

31. РЕПУБЛИЧКО ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ФИЗИКЕ УЧЕНИКА  
СРЕДЊИХ ШКОЛА РЕПУБЛИКЕ СРПСКЕ (5. април 2025)

III РАЗРЕД

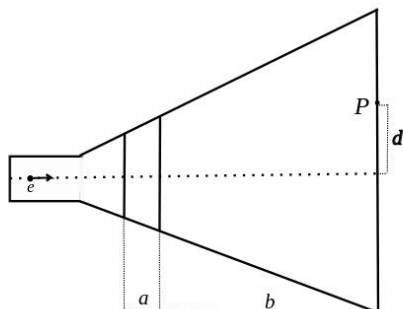
1. Филип вози бицикл брзином  $v = 10 \frac{m}{s}$  и пролази поред немирног пса који лаје на њега. Док се приближава псу, Филип чује лајање са периодом  $T_1 = 1,5 s$ . Након што је прошао поред пса, пас креће да трчи за њим одређеном брзином. Из безбједносних разлога, Филип не смије да се окрене и провјери да ли му се пас приближава, али је одлучио да искористи своја знања из физике како би то утврдио. Уколико је период лавежа који Филип сада чује  $T_2 = 1,62 s$  одредити брзину пса. Да ли Филип мора да убрза да би избјегао пса? Сматрати да Филип вози бицикл по праволинијској путањи и да пас лаје са константним периодом. Брзина звука у ваздуху је  $c = 343 \frac{m}{s}$ .

2. На хоризонталној подлози, на међусобном растојању  $l_0 = 50 \text{ cm}$ , леже два тијела маса  $12m$  и  $m$ , спојена недеформисаном опругом као на слици. Тијела се затим размакну за додатних  $32 \text{ cm}$  и пуште. За колико се повећа, или смањи, у односу на почетно растојање  $l_0$  растојање међу тијелима, када престане кретање система. Сматрати да тијела и оса опруге остају на истом правцу. Коефицијент трења клизања између тијела и подлоге износи  $\mu = 0.1$ . Ако се на поменути опругу објеси тијело  $m$ , она се истегне за  $a = 30 \text{ cm}$ .



3. У тјеменима једнакостраничног троугла са страницама  $R$  налазе се три мале проводне куглице радијуса  $r \ll R$  и наелектрисања  $q$ . Куглице се наизмјенично на кратко уземљују. Одредити потенцијал куглице која је била уземљена прва, након уземљења треће куглице.

4. У овом задатку анализираћемо рад старијих телевизијских пријемника. Схема уређаја приказана је на слици: електрони убрзани разликом потенцијала  $U$  улазе у подручје 1 ширине  $a$ , у којем постоји хомогено магнетно поље индукције  $\vec{B}$  нормално на раван слике. Након изласка из подручја 1, електрони пролазе кроз подручје 2 ширине  $b$ , након чега ударају у посебну емулзију на унутрашњој страни екрана, стварајући светлу тачку  $P$ . Током целог пута, електрони се крећу кроз вакуум, а положај светле тачке мења се у зависности од јачине магнетног поља. Одредити смјер магнетног поља тако да електрон дође у тачку  $P$ , те отклон електрона од његовог почетног правца кретања  $d$ , ако су следећи подаци:  $U = 9 \text{ kV}$ ,  $B = 0,01 \text{ T}$ ,  $a = 1 \text{ cm}$ ,  $b = 20 \text{ cm}$ , маса електрона је  $m = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$  а његово наелектрисање је  $q = -1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ .



5. Двије идентичне посуде су напуњене до врха различитим течностима. На једнаким дубинама у посудама настају мјехурићи идеалног гаса једнаке запремине, који почињу да се крећу према површини. Ако је притисак на мјехурић једнак притиску у његовој средини, потребно је извести општи израз за убрзање мјехурића. Такође, треба показати да ће мјехурићи у обје посуде за исто вријеме доћи до површине течности. За све мјехуриће сматрати да гас има исту температуру  $T$ .

Задатке припремио: *Јован Потребих*

Рецензент: *Проф. др Милан Пантић, ПМФ Нови Сад*

## РЈЕШЕЊА ЗАДАТАКА ЗА III РАЗРЕД

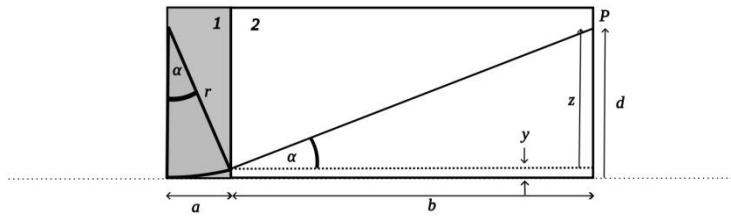
1. Када се Филип приближава псу, услед Доплеровог ефекта фреквенција лајања коју чује је  $f_1 = f_0 \frac{c+v}{c}$ , гдје је  $f_0$  фреквенција којом лаје пас. Када Филип прође поред пса и пас крене да трчи за њим, фреквенција коју чује је сада  $f_2 = f_0 \frac{c-v}{c+v_d}$ , гдје је  $v_d$  брзина пса. Користећи ове једначине закључујемо да важи:  $\frac{f_2}{f_1} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{c(c-v)}{(c+v)(c+v_d)}$  одакле једноставно налазимо:  $v_d = \left(\frac{c-v}{c+v} \frac{T_2}{T_1} - 1\right)c = 6,45 \frac{m}{s}$ . Филип, дакле, не мора да убрзава да би побјегао од пса.

2. Да би се тијело покренуло сила којом опруга дјелује на тијело  $F = kx$  (гдје је  $k = \frac{mg}{a}$  из услова задатка), треба да је већа од силе трења. За веће тијело сила трења је већа од силе опруге  $F_{\text{тр}} = 12 \mu mg > 32mg/30$  па се оно не помјера. За мање тијело сила трења је мања од силе опруге  $\mu mg < 32mg/30$  и оно осцилује пригушено са почетном амплитудом  $A_1 = 32 \text{ cm}$ . Смањење укупне енергије је једнако раду силе трења, за двије узастопне амплитуде са супротних страна равнотежног положаја важи  $kA_n^2/2 - kA_{n+1}^2/2 = \mu mg(A_n + A_{n+1})$ , па је  $A_n - A_{n+1} = 2\mu mg/k = 2\mu a = 6 \text{ cm}$ , и сусједне амплитуде су 32 (десно) 26 (лијево), 20(д), 14(л), 8(д) 2(лијево) у сантиметрима. На овој удаљености еластична сила не може да покрене тијело, па је крајње растојање тијела мање за 2 cm од почетног.

3. Како је  $r \ll R$ , може се занемарити расподјела наелектрисања на куглици индукована од стране других куглица. Потенцијал сваке од куглица прије уземљења је:  $V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{q}{r} + \frac{2q}{R}\right)$ . Када уземљимо куглицу 1, њено наелектрисање ће се промјенити тако да њен потенцијал буде нула, односно:  $0 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{q_1}{r} + \frac{2q}{R}\right) \rightarrow q_1 = \frac{-2qr}{R}$ . Након уземљења друге куглице, њен потенцијал је:  $0 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{q_2}{r} + \frac{q}{R} + \frac{q_1}{R}\right) \rightarrow q_2 = q \left(2\left(\frac{r}{R}\right)^2 - \frac{r}{R}\right)$ . Након што уземљимо трећу куглицу њен потенцијал је  $0 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{q_3}{r} + \frac{q_2}{R} + \frac{q_1}{R}\right) \rightarrow q_3 = q \left(3\left(\frac{r}{R}\right)^2 - 2\left(\frac{r}{R}\right)^3\right)$ . Коначни потенцијал прве куглице је:  $V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{q_3}{R} + \frac{q_2}{R} + \frac{q_1}{r}\right) = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{-2}{R} - \frac{r}{R^2} + 5\frac{r^2}{R^3} - 2\frac{r^3}{R^4}\right)$ .

4. Електрон, убрзан разликом потенцијала  $U$ , достиже брзину:  $v = \sqrt{\frac{2eU}{m}} = 5,62 \times 10^7 \frac{m}{s}$ . Улазећи том брзином у област 1 са магнетним пољем нормалним на правац брзине, Лоренцова сила на електрон изједначава се са центрифугалном силом, одакле се добија полупречник кружне путање електрона:  $r = \frac{mv}{eB} = 3,7 \text{ cm}$ . Да би електрон стигао до тачке  $P$ , према правилу десне руке, потребно је да смјер магнетног поља буде из слике. Изласком из области 1, електрон се од почетног правца кретања отклонио за износ  $y$ , те свој пут наставља крећући се по тангенти на кружницу у тачки у којој напушта област 1. Са слике је јасно да важи:  $y = r - r \cos \alpha$ . Како је  $\sin \alpha = \frac{a}{r}$ , важи:  $y = r - \sqrt{r^2 - a^2} =$

1,4 mm. Са слике је јасно и да је:  $z = b \operatorname{tg} \alpha = b \frac{a}{\sqrt{r^2 - a^2}} = 56,1 \text{ mm}$ . Дакле, укупни отклон од почетног правца кретања, тј. положај тачке  $P$  је:  $d = z + y = 57,5 \text{ mm}$ .



5. Почетни положај и почетна брзина мјехурића су једнаки, те ће до површине стићи у исто вријеме, под условом да су им убрзања у сваком тренутку једнака. Из једначине кретања мјехурића  $ma = \rho_f gV - mg$ , гдје је  $\rho_f gV$  сила потиска, добијамо убрзање мјехурића:  $a = g\left(\frac{\rho_f V}{m} - 1\right)$ . Са друге стране, из једначине стања идеалног гаса  $pV = \frac{m}{M}RT$  добијамо да је  $\frac{V}{m} = \frac{RT}{Mp}$ . Замјеном овог израза у формулу за убрзање добијамо:  $a = g\left(\frac{\rho_f RT}{Mp} - 1\right)$ . Из услова да је притисак на мјехурић (хидростатички притисак) једнак притиску у његовом центру, тј.  $p = \rho_f gh$  (гдје је  $h$  је дубина на којој се налази центар мјехурића) добијамо коначан израз за убрзање:  $a = g\left(\frac{RT}{Mgh} - 1\right)$ . Видимо да убрзање не зависи од густине флуида, што значи да ће се мјехурићи у обје посуде кретати истим убрзањем, тј. у исто вријеме ће стићи до површине флуида.