جرم در مکانیک نسبیتی

طبق مکانیک کلاسیک که به‌وسیله‌ی نیوتن و دیگر دانشمندان دوره رنسانس ایجاد شد، جرم یک ویژگی تغییرناپذیر ماده است. جرم را می‌توان در مقدار، شکل یا حالت تغییر داد، اما نه می توان آن را ایجاد کرد و نه می توان آن را از بین برد. هرچند به نظر می‌رسد که این قانون بقای جرم، برای جهانی که می‌توان با حواس درک کرد درست است، اما در واقع این قانون تنها مخصوص جرم‌های بزرگ و در سرعت‌های کم کاربرد دارد. در دنیای زیراتمی، جایی که جرم‌ها در حد $10^{-27}kg$ اندازه‌گیری می‌شوند؛ جایی که فاصله‌ها در حدود 10^{-10} متر اندازه‌گیری شده و سرعت‌ها بر حسب سرعت نور هستند، قوانین مکانیک کلاسیک قابل اجرا نبوده و مشاهدات تجربی نیز این عدم تطابق را نشان می‌دهند.

انیشتین در نظریه ی نسبیت خاص خود، فرض کرد که سرعت نور در خلاء ثابت و برابر با

$$c = 3 \times 10^8 \frac{m}{s}$$

نسبت به هر ناظر در هر چارچوب مرجعی است. وی همچنین فرض کرد که سرعت نور بالاترین حدی از سرعت است که یک جسم مادی می‌تواند به طور مجانبی به آن نزدیک شود، اما سرعت جسم هرگز نمی‌تواند به این مقدار برسد. به علاوه جرم یک جسم متحرک، مانند قوانین مکانیک کلاسیک ثابت نیست، بلکه تابعی از سرعت حرکت آن است. با افزایش سرعت، جرم جسم افزایش یافته و هنگامی که سرعت جسم به سرعت نور نزدیک می‌شود، جرم به سرعت افزایش می یابد. جرم m جسم متحرکی که سرعت آن v است با مقدار جرم حالت سکون آن m_0 مطابق فرمول زیر مرتبط است:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

مثال ۱.۰

جرم الکترونی که با 5% و 95% سرعت نور حرکت می‌کند را محاسبه نمائید. جرم حالت سکون یک الکترون $9.11 \times 10^{-31}kg$ است.

حل. بازای $v = 0.05c$ داریم:

$$m = \frac{9.11 \times 10^{-31}kg}{\sqrt{1 - \frac{(0.05c)^2}{c^2}}} = 9.12 \times 10^{-31}kg$$

و نیز بازای $v = 0.95c$ داریم:

$$m = \frac{9.11 \times 10^{-31}kg}{\sqrt{1 - \frac{(0.95c)^2}{c^2}}} = 29.18 \times 10^{-31}kg$$

مثال بالا نشان می‌دهد که وقتی یک الکترون با ۵ درصد سرعت نور حرکت می‌کند، جرمش تنها ۰/۱ درصد افزایش دارد، ولی زمانی که سرعتش به ۹۵ درصد سرعت نور افزایش می‌یابد، جرمش سه برابر خواهد بود.