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

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

# II РАЗРЕД

**ОКРУЖНИ НИВО**
**27.03.2022.**

## ЗАДАЦИ – АЛФА КАТЕГОРИЈА

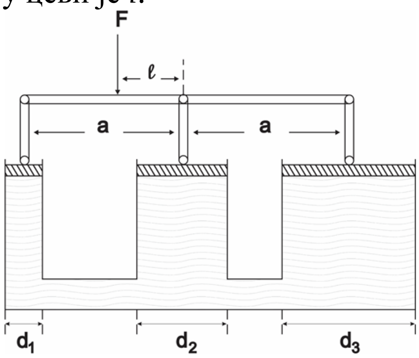
1. Три спојена цилиндрична суда су напуњена водом и затворна покретним клиповима, као на слици 1. За клипове је преко шипки везана хоризонтална осовина. Наћи нападну тачку вертикалне силе F, тако да осовина приликом дејства силе остане хоризонтална. Пречници цилиндара и њихова растојања су дати на слици.

2. Ваздух при почетном притиску 1 bar и температури 20 °C загрева се изохорски довођењем 260 kJ/kg топлоте. Након загревања шири се при константној температури до почетног притиска, да би се коначно сабио до почетне запремине политропски (политропски процеси се одвијају према законитости $pV^n = const$, где је $n \in \mathbf{R}$ – степен политропе), са степеном политропе 1.2. Маса ваздуха износи 3 kg.
   a. Скицирати процесе у $p$-$V$дијаграму.
   b. Одредити основне параметре гаса у карактеристичним тачкама и приказати табеларно.
   c. Израчунати размењене топлоте и радове, као и промену ентропије, у изотермском процесу.

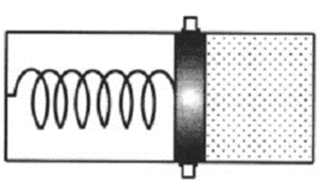
3. Колико намотаја $N$ алуминијумске фолије дебљине $d$ је потребно намотати на дрвени калем облика цилиндра пречника $D$ и дужине $L$ како би такво тело потонуло у воду? Густине воде, дрвета и алуминијума ($\rho_0$, $\rho_D$ и $\rho_{Al}$, респективно) сматрати познатим.

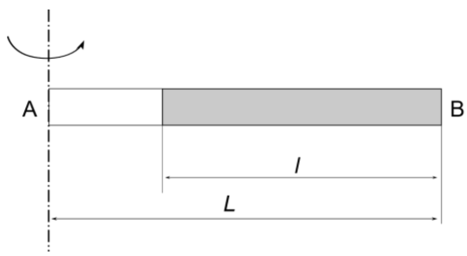
4. У једном делу цилиндра се налази 1 mol једноатомског гаса на притиску од 1 atm и температури 300 K. Лаки клип одваја гас од другог дела цилиндра који је евакуисан. Клип је еластичном опругом повезан са другим крајем цилиндра, као на слици 2. Цилиндар је термички изолован од околине, а опруга је фиксирана у равнотежном положају. Када се опруга отпусти, у равнотежном стању запремина коју заузме гас је два пута већа од почетне. Занемарујући топлотне капацитете цилиндра, опруге и клипа, наћи температуру, притисак гаса, као и промену ентропије гаса при померању опруге.

5. Хоризонтална цев AB, дужине $L$, је отворена на крају A, а затворена на крају B, и напуњена идеалним флуидом. Којом брзином истиче флуид из цеви кроз мали отвор на крају B, када се она заротира угаоном брзином $\omega$ око вертикалне осе која пролази кроз A? "Дужина" флуида у цеви је $l$.



Слика 1.


Слика 2.



Слика 3.

**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

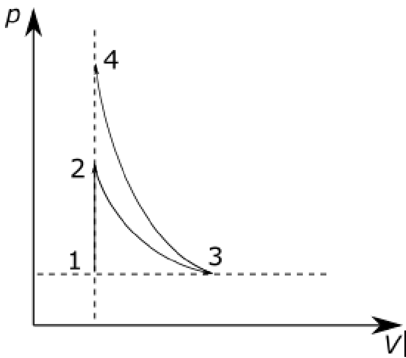
# II РАЗРЕД

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

**ОКРУЖНИНИВО**
**27.03.2022.**

**1.** Нека су силе реакције клипова на осовину $N_1, N_2$и$N_3$.У стању равнотеже важи: $F = N_1 + N_2 + N_3$.**[4]** Из услова равнотеже момената сила у односу на тачку у којој је централна шипка везана за осовину имамо: $N_1 a - Fl - N_3 a = 0$.**[4]**Из закона спојених судова добијамо: $\frac{4N_1}{d_1^2\pi} = \frac{4N_2}{d_2^2\pi} = \frac{4N_3}{d_3^2\pi}$**[4],** а затим решавајући систем наведених једначина нађемо $l$. На пример: изразе $N_2 = N_1\left(\frac{d_2}{d_1}\right)^2$и $N_2 = N_1\left(\frac{d_3}{d_1}\right)^2$ уврстимо у прву једначину $N_1\left(1 + \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^2 + \left(\frac{d_3}{d_1}\right)^2\right) = F$, а затим тај израз уврстимо у другу једначину $N_1 a = N_1\left(1 + \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^2 + \left(\frac{d_3}{d_1}\right)^2\right) l + N_1\left(\frac{d_3}{d_1}\right)^2 a$. Решавајући последњу једначину добија се $l = a\frac{d_3^2 - d_1^2}{d_1^2 + d_2^2 + d_3^2}$**[8]**.

**2.** a)



**[2]**

b) Почетну запремину добијамо директно из датих података: $V_1 = \frac{mRT_1}{Mp_1} = 2.52\ \mathrm{m}^3 = V_2$**[1]**. Из $Q_{12} = \frac{m}{M}C_V(T_2 - T_1) = 3\ \mathrm{kg}\cdot 260\ \frac{\mathrm{kJ}}{\mathrm{kg}} = 780000\ \mathrm{J}$**[2]**и $C_V = \frac{5}{2}R$**[1]**се добија $T_2 = 656\ \mathrm{K}$**[1],**а затим и $p_2 = \frac{mRT_2}{MV_2} = 224\ \mathrm{kPa}$**[1]**.Запремину у тачки 3 добијамо из једначине изотермског процеса: $V_3 = \frac{p_2 V_2}{p_1} = 5.64\ \mathrm{m}^3$**[1].**Крајњи притисак се налази помоћу једначине политропе: $p_3 V_3^{1.2} = p_4 V_4^{1.2} \Rightarrow p_4 = 263\ \mathrm{kPa}$**[3]**, а $T_4$из једначине стања у тачки 4: $T_4 = \frac{p_4 V_4 M}{mR} = 771\ \mathrm{K}$**[1]**. Табеларно приказано:

| | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|---|
| $p$ ($10^3$ Pa) | 100 | 224 | 100 | 263 |
| $V$ ($\mathrm{m}^3$) | 2.52 | 2.52 | 5.64 | 2.52 |
| $T$ (K) | 293 | 656 | 656 | 771 |

c) Процес 1 → 2 је изохорски, па је рад једнак нули,$A_{12} = 0$**[2]**, а доведена количина топлоте$Q_{12} = 3\ \mathrm{kg}\cdot 260\ \frac{\mathrm{kJ}}{\mathrm{kg}} = 780000\ \mathrm{J}$. У процесу 2 → 3 нема промене температуре, па су рад и количина топлоте једнаки: $A_{23} = Q_{23} = \frac{m}{M}RT_2 ln\frac{V_3}{V_2} = 454538\mathrm{J}$**[3]**. Промена ентропије у изотермском процесу је $\Delta S_{23} = \frac{Q_{23}}{T_2} = 692.9\ \frac{\mathrm{J}}{\mathrm{K}}$**[2]**.

**3.** Калем са фолијом ће почети да тоне када фолије буде довољно да се тежина таквог тела изједначи са силом потиска која на њега делује: $(m_D + m_{Al})g = \rho_0(V_D + V_{Al})g <=> \rho_D \frac{D^2\pi L}{4} + m_{Al} = \rho_0\left(\frac{D^2\pi L}{4} + V_{Al}\right)$**[3]**. Тако се добије израз за потребну запремину алуминијумске фолије: $V_{Al} = \frac{D^2\pi L}{4}\frac{\rho_0-\rho_D}{\rho_{Al}-\rho_0}$**[3]**. С друге стране, та запремина се може изразити као разлика запремине целог тела и дрвеног калема: $V_{Al} = \frac{(2Nd+D)^2\pi L}{4} - \frac{D^2\pi L}{4}$**[6]**. Изједначавајући последња два израза добија се $(2Nd + D)^2 = D^2\frac{\rho_0-\rho_D}{\rho_{Al}-\rho_0}$**[4]**, одакле је број намотаја фолије:$N = \frac{D}{2d}\left(\sqrt{\frac{\rho_{Al}-\rho_D}{\rho_{Al}-\rho_0}} - 1\right)$**[4]**.

**4.** Из једначине стања гаса пре и после отпуштања опруге добијамо почетну запремину $V_0 = \frac{nRT_0}{p_0}$**[2]**, и израз за температуру након отпуштања опруге $2pV_0 = nRT => T = \frac{2pT_0}{p_0}$**[2]**, респективно. Пошто нема размене топлоте, рад на сабијању опруге и повећању њене еластичне потенцијалне енергије се врши на рачун унутрашње енергије гаса, тј. $-nC_V\Delta T = \frac{kx^2}{2}$**[3]**. Када се успостави равнотежно стање, сила притиска гаса на опругу је једнака еластичној сили сабијене опруге $pS = kx$**[3]**, па се на тај начин може елиминисати коефицијент еластичности из енергетске једначине: $-nC_V\Delta T = \frac{pSx}{2}$**[3]**. Ако у овој једначини узмемо у обзир да је промена запремине гаса $\Delta V = Sx = 2V_0 - V_0 = V_0$**[2]**, као и добијени израз за крајњу температуру, добијамо: $-nC_V\left(\frac{2pT_0}{p_0} - T_0\right) = \frac{pV_0}{2}$**[1]**.У последњој једначини је само крајњи притисак остао непозната величина, те га можемо израчунати као $p = \frac{3}{7}p_0 = 0.43\ \mathrm{atm}$**[1]**. За температуру се добија $T = \frac{6}{7}T_0 = 257.14\ \mathrm{K}$**[1]**. Како нема размене топлоте, промена ентропије је једнака нули**[2]**.

**5.** Приликом ротације флуид се може третирати као да се налази у пољу центрифугалне силе. Радијално убрзање у таквом пољу усмерено од осе ротације је нормално убрзање дато изразом $a_n = \omega^2 r$**[3]**. Како је убрзање линеарна функција полупречника, за потребе рачунања хидростатичког притиска може се користити средња вредност убрзања**[2]**, тј. вредност на средини стуба флуида: $a_n = \omega^2\left(L - l + \frac{l}{2}\right) = \omega^2(L - l/2)$**[6]**. Сада можемо написати Бернулијеву једначину за отворену површину флуида и мали отвор на крају В: $p_a + \rho a_n l = p_a + \frac{\rho v^2}{2}$**[4]**, чијим се поједностављењем добија $\omega^2(L - l/2)l = \frac{v^2}{2}$**[2]**. Коначно, брзина истицања флуида је $v = \sqrt{l(2L - l)}$**[3]**.

**Члановима комисије желимо успешан рад и пријатан дан!**