Всероссийская олимпиада школьников по физике
2022 - 2023 учебный год
Муниципальный этап
Свердловская область

8 класс

ВОЗМОЖНЫЕ РЕШЕНИЯ и КРИТЕРИИ ПРОВЕРКИ

1.Однажды на стадионе

Спортсмены занимаются бегом на стадионе. Первый пробегает полный круг по стадиону за время t_1 = 1,5 минуты. Если первый и второй спортсмен, стартуя из одной точки, побегут по той же дорожке в разных направлениях, то они встретятся через t = 50 с. Определить, за какое время t_2 второй спортсмен сделает полный круг по той же дорожке. Считать, что скорость движения спортсменов во время бега остаётся постоянной.

ВОЗМОЖНОЕ РЕШЕНИЕ:

Обозначим длину круга стадиона L. Тогда для бега первого спортсмена имеем

$$L = V_1 \cdot t_1. \quad (1)$$

Здесь V_1 – скорость бега первого спортсмена.

Обозначим V_2 – скорость, с которой бежит второй спортсмен. Для их совместного забега в разных направлениях имеем

$$L = (V_1 + V_2) \cdot t. \quad (2)$$

Из записанных выражений найдём связь скоростей спортсменов

$$V_1 \cdot t_1 = (V_1 + V_2) \cdot t;$$

$$V_2 = V_1 \frac{t_1 - t}{t};$$

$$V_2 = \frac{4}{5} V_1.$$

Определим время t_2, за которое второй спортсмен пробегает полный круг

$$L = V_2 \cdot t_2;$$

$$V_1 \cdot t_1 = V_2 \cdot t_2;$$

$$t_2 = \frac{V_1}{V_2} t_1; \;\; t_2 = \frac{5}{4} t_1; \; t_2 = 112{,}5\ c.$$

Критерии проверки:

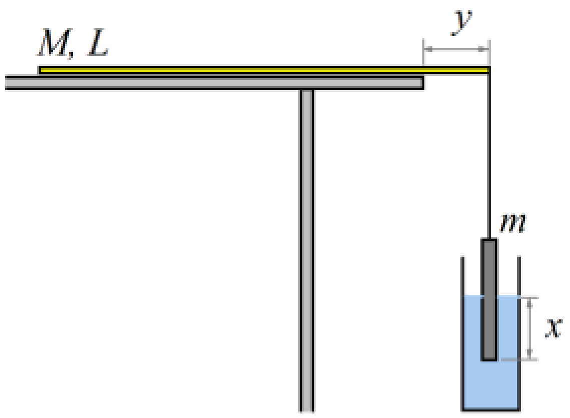
1	Записаны выражения (1) и (2) (по 1 баллу за каждое)	До 2 баллов
2	Установлена связь скоростей спортсменов	До 4 баллов
3	Найдено время t_2 *получен ответ в общем виде* *получен числовой ответ*	4 балла *3* *1*

2.Псевдоэксперимент

Юный экспериментатор проводит эксперименты по гидростатическому взвешиванию. В его распоряжении есть однородная линейка длиной L = 40 см и массой M = 20 г, длинный цилиндрический стакан с водой, стержень массой m и площадью поперечного сечения S, еще одна линейка для измерения глубину

x, мм	y, см
10	7,4
21	7,6
29	7,8
40	7,9
51	8,3
59	8,5
72	8,7

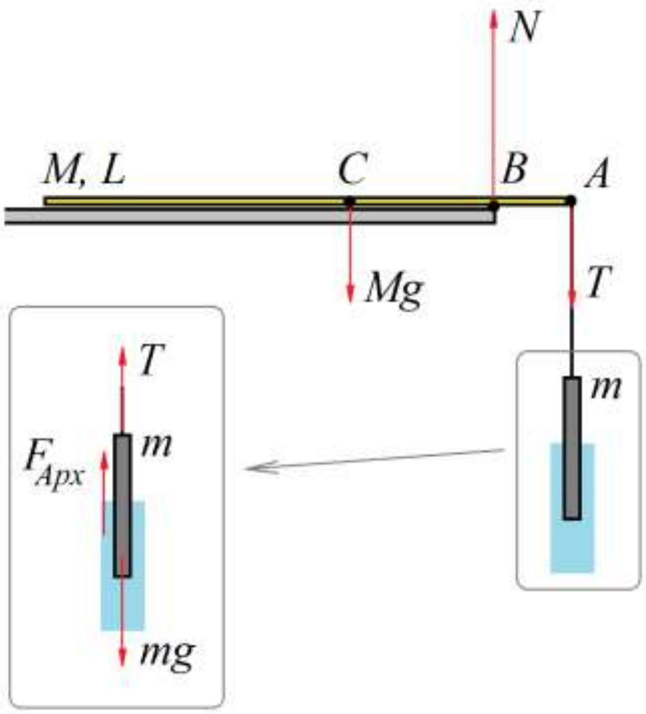
погружения стержня в воду. Он собрал установку, представленную на рисунке, глубина погружения стержня в воду обозначена x. Изменяя длину нити, он перемещает линейку перпендикулярно краю стола, меняя длину выступающей части y, до того положения, пока линейка не начинает переворачиваться и фиксирует максимальное значение y, при котором еще возможно равновесие. Результаты измерений приведены в таблице.



Выполните следующее задание:

- установите зависимость между величинами y и x;
- перепишите полученную формулу таким образом, чтобы при построении экспериментального графика, зависимость была линейной, а, следовательно, график – прямая линия. Таблицу экспериментальных результатов нужно переписать в работу, при этом Вы можете включить в нее дополнительный(ые) столбец (цы), в которые вы впишите значения рассчитанных Вами величин, которые необходимы для линейного графика.
- постройте график в тех координатах, в которых он является линейным. График следует строить только на листе миллиметровой бумаги, который приложен к заданию.
- используя построенный график, определите S и m.

Плотность воды равна $\rho = 1000$ кг/м^3.



ВОЗМОЖНОЕ РЕШЕНИЕ:

Сначала разберёмся с теоретической частью и получим зависимость $y(x)$. Расставим силы, действующие в системе, и запишем условие равновесия стержня и линейки.

На линейку действуют – сила натяжения нити T (приложена к концу линейки), сила реакции опоры N (в том случае, когда длина выступающей части максимальна, она приложена к крайней точке линейки, касающейся поверхности стола – точке B), сила тяжести Mg (приложена к центру масс линейки C, если линейка однородна, то центр масс совпадает с геометрическим центром). Правило моментов

(относительно оси, проходящей через точку B, и перпендикулярной плоскости чертежа)

$$Mg\left(\frac{L}{2}-y\right)=Ty.$$

На стержень действуют: сила тяжести mg, сила натяжения нити T и сила Архимеда $F_{Арх}$. Условие покоя стержня имеет вид:

$$T+F_{\text{Арх}}=mg.$$

Сила Архимеда определяется объёмом погруженной части стержня и равна

$$F_{\text{Арх}}=\rho gSx.$$

Собрав все уравнения вместе, получим

$$Mg\left(\frac{L}{2}-y\right)=(mg-\rho gSx)y.$$

Немного преобразовав полученное уравнение получим

$$(m+M)y=\frac{ML}{2}+\rho Sxy.$$

Поделим полученное выражение на y и преобразуем к виду

$$\frac{1}{y}=\frac{2(m+M)}{ML}-\frac{2\rho S}{ML}x.$$

Из полученного уравнения видим, что величина *1/y* линейно зависит от *x*. Следовательно, чтобы построить линейный график по экспериментальным данным, нужно строить не график зависимости *y(x)*, а график зависимости

$$\frac{1}{y}(x).$$

x, мм	x, м	y, см	y^{-1}, $м^{-1}$
10	0,010	7,4	13,51
21	0,021	7,6	13,16
29	0,029	7,8	12,82
40	0,040	7,9	12,66
51	0,051	8,3	12,05
59	0,059	8,5	11,76
72	0,072	8,7	11,49

В таблицу экспериментальных данных разумно включить еще один столбец – 1/y, кроме того, полезно ещё и x перевести в метры.

По полученной таблице строим график указанной зависимости. Он представлен на рисунке.

Ещё раз обратимся к зависимости

$$\frac{1}{y}=\frac{2(m+M)}{ML}-\frac{2\rho S}{ML}x.$$

Коэффициент при x определяет угловой коэффициент наклона графика, а свободный член – точку пересечения графика с осью 1/y.

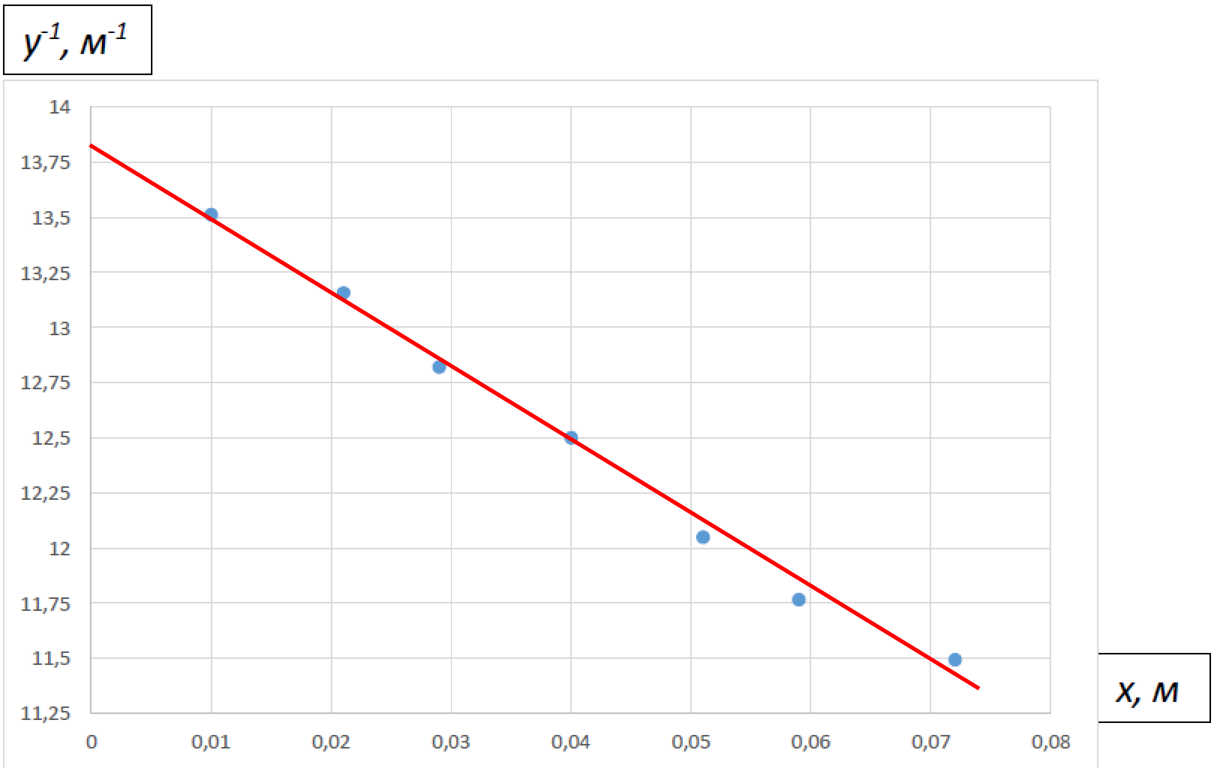
Продолжив график до пересечения с осью 1/y, получим значение примерно b = 13,8 $м^{-1}$. Тогда

$$b=\frac{2(m+M)}{ML}.$$

Все величины в этом выражении кроме m нам известны, следовательно, можно определить массу стержня m

$$m=\frac{bML}{2}-M;$$

$$m=0{,}035\ \text{кг}=35\ \text{г}.$$



Угловой коэффициент наклона графика k равен

$$k = \frac{2\rho S}{ML}.$$

Определяем k по графику, получаем

$$k = \frac{13{,}8 - 11{,}4}{0{,}072} = 33{,}33\ \text{м}^{-2}.$$

Зная k, определяем площадь поперечного сечения стержня

$$S = \frac{kML}{2\rho};$$

$$S = 1{,}33 \cdot 10^{-4}\ \text{м}^2 = 133\ \text{мм}^2.$$

Критерии проверки:

1	Построение теоретической модели - сделан рисунок, указаны все силы - записано правило моментов и условие равновесия тела - получение линейной зависимости *1/y* от *x*	До 4 баллов 1 балл 1 балл 2 балла
2	Построение нужного графика - расчет значения *1/y* в таблице (дополнительный столбец) – график имеет хороший масштаб, занимает большую часть листа (не менее 70%), (0,5 баллов) - оси подписаны и оцифрованы, указаны единицы измерения (0,5 баллов), - точки выставлены в соответствии с таблицей, они различимы (0,5 баллов), - проведена прямая линия (0,5 баллов)	3 балла 1 балла До 2 баллов
3	Определение массы стержня: - значение попадает в диапазон 33 – 37 грамм (1,5 балла) - значение попадает в более широкий диапазон от 30 до 40 г, но находится вне более узкого диапазона, указанного выше (0,5 баллов)	До 1,5 баллов

	Примечание: баллы за этот пункт выставляются только при наличии графика	
4	Определение площади поперечного сечения стержня: - значение попадает в диапазон 110 – 150 кв.мм (1,5 балла) - значение попадает в более широкий диапазон от 90 до 170 кв.мм, но находится вне более узкого диапазона, указанного выше (0,5 баллов) Примечание: баллы за этот пункт выставляются только при наличии графика	1 балл

3.Нагревание

В первом эксперименте некоторая масса воды m в калориметре с нагревателем постоянной мощности нагревается на Δt = 30^{0}С за время τ. При этом начальная температура воды совпадает с комнатной.

Во втором опыте сначала нагревают ту же массу m воды той же начальной температуры, но через промежуток времени $\tau/3$ в калориметр доливают $m/4$ воды комнатной температуры и продолжают нагрев, а ещё через промежуток времени $\tau/3$ мощность нагревателя увеличивают в два раза.

Определите конечную температуру воды во втором эксперименте через время τ после начала нагревания.

ВОЗМОЖНОЕ РЕШЕНИЕ:

Рассмотрим первый эксперимент и запишем для него уравнение теплового баланса

$$c \cdot m \cdot \Delta t = P \cdot \tau. \quad (1)$$

Здесь P – мощность нагревателя, c – удельная теплоёмкость воды.

Рассмотрим второй эксперимент, введя следующие обозначения t_1 – температура воды спустя $\tau/3$ после начала нагревания, t_2 – температура воды спустя $2\tau/3$ после начала нагревания, t_3 – конечная температура в этом случае, и запишем три уравнения теплового баланса

$$c \cdot m \cdot (t_1 - t_0) = P \cdot \frac{\tau}{3}; \quad (2)$$

$$c \cdot m \cdot (t_2 - t_1) + \frac{1}{4} c \cdot m \cdot (t_2 - t_0) = P \cdot \frac{\tau}{3}; \quad (3)$$

$$\frac{5}{4} c \cdot m \cdot (t_3 - t_2) = 2P \cdot \frac{\tau}{3}. \quad (4)$$

Введём обозначения

$$t_1 - t_0 = \Delta t_1;$$
$$t_2 - t_1 = \Delta t_2;$$
$$t_3 - t_2 = \Delta t_3.$$

Рассмотрим уравнения (1) и (2)

$$c \cdot m \cdot (t_1 - t_0) = c \cdot m \cdot \Delta t_1 = P \cdot \frac{\tau}{3} = \frac{1}{3} c \cdot m \cdot \Delta t;$$

$$\Delta t_1 = \frac{1}{3} \Delta t.$$

Так как

$$t_2 - t_0 = \Delta t_2 + \Delta t_1,$$

то уравнение (3) можно переписать следующим образом

$$c \cdot m \cdot (t_2 - t_1) + \frac{1}{4} c \cdot m \cdot (t_2 - t_0) = c \cdot m \cdot \Delta t_2 + \frac{1}{4} c \cdot m \cdot (\Delta t_2 + \Delta t_1) = P \cdot \frac{\tau}{3} = \frac{1}{3} c \cdot m \cdot \Delta t.$$

Отсюда получаем, что

$$\Delta t_2 = \frac{1}{5} \Delta t.$$

Из уравнения (4) получаем

$$\frac{5}{4} c \cdot m \cdot \Delta t_3 = 2P \cdot \frac{\tau}{3} = \frac{2}{3} c \cdot m \cdot \Delta t;$$

$$\Delta t_3 = \frac{8}{15} \Delta t.$$

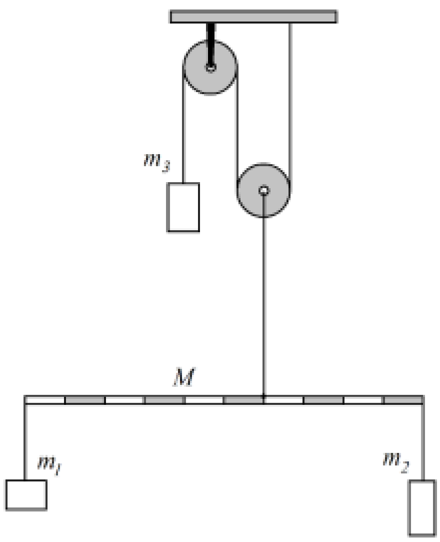
Определим изменение температуры во втором эксперименте

$$\Delta t' = \Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3 = \frac{1}{3} \Delta t + \frac{1}{5} \Delta t + \frac{8}{15} \Delta t = \frac{16}{15} \Delta t.$$

$$\Delta t' = 32^0 C.$$

Критерии проверки:

1	Записано уравнение (1)	1 балл
2	Записаны уравнения: - уравнение (1) - уравнение (2) - уравнение (3)	До 5 баллов 1 балл 3 балла 1 балл
3	Проделаны математические преобразования, получены Δt_1, Δt_2 и Δt_2	до 3 баллов
4	Получен ответ	1 балл



4.Система

Из невесомых и нерастяжимых нитей и невесомых блоков собрана система, представленная на рисунке. Массы грузов m_1 и m_2 известны и равны m_1 = 150 г, m_2 = 250 г. Однородны стержень имеет длину $10a$ и разделен на равные части. Определить:

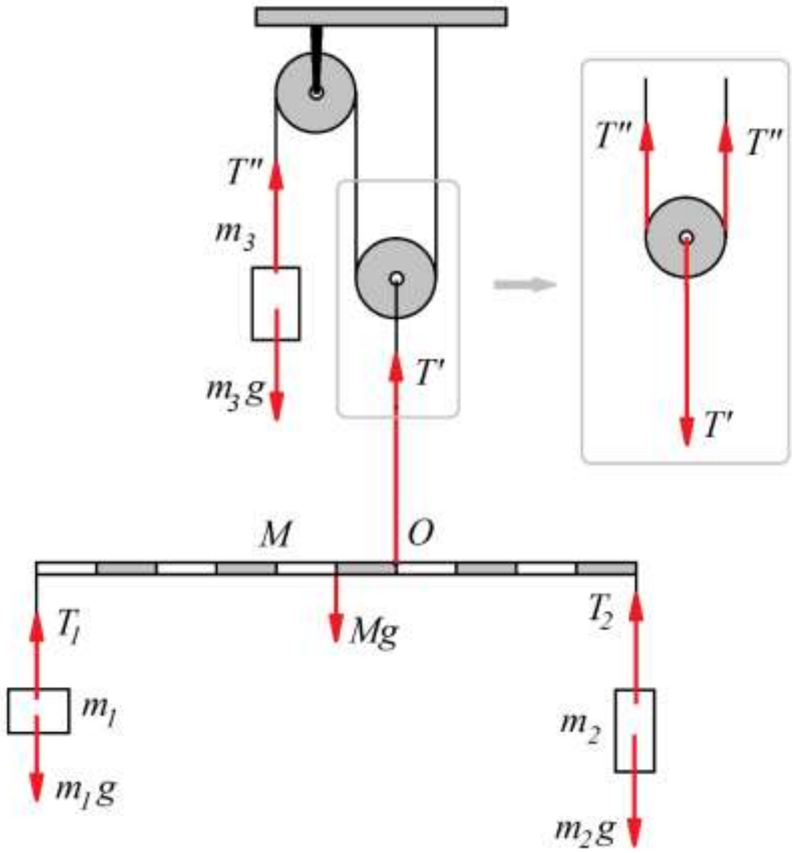
- массу стержня M;
- массу груза m_3;
- силу натяжения нити, посредством которой стержень подвешен к подвижному блоку.

Ускорение свободного падения считать равным g = 10 м/с^2.

ВОЗМОЖНОЕ РЕШЕНИЕ:

Сделаем рисунок, расставим силы, действующие на тела системы (см.рис.).

Запишем правило моментов для стержня относительно точки подвеса к верхней нити



$$T_1 6a + Mga = T_2 4a.$$

Здесь T_1 и T_2 – силы натяжения нитей, с помощью которых грузы m_1 и m_2 прикреплены к стержню.

Запишем условия покоя всех грузов

$$T_1 = m_1 g;$$
$$T_2 = m_2 g;$$
$$T" = m_3 g.$$

Для подвижного блока имеем

$$2T" = T'.$$

Из записанных соотношений получаем массу стержня

$$M = 4m_2 - 6m_1;$$
$$M = 100 \text{ г}.$$

Масса груза m_3 равна

$$m_3 = \frac{M + m_1 + m_2}{2} == \frac{5(m_2 - m_1)}{2};$$
$$m_3 = 250 \text{ г}.$$

Сила натяжения нити, посредством которой стержень подвешен к подвижному блоку, равна

$$T' = (M + m_1 + m_2)g;$$
$$T' = 5 \text{ Н}.$$

Критерии проверки:

1	Сделан рисунок, правильно расставлены все силы	2 балла
2	Определение массы стержня - записано правило моментов для стержня (если правило моментов написано без размерностей (отсутствие g, отсутствие плечей сил), то это действие оценивается не более 1 балла - определена масса стержня	До 4 баллов до 2 баллов 2 балла
3	Определение массы m_3 Записано условие покоя этого груза; Установлена связь сил натяжения *T'* и *T"* Найдена масса груза	до 2 баллов 0,5 балла 0,5 балла 1 балл
4	Определение силы натяжения *T'*	2 балла