

DUM č. 13 v sadě

12. Fy-3 Průvodce učitele fyziky pro 4. ročník

Autor: Miroslav Kubera

Datum: 01.06.2014

Ročník: 4B

Anotace DUMu: Soubor cvičení navazuje na témata probíraná v hodinách. Sada obsahuje základní příklady z oblastí částicový charakter světla a spektrum vodíku. Další příklady jsou přeložené z francouzských internetových zdrojů. Jejich obtížnost není velká, liší se hlavně svým uspořádáním a komplexnějším pohledem na problematiku tématu.

Obrazové zdroje:

First_ionization_energies.png

http://cs.wikipedia.org/wiki/Ioniza%C4%8Dn%C3%AD_potenci%C3%A1#mediaviewer/Soubor:First_ionization_energies.png

grafy

Mirek Kubera

Materiály jsou určeny pro bezplatné používání pro potřeby výuky a vzdělávání na všech typech škol a školských zařízení. Jakékoliv další využití podléhá autorskému zákonu.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Příklady na kvantovou optiku

a) foton a jeho vlastnosti

Příklad 1

Kolik fotonů ultrafialového světla o vlnové délce 400 nm má energii 1,0 J?

Příklad 2

Určete vlnovou délku záření, které má ionizovat atomy sodíku, jestliže víte, že ionizační potenciál neutrálního atomu sodíku je 5,13 V.

Příklad 3

Určete v elektronvoltech, jaké energie přísluší fotonům viditelného světla o vlnové délce ležící v rozsahu od 390 nm do 790 nm.

Příklad 4

Při výboji v trubici plněné izotopem kryptonu $^{86}_{36}\text{Kr}$ vznikají světelná kvanta jejichž 1 650 763,73 vlnových délek se rovná 1,0 m. Určete energii (v eV), která přísluší jednomu fotonu.

Příklad 5

Lidské oko je velmi citlivé na záření vlnové délky kolem 500 nm. Nejslabší světlo, které je schopno vnímat lze charakterizovat zářivým tokem $2 \cdot 10^{-17}$ W. Vypočítejte, kolik fotonů za této situace dopadne za 1 s do oka.

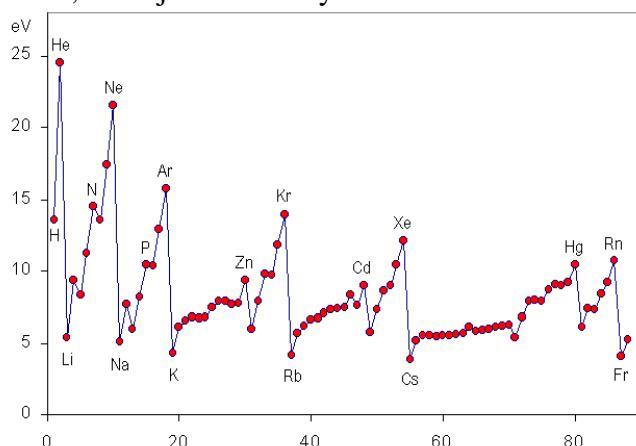
b) fotoelektrický jev

Příklad 6

Na povrch stříbra dopadá ultrafialové světlo o vlnové délce 150 nm. Určete velikost rychlosti elektronů vyletujících z povrchu stříbra, jestliže bylo změřeno, že se pro stříbro fotoefekt začal projevovat při vlnové délce 260 nm?

Příklad 7

Na povrch kovu dopadá ve vakuu elektromagnetické záření o vlnové délce 180 nm. Z kovu uvolněné elektrony mají energii 1,50 eV. Jaká je maximální vlnová délka elektromagnetického záření, které ještě může vyvolat u tohoto kovu fotoefekt? Můžete určit o jaký kov se jedná?



Příklad 8

Z tabulek můžeme vyčíst, že na plochu o obsahu $1,00 \text{ m}^2$ umístěnou na povrchu Země kolmo na směr slunečních paprsků dopadá sluneční zářivý tok 1 370 W. Vypočítejte, kolik fotonů dopadne za 1 s na tuto plochu, jestliže víme, že maximum vyzařování připadá na vlnovou délku 550 nm.

Důležité fyzikální konstanty, které možná budete potřebovat:

$$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}, e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}, c = 3 \cdot 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}, m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

$(3,79 \cdot 10^{21})$

c) spektrum vodíku

Příklad 9

Určete vlnovou délku odpovídající hraně v Balmerově sérii. Tato série odpovídá přechodům do prvního excitovaného stavu atomu vodíku. Hranou rozumíme největší možnou energii přeskočku.

Příklad 10

Vypočtete Rydbergovu konstantu pro vodík. Energie vodíku v základním stavu je $E_0 = -13,6$ eV.

Příklad 11

Určete hranu Lymanovy série, tj, vlnovou délku odpovídající největší energii při přechodu atomu vodíku do základního stavu.

Příklad 12

Jaká je velikost hybnosti fotonu vyzářeného při přechodu atomu vodíku ze stavu s $n_1 = 6$ do stavu s $n_2 = 1$? Energie atomu vodíku v základním stavu je $E_0 = -13,6$ eV.

Příklad 13

Trochu historie:

Studium světla, záření horkých těles nebo záření výbojových trubic bylo ve druhé polovině 19. století velmi oblíbené. V roce 1885 švýcarský fyzik Johann Balmer prokázal čtyři viditelné čáry spektra vodíku. Poté následovaly další objevy : Lyman (U.V.), Paschen (I.R.), Brackett (I.R.) a Pfund (I.R.).

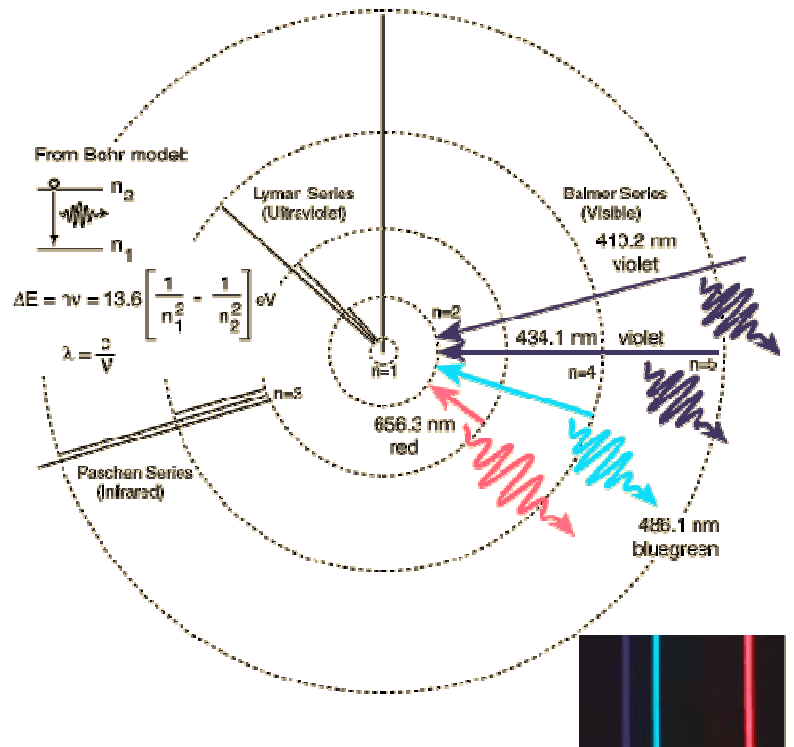
Balmerova práce a po něm práce švédského fyziky Johanna Rydberga umožnily dokázat, že vlnové délky lze vypočítat pomocí jednoduchého vztahu zahrnujícího celá čísla n a p .

$$\frac{1}{\lambda_{np}} = R_H \left(\frac{1}{p^2} - \frac{1}{n^2} \right).$$

Ale jednalo se pouze o empirický vztah zjištěný na základě měření emitovaných vlnových délek. Proč ale tento vztah nebyl dokázán ? To byla záhada.

Její objasnění přinesl až v roce 1913 Niels Bohr se svojí kvantifikací energií atomů a teorií atomu vodíku. Sklidil velký úspěch a v roce 1922 byl odměněn Nobelovou cenou za fyziku.

(Upřesněme, že abychom mohli vysvětlit jemnou strukturu spektra vodíku, musíme pracovat s eliptickými trajektoriemi elektronů a začít používat soubor 4 kvantových čísel.)



Důležité fyzikální konstanty, které možná budete potřebovat:

$$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}, e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}, c = 3 \cdot 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}, m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

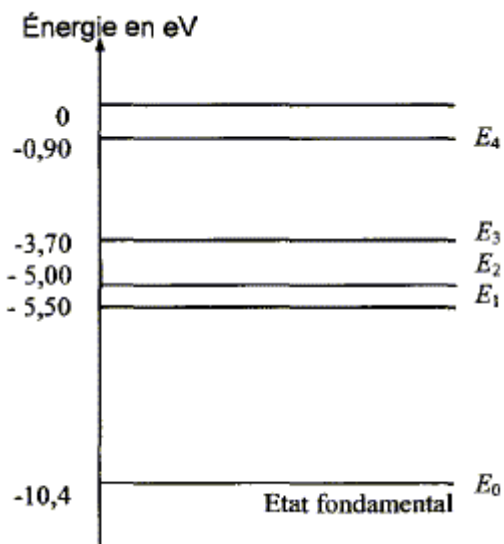
Otázky:

- a) Energie atomu vodíku, jestliže se elektron nachází ve vrstvě řádu n je určena vztahem $E_n = -\frac{E_0}{n^2}$ ($n \in N, E_0 = 13,6 \text{ eV}$). Vypočítejte energie jednotlivých energetických stavů atomu vodíku. Znázorněte je v měřítku 1 cm na 1 eV do energetického diagramu.
- b) Odvoďte vztah pro $\frac{1}{\lambda_{np}}$. Vypočítejte hodnotu Rydbergovy konstanty.
- c) Propočítejte vlnové délky všech čar ve viditelné oblasti spektra vodíku. Odpovídají vaše výsledky vlnovým délkám znázorněným na obrázku ?

Příklad 14

Rtuťová výbojka vysílá polychromatické světlo. Následující diagram znázorňuje několik energetických hladin atomu rtuti.

- a) Co znamená výraz « polychromatické světlo » ?



Zjednodušený energetický diagram ukazuje, že energie atomu rtuti nemůže nabývat libovolných hodnot.

- b) To znamená, že energie je :

a: absorbována ; b : kvantována; c : spojitá.

Emise záření

Jedna z viditelných čar vysílaných rtuťovou výbojkou odpovídá elektronovému přechodu mezi hladinami E₄ a E₃.

- c) Určete vztah mezi změnou energie ΔE a vlnovou délkou λ_{43} vyslaného záření. Vypočítejte hodnotu této vlnové délky a určete barvu světla (viz obrázek).

- d) Určete nejkratší vlnovou délku, kterou může atome rtuti vyslat, jestliže se nachází v energetickém stavu E₄. Do jaké spektrální oblasti (UV, viditelná, IR) tato čára patří? Vysvětlete.

- e) Určete všechny vlnové délky, které leží ve viditelném oboru. Jakým přechodům odpovídají? Výsledek porovnejte s viditelným spektrem (viz obrázek).



Absorpce záření

Nyní mějme atomu rtuti v základním stavu určeném energií E₀. Je na něj vyslán foton s energií E_{fot.} = 1,0 eV.

- f) Může být tento foton pohlcen? Vysvětlete.

Nyní na atom rtuti v základním stavu dopadá foton s energií E_{fot.} = 4,9 eV.

- g) Jaká může být interakce atomu rtuti s fotonem? Vysvětlete.

- 8) Určete energie fotonů, které mohou být absorbovány, jestliže se atom rtuti nachází v základním stavu.

Důležité fyzikální konstanty, které možná budete potřebovat:

$$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}, e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}, c = 3 \cdot 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}, m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

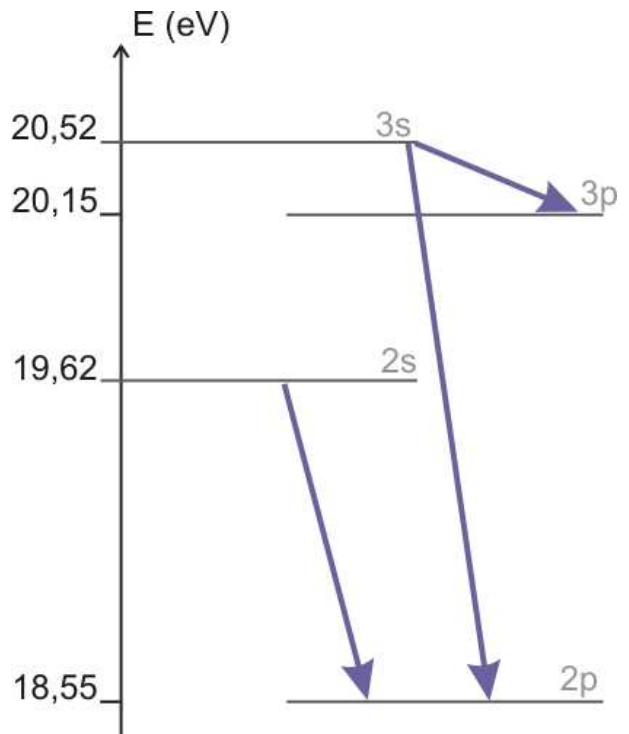
Příklad 15

V helium-neonovém laseru je energie získaná vybuzenými ionty He^+ předána iontům Ne^+ , které se pak nachází ve vysokých stavech energie, odkud dochází k několika různým elektronovým přeskokům.

Předpokládejme (pro zjednodušení), že nulová hodnota energie je zde určena, jestliže se iont Ne^+ nachází ve svém základním stavu.

Zde máme velmi zjednodušený diagram znázorňující základní excitované stavy iontu Ne^+ :

- Určete vlnové délky znázorněných elektronových přechodů.
- Který přechod vytváří typickou červenou barvu helium-neonového laseru?



Důležité fyzikální konstanty, které možná budete potřebovat:

$$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}, e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}, c = 3 \cdot 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}, m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$