

Ministerul Educației și Cercetării al Republicii Moldova
 Agenția Națională pentru Curriculum și Evaluare
OLIMPIADA REPUBLICANĂ LA FIZICĂ, EDIȚIA LVII

CHIȘINĂU, 17– 20 martie 2023

Теоретический тип ORF 2023,

10 класс

(10,0 баллов)

Задача 1

P1. Небольшой упругий шарик свободно падает с некоторой высоты на гладкую наклонную плоскость, образующую угол $\alpha = 45^\circ$ с горизонтом, и отскакивает от нее. После удара о наклонную плоскость модуль скорости шарика остается неизменным, а угол падения равен углу отражения. В момент удара о плоскость скорость шарика $v_0 = 5$ м/с.

NB. Сопротивлением воздуха пренебречь, ускорение свободного падения $g = 10,00$ м/с²,

$$\sin 45^\circ = \cos 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2}.$$

P1.1. Нарисуйте схематически траекторию движения шарика и укажите необходимые величины, о которых идет речь в пунктах **P1.2-P1.5**. **(1 б)**

P1.2. Определите высоту h , с которой шарик упал на наклонную плоскость. **(1 б)**

P1.3. Определите, на каком расстоянии s от места первого касания плоскости шарик коснется плоскости второй раз. **(3 б)**

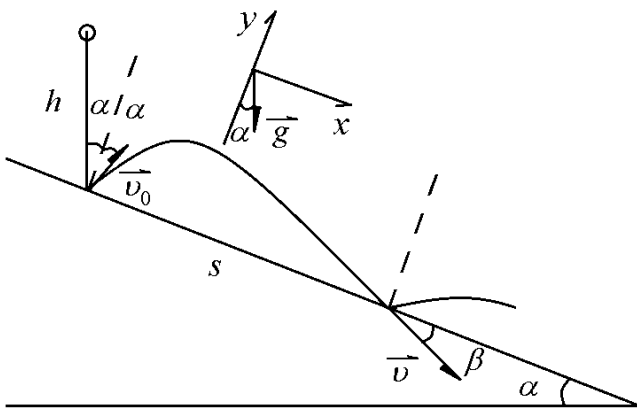
P1.4. Определите, какую скорость v приобретет шарик в момент второго столкновения с наклонной плоскостью. **(2 б)**

P1.5. Определите угол β между направлением вектора скорости шарика и наклонной плоскостью в момент второго столкновения с наклонной плоскостью. *Примечание:* результат может быть представлен в виде тригонометрической функции. **(1 б)**

P1.6. Чему должен быть равен угол наклона плоскости, чтобы после второго удара вектор скорости шарика был направлен горизонтально? **(2 б)**

Решение:

P1.1. Рисунок представлен в общем виде для произвольного значения угла α . **(1 б)**



P1.2. **(1 б)**

Вариант 1: $\frac{mv_0^2}{2} = mgh \Rightarrow h = \frac{v_0^2}{2g}$

$\Rightarrow h = 1,25$ м

Вариант 2: $h = \frac{gt^2}{2}, \quad v_0 = -gt \Rightarrow$

$h = \frac{v_0^2}{2g} \Rightarrow h = 1,25$ м

Ministerul Educației și Cercetării al Republicii Moldova
 Agenția Națională pentru Curriculum și Evaluare
OLIMPIADA REPUBLICANĂ LA FIZICĂ, EDIȚIA LVII

CHIȘINĂU, 17– 20 martie 2023

Теоретический тур ORF 2023,

10 класс

P1.3.

(3 б)

$$x = v_0 \sin \alpha t + \frac{g \sin \alpha t^2}{2} \qquad s = v_0 \sin \alpha t + \frac{g \sin \alpha t^2}{2} \qquad (1 \text{ б})$$

$$y = v_0 \cos \alpha t - \frac{g \cos \alpha t^2}{2} \qquad 0 = v_0 \cos \alpha t - \frac{g \cos \alpha t^2}{2} \qquad (1 \text{ б})$$

$$t = \frac{2v_0}{g} \quad (0,5 \text{ б}) \quad \Rightarrow \quad s = \frac{2v_0^2 \sin \alpha}{g} + \frac{2v_0^2 \sin \alpha}{g} = \frac{4v_0^2 \sin \alpha}{g} \quad \Rightarrow s = 7,07 \text{ м} \quad (0,5 \text{ б})$$

P1.4.

(2 б)

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} \qquad (0,5 \text{ б})$$

$$v_x = v_{0x} + g \sin \alpha t = v_0 \sin \alpha + g \sin \alpha t = \sin \alpha (v_0 + gt) \qquad (0,5 \text{ б})$$

$$v_y = v_{0y} - g \cos \alpha t = v_0 \cos \alpha - g \cos \alpha t = \cos \alpha (v_0 - gt) \qquad (0,5 \text{ б})$$

Из P1.3: $t = \frac{2v_0}{g}$

$$v = \sqrt{\sin^2 \alpha (v_0 + gt)^2 + \cos^2 \alpha (v_0 - gt)^2} = \sqrt{\sin^2 \alpha \cdot 9v_0^2 + \cos^2 \alpha \cdot v_0^2} = v_0 \sqrt{9 \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha}$$

$$v = 5\sqrt{5} = 11,2 \text{ (м/с)} \qquad (0,5 \text{ б})$$

P1.5.

(1 б)

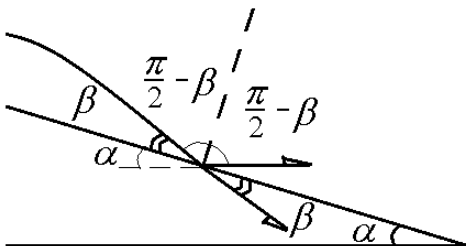
$$\operatorname{tg} \beta = \frac{v_y}{v_x} = \operatorname{ctg} \alpha \frac{v_0 - gt}{v_0 + gt} \quad (0,5 \text{ б}) \quad \Rightarrow \quad \operatorname{tg} \beta = \frac{v_y}{v_x} = \operatorname{ctg} \alpha \frac{v_0 - 2v_0}{v_0 + 2v_0} = -\frac{1}{3} \operatorname{ctg} \alpha \quad (0,5 \text{ б})$$

$$\operatorname{tg} \beta = -\frac{1}{3}, \qquad \beta = \operatorname{arctg}(-0,33)$$

$\beta = -18,26^\circ$, по модулю $\beta = 18,26^\circ$ (расчет - опционально)

P1.6.

(2 б)



Рисунок

(0,5 б)

$$\alpha + \beta + \left(\frac{\pi}{2} - \beta\right) + \left(\frac{\pi}{2} - \beta\right) = \pi \quad \Rightarrow \quad \alpha = \beta \qquad (1 \text{ б})$$

Из P1.5: $\operatorname{tg} |\beta| = \frac{1}{3} \operatorname{ctg} \alpha \quad \Rightarrow$

$$3 \operatorname{tg} \alpha = \operatorname{ctg} \alpha \quad \Rightarrow \quad 3 \operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{\operatorname{tg} \alpha} \quad \Rightarrow$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{3}}{3} \quad \Rightarrow \quad \alpha = 30^\circ \qquad (0,5 \text{ б})$$

Ministerul Educației și Cercetării al Republicii Moldova
Agenția Națională pentru Curriculum și Evaluare
OLIMPIADA REPUBLICANĂ LA FIZICĂ, EDIȚIA LVII

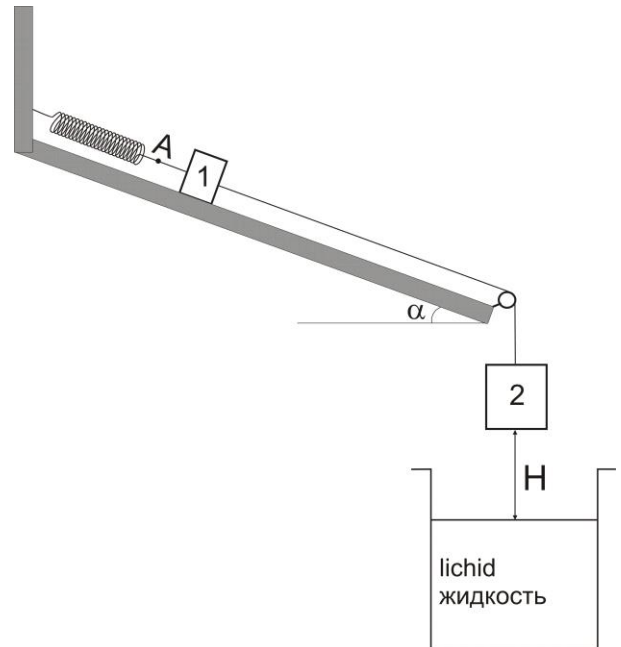
CHIȘINĂU, 17– 20 martie 2023

Теоретический тур ORF 2023,

Задача 2

10 класс
(10,0 баллов)

P2. Тело 1 расположено на шероховатой наклонной поверхности и прикреплено к вертикальной стенке с помощью пружины жесткостью k . К этому телу на невесомой нити прикреплено тело 2 (как показано на рисунке). Плоскость образует с горизонталью угол α , коэффициент трения между телом 1 и плоскостью равен μ , масса первого тела равна m , масса второго тела – в n раз больше массы первого тела, а плотность тел равна ρ . Наклонную плоскость и сосуд считайте неподвижными. Сопротивлением воздуха пренебречь.



P2.1. Нарисуйте и перечислите все силы, действующие на тела 1 и 2. **(1 б)**

P2.2. Найдите удлинение пружины Δl , если известно, что система тел находится в равновесии. **(2 б)**

P2.3. Через какое время t тело 2 коснется жидкости в емкости, расположенной под ним, если перерезать нить в точке A? Расстояние от тела 2 до жидкости в момент начала движения известно и равно H . Считайте также, что расстояние от тела 1 до конца наклонной плоскости больше, чем расстояние от тела 2 до дна сосуда. Силой сопротивления движению в плотной атмосфере пренебречь.

(2,5 б)

P2.4. Найдите плотность жидкости ρ_{lic} , если известно, что после полного погружения тело стало двигаться равномерно. **(1,5 б)**

P2.5. Какая температура t_f будет у жидкости в сосуде после погружения тела, если известно, что начальные температуры тела и жидкости были t_2 и t_1 соответственно ($t_2 > t_1$), а вся кинетическая энергия тела, приобретенная до погружения, перешла в теплоту. Теплоемкости тела и жидкости известны и равны C_2 и C_1 . **(3 б)**

Ministerul Educației și Cercetării al Republicii Moldova
 Agenția Națională pentru Curriculum și Evaluare
OLIMPIADA REPUBLICANĂ LA FIZICĂ, EDIȚIA LVII

CHIȘINĂU, 17– 20 martie 2023

Теоретический тур ORF 2023,

Задача 2

10 класс
(10,0 баллов)

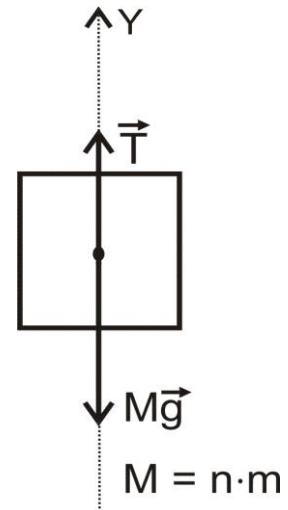
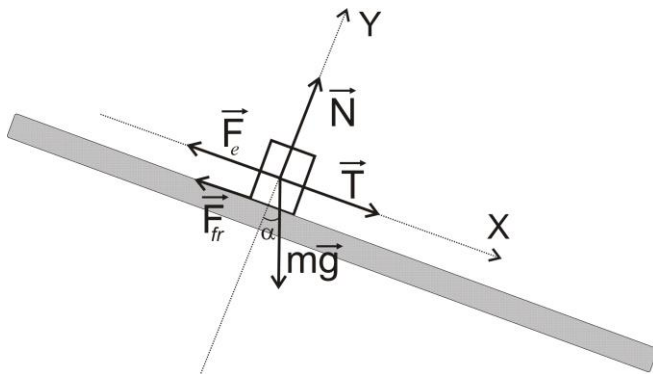
Решение

P2.1.

(1 б)

Для тела 1:

Для тела 2:



По **0,1 б** за каждую правильно указанную силу; **0,3 б** за правильные рисунки

P2.2.

(2 б)

Для тела 1: $\vec{N} + m\vec{g} + \vec{F}_e + \vec{F}_{fr} + \vec{T} = 0$

(0,5 б)

Проекция на ось OX: $mg\sin\alpha - F_e - F_{fr} + T = 0$ (1)

(0,25 б)

Проекция на ось OY: $N - mg\cos\alpha = 0$ (2)

(0,25 б)

Для тела 2: $nm\vec{g} + \vec{T} = 0$

Проекция на ось OY: $-nmg + T = 0$ (3)

(0,25 б)

Принимая во внимание, что по определению:

$F_e = k \cdot \Delta l;$ (0,1 б)

$F_{fr} = \mu \cdot N;$ (0,1 б)

$F_{fr} = \mu \cdot mg\cos\alpha$ (0,15 б)

из уравнений (1) – (3) получаем: $mg\sin\alpha - k \cdot \Delta l - \mu \cdot mg\cos\alpha + nmg = 0$ (0,2 б)

$\Delta l = \frac{mg}{k}[\sin\alpha - \mu \cdot \cos\alpha + n]$

(0,2 б)

Министерство Образования и Исследований Республики Молдова
 Национальное Агентство по Куррикулуму и Оцениванию
LVII РЕСПУБЛИКАНСКАЯ ОЛИМПИАДА ПО ФИЗИКЕ

КИШИНЁВ, 17-20 марта 2023

Теоретический тур ORF 2023,

10 класс

P.2.3.

(2,5 б)

Для тела 1: $\vec{N} + m\vec{g} + \vec{F}_{fr} + \vec{T} = m\vec{a}_1$

Проекция на ось OX: $mg\sin\alpha - F_{fr} + T = ma_1$ (5) (0,25 б)

Проекция на ось OY: $N - mg\cos\alpha = 0$ (6)

Для тела 2: $nm\vec{g} + \vec{T} = nm\vec{a}_2$

Проекция на ось OY: $-nmg + T = -nma_2$ (7) (0,25 б)

Принимая во внимание, что $a_1 = a_2 = a$, получаем: (0,25 б)

$-nmg + ma - mg(\sin\alpha - \mu \cdot \cos\alpha) = -nma$ (0,5 б)

$$a = g \frac{\sin\alpha - \mu \cdot \cos\alpha + n}{n + 1}$$

(0,25 б)

$$H = \frac{at^2}{2}$$

(0,5 б)

$$t = \sqrt{\frac{2H}{a}} = \sqrt{\frac{2H(n + 1)}{g(\sin\alpha - \mu \cdot \cos\alpha + n)}}$$

(0,5 б)

P.2.4.

(1,5 б)

Для тела 1: $\vec{N} + m\vec{g} + \vec{F}_{fr} + \vec{T} = 0$

Проекция на ось OX: $mg \cdot \sin\alpha - F_{fr} + T = 0$ (7) (0,25 б)

Проекция на ось OY: $N - mg \cdot \cos\alpha = 0$ (8) (0,25 б)

Для тела 2: $nm\vec{g} + \vec{F}_{A,lic} + \vec{T} = 0$

$-nmg + \rho_{lic} \cdot \frac{n \cdot m}{\rho} \cdot g + T = 0$ (9) (0,25 б)

Из уравнений (7) – (9): $-nmg + \rho_{lic} \cdot \frac{n \cdot m}{\rho} \cdot g + \mu \cdot mg \cdot \cos\alpha - mg \cdot \sin\alpha = 0$ (0,5 б)

$$\rho_{lic} = \rho \cdot \left[1 + \frac{\sin\alpha - \mu \cdot \cos\alpha}{n} \right]$$

(0,25 б)

Министерство Образования и Исследований Республики Молдова
Национальное Агентство по Куррикулуму и Оцениванию
LVII РЕСПУБЛИКАНСКАЯ ОЛИМПИАДА ПО ФИЗИКЕ

КИШИНЁВ, 17-20 марта 2023

Теоретический тур ORF 2023,

10 класс

Примечание:

Плотность может быть получена и из условия:

$$F_{A,lic} = F_e, \quad \text{где } F_e = k\Delta l = mg[\sin\alpha - \mu \cdot \cos\alpha + n] \text{ – сила упругости из P.2.2.}$$

Тогда:

$$\rho_{lic} \cdot \frac{n \cdot m}{\rho} \cdot g = mg[\sin\alpha - \mu \cdot \cos\alpha + n]$$

$$\rho_{lic} = \rho \cdot \left[1 + \frac{\sin\alpha - \mu \cdot \cos\alpha}{n} \right]$$

P.2.5.

(3 б)

$$Q_1 + Q_2 = \frac{nmv^2}{2}$$

(0,5 б)

$$Q_1 = C_1(t_f - t_1)$$

(0,5 б)

$$Q_2 = C_2(t_f - t_2)$$

(0,5 б)

$$v = at = a\sqrt{\frac{2H}{a}} = \sqrt{2aH}$$

(0,25 б)

Подставляя ускорение a из P.2.3, получим для скорости v :

$$v = \sqrt{2gH \left[\frac{\sin\alpha - \mu \cdot \cos\alpha + n}{n + 1} \right]}$$

(0,25 б)

$$C_1(t_f - t_1) + C_2(t_f - t_2) = \frac{nmv^2}{2}$$

(0,25 б)

$$t_f = \frac{\frac{mv^2}{2} + C_1 \cdot t_1 + C_2 \cdot t_2}{C_1 + C_2}$$

(0,5 б)

$$t_f = \frac{mgH \left[\frac{\sin\alpha - \mu \cdot \cos\alpha + n}{n + 1} \right] + C_1 \cdot t_1 + C_2 \cdot t_2}{C_1 + C_2}$$

(0,25 б)

Министерство Образования и Исследований Республики Молдова
 Национальное Агентство по Куррикулуму и Оцениванию
LVII РЕСПУБЛИКАНСКАЯ ОЛИМПИАДА ПО ФИЗИКЕ

КИШИНЁВ, 17-20 марта 2023

Теоретический тур ORF 2023,

10 класс

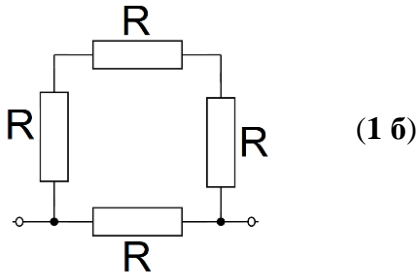
Задача 3

(10,0 баллов)

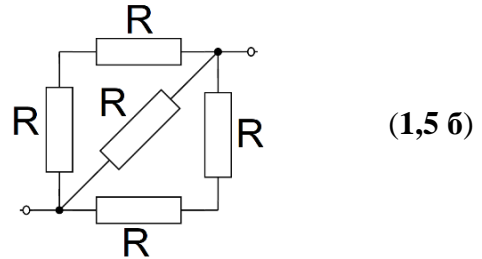
Р3. А. Найдите общее сопротивление цепи в схемах, указанных на рисунках 3а, 3б, 3с и 3д.

Представьте эквивалентные схемы.

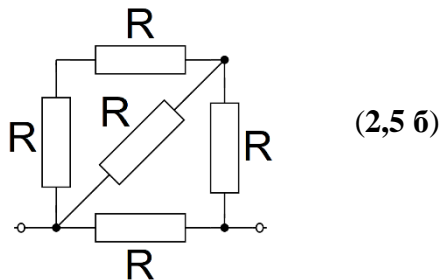
Р3.1. Рисунок 3а:



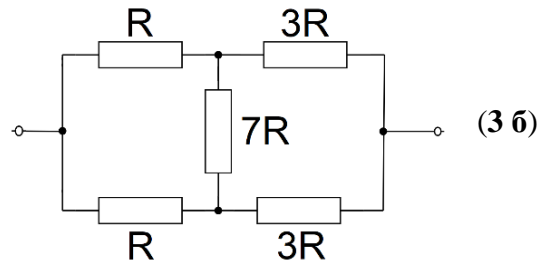
Р3.2. Рисунок 3б:



Р3.3. Рисунок 3с:



Р3.4. Рисунок 3д:



Р3. В. Определите мощность, выделяющуюся в цепи, представленной на схеме 3д, если известно, что через точку А схемы протекает ток I .

(2 б)

Решение:

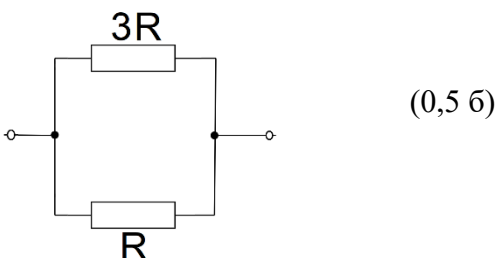
Задача 3

(10,0 баллов)

Р3. А.

Р3.1. Эквивалентная схема:

(1 б)



$$\frac{1}{R_{tot}} = \frac{1}{3R} + \frac{1}{R} = \frac{4}{3R}$$

$$R_{tot} = \frac{3}{4}R \quad (0,5 б)$$

Министерство Образования и Исследований Республики Молдова
 Национальное Агентство по Куррикулуму и Оцениванию
LVII РЕСПУБЛИКАНСКАЯ ОЛИМПИАДА ПО ФИЗИКЕ

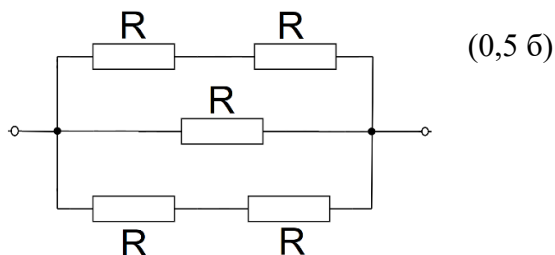
КИШИНЁВ, 17-20 марта 2023

Теоретический тур ORF 2023,

10 класс

Р3.2. Эквивалентная схема:

(1,5 б)

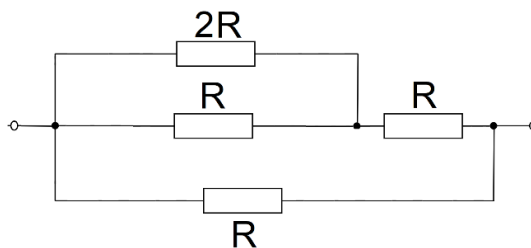
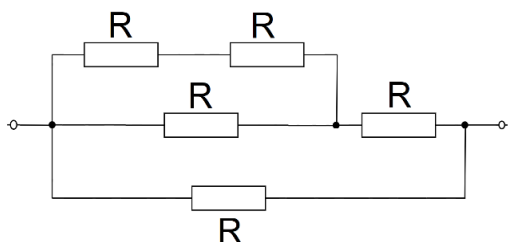


$$\frac{1}{R_{tot}} = \frac{1}{2R} + \frac{1}{R} + \frac{1}{2R} = \frac{4}{2R} = \frac{2}{R}$$

$$R_{tot} = \frac{R}{2} \quad (1,0 \text{ б})$$

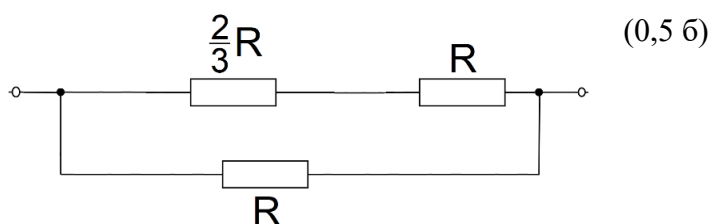
Р3.3. Эквивалентная схема:

(2,5 б)



$$\frac{1}{R_1} = \frac{1}{2R} + \frac{1}{R} = \frac{3}{2R} = \frac{3}{2R} \Rightarrow R_1 = \frac{2}{3}R$$

(0,5 б)



$$\frac{1}{R_{tot}} = \frac{1}{R_1 + R} + \frac{1}{R} = \frac{1}{\frac{2}{3}R + R} + \frac{1}{R} = \frac{1}{\frac{5}{3}R} + \frac{1}{R} = \frac{3}{5R} + \frac{1}{R} = \frac{8}{5R}$$

$$R_{tot} = \frac{5}{8}R \quad (1,0 \text{ б})$$

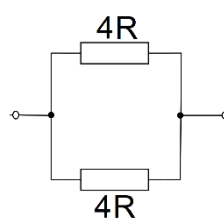
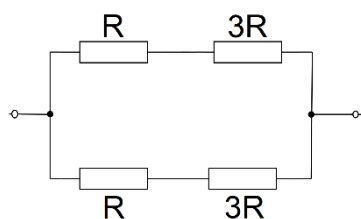
Р3.4.

(3 б)

Электрическая цепь обладает симметрией относительно горизонтальной оси \Rightarrow электрические потенциалы на обоих концах резистора с сопротивлением $7R$ будут одинаковыми. Следовательно, данный резистор с сопротивлением $7R$ можно исключить из электрической цепи.

Вариант 1

Эквивалентная схема:



(2,0 б)

$$\frac{1}{R_{tot}} = \frac{1}{R+3R} + \frac{1}{R+3R} = \frac{2}{4R} = \frac{1}{2R}$$

$$R_{tot} = 2R \quad (1,0 \text{ б})$$

Министерство Образования и Исследований Республики Молдова
Национальное Агентство по Куррикулуму и Оцениванию
LVII РЕСПУБЛИКАНСКАЯ ОЛИМПИАДА ПО ФИЗИКЕ

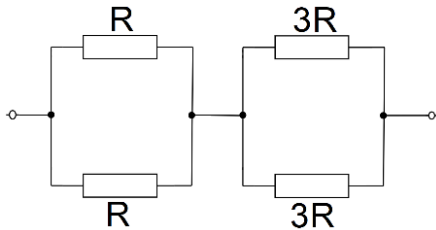
КИШИНЁВ, 17-20 марта 2023

Теоретический тур ORF 2023,

10 класс

Вариант 2

Эквивалентная схема:



(2,0 б)

$$R_{tot} = \frac{R}{2} + \frac{3R}{2} = 0,5R + 1,5R = 2R$$

$$R_{tot} = 2R$$

(1,0 б)

Р3. В.

(2 б)

Согласно схеме 3d через сопротивления R и $3R$ (нижняя ветвь схемы) будет протекать ток I . Так как схема симметрична относительно горизонтальной оси, то и через резисторы R и $3R$ (нижняя ветвь схемы) также будет протекать ток I .

$$P = I_{tot}^2 \cdot R_{tot} \quad (0,5 б)$$

$$I_{tot} = 2 \cdot I \quad (1,0 б)$$

$$P = 8 \cdot I^2 \cdot R \quad (0,5 б)$$