

Ústřední komise fyzikální olympiády České republiky

Teoretické úlohy celostátního kola 56. ročníku FO

ČESKÉ BUDĚJOVICE 2015

1. Rozjždění automobilu

Automobil o hmotnosti $m = 1\,200\text{ kg}$ má pohon na všechna čtyři kola a maximální výkon motoru $P = 73,0\text{ kW}$. Při brzdění smykem na přímém vodorovném úseku cesty je jeho brzdná dráha do zastavení, při počáteční rychlosti $v_0 = 50,0\text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, rovna $s_b = 16,4\text{ m}$.

Automobil se na stejné cestě rozjíždí z klidu od počátku s maximálním výkonem motoru. To se neobejde bez toho, že kola automobilu budou po určitou dobu prokluzovat.

- Jak dlouho bude trvat rozjždění automobilu na rychlost $v_2 = 90,0\text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$?
- Jakou dráhu přitom automobil urazí?

Odpor vzduchu a valivý odpor proti pohybu automobilu zanedbejte. Řešte nejprve obecně a poté pro zadané hodnoty.

2. Kvantový plyn

V souborech mnoha částic lze kvantové jevy očekávat tehdy, jestliže je de Broglieova vlnová délka λ srovnatelná nebo větší než střední vzdálenost d mezi částicemi, neboť tehdy se začnou výrazně projevovat vlnové vlastnosti částic.

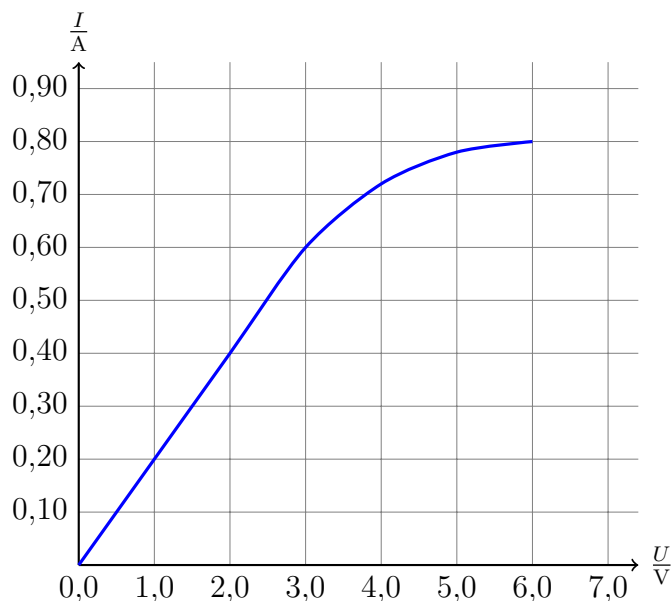
- Určete de Broglieovu vlnovou délku λ pro elektronový plyn ve vzorku kovu, tj. pro soubor volných částic (každá hmotnosti m_0 a se třemi stupni volnosti) nacházející se ve stavu termodynamické rovnováhy při teplotě T a splňující Maxwellovo rozdělení rychlostí jako běžný plyn.
Vyčíslete pro pokojovou teplotu $T = 293\text{ K}$.
- Je-li v objemu V uzavřeno N částic, určete jejich střední vzdálenost d . Vyčíslete pro elektronový plyn.
- Podmínku $\lambda \geq d$ lze zapsat ve tvaru $T \leq T_Q$, kde T_Q je mezní teplota, kdy jsou kvantové jevy podstatné. Určete pro elektronový plyn tuto teplotu.
- Posuďte, zda lze za běžných teplot považovat volné elektrony v kovu za klasický, nekvantový soubor.

Řešte nejprve obecně, poté číselně pro měď. Hustota mědi $\rho = 8\,960\text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$, molární hmotnost $M_m = 63,5 \cdot 10^{-3}\text{ kg} \cdot \text{mol}^{-1}$, Boltzmannova konstanta $k = 1,38 \cdot 10^{-23}\text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$, Avogadrova konstanta $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}\text{ mol}^{-1}$, Planckova konstanta $h = 6,63 \cdot 10^{-34}\text{ J} \cdot \text{s}$, hmotnost elektronu $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31}\text{ kg}$.

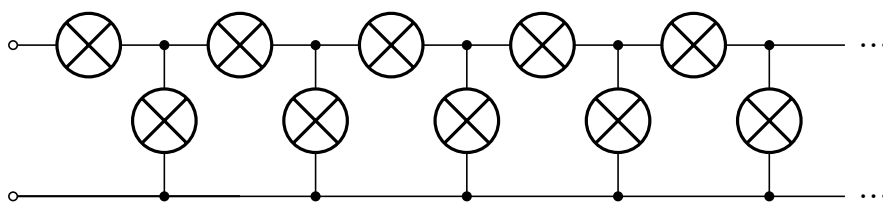
Každý atom mědi přispívá do elektronového plynu jedním valenčním elektronem.

3. Žárovky v síti

Na obrázku 1 je voltampérová charakteristika malé žárovky. Jaké největší napětí můžeme připojit ke zdírkám nekonečné sítě (obr. 2), vytvořené z takových žárovek, aniž by se některá žárovka přepálila?



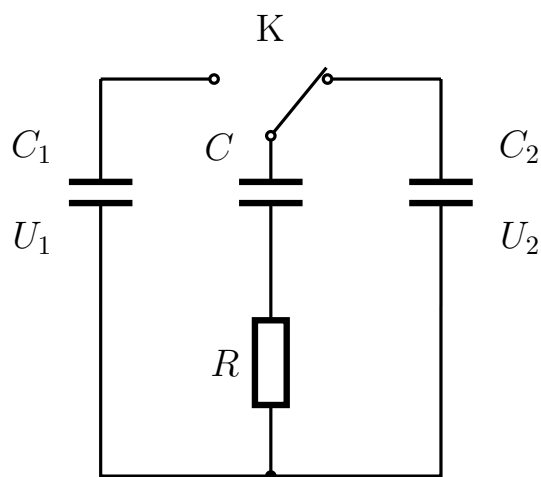
Obr. 1: Voltampérová charakteristika žárovky



Obr. 2: Nekonečná síť stejných žárovek

4. Přepínání kondenzátorů

Dva nabité kondenzátory s kapacitami $C_1 = 5,0 \mu\text{F}$ a $C_2 = 7,0 \mu\text{F}$ jsou zapojeny podle obr. 3. Napětí na kondenzátorech je $U_1 = 20 \text{ V}$ a $U_2 = 70 \text{ V}$. Třetí kondenzátor s kapacitou C je připojen ke kondenzátoru s kapacitou C_2 . Klíč K přepneme z pravé do levé polohy a po vyrovnání napětí zase zpět do pravé polohy. Po provedení sedmi takových dvojích přepojení rozdíl $U_2 - U_1$ napětí na kondenzátorech klesl na $5,5 \text{ V}$.



Obr. 3

- Jaká je kapacita C třetího kondenzátoru?
- Jaké bude napětí U_m na kondenzátorech, budeme-li přepínat klíč tak dlouho, až na kondenzátorech bude prakticky stejné napětí?
- Jaké teplo se přitom uvolní na rezistoru R ?