Ústřední komise fyzikální olympiády České republiky

Teoretické úlohy celostátního kola 48. ročníku FO

Bílovec 2007

1. Potenciál

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

a) Určete na úsečce spojující oba hmotné body místo maximálního elektrického potenciálu a jeho hodnotu.

b) Do uvedeného místa umístíme elektron a nepatrně jej vychýlíme mimo spojnici obou hmotných bodů. Určete limitní velikost rychlosti elektronu ve velmi velké vzdálenosti. Řešení proveďte klasicky i relativisticky.

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

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 $v_1 = 44{,}5\ \mathrm{km/s}$ a $v_2 = 203\ \mathrm{km/s}$.

a) Určete poloměry jejich trajektorií a vyjádřete je v astronomických jednotkách ($1\mathrm{AU} = 1{,}50 \cdot 10^{8}\ \mathrm{km}$).

b) Určete hmotnosti obou složek a porovnejte je s hmotností Slunce ($m_\odot = 1{,}99 \cdot 10^{30}\ \mathrm{kg}$).

c) Určete velikost gravitačních sil, kterými na sebe obě složky působí.

d) 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 $v_c = 3{,}7\ \mathrm{km/s}$. 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 $\lambda_0 = 766{,}491\ \mathrm{nm}$? Pohyb Země kolem Slunce považujte za rovnoměrný s rychlostí o velikosti $v_z = 30\ \mathrm{km/s}$, spojnice Slunce a Algolu je od roviny ekliptiky odchýlena o úhel $\beta = 11{,}5°$.

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

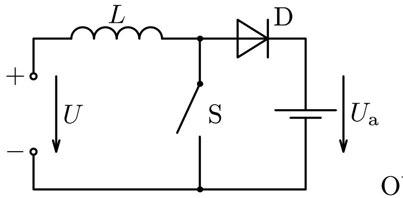
3. Nabíječka

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

a) Určete a graficky znázorněte, jak se v závislosti na čase bude měnit okamžitý proud i procházející cívkou, okamžité napětí u_L na cívce a okamžité napětí u_D na diodě.

b) 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

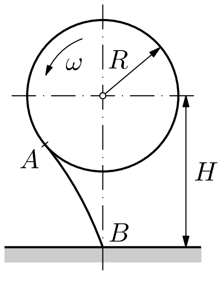
4. Kapka

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

a) Určete dobu letu kapky a polohu bodu A, ve kterém se uvolnila od kola.

b) Určete velikost a směr rychlosti dopadu.

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



Obr. 2