

Ćwiczenia ze Wstępu do Fizyki Jądra i Cząstek Elementarnych

Lista zadań

1. Jednostki naturalne

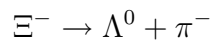
- długość: 1 fermi = 1 fm = $10^{-15}m = 110^{-13}$ cm
- powierzchnia: 1 barn = 1 b = 10^{-24} cm², 1 milibarn = 1 mb = 10^{-27} cm²
- masa: 1 jednostka masy atomowej = 1 u = $1,6605655 \cdot 10^{-24}$ g = $931,5016$ MeV/c²
- energia: 1 MeV = $1,602 \cdot 10^{-13}$ J = $1,073535 \cdot 10^{-3}$ uc²
- stała Diraca: $\hbar = 6,582173 \cdot 10^{-22}$ MeV s = $197,33$ (MeV fm)/c
- ładunek elektronu: $e = 1,6021892 \cdot 10^{-19}$ C = $1,200 \sqrt{MeV fm}$

2. Dla przypadku cząstek relatywistycznych wyrazić energię kinetyczną T przez prędkość $\beta = \frac{v}{c}$ i masę m . Przedyskutować wynik dla $\beta \ll 1$.

Znaleźć bezwymiarową prędkość β cząstki o znanej masie m i pędzie p . Po otrzymaniu wzoru wyznacz wartość liczbową dla protonu ($m_p = 938$ MeV/c²) i mezonu π^+ ($m_\pi = 140$ MeV/c²) o pędach 470 i 1880 MeV/c.

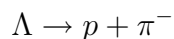
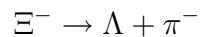
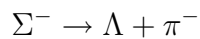
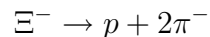
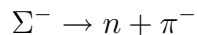
- ### 3. Znaleźć prędkość mezonu jeśli jego energia całkowita jest 10 razy większa od energii spoczynkowej. Oblicz pęd protonu i mionu o energii 1 GeV.
- ### 4. Wyraż masę relatywistyczną fotonu przez h, λ, c .
- ### 5. Jaki jest pęd fotonu o energii 1 eV? Podaj odpowiednią wartość długości fali fotonu w angstromach.

6. Korzystając ze związków relatywistycznych oblicz długość fali elektronu o prędkości $v=0,8 c$.
7. Jaka jest prędkość elektronu jeżeli jego energia kinetyczna jest równoważna jego masie spoczynkowej.
8. Wyznaczyć energię, masę i pęd fotonu promieniowania rentgenowskiego o długości fali $\lambda = 10^{-10}$ m.
9. Jeżeli energia kinetyczna cząstki jest n -krotnie większa od jej masy spoczynkowej, to jaka jest jej prędkość?
10. Dwie grudki gliny, każda o masie spoczynkowej m , zderzają się czołowo przy prędkości $3/5 c$ i zlepiają się. Jaka jest masa M powstałej grudki?
11. Spoczywający pion rozpada się na mion i neutrino. Wyrazić energię powstałego mionu przez masy m_π m_μ , przyjmując $m_\nu = 0$.
12. Cząstka o nazwie ksi-minus i symbolu Ξ^- rozpada się zgodnie z równaniem:



Czy cząstka Ξ^- jest hadronem czy leptonem? Jeżeli poprawna jest druga odpowiedź, to czy jest ona barionem czy mezonem? Czy w procesie rozpadu zachowane są liczby leptonowe?

13. Które z wymienionych poniżej rozpadów są wzbronione? Jeżeli proces nie zachodzi, uzasadnij dlaczego.



14. Czy kombinacja kwarka dolnego (d) i antykwarka górnego (\bar{u}) opisuje:

- mezon π^0 ,

- proton p ,
- mezon π^- ,
- mezon π^+ ,
- neutron n ?

15. Oblicz siłę oddziaływania elektrostatycznego pomiędzy:

- protonem i elektronem w atomie wodoru, które oddalone są od siebie o $5,3 \cdot 10^{-11}$ m,
- dwoma protonami zbnajdującymi się w jądrze żelaza w odległości $4 \cdot 10^{-15}$ m,
- dwoma elektronami znajdującymi się w odległości 10^{-10} m.

Oblicz siłę przyciągania grawitacyjnego dla każdego przypadku i porównaj rząd wielkości obu tych sił.

16. Energię wiązania jądra atomowego definiuje się jako:

$$E_B = (Zm_H + Nm_n - \frac{A}{Z} M)c^2 \quad (1)$$

Znaleźć energię wiązania na jeden nukleon (E_B/A) dla następujących jąder atomowych:

- ${}^2_1\text{D}$, wiedząc że $M_D = 2,014102$ u,
- ${}^4_2\text{He}$, $M_{He} = 4,002603$ u,
- ${}^{12}_6\text{C}$, $M_C = 12$ u,
- ${}^{62}_{28}\text{Ni}$, $M_{Ni} = 61,928349$ u,
- ${}^{226}_{88}\text{Ra}$, $M_{Ra} = 226,025403$ u.

17. Dla energii wiązania stosuje się również półempiryczną formułę w postaci:

$$E_B = C_1 A - C_2 A^{2/3} - C_3 \frac{Z(Z-1)}{A^{1/3}} - C_4 \frac{(A-2Z)^2}{A} \pm C_5 A^{-4/3}, \quad (2)$$

gdzie:

$$C_1 = 15,75 \text{ MeV},$$

$$C_2 = 17,80 \text{ MeV},$$

$$C_3 = 0,71MeV,$$

$$C_4 = 23,69MeV,$$

$$C_5 = 39MeV.$$

"+"jeśli obie liczby Z i N są parzyste,

-"jeśli obie są nieparzyste,

"0"dla pozostałych przypadków.

Oblicz energię wiązania jąder dla niklu i radu (z poprzedniego zadania)

i porównaj wyniki.

18. Znaleźć defekt masy, energię wiązania i energię wiązania na nukleon dla następujących nuklidów:

- ${}^3_1\text{T}$, $M_T = 3,016049$ u,
- ${}^{16}_8\text{O}$, $M_O = 15,994915$ u,
- ${}^{56}_{26}\text{Fe}$, $M_{Fe} = 55,934932$ u,
- ${}^{208}_{82}\text{Pb}$, $M_{Pb} = 207,976644$ u,
- ${}^{238}_{92}\text{U}$, $M_U = 238,05706$ u.

19. Oblicz energię separacji neutronu i protonu w jądrze atomu azotu 14. Który z nukleonów jest bardziej związany w jądrze?