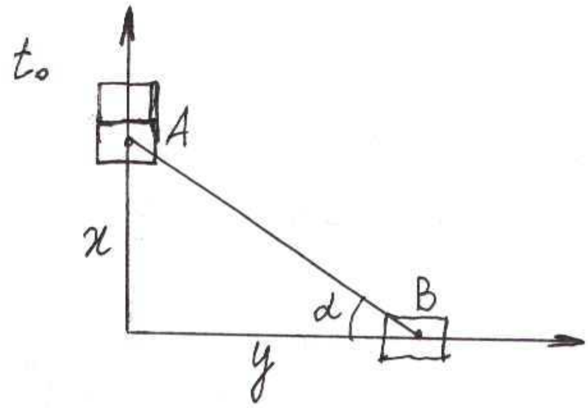
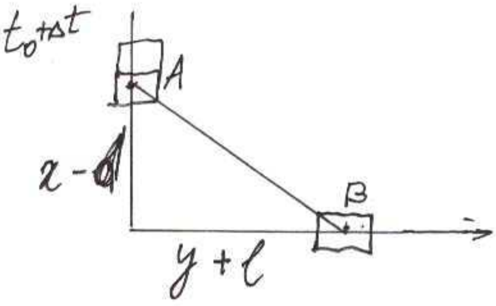
чистовик

11-40 — 11-44

C – 21

## Задача 1.




После неупругого столкновения муфты A и C двигутся как единое целое.

Пусть за малый промежуток времени $\Delta t$ они прошли расстояние $d$. Тогда муфта B прошла расстояние $l$. Важно отметить, что $d \ll x$, $l \ll y$, где $x, y$ - начальные положения муфт.

Стержень несжимаемый, поэтому по т. Пифагора,

$$x^2+y^2=(x-d)^2+(y+l)^2$$

$$x^2+y^2=x^2-2xd+d^2+y^2+2yl+l^2$$

$$d^2-2xd+l^2+2yl=0$$

$$d(d-2x)+l(l+2y)=0$$

$$l(l+2y)=d(2x-d)$$

$$\frac{l}{d}=\frac{2x-d}{2y+l} \quad \text{т.к. } d \ll x \text{ и } l \ll y$$

$$\frac{l}{d}\approx\frac{2x}{2y}=tg\,\alpha$$

т.к. эти расстояния пройдены за один и тот же промежуток времени $\Delta t$, следует что,

$$\frac{v_B}{v_{A+C}}=tg\,\alpha$$

По закону сохранения импульса:

$$mv=3mv_{A+C}+3mv_{A+C}tg\,\alpha$$

$$v=3v_{A+C}(tg\alpha+1) \qquad v_{A+C}=\frac{v}{3(tg\alpha+1)}$$

$$v_B=\frac{v\,tg\alpha}{3(tg\alpha+1)}$$

Ответ: $v_{A+C}=\frac{v}{3(tg\alpha+1)}$ $\quad v_B=\frac{v\,tg\alpha}{3(tg\alpha+1)}$

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Σ |
|---|---|---|---|---|---|
| 5 | 0 | 1 | 10 | – | 16 |

5

Задача 3.

Дано:

$V = 1$ л

$L = 300$ см

$S = 1$ см$^2$

$T_0 = 300$ К

Решение:

$pV = \nu R T$

Замечание 1:

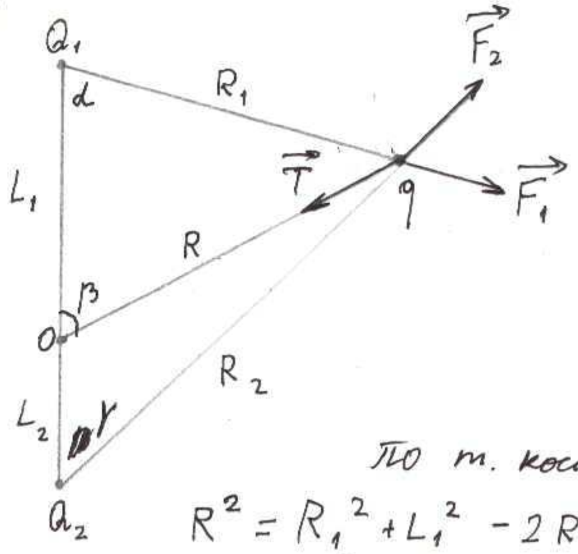
т.к поршень подвижный, давления в сосудах равны: $p_1 = p_2$. ~~Пусть~~

Замечание 2:

т.к. в начальный момент времени $T_1 = T_2 = T_0$ $V_1 = V_2$ и $p_1 = p_2 \Rightarrow \nu_1 = \nu_2$

1

Задача 4.




$$F = \frac{k q_1 q_2}{R^2}$$

По т. косинусов:

$$R_1^2 = R^2 + L_1^2 - 2RL_1\cos\beta$$

$$R_2^2 = R^2 + L_2^2 + 2RL_2\cos\beta$$

По т. синусов:

$$\frac{\sin\alpha}{R} = \frac{\sin\beta}{R_1} \qquad \frac{\sin\gamma}{R} = \frac{\sin\beta}{R_2}$$

По т. косинусов:

$$R^2 = R_1^2 + L_1^2 - 2R_1L_1\cos\alpha$$

$$R^2 = R_2^2 + L_2^2 - 2R_2L_2\cos\gamma$$

Отсюда: $\sin\alpha = \dfrac{R\sin\beta}{R_1} \qquad \sin\gamma = \dfrac{R\sin\beta}{R_2}$

$$\cos\alpha = \frac{R_1^2 + L_1^2 - R^2}{2R_1L_1} = \frac{L_1 - R\cos\beta}{R_1}$$

$$\cos\gamma = \frac{R_2^2 + L_2^2 - R^2}{2R_2L_2} = \frac{L_2 + R\cos\beta}{R_2}$$

По з. Кулона:

$$|\vec{F_1}| = \frac{kqQ_1}{R_1^2} = F_1 \qquad |\vec{F_2}| = \frac{kqQ_2}{R_2^2} = F_2$$

$\vec{F_1}\{F_1\sin\alpha; -F_1\cos\alpha\}$

$\vec{F_2}\{F_2\sin\gamma; F_2\cos\gamma\}$ $\Rightarrow$ $\begin{cases} F_1\sin\alpha + F_2\sin\gamma = T\sin\beta \\ F_2\cos\gamma - F_1\cos\alpha = T\cos\beta \end{cases}$

$\vec{T}\{-T\sin\beta; -T\cos\beta\}$

$\vec{F_1} + \vec{F_2} + \vec{T}\{0; 0\}$

$$\cancel{\frac{kqQ_1 R\sin\beta}{R_1^3} + \frac{kqQ_2 R\sin\beta}{R_2^3} = T\sin\beta}$$

$$\cancel{kqR\left(\frac{Q_1}{R_1^3} + \frac{Q_2}{R_2^3}\right) = T}$$

$$F_1\left(\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} + \frac{\cos\alpha}{\cos\beta}\right) = F_2\left(\frac{\cos\gamma}{\cos\beta} - \frac{\sin\gamma}{\sin\beta}\right)$$

$$\frac{Q_1}{R_1^2}\left(\frac{R}{R_1} + \frac{L_1}{R_1\cos\beta} - \frac{R}{R_1}\right) = \frac{Q_2}{R_2^2}\left(\frac{L_2}{R_2\cos\beta} + \frac{R}{R_2} - \frac{R}{R_2}\right)$$

$$\frac{Q_1L_1}{R_1^3\cos\beta} = \frac{Q_2L_2}{R_2^3\cos\beta} \qquad \cancel{Q_2 = \frac{Q_1L_1R_2^3}{R_1^3L_2}}$$

$$\cancel{Q_2 = \frac{Q_1 L_1 \left(R^2 + L_2^2 + 2RL_2 \cos\beta\right)^{\frac{3}{2}}}{L_2 \left(R^2 + L_1^2 - 2RL_1 \cos\beta\right)^{\frac{3}{2}}}}$$

$$Q_1 = \frac{Q_2 L_2 R_1^3}{L_1 R_2^3} = \frac{Q_2 L_2 \left(R^2 + L_1^2 - 2RL_1 \cos\beta\right)^{\frac{3}{2}}}{L_1 \left(R^2 + L_2^2 + 2RL_2 \cos\beta\right)^{\frac{3}{2}}}$$

$L_1 = 2L_2 \qquad R = 3L_2$

$$Q_1 = \frac{Q_2 L_2 \left(9L_2^2 + 4L_2^2 - 12L_2^2 \cos\beta\right)^{\frac{3}{2}}}{2L_2 \left(9L_2^2 + L_2^2 + 6L_2^2 \cos\beta\right)^{\frac{3}{2}}} = \frac{Q_2 (13 - 12\cos\beta)^{\frac{3}{2}}}{2(9 + 6\cos\beta)^{\frac{3}{2}}}$$

$$Q_{1\,min} = \frac{Q_2 (13 - 12 \cdot 1)^{\frac{3}{2}}}{2(9+6)^{\frac{3}{2}}} = \frac{Q_2}{2\sqrt{15^3}} = \frac{Q_2 \sqrt{15}}{450}$$

$$Q_{1\,max} = \frac{Q_2 (13+12)^{\frac{3}{2}}}{2(3)^{\frac{3}{2}}} = \frac{Q_2\, 5^3}{2 \cdot \sqrt{3^3}} = \frac{Q_2\, 125\sqrt{3}}{18}$$

Ответ: 1) $Q_1 = \dfrac{Q_2 L_2 \left(R^2 + L_1^2 - 2RL_1 \cos\beta\right)^{\frac{3}{2}}}{L_1 \left(R^2 + L_2^2 + 2RL_2 \cos\beta\right)^{\frac{3}{2}}}$

2) $\dfrac{Q_2 \sqrt{15}}{450} \le Q \le \dfrac{Q_2\, 125\sqrt{3}}{18}$

Чистовик.

C-21

Задание 11.2.

| 1 | 2 | Σ |
|---|---|---|
| 15 | 8 | 23 |

Замечание первое:
Чем больше декремент, тем быстрее уменьшается амплитуда. Значит маятник с меньшим декрементом успеет совершить больше колебаний до полной остановки нежели маятник с большим декрементом.

Эксперимент 1:

Большая гайка

| начальная амплитуда, $^\circ$шкалы | количество колебаний |
|---|---|
| 30 | 32 |
| 45 | 41 |
| 60 | 48 |
| 90 | 51 |

Маленькая гайка.

| начальная амплитуда, $^\circ$ | кол-во колебаний |
|---|---|
| 30 | 9 |
| 45 | 12 |
| 60 | 14 |
| 90 | 18 |

Вывод: декремент затухания у маятника с большой гайкой меньше.

Эксперимент 2.

Исследуем зависимость $T(\alpha)$ для большой гайки. Результаты измерений приведены в таблице:

| α, ° | N | t, c | T, c | N | t, c | T, c | N | t, c | T, c | $\bar{T}$, c |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 15 | 10 | 5,9 | 0,59 | 20 | 11,8 | 0,59 | 30 | — | — | 0,59 |
| 30 | 10 | 6,0 | 0,60 | 20 | 12,1 | 0,60 | 30 | 18 | 0,6 | 0,6 |
| 45 | 10 | 6,4 | 0,64 | 20 | 12,8 | 0,64 | 30 | 19,2 | 0,64 | 0,64 |
| 60 | 10 | 6,9 | 0,69 | 20 | 13,9 | 0,69 | 30 | 20,6 | 0,69 | 0,69 |
| 75 | 10 | 7,4 | 0,74 | 20 | 15 | 0,75 | 30 | 21,9 | 0,73 | 0,74 |
| 90 | 10 | 8,5 | 0,85 | 20 | 16,8 | 0,84 | 30 | 25,2 | 0,84 | 0,84 |
| 105 | 10 | 9,3 | 0,93 | 20 | 18,7 | 0,93 | 30 | 28,4 | 0,94 | 0,93 |
| 120 | 10 | 11,0 | ~~0,9~~ 1,10 | 20 | 22,1 | 1,10 | 30 | — | — | 1,10 |
| 135 | 10 | 13,3 | 1,33 | 20 | 25,9 | 1,29 | 30 | — | — | 1,31 |
| 150 | 10 | 16 | 1,60 | 20 | 31,2 | 1,56 | 30 | — | — | 1,58 |
| 165 | 5 | 12,6 | 2,52 | 5 | 12,8 | 2,56 | 5 | 12,5 | 2,5 | 2,52 |

3

График см на миллиметровке.
По его форме можно сделать вывод, что на интервале от (0; π) ~~зависимо~~ T от α зависит экспоненциально

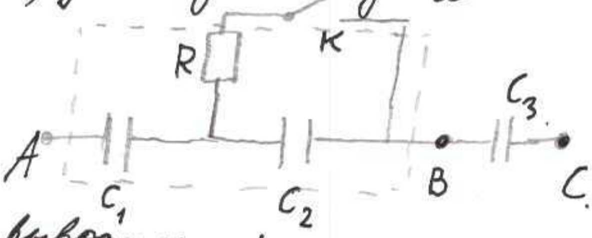
Чистовик. С-21

Задание 11.1

$C = \frac{q}{U}$ Известно, что при последовательном подключении конденсаторов, заряд на их пластинах распределяется равномерно, а напряжение на всей цепи равно сумме напряжений отдельных участков.

Используя это соображение проведём опыт №1.

1) Полностью разрядим все конденсаторы, замкнув выводы и переведя ключ в положение 1.
2) ~~Теперь~~ Соберём следующую схему:
(Ключ разомкнут)




3) Зарядим цепь подключив батарейку к выводам A и C.
4) Снимем показания

$U_{AB} = 1,18 B$ $U_{BC} = 0,42 B$

5) Переведём выключатель в положение 1 и снимем зависимость $U_{AB}(t)$ Смотри график 1. (на миллиметровке)
6) при $t \to \infty$ $U'_{AB} \to 0,42 B$

Т.к. через время напряжение перестаёт меняться (утечками через вольтметр пренебрегаем) можно сделать вывод, что конденсатор №2 полностью разрядился $\Rightarrow U_2 = 0$ $U'_{AB} = U_1$

$$q_1 = q_2 = q_3 = C_3 U_{BC} = 0,42 B \cdot 1000 \cdot 10^{-6} Ф = 42 \cdot 10^{-5} Кл$$

Значит $\underline{C_1} = \frac{q_1}{U_1} = \frac{42 \cdot 10^{-5} Кл}{0,42 B} = \underline{1000 мкФ}$

15

$$\underline{C_2} = \frac{q_2}{U_2} = \frac{q_1}{U_{AB} - U'_{AB}} = \frac{42 \cdot 10^{-5} Кл}{1,18B - 0,42B} \approx \underline{500 мкФ}$$

По закону сохранения энергии,

$W_э = A$ $\frac{qU}{2} = \frac{U^2 t}{R} \Rightarrow R = \frac{2Ut}{q}$, где

$Ut$ – площадь ~~под графиком~~ (2) заштрихованной фигуры на графике (2)

График 2 получен разрядкой второго конденсатора через резистор.

Подсчётом клеток получаем, что $Ut \approx 11{,}5\ B \cdot c$

Значит $R = \frac{11{,}5\ B \cdot c}{42 \cdot 10^{-5}\ Кл} \approx 50\ кОм$

Ответ: $C_1 = 1000 мкФ$, $C_2 = 500 мкФ$, $R = 50\ кОм$