

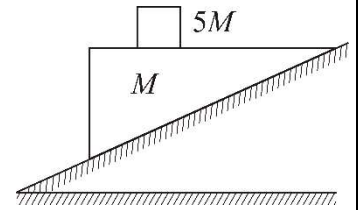


II РАЗРЕД

Друштво Физичара Србије  
Министарство Просвете Републике Србије  
ЗАДАЦИ В КАТЕГОРИЈЕ

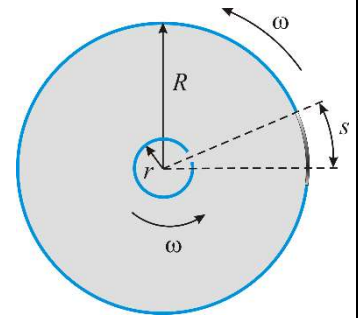
РЕПУБЛИЧКИ НИВО  
29.04.2023.

1. На стрмој равни налази се клин масе  $M$  (види слику 1). Горња страна клина је хоризонтална, и на њој се налази коцка масе  $5M$ . Клин почиње да клизи низ стрму раван. Колико износи максимално убрзање клина? Силе трења занемарити. Узети да је  $g = 10 \text{ m/s}^2$ . Искористити тврдњу да је збир два реципрочна броја (нпр.  $x + 1/x$ ) минималан када су вредности оба броја међусобно исте ( $x = 1/x$ ). **(15п)**



Слика 1.

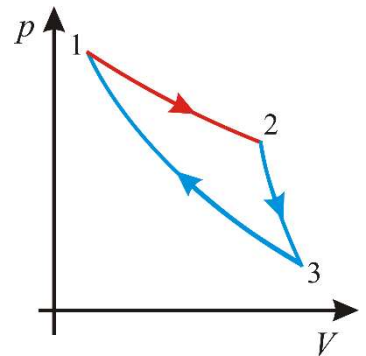
2. Штернов експеримент провере Максвелове расподеле молекула гаса по брзинама састојао се од два коаксијална цилиндра полупречника  $R = 0,1 \text{ m}$  и  $r \ll R$  (види слику 2), из којих је евакуисан ваздух. Оба цилиндра се окрећу око главне осе константном угаоном брзином  $\omega = 1000\pi \text{ rad/s}$ . Дуж исте осе је провучена сребрна жица која се загрева струјом. Са површине жице, због загревања, „испарвају“ атоми сребра, а најбржи међу њима имају највеће шансе да прођу кроз изузетно танак прорез мањег цилиндра, формирају млаз, и зауставе се на унутрашњој страни већег цилиндра образујући слој сребра различите затамњености у виду траке. Највеће затамњење се јавља на дужини траке од  $s = 6,55 \times 10^{-2} \text{ m}$ .



Слика 2.

- Израчунајте највероватнију брзину атома сребра у млазу.
- Израчунајте температуру сребрне жице, знајући да је Болцманова константа  $k = 1,38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$ , а маса атома сребра  $m_0 = 1,796 \times 10^{-25} \text{ kg}$ .
- Израчунајте највероватнију брзину атома сребра унутар мањег цилиндра. **(15п)**

3. Политропски процеси су сви они термодинамички процеси при којима је моларни топлотни капацитет идеалног гаса  $C$  константан. Једначина политропских процеса може се написати на више начина:  $PV^\alpha = \text{const}$ ,  $TV^{\alpha-1} = \text{const}$ , или  $P^{1-\alpha}T^\alpha = \text{const}$ , где је  $\alpha$  експонент политропе. Као специјални случајеви политропских процеса јављају се изотермски ( $\alpha = 1$ ), изохорски ( $\alpha \rightarrow \infty$ ), изобарски ( $\alpha = 0$ ) и адијабатски ( $\alpha = \gamma$ ) процеси. Један мол идеалног гаса врши циклус (види слику 3) који се састоји из: изотерме 1-2, политропе 2-3 са експонентом политропе  $\alpha$ , и адијабате 3-1 са експонентом адијабате  $\gamma$ . Изотермски процес се одвија на максималној температури. Температура се у току процеса промени највише  $\mu$  пута ( $\mu > 1$ ):



Слика 3.

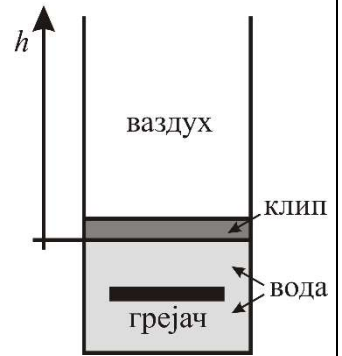
- Изведите општи израз за моларни топлотни капацитет  $C$  у политропском процесу 2-3 као функцију  $\alpha$ ,  $\gamma$  и  $R$  ( $R$  је универзална гасна константа), ако за дати циклус важи да је  $V_2 = \mu^{(C/R)}V_1$ .
- Одредите за које вредности  $\alpha$  ће  $C$  бити негативан, ако је  $\gamma > 1$  а  $\alpha \in \mathbb{R}$ . **(25п)**



**ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ФИЗИКЕ УЧЕНИКА СРЕДЊИХ ШКОЛА  
ШКОЛСКЕ 2022/2023. ГОДИНЕ.**

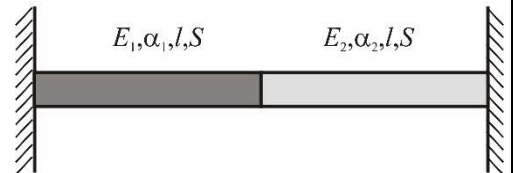


4. У високој цилиндричној посуди, површине основе  $S = 20 \text{ cm}^2$ , испод лаког и глатког клипа налази се  $m = 9 \text{ g}$  воде на температури  $t_1 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$  (види слику 4). Ваздуха испод клипа нема а зидови посуде и клипа не проводе топлоту. Воду почнемо да загревамо помоћу грејача снаге  $P = 100 \text{ W}$ . Скицирајте график зависности вертикалне координате клипа  $h$  од времена  $\tau$  и израчунајте максималну брзину клипа. Вредности потребних параметара: атмосферски притисак ваздуха изнад клипа  $p_0 = 10^5 \text{ Pa}$ , моларна маса воде  $M = 18 \text{ g/mol}$ , специфични топлотни капацитет воде  $c = 4200 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$ , моларни топлотни капацитет троатомског гаса  $C_p = 4R$ , универзална гасна константа  $R = 8,314 \text{ J/(mol}\cdot\text{K)}$ , и латентна топлота формирања водене паре  $\lambda = 2,26 \times 10^6 \text{ J/kg}$ . Висину воденог стуба на почетку загревања сматрати занемарљиво малом. **(20п)**



Слика 4.

5. Два цилиндрична штапа једнаких дужина  $l$  и једнаких површина попречног пресека  $S$ , али од различитих материјала, Јангових модула  $E_1$  и  $E_2$ , постављена су између два масивна зида (види слику 5). Штапови се загреју за  $\Delta t$ , али се њихова дужина не мења.



Слика 5.

а) Изведите општи израз за силу  $F$  узајамног дејства којом штапови делују један на други како неби променили дужину, ако су њихови коефицијенти линеарног топлотног ширења  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$ .

б) Мерења зависности силе  $F$  од загревања штапова  $\Delta t$  извршена су када су материјали од којих су израђени штапови никл ( $E_1 = 200 \text{ GPa}$ ,  $\alpha_1 = 13,4 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ ) и гвожђе ( $E_2 = 211 \text{ GPa}$ ,  $\alpha_2 = 11,8 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ ), и резултати су приказани у табели:

$F/(10^5 \text{ N})$	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
$\Delta t/(^\circ\text{C})$	20	40	60	80	100

Релативне грешке за оба параметра током мерења износиле су 5%. На основу добијеног графика  $F = f(\Delta\tau)$  израчунајте вредност попречног пресека штапова  $S$ . **(25п)**

**Напомена:** Сва решења детаљно објаснити.  
Свим такмичарима желимо успешан рад!

Задатке одабрала и припремила: *др Драгана К. Маркушев*, Институт за физику, Београд

Рецензент: *др Драган Д. Маркушев*, Институт за физику, Београд

Председник Комисије за такмичење ДФС: *Проф. др Имре Гут*, Департман за физику, ПМФ, Нови Сад