

Решения задач 10 класса

Задача 1. Зеркало (псевдоэкспериментальная)

Каждый вечер бабушка Сережи Вавилова укладывает внука спать и идет в соседнюю комнату смотреть детективный сериал. Будущему физику-оптику тоже интересно узнать, каким образом Эркюль Пуаро распутает очередное преступление. Но, к сожалению, в его распоряжении имеется только замочная скважина на той же стене, на которой висит телевизор (см. рисунок). Сережа решил повесить в бабушкиной комнате зеркало так, чтобы полностью видеть экран через замочную скважину. Какой ширины ему нужно найти зеркало и как его разместить? Телевизор считайте тонким и плоским.



Решение:

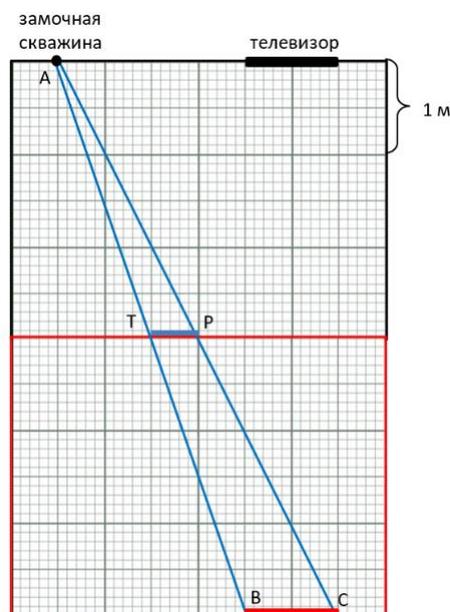
Задача допускает различные варианты решения, приведем лишь один из них.

Чтобы определить положение зеркала, можно провести лучи из точки A (замочная скважина) до краев телевизора (точки B и C) в отраженном пространстве – рисунок 1. Точки пересечения лучей со стеной напротив замочной скважины дают искомые границы зеркала (точки T и P).

Ширину зеркала можно определить из подобия треугольников ABC и ATP или из построения. Ширина зеркала $L = 0,5$ м.

Место расположения зеркала может быть записано численно (например, «точка T располагается на расстоянии 1,5 м от угла») или показано на чертеже. Оба варианта считаются правильными.

Ответ: 0,5 м.

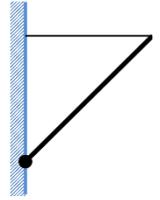


Критерии оценки (10 баллов):

1	Приведен верный чертеж (построен ход лучей)	3
2	Указано положение зеркала (на чертеже или словами)	2
3	Указана ширина зеркала 0,5 м	5

Задача 2. Стержень

Левый конец жесткого стержня массой m при помощи шарнира прикреплен к вертикальной стене (рисунок). Горизонтальная нить, один конец которой прикреплен к стене, а другой – к правому концу стержня, удерживает стержень в наклонном положении. Расстояние от шарнира до точки крепления нити к стене равно длине нити. Найдите силу натяжения нити.



Решение:

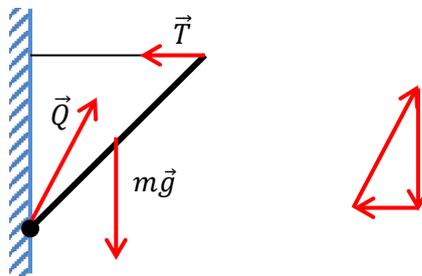
Для равновесия стержня необходимо выполнение условия

$$m\vec{g} + \vec{Q} + \vec{T} = 0, \quad (1)$$

где Q – сила реакции в шарнире, а T – сила натяжения нити.

Одна из главных ошибок в решении этой задачи – неверное направление силы реакции. Сила Q не может быть направлена вдоль стержня, поскольку тогда не будет выполняться другое условие равновесия стержня – равенство нулю суммарного момента всех сил относительно любой точки, в том числе относительно центра масс стержня.

Сила Q должна быть направлена так, как показано на рисунке.



Тогда, записывая равенство моментов сил тяжести и натяжения нити относительно точки шарнира, получаем

$$mg \frac{L}{2} \cos 45^\circ = TL \sin 45^\circ \quad (2)$$

Из этого выражения получаем ответ: $T = mg/2$.

Ответ: $T = mg/2$.

Критерии оценки (10 баллов):

1	Имеется верный рисунок	2
2	Сделан вывод (1)	2
3	Присутствует верное утверждение касательно правила моментов	2
4	Составлено уравнение (2)	2
5	Приведен правильный ответ	2

Если решение основано на использовании метода проекций и получен правильный ответ, то такое решение оценивается в 8-9 баллов.

Задача 3. Плавление

В калориметре смешиваются 1 кг воды при температуре 20 °С и 1 кг льда при температуре –10 °С. Какая температура установится? Каким окажется состав смеси (количественно)?

Примечание: удельная теплоемкость воды 4200 Дж/кг °С, удельная теплоемкость льда 2100 Дж/кг °С, удельная теплота плавления льда 330 кДж/кг.

Решение:

В зависимости от количества исходных компонентов возможны следующие конечные состояния:

- а) весь лед расплавился и установилась температура выше нуля,
- б) часть льда расплавилась и установилась нулевая температура,
- в) часть воды замерзла и установилась нулевая температура,
- г) вся вода замерзла и установилась температура ниже нуля.

Для выявления конечного состояния необходимо предварительно оценить количество теплоты $Q_{\text{в}}$, которое отдала бы вода, охлаждаясь до нуля, и сравнить его с количеством теплоты, необходимой для нагревания льда до нуля $Q_{\text{л}}$, а затем и для расплавления всего льда $Q_{\text{л}} + Lm$, где m – масса льда.

Если $Q_{\text{в}} \geq Q_{\text{л}} + Lm$, то имеем состояние а).

Если $Q_{\text{л}} < Q_{\text{в}} < Q_{\text{л}} + Lm$, то есть охлаждающаяся до нуля вода отдает теплоту, способную расплавить часть льда, то имеем состояние б).

Если $Q_{\text{в}} < Q_{\text{л}} < Q_{\text{л}} + Lm$, то есть охлаждающаяся до нуля вода отдает теплоту, меньшую необходимой для нагревания льда до нуля, то получаем состояние в).

Если $Q_{\text{л}} \geq Q_{\text{в}} + Lm$, то есть охлаждающаяся до нуля и затем кристаллизующаяся вода отдает теплоту, недостаточную для нагревания льда до нуля, то переходим в состояние г).

Произведем расчет.

$$\begin{aligned}Q_{\text{в}} &= c_{\text{в}}mt_1 = 84 \text{ кДж}, \\Q_{\text{л}} &= c_{\text{л}}m(-t_2) = 21 \text{ кДж}, \\Q_{\text{л}} + Lm &= 350 \text{ кДж}.\end{aligned}$$

Поскольку $Q_{\text{л}} < Q_{\text{в}} < Q_{\text{л}} + Lm$ часть льда расплавится и установится температура $t = 0$ °С.

Для определения состава смеси используем уравнение теплового баланса

$$Q_{\text{в}} = Q_{\text{л}} + L(m - m_{\text{л}}),$$

в котором $m - m_{\text{л}}$ – масса расплавившегося льда.

Отсюда для массы льда, оставшегося в смеси, имеем

$$m_{\text{л}} = m - (Q_{\text{в}} - Q_{\text{л}}) / L = 0,81 \text{ кг}$$

Для оставшейся в смеси воды получаем

$$m_{\text{в}} = m + (m - m_{\text{л}}) = 1,19 \text{ кг}$$

Ответ: 0 °С, 0,81 кг льда, 1,19 кг воды

Критерии оценки (10 баллов):

1	Перечислены возможные конечные состояния системы	2
2	Рассчитаны значения $Q_{\text{л}}$, $Q_{\text{в}}$, Lm	2
3	Произведена оценка соотношения величин $Q_{\text{л}}$, $Q_{\text{в}}$, Lm и сделан верный выбор конечного состояния	2
4	Указана установившаяся температура	1
5	Верно составлено уравнение теплового баланса	2
6	Вычислены массы воды и льда в конечном состоянии системы	1