

МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО, МЛАДЕЖТА И НАУКАТА
Национално пролетно състезание по физика, Пловдив, 13 март 2010 г.
Решения на задачите за 9. клас

Задача 1.

а) Скоростта на влаковете като отношение на разстоянието към времето на пътуване (като минутите обръщаме в части от часа):

$$\Delta t_1 = 6 \frac{2}{3} \text{ h} = 20/3 \text{ h}; v_1 = 400 \cdot 3/20 = 60 \text{ km/h [1 т.]}; \Delta t_2 = 7 \text{ h}; v_2 = 400/7 \approx 57 \text{ km/h [1 т.]}$$

б) Нека изберем за начало на отчитане на времето потеглянето на влака от София. Тогава в момент от време t влаковете ще са изминали разстояния:

$$s_1 = v_1 (t + \Delta t); s_2 = v_2 \cdot t; \Delta t = 10:45 - 7 = 3 \frac{3}{4} = 15/4 \text{ h [1 т.]}$$

При срещата на влаковете $s_1 + s_2 = s = 400 \text{ km}$ и $s = (v_1 + v_2) \cdot t + v_1 \cdot \Delta t$ [1 т.] от където определяме времето на срещата $t = (400 - 225) / (60 + 57) = 1,5 \text{ часа [1 т.]}$ след тръгването на втория влак, т.е. срещата ще бъде в 12:15 часа [0,5 т.]. Разстоянието от София ще бъде $s_2 = 57 \cdot 3/2 \approx 85 \text{ km. [0,5 т.]}$

в) Времето за преминаване на влака покрай перона е равно на времето, необходимо на края на влака да премине дължината на перона + дължината на влака [1 т.], но скоростта е необходимо да преобразуваме в m/s: $t = (120 + 200) \cdot 3,6 / 60 = 19,2 \text{ s [1 т.]}$

г) Решението е подобно на горното подусловие, но скоростта е относителната скорост на двата влака [1 т.]: $t = (120 + 140) \cdot 3,6 / (60 + 57) = 8 \text{ s [1 т.]}$

Задача 2.

Първо определяме обемните части на етанол и вода в разтвора (индекс „e” за етанол и индекс „o” за вода):

$V_e = 0,4 \cdot 50 = 20 \text{ ml}$ етанол [0,5 т.]; $V_o = 0,6 \cdot 50 = 30 \text{ ml}$ вода [0,5 т.], след което определяме и съответните маси: $m_e = 20 \cdot 0,79 = 15,8 \text{ g}$ етанол [0,5 т.] и $m_o = 30 \cdot 1 = 30 \text{ g}$ вода [0,5 т.].

За да съставим баланса на обменената топлина е необходимо да знаем дали леда се е разтопил напълно. Изчисляваме необходимата топлина за това в двата случая (индекс „1” за лед):

$Q_1 = \lambda \cdot m_1 + c_1 \cdot m_1 \cdot (0 - t_1) = 334 \cdot 5 + 2,05 \cdot 5 \cdot 15 = 1670 + 153,75 = 1823,75 \text{ J [1 т.]}$ при едно кубче от 5 g и 7297 J при четири кубчета лед [0,5 т.] .

Тези резултати сравняваме с топлината, която може да отдаде разтвора 40% етанол - 60% вода при охлаждането му от 20°C до 0°C: $Q_2 = c_e \cdot m_e \cdot t_0 + c_o \cdot m_o \cdot t_0 = 3291 \text{ J [1 т.]}$. Тази топлина е достатъчна да нагрее и разтопи едно кубче лед, но не и 4 кубчета [0,5 т.] . Поради това съставяме две уравнения за топлинен баланс:

а) При едно кубче: $Q_1 + c_o \cdot m_1 \cdot t = (c_e \cdot m_e + c_o \cdot m_o) \cdot (t_0 - t)$ [1 т.] откъдето намираме крайната температура t :

$$t = \frac{(c_e \cdot m_e + c_o \cdot m_o) \cdot t_0 - Q_1}{c_e \cdot m_e + c_o \cdot (m_o + m_1)} = 7,9^\circ \text{C [1 т.]}$$

След достигане на равновесие ще имаме общо 35 ml вода в разтвора, така че обемното съдържание на етанола ще бъде 20/55 или 36 обемни % [0,5 т.], а на водата – 35/55 или 64 обемни % [0,5 т.].

б) Във втория случай (4 кубчета лед), една част от топлината Q_2 ще нагрее 4-те кубчета лед от -15°C до 0°C:

$$Q_{21} = 4 \cdot c_1 \cdot m_1 \cdot (0 - t_1) = 615 \text{ J [0,5 т.]}$$

а останалата топлина $Q_{22} = Q_2 - Q_{21} = 2676 \text{ J}$ – ще разтопи част от леда $m' = Q_{22} / \lambda = 2676/334 = 8 \text{ g [0,5 т.]}$. Крайната температура на системата лед - разтвор ще бъде 0°C, а концентрацията на течната фаза: етанол - 20/58 или 34,5 обемни % [0,5 т.] и вода – 38/58 или 65,5 обемни % [0,5 т.].

Задача 3.

а) Зарядът намираме от $Q = C \cdot U = 12.3 \cdot 10^{-6} \text{ C} = 36 \text{ } \mu\text{C} = 3,6 \cdot 10^{-5} \text{ C}$ [1 т.]. Енергията запасена в кондензатора е $W = Q \cdot U / 2 (= C \cdot U^2 / 2 = Q^2 / 2 \cdot C)$ [0,5 т.] или $W = 216 \text{ } \mu\text{J}$ [0,5 т.].

б) При това свързване се запазва количеството електрически заряд, който ще се разпредели по равно между двата кондензатора: $Q' = Q / 2 = 18 \text{ } \mu\text{C}$ [1 т.], откъдето намираме напреженията върху всеки едни кондензатор $U' = Q' / C = 6 \text{ V}$ [1 т.]. Тъй като и зарядът, и напрежението върху кондензаторите са намалели 2 пъти, то енергията, запасена от всеки кондензатор ще бъде 4 пъти по-малко – $W' = 54 \text{ } \mu\text{J}$ [0,5 т.]. Общата енергия на двата кондензатора ще бъде $108 \text{ } \mu\text{J}$ – половината енергия е загубена [0,5 т.].

в) Зарядът върху първия кондензатор ще бъде $Q_1 = 36 \text{ } \mu\text{C}$ [0,5 т.], а върху втория – $Q_2 = 60 \text{ } \mu\text{C}$ [0,5 т.]. При описаното съединяване на кондензаторите ще имаме частично компенсация на заряд, а останалото количество $Q'' = Q_2 - Q_1 = 24 \text{ } \mu\text{C}$ [1 т.] трябва да се разпредели между двата кондензатора. Тъй като напрежението върху двата кондензатора ще бъде едно и също, то зарядът ще се разпредели пропорционално на капацитетите на кондензаторите :

$$Q_1' = Q'' \cdot C_1 / (C_1 + C_2) = 9 \text{ } \mu\text{F} \text{ [0,5 т.]} \text{ и } Q_2' = Q'' \cdot C_2 / (C_1 + C_2) = 15 \text{ } \mu\text{F} \text{ [0,5 т.],}$$

Откъдето определяме и напрежението върху кондензаторите: $U'' = 3 \text{ V}$ [0,5 т.].

Запасената енергия във всеки един от кондензаторите ще бъде:

- при първоначалното зареждане $W_1 = Q_1 \cdot U / 2 = 216 \text{ } \mu\text{J}$ и $W_2 = Q_2 \cdot U / 2 = 360 \text{ } \mu\text{J}$ [0,5 т.]
- след описаното съединяване на кондензаторите $W_1' = 13,5 \text{ } \mu\text{J}$ и $W_2' = 22,5 \text{ } \mu\text{J}$ [0,5 т.]

Останали са общо $36 \text{ } \mu\text{J}$ от първоначалните $576 \text{ } \mu\text{J}$, т.е. имаме загуба на енергия от $540 \text{ } \mu\text{J}$ [0,5 т.]