

$$\begin{aligned}
 e &= 1.6021765 \times 10^{-19} = \mathbf{1.602 \times 10^{-19} \text{ C}} \\
 h &= 6.626069 \times 10^{-34} = \mathbf{6.626 \times 10^{-34} \text{ Js}} \\
 c &= 299792458 = \mathbf{2.998 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}} \\
 m_e &= 9.1093821 \times 10^{-31} = \mathbf{9.109 \times 10^{-31} \text{ kg}} \\
 N_A &= 6.0221418 \times 10^{23} = \mathbf{6.022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}}
 \end{aligned}$$

### 1. Počet fotonů

Lampa vyzařuje UV záření o vlnové délce okolo 280 nm s výkonem 3 W. Kolik fotonů to je za sekundu? Za jak dlouho získáme 1 mol fotonů? Kolik nás to bude stát, má-li lampa účinnost 10%?

$$4.2 \cdot 10^{18} \text{ fotonů/s, } 39.6 \text{ h, } 6 \text{ Kč}$$

$$\begin{aligned}
 \lambda &= 280 \times 10^{-9} = \mathbf{2.8 \times 10^{-7} \text{ m}} \\
 E_1 &= h \cdot c / \lambda = \mathbf{7.094 \times 10^{-19} \text{ J}} \\
 n &= 3 / E_1 = \mathbf{4.229 \times 10^{18} \text{ s}^{-1}} \\
 t &= N_A / n / 3600 = \mathbf{39.56 \text{ h}} \\
 t \cdot 0.003 / 0.1 \cdot 5 &= \mathbf{5.934 \text{ Kč}}
 \end{aligned}$$

### 2. Fotoelektrický jev

Výstupní práce elektronů v sodíku je 2.75 eV. Pro jaké vlnové délky můžeme pozorovat fotoelektrický efekt?

$$\lambda > 451 \text{ nm}$$

$$\begin{aligned}
 \nu &= 2.75 \cdot e / h = \mathbf{6.649 \times 10^{14} \text{ s}^{-1}} \\
 \lambda &= c / \nu = \mathbf{4.509 \times 10^{-7} \text{ m}} \\
 \lambda \cdot 10^9 &= \mathbf{450.9 \text{ nm}}
 \end{aligned}$$

### 3. Fotoelektrický jev

Při studiu fotoelektrického jevu na draslíku byly získány následující kinetické energie emitovaného elektronu:

$\lambda/\text{nm}$	250	300	350	400	450	500
$10^{19} E_{\text{kin}}/\text{J}$	4.49	3.09	1.89	1.34	0.70	0.311

Předpokládejte, že neznáte Planckovu konstantu. Na základě uvedených dat ji vypočtete (spolu s výstupní prací).

$$2.3 \text{ eV, } 6.65 \cdot 10^{-34} \text{ J} - \text{viz fotoelektrický jev.mw}$$

### 4. Hybnost fotonu

Jádro  $^{60}\text{Co}$  se rozpadá  $\beta$ -rozpadem na aktivované jádro niklu, které dále vyzařuje (m.j.)  $\gamma$  záření o energii 1.33 MeV. Jak se změní rychlost jádra niklu při emisi fotonu?

$$7134 \text{ m s}^{-1}$$

$$\begin{aligned}
 E &= 1.33 \times 10^6 \cdot e = \mathbf{2.131 \times 10^{-13} \text{ J}} \\
 p &= E / c = \mathbf{7.108 \times 10^{-22} \text{ kg m s}^{-1}} \\
 m &= 0.060 / N_A = \mathbf{9.963 \times 10^{-26} \text{ kg}} \\
 v &= p / m = \mathbf{7134 \text{ m s}^{-1}}
 \end{aligned}$$

### 5. Elektronová difrakce

V Davissonově a Germerově experimentu dopadal elektronový svazek o energii 54.0 eV kolmo na krystalovou rovinu (1,1,1) niklu. Paprsek se rozptýlil do úhlu  $50^\circ$  (ke kolmici). Vypočtete vlnovou délku elektronů a mřížkovou konstantu. Srovnajte s mřížkovou konstantou stanovenou na základě hustoty ( $8.908 \text{ g cm}^{-3}$ ) a molární hmotnosti ( $58.6934 \text{ g mol}^{-1}$ ). Nikl krystaluje v plošně centované krychlové soustavě (fcc).

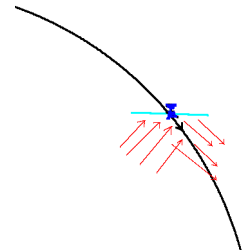
$$\lambda = 1.67 \text{ \AA} \Rightarrow a = 3.56 \text{ \AA, } z \text{ hustoty } 3.52 \text{ \AA}$$

$$\begin{aligned}
 E &= 54 \cdot e = 8.652 \cdot 10^{-18} \text{ J} \\
 p &= \sqrt{2 \cdot m_e \cdot E} = 3.97 \cdot 10^{-24} \text{ kg m s}^{-1} \\
 p &= \sqrt{2 \cdot m_e \cdot E + (E/c)^2} = 3.97 \cdot 10^{-24} \text{ kg m s}^{-1} \\
 v_{\text{toc}} &= p/m_e/c = 0.01454 \\
 \lambda &= h/p = 1.669 \cdot 10^{-10} \text{ m} \\
 d &= \lambda / \sin(\pi/180 \cdot 50) = 2.179 \cdot 10^{-10} \text{ m} \\
 n_i n_o &= d / \sqrt{3/4} = 2.516 \cdot 10^{-10} \text{ m} \\
 a &= n_i n_o \cdot \sqrt{2} = 3.558 \cdot 10^{-10} \text{ m} \\
 V_4 &= 4 \cdot M(\text{Ni}) / 1000 / 8908 / \text{NA} = 4.376 \cdot 10^{-29} \text{ m}^3 \\
 a &= V_4 \cdot (1/3) = 3.524 \cdot 10^{-10} \text{ m}
 \end{aligned}$$

## 6. Solární plachetnice

Sonda IKAROS vážila 315 kg a byla vybavena experimentální solární plachtou o ploše 200 m<sup>2</sup>. Podle údajů z letu byl získán rychlost 100 m/s za 6 měsíců cesty k Venuši. Ověřte tato data. Předpokládejte pro jednoduchost 100% odrazivost, ideální úhel 45° ke Slunci (při letu k Venuši je nutno sondu brzdit) a solární konstantu 1.36 W m<sup>-2</sup> (závislost na vzdálenosti zanedbejte).

s/w zε



$$\begin{aligned}
 c &= 299792458 = 2.998 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1} \\
 m &= 315 = 315 \text{ kg} \\
 SC &= 1360 = 1360 \text{ W m}^{-2} \\
 A &= 200 = 200 \text{ m}^2 \\
 t &= 6 \cdot 30 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60 = 1.555 \cdot 10^7 \text{ s} \\
 E &= SC \cdot t \cdot A / \sqrt{2} = 2.991 \cdot 10^{12} \text{ J} \\
 dp &= E/c = 9977 \text{ kg m s}^{-1} \\
 dv &= dp/m = 31.67 \text{ m s}^{-1}
 \end{aligned}$$

## 7. Neurčitost frekvence

Žena ječí na frekvenci komorního A (440 Hz). Jak dlouho musí minimálně ječet, aby se dala stanovit výška tónu s přesností polotónu (poměr 1 : 2<sup>1/12</sup>)?

s 70'0

$$\begin{aligned}
 \nu &= 440 = 440 \text{ s}^{-1} \\
 t &= 0.5 / (\nu - 2^{1/12} \cdot \nu) = -0.01911 \text{ s}
 \end{aligned}$$

## 8. Heisenbergova relace neurčitosti

Pokuste se odhadnout velikost atomu vodíku na základě relace neurčitosti a toho, že potenciální a kinetická energie jsou řádově stejně veliké.

$$\frac{\partial^2 \psi / \partial x^2}{\psi} = 0 \quad , \quad \frac{\partial^2 \psi / \partial y^2}{\psi} = 0$$

## 9. Heisenbergova relace neurčitosti

Odhadněte teoretickou minimální spotřebu počítače (kvantová mez) pracujícího na frekvenci 3 GHz.

ε<sup>nyu</sup>