Кировское областное государственное автономное образовательное учреждение дополнительного образования
«ЦЕНТР ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ ОДАРЁННЫХ ШКОЛЬНИКОВ»

ФИЗИКА, 2016

ЗАДАНИЯ, РЕШЕНИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ

личной олимпиады
Школьного учебно-научного турнира
по физике «ШУНТ»

(10-15 марта 2016 г.)

Киров
2016

Печатается по решению учебно-методического совета КОГАОУ ДО «Центр дополнительного образования одарённых школьников» и методической комиссии Школьного учебно-научного турнира по физике «ШУНТ»

Задания, решения и результаты личной олимпиады Школьного учебно-научного турнира по физике «ШУНТ» (10-15 марта 2016 г.). – Киров: Изд-во ЦДООШ, 2016. – 14 с.

Авторы и источники задач

7 класс	**8 класс**	**9 класс**
1. Сорокин А. П.	1. Сорокин А. П.	1. Сорокин А. П.
2. Сорокин А. П.	2. Сорокин А. П.	2. Сорокин А. П.
3. Сорокин А. П.	3. Сорокин А. П.	3. Вступительная работа в Кировскую ЛМШ, 2012 год
4. Сорокин А. П.	4. Сорокин А. П.	4. Позолотина М.П.
5. Сорокин А. П.	5. Муниципальный этап ВОШ по физике в Кировской области, 2006-2007 уч. год	5. Сорокин А. П.

Методической комиссией Школьного учебно-научного турнира по физике «ШУНТ» рассматриваются предложения по задачам для личной олимпиады
Адрес для переписки: shunt.ph@mail.ru

Компьютерная вёрстка
Сорокин А. (сост.)
Научная редакция
Кантор П. Я., Коханов К. А.
Подписано в печать 10.03.2016.
Формат $60\times84^{1}/_{16}$. Усл. печ. л. 1,25
Тираж 200 экз.

ЗАДАНИЯ ДЛЯ 7 КЛАССА

1. Длина Удава

Чтобы в очередной раз измерить длину Удава, Попугаю пришлось за ним изрядно побегать. На рис. 7.1 представлен график зависимости расстояния между кончиком хвоста Удава и Попугаем от времени. Известно, что скорость движения Попугая по земле v, по Удаву – тоже v, но относительно Удава. Считая, что Удав всё время двигается вдоль прямой с постоянной скоростью $u = 2$ м/с, определите длину Удава в Попугаях N и скорость Попугая v. Вычислите, на какое расстояние относительно земли сместится Попугай, пока бежит по Удаву. Считайте, что один Попугай равен длине шага $l = 20$ см.

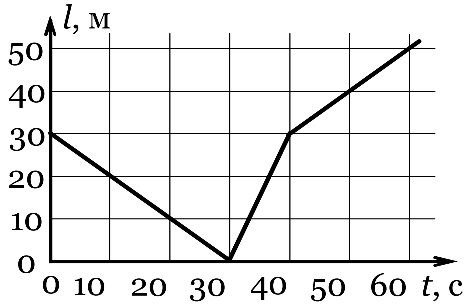

Рис. 7.1

2. Варёные макароны

Добавив в кипящую воду массой $m = 2$ кг полкилограмма макарон, повар оставил их вариться в кастрюле на плите. Спустя некоторое время он обнаружил, что воды в кастрюле осталось очень мало, а средняя плотность варёной макаронины оказалась равной $\rho_1 = 1100$ кг/м^3. Определите, какая часть воды впиталась в процессе варки. Плотность сухой макаронины равна $\rho_м = 1300$ кг/м^3, плотность воды равна $\rho = 1000$ кг/м^3.

3. Цилиндр в аквариуме

Цилиндрический сосуд с открытым верхом поставили на дно пустого аквариума и начали наполнять водой. График зависимости силы давления сосуда на дно аквариума от времени представлен на рис. 7.2. Определите массу цилиндрического сосуда и плотность материала, из которого он изготовлен. Плотность воды равна $\rho = 1000$ кг/м^3. Поверхность воды в процессе наполнения аквариума остаётся горизонтальной (рис. 7.3).

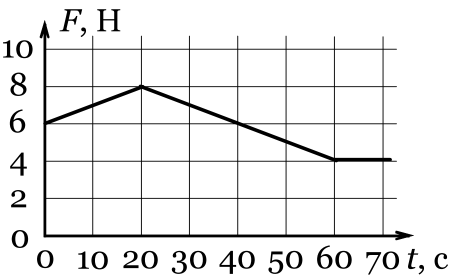

Рис. 7.2

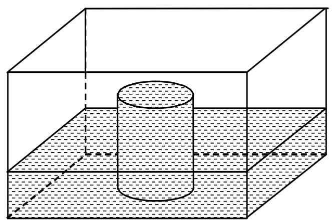
Рис. 7.3

4. Экспериментальная задача «Две пружины»

Определите, во сколько раз отличаются друг от друга коэффициенты жёсткости двух пружин.

Оборудование: две пружины, лист белой бумаги, английская булавка.

Указание: обязательно перепишите номер установки в работу!

5. Экспериментальная задача «Площадь дна»

Определите площадь отверстия цилиндрического сосуда.

Оборудование: цилиндрический сосуд, с нанесённой на боковую поверхность вертикальной шкалой с миллиметровыми делениями, тело правильной формы, вода.

Указание: обязательно перепишите номер установки в работу!

ЗАДАНИЯ ДЛЯ 8 КЛАССА

1. Поезд с вагонами

От движущегося с постоянной скоростью поезда отцепляют последний вагон. Сразу после остановки этого вагона от поезда отцепляют ещё один такой же вагон. Определите, во сколько раз будут отличаться расстояния, пройденные двумя вагонами с того момента, когда был отцеплен первый вагон, до полной остановки второго отцепленного вагона. Считайте, что скорость отцепленного вагона убывает со временем по линейному закону.

2. Равновесие стержня

Неоднородный стержень длиной $l = 1$ м подвешен горизонтально на двух вертикальных невесомых нерастяжимых нитях так, что расстояния от концов стержня до точек крепления нитей одинаковы и равны $l_0 = 10$ см (рис. 8.1). Площадь поперечного сечения стержня постоянна и равна $S = 1$ см^2. Считая, что одна половина стержня имеет плотность $\rho_1 = 2$ г/см^3, а вторая – $\rho_2 = 4$ г/см^3, определите силы натяжения нитей.

Рис. 8.1

3. Водяная башня

В калориметрическом сосуде находится вода при температуре t_1. В сосуд очень медленно наливают одну за другой порции воды той же массы, но при температуре t_0. На графике (рис. 8.2), который, к сожалению, был частично испорчен, представлена зависимость температуры воды в сосуде от числа добавленных порций. Определите температуру воды t_0, а также температуру воды в сосуде после доливания первой порции воды. Теплоёмкостью сосуда и теплообменом с внешней средой пренебречь.

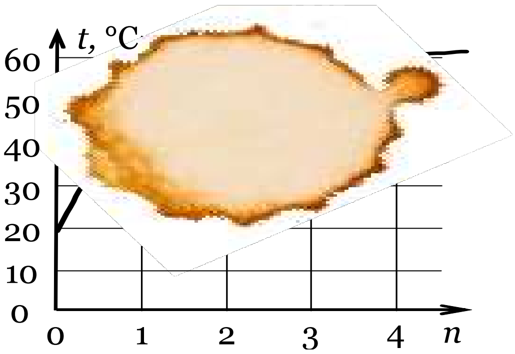

Рис. 8.2

4. Экспериментальная задача «Спичечный коробок»

Определите силу трения скольжения между корпусом и внутренней частью полностью закрытого спичечного коробка.

Оборудование: спичечный коробок, линейка, груз известной массы, нить.

Указание: обязательно перепишите номер установки в работу!

5. Экспериментальная задача «Давление атмосферы»

Оцените атмосферное давление.

Оборудование: открытая с обоих концов стеклянная трубка, пластиковая линейка, пластиковый стаканчик объёмом 0,5 л, вода.

Примечание: согласно закону Бойля – Мариотта зависимость между давлением и объёмом некоторого количества идеального газа при постоянной температуре такова: $pV = \text{const}$.

ЗАДАНИЯ ДЛЯ 9 КЛАССА

1. Самодельная катапульта

Сконструировав самодельную катапульту, Шунтик установил её на одном из концов подвижной платформы. Определите, с какой по величине и направлению скоростью относительно земли необходимо запустить шарик с помощью катапульты, чтобы он ударился о противоположный край платформы к моменту её остановки. Коэффициент трения платформы о стол μ, длина платформы l, масса платформы с катапультой M, масса шарика m.

2. Потерявшийся ток

Перемещая ползунок реостата из положения «выведен» в положение «введён» в цепи, показанной на схеме (см. рис. 9.1), Шунтик снял зависимость модуля силы тока через амперметр I_a от сопротивления резистора R_1 (рис. 9.2). Определите сопротивления всех резисторов. Напряжение между точками *A* и *B* постоянно и равно $U_0 = 4$ В. Амперметр идеальный. Известно, что когда сопротивление реостата равно нулю, сила тока, втекающего в точку *A*, равна $I_0 = 3$ А.

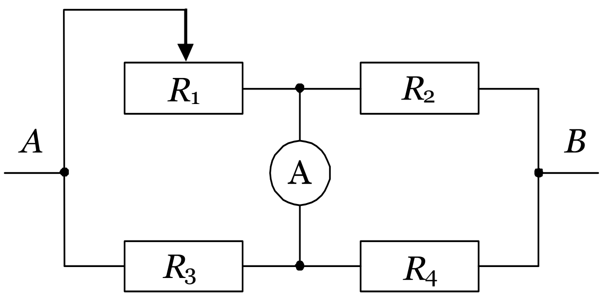

Рис. 9.1

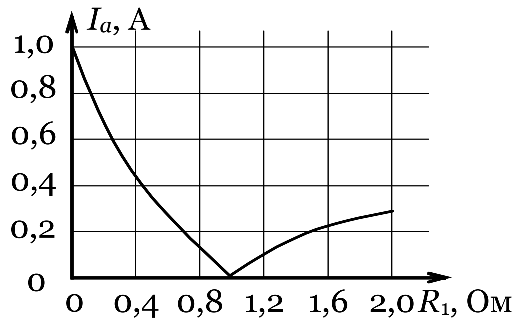

Рис. 9.2

3. Ледяной шар

Замечено, что если быстро вращающийся ледяной шар поливать холодной водой, то он будет уменьшаться в размерах, оставаясь круглым. Пусть струя воды имеет скорость $v = 30$ см/с, площадь поперечного сечения $S = 1$ см^2 и температуру $t_1 = 5$ °С, а ледяной шар – температуру $t_0 = 0$ °С. Определите скорость, с которой уменьшается радиус шара в самом начале полива водой, когда его радиус равен $R = 15$ см. Удельная теплоёмкость воды $c_в = 4200$ Дж/(кг·°С), удельная теплота плавления льда $\lambda = 3{,}35 \cdot 10^5$ Дж/кг, плотность воды $\rho_в = 1$ г/см^3, плотность льда $\rho_л = 0{,}9$ г/см^3. Вода, стекающая с шара, имеет температуру $t_0 = 0$ °С. Теплообменом с окружающей средой пренебречь.

4. Экспериментальная задача «Зрительная труба»

Определите положение двояковыпуклой линзы внутри картонной трубки. Ось линзы параллельна оси трубки.

Оборудование: картонная трубка с линзой, мерная лента, экран, миллиметровая бумага, источник рассеянного света, скотч (по требованию).

Указание: обязательно перепишите номер установки в работу!

5. Экспериментальная задача «Неоднородная трубка»

Определите среднюю плотность неоднородной трубки.

Оборудование: неоднородная трубка, пластиковая ванночка, вода, пластиковая линейка.

Решения и критерии оценивания задач 7 класса

1. Длина Удава

В интервале времени от $t_0 = 0$ с до $t_1 = 30$ с расстояние между Попугаем и кончиком хвоста Удава уменьшается с $l_1 = 30$ м до $l_2 = 0$ м. Скорость сближения за это время может быть найдена по формуле $v_c = \dfrac{l_1 - l_2}{t_1 - t_0}$ (1). С другой стороны, $v_c = v - u$ (2), где v – скорость движения Попугая по земле. Приравнивая (1) и (2) получаем, что Попугай бежит по земле со скоростью $v = u + v_c = u + \dfrac{l_1 - l_2}{t_1 - t_0}$ (3), численно $v = 2\ \text{м/с} + \dfrac{(30-0)\ \text{м}}{(30-0)\ \text{с}} = 3\ \text{м/с}$.

Двигаясь со скоростью v относительно Удава, Попугай пробегает его длину за время $\Delta t = t_2 - t_1$, где $t_2 = 40$ с. Следовательно, длина Удава $L_0 = v\Delta t$ (4), численно $L_0 = 3\ \text{м/с} \cdot 10\ \text{с} = 30\ \text{м}$, в Попугаях $N = \dfrac{L_0}{l}$ (5), численно $N = \dfrac{30\ \text{м}}{0{,}2\ \text{м}} = 150$.

Относительно земли за время движения по Удаву Δt Попугай сместится на расстояние $L = L_0 + u\Delta t$ (6), численно $L = 30\ \text{м} + 2\ \text{м/с} \cdot 10\ \text{с} = 50\ \text{м}$.

Критерии оценивания

Формулы (1), (2), (3) или численные значения 4
Формулы (4), (5) или численные значения 3
Формула (6) или численное значение 3

2. Варёные макароны

Средняя плотность варёных макарон равна $\rho_1 = \dfrac{M}{V}$ (1), где $M = m_с + m_в$ (2) – масса варёных макарон, равная сумме масс сухих макарон $m_с$ и впитавшейся воды $m_в$, V – их объём, равный сумме объёмов сухих макарон $V_с = \dfrac{m_с}{\rho_м}$ (3) и впитавшейся воды $V_в = \dfrac{m_в}{\rho}$ (4).

Подставив формулы (2), (3) и (4) в выражение (1) и выразив массу впитавшейся воды $m_в$, получаем $m_в = m_с \dfrac{\rho(\rho_м - \rho_1)}{\rho_м(\rho_1 - \rho)}$ (5), численно $m_в = 0{,}5\ \text{кг} \cdot \dfrac{1000\ \text{кг/м}^3 \cdot (1300\ \text{кг/м}^3 - 1100\ \text{кг/м}^3)}{1300\ \text{кг/м}^3 \cdot (1100\ \text{кг/м}^3 - 1000\ \text{кг/м}^3)} = 0{,}769\ \text{кг}$.

Впитавшаяся часть воды $a = \dfrac{m_c}{m}$ (6), численно $a = \dfrac{0{,}77\ \text{кг}}{2\ \text{кг}} = 0{,}385$.

Критерии оценивания

Формулы (1), (2), (3), (4) или соответствующие рассуждения......................... 4
Формула (5) или численное значение 4
Формула (6) или численное значение 2

3. Цилиндр в аквариуме

В момент времени $t_0 = 0$ с воды в сосуде нет, следовательно, сила давления на дно аквариума равна силе тяжести, действующей на сосуд $F_0 = m_0 g$ (1), откуда масса сосуда $m_0 = \frac{F_0}{g}$, численно $m_0 = \frac{6\ \text{Н}}{10\ \text{Н/кг}} = 0{,}6\ \text{кг}$.

В интервале времени от $t_0 = 0$ с до $t_1 = 20$ с водой заполняется внутренняя часть сосуда, сила давления на дно аквариума увеличивается. В момент времени t_1 излом на графике свидетельствует о том, что уровень воды достигает верхнего края сосуда, вода начинает переливаться через край, на сосуд начинает действовать сила Архимеда, в результате чего сила давления сосуда на дно аквариума уменьшается. В момент времени $t_2 = 60$ с вода достигает верхнего края сосуда, также и снаружи, после чего сила давления сосуда на дно аквариума остается постоянной.

В интервале времени от $t_0 = 0$ с до $t_1 = 20$ с в сосуд заливается вода массой $m_1 = \frac{F_1 - F_0}{g}$ (2), где $F_1 = 8$ Н, численно $m_1 = \frac{8\ \text{Н} - 6\ \text{Н}}{10\ \text{Н/кг}} = 0{,}2\ \text{кг}$. Внутренний объём сосуда $V_1 = \frac{m_1}{\rho}$ (3), численно $V_1 = \frac{0{,}2\ \text{кг}}{1000\ \text{кг/м}^3} = 2 \cdot 10^{-4}\ \text{м}^3$.

Когда вода, перелившаяся через край, вновь достигает верхнего края сосуда, для сил, действующих на цилиндрический сосуд, можно записать $F_2 = (m_0 + m_1)g - \rho g V_2$ (4), где $F_2 = 4$ Н. Откуда внешний объём сосуда $V_2 = \frac{(m_0 + m_1)g - F_2}{\rho g}$, численно $V_2 = \frac{(0{,}6 + 0{,}2)\ \text{кг} \cdot 10\ \text{Н/кг} - 4\ \text{Н}}{1000\ \text{кг/м}^3 \cdot 10\ \text{Н/кг}} = 4 \cdot 10^{-4}\ \text{м}^3$.

Следовательно, объём материала, из которого изготовлен сосуд $V_0 = V_2 - V_1$ (5), численно $V_0 = (4 - 2) \cdot 10^{-4}\ \text{м}^3 = 2 \cdot 10^{-4}\ \text{м}^3$.

Плотность материала $\rho_c = \frac{m_0}{V_0}$ (6), численно $\rho_c = \frac{0{,}6\ \text{кг}}{2 \cdot 10^{-4}\ \text{кг/м}^3} = 3000\ \text{кг/м}^3$.

Критерии оценивания

Формула (1) или численное значение 2
Формулы (2), (3) или соответствующие рассуждения 3
Формулы (4), (5) или соответствующие рассуждения 4
Формула (6) или численное значение 1

4. Экспериментальная задача «Две пружины»

Коэффициент жёсткости пружины может быть найден по формуле $k = F / \Delta l$ (1). Отношение коэффициентов жёсткостей двух пружин $\frac{k_1}{k_2} = \frac{F_1 \Delta l_2}{F_2 \Delta l_1}$ (2).

Сцепив пружины последовательно, растянем их вдоль большей стороны листа бумаги так, чтобы крайние витки пружин, удерживаемые в руках, касались противоположных краёв листа. Пружины растягиваются с одинаковой силой $F = F_1 = F_2$, следовательно, отношение коэффициентов жёсткостей пружин будет обратно пропорционально отношению их удлинений. Используя в качестве «линейки» расстояние между витками нерастянутой пружины с меньшим диаметром проволоки (для большей точности), рассчитываем отношение удлинений пружин.

Критерии оценивания

Формулы (1), (2) или соответствующие рассуждения 2
Описание метода 4
Численный результат.. 3
Выполнение трёх и более экспериментов 1

5. Экспериментальная задача «Площадь дна»

Измерим объём тела V правильной формы с помощью шкалы с миллиметровыми делениями, нанесённой на боковую поверхность цилиндрического сосуда. Полностью погрузив тело в воду, измерим изменение уровня жидкости h в сосуде. Тогда площадь дна сосуда может быть найдена по формуле $S = V/h$ (1).

Критерии оценивания

Формула (1) или соответствующие рассуждения 1
Описание метода 4
Численный результат.. 3
Выполнение трёх и более экспериментов 2

Решения и критерии оценивания задач 8 класса

1. Поезд с вагонами

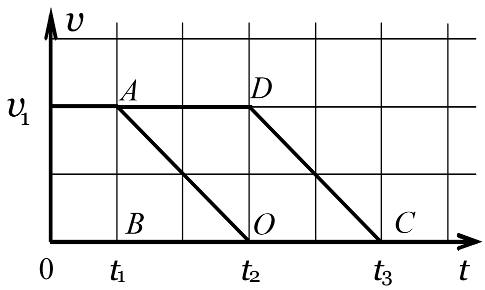

Рис. 8.3

Представим графическое решение задачи.

Пусть поезд двигается с постоянной скоростью v_1 (см. рис. 8.3), тогда последний вагон, после того, как его отцепили, пройдёт расстояние $S_1 = v_1(t_2 - t_1)/2$ (1), предпоследний – $S_2 = v_1(t_2 - t_1) + v_1(t_3 - t_2)/2$ (2).

Из равенства треугольников AOB и DCO (по условию скорость отцепленного вагона убывает со временем по линейному закону) следует, что $(t_3 - t_2) = (t_2 - t_1)$ (3).

Расстояние, пройденное предпоследним вагоном (2) с учётом формулы (3), $S_2 = v_1(t_2 - t_1) + v_1(t_2 - t_1)/2 = 1{,}5v_1(t_2 - t_1)$ (4).

Пройденные расстояния отличатся в $\dfrac{S_2}{S_1} = \dfrac{1{,}5v_1(t_2 - t_1)}{0{,}5v_1(t_2 - t_1)} = 3$ раза (5).

Критерии оценивания

Формула (1) или соответствующие рассуждения 2
Формула (2) или соответствующие рассуждения 3
Формулы (3), (4) или соответствующие рассуждения 4
Результат (5).. 1

2. Равновесие стержня

По формуле $m = \rho V = \rho Sl/2$ (1) получаем, что масса половины стержня плотностью ρ_1 равна $m_1 = 2\text{ г/см}^3 \cdot 50\text{ см} \cdot 1\text{ см}^2 = 0{,}1\text{ кг}$ (2), масса второй половины стержня плотностью ρ_2 равна $m_2 = 4\text{ г/см}^3 \cdot 50\text{ см} \cdot 1\text{ см}^2 = 0{,}2\text{ кг}$ (3). Центр масс каждой из половин стержня лежит на их серединах (4).

Чтобы найти силу натяжения правой нити T_2, запишем правило моментов относительно точки *O* (рис. 8.4):

$$m_1 g(\frac{l}{4}-l_0)+m_2 g(\frac{l}{2}+\frac{l}{4}-l_0)=T_2(l-2l_0) \ (6),$$

откуда $T_2=\dfrac{m_1 g(\frac{l}{4}-l_0)+m_2 g(\frac{l}{2}+\frac{l}{4}-l_0)}{l-2l_0}$.

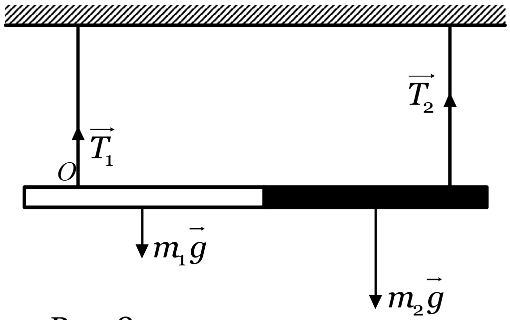

Рис. 8.4

Численно $T_2=1{,}8$ Н. Сила натяжения левой нити $T_1=(m_1+m_2)g-T_2$ (7), численно $T_1=1{,}2$ Н.

Критерии оценивания

Формулы (1), (2), (3) или соответствующие рассуждения 3
Утверждение (4) или соответствующие рассуждения 1
Формула (6) или численный результат 4
Формула (7) или численный результат 2

3. Водяная башня

Конечная температура воды в сосуде не зависит от того, как доливают порции воды: последовательно или одномоментно (1).

По графику определяем, что начальная температура воды в сосуде равна $t_1=20\ ^\circ\mathrm{C}$.

Для произвольной точки графика, соответствующей n долитым порциям, запишем уравнение теплового баланса: $cm(t_n-t_1)=ncm(t_0-t_n)$ (2), откуда $t_0=\dfrac{(n+1)t_n-t_1}{n}$, численно для $n=4$ получаем $t_0=\dfrac{5\cdot 60\ ^\circ\mathrm{C}-20\ ^\circ\mathrm{C}}{4}=70\ ^\circ\mathrm{C}$.

После доливания первой порции уравнение теплового баланса имеет вид $cm(t_2-t_1)=cm(t_0-t_2)$ (3), откуда $t_2=\dfrac{t_0+t_1}{2}$, численно $t_2=\dfrac{70\ ^\circ\mathrm{C}+20\ ^\circ\mathrm{C}}{2}=45\ ^\circ\mathrm{C}$.

Критерии оценивания

Утверждение (1) 1
Температура t_1 2
Формула (2) 3
Температура t_0 1
Формула (3) 2
Температура t_2 1

4. Экспериментальная задача «Спичечный коробок»

Расположим груз на одном из концов линейки и уравновесим её на краю стола: $m_л g(l/2-l_1)=m_г g l_1$ (1), где l_1 – расстояние от груза известной массы до оси вращения, l – длина линейки, $m_л$ – масса линейки, $m_г$ – масса груза. Из формулы (1) масса линейки $m_л=\dfrac{m_г l_1}{(l/2-l_1)}$.

Уравновесим груз и внутреннюю часть спичечного коробка на противоположных концах линейки: $m_л g(l/2-l_2)+m_в g(l-l_2)=m_г g l_2$ (2), где l_2 – расстояние от груза до оси вращения. Из формулы (2) масса внутренней части спичечного коробка $m_в=\dfrac{m_г l_2-m_л(l/2-l_2)}{(l-l_2)}$.

Для вычисления силы трения соберём установку, изображённую на

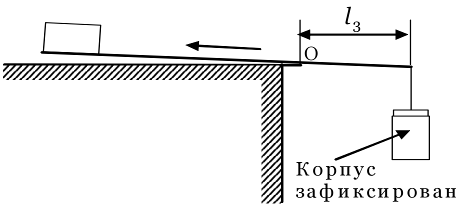

Рис. 8.5

рис. 8.5. На одном из концов линейки с помощью нити закрепим внутреннюю часть спичечного коробка. На противоположном конце линейки поставим груз известной массы. Удерживая одной рукой корпус спичечного коробка вертикально, будем медленно сдвигать линейку вдоль стола до тех пор, пока при очередном смещении линейки не выдвинется внутренняя часть коробка.

Запишем правило моментов относительно точки O: $(F_{тр}+m_в g)l_3 = m_л g(l/2-l_3)+m_г g(l-l_3)$ (3), где l_3 – расстояние от точки подвеса внутренней части коробка до оси вращения. Из формулы (3) сила трения $F_{тр} = \dfrac{m_л g(l/2-l_3)+m_г g(l-l_3)-m_в g l_3}{l_3}$.

Экспериментально значение силы трения $F_{тр} \approx 0{,}3$ Н.

Критерии оценивания

Описание метода измерения.. 2
Формула (1) и численный результат.. 2
Формула (2) и численный результат 2
Формула (3) и численный результат 3
Выполнение трёх и более экспериментов.. 1

5. Экспериментальная задача «Давление атмосферы»

Опускаем трубку длиной L одним из концов в воду и измеряем линейкой высоту столба h_1 воды в ней. Закрываем находящийся в воздухе конец трубки пальцем и достаем трубку из воды. (Небольшая часть воды из трубки вытекает.) Измеряем высоту оставшегося в трубке столба воды h_2.

Поскольку вода из трубки далее не вытекает, атмосферное давление у открытого конца трубки равно суммарному давлению столба воды и воздуха p в трубке под пальцем $p_a = \rho g h_2 + p$ (1), где ρ – плотность воды.

Давление воздуха p в трубке после вытекания части жидкости можно найти с использованием уравнения Бойля – Мариотта $p_a S(L-h_1) = pS(L-h_2)$ или $p = p_a(L-h_1)/L-h_2$ (2). Подставляя выражение для p в равенство (1), получим $p_a = \dfrac{\rho g h_2(L-h_2)}{h_1-h_2}$ (3).

Эксперимент следует повторить несколько раз, изменяя начальный уровень воды в трубке. После нахождения среднего значения атмосферного давления и средней абсолютной погрешности измерений результат может быть записан в виде $p_a = p_{a_{ср}} \pm \Delta p_{a_{ср}}$ (4).

Критерии оценивания

Описание метода измерения.. 2
Формула (1) или соответствующие рассуждения 2
Формула (2) или соответствующие рассуждения....................................... 3
Численный результат... 2
Выполнение трёх и более экспериментов.. 1

Решения и критерии оценивания задач 9 класса

1. Самодельная катапульта

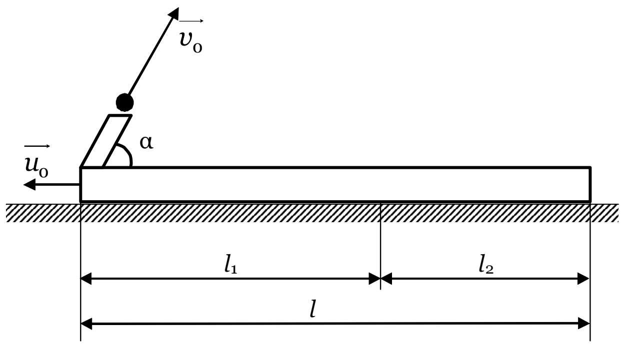

Рис. 9.3

Введём обозначения: l_1 – перемещение шарика относительно земли за время полёта, l_2 – перемещение катапульты относительно земли за время полёта шарика.

Дальность полёта шарика, с одной стороны, может быть найдена по формуле $l_1 = \dfrac{v_0^2 \sin(2\alpha)}{g}$ (1), с другой стороны – $l_1 = l - l_2$ (2).

Перемещение катапульты относительно земли определим из условия, что её кинетическая энергия после вылета шарика пошла на работу против сил трения $\dfrac{Mu_0^2}{2} = \mu M g l_2$ (3), где из закона сохранения импульса $u_0 = (mv_0 \cos\alpha)/M$ (4).

Угол запуска шарика α определим из условия, что время движения катапульты равно времени полета шарика. Из второго закона Ньютона $M\dfrac{u_0}{t} = \mu M g$ время движения катапульты $t = u_0/(\mu g)$ (5), время полёта шарика из формул движения тела под углом к горизонту $t = 2v_0 \sin\alpha / g$ (6). Решая совместно (4), (5) и (6), получаем $tg\alpha = m/(2\mu M)$ (7).

Исключая u_0 из (4) и (3), получим формулу для нахождения перемещения катапульты относительно земли за время полета шарика: $l_2 = \dfrac{m^2 v_0^2 \cos^2\alpha}{2\mu g M^2}$ (8).

Подставив результат (8) в формулу (2) и приравняв (2) и (1), после преобразований получим начальную скорость шарика $v_0 = \sqrt{\dfrac{2\mu g l M^2}{m^2\cos^2\alpha + 2\mu M^2 \sin 2\alpha}}$, с учетом формулы (7) скорость шарика $v_0 = \sqrt{2\mu g l \dfrac{1 + m^2/(4\mu^2 M^2)}{(2 + m/M)} \cdot \dfrac{M}{m}}$ (9).

Критерии оценивания

Формулы (1), (2) или соответствующие рассуждения 2
Формула (3) или соответствующие рассуждения 2
Формула (4) или соответствующие рассуждения 2
Формулы (5), (6) или соответствующие рассуждения 2
Результат (7) 1
Формула (9) 1

2. Потерявшийся ток

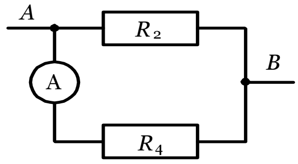

Рис. 9.4

Сопротивление реостата в положении «введён» равняется $R_1 = 2$ Ом (1).

Перерисуем схему для ситуации, когда ползунок реостата полностью «выведен» (рис. 9.4). Напряжение между точками *A* и *B* по условию U_0 = 4 В, резистор R_4 и амперметр соединены последовательно, следовательно, через них протекает ток в $I_4 = 1$ А.

Сопротивление резистора $R_4 = \frac{U_0}{I_4} = \frac{4\text{ В}}{1\text{ А}} = 4\text{ Ом}$ (2).

По условию, когда резистор R_1 выведен, сила тока в цепи $I_0 = 3$ А, так как резисторы R_4 и R_2 соединены параллельно, то сила тока через резистор R_2 равна $I_2 = I_0 - I_4 = 2$ А, а сопротивление резистора $R_2 = \frac{U_0}{I_2} = \frac{4\text{ В}}{2\text{ А}} = 2\text{ Ом}$ (3).

Когда сила тока через амперметр равна нулю ($R_1 = 1\text{ Ом}$) можно записать следующие формулы: $I_1 = I_2$ (4), $I_3 = I_4$ (5), $I_1R_1 = I_3R_3$ (6), $I_2R_2 = I_4R_4$ (7). Из формул (4), (5), (6) и (7) следует, что $\frac{R_1}{R_3} = \frac{R_2}{R_4}$, откуда $R_3 = \frac{R_4R_1}{R_2} = 2\text{ Ом}$ (4).

Критерии оценивания

Найдено сопротивление максимальное сопротивление реостата R_1 1
Найдено сопротивление R_4 3
Найдено сопротивление R_2 2
Найдено сопротивление R_1.. 4

3. Ледяной шар

Запишем уравнение теплового баланса для порции воды, поступившей из крана за малое время $\Delta\tau$, и массы льда, растаявшего в результате теплообмена за то же время: $c_в \Delta m_{в1}(t_1 - t_0) = \lambda \Delta m_{л1}$ (1), здесь $\Delta m_{в1} = \rho_в S v \Delta\tau$ (2), $\Delta m_{л1} = \rho_л 4\pi R^2 u \Delta\tau$ (3). Считаем, что тонкий сферический слой имеет объём $\Delta V = 4\pi R^2 \Delta R$ (4), причем $\Delta R = u\Delta\tau$ (5), u – скорость уменьшения радиуса ледяного шара.

Таким образом, $c_в \rho_в S v \Delta\tau (t_1 - t_0) = \lambda \rho_л 4\pi R^2 u \Delta\tau$ (6), или $u = \frac{c_в \rho_в S \upsilon (t_1 - t_0)}{4\pi\lambda\rho_л R^2}$. Численно $u = \frac{4200\text{ Дж/(кг}\cdot\text{°С)} \cdot 1000\text{ кг/м}^3 \cdot 10^{-4}\text{ м}^2 \cdot 0{,}3\text{ м/с} \cdot 5\text{ °С}}{4 \cdot 3{,}14 \cdot 3{,}35\text{ Дж/кг} \cdot 10^5 \cdot 900\text{ кг/м}^3 \cdot 0{,}15^2\text{ м}^2} = 0{,}74 \cdot 10^{-5}\text{ м/с}$.

Критерии оценивания

Формулы (1), (2), (3) или соответствующие рассуждения 6
Формулы (4), (5) или соответствующие рассуждения 2
Формула (6) или численное значение 2

4. Экспериментальная задача «Зрительная труба»

Вырежем в одном листе миллиметровой бумаги стрелку высотой h и прикрепим её к источнику рассеянного света. Второй лист миллиметровой бумаги закрепим на экране. Перемещая экран *Э* и источник рассеянного света со стрелкой *И* вдоль главной оптической оси линзы, добьёмся того, чтобы изображение стрелки на экране получилось перевёрнутым, действительным, равным по размеру предмету $H = h$ (рис. 9.5).

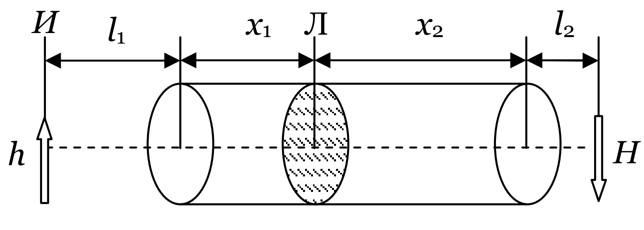

Рис. 9.5

Увеличение линзы $\Gamma = \frac{H}{h} = \frac{l_2 + x_2}{l_1 + x_1} = 1$ (1). Из формулы (1) с учетом того, что длина трубы $L = x_1 + x_2$ (2), получаем $x_1 = \frac{L + l_2 - l_1}{2}$ (4).

Критерии оценивания

Построение изображения в собирающей линзе... 3
Формулы (1), (2) или соответствующие рассуждения...................................... 4
Численный результат.. 2
Выполнение трёх и более экспериментов.. 1

5. Экспериментальная задача «Неоднородная трубка»

Уравновесив неоднородную трубку на краю стола, определим положение её центра масс (1).

Поместим пластиковую трубку в сосуд с водой (см. рис. 9.6). Запишем правило моментов относительно точки касания трубки с дном сосуда *O*: $mgl_2 = F_{apx} l_1$ (1) или $\rho SLgl_2 = \rho_в g L_п S l_1$ (2), где L – длина трубки, $L_п$ – длина погруженной части. Из формулы (2) средняя плотность трубки $\rho = \frac{\rho_в L_п l_1}{L l_2}$ (3). Отношение плеч силы Архимеда и силы тяжести l_1 / l_2 определяется с помощью линейки с учетом того, что сила Архимеда приложена к середине погруженной части трубки.

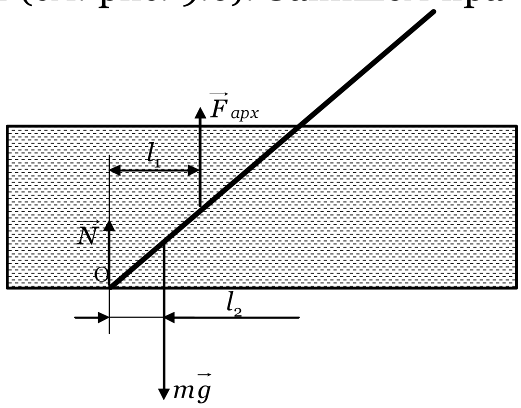

Рис. 9.6

Критерии оценивания

Описание метода определения центра масс трубки 3
Описание метода нахождения плотности трубки 4
Численный результат.. 2
Выполнение трёх и более экспериментов.. 1

Лучшие результаты личной олимпиады

7 класс

№	Фамилия	Имя	Город	Школа	1	2	3	4э	5э	Сумма	Награда
1	Леонов	Даниил	С.-Петербург	ФМЛ № 239	10	10	10	7	8	45	1 ст.
2	Москалёв	Никита	Киров	КФМЛ	10	10	10	7	8	45	1 ст.
3	Косых	Алексей	Киров	КФМЛ	6	10	10	7	8	41	2 ст.
4	Барышева	Анастасия	Киров	КФМЛ	8	9	10	6	8	41	2 ст.
5	Савельев	Артём	Киров	КФМЛ	10	10	3	2	7	32	3 ст.
6	Тупицин	Петр	Киров	ЛЕН	6	9	10		7	32	3 ст.
7	Гладин	Никита	С.-Петербург	ФМЛ № 239	10	10	3		8	31	3 ст.
8	Халилов	Роман	Челябинск	ФМЛ № 31	10	9	2	2	6	29	3 ст.
9	Ужинский	Николай	Якутск	РС (Я) ЛИ РЛ	10	8	9			27	3 ст.
10	Сухов	Александр	С.-Петербург	ФМЛ № 239	6	3	10		7	26	3 ст.
11	Шиповалов	Матвей	Киров	КФМЛ	10	3	3		7	23	ПГ
12	Попова	Сандаара	Якутск	РС (Я) ЛИ РЛ	4	4	5		9	22	ПГ
13	Клюкин	Ярослав	Киров	КФМЛ	10	4	5	1	0	20	ПГ
14	Корытов	Марат	С.-Петербург	ФМЛ № 239	10				8	18	ПГ

8 класс

№	Фамилия	Имя	Город	Школа	1	2	3	4э	5э	Сумма	Награда
1	Русинов	Юрий	Киров	КФМЛ	10	10	10	6	0	36	1 ст.
2	Омелюхин	Михаил	Киров	КФМЛ	10	8	9	3	1	31	2 ст.
3	Копанев	Михаил	Киров	КФМЛ	10	10	9	2	0	31	2 ст.
4	Поляков	Владислав	С.-Петербург	ФМЛ № 239	10	10		6	5	31	2 ст.
5	Кутявин	Денис	Киров	ЛЕН	10	8	5	7		30	2 ст.
6	Шушпанов	Стефан	Киров	КФМЛ	10	2	9	7		28	2 ст.
7	Няшин	Максим	Пермь	СОШ № 9	10	4	9	4	0	27	3 ст.
8	Перескокова	Марина	Пермь	СОШ № 9	10	3	9	3		25	3 ст.
9	Марданов	Сергей	Киров	КФМЛ	10	3	9	2	0	24	3 ст.
10	Стародубцева	Эжена	Якутск	ГКГ	10	3	10			23	3 ст.
11	Пономарев	Степан	Пермь	СОШ № 9	10	3	2	4	0	19	ПГ
12	Никонов	Михаил	Киров	Лицей № 21	10	2	2	2	1	17	ПГ
13	Иннокентьев	Артем	Якутск	НТЛ	10	2	4	0		16	ПГ

9 класс

№	Фамилия	Имя	Город	Школа	1	2	3	4э	5э	Сумма	Награда
1	Филиппов	Степан	С.-Петербург	ФМЛ № 239	7	9	8	7	9	40	1 ст.
2	Ланько	Вадим	С.-Петербург	ФМЛ № 239	4	10	8	7	9	38	2 ст.
3	Павлов	Даниил	С.-Петербург	ФМЛ № 239	10	7	10	0	9	36	2 ст.
4	Кудряков	Иван	Челябинск	ФМЛ № 31	7		10	9	9	35	2 ст.
5	Чижиков	Савелий	С.-Петербург	ФМЛ № 239		9	8	8	9	34	2 ст.
6	Злобин	Роман	Киров	КФМЛ	9	5	10		9	33	3 ст.
7	Лучинин	Сергей	Киров	КФМЛ	6	9	10		5	30	3 ст.
8	Пушкарев	Иван	Киров	КФМЛ	3	9	9		9	30	3 ст.
9	Гаврилов	Андрей	Киров	КФМЛ	1	9	10	1	9	30	3 ст.
10	Окатьев	Ярослав	Киров	КФМЛ	4	10	9		6	29	3 ст.
11	Санников	Илья	Киров	КФМЛ	0	9	8	7	4	28	ПГ
12	Васькин	Алексей	Челябинск	ФМЛ № 31	10		10	5	2	27	ПГ
13	Маслов	Иван	Челябинск	ФМЛ № 31	7		10	0	9	26	ПГ
14	Ильин	Денис	С.-Петербург	ФМЛ № 239	2	0	10	4	9	25	ПГ
15	Евтухов	Анатолий	Киров	КФМЛ	3	0	10	3	9	25	ПГ
16	Рычков	Павел	Киров	КЛЕН		5	6	4	9	24	ПГ