



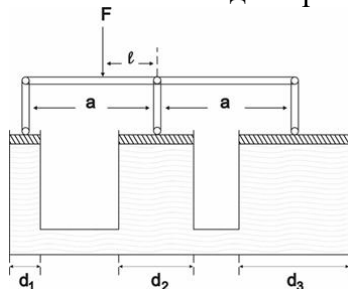
II
РАЗРЕД

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

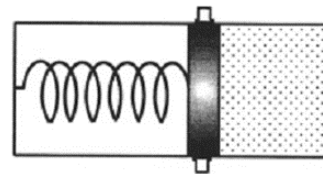
ОКРУЖНИ НИВО
27.03.2022.

ЗАДАЦИ – ВЕТА 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. Тело густине ρ плива на граници две течности густина ρ_1 и ρ_2 , при чему је $\rho_1 > \rho_2$. Који део запремине тела је потопљен у „нижу“ течност?
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. На глатком столу се налази широк отворен цилиндрични суд полупречника попречног пресека R напуњен до врха непознатом течношћу. Ако се на зиду суда направи отвор површине S на висини која обезбеђује максималан домет млаза, коликим убрзањем ће се покренути суд? Масу самог суда занемарити у односу на масу течности у њему, а површину отвора сматрати много мањом од површине попречног пресека суда.



Слика 1.



Слика 2.

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



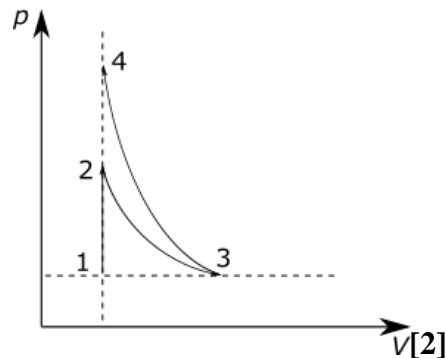
II РАЗРЕД

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

ОКРУЖНИ НИВО
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 $N_3 = N_1 \left(\frac{d_3}{d_1}\right)^2$ 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. а)



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

	1	2	3	4
p (10^3 Pa)	100	224	100	263
V (m^3)	2.52	2.52	5.64	2.52
T (K)	293	656	656	771

- с) Процес $1 \rightarrow 2$ је изохорски, па је рад једнак нули, $A_{12} = 0$ [2], а доведена количина топлоте $Q_{12} = 3 \text{ kg} \cdot 260 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = 780000 \text{ J}$. У процесу $2 \rightarrow 3$ нема промене температуре, па су рад и количина топлоте једнаки: $A_{23} = Q_{23} = \frac{m}{M} RT_2 \ln \frac{V_3}{V_2} = 454538 \text{ J}$ [3]. Промена



ентропије у изотермском процесу је $\Delta S_{23} = \frac{Q_{23}}{T_2} = 692.9 \frac{\text{J}}{\text{K}}$ [2].

3. Запремина тела се може приказати као збир делова запремине који се налазе у једној и у другој течности: $V_1 + V_2 = V$ [2]. Делећи ову једначину са V , добија се $\frac{V_1}{V} + \frac{V_2}{V} = 1$ [4]. У равнотежном стању тежина тела је једнака збиру сила потисака којима свака течност делује на онај део запремине тела који се у њој налази: $mg = \rho_1 V_1 g + \rho_2 V_2 g$ [3], одакле се добија друга једначина у којој фигурише непозната величина: $\rho = \rho_1 \frac{V_1}{V} + \rho_2 \frac{V_2}{V}$ [5]. Решавајући добијени систем једначина долази се до удела запремине тела потопљене у гушћу течност: $\frac{V_1}{V} = \frac{\rho - \rho_2}{\rho_1 - \rho_2}$ [6].
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 $2pV_0 = nRT \Rightarrow T = \frac{2pT_0}{p_0}$ [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 $p = \frac{3}{7} p_0 = 0.43 \text{ atm}$ [1]. За температуру се добија $T = \frac{6}{7} T_0 = 257.14 \text{ K}$ [1]. Како нема размене топлоте, промена ентропије је једнака нули[2].
5. Млаз течности која истиче има облик путање хоризонталног хица са висине h чија се једначина може наћи елиминацијом времена из једначина кретања у хоризонталном и вертикалном правцу: $x = vt$, $y = h - \frac{gt^2}{2}$ [1] из којих се добија $y = h - \frac{g}{2v^2} x^2$ [2]. Домет се добија из услова $y = 0$: $D = v \sqrt{\frac{2h}{g}}$ [2]. Када искористимо израз за брзину добијен из Торичелијеве теореме $v = \sqrt{2g(H-h)}$ [1], домет постаје $D = 2\sqrt{h(H-h)}$ [3]. Максималан домет ћемо добити анализом израза испод корена трансформисаним на следећи начин: $D = 2\sqrt{\frac{H^2}{4} - \left(\frac{H}{2} - h\right)^2}$ [2]. Максималан домет се постиже за минималну вредност квадрата бинома, а то је нула, што значи да је $h_m = \frac{H}{2}$ [1]. Тада је брзина истицања $v = \sqrt{gH}$ [1]. Сила узмака која при томе делује на суд је дата другим Њутновим законом: $F = \frac{\Delta mv}{\Delta t} = \frac{\rho \Delta V v}{\Delta t} = \rho S v v = \rho S v^2 = \rho S g H$ [3], а почетно убрзање $a = \frac{F}{M} = \frac{\rho S g H}{\rho R^2 \pi H} = \frac{Sg}{R^2 \pi}$ [4].

Члановима комисије желимо успешан рад и пријатан дан!