

فیزیک اتمی و هسته‌ای

گردآوری و تالیف:

سیدممد ذوالجلالی مقدم

کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی دانشگاه علوم پزشکی ایران

رضا شمس‌آبادی

دکتری فیزیک هسته‌ای دانشگاه مکیم سبزواری



موسسه علمی انتشاراتی سنا



سرشناسه	ذوالجلالی مقدم، سیدحمید، ۱۳۷۱ -
عنوان و نام پدیدآور	فیزیک اتمی و هسته‌ای/گردآوری و تالیف سیدحمید ذوالجلالی مقدم، رضا شمس‌آبادی.
مشخصات نشر	تهران: انتشارات علمی سنا، ۱۳۹۹.
مشخصات ظاهری	[۱۵۸] ص.: مصور.
شابک	۹۷۸-۶۰۰-۴۸۸-۲۰۶-۴
وضعیت فهرست نویسی	فیپا
یادداشت	کتابنامه: ص. ۱۵۸.
موضوع	فیزیک هسته‌ای -- راهنمای آموزشی (عالی)
موضوع	Nuclear physics -- Study and teaching (Higher)
موضوع	فیزیک هسته‌ای -- آزمون‌ها و تمرین‌ها (عالی)
موضوع	Nuclear physics -- Examinations, questions, etc. (Higher)
موضوع	دانشگاه‌ها و مدارس عالی -- ایران -- آزمون‌ها
موضوع	Universities and colleges -- Iran -- Examinations
شناسه افزوده	شمس‌آبادی، رضا، ۱۳۷۱ -
رده بندی کنگره	QC۷۷۶
رده بندی دیویی	۵۳۹/۷
شماره کتابشناسی ملی	۷۵۳۳۴۰۸
وضعیت رکورد	فیپا



مؤسسه علمی انتشاراتی سنا
 فیزیک اتمی و هسته‌ای
 سیدحمید ذوالجلالی مقدم - رضا شمس‌آبادی
 ۹۷۸-۶۰۰-۴۸۸-۲۰۶-۴
 دوم - ۱۴۰۳
 سیده آمنه ابوالحسنی
 علیرضا زمانی
 elmisana@gmail.com
 sanabook.com
 ۱۰۰ نسخه
 برای مشاهده قیمت اسکن کنید.



نام کتاب
 گردآوری و تألیف
 شابک
 چاپ
 صفحه‌آرایی
 طراح جلد
 پست الکترونیک
 سایت انتشارات
 تیراژ
 قیمت

شما می‌توانید کتاب‌های نشر علمی را علاوه بر کتابفروشی‌های سراسر کشور از نمایندگی‌های اختصاصی مؤسسه واقع در کلیه استان‌ها تهیه نمایید.
 آدرس نمایندگی‌ها در سایت sanapezeshki.com و یا انتهای کتاب درج شده است.
 تلفن دفتر پخش: ۰۲۱-۶۶۵۷۴۳۴۵: داخلی ۳

دفتر مرکزی: تهران، میدان انقلاب، خیابان جمالزاده شمالی، خیابان فرصت شیرازی، پلاک ۷۲، طبقه همکف
 تلفن: ۰۲۱۶۶۵۷۴۳۴۵-۶

بخش اول: فیزیک اتمی

فصل اول: جنبه‌های ذره‌ای امواج.....	۵
فصل دوم: جنبه‌های موجی ذرات.....	۳۱
فصل سوم: ساختار اتم‌های چند الکترونی و اتم هیدروژن.....	۴۲
بخش دوم: فیزیک هسته‌ای.....	۶۳
فصل چهارم: مفاهیم پایه‌ای فیزیک هسته‌ای و خواص هسته‌ها.....	۶۳
فصل پنجم: مدل‌های هسته‌ای.....	۸۰
فصل ششم: برخورد پرتوهای یونیزان با ماده.....	۸۷
فصل هفتم: واپاشی هسته‌ای.....	۹۲
فصل هشتم: برهمکنش‌های هسته‌ای.....	۱۲۱
فصل نهم: فیزیک نوترون.....	۱۳۶
فصل دهم: آشکارسازی تابش‌های هسته‌ای.....	۱۴۸
منابع.....	۱۵۸

بخش اول: فیزیک اتمی

فصل اول: جنبه‌های ذره‌ای امواج

۱-۱ مفاهیم کمیت‌های پیوسته و کوانتیده

نظریه نسبیت و نظریه کوانتومی دو شالوده مهم نظری قرن بیستم را نشان می‌دهند. درست همان‌گونه که نظریه نسبیت به یافته‌های جدید از طبیعت فضا-زمان و نتایج عمیقی در مکانیک الکترومغناطیس منجر می‌شود. نظریه کوانتومی نیز به روش‌های کاملاً جدیدی منجر می‌شود که به فهم ساختار اتمی و هسته‌ای مرتبط هستند. در دنیای فیزیکی با دو نوع از کمیت‌های فیزیکی سروکار داریم:

الف) کمیت‌هایی که دارای پیوستاری از مقادیرند: به عنوان مثال می‌توان به سرعت ذره اشاره کرد که از مقدار صفر تا سرعت نور تغییر کند و یا زاویه‌ی بین جهت گشتاور دو قطبی یک آهنربا با یک میدان مغناطیسی خارجی که می‌تواند از صفر تا 180° درجه تغییر کند.

ب) کمیت‌های کوانتیده: این کمیت‌ها محدود به مقادیر گسسته معینی هستند که گاهی آنها را با عناوین اتمیسیته یا دامنه نیز بیان می‌کنند. به عنوان مثال: جرم‌های سکون مشاهده شده اتم‌ها که در یک گستره پیوسته قرار نمی‌گیرند. امروزه جرم‌های اتم‌هایی که در طبیعت وجود دارند با دقت زیادی محاسبه شده‌اند ولی این جرم‌ها تقریباً به نسبت اعداد صحیح هستند و دقیقاً مشخص نیستند. یکی از وظایف فیزیک هسته‌ای توضیح این انحراف‌ها نسبت به اعداد صحیح به کمک اصول اساسی است و یا بار الکتریکی نیز از جمله کمیت‌هایی در فیزیک می‌باشد که کوانتیده می‌باشد. نظریه کوانتومی به مقدار زیاد مبنی بر این نظر است که بعضی از کمیت‌ها که در فیزیک کلاسیک پیوسته در نظر گرفته می‌شوند، در حقیقت کوانتیده‌اند. از لحاظ تاریخی پیدایش نظریه‌های کوانتومی به تعبیر نظری تابش الکترومغناطیس جسم سیاه بازمی‌گردد.

$$E = mc^2 = m_0 c^2 + T$$

در این رابطه T انرژی جنبشی ذره و m_0 جرم سکون آن می‌باشد.

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1-v^2/c^2}} \Rightarrow m = \frac{m_0}{\sqrt{1-v^2/c^2}}, \quad p = mv = \frac{m_0 v}{\sqrt{1-v^2/c^2}}$$

برای پروتون و نوترون در حالتی که $V \ll c$ باشد داریم:

$$\lambda_d = \frac{2\pi / 6}{\frac{1}{[T(\text{MeV})]^2}}$$

$$E^2 = m^2 c^4 \Rightarrow m^2 c^4 = m^2 c^4 + p^2 c^2$$

رابطه‌ی بین انرژی و طول موج فوتون به‌صورت زیر می‌باشد.

$$E = \frac{0.0124 \text{ MeV} \cdot \text{\AA}}{\lambda}$$

۳-۱ تفاوت موج با ذره

به‌طور خلاصه می‌توان تفاوت امواج را با ذرات به‌صورت زیر بیان کرد:

الف) خصوصیات ذرات:

- ۱- ذره انرژی و اندازه حرکت خطی را با خودش حمل می‌کند.
- ۲- ذره با حجمی که در یک نقطه از فضا متمرکز شده و دارای حجم است بیان می‌شود.
- ۳- ذره دقیقاً مکانش مشخص است.
- ۴- هنگام حرکت، ذره کاملاً حرکتش قابل مشاهده است یعنی یک مسیری از خود در فضا ایجاد می‌کند.

ب) خصوصیات امواج:

- ۱- موج انرژی و اندازه حرکت خطی را با خودش حمل می‌کند.
- ۲- ذره در موج جابه‌جا نمی‌شود و آشفتگی در موج جابه‌جا می‌شود یعنی موج یک آشفتگی در محیط مادی است.
- ۳- ذرات در مکان خود قرار دارند و انرژی منتقل می‌شود.
- ۴- انرژی و اندازه حرکتی که به موج نسبت می‌دهیم در یک نقطه متمرکز نیست.
- ۵- مکان موج در یک بازه زمانی مشخص می‌شود نه در یک زمان مشخص.

۴-۱ روش‌های جدا کردن الکترون از فلز

برای جدا کردن الکترون از فلز روش‌های متفاوتی وجود دارد که به‌طور خلاصه می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۴-۵-۱ تابش ترمزی

انتقال جزئی یا کامل انرژی جنبشی یک ذره به انرژی الکترومغناطیسی وقتی الکترون در یک تک برخورد به حال سکون درآید، فوتون‌ها با بسامد بیشینه (طول موج کمینه) تولید می‌شوند.

$$eV = E_k = h\nu_{\max} = \frac{hc}{\lambda_{\min}}$$

۴-۵-۱ پراکندگی ساده (رایلی Coherent)

این فرآیند نسبت به سه فرآیند قبلی ذکر شده از اهمیت کمتری برخوردار است. در این فرآیند فوتون تابشی با الکترونی که دارای پیوند محکمی به اتم است برخورد می‌کند. ضربه دریافتی توسط اتم جذب می‌شود به طوری که این انتقال انرژی ناچیز بوده و فوتون بدون از دست دادن انرژی پراکنده می‌شود. سطح مقطع پراکندگی دایلی با اتم تقریباً با رابطه زیر تغییر می‌کند.

$$\sigma_{\text{coh}} \approx (h\nu)^{-2} Z^2$$

در واقع در این پراکندگی، فوتون کل الکترون‌های اتم را به عنوان یک مجموعه می‌بیند و از یک مجموعه پراکنده می‌شود. چون جرم کل مجموعه الکترون‌ها زیاد است انرژی فوتون پراکنده شده تقریباً با انرژی فوتون فرودی برابر است و زاویه پراکندگی نیز کوچک است. این نوع پراکندگی در اتم‌های با Z بالا (اتم‌های سنگین) بیشتر مشاهده می‌شود.

۴-۶ در آشامی فوتون‌ها

شدت I تابش الکترومغناطیس انرژی است که در واحد زمان از واحد سطح عمود بر جهت انتشار عبور می‌کند. شار فوتونی باریکه‌ای از تابش الکترومغناطیس به صورت تعداد فوتون‌های عبوری در واحد سطح و واحد زمان تعریف می‌شود. وقتی باریکه‌ای از فوتون‌ها به ماده‌ای برخورد می‌کند شار فوتونی (N) کاهش می‌یابد، زیرا فوتون‌ها یا از باریکه جدا می‌شوند و یا از راستای جلوی منحرف می‌شوند هر چه لایه درآشام ضخیم‌تر باشد احتمال اینکه یک فوتون از باریکه بیرون کشیده شود، بیشتر خواهد بود. تعداد فوتون‌هایی که در واحد زمان به وسیله واحد سطح در آشام حذف می‌شوند (بیرون کشیده می‌شوند) برابر با dN است. وقتی تعداد فوتون‌های فرودی زیاد شود تعداد فوتون‌هایی که در رویارویی با اتم‌های موجود در آشام بیرون کشیده می‌شوند به همان نسبت افزایش یافته یعنی dN با N متناسب است. از طرفی تعداد اتم‌هایی که با باریکه روبه‌رو می‌شوند مستقیماً با ضخامت در آشام متناسب هستند یعنی $dN \propto dx$ داریم:

$$dN = -\mu N dx$$

در این رابطه μ ضریب در آشامی نامیده می‌شود. علامت منفی به علت کاهش N با افزایش ضخامت جسم درآشام است. با مرتب کردن و انتگرال‌گیری بر حسب شارفرودی در آشام N_0 داریم:

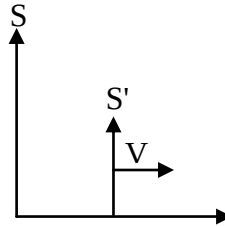
$$X'_1 = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{C^2}}} (X_1 - Vt)$$

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{C^2}}}$$

$$X'_2 = X_2; y' = y$$

$$X'_3 = X_3; Z' = Z$$

$$t' = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{C^2}}} \left(t - \frac{VX_1}{C^2} \right)$$



باید در نظر داشت که در سرعت‌های کم ($V \ll C$) برای γ داریم:

در این صورت تبدیلات لورنتس به معادلات گالیه شبیه می‌شوند که این رابطه در واقع بیانگر این است که در سرعت‌های کم تبدیلات لورنتس به تبدیلات گالیه تبدیل می‌شوند.

مثال در سطح زمین چراغ‌های دو شهر که به فاصله ۱۰۰ کیلومتر از هم فاصله دارند هم زمان روشن می‌شوند. فاصله زمانی این دو رویداد از دید ناظری که در با سرعت $0.8c$ نسبت به زمین حرکت می‌کند تقریباً چقدر است؟

برای حل این مسئله باید در نظر داشت که بازه زمانی Δt برای ناظر ساکن برابر با صفر بوده و برای تعیین $\Delta t'$ داریم:

$$\Delta t' = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{C^2}}} \left(\Delta t - \frac{V \Delta X_1}{C^2} \right) \Rightarrow |\Delta t'| = \left| \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{(0.8c)^2}{c^2}}} \left(0 - \frac{0.8c \times 10^6}{c^2} \right) \right| = 4 / 4 \text{ ms}$$

۱-۷-۲ روابط سرعت در تبدیلات لورنتس

با استفاده از تبدیلات لورنتس برای مکان در صورتی که سرعت دو دستگاه نسبت به هم برابر با V باشد مؤلفه‌های سرعت می‌توان به صورت زیر نوشت:

$$u'_1 = \frac{1}{1 - \frac{u_1 V}{C^2}} (u_1 - V)$$

$$u'_2 = \frac{u_2}{\gamma \left(1 - \frac{u_1 V}{C^2} \right)}$$

تست‌های فصل اول

۱- در تابش از یک جسم سیاه با افزایش دما، طول موج ماکزیمم اشعه تابشی و مقدار شدت نور تابشی می‌یابد. (فیزیک پزشکی ۹۵)

الف) افزایش - افزایش ب) کاهش - افزایش ج) کاهش - کاهش د) افزایش - کاهش

۲- در یک پراکندگی کمپتون اگر زاویه پراکندگی $\theta = 180^\circ$ باشد، با فرض اینکه $E \gg mc^2$ باشد، انرژی فوتون پراکنده از کدام رابطه محاسبه می‌شود؟ (فیزیک پزشکی ۹۵)

الف) $\frac{mc^2}{2}$ ب) mc^2 ج) $2mc^2$ د) $4mc^2$

۳- تابندگی خورشید برابر $\frac{kw}{cm^2}$ است، طول موج متناظر با تابندگی ماکزیمم خورشید

تقریباً چند نانومتر است؟ ($b = 2898 \mu m \cdot K$ ، $\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \frac{W}{m^2 \cdot K^4}$) (کنکور فیزیک پزشکی ۹۵)

الف) ۵۰۰ ب) ۶۰۰ ج) ۱۲۰۰ د) ۵۰۰

۴- در فوتویونشی هیدروژن، اگر اتم هیدروژن یک فوتون 60 نانومتری را جذب کند، انرژی جنبشی ماکزیمم الکترون خارج شده تقریباً چند الکترون ولت خواهد بود؟ (فیزیک پزشکی ۹۵)

(انرژی یونشی هیدروژن 13.6 eV و $1.3 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ ، $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ ، $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$)

الف) $20/6$ ب) $13/6$ ج) $10/34$ د) $7/0$

۵- اگر تابع گاز فلز سدیم $1/8$ الکترون فرض شود و نوری با طول موج 565 نانومتر به سطح سدیم بنابانیم، انرژی جنبشی الکترون‌های جدا شده از سطح سدیم الکترون ولت خواهد

بود؟ ($h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ ، $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$) (فیزیک پزشکی ۹۵)

الف) $0/4$ ب) $0/8$ ج) $1/2$ د) $2/1$

۶- هنگامی که طول موج نور تابشی بر روی یک سطح فلزی کمتر از $2300 \text{ \AA}$ باشد، فوتوالکترون‌هایی از سطح فلز به خارج پرتاب می‌شود اگر طول موج تابشی $1500 \text{ \AA}$ باشد مقدار پتانسیل توقف دهی چند ولت است؟ (فیزیک پزشکی ۹۵)

($c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ ، $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ ، $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$)

الف) $5/39$ ب) $8/27$ ج) $2/88$ د) $1/56$

اما از آنجا که توزیع فوتون‌ها کاتوره‌ای است نمی‌توان به‌طور دقیق زمان و مکان هر فوتون را مشخص کرد بلکه با داشتن شار فوتونی تنها می‌توان احتمال مشاهده فوتون را در هر لحظه در یک مکان تعیین کرد. بنابراین با بدست آوردن شدت تابش می‌توان احتمال مشاهده فوتون را به دست آورد.

$$I = \epsilon_0 E^2 c$$

$$I = h\nu N \Rightarrow N = \frac{I}{h\nu} = \frac{\epsilon_0 E^2 c}{h\nu}$$

بنابراین احتمال مشاهده فوتون با مجذور شدت میدان الکتریکی متناسب خواهد بود.

۶-۲ سرعت‌های فاز و گروه

سرعت یک موج با بسامد $\nu = \frac{E}{h}$ و طول موج $\lambda = \frac{h}{p}$ به‌صورت زیر می‌باشد.

$$V_{ph} = \nu \lambda = \frac{h}{p} \times \frac{E}{h} = \frac{E}{p}$$

V_{ph} سرعت فاز یک موج می‌باشد و آهنگی است که با آن یک نقطه با فاز ثابت فضا را طی می‌کند. از

آنجا که $E = \hbar \omega$ و $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ عدد موج است می‌توان گذشت در این رابطه $\hbar = \frac{k}{2\pi}$ است.

$$V_{ph} = \frac{\omega}{k}$$

اگر انرژی و تکانه ذره با جرم نسبیتی m را به‌صورت زیر بیان کنیم:

$$E = mc^2$$

$$p = mV$$

برای سرعت فاز خواهیم داشت:

$$V_{ph} = \frac{E}{p} = \frac{mc^2}{mv} = \frac{c^2}{v}$$

اگر این ذره یک فوتون با جرم سکون صفر باشد در این صورت $v = c$ است اکنون داریم: $V_p = \frac{c^2}{c} = c$

سرعت گروه برای مجموعه‌ای از امواج مادی به‌صورت سرعت ذره‌ای تعریف می‌شود که حرکتش از این امواج پیروی می‌کند. سرعت گروه یک دسته موج متناسب به جسم، همان سرعت انتقال اطلاعات آن می‌باشد اما سرعت فاز سرعت انتقال اطلاعات نیست. پس بیانگر یک واقعیت فیزیکی نمی‌باشد در واقع سرعت گروه یعنی سرعتی که ناحیه فوق با آن پیش می‌رود و می‌توان به‌صورت زیر نوشت:

$$V_{gr} = \frac{d\omega}{dk}$$

از آنجایی که داریم:

$$E = \hbar \omega, \quad p = \hbar k$$

$$T \approx \frac{1}{16} \frac{E}{V_0} \left(1 - \frac{E}{V_0}\right) e^{-2k_1 a}$$

$$R = T - 1$$

۳-۳ چاه پتانسیل متناهی

پتانسیل چاه متناهی را می‌توان به صورت زیر نوشت:

$$V(x) = \begin{cases} \infty & x < 0, \quad x > a \\ 0 & 0 \leq x < a \end{cases}$$

$$\text{چاه} \quad x < 0 \rightarrow \psi = 0 \quad x > a \rightarrow \psi = 0$$

$$0 \leq x \leq a \rightarrow \psi = A \sin kx$$

اگر ذره درون چاه پتانسیل محصور شده باشد از این دو حالت‌های مقید و ترازهای انرژی به صورت زیر خواهند بود:

$$E_n = \frac{\hbar^2 k^2}{2m} = \frac{\hbar^2 n^2 \pi^2}{2ma^2} = E_1 n^2$$

در این حالت فاصله ترازها مساوی نیستند.

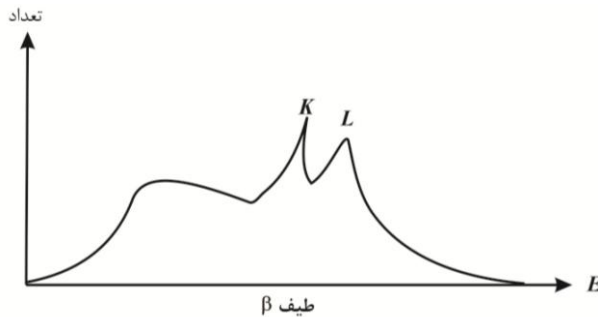
بنابراین می‌توان پتانسیل را به صورت زیر نوشت:

$$V(x) = \begin{cases} V_0 & |x| > \frac{a}{2} \\ 0 & |x| < \frac{a}{2} \end{cases}$$

$$\text{الف) } \begin{cases} \psi_1 = A e^{ik_1 x} + B e^{-ik_1 x} & k_1 = \sqrt{\frac{2m(E - V_0)}{\hbar^2}} \\ \psi_2 = C e^{ik_2 x} + D e^{-ik_2 x} & k_2 = \sqrt{\frac{2mE}{\hbar^2}} \\ \psi_3 = F e^{ik_1 x} \end{cases}$$

$$\text{ب) } E < V_0 \quad \begin{cases} \psi_1 = A e^{k_1 x} & k_1 = \sqrt{\frac{2m(V_0 - E)}{\hbar^2}} \\ \psi_2 = C e^{ik_2 x} + D e^{-ik_2 x} & k_2 = \sqrt{\frac{2mE}{\hbar^2}} \\ \psi_3 = F e^{-k_1 x} \end{cases}$$

الکترون الکترون اوژه از مرتبه keV است ولی الکترون تبدیل داخلی از مرتبه MeV می‌باشد. در تبدیل داخلی باید دقت داشت از آنجا که لایه k نزدیک‌ترین لایه به هسته بوده بنابراین احتمال کنده شدن الکترون از این لایه بیشتر بوده، هم‌چنین در طیف انرژی دارای شمارش بیشتر و انرژی کمتر خواهد بود. برای لایه L به دلیل احتمال کمتر کنده شدن الکترون، انرژی بیشتر است و تعداد شمارش نسبت به لایه k کمتر است.

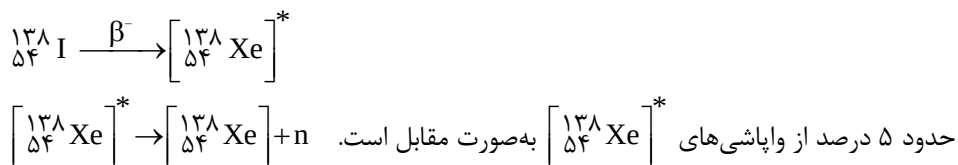


۱۵- تفاوت اساسی بین تبدیل داخلی و واپاشی بتا

دو تفاوت اساسی بین فرآیندهای تبدیل داخلی و واپاشی بتا وجود دارد. طیف الکترون‌های خارج شده از واپاشی بتا پیوسته بوده درحالی‌که الکترون‌های خارج شده از فرآیند تبدیل داخلی گسسته می‌باشد. در واپاشی بتا، انرژی عدد اتمی و جرمی هسته‌ها تغییر می‌کند درحالی‌که در فرآیند تبدیل داخلی تغییر نمی‌کند و ثابت است. اگر اعداد اتمی و جرمی هسته‌ها ثابت باشد، خروج الکترون در فرآیند مربوط به واپاشی بتا نمی‌تواند باشد و مربوط به فرآیند تبدیل داخلی است. در واقع در تبدیل داخلی انرژی هسته به الکترون داده می‌شود تا از قید هسته خارج شود. بنابراین اعداد اتمی و جرمی ثابت می‌مانند.

۱۶- گسیل نوکلئون

اگر حالت برانگیخته دختر هسته نامقید باشد یعنی در یک تراز مجازی قرار گرفته باشد، در این حالت انرژی برانگیختگی آن در حد انرژی بستگی نوکلئون‌های هسته است و به جای گاما، نوکلئون گسیل می‌کند. به‌عنوان مثال داریم:



۸- کدام یک از هسته‌ها به طور خود به خود شکافته می‌شود؟

$^{252}_{94}\text{Cf}$ (د)

$^{239}_{92}\text{Pu}$ (ج)

$^{235}_{92}\text{U}$ (پ)

$^{238}_{92}\text{U}$ (الف)

۹- از یک نوترون و پروتون مجاور هم در حال سکون نوترون تشکیل شده است انرژی جنبشی دوترون حدوداً چقدر است؟

$$(M(^1_1\text{H})=1/007825, M(n)=1/008665, M(^2_1\text{H})=2/001410)$$

$2/75\text{ ev}$ (د)

$25/6\text{ ev}$ (ج)

$2/225\text{ mev}$ (پ)

$1/3\text{ mev}$ (الف)

۱۰- سطح مقطع واکنش هسته‌ای در زاویه θ برابر $1/S_r$ است اگر ضخامت هدف برابر 10^{-5} مولکول گرم در هر سانتی‌متر مربع باشد و شدت پرتابه 10^{12} ذره در هر ثانیه باشد، آهنگ شمارش در آشکارسازی با زاویه فضایی $\Delta\Omega=10^{-3}$ که زاویه θ قرار دارد چقدر است؟

602 شمارش در هر ثانیه (پ)

10^{-12} شمارش در هر ثانیه (الف)

6020 شمارش در هر ثانیه (د)

$6/02 \times 10^5$ شمارش در هر ثانیه (ج)

۱۱- از واکنش $^7_3\text{Li} + p \rightarrow n + ^7_4\text{Be}$ برای تولید نوترون استفاده می‌شود ϕ این واکنش برابر $1/643\text{ Mev}$ است انرژی آستانه‌ای واکنش چقدر است؟

$1/643\text{ Mev}$ (د)

$1/878\text{ Mev}$ (ج)

$11/501\text{ Mev}$ (پ)

صفر (الف)



طیف نمایی هسته‌ای بر تعیین محل خطوط طیف حاصل از جذب کامل ذرات باردار یا فوتون‌ها استوار است. برای این منظور اگر بخواهیم خطوط طیفی نزدیک به هم را از هم جدا و مشاهده کنیم میزان تفکیک آشکارساز از اهمیت خاصی برخوردار است. توان تفکیک به صورت پهنای خط در نیم بیشینه قله کامل انرژی (FWHM) به انرژی نقطه میانی قله کامل انرژی تعریف می‌شود در این صورت داریم:

$$\text{درصد توان تفکیک} = \frac{\Delta E}{E} \times 100$$

در صورتی که فوتون فرودی پس از یک پراکندگی کامپتون از آشکارساز خارج شود آنگاه انرژی به جای مانده از فوتون در آشکارساز برابر با انرژی الکترون پراکنده شده است. این الکترون‌ها معمولاً به طور کامل در آشکارساز جذب می‌شوند سهم آنها در پاسخ آشکارساز صورت طیف پیوستار کامپتون می‌باشد. همان‌طور که می‌دانیم از جمله برهمکنش‌های فوتون با ماده تولید زوج است که طی آن یک الکترون و یک پوزیترون ایجاد می‌شود پوزیترون تولید شده پس از پراکنده شدن از ماده با یک الکترون برهمکنش انجام می‌دهد و دو فوتون 0.511 مگا الکترون اتمی تولید می‌شود. در صورتی که هر دو فوتون از آشکارساز فرار کنند، قله‌ای تک در انرژی $E_\gamma = 2mc^2$ ایجاد می‌شود و در صورتی که یک فوتون از آشکارساز فرار کند یک قله به نام تک فراری در انرژی $E_\gamma = mc^2$ خواهیم داشت.

حالت دیگر به این صورت است که برهمکنش تولید زوج در حفاظ اطراف آشکارساز صورت گیرد و الکترون پوزیترون تولید شده وارد آشکارساز شوند و فقط یکی از فوتون‌های 0.511 مگا الکترون ولتی وارد آشکارساز شود این حالت که کاملاً متداول است در پیوستار کامپتون موجب ایجاد قله‌ای با انرژی 0.511 مگا الکترون ولی می‌شود که اصطلاحاً پیک نابودی نامیده می‌شود. اگر هر دو فوتون و در آشکارساز شوند از انرژی کل فوتون 1.02 MeV در آشکارساز جذب شود که این حالت قله‌ای در پیوستار کامپتون دیده نمی‌شود.

اگر تمام انرژی فوتون‌های پراکنده شده در پراکندگی کامپتون در آشکارساز جذب شود آنگاه قله‌ای به نام پراکندگی متناظر با این انرژی در پاسخ آشکارساز دیده می‌شود. در صورتی که پرتوهای گاما تک انرژی نباشند، طیف گاماهاى مختلف روی هم افتاده و در این حالت چندین قله فوتوپیک مشاهده می‌شود. در طیف حاصل از آشکارساز فقط قله فوتوپیک است که اهمیت دارد زیرا انرژی متناظر با این قله همان انرژی پرتو گاما است و مساحت زیر این قله شدت تابش را مشخص می‌کند.