

فهرست مطالب:

..... مقدمه:

..... فصل اول: دینامیک نسبیتی - اندازه حرکت و انرژی

..... ۱-۱ اصل نسبیت در مکانیک کوانتومی

..... ۲-۱ نسبیت

..... ۳-۱ تبدیلات لورنتس:

..... ۴-۱ نیاز به تعریف مجدد تکانه کلاسیک

..... ۵-۱ تغییر جرم با سرعت

..... ۶-۱ انرژی جنبشی یک ذره در مکانیک نسبیتی

..... ۷-۱ رابطه تکانه و انرژی

..... ۸-۱ یکاهای انرژی و تکانه

..... ۹-۱ ملاحظات عمومی در حل مسائل جرم-انرژی

..... ۱۰-۱ قانون دوم نیوتون در نسبیت

..... ۱۱-۱ تابش چرنکوف

..... ۱۲-۱ خلاصه

..... سوالات فصل اول:

..... فصل دوم: جنبه‌های ذره‌ای تابش الکترومغناطیس

..... ۱-۲ نظریه فوتونها

..... ۲-۲ اثر فوتوالکتریک

..... ۳-۲ تولید پرتو X و تابش ترمزی

..... ۴-۲ اثر کامپتون

..... ۵-۲ تولید و نابودی زوج

..... ۶-۲ برهم کنشهای فوتون - الکترون

..... ۷-۲ درآشامی فوتونها

..... ۸-۲ خلاصه

..... سوالات فصل دوم:

..... فصل سوم: جنبه‌های موجی ذرات مادی.....

..... ۱-۳ امواج دوبروی

..... ۲-۳ پراش الکترون از ساختار بلورین، با استفاده از قانون براگ.....

..... ۳-۳ اصل مکملی

..... ۴-۳ تعبیر احتمالاتی امواج دوبروی

..... ۵-۳ اصل عدم قطعیت هایزنبرگ

..... ۶-۳ بسته‌های موج و سرعت موج دوبروی

..... ۷-۳ توصیف کوانتومی یک ذره محبوس

..... ۸-۳ معادله شرودینگر

..... ۹-۳ توصیف معادله مستقل از زمان شرودینگر

..... ۱۰-۳ تابش جسم سیاه

..... سوالات فصل سوم:

..... فصل چهارم: ساختار هیدروژن

..... ۱-۴ پراکندگی ذره آلفا

..... ۲-۴ مدل سیاره‌ای کلاسیک

..... ۳-۴ طیف هیدروژنی

..... ۴-۴ ساختار اتمی بوهر

..... ۵-۴ آزمایش فرانک هرتز

..... ۶-۴ تعمیم مدل بوهر

..... ۷-۴ اتم هیدروژن و اصل همخوانی

..... ۸-۴ خلاصه

..... سوالات فصل چهارم:

..... فصل پنجم: حرکت مداری الکترون

..... ۱-۵ ثابت‌های حرکت در سیستم کلاسیکی

..... ۲-۵ گشتاور دوقطبی مغناطیسی کلاسیک

..... 3-۵ انرژی کلاسیکی گشتاور دوقطبی مغناطیسی در میدان مغناطیسی خارجی

..... 4-۵ کوانتش بزرگی تکانه زاویه‌ایی مداری

..... ۵-۵ کوانتش جهت تکانه زاویه‌ایی مداری

- ۶-۵ آزمایش زیمان
- ۷-۵ اثر بهنجار زیمان
- ۸-۵ آزمایش اشترن گراخ
- ۹-۵ اسپین الکترون
- ۱۰-۵ جفت شدگی اسپین-مدار
- ۱۱-۵ ساختار ریز
- ۱۲-۵ تکانه زاویه‌ای کل
- ۱۳-۵ اصل طرد پائولی
- ۱۴-۵ خلاصه
- سوالات فصل پنجم:

فصل ششم: آشکار سازی تابش‌های هسته‌ای

- ۱-۶ یونش و درآشامی تابش هسته‌ای
- ۲-۶ شمارگرهای گازی
- ۳-۶ آشکارسازهای سوسوزن (سنتیلاسیون)
- ۴-۶ آشکارسازهای نیم‌رسانا
- ۵-۶ وسایل ردنگاری
- ۶-۶ وسایل اندازه‌گیری سرعت، اندازه حرکت و جرم
- ۷-۶ خلاصه
- سوالات فصل ششم:

فصل هفتم: مبانی ساختار هسته‌ای

- ۱-۷ مشخص کردن یک نوع هسته خاص (ویژه) یا نوکلئید
- ۲-۷ اجزای اصلی هسته
- ۳-۷ شعاع هسته
- ۴-۷ جرم نوکلیدها و فراوانی آنها
- ۵-۷ انرژی بستگی هسته‌ای
- ۶-۷ انرژی بستگی
- ۷-۷ مدل‌های هسته‌ای
- ۸-۷ خواص نیروهای هسته‌ای

- ۹-۷ واپاشی هسته‌های ناپایدار.....
- ۱۰-۷ رشد اکتیویته دختر - هسته.....
- ۱۱-۷ واپاشی آلفا زا.....
- ۱۲-۷ واپاشی بتا زا.....
- ۱۳-۷ فرآیند گیراندازی الکترون.....
- ۱۴-۷ واپاشی گاما زا.....
- ۱۵-۷ اثر موسباونر.....
- ۱۶-۷ پرتوزایی طبیعی.....
- ۱۷-۷ خلاصه.....

سوالات فصل هفتم:.....

فصل هشتم: واکنش‌های هسته‌ایی.....

- ۱-۸ واکنش‌های هسته‌ایی با انرژی پایین.....
- ۲-۸ انواع واکنش‌های هسته‌ای.....
- ۳-۸ انرژی واکنش‌های هسته‌ایی.....
- ۴-۸ بقای اندازه حرکت در واکنش‌های هسته‌ایی.....
- ۵-۸ شار نوترون و سطح مقطع‌ها و آهنگ‌های برهم کنش.....
- ۶-۸ واکنش‌های هسته مرکب.....
- ۷-۸ تولید نوترون آشکارسازی اندازه‌گیری و کند کردن آن.....
- ۸-۸ شکافت هسته.....
- ۹-۸ چرا هسته‌ها شکافته می‌شوند.....
- ۱۰-۸ راکتورهای هسته‌ای.....
- ۱۱-۸ همجوشی هسته‌ایی.....
- ۱۲-۸ دوران و ارتعاش مولکولی.....
- ۱۳-۸ خلاصه.....
- سوالات فصل هشتم:.....

منابع.....

فصل اول

دینامیک نسبی - اندازه حرکت و انرژی

مقدمه

فیزیک کلاسیک درباره اجسامی با اندازه‌های معمولی که با سرعت‌های معمولی حرکت می‌کنند گفتگو می‌کند و مکانیک نیوتنی و الکترومغناطیسی (از جمله نظریه نور) را فراگرفته است. ولی برای اجسامی که سرعت آنها نزدیک به سرعت نور است، فیزیک نسبیت وارد میدان می‌شود، در مورد اجسامی که اندازه آنها تقریباً 10^{-10} متر است فیزیک کوانتومی وارد عرصه می‌شود، برای ابعاد زیراتمی و سرعت‌های نزدیک به سرعت نور تنها فیزیک کوانتومی نسبیتی می‌تواند جوابگو باشد.

به طور کلی درک ما از ساختار اتمی و هسته‌ای مبتنی بر دو نظریه فیزیک نوین است. یکی نظریه نسبیت و دومی نظریه کوانتوم است که با پیشرفت فنون آزمایشی، امکان مطالعه پدیده‌هایی با ابعاد کوچک و با سرعت و انرژی زیاد را فراهم کرده‌اند.

۱-۱ اصل نسبیت در مکانیک کوانتومی

علم فیزیک مبتنی بر یک سری اصول و قوانین ویژه‌ای است. نحوه برخورد ناظرهای لخت مختلف با این قوانین حائز اهمیت است. در این راستا اصل نسبیت که به صورت زیر بیان می‌شود، تعیین کننده خواهد بود.

قوانین فیزیک نسبت به ناظرهای لخت مختلف هموردا است، و این بدان مفهوم است که شکل رابطه ریاضی که قانون مذکور را توصیف می‌کند برای سیستم‌های لخت مختلف تغییر نمی‌کند.

در این میان مسئله اصلی تعیین روابطی است که کمیت‌های مختلف فیزیکی که توسط ناظرهای لخت متفاوت اندازه گیری می‌شود را به هم مربوط می‌سازد. به کمک این روابط تبدیلی می‌توان مکان، سرعت، شتاب، اندازه حرکت خطی و ... را از دیدگاه دو ناظر لخت مختلف به هم ربط داد.

۲-۱ نسبیت

سینماتیک نسبیتی (نسبیت فضا و زمان)

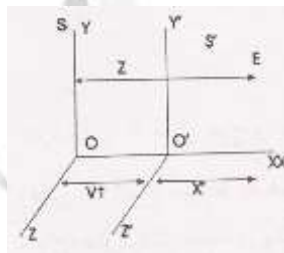
تئوری نسبیت خاص: این تئوری مبتنی بر دو اصل است.

اصل اول: قوانین فیزیک در تمام دستگاه‌های سخت، یکسان یا هم‌وردا هستند.

اصل دوم: سرعت نور در خلا مقداری ثابت و نسبت به تمام ناظران یکسان است و بستگی به سرعت ناظر یا منبع نور ندارد.

تبدیلات گالیله

معادلاتی که در فیزیک کلاسیک مختصات فضا و زمان دو دستگاه مختصات را که با سرعت ثابت نسبت به یکدیگر حرکت می‌کنند به هم مربوط می‌سازند، تبدیلات گالیله یا نیوتنی نامیده می‌شود.



دو چارچوب لخت را که در آنها محوره‌های $X-X'$ مشترک و محوره‌های $Y-Y'$ و $Z-Z'$ موازی هستند، در نظر بگیرند. از نظر S ، چارچوب S' با سرعت V در جهت مثبت محور X حرکت می‌کند. همین‌طور از نظر S' ، چارچوب S با همین سرعت در جهت منفی محور X حرکت می‌کند. نقطه E ، معرف رویدادی است که مختصات فضا - زمانی آن می‌تواند توسط هر کدام از ناظران اندازه‌گیری شود. مبداهای O و O' در زمانهای $t=0$ و $t'=0$ بر یکدیگر منطبق هستند.

$$X' + Vt = x \rightarrow x' = x - Vt$$

$$y' = y$$

$$z' = z$$

فرض می‌شود که زمان می‌تواند مستقل از هر چارچوب مرجع خاصی تعیین شود. این یک فرض ضمنی فیزیک کلاسیک است که در معادلات تبدیل، با عدم حضور تبدیلی برای t بیان می‌شود که این فرض، عمومی بودن ماهیت زمان را بیان می‌کند پس:

$$t = t'$$

نتیجه: بازه زمانی بین وقوع دو رویداد معین مثلاً P و Q برای هر دو ناظر یکی است.

$$t'_P - t'_Q = t_P - t_Q$$

مثال :

قطاری با سرعت 60 mi/hr در ساعت $12/00$ از ایستگاه قطاری می گذرد. 20 ثانیه بعد، صاعقه‌ای با ریلهای قطار در یک مایلی ایستگاه و در همان جهت حرکت قطار برخورد می کند. مختصات درخشش صاعقه را از نظر ناظر روی ایستگاه و راننده قطار به دست آورید؟ (سری شومز)
جواب: هر دو ناظر مختصه زمان را به صورت زیر اندازه گیری می کنند.

$$t=t' = (20S) \left(\frac{1hr}{36000S}\right) = \frac{1}{180} hr$$

ناظر روی ایستگاه مختصه فضایی را به صورت $X=1 \text{ mi}$ اندازه گیری می کند. مختصه فضایی اندازه گیری شده توسط راننده قطار به صورت زیر است:

$$x'=x-vt=1 \text{ mi} - (60 \text{ mi/hr})\left(\frac{1}{180} hr\right) = \frac{2}{3} \text{ mi}$$

اندازه گیری ناظرهای لخت متفاوت در مورد سرعتها و شتابها

مکان یک ذره متحرک تابعی است از زمان، به طوری که می توان سرعت و شتاب آن را به وسیله مشتقات مکان نسبت به زمان بیان کرد.

$$x'=x-Vt \rightarrow \frac{dx'}{dt} = \frac{dx}{dt} - V \quad \text{و} \quad t = t'$$

$$\frac{d}{dt} = \frac{d}{dt'} \rightarrow \frac{dx'}{dt'} = \frac{dx}{dt} - V$$

$$\frac{dy'}{dt'} = \frac{dy}{dt}$$

$$\frac{dz'}{dt'} = \frac{dz}{dt}$$

در صورتی که:

$$\frac{dx'}{dt'} = u_x \quad \text{مولفه X سرعت در چارچوب } S'$$

$$\frac{dx}{dt} = u_x \quad \text{مولفه X سرعت در چارچوب } S$$

$$u'_x = u_x - V \quad \dot{x}' = \dot{x} - V$$

$$u'_y = u_y \quad \text{یا} \quad \dot{y}' = \dot{y}$$

$$u'_z = u_z \quad \dot{z}' = \dot{z}$$

در حالت کلی تری که در آن \vec{V} سرعت نسبیت چارچوبها دارای مولفه‌هایی روی هر سه محور باشد:

$$\vec{u}' = \vec{u} - \vec{V}$$

برای به دست آوردن تبدیل شتاب، کافی است از روابط تبدیل سرعتها نسبت به زمان مشتق بگیریم. V ، سرعت چارچوب S' نسبت به S می‌باشد و ثابت است.

$$\frac{d}{dt'}(u'_x) = \frac{d}{dt}(u_x - V)$$

$$\frac{d}{dt'}u'_x = \frac{d}{dt}u_x - \frac{d}{dt}V \rightarrow \frac{d}{dt'}u'_x = \frac{d}{dt}u_x$$

$$\frac{du'_x}{dt'} = \frac{du_x}{dt} \rightarrow a'_x = a_x$$

$$\left. \begin{aligned} \ddot{x}' &= \ddot{x} \\ \ddot{y}' &= \ddot{y} \\ \ddot{z}' &= \ddot{z} \end{aligned} \right\} \text{یا}$$

$$\frac{du'_y}{dt'} = \frac{du_y}{dt} \rightarrow a'_y = a_y$$

$$\frac{du'_z}{dt'} = \frac{du_z}{dt} \rightarrow a'_z = a_z$$

$$\rightarrow \rightarrow$$

$$a' = a$$

بنابراین:

حرکت نسبی یکنواخت چهارچوبهای مرجع، تاثیری روی مولفه‌های شتاب ذره ندارد.

نتیجه ۱: سرعت یک ذره برای ناظرهایی که نسبت به یکدیگر حرکت می‌کنند، متفاوت است و این تفاوت برابر است با سرعت نسبی دو ناظر که در مورد ناظرهای لخت، سرعت ثابتی است.

نتیجه ۲: وقتی سرعت ذرات تغییر می‌کند این تغییر برای هر دو ناظر یکسان است.

نتیجه ۳: شتاب ذره برای تمام چارچوبهای مرجعی که نسبت به یکدیگر با سرعت حرکت می‌کنند، یکسان است.

$$a' = a$$

می‌دانیم که مکانیک کلاسیک و تبدیلات گالیلو ایجاب می‌کنند که طول، جرم (m) و زمان معین به عنوان سه کمیت اساسی مکانیک از حرکت نسبی اندازه‌گیرنده (یا ناظر) مستقل باشند، یعنی یکی از کمیت‌های اصلی مانند جرم

به حرکت چارچوبهای مرجع بستگی ندارد و نیز می‌دانیم: $\vec{a} = \vec{a}'$

$$\left\{ \begin{aligned} \vec{F} &= m\vec{a} \\ \vec{F}' &= m\vec{a}' \rightarrow \vec{F} = \vec{F}' \\ \vec{a} &= \vec{a}' \end{aligned} \right.$$

حاصلضرب $m\vec{a}$ برای تمام ناظرهای لخت یکی خواهند بود.

نتیجه: قوانین نیوتنی حرکت و معادلات حرکت یک ذره در تمام دستگاه‌های لخت دقیقاً یکسان خواهند بود.
اصل نسبیت نیوتن: حرکت اجسام واقع در یک فضای معین نسبت به یکدیگر، خواه این فضا ساکن باشد یا با سرعت یکنواخت در امتداد خط راستی حرکت کند، یکی است.

۳-۱ تبدیلات لورنتس:

بر مبنای دو اصل نسبیت خاص تبدیلات جدیدی را بیان می‌کنیم.
فرض می‌کنیم حادثه‌ای در دستگاه S با مختصات فضایی X, Y, Z و مختص زمانی t و همین حادثه در S' با مختصات فضایی X', Y', Z' و مختص زمانی t' مشخص شده است. در این صورت دو مجموعه مختصات با روابط بعد به هم مربوط هستند.

$$x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, t' = \frac{t - \frac{vx}{c^2}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, y' = y, z' = z$$

در تبدیلات فوق برای تبدیل مقادیر موجود در S' به S کافی است V به -V و X و t به X' و t' تغییر کنند. بنابراین تبدیلات معکوس لورنتس عبارتند از:

$$x = \frac{x' + vt'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, t = \frac{t' + \frac{vx'}{c^2}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, y' = y, z' = z$$

در تبدیلات لورنتس دو نکته قابل توجه است.

سوال: در فرضیه اینشتین رابطه محاسبه زمان (Δt) و مکان (I) با کدامیک از گزینه‌های زیر بیان

می‌شود؟ ($\beta = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$) (فیزیک پزشکی ۹۵-۹۴)

(۱) $\frac{I_0}{\beta}, \frac{\Delta t_0}{\beta}$ (۲) $I_0 \beta, \frac{\Delta t_0}{\beta}$ (۳) $I_0 \beta, \Delta t_0 \beta$ (۴) $\frac{I_0}{\beta}, \Delta t_0 \beta$

پاسخ: گزینه (۲) صحیح است.

$$x = \frac{x' + vt'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad \text{و} \quad t = \frac{t' + \frac{vx'}{c^2}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

سوال: یک ذره در حال سکون طول عمری برابر ۱۰ ثانیه دارد. اگر این ذره با سرعتی برابر $0.6c$ حرکت کند، مسافتی را که قبل از واپاشی طی می‌کند چند متر است؟ (فیزیک پزشکی ۹۴-۹۳)

$$7/5 \times 10^9 \text{ (4)}$$

$$2/4 \times 10^9 \text{ (3)}$$

$$2/25 \times 10^9 \text{ (2)}$$

$$1/8 \times 10^9 \text{ (1)}$$

$$x = V \frac{t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = 0.6c \times \frac{10^9}{\sqrt{1 - 0.36}} = 2/25 \times 10^9$$

اندازه‌گیری زمان مانند مکان بستگی به دستگاه مقایسه ناظر دارد، به طوری که دو حادثه هم زمان در دو نقطه از یک دستگاه مقایسه از نظر ناظر در دستگاه دیگر هم زمان نیست.

وقتی سرعت نسبی دو دستگاه S و S' نسبت به سرعت نور (c) ناچیز باشد معادلات لورنتس به معادلات گالیه تبدیل می‌شود. بنابراین نتایج نسبیت خاص فقط در سرعت‌های خیلی زیاد ظاهر می‌شود. تبدیلات مختصات لورنتس، تبدیلات زیر را بین $u = (u'_x, u'_y, u'_z)$ (سرعت یک ذره آن گونه که در S' اندازه‌گیری می‌شود) و $u = (u_x, u_y, u_z)$ (سرعت آن در S) بدست می‌دهد.

$$u_x = \frac{u'_x + v}{1 + \left(\frac{v}{c^2}\right)u'_x}, \quad u_y = \frac{u'_y \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}{1 + \left(\frac{v}{c^2}\right)u'_x}, \quad u_z = \frac{u'_z \sqrt{1 - \left(\frac{v^2}{c^2}\right)}}{1 + \left(\frac{v}{c^2}\right)u'_x}$$

و تبدیلات معکوس روابط بالا عبارت است از:

$$u'_x = \frac{u_x - v}{1 - \left(\frac{v}{c^2}\right)u_x}, \quad u'_y = \frac{u_y \sqrt{1 - \left(\frac{v^2}{c^2}\right)}}{1 - \left(\frac{v}{c^2}\right)u_x}, \quad u'_z = \frac{u_z \sqrt{1 - \left(\frac{v^2}{c^2}\right)}}{1 - \left(\frac{v}{c^2}\right)u_x}$$

مثال:

فرض کنید که ذره‌ای نسبت به O' با سرعت ثابت $\frac{c}{2}$ در صفحه $x'y'$ حرکت می‌کند. به طوری که مسیر آن زاویه 60° با محور x' می‌سازد. اگر سرعت O' نسبت به O در امتداد محور $x-x'$ $0.6c$ باشد، معادلات حرکت ذره را از نظر O بیابید. (سری شومز)
جواب: معادلات حرکت ذره از نظر O' عبارتند از:

$$x' - u'_x t' = \frac{c}{2} (\cos 60^\circ) t', \quad y' - u'_y t' = \frac{c}{2} (\sin 60^\circ) t'$$

با استفاده از تبدیلات لورنتس در راستای X داریم:

$$\frac{x - vt}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} = \frac{c}{2} (\cos 60^\circ) \frac{t - \frac{v}{c^2} x}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

$$x = (0.6c)t = \frac{c}{2} (\cos 60^\circ) \left(t - \frac{0.6}{c} x \right)$$

$$X = (0.74c)t$$

بنابراین از تبدیلات لورنتس در راستای Y نتیجه خواهد شد:

$$y' = y = \frac{c}{2} (\sin 60^\circ) \frac{t - \frac{v}{c^2} x}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

کلیه منابع ارائه شده توسط مرکز نخبگان دارای شابک، فیبا و مجوز وزارت ارشاد می‌باشد و هرگونه برداشت و کپی برداری از مطالب پیگرد قانونی دارد

$$= \frac{c}{2} (\sin 60)^\circ \frac{t - (0/6)(0/74t)}{\sqrt{1 - (0/6)^2}}$$

$$Y' = y = (0/30c)t$$

۴-۱ نیاز به تعریف مجدد تکانه کلاسیک

یکی از پیامدهای اساسی نظریه نسبیت خاص این است که جرم یک جسم با سرعت آن تغییر می‌کند. یک استدلال ذهنی برای این تغییر را می‌توان به صورت زیر ارائه کرد.

آزمایش بالستیکی را در نظر بگیرید که در آن یک ناظر، مثلاً O' ، گلوله‌ای را در جهت y' به طرف قطعه‌ای که نمی‌تواند نسبت به وی حرکت کند شلیک کند. منطقی است، فرض کنیم که مقدار نفوذ گلوله در قطعه با مولفه y' تکانه گلوله، که از رابطه $P'_y = m'u'_y$ به دست می‌آید، تعیین می‌شود. M' جرم گلوله از دید ناظر O' است.

اینک همین آزمایش را از دیدگاه ناظر O در نظر بگیرید. ناظر O مشاهده می‌کند که ناظر O' با سرعت V در جهت مشترک $x-x'$ حرکت می‌کند. چون امتداد حفره ایجاد شده به وسیله گلوله بر راستای حرکت نسبی عمود است، ناظر O با ناظر O' در مورد فاصله‌ای که گلوله در قطعه می‌پیماید توافق دارد و از این رو انتظار می‌رود که همان مقداری را برای مولفه y تکانه گلوله بیابد که ناظر O' بدست آورده است.

از دید ناظر O تکانه عبارت است از $P_y = mu_y$ که در آن جرم گلوله از دید ناظر O است. چون $u'_x = 0$ از تبدیلهای سرعت لورنتز نتیجه می‌شود که:

$$u_y = \frac{u'_y \sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}{1 + \frac{V}{c^2} u'_x} = u'_y \sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}$$

به طوری که $P_y = mu'_y \sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}$. چون از بالا داریم $P_y = m'u'_y$ ، ملاحظه می‌کنیم که اگر جرم گلوله از دید هر دو ناظر یکسان باشد، یعنی $m' = m$ ، آنها نتیجه می‌گیرند که $P'_y \neq P_y$ ، که با آنچه انتظار داریم مغایرت دارد.

۵-۱ تغییر جرم با سرعت

در اینجا دو انتخاب داریم. می‌توانیم فرض کنیم که اصول مربوط به تکانه به ویژه، پایستگی آن در سرعت‌های بالا به کار نمی‌آیند و یا می‌توان تکانه یک جسم را مجدداً طوری تعریف کرد که اصول تکانه در نسبی خاص قابل کاربرد باشد. انیشتین راه دوم را برگزید. وی نشان داد که اگر جرم یک جسم مطابقه رابطه:

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

با سرعت u آن تغییر کند، در این صورت اصول تکانه کلاسیک از دید همه ناظرها معتبر خواهد بود. در رابطه اخیر m ، جرم سکون، یعنی جرم جسم از دید ناظری است که نسبت به جسم ساکن است.

بنابراین تکانه نسبیتی به صورت زیر تعریف می‌شود:

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

مثال:

جسمی در حالت سکون به خودی خود به دو قسمت تقسیم می‌گردد که در خلاف جهت هم حرکت می‌کنند. این قسمت‌ها دارای جرم سکون 3kg و $5/33\text{kg}$ و تندیهای $0/8c$ و $0/6c$ هستند. جرم سکون جسم اولیه را پیدا کنید. (سری شومز)

جواب:

$$E_{\text{اولیه}} = E_{\text{نهایی}}$$

$$m_0 c^2 = \frac{m_{01} c^2}{\sqrt{1 - v_1^2/c^2}} + \frac{m_{02} c^2}{\sqrt{1 - v_2^2/c^2}} = \left(\frac{3}{\sqrt{1 - 0/64}} + \frac{5/33}{\sqrt{1 - 0/36}} \right) c^2$$

$$\Rightarrow m_0 = 11/66\text{kg}$$

سوال: جرم در حال سکون یک پروتون برابر m_0 . تکانه خطی آن وقتی که با سرعت نصف سرعت نور C در فضای آزاد حرکت می‌کند، برابر است با: (فیزیک پزشکی ۹۰-۸۹)

$$p = \frac{m_0 c}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} V \rightarrow p = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{1}{4}}} \times \frac{1}{2} c \rightarrow p = \frac{m_0 c}{\sqrt{3}}$$

(۱) $\frac{3}{4} m_0 c$ (۲) $\frac{m_0 c}{2}$ (۳) $\frac{2}{\sqrt{3}} m_0 c$ (۴) $\frac{m_0 c}{\sqrt{3}}$

۱-۶ انرژی جنبشی یک ذره در مکانیک نسبیتی

$$K = \int F dx = \int \frac{d}{dt} (mV) dx = \int d(mV) \frac{dx}{dt}$$

$$\rightarrow K = \int (m dV + V dm) V \quad \text{که } m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \beta^2}}$$

$$\beta = \frac{v}{c}$$

$$\rightarrow m^2 c^2 - m^2 v^2 = m_0^2 c^2 \rightarrow (2mc^2) dm - (2mV^2) dm - (2m^2 V) dV = 0$$

$$2mc^2 dm = 2mV^2 dm + 2m^2 V dV \rightarrow c^2 dm = V^2 dm + mV dV$$

$$K = \int (mV dV + V^2 dm)$$

$$\rightarrow K = \int_{U=0}^{U=U_0} c^2 dm = c^2 \int_{m=m_0}^m dm$$

اما

$$mV dV + V^2 dm = c^2 dm$$

$$\rightarrow K = c^2 (m - m_0) \rightarrow K = mc^2 - m_0 c^2$$

می‌توان نوشت:

کلیه منابع ارائه شده توسط مرکز نخبگان دارای شابک، فیبا و مجوز وزارت ارشاد می‌باشد و هرگونه برداشت و کپی برداری از مطالب پیگرد قانونی دارد

$$K = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1-\beta^2}} - m_0 c^2 \rightarrow K = m_0 c^2 \left[\frac{1}{\sqrt{1-\left(\frac{v}{c}\right)^2}} - 1 \right]$$

یا $K = m_0 c^2 (\gamma - 1)$

هرگاه mc^2 را برابر E ، انرژی کل ذره بنامیم داریم:

$$E = K + m_0 c^2$$

$$E_0 = \text{انرژی سکون ذره} = M_0 c^2$$

$$\left. \begin{array}{l} V = 0 \\ K = 0 \end{array} \right\} \rightarrow E = E_0 \rightarrow E_0 = m_0 c^2$$

اگر انرژی سکون را به صورت $E = mc^2$ انتخاب کنیم، رابطه مشهور انیشتن به دست می‌آید.

$$E = mc^2$$

که هم ارزی جرم و انرژی را نشان می‌دهد. بنابراین، حتی وقتی جسمی در حال سکون است، مقداری انرژی دارد که از رابطه $E = mc^2$ به دست می‌آید. به طوری که یک جسم دارای جرم را می‌توان به طور کامل به صورت، آشنا تر، دیگر یعنی انرژی تبدیل کرد.

سوال: در نظریه نسبیت که جرم را نمی‌توان ثابت فرض نمود، تغییر انرژی جنبشی را از کدام گزینه می‌توان به دست آورد؟ (فیزیک پزشکی ۹۵-۹۴)

$$dE_k = mv dv + v^2 dm \quad (۲)$$

$$dE_k = mv dv + \frac{1}{2} v^2 dm \quad (۱)$$

$$dE_k = V^2 dm \quad (۴)$$

$$dE_k = mv dv \quad (۳)$$

$$E = \frac{1}{\gamma} m V^2 \Rightarrow dE_K = m V dV + V^2$$

۷-۱ رابطه تکانه و انرژی

چون تکانه پایسته است نه سرعت، اغلب بهتر است انرژی یک جسم را به جای سرعت بر حسب تکانه آن بیان کنیم. برای انجام این کار، اگر عبارت

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

را بتوان ۲ رسانده و طرفین معادله حاصل را در $\left[1 - \frac{u^2}{c^2}\right] c^4$ ضرب کنیم، نتیجه می‌گیریم که:

$$m^2 c^4 - m^2 u^2 c^2 = m^2 \cdot c^4$$

با استفاده از رابطه‌های $|P| = mu$ ، $E = mc^2$ ، $E = mc^2$ ، رابطه مناسبی میان E ، P به دست می‌آید:

$$E^2 = (PC)^2 + E^2$$

یا

$$(K+m_0c^2)^2=(pc)^2+(m_0c^2)^2$$

سوال: انرژی در حال سکون یک الکترون 0.511 MEV می‌باشد. افزایش در انرژی الکترون هنگامی که از حالت سکون به 80% درصد سرعت نور در فضای آزاد افزایش می‌یابد چند MEV است؟ (فیزیک پزشکی ۹۰-۸۹)

۰.۸۵۲ (۴)

۰.۵۱۱ (۳)

۰.۴۰۵ (۲)

۰.۳۴۱ (۱)

$$E_k = \frac{m_0c^2}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} - m_0c^2 \rightarrow E_k = \left[\frac{1}{\sqrt{1-\left(\frac{8}{100}\right)^2}} - 1 \right] \times 0.511 = 0.341$$

سوال: نسبت انرژی جنبشی الکترونی با 99.9% سرعت نور به انرژی جنبشی الکترونی با 99% سرعت نور چقدر است؟ (فیزیک پزشکی ۸۹-۸۸)

۳.۵ (۴)

۳ (۳)

۱.۵ (۲)

۱ (۱)

$$E_k = \frac{m_0c^2}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} - m_0c^2$$

$$E_{k1} = \frac{0.511}{\sqrt{1-\left(\frac{99.9}{100}\right)^2}} - 0.511$$

$$E_{k2} = \frac{0.511}{\sqrt{1-\left(\frac{99}{100}\right)^2}} - 0.511$$

$$\frac{E_{k1}}{E_{k2}} = 3.85$$

چند نکته برای فیزیک انرژی‌های زیاد:

$$(K+m_0c^2)^2=(pc)^2+(m_0c^2)^2$$

که به رابطه مفید زیر می‌رسیم:

$$\rightarrow E^2 = (pc)^2 + (m_0c^2)^2 \rightarrow E = c\sqrt{p^2 + m_0^2c^2}$$

$$\frac{dE}{dp} = \frac{pc}{\sqrt{p^2+m_0^2c^2}} = \frac{pc^2}{c\sqrt{m_0^2c^2+p^2}} = \frac{pc^2}{E} \rightarrow \frac{dE}{dp} = \frac{pc^2}{E}$$

از طرفی:

$$\left\{ \begin{array}{l} E = mc^2 \\ \vec{p} = m \vec{v} = p = mV \rightarrow \frac{dE}{dp} = \frac{mc^2V}{mc^2} = V \rightarrow \frac{dE}{dp} = V \end{array} \right\}$$

کلیه منابع ارائه شده توسط مرکز نخبگان دارای شابک، فیبا و مجوز وزارت ارشاد می‌باشد و هرگونه برداشت و کپی برداری از مطالب پیگرد قانونی دارد

مثال:

ذره‌ای دارای انرژی کل $6 \times 10^3 \text{ MeV}$ و اندازه حرکت خطی $3 \times 10^3 \text{ MeV}$ است. جرم سکون آن چقدر

است؟ (سری شومز)

جواب: با استفاده از:

$$E^2 = (pc)^2 + E_0^2$$

$$(6 \times 10^3 \text{ MeV})^2 = [(3 \times 10^3 \text{ MeV}/c)c]^2 + E_0^2$$

$$E_0 = 5/2 \times 10^3 \text{ MeV}$$

از حل کردن رابطه داریم:

$$m_0 = (5/2 \times 10^3 \text{ MeV}) \left(\frac{1u}{931/5 \text{ MeV}} \right) = 5/58u$$

مثال:

به مسئله قبل مراجعه کنید. انرژی ذره در چارچوبی که اندازه حرکت آن $5 \times 10^3 \text{ MeV}/c$ می‌باشد، چقدر

است؟ (سری شومز)

جواب:

$$E^2 = (pc)^2 + E_0^2 = [(5 \times 10^3 \text{ MeV}/c)c]^2 + (5/2 \times 10^3 \text{ MeV})^2$$

$$E = 7/2 \times 10^3 \text{ MeV}$$

۸-۱ یکاهای انرژی و تکانه

الکترون ولت (eV) انرژی جنبشی جسمی است که بار آن برابر با باریک الکترون است پس از آنکه جسم از میان اختلاف پتانسیل یک ولتی عبور می‌کند.

$$1 \text{ eV} = (1/602 \times 10^{-19} \text{ C})(1 \text{ V}) = 1/602 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$1 \text{ MeV} = 10^6 \text{ eV} \quad 1 \text{ GeV} = 10^9 \text{ eV}$$

رابطه $J = 1 \text{ eV} \times 1/602 \times 10^{-19}$ را می‌توان به صورت عامل تبدیل دو یکای مختلف انرژی تصور کرد.

یکای متعارف برای تکانه $\frac{\text{Kg.m}}{\text{s}}$ است. در محاسباتی نسبیتی، یکای $\frac{\text{MeV}}{c}$ برای تکانه کراراً مورد استفاده قرار می‌گیرد.

این یکاها از عبارت انرژی - تکانه ناشی می‌شوند.

$$P = \frac{\sqrt{E^2 - E_0^2}}{c}$$

عامل تبدیل عبارت است از:

$$1 \frac{\text{MeV}}{c} = 0/534 \times 10^{-21} \frac{\text{kg.m}}{\text{s}}$$

۹-۱ ملاحظات عمومی در حل مسائل جرم-انرژی

یک اشتباه متداول در حل مسائل جرم-انرژی، استفاده از عبارت نادرست برای انرژی جنبشی است بنابراین:

$$K \neq \frac{1}{2} m u^2, K \neq \frac{1}{2} m \cdot u^2$$

عبارت درست برای انرژی جنبشی عبارت است از:

$$K = (m - m_0) c^2$$

به طور مشابه در مورد تکانه توجه کنید که:

$$P \neq m \cdot u$$

چند نکته:

بار الکترون مستقل از سرعت آن است و پایاست. به عبارتی بار در نسبیت یک کمیت ناورد است.

فرمول کلاسیکی انرژی جنبشی $K = \frac{1}{2} m V^2$ است.

فرمول نسبیتی انرژی جنبشی به این صورت است:

$$K = \int m V dv + V^2 dm = m_0 c^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}} - 1 \right) = E - E_0 = E_K$$

مثال:

جسم ساکنی خود به خود به دو قسمت تجزیه می‌شود که در جهت‌های مخالف حرکت می‌کنند. جرم‌های

سکون اجزا 3kg ، $5/33\text{kg}$ و سرعت‌های آنها به ترتیب $0.8c$ و $0.6c$ هستند. جرم سکون جسم اولیه را

بیابید.

جواب: چون نهایی $E = E_0$ اولیه.

$$m_0 c^2 = \frac{m_1 c^2}{\sqrt{1 - \frac{v_1^2}{c^2}}} + \frac{m_2 c^2}{\sqrt{1 - \frac{v_2^2}{c^2}}} = \frac{(3\text{kg})c^2}{\sqrt{1 - (0.8)^2}} + \frac{(5/33\text{kg})c^2}{\sqrt{1 - (0.6)^2}}$$

$$m_0 = 11/66\text{kg}$$

مشاهده می‌کنیم که جرم سکون پایسته نیست.

مثال:

سرعت الکترونی که از طریق اختلاف پتانسیل 10^5eV شتابدار می‌شود چقدر است؟

جواب: چون $K = e\Delta V = 10^5\text{eV} = 0.1\text{MeV}$ داریم:

$$0.1\text{MeV} = K = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - m_0 c^2$$

با جانشانی $m_0c^2 = 0.511 \text{ MeV}$ و حل آن نتیجه می شود $v = 0.548c$.

مثال:

تکانه یک الکترون 1 MeV را محاسبه کنید.

جواب:

$$E^2 = (Pc)^2 + E_0^2$$

$$(1 \text{ MeV} + 0.511 \text{ MeV})^2 = (Pc)^2 + (0.511 \text{ MeV})^2$$

$$P = 1/42 \frac{\text{MeV}}{c}$$

مثال:

انرژی جنبشی الکترونی را که تکانه آن $2 \frac{\text{MeV}}{c}$ است محاسبه کنید.

$$E^2 = (Pc)^2 + E_0^2$$

$$(K + 0.511 \text{ MeV})^2 = (2 \frac{\text{MeV}}{c} c)^2 + (0.511 \text{ MeV})^2$$

$$K = 1.55 \text{ MeV}$$

مثال:

جرم موثر فوتونی به طول موج 5000 \AA آنگستروم را محاسبه کنید.

$$m_{eff} c^2 = E_{\text{photon}}$$

$$E_{\text{photon}} = h\nu$$

$$m_{eff} = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{(5 \times 10^{-7})(3 \times 10^8)} = 4.42 \times 10^{-36}$$

مثال:

سرعت یک الکترون 5×10^7 است. چه مقداری انرژی برای دو برابر کردن سرعت آن نیاز است؟

$$\text{انرژی اولیه} = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - m_0 c^2$$

$$\text{انرژی نهایی} = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \frac{4v^2}{c^2}}} - m_0 c^2$$

تفاوت انرژی نهایی از انرژی اولیه $= 0.024$ مگا الکترون ولت

سوال: اگر اندازه حرکت فوتونی مساوی با اندازه حرکت یک الکترون با انرژی 3 MeV باشد، انرژی آن

چند MeV است؟ (انرژی معادل جرم الکترون 0.511 MeV فرض شود). (فیزیک پزشکی ۸۸-۸۷)

۰.۸۷ (۴)

۱.۸۵ (۳)

۲.۵ (۲)

۳.۴۷ (۱)

$$pc = \sqrt{(k + m_0c^2)^2 - (m_0c^2)^2} \rightarrow pc = 3.47$$

$$pc = \sqrt{(3 + 0.511)^2 - (0.511)^2}$$

۱۰-۱ قانون دوم نیوتون در نسبیت

بیان کلاسیکی قانون دوم نیوتون این است که نیروی خالص وارد بر جسم برابر با آهنگ تغییر اندازه حرکت خطی جسم است. برای اینکه این قانون آثار نسبیتی را دربرگیرد، باید واقعیت تغییر جرم جسم با سرعت آن را مجاز دانست. در نتیجه عمومیت نسبیتی قانون دوم نیوتون برابر است:

$$F = \frac{dp}{dt} = \frac{d}{dt} \left[\frac{m_0 u}{\sqrt{1 - (u^2/c^2)}} \right] = \frac{d}{dt} (mu)$$

مثال:

با استفاده از قانون دوم نیوتن، رابطه‌ای برای سرعت نسبیتی ذره‌ای با بار q که روی دایره‌ای به شعاع R عمود بر یک میدان مغناطیسی B حرکت می‌کند، به دست آورید. (سری شومز)
جواب: شکل برداری قانون دوم نیوتن برابر است باز:

$$F = \frac{d}{dt} (mu) \left[\frac{m_0 u}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \right] = \frac{d}{dt} \left[\frac{m_0 u}{\sqrt{1 - (u \cdot u/c^2)}} \right]$$

با انجام مشتق‌گیری از طریق قانون زنجیره‌ای، داریم:

$$F = \frac{m_0 u}{\sqrt{1 - (u \cdot u/c^2)}} \frac{du}{dt} + \frac{m_0}{\sqrt{1 - (u \cdot u/c^2)}} \frac{u \cdot \frac{du}{dt}}{c^2} u$$

در میدان مغناطیسی سرعت و شتاب بر هم عمودند، بنابراین:

$$u \frac{du}{dt} = 0$$

همچنین:

$$F_r = quB, \quad \left[\frac{du}{dt} \right] = \frac{u^2}{R}$$

در نتیجه:

$$quB = \frac{m_0}{\sqrt{1 - (u \cdot u/c^2)}} \frac{u^2}{R}$$

$$u = \frac{qBR/m_0}{\sqrt{1 + (qBR/m_0c)^2}}$$

یا

$$\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}} = \sqrt{1 + \left(\frac{qBR}{mc} \right)^2}$$

کلیه منابع ارائه شده توسط مرکز نخبگان دارای شابک، فنیفا و مجوز وزارت ارشاد می‌باشد و هرگونه برداشت و کپی برداری از مطالب پیگرد قانونی دارد

در حد $c \rightarrow \infty$ از رابطه بالا، سرعت کلاسیکی به دست می‌آید.

یک حالت استثنائی وضعیتی است، که در آن سرعت یک ذره ثابت است در حالی که بردار سرعت آن تغییر می‌کند، مثل حرکت یک ذره بر یک قوس دایره ای تحت تاثیر یک نیروی جانب مرکز که چون نیرو و شعاعی و بر حرکت ذره عمود است، سرعت آن ثابت ولی جهت سرعت آن در هر لحظه تغییر می‌کند.

ذره‌ای را که جرم آن m و بار الکتریکی آن Q است و با سرعت v عمود بر میدان مغناطیسی یکنواخت B حرکت می‌کند در نظر می‌گیریم. نیروی مغناطیسی عمود بر سرعت ذره که باعث می‌شود ذره بر یک دایره حرکت کند دارای بزرگی: $F=QvB$ است. چون ذره با سرعت ثابت حرکت می‌کند، جرم نسبیتی آن ثابت و بنابراین $dm/dt=0$ است. در این صورت معادله $F=\frac{d}{dt}(mv)$ چنین می‌شود $F=mdv/dt=ma$ ، که در آن a شتاب جانب مرکز با بزرگی v^2/r و شعاع مسیر دایره ای است. با استفاده از رابطه نیروی مغناطیسی خواهیم داشت:

$$QvB = \frac{mv^2}{r}, p=mv=QBr$$

البته باید توجه کرد که هر چند این رابطه ظاهراً همان رابطه کلاسیکی مربوط به آن است ولی در اینجا جرم ظاهر شده و همچنین اندازه حرکت به صورت نسبیتی محاسبه می‌شوند.

مثال:

شعاع مسیر الکترونی با انرژی جنبشی 10 MeV را که داخل یک میدان مغناطیسی به شدت $2 \frac{\text{wb}}{\text{m}^2}$ و عمود بر آن حرکت می‌کند هم به طور کلاسیک و هم به طور مغناطیسی محاسبه کنید.

جواب: با توجه به اصل همخوانی وقتی $c \rightarrow \infty$ رابطه بین p و k در فیزیک کلاسیک بدست می‌آید.

$$p = \sqrt{2m_0K}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} m_0 = \frac{9}{1} \times 10^{-31} \\ 1eV = \frac{1}{6} \times 10^{-19}j \\ 1MeV = 10^6 eV = 1/6 \times 10^{-13}j \end{array} \right\}$$

$$P = [2 * 9/1 * 10^{-31} * 10 * 1/6 * 10^{-13}]^{\frac{1}{2}} = 17 * 10^{-22} \text{kgm/sec}$$

در فیزیک انرژیهای بالا، رابطه زیر برقرار است:

$$(K + m_0c^2)^2 = (pc)^2 + m_0c^2$$

$$\rightarrow p = \frac{1}{c} \sqrt{(K + m_0c^2)^2 - m_0c^2} \rightarrow m_0c^2 = \frac{(9/1 \times 10^{-19})(3 \times 10^8)^2}{1/6 \times 10^{-13}} = 0/51$$

$$p = \frac{1}{3 \times 10^8} - \sqrt{(10 + 0/51)^2 - (0/51)^2} \frac{\text{MeV-sec}}{m} \times (1/6 \times 10^{-31} \text{J/MeV})$$

$$= 5/6 \times 10^{-21} \frac{j-sec}{m} = \frac{kg-m}{Sec} \times 5/6 \times 10^{-21}$$

$$r = \frac{mV}{qB} = \frac{p}{qB} = \frac{5/6 \times 10^{-21}}{1/6 \times 10^{-19} \times 2} = m = 1/8 \text{ cm}$$

سوال: ذره آلفایی با سرعت $10^7 \frac{m}{s}$ به طور عمودی وارد میدان مغناطیسی به شدت ۲۵۰۰۰ گوس می‌شود.

شعاع انحنای مسیر این ذره آلفا چند سانتی متر است؟ ($e = 1.6 \times 10^{-19}$) (فیزیک پزشکی ۹۰-۸۹)

۱.۶۷ (۴)

۸۳.۵ (۳)

۶۶.۸ (۲)

۱.۳۳۶ (۱)

$$m_a = 4m_p \quad m_p = 2000m_e \rightarrow m_a = 8000m_e$$

$$eVB = \frac{m_a}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} \frac{v^2}{R} \rightarrow R = 0.182$$

پاسخ وزارت بهداشت گزینه (۳) می‌باشد.

سوال: در طیف سنجی یونی، یونی با بار الکتریکی q توسط اختلاف پتانسیل V شتاب گرفته و وارد

میدان مغناطیسی B می‌شود. اگر مسیر آن دایره‌ای به شعاع r باشد، جرم این یون چقدر خواهد بود؟

(فیزیک پزشکی ۹۴-۹۳)

$qB^2r^2/2V$ (۴)

qB^2r^2/V (۳)

$qBr/2V$ (۲)

qBr/V (۱)

$$qVB = \frac{mv^2}{r} \Rightarrow m = \frac{qB^2r^2}{2V}$$

$K = qV_{\text{ولتاژ}}$

چند نکته:

برای تسهیل محاسبات مربوط به انرژی، بیان جرم بر حسب الکترون ولت امر متداولی شده است. مثلاً جرم سکون

یک الکترون برابر 0.51 MeV است.

یک واحد جرم اتمی (1 a.m.u) تقریباً برابر است با $1/66 * 10^{-27} \text{ kg}$

$$1 \text{ a.m.u} = 1/66 * 10^{-27} \text{ kg}$$

$$= \frac{\Delta m_0}{M_0} = \frac{E_b}{M_0 c^2}$$

تغییر نسبی جرم سکون

رابطه بین یکای جرم اتمی (a.m.u) و یکای انرژی MeV.

$$1 \text{ a.m.u} = 931/5 * 10^6 \frac{eV}{c^2}$$

$$\text{انرژی سکون الکترون} = (0/5 \times 10^6 eV) = \frac{0/51 \times 10^6 eV}{931/5 \times 10^6 eV} = 5 \times 10^{-4} (a.m.u) - C^2$$

$$\text{انرژی سکون پروتون} = 931/5 * 10^6 eV = 1/00728 (a.m.u) - C^2$$

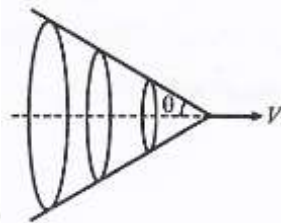
$$\text{انرژی سکون الکترون} \cong \frac{1}{2} \text{ MeV} \cong 0/51 \text{ MeV}$$

انرژی سکون پروتون

$$\cong 1\text{GeV} \cong 938/26\text{MeV}$$

۱۱-۱ تابش چرنکوف

هنگامی که ذره‌ای باردار، سرعتی بیش از سرعت نور داشته باشد، تابش چرنکوف رخ می‌دهد.



شرط تابش چرنکوف به صورت زیر بیان می‌شود:

$$\cos\theta = \frac{c}{nV}$$

که در این رابطه θ زاویه بین راستای حرکت بار و جهت تابش و C سرعت نور و n ضریب شکست محیط و V سرعت ذره باردار می‌باشد.

سوال: حداقل سرعت یک الکترون کوچک در مایعی به ضریب شکست ۱.۵ چند متر بر ثانیه باشد تا

پدیده چرنکوف مشاهده شود؟ ($C=3 \times 10^8 \frac{m}{s}$) (فیزیک پزشکی ۹۱-۹۰)

- (۱) 1.5×10^8 (۲) 2×10^8 (۳) 3×10^8 (۴) 4.5×10^8

$$n = \frac{c}{v} \rightarrow V = \frac{3 \times 10^8}{1.5} = 2 \times 10^8$$

سوال: چنانچه ذرات بتای تابشی از هسته ^{60}Co در داخل آب دارای تابش چرنکوف با زاویه 30° نسبت به امتداد حرکت آن باشد، سرعت ذرات تابشی در آب چند برابر سرعت سیر نور در هوا (C) خواهد بود؟ (ضریب شکست آب $n=1/3$ فرض شود). (فیزیک پزشکی ۹۵-۹۴)

- (۱) $1/53$ (۲) $1/1$ (۳) $0/91$ (۴) $0/65$

$$\cos\theta = \frac{c}{nV} = 1/5C$$

۱۲-۱ خلاصه

اندازه حرکت نسبیتی یک ذره چنین است:

$$p = mv \quad \text{در که آن} \quad m = \frac{m_0}{\sqrt{1-(v/c)^2}}$$

در دینامیک نسبیتی انرژی کل و جرم نسبیتی یک ذره با معادله اینشتین به همدیگر مربوط می‌شوند.

$$E=mc^2$$

انرژی جنبشی یک ذره از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$E_k = E - E_0$$

که در آن $E_0 = m_0 c^2$ انرژی سکون ذره است.

$$(pc)^2 - E^2 = -E_0^2$$

تحت تبدیلات لورنتس ناورد است، یعنی این کمیت در تمام دستگاه‌های لخت دارای مقدار یکسانی است.

جرم سکون یک دستگاه از ذرات مقید، به مقدار E_b/c^2 از جرم کل قسمتهای جدا از هم کمتر است، که در آن E_b انرژی بستگی کل است.

انرژی کل ذره و مولفه‌های اندازه حرکت آن، از یک دستگاه لخت به دستگاه لخت دیگر، مانسته تبدیلات لورنتس فضا-زمانی تبدیل می‌شوند.

$$p_{x2} = \frac{p_{x1} - v(E_1/c^2)}{\sqrt{1 - (v/c)^2}}$$

$$p_{y2} = p_{y1}$$

$$p_{z2} = p_{z1}$$

$$E_2 = \frac{E_1 - vp_{x1}}{\sqrt{1 - (v/c)^2}}$$

قوانین الکترودینامیک ما کسول هم وردای لورنتسی‌اند. بنا به نسبت خاص، در صورتی بر هم کنش مغناطیسی بین بارهای متحرک انجام می‌شود که بر هم کنش مطلقاً الکتریکی از یک دستگاه لخت به دستگاه لخت دیگر تبدیل شود.

نکته مهم: داوطلبین محترم توجه فرمایید که با تهیه این جزوات دیگر نیاز به خرید هیچ گونه

کتاب مرجع دیگری نخواهید داشت. برای اطلاع از نحوه دریافت جزوات کامل با شماره های

زیر تماس حاصل فرمایید.

۰۲۱-۶۶۹۰۲۰۶۱-۶۶۹۰۲۰۳۸-۰۹۳۷۲۲۲۳۷۵۶

خرید اینترنتی:

Shop.nokhbegaan.ir