

1. W LHC produkowanych jest około 10^7 antyprotonów na sekundę. W książce Dana Browna "Angels and demons" mówi się o bombie atomowej w CERNIE o masie 1 grama. Oszacować jak długo musiałyby trwać produkcja takiej ilości antymaterii w CERNIE. Czy jeden gram antymaterii zawiera energię równoważną 20 kt (kiloton) bomb jądrowych?

$$1kt = 4.2 \cdot 10^{12} \text{J}$$

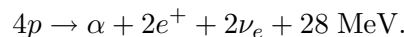
Pomocny link na ten temat znajduje się na stronie www do wykładu (pod hasłem "Angels and demons")

2. Masę mezonu Yukawy można oszacować następująco (model Yukawy sił jądrowych). Dwa protony w jądrze wymieniając cząstkę o masie m naruszają zasadę zachowania energii o czynnik mc^2 . Zgodnie z zasadą nieokreśloności Heisenberga jest to możliwe w czasie nie dłuższym niż $\hbar/\Delta E$. Z drugiej strony czas ten wiążemy z relatywistyczną ($v \simeq c$) propagacją tej cząstki pomiędzy dwoma nukleonami na odległość R (maksymalnie rozmiar jądra). Dlatego

$$m = \frac{\hbar}{Rc}.$$

Przyjmując $R = 10^{-14}$ m oszacuj masę mezonu Yukawy. Porównaj z masą pionu. Uwaga: to wyprowadzenie nie jest ściśle (dlaczego?), chociaż odegrało swoją rolę w historii fizyki.

3. W podstawowej reakcji zachodzącej na Słońcu wyzwolana jest energia w postaci promieniowania elektromagnetycznego wynosząca 28 MeV:



Oblicz strumień neutrin na powierzchni Ziemi. Odległość Ziemia-Słońce wynosi $1.5 \cdot 10^{11}$ m, a całkowita moc promieniowania elektromagnetycznego Słońca wynosi $4 \cdot 10^{26}$ W.

4. Krótko żyjące miony są wytwarzane przez promieniowanie kosmiczne w górnych warstwach atmosfery, mniej więcej na wysokości 10 km. Poruszają się one z prędkością $0.999c$. W eksperymentach laboratoryjnych, gdy miony są w spoczynku względem obserwatora, ich czas życia wynosi $2.2 \mu s$.

1. Jak długo żyje mion poruszający się względem obserwatora na Ziemi?
2. Czy przeciętny mion ma szansę dotarcia do powierzchni Ziemi?

5. Udowodnij, że oscylacje neutrin między dwoma stanami zapachowymi w próżni można przedstawić w następujący, tradycyjny sposób (szkic wyprowadzenia na wykładzie):

$$P(\nu_\alpha \rightarrow \nu_\beta) = \sin^2 2\Theta \sin^2 \left(\frac{A \cdot \Delta m^2 [eV^2] \cdot L [km]}{E_\nu [GeV]} \right),$$

gdzie:

$$\begin{pmatrix} \nu_\alpha \\ \nu_\beta \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \Theta & -\sin \Theta \\ \sin \Theta & \cos \Theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \nu_1 \\ \nu_2 \end{pmatrix}$$

Pokazać, że przy powyższym wyborze jednostek $A \simeq 1.27$.