

МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА
ПРОЛЕТНО НАЦИОНАЛНО СЪСТЕЗАНИЕ ПО ФИЗИКА

06 – 08 март 2026 г., София

Тема за II състезателна група (8. клас)

РЕШЕНИЯ И КРИТЕРИИ ЗА ОЦЕНЯВАНЕ

ЗАДАЧА 1. Потопяне

а) Хидростатичното налягане на дъното е сумата от наляганията на водата и маслото:

$$p = \rho_w g h_w + \rho_o g h_o \quad (0,5 \text{ т.})$$

$$p = 1000 \cdot 10 \cdot 0,20 + 800 \cdot 10 \cdot 0,10 = 2000 + 800 = 2800 \text{ Pa.} \quad (0,5 \text{ т.})$$

б) Кубчето е в равновесие, когато тежестта му е равна на сумата от изтласкващите сили от водата и маслото:

$$\rho_w g V_w + \rho_o g V_o = \rho_d g V \quad (1 \text{ т.})$$

в) Нека x е височината на кубчето във водата. Тогава обемите на потопените части са:

$$V_w = a^2 x, V_o = a^2 (a - x). \quad (0,5 \text{ т.})$$

$$\text{От условието за равновесие: } \rho_w a^2 x + \rho_o a^2 (a - x) = \rho_d a^3. \quad (0,5 \text{ т.})$$

$$\text{Съкращаваме } a^2: \rho_w x + \rho_o (a - x) = \rho_d a.$$

Заместваме и пресмятаме:

$$1000x + 800(0,10 - x) = 900 \cdot 0,10.$$

$$1000x + 80 - 800x = 90 \Rightarrow 200x = 10 \Rightarrow x = 0,05 \text{ m} = 5 \text{ cm.} \quad (0,5 \text{ т.})$$

$$\text{Следователно в масло е } a - x = 5 \text{ cm.} \quad (0,25 \text{ т.})$$

Понеже масленият слой е 10 cm, а кубчето има 5 cm в масло, то остава изцяло потопено в течностите (горната му стена е 5 cm под повърхността на маслото). (0,25 т.)

г) Кубчето е изцяло потопено $\Rightarrow$ изтласква обем течност:

$$V = a^3 = 0,001 \text{ m}^3 \quad (0,5 \text{ т.})$$

Повишението на горната повърхност е:

$$\Delta h = \frac{V}{S} = \frac{0,001}{0,17} = 0,005882 \text{ m} \approx 0,59 \text{ cm.} \quad (0,5 \text{ т.})$$

д) След поставяне на сачмата кубчето потъва така, че горната му стена да съвпадне с границата вода–масло $\Rightarrow$ кубчето е изцяло във водата. Тогава изтласкващата сила върху кубчето: $F_A = \rho_w g V = 1000 \cdot 10 \cdot 0,001 = 10 \text{ N.}$ (0,5 т.)

$$\text{Тежестта на кубчето: } F_g = \rho_d g V = 900 \cdot 10 \cdot 0,001 = 9 \text{ N.} \quad (0,5 \text{ т.})$$

$$\text{Намираме масата: } mg = F_A - F_g = 1 \text{ N} \Rightarrow m = \frac{1}{10} = 0,10 \text{ kg} = 100 \text{ g.} \quad (1 \text{ т.})$$

е) Цилиндърчето (изцяло във вода) има тежест $G_c = \rho_c g V_c$ и Архимедова сила $F_{A,c} = \rho_w g V_c$. Опънът на нишката е: $T = G_c - F_{A,c} = (\rho_c - \rho_w) g V_c$ (0,5 т.)

$$T = (7800 - 1000) \cdot 10 \cdot 10^{-5} = 6800 \cdot 10 \cdot 10^{-5} = 0,68 \text{ N.} \quad (0,5 \text{ т.})$$

За да имаме равновесие: $\rho_w g V_w + \rho_o g V_o = \rho_d g V + T$.

Отново $V_w = a^2 x$, $V_o = a^2 (a - x)$.

Делим на ga^2 : $\rho_w x + \rho_o (a - x) = \rho_d a + \frac{T}{ga^2}$

Пресмятаме и получаваме:

$$1000x + 80 - 800x = 90 + 6,8 \Rightarrow 200x = 16,8 \Rightarrow x = 0,084 \text{ m} = 8,4 \text{ cm.} \quad (0,75 \text{ т.})$$

$$\text{Следователно в масло е: } a - x = 10 - 8,4 = 1,6 \text{ cm.} \quad (0,25 \text{ т.})$$

ж) Промяната на височината на границата се определя от това какъв обем се измества.

С цилиндърчето: кубчето във вода: $V_{w2} = a^2 \cdot 0,084$ и цилиндърчето във вода V_c (изцяло). Следователно допълнително изместеният воден обем спрямо първия случай е:
 $\Delta V_w = V_{w2} + V_c = 0,00085 \text{ m}^3 \quad (0,5 \text{ т.})$

Промяната на височината на границата е:

$$\Delta h_{\text{гр}} = \frac{\Delta V_w}{S} = \frac{0,00085}{0,17} = 0,5 \text{ cm} \quad (0,5 \text{ т.})$$

ЗАДАЧА 2. Разминаване и изпреварване

а) $v_{e0} = 90/3.6 = 25 \text{ m/s}$, $v_{t0} = 36/3.6 = 10 \text{ m/s}$. **(0.5 т.)**

Товарният влак: $v_t(t) = v_{t0} + at = 10 + 0.2t$.

Случай А (еднопосочно): експресът е по-бърз, относителната скорост на експреса спрямо товарния: $v_{\text{rel},A}(t) = v_e - v_t(t) = 25 - (10 + 0.2t) = 15 - 0.2t$. **(0.5 т.)**

Случай Б (разнопосочно): скорости се събират:

$$v_{\text{rel},B}(t) = v_1 + v_t(t) = 25 + (10 + 0.2t) = 35 + 0.2t. \quad (0.5 \text{ т.})$$

б) „Пълно изпреварване“ е последният вагон на експреса да мине локомотива на товарния $\Rightarrow s = L_e = 120 \text{ m}$ **(0.5 т.)**

Записваме уравнението за изминат път за случай А.

$$s = v_{\text{rel},0}t + \frac{a_{\text{rel}}t^2}{2} \quad (0.5 \text{ т.})$$

$$120 = 15t + \frac{-0,2 t^2}{2} = 15t - 0,1t^2. \quad (0.5 \text{ т.})$$

$$0,1t^2 - 15t + 120 = 0 \Rightarrow t^2 - 150t + 1200 = 0.$$

$$t_1 = \frac{150 - 133}{2} = 8,5 \text{ s (първият момент е краят на изпреварването)}$$

$$t_2 = \frac{150 + 133}{2} = 141,5 \text{ s (моментът, в който товарният би настигнал експреса).}$$

Отговор: $t_A = 8,5 \text{ s}$. **(0.5 т.)**

в) В случай Б: $s = L_e + L_t = 400 \text{ m}$. **(0.5 т.)**

Записваме уравнението за изминат път за случай Б.

$$400 = 35t + \frac{0.2t^2}{2} = 35t + 0.1t^2 \text{ (0.5 т.)}$$

$$0.1t^2 + 35t - 400 = 0 \Rightarrow t^2 + 350t - 4000 = 0. \text{ (0.5 т.)}$$

$$D = 350^2 + 4 \cdot 4000 = 122500 + 16000 = 138500, \sqrt{138500} \approx 372.2$$

$$t = \frac{-350 + 372.2}{2} \cong 11.1 \text{ s.}$$

Отговор: $t_B \cong 11.1 \text{ s. (0.5 т.)}$

г) Пътникът е в средата на Експреса (на 60 m от носа).

За Случай А (Еднопосочно):

В $t = 0$ пътникът е на позиция 60 m (спрямо носовите). Той спира да го вижда, когато подмине носа на товарния влак (тъй като Експресът е по-бърз). Следователно: $s = 60 \text{ m. (0.5 т.)}$

Записваме уравнението за измината път:

$$60 = 15\tau - 0.1\tau^2 \text{ (0.5 т.)} \Rightarrow 0.1\tau^2 - 15\tau + 60 = 0.$$

$$\tau^2 - 150\tau + 600 = 0.$$

$$D = 22500 - 2400 = 20100. \sqrt{D} \approx 141.8.$$

$$\tau = \frac{150 - 141.8}{2} = 4.1 \text{ s. (0.5 т.)}$$

Случай Б

Тук трябва да съобразим, че товарният влак се ускорява и следователно си променя скоростта. Задачата може да я решим като извадим времето на виждане на задната част от влака от пътника спрямо $t = 0$ и времето на виждане на предната част на влака от пътника спрямо $t = 0$. **(0.5 т.)**

Момент на среща с носа ($S_1 = 60 \text{ m}$):

$$0.1t^2 + 35t - 60 = 0 \text{ (0.5 т.)}$$

$$t \cong 1.7 \text{ s (0.5 т.)}$$

Момент на разминаване с опашката ($S_2 = 60 + 280 = 340 \text{ m}$):

$$0.1t^2 + 35t - 340 = 0 \text{ (0.5 т.)}$$

$$t_2 \cong 9.5 \text{ s. (0.5 т.)}$$

Времетраене на виждането: $\tau = t_2 - t_1 = 9.5 - 1.7 = 7.8 \text{ s. (0.5 т.)}$

ЗАДАЧА 3. Барометър

а) Условие за равновесие: $p_0 = \rho_{Hg}gh_0 \text{ (0.5 т.)}$

$$h_0 = \frac{102000}{13600 \cdot 10} = 0.75 \text{ m (или 75 cm) (0.5 т.)}$$

б) При накланяне вертикалната височина h_0 остава същата. Образува се правоъгълен триъгълник, в който h_0 е катет срещу ъгъл 30° , а дължината на стълба L е хипотенуза. Използваме правилото за катет срещу ъгъл от 30° .

$$\frac{h_0}{L} = 0.5 \text{ (0.5 т.)} \Rightarrow L = \frac{h_0}{0.5} = \frac{0.75}{0.5} = 1.5 \text{ m (или 150 cm) (0.5 т.)}$$

в) Налягането на въздуха p_1 вътре в металния съд уравновесява хидростатичното налягане на водата на дълбочина H плюс атмосферното налягане на повърхността на езерото.

$$p_1 = p_0 + \rho_w g H \text{ (0.5 т.)} = 102000 + 1000 \cdot 10 \cdot 10,2 = 102000 + 102000 = 204000 \text{ Pa (0.5 т.)}$$

г) Барометърът измерва локалното налягане на газа около него (p_1).

$$p_1 = \rho_{Hg} g h_1 \text{ (0.5 т.)}$$

$$h_1 = \frac{204000}{13600 \cdot 10} = 1,5 \text{ m (или 150 cm) (0.5 т.)}$$

д) Атмосферното налягане отвън се уравновесява от сумата на налягането на живачния стълб и налягането на проникналият затворен въздух отвътре.

$$p_0 = \rho_{Hg} g h_r + p_v \text{ (1 т.)}$$

е) От уравнението изразяваме p_v :

$$p_v = p_0 - \rho_{Hg} g h_r = 102000 - 13600 \cdot 10 \cdot 0,60 = 102000 - 81600 = 20400 \text{ Pa (1 т.)}$$

ж) Върху повърхността на живака във ваната действа външно налягане p_v , което е сума от атмосферното и това на масления слой:

$$p_v = p_0 + \rho_m g h_m \text{ (0.5 т.)} = 102000 + 800 \cdot 10 \cdot 0,68 = 102000 + 5440 = 107440 \text{ Pa (0.5 т.)}$$

з) Това външно налягане трябва да се уравни от живачния стълб в тръбата. Тъй като p_0 се уравновесява точно от първоначалните 75 cm, то допълнителното хидростатично налягане на маслото (5440 Pa) се компенсира от промяната в живачния стълб Δh :

$$\rho_m g h_m = \rho_{Hg} g \Delta h \text{ (0.5 т.)}$$

$$\Delta h = h_m \frac{\rho_m}{\rho_{Hg}} = 68 \cdot \frac{800}{13600} = 4 \text{ cm (0.5 т.)}$$

и) Изравняваме наляганията на хоризонталното ниво на разделителната повърхност живак–масло във ваната. Във ваната имаме: $p_{\text{външно}} = p_0 + \rho_m g h_m = 107440 \text{ Pa (0.5 т.)}$

$$\text{В тръбата имаме: } p_{\text{вътре}} = \rho_{Hg} g h_n + \rho_m g h_v \text{ (0.5 т.)}$$

$$\text{Приравняваме ги: } 107440 = \rho_{Hg} g h_n + \rho_m g h_v \text{ (0.5 т.)}$$

$$h_n = \frac{106080}{136000} = 0,78 \text{ m (или 78 cm) (0.5 т.)}$$