

## نقض قانون بقای انرژی

مقدمه

حتماً در فیزیک دبیرستان با این جمله حداقل یک بار مواجه شده اید :

« طبق قانون بقای انرژی ، در جهان ما انرژی نه خود به خود از بین می رود و نه خود به خود به وجود می آید ، بلکه از صورتی

به صورت دیگر تبدیل می شود . »

این فرمول معروف فیزیک را نیز در کتابها و یا مقاله های متعدد دیده اید :

$$E = mc^2$$

که یکی از اصل های نسبیت خاص است که بیان می کند ماده هم صورتی از انرژی است و ما می توانیم ماده را به انرژی و انرژی را به ماده تبدیل کنیم و در این میان هیچ مقدار انرژی از بین نمی رود . ولی در چند دهه ی اخیر در فیزیک ذرات بنیادین یا فیزیک کوانتوم نمونه هایی از نقض قانون بقای انرژی در آشکار سازها و شتاب دهنده<sup>۱</sup> ها دیده شده است که همواره مایه ی تعجب و شگفت بوده است . حتماً با کمی دقت و ریزنگری می توان فهمید که نقض شدن یک قانون در یک علم به خاطر بقای قانونی دیگر در آن است که این امر در آزمایش های متعدد ثابت شده است . البته گفتنی است که نقض بقای انرژی را نمی توان در طبیعت مشاهده کرد .

شاید قبل از مطالعه کامل این مقاله عنوان مقاله برای شما تعجب آور و غیر قابل قبول باشد ولی این حقیقتی است که دانشمندان فیزیک ذره ای در آزمایش های متعدد با آن رو به رو می شوند و مطالعات خود را با وجود این احتمال ادامه می دهند . در این مقاله به چند مورد از نمونه های نقض قانون بقای انرژی در فیزیک کوانتوم و کیهان شناسی<sup>۲</sup> اشاره خواهیم کرد تا بیشتر به اصل مطلب پی ببرید .

نقض قانون بقای انرژی در تلاشی<sup>۳</sup> نوترون :

بر هم کنش<sup>۴</sup> های بین ذرات بنیادی تصادفاً رخ نمی دهد بلکه تابع مجموعه ای از اصول کلی به نام قوانین بقا می باشد . یک فیزیکدان هنگامی می گوید کمیتی بقا دارد<sup>۵</sup> ، که این کمیت ضمن فرآیند فیزیکی خاصی تغییر نکند . یکی از این اصول بقای انرژی<sup>۶</sup> است . انرژی یک سیستم ایزوله تغییر نمی کند و ما از این حقیقت استفاده می کنیم و نشان می دهیم که یک ذره نمی تواند محصولات تلاشی سنگین تر از خودش تولید کند . ولی آنچه در آزمایشات کوانتومی دیده شده ، انرژی جرمی محصولات تلاشی بزرگتر از انرژی جرمی ذره اصلی بوده است ، بدین معنی که انرژی کل سیستم ضمن تلاشی افزایش می یابد . این رویداد نقض

Acceleron. 1

Cosmology. 2

Decay. 3

Interaction. 4

Conserved. 5

Conservation of energy. 6

مستقیم قانون بقای انرژی است و از این رو در طبیعت رخ نمی‌دهد. این مثال یک فایده کمی اصول بقا را نشان می‌دهد، این اصول به ما می‌گویند که چه واکنش‌هایی در طبیعت رخ می‌دهند و همچنین چرا واکنش‌هایی که این قانون را نقض می‌کنند هرگز در طبیعت دیده نمی‌شوند.

یک قانون بقای بسیار مهم دیگر به نام بار الکتریکی حاکم است. اگر بار الکتریکی در واکنشی حاکم باشد، چنانچه بار الکتریکی ذراتی که وارد یک واکنش می‌شوند را با هم جمع کنیم و آن را با مجموع بار ذرات تولید شده مقایسه نمائیم، این دو عدد باید مساوی هم باشند. مثلاً تلاشی نوترون را می‌توان بدین گونه نشان داد:

$$n \Rightarrow p + \bar{e} + \bar{\nu}$$

که در آن حرف ( $\bar{\nu}$ ) معرف پادنوترونیو،  $\bar{e}$  معرف پوزیترون<sup>۷</sup> و  $p$  معرف پروتون است. بار کل در آغاز صفر است، زیرا نوترون از نظر الکتریکی خنثی است. بار کل در پایان برابر است با:

$$(p: +\lambda) + (\bar{e}: -\lambda) + (\bar{\nu}: \cdot) = 0$$

و این همانگونه است که انتظار می‌رفت. گر چه بقای انرژی تلاشی نوترون به صورت مقابل را مجاز می‌داند:

$$n \rightarrow p + \nu + \bar{e}$$

ولی بقای بار الکتریکی بار از وقوع آن ممانعت می‌کند، زیرا لازمه‌ی چنین واکنشی آن است که بار کل سیستم ضمن تلاش از صفر به +۱ تغییر کند. یکی از راه‌های اندیشیدن در مورد این نتیجه چنین است که منظور از اینکه می‌گوئیم قانون بقای بار، تلاشی نوترون به شکل فوق را منع می‌کند آن است که زمان لازم جهت وقوع این تلاشی - که در آن بقای انرژی جاری است - بی‌نهایت است. بار نمونه‌ی چیزی است که فیزیکدانان آن را تقارن درونی سیستم<sup>۸</sup> می‌نامند. بار الکتریکی یک ذره با سرعت حرکت آن یا چرخش حول محورش رابطه‌ای ندارد. بار یک کمیت کاملاً مجزا است که از مجموعه قوانین خاص خود پیروی می‌کند. تا جایی که می‌دانیم بقای بار قانونی دقیق و جهانی است و در هیچ جای طبیعت یا هیچ نمونه نقضی در آن مشاهده نشده است. با این همه تقارن‌های درونی دیگری وجود دارد که تا این اندازه جهانی و عام نیستند، این قوانین به جای آنکه مانعی در برابر واکنش خاص محسوب شوند، فقط ایجاب می‌کنند که آن واکنش بسیار کندتر از آنچه انتظار می‌رود، رخ می‌دهد.

نقض قانون بقای انرژی در "اصل عدم قطعیت" و "تابش هاوکینگ"<sup>۹</sup>:

ابتدا بهتر است برای تفهیم بیشتر، "اصل عدم قطعیت هایزنبرگ" را کاملاً بازگو کنیم:

<sup>7</sup> AntiElectron.

<sup>8</sup> Internal symmetry of system.

<sup>9</sup> Hawking ray.

برای آنکه وضعیت و سرعت بعدی ذره ای را پیش بینی کنیم باید بتوانیم وضعیت و سرعت فعلی آن را به دقت اندازه بگیریم . بدیهی است برای اندازه گیری باید ذره را در مسیر پرتو نور مورد مطالعه قرار دهیم . برخی از امواج نور به وسیله ذره پراکنده خواهند شد و در نتیجه وضعیت ذره مشخص می شود . اما دقت اندازه گیری وضعیت یک ذره بنا گذر از فاصله بین تاجهای متوالی موج نور - که در ابعاد میکرو هستند - کمتر است در نتیجه برای تعیین دقیق وضعیت یک ذره باید از نوری با طول موج کوتاه استفاده کرد ، اما بنا بر " فرضیه کوانتوم پلانک " <sup>۱۰</sup> ، نمی توانیم هر قدر دلمان خواست مقدار نور را کم اختیار کنیم ؛ پس دست کم باید یک کوانتوم نور مصرف کنیم ! این کوانتوم ذره را متأثر خواهد کرد . از این گذشته برای آنکه وضعیت ذره را هر چه دقیقتر اندازه بگیریم ، باید از نوری با طول موج کوتاهتر استفاده کنیم و بنابراین انرژی هر کوانتوم بیشتر می شود ، در نتیجه سرعت ذره بیشتر دستخوش تغییر می شود . به دیگر سخن هر چه بکوشیم وضعیت ذره را دقیقتر اندازه گیری کنیم دقت اندازه گیری سرعت آن کمتر می شود و بر عکس .

" هایزنبرگ " <sup>۱۱</sup> در اصل عدم قطعیت خود نشان داد که عدم قطعیت در تعیین وضعیت ذره ضربدر عدم قطعیت در سرعت آن ضربدر جرم ذره هرگز نمی تواند از " ثابت پلانک " کمتر شود . البته این مطلب را می توان به صورتی دیگر نیز بیان کرد که چنانچه ما انرژی یک سیستم را با دقت زیاد بسنجیم ، به نحوی که عدم قطعیت انرژی بسیار کوچک باشد ، عدم قطعیت در زمان بسیار بزرگ خواهد بود حقیقت را می توانید به صورت زیر تجسم کنیم : به منظور تعیین دقیق انرژی ، باید مدت زمانی دراز سیستم را مشاهده کنیم . نتیجه چنین سنجش طولی المدت ، تعیین انرژی متوسط سیستم در طول آن مدت خواهد بود ولی غیر ممکن است که دقیقاً بگوییم در چه زمانی سیستم دارای آن مقدار انرژی است ، بدین معنی که عدم قطعیت در زمان باید بسیار بزرگ باشد .

" اصل عدم قطعیت هایزنبرگ " را به صورت فرمول های ریاضی به صورت زیر می توان نوشت :

$$(۱) \Delta L_0 \times \Delta V_0 \times m_0 \geq h$$

$$(۲) \Delta E \cdot \Delta t \gg h$$

که در فرمول (۱) ،  $\Delta E$  عدم قطعیت در انرژی و  $\Delta t$  عدم قطعیت در زمان است که حاصل ضربشان باید بسیار بزرگتر از عدد پلانک ( $h$ ) باشد و در فرمول (۲) نیز  $\Delta L_0$  عدم قطعیت در تعیین وضعیت هر ذره ای و  $\Delta V_0$  عدم قطعیت در سرعت آن و  $m_0$  جرم ذره است و در این دو فرمول که منظور مشترکی را بیان می کنند، " $h$ " ثابت پلانک است که برابر  $6.6 \times 10^{-27}$  است . تا اینجا یک آشنایی مختصر با " اصل عدم قطعیت هایزنبرگ " بدست آورده ایم حال طبق این اصل یک پدیده ی نظری را که توسط " استیون ها و کینگ " <sup>۱۲</sup> به نام " تابش ها و کینگ " بیان شده است را بررسی می کنیم :

Quantum theory of Planck (Max Karl Ludwig Planck). <sup>10</sup>

Heisenberg. <sup>11</sup>

Stephen. W. Hawking. <sup>12</sup>

با توجه به "اصل عدم قطعیت مکانیک کوانتوم"، احتمال هر رویدادی همیشه بزرگتر از صفر است یکی از نتایج منطقی آن این است که ما بپذیریم خلأ<sup>۱۳</sup> (فضای تهی) واقعاً تهی نیست. فضای تهی، از ذرات مجازی<sup>۱۴</sup> و از ذرات ماده و انرژی انباشته شده است، ذرات مجازی با اینکه حقیقی نیستند ولی فرض بر وجود آن‌ها همواره در فیزیک کوانتوم رایج و درست بوده است. برای مثال این ذرات برای توضیح کنش<sup>۱۵</sup> فوتون و الکترون لازم هستند.

اگر ما فضا را خلأ فرض کنیم، راه درستی نرفته ایم، در اینجا می‌خواهیم علت آن را ببینیم. اصل عدم قطعیت به این معنی است که ما هیچ‌گاه نمی‌توانیم با دقت کامل، به طور همزمان، مکان و سرعت چند ذره را بدانیم. معنای آن از این هم بیشتر است: ما هرگز نمی‌توانیم کمیت یک میدان (به عنوان مثال: میدان گرانشی یا میدان الکترومغناطیسی) و آهنگ تغییرات آن را همزمان، با دقت کامل تعیین کنیم. هر قدر کمیت میدان را با دقت بیشتر بدانیم، دقت ما در دانستن آهنگ تغییرات آن کاهش خواهد یافت و بالعکس، همچون الاکلنگ. در نتیجه، شدت یک میدان هیچ وقت به صفر نمی‌رسد. صفر هم از نظر کمیت و هم از نظر آهنگ تغییرات میدان، اندازه‌گیری بسیار دقیقی خواهد بود که اصل عدم قطعیت، آن را مجاز نمی‌داند. نمی‌توان فضای خالی داشت، مگر اینکه تمام میدان‌ها دقیقاً صفر باشند. اگر صفر نباشد فضای خالی وجود ندارد.

به جای فضای خالی کامل که اغلب ما تصور می‌کنیم در فضا هست، مقدار حداقلی از عدم قطعیت، اندکی ابهام یا نامعلومی به صورتی داریم که نمی‌دانیم مقدار میدان در فضای خالی چیست. این افت و خیز در مقدار میدان و این لرزش اندک به سوی جوانب مثبت و منفی صفر را که هرگز صفر نمی‌شود، می‌توان به طریق زیر تصور کرد:

زوجهایی از ذرات - زوجهای فوتون‌ها یا گراویتون‌ها - مدام ظاهر می‌شوند، دو ذره به صورت یک جفت در می‌آیند و سپس از هم جدا می‌شوند. پس از فاصله بسیار کوتاه غیر قابل‌تصور، آن دو ذره بار دیگر به هم می‌رسند، و یکدیگر را منهدم می‌کنند. حیاتی کوتاه ولی پر ماجرا دارند. مکانیک کوانتومی به ما می‌گوید که این واقعه همیشه و همه جا در فضای خلأ روی می‌دهد. ممکن است که اینها ذرات واقعی که بتوانیم وجود آنها را با یک آشکار ساز ذرات تشخیص دهیم، نباشند، ولی نباید تصور کرد که آنها ذرات خیالی هستند، حتی اگر آنها ذراتی مجازی باشند. چون می‌توانیم آثار آنها را روی ذرات دیگر تشخیص دهیم. بعضی از این زوجهای ذرات ماده یا فرمیون‌ها هستند. در این حالت از ذرات زوج، هر ذره، پاد ذره دیگری است. با فرض اینکه مقدار کلی انرژی در جهان همیشه ثابت و بدون تغییر است، این سؤال پیش می‌آید که ما چگونه می‌توانیم مسئله این زوج تازه به وجود آمده را با این اصل سازگار کنیم؟ شاید بگوییم این زوجها، با وام گرفتن انرژی، به طور بسیار موقتی به وجود آمده‌اند و آنها به هیچ وجه دائمی نیستند ولی بالاخره خود به خودی به وجود آمده‌اند و این دقیقاً و منطبق با قانون بقای انرژی نیست. می‌گذریم و مطلب را ادامه می‌دهیم: یکی از ذرات این زوج انرژی مثبت و دیگری انرژی منفی دارد. تراز انرژی آنها برابر است و در آخر به مقدار انرژی که در جهان وجود دارد، چیزی اضافه نشده است.

Vacuum. 13

Imaginary particles. 14

Action. 15

اسیتون هاوکینگ استدلال کرد که زوج ذره های بسیاری به طور غیر منتظره در افق رویداد یک سیاهچاله به وجود می آیند و از بین می روند بنا بر تصور ا و ابتدا یک زوج از ذرات مجازی ظاهر می شود ، قبل از اینکه این زوج به یکدیگر برسند و یکدیگر را منهدم کنند ، ذره ای که انرژی منفی دارد از افق رویداد عبور کرده وارد سیاهچاله می شود ، آیا این بدین معنی است که ذره با انرژی مثبت باید همتای بدبخت خود را ، با هدف برخورد و منهدم کردن دنبال کند ؟ نه ، میدان جاذبه در افق رویداد یک سیاهچاله به قدر کافی قوی است که با ذرات مجازی ، حتی با ذرات بدبخت با انرژی منفی کار شگفت انگیزی می کند . میدان جاذبه می تواند آنها را از « مجازی » به « واقعی » تبدیل کند ! این تبدیل ، تغییر قابل ملاحظه ای در زوج به وجود می آورد . آنها دیگر مجبور نیستند با یکدیگر برخورد کرده و یکدیگر را منهدم کنند ، آنها می توانند هر دو مدت بسیار طولانی تری ، جدا از هم وجود داشته باشند . البته ذره با انرژی مثبت نیز می تواند در سیاهچاله بیفتد ، ولی مجبور به چنین کاری نیست . ا و از مشارکت آزاد است ، می تواند بگریزد ، برای یک مشاهده کننده از دور به نظر می آید که از سیاهچاله بیرون آمده است ، در حقیقت این ذره ، نه از بیرون ، بلکه از نزدیک سیاهچاله می آید . در این ضمن همتای او انرژی منفی به سیاهچاله وارد کرده است . تابشی که به این ترتیب از سیاهچاله گسیل می شود ، " تابش هاوکینگ " نامیده می شود . " تابش هاوکینگ " این معنی را می دهد که یک سیاهچاله می تواند کوچک شده و در نهایت کاملاً از بین برود چیزی که یک مفهوم واقعاً اساسی است که تنها ترین راه برای توجیه انقباض بعضی از سیاهچاله است که بر مبنای نقض قانون بقای انرژی بنیان نهاده شده است .

اگر در آشنایی با تلاشی نوترون و همین طور تابش هاوکینگ دقت می کردید می فهمیدید که قانون بقای انرژی به گونه ای در آن ها نقض شده است . هر چند که در مورد وجود این پدیده در خود این نظریات تبصره هایی آمده اما همان اصل مطلب را دچار تغییر چندانی نکرده است . پس نقض شدن قانون بقای انرژی موضوعی نیست که به راحتی از کنار آن گذشت و در آینده جای دارد بیشتر در این باره آزمایش و تحقیق شود .

#### References:

1. The moment of creation - James S.Trefil – Translated into Persian by Dr Gahreman & Saboury -Published 1983 by Ketabiran press.
2. Abrief History of Time, from the big bang to black holes - Stephen W.Hawking – Published 1988 by Bantam Press.
3. Heisenberg Probably Slept Here, the lives, times, and ideas of the great physicist of the 20<sup>th</sup> century – Richard P.Brennan – Translated into Persian by Dr Faghilhy negad - Published 1998 by Ettel'at Publications.
4. Intruduction to ELEMENTRY PARTICLES – David Jeffery Griffiths – Translated into Persian by N.Ghahramany Ph.D - Published 1984 by Nopardazan Press.
5. Ohanyan Physic – Hans C.Ohanian – Translated into Persian by N.Maleky - Published 1995 by Markaz Publication.