

کیهان‌شناسی کلاسیک



Classical cosmology¹

تصویر، یک منطقه‌ی کوچک آسمانی (حدود ۲,۴ دقیقه قوس) گرفته شده توسط تلسکوپ فضایی جیمز وب متمرکز بر خوشه کهکشانی (SMACS 0723)، منتشر شده در ۱۱ جولای ۲۰۲۲. اعضای خوشه کهکشان سفید و کهکشان‌های پس‌زمینه مایل به قرمز دیده می‌شوند. این تصویر کهکشان‌هایی را با دیرینگی (قدمت)، فرم، و اندازه‌های مختلف نشان می‌دهد. کوچکترین و قرمزترین کهکشان‌ها، از دورترین کهکشان‌های شناخته شده هستند. این کهکشان‌ها در مرحله‌ای دیده می‌شوند که کیهان کمتر از ۸۰۰ میلیون سال سن داشته است.^۱

"در هفتادمین سال زندگی‌ام در مقابل شما اربابان دین و دنیا به زانو درآمده‌ام و در حالی که کتاب مقدس را در آغوش می‌فشارم اعلام می‌کنم که ادعای مبتنی بر چرخش زمین به گرد خورشید ناشی از مستی و سراسر اشتباه و دروغ است."^{۱۸} سرگذشت غم‌انگیز گالیله

فشرده

در حال حاضر اساس علم کیهان‌شناسی کلاسیک را نظریه نسبیت عام اینشتین^۲ و^۳ از سال ۱۹۱۵ تشکیل می‌دهد. این نظریه توان توصیف تحولات کیهان، کوتاه زمانی پس از به اصطلاح انفجار بزرگ را دارد.

از زمان نگرش (رصد) دور شدن کهکشان‌های دور دست از یکدیگر در سال ۱۹۲۷ از جانب ادوین هابل^۵، به معنای انبساط کیهان، روشن شده است که ما نه در کیهانی ایستا بلکه در کیهانی در حال انبساط^۶ و تحول، همسان‌گرد^۷ و همگن^۷ زندگی می‌کنیم.

ساختار کیهان در مقیاس بسیار بزرگ بی‌شبهت به ساختار لانه‌ی زنبور (شبکه‌ی کیهانی) نیست. بزرگترین ساختارهای شناخته شده در کیهان رشته‌های کهکشانی بزرگ و ابرخوشه‌های کهکشانی هستند و مرز بین نواحی "خالی، پوچ (Void)" را تشکیل می‌دهند. نواحی "خالی" به بخش‌هایی از کیهان گفته می‌شود که تعداد کهکشان‌ها در آنها نسبت به بزرگی ناحیه بسیار اندک است. یعنی، کیهان دارای بخش‌هایی با تراکم ماده بالاتر و پائین‌تر از میانگین می‌باشد. در نتیجه طبق نظریه نسبیت عام هر یک از این بخش‌ها بسته به ماده‌ی موجود در آنها هندسه (فضازمان) و فیزیک (نیروی گرانشی) ویژه‌ی خود را دارند.

ساختارها و پدیده‌ها در محدوده‌ی سامانه‌ی خورشیدی برای مثال بسیار متفاوت از آنی است که از محدوده‌ی سیاه‌چاله‌ها می‌دانیم. برای حالت اول امکان بیان مشاهدات با یاری هندسه‌ی نسبتن ساده‌ی اقلیدسی (فضازمان ۴ بعدی مینکوسکی) وجود دارد. اما برای حالت دوم، یعنی سیاه‌چاله‌ها که با انحنا‌ی شدید فضا همراه است، نیاز به هندسه‌ی جامع‌تری به نام هندسه ریمانی (فضازمان ۴ بعدی شبه ریمانی) است. این نشان می‌دهد که بین ساختارها (هندسه) و پدیده‌ها (فیزیک) رابطه‌ی تنگاتنگی وجود دارد.

در این مقاله می‌خواهم ابتدا رابطه‌ی میان هندسه و فیزیک و سپس هندسه‌سازی فیزیک در عصر جدید و عصر معاصر را توضیح بدهم و در ادامه به گرانث کلاسیک و کیهان‌شناسی کلاسیک بپردازم.

هندسه و فیزیک

وقتی صحبت از هندسه می‌شود اغلب ما به مفهوم‌هایی مانند نقطه، خط، زاویه، مثلث و یا این که مجموع زوایای یک مثلث ۱۸۰ درجه است و یا دو خط موازی همدیگر را قطع نمی‌کنند فکر می‌کنیم، یعنی به هندسه‌ی اقلیدسی. در واقع هندسه‌ی اقلیدسی بنوعی اساس و چارچوب نگاه هندسی بیشتر انسان‌ها به محیط خود (فیزیک و کیهان) را تشکیل می‌دهد. اما وقتی برای مثال زوایای یک مثلث بر روی یک جسم کروی شکل را در نظر می‌گیریم متوجه می‌شویم که جمع زوایای آن بزرگتر از ۱۸۰ درجه است. این به معنای آنست که هندسه‌ی اقلیدسی نمی‌تواند یک هندسه‌ی کامل و عام باشد.

در واقع هندسه‌ی اقلیدسی حالت مرزی هندسه‌ی عام‌تری به نام هندسه‌ی نااقلیدسی است و این خود حالت مرزی هندسه‌ی جامع‌تری به نام هندسه‌ی ریمانی می‌باشد. در این هندسه‌ها برای مثال دو خط موازی می‌توانند یکدیگر را قطع کنند و یا مجموع زوایای یک مثلث کمتر و یا بیشتر از ۱۸۰ درجه باشد.

در سال ۱۹۱۵ اینشتین موفق شد با بهرمجویی از هندسه‌ی ریمانی (در اصل از هندسه‌ی شبه ریمانی*) نظریه نسبیت عام را پس از ۱۰ سال تلاش در شکل معادلات دیفرانسیالی غیرخطی (شامل ۱۰ معادله) که بیان از رابطه بین فضا-زمان (هندسه) و انرژی-تکانه (ماده) دارند ارائه دهد. در واقع اینشتین نشان داد که هندسه و فیزیک به اصطلاح دو روی یک سکه هستند. (* هندسه‌ی شبه - ریمانی یعنی، ۱ بُعد از ۴ بُعد هندسه‌ی ریمان را بُعد زمان تشکیل می‌دهد.)

در بخش‌های گوناگون هندسه‌ی فضا-زمان می‌توان ویژگی بارزی را به نام تقارن (symmetry) شناسایی کرد. تقارن نقش بسیار مهمی در شناخت از پدیده‌های طبیعی بازی می‌کند. در این باره در مقاله‌ی "تقارن: کلید شناخت کیهان"^۷ می‌خوانیم:

"تقارن در عرصه‌های گوناگون طبیعت، جاندار و بی‌جان، مشاهده می‌شود: در گیاهان، جانوران و ساختارهای بزرگ و کوچک مانند کهکشان‌ها، ستارگان، سیارات، بلورها، مولکول‌ها، اتم‌ها و غیره. هر یک از این ساختارها نظم خاص، تقارن خاص خود را دارند. ... درک اهمیت مفهوم تقارن و استفاده وسیع از آن در بررسی‌های نظری علوم پایه، به‌ویژه در علم فیزیک، سبب توسعه‌ی سریع این علوم و همچنین دست‌آوردهای فنی - صنعتی بیشمار در یک قرن گذشته شده است. ... شواهد نشان می‌دهند که می‌توان با بهره‌گیری از مفهوم تقارن به یک نظریه عام و پایه‌ای در باره‌ی گیتی دست‌یافت. نظریه‌ای که قادر به توضیح چگونه شکل‌گیری ساختارها در کیهان و فعل و انفعالات میان آن‌ها باشد. ... برای مثال تقارن در فضا و اصل بقا تکانه یا تقارن در زمان و اصل بقا انرژی را در نظر می‌گیریم:

در اصل بقا تکانه فرض بر همگنی و تقارن فضا است و در اصل بقا انرژی تقارن در زمان است. همگنی در زمان به این معناست که ما واحدهای زمان، فاصله‌های "تیک تاک" زمان، را مساوی هم تصور کرده‌ایم. بی‌آنکه از خود پرسیده باشیم که آیا مجاز به آن هستیم و اگر آری تحت چه شرایطی و معنای آن چیست؟ گوئی بدیهی، روشن و بی‌نیاز از هر نوع توضیحی است که طول یک ثانیه گذشته را مساوی با طول یک ثانیه آتی بدانیم. ما حتی تا آنجا پیش می‌رویم که زمان گذشته و آینده را به کل متقارن هم تلقی می‌کنیم. یعنی، قوانین فیزیک را معتبر برای گذشته و حال و آینده، می‌انگاریم. با چه پشتوانه‌ای؟

تنها در صورت صحت داشتن همگنی و تقارن در زمان می‌توان مطمئن بود دستگاهی که با قانون بدست آمده‌ی امروز کار می‌کند فردا نیز طبق همان قانون کار خواهد کرد. اما اگر تصور ما مبنی بر مساوی بودن "تیک تاک" زمان، صحت نداشته باشد هیچ الزامی برای عملکرد درست دستگاه وجود ندارد. ..."^۷

هندسه‌سازی فیزیک در عصر جدید

از آغاز عصر جدید دو شیوه‌ی تحقیق، یعنی آزمایش و استدلال منطقی (ریاضی)، اهمیت روزافزونی پیدا می‌کنند. با استفاده از این دو روش امکان شناخت و توضیح ساختارها و روابط میان آنها در دنیای بی‌جان و جاندار و بیان آنها به زبان ریاضی و در نهایت تایید و یا رد آنها از طریق آزمایش میسر می‌گردد. چیزی که شیوه‌ی پژوهش این دوره را از دوران باستان متمایز می‌کند. استفاده از روش آزمایش (گالیله) برای نشان دادن درست یا نادرست بودن ادعاهایی است که به روش نظری، استدلال ریاضی، کسب می‌شوند. یافته‌هایی که از چنین پشتوانه‌ای برخوردار باشند علمی محسوب می‌شوند. در این باره در کتاب "علم اندیشیدن - ریشه‌ها و روش‌ها"^۸ می‌خوانیم:

"هندسه‌ی اقلیدسی به‌وضوح متکی به داده‌های تجربی است. ... در اینجا مشاهده و نتیجه‌گیری از روابط میان داده‌های کسب شده عملاً راه را برای ارائه‌ی علمی به نام علم هندسه هموار کردند. ... علم هندسه‌ی اقلیدسی نه تنها اولین بلکه به

مدت نزدیک به بیست قرن یگانه علم تجربی، استقرائی و آکسیوماتیک به حساب می‌آید! این علم، به دلیل اتکاء به داده‌های تجربی و ساختار آکسیوماتیک، همواره در تاریخ علم مورد توجه، و عملاً الگویی برای بنای سایر رشته‌های علمی، بوده است. با این حال تا حدود دو هزار سال پس از هندسه اقلیدسی نه تنها ما شاهد به وجود آمدن هیچ علم دیگری با ساختار مشابه نیستیم، بلکه توسعه‌ی قابل توجهی نیز در علم هندسه مشاهده نمی‌کنیم. حتی ناهنجاری‌های شناخته شده‌ی هندسه اقلیدسی هم برطرف نشده، به قوت خود باقی می‌مانند. ... علم هندسه اقلیدسی از همان آغاز با یکی از اصول مهم خود، یعنی اصل توازی، مسئله داشت. ... اصل توازی می‌گوید: *بو خط موازی هرگز یکدیگر را قطع نمی‌کنند، مگر در بی‌نهایت.* در واقع پرسش این بود که آیا اصل توازی اقلیدسی یک آکسیوم خودآئین است یا اینکه می‌توان آن را از سایر آکسیوم‌های اقلیدس استنتاج کرد.

پاسخ به این پرسش، پس از قریب دو هزار سال تاریخ هندسه اقلیدسی، منتهی به کشف هندسه‌ی دیگری به نام هندسه‌ی نااقلیدسی می‌شود که با نام‌های کارل فریدریش گوس، منجم و ریاضی‌دان آلمانی (۱۸۵۵-۱۷۷۷)، یوهان بولای، افسر مجارستانی (۱۸۶۰-۱۸۰۲)، نیکلای لوبافسکی. ریاضی‌دان روسی (۱۸۵۶-۱۷۹۲) و فلیکس کلاین، ریاضی‌دان آلمانی (۱۹۲۵-۱۸۴۹)، گرمخورده است. ... هندسه‌ی نااقلیدسی اصولاً اصل توازی هندسه‌ی اقلیدسی را رد می‌کند. در هندسه‌ی نااقلیدسی اصل ناتوازی حاکم است. ... اختلاف دو هندسه‌ی مزبور از جمله در آن است که در هندسه‌ی نااقلیدسی دو خط موازی می‌توانند یکدیگر را قطع کنند، حتی در بیش از یک نقطه. هندسه‌ی نااقلیدسی هندسه‌ای کامل‌تر و عام‌تر از هندسه‌ی اقلیدسی است، هندسه‌ی اقلیدسی به صورت حالت مرزی از هندسه‌ی نااقلیدسی قابل استنتاج است. با این حال هندسه‌ی نااقلیدسی نیز منعکس کننده‌ی همه‌ی واقعیت‌های علم هندسه نیست. به عبارت دیگر، هندسه‌ی اقلیدسی و نااقلیدسی هر یک بخش‌هایی از واقعیت را انعکاس می‌دهند و نه کل آن را.

بنای هندسه‌ای جامع‌تر از هندسه‌ی اقلیدسی و نااقلیدسی که این دو را به صورت مرزی دربرگیرد نیازمند توجه به اصل دیگری از هندسه اقلیدسی است. ما می‌دانیم که دو خط مستقیم در یک سطح هندسه اقلیدسی می‌توانند همدیگر را در یک نقطه قطع کنند. این اصل در یک سطح هندسه‌ی نااقلیدسی نیز صادق است. اما پرسش این است که آیا یک چنین چیزی در یک سطح کروی، یعنی در هندسه‌ی کروی، هم معتبر است؟ می‌دانیم که بزرگترین دایره‌ها در یک سطح کروی، به عنوان "خط‌های مستقیم" یکدیگر را در دو نقطه‌ی مقابل هم، نقاط متقابل قطری، قطع می‌کنند. و باز می‌دانیم که از چنان نقاط تقاطعی می‌توانند "خط‌های مستقیم" بسیار دیگری نیز بگذرند. این گفته معنای آن دارد که در اینجا یک اصل صادق در هندسه‌ی اقلیدسی و نااقلیدسی باطل می‌شود.

سیستم هندسی که از بسیاری لحاظ به هندسه‌ی کروی شباهت دارد ولی در آن اصل ذکر شده اعتبار خود را حفظ می‌نماید هندسه‌ی ریمانی^۱ نامیده می‌شود. برنهارد ریمان، ریاضی‌دان آلمانی (۱۸۶۶-۱۸۲۶)، در سال ۱۸۵۴ هندسه‌های جامع‌تری از هندسه‌ی نااقلیدسی را بنا نمود که در آن‌ها، سوای دو هندسه‌ی اقلیدسی و نااقلیدسی، هندسه‌های دیگری نیز معتبر هستند.^۸

هندسه‌سازی فیزیک در عصر معاصر

چهار نیروی بنیادی فیزیک بسیار متفاوت از یکدیگر هستند (برای مثال در قدرت و دامنه‌ی تاثیر). اما آنها بر اساس یک مفهوم هندسی یکسان می‌باشند: تعامل بین دو ذره از طریق یک میدان واسطه یا میدان پیمانه‌ای منتقل می‌شود.^۹ مراحل اصلی هندسه‌سازی فیزیک کلاسیک که در قرن بیستم موفق به شناخت آنها شده‌ایم عبارتند از: ۱. فضازمان شبه اقلیدسی مینکوفسکی (۱۹۰۸)، ۲. فضازمان شبه ریمانی اینشتین (۱۹۱۵) و در فیزیک کوانتومی: ۳. فضازمان میکروسکوپی پانگ - میل (۱۹۵۴). در اینجا تنها دو حالت اول توضیح داده می‌شود. حالت سوم را در مقاله‌ی مربوط به 'گرایش کوانتومی' توضیح خواهیم داد.

۱. فضازمان شبه اقلیدسی مینکوفسکی

هرمان مینکوفسکی، ریاضیدان آلمانی (۱۹۰۹-۱۸۶۴)، با مطالعه‌ی مقاله‌های هندریک آنتون لورنتس، فیزیکدان هلندی (۱۹۲۸-۱۸۵۳)، در باره‌ی آنچه بعدها به ترانسفورماسیون لورنتس شهرت یافت و مقاله‌ی آلبرت اینشتین از سال ۱۹۰۵ در باره‌ی *الکترودینامیک اجسام متحرک*، معروف شده به نظریه نسبیت خاص، دریافت که نتایج حاصله را می‌توان در یک فضای شبه اقلیدسی تشریح نمود. شبه اقلیدسی به این دلیل که سه بُعد از یک هندسه‌ی چهاربُعدی اقلیدسی را فضا و یک بُعد دیگر را زمان تشکیل می‌دهد. یعنی، در یک ساختار ریاضی چهاربُعدی که به آن فضای مینکوفسکی، دنیای مینکوفسکی، فضازمان مسطح چهاربُعدی پیوسته و یا فضازمان نظریه نسبیت خاص می‌گویند. مینکوفسکی در این باره با تاکید بر نتایج تجربی بدست آمده، در سخنرانی معروف خود در هشتمین جلسه‌ی انجمن طبیعت‌شناسان و پزشکان آلمانی در سال ۱۹۰۸ می‌گوید:

"از این لحظه به بعد بایستی فضا برای خودش و زمان برای خودش کاملاً در سایه فرو رود و فقط نوعی اتحاد بین این

دو باید استقلال آنها را حفظ کند.^{۱۰}

ساختار چهار بعدی شبه اقلیدسی مینکوفسکی، فضا زمان چهار بعدی، ایده‌ی جدیدی بود که اینشتین ابتدا با آن موافق نبود ولیکن بعدها آن را برای بیان نظریه نسبیت عام (۱۹۱۵) بکار گرفت.

۲. فضا زمان شبه ریمانی اینشتین

آلبرت اینشتین پس از ارائه‌ی نظریه نسبیت خاص (۱۹۰۵) که طبق آن همه‌ی قوانین فیزیک (طبیعت) در تمامی سیستم‌های اینرسی فرم یکسان دارند، بر آن می‌شود نظریه‌ای ارائه دهد که قوانین مزبور نه تنها در سیستم‌های اینرسی بلکه در هر سیستم دلخواهی فرم یکسانی داشته باشند. اینشتین ده سال برای دستیابی به این نظریه تلاش کرد و در نهایت موفق شد آن را در سال ۱۹۱۵ ارائه کند.^{۱۱} بیان نظریه نسبیت عام نیاز به یک فضای چهار بعدی شبه ریمانی داشت که اینشتین می‌بایستی ابتدا با آن آشنا می‌شد. او در این مورد از حمایت دوست دوران دانشجویی خود مارسل گروسمان (Marcel Grossmann) ریاضیدان اتریشی - مجاری (۱۸۷۸-۱۹۳۶)، استاد ریاضیات مؤسسه فناوری فدرال زوریخ، برخوردار بود.

در باره‌ی فضا زمان شبه ریمانی اینشتین در رابطه با نظریه نسبیت عام که نشان از هندسی کردن فیزیک و فیزیکی کردن هندسه دارد در مقاله‌ی 'تقارن: کلید شناخت کیهان'^{۱۲} می‌خوانیم:

"نظریه نسبیت عام اینشتین توصیف نیروی گرانشی، کنش و واکنش ماده و فضا زمان ۴ بعدی، به زبان هندسه ریمانی (فضا زمان انحنادار) است. این نظریه به ما امکان می‌دهد که تکامل کیهان را با بهره‌جویی از معادلات دیفرانسیالی اینشتین توضیح دهیم. لازم به تاکید است که در نظریه نسبیت عام تمام کمیت‌های فیزیکی قابل اندازه‌گیری مستقل از سیستم مرجع هستند (مستقل از هر دستگاه مختصات دلخواهی). معنای این گفته آن است که نظریه نسبیت عام از یک تقارن بنیادی برخوردار می‌باشد!"^{۱۳}

از نظریه نسبیت عام می‌توان و بایستی بتوان برای اندازه‌های کوچک (فضا زمان، جرم و سرعت) نظریه نسبیت خاص و فیزیک نیوتنی را استنتاج نمود. و این مطلب ثابت شده است.

معادلات نسبیت عام، معادلات دیفرانسیالی اینشتین، معادلاتی هستند برای ۱۰ جزء مستقل متریک. معادلاتی که بیانگر رابطه‌ی میان خواص هندسی فضا زمان انحنادار، طرف چپ معادله، و تانسور انرژی-تکانه، طرف راست معادله، می‌باشند. "منشاء" انحنای فضا زمان، تانسور انرژی-تکانه ماده است. در اینجا هر یک از اجزاء تانسور ذکر شده بطور مجزا نقش "منشا" برای گرانش را بازی می‌کنند. اما در قانون جاذبه نیوتن تنها جرم و یا در الکتروستاتیک بار الکتریکی نقش منشا را دارند.^{۱۴}

گرانش کلاسیک

نیروی گرانش یکی از چهار نیروی پایه‌ای فیزیک است. این نیرو در فیزیک نیوتنی به عنوان نیروی جاذبه‌ی متقابل اجرام درک، تعبیر و تفسیر می‌شود. گرانش در اینجا نیروئی انگاشته می‌شود که به شکل آنی عمل می‌کند. این موضوع برای نیوتن قابل فهم نبود. از این رو او در باره‌ی آن در نامه‌ای می‌نویسد:

"قابل تصور نیست که ماده بیجان می‌تواند بدون واسطه‌ی چیز مادی بر ماده دیگری اثر بگذارد و آن را تحت تاثیر قرار دهد بدون آنکه لمس کردنی میان آنها مطرح باشد."^{۱۵}

در مقاله‌ی 'قله اندیشیدن'^{۱۶} در این باره می‌خوانیم:

"گرچه نیوتن پاسخ به این مسئله را نداشت اما کاملاً به آن آگاه بود. او حل این مسئله را به آیندگان می‌سپارد. و آیندگان، یعنی مایکل فارادی (۱۸۶۷-۱۷۹۱) و جیمز کلرک ماکسول (۱۸۷۹-۱۸۳۱)، توانستند پاسخ مناسب به مشکل نیوتن را با ارائه‌ی نظریه میدان‌ها (و معادلات ماکسول) حل کنند و در ادامه آلبرت اینشتین (۱۹۵۵-۱۸۷۹) توانست نیروی گرانش را با پیوند دادن آن به مفهوم فضا زمان چهار بعدی توضیح دهد."^{۱۷}

نیروی گرانش ضعیف‌ترین نیرو در میان نیروهای پایه‌ای است (تنها حدود 10^{-38} برابر نیروی هسته‌ای قوی). قدرت این نیرو، در حین برخورداری از بُرد بسیار بالا، با مقدار اجرام رابطه‌ی مستقیم و با فاصله‌ی میان آنها نسبت معکوس به توان دو دارد. هرچه فاصله‌ی اجرام از یکدیگر بیشتر شود گرانش میان آنها با شدت بیشتری ضعیف‌تر می‌شود.

درک دیگر از گرانش کلاسیک و متفاوت از فیزیک نیوتنی را آلبرت اینشتین در سال ۱۹۱۵ تحت عنوان نظریه نسبیت عام ارائه داد. گرانش در این نظریه به ویژگی‌های هندسه‌ی فضا زمان ۴ بعدی ربط داده می‌شود. به این معنا که فضا زمان

رابطه‌ی مستقیم با ماده و بعکس دارد: در یک طرف معادلات دیفرانسیالی و غیرخطی اینشتین فضا زمان (هندسه) و در طرف دیگر آن انرژی‌تکانه (ماده) قرار دارد. در واقع نظریه نسبیت عام برخلاف فیزیک نیوتن و نسبیت خاص اینشتین که برای فضا-زمان موجودیتی قائل هستند، هیچ نوع هستی خاصی را پذیرا نیست.

طبق نظریه نسبیت عام، ماده و انرژی سبب خمیدگی فضا زمان می‌شود و هرچه مقدار آن (انرژی‌تکانه) بیشتر باشد به همان نسبت نیز خمیدگی فضا زمان بیشتر است و شدیدترین حالت را در شکل‌گیری سیاهچاله داریم. به بیان دیگر، گرانش در نظریه نسبیت عام نه به صورت یک نیرو بلکه به شکل خمیدگی فضا زمان ^۴بُعدی ظاهر می‌شود. چنانچه در یک چنین فضا زمان ^۴بُعدی نیروی دیگری بر اجسام وارد نشود آنها مسیری را طی می‌کنند که کوتاه‌ترین مسیر به نام جئودزیک (geodesic) است.

گفتیم که نیروی گرانش ضعیف‌ترین نیرو از چهار نیروی پایه‌ای است. با این حال این نیرو در دنیای ماکروسکوپی، به‌ویژه در مقیاس‌های کیهانی تعیین‌کننده‌ترین نیرو می‌باشد. اما تاثیر همین نیرو در فرایندهای کوانتومی چنان ناچیز و قابل چشم‌پوشی است که اصولن در نظر گرفته نمی‌شود.

کیهان‌شناسی کلاسیک

کیهان‌شناسی شاخه‌ای از علم طبیعت (فیزیک) است که به بررسی و توصیف چگونگی شکل‌گیری انواع ساختارها در کیهان، فرگشت و سرانجام آن می‌پردازد. پیش از ورود به این مطلب لازم است نکته‌ای را که در ابتدای مقاله‌ی 'کوانتای فضا و زمان'^{۱۴} آمده بازگو کنم:

"عرصه، میدان عمل یا پس‌زمینه‌ی فلسفه و فیزیک فضا زمان تصور شده است. تلاش چندین هزار ساله‌ی انسان برای شناخت خاستگاه و ساختار این پس‌زمینه تاکنون به نتیجه‌ی مطلوب نیاچامیده است. با این حال هنوز این امیدواری وجود دارد که بتوان با یاری دو نظریه بزرگ قرن بیستم، یعنی نظریه نسبیت و نظریه کوانتوم، منشاء و ساختار آن را توضیح داد، چنانچه اصولاً چنین پس‌زمینه‌ی فضا زمانی وجود داشته باشد."^{۱۴}

پیش‌تر گفتیم که در نظریه نسبیت عام، فضا زمان رابطه مستقیم با ماده دارد، هم‌زمان با ماده توسعه می‌یابد و در کنش و واکنش‌های دینامیکی دخیل است. پیوند بیواسطه و تنگاتنگ ماده^{۱۵} با هندسه‌ی فضا زمان نشان می‌دهد که نظریه نسبیت عام نیازی به یک ساختار بیرونی، پس‌زمینه‌ی هندسی، برای بیان قوانین خود ندارد (اصل استقلال پس‌زمینه). در این نظریه تحریفات (پیچ و تاب‌های) هندسی، حاصل از حضور ماده با تراکم‌های مختلف، اثر نیروی گرانشی تلقی می‌شود. در عین حال ما می‌دانیم که ماده در رابطه با سه نیروی قوی، ضعیف و الکترومغناطیسی از قوانین نظریه کوانتوم پیروی می‌کند. لذا طبیعتیست که نیروی گرانشی را نیز تابع قوانین نظریه کوانتوم بیندازیم. اما با وجود یک قرن تلاش برای کوانتیزه کردن آن هنوز موفقیت لازم کسب نشده و شاید هم نشود.

در نظریه کوانتوم بعکس نظریه نسبیت عام، فضا زمان به‌عنوان پس‌زمینه برای تشریح آن لازم و در شکل فضا زمان ^۴بُعدی نسبیت خاص پیش‌فرض شده است. در مکانیک کوانتوم 'کلاسیک' شرویدینگر حتا به شکل فضا و زمان مطلق و مجزا از هم، مانند آنچه از فیزیک نیوتنی می‌شناسیم است.^{۱۴}

این وضع گویای آنست که کیهان‌شناسی کنونی ما، چه کلاسیک و چه کوانتومی، نمی‌تواند کامل باشد. به‌منظر برای این منظور نیاز به یک نظریه‌ی جامع، محیط بر نظریه نسبیت و کوانتوم، است که توان توضیح ویژگی‌های ریز و درشت کیهان از جمله سرآغاز و سرانجام آن را دارا باشد. انسان همواره از گذشته‌های دور سعی در فهم و توصیف منشاء و فرم گیتی داشته است. مدل یا فرم‌های ارائه شده برای کیهان در گذشته تا اوایل قرن بیستم کمتر با علم دقیق مبتنی بر مشاهدات تجربی سروکار داشته‌اند. یکی از مدل‌های اولیه‌ی دوران باستان (جئوسنتریک) منسوب به کلودیوس بطلمیوس، ریاضیدان، منجم و فیلسوف یونانی (حدود ۱۶۰-۱۰۰ میلادی)، است که زمین را مرکز گیتی و سیارات و ستارگان را در مدارهای دایره‌ای در چرخش به دور آن می‌دید.

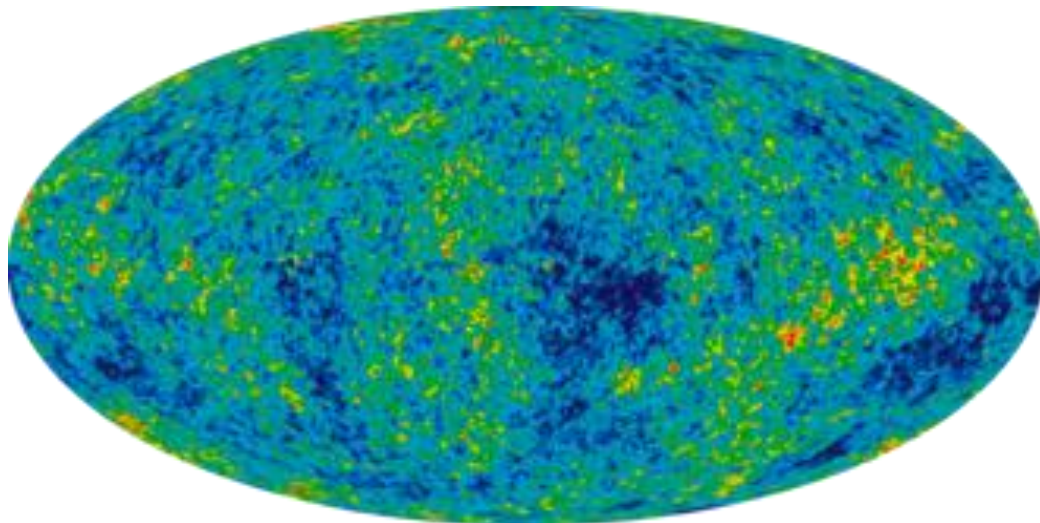
در قرن شانزدهم، یعنی نزدیک به پانزده قرن (!) پس از بطلمیوس، نیکلاس کوپرنیک، روحانی، ریاضیدان و ستاره‌شناس لهستانی - آلمانی (۱۴۷۳-۱۵۴۳)، تیکو براهه، ستاره‌شناس دانمارکی (۱۶۰۱-۱۵۴۶) و یوهانس کپلر، منجم و ریاضیدان آلمانی (۱۶۳۰-۱۵۷۱) مدلی از کیهان (هلیوسنتریک) متکی بر مشاهدات نجومی ارائه نمودند که در مرکز آن نه زمین بلکه خورشید قرار دارد و سیارات از جمله زمین و ستارگان به دور آن می‌چرخند.^{۱۴} (در این رابطه در پایان مقاله کوتاه به رفتار کلیسای کاتولیک با گالیله پرداخته می‌شود.)

در سال ۱۶۸۷ ایزاک نیوتن، ریاضیدان، فیزیکدان و اخترشناس انگلیسی (۱۷۲۶-۱۶۴۲)، با ارائه‌ی تز نیروی جاذبه،

حرکت سیاره‌ها را توصیف‌پذیر نمود.

تا دهه سی قرن بیستم و شروع کیهان‌شناسی مدرن، یعنی حدود ۳۴۰ سال پس از شناخت نیروی جاذبه به‌عنوان اولین نیروی پایه‌ای در طبیعت، کیهان به شکل ایستا با ترمودینامیک پایدار تصور می‌شد. کیهان‌شناسی مدرن با نام آلبرت اینشتین پیوند ناگسستنی دارد. معادلات نظریه نسبیت عام اینشتین (۱۹۱۵)، همان‌گونه که پیش‌تر گفتیم، فضا-زمان را در رابطه مستقیم با ماده می‌بیند. این معادلات بیان از انبساط (انقباض) و نایستا بودن کیهان دارند. اما بینش مورد قبول زمانه (!) سبب گردید که اینشتین در معادلات خود دست برد و عاملی به نام "ثابت کیهان‌شناسی" را به آنها اضافه کند تا از آن معادلات کیهان ایستا حاصل شود. اما با مشاهده‌ی دور شدن هابلی کهکشان‌ها، به‌معنای انبساط کیهان، دیدگاه کیهان ایستا به‌طرز تجربی رد شد.

از آن زمان به این سو نه تنها انبساط کیهان امری کاملن پذیرفته شده است بلکه از اواخر نیمه دوم قرن بیستم بحث از شتاب (تسریع) انبساط کیهان می‌باشد. البته کشف انبساط کیهان معنای آن نیز دارد که کیهان در گذشته کوچکتر، کهکشان‌ها به هم نزدیکتر، و زمانی چنان کوچک بوده که نه تنها کهکشان‌ها در هم فرورفته بلکه کل کیهان طبق نظریه نسبیت عام "نقطه" ای بیش به‌عنوان منشاء انفجار بزرگ نبوده است. کشف دو پدیده یکی در نیمه اول قرن بیستم، یعنی دور شدن هابلی کهکشان‌ها و دیگری تحت نام 'تابش پس‌زمینه' متشکل از "فسیل" فوتون‌هایی از حدود ۳۸۰ هزار سال پس از انفجار بزرگ (تصویر ۲) در نیمه دوم همان قرن را شاهدیم که به‌خوبی نظریه‌ی کیهان‌شناسی کلاسیک حاصل از نسبیت عام را تایید می‌کنند.



تصویر ۲: تابش پس‌زمینه کیهانی؛ نوسانات دما در تشعشعات پس‌زمینه، ثبت شده توسط فضایی‌ای دبلیومپ WMAP (مأموریت ۲۰۰۱-۲۰۱۰) ۱۷

یادی از پیشقراول بزرگ

در دورانی نه چندان دور (قرن هفدهم) کلیسای کاتولیک دانشمند بزرگ تاریخ علم، گالیلئو گالیله، را پس از انتشار یافته‌های علمی او در سال ۱۶۱۰ در "تایید نظر کوپرنیک مبنی بر ثابت نبودن زمین و گردش آن به دور خورشید باعث شد تا وی از سوی کلیسا مورد بازجویی و تفتیش عقاید قرار گیرد. این نظریه با نظریات ارسطویی که کلیسا حامی‌اش بود همخوانی نداشت. ... گالیله بعد از قرن‌ها که آسمان با چشم غیرمسلح دیده می‌شد، با تشویق همه به دیدن آسمان با تلسکوپ، نظرش این بود که باید کلیسا را از باتلاق گمراهی نجات داد. (اما) کلیسا گالیله را در انتخاب یکی از راه‌های سوختن در آتش یا امضای توبه‌نامه‌ای به این مضمون آزاد گذاشت:

در هفتادمین سال زندگی‌ام در مقابل شما اربابان دین و دنیا به زانو درآمده‌ام و در حالی که کتاب مقدس را در آغوش می‌فشارم اعلام می‌کنم که ادعای مبتنی بر چرخش زمین به گرد خورشید ناشی از مستی و سراسر اشتباه و دروغ است.

او این توبه‌نامه را امضا کرد و شش سال بعد هم رسماً از دانشگاه و تدریس علم نجوم اخراج شد و تا سال‌ها بعد مجبور بود مرتباً جهت اعلام وفاداری خود به نظریه مرکزیت زمین در کلیسا حضور یابد. ... در سال ۱۹۹۲ کلیسای کاتولیک اعلام کرد که گالیله را بخشیده است.^{۱۸} انگار که گالیله جز واقعیت را بیان کرده بود.

1. <https://de.wikipedia.org/wiki/James-Webb-Weltraumteleskop>
2. Albert Einstein, Die Grundlagen der allgemeinen Relativitätstheorie, in: Das relativitätsprinzip, Teubner Verlag, 8. Auflage, Stuttgart 1982
3. Hassan Bolouri, The Concept of Space
۳. حسن بلوری، 'مفهوم فضا'، منتشر شده در سایت‌های فارسی‌زبان، ماه ژوئیه سال ۲۰۲۰
4. Hassan Bolouri, Time: What is it and how did it come into the world?
۴. حسن بلوری، 'زمان چیست و چگونه به دنیا آمد؟'، منتشر شده در سایت‌های فارسی‌زبان، ماه دسامبر سال ۲۰۱۹
5. <https://www.spektrum.de/news/wer-entdeckte-die-expansion-des-all-wirklich/1612382>
6. Hassan Bolouri, Big Bang
۶. حسن بلوری، 'مهبانگ و پیدایش کیهان'، در آینده‌ی نزدیک در سایت‌های فارسی‌زبان منتشر می‌شود.
7. Hassan Bolouri, Symmetry: the key to recognizing the cosmos
۷. حسن بلوری، 'تقارن: کلید شناخت کیهان'، منتشر شده در سایت‌های فارسی‌زبان، ماه مارچ سال ۲۰۲۰
8. Hassan Bolouri, The Science of Thinking – Principles and Methods
۸. حسن بلوری، 'علم اندیشیدن - ریشه‌ها و روش‌ها'، نشر هزاره ی سوم، زنجان، سال ۱۳۹۴، ص ۷۶-۷۰
9. Bernhard Riemann: *Über die Hypothesen, welche der Geometrie zugrunde liegen*. Abh. Kgl. Ges. Wiss., Göttingen 1868
10. Hermann Minkowski in: Physikalische Zeitschrift, 10. Jahrgang, Nr. 3, S. Hirzel Verlag, Leipzig, Februar 1909
11. L. D. Landau, E. M. Lifschitz, Klassische Feldtheorie, 4. Aufl., Akademie Verlag, Berlin 1967
12. Carlo Rovelli, Die Wirklichkeit, die nicht so ist, wie sie scheint, Rowohlt Verlag, Reinbeck bei Hamburg, 3. Auflage, 2017, S. 67
13. Hassan Bolouri, Peak of Scientific thinking
۱۳. حسن بلوری، 'قله اندیشیدن علمی'، منتشر شده در سایت‌های فارسی‌زبان، ماه سپتامبر سال ۲۰۲۱
14. Hassan Bolouri, The Quanta of Space and Time
۱۴. حسن بلوری، 'کوانتای فضا و زمان'، منتشر شده در سایت‌های فارسی‌زبان، ماه آوریل سال ۲۰۲۱
15. Hassan Bolouri, The concept of matter in Philosophy and Science
۱۵. حسن بلوری، 'مفهوم ماده در فلسفه و علم'، منتشر شده در سایت‌های فارسی‌زبان، ماه می سال ۲۰۲۰
16. <https://www.uni-muenster.de/Physik.TP/archiv>
17. <https://de.wikipedia.org/wiki/Hintergrundstrahlung>
18. https://fa.wikipedia.org/wiki/%DA%AF%D8%A7%D9%84%DB%8C%D9%84%D8%A6%D9%88_%DA%AF%D8%A7%D9%84%DB%8C%D9%84%D9%87