

# Praca domowa 10

## Fizyka, semestr letni 2020/21

1) (3p.) Izotop aktynu  $^{222}_{89}\text{Ac}$  ulega rozpadowi  $\alpha$ .

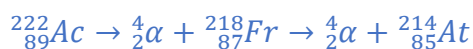
a) Podaj liczbę protonów i neutronów w jądrze  $^{222}_{89}\text{Ac}$ .

Liczba protonów: 89

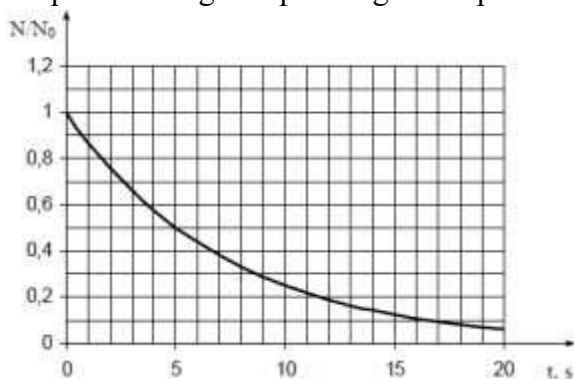
Liczba neutronów:  $222 - 89 = 133$

b) Dokończ zapis reakcji rozpadu jądra  $^{222}_{89}\text{Ac}$  z uwzględnieniem liczb atomowych i masowych produktów rozpadu. Wykorzystaj poniższą tabelę do identyfikacji jądra, które powstało w wyniku emisji cząstki  $\alpha$  przez jądro aktynu. W równaniu użyj wybranego z tabeli symbolu.

$^{222}_{89}\text{Ac}$	$^{218}_{87}\text{Fr}$	$^{214}_{85}\text{At}$	$^{210}_{83}\text{Bi}$	$^{206}_{81}\text{Pb}$	$^{202}_{79}\text{Au}$	$^{198}_{77}\text{Ir}$	$^{194}_{75}\text{Re}$	$^{190}_{73}\text{Tl}$	$^{186}_{71}\text{Lu}$	$^{182}_{69}\text{Tm}$	$^{178}_{67}\text{Er}$	$^{174}_{65}\text{Tb}$	$^{170}_{63}\text{Eu}$	$^{166}_{61}\text{Pm}$	$^{162}_{59}\text{Pr}$	$^{158}_{57}\text{La}$	$^{154}_{55}\text{Ce}$	$^{150}_{53}\text{I}$	$^{146}_{51}\text{Sb}$	$^{142}_{49}\text{In}$	$^{138}_{47}\text{Ag}$	$^{134}_{45}\text{Rh}$	$^{130}_{43}\text{As}$	$^{126}_{41}\text{Nb}$	$^{122}_{39}\text{Y}$	$^{118}_{37}\text{Rb}$	$^{114}_{35}\text{Br}$	$^{110}_{33}\text{As}$	$^{106}_{31}\text{Ga}$	$^{102}_{29}\text{Cu}$	$^{98}_{27}\text{Co}$	$^{94}_{25}\text{Mn}$	$^{90}_{23}\text{V}$	$^{86}_{21}\text{Sc}$	$^{82}_{19}\text{K}$	$^{78}_{17}\text{Cl}$	$^{74}_{15}\text{P}$	$^{70}_{13}\text{Al}$	$^{66}_{11}\text{B}$	$^{62}_{9}\text{Li}$	$^{58}_{7}\text{Li}$	$^{54}_{5}\text{B}$	$^{50}_{3}\text{Li}$	$^{46}_{3}\text{Li}$	$^{42}_{1}\text{H}$	$^{38}_{1}\text{H}$	$^{34}_{1}\text{H}$	$^{30}_{1}\text{H}$	$^{26}_{1}\text{H}$	$^{22}_{1}\text{H}$	$^{18}_{1}\text{H}$	$^{14}_{1}\text{H}$	$^{10}_{1}\text{H}$	$^{6}_{1}\text{H}$	$^{2}_{1}\text{H}$	$^{0}_{0}\gamma$
------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	-----------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	-----------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	-----------------------	-----------------------	----------------------	-----------------------	----------------------	-----------------------	----------------------	-----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	---------------------	----------------------	----------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	--------------------	--------------------	------------------



c) Na podstawie wykresu zależności względnej liczby jąder aktynu  $^{222}_{89}\text{Ac}$  od czasu podaj wartość czasu połowicznego rozpadu tego izotopu.



Czas połowicznego rozpadu tego izotopu wyniesie 5s.

2) (2p.) Źródłem energii wysyłanej przez gwiazdy są reakcje termojądrowe zachodzące w ich rdzeniach

a) Napisz na czym polega reakcja termojądrowa, która zachodzi w gwiazdach i wyjaśnij, przyczynę wydzielania się energii.

Reakcja termojądrowa jest reakcją syntezy zachodzącą pod wpływem wysokiej temperatury. Polega na tym, że jądra lekkich jąder atomowych łączą się tworząc pierwiastki cięższe. W wyniku reakcji mogą powstawać obok nowych jąder też wolne neutrony, protony, cząstki elementarne i cząstki alfa. Wydzielona energia (w postaci energii kinetycznej produktów i promieniowania gamma), zostaje rozproszona na otaczających atomach i przekształca się na energię cieplną. Energię wydzielającą się podczas reakcji można wyznaczyć bez przeprowadzania reakcji na podstawie deficytu masy, czyli różnicy mas składników i produktów reakcji.

b) Warunkiem zajścia reakcji termojądrowej jest wysoka temperatura i duże ciśnienie. Wyjaśnij, dlaczego warunek ten jest konieczny.

Przeprowadzenie reakcji termojądrowej wymaga dostarczenia ogromnych ilości energii, to też aby równoważyła ona wkład energetyczny niezbędny do wywołania reakcji (zbliżenie się jąder na tyle, aby siły oddziaływań jądrowych pokonały odpychanie elektrostatyczne), temperatura próbki materiału powinna być jeszcze wyższa (prędkość jąder, czyli energia kinetyczna). Wzrost temperatury sprawia, że zwiększa się liczba zderzeń, a tym samym zwiększa prawdopodobieństwo zachowania ciągłości procesu.

- 3) **(3p.)** Z gwiazdy o masie  $m_1=4 \cdot 10^{30}$  kg, promieniu  $r_1=106$  km i okresie wirowania  $T_1=105$  s w czasie wybuchu supernowej zostaje odrzuconych w przestrzeń kosmiczną 90% masy. Z pozostałej masy powstaje gwiazda neutronowa o promieniu  $r_2=100$  km. Odrzucona masa nie unosi momentu pędu. Moment bezwładności kuli  $I=0,4mr^2$ . Oblicz okres wirowania gwiazdy neutronowej oraz gęstość gwiazdy przed i po wybuchu.

$$\begin{aligned}
 m_2 &= 0.1m_1 = 4 \cdot 10^{29} \text{ kg} \\
 E_{obr} &= \frac{I\omega^2}{2} \rightarrow \omega = \frac{2\pi}{T} \\
 E_{obr1} &= E_{obr2} \rightarrow \frac{I\omega_1^2}{2} = \frac{I\omega_2^2}{2} \rightarrow \frac{0.4m_1r_1^2\omega_1^2}{2} = \frac{0.4m_2r_2^2\omega_2^2}{2} \\
 \frac{0.4m_1r_1^2 \cdot 4\pi^2}{T_1^2} &= \frac{0.4m_2r_2^2 \cdot 4\pi^2}{T_2^2} \rightarrow T_2^2 = \frac{m_2r_2^2}{m_1r_1^2} \cdot T_1^2 \\
 T_2^2 &= \frac{4 \cdot 10^{29} \cdot 100000^2}{4 \cdot 10^{30} \cdot 106000^2} \cdot 105^2 \\
 T_2^2 &= 981.2 \text{ s}^2 \\
 T_2 &= 31.32 \text{ s} \\
 \rho_1 &= \frac{m}{V} = \frac{3m_1}{4\pi r_1^3} = \frac{3 \cdot 4 \cdot 10^{30}}{4\pi \cdot 106000^3} = 8.017 \cdot 10^{14} \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \\
 \rho_2 &= \frac{m}{V} = \frac{3m_2}{4\pi r_2^3} = \frac{3 \cdot 4 \cdot 10^{29}}{4\pi \cdot 100000^3} = 9.55 \cdot 10^{13} \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}
 \end{aligned}$$

Odpowiedź: Gęstość gwiazdy przed wybuchem była równa  $8,017 \cdot 10^{14} \text{ kg/m}^3$  a po wybuchu  $9,55 \cdot 10^{13} \text{ kg/m}^3$  a okres obrotu był równy 31,32 sekundy.

- 4) **(2p.)** Jądro izotopu uranu  ${}^{235}_{92}\text{U}$  w wyniku bombardowania neutronami ulega rozszczepieniu. Podczas rozszczepienia jednego jądra wydziela się energia 200 MeV. Oblicz liczbę jąder uranu, które uległy rozszczepieniu, jeżeli wykorzystując całą wydzieloną energię ogrzano 5 kg wody od temperatury 20°C do temperatury 100°C. W obliczeniach przyjmij, że ciepło właściwe wody wynosi 4200 J/(kg·K), oraz, że 1MeV=1,6·10<sup>13</sup> J.

$$\begin{aligned}
 Q_c = nQ &= mc_w \Delta T \rightarrow n = \frac{mc_w \Delta T}{Q} = \frac{5 \text{ kg} \cdot 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 80 \text{ K}}{200 \text{ MeV} \cdot 1,6 \cdot 10^{13} \frac{\text{J}}{\text{MeV}}} = 5260 \cdot 10^{13} \\
 &= 5.25 \cdot 10^{16}
 \end{aligned}$$

Sylvia Majchrowska  
21.05.2021r.