

$E = mc^2$, جرم و انرژی

تقریباً تمام دانش آموزان دوره متوسطه با این رابطه و کاشف آلبرت اینشتین آشنا هستند. در این مقاله سعی می‌شود تا چهار چوبی از استدلال وی بیان شود. البته با حذف محاسبات ریاضی. برای ورود به این بحث ابتدا با یک پدیده آشنا شویم.

زمانی که نور سفید از منشوری عبور می‌کند، طیف‌هایی شامل قرمز، نارنجی، زرد، سبز، آبی، نیلی و بنفش تشکیل می‌دهد.

بسامد^۱ نور آبی دو برابر نور قرمز است. همچنان که جسم نورانی با سرعت به شما نزدیک می‌شود، بسامد نور آن افزایش می‌یابد. یعنی «آبی» می‌شود یا دست کم به طرف بسامد زیاد طیف (به طرف آبی) حرکت می‌کند. فیزیکدانان و ستاره‌شناسان آن را «تغییر مکان آبی» می‌نامند. بر عکس شیئی که دور می‌شود، «قرمز» به نظر می‌رسد؛ یعنی نورش به طرف قرمز حرکت می‌کند، «تغییر مکان قرمز» می‌نامند. آبی و قرمز داخل گیومه قرار دارند زیرا این تغییر رنگ به چشم نمی‌آید مگر آنکه سرعت نسبی منبع نور به ناظر بسیار زیاد باشد. آبی نوری با بسامد زیاد است ارتباط به انرژی بیشتر و درجه حرارت بالاتر پیدا می‌کند در حالی که قرمز - نور دارای بسامد کم - نماینده انرژی کمتر و شرایط سردتر است.

حالا وارد بحث می‌شویم. اینشتین در سال ۱۹۰۵ میلادی این موضوع را به این صورت مطرح کرد. ما خورشید را به جای منبع نور قرار می‌دهیم. اگر به خورشید از نقطه‌ای بنگریم به نحوی که بر آن مسلط باشیم، ملاحظه می‌شود که خورشید در تمام جهات بطور یکسان نور پخش می‌کند. اگر فرض کنیم که فضاوردی با سرعت زیاد و ثابت از کنار خورشید در حال عبور است، وی تغییری در بسامد نور مشاهده خواهد کرد؛ یعنی، وقتی که به آن نزدیک می‌شود آن را آبی و زمانی که از آن دور می‌شود آن را قرمز می‌بیند. به این پدیده، «پدیده داپلر» می‌گویند. همان‌طور که قبلاً گفته شد اختلاف در مقدار انرژی صادره از خورشید است. اگر فضاورد مقدار انرژی نورانی خارج شده از خورشید را در حالت تغییر مکان آبی ارزیابی و محاسبه کند، ملاحظه خواهد شد که این مقدار بیش از وقتی است که وی به طور ثابت از خورشید دور شود (حالت تغییر مکان قرمز) و آن را در رنگ‌های واقعییش بنگرد. اما از نظر اینشتین این برداشت فضاورد کاملاً قانونی است.

اگر خورشید با سرعت بیشتری انرژی پخش کند، این انرژی اضافی از کجا می‌آید؟ تنها منبع محتمل این انرژی، انرژی جنبشی است. خورشید در مقایسه با فضاورد با سرعت زیادی در حال جنبش است.

ساده‌ترین راه که از طریق آن جسم متحرک می‌تواند انرژی پخش کند تقلیل سرعت آن می‌باشد. اما سرعت فضاورد سرعتی ثابت است. بنابراین خورشید بدون تغییر در گردش عادی خود نمی‌تواند از سرعت خود نسبت به فضاورد بکاهد.

ملاحظه می‌شود که اگر بناست فقط با نگاه کردن در حال حرکت به ستارگان حرکت آن‌ها تغییر یابد. جهانی کاملاً در هم ریخته خواهیم داشت. بنابراین راهی دیگر وجود دارد که در آن انرژی جنبشی جسم می‌تواند کاهش یابد. و آن کاهش جرم جسم می‌باشد.

¹ - فرکانس، تعداد نوسانات یک شیء نوسان کننده در واحد زمان؛ مثلاً ثانیه.

انرژی جنبشی خورشید مربوط است به جرم آن و هم‌چنین سرعت ظاهریش نسبت به فضاانورد. بنابراین طبق استدلال اینشتین خورشید باید جرم خود را از دست بدهد. که این جرم توسط نور منتشره از خورشید که دارای وزن است کاهش می‌یابد.

گام دیگر این است که بگوئیم تمام نوری که خورشید منتشر می‌کند جرم آن را تقلیل می‌دهد. حتی هنگامی که فضاانورد سرعت خود را نسبت به خورشید صفر کند.

باید بدانیم که برای طبیعت نوری که در حال حرکت به فضاانورد می‌رسد و نوری که در حال سکون وی به وی می‌رسد یکسان است. یعنی اگر نوری در حال حرکت فضاانورد جرم خورشید را بکاهد دیگری هم در حال سکون فضاانورد می‌تواند. این مطلب صحیح است؛ چرا که خورشید در هر ثانیه چهار میلیون تن از جرم خود را از دست داده، به نور تبدیل می‌کند.

بعد اینشتین با فراست دریافت که این موضوع (دارای جرم بودن نور که انرژی خالص تلقی می‌شد) برای سایر صور انرژی نیز صادق است. او گفت: «اگر انرژی دارای جرم است پس اشکالی ندارد که ما جرم را انرژی منجمد فرض کنیم.»

رابطه $E = mc^2$ که بر پایه همین استدلال و با محاسبات ریاضی به دست آمد، ارتباط بین جرم و انرژی را بیان می‌کند. و این است که مقدار جرم و انرژی در جهان ثابت است و تغییر نمی‌کند بلکه جرم به انرژی و انرژی به جرم تبدیل می‌شود.

تهیه کننده: مسعود ایرانپور