

**Муниципальный этап всероссийской олимпиады школьников по физике.
2024/25 учебный год. 8 класс. Максимальный балл – 40.**

Задача №1

С планеты Хот на планету Беспин поочерёдно вылетают крейсер Звездной Империи, корабль «Сокол» и солнечный парусник. Все корабли движутся строго по прямой. Первую половину пути следящая станция на Хоте фиксировала расстояние до «Сокола», график полученной зависимости представлен на рис. 1.

Вопрос 1

На сколько крейсер Звездной Империи вылетел с планеты Хот раньше «Сокола», если через $t_1 = 36$ мин после старта «Сокола» расстояние между кораблями составило $l_1 = 50$ МгС?

Известно, что крейсер все время движется с постоянной скоростью $v_k = 50$ МгС/ч.

Вопрос 2

С какой скоростью в начале движения «Сокола» он сближался с крейсером Звездной Империи?

Вопрос 3

Солнечный парусник вылетел с планеты Хот на $t_{\text{п}} = 1$ час позже «Сокола» и двигался с постоянной скоростью. Известно, что первый раз он встретился с «Соколом» через $t_3 = 7,6$ часа с момента вылета «Сокола» на расстоянии $l_3 = 150$ МгС от планеты Хот. Через какое время после первой встречи произойдет вторая встреча парусника с «Соколом»?

Вопрос 4

С какой средней путевой скоростью двигался «Сокол» первые 12 часов?

Вопрос 5

Какой корабль, «Сокол» или крейсер раньше долетит до планеты назначения? На сколько раньше другого корабля он прилетит?

Вторую половину пути корабли летят с постоянными скоростями, равными скоростям в конце первой половины пути. Расстояние между планетами $L = 800$ МгС.

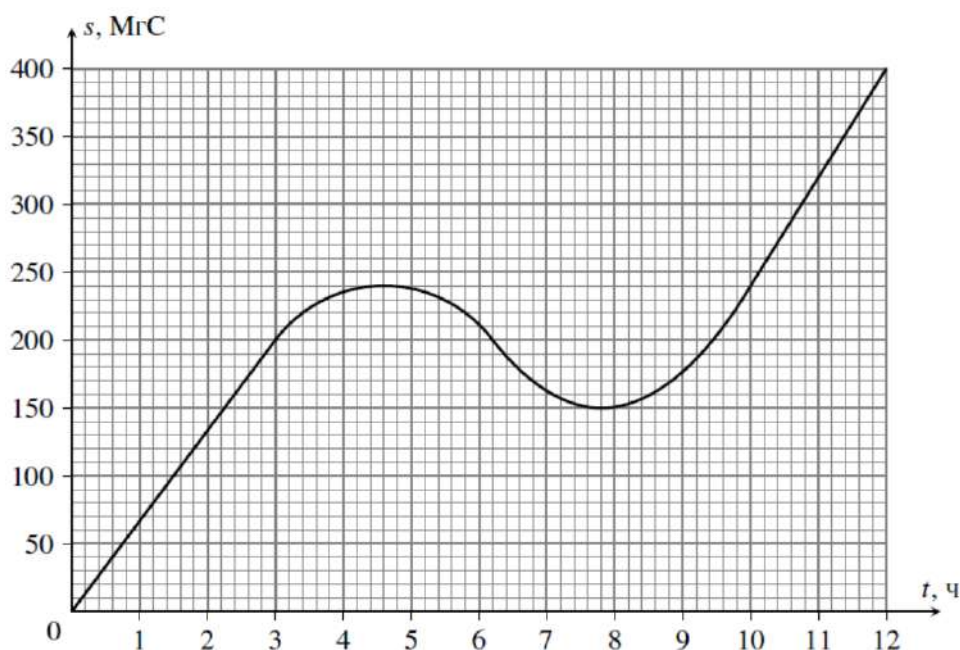


Рис. 1.

Примечания: Мегасвет – единица измерения расстояния в мире Звездных войн. Сколько световых лет в 1 МгС – информация утеряна.

Возможное решение.

Вопрос 1

Переведем 36 минут в часы $t_1 = 36 \text{ мин} = \frac{36}{60} \text{ час} = 0,6 \text{ час}$. Из графика движения «Сокола» определим, что в момент времени t_1 он находился на расстоянии $l_c = 40 \text{ МгС}$ от планеты Хот. По условию задачи в этот момент времени расстояние между крейсером и «Соколом» составляло $l_1 = 50 \text{ МгС}$. Заметим, что $l_1 > l_c$, значит «Сокол» за это время никак не мог обогнать крейсер, следовательно расстояние от Хота до крейсера составляет $l_k = l_c + l_1 = 40 + 50 = 90 \text{ МгС}$.

Найдем время, которое потребовалось крейсеру на преодоление этого расстояния $t_k = \frac{l_k}{v_k} = \frac{90 \text{ МгС}}{50 \text{ МгС/ч}} = 1,8 \text{ ч}$. Теперь мы можем определить на сколько крейсер вылетел раньше «Сокола». $\Delta t = t_k - t_1 = 1,8 - 0,6 = 1,2 \text{ ч}$.

Вопрос 2

По графику «Сокол» первые три часа двигался равномерно, и его скорость движения составляла

$$v_c = \frac{200 \text{ МгС}}{3 \text{ ч}} \approx 66,7 \text{ МгС/ч}$$

Следовательно, скорость сближения

$$v_{\text{сбл}} = v_c - v_k = 66,7 - 50 = 16,7 \text{ МгС/ч}$$

Вопрос 3

Построим график движения солнечного парусника на той же координатной сетке (рис.2). По условию он движется с постоянной скоростью, значит графиком его движения будет прямая. Первая точка, через которую пройдет эта прямая, имеет координаты (1; 0), так как спустя 1 час от начала движения «Сокола» парусник только вылетел, то есть имел нулевое расстояние от планеты Хот. Координаты второй точки определим зная, что в момент времени $t_3 = 7,6 \text{ часа}$ парусник встретился с «Соколом». Их графика видно, что в это время «Сокол» находился на расстоянии 150 МгС от Хота. Получаем координаты второй точки (7,6; 150). Теперь проведем через эти точки прямую (на графике – нижняя прямая) и найдем ее второе пересечение с графиком движения «Сокола». Вторая встреча произойдет примерно в момент времени 9,2 ч.

Следовательно, между встречами

$$\Delta t_3 = 9,2 \text{ ч} - 7,6 \text{ ч} = 1,6 \text{ ч}$$

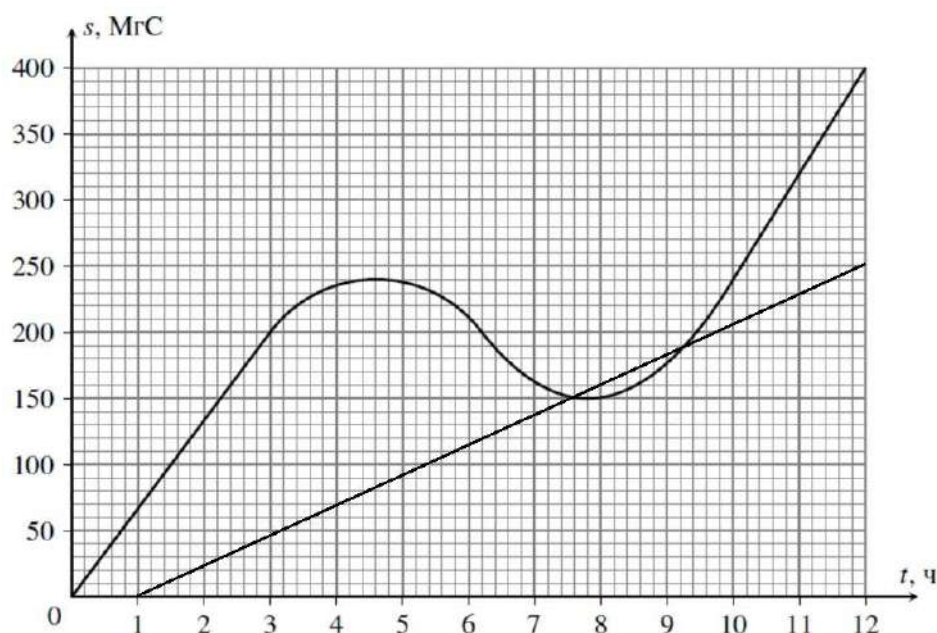


Рис. 2.

Вопрос 4

Определим путь, пройденный «Соколом» за 12 часов. Из графика видно, что за первые 4,5 часа он преодолел расстояние 240 МгС, затем 3,5 часа двигался в обратном направлении, преодолел 90 МгС, и затем опять двигался «вперед», преодолел расстояние 250 МгС. Средняя путевая скорость «Сокола» с учетом возвратного движения

$$u_{\text{ср}} = \frac{240 \text{ МгС} + 90 \text{ МгС} + 250 \text{ МгС}}{12 \text{ ч}} = \frac{580 \text{ МгС}}{12 \text{ ч}} \approx 48,3 \text{ МгС/ч}$$

Вопрос 5

Скорость движения Сокола определяем по линейному участку графика движения от 10 ч до 12 ч по точкам (12; 400) и (10; 240)

$$v_{c2} = \frac{400 \text{ МгС} - 240 \text{ МгС}}{12 \text{ ч} - 10 \text{ ч}} = 80 \text{ МгС/ч}$$

Для преодоления оставшихся 400 МгС «Сокол» потратит

$$t_{\text{сок}} = \frac{400 \text{ МгС}}{80 \text{ МгС/ч}} = 5 \text{ ч},$$

а крейсер

$$t_{\text{кр}} = \frac{400 \text{ МгС}}{50 \text{ МгС/ч}} = 8 \text{ ч}$$

Общее время движения «Сокола» составит $T_{\text{сок}} = t_{\text{сок}} + 12 \text{ ч} = 17 \text{ ч}$.

Общее время движения крейсера будет ровно в 2 раза больше времени преодоления второй половины пути, так как он все время движется с постоянной скоростью $T_{\text{кр}} = 2t_{\text{кр}} = 16 \text{ ч}$.

Учитывая, что крейсер вылетел раньше «Сокола» на 0,6 часа, получаем, что крейсер прилетит в конечную точку раньше на $\Delta T = T_{\text{сок}} - T_{\text{кр}} + 0,6 \text{ ч} = 1,6 \text{ ч}$.

Критерии оценивания.

№	Критерий	Кол-во
---	----------	--------

		баллов
1	Определено местоположение крейсера в момент времени $t_1 = 36$ мин или записан достаточный набор правильных уравнений, позволяющих получить ответ на первый вопрос задачи.	1
2	Найдено время форы крейсера относительно «Сокола» (1,2 ч)	1
3	Найдена начальная скорость движения «Сокола» (66,7 МгС/ч)	0,5
4	Найдена скорость сближения крейсера и «Сокола» (16,7 МгС/ч)	0,5
5	Построен график движения парусника через точки (1; 0) и (7,6; 150) или записан полный набор правильных уравнений для получения ответа на третий вопрос.	1
6	Найдено время между встречами «Сокола» и парусника (1,6 ч)*. Если найдено время от старта «Сокола» до второй встречи (9,2 ч)*, то ставится 0,5 балла	1
7	Найдена средняя путевая скорость Сокола (48,3 МгС/ч)	2
8	Найдена скорость движения Сокола от 10 до 12 часов (80 МгС/ч)	1
9	Найдено время опережения имперским крейсером корабля «Сокол» (2,2 ч)	2
	Итого	10

* В п. 6 допустимое отклонение интервала времени +0,1 ч.

Задача №2

В теплоизолированный цилиндрический сосуд поместили кусок льда при нулевой температуре и прочно прикрепили его ко дну. Затем залили этот лед таким же по массе количеством воды. Вода полностью покрыла лед и достигла уровня $H = 20$ см от дна сосуда. Определите, какова была температура этой воды, если после установления теплового равновесия ее уровень опустился на $b = 0,4$ см. Считайте, что в процессе плавления лед от дна сосуда не отрывается.

Плотность воды $\rho_v = 1,0 \cdot 10^3$ кг/м³, льда $\rho_l = 0,9 \cdot 10^3$ кг / м³, удельная теплоемкость воды $c_v = 4200$ Дж/(кг·°С), удельная теплота плавления льда $\lambda = 330000$ Дж/кг.

Возможное решение:

Предположим, что весь лед растает.

Начальный объем воды и льда в цилиндре $V_v + V_l = M/\rho_v + M/\rho_l = M \frac{\rho_v + \rho_l}{\rho_v \rho_l} = HS$.

Объем воды в цилиндре после таяния льда $2 \frac{M}{\rho_v} = hS$.

Из уравнений, указанных выше, получим $h = \frac{2\rho_l H}{\rho_v + \rho_l} \approx 19$ см, то есть уровень опустился бы на 1 см.

По условию уровень опустился на 0,4 см, значит не весь лед растаял.

Таким образом, установившаяся температура в системе $t_k = 0$ °С. Запишем уравнение теплового баланса: $c_v M (t_v - t_k) = \lambda \Delta m$

где Δm — масса растаявшего льда, M — масса (начальная) воды.

Учтем изменение объема за счет таянья льда $\frac{\Delta m}{\rho_{\text{л}}} - \frac{\Delta m}{\rho_{\text{в}}} = bS$.

Выразим начальную массу воды из формулы общего объема $M = HS \frac{\rho_{\text{в}} + \rho_{\text{л}}}{\rho_{\text{в}} \rho_{\text{л}}}$ и далее подставляем в уравнение теплового баланса, откуда получаем формулу для начальной температуры воды

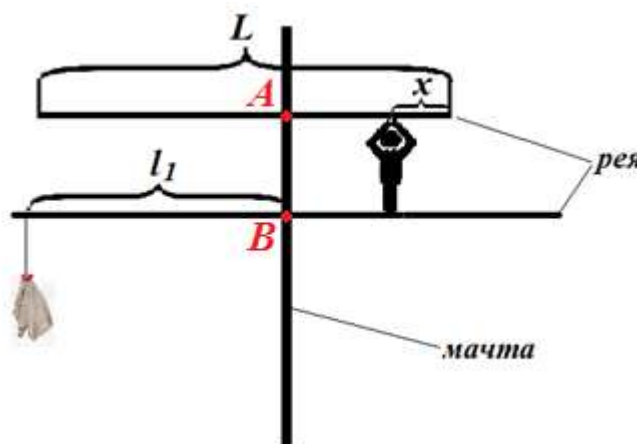
$$t_{\text{в}} = \frac{\lambda b (\rho_{\text{в}} + \rho_{\text{л}})}{cH(\rho_{\text{в}} - \rho_{\text{л}})} \approx 30^{\circ}\text{C}$$

Критерии оценивания.

№	Критерий	Кол-во баллов
1	Доказано, что лед не весь растаял	2
2	Определена установившаяся температура в цилиндре, либо сделано такое предположение и оно подтверждается вычислением массы растаявшего льда по конечной температуре.	1
3	Записано уравнение теплового баланса $c_{\text{в}}M(t_{\text{в}} - t_{\text{к}}) = \lambda \Delta m$	2
4	Учтено изменение объема за счет растаявшего льда $\frac{\Delta m}{\rho_{\text{л}}} - \frac{\Delta m}{\rho_{\text{в}}} = bS$	2
5	Получена формула для начальной температуры воды $t_{\text{в}} = \frac{\lambda b (\rho_{\text{в}} + \rho_{\text{л}})}{cH(\rho_{\text{в}} - \rho_{\text{л}})}$	2
6	Расчет числового значения $t_{\text{в}} \approx 30^{\circ}\text{C}$	1
	Итого	10

Задача № 3

В результате очередного сражения у пиратского корабля «Чёрная жемчужина» были повреждены паруса, реи и другой такелаж. Чтобы реи оставались в горизонтальном положении, Джек Воробей был вынужден встать на нижнюю рею, а верхнюю удерживать руками, так как ее правая часть отломилась (см. рисунок). Обе реи крепятся к мачте шарнирно и могут вращаться в вертикальной плоскости



вокруг точек **A** и **B** соответственно. Нижняя рея осталась цела, и ее центр масс находится в точке **B**. На левой части нижней реи остались обрывки парусов массой m_1 , которые повисли на расстоянии $l_1 = 5 \text{ м}$ от точки **B**. Оставшаяся часть верхней реи является однородной, имеет длину $L = 6 \text{ м}$ и массу $m_2 = 275 \text{ кг}$. Расстояние от рук Воробья до правого края верхней реи $x = 0,4 \text{ м}$. Масса Джека Воробья $M = 75 \text{ кг}$. Он стоит прямо, сомкнув ноги вместе.

Вопрос 1

С какой силой действует на верхнюю рею Джек Воробей, если он находится от точки В на расстоянии $l_2 = 2,2$ м?

Вопрос 2

Какова масса обрывков парусов, повисших на нижней рее?

Вопрос 3

На левый край верхней реи сел баклан. На какое расстояние и в какую сторону от начального положения сдвинулся Джек Воробей, если обе реи оставались в горизонтальном положении, а сила, с которой он удерживает верхнюю рею стала равна $F_2 = 510$ Н?

Вопрос 4

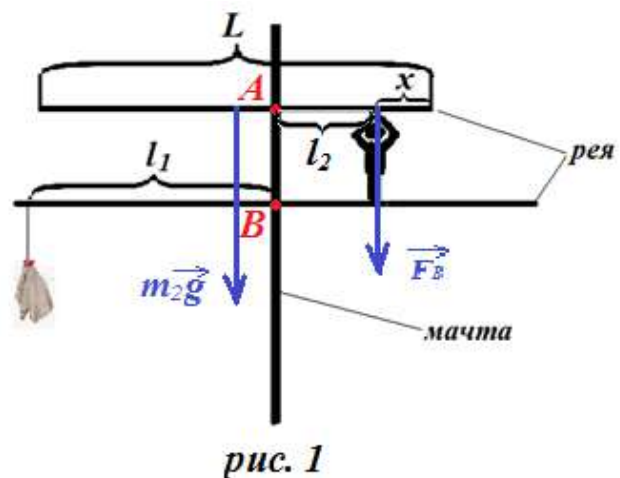
Чему равна масса баклана?

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

Возможное решение:

Вопрос №1: Запишем правило моментов для верхней реи относительно точки А (см. рис. 1)

$$F_B \cdot l_2 - m_2 g \cdot \left(\frac{L}{2} - l_2 - x\right) = 0;$$
$$F_B = \frac{m_2 g \cdot \left(\frac{L}{2} - l_2 - x\right)}{l_2} =$$
$$\frac{275 \cdot 10 \cdot \left(\frac{6}{2} - 2,2 - 0,4\right)}{2,2} = 500 \text{ Н.}$$

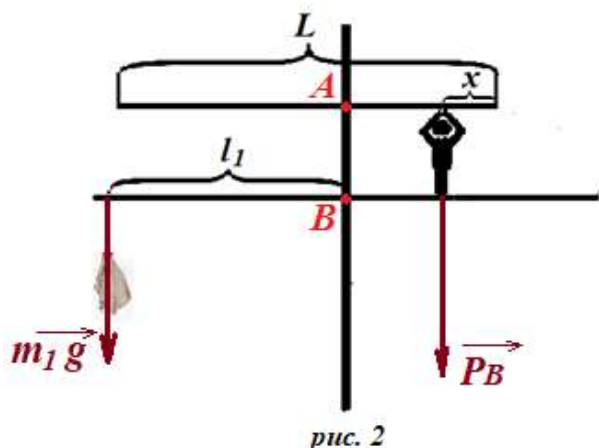


Вопрос №2: Выразим с какой силой Джек Воробей давит на нижнюю рею. Его вес равен сумме сил, с которыми он действует на верхнюю и нижнюю реи, откуда $P_B = Mg - F_B$.

Запишем правило моментов для нижней реи относительно точки В (см. рис. 2)

$$B: P_B l_2 - m_1 g l_1 = 0;$$

Из этих уравнений выразим массу обрывков парусов $m_1 =$

$$\frac{(Mg - F_B) l_2}{g l_1} = 11 \text{ кг.}$$


Вопрос №3: Предположим, что Джек Воробей сдвинулся вправо на расстояние y . Запишем правило моментов для нижней реи относительно точки В в новых условиях (см. рис. 3):

$$B: P_{B1}(l_2 + y) - m_1 g l_1 = 0;$$

$$P_{B1} = Mg - F_{B1}$$

$$y = \frac{m_1 g \cdot l_1}{Mg - F_{B1}} - l_2 = 0,09 \text{ м.}$$

Так как мы получили $y > 0$, то наше предположение оказалось верным и Джек Воробей сдвинулся вправо.

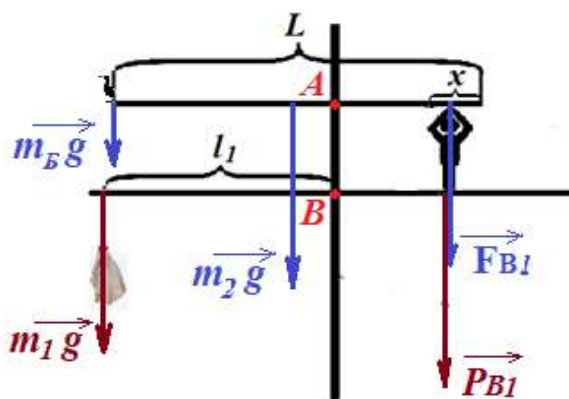


рис. 3

Вопрос №4: Запишем правило моментов для верхней реи относительно точки А в новых условиях (см. рис. 3):

$$A: F_{B1} \cdot (l_2 + y) - m_2 g \cdot \left(\frac{L}{2} - l_2 - x\right) - m_6 g \cdot (L - l_2 - x) = 0;$$

$$m_6 = \frac{F_{B1} (l_2 + y) - m_2 g \left(\frac{L}{2} - l_2 - x\right)}{g (L - l_2 - x)} = 2 \text{ кг.}$$

Критерии оценивания.

№	Критерий	Кол-во баллов
1	Наличие чертежа с расстановкой сил, действующих на верхнюю рею	0,5
2	Правильно записано правило моментов для верхней реи	1
3	Правильно найдена сила, с которой Джек Воробей действует на верхнюю рею (ответ на первый вопрос)	1
4	Наличие чертежа с расстановкой сил, действующих на нижнюю рею	0,5
5	Правильно записано правило моментов для нижней реи	0,5
6	Записано уравнение, связывающее массу пирата с силами его воздействия на обе реи	0,5
7	Правильно найдена масса обрывков парусов (ответ на второй вопрос)	1
8	Обосновано направление движения пирата по рее	0,5
9	Наличие чертежа с расстановкой сил, действующих на нижнюю рею после сдвига Джека Воробья	0,5
10	Правильно записано правило моментов для верхней реи с учетом сдвига Джека Воробья	0,5
11	Найдена величина сдвига Джека Воробья (ответ на 3 вопрос)	1
12	Наличие чертежа с расстановкой сил, действующих на верхнюю рею с учетом баклана	0,5
13	Правильно записано правило моментов для верхней реи с учетом действия на нее баклана	1
14	Правильно найдена масса баклана (ответ на 4 вопрос)	1
	Итого	10

Задача №4

Оборудование: линейка деревянная, саморез, груз массой 10 г (гирька, гайка или другой), кусок нити (около метра), ножницы (одни на класс), стакан с водой.

Задание: при помощи выданного оборудования определите:

1. Массу самореза;
2. Объём самореза;
3. Плотность материала, из которого сделан саморез.

Примечание: плотность воды считать известной и равной 1 г/см^3 .

Возможное решение:

В решении не приводятся численные данные, так как комплекты оборудования на разных площадках могли отличаться по параметрам.

Вопрос №1.

Перед началом экспериментов определим местоположение центра масс линейки. Для этого можно сделать из нитки петлю, продеть в неё линейку и уравновесить. Местоположение нитки на линейке – это и будет её центр масс.

Теперь линейку, уравновешенную на нитке, можно использовать как рычаг. Запишем правило моментов для случая, когда на одном конце висит гайка известной массы m_{Γ} , а на другом саморез массы m_c .

$$m_{\Gamma}gl_{\Gamma} - m_cgl_c = 0$$

Где l_{Γ} – плечо силы тяжести гайки, l_c – плечо силы тяжести самореза.

Из правила моментов выразим массу самореза.

$$m_c = m_{\Gamma} \frac{l_{\Gamma}}{l_c}$$

Подставив сюда значение плеч можно посчитать массу самореза.

Вопрос №2.

Для того чтобы определить объём самореза используем формулу силы Архимеда.

$F_A = \rho_v gV$, где ρ_v – плотность воды, V – объём погружённого тела.

Для определения значения силы Архимеда уравновесим саморез с гайкой на линейке, а затем опустим саморез в стакан с водой. Равновесие при этом нарушится, так как на систему начнёт действовать ещё одна внешняя сила – сила Архимеда. Смещая точку подвеса гайки, восстановим равновесие системы. Теперь можно записать правило моментов с учётом действия силы Архимеда.

$$m_{\Gamma}gl_{\Gamma 1} - m_cgl_c + F_A l_c = 0, \text{ где } l_{\Gamma 1} - \text{новое плечо силы тяжести гайки.}$$

Выразим отсюда объём самореза, используя формулу силы Архимеда.

$$V = \frac{m_c l_c - m_{\Gamma} l_{\Gamma 1}}{\rho_v l_c}$$

Вопрос №3.

Зная массу и объём самореза нетрудно посчитать плотность материала, из которого он изготовлен. Для этого массу нужно разделить на объём.

$$\rho = \frac{m_c}{V}$$

Критерии оценивания

№	Критерий	Балл
Вопрос №1		
1	Описана идея получения значения массы самореза (чертёж, формула правила моментов). В случае если не указано в явном виде, что опора должна находиться в центре масс линейки, и в уравнении масса линейки не учтена, то за этот пункт ставится 1 балл	2
2	Получено значение массы самореза, которое отличается от истинного значения (проверить на весах) не более чем на 5%. Если полученное значение массы отличается от истинного значения более чем на 5% но менее чем на 10 % за этот пункт ставится 0,5 балла	1
Вопрос №2		
3	Описана идея получения значения объёма самореза, позволяющая добиться точности сопоставимой с авторским методом. В случае метода «мензурка» или прямого измерения линейкой за этот и следующий пункт ставится по 0,5 балла	2
4	Верно выведена расчётная формула для вычисления объёма	2
5	Получено разумное значение объёма самореза.	1
Вопрос №3		
6	Получено разумное (близкое к плотности стали) значение плотности материала	2
	Итого	10