32. РЕПУБЛИЧКО ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ФИЗИКЕ УЧЕНИКА СРЕДЊИХ ШКОЛА РЕПУБЛИКЕ СРПСКЕ (28. март 2026)

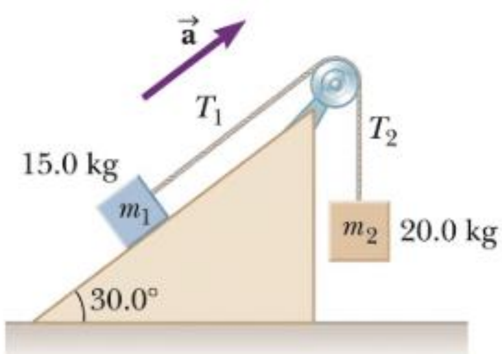
I РАЗРЕД

1. Два блока повезана су неистегљивим ужетом занемарљиве масе које прелази преко котура полупречника $r = 0.250$ m, као на слици 1. Маса блока на стрмој равни нагибног угла $\varphi = 30^{\circ}$ је $m_1 = 15kg$, док је маса блока који виси $m_2 = 20$kg. У овако постављеном систему, блок на глаткој стрмој равни креће се са константним убрзањем интензитета $a = 2$ m/s^2 уз стрму раван. Израчунати момент инерције котура. Сва трења су занемарљива. Узети да је $g = 10\frac{m}{s^2}$.

2. Велика црвена пјега је упечатљива и дуготрајна појава у атмосфери Јупитера (слика 2) често се користи као оријентир при процјени периода ротације ове планете. Астроном је током посматрања пет пута измјерио вријеме између два узастопна тренутка у којима се пјега нађе у истом привидном положају у односу на посматрача. Добијене су сљедеће вриједности периода ротације:
9.84 h, 9.95 h, 9.89 h, 9.91 h, 9.87 h

   а) Израчунати средњу вриједност периода ротације T.
   б) Израчунати апсолутну грешку мјерења.
   в) Записати резултат у облику $T = (T_{sr} \pm \Delta T)$.
   г) Израчунати релативну грешку мјерења.
   д) Ако је полупречник Јупитера приближно $7{,}0 \cdot 10^7 m$ израчунати средњу линијску брзину тачака на екватору.
   ђ) Узимајући да је грешка за полупречник занемарљива, израчунај апсолутну грешку брзине помоћу формуле $\frac{\Delta v}{v} = \frac{\Delta T}{T}$.

3. Тијело се креће по x-оси, а график зависности брзине од времена дат је на слици 3. Потребно је:
   а) Нацртати график зависности убрзања од времена $a(t)$.
   б) Израчунати помјерај тијела за 14 секунди.
   в) Израчунати пређени пут тијела за 14 секунди.
   г) Израчунати интензитет брзине тијела након 5 секунди кретања. Како је усмјерена брзина у том моменту? Да ли се тијело креће убрзано или успорено у том моменту?
   д) Израчунати пређени пут тијела у петој секунди кретања.



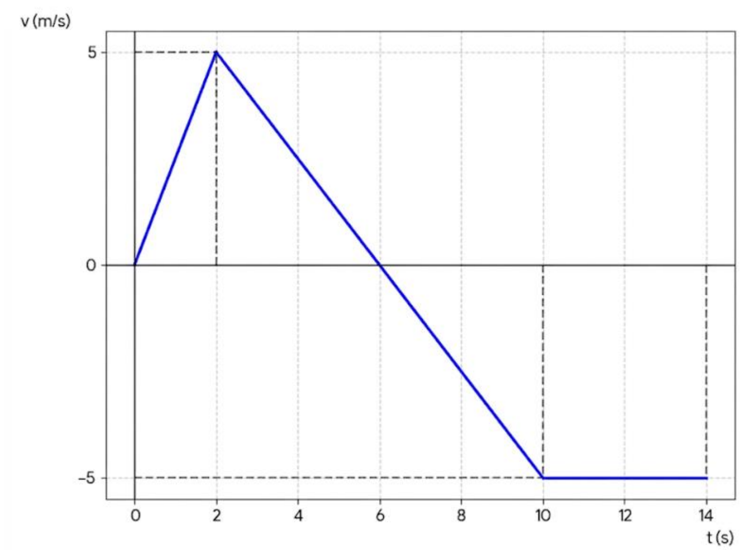
Слика 1

Слика 2

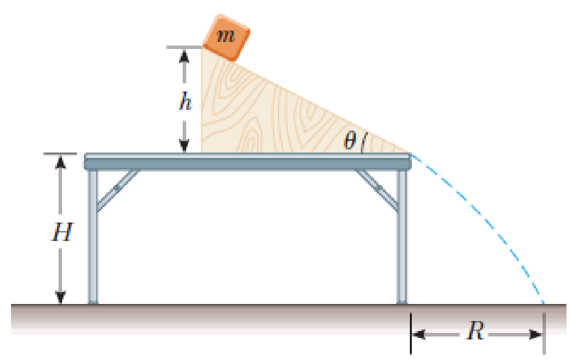
4. Тијело масе $m = 2$ kg пушта се из мировања са висине $h = 0.5$ m изнад површине стола, са врха стрме равни нагиба $\theta = 30°$, као на слици 4. Коефицијент динамичког трења између тијела и косе равни износи $\mu = 0.2$. Стрма раван је причвршћена за сто висине $H = 2$ m. Колико далеко ће тијело пасти од предње ивице стола и колико времена ће проћи од почетка пуштања тијела до удара у тло? Узети да је $g = 9{,}81\,\frac{m}{s^2}$.

5. Лук Скајвокер, јунак филмске саге *Ратови звијезда*, усљед квара на свемирској крстарици принуђен је да се спусти на непознату планету. Прије него што су се инструменти угасили, успио је да очита само два податка: полупречник планете износи 6400 km, а летјелица се спустила у близини сјеверног пола планете. Лук одлучује да једноставним мјерењима процијени неке од основних физичких карактеристика планете. У ту сврху узео је хомогену металну куглицу и пустио је да слободно пада са висине 20 m, утврдивши да је ударила о тло након 2,017 s. Затим је измјерио тежину тијела познате масе, организовао експедицију на екватор планете и поновио мјерење. Утврдио је да је тежина истог тијела на сјеверном полу 1,0035 пута већа него на екватору. Сматрајући да је планета хомогена сфера, а отпор ваздуха занемарљив, израчунати масу планете, средњу густину планете, период ротације планете у сатима и прву космичку брзину планете у km/s.

Гравитациона константа је $\gamma = 6{,}67 \cdot 10^{-11} N\frac{m^2}{kg^2}$.



Слика 3



Слика 4

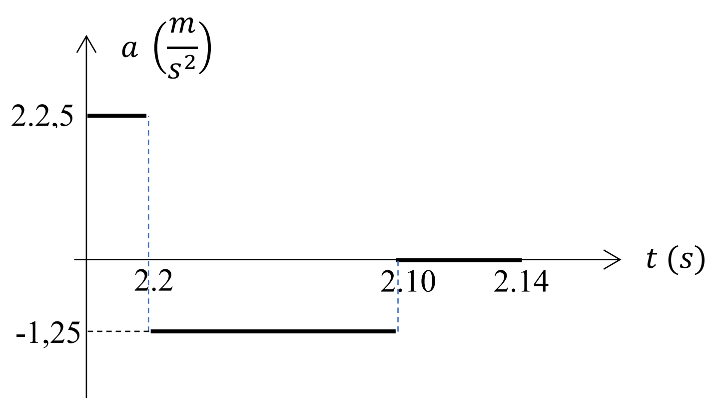
Задатке припремио: *Доброслав Слијепчевић*
Рецензент: *Проф. др Милан Пантић, ПМФ Нови Сад*

РЈЕШЕЊА ЗАДАТАКА ЗА I РАЗРЕД

1. Други Њутнов закон за блок на стрмој равни даје: $m_1 a = T_1 - m_1 g sin\varphi$**,** а за блок који виси $m_2 a = m_2 g - T_2$ **,** одакле лако налазимо $T_1 = 105N, T_2 = 160N$ **.** Силе затезања дјелују на котур моментима супротног знака, па Други Њутнов закон за ротацију даје $I\alpha = M = (T_2 - T_1)r$**.** Како је веза између угаоног и тангенцијалног убрзања тачака на котуру дата са $\alpha = a/r$ **,** па је коначно $I = 1{,}72\ kg \cdot m^2$ **.**

2. а) Средња вриједност периода дата је са: $T_{sr} = (9{,}84 + 9{,}95 + 9{,}89 + 9{,}91 + 9{,}87) / 5 = 9{,}892\ h$**.**
б) Рачунамо апсолутне грешке по формули $\Delta T = |\mathrm{T} - T_{sr}|$, па су апсолутне грешке:
|9,84 – 9,892| = 0,052 h, |9,95 – 9,892| = 0,058 h, |9,89 – 9,892| = 0,002 h, |9,91 – 9,892| = 0,018 h, |9,87 – 9,892| = 0,022 h**,** а ми узимамо највећу од њих по апсолутној вриједности: ΔT = 0,058 h .
в) Резултат мјерења записујемо као: T = (9,892 ± 0,058) h, или тачније, заокружено: T = (9,89 ± 0,06) h.
г) Релативна грешка дата је са: $\delta = \Delta T / T_{sr}$ · 100% = 0,058 / 9,892 · 100% = 0,59% .
д) Средња линеарна брзина на екватору је $v = 2\pi R / T$, а период је потребно прво претворити у секунде: $T = 9{,}892 \cdot 3600s = 35611{,}2s$, па је брзина $v = 12351m/s$.
ђ) Пошто је грешка полупречника занемарљива, имамо $\Delta v / v = \Delta T / T$, па је $\Delta v = v \cdot \Delta T / T = 72\ m/s$.

3. а) Прво рачунамо убрзања на три етапе пута (од нулте до друге секунде, од друге до десете и од десете до четрнаесте). На првој етапи, убрзање је $a_1 = \frac{5-0}{2}\frac{m}{s^2} = 2{,}5\ \frac{m}{s^2}$, на другој $a_2 = \frac{-5-5}{8}\frac{m}{s^2} = -1{,}25\ \frac{m}{s^2}$, док је на трећој етапи убрзање нула, јер је кретање равномјерно праволинијско. График убрзања дат је на слици.



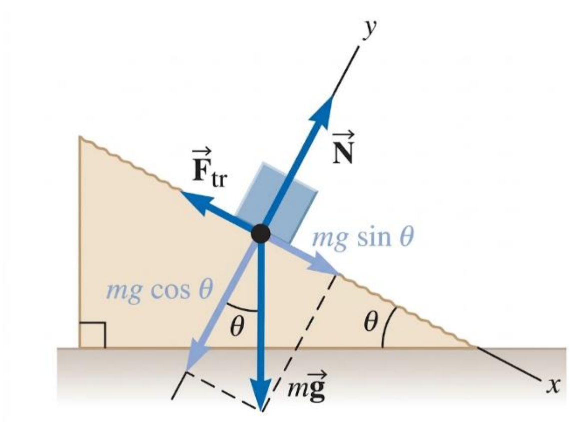
б) Ученици могу наћи помјераје као површине које график заклапа са хоризонталном осом, или формулама. Овдје је дато рјешење преко површина: $x_1 = \frac{5\cdot 2}{2} = 5m$, $x_2 = \frac{5\cdot 4}{2} = 10m$, $x_3 = -\frac{5\cdot 4}{2} = -10m$, $x_4 = -4 \cdot 5 = -20m$, гдје је знак минус код трећег и четвртог помјераја ту да означи да се тијело враћа „у рикверц“ након шестог секунда кретања.

Укупан помјерај тијела је $x = x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = -15m$.

в) Пређени пут тијела једнак је збиру апсолутних вриједности помјераја, па је $s = 45m$.
г) Пета секунда кретања налази се на дијелу пута када се тијело креће успорено и у позитивном смјеру $x -$ осе**.** Посматрамо само дио графика од друге до шесте секунде. Знамо да је почетна брзина $5m/s$, а апсолутна вриједност убрзања $1{,}25\frac{m}{s^2}$, док се тијело креће на тај начин током 3 секунде (5-2), па је $v =$

$5 - 1{,}25 \cdot 3 = 1{,}25 m/s$ д) Пређени пут тијела у петој секунди добијамо тако што одузмемо пређене путеве од друге до пете секунде и од друге до четврте секунде (једна могућност). Пређени пут од друге до пете секунде је : $s_1 = 5 \cdot 3 - \frac{1}{2} \cdot 1{,}25 \cdot 3^2 = 9{,}375m$, док је пређени пут од друге до четврте секунде $s_2 = 5 \cdot 2 - \frac{1}{2} \cdot 1{,}25 \cdot 2^2 = 7{,}5m$. Пређени пут у петој секунди је $\Delta s = s_1 - s_2 = 1{,}875m$.

4. Идеја задатка је да прво израчунамо брзину којом тијело дође до подножја стрме равни, након чека се креће само под утицајем гравитационе силе (коси хитац, али наниже). Полазећи од Другог Њутновог закона, добијамо $ma = F_a - F_{tr}$ **,** што даје $ma = mgsin\theta - \mu mgcos\theta$. Уврштавањем бројних вриједности добијамо $a = 3{,}21 \frac{m}{s^2}$ **.** Дужина стрме равни, може се наћи из $s = \frac{h}{sin\theta} = 1m$**,** па је брзина тијела на крају стрме равни $v = \sqrt{2as} = 2{,}53\ m/s$ **.** Вријеме за које се тијело спусти низ стрму раван је $t_1 = \frac{v}{a} = 0{,}79s$**.** Брзина на крају стрме равни је почетна за коси хитац, а њене компоненте су: $v_{0x} = vcos\theta = 2{,}19\ m/s$, $v_{0y} = vsin\theta = 1{,}27\ m/s$**.** Како је кретање по вертикали могуће представити као хитац наниже, са почетном брзином v_{0y} и са висине H, можемо наћи вријеме кретања t_2 или директно из формуле $H = v_{0y}t_2 + \frac{gt_2^2}{2}$, или налазећи прво $v_y = \sqrt{v_{0y}^2 + 2gH}$, па онда $t_2 = \frac{v_{y-}v_{0y}}{g} = 0{,}52s$**.** За ово вријеме, по хоризонтали тијело пређе $R = v_{0x}t_2 = 1{,}14m$. Укупно вријеме кретања је $t = t_1 + t_2 = 1{,}31s$ **.**



5. Лук је слетио на пол планете, па важи да је $g = \gamma \frac{M}{R^2}$. Гравитационо убрзање можемо наћи из мјерења времена пада куглице $g = \frac{2h}{t^2} = 9{,}83 \frac{m}{s^2}$. Тада је маса планете $M = \frac{gR^2}{\gamma} = 6{,}04 \cdot 10^{24} kg$. Средња густина планете може се наћи формулом $\rho = m/V$, гдје је $V = \frac{4}{3}\pi R^3$, па је $\rho = 5501 kg/m^3$**.** На екватору, због посљедица ротације планете, на тијело поред гравитационе дјелује и центрифугална сила, па је тежина тијела дата са $Q_e = \gamma \frac{Mm}{R^2} - m\omega^2 R$. На половима, тежина је $Q_p = \gamma \frac{Mm}{R^2}$. Из услова задатка је $\frac{Q_p}{Q_e} = 1{,}0035$, па сређивањем добијамо $0{,}0035\ \gamma \frac{M}{R^2} = 1{,}0035\omega^2 R$, одакле је $\omega = \sqrt{\frac{0{,}0035}{1{,}0035}\gamma \frac{M}{R^3}} = 7{,}32 \cdot$

$10^{-5} rad/s$. Тада је период ротације планете $T = \frac{2\pi}{\omega} = 85836s = 23{,}84h$. По дефиницији, прва космичка брзина је брзина коју треба дати тијелу да остане у орбити око планете, са радијусом орбите једнаким полупречнику планете (фактички, тик уз површину планете). Центрипетална сила која дјелује на овакво тијело је гравитациона, па можемо писати једнакост $\frac{mv^2}{R} = \gamma \frac{Mm}{R^2}$, одакле срећивањем добијемо $v = \sqrt{R\gamma \frac{M}{R^2}} = \sqrt{gR} = 7{,}93\ km/s$.