

Интеллектуальный марафон школьников города Челябинска по физике.

Очный тур. 2019 год. 8 класс

Задача №1.

Зимой 1798 года баварский военный министр граф Румфорд наблюдал за изготовлением пушек. Он заинтересовался, почему при высверливании канала в пушечном стволе нагреваются и сверло, и ствол? В то время была распространена идея, что при сверлении теплота как некая жидкость (теплород) перетекает из воздуха в сжимающие его металлы. Румфорд же считал, что теплород не существует, а нагревание связано с изменением скорости движения всех частиц металла. Для опровержения идеи перетекания из воздуха в металл теплорода, граф провел следующий опыт.

Бронзовую массивную болванку сверлили плотно притертым тупым стальным сверлом. Сначала заготовку со сверлом поместили в большой калориметр и затем полностью залили ледяной водой так, чтобы исключить доступ воздуха. Считайте, что изначально температура воды, сверла и болванки равна 0°C . Сверло вращалось благодаря передаточному механизму, который приводили в движение две идущие по кругу лошади. На первом этапе за первые полчаса эксперимента температура поднялась с 32 до 104 градусов Фаренгейта. На втором этапе, еще через 2 часа, вода закипела.

Вопрос 1. На сколько градусов Цельсия нагрелась вода за первые полчаса эксперимента, если один градус Фаренгейта соответствует $5/9$ градуса Цельсия?

Вопрос 2. Пренебрегая потерями на теплоотдачу на первом этапе эксперимента, определите, сколько воды в литрах было налито в калориметр. Масса бронзовой болванки 30 кг, масса стального сверла 10 кг. Мощность, развиваемая каждой лошадей, 750 Вт. Считайте, что вся мощность, развиваемая лошадьми идет на нагрев. Удельная теплоемкость воды $c_{\text{в}} = 4200 \text{ Дж}/(\text{кг}^{\circ}\text{C})$, удельная теплоемкость стали $c_{\text{ст}} = 460 \text{ Дж}/(\text{кг}^{\circ}\text{C})$, удельная теплоемкость бронзы $c_{\text{бр}} = 380 \text{ Дж}/(\text{кг}^{\circ}\text{C})$.

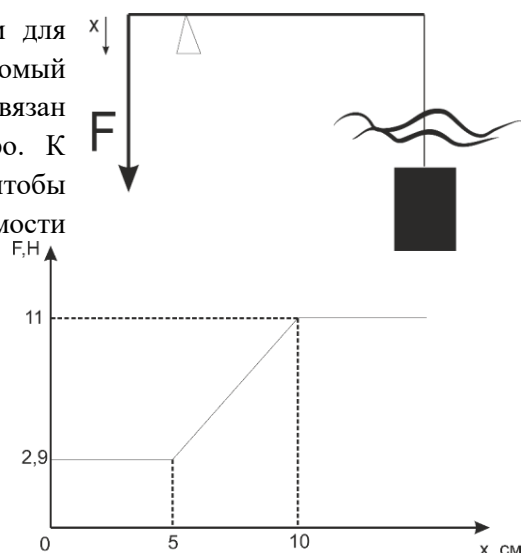
Вопрос 3. Каковы тепловые потери на втором этапе эксперимента? Ответ выразите в МДж и округлите до сотых.

Теплоемкость калориметра и потери на трение в передаточном механизме пренебрежимо малы.

Задача №2

Коренные жители ТайкунСити используют простой механизм для освящения своих предметов. Механизм представляет собой невесомый неравноплечий рычаг, к длинному плечу которого привязан цилиндрический предмет, который опускают в священное озеро. К короткому плечу прикладывают силу F , направленную вниз, такую, чтобы рычаг двигался очень медленно и равномерно. График зависимости прилагаемой силы от перемещения точки приложения этой силы представлен на рисунке $F(x)$. Плотность воды $\rho = 1000 \text{ кг}/\text{м}^3$, площадь поперечного сечения предмета $S = 50 \text{ см}^2$, отношение плеч рычага равно 5:9.

1. Определите работу по подъему груза из первоначального положения до момента полного выхода из жидкости.
2. Определите высоту предмета.
3. Определить плотность материала из которого изготовлен предмет.



Задача №3

С помощью выданного вам оборудования соберите два разных простых механизма, позволяющих поднять выданный вам квадратный груз с крючком на высоту в 10 см. Зарисуйте каждый простой механизм, опишите его параметры. Измерьте силу, которую необходимо приложить для подъема груза с помощью каждого механизма, и определите КПД каждого механизма.

Оборудование: линейка, нитки, скотч, штатив с лапкой, ножницы, шприц, карандаш, динамометр (можно использовать только для измерения силы), груз с крючком.

Возможные решения и критерии оценивания

Задача №1

Разность температур по шкале Фаренгейта 72 градуса. Это соответствует

$$\Delta t_I = 72^\circ\text{F} \times \frac{5^\circ\text{C}}{9^\circ\text{F}} = 40^\circ\text{C}$$

С учетом малых потерь, за первые полчаса вся работа, которую совершили лошади, равна изменению внутренней энергии тел системы «болванка – сверло – вода», то есть количеству теплоты, принятому при нагреве бронзовой болванки, стального сверла и воды

$$A_I = Q_{\text{прин } I}$$

$$P \times \tau_I = (c_{\text{бр}} \times m_{\text{бр}} + c_{\text{ст}} \times m_{\text{ст}} + c_{\text{в}} \times m_{\text{в}}) \times \Delta t_I$$

Откуда

$$m_{\text{в}} = \frac{P \times \tau}{\Delta t \times c_{\text{в}}} - \left(\frac{c_{\text{бр}} \times m_{\text{бр}} + c_{\text{ст}} \times m_{\text{ст}}}{c_{\text{в}}} \right) \text{ и } m_{\text{в}} \approx 12,26 \text{ кг следовательно } V_{\text{в}} \approx 12,26 \text{ л}$$

Общие потери тепла при теплоотдаче за следующие 2 часа эксперимента рассчитаем как разницу совершенной работы и количества теплоты, полученного при нагреве от 40°C до 100°C болванкой, сверлом и водой. Фраза «ледяная вода» означает, что начальная температура воды была 0°C.

$$Q_{\text{потерь } II} = A_{II} - Q_{\text{прин } II}$$

$$Q_{\text{потерь } II} = P \times \tau_{II} - (c_{\text{бр}} \times m_{\text{бр}} + c_{\text{ст}} \times m_{\text{ст}} + c_{\text{в}} \times m_{\text{в}}) \times \Delta t_{II}$$

$$Q_{\text{потерь}} \approx 6,75 \text{ МДж}$$

Критерии оценивания

№	Критерий	Баллы
1	Разность температур по шкале Фаренгейта 72 градуса	1
2	$\Delta t_I = 72^\circ\text{F} \times \frac{5^\circ\text{C}}{9^\circ\text{F}} = 40^\circ\text{C}$	1
3	$A_I = Q_{\text{прин } I}$	1
4	$A_I = P \times \tau_I$, где P это мощность двух лошадей	1
5	$Q_{\text{прин } I} = (c_{\text{бр}} \times m_{\text{бр}} + c_{\text{ст}} \times m_{\text{ст}} + c_{\text{в}} \times m_{\text{в}}) \times \Delta t_I$	2
6	$V_{\text{в}} \approx 12,26 \text{ л}$	1
7	$Q_{\text{потерь } II} = P \times \tau_{II} - (c_{\text{бр}} \times m_{\text{бр}} + c_{\text{ст}} \times m_{\text{ст}} + c_{\text{в}} \times m_{\text{в}}) \times \Delta t_{II}$	2
8	$Q_{\text{потерь}} \approx 6,75 \text{ МДж}$	1

Задача №2.

1. По золотому правилу механики работа по перемещению груза будет точно такой же, как и работа, совершаемая прикладываемой силой **F**. Момент, когда тело полностью вышло из воды, на графике мы можем найти по окончанию изменения силы (10 см).

$$A = F \cdot \Delta x = F_{\text{няг}} \cdot \Delta s$$

Т.к. сила во время подъема менялась, то самый простой вариант - это посчитать площадь под графиком:

$$A = 2,9 * 0,1 + (11-2,9) * 0,05 / 2 = 0,4925 \text{ Дж}$$

2. В начальный момент времени, когда тело полностью погружено в жидкость выполняется равенство сил:

$$F_{\text{тяж}} = F_{\text{арх}} + F_{\text{нят}}$$

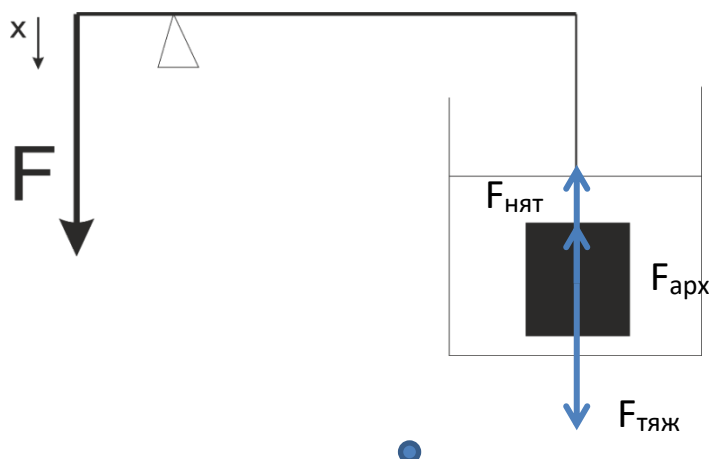
(Сила тяжести уравнивается силой Архимеда и силой натяжения нити)

Распишем каждую силу:

$$Mg = \rho g V + F_{\text{нят}}$$

$$V = S * h$$

$$h = (Mg - F_{\text{нят}}) / \rho g S$$



Сила натяжения нити связана с прикладываемой силой через равенство моментов:

$$F * l_1 = F_{\text{нят}} * l_2$$

$$F_{\text{нят}} / F = l_1 / l_2$$

По графику можно определить, что в момент перемещения с 0 до 5 см, сила была неизменна, а значит тело было полностью погружено в жидкость. Сила натяжения в этот момент равна:

$$F_{\text{нят}} = F_1 * l_1 / l_2 \text{ (где } F_1 = 2,9 \text{ Н)} = 1,61 \text{ Н}$$

С момента перемещения 10 см и далее, сила вновь перестала изменяться, а значит, тело уже вытащили из воды, и сила натяжения нити будет компенсироваться только силой тяжести:

$$Mg = F_2 * l_1 / l_2 \text{ (где } F_2 = 11 \text{ Н)} = 6,11 \text{ Н}$$

$$h = (6,11 - 1,61) / (1000 \text{ кг/м}^3 * 10 \text{ Н/кг} * 50 * 10^{-4} \text{ м}^2) = 0,09 \text{ м} = 9 \text{ см};$$

3.

$$\rho = m/V = 0,611 / 4,5 * 10^{-4} = 1358 \text{ кг/м}^3$$

Разбалловка:

№	Пункт	Баллы
1	Указание золотого правила механики (равенство работ)	1
2	Указание на метод расчёта работы (площадь под графиком или использование средней силы)	1
3	Получено верное значение работы $A = 0,4925 \text{ Дж}$	1
4	Составлено уравнение равновесия для тела в жидкости	1
5	Получено соотношение силы натяжения и прикладываемой силы через моменты сил	2
6	Найдена сила тяжести $Mg = 6,11 \text{ Н}$	0.5
7	Найдена сила натяжения $F_{\text{нят}} = 1,61 \text{ Н}$	0.5
8	Найдено численное значение высоты предмета $h = 0,09 \text{ м} = 9 \text{ см};$	1

9	Написано формула плотности	1
10	Получено значение плотности 1358 кг/м³	1

Задача №3

Вариант 1. Наклонная плоскость.

Наклонную плоскость можно изготовить из линейки, оперев ее вторым концом на лапку, зажатую в штативе и закрепив с помощью скотча.

В этом случае для подъема тела к нему необходимо прикладывать силу вдоль линейки равную $F = 0,35$ Н.

Длина линейки $L = 0,4$ м. Затраченная работа $A_{затр} = FL = 0,14$ Дж.

Полезная работа заключается в подъеме груза на 10 см. $A_{пол} = mg \cdot 0,1\text{м} = 0,1$ Дж.

$$\text{КПД} = \frac{A_{пол}}{A_{затр}} = 0,71 = 71\%$$

Вариант 2. Рычаг.

Рычаг можно изготовить из линейки, подвесив ее на нити к штативу. К одному концу линейки подвешиваем груз, а к другому прикладываем силу с помощью динамометра. Значение силы зависит от выбора плеч рычага. Можно взять плечи 1:1, тогда приложенная сила равна силе тяжести груза. В любом случае вне зависимости от соотношения плеч работа затраченная на подъем груза будет равна работе полезной и КПД составит 100%.

Вариант 3. Неподвижный блок.

Неподвижный блок можно изготовить из шприца, зажатого в лапке. Перекинув веревку через шприц, к одному концу веревки привяжем груз, а за второй будем тянуть. В зависимости от направления приложения силы (например, вертикально вниз или горизонтально) величина силы будет варьироваться.

Если тянуть вниз, то сила равна $F = 1,25$ Н.

Пройденный путь такой же, как и высота на которую поднимается тело, поэтому КПД равен $\frac{mg}{F} = 0,8 = 80\%$.

Критерии оценивания

№	Критерий	Баллы
1	Идея простого механизма №1	1
2	Описание простого механизма №1 и его параметров	2
3	Измерение силы для механизма №1	1
4	Расчет КПД для механизма №1	1
5	Идея простого механизма №2	1
6	Описание простого механизма №2 и его параметров	2
7	Измерение силы для механизма №2	1
8	Расчет КПД для механизма №2	1