دکتر حسن بلوری

برلین، ۲۰۲۴/۰۷/۲۷

مسائلِ بزرگِ جهانِ هستی

منشاءِ و چیستی انرژی

The big problems of the universe: The origin and the essence of energy[1]

جوهر هستی را انرژی تشکیل می‌دهد. بدون انرژی هیچ چیزی نمی‌تواند وجود داشته باشد. اما انرژی چیست و چه منشایی دارد؟ آیا منشاء و چیستی انرژی واقعاً درک شده است؟

فشرده

انرژی یک مفهوم ضروری و اساسی در فیزیک برای توصیف هر آنچه در کیهان وجود دارد و روی می‌دهد است. این مفهوم، پایه و اساس علم فیزیک را تشکیل می‌دهد. طبق تجربه، قوانین طبیعی در طول زمان تغییر نمی‌کنند از آنجمله 'قانون بقاء انرژی'.[۲و۳] در صورت صحت داشتن چنین چیزی در سراسر کیهان، می‌باید انرژی کل کیهان ثابت باشد.

باز طبق تجربه، قانون اول ترمودینامیک بیان از ثابت بودن انرژی در یک سیستم بسته دارد. حال چنانچه کیهان یک سیستم بسته به معنای ترمودینامیکی باشد و این قانون در سراسر کیهان صدق کند، می‌باید انرژی کل کیهان ثابت باشد.

طبق نظریه نسبیت خاص، جرم و انرژی همارز هستند. همارزی جرم و انرژی یک اصل کلی حاصل از تقارن فضازمان است. جرم (ماده) در حالت‌های مختلف، جامد، مایع، گاز و پلاسما، و در اشکال گوناگون مانند خاک، آب و هوا نمایان می‌شود. حالت پلاسما (برای مثال در ستارگان) بیشترین ماده‌ی قابل مشاهده در کیهان است. اما انرژی ظاهرن هیچ‌یک از این حالت‌ها را ندارد. از این‌رو می‌پرسیم، انرژی چیست و چه منشایی دارد؟

گفته می‌شود، در 'لحظه آغاز کیهان'[۴]، کل انرژی کیهان در نقطه‌ای به نام 'تکینگی' متمرکز بوده است. تصور اینکه از یک چنین تکینگی چیزی به عظمت کیهان به وجود آید با منطقی که ما با آن پرورش یافته‌ایم سازگار نیست. با این همه، نظریه کوانتوم چنان چیزی را از 'خلاء کوانتومی'[۵] یا "هیچ کوانتومی" که البته به معنای "هیچ فلسفی" یا "عدم" نیست، امکان‌پذیر می‌داند.

در این مقاله برآنیم پس از توضیحات ضروری اولیه در پیشگفتار و بیان فشردهِ تاریخِ مفهوم انرژی، کوتاه به منشاء و چیستی انرژی بپردازیم. کوتاه به این علت که هنوز شناخت درستی در این زمینه وجود ندارد.

پیشگفتار

شواهد بیشماری بیان از شکل‌گیری و بنای کیهان از انرژی دارند. بررسی‌های علم فیزیک، انرژی را در شکل‌های گوناگون مانند انرژی مکانیکی (جنبشی، پتانسیل)، الکترومغناطیسی و یا هسته‌ای نشان می‌دهد. همه‌ی این اشکال مختلف انرژی تا حد زیادی قابل تبدیل به یکدیگر هستند. در تبدیل انرژی‌ها بهم مجموع انرژی‌های یک سیستمِ بسته همواره ثابت می‌ماند: 'قانون بقاء انرژی'.[۲و۳] طبق این قانون و همچنین 'قانون اول ترمودیامیک' چنانچه کیهان یک سیستم بسته باشد، می‌باید کل انرژی آن مشخص و ثابت باشد. آیا این چنین است؟

از نظر تاریخی، مکانیک کلاسیک اولین حوزه‌ی علم فیزیک محسوب می‌شود که از مفهوم انرژی مانند انرژی جنبشی و انرژی پتانسیل برای توصیف حرکت اجسام بهره جست. در ترمودینامیک کلاسیک قانون اول آن بیان از بقاء انرژی سیستم‌های بسته دارد. در الکترودینامیک کلاسیک صحبت از انرژی ذخیره شده در میدان‌های الکتریکی، مغناطیسی و امواج الکترومغناطیسی (انرژی تابشی) می‌باشد. در نظریه نسبیت خاص، هم‌ارزی جرم و انرژی ($E = m c^2$) و در نظریه نسبیت عام، رابطه بین انرژی ـ تکانه و انحنای فضا ـ زمان مطرح است. در مکانیک کوانتوم انرژی به صورت ناپیوسته یا کوانتیزه توصیف می‌شود.

برای تبدیل انرژی حرارتی به کار (ماشین بخار) قانون دوم ترمودینامیک محدودیت‌هایی، به معنای تخریب انرژی (energy degradation) قائل است.

در انتقال انرژی‌ها بخشی از آن برای مثال بر اثر سایش (اصطکاک) به انرژی حرارتی تبدیل می‌شود، به معنای اتلاف انرژی (energy dissipation).

مکانیک آماری، اتلاف انرژی را انتقالی از یک حرکت ماکروسکوپی منظم به یک حرکت میکروسکوپی نامنظم از اتم‌ها و ملکول‌ها تعبیر می‌کند.

انرژی الکتریکی (الکترومغناطیسی) به دلیل آنکه تقریبن تمام ذرات بنیادی دارای بار الکتریکی هستند نقش تعیین کننده در ساختارهای طبیعی مانند اتم‌ها، ملکول‌ها، ستارگان، کرات و ارگانیسم‌ها دارد.

متفاوت از انرژی الکترومغناطیسی، انرژی قوی هسته‌ای است. این انرژی مربوط به همکنشی (تعامل) قوی بین ذرات هسته اتم‌ها می‌شود.

واحد انرژی به دلیل وجود اشکال مختلف انرژی از تنوع خاصی برخوردار است. با این حال، همه آنها معادل یکدیگرند: برای انرژی مکانیکی نیوتن‌متر (N m)، برای انرژی حرارتی ژول (J)، برای انرژی الکتریکی واتثانیه (W s) و برای انرژی بین اجزاء اتم‌ها الکترون‌ولت (e V) معمول است.[۶]

تاریچه مفهوم انرژی

مفهوم انرژی برگرفته از زبان یونانی (Energeia) به معنای اثربخشی است. "ارسطو (۳۲۲-۳۸۴ ق. م.) این مفهوم را نیروی مؤثری تعریف می‌کند که با آن، آنچه ممکن است به وجود می‌آید."[۸] مفهومی که در آن زمان به معنای چیزی شبیه روح یا روان بود.

"در سال ۱۶۸۶ گوتفرید ویلهلم لایبنیتز (۱۶۴۶-۱۷۱۶) ایده‌هایی را توسعه داد که تا حد زیادی با مفهوم‌های امروزی ما از انرژی مکانیکی (جنبشی و پتانسیل) مطابقت دارد.

واژه "انرژی" را توماس یانگ (۱۷۷۳-۱۸۲۰) برای اولین‌بار در سال ۱۸۰۰ وارد فیزیک کرد. اما این واژه چنانچه لازم بود فهمیده نشد. در نتیجه نتوانست در آن زمان خود را به عنوان یک مفهوم تثبیت کند.

یولیوس روبرت فون مایر (۱۸۱۴-۱۸۷۸)، جیمز جول (۱۸۱۸-۱۸۸۹) و هرمان فون هلمهولتز (۱۸۲۱-۱۸۹۴) توانستند در بین سال‌های ۱۸۴۲-۱۸۴۷ با استفاده از مفهوم‌های "نیروی زنده"، "نیروی تنش" یا "نیروی سقوط"، آن ارتباط اساسی را کشف و فرمولبندی کنند که امروز به 'قانون بقاء انرژی' معروف است. اکنون از این قانون در بخش‌های مختلف علوم طبیعی استفاده می‌شود. 'قانون بقاء انرژی' می‌گوید: انرژی را نمی‌توان ایجاد کرد یا از بین برد. انرژی را می‌توان فقط از یک فرم به فرم دیگری تبدیل کرد.

به‌همین خاطر عبارتی مانند "تولید انرژی" در اصل در تضاد با 'قانون بقاء انرژی' است.

بین سال‌های ۱۸۵۲-۱۸۵۱ ولیام تامسون (۱۹۰۷-۱۸۲۴) معروف به لُرد کلوین و ویلیام جان مک‌کورن رانکین (۱۸۷۲-۱۸۲۰) "انرژی" را مفهومی معتبر برای همه‌ی بخش‌های فیزیک ارزیابی کردند. به این ترتیب همه‌ی آن مفهوم‌های بکارگرفته شده تا آن زمان با یاری واژه‌ی "نیرو" با مفهوم انرژی جایگزین گردید.

در سال ۱۹۰۵ آلبرت اینشتین (۱۹۵۵-۱۸۷۹) هم‌ارزی (معادل هم بودن) انرژی و جرم را در 'نظریه نسبیت خاص' نشان داد. بدین طریق مفهوم "انرژی" چنان تعمیم یافت که تا به امروز در کلِ علوم طبیعی معتبر شناخته می‌شود.[۷]

منشاء و چیستی انرژی

طبق 'قانون بقاء انرژی'، انرژی نه ایجادپذیر است و نه فناپذیر. طبق این قانون، انرژی همواره وجود داشته و خواهد داشت. با این همه می‌پرسیم، انرژی برای اولین‌بار از کجا آمده است؟ پاسخی که اغلب به این پرسش داده می‌شود: از انفجار بزرگ، در زمان انفجار بزرگ کیهان از انرژی ناب تشکیل شده بود. آما در اینجا نیز این پرسش مطرح است که انرژی ناب در آن مقطع از کجا آمده است؟ بدین ترتیب آیا اصولن می‌توان در باره منشاء انرژی و چیستی آن چیزی گفت؟

بسیاری از فیزیکدان‌ها تصور می‌کنند منشاء انرژی خلاء کوانتومی[۵] ، نوسانات انرژی نقطه صفر کوانتومی، است. "انرژی نقطه صفر کوانتومی کمترین انرژی ممکن است که یک سیستم مکانیکی کوانتومی می‌تواند داشته باشد. برخلاف مکانیک کلاسیک، سیستم‌های کوانتومی دائمن در کمترین حالتِ انرژیِ خود بر اساس اصل عدم قطعیت هایزنبرگ در نوسان هستند. طبق این اصل هیچ ذره کوانتومی نمی‌تواند کاملن از حرکت بازایستد، چرا که در صورت توقف کامل، مکان و اندازه تکانه یا ممنتوم ذره کوانتومی به صورت همزمان و دقیق قابل اندازه‌گیری است. اما عدم قطعیت اجازه‌ی چنین اتفاقی را نمی‌دهد.

در خلاء کوانتومی ذراتی مرتبن ایجاد شده و از بین می‌روند. طبق نظریه میدان‌های کوانتومی، می‌توان کیهان را نه به عنوان ذرات جدا از هم، بلکه به عنوان میدان‌هایی که لحظه‌ای از نوسان نمی‌ایستند تصور کرد. تمام این میدان‌ها انرژی نقطه صفر دارند."[۸]

بی شک شناخت از کیهان اولیه یا 'کیهان کوانتومی'[۹] و با آن منشاء و چیستی انرژی برای فهم هرآنچه هست بسیار اهمیت دارد. در مرحله آغازینِ کیهان نمی‌توان از فضازمان به‌معنائی که در فیزیک حاضر مطرح است صحبت کرد. زیرا در چنان مرحله‌ای حالتی حاکم است که در آن فضازمان به‌معنای متعارف آن وجود ندارد. به‌همین دلیل علم فیزیک کنونی نه توان توصیف مرحله "آغازین" (زمان پلانک حدود $۱۰^{-۴۳}$ ثانیه) را دارد، نه مراحل اولیه پس از آن و نه می‌تواند برای مقیاس‌های کوچکتر از مقیاس پلانک اظهار نظری قابل سنجش کند.

پژوهش‌های نظری نشان می‌دهند که درک و فهم مِهبانگ[۱۰] (انفجار بزرگ یا بیگ بنگ) و یا آنچه برای مثال در سیاه‌چاله‌ها[۱۱] رخ می‌دهد نیازمند نظریه‌ایست بنیادی‌تر از نظریه نسبیت عام و نظریه کوانتوم حاضر به نام نظریه 'گرانشِ کوانتومی'[۱۲]. نظریه‌ای که به احتمال توان برطرف کردن ناسازگاری‌های دو نظریه‌ی نسبیت و کوانتوم در طول‌های غیرقابلِ تصور کوچک، یعنی در ابعاد پلانک و کوچکتر از آن را دارد ـ طول پلانک برابر است با $۱۰^{-۳۳}$سانتی‌متر.[۱۳]

دانش کنونی ما نشان می‌دهد که کل فیزیک از نظریه کوانتومی پیروی می‌کند. از این‌رو به نظر درک اساسی از جهانِ هستی بدون یک نظریه‌ی کوانتومیِ توسعه یافته (گرانش کوانتومی) امکان‌پذیر نیست. به‌ویژه به این دلیل که نمی‌توان نیروی گرانشی را در ارتباط با سایر نیروهای پایه ندید. در واقع گرانش کوانتومی برای وحدت نیروهای پایه در علم فیزیک و درک همه جانبه کیهان ضروریست. تاریخ کیهان تنها در صورتی به‌طور کامل قابل فهم است که مسئله‌ی تکینگی و با آن مسئله منشاء انرژی و چیستی آن و همچنین منشاء و چیستی جرم (موضوع مقاله بعدی) روشن شود.

در پایان نگاهی داریم به دیدگاه آلبرت اینشتین از سال ۱۹۳۶ که در جمع‌بندی مقاله‌ی مفصلی تحت عنوان 'فیزیک و واقعیت'[۱۴] بیان داشته است:

"سعی می‌کنم نشان دهم، چرا به نظر من نظریه کوانتومی یک پایه مناسب برای فیزیک قابل استفاده نیست: آدمی دچار تناقض می‌شود وقتی توضیحات نظریه کوانتومی را به‌عنوان یک توصیف کامل از سیستم یا فرایند فیزیکی دنبال می‌کند."[۱۴]

پیشرفت‌های حاصل شده از آن تاریخ تاکنون نشان می‌دهد که تا چه اندازه فیزیکدان‌ها در طول این زمان از آنچه اینشتین باور داشت فاصله گرفته‌اند.

مراجع

1. https://pixabay.com/illustrations/big-bang-explosion-pop-fireball-422745/

2. Hassan Bolouri, Method to obtain the laws of nature

۲. حسن بلوری، 'روش دستیابی به قوانین طبیعی'، منتشر شده در سایت‌های پارسی‌زبان، ماه می سال ۲۰۲۲

3. Hassan Bolouri, Are the laws of nature changing?

۳. حسن بلوری، 'آیا قوانین طبیعی تغییر می‌کنند؟'، منتشر شده در سایت‌های پارسی‌زبان، ماه اوت سال ۲۰۲۲

4. Hassan Bolouri, The big problems of the universe: the moment the universe began

۴. حسن بلوری، 'مسائل بزرگ جهان هستی ـ لحظه آغاز کیهان'، منتشر شده در سایت‌های پارسی‌زبان، ماه ژوئن سال ۲۰۲۴

5. Hassan Bolouri, Vacuum and its structure – a discussion about "Nothing".

۵. حسن بلوری، 'خلاء و ساختار آن'، منتشر شده در سایت های پارسی زبان، ماه آوریل سال ۲۰۲۳

6. https://www.spektrum.de/lexikon/physik/energie/4311

7. https://home.uni-leipzig.de/energy/energie-grundlagen/01.html

8. https://fa.wikipedia.org/wiki/%D8%A7%D9%86%D8%B1%DA%98%DB%8C_%D9%86%D9%82%D8%B7%D9%87_%D8%B5%D9%81%D8%B1

9. Hassan Bolouri, Quantum Cosmos: The Origin of the Universe

۹. حسن بلوری، 'کیهان کوانتومی ـ منشاء هستی'، منتشر شده در سایت‌های پارسی‌زبان، ماه جولای سال ۲۰۲۳

10. Hassan Bolouri, Big Bang

۱۰. حسن بلوری، 'مهبانگ و پیدایش جهان ـ مهبانگ کجا بود و پیش از مهبانگ چه بود؟'، این مقاله اولین‌بار در تاریخ ۱۳۹۲,۱۲,۰۱ به‌صورت سخنرانی ارائه و در کتاب پژوهش‌هائی در نجوم، دانشگاه صنعتی شریف ۱۳۹۷، منتشر شده است.

11. Hassan Bolouri, White hole, Wormhole, Black hole

۱۱. حسن بلوری، 'مفهوم ماده در تراکم‌های بسیار بالا: سفیدچاله، کرم‌چاله، سیاه‌چاله'، منتشر شده در سایت‌های پارسی‌زبان، ماه اوت سال ۲۰۲۰

12. https://www.mpg.de/10847063/aei_jb_2016

13. Hassan Bolouri, Quantum gravity

۱۳. حسن بلوری، 'گرانش کوانتومی'، منتشر شده در سایت‌های پارسی‌زبان، ماه می سال ۲۰۲۳

14. Albert Einstein, ‚Physik und Realität', In: Journal of The Franklin Institute, Vol. 221 March 1936 Nr. 3

xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx