

برای حفظ اصل نسبیت، برای آنکه موازنه مینزیک

در همه چارچوب های لغت یکسان باشد، نیاز به اصلاح تبدیلات گالیله و

در نتیجه اصلاح نسبیت نیوتنی می باشد. به این منظور، تبدیلات گالیله جای

خود را به تبدیلات لورنتس داده است و نسبیت نیوتن جای خود را به نسبیت خاص

اینستین داده است. همچنین لازم است که مکانیک نیوتنی که تا ز بسنی و اصلاح

شود. در این راستا، تاکنون رابطه مربوط به مکانیک فضا اصلاح شده است:

و با سرعت  $u$   
جسمی به جرم  $m_0$  در مینزیک کلاسیکی دارای تکانه  $m_0 u$  است.

اما همین جسم در مینزیک جدید دارای تکانه  $P = m u = \frac{m_0 u}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}}$  می باشد.

همچنین رابطه مربوط به انرژی جنبشی ذره نیز تعیین کرده است:

جسم به جرم  $m_0$  با سرعت  $u$  از دیدگاه مینزیک کلاسیکی دارای انرژی جنبشی

$K = \frac{m_0 u^2}{2}$  است، درحالیکه همین جسم از دیدگاه نسبیت خاص اینستین

دارای انرژی جنبشی  $K = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}} - m_0 c^2$  می باشد.

می توان رابطه انرژی جنبشی را به صورت  $K = E - E_0$  نوشت به طوری که

$E_0 = m_0 c^2$  و  $E = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}}$  است.

صفت  $E_0 = m_0 c^2 =$  انرژی سکون

$$E = mc^2 = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}}$$

انرژی نسبی

$\lim_{u \rightarrow 0} m = m_0$  در حدی که سرعت صفر است  
 $\lim_{u \rightarrow 0} E = E_0 = m_0 c^2$  جرم نسبی ذره همان جرم سکون نام دارد.  
 و انرژی نسبی ذره همان انرژی سکون هم است.

رابطه بین انرژی و تکانه ذره از رابطه نسبی زیر بدست می آید.

$$E^2 = p^2 c^2 + m_0^2 c^4$$

ذره نسبی ؛  
با سرعت های بالا

اگر سرعت ذره خیلی خیلی به سرعت نور نزدیک شود ، می توان از انرژی سکون در مقابل انرژی جنبشی ذره صرف نظر کرد در این صورت رابطه تقریبی زیر کاربرد پیدا می کند

$$E \approx pc$$

ذره فرانسیسی ؛

برای ذره با جرم سکون صفر مثل فوتون ها که با سرعت  $c$  حرکت می کنند  
رابطه زیر کاربرد دارد

$$E = pc$$

فوتون ها ؛

یک ذره به نام مزون K با انرژی سکون  $m_{0K}c^2 = 498 \text{ MeV}$  و انرژی جنبشی  $325 \text{ MeV}$

وایابی می‌کند و دو مزون  $\pi$  با انرژی سکون  $135 \text{ MeV}$  تولید می‌کند. اگر حرکت

مزون‌های  $\pi$  به هم راستا باشد، انرژی جنبشی هر مزون  $\pi$  را بیابید.

قبل از وایابی:  $E_K = K + m_{0K}c^2 = 325 + 498 = 823 \text{ MeV}$   
 انرژی جنبشی ذره K  $= 823 \times 10^6 \times 1.4 \times 10^{-19} \text{ J}$

$$E_K^2 = p_K^2 c^2 + m_{0K}^2 c^4$$

$p_K$  تکانه  
مربوط به ذره K  
قبل از وایابی

$$p_K c = \sqrt{E_K^2 - m_{0K}^2 c^4} = \sqrt{(823)^2 - (498)^2} = 655 \text{ MeV}$$

$$p_K = \frac{655 \text{ MeV}}{c} = \frac{655 \times 10^6 \times 1.4 \times 10^{-19}}{3 \times 10^8} \text{ (kg m/s)}$$

$$p_K c = 655 \text{ MeV}$$

بعد از وایابی:  
دو مزون  $\pi$  دارد

$$E = E_{\pi} + E_{\pi} = \sqrt{p_1^2 c^2 + \frac{m_{0\pi}^2 c^4}{= 135 \text{ MeV}}} + \sqrt{p_2^2 c^2 + \frac{m_{0\pi}^2 c^4}{= 135 \text{ MeV}}}$$

$p_1$  و  $p_2$  تکانه‌های مربوط به ذرات  $\pi$  بعد از وایابی اند

تکانه کل  
بعد از وایابی  $p_{\pi} = p_1 + p_2$

حالا از اصل پایستگی انرژی و پایستگی تکانه خطی استفاده می‌کنیم:

اصل پایستگی تکانه خطی  $\rightarrow P_K = P_i + P_r \rightarrow P_K c = P_i c + P_r c$

$450 \text{ MeV} c = P_i c + P_r c$  (۱)

اصل پایستگی انرژی کل نسبی

$E_K = E_{\pi, \pi}$

$122 \text{ MeV} = \sqrt{P_i^2 c^2 + 1450^2} + \sqrt{P_r^2 c^2 + 1450^2}$  (۲)

(۱), (۲)  $\rightarrow$  حل معادله و استخراج

$$\begin{cases} P_i = 448 \frac{\text{MeV}}{c} \\ P_r = -13 \frac{\text{MeV}}{c} \end{cases}$$

$E^r = P^r c^r + m_0^r c^{2r}$   
 $E = E_0 + K$

$(E_0 + K)^r = P^r c^r + m_0^r c^{2r}$

$(m_0 c^r + K)^r = P^r c^r + m_0^r c^{2r}$

$E_0 + K = \sqrt{P^r c^r + m_0^r c^{2r}}$

$K = \sqrt{P^r c^r + m_0^r c^{2r}} - E_0$

موازی  
مقدار

انرژی نسبی  
ذره  
K  
بعبارة واپاشی

$K_{\pi} = \sqrt{P_i^2 c^2 + m_{\pi}^2 c^4} - m_{\pi} c^2 = \sqrt{(448)^2 + (1450)^2} - 1450 = 552 \text{ MeV}$

ذره دوم  
بعبارة واپاشی

$K_{\pi} = \sqrt{P_r^2 c^2 + m_{\pi}^2 c^4} - m_{\pi} c^2 = \sqrt{(-13)^2 + (1450)^2} - 1450 = 0.4 \text{ MeV}$

در این مثال ما برای سادگی از واحد MeV استفاده کرده است.

برهمکنش ذره باردار با میدان مغناطیسی  $\vec{B}$

یک ذره با جرم  $m$  و بار  $q$  در نظر بگیریم که در میدان مغناطیسی متناوب  $\vec{B}$  <sup>سکون</sup> وارد شده است. جهت حرکت ذره عمود بر میدان مغناطیسی  $\vec{B}$  می باشد.

وقتی ذره به طور عمود بر  $\vec{B}$  وارد می شود، یک مسیر دایروی را طی خواهد کرد

$$\vec{F} = q \vec{u} \times \vec{B} \quad \xrightarrow{\text{از رابطه معلوم است}} \quad \begin{aligned} \vec{F} \perp \vec{u} & \quad (\vec{F} \cdot \vec{u} = 0) \\ \vec{F} \perp \vec{B} & \quad (\vec{F} \cdot \vec{B} = 0) \end{aligned}$$

$$a = \frac{F}{m} = \frac{q u B \sin 90^\circ}{m} = \frac{q u B}{m} \quad (1)$$

از طرف دیگر برای <sup>جهت دایروی</sup>  $a = \frac{u^2}{r} \quad (2)$

$$(1), (2) \Rightarrow \frac{q u B}{m} = \frac{u^2}{r}$$

$$r = \frac{m u}{q B}$$

$$r = \frac{p}{q B}$$

مثال) اگر الکترونی با جرم سکون  $m_0 = 9,1 \times 10^{-31} \text{ Kg}$  با انرژی جنبشی  $10 \text{ MeV}$

؟ طرز عمود وارد بر ناحیه‌ای با میدان مغناطیسی یکسافت  $B=2$  شود، شعاع دایره حرکتی

الکترون را بیابید.

الف) حل کلاسیکی:

$$K = \frac{P^2}{2m_0}$$

$$r = \frac{P}{qB} = \frac{\sqrt{2m_0 K}}{qB} = \frac{\sqrt{2 \times 9,1 \times 10^{-31} \times 10 \times 10^6 \times 1,6 \times 10^{-19}}}{1,6 \times 10^{-19} \times 2}$$

$$= 0,53 \text{ cm}$$

نتیجه با تجربه آزمایشگاهی متفاوت است.

ب) حل نسبیتی (نسبت خاص)

$$\left. \begin{aligned} E &= Pc + m_0 c^2 \\ E &= K + m_0 c^2 \end{aligned} \right\} \rightarrow$$

$$P = \frac{1}{c} \sqrt{(K + m_0 c^2)^2 - m_0^2 c^4}$$

$$P = \frac{\sqrt{[(10 + 0,51)^2 - (0,51)^2] \times (1,6 \times 10^{-19} \times 10^6)^2}}{3 \times 10^8}$$

انرژی  $m_0 c^2 = 0,51 \text{ MeV}$

$$P = 5,4 \times 10^{-21} \text{ Kg m/s}$$

$$r = \frac{P}{qB} = \frac{5,4 \times 10^{-21}}{1,6 \times 10^{-19} \times 2} = 1,7 \text{ cm}$$

نتیجه موافق با تجربه آزمایشگاهی است.

تکلیف :

بخش مربوط به آزمون های تشریحی نسبت خاص را در انتهای

فصل دوم کتاب فیزیک جدید (نویسنده: کترین) مطالعه کنید.

به عنوان تکلیف، آزمون تشریحی اشاع زمان را مورد مطالعه

قرار دهید و درباره آن تحقیق نمایید.

نتیجه تحقیق را به ایمانیا ارسال نمایید.