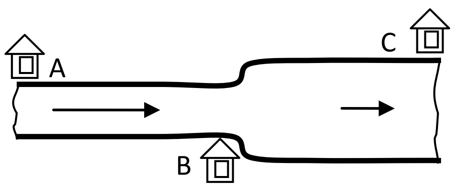
Համահայկական օլիմպիադա
Ֆիզիկա - Լուծումներ

Կրտսեր խումբ

1. A, B և C կետերը գտնվում են գետի ափին՝ հաշված հոսանքի ուղղությամբ: AB հեռավորությունը հավասար է BC հեռավորությանը: B կետում գետը լայնանում է, և գետի հոսանքի արագությունը նվազում է 2 անգամ: Դրանից ստացվում է, որ եթե C-ից B կետը մոտորանավակը հասնում է 1 ժամում, ապա B-ից A կետը մոտորանավակը հասնում է 2 ժամում: Ինչքա՞ն ժամանակում մոտորանավակը կհասնի A-ից C կետը: Մոտորանավակի սեփական արագությունը երեք դեպքերում էլ նույնն է:



Լուծում: Նշանակենք AB=BC=S, մոտորանավակի սեփական արագությունը՝ V, գետի հոսանքի արագությունը BC տեղամասում՝ U, AB տեղամասում՝ 2U: C կետից B-ն գնալիս

$V - U = \frac{S}{t_1}$, (1)

B-ից A կետ գնալիս՝

$V - 2U = \frac{S}{t_2}$.(2)

(1)-ից և (2)-ից կստանանք՝

$U = \frac{S(t_2 - t_1)}{t_1 t_2}$,(3)

$V = \frac{S(2t_2 - t_1)}{t_1 t_2}$.(4)

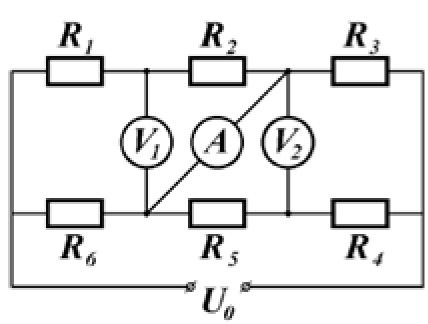
AC ճանապարհը մոտորանավակը կանցնի

$t = \frac{S}{V+2U} + \frac{S}{V+U}$ (5)

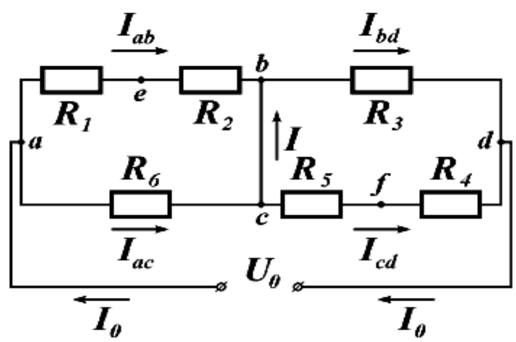
ժամանակում: Տեղադրելով (3)-ը և (4)-ը (5)-ի մեջ, կստանանք

$t = \frac{9}{10}$ ժ $= 54$ր:

2. R_1=1 Օմ, R_2=2 Օմ, R_3=3 Օմ, R_4=4 Օմ, R_5=5 Օմ և R_6=6 Օմ դիմադրությունները միացված են U_0=5,1 Վ հաստատուն լարման աղբյուրին: Դիմադրությունների միջև միացված են երկու վոլտմետր և մեկ ամպերմետր: Որոշեք դրանց U_1, U_2 և I ցուցմունքները: Սարքերը համարեք իդեալական:



Լուծում: Քանի որ ամպերմետրը և վոլտմետրերն իդեալական են, ապա դիտարկենք համարժեք սխեման (տես նկ.): Որոշենք շղթայի դիմադրությունը:



$R' = \frac{(R_1+R_2)R_6}{R_1+R_2+R_6} = 2$ Օմ

$R'' = \frac{(R_5+R_4)R_3}{R_3+R_4+R_5} = 2{,}25$ Օմ

$R_0 = R' + R'' = 4{,}25$ Օմ:

Լրիվ հոսանքը շղթայում՝ $I_0 = \frac{U_0}{R_0} = 1{,}2$ Ա:

Լարումը ab և ac տեղամասերում՝ $U_{ab} = U_{ac} = I_0R' = 2{,}4$ Վ:

Լարումը bd և cd տեղամասերում՝ $U_{bd} = U_{cd} = I_0R'' = 2{,}7$ Վ:

Հոսանքի ուժը ab տեղամասում՝ $I_{ab} = \frac{U_{ab}}{R_1+R_2} = 0{,}8$ Ա:

Հոսանքի ուժը ac տեղամասում՝ $I_{ac} = \frac{U_{ac}}{R_6} = 0{,}4$ Ա:

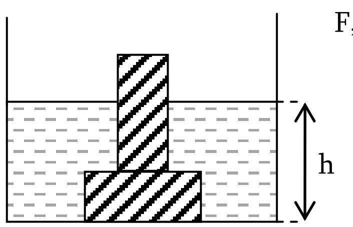
Հոսանքի ուժը bd տեղամասում՝ $I_{bd} = \frac{U_{bd}}{R_3} = 0{,}9$ Ա:

Հոսանքի ուժը cd տեղամասում՝ $I_{cd} = \frac{U_{cd}}{R_4+R_5} = 0{,}3$ Ա:

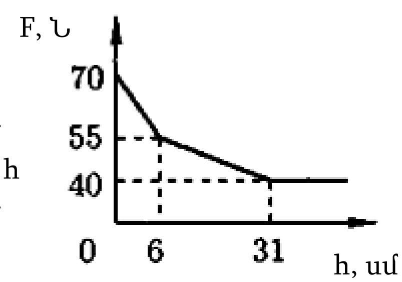
Ամպերմետրի ցուցմունքը՝ $I = I_{ac} - I_{cd} = 0{,}1$ Ա:

Վոլտմետրերի ցուցմունքներն են՝ $U_{eb} = I_{ab}R_2 = 1{,}6$ Վ և $U_{bf} = I_{cd}R_5 = 1{,}5$ Վ:

3. Միատեսակ, անհարթ մակերևույթներով երկու աղյուս դրված են ակվարիումի հատակին (նկ.1): Նկ. 2-ում պատկերված է ակվարիումի հատակին աղյուսների ճնշման ուժի՝ լցված ջրի h բարձրությունից կախվածության գրաֆիկը: Որոշեք աղյուսի կողերի a, b, c երկարությունները և դրա նյութի ρ խտությունը:



նկ.1



նկ.2

Լուծում: Երբ h=0, այսինքն դեռ ջուր լցված չէ, աղյուսներն ակվարիումի հատակին ազդում են իրենց կշռին հավասար ուժով՝ F_1=70 Ն, ընդ որում

$F_1 = 2\rho Vg$, (1)

որտեղ V-ն աղյուսի ծավալն է: Երկու ջարդվածքը F(h) կախվածության գրաֆիկի վրա լինում է այն ժամանակ, երբ ջուրը հասնում է աղյուսների վերին նիստերին: Հետևաբար, աղյուսի կողերից երկուսի երկարություններն են՝ a=6 սմ և b=31-6=25 սմ:

Երբ h=6 սմ, աղյուսների ճնշման ուժը՝ F_2=55 Ն, հավասար է աղյուսների կշռի և ստորին աղյուսի վրա ազդող արքիմեդյան ուժի տարբերությանը՝

$F_2 = 2\,\rho V g - \rho_0 V g$, (2)

որտեղ $\rho_0 = 1000$ կգ/մ³ – ջրի խտությունն է: (1)-ից և (2)-ից կստատանք

$F_1 - F_2 = \rho_0 V g$,

որտեղից էլ $V = \frac{F_1 - F_2}{\rho_0 g} = 0{,}0015$ մ³:

Աղյուսի երրորդ կողի երկարությունը կլինի՝ $c = \frac{V}{ab} = 10$ սմ: (1) հավասարումից կստանանք նաև աղյուսի խտությունը՝ $\rho = \frac{F_1}{2Vg} \approx 2300$ կգ/մ³:

4. Ջերմամեկուսացված անոթը մինչև պռունկները լցված է t_0=20°C ջերմաստիճանի ջրով: Դրա մեջ գցում են մինչև 100°C տաքացված ալյումինե դետալ: Ջերմային հավասարակշռության հաստատումից հետո ջրի ջերմաստիճանը դարձավ t_1=30,3°C: Այնուհետև նույն փորձը կատարում են երկու դետալով: Այդ դեպքում ջերմային հավասարակշռություն հաստատվելուց հետո ջրի ջերմաստիճանը դարձավ t_2=42,6°C: Ինչքա՞ն է ալյումինի c տեսակարար ջերմունակությունը: Ջրի խտությունը՝ ρ_0=1000կգ/մ³, տեսակարար ջերմունակությունը՝ c_0=4200Ջ/կգ.°C, ալյումինի խտությունը՝ ρ=2700կգ/մ³:

Լուծում: Նշանակենք m-ով դետալի զանգվածը, V-ով՝ անոթի ծավալը: Առաջին դեպքում ջերմային հաշվեկշռի հավասարումը կլինի

$cm(t - t_1) = c_0\rho_0\left(V - \frac{m}{\rho}\right)(t_1 - t_0)$, (1)

Իսկ երկրորդ դեպքում՝

$2cm(t - t_2) = c_0\rho_0\left(V - 2\frac{m}{\rho}\right)(t_2 - t_0)$. (2)

(1)-ից և (2)-ից կստանանք հավասարում c-ի որոշման համար.

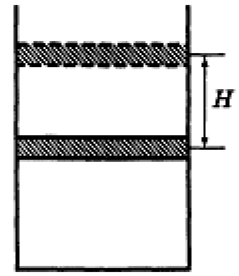
$cm\frac{t - t_1}{t_1 - t_0} - 2cm\frac{t - t_2}{t_2 - t_0} = c_0\rho_0\frac{m}{\rho}$,

որտեղից էլ

$c = \frac{c_0\rho_0/\rho}{\frac{t - t_1}{t_1 - t_0} - 2\frac{t - t_2}{t_2 - t_0}} \approx 922$ Ջ/կգ.°C:

Ավագ խումբ

1. Ուղղաձիգ գլանում, ծանր մխոցի տակ և սենյակային ջերմաստիճանի պայմաններում գտնվում է միատոմ իդեալական գազ: Մխոցը դանդաղ բարձրացնում են հավասարակշռության դիրքից H-ով և սպասում են, մինչև գազի ջերմաստիճանը նորից հավասարվի սենյակային ջերմաստիճանին: Դրանից հետո անոթը ջերմամեկուսացնում են և մխոցը բաց են թողնում: Ինչքա՞ն կիջնի մխոցը, երբ դրա տատանումները դադարեն: Անոթի և մխոցի ջերմունակությունները, ինչպես նաև դրսի օդի ճնշումն անտեսեք:



Լուծում: Սկզբնական վիճակում գազի ճնշումը՝ $P_1 = \frac{mg}{S}$, իսկ գազի վիճակի հավասարումը՝

$P_1 S H_0 = \nu RT \Rightarrow mgH_0 = \nu RT$, (1)

որտեղ m-ը մխոցի զանգվածն է, S-ը՝ մակերեսը, H_0-ն՝ մխոցի սկզբնական բարձրությունը, ν-ն՝ նյութի քանակը, T-ն՝ սենյակի ջերմաստիճանը: Վերջնական վիճակում գազի ճնշումը նույնպես P_1 է, ջերմաստիճանը՝ T_1, իսկ մխոցի բարձրությունը՝ H_0+H-h: Այդ դեպքում

$P_1 S(H_0 + H - h) = \nu RT_1 \Rightarrow mg(H_0 + H - h) = \nu RT_1$.(2)

(1)-ից և (2)-ից կստանանք.

$mg(H - h) = \nu R(T_1 - T)$. (3)

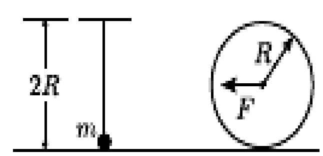
Երբ անոթը ջերմամեկուսացնում են, և մխոցն իջնում է h-ով, գազի վիճակը փոխվում է ադիաբատ պրոցեսով: Ըստ ջերմադինամիկայի I օրենքի՝

$A = \Delta U \Rightarrow mgh = \nu c_v(T_1 - T)$, (4)

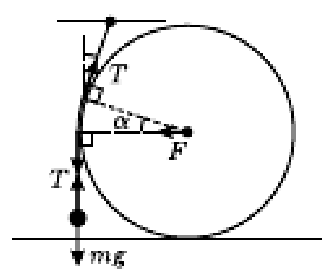
որտեղ $c_v = \frac{3}{2}R$- միատոմ իդեալական գազի մոլային ջերմունակությունն է իզոխոր պրոցեսում: (3)-ից և (4)-ից կստանանք.

$h = \frac{c_v}{c_v + R} H = \frac{3}{5} H$.

2. Հորիզոնական հարթությունից 2R բարձրության վրա, 2R երկարությամբ ճկուն, անկշիռ պարանից կախված է m զանգվածով փոքր բեռ: Ի՞նչ ամենափոքր հորիզոնական F ուժով պետք է ազդել R շառավղով գլանի վրա, որպեսզի այն դանդաղ անցնի բեռի տակով: Շփումը բացակայում է:

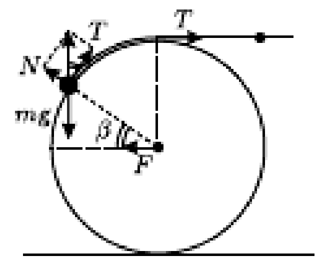


Լուծում: Գլանի դանդաղ շարժման ժամանակ քանի դեռ բեռը չի հպվում գլանին, թելի ձգման ուժը հավասար է T=mg. Գլանի և դրա վրա գտնվող պարանի կտորի հավասարակշռության պայմանից հետևում է, որ գլանի վրա ազդող F ուժը հավասար պետք է լինի F=Tsinα=mgsinα, որտեղ α-ն պարանի թեք մասի կազմած անկյունն է ուղղաձիգի հետ: Քանի որ պարանի երկարությունը՝ 2R>πR/2, ապա F ուժն աստիճանաբար մեծանում է զրոյից մինչև mg-ին հավասար առավելագույն արժեք:



Երբ բեռը հպվում է գլանին, ապա դրա հավասարակշռության պայմմանից հետևում է, որ թելի ձգման ուժը կփոքրանա T=mgsinβ օրենքով, որտեղ β-ն հորիզոնի և բեռին տարված շառավղի կազմած անկյունն է:

Եթե դիտարկենք գլանից, բեռից և գլանի վրա գտնվող պարանի կտորից կազմված համակարգի հավասարակշռությունը, ապա F ուժի համար կստանանք.



F=T= mgsinβ :

Այսպիսով, բեռը գլանի հետ հպվելուց հետո F ուժը նվազում է mg արժեքից մինչև զրո: Հետևաբար, նվազագույն ուժը, որով կարելի է գլանը դանդաղ անցկացնել բեռի տակով, հավասար է F_{min}=mg:

3. Աշակերտը նկատեց, որ օդի d_1=1 մմ տրամագծով պղպջակը ρ_1=1 գ/սմ^3 խտությամբ ջրում բարձրանում է v_1=0,5 սմ/վ արագությամբ, d_2=2 մմ տրամագծով պղպջակը՝ v_2=2 սմ/վ արագությամբ, իսկ նույն տրամագծով ρ_2=5 գ/սմ^3 խտությամբ մետաղե գնդաձև կոտորակը սուզվում է ջրում v_3=8 սմ/վ արագությամբ: Ի՞նչ արագությամբ կբարձրանա ջրում ρ=2/3 գ/սմ^3 խտությամբ և d_3=3 մմ տրամագծով գնդիկը: Համարեք, որ դիմադրության ուժի կախումը գնդիկի արագությունից և տրամագծից աստիճանային է և նույնն է բոլոր նշված մարմինների համար:

Լուծում: Մարմինների վրա ազդող ջրի դիմադրության ուժի կախումը մարմնի արագությունից և տրամագծից ներկայացնենք հետևյալ տեսքով՝ $F_դ=Ad^nv^m$, որտեղ A-ն համեմատականության գործակիցն է, իսկ n-ը և m-ը անհայտ ցուցիչներ են: Առաջին և երկրորդ դեպքերում օդի պղպջակի վրա ազդող արքիմեդյան ուժը հավասարակշռվածէ ջրի դիմադրության ուժով, հետևաբար՝

$\rho_1\frac{\pi}{6}d_1^3 = Ad_1^nv_1^m$, (1)

$\rho_1\frac{\pi}{6}d_2^3 = Ad_2^nv_2^m$. (2)

Բաժանելով այս հավասարումներն իրար վրա և տեղադրելով d_1-ի, d_2-ի, v_1-ի և v_2-ի արժեքները, կստանանք՝

$2m = 3 - n$. (3)

d_2 տրամագծով մետաղե գնդիկը ջրում սուզվելիս հավասարակշռում են ծանրության, արքիմեդյան և ջրի դիմադրության ուժերը.

$(\rho_2-\rho_1)\frac{\pi}{6}d_2^3 = Ad_2^nv_3^m$.(4)

Բաժանելով (2)-ը և (4)-ն իրար վրա, և տեղադրելով ρ_1-ի, ρ_2-ի, v_2-ի և v_3-ի արժեքները, կստանանք m=1, հետևաբար նաև n=1.

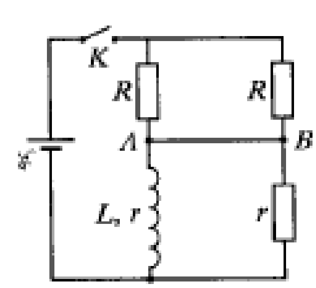
Վերջին դեպքի համար կարող ենք գրել՝

$(\rho_1-\rho)\frac{\pi}{6}d_3^3 = Ad_3v$.(5)

Օգտագործելով (5)-ը և (4)-ը, և տեղադրելով վերջինում m=n=1, v-ի համար կստանանք՝

$v = v_3\frac{\rho_1-\rho}{\rho_2-\rho_1}\left(\frac{d_3}{d_2}\right)^2$=1,5 սմ/վ:

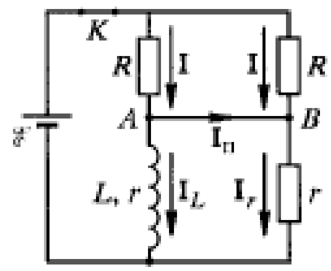
4. Նկարում պատկերված սխեմայում սկզբնական պահին K բանալին բաց է: L ինդուկտիվությամբ կոճն ունի r օհմական դիմադրություն: Ինչքա՞ն լիցք կանցնի AB հաղորդալարով K բանալին փակելուց հետո: Հոսանքի աղբյուրի ներքին դիմադրությունը և AB հաղորդալարի դիմադրությունը կարելի է անտեսել: Հայտնի են նաև հոսանքի աղբյուրի ℰ ԷլՇՈւ-ն և հաղորդիչների R և r դիմադրությունները:



Լուծում: Նկարում պատկերված է հոսանքների բաշխումը շղթայում K բանալին փակելուց ինչ-որ ժամանակ հետո (հոսանքները դեռ հաստատված չեն)։ Երկու R դիմադրություններով հոսանքի ուժերը հավասար են, քանի որ դրանք կարճ միացված են AB հաղորդալարով, այսինքն՝ զուգահեռ են միացված։ A և B հանգույցների համար տեղի ունի հոսանքների անընդհատության պայմանը.

$I_L = I - I_h$, (1)

$I_r = I + I_h$, (2)



որտեղ I_h –ն AB հաղորդալարով անցնող հոսանքի ուժն է։ Կոճով, r դիմադրությունով և AB հաղորդալարով կազմված փակ կոնտուրի համար, ըստ Կիրխհոֆի II կանոնի՝

$\mathcal{E}_L = -L\frac{\Delta I_L}{\Delta t} = I_L r - I_r r$.(3)

(1), (2) և (3)-ից կստանանք հետևյալ հավասարումը.

$L\Delta I_L = 2I_h \Delta t r \Rightarrow L\Delta I_L = 2\Delta q r$, (4)

որտեղ Δq - ն Δt անվերջ փոքր ժամանակում AB հաղորդալարով անցած լիցքն է։ Բաժանելով շղթայում հոսանքների հաստատման ժամանակը այդպիսի անվերջ փոքր ժամանակահատվածների, յուրաքանչյուրի համար գրելով (4)-ի նման հավասարումներ և գումարելով դրանք, կստանանք՝

$LI_{\text{հաստ}} = 2Qr$, (5)

որտեղ $I_{\text{հաստ}}$ –ը կոճում հաստատված հոսանքն է, Q-ն՝ AB հաղորդալարով անցած լրիվ լիցքը։ Քանի որ հաստատված վիճակում AB հաղորդալարով հոսանք չի անցնում, ապա

$I_{\text{հաստ}} = \frac{\mathcal{E}}{R+r}$.(6)

Այսպիսով, (5)-ից և (6)-ից կստանանք՝

$Q = \frac{L\mathcal{E}}{2r(R+r)}$ ։