



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



IV разред

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

ОКРУЖНИ НИВО
20. фебруар 2021.

1. Честица масе мировања m и импулса p у лабораторијском систему референције распала се на две честице. Одредити масу мировања прве честице (m_1) ако је позната маса мировања друге честице m_2 и њен импулс p_2 , као и угао θ_2 између правца кретања честице масе m_2 и правца кретања честице масе m пре распада. [20 поена]

2. Одредити вредност полупречника r честице космичке прашине (сматрати је апсолутним црним телом, јако удаљеним од Сунца) сферног облика густине $\rho = 2 \text{ g/cm}^3$ за које ће радијациона сила изотропног зрачења Сунца која делује на честицу бити једнака гравитационој сили којом Сунце делује на честицу. Сунце сматрати апсолутно црним телом температуре $T_s = 5780 \text{ K}$. Користити следеће бројне вредности: маса Сунца $M_s = 1,99 \cdot 10^{30} \text{ kg}$, полупречник Сунца $R_s = 6,96 \cdot 10^8 \text{ m}$, Штефан-Болцманова константа $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$, брзина светлости у вакууму $c = 2,998 \cdot 10^8 \text{ m/s}$, универзална гравитациона константа $G = 6,674 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$. Занемарити утицај зрачења и гравитације других тела. [20 поена]

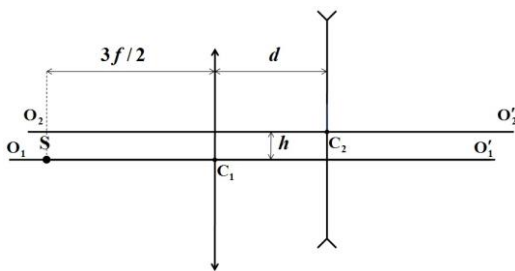
3. Два танка сочива, једно сабирно а друго расипно једнаких жижних даљина f , постављена су тако да су њихове оптичке осе међусобно паралелне на растојању h , при чему је растојање између сочива $d = f$ (слика 1). Тачкасти извор светлости постављен је на оптичку осу сабирног сочива на растојању $3f/2$ од његовог центра.

а) Одредити растојање између тачкастог извора светлости и његовог лика у датом оптичком систему. [13 поена]
б) Скицирати начин формирања коначног лика тачкастог извора светлости у датом оптичком систему. [7 поена]
Напомена. Решење под б) се неће признавати ако нису приказани карактеристични зраци, јасно означени елементи сочива, као и јасно приказан коначни лик који се формира у датом оптичком систему.

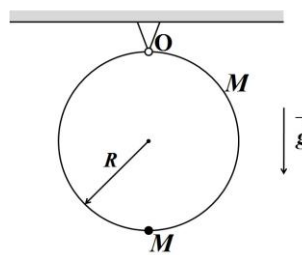
4. Планкова дужина l_p (величина која има димензије дужине) зависи од редуковане Планкове константе \hbar , универзалне гравитационе константе G , и брзине светлости у вакууму c тј. облика је $l_p = \hbar^a G^b c^d$. Одредити њену бројну вредност.

Користити следеће бројне вредности: редукована Планкова константа $\hbar = 1,054 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$, универзална гравитациона константа $G = 6,674 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2}$, брзина светлости у вакууму $c = 2,998 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. [20 поена]

5. Крути и хомогени прстен масе M и полупречника R зглобно је причвршћен у тачки O за плафон док је на супротном крају круто причвршћено тело масе M занемарљивих димензија (слика 2). Систем може да ротира у вертикалној равни у пољу силе Земљине теже око осе која пролази кроз тачку O и нормална је на површину прстена. Убрзање силе Земљине теже је g . Одредити период малих осцилација система. Величине R и g сматрати познатим. Момент инерције прстена око осе која пролази кроз његов центар и нормална је на раван прстена је $I = mr^2$, где је m маса прстена, а r полупречник прстена. [20 поена]



Слика 1



Слика 2

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 бета категорији такмиче се ученици који похађају одељења која раде по програмима гимназија општег типа, специјализованих гимназија за области које нису математика и физика, средњих стручних школа и уметничких школа.

Задатке припремио: Владимир Чубровић;

Рецензент: проф. др Милан Ковачевић, ПМФ, Крагујевац

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

Свим такмичарима желимо успешан рад!



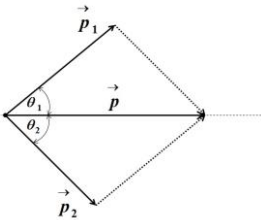
IV разред

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

ОКРУЖНИ НИВО
20. фебруар 2021.

1. Применом косинусне теореме на троугао приказан на дијаграму импулса честица (слика1) (последица закона одржања импулса $\vec{p} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2$) добијамо једначину $p_1^2 = p^2 + p_2^2 - 2pp_2\cos\theta_2$ [7п]. (1). При томе важе следећи изрази $E = \sqrt{p^2c^2 + m^2c^4}$ [1п], $E_1 = \sqrt{p_1^2c^2 + m_1^2c^4}$ [1п], $E_2 = \sqrt{p_2^2c^2 + m_2^2c^4}$ [1п]. Према закону одржања енергије следи једначина $E = E_1 + E_2$ [3п]. Решавањем претходних једначина добијамо

$$m_1 = \sqrt{m^2 + m_2^2 - \frac{2}{c^2} \left[\sqrt{(p^2 + m^2c^2)(p_2^2 + m_2^2c^2)} - pp_2\cos\theta_2 \right]} \quad [7п].$$



Слика 1

2. Ако на тело падне ΔN_i фотона (енергија појединачног фотона је $h\nu_i$) за време Δt , при чему при апсорпцији један фотон предаје импулс $h\nu_i/c$ телу, тада је укупна радијациона сила која делује на тело

$$F = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{1}{c} \cdot \frac{\sum_i \Delta N_i h\nu_i}{\Delta t} \quad [2п].$$

На тело доспева зрачење које прође кроз површину $S = r^2\pi$, при чему је

$$\frac{\sum_i \Delta N_i h\nu_i}{\Delta t} = \frac{P_s}{4\pi d^2} \cdot r^2\pi \quad [7п]$$

(где је d растојање између Сунца и тела, а $\frac{P_s}{4\pi d^2}$ интензитет зрачења Сунца на

растојању d). Снага зрачења Сунца је $P_s = \sigma T_s^4 \cdot 4\pi R_s^2$ [4п], тако да је $\frac{\sum_i \Delta N_i h\nu_i}{\Delta t} = \frac{\sigma T_s^4 \cdot 4\pi R_s^2}{4\pi d^2} \cdot r^2\pi$, па је

$$\text{радијациона сила која делује на тело } F = \frac{\sigma T_s^4 R_s^2}{cd^2} \cdot r^2\pi \quad [2п].$$

По услову задатка је $\frac{\sigma T_s^4 R_s^2}{cd^2} \cdot r^2\pi = G \frac{M_s m}{d^2}$ [2п], при

$$\text{чему је маса тела } m = \frac{4}{3} r^3 \pi \cdot \rho, \text{ па након решавања добијамо } r = \frac{3\sigma T_s^4 R_s^2}{4cGM_s \rho} \approx 0,29 \mu\text{m} \quad [2+1п].$$

3. Посматрамо два зрака, зрак 1 и зрак 2. Зрак 1 се креће дуж оптичке осе сабирног сочива, пролази кроз његов центар и не прелама се, а затим паралелно са оптичком осом расипног сочива пада на расипно сочива и прелама се, при чему се расипа, зрак 1', тако да његов продужетак пролази кроз жижу F_2 расипног сочива. Зрак 2 који се креће ка првом сочиву, тако да се након преламања креће ка центру расипног сочива, зрак 2', пролази кроз центар расипног сочива без преламања. У пресеку продужетака зрака 1' и зрака 2' формира се имагинаран лик S' тачкастог извора светлости S . Начин формирања коначног лика предмета у датом оптичком систему је приказан на слици 2. Тачно скициран начин формирања коначног лика предмета у датом оптичком систему (видети напомену у поставци задатка) носи 7 поена.

Да нема расипног сочива лик S' тачкастог извора светлости S би се формирао на оптичкој оси сабирног сочива на растојању $l_1 = \frac{p_1 f}{p_1 - f} = 3f$, јер је $p_1 = 3f/2$, од центра сабирног сочива [2п].

Како постоји преламање на расипном сочиву пре него што се формира лик S' , лик S' ће бити имагинаран предмет за расипно сочиво на растојању $p_2 = 2f$ од расипног сочива, а формираће имагинаран лик S'' на растојању l_2 од расипног сочива.



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

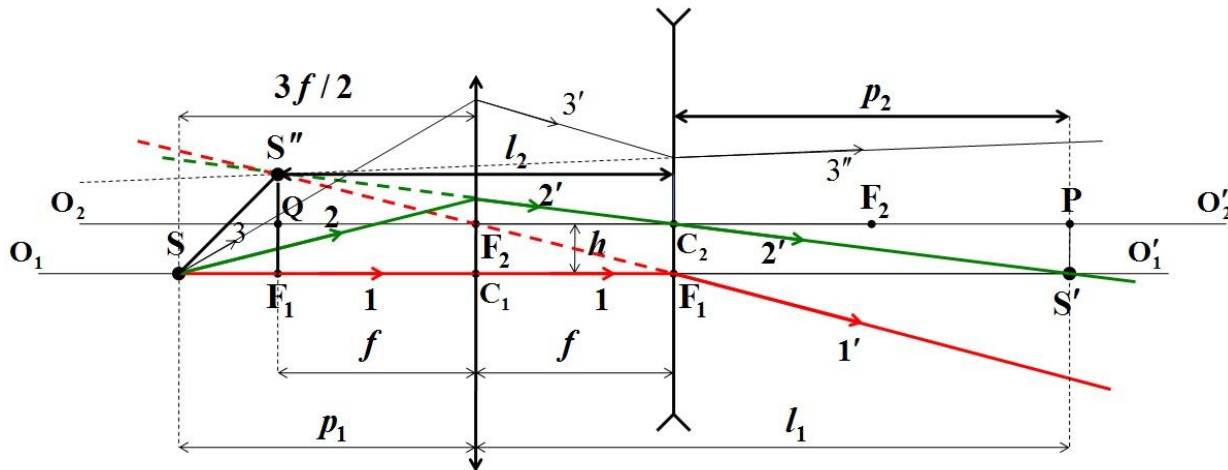


Једначина за преламање на распипном сочиву у том случају има облик $-\frac{1}{p_2} - \frac{1}{l_2} = -\frac{1}{f}$ [4п] тако да је

$l_2 = \frac{p_2 f}{p_2 - f} = 2f$ [2п], па се може уочити да ће се имагинарни лик S'' формирати у животној равни сабирног сочива.

Тада је $\overline{F_1 S''} = h + \overline{Q S''}$ [1п] при чему је $\frac{\overline{Q S''}}{\overline{P S'}} = \frac{l_2}{p_2} = 1$ [2п]. Како је $\overline{P S'} = h$ тада је $\overline{Q S''} = h$ и $\overline{F_1 S''} = 2h$. Тражено

расстојање је $\overline{S S''} = \sqrt{(\overline{S F_1})^2 + (\overline{F_1 S''})^2} = \sqrt{\left(\frac{f}{2}\right)^2 + (2h)^2}$ [2п].



Слика 2

4. Зависност је облика $l_p = \hbar^a G^b c^d$, а димензионо $[m] = \left[\frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}}\right]^a \cdot \left[\frac{\text{m}^3}{\text{kg} \cdot \text{s}^2}\right]^b \cdot \left[\frac{\text{m}}{\text{s}}\right]^d$ [2п], односно

$[m] = [\text{kg}]^{a-b} \cdot [\text{m}]^{2a+3b+d} \cdot [\text{s}]^{-a-2b-d}$ [2п], тако да добијамо три једначине $a-b=0$ [2п], $2a+3b+d=1$ [2п],

$-a-2b-d=0$ [2п]. Решавањем једначина добијамо $a = \frac{1}{2}$ [2п], $b = \frac{1}{2}$ [2п] и $d = -\frac{3}{2}$ [2п], тако да је тражени израз

$l_p = \sqrt{\frac{\hbar G}{c^3}}$ [2п], а његова вредност $l_p \approx 1,616 \cdot 10^{-35} \text{ m}$ [2п].

5. Прстен и тело описани у поставци задатка представљају физичко клатно. Период осциловања физичког клатна

тј. у овом случају прстена и тела (у даљем тексту систем тела), је дат формулом $T_s = 2\pi \sqrt{\frac{I_s^{(0)}}{m_{\text{su}} \cdot g \cdot d_{\text{cm}}^{(0)}}}$, где је: $I_s^{(0)}$ -

момент инерције система тела у односу на осу ротације, m_{su} - укупна маса система тела, а $d_{\text{cm}}^{(0)}$ растојање центра

месе система тела од тачке О. Укупна маса система тела је $m_{\text{tu}} = 2M$. Ако је све претходно написано доделити

[4п]. Центар масе система тела, у равнотежном положају, у односу на тачку О је $x_{\text{cm}} = 0$ и

$y_{\text{cm}} = \frac{M \cdot R + M \cdot 2R}{M + M} = \frac{3R}{2}$ [4п] па је $d_{\text{cm}}^{(0)} = y_{\text{cm}} = \frac{3R}{2}$ [1п]. Момент инерције система тела у односу на осу ротације је

$I_s^{(0)} = I_1 + I_2$. Даље је редом $I_1 = I + MR^2 = MR^2 + MR^2 = 2MR^2$ [5п] и $I_2 = M \cdot (2R)^2 = 4MR^2$ [3п], тако да је

$I_s^{(0)} = 6MR^2$ [1п]. Период осциловања датог система тела је на основу претходних израза једнак $T_s = 2\pi \sqrt{\frac{2R}{g}}$ [2п].