

Задание 1

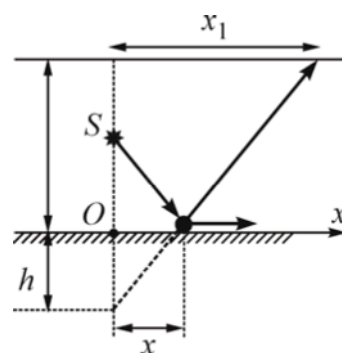
Под настольной лампой, находящейся на высоте $h = 1$ м над поверхностью стола, по столу проложены прямые рельсы (проходящие строго под лампой). По ним со скоростью $V = 1$ м/с катится маленькая тележка с лежащим на ней горизонтально зеркальцем. С какой скоростью u бежит светлое пятнышко по потолку? Высота потолка над столом $H = 2$ м.

Максимум за задачу 10 баллов.

Возможное решение

Изобразим ход лучей на рисунке. Координата светлого пятна x_1 связана с координатой тележки x соотношением подобия

$x_1: x = (H + h):b$. Принимая в качестве начала отсчета времени момент прохождения тележки под лампой, запишем зависимость координаты x тележки от времени t : в силу равномерности движения эта зависимость имеет вид $x = Vt$. Отсюда $x_1 = \frac{H+h}{h} Vt$.



Следовательно, скорость пятна $u = \frac{x_1}{t} = \frac{H+h}{h} V = 3$ м/с

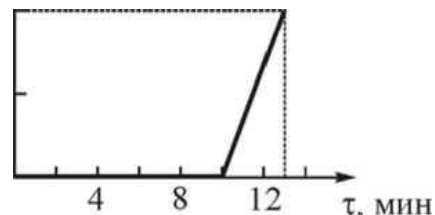
Критерии оценивания

Баллы	Правильность (ошибочность) решения
10	Полное верное решение
2	Рисунок хода лучей
3	соотношением подобия $x_1: x = (H + h):b$
2	Соотношение $x_1 = \frac{H+h}{h} Vt$
3	Получен правильный ответ $u = \frac{H+h}{h} V = 3$ м/с
0	Решение отсутствует

Максимум за задачу 10 баллов.

Задание 2

В калориметр с водой и льдом погрузили проволоку сопротивлением $R = 800$ Ом и стали пропускать ток силой $I = 1$ А. На графике приведена зависимость температуры T в калориметре от времени t . Определите начальную массу льда m_1 и начальную массу воды в жидком состоянии m_2 . Удельная теплота плавления льда $\lambda = 336$ кДж/кг, удельная теплоёмкость воды $c = 4200$ Дж/(кг $^{\circ}$ С).



Максимум за задачу 10 баллов.

Возможное решение

Как следует из графика, за время $\tau_1 = 10$ мин. = 600 с в калориметре плавится лед, а еще за время $\tau_2 = 3$ мин. = 180 с вся вода нагревается от 0°C до 10°C , на $\Delta t = 10^{\circ}\text{C}$. На первом этапе получено количество теплоты λm_1 , на втором этапе – количество теплоты $c(m_1 + m_2) \Delta t$. Поскольку мощность электронагревателя составляет $I^2 R$, составим уравнения:

$$I^2 R \tau_1 = \lambda m_1 \text{ и } I^2 R \tau_2 = c(m_1 + m_2) \Delta t .$$

Следовательно, $m_1 = I^2 R \tau_1 / \lambda \cong 1,43$ кг и $m_2 = I^2 R \tau_2 / (c \Delta t) - m_1 \cong 2$ кг.

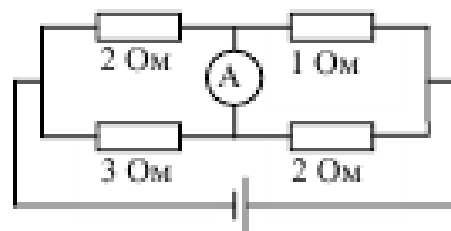
Критерии оценивания

Баллы	Правильность (ошибочность) решения
10	Полное верное решение
1	Определение по графику время плавления льда $\tau_1 = 600$ с
1	Определение по графику время нагревания воды $\tau_2 = 180$ с
2	Определение теплоты плавления λm_1
2	Определение количество теплоты нагревания воды $c(m_1 + m_2) \Delta t$.
2	Определение мощности электронагревателя составляет $I^2 R$
2	Получен правильный ответ – $m_1 = I^2 R \tau_1 / \lambda \cong 1,43$ кг и $m_2 = I^2 R \tau_2 / (c \Delta t) - m_1 \cong 2$ кг.
0	Решение отсутствует

Максимум за задачу 10 баллов.

Задание 3

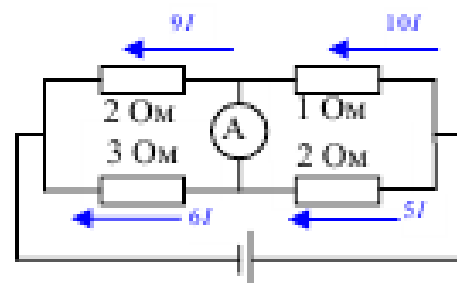
Найдите показания идеального амперметра в схеме на рисунке, если напряжение на батарее $V = 4$ В. Значения сопротивлений резисторов указаны на рисунке в Омах.



Максимум за задачу 10 баллов.

Возможное решение

Сопротивление идеального амперметра равно нулю, поэтому можно считать, что резисторы 2 Ом и 3 Ом, а также 1 Ом и 2 Ом включены попарно параллельно.



Общее сопротивление цепи $6/5$ Ом + $2/3$ Ом = $28/15$ Ом. Сила тока, текущего через источник, $60/28 = 15/7$ А.

В верхней ветви цепи текут токи $10/7$ А и $9/7$ А, в нижней ветви - $5/7$ А и $6/7$ А. Поэтому сила тока, текущего через амперметр, равна $1/7$ А $\approx 0,143$ А.

Распределение токов в цепи показано на схеме (для удобства введено обозначение $I = 1/7$ А).

Критерии оценивания

Баллы	Правильность (ошибочность) решения
10	Полное верное решение
1	Сопротивление идеального амперметра равно нулю
3	Общее сопротивление цепи $6/5$ Ом + $2/3$ Ом = $28/15$ Ом
1	Сила тока, текущего через источник, $60/28 = 15/7$ А
3	Определены токи через сопротивления
2	Получен правильный ответ – $I = 1/7$ А
0	Решение отсутствует

Максимум за задачу 10 баллов.

Задание 4

Газон поливают из шланга, направляя струю под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту. Определите диаметр d струи в верхней точке траектории, если внутренний диаметр шланга равен $d_0 = 1$ см, а струя в процессе движения не распадается на капли. Считать, что диаметр шланга много меньше высоты подъёма.

Максимум за задачу 10 баллов.

Возможное решение

Пусть V_0 – начальная скорость струи. В верхней точке вертикальная проекция скорости обращается в нуль, а горизонтальная проекция остаётся неизменной и равной $V_0 \cos \alpha$. Поскольку расход воды должен оставаться неизменным, начальная площадь поперечного сечения струи S_0 связана с площадью поперечного сечения струи S в верхней точке траектории соотношением $S_0 V_0 = S V_0 \cos \alpha$. Учитывая, что площадь пропорциональна квадрату диаметра струи, запишем $d_0^2 V_0 = d^2 V_0 \cos \alpha$ и получим, $d = \frac{d_0}{\sqrt{\cos \alpha}} = 1,4$ см.

Критерии оценивания:

Если школьник довел решение задачи до правильного ответа, он получает 10 баллов. Правильным считается ответ как в числовом виде, так и в виде формулы, выраженной через диаметр d_0 . В противном случае школьник может получить до 4 утешительных баллов:

отмечено, что горизонтальная проекция скорости при движении в поле тяжести не меняется - 1

балл;

модуль скорости в верхней точки траектории правильно выражен через начальную скорость - 1

балл;

площадь сечения струи обратно пропорциональна скорости - 1 балл;
площадь сечения струи пропорциональна квадрату диаметра струи - 1 балл.

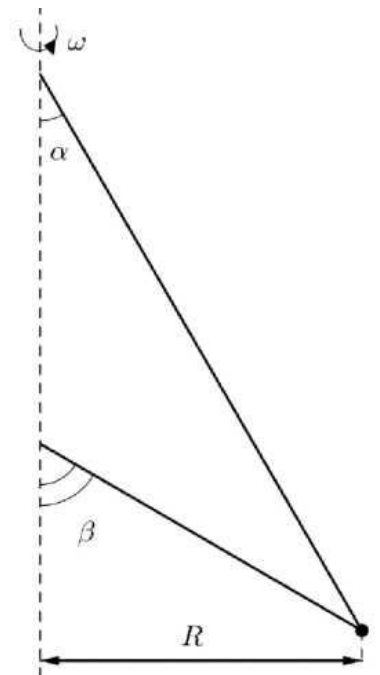
Критерии оценивания

Баллы	Правильность (ошибочность) решения
10	Полное верное решение
2	горизонтальная проекция скорости при движении в поле тяжести не меняется
2	модуль скорости в верхней точки траектории $V_0 \cos \alpha$
2	площадь сечения струи обратно пропорциональна скорости
2	площадь сечения струи обратно пропорциональна скорости
2	Получен правильный ответ – $d = \frac{d_0}{\sqrt{\cos \alpha}} = 1,4 \text{ см.}$
0	Решение отсутствует

Максимум за задачу 10 баллов.

Задание 5

Шарик на нитях. Небольшой шарик массой m движется в горизонтальной плоскости по окружности радиуса $K = 25,0 \text{ см}$ вокруг вертикальной оси. Шарик удерживают две нити (рисунок), составляющие с осью вращения углы $\alpha = 30^\circ$ и $\beta = 60^\circ$. Найдите значения угловой скорости ω при которых силы натяжения нитей отличаются в 2 раза. Ускорение свободного падения $g = 9,81 \text{ м/с}^2$.



Максимум за задачу 10 баллов.

Возможное решение

1. Пусть верхняя нить натянута сильнее. Тогда:

$$m\omega^2 R = 2T \sin \alpha + T \sin \beta,$$

$$mg - 2T \cos \alpha - T \cos \beta = 0.$$

Решая эту систему уравнений получим:

$$\omega_1 = \sqrt{\frac{g(2\sin\alpha + \sin\beta)}{R(2\cos\alpha + \cos\beta)}} = 0,914 \sqrt{\frac{g}{R}} = 5,7 \text{ с}^{-1}.$$

2. Пусть теперь нижняя нить натянута сильнее. Тогда:

$$m\omega^2 R = T\sin\alpha + 2T\sin\beta,$$

$$mg - T\cos\alpha - 2T\cos\beta = 0.$$

Решая эту систему уравнений получим:

$$\omega_2 = \sqrt{\frac{g(\sin\alpha + 2\sin\beta)}{R(\cos\alpha + 2\cos\beta)}} = 1,09 \sqrt{\frac{g}{R}} = 6,8 \text{ с}^{-1}.$$

Критерии оценивания

Баллы	Правильность (ошибочность) решения
10	Полное верное решение
3	Записана система уравнений для 1 случая
1	Решена система уравнений
1	Получен численный ответ
3	Записана система уравнений для 2 случая
1	Решена система уравнений
1	Получен численный ответ
0	Решение отсутствует

Максимум за задачу 10 баллов.