1. Co to jest defekt masy?

Jeżeli wskutek reakcji chemicznej masa produktów jest mniejsza od masy substratów, to zjawisko takie nazywamy defektem masy.

Ubytkowi masy towarzyszy wydzielanie się energii. Mówimy, że masa jest równoważna energii, gdyż „zamieniła" się na energię. Ilość wydzielonej energii obliczamy ze wzoru

$$E = \Delta m \cdot c^2,$$

gdzie:

E – ilość energii wydzielona z „zamiany" masy na energię

Δm – ubytek masy

c – szybkość światła w próżni (=$3 \cdot 10^8$ m/s).

2. Co to jest cykl pp?

Źródłem energii Słońca (i wielu innych gwiazd) są reakcje termojądrowe zachodzące we wnętrzu gwiazdy. Polegają one na łączeniu się jąder wodoru w jądra helu. Do zainicjowania reakcji potrzebna jest wysoka temperatura i niejednokrotnie odpowiednio duże ciśnienie. Podczas reakcji termojądrowej wydziela się duża ilość energii. Najbardziej typowy przebieg reakcji wygląda następująco:

$$^1H + {}^1H \rightarrow {}^2D + e^+ + \nu_e$$
$$^2D + {}^1H \rightarrow {}^3He + \gamma$$
$$^3He + {}^3He \rightarrow {}^4He + {}^1H + {}^1H + \gamma$$

Powyższy cykl nazywany jest cyklem protonowo-protonowym lub cyklem pp.

3. Co to jest moc promieniowania?

Ilość energii, jaką emituje ciało w jednostce czasu nazywamy mocą promieniowania i oznaczamy zazwyczaj literą P. Jednostką standardową jest wat (W).

$$P = \frac{E}{t}$$

gdzie:

P – moc promieniowania

E – ilość emitowanej energii

t – czas

Moc promieniowania bywa nazywana również jasnością i oznaczana literą L (luminosity).

4. Co to jest natężenie promieniowania?

Natężenie promieniowania (strumień energii świetlnej) to ilość energii jaka pada prostopadle na jednostkę powierzchni w jednostce czasu. Natężenie promieniowania oznaczamy zazwyczaj symbolem I. Standardową jednostką jest $\frac{W}{m^2}$.

$$I = \frac{E}{S \cdot t}$$

I – natężenie promieniowania

E – ilość energii padającej na powierzchnię w czasie t

S – pole powierzchni

t - czas

Jeżeli ciało emituje energię jednorodnie (tzn. wysyła tyle samo energii w każdym kierunku), to natężenie promieniowania w odległości R od źródła wyraża się wzorem

$$I = \frac{P}{4\pi R^2},$$

gdzie:
I – natężenie promieniowania,
P – moc promieniowania źródła,
R – odległość od źródła

5. *Co to jest stała słoneczna?*

*I*lość energii słonecznej padającej prostopadle na powierzchnię 1 m^2 górnej warstwy atmosfery w ciągu 1 s nazywamy stałą słoneczną. Stała słoneczna wynosi ok. 1350 $\frac{J}{m^2 \cdot s}$.

6. *Co to jest ciało doskonale czarne?*

Ciało doskonale czarne to ciało pochłaniające całkowicie promieniowanie do niego dochodzące.

7. *Prawo Stefana-Boltzmanna.*

Natężenie promieniowania emitowanego przez ciało doskonale czarne jest wprost proporcjonalne do czwartej potęgi temperatury powierzchni tego ciała.

$$I \sim T^4$$
$$I = \sigma T^4$$

gdzie:
I – natężenie promieniowania
T – temperatura powierzchni ciała w K
σ - stała Boltzmanna (= $5{,}67 \cdot 10^{-8}$ $\frac{W}{m^2 \cdot K^4}$)

Zakładając, że gwiazdy to obiekty doskonale czarne można, korzystając z tego prawa, oszacować temperaturę powierzchni gwiazdy. Jest to tzw. *temperatura efektywna*.

8. *Prawo Wiena.*

Długość fali o maksymalnej mocy promieniowania emitowanego przez ciało doskonale czarne jest odwrotnie proporcjonalna do bezwzględnej temperatury tego ciała.

$$\lambda_{\max} = \frac{a}{T}$$

gdzie:
λ_{max} – długość fali o największej mocy promieniowania,
T – temperatura ciała w K
a – stała Wiena (= $2{,}9 \cdot 10^{-3}$ m·K)

SŁOŃCE - ZADANIA

Zadanie 1.
Napisz sumaryczne równanie cyklu pp.

Zadanie 2.
Oblicz energię wydzielaną podczas reakcji $^{1}H+^{1}H \rightarrow ^{2}D+e^{+}+\nu_{e}$. Wynik wyraź w dżulach i elektronowoltach. Przyjmij, że: masa deuteronu $m_d = 3{,}343583 \cdot 10^{-27}$kg, masa protonu $m_p =$ $= 1{,}672621 \cdot 10^{-27}$kg, masa pozytonu $m_e = 9{,}109381 \cdot 10^{-31}$kg, masa neutrina $m_\nu = 0$ kg.

Zadanie 3.
Oblicz energię wydzielaną podczas reakcji $^{2}D+^{1}H \rightarrow ^{3}He+\gamma$. Wynik wyraź w dżulach i elektronowoltach. Przyjmij, że: masa deuteronu $m_d = 3{,}343583 \cdot 10^{-27}$kg, masa protonu $m_p =$ $= 1{,}672621 \cdot 10^{-27}$kg, masa helionu $m_{He} = 5{,}006412 \cdot 10^{-27}$kg.

Zadanie 4.
Oblicz energię wydzielaną podczas cyklu pp. Wynik wyraź w dżulach i elektronowoltach. Przyjmij, że: masa deuteronu $m_d = 3{,}343583 \cdot 10^{-27}$kg, masa protonu $m_p = 1{,}672621 \cdot 10^{-27}$kg, masa helionu $m_{He} = 5{,}006412 \cdot 10^{-27}$kg, masa pozytonu $m_e = 9{,}109381 \cdot 10^{-31}$kg, masa neutrina $m_\nu = 0$ kg, masa cząstki α $m_\alpha = 6{,}644650 \cdot 10^{-27}$kg.

Zadanie 5.
Jaką energię uzyskujemy z cyklu pp, jeśli:

$^{1}H+^{1}H \rightarrow ^{2}D+e^{+}+\nu_{e}$ +1,44 MeV

$^{2}D+^{1}H \rightarrow ^{3}He+\gamma$ +5,49 MeV

$^{3}He+^{3}He \rightarrow ^{4}He+^{1}H+^{1}H+\gamma$ + 12,86 MeV?

Zadanie 6.
Długość fali światła żółtego zawiera się w zakresie 565 – 590 nm. Oszacuj temperaturę powierzchni Słońca. Stała Wiena $a = 2{,}9 \cdot 10^{-3}$ m·K.

Zadanie 7.
Oblicz moc promieniowania Słońca. Stała słoneczna wynosi $1350\,\frac{W}{m^2}$.

Zadanie 8.
Oszacuj natężenie promieniowania przy powierzchni Słońca. Moc promieniowania Słońca wynosi $3{,}85 \cdot 10^{26}$ W, średnica Słońca 1,39 mln km.

Zadanie 9.
Oszacuj temperaturę powierzchni Słońca, jeśli natężenie promieniowania przy powierzchni gwiazdy wynosi $63{,}43\ \frac{MW}{m^2}$. Stała Boltzmanna $\sigma = 5{,}67 \cdot 10^{-8}\ \frac{W}{m^2 \cdot K^4}$.

Zadanie 10.
Oblicz stałą słoneczną dla Merkurego. Odległość Merkurego od Słońca – 0,387 AU. Moc promieniowania Słońca wynosi $3{,}83 \cdot 10^{26}$ W.

Zadanie 11.
Oblicz stosunek masy Słońca do masy Ziemi. Odległość Księżyca od Ziemi wynosi 384 tys. km, okres obiegu Księżyca wokół Ziemi – 27,32 dnia.

Zadanie 12.
3 stycznia 2010 r. Ziemia minęła peryhelium będąc w odległości 147,1 mln km od Słońca. Oblicz średnicą kątową tarczy Słońca wówczas tym dniu.

Zadanie 13.
Moneta 5-złotowa umieszczona w odległości ok. 260 cm od oka obserwatora zakrywa tarczę słoneczną. Oblicz promień Słońca znając odległość do gwiazdy. Średnica monety 24 mm.

Zadanie 14.
Oblicz średnią gęstość Słońca. Promień przyjmij równy 695 tys. km, masa - $2\cdot10^{30}$ kg.

Zadanie 15.
Oblicz wartość przyspieszenia grawitacyjnego na powierzchni Słońca. Masa Słońca stanowi ok. 334 tys. mas Ziemi, promień Słońca to ok. 109 promieni Ziemi.

Zadanie 16.
Do jakich rozmiarów musiałoby się skurczyć Słońce, by stać się czarną dziurą? Drugą prędkość kosmiczną obliczamy ze wzoru $v = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$. Przyjmij G = $6{,}67\cdot10^{-11}\,\frac{Nm^2}{kg^2}$, masa Słońca – $2\cdot10^{30}$ kg, średnica – 1,39 mln km.

Zadanie 17.
Z reakcji łączenia się czterech jąder wodoru w cząstkę alfa otrzymujemy ok. 26,7 MeV energii. Moc promieniowania Słońca wynosi $3{,}83\cdot10^{26}$ W. Ile moli jąder helu powstaje na Słońcu w ciągu jednej sekundy?

Zadanie 18.
Z jednego cyklu pp otrzymujemy ok. 26,7 MeV energii. Moc promieniowania Słońca wynosi $3{,}84\cdot10^{26}$ W. Jaką masę traci Słońce w ciągu sekundy?

Zadanie 19.
Z reakcji łączenia się czterech jąder wodoru w cząstkę alfa otrzymujemy ok. 26,7 MeV energii. Moc promieniowania Słońca wynosi $3{,}85\cdot10^{26}$ W. Na ile lat starczyłby obecny zapas wodoru na Słońcu, jeśli przyjąć, że intensywność reakcji termojądrowych nie zmieni się w miarę upływu czasu? Masa Słońca wynosi $2\cdot10^{30}$ kg, a protony stanowią stanowią 90% masy Słońca.

Zadanie 20.
W Polsce każdy metr kwadratowy powierzchni absorbuje w ciągu roku ok. 1000 kWh energii słonecznej, a statystyczny Polak zużywa rocznie średnio ok. 3,8 MWh energii elektrycznej. Zakładając, że 70% energii słonecznej można przetworzyć na elektryczną, obliczyć, ile metrów kwadratowych powierzchni potrzeba, by pokryć roczne zapotrzebowanie na energię elektryczną przeciętnego Polaka.

Zadanie 21.
Oblicz szybkość, z jaką porusza się Ziemia po orbicie okołosłonecznej. Przyjmij, że Ziemia porusza się ruchem jednostajnym po okręgu.

Zadanie 22.
Jak długo trwa zachód Słońca? Pomijamy efekty i zjawiska związane z atmosferą ziemską.

Zadanie 1.
Napisz sumaryczne równanie cyklu pp.

Rozwiązanie.

Cykl pp:

$$^1H + {}^1H \rightarrow {}^2D + e^+ + \nu_e$$
$$^2D + {}^1H \rightarrow {}^3He + \gamma$$
$$^3He + {}^3He \rightarrow {}^4He + {}^1H + {}^1H + \gamma$$

Przemnożymy niektóre równania reakcji stronami tak, by po dodaniu do siebie równań stronami jak najwięcej składników po obydwu stronach się zredukowało.

$$^1H + {}^1H \rightarrow {}^2D + e^+ + \nu_e \quad /\cdot 2$$
$$^2D + {}^1H \rightarrow {}^3He + \gamma \qquad /\cdot 2$$
$$^3He + {}^3He \rightarrow {}^4He + {}^1H + {}^1H + \gamma$$

$$2\,{}^1H + 2\,{}^1H \rightarrow 2\,{}^2D + 2e^+ + 2\nu_e$$
$$2\,{}^2D + 2\,{}^1H \rightarrow 2\,{}^3He + 2\gamma$$
$$^3He + {}^3He \rightarrow {}^4He + {}^1H + {}^1H + \gamma$$

Po dodaniu do siebie stronami ostatnich trzech równań reakcji otrzymujemy:

$$2\,{}^1H + 2\,{}^1H + 2\,{}^2D + 2\,{}^1H + {}^3He + {}^3He \rightarrow 2\,{}^2D + 2e^+ + 2\nu_e + 2\,{}^3He + 2\gamma + {}^4He + {}^1H + {}^1H + \gamma .$$

Po skreśleniu powtarzających się po obydwu stronach reakcji członów zostaje

$$2\,{}^1H + 2\,{}^1H \rightarrow 2e^+ + 2\nu_e + 2\gamma + {}^4He + \gamma ,$$

czyli

$$4\,{}^1H \rightarrow {}^4He + 2e^+ + 2\nu_e + 3\gamma .$$

Odp. $4\,{}^1H \rightarrow {}^4He + 2e^+ + 2\nu_e + 3\gamma$.

Zadanie 3.
Oblicz energię wydzielaną podczas reakcji $^2D + {}^1H \rightarrow {}^3He + \gamma$. Wynik wyraź w dżulach i elektronowoltach. Przyjmij, że: masa deuteronu $m_d = 3{,}343583 \cdot 10^{-27}$kg, masa protonu $m_p =$ $= 1{,}672621 \cdot 10^{-27}$kg, masa helionu $m_{He} = 5{,}006412 \cdot 10^{-27}$kg.

Rozwiązanie.

Obliczmy niedobór masy:

$$\Delta m = m_{substratów} - m_{produktów} = m_d + m_H - m_{He} =$$
$$= 3{,}343583 \cdot 10^{-27}\,kg + 1{,}672621 \cdot 10^{-27}\,kg - 5{,}006412 \cdot 10^{-27}\,kg = 9{,}792 \cdot 10^{-30}\,kg .$$

Wskutek „zaniku” masy została wydzielona energia w ilości

$E = \Delta mc^2 = 9{,}792 \cdot 10^{-30} kg \cdot \left(3 \cdot 10^8 \, \tfrac{m}{s}\right)^2 = 88{,}128 \cdot 10^{-14} J = 8{,}8128 \cdot 10^{-13} J$.
Wyrazimy energię w elektronowoltach:

$$8{,}8128 \cdot 10^{-13} J = 8{,}8128 \cdot 10^{-13} J \cdot \tfrac{eV}{eV} = 8{,}8128 \cdot 10^{-13} J \cdot \frac{eV}{1{,}602 \cdot 10^{-19} J} = 5{,}501124 \cdot 10^6 eV \approx 5{,}5 MeV \, .$$

Odp. $8{,}8128 \cdot 10^{-13} J$; $5{,}5 MeV$.

Zadanie 5.
Jaką energię uzyskujemy z cyklu pp, jeśli:

$${}^1H + {}^1H \rightarrow {}^2D + e^+ + \nu_e \quad +1{,}44 \text{ MeV}$$

$${}^2D + {}^1H \rightarrow {}^3He + \gamma \quad +5{,}49 \text{ MeV}$$

$${}^3He + {}^3He \rightarrow {}^4He + {}^1H + {}^1H + \gamma + 12{,}86 \text{ MeV?}$$

Rozwiązanie.

Cykl protonowo-protonowy to szereg reakcji, w wyniku których z czterech jąder wodoru powstaje jądro helu. Aby z podanych reakcji otrzymać równanie sumaryczne cyklu pp należy pierwsze i drugie z podanych równań przemnożyć stronami przez 2 i dodać do trzeciego z równań cyklu. (patrz zad. 1.). W związku z tym w cyklu pp wydziela się łącznie

2·1,44 MeV + 2·5,49 MeV + 12,86 MeV = 26,72 MeV   energii.

Odp. 26,72 MeV.

Zadanie 7.
Oblicz moc promieniowania Słońca. Stała słoneczna wynosi $1350 \, \tfrac{W}{m^2}$.

Rozwiązanie.

Dane:
I = $1350 \, \tfrac{W}{m^2}$,
d = 150 mln km = $15 \cdot 10^{10}$ m

Szukane:
P = ?

$$I = \frac{P}{4\pi \cdot d^2} ,$$

$$4\pi d^2 I = P ,$$

$$P = 4\pi \cdot (15 \cdot 10^{10})^2 \cdot 1350 \approx 3817035 \cdot 10^{20} W \approx 3{,}8 \cdot 10^{26} W \, .$$

Odp. $3{,}8 \cdot 10^{26}$ W.

Zadanie 9.
Oszacuj temperaturę powierzchni Słońca, jeśli natężenie promieniowania przy powierzchni gwiazdy wynosi 63,43 $\tfrac{MW}{m^2}$. Stała Boltzmanna $\sigma = 5{,}67 \cdot 10^{-8} \, \tfrac{W}{m^2 \cdot K^4}$.

Rozwiązanie.

Dane:
$I = 63{,}43\ \frac{MW}{m^2} = 6{,}343\cdot10^7\ \frac{W}{m^2}$,
$\sigma = 5{,}67\cdot10^{-8}\ \frac{W}{m^2\cdot K^4}$

Szukane:
T = ?

Przyjmiemy, że Słońce jest ciałem doskonale czarnym i skorzystamy z prawa Boltzmanna.

$$I = \sigma T^4,$$
$$T^4 = \frac{I}{\sigma},$$
$$T = \sqrt[4]{\frac{I}{\sigma}},$$
$$T = \sqrt[4]{\frac{6{,}343\cdot10^7}{5{,}67\cdot10^{-8}}} \approx \sqrt[4]{1{,}118695\cdot10^{15}} \approx 5780K.$$

Odp. 5780 K.

Zadanie 11.
Oblicz stosunek masy Słońca do masy Ziemi. Odległość Księżyca od Ziemi wynosi 384 tys. km, okres obiegu Księżyca wokół Ziemi – 27,32 dnia.

Rozwiązanie.

Dane:
a_{KZ} = 384 tys. km,
a_{ZS} = 150 mln km = $15\cdot10^4$ tys. km,
T_K = 27,32 dnia,
T_Z = 365,25 dnia

Szukane:
$\frac{M_S}{M_Z} = ?$

Stosując III prawo Keplera do układu Ziemia-Księżyc mamy:

$$\frac{a_{KZ}^3}{T_K^2} = \frac{G(M_Z + m_K)}{4\pi^2},$$

gdzie m_K – masa Księżyca. Ponieważ $m_K << M_Z$, więc

(1) $$\frac{a_{KZ}^3}{T_K^2} \approx \frac{GM_Z}{4\pi^2}.$$

Podobnie, stosując III prawo Keplera do układu Słońce-Ziemia otrzymujemy:

(2) $$\frac{a_{ZS}^3}{T_Z^2} = \frac{G(M_S + M_Z)}{4\pi^2}.$$

Dzieląc stronami równanie (2) przez (1) dostajemy:

$$\frac{\frac{a_{ZS}^3}{T_Z^2}}{\frac{a_{KZ}^3}{T_K^2}} = \frac{\frac{G(M_S+M_Z)}{4\pi^2}}{\frac{GM_Z}{4\pi^2}},$$
$$\frac{a_{ZS}^3}{T_Z^2}\cdot\frac{T_K^2}{a_{KZ}^3} = \frac{G(M_S+M_Z)}{4\pi^2}\cdot\frac{4\pi^2}{GM_Z},$$

$\left(\frac{a_{ZS}}{a_{KZ}}\right)^3 \cdot \left(\frac{T_K}{T_Z}\right)^2 = \frac{(M_S+M_Z)}{M_Z}$,

$\left(\frac{a_{ZS}}{a_{KZ}}\right)^3 \cdot \left(\frac{T_K}{T_Z}\right)^2 = \frac{M_S}{M_Z}+1$,

$\left(\frac{a_{ZS}}{a_{KZ}}\right)^3 \cdot \left(\frac{T_K}{T_Z}\right)^2 -1 = \frac{M_S}{M_Z}$,

$\frac{M_S}{M_Z} = \left(\frac{15\cdot10^4}{384}\right)^3 \cdot \left(\frac{27,32}{365,25}\right)^2 -1 \approx 333472,3$.

Odp. ok. 333 tys.

Zadanie 13.
Moneta 5-złotowa umieszczona w odległości ok. 260 cm od oka obserwatora zakrywa tarczę słoneczną. Oblicz promień Słońca znając odległość do gwiazdy. Średnica monety 24 mm.

Rozwiązanie.

Dane:	Szukane:
r = 12 mm = $12\cdot10^{-3}$m (promień monety),	R = ?
x = 2,6 m (odległość monety od oka),	
a = 150 mln km = $1,5\cdot10^{11}$ m (odległość do Słońca)	

$$R = \frac{ar}{\sqrt{r^2+x^2}} \approx 692307,69\,\text{km}$$

Odp. 692308 km.

Zadanie 15.
Oblicz wartość przyspieszenia grawitacyjnego na powierzchni Słońca. Masa Słońca stanowi ok. 334 tys. mas Ziemi, promień Słońca to ok. 109 promieni Ziemi.

Rozwiązanie.

g_S – przyspieszenie grawitacyjne na powierzchni Słońca
g – przyspieszenie ziemskie
F_g – siła grawitacji

Dane:	Szukane:
M_S = 334 000 M_Z,	g_S = ?
R_S = 109 R_Z	

Na ciało o masie m znajdujące się na powierzchni Ziemi działa siła grawitacji

$$F_{gZiemia} = G\frac{M_Z m}{R_Z^2}, \qquad F_{gZiemia} = mg,$$

więc

(1) $$mg = G\frac{M_Z m}{R_Z^2}.$$

Na ciało o masie m znajdujące się na powierzchni Słońca działa siła grawitacji

$$F_{gSun} = G\frac{M_S m}{R_S^2}, \qquad F_{gSun} = mg_S,$$

więc

(2) $$mg_S = G\frac{M_S m}{R_S^2}.$$

Dzieląc stronami równanie (2) przez (1) otrzymujemy

$$\frac{g_S}{g} = \frac{M_S}{M_Z}\cdot\left(\frac{R_Z}{R_S}\right)^2,$$

$$\frac{g_S}{g} = \frac{M_S}{M_Z}\cdot\left(\frac{R_Z}{R_S}\right)^2 = 334000\cdot\left(\frac{1}{109}\right)^2 \approx 28{,}11,$$

czyli $$g_S \approx 28{,}11g \approx 275{,}76\frac{m}{s^2}.$$

Odp. $275{,}76\frac{m}{s^2}$.

Zadanie 17.
Z reakcji łączenia się czterech jąder wodoru w cząstkę alfa otrzymujemy ok. 26,7 MeV energii. Moc promieniowania Słońca wynosi $3{,}83\cdot10^{26}$ W. Ile moli jąder helu powstaje na Słońcu w ciągu jednej sekundy?

Rozwiązanie.

Dane:
$P = 3{,}83\cdot10^{26}$ W,
t = 1 s,
$N_A = 6{,}02\cdot10^{23}$ (liczba Avogadra)

Obliczmy, jaką energię wytwarza Słońce w ciągu jednej sekundy:

$$P = \frac{E}{t},$$
$$E = Pt,$$
$$E = 3{,}83\cdot10^{26}W\cdot1s = 3{,}83\cdot10^{26}J = 3{,}83\cdot10^{26}J\cdot\frac{eV}{eV} = 3{,}83\cdot10^{26}J\cdot\frac{eV}{1{,}602\cdot10^{-19}J} \approx$$
$$\approx 2{,}39\cdot10^{45}eV = 2{,}39\cdot10^{39}MeV.$$

Z jednej reakcji syntezy otrzymujemy 26,7 MeV energii i tworzy się jedno jądro helu, więc w ciągu jednej sekundy na Słońcu zachodzi $\frac{2{,}39\cdot10^{39}MeV}{26{,}7MeV} \approx 8{,}9513\cdot10^{37}$ reakcji syntezy, co oznacza, że w każdej sekundzie otrzymujemy $8{,}9513\cdot10^{37}$ cząstek α, co stanowi

$\frac{8{,}9513\cdot10^{37}}{N_A} = \frac{8{,}9513\cdot10^{37}}{6{,}02\cdot10^{23}} \approx 1{,}4869\cdot10^{14}$ moli jąder helu.

Odp. $1{,}4869\cdot10^{14}$ moli.

Zadanie 19.
Z reakcji łączenia się czterech jąder wodoru w cząstkę alfa otrzymujemy ok. 26,7 MeV energii. Moc promieniowania Słońca wynosi $3{,}85\cdot10^{26}$ W. Na ile lat starczyłby obecny zapas wodoru na Słońcu, jeśli przyjąć, że intensywność reakcji termojądrowych nie zmieni się w miarę upływu czasu? Masa Słońca wynosi $2\cdot10^{30}$ kg, a protony stanowią stanowią 90% masy Słońca.

Rozwiązanie.

Obliczam masę jąder wodoru (protonów) zawartych w Słońcu:

$$0{,}9\cdot2\cdot10^{30}\,kg = 1{,}8\cdot10^{30}\,kg.$$

Ile to jąder?

$$x = \frac{1{,}8 \cdot 10^{30}\,kg}{1{,}672621 \cdot 10^{-27}\,kg} \approx 1{,}076155 \cdot 10^{57}$$

Na ile reakcji syntezy starczy nam jąder?

$$\frac{1{,}076155 \cdot 10^{57}}{4} \approx 2{,}69039 \cdot 10^{56}.$$

Ile wydzieli się energii z tylu reakcji?

$$2{,}69039 \cdot 10^{56} \cdot 26{,}7 MeV = 2{,}69039 \cdot 10^{56} \cdot 26{,}7 \cdot 10^{6} \cdot 1{,}602 \cdot 10^{-19}\,J \approx 1{,}1507713 \cdot 10^{45}\,J\ .$$

W ciągu jakiego czasu taka energia się wydzieli?

$$P = \frac{E}{t},$$

$$t = \frac{E}{P},$$

$$t = \frac{1{,}1507713 \cdot 10^{45}\,J}{3{,}85 \cdot 10^{26}\,W} \approx 2{,}989 \cdot 10^{18}\,s \approx 94{,}7 \cdot 10^{9} \text{ lat} \approx 100 \text{ mld lat}$$

Odp. 100 mld lat.

Zadanie 21.
Oblicz szybkość, z jaką porusza się Ziemia po orbicie okołosłonecznej. Przyjmij, że Ziemia porusza się ruchem jednostajnym po okręgu.

Rozwiązanie.

Szybkość to iloraz drogi i czasu.
W ciągu jednego roku Ziemia okrąża Słońce, więc

s = $2\pi \cdot 150$ mln km $\approx 942{,}48$ mln km
t = 1 rok $\approx 31557600s$

$$v = \frac{s}{t} = \frac{942{,}48 \cdot 10^{6}\,km}{31557600\,s} \approx 29{,}87\,\frac{km}{s}\ .$$

Odp. 29,87 $\frac{km}{s}$.