

**МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА**  
**НАЦИОНАЛНО ПРОЛЕТНО СЪСТЕЗАНИЕ ПО ФИЗИКА**  
**14 – 16 март 2025 г., Ловеч**  
**Решение на темата за 9. клас (трета състезателна група)**

**Задача 1. Влак**

А) Движението преди да се откъснат вагоните е равномерно, т.е движещата сила е равна на силата на триене  $F_{\text{дв}} = kN = kMg$ . След откачането двата вагона се движат равнозакъснително  $a_{\text{вагон}} = kN_2/m = kg$ ,  $s_{\text{вагон}} = v_0 * t - \frac{1}{2} a_{\text{вагон}} t^2$ . [1 т.]

Б) Движението преди да се откъснат вагоните е равномерно, т.е движещата сила е равна на силата на триене  $F_{\text{дв}} = kN = kMg$  [1 т.]. След откачането влакът се движи равноускорително,  $a_{\text{влак}} = \frac{F_{\text{дв}} - kN_1}{M - m} = \frac{kMg - k(M - m)g}{M - m} = \frac{kmg}{M - m}$  а изминатия път е  $S_{\text{влак}} = v_0 * t + \frac{1}{2} a_{\text{влак}} t^2$ . [1 т.] При изключване на задвижването на колелата, влакът започва да се движи равнозакъснително с ускорение  $a = \frac{kN_1}{M - m} = kg$ . Или  $s_{\text{влак3}} = v * t_3 - \frac{1}{2} a t_3^2$  [1 т.]. В последния интервал имаме допълнително спиращо ускорение  $a_{\text{сп}}$ , което се добавя към ускорението от триенето или  $s_{\text{влак4}} = v_2 * t_4 - \frac{1}{2} (a + a_{\text{сп}}) t_4^2$  [1 т.].

В) От условието имаме  $S_{\text{влак}} - s_{\text{вагон}} = 270 \text{ m}$  и  $t = 30 \text{ s}$  следва  $\frac{1}{2} a_{\text{влак}} t^2 + \frac{1}{2} a_{\text{вагон}} t^2 = 270 \text{ m}$  или  $\frac{1}{2} (a_{\text{влак}} + a_{\text{вагон}}) t^2 = \frac{1}{2} \left( \frac{kmg}{M - m} + kg \right) t^2 = \frac{1}{2} \left( \frac{kM}{M - m} g \right) t^2 = 270 \text{ m}$ ,  $k = 0,05$ . [2 т.]

Г) Движещата сила се определя от условието за равенство на триенето от подусловие А) и  $F_{\text{дв}} = kN = kMg = 0,05 * 120 * 10^3 * 10 = 60 \text{ kN}$ . [1 т.]

Ускорението на вагоните през цялото време е закъснително и  $a_{\text{вагон}} = 0,5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ ; Ускорението на влака след откачането е  $a_{\text{влак}} = 0,1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ ; След спирането на подаването на електричество и прекратяване на движещата сила  $F_{\text{дв}}$ , влакът се движи закъснително с ускорение  $a_{\text{влак2}} = a_{\text{вагон}} = 0,5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ . В последната област от движение влакът се движи закъснително с ускорение  $a_{\text{влак4}} = a_{\text{вагон}} + a_{\text{сп}}$ . Описвайки скоростите на движение имаме  $v_{\text{вагони}} = v_0 - a(t + t_3 + t_4)$  или началната скорост е  $v_0 = a(t + t_3 + t_4) = 0,5 * 60 = 30 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ . [1 т.] Описвайки скоростта на влака имаме  $v_{\text{влак}} = v_0 + a_{\text{влак}} * t - a_{\text{вагон}} * t_3 - (a_{\text{вагон}} + a_{\text{сп}}) * t_4 = 30 + 0,1 * 30 - 0,5 * 15 - 0,5 * 15 - a_{\text{сп}} * 15 = 0$  или  $a_{\text{сп}} = 1,2 \text{ m/s}^2$ . [1 т.]

**Задача 2. Свързване на резистори.**

А) От веригата, свързана в точки CD, определяме тока  $I_4$  през съпротивление  $R_4$  по закона на Ом:  $R_4 = \frac{U_4}{I_4} = \frac{U}{I_{aCD}} [0,5 \text{ т.}] = \frac{12V}{0,3A} = 40 \Omega$  [1 т.].

Използвайки свързването AC може да определим съпротивлението на частта от веригата с включения амперметър  $R_{14} = \frac{U_{14}}{I_{14}} = \frac{U}{I_{aAC}} = \frac{12}{0,2} = 60 \Omega$  [0,5 т.], като  $R_{14} = R_1 + R_4$  или  $R_1 = R_{14} - R_4 = 20 \Omega$  [1 т.].

Аналогично за резистор 3 и свързване BD:  $R_{43} = \frac{U_{43}}{I_{43}} = \frac{U}{I_{aBD}} = \frac{12}{0,24} = 50 \Omega$  [0,5 т.]; като  $R_{43} = R_4 + R_3$  или  $R_3 = R_{43} - R_4 = 10 \Omega$  [1 т.].

Съпротивление  $R_2$  се определя от свързването AD:  $R_{342} = \frac{U_{234}}{I_{234}} = \frac{U}{I_{aAD}} = \frac{12V}{0,15A} = 80 \Omega$  [0,5 т.] и  $R_2 = R_{234} - R_3 - R_4 = 30 \Omega$  [1 т.]

Б) Максималната стойност на тока ще се достигне при минимално съпротивление, което се постига при свързване на всички резистори успоредно един на друг. Амперметърът трябва да

бъде поставен извън успоредното свързване [0.5 т.]. Съпротивлението на четирите успоредно свързани резистора е  $\frac{1}{R_{\text{екв}}} = \frac{1}{10} + \frac{1}{20} + \frac{1}{30} + \frac{1}{40}$  или  $R_{\text{екв}} = 4,8 \Omega$  [0.5 т.]. Тогава  $I = 2,5 \text{ A}$  [0.5 т.]

В) Минимална (ненулева) стойност на тока ще се достигне при максимално съпротивление, което се постига при свързване на всички резистори последователно. Амперметъра трябва да бъде поставен извън успоредното свързване [0.5 т.]. Съпротивлението на четирите успоредно свързани резистора е  $R_{\text{екв}} = 10 + 20 + 30 + 40 = 100 \Omega$  [0.5 т.]. Тогава  $I = 120 \text{ mA}$ . [0.5 т.]

Г) За да тече ток 600 mA през източника, трябва конфигурацията от резистори да се държи като резистор със съпротивление  $20 \Omega$ . Проверявайки различни конфигурации, се оказва, че има само една такава конфигурация: двойката резистори  $10 \Omega$  и  $40 \Omega$  са успоредно свързани и тази двойка е последователно свързана към другата двойка успоредно свързани резистори  $20 \Omega$  и  $30 \Omega$ . На първата двойка съпротивлението е  $8 \Omega$ , а на втората -  $12 \Omega$ . [1 т.]

### Задача 3. Дестилирана вода.

А) Общата енергия, която се изразходва за 1 час е  $Q = Pt = 30 \text{ kWh} = 108 \text{ MJ}$ , за 15 l дестилирана вода. Тогава за 1 литър дестилирана вода се изразходват 2kWh или 0,48 лв [1 т.]

Б) Енергията, необходима за изпарението на водата, е енергията, необходима за затоплянето до точката на кипене, и енергията на фазов преход  $Q = Q_{\text{затопляне}} + Q_{\text{изпарение}} = cm\Delta t + \lambda m$  [1 т.], като  $m = \rho V = 15 \text{ kg}$ ,  $\Delta t = 80 \text{ }^\circ\text{C}$  [0,5 т.] и  $Q = 5040 \text{ kJ} + 33\,900 \text{ kJ} = 38\,940 \text{ kJ} \approx 38,9 \text{ MJ}$  [1 т.], Отчитайки КПД на нагревателя, то общата енергия е  $Q_{\text{tot}} = \frac{Q}{\eta} = 43,2 \text{ MJ}$  [1 т.].

Необходимата мощност е  $P_{\text{нагр}} = \frac{Q}{t} = 12,0 \text{ kW}$  [0,5 т.]

В) Охлаждането използва останалите  $P_{\text{охл}} = P - P_{\text{нагр}} = 18,0 \text{ kW}$  [1 т.]. Отчитайки охладена към изразходвана мощност, енергията за охлаждане е  $Q_{\text{охл}} = 18,0 * \frac{30}{50} = 10,8 \text{ kWh} = 38,88 \text{ MJ}$  (38,84 MJ при отчитане на още един знак) [1 т.]. Отнетото количество топлина е по-малко от енергията за изпарение от 20 градуса и тогава крайната температура ще бъде по-висока. [1 т.]

Г) Към съответната сума от т. А ще се добави и допълнително изразходвано количество енергия само за фазовия преход – веднъж за изпарение с КПД на нагревателя и веднъж кондензация с ефективността на охладителя или  $Q = \frac{Q_{\text{изпарение}}}{\eta} + \frac{50}{30} Q_{\text{конденз}} = 37,7 \text{ MJ} + 56,5 \text{ MJ} = 94,2 \text{ MJ} = 26,2 \text{ kWh}$  или допълнително 1,75 kWh/l или допълнително 0,42лв./l [2 т.]