



Ústřední komise fyzikální olympiády České republiky

## Teoretické úlohy celostátního kola 48. ročníku FO

Bílavec 2007

### 1. Potenciál

Dva hmotné body nacházející se ve vakuu ve vzájemné vzdálenosti  $r$  nesou záporné elektrické náboje  $Q$  a  $nQ$ , kde  $n > 1$ .

- Určete na úsečce spojující oba hmotné body místo maximálního elektrického potenciálu a jeho hodnotu.
- Do uvedeného místa umístíme elektron a nepatrně jej vychýlíme mimo spojnicí obou hmotných bodů. Určete limitní velikost rychlosti elektronu ve velmi velké vzdálenosti. Řešení proveďte klasicky i relativisticky.

Úlohy řešte nejprve obecně, pak pro hodnoty  $Q = -1,00 \mu\text{C}$ ,  $n = 5$ ,  $r = 0,200 \text{ m}$ . Klidová hmotnost elektronu  $m_0 = 9,109 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ , elementární náboj  $e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ , rychlost světla ve vakuu  $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ,  $k = 8,99 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{C}^{-2} \cdot \text{m}^2$ .

### 2. Dvojhvězda

Algol (beta Persei) je zákrytová dvojhvězda, jejíž dvě složky obíhají okolo společného těžiště po přibližně kruhových trajektoriích s periodou  $T = 2,867$  dne. Rychlosti obou složek mají velikosti  $v_1 = 44,5 \text{ km/s}$  a  $v_2 = 203 \text{ km/s}$ .

- Určete poloměry jejich trajektorií a vyjádřete je v astronomických jednotkách ( $1\text{AU} = 1,50 \cdot 10^8 \text{ km}$ ).
- Určete hmotnosti obou složek a porovnejte je s hmotností Slunce ( $m_{\odot} = 1,99 \cdot 10^{30} \text{ kg}$ ).
- Určete velikost gravitačních sil, kterými na sebe obě složky působí.
- Hodnoty  $v_1$ ,  $v_2$  byly vypočteny z výsledků spektroskopických měření. Bylo také zjištěno, že radiální rychlost, se kterou se od Slunce vzdaluje těžiště Algolu, má velikost  $v_c = 3,7 \text{ km/s}$ . V jakém rozmezí se mění během dlouhodobého pozorování vlnová délka spektrální čáry draslíku ve spektru meně hmotné složky Algolu, jestliže ve spektru draslíku z pozemského zdroje naměříme hodnotu  $\lambda_0 = 766,491 \text{ nm}$ ? Pohyb Země kolem Slunce považujte za rovnoměrný s rychlostí o velikosti  $v_z = 30 \text{ km/s}$ , spojnice Slunce a Algolu je od roviny ekliptiky odchýlena o úhel  $\beta = 11,5^\circ$ .

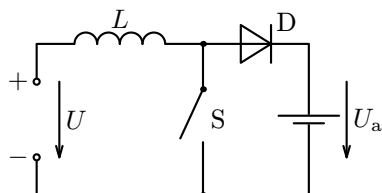
Gravitační konstanta je  $\varkappa = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$ .

### 3. Nabíječka

K nabíjení akumulátoru o svorkovém napětí  $U_a = 12,0 \text{ V}$  z výkonového zdroje o svorkovém napětí  $U = 5,0 \text{ V}$  použijeme obvod podle obr. 1 skládající se z cívky o indukčnosti  $L = 1 \text{ H}$ , diody  $D$  a spínače  $S$ , který bude střídavě zapínán a vypínán ve stejných časových intervalech  $\tau_1 = \tau_2 = 0,010 \text{ s}$ .

- Určete a graficky znázorněte, jak se v závislosti na čase bude měnit okamžitý proud  $i$  procházející cívku, okamžité napětí  $u_L$  na cívce a okamžité napětí  $u_D$  na diodě.
- Určete střední hodnotu proudu nabíjejícího akumulátor.

Vnitřní odpory výkonového zdroje a akumulátoru jsou zanedbatelné a svorkové napětí akumulátoru se během nabíjení zvětšuje jen nepatrně. Cívku považujte za ideální. Také diodu považujte za ideální, tj. napětí na ní je v propustném směru zanedbatelné, odpor v závěrném směru je nekonečně velký.



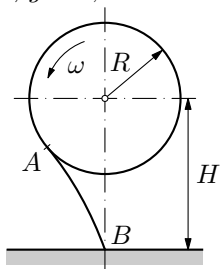
Obr. 1

### 4. Kapka

Kolo o poloměru  $R = 1,00 \text{ m}$  se otáčí úhlovou rychlostí  $\omega = 5,0 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$  okolo vodorovné osy umístěné ve výšce  $H = 2,00 \text{ m}$  nad zemí. Od kola odlétla kapka a dopadla do bodu  $B$  přesně pod středem kola (obr. 2).

- Určete dobu letu kapky a polohu bodu  $A$ , ve kterém se uvolnila od kola.
- Určete velikost a směr rychlosti dopadu.

Odpor vzduchu zanedbejte,  $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ .



Obr. 2