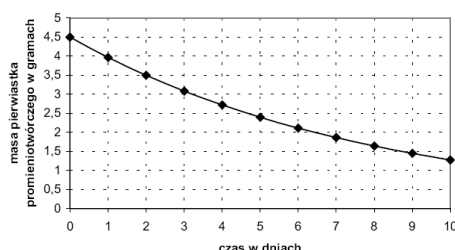


## 14. Fizyka jądrowa – zadania z arkusza I

### 14.1

#### Zadanie 16. (2 pkt)

Promieniotwórczy izotop bizmutu  $^{210}_{83}\text{Bi}$  ulega rozpadowi. Zależność masy tego izotopu od czasu przedstawiono na poniższym wykresie.



Oblicz, ile atomów pierwiastka promieniotwórczego pozostanie w naczyniu po czasie równym czasowi połowicznego zaniku bizmutu. Przyjmij, że masa molowa bizmutu jest równa jego liczbie masowej.

### 14.2

#### Zadanie 9. (1 pkt)

Izotop wodoru  $^3_1\text{H}$  ma w porównaniu z izotopem helu  $^3_2\text{He}$ :

- większą liczbę nukleonów,
- mniejszą liczbę nukleonów,
- większą liczbę neutronów,
- mniejszą liczbę neutronów.

### 14.3

#### Zadanie 10. (1 pkt)

Jądro uranu  $^{238}_{92}\text{U}$  przechodzi w jądro ołowiu  $^{206}_{82}\text{Pb}$  w wyniku kilku rozpadów promieniotwórczych. Liczba rozpadów  $\alpha$  i  $\beta^-$ , odpowiadająca temu procesowi, jest odpowiednio równa:

- 8 i 6,
- 8 i 8,
- 8 i 10,
- 16 i 6.

### 14.4

#### Zadanie 7. (1 pkt)

Jądro pierwiastka  $^A_Z\text{X}$  emituje cząstkę  $^4_2\text{He}$ , przekształcając się w jądro Y. Wybierz odpowiedź, zawierającą poprawne informacje na temat jądra Y.

- $^{A-4}_{Z-4}\text{Y}$
- $^{A-2}_{Z-4}\text{Y}$
- $^{A-2}_{Z-2}\text{Y}$
- $^{A-4}_{Z-2}\text{Y}$

### 14.5

#### Zadanie 17. Masa i energia (2 pkt)

Słońce wypromieniowuje w ciągu 1 sekundy około  $4 \cdot 10^{26}$  J energii. Oblicz, o ile w wyniku tej emisji zmniejsza się masa Słońca.

### 14.6

#### Zadanie 18. Węgiel $^{14}_6\text{C}$ (3 pkt)

Okres połowicznego rozpadu izotopu węgla  $^{14}_6\text{C}$  wynosi około 5700 lat. W znalezionych szczątkach kopalnych stwierdzono ośmiokrotnie niższą zawartość  $^{14}_6\text{C}$  niż w atmosferze. Naszkicuj wykres zależności liczby jąder promieniotwórczych zawartych w szczątkach w zależności od czasu. Rozpocznij od chwili, gdy szczątki powstały (tkanki obumarły) do chwili obecnej. Początkową liczbę jąder oznacz przez  $N_0$ . Zaznacz na wykresie czas połowicznego zaniku. Oszacuj wiek znalezionych szczątków.

### 14.7

#### Zadanie 4. (1 pkt)

Jądro izotopu  $^{235}_{92}\text{U}$  zawiera

- 235 neutronów.
- 327 nukleonów.
- 143 neutrony.
- 92 nukleony.

### 14.8

#### Zadanie 7. (1 pkt)

Energia elektromagnetyczna emitowana z powierzchni Słońca powstaje w jego wnętrzu w procesie

- syntezy lekkich jąder atomowych.
- rozszczepienia ciężkich jąder atomowych.
- syntezy związków chemicznych.
- rozpadu związków chemicznych.

### 14.9

#### Zadanie 16. Rozpad promieniotwórczy (4 pkt)

Rozpad jądra izotopu pewnego pierwiastka jest badany za pomocą licznika promieniowania. Tło, czyli liczba impulsów dochodzących do licznika z otoczenia wynosi 50 impulsów na minutę. Tabela przedstawia wyniki uzyskanych pomiarów.

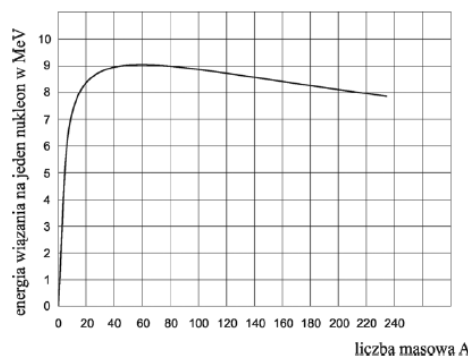
| czas [godz.]   | 0    | 6   | 8   | 10,5 | 20  |
|----------------|------|-----|-----|------|-----|
| Impulsy/minutę | 1060 | 555 | 450 | 340  | 160 |

Narysuj wykres zależności aktywności źródła promieniowania od czasu i wyznacz czas połowicznego rozpadu badanego izotopu.

### 14.10

#### Zadanie 21. Energia wiązania (4 pkt)

Wykres przedstawia przybliżoną zależność energii wiązania jądra przypadającej na jeden nukleon od liczby masowej jądra.



### 21.1 (2 pkt)

Oblicz wartość energii wiązania jądra izotopu radonu (Rn) zawierającego 86 protonów i 134 neutrony. Wynik podaj w megaelektronowoltach.

### 21.2 (2 pkt)

Wyjaśnij krótko pojęcie jądrowego niedoboru masy („deficytu masy”). Zapisz formułę matematyczną pozwalającą obliczyć wartość niedoboru masy, jeśli znana jest energia wiązania jądra.

### 14.11

#### Zadanie 21. Izotop (4 pkt)

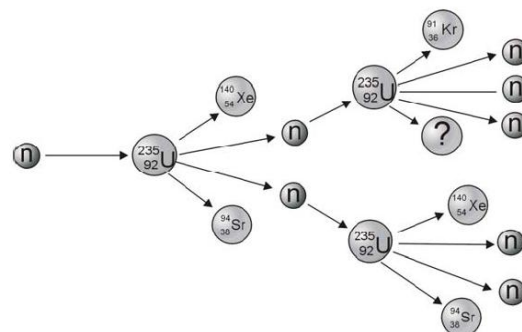
Czas połowicznego rozpadu izotopu  $^{210}_{84}\text{Po}$  wynosi około 140 dni.

- Napisz równanie reakcji rozpadu tego izotopu wiedząc, że w jej wyniku powstaje izotop ołowiu  $^{206}_{82}\text{Pb}$ . Podaj nazwę wyemitowanej cząstki. (2 pkt)
- Oblicz, jaka część początkowej masy tego izotopu pozostanie po upływie 40 tygodni. (2 pkt)

### 14.12

#### Zadanie 8. (1 pkt)

Na rysunku przedstawiono schemat reakcji rozszczepienia uranu.



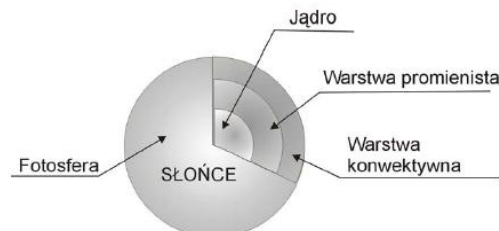
W miejscu gdzie na rysunku jest znak zapytania powinno znaleźć się jądro

- $^{138}_{53}\text{I}$ .
- $^{141}_{56}\text{Ba}$ .
- $^{138}_{54}\text{Xe}$ .
- $^{141}_{58}\text{Ce}$ .

### 14.13

#### Zadanie 19. (2 pkt)

Na rysunku przedstawiono schemat budowy Słońca.



Krótko opisz (maksymalnie 2 zdania), w jaki sposób produkowana jest energia w Słońcu i za pomocą jakich zjawisk transportowana jest ona na jego powierzchnię.

### 14.14

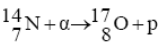
#### Zadanie 10. (1 pkt)

Moderator w reaktorze jądrowym służy do

- pochłaniania nadmiaru neutronów.
- regulacji liczby neutronów emitowanych podczas rozpadu jąder.
- zmniejszania energii kinetycznej neutronów.
- zablokowania reakcji rozszczepienia podczas awarii reaktora.

14.15

**Zadanie 21. (2 pkt)**  
Rutherford przeprowadził pierwszą reakcję jądrową, która polegała na bombardowaniu jąder azotu cząstkami  $\alpha$ . Równanie tej reakcji zapisano poniżej.



W tabeli zamieszczono masy jąder poszczególnych pierwiastków.

| Jądro               | Masa, u    |
|---------------------|------------|
| ${}^{14}_7\text{N}$ | 14,003074u |
| ${}^4_2\text{He}$   | 4,002603u  |
| ${}^1_1\text{H}$    | 1,007825u  |
| ${}^{17}_8\text{O}$ | 15,994915u |

Czy podczas tej reakcji energia jest wydzielana, czy do jej zajścia pobierana? Uzasadnij odpowiedź.

14.16

**Zadanie 4. (1 punkt)**  
Źródłem energii gwiazd są reakcje  
A) rozszczepienia jąder atomowych.  
B) egzotermiczne – chemiczne.  
C) syntezy termojądrowej.  
D) anihilacji par cząstka – antycząstka.

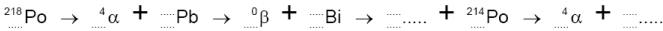
14.17

**Zadanie 21. (4 pkt)**  
Neutron o masie  $1,68 \cdot 10^{-27}$  kg mający energię kinetyczną o wartości  $10^{-15}$  J uderza w nieruchome jądro uranu  ${}^{235}_{92}\text{U}$  i zostaje przez nie pochłonięty. Wykaż, że prędkość neutronu przed uderzeniem w jądro miała wartość około  $1,1 \cdot 10^6$  m/s i oblicz prędkość nowo powstałego jądra  ${}^{236}_{92}\text{U}$ . Przyjmij, że masa protonu jest równa masie neutronu.

14.18

**Zadanie 18. Promieniotwórczość (4 pkt)**

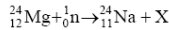
a) Uzupełnij poniższy schemat reakcji rozpadów promieniotwórczych.



b) Ile wynosi okres połowicznego rozpadu  ${}^{218}\text{Po}$ , jeśli po 15 minutach z 64000 jąder tego izotopu polonu zostało 2000?

14.19

**Zadanie 10. (1 pkt)**  
Przy pochłanianiu neutronu przez jądro izotopu magnezu  ${}^{24}_{12}\text{Mg}$  wytwarza się radioaktywny izotop sodu  ${}^{24}_{11}\text{Na}$ . Równanie tej reakcji jądrowej można zapisać następująco:



Emitowaną w wyniku tej reakcji cząstką X jest

- A. proton.
- B. neutron.
- C. elektron.
- D. cząstka alfa.

14.20

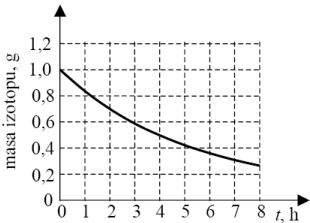
**Zadanie 8. (1 punkt)**  
Z jednego grama radu o okresie połowicznego rozpadu równym  $T_{1/2} = 1\,600$  lat pozostanie po upływie 8 000 lat około  
A) 1 mg.  
B) 3 mg.  
C) 5 mg.  
D) 30 mg.

14.21

**Zadanie 10. (1 punkt)**  
Reakcje syntezy termojądrowej zachodzące we wnętrzu Słońca nie wymagają obecności pól magnetycznych. Podczas realizacji ziemskiego odpowiednika tych reakcji bardzo silne pola magnetyczne są niezbędne, aby  
A) zjonizować używany w eksperymentach wodor.  
B) utrzymać gorącą plazmę w ograniczonej objętości.  
C) zrekompensować brak wielokrotnie zjonizowanych metali.  
D) odprowadzać wzdłuż linii takich pól powstającą w eksperymencie energię.

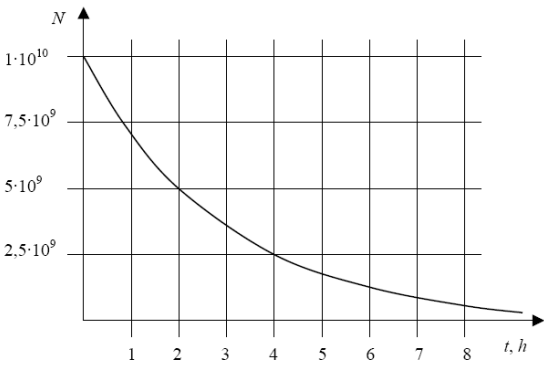
14.22

**Zadanie 9. (1 pkt)**  
Pokazany obok wykres przedstawia zależność masy od czasu dla izotopu promieniotwórczego pewnego pierwiastka w próbce. Na jego podstawie można wywnioskować, że okres połowicznego rozpadu tego izotopu wynosi około  
A. 3 godzin.  
B. 4 godzin.  
C. 6 godzin.  
D. 8 godzin.



14.23

**Zadanie 21. Rozpad (2 pkt)**  
Na wykresie przedstawiono zależność liczby jąder N pozostałych w próbce pewnego izotopu promieniotwórczego od czasu.



- a) Na podstawie wykresu odczytaj i podaj czas połowicznego rozpadu tego izotopu. (1 pkt)
- b) Oblicz liczbę jąder, która uległa rozpadowi do końca 6. godziny. (1 pkt)

14.24

**Zadanie 10. (1 pkt)**  
Podczas bombardowania płytki zawierającej izotop berylu  ${}^9_4\text{Be}$  cząstkami  $\alpha$  otrzymano jądra izotopu węgla  ${}^{12}_6\text{C}$  i neutrony. Prawidłowy zapis zachodzącej reakcji to  
A.  ${}^9_4\text{Be} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{12}_6\text{C} + {}^1_0\text{n}$ .  
B.  ${}^9_4\text{Be} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{12}_6\text{C} + 2 {}^1_0\text{n}$ .  
C.  ${}^9_4\text{Be} + 2 {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{12}_6\text{C} + 2 {}^1_0\text{n}$ .  
D.  ${}^9_4\text{Be} + 2 {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{12}_6\text{C} + 4 {}^1_0\text{n}$ .

14.25

**Zadanie 23. Radioterapia (2 pkt)**  
Radioterapia polega na niszczeniu komórek nowotworowych przy użyciu promieniowania jądrowego emitowanego przez różnego rodzaju izotopy promieniotwórcze umieszczone w pewnej odległości od tkanek. Wyjaśnij, odwołując się do własności promieniowania jądrowego  $\alpha$  i  $\gamma$ , dlaczego w radioterapii stosuje się głównie izotopy emitujące promieniowanie  $\gamma$ , a nie korzysta się z np. izotopów emitujących promieniowanie  $\alpha$ .

14.26

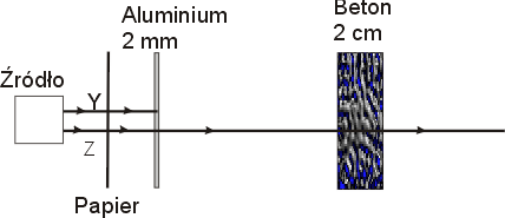
**Zadanie 6. (1 pkt)**  
W rozpadzie  $\beta$  jądro kobaltu  ${}^{60}_{27}\text{Co}$  emituje elektron. W wyniku tej reakcji powstaje jądro:  
A)  ${}^{60}_{28}\text{Ni}$ , B)  ${}^{61}_{27}\text{Co}$ , C)  ${}^{59}_{28}\text{Ni}$ , D)  ${}^{56}_{26}\text{Fe}$ .

14.27

**Zadanie 4 (1 pkt)**  
Pierwiastek promieniotwórczy uległ jednemu rozpadowi  $\alpha$  i dwóm rozpadowi  $\beta^-$ . Jądro pierwiastka otrzymanego po tych rozpadach zawiera:  
a) taką samą liczbę protonów jak jądro pierwiastka przed rozpadem,  
b) taką samą liczbę neutronów jak jądro pierwiastka przed rozpadem,  
c) taką samą liczbę nukleonów jak jądro pierwiastka przed rozpadem,  
d) o dwa neutrony mniej niż jądro pierwiastka przed rozpadem.

14.28

Źródło emituje dwa rodzaje promieniowania jądrowego. Promieniowania te przenikają (rys.) przez materiały znajdujące się na ich drodze.



Która z poniższych odpowiedzi prawidłowo wskazuje poprawne nazwy rodzajów promieniowania emitowanego przez źródło?

|    | Promieniowanie Y | Promieniowanie Z |
|----|------------------|------------------|
| A. | alfa             | beta             |
| B. | alfa             | gamma            |
| C. | beta             | gamma            |
| D. | beta             | alfa             |

14.29

**Zadanie 9 (2 pkt.)**  
Przedstaw po dwa argumenty przemawiające za wykorzystywaniem energii jądrowej w energetyce i przeciwko jej wykorzystywaniu.

## 14.30

### Zadanie 18 (3 pkt.)

Pierwiastek  ${}^A_ZX$  doznaje rozpadu  $\alpha$  a następnie dwóch kolejnych rozpadów  $\beta$ . Jakie będą wartości liczby masowej i atomowej pierwiastka Y powstałego w wyniku tego ciągu przemian promieniotwórczych. Uzasadnij odpowiedź.

## 14.31

### Zadanie 6 (1 pkt)

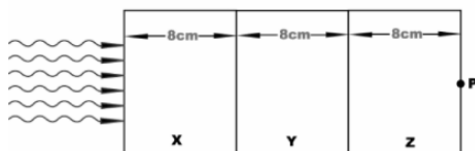
Chociaż protony w jądrze atomowym znajdują się bardzo blisko siebie, jądro nie rozpada się w związku z ich wzajemnym odpychaniem się siłami Coulomba. Dzieje się tak dlatego, że

- w jądrze znajduje się równa liczbie protonów liczba elektronów, które to odpychanie neutralizują;
- siła Coulomba nie działa w jądrze atomowym;
- w jądrze występują silne oddziaływania przeciwdziałające odpychaniu koulombowskiemu;
- neutrony w jądrze separują protony od siebie.

## 14.32

### Zadanie 10 (4 pkt.)

Trzy substancje X, Y i Z są wykorzystywane do pochłaniania promieniowania  $\gamma$ . Grubości ich warstwy, dla której następuje połowiczny zanik wiązki (natężenie wiązki po przejściu przez tę warstwę zmniejsza się o połowę) wynoszą dla nich odpowiednio 2 cm, 4 cm i 8 cm. Wiązka promieniowania pada na lewą stronę „kanapki” składającej się z warstw substancji X, Y i Z jak na rysunku. Jakie natężenie będzie miała wiązka w punkcie P po prawej stronie „kanapki”?



## 14.33

### Zadanie 10. (1 pkt)

Trzy czwarte początkowej liczby jąder pewnego izotopu promieniotwórczego ulega rozpadowi w czasie 24 godzin. Okres połowicznego rozpadu tego izotopu jest równy

- 2 godziny.
- 4 godziny.
- 8 godzin.
- 12 godzin.

## 14.34

### 21. Reakcje jądrowe (3 pkt)

Bombardowanie jąder glinu  ${}^{27}_{13}\text{Al}$  neutronami wywołuje różne skutki w zależności od ich prędkości. Powolne neutrony zostają pochłonięte przez jądra glinu. Neutrony o większych prędkościach powodują powstanie jąder magnezu (Mg) i emisję protonów. Jeszcze szybsze neutrony wywołują emisję cząstek  $\alpha$  i powstanie jąder sodu (Na). Zapisz opisane powyżej reakcje.

## Fizyka jądrowa – zadania z arkusza II

## 14.35

### Zadanie 31. Syriusz (14 pkt)

Zimą najjaśniejszą gwiazdą naszego nocnego nieba jest Syriusz. Pod tą nazwą kryje się układ dwóch gwiazd poruszających się wokół wspólnego środka masy. Syriusz A jest gwiazdą ciągu głównego, a Syriusz B jest białym karłem i nie można go zobaczyć gołym okiem.

#### 31.1 (2 pkt)

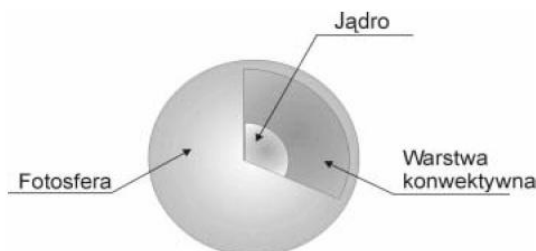
Na podstawie tekstu i własnej wiedzy wymień dwie charakterystyczne cechy białych karłów.

#### 31.2 (3 pkt)

Średnia gęstość Syriusza B wynosi  $2,4 \cdot 10^9 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ , a jego promień  $5,9 \cdot 10^6 \text{ m}$ . Oblicz wartość przyspieszenia grawitacyjnego na powierzchni Syriusza B, pomijając wpływ Syriusza A.

#### 31.3 (2 pkt)

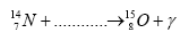
Na rysunku przedstawiono budowę wnętrza Syriusza A.



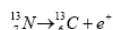
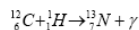
## 31.4 (3 pkt)

Głównym źródłem energii Syriusza A są reakcje termojądrowe polegające na zamianie wodoru w hel za pośrednictwem węgla i tlenu (tzw. cykl CNO).

- Uzupełnij równanie reakcji będącej częścią cyklu CNO.



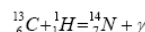
- Poniżej zamieszczono równania dwóch przemian jądrowych cyklu CNO. Obok równań reakcji zapisz nazwę tego typu procesu jądrowego.



Energia zawarta w jądrze gwiazdy transportowana jest na powierzchnię przez warstwę konwektywną, a z powierzchni fotosfery wypromieniowana w przestrzeń kosmiczną. Zapisz, czym różni się transport energii w wyniku konwekcji od transportu poprzez promieniowanie.

## 31.5 (4 pkt)

W zachodzącym w jądrze Syriusza A cyklu CNO najwięcej energii wydzielą się podczas reakcji zamiany węgla w azot.



Oblicz, ile jąder węgla w Syriuszu A musiałoby ulec tego typu reakcji, by wytworzona energia mogła w normalnych warunkach stopić 1 g lodu. Ciepło topnienia lodu wynosi  $3,34 \cdot 10^5 \text{ J/kg}$ . Masy jąder wodoru, węgla i azotu mają wartości odpowiednio równe:  $m_H = 1,673 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ ,  $m_C = 12,011 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ ,  $m_N = 14,003 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ .

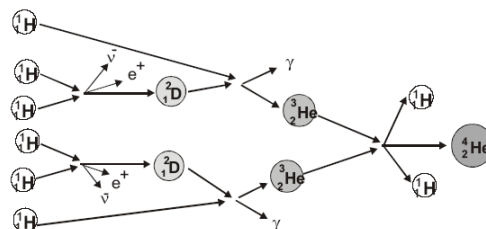
## 14.36

### Zadanie 27. (energia Słońca)

Słońce – nasza dzienna gwiazda jest gigantyczną kulą rozżarzonej plazmy. Wodór stanowi 73% jej składu chemicznego, a hel – 25%. Dlatego wewnątrz Słońca znajduje się najwięcej protonów (jąder wodoru) i cząstek  $\alpha$  (jąder helu). Te pierwsze są produktem wyjściowym syntezy jądrowej, a drugie – produktem finalnym tej reakcji.

Aby dwa protony mogły ulec syntezie, cząstki muszą znaleźć się w odległości około  $10^{-15} \text{ m}$  od siebie. Zbliżenie jąder na taką odległość jest utrudnione, gdyż pomiędzy nimi występują siły elektrostatycznego odpychania. Czynnikiem sprzyjającym zachodzeniu reakcji między jądrami wodoru oraz helu jest wysoka temperatura panująca w jądrze Słońca.

Najbardziej energetycznym typem reakcji zachodzącym w Słońcu jest cykl protonowy, którego schemat przedstawiono na rysunku poniżej.



Wydzielona podczas tego cyklu energia ma wartość  $4 \cdot 10^{-12} \text{ J}$ .

Odbiorcami energii wyprodukowanej w słonecznym piecu jądrowym są wszystkie ciała Układu Słonecznego. Ziemia – trzecia planeta słonecznej rodziny, obiegająca w ciągu roku orbitę okosłoneczną o promieniu 1 jednostki astronomicznej ( $1,5 \cdot 10^{11} \text{ m}$ ) – otrzymuje siedem razy mniej tej energii niż Merkury. Do największej planety naszego układu – Jowisza, obiegającego Słońce w odległości 5 jednostek astronomicznych – dociera jej bardzo mało, dlatego temperatura na powierzchni tej planety mieści się w przedziale ( $-140^\circ\text{C}$ ,  $-100^\circ\text{C}$ ).

### Zadanie 27.1. (2 pkt)

Przeanalizuj tekst i napisz, czy poniższe zdanie mogłoby znaleźć się w treści zadania. Odpowiedź uzasadnij, nie wykonując rachunków.

Siły grawitacji między protonami znajdującymi się wewnątrz Słońca przyczyniają się do zbliżania tych cząstek do siebie na bardzo małe odległości.

### Zadanie 27.2. (4 pkt)

Zakładamy, że średnia energia kinetyczna każdego protonu, biorącego udział w reakcji syntezy, może być zapisana wzorem:

$$E_{ksr} = C \cdot T, \text{ gdzie } C = 2,07 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}, T - \text{temperatura w K}$$

Oszacuj rząd wielkości temperatury, w której dwa odosobnione protony mogą zbliżyć się do siebie, pokonując elektrostatyczną barierę potencjału. Przyjmij, że stała elektrostatyczna  $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}$ .

### Zadanie 27.3. (3 pkt)

Częścią składową cyklu protonowego (rys.) jest reakcja zamiany deuteru  ${}^2_1\text{D}$  w hel  ${}^3_2\text{He}$ . Napisz równanie tej reakcji i oblicz energię wydzieloną podczas tej reakcji. Masa wodoru wynosi  $1,6726 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ , masa deuteru  $3,3434 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ , masa izotopu helu  ${}^3_2\text{He}$   $5,0066 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ .

### Zadanie 27.4. (3 pkt)

Oblicz okres obiegu Jowisza wokół Słońca.

14.37

Zadanie 28. Sonda Pioneer (9 pkt)

Pod koniec kwietnia wielki radioteleskop w Madrycie wykrył słaby sygnał sztucznego pochodzenia z kierunku konstelacji Byka. To nie kosmici. Odezwała się sonda Pioneer 10, która z niewiadomych przyczyn milczała, od ośmiu miesięcy. [...] Sygnał miał moc słabszą niż miliardowa ( $10^{-9}$ ) część bilionowej( $10^{-12}$ ) części wata. Leciał do Ziemi prawie 11 godzin. To dlatego, że Pioneer 10 zawędrował już bardzo daleko - jest dziś w odległości dwa razy większej od Słońca niż planeta Pluton, czyli ok. 11,2 mld km. [...] Teraz Pioneer 10 leci z prędkością 13 km/s w kierunku czerwonej gwiazdy Aldebaran w konstelacji Byka, która jest oddalona o 71 lat świetlnych i 155 razy jaśniejsza niż nasze Słońce. Sonda zmaga się tylko z upływem czasu. - Nasza gwarancja skończyła się już po 21 miesiącach, a dziś upływa 28. rok działania sondy - mówi szef misji Larry Lasher z NASA. Pioneer 10 jest zasilany przez radioaktywny pluton-238. Rozpad plutonu generuje ciepło, zamieniane potem na elektryczność. Pluton wprawdzie rozpada się dość wolno - połowa paliwa znika po 92 latach, ale szybciej ulegają degradacji elementy, które przekształcają ciepło w prąd elektryczny....

(na podstawie: Piotr Cieśliński, Wścieci z daleka. Gazeta Wyborcza 4 maja 2001 r.)

28.1 (4 pkt)

Oszacuj czas (w latach) potrzebny na dotarcie sondy z Ziemi w pobliże orbity Plutona oraz czas podróży w pobliże gwiazdy Aldebaran. Odpowiedź uzasadnij obliczeniami. Przyjmij, że wartość prędkości sondy jest stała.

28.2 (1 pkt)

Poniższy diagram ma przedstawiać ciąg przemian energetycznych związanych z wysłaniem informacji przez sondę Pioneer 10. Uzupełnij diagram, wpisując w puste ramki rodzaj energii.

28.3 (4 pkt)

Stosowany do zasilania sondy Pioneer 10 izotop promieniotwórczy  $^{238}_{94}\text{Pu}$  rozpada się na  $^{234}_{92}\text{U}$ . Z kolei uran rozpada się na  $^{230}_{90}\text{Th}$  (czas połowicznego rozpadu uranu około  $2,5\cdot 10^5$  lat). Energie wydzielane w tych dwóch przemianach promieniotwórczych nie różnią się znacząco. Uran mógłby więc stanowić nowe źródło energii.

- a) Jaka cząstka wyzwala się w czasie rozpadu plutonu, a jaka w czasie rozpadu uranu? Zapisz te reakcje. (1 pkt)
- b) Oszacuj stosunek mocy wydzielanej przez próbki plutonu – 238 i uranu – 234, zawierające takie same liczby jąder. Czy powstający na pokładzie Pioneer 10 uran mógłby stanowić dla sondy nowe wydajne źródło energii? Odpowiedź uzasadnij. (3 pkt)

14.38

5.4 (2 pkt)

Cząstki  $\alpha$  lub  $\beta$  powstają między innymi w wyniku samorzutnych rozpadów jąder atomowych. Napisz schemat rozpadu jądra  $^A_Z\text{X}$ , w wyniku którego powstaje cząstka  $\alpha$  oraz schemat rozpadu w wyniku którego powstaje cząstka  $\beta$ .

- 1. ....
- 2. ....

5.5 (2 pkt)

Zapisz nazwy dwóch zasad zachowania, z których korzystamy przy zapisywaniu tych schematów.

14.39

Zadanie 27. (Stała słoneczna)

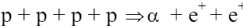
Ziemia oświetlana jest promieniowaniem elektromagnetycznym pochodzącym ze Słońca. W odległości równej promieniowi orbity Ziemi, czyli  $R=1,5\cdot 10^{11}$  m, na powierzchnię  $1\text{m}^2$  prostopadłą do kierunku rozchodzenia się promieni słonecznych pada w ciągu jednej sekundy energia 1340 J. (Jest to wartość tak zwanej stałej słonecznej). Energia słoneczna pochodzi z reakcji jądrowych zachodzących we wnętrzu Słońca. Końcowym rezultatem tych reakcji jest powstawanie jądra helu (cząstki  $\alpha$ ) oraz dwóch pozytonów (cząstek  $e^+$ ) z czterech protonów:  $p + p + p + p \Rightarrow \alpha + e^+ + e^+$  Uwaga. Powyżej przedstawiona reakcja syntezy jest reakcją uproszczoną. Masa protonu  $=1,0073$  jednostki masy atomowej, masa cząstki  $\alpha = 4,0015$  jednostki masy atomowej, a masa pozytonu  $= 5 \cdot 10^{-4}$  jednostki masy atomowej. Jednostka masy atomowej  $= 1,66 \cdot 10^{-27}$  kg.

27.1 (0-3 pkt)

Oblicz, ile energii emituje Słońce w ciągu 1 sekundy. Pomiń straty energii w atmosferze Słońca. Pamiętaj, że energia emitowana jest równomiernie we wszystkich kierunkach.

27.2 (0-5 pkt)

Zakładając, że reakcja syntezy jądrowej zachodzi według wyżej opisanego schematu:



oblicz w kilogramach niedobór masy, czyli różnicę mas cząstek wchodzących do reakcji i produktów reakcji.

Pamiętając o równoważności masy i energii, znajdź energię wytwarzaną w tej reakcji. Wyraż tę energię w dżulach ( J ) i megaelektronowoltach ( MeV ).

27.3 (0-2pkt)

Oblicz, ile takich reakcji zachodzi na sekundę w Słońcu. Przyjmij, że energia docierająca do Ziemi jest wytwarzana tylko w wyniku takich reakcji.

27.4 (0-2pkt)

Jaka masa zamienia się w energię na Słońcu w czasie jednej sekundy?

14.40

Zadanie 4. Reakcje rozszczepienia (12 pkt)

Spśród pierwiastków występujących naturalnie w Ziemi największą liczbę atomową ma uran. W uranie naturalnym występują głównie dwa izotopy  $^{235}\text{U}$  i  $^{238}\text{U}$ . W wyniku rozpadów promieniotwórczych uran  $^{238}\text{U}$  przechodzi w tor  $^{234}\text{Th}$ , a następnie w proaktyn  $^{234}\text{Pa}$ .

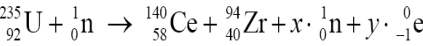
4.1 (2 pkt)

Uzupełnij zapisy poniższych reakcji jądrowych.



Rozszczepienie jądra uranu  $^{235}_{92}\text{U}$  można spowodować bombardując jądra uranu powolnymi neutronami o energii około 1 eV. W reakcji tej uwalnia się energia około 210 MeV.

Jedną z możliwych reakcji rozszczepienia uranu  $^{235}\text{U}$  przedstawiono poniżej: Przez x i y oznaczono odpowiednio liczbę neutronów i liczbę elektronów



4.2 (2 pkt)

Oblicz liczbę neutronów x oraz liczbę elektronów y, w reakcji rozszczepienia uranu  $^{235}\text{U}$ .

4.3 (2 pkt)

Oblicz wartość predkości neutronu wywołującego rozszczepienie uranu  $^{235}\text{U}$ .

4.4 (2 pkt)

Podaj dwa warunki, które muszą być spełnione, aby w materiale zawierającym uran  $^{235}\text{U}$  mogło dojść do reakcji łańcuchowej.

4.5 (4 pkt)

Oblicz liczbę jąder uranu  $^{235}\text{U}$ , które powinny ulec rozszczepieniu, aby uwolniona w reakcji energia wystarczyła do ogrzania 1 litra wody od temperatury 20°C do 100°C. Do obliczeń przyjmij ciepło właściwe wody równe 4200 J/kg·K.

14.41

Zadanie 5. Jądro atomowe a gwiazda neutronowa (12 pkt)

5.1 (2 pkt)

Zapisz dwie cechy sił jądrowych.

5.2 (3 pkt)

Wykaż, że średnia gęstość materii jądrowej jest niezależna od liczby masowej. Wykorzystaj założenia podane poniżej.

- 1. Jądro atomowe można traktować jako kulę (objętość kuli  $V = \frac{4}{3} \pi R^3$ ).
- 2. Empiryczny wzór określający promień jądra atomowego ma postać  $R = r \sqrt[3]{A}$ , gdzie  $r = 1,2\cdot 10^{-15}$  m, zaś A jest liczbą masową.
- 3. Masę jądra atomu można szacować jako iloczyn liczby masowej i masy neutronu.

Masywne gwiazdy w końcowym etapie ewolucji odrzucają zewnętrzne warstwy materii i zapadając się mogą tworzyć gwiazdy neutronowe. Jeśli masa zapadającej się części gwiazdy jest dostatecznie duża to powstaje „czarna dziura”. Czarna dziura to obiekt astronomiczny, który tak silnie oddziałuje grawitacyjnie na swoje otoczenie, że żaden rodzaj materii ani energii nie może jej opuścić.

5.3 (3 pkt)

Oszacuj promień gwiazdy neutronowej o masie  $12,56\cdot 10^{29}$  kg i średniej gęstości równej  $3\cdot 10^{17}$  kg/m<sup>3</sup>.

5.4 (4 pkt)

Masywna gwiazda w wyniku ewolucji utworzyła obiekt o masie  $12,56\cdot 10^{29}$  kg i promieniu 1 km. Oszacuj wartość drugiej prędkości kosmicznej dla tego obiektu. Oceń, czy ten obiekt może być „czarną dziurą”. Odpowiedź uzasadnij.

Fizyka jądrowa – inne zadania

14.42

W doświadczeniu Rutheforda, podczas bombardowania złotej folii cząstkami  $\alpha$  zaobserwowano, że niektóre cząstki „odbijają” się od folii. Dla tych cząstek, które zostały zawrócone, Rutheford oszacował, że najmniejsza odległość, na jaką cząstka  $\alpha$  może zbliżyć się do jądra, jest rzędu  $d = 10^{-14}$  m. Jakiego rzędu były prędkości cząstek użytych w doświadczeniu?

14.43

Wyznacz promień jądra atomu złota dla izotopu  $^{197}_{79}\text{Au}$ , przy założeniu, że ma ono kształt kuli. (Promień jądra atomowego o liczbie masowej A:  $R=1,2 \cdot A^{1/3} \cdot 10^{-15}$  m )

14.44

Ile nukleonów znajduje się w objętości 1 mm<sup>3</sup> materii jądrowej? Gęstość materii jądrowej wynosi  $2,14\cdot 10^{17}$  kg/m<sup>3</sup>. Przyjmij masę nukleonu równą  $1,67\cdot 10^{-27}$  kg.

14.45

Oblicz energię wiązania przypadającą na jeden nukleon w jądrach  ${}^7_3\text{Li}$  i  ${}^{16}_8\text{O}$ .

Masy jąder wynoszą:  $m_{\text{Li}} = 7,016004\text{u}$ ,  $m_{\text{O}} = 15,994914\text{u}$

14.46

Energia wiązania jądra tlenu  ${}^{16}_8\text{O}$  wynosi 126,96 MeV. Znajdź masę tego jądra.

14.47

Jaki izotop powstaje z:

a) ołowiu  ${}^{211}_{82}\text{Pb}$  po jednej przemianie  $\alpha$  i dwóch przemianach  $\beta^-$

b) uranu  ${}^{238}_{92}\text{U}$  po trzech przemianach  $\alpha$  i dwóch przemianach  $\beta^-$

14.48

Uzupełnij brakujące wartości w równaniach opisujących cykl rozpadów torowego szeregu promieniotwórczego:

$${}^{232}_{90}\text{Th} \rightarrow {}^{228}_{88}\text{Ra} + {}^4_2\alpha$$

$${}^{228}_{88}\text{Ra} \rightarrow {}^{228}_{89}\text{Ac} + e^- + \bar{\nu}$$

$${}^{228}_{89}\text{Ac} \rightarrow {}^{228}_{90}\text{Th} + e^- + \bar{\nu}$$

$${}^{228}_{90}\text{Th} \rightarrow {}^{224}_{82}\text{Ra} + {}^4_2\alpha$$

14.49

Zapisz za pomocą symboli rozpad  $\beta^-$ .

14.50

Podczas badania procesu rozpadu promieniotwórczego fosforu wyznaczano jego masę z dokładnością do 0,001mg. Dane w tabeli mają ilustrować zależność masy promieniotwórczego fosforu  ${}^{30}_{15}\text{P}$  od czasu. Sporządź wykres tej zależności.

Odczytaj z wykresu, ile wynosiła masa po 5 minutach obserwacji procesu. Porównaj tą wartość z wynikiem otrzymanym ze wzoru.

|        |    |             |             |             |             |
|--------|----|-------------|-------------|-------------|-------------|
| t      | 0s | 2 min 10,6s | 4 min 21,2s | 6 min 31,8s | 8 min 42,4s |
| m [mg] | 1  | 0,5         | 0,25        | 0,125       | 0,063       |

14.51

Próbka promieniotwórczego preparatu zawiera  $N_0$  aktywnych jąder. Ile z tych jąder pozostanie aktywnych po czasie:

a)  $0,5 T_{1/2}$       b)  $10 T_{1/2}$

14.52

Do organizmu człowieka dostała się pewna liczba atomów promieniotwórczego wapnia  ${}^{45}_{20}\text{Ca}$ , którego okres połowicznego zaniku wynosi 164 dni. Część tych atomów została wydalona z organizmu na drodze metabolicznej, ale  $N_1$  atomów pozostało, wbudowanych w kości. Zakładając, że poziom bezpieczny odpowiada zmniejszeniu liczby aktywnych jąder do  $N_2 = 1/8 N_1$ , wyznacz czas, po którym minie zagrożenie ze strony tego radioizotopu wapnia.

14.53

Przez trzy miesiące prowadzono pomiary aktywności pewnej porcji izotopu radu  ${}^{223}_{88}\text{Ra}$ . Na podstawie zawartych w poniższej tabeli danych sporządź wykres zmian aktywności tej próbki w czasie. Wyznacz czas połowicznego rozpadu.

|         |      |      |     |     |    |
|---------|------|------|-----|-----|----|
| t [dni] | 0    | 20   | 40  | 50  | 80 |
| a [Bq]  | 5000 | 1500 | 500 | 250 | 50 |

14.54

Jaka liczba jąder rozpada się w czasie 1 ms w próbce liczącej jeden mol każdego z izotopów azotu  ${}^{16}_7\text{N}$  i  ${}^{12}_7\text{N}$ ? Stałe zaniku są odpowiednio równe  $\lambda_1 = 0,09625 \text{ s}^{-1}$  i  $\lambda_2 = 63 \text{ s}^{-1}$ .

14.55

Oblicz masę polonu  ${}^{210}_{84}\text{Po}$  w próbce, która wykazuje aktywność

$a = 3,33 \cdot 10^{10} \text{ Bq}$ . Stała zaniku polonu wynosi  $5,8 \cdot 10^{-8} \text{ 1/s}$ . Masa molowa polonu  $M = 0,21 \text{ kg/mol}$ .

14.56

Aktywność próbki radu o masie 1g wynosi  $3,7 \cdot 10^{10} \text{ Bq}$ . Ile wynosiłaby aktywność próbki radu o masie 1kg?

14.57

Jądra atomów izotopów tlenu  ${}^{17}_8\text{O}$  i  ${}^{16}_8\text{O}$  mają masy: 16,9991u i 15,9994u. Jak

wielką pracę trzeba wykonać, by oderwać neutron od jądra atomu  ${}^{17}_8\text{O}$ ?

14.58

Stwierdzono, że w badanym preparacie znajdują się 2g promieniotwórczego aktynu o okresie połowicznego zaniku 10 dni. Ile aktynu było w tym preparacie 20 dni wcześniej?

14.59

W ciągu 6 godzin 75% początkowej ilości jąder promieniotwórczego izotopu uległo przemianom. Ile wynosi okres połowicznego zaniku dla tego izotopu?

14.60

W jaki sposób energia wytwarzana w reaktorze jądrowym jest przekazywana poza ten reaktor?

14.61

Bomba uranowa zawiera 20kg uranu  ${}^{235}_{92}\text{U}$ . Jaką masę musi mieć trotyl, by wydzielił przy wybuchu tę samą ilość energii co bomba uranowa? Jeden kilogram trotylu wydziela energię w ilości  $4 \cdot 10^6 \text{ J}$ . Przy rozpadzie jednego jądra uranu wydziela się energia 207,6 MeV.

14.62

Oblicz ilość energii, jaka wydzieli się podczas reakcji syntezy dwóch deuteronów dającej jądro helu. Masa deuteronu wynosi 2,0141u, a masa jądra helu równa się 4,0015u.