

Fizyka I (Mechanika)

Zadania na ćwiczenia - seria 14

Tydzień 23-27.01.23

Zadanie 1 – masa w jednostkach energii

Masa m_p protonu wynosi (około) $1,67 \cdot 10^{-27}$ kg, zaś masa m_e elektronu to $9,11 \cdot 10^{-31}$ kg. Wyraż obie wielkości w jednostkach MeV/c^2 .

Zadanie 2 – foton jako cząstka

Światło czerwone ma długość fali około 700 nm. Jaka jest energia takich fotonów? Jaki jest ich pęd? Jaka jest ich masa spoczynkowa? Czy można związać układ odniesienia z jednym z takich fotonów?

Zadanie 3 – identyfikacja cząstki

Detektory w laboratorium zarejestrowały cząstkę o energii 1,25 GeV i pędzie $0,75 \text{ GeV}/c$. Jaka to cząstka (tzn. jaką ma ona masę spoczynkową)? Z jaką prędkością porusza się ona w LAB?

Zadanie 4 – oddziaływanie elektronów z fotonami

Czy, bez obecności ciał trzecich:

- Swobodny elektron może pochłonąć foton (albo: czy zjawisko fotoelektryczne może zajść na swobodnym elektronie)?
- Swobodny elektron może wyemitować foton?
- Możliwy jest proces: $\gamma \rightarrow e^+e^-$?
- Możliwy jest proces: $e^+e^- \rightarrow \gamma$?

Zadanie 5 – produkcja wysokoenergetycznych fotonów

W celu uzyskania wysokoenergetycznych fotonów, wiązkę światła np. z lasera kieruje się przeciwnie do wiązki wysokoenergetycznych elektronów i wybiera fotony rozproszone „do tyłu” w stosunku do ich początkowego kierunku lotu. Zakładając, że kąt między wiązkami początkowych elektronów i fotonów wynosi 180° , oblicz jaką energię mogą uzyskać fotony rozproszone do tyłu, jeżeli źródłem fotonów jest laser rubinowy dający fotony o energii $E = 1,78 \text{ eV}$ ($\lambda = 0,6943 \mu\text{m}$), elektrony zaś mają energię $E_e = 16 \text{ GeV}$.

Zadanie 6 – produkcja antyprotonów

Antyprotony nie istnieją w stanie naturalnym na Ziemi; mogą jednak być wytwarzane sztucznie w laboratoriach fizyki wysokich energii, takich jak np. CERN. Antyproton różni się od protonu m.in. znakiem ładunku elektrycznego. Masa antyprotonu jest identyczna z masą protonu. Oblicz jaką najmniejszą energię kinetyczną musi mieć proton padający na inny, nieruchomy, proton aby w takim zderzeniu powstał antyproton, wg schematu: $p + p \rightarrow \bar{p} + p + p + p$.

Zadanie 7 – cząstki krótkożyjące

Ciężkie elektrony, tzw. miony μ , żyją średnio $\tau = 1 \mu\text{s}$ od momentu powstania w reakcji jądrowej do momentu rozpadu na inne cząstki. Ich masa spoczynkowa to $m_\mu \approx 0,106 \text{ GeV}/c^2$. W CERN, w doświadczeniu COMPASS, w którym uczestniczy grupa warszawska, do badań używane są miony o energii $E = 200 \text{ GeV}$. Czy rzeczywiście można używać mionów w doświadczeniach z wielkimi detektorami, takimi jak detektor COMPASS-a, który ma długość około 100 metrów?

Zadanie 8 – zderzenie czołowe dwóch cząstek

Dwie cząstki o masach m_1 i m_2 i całkowitych energiach odpowiednio E_1 i E_2 zderzają się czołowo.

- a) Oblicz maksymalną energię jaka może być przeznaczona na produkcję nowych cząstek w tym zderzeniu (jest to tzw. energia użyteczna).
- b) Jak duża będzie ta energia jeśli cząstka numer 2 jest w spoczynku, tzn. $E_2 = m_2c^2$?

Zadanie 9 – kinematyka relatywistyczna

Pokaż, że w zjawisku rozpraszaniu Comptona energia fotonu przed rozproszeniem mierzona w układzie, w którym pierwotny elektron spoczywał, jest równa energii rozproszonego fotonu, jeśli energię tę mierzymy w układzie związanym z elektronem po rozproszeniu.

Wskazówka

Skorzystaj z tzw. masy niezmienniczej M_{inv} , zdefiniowanej związkiem:

$$M_{\text{inv}}^2 c^4 = \left(\sum_i E_i \right)^2 - c^2 \left(\sum_i \vec{p}_i \right)^2.$$