور، روش‌های رسم کردن نقشه و تصویر کردن کره را بر صفحه، که پیش از او رواج داشته است، شرح می‌دهد و نقد می‌کند. سپس، در آثار الباقیه به شرح ۳ روش نوآورانه‌ی خود در رسم نقشه می‌پردازد. یکی از روش‌های او، که خود آن را تسطیح اسطوانی نامیده است، شباهت زیادی به روش تسطیح نیکولوسی دی‌پاترینو دارد که در سال ۱۶۶۰ میلادی منتشر کرد و امروزه نقشه‌های جغرافیایی موسوم به مرکاتور بر اساس آن تنظیم می‌شود. از نوآوری‌ها دیگر او در نقشه‌کشی این است که برای نشان دادن ناهمواری‌ها و موقعیت‌های جغرافیایی زمین، جامع‌تر از پیشینیان خود به استفاده از رنگ‌های گوناگون اشاره کرده است. هم‌چنین، در کتاب التفهیم نقشه‌ای از کره‌ی زمین رسم کرده است که ارتباط اقیانوس هند با اقیانوس اطلس برای نخستین بار در آن نشان داده شده است. از این رو، برخی او را از بنیان‌گذاران دانش مساحی (نقشه‌کشی) و از پیشگامان جغرافیایی ریاضی می‌دانند.

ریاضی و اخترشناسی

از بیش از ۱۵۰ اثر نوشتاری بیرونی دست‌کم ۱۱۵ عنوان به ریاضیات، اخترشناسی و موضوع‌های وابسته به آن‌ها اختصاص داشته که از آن میان فقط ۲۸ اثر به ما رسیده است. هفت جلد از آثار بیرونی پیرامون ریاضیات محض نوشته شده است و بیرونی در آن نوشته‌ها، به‌ویژه در کتاب استخراج الاوتار، همواره برای اثبات قضیه‌ها و مساله‌های ریاضی به روش‌ها گوناگون پرداخته و شباهت‌ها و تفاوت‌های آن‌ها را بیان کرده است. برای نمونه، برای حل نخستین قضیه‌ی یاد شده در آن کتاب، ۲۲ شیوه‌ی گوناگون را نوشته است. پنج روش از خودش و هفده را دیگر را از دانشمندان و ریاضیدان‌های دیگر: ارشمیدوس (سه برهان)؛ ابوسعید محمدبن‌علی ضریر جرجانی (دو شیوه)، آذرخوربن‌استاد جشنس (دو اثبات)؛ ابوسعید سجزی (دو

راه حل)؛ قاضی ابوعلی حسن بن حارث جنوبی (دو شیوه)؛ ابونصر منصور بن علی عراقی (دو برهان)؛ ابو عبدالله محمد بن احمد الشنی (دو اثبات) و ابوعلی حسن بن حسین بصری (یک روش).

بیرونی در بخش هندسه‌ی التفهیم، هنگام تعریف اصطلاح‌هایی مانند جسم، سطح، خط و نقطه، آگاهانه از ترتیب رعایت شده در کتاب هندسه‌ی اقلیدوس پیروی نمی‌کند تا بتواند مفهوم‌ها را برای نوآموزان هندسه به‌خوبی و سادگی شرح دهد. مقاله‌ی نخست کتاب اصول خود نخست نقطه و در آخر سطح را تعریف کرده و تعریف حجم را به مقاله‌ی ۱۱ واگذار کرده که هندسه‌ی فضایی از آن‌جا آغاز می‌شود، اما بیرونی عکس آن رفتار کرده است. او نخست جسم را، که همگان می‌توانند آن را تصور کنند، تعریف می‌کند و سپس اصطلاح‌هایی مانند سطح، خط و نقطه را با کمک آن اصطلاح تعریف شده، بیان می‌کند. این کار او بیش‌تر جنبه‌ی آموزشی دارد و گرنه او از برتری‌ها ساختار و نظم موجود در کتاب اصول اقلیدوس به‌خوبی آگاه بود و باید این کار او را از نظر آموزشی بررسی کرد. برای نمونه تعریف دایره از فصل نخست کتاب التفهیم آورده می‌شود: "دایره چیست؟ شکلی است بر سطحی که گرد بر گرد او خطی بود که نام او محیط است و به میان او نقطه‌ای است که او را مرکز گویند و همه‌ی خط‌های راست که از مرکز بیرون آیند و به محیط رسند، هم‌چند (مساوی) یکدیگر باشند."

بیرونی در برخی از آثار خود به ریاضیات کاربردی، به ویژه در موضوع‌های مرتبط با دین می‌پردازد. او روش‌های گوناگون پیدا کردن سوی قبله را شرح می‌دهد و نظرهای دانشمندان پیش از خود را نقد می‌کند. یکی از هدف‌ها او در نگارش کتاب تحدید النهایات الاماکن لتصحیح مسافات المساکن، تعیین درست قبله‌ی غزنه بوده است. آن کار به مثلثات کروی پیشرفته نیاز داشته که بیرونی در آن مهارت داشته است و کتاب مقالید او را نخستین کتاب کامل در مثلثات کروی می‌دانند. او در کتاب سایه‌ها کوشیده است با روش‌های ریاضی زمان نماز را تعیین کند. او بر این باور بوده است که بدون بهره‌گیری از اخترشناسی و حساب و هندسه به سختی می‌توان موضوع سایه‌ها را درک کرد و فردی که این علوم را با دین سازگار نداند، نه تنها با عوام تفاوتی ندارد، بلکه با این دفاع نابجای خود به دین آسیب زده است. او کتاب جداگانه‌ی نیز در تعیین سوی قبله به نام "رساله فی معرفه سمت القبله" دارد.

بیرونی در پژوهش‌های اخترشناسی نیز به پیروی بی‌چون و چند از بزرگان نپرداخته و به رصدها و تجربه‌های شخصی گوناگونی دست زده است، چرا که به بیان خودش در التفهیم: "همه به اختلاف سخن رانده‌اند، در هر کاری جانب حق و صدق و امانت را رعایت باید کرد." و روح او "جز با مشاهده و تجربه‌ی شخصی آرام نگیرد." و چنین نیز بوده است. برای

نمونه، میل کلی(زاویه‌ی میان سطح استوا و سطح مدار ظاهری خورشید) را چند بار در غزنه اندازه می‌گیرد تا خاطرش آسوده شد و دانست که میل کلی ۲۳ درجه و ۳۵ دقیقه است. این در حالی بود که پیش از او نیز شخصیت‌های گوناگونی بارها این کار را انجام داده بودند.

در کتاب تحدید به چگونگی تعیین نصف‌النهار، فاصله‌ی میان شهرها و روش‌های رصد می‌پردازند و در این جا مانند بسیاری دیگر از پژوهش‌های خود از ریاضیات بهره می‌گیرد. در واقع، او هیچ‌گاه از ریاضیات روی گردان نیست و در هر کتابی که نوشته به شیوه‌ای به ریاضیات پرداخته است. کتاب قانون مسعودی او جامع‌ترین نوشته‌ی اخترشناسی اسلامی است که زمان درازی مانند کتاب التفهیم او به عنوان کتاب درسی به کار می‌رفت. کتاب اسطرلاب او تاریخچه‌ی ابزارهای اخترشناسی است. بیرونی در این کتاب در کنار پرداختن به معرفی انواع اسطرلاب و شیوه‌ی کار با آن‌ها، تحول فنی این ابزار اخترشناسی را از دوران یونان باستان تا سده‌ی پنجم هجری شرح می‌دهد. به دلیل این گونه کارها می‌توان او را از پیشگامان پژوهش در تاریخ علم نیز دانست.

تاریخ و مردم‌شناسی

بیرونی در بیش‌تر نوشته‌ها خود به تاریخ علم پرداخته است، اما گاهی خود تاریخ نیز برای او مهم بوده است. او کتابی به نام "کتاب المسافره فی اخبار الخوارزم" نوشته بود که اصل آن از بین رفته است، اما ابوالفضل بیهقی فصل تاریخ خوارزم خود را از روی آن رونویسی کرده و شیوه‌ی کار بیرونی و درستی نوشته‌های او را ستایش کرده است. آن‌چه بیهقی در کتاب خود از تاریخ خوارزم بیرونی آورده است با شرح مختصری از روزگار مامون بن مامون و رابطه‌ی او با محمود غزنوی و چگونگی برافتادن آل مامون آغاز می‌شود و با شرح برافتادن خاندان آلتوتتاش از فرمان‌روایی بر خوارزم پایان می‌پذیرد.

بیرونی در فصل ششم آثارالباقیه ترتیب تاریخی و سال‌ها فرمان‌روایی پیامبران و شاهان بنی‌اسرائیل، آشور، بابل، ایران، فرعون‌ها، بطلمیوس‌ها، قیصرها، امپراتوری‌های بیزانس، شاهان اسطوره‌ای ایران و شاهان هخامنشی، اشکانی و ساسانی را بر حسب سال و گاه بر حسب ماه و روز آورده است. او هر جا که سندهای تاریخی با هم اختلاف داشته‌اند، همه‌ی روایت‌ها، حتی روایت‌هایی را که نادرست می‌دانسته، آورده است. او به نقد روایت‌ها می‌پردازد و می‌کوشد درست‌ترین آن‌ها را مشخص کند. البته، مانند بسیاری از پژوهشگران دیگر گاهی خود نیز در داوری‌ها به نادرستی می‌افتد.

کتاب ماللهند بیرونی برجسته‌ترین اثر در تاریخ، دین، آداب و دانش هندوان است و از این و می‌توان بیرونی را یکی از پیشگامان مردم‌شناسی و دین‌شناسی تطبیقی دانست. او در این پژوهش مردم‌شناسی خود با دشواری‌ها بسیاری رو به رو بوده

است. چرا که به عنوان یک مسلمان به سرزمینی پا گذاشته است که مردمش از مسلمانان نفرت دارند و فراگیری زبان آن‌ها نیز بسیار سخت است. با این همه، بیرونی سانسکریت را به خوبی می‌آموزد و می‌کوشد با مردم هند و دانایان هندی ارتباط برقرار کند و در پی پژوهش خود به جای جای هندوستان سفر می‌کند.

بیرونی در کتاب ماللهند کوشیده‌است با دید یک کارشناس بی‌طرف به معرفی باورها و آیین‌ها هندوان پردازد و می‌نویسد: "این کتاب را درباره‌ی باورهای هندوان نوشتم و در حق آنان که با ما اختلاف دینی دارند، تهمت زدن بی‌اساس را برایشان روا نداشتیم و نیز این مطلب را مخالف دین‌داری و مسلمانی خویش نپنداشتیم که کلمات ایشان را، در آن جا که خیال می‌کردم برای روشن کردن مطلب ضرورت دارد، با طول و تفصیل نقل کردم. اگر این گونه نقل‌ها کفرآمیز به نظر می‌رسد و پیروان حق، یعنی مسلمانان، آن را قابل اعتراض می‌دانند، ما این را می‌گوییم که اعتقاد هندوان چنین است و آنان خود بهتر از هر کسی می‌دانند که چگونه به این اعتراضات پاسخ دهند."

بیرونی در ماللهند به بررسی تطبیقی باورهای هندوان با ملت‌ها دیگر نیز می‌پردازد. برای نمونه، چون به نظر او یونانیان پیش از برآمدن مسیح (ع) به همان چیزها باور داشتند که هندوان باور دارند، نظرها و باورهای آن دو قوم را با هم مقایسه می‌کند. در جای دیگری از همین کتاب به مقایسه‌ی جامعه‌ی طبقاتی هند و جامعه‌ی ساسانی می‌پردازد و آن دو را بسیار مانند هم می‌پندارد. هنگام پرداختن به آیین‌های ازدواج هندوان به آیین‌های ایرانیان، یهودیان و عرب‌های دوره‌ی جاهلی نیز می‌پردازد. بیرونی در الاثارباقیه نیز به باورها و آیین‌ها گوناگونی که در میان ملت‌ها و پیروان دین‌ها و فرقه‌های گوناگون دیده می‌شود، می‌پردازد و تفاوت‌ها و شباهت‌های آن‌ها را بر می‌شمارد.

نگارش‌های بیرونی

ابوریحان در سال ۴۲۷ قمری، زمانی که ۶۳ سال داشت، فهرستی از آثار رازی و نیز فهرستی از آثار خود فراهم ساخت. در آن فهرست ۱۱۳ اثر خود را نام برده است، اما از آن جا که پس از آن فهرست دست‌کم ۱۴ سال دیگر زنده ماند و حتی زمانی که بینایی و شنوایی‌اش ضعیف شده بود با کمک دستیارانش به پژوهش‌ها و نگارش‌های خود ادامه می‌داد، نوشته‌های ابوریحان را بیش از ۱۵۳ دانسته‌اند. بیش‌تر آن‌ها به زبان عربی بوده و از میان همه‌ی آن‌ها، فقط ۳۵ اثر برجای مانده است. او کتاب‌هایی را نیز از سانسکریت به عربی ترجمه کرده و نامه‌نگاری‌های مشهوری با ابوعلی سینا داشته است. مهم‌ترین نوشته‌های او عبارت‌اند از:

۱. آثار الباقیه (الآثار الباقیه عن قرون الخالیه). کتابی در گاهشماری و شناخت زمان است. او در فصل نخست این کتاب به شناخته شده ترین واحد گاهشماری، یعنی روز، می پردازد و سپس سال های گوناگون، سال خورشیدی، قمری، یولیانی و ایرانی و مفهوم کبیسه را شرح می دهد. در فصل سوم به تاریخ های مهمی مانند طوفان نوح، هجرت، تاریخ عرب ها جاهلی، تاریخ خوارزم، تاریخ یزدگردی و تاریخ اسکندر می پردازد. در فصل چهارم به افسانه های اسکندر ذوالقرنین، فصل پنجم به گاهشمار یهودی، فصل ششم به تاریخ شاهان کهن آشور، بابل و هخامنشی، اشکانی و ساسانی، فصل هفتم به بحث جامع گاهشمار یهودی، فصل هشتم به دین ها، از جمله صابئیان یا منداییان، زردشتیان، مانویان و مزدکیان، می پردازد. در نیمه ی دوم کتاب نیز به جشن ها و روزهای روزه داری ملت های گوناگون می پردازد. (این اثر به کوشش اکبر داناسرشت از سوی انتشارات انجمن آثار ملی در سال ۱۳۵۳، منتشر شده است)

۲. اسطرلاب (کتاب فی استیعاب الوجوه الممكنه فی صنعہ الاطرلاب). برجسته ترین اثر پیرامون اسطرلاب است و گذشته از معرفی ساختمان اسطرلاب معمولی و روش های گوناگون ساختن اسطرلاب، به شناساندن ابزارهای اخترشناسی همانندی که تا روزگار بیرونی به کار می رفته، پرداخته است. بیرونی این کتاب را به ابوسهل مسیحی هدیه کرده است. برخی آن را مهم ترین اثر در تاریخ اخترشناسی می دانند.

۳. سدس (حکایه الاله الموسوموه بالسدس الفخری). به شرح دو ابزار اخترشناسی می پردازد که خجندی به امر فخرالدوله ساخته بود و برای رصد گذر نصف النهاری خورشید به کار می رفت.

۴. تحدید (تحدید نهایات الاماکن لتصحیح مسافات المساکن). به چگونگی تعیین مختصات جغرافیایی جاهای گوناگون می پردازد. به ویژه می خواهد تفاوت طول جغرافیایی بغداد و غزنه را به دست آورد. روش به دست آوردن سوی قبله، عرض شهرها و بلندی کوه ها را نیز معرفی می کند. این اثر به کوشش احمد آرام ترجمه و از سوی انتشارات دانشگاه تهران در سال ۱۳۵۲، منتشر شده است).

۵. چگالی ها (مقاله فی النسب التی بین الفلزات و الجواهر فی الحجم). چگونگی ساختن ترازویی را شرح می دهد که بر پایه ی اصل ارشمیدوس کار می کرد و بیرونی به کمک آن توانست چگالی هشت فلز و پانزده جواهر و شش مایع را برآورد کند که بسیار دقیق است.

۶. سایه ها (افراد المقال فی امر الاضلال). پیرامون آن چه که بیرونی از سایه ها می دانسته است. سه فصل نخست پیرامون ماهیت نور و سایه و بازتابش نور است. در فصل ها دیگر تابع های سایه (تانژانت و کوتانژانت) را بیان می کند و در فصل هایی

نیز به چگونگی به دست آوردن زمان نمازهای پنج‌گانه بر اساس طول سایه‌ها می‌پردازد. بیرونی در این کتاب شعرها و مثل‌هایی پیرامون انواع سایه و نیز آیه‌هایی از قرآن و گفتارهایی از انجیل نیز آورده و به بیان خودش هر آنچه پیرامون سایه بوده، فراهم آورده است. او در کتاب از آثار دانشمندانی مانند خوارزمی، نیریزی، بوزجانی، سجزی، بطلمیوس، ارسطو و از دانشمندان هندی و حرانی بهره برده است.

۷. وترها (استخراج الاوتار فی الدائرہ). پیرامون چند مسالهی هندسه و راه‌حل‌ها گوناگون آن‌ها، از ریاضیدان‌های یونانی و مسلمان و روش‌های ویژه بیرونی است. بیرونی در این کتاب از استدلال‌های این ریاضیدان‌ها بهره گرفته است: ارشمیدوس، ابوسعید محمد بن علی ضریر جرجانی، آذرخورین استاد جشنس، ابوعلی حبیبی، ابوسعید سجزی، ابونصر عراق، ابوعبدالله محمد بن احمد شنی، ابن هیثم، ابوالحسن بن بامشاد قائی و ابوجعفر خازن. (این اثر به کوشش ابوالقاسم قربانی از سوی انتشارات انجمن آثار ملی در سال ۱۳۵۵، منتشر شده است).

۸. التفهیم (التفهیم لاوائل صناعه التنجیم). کتابی آموزشی است پیرامون اخترشناسی که به دو زبان عربی و فارسی نوشته شده است. فصل نخست آن پیرامون هندسه است. فصل دوم پیرامون عدد و حساب و جبر است. در فصل سوم به جغرافیا، کیهان‌شناسی و اخترشناسی می‌پردازد. فصل دیگر پیرامون اصطراب و چگونگی به کار بستن آن و فصل پایانی درباره‌ی اصول نظری اخترشناسی است. (این اثر به کوشش جلال‌الدین همایی تصحیح و از سوی انتشارات بابک، چاپ سوم به سال ۱۳۶۲، منتشر شده است).

۹. ماللهند (تحقیق ماللهند من مقوله مقبوله فی‌العقل او مردوله). بیرونی در مقدمه‌ی کتاب بر دشواری پژوهش پیرامون هندوستان اشاره می‌کند و دلیل آن را سختی زبان سانسکریت و بدگمانی هندی‌ها به مسلمانان می‌داند. او در فصل‌های ۲ تا ۸ پیرامون دین و فلسفه و در فصل‌ها ۹ و ۱۰ و ۱۱ پیرامون کاست‌های هندی، قانون‌های ازدواج و ساختن بت نوشته است. در فصل‌های ۱۲ و ۱۳ به گونه‌های ادبیات هندی (دینی، ادبی و اخترشناختی) می‌پردازد. در فصل‌ها دیگر پیرامون خط‌ها، هندی، شطرنج، جغرافیا، خرافه‌ها، افسانه‌ها، نظریه‌های اخترشناسی، زیارت‌ها و آیین‌ها دینی، گاهشماری هندی، جشن‌ها، روزه‌داری‌ها و قانون‌های ددادگستری می‌پردازد. (این اثر به کوشش اکبر داناسرشت از سوی انتشارات ابن‌سینا در سال ۱۳۵۳، منتشر شده است)

۱۰. قره‌الزیجات. کتاب مرجعی است پیرامون اخترشناسی عملی و شامل اصول گاهشماری، چگونگی مشخص کردن سال و ماه و روز و ساعت، مکان متوسط و مکان واقعی خورشید و ماه و سیاره‌ها، عرض جغرافیایی محل، خورشیدگرفتگی و

ماه‌گرفتگی و چگونگی دیدن ماه و سیاره‌ها. بیرونی روش تبدیل کردن گاهشمار هندی به گاهشمار هجری، یزدگردی و یونانی را نیز آورده است.

۱۱. قانون مسعودی. دانش‌نامه‌ی اخترشناسی است و یازده مقاله دارد که هر مقاله به باب‌ها و فصل‌هایی بخش شده است. مقاله‌های ۱ و ۲ به مفاهیم پایه‌ی کیهان‌شناسی و گاهشماری می‌پردازد. مقاله‌های ۳ و ۴ پیرامون مثلثات مسطح و کروی است و جدول‌های کاملی از تابع‌های شناخته شده دارد. مقاله‌ی ۵ پیرامون مساحی و جغرافیای ریاضی است و جدولی نیز دارد که مختصات جغرافیایی سرزمین‌ها را نشان می‌دهد. مقاله‌ی ۶ و ۷ پیرامون خورشید و ماه است. مقاله‌ی ۸ پیرامون خورشیدگرفتگی، ماه‌گرفتگی و دیدن هلال ماه است. مقاله‌ی ۹ پیرامون ستاره‌ها و مقاله‌ی ۱۰ پیرامون سیاره‌هاست. مقاله‌ی پایانی نیز پیرامون عملیات احکام نجوم است.

۱۲. ممرها (تمهید المستقر لتحقیق معنی الممر). این کتاب به پدیده‌های اخترشناسی گوناگونی که برای شرح آن‌ها از واژه‌ی ممر (گذر) بهره می‌گیرند، می‌پردازد. برای نمونه، هنگامی که می‌گوییم سیاره‌ای از سیاره‌ی دیگر گذر می‌کند، منظور این است که از نظر طول سماوی یا عرض سماوی یا فاصله‌ی نسبی تا زمین از آن می‌گذرد.

۱۳. الجماهر (الجواهر فی معرفه الجواهر). بخش نخست این کتاب پیرامون سنگ‌های جواهر و بخش دوم آن پیرامون فلزهاست. بیرونی در این کتاب دانسته‌های پیشینیان را به آوردن نام منبع و نیز تجربه‌های خود را پیرامون کانی‌ها و چگونگی اندازه‌گیری چگالی آن‌ها آورده است. او به ریشه‌شناسی نام کانی‌ها در زبان‌های گوناگون نیز پرداخته است.

۱۴. تسطیح (تسطیح الصور و تبطیح الکور). پیرامون چگونگی پیاده کردن شکل‌های روی کره بر سطح صاف است. او از آثار دانشمندان گوناگونی بهره گرفته و نظرهای آنان را نقد کرده است. او در این کتاب روش‌های پیشینیان را برای تسطیح و نیز روش نوآورانه‌ی خود را که با روش امروزی تسطیح (روش مرکاتور) یکسان است، شرح می‌دهد.

۱۵. مقالید (مقالید علم الهیئه مایحدث فی سطح بسیط الکره). نخستین کتاب کاملی است که پیرامون مثلثات کروی نوشته شده است. بیرونی این اثر را به مرزبان بن‌رستم بن شروین، از امیرزادگان آل باوند و نویسنده‌ی کتاب مرزبان‌نامه نوشته است.

۱۶. صیدله (کتاب الصیدله فی الطب). کتابی پیرامون داروشناسی است و فهرستی از ۷۲۰ گیاه دارویی با نام عربی، فارسی، یونانی، یک زبان هندی و گاهی به زبان‌ها و لهجه‌های کم و بیش آشنا، مانند عبری، خوارزمی، طخاری و زابلی، در آن آمده است. هم‌چنین، ویژگی‌های دارویی و جای رویش هر گیاه نیز بیان شده است. او در جای این کتاب، از طبیعی‌دان‌ها، ادیبان،

پزشکان و شاعرانی یاد می‌کند که شمار زیادی از آنان را تنها از راه آثار بیرونی می‌شناسیم. بنابراین، بار دیگر آن هم ناخودآگاه به تاریخ علم خدمت کرده است.

بیرونی در نگاه اندیشمندان

بیرونی هر چند در روزگار خود چندان شناخته نبود و پس از آن نیز کم‌کم به فراموشی سپرده شد، اما در سده‌های اخیر بار دیگر کشف شد و جایگاه شایسته‌ی او در علم و فرهنگ بیش از پیش روشن شد. هر چند در دوره‌ی ترجمه‌ی آثار عربی به لاتین، اثری از بیرونی به لاتین ترجمه نشد، اما اکنون ترجمه‌ی کتاب‌های مهم او به زبان‌ها مهم دنیا انجام شده است و کارل ادوارد زاخاو از برجسته‌ترین مترجمان آثار اوست. زاخاو که به ترجمه‌ی الآثار الباقیه و تحقیق ماللهند پرداخته، در شناساندن بیرونی به جهان غرب نقش چشمگیری داشته است. او پیرامون درست‌کاری بیرونی در کار پژوهش می‌گوید:

"وی هم نسبت به شخص خویش و نسبت به دیگران، داوری سخت‌گیر است. چون خود به حد کمال صادق است، از دیگران نیز خواستار راستی و درستی است. هر کجا موضوعی را به درستی نفهمیده است، یا تنها بخشی از آن را فهمیده، خواننده را از این مطلب آگاه می‌کند و یا از خواننده می‌خواهد که نادانی او را بیخشد و یا با وجود عمر پنجاه و هشت ساله‌ای که دارد، وعده می‌دهد که دنبال مطلب را بگیرد و نتیجه‌ای را که با گذشت زمان می‌گیرد، منتشر سازد و تو گویی خود را در برابر مردمان مسوول می‌دانسته است. وی پیوسته حدود معرفت خویش را به درستی معلوم می‌کند و با وجوی که اطلاع مختصری از عروض هندی دارد، آن اندازه‌ی مختصر را نقل می‌کند و در این کار تابع این اصل کلی است که خوب نباید فدای بهتر شود و گویا از آن بیم داشته است که عمرش کفاف ندهد و نتواند در مساله‌ی مورد بحث چنان که باید استقصای کامل کند. دشمن کسانی است که از گفته‌ی جمله‌ی "نمی‌دانم" بیم دارند که مبادا به نادانی خود اقرار کرده باشند و هر وقت با نقصی در راستی و صداقت رو به رو شده، اضمحار خشم و تنفر کرده است."

جرج سارتن، بنیان‌گذار رشته‌ی تاریخ علم، که کتابی با نام مقدمه‌ای بر تاریخ علم نوشته است، دوره‌ی تاریخ علم را به فصل‌هایی بخش کرده و هر فصل را که شامل معرفی فعالیت‌های علمی نیم سده است، به نام یک دانشمند بزرگ نام‌گذاری کرده است. فصل ۳۳ از کتاب او به عصر بیرونی نام‌گذاری شده است و دلیل این کار را چنین بیان کرده است:

"گراف نخواهد بود اگر بگوییم که این دوره نشانه‌ی اوج تفکر قرون وسطایی بود. رهبران بزرگ چنان فراوان بودند؛ ابن یونس، ابن هیثم، بیرونی، ابن سینا، علی بن عیسی، کرجی، ابن جبرول که دست کم برای لحظه‌ای تاریخ‌نگار را مبهوت می‌کنند. گرچه همه اینان مردان ممتازی به شمار می‌رفتند، اما دو تن، سر و گردنی از دیگران برتر بودند. برونی و ابن سینا.

بیش تر به خاطر اینان بود که آن عصر، این چنین درخشان و برجسته می نمود. این دو تن، که به طریقی یکدیگر را می شناختند، با هم تفاوت بسیار داشتند. برونی نشان گر روحی پرتکاپو و نقاد بود و ابن سینا دارای روحیهی ترکیبی بود. برونی بیش تر کاشف بود و از این لحاظ، به آرمان علمی جدید نزدیک تر شد. ابن سینا یک سازمان دهنده، جامع العلوم و فیلسوف به شمار می آید. هر دو در وهلهی اول به یک اندازه اهل علم بودند و دشوار است یکی از این دو را برگزینیم. مگر به خاطر این مورد تصادفی که زندگی بیرونی، این عصر را کامل تر در بر می گیرد و از این رو می توان گفت معرف کامل تر است."

منبع:

۱. مصاحب، غلامحسین. مقاله‌ی ابوریحان بیرونی، دایره‌المعارف فارسی. انتشارات فرانکلین، ۱۳۴۵
۲. معتمدی، اسفندیار. ابوریحان و ریحانه. انتشارات مدرسه‌ی برهان، چاپ اول ۱۳۸۰
۳. کندی، ای.اس. بیرونی، ابوریحان. ترجمه‌ی حسین معصومی همدانی (از مقاله‌های زندگی‌نامه‌ی علمی دانشوران، به کوشش احمد بیرشک). انتشارات علمی و فرهنگی، ۱۳۷۵
۴. حسینی، احمد. کانی‌ها. انتشارات مدرسه‌ی برهان، ۱۳۸۲
۵. گرگین، ایران. ابوریحان بیرونی (از مقاله‌های فرهنگ‌نامه‌ی کودک و نوجوان، به کوشش توران میرهادی). شرکت تهیه و نشر فرهنگ‌نامه، ۱۳۸۳
۶. کرامتی، یونس. بیرونی (از مقاله‌های دایره‌المعارف بزرگ اسلامی، به کوشش سید کاظم بجنوردی)، انتشارات دایره‌المعارف بزرگ اسلامی، ۱۳۸۳
۷. دهخدا، علی‌اکبر. لغت‌نامه (واژه‌ی ابوریحان)، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۷۷
۸. نصر، سید حسین. علم و تمدن در اسلام. ترجمه‌ی احمد آرام. انتشارات خوارزمی، ۱۳۵۹
۹. قاسملو، فرید/اعلم، هوشنگ و دیگران. بیرونی، ابوریحان (از مقاله‌های دانشنامه‌ی جهان اسلام، به کوشش غلامعلی حداد عادل)، بنیاد دایره‌المعارف اسلامی، ۱۳۷۹
۱۰. سارتن، جرج. مقدمه‌ای بر تاریخ علم. ترجمه‌ی غلامحسین صدری افشار. انتشارات علمی و فرهنگی، ۱۳۸۳
۱۱. معتمدی، اسفندیار. پرسش‌های ابوریحان، پاسخ‌های ابن سینا. انتشارات نغمه‌ی زندگی، ۱۳۸۳

ابوریحان بیرونی دانشمند بزرگ ایرانی: کاشف علمی و نظری ی قاره ی آمریکا یادداشت ویراستار ابوریحان محمد بیرونی. خوارزمی (۳۵۲ - ۴۲۹ خورشیدی / ۹۷۳ - ۱۰۵۰ میلادی)، ریاضی دان، فیزیک دان، فیلسوف، گیاه شناس، داروشناس، کانی شناس، اخترشناس، جغرافیا دان، تاریخ نگار، مردم شناس و پژوهنده ی اسطوره ها و افسانه های کهن، یکی از چهره های شگفت و -- به تعبیر قدیم -- اَعْجوبه در تاریخ فرهنگ ایران است. او در بیش از یک هزاره پیش از این، فرهیخته مرد و خردورز آزاده و بلندپروازی بود در حدّ یک دانشمند جهانی ی روزگار ما. به دیگر سخن، او بسیار از زمان خویش پیشتر بود و بخش بزرگی از دستاوردهای اندیشه و دانش و پژوهش او، هنوز هم روزآمد و ارزشمند و رهنمون است. کافی است یادآوری شود که این بزرگ مردِ شگفت، یسی پیش از کوپرنیک و گالیله و دیگر کاشفان و دانشمندان باختری، نه تنها به گوی سان (کروی) بودن زمین و گردش آن به گرد خورشید پی بُرد؛ بلکه در یک کوشش درخشان علمی، شعاعِ کره ی زمین را اندازه گرفت و رقم به دست آورده اش با آنچه دانشمندان امروز پس از هزارسال و به یاری ی این همه آزمون و افزار - های گوناگون علمی و فنی به دست آورده اند، تنها ۱۵ کیلومتر اختلاف دارد. در سال ۱۳۵۳ خورشیدی که آیین بزرگداشتِ هزاره ی بیرونی در تهران برگزارگردید، استادِ زنده یادم جلال الدین همایی -- که در ویرایش و نشر اثرهای آن دانشمند بزرگ و شناساندن چهرهء تابناک او به ایرانیان و جهانیان این عصر، کوششی گسترده کرده بود -- در سخنرانی ی تاریخی ی خود به مناسبتِ آن آیینِ فرخنده در یک همایش بزرگ در تالار رودکی ی تهران، گفت که می خواهد درباره ی کاشفِ قاره ی آمریکا سخن بگوید. بیشترِ حاضران در تالار که مقصود استاد را از این اشاره در نمی یافتند، دچارِ شگفتی زدگی شدند و برخی نیز اندک جنب و جوش و پچپچه ای کردند! استاد که با تیزی و زیرکی شنوندگان سخنش را می پایید، پیش دستی کرد و در خطابی به حاضران گفت که بی تابی و شتاب زدگی از خود نشان ندهند و اندکی دندان صبر بر جگر بفشارند تا دریابند که مطلب به راستی از چه قرار است. آن گاه در حدّی که زمان یک سخنرانی ی همگانی اجازه می دهد، مقدّمه ای درباره ی پایگاه علمی ی بیرونی و دستاوردها و کشف های والای او پرداخت تا به جایی رسید که گفت: "بر پایه ی سندهای علمی ی موجود، ابوریحان بیرونی نه تنها نخستین کسی بود که به کروی بودن زمین پی برد؛ بلکه اولین دانشمند و کاشفی بود که به وجودِ قاره ی آمریکا اشاره کرد و به صراحت نوشت که امکان ندارد زمین تنها شامل همین قاره ها و خشکی هایی باشد که ما می شناسیم و بدون تردید، خشکی های دیگری را در برمی گیرد که ما هنوز آنها را نمی شناسیم." آن روز حاضران در تالار رودکی با اندکی ناباوری از سخنان مستند و دقیقِ استاد همایی بر جای خود میخکوب شدند. امّا دیری نیابید که یونسکو در نشریه ی پیام، ویژه ی هزاره ی بیرونی، شرح این کشف بزرگ و دیگر کارها و یافته های

دانشمند بی‌همتای ایرانی را با تفصیل تمام و تصویرهایی روشن‌گر منتشر کرد. * بیرونی نه تنها در همه‌ی گستره‌های دانشی و فلسفی که در آغاز این یادداشت برشمردم، چهره‌ای یگانه و ممتاز بود؛ بلکه در آزادگی و بزرگواری‌ی انسانی و شک‌ورزی‌ی همیشگی‌ی علمی و پرهیز از جزم‌باوری و خود‌همه‌چیزدان‌انگاری، نیز شاخص بود و همتایی نداشت. او که هم ولایتی و هم‌روزگار ابوعلی سینا بود، با آن پزشک و دانشمند و فیلسوف نامدار و سرآمد، پیوند و داد و ستد اندیشگی داشت و مجموعه‌ای از نامه‌های ردّ و بدل شده در میان آن دو برجامانده است (--> لغت نامه‌ی دهخدا، زیر درآمدِ ابوریحان بیرونی). در این نامه‌ها به روشنی با سرشتِ خود‌محورانه و لحنِ تند و پرخاشگرانه‌ی ابن‌سینا از یک سو و منشِ آرام و نسبی‌نگر و فرهیخته و بردبار بیرونی از سوی دیگر، آشنا می‌شویم و درسی بزرگ در زمینه‌ی چگونگی‌ی برخورد یک فرزانه‌ی راستین با دیدگاهها و برداشتهای دیگران می‌آموزیم. آنچه در پی می‌آید، روایتی است به‌گفتاورد از یکی از یاران بیرونی که در واپسین دمِ زندگانی‌ی آن نادره‌مردِ روزگاران با وی دیدار و گفت و شنود داشته است و چهره‌ی فرزانه و منش همواره‌پویا و جویای او را به خوبی به نمایش درمی‌آورد و نیز چند گفتاورد بسیار خواندنی و آموزنده از خود بیرونی که می‌تواند الگو و نمونه‌ی رفتاری باشد برای هر دانش‌پژوه آزاده و پویایی در زمانی و هر جایی. از آقای منوچهر آرین که این روایت و گزینه‌ی گفتارهای دانشمند بزرگ را به این دفتر فرستاده‌اند، بسیار سپاسگزارم. ج. د. به نام خداوند جان و خرد "بر استاد وارد شدم و در دم مرگ بر بالین او نشستم. از من مسئله‌ای پرسید. گفتم: اکنون چه جای این سؤال است؟ گفت: ای برادر، کدام یک از این دو بهتر است؛ این مسئله را دانسته بمیرم یا ندانسته در گذرم؟ پس جواب مسئله را به او گفتم و بیرون آمدم. هنوز چند گامی فراتر نرفته بودم که صدای شیون بگوشم رسید و اجل استاد بیرونی را درگرفت. [۱] و هیچگاه قلم از دست او دور نمیشد و چشمانش از مطالعه و مغزش از اندیشیدن باز نمی‌ایستاد جز در دو روز عید نوروز و مهرگان هر سال و جهت تهیه آذوقه و ملزومات کار [۲] معروف است که امیر مسعود به پاداش کتاب قانون مسعودی فیلواری نقره برای بیرونی خوارزمی فرستاد و او به عذر این که نگهداری مال او را از کارهای علمی باز می‌دارد آن هدیه را پذیرفت. [۳] بیرونی‌ی خوارزمی: اسطربلابی زورقی از ابو سعید سنجری دیدم که پایه کار آن مبتنی بر حرکت زمین بود من به او آفرین گفتم... بعض مردم به آن معتقدند که حرکت کلی مرئی شرقی مربوط به زمین است نه فلک... ولی چه آنکه حرکت کلی مربوط به زمین باشد یا آسمان، در هر دو حالت در کارها خللی وارد نمی‌شود... [۴] هر پژوهش‌گر برای دست یافتن به راستی می‌تواند بر هر نوشته‌ای شک نماید اگر چه رای چندین نفر باشد یا به تواتر بما رسیده باشد و حتی نوشته‌ی خواص باشد. [۵] او باید هشیار باشد و درستی کار خود را همیشه بیازماید و بر خود خرد بگیرد و از خود پسندی بپرهیزد و بر

کوشش بیفزاید و از این کار خسته نشود.» [۶] شماره کردن شعاع زمین و پیرامون آن برای شماره کردن شعاع زمین و اندازه گیری پیرامون زمین در گذشته کار بسیار شده است در نوشته های دفتر بیرونی خوارزمی آمده است: [۷] >> در دوره مامون ، بنابر آنچه حبش از خالد مروودی و گروهی از دانشمندان صنعت نجوم و ماهران در صنعت درودگری و رویگری روایت کرده است ، فرمان داد تا افزارهای بایسته بسازند و جای شایسته ای برای این اندازه گیری برگزیده شود. جایی از بیابان سنجار در نزدیکی موصل را برگزیدند که از مرکز موصل نوزده فرسخ و از سُرْمَن رَای چهل و سه فرسخ فاصله داشت، و همواری آن را پسندیدند، و افزارها را بدانجا بردند، و جایی را معین کردند که در آن ارتفاع نصف النهاری خورشید را رصد کنند. سپس ازین نقطه به دو گروه تقسیم شدندو خالد با دسته ای از زمین پیمایان و صنعتگران در سوی قطب شمال، و علی بن عیسای اسطرلابی و احمد بن بُحْتُری زمین پیمایان با دسته ای دیگر به سوی قطب جنوب به راه افتادند. هر دو گروه چندان پیش رفتند که ارتفاع نصف النهاری خورشید ، علاوه بر تغییر میل ، به اندازه یک درجه تغییر پیدا کرده بود. در راه زمین را ذرع میکردند و نشانه هایی بر سر راه خود میگذاشتند، و هنگام بازگشت بار دیگر فاصله را اندازه گرفتند. هر دو گروه به آنجا که از یگدیگر جدا شده بودند بازگشتند، و درازی یک درجه را پنجاه و شش میل بدست آوردند. و حبش مدعی شده است که این گزارش را هنگامی که خالد بر یحیی بن اَکْثَم قاضی فرو میخوانده شنیده و به خاطر سپرده است . و ابوحامد چغانی نیز از ثابت بن قُرّه به همین گونه روایت کرده است ، و از فرغانی با دو سوم میل افزودن بر میلها یاد شده . << بیرونی خوارزمی نوشته که می خواسته چنین کاری را در خوارزم انجام بدهد اما > همت کسانی که باید درین کار به من مدد رسانند سستی گرفت > و نتوانست آنرا سامان دهد. بیرونی خوارزمی به روش دیگری برای بدست آوردن پیرامون و شعاع زمین کوشش کرده است : >> و راه دیگری برای شناختن پیرامون زمین هست که در آن نیازی به راه پیمایی در بیابانها نیست. و این چنان است که بر کنار دریا ، یا سرزمین همواری واقع است بالا رویم ، و اگر در مشرق یا مغرب آن دریا یا بیابان یافتیم ، هنگامی که نصف قرص خورشید در مغرب فرو شد (مرکز آن را) رصد کنیم . درین هنگام مقدار انحطاط [بزیر آمدن] خورشید را با حلقه عضاده دار اندازه میگیریم.<< درین روش بیرونی خوارزمی زاویه میانگاه خورشید را در زمان غروب و در بالای کوه و پایین آن در تراز آب دریا با ابزار دقیقی پیدا نموده است و چون بلندی کوه را پیدا نموده است پس توانسته است شعاع و پیرامون و اندازه کمان یکدرجه زمین را بدست آورد . >> و هنگامی که من در قلعه نَدَنَه از سرزمین هند بودم ، و بر کوه مشرف بر آن از طرف مغرب بالا رفتم ، و بیابان جنوبی آنرا دیدم ، بر آن شدم که این روش را در آنجا بیازمایم . پس بر قله کوه آنجا را که به نظر میرسد کره لاجوردی به زمین میرسد رصد کردم و خط دید را به اندازه ۳۴۰۰' از خط عمود بر خط قائم فرو افتاده

یافتیم . و ارتفاع کوه را اندازه گرفتیم و آنرا ۱۸": ۳' : ۶۵۲ [۶۵۲ + ۳/۶۰ + ۱۸/۳۶۰ = ۶۵۲.۰۵۵] از ذراع [اَرش] پارچه ی مرسوم در آن سرزمین یافتیم که در تصویر همان خط EL است . چون زاویه T قائمه است ، و زاویه k به اندازه انحطاط '۳۴۰۰ ، و زاویه E به اندازه متمم آن یعنی ۲۶: ۸۹ [۲۶: ۸۹ = '۳۴: ۰۰ - ۹۰] است ، پس زاویه مثلث ETK معلوم است ، و اضلاع آن بر حسب مقیاسی که EK جیب کلی باشد معلوم خواهد بود . با این مقیاس [شست گانی یا ستینی] TK برابر میشود با '۴۹ : '۵۹ : '۵۹ [مقیاس را بیرونی خوارزمی در گذشته بر پایه جیب کلی ۶۰ گرفته است اکنون ما آنرا یک میگیریم $\sin(90) = 1$ یا $90 \cdot \sin(\) = 60$ پس $\sin(90) = 1$ یا $90 \cdot \sin(\) = 60$] ، و تفاوت آن با جیب کلی '۱۱ : '۰۰ : '۰۰ ['۱۱ : '۰۰ : '۰۰ = '۴۹ : '۵۹ : '۵۹ - ۶۰] همان ارتفاع EL است . ولی اندازه EL [بلندی کوه] بر حسب ذراع [اَرش] معلوم است ، و نسبت ذراعهای آن به ذراعهای LK ، همچند نسبت '۱۱ : '۰۰ : '۰۰ است به '۴۹ : '۵۹ : '۵۹ : حاصل ضرب ۱۸": ۳' : ۶۵۲ که شماره ذراعهای EL است در '۴۹ : '۵۹ : '۵۹ که اندازه اجزا LK است، میشود "' ۴۲ : '۲۳ : '۲۷ : '۱۸ : ۳۹۱۲۱ [یا ۳۹۱۲۱.۲۹۱۹۳۰۵۵۶] و چون اینمقدار را بر '۱۱ : '۰۰ : '۰۰ که اجزا EL است تقسیم کنیم ، '۹ : '۲ : ۱۲۸۵۳۳۳۷ [یا ۱۲۸۵۳۳۳۷,۰۳۵۸] به دست می آید که شماره ذراع های نصف قطر زمین یا شعاع زمین یعنی LK است ، و بنا براین طول محیط آن بر حسب ذراع [اَرش] میشود "۳۹ : '۳۰ : ۸۰۴۷۸۱۱۸ [۵۱۰۸۳] . ۸۰۴۷۸۱۱۸. و در ازای یک جز از سیصد و شصت جز محیط زمین یعنی یکدرجه ، "۴۵ : '۱۹ : ۲۲۳۵۵۰ [۳۲۹۲] . ۲۲۶۵۵۰. و چون اینمقدار را بر ۴۰۰۰ [هر میل ۴۰۰۰ ارش و هر فرسنگ یا فرسخ برابر ۳ میل یا ۱۲۰۰۰ ارش است] تقسیم کنیم ، عده میلههای موجود در یکدرجه برابر با '۱۵ : '۵۳ : '۵۵ [۵۵.۸۸۷۵] به دست می آید که از روایت حَبَش چندان دور نیست . و توفیق دهنده خداست . <<[۸] = $\sin(E) = R / (R+h)R * \sin(E) + h * \sin(E)$

$$(- \sin(E) \cdot R = h * \sin(E) / [\text{یا در روش شستگانی}] (- \sin(E) \cdot R = h * \sin(E) / [$$

هزاره بیرونی - مهیار خلیلی و علی نجفی چاپ گهر ۱۳۵۲ برگ ۷ [۲] ۲۱ همان برگ [۳] همان برگ ۱۱۱ [۴] همان برگ ۱۰ [۵] التفهیم بیرونی خوارزمی بکوشش استاد همایی، چاپ هما 1367 - ، برگ ۵۵ [۶] بیرونی خوارزمی: تحدید نهاییات الاماکن، برگردان احمد آرام، چاپ دانشگاه، ۱۳۵۲، برگ ۱۹۵ ۱۸۶ - [بیرونی خوارزمی این روش شمارشگری را در نوشته های دیگر خود در کتاب اسطرلاب و [۷] در قانون مسعودی خود هم آورده است که چنانچه اعداد نوشته شده بالا باهم مغایرتی داشته باشند، نیاز به پژوهش بیشتری در مقابله کردن همه نسخه ها در همه کتابهای مانده و رونویسی شده بیرونی

خوارزمی میباشد. [۸] استاد احمد آرام اختلاف نسخه های مقابله شده خود را ننوخته اند. _____ هزار

درمان ده هزار درمان درمان فراخواهد رسید آه که اگر آن راستین رویانویس ما، بر تلخی این روزگار چیره شود!
ابوریحان محمد بن احمد بیرونی (۳۶۲-۴۴۰ هجری قمری)، دانشمند برجسته‌ی ایرانی، در رشته‌های گوناگون دانش، ریاضی، جغرافیا، زمین‌شناسی، مردم‌شناسی، فیزیک و فلسفه، سرآمد روزگار خود بود.

زندگی‌نامه

در سوم ذیحجه‌ی ۳۶۲ هجری قمری (۱۸ دی ماه ۳۵۱ خورشیدی) در شهرکات، از شهرهای ولایت خوارزم، به دنیا آمد. پدرش، ابوجعفر احمد بن علی اندیجانی، اخترشناس دربار خوارزم‌شاه در رصدخانه‌ی گرگانج بود و مادرش، مهرانه، پیشینه‌ی مامایی داشت. چنان که خود گفته است، پدرش را در پی بدگویی حسودان از دربار راندند و به ناچار در یکی از روستاهای پیرامون خوارزم ساکن شدند و چون برای مردم روستا بیگانه بودند، به بیرونی شهرت پیدا کردند.

آشنایی بیرونی با امیر نصر منصور بن عراقی باعث راه‌یابی او به دربار خوارزم‌شاه و مدرسه‌ی سلطانی خوارزم شد که امیر نصر آن را بنیان‌گذاری کرده بود. اما پس از چند سال در پی فروپاشی حکومت خاندان آل عراق بر خوارزم، به ری و سپس گرگان رفت و کتاب آثارالباقیه را در آن‌جا به نام شمس المعالی قابوس وشمگیر نوشت.

بیرونی بین ۴۰۰ و ۴۰۷ هجری قمری به خوارزم بازگشت و مدتی را در دربار ابوالعباس مأمون ابن خوارزم بزیست. در زمان شورش خوارزم و لشکرکشی سلطان محمود غزنوی به خوارزم در آن‌جا بود و سلطان محمود او را در بهار ۴۰۸ به غزنه برد. بیرونی در لشکرکشی‌ها محمود به هندوستان همراه او بود و در این سفرها با دانشمندان هندی آشنا شد و با آنان به گفت و گو نشست. زبان سانسکریت آموخت و اطلاعات لازم برای نگارش کتاب تحقیق ما للهند را فراهم کرد. بیرونی در ۷۷ سالگی در رجب ۴۴۰ هجری قمری در غزنه درگذشت.

پژوهش‌ها

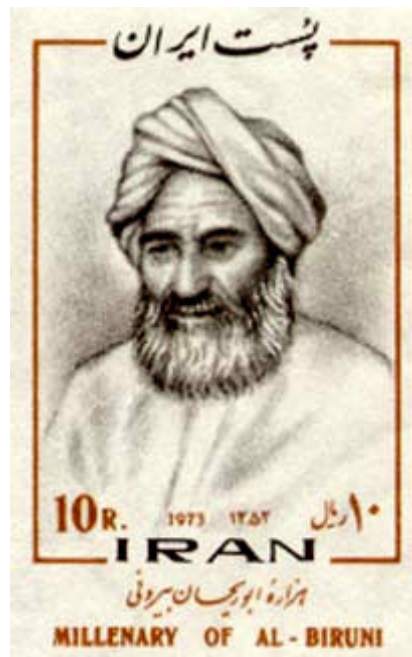
از جمله‌ی پژوهش‌های بیرونی می‌توان به این‌ها اشاره کرد:

۱. شرح‌شمار هندی

۲. مجموع گندم‌هایی که به تصاعد هندسی در خانه‌های شطرنج گذاشته شود

۳. تثلیث زاویه و دیگر مسأله‌هایی که با پرگار و ستاره حل نمی‌شود

۴. پایه‌ریزی روشی برای رسم کردن نقشه‌های جغرافیایی به نام قاعده‌ی تسطیح کره بر سطح مستوی
۵. پژوهش در جرم مخصوص (چگالی) و تعیین دقیق جرم مخصوص ۱۸ سنگ گرانبها و فلز
۶. بیان علمی چاه‌های آرتزین بر اساس قانون ظرف‌های مرتبط
۷. پژوهش‌هایی در حساب سال و ماه قوم‌های گوناگون
۸. رصد ماه‌گرفت، خورگرفت، سیاره‌ها و ستارگان
۹. اندازه‌گیری دقیق طول و عرض جغرافیایی چند شهر
۱۰. ساختن ابزارهای اخترشناسی و چند ابزار علمی دیگر
۱۱. اندازه‌گیری دقیق شعاع، قطر، محیط و مساحت زمین
۱۲. تعیین فاصله‌ی بسیاری از شهرهای آباد زمان خود



پژوهش‌های زمین‌شناسی

۱. **چگالی کانی‌ها.** ابوریحان در کتاب الجواهر فی معرفه الجواهر به شرح فلزها و جواهرهای قاره‌های آسیا، اروپا و آفریقا می‌پردازد و ویژگی‌های فیزیکی ماند بو، رنگ، نرمی و زبری حدود ۳۰۰ نوع کانی و مواد دیگر را شرح می‌دهد و نظریه‌ها و گفتارهای دانشمندان یونانی و اسلامی را درباره‌ی آن‌ها بیان می‌کند.
- او چگالی‌سنج دقیقی اختراع کرد و چگالی کانی‌های شناخته شده را اندازه‌گیری کرد. اندازه‌گیری‌های او با اندازه‌گیری‌های امروزی، که با ابزارهای پیشرفته انجام می‌شود، چندان اختلاف ندارد.

| اندازه گیری | اندازه گیری | کانی |
|-------------|-------------|--------------|
| امروزی | بیرونی | |
| ۱۹/۲۶ | ۱۹/۲۶ | طلا |
| ۱۳/۵۶ | ۱۳/۷۴ | جیوه |
| ۸/۸۵ | ۸/۹۲ | مس |
| ۸/۴ | ۸/۶۷ | برنج |
| ۴/۰۱-۴/۰۹ | ۳/۹۷ | یاقوت آسمانی |
| ۳/۹۵-۴/۱۴ | ۳/۸۵ | یاقوت سرخ |
| ۳/۵-۳/۷ | ۳/۵۸ | لعل |
| ۳/۶۵-۳/۷۵ | ۳/۷۵ | زمرد |
| ۲/۵-۲/۸ | ۲/۵۶ | عقیق سرخ |
| ۲/۴-۲/۸ | ۲/۶ | لاجورد |

۲. چاه‌های آرتزین. بیرونی در آثار الباقیه درباره‌ی فوران آب از برخی چشمه‌ها و چاه‌ها چنین می‌گوید: "اما فوران چشمه‌ها و صعود آب به سمت بالا، علتش این است که خزانه‌ی آن از خود چشمه‌ها بالاتر جای دارد، مانند فوران معمولی و گرنه آب هرگز به سوی بالا جز این که منبع آن بالاتر باشد، نخواهد رفت ... بسیاری از مردم که چون علت امری طبیعی را ندانند، به همین اندازه کفایت می‌کنند که بگویند الله اعلم، مطلبی را که ما گفته‌ایم انکار کرده‌اند و یکی از آنان با من به منازعه پرداخت ... البته ممکن است آب به قله‌ی کوه هم برود، به شرط آن که قله‌ی کوه از منبع و مخزن آب، پایین‌تر باشد."

۳. اندازه‌گیری قطر و محیط زمین. در کتاب قانون مسعودی نوشته است: "در سرزمین هند، کوهی را مشرف بر صحرای همواری یافتیم که همواری آن همسان همواری سطح دریا بود. بر قله‌ی آن محل برخورد ظاهری آسمان با زمین، یعنی دایره‌ی افق را اندازه گرفتیم که از خط مشرق و مغرب به اندازه‌ی اندکی کم‌تر از ثلث و ربع درجه، انحطاط داشت و من آن را ۳۴ دقیقه محسوب داشتم. سپس از تفاع کوه را از طریق رصد کردن قله‌ی آن از دو نقطه الحجر این قله، که بر یک

امتداد بودند، اندازه گرفتیم که مساوی ششصد و پنجاه و دو ذراع در آمد ... و چون حساب کردم، تقریباً ۵۸ میل درآمد و از این جا به درستی اندازه گیری منجمان مأمون اطمینان یافتیم." او در پایان کتاب اسطرلاب، روش ریاضی به دست آوردن شعاع، محیط، مساحت و حجم کره‌ی زمین را شرح داده است.

۴. پژوهش‌های دیگر. شرح گردش زمین به دور خودش؛ بیان این که دره‌ی سند را باید دریایی کهن دانست که با مواد رسوبی پر شده است



نگارش‌ها

نوشته‌های ابوریحان را بیش از ۱۵۳ دانسته‌اند که بیش تر آن‌ها به زبان عربی بوده و ۱۱۵ اثر پیرامون ریاضی بوده است. از میان همه‌ی آثار بیرونی، فقط ۳۵ اثر باقی مانده است. او کتاب‌هایی را نیز از سانسکریت به عربی ترجمه کرده و نامه‌نگاری‌های مشهوری با ابوعلی سینا داشته است. مهم‌ترین نوشته‌های او عبارت‌اند از:

۱. آثار الباقیه عن قرون الخالیه؛ این اثر به کوشش اکبر دانا سرشت منتشر شده است (انتشارات انجمن آثار ملی، ۱۳۵۳)

۲. تحقیق ما للهند؛ این اثر به کوشش اکبر دانا سرشت منتشر شده است (انتشارات ابن سینا، ۱۳۵۳)

۳. قانون مسعودی

۴. التفهیم لاوائل الصناعه التنجیم؛ این اثر به زنده‌یاد جلال‌الدین همایی تصحیح و منتشر شده است (انتشارات بابک، چاپ سوم، ۱۳۶۲).

۵. الجواهر فی معرفه الجواهر

۶. تحدید نهایات الاماکن لتصحیح مسافات المساکن؛ این اثر به کوشش احمد آرام ترجمه و منتشر شده است (انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۵۲).

۷. تحریر استخراج الاوتار؛ این اثر به کوشش ابولقاسم قربانی منتشر شده است(انتشارات انجمن آثار ملی، ۱۳۵۵).

منبع :

۱. مصاحب و همکاران، مقاله‌ی ابوریحان بیرونی، دایره‌المعارف فارسی(جلد اول)
۲. معتمدی، اسفندیار. ابوریحان و ریحانه. انتشارات مدرسه‌ی برهان، چاپ اول ۱۳۸۰
۳. حسینی، احمد. کانی‌ها. انتشارات مدرسه‌ی برهان، چاپ دوم ۱۳۸۲