

МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА
Областен кръг на олимпиадата по физика, 20 февруари 2021 г.
Примерни решения и критерии за оценяване на темата
за трета състезателна група (9 клас)

Указания

- Дадените решения са примерни. Допустими са всички други обосновани решения.
- При алтернативни решения комисията съставя свои критерии за оценяване, като се съобразява с максималния брой точки по всяко подусловие.
- Числените отговори се приемат за верни само ако съответните стойности са представени с подходящите мерни единици.

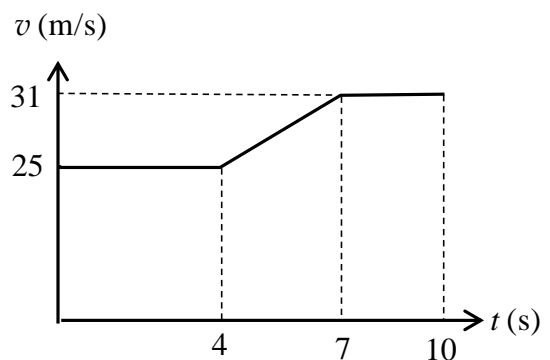
Задача 1. Изпреварване

а) В интервала от **0 s до 4 s** камионът се движи **равномерно**, защото ускорението му е нула. **[0,5 т]**

В интервала от **4 s до 7 s** камионът се движи **равноускорително**, защото ускорението му е постоянно. **[0,5 т]**

В интервала от **7 s до 10 s** камионът отново се движи **равномерно**, защото ускорението му е нула. **[0,5 т]**

б) Графиката на скоростта е показана на фигурата вдясно. За правилно построена графика с нанесени мерни единици и стойности на времето и скоростта. **[2,0 т]**.



Допълнително се дават точки за обосновка на построената графика, както следва.

- След началния момент и продължение на $\Delta t_1 = 4 \text{ s}$ камионът се движи с постоянна скорост $v = v_0 = 25 \text{ m/s}$ и съответно графиката на скоростта е права линия, успоредна на абсцисата. **[0,5 т]**
- След четвъртата секунда в продължение на $\Delta t_2 = 3 \text{ s}$ скоростта на камиона се увеличава от v_0 до: $v_1 = v_0 + a\Delta t_2 = 25 \text{ m/s} + 2 \text{ m/s}^2 \cdot 3 \text{ s} = 31 \text{ m/s}$, където $a = 2 \text{ m/s}^2$ е ускорението на камиона. Графиката съответно е наклонена права линия. **[1,0 т]**
- През последните $\Delta t_2 = 3 \text{ s}$ камионът се движи с постоянна скорост $v = v_1 = 31 \text{ m/s}$ и графиката отново е права линия, успоредна на абсцисата. **[0,5 т]**

в) По време на равномерното движение камионът изминава път:

$$s_1 = v_0 \Delta t_1 = 25 \text{ m/s} \cdot 4 \text{ s} = 100 \text{ m}. \quad \text{[0,5 т]}$$

От четвъртата до седмата секунда, пътът се определя по закона за равноускорително движение:

$$s_2 = v_0 \Delta t_2 + \frac{a \Delta t_2^2}{2} = 25 \text{ m/s} \cdot 3 \text{ s} + \frac{2 \text{ m/s}^2 \cdot (3 \text{ s})^2}{2} = 84 \text{ m.} \quad [1,0 \text{ т}]$$

През последните три секунди пътят е съответно:

$$s_3 = v_1 \Delta t_3 = 31 \text{ m/s} \cdot 3 \text{ s} = 93 \text{ m.} \quad [0,5 \text{ т}]$$

Общият път, изминат от камиона, е:

$$s = s_1 + s_2 + s_3 = 277 \text{ m.} \quad [0,5 \text{ т}]$$

г) По време на изпреварването влакът изминава път:

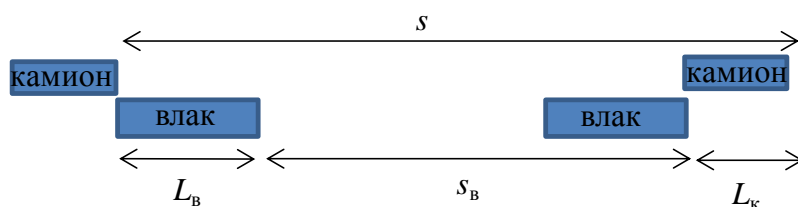
$$s_B = v_B t = 20 \text{ m/s} \cdot 10 \text{ s} = 200 \text{ m.} \quad [0,5 \text{ т}]$$

От фигурата по-долу е ясно, че пътят, изминат от камиона, може да се изрази като:

$$s = L_B + s_B + L_K, \quad [1,0 \text{ т}]$$

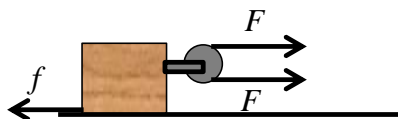
Откъдето следва:

$$L_B = s - s_B - L_K = 277 \text{ m} - 200 \text{ m} - 15 \text{ m} = 62 \text{ m.} \quad [0,5 \text{ т}]$$



Задача 2. Дърпане на товар

а) На фигурата са дадени силите, действащи на сандъка в хоризонтално направление:



Двата края на въжето действат на макаратата с еднаква сила F в една и съща посока – словесно обяснение или ясно означени сили на чертежа. [0,5 т]

Силата f на триене е в посока, противоположна на силата F – словесно обяснение или ясно означена сила на чертежа. [0,5 т]

От II принцип на механиката и правилото за събиране на сили следва:

$$ma = 2F - f. \quad [1,0 \text{ т}]$$

Когато сандъкът се хлъзга, т.е. движи се с ненулево ускорение, силата на триене не зависи от големината на дърпащата сила F . Следователно за дадените в таблицата стойности на силата и ускорението можем да запишем следните уравнения:

$$m \cdot 0,8 \text{ m/s}^2 = 2 \cdot 60 \text{ N} - f; \quad [0,5 \text{ т}]$$

$$m \cdot 2,4 \text{ m/s}^2 = 2 \cdot 80 \text{ N} - f. \quad [0,5 \text{ т}]$$

Като извадим почленно двете уравнения, намираме масата на сандъка:

$$m = \frac{40 \text{ N}}{1,6 \text{ m/s}^2} = 25 \text{ kg.} \quad [1,0 \text{ т}]$$

Съответно за силата на триене при хлъзгане получаваме:

$$f = 120 \text{ N} - 25 \text{ kg} \cdot 0,8 \text{ m/s}^2 = 100 \text{ N.} \quad [0,5 \text{ т}]$$

Сандъкът оказва върху пода натиск:

$$N = mg. \quad [0,5 \text{ т}]$$

Понеже при хлъзгане силата на триене е пропорционална на натиска:

$$f = kN = kmg,$$

за коефициента на триене намираме:

$$k = \frac{f}{mg} = 0,4. \quad [1,0 \text{ т}]$$

б) Попълнената таблица има вида:

$F \text{ (N)}$	30	60	80	90
$a \text{ (m/s}^2\text{)}$	0	0.8	2.4	3,2

По **0,5 т** за всяка правилно нанесена стойност, общо за таблицата [1,0 т]

Освен това за обосновка на нанесените стойности се дават допълнително точки, както следва.

- Сандъкът се хлъзга по пода при условие, че:

$$2F > kmg = 100 \text{ N.} \quad [1,0 \text{ т}]$$

Това условие е изпълнено при $F = 90 \text{ N}$. От II принцип на механиката намираме съответното ускорение при тази стойност на силата:

$$a = \frac{2F - f}{m} = \frac{2F}{m} - kg = 3,2 \text{ m/s}^2. \quad [1,0 \text{ т}]$$

- Когато $F = 30 \text{ N}$, условието за хлъзгане не е изпълнено. Тогава на сандъка действа сила на триене в покой, която уравновесява дърпащата сила, т.е. $f = 2F$. Следователно в този случай сандъкът остава неподвижен и $a = 0$. [1,0 т]

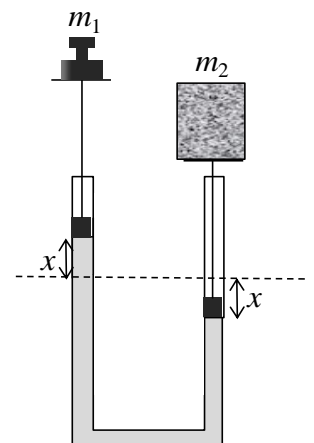
Задача 3. Хидравлична везна

Когато лявото блюдо се издига, в лявото коляно на тръбата се втича вода с обем $V = Sx$. Същият обем вода обаче изтича от дясното коляно. Следователно дясното блюдо се премества надолу на разстояние x . [1,0 т]

Налягането на течността под лявото блюдо е:

$$p_1 = p_A + \frac{(M + m_1)g}{S}, \quad [1,0 \text{ т}]$$

където p_A е атмосферното налягане, а M – сумарната маса на блюдото и буталото. Налягането под дясното бутало съответно се дава с



израза:

$$p_2 = p_A + \frac{(M + m_2)g}{S}, \quad [1,0 \text{ т}]$$

Разликата между двете налягания съответства на хидростатичното налягане на воден стълб с височина $h = 2x$:

$$p_2 - p_1 = \rho g(2x) \quad [1,0 \text{ т}]$$

Така получаваме уравнението:

$$\frac{(m_2 - m_1)g}{S} = 2\rho gx,$$

от което изразяваме неизвестната маса:

$$m_2 = m_1 + 2\rho Sx. \quad [1,0 \text{ т}]$$

За да получим числения отговор, е нужно да изразим всички величини в дясната страна на формулата с основни единици от SI: $m_1 = 0,02 \text{ kg}$; $S = 0,00015 \text{ m}^2$; $x = 0,03 \text{ m}$. Така намираме:

$$m_2 = 0,02 \text{ kg} + 2 \cdot 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,00015 \text{ m}^2 \cdot 0,03 \text{ m} = 0,029 \text{ kg} \text{ (т. е. } 29 \text{ g)}. \quad [1,0 \text{ т}]$$

Същият резултат в грамове може да бъде получен, ако се изрази плътността в грамове върху кубичен сантиметър: $\rho = 1 \text{ g/cm}^3$. Точката за крайния числен отговор се дава, независимо дали масата е изразена в грамове или в килограми.

б) Потенциалната енергия на тегликата се увеличава с:

$$\Delta E_{п1} = m_1 gx \quad [0,5 \text{ т}]$$

Потенциалната енергия на предмета върху дясното блюдо намалява, защото той се премества надолу. Съответната промяна на потенциалната енергия е отрицателна:

$$\Delta E_{п2} = -m_2 gx = -m_1 gx - 2\rho g S x^2 \quad [0,5 \text{ т}]$$

Освен това воден стълб с маса $m = \rho Sx$ се измества от дясното в лявото коляно на тръбата, като височината на центъра на стълба се увеличава с $h = x$. Следователно потенциалната енергия на водата се увеличава с:

$$\Delta E_{п3} = mgx = \rho g S x^2 \quad [1,0 \text{ т}]$$

Общата промяна на потенциалната енергия на телата върху блююдата и на водата е:

$$\Delta E_{п} = \Delta E_{п1} + \Delta E_{п2} + \Delta E_{п3} = -\rho g S x^2 \quad [0,5 \text{ т}]$$

Като заместим с числените стойности, намираме:

$$\Delta E_{п} = -1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 10 \text{ m/s}^2 \cdot 0,00015 \text{ m}^3 \cdot (0,03 \text{ m})^2 = -0,00135 \text{ J}. \quad [0,5 \text{ т}]$$

Потенциалната енергия на системата намалява, защото поради триене между буталата и и тръбата, както и между водата и тръбата, част от началната механична енергия се преобразува в топлина. [1,0 т]