

**Муниципальный этап всероссийской олимпиады школьников по физике.
2025/26 учебный год. 9 класс. Максимальный балл – 50.**

Задача №1

Мотыльки ориентируются в пространстве по свету Солнца или Луны и летят под определенным постоянным углом к свету. По этой причине в современном мире мотыльки остаются летать вокруг светильников. Один такой мотылек увидел в 10 метрах от себя лампу и летит со скоростью 1 м/с под углом 60 градусов к направлению на лампу. При ответе на вопросы можно считать лампу и мотылька точечными.

Вопрос 1

Найти время движения мотылька до касания лампы.

Вопрос 2

Определить путь, пройденный мотыльком к моменту касания лампы.

Возможное решение.

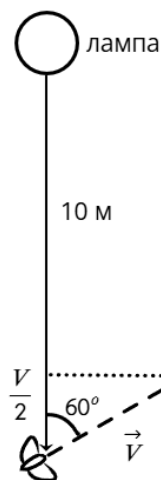
Вопрос №1

Спроецируем скорость мотылька на линию, соединяющую лампу и мотылька, получим $V \cdot \sin(60) = 0,5$ м/с. Это скорость сближения мотылька с лампой вне зависимости от положения мотылька.

Время движения до лампы $t = L / (0,5 V) = 20$ с.

Вопрос №2

Всё это время мотылек движется с одной скоростью, поэтому длина его траектории будет как при равномерном движении $S = Vt = 20$ м.



Критерии оценивания.

№	Критерий	Кол-во баллов
	Вопрос 1	
1	Проекция скорости мотылька	2
2	Проговорено, что проекция на направление не меняется, хоть направление вектора скорости меняется	2
3	Время полета (20 с)	2
	Вопрос 2	
4	Проговорено, что как бы ни менял направление мотылек, длина пути будет скорость умножить на время	2
5	Найден путь (20 м)	2
	Итого	10

Задача №2

Полупроводниковый диод – это устройство, хорошо пропускающее ток в одном (прямом) направлении (рис. 1) и не пропускающее ток в обратном направлении (рис. 2).

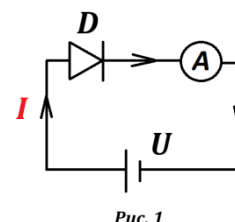


Рис. 1

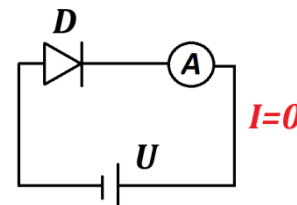


Рис. 2

Имеется схема (рис. 3), состоящая из двух диодов D_1 и D_2 , двух одинаковых амперметров A с внутренним сопротивлением 5 Ом каждый, и источника постоянного напряжения U . Вольтамперные характеристики (ВАХ) диодов представлены на рисунке 4. При этом известно, что для первого диода напряжение открытия $U_{01}=3$ В, а для второго – $U_{02}=2$ В.

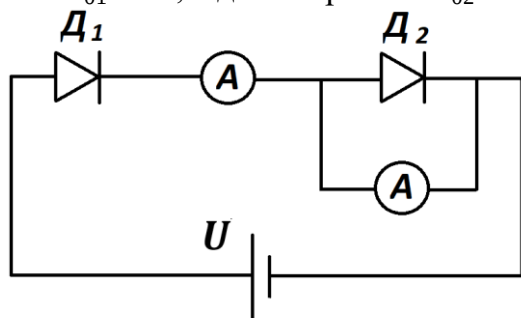


Рис. 3

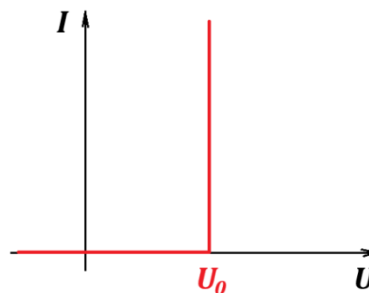


Рис. 4

Вопрос 1

Определите показания амперметров, если источник постоянного напряжения подает на схему $U=2$ В.

Вопрос 2

Определите показания амперметров, если источник постоянного напряжения подает на схему $U=6$ В.

Вопрос 3

Определите показания амперметров, если источник постоянного напряжения подает на схему $U=8$ В.

Вопрос 4

Постройте ВАХ данной схемы.

Возможное решение:

Вопрос №1

Напряжения источника $U = 2$ В недостаточно, чтобы диоды открылись. Следовательно, в этом случае показания амперметров $I_{\text{левый}} = I_{\text{правый}} = 0$ А.

Вопрос №2

Если напряжение источника $U = 6$ В, то этого достаточно, чтобы открылся первый диод. Напряжение на нем теперь все время $U_{01} = 3$ В.

Следовательно, на каждом из амперметров напряжение по $U_a = \frac{U - U_{01}}{2} = 1,5$ В. Второй диод остается закрытым.

Показания амперметров в этом случае: $I_{\text{левый}} = I_{\text{правый}} = \frac{U_a}{R_a} = \frac{1,5}{5} = 0,3$ А.

Вопрос 3

Если напряжение источника $U = 8$ В, то этого достаточно, чтобы открылись оба диода.

Следовательно, напряжение на правом амперметре $U_{a \text{ правый}} = 2$ В, и его показание:

$$I_{\text{правый}} = \frac{U_{a \text{ правый}}}{R_a} = \frac{2}{5} = 0,4 \text{ A.}$$

Напряжение на левом амперметре $U_{a \text{ левый}} = U - U_{01} - U_{02} = 8 - 3 - 2 = 3 \text{ В.}$

Показания левого амперметра: $I_{\text{левый}} = \frac{U_{a \text{ левый}}}{R_a} = \frac{3}{5} = 0,6 \text{ A.}$

Вопрос 4

Для построения ВАХ всей схемы, обозначим характерные точки:

От $U = 0 \text{ В}$ до $U = 3 \text{ В}$ оба диода закрыты.

При $U = 3 \text{ В}$ открывается первый диод, второй остается закрытым, так как напряжение на нем равно напряжению на правом амперметре, и при этом внешнем напряжении оно равно нулю.

Сила тока в цепи равна силе тока через амперметры, и от внешнего напряжения зависит следующим образом:

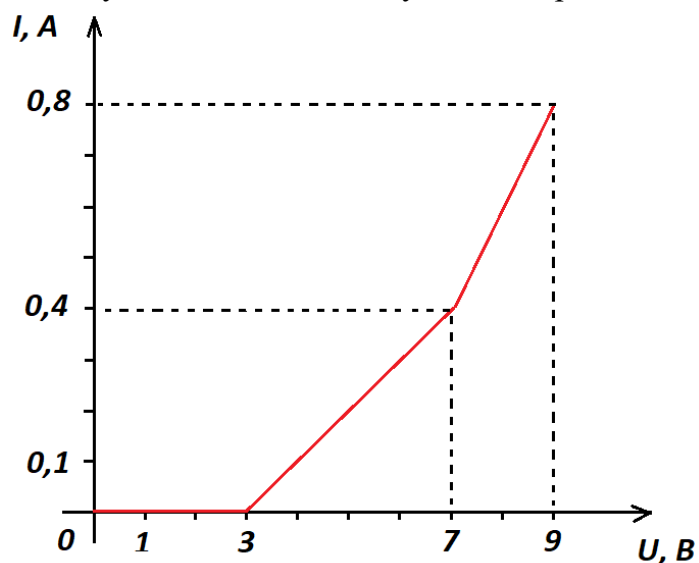
$$I = \frac{U-3}{2 \cdot 5} = 0,1U - 0,3.$$

Второй диод откроется при внешнем напряжении $U = 3 + 2 + 2 = 7 \text{ В}$ и после открытия напряжение на нем будет всегда $U_2 = 2 \text{ В.}$

Сила тока в цепи будет равна силе тока через левый амперметр и будет определяться следующим выражением:

$$I = \frac{U-3-2}{5} = 0,2U - 1.$$

ВАХ будет выглядеть следующим образом:



Критерии оценивания.

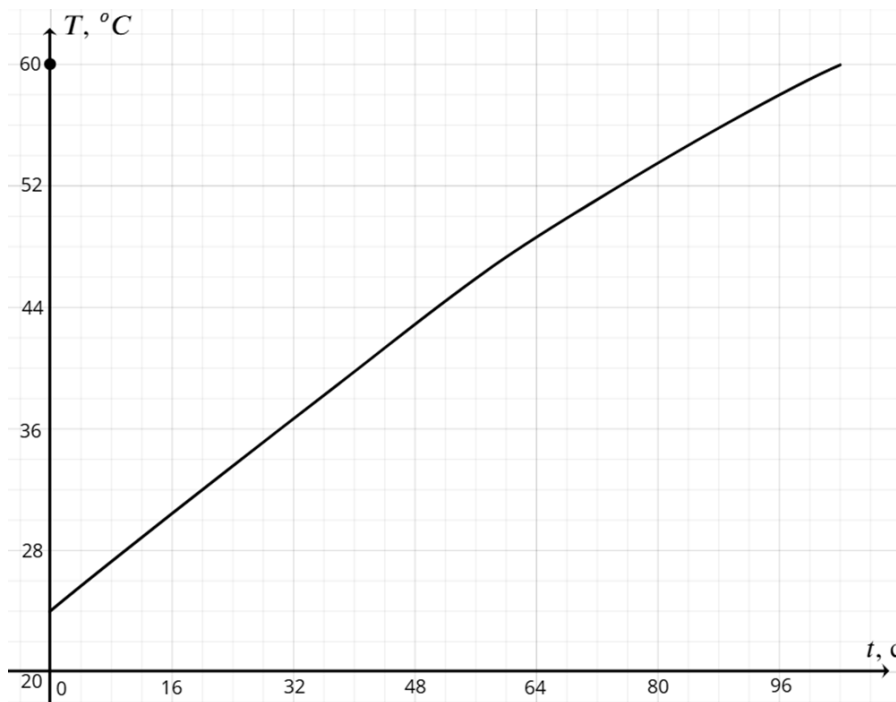
№	Критерий	Кол-во баллов
	Вопрос 1	
1	При напряжении 2 В найдены показания амперметров $I_{\text{левый}} = I_{\text{правый}} = 0 \text{ A}$	2 (1+1)
	Вопрос 2	
2	При напряжении 6 В найдены показания амперметров $I_{\text{левый}} = I_{\text{правый}} = 0,3 \text{ A}$	2 (1+1)
3	Проверено, что ток через второй диод не течет	1
	Вопрос 3	

4	При напряжении 8 В найдены показания амперметров $I_{\text{левый}} = 0,6 \text{ А}$, - 1 балл $I_{\text{правый}} = 0,4 \text{ А}$. – 1 балл	2
	Вопрос 4	
5	Построена ВАХ цепи (по 1 баллу за каждый правильный участок)	3
	Итого	10

Задача № 3

Программист

Рома купил себе электронный чайник, который показывает температуру содержимого в реальном времени. Налив 1,2 литра воды комнатной температуры, включив режим «нагрев до 60 градусов» и отслеживая показания чайника, Рома построил такой график. Рома очень любил двоичные числа, поэтому для осей он выбрал самые любимые интервалы «8» и «16».



Потом чайник автоматически перешёл в режим «поддержка температуры». Если температура воды в чайнике падает на 1 градус, то чайник снова включается, отключается при 60 градусах и цикл повторяется. Чайник считать тонкостенным металлическим: теплоемкость его пренебрежимо мала, а теплопроводность - значительна. Испарением пренебречь.

Вопрос 1

Помогите Роме оценить мощность чайника.

Вопрос 2

Помогите Роме определить продолжительность одного цикла подогрева.

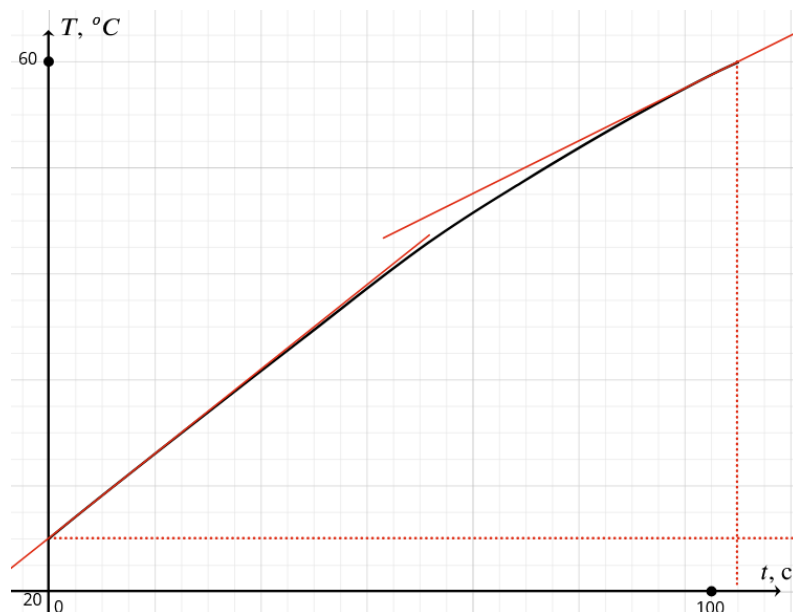
Вопрос 3

Помогите Роме определить коэффициент пропорциональности K в формуле мощности теплотерь чайника: $P = K\Delta T$, где ΔT — разность температур чайника и окружающего воздуха.

Возможное решение:

Вопрос 1

В начальный момент времени вся мощность уходит на нагрев воды. Проведём касательную в начале, её наклон $k_0 = \frac{\Delta T}{\Delta t} = \frac{40-16}{40-(-20)} = \frac{24}{60} = 0.4 \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{c}}$. Из формулы $P\Delta t = \Delta Q = C m \Delta T$ получим мощность $P_0 = C m k_0 = 4200 * 1.2 * 0.4 = 2016 \text{ Вт}$.



Вопрос 2

Построим касательную в конечной точке графика. Аналогично первому вопросу найдём мощность: $P_T = Cmk_1 = 4200 * 1.2 * \frac{64-48}{120-56} = 1260$ Вт. Это мощность чайника минус мощность теплопотерь при 60 градусах.

Будем считать, что мощности теплопотерь при 59 и 60 градусах не отличаются. Запишем энергии для одного цикла: $(P_0 - P_T) * t_1 = P_T * t_2 = Cmt\Delta T$, где t_1 и t_2 – время нагрева и остывания в цикле, $\Delta T=1$ градус. $t_1 = \frac{4200*1.2*1}{1260} = 4$ с; $t_2 = \frac{4200*1.2*1}{2016-1260} = 6,67$ с. Полное время 10,67 с.

Вопрос 3

Формула мощности теплопотерь $P=K(T-T_0)$. Для 60 градусов мощность теплопотерь $P = P_0 - P_T = 2016 - 1260 = 756$ Вт. Комнатная температура 24 градуса, поэтому $K = \frac{756}{(60-24)} = 21$ Вт/°C.

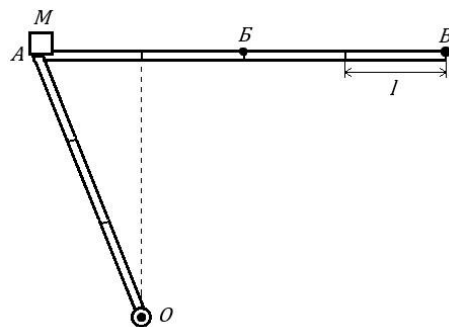
Критерии оценивания.

№	Критерий	Баллы
	Вопрос 1	
1	Связь мощности чайника и наклона графика в начале	1
2	Правильно вычислен наклон графика в начале 0,4 °C/с	1
3	Верно вычислена мощность 1916 ... 2116 Вт	1
	Вопрос 2	
4	Мощности теплопотерь при 59 и 60 градусах примерно равны	1
5	Связь мощности нагрева с потерями и наклона графика в конце	1
6	Правильно вычислен наклон графика в конце 0,25 °C/с	1
7	Верно вычислена мощность 1160 ... 1360 Вт	1
8	Правильно найдено время остывания в цикле 6,7с	1
9	Ответ на второй вопрос 10,7 с	1
	Вопрос 3	
10	Найден коэффициент $K = 21$ Вт/°C	1
	Итого	10

Задача №4

Рычаг сложной формы закреплён в точке O и может свободно вращаться в плоскости рисунка. В точке A на рычаге закреплено тело массы $M = 2,1$ кг. В точке B к рычагу приложена сила F , а в точке B – сила $2F$; обе силы действуют вертикально вниз. Рычаг разделён на семь одинаковых частей длины $l = 10$ см каждая (см. рис.), его массой можно пренебречь.

Считайте ускорение свободного падения равным $g = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$.



Вопрос 1

Чему равна сила F , если рычаг находится в равновесии?

Вопрос 2

Приложенная в точке B сила повернулась и стала направлена в точку O (не меняя своей величины). Выйдет ли рычаг из положения равновесия? Если да, то чему должна быть равна сила, приложенная в точке B , чтобы равновесие сохранилось?

Вопрос 3

Приложенная в точке B сила снова повернулась и стала направлена горизонтально (не меняя своей величины). Выйдет ли рычаг из положения равновесия? Если да, то чему должна быть равна сила, приложенная в точке B , чтобы равновесие сохранилось?

Вопрос 4

Рассмотрите ситуацию из предыдущего вопроса, но считайте, что масса каждой из семи частей рычага равна $m = 0,6$ кг. На сколько поменялась сила, приложенная в точке B , если равновесие сохранилось?

Возможное решение:

Вопрос №1

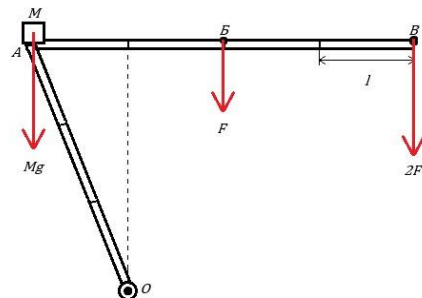
Расставим действующие на систему силы (см. рис.) и запишем правило моментов относительно точки O :

$$Mgl = Fl + 2F \cdot 3l$$

$$Mgl = 7Fl;$$

$$Mg = 7F;$$

$$F = \frac{Mg}{l} = \frac{2,1 \cdot 10}{7} = 3 \text{ Н}$$

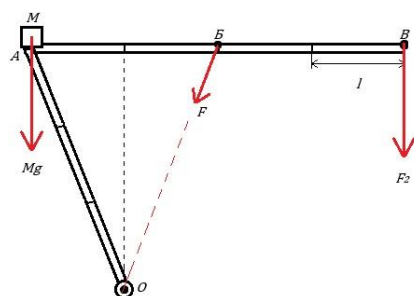


Вопрос №2

Приложенная в точку B сила F теперь не имеет крутящего момента относительно точки O , так как её плечо равно нулю (см. рис.). Запишем правило моментов с учётом этого и найдём силу, действующую в точке B :

$$Mgl = F_2 \cdot 3l$$

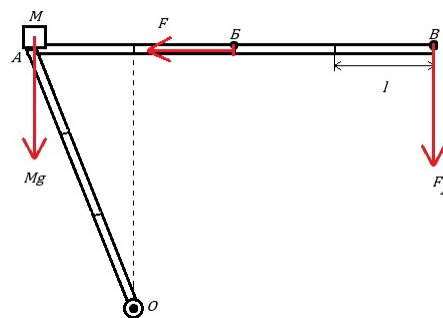
$$F_2 = \frac{Mg}{3} = \frac{21}{3} = 7 \text{ Н}$$



Вопрос №3

Приложенная в точку Б сила F теперь имеет крутящий момент относительно точки О направленный против часовой стрелки. Её плечо найдем по теореме Пифагора $\sqrt{3^2 - 1}l = 2\sqrt{2}l$. Запишем правило моментов и найдём силу, действующую в точке В:

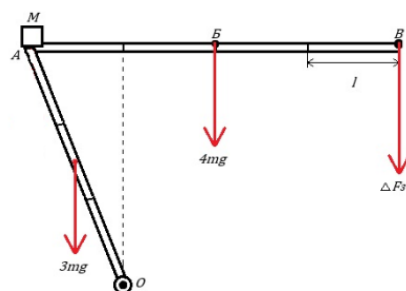
$$Mgl + F2\sqrt{2}l = F_3 \cdot 3l$$
$$F_3 = \frac{Mg + F2\sqrt{2}}{3} = \frac{21 + 8,49}{3} = 9,82 \text{ Н}$$



Вопрос №4

Разобьём стержень на две части, наклонную ОА (массой $3m$) и горизонтальную АВ (массой $4m$). Действующие на них силы тяжести приложены к центрам масс соответствующих частей (см. рис.). Добавка к силе ΔF_3 компенсирует моменты сил тяжести рычага. Запишем правило моментов относительно точки О (скомпенсированные моменты из предыдущего вопроса не учитываем):

$$3mg \cdot \frac{l}{2} - 4mgl - \Delta F_3 \cdot 3l = 0$$
$$\Delta F_3 = \frac{\left(\frac{3}{2} - 4\right)mg}{3} = -\frac{5 \cdot 0,6 \cdot 10}{6} = -5 \text{ Н}$$



Критерии оценивания.

№	Критерий	Кол-во баллов
	Вопрос 1	
1	Правильно записано правило моментов	1
2	Получен численный результат $F=3 \text{ Н}$	1
	Вопрос 2	
3	Правильно записано правило моментов	1
4	Получен результат $F_2 = 7 \text{ Н}$	1
	Вопрос 3	
5	Правильно найдено плечо силы Б	1
6	Правильно записано правило моментов	1
7	Получен результат $F_3 = 9,82 \text{ Н}$	1
	Вопрос 4	
8	Правильно записано правило моментов	1
9	Получен результат $\Delta F = 5 \text{ Н}$ (по модулю)	1
10	Указано, что сила уменьшилась	1
	Итого	10

Задача №5

Оборудование: шприц без иглы, линейка, три гайки, сосуд с водой, салфетка для поддержания рабочего места в чистоте.

Задание: при помощи выданного оборудования определите:

1. Отношение средней массы одной гайки к массе пустого шприца.
2. Отношение средней массы одной гайки к массе линейки.
3. Массу линейки.
4. Среднюю массу одной гайки.
5. Плотность материала, из которого изготовлена гайка.

Примечание: плотность воды считайте известной и равной 1 г/см^3 , шприц можно разбирать.

В решении опишите выполненные вами эксперименты, нарисуйте схемы установок, приведите результаты измерений, вывод необходимых формул. Погрешность оценивать не нужно

Возможное решение

Вопрос №1

Будем использовать линейку в качестве рычага. Для начала определим расположение центра тяжести линейки, для этого пустую линейку уравновесим на краю стола.



Из опыта видно, что положение центра тяжести соответствует делению $x_{\text{цт}} = 14,5 \text{ см}$.

Теперь не двигая линейку расположим на одном ее канце три гайки, а на другом – пустой шприц и передвигая их добьемся равновесия линейки, при этом постараемся чтобы гайки и шприц располагались как можно дальше друг от друга.



Координаты тел в положении равновесия получились следующие: $x_{\text{г1}} = 0,0 \text{ см}$, $x_{\text{ш1}} = 30,0 \text{ см}$. Запишем условие равновесия рычага:

$$3m_{\text{г}}(x_{\text{цт}} - x_{\text{г1}}) = m_{\text{ш}}(x_{\text{ш1}} - x_{\text{цт}}),$$

$$\text{откуда } \frac{m_{\text{г}}}{m_{\text{ш}}} = \frac{x_{\text{ш1}} - x_{\text{цт}}}{3(x_{\text{цт}} - x_{\text{г1}})} = 0,36.$$

Вопрос №2

Распоолжим на одном канце линейки три гайки и уравновесим ее на краю стола.



Координата края стола в положении равновесия $x_2 = 11,5 \text{ см}$. Координата гаск $x_{\text{г2}} = 0,0 \text{ см}$.

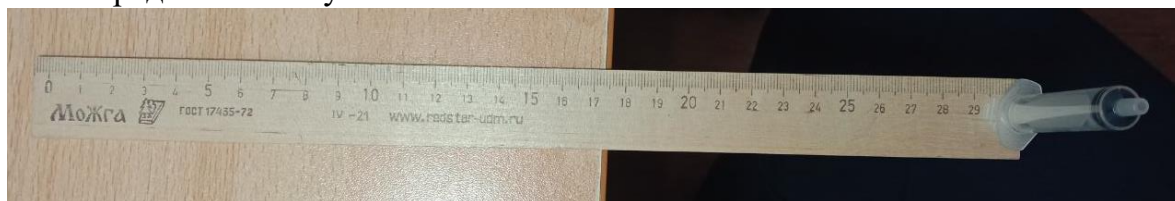
Сила тяжести, действующая на линейку приложена к ее центру тяжести. Момент этой силы уравнивается моментом силы тяжести гак. Запишем соответствующее уравнение.

$$3m_r(x_2 - x_{r2}) = m_l(x_{цт} - x_2),$$

$$\text{откуда } \frac{m_r}{m_l} = \frac{x_{цт} - x_2}{3(x_2 - x_{r2})} = 0,087.$$

Вопрос №3

Для определения массы линейки сравним ее сначала с массой пустого шприца, а затем наберем в шприц воду объемом $V = 2$ мл. Зная массу налитой воды $m_B = \rho_B \cdot V$, сможем определить массу линейки.



Координата края стола в этом опыте равна $x_3 = 17,5$ см. Координата шприца - $x_{ш3} = 30,0$ см. Условие равновесия:

$$m_l(x_3 - x_{цт}) = m_{ш}(x_{ш3} - x_3), \text{ откуда } m_l = m_{ш} \frac{x_{ш3} - x_3}{x_3 - x_{цт}} = 4,17 \cdot m_{ш}$$



Теперь уравновесим шприц с водой

В этом случае координата края стола равна $x'_3 = 19,0$ см, а условие равновесия будет выглядеть следующим образом:

$$m_l(x'_3 - x_{цт}) = (m_{ш} + m_B) \cdot (x_{ш3} - x'_3), \quad \text{откуда} \quad m_{ш} = m_l \frac{x'_3 - x_{цт}}{x_{ш3} - x'_3} - m_B = 0,409 \cdot m_l - m_B.$$

Подставив в предыдущее уравнение получим $m_l = 1,705 \cdot m_{ш} - 4,17 \cdot m_B$, откуда $m_l = \frac{4,17}{0,705} m_B = 11,8$ г

Вопрос №4

Из ответа на второй вопрос получим: $m_r = 0,087 \cdot m_l = 1,0$ г

Вопрос №5

Для определения плотности необходимо измерить объем гайки. Для этого наберем в шприц некоторый объем воды (чуть больше 1 мл), разместим шприц вертикально носиком вниз, заткнем пальцем его носик и аккуратно вытащим поршень наружу. В результате проделанных манипуляций у нас получится своеобразный мерный стакан. По шкале шприца определим начальный объем воды $V_0 = 1,2$ мл. Затем погрузим в шприц три гайки и определим объем воды вместе с гайками $V' = 1,6$ мл.



Учитывая, что в шприц помещено три гайки, получим объем одной гайки $V_r = \frac{V' - V_0}{3} = 0,13 \text{ мл} = 0,13 \text{ см}^3$.

Определим плотность гайки $\rho_r = \frac{m_r}{V_r} = \frac{1,0}{0,13} = 7,7 \text{ г/см}^3$.

Критерии оценивания.

№	Критерий	Кол-во баллов
1	Идея использования линейки в качестве рычага	0,5
2	Хотя бы в одном опыте верно записано условие равновесия рычага	0,5
3	Определено положение центра тяжести линейки	1
	Вопрос 1	
4	Присутствует описание установки и результаты измерений	0,5
5	Получен результат, отличающийся от эталонного не более, чем на 5%	0,5
	Вопрос 2	
6	Присутствует описание установки и результаты измерений	0,5
7	Получен результат, отличающийся от эталонного не более, чем на 10%	0,5
	Вопрос 3	
8*	Идея сравнивать массу пустого шприца и массу наполненного водой	1
9*	Выведена верная теоретическая формула + имеется описание установки и результаты измерений	1+0,5
10*	Получен результат, отличающийся от эталонного не более, чем на 10%	0,5
	Вопрос 4	
11*	Присутствует описание установки и результаты измерений	0,5
12*	Получен результат, отличающийся от эталонного не более, чем на 10%	0,5
	Вопрос 5	
13	Идея использовать шприц в качестве мерного стакана	1
14	Присутствует описание установки и результаты измерений	0,5
15	Получен результат, отличающийся от эталонного не более, чем на 10%	0,5
	Итого	10

* Учащиеся могут пойти по другому пути и определить массы гайки сравнивая ее с пустым шприцом и наполненным водой, а массу линейки определить через отношение массы линейки к массе гайки. В это случае вопрос 4 оценивается по критериям вопроса 3, а вопрос 3 по критериям вопроса 4.