



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



II
РАЗРЕД

Друштво физичара Србије
Министарство просвете, науке и технолошког
развоја Републике Србије

РЕПУБЛИЧКИ НИВО
14.05.2022.

ЗАДАЦИ – ВЕТА КАТЕГОРИЈА

1. Израчунати степен корисног дејства циклуса којисе састоји од две изобаре и две адијабате. Радно тело је двоатомски гас. Однос максималног и минималног притиска у овом циклусу је $\beta = 3$.
2. Две кугле једнаких запремина учвршћене су на танком штапу тако да је тежа на средини штапа, а лакша на једном његовом крају. Када се такав систем потопи у плитку воду слободни крај штапа се ослања на дно, штап заклапа неки угао са површином воде, и ван воде остаје део лакше кугле, при чему је однос запремине дела кугле ван воде и укупне запремине кугле n . Под којим условом ће систем пливати када се потопи у дубоку воду?
3. Гвоздено тело температуре $t_0 = 0$ °С спојено је са комадом леда масе $M = 2$ кг и температуре $t = -30$ °С и спуштено у велику посуду са водом температуре 0 °С. При томе је систем прво потонуо, а након неког времена испливао на површину. У ком интервалу се може налазити маса гвожђа? Густина гвожђа је 7800 kg/m^3 , густина воде 1000 kg/m^3 , густина леда 900 kg/m^3 , специфични топлотни капацитет леда 2100 kg/m^3 , а латентна топлота топљења леда 340 J/g .
4. Диск полупречника R и дебљине $R/6$ има момент инерције I_D око сопствене осе симетрије. Диск је претопљен у куглу. Наћи момент инерције такве кугле.
5. Мерење коефицијента површинског напона алкохола је извршено методом откидања прстена. Сила откидања прстена је мерена микровагом (слика 1). Калибрација микроваге се врши тако што се, док прстен P окачен на крају полуге фиксиране за жицу A виси у ваздуху, тег познате масе окачи поред прстена у истој тачки где је окачен и прстен. Затим се окретањем точка скале D (увртањем жице A) полука на којој су окачени прстен и тег враћа у хоризонтални положај и читава се угао за који је у том моменту игла заокренута. Из више оваквих мерења, помоћу тегова различитих маса, може се извести калибрација микроваге графички тако што се нацрта калибрациони график микроваге $F = F(\alpha)$, где је F – вредност силе којом поједини тегови делују на полуку, а α - одговарајући углови за које треба окренути точак скале да би се полука под оптерећењем вратила у равнотежни положај. Коефицијент нагиба праве k представља константу микроваге. Подаци за калибрацију микроваге су дати у Табели 1. Кружна скала микроваге O на којој се читава вредност угла α има вредност најмањег подеока $\Delta\alpha = 0,5^\circ$.

m (g)	α (°)
0,1	7,0
0,2	14,5
0,3	21,0
0,4	27,5
0,5	35,0

Табела 1.

Очитане вредности угла откидања прстена уроњеног у алкохол су дате у Табели 2.

α_0 (°)
22,0
22,5
22,5

Табела 2.

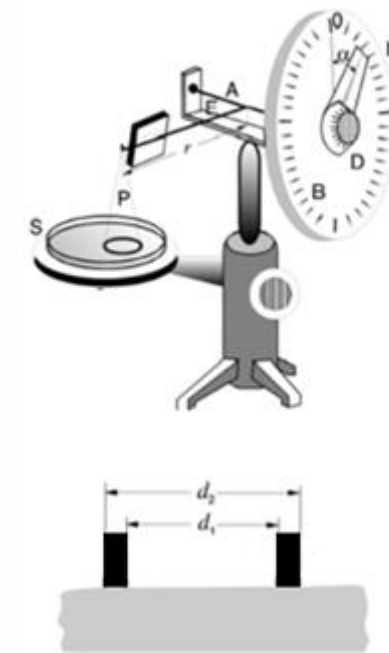


ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ФИЗИКЕ УЧЕНИКА СРЕДЊИХ ШКОЛА
ШКОЛСКЕ 2021/2022. ГОДИНЕ.



Унутрашњи и спољашњи пречник прстена имају вредности $d_1 = 21,0 \text{ mm}$ и $d_2 = 22,0 \text{ mm}$. Пречници су мерени нонијусом који има инструменталну грешку $\Delta d = 0,1 \text{ mm}$.

- Нацртати калибрациони график микроваге и израчунати коефицијент нагиба k и проценити одговарајућу апсолутну грешку Δk .
- Одредити вредност коефицијента површинског напона алкохола γ и проценити одговарајућу апсолутну грешку $\Delta \gamma$.



Напомене: Сва решења детаљно објаснити. Сваки задатак носи по 20 поена.

Свим такмичарима желимо успешан рад !

Задатке припремио: др Стеван Јанков, Департман за физику, Нови Сад

Рецензент: др Ивана Богдановић, Департман за физику, Нови Сад

Председник комисије: Проф. др Имре Гут, Департман за физику, Нови Сад

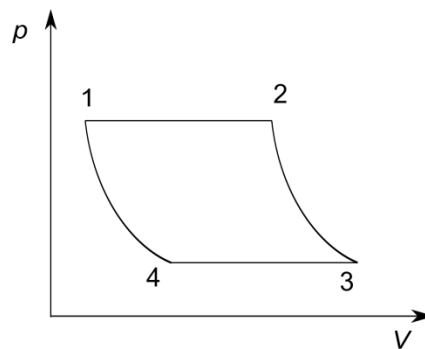


II РАЗРЕД

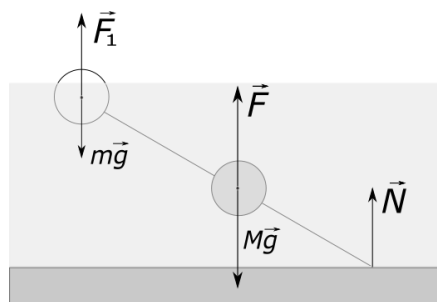
Друштво физичара Србије
Министарство просвете, науке и технолошког
развоја Републике Србије
РЕШЕЊА ЗАДАТАКА БЕТА категорија

РЕПУБЛИЧКИНИВО
14.05.2022.

1. Пошто се топлота предаје гасу у процесу 1-2, а ослобађа у процесу 3-4, степен корисног дејства се добија изразом $\eta = \frac{Q_{12} - Q_{34}}{Q_{12}}$ [2]. Како су поменути процеси изобарски, наведене количине топлоте се рачунају из $Q = nC_p \Delta T$ [2+2], тј. конкретно: $\eta = 1 - \frac{T_3 - T_4}{T_2 - T_1}$ (*) [4]. Из процеса 2-3 се добија $\left(\frac{T_3}{T_2}\right)^{\frac{\gamma}{1-\gamma}} = \frac{p_{max}}{p_{min}} = \beta \Rightarrow T_3 = T_2 \beta^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}$ [2], а аналогно из процеса 4-1: $T_4 = T_1 \beta^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}$ [2]. Када добијене изразе за температуре уврстимо у (*) и скратимо тако добијени израз, остаје нам $\eta = 1 - \beta^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = 0.269$ [4+2].



2. Сила потиска на тежу куглу је $F = \rho V g$ [1], а на лакшу $F_1 = \rho(V - V_1)g = \rho(V - nV)g = F(1 - n)$ [1+2+2]. Услов равнотеже сила које делују на систем у плиткој води тако има облик $F_1 + F + N = mg + Mg$ [2], а момената сила у односу на средиште штапа $F_1 x = mgx + Nx \Leftrightarrow F_1 = mg + N$ [2]. Када из наведених једначина елиминишемо реакцију дна N и искористимо израз за F_1 , добијамо: $mg + Mg = F(3 - 2n) - mg$ [3]. Пошто услов пливања у дубокој води $mg + Mg < 2F$ [2] уврстимо у претходно добијену релацију, имамо $F(3 - 2n) - mg < 2F$ [3], односно $1 - 2n < \frac{mg}{F}$ [2].



3. Пошто је систем тела прво потонуо, значи да је тежина система била већа од силе потиска, те важи релација $(m_1 + M)g > \rho_0 g \left(\frac{m_1}{\rho} + \frac{M}{\rho_l}\right)$ [2]. Када се наведена неједначина реши по m_1 добија се доња гранична вредност масе гвожђа $m_1 > M \frac{\rho_0/\rho_l - 1}{1 - \rho_0/\rho} = 255 \text{ g}$ [4]. Након довољно времена лед потопљен у воду се загреје до 0°C , при чему се на њега нахвата додатна маса леда која се може наћи из једначине $M c_l (t_0 - t) = \Delta m \lambda_t \Rightarrow \Delta m = \frac{M c_l (t_0 - t)}{\lambda_t}$ [2+2]. Са додатим ледом сила потиска која делује на систем је већа од његове тежине, те систем исплива на



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



површину: $(m_2 + M + \Delta m)g < \rho_0 g \left(\frac{M + \Delta m}{\rho_l} + \frac{m_2}{\rho} \right)$ [4]. Решавањем ове неједначине добија се горња гранична вредност масе гвожђа: $m_2 < M \left(1 + \frac{c_l(t_0 - t)}{\lambda_t} \right) \frac{\rho_0 / \rho_l - 1}{1 - \rho_0 / \rho} = 302 \text{ g}$ [6].

4. Запремине и масе диска и кугле су једнаке [2], стога важи: $R^2 \pi d = \frac{4}{3} R_k^3 \pi \Leftrightarrow R^2 \frac{R}{6} = \frac{4}{3} R_k^3$ [4], одакле се добија $R_k = \frac{R}{2}$ [4]. Маса тела се може добити из израза за момент инерције диска $m = \frac{2I_D}{R^2}$ [4], те искористити за налажење момента инерције кугле: $I_k = \frac{2}{5} m R_k^2 = \frac{I_D}{5}$ [6].
5. Прво је потребно, познајући масе тегова од 0,1 g до 0,5 g, израчунати силе оптерећења $F = m \cdot g$, где је $g = 9,81 \frac{m}{s^2}$ и нацртати график зависности $F = F(\alpha)$. Коefицијент нагиба износи $k = 0,14 \frac{mN}{^\circ}$.

$m \text{ (g)}$	$F \text{ (mN)}$	$\alpha \text{ (}^\circ\text{)}$	$k \text{ (mN/}^\circ\text{)}$
0,1	0,981	7	0,14
0,2	1,962	14,5	
0,3	2,943	21	
0,4	3,924	27,5	
0,5	4,905	35	

Коefицијент нагиба се рачуна са калибрационог графика микроваге. Узимају се две неексперименталне тачке. Тачка А између прве и друге експерименталне тачке, а тачка В између претпоследње и последње експерименталне тачке. Очитавајући вредности за силе и углове за изабране тачке А и В, коefицијент нагиба се рачуна као:

$$k = \frac{F_B - F_A}{\alpha_B - \alpha_A} = \frac{4,20 \text{ mN} - 1,40 \text{ mN}}{30^\circ - 10^\circ} = 0,14 \frac{\text{mN}}{^\circ} \text{ (3 boda)}$$

Процена апсолутне грешке за коefицијент нагиба:

Грешка за силу се узима са графика која одговара вредности најмањег подеока и износи $\Delta F = 0,02 \text{ mN}$

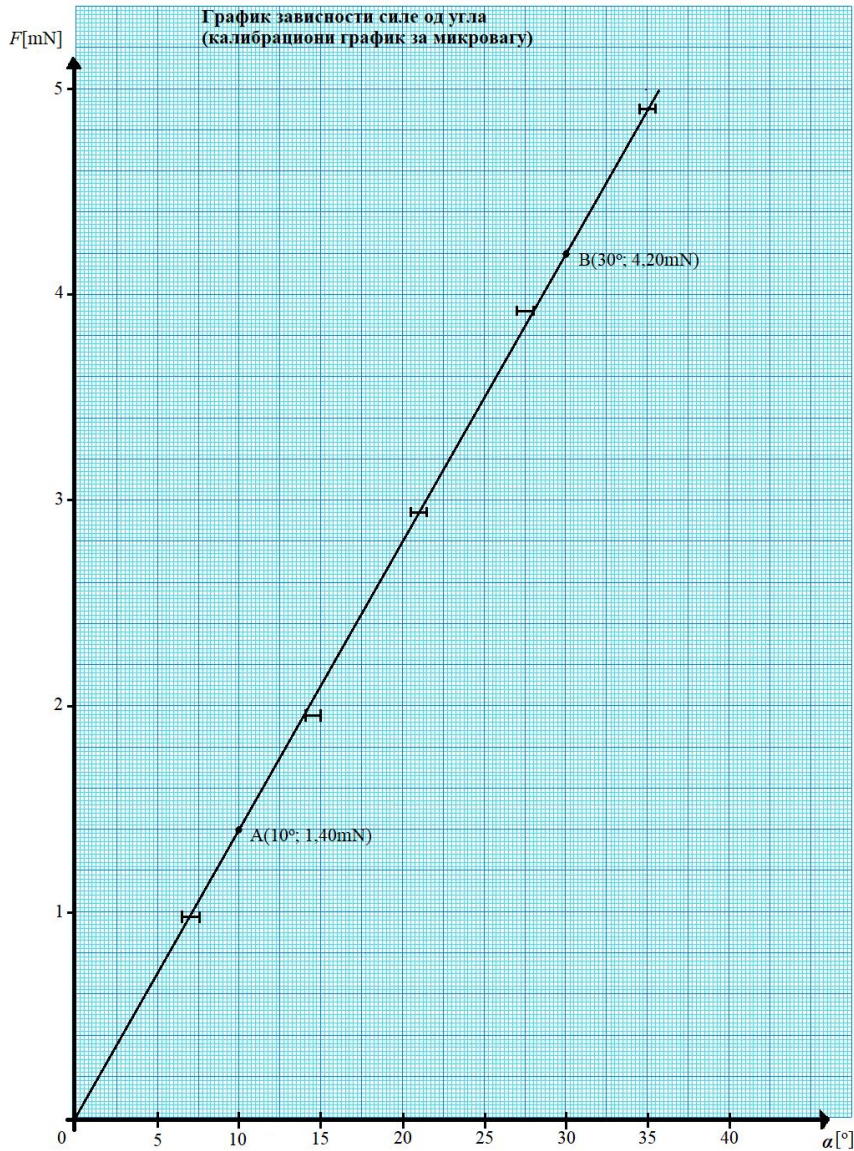
За грешку угла се узима инструментална грешка скале за угао микроваге $\Delta \alpha = 0,5^\circ$.

Апсолутна грешка коefицијента нагиба

$$\Delta k = k \cdot \left(\frac{\Delta F_A + \Delta F_B}{F_B - F_A} + \frac{\Delta \alpha_A + \Delta \alpha_B}{\alpha_B - \alpha_A} \right) = 0,14 \frac{\text{mN}}{^\circ} \cdot \left(\frac{0,02 \text{ mN} + 0,02 \text{ mN}}{4,20 \text{ mN} - 1,40 \text{ mN}} + \frac{0,5^\circ + 0,5^\circ}{30,0^\circ - 10,0^\circ} \right)$$



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



(5 bodova)

$$\Delta k = 0,009 \frac{\text{mN}}{\circ} \text{ (2 boda)}$$

Конечан запис коефицијента правца праве са калибрационог графика и одговарајуће грешке:

$$k = (0,140 \pm 0,009) \frac{\text{mN}}{\circ}$$

Коефицијент површинског напона се рачуна по релацији:

$$\gamma = \frac{F}{(d_1 + d_2) \cdot \pi} \text{ (2 boda)}$$

У тексту задатка су дате вредности за унутрашњи и спољашњи пречник прстена и они имају вредности

$$d_1 = 21,0 \text{ mm} \text{ и } d_2 = 22,0 \text{ mm}$$

F представља силу откидања прстена микроваге од површине течности и добија се као производ коефицијента правца праве са калибрационог графика и средње вредности угла



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



откидања

$$F = k \cdot \bar{\alpha}_0$$

$\bar{\alpha}_0$.

Средња вредност угла откидања се рачуна по релацији:

$$\bar{\alpha}_0 = \frac{\alpha_{01} + \alpha_{02} + \alpha_{03}}{3} \quad (1 \text{ bod})$$

α_0 (°)	$\bar{\alpha}_0$ (°)	F (mN)
22	22,33	3,13
22,5		
22,5		

Уврштавајући добијену вредност за силу F у релацију за коефицијент површинског напона, добија се:

$$\gamma = \frac{3,13 \text{ mN}}{(21,0 \text{ mm} + 22,0 \text{ mm}) \cdot 3,14} = 0,0231817 \frac{\text{N}}{\text{m}} = 23,1817 \cdot 10^{-3} \frac{\text{N}}{\text{m}} \quad (3 \text{ boda})$$

Процена апсолутне грешке за коефицијент површинског напона:

Полази се од релације за коефицијент површинског напона

$$\gamma = \frac{k \cdot \bar{\alpha}_0}{(d_1 + d_2) \cdot \pi}$$

Грешка за средњу вредност угла откидања $\bar{\alpha}_0$ рачуната као разлика појединачних углова откидања и средње вредности угла откидања износи:

$$\Delta \bar{\alpha}_0 = |\alpha_0 - \bar{\alpha}_0| = 0,33^\circ$$

Грешка за средњу вредност угла откидања $\bar{\alpha}_0$ рачуната преко инструменталне грешке скале за угао микроваге $\Delta \alpha = 0,5^\circ$:

$$\Delta \bar{\alpha}_0 = \frac{1}{3} \cdot (\Delta \alpha_{01} + \Delta \alpha_{02} + \Delta \alpha_{03}) = 0,5^\circ$$

За грешку средње вредности угла откидања $\bar{\alpha}_0$ узима се већа вредност од ове две па је:

$$\Delta \bar{\alpha}_0 = 0,5^\circ$$

Грешка за коефицијент нагиба је добијена у првом делу задатка и износи $\Delta k = 0,009 \frac{\text{mN}}{\circ}$.

Грешке за унутрашњи и спољашњи пречник прстена су једнаке и одговарају инструменталној грешци нонијуса $\Delta d_1 = \Delta d_2 = 0,1 \text{ mm}$.

Наведене вредности за грешке се уврштавају у релацију за релативну грешку коефицијента површинског напона:

$$\delta \gamma = \frac{\Delta k}{k} + \frac{\Delta \bar{\alpha}_0}{\bar{\alpha}_0} + \frac{\Delta d_1 + \Delta d_2}{d_1 + d_2} = \frac{0,009 \frac{\text{mN}}{\circ}}{0,140 \frac{\text{mN}}{\circ}} + \frac{0,5^\circ}{22,3^\circ} + \frac{0,1 \text{ mm} + 0,1 \text{ mm}}{21,0 \text{ mm} + 22,0 \text{ mm}} = 0,09 \quad (3 \text{ boda})$$

Релација која повезује апсолутну и релативну грешку коефицијента површинског напона:



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



$$\delta\gamma = \frac{\Delta\gamma}{\gamma}$$

Одатле следи да је апсолутна грешка коефицијента површинског напона:

$$\Delta\gamma = \gamma \cdot \delta\gamma = 0.0231817 \frac{\text{N}}{\text{m}} \cdot 0,09 = 0,0020 \frac{\text{N}}{\text{m}} = 2,0 \cdot 10^{-3} \frac{\text{N}}{\text{m}} \text{ (1 bod)}$$

$$\text{Коначно: } \gamma = (23,2 \pm 2,0) \cdot 10^{-3} \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

Негативни поени за график, између осталог за:

- Без наслова -0.5 (наслов није $F = F(\alpha)$)
- Лоша размера -0.5 (график заузима мање од 1/4 простора папира)
- Недостају јединице -0.5
- Унете на осе мерене бројне вредности -0.5
- Ако изабране тачке нису између 1. и 2, односно претпоследње и последње експерименталне - 0.5
- Изабране тачке нису у мереном опсегу -1
- Нису нанете грешке -0.5
- Лоша размера подеока -0.5

Негативни поени за рачун, између осталог за:

- Лоша размера – за коефицијент правца 50% предвиђених бодова
- Ако нису изабране добре тачке са графика – за тражене величине 50% предвиђених бодова
- Лоше заокруживање резултата или грешке, по -0.5 поена.
- Коришћење експерименталних тачака уместо тачака са графика не доноси поене, осим поена за линеаризацију.

НАПОМЕНА: Пошто график пролази кроз координатни почетак (сигурна тачка је 0,0) довољна је једна неекспериментална тачка (В), између претпоследње и последње експерименталне тачке, за одређивање коефицијента правца (грешка овог одређивања је мања). Прихватају се решења и са једном и са две неексперименталне тачке.

Члановима комисије желимо успешан рад и пријатан дан!



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

