

به نام خدا

تمرین سری پنجم نسبیت خاص

مهلت تحویل: دوشنبه 13 آذر

سوال اول

یک الکترون سریع با جرم سکون m و سرعت u در اثر برخورد با یک هسته‌ی سنگین به جرم M ، از شتابش کاسته می‌شود و یک فوتون با فرکانس ν تابش می‌کند، که به این فرآیند، فرآیند تابش ترمزی می‌گوییم.

الف) بحث کنید که فوتون و الکترون و هسته پس از برخورد در چه راستایی پراکنده شوند تا انرژی فوتون تابش شده، بیشینه شود؟

ب) نشان دهید که بیشینه مقدار انرژی فوتون از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید

$$h\nu = \frac{c^2 m M [\gamma(u) - 1]}{M + m\gamma(u)(1 - u/c)}$$

سوال دوم

یک اتم برانگیخته به جرم m در دستگاهی ساکن است. این اتم یک فوتون گسیل می‌کند و به این ترتیب از انرژی آن مقدار ΔE کاسته می‌شود. با در نظر گرفتن پس زنی اتم بسامد فوتون گسیل شده را محاسبه کنید.

سوال سوم

یکی از روشهای اولیه پیشنهاد شده در سال 1966 برای کشف تابش زمینه کیهانی واکنش یک پروتون بسیار پر انرژی پرتوی کیهانی با یک فوتون نسبتاً کم انرژی تابش زمینه با دمای جسم سیاه $T=2.72K$ بود. در حین این واکنش یه ذره پایون تولید می‌شود که جرمی معادل با $m_{\pi} = 1238MeV$ دارد. این ذره پایون می‌تواند توسط آشکار سازهای زمینی کشف شده و بدین ترتیب وجود تابش زمینه تایید شود.

الف) اگر یک فوتون و یک پروتون پر انرژی (تقریباً نسبیتی) با زاویه θ با یکدیگر برخورد کنند؛ انرژی آستانه پروتون چقدر باشد تا ذره پایون شکل بگیرد؟

ب) کمینه انرژی آستانه چند الکترون ولت است؟

دقت کنید برای آشکار سازی پرتوهای کیهانی با انرژی بیش از 10^{20} eV باید مساحتی به ابعاد یک کیلومتر مربع را به مدت صد سال مورد مشاهده قرار دهید.

$$m_p = 1.6726 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

سوال چهارم

می‌خواهیم یک واکنش ساده را بررسی کنیم. فرض کنید ذرات a و b با هم برخورد کرده و نابود شده و ذره c و d به وجود می‌آیند. یعنی واکنش زیر را داریم.

$$a + b \rightarrow c + d$$

که در این واکنش جرم سکون و چهارتکانه ذره i ام به ترتیب m_i و p_i^μ است.

الف) نشان دهید تمام ضرب‌هایی به شکل $p_i \cdot p_j$ را می‌توان بر حسب سه کمیت زیر و جرم‌های سکون نوشت.

$$s \equiv (p_a + p_b)^2$$

$$t \equiv (p_a - p_c)^2$$

$$u \equiv (p_a - p_d)^2$$

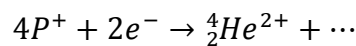
ب) نشان دهید

$$s + t + u = \sum m_i^2 c^4$$

پ) کمینه انرژی الکترونی را بیابید که در برخورد رودر رو با یک پوزیترون ثابت، میون و آنتی میون تولید شود.

سوال پنجم

واکنش غالب در ستاره‌هایی با جرم مشابه خورشید، چرخه پروتون پروتون است که بصورت خلاصه واکنش زیر را نتیجه می‌دهد:



در حین این واکنش فوتون، نوترینو و ذرات دیگری تولید می‌شوند که می‌توان فرض کرد در نهایت بصورت انرژی خارج می‌شوند. جرم ذرات فوق بصورت زیر هستند:

$$m_p = 1.6726 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

$$m_e = 9.1094 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

$$m_{{}^4_2\text{He}} = 6.6419 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

حساب کنید در طی یک واکنش هسته ای که در خورشید رخ می دهد چه مقدار انرژی آزاد می شود؟
اگر درخشندگی خورشید که بنا بر تعریف برابر مقدار انرژی آزاد شده از خورشید در طی یک ثانیه است برابر با $L = 3.82 \times 10^{26} W$ باشد، تعداد واکنشهای هسته ای که در خورشید در طی یک ثانیه انجام می شود را تخمین بزنید.