Физика 10 класс

1. На зимних Олимпийских играх в Сочи на соревнованиях по конькобежному спорту на дистанции 10 км спортсмен из России финишировал первым с результатом 13 мин. Одновременно с ним на финише оказался другой спортсмен, который отстал от лидера на круг. Определите, насколько позже лидера гонки пришёл к финишу отставший спортсмен, если известно, что последний круг он пробежал с такой же средней скоростью, как и всю дистанцию, а длина круга 400 м.

Решение:

Пусть L — длина всей дистанции, l — длина круга, t — время, через которое оба спортсмена оказались на финише. Время, которое затратит отставший спортсмен на прохождение последнего круга равно:

$$\Delta t = \frac{l}{v}, \qquad (1) \qquad \textbf{(2 б.)}$$

где v — средняя скорость движения на последнем круге. Эта скорость по условию задачи равна средней скорости движения на всей дистанции, поэтому

$$v = \frac{L-l}{t}. \qquad (2) \qquad \textbf{(2 б.)}$$

Подставляя (2) в (1), получим:

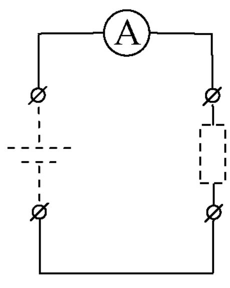
$$\Delta t = \frac{l}{L-l} \cdot t. \qquad (3) \qquad \textbf{(4 б.)}$$

Подставляя сюда численные значения, окончательно получим

ответ: $\Delta t = 32{,}5$ с. **(2 б.)**

2. В представленную на рисунке схему включали в различных комбинациях идеальные источники напряжения E_1 и E_2 (слева) и сопротивления R_1 и R_2 (справа) и измеряли ток в цепи. Результаты измерений тока в амперах занесли в таблицу. Найдите недостающее число в таблице.

	E_1	E_2
R_1	2	6
R_2	3	?



Решение.

Запишем закон Ома для всех комбинаций идеальных источников напряжения и сопротивлений:

$$I_{11} = \frac{E_1}{R_1}. \qquad (1) \qquad \textbf{(1 б.)}$$

$$I_{21} = \frac{E_2}{R_1}. \qquad (2) \qquad \textbf{(1 б.)}$$

$$I_{12} = \frac{E_1}{R_2}. \qquad (3) \qquad \textbf{(1 б.)}$$

$$I_{22} = \frac{E_2}{R_2}. \qquad \textbf{(1 б.)}$$

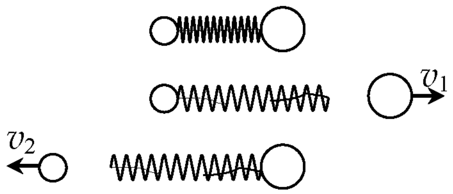
Видно, что последнее выражение можно получить, используя выражения (1), (2) и (3):

$$I_{22} = \frac{I_{12} I_{21}}{I_{11}}. \qquad \textbf{(4 б.)}$$

Подставляя в это выражение значения из таблицы, получим

ответ: $I_{22} = 9\,\text{А}$. **(2 б.)**

3. Пружина удерживается в сжатом состоянии с помощью прочной нити. На концах пружины находятся два разных шарика. Известно, что если зафиксировать левый шарик и пережечь нить, то правый шарик полетит со скоростью v_1, а если, наоборот, зафиксировать правый шарик и пережечь нить, то левый шарик полетит со скоростью v_2. С какими скоростями полетят эти же шарики, если ни один из шариков не фиксировать? Пружина во всех трёх случаях сжата одинаково.



Решение:

Пусть m_1 и m_2 — массы правого и левого шариков, соответственно, а E — упругая энергия, запасённая в сжатой пружине. В первом случае вся упругая энергия переходит в кинетическую энергию правого шарика. Из закона сохранения энергии запишем:

$$E = \frac{m_1 v_1^2}{2}. \qquad (1) \qquad \textbf{(2 б.)}$$

Аналогично, для второго эксперимента с шариками:

$$E = \frac{m_2 v_2^2}{2}. \qquad (2) \qquad \textbf{(2 б.)}$$

В случае, когда шарики не удерживаются, упругая энергия перераспределяется между двумя шариками. Закон сохранения энергии в этом случае запишется в виде:

$$E = \frac{m_1 v_1'^2}{2} + \frac{m_2 v_2'^2}{2}, \qquad (3) \qquad \textbf{(2 б.)}$$

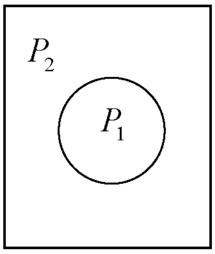
где v_1' и v_2' — искомые скорости правого и левого шарика.

Наконец, из закона сохранения импульса следует условие:

$$m_1 v_1' = m_2 v_2'. \qquad (4) \qquad \textbf{(2 б.)}$$

Решая систему уравнений (1–4), получим

ответ: $$v_1' = \frac{v_1^2}{\sqrt{v_1^2 + v_2^2}}; \quad v_2' = \frac{v_2^2}{\sqrt{v_1^2 + v_2^2}}. \qquad \textbf{(2 б.)}$$



4. Надутый шарик находится внутри замкнутого сосуда, занимая четвёртую часть объёма сосуда. При этом давление газа внутри шарика равно P_1, а снаружи — P_2. Систему медленно нагревают. При некоторой критической температуре, когда объём шарика увеличился вдвое по сравнению с первоначальным, а разность давлений газа внутри и снаружи шарика стала равной ΔP, шарик лопнул. В дальнейшем температура газа в сосуде поддерживается равной критической. Определите установившееся давление газа в сосуде. Объёмом оболочки шарика пренебречь.

Решение:

Пусть V — начальный объём шарика. Тогда, по условию, $4V$ — объём сосуда, а $2V$ — конечный объём шарика. Запишем уравнения Менделеева – Клапейрона для состояния идеального газа внутри шарика:

$$P_1 V = \nu_1 RT, \qquad (1) \qquad \textbf{(1 б.)}$$

вне шарика:

$$P_2(4V - V) = \nu_2 RT, \qquad (2) \qquad \textbf{(1 б.)}$$

а также для состояния этих газов непосредственно перед тем как шарик лопнул:

$$P_1'(2V) = \nu_1 RT', \qquad (3) \qquad \textbf{(2 б.)}$$

$$P_2'(4V - 2V) = \nu_2 RT'. \qquad (4) \qquad \textbf{(2 б.)}$$

Здесь R — универсальная газовая постоянная, ν_1, ν_2 — числа молей газов внутри и снаружи шарика, соответственно, T' — конечная (критическая) температура, P_1' и P_2' — давления газов внутри и снаружи шарика, которые, по условию, связаны соотношением:

$$P_1' = P_2' + \Delta P. \qquad (5)$$

Теперь запишем уравнения Менделеева – Клапейрона для смеси этих двух газов в конечном состоянии:

$$P(4V) = (\nu_1 + \nu_2)RT'. \qquad (6) \qquad \textbf{(2 б.)}$$

Здесь P — искомое давление в сосуде.

Вычтем уравнение (4) из (3):

$$(P_1' - P_2')(2V) = (\nu_1 - \nu_2)RT'.$$

С учётом (5) получим отсюда:

$$RT' = \frac{\Delta P(2V)}{\nu_1 - \nu_2}.$$

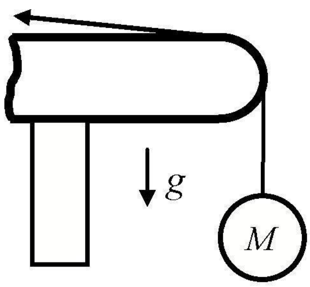
Подставив это в (6), получим:

$$P = \frac{\Delta P}{2}\frac{\nu_1 + \nu_2}{\nu_1 - \nu_2}.$$

Выразив ν_1 и ν_2 из (1) и (2) соответственно и подставив в полученное уравнение, найдём

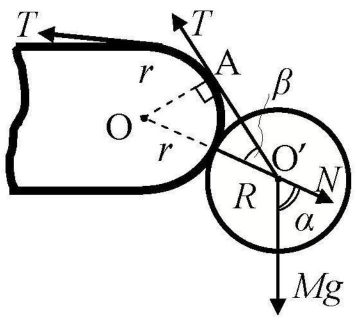
ответ: $$P = \frac{\Delta P}{2}\frac{P_1 + 3P_2}{P_1 - 3P}. \qquad \textbf{(2 б.)}$$

5. Край стола имеет закругление радиуса r (см. рисунок). С края стола свисает легкая нить, к которой привязан шар радиуса R и массы M. За нить, под малым углом к поверхности стола, шар медленно вытягивают на стол. Какое максимальное значение будет у натяжения нити в процессе вытаскивания? Трением пренебречь.



Решение:

1 способ.



В процессе вытягивания на шар действуют сила тяжести $m\vec{g}$, сила натяжения нити $\vec{T}$ и сила реакции со стороны стола $\vec{N}$, направленная вдоль лини OO', соединяющей центр скругления стола и центр шара.

Пусть угол между $\vec{N}$ и $m\vec{g}$ равен α, а угол между $\vec{N}$ и $\vec{T}$ — β. Поскольку шар вытягивают медленно, то шар в каждый момент времени находится в равновесии, поэтому сумма сил, действующих на него равна 0.

В проекции на ось OO' это условие имеет вид:

$$N + mg\cos\alpha = T\cos\beta,$$

а в проекции на ось, перпендикулярную оси OO':

$$mg\sin\alpha = T\sin\beta. \qquad \textbf{(4 б.)}$$

Из прямоугольного треугольника $OO'A$ находим:

$$\sin\beta = \frac{r}{r+R}. \qquad \textbf{(2 б.)}$$

Подставляя в предыдущее уравнение, находим:

$$T = mg\frac{r+R}{r}\sin\alpha.$$

Отсюда видно, что максимальное значение T соответствует $\sin\alpha = 1$ **(2 б.)**

(когда линия OO' горизонтальна) и равно $mg\dfrac{r+R}{r}$.

Ответ: $$T_{\max} = mg\left(1+\frac{R}{r}\right). \qquad \textbf{(2 б.)}$$

2 способ.

В процессе вытягивания на шар действуют сила тяжести $m\vec{g}$, сила натяжения нити $\vec{T}$ и сила реакции со стороны стола $\vec{N}$, направленная вдоль лини OO', соединяющей центр скругления стола и центр шара. Поскольку шар вытягивают медленно, то шар в каждый момент времени находится в равновесии, поэтому сумма сил и сумма моментов сил, действующих на шар равна 0. Запишем равенство моментов сил относительно точки O (можно выбрать и другую точку). Плечо силы $\vec{N}$ равно 0, плечо силы натяжения нити всегда равно r, а плечо силы тяжести x зависит от положения шара. Таким образом, равенство моментов сил имеет вид:

$$T\cdot r = mg\cdot x. \qquad \textbf{(4 б.)}$$

Отсюда видно, что сила натяжения

$$T = mg\cdot\frac{x}{r} \qquad (1)$$

максимальна при максимальном x, которое достигается, когда линия OO' горизонтальна и равно:

$$x_{\max} = r+R. \qquad (2) \qquad \textbf{(4 б.)}$$

Подставляя (2) в (1), получим

ответ: $$T_{\max} = mg\left(1+\frac{R}{r}\right). \qquad \textbf{(2 б.)}$$

Критерии определения победителей и призеров на заключительном этапе открытой межвузовской олимпиада школьников Сибирского Федерального округа «Будущее Сибири» по **физике** 2013/2014 г

Степень диплома	**Сумма баллов**			
	8 класс	**9 класс**	**10 класс**	**11 класс**
Диплом 1 степени (Победитель)	32-40	35-50	37-50	48-60
Диплом 2 степени (Призер)	28-31	30-34	33-36	40-47
Диплом 3 степени (Призер)	20-27	24-29	29-32	30-39

Председатель жюри
олимпиады «Будущее Сибири» по физике
д.ф.-м.н., профессор, зав. кафедрой ПиТФ НГТУ Дубровский В.Г.

Председатель Окружного совета
Олимпиады школьников СФО
«Будущее Сибири»
Ректор НГТУ, профессор Н.В. Пустовой

18 марта 2014 года