

**Министерство образования и науки РФ**  
**Совет ректоров вузов Томской области**  
**Открытая региональная межвузовская олимпиада**  
**2017-2018**

**ФИЗИКА**

**8 класс**

**II этап**

Вариант 1

1. Сначала два одинаковых проводящих стержня квадратного сечения со стороной сечения  $a$  и длиной  $h$  были погружены в стакан с жидким металлом. Удельное сопротивление стержня –  $\rho_1$ , металла –  $\rho_2$ . При погруженных в жидкий металл стержнях, высота жидкости в стакане оказалась равной  $h$ . Затем стержни вынули и соединили торцами. При этом один из стержней своим торцом касается поверхности жидкого металла. Определите сопротивление получившейся системы проводников, если сосуд обладает дном квадратного сечения со стороной  $b$ .

**Решение**

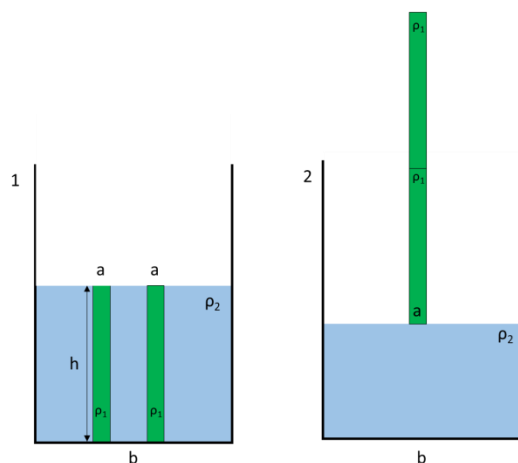


рисунок (2 балла)

Соединение последовательное

(1)	$R = R_1 + R_1 + R_2$	<b>2 балла</b>
-----	-----------------------	----------------

Формулы для сопротивления

(2)	$R_1 = \rho_1 \frac{h}{a^2}, \quad R_2 = \rho_2 \frac{x}{b^2}$	<b>2 балла</b>
-----	--	----------------

где  $x$  – высота жидкого металла без погруженных стержней.

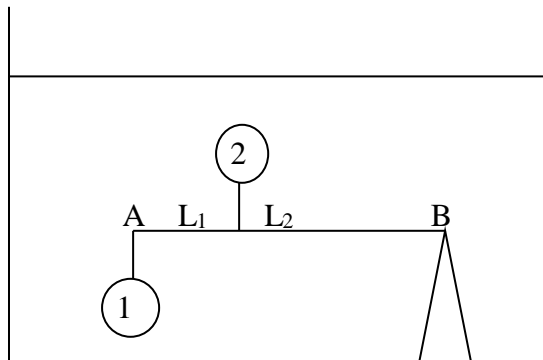
Объем металла не изменился. Следовательно,

(3)	$b^2 x = b^2 h - 2a^2 h,$ $b^2 x = h(b^2 - 2a^2),$ $x = \frac{h}{b^2} (b^2 - 2a^2) = h \left( 1 - 2 \frac{a^2}{b^2} \right).$	<b>10 баллов</b>
-----	---	------------------

Тогда **ответ:**

(4)	$R = 2\rho_1 \frac{h}{a^2} + \rho_2 \frac{h}{b^2} \left( 1 - 2 \frac{a^2}{b^2} \right)$	<b>4 балла</b>
-----	---	----------------

2. Невесомый, горизонтально расположенный, стержень  $AB$  (см. рис.) одним концом шарнирно укреплен на подставке (точка  $B$ ), закрепленной на дне сосуда, заполненного жидкостью. К другому концу (точка  $A$ ) прикреплен шар объемом  $V_1$  с плотностью  $\rho_1$  большей плотности жидкости. На расстоянии  $L_1$  от точки  $A$  и  $L_2$  от точки  $B$  закреплён другой шар объемом  $V_2$  с плотностью  $\rho_2$  меньшей плотности жидкости. Найти плотность жидкости, если  $L_2 = 3L_1$  и система находится в равновесии.



### Решение

Так как система находится в равновесии – моменты сил, действующих на стержень равны:

(1)	$F_A(L_1 + L_2) + F_{A_2}L_2 = m_1g(L_1 + L_2) + m_2gL_2.$	2 балла
-----	--	---------

Выражения для силы Архимеда

(2)	$F_A = \rho Vg,$	2 балла
-----	------------------	---------

где  $\rho$  – плотность жидкости. Связь массы, объёма и плотности:

(3)	$m = \rho V.$	2 балла
-----	---------------	---------

Тогда исходное уравнение принимает вид

(4)	$\rho g V_1 L_1 + \rho g V_1 L_2 + \rho g V_2 L_2 = \rho_1 V_1 g L_1 + \rho_1 V_1 g L_2 + \rho_2 V_2 g L_2,$ $\rho V_1 L_1 + \rho V_1 \cdot 3L_1 + \rho V_2 \cdot 3L_1 = \rho_1 V_1 L_1 + \rho_1 V_1 \cdot 3L_1 + \rho_2 V_2 \cdot 3L_1,$ $\rho(4V_1 + 3V_2) = \rho_1 V_1 + 3\rho_1 V_1 + 3\rho_2 V_2.$	10 баллов
-----	---	-----------

Тогда ответ:

(5)	$\rho = \frac{4\rho_1 V_1 + 3\rho_2 V_2}{4V_1 + 3V_2}.$	4 балла
-----	---	---------

3. В тот момент, когда локомотив, движущийся вдоль перрона, поравнялся с фонарным столбом, физкультурник побежал от этого столба вдоль локомотива, чтобы измерить его длину. Добежав до хвоста локомотива, физкультурник поставил мелом на перроне первую метку, затем побежал обратно и добежав до головы локомотива сделал на перроне вторую метку. Расстояние от первой и второй меток до столба, от которого физкультурник начал движение оказалось равным 42 шагам и 12 шагам соответственно. Определите, во сколько раз физкультурник бежит быстрее, чем едет локомотив.

### Решение:

Пусть  $l$  – длина локомотива,  $u$  – скорость локомотива,  $v$  – скорость физкультурника.

Рассмотрим движение физкультурника относительно локомотива, обозначив за  $t_1$  – время, которое потребовалось физкультурнику для того чтобы добежать до хвоста локомотива, а за  $t_2$  – время, за которое он нагнал голову локомотива

(1)	$v + u = \frac{l}{t_1}, v - u = \frac{l}{t_2}.$	4 балла
-----	---	---------

С другой стороны, рассмотрим то же движение относительно столба:

(2)	$v = \frac{x_1}{t_1}, v = \frac{x_1 + x_2}{t_2}.$	4 балла
-----	---	---------

Разделим (1) на (2):

(3)	$\frac{v+u}{v} = \frac{l}{x_1}, \quad \frac{v-u}{v} = \frac{l}{x_1+x_2},$ $1 + \frac{u}{v} = \frac{l}{x_1}, \quad 1 - \frac{u}{v} = \frac{l}{x_1+x_2}.$	<b>4 балла</b>
-----	---	----------------

Выразим из левого уравнения  $l$  и подставим в правое:

(4)	$l = x_1 \left( 1 + \frac{u}{v} \right), \quad 1 - \frac{u}{v} = \frac{x_1 \left( 1 + \frac{u}{v} \right)}{x_1 + x_2}$	<b>4 балла</b>
-----	--	----------------

Из полученного уравнения выразим отношение скоростей:

(5)	$1 - \frac{u}{v} = \frac{x_1}{x_1 + x_2} + \frac{u}{v} \frac{x_1}{x_1 + x_2} \rightarrow \frac{u}{v} = \frac{x_2}{2x_1 + x_2}$	<b>2 балла</b>
-----	--	----------------

Итого:

(6)	$\frac{u}{v} = \frac{12}{2 \cdot 42 + 12} = 0,125,$ $v = 8 \cdot u$	<b>2 балла</b>
-----	---	----------------

**Ответ:** Физкультурник бежит в 8 раз быстрее чем едет локомотив.

4. Латунный сосуд массой  $m_1 = 0,6$  кг и внутренним объёмом  $V = 1$  л, полностью заполненный льдом, достают из морозильной камеры с температурой внутреннего объёма  $t_1 = -10^\circ\text{C}$  и ставят на разогретый до  $t_2 = 121^\circ\text{C}$  стальной брусок массой  $m_2 = 0,5$  кг. Пренебрегая тепловыми потерями определите, что будет находиться в сосуде после наступления теплового равновесия. Удельную теплоёмкость льда, латуни и стали принять за  $2090 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$ ,  $390 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$  и  $460 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$  соответственно, плотность льда  $900 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , его удельная теплота плавления  $333 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$ . Ответ округлить до сотых.

**Решение:**

Масса льда равна:

(1)	$m_3 = \rho \cdot V = 0,9 \text{ кг}.$	<b>2 балла</b>
-----	--	----------------

В данной системе лишь стальной брусок отдаёт тепло латунному сосуду, льду.

Для нагрева сосуда и льда до  $0^\circ\text{C}$ , потребуется:

(2)	$Q_1 = 0,39 \cdot 10^3 \cdot 0,6 \cdot (0 + 10) = 2340,$ $Q_2 = 2,09 \cdot 10^3 \cdot 0,9 \cdot (0 + 10) = 18810,$ $Q_1 + Q_2 = 21150 \text{ Дж}.$	<b>8 баллов</b>
-----	--	-----------------

При остывании стального бруска до  $0^\circ\text{C}$  будет выделено:

(3)	$Q_3 = 0,46 \cdot 10^3 \cdot 0,6 \cdot (121 - 0),$ $Q_3 = 27830 \text{ Дж}.$	<b>2 балла</b>
-----	--	----------------

Так как  $Q_3 > Q_1 + Q_2$ , то оставшееся тепло пойдёт на плавление льда. Определим массу получившейся воды и оставшегося льда соответственно:

(4)	$\lambda m_{\text{воды}} = Q_3 - (Q_1 + Q_2),$	<b>8 баллов</b>
-----	--	-----------------

	$m_{\text{воды}} = \frac{27830 - 21150}{333000} = 0,02 \text{ кг,}$ $m_{\text{льда}} = m_3 - m_{\text{воды}} = 0,88 \text{ кг.}$	
--	--	--

**Ответ:** 0,02 кг воды и 0,88 кг льда.

5. Составной брусок состоит из двух частей, отличающихся по массе в 2 раза. Плотность более лёгкой части бруска в 1,5 раза больше другой его части. Средняя плотность бруска была измерена как  $\rho = 675 \text{ кг/м}^3$ . Определите плотность обеих частей бруска.

**Решение:**

Записать формулу для нахождения средней плотности:

(1)	$\rho = \frac{M}{V}.$	2 балла
-----	-----------------------	---------

Если обозначить массу лёгкой части  $m_1$ , то масса более тяжёлой части  $m_2 = 2m_1$ .

Общая масса бруска будет равной:

(2)	$M = m_1 + 2m_1.$	2 балла
-----	-------------------	---------

Общий объём бруска складывается из объёмов лёгкой и тяжёлой части, которые могут быть выражены через соответствующие массы и плотности:

(3.1)	$V = V_1 + V_2,$	2 балла
-------	------------------	---------

(3.2)	$V = \frac{m_1}{\rho_1} + \frac{m_2}{\rho_2}.$	2 балла
-------	--	---------

Учитывая, что:  $\rho_1 = 1,25\rho_2$ , наконец запишем:

(4.1)	$V = \frac{m_1}{1,5\rho_2} + \frac{2m_1}{\rho_2},$	2 балла
-------	--	---------

(4.2)	$V = \frac{4m_1}{1,5\rho_2}.$	2 балла
-------	-------------------------------	---------

Зная среднюю плотность найдём  $\rho_2$ :

(5.1)	$\rho = 3m_1 / \frac{4m_1}{1,5\rho_2},$	2 балла
-------	---	---------

(5.2)	$\rho_2 = \frac{8}{9}\rho.$	2 балла
-------	-----------------------------	---------

Тогда **ответ:**

(6.1)	$\rho_2 = 650 \cdot \frac{8}{9} = 600 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3},$	2 балла
-------	--	---------

(6.2)	$\rho_1 = 1,5 \cdot \rho_2 = 900 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$	2 балла
-------	---	---------

**Министерство образования и науки РФ**  
**Совет ректоров вузов Томской области**  
**Открытая региональная межвузовская олимпиада**  
**2017-2018**

**ФИЗИКА**

**8 класс**

**II этап**

Вариант 2

1. Два одинаковых проводящих стержня круглого сечения длиной  $h$  и с диаметром сечения  $d$ , погружены в стакан с жидким металлом. Удельное сопротивление стержней –  $\rho_1$ , металла –  $\rho_2$ . При погружении стержней высота жидкого металла в стакане тоже равна  $h$ . Стержни вынули и соединили торцами. При этом один из стержней своим торцом касается поверхности жидкого металла. Определить сопротивление получившейся системы проводников, если сосуд имеет форму цилиндра с диаметром основания  $D$ .

**Решение:**

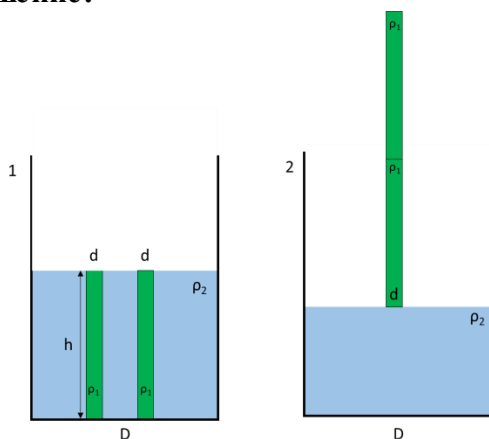


рисунок (2)

**балла)**

Соединение последовательное

(1)	$R = R_1 + R_1 + R_2,$	<b>2 балла</b>
-----	------------------------	----------------

Формулы для сопротивления

(2)	$R_1 = \rho_1 \frac{h}{S_1}, \quad R_2 = \rho_2 \frac{x}{S_2}, \quad S_1 = \frac{\pi d^2}{4}, \quad S_2 = \frac{\pi D^2}{4}$	<b>2 балла</b>
-----	--	----------------

где  $x$  – высота жидкого металла без погруженных стержней.

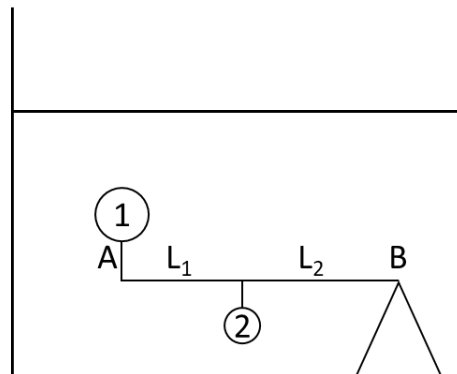
Объем металла не изменился. Следовательно

(3)	$\frac{\pi D^2}{4} x = \frac{\pi D^2}{4} h - 2 \frac{\pi d^2}{4} h,$ $D^2 x = h(D^2 - 2d^2),$ $x = \frac{h}{D^2} (D^2 - 2d^2) = h \left( 1 - 2 \frac{d^2}{D^2} \right).$	<b>10 баллов</b>
-----	--	------------------

Тогда **ответ:**

(4)	$R = 2\rho_1 \frac{4h}{\pi d^2} + \rho_2 \frac{4h}{\pi D^2} \left( 1 - 2 \frac{d^2}{D^2} \right)$	<b>2 балла</b>
-----	---	----------------

2. Невесомый, горизонтально расположенный, стержень  $AB$  (см. рис.) одним концом шарнирно укреплен на подставке (точка  $B$ ), закреплённой на дне сосуда, заполненного жидкостью. К другому концу (точка  $A$ ) прикреплен шар объёмом  $V_1$  с плотностью  $\rho_1$  меньшей плотности жидкости. На расстоянии  $L_1$  от точки  $A$  и  $L_2$  от точки  $B$  закреплён другой шар объёмом  $V_2$  с плотностью  $\rho_2$  большей плотности жидкости. Найти плотность жидкости, если  $L_2 = 2L_1$  и система находится в равновесии.



**Решение:**

Так как система находится в равновесии – моменты сил, действующих на стержень равны:

(1)	$F_{A_1}(L_1 + L_2) + F_{A_2}L_2 = m_1g(L_1 + L_2) + m_2gL_2.$	2 балла
-----	--	---------

Выражения для силы Архимеда

(2)	$F_A = \rho Vg,$	2 балла
-----	------------------	---------

где  $\rho$  – плотность жидкости. Связь массы, объёма и плотности:

(3)	$m = \rho V.$	2 балла
-----	---------------	---------

Тогда исходное уравнение принимает вид

(4)	$\rho g V_1 L_1 + \rho g V_1 L_2 + \rho g V_2 L_2 = \rho_1 V_1 g L_1 + \rho_1 V_1 g L_2 + \rho_2 V_2 g L_2,$ $\rho V_1 L_1 + \rho V_1 \cdot 2L_1 + \rho V_2 \cdot 2L_1 = \rho_1 V_1 L_1 + \rho_1 V_1 \cdot 2L_1 + \rho_2 V_2 \cdot 2L_1,$ $\rho(3V_1 + 2V_2) = \rho_1 V_1 + 2\rho_1 V_1 + 2\rho_2 V_2.$	10 баллов
-----	---	-----------

Тогда **ответ:**

(5)	$\rho = \frac{3\rho_1 V_1 + 2\rho_2 V_2}{3V_1 + 2V_2}.$	4 балла
-----	---	---------

3. В тот момент, когда локомотив, движущийся вдоль перрона, поравнялся хвостом с фонарным столбом, физкультурник побежал от этого столба вдоль локомотива, чтобы измерить его длину. Добежав до головы локомотива, физкультурник оставил мелом на перроне первую метку, затем физкультурник побежал обратно и напротив хвоста локомотива сделал вторую метку. Расстояние от первой и второй меток до столба, от которого физкультурник начал движение оказалось равным 28 шагам и 5 шагам соответственно. Найдите длину локомотива в шагах.

**Решение:**

Пусть  $l$  – длина локомотива,  $u$  – скорость локомотива,  $v$  – скорость физкультурника.

Рассмотрим движение физкультурника относительно локомотива, обозначив за  $t_1$  – время, которое потребовалось физкультурнику для того чтобы добежать до головы локомотива, а за  $t_2$  – время которое потребовалось чтобы добежать до хвоста

(1)	$v - u = \frac{l}{t_1}, v + u = \frac{l}{t_2}.$	4 балла
-----	---	---------

С другой стороны, рассмотрим то же движение относительно столба:

(2)	$v = \frac{x_1}{t_1}, v = \frac{x_1 - x_2}{t_2}.$	4 балла
-----	---	---------

Разделим (1) на (2):

(3)	$\frac{v-u}{v} = \frac{l}{x_1}, \quad \frac{v+u}{v} = \frac{l}{x_1-x_2},$ $\frac{u}{v} = 1 - \frac{l}{x_1}, \quad 1 + \frac{u}{v} = \frac{l}{x_1-x_2}.$	<b>4 балла</b>
-----	---	----------------

Подставив левое уравнение в правое, выразим  $l$ :

(4)	$1 + 1 - \frac{l}{x_1} = \frac{l}{x_1-x_2} \rightarrow 2 = l \left( \frac{1}{x_1} + \frac{1}{x_1-x_2} \right),$ $l = \frac{2x_1(x_1-x_2)}{2x_1-x_2},$	<b>2 балла</b>
-----	---	----------------

Итого:

(5)	$l = \frac{2 \cdot 28 \cdot (28-5)}{2 \cdot 28 - 5} \approx 25,25.$	<b>2 балла</b>
-----	---	----------------

**Ответ:** 25,25 шагов.

4. Алюминиевый стакан массой  $m_1=0,5$  кг и внутренним объёмом  $V = 1,5$  л, на 1/3 заполненный льдом достают из морозильной камеры с температурой внутреннего объёма  $t_1 = -8^\circ\text{C}$  и ставят на разогретый до  $t_2 = 100^\circ\text{C}$  стальной брусок массой  $m_2 = 0,53$  кг. Пренебрегая тепловыми потерями определите, что будет находиться в сосуде после наступления теплового равновесия. Удельную теплоёмкость льда, алюминия и стали принять за  $2100 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}^\circ\text{C}}$ ,  $900 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}^\circ\text{C}}$  и  $460 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}^\circ\text{C}}$  соответственно, плотность льда  $900 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , его удельная теплота плавления  $333 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$ .

**Решение:**

Масса льда равна:

(1)	$m_3 = \rho \cdot V \frac{1}{3} = 0,45 \text{ кг}.$	<b>2 балла</b>
-----	---	----------------

В данной системе лишь стальной брусок отдаёт тепло сосуду, льду.

Для нагрева сосуда и льда до  $0^\circ\text{C}$ , потребуется:

(2)	$Q_1 = 0,9 \cdot 10^3 \cdot 0,5 \cdot (0+8) = 3600 \text{ Дж},$ $Q_2 = 2,1 \cdot 10^3 \cdot 0,45 \cdot (0+8) = 7560 \text{ Дж},$ $Q_1 + Q_2 = 11160 \text{ Дж}.$	<b>8 баллов</b>
-----	--	-----------------

При остывании стального бруска до  $0^\circ\text{C}$  будет выделено:

(3)	$Q_3 = 0,46 \cdot 10^3 \cdot 0,53 \cdot (100-0),$ $Q_3 = 24380 \text{ Дж}.$	<b>2 балла</b>
-----	---	----------------

Так как  $Q_3 > Q_1 + Q_2$ , то оставшееся тепло пойдёт на плавление льда. Определим массу получившейся воды и оставшегося льда соответственно:

(4)	$\lambda m_{\text{воды}} = Q_3 - (Q_1 + Q_2),$ $m_{\text{воды}} = \frac{24380 - 11160}{333000} \approx 0,04 \text{ кг},$ $m_{\text{льда}} = m_3 - m_{\text{воды}} = 0,41 \text{ кг}.$	<b>8 баллов</b>
-----	---	-----------------

5. Средняя плотность составного металлического цилиндра  $\rho = 7800 \text{ кг/м}^3$ . При измерении массы оказалось, что одна из двух частей цилиндра оказалась в 2 раза тяжелее другой. Определите плотность обеих частей цилиндра, если известно, что плотность более лёгкой части в 1,1 раза больше плотности тяжёлой части.

**Решение:**

Запишем формулу для нахождения средней плотности:

(1)	$\rho = \frac{M}{V}.$	2 балла
-----	-----------------------	---------

Если обозначить массу лёгкой части как  $m_1$ , тогда масса более тяжёлой части  $m_2 = 2m_1$ .

Общая масса бруска будет равной:

(2)	$M = m_1 + 2m_1.$	2 балла
-----	-------------------	---------

Общий объём бруска складывается из объёмов лёгкой и тяжёлой части, которые могут быть выражены через соответствующие массы и плотности:

(3.1)	$V = V_1 + V_2,$	2 балла
-------	------------------	---------

(3.2)	$V = \frac{m_1}{\rho_1} + \frac{m_2}{\rho_2}.$	2 балла
-------	--	---------

Учитывая, что:  $\rho_1 = 1,1\rho_2$  наконец запишем:

(4.1)	$V = \frac{m_1}{\rho_1} + \frac{2m_1}{\rho_1} * 1,1,$	2 балла
-------	---	---------

(4.2)	$V = \frac{3,2m_1}{\rho_1}.$	2 балла
-------	------------------------------	---------

Таким образом, зная среднюю плотность найдём  $\rho_1$ :

(5.1)	$\rho = 3m_1 / \frac{3,2m_1}{\rho_1},$	2 балла
-------	--	---------

(5.2)	$\rho_1 = \frac{3,2}{3} \rho.$	2 балла
-------	--------------------------------	---------

Тогда **ответ:**

(6.1)	$\rho_1 = \frac{3,2}{3} * 7800 = 8320 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3},$	2 балла
-------	--	---------

(6.2)	$\rho_2 = \frac{\rho_1}{1,1} \approx 7563,6 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$	2 балла
-------	--	---------