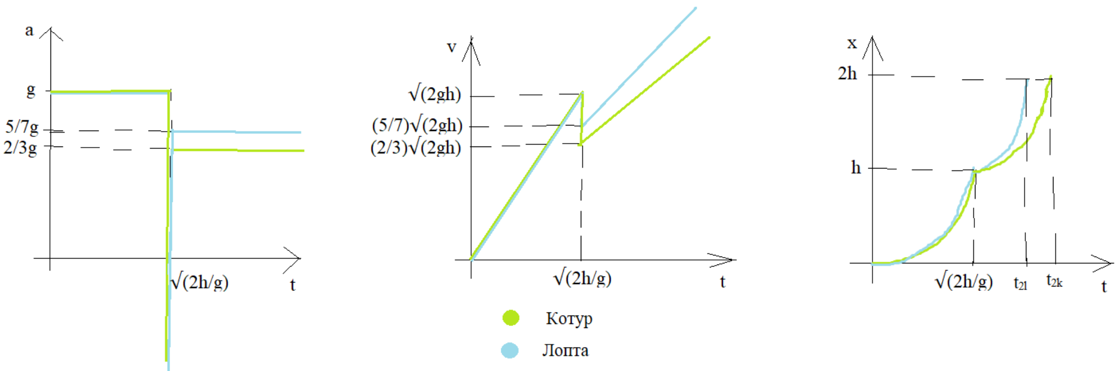
ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ФИЗИКЕ УЧЕНИКА СРЕДЊИХ ШКОЛА
ШКОЛСКЕ 2021/2022. ГОДИНЕ.

IV разред

Друштво физичара Србије и Министарство просвете
Науке и технолошког развоја Републике Србије
РЕШЕЊА-БЕТА КАТЕГОРИЈА

ОКРУЖНИ НИВО
27. март 2022.

1. Разматрајмо решење у коме је момент инерције котура генерализован, и износи I. У почетном тренутку $t_0 = 0$, имамо$v_0 = 0$, $a_0 = a_1 = g$. Назовимо тренутак у ком тег поново истегне нит тренутак 1. До тренутка 1 тег слободно пада за висину h . Брзина на крају слободног пада је $v_1 = \sqrt{2gh}$**[1п],** време за које је тег слобоно падао је $t_1 = \sqrt{\frac{2h}{g}}$**[1п].** У тренутку 1 моментално се деси трзај (уже се затегне и креће да се одмотава без клизања). На основу закона одржања момента импулса имамо: $mRv_1 = mRv_1^* + I\omega_1^* = mRv_1^* + I\frac{v_1^*}{R}$ [**8**п],где јеv_1^*је брзина тега у тренутку 1 непосредно након трзаја. Из последњег следи $v_1^* = \frac{mR^2}{mR^2+I}v_1 = \frac{1}{1+\frac{I}{mR^2}}\sqrt{2gh}$**[1п].** Убрзање након тренутка 1 налазимо помоћу другог Њутновог закона примењеног на овај систем, узимајући у обзир котрљање котура без клизања.Добијамо: $mg - T = ma_2$ (тег)**[2п],**$TR = I\frac{a_2}{R}$ (котур)**[2п].** Из овога следи $a_2 = \frac{1}{1+\frac{I}{mR^2}}g$**[1п].** Заменом последњег израза у формулу $v_2^2 = v_1^{*2} + 2a_2h$, добијамо $v_2 = \sqrt{2gh(\frac{1}{1+\frac{I}{mR^2}})^2 + 2gh\frac{1}{1+\frac{I}{mR^2}}}$**[1п].** Време од тренутка 1 до тренутка 2 налазимо из $\Delta t_{12} = \frac{v_2 - v_1^*}{a_2}$, те је време од тренутка 0 до тренутка 2:$t_2 = t_1 + \Delta t_{12}$. За случај котура ($I = \frac{1}{2}mR^2$, индекс k) и лопте ($I = \frac{2}{5}mR^2$, индекс l), значајни подаци гласе:$a_{1l} = a_{1k} = g$; $a_{2l} = \frac{5}{7}g, a_{2k} = \frac{2}{3}g$; $v_{1l} = v_{1k} = \sqrt{2gh}$; $v_{1l}^* = \frac{5}{7}\sqrt{2gh}, v_{1k}^* = \frac{2}{3}\sqrt{2gh}$; $v_{2l} = \frac{2\sqrt{15}}{7}\sqrt{2gh}, v_{2k} = \frac{\sqrt{10}}{3}\sqrt{2gh}$; $t_{1l} = t_{1k} = \sqrt{\frac{2h}{g}}$; $t_{2l} = \frac{2\sqrt{15}}{5}\sqrt{\frac{2h}{g}}, t_{2k} = \frac{\sqrt{10}}{2}\sqrt{\frac{2h}{g}}$.На основу поређења времена до тренутка 2 видимо да до $2h$ побеђује Ивин тег са куглом, а до hоба стижу у исто време, слободним падом. На основу података формирани су графици**[подаци 2п + графици 6п].**



2.а) За потенцијалну јаму дужине Lимамо $L = n\frac{\lambda}{2}$**[3п],**а из Де Бројеве релације $\lambda = \frac{h}{p}$, па је$p = \frac{nh}{2L}$**[1п].**Заменом формуле за импулс у формулу за кинетичку енергију добијамо $E_k = \frac{p^2}{2m} = \frac{h^2}{8mL^2}n^2$**[1п].**

б) У систему имамо 22 електрона, по 2 на сваком нивоу, дакле имамо 11 попуњених нивоа**[3п].** Следећи ниво је 12. ниво**[1п].** Имамо $E_{12} = \frac{h^2}{8mL^2}12^2$, $E_{11} = \frac{h^2}{8mL^2}11^2$**[2п],** одакле следи $\Delta E = \frac{h^2}{8mL^2}(12^2 - 11^2) = \frac{hc}{\lambda_V}$**[2п].**Из последњег добијамо $\lambda_V = \frac{8mcL^2}{(12^2-11^2)h} = 1349nm$**[1п+1п].**Видимо да се не ради о плавој боји, тако да се модел да побољшати (бољи модел видети у еквиваленту алфа категорије овог задатка).

3. Због принципа минимума енергије гумица заузима облик кружнице, силе површинског напона на сваки елемент гумице су кружно симетрични (признати облик без објашњења)**[5п]**. Посматрајмо елемент кружног облика гумице(мали крижни лук). Са слике видимо да је укупна сила затезања на елемент радијална, ка унутрашњости гумице. Ако силу затезања унутар попречног пресека гумице означимо са F_{el}, тада је $F_r = 2F_{el}sin\Delta\varphi$ [**6**п], а из површинског напона $F_r = 2\gamma\Delta\varphi R$ [**4**п], где је радијална сила затезања сада изједначена са силом површинског напона на елемент кружнице.После апроксимације десне стране прве једнчине за мале

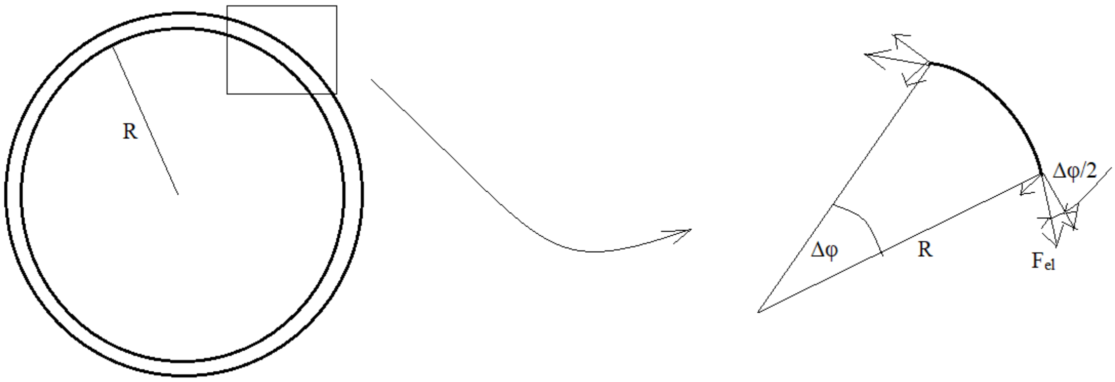
ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ФИЗИКЕ УЧЕНИКА СРЕДЊИХ ШКОЛА
ШКОЛСКЕ 2021/2022. ГОДИНЕ.

IV разред

Друштво физичара Србије и Министарство просвете
Науке и технолошког развоја Републике Србије
РЕШЕЊА-БЕТА КАТЕГОРИЈА

ОКРУЖНИ НИВО
27. март 2022.

углове($\Delta\varphi \ll 1$)и изједначавања са другом добијамо $F_{el} = \gamma R = \frac{ES}{l_0}\Delta l$, где је $\Delta l = l - l_0$, $R = \frac{l}{2\pi}$ [**3**п].Добијамо$\gamma\frac{l}{2\pi} = \frac{ES}{l_0}(l - l_0)$, после чијег сређивања добијамо $l = \frac{ES}{\frac{ES}{l_0} - \frac{\gamma}{2\pi}}$. Коначно добијамо да је релативно издужење $\eta = \frac{l-l_0}{l_0} = -1 + \frac{ES}{ES - \frac{\gamma l_0}{2\pi}} = 0.00955\%$ [**1**п + **1**п].



4. а) Применимо Гаусов закон на облак налектрисања. Уочимо сферу концентричну са облаком полупречника r; за њу важи да је због симетрије електрично поље нормално на њу, и истог интензитета на свакој тачки, те се Гаусов закон може записати као $E \cdot 4r^2\pi = \frac{\frac{4}{3}r^3\pi\rho}{\epsilon_0}$**[8п]**. Из овога, и чињенице да је густина наелектрисања дата са $\rho = \frac{e}{\frac{4}{3}R^3\pi}$, за електрично поље имамо $E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\cdot\frac{e}{R^3}r$**[4п]**. За електрон даље важи закон кретања $a = r'' = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0}\cdot\frac{e^2}{mR^3}r$, из ког видимо да је оно хармонијско са угаоном учестаношћу $\omega = \sqrt{\frac{1}{4\pi\epsilon_0}\cdot\frac{e^2}{mR^3}}$**[2п]**. Веза између брзине у центру и амплитуде (полупречника облака) је $\omega R = v_0$**[2п]**,а кинетичка енергија кроз центар (те и укупна енергија изубљена при заустављању) $\Delta E = \frac{mv_0^2}{2} = \frac{hc}{\lambda}$**[2п]**,те је $\lambda = hc\frac{4\pi\epsilon_0 R}{e^2}$**[2п]**.

5. Поставимо осе тако да x оса пролази кроз једну од новонасталих честица, а y оса је нормална на њу. Разлагањем импулса насталих честица на компоненте дуж x и y осе добијамо по x: $\frac{1}{2}p_1 + \frac{1}{2}p_2 = p_3$, апо y: $\frac{\sqrt{3}}{2}p_1 = \frac{\sqrt{3}}{2}p_2$, одакле се закључује да важи $p_1 = p_2 = p_3$**[5п]**. Обележимо импулсе новодобијених честица са p, а њихове масе мировања са m_0. Њихова енергија је $E = \sqrt{(m_0c^2)^2 + (pc)^2}$ (*)**[3п]**. Маса мировања почетне честице је $M = 6m_0$,а њена енергија $6m_0c^2$**[2п]**. На основу закона одржања енергије важи $6m_0c^2 = 3\sqrt{(m_0c^2)^2 + (pc)^2}$**[5п]**. Сређивањем претходне једначине налази сеимпулс новодобијених честица: $p = m_0c\sqrt{3} = \frac{Mc\sqrt{3}}{6}$ (**)**[2п]**. Заменом (*) у (**), за енергију честица добија се $E = \frac{Mc^2}{3}$**[3п]**.

***У** бета категорији такмиче се ученици који похађају одељења која раде по програмима гимназије природно-математичког смера и специјализованих гимназија из области природних наука и информатике (области које нису математика и физика).

Решења припремили:Јован Марковић, Амхерст Колеџ; Филип Георгијевски, ПМФ Крагујевац; Далиборка Храњец, ПМФ Крагујевац
Рецензенти: Проф. др Милан С. Ковачевић, ПМФ Крагујевац
Председник Комисије за такмичења ученика средњих школа: Проф. др Имре Гут