

**ПЕРВЫЙ ЭТАП РЕСПУБЛИКАНСКОЙ ОЛИМПИАДЫ ПО ФИЗИКЕ  
МИНСК. 2023/2024 УЧЕБНЫЙ ГОД  
10 КЛАСС**

1. Предельно допустимая загрузка рыболовецкого судна определяется наибольшим объемом его погружения в воду. Причем этот объем одинаков при плавании судна как в реке, так и в море. Поскольку порожнее судно погружается в речную воду глубже, чем в морскую, то на судно, плавающее в море, можно загрузить больше рыбы, чем на то же судно, плавающее в реке. Определите массу порожнего рыболовецкого судна, если известно, что при плавании его в реке максимальная масса рыбы, загружаемой на него,  $m_p = 5,0$  т, а при плавании в море –  $m_m = 6,3$  т. При этих загрузках глубина погружения судна в речную воду увеличивается на  $\Delta h_p = 50$  см, а в морскую – на  $\Delta h_m = 60$  см. Борты судна считайте вертикальными.

2. Электрическая цепь состоит из трех одинаковых последовательно соединенных резисторов, подключенных к источнику постоянного напряжения (рис. 1). Когда вольтметр подключили к точкам  $A$  и  $D$ , он показал напряжение  $U_1 = 3,0$  В. Когда же вольтметр подключили к точкам  $A$  и  $B$ , он показал напряжение  $U_2 = 3,9$  В. После этого соединили точки  $B$  и  $D$  проводом, сопротивление которого пренебрежимо мало, и измерили напряжение между точками  $A$  и  $C$ . Определите напряжение, которое показал вольтметр в последнем случае?

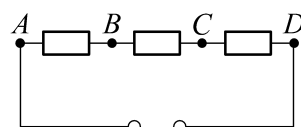


Рис. 1

3. Сосуд разделен перегородкой на две равные части. В одной находится азот, в другой – водород. Для водорода перегородка проницаема, для азота непроницаема. Какие давления установятся спустя длительное время в частях сосуда, если первоначальное давление азота  $p_0 = 100$  Па, его количество  $\nu_1 = 1,4$  моль, а количество водорода  $\nu_2 = 2,1$  моль? Процессы изменения состояния газов проходят при постоянной температуре.

4. По гладкой горизонтальной поверхности движутся два одинаковых бруска, соединенных друг с другом невесомым жестким стержнем длиной  $L = 35$  см. Бруски выезжают на шероховатый участок  $AB$  (рис. 2) поверхности шириной  $L_0 = 45$  см и пересекают его. Коэффициент трения между брусками и этой поверхностью  $\mu = 0,20$ . Длина каждого бруска  $l =$

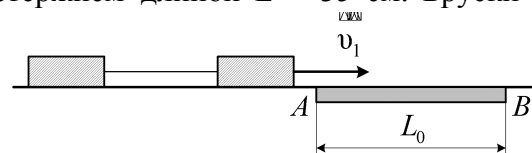


Рис. 2

10 см. Определите модуль скорости брусков после пересечения ими шероховатого участка поверхности, если модуль скорости брусков до попадания на этот

участок  $v_1 = 1,8 \frac{м}{с}$ .

5. По гладкой горизонтальной поверхности стола движется со скоростью  $v_0$  куб массой  $m_0$  с углублением в форме полуцилиндра радиусом  $R = 10$  см (рис. 3). Маленький брусок массой  $m = 60$  г скользит по столу со

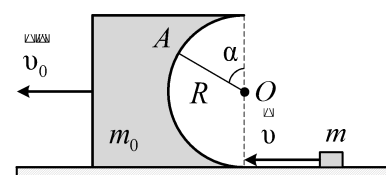


Рис. 3

скоростью  $v$ , догоняет куб, скользит без трения по поверхности полуцилиндрического

углубления, не отрываясь от него, и достигает точки  $A$ , продолжая скользить вверх по углублению. Радиус  $OA$  составляет угол  $\alpha = 60^\circ$  с вертикалью. Масса куба намного больше массы бруска. Определите модуль силы давления бруска на куб в точке  $A$ . Модуль скорости движения куба  $v_0 = 1 \frac{M}{c}$ , бруска  $v = 4 \frac{M}{c}$ .

**РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПЕРВОГО ЭТАПА РЕСПУБЛИКАНСКОЙ ОЛИМПИАДЫ ПО ФИЗИКЕ  
10 КЛАСС**

1. Модуль веса рыбы, загруженной на судно, равен модулю дополнительной силы Архимеда, действующей на судно:  $m_p g = \rho_p g \Delta h_p S$  (1) и  $m_m g = \rho_m g \Delta h_m S$  (2). Отсюда следует:  $\frac{\rho_m}{\rho_p} = \frac{\Delta h_p m_p}{m_p \Delta h_m}$  (3). Запишем уравнения плавания порожнего судна массой  $m$  в море и в реке:  $mg = \rho_m g V$  (4) и  $mg = \rho_p g (V + (\Delta h_m - \Delta h_p) S)$  (5). Здесь  $V$  – объем погружения судна в морскую воду. Отсюда  $m = \frac{(\Delta h_m - \Delta h_p) S \rho_m \rho_p}{\rho_m - \rho_p}$  (6). Из первого уравнения в последнее подставим площадь поперечного сечения судна:  $m = \frac{(\Delta h_m - \Delta h_p) \rho_m m_p}{(\rho_m - \rho_p) \Delta h_p} = \frac{(\Delta h_m - \Delta h_p) m_p}{(1 - \frac{\rho_p}{\rho_m}) \Delta h_p}$  (7). Подставив отношение плотностей, найдем ответ задачи:  $m = \frac{(\Delta h_m - \Delta h_p) m_p m_m}{\Delta h_p m_m - \Delta h_m m_p} = 21 \text{ т}$  (8).

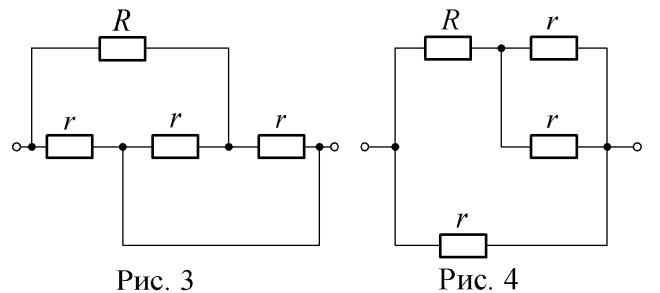
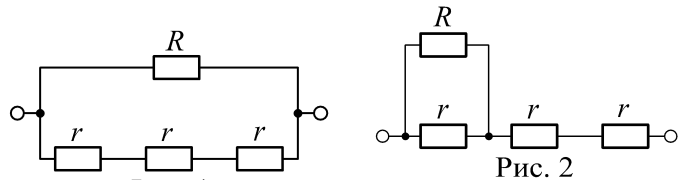
**Примерная схема оценивания задачи 1**

№ п/п	Содержание	Баллы
1	Записана формула (1)	2
2	Записана формула (2)	2
3	Получено соотношение (3)	1
4	Записана формула (4)	2
5	Записана формула (5)	2
6	Получена формула (6)	2
7	Получена формула (7)	2
8	Найден ответ (10)	2
9	Даны комментарии и пояснения решения	2
<b>Всего</b>		<b>17</b>

2. Судя по тому, что напряжения  $U_1$  и  $U_2$  отличаются не в 3 раза, вольтметр является не идеальным. Обозначим сопротивление вольтметра  $R$ , а сопротивление каждого из резисторов  $r$ . Схема, первой электрической цепи показана на рисунке 1. В этой цепи вольтметр показывает как раз то напряжение, которое выдает источник. Значит, напряжение источника равно  $U_1$ . Схема второй электрической цепи показана на рисунке 2. Она эквивалентна последовательному соединению резисторов сопротивлением

$$R_1 = \frac{Rr}{R+r} \quad (1) \quad \text{и} \quad R_2 = 2r \quad (2).$$

$$\frac{U_2}{R_1} = \frac{U_1 - U_2}{R_2} \quad (3).$$



напряжение  $U_2 = \frac{U_1 R_1}{R_1 + R_2}$  (4). После преобразований получим:  $U_2 = U_1 \frac{\frac{Rr}{R+r}}{\frac{Rr}{R+r} + 2r}$  (5) или

$U_2 = \frac{U_1}{1 + \frac{2(R+r)}{R}}$  (6). Отсюда найдем отношение сопротивлений резистора и вольтметра:

$\frac{r}{R} = \frac{U_1 - 3U_2}{2U_2} = \frac{1}{6}$  (7). Сопротивление вольтметра  $R = 6r$  (8). Схема третьей электрической цепи, в которой измеряли напряжение, показана на рисунке 3, а эквивалентная ей схема – на рисунке 4.

В этой цепи вольтметр показывает напряжение (10).  $U_3 = \frac{U_1 R}{R + \frac{r}{2}}$  (9) или  $U_3 = \frac{4U_1 U_2}{U_1 + U_2} = 2,0$

### Примерная схема оценивания задачи 2

№ п/п	Содержание	Баллы
1	Представлены схемы электрических цепей	2
2	Записана формула (1)	1
3	Записана формула (2)	1
4	Записана формула (3)	1
5	Получена формула (6)	2
6	Найдено соотношение (8)	2
7	Получена формула (9)	4
8	Найден ответ (10)	2
9	Даны комментарии и пояснения решения	2
<b>Всего</b>		<b>17</b>

3. Водород распределится в сосуде поровну. Уравнение состояния водорода:  $p_2 V = \nu_2 RT$  (1), где  $V$  – объем половины сосуда. Отсюда давление водорода во всем сосуде  $p = \frac{\nu_2 RT}{2V}$  (2). Уравнение состояния азота:  $p_0 V = \nu_1 RT$  (3). Отсюда  $\frac{RT}{V} = \frac{p_0}{\nu_1}$  (4).

Из записанных уравнений получим:  $p = \frac{\nu_2 p_0}{2 \nu_1}$  (5). Давление смеси газов (азота и

водорода) в первой половине сосуда  $p_1 = p_0 + p$  или  $p_1 = p_0 + \frac{\nu_2 p_0}{2 \nu_1} = 1,2 p_0$  (6). Давление

(водорода) в другой половине сосуда  $p_2 = \frac{\nu_2 p_0}{2 \nu_1} = 0,4 p_0$  (7).

### Примерная схема оценивания задачи 3

№ п/п	Содержание	Баллы
1	Записано уравнение (1)	1
2	Получено уравнение (2)	1
3	Записано уравнение (3)	1

4	Получено уравнение (5)	1
5	Найдено давление $p_1$ (6)	2
6	Найдено давление $p_2$ (7)	2
7	Даны комментарии и пояснения решения задачи	2
<b>Всего</b>		<b>10</b>

4. Суммарная кинетическая энергия брусков до участка  $AB$  и после него

соответственно равна  $E_{k1} = 2 \frac{mv_1^2}{2}$  (1) и  $E_{k2} = 2 \frac{mv_2^2}{2}$  (2). Работа силы трения равна изменению

кинетической энергии:  $A_{тр} = \Delta E_k$  (3). Разобьем движение брусков на пять этапов и на

каждом из них вычислим работу силы трения: 1) въезд первого бруска на  $AB$ , работа

$$A_{тр1} = -\frac{\mu mgl}{2},$$

2) движение первого бруска по  $AB$ , работа  $A_{тр2} = -\mu mgL$ , 3) въезд второго

бруска на  $AB$  и выезд первого бруска из  $AB$ , работа  $A_{тр3} = -\frac{\mu mgl}{2} - \frac{\mu mgl}{2} = -\mu mgl$ , 4)

движение второго бруска по  $AB$  без первого, работа  $A_{тр4} = -\mu mgL$ , 5) выезд второго бруска

из  $AB$ , работа  $A_{тр5} = -\frac{\mu mgl}{2}$ .

Общая работа силы трения при пересечении участка  $AB$

равна:  $A_{тр} = -\mu mgL_0$  (4), где  $L_0 = l + L$  (5). Из записанных уравнений следует:

$$-\mu mgL_0 = 2 \frac{mv_2^2}{2} - 2 \frac{mv_1^2}{2} \quad (6). \quad \text{Отсюда следует:} \quad v_2 = \sqrt{v_1^2 - 2\mu gL_0} = 1,2 \frac{m}{c} \quad (7).$$

#### Примерная схема оценивания задачи 4

№ п/п	Содержание	Баллы
1	Записаны формулы (1) и (2)	2
2	Записана формула (3)	2
3	Записаны формулы работы силы трения на каждом этапе	5
4	Получена формула (4)	1
5	Записана формула (6)	1
6	Найден ответ задачи (7)	2
7	Даны комментарии и пояснения решения	2
<b>Всего</b>		<b>15</b>

5. Из закона сложения скоростей следует, что модуль скорости движения бруска

относительно куба:  $v_{отн} = v - v_0$  (1). Запишем закон сохранения энергии:

$$\frac{m(v - v_0)^2}{2} = \frac{mv_A^2}{2} + mgR(1 + \cos \alpha) \quad (2).$$

Из (2) следует: модуль скорости бруска в точке  $A$ :

$$v_A = \sqrt{(v - v_0)^2 - 3Rg} \quad (3).$$

На брусок в точке  $A$  действуют две силы, сила тяжести и сила упругости (сила реакции опоры). Запишем второй закон Ньютона в проекции на ось,

направленную вдоль радиуса  $AO$ :  $N + mg \cos \alpha = ma$  (4). Центробежное ускорение

$a = \frac{v^2}{R}$  (5). Найдем модуль силы упругости, действующей на брусок:

$N = \frac{m}{R} ((v - v_0)^2 - 3Rg) - mg \cos \alpha$  (6). Из третьего закона Ньютона  $F = N$  (7),

Модуль силы давления бруска на куб:  $F = 0,9$  (8).