

**Муниципальный этап всероссийской олимпиады школьников по физике.
2024-25 учебный год. 9 класс. Максимальный балл – 50.**

Задача №1

Два тела начинают движение из состояния покоя. Первое тело движется равномерно со скоростью $v_1 = 36$ км/ч, второе – равноускоренно с ускорением $a_2 = 1$ м/с². Определите:

Вопрос №1. Через какое время t_1 после начала движения скорости тел станут равны.

Вопрос №2. Через какое время t_2 после начала движения пути, пройденные телами, будут отличаться в 2 раза.

Вопрос №3. Среднюю путевую скорость второго тела в момент времени t_2 .

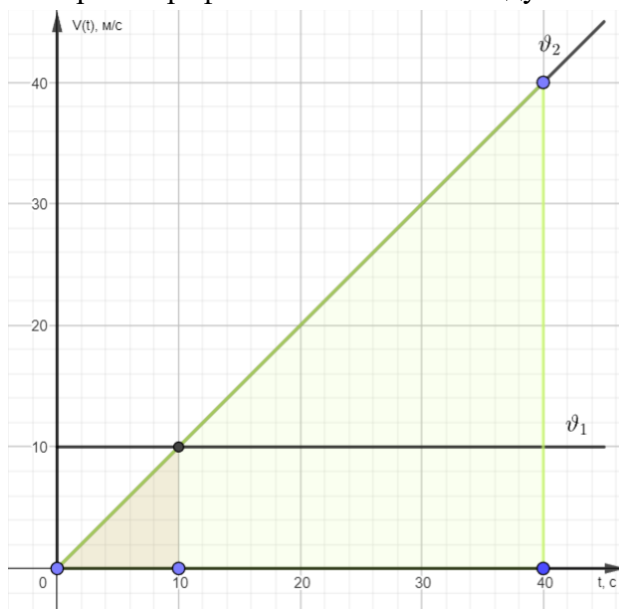
Вопрос №4. Среднюю скорость второго тела на всём участке, где средние скорости тел, вычисленные с момента начала движения, будут отличаться менее, чем в 4 раза?

Автор: Смирнов Андрей Александрович

Возможное решение

Вариант 1. Графический

Построим графики зависимостей модулей скоростей тел от времени.



1. По графикам видно, что скорости станут равны, спустя $t_1 = 10$ с;

2. Путь можно определить как площадь под графиком зависимости модуля скорости от времени. По построенным графикам видно, что возможны 2 варианта решения (площади зеленого и коричневого треугольников – пути, пройденные вторым телом за 10 и 40 секунд соответственно) – путь первого тела больше пути второго в 2 раза (путь второго – площадь коричневого треугольника) и путь второго тела больше пути первого в 2 раза (путь второго – площадь зеленого треугольника). Значит ответы:

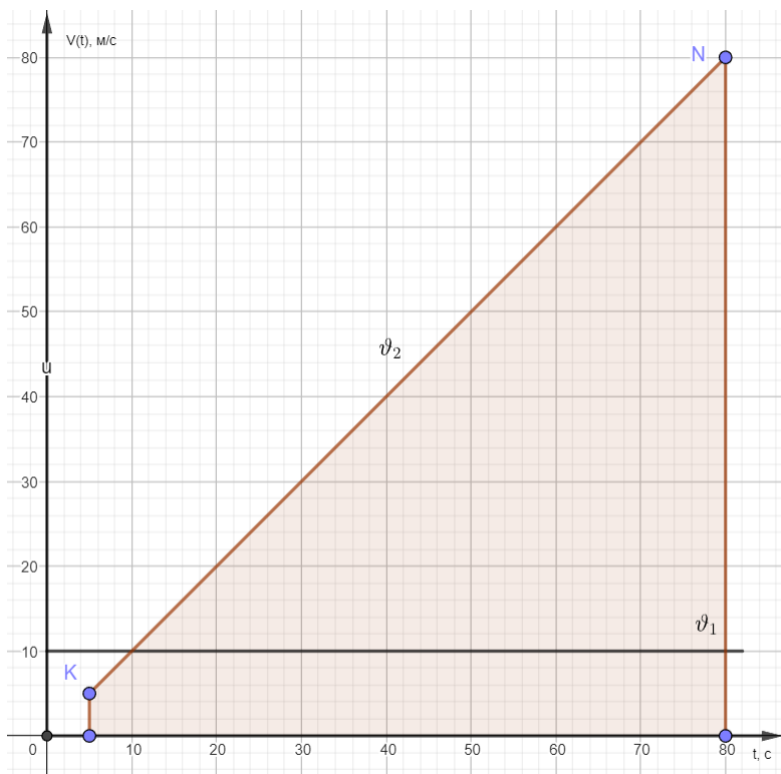
- $t_{21} = 10$ с;
- $t_{22} = 40$ с;

3. Поскольку таких вариантов два, то и решений тоже два. По определению средней путевой скорости: $v_{ср2} = \frac{L}{t}$; значит ответы:

- $v_{ср21} = 5$ м/с;
- $v_{ср22} = 20$ м/с;

4. Средние скорости отличаются в 4 раза в точках, где пути отличаются в 4 раза. Найдем эти точки, это K и N, для которых:

- $t_{31} = 5$ с;
- $t_{32} = 80$ с.



Средняя скорость на этом промежутке времени будет равна $v_{ср\ 2\ 3} = \frac{L_{KN}}{t_{32} - t_{31}}$;

Путь $L = 3187,5$ м – как площадь под графиком соответствующей области (выделена цветом на рисунке);

$$\text{Отсюда } v_{ср\ 2\ 3} = \frac{3187,5 \text{ м}}{80 \text{ с} - 5 \text{ с}} = 42,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Вариант 2. Аналитический

1. Запишем законы изменения скоростей для 1 и 2 тела:

$$v_1(t) = v_{01} + a_1 \cdot t = 10;$$

$$v_2(t) = v_{02} + a_2 \cdot t = t;$$

Скорости станут равны спустя $t_1 = 10$ с.

2. Пути, пройденные телами за время t , в любой момент времени могут быть определены для 1 и 2 тела как:

$$L_1(t) = 10t;$$

$$L_2(t) = 0,5t^2;$$

По условию $L_1 = 2L_2$ или $L_2 = 2L_1$;

$$\text{Получим } 10t_{21} = t_{21}^2 \text{ или } 20t_{21} = 0,5t_{21}^2;$$

$$\text{Отсюда: } t_{21} = 10 \text{ с};$$

$$t_{22} = 40 \text{ с}.$$

3. Поскольку таких вариантов два, то и решений тоже два. По определению средней путевой скорости: $v_{ср\ 2} = \frac{L}{t}$; значит ответы:

- $v_{ср\ 2\ 1} = 5$ м/с;

- $v_{cp\ 2\ 2} = 20\text{ м/с}$.

4. Средние скорости отличаются в 4 раза в точках, где пути отличаются в 4 раза.

Найдем такие моменты времени аналогично п.2:

- $t_{3\ 1} = 5\text{ с}$;
- $t_{3\ 2} = 80\text{ с}$.

Средняя скорость на этом промежутке времени будет равна $v_{cp\ 2\ 3} = \frac{L_2(t_{3\ 2}) - L_2(t_{3\ 1})}{t_{3\ 2} - t_{3\ 1}}$;

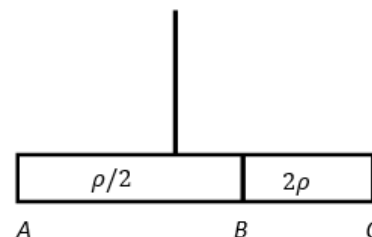
Отсюда $v_{cp\ 2\ 3} = \frac{3187,5\text{ м}}{80\text{ с} - 5\text{ с}} = 42,5\frac{\text{м}}{\text{с}}$.

Критерии оценивания.

№	Критерий	Кол-во баллов
1	Верно определено время t_1 ($t_1=10\text{ с}$)	1
2	Указано, что моментов времени, когда скорость средние скорости тел будут отличаться в 2 раза два	1
3	Верно определены моменты времени $t_{2\ 1} = 10\text{ с}$ (0,5 балла) и $t_{2\ 2} = 40\text{ с}$ (0,5 балла)	0,5+0,5
4	Верно определены средние скорости второго тела за 10 с и 40 с соответственно. $v_{cp\ 2\ 1} = 5\text{ м/с}$ (1 балл); $v_{cp\ 2\ 2} = 20\text{ м/с}$ (1 балл)	1+1
5	Указано, что моментов времени, когда скорость средние скорости тел будут отличаться в 4 раза два	1
6	Верно определены моменты времени $t_{3\ 1} = 5\text{ с}$ (0,5 балла) и $t_{3\ 2} = 80\text{ с}$ (0,5 балла)	0,5+0,5
7	Предложена верная методика расчета средней скорости в промежутке времени от 5 до 80 с (графический, аналитический или альтернативный способы)	2
8	Верно определена средняя скорость $v_{cp\ 2\ 3} = 42,5\frac{\text{м}}{\text{с}}$ (с указанием единиц измерения)	1
	ИТОГО	10

Задача №2

Цилиндрический стержень длиной $L = 50$ см, состоящий из двух частей разной плотности, висит на нити горизонтально. Часть АВ стержня длиной $4/5L$ состоит из материала плотностью $\rho/2$. Оставшаяся часть стержня ВС состоит из материала плотностью 2ρ . Радиусы обеих частей стержня одинаковы.



Вопрос №1. На каком расстоянии x от левого конца стержня АВ закреплена нить?

Вопрос №2. Стержень погружают в жидкость плотностью ρ . Сможет ли он плавать в жидкости, если нить никуда не тянуть?

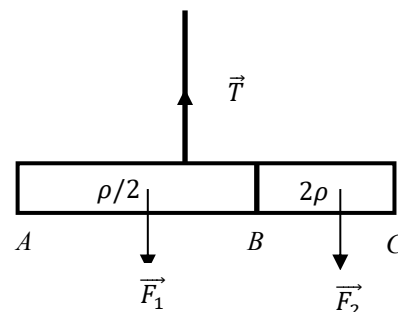
Вопрос №3. Найдите, на каком новом расстоянии от левого конца стержня АВ должна быть закреплена нить, чтобы стержень был полностью погружен в жидкость плотностью ρ и располагался горизонтально. В какую сторону (вверх или вниз) ее нужно тянуть.

Автор: Фатихова Лилия Владимировна, Карманов Максим Леонидович

Возможное решение:

Вопрос №1:

Рассмотрим стержень как систему, состоящую из двух частей АВ и ВС. Обозначим одну пятую часть стержня за l , т.е. $BC = l = 10$ см, тогда $AB = 4l$. На стержень действуют три силы: \vec{F}_1 – сила тяжести, действующая на часть АВ, \vec{F}_2 – сила тяжести, действующая на часть ВС и \vec{T} – сила натяжения нити. Обозначим площадь поперечного сечения стержня за S . Тогда:



$$F_1 = m_1 g = \frac{\rho}{2} S 4l g = 2\rho S l g$$

$$F_2 = m_2 g = 2\rho S l g$$

Так как стержень расположен горизонтально, то есть находится в равновесии, то

$$T = F_1 + F_2 = 2\rho S l g + 2\rho S l g = 4\rho S l g$$

Запишем правило моментов относительно левого конца стержня: $M_1 + M_2 = M$, где M_1 – момент силы тяжести, действующей на часть АВ, M_2 – момент силы тяжести, действующей на часть ВС, M – момент силы натяжения T . Тогда:

$$M_1 = F_1 \cdot 2l = 2\rho S l g \cdot 2l = 4\rho S g l^2$$

$$M_2 = F_2 \cdot \left(4l + \frac{1}{2}l\right) = 2\rho S l g \cdot \frac{9}{2}l = 9\rho S g l^2$$

$$M = T \cdot x = 4\rho S l g \cdot x$$

Подставим в правило моментов: $4\rho S g l^2 + 9\rho S g l^2 = 4\rho S l g \cdot x$.

Приводя подобные слагаемые, получаем: $13\rho S g l^2 = 4\rho S l g \cdot x$.

Следовательно, $13l = 4x$, $x = \frac{13}{4}l = \frac{13}{4} \cdot 10 \text{ см} = 32,5 \text{ см}$

Вопрос №2:

Определим среднюю плотность стержня. $\rho_{\text{ср}} = \frac{\frac{\rho}{2} S 4l + 2\rho S l}{5Sl} = \frac{4}{5}\rho$. Если плотность жидкости больше средней плотности стержня, то он сможет плавать в ней без натяжения нити, если средняя плотность стержня равна плотности жидкости, то он будет плавать погруженным в нее полностью.

Вопрос №3:

Так как средняя плотность стержня меньше плотности жидкости, то для того, чтобы

стержень полностью погрузился в жидкость его необходимо тянуть за нить вниз.

Найдем силу Архимеда $F_{\text{арх}} = 5\rho gSl$

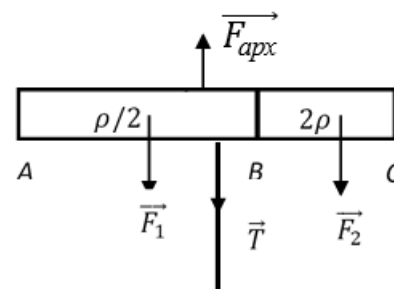
Из условия равновесия цилиндра по вертикальной оси получаем: $F_{\text{арх}} = F_1 + F_2 + T$, откуда $T = F_{\text{арх}} - F_1 - F_2 = 5\rho gSl - 2\rho gSl - 2\rho gSl = \rho gSl$

Запишем равенство моментов сил, действующих на стержень, относительно его левого конца.

$$2\rho Slg \cdot 2l + 2\rho Slg \cdot \frac{9}{2}l + \rho gSl \cdot x' = 5\rho gSl \cdot \frac{5}{2}l$$

$$4l + 9l + x' = 12,5l$$

Откуда: $x' = -0,5l$. Знак минус означает, что нить должна быть привязана левее левого края стержня, что невозможно. Ситуация, описанная в третьем вопросе невозможна.



Критерии оценивания.

№	Критерий оценивания	Кол-во баллов
1	Определены величины сил тяжести F_1 и F_2	1
2	Записано условие равновесия стержня для сил и определена сила натяжения $T = 4\rho Slg$ + записано равенство моментов сил относительно любой из осей ИЛИ Записано равенство моментов сил относительно точки крепления нити	1+1 ИЛИ 2
3	Найдено $x = \frac{13}{20}L = 32,5$ см (формула + число)	1+1
4	Определена средняя плотность стержня или сила Архимеда, действующая на полностью погруженный стержень	1
5	Написано условие, при котором стержень будет плавать	1
6	Указано, что в третьем вопросе стержень нужно тянуть вниз	1
7	Записаны условия равновесия стержня	1
8	Сделан вывод, что такое невозможно	1
ИТОГО		10

Задача №3

Для изготовления лекарства больному необходимо медленно смешивать его в определенных пропорциях с физиологическим раствором при строго определенном температурном режиме.

В медицинский стакан емкостью 260 мл медсестра наливает доверху лекарство при температуре 27°C. Оказалось, что стакан с лекарством остывает на 2°C за одиннадцать минут. Для того, чтобы поддерживать температуру постоянной, она капает в стакан теплый физиологический раствор температурой 55°C. Известно, что объем одной капли равен 0,2 мл.

Вопрос №1. Сколько капель в минуту необходимо ей капать, чтобы поддерживать температуру в стакане неизменной?

Вопрос №2. С какой частотой (капель в минуту) нужно капать физраствор, чтобы температура содержимого стакана увеличивалась на 0,5°C в минуту?

Считать теплоемкость и плотность лекарства равной теплоемкости и плотности обычной воды. Удельная теплоемкость физраствора 3900 Дж/кг·°C, плотность 1010 кг/м³. Лишнее лекарство выливается из носика стакана, а физраствор оседает на дне стакана.

*Автор: Тукова Надежда Борисовна
Калёнов Михаил Юрьевич*

Возможное решение

Вопрос №1:

Потери тепла стакана с лекарством за 11 минут

$$Q_{\text{охл}} = c_{\text{л}} \cdot \rho_{\text{лек}} \cdot V_{\text{ст}} \cdot \Delta t \quad (1)$$

Будем считать, что как только капля физраствора попадает в стакан, из его носика сразу же падает капля лекарства, и далее в теплообмене не участвует.

Для поддержания температуры необходимо добавить физраствор, который сообщит:

$$Q_{\text{кап}} = c_{\text{физ р}} \cdot n \cdot m_{\text{к}} (t_{\text{физ р}} - t_{\text{лек}}), \text{ где } m_{\text{к}} - \text{масса капли физраствора, } n - \text{их количество.}$$

Так как другие потери не учитываются, то: $Q_{\text{охл}} = Q_{\text{кап}}$

$$\begin{aligned} c_{\text{л}} \cdot \rho_{\text{лек}} \cdot V_{\text{ст}} \cdot \Delta t &= c_{\text{физ р}} \cdot n m_{\text{к}} (t_{\text{физ р}} - t_{\text{лек}}) \\ 4200 \cdot 0,26 \cdot 2 &= 3900 \cdot n \cdot m_{\text{к}} (55 - 27) \\ n \cdot m_{\text{к}} &= 0,02 \text{ кг} \end{aligned}$$

Количество капель при этом

$$n = \frac{0,02}{\rho_{\text{л}} \cdot V_{\text{кап}}} = \frac{0,02}{1,01 \cdot 2 \cdot 10^{-4}} = 99, \text{ где } V_{\text{кап}} - \text{объем одной капли}$$

Так как капать надо в течение 11 минут, то в 1 минуту – $n_{\text{к}} = 9$ капель.

Вопрос №2: Чтобы увеличить температуру содержимого необходимо увеличить частоту капель в 1 минуту.

Необходимо за 1 минуту увеличивать температуру на 0,5°C, тогда на нагревание необходимо энергии: $Q'_{\text{нагр}} = c_{\text{л}} \cdot \rho_{\text{лек}} \cdot V_{\text{ст}} \cdot 0,5^\circ\text{C} = 4200 \cdot 0,26 \cdot 0,5 = 546 \text{ Дж}$

$$\text{За это же время потери энергии составят } Q'_{\text{пот}} = \frac{c_{\text{л}} \cdot \rho_{\text{лек}} \cdot V_{\text{ст}} \cdot \Delta t}{11} = \frac{4200 \cdot 0,26 \cdot 2}{11} = 198,5 \text{ Дж}$$

В таком случае физраствор должен отдать энергию $Q'_{\text{охл}} = Q'_{\text{нагр}} - Q'_{\text{пот}} = 546 - 198,5 = 347,5 \text{ Дж}$

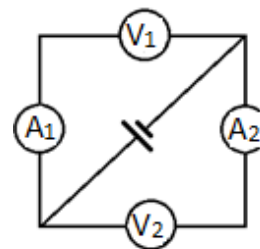
С другой стороны эта энергия равна $Q'_{\text{охл}} = c_{\text{физ р}} n' m_{\text{к}} (t_{\text{физ р}} - t_{\text{лек}}) = 3900 \cdot n' \cdot m_{\text{к}} (55 - 27)$, откуда $n' m_{\text{к}} = 0,0032 \text{ кг}$. $n' = \frac{0,0032}{\rho_{\text{л}} \cdot V_{\text{кап}}} = \frac{0,0032}{1,01 \cdot 2 \cdot 10^{-4}} = 15,8 \text{ капель/мин}$

Критерии оценивания

№	Критерий	Кол-во баллов
1	Найдены (выражены) потери тепла стаканом с лекарством за некоторое время	1
2	Выражено количество теплоты, отданное физраствором для поддержания постоянной температуры содержимого стакана	1
3	Записано уравнение теплового баланса	2
4	Выражено общее количество капель физраствора, необходимое на поддержание постоянной температуры в течение 11 минут	1
5	Найдено количество капель за 1 минуту	1
6	Определено сколько энергии нужно подводить к стакану в единицу времени, чтобы его температура росла на пол градуса в минуту	1
7	Учтены потери тепла за счет остывания	1
8	Записано уравнение теплового баланса	1
9	Определена частота капель во втором вопросе	1
	ИТОГО	10

Задача №4

Схема состоит из двух разных амперметров и двух одинаковых вольтметров. Источник тока создаёт напряжение 20 В. Первый амперметр показывает силу тока 20 мА, первый вольтметр показывает напряжение 18 В, второй амперметр показывает силу тока 16 мА.



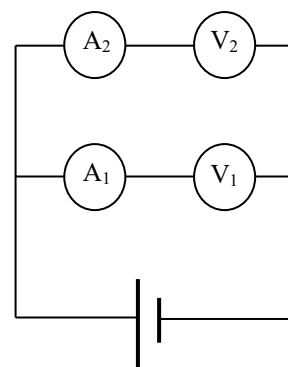
Вопрос №1. Какое напряжение покажет второй вольтметр?

Вопрос №2. Каковы сопротивления первого и второго амперметров?

Автор: Порошин Олег Владимирович

Возможное решение.

Прежде всего, начертим эквивалентную схему. Теперь видно, что амперметры соединены последовательно с вольтметрами, и находятся на параллельных участках цепи. Из этого следует, что сила тока, которую показывают амперметры, это сила тока, протекающая через вольтметры. Тогда легко найти сопротивление первого вольтметра $R_v = \frac{U_1}{I_1} = 900 \text{ Ом}$. Так как сказано, что вольтметры одинаковые, это означает что у них одинаковое сопротивление. Теперь можно вычислить напряжение на втором вольтметре: $U_2 = R_v \cdot I_2 = 14,4 \text{ В}$.



Общее напряжение на участке, содержащем амперметр и вольтметр, равно напряжению источника. Тогда напряжение на амперметре: $U_A = U_{\text{ист}} - U_V$.

Таким образом напряжение на первом амперметре – 2 В, а на втором – 5,6 В.

Теперь не трудно вычислить сопротивления амперметров: $R_A = U_A / I_A$. Получается, что сопротивление первого амперметра – 100 Ом, второго – 350 Ом.

Критерии оценивания.

№	Критерий	Кол-во баллов
1	Записан и использован закон Ома для участка цепи	1
2	Записаны и использованы законы последовательного и параллельного соединения	1
3	Правильно получено сопротивление вольтметра $R_v = \frac{U_1}{I_1}$ (может не вычисляться численно)	2
4	Правильно получено значение напряжения на втором вольтметре $U_2 = 14,4 \text{ В}$	2
5	Правильно получено сопротивление первого амперметра 100 Ом	2
6	Правильно получено сопротивление второго амперметра 350 Ом	2
	ИТОГО	10

Задача №5

Оборудование:

Лист бумаги формата А4 с напечатанным прямоугольником в клетку, ножницы, кусок нити, гайка.

Клетки внутри прямоугольника являются квадратными с размерами 5 х 5 мм. Поверхностная плотность бумаги (отношение массы бумаги к площади ее поверхности) равна $\sigma = 80 \text{ г/м}^2$.

Вопрос №1. Определите размеры (ширину и длину в сантиметрах) выданного вам листа, на котором напечатан прямоугольник в клетку.

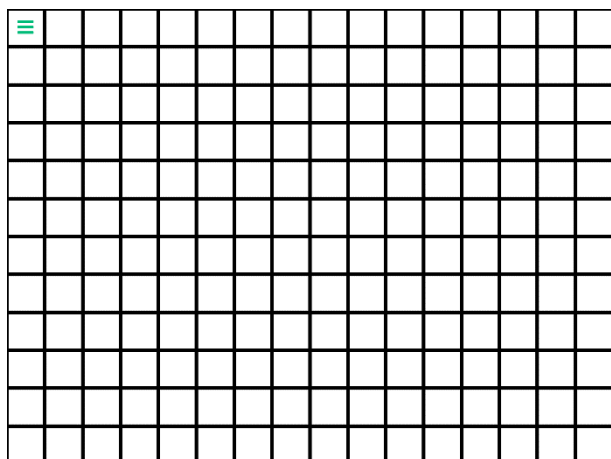
Вопрос №2. Определите массу выданной вам гайки.

ВАЖНО!!! При решении задачи можно использовать только указанное в задаче оборудование. Если вы будете использовать оборудование, отсутствующие в списке, то ваше решение будет оценено в ноль баллов. При оформлении решения опишите какие опыты вы выполняли, как выглядела ваша установка, приведите измерения, необходимые формулы и результаты расчетов. Выданный вам лист вы можете использовать как угодно, в том числе резать его, делать на нем пометки и т.д., **НО** помните, что новый лист вам не выдадут!

Автор: Карманов Максим Леонидович

Часть оборудования к задаче №5 девятого класса.

Печатается на отдельном листе формата А4, плотностью 80 г/м²



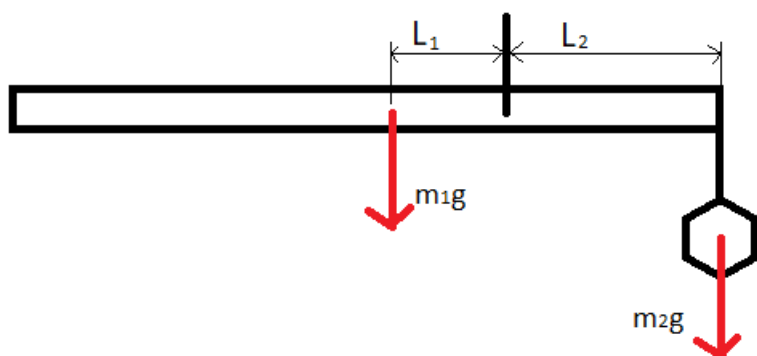
Возможное решение

Аккуратно вырежем из листа бумаги прямоугольник, расчерченный в клетку. Зная, что размер каждой его клеточки равен 5 мм, будем использовать его в качестве линейки. Для удобства можно вдоль одного из его длинных краев нарисовать шкалу в сантиметрах. Прикладывая его несколько раз к длинной, а затем короткой стороне листа, измерим длины его сторон.

$$L_1 = 21 \text{ см}, L_2 = 29,5 \text{ см}$$

Для определения массы гайки отрежем половину листа вдоль длинной стороны, получим лист размерами $\frac{L_1}{2} \times L_2$. Массу этого листа определим, зная поверхностную плотность. $m_{\text{л}} = \frac{\sigma L_2 L_1}{2} = 2,48 \text{ г}$.

Для определения массы гайки свернем половинку листа в трубочку вдоль длинной стороны и будем использовать в качестве рычага, подвесив на второй конец гайку.



Сила тяжести, действующая на лист бумаги приложена к его центру тяжести. Для определения центра тяжести для начала уравновесим лист на нити без гайки. Отметим точку подвеса нити, при которой лист оказывается в равновесии, эта точка и будет центром тяжести. Теперь подвесим на конец листа гайку и вновь уравновесим лист. Измерим плечи L_1 и L_2 и запишем условие равновесия

$$m_1 g L_1 = m_2 g L_2, \text{ откуда } m_2 = m_1 \frac{L_1}{L_2}.$$

Возможны разные варианты конструкций с рычагом, так можно подвесить рычаг за середину, на один конец подвесить гайку, а на другой конец остаток листа и добиваться равновесия, либо сдвигая гайку, либо меняя массу подвешенного листа, которую можно определить через его площадь.

В решении не приводятся численные значения, так как оборудование в разных точках проведения могло отличаться. Для получения эталонных значений жюри необходимо проделать описанные эксперименты.

Критерии оценивания.

№	Критерий	Кол-во баллов
1	Предложено использовать клетчатую часть листа в качестве линейки	1
2	Определены длины сторон с погрешностью не более 0,5 см	1+1
3	Определена масса листа или его части через поверхностную плотность	1
4	Идея использования листа в качестве рычага	2
5	Записано условие равновесия рычага	1
6	Выполнены необходимые измерения	1
	Определена масса гайки с отклонением от истинного значения:	
	- не более 10%	2
	- не более 20%	1
	ИТОГО	10