

# Московская олимпиада школьников по физике

10 класс, второй тур, 2020 год

ЗАДАЧА 1. Сопротивление терморезистора сильно зависит от температуры (график показан на рисунке), поэтому их используют в точных измерителях отклонения температуры  $\Delta T$  от заданного значения  $T_0$ .

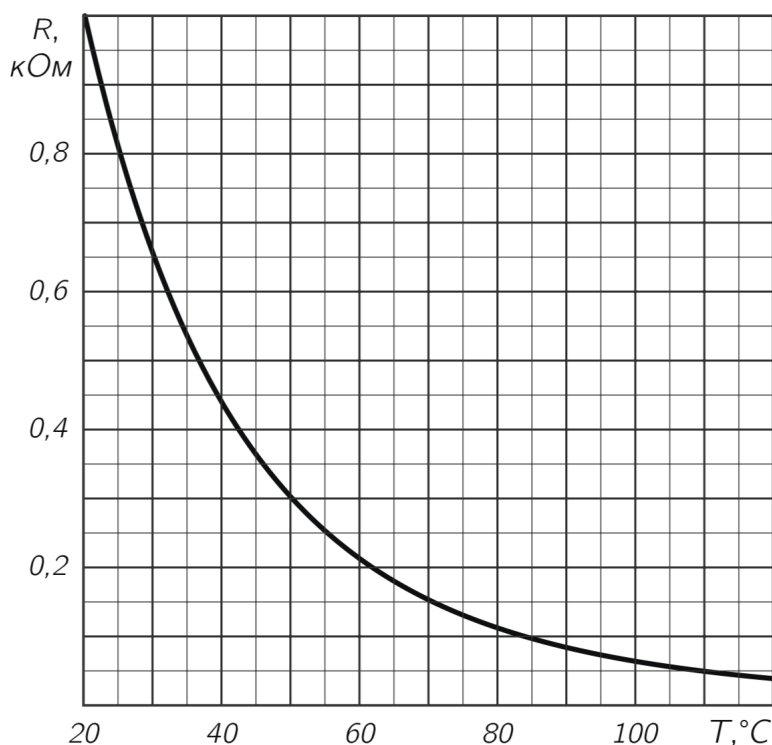
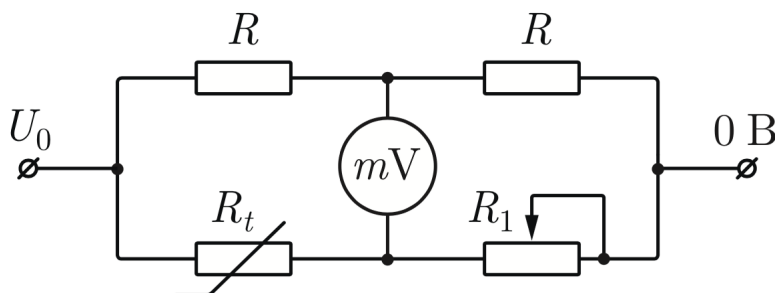


Схема измерителя показана на втором рисунке. Терморезистор обозначен  $R_t$ . Сопротивление переменного резистора  $R_1$  можно изменять в диапазоне от 0 до 900 Ом. Выводы подключают к идеальному источнику с напряжением  $U_0 = 6$  В. Перед началом измерения отклонения  $\Delta T$  от температуры  $T_0$  измеритель калибруют, подбирая сопротивление резистора  $R_1$  так, чтобы идеальный стрелочный милливольтметр показывал ноль. В дальнейшем при изменении температуры на величину  $\Delta T$  сопротивление терморезистора изменяется, милливольтметр показывает напряжение  $U$ .



- 1) Для температуры  $T_0 = 50^{\circ}\text{C}$  определите зависимость  $U(\Delta T)$ , считая изменение сопротивления терморезистора малым. В области каких температур (высоких или низких) измеритель обеспечивает меньшую относительную погрешность измерения?

- 2) В каком диапазоне температур может работать данный измеритель, если нежелательно, чтобы на терморезисторе выделялась тепловая мощность больше  $P_0 = 0,15$  Вт?

*Примечание.* Может оказаться полезной приближённая формула  $(1+x)^{-1} \approx 1-x$ , справедливая для малых  $x$  ( $x \ll 1$ ).

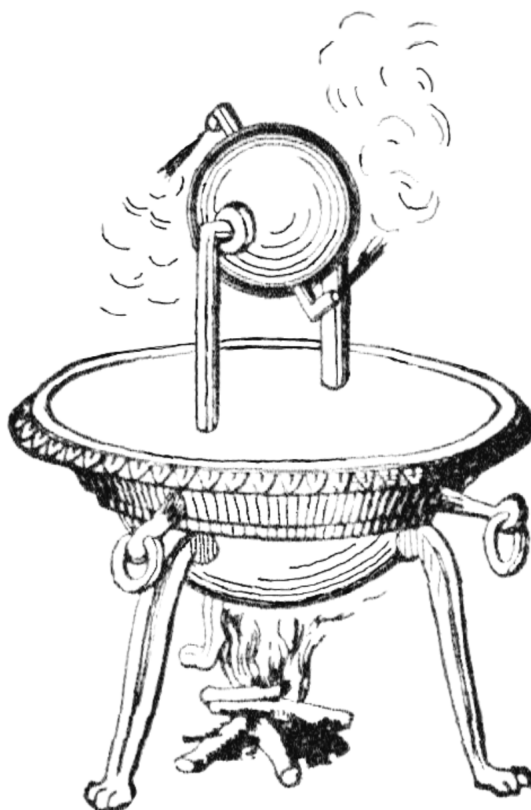
$$C_{0,001} > L > C_{0,02} \approx (2) C_{0,05} / \sqrt{m} \cdot 0,50 \cdot \Delta T = (L \Delta T) / \Delta T \cdot \frac{(0,1)^2 \cdot 4 \pi}{4 \cdot 0,1} = (L \Delta T) / (1)$$

ЗАДАЧА 2. Мальчик Влад бежит по кругу, держа в руке конец нитки длиной  $2\sqrt{2}$  м, к другому концу которой прикреплен небольшой надувной шарик с гелием внутри. Один круг Влад пробегает за  $2\pi$  секунд. Рука, держащая нить, движется по окружности радиусом 2 м. Шарик движется по окружности такого же радиуса на 2 метра выше руки по вертикали. С какой установившейся скоростью будет взлетать шарик, если нить отпустить? Можно считать, что сила сопротивления воздуха пропорциональна квадрату скорости, а радиус шарика много меньше длины нити. Ускорение свободного падения равно  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

$$v/m \cdot 1'2 \approx v/m \cdot \frac{g \wedge}{8} \wedge = n$$

ЗАДАЧА 3. Эолипил (паровой двигатель, изобретённый в Древней Греции) представляет собой металлический котёл с двумя трубками на крышке, на которых, как на оси, может вращаться турбина в виде полого шара с двумя одинаковыми Г-образными патрубками (соплами). В котёл заливают воду, герметично закрывают его и ставят на огонь. Образовавшийся при кипении водяной пар по трубкам поступает в шар и выходит с большой скоростью через сопла, заставляя шар вращаться (см. рисунок из «Википедии»). Пусть мощность подвода тепла к воде равна  $P = 1$  кВт, площадь сечения патрубка  $S = 0,1$  см<sup>2</sup>, а расстояние от сопла до оси вращения  $d = 10$  см. Считайте, что из сопла выходит насыщенный пар при атмосферном давлении, равном  $p_0 = 10^5$  Па. Трением в оси и сопротивлением воздуха можно пренебречь.

- 1) Определите момент сил, действующих на шар со стороны пара, если шар зафиксирован.

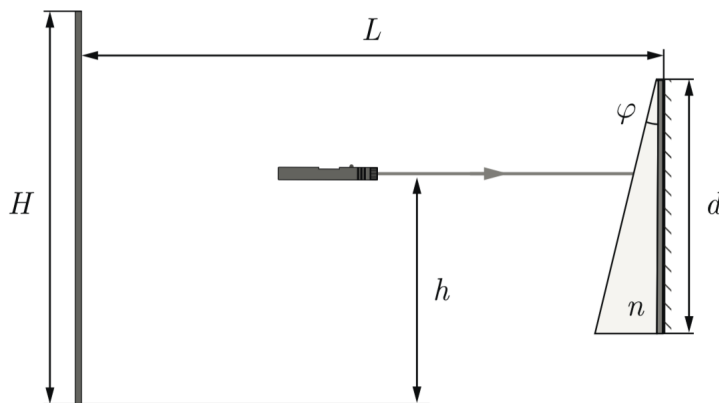


- 2) Какое максимальное количество оборотов в минуту будет делать шар, если ему позволить свободно вращаться?

$$\text{ниж}/90 \text{ } 002\varepsilon \approx \frac{pST^{H0d}x}{0LHd1} = \text{xe}^{\text{m}u} (z ; \text{m} \cdot \text{H} \varepsilon - 01 \cdot 8'1 \approx \frac{zT^{H0d}Sz}{p0LHd} = W (1)$$

ЗАДАЧА 4. При падении света на границу раздела воздух-стекло (показатель преломления стекла равен  $n = 1,5$ ) под малым углом к нормали доля, равная  $R = 4\%$ , энергии падающего излучения отражается, а  $T = 96\%$  энергии проходит во вторую среду. При этом не важно, в какую сторону распространяется свет: из воздуха в стекло или из стекла в воздух.

К идеальному зеркалу (отражающему весь падающий свет) прислонили стеклянный клин (призму) размером  $d = 10$  см с малым углом  $\varphi = 0,06$  рад при вершине (см. рисунок). На призму падает лазерный луч, направленный по нормали к зеркалу. При этом на экране высотой  $H = 40$  см, расположенном параллельно зеркалу на расстоянии  $L = 1$  м от него, наблюдают несколько пятен разной яркости. Показатель преломления стекла равен  $n = 1,5$ . Расстояние от лазерного луча до нижнего края экрана по вертикали равно  $h = 25$  см.



- 1) Найдите приближённо расстояние от верхнего края экрана до каждого пятна и подсчитайте долю энергии падающего излучения (в процентах, округлив до целых), приходящуюся на лучи, формирующие это пятно. Учтите, что приближённые соотношения:  $\sin \alpha \approx \alpha$  и  $\text{tg } \alpha \approx \alpha$  с хорошей точностью выполняются даже для углов около  $0,4$  рад.
- 2) На какой угол следует повернуть зеркало с призмой в плоскости рисунка, чтобы на месте самого яркого пятна оказалось другое, следующее по яркости?
- 3) Компания Chrysler в 1958 г. использовала зеркало с призмой в качестве зеркала заднего вида с двумя режимами работы. С помощью специального рычажка его можно было перевести из «дневного» режима в «ночной», так чтобы свет фар автомобилей, едущих сзади, отражённый зеркалом, не слепил водителя. Объясните принцип работы такого автомобильного зеркала.

$$(1) x_0 = 3 \text{ cm}, N_0 = 4\%, x_1 = 21 \text{ cm}, N_1 = 92\%, x_2 = 39 \text{ cm}, N_2 = 4\%, \varphi = 0,06 \text{ rad} \text{ против часовой стрелки}$$

ЗАДАЧА 5. Задняя стенка не очень современного морозильника, на которой располагаются трубки конденсатора холодильной машины, работающей по обращённому циклу Карно, греется, так что её средняя температура  $T_S$  в рабочем режиме выше температуры в комнате  $T_R$ . Внутри морозильной камеры холодильная машина поддерживает среднюю температуру  $T_C = -23^\circ\text{C}$ .

Известно, что в стационарном режиме, когда температура задней стенки и температура в камере установились, а температура в комнате не меняется со временем, мотор компрессора этого не очень современного морозильника работает без остановки.

В жару, когда температура в комнате поднимается до  $T_R^{(0)} = +27^\circ\text{C}$ , задняя стенка нагревается до  $T_S^{(0)} = +47^\circ\text{C}$ . Определите температуру задней стенки морозильника зимой в холодный день, когда температура воздуха в комнате уменьшается до значения  $T_R^{(1)} = +17^\circ\text{C}$ .

Мощность передачи тепла от горячего тела холодному (например, от воздуха в комнате холодильной камере через теплоизоляцию) пропорциональна разности соответствующих температур.

$$\boxed{0.328 \approx \frac{S}{(1)}L}$$