

## 9 класс. Вариант 2

1. Тело бросили с башни горизонтально. Через  $t = 2$  с его скорость увеличилась в  $k = 3$  раза. С какой скоростью  $V_0$  бросили тело?

*Решение:*

Скорость тела изменяется в зависимости от времени как

$$V = \sqrt{V_0^2 + (gt)^2}$$

Для заданного момента времени

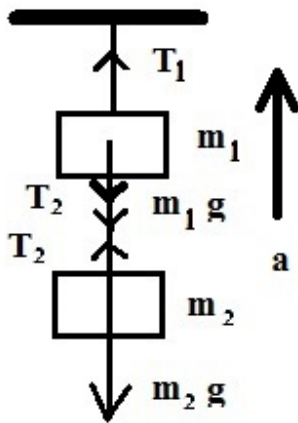
$$k^2 V_0^2 = V_0^2 + (gt)^2$$

и

$$V_0 = \sqrt{\frac{(gt)^2}{k^2 - 1}} \approx 6,9 \text{ с}$$

2. К потолку ускоренно движущегося лифта на нити подвешена гири. К этой гири привязана другая нить, на которой подвешена вторая гири. Найдите натяжение верхней нити  $T_1$ , если натяжение нити между гири  $T_2 = 10$  Н, а массы гири  $m_1 = 1$  кг,  $m_2 = 2$  кг.

*Решение:*



Запишем условия равновесия для первого и второго грузов:

$$\begin{aligned} T_1 - m_1 g - T_2 &= m_1 a \\ T_2 - m_2 g &= m_2 a \end{aligned}$$

Решая эту систему уравнений, получим

$$T_1 = T_2 \frac{m_1 + m_2}{m_1} = 15 \text{ Н}$$

3. После опускания в воду, имеющую температуру  $10^\circ\text{C}$ , тела, нагретого до  $100^\circ\text{C}$ , установилась температура  $40^\circ\text{C}$ . Какой станет температура воды, если, не вынимая первого тела, опустить в неё ещё одно такое же тело, нагретое также до  $100^\circ\text{C}$ ?

*Решение:*

Запишем уравнение теплового баланса для первого случая:

$$C(t_2 - \theta_1) = C_B(\theta_1 - t_1)$$

Здесь  $C$  – теплоемкость тела,  $C_{\text{в}}$  – теплоемкость воды,  $t_1$  – начальная температура воды,  $t_2$  – начальная температура тела,  $\theta_1$  – установившаяся температура.

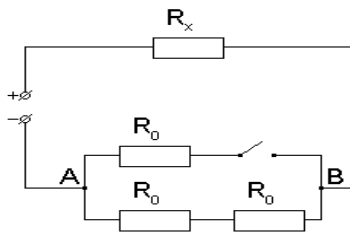
Во втором случае уравнение теплового баланса имеет вид:

$$C(t_2 - \theta_2) = C_{\text{в}}(\theta_2 - \theta_1) + C(\theta_2 - \theta_1)$$

Здесь  $\theta_2$  – искомая установившаяся температура.

Решая систему полученных уравнений найдем  $\theta_2$ :

$$\theta_2 = \frac{\theta_1(2t_2 - t_1) - t_1 t_2}{\theta_1 + t_2 - 2t_1} \approx 55 \text{ } ^\circ\text{C}$$



4. На участке АВ в цепи мощность тока одинакова независимо от того, замкнут или разомкнут ключ. Каково сопротивление  $R_x$ , если  $R_0 = 40$  Ом, а напряжение, приложенное к цепи можно считать постоянным?

*Решение:*

Сопротивление на участке АВ при разомкнутом ключе равно  $R_1 = 2R_0$ . Сопротивление на участке АВ при замкнутом ключе равно

$$R_2 = \frac{2}{3}R_0$$

Ток в цепи в первом случае равен

$$I_1 = \frac{U}{2R_0 + R_x}$$

а во втором случае

$$I_2 = \frac{3U}{2R_0 + 3R_x}$$

Условие равенства мощностей на участке АВ:

$$2R_0 \left( \frac{U}{2R_0 + R_x} \right)^2 = \frac{2}{3}R_0 \left( \frac{3U}{2R_0 + 3R_x} \right)^2$$

Решением этого уравнения является

$$R_x = \frac{2}{\sqrt{3}} R_0 \approx 46,2 \text{ Ом}$$

5. Три одинаковых бруска, каждый массой  $m$ , связанных между собой невесомыми нерастяжимыми нитями, движутся по горизонтальной поверхности под действием силы, приложенной к первому бруску и направленной вверх под углом  $\alpha$  к горизонту. Найдите эту силу, если сила натяжения нити между первым и вторым брусками  $T$ , а коэффициент трения брусков о поверхность  $\mu$ .

*Решение:*

Запишем уравнения динамики движения для третьего, второго и первого тел:

$$\begin{aligned} T' - \mu mg &= ma \\ T - T' - \mu mg &= ma \\ F \cos \alpha - T - \mu(mg - F \sin \alpha) &= ma \end{aligned}$$

Решая эту систему уравнений относительно  $F$ , получим

$$F = \frac{3T}{\cos \alpha + \mu \sin \alpha}$$

6. Молот массой 2 т падает с высоты 1 м на металлическую болванку массой 2 кг. В результате удара температура болванки возрастает на 25 °С. Считая, что на нагревание болванки идёт 50 % всей выделившейся энергии, найдите удельную теплоёмкость материала болванки.

*Решение:*

Уравнение теплового баланса будет иметь вид:

$$\eta Mgh = cm\Delta t$$

Удельная теплоёмкость материала болванки рассчитывается как

$$c = \frac{\eta Mgh}{m\Delta t} = 200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{С}}$$

7. Протон движется из состояния покоя в однородном электрическом поле и проходит промежуток с разностью потенциалов  $10^4$  В. Затем он влетает в магнитное поле с индукцией 1 Тл перпендикулярно силовым линиям. Определите радиус кривизны траектории протона. Масса протона равна  $1,6 \cdot 10^{-27}$  кг, заряд протона равен  $1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.

*Решение:*

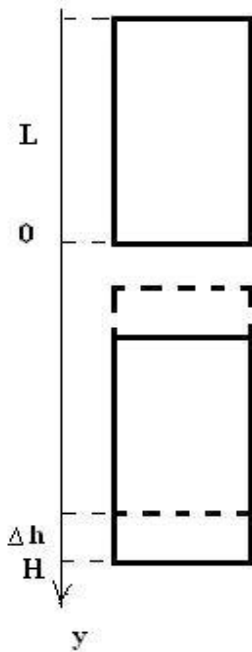
В электрическом поле протон приобрел скорость

$$V = \sqrt{\frac{2eU}{m}}$$

По 2 закону Ньютона

$$R = \frac{mV}{eB} = \sqrt{\frac{2mU}{eB}} \approx 1,4 \text{ см}$$

8. В закрытой с двух сторон вертикально расположенной цилиндрической прозрачной трубке массой  $M = 20$  г и длиной  $L = 2$  м на дне сидит муха массой  $m = 1$  г. В некоторый момент времени она взлетает вверх со скоростью  $V_0 = 10$  м/с и одновременно трубка начинает падать. Неподвижный наблюдатель замечает время, за которое муха долетит до "потолка" трубки. За это время трубка пролетает какое-то расстояние. На сколько отличается расстояние, пройденное трубкой за то же время, при условии, что муха остается сидеть на "полу" трубки?



*Решение.*

Пусть время полета мухи  $\tau$ . При взлете мухи со скоростью  $V_0$  трубка приобретает скорость, направленную вниз и равную  $V_{0mp} = \frac{m}{M}V_0$ . (1)

"Пол" трубки за время полета пройдет расстояние

$$H = V_{0mp}\tau + \frac{g\tau^2}{2}. \quad (2)$$

Перемещения относительно неподвижного наблюдателя за время  $\tau$  мухи и "потолка" трубки связаны соотношением

$$V_0\tau + H = L.$$

Из этих выражений следует, что

$$\tau = \frac{\sqrt{V_0^2 \left(1 + \frac{m}{M}\right)^2 + 2gL} - V_0 \left(1 + \frac{m}{M}\right)}{g}.$$

Учитывая, что с мухой, сидящей на "полу" трубки, расстояние, пройденное "полом" равно

$$H' = \frac{g\tau^2}{2},$$

получим

$$H - H' = \Delta h = V_0 \frac{m}{M} \tau \approx 8,8 \text{ см.}$$

9. Имеются две порции воды одинаковой массы, находящиеся при температуре  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Первую порцию нагревают, затрачивая при этом количество теплоты  $Q_1$ . Если заморозить вторую порцию, чтобы она полностью превратилась в лёд, то она выделит в 2,7 раза большее количество теплоты  $Q_2$ . Определите, на сколько градусов  $\Delta t$  нагревается первая порция воды при сообщении ей количества теплоты  $Q_2$ .

*Решение:*

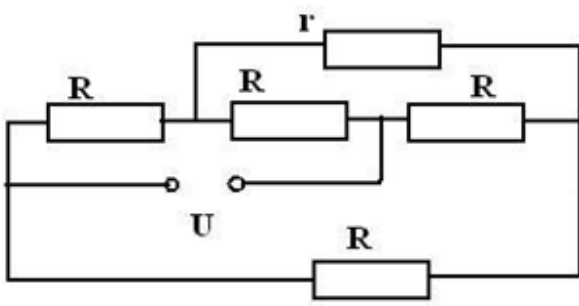
$$Q_1 = C\Delta t, \text{ где } c \text{ — теплоёмкость воды.}$$

$$Q_2 = \lambda m, \text{ где } \lambda \text{ — удельная теплота плавления льда.}$$

Тогда

$$\Delta t = \frac{\lambda}{nc} \approx 30\text{ }^{\circ}\text{C}$$

*Ответ:*  $\Delta t \approx 30\text{ }^{\circ}\text{C}$



которого включен резистор с сопротивлением  $r$  (см. рис). Поэтому ток через этот резистор равен нулю.

10. Найдите силу тока, текущего через сопротивление  $r$ , если все остальные сопротивления равны  $R$ , а напряжение равно  $U$ .

*Решение:*

Это схема симметричного моста, в диагональ

