



ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ФИЗИКЕ УЧЕНИКА СРЕДЊИХ ШКОЛА
ШКОЛСКЕ 2020/2021. ГОДИНЕ.



I разред

Друштво физичара Србије и Министарство просвете
науке и технолошког развоја Републике Србије
ЗАДАЦИ-АЛФА КАТЕГОРИЈА*

ОПШТИНСКИ НИВО
30. јануар 2021.

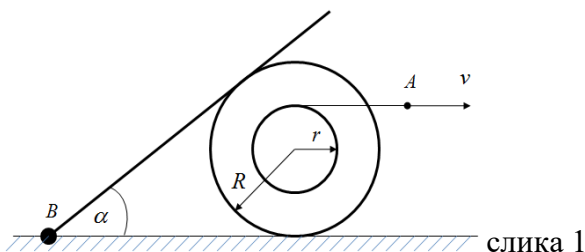
1. Дечак се вози трајектом који се креће равномерно убрзано и притом баца лопту вертикално увис са две руке, тако што лопту баца вертикално навише и потом при истом положају руку лопту ухвати после $\Delta t = 1\text{ s}$. Затим задржи лопту у рукама извесно време и потом понови бацање лопте на исти начин. Дечак примећује да, како би лопту ухватио при истом положају руку у односу на трајект као и у случају када је бацио лопту, мора сваки пут да коракне и помери се за одређено растојање. Приметио је да је после 5 бацања лопте увис прешао растојање од $s=0,5\text{ m}$. На основу ових информација одредити убрзање трајекта. Узети да отпор ваздуха не утиче на кретање лопте. [20 поена]

2. У почетном тренутку из места А ка месту В почиње да се креће аутомобил равномерно убрзано, без почетне брзине, убрзањем $a_1 = 0,2\text{ m/s}^2$. Након $\Delta t = 15\text{ s}$ од поласка аутомобила, из места В почиње да се креће камион равномерно убрзано, без почетне брзине, убрзањем $a_2 = 0,15\text{ m/s}^2$ ка месту А дуж истог пута. Места А и В се налазе на међусобном растојању $s = 300\text{ m}$. Одредити после ког времена од поласка аутомобила ће брзина камиона бити два пута мања од брзине аутомобила. Колико ће тада износити брзине аутомобила и камиона, и колико ће тада износити растојање између њих? [20 поена]

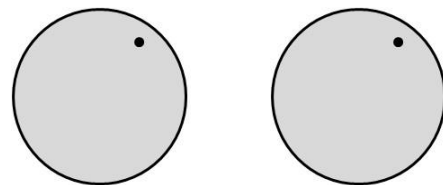
3. Марко се налази на одређеном спрату небодера и испушта предмет да слободно пада без почетне брзине. У истом тренутку $N = 5$ спратова ниже, Милош баца предмет вертикално навише брзином $v_0 = 4,5\text{ m/s}$. На којим спратовима су се налазили Марко и Милош, уколико оба предмета истовремено падну на тло? Растојање између спратова износи $l = 3\text{ m}$. [20 поена]

4. Даска је једним својим крајем зглобно везана (тачка В) за подлогу и може да ротира. Између даске и подлоге постављен је котур. Котур се састоји од два круто спојена ваљка полупречника r и R , респективно при чему се центри ваљака поклапају (слика 1). На унутрашњи ваљак намотана је лака и неистегљива нит. Ако слободан крај нити почнемо да вучемо у хоризонталном правцу константном брзином v , одредити угаону брзину даске у тренутку када заклапа угао $\alpha = 60^\circ$ са подлогом. [20 поена]

5. Два ротирајућа диска, сваки са видљивом тачком уцртаном на њима приказани су у почетном тренутку на слици 2 (позиције уцртаних тачака се тада поклапају). Леви диск има почетну угаону брзину једнаку нули и угаоно убрзање од $\alpha = 12\text{ rad/s}^2$. Десни диск поседује константну угаону брзину од $\omega = 18\text{ rad/s}$. У ком тренутку ће оба диска имати исти угао ротације? Колико пуних ротација су дискови извршили до тог тренутка? Одредити тренутак када ће се углови ротације дискова разликовати за N пуних ротација. [20 поена]



слика 1



слика 2

За убрзање силе Земљине теже узети $g = 9,81\text{ m/s}^2$ Квадратна једначина $ax^2 + bx + c = 0$ има два решења $x_1 = \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$ и

$$x_2 = \frac{-b - \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

Решења свих задатака треба јасно образложити са јасно дефинисаним физичким законима и величинама које користите приликом решавања задатака. Нарочито дефинисати ознаке које уводите а које нису уобичајене.

*У алфа категорији такмиче се ученици који похађају одељења која раде по програмима специјализованих гимназија за област математика и физика.

Задатке 1, 2, 3 и 5 припремили: Милош Адамовић и Марко Милошевић, ПМФ Крагујевац; задатак 4: Владимир Чубровић

Рецензент: доц. др Саша Симић, ПМФ Крагујевац

Председник Комисије за такмичења ученика средњих школа: доц. др Владимир Марковић, ПМФ Крагујевац

Свим такмичарима желимо успешан рад!



ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ФИЗИКЕ УЧЕНИКА СРЕДЊИХ ШКОЛА
ШКОЛСКЕ 2020/2021. ГОДИНЕ.



I разред

Друштво физичара Србије и Министарство просвете,
науке и технолошког развоја Републике Србије
РЕШЕЊА-АЛФА КАТЕГОРИЈА*

ОПШТИНСКИ НИВО
30. јануар 2021.

1. Дечак се налази у неинерцијалном систему који убрзава убрзањем a . Док лопту држи у руци, лопта се креће убрзано заједно са њим. Међутим када дечак баци лопту саопштавајући јој брзину вертикално навише, у хоризонталном правцу лопта наставља да се креће равномерном брзином коју је имала у тренутку када ју је дечак испустио из руку - v . У односу на непокретног посматрача са обале, лопта пређе пут $s_1 = v\Delta t$ [3п], док се трајект помери за растојање $s_2 = v\Delta t + a\Delta t^2 / 2$ [3п]. У систему референце везаном за трајект дечак мора да се помери за растојање $\Delta s = s_2 - s_1 = a\Delta t^2 / 2$ [7п]. Ситуација се понавља при сваком бацању лопте увис и укупно померање дечака износи $s = 5 \cdot \Delta s = 5a\Delta t^2 / 2$ [4п], одакле је убрзање $a = 2s / (5\Delta t^2) = 0,2 \text{ m/s}^2$ [2+1п].

2. Брзине аутомобила и камиона у току времена мењају се по формулама $v_1 = a_1 t$ [3] и $v_2 = a_2(t - \Delta t)$ [3], респективно. Из услова $v_1 / v_2 = 2$ добија се израз за временски тренутак t када је брзина камиона два пута мања од брзине аутомобила $t = 2a_2\Delta t / (2a_2 - a_1) = 45 \text{ s}$ [5+1п]. Заменом датих вредности за $a_1, a_2, \Delta t$ и добијене вредности за t у прва два израза добијају се вредности брзина аутомобила и камиона у тренутку t $v_1 = 9 \text{ m/s}$ [1п] и $v_2 = 4,5 \text{ m/s}$ [1п]. Означимо са d растојање између аутомобила и камиона у тренутку t , и то растојање износи $d = s - (a_1 t^2 / 2) - (a_2(t - \Delta t)^2 / 2) = 30 \text{ m}$ [5+1п].

3. Марко пусти предмет да слободно пада са висине $H = N_1 \cdot l$, где је N_1 спрат на коме се налази. У току времена предмет смањује висину од тла захваљујући пређеном путу при слободном паду, $h_1 = H - gt^2 / 2$ [5п]. Милош баца предмет са висине $h = H - h'$, где је $h' = N \cdot l$ растојање од $N = 5$ спратова које деле Марка и Милоша. Висина на којој се налази предмет који је Милош бацио се мења у току времена као $h_2 = h + v_0 t - gt^2 / 2$ [5п]. Тренутак пада на тло, t_p је тренутак када је $h_1 = h_2 = 0$ [1п], тј. $H = h + v_0 t_p$ [3п], одакле је $t_p = h' / v_0$. Заменом у израз за $h_1 = 0$ добија се $H = h^2 g / (2v_0^2)$ [3п] и узимањем у обзир да је $H = N_1 l$ и $h' = N l$ добија се да је $N_1 = N^2 l g / (2v_0^2) = 18$ [1+1п]. Уколико се Марко налази на 18 спрату, Милош је 5 спратова ниже, тј. $N_2 = N_1 - N = 13$ [1п].

4. Нека је (слика 1) ω - угаона брзина даске, Ω - угаона брзина котура и v_c -брзина центра масе котура. Како ваљак не проклизава по подлози (тачка O) следи: $v_c = \Omega R$ [5п] (1) Како су тачке A и D , тачке истог неистегљивог конца, брзине тачака су једнаке и важи следећа релација: $v_c + \Omega r = v$ [5п] (2) За тачку C додира ваљка и штапа (током кретања ваљак и даска су у сталном контакту, и притом не долази до њихових деформација) важи следећа једнакост $\frac{\sqrt{3}}{2} v_c = \omega \cdot \overline{BC}$ [1п] где је $\frac{\sqrt{3}}{2} v_c$ радијална компонента брзине тачке C услед ротације око тачке B , $\overline{BC} = \overline{BO} = \sqrt{3}R$ [1п] (из троугла који чине тачке B, O , и тачка центра ваљка), одакле је $v_c = 2\omega R$ (3). Из једначина (1) и (2) добијамо: $v_c = v \frac{R}{R+r}$ [5п] па враћајући у израз (3) добијамо угаону брзину даске и она износи $\omega = \frac{v}{2(R+r)}$ [3п].

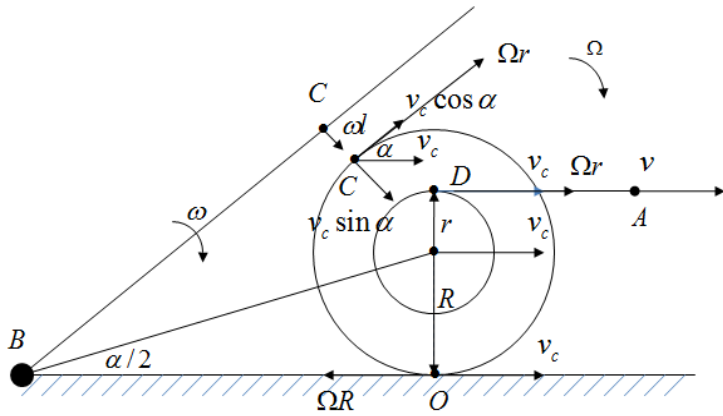
5. Леви диск се креће равномерно променљивим ротационим кретањем па је угао ротације (угао) дат са $\theta_1 = \omega_0 t + \alpha t^2 / 2 + \theta_0$. Како је $\omega_0 = 0$ можемо писати $\theta_1 = \alpha t^2 / 2 + \theta_0$ [3п]. Десни диск се креће константном брзином па је за њега $\theta_2 = \omega t + \theta_0$ [2п]. Да би се испунио услов из поставке задатка потребно је да $\theta_1 = \theta_2$ (слика 2), тј. $\alpha t^2 / 2 = \omega t$ [1п], одакле се добија $t = 2\omega / \alpha = 3 \text{ s}$ [1+1п]. На основу тога $\theta_1 = \alpha t^2 / 2 = 54 \text{ rad}$ [1+1п] и $\theta_2 = \omega t = 54 \text{ rad}$ [1+1п]. Како је једна ротација $2\pi \text{ rad}$ [1п] онда ће оба диска направити $N = \frac{54 \text{ rad}}{2\pi \text{ rad}} \approx 8,6 = 8$ [1+1п] пуних ротација. Да би се углови ротације дискова разликовали за N пуних ротација, мора важити $\Delta\theta = \theta_1 - \theta_2 = 2\pi N$ [1п], тј. $\frac{1}{2} \alpha t_N^2 - \omega t_N = 2\pi N$. Решавањем квадратне једначине по t_N и прихватањем решења са позитивним знаком [1п] (решење са негативним знаком даје негативно време јер је поткорена величина већа од



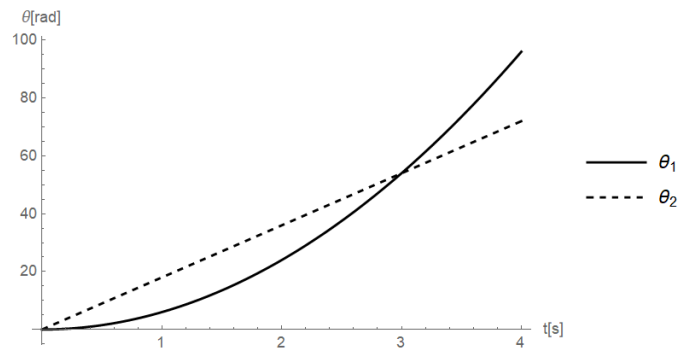
ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ФИЗИКЕ УЧЕНИКА СРЕДЊИХ ШКОЛА
ШКОЛСКЕ 2020/2021. ГОДИНЕ.



јединице) добија се $t_N = \frac{\omega}{\alpha} \left(1 + \sqrt{1 + 4\pi N \frac{\alpha}{\omega^2}} \right) \approx 1,5 \left(1 + \sqrt{1 + 0,47 \cdot N} \right) [\text{s}] [2+1\pi]$



слика 1



слика 2

(У свим задацима признати и друге тачне начине решавања са еквивалентним начином бодовања)