

# DRŽAVNO NATJECANJE IZ FIZIKE

## 3. SKUPINA ZADATAKA

ŠKOLSKA GODINA 2024./2025.

VAŽNO: Tijekom ispita učenici se ne smiju koristiti nikakvim pisanim materijalom (knjigama, bilježnicama, formulama...). Za pisanje treba se koristiti kemijskom olovkom ili nalivperom. Učenici pri ruci ne smiju imati mobitel ni druge elektroničke uređaje osim kalkulatora.

### Zadatak 1. (19 bodova)

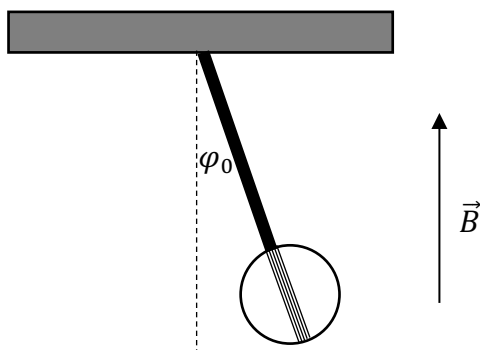
Homogena kugla mase  $M_k = 20$  g i polumjera  $r = 5$  cm visi na krutoj homogenoj šipci mase  $m = 100$  g i duljine  $L = 20$  cm zanemarujuće debljine. Oko opsega kugle (vidi sliku) namotano je 100 paralelnih, gusto namotanih zavoja bakrene žice mase  $m_z = 30$  g. Krajevi žice su spojeni tako da čine zatvorenu petlju. Kugla i šipka načinjeni su od izolatora.

Šipka je za strop pričvršćena tako da se može slobodno njihati u vertikalnom magnetskom polju jakosti 2 T. Ukupni otpor 100 zavoja bakrene žice iznosi  $4 \Omega$ .

Šipku otklonimo za mali kut  $\varphi_0 = 5^\circ$  i pustimo da njiše.

- Odredite period njihala.
- Odredite srednju struju koja se inducira u bakrenoj žici u periodu od trenutka kada smo šipku otklonili i pustili da njiše do trenutka kada je šipka po prvi puta postigla najveću brzinu.
- Odredite srednju struju koja se inducira u bakrenoj žici u periodu od trenutka kada smo šipku otklonili i pustili da njiše do trenutka  $t = T/8$ , gdje je  $T$  perioda njihala.

Primijenite aproksimaciju malih kutova  $\sin \alpha \approx \alpha$



**Zadatak 2. (16 bodova)**

Trčite konstantnom brzinom 7.2 km/h uz rub ceste, te vas sustižu kola hitne pomoći s upaljenom sirenom. Pred vama se nalazi vertikalno brdo i ulaz u tunel. Osim što čujete zvuk sirene kola hitne pomoći frekvencije  $f_1$ , čujete i zvuk jeke sirene zbog odbijanja zvuka o brdo ispred vas, no nešto drugačije frekvencije  $f_2$ . Zbog bliskih frekvencija zvuka sirene  $f_1$  i  $f_2$  čujete udare frekvencije  $f_u = |f_1 - f_2| = 8$  Hz. Prije ulaska u tunel, kola hitne pomoći vas preteknu i tada se udari više ne čuju, no čujete dva tona (zvuka) sirene čije se frekvencije razlikuju za 100 Hz. Pretpostavite da se vi i kola hitne pomoći gibate cijelo vrijeme konstantnom brzinom. Brzina zvuka u zraku iznosi 340 m/s. Odredite brzinu kola hitne pomoći i frekvenciju zvuka sirene koju biste čuli da mirujete i vi i kola hitne pomoći.

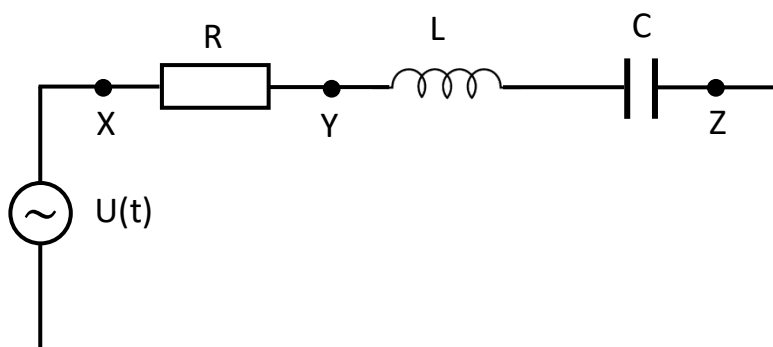
### Zadatak 3. (19 bodova)

Serijski RLC krug se može koristiti kao uskopojasni propusan ili nepropusan elektronički filter. Elektronički filtri su sklopovi koji na izlaz sklopa propuštaju samo ulazne napone točno određenih frekvencija, i to tako da za takve frekvencije izlazni napon bude gotovo jednak ulaznom naponu. Ulazni napon je izvor izmjeničnog napona, na donjoj slici označen sa  $U(t)$ , a izlazni napon se može mjeriti na krajevima RLC elemenata sklopa između točaka X i Y ili Y i Z kako je prikazano na slici dolje.

Induktivitet zavojnice iznosi 300 mH, a omski otpor  $60\ \Omega$ . Amplituda ulaznog napona iznosi 120 V.

- Odredite ovisnost pada efektivnog napona između točaka X i Y, odnosno između točaka Y i Z u odnosu na efektivni ulazni napon  $U_{\text{eff}}$ .
- Uskopojasni propusni elektronički filter na izlaz propušta samo ulazne napone točno određene frekvencije  $f_0$ , a ulazne napone ostalih frekvencija prigušuje. Na osnovu relacije izvedene pod a), odredite i obrazložite između kojih točaka (X i Y ili Y i Z) trebate mjeriti izlazni napon da bi serijski RLC krug djelovao kao uskopojasni propusni elektronički filter? Ukoliko želite propustiti korisnu frekvenciju signala od 1.5 kHz, koliki mora biti kapacitet kondenzatora?
- Uskopojasni nepropusni (zaustavni) filter na izlazu maksimalno prigušuje samo ulazni napon točno određene frekvencije  $f_0$ , dok ulazne napone ostalih frekvencija propušta gotovo nepromijenjeno. Takav se filter koristi kada iz korisnog signala želimo ukloniti signal šuma poput šuma gradske mreže pri frekvenciji 50 Hz. Na osnovu relacije izvedene pod a), odredite i obrazložite između kojih točaka (X i Y ili Y i Z) trebate mjeriti izlazni napon da bi serijski RLC krug djelovao kao uskopojasni nepropusni (zaustavni) elektronički filter? Ukoliko želite ukloniti signal šuma gradske mreže, koliki mora biti kapacitet kondenzatora?
- Prikažite grafički ovisnost izlaznog efektivnog napona o frekvenciji pod b) i c) tako da izračunate izlazne efektivne napone  $U_{XY}$  odnosno  $U_{YZ}$  za  $f = f_0$ ,  $f = 5f_0$  i  $f = \frac{1}{5}f_0$

NAPOMENA: pod b) i c) pokažite koliko iznose izlazni naponi pri frekvencijama jednakim, puno manjim i puno većim od  $f_0$



**Zadatak 4. (16 bodova)**

Homogeni puni valjak mase  $m$  i radijusa  $r$  miruje na dvije dugačke paralelne daske. Oko valjka namotana je nerastezljiva nit zanemarive mase čiji slobodan kraj potežemo konstantnom silom  $F$  vertikalno prema dolje zbog čega se valjak započinje kotrljati.

- Odredite najveću silu  $F$  kojom možemo potezati nit u ovisnosti o koeficijentu trenja i masi valjka  $m$  prije nego što valjak počne proklizavati.
- Odredite najveće ubrzanje središta valjka u ovisnosti o koeficijentu trenja za koji valjak još neće proklizati.
- Za koje vrijednosti koeficijenta trenja je moguće kotrljanje valjka bez proklizavanja, bez obzira na silu kojom potežemo nit?

Na donjoj slici je prikazan sustav sa strane i odozgo.

