

Государственное бюджетное учреждение дополнительного образования Псковской области
«Псковский областной центр развития одаренных детей и юношества»
Областной конкурс «Юные дарования» 2017/2018
«Юный знаток физики»
Задания очного тура

7 класс

Максимальное количество баллов – 35

Уважаемые участники, выполняйте задания на двойном тетрадном листе. На первой странице подпишите свою работу. Приводите аргументированные ответы и подробные решения. Желаем успешного выполнения заданий!

Задание № 1 (2 балла).

Будет ли плавать стеклянная бутылка с водой в воде, с ртутью в ртути?

Задание № 2 (2 балла).

Лежащий на воде неподвижно на спине пловец делает глубокие вдох и выдох. Как изменяется при этом положение тела пловца по отношению к поверхности воды? Почему?

Задание № 3 (3 балла).

Чтобы приподнять один конец доски, лежащей на полу, надо приложить силу $F = 300$ Н. Масса доски равна ... (в кг).

1) 30; 2) 60; 3) 90; 4) 120; 5) 150.

Задание № 4 (1 балл).

Если смешать равные объемы ртути и воды, а затем – спирта и воды, то в первом случае получится удвоенный объем смеси, а во втором – меньше удвоенного объёма. Почему?

Задание № 5 (4 балла).

Закрытый бидон из железа частично заполнен керосином. Предложите один из способов, позволяющих, не пользуясь никакими измерительными приборами (и не открывая бидон), определить примерный уровень керосина в бидоне.

Задание № 6 (5 баллов).

Первую треть пути черепаха проползла равномерно за 1 час, вторую треть – тоже равномерно, но за 2 часа, третью – так же, но за три часа. Во сколько раз средняя скорость на первой половине пути больше, чем на второй?

Задание № 7 (5 баллов).

При одинаковых объемах кусок железа имеет массу на 12,75 кг большую, чем кусок алюминия. Определите массу кусков железа и алюминия.

Плотность алюминия $\rho_{\text{ал}} = 2700 \text{ кг/м}^3$, плотность железа $\rho_{\text{ж}} = 7800 \text{ кг/м}^3$.

Задание № 8 (3 балла).

Российский школьник Николай познакомился в интернете с английским школьником Майклом. В переписке Николай сообщил, что он пробегает 60 метров за 10 секунд, а Майкл ему ответил, что он за 10 секунд пробегает дистанцию длиной 2300 дюймов. Кто из мальчиков на дистанции бежит быстрее? Дюйм составляет 0,0254 от длины одного метра.

Задание № 9 (5 баллов).

Со дна реки глубиной 4 м поднимают камень объемом $0,6 \text{ м}^3$ на поверхность. Плотность камня 2500 кг/м^3 , плотность воды 1000 кг/м^3 . Найдите работу по подъему камня.

Задание № 10 (5 баллов).

При каком наименьшем числе бревен N с плотностью $\rho = 725 \text{ кг/м}^3$, радиусом $R = 8 \text{ см}$ и длиной $\ell = 3 \text{ м}$, сделанный из них плот способен держать четырех человек массой $m = 80 \text{ кг}$ каждый?

Возможные решения и ответы

Задание № 1 (2 балла).

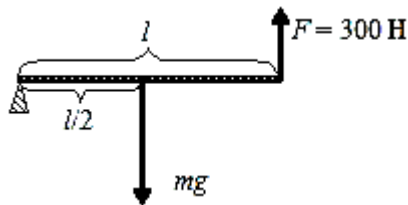
В первом случае бутылка утонет, во втором будет плавать, так как плотность стекла больше плотности воды и меньше плотности ртути.

Задание № 2 (2 балла).

При вдохе пловец всплывает, при выдохе погружается глубже в воду, так как при дыхании меняется объём грудной клетки и соответственно меняется Архимедова сила.

Задание № 3 (3 балла).

Н	м
Д	$F = 300 \text{ Н}$ $g = 10 \text{ Н/кг}$



Решение
Используем «золотое» правило механики, из которого следует, что момент силы, приложенной к концу доски, равен моменту силы тяжести, относительно точки вращения (левый конец доски).
 $F \times l = mg \times (l/2),$
откуда масса доски $m = 2F/g$
 $m = 2 \times 300/10 = 60 \text{ (кг)}.$
Ответ: масса доски $m = 60 \text{ кг, 2)}.$

Задание № 4 (1 балл).

Ртуть не растворяется в воде, а спирт растворяется. Вследствие этого в первом случае получится удвоенный объем смеси, а объем смеси воды и спирта будет меньше, чем сумма первоначальных объемов.

Задание № 5 (4 балла).

Можно, например, вначале хорошо охладить бидон с керосином. Затем поместить его в теплое помещение. В помещении в результате конденсации пара бидон покроется капельками воды. По мере нагревания бидона в теплом помещении вода на нем будет испаряться. Так как масса воздуха и паров бензина в верхней части его значительно меньше массы керосина, находящегося в нижней части бидона, то при нагревании бидона в тёплом помещении испарение будет происходить быстрее с верхней части его. В результате в какой-то момент времени можно будет наблюдать резкую границу между сухой поверхностью бидона и частью его, еще покрытой капельками воды. Эта граница и укажет на уровень керосина в бидоне.

Задание № 6 (5 баллов).

Н	$V_{\text{сп}1}/V_{\text{сп}2}$
Д	$t_1 = 1 \text{ ч}$ $t_2 = 2 \text{ ч}$ $t_3 = 3 \text{ ч}$ $S_1 = S_2 = S_3 = S/3$

Решение
Весь пройденный черепахой путь разделен на равные участки пути $S_1 = S_2 = S_3 = S/3$
Выразим длину каждого участка через соответствующие скорость и время:

$$V_1 \cdot t_1 = V_2 \cdot t_2 = V_3 \cdot t_3$$

Находим соотношения между скоростями на отдельных участках пути

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{t_2}{t_1} = \frac{2\text{ч}}{1\text{ч}} = 2 \quad \frac{V_1}{V_3} = \frac{t_3}{t_1} = \frac{3\text{ч}}{1\text{ч}} = 3 \quad V_1 = 2V_2 = 3V_3$$

Половинки среднего участка пути пройдены за равные промежутки времени длительностью по $t_2/2$.

Средняя скорость на первой половине пути равна

$$V_{\text{ср1}} = \frac{S + S/2}{t_1 + t_2/2} = \frac{V_1 t_1 + V_2 t_2/2}{t_1 + t_2/2} = \frac{2V_2 t_1 + V_2 t_2/2}{t_1 + t_2/2} = \frac{3V_2}{2}$$

Средняя скорость на второй половине пути равна

$$V_{\text{ср2}} = \frac{S + S/2}{t_3 + t_2/2} = \frac{V_3 t_3 + V_2 t_2/2}{t_3 + t_2/2} = \frac{2/3 V_2 t_3 + V_2 t_2/2}{t_3 + t_2/2} = \frac{3V_2}{4}$$

Отношение скоростей на первой и второй половинах пути равно:

$$\frac{V_{\text{ср1}}}{V_{\text{ср2}}} = \frac{3V_1/4}{3V_2/2} = 2 \quad \text{или} \quad V_{\text{ср1}} = 2V_{\text{ср2}}$$

Ответ: $V_{\text{ср1}} = 2V_{\text{ср2}}$

Задание № 7 (5 баллов).

Н	$m_{\text{ж}}, m_{\text{ал}}$	Решение
Д	$V_{\text{ж}} = V_{\text{ал}}$ $m_{\text{ж}} = m_{\text{ал}} + 12,75 \text{ кг}$ $\rho_{\text{ж}} = 7800 \text{ кг/м}^3$ $\rho_{\text{ал}} = 2700 \text{ кг/м}^3$	Объём железа равен: $V_{\text{ж}} = \frac{m_{\text{ж}}}{\rho_{\text{ж}}}$ $V_{\text{ал}} = \frac{m_{\text{ал}}}{\rho_{\text{ж}}}$, так как $V_{\text{ж}} = V_{\text{ал}}$, то $\frac{m_{\text{ж}}}{\rho_{\text{ж}}} = \frac{m_{\text{ал}}}{\rho_{\text{ж}}}$, отсюда

$m_{\text{ж}} \cdot \rho_{\text{ал}} = m_{\text{ал}} \cdot \rho_{\text{ж}}$ или $(m_{\text{ал}} + 12,75) \cdot \rho_{\text{ал}} = m_{\text{ал}} \cdot \rho_{\text{ж}}$, т.е. $m_{\text{ал}} \rho_{\text{ал}} + 12,75 \cdot \rho_{\text{ал}} = m_{\text{ал}} \cdot \rho_{\text{ж}}$
 $m_{\text{ал}} \rho_{\text{ал}} - m_{\text{ал}} \cdot \rho_{\text{ж}} = -12,75 \cdot \rho_{\text{ал}}$. Вынесем $m_{\text{ал}}$ за скобки и вычислим.

$m_{\text{ал}} (\rho_{\text{ж}} - \rho_{\text{ал}}) = 12,75 \rho_{\text{ал}}$, $m_{\text{ал}} = \frac{12,75 \cdot \rho_{\text{ал}}}{\rho_{\text{ж}} - \rho_{\text{ал}}}$. Подставим численные значения,
 получим $m_{\text{ал}} = \frac{12,75 \text{ кг} \cdot 2700 \text{ кг/м}^3}{(7800 - 2700) \text{ кг/м}^3} \approx 6,4 \text{ кг}$,

тогда масса железа равна: $m_{\text{ж}} = 6,4 \text{ кг} + 12,75 \text{ кг} = 19,15 \text{ кг}$

Ответ: $m_{\text{ж}} = 19,15 \text{ кг}$; $m_{\text{ал}} = 6,4 \text{ кг}$

Задание № 8 (3 балла).

Н	$V_{\text{Н}}, V_{\text{М}}$	Решение
Д	$S_{\text{Н}} = 60 \text{ м}$ $S_{\text{М}} = 2300 \text{ дюйм}$ $t = 10 \text{ с}$	$1 \text{ дюйм} = 254 \cdot 10^{-4} \text{ м}$. Скорость Николая: $V_{\text{Н}} = \frac{S_{\text{Н}}}{t}$, скорость Майкла: $V_{\text{М}} = \frac{S_{\text{М}}}{t}$,

$$V_{\text{Н}} = \frac{60 \text{ м}}{10 \text{ с}} = 6 \text{ м/с}, \quad V_{\text{М}} = \frac{254 \cdot 10^{-4} \cdot 2300}{10 \text{ с}} = 5,8 \text{ м/с}.$$

Ответ: $V_{\text{Н}} = 6 \text{ м/с}$, $V_{\text{М}} = 5,8 \text{ м/с}$, т.е. $V_{\text{Н}} > V_{\text{М}}$

Задание № 9 (5 баллов).

Н	А
Д	$h = 4 \text{ м}$ $V = 0,6 \text{ м}^3$ $\rho_{\text{к}} = 2500 \text{ кг/м}^3$ $\rho_{\text{в}} = 1000 \text{ кг/м}^3$

Решение

Сделаем схематический рисунок и покажем силы, действующие на камень. Это сила тяги F_T (работу именно этой силы мы будем находить), сила тяжести mg и сила Архимеда F_A .

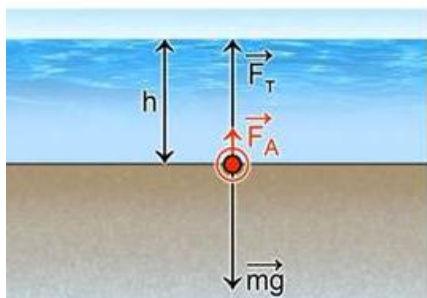


Рис. 1

Кроме того, покажем высоту, на которую сила тяги перемещает камень (рис. 1).

Для нахождения силы тяги воспользуемся условием равновесия тела: если оно неподвижно или движется с постоянной скоростью, то равнодействующая всех сил, приложенных к нему, равна нулю.

Искомая работа равна $A = F_T \cdot h$

Для нахождения силы тяги воспользуемся условием равновесия тела: если оно неподвижно или движется с постоянной скоростью, то равнодействующая всех сил, приложенных к нему, равна нулю.

$$F_T + F_A = mg, \text{ откуда } F_T = mg - F_A$$

Массу камня выразим через плотность камня и его объем, а силу Архимеда – через плотность воды и объем погруженной части камня (он равен объему всего камня).

$$F_T = \rho_{\text{ж}} V \cdot g - \rho_{\text{в}} V \cdot g = V \cdot g \cdot (\rho_{\text{ж}} - \rho_{\text{в}})$$

Подставим силу тяги в формулу для вычисления работы

$$A = V \cdot g \cdot (\rho_{\text{ж}} - \rho_{\text{в}}) \cdot h$$

$$A = 0,6 \text{ м}^3 \cdot 10 \text{ Н/кг} \cdot (2500 - 1000) \text{ кг/м}^3 = 36000 \text{ Дж} = 36 \text{ кДж}$$

Ответ: $A = 36 \text{ кДж}$

Задача № 10 (5 баллов).

Н	Н
Д	$\ell = 3 \text{ м}$ $R = 8 \text{ см} = 0,08 \text{ м}$ $\rho = 725 \text{ кг/м}^3$ $m = 80 \text{ кг}$ $n = 4$

Решение

Наименьшее количество бревен можно подсчитать при предельном положении, которое будет в случае, когда четыре человека встав на плот, погрузят его целиком в воду так, что сами будут только касаться воды.

Условие равновесия в этом случае будет иметь вид

$$(4m + M)g = F_A = \rho_{\text{в}} g V, \quad (1)$$

где V – объем погруженных бревен равен: $V = NV_1 = NSl = N\pi R^2 \ell$,

а M – масса бревна, равная $M = NrV_1 = Nr\pi R^2 \ell$.

Подставим в формулу (1) массу бревен, получим $(4m + Nr\pi R^2 \ell) = \rho_{\text{в}} N\pi R^2 \ell$,

$$\text{откуда } N = \frac{4m}{\pi R^2 \ell (\rho_{\text{в}} - \rho)}$$

Подставим численные значения:

$$N = \frac{4 \cdot 80 \text{ кг}}{3,14 \cdot (0,08)^2 \text{ м}^2 \cdot 3 \text{ м} \cdot (1000 - 725) \text{ кг/м}^3} = 19,3$$

Ответ: наименьшее число бревен должно быть равно 20 ($N = 20$)