

МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА  
НАЦИОНАЛНА ОЛИМПИАДА ПО ФИЗИКА

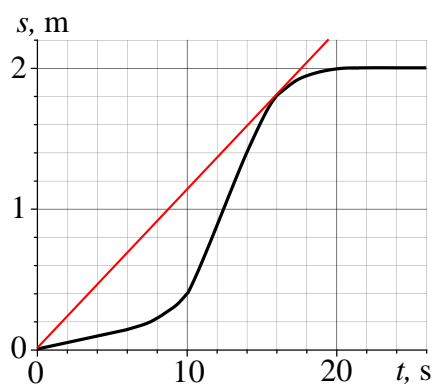
29 – 31 март 2024 г.

Тема за 8. клас (втора състезателна група)

Решения и указания за оценяване

**Задача 1.** От фиг. 1 следва, че изминатият път от тялото е  $s = 2$  m (0,5 т.), като движението му продължава  $t = 20$  s (0,5 т.). Следователно средната скорост е

$$v_{\text{cp}} = \frac{s}{t} = 0,1 \text{ m/s} = 10 \text{ cm/s}. \quad (1 \text{ т.})$$



Фиг. 1

б) По определение моментната скорост е

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}. \quad (0,5 \text{ т.})$$

Тя е максимална, когато за едно и също  $\Delta t$  имаме най-голямо  $\Delta s$  (0,5 т.). За интервала  $10 \text{ s} \leq t \leq 14 \text{ s}$  графиката на пътя е практически част от права линия, движението се извършва с постоянна скорост и за този интервал  $\Delta s$  е максимално (0,5 т.). Следователно намираме

$$v_{\text{max}} = \frac{1 \text{ m}}{4 \text{ s}} = 0,25 \text{ m/s} = 25 \text{ cm/s}. \quad (0,5 \text{ т.})$$

в) Изминатият от тялото път за първите  $t_0$  секунди, изразен чрез средната скорост  $v_{0\text{cp}}$ , се дава с израза  $s(t_0) = v_{0\text{cp}} t_0$  (0,5 т.). Графиката на  $s(t) = v_{0\text{cp}} t$  е права линия, която минава през нулата (0,5 т.). В момента  $t_0$  графиката трябва да има най-голям наклон, т.е. трябва да се допира към графиката на пътя (фиг. 1) (0,5 т.). По този начин намираме стойността  $t_0 = 16 \text{ s}$ . (0,5 т.)

г) Тялото спира окончателно в двадесетата секунда, защото след този момент графиката е хоризонтална права. Периодът на равнозакъснително движение продължава приблизително от  $t_1 = 16 \text{ s}$  (0,5 т.), където графиката започва да се отклонява ясно от права линия до  $t_2 = 20 \text{ s}$  (0,5 т.), където тялото окончателно спирай . Следователно времето на спиране е  $\Delta t = 4 \text{ s}$  (0,5 т.), а спиращият път  $-\Delta s = 0,2 \text{ m}$  (0,5 т.). Ако  $v_0$  е скоростта в

началото на спирането, от законите за скоростта и за пътя при равнозакъснително движение имаме съответно:

$$0 = v_0 - a\Delta t ; \quad (0,5 \text{ т.})$$

$$\Delta s = v_0\Delta t - \frac{a\Delta t^2}{2} . \quad (0,5 \text{ т.})$$

Като изразим  $v_0$  и заместим в закона за пътя, получаваме:

$$\Delta s = \frac{a\Delta t^2}{2} \quad (0,5 \text{ т.})$$

Оттук намираме:

$$a = \frac{2\Delta s}{\Delta t^2} = \frac{2 \cdot 0,2 \text{ m}}{(4 \text{ s})^2} = 0,025 \text{ m/s}^2 \quad (0,5 \text{ т.})$$

Тъй като това е задача за оценка, се приемат и обосновани алтернативни решения, за които, след закръгляне към първа значеща цифра, се получава приблизителна стойност на ускорението  $a \approx 0,03 \text{ m/s}^2$ .

*Алтернативно решение:* Ако ученикът знае (или се досети), че моментната скорост е наклон на допирателната към графиката на пътя, по построената допирателна в момента 16 s може да пресметне скоростта в началото на спирането:  $v_0 = 2 \text{ m} / 18 \text{ s} \approx 0,11 \text{ m/s}$ . Оттука за ускорението се получава:  $a = v_0/\Delta t = 0,11 \text{ m/s} / 4 \text{ s} \approx 0,028 \text{ m/s}^2$ , което също е в границите на приетата точност.

**Задача 2. а)** Когато локомотивът и вагонът са в композиция на тях им действат следните сили: на локомотива – силата на тягата  $F$  и противоположно насочените на нея сила на съпротивление  $f_1$  и сила  $T_1$ , с която вагонът дърпа локомотива (**1 т.**); на вагона – силата  $T_2$ , с която локомотивът дърпа вагона, и силата на съпротивление  $f_2$ . (**1 т.**)

По третия принцип на Нютон имаме

$$T_1 = T_2 = T . \quad (0,5 \text{ т.})$$

Тъй като композицията се движи с постоянна скорост

$$F - f_1 = T , \quad (0,5 \text{ т.})$$

$$T = f_2 . \quad (0,5 \text{ т.})$$

б) След отделянето на вагона локомотивът се движи под действие на силата  $F - f_1$ ,

като

$$Ma_1 = F - f_1 = T , \quad (0,5 \text{ т.})$$

а вагонът – под действие на силата  $f_2$  и

$$ma_2 = f_2 = T . \quad (0,5 \text{ т.})$$

От последните две равенства получаваме

$$\frac{a_1}{a_2} = \frac{m}{M} = 0,4 . \quad (1,5 \text{ т.})$$

в) За да определим изминатия от локомотива път  $L$  ще приемем, че скоростта на композицията е  $v$ . След откачането от локомотива, вагонът спира за време

$$t = \frac{v}{a_2}. \quad (1 \text{ т.})$$

След откачането на вагона, локомотивът се движи равноускорително с начална скорост  $v$  и за време  $t$  изминава път

$$L = vt + \frac{a_1 t^2}{2} = \frac{v^2}{2a_2} \left( 2 + \frac{a_1}{a_2} \right), \quad (1,5 \text{ т.})$$

$$L = l \left( 2 + \frac{m}{M} \right) = 120 \text{ m.} \quad (1,5 \text{ т.})$$

**Задача 3. А.** а) Уравнението на движение на всяко едно от телата, когато то се движи с указаното ускорение, се дава със съответния израз:

$$m_1 a_1 = F, \quad (0,5 \text{ т.})$$

$$m_2 a_2 = F - k m_2 g, \quad (0,5 \text{ т.})$$

$$(m_1 + m_2) a_3 = F \quad (0,5 \text{ т.})$$

където  $k$  е коефициентът на триене, а  $g$  – земното ускорение. От първите две уравнения изразяваме  $m_1$  и  $m_2$  и ги заместваме в третото уравнение, при което намираме

$$k = \frac{a_1 a_3 + a_2 a_3 - a_1 a_2}{g(a_1 - a_3)} \approx 0,034, \quad (1,5 \text{ т.})$$

б) По втория закон на Нютон търсеното ускорение  $a$  се определя с равенството

$$(m_1 + m_2) a = F - f = F - k(m_1 + m_2) g \quad (1 \text{ т.})$$

Като заместим  $m_1 + m_2$  и  $k$  в това равенство, получаваме

$$a = a_2 - \frac{a_3^2}{a_1 - a_3} \approx 0,47 \text{ m/s}^2. \quad (1 \text{ т.})$$

**Б.** При потопяване на съставното тяло показаният на силомера е

$$P = P_1 + P_2 - F_A, \quad (0,5 \text{ т.})$$

където Архимедовата сила, действаща на съставното тяло е

$$F_A = \rho_0 g (V_1 + V_2). \quad (0,5 \text{ т.})$$

Тук  $V_1$  е обемът на дървеното парче,  $V_2$  – на оловното. Като отчетем, че

$$V_1 g = \frac{P_1}{\rho_1}, \quad (0,25 \text{ т.}) \quad V_2 g = \frac{P_2}{\rho_2}, \quad (0,25 \text{ т.})$$

получаваме

$$P = P_1 + P_2 - \rho_0 \left( \frac{P_1}{\rho_1} + \frac{P_2}{\rho_2} \right). \quad (1 \text{ т.})$$

След преобразуване на този израз за плътността на дървото получаваме

$$\rho_1 = \frac{P_1}{P_1 - P + \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho_2}\right) P_2} \rho_0, \quad (1 \text{ т.})$$

$$\rho_1 \approx 0,5 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}. \quad (0,5 \text{ т.})$$