

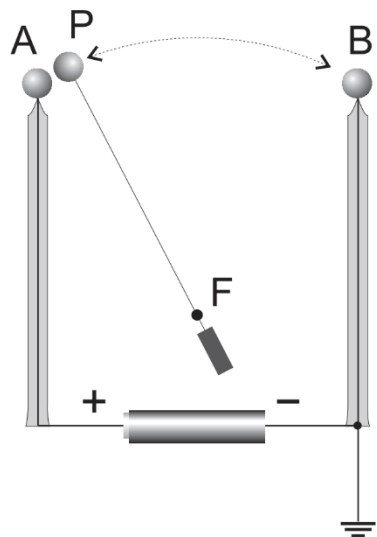
DRŽAVNO NATJECANJE IZ FIZIKE – 19.-20. 11. 2020.

Srednje škole – 2. skupina

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

1. zadatak (15 bodova)

Razmotrite uređaj prikazan na slici koji oscilira u okomitoj ravnini oko fiksne točke uporišta F. Protutuget je pričvršćen na donji kraj štapa, dok se na gornjem kraju nalazi malena metalna kugla P, polumjera r . U istoj okomitoj ravnini nalaze se još dvije metalne kugle A i B, iste kao kugla P, smještene u simetričnom položaju, na udaljenosti mnogo većoj od njihovog polumjera i leže na istoj plohi kojoj se giba P. A i B povezani su pomoću dva vodiča velikog otpora i zanemarivog kapaciteta sa baterijom: A je povezan s pozitivnim polom, a B s negativnim koji je uzemljen. Neka je V napon baterije. Prilikom gibanja kugla P je povremeno i naizmjenično u dodiru s A i B. Pretpostavite da je električni otpor vodiča koji povezuju te kugle s baterijom i zemljom dovoljno visok da ih se može smatrati električno izoliranim od kruga tijekom vrlo kratkog vremena dodira sa P kuglom, ali dovoljno malen da se kugle vrte u ravnotežan položaj za manje od polovice razdoblja vremena gibanja od A do B i natrag do A.

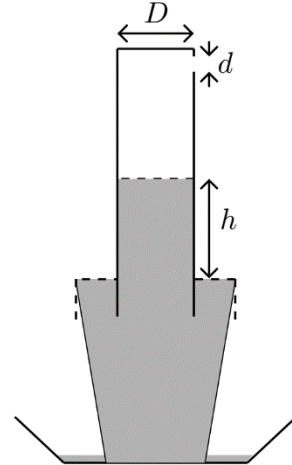


- A) Odredite, kao funkciju od V , iznos naboja Q_A koji se sakuplja na kugli A kada je P daleko od A a isto tako i naboj Q_B koji se sakuplja na B kad je P udaljen od B. Izračunajte numeričke vrijednosti uz uvjete da je $V = 2000 \text{ V}$ i $r = 2 \text{ cm}$.
- B) Nađite iznos kao funkciju od Q_A , naboja q_1 koji se nalazi na P prilikom gibanja od A do B, i onog q_2 koji se nalazi pri povratku od B do A. Razmotrite situaciju nakon puno „njihanja“ u kojoj q_1 i q_2 održavaju ista vrijednost pri svakom zamahu. Također izračunajte numeričke vrijednosti naboja u tom slučaju.
- C) Rezultat dobiven u prethodnom dijelu zadatka pokazuje da, uzimajući u obzir cijeli ciklus gibanja od A do povratka do A, postoji ukupan prijenos naboja iz A u B, a time i električna struja prosječnog intenziteta I . Odredite struju I i ekvivalentni otpor R_E , kao funkciju od Q_A , perioda oscilacija T (vrijeme potrebno od A do B i natrag do A), i napona baterije V . Izračunajte numeričke vrijednosti uz pretpostavku da P čini 95 oscilacija u minuti.

Napomena: zanemarite doprinose trenja kod uređaja i induksijske efekte između nabijenih kugla.

2. zadatak (15 bodova)

Na bočnoj strani i na dnu prozirnog cilindra promjera D probušena je mala kružna rupa promjera d . Rupa je u početku zatvorena i cilindar se puni vodom gustoće ρ_{voda} . Zatim se cilindar zaokrene i stavi u kantu do vrha napunjenu vodom. Rupa se otvori, zrak ulazi u cilindar i visina $h(t)$ razine vode (mjereno od razine površine vode u kanti) se mjeri u različitim vremenima t . Pretpostavimo da je zrak nekompresibilan fluid gustoće ρ_{zrak} i njegovo ulaženje u cilindar se može opisati pomoću laminarnog toka. Vanjski tlak je atmosferski.



- A) Nađite trenutnu brzinu razine vode u cilindru kod visine h vode.
B) Jedan učenik je pomoću udžbenika iz fizike odredio ovisnost h o vremenu:

$$\sqrt{h} = \sqrt{h_0} - \frac{d^2}{D^2} \sqrt{\frac{\rho_{voda} g}{2\rho_{zrak}}} t$$

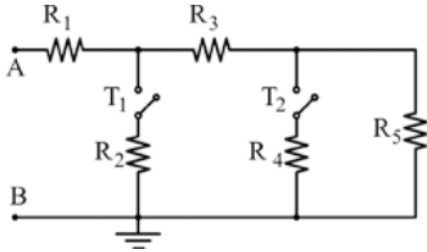
No, nije siguran u ispravnost jednadžbe i želi učinit malu eksperimentalnu provjeru. U donjoj tablici prikazana je visina h kao funkciju vremena t koju je student izmjerio. Nacrtajte prikladni „linearizirani“ graf, tj. kako ovisi \sqrt{h} o vremenu t . (U idealnom slučaju takav prikaz bi trebao rezultirati linearnom ovisnošću.)

$t(s)$	$h(cm)$
0.57	21.54
1.20	20.10
1.81	18.67
2.47	17.23
3.07	15.80
3.86	14.36
4.55	12.92
5.34	11.49

- C) Pomoću ovakvog „lineariziranog“ grafa, povlačenjem najboljeg pravca (npr. ravnalom), mogu se odrediti (očitati) nagib i odsječak na osi y . Iz grafa i sljedećih podataka $D = 6.66 \text{ cm}$, $\rho_{zrak} = 1.142 \text{ kg / m}^3$, $\rho_{voda} = 1.000 \times 10^3 \text{ kg / m}^3$, izračunajte:
- Početnu visinu i brzinu vode za $t=0$;
 - Vrijednost od d .

3. zadatak (20 bodova)

U strujnom krugu prikazanom na slici poznate su vrijednosti $R_1=2.7\text{K}\Omega$, $R_2=8\text{K}\Omega$, $R_3=400\Omega$, $R_4=6\text{K}\Omega$, $R_5=1\text{K}\Omega$. T_1 i T_2 su sklopke.



Izračunajte otpor među čvorovima A i B u sljedećim slučajevima:

- A) T_1 otvoren, T_2 zatvoren.
- B) T_1 zatvoren, T_2 otvoren.
- C) T_1 i T_2 zatvoreni
- D) T_1 i T_2 otvoreni
- E) U kojem položaju moraju biti sklopke T_1 i T_2 , tako da spajanjem izvora od 3 V na točke A i B, struja kroz R_5 bude minimalna? Odredite tu struju.

4. zadatak (20 bodova)

Dvoatomni idealni plin nalazi se u spremniku koji je na vrhu zatvoren klipom, površine $S = 200\text{ cm}^2$ i zanemarive mase, i koji je pričvršćen na opuštenu oprugu. U početku plin zauzima volumen $V_0 = 5\text{ l}$, nalazi se na temperaturi $T_0 = -30^\circ\text{C}$ i na tlaku $P_0 = 1\text{ atm}$. Sustav dolazi u kontakt s okolinom i postiže toplinsku ravnotežu s njim pri $T_k = 27^\circ\text{C}$, sabijajući oprugu za $\Delta h = 2\text{ cm}$. Izračunajte:

- A) konačni volumen V_k ;
- B) konačni tlak plina p_k ;
- C) elastičnu konstantu opruge k ;
- D) izmijenjenu toplinu s okolinom Q ako je rad plina $L = 43\text{ J}$.

Fizikalne konstante:

$$R = 8,31\text{ J/K mol}, P_{\text{atm}} = 1\text{ atm} = 101300\text{ Pa}, g = 9,81\text{ m/s}^2$$