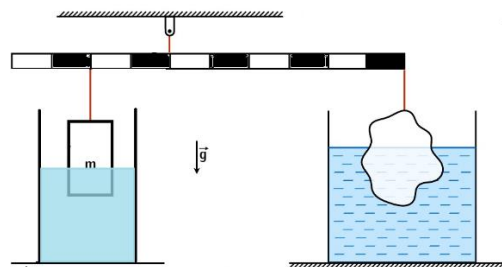


**Интеллектуальный марафон школьников по физике.**  
**Финальный этап. 2021 год.**  
**8 класс**

Уважаемые восьмиклассники, хотим обратить ваше внимание на то, что в финальном туре требуется не только получить ответы на поставленные в задачах вопросы. Для получения баллов за задания необходимо написать полное решение, содержащее поясняющие рисунки (при необходимости), исходные уравнения, рассуждения, вывод необходимых формул и расчеты.

**Задание №1**

На однородном рычаге массой  $M$  висят цилиндр массой  $m$  и плотностью  $\rho > \rho_0$  и кусок льда так, как показано на рисунке. Цилиндр погружен в воду на  $1/3$  объема, а система находится в равновесии. Затем лед растаял, и система перешла в новое состояние равновесия. Плотность воды  $\rho_0$ .



- 1) Определите силу натяжения нити, на которой висит цилиндр до начала таяния льда.
- 2) Определите силу натяжения нити, удерживающей кусок льда до начала его таяния.
- 3) Как и на сколько изменится уровень воды в сосуде, где растаял лед? Площадь дна сосуда  $S$ .

**Возможное решение**

**Вопрос №1**

$$T + F_{\text{Арх}} = mg, \text{ откуда } T = mg - \frac{\rho_0 g V}{3} = mg - \frac{\rho_0 g m}{3\rho} = mg \frac{3\rho - \rho_0}{3\rho}$$

**Вопрос №2**

Записано правило моментов относительно точки, где привязана верхняя нить к рычагу

$$T \cdot 2L = Mg \cdot L + T_1 \cdot 6L$$

$$T_1 = \frac{2T - Mg}{6} = g \left( \frac{m(3\rho - \rho_0)}{9\rho} - \frac{M}{6} \right)$$

**Вопрос №3**

Пусть  $M_c$  – масса содержимое сосуда вместе с льдом без нити. В результате таяния льда эта величина не изменяется, так как вся талая вода стекает в сосуд. Представим воду в сосуде и плавающий в ней лед, как единое тело. На него действуют три силы: сила тяжести, сила натяжения нити и сила давления со стороны дна сосуда. Запишем условие равновесия для этого тела до таяния льда:  $M_c g = \rho_0 g h S + T_1$ , после того как весь лед растает условие равновесия станет следующим:  $M_c g = \rho_0 g (h + \Delta h) S$ .

Вычтя из второго уравнения первое получим:  $0 = \rho_0 h \Delta h - T_1$ , откуда получим  $\Delta h = \frac{T_1}{\rho_0 g S} = \frac{1}{\rho_0 S} \left( \frac{m(3\rho - \rho_0)}{9\rho} - \frac{M}{6} \right)$ .

**Критерии оценивания**

Вопрос №1 – 3 балла

Условие равновесия + закон Архимеда + конечная формула = 1+1+1

Вопрос №2 – 3 балла

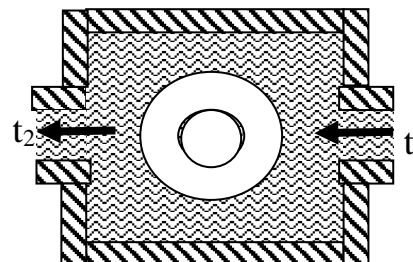
Записано уравнение моментов + верно учтен момент силы тяжести рычага + верный ответ = 1+1+1

Вопрос №3 – 4 балла

Верные исходные уравнения + верный ответ = 3+1

**Задание №2**

15 апреля 1856 года в Канаде был сооружен первый паровоз «Торонто». Развитие железнодорожного транспорта во второй половине девятнадцатого века привело к развитию технологий изготовления металлических деталей. Например, для того, чтобы при изготовлении колёс поездов в них не образовывались пустоты, которые сильно снижают прочность изделия, необходимо, чтобы кристаллизация будущего колеса, а затем и его остывание происходило с определённой скоростью.



Для этого можно применять следующую установку. В форму, которая хорошо отводит тепло, заливают расплавленный металл. Затем эту форму помещают внутрь теплоизолированной камеры, через которую пропускают с постоянной скоростью воду.

Будем считать, что нам известны следующие величины: масса будущей детали  $m = 1,5$  т; удельная теплота плавления металла  $\lambda_m = 75,6$  кДж/кг; температура воды на входе в камеру -  $t_1 = 20$  °С; на выходе -  $t_2 = 70$  °С; массовый расход воды (объем воды, протекающий через камеру в единицу времени)  $\mu = 2,25$  л/мин; удельная теплоёмкость воды  $c_v = 4,2$  кДж/(кг°С); удельная теплоёмкость металла  $c_m = 500$  Дж/(кг°С); плотность воды  $\rho = 1000$  кг/м<sup>3</sup>.

1. Определите, за сколько часов закончится процесс кристаллизации будущей детали, если считать, что в камеру металл попадает при температуре кристаллизации?

2. С какой скоростью (°С/мин) будет остывать деталь сразу после окончания кристаллизации?

3. Сколько литров воды необходимо пропустить через камеру, чтобы остудить уже твердую заготовку от температуры кристаллизации 300 °С до 20 °С?

### Возможное решение

#### Вопрос №1

Всё количество теплоты  $Q_1$ , которое выделится при остывании детали пойдёт на нагревание некоторого объёма воды  $V_n$  от  $t_1$  до  $t_2$ . Тогда можно записать уравнение теплового баланса:

$$Q_1 + Q_2 = 0.$$

Раскрывая это уравнение, и перенеся второе слагаемое в правую часть равенства, получим:

$$\lambda m = c_v \rho_v V_n (t_2 - t_1)$$

Если из этой формулы выразить объём воды  $V_n$  и разделить его на массовый расход воды  $\mu$ , то получим время, которое необходимо для кристаллизации детали.

$$\tau_1 = \frac{\lambda m}{\mu c_v \rho_v (t_2 - t_1)} = 240 \text{ мин} = 4 \text{ ч}$$

#### Вопрос №2

После окончания кристаллизации начнётся процесс остывания детали. Количество теплоты, отданное деталью при остывании на  $\Delta t$  за некоторый промежуток времени  $\Delta \tau$  идёт на нагревание воды объёмом  $V_1 = \mu \Delta \tau$  от  $t_1$  до  $t_2$ . Снова запишем уравнение теплового баланса.

$$c_m m \Delta t = c_v \rho_v \mu \Delta \tau (t_2 - t_1)$$

$$\text{Искомая скорость остывания детали } v = \frac{\Delta t}{\Delta \tau} = \frac{c_v \rho_v \mu (t_2 - t_1)}{c_m m} = 0,63 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{мин}$$

#### Вопрос №3

Всё количество теплоты, которое выделится при остывании детали от температуры кристаллизации 300 °С до 20 °С пойдёт на нагревание воды объёмом  $V_2$  от  $t_1$  до  $t_2$ .

Записываем снова уравнение теплового баланса и выражаем необходимый объём воды.

$$V_2 = \frac{c_m m (t_{кр} - t_1)}{c_v \rho_v (t_2 - t_1)} = 1 \text{ м}^3 = 1000 \text{ л}$$

Второй вариант ответа на этот вопрос:

Необходимый объём воды можно найти, если массовый расход воды  $\mu$  умножить на время остывания  $\Delta \tau_2$ . Время остывания можно найти как отношение изменения температуры детали на скорость остывания. Тогда получим итоговую формулу:  $V_2 = \frac{t_{кр} - t_1}{v} \mu = 1000 \text{ л}$

### Критерии оценивания

#### Вопрос №1 – 3 балла

Запись уравнения теплового баланса – 1 балл

Конечная формула – 1 балл

Ответ – 1 балл

#### Вопрос №2 – 4 балла

Запись уравнения теплового баланса для некоторого промежутка времени – 2 балла

Конечная формула – 1 балл

Ответ – 1 балл

#### Вопрос №3 – 3 балла

Обоснование способа, которым будет найден ответ на вопрос – 1 балл

Конечная формула – 1 балл

Ответ – 1 балл

### Задание №3

Вопрос кого считать изобретателем велосипеда вызывает много споров. По одной из версий первым нарисовал чертеж велосипеда еще Леонардо да Винчи. По крайней мере на обороте одного из листов с подлинными чертежами ученого был обнаружен набросок вполне современного по нашим меркам велосипеда. Отметим, что существуют достаточно веские основания считать, что рисунок появился на листе сильно позже и не принадлежит руке да Винчи.

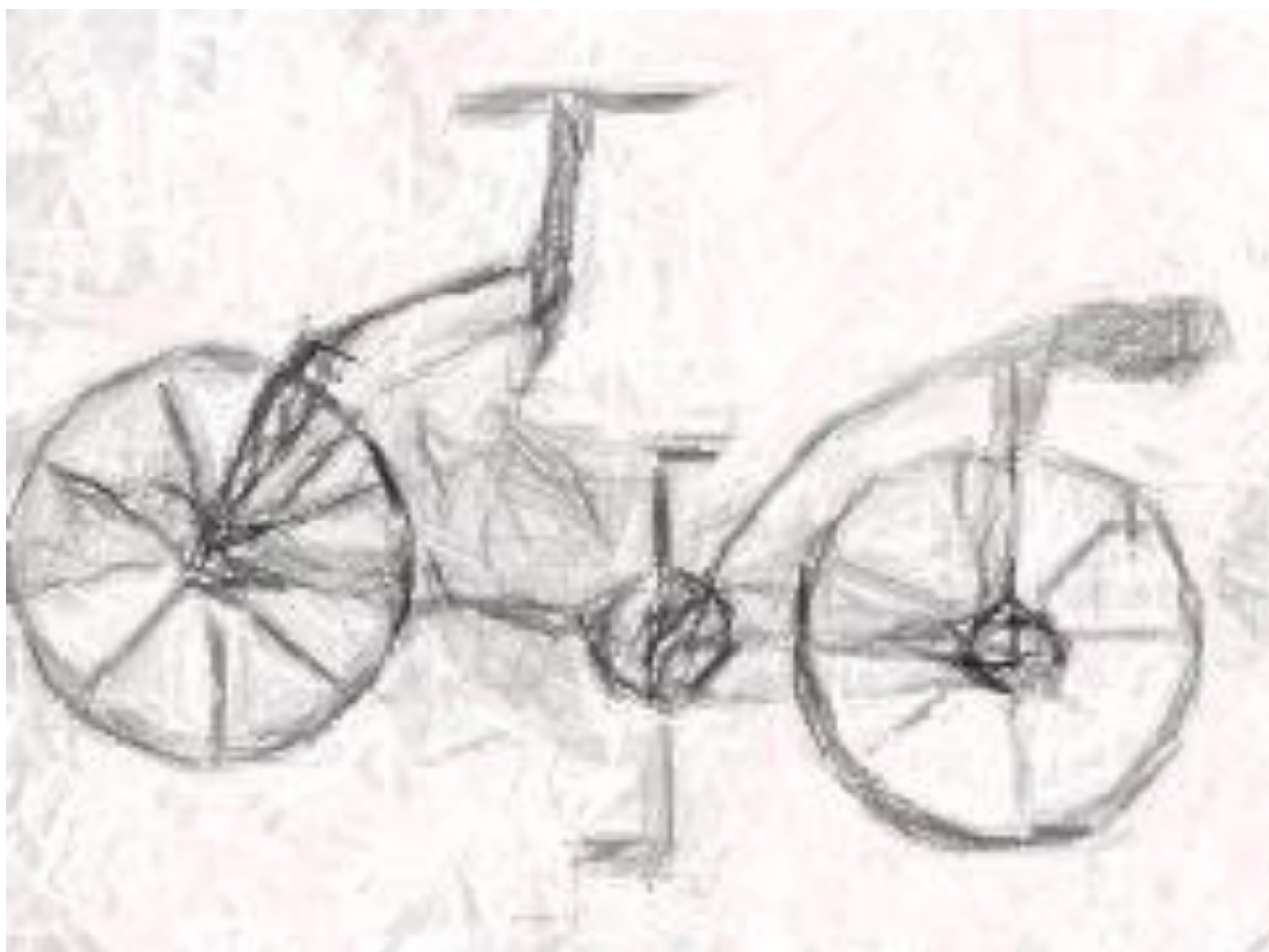
И тем не менее, давайте рассчитаем конструкцию этого велосипеда. Будем считать, что диаметр колеса велосипеда равен 50 см, а весь рисунок выполнен в масштабе и вы можете взять из него нужные вам размеры. (Для решения задачи вам совершенно точно потребуются линейка).

1. С какой силой будет натягиваться велосипедная цепь, если давить ногой на **горизонтально** расположенную велосипедную педаль с вертикальной силой в 300 Н? (На рисунке педали расположены вертикально).

2. Сколько оборотов вокруг своей оси сделает задняя звездочка (соосная с задним колесом), если переднюю звездочку повернуть вокруг своей оси 20 раз?

3. На какое расстояние переместится велосипед за 20 оборотов передней звездочки?

4. С какой силой будет действовать заднее колесо на поверхность земли в горизонтальном направлении, если при разгоне давить ногой на велосипедную педаль так, чтобы цепь была натянута с силой в 300Н?



### Возможное решение

#### Вопрос №1

Из равенства моментов сил произведение силы давления на педаль на длину педали равно произведению силы натяжения цепи на радиус передней звездочки, отсюда  $T = F \frac{L_{\text{педали}}}{R_{\text{пер}}} = 300 \frac{3 \text{ см}}{1 \text{ см}} = 900 \text{ Н}$ .

#### Вопрос №2

При одном обороте передней звездочки цепь протягивается на расстояние, равное длине окружности передней звездочки. Малая звездочка при этом должна повернуться на такое число оборотов, чтобы с нее «смотался» кусок цепи такой же длины. Тогда отношение числа оборотов звездочек равно отношению длин их окружностей равно отношению их радиусов. Из рисунка отношение радиусов равно  $1/0,6=1,67$ . Тогда за 20 оборотов передней звездочки задняя совершит  $20 \cdot 1,67 = 33,3$  оборота.

### Вопрос №3

По условию диаметр колеса равен 0,5 м, тогда длина его окружности равна  $\pi \cdot 0,5 \text{ м} = 1,57 \text{ м}$ , так как маленькая звездочка совершит 33,3 оборота, то колесо пройдет расстояние равное  $33,3 \cdot 1,57 = 52 \text{ м}$ .

### Вопрос №4

Рассмотрим равенство моментов сил для заднего колеса. Сила натяжения цепи, умноженная на радиус задней звездочки должна равняться силе, действующей на колесо, умноженной на радиус колеса. Отношение радиусов найдем из картинки  $F_{\text{кол}} = T \frac{R_{\text{зад}}}{R_{\text{колеса}}} = 900 \frac{0,6}{2,8} = 193 \text{ Н}$ .

### Критерии оценивания

Вопрос №1 – 2 балла

Равенство моментов + число = 1+1

Вопрос №2 – 2 балла

Верные уравнения + число = 1+1

Вопрос №3 – 2 балла

Верная формула + число = 1+1

Вопрос №4 - 4 балла

Верные формулы + число = 2+2