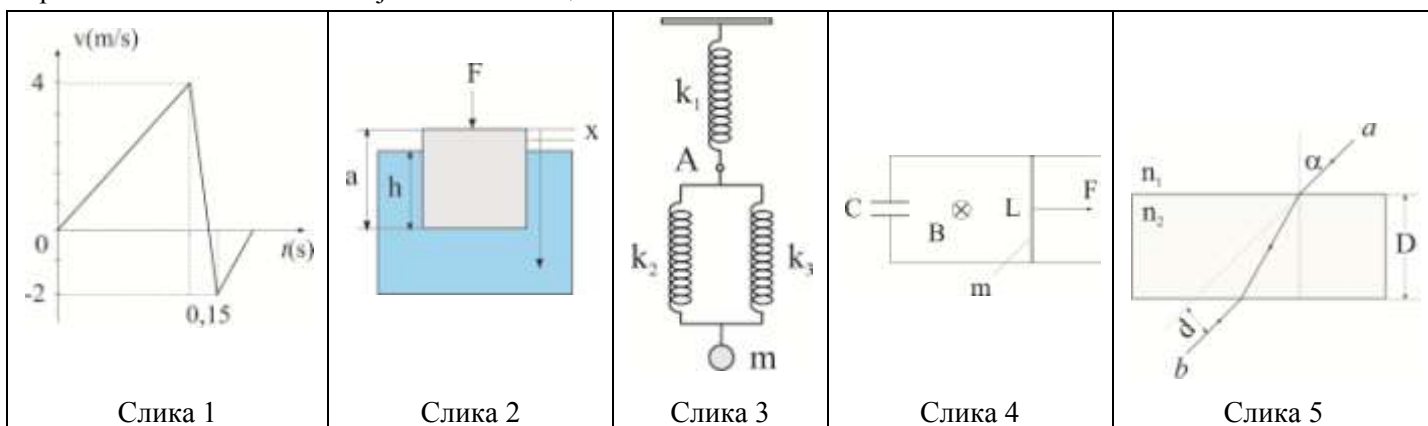


**25. РЕПУБЛИЧКО ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ФИЗИКЕ УЧЕНИКА СРЕДЊИХ ШКОЛА
РЕПУБЛИКЕ СРПСКЕ (28. април 2018)**

III РАЗРЕД

- Лопта масе $0,5 \text{ kg}$ испуштена је са неке висине удари у хоризонталну подлогу. Након удара у подлогу лопта одскочи, а контакт лопте са подлогом траје $0,15 \text{ s}$. На графику (слика 1) је представљено како се мијења брзина лопте у времену, од тренутка испуштања лопте до тренутка када достигне највећу висину након удара. Одредити средњу вриједност нормалне реакције подлоге. Узети да је убрзање Земљине теже 10 m/s^2 .
- Дрвена коцка ивице 20 cm и густине 800 kg/m^3 плута на води. Густина воде је 1000 kg/m^3 . Дјеловањем спољашње силе лопта се потапа у воду (слика 2). а) Израчунати колики најмањи рад треба да изврши спољашња сила да би коцка била у потпуности потопљена у воду. б) Одредити тражени рад са графика који показује како се мијења спољашња сила са повећањем дубине за коју се коцка потапа.
- На слици 3 су представљене три еластичне опруге, занемарљивих маса, чији су коефицијенти еластичности $k_1 = 80 \text{ N/m}$, $k_2 = 90 \text{ N/m}$ и $k_3 = 100 \text{ N/m}$. Куглица масе $m = 50 \text{ g}$ окачена је о опруге. Куглица се мало помјери из равнотежног положаја и започне осциловање на вертикалном правцу. Претпоставити да је систем опруга подешен тако да се паралелне опруге једнако истезу и једнако сабијају. а) Доказати да куглица осцилује хармонијски. б) Колики је период осциловања куглице?
- Проводна контура састоји се од двије паралелне проводне шине, спојене преко кондензатора капацитета $10 \mu\text{F}$, преко којих клизи без трења проводна шипка масе 200 g и дужине $0,5 \text{ m}$. Контура је постављена хоризонтално у магнетном пољу индукције 2 T чији је вектор нормалан на раван контуре. У почетном тренутку шипка је у стању мировања, затим на шипку отпочне да дјелује стална сила $2,5 \text{ N}$ (слика 4). Електрична отпорност проводне контуре је занемарљива. Колика количина наелектрисања се налази на плочама кондензатора након 2 s од покретања шипке?
- Свјетлосни зрак a пада под упадним углом 40° на планпаралелну стаклену плочу дебљине 4 cm и индекса преламања $1,45$. Индекс преламања ваздуха је приближно 1 . а) Доказати да је зрак b који излази из плоче паралелан са правцем зрака a . б) За колико је помјерен зрак b у односу на правац упадног зрака a ? Тражена величина означена је са d на слици 5.



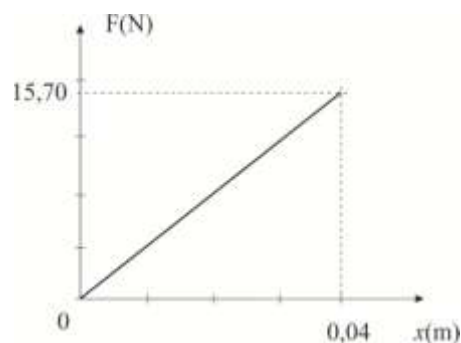
Задатке припремио: Родољуб Баврић, проф.
Рецензент: Проф. др Милан Пантић, ПМФ, Нови Сад

РЈЕШЕЊА ЗАДАТАКА ЗА III РАЗРЕД

1. Ако се претпостави да је позитиван смјер у смјеру нормалне реакције подлоге, онда је брзина падања v_1 негативна, а брзина одскока v_2 позитивна, без обзира што је на графику супротно (слика 1). Према томе, дати подаци су: $v_1 = -4,0 \text{ m/s}$, $v_2 = 2,0 \text{ m/s}$, $m = 0,5 \text{ kg}$, $\Delta t = 0,15 \text{ s}$. За вријеме контакта између лопте и подлоге долази до промјене импулса лопте $\Delta p = m\Delta v$, што је последица резултантне силе која дјелује на лопту. Средња вриједност те силе је $\bar{F}_R = \Delta p / \Delta t$, гдје је Δt вријеме контакта лопте са подлогом. Слиједи, $\bar{F}_R = m(v_2 - v_1) / \Delta t$, што износи $\bar{F}_R = 20 \text{ N}$. При контакту са подлогом на лопту дјелују двије силе: нормална реакција подлоге \vec{N} и тежина лопте $m\vec{g}$, па је резултантна сила $\vec{F}_R = \vec{N} + m\vec{g}$, односно $F_R = N - mg$, одакле је $N = 25 \text{ N}$.

2. Дати подаци: $a = 20 \text{ cm}$, $\rho_1 = 800 \text{ kg/m}^3$, $\rho_2 = 1000 \text{ kg/m}^3$.

(а) У почетном положају када тијело плута уравно- тежене су сила потиска и тежина коцке: $F_p = mg$, $\rho_2 V_1 g = \rho_1 V g$, гдје је V_1 дио запремине коцке који је у води. Слиједи, $\rho_2 a^2 h = \rho_1 g a^3$, па дио коцке који је у води има висину $h = \rho_1 a / \rho_2$, $h = 0,16 \text{ m}$ (слика 2). У почетном тренутку спољашња сила једнака је нули, $F_0 = 0$, а када почне потапање коцке њен интензитет се мора повећавати јер се повећава и сила потиска због повећања запремине тијела у води. У сваком тренутку спољашња сила се изједначава са повећањем силе

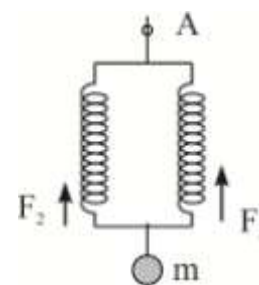


Слика P-2

потиска. Када се коцка потопи за дубину x , сила потиска се повећа за $\Delta F_{p,x} = \rho_1 g \Delta V$, $\Delta F_{p,x} = \rho_2 g a^2 x$, па спољашња сила постаје $F_x = \rho_2 g a^2 x$. Када се коцка потпуно потопи, онда је $x = a - h$ (слика 2), а спољашња сила има максималну вриједност $F_m = \rho_2 g a^2 (a - h)$. Пошто се сила мијења пропорционално са повећањем дубине x , њена средња вриједност је $\bar{F} = (F_0 + F_m) / 2$, $\bar{F} = \rho_2 g a^2 (a - h) / 2$, што износи $\bar{F} = 7,85 \text{ N}$. Тражени рад добија се из формуле $A = \bar{F} \cdot (a - h)$, одакле слиједи $A = 0,31 \text{ J}$. (б) Почетна вриједност спољашње сил је $F_0 = 0$, а њена максимална вриједност је $F_m = \rho_1 g a^2 (a - h)$, $\bar{F} = 15,70 \text{ N}$. Рад је одређен површином троугла испод праве на графику (слика P-2): $A = (0,04 \cdot 15,7 / 2) \text{ J}$, $A = 0,31 \text{ J}$.

3. Дати подаци: $k_1 = 80 \text{ N/m}$, $k_2 = 90 \text{ N/m}$, $k_3 = 100 \text{ N/m}$, $m = 50 \text{ g}$.

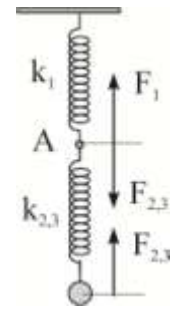
(а) Потребно је доказати да је резултантна сила која дјелује на куглицу пропорционална елонгацији, јер таква сила је узрок хармонијског осциловања. У почетном стању куглица је у равнотежном положају, у којем су уравнотежене тежина куглице и силе еластичности опруга. Након повлачења куглице силе еластичности постају веће за неку вриједност F која је узрок осциловања куглице. Према претпоставци у задатку паралелне опруге се једнако истежу: $\Delta x_2 = \Delta x_3 = \Delta x$. Међутим, силе еластичности су различите (слика P-3а): $F_2 = k_2 \Delta x$ и $F_3 = k_3 \Delta x$. Резултанта паралелних сила је $F_{2,3} = k_2 \Delta x + k_3 \Delta x$, $F_{2,3} = (k_2 + k_3) \Delta x$, $F_{2,3} = k_{2,3} \Delta x$, гдје је $k_{2,3} = k_2 + k_3$.



Слика P-3а

Према томе, паралелне опруге могу се замијенити једном опругом чији је коефицијент еластичности $k_{2,3}$. Тачка A између опруга се не помјера у односу на опруге, па је у тој тачки уравнотежено узајамно дјеловање опруга. Опруга 1 дјелује силом F_1 на паралелне опруге, а паралелне опруге дјелују на опругу 1 силом $F_{2,3}$ тако да је $F_1 = F_{2,3} = F$ (слика P-3б).

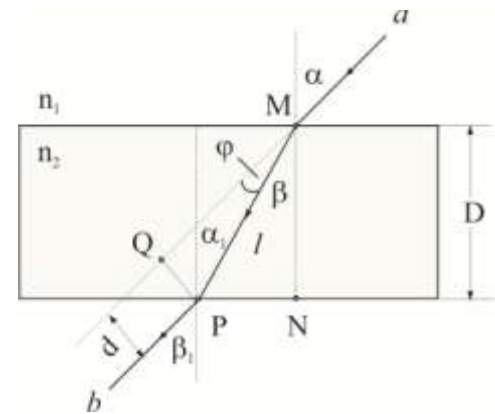
Међутим, на куглицу дјелују само паралелне опруге силом $F_{2,3} = F$. Опруге имају различите коефицијенте еластичности, па долази до различитих истезања: горња опруга истезе се за $\Delta x_1 = F/k_1$, а доња за $\Delta x_{2,3} = F/k_{2,3}$, па је укупно истезање $\Delta x = F/k_1 + F/k_{2,3}$. Обе опруге могуће је замјенити једном опругом која би при дјеловању исте силе F , изазвала исто укупно истезање. Ако коефицијент еластичности такве опруге означимо са k_e (еквивалентни коефицијент), онда је укупно истезање, $\Delta x = F/k_e$. Слједи, $F/k_e = F/k_1 + F/k_{2,3}$, $1/k_e = 1/k_1 + 1/k_{2,3}$, одакле је $k_e = k_1(k_2 + k_3)/(k_1 + k_2 + k_3)$, $k_e = 56,3 \text{ N/m}$. **Закључак.** На куглицу дјелује сила $F = k_e \Delta x$, која је пропорционална истезању, а таква сила је узрок хармонијског осциловања куглице. (б) Период осциловања добија се из опште формуле за хармонијско осциловање $T = 2\pi\sqrt{m/k}$, односно из формуле $T = 2\pi\sqrt{m/k_e}$, $T = 0,19 \text{ s}$.



Слика Р-36

4. Дате величине: $C = 10 \mu\text{F}$, $m = 200 \text{ g}$, $L = 0,5 \text{ m}$, $B = 2 \text{ T}$, $F = 2,5 \text{ N}$. При кретању шипке у магнетом пољу на њеним крајевима се индукује електромоторна сила $E = BLv$. Пошто се електрична отпорност контуре може занемарити, напон на кондензатору је $U = E$, $U = BLv$. Слједи, $q/C = BLv$, одакле је $q = CBLv$. На шипку дјелују двије силе: спољашња сила F и Амперова сила F_A , која се супротставља кретању шипке. Једначина транслаторног кретања шипке има облик: $ma = F - F_A$, односно $ma = F - BIL$. Струја у колу протиче док се кондензатор пуни, а њена јачина је $I = \Delta q / \Delta t$, $I = CBL\Delta v / \Delta t$, $I = CBLa$. Слједи, $ma = F - CB^2L^2a$, одакле је, $a = F / (m + CB^2L^2)$. Дакле, шипка се креће убрзано па се брзина повећава, $v = at$, $v = Ft / (m + CB^2L^2)$, а последица тога је, према релацији $q = CBLv$, да кондензатор прима све већу количину наелектрисања која се мијења у времену према релацији $q = CBLFt / (m + CB^2L^2)$, одакле слједи $q = 250 \mu\text{C}$.

5. (а) Примјеном закона преламања свјетлости добија се за преламање зрака на горњој површини стаклене плоче (1) $n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta$, а за преламање на доњој површини (2) $n_2 \sin \alpha_1 = n_1 \sin \beta_1$ (слика Р-5). Са слике је очигледно да је $\beta = \alpha_1$. Замјеном у релацију (2) добија се (3) $n_2 \sin \beta = n_1 \sin \beta_1$. Из релација (1) и (3) добија се $n_1 \sin \alpha = n_1 \sin \beta_1$, одакле слједи $\alpha = \beta_1$, чиме је доказано да су правци зрака a и b узајамно паралелни. (б) Из правоуглог троугла PQM слједи $d = l \sin \varphi$, односно (4) $d = l \sin(\alpha - \beta)$, гдје је $l = PM$. Из троугла PNM слједи



Слика Р-5

релација (5) $l = D / \cos \beta$, а угао β добија се из релације (1): $\sin \beta = (n_1 / n_2) \sin \alpha$, одакле слједи $\beta = 26,31^\circ$. Замјеном у (5) добија се $l = 4 \text{ cm} / \cos 26,31^\circ$, $l = 4,46 \text{ cm}$. Из релације (4) слједи тражена дужина: $d = 4,46 \text{ cm} \cdot \sin(13,69^\circ)$, $d = 1,06 \text{ cm}$.