

**Розв'язки задач очного туру Олімпіади з фізики
Київського національного університету
імені Тараса Шевченка
2020 рік**

1. Сталева кулька, яка впала з висоти $h = 1,5$ м на сталеву дошку, відскакує від неї, втративши 25 % швидкості. Визначте час, який проходить від початку руху кульки до її другого падіння на дошку.

Розв'язок.

Швидкість кульки в момент першого удару $v_1 = \sqrt{2gh}$, час падіння $t_1 = \sqrt{2h/g}$. Швидкість у момент відскоку $v_2 = 0,75v_1 = 0,75\sqrt{2gh}$. З умови $v = v_2 - gt_2 = 0$ знаходимо час руху кульки вгору після відскоку: $t_2 = v_2/g = 0,75\sqrt{2h/g}$. Час підйому та час падіння однакові, тому шуканий час $T = t_1 + 2t_2 = 2,5\sqrt{2h/g} = 1,38$ с.

2. Діаметр молекули азоту приблизно дорівнює $d = 3 \cdot 10^{-8}$ см. Яка частка об'єму, що зайнято газом, припадає на об'єм молекул за температури $t = 0$ °С та за нормального атмосферного тиску $p_0 = 1$ атм ≈ 100 кПа, а також за тиску $p_1 = 100p_0$. (Вказівка: вважайте, що молекули мають сферичну форму і газ за цих тисків описується законами ідеального газу. У розрахунках використовуйте число Авогадро $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$ моль⁻¹).

Розв'язок.

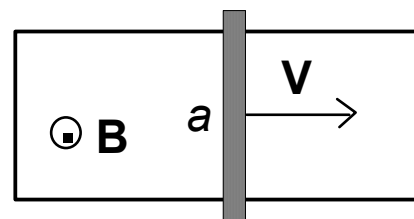
Візьмемо кіломоль азоту, який за нормальних умов ($t_0 = 0$ °С і $p_0 = 10^5$ Н/м²) займає об'єм $V_0 = 22,41$ м³ і за тиску p_1 і тої ж температури відповідно до закону Бойля -Маріотта займає об'єм $V_1 = V_0 p_0/p_1$. У кіломолі міститься $N = 6,02 \cdot 10^{26}$ молекул. Об'єм кожної з них $v = \pi d^3/6$ і їх сумарний об'єм $V = \pi d^3 N/6$. Виходячи з цього, частина загального об'єму, яку займають власне молекули за тиску p_0 дорівнює:

$$\frac{V}{V_0} = \frac{\pi d^3 N}{6V_0} = 3,8 \cdot 10^{-4}, \text{ або } 0,038 \%,$$

за тиску p_1 – частина

$$\frac{V}{V_1} = \frac{\pi d^3 N p_1}{6V_0 p_0} = 0,038, \text{ або } 3,8 \%.$$

3. По двом довгим паралельним провідним рейкам, замкненим на кінцях, під дією деякої сили рухається металева перемичка довжиною $a = 20$ см. Система знаходиться в перпендикулярному магнітному полі з індукцією $B = 0,5$ Тл (див. рис.). Швидкість перемички стала і дорівнює $V = 10$ см/с, опір перемички $R = 2$ Ом. Яка теплова потужність виділяється в перемичці? Опір рейок не враховувати, тертя відсутнє.



Розв'язок.

$$|\varepsilon_{\text{інд}}| = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{B\Delta S}{\Delta t} \Rightarrow |\varepsilon_{\text{інд}}| = \frac{BVa\Delta t}{\Delta t} = BVa$$

$$\text{Сила струму } I = \frac{BVa}{R}$$

Електрична потужність:

$$P = I^2 R = \frac{B^2 V^2 a^2}{R^2} \cdot R = \frac{B^2 V^2 a^2}{R}$$

Обчислення

$$I = \frac{0,5 \cdot 0,1 \cdot 0,2}{2} = 5 \cdot 10^{-3} (\text{А})$$

$$P = 25 \cdot 10^{-6} \cdot 2 = 5 \cdot 10^{-5} (\text{Вт})$$

4. Ємність конденсатора у коливальному контурі змінюється в межах від C_1 до $C_2 = 16C_1$. Знайти діапазон довжин хвиль, які сприймаються контуром, якщо ємності конденсатора C_1 відповідає довжина хвилі $\lambda_1 = 2$ м.

Розв'язок.

Діапазон довжин хвиль обмежений $\lambda_1 = cT_1 = 2\pi c\sqrt{LC_1}$ та $\lambda_2 = cT_2 = 2\pi c\sqrt{LC_2} = 8\pi c\sqrt{LC_1}$, де $c = 3 \cdot 10^8$ м/с – швидкість поширення електромагнітних хвиль, T_1 і T_2 – найменший та найбільший періоди коливань контура, L – індуктивність катушки контура. Звідси $\lambda_2 = 4\lambda_1 = 8$ м. Таким чином, діапазон довжин хвиль контура обмежений $\lambda_1 = 2$ м і $\lambda_2 = 8$ м.

5. Предмет знаходиться на відстані $d_1 = 1,5F$ від збиральної лінзи (F - фокусна відстань лінзи). Предмет переміщують на відстань $d_2 = 3F$. У скільки разів зміниться розмір зображення предмета?

Розв'язок.

- 1) Нехай h – висота предмета, H – висота зображення. Тоді:

$$\frac{1}{d_1} + \frac{1}{f_1} = \frac{1}{F} \Rightarrow \frac{1}{1,5F} + \frac{1}{f_1} = \frac{1}{F} \Rightarrow f_1 = 3F ;$$

$$\frac{h}{d} = \frac{H}{f} \Rightarrow H = \frac{fh}{d}$$

$$H_1 = \frac{f_1 h}{d_1} = \frac{3F \cdot h}{1,5F} = 2h$$

2) $\frac{1}{d_2} + \frac{1}{f_2} = \frac{1}{F} \Rightarrow \frac{1}{3F} + \frac{1}{f_2} = \frac{1}{F} \Rightarrow f_2 = \frac{3F}{2}$

$$H_2 = \frac{3F \cdot h}{2 \cdot 3F} = \frac{h}{2} \rightarrow \frac{H_1}{H_2} = \frac{2h}{(\frac{h}{2})} = 4$$