

Zadania wstępne, Fizyka I, Seria X

Zadanie wstępne 1

Detektory w laboratorium zarejestrowały cząstkę o energii 1,25 GeV i pędzie 0,75 GeV/c. Jaka to cząstka. Oblicz jej masę spoczynkową. Z jaką prędkością porusza się ona w LAB.

Zadanie wstępne 2

Elektron o masie $0,5 \text{ MeV}/c^2$ i energii 4 GeV zderza się ze spoczywającym protonem tarczy o energii spoczynkowej 1 GeV. Jaka maksymalna energię może uzyskać proton.

Zadanie wstępne 3

Przeprowadzono spektrometryczne badania promieniowania pochodzącego z odległej galaktyki. Linie widmowa o długości fali (zarejestrowanej w spektrometrze) $\lambda = 730 \text{ nm}$ udało się zidentyfikować jako linię wodoru serii Balmera, która w warunkach laboratorium ziemskiego ma długość fali $\lambda_0 = 487 \text{ nm}$. Korzystając z wzorów Dopplera oblicz prędkość i kierunek ruchu galaktyki.

Zadania na ćwiczenia, Fizyka I, Seria X

Zadanie 1 (FMiNI +Fizyka).

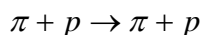
W LHC zderzają się przeciwbieżne wiązki o energiach 7 TeV każda.

- Oblicz współczynniki transformacji Lorentza z układu laboratoryjnego do układu protonu w wiązce.
- Jaka będzie energia mijających go protonów drugiej wiązki w układzie w którym proton pierwszej wiązki spoczywa?
- Jaka jest całkowita energia dostępna dla produkcji cząstek w układzie środka masy?
- Jaka musiałyby być energia wiązki protonów padających na tarczę stacjonarną, aby energia dostępna wynosiła tyle samo co LHC?

Masa protonu w przybliżeniu to $m_p = 1 \text{ GeV}/c^2$, $1 \text{ TeV} = 10^{12} \text{ eV} = 10^3 \text{ GeV}$.

Zadanie 2 (Fizyka).

Wiązka mezonów π o energii $E_\pi = 1 \text{ GeV}$ pada na tarczę protonową (ciekły wodór). Jednym z procesów zachodzących w zderzeniu pionu z protonem jest rozproszenie sprężyste

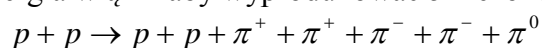


- Jaka jest prędkość środka masy układu $\pi+p$?
- Jakie są energie i pędy obydwu cząstek w układzie środka masy?
- Pion rozproszył się pod kątem $\theta = 90^\circ$ w układzie środka masy.; Pod jakim kątem nastąpiło rozproszenie w układzie laboratorium?

Masa mezonu π , $m_\pi = 0,14 \text{ GeV}/c^2$, zaś masa protonu to $m_p = 0,94 \text{ GeV}/c^2$.

Zadanie 3 (FMiNI +Fizyka).

Wiązka protonów pada na tarczę protonową (ciekły wodór). Jaka powinna być minimalna energia wiązki aby wyprodukować 5 mezonów π w reakcji:



Masy mezonów π , $m_\pi = 0,14 \text{ GeV}/c^2$, zaś masa protonu to $m_p = 0,94 \text{ GeV}/c^2$.

Zadanie 4 (FMiNI +Fizyka). Cząstki elementarne, rozpady cząstek w spoczynku i w locie

Rozpad kaonu. Mezon K_s^0 o masie $m_K=500$ (498) MeV/c^2 i energii $E=833$ MeV , rozpada się na dwa piony których masy spoczynkowe to $m_\pi=140$ MeV/c^2 . Wyznacz maksymalną i minimalną energię pionu, która może zostać zmierzona w układzie laboratoryjnym.

Jaki kąt zostanie zmierzony między pionami w układzie laboratoryjnym, jeśli w układzie własnym kaonu piony będą emitowane prostopadle do kierunku ruchu? (ew. dla Fizyki)

Zadanie 5 (FMiNI +Fizyka). Rozpad pionu. Pion o masie $m_\pi=140$ MeV/c^2 poruszający się z energią kinetyczną $E_k=35$ MeV rozpada się na dwa fotony. Wyznacz maksymalną i minimalną energię fotonu, która może zostać zmierzona w układzie laboratoryjnym. Jaki kąt zostanie zmierzony w układzie laboratoryjnym, jeśli w układzie własnym pionu fotony zostały wyemitowane prostopadle do kierunku ruchu?

Zadanie 6 (Fizyka).

Rakieta lecąca w kierunku Ziemi z prędkością $v=0,6c$ emituje sygnały laserowe. Emitowane fotony mają energię 0,6eV (to podczerwień). Jaką energię zmierzy obserwator na Ziemi? Jak szybko musiałaby lecieć rakieta, żeby fotony obserwowane były jako widzialne ($E>1,8eV$)?

Zadanie 7 (FMiNI +Fizyka).

Przeprowadzono spektrometryczne badania promieniowania pochodzącego z odległej galaktyki. Linie widmowa o długości fali (zarejestrowanej w spektrometrze) $\lambda=730$ nm udało się zidentyfikować jako linię wodoru serii Balmera, która w warunkach laboratorium ziemskiego ma długość fali $\lambda_0=487$ nm. Korzystając z wzorów transformacji energii oblicz prędkość i kierunek ruchu galaktyki.

Zadanie 8 (Fizyka).

Obserwacje wskazują, że Wszechświat rozszerza się jednorodnie i nie posiada wyróżnionego punktu. Dla odpowiednio dużych skal w porównaniu z rozmiarami Galaktyki spełniona jest zależność (prawo Hubble'a): $v = H_0 r$, gdzie: v - prędkość oddalania się obiektu (źródła promieniowania(galaktyki)) od Ziemi, r - odległość do źródła, H_0 - stała Hubble'a.

a) W jaki sposób stosunek $\frac{\lambda}{\lambda_0}$ zależy od odległości źródła od Ziemi (r), przy spełnieniu

prawa Hubble'a. Oblicz Stałą Hubble'a jako funkcję r i $\frac{\lambda}{\lambda_0}$.

b) W jaki sposób wielkość zdefiniowana jako przesunięcie ku czerwieni (redshift)

$z = \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0} = \frac{\Delta\lambda}{\lambda_0}$ zależy od odległości źródła od Ziemi (r), przy spełnieniu prawa Hubble'a.

c) Policz stałą Hubble'a dla

d) Galaktyka w gwiazdozbiornie Panny $r_1=17$ Mpc, $z_1=0,004$

e) Galaktyka w Wielkiej Niedźwiedzicy $r_2=180$ Mpc, $z_2=0,051$

Zadanie 9 (FMiNI +Fizyka).

W procesie Comptona fotony lasera rubinowego ($\lambda=694,3\text{nm}$) rozpraszają się na swobodnych elektronach, a długość fali zależy jedynie od kąta rozproszenia θ i tzw.

comptonowskiej długości fali elektronu $\lambda_c = \frac{h}{m_e c} = 2,4 \cdot 10^{-3} \text{ nm} = 2,4 \cdot 10^3 \text{ fm}$. Policz długość

fali wiązki rozproszonej i porównaj wynik z rozproszeniem anihilacyjnych fotonów γ o energii 511 keV.

Zadanie 10 (FMiNI +Fizyka).

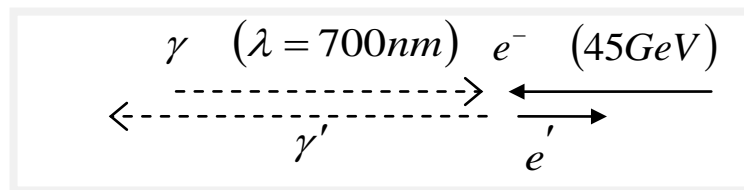
„Akcelerator fotonów” – odwrotne rozpraszanie Comptona

W procesie Comptona fotony UV padają na spoczywające elektrony i rozpraszają się, a długość fali zależy jedynie od kąta rozproszenia θ :

$$\Delta\lambda = \lambda' - \lambda = \frac{h}{m_e c}(1 - \cos\theta) = \lambda_c(1 - \cos\theta), \text{ gdzie } \lambda_c = \frac{h}{m_e c} = 2,4 \cdot 10^{-3} \text{ nm} = 2,4 \cdot 10^3 \text{ fm}.$$

W zderzeniu fotonów z lasera rubinowego ($\lambda=700\text{nm}$) z elektronami z akceleratora LEP w CERN-ie o energii $E_e=45 \text{ GeV}$, zachodzi rozproszenie do tyłu.

Oblicz energię rozproszonych fotonów.



Rys. 1 Ilustracja rozpraszania Comptona na relatywistycznym elektronie

Zadanie 11

Wiązka fotonów o energii 1 eV rozprasza się na przeciwbieżnej wiązce elektronów o energii 250 GeV .

- wyznacz minimalną i maksymalną energię rozproszonego fotonu
- wyznacz minimalną i maksymalną energię elektronu po rozproszeniu
- pod jakim kątem rozproszony został foton jeśli uzyskał energię 125 GeV

Zadanie 12 (FMiNI +Fizyka). Foton jako cząstka, efekt fotoelektryczny

Wyjaśnić, dlaczego zjawisko fotoelektryczne nie zachodzi na swobodnym elektronie.