

Шифр

Открытая межвузовская олимпиада школьников СФО

«Будущее Сибири»

2 этап (заключительный)

Письменная работа

на олимпиаде по физике

Сведения об участнике олимпиады

Фамилия: Ш Е В Е Л Е В

Имя: Ю Р И Й

Отчество: А Н А Т О Л Ь Е В И Ч

Учащийся 11 класса школы № 2

с. Каргасок
(города/села, района)

Томской области
(области)

Дата рождения 16.07.97

Контактная информация – телефон(ы): 8-952-897-15-85

E-mail: _____

Пункт проведения этапа г. Томск

Дата проведения этапа 15.02.2015

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 Юрий

Чистовик

Шифр

Открытая межвузовская олимпиада школьников СФО «Будущее Сибири»

Общий балл	Дата	Ф.И.О. членов жюри	Подписи членов жюри
50 46	28.02.15	Таммишев Р.А. Мортекова	М.С. Желез

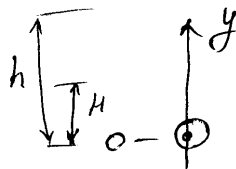
Задача 1.

Дано

$$H = 10 \text{ м}$$

$$h = 20 \text{ м}$$

$$h' = ?$$



Решение

Выберем систему координат: ось Y направим вертикально вверх.

В первом случае ($g = \text{const}$) максимальная высота подъема тела

$$h = \frac{v_0^2}{2g} \Rightarrow v_0 = \sqrt{2gh}. \quad (1)$$

Во втором случае до высоты H тело летит аналогично первому случаю. Скорость на этой высоте составит $v = \sqrt{v_0^2 - 2gH}$. Продолжив по (1) получим:

$$v = \sqrt{2gh - 2gH} = \sqrt{2g(h-H)} \quad (2)$$

Далее (во втором случае) после достижения высот H движение тела будем рассматривать как движение с ускорением $g/2$ и начальной скоростью v из (2). Тогда дополнительная высота подъема

$$h_{\text{доп}} = \frac{v^2}{2g/2} = \frac{v^2}{g} = \frac{2g(h-H)}{g} = 2(h-H). \quad \text{ВО}$$

Полная высота подъема во втором случае:

$$h' = H + 2h - 2H = 2h - H = 2 \cdot 20 - 10 = 40 - 10 = 30 \text{ м}$$

(1)

Чистовик.

Шифр



Открытая межвузовская олимпиада школьников СФО «Будущее Сибири»

Задача 3.

Дано

$R,$

$m,$

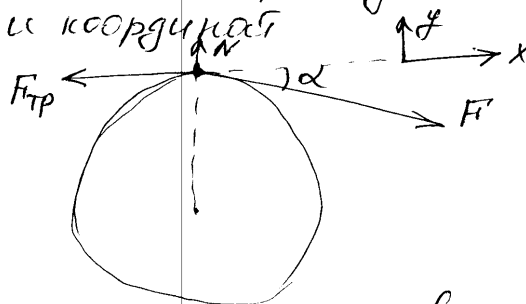
F, α

$\mu < \text{ctg} \alpha$

$v = ?$

Решение

Рассмотрим Введем систему отсчета
и координат



В проекции на ось y второй закон
Ньютона (1) $\frac{mv^2}{R} = N - F \cdot \sin \alpha$, где N - сила
нормальной реакции опоры.

Сила трения $F_{\text{тр}} = \mu N$.

$$\text{Из (1)} \quad N = \frac{mv^2}{R} + F \sin \alpha \Rightarrow F_{\text{тр}} = \mu \frac{mv^2}{R} + \mu F \sin \alpha$$

В проекциях на ось x (когда движение установившееся): $F_{\text{тр}} - F \cdot \cos \alpha = 0$. следовательно:

$$\mu \left(\frac{mv^2}{R} + F \sin \alpha \right) = F \cdot \cos \alpha$$

$$\frac{mv^2}{R} + F \sin \alpha = \frac{F}{\mu} \cos \alpha$$

$$\frac{mv^2}{R} = \frac{F}{\mu} \cos \alpha - F \sin \alpha$$

$$v = \sqrt{\frac{R F}{m} \left(\frac{\cos \alpha}{\mu} - \sin \alpha \right)} < \infty$$

~~65~~
65
Шеллер

Чистовик

Шифр

Открытая межвузовская олимпиада школьников СФО «Будущее Сибири»

Задача 5.

Для оценки воспользуемся уравнением Менделеева - Клапейрона

$$pV = \frac{m}{\mu} RT, \quad V - \text{объем колбы}$$

В качестве "базового" возьмем нормальное атмосферное давление

$$p_H \cdot V = \frac{m_H}{\mu} RT \Rightarrow m_H = \frac{p_H V \mu}{RT}$$

Масса воздуха при изменившемся давлении

$$m_K = \frac{p_K V \mu}{RT} \quad \text{температуру воздуха считаем неизмен-$$

ной.

Далее возможны 2 варианта:

1. Изменение можно оценить как

$$\frac{m_K}{m_H} = \frac{p_K \cdot V \cdot \mu \cdot RT}{RT \cdot p_H \cdot V \cdot \mu} = \frac{p_K}{p_H}$$

В этом случае необходимо задать нормальное атмосферное давление $p_H = 101325 \text{ Па}$, ~~и~~ ~~то~~ ~~да~~ ~~то~~ ~~ко~~ ~~неч~~ ~~ное~~ ~~да~~ ~~вле~~ ~~ние~~ p_K . Примем суточные колебания в размере $\pm 10 \text{ мм. рт. ст.} \approx \pm 1330 \text{ Па}$. Тогда

$$\frac{m_K}{m_H} = \frac{101325 + 1330}{101325} \approx 1,013 \Rightarrow m_K = 1,013 m_H$$

2. Изменение можно оценить как

$\Delta m = m_K - m_H$. В этом случае необходимо ^{дополнительно} задать ~~объем~~ ~~колбы~~ ~~и~~ ~~температуру~~ ~~воздуха~~

③

Чистовик

Шифр

Открытая межвузовская олимпиада школьников СФО «Будущее Сибири»

Размеры коллегата заданы: длина = ширине = 4 м, высота = 3 м. Объем $V = 4 \cdot 4 \cdot 3 = 48 \text{ м}^3$.

Температуру примем $t = 18^\circ\text{C} \Rightarrow T = 273,15 + 18 = 291,15 \text{ К}$
Дополнительно необходимыми справочные данные универсальная газовая постоянная $R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$
молярная масса воздуха $\mu = 28,98 \text{ г/моль}$.

Тогда

$$\Delta m = m_k - m_n = \frac{V \mu}{R T} (P_k - P_n) = \frac{48 \cdot 28,98 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 291,15} \cdot 1330 \approx 0,76 \text{ кг}$$

Проверим размерность

$$\frac{V \mu}{R T} (P_k - P_n) = \frac{\text{м}^3 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^2 \cdot \text{моль} \cdot \text{Па}}{\text{моль} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{К}} = \frac{\text{м} \cdot \text{с}^2 \cdot \text{Па}}{\text{м}^2} = \frac{\text{кг} \cdot \text{с}^2 \cdot \text{Н}}{\text{м}^2} = \frac{\text{с}^2 \cdot \text{Н}}{\text{м}} = \text{кг}$$

Задача 6.

Когда в контейнере нет воды закрепление ^{дна} прищепок приводит к незначительному повороту контейнера относительно горизонтального положения.

Когда в контейнер наливают воду возникает дополнительная сила, которая заставляет контейнер поворачиваться (как клонится) относительно некоторой оси. Так как дно контейнера изначально не горизонтально то масса ~~наливаемой~~ воды сила, действующая на контейнер увеличивается по мере приближения к борту с прищепками из-за большего объема воды на единицу длины дна.

Также по мере приближения к борту с прищепками (4)

Чистовик

Шифр



Открытая межвузовская олимпиада школьников СФО «Будущее Сибири»
прищепками возрастает плечо силы относительно оси вращения. Это приводит к более значительному наклону контейнера с кошиковой водгой.

~~Задача 2~~

Задача 4

Дано:

$R,$

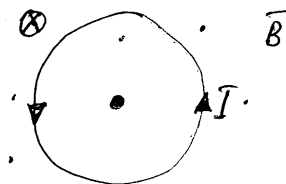
B_0

$$B(t) = B_0(1 - t^2/\tau^2), \quad t = \tau/2$$

T_0

$a - ?$

Решение



Индукция магнитного поля
в момент разрыва:

$$B = B_0 \left(1 - \frac{\tau^2}{4 \cdot \tau^2}\right) = B_0 \left(1 - \frac{1}{4}\right) = \frac{3}{4} B_0.$$

ЭДС $\mathcal{E} = -\dot{\Phi}' = -B' \cdot S'$, где S' - площадь окружности:

$$S' = \pi a^2.$$

Производная $B' = \left[B_0 - B_0 \frac{t^2}{\tau^2}\right]' = -B_0 \frac{2t}{\tau^2}.$

В момент разрыва $B' = -\frac{B_0 \cdot 2\tau}{2 \cdot \tau^2} = -\frac{B_0}{\tau}, \quad B\left(\frac{\tau}{2}\right) = B_0 \left(1 - \frac{\tau^2}{4\tau^2}\right) =$

Тогда ЭДС индукции:

$$\mathcal{E} = -B' \cdot S' = +\frac{B_0}{\tau} \cdot \pi a^2 = \frac{B_0 \pi a^2}{\tau}$$

Сила тока в проводнике

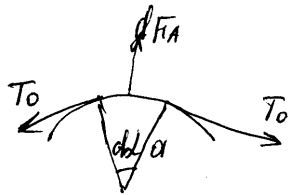
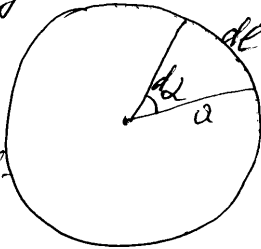
$$I = \frac{\mathcal{E}}{R} = \frac{B_0 \pi a^2}{\tau \cdot R}$$

5

Шифр

Открытая межвузовская олимпиада школьников СФО «Будущее Сибири»

Выделим небольшой участок дуги dL .
 Сила Ампера, действующая на этот участок $dF_A = B \cdot I \cdot dL$
 Сила Ампера будет направлена по радиусу кольца.



В момент разрыва? ^{какая сила?}
 $dF_A = T \cdot d\alpha$. ^{суммируем по длине}
 Суммируем по длине кольца $B \cdot I \cdot L = T_0 \cdot 2\pi$, где $L = 2\pi a$ - длина дуги. Подставим найденные ранее ^{аналогичным} выражение

Величины

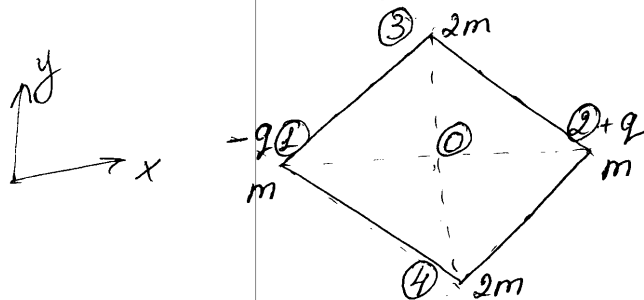
$$\frac{3}{4} B_0 \cdot \frac{B_0 \cdot \pi a^2}{2 \cdot R} \cdot 2\pi a = T_0 \cdot 2\pi$$

$$\frac{3 B_0^2 \pi a^3}{4 \pi R} = T_0 \Rightarrow a = \sqrt[3]{\frac{T_0 \cdot 4 \pi \cdot R}{3 B_0^2 \cdot \pi}} = \sqrt[3]{\frac{4}{3} \frac{T_0 \pi R}{B_0^2 \pi}}$$

Задача 2.

Дано

Решение

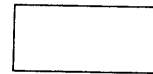


Между заряженными шариками действует сила $F_k = k \frac{|q_1 \cdot q_2|}{r^2}$.

6

Чистовик

Шифр



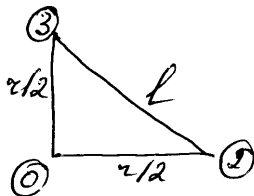
Открытая межвузовская олимпиада школьников СФО «Будущее Сибири»

Между незаряженными частицами:

$$F_T = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

Расстояние м/у заряд. и незар. частицами одинаково (в момент когда ромб имеет форму квадрата) и может быть найдено из прямоуг. Δ.

Например



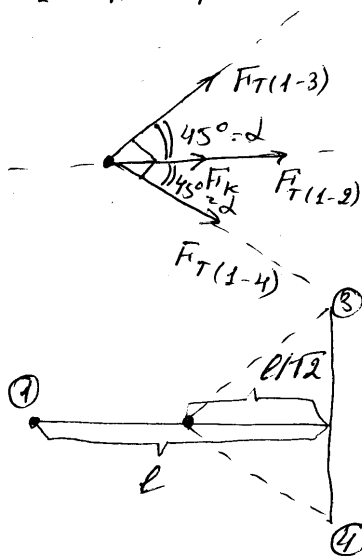
$$\frac{r^2}{4} + \frac{r^2}{4} = l^2$$

$$\frac{2r^2}{4} = l^2 \Rightarrow r^2 = 2l^2 \Rightarrow r = l\sqrt{2}$$

Заряженные частицы дополнительно притягиваются по закону всемирного тяготения.

Второй закон Ньютона в проекции на ось x для шарика в вершине 1:

$$ma_1 = F_k + F_T$$



$$ma = F_k + F_{T(1-2)} + F_{T(1-3)} \cdot \cos \alpha + F_{T(1-4)} \cdot \cos \alpha \quad (1)$$

Вектор скорости горизонтален и равен

$$v = v_0 + at \quad (2)$$

Перемещение при равноускоренном движении:

$$(l - l\sqrt{2}) = v_0 t + \frac{at^2}{2}$$

$$2l - l\sqrt{2} = at^2$$

$$at^2 + l(\sqrt{2} - 2) = 0 \Rightarrow \text{найдем время } t$$

Подставив время и ускорение из (1) в (2) найдем скорость шарика в вершине 1

a уже известен