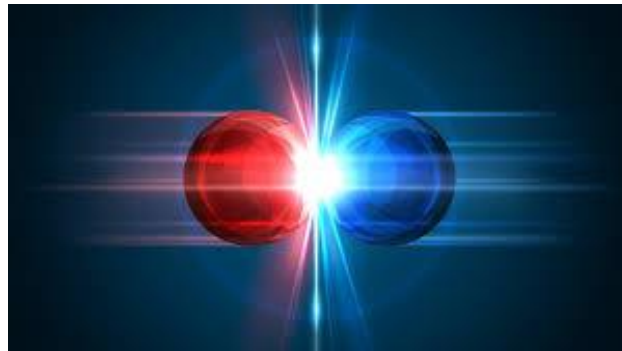


چرا به جای هیچ، چیزی وجود دارد؟

ماده و پادماده



Why is there something rather than nothing?

چکیده:

"چرا به جای هیچ، چیزی وجود دارد؟" پرسشی است که بنظر اولین بار گتفرید ویلهلم لایبنیتز، فیلسوف و ریاضیدان آلمانی ۱۶۴۶-۱۷۱۶، مطرح کرده است. این پرسش به "پرسش اساسی" معروف است.^۱

پاسخ درست به "پرسش اساسی" در گرو تعریفی است که از "هیچ" می‌کنیم. فیلسوفان اغلب از "هیچ" تفسیری مانند "نیستی" یا "عدم" دارند و قرن‌هاست که در باره‌ی آن بحث می‌کنند. "نیستی" یا "عدم" چه معنایی دارند؟ فیزیکدان‌ها از "هیچ" تعریفی مانند کمیت فیزیکی "چیز" دارند. "هیچ" فیزیکی عینی، قابل اثبات و استدلال علمی (کوانتوم فیزیکی) است.^۲

بدیهی است که پاسخ علمی تنها در حیطه فضا‌زمان معنا دارد. "خارج از فضا‌زمان" در جستجوی معنا و تفسیر بودن یعنی متافیزیک را جایگزین دنیای عینی (ابژکتیو) کردن که روی‌کردی غیر علمی (غیر فیزیکی) محسوب می‌شود. شرط ارائه پاسخ علمی از جمله شناخت درست از مفهوم فضا، زمان، ماده، علت شکل‌گیری و چپستی‌شان می‌باشد.

ما "هیچ" را به معنای فیزیکی آن منظور می‌داریم. "هیچ" فیزیکی یعنی همان "تقارن اولیه" که در مقاله پیشین تحت عنوان "تقارن: کلید شناخت کیهان"^۳ توضیح داده شد. برای یادآوری در پیوست تعریف مفهوم تقارن و شکست تقارن را که در آن مقاله بیان داشتیم نقل قول می‌کنم.

در این مقاله می‌خواهم پرسش ذکر شده در عنوان مقاله را از دیدگاه علمی، خاصه علم فیزیک، بررسی نموده و توضیح دهم که چگونه از "هیچ" فیزیکی ساختارهایی از ماده و پادماده بوجود می‌آیند و بعکس، یعنی چگونه از این ساختارهای مادی "هیچ" فیزیکی شکل می‌گیرد. صحت هر دوی این حالت‌ها در نیمه اول قرن بیستم هم به شکل نظری و هم به شکل آزمایشی به اثبات رسیده است. فیزیک حاضر مقدار ماده و پادماده را در آغاز کیهان (تقارن اولیه) برابر هم ارزیابی می‌کند. در آن وضعیت ماده و پادماده بی‌وقفه از انرژی بوجود می‌آمدند و به انرژی تبدیل می‌شدند. اما اکنون عمدتاً ساختارهایی از ماده (کهکشان‌ها، ستارگان، سیاره‌ها و ...) را شاهدیم. چه عواملی سبب غلبه ماده بر پادماده شده است؟ پادماده کجاست؟ پاسخ دانش فلسفه و علم فیزیک به "پرسش اساسی" چیست؟

پیش‌گفتار:

فیلسوفان قرن هاست این پرسش را مطرح می‌کنند که چرا چیزی (ماده) وجود دارد. برای مثال لایبنیتز می‌پرسد "چرا به‌جای هیچ، چیزی وجود دارد؟". البته پرسش چرا ماده وجود دارد تنها پرسش فلسفی نیست بلکه پرسشی است که علم فیزیک نیز مطرح می‌کند. به‌همین خاطر فیزیکدان‌ها همچون فیلسوفان در تلاش‌اند پاسخی برای آن بیابند. فیزیکدان‌ها پژوهش خود را نه از "عدم" (؟) بلکه از "هیچ" فیزیکی شروع نموده و معتقدند که در لحظه "تلنگر" به "هیچ" فیزیکی ("مهبانگ") مقدار ماده و پادماده‌ی بوجود آمده یکسان بوده است. اما به علتی که هنوز برایمان کاملاً روشن نیست میان این دو کمیت فیزیکی عدم‌تقارن ایجاد می‌شود و ماده بر پادماده غلبه می‌کند. از این‌روست که ما اکنون عمدتاً شاهد حضور ماده هستیم. در طول دهه‌های گذشته فیزیکدان‌ها متوجه شدند که علاوه بر مفهوم تقارن شناخت از مفهوم عدم‌تقارن (Asymmetry) بسیار با اهمیت است و می‌تواند چرایی غلبه ماده بر پادماده را روشن کند. با این استدلال که اگر تمامی ذرات و پادذرات از قوانین یکسانی پی‌روی می‌کردند جهان مادی نمی‌توانست شکل بگیرد و همچنان وضعیتی مشابه 'تقارن اولیه' حاکم بود. یعنی، همه چیز در مفهوم انرژی (پرتو) خلاصه می‌شد و اثری از فیلسوف نبود تا پرسشی مانند "چرا به‌جای هیچ، چیزی وجود دارد؟" را مطرح کند. در مقابل فیزیکدان می‌پرسد: "چرا به‌جای چیزها، هیچ وجود ندارد؟" ما می‌خواهیم علت رویداد عدم‌تقارن در کمیت‌های ماده و پادماده را بدانیم. با کسب اطلاع از این امر مهم می‌توان شکل‌گیری دنیای مادی و ساختارهای مادی (بی‌جان و جان‌دار از جمله انسان) را مستدل نمود.

"پرسش اساسی" ("چرا به‌جای هیچ، چیزی وجود دارد؟") یکی از بنیادی‌ترین پرسش‌ها تلقی می‌شود. آیا این پرسش پرسشی معطوف به "خارج از فضا‌زمان" نیست؟ یعنی آیا "پرسش اساسی" در اصل در پی پاسخی "خارج از فضا‌زمان" از درون فضا‌زمان نمی‌باشد؟ آیا "پرسش اساسی" رویکردی متافیزیکی ندارد؟ پرسشی که نگارنده را بیاد وضعیت ماهی در تنگ آب، و گفته‌ی پاپ سیمپلیسیوس *Simplicius*، ایتالیایی و پاپ کلیسای کاتولیک از سال ۴۶۸ تا ۴۸۳، می‌اندازد که در رابطه با مفهوم فضا می‌گفت:

اگر فضا محدود بود، می‌شد به انتهای آن رفت و سعی کرد دست را به آن طرف دراز نمود... .

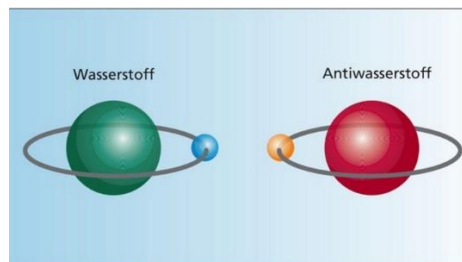
شاید پاپ نامبرده به "پرسش اساسی" نیز این‌گونه پاسخ می‌داد:

اگر فضا محدود بود، می‌شد به بیرون آن رفت و سعی کرد دید چرا به‌جای هیچ، چیزی وجود دارد.

روشن است که پدیده‌های طبیعی می‌باید با روش‌های منطقی و آزمایشی مستدل شوند.^۳ اولین کسی که نظریه‌ای درخور تأمل به چرایی غلبه ماده بر پادماده ارائه نمود آندره دیمیتروویچ ساخاروف^۴، فیزیکدان شوروی ۱۹۲۱-۱۹۸۹، بود. نظریه ساخاروف که در سال ۱۹۶۷ ارائه نمود می‌گوید، شاید همه‌ی ذرات کوانتومی کاملاً متقارن نیستند. به این معنا که برای مثال ذرات و پادذراتی وجود داشته باشند که از قوانین خاصی تبعیت نموده، عدم‌تقارن میان ماده و پادماده را سبب گشته و در نهایت ذرات مادی بیشتری نسبت به پادذراتشان باقی مانده‌اند. در یک چنین سناریویی برای لحظات آغازین کیهان سرنوشت پادذرات روشن است. به این معنا که ذرات و پادذرات یکدیگر را نابود کرده، به انرژی تبدیل شده، و تنها "کمی" ذرات (باریونی) باقی می‌مانند و از این ذرات باریونی باقی مانده دنیایی که می‌شناسیم شکل گرفته است. پادذرات و ذرات تبدیل شده به انرژی (پرتو) می‌باید که در کیهان حضور داشته باشند. در سال ۱۹۶۴ بر حسب اتفاق این پرتو از جانب دو فیزیکدان آمریکائی، آرنو پنزاس و روبرت ویلسون، کشف شد؛ معروف به پرتو یا تابش پس زمینه. در هر مترمکعب کیهان که بزرگی آن خارج از تصور آدمی است حدود ۴۰۰ فوتون (ذرات نور) وجود دارد. کمیت غیرقابل تصور تابش پس زمینه گویای آن است که چه تعداد عظیمی ذرات و پادذرات در آن لحظات اولیه دوباره به انرژی تبدیل شده‌اند.

ماده و پادماده:

اختلاف عمده ذرات با پادذرات (ماده با پادماده) در بارالکتریکی (مثبت یا منفی) آن‌هاست. هر ذره پادذره خود را دارد و در صورت برخورد با یکدیگر هر دو نابود (محو) شده به انرژی (پرتو، تابش) تبدیل می‌شوند. برای مثال می‌توان از پادپروتون (بارالکتریکی منفی) به‌عنوان پادذره پروتون (بارالکتریکی مثبت)، پوزیترون (بارالکتریکی مثبت) به‌عنوان پادذره الکترون (بارالکتریکی منفی) و پادنوترون به‌عنوان پادذره نوترون (بارالکتریکی خنثی) نام برد. پادماده نوعی ماده است که بعکس ماده از پادذرات تشکیل شده است. عناصر شیمیایی (اتم‌ها) از الکترون‌ها در مدار و پروتون‌ها و نوترون‌ها در هسته اتم تشکیل شده‌اند. اما پادعناصر (پاداتم‌ها) از پوزیترون‌ها در مدار و پادپروتون‌ها و پادنوترون‌ها در هسته پاداتم تشکیل شده‌اند. پاداتم‌ها و پادملکول‌ها در طبیعت ناشناخته شده‌اند. ولیکن در سال ۱۹۹۵ فیزیکدان‌ها توانستند پادهیدروژن (پاداتم هیدروژن) را در آزمایشگاه تولید کنند:



هیدروژن

پادهیدروژن

تاریخچه پادماده:

در سال ۱۹۲۸ پاول دیراک، فیزیکدان انگلیسی ۱۹۰۲-۱۹۸۴، وجود پادماده (پادالکترون یا پوزیترون) را بطور نظری با استفاده از نظریه نسبیت خاص اینشتین پیش‌بینی نمود. در سال ۱۹۳۲ کارل آندرسون، فیزیکدان آمریکایی ۱۹۰۵-۱۹۹۱، پوزیترون (پادذره الکترون) را در پرتو کیهانی کشف کرد.

پیش‌تر، یعنی در دهه هشتاد قرن نوزدهم ویلیام هیکس، ریاضی و فیزیکدان انگلیسی ۱۸۵۰-۱۹۳۴، احتمال وجود ماده منفی (negative matter) را داده بود. مقوله پادماده (antimatter) اولین بار در سال ۱۸۹۸ در نوشته‌های آرتور شوستر، فیزیکدان انگلیسی ۱۸۵۱-۱۹۳۴، ذکر شده است. شوستر حدس می‌زد که منظومه‌های متشکل از پادماده وجود داشته باشند اما نمی‌توان آن‌ها را از راه مشاهده از منظومه‌های متشکل از ماده تفکیک نمود.

اشاره: توجه داشته باشیم که پادماده و ماده منفی دو مقوله متفاوت می‌باشند. اختلاف ماده با پادماده عمدتاً در بارالکتریکی (مثبت یا منفی) این دو است. اما اختلاف ماده با ماده منفی در علامت مثبت یا منفی جواب معادله نسبیتی اینشتین $[E^2 = (mc^2)^2 + p^2c^2]$ است: انرژی (جرم) مثبت یا انرژی (جرم) منفی.

در نیمه دوم قرن بیستم فیزیکدان‌ها موفق به کشف پادپروتون (۱۹۵۵) و پادنوترون (۱۹۵۶) و در سال ۱۹۹۵ به اثبات اتم پادهیدروژن شدند. اتم هیدروژن، به‌عنوان سبک‌ترین عنصر از عناصر جدول شیمیایی، از یک الکترون در مدار اتم و یک پروتون در هسته اتم و بعضاً با نوترون، تشکیل شده است. اما پادهیدروژن آزمایشگاهی از یک پوزیترون در مدار پاداتم و یک پادپروتون در هسته پاداتم تشکیل شده بود (عکس بالا). در سال ۲۰۱۱ فیزیکدان‌ها موفق به تولید هسته اتم پادهلیوم و همچنین ۳۰۹ پاداتم هیدروژن در دمای نزدیک به یک کلوین و حفظ آن‌ها به مدت تقریباً ۱۷ دقیقه برای مطالعه خواصشان شدند. این موضوع از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است. به این خاطر که کسب اطلاع از ویژگی‌های

پادماده می‌تواند به درک ما از مسئله شکست تقارن اولیه و چرائی غلبه ماده بر پادماده یاری رساند. هرچه زمان حفظ پادذرات و پاداتم‌ها را طولانی‌تر کنیم به‌همان نسبت فرصت بیشتری برای بررسی خواص آن‌ها خواهیم داشت. در سال ۲۰۱۷ فیزیکدان‌ها (سرن) موفق شدند ذرات پادپروتون را برای مدت یکسال حفظ و روی آن‌ها مطالعه کنند.

اشاره: از نزدیک به نیم قرن پیش از پوزیترون‌ها در پزشکی هسته‌ای، بُرش‌نگاری نشر پوزیترون، PET (Position Emission Tomography)، استفاده می‌شود. این روش بُرش‌نگاری، اولین بار (از مغز) در سال ۱۹۷۶ از جانب عباس علوی، عصب‌شناس ایرانی - امریکائی ۱۹۳۸*، بکار گرفته شد.

اشاره: یک انسان ۸۰ کیلوگرمی در هر ساعت حدود ۱۸۰ پوزیترون (پادالکترون) پرتوزائی می‌کند. علت این پرتوزائی وجود ایزوتوپ پتاسیم ۴۰ در پیکر آدمی است.^۲

ماده و کیهان:

اندازه‌گیری‌ها نشان می‌دهند که در ازای هر یک میلیارد 'جفت ذره - پادذره' که به انرژی تبدیل شدند تنها یک ذره (ماده) باقی مانده است. مقایسه این دو کمیّت چنان می‌نماید که مقدار ذرات باقی مانده چندان چشمگیر نیست. اما مقدار ذرات باقی مانده کافی برای شکل‌گیری کیهان بود. جالب است بدانیم که ماده موجود کیهان ۹۹/۸ درصد از انرژی اتصالی تشکیل شده است.^۶ گفتیم که چرائی و چگونگی پروسه‌های لحظات آغازین کیهان هنوز کاملاً روشن نشده‌اند. اما می‌باید که در آن لحظات (پس از شکست تقارن اولیه) عدم تقارن رخ داده باشد. مدل استاندارد^۳ فیزیک کوانتوم توان توضیح کامل چنان پروسه‌هایی را ندارد. به‌همین خاطر فیزیکدان‌ها در آزمایشگاه‌ها از جمله در سرن (ژنو) در تلاش برای یافتن پاسخ علمی به چرائی رخداد عدم تقارن هستند. آن‌ها تاکنون موفق شده‌اند تفاوت‌هایی را میان ذرات و پادذرات (ماده و پادماده) پیدا کنند. برای مثال اثبات شکست تقارن ماده و پادماده در ذرات مزون (CP-violation; D0-Meson). اما این یافته‌ها هنوز کافی برای توضیح عدم توازن ذکر شده نیستند.

کیهان دو قطبی؟:

آزمایش‌های دیگری در پی تایید نظریه‌ای هستند که وجود پاداتم‌ها را در کیهان پیش‌بینی می‌کند. چنانچه فیزیکدان‌ها موفق شوند برای مثال اتم‌های پادسلیکون (پاداتم عنصر سلیکون) را در طبیعت پیدا کنند می‌توان آن را نشانه‌ای برای پروسه‌ای در لحظات آغازین کیهان تلقی نمود که سبب جدائی ماده از پادماده شده است. در این صورت می‌باید بخشی از کیهان مملو از پادماده (پادکهنشان‌ها، پادستارگان و ...) باشد. یعنی، کیهانی داریم دو قطبی که در یک قطب آن ماده و در قطب دیگرش پادماده است. بی‌گمان می‌توان سناریوهای دیگری را نیز تصور نمود. برای مثال، در بخش‌هایی از کیهان ذرات فرضی "آکسیون‌ها Axions" از آن ماده تاریک و در بخش‌های دیگر ذراتی از آن انرژی تاریک باشند.

نوترینو و کیهان:

یکی دیگر از حالت‌های ممکن برای لحظات آغازین کیهان حضور ذراتی به نام نوترینو است. ذراتی که در عین حال می‌باید پادذرات (پادنوترینو) خود نیز باشند. (مانند ذره نوترون ذکر شده در بالا با بار الکتریکی خنثی) فیزیکدان‌ها برای کسب اطلاع از جرم نوترینوها آزمایش‌های بسیار گسترده‌ای را انجام داده و می‌دهند. طبق نظریه‌های ارائه شده امکان داده می‌شود که عدم توازن ایجاد شده میان ماده و پادماده به علت وجود نوترینوهای "سنگین" کشف نشده باشد. این نوع نوترینوها، به‌خاطر آن‌که قادرند سریع حالت غیرنسبیتی پیدا نمایند، یعنی توان تشکیل ساختار در آغاز کیهان را دارند، کاندیدای خوبی برای ماده تاریک محسوب می‌شوند. اما تاکنون هیچ نشانه‌ای از این نوع نوترینوها مشاهده نشده است.

فلسفه و "پرسش اساسی":

انسان از دوران‌های دور تا فلسفه تحلیلی و فلسفه مدرن پرسش‌های مشابه و متفاوت از پرسش لایبنیتز را در باره ماده و چرایی وجود آن مطرح و پاسخ‌هایی را هم ارائه کرده است. ما در اینجا تنها به ذکر دو نوع، یکی مشابه و دیگری متفاوت از 'پرسش لایبنیتز'، اکتفا می‌کنیم؛ شکل مشابه از فریدریش شلینگ و شکل متفاوت از آرتور شوپنهاور. فریدریش شلینگ، فیلسوف آلمانی ۱۷۷۵-۱۸۵۴، عبارتی مشابه عبارت لایبنیتز دارد. او می‌پرسد: چرا هیچ چیز نیست، چرا اصلاً چیزی وجود دارد؟ واضح است که شلینگ و لایبنیتز در اساس دیدی یکسان به موضوع دارند. در مقابل آرتور شوپنهاور، فیلسوف آلمانی ۱۷۸۸-۱۸۶۰، نظری متفاوت از این دو ارائه می‌دهد. شوپنهاور می‌گوید: بهتر که چیزی نباشد تا چیزی باشد. این دیدگاه نوعی چرخش در نگاه به بستر طرح پرسش را نشان می‌دهد. می‌توان گفت که شوپنهاور "پرسش اساسی" را از حالت پرسش بسوی رد یا تایید چیزی سوق داده و نبودن آن چیز را به بودنش ترجیح می‌دهد (و اما اراده‌اش به زندگی؟). بی‌شک پرسش‌هایی از این دست و تلاش برای یافتن پاسخ آن‌ها در طول زمان به توسعه دانش فلسفه و همچنین عرصه‌های دیگر، مانند زبان‌شناسی، یاری رسانده‌اند. اما آیا فلسفه توانسته است پاسخ قانع‌کننده‌ای به "پرسش اساسی" بدهد؟

در اینجا لازم است پیش از پرداختن به پاسخ دانش فلسفه به "پرسش اساسی" به مطلب مهمی اشاره کنم و آن این است که بدانیم پرسش‌ها همواره چشم‌اندازی از پاسخ را در خود مستتر دارند. بی‌شک پرسش "چرا به‌جای هیچ، چیزی وجود دارد؟" نیز از این قاعده کلی مستثنی نیست. ما با طرح پرسش و انتخاب روش و جهت جستجو (آگاهانه یا ناآگاهانه) عملاً نوع پاسخ دریافتی، علمی یا غیرعلمی (متافیزیکی)، را تعیین می‌کنیم. از این‌رو بسیار مهم است که نسبت به این مطلب حساس باشیم و با آگاهی به این امر و ملاحظه دست‌آوردهای علمی و در عین حال دوری از باورهایی که از گذشته‌های دور در ذهنمان نقش بسته‌اند پاسخ یا پاسخ‌های ارائه شده‌ی دانش فلسفه به "پرسش اساسی" را نقد کنیم.

فلسفه مدرن پاسخ به "پرسش اساسی" را تنها با فرض (premise) چیزی که همواره وجود داشته است ممکن می‌داند. توضیح چیز فلسفی به‌عده‌ی فیلسوفان است. این موضع‌گیری نشان می‌دهد که فلسفه جدید به یافته‌های علم فیزیک بی‌توجه نبوده، از نهلیسم (هیچ‌انگاری) و از مقوله‌های "عدم" و "نیستی" فاصله می‌گیرد. با این حال هستند هنوز بسیاری کسان که می‌کوشند با طرح پرسش‌هایی از جنس "پیش از مهبانگ چه بوده است؟" در برابر حرکت فلسفه مدرن مانع ایجاد کرده و از موضع متافیزیکی خود دفاع کنند. این تلاش غیرعلمی عمدتاً با طرح پرسش 'علت فلان معلول چیست؟' آغاز می‌شود و زنجیروار ادامه می‌یابد تا آن‌جا که از سطح دانش و علم عصر فراتر رفته، حالت غیرواقعی پیدا کرده، به ناکجاآباد کشانده شده، و در نهایت علت (پاسخ) را در ماورالطبیعه دیده و نظر خود را "ثابت" شده می‌پندارند. (بعضاً حتی از طریق تغییر شکل نوشتاری کلمات، برای مثال Nichts به‌جای nichts)^۷

بی‌شک ما در برابر عظمت آنچه هست و این‌که هست مبهوت و حیرت‌زده‌ایم. اما آیا درست است بدون رنج کسب معرفت پاسخ را در ماورالطبیعه بدانیم؟ تعجب و حیرت انسان از عظمت کیهان و حضور خود در آن کاملاً طبیعی و بسیار هم به‌جاست. اما اگر ما واقعا در پی کشف اسرار طبیعت و خواهان پاسخ علمی به "پرسش اساسی" هستیم لازم است که با شکیبائی به پژوهش بپردازیم و به قول ماکس بورن، فیزیکدان آلمانی ۱۸۸۲-۱۹۷۰، "اعتماد به فکر مجرب نکرده، زبان رمزی طبیعت را از اسناد طبیعت، یعنی از واقعیت‌های تجربی، بخوانیم".^۸ "چرای" "پرسش اساسی" تا روشن شدن تمامی (؟) زوایای کیهان از جمله آنچه در بخش‌های پیشین ذکر شد و آنچه در آینده به‌عنوان مسئله در انتظارمان است ادامه خواهد یافت. بی‌تردید رمزگشائی اسرار هستی براحتی میسر نیست. اما معتقدم که تلاش در این راه در عین دشواری زیباترین یا حداقل یکی از زیباترین صحنه‌های فعالیت تاریخ بشر است.

پیوست:

"تقارن (symmetry) 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. برای مثال، اندام آدمی و اعضای آن (ارگان‌ها، بافت‌ها، سلول‌ها و مولکول‌ها) هر کدام بشکلی دارای تقارن هستند. با توجه به حضور تقارن‌ها در ساختارهای طبیعی بررسی 'فلسفه طبیعی' با مفهوم تقارن بدیهی می‌نماید. مطالبی که تنها منحصر به عصر ما نمی‌شود، چرا که پیشینیان ما از هزاران سال قبل به اهمیت تقارن‌ها پی‌برده و با بهره‌گیری از آن‌ها آثار قابل ملاحظه‌ای را نیز آفریده‌اند. درک اهمیت مفهوم تقارن و استفاده وسیع از آن در بررسی‌های نظری علوم پایه، خاصه علم فیزیک، سبب توسعه سریع این علوم و همچنین دست‌آوردهای فنی - صنعتی بی‌شمار در یک قرن گذشته شده است.

تعریف تقارن: حالت یک سیستم فیزیکی که در پی یک انتقال (transformtion) ثابت (invarianz) می‌ماند. برای مثال: دوران نود درجه‌ای گوشه‌های یک مربع (گروه گسسته) و یا دوران نقاط یک دایره دور مرکز دایره (گروه پیوسته) و با ثابت ماندن فرم قوانین نیوتنی در انتقال میان سیستم‌های آختی. تشریح و بیان ریاضی تقارن‌ها در نظریه‌ای به نام نظریه گروه (group theory) ارائه می‌گردند.^{۱۲}

شکست تقارن: تقارن و شکست تقارن (symmetry breaking) دو مقوله بسیار مهم و تعیین کننده برای درک و تشریح کنش و واکنش‌ها در سطوح مختلف طبیعت از ذرات بنیادی تا کل کیهان می‌باشند. بدون درک درست از مفهوم تقارن و شکست تقارن فهم شکل‌گیری کیهان و ساختارهای بی‌شمار آن ناممکن است. چرا که شکل‌گیری کیهان به شکست تقارن، شکست تقارن اولیه در آغاز کیهان، نسبت داده می‌شود. فیزیک حاضر شکست تقارن اولیه و شکست تقارن‌های بعدی را علت شکل‌گیری ۴ نیروی پایه‌ای (قوی، ضعیف، الکترومغناطیسی و گرانشی) در کیهان می‌داند.^۳

مراجع:

1. Rico Hauswald, Jens Lemanski, Daniel Schubbe (Hg), Warum ist überhaupt etwas und nicht vielmehr nichts?, Blaue Reihe, Felix Meiner Vlg, Hamburg 2013
2. Harald Fritzsch, Quantenfeldtheorie; wie man beschreibt, was die Welt im Innersten zusammenhält; Springer Spektrum-Verlag, Berlin Heidelberg, 2015
3. Hassan Bolouri, Symmetry: the key to recognizing the cosmos, 2020, March
- ۳ حسن بلوری، تقارن: کلید شناخت کیهان، ماه مارچ ۲۰۲۰، منتشر شده در سایت‌های فارسی زبان
4. Andrej Dmitrievic Sacharov, Violation of CP Invariance, C Asymmetry and Baryon Asymmetry of the Universe, JETP Letters, Bd 5, 1967
5. G. Baur et al., Production of Antihydrogen, Physics Letters B. 368, 1996
6. Quant, Uni-Graz, Der Aufbau der Materie im sichtbaren Universum, Artikel 8
7. Rudolf Carnap, Überwindung der Metaphysik durch logische Analyse der Sprache; im Internet verfügbar
8. Max Born, Experiment und Theorie in der Physik, Physik Verlag, Mosbach/Baden, 1969, Experiment and Theory in physics, King's Colleg, 1943

عکس‌ها از اینترنت