

## 9 класс. II тур. Вступительная олимпиада по физике

1. Дальность полета тела, брошенного в горизонтальном направлении со скоростью  $v_0 = 10$  м/с, равна высоте, с которой брошено тело. Под каким углом к горизонту тело упало на землю?

**Ответ:  $\approx 63^\circ$ .**

*Решение:* Обозначим начальную скорость тела  $v_0$ , по условию начальная скорость направлена горизонтально. Тогда для дальности полета по горизонтали можем написать  $S = v_0 t$ , где  $t$  – время полета.

По вертикали тело падает с нулевой начальной скоростью, тогда для высоты справедливо  $h = \frac{gt^2}{2}$ . Из

равенства дальности и высоты полета  $v_0 t = \frac{gt^2}{2}$  получаем выражение для времени полета через начальную

скорость  $t = \frac{2v_0}{g}$ . В момент падения горизонтальная скорость тела равна  $v_0$ , а вертикальная скорость равна

$gt = 2v_0$ . Отсюда получаем, что тангенс искомого угла  $\operatorname{tg} \alpha = \frac{v_y}{v_x} = 2$ , а сам угол  $\alpha \approx 63^\circ$ .

2. Камень бросили с поверхности Земли под углом  $60$  градусов к горизонту с начальной скоростью  $25$  м/с. Какой будет скорость камня, когда он окажется на высоте  $20$  м?

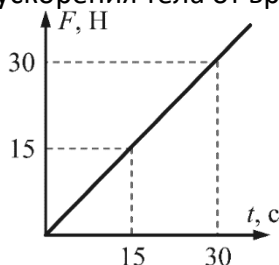
**Ответ:  $15$  м/с.**

*Решение:* В данной задаче удобно воспользоваться законом сохранения энергии  $\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv^2}{2} + mgh$ . Из

этого уравнения сразу получаем для скорости тела  $v^2 = v_0^2 - 2gh$ . Подставив числа, получаем  $v = 15$  м/с.

Заметим, что еще нужно проверить, что при заданной начальной скорости и угле, камень сможет долететь до высоты  $20$  м. Это так потому, что  $v_y^2 = v_0^2 \sin^2 \alpha > 2gh$ .

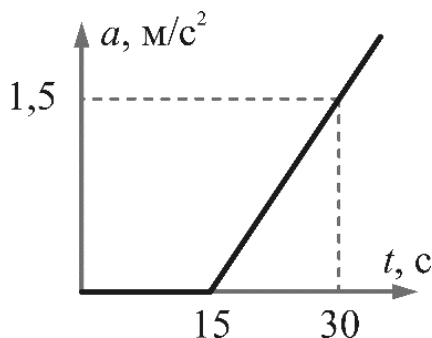
3. На тело массой  $10$  кг, покоившееся на горизонтальной плоскости, начинает действовать горизонтальная сила, зависимость которой от времени изображена на рисунке. Коэффициент трения тела о плоскость равен  $0,15$ . Постройте график зависимости ускорения тела от времени.



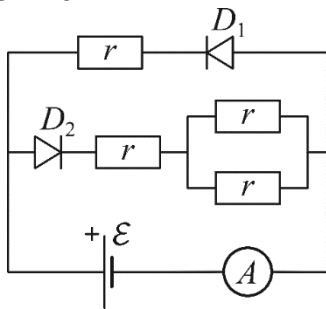
*Решение:* Максимальная величина силы трения покоя равна  $F_{\text{тр max}} = \mu mg = 15$  Н. Пока сила  $F$  меньше максимальной силы трения покоя, тело будет оставаться неподвижным и ускорение  $a = 0$ . Когда тело начинает скользить, сила трения скольжения равна  $F_{\text{тр}} = \mu mg = 15$  Н. Для того, чтобы посчитать

ускорение тела воспользуемся 2-м законом Ньютона  $a = \frac{F - F_{\text{тр}}}{m} = \frac{F - \mu mg}{m} = \frac{F}{m} - \mu g$ . Итоговый график

зависимости ускорения от времени выглядит так:



4. Через диоды  $D_1$  и  $D_2$  ток может протекать только в направлении стрелки. В таком случае говорят, что диод открыт. Напряжение на открытом диоде равно  $U_0 = 1$  В независимо от величины протекающего тока. Какой ток пойдет через идеальный амперметр  $A$  в схеме, показанной на рисунке? Резисторы имеют сопротивление  $r = 10$  Ом, ЭДС батарейки  $\mathcal{E} = 10$  В.



**Ответ: 0,6 А.**

*Решение:* В данной задаче важно, что ток течет от положительного полюса источника (обозначенного на рисунке +) к отрицательному, то есть по часовой стрелке на рисунке. Поэтому через диод  $D_1$  ток не пойдет и верхнюю ветку (резистор  $r$  и диод  $D_1$ ) можно из схемы просто исключить. Диод  $D_2$  пропускает ток, тогда на нем падает напряжение  $U_0$ . Далее считаем общее сопротивление схемы из трех резисторов  $r$ , которое равно  $1,5r = 15$  Ом. Тогда сила тока в цепи по закону Ома равна  $I = \frac{\mathcal{E} - U_0}{1,5r} = \frac{10 - 1}{1,5 \cdot 10} = 0,6$  А.

5. Лампочки 1, 2 и 3 при включении в сеть по отдельности имеют мощности  $P_1 = 25$  Вт,  $P_2 = 100$  Вт и  $P_3 = 200$  Вт соответственно. Как относятся мощности лампочек при их последовательном соединении? Считайте, что сопротивления лампочек не зависят от температуры.

**Ответ: 8 : 2 : 1.**

*Решение:* Обозначим напряжение в сети  $U$ , тогда сопротивления лампочек можно выразить из закона Джоуля-Ленца,  $R_1 = \frac{U^2}{P_1}$ ,  $R_2 = \frac{U^2}{P_2}$  и  $R_3 = \frac{U^2}{P_3}$  соответственно. Если все лампочки соединить последовательно, то суммарное сопротивление цепи будет равно сумме сопротивлений лампочек  $R_1 + R_2 + R_3$ , а сила тока в цепи будет равна  $I = \frac{U}{R_1 + R_2 + R_3}$ , по закону Ома для полной цепи. Мощности

лампочек при последовательном соединении можно выразить как  $\tilde{P}_1 = I^2 R_1 = \frac{I^2 U^2}{P_1}$ . Из этого выражения

видно, что новая мощность обратно пропорциональна мощности при включении в сеть по-отдельности. Тогда отношение мощностей лампочек при последовательном соединении

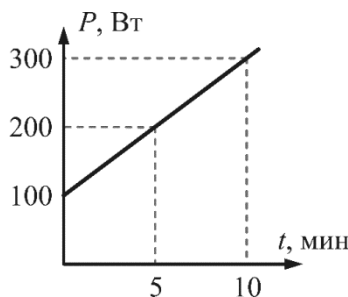
$$\tilde{P}_1 : \tilde{P}_2 : \tilde{P}_3 = \frac{1}{P_1} : \frac{1}{P_2} : \frac{1}{P_3} = \frac{1}{25} : \frac{1}{100} : \frac{1}{200} = \frac{8}{200} : \frac{2}{200} : \frac{1}{200} = 8 : 2 : 1.$$

6. Возможна ли ситуация, когда телу передают какое-то количество теплоты, не вызывая при этом повышения его температуры? Ответ поясните.

**Ответ: да.**

*Решение:* Описываемая ситуация происходит, например, при фазовом переходе. При этом полученное тепло расходуется на теплоту фазового перехода (теплоту плавления, или парообразования). Например, при кипении воды в чайнике вода получает тепло от плиты, но это тепло расходуется на парообразование, а температура воды остается постоянной.

7. Два литра воды с начальной температурой  $25^{\circ}\text{C}$  нагревают на электроплитке мощностью  $W = 510$  Вт. При этом часть тепла теряется в окружающую среду, график зависимости мощности теплотерь  $P$  от времени показан на рисунке. За какое время вода нагреется до температуры  $40^{\circ}\text{C}$ ? Удельная теплоемкость воды  $c = 4200$  Дж/(кг $\cdot^{\circ}\text{C}$ ).



**Ответ: за 6 мин.**

*Решение:* Тепло, полученное от электроплитки, пойдет на нагревание воды и теплотери.

$$Q = W \cdot t = mc\Delta T + Q_{\text{потерь}}.$$

Можно зависимость мощности теплотерь от времени выразить формулой  $P = 100 + \frac{20 \cdot t}{60} = 100 + \frac{t}{3}$ ,

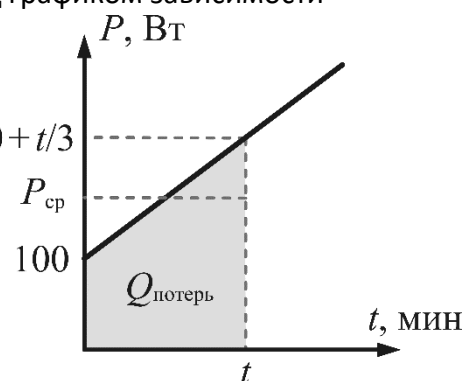
где  $t$  – время в секундах. Теплотери можно посчитать, как площадь под графиком зависимости мощности теплотерь от времени. Тогда количество тепла, ушедшего на теплотери, к моменту времени  $t$ , задается

выражением  $Q_{\text{потерь}} = P_{\text{ср}} \cdot t = \left(100 + \frac{t}{6}\right) \cdot t$ . Подставим это выражение

в уравнение теплового баланса  $W \cdot t = mc\Delta T + \left(100 + \frac{t}{6}\right) \cdot t$  и

получим квадратное уравнение  $t^2 + (600 - 6W)t + 6mc\Delta T = 0$ .

Решая это уравнение относительно  $t$  получаем



$$t = 3W - 300 - \sqrt{(3W - 300)^2 - 6mc\Delta T} = 1230 - \sqrt{1230^2 - 6 \cdot 2 \cdot 4200 \cdot 15} = 360 \text{ с} = 6 \text{ мин}.$$

Заметим, что у уравнения есть еще один корень 35 минут. В момент времени  $t = 20$  мин 30 с мощность теплотерь становится равной мощности нагревателя, после этого момента времени система начинает остывать.