

DRŽAVNO NATJECANJE IZ FIZIKE – 26.-29. 04. 2022.

Srednje škole – 2. skupina

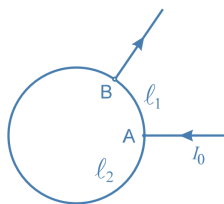
VAŽNO: Tijekom ispita **ne smijete koristiti nikakav pisani materijal (knjige, bilježnice, formule...)**. Za pisanje koristite kemijsku olovku ili nalivero. **Pri ruci ne smijete imati mobitele ni druge elektroničke uređaje osim kalkulatora.**

1. zadatak (20 bodova)

Konstantanska žica duljine $L = 100$ cm presavijena je u kružni prsten. Ravna žica vodiča pričvršćena je na točku A prstena (vidi sliku), a druga žica jednaka prvoj spojena je na prsten pomoću kliznog kontakta (točka B), tako da je njezin smjer uvijek radijalan; sve žice leže u istoj ravnini.

Neka su ℓ_1 i ℓ_2 duljine dva luka između točaka A i B i neka je $x = \ell_1/L$ bezdimenzionalni parametar koji definira položaj točke B.

Dvije ravne žice spojene su (na velikoj udaljenosti) na generator struje $I_0 = 250$ mA i mjeri se napon između točaka A i B. Utvrđeno je da maksimum napona, kada se x mijenja, iznosi $V_0 = 100$ mV.

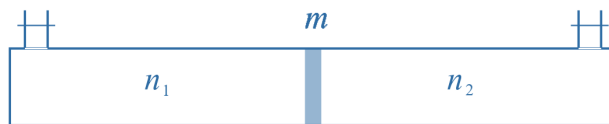


- Odredite debljinu (promjer presjeka) konstantanske žice.
- Nacrtajte graf napona V između A i B, kao funkcija od x .
- Odredite ovisnost snage raspršene Jouleovim efektom u luku duljine ℓ_1 u ovisnosti o x i skicirajte kvalitativno ovisnost na grafu. Znajući da ta ovisnost dostiže maksimum za $x = 1/3$, odredite pripadajuću maksimalnu vrijednost snage.

2. zadatak (15 bodova)

Cilindar presjeka $A = 100$ cm² i duljine $l = 100$ cm postavljen je vodoravno. Stjenke su toplinski izolirane i zanemarivog toplinskog kapaciteta. Unutar cilindra može kliziti klip mase $m = 0,13$ kg i zanemarive debljine, i sa zanemarivim trenjem. Specifični toplinski kapacitet tvari od koje je napravljen klip iznosi $c = 390$ J/kgK.

- Na početku, u lijevom dijelu cilindra se nalazi $n_1 = 2,3$ mola jednoatomskog idealnog plina na temperaturi $T_1 = -90^\circ\text{C}$, a u drugom djelu n_2 mola jednoatomskog idealnog plina na temperaturi $T_2 = 46^\circ\text{C}$. Klip se nalazi 53 cm od lijeve stijenke cilindra, i u mehaničkoj je ravnoteži. Odredite u tom početnom trenutku količinu plina koja se nalazi u desnoj strani cilindra, u molovima.



Nakon toga sustav pusti da dođe u toplinsku ravnotežu. Ako je na početku temperatura klipa bila $T_0 = 100^\circ\text{C}$, odredite:

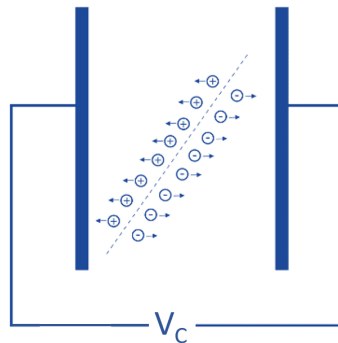
- b) ravnotežnu temperaturu sustava.
- c) koliko se klip pomaknuo.

3. zadatak (20 bodova)

Ionizacijska komora je detektor za otkrivanje i mjerenje jakosti ionizirajućeg zračenja. Glavni su joj dijelovi zatvorena cilindrična komora, u kojoj se nalazi plin pod određenim tlakom, i dvije elektrode s početnom razlikom napona $V_C = V_0$. Prolaskom fotona ili neke nabijene čestice dovoljne energije kroz komoru, ioniziraju se ili pobuđuju molekule plina uzduž staze čestice. Ionizacijom neutralne molekule nastaju pozitivni ion i slobodni elektroni koji se nastavljaju gibati prema nabijenim pločama. Zbog brojnih sudara tako nastalih iona i elektrona s ostalim molekulama plina njihova se brzina može smatrati konstantnom i nazivamo je driftna brzina. Kako je masa elektrona znatno manja prema onoj od iona može se smatrati da za te (driftne) brzine vrijedi $v_e \gg v_i$.

Za potrebe ovog zadatka uzet ćemo da elektrode u ionizacijskoj komori odgovaraju pločastom kondenzatoru, a voltmetar (nije prikazan na slici) je spojen tako da mjeri napon $V(t)$ koji odgovara razlici početnog napona i vremenski ovisnog napona V_C : $V(t) = V_0 - V_C(t)$.

Pretpostavimo da u trenutku $t=0$ jedna čestica prođe na udaljenosti x od pozitivno nabijene ploče, i da je vrijeme prolaza te čestice kroz detektor zanemarivo kratko prema ostalim procesima.



- a) Izrazite rad koji električna sila vrši na jednom elektronu i ionu, kao funkciju vremena, prije nego dođu do ploče kondenzatora
- b) Izrazite potencijal $V(t)$ kao funkciju broja N nastalih parova elektron-ion, udaljenosti d između ploča, kapaciteta C kondenzatora, i *driftnih* brzina elektrona i iona (također, prije nego što dođu do ploče kondenzatora). Pretpostavite da se $V_C(t)$ vrlo malo razlikuje od V_0 , tj. da se zbroj napona $V_0 + V_C(t)$ može aproksimirati s $2V_0$.
- c) Budući da su *driftne* brzine vrlo različite, elektroni gotovo uvijek stignu na anodu (pozitivno nabijenu ploču kondenzatora) prije nego što pozitivni ioni stignu na katodu (negativnu ploču). Pretpostavimo da se tako događa i u ovom slučaju. Nazovimo t_e trenutak u kojem udare elektroni, a t_i sljedeći trenutak u kojem udare ioni. Pronađite izraz za signal $V(t)$, između t_e i t_i kao funkciju N , d , C , v_e i x .
- d) Pronađite vrijednost $V(t)$ nakon t_i .
- e) Nacrtajte kvalitativni graf funkcije $V(t)$.

4. zadatak (15 bodova)

Hermetički zatvoren cilindar visine $H = 1$ m napunjen je vodom (koju možemo smatrati idealnom tekućinom) do visine $h_0 = 90$ cm. Volumen koji ne zauzima voda ispunjen je idealnim plinom pri početnom tlaku od 8 atm i temperaturi $T = 300$ K. Na dnu cilindra napravljena je rupa zanemarive površine odnosu na baznu površinu cilindra. Nađite izraz brzine izlaza vode iz rupe kao funkciju visine h tekućine, uz pretpostavku da širenje plina kako voda izlazi odgovara izotermom procesu.

Izračunajte:

- početnu brzinu kojom voda izlazi iz rupe
- brzinu kada se visina tekućine prepolovi u odnosu na početnu vrijednost
- za koju vrijednost h na kojoj voda prestaje izlaziti.

Fizikalne konstante:

$R = 8,31$ J/K mol, $P_{atm} = 1$ atm = 101300 Pa, $g = 9,81$ m/s², $\rho_{voda} = 1000$ kg/m³, $\rho_{konstantan} = 4.90 \times 10^{-7}$ Ω m