

Всероссийская олимпиада школьников по физике

2021 - 2022 учебный год

Муниципальный этап

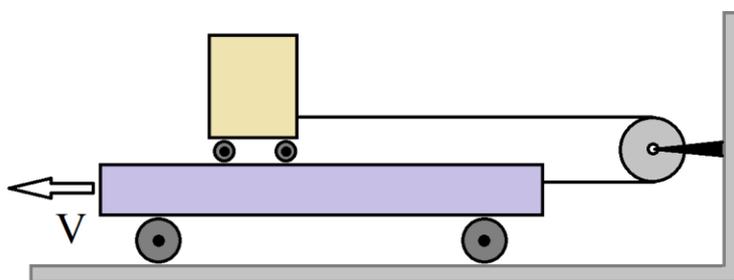
Свердловская область

8 класс, вариант 801

## ВОЗМОЖНЫЕ РЕШЕНИЯ и КРИТЕРИИ ПРОВЕРКИ

### 1. Тележки

1.1. На большой тележке размещена малая тележка, к большой тележке

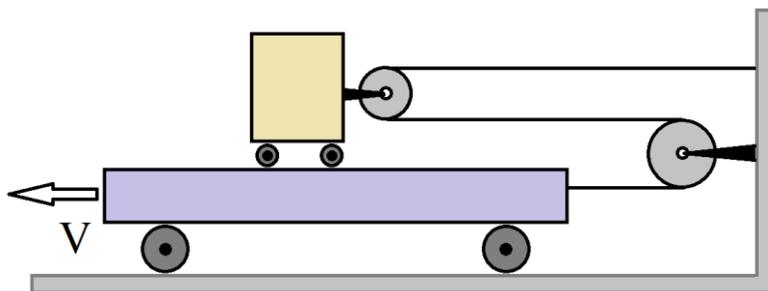


прикреплен блок с перекинутой нитью, один конец которой привязан к ней, а второй к малой тележке. Большая тележка равномерно движется

влево со скоростью  $V$ . Определить скорость малой тележки относительно земли и относительно наблюдателя, стоящего на большой тележке.

1.2. На большой тележке размещена малая тележка, к которой прикреплен блок с перекинутой через него нитью, к большой тележке также прикреплен блок с

перекинутой нитью, один конец которой привязан к ней, а второй к неподвижной стенке (см. рисунок справа).



Большая тележка равномерно

движется влево со скоростью  $V$ . Определить скорость верхней тележки относительно земли и относительно наблюдателя, стоящего на большой тележке.

Считать, что все нити нерастяжимы, трение отсутствует.

### ВОЗМОЖНОЕ РЕШЕНИЕ:

1.1. Если большая тележка сместится влево на  $\Delta x$ , то малая тележка сместится вправо на такое же расстояние, так как они связаны нерастяжимой нитью.

Поэтому относительно земли (неподвижного наблюдателя) верхняя тележка

движется вправо со скоростью  $V$ . Скорость тележки относительно наблюдателя, связанного с большой тележкой, равна  $2V$  и также направлена вправо.

1.2. Если большая тележка сместится влево на  $\Delta x$ , то малая тележка сместится вправо на  $\Delta x/2$ . Поэтому относительно земли (неподвижного наблюдателя) верхняя тележка движется вправо со скоростью  $V/2$ . Скорость тележки относительно наблюдателя, связанного с большой тележкой, равна  $V + V/2 = 3V/2$  и также направлена вправо.

**Критерии проверки:**

1	<p>Первый случай (1.1):</p> <p><i>определена скорость верхней тележки относительно земли</i></p> <p><i>определена скорость малой тележки относительно большой</i></p> <p><i>есть пояснение – нить нерастяжима</i></p>	<p>До 3 баллов</p> <p><i>1 балл</i></p> <p><i>1 балл</i></p> <p><i>1 балл</i></p>
2	<p>Второй случай (1.2.):</p> <p><i>Найдена скорость верхней тележки относительно земли</i></p> <p><i>Есть обоснование того, что скорость верхней тележки относительно земли в два раза меньше скорости нижней тележки</i></p> <p><i>Найдена скорость верхней тележки относительно наблюдателя, связанного в нижней тележкой</i></p>	<p>До 7 баллов</p> <p><i>2 балла</i></p> <p><i>2 балла</i></p> <p><i>3 балла</i></p>

## 2. Заполним полость!

Тело с полостью внутри плавает в воде, погрузившись на половину своего объема. Если полость полностью залить водой, то над водой будет выступать 1/8 объема.

Обозначим  $V$  – объем вещества тела,  $V_0$  – объем полости.

Определить отношение  $V/V_0$ .

Чему равна плотность вещества  $\rho$ , из которого изготовлено тело?

Какова должна быть плотность жидкости  $\rho_1$ , которой нужно будет полностью заполнить полость, чтобы тело утонуло в воде?

Плотность воды считать известной и равной  $\rho_в = 1000 \text{ кг/м}^3$ .

### ВОЗМОЖНОЕ РЕШЕНИЕ:

Рассмотрим первый случай – тело с пустой полостью плавает в воду, погрузившись наполовину. Определим силу тяжести и силу Архимеда, действующие на тело, запишем их равенство, получим

$$\rho g V = \frac{1}{2} \rho_в g (V + V_0).$$

Из записанного соотношения выразим объем вещества  $V$

$$V = \frac{\rho_в V_0}{2\rho - \rho_в}.$$

Из записанного соотношения определяем отношение  $V/V_0$

$$\frac{V}{V_0} = \frac{\rho_в}{2\rho - \rho_в}.$$

Рассмотрим плавание тела при заполнении полости водой. Равенство сил тяжести и Архимеда даёт уравнение

$$\rho g V + \rho_в g V_0 = \frac{7}{8} \rho_в g (V + V_0).$$

Подставив в данное выражение объем  $V$  и проведя небольшие математические преобразования, получим значение плотности

$$\rho = \frac{8}{10} \rho_в;$$

$$\rho = 800 \text{ кг/м}^3.$$

Чтобы тело утонуло при заполнении полости жидкости плотности  $\rho_1$ , необходимо, чтобы выполнялось условие

$$\rho gV + \rho_1 gV_0 \geq \rho_B g(V + V_0).$$

Определим значение  $\rho_1$ , при котором выполняется неравенство

$$\rho_1 \geq \frac{8}{3}\rho_B - \frac{5}{3}\rho;$$

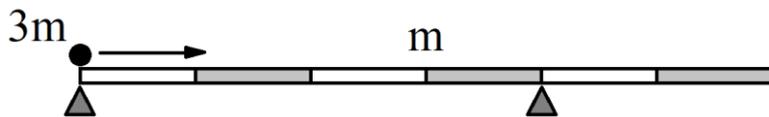
$$\rho_1 \geq \frac{4000}{3} = 1333 \text{ кг/м}^3.$$

### Критерии проверки:

1	Записано условие плавания тела с пустой полостью	1 балл
2	Записано условие плавания тела с полостью, заполненной водой	1 балл
3	Найдено отношение $V/V_0$	1 балл
3	Проведены математические преобразования, которые приводят к ответу для $\rho$	1 балл
4	Записан правильный ответ для $\rho$	1 балл
5	Записано условие того, что тело тонет при заполнении полости жидкостью <i>если записано равенство, то ставится 1 балл</i>	до 2 баллов  <i>1 балл</i>
6	Математические преобразования, направленные на нахождение $\rho_1$	до 2 баллов
7	Получен ответ для $\rho_1$	1 балл

### 3. Рычаг-перевертыш

На двух опорах горизонтально покоится стержень массой  $m$ . По стержню



перемещается тело массы  $3m$  в указанном направлении. Где

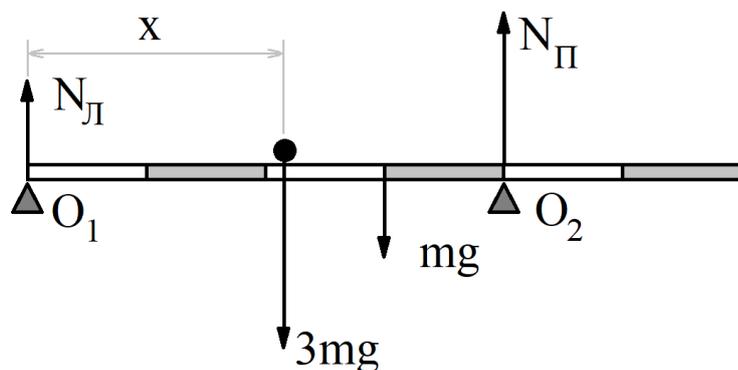
будет находиться тело, когда рычаг начнёт наклоняться?

#### ВОЗМОЖНОЕ РЕШЕНИЕ:

Обозначим длину рычага  $6a$ .

Пусть тело находится на расстоянии  $x$  от левого конца.

Расставим силы, действующие на систему, запишем условие равновесия



$$N_{\text{Л}} + N_{\text{П}} = (m + 3m)g;$$

и правило моментов относительно оси, проходящей через левый край стержня (точка  $O_1$ )

$$3mgx + mg3a = N_{\text{П}}4a.$$

Из записанных выражений находим силы реакций

$$N_{\text{П}} = \frac{3}{4}mg \left(1 + \frac{x}{a}\right),$$

$$N_{\text{Л}} = \frac{mg}{4} \left(13 - \frac{3x}{a}\right).$$

Видим, что при движении тела сила реакции правой опоры  $N_{\text{П}}$  увеличивается, а левой  $N_{\text{Л}}$  – уменьшается.

Рычаг начнёт наклоняться, когда сила реакции левой опоры станет равной нулю, тогда

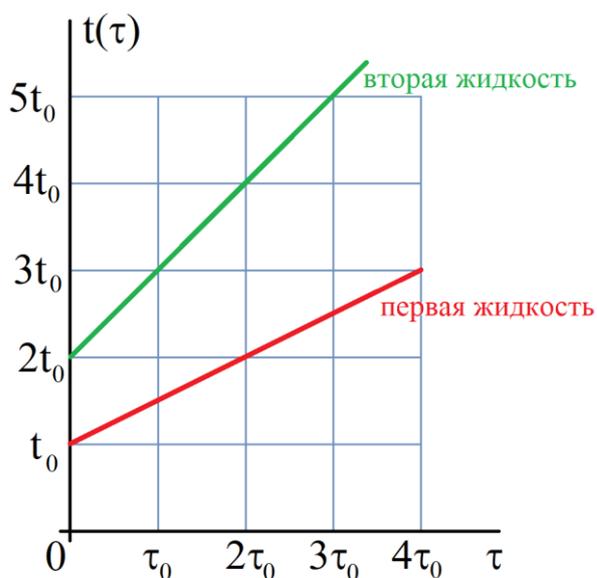
$$N_{\text{Л}} = \frac{mg}{4} \left(13 - \frac{3x_0}{a}\right) = 0.$$

Решая уравнение, находим расстояние  $x_0$

$$x_0 = \frac{13a}{3}.$$

**Критерии проверки:**

1	Сделан рисунок, правильно указаны все силы (направления, точки приложения), <i>по 0,5 балла за каждую</i>	До 2 баллов
2	Записано уравнение $N_{\text{Л}} + N_{\text{П}} = (m + 3m)g$	1 балл
3	Записано правило моментов $3mgx + mg3a = N_{\text{П}}4a.$ <i>Если в правиле моментов нет либо плеча, либо ускорения силы тяжести, то ставить только 0,5 балла</i>	До 2 баллов  0,5 балла
4	Указание на то, что левая реакция должна быть 0	1 балл
5	Найдено нужное расстояние	3 балл
6	Записан ответ	1 балл



#### 4. Нагревание

В сосуд с теплонепроницаемыми стенками и смонтированным нагревателем поместили жидкость некоторой массы и стали ее нагревать. График зависимости температуры от времени приведен на рисунке. Затем, вылив первую жидкость, в сосуд поместили такую же массу второй жидкости с другой начальной температурой и также сняли зависимость ее температуры от времени. Этот график также приведен на рисунке. Используя данные, определите отношение удельных теплоёмкостей этих жидкостей.

Затем в этот же пустой сосуд наливают первую жидкость первоначальной массы и вторую жидкость, масса которой в три раза превышает первоначальную. Начальные температуры смешиваемых жидкостей одинаковы и равны  $t_0$ . За сколько времени температура увеличится в 4 раза? Построить график нагревания данной смеси в том же масштабе, который указан на исходном графике. График

следует перерисовать в задание, длительность рассматриваемого промежутка времени (длина оси времени) может быть увеличена в случае необходимости. Считать, что нагреватель всегда отдает одинаковое количество теплоты в единицу времени.

### **ВОЗМОЖНОЕ РЕШЕНИЕ:**

Проанализировав график, получим, что при нагревании первой жидкости за промежуток времени  $4\tau_0$  жидкость нагреется на  $2t_0$ . Поэтому

$$q \cdot 4\tau_0 = c_1 m 2t_0.$$

Вторая жидкость за промежуток времени  $3\tau_0$  нагреется на  $3t_0$ . Поэтому

$$q \cdot 3\tau_0 = c_2 m 3t_0.$$

Здесь  $q$  – количество теплоты, выделяемое нагревателем в единицу времени.

Из записанных соотношений легко установить связь удельных теплоемкостей жидкостей

$$c_1 = 2c_2.$$

Кроме того, определим  $q$

$$q = \frac{c_2 m t_0}{\tau_0}.$$

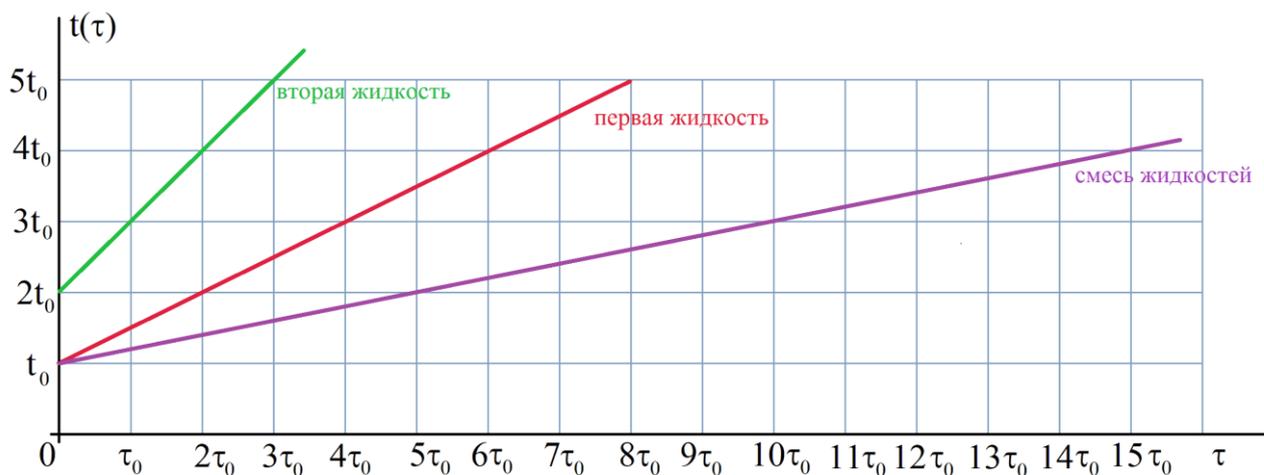
Теперь смешаем  $m$  первой жидкости при температуре  $t_0$  и  $3m$  второй жидкости при той же температуре и будем ее нагревать столько времени  $\tau_x$ , чтобы температура стала  $4t_0$ .

$$q\tau_x = c_1 m(4t_0 - t_0) + c_2 3m(4t_0 - t_0) = 15c_2 m t_0.$$

Используя полученное ранее выражение для  $q$ , получим

$$\tau_x = 15\tau_0.$$

Полученных данных уже достаточно, чтобы построить график. Понятно, что поскольку в единицу времени нагреватель отдает одинаковое количество теплоты, то график будет линейный, две точки мы знаем.



Но можно и аккуратно написать зависимость температуры смеси жидкостей от времени. Пусть  $t$  – температура смеси в момент времени  $\tau$

$$q \cdot \tau = c_1 m(t - t_0) + c_2 3m(t - t_0).$$

Преобразуем выражение, учтя связь теплоемкостей жидкостей и выражение для  $q$ , получим

$$t(\tau) = t_0 + \frac{t_0}{5\tau_0} \cdot \tau.$$

Полученная зависимость – линейная, график – прямая линия. Зависимость температуры смеси от времени представлена на рисунке.

#### Критерии проверки:

1	<p>Определение отношения теплоемкостей</p> <p><i>Выбраны хорошо определяемые точки на графике, они указаны</i></p> <p><i>Точки выбраны плохо</i></p>	<p>До 2 баллов</p> <p>2 балла</p> <p>0,5-1,5 балла в зависимости от результата</p>
2	<p>Получено выражение для <math>q</math> (либо аналогичное, которое используется в дальнейшем и позволяет время измерять в <math>\tau_0</math>)</p>	1 балл
3	<p>Записано уравнение теплового баланса для нагрева смеси</p>	3 балла
4	<p>Найдено время нагрева до <math>4\tau_0</math></p>	2 балла
5	<p>Построен график нагревания смеси</p>	1 балл
6	<p>Объяснена линейность графика</p>	1 балл