

## Zadania wstępne, Fizyka I (Mechanika), Seria VIII

### Zadanie wst. 1

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

### Zadanie wst. 2

Elektron o masie spoczynkowej 0,5 MeV i energii 4 GeV zderza się ze spoczywającym protonem tarczy o energii spoczynkowej 1 GeV. Jaką maksymalną energię może uzyskać proton.

### Zadanie wst. 3

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

## Zadania na ćwiczenia, Fizyka I (Mechanika), Seria VIII

### 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 w układzie środka masy?
- Jaka musiałaby być energia wiązki protonów padających na tarczę stacjonarną, aby masa niezmiennicza dwóch protonów wynosiła tyle samo co w 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 (FMiNI +Fizyka).

Wiązka mezonów  $\pi$  o energii  $E_\pi = 10\text{GeV}$  pada na tarczę protonową (ciekły wodór).

Jednym z procesów zachodzących w zderzeniu pionu z protonem jest rozproszenie elastyczne (sprężyste)  $\pi + p \rightarrow \pi + p$ .

- 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?

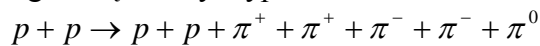
Masa mezonu  $\pi$ ,  $m_\pi = 0,14\text{GeV}/c^2$ , zaś przybliżona masa protonu to

$m_p = 0,94\text{GeV}/c^2 \approx 1\text{GeV}/c^2$ .



### Zadanie 3 (FMiNI +Fizyka).

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



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

### Zadanie 4 (Fizyka).

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

### Zadanie 5 (FMiNI +Fizyka).

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.

### Zadanie 6 (FMiNI +Fizyka).

Fotony linii wodoru serii Balmera, mają w warunkach laboratoryjnych energie  $2,54 \text{ eV}$  ( $\lambda_0 = 487 \text{ nm}$ ). Jaka jest energia i długość fali fotonów docierających do Ziemi, jeśli fotony te są emitowane przez galaktykę oddalającą się z prędkością  $0,384 c$ . Obliczenia wykonaj korzystając ze wzorów transformacyjnych energii. Porównaj wynik z wynikiem zadania 5.

### Zadanie 7 (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 (*Red Shift*)

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

Hubble'a.

c) Policz stałą Hubble'a dla

d) Galaktyka w gwiazdozbiore Panny  $r_1 = 17 \text{ Mpc}$ ,  $z_1 = 0,004$

e) Galaktyka w Wielkiej Niedźwiedzicy  $r_2 = 180 \text{ Mpc}$ ,  $z_2 = 0,051$

