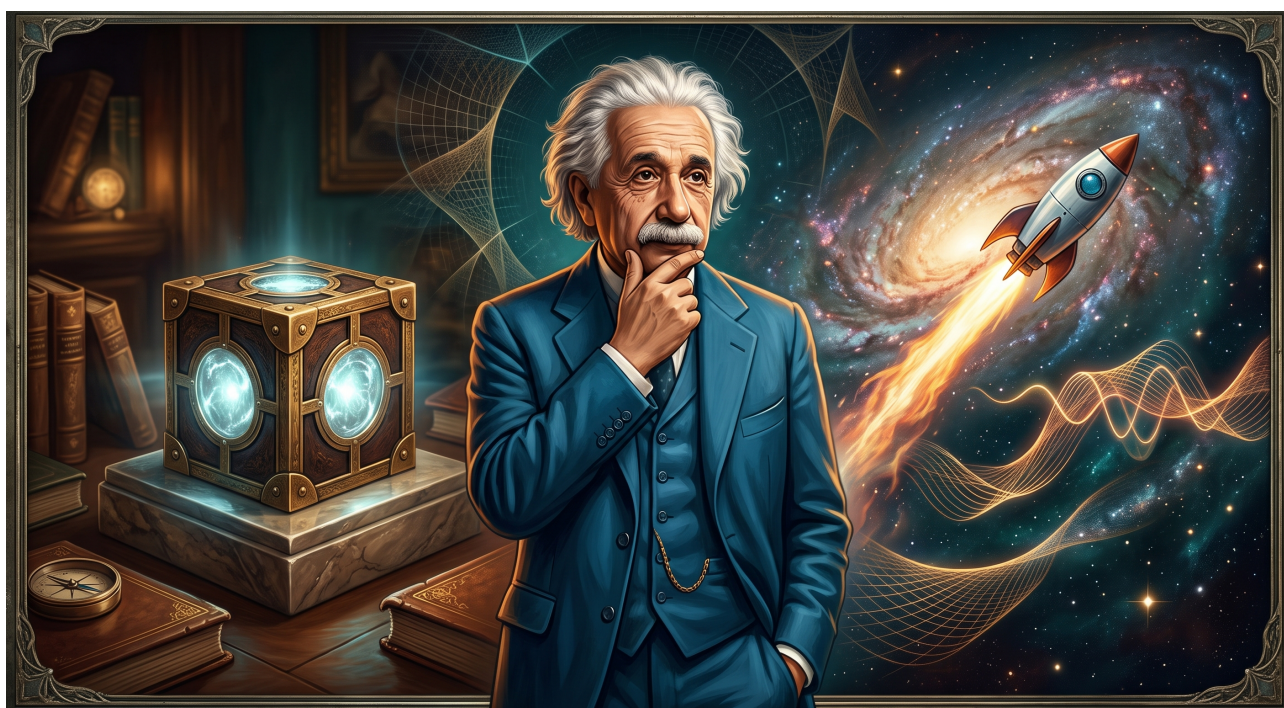


فرمول معروف آلبرت انیشتین $E=mc^2$

نویسنده: دکتر عبدالرضا عشقی پور | تاریخ انتشار: 2026/10/01



دوست عزیزم پرسشی ساده اما بسیار مهم را از من پرسید. پرسش او این بود که: «آیا فرمول معروف آلبرت انیشتین $E=mc^2$ عوض شده؟!» تصمیم گرفتم پاسخ این پرسش را با زبانی بسیار ساده با شما هم در میان بگذارم.

فرمول معروف آلبرت انیشتین یعنی $E=mc^2$ عوض که نشده هیچ، بلکه همچنان یکی از دقیق‌ترین، اثبات‌شده‌ترین و مهم‌ترین معادلات در علم فیزیک، به‌خصوص فیزیک مدرن و یا به‌طور دقیق‌تر، فیزیک نظریه نسبیت خاص است. با این حال، دلیلی که ممکن است به گوشتان خورده باشد که این فرمول «تغییر کرده» یا «ناقص است»، به نحوه‌ی استفاده از این فرمول برای اجسام در حال حرکت برمی‌گردد.

در واقع، فرمول $E=mc^2$ صرفاً یک نسخه خلاصه‌شده و حالت خاص از یک معادله‌ی بسیار بزرگ‌تر و جامع‌تر است. بیایید اول ببینیم که معادله کامل چیست. در حقیقت، فرمول $E=mc^2$ تنها برای اجسامی کار می‌کند که در حالت سکون یعنی بدون حرکت هستند. اگر یک جسم در حال حرکت باشد، علاوه بر جرم، دارای انرژی حرکتی یا «تکانه» یعنی مومنتوم نیز هست. معادله کامل و اصلی انیشتین برای انرژی به شکل زیر است:

$$E^2 = (pc)^2 + (mc^2)^2$$

در این معادله:

- E = انرژی کل جسم
- p = تکانه یا مومنتوم (مربوط به حرکت جسم)
- c = سرعت نور
- m = جرم سکون جسم (جرم جسم وقتی بی‌حرکت است)

حالا پرسش این است که چرا معمولاً فقط $E=mc^2$ را می‌بینیم؟
اگر جسمی در یک جا ساکن ایستاده باشد، سرعت آن صفر است؛ در نتیجه تکانه (p) آن نیز صفر خواهد بود. اگر در فرمول بالا $p=0$ را قرار دهیم، بخش $(pc)^2$ کاملاً حذف می‌شود و به این می‌رسیم:
$$E^2 = (mc^2)^2$$

که با جذر گرفتن برای ساده‌سازی از هر دو طرف، همان معادله آشنای $E=mc^2$ به دست می‌آید.
بنابراین، این فرمول ابدأ اشتباه نیست، بلکه فقط «انرژی اجسام در حالت سکون» را نشان می‌دهد.

حالا باید بدانیم که چرا معادله‌ی کامل ضروری است؟ به‌طور مثال ذرات نور.
اگر فقط به $E=mc^2$ تکیه کنیم، در مورد فوتون‌ها یعنی ذرات نور، به مشکل می‌خوریم. فوتون‌ها اصلاً جرم ندارند یعنی $m=0$ است. اگر در فرمول ساده‌شده، جرم را صفر در نظر بگیریم، انرژی نور باید صفر می‌شد، که می‌دانیم این‌طور نیست و نور دارای انرژی است.
اما اگر از معادله کامل استفاده کنیم، راز انرژی نور حل می‌شود.
چون فوتون‌ها جرم ندارند، بنابراین بخش $(mc^2)^2$ صفر می‌شود و معادله به شکل زیر در می‌آید:
$$E^2 = (pc)^2 \Rightarrow E = pc$$

این یعنی ذرات نور با وجود اینکه جرم ندارند، چون با سرعت نور در حال حرکت‌اند و تکانه (p) دارند، دارای انرژی هستند.

تغییر در نحوه‌ی آموزش فیزیک (منسوخ شدن جرم نسبیتی)
در گذشته (دهه‌های میانی قرن بیستم)، برخی فیزیک‌دانان برای اینکه بتوانند از همان فرمول ساده $E=mc^2$ برای اجسام متحرک هم استفاده کنند، مفهومی به نام «جرم نسبیتی» ابداع کردند. آن‌ها می‌گفتند وقتی جسمی سریع‌تر حرکت می‌کند، جرم آن بیشتر می‌شود.
اما امروزه در فیزیک مدرن، این مفهوم کنار گذاشته شده است. فیزیک‌دانان دریافته‌اند که در نظر گرفتن یک جرم متغیر باعث سردرگمی می‌شود. امروزه «جرم» را یک مقدار ثابت ذاتی (جرم سکون) در نظر می‌گیرند و برای محاسبه انرژی اجسام متحرک، به جای فرض سنگین‌تر شدن جسم، از همان معادله کامل حاوی تکانه استفاده می‌کنند. این تغییر در «ادبیات و آموزش فیزیک» ممکن است در رسانه‌های عمومی این تصور اشتباه را ایجاد کرده باشد که فیزیک‌دانان فرمول انیشتین را تغییر داده‌اند.
پایان سخن آن‌که، کشف انیشتین ابطال نشده است. علم فیزیک صرفاً برای دقت بیشتر، به جای تکیه بر حالت خلاصه‌شده‌ی سکون ($E=mc^2$)، بر معادله کامل اصلی یعنی $E^2 = (pc)^2 + (mc^2)^2$ تاکید می‌کند تا بتواند رفتار تمام ذرات کیهان، چه ثابت، چه متحرک و چه بدون جرم را توضیح بدهد.