

## DRŽAVNO NATJECANJE IZ FIZIKE, KAŠTEL GOMILICA 1999.

### 2. RAZRED

#### Zadatak 1 (19 bodova)

Da li je moguće da se dva osamljena istovrsnim nabojem nabijena cilindrična vodiča, čije su osi paralelne, medusobno privlače?

#### Zadatak 2 (21 bodova)

Sistem se sastoji od  $m = 5 \text{ kg}$  vode pothladene na  $-10^\circ\text{C}$  u potpuno toplinski izoliranoj posudi. Lagano protresimo cijeli sistem i voda se naglo počne smrzavati (uzmite gotovo trenutno). Proces smrzavanja traje sve dok se ili sva voda ne smrzne ili dok se smjesa ne zagrije na temperaturu  $0^\circ\text{C}$ .

- Nadite kolika je masa stvorenog leda u nastaloj mješavini leda i vode?
- Kolika mora biti temperatura pothlađene vode da bi se na kraju dobio led na  $0^\circ\text{C}$ . Srednji specifični toplinski kapacitet vode je  $c_1 = 4,19 \text{ J/gK}$ , a leda  $c_2 = 2,09 \text{ J/gK}$  u promatranom temperaturnom području. Latentna toplina skrućivanja vode je  $L = 335 \text{ J/g}$ .

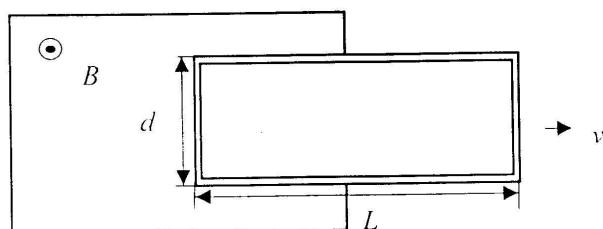
#### Zadatak 3 (15 bodova)

U cilindru od savršenog izolatora nalaze se dva pokretna metalna klipa, svaki površine  $S$ , na međusobnoj udaljenosti  $d$  i razlici potencijala  $U$ . Između njih je  $n$  molova plina dijelktrične konstante  $\epsilon_r$ . Cijeli sistem nalazi se u vakumu. Nadite kolika je temperatura plina? Zanemarite utjecaj cilindra na raspodjelu električnog polja između klipova.

#### Zadatak 4 (15 bodova)

Vodič u obliku pravokutnika duljine  $L = 1 \text{ m}$  i širine  $d = 0,6 \text{ m}$  načinjen je od okrugle bakrene žice ( $\rho_{Cu} = 1,71 \cdot 10^{-8} \Omega\text{m}$ ) promjera  $2r = 1 \text{ cm}$ . Jedan kraj vodiča nalazi se između polova magneta, koji prizvodi homogeno magnetsko polje  $B = 1,2 \text{ T}$  u označenom smjeru, kao na slici. Vodič se izvlači stalnom brzinom  $v = 1 \text{ ms}^{-1}$ . Izračunajte:

- struju i njezin smjer u vodiču.
- silu koja povlači vodič.



**DRŽAVNO NATJECANJE IZ FIZIKE '99 -grupa 2**  
**Eksperimentalni zadatak (30 bodova)**

**Relativna magnetska permeabilnost  $\mu_r$  željezne šipke**

**Problem**

Pomoću danog pribora treba odrediti relativnu magnetsku permeabilnost  $\mu_r$  željezne šipke.

**Pribor**

- Žice za spajanje strujnog kruga (3 komada)
- Krokodili za spajanje (2 komada)
- Baterija od 4.5 V
- Zavojnica
- Ampermetar
- Željezna šipka čiju relativnu magnetsku permeabilnost treba odrediti
- Kutomjer
- Kompas

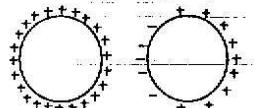
**Zadaci**

- Nacrtati skicu eksperimenta i objasniti postupak mjerena (10 bodova)
- Izvesti izraz pomoću kojeg ćete odrediti relativnu magnetsku permeabilnost  $\mu_r$  (10 bodova)
- Napraviti 5 mjerena i podatke prikazati tabelarno (8 bodova)
- Provesti račun pogrešaka (2 boda)

## RJEŠENJE ZADATAKA S DRŽAVNOG NATJECANJA '99 - 2. GRUPA

### Zadatak 1 (19 bodova)

Odgovor je potvrđan ako je naboј jednog (prvog) vodiča mnogo veći od naboјa drugog vodiča, te su relativno blizu jedan drugome. Naime, pod snažnim utjecajem električnog polja prvog vodiča, naboј na drugom vodiču raspodjeljuje se tako da je gustoća istoimenog naboјa vrlo velika na njegovom najudaljenijem dijelu od prvog vodiča, dok se na najbližem dijelu pojavljuje određena količina naboјa suprotнog predznaka (vidi sliku). Privlačna interakcija takve raspodjele naboјa (električni dipol) s električnim poljem (preciznije promjenom polja) prvog vodiča može nadmašiti odbojniju silu uslijed istoimenih naboјa vodiča. Kao posebni slučaj ovog zadatka možemo razmatrati limes u kojem nema ukupanog naboјa na drugom vodiču ili je on zanemariv, što je ekvivalentno razmatranju zašto neki visoko nabijeni predmet npr. češalj privlači okolne nenabijene predmete.



[19]

### Zadatak 2 (21 bod)

Voda se smrzava, i pri tom se oslobađa toplina  $L$  po jedinici mase koja grije smjesu (suprotan proces je topljenje leda pri čemu se troši energija). Vidljivo je da temperatura podhладene vode nije dovoljno niska da bi se sva voda smrznula:  $L > c_2 \Delta T$ , pa ćemo dobiti mješavini leda i vode na  $0^\circ\text{C}$ .

a) Stoga će se jedan dio vode gotovo trenutno smrznuti u led na  $-10^\circ\text{C}$  te oslobodena energija zagrijati led i vodu do  $0^\circ$ . Dakle:

$$Lx = [c_2 x + c_1(m-x)]\Delta T \Rightarrow x = \frac{mc_1\Delta T}{L + (c_1 - c_2)\Delta T} = 0,59 \text{ kg} \quad (16)$$

b) Led na  $0^\circ\text{C}$  dobit ćemo na onoj temperaturi potiskane vode kada je oslobodena toplina prilikom sleđivanja jednakazagrijavanju leda do  $0^\circ\text{C}$ . Dakle:

$$Lm = c_2 m \Delta T \Rightarrow \Delta T = \frac{L}{c_2} \approx -160^\circ\text{C}. \quad (5) \quad [21]$$

### Zadatak 3 (15 bodova)

Ploče kondenzatora se međusobno privlače a tlak plina drži ih na rastojanju. Električna sila koja djeluje na jednu od ploča je:

$$F = \frac{qE}{2} = \frac{qU}{2d} = \frac{CU^2}{2d}, \text{ gdje je kapacitet kondenzatora } C = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r S}{d} \quad (5)$$

$$\text{Tlak plina je: } p = \frac{F}{S} = \frac{CU^2}{2Sd}. \quad (5)$$

Temperatura je određena jednadžbom stanja:

$$pV = nRT \Rightarrow T = \frac{CU^2}{2SdnR} V = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r SU^2}{2d n R} \text{ gdje je } V = Sd. \quad (5) \quad [15]$$

### Zadatak 4 (15 bodova)

a) Inducirana ems u petlji jednaka je promjeni magnetskog toka kroz petlju:  
 $\epsilon = B d v = 0,72 \text{ V}$ .

Budući da je otpor žice  $R = 6,97 \cdot 10^{-4} \Omega$ , struja kroz petlju je:  
 $I = \epsilon / R = 1,033 \text{ A}. \quad (7)$

Smjer struje je suprotni smjeru kazaljke na satu. (3)

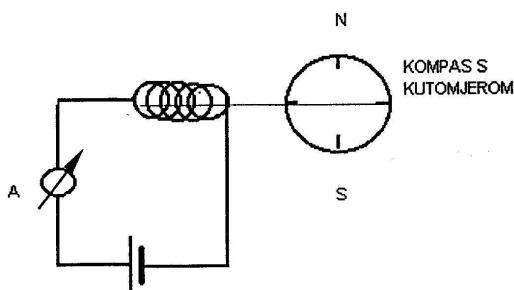
b) Sile duž stranica vodiča se poništavaju, dok je desna stranica izvan dosega polja. Dakle, ukupna sila je jednaka magnetskoj sili koja djeluje na lijevu stranicu pravokutnika:  
 $F = BId = 743,8 \text{ N}. \quad (5)$

[15]

DN-1999.g.

Rješenje eksperimentalnog zadatka - 2. grupa

Pribor složimo kao na slici:



Kompas stavimo na os zavojnice na povoljnoj udaljenosti kako bismo mogli izvršiti mjerjenje kutova otklona magnetske igle.

Kada kroz dugačku zavojnicu teče električna struja magnetska indukcija u središtu zavojnice je

$$B_0 = \mu_0 \frac{NI_1}{l} \quad (1)$$

gdje je  $N$  broj zavoja zavojnice,  $I_1$  jakost el. struje,  $l$  duljina zavojnice, a  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$  Tm/A je magnetska permeabilnost vakuuma. Ako se unutar zavojnice nalazi željezna jezgra onda će magnetska indukcija u središtu biti:

$$B = \mu_0 \mu_r \frac{NI_2}{l} \quad (2)$$

gdje je  $\mu_r$  relativna permeabilnost željezne jezgre.

Izvan zavojnice na njezinoj osi neće vrijediti formule (1) i (2) ali će vrijediti:

$$B_0 = C \mu_0 I_1 \text{ i } B = C \mu_0 \mu_r I_2 \quad (3)$$

gdje je  $C$  konstanta proporcionalnosti.

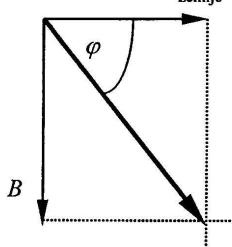
Dok kroz zavojnicu ne teče struja magnetska igla će se postaviti u smjeru sjever-jug, a kad kroz zavojnicu pustimo struju, na magnetsku iglu će istovremeno djelovati magnetsko polje Zemlje  $B_{Zemlje}$  i polje zavojnice (slika 2), pa će se magnetska igla kompasu usmjeriti u pravcu rezultantnog polja, tj. otklonit će se od početnog smjera za neki kut  $\varphi$ .

Dakle, za slučaj kada kroz zavojnicu bez željezne jezgre teče struja, vrijedit će:

$$\tan \varphi_0 = \frac{B_0}{B_{Zemlje}} \quad (4)$$

a kada stavimo jezgru, bit će:

$$\tan \varphi = \frac{B}{B_{\text{zemlje}}} \quad (5)$$



Dijeljenjem ove dvije jednadžbe, uvrštavanjem izraza (3) i sređivanjem dobivamo:

$$\mu_r = \frac{I_1 \tan \varphi}{I_2 \tan \varphi_0}. \quad (6)$$

Znači, morat ćemo mjeriti jakost el. struje  $I_1$  i kut  $\varphi_0$  kada nema željezne jezgre te jakost struje  $I_2$  i kut  $\varphi$  kada u zavojnicu stavimo željeznu jezgru i iz tih podataka izračunati  $\mu_r$  (električna struja se mijenja jer se baterija troši).

Podatke ćemo prikazati tabelarno i provesti račun pogreške.

Br. mjer.	$I_1$ (A)	$\varphi_0$ (°)	$I_2$ (A)	$\varphi$ (°)	$\mu_r$	$\Delta \mu_r$
1						
2						
3						
4						
5						