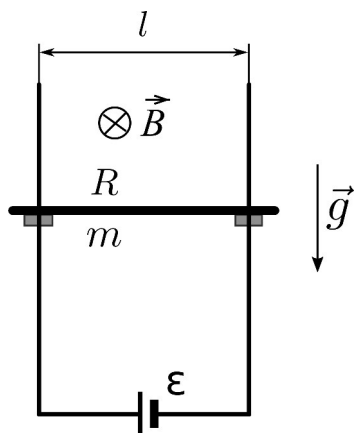


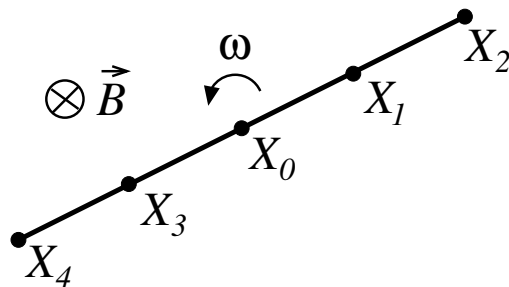


III разред

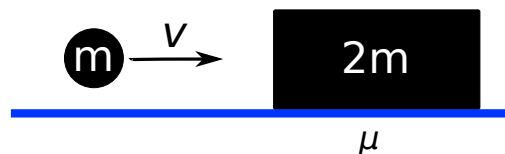
- Магнетни лифт (илустрован на слици) састоји се од шипке која лежи на изолаторском постољу и у контанту је са савршено проводним жицама, које су повезане са извором електромоторне силе. Механички спој шипке и постоља не дозвољава кретање шипке наниже. Нормално на раван цртежа, делује магнетно поље индукције B . Електромоторна сила извора се мења по закону $\varepsilon = \beta t$, почевши од тренутка $t = 0$. Уколико је дужина шипке l , отпорност шипке R и њена маса m , нацртати график зависности убрзања шипке од времена, од тренутка укључивања прекидача. У ком тренутку T шипка почиње да се креће? Занемарити индуковану електромагнетну силу. Убрзање Земљине теже је g . (20 поена)
- Проводни рам отпорности R налази се у временски променљивом магнетном пољу. У временском интервалу $0 \leq t \leq 10$ s, магнетни флуks кроз рам је $\Phi = 10t - t^2$ [Wb], где је време изражено у секундама. Одредити како напон зависи од времена, као и укупно наелектрисање протекло кроз рам током овог интервала. (20 поена)
- а) Проводна шипка дужине L ротира око своје средине у равни нормалној на магнетно поље \vec{B} . Обележимо тачку у средини шипке са X_0 , крајеве шипке са X_4 и X_2 , тачку на средини између X_0 и X_2 са X_1 , а тачку на средини између X_0 и X_4 са X_3 , као на приложеној слици. Приметите да поље увире одозго у раван цртежа. Ако дефинишемо електрични потенцијал тачке X_0 као $V_0 = 0$, наћи електричне потенцијале V_1, V_2, V_3 и V_4 тачака X_1, X_2, X_3 и X_4 . б) Сијалица малог отпора спојена је крутим проводником између тачака X_2 и X_0 . Да ли ће сијалица светлети? Објасните. (20 поена)
- Малог Перицу је мајка изгрдила због несмотрене употребе фена мокрим рукама и упозорила на опасност од електричног удара. Перица је проценио ризик свог понашања користећи непресушни извор, што тачних што нетачних, информација - интернет. На страници Википедије о електричној проводности воде нашао је контрадикторне информације. Проводност воде се знатно мења са количином растворених примеса. Вода из чесме заиста јесте добар проводник, док дејонизована вода има изразито ниску проводност од само $\sigma_{djv} = \frac{1}{\rho_{djv}} = 7,5 \cdot 10^{-5} \frac{1}{\Omega m}$. Знајући да је боље измерити него веровати, Перица је одлучио да измери проводност воде са чесме, σ . У суд облика квадрата, висине и ширине $d = 1$ cm, а дужине $l = 1$ m, сипао је воду и покушао измерити њену отпорност на следећи начин: у оба краја суда је уронио електроде које је повезао са извором константне струје I , а волтметром је мерио пад напона V између различитих тачака. Мерећи између крајева суда добио је отпор $R_1 = \frac{V_1}{I} = 425,53$ k Ω , а између једног краја и средине суда $R_2 = \frac{V_2}{I} = 270,27$ k Ω . Изненађен нелинеарном зависношћу Перица је узрок успешно идентификовао у неидеалности свог волтметра - он се понаша као идеални волтметар паралелно везан на отпор R' . Помозимо Перици да одреди праву вредност проводности воде као и улазну отпорност R' свог волтметра. (20 поена)
- Лоптица налеће константном хоризонталном брзином v на блок дупло веће масе који мирује на хоризонталној подлози, коефицијента трења μ (слика). Одредити који пут блок пређе од судара са лоптицом до свог заустављања. Судар лоптице и блока је идеално еластичан. Убрзање Земљине теже је g . (20 поена)



Слика уз задатак 1.



Слика уз задатак 3.

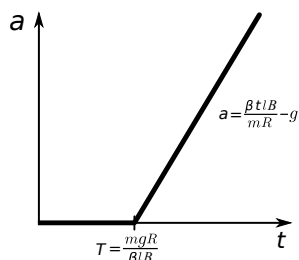


Слика уз задатак 5.



III разред

- Када се прекидач укључи, кроз проводни штап ће потећи струја $I = \frac{\varepsilon}{R}$ [1п], и на штап деловати Амперова сила $F_A = IlB$ [2п], усмерена наврше. Када ова сила надјача силу Земљине теже, штап ће почети да се креће. Убрзање лифта одређено је другим Њутновим законом $ma = F_A - mg$ [3п], одакле је $a = \frac{\varepsilon l B}{m R} - g$ [2п], односно $a = \frac{\beta t l B}{m R} - g$ [2п]. Штап ће отпочети са кретањем у тренутку када је $a = 0$ [2п], односно $T = \frac{m g R}{\beta l B}$ [3п]. График убрзања у функцији времена приказан је на приложеној слици [5п].
- Фарадејев закон електромагнетне индукције даје напон као $V(t) = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -\frac{\Phi(t+\Delta t) - \Phi(t)}{\Delta t}$, [3п] заменом $\Phi(t)$ из поставке задатка добија се $V(t) = -\frac{10\Delta t - t^2 - (t+\Delta t)^2}{\Delta t}$ [V] [4п]. У лimesу кад $\Delta t \rightarrow 0$ имамо $V(t) = 2t - 10$ [V] [3п]. Протекло наелектрисање у интервалу времена од t до $t + \Delta t$, једнако је $\Delta q(t) = I(t)\Delta t = V(t)/R\Delta t = -\Delta\Phi(t)/R$ [3п]. Укупно протекло наелектрисање једнако је суми по свим временским интервалима од $t = 0$ s до $t = 10$ s, што укупно даје $q = (\Phi(t = 0) - \Phi(t = 10))/R$ [4п], а заменом бројних вредности добија се $q = 0$ C [3п].
- а) Сегмент штапа између тачака X_0 и X_i , ($i = 1, 2, 3, 4$), сече линије сила магнетног поља, што индукује електричне потенцијале у тачкама X_i . Разлика потенцијала тачака X_0 и X_i и промена магнетног флукса у јединици времена кроз сегмент кружнице који део штапа између њих пребрише једнаки су по апсолутној вредности, $|V_i| = |\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}| = \frac{1}{2}B\omega|l_i|^2$, где су l_i растојања тачака X_i од X_0 [8п]. Добијамо $|V_1| = |V_3| = \frac{1}{32}B\omega L^2$, $|V_2| = |V_4| = \frac{1}{8}B\omega L^2$ [2п]. Користећи правац силе која би деловала на наелектрисања везана за штап, одређујемо знаке потенцијала, $V_1 = \frac{1}{32}B\omega L^2$, $V_2 = \frac{1}{8}B\omega L^2$, $V_3 = \frac{1}{32}B\omega L^2$ и $V_4 = \frac{1}{8}B\omega L^2$ [5п]. Напомена: признати и друге тачне начине одређивања знака потенцијала. б) Пошто се флукс кроз круту контуру не мења, неће бити индуковане електромоторне силе и сијалица неће светлети [3п]. Индукована разлика потенцијала ће бити компензована када се у обзир узме цела контура [2п]. Напомена: признати и образложења која се позивају на прерасподелу наелектрисања у проводнику и компензацију индуковане разлике потенцијала.
- Ако са R означимо отпорност целог суда са водом, у случају када се мери између крајева суда, пад напона износи $V_1 = IR_1$, где је $R_1 = R||R' = \frac{RR'}{R+R'}$ [3п] вредност отпора коју је Перица срачунао, R је отпор воде, а R' је унутрашњи отпор волтметра. У случају када се напон мери између једног краја и средине суда отпор између те две тачке износи $R_2 = R||R' = \frac{R'R/2}{R'+R/2}$ [3п]. Решавањем овог система једначина по R и R' добијамо $R = \frac{R_1R_2}{R_1-R_2}$ [2п] и $R' = \frac{R_1R_2}{2R_2-R_1}$ [2п]. Заменом бројних вредности добија се $R = 740,74$ k Ω [2+1п], $R' = 1$ M Ω [2+1п]. Уз помоћ $R = \frac{l}{d^2\sigma}$ [1п], заменом бројних вредности из услова задатка добија се $\sigma = 13,5$ mS/m = $1,35 \cdot 10^{-2} \frac{1}{\Omega m}$ [2+1п]. Напомене: Прихватити као тачан резултат изражен у S/m и у 1/ Ωm . Ако је коректно израчунта проводност σ , а недостаје резултат за отпор R , доделите и бодове за рачунање R .
- Судар лоптице са блоком је апсолутно еластичан, па ће важити закони одржања енергије и импулса, односно $mv = Mv_1 - mv_2$ [3п], $\frac{mv^2}{2} = \frac{Mv_1^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2}$ [3п], где су v_1 и v_2 редом брзине блока и лоптице после судара и важи $M = 2m$. Решавањем овог система једначина добија се брзина блока после судара $v_1 = \frac{2}{3}v$ [6п]. Кинетичка енергија блока трошиће се на рад силе трења $\frac{Mv_1^2}{2} = \mu Mgs$ [6п], одакле је пређени пут до заустављања једнак $s = \frac{2v^2}{9\mu g}$ [2п].



Слика уз решење задатка 1.

У свим задацима тачна бројна вредност доноси [2п] и тачна јединица [1п].

Задатке припремили: др Владан Павловић, Природно-математички факултет, Ниш

Марко Кузмановић, Universite Paris-Sud, France

Илија Иванишевић, Институт за физику, Београд

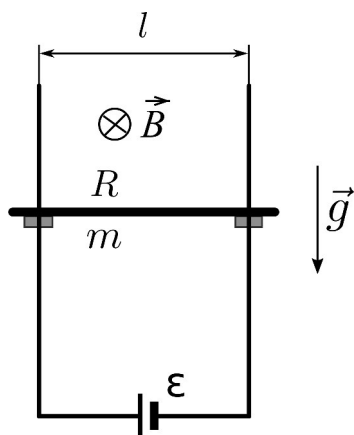
Рецензент: др Димитрије Степаненко, Институт за физику, Београд

Председник Комисије за такмичења средњих школа: др Божидар Николић, Физички факултет, Београд

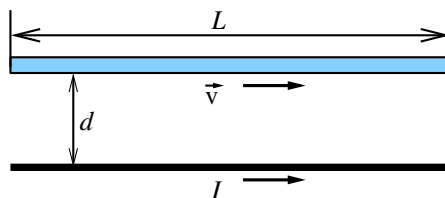


III разред

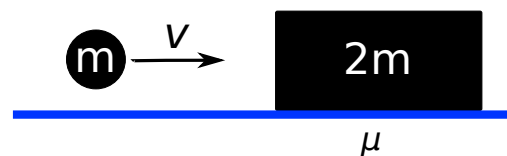
- Магнетни лифт (илустрован на слици) састоји се од шипке која лежи на изолаторском постољу и у контанту је са савршено проводним жицама, које су повезане са извором електромоторне силе. Механички спој шипке и постоља не дозвољава кретање шипке наниже. Нормално на раван цртежа, делује магнетно поље индукције B . Електромоторна сила извора се мења по закону $\varepsilon = \beta t$, почевши од тренутка $t = 0$. Уколико је дужина шипке l , отпорност шипке R и њена маса m , нацртати график зависности убрзања шипке од времена, од тренутка укључивања прекидача. У ком тренутку T шипка почиње да се креће? Занемарити индуковану електромагнетну силу. Убрзање Земљине теже је g . (20 поена)
- Проводни рам отпорности R налази се у временски променљивом магнетном пољу. У временском интервалу $0 \leq t \leq 10$ s, магнетни флуks кроз рам је $\Phi = 10t - t^2$ [Wb], где је време изражено у секундама. Одредити како напон зависи од времена, као и укупно наелектрисање протекло кроз рам током овог интервала. Колико је протекло наелектрисање ако је флуks дат као $\Phi = \cos(t\pi/10)(5 - t)$ [Wb]? (20 поена)
- Дуг, танак и прав изолаторски штап дужине L равномерно је наелектрисан наелектрисањем Q и постављен је на растојању d паралелно правом бесконачном проводнику кроз који протиче струје јачине I . Штап се креће дуж своје осе брзином интензитета v . Наћи интензитет силе интеракције штапа и проводника. Претпоставити да је магнетна пропустљивост средине једнака магнетној пропустљивости вакуума μ_0 . (20 поена)
- Малог Перицу је мајка изгрдила због несмотрене употребе фена мокрим рукама и упозорила на опасност од електричног удара. Перица је проценио ризик свог понашања користећи непресушни извор, што тачних што нетачних, информација - интернет. На страници Википедије о електричној проводности воде нашао је контрадикторне информације. Проводност воде се знатно мења са количином растворених примеса. Вода из чесме заиста јесте добар проводник, док дејонизована вода има изразито ниску проводност од само $\sigma_{djv} = \frac{1}{\rho_{djv}} = 7,5 \cdot 10^{-5} \frac{1}{\Omega m}$. Знајући да је боље измерити него веровати, Перица је одлучио да измери проводност воде са чесме, σ . У суд облика квадрата, висине и ширине $d = 1$ cm, а дужине $l = 1$ m, сипао је воду и покушао измерити њену отпорност на следећи начин: у оба краја суда је уронио електроде које је повезао са извором константне струје I , а волтметром је мерио пад напона V између различитих тачака. Мерећи између крајева суда добио је отпор $R_1 = \frac{V_1}{I} = 425,53$ k Ω , а између једног краја и средине суда $R_2 = \frac{V_2}{I} = 270,27$ k Ω . Изненађен нелинеарном зависношћу Перица је узрок успешно идентификовао у неидеалности свог волтметра - он се понаша као идеални волтметар паралелно везан на отпор R' . Помозимо Перици да одреди праву вредност проводности воде као и улазну отпорност R' свог волтметра. (20 поена)
- Лоптица налеће константном хоризонталном брзином v на блок дупло веће масе који мирује на хоризонталној подлози, коефицијента трења μ (слика). Одредити који пут блок пређе од судара са лоптицом до свог заустављања. Судар лоптице и блока је идеално еластичан. Убрзање Земљине теже је g . (20 поена)



Слика уз задатак 1.



Слика уз задатак 3.



Слика уз задатак 5.

Задатке припремили: *др Владан Павловић*, Природно-математички факултет, Ниш

Марко Кузмановић, Universite Paris-Sud, France

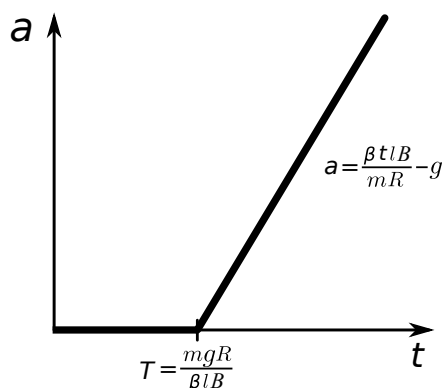
Илија Иванишевић, Институт за физику, Београд

Рецензент: *др Димитрије Степаненко*, Институт за физику, Београд

Председник Комисије за такмичења средњих школа: *др Божидар Николић*, Физички факултет, Београд



- Када се прекидач укључи, кроз проводни штап ће потећи струја $I = \frac{\varepsilon}{R}$ [1п], и на штап деловати Амперова сила $F_A = I l B$ [2п], усмерена навише. Када ова сила надјача силу Земљине теже, штап ће почети да се креће. Убрзање лифта одређено је другим Њутновим законом $ma = F_a - mg$ [3п], одакле је $a = \frac{\varepsilon l B}{m R} - g$ [2п], односно $a = \frac{\beta t l B}{m R} - g$ [2п]. Штап ће отпочети са кретањем у тренутку када је $a = 0$ [2п], односно $T = \frac{m g R}{\beta l B}$ [3п]. График убрзања у функцији времена приказан је на приложеној слици [5п].
- Фарадејев закон електромагнетне индукције даје напон као $V(t) = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -\frac{\Phi(t+\Delta t) - \Phi(t)}{\Delta t}$, [3п] заменом $\Phi(t)$ из поставке задатка добија се $V(t) = -\frac{10\Delta t - t^2 - (t+\Delta t)^2}{\Delta t}$ [V] [3п]. У лимесу кад $\Delta t \rightarrow 0$ имамо $V(t) = 2t - 10$ [V] [3п]. Протекло наелектрисање у интервалу времена од t до $t + \Delta t$, једнако је $\Delta q(t) = I(t)\Delta t = V(t)/R\Delta t = -\Delta\Phi(t)/R$ [3п]. Протекло наелектрисање једнако је суми по свим временским интервалима од $t = 0$ до $t = 10$ s, што укупно даје $q = (\Phi(t = 0) - \Phi(t = 10))/R$ [2п], а заменом бројних вредности добија се $q = 0$ C [3п]. Директном применом истог принципа и за други случај добија се такође $q = 0$ C [3п].
- Наелектрисани штап који се креће еквивалентан је струји интензитета $I_s = \frac{Qv}{L}$ [5п]. Зато је сила интеракције штапа и проводника са струјом једнака сили између проводника који носе струје I_s и I . По Амперовом закону, сила по јединици дужине штапа је $\frac{F}{L} = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{I \cdot I_s}{d}$ [5п]. Заменом израза за I_s , добијамо силу по јединици дужине $\frac{F}{L} = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{IQv}{dL}$ [5п], и укупну силу $F = \frac{\mu_0 IQv}{2\pi d}$ [5п].
- Ако са R означимо отпорност целог суда са водом, у случају када се мери између крајева суда, пад напона износи $V_1 = IR_1$, где је $R_1 = R \parallel R' = \frac{RR'}{R+R'}$ [3п] вредност отпора коју је Перица срачунао, R је отпор воде, а R' је унутрашњи отпор волтметра. У случају када се напон мери између једног краја и средине суда, отпор између те две тачке износи $R_2 = R \parallel R' = \frac{R' R/2}{R'+R/2}$ [3п]. Решавањем овог система једначина по R и R' добијамо $R = \frac{R_1 R_2}{R_1 - R_2}$ [2п] и $R' = \frac{R_1 R_2}{2R_2 - R_1}$ [2п]. Заменом бројних вредности добија се $R = 740,74$ k Ω [2+1п], $R' = 1$ M Ω [2+1п]. Уз помоћ $R = \frac{l}{d^2\sigma}$ [1п], заменом бројних вредности из услова задатка добија се $\sigma = 13,5$ mS/m = $1,35 \cdot 10^{-2} \frac{1}{\Omega m}$ [2+1п]. Напомене: Прихватити као тачан резултат изражен у S/m и у 1/ Ωm . Ако је коректно израчунао проводност σ , а недостаје резултат за отпор R , доделите и бодове за рачунање R .
- Судар лоптице са блоком је апсолутно еластичан, па ће важити закони одржања енергије и импулса, односно $Mv_1 - mv_2 = Mv_1' - mv_2'$ [3п], $\frac{mv_1^2}{2} = \frac{Mv_1'^2}{2} + \frac{mv_2'^2}{2}$ [3п], где су v_1 и v_2 редом брзине блока и лоптице после судара и важи $M = 2m$. Решавањем овог система једначина добија се брзина блока после судара $v_1 = \frac{2}{3}v$ [6п]. Кинетичка енергија блока трошиће се на рад силе трења $\frac{Mv_1^2}{2} = \mu Mgs$ [6п], одакле је пређени пут до заустављања једнак $s = \frac{2v^2}{9\mu g}$ [2п].



Слика уз решење задатка 1.

У свим задацима тачна бројна вредност доноси [2п] и тачна јединица [1п].

Задатке припремили: др Владан Павловић, Природно-математички факултет, Ниш

Марко Кузмановић, Universite Paris-Sud, France

Илија Иванишевић, Институт за физику, Београд

Рецензент: др Димитрије Степаненко, Институт за физику, Београд

Председник Комисије за такмичења средњих школа: др Војислав Николић, Физички факултет, Београд