

**7 класс**

**Задача 1. Забывчивый Баг. (Кармазин С.).** Теоретик Баг измерил массу и объем кирпича. Они оказались, соответственно, равны:  $m = 5\,400$  ( ),  $V = 1\,800$  (...). Затем он вычислил плотность кирпича  $\rho = 0,000\,000\,003$  (...). Однако, Баг забыл указать, в каких единицах записаны эти величины. Приведя рассуждения, основанные на вашем жизненном опыте, восстановите единицы, в которых выражена масса, объем и плотность кирпича. Известно, что масса измеряется в граммах, килограммах или тоннах, объем – в  $\text{мм}^3$ ,  $\text{см}^3$ ,  $\text{дм}^3$  или  $\text{м}^3$ .

**Задача 2. Два участка пути. (Слободянин В.).** На первом участке дороги автомобиль ехал со скоростью  $v_1 = 45$  км/ч, на втором – со скоростью  $v_2 = 60$  км/ч. Средняя скорость движения на всём пути оказалась равной  $v_{\text{ср}} = 50$  км/ч. Какой из участков длиннее и во сколько раз?

**Задача 3. На карусели. (Слободянин В.).** Экспериментатор Глюк установил, что он совершает полный круг, проходя по краю неподвижной карусели, за 8 с. Когда карусель подключили к электрической сети, она стала совершать один оборот за 12 с. За какое время Глюк сделает один оборот относительно неподвижного наблюдателя (теоретика Бага), если пойдёт в ту же сторону, что и движется карусель?

Примечание: скорость Глюка относительно карусели в обоих экспериментах одинакова.

**Задача 4. Кубики в сиропе. (Замятнин М.).** Семиклассник Петя поместил кубик плотностью  $\rho_1 = 1,9$  г/см<sup>3</sup> в кастрюлю, заполненную доверху сиропом, после чего аккуратно поместил её на весы и измерил массу. Затем он повторил эксперимент с кубиком вдвое больших линейных размеров и плотностью  $\rho_2 = 1200$  кг/м<sup>3</sup>, предварительно вынув первый кубик из кастрюли. К удивлению экспериментатора, масса кастрюли с содержимым не изменилась. Определите плотность сиропа, если известно, что во время эксперимента кубики погружались в него полностью.

**Задание можно уносить с собой!!!**

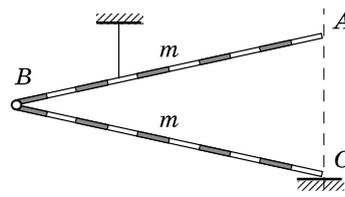
Сегодня, 16 декабря 2018 года, на портале abitu.net составители олимпиады проведут онлайн-разборы задач. Время начала разборов: 7 класс 15:30, 8 класс 16:30, 9 класс 17:30, 10 класс 19:00, 11 класс 20:30.

Для участия в разборе необходимо заранее зарегистрироваться на портале abitu.net

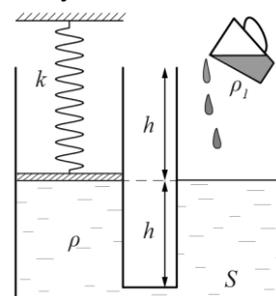
8 класс

**Задача 1. На карусели. (Слободянин В.).** Экспериментатор Глюк установил, что он совершает полный круг, проходя по краю неподвижной карусели, за 8 с. Когда карусель подключили к электрической сети, она стала совершать один оборот за 12 с. За какое время Глюк сделает один оборот относительно неподвижного наблюдателя (теоретика Бага), если пойдёт по направлению вращения карусели?

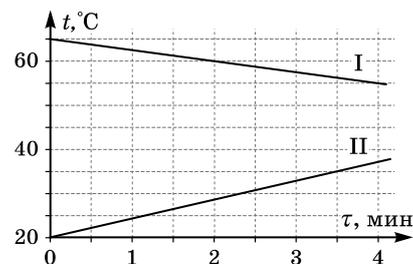
**Задача 2. Подвешенный шарнир. (Замятнин М.).** Одинаковые однородные стержни  $AB$  и  $BC$  соединены шарнирно в точке  $B$ . Стержень  $AB$  удерживается вертикальной нитью. Стержень  $BC$  концом  $C$  опирается на гладкую горизонтальную поверхность (см. рис.). Точки  $A$  и  $C$  лежат на одной вертикали. В каком отношении нить делит стержень  $AB$ ? Место крепление нити к стержню на рисунке показано условно.



**Задача 3. Сообщающиеся сосуды (1). (Кутелев К.).** В сообщающихся сосудах высотой  $2h$  и площадью сечения  $S$  находится жидкость плотностью  $\rho$ . В левом сосуде жидкость закрыта невесомым поршнем, который подвешен на невесомой пружине жесткостью  $k$ . В начальный момент оба сосуда заполнены наполовину. В правый сосуд доливают столько жидкости плоти  $\rho_1$  ( $\rho_1 < \rho$ ), что сосуд оказывается заполнен доверху. Определите смещение поршня. Жидкости не смешиваются.



**Задача 4. Выравнивание температур. (Замятнин М.).** В калориметр поместили два стальных шарика с разными начальными температурами. Полученные в результате теплообмена зависимости температур шариков от времени приведены на рисунке. Определите конечную температуру шариков и отношение их объемов.



**Задание можно уносить с собой!!!**

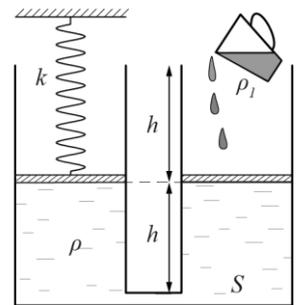
Сегодня, 16 декабря 2018 года, на портале abitu.net составители олимпиады проведут онлайн-разборы задач. Время начала разборов: 7 класс 15:30, 8 класс 16:30, 9 класс 17:30, 10 класс 19:00, 11 класс 20:30.

Для участия в разборе необходимо заранее зарегистрироваться на портале abitu.net.

9 класс.

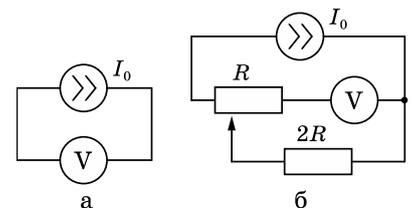
**Задача 1. От дуба до берёзы... (Замятнин М.).** Автомобиль и мотоцикл (одновременно с линии старта) начинают равноускоренное движение из состояния покоя по прямой дороге. Через некоторое время автомобиль проезжает мимо дуба, разогнавшись до скорости  $v_1$ . Мотоцикл, достигнув скорости  $v_2 = 10$  м/с, поравнялся с тем же дубом, когда автомобиль уже находился у берёзы и двигался со скоростью  $v_3 = 40$  м/с. Определите с какой скоростью  $v_4$  мотоцикл проедет мимо берёзы. Чему равна скорость  $v_1$ ?

**Задача 2. Сообщающиеся сосуды (2). (Кутелев К.).** В сообщающихся сосудах высотой  $2h$  и площадью горизонтального сечения  $S$  находится жидкость плотностью  $\rho$ . Справа жидкость закрыта тонкими лёгким поршнями, а слева такой же поршень подвешен на лёгкой пружине жесткости  $k$ . В начальный момент оба сосуда заполнены наполовину. В правый сосуд доливают жидкость плотностью  $\rho_1$  до его заполнения. Определите смещения поршней.



**Задача 3. Теплоотдача. (Кармазин С.).** Замкнутая цепь состоит из последовательно включенных идеального источника тока с напряжением  $U$ , резистора с сопротивлением  $r$  и провода, длина которого  $L_1$ , диаметр  $d$ , изготовленного из материала с удельным сопротивлением  $\rho$ . При протекании тока по проводу он нагревается до температуры  $t_1$ . Какой длины  $L_2$  должен быть провод из того же материала с тем же диаметром, чтобы разность между температурой провода  $t_2$  и температурой  $t_0$  окружающей среды стала в  $n = 4$  раза меньше, чем в первом случае?

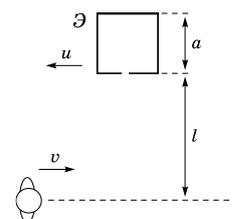
**Задача 4. Источник тока. (Замятнин М.).** Идеальный источник постоянного тока поддерживает силу тока  $I_0$  через любой подключенный к нему резистор, независимо от его сопротивления.



Подключенный к такому источнику вольтметр (рис. а) показывает напряжение  $U_1 = 12$  В. В каком диапазоне будут изменяться показания вольтметра при смещении ползунка реостата в цепи, схема которой приведена на рис. б? Сопротивление вольтметра равно  $R$ .

**Задача 5. В камере... (Замятнин М.).**

Вдоль квадратной камеры-обскуры со стороной  $a$  на расстоянии  $l$  от нее движется человек со скоростью  $v$  (см. рис.). С какой скоростью движется изображение человека на экране камеры (её задней стенке), если сама камера движется во встречном направлении со скоростью  $u$ ?



**Задание можно уносить с собой!!!**

Сегодня, 16 декабря 2018 года, на портале abitu.net составители олимпиады проведут онлайн-разборы задач. Время начала разборов: 7 класс 15:30, 8 класс 16:30, 9 класс 17:30, 10 класс 19:00, 11 класс 20:30.

Для участия в разборе необходимо заранее зарегистрироваться на портале abitu.net.

10 класс

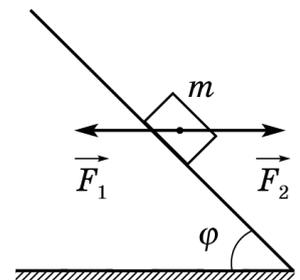
**Задача 1. Правильный нагрев. (Кармазин С.).** Последовательная электрическая цепь состоит из идеального источника с напряжением  $U$ , резистора с сопротивлением  $R_0$  и провода круглого сечения радиуса  $r$  и длиной  $L$ . До какой максимальной температуры  $T_M$  может нагреться провод при правильном выборе материала, из которого он изготовлен? Температура в помещении  $T_0$ . Мощность теплоотдачи пропорциональна разности температур  $\Delta T = T - T_0$ , где  $T$  – температура провода, и площади его боковой поверхности. Коэффициент пропорциональности  $\alpha$  известен. Температурным изменением сопротивления и теплоотдачей с торцов провода можно пренебречь.

**Задача 2. Глюк на автомобиле. (Колдунов Л.).** Экспериментатор Глюк ехал на автомобиле. В момент проезда мимо дома своего друга теоретика Бага Глюк решил измерить зависимость своей **средней** скорости от времени. Получившиеся результаты он свел в таблицу. Скорость изменялась монотонно.

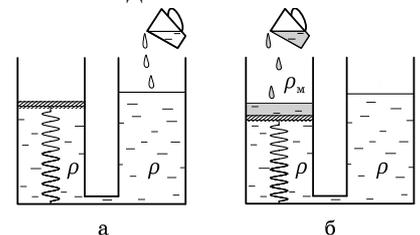
$t$ , мин	2	4	6	8	10
$V$ , км/ч	56	52	49	43	39

Известно, что Глюк достаточно точно измеряет время, а скорость он определяет с погрешностью  $\pm 1$  км/ч. Найдите максимальное удаление экспериментатора от дома Бага. В какой момент времени это произойдет? Чему будет равна в этот момент средняя скорость перемещения? Найдите путь, пройденный экспериментатором к 20 минуте движения.

**Задача 3. Горизонтальные силы. (Колдунов Л.).** На наклонной плоскости, образующей с горизонтом угол  $\varphi = 45^\circ$ , расположено тело массы  $m = 1$  кг (рис.). Коэффициент трения между плоскостью и телом  $k = 0,5$ . В первом случае на тело действуют горизонтальной силой  $F_1 = 5$  Н, направленной влево, во втором случае действуют горизонтальной силой  $F_2 = 5$  Н, направленной вправо. Чему равно отношение  $\alpha$  силы трения в первом и во втором случаях?



**Задача 4. Сообщающиеся сосуды (3). (Кутелев К.).** В двух высоких сообщающихся сосудах одинакового сечения находится небольшое количество жидкости неизвестной плотности  $\rho$ . В левом сосуде жидкость закрыта удерживаемым пружиной поршнем. Если начать наливать жидкость в правый сосуд, то ее уровень в нем будет расти на 10% быстрее, чем в левом (рис. а). Если же в левый сосуд на поршень наливать мед с плотностью  $\rho_m = 1,6$  г/см<sup>3</sup>, то некоторое время верхняя граница меда будет оставаться на одной высоте (рис. б). Определите плотность  $\rho_x$  неизвестной жидкости.



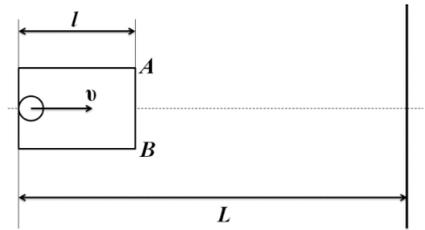
**Задание можно уносить с собой!!!**

Сегодня, 16 декабря 2018 года, на портале abitu.net составители олимпиады проведут онлайн-разборы задач. Время начала разборов: 7 класс 15:30, 8 класс 16:30, 9 класс 17:30, 10 класс 19:00, 11 класс 20:30.

Для участия в разборе необходимо заранее зарегистрироваться на портале abitu.net.

**Задача 5. Шайба в коробке. (Колдунов Л.).** Шайба массы  $m$  находится внутри коробки длины  $l$  и массы  $2m$ . Шайбе сообщают скорость  $v$ . Известно, что когда коробка ударила стороной  $AB$  о стенку, в тот же момент шайба ударилась о стенку  $AB$ . При каких  $L$  это возможно?

*Примечание.* Удары шайбы о стенку коробки считайте абсолютно упругими, трения в системе нет, движение происходит в горизонтальной плоскости.



**Задание можно уносить с собой!!!**

Сегодня, 16 декабря 2018 года, на портале [abitu.net](http://abitu.net) составители олимпиады проведут онлайн-разборы задач. Время начала разборов: 7 класс 15:30, 8 класс 16:30, 9 класс 17:30, 10 класс 19:00, 11 класс 20:30.

Для участия в разборе необходимо заранее зарегистрироваться на портале [abitu.net](http://abitu.net).

11 класс.

**Задача 1. Двойная комета. (Слободянин В.).**

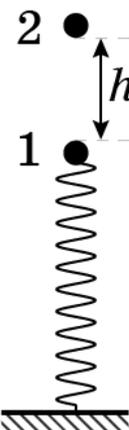
В 2016 году с помощью космического телескопа Hubble астрономы обнаружили в поясе астероидов между орбитами Марса и Юпитера необычный объект 288P: два астероида примерно одинаковой массы на орбите друг у друга, и при этом обладающие свойствами комет (яркое ядро и длинный хвост).



Расстояние между центрами астероидов  $L = 100$  км, период их обращения друг относительно друга  $T = 3$  суток, средняя плотность вещества из которого состоят астероиды  $\rho = 0,6 \text{ г}\cdot\text{см}^{-3}$ . Определите диаметр  $D$  каждого из астероидов, считая, что астероиды – это два шара одинаковой массы.

Примечание. Гравитационная постоянная  $G \approx 6,7 \cdot 10^{-11} \text{ Н}\cdot\text{м}^2 \text{ кг}^{-2}$ .

**Задача 2. Два шарика и пружина. (Иголеви́ч И.).** На легкой пружине закреплен небольшой по размерам шарик, как показано на рисунке. Другой конец пружины прикреплен к горизонтальному столу.

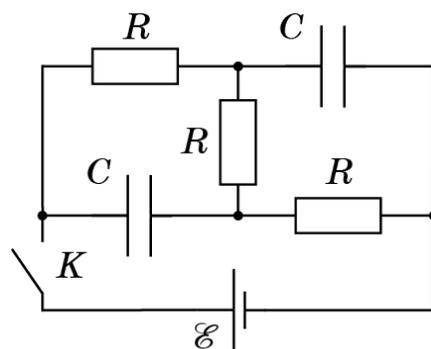


С высоты  $h$  без начальной скорости отпускают второй точно такой же шарик.

Известно, что после первого центрального упругого удара, следующее столкновение шаров происходит, когда первый шар оказывается в нижней точке своей траектории.

Чему равно время между первым и вторым столкновениями шаров?

**Задача 3. RC-мост. (Иголеви́ч И.).** Из трех одинаковых резисторов сопротивлением  $R$  и двух одинаковых конденсаторов электрической ёмкостью  $C$  собрана электрическая цепь (мостовая схема) и через ключ подключена к идеальной батарейке. Первоначально конденсаторы не заряжены.



- 1) Определите силу тока и его направление в каждом из резисторов сразу после замыкания ключа. Сделайте поясняющий рисунок № 1.
- 2) Определите силу тока и его направление в каждом из резисторов по истечении продолжительного времени, прошедшего после замыкания ключа. Сделайте поясняющий рисунок № 2.
- 3) Какие заряды (укажите величину и полярность) установятся на конденсаторах спустя длительное время после замыкания ключа? Знаки зарядов пластин конденсатора укажите на рис. № 2.

**Задание можно уносить с собой!!!**

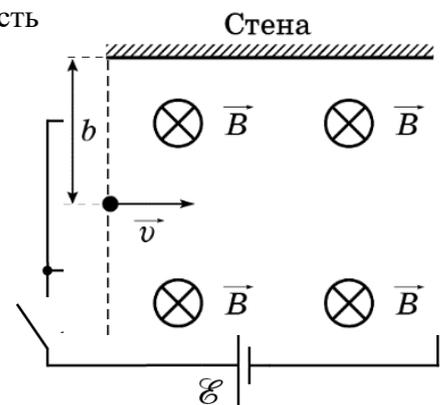
Сегодня, 16 декабря 2018 года, на портале abitu.net составители олимпиады проведут онлайн-разборы задач. Время начала разборов: 7 класс 15:30, 8 класс 16:30, 9 класс 17:30, 10 класс 19:00, 11 класс 20:30.

Для участия в разборе необходимо заранее зарегистрироваться на портале abitu.net.

**Задача 4. Трубка Торричелли. (Кармазин С.).** Летом в горной местности с резко континентальным климатом экспериментатор Глюк решил повторить опыт Торричелли и соорудил водяной барометр. Первоначально он удивился, обнаружив существенные изменения в показаниях барометра в течение дня, несмотря на то, что находящийся рядом барометр портативной метеостанции постоянно показывал давление  $p_0 = 700$  мм.рт.ст. Но потом он понял, что причина этих изменений связана с тем, что трубка Торричелли расположена на солнечной стороне горного склона и показания расположенного рядом с ней термометра изменяются в течение суток от  $0^\circ\text{C}$  до  $40^\circ\text{C}$ . Зависимость высоты столба воды в трубке  $h$  от температуры  $t^\circ\text{C}$ , полученная в эксперименте, приведена в таблице. Используя эти данные, определите плотность насыщенных водяных паров  $\rho_{\text{нп}}$  для 9 различных температур, заполните пустой столбец таблицы и постройте график зависимости  $\rho_{\text{нп}}$  ( $t^\circ\text{C}$ ). Плотность ртути  $\rho_{\text{рт}} = 13\,600$  кг/м<sup>3</sup>.

№	$t, ^\circ\text{C}$	$h, (\text{м})$	$\rho_{\text{нп}}$
1	0	9,46	
2	5	9,43	
3	10	9,40	
4	15	9,35	
5	20	9,29	
6	25	9,20	
7	30	9,10	
8	35	8,96	
9	40	8,78	

**Задача 5. В поле.** В область однородного магнитного поля (правее пунктирной линии) с индукцией  $B$  влетает со скоростью  $v$  положительно заряженный шарик с удельным зарядом  $\gamma = \frac{q}{m}$ . На расстоянии  $b$  от места входа шарика в область магнитного поля расположена непроводящая стенка. Направление скорости шарика параллельно стенке и перпендикулярно линиям магнитной индукции (рис.). Найдите, при каких значениях  $b$  шарик не вылетит обратно в область, где нет магнитного поля. Удар шарика о стенку считать абсолютно упругим. Силами сопротивления и силой тяжести пренебречь.



**Задание можно уносить с собой!!!**

Сегодня, 16 декабря 2018 года, на портале abitu.net составители олимпиады проведут онлайн-разборы задач. Время начала разборов: 7 класс 15:30, 8 класс 16:30, 9 класс 17:30, 10 класс 19:00, 11 класс 20:30.

Для участия в разборе необходимо заранее зарегистрироваться на портале abitu.net.

**7 класс**

**Задача 1. Забывчивый Баг. (Кармазин С.).** Теоретик Баг измерил массу и объем кирпича. Они оказались, соответственно, равны:  $m = 5\,400$  ( ),  $V = 1\,800$  (...). Затем он вычислил плотность кирпича  $\rho = 0,000\,000\,003$  (...). Однако, Баг забыл указать, в каких единицах записаны эти величины. Приведя рассуждения, основанные на вашем жизненном опыте, восстановите единицы, в которых выражена масса, объем и плотность кирпича. Известно, что масса измеряется в граммах, килограммах или тоннах, объем – в  $\text{мм}^3$ ,  $\text{см}^3$ ,  $\text{дм}^3$  или  $\text{м}^3$ .

**Возможное решение.** Масса кирпича не превышает нескольких килограмм, поэтому:  
 $m = 5,4 \text{ кг} = 5\,400 \text{ г}$ .

Объем кирпича не превышает нескольких  $\text{дм}^3$ , поэтому:  $V = 1,8 \text{ дм}^3 = 1\,800 \text{ см}^3$ .

Плотность кирпича, по определению, равна

$$\rho = m/V = 5,4 \text{ кг}/1\,800 \text{ см}^3 = 0,003 \text{ кг}/\text{см}^3 = 0,000\,003 \text{ кг}/\text{мм}^3 = 0,000\,000\,003 \text{ т}/\text{мм}^3.$$

**Критерии оценивания**

Показано, что масса кирпича выражена в граммах	3 балла
Показано, что объем кирпича выражен в $\text{см}^3$	3 балла
Записано выражение для плотности кирпича	1 балл
Показано, что плотность кирпича выражена в $\text{т}/\text{мм}^3$	3 балла

**Задание можно уносить с собой!!!**

Сегодня, 16 декабря 2018 года, на портале abitu.net составители олимпиады проведут онлайн-разборы задач. Время начала разборов: 7 класс 15:30, 8 класс 16:30, 9 класс 17:30, 10 класс 19:00, 11 класс 20:30.

Для участия в разборе необходимо заранее зарегистрироваться на портале abitu.net

**Задача 2. Два участка пути. (Слободянин В.).** На первом участке дороги автомобиль ехал со скоростью  $v_1 = 45$  км/ч, на втором – со скоростью  $v_2 = 60$  км/ч. Средняя скорость движения на всём пути оказалась равной  $v_{\text{ср}} = 50$  км/ч. Какой из участков длиннее и во сколько раз?

**Возможное решение.** Пусть время движения на первом участке равно  $t_1$ , а на втором участке  $t_2$ . Длина всего пути  $L = v_1 t_1 + v_2 t_2 = v_{\text{ср}} (t_1 + t_2)$ . (1)

Из этого уравнения можно получить отношение:

$$\frac{t_1}{t_2} = \frac{v_2 - v_{\text{ср}}}{v_{\text{ср}} - v_1}. \quad (2)$$

Отсюда следует:  $\frac{l_1}{l_2} = \frac{t_1 v_1}{t_2 v_2} = \frac{v_2 - v_{\text{ср}}}{v_{\text{ср}} - v_1} \frac{v_1}{v_2} = 1,5$ .

### Критерии оценивания

Записано уравнение (1) или его аналог	2 балла
Найдено отношение времён $t_1/t_2$	3 балла
Получено выражение для отношения длин участков пути	2 балла
Найдено отношение длин участков пути	2 балла
Явно указано, какой из участков длиннее	1 балл

**Задание можно уносить с собой!!!**

Сегодня, 16 декабря 2018 года, на портале abitu.net составители олимпиады проведут онлайн-разборы задач. Время начала разборов: 7 класс 15:30, 8 класс 16:30, 9 класс 17:30, 10 класс 19:00, 11 класс 20:30.

Для участия в разборе необходимо заранее зарегистрироваться на портале abitu.net

**Задача 3. На карусели. (Слободянин В.).** Экспериментатор Глюк установил, что он совершает полный круг, проходя по краю неподвижной карусели, за 8 с. Когда карусель подключили к электрической сети, она стала совершать один оборот за 12 с. За какое время Глюк сделает один оборот относительно неподвижного наблюдателя (теоретика Бага), если пойдёт в ту же сторону, что и движется карусель?

Примечание: скорость Глюка относительно карусели в обоих экспериментах одинакова.

**Возможное решение.** Пусть длина окружности карусели равна  $L$ .

Скорость Глюка, идущего по неподвижной карусели равна  $v_1 = L/t_1$ .

Скорость фиксированной точки на краю вращающейся карусели  $v_2 = L/t_2$ .

Скорость Глюка, идущего по вращающейся карусели, равна  $v_3 = v_1 + v_2 = L/t_3$ .

Решая эти уравнения, получим:  $t_3 = \frac{L}{v_1 + v_2} = \frac{L}{L/t_1 + L/t_2} = \frac{t_1 t_2}{t_2 + t_1} = \frac{8 \cdot 12}{12 + 8} \text{ с} = 4,8 \text{ с}$ .

#### Критерии оценивания

Показана связь между $v_1$ и $t_1$	2 балла
Показана связь между $v_2$ и $t_2$	2 балла
Показана связь между $v_3$ и $t_3$	2 балла
Установлена связь между $t_1$ , $t_2$ и $t_3$	2 балла
Записан численный ответ	2 балла

**Задание можно уносить с собой!!!**

Сегодня, 16 декабря 2018 года, на портале abitu.net составители олимпиады проведут онлайн-разборы задач. Время начала разборов: 7 класс 15:30, 8 класс 16:30, 9 класс 17:30, 10 класс 19:00, 11 класс 20:30.

Для участия в разборе необходимо заранее зарегистрироваться на портале abitu.net

**Задача 4. Кубики в сиропе. (Заятнин М.).** Семиклассник Петя поместил кубик плотностью  $\rho_1 = 1,9 \text{ г/см}^3$  в кастрюлю, заполненную доверху сиропом, после чего аккуратно поместил её на весы и измерил массу. Затем он повторил эксперимент с кубиком вдвое больших линейных размеров и плотностью  $\rho_2 = 1200 \text{ кг/м}^3$ , предварительно вынув первый кубик из кастрюли. К удивлению экспериментатора, масса кастрюли с содержимым не изменилась. Определите плотность сиропа, если известно, что во время эксперимента кубики погружались в него полностью.

**Возможное решение.** Пусть  $V_0$  – начальный объем сиропа в кастрюле, а  $V$  – объем первого кубика. Приравнявая массы содержимого в первом и втором эксперименте, получим:  
 $\rho(V_0 - V) + \rho_1 V = \rho(V_0 - 8V) + \rho_2 8V$ , откуда искомая плотность  $\rho = (8\rho_2 - \rho_1)/7 = 1,1 \text{ г/см}^3$ .

**Критерии оценивания**

- |  |         |
|--|---------|
| 1. Получено выражение для массы в первом эксперименте        | 2 балла |
| 2. Получено выражение для массы во втором эксперименте       | 2 балла |
| 3. Записано выражение для плотности сиропа                   | 4 балла |
| 4. Численное значение плотности с указанием единиц измерения | 2 балла |

**Задание можно уносить с собой!!!**

Сегодня, 16 декабря 2018 года, на портале abitu.net составители олимпиады проведут онлайн-разборы задач. Время начала разборов: 7 класс 15:30, 8 класс 16:30, 9 класс 17:30, 10 класс 19:00, 11 класс 20:30.

Для участия в разборе необходимо заранее зарегистрироваться на портале abitu.net

**8 класс**

**Задача 1. На карусели. (Слободянин В.).** Экспериментатор Глюк установил, что он совершает полный круг, проходя по краю неподвижной карусели, за 8 с. Когда карусель подключили к электрической сети, она стала совершать один оборот за 12 с. За какое время Глюк сделает один оборот относительно неподвижного наблюдателя (теоретика Бага), если пойдёт по направлению вращения карусели?

**Возможное решение**

Пусть длина окружности карусели равна  $L$ .

Скорость Глюка, идущего по неподвижной карусели равна  $v_1 = L/t_1$ .

Скорость фиксированной точки на краю вращающейся карусели  $v_2 = L/t_2$ .

Скорость Глюка, идущего по вращающейся карусели, равна  $v_3 = v_1 - v_2 = L/t_3$ .

Решая эти уравнения, получим:  $t_3 = \frac{L}{v_1 - v_2} = \frac{L}{L/t_1 - L/t_2} = \frac{t_1 t_2}{t_2 - t_1} = \frac{8 \cdot 12}{12 - 8} \text{ с} = 24 \text{ с}.$

**Критерии оценивания**

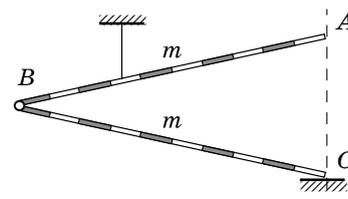
Показана связь между $v_1$ и $t_1$	2 балла
Показана связь между $v_2$ и $t_2$	2 балла
Показана связь между $v_3$ и $t_3$	2 балла
Установлена связь между $t_1$ , $t_2$ и $t_3$	2 балла
Записан численный ответ	2 балла

**Задание можно уносить с собой!!!**

Сегодня, 16 декабря 2018 года, на портале abitu.net составители олимпиады проведут онлайн-разборы задач. Время начала разборов: 7 класс 15:30, 8 класс 16:30, 9 класс 17:30, 10 класс 19:00, 11 класс 20:30.

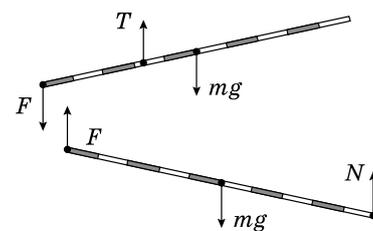
Для участия в разборе необходимо заранее зарегистрироваться на портале abitu.net.

**Задача 2. Подвешенный шарнир. (Замятнин М.).** Одинаковые однородные стержни  $AB$  и  $BC$  соединены шарнирно в точке  $B$ . Стержень  $AB$  удерживается вертикальной нитью. Стержень  $BC$  концом  $C$  опирается на гладкую горизонтальную поверхность (см. рис.). Точки  $A$  и  $C$  лежат на одной вертикали. В каком отношении нить делит стержень  $AB$ ? Место крепление нити к стержню на рисунке показано условно.



### Возможное решение

При расстановке сил, действующих на верхний рычаг, учтем, что две силы ( $mg$  и  $T$ ) точно вертикальны. Тогда вертикальна и третья сила ( $F$ ), действующая со стороны шарнира. Следовательно, все силы, действующие на нижний рычаг, также вертикальны (сила трения отсутствует). Записав правило моментов для рычага  $BC$  относительно точки  $C$ :  $Fl = mgl/2$ , получим:  $F = mg/2$ . Пусть расстояние от точки  $B$  до точки подвеса верхнего стержня равно  $x$ . Тогда по правилу моментов (относительно точки подвеса верхнего стержня)



получим:  $Fx = mg \left( \frac{l}{2} - x \right)$ , или  $\frac{mg}{2} x = mg \left( \frac{l}{2} - x \right)$ .

Решая это уравнение относительно  $x$  получим:  $x = \frac{l}{3}$ .

### Критерии оценивания

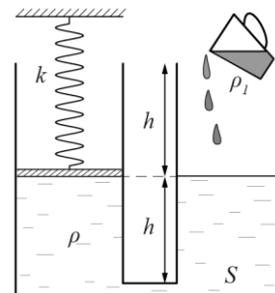
- |   |         |
|---|---------|
| 1. Введена сила $F$ , действующая в шарнире       | 1 балл  |
| 2. Явно обоснована вертикальность сил $F$         | 2 балла |
| 3. Записано правило моментов для нижнего стержня  | 2 балла |
| 4. Найдена сила $F$                               | 2 балла |
| 5. Записано правило моментов для верхнего стержня | 2 балла |
| 6. Найдено расстояние $x$                         | 1 балл  |

**Задание можно уносить с собой!!!**

Сегодня, 16 декабря 2018 года, на портале abitu.net составители олимпиады проведут онлайн-разборы задач. Время начала разборов: 7 класс 15:30, 8 класс 16:30, 9 класс 17:30, 10 класс 19:00, 11 класс 20:30.

Для участия в разборе необходимо заранее зарегистрироваться на портале abitu.net.

**Задача 3. Сообщающиеся сосуды (1). (Кутелев К.).** В сообщающихся сосудах высотой  $2h$  и площадью сечения  $S$  находится жидкость плотностью  $\rho$ . В левом сосуде жидкость закрыта невесомым поршнем, который подвешен на невесомой пружине жесткостью  $k$ . В начальный момент оба сосуда заполнены наполовину. В правый сосуд доливают столько жидкости плоти  $\rho_1$  ( $\rho_1 < \rho$ ), что сосуд оказывается заполнен доверху. Определите смещение поршня. Жидкости не смешиваются.



**Возможное решение.** Заметим, что равенство уровней жидкости означает, что на поршень не действует сила со стороны жидкости, а значит и со стороны пружины. Это говорит о том, что вначале пружина не растянута. Атмосферное давление в открытых сосудах не влияет на результат.

Рассмотрим равенство давлений в жидкости на уровне раздела:

$$\frac{kx}{S} + 2\rho gx = \rho_1 g(h + x)$$

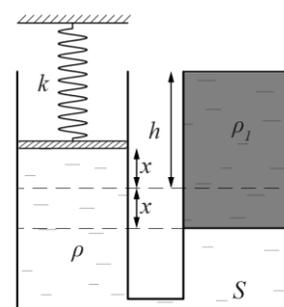
где  $x$  – смещение поршня.

$$x = \frac{\rho_1 gh}{2\rho g - \rho_1 g + \frac{k}{S}}$$

Отметим, что знаменатель данного выражения имеет особенность: он может обращаться в ноль при достаточно большой  $\rho_1$ , однако в рамках условий задачи ( $\rho_1 < \rho$ ) это не осуществимо.

#### Критерии оценивания

- |   |         |
|---|---------|
| 1) Отсутствие начальной деформации пружины                      | 1 балл  |
| 2) Связь смещения поршня с перепадом уровней жидкости           | 2 балла |
| 3) Выражение для равенства давлений в жидкости на нужном уровне | 3 балла |
| 4) Выражение для $x$  | 2 балла |
| 5) Вывод о корректности конечного выражения в условиях задачи   | 2 балла |



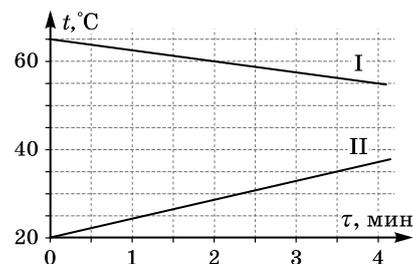
**Задание можно уносить с собой!!!**

Сегодня, 16 декабря 2018 года, на портале abitu.net составители олимпиады проведут онлайн-разборы задач. Время начала разборов: 7 класс 15:30, 8 класс 16:30, 9 класс 17:30, 10 класс 19:00, 11 класс 20:30.

Для участия в разборе необходимо заранее зарегистрироваться на портале abitu.net.

**Задача 4. Выравнивание температур. (Заятнин М.).**

В калориметр поместили два стальных шарика с разными начальными температурами. Полученные в результате теплообмена зависимости температур шариков от времени приведены на рисунке. Определите конечную температуру шариков и отношение их объемов.



**Возможное решение.**

Скорость остывания горячего шарика находим, как угловой коэффициент графика № I.

$$k_1 = \frac{10 \text{ }^\circ\text{C}}{4 \text{ мин}} = 2,5 \left( \frac{^\circ\text{C}}{\text{мин}} \right).$$

Скорость нагрева холодного шарика находим, как угловой коэффициент графика № II.

$$k_2 = \frac{15 \text{ }^\circ\text{C}}{3,5 \text{ мин}} \approx 4,3 \left( \frac{^\circ\text{C}}{\text{мин}} \right).$$

$$\text{Время установления теплового равновесия } \tau = \frac{\Delta t \text{ }^\circ\text{C}}{k_1 + k_2} \approx \frac{65 \text{ }^\circ\text{C} - 20 \text{ }^\circ\text{C}}{2,5 \left( \frac{^\circ\text{C}}{\text{мин}} \right) + 4,3 \left( \frac{^\circ\text{C}}{\text{мин}} \right)} \approx 6,6 \text{ мин}.$$

$$\text{Конечная температура шариков: } t_{\text{к}} = 65 \text{ }^\circ\text{C} - k_1 \tau = 20 \text{ }^\circ\text{C} + k_2 \tau \approx 48,5 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Отношение объемов шариков найдём из уравнения теплового баланса:

$$(\rho V_1) \Delta t_1 \text{ }^\circ\text{C} + (\rho V_2) \Delta t_2 \text{ }^\circ\text{C} = 0.$$

$$\text{Из него следует: } \frac{V_1}{V_2} = \left| \frac{\Delta t_2 \text{ }^\circ\text{C}}{\Delta t_1 \text{ }^\circ\text{C}} \right| = \frac{28,5 \text{ }^\circ\text{C}}{16,5 \text{ }^\circ\text{C}} \approx 1,7.$$

**Критерии оценивания.**

- |  |         |
|--|---------|
| 1) Найдена скорость остывания горячего шарика      | 2 балла |
| 2) Найдена скорость нагрева холодного шарика       | 2 балла |
| 3) Найдено время установления теплового равновесия | 2 балла |
| 4) Найдена конечная температура                    | 2 балла |
| 5) Найдено отношение объемов шариков               | 2 балла |

Примечание: время установления теплового равновесия может быть найдено графически.

За это ставится 6 баллов.

**Задание можно уносить с собой!!!**

Сегодня, 16 декабря 2018 года, на портале abitu.net составители олимпиады проведут онлайн-разборы задач. Время начала разборов: 7 класс 15:30, 8 класс 16:30, 9 класс 17:30, 10 класс 19:00, 11 класс 20:30.

Для участия в разборе необходимо заранее зарегистрироваться на портале abitu.net.

9 класс.

**Задача 1. От дуба до берёзы... (Замятнин М.).** Автомобиль и мотоцикл (одновременно с линии старта) начинают равноускоренное движение из состояния покоя по прямой дороге. Через некоторое время автомобиль проезжает мимо дуба, разогнавшись до скорости  $v_1$ . Мотоцикл, достигнув скорости  $v_2 = 10$  м/с, поравнялся с тем же дубом, когда автомобиль уже находился у берёзы и двигался со скоростью  $v_3 = 40$  м/с. Определите с какой скоростью  $v_4$  мотоцикл проедет мимо берёзы. Чему равна скорость  $v_1$ ?

**Возможное решение.**

Пусть автомобиль доехал до берёзы, а мотоцикл до дуба за время  $\tau$ . Ускорение автомобиля

$$a_A = \frac{v_3}{\tau}, \text{ а ускорение мотоцикла, } a_M = \frac{v_2}{\tau}.$$

$$\text{Расстояние от места старта до дуба } L_D = \frac{a_M \tau^2}{2} = \frac{a_A t_1^2}{2}. \quad (1)$$

Здесь  $t_1$  - время проезда автомобиля до дуба.

$$\text{Из этого соотношения находим } t_1 = \tau \sqrt{\frac{a_M}{a_A}} = \tau \sqrt{\frac{v_2}{v_3}}. \quad (2)$$

$$\text{Скорость } v_1 = a_A t_1 = \frac{v_3}{\tau} \tau \sqrt{\frac{v_2}{v_3}} = \sqrt{v_2 v_3} = 20 \text{ м/с}.$$

$$\frac{v_4}{v_2} = \frac{v_3}{v_1} \text{ откуда следует } v_4 = \frac{v_3 v_2}{v_1} = \frac{v_3 v_2}{\sqrt{v_3 v_2}} = \sqrt{v_3 v_2} = 20 \text{ м/с}.$$

**Критерии оценивания**

- |   |         |
|---|---------|
| 1) Записано выражение для ускорения автомобиля и мотоцикла (по 1 баллу) | 2 балла |
| 2) Установлена связь между ускорениями автомобиля и мотоцикла           | 2 балла |
| 3) Установлена связь между временем $t_1$ и $\tau$                      | 2 балла |
| 4) Найдена скорость $v_1$   | 2 балла |
| 5) Найдена скорость $v_4$   | 2 балла |

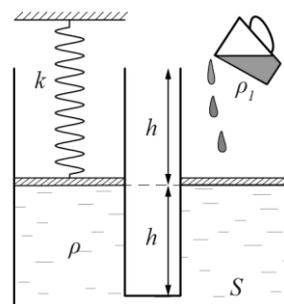
**Задание можно уносить с собой!!!**

Сегодня, 16 декабря 2018 года, на портале abitu.net составители олимпиады проведут онлайн-разборы задач. Время начала разборов: 7 класс 15:30, 8 класс 16:30, 9 класс 17:30, 10 класс 19:00, 11 класс 20:30.

Для участия в разборе необходимо заранее зарегистрироваться на портале abitu.net.

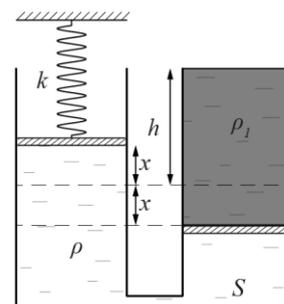
**Задача 2. Сообщающиеся сосуды (2). (Кутелев К.).**

В сообщающихся сосудах высотой  $2h$  и площадью горизонтального сечения  $S$  находится жидкость плотностью  $\rho$ . Справа жидкость закрыта тонкими лёгким поршнями, а слева такой же поршень подвешен на лёгкой пружине жесткости  $k$ . В начальный момент оба сосуда заполнены наполовину. В правый сосуд доливают жидкость плотностью  $\rho_1$  до его заполнения. Определите смещения поршней.



**Возможное решение.** Заметим, что равенство уровней жидкости означает, что на поршни не действуют силы со стороны жидкости, а значит и со стороны пружины. Это говорит о том, что вначале пружина не растянута. Атмосферное давление в открытых сосудах не влияет на результат.

Пусть при доливании жидкости поршни сместятся на  $x$  вверх и вниз соответственно. Рассмотрим равенство давлений в жидкости на уровне раздела(под правым поршнем):



$$\frac{kx}{S} + 2\rho gx = \rho_1 g(h + x)$$

$$x = \frac{\rho_1 gh}{2\rho g - \rho_1 g + \frac{k}{S}} \quad (1)$$

Отметим, что знаменатель данного выражения имеет особенность: он может обращаться в ноль при достаточно большой  $\rho_1 \geq 2\rho + \frac{k}{gS}$ . Однако уже при вдвое меньшей плотности  $\rho_{1\text{крит}} = \rho + \frac{k}{2gS}$  смещение  $x$  будет больше  $h$ , и тяжелая жидкость будет перетекать в левый сосуд полностью вытесняя легкую жидкость. Таким образом, при  $\rho_1 < \rho_{1\text{крит}}$  ответом служит выражение (1). При  $\rho_1 \geq \rho_{1\text{крит}}$ ,  $x = h$ .

**Критерии оценивания**

- |   |         |
|---|---------|
| 1) Отсутствие начальной деформации пружины                      | 1 балл  |
| 2) Связь смещения поршней с перепадом уровней жидкости          | 1 балл  |
| 3) Выражение для равенства давлений в жидкости на нужном уровне | 2 балла |
| 4) Выражение для $x$  | 2 балла |
| 5) Анализ случая полного вытеснения и окончательный ответ       | 4 балла |

**Задание можно уносить с собой!!!**

Сегодня, 16 декабря 2018 года, на портале abitu.net составители олимпиады проведут онлайн-разборы задач. Время начала разборов: 7 класс 15:30, 8 класс 16:30, 9 класс 17:30, 10 класс 19:00, 11 класс 20:30.

Для участия в разборе необходимо заранее зарегистрироваться на портале abitu.net.

**Задача 3. Теплоотдача. (Кармазин С.).** Замкнутая цепь состоит из последовательно включенных идеального источника тока с напряжением  $U$ , резистора с сопротивлением  $r$  и провода, длина которого  $L_1$ , диаметр  $d$ , изготовленного из материала с удельным сопротивлением  $\rho$ . При протекании тока по проводу он нагревается до температуры  $t_1$ . Какой длины  $L_2$  должен быть провод из того же материала с тем же диаметром, чтобы разность между температурой провода  $t_2$  и температурой  $t_0$  окружающей среды стала в  $n = 4$  раза меньше, чем в первом случае?

**Примечание.** Закон Ньютона-Рихмана: поток тепла через единицу поверхности (выражается в Вт/м<sup>2</sup>) на границе двух сред пропорционален разности их температур:  $q = \alpha \Delta t$ , где  $\alpha$  – коэффициент пропорциональности.

**Возможное решение.** Согласно условию, количество тепла, выделяющееся в проводе при протекании по нему электрического тока, равно количеству тепла, рассеиваемому проводом в окружающее пространство. В первом случае, при длине провода  $L_0$

$$(U^2 R_0)/(r+R_0)^2 = \alpha(T_1-T_0)\pi d L_0 \quad (1)$$

$$\text{где } R_0 = (\rho L_0/S) \text{ – сопротивление провода} \quad (3)$$

$$S = (\pi d^2)/4 \text{ – площадь сечения провода} \quad (4)$$

$\alpha$  – коэффициент пропорциональности.

Во втором случае, когда длина провода равна  $L_1$ , а сопротивление

$$R_1 = (\rho L_1/S) \text{ соответственно} \quad (5)$$

уравнение теплового баланса принимает вид

$$(U^2 R_1)/(r+R_1)^2 = \alpha(T_2-T_0)\pi d L_1 \quad (2)$$

Так как по условию  $(T_2-T_0) = (T_1-T_0)/4$  из (1) и (2) с учетом (3)-(5) окончательно получаем

$$L_1 = 2L_0 + (\pi r d^2)/(4\rho)$$

### Критерии оценивания

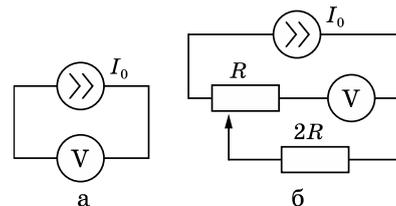
1. Используется идея равенство тепловых потоков, получаемого проводом при прохождении по нему электрического тока и отдаваемого проводом при теплопередаче  
2 балла
2. Правильно записано выражение для электрической мощности (для двух случаев)  
2 балла
3. Правильно записано выражение для мощности теплоотдачи (для первого и второго случая)  
2 балла
4. Правильно записано выражение для величины сопротивления провода  
1 балл
5. Правильно записано выражение для площади боковой поверхности провода  
1 балл
6. Решена система уравнений и получен ответ  
2 балла

**Задание можно уносить с собой!!!**

Сегодня, 16 декабря 2018 года, на портале abitu.net составители олимпиады проведут онлайн-разборы задач. Время начала разборов: 7 класс 15:30, 8 класс 16:30, 9 класс 17:30, 10 класс 19:00, 11 класс 20:30.

Для участия в разборе необходимо заранее зарегистрироваться на портале abitu.net.

**Задача 4. Источник тока. (Замятнин М.).** Идеальный источник постоянного тока поддерживает силу тока  $I_0$  через любой подключенный к нему резистор, независимо от его сопротивления.



Подключенный к такому источнику вольтметр (рис. а) показывает напряжение  $U_1 = 12$  В. В каком диапазоне будут изменяться показания вольтметра при смещении ползунка реостата в цепи, схема которой приведена на рис. б? Сопротивление вольтметра равно  $R$ .

**Возможное решение.**

Выразим  $I_0$  через  $U_1$  и  $R$ : 
$$I_0 = \frac{U_1}{R}.$$

Пусть сопротивление части резистора правее ползунка равно  $r$ , а части левее ползунка, соответственно,  $R - r$ . Запишем систему уравнений для цепи (рис. б).

$$(R - r)I_1 = 2RI_2.$$

$$I_1 + I_2 = I_0.$$

Здесь  $I_1$  и  $I_2$  – это силы токов в участках цепи, содержащих вольтметр и резистор сопротивлением  $2R$ . Решая эту систему уравнений относительно силы тока  $I_1$ , текущего вольтметр, получим:

$$I_1 = I_0 \left( \frac{2R}{3R + r} \right).$$

Показание вольтметра  $U = I_1 R = I_0 R \left( \frac{2R}{3R + r} \right) = U_1 \left( \frac{2R}{3R + r} \right)$ .

Если ползунок сместить влево, то  $U = U_1 \left( \frac{2R}{3R + R} \right) = \frac{1}{2} U_1 = 6$  В.

Если ползунок сместить вправо, то  $U = U_1 \left( \frac{2R}{3R} \right) = 8$  В.

Таким образом, диапазон показаний вольтметра [6 В; 8 В].

**Критерии оценивания.**

- |   |         |
|---|---------|
| 1) Получена связь $U_1$ и $I_0$ .   | 1 балл  |
| 2) Ползунок сместить влево. Найдено показание вольтметра в этом случае<br>Ползунок сместить вправо. | 2 балла |
| 3) Найдено отношение силы тока в верхней и нижней ветвях  | 2 балла |
| 4) Найдена сила тока в верхней ветви  | 2 балла |
| 5) Найдено показание вольтметра в этом случае   | 2 балла |
| 6) Явно указан диапазон изменения показаний вольтметра (от 6 В до 8 В)                              | 1 балл  |

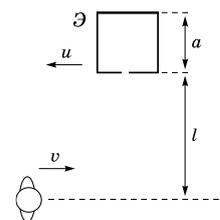
**Задание можно уносить с собой!!!**

Сегодня, 16 декабря 2018 года, на портале abitu.net составители олимпиады проведут онлайн-разборы задач. Время начала разборов: 7 класс 15:30, 8 класс 16:30, 9 класс 17:30, 10 класс 19:00, 11 класс 20:30.

Для участия в разборе необходимо заранее зарегистрироваться на портале abitu.net.

**Задача 5. В камере... (Замятнин М.).**

Вдоль квадратной камеры-обскуры со стороной  $a$  на расстоянии  $l$  от нее движется человек со скоростью  $v$  (см. рис.). С какой скоростью движется изображение человека на экране камеры (её задней стенке), если сама камера движется во встречном направлении со скоростью  $u$ ?



**Возможное решение.**

Перейдём в систему отсчёта, связанную с камерой-обскурой. В ней человек движется относительно камеры со скоростью  $V = v_1 + u$ .

Пусть за малое время  $\Delta t$  человек сместился на расстояние  $\Delta L = V\Delta t$ , а изображение – на расстояние  $\Delta l = v_2\Delta t$ . Из подобия треугольников получим: 
$$\frac{\Delta l}{\Delta L} = \frac{v_2\Delta t}{V\Delta t} = \frac{a}{b}. \quad (1)$$

Искомая скорость  $v_2 = V \frac{a}{b} = (v_1 + u) \frac{a}{b}$ .

**Критерии оценивания.**

- |  |         |
|--|---------|
| 1) Получено выражение для относительной скорости $V = v_1 + u$ | 3 балла |
| 2) Записано отношение подобия (1)                              | 3 балла |
| 3) Найдена скорость изображения                                | 4 балла |

**Задание можно уносить с собой!!!**

Сегодня, 16 декабря 2018 года, на портале abitu.net составители олимпиады проведут онлайн-разборы задач. Время начала разборов: 7 класс 15:30, 8 класс 16:30, 9 класс 17:30, 10 класс 19:00, 11 класс 20:30.

Для участия в разборе необходимо заранее зарегистрироваться на портале abitu.net.

10 класс

**Задача 1. Правильный нагрев. (Кармазин С.).** Последовательная электрическая цепь состоит из идеального источника с напряжением  $U$ , резистора с сопротивлением  $R_0$  и провода круглого сечения радиуса  $r$  и длиной  $L$ . До какой максимальной температуры  $T_m$  может нагреться провод при правильном выборе материала, из которого он изготовлен? Температура в помещении  $T_0$ . Мощность теплоотдачи пропорциональна разности температур  $\Delta T = T - T_0$ , где  $T$  – температура провода, и площади его боковой поверхности. Коэффициент пропорциональности  $\alpha$  известен. Температурным изменением сопротивления и теплоотдачей с торцов провода можно пренебречь.

**Решение.** Тепловое равновесие наступит при равенстве количества тепла, выделяемого в единицу времени в проводе при прохождении по нему электрического тока, и отдаваемого проводом в окружающее пространство.

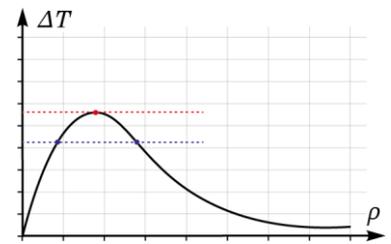
$$\text{Тепловая мощность связанная с током: } N = I^2 R_{\text{пр}} = \left( \frac{U}{R_0 + R_{\text{пр}}} \right)^2 R_{\text{пр}} = \frac{U^2 \rho l}{\pi r^2 \left( R_0 + \frac{\rho l}{\pi r^2} \right)^2}$$

Тепловая мощность, выдаваемая проводом в окружающее пространство:  $N = 2\pi r l \alpha \Delta T$

Приравниваем мощности и выражаем  $\Delta T$ :

$$\Delta T = \frac{U^2 \rho r}{2\alpha(\pi r^2 R_0 + \rho l)^2}$$

Отметим, что  $\Delta T = 0$  при  $\rho = 0$  и при  $\rho$  стремящейся к бесконечности. Это означает наличие максимума у данной зависимости.



Необходимо найти, при каком параметре  $\Delta T$  уравнение на  $\rho$ :  $2\alpha(\pi r^2 R_0 + \rho l)^2 \Delta T = U^2 \rho l$  имеет только одно решение. Для этого дискриминант полученного квадратного (относительно  $\rho$ ) уравнения должен быть равен 0.

$$\rho^2(2\alpha l^2 \Delta T) + \rho(4\alpha l \Delta T \pi r^2 R_0 - U^2 l) + (2\alpha \Delta T \pi^2 r^4 R_0^2) = 0$$

$$D = (4\alpha l \Delta T_{\text{MAX}} \pi r^2 R_0 - U^2 l)^2 - 4(2\alpha \Delta T_{\text{MAX}} \pi^2 r^4 R_0^2)(2\alpha l^2 \Delta T_{\text{MAX}}) = 0$$

$$\text{В результате } \Delta T_{\text{MAX}} = \frac{U^2}{8\pi \alpha l r R_0}.$$

**Задание можно уносить с собой!!!**

Сегодня, 16 декабря 2018 года, на портале abitu.net составители олимпиады проведут онлайн-разборы задач. Время начала разборов: 7 класс 15:30, 8 класс 16:30, 9 класс 17:30, 10 класс 19:00, 11 класс 20:30.

Для участия в разборе необходимо заранее зарегистрироваться на портале abitu.net.

LIII Всероссийская олимпиада школьников по физике Муниципальный этап.  
16.12.2018

**Критерии оценивания:**

- |  |         |
|--|---------|
| 1. Сформулировано условие теплового равновесия в стационарном режиме, заключающееся в равенстве потребляемой электрической мощности и мощности теплоотдачи | 1 балл  |
| 2. Правильно записано выражение для электрической мощности в проводе через напряжение источника и сопротивления  | 1 балл  |
| 3. Правильно записано сопротивление провода через удельное сопротивление и геометрические параметры  | 1 балл  |
| 4. Правильно записано выражение для мощности теплоотдачи   | 1 балл  |
| 5. Получена зависимость температуры провода от удельного сопротивления материала   | 2 балла |
| 6. Предложен метод поиска максимума полученной зависимости   | 1 балл  |
| 7. Получен правильный результат  | 3 балла |

**Задание можно уносить с собой!!!**

Сегодня, 16 декабря 2018 года, на портале [abitunet.net](http://abitunet.net) составители олимпиады проведут онлайн-разборы задач. Время начала разборов: 7 класс 15:30, 8 класс 16:30, 9 класс 17:30, 10 класс 19:00, 11 класс 20:30.

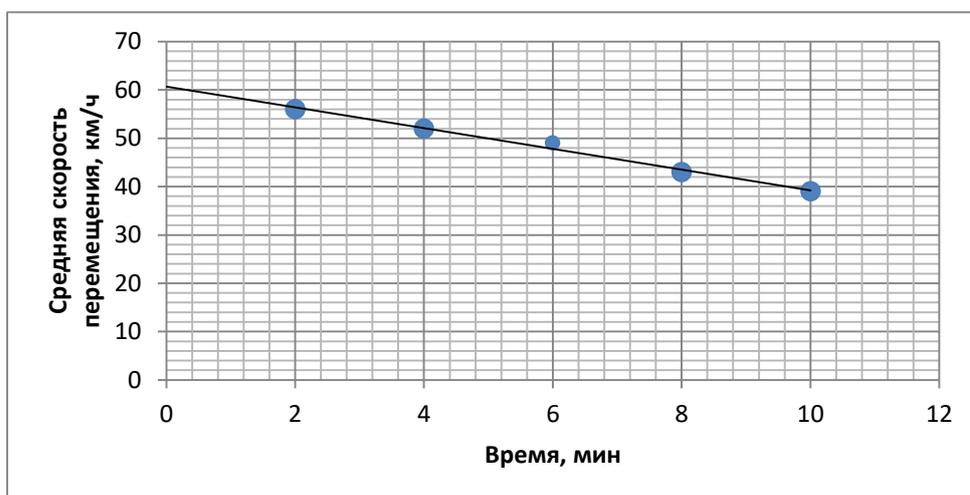
Для участия в разборе необходимо заранее зарегистрироваться на портале [abitunet.net](http://abitunet.net).

**Задача 2. Глюк на автомобиле. (Колдунов Л.).** Экспериментатор Глюк ехал на автомобиле. В момент проезда мимо дома своего друга теоретика Бага Глюк решил измерить зависимость своей **средней** скорости от времени. Получившиеся результаты он свел в таблицу. Скорость изменялась монотонно.

$t$ , мин	2	4	6	8	10
$V$ , км/ч	56	52	49	43	39

Известно, что Глюк достаточно точно измеряет время, а скорость он определяет с погрешностью  $\pm 1$  км/ч. Найдите максимальное удаление экспериментатора от дома Бага. В какой момент времени это произойдет? Чему будет равна в этот момент средняя скорость перемещения? Найдите путь, пройденный экспериментатором к 20 минуте движения.

**Возможное решение.** Построим график зависимости средней скорости перемещения от времени.



Видно, что зависимость линейная и ее можно записать, как

$$\langle V \rangle = V_0 - \frac{V_0}{t_0} t,$$

где  $V_0 = 60$  км/ч, а  $t_0 = 30$  мин.

По определению, средняя скорость перемещения  $\langle V \rangle = \frac{x}{t}$ , следовательно

$$x = V_0 t - \frac{V_0}{t_0} t^2.$$

Зависимость  $x(t)$  - парабола ветви которой направлены вниз. Вершина параболы соответствует моменту времени, когда Глюк максимально удалился от дома Бага:

$$t_{max} = \frac{t_0}{2} = 15 \text{ мин} = \frac{1}{4} \text{ часа}.$$

Величина средней скорости в этот момент будет равна 30 км/ч, а удаление от дома теоретика Бага 7,5 км. Путь, который проедет Глюк к 20 минуте движения 8,3 км.

**Задание можно уносить с собой!!!**

Сегодня, 16 декабря 2018 года, на портале abitu.net составители олимпиады проведут онлайн-разборы задач. Время начала разборов: 7 класс 15:30, 8 класс 16:30, 9 класс 17:30, 10 класс 19:00, 11 класс 20:30.

Для участия в разборе необходимо заранее зарегистрироваться на портале abitu.net.

**Критерии оценивания**

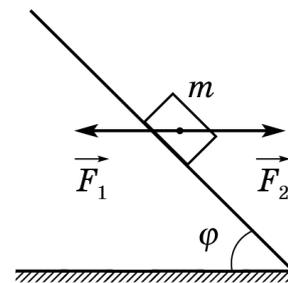
Построен график зависимости средней скорости перемещения от времени или проверено, что зависимость линейная любым другим рабочим способом	1 балл
Получена формула $\langle V \rangle = V_0 - \frac{V_0}{t_0} t$ .	1 балл
Установлено, что $V_0 = 60$ км/ч, а $t_0 = 30$ мин.	1 балл
Показано, что $x = V_0 t - \frac{V_0}{t_0} t^2$ .	2 балла
Найдено время, при котором расстояние от дома Бага до Глюка максимально	2 балла
Найдено значение средней скорости в этот момент времени	1 балл
Найден путь, который прошел Глюк к 20 минуте движения	2 балла

**Задание можно уносить с собой!!!**

Сегодня, 16 декабря 2018 года, на портале abitu.net составители олимпиады проведут онлайн-разборы задач.  
Время начала разборов: 7 класс 15:30, 8 класс 16:30, 9 класс 17:30, 10 класс 19:00, 11 класс 20:30.

Для участия в разборе необходимо заранее зарегистрироваться на портале abitu.net.

**Задача 3. Горизонтальные силы. (Колдунов Л.).** На наклонной плоскости, образующей с горизонтом угол  $\varphi = 45^\circ$ , расположено тело массы  $m = 1$  кг (рис.). Коэффициент трения между плоскостью и телом  $k = 0,5$ . В первом случае на тело действуют горизонтальной силой  $F_1 = 5$  Н, направленной влево, во втором случае действуют горизонтальной силой  $F_2 = 5$  Н, направленной вправо. Чему равно отношение  $\alpha$  силы трения в первом и во втором случаях?



**Возможное решение.** 1) Рассмотрим случай, когда сила  $F$  направлена влево. Сумма проекций сил  $F$  и  $mg$  на наклонную плоскость равна  $\frac{1}{\sqrt{2}}(mg - F)$ , Нормальная реакция опоры  $N = \frac{1}{\sqrt{2}}(mg + F)$ , а максимально возможное значение силы трения для этого случая равно  $F_{\text{тр}} = \frac{\mu}{\sqrt{2}}(mg + F)$ . Заметим, что это больше, чем сумма всех остальных сил вдоль наклонной плоскости. Следовательно, в первом случае сила трения равна силе трения покоя, т.е. она равна  $F_{\text{тр.1}} = \frac{1}{\sqrt{2}}(mg - F)$ ,

2) Теперь рассмотрим случай, когда сила  $F$  направлена вправо. Сумма проекций сил  $F$  и  $mg$  на наклонную плоскость равна  $\frac{1}{\sqrt{2}}(mg + F)$ . Нормальная реакция опоры  $N = \frac{1}{\sqrt{2}}(mg - F)$ . а максимально возможное значение силы трения  $F_{\text{тр.2}} = \frac{\mu}{\sqrt{2}}(mg - F)$ . Получаем, что в этом случае сила трения это сила трения скольжения, т.е. она равна  $F_{\text{тр.2}}$ .

Разделив одну силу трения на другую получаем, что верный ответ:  $\mu^{-1} = 2$ .

**Критерии оценивания.**

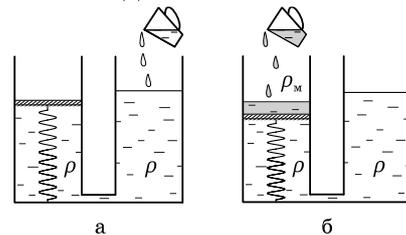
- |   |         |
|---|---------|
| 1) Найдена нормальная реакция опоры в случае (1)          | 1 балл  |
| 2) Найдена максимально возможная сила трения в случае (1) | 1 балл  |
| 3) определена сила трения в случае (1)                    | 2 балла |
| 4) Найдена нормальная реакция опоры в случае (2)          | 1 балл  |
| 5) Найдена максимально возможная сила трения в случае (2) | 1 балл  |
| 6) определена сила трения в случае (2)                    | 2 балла |
| 7) Получен ответ  | 2 балла |

**Задание можно уносить с собой!!!**

Сегодня, 16 декабря 2018 года, на портале abitu.net составители олимпиады проведут онлайн-разборы задач. Время начала разборов: 7 класс 15:30, 8 класс 16:30, 9 класс 17:30, 10 класс 19:00, 11 класс 20:30.

Для участия в разборе необходимо заранее зарегистрироваться на портале abitu.net.

**Задача 4. Сообщающиеся сосуды (3). (Кутелев К.).** В двух высоких сообщающихся сосудах одинакового сечения находится небольшое количество жидкости неизвестной плотности  $\rho$ . В левом сосуде жидкость закрыта удерживаемым пружиной поршнем. Если начать наливать жидкость в правый сосуд, то ее уровень в нем будет расти на 10% быстрее, чем в левом (рис. а). Если же в левый сосуд на поршень наливать мед с плотностью  $\rho_M = 1,6 \text{ г/см}^3$ , то некоторое время верхняя граница меда будет оставаться на одной высоте (рис. б). Определите плотность  $\rho_x$  неизвестной жидкости.



**Возможное решение.** Для двух открытых сосудов влияние атмосферного давления можно не учитывать.

Рассмотрим начальную ситуацию (рис. а): Равновесие поршня определяется условием:  $p_0 S = F_{\text{упр}} + mg$ .

Где  $p_0$  – гидростатическое давление под поршнем,  $F_{\text{упр}}$  – сила упругости пружины,  $m$  – масса поршня. Расписывая силы через геометрические параметры получим:

$$\rho g h_0 = \frac{mg + kx_0}{S} \quad (1)$$

Где  $h_0$  – разность уровней жидкости в сосудах,  $x_0$  – начальная деформация пружины,  $S$  – площадь поршня.

При первом варианте развития событий (рис. б) поршень сдвигается вверх на  $x$ , а жидкость в правом сосуде на  $1,1x$ . Тогда условие равновесия поршня примет вид:

$$\rho g (h_0 + 1,1x - x) = \frac{mg + k(x_0 + x)}{S} \quad (2)$$

Вычтем выражение 1 из выражения 2 и сократим на  $x$ :

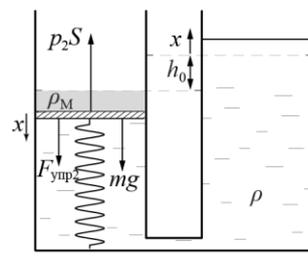
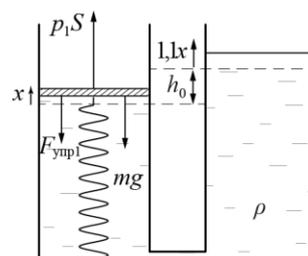
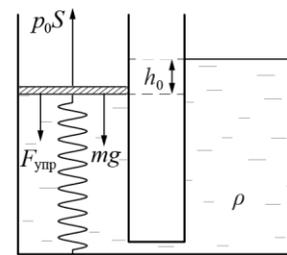
$$\frac{k}{S} = 0,1\rho g \quad (3)$$

При втором варианте развития событий (рис. в) поршень сдвигается вниз на  $x$  и столько же меда доливается сверху. Жидкость в правом сосуде поднимается на  $x$  (из условия несжимаемости). Тогда условие равновесия поршня примет вид:

$$\rho g (h_0 + x + x) = \frac{mg + k(x_0 - x)}{S} + \rho_M g x \quad (4)$$

Вычтем выражение 1 из выражения 4 и сократим на  $x$ :  $\rho_M g - \frac{k}{S} = 2\rho g \quad (5)$

Прибавим выражение 3, и окончательно получим  $\rho = \frac{\rho_M}{2,1} = \frac{1,6}{2,1} \approx 0,76 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$



**Задание можно уносить с собой!!!**

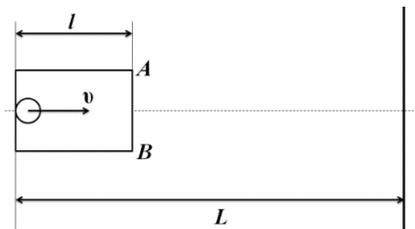
Сегодня, 16 декабря 2018 года, на портале abitu.net составители олимпиады проведут онлайн-разборы задач. Время начала разборов: 7 класс 15:30, 8 класс 16:30, 9 класс 17:30, 10 класс 19:00, 11 класс 20:30.

Для участия в разборе необходимо заранее зарегистрироваться на портале abitu.net.

**Критерии оценивания**

1) Учет атмосферного давления (или аргументированный отказ от него)	1 балл
2) Описание начальной ситуации (массивность поршня, деформация пружины, перепад уровней жидкости)	1 балл
3) Описание первой ситуации	
3.1) Связь смещений и перепада уровней жидкости	1 балл
3.2) Условие равновесия поршня (или его аналог)	1 балл
3.3) Получение выражения (3)	1 балл
4) Описание второй ситуации	
4.1) Связь смещений и перепада уровней жидкости и меда	1 балл
4.2) Условие равновесия поршня (или его аналог)	1 балл
4.3) Получение выражения (5)	1 балл
5) Окончательные расчеты и ответ	2 балла.

**Задача 5. Шайба в коробке. (Колдунов Л.).** Шайба массы  $m$  находится внутри коробки длины  $l$  и массы  $2m$ . Шайбе сообщают скорость  $v$ . Известно, что когда коробка ударила стороной  $AB$  о стенку, в тот же момент шайба ударилась о стенку  $AB$ . При каких  $L$  это возможно?



*Примечание.* Удары шайбы о стенку коробки считайте абсолютно упругими, трения в системе нет, движение происходит в горизонтальной плоскости.

**Возможное решение.** Центру масс необходимо пройти расстояние  $L - 2l/3$ .

Скорость центра масс  $v_c = v/3$ .

Время, за которое стенка  $AB$  доедет до стены равно  $T = \frac{3L - 2l}{v}$ .

Скорость движения шайбы относительно коробки не изменяется.

Время между ударами  $\Delta t = l/v$ .

Чтобы удовлетворить условию задачи (в момент удара стенки  $AB$  о стену произошёл удар шайбы о стенку  $AB$ ) необходимо чтобы  $T = n\Delta t$ , где  $n$  любое нечётное натуральное число.

Отсюда  $L = \frac{2+n}{3}l$ .

**Критерии оценивания.**

1) Обосновано равномерное движение центра масс	2 балла
2) Найдена скорость центра масс	2 балла
3) Найдено расстояние, которое необходимо преодолеть центру масс	2 балла
4) Найдено время между ударами шайбы о коробку	2 балла
5) Записано условие $T=n\Delta t$	1 балла
б) Окончательный ответ	1 балла

**Задание можно уносить с собой!!!**

Сегодня, 16 декабря 2018 года, на портале abitu.net составители олимпиады проведут онлайн-разборы задач. Время начала разборов: 7 класс 15:30, 8 класс 16:30, 9 класс 17:30, 10 класс 19:00, 11 класс 20:30.

Для участия в разборе необходимо заранее зарегистрироваться на портале abitu.net.

11 класс.

**Задача 1. Двойная комета. (Слободянин В.).**

В 2016 году с помощью космического телескопа Hubble астрономы обнаружили в поясе астероидов между орбитами Марса и Юпитера необычный объект 288P: два астероида примерно одинаковой массы на орбите друг у друга, и при этом обладающие свойствами комет (яркое ядро и длинный хвост).



Расстояние между центрами астероидов

$L = 100$  км, период их обращения друг относительно друга  $T = 3$  суток, средняя плотность вещества из которого состоят астероиды  $\rho = 0,6 \text{ г}\cdot\text{см}^{-3}$ . Определите диаметр  $D$  каждого из астероидов, считая, что астероиды – это два шара одинаковой массы.

Примечание. Гравитационная постоянная  $G \approx 6,7 \cdot 10^{-11} \text{ Н}\cdot\text{м}^2 \text{ кг}^{-2}$ .

**Возможное решение**

Запишем выражение для массы астероида:  $M = \frac{\pi}{6} \rho D^3$ .

Центростремительное ускорение астероидов обеспечивает сила их взаимного притяжения:

$$\omega^2 \left( \frac{L}{2} \right) = \frac{4\pi^2}{T^2} \left( \frac{L}{2} \right) = \frac{GM}{L^2}.$$

Из этих двух уравнений получим:

$$D = L \left( \frac{12\pi}{\rho GT^2} \right)^{1/3} \approx 24 \text{ км}.$$

*Примечание.* Из фотографии видно, что диаметра астероидов соизмерим с расстоянием между ними, что и подтвердилось нашими расчётами.

**Критерии оценивания.**

Дано выражение массы астероида через его диаметр	2 балла
Записано выражение для центростремительного ускорения астероида	3 балла
Получена формула для диаметра астероида	3 балла
Получено численное значение диаметра астероида	2 балла

**Задание можно уносить с собой!!!**

Сегодня, 16 декабря 2018 года, на портале abitu.net составители олимпиады проведут онлайн-разборы задач. Время начала разборов: 7 класс 15:30, 8 класс 16:30, 9 класс 17:30, 10 класс 19:00, 11 класс 20:30.

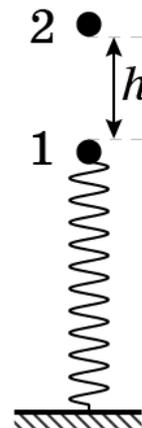
Для участия в разборе необходимо заранее зарегистрироваться на портале abitu.net.

**Задача 2. Два шарика и пружина. (Иголеви́ч И.).** На легкой пружине закреплен небольшой по размерам шарик, как показано на рисунке. Другой конец пружины прикреплен к горизонтальному столу.

С высоты  $h$  без начальной скорости отпускают второй точно такой же шарик.

Известно, что после первого центрального упругого удара, следующее столкновение шаров происходит, когда первый шар оказывается в нижней точке своей траектории.

Чему равно время между первым и вторым столкновениями шаров?



### Возможное решение (1)

Энергия упругой деформации пружины с лежащим на ней шариком  $U_1 = \frac{1}{2}k(\Delta L)^2$  (1)

где  $k\Delta L = mg$ . (2)

Пусть после столкновения шариков длина пружины уменьшилась ещё на  $L$ . Теперь энергия пружины равна  $U_2 = \frac{1}{2}k(L + \Delta L)^2$ , (3)

а изменение энергии  $U_{12} = \frac{1}{2}k(L + \Delta L)^2 - \frac{1}{2}k(\Delta L)^2 = \frac{1}{2}kL^2 + kL\Delta L$ . (4)

Т.к. столкновение шариков абсолютно упругое, шарики обмениваются импульсами.

Из закона сохранения энергии следует:  $mg(h + L) = \frac{1}{2}kL^2 + kL\Delta L$ , или, с учётом уравнения

(2):  $mgh = \frac{1}{2}kL^2$ . (5)

Для пружинного маятника справедливо соотношение:  $\omega^2 = \frac{4\pi^2}{T^2} = \frac{k}{m}$ . (6)

Отсюда уравнение (5) примет вид:  $gh = \frac{1}{2}\omega^2 L^2 = \frac{2\pi^2}{T^2} L^2$ . (7)

Падение первого шарика можно описать уравнением:  $L = \frac{g\tau^2}{2}$ , где  $\tau = T/4$ . (8)

Из (4) и (5) следует:  $\frac{ghT^2}{2\pi^2} = L^2 = \left(\frac{g}{2}\left(\frac{T}{4}\right)^2\right)^2$ .

После алгебраических преобразований получим:  $\tau = \frac{4}{\pi} \sqrt{\frac{2h}{g}}$ .

**Задание можно уносить с собой!!!**

Сегодня, 16 декабря 2018 года, на портале abitu.net составители олимпиады проведут онлайн-разборы задач. Время начала разборов: 7 класс 15:30, 8 класс 16:30, 9 класс 17:30, 10 класс 19:00, 11 класс 20:30.

Для участия в разборе необходимо заранее зарегистрироваться на портале abitu.net.

### Критерии оценивания

Получено выражение для изменения потенциальной энергии пружины после столкновения шариков (уравнение (4))	3 балла
за запись изменения потенциальной энергии пружины	2 балла
за указание на обмен импульсами шаров во время столкновения	1 балл
Установлена связь между высотой $h$ и сжатием пружины $L$ (уравнение (5))	2 балла
Приведено уравнение для частоты колебания груза на пружине (6)	1 балл
Выражение для времени $\tau$ , прошедшего между первым и вторым столкновениями (уравнение (8))	2 балла
Получено окончательное выражение для времени $\tau$	2 балла

### Возможное решение (2)

Скорость второго шарика перед столкновением  $v_0 = \sqrt{2gh}$ . (1)

При центральном упругом соударении шарики обмениваются импульсами, поэтому сразу после столкновения  $v_2 = 0$ ,  $v_1 = v_0$ .

Между первым и вторым столкновениями перемещение шариков  $S = A$ , где  $A$  – амплитуда возникших колебаний первого шарика.

Второй шарик падает свободно, поэтому  $A = \frac{g\tau^2}{2}$  (2)

Первый шар движется по гармоническому закону, поэтому  $A = \frac{v_m}{\omega}$ , (3)

где  $v_m = v_0$  – амплитуда скорости.

Циклическая частота  $\omega = \frac{2\pi}{T}$ , (4)

Между столкновениями проходит четверть периода:  $T = 4\tau$ . (5)

Из (2) – (5) получим:

$$\frac{g\tau^2}{2} = \frac{v_0 4\tau}{2\pi},$$

откуда следует  $\tau = \frac{4}{\pi} \sqrt{\frac{2h}{g}}$ .

### Критерии оценивания

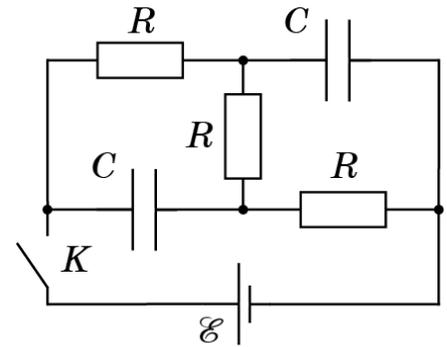
Записана формула (1)	1 балл
Указано, что шарики обменялись импульсами	1 балл
Записана формула (2)	1 балл
Приведено соотношение (3)	3 балла
Приведено соотношение (4)	1 балл
Приведено соотношение (5)	1 балл
Получен ответ	2 балла

**Задание можно уносить с собой!!!**

Сегодня, 16 декабря 2018 года, на портале abitu.net составители олимпиады проведут онлайн-разборы задач. Время начала разборов: 7 класс 15:30, 8 класс 16:30, 9 класс 17:30, 10 класс 19:00, 11 класс 20:30.

Для участия в разборе необходимо заранее зарегистрироваться на портале abitu.net.

**Задача 3. RC-мост. (Иголеви́ч И.).** Из трех одинаковых резисторов сопротивлением  $R$  и двух одинаковых конденсаторов электрической ёмкостью  $C$  собрана электрическая цепь (мостовая схема) и через ключ подключена к идеальной батареек. Первоначально конденсаторы не заряжены.



- 1) Определите силу тока и его направление в каждом из резисторов сразу после замыкания ключа. Сделайте поясняющий рисунок № 1.
- 2) Определите силу тока и его направление в каждом из резисторов по истечении продолжительного времени, прошедшего после замыкания ключа. Сделайте поясняющий рисунок № 2.
- 3) Какие заряды (укажите величину и полярность) установятся на конденсаторах спустя длительное время после замыкания ключа? Знаки зарядов пластин конденсатора укажите на рис. № 2.

**Возможное решение**

1) Сразу после замыкания ключа напряжение на конденсаторах равно нулю. Поэтому точки, между которыми подключены конденсаторы, в начальный момент времени имеют равные потенциалы. На рис. № 1 показаны точки равных потенциалов. Сила

токов, текущих через каждый из резисторов,  $I_1 = \frac{\mathcal{E}}{R}$

. Направления токов указаны на рисунке.

2) Когда конденсаторы зарядятся, ток в цепи будет течь только через резисторы, а эквивалентное сопротивление цепи будет равно  $3R$ . Сила тока,

текущего через резисторы, будет равна  $I_2 = \frac{\mathcal{E}}{3R}$ .

Направления токов указаны на рис. № 2.

3) Напряжения на конденсаторах определяются падением напряжения на резисторах по закону Кирхгофа. В нашем случае

$U_c = 2R \cdot I_2 = \frac{2}{3} \mathcal{E}$ ,  $q = U_c C = \frac{2}{3} \mathcal{E} C$ . Полярность

конденсаторов указана на рис. № 2.

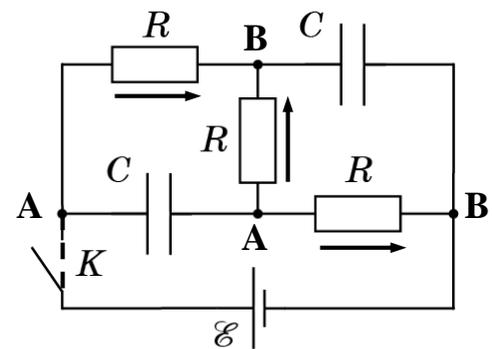


Рис. 1

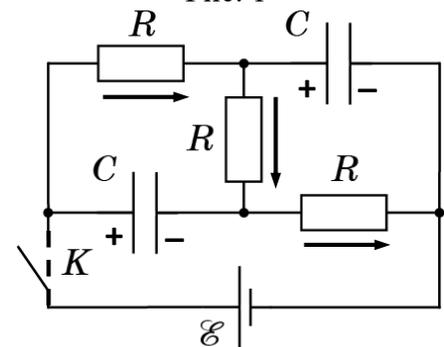


Рис. 2

**Задание можно уносить с собой!!!**

Сегодня, 16 декабря 2018 года, на портале abitu.net составители олимпиады проведут онлайн-разборы задач. Время начала разборов: 7 класс 15:30, 8 класс 16:30, 9 класс 17:30, 10 класс 19:00, 11 класс 20:30.

Для участия в разборе необходимо заранее зарегистрироваться на портале abitu.net.

**Критерии оценивания**

- |  |         |
|--|---------|
| 1) Определена сила тока в резисторах (задание 1)   | 2 балла |
| 2) На поясняющем рисунке №1 расставлены направления токов через резисторы (если все три указаны правильно) | 1 балл  |
| 3) Определена сила тока в резисторах (задание 2)   | 2 балла |
| 4) На поясняющем рисунке №2 расставлены направления токов через резисторы (если все три указаны правильно) | 1 балл  |
| 5) Определено напряжение на конденсаторах  | 2 балла |
| 6) Определена величина заряда на каждом из конденсаторов   | 1 балл  |
| 7) Расставлены знаки зарядов на пластинах конденсаторов (если все указаны правильно)                       | 1 балл  |

**Задание можно уносить с собой!!!**

Сегодня, 16 декабря 2018 года, на портале [abitu.net](http://abitu.net) составители олимпиады проведут онлайн-разборы задач. Время начала разборов: 7 класс 15:30, 8 класс 16:30, 9 класс 17:30, 10 класс 19:00, 11 класс 20:30.

Для участия в разборе необходимо заранее зарегистрироваться на портале [abitu.net](http://abitu.net).

**Задача 4. Трубка Торричелли. (Кармазин С.).** Летом в горной местности с резко континентальным климатом экспериментатор Глюк решил повторить опыт Торричелли и соорудил водяной барометр. Первоначально он удивился, обнаружив существенные изменения в показаниях барометра в течение дня, несмотря на то, что находящийся рядом барометр портативной метеостанции постоянно показывал давление  $p_0 = 700$  мм.рт.ст. Но потом он понял, что причина этих изменений связана с тем, что трубка Торричелли расположена на солнечной стороне горного склона и показания расположенного рядом с ней термометра изменяются в течение суток от  $0^\circ\text{C}$  до  $40^\circ\text{C}$ . Зависимость высоты столба воды в трубке  $h$  от температуры  $t$ , полученная в эксперименте, приведена в таблице. Используя эти данные, определите плотность насыщенных водяных паров  $\rho_{\text{нп}}$  для 9 различных температур, заполните пустой столбец таблицы и постройте график зависимости  $\rho_{\text{нп}}$  ( $t^\circ\text{C}$ ). Плотность ртути  $\rho_{\text{рт}} = 13\,600$  кг/м<sup>3</sup>.

№	$t, ^\circ\text{C}$	$h, (\text{м})$	$\rho_{\text{нп}}$
1	0	9,46	
2	5	9,43	
3	10	9,40	
4	15	9,35	
5	20	9,29	
6	25	9,20	
7	30	9,10	
8	35	8,96	
9	40	8,78	

**Задание можно уносить с собой!!!**

Сегодня, 16 декабря 2018 года, на портале abitu.net составители олимпиады проведут онлайн-разборы задач. Время начала разборов: 7 класс 15:30, 8 класс 16:30, 9 класс 17:30, 10 класс 19:00, 11 класс 20:30.

Для участия в разборе необходимо заранее зарегистрироваться на портале abitu.net.

### Возможное решение

Давление на уровне поверхности жидкости в сосуде водяного барометра равно атмосферному давлению  $p_0$ . Давление в трубке равно сумме давления столба жидкости и давления насыщенных паров  $p_{\text{нп}}$ .

Приравнивая эти давления получаем

$$p_0 = \rho_B gh + p_{\text{нп}} \quad \text{или} \quad p_{\text{нп}} = p_0 - \rho_B gh. \quad (1)$$

Согласно уравнению Менделеева-Клапейрона

$$pV = \frac{m}{M} RT \quad \text{или} \quad \rho = \frac{m}{V} = \frac{pM}{RT} \quad (2)$$

Окончательно, выражая атмосферное давление через плотность ртути и высоту ртутного столба имеем:

$$\rho_{\text{нп}} = \frac{Mg(\rho_{\text{Hg}} h_0 - \rho_B h)}{R(T_0 + t^\circ)} \quad (3)$$

где  $h_0$  – атмосферное давление, выраженное в метрах ртутного столба, а  $M$  - молярная масса воды.

Результаты вычисления по этой формуле приведены в табл.2 и на графике рис.1

№	$t^\circ\text{C}$	$h,(\text{м})$	$\rho_{\text{нп}}, (\text{г}/\text{м}^3)$
1	0	9,46	4,8
2	5	9,43	7,0
3	10	9,40	9,2
4	15	9,35	12,8
5	20	9,29	17,0
6	25	9,20	23,3
7	30	9,10	30,0
8	35	8,96	39,4
9	40	8,78	51,2



Табл.2

Рис.1

Значения плотности насыщенных паров, полученные участниками олимпиады могут отличаться от приведенных выше в пределах  $\pm 0,2 \text{ г}/\text{м}^3$ . Это отличие может возникнуть из-за различной точностью округления в процессе вычислений у различных участников олимпиады.

**Задание можно уносить с собой!!!**

Сегодня, 16 декабря 2018 года, на портале abitu.net составители олимпиады проведут онлайн-разборы задач. Время начала разборов: 7 класс 15:30, 8 класс 16:30, 9 класс 17:30, 10 класс 19:00, 11 класс 20:30.

Для участия в разборе необходимо заранее зарегистрироваться на портале abitu.net.

ЛШ Всероссийская олимпиада школьников по физике Муниципальный этап.  
16.12.2018

**Критерии оценивания:**

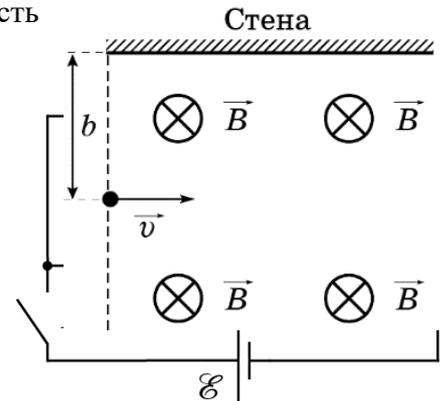
- |    |   |         |
|----|---|---------|
| 1. | Объяснение наблюдаемой зависимости наличием насыщенного пара над водой в трубке | 2 балла |
| 2. | Правильно записано условие равновесия столба воды в трубке (уравнение(1))       | 1 балл  |
| 3. | Выражение для плотности газа (2)  | 1 балл  |
| 4. | Окончательная формула для расчета плотности пара (3)                            | 1 балл  |
| 5. | Заполнение таблицы  | 3 балла |
|    | указана единица измерения плотности   | 1 балл  |
|    | правильно вычислены значения плотности не менее, чем в 7 точках                 | 2 балла |
|    | правильно вычислены значения плотности не менее, чем в 5 точках                 | 1 балл  |
| 6. | Построение графика  | 2 балла |
|    | подписаны оси, указаны единицы измерения, нанесен равномерный масштаб           | 1 балл  |
|    | нанесены экспериментальные точки, проведена плавная кривая                      | 1 балл  |

**Задание можно уносить с собой!!!**

Сегодня, 16 декабря 2018 года, на портале abitu.net составители олимпиады проведут онлайн-разборы задач. Время начала разборов: 7 класс 15:30, 8 класс 16:30, 9 класс 17:30, 10 класс 19:00, 11 класс 20:30.

Для участия в разборе необходимо заранее зарегистрироваться на портале abitu.net.

**Задача 5. В поле.** В область однородного магнитного поля (правее пунктирной линии) с индукцией  $B$  влетает со скоростью  $v$  положительно заряженный шарик с удельным зарядом  $\gamma = \frac{q}{m}$ . На расстоянии  $b$  от места входа шарика в область магнитного поля расположена непроводящая стенка. Направление скорости шарика параллельно стенке и перпендикулярно линиям магнитной индукции (рис.). Найдите, при каких значениях  $b$  шарик не вылетит обратно в область, где нет магнитного поля. Удар шарика о стенку считать абсолютно упругим. Силами сопротивления и силой тяжести пренебречь.

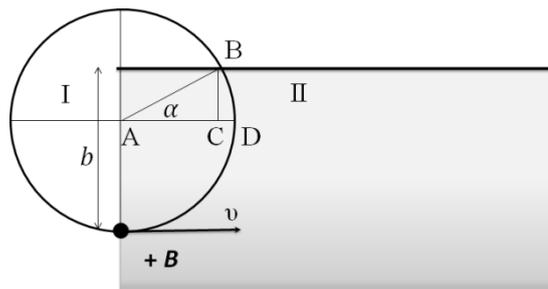
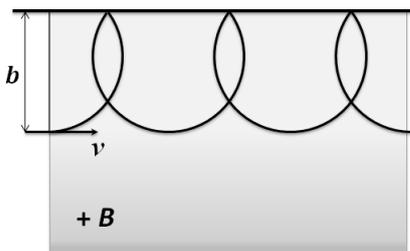


**Задание можно уносить с собой!!!**

Сегодня, 16 декабря 2018 года, на портале abitu.net составители олимпиады проведут онлайн-разборы задач. Время начала разборов: 7 класс 15:30, 8 класс 16:30, 9 класс 17:30, 10 класс 19:00, 11 класс 20:30.

Для участия в разборе необходимо заранее зарегистрироваться на портале abitu.net.

**Возможное решение.**



1. При попадании в однородное магнитное поле заряженный шарик будет двигаться по окружности до тех пор, пока не столкнется со стенкой или не вылетит из области магнитного поля.

Радиус окружности найдем из второго закона Ньютона

$$qvB = \frac{mv^2}{R} \Rightarrow R = \frac{v}{\gamma B} \quad (1)$$

2. Если  $b > 2R$ , то шарик вернется в область I не столкнувшись со стенкой. Если  $b < R$ , то шарик очевидно не покидает область однородного поля, т.к. столкнувшись со стенкой он продолжает движение внутри магнитного поля. Если  $R < b < 2R$ , то шарик столкнется со стенкой и далее возможны две ситуации или шарик вылетает из области II, или не вылетает и движется по траектории показанной на рис. 2а.

3. Из рис. 2б следует, что для того, чтобы шарик не вылетел из области II необходимо, чтобы выполнялось следующее неравенство,

$$R \cos \alpha \geq R(1 - \cos \alpha) \Rightarrow \cos \alpha \geq 1/2 \quad (2)$$

которое следует из того, что после удара в точке В максимальное удаление шарика по горизонтали от точки В в сторону области I будет равно длине отрезка CD. Если длина отрезка CD окажется меньше длины отрезка AC, то шарик не покинет область магнитного поля и будет двигаться так, как показано на рис. 2а.

4. Из рис. 2б следует, что

$$\sin \alpha = \frac{b-R}{R} \Rightarrow \sin^2 \alpha = \frac{b^2}{R^2} - \frac{2b}{R} + 1 \quad (3)$$

Учитывая, что  $\cos \alpha \geq 1/2$  получаем, что

$$\frac{b^2}{R^2} - \frac{2b}{R} + \frac{1}{4} \leq 0$$

Откуда

$$1 - \frac{\sqrt{3}}{2} \leq \frac{b}{R} \leq 1 + \frac{\sqrt{3}}{2} \quad (4)$$

Т.к. мы рассматриваем случай, когда  $R < b < 2R$ , то нам достаточно рассмотреть условие  $\frac{b}{R} \leq 1 + \frac{\sqrt{3}}{2}$ . Подставляя в него формулу (1) получим

$$b \leq \frac{v}{\gamma B} \left(1 + \frac{\sqrt{3}}{2}\right).$$

**Задание можно уносить с собой!!!**

Сегодня, 16 декабря 2018 года, на портале abitu.net составители олимпиады проведут онлайн-разборы задач. Время начала разборов: 7 класс 15:30, 8 класс 16:30, 9 класс 17:30, 10 класс 19:00, 11 класс 20:30.

Для участия в разборе необходимо заранее зарегистрироваться на портале abitu.net.

**Критерии оценивания**

- |  |         |
|--|---------|
| 1. Получено выражение для радиуса окружности (1)   | 1 балл  |
| 2. Получено условие (2) $\cos \alpha \geq 1/2$   | 2 балла |
| 3. Найден $\sin \alpha$ или $\cos \alpha$ через $b$ и $R$  | 1 балл  |
| 4. Получено, что $1 - \frac{\sqrt{3}}{2} \leq \frac{b}{R} \leq 1 + \frac{\sqrt{3}}{2}$                                 | 3 балла |
| 5. Не рассматривается ограничение снизу из неравенства (4) или обосновано получено ограничение снизу на расстояние $b$ | 2 балла |
| 6. Получен ответ   | 1 балл  |

**Задание можно уносить с собой!!!**

Сегодня, 16 декабря 2018 года, на портале [abitunet.net](http://abitunet.net) составители олимпиады проведут онлайн-разборы задач. Время начала разборов: 7 класс 15:30, 8 класс 16:30, 9 класс 17:30, 10 класс 19:00, 11 класс 20:30.

Для участия в разборе необходимо заранее зарегистрироваться на портале [abitunet.net](http://abitunet.net).