



ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ФИЗИКЕ УЧЕНИКА СРЕДЊИХ ШКОЛА
ШКОЛСКЕ 2015/2016. ГОДИНЕ.



III РАЗРЕД

Друштво физичара Србије
Министарство просвете, науке и технолошког развоја
Републике Србије
ЗАДАЦИ – фермионска категорија

ОКРУЖНИИ НИВО
13.3.2016.г.

1. Размотримо да ли је у филму "In time" дошло до филмске грешке повезане са временом. У овом филму Вил Салас, кога глуми Џастин Тимберлејк, треба да се нађе са својом мајком, која се налази на другом крају града. План је да мајка дође аутобусом до станице на којој је Џастин чека. Веома им је важно да се састану за мање од $t = 1,5$ h. Међутим, мајка не успева да уђе у аутобус, и зато креће да трчи ка сину истовремено када је кренуо и аутобус. Њој је потребно $t_{PM} = 2$ h да претрчи растојање до сина. Када аутобус стигне на станицу на којој је Џастин, он одмах примети да у њему нема његове мајке. Џастин одмах креће да трчи мајци у сусрет и они се сусретну тачно на време. Уколико је аутобусу за прелазак овог растојања потребно између $t_{A1} = 15$ min и $t_{A2} = 30$ min, у зависности од саобраћајне гужве, колико пута је просечна брзина Џастина већа од просечне брзине његове мајке? Знајући да просечан одрастао мушкарац трчи брже од своје мајке, да ли можемо рећи да је у филму начињена грешка? (20 поена)

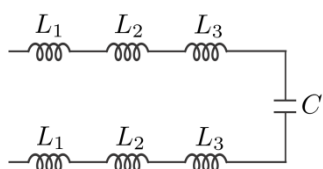
2. Бакарне телефонске жице оригинално су дизајниране за говорну комуникацију, ондосно да преносе звук из говорног опсега фреквенци од 300 Hz до 3400 Hz. Међутим, са напретком интернет технологија исте телефонске жице су искоришћене и за АДСЛ, чији је опсег фреквенци од 25 kHz до 1,1 MHz. Како би се АДСЛ сигнал одвојио од говорног на телефонским линијама су инстлирани филтери који пропуштају фреквенце из опсега $[10^{-1}f_0, 10f_0]$, где је f_0 резонантна фреквенца LC кола приказаног на слици. Ако је $L_1 = 40$ μ H, $L_2 = 220$ μ H, $L_3 = 10$ μ H и $C = 3,5$ nF показати да опсег фреквенци које такав филтер пропушта обухвата опсег АДСЛ фреквенци. (20 поена)

3. Линеарни хармонијски осцилатор креће се дуж x осе по закону $x = x_0 + A \sin(\omega t + \varphi)$. График зависности положаја од времена приказан је на слици. Одредити x_0 , A , ω и φ . Нацртати график зависности пројекције брзине и убрзања на x осу у функцији од времена. (20 поена)

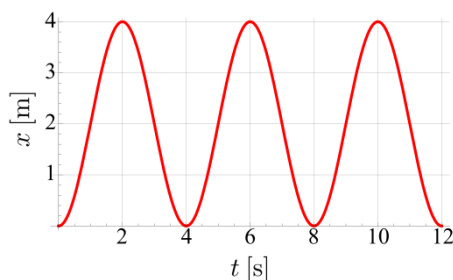
4. Магнетна резонанца (МР) има велику примену у медицинској дијагностици. Приликом снимања тело пацијента се поставља у МР уређај са снажним хомогеним магнетним пољем индукције $B = 1,5$ T. Магнетно поље потиче од великог соленоида, дужине $l = 1,5$ m и пречника $d = 0,5$ m, у чијој унутрашњости је заправо смештен пацијент.

- а) Израчунати енергију магнетног поља E унутар МР уређаја? Магнетна пропустљивост вакуума је $\mu_0 = 1,26 \cdot 10^{-6}$ Tm/A.
б) Ако приликом снимања кроз соленоид протиче електрична струја јачине $I = 100$ A, израчунати индуктивност соленоида.
в) Којом брзином треба да се креће аутомобил масе $m = 1000$ kg да би имао кинетичку енергију E . (20 поена)

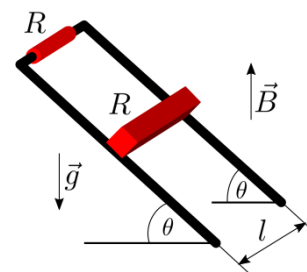
5. Штап масе m , отпора R и дужине l клизи низ две паралелне проводне шине, које су нагнуте под углом θ у односу на хоризонталу и спојене на врху шипком отпора R (видети слику). Систем се налази у хомогеном вертикалном магнетно пољу индукције B , са смером вертикално навише. Штап је пуштен из стања мировања да се слободно креће. После неког времена, брзина штапа ће постати константа. Одредити ову брзину, као и јачину струје која протиче кроз штап када његова брзина постане константна. Убрзање Земљине теже је g . Занемарити трења у систему. (20 поена)



Слика уз задатак 2



Слика уз задатак 3



Слика уз задатак 5

Задатке припремили:

Владан Павловић, Природно-математички факултет, Ниш
Владимир Вељић, Институт за физику, Београд
Марко Кузмановић, Физички факултет, Београд

Рецензент: др Димитрије Степаненко,

Институт за физику, Београд

Председник Комисије за такмичења:

др Божидар Николић, Физички факултет, Београд



ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ФИЗИКЕ УЧЕНИКА СРЕДЊИХ ШКОЛА
ШКОЛСКЕ 2015/2016. ГОДИНЕ.

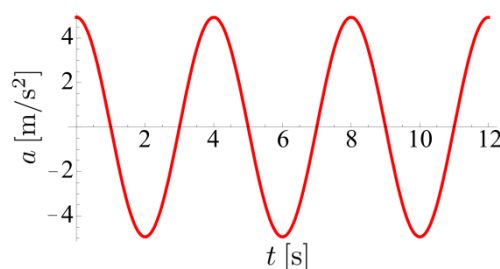
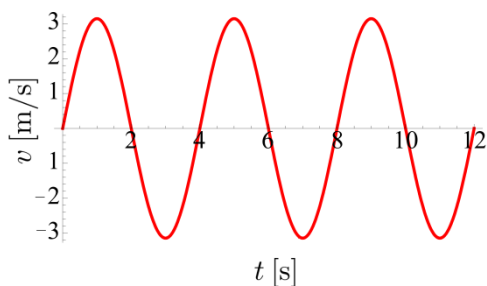


III РАЗРЕД

Друштво физичара Србије
Министарство просвете, науке и технолошког развоја
Републике Србије
РЕШЕЊА ЗАДАТАКА - фермионска категорија

ОПШТИНСКИ НИВО
13.3.2016.г.

1. Почетно растојање између Џастина и његове мајке је: $S = v_M t_{PM}$ [3п], тј. $S = v_M t + v_J t_J$ [3п], при чему је $t_J = t - t_A$ [3п]. Уколико се брзине v_J и v_M повежу помоћу релације $v_J = N v_M$, добија се $N = (t_{PM} - t)/(t - t_A)$ [5п]. Заменом нумеричких вредности за времена, добија се да је N у опсегу $0,4 \leq N \leq 0,5$ [4п], тј. да је Џастин знатно спорији, што није реално [2п].
2. Еквивалентна индуктивност LC кола је $L_e = 2(L_1 + L_2 + L_3)$ [6п]. Резонантна фреквенца филтера је $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_e C}} = 116 \text{ kHz}$ [6п]. Филтер пропушта фреквенце из опсега од $f_{min} = f_0/10 = 11,6 \text{ kHz}$ [3п] до $f_{max} = 10f_0 = 1,16 \text{ MHz}$ [3п], што обухвата опсег АДСЛ фреквенци [2п].
3. Како је $x(t) = x_0 + A \sin(\omega t + \varphi)$ и $-1 \leq \sin(\omega t + \varphi) \leq 1$, важи $x_{max} = x_0 + A$ [1п] и $x_{min} = x_0 - A$ [1п]. Са графика је $x_{max} = 4 \text{ m}$ [1п] и $x_{min} = 0 \text{ m}$ [1п], на основу чега се добија $x_0 = A = 2 \text{ m}$ [2п]. На основу графика период осцилација је $T = 4 \text{ s}$ [1п], одакле се добија $\omega = \frac{2\pi}{T} = 1,57 \text{ s}^{-1}$ [1п]. Фаза φ може се одредити на основу положаја осцилатора у почетном тренутку $x(t=0) = 2 + 2 \sin \varphi = 0$ [1п], одакле се добија $\varphi = -90^\circ$ [1п]. Пројекција брзине на x осу је $v(t) = A \omega \cos(\omega t + \varphi)$ [2п], а пројекција убрзања $a(t) = -A \omega^2 \sin(\omega t + \varphi)$ [2п]. Одговарајући графици су приказани на слици (сваки тачан график бодовати са [3п]).
4. а) Густина енергије магнетног поља је $w = B^2/(2\mu_0)$ [4п], а запремина соленоида $V = \pi d^2 l/4$ [3п], одакле се добија енергија магнетног поља $E = \frac{\pi B^2 d^2 l}{8\mu_0} = 2,63 \cdot 10^5 \text{ J}$ [3п]. б) Енергија E је заправо енергија соленоида, $E = LI^2/2$ [4п] одакле се добија $L = \frac{2E}{I^2} = 52,6 \text{ H}$ [3п]. в) Брзина v којом треба да се креће аутомобил масе m да би имао кинетичку енергију E је $v = \sqrt{2E/m} = 22,9 \text{ m/s}$ [3п].
5. Амперова сила која делује на штап је једнака $F_A = IlB$ [2п]. Брзина штапа ће постати константна када сума свих сила које делују на штап постане једнака нули. Из овог услова се добија да је $F_A \cos \theta = mg \sin \theta$ [5п]. За интензитет струје се из овог услова добија $I = \frac{mg \tan \theta}{lB}$ [2п]. Електромоторна сила која се индукује се може одредити помоћу Фарадејевог закона електромагнетне индукције $\varepsilon = \left| \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \right|$ [2п], при чему је $\Delta \Phi = B \Delta S$ [1п], где је $\Delta S = lv \cos \theta \Delta t$ [2п]. Па је $\varepsilon = Blv \cos \theta$ [2п]. Како је укупан отпор кола $2R$, из Омовог закона се добија да је интензитет струје $I = \frac{Blv \cos \theta}{2R}$ [2п]. Заменом добијеног израза за интензитет струје, добија се да је равнотежна брзина штапа једнака $v = \frac{2mgR \sin \theta}{B^2 l^2 \cos^2 \theta}$ [2п].



Слика уз решење задатка 3



ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ФИЗИКЕ УЧЕНИКА СРЕДЊИХ ШКОЛА
ШКОЛСКЕ 2015/2016. ГОДИНЕ.



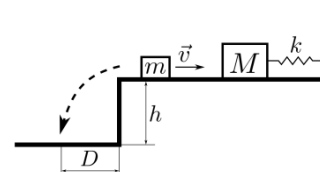
III РАЗРЕД

Друштво физичара Србије
Министарство просвете, науке и технолошког развоја
Републике Србије

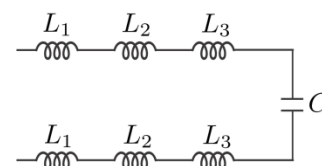
ОКРУЖНИИ НИВО
13.3.2016.г.

ЗАДАЦИ – бозонска категорија

1. Блок масе $m = 0,2 \text{ kg}$ се креће на десно по површини занемарљивог коефицијента трења, брзином $v = 8 \text{ m/s}$. Овај блок се еластично судара са другим блоком, који је повезан са опругом коефицијента еластичности $k = 1200 \text{ N/m}$ (претпоставити да опруга не утиче на судар). Након судара, други блок почиње да осцилује са периодом $T = 0,2 \text{ s}$, док први блок наставља се кретањем у супротном смеру. На којој удаљености ће пасти ово тело, ако је висина литице $h = 5 \text{ m}$? (20 поена)



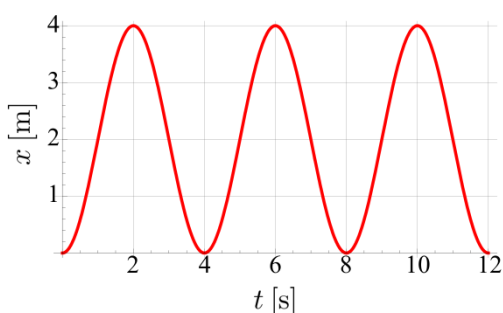
2. Бакарне телефонске жице оригинално су дизајниране за говорну комуникацију, ондосно да преносе звук из говорног опсега фреквенци од 300 Hz до 3400 Hz . Међутим, са напретком интернет технологија исте телефонске жице су искоришћене и за АДСЛ, чији је опсег фреквенци од 25 kHz до $1,1 \text{ MHz}$. Како би се АДСЛ сигнал одвојио од говорног на телефонским линијама су инсталирани филтери који пропуштају фреквенце из опсега $[10^{-1}f_0, 10f_0]$, где је f_0 резонантна фреквенца LC кола приказаног на слици. Ако је $L_1 = 40 \mu\text{H}$, $L_2 = 220 \mu\text{H}$, $L_3 = 10 \mu\text{H}$ и $C = 3,5 \text{ nF}$ показати да опсег фреквенци које такав филтер пропушта обухвата опсег АДСЛ фреквенци. (20 поена)



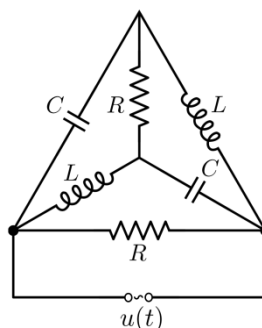
3. Линеарни хармонијски осцилатор масе $m = 1 \text{ kg}$ креће се дуж x осе по закону $x = x_0 + A \sin(\omega t + \varphi)$. График зависности положаја од времена приказан је на слици. Одредити x_0 , A , ω и φ . Нацртати график зависности интензитета брзине, убрзања и кинетичке енергије у функцији од времена. (20 поена)

4. Ивице тетраедра чине RLC коло (видети слику). Наизменични извор напона $u(t) = U_0 \cos \omega t$ повезан је паралелно са једном од грана која садржи отпорник. Ако за угаону фреквенцу напона важи $\omega = 1/\sqrt{LC}$ и ако је отпорност отпорника $R = \sqrt{L/C}$, наћи амплитуду струје у грани у којој је извор напона. (20 поена)

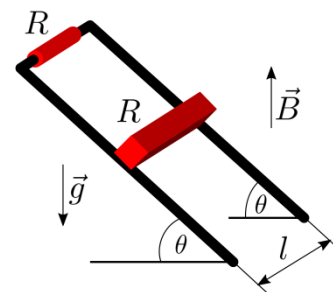
5. Штап масе m , отпора R и дужине l клизи низ две паралелне проводне шине, које су нагнуте под углом θ у односу на хоризонталу и спојене на врху шипком отпора R (видети слику). Систем се налази у хомогеном вертикалном магнетно пољу индукције B , са смером вертикално навише. Штап је пуштен из стања мировања да се слободно креће. После неког времена, брзина штапа ће постати константа. Одредити ову брзину, као и јачину струје која протиче кроз штап када његова брзина постане константна. Убрзање Земљине теже је g . Занемарити трења у систему. (20 поена)



Слика уз задатак 3



Слика уз задатак 4



Слика уз задатак 5

Задатке припремили:

Владан Павловић, Природно-математички факултет, Ниш
Владимир Вељић, Институт за физику, Београд
Марко Кузмановић, Физички факултет, Београд

Рецензент: др Димитрије Степаненко,

Институт за физику, Београд

Председник Комисије за такмичења:

др Божидар Николић, Физички факултет, Београд



ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ФИЗИКЕ УЧЕНИКА СРЕДЊИХ ШКОЛА ШКОЛСКЕ 2015/2016. ГОДИНЕ.



Друштво физичара Србије

III РАЗРЕД

Министарство просвете, науке и технолошког развоја

ОПШТИНСКИ НИВО

Републике Србије

13.3.2016.г.

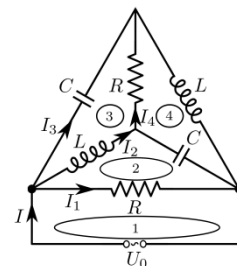
РЕШЕЊА ЗАДАТАКА - бозонска категорија

1. Период осциловања другог тела износи $T = 2\pi\sqrt{M/k}$ [2п], одакле се за масу другог тела добија $M = kT^2/4\pi^2$ [2п]. Уколико се претпостави да ће се прво тело након судара кретати на лево брзином v_2 , из закона одржања импулса $mv = Mv_1 - mv_2$ [2п] и енергије $\frac{mv^2}{2} = \frac{Mv_1^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2}$ [2п] се добија $v_2 = \frac{M-m}{M+m}v$ [4п]. Време падања, након преласка тела преко литице се добија из једначине слободног пада $h = \frac{gt^2}{2}$ [2п], тј. износи $t = \sqrt{2h/g}$ [2п]. Растојање на које падне тело је дакле $d = v_2t$ [1п], тј. $d = \frac{kT^2 - 4\pi^2 m}{kT^2 + 4\pi^2 m}v\sqrt{\frac{2h}{g}} = 5,7 \text{ m}$ [3п].

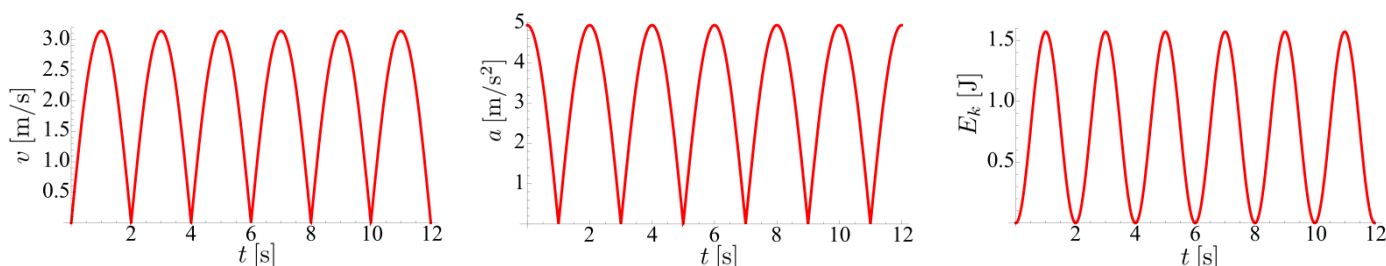
2. Еквивалентна индуктивност LC кола је $L_e = 2(L_1 + L_2 + L_3)$ [6п]. Резонантна фреквенца филтера је $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_e C}} = 116 \text{ kHz}$ [6п]. Филтер пропушта фреквенце из опсега од $f_{min} = f_0/10 = 11,6 \text{ kHz}$ [3п] до $f_{max} = 10f_0 = 1,16 \text{ MHz}$ [3п], што обухвата опсег АДСЛ фреквенци [2п].

3. Како је $x(t) = x_0 + A \sin(\omega t + \varphi)$ и $-1 \leq \sin(\omega t + \varphi) \leq 1$, важи $x_{max} = x_0 + A$ [1п] и $x_{min} = x_0 - A$ [1п]. Са графика је $x_{max} = 4 \text{ m}$ и $x_{min} = 0 \text{ m}$, на основу чега се добија $x_0 = A = 2 \text{ m}$ [2п]. На основу графика период осцилација је $T = 4 \text{ s}$ [1п], одакле се добија $\omega = \frac{2\pi}{T} = 1,57 \text{ s}^{-1}$ [1п]. Фаза φ може се одредити на основу положаја осцилатора у почетном тренутку $x(t=0) = 2 + 2 \sin \varphi = 0$ [1п], одакле се добија $\varphi = -90^\circ$ [1п]. Интензитет брзине је $v(t) = |A \omega \cos(\omega t + \varphi)|$ [1п], а интензитет убрзања $a(t) = |-A \omega^2 \sin(\omega t + \varphi)|$ [1п]. Кинетичка енергија ЛХО је $E = mv^2/2 = mA^2 \omega^2 [1 + \cos(2\omega t + 2\varphi)]/4$ [1п]. Одговарајући графици су приказани на слици (сваки тачан график бодовати са [3п]).

4. На слици је приказана еквивалентна шема електричног кола у две димензије, као и претпостављени смерови струје. Како важи $\omega = 1/\sqrt{LC}$ и $R = \sqrt{L/C}$, импедансе које одговарају отпорнику, завојници и кондензатору су: $Z_R = R$ [1п], $Z_L = i\omega L = iR$ [1п] и $Z_C = 1/(i\omega C) = -iR$ [1п]. На основу I Кирхофовог правила важи $I = I_1 + I_2 + I_3$ [1п]. На основу II Кирхофовог правила примењеном за контуре означене на слици важи: (1): $U_0 - I_1 Z_R = 0$ [2п], (2): $I_2 Z_L + (I_2 - I_4) Z_C - I_1 Z_R = 0$ [2п], (3): $I_3 Z_C - I_4 Z_R - I_2 Z_L = 0$ [2п], (4): $I_4 Z_R + (I_3 + I_4) Z_L - (I_2 - I_4) Z_C = 0$ [2п]. Из једначине (1) се добија $I_1 = U_0/R$ [1п]. Имајући у виду да је $Z_L = -Z_C$ из једначине (2) се добија $I_4 = -iU_0/R$ [2п], а једначине (3) и (4) постају линеарно зависне и из њих се добија $(I_3 + I_2) = -I_4/i = U_0/R$ [3п], на основу чега је $I = 2U_0/R$ [2п].



5. Амперова сила која делује на штап је једнака $F_A = IlB$ [2п]. Брзина штапа ће постати константна када сума свих сила које делују на штап постане једнака нули. Из овог услова се добија да је $F_A \cos \theta = mg \sin \theta$ [5п]. За интензитет струје се из овог услова добија $I = \frac{mg \tan \theta}{lB}$ [2п]. Електромоторна сила која се индукује се може одредити помоћу Фарадејевог закона електромагнетне индукције $\varepsilon = \left| \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \right|$ [2п], при чему је $\Delta \Phi = B \Delta S$ [1п], где је $\Delta S = lv \cos \theta \Delta t$ [2п]. Па је $\varepsilon = Blv \cos \theta$ [2п]. Како је укупан отпор кола $2R$, из Омовог закона се добија да је интензитет струје $I = \frac{Blv \cos \theta}{2R}$ [2п]. Заменом добијеног израза за интензитет струје, добија се да је равнотежна брзина штапа једнака $v = \frac{2mgR \sin \theta}{B^2 l^2 \cos^2 \theta}$ [2п].



Слика уз решење задатка 3