Шифр УФИ-04.

Открытая межвузовская олимпиада школьников СФО
«Будущее Сибири»
2 этап (заключительный)

Письменная работа

на олимпиаде по ФИЗИКЕ

Сведения об участнике олимпиады

Фамилия: ДЗЮИН

Имя: ДМИТРИЙ

Отчество: ВЛАДЛЕНОВИЧ

Учащийся 11 класса школы № 200

г. ЕКАТЕРИНБУРГА, ЧКАЛОВСКОГО РАЙОНА
(города/села, района)

СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ
(области)

Дата рождения 14.11.1998

Контактная информация – телефон(ы): +7-908-908-04-17

E- mail: dziouin@mail.ru

Пункт проведения этапа УРФУ, г. ЕКАТЕРИНБУРГ, ул. МИРА, 21

Дата 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 Д. Дзю

Шифр УФ11-04

Открытая межвузовская олимпиада школьников СФО «Будущее Сибири»

Общий балл	Дата	Ф.И.О. членов жюри	Подписи членов жюри
54		Фалишинин	

№1.

Дано:

R_A

R_B

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

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

Решение:

а)

В 1 случае конденсатор заряжен до напряжения U, при этом $U = I_A R_A = I_B R_B$, $\Rightarrow \frac{I_A}{I_B} = \frac{R_B}{R_A}$ (по закону параллельного соединения проводников)

По закону Джоуля-Ленца $Q = I^2 R \Delta t$, поэтому $Q_A = I_A^2 R_A \Delta t$, $Q_B = I_B^2 R_B \Delta t$

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

$\Rightarrow k = \frac{R_B}{R_A} \Rightarrow$ выделившееся Q обратно пропорционально сопротивлениям

б)

Во 2 случае U такое же, но $U = IR_A + IR_B = I(R_A + R_B)$, I постоянная (по закону последовательного соединения)

$Q_A' = I^2 R_A \Delta t$, $Q_B' = I^2 R_B \Delta t \Rightarrow$

$\Rightarrow \frac{Q_A'}{Q_B'} = \frac{I^2 R_A \Delta t}{I^2 R_B \Delta t} = \frac{R_A}{R_B} = \frac{1}{k}$ (выделившееся Q прямо пропорционально сопротивлениям)

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

10

Председатель жюри

№2.

Дано:

g

$\alpha = 60^\circ$

$\mu - ?$

Решение:

2 закон Ньютона для кольца №1:

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

$$\begin{cases} Ox: T\cos 60^\circ = T\cos 60^\circ \\ Oy: mg = 2T\sin 60^\circ \end{cases}$$

$$mg = 2T \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$mg = T\sqrt{3}$$

$$T = \frac{mg}{\sqrt{3}}$$

2 закон Ньютона для кольца №2 (он такой же для кольца №3, только знаки проекций наоборот): $m\vec{g} + \vec{F}_{тр.} + \vec{N} + \vec{T} = 0$

$$\begin{cases} Ox: F_{тр.} = T\cos\alpha = T\cos 60^\circ = \frac{T}{2} \\ Oy: N = mg + T\sin\alpha = mg + T\sin 60 = mg + \frac{T\sqrt{3}}{2} \end{cases}$$

$$T = \frac{mg}{\sqrt{3}} \Rightarrow N = mg + \frac{mg\sqrt{3}}{2\sqrt{3}} = \frac{3}{2}mg$$

$$F_{тр.} = \frac{T}{2} = \frac{mg}{2\sqrt{3}}$$

$$F_{тр.} = \mu N \Rightarrow \frac{mg}{2\sqrt{3}} = \mu \cdot \frac{3}{2}mg \quad \left(: \frac{3}{2}mg\right)$$

$$\mu = \frac{1}{3\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{3}}{9}$$

8

Ответ: $\mu = \frac{\sqrt{3}}{9}$.

№4

Дано:

$m = 0{,}1$ кг

$Q = 10^{-9}$ Кл

$g = 10 \frac{м}{с^2}$

$\alpha_{max} = 30^\circ$

Решение:

Маятник отклоняется под действием кулоновской силы, она равна $F_к = EQ$

$F_к$ совершает работу, и маятник приобретает

№4 (продолжение)

$n = 9$

$E = ?$

потенциальную энергию mgh

$E_п = A$, $\Rightarrow mgh = F_к s$, где s – пройденный по горизонтали путь

при переключении полярности энергия маятника увеличивается на $\Delta E = mgh_1 - mgh = F_к(s + s_1)$, где s_1 – новый путь от положения равновесия до нового крайнего положения

Можно записать систему:

$$\begin{cases} mgh = F_к s \\ mgh_1 - mgh = F_к(s + s_1) \\ mgh_2 - mgh_1 = F_к(s_1 + s_2) \\ \dots \\ mgh_9 - mgh_8 = F_к(s_8 + s_9) \end{cases}$$

сложение: $mgh_9 = F_к(2s + 2s_1 + \dots + 2s_8 + s_9)$

$h_9 = L - L\cos\alpha_{max} = L(1 - \cos 30^\circ) = L \cdot \frac{2-\sqrt{3}}{2} \approx 0{,}15L$

$2s + 2s_1 + \dots + 2s_8 + s_9 = 2(s + \dots + s_9) - s_9 = \frac{2 \cdot (s + s_9)}{2} \cdot 10 - s_9 = 10s + 9s_9 \approx (0 + s_9) \cdot 11 - s_9 = 10s_9$

$s_9 = L\sin\alpha_{max} = L\sin 30^\circ = \frac{L}{2} \Rightarrow mgh_9 = EQ \cdot 10 s_9$

$0{,}15 mgL = EQ \cdot 10 \frac{L}{2} \quad | \cdot 2$

$0{,}3mg = 10EQ$

$E = \frac{0{,}3mg}{10Q} = \frac{0{,}3 \cdot 0{,}1 кг \cdot 10 \frac{м}{с^2}}{10 \cdot 10^{-9} Кл} = 3 \cdot 10^7 \frac{Н}{Кл} = 3 \cdot 10^7 \frac{В}{м}$

Ответ: $E = 3 \cdot 10^7 \frac{В}{м}$.

10

№5.

Пусть расстояние от центра планеты до мяча равно её радиусу R — будем пренебрегать ростом космонавта и рассчитывать первую космическую скорость искусственного спутника — мяча.

ускорение свободного падения на планете

$$g = \frac{GM_p}{R^2} = \frac{G\rho_p V_p}{R^2} = \frac{G\rho_p \cdot \frac{4}{3}\pi R^3}{R^2} \approx G\rho_p \cdot 4R$$

(пусть $\pi \approx 3$, ρ_p — плотность планеты, $\rho_p \approx 5000 \frac{кг}{м^3}$, $G = 6{,}67 \cdot 10^{-11} \frac{Н \cdot м^2}{кг^2}$)

центростремительное ускорение мяча a должно быть равно g, $a = \frac{v^2}{R}$, где v — скорость мяча

$$\frac{v^2}{R} = G\rho_p \cdot 4R \Rightarrow R^2 = \frac{v^2}{4G\rho_p} \Rightarrow R = \frac{v}{2}\sqrt{\frac{1}{G\rho_p}}$$

Второй закон Ньютона в импульсном виде: $mv = Ft$, где $m \approx 0{,}1$ кг — масса мяча, $F \approx 200$ Н — сила удара космонавта, $t \approx 0{,}01$ с — продолжительность удара

Отсюда $v = \frac{Ft}{m} \Rightarrow R = \frac{Ft}{2m}\sqrt{\frac{1}{G\rho}}$

$$R = \frac{200 Н \cdot 0{,}01 с}{2 \cdot 0{,}1 кг} \cdot \sqrt{\frac{1}{6{,}67 \cdot 10^{-11} \frac{Н \cdot м^2}{кг^2} \cdot 5000 \frac{кг}{м^3}}} = 10 \frac{м}{с} \cdot \sqrt{\frac{1}{3{,}3 \cdot 10^{-9} \frac{1}{с^2}}}$$

$$= \frac{10}{1{,}8 \cdot 10^{-3}} м = \frac{100000}{18} м \approx 5{,}6 км$$

7

Ответ: $R \approx 5{,}6$ км.

№6.

В первом опыте на шнуре с грузом дейст-

№6 (продолжение).

Вдоль две силы: сила тяжести $m\vec{g}$ и сила Архимеда $\vec{F_A} = g\rho_{воды}V_{шприца}$. Поскольку $F_A > mg$, то шприц всё время поднимается вверх, до поверхности воды.

По второй опыте на шприц действует сила тяжести $Mg + mg = (M+m)g$, где M – масса дополнительного груза. $(M+m)g > F_A$, и шприц уже не может поднять за собой дополнительный груз, он всплывает, пока нить не растянется. Далее над шприцом только прибывает вода, а он покоится. Возникает третья сила – сила давления воды на шприц на глубине h, она равна $\rho_в g h S$, где S – площадь верхней грани шприца. Атмосферное давление P_0 можно не учитывать, т.к. оно присутствует во всех случаях. Когда глубина h становится достаточно большой, такой, что ~~$(M+m)g + \rho_в g h S >$~~

$mg + \rho_в g h S > F_A$, то шприц тонет. h продолжает увеличиваться, $F_{давл.} = \rho_{воды} g h S$ увеличивается и шприц продолжает тонуть.

9

№3.

Дано:	Решение:
k_1	Будем рассматривать движение блока:

k_2

$k_1 > k_2$

v

R

$\omega - ?$

При движении вниз блок вращается по часовой стрелке, v_y – скорость движения ремня.

Тогда $F_1 = k_1 \Delta l_1 = k_1(v - v_y)\Delta t$ – сила упругости 1 пружины

$F_2 = k_2 \Delta l_2 = k_2(v + v_y)\Delta t$

эти силы равны, т.к. блок вращается равномерно с одной ω

$k_1(v - v_y) = k_2(v + v_y)$

$k_1 v - k_1 v_y = k_2 v + k_2 v_y$

$v_y(k_1 + k_2) = v(k_1 - k_2)$

$$v_y = \frac{v(k_1 - k_2)}{k_1 + k_2}$$

$$v_y = \omega R \Rightarrow \omega = \frac{v_y}{R} = \frac{v(k_1 - k_2)}{R(k_1 + k_2)}$$

Ответ: $\omega = \dfrac{v(k_1 - k_2)}{R(k_1 + k_2)}$

10