

МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА
ЕСЕННО НАЦИОНАЛНО СЪСТЕЗАНИЕ ПО ФИЗИКА

07 – 09 ноември 2025 г., София

Тема за I състезателна група (7. клас)

РЕШЕНИЯ И КРИТЕРИИ ЗА ОЦЕНЯВАНЕ

ЗАДАЧА 1. Златното правило на механиката

1.1. Използваме златното правило на механиката или се аргументираме, чрез формулата: $F_1 \cdot l_1 = F_2 \cdot l_2$. [0,5 т.]

Тогава получаваме:

$$20 \cdot \frac{4}{1} \cdot \frac{2}{3} \cdot \frac{3,5}{1,5} = 124, (4) \cong 124 \text{ kg} \quad [0,5 \text{ т.}]$$

1.2. Намираме обема:

$$V = L \cdot w \cdot d = 800 \text{ mm} \cdot 200 \text{ mm} \cdot 30 \text{ mm} = 4,8 \cdot 10^6 \text{ mm}^3. \quad [0.5 \text{ т.}]$$

Намираме масата:

$$m_{\text{д}} = \rho \cdot V = 0,0005 \text{ g/mm}^3 \cdot 4,8 \cdot 10^6 \text{ mm}^3 = 2400 \text{ g} = 2,4 \text{ kg}. \quad [0.5 \text{ т.}]$$

Теглото на дъската се държи от системата макари. От диаграмата се вижда, че товарът (дъската) се държи от 4 сегмента на въжето (система от 2 подвижни макари). Това дава механична предимство (печелим сила) 4 пъти. [0.5 т.]

Силата на опън F , необходима за задържане на дъската, е $F = P_{\text{дъска}} / 4 = m_{\text{дъска}} / 4$. Тази сила се осигурява от товара A , който минава през една неподвижна макара (която само променя посоката, но не и размера на силата). Следователно:

$$m_A = m_{\text{дъска}} / 4 = 2,4 \text{ kg} / 4 = 0,6 \text{ kg}. \quad [0.5 \text{ т.}]$$

1.3. Прилагаме "златното правило": $F \cdot s = P \cdot h$, където s е хоризонталният ход на клина, а h е вертикалното повдигане на блока. [0.5 т.]

От геометрията на клина (от дадената фигура на ъгъл от 15 градуса) виждаме, че вертикално издигане от 4 дължини съответства на хоризонтално преместване от 15 ширини. [0.5 т.]

Следователно достигаме до следната зависимост:

$$h = s \cdot \frac{4}{15} \quad [0,5 \text{ т.}]$$

$$\text{Заместваме: } F \cdot s = P \cdot h = P \cdot s \cdot \frac{4}{15} \Rightarrow F = P \cdot \frac{4}{15} = 1200 \cdot \frac{4}{15} = 320 \text{ N} \quad [0,5 \text{ т.}]$$

1.4. Зъбното колело А се опира до малкия венец на В. За един час 1 прави едно завъртане, тоест за един час 60 зъби се задвижват от малкия венец В. [0,5 т.]

Но малкият венец на В има 15 зъби, тоест той прави 4 обиколки за един час. [0,5 т.]

Това означава, че $4 \cdot 45 = 180$ зъби се задвижват в малкия венец на С. [0,5 т.]

Но той има също 15 зъби, следователно прави $180 / 15 = 12$ оборота за един час. [0,5 т.]

Следователно един оборот прави за $60 / 12 = 5$ минути. [0,5 т.]

1.5. Най-лесният начин да решим задачата е да си представим, че играчката прави точно едно пълно завъртане напред. Играчката се движи напред, защото малките ѝ колела (с радиус r) се търкалят по релсите. При едно пълно завъртане, тя ще измине разстояние, равно на обиколката на малкото колело.

Път напред $d = 2 \cdot \pi \cdot r$ [0,5 т.]

В същото време връвта се развива от големия цилиндър (с радиус R). При едно пълно завъртане се развива връв, дълга колкото обиколката на големия цилиндър.

$d_{\text{връв}} = 2 \cdot \pi \cdot R$ [0,5 т.]

Разликата между развитата връв и движението напред е разстоянието, което е преминала ръката, докато дърпа връвта назад:

$d_{\text{назад}} = d_{\text{връв}} - d = 2 \cdot \pi \cdot R - 2 \cdot \pi \cdot r = 2 \cdot \pi (R - r)$ [0,5 т.]

За да обобщим резултата нека да разделим на дължината, която се изминава напред:

$\frac{d_{\text{назад}}}{d} = \frac{2 \cdot \pi (R - r)}{2 \cdot \pi \cdot r} = \left(\frac{R}{r} - 1 \right)$ [0,5 т.]

$d_{\text{назад}} = \left(\frac{R}{r} - 1 \right) d$ [0,5 т.]

ЗАДАЧА 2. Полет около Земята

а) Една пълна обиколка, която е 360 градуса, е $c = 2 \cdot \pi \cdot R$. Ъгловата разлика е:

$$60^\circ - (-60^\circ) = 120^\circ$$

Това е $1/3$ от 360 градуса. Следователно изминатото разстояние е:

$d_{NS} = \left(\frac{120^\circ}{360^\circ} \right) \cdot 2 \pi R = \left(\frac{1}{3} \right) \cdot 2 \pi \cdot 6400 \cong 13404 \text{ km}$ [1,0 т.]

$t_{NS} = d_{NS} / v = 13404 \text{ km} / 900 \text{ km/h} \cong 14,89 \text{ h}$ [0,5 т.]

$14,89 \text{ h} = 14 \text{ часа} + 0,89 \cdot 60 \text{ мин} \cong 14 \text{ часа } 53 \text{ минути}$ [0,5 т.]

Допуска се толеранс от ± 2 мин.

б) Тук отново ще имаме пълна обиколка при 360 градуса на окръжност, която минава през двете т.. В този случай ъгловата разлика е 90 градуса, което е 1/4 от 360 градуса. Следователно изминатото разстояние е:

$$d_{SE} = \left(\frac{90^\circ}{360^\circ}\right) \cdot 2\pi R = \left(\frac{1}{4}\right) \cdot 2\pi \cdot 6400 \cong 10053 \text{ km} \quad [1.0 \text{ т.}]$$

$$t_{SE} = d_{SE}/v = 10053 \text{ km} / 900 \text{ km/h} \cong 11,17 \text{ h} \quad [0,5 \text{ т.}]$$

$$11,17 \text{ h} = 11 \text{ часа} + 0,17 \cdot 60 \text{ мин} \cong 11 \text{ часа } 10 \text{ минути} \quad [0,5 \text{ т.}]$$

Допуска се толеранс от ± 2 мин.

в) Сумарното време е

$$t_{\text{изл.Е}} = 14\text{h}53\text{min} + 1\text{h} + 11\text{h}10\text{min} + 1\text{h} = 28\text{h}03\text{min} \quad [0,5 \text{ т.}]$$

Изминали са 28 часа и 3 мин. от понеделник на 12:00, това прави:

вторник 16:03 часа. [0,5 т.]

Но тук трябва да отчетем и часовата разлика. За едно денонощие (24 часа) Земята прави една обиколка около собствената си ос (24 часа). Следователно:

$$1 \text{ час се равняват на } 360 / 24 = 15 \text{ градуса} \quad [0,5 \text{ т.}]$$

Нашето отместване на изток е 90 градуса. Следователно имаме:

$$90 / 15 = + 6 \text{ часа разлика.} \quad [0,5 \text{ т.}]$$

Тогава времето на излитане от т. Е е:

вторник 22:03 часа. [0,5 т.]

Допуска се толеранс от ± 2 мин.

г) Полетът е по Екватора. Ъгловата разлика е $90^\circ - (-90^\circ) = 180^\circ$ [0.5 т.]

$$d_{EW} = (180^\circ/360^\circ) \cdot 2\pi R = (1/2) \cdot 2\pi R = \pi R = \pi \cdot 6400 \cong 20106 \text{ km.} \quad [0.5 \text{ т.}]$$

$$t_{EW} = d_{EW}/v = 20106 \text{ km}/900 \text{ km/h} \cong 22,34 \text{ h} \quad [0.5 \text{ т.}]$$

$$22,34 \text{ h} = 22 \text{ часа} + 0,34 \cdot 60 \text{ мин} \cong 22 \text{ часа } 20 \text{ минути} \quad [0.5 \text{ т.}]$$

Допуска се толеранс от ± 2 мин.

д) Самолетът е излязал от Е във вторник от 22:03 часа.

Продължителността на полета е 22 часа и 20 минути. За пътник от полета това прави:

сряда 20:23 часа. [0,5 т.]

Но трябва да отчетем часовата разлика между Е и W, която ще бъде:

$$180 / 15 = - 12 \text{ часа.} \quad [0,5 \text{ т.}]$$

Следователно самолетът пристига в W:

сряда 08:23 часа.

[0,5 т.]

Допуска се толеранс от ± 2 мин.

ЗАДАЧА 3. Вода и ток

3.1 [5 т.]

Критерият за потъване е плътността на играчката да се изравни с тази на водата:

$$\rho_{\text{игр}} \geq \rho_{\text{в}} \Rightarrow V_{\text{кр}} = m_{\text{игр}}/\rho_{\text{в}} = 1.00 \text{ cm}^3. \quad [1 \text{ т.}]$$

Началният обем на играчката е:

$$V_0 = \frac{4}{3}\pi a^3 = \frac{4}{3}\pi(1,00)^3 \cong 4,19 \text{ cm}^3. \quad [1 \text{ т.}]$$

Разликата в обемите на играчката преди да потъне:

$$\Delta V = V_0 - V_{\text{кр}} \cong 3,19 \text{ cm}^3. \quad [1 \text{ т.}]$$

Понеже водата е несвиваема, то следва че промяната в обема, причинена от движението на буталото, ще бъде равна на промяната в обема на играчката. Площта на сечението на буталото е:

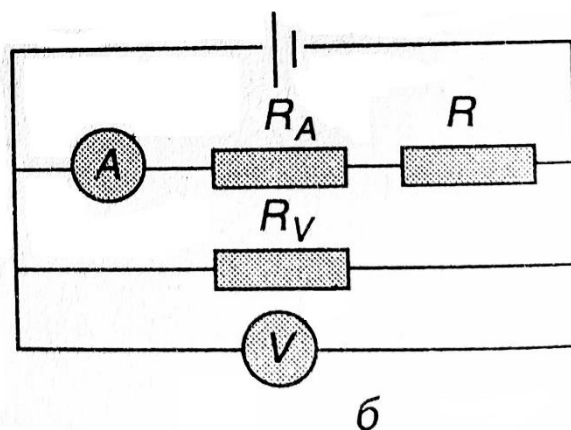
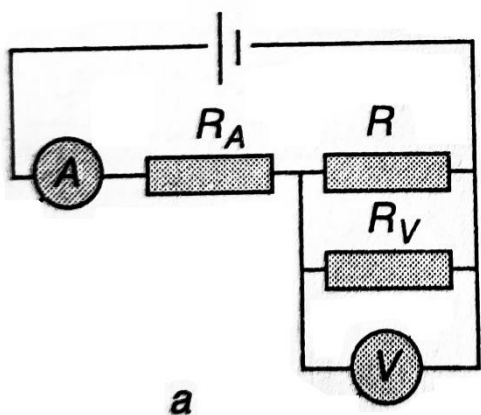
$$A = \pi r^2 = \pi(1,85)^2 \cong 10,745 \text{ cm}^2. \quad [1 \text{ т.}]$$

Следователно отместването на буталото ще бъде:

$$x = \Delta V/A \cong 3,19/10,745 \approx 0,296 \text{ cm} = 2.96 \text{ mm} \quad [1 \text{ т.}]$$

Приемат се отговори от 2,9 mm до 3,0 mm.

3.2 [5 т.]



а) От схема б) волтметърът измерва директно напрежението на идеалния източник:

$$U_{\text{бат}} = U'' = 12,0 \text{ V} \quad [0,5 \text{ т.}]$$

б) По схема а) :

$$\varepsilon = U' + I'R_A \Rightarrow R_A = \frac{\varepsilon - U'}{I'}. \quad [1 \text{ т.}]$$

$$R_A = \frac{12,0 - 9,99}{1,004} \cong 2,00 \Omega \quad [0,5 \text{ т.}]$$

в) По схема б:

$$I'' = \frac{U''}{R_A + R} \Rightarrow R_A + R = \frac{U''}{I''} \Rightarrow R = \frac{U''}{I''} - R_A \quad [1 \text{ т.}]$$

От а) $R_A \cong 2,0$

$$R = 12,0 - 2,0 = 10,0 \Omega \quad [0,5 \text{ т.}]$$

г) От схема а) еквивалентното съпротивление на R и R_V може да го изразим като:

$$R_{par} = \frac{U'}{I'} \cong 9,95 \Omega \quad [0,5 \text{ т.}]$$

От друга страна:

$$\frac{1}{R_{par}} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R_V} \Rightarrow \frac{1}{R_V} = \frac{1}{R_{par}} - \frac{1}{R} \Rightarrow \frac{1}{R_V} = \frac{R - R_{par}}{R \cdot R_{par}} \Rightarrow R_V = \frac{R \cdot R_{par}}{R - R_{par}} \quad [0,5 \text{ т.}]$$

Вече намерихме R и R_{par} :

$$R_V = \frac{10 \cdot 9,95}{10 - 9,95} = \frac{99,5}{0,05} = 1990 \Omega \quad [0,5 \text{ т.}]$$

Приемат се отговори $1990 \Omega \pm 1\%$