

**МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА**  
**НАЦИОНАЛНА ОЛИМПИАДА ПО ФИЗИКА,**  
**ОБЛАСТЕН КРЪГ, 19 февруари 2022 г.**  
**Тема за 12. клас (шестта състезателна група)**

**Задача 1. Топлинен двигател**

Топлинен двигател работи по цикъл, състоящ се от следните процеси: 1–2 задава адиабатно разширение, в 2–3 се извършва изотермно свиване, като цикълът се затваря с изохорния процес 3–1. Работното вещество е един mol идеален газ.

а) Начертайте цикъла на  $p, V$  – диаграма. [1,5 т.]

б) В кои състояния от цикъла се достигат максималната температура  $T_{\max}$  и минималната температура  $T_{\min}$ . [1,5 т.]

в) Двигател работи по цикъл със същите  $T_{\max}$  и  $T_{\min}$  и максимален КПД. Какви процеси включва цикълът? На колко е равен неговият КПД  $\eta_0$ ? [2,5 т.]

г) Намерете КПД на двигателя, работещ по описания в условието цикъл, като функция на отношението  $\alpha = T_{\max}/T_{\min}$ . [4 т.]

д) Пресметнете КПД на двигателя при  $\alpha = T_{\max}/T_{\min} = 3$ . [0,5 т.]

За идеален газ моларните топлинни капацитети  $C_p$  и  $C_v$  удовлетворяват равенството

$$C_p - C_v = R.$$

**Задача 2. Процеси с идеален газ**

*Задачата се състои от две независими части. И в двете части можете да използвате следните константи:*

универсална газова константа  $R = 8,31 \text{ J/K.mol}$ ;

число на Авогадро  $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ ;

константа на Болцман  $k_B = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$ ;

моларна маса на въздуха  $\mu = 29 \text{ g/mol}$ .

**Част А.** Стандартна лаборатория за провеждане на практически занятия във Физическия факултет има обем  $V = 120 \text{ m}^3$ . Атмосферното налягане на въздуха е  $P = 1,0 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ , а температурата на въздуха е  $t_1 = 27^\circ\text{C}$ . Поради застудяване температурата на въздуха в лабораторията се понижава с  $\Delta t = 10^\circ\text{C}$ , без атмосферното налягане да се променя. Определете:

а) с колко се е променила масата  $\Delta m$  на въздуха в помещението и в каква посока [4 т.]

б) как се е изменила вътрешната енергия  $U$  на въздуха в стаята при описания процес. [2 т.]

Приемете, че поради открит прозорец, налягането на въздуха в стаята е равно на външното атмосферно налягане.

**Част Б.** В изкуствен спътник на Земята с обем  $V = 1 \text{ m}^3$  се намира въздух при нормално атмосферно налягане  $P = 1,0 \cdot 10^5 \text{ Pa}$  и температура  $t = 0^\circ\text{C}$ . Поради удар с микрометеорит, в обвивката на спътника се образува малък отвор, през който въздухът започва да изтича в открития космос. Докато въздухът изтича, температурата в спътника не се променя.

а) Колко молекули  $\Delta N$  ще напуснат спътника, докато налягането на въздуха в него намалее с  $\Delta p = 20\%$  от началното налягане? [2,5 т.]

б) Въпреки че налягането на въздуха в спътника намалява, се оказва, че въздухът изтича през отвора с постоянна скорост през цялото време. Обяснете качествено защо и пресметнете приблизително големината на тази скорост. [1,5 т.]

### Задача 3. Движение на изкуствен спътник на Земята

Изкуствен спътник на Земята се движи по кръгова орбита, която лежи в екваториалната равнина.

а) Ако спътникът е изстрелян, така че по време на движението се намира над една и съща точка от Земята (геостационарен спътник), намерете отношението на радиуса  $R$  на орбитата му към радиуса  $R_0 \approx 6400 \text{ km}$  на Земята, т. е.  $R/R_0$ . Приемете земното ускорение  $g \approx 9,8 \text{ m/s}^2$ , а продължителността на денонощието е  $T_0 = 24 \text{ h}$ . [5 т.]

б) Ако спътникът се движи по кръгова орбита по посока на въртене на Земята, като периодично преминава над една и съща точка от екватора през две денонощия, на колко е равно отношението  $R/R_0$ ? Разгледайте случаите  $\omega > \omega_0$  и  $\omega < \omega_0$ , където  $\omega_0$  е ъгловата скорост на Земята. [5 т.]