



گزارشی از سخنرانی دکتر «کامران وفا»، فیزیک‌دان برجسته جهان در زمینه نظریه ریسمان در دانشگاه شهید بهشتی

هندسه و فیزیک، پیوند دیرین و ناگسستنی دارند

محمدرضا سیدیان

ریاضی زیبا، نتیجه عملی هم دارد

یونانیان بسیار دوست داشتند پدیده‌های طبیعت را با استفاده از هندسه تشریح کنند. یونانیان قدیم احجام افلاطونی را (که خواص جالبی دارند)، بسیار مطالعه می‌کردند. احجام افلاطونی یا چندوجهی‌های منتظم (Regular polyhedrons)، احجامی هستند که از صفحه‌هایی برابر ساخته شده‌اند. به عبارت دیگر، همه وجوه آنها با هم برابر است. آنها اجسام را به پنج دسته منتظم (چهاروجهی منتظم، شش‌وجهی منتظم (مکعب)، هشت‌وجهی منتظم، دوازده‌وجهی منتظم و بیست‌وجهی منتظم) طبقه‌بندی کرده بودند. علاوه بر این آنها سعی کردند با استفاده از هندسه و اشکال هندسی، پدیده‌های فیزیک محیط اطرافشان را توضیح دهند. آنها معتقد بودند که ریاضی و هندسه درست و زیبا، باید نتیجه عملی هم داشته باشد. آنها هر یک از این احجام را به یک عنصر یا ویژگی طبیعت ربط می‌دادند. هرچند این ایده امروزه پذیرفته نیست، اما باید دانست خواص هندسی این احجام هنوز هم برای ما جالب است.

محاسبه ارتفاع اتمسفر در هزار سال پیش

شاید برخی فکر کنند که ضخامت اتمسفر، به تازگی و با استفاده از دستگاه‌های پیشرفته امروزی محاسبه شده است، اما باید تاکید کرد دانشمندان اسلامی در حدود هزارسال پیش ضخامت اتمسفر را با استفاده از هندسه محاسبه کردند. «ابن‌هیثم» و «ابن‌معاذ» از جمله دانشمندانی بودند که حدود هزارسال پیش توانستند ارتفاع اتمسفر را محاسبه کنند. متأسفانه این موضوعات را امروزه در مدارس به ما یاد نمی‌دهند، ولی به نظر من خوب است که این مفاهیم را در مدارس به دانش‌آموزان یاد بدهند چون هم ساده است و هم نشان‌دهنده کاربردهای هندسه در علوم دیگر. ما اکنون تصور می‌کنیم تنها راه محاسبه ارتفاع اتمسفر، استفاده از ماهواره است در صورتی که آنها با نظریه‌ای ساده اثبات کردند که ارتفاع اتمسفر ۸۰ کیلومتر است؛ آنها استدلال می‌کردند زمانی که خورشید غروب می‌کند، آسمان هنوز تاریک نیست. چرا؟ چون نور خورشید به اتمسفر می‌تابد و اتمسفر را روشن می‌کند. پس از گذشت مدت‌زمانی، آسمان تاریک می‌شود که نشان می‌دهد ارتفاع اتمسفر بی‌نیایت نیست و مقدار مشخصی است. آنان توانستند بر اساس مدت‌زمانی که طول می‌کشد پس از غروب خورشید، آسمان تاریک شود، دانست شعاع زمین و استفاده از روابط هندسی، ارتفاع اتمسفر را محاسبه کنند. پس امروز ما هروقت که غروب خورشید را دیدیم باید این نکته را به یاد بیاوریم که ارتفاع اتمسفر محدود است و پس از مدتی (که به ضریب شکست هوا و شعاع زمین ربط دارد)، آسمان تاریک می‌شود. هرچند غروب خورشید شاعرانه است اما چیزهایی از فیزیک را نیز به ما می‌آموزد.

محاسبه دقیق تر قطر زمین

«ابوریحان بیرونی» نیز از دیگر دانشمندان دوران اسلامی است که هم در ریاضیات و هم در فیزیک کارهای بسیار مهمی انجام داد. او هزارسال پیش توانست با استفاده از اصول ریاضی و هندسه شعاع زمین را دقیق‌تر از یونانیان حساب کند. او برای به‌دست‌آوردن شعاع زمین، به بالای کوهی رفت و توانست با محاسبه ارتفاع کوه و زاویه افق، شعاع زمین را از طریق هندسی محاسبه کند. جالب توجه این است که میزان محاسبه او با شعاع اکنونی زمین تنها ۱۶ کیلومتر تفاوت دارد که دقتی فوق‌العاده است.

دانشمندی فیلسوف و شاعر مسلک

برخی «عمر خیام» را به‌عنوان شاعر می‌شناسند، اما باید تاکید کرد وی علاوه بر اینکه شاعری نامدار است، فیلسوف، دانشمند و ریاضی‌دان بزرگی است که فکر و اندیشه‌اش، از زمان خود، بسیار جلوتر بود. او بسیاری از افکار فلسفی خود را به زبان شعر بیان می‌کرد مثل:

این چرخ فلک که ما در او حیرانیم

فانوس خیال از او مثالی دانیم

خورشید چراغ دان و عالم فانوس

ما چون صوریم کاندلر او حیرانیم

هرچند «خیام» شعر می‌گفت، ولی کارش فقط فلسفه نبود بلکه به شکل دقیق و از منظر ریاضی هم به این پدیده‌ها توجه می‌کرد. «عمر خیام» نیز توانست در حدود ۹۰۰ سال پیش با تلفیق شعر، احساس، فکر و فلسفه با پدیده‌های فیزیکی، مباحث دقیق ریاضی را بیان کند. حل معادله درجه‌سه از طریق هندسه از جمله کارهای ارزنده او محسوب می‌شود. یکی از شاهکارهای «خیام» مطرح‌کردن هندسه نااقلیدسی است. او اثبات اصل اقلیدس درباره خطوط موازی را رد کرد و گفت این اصل را باید فرض (نه اثبات) کرد. بعدها اصول غیراقلیدسی او در تئوری «اینشتین» وارد علم فیزیک شد.

تقارن پنج ضلعی کاشی‌ها و شبه‌بلورها

بلورهای دوبعدی، تقارن‌های ساده چرخشی دارند. انواع و اقسام بلورهایی با تقارن‌های مختلف منتظم وجود دارد، برخی بلورها تقارن ۶۰ درجه و برخی تقارن ۹۰ درجه دارند که دانشمندان اسلامی این موضوع را کشف کرده بودند. در گذشته تقارن‌های چرخشی مختلف سه‌ضلعی،



گزارشی از سخنرانی دکتر «کامران وفا»، فیزیک‌دان برجسته جهان در زمینه نظریه ریسمان در دانشگاه شهید بهشتی

هندسه و فیزیک، پیوند دیرین و ناگسستنی دارند

محمدرضا سیدیان

چهارضلعی و شش ضلعی کشف شده بود، اما تقارن چرخشی پنج‌ضلعی منتظم وجود نداشت. اما معماران ایرانی علاقه‌مند بودند از شکل‌های پنج‌ضلعی و ده‌ضلعی نیز استفاده کنند، اما نکته مهم این بود که نمی‌شود با استفاده از تعداد زیادی از پنج‌ضلعی‌های منتظم، یک سطح را پوشاند چون اگر از یک شکل پنج‌ضلعی منتظم استفاده کنیم، می‌بینیم نمی‌توانیم با تکرار آن یک شکل متقارن پدید آوریم. یعنی نمی‌توان طرح‌ها یا بلورهای پنج‌ضلعی منتظم پدید آورد. دانشمندان اسلامی علاقه داشتند تقارن پنج‌ضلعی منتظم را نیز پیدا کنند، زیرا عدد پنج و ۱۰ برای آنها مهم بود. آنها توانستند راه‌حل بسیار زیبایی برای این مشکل پیدا کنند که می‌توان آنها را شبه‌کریستال نامید. آنها از این راه‌حل، شکل‌هایی درست کردند و لثت می‌برند؛ اما این جسم برخلاف سیم، روی زمین سقوط نمی‌کند. من همیشه دوست داشتم که بدانم چرا ماه که در آسمان است، روی زمین نمی‌افتد و اگر ماه روی روی زمین بیفتد، چه می‌شود. جالب آنکه چنین پرسشی برای اطرافیان من چندان مهم نبود... به‌هرتربتیب پدیده‌های این‌چنینی بودند که باعث شدند «وفا» به فیزیک علاقه‌مند شود. «کامران وفا» که هم‌اکنون استاد فیزیک نظری انرژی زیاد و به‌ویژه تئوری ریسمان دانشگاه تهران است، یکی از پیش‌برندگان اصلی و یکی از رهبران پژوهش در نظریه ریسمان است. این نظریه یکی جای اینکه از ذرات بسپارکوچکی ساخته شده باشند، از ریسمان‌های یک‌بعدی بسیار کوچکی تشکیل شده‌اند. یکی از دلایل مقبولیت نظریه ریسمان در دنیای فیزیک آن است که بر نظریه ریسمان تمام نیروها و ذرات متعلق به زمین می‌باشند، در نتیجه با سرعت زیادی رو به بالا پرتاب کنیم، بعد از مدتی به زمین می‌افتد. اگر مدار را با سرعت بیشتری پرتاب کنیم، مدار بیشتر بالا می‌رود و سپس از مدت‌زمان طولانی‌تری به زمین می‌افتد اما اگر مدار را با سرعت زیادتری رو به بالا پرتاب کنیم، دیگر به زمین نرمی‌گردد که به این سرعت، سرعت قرار از زمین می‌گویند. هرچه جرم زمین بیشتر شود، سرعت فرار هم بیشتر می‌شود. اگر جسمی جرم زیادی داشته باشد، حتی نور هم نمی‌تواند از آن سطح تاریک آن خارج شود که در این صورت به آن سیاه‌چاله می‌گویند. به بیان دیگر، سیاه‌چاله، مانند چاله‌ای است که دیگر هیچ چیز از آن خارج نمی‌شود.

یکی از خواص سیاه‌چاله‌ها این است که مرز دارند و اگر به آن مرز نزدیک شویم، دیگر نمی‌توانیم از آن خارج شویم که اصطلاحا به آن مرز، افق سیاه‌چاله می‌گویند. فیزیک‌دانان ثابت کرده‌اند از نظر کوانتومی مساحت این افق، به حالت‌های میکروسکوپی جرم‌ها ربط دارد. فیزیک‌دانان هنوز درباره اینکه درون سیاه‌چاله چه اتفاقی می‌افتد، بحث می‌کنند. یکی از مباحث جالب و مطرح این است که زمان در سیاه‌چاله چه نقشی را دارد. این از پرسش‌هایی است که جواب دقیق آن مشخص نیست و درنتیجه هنوز داریم درباره این مسئله بحث می‌کنیم. ● همان‌کونون هندسه به کمک علم فیزیک آمده است، همان هندسه‌ای که در گذشته برای ما ایرانی‌ها بسیار زیبا و مهم بود، اما اکنون غربی‌ها دنبال آن هستند. امروزه با وجود اینکه استادان دانشگاه‌ها ما در این زمینه زیاد تلاش می‌کنند، اما متأسفانه در حد کافی امکانات در اختیار آنان نیست. ما دوست داریم این مسئله را جدی‌تر در ایران دنبال کنیم. شاید برخی از نظریه‌های فیزیک مانند سیاه‌چاله‌ها کاربرد مستقیمی نداشته باشند و سرمایه‌گذاری روی این مسئله نفع مستقیم یا کوتاه‌مدت نداشته باشد، اما نشانه رشد و ترقی یک جامعه به حساب می‌آید. حیف است که ما این دانش زیای قدیمی را توانیم به صورت جدی‌تر در کشور پیگیری کنیم. امروزه ارتباط زیبای بین هندسه و فیزیک مدرن بیش از گذشته مشخص شده است و خوشحال می‌شویم بیش از گذشته به آن توجه کنیم.

● بی‌شک‌هایی از پاسخ دکتر «کامران وفا» به پرسش‌های مخاطبان
دکتر «کامران وفا» یکی از بزرگ‌ترین دانشمندان دوران جدید است که حق بزرگی بر گردن علم دارد، زیرا ریاضی را به شکل بنیادی‌تر، وارد فیزیک کرد و درنتیجه توانست شاهکارهای زیبایی خلق کند. چیزی که از کودکی مرا مجذوب فیزیک کرد، یک پدیده زیبای آسمان به نام ماه بود. جالب است پرسش «نیوتن» این بود چرا سبب روی زمین می‌افتد؟ اما من همیشه از خودم می‌پرسیدم که چرا ماه روی زمین نمی‌افتد؟ جالب‌تر این بود که چنین پرسشی و جواب آن برای دیگران اصلا اهمیتی نداشت. «نیوتن» به‌زیبایی پاسخ این پرسش را ارائه کرد. او پدیده‌های فیزیکی و حرکت اجرام، حرکت دورانی کره زمین، حرکت منظومه شمسی و حرکت ماه به دور زمین را توانست به‌خوبی توجیه کند. او در کتاب خود با عنوان «اصول ریاضی فلسفه طبیعی» نشان داد دلیل حرکت ماه به دور زمین، همان دلیل سقوط سبب به زمین است. فرض کنید ما از بالای کوهی، سنگی را رو به جلو پرتاب می‌کنیم. سنگ پس از طی مسافتی به زمین می‌افتد. اگر سنگ را محکم‌تر پرتاب کنیم، سنگ در فاصله دورتری به زمین می‌افتد. اگر سنگ را با سرعت بسیار زیادی پرتاب کنیم، سنگ زمین را دور می‌زند و یک بار دیگر، به سمت ما برمی‌گردد، به بیان دیگر سنگ به دور زمین می‌چرخد، درست مثل ماه. پس گردش ماه به دور زمین و سقوط سبب به زمین به هم مربوطند. پس جواب این پرسش که چرا ماه به سمت زمین سقوط نمی‌کند این است که ماه هنگام حرکت به دور زمین، تحت‌تاثیر جاذبه زمین است و اگر زمین اینجا نبود، ماه هم در این مدار نمی‌گشت، بلکه به حرکت خود در خط راست ادامه می‌داد.

شناسنامه

زندگی و کارنامه «کامران وفا»

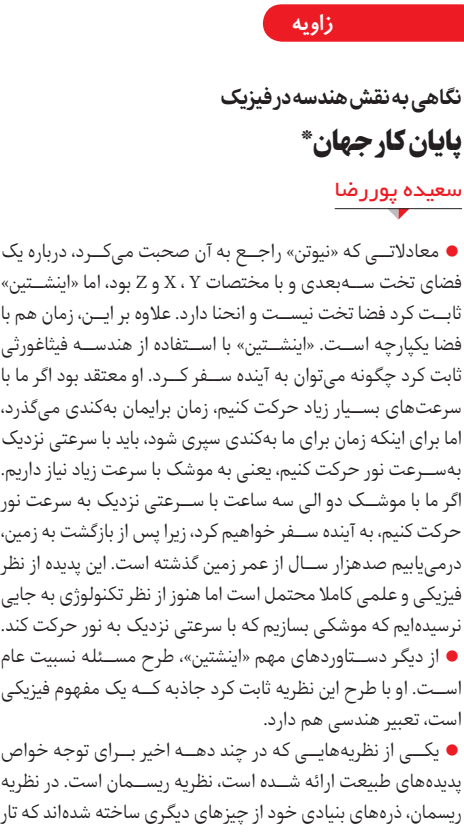
چرا ماه نمی‌افتد

فاطمه کاظمی

دکتر «کامران وفا» یکی از نامدارترین فیزیک‌دانان ایرانی در سطح جهان به شمار می‌رود که حوزه تخصصی‌اش نظریه ریسمان یا نظریه تار (String theory) است. نظریه ریسمان شاخه‌ای از فیزیک نظری است که بیان می‌کند ماده در بنیادی‌ترین صورت خود، ذره نیست؛ بلکه چیزی همانند تار است و ذرات مختلف نیز از حالت‌های ارتعاشی مختلف ماده پدید می‌آید. «کامران وفا» در سال ۱۳۳۹ در تهران متولد شد. «کامران» که دو برادر دارد، جوانی‌اش را در محیط گرم یک خانواده صمیمی در ایران سپری کرد. در دبیرستان البرز به تحصیل پرداخت و در سال ۱۳۵۶ برای ادامه تحصیل به آمریکا رفت. لیسانس فیزیک و ریاضی خود را در سال ۱۳۶۰ از دانشگاه MIT دریافت کرد و در سال ۱۳۶۴ دوره دکترای فیزیک را در دانشگاه پرینستون و زیر نظر «داوارد ویتن» از بزرگ‌ترین فیزیک‌دانان نظری حال حاضر دنیا به پایان رساند. از همان سال تاکنون در هاروارد مشغول تحقیق و تدریس است و از سال ۱۳۶۹ به سمت استادی دائم هاروارد دست یافت. وی در سال ۱۳۶۵ با «آفرین صدر» ازدواج کرد و هم‌اکنون صاحب سه فرزند پسر با نام‌های «فرزان»، «کیان» و «نیکان» است. دکتر «وفا» درباره دلیل علاقه خود به فیزیک می‌گوید پدیده بسیار جالبی در کودکی توجه او را به خود جلب کرد؛ اما گویا این پدیده برای دیگران چندان مهم نبود. او می‌گوید: «من می‌دیدم که جسم بسیار زیبایی به نام ماه در آسمان هست که مردم از دیدنش لذت می‌برند؛ اما این جسم برخلاف سیم، روی زمین سقوط نمی‌کند. من همیشه دوست داشتم که بدانم چرا ماه که در آسمان است، روی زمین نمی‌افتد و اگر ماه روی روی زمین بیفتد، چه می‌شود. جالب آنکه چنین پرسشی برای اطرافیان من چندان مهم نبود... به‌هرتربتیب پدیده‌های این‌چنینی بودند که باعث شدند «وفا» به فیزیک علاقه‌مند شود. «کامران وفا» که هم‌اکنون استاد فیزیک نظری انرژی زیاد و به‌ویژه تئوری ریسمان دانشگاه تهران است، یکی از پیش‌برندگان اصلی و یکی از رهبران پژوهش در نظریه ریسمان است. این نظریه یکی از ذرات بسپارکوچکی ساخته شده باشند، از ریسمان‌های یک‌بعدی بسیار کوچکی تشکیل شده‌اند. یکی از دلایل مقبولیت نظریه ریسمان در دنیای فیزیک آن است که بر نظریه ریسمان تمام نیروها و ذرات متعلق به زمین می‌باشند، در نتیجه با سرعت زیادی رو به بالا پرتاب کنیم، بعد از مدتی به زمین می‌افتد. اگر مدار را با سرعت بیشتری پرتاب کنیم، مدار بیشتر بالا می‌رود و سپس از مدت‌زمان طولانی‌تری به زمین می‌افتد اما اگر مدار را با سرعت زیادتری رو به بالا پرتاب کنیم، دیگر به زمین نرمی‌گردد که به این سرعت، سرعت قرار از زمین می‌گویند. هرچه جرم زمین بیشتر شود، سرعت فرار هم بیشتر می‌شود. اگر جسمی جرم زیادی داشته باشد، حتی نور هم نمی‌تواند از آن سطح تاریک آن خارج شود که در این صورت به آن سیاه‌چاله می‌گویند. به بیان دیگر، سیاه‌چاله، مانند چاله‌ای است که دیگر هیچ چیز از آن خارج نمی‌شود.

یکی از خواص سیاه‌چاله‌ها این است که مرز دارند و اگر به آن مرز نزدیک شویم، دیگر نمی‌توانیم از آن خارج شویم که اصطلاحا به آن مرز، افق سیاه‌چاله می‌گویند. فیزیک‌دانان ثابت کرده‌اند از نظر کوانتومی مساحت این افق، به حالت‌های میکروسکوپی جرم‌ها ربط دارد. فیزیک‌دانان هنوز درباره اینکه درون سیاه‌چاله چه اتفاقی می‌افتد، بحث می‌کنند. یکی از مباحث جالب و مطرح این است که زمان در سیاه‌چاله چه نقشی را دارد. این از پرسش‌هایی است که جواب دقیق آن مشخص نیست و درنتیجه هنوز داریم درباره این مسئله بحث می‌کنیم. ● همان‌کونون هندسه به کمک علم فیزیک آمده است، همان هندسه‌ای که در گذشته برای ما ایرانی‌ها بسیار زیبا و مهم بود، اما اکنون غربی‌ها دنبال آن هستند. امروزه با وجود اینکه استادان دانشگاه‌ها ما در این زمینه زیاد تلاش می‌کنند، اما متأسفانه در حد کافی امکانات در اختیار آنان نیست. ما دوست داریم این مسئله را جدی‌تر در ایران دنبال کنیم. شاید برخی از نظریه‌های فیزیک مانند سیاه‌چاله‌ها کاربرد مستقیمی نداشته باشند و سرمایه‌گذاری روی این مسئله نفع مستقیم یا کوتاه‌مدت نداشته باشد، اما نشانه رشد و ترقی یک جامعه به حساب می‌آید. حیف است که ما این دانش زیای قدیمی را توانیم به صورت جدی‌تر در کشور پیگیری کنیم. امروزه ارتباط زیبای بین هندسه و فیزیک مدرن بیش از گذشته مشخص شده است و خوشحال می‌شویم بیش از گذشته به آن توجه کنیم.

● بی‌شک‌هایی از پاسخ دکتر «کامران وفا» به پرسش‌های مخاطبان
دکتر «کامران وفا» یکی از بزرگ‌ترین دانشمندان دوران جدید است که حق بزرگی بر گردن علم دارد، زیرا ریاضی را به شکل بنیادی‌تر، وارد فیزیک کرد و درنتیجه توانست شاهکارهای زیبایی خلق کند. چیزی که از کودکی مرا مجذوب فیزیک کرد، یک پدیده زیبای آسمان به نام ماه بود. جالب است پرسش «نیوتن» این بود چرا سبب روی زمین می‌افتد؟ اما من همیشه از خودم می‌پرسیدم که چرا ماه روی زمین نمی‌افتد؟ جالب‌تر این بود که چنین پرسشی و جواب آن برای دیگران اصلا اهمیتی نداشت. «نیوتن» به‌زیبایی پاسخ این پرسش را ارائه کرد. او پدیده‌های فیزیکی و حرکت اجرام، حرکت دورانی کره زمین، حرکت منظومه شمسی و حرکت ماه به دور زمین را توانست به‌خوبی توجیه کند. او در کتاب خود با عنوان «اصول ریاضی فلسفه طبیعی» نشان داد دلیل حرکت ماه به دور زمین، همان دلیل سقوط سبب به زمین است. فرض کنید ما از بالای کوهی، سنگی را رو به جلو پرتاب می‌کنیم. سنگ پس از طی مسافتی به زمین می‌افتد. اگر سنگ را محکم‌تر پرتاب کنیم، سنگ در فاصله دورتری به زمین می‌افتد. اگر سنگ را با سرعت بسیار زیادی پرتاب کنیم، سنگ زمین را دور می‌زند و یک بار دیگر، به سمت ما برمی‌گردد، به بیان دیگر سنگ به دور زمین می‌چرخد، درست مثل ماه. پس گردش ماه به دور زمین و سقوط سبب به زمین به هم مربوطند. پس جواب این پرسش که چرا ماه به سمت زمین سقوط نمی‌کند این است که ماه هنگام حرکت به دور زمین، تحت‌تاثیر جاذبه زمین است و اگر زمین اینجا نبود، ماه هم در این مدار نمی‌گشت، بلکه به حرکت خود در خط راست ادامه می‌داد.



گزارشی از سخنرانی دکتر «کامران وفا»، فیزیک‌دان برجسته جهان در زمینه نظریه ریسمان در دانشگاه شهید بهشتی

هندسه و فیزیک، پیوند دیرین و ناگسستنی دارند

محمدرضا سیدیان

یونانیان بسیار دوست داشتند پدیده‌های طبیعت را با استفاده از هندسه تشریح کنند. یونانیان قدیم احجام افلاطونی را (که خواص جالبی دارند)، بسیار مطالعه می‌کردند. احجام افلاطونی یا چندوجهی‌های منتظم (Regular polyhedrons)، احجامی هستند که از صفحه‌هایی برابر ساخته شده‌اند. به عبارت دیگر، همه وجوه آنها با هم برابر است. آنها اجسام را به پنج دسته منتظم (چهاروجهی منتظم، شش‌وجهی منتظم (مکعب)، هشت‌وجهی منتظم، دوازده‌وجهی منتظم و بیست‌وجهی منتظم) طبقه‌بندی کرده بودند. علاوه بر این آنها سعی کردند با استفاده از هندسه و اشکال هندسی، پدیده‌های فیزیک محیط اطرافشان را توضیح دهند. آنها معتقد بودند که ریاضی و هندسه درست و زیبا، باید نتیجه عملی هم داشته باشد. آنها هر یک از این احجام را به یک عنصر یا ویژگی طبیعت ربط می‌دادند. هرچند این ایده امروزه پذیرفته نیست، اما باید دانست خواص هندسی این احجام هنوز هم برای ما جالب است.

محاسبه ارتفاع اتمسفر در هزار سال پیش

شاید برخی فکر کنند که ضخامت اتمسفر، به تازگی و با استفاده از دستگاه‌های پیشرفته امروزی محاسبه شده است، اما باید تاکید کرد دانشمندان اسلامی در حدود هزارسال پیش ضخامت اتمسفر را با استفاده از هندسه محاسبه کردند. «ابن‌هیثم» و «ابن‌معاذ» از جمله دانشمندانی بودند که حدود هزارسال پیش توانستند ارتفاع اتمسفر را محاسبه کنند. متأسفانه این موضوعات را امروزه در مدارس به ما یاد نمی‌دهند، ولی به نظر من خوب است که این مفاهیم را در مدارس به دانش‌آموزان یاد بدهند چون هم ساده است و هم نشان‌دهنده کاربردهای هندسه در علوم دیگر. ما اکنون تصور می‌کنیم تنها راه محاسبه ارتفاع اتمسفر، استفاده از ماهواره است در صورتی که آنها با نظریه‌ای ساده اثبات کردند که ارتفاع اتمسفر ۸۰ کیلومتر است؛ آنها استدلال می‌کردند زمانی که خورشید غروب می‌کند، آسمان هنوز تاریک نیست. چرا؟ چون نور خورشید به اتمسفر می‌تابد و اتمسفر را روشن می‌کند. پس از گذشت مدت‌زمانی، آسمان تاریک می‌شود که نشان می‌دهد ارتفاع اتمسفر بی‌نیایت نیست و مقدار مشخصی است. آنان توانستند بر اساس مدت‌زمانی که طول می‌کشد پس از غروب خورشید، آسمان تاریک شود، دانست شعاع زمین و استفاده از روابط هندسی، ارتفاع اتمسفر را محاسبه کنند. پس امروز ما هروقت که غروب خورشید را دیدیم باید این نکته را به یاد بیاوریم که ارتفاع اتمسفر محدود است و پس از مدتی (که به ضریب شکست هوا و شعاع زمین ربط دارد)، آسمان تاریک می‌شود. هرچند غروب خورشید شاعرانه است اما چیزهایی از فیزیک را نیز به ما می‌آموزد.

یکی از خواص سیاه‌چاله‌ها این است که مرز دارند و اگر به آن مرز نزدیک شویم، دیگر نمی‌توانیم از آن خارج شویم که اصطلاحا به آن مرز، افق سیاه‌چاله می‌گویند. فیزیک‌دانان ثابت کرده‌اند از نظر کوانتومی مساحت این افق، به حالت‌های میکروسکوپی جرم‌ها ربط دارد. فیزیک‌دانان هنوز درباره اینکه درون سیاه‌چاله چه اتفاقی می‌افتد، بحث می‌کنند. یکی از مباحث جالب و مطرح این است که زمان در سیاه‌چاله چه نقشی را دارد. این از پرسش‌هایی است که جواب دقیق آن مشخص نیست و درنتیجه هنوز داریم درباره این مسئله بحث می‌کنیم. ● همان‌کونون هندسه به کمک علم فیزیک آمده است، همان هندسه‌ای که در گذشته برای ما ایرانی‌ها بسیار زیبا و مهم بود، اما اکنون غربی‌ها دنبال آن هستند. امروزه با وجود اینکه استادان دانشگاه‌ها ما در این زمینه زیاد تلاش می‌کنند، اما متأسفانه در حد کافی امکانات در اختیار آنان نیست. ما دوست داریم این مسئله را جدی‌تر در ایران دنبال کنیم. شاید برخی از نظریه‌های فیزیک مانند سیاه‌چاله‌ها کاربرد مستقیمی نداشته باشند و سرمایه‌گذاری روی این مسئله نفع مستقیم یا کوتاه‌مدت نداشته باشد، اما نشانه رشد و ترقی یک جامعه به حساب می‌آید. حیف است که ما این دانش زیای قدیمی را توانیم به صورت جدی‌تر در کشور پیگیری کنیم. امروزه ارتباط زیبای بین هندسه و فیزیک مدرن بیش از گذشته مشخص شده است و خوشحال می‌شویم بیش از گذشته به آن توجه کنیم.

● بی‌شک‌هایی از پاسخ دکتر «کامران وفا» به پرسش‌های مخاطبان
دکتر «کامران وفا» یکی از بزرگ‌ترین دانشمندان دوران جدید است که حق بزرگی بر گردن علم دارد، زیرا ریاضی را به شکل بنیادی‌تر، وارد فیزیک کرد و درنتیجه توانست شاهکارهای زیبایی خلق کند. چیزی که از کودکی مرا مجذوب فیزیک کرد، یک پدیده زیبای آسمان به نام ماه بود. جالب است پرسش «نیوتن» این بود چرا سبب روی زمین می‌افتد؟ اما من همیشه از خودم می‌پرسیدم که چرا ماه روی زمین نمی‌افتد؟ جالب‌تر این بود که چنین پرسشی و جواب آن برای دیگران اصلا اهمیتی نداشت. «نیوتن» به‌زیبایی پاسخ این پرسش را ارائه کرد. او پدیده‌های فیزیکی و حرکت اجرام، حرکت دورانی کره زمین، حرکت منظومه شمسی و حرکت ماه به دور زمین را توانست به‌خوبی توجیه کند. او در کتاب خود با عنوان «اصول ریاضی فلسفه طبیعی» نشان داد دلیل حرکت ماه به دور زمین، همان دلیل سقوط سبب به زمین است. فرض کنید ما از بالای کوهی، سنگی را رو به جلو پرتاب می‌کنیم. سنگ پس از طی مسافتی به زمین می‌افتد. اگر سنگ را محکم‌تر پرتاب کنیم، سنگ در فاصله دورتری به زمین می‌افتد. اگر سنگ را با سرعت بسیار زیادی پرتاب کنیم، سنگ زمین را دور می‌زند و یک بار دیگر، به سمت ما برمی‌گردد، به بیان دیگر سنگ به دور زمین می‌چرخد، درست مثل ماه. پس گردش ماه به دور زمین و سقوط سبب به زمین به هم مربوطند. پس جواب این پرسش که چرا ماه به سمت زمین سقوط نمی‌کند این است که ماه هنگام حرکت به دور زمین، تحت‌تاثیر جاذبه زمین است و اگر زمین اینجا نبود، ماه هم در این مدار نمی‌گشت، بلکه به حرکت خود در خط راست ادامه می‌داد.