

МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА
НАЦИОНАЛНО ЕСЕННО СЪСТЕЗАНИЕ ПО ФИЗИКА
6 – 8 март 2026 г., София
Решения на темата за IV състезателна група (10. клас)

Задача 1. Балон с аргон.

а) Използваме закона за идеален газ: $PV = nRT \Rightarrow n = \frac{PV}{RT}$ [0,5 т.]

$$n = \frac{1,013 \cdot 10^5 \cdot 0,080}{8,314 \cdot 300} \approx 3,25 \text{ mol [0,5 т.]}$$

б) $F_A = \rho_{\text{въздух}} \cdot g \cdot V$ [0,5 т.]

$$F_A = 1,3 \cdot 9,8 \cdot 0,080 \approx 1,02 \text{ N [0,5 т.]}$$

в) Прилагаме закона за идеален газ за двете налягания и установяваме, че плътността на височина H е $\rho_H = \rho_0 \cdot \frac{p_H}{p_0}$ [0,5 т.]

$$\rho_H = 1,3 \cdot \frac{75 \cdot 10^3}{101,3 \cdot 10^3} \approx 0,962 \text{ kg/m}^3 \text{ [0,5 т.]}$$

г) След като балонът се отвори и налягането се изравни с външното на H :

$$P_H V = n_H R T \quad n_H = \frac{P_H V}{R T} \text{ [0,5 т.]}$$

$$n_H = \frac{75000 \cdot 0,080}{8,314 \cdot 300} \approx \frac{6000}{2494,2} \approx 2,41 \text{ mol [1 т.]}$$

$$\Delta n = n_0 - n_H = 3,25 - 2,41 \approx 0,84 \text{ mol [0,5 т.]}$$

д) За да излети балонът, Архимедовата сила трябва да е по-голяма от гравитационната и силата на тежестта на балона. $\rho_{\text{въздух}} \cdot g \cdot V > g \cdot (m_0 + n \cdot M_{Ar})$ [0,5 т.]. Тогава максималният брой молове

$$n_{max} = \frac{\rho_{\text{въздух}} \cdot V - m_0}{M_{Ar}} \text{ [0,5 т.]}$$

Налягането ще бъде $p_{max} = n_{max} \cdot R \cdot T / V$ [0,5 т.].

$$n_{max} = \frac{(1,3 \cdot 0,080 - 0,050)}{0,040} = 1,35 \text{ mol [0,5 т.]}$$

$$p_{max} = 1,35 \cdot 8,314 \cdot 300 / 0,080 \approx 42 \cdot 100 \text{ Pa} \approx 42 \text{ kPa [0,5 т.]}$$

е) $n = 0,7 \cdot n_{max} = 0,945 \text{ mol}$

$$m_{\text{газ}} = n \cdot M_{Ar} = 0,945 \cdot 0,040 \approx 0,038 \text{ kg}$$

$$m_{\text{обща}} = m_0 + m_{\text{газ}} = 0,050 + 0,038 \approx 0,088 \text{ kg [0,5 т.]}$$

Архимедовата сила за всеки балон е:

$$F_{A1} = \rho_{\text{въздух Земля}} \cdot g \cdot V = 1,3 \cdot 9,8 \cdot 0,080 \approx 1,02 \text{ N}$$

$$F_{A2} = \rho_{\text{въздух H}} \cdot g \cdot V = 0,962 \cdot 9,8 \cdot 0,080 \approx 0,754 \text{ N [0,5 т.]}$$

Силата на тежестта е:

$$F_g = m_{\text{обща}} \cdot g = 0,088 \cdot 9,8 \approx 0,862 \text{ N [0,5 т.]}$$

Резултантната сила е:

$$F_{\text{обща}} = F_{A1} - F_g + F_{A2} - F_g = 1,02 - 0,862 + 0,754 - 0,862 = 0,158 - 0,108 \approx 0,050 \text{ N}$$

(нагоре) [1 т.]

Ускорението на системата

$$a = \frac{F_{\text{общо}}}{m_{\text{общ1}} + m_{\text{общ2}}} = \frac{0,05}{0,088 \cdot 2} \approx 0,28 \text{ m/s}^2 \text{ [0,5 т.]}$$

Задача 2. Плосък кондензатор.

а) Интензитет на електричното поле

$$E = U / d \text{ [0,5 т.]}$$

$$E = 200 \text{ V} / 0,020 \text{ m} = 10000 \text{ V/m} = 1,0 \cdot 10^4 \text{ V/m [0,5 т.]}$$

б) Ускорение на електрона

$$F = e \cdot E \text{ [0,5 т.]}$$

$$a = \frac{F}{m_e} = \frac{eE}{m_e} = \frac{(1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 10^4)}{9,1 \cdot 10^{-31}} \approx 1,76 \cdot 10^{15} \text{ m/s}^2 \text{ [0,5 т.]}$$

в) При откъсване без начална скорост: $v^2 - v_0^2 = 2ad$ [0,5 т.]

$$v = \sqrt{2ad} = \sqrt{2 \cdot 1,76 \cdot 10^{15} \cdot 0,02} \approx \sqrt{7,12 \cdot 10^{13}} \approx 8,39 \cdot 10^6 \text{ m/s [0,5 т.]}$$

А времето за достигане:

$$t = \sqrt{\frac{2d}{a}} \text{ [0,5 т.]}$$

$$t = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,02}{1,76 \cdot 10^{15}}} \approx \sqrt{2,273 \cdot 10^{-17}} \approx 4,7 \cdot 10^{-9} \text{ s [0,5 т.]}$$

г) $Q = C \cdot U$ [0,5 т.]

$$Q = 120 \cdot 10^{-9} \cdot 200 = 2,4 \cdot 10^{-5} \text{ C [0,5 т.]}$$

д) За N електрона

Работата за един електрон: $A_1 = eU$ [0,5 т.]

$$A = 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 200 = 3,2 \cdot 10^{-17} \text{ J [0,5 т.]}$$

Обща работа за $N = 10^9$: $A_{\text{tot}} = NA_1 = 10^9 \cdot 3,2 \cdot 10^{-17} \approx 3,2 \cdot 10^{-8} \text{ J [1 т.]}$

е) Напрежение на кондензатора след отделена енергия

$$I = \frac{U}{R} = \frac{200}{3 \cdot 10^5} \approx 6,667 \cdot 10^{-4} \text{ A} = 0,667 \text{ mA} , \text{ което за } 2 \text{ ms} \text{ означава заряд}$$

$$Q_R = I \cdot t = 6,667 \cdot 10^{-4} \cdot 0,002 \approx 1,33 \cdot 10^{-6} \text{ C [1 т.]}$$

Тогава в кондензатора остава заряд

$$Q' = Q_0 - Q_R = 2,4 \cdot 10^{-5} - 1,33 \cdot 10^{-6} \approx 2,267 \cdot 10^{-5} \text{ C [1 т.]}$$

За новото напрежение върху кондензатора имаме:

$$U' = \frac{Q'}{C} = \frac{2,267 \cdot 10^{-5}}{1,2 \cdot 10^{-7}} \approx 189 \text{ V [1 т.]}$$

Задача 3. Блокчета по равнина.

а) Пълната механична енергия:

$$\frac{1}{2}kx^2 + \frac{1}{2}mv^2 = \text{const} \quad [0,5 \text{ т.}]$$

$$\text{За двата момента: } \frac{1}{2}kx_1^2 + \frac{1}{2}mv_1^2 = \frac{1}{2}kx_2^2 + \frac{1}{2}mv_2^2 \quad [0,5 \text{ т.}]$$

Изразяваме k :

$$k = m \frac{(v_2^2 - v_1^2)}{(x_1^2 - x_2^2)} \quad [0,5 \text{ т.}]$$

Периодът на трептенето:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} = 2\pi \sqrt{\frac{(x_1^2 - x_2^2)}{(v_2^2 - v_1^2)}} \quad [0,5 \text{ т.}]$$

б) В случая на максимално отклонение имаме само потенциална енергия и можем да изразим:

$$\frac{1}{2}kA^2 = \frac{1}{2}kx^2 + \frac{1}{2}mv^2 \quad [0,5 \text{ т.}]$$

Замествайки k :

$$A = \sqrt{\frac{x_1^2 v_2^2 - x_2^2 v_1^2}{v_2^2 - v_1^2}} \quad [1,5 \text{ т.}]$$

Пълната механична енергия:

$$E = \frac{1}{2}kA^2 = \frac{1}{2}kx_1^2 + \frac{1}{2}mv_1^2 = \frac{1}{2}kx_2^2 + \frac{1}{2}mv_2^2 = \frac{m}{2} \frac{v_2^2 x_1^2 - v_1^2 x_2^2}{x_1^2 - x_2^2} \quad [1 \text{ т.}]$$

в) Силата на триене: $F_f = k_f mg$. Тежестта ще може да се върне от максималното си отклонение (амплитудата) до равновесното си положение, ако началната ѝ енергия (само потенциална) е по-голяма от големината на работата на силата на триене, $E_{pot} > |A_{тр}|$, $\frac{1}{2}kA^2 > k_f mgA$. $[0,5 \text{ т.}]$

Трептене има, ако: $k_f mg < \frac{1}{2}kA$, След заместване: $k_f < \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g(x_1^2 - x_2^2)} \sqrt{\frac{x_1^2 v_2^2 - x_2^2 v_1^2}{v_2^2 - v_1^2}} \quad [1 \text{ т.}]$

ако „<“ → затихващи трептения

ако „=“ → достига равновесие без преминаване

ако „>“ → няма преминаване през равновесие

$[0,5 \text{ т.}]$

г) Нека u_1 и u_2 са скоростите при първото и второто преминаване през равновесие.

Загубена енергия за път $2A$: $\Delta E = 2k_f mgA$ $[0,5 \text{ т.}]$

В равновесие цялата енергия е кинетична:

$$\frac{1}{2}mu_1^2 - \frac{1}{2}mu_2^2 = 2k_f mgA,$$

$$u_1^2 - u_2^2 = 4k_f gA, \quad [0,5 \text{ т.}]$$

При малко триене $u_1 + u_2 \approx 2v_{max}$:

$$u_1 - u_2 \approx \frac{2k_f gA}{v_{max}} \quad [0,5 \text{ т.}]$$

$$v_{max} = \sqrt{\frac{x_1^2 v_2^2 - x_2^2 v_1^2}{x_1^2 - x_2^2}} \quad [0,5 \text{ т.}]$$

$$u_1 - u_2 = 2k_f g \sqrt{\frac{x_1^2 - x_2^2}{v_2^2 - v_1^2}} \quad [1 \text{ т.}]$$