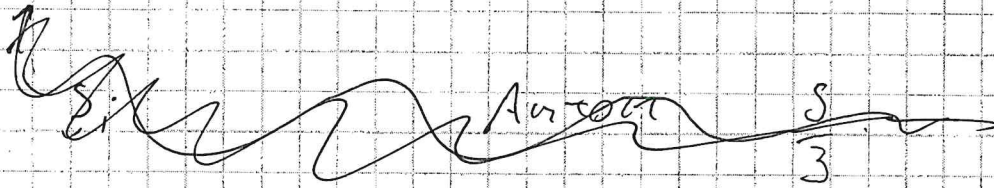


Общий балл	Дата	Ф.И.О. Жюри	Подпись
585		Червенека А. А.	Мер
Шифр			913000



1.

$$S = v \cdot t + \frac{at^2}{2} \quad ?$$

$$v_{cp} = \frac{v_1 + v_2}{2} \quad t = \frac{v_1 - v_2}{a} \quad ?$$

$$S = v_{cp} \cdot t = \frac{(v_1 + v_2)}{2} \cdot \frac{(v_1 - v_2)}{a}$$

~~$$S = v_1 \cdot t$$~~

$$S = \frac{v_1^2 - v_2^2}{2a}$$

35

Общий балл	Дата	Ф.И.О. Жюри	Подпись

Шифр

013000

2. $v_1 = v_2 = v_0$

S - расстояние
между мячами

l - мин. расстояние
между мячами

$\angle \alpha$ - $\angle$, под которым подбрасывают мяч 1

$\angle \beta$ - $\angle$, под которым подбрасывают мяч 2

Введём координатные оси x, y $\begin{cases} x \perp y \\ x - \text{горизонт.} \\ y - \text{вертикаль.} \end{cases}$

Мячи можно считать материальными
точками.

Система отсчёта, связанная с Землёй $\Rightarrow$
применим закон Ньютона.

Рассмотрю общий случай - падение тела, брошенного
под углом $\angle \theta$ с начальной скоростью v_0

по x : $v_x(t) = v_x = v_0 \cdot \cos(\angle \theta)$

по y : $v_y(t) = v_0 \cdot \sin(\angle \theta) - g \cdot t$

по оси x на тело

проекции сил, действующих
на тело на ось x

равны 0, т.е. сила инерции
преобладает $\Rightarrow a_x = 0$

Время подъёма тела (через которое $\frac{L}{2}$
оно окажется в самой высокой точке своей траектории)

$t_{\text{под}}$

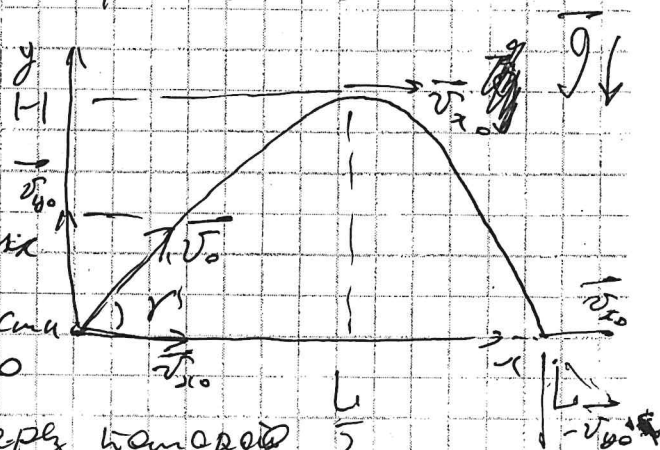
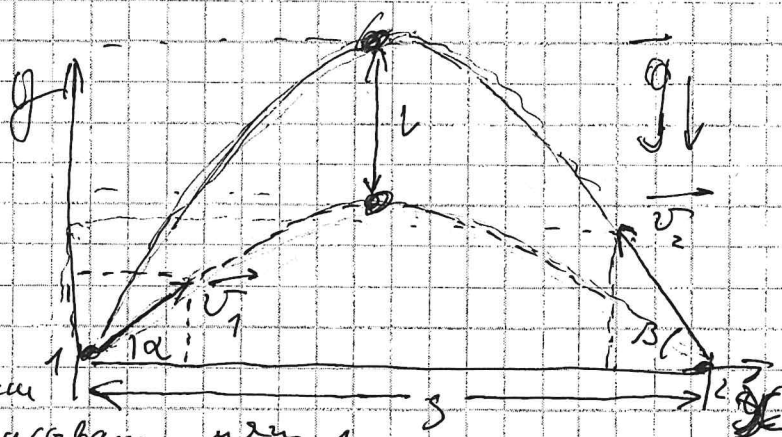
$$t_{\text{под}} = \frac{v_{y0}}{g} = \frac{v_0 \cdot \sin(\angle \theta)}{g}$$

$t_{\text{под}}$ - время подъёма

Общее время полёта - $t_{\text{пол}}$:

$$t_{\text{под}} = t_{\text{пад}}$$

$$t_{\text{пол}} = t_{\text{под}} + t_{\text{пад}} = 2 \cdot t_{\text{под}}$$



Общий балл	Дата	Ф.И.О. Жюри	Подпись
Шифр			

2 (продолжение)

H - максимальная высота полёта.

L - максимальная дальность полёта

$$\begin{cases} x = v_0 \cdot \cos(\alpha) \cdot t \\ y = v_0 \cdot \sin(\alpha) \cdot t - \frac{g \cdot t^2}{2} \end{cases}$$

~~Найти L и H~~

$$L = v_0 \cdot \cos(\alpha) \cdot t_{\text{пол}} = 2 \cdot v_0 \cdot \cos(\alpha) \cdot \frac{v_0 \cdot \sin(\alpha)}{g}$$

$$L = \frac{v_0^2 \cdot \sin(2\alpha)}{g} \quad ?$$

$$H = v_0 \cdot \sin(\alpha) \cdot t_{\text{пол}} - \frac{g \cdot t_{\text{пол}}^2}{2} = \frac{v_0 \cdot \sin(2\alpha) \cdot v_0 \cdot \sin(\alpha) \cdot 2}{2 \cdot g} - \frac{g \cdot v_0^2 \cdot \sin^2(\alpha)}{2 \cdot g^2} = \frac{v_0^2 \cdot \sin^2(2\alpha)}{2 \cdot g}$$

$$H = \frac{v_0^2 \cdot \sin^2(2\alpha)}{2 \cdot g}$$

Возвращаясь к задаче. Значит минимальная высота группы группы одновременно, с одинаковой высотой. То есть они проходят равные расстояния S .
 S - максимальная дальность полёта для обеих мячей

$$S = L \quad \frac{v_0^2 \cdot \sin(2\alpha)}{g} = L = \frac{v_0^2 \cdot \sin(2\alpha)}{g}$$

Общий балл	Дата	Ф.И.О. Жюри	Подпись
Шифр			

2 (и продолжим)

$$\frac{v_0^2 \cdot \sin(2\alpha)}{g} = \frac{v_0^2 \cdot \sin(2\beta)}{g}$$

$$\sin(2\alpha) = \sin(2\beta)$$

Для удобства можно считать $\alpha < \beta$.

8/11/11

~~Какой из углов больше.~~ Не имея значения

$$2\alpha = 180 - 2\beta$$

(углы измеряются в градусах)

$$\alpha = 90 - \beta$$

$$\sin(2\beta) = \cos(2\alpha)$$

$$\text{тогда } 1 = \frac{v_0 \cdot \sin(2\alpha)}{g}$$

$$\text{тогда } 2 = \frac{v_0 \cdot \sin(90 - 2\alpha)}{g}$$

$$\text{тогда } 1 = \frac{v_0 \cdot \sin(2\alpha)}{g}$$

$$\text{тогда } 2 = \frac{v_0 \cdot \cos(2\alpha)}{g}$$

$$v_0 = ?$$

12/11

Общий балл	Дата	Ф.И.О. Жюри	Подпись
Шифр			

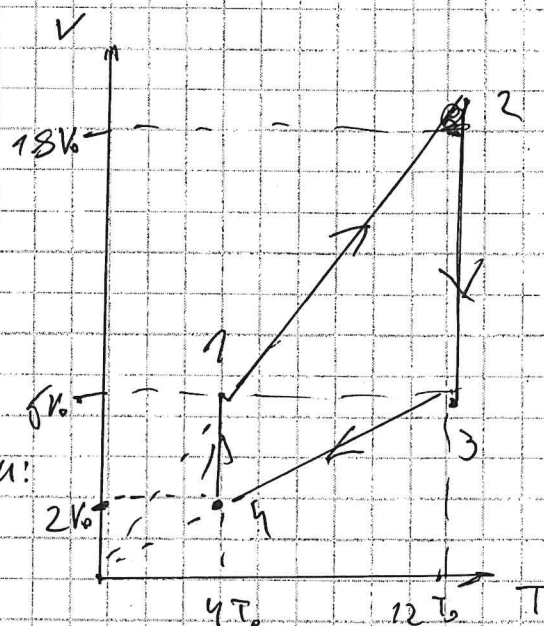
3. $j=3$ м-кпА

Уравнение Менделеева-Клапейрона:

$$\frac{PV}{T} = \nu R \Rightarrow \frac{PV}{T} = \text{const}$$

1 уравнение ТЕРМОДИНАМИКИ:

$$\Delta U = A + Q$$



Процессы

12 - $P = \text{const}$ (изохорный) - $\Delta Q > 0$ - нагрев

23 - $T = \text{const}$ (изотермический) - $\Delta Q < 0$ - охлаждение

34 - $P = \text{const}$ (изохорный) - $\Delta Q < 0$ - охлаждение

41 - $T = \text{const}$ (изотермический) - $\Delta Q > 0$ - нагрев

$$\Delta U_{12} = A_{12} + Q_{12}$$

$$\Delta U_{23} = 0 = A_{23} + Q_{23}$$

$$\Delta U_{34} = A_{34} + Q_{34}$$

$$\Delta U_{41} = 0 = -A_{14} + Q_{14}$$

$$\mu = 1 - \frac{Q_{23} + Q_{34}}{Q_{14} + Q_{12}}$$

$$\frac{P_2 + P_3}{2} \cdot \Delta V = A_{23} = Q_{23}; A_{34} = Q_{34} = \frac{P_3 + P_4}{2} \cdot \Delta V_{34}$$

$$\frac{3}{2} \nu R \Delta T_{12} + P \Delta V = Q_{12}$$

$$\frac{5}{2} P \Delta V_{12} = Q_{12}$$

$$\Delta U = \frac{j}{2} \nu R \Delta T = \frac{3}{2} \nu R \Delta T$$

Для изохорного процесса:

$$A = P \cdot \Delta V$$

$$\mu = \frac{A_{\text{одн}}}{Q_{\text{вх}}} = \frac{A_{\text{одн}}}{Q_{\text{вх}}} = 1 - \frac{Q_{\text{х}}}{Q_{\text{вх}}}$$

$$A = Q_{\text{вх}} - Q_{\text{х}}$$

$$\frac{3}{2} \nu R \Delta T_{34} + \frac{1}{2} A_{34} = -Q_{34}$$

$$\frac{1}{2} P \Delta V_{34} = Q_{34}$$

$$A_{14} = Q_{14} = \frac{P_1 + P_4}{2} \cdot \Delta V_{14}$$

Общий балл	Дата	Ф.И.О. Жюри	Подпись
Шифр			

3(продолжение)

$$Q_H = Q_{12} + Q_{14} = \frac{P_1 + P_4}{2} \cdot \Delta V_{14} + \frac{5}{2} \cdot P_{12} \cdot \Delta V_{12}$$

$$Q_X = Q_{23} + Q_{34} = \frac{1}{2} \cdot P_{34} \cdot \Delta V_{34} + \frac{P_2 + P_3}{2} \cdot \Delta V_{23}$$

$$P = \frac{UR T}{V}$$

$$Q_H = \frac{UR}{2} \left(\frac{T_1}{V_1} + \frac{T_4}{V_4} \right) (V_1 - V_4) + \frac{5}{2} \cdot \frac{UR T_1}{V_1} (V_2 - V_1)$$

$$Q_X = \frac{1}{2} \cdot \frac{UR \cdot T_3}{V_3} (V_3 - V_4) + \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{UR T_2}{V_2} + \frac{UR T_3}{V_3} \right) (V_2 - V_3)$$

$$Q_H = \frac{UR}{2} \left(\left(\frac{T_1}{V_1} + \frac{T_4}{V_4} \right) (V_1 - V_4) + 5 \frac{T_1}{V_1} (V_2 - V_1) \right)$$

$$Q_X = \frac{UR}{2} \left(\frac{T_3}{V_3} (V_3 - V_4) + \left(\frac{T_2}{V_2} + \frac{T_3}{V_3} \right) (V_2 - V_3) \right)$$

$$T_1 = 4 T_0 ; T_2 = 12 T_0$$

$$V_1 = 6 V_0 ; V_4 = 2 V_0$$

$$T_4 = 4 T_0 ; T_3 = 12 T_0$$

$$V_3 = 6 V_0 ; V_2 = 18 V_0$$

$$Q_H = \frac{UR}{2} \left(\left(\frac{4}{6} + \frac{4}{2} \right) \frac{T_0}{V_0} \cdot V_0 (6 - 2) + 5 \cdot \frac{T_0 \cdot 4}{V_0 \cdot 6} \cdot (18 - 6) V_0 \right)$$

$$Q_X = \frac{UR}{2} \left(\frac{T_0}{V_0} \cdot \frac{12}{6} (6 - 4) \cdot V_0 + \left(\frac{12}{18} \cdot \frac{T_0}{V_0} + \frac{12}{6} \right) \frac{T_0}{V_0} (18 - 6) V_0 \right)$$

$$Q_H = \frac{UR}{2} \cdot T_0 \cdot \frac{304}{6}$$

$$Q_X = \frac{UR}{2} \cdot T_0 \cdot \left(4 + \frac{48 \cdot 12}{18} \right)$$

$$Q_H = \frac{UR}{2} \cdot T_0 \cdot \frac{304}{6}$$

$$\mu = 1 - \frac{4 \cdot 18 + 48 \cdot 12}{18 \cdot \frac{304}{6}} = 1 - \frac{648}{304} = 1 - \frac{216}{304}$$

$$\mu \approx 0,289 = 29\%$$

$$\text{Ответ: } \mu = 29\%$$

136

Общий балл	Дата	Ф.И.О. Жюри	Подпись
Шифр			

4. При очень маленьких зарядах шарика расстояния в вершинах равностороннего треугольника.

$\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ - потенциал поля, создаваемый соответствующими шариками

Шарики малы $\Rightarrow$ их можно считать точечными зарядами. Расположены в вершинах $\triangle$ Треугольника $\Rightarrow$ расстояния между ними равны

Шарики заряжены положительно $\Rightarrow$ знак заряда одинаковый $\Rightarrow$ они отталкиваются

φ - потенциал поля

E - напряженность поля

$$\varphi = k \cdot \frac{Q}{r} = \frac{A}{q}$$

$$E = k \cdot \frac{Q}{r^2} = \frac{F}{q}$$

$$\varphi = E \cdot r = \frac{F}{q} \cdot r; \quad F = \varphi \cdot q$$

$$r - \text{расстояние}; \quad F = \frac{q \cdot Q}{r^2} \cdot k$$

$$\vec{F}_2 = \vec{F}_3 + \vec{F}_1 = \text{результант}$$

сила является
векторной суммой
действующих сил

F_3 - сила между шариками 1,2

F_1 - сила между 2,3

F_2 - результирующая

из теоремы
косинусов:

$$F_2^2 = F_1^2 + F_3^2 - 2 \cdot \cos(\alpha) \cdot F_1 \cdot F_3$$

$\alpha = 60^\circ$, т.к. $\triangle$ - $\triangle$ P/C

$$F_2^2 = F_1^2 + F_3^2 - F_1 \cdot F_3$$

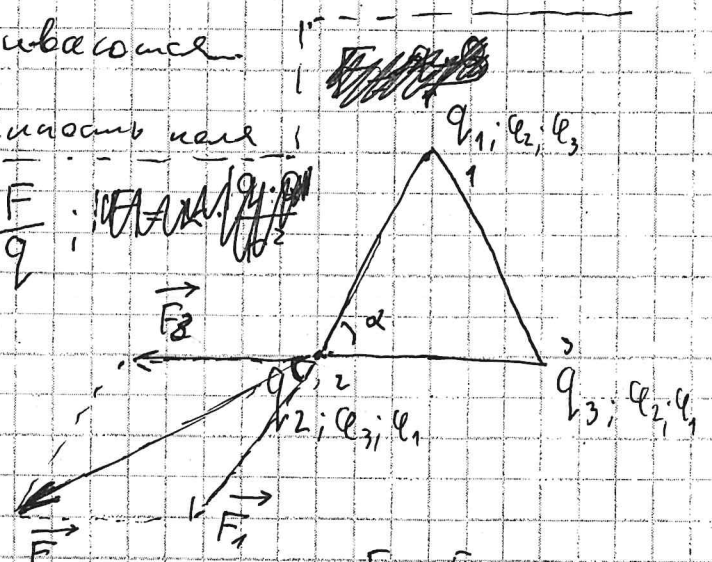
$$F_2^2 = \left(\frac{\varphi_1 \cdot q_2}{r} \right)^2 + \left(\frac{\varphi_3 \cdot q_2}{r} \right)^2 - \frac{\varphi_1 \cdot q_2}{r} \cdot \frac{\varphi_3 \cdot q_2}{r}$$

$$F_2^2 = \frac{q_2^2}{r^2} (\varphi_1^2 + \varphi_3^2 - \varphi_1 \cdot \varphi_3)$$

$$\varphi = k \cdot \frac{Q}{r}$$

$$\varphi_2 = k \cdot \frac{q_2}{r}$$

$$q_2 = \frac{\varphi_2 \cdot r}{k}$$



Общий балл	Дата	Ф.И.О. Жюри	Подпись
Шифр			

продолжение).

$$F_2^2 = \frac{q_2^2}{r^2} (\varphi_1^2 + \varphi_3^2 - \varphi_1 \varphi_3)$$

$$q_2 = \frac{\varphi_2 \cdot r}{k}$$

$$F_2^2 = \frac{\varphi_2^2 \cdot r^2}{k^2 \cdot r^2} \cdot (\varphi_1^2 - \varphi_1 \varphi_3 + \varphi_3^2)$$

$$F_2^2 = \frac{\varphi_2^2}{k^2} (\varphi_1^2 - \varphi_1 \varphi_3 + \varphi_3^2)$$

$$F_2 = \frac{\varphi_2}{k} \cdot \sqrt{\varphi_1^2 - \varphi_1 \varphi_3 + \varphi_3^2}$$

Ответ: $F_2 = \frac{\varphi_2}{k} \cdot \sqrt{\varphi_1^2 - \varphi_1 \varphi_3 + \varphi_3^2} = ?$

145

Общий балл	Дата	Ф.И.О. Жюри	Подпись
Шифр			

5.

$$V = 5 \cdot 10^3 \text{ м}^3$$

$$P_{\text{ш}} = 110 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

$$T = 43^\circ \text{C}$$

$$\varphi_1 = 10\%$$

$$\Delta m = 100 \text{ кг}$$

$$P_0 = 10^5 \text{ Па}$$

$$P_H = 9 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

$$\varphi_2 = ?$$

Система отсчёта,
связанная
с Землёй,
считается
приближённо
инерциальной.

Введём ось x
(x — вертикаль.)
($\Delta v_x = 0$)

$$\text{т.к. } a_x = 0 \Rightarrow$$

$$\sum F_x = 0$$

На шар действуют

две силы: сила тяжести

и выталкивающая

Т.к.

шар висит на одной высоте, силы компенсируют друг друга.

$$M \cdot g = V \cdot g \cdot \rho_1$$

$$M = V \cdot \rho_1$$

$$(M - \Delta m) \cdot g = V \cdot g \cdot \rho_2$$

$$M - \Delta m = V \cdot \rho_2$$

ρ_1, ρ_2 — давление воздуха

P_{21}, P_{22} — парциальные давления водяного пара

$$P_{21} = P_H \cdot \varphi_1; \quad P_{22} = P_H \cdot \varphi_2; \quad P_1 = P_0 + P_{21}; \quad P_2 = P_0 + P_{22}$$

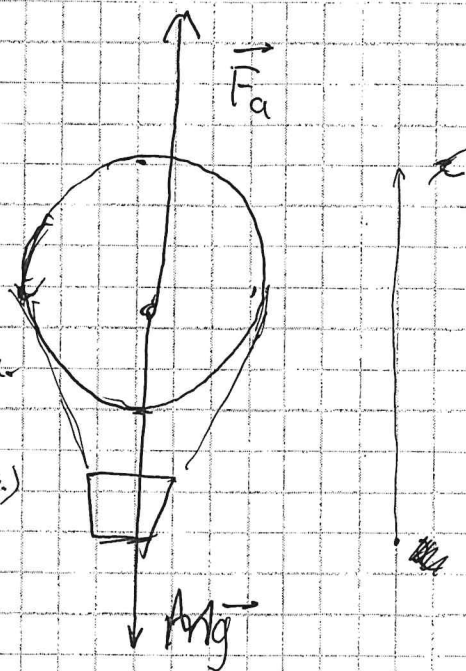
$$P_1 = P_0 + P_H \cdot \varphi_1; \quad P_2 = P_0 + P_H \cdot \varphi_2$$

$$P_1 = P_0 + P_H \cdot \varphi_1; \quad P_2 = P_0 + P_H \cdot \varphi_2$$

Уравнение Менделеева-Клапейрона:

$$PV = \nu RT$$

$$\frac{P \cdot m}{\nu} = \frac{m}{M_r} \cdot RT \quad \frac{P \cdot M_r}{R \cdot T} = \nu$$



Общий балл	Дата	Ф.И.О. Жюри	Подпись
Шифр			

5 (продолжение)

$$M - (M - \Delta m) = V P_1 - V P_2$$

$$\Delta m = V (P_1 - P_2)$$

$$\frac{\Delta m}{V} = \frac{M_r}{R \cdot T} (P_1 - P_2) = \frac{M_r}{R \cdot T} (P_{H_2O} \cdot \varphi_1 - P_{H_2O} \cdot \varphi_2)$$

$$\frac{\Delta m \cdot R \cdot T}{V \cdot M_r \cdot P_{H_2O}} = \varphi_1 - \varphi_2. \quad \text{Влажный воздух}$$

не является идеальным газом, но ~~можно~~

~~можно~~ уравнение Менделеева-Клапейрона применимо

к нему при небольшой ~~влажности~~

$$\varphi_2 = \varphi_1 - \frac{\Delta m \cdot R \cdot T}{V \cdot M_r \cdot P_{H_2O}}$$

относительной
влажности.

$$\varphi_2 = 0,1 - \frac{100 \cdot 8,3 \cdot 10^{-3} \cdot (273 + 43)}{5 \cdot 10^3 \cdot 8 \cdot 10^3 \cdot 19,4} = \frac{8,3 \cdot 316}{97 \cdot 10^5} = 2,704 \cdot 10^{-5}$$

$$\varphi_2 = 0,0027$$

$$\varphi_2 = 0,3 \%$$

ответ: $\varphi_2 = 0,3 \%$

135