

Вариант 4

1. $p_2 = 2p_1 T_2 / (3T_1) = 1,17 \cdot 10^5$ Па. 2. $r = \sqrt{R_1 R_2} = 6$ Ом.
3. $Q = 4\pi R^3 \rho g h / 3 - mg(H + h) = 22,4$ МДж.

Вариант 5

1. $I_2 = \frac{2E}{r + E/I_1} \approx 1,1$ А. 2. $q = -QR/l$.
3. $Q = m_1 m_2 v^2 / (2(m_1 + m_2)) = 120$ Дж.

Новосибирский государственный университет

ФИЗИКА

Вариант 1

1. $p = p_0 + (2Mg + F_1 - F_2) / (2S)$.
2. Грузы движутся по окружности. Поскольку начальная скорость нулевая, начальные ускорения a грузов направлены по касательной к траектории (нет нормального, или центростремительного, ускорения) и одинаковы по величине для обоих грузов. Из второго закона Ньютона получаем

$$m_1 a = m_1 g \sin \alpha - N \cos \alpha, \quad m_2 a = -m_2 g \sin \alpha + N \cos \alpha,$$

где N – сила, действующая со стороны стержня на каждый из грузов. Отсюда

$$a = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} g \sin \alpha = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} g \frac{L}{2r}.$$

3. Пусть q_x – искомый заряд, тогда заряды внешних пластин равны q_x и $-q_x$. Напряженности электрического поля в зазорах равны, соответственно, $q_x / (\epsilon_0 S)$, $(q - q_x) / (\epsilon_0 S)$,

$q_x / (\epsilon_0 S)$, а направление поля во внешних зазорах противоположно направлению поля во внутреннем зазоре. После замыкания ключа и установления равновесия разность потенциалов между внешними пластинами должна быть равна нулю:

$$\frac{q_x}{\epsilon_0 S} d - \frac{q - q_x}{\epsilon_0 S} d + \frac{q_x}{\epsilon_0 S} d = 0,$$

откуда

$$q_x = \frac{q}{3}.$$

Систему пластин можно рассматривать как три конденсатора с зарядами $q/3$, $2q/3$, $q/3$ и емкостью $C = \epsilon_0 S/d$ каждый. Тогда конечная суммарная энергия трех конденсаторов есть $W = q^2 / (3C)$, а начальная энергия (одного конденсатора, образованного внутренними пластинами) была $W_0 = q^2 / (2C)$. Разница энергий и выделится в виде тепла:

$$Q = W_0 - W = \frac{q^2}{6C} = \frac{q^2 d}{6\epsilon_0 S}.$$

4. Пусть высота полотнища над землей h ($h \sim 1$ м). На этом расстоянии должна «погаситься» энергия падения с высоты H . Средняя тормозящая сила при этом должна быть $F \sim mgH/h$. Спасатели могут натягивать брезент с силой $f \approx (1 - 0,5)mg$. В работу вносит вклад только вертикальная составляющая силы, среднее значение которой $f_{cp} \sim Nfh/(2R)$, где R – радиус полотнища, $N \sim 2\pi R/d$ – максимальное число спасателей, $d \approx 0,5$ м – минимальное расстояние между спасателями. Из соотношения $F \sim mgH/h \sim \sim Nfh/(2R)$ находим $H \sim \pi h^2/d \sim (5 - 8)$ м (это 2-й, 3-й этажи).

5. При нижнем положении груза упругая сила и составляющая силы тяжести вдоль его траектории направлены в одну сторону, что увеличивает возвращающую силу. При верхнем положении силы направлены в противоположные стороны, что уменьшает возвращающую силу при тех же отклонениях, а значит, увеличивает период.

Вариант 2

1. $a = g \cos(\alpha + \beta) / \sin \beta$.
2. Пусть h – высота подъема жидкости в трубке, x – высота, на которую опустится поршень. Из условия равновесия поршня $mg = \rho gh(S - S_0)$, из закона сохранения массы жидкости $hS_0 = x(S - S_0)$ и из закона сохранения энергии получаем

$$Q = mgx - \rho g S_0 \frac{h^2}{2} = \frac{m^2 g S_0}{2\rho(S - S_0)^2}.$$

3. На перемычку действует сила Ампера. Запишем второй закон Ньютона для перемычки:

$$m \frac{\Delta v}{\Delta t} = IBh, \text{ или } m\Delta v = I\Delta t Bh = \Delta q Bh.$$

Просуммируем последнее уравнение до момента пересечения перемычкой плоскости MN :

$$m(v_1 - v_2) = qBh,$$

где q – заряд на конденсаторе к моменту выхода перемычки из магнитного поля. Магнитный поток после выхода не меняется, поэтому ЭДС индукции с этого момента остается нулевой. По закону Ома,

$$RI_x = \frac{q}{C},$$

откуда находим

$$I_x = \frac{q}{RC} = \frac{m(v_1 - v_2)}{RCBh}.$$

4. Показания весов расходятся из-за различия выталкивающих сил воздуха при различных температурах. Пусть $V = M/\rho = 0,05$ м³ – объем тонны золота. $T_1 \approx 300$ К – июльская температура, $T_2 \approx 240$ К – зимняя температура, $p \approx 10^5$ Па – атмосферное давление, $M \approx 29 \cdot 10^{-3}$ кг/моль – молярная масса воздуха, $R \approx 8,3$ Дж/(моль · К) – универсальная газовая постоянная. Из уравнения Менделеева – Клапейрона находим массу вытесненного золотом воздуха:

$$m = \frac{MpV}{RT},$$

а затем и разницу сил Архимеда:

$$F_2 - F_1 = (m_2 - m_1)g = \frac{MpVg}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right) \approx 0,15 \text{ Н}.$$

Разнице показаний весов соответствует кажущееся расхождение по массе в 15 г.

5. На участок цепочки, лежащий внутри неподвижной трубки, вдоль оси трубки действуют составляющая силы тяжести, силы тяги, приложенные к обоим концам, и сила трения, компенсирующая силу, направленную к концу трубки. При вращении трубки вектор силы трения поворачивается, и появляется составляющая, перпендикулярная оси трубки. Величина силы трения не меняется, так как неизменна сила нормального давления, поэтому уменьшается составляющая силы трения, удерживающая цепочку от движения. В результате цепочка выскальзывает из трубки.

Вариант 3

1. $F = L/3$.
2. Обозначим положительный заряд «гантели» q , ее длину d , массу m , напряженность поля конденсатора E , искомую скорость «гантели» v_x . Запишем закон сохранения энергии для двух указанных случаев:

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{mv_x^2}{2} + Eqd, \quad \frac{mv^2}{2} = \frac{mv_x^2}{2} - Eqd.$$

Отсюда

$$v_x = \sqrt{2u^2 - v^2}.$$