

Atomová fyzika

úloha 1

Kolik je řádově atomů v nepatrném zrnku prachu o průměru 0,1 mm?

návod: porovnejte objem zrníčka s objemem připadajícím na jeden atom [10¹⁷]

úloha 2

Popište základní postup, výsledky a význam těchto klíčových experimentů z oblasti mikrosvětla

- Brownův pohyb (R. Brown 1827, A. Einstein 1905),
- objev elektronu (J. J. Thompson 1897),
- určení hodnoty elementárního náboje (R. Millikan 1909),
- objev jádra atomu (E. Rutherford 1911),
- objev přirozené radioaktivity (H. Becquerel 1896).

úloha 3

- Popište možné stavy elektronů v atomech pomocí kvantových čísel.
- Co říká Pauliho vylučovací princip a jaké jsou jeho důsledky?
- Vysvětlete rozdíl mezi fermiony a bosony.

úloha 4

Kolik nejvýše elektronů může být ve slupce s hlavním kvantovým číslem

(a) $n=1$, (b) $n=2$, (c) $n=3$, (d) obecně n ?

[2, 8, 18, 2n²]

úloha 5

Vysvětlete strukturu periodické tabulky prvků, konkrétně:

- co určuje pořadí prvků,
- co určuje rozdělení do sloupců (skupin),
- co určuje rozdělení do řádků (period),
- čím je dán počet prvků v řádcích,
- proč jsou vlastnosti prvku určeny protonovým číslem, když jádro se neúčastní chemických reakcí?

úloha 6

Na obrázku 1 je tabulka všech známých nuklidů prvních 8 prvků periodické tabulky.

- Vysvětlete význam všech uvedených čísel.
- Jak je možné oddělit od sebe dva izotopy téhož prvku?
- Jaký poměr protonů a neutronů vykazují stabilní izotopy?
- Vysvětlete, proč v tabulkách najdeme, že relativní atomová hmotnost uhlíku je 12,0107 a nikoliv 12,0000.

úloha 7

Na obrázku 2 je tabulka vazebné energie na jeden nukleon pro vybrané izotopy.

- Určete celkovou vazebnou energii nuklidu 2H.
- Určete celkovou vazebnou energii nuklidu 4He.
- Určete uvolněnou energii při sloučení dvou deuteriových jader za vzniku jádra He.
- Jaký je rozdíl mezi jadernou fúzí a jaderným štěpením?
- Jak vznikly atomy, ze kterých se skládá Země, tedy i naše tělo?

úloha 8

Odvodte vazebnou energii připadající na jeden nukleon pomocí ekvivalence

hmoty a energie pro jádro ⁴He. Hmotnost volného protonu je $m_p = 1,00727 m_u$ a hmotnost volného neutronu je $m_n = 1,00866 m_u$. Hmotnost jádra ⁴He je $m_{He} = 4,0026 m_u$.

úloha 9

Jádro Uranu 238 se rozpadá tak, že emituje částici alfa a přitom se uvolní 4,25 MeV energie. Poločas rozpadu je 4,468 · 10⁹ roků.

- Zapište rovnici této jaderné reakce.
 - O jaký typ jaderné reakce se jedná?
 - Za jak dlouho se rozpadne jedno jádro uranu 238?
 - Napište funkci popisující množství nerozpadnutých jader uranu 238 v závislosti na čase.
 - Za jak dlouho klesne počet jader uranu ve vzorku o 1%?
 - Uran 235 má poločas rozpadu "jen" 7,038 · 10⁸ roků. Porovnejte na kolik procent klesla množství uranu 238 a 235 v Zemské kůře za 4,5 miliardy let od jejího vzniku.
- [65 · 10⁶ roků, 1,2% a 50%]

úloha 10

Izotop Cesia ¹³⁷Cs se rozpadá beta mínus rozpadem. Poločas rozpadu je 30 let.

- Zapište rovnici této jaderné reakce.
 - ¹³⁷Cs se dostává do půdy v důsledku testů jaderných zbraní a havárií jaderných elektráren. Za jak dlouho klesne množství Cs v půdě na 10%?
- [100 let]

úloha 11

Při řetězové reakci ²³⁵U se jádro po zachycení jednoho neutronu štěpí na ¹⁴⁰Xe a ⁹⁴Sr a určitý počet neutronů.

- Zapište rovnici této jaderné reakce.
- O jaký typ jaderné reakce se jedná?

úloha 12

(a) Vypočtete, kolik ²³⁵U spotřebuje za rok jeden Temelínský reaktor o elektrickém výkonu 1000 MW. Účinnost elektrárny je 30%. Při štěpení jednoho jádra ²³⁵U se uvolní energie asi 200 MeV.

(b) Odhadněte, kolik je potřeba k zajištění tohoto výkonu vytěžit uranové rudy, která obsahuje 0,2% čistého uranu, který obsahuje 0,7% izotopu ²³⁵U.

(c) Kolik hnědého uhlí o výhřevnosti 15000 kJ kg⁻¹ by bylo potřeba k zajištění tohoto výkonu?

[1235 kg, 88000 t, 7 000 000 t]

úloha 13

Jedna z jaderných reakcí vhodných pro výrobu energie je slučování deuteria a tritia na helium.

- Zapište rovnici této jaderné reakce.
- O jaký typ jaderné reakce se jedná?

úloha 14

V atmosféře Země neustále probíhá jaderná reakce při níž kosmické záření obsahující neutrony bombarduje jádra dusíku ¹⁴N za vzniku radioaktivního uhlíku ¹⁴C s poločasem rozpadu 5730 let.

- Zapište rovnici této jaderné reakce.
- Vysvětlete princip radioaktivního datování pomocí uhlíku ¹⁴C.
- Vzorek dřevěného uhlí obsahuje 23% koncentraci uhlíku ¹⁴C oproti živému dřevu. Určete stáří vzorku.

úloha 15

Poměr stabilních nuklidů ⁴⁰Ar k počtu nestabilních ⁴⁰K ve zkoumaném vzorku horniny je 10,3:1. Předpokládáme, že všechny atomy Ar vznikly rozpadem nestabilních atomů K s poločasem rozpadu $T = 1,25 \cdot 10^9$ let.

Jaké je stáří horniny?

[4,4 miliardy let]

úloha 16

Září obsahuje 10¹² jader ²¹⁸Po s poločasem rozpadu 3 minuty. Jaká je jeho aktivita?

[A = 3,85 · 10⁹ Bq]

úloha 17

- Jaké rozlišujeme druhy radioaktivního záření?
- Čím je ionizující záření nebezpečné pro člověka?
- Vysvětlete význam jednotek *gray* a *sievert*.
- Jaké jsou hlavní zdroje radioaktivity v běžném životě?
- O čemu se ionizující záření používá v medicíně?

úloha 18

Popište základní princip konstrukce

- štěpné a fúzní bomby,
- štěpné a fúzní elektrárny.

obrázek 1

Chart of the Nuclides (Including the first 8 elements up to Oxygen)

						O 13 0087s	O 14 71s	O 15 124s	O 16 99.759	O 17 0.037	O 18 0.204	O 19 29s	O 20 14s
						N 12 0.011s	N 13 9.96m	N 14 99.63	N 15 0.37	N 16 7.1s	N 17 4.14s	N 18 0.63s	
			C 9 0.13s	C 10 19s	C 11 20.5m	C 12 98.89	C 13 1.11	C 14 5730y	C 15 2.25s	C 16 0.74s			
			B 8 0.78s	B 9 3×10^{-19} s	B 10 19.78	B 11 80.22	B 12 0.020s	B 13 0.019s					
		Be 6 4×10^{-21} s	Be 7 53d	Be 8 3×10^{-16} s	Be 9 100	Be 10 2.7×10^6 y	Be 11 13.6s	Be 12 0.011s					
		Li 5 10^{-21} s	Li 6 7.42	Li 7 92.58	Li 8 0.85s	Li 9 0.17s							
	He 3 0.00013	He 4 100	He 5 2×10^{-8} s	He 6 0.81s		He 8 0.122s							
	H 1 99.985	H 2 0.015	H 3 12.26y										
protons	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	neutrons												

obrázek 2

