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

Друштво физичара Србије
Министарство просвете Републике Србије

II РАЗРЕД

ОПШТИНСКИ НИВО
04.02.2023.

РЕШЕЊА ЗАДАТАКА- Алфа

1. Маса ваздуха пре почетка пумпања се може изразити из једначине стања $m_1 = p_1V_tM/RT$ **(2п)**. Маса гаса, који се у сваком пумпању убацује у точак се може изразити из једеначине стања примењено за почетак пумпања (тј. клип пумпе је потпуно извучен и унутар ваљка цилиндра влада атмосферски притисак): $m = p_oV_pM/RT$ **(3п)**. Пошто се изврши n пумпања, укупна маса у точку ће на крају бити $m_2 = m_1 + nm$ **(2п)** односно $m_2 = \frac{p_1V_tM}{RT} + \frac{np_oV_pM}{RT}$ **(2п)**. Како се температура након пумпања није променула, из једначине стања за „напумпану" гуму можемо написати ову масу као $m_2 = \frac{p_2V_tM}{RT}$ **(3п)**, где је p_2 нови притисак у точку. Решавањем јадначина за тај притисак се добија вредност $p_{2=}p_1 + np_o\frac{V_p}{V_t}$ **(3п)** $p_{2=}170.5\,kPa$ **(2п).** Можемо пумпу калибрисати, зато што је „додатни" притисак при једном упумпавању **(**$\Delta p = p_o\frac{V_p}{V_t}$**)** адитивна величина и линеарна расте са бројем пумања $p_2 = p_1 + n\Delta p$ **(3п).**

2. Пошто је проток воде кроз бојлер континуалан, може се сматрати да је једнака количина воде која уђе за време Δt у бојлер (са температуром t_1) и која изађе са друге стране (са температуром t_2) **(3п)**. То значи да запремина воде која пролази за време Δt кроз бојлер се загреје за $\Delta T = t_2 - t_1$ **(3п).** За то време вода прими количину топлоте од $Q = \rho c_v\Delta V(t_2 - t_1)$ **(3п)**. Због постојања губитака са друге стране грејачи морају испоручити већу топлотну енергију од примљене електричне енергије. Како је корисна електрична снага $p_{kor} = \frac{Q}{\Delta t} = \eta \cdot p_{el}$, **(3п)** следи да је $\eta \cdot p_{el}\Delta t = \rho c_v\Delta V(t_2 - t_1)$ **(3п)** и одавде се добија непозната температура на излазу из бојлера $t_2 = t_1 + \eta \cdot p_{el}/\rho c_v q.$ **(3п).** Ова температура за услове из задатке износи $t_2 = 32.2\ ℃$ **(2п)**

3. Када цилиндар мирује и постављен као на слици а, атоми Бизмута слободно улазе у цилиндар и најјачи траг су оставили на положају $d_1 = 4\,mm$ **(2п)**. Када систем ротира атоми бизмута могу да уђу у цилиндар само у моменту када је отвор на цилиндру у оси са осталим пукотинама (опет као на слици а). Атоми бизмута улећу различитим брзина у унутрашњост цилиндра. Најпре ће до другог зида стићи најбржи атоми. За време $\Delta\tau$, док атоми путују од пукотине до другог зида, због ротације тај зид се помери (заротира), тако да ће место падања атома Bi на зиду бити померена за $\Delta d = v_{cil}\Delta\tau = \omega R\Delta\tau$ **(3п)**. Ако се погледа траг које атоми Bi остављају приликом ротације цилиндра, уочљиво је да је овај траг размазанији од првог, није симетричан, али се може јасно уочити један део, који је јачег интензитета. Ово место према лењиру микроскопа је на положају $d_2 = 38\,mm$ **(2п)** и одговара трагу атома који имају највероватнију брзину по Максвел-Болцмановој статистици $v_{nv} = \sqrt{\frac{2RT}{M}}$ **(2п).** Удаљеност за који се померио зид цилиндра до стизања атома Bi са највероватнијом брзином је дакле $\Delta d = d_2 - d_1 = 34\,mm$ **(2п)**. Ти атоми за то време прелазе пут једнак пречнику цилиндра $\Delta\tau = \frac{2R}{v_{nv}}$ **(2п)**. Комбиновање ових једначина се добије $\frac{\Delta d}{\omega R} = \frac{2R}{v_{nv}}$ **(2п)** и на крају за полупречник $R = \sqrt{\frac{\Delta d}{2\omega}} \cdot \sqrt[4]{\frac{2RT}{M}} = 22.3\,cm$ **(3+2п)**

   Напомена: У зависности од квалитета штампе, можда ђаци не могу тачно уочити где је највеће зацрњење, тако да ту милиметар горе/доле треба толерисати. Наравно бројчану израчунату вредност са овим растојањима треба исто прихватити.

4. Како се свемирски брод са мравом налази изолован у свемиру укупан импулс система је нула, тј. центар масе система се не помера **(1п)**. Зато када мрав почне да се креће на једну страну, он руб брода гура на другу страну-истим импулсом. Нападна тачка овог импулса не пролази кроз центар масе (који мирује), тако да ће брод почети да ротира око уздужне осе **(2п)** (пошто је маса брода много већа од масе мрава, центар масе система ће пролазити стално кроз осу брода). У задатку је брод моделиран као шупља цев, чије су све тачке на подједнаком растојању од осе ротације, момент инерције брода је дакле $I = MR^2$ **(1п).** Ако мрав хода на једну страну брзином v у односу на брод а брод ротира на другу страну, у систему везаном за цврчка пређени путеви (у различитим смеровима) за јединично време су $\Delta l_b = R\omega_b\Delta t$ и $\Delta l_m = v\Delta t - R\omega_b\Delta t$ (овај други члан је због „узмака" подлоге). Тако да су

брзине кретања периферије брода и мрава $v_b = R\omega_b$ и $v_m = v - R\omega_b$ **(2+2п).** За затворене обртне системе важи закон одржања момента имулса: $mv_m R = I\omega_b = I\frac{v_b}{R}$ **(4п),** одакле је $\omega_b = \frac{v}{R}\frac{m}{M+m}$ **(1п).** Угаона брзина мрава је дакле $\omega_m = \frac{v}{R} - \omega_b = \frac{v}{R}\frac{M}{M+m}$ **(2п)**. Период ротације мрава се рачуна као $T = \frac{2\pi}{\omega_m} = \frac{2\pi R}{v}\frac{M+m}{M} = 6283.5\ s \approx 105\ minuta$ **(3+2п)** Из односа $\frac{\omega_m}{\omega_b} = \frac{M}{m} = 20000$ добијамо колико пута треба да обиђе мрав да би се брод окренуо једанпут **(2п).** То ће се дакле десити после скоро 4 године табанања!

5. Нека је лопта бачена брзином $\vec{v_l}$ чије су хоризонтална компонента v_{lx} и вертикална компонента v_{ly}. Јанко је на растојању d од Мирка, а дужина терена је D. Пошто је Јанко лопту ухватио тачно испод коша, прешао је пут $D-d$ за време лета лоптекоје износи $t = \frac{D-d}{v_0} = 2.4\ s$**[3п]**. Дуж x осе лопта се кретала константном брзином $v_{lx} = \frac{D}{t} = 11.67\ \frac{m}{s}$**[4п]**. Дуж y осе лопта се кретала равномерно успорено до заустављања, а затим равномерно убрзанодок се поново није нашла на истој висини са које је бачена. Времена потребна да се лопта заустави (t') и да се врати на почетну висину (t'') су једнака што значи да је $t^{'} = t^{''} = \frac{t}{2} = 1.2\ s$**[6п]**. Из услова заустављања лопте $0 = v_{ly} - gt'$**[3п]** добијамо тражену вертикалну компоненту брзине $v_{ly} = \frac{g(D-d)}{2v_0} = 12\ \frac{m}{s}$**[2п]**. Брзина којом је Мирко бацио лопту је $v_l = \sqrt{v_{lx}^2 + v_{ly}^2} = \sqrt{\frac{g^2(D-d)^2}{4v_0^2} + \frac{D^2v_0^2}{(D-d)^2}} = 16.74\ \frac{m}{s}$**[1п+1п]**.

Члановима комисије желимо успешан рад и пријатан дан!