

Шифр

УФ11-29

Открытая межвузовская олимпиада школьников СФО

«Будущее Сибири»

2 этап (заключительный)

Письменная работана олимпиаде по физике

Сведения об участнике олимпиады

Фамилия:

Ф	Е	Д	О	Р	О	В	С	К	И	Х									
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Имя:

А	Л	Е	К	С	А	Н	Д	Р											
---	---	---	---	---	---	---	---	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Отчество:

В	Л	А	Д	И	М	И	Р	О	В	И	Ч								
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	--	--	--	--	--	--	--	--

Учащийся 11 "А" класса школы № «МАОУ СОШ № 1»г. Заречного

(города/села, района)

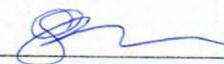
Свердловской области

(области)

Дата рождения 29/06/1999Контактная информация – телефон(ы): 8-922-172-45-47E-mail: FedEL@uraltc.ruПункт проведения этапа УрФУ, г. Екатеринбург, ул. Мира, 21Дата проведения этапа 26/02/2017

Даю согласие на обработку моих персональных данных и информирование меня посредством sms и e-mail о моих результатах и всех дальнейших мероприятиях, связанных с олимпиадой

Личная подпись



Открытая межвузовская олимпиада школьников СФО «Будущее Сибири»

Общий балл	Дата	Ф.И.О. членов жюри	Подписи членов жюри
34		Брагинский	Вру

Задача 1.

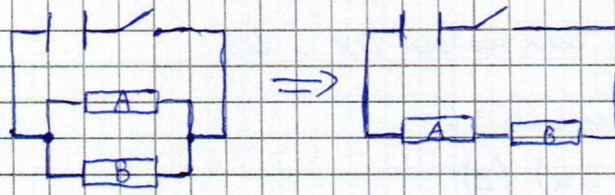
Дано:

$$\frac{Q_A}{Q_B} = k.$$

Найти:

$$\frac{Q_A'}{Q_B'} = ?$$

Решение:



$$\frac{Q_A}{Q_B} = \frac{I_A^2 \cdot R_A \cdot t}{I_B^2 \cdot R_B \cdot t} = \left(\frac{I_A}{I_B}\right)^2 \cdot \frac{R_A}{R_B} \text{ (по закону Джоуля-Ленца)}$$

$$\frac{Q_A}{Q_B} = k \Rightarrow k = \left(\frac{I_A}{I_B}\right)^2 \cdot \frac{R_A}{R_B}.$$

При параллельном соединении сопротивлений отношение сил тока обратно пропорционально отношению сопротивлений:

$$\frac{I_A}{I_B} = \frac{R_B}{R_A} \Rightarrow \frac{(I_A)^2}{(I_B)^2} \cdot \frac{R_A}{R_B} = \frac{(R_B)^2}{(R_A)^2} \cdot \frac{R_A}{R_B} = \frac{R_B}{R_A} \Rightarrow k = \frac{(I_A)^2}{(I_B)^2} \cdot \frac{R_A}{R_B} = \frac{R_B}{R_A}.$$

Используем закон Джоуля-Ленца для последовательного соединения сопротивлений. При выделении теплоты их отношение:

$$\frac{Q_A'}{Q_B'} = \frac{I_A^2 \cdot R_A \cdot t}{I_B^2 \cdot R_B \cdot t}; \text{ При последовательном соединении сила тока на сопротивлениях одинакова, поэтому } I_A = I_B = I_0. \text{ Следовательно:}$$

$$\frac{Q_A'}{Q_B'} = \frac{I_0^2 \cdot R_A \cdot t}{I_0^2 \cdot R_B \cdot t} = \frac{R_A}{R_B} = \frac{1}{\left(\frac{R_B}{R_A}\right)} = \frac{1}{k}.$$

$$\text{Ответ: } \frac{Q_A'}{Q_B'} = \frac{1}{k}.$$

Задача 2.

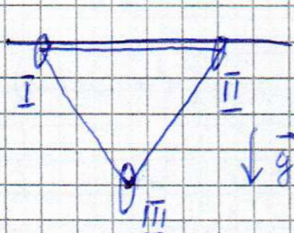
Дано:

$$g, \vec{a} = 0$$

Найти:

$$\mu = ?$$

Решение:



Обозначим кольца цифрами I, II, III.

По условию они должны покоиться, т.е. их ускорение $\vec{a} = 0$.

Распишем II закон Ньютона для любого из тел I или II:

$$\vec{F}_{\text{тр}} + \vec{N} + \vec{T} + \vec{T} = m\vec{a}$$

Т.к. $\vec{a} = 0$, то $m\vec{a} = 0$.

Чтобы тело покоилось, сила трения должна быть направлена противоположно вектору суммы сил натяжения нити, и равна этому вектору по модулю:

$|\vec{F}_{\text{тр}}| = |\vec{T} + \vec{T}|$; Найдем $|\vec{T} + \vec{T}|$, используя теорему косинусов:

$$\beta = 180^\circ - 2\alpha. \quad |\vec{T} + \vec{T}| = \sqrt{T^2 + T^2 - 2TT \cos \beta} = T\sqrt{2(1 + \cos \beta)}$$

$$\cos \beta = \cos(180^\circ - 2\alpha) = -\cos 2\alpha. \Rightarrow |\vec{T} + \vec{T}| = T\sqrt{2(1 - \cos 2\alpha)}$$

Спроецируем векторы сил на оси Ox и Oy :

$$Ox: T + T \cos 2\alpha - F_{\text{тр}} \cos 2\alpha = 0.$$

$$F_{\text{тр}} \cos 2\alpha = T(1 + \cos 2\alpha) \quad (2)$$

$$Oy: N - mg + F_{\text{тр}} \sin 2\alpha = 0$$

$$F_{\text{тр}} \sin 2\alpha = mg - N \quad (1)$$

Разделим (1) на (2):

$$\tan 2\alpha = \frac{mg - N}{T(1 + \cos 2\alpha)}; \Rightarrow \tan 2\alpha \cdot T(1 + \cos 2\alpha) = mg - N;$$

$|\vec{T} + \vec{T}| = |\vec{F}_{\text{тр}}|; \Rightarrow F_{\text{тр}} = T\sqrt{2(1 - \cos 2\alpha)}$; По закону Ампера-Кулона

$$F_{\text{тр}} = \mu \cdot N; \Rightarrow \mu \cdot N = T\sqrt{2(1 - \cos 2\alpha)}; \Rightarrow \mu = \frac{T}{N} \sqrt{2(1 - \cos 2\alpha)}$$

$$\tan 2\alpha \cdot T(1 + \cos 2\alpha) = mg - N; | : T$$

$$\tan 2\alpha(1 + \cos 2\alpha) = \frac{mg}{T} - \frac{N}{T}; \Rightarrow \frac{N}{T} = \frac{mg}{T} - \tan 2\alpha(1 + \cos 2\alpha);$$

Распишем II закон Ньютона для кольца III:

$$\vec{T} + \vec{T} + m\vec{g} = 0.$$

Найдем проекции на Ox и Oy :

$$Ox: T \cdot \cos(90^\circ - \alpha) - T \cos(90^\circ - \alpha) = 0$$

$$Oy: T \cdot \cos \frac{2\alpha}{2} + T \cdot \cos \frac{2\alpha}{2} - mg = 0.$$

$$2T \cos \alpha = mg.$$

$$\frac{N}{T} = \frac{mg}{T} - \tan 2\alpha(1 + \cos 2\alpha) = \frac{2T \cos \alpha}{T} - \tan 2\alpha(1 + \cos 2\alpha) = 2 \cos \alpha - \tan 2\alpha \cdot (1 + \cos 2\alpha); \quad \frac{T}{N} = \frac{1}{2 \cos \alpha - \tan 2\alpha(1 + \cos 2\alpha)};$$

Подставим отношение $\frac{T}{N}$ в выражение для μ :

$$\mu = \frac{T}{N} \sqrt{2(1+\cos 2\alpha)} = \frac{\sqrt{2(1+\cos 2\alpha)}}{2\cos\alpha - \tan 2\alpha(1+\cos\alpha)}$$

Вычисление: $\mu = \frac{\sqrt{2(1+\frac{1}{2})}}{2 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} - \sqrt{3}(1+\frac{1}{2})} = \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{3}-\sqrt{3}+\frac{3}{2}} = \frac{2\sqrt{3}}{3}$

Ответ: $\frac{2\sqrt{3}}{3}$

Задача 4.

Дано:

$$m = 0,1 \text{ кг}$$

$$Q = 10^{-9} \text{ Кл}$$

$$n = 9$$

$$\alpha = 30^\circ$$

Решение:

На шарик действует электрическая сила:

$$F_{\text{э}} = QE; F_{\text{э}} = \frac{ma}{Q} \text{ (по закону Ньютона)}. \Rightarrow E = \frac{ma}{Q}$$

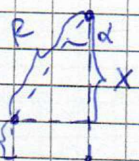
Найти:

$E = ?$

Т.к. шарик совершает колебания, то его ускорение - центростремительное, и оно равно:

$$a = \frac{v^2}{R}, \text{ где } R - \text{длина нити (радиус вращения)}$$

$$E = \frac{ma}{Q} = \frac{mv^2}{QR};$$



Через 9 переключений поля шарик будет находиться в крайнем левом положении.

Его скорость в положении равновесия максимальна, максимальной его кинетическая энергия, а потенциальная равна 0.

По закону сохранения энергии, его полная энергия равна:

$$W = \frac{mv_{\text{max}}^2}{2} = \frac{mgh}{1}; \quad h = R - x; \quad x = R \cos \alpha; \Rightarrow h = R - R \cos \alpha = R(1 - \cos \alpha)$$

$$\frac{mv_{\text{max}}^2}{2} = mgh; \Rightarrow v^2 = 2gh = 2gR(1 - \cos \alpha)$$

$$E = \frac{mv^2}{QR} = \frac{2mgR(1 - \cos \alpha)}{QR} = \frac{2mg(1 - \cos \alpha)}{Q}$$

Вычисляем: $E = \frac{2mg(1 - \cos \alpha)}{Q} = \frac{2 \cdot 10 \text{ м/с}^2 \cdot 0,1 \text{ кг} (1 - \frac{\sqrt{3}}{2})}{10^{-9} \text{ Кл}} = 2,7 \cdot 10^8 \text{ В/м.}$

Ответ: $2,7 \cdot 10^8 \text{ В/м.}$

Задача 6.

В первой ситуации конструкция поднимается, т.к. выталкивающая сила Архимеда больше силы тяжести шприца. Поэтому шприц всплывает на поверхность. Во второй ситуации

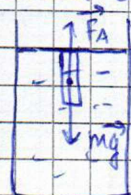
масса конструкции увеличивается за счет добавления груза.

Из-за этого увеличивается сила тяжести $F = (M+m)g$. Т.к. жидкость

остаеся прежней, и весь объем конструкции погружен в жидкость, то сила Архимеда не меняется $(F_A)_1 = (F_A)_2 = \text{const.}$

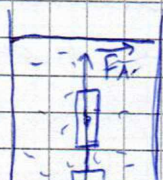
Вследствие этого сила тяжести не позволяет конструкции всплыть на поверхность ($F_{\text{тяж}} > F_A$). По мере наливания в сосуд воды увеличивается давление жидкости на шпирку.

Это давление $p = \frac{F}{S} = \frac{mg}{S}$ (m - масса воды) при определенной массе воды превышает нормальное давление шпирки. Вследствие чего сила давления $F = pS$ опускает шпирку на дно.



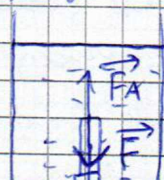
Ⓘ

$$F_A \geq mg$$



Ⓢ

$$(M+m)g > F_A$$



Ⓢ

$$(M+m)g + F_A >> F_A$$

Ⓔ

Задача 3.

Дано:

Решение:

$R; k_1; k_2; v$

Т.к. блок вращается мы рассмотрим движение по окружности: $\omega = \frac{v_{\text{вр}}}{R}$, где $v_{\text{вр}}$ - скорость вращения.

Найти ω ?

Потенциальная энергия деформированных пружин равна потенциальной энергии системы:

$\frac{k_1 x^2}{2} + \frac{k_2 x^2}{2} = mgx$ (где x - растяжение пружины и, следовательно, перемещение системы (блок-пружины).

$$(k_1 + k_2) \frac{x^2}{2} = mgx; \quad x = \frac{2mg}{k_1 + k_2}$$

По закону сохранения энергии, потенциальная энергия системы переходит в кинетическую энергию блока: $mgx = \frac{mv^2}{2}$; $gx = \frac{v^2}{2}$;

$$\frac{2mg^2}{k_1 + k_2} = \frac{v^2}{2}; \quad m = \frac{v^2(k_1 + k_2)}{4g^2}$$

Ⓔ