

Atomy a jejich obal

FC 3806

Jaro 2021

1) Přírodní gallium je směsí nuklidů ${}_{31}^{69}\text{Ga}$ a ${}_{31}^{71}\text{Ga}$ o relativních atomových hmotnostech 68,9257 a 70,9248. Vypočítejte procentuální zastoupení obou nuklidů v přírodním galliu, je-li střední relativní atomová hmotnost $A_r^{\text{str}}(\text{Ga}) = 69,72$.

$$1) \quad m_1 = 68,9257$$

$$m_2 = 70,9248$$

$$A_r = 69,72$$

$$\% = ?$$

$$m_1 + m_2 = 1 \Rightarrow m_1 = 0,5 \quad m_2 = 0,5$$

$$68,9257 \cdot m_1 + 70,9248 \cdot m_2 = 69,72$$

$$68,9257 \cdot 0,5 + 68,9257 \cdot 0,5 = 68,9257$$

$$(70,9248 - 68,9257) \cdot m_2 = 69,72 - 68,9257 = 0,7943$$

$$m_2 = 0,7943 : 1,9991 = 0,3973 \text{ molů } {}_{31}^{71}\text{Ga}$$

$$m_1 = 1 - m_2 = 0,6027 \text{ molů } {}_{31}^{69}\text{Ga}$$

$$0,3973 \cdot 100 = \underline{\underline{39,73\%}} \quad {}_{31}^{71}\text{Ga}$$

$$0,6027 \cdot 100 = \underline{\underline{60,27\%}} \quad {}_{31}^{69}\text{Ga}$$

2) Relativní atomová hmotnost nuklidu ${}^{238}_{92}\text{U}$ je 238,051. Kolikrát je hmotnost jednoho atomu ${}^{238}_{92}\text{U}$ větší než hmotnost jednoho atomu ${}^{12}_6\text{C}$?

$$A_r({}^{238}_{92}\text{U}) = 238,051$$

$$A_r({}^{12}_6\text{C}) = 12,011$$

$$\frac{A_r({}^{238}_{92}\text{U})}{A_r({}^{12}_6\text{C})} = \frac{238,051}{12,011} = 19,82$$

Hmotnost jednoho atomu ${}^{238}_{92}\text{U}$ je 19,82 krát větší než hmotnost atomu ${}^{12}_6\text{C}$.

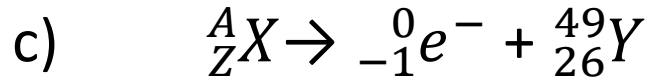
3) Kolikrát těžší je atom hořčíku ${}_{12}^{24}\text{Mg}$ než atom nuklidu uhlíku ${}_{6}^{12}\text{C}$?

3) Kolikrát je těžší atom hořčíku ${}_{12}^{24}\text{Mg}$ než atom nuklidu uhlíku ${}_{6}^{12}\text{C}$?

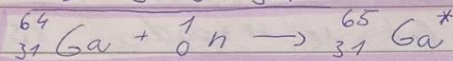
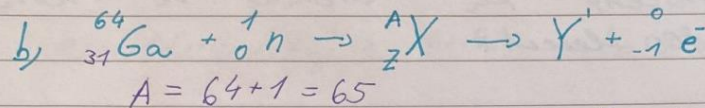
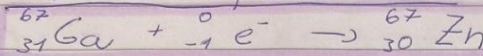
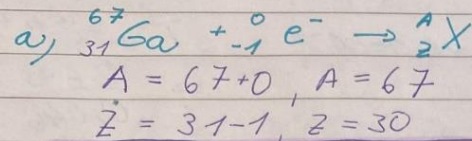
$$k = \frac{A_r({}_{12}^{24}\text{Mg})}{A_r({}_{6}^{12}\text{C})} = \frac{24,305}{12} = 2$$

Atom hořčíku je 2x těžší než atom nuklidu ${}_{6}^{12}\text{C}$.

4) Určete hodnoty A, Z, A', Z' a identifikujte prvky X, Y, Z. Uvádějte postup řešení, nejen výsledek.



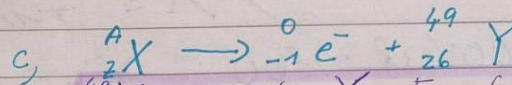
Určete hodnoty A, Z, A', Z' a identifikujte prvky X, Y, Z. Platí zákon zachování nukleonového a protonového čísla.



* vzniká radioaktivní izotop Ga (s hvězdičkou)

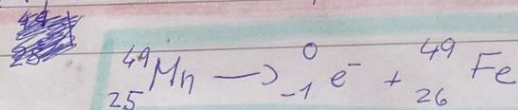


radioaktivním rozpadem
 a se mění na GERMANIUM

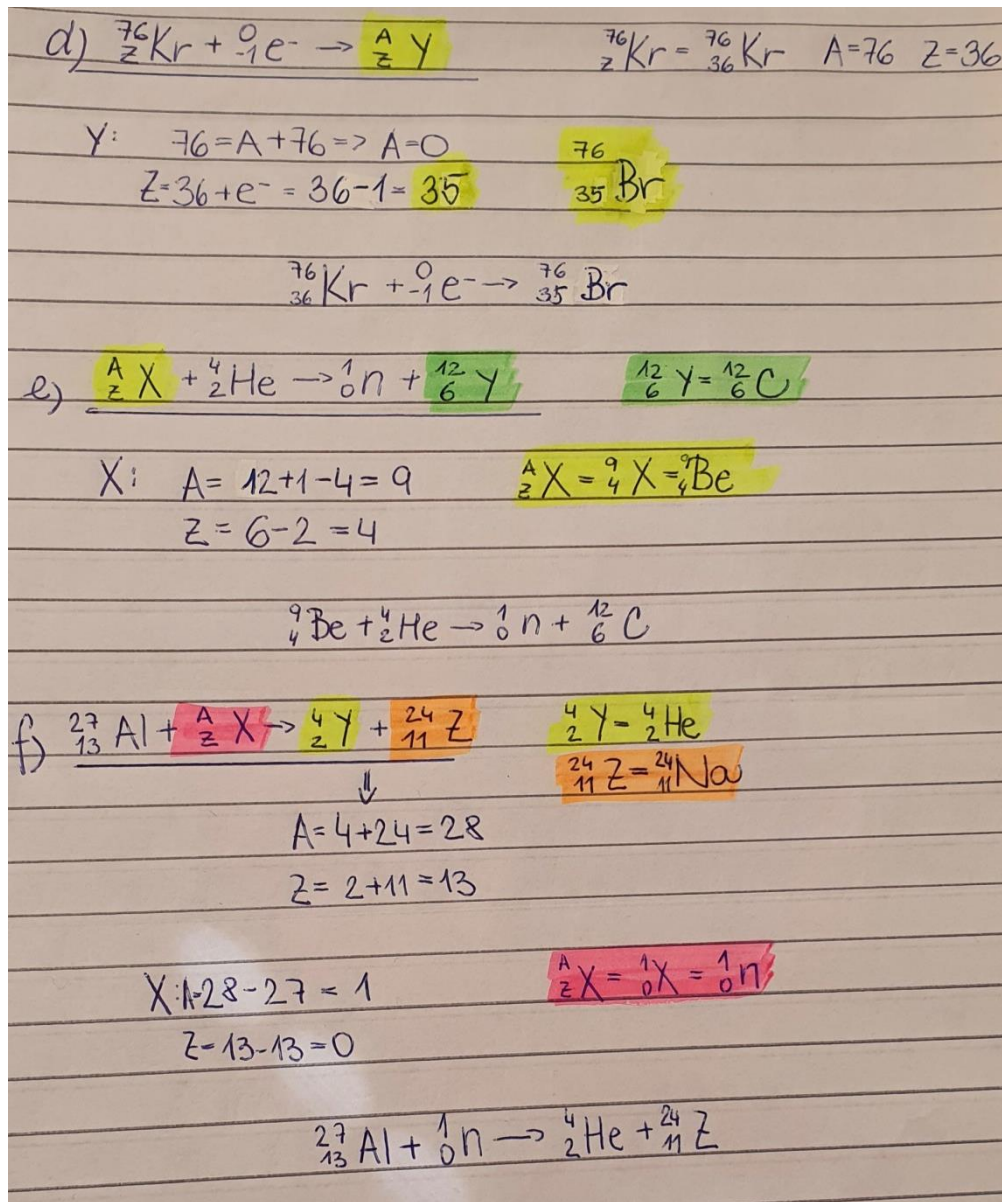
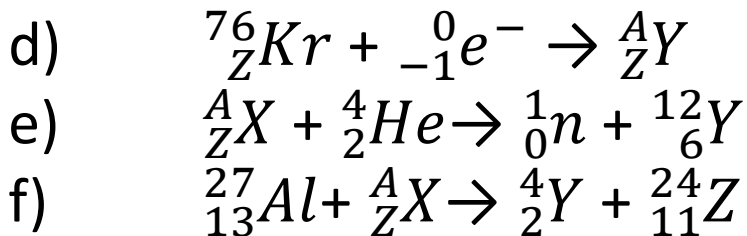


$Z = 26, Y = \text{Fe}$ (podle PSP určeno)

$A = 49 + 0 = 49, Z = 26 - 1 = 25, X = \text{Mn}$ (podle PSP)



5) Určete hodnoty A, Z, A', Z' a identifikujte prvky X, Y, Z.
Uvádějte postup řešení, nejen výsledek.

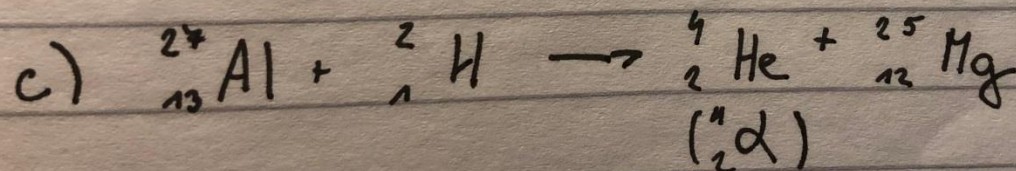
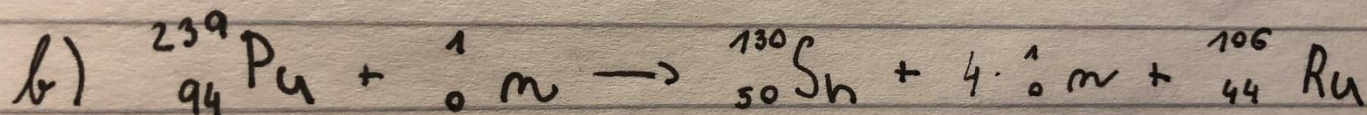
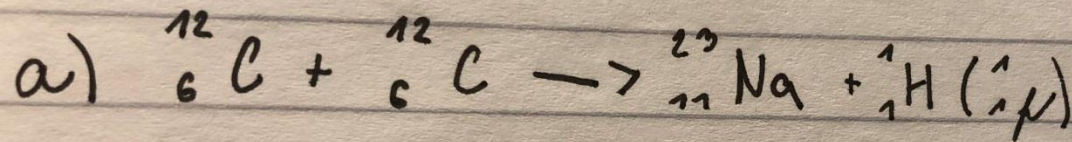


6) Napište jadernou rovnici. Uvádějte postup řešení, nejen výsledek.

a) srážku dvou jader uhlíku ^{12}C za vzniku sodíku ^{23}Na a jedné další částice

b) reakci plutonia ^{239}Pu s neutronem za vzniku cínu ^{130}Sn , jiného jádra a současného uvolnění čtyř neutronů

c) reakci hliníku ^{27}Al s deuteriem ^2_1H , kde produktem je částice alfa a jiné jádro



7) Napište jadernou rovnici. Uvádějte postup řešení, nejen výsledek.

d) jádra ^{98}Mo s jedním neutronem, kde produktem je molybden ^{99}Mo

e) reakci kalifornia ^{250}Cf s borem ^{11}B za vzniku jiného jádra a odštěpení 4 neutronů

f) reakci mědi ^{65}Cu uhlíkem ^{12}C za vzniku jiného jádra a odštěpení tří neutronů

g) přeměna ^{32}P za současného vysílání β^- záření.

Pr. 7) Napište jadernou rovnici. Uvádějte postup řešení, nejen výsledek.

d) jádra ^{98}Mo s jedním neutronem, kde produktem je ^{99}Mo .

$${}_{42}^{98}\text{Mo} + {}_0^1\text{n} \longrightarrow {}_{42}^{99}\text{Mo} \quad C=P \Rightarrow 98+1=99 \wedge 42+0=42$$

e) reakci kalifornia ^{250}Cf s ^{11}B za vzniku jiného jádra a odštěpení čtyř neutronů

$${}_{98}^{250}\text{Cf} + {}_5^{11}\text{B} \longrightarrow {}_{103}^{257}\text{Lr} + {}_0^4\text{n} \quad \begin{array}{l} 250+11-4 = \boxed{257} \\ 98+5-0 = \boxed{103} \end{array}$$

f) reakci mědi ^{65}Cu s ^{12}C za vzniku jiného jádra a odštěpení tří neutronů

$${}_{29}^{65}\text{Cu} + {}_6^{12}\text{C} \longrightarrow {}_{35}^{74}\text{Br} + {}_0^3\text{n} \quad \begin{array}{l} 65+12-3 = \boxed{74} \\ 29+6-0 = \boxed{35} \end{array}$$

g) přeměna ^{32}P za současného vysílání β^- záření

β^- záření = elektron ${}_{-1}^0\text{e}$

$${}_{15}^{32}\text{P} \longrightarrow {}_{16}^{32}\text{S} + {}_{-1}^0\text{e} \quad \begin{array}{l} 32 = 32 + 0 \\ 15 = x - 1 \\ 15 = \boxed{16} - 1 \end{array}$$

8) Ve vzorku dřeva zjištěný poměr počtu atomů nuklidů $^{14}\text{C} : ^{12}\text{C}$ činil 0,785 hodnoty poměru, který byl nalezen ve dřevě současně rostoucích stromů. Poločas přeměny ^{14}C je 5730 roků. Izotop ^{12}C je stabilní. Vypočítejte stáří vzorku dřeva.

$$T = 5730 \text{ let} = 1,807 \cdot 10^{11} \text{ s}$$

$$N = 0,785 N_0$$

$$\Delta = ?$$

$$N = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{\Delta}{T}}$$

$$0,785 N_0 = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{\Delta}{1,807 \cdot 10^{11}}}$$

$$\log 0,785 = \frac{\Delta}{1,807 \cdot 10^{11}} \log 0,5$$

$$\Delta = 6,31 \cdot 10^{10} \text{ s} = \underline{\underline{2001 \text{ let}}}$$

Stáří dřeva je 2001 let.

9) Určete poločas rozpadu radioaktivního nuklidu A_ZX jestliže víte, že po 40 minutách zůstalo nerozloženo 3,125 % původního množství tohoto nuklidu.

$T_{1/2} = ?$
 $t = 40 \text{ min.}$
 $N = 3,125\%$

1. $N = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$
 $3,125 = 100 \cdot e^{-\lambda \cdot 40} / 100$
 $0,03125 = e^{-\lambda \cdot 40}$
 $\ln 0,03125 = -\lambda \cdot 40$
 $\lambda = 0,0866 \text{ min}^{-1}$

2. $T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$
 $T_{1/2} = \frac{\ln 2}{0,0866}$
 $T_{1/2} = 8 \text{ min}$

Poločas rozpadu radioaktivního nuklidu A_ZX je 8 minut.

10) Hmotnost jednoho atomu nuklidu ${}^{35}_{17}\text{Cl}$ je $5,806 \cdot 10^{-26}$ kg, hmotnost jednoho atomu nuklidu ${}^{37}_{17}\text{Cl}$ je $6,138 \cdot 10^{-26}$ kg. Přírodní chlor obsahuje 75,4 % nuklidu ${}^{35}_{17}\text{Cl}$ a 24,6 % nuklidu ${}^{37}_{17}\text{Cl}$. Vypočítejte poměrnou relativní atomovou hmotnost přírodního chloru.

$$\textcircled{10} \quad m_1({}^{35}_{17}\text{Cl}) = 5,806 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$$

$$m_2({}^{37}_{17}\text{Cl}) = 6,138 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$$

$$w_1({}^{35}_{17}\text{Cl}) = 75,4\%$$

$$w_2({}^{37}_{17}\text{Cl}) = 24,6\%$$

$$A_r(\text{Cl}) = ?$$

$$\textcircled{1.} \quad A_r({}^{35}_{17}\text{Cl}) = \frac{m_1({}^{35}_{17}\text{Cl})}{m_u} = \frac{5,806 \cdot 10^{-26} \text{ kg}}{1,6606 \cdot 10^{-27} \text{ kg}} = 34,96327$$

$$A_r({}^{37}_{17}\text{Cl}) = \frac{m_2({}^{37}_{17}\text{Cl})}{m_u} = \frac{6,138 \cdot 10^{-26} \text{ kg}}{1,6606 \cdot 10^{-27} \text{ kg}} = 36,96254$$

$$\textcircled{2.} \quad A_r(\text{Cl}) = w_1 \cdot A_r({}^{35}_{17}\text{Cl}) + w_2 \cdot A_r({}^{37}_{17}\text{Cl})$$

$$A_r(\text{Cl}) = \frac{75,4}{100} \cdot 34,96327 + \frac{24,6}{100} \cdot 36,96254$$

$$\underline{\underline{A_r(\text{Cl}) = 35,455}}$$

Poměrná relativní atomová hmotnost přírodního chloru je přibližně 35,455.

1. Karmínově červené záření, vznikající při zahřívání lithných solí v plameni, má vlnovou délku 670,8 nm. Vypočítejte frekvenci emitovaného záření a energii fotonů emitovaného záření

Řešení:

$$\nu = \frac{c}{\lambda} = \frac{3,0 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}}{670,8 \cdot 10^{-9} \text{ m}} = 4,47 \cdot 10^{14} \text{ s}^{-1}$$

$$E = h \frac{c}{\lambda} = 6,6256 \cdot 10^{-34} \text{ J s} \cdot \frac{3,0 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}}{670,8 \cdot 10^{-9} \text{ m}} = 2,96 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

ν ... frekvence záření

c ... rychlost šíření světla ve vakuu

h ...Planckova konstanta

λ ...vlnová délka záření

E ...energie záření

Frekvence záření je $4,47 \cdot 10^{14} \text{ s}^{-1}$, energie jednoho fotonu tohoto záření je $2,96 \cdot 10^{-19} \text{ J}$.

2. Určete energii jednotlivých fotonů záření s vlnovou délkou $\lambda = 113 \text{ nm}$.

Řešení:

$$\text{Platí } E = \frac{h \cdot c}{\lambda},$$

$$\text{potom } E = \frac{6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J s} \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}}{113 \cdot 10^{-9} \text{ m}} = 1,76 \cdot 10^{-18} \text{ J}$$

Energie fotonů daného záření je $1,76 \cdot 10^{-18} \text{ J}$.

3. Určete, jaká je vlnová délka záření emitovaného při přechodu atomu prvku z excitovaného do základního stavu, jestliže je energetický rozdíl mezi excitovaným a základním stavem jednoho molu atomů tohoto prvku $1,87 \cdot 10^5 \text{ J}$?

Řešení:

V zadání je uveden energetický rozdíl mezi excitovaným a základním stavem 1 mol atomů daného prvku. My však potřebujeme znát energetický rozdíl vztažený na 1 atom. Energetický rozdíl odpovídající 1 mol proto vydělíme počtem atomů v 1 mol. Počet částic v jednom molu udává Avogadrova konstanta.

$$\Delta E_{\text{ATOM}} = \frac{\Delta E_{\text{MOL}}}{N_{\text{A}}}, \text{ kde } N_{\text{A}} \text{ je Avogadrova konstanta, } N_{\text{A}} = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

$$\Delta E_{\text{ATOM}} = \frac{1,87 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}}{6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}} = 3,11 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

Pro další výpočet použijeme vztah odvozený v předchozím příkladu, tedy:

$$E = \frac{h \cdot c}{\lambda},$$

Po dosazení:

$$3,11 \cdot 10^{-19} \text{ J} = \frac{6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J s} \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}}{\lambda},$$

$$\text{odtud } \lambda = 639 \cdot 10^{-9} \text{ m} = 639 \text{ nm}$$

Vlnová délka popsaného záření je 639 nm.

- Rozdíl energie mezi excitovaným a základním stavem jednoho molu atomů daného prvku činí $1,93 \cdot 10^5$ J. Jaká bude vlnová délka záření emitovaného při přechodu atomu tohoto prvku z excitovaného do základního stavu?

$$\begin{array}{r} 1,93 \cdot 10^5 \text{ J} \dots\dots 6,022 \cdot 10^{23} \text{ atom} \\ \times \text{ J} \dots\dots 1 \text{ atom} \\ \hline \end{array}$$

$$\frac{x}{1,93 \cdot 10^5} = \frac{1}{6,022 \cdot 10^{23}}$$

$$x = 3,2049 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$E = \frac{h \cdot c}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{h \cdot c}{E}$$

$$\lambda = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{3,2049 \cdot 10^{-19}}$$

$$x = 6,2 \cdot 10^9 \text{ m}$$

$$\boxed{\lambda = 620 \text{ nm}}$$

- Vodík absorbuje záření o vlnové délce 121,6 nm. Vypočítejte přírůstek energie jednoho vodíkového atomu po absorpci 1 fotonu tohoto záření.

$$E = \frac{h \cdot c}{\lambda} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{121,6 \cdot 10^{-9}} = \underline{\underline{1,63 \cdot 10^{-18} \text{ J}}}$$

2. Uvažujte atom v základním stavu. Určete multiplicitu deseti elektronů ve skupině degenerovaných orbitalů 4f:

Řešení:

Multiplicitu M vypočteme ze vztahu $M = 2 |S| + 1$, kde S je součet spinových kvantových čísel ve skupině degenerovaných orbitalů. Degenerovaných orbitalů f je celkem 7, neboť pro f -orbitaly je $\ell = 3$ a pak magnetické kvantové číslo může nabývat sedmi hodnot: $m = -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3$.



$$S = 7 \cdot 1/2 + 3 \cdot (-1/2) = 2$$

$$M = 2 \cdot |2| + 1 = 5$$

Hodnota multiplicity je tedy 5.

1. V každé trojici označte orbital s největší energií:

a) 1s, 2p, 2s

b) 2s, 3d, 2p

c) 3p, 4s, 3d

d) 4p, 4s, 3d

e) 3d, 6s, 4f

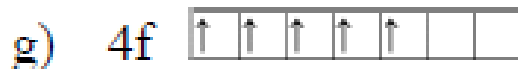
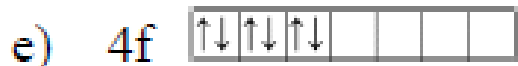
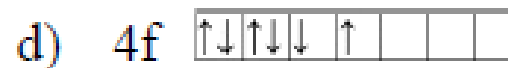
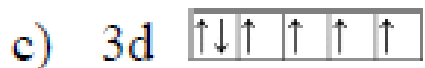
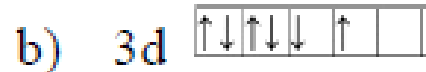
2. Zjistěte, zda mohou existovat orbitaly s následujícími kombinacemi kvantových čísel a odůvodněte.

a) $n = 5, \ell = 2, m_\ell = 3$

b) $n = 3, \ell = 3, m_\ell = 2$

c) $n = 4, \ell = 0, m_\ell = 0$

- 3) Které z následujících atomů a iontů jsou paramagnetické? Ag, Sr, Cu⁺, Na, Ba²⁺.
- 4) Která z uvedených obsazení orbitalů 3d a 4f jsou určitě nesprávná za předpokladu, že příslušný atom je v základním stavu.



Řešení:

- 1) 2p; 3d; 3d; 4p; 4f
- 2) ne, ne, ano
- 3) Ag, Na
- 4) b, d, e, f