

Úloha VI.C ... Jaderná

8 bodů; průměr 5,92; řešilo 24 studentů

1. Dle Thomsonovy představy je hustota kladného náboje (pudinku) $\rho = 3,8 \cdot 10^{10} \text{ C}\cdot\text{m}^{-3}$. Pokud má takovýto atom poloměr $r = 2 \cdot 10^{-10} \text{ m}$ a jeho náboj je celkově neutrální, o jaký prvek zřejmě jde?
2. Zjistěte poloměr atomu vodíku podle Rutherfordovy představy, pokud víte, že kinetická energie elektronu obíhajícího okolo jádra je $E_k = 2,3 \cdot 10^{-18} \text{ J}$.

1. Abychom mohli zjistit, o jaký prvek se jedná, musíme znát některou z jeho charakteristických vlastností. V tomto případě to je atomové číslo Z , neboli počet elektronů v obalu atomu. Ukážeme si, že toto číslo umíme velmi snadno vypočítat.

Pokud je hustota kladného náboje pudinkového atomu ρ , tak jeho celkový náboj vyjádříme pomocí vztahu pro objem koule

$$Q_{\text{pudink}} = V_{\text{koule}} \rho = \frac{4}{3} \pi r^3 \rho = \frac{4 \cdot \pi \cdot (2 \cdot 10^{-10} \text{ m})^2}{3} \cdot 3,8 \cdot 10^{10} \text{ C}\cdot\text{m}^{-3} \doteq 1,27 \cdot 10^{-18} \text{ C}.$$

Podle Thomsonova modelu se atomy běžně jeví jako neutrální (bez náboje). Proto musí být celkový záporný náboj elektronů v pudinku stejně velký jako náboj pudinku

$$Q_e = Q_{\text{pudink}}.$$

Protože jeden elektron má náboj $e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, tak počet elektronů v atomu (který je roven Z) vypočítáme jako

$$Z = \frac{Q_e}{e} = \frac{Q_{\text{pudink}}}{e} = \frac{1,27 \cdot 10^{-18} \text{ C}}{1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}} \doteq 8.$$

Po nahlédnutí do Mendělejevovy periodické tabulky prvků zjistíme, že za naším pudinkovým modelem se celý čas skrýval pro nás životně důležitý *kyslík*.

2. Nejdříve si připomeneme, proč by podle Rutherforda měl být atom vodíku stabilní. Pokud elektron obíhá okolo jádra, které je v případě vodíku tvořené přesně jedním protonem s nábojem $+e$, po kruhové dráze, musí být v rovnováze elektrostatická síla F_e a odstředivá F_o . Pro lepší představu rovnosti napíšeme

$$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{e^2}{R^2} = \frac{m_e v^2}{R},$$

kde hmotnost elektronu je $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$, v je jeho rychlost a R je hledaný poloměr neboli vzdálenost elektronu od protonu.

Z tohoto vztahu lehce vyjádříme poloměr R

$$R = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{e^2}{m_e v^2}.$$

Jedinou veličinu, kterou neznáme, je rychlost elektronu v . Ze zadání ale známe jeho kinetickou energii E_k , takže rychlost dopočítáme z klasického vztahu

$$E_k = \frac{1}{2} m_e v^2, \quad \Rightarrow \quad v^2 = \frac{2E_k}{m_e}.$$

Tento vzorec dosadíme do vztahu pro poloměr atomu vodíku a vyčíslíme. Dostáváme

$$R = \frac{e^2}{8\pi\epsilon_0 E_k} = \frac{(1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C})^2}{8 \cdot \pi \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ F}\cdot\text{m}^{-1} \cdot 2,3 \cdot 10^{-18} \text{ J}} \doteq 0,5 \cdot 10^{-10} \text{ m}.$$

Na závěr ještě dvě poznámky:

- Skutečný poloměr atomu vodíku je asi 10^{-10} m, takže náš výpočet se příliš neliší od skutečnosti.
- Zamyslete se nad tím, proč výsledek naší úlohy nakonec nezávisel na hmotnosti elektronu.

Jakub Bahyl

kubo@vyfuk.mff.cuni.cz

Kateřina Stodolová

katas@vyfuk.mff.cuni.cz

Korespondenční seminář Výfuk je organizován studenty MFF UK. Je zastřešen Oddělením pro vnější vztahy a propagaci MFF UK a podporován Katedrou didaktiky fyziky MFF UK, jejími zaměstnanci a Jednotou českých matematiků a fyziků.

Toto dílo je šířeno pod licencí Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported. Pro zobrazení kopie této licence, navštivte <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>.