

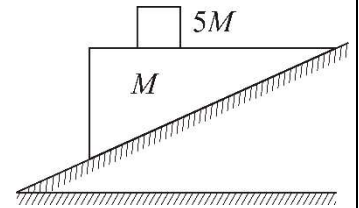


II РАЗРЕД

Друштво Физичара Србије
Министарство Просвете Републике Србије
ЗАДАЦИ α КАТЕГОРИЈЕ

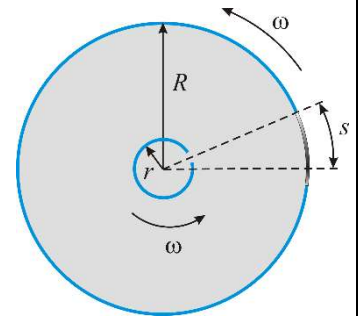
РЕПУБЛИЧКИ НИВО
29.04.2023.

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.

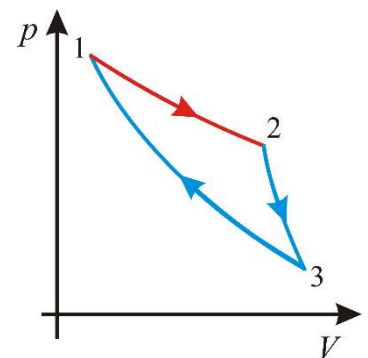
2. Штернов експеримент провере Максвелове расподеле молекула гаса по брзинама састојао се од два коаксијална цилиндра полупречника $R = 0,1 \text{ m}$ и $r \ll R$ (види слику 2), из којих је евакуисан ваздух. Оба цилиндра се окрећу око главне осе константном угаоном брзином $\omega = 1000\pi \text{ rad/s}$. 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.
- На истом графику скицирајте функције расподеле $F(v)$ атома сребра по брзинама v у млазу (1) и унутар мањег цилиндра (2). **(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 α 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 α , и адијабате 3-1 са експонентом адијабате γ . Изотермски процес се одвија на максималној температури. Температура се у току процеса промени највише μ пута ($\mu > 1$):



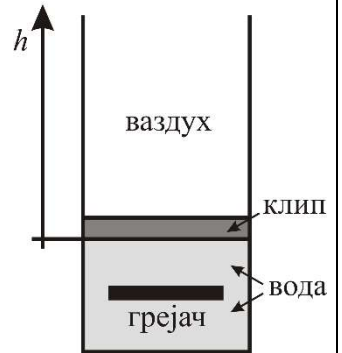
Слика 3.

- Изведите општи израз за моларни топлотни капацитет C у политропском процесу 2-3 као функцију α , γ 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 α ће C бити негативан, ако је $\gamma > 1$ а $\alpha \in \mathbb{R}$.
- израчунајте вредности α и C политропског процеса 2-3, у случајевима када је укупан број судара Z свих молекула идеалног гаса константан: i) у јединичној запремини, ii) у читавој запремини. Само за овај део задатка узети да је $\gamma = 7/5$. Моларни топлотни капацитет C



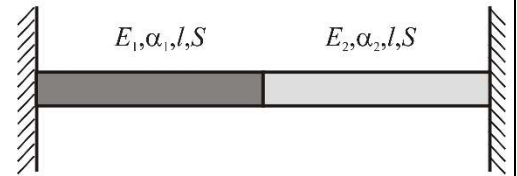
израчунати као функцију R . Искористити формулу $Z = (\pi / \sqrt{2}) V d^2 \langle v \rangle n^2$, где је d пречник, $\langle v \rangle$ средња брзина, V запремина и $n = N / V$ концентрација молекула идеалног гаса (N је укупан број његових молекула). (25п)

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 τ 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 Δt , 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 α_1 и α_2 .

б) Мерења зависности силе F од загревања штапова Δt 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 $F = f(\Delta t)$ 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