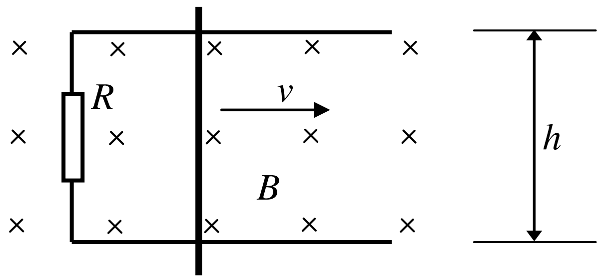
Fyzika 2 skúška 11. 1. 2012 ET, EN, AE

1 V balóne tvaru gule s polomerom R je homogénne ionizovaný plyn ($\varepsilon_r = 1$) s celkovým elektrickým nábojom Q. Určite energiu elektrostatického poľa, ktorá pripadá na (a) vnútorný objem balóna, (b) na vonkajší okolitý priestor?
(8 bodov)

2 Dlhým priamym vodičom s polomerom R tečie prúd I, ktorý je rovnomerne rozložený po priereze vodiča. Určte veľkosť indukcie magnetického poľa B ako funkciu vzdialenosti od osi vodiča r, (a) vo vnútri vodiča $r \leq R$, (b) vo vonkajšom priestore mimo vodiča $r \geq R$.
(7 bodov)

3 Kovová tyč sa posúva konštantnou rýchlosťou v pozdĺž dvoch rovnobežných kovových koľajníc, ktoré sú na jednom konci spojené rezistorom s elektrickým odporom R. Indukcia homogénneho magnetického pola, kolmého na rovinu koľajníc a tyče (pozri obrázok) má veľkosť B, vzdialenosť medzi koľajnicami je h. Elektrický odpor koľajníc a tyče možno zanedbať. (a) Aká je veľkosť indukovaného napätia v obvode? (b) Aký veľký je indukovaný prúd tečúci kovovou tyčou? (c) Určte dodávaný elektrický výkon! (d) Vypočítajte potrebný mechanický výkon v súvislosti so zabezpečením rovnomerného pohybu tyče po koľajniciach.
(8 bodov)



4 Elektrická zložka elektromagnetickej vlny klesá v smere osi z exponenciálne:

$$E_x(z,t) = E_0 e^{-az} \sin(k_z z - \omega t)$$

Nájdite strednú hodnotu Poyntingovho vektora ako závislosť od vzdialenosti z, ktorú prebehne vlna v prostredí s el. a magn. vlastnosťami vyjadrenými ε_r, μ_r.
(7 bodov)

RIEŠENIE PRÍKLADOV – SKÚŠKA FYZIKA 2 11. 1. 2012

① **8 bodov**

a) $\oint \vec{E}\cdot d\vec{S} = \frac{Q'}{\varepsilon_0}$ 1✓ $\qquad \frac{Q'}{\frac{4}{3}\pi r^3} = \frac{Q}{\frac{4}{3}\pi R^3}$ 2✓

$$E = \frac{Qr}{4\pi\varepsilon_0 R^3} \quad \downarrow 3$$

1✓

$$e_e^{int} = \frac{1}{2}\vec{E}\cdot\vec{D} = \frac{1}{2}\varepsilon_0 E^2 = \frac{1}{2}\varepsilon_0\left(\frac{Qr}{4\pi\varepsilon_0 R^3}\right)^2$$

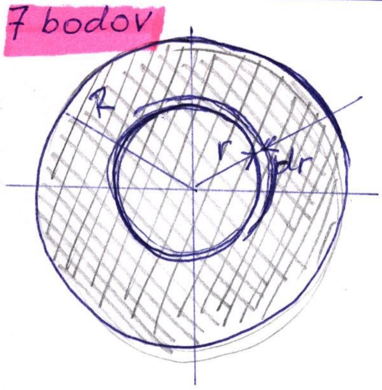
1✓

$$E_e^{int} = \int_0^R e_e^{int} 4\pi r^2 dr = \frac{1}{2}\varepsilon_0 \frac{Q^2}{4\pi\varepsilon_0 R^6}\left[\frac{r^5}{5}\right]_0^R = \underline{\underline{\frac{Q^2}{40\pi\varepsilon_0 R}}} \quad \downarrow 5$$

b) $E = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$ 1✓ $\qquad e_e^{ext} = \frac{1}{2}\varepsilon_0\frac{Q^2}{(4\pi\varepsilon_0)^2 r^4}$ 1✓

$$E_e^{ext} = \int_R^\infty e_e^{ext} 4\pi r^2 dr = \frac{Q^2}{8\pi\varepsilon_0}\left[-\frac{1}{r}\right]_R^\infty = \underline{\underline{\frac{Q^2}{8\pi\varepsilon_0 R}}} \quad 1✓$$

② **7 bodov**



a) $r \leq R$ $\qquad \oint \vec{B}\cdot d\vec{r} = \mu_0 I'$ 2 $\qquad \frac{I'}{\pi r^2} = \frac{I}{\pi R^2}$ 2✓

$$B\, 2\pi r = \mu_0 \frac{I r^2}{R^2} \quad 1✓$$

$$\underline{\underline{B = \frac{\mu_0 I r}{2\pi R^2}}} \quad \downarrow 5$$

b) $r \geq R$ $\qquad \oint \vec{B}\cdot d\vec{r} = \mu_0 I$ 1 $\rightarrow \underline{\underline{B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}}}$ 1✓

③ **8 bodov**

$|U_i| = \frac{d\Phi}{dt}$ 1✓ $= \frac{d}{dt}(BS)$ 1✓ $= Bh\frac{dx}{dt}$ 1✓ $= Bhv$ ↓3 $\qquad I_i = \frac{|U_i|}{R} = \frac{Bhv}{R}$ 1✓

$$P_{el} = U_i I_i = \frac{(Bhv)^2}{R} \quad 1✓$$

$f = I_i B h = \frac{Bhv}{R}Bh$ 2✓ $\rightarrow P_{mech} = \frac{dW}{dt} = f\frac{dx}{dt} = fv$ 1✓ $= \frac{(Bhv)^2}{R}$ ↓8

④ **7 bodov**

$\langle P\rangle = \langle EH\rangle$ 1✓ $= \langle E\frac{B}{\mu}\rangle$ 1✓ $= \langle\frac{E^2}{v\mu}\rangle$ 1✓ ↓3 $= \frac{E_0^2}{2v\mu}e^{-2az}$ ↓5 $= \underline{\underline{\frac{1}{2}\sqrt{\frac{\varepsilon_0\varepsilon_r}{\mu_0\mu_r}}E_0^2 e^{-2az}}}$ ↓7

$\frac{1}{2}\sqrt{\frac{\varepsilon}{\mu}} = \frac{1}{2}\frac{1}{\mu v} = \frac{1}{2}\frac{1}{\mu\lambda f} = \frac{k_z}{2\mu\omega}$ $\qquad \underline{\underline{\langle P\rangle = \frac{k_z}{2\mu\omega}E_0^2 e^{-2az}}}$

↓7

Fyzika 2 opravná skúška 10. 2. 2012 ET, EN, AE

1 Bodové náboje $+Q$ a $+4Q$ sú umiestnené vo vzájomnej vzdialenosti d. Tretí náboj je umiestnený na ich spojnici tak, že je systém v rovnováhe. (a) Určte polohu, veľkosť a znamienko 3. náboja. (b) Posúďte, či rovnováha systému je stabilná alebo nestabilná. (známa hodnota ε_0)
(8 bodov)

2 Elektrón má elektrický náboj $-e$ a hmotnosť m_e, obieha v atóme vodíka okolo jadra (elektrický náboj $+e$) po kruhovej dráhe vo vzdialenosti R. Vypočítajte (a) obežnú rýchlosť elektrónu v, (b) periódu T rovnomerného pohybu po kružnici, (c) magnetický moment m ekvivalentnej prúdovej slučky odpovedajúcej obiehaniu elektrónu, (d) potenciálnu energiu U_m magnetického momentu vo vonkašom magnetickom poli s indukciou B v rovnovážnej polohe stabilnej! (známa hodnota ε_0)
(9 bodov)

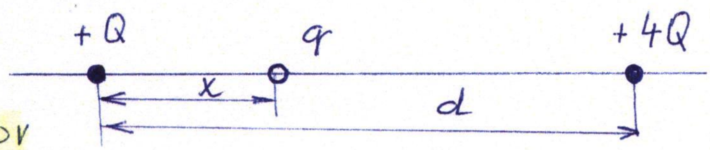
3 Toroid so stredným polomerom R a kruhovým prierezom jadra (polomer prierezu $r \ll R$) má po svojom obvode N závitov. Materiál tvoriaci jadro toroidu má relatívnu permeabilitu μ_r. Vinutím toroidu tečie jednosmerný prúd I. Vypočítajte: a) magnetickú indukciu v jadre toroidu, b) indukčný tok v prierezе jadra, c) vlastnú indukčnosť toroidu, d) celkovú energiu magnetického poľa v objeme toroidu! (známa hodnota μ_0)
(8 bodov)

4 Rovinný povrch sklenej platne (index lomu skla n_S) má byť pokrytý priehľadným materiálom (index lomu $n<n_S$) tak, aby odraz svetla s vlnovou dĺžkou λ dopadajúceho kolmo na povrch bol eliminovaný. Aká minimálna hrúbka h pokrytia touto antireflexnou vrstvou je na to potrebná? (index lomu vzduchu je rovný 1)
(5 bodov)

RIEŠENIE PRÍKLADOV FYZIKA 2 OPRAVNÝ TERMÍN 10. 2. 2012

1)

8 bodov



– rovnováha – výsl. sila na každý z nábojov = 0 1✓

– q – musí byť záporný 1✓

– musí byť medzi +Q a +4Q 1✓

sila na q : $-\dfrac{Q|q|}{4\pi\varepsilon_0 x^2} + \dfrac{4Q|q|}{4\pi\varepsilon_0 (d-x)^2} = 0$

$x = \dfrac{d}{3}$ 2✓

sila na +Q : $\dfrac{Q|q|}{4\pi\varepsilon_0 x^2} - \dfrac{4Q^2}{4\pi\varepsilon_0 d^2} = 0$

$|q| = \dfrac{4}{9}Q$ 2✓

podobne: sila na +4Q

$-\dfrac{4Q^2}{4\pi\varepsilon_0 d^2} + \dfrac{4Q|q|}{4\pi\varepsilon_0 (d-x)^2} = 0$

$|q| = \dfrac{4}{9}Q$

Rovnováha nestabilná 1✓ : pri vychýlení z rovnováž. polohy sila pôsobí v smere výchylky

2) Pohyb po kružnici :

9 bodov

$\dfrac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 R^2} = \dfrac{m_e v^2}{R}$ 1✓ $\rightarrow v = \left(\dfrac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 m_e R}\right)^{1/2} = \dfrac{e}{(4\pi\varepsilon_0 m_e R)^{1/2}}$ ↓3

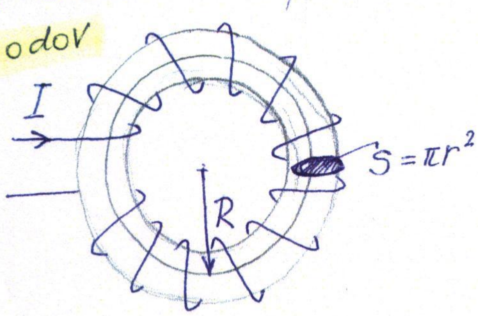
$T = \dfrac{2\pi R}{v} = \dfrac{2\pi R\,(4\pi\varepsilon_0 m_e R)^{1/2}}{e} = \dfrac{4(\pi^3\varepsilon_0 m_e R^3)^{1/2}}{e}$ 2✓

$m = IS = \dfrac{e}{T}\pi R^2 = \dfrac{e.e.\pi R^2}{4(\pi^3\varepsilon_0 m_e R^3)^{1/2}} = \dfrac{e^2 R^{1/2}}{4(\pi\varepsilon_0 m_e)^{1/2}}$ 2✓

$U_m = -mB = -\left(\dfrac{e}{2}\right)^2\left(\dfrac{R}{\pi\varepsilon_0 m_e}\right)^{1/2} B$ 2✓

3) Zákon celk. prúdu $B\,2\pi R = \mu N I$ $B = \dfrac{\mu_0\mu_r N I}{2\pi R}$ 2✓

8 bodov



$\Phi = BS = B\pi r^2 = \dfrac{\mu N I r^2}{2R}$ 1✓

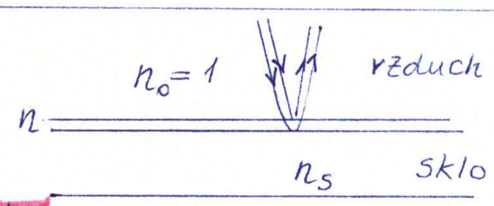
$U_i = NU_1 = N.\left(-\dfrac{\mu N r^2}{2R}\right)\dfrac{dI}{dt} = \left(-\dfrac{\mu N^2 r^2}{2R}\right)\dfrac{dI}{dt}$

$L = \dfrac{\mu N^2 r^2}{2R}$ 3✓

$E_m = \dfrac{1}{2}LI^2 = \dfrac{1}{2}\dfrac{B^2}{\mu}\pi r^2 R = \dfrac{\mu N^2 r^2}{4R}I^2$ 2✓

4) $\delta = 2hn$ 2✓

5 bodov min. v odraze $\delta = (2k+1)\dfrac{\lambda}{2}$ 2✓



$2hn = \dfrac{\lambda}{2}, \dfrac{3}{2}\lambda, \dfrac{5}{2}\lambda \rightarrow h = \dfrac{\lambda}{4n}$ ↓5