

## Решение заданий

## Всероссийская олимпиада школьников по физике

## Муниципальный этап

## 9 класс

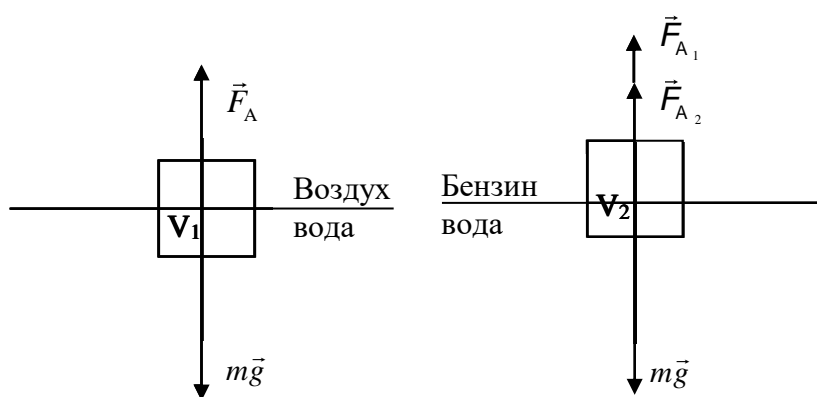
Время выполнения

3 астрономических часа 30 минут

## Задача 1. «Плавание тела»

Тело объемом  $V$  плавает в сосуде с водой, погрузившись в нее на 0,8 своего объема. Какая часть тела будет погружена в воду, если в сосуд долить бензин, полностью закрывающий тело? Плотность воды и бензина:  $\rho_{\text{в}} = 10^3 \text{ кг/м}^3$ ,  $\rho_{\text{б}} = 0,7 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ .

## Решение



Для тела в воде  $F_a = mg$ ;  $F_a = \rho_{\text{в}} g V_1 \Rightarrow mg = \rho_{\text{в}} g V_1$

Для тела в воде и бензине  $mg = F_{a1} + F_{a2} = \rho_{\text{в}} g V_2 + \rho_{\text{б}} g (V - V_2)$ ,

$$\rho_{\text{в}} g V_1 = \rho_{\text{в}} g V_2 + \rho_{\text{б}} g (V - V_2) \left| \cdot \frac{1}{Vg} \right. \quad (1)$$

$$\rho_{\text{в}} \frac{V_1}{V} = \rho_{\text{в}} \frac{V_2}{V} + \rho_{\text{б}} \left( 1 - \frac{V_2}{V} \right)$$

$$\rho_{\text{в}} \frac{V_1}{V} - \rho_{\text{б}} = \frac{V_2}{V} (\rho_{\text{в}} - \rho_{\text{б}})$$

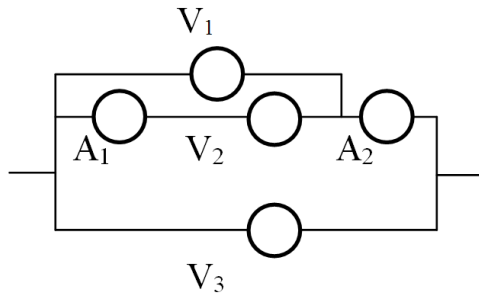
$$\frac{V_2}{V} = \frac{\rho_{\text{в}} \frac{V_1}{V} - \rho_{\text{б}}}{\rho_{\text{в}} - \rho_{\text{б}}}; \quad (2)$$

$$\frac{V_2}{V} = \frac{10^3 (0,8 - 0,7)}{10^3 (1 - 0,7)} = \frac{0,1}{0,3} = 0,33.$$

Ответ:  $V_2/V = 0,33$

### Задача 2. «Странный участок цепи»

Участок цепи постоянного тока состоит из трех одинаковых вольтметров и двух одинаковых амперметров (см. рис.). Показания вольтметров  $V_1$  и  $V_2$  равны  $U_1 = 6$  В,  $U_2 = 4$  В. Что показывает третий вольтметр  $V_3$ .



### Решение

Напряжение на первом амперметре  $U_{A1} = U_1 - U_2 = 2$  В.

Отношение напряжений на втором амперметре и первом амперметре равно отношению токов (сопротивления амперметров одинаковы). Ток через второй амперметр складывается из тока через первый амперметр  $I_1$  и тока через первый вольтметр  $I_{V1}$ . Отношение  $I_{V1}/I_1 = U_1/U_2 = 3/2$ , тогда  $I_2 = I_1 + I_{V1} = 5/2 I_1 = U_{A2}/U_{A1}$  и  $U_{A2} = 5U_{A1}/2 = 5$  В.

Напряжение на третьем вольтметре  $U_3 = U_1 + U_{A2} = 11$  В

### Задача 3. «Алюминиевый чайник»

Алюминиевый чайник массой  $m_1 = 400$  г, в котором находится  $m_2 = 2$  кг воды при  $t_1 = 10^\circ\text{C}$ , помещают на газовую горелку с КПД  $\eta = 40\%$ . Найти мощность  $P$  горелки, если вода закипела через  $\tau = 10$  мин, причем за это время  $\Delta m = 20$  г воды выкипело. Температура кипения воды  $t_k = 100^\circ\text{C}$ . Теплоемкости воды и алюминия и теплота парообразования воды соответственно равны  $C_w = 4,18 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}^\circ\text{C}}$ ,  $C_{al} = 0,9 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}^\circ\text{C}}$ ,  $L = 2,25 \frac{\text{МДж}}{\text{кг}}$

### Решение

Количество теплоты, получаемое от горелки, идет на нагрев воды и чайника и испарение воды, т.е.  $Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$ , где  $Q_1$  – количество теплоты необходимое для нагрева воды  $Q_1 = m_2 C_w (t_k - t_1)$ ,

$Q_2$  – количество теплоты, необходимое для нагрева чайника  $Q_2 = m_1 C_{al} (t_k - t_1)$ ,

$Q_3$  – количество теплоты, необходимое для испарения воды  $Q_3 = m_3 L$ .

$$Q = A_{\text{полезн}} = \eta A_{\text{полн}}, \text{ а } P = \frac{A_{\text{полн}}}{\tau}.$$

$$P = \frac{1}{\eta \tau} ((t_k - t_1)(m_2 C_w + m_1 C_{al}) + m_3 L) = \\ = \frac{1}{0,4 \cdot 600} (90(8,36 + 0,36) + 45) = 3,46 \text{ кВт}$$

Ответ: 3,46 кВт

#### Задача 4. «Движение с возвратом»

Тело начинает двигаться из состояния покоя вдоль оси  $X$  с ускорением  $\vec{a}$ . Спустя время  $t_0$  от начала движения его ускорение скачком изменяется и становится равным:  $-3\vec{a}$ . Определить время от начала движения до возврата в исходную точку.

#### Решение

До момента смены ускорения тело пройдет расстояние  $X_0$  и приобретет скорость  $v_0$ :

$$X_0 = \frac{a t_0^2}{2}, v_0 = a t_0.$$

Закон дальнейшего движения можно представить в виде:

$$X(t) = X_0 + v_0(t - t_0) - \frac{3a(t - t_0)^2}{2}$$

Полагая  $X(t) = 0$  при  $t = t_k$ , получаем уравнение для времени возврата  $t_k$ :

$$0 = \frac{a t_0^2}{2} + a t_0(t_k - t_0) - \frac{3a(t_k - t_0)^2}{2},$$

которое преобразуется к виду:

$$t_k^2 - \frac{8}{3}t_0 t_k + \frac{4}{3}t_0^2 = 0$$

Это квадратное уравнение имеет два положительных решения:

$$t_{k1} = 2t_0, t_{k2} = \frac{2}{3}t_0,$$

из которых только первое имеет физический смысл.

Таким образом,  $t_k = 2t_0$

#### Задача 5. «Экспериментальная»

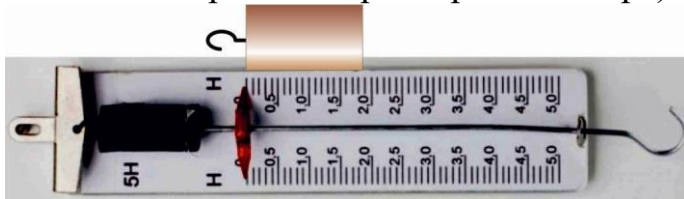
Определите плотность цилиндра.

Справочные данные: площадь круга  $S = \pi r^2$ , объём цилиндра  $V = Sh$ , где  $h$ —высота цилиндра.

Оборудование: цилиндр, динамометр с пружиной жёсткостью 40 Н/м. При выполнении этого задания линейкой пользоваться не разрешается.

#### Решение

1. С помощью динамометра определить массу цилиндра.
2. С помощью динамометра измерить размеры цилиндра (цилиндр надо приложить к шкале динамометра, тогда его длина будет численно соответствовать определённой силе, поделив эту силу на жёсткость можно определить размеры цилиндра):



$$d = \frac{F_{y1}}{k}, \text{ где } d \text{ — диаметр цилиндра;}$$

$$h = \frac{F_{y2}}{k}, \text{ где } h \text{ — высота цилиндра.}$$

3. Плотность можно найти по формуле  $\rho = \frac{4m}{\pi d^2 h}$

## Решение заданий

## Всероссийская олимпиада школьников по физике

## Муниципальный этап

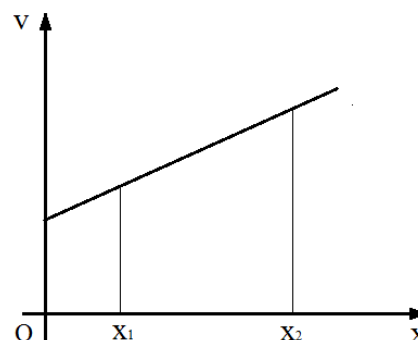
## 10 класс

Время выполнения

3 астрономических часа 30 минут

## Задание 1.

На рисунке представлена зависимость скорости тела от его координаты (тело двигалось вдоль оси  $Ox$ ). Где оно имело большее ускорение: в точке  $x = x_1$ , или в точке  $x_2$ ?



## Решение

Из графика видно, что при перемещении тела на единицу длины его скорость возрастает на одну и ту же величину как в точке  $x_1$ , так и в точке  $x_2$ . Но в первой из этих точек скорость тела меньше, и поэтому, для перемещения на единицу длины требуется большее время. Значит в точке  $x_1$  ускорение меньше, чем в точке  $x_2$ .

Или. Пусть в окрестности точки  $x_1$  и точки  $x_2$  координата точки меняется на одну и ту же величину. Так как зависимость скорости точки от координаты носит линейный характер, то изменения скорости, соответствующие этим изменениям координаты изменения скорости должны быть одинаковыми.

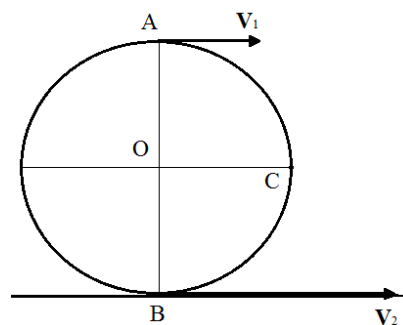
В соответствии с формулой

$$v^2 - v_0^2 = 2a\Delta x,$$

$(v - v_0)(v + v_0) = 2a\Delta x$ , откуда  $(v - v_0) = 2a\Delta x / (v + v_0)$ . Поэтому, чтобы разность скоростей при одинаковых приращениях  $\Delta x$  была одинакова, необходимо, чтобы при больших скоростях было и большим ускорение.

## Задание 2.

Колесо с проскальзыванием катится по горизонтальной поверхности.  $AB$  – вертикаль. Если скорость точки  $A$  равна  $v_1$ , а скорость точки  $B$  –  $v_2$ , причём  $v_2$  больше  $v_1$ , чему равна скорость точки  $C$ ?



### Решение

Так как скорости точек В и А соответственно  $v_2$  и  $v_1$ , то очевидно, что скорость точки О будет  $(v_2 + v_1)/2$ .

Относительно точки О, точка С движется вертикально вверх со скоростью  $(v_2 - v_1)/2$ . Точка С участвует в двух движениях, вдоль горизонтали со скоростью  $(v_2 + v_1)/2$  и вертикально вверх со скоростью  $(v_2 - v_1)/2$ , поэтому абсолютная скорость точки С будет  $(1/2(v_1^2 + v_2^2))^{1/2}$ .

### Задание 3.

В одном сосуде находится 1 л холодного молока при температуре  $20^\circ\text{C}$ , а во втором сосуде такое же количество горячей воды при температуре  $80^\circ\text{C}$ . Как, используя теплопередачу между молоком и водой, сделать так, чтобы молоко стало теплее воды? Разрешается применять дополнительные сосуды и приводить их в соприкосновение, но смешивать воду с молоком нельзя. Считайте плотность и удельную теплоёмкость молока и воды одинаковыми.

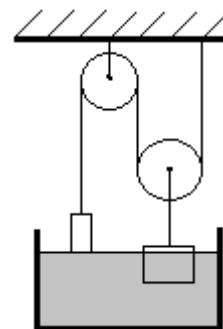
### Решение

Разольём 1 л холодного молока в два стакана по 0,5 л. Обозначим эти стаканы буквами А и В. Разольём горячую воду так же в два стакана по 0,5 л, которые обозначим буквами С и Д. Примем, что потерь тепла в опытах не происходит, а изменение температуры жидкостей происходит только в процессе их теплового контакта. Приведём в тепловой контакт молоко в стакане А с горячей водой в стакане С. В результате теплообмена их температура станет равной  $(20 + 80)/2 = 50^\circ\text{C}$ . Приведём теперь в тепловой контакт стакан с молоком А с горячей водой в стакане Д. Температура молока в стакане А и воды в стакане Д станет равной  $(50 + 80)/2 = 65^\circ\text{C}$ . Приведем в контакт холодное молоко в стакане В с тёплой водой в стакане С. В результате теплообмена их температура станет равной  $(50 + 20)/2 = 35^\circ\text{C}$ . Приведем в контакт теплую воду в стакане Д со слегка подогретым молоком в стакане В, их температура станет равной  $(65 + 35)/2 = 50^\circ\text{C}$ . Сольём молоко из стаканов А ( $65^\circ\text{C}$ ) и В ( $50^\circ\text{C}$ ) в один стакан, его температура станет  $(65 + 50)/2 = 57,5^\circ\text{C}$ . Сольём воду в стакане С ( $35^\circ\text{C}$ ) с водой в стакане Д ( $50^\circ\text{C}$ ), общая температура воды станет равной  $(35 + 50)/2 = 42,5^\circ\text{C}$ . Таким образом, температура молока стала  $57,5^\circ\text{C}$ , а воды только  $42,5^\circ\text{C}$ . Противоречия законы сохранения энергии нет, т.к. если привести в тепловой контакт молоко и воду с получившимися температурами, то их общая температура станет равной  $50^\circ\text{C}$ , как если бы их в самом начале опыта привели в тепловое равновесие, т.е. тоже  $50^\circ\text{C}$ . В рассуждениях было учтено, что плотности и удельные теплоёмкости воды и молока соответственно одинаковы.

Ответ: При описанном способе осуществления теплообмена молоко и вода будут иметь конечные температуры  $57,5$  и  $42,5^\circ\text{C}$  соответственно.

#### Задание 4.

В системе, изображённой на рисунке, груз, подвешенный к лёгкому подвижному блоку, является льдинкой массой 400 г, плавающей в воде при температуре 0°C, а второй груз изготовлен из алюминия, имеет массу 160 г и касается воды. При этом система находится в равновесии. Какое количество теплоты надо сообщить системе, чтобы алюминиевый груз утонул? Плотности льда и алюминия 0,9 г/см<sup>3</sup> и 2,7 г/см<sup>3</sup>, соответственно. Нити нерастяжимые, невесомые и достаточно длинные. Удельная теплота плавления льда – 335 Дж/г.



#### Решение

При сообщении системе тепла лёд начнёт таять при 0°C, и, в конце концов, алюминиевый груз перевесит льдинку, которая окажется в воздухе, а груз – на дне сосуда с водой. Т.к. вес алюминиевого груза в воде равен

$$P = m_a g - \rho_v g \frac{m_a}{\rho_a} \approx 1 \text{ Н.}$$

Подвижный блок даёт выигрыш в силе в 2 раза, то это произойдёт при весе льдинки в воздухе, равном 2 Н. Следовательно, надо расплавить  $\frac{1}{2} m_{\text{льда}}$ , для чего потребуется количество тепла равное

$$Q = 1/2 \lambda m_{\text{льда}} = 67 \text{ кДж.}$$

#### Задание 5. «Экспериментальное»

Определите отношение массы гайки к массе шайбы

Оборудование: гайка, шайба, измерительная линейка.

#### Решение

1. Определить центр тяжести линейки. В качестве опоры можно использовать край стола.
2. На один край линейки положить гайку. Используя правило моментов получить  $m_{\text{п}} l_{\text{п}} = m_{\text{г}} l_{\text{г}}$
3. На гайку положить шайбу. Используя правило моментов получить  $m_{\text{п}} l_{\text{п1}} = (m_{\text{г}} + m_{\text{ш}}) l$
4. Рассчитать отношение массы гайки к массе шайбы

$$\frac{m_{\text{г}}}{m_{\text{ш}}} \approx 7,1$$

При использовании гайки и шайбы других размеров предметной комиссии рекомендуется проверить это соотношение с помощью весов.

Если учащийся во втором опыте использует шайбу отдельно от гайки, то получается большая погрешность вследствие маленькой массы шайбы, что приводит к неточному результату. Это надо учитывать при оценивании работы. В этом случае максимальный балл, который можно выставить за это задание — 6 баллов.

## Решение заданий

## Всероссийская олимпиада школьников по физике

## Муниципальный этап

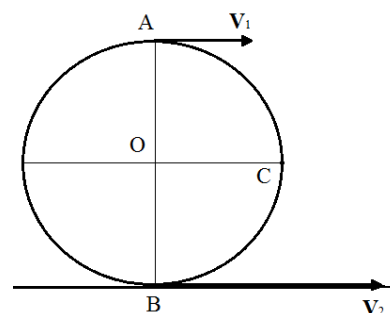
## 11 класс

Время выполнения

3 астрономических часа 30 минут

## Задание 1.

Колесо с проскальзыванием катится по горизонтальной поверхности. АВ – вертикаль. Скорость точки А равна  $v_1$ , а скорость точки В –  $v_2$ , причём  $v_2$  больше  $v_1$ . Чему равна скорость точки С?



## Решение

Так как скорости точек В и А соответственно  $v_2$  и  $v_1$ , то очевидно, что скорость точки О будет  $(v_2 + v_1)/2$ .

Относительно точки О, точка С движется вертикально вверх со скоростью  $(v_2 - v_1)/2$ . Точка С участвует в двух движениях, вдоль горизонтали со скоростью  $(v_2 + v_1)/2$  и вертикально вверх со скоростью  $(v_2 - v_1)/2$ , поэтому абсолютная скорость точки С будет

$$(1/2(v_1^2 + v_2^2))^{1/2}.$$

## Задание 2.

В одном сосуде находится 1 л холодного молока при температуре  $20^\circ\text{C}$ , а во втором сосуде такое же количество горячей воды при температуре  $80^\circ\text{C}$ . Как, используя теплопередачу между молоком и водой, сделать так, чтобы молоко стало теплее воды? Разрешается применять дополнительные сосуды и приводить их в соприкосновение, но смешивать воду с молоком нельзя. Считайте плотность и удельную теплоёмкость молока и воды одинаковыми.

## Решение

Разольём 1 л холодного молока в два стакана по 0,5 л. Обозначим эти стаканы буквами А и В. Разольём горячую воду так же в два стакана по 0,5 л, которые обозначим буквами С и Д. Примем, что потеря тепла в опытах не происходит, а изменение температуры жидкостей происходит только в процессе их теплового контакта. Приведём в тепловой контакт молоко в стакане А с горячей водой в стакане С. В результате теплообмена их температура станет равной  $(20 + 80)/2 = 50^\circ\text{C}$ . Приведём теперь в тепловой контакт стакан с молоком А с горячей водой в стакане Д. Температура молока в стакане А и воды в стакане Д станет равной  $(50 + 80)/2 = 65^\circ\text{C}$ . Приведем в контакт холодное молоко в стакане В с тёплой водой в стакане С. В результате теплообмена их температура станет равной  $(50 + 20)/2 = 35^\circ\text{C}$ . Приведем в контакт теплую воду в стакане Д со слегка подогретым молоком в стакане В, их температура станет равной  $(65 + 35)/2 = 50^\circ\text{C}$ . Сольём молоко

из стаканов А (65°C) и В(50°C) в один стакан, его температура станет  $(65 + 50)/2 = 57,5^\circ\text{C}$ . Сольём воду в стакане С(35°C) с водой в стакане Д(50°C), общая температура воды станет равной  $(35 + 50)/2 = 42,5^\circ\text{C}$ . Таким образом, температура молока стала  $57,5^\circ\text{C}$ , а воды только  $42,5^\circ\text{C}$ . Противоречия законы сохранения энергии нет, т.к. если привести в тепловой контакт молоко и воду с получившимися температурами, то их общая температура станет равной  $50^\circ\text{C}$ , как если бы их в самом начале опыта привели в тепловое равновесие, т.е. тоже  $50^\circ\text{C}$ . В рассуждениях было учтено, что плотности и удельные теплоёмкости воды и молока соответственно одинаковы.

Ответ: При описанном способе осуществления теплообмена молоко и вода будут иметь конечные температуры  $57,5$  и  $42,5^\circ\text{C}$  соответственно.

### Задание 3.

Первый аккумулятор имеет КПД 50 %, а второй, замкнутый на такой же резистор, – 60 %. Каким будет КПД цепи, если замкнуть на этот резистор оба эти аккумулятора, соединённые последовательно?

#### Решение

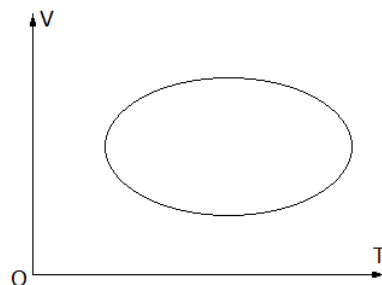
КПД источника тока  $\eta = R100\%/r+ R$ , т.к.  $\eta_1 = 50\%$ , то  $R = r_1$ ,  $\eta_2 = 60\%$ , поэтому  $r_2 = 2/3r_1$ .

При последовательном соединении источников тока  $E = E_1 + E_2$  и  $r = r_1 + r_2 = 5/3 r_1$ .

Искомый КПД  $\eta = r_1100\%/(r_1 + 5/3 r_1) = 37,5\%$

### Задание 4.

4. На рисунке показан график зависимости объёма  $V$  некоторой массы идеального газа от абсолютной температуры  $T$  при циклическом процессе. Укажите на графике точки, соответствующие наибольшему и наименьшему давлению газа.

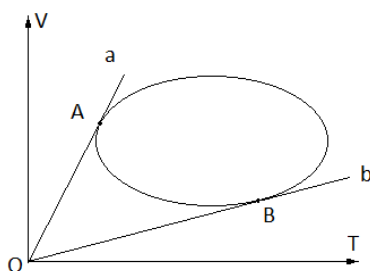


#### Решение

На рисунке прямые  $a$  и  $b$  – изобары.

В общем виде уравнение изобары в выбранных координатах будет иметь вид

$$V = \frac{\text{const}}{p} T$$



Чем больше давление  $p$ , тем круче идёт изобара. Самый большой угол наклона у прямой  $a$ , самый маленький у прямой  $b$ , следовательно



наименьшее давление будет в точке касания А, наибольшее – в точке касания В.

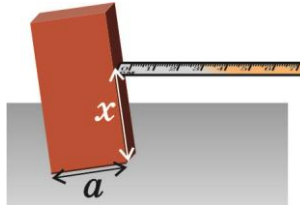
### Задание 5.

Определить коэффициент трения бруска о поверхность стола.

Оборудование: брусок, линейка.

### Решение

1. С помощью линейки найти такое положение линейки, при котором брусок начнёт опрокидываться (см. рис.).



2. Применить правило моментов  $mg \frac{a}{2} = Fx$ ,  $F = F_{\text{тр.макс}} = \mu mg$

Отсюда  $mg \frac{a}{2} = \mu mgx \Rightarrow \mu = \frac{a}{2x}$ .