

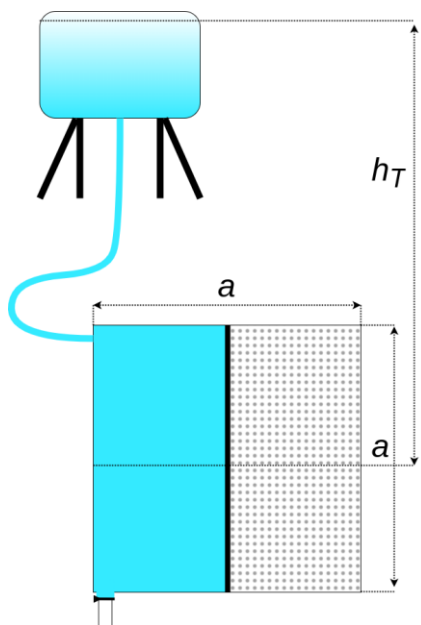
Državno natjecanje iz fizike 2025./2026.

Vodice, 12. – 15. svibnja 2026.

Srednje škole – 2. skupina

VAŽNO: Tijekom ispita učenici ne smiju imati nikakav pisani materijal (knjige, bilježnice, formule...). Za pisanje treba se koristiti kemijskom olovkom ili nalivperom. Učenici pri ruci ne smiju imati mobitel ni druge elektroničke uređaje osim kalkulatora.

1. zadatak (18 bodova)



Promotrite sustav shematski prikazan na slici koji je sastavljen od vodotornja, dovodne cijevi zanemarivog poprečnog presjeka, komore oblika kocke duljine stranice $a = 1 \text{ dm}$ s klipom zanemarive debljine koji u njoj može kliziti bez trenja i ventila. Voda ispunjava lijevi dio komore i vodotoranj do određene razine te je visinska razlika između točke u centru komore i površine vode u vodotornju jednaka $h_T = 10 \text{ m}$. Desnu polovicu komore ispunjava dvoatomni idealni plin.

U početnom trenutku, dok klip miruje, na sredini komore polako se počinje otvarati ventil tako da tok vode kroz njega ovisi o vremenu kao $I = I_0 t / \tau$, pri čemu su iznosi konstanti jednaki $I_0 = 3 \text{ L/s}$ te $\tau = 1 \text{ h}$.

a) Odredite jednadžbu koja povezuje trenutačni volumen plina V_{plin} i vrijeme t . U jednadžbi, osim volumena plina i vremena, sve ostale veličine kojima se koristite moraju biti poznate. Naputak: koristite se varijablama za zapis jednadžbe, a ne numeričkim vrijednostima, i imajte na umu da u ovom podzadatku ne morate rješavati ovu jednadžbu za te dvije nepoznanice, odnosno ne morate je sređivati te je možete zapisati u obliku $f(V_{\text{plin}}, t) = 0$.

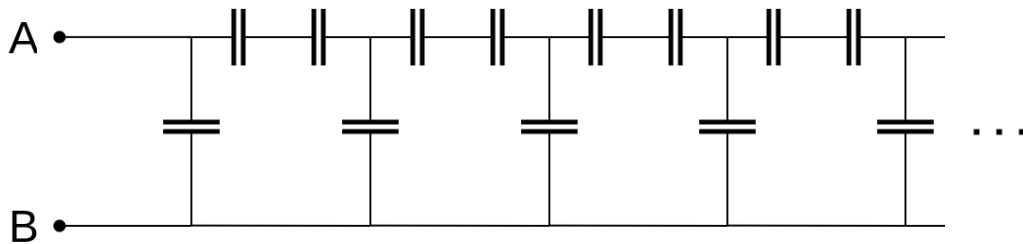
b) Odredite koliko vremena protekne do trenutka kada se volumen plina promijeni za 10% te koliki je ukupni rad kojega plin obavi u tom vremenu.

Pretpostavite da su dimenzije komore dovoljno malene u usporedbi s visinskom razlikom do razine površine vode u vodotornju tako da se hidrostatski tlak vode u komori može uzeti da je jednak u svim točkama unutar komore te uzmite da se hidrostatski tlak mjeri u centru komore. Osim toga, uzmite da je otvaranje ventila tako sporo da su sile na klip uvijek izjednačene te da su isto tako sile na klip prije otvaranja ventila izjednačene. Pretpostavite da je vodotoranj tolike zapremnine da se razina vode u njemu ne mijenja zbog protoka vode kroz cijevi, komoru i ventil te da je vodotoranj sa svoje gornje strane otvoren k atmosferi. Konačno, pretpostavite da plin

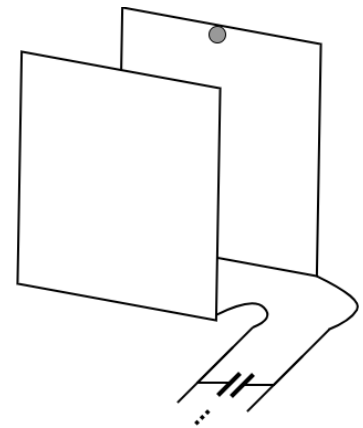
ne izmjenjuje toplinu s okolinom. Zanimarite promjene u toku vode zbog pomicanja klipa. Gustoća vode je konstantna i iznosi 1 kg/L.

2. zadatak (20 bodova)

Promotrite beskonačan sustav kondenzatora posložen u obliku ljestava čija je shema dana na slici.

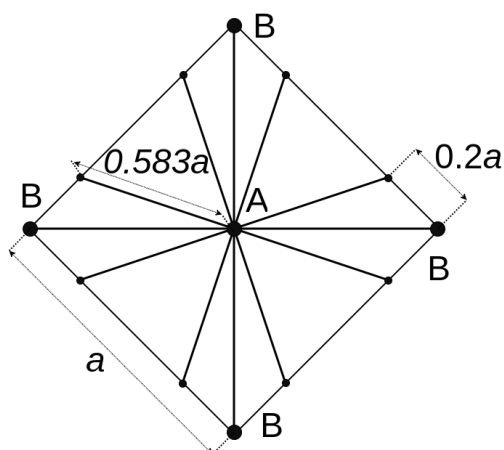


- a) Ako su kapaciteti svih kondenzatora u sustavu jednaki i iznose 20 nF, odredite koliki je ukupni kapacitet između terminala A i B sa slike. Naputak: kako je zadani sustav beskonačan, probajte ga prikazati kao spoj nekog konačnog sustava i sustava identičnog zadanom.
- b) Sustav iz prethodnog podzadatka sada nabijemo s ukupno 100 mC naboja te potom spojimo terminale A i B na ploče planparalelnog kondenzatora oblika kvadrata, duljine stranice 50 cm i razmaka među pločama 20 cm. Ploče postavimo tako da su orijentirane okomito te uz pozitivno nabijenu ploču, na njezinu gornjem rubu, pritismo malu metalnu kuglicu mase 10 g. Kada kuglica dotakne ploču, ona se nabije s 50 nC naboja te je tada pustimo u gibanje. Skica ovog postava dana je na slici desno. Odredite koliki je iznos ukupne konačne brzine koju kuglica ima kada izađe iz polja kondenzatora i koliko vremena protekne do tog trenutka.



Pretpostavite da su sve spojne žice idealni vodiči te da je električno polje unutar planparalelnog kondenzatora savršeno homogeno. Za gibanje kuglice pretpostavite da se ona u svakom sudaru s pločama nabije tako da je iznos naboja koji ona nosi 50 nC te da su ti sudari savršeno elastični. Zanimarite otpor zraka i pretpostavite da je naboj koji kuglica izmjenjuje s pločama kondenzatora dovoljno malen da ne mijenja ni naboj na pločama ni električno polje u kondenzatoru. Pretpostavite i to da nema nikakvih izboja niti curenja naboja s ploča kondenzatora. Konačno, uzmite da je permitivnost zraka jednaka permitivnosti vakuuma i iznosi $8.854 \cdot 10^{-12}$ F/m.

3. zadatak (19 bodova)



Promotrite sklop napravljen od cilindričnih otpornih žica identičnih radijusa u obliku kvadrata prikazanog shematski na slici. Sve su žice napravljene od posebnog kristala koji, kada se zagrijava, ima fazni prijelaz iz stanja visoke otpornosti u stanje niske otpornosti koja je 100 puta manja od otpornosti prije faznog prijelaza.

Istosmjerni naponski izvor spoji se s jednim svojim terminalom u točku A sklopa, dok se drugi terminal spoji paralelno na sve četiri točke B te se žice, čija je početna temperatura točno temperatura faznog prijelaza, počnu zagrijavati.

- Odredite ekvivalentni otpor tako spojenog strujnog kruga. Otpor žice u fazi visoke otpornosti čija duljina odgovara duljini stranice kvadrata je $1\ \Omega$.
- Odredite ekvivalentni otpor nakon što prva skupina žica prođe kroz fazni prijelaz. Identificirajte sve žice koje su tada prošle kroz fazni prijelaz. Naputak: razmislite kako toplina koja se oslobađa u otpornoj žici ovisi o njezinoj duljini.
- Odredite omjer vremena koliko je potrebno da prva skupina žica prođe kroz fazni prijelaz te vremena potrebnog da druga skupina žica prođe kroz fazni prijelaz. Postoje li neke žice u ovom sklopu koje nikada neće proći kroz fazni prijelaz?

Pretpostavite da nema termalnog širenja, da se prilikom faznog prijelaza kristalu ne mijenjaju ni gustoća ni oblik te da otpor svih žica ostaje konstantan dok se u potpunosti ne dovrši fazni prijelaz. Uzmite da izvor nema unutarnji otpor. Zanimarite vođenje topline i sve toplinske gubitke u sustavu.

Napomena: u ovom zadatku žicom zovemo svaki individualni ravni segment između spojeva na shemi. Spojevi su na shemi označeni krugovima te se nalaze na račvanjima sklopa, što uključuje točke A i B. Sveukupno, dakle, sklop koji promatramo ima 24 žice i 13 spojeva. Spojevi ne unose dodatan otpor u strujni krug.

4. zadatak (13 bodova)

U zatvorenoj komori s klipom nalazi se 6 mola vodikovih molekula. U komoru se ubrizga 3 mola kisikovih molekula. Potom se pomicanjem klipa volumen komore smanjuje dok se plinska smjesa ne samozapali na temperaturi od 500 stupnjeva Celzijevih. Pretpostavite da tokom ubrizgavanja plina i gibanja klipa nema izmjene topline s okolinom, da klip bez trenja klizi u horizontalnom smjeru unutar komore te da je klip za vrijeme gorenja i procesa nakon gorenja fiksiran.

- a) Odredite koja je konačna temperatura vode u komori nakon što sav vodik i kisik izgore.
- b) Nakon što je gorenje gotovo, sustavu se omogući izmjena topline s okolinom te se ovaj proces odvija dok se tlak u komori ne smanji 10 puta. Odredite konačnu temperaturu sustava, te koliko je vode u kojemu agregacijskom stanju.

Pretpostavite da se gorenje odvije trenutačno, pri čemu se po dva atoma vodika i jedan atom kisika povežu kako bi stvorili jednu molekulu vode. U takvoj reakciji oslobađa se toplina te u tom sustavu možete pretpostaviti da gorenje oslobađa efektivno 2.858 kJ/mol topline (računato po molu molekula vodika), a tako oslobođena toplina povećava unutarnju energiju sustava. Uzmite da je sva novonastala voda u plinovitom stanju.

Zanemarite volumen u komori koji zauzima voda u tekućem stanju te pretpostavite da stanje tlaka u komori nema utjecaja na ukapljivanje vode. Uzmite da se svi plinovi mogu opisati kao idealni dvoatomni plinovi (uključujući i vodenu paru, gdje uzimamo da temperatura neće biti dovoljno visoka da pobudi dodatne stupnjeve slobode). Molekule vodika i imaju po dva vodikova atoma, kao i molekule kisika koje se sastoje od po dva atoma kisika.

Fizikalne konstante:

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$p_{\text{atm}} = 1 \text{ atm} = 101300 \text{ Pa}$$

$$T_0 = -273.15 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$R = 8.314 \text{ J/Kmol}$$