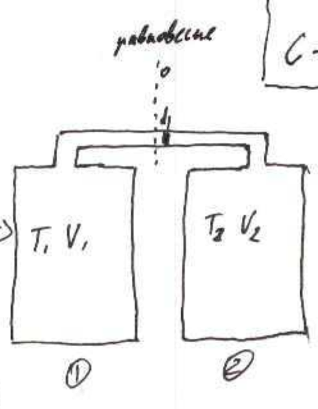
C-16

# Задача № 3.




По закону Менделеева-Клапейрона $PV = \nu RT \Rightarrow$

$\Rightarrow \frac{P_1 V_1}{P_2 V_2} = \frac{\nu_1 \cancel{R} T_1}{\nu_2 \cancel{R} T_2}$. При $T_1 = T_2 = 300°K$ $P_1 = P_2$ (условие равновесия поршня) $\Rightarrow$ $V_1 = V_2$

$\Rightarrow \boxed{\nu_1 = \nu_2} \Rightarrow \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} \Rightarrow T_1 - T_2 = T_2\left(\frac{V_1 - V_2}{V_1}\right) = T_2\left(\frac{2 \cdot d \cdot 10^{-6}}{10^{-3} + 1{,}5 \cdot 10^{-6} + d \cdot 10^{-6}}\right) =$

$V_1 = V_0 + S(L \cdot 0{,}5 + d) = 10^{-3} + 1{,}5 \cdot 10^{-6} + d \cdot 10^{-6}$

$V_2 = V_0 + S(L \cdot 0{,}5 - d) = 10^{-3} + 1{,}5 \cdot 10^{-6} - d \cdot 10^{-6}$

2

$= T_2\left(2 - \frac{2 \cdot 10^{-3} + 3 \cdot 10^{-6}}{10^{-3} + 1{,}5 \cdot 10^{-6} + d \cdot 10^{-6}}\right).$

Из закона Менделеева-Клапейрона $\frac{P_0 V_0}{T_0} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$. Т.к изменение температур незначительно $P_0 \approx P_2 \Rightarrow \frac{V_0}{T_0} = \frac{V_2}{T_2} \Rightarrow T_2 = \frac{V_2 \cdot T_0}{V_0} \Rightarrow$

$\Rightarrow \Delta T = \frac{V_2 \cdot T_0 (V_1 - V_2)}{V_0 V_1} = \frac{(10^{-3} + 1{,}5 \cdot 10^{-6} - d \cdot 10^{-6})\, 300 \cdot 2d \cdot 10^{-6}}{(10^{-3} + 1{,}5 \cdot 10^{-6})(10^{-3} + 1{,}5 \cdot 10^{-6} + d \cdot 10^{-6})} =$

$= \left(-1 + \frac{2 \cdot 10^{-3} + 3 \cdot 10^{-6}}{10^{-3} + 1{,}5 \cdot 10^{-6} + d \cdot 10^{-6}}\right) \cdot \frac{600 \cdot d \cdot 10^{-6}}{10^{-3} + 1{,}5 \cdot 10^{-6}} = \boxed{\frac{2}{10^{-3} + 1{,}5 \cdot 10^{-6} + d \cdot 10^{-6}} - \frac{600 d \cdot 10^{-6}}{10^{-3} + 1{,}5 \cdot 10^{-6}}} = \Delta T$

очевидно не линейная

очевидно линейная

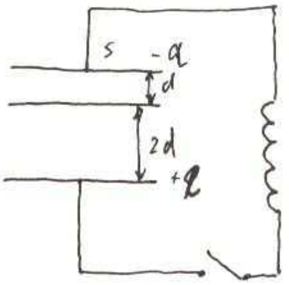
$\boxed{\Delta T \text{ - нелинейная зависимость}}$

P.S – $d$ - это смещение от положения равновесия в сторону второго сосуда.

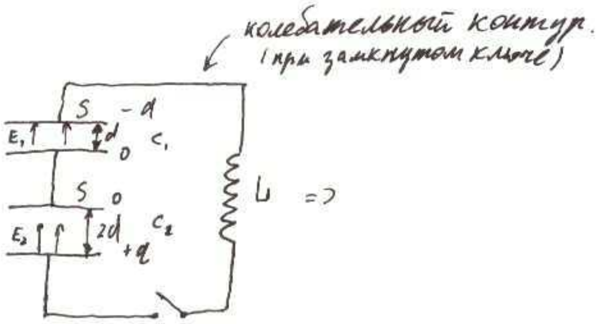
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Σ |
|---|---|---|---|---|---|
| 2 | 10 | 2 | 8 | 6 | 28 |

лист № 3

# Задача № 5.

1).- 


эквивалентна →




$\Rightarrow$

$\Rightarrow E_{1_0} = \dfrac{q}{2\varepsilon_0 S}$. [redacted] $U_{1_0} = Ed = \dfrac{qd}{2\varepsilon_0 S}$. $C_1 = \dfrac{\varepsilon_0 S}{d}$. $W_{C_{1_0}} = \dfrac{q U_{1_0}}{2} = \dfrac{q^2 d}{4\varepsilon_0 S}$. Аналогично $W_{C_{2_0}} = \dfrac{q^2 d}{2\varepsilon_0 S}$

$\Rightarrow W_{C_0} = \dfrac{3q^2 d}{4\varepsilon_0 S}$. Из закона сохранения энергии $W_{C_{max}} = W_{L_{max}}$, а т.к. $I_0 = 0$ $W_{C_0} = W_{C_{max}} =$

$= W_{L_{max}} = \dfrac{L I_{max}^2}{2} \Rightarrow L I_{max}^2 = \dfrac{3q^2 d}{2\varepsilon_0 S} \Rightarrow \boxed{I_{max} = \sqrt{\dfrac{3q^2 d}{2\varepsilon_0 S L}}}$

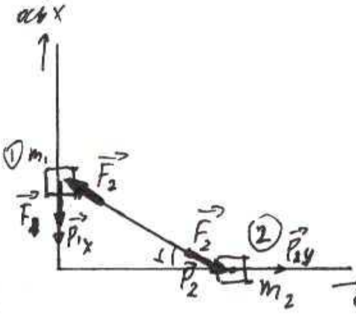
2).- [redacted] Из-за диэлектрика тогда $E_{1_{0_1}} = \dfrac{q}{4\varepsilon_0 \varepsilon S}$; $\dfrac{q}{\varepsilon_0 S} =$ [redacted] $E_{1_{0_2}}$, т.к. первый конденсатор разбился на два параллельных с разными проницаемостями диэлектриков.

$W_{C_{1_{1_0}}} = \dfrac{q^2 d}{8\varepsilon_0 S}$; $W_{C_{1_{2_0}}} = \dfrac{q^2 d}{8\varepsilon_0 \varepsilon S} \Rightarrow W_{C_0} = \dfrac{q^2 d(4\varepsilon + \varepsilon + 1)}{8\varepsilon_0 \varepsilon S} = \dfrac{q^2 d(5\varepsilon + 1)}{8\varepsilon_0 \varepsilon S} = W_{L_{max}} = \dfrac{L I^2}{2} \Rightarrow$

$\Rightarrow \boxed{I_{max} = \sqrt{\dfrac{q^2 d(5\varepsilon + 1)}{8\varepsilon_0 \varepsilon S L}}}$

6

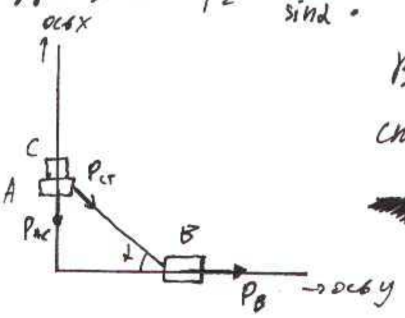
# Задача №1.




Рассмотрим систему муфт связанных и расположенных, как муфты A и B (рисунок слева).

Пусть к муфте 1 приложили силу $F_1$ противоположнонаправленную оси x. Тогда муфта 1 передаст стержню усилие $|\vec{F_2}| = \frac{F_1}{\sin\alpha}$. Сила действия равна силе противодействия по этому стержень передаст муфте 2 усилие $F_2$. $\vec{F}_{2y} = F_2 \cdot \cos\alpha \Rightarrow F_1 = F_{2y} \cdot tg\,\alpha \Rightarrow m_1 a_1 = m_2 a_{2y} \cdot tg\,\alpha$ по 3Н $\Rightarrow$

$\Rightarrow \int m_1 a_1 \cdot da_1 = m_1 V_1 = m_2 V_{2y}\, tg\,\alpha = \int m_2 a_{2y}\, tg\,\alpha \cdot d a_{2y} \Rightarrow p_{1x} = p_{2y} \cdot tg\,\alpha$. Аналогично из $F_2 = \frac{F_1}{\sin\alpha}$ следует, что $p_2 = \frac{p_1}{\sin\alpha}$.




Возвращаясь к муфтам A, B и C получаем, что после неупругого столкновения муфт A и C, система A-C имеет импульс $p_{AC}$, противоположнонаправленный к оси x, и муфта B имеет импульс $p_B$. Из закона сохранения импульса

$$p_C = mV = p_{AC} + p_{CT} = p_{AC}\left(1 + \frac{1}{\sin\alpha}\right) \Rightarrow p_{AC} = \frac{mV \cdot \sin\alpha}{1+\sin\alpha} = 3m V_{AC} \Rightarrow \boxed{V_{AC} = \frac{1}{3}\,\frac{v \cdot \sin\alpha}{1+\sin\alpha}}$$

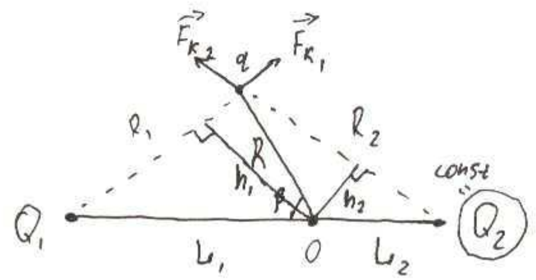
2

$$p_{AC} = p_B \cdot tg\,\alpha \Rightarrow p_B = \frac{mV \cdot \cos\alpha}{1+\sin\alpha} = 3m V_{By} \Rightarrow \boxed{V_{By} = \frac{1}{3}\,\frac{v \cdot \cos\alpha}{1+\sin\alpha}}$$

Ответ: сразу после соударения муфты A и C имели скорость $\boxed{\frac{1}{3} \cdot \frac{v \cdot \sin\alpha}{1+\sin\alpha}}$

муфта B имела скорость $\boxed{\frac{1}{3} \cdot \frac{v \cdot \cos\alpha}{1+\sin\alpha}}$.

Задача №4.




• Т.к $\angle\beta$ - это положение равновесия, то моменты сил $\vec{F}_{K_2}$ и $\vec{F}_{K_1}$ относительно точки о равны по модулю и противоположны по направлению. Т.Е

$F_{K_1} \cdot h_1 = F_{K_2} \cdot h_2 \Rightarrow$ т.к $h_1 \cdot R_1 = R L_1 \cdot \sin\beta$ и $h_2 R_2 = L_2 \cdot R \cdot \sin\beta$ из формул площадей треугольников $0Q_1q$ и $0Q_2q$ $\;\; k\dfrac{Q_1 q}{R_1^2} \cdot \dfrac{R \cdot L_1 \sin\beta}{R_1} = k\dfrac{Q_2 q}{R_2^2} \cdot \dfrac{L_2 \cdot R \cdot \sin\beta}{R_2} \Rightarrow$

$$\Rightarrow Q_1 L_1 \cdot R_2^3 = Q_2 \cdot L_2 \cdot R_1^3 \Rightarrow Q_1 = \frac{Q_2 L_2}{L_1}\left(\frac{R_1}{R_2}\right)^3 = \boxed{\frac{Q_2 L_2}{L_1} \cdot \left(\frac{L_1^2 + R^2 - 2 \cdot L_1 R \cdot \cos\beta}{L_2^2 + R^2 + 2 L_2 R \cdot \cos\beta}\right)^{1,5}} = Q_1$$

из теоремы косинусов

• $0{,}5L_1 = L_2 = \frac{1}{3}R \Rightarrow$ из полученной формулы

$$Q_1 = \frac{Q_2 \cdot L_2}{L_2 \cdot 2} \cdot \left(\frac{4L_2^2 + 9L_2^2 - 2 \cdot 2L_2 \cdot 3L_2 \cdot \cos\beta}{L_2^2 + 9L_2^2 + 2L_2 \cdot 3L_2 \cdot \cos\beta}\right)^{1,5} =$$

$$= Q_2 \cdot 0{,}5 \cdot \left(\underbrace{\frac{13 - 12\cos\beta}{10 + 6\cos\beta}}_{= \frac{33}{10+6\cos\beta} - 2}\right)^{1,5} = Q_2 \cdot 0{,}5 \cdot \left(\frac{33}{10 + 6 \cdot \cos\beta} - 2\right)^{1,5}$$

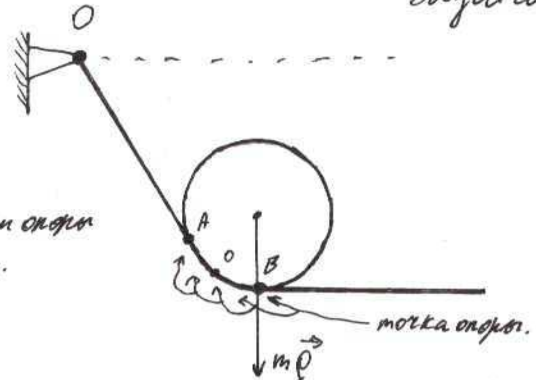
$-1 \le \cos\beta \le 1 \Rightarrow -6 \le 6\cos\beta \le 6 \Rightarrow 4 \le 10 + 6 \cdot \cos\beta \le 16 \Rightarrow$

$$\Rightarrow \frac{1}{16} \le \frac{33}{10 + 6 \cdot \cos\beta} - 2 \le \frac{25}{4} \Rightarrow \underbrace{\frac{1}{128}}_{=0{,}0078125} \le 0{,}5\left(\frac{33}{10 + 6 \cdot \cos\beta} - 2\right)^{1,5} \le \underbrace{\frac{125}{16}}_{=7{,}8125}$$

ариф

Т.Е минимальный измеряемый заряд это $\frac{Q_2}{128}$, а максимальный $Q_2 \cdot 7{,}8125$.

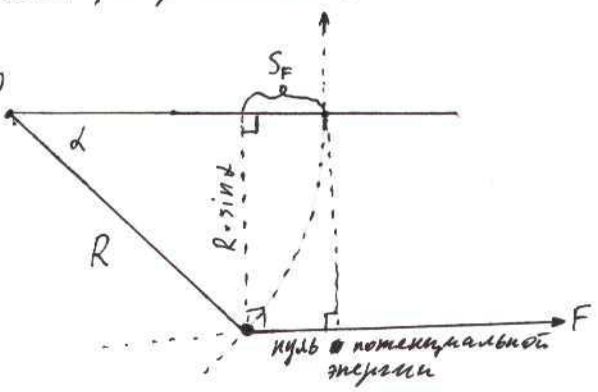
# Задача №2.




∨AOB - точки опоры цилиндра.

Заметим что т.к цилиндр имеет точку опоры под центром масс - он в устойчивом положении и никуда по ленте не покатится. Т.Е цилиндр по линии горизонта всегда будет находиться на окружности радиусом R с центром в точке O.

(центростремительное ускорение смещает g эффективное на дугу AOB, где у цилиндра тоже есть точка опоры)
Когда лента совпадет с линией горизонта, цилиндр по инерции полетит вертикально вверх, а лента так и останется на линии горизонта, т.к она полностью распрямилась.




Из закона сохранения энергии $E_{мех_0}=E_{мех_1}+A_{вн}$

$E_{мех_0}=0$, т.к $E_{кин}=0$ и $E_{пот}=0$.

$E_{мех_1}=E_{пот}+E_{кин}=mg\cdot R\sin\alpha+E_{кин}$ =>

=> $E_{кин}=A_F-mgR\cdot\sin\alpha=FS-mgR\cdot\sin\alpha=$

$$=F\cdot(R-R\cdot\cos\alpha)-mgR\cdot\sin\alpha=R(F(1-\cos\alpha)-mg\sin\alpha)=\frac{mV^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{V=\sqrt{\frac{2R(F(1-\cos\alpha)-mg\sin\alpha)}{m}}}$$

+

10

| 1 | 2 | Σ |
|---|---|---|
| 4 | 6 | 10 |

C-16

# Задание 11.2.

[redacted] Радиус диска 6см. Чтобы гайка не задевала за поверхность стола закрепим магнитом обе гайки (в разных эксперементах) на расстоянии 5см от центра диска. Для удобства измерения отметим на листке ось вращения маятника (куда в начале каждого эксперимента будем устанавливать этот самый центр), а так же на листке изобразим окружность (её часть) по которой будет ходить диск маятника со шкалой, где отмечены градусная мера отклонения маятника. Т.к радиус полученной окружности-шкалы большой, на отрезке в 15° отклонения можно работать как на прямой с погрешностью линейки в 1 деление. 2 На моей шкале 15° занимают примерно 15 мм => погрешность таких измерений будет $\frac{15[°]}{15[мм]} = 1°$. Каждый эксперимент я проделывал 10-15раз, каждый раз отмечая крайнее положение маятника. Разброс значений у меня был примерно 2 мм (по линейке) => если брать среднее значение, погрешность измерений еще 1° => погрешность каждого приведенного мною измерения ±2°. (разброс значений равномерный, поэтому выброса у измерений нет).

① Итак, для начала выполним эксперемент для маленькой гайки: если отпускать маятник с отклонения в 90°±2°, то следующее отклонение в эту же сторону составляет 75°±2°. Если 75°±2°, то 67°±2°. Если 15°±2°, то 15°±2°, т.е колебания затухают очень медленно (за 3 периода колебаний равновесие не смещается).

[redacted] Аналогичные операции проделаем для большой гайки и занесем результаты в таблицу:

| Размер гайки | Начальный угол отклонения | Следующее отклонение в ту же сторону максимальное | Декремент $d = \ln\left(\frac{A_1}{A_2}\right)$ затухания |
|---|---|---|---|
| Маленькая | 90°±2° | 75°±2° | 0,182 ± 0,049 |
| Маленькая | 75°±2° | 67°±2° | 0,113 ± 0,056 |
| Маленькая | 60°±2° | 53°±2° | 0,124 ± 0,071 |
| Маленькая | 15°±2° | 15°±2° | 0,000 ± 0,268 |
| Большая | 90°±2 | 83°±2° | [redacted] 0,081 ± 0,046 |
| Большая | 75°±2° | [redacted] 67°±2° | [redacted] 0,113 ± 0,056 |
| Большая | 60°±2° | 53°±2° | 0,124 ± 0,071 |
| Большая | 15°±2° | 15°±2° | 0,000 ± 0,268 |

Очевидно у большой гайки декремент затухания меньше, хотя и не на много.

② Из таблицы мы знаем, что отклонение в 15° дает нам малые незатухающие колебания. Проведем измерения для $\alpha = 30°; 60°; 90°, 120°$. Каждое измерение проведем 4 раза. Потом посчитаем среднее. Измерения из метода рядов приводятся за 3 периода.

| Угол $\alpha$, ° | Измерение 1, сек | Измерение 2, сек | Измерение 3, сек | Измерение 4, сек | Среднее значение T, сек |
|---|---|---|---|---|---|
| 30° | $\frac{1,78 \pm 0,01}{3} = 0,59 \pm 0,003$ | $0,65 \pm 0,003$ | $0,500 \pm 0,003$ | $0,490 \pm 0,003$ | $0,558 \pm 0,003$ |
| 60° | $\frac{1,91 \pm 0,01}{3} = 0,637 \pm 0,003$ | $0,670 \pm 0,003$ | $0,660 \pm 0,003$ | $0,680 \pm 0,003$ | $0,660 \pm 0,003$ |
| 90° | $\frac{2,31 \pm 0,01}{3} = 0,770 \pm 0,003$ | $0,690 \pm 0,003$ | $0,720 \pm 0,003$ | $0,720 \pm 0,003$ | $0,725 \pm 0,003$ |
| 120° | $\frac{2,84 \pm 0,01}{3} = 0,947 \pm 0,003$ | $0,907 \pm 0,003$ | $0,933 \pm 0,003$ | $0,936$ | $0,930 \pm 0,003$ |

При больших углах построить не удалось из-за неровности диска, по причине которой маятник просто стоял. $T = \infty$.

Из за погрешности точки на графике я ставил маленькими кругами с центрами в полученных значениях. Зависимость не линейная. Вероятно это степенная функция. Т.Е $T(\alpha) = \alpha^k$, где $k = const$.

Задание 11.1. 

C-16

Перед началом каждого эксперимента я соединял клеммы А и В тем самым разряжая оба конденсатора.

Если мерять напряжение на выводах А и В во время зарядки, то после установления постоянного напряжения переключение ключа К ничего не меняет, а значит $C_1 \leq C_2$, т.к в ином случае при выключенном ключе конденсатор 2 зарядился бы раньше и ~~продолжил~~ перестал „пропускать" ток. => => после включения ключа $C_1$ начал бы дозаряжаться, а значит ток через АВ потек и это изменило показания вольтметра. => [redacted] $C_1 \leq C_2$. =>

=> При выключенном ключе конденсаторы заряжаются до $U_1$ оба => если после отключения источника тока измерить напряжение на АВ, вольтметр покажет $2U_1$. => $2U_1 = 1498 \pm 1$ мВ => $U_1 = 749{,}0 \pm 0{,}5$ мВ.

4

Если же после зарядки включить ключ, то второй конденсатор разрядится через резистор => если после этого ключ выключить, и АВ замкнуть - - второй конденсатор перезарядится. Напряжения будут равны, а сумма зарядов не изменится, отсюда $\frac{U_0}{U_1} = \frac{C_1}{C_1+C_2}$ из того, что $q = C \cdot U$. ($U_0$ - новое напряжение) =>

$$=> C_1\left(1-\frac{U_0}{U_1}\right) = C_2\frac{U_0}{U_1} => C_1 = \frac{U_0 \cdot U_1 C_2}{U_1(U_1-U_0)} = \frac{U_0 C_2}{U_1-U_0} => U_0 = 2 \text{ мВ} \pm 1 => C_1 = \frac{(2\pm1)\cdot C_2}{727{,}0\pm1{,}5} = C_2 \cdot 0{,}0027 \pm 0{,}0015.$$

Если же замкнуть не просто А и В, а А через данный конденсатор к В, [redacted] то зарядится еще и этот конденсатор до некоего $U_3$ => [redacted] $C_1 \cdot U_1 = U_3(C_0 + C_1 + C_2)$ =>

$$=> C_1 + C_2 = \frac{C_1 \cdot U_1}{U_3} - C_0 => \frac{C_1 U_1}{U_0} = \frac{C_1 U_1}{U_3} - C_0 => C_1 = \frac{C_0}{\left(\frac{U_1}{U_3} - \frac{U_1}{U_0}\right)} = \frac{C_0 \cdot U_3 \cdot U_0}{U_1(U_3+U_0)} = \frac{10^{-3} \cdot 381 \cdot 2}{749 \cdot (381+2)} =$$

$U_3 = 381$ мВ $\pm 1$ м...

$$= 0{,}0027 \text{ мФ} => C_2 = 0{,}359 \text{ мФ}.$$

$$\boxed{\begin{array}{l} C_1 = 0{,}0027 \text{ мФ} \pm 0{,}0013 \text{ мФ} \\ C_2 = 0{,}359 \text{ мФ} \pm 0{,}694 \text{ мФ} \end{array}}$$

Сопротивление можно определить из графика зависимости $U/t$ при разрядке конденсатора через резистор.