

11 класс, 1 тур, решения

№1

Пусть внутреннее сопротивление вольтметра равно r . Применим закон Ома для участка цепи к схеме с вольтметром:

$$I_1 r = U_1 \quad (1)$$

где I_1 — максимальная сила тока, протекающего через вольтметр при отклонении стрелки на всю шкалу.

После подключения добавочного сопротивления получим:

$$I_1(R+r) = U_2 \quad (2)$$

Решая совместно уравнения (1) и (2), найдём:

$$r = \frac{R U_1}{U_2 - U_1}$$

При подключении к вольтметру шунта получим:

$$I_1 + I_{\text{ш}} = I_{\text{max}}$$

или, с учётом (1):

$$\frac{U_1}{R_{\text{ш}}} + \frac{U_1}{r} = I_{\text{max}}$$

Отсюда находим:

$$R_{\text{ш}} = \frac{R U_1}{R I_{\text{max}} - U_2 - U_1} \approx 444 \text{ Ом}$$

Ответ: $\approx 444 \text{ Ом}$

№2

По условию система находится в равновесии. Применим правило моментов для рычага относительно опоры:

$$2TL + \frac{MgL}{2} = NL + 3mg \quad (1)$$

где L — длина одного фрагмента рычага, N — сила реакции рычага, с которой он действует на верхний груз.

Условие равновесия груза:

$$mg = N + T \quad (2)$$

Решая систему уравнений (1)–(2) относительно T , получаем:

$$T = \frac{(8m - M)g}{6}$$

откуда видно, что равновесие возможно для $m \leq \frac{M}{2}$

Окончательно получаем, что $\frac{M}{8} \leq m \leq \frac{M}{2}$. При массе m грузов, не удовлетворяющей этому условию, равновесие невозможно.

Если максимальную массу $m = \frac{M}{2}$ подставить в уравнение для T , то получим, что

$$0 \leq T \leq \frac{Mg}{2}$$

Проведём анализ системы на устойчивость.

Пусть $m = \frac{M}{2}$. При повороте рычага по часовой стрелке груз оторвётся от рычага, и система останется в новом положении.

Пусть $m = \frac{M}{8}$. При повороте рычага против часовой стрелки нить провиснет, и система останется в новом положении.

Таким образом, система устойчива при: $\frac{M}{8} < m < \frac{M}{2}$

№3

Пусть V — скорость доски перед соударением. Тогда из закона сохранения энергии следует, что $V = \sqrt{2gH}$. Обозначив через U скорость бруска, которую тот приобретает за время соударения с доской, из закона сохранения импульса получим, что $2mU = mV$,

или $U = \frac{V}{2}$

Поскольку $kH \gg mg$, то можно считать, что после повторного удара доска отрывается от бруска почти сразу. Значит, когда брусок поднимется до уровня доски, вновь записывая закон сохранения импульса, получим, $V^* = \frac{U + V}{2} = \frac{V}{4}$, где V^* — скорость доски и бруска после повторного соударения.

Из закона сохранения энергии находим ответ: $H^* = \frac{V^{*2}}{2g} = \frac{H}{16}$

№4

Равновесие в цилиндре наступит после того, как вся вода испарится. При этом давление под поршнем понизится до $p = p_0 - \frac{mg}{S p_0}$. Влажность при температуре 100 °C составит:

$$\varphi = 1 - \frac{mg}{S p_0}$$

При остывании окружающего воздуха давление p пара в цилиндре меняться не будет, а объём уменьшится на 5%, то есть цилиндр будет подниматься вверх.

№5

Полная тень будет иметь форму квадрата со стороной d . В самом деле, часть лампы 1 будет освещать ту часть пола, которая на рисунке 20 выше прямой AB.

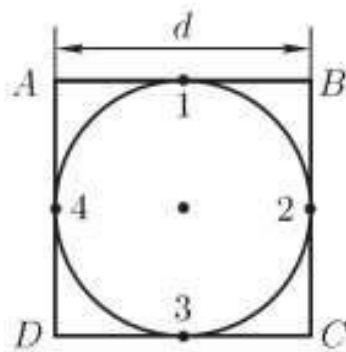


Рис. 20

Часть лампы 3 освещает часть пола, которая на рисунке оказалась ниже прямой CD. Аналогично, части лампы 2 и 4 освещают пол правее BC и левее DA. Таким образом, вне квадрата ABCD будет полутень или целиком освещённая поверхность. Тогда площадь полной тени равна площади квадрата и равна $S = d^2 = 4 \text{ м}^2$.