



# Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 10

Вариант 10-02

Шифр

(заполняется секретарём)

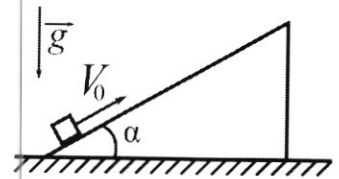
1. Фейерверк массой  $m = 1 \text{ кг}$  стартует после мгновенной работы двигателя с горизонтальной поверхности, летит вертикально вверх и через  $T = 3 \text{ с}$  разрывается в высшей точке траектории на множество осколков, которые летят во всевозможных направлениях с одинаковыми по величине скоростями. Суммарная кинетическая энергия осколков сразу после взрыва  $K = 1800 \text{ Дж}$ . На землю осколки падают в течение  $\tau = 10 \text{ с}$ .

1) На какой высоте  $H$  взорвался фейерверк?

2) В течение какого промежутка времени  $\tau$  осколки будут падать на землю?

Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ . Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

2. На гладкой горизонтальной поверхности расположен клин. Гладкая наклонная поверхность клина образует с горизонтом угол  $\alpha$  такой, что  $\cos \alpha = 0,6$ . Шайбе, находящейся на наклонной поверхности клина, сообщают некоторую начальную скорость  $V_0$  (см. рис.), далее шайба безотрывно скользит по клину и поднимается на максимальную высоту



$H = 0,2 \text{ м}$ . Масса клина в два раза больше массы шайбы. Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .

1) Найдите начальную скорость  $V_0$  шайбы.

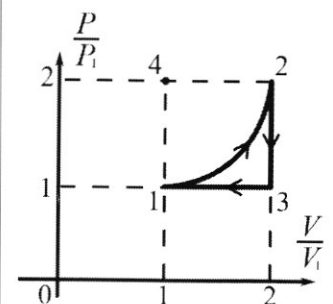
2) Найдите скорость  $V$  клина, в тот момент, когда шайба вернется в точку старта на клине. Массы шайбы и клина одинаковы.

3. По внутренней поверхности проволочной сферы равномерно движется модель автомобиля. Движение происходит в горизонтальной плоскости большого круга. Сила, с которой модель действует на сферу, в два раза больше силы тяжести, действующей на модель. Модель приводится в движение двигателем. Силу сопротивления считайте пренебрежимо малой.

1) Найдите ускорение  $a$  модели.

2) Вычислите минимальную допустимую скорость  $V_{MIN}$  равномерного движения модели по окружности в плоскости большого круга, составляющей с горизонтом угол  $\alpha = 45^\circ$ . Коэффициент трения скольжения шин по поверхности сферы  $\mu = 0,8$ , радиус сферы  $R = 1 \text{ м}$ . Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .

4. Один моль одноатомного идеального газа участвует в цикле 1-2-3-1 (см. рис.), участок 1-2 – дуга окружности с центром в точке 4. Считать заданными давление  $P_1$  и объём  $V_1$ .



1) Какое количество  $Q$  теплоты подведено к газу в процессе расширения?

2) Найдите работу  $A$  газа за цикл.

3) Найдите КПД  $\eta$  цикла.

5. Заряд  $Q > 0$  однородно распределен по сфере радиуса  $R$ . В первом опыте на расстоянии  $3R$  от центра сферы помещают небольшой по размерам шарик с зарядом  $q > 0$ .

1) Найдите силу  $F_1$ , действующую на заряженный шарик.

Во втором опыте заряд  $q$  однородно распределяют по стержню длины  $R$ , стержень помещают на прямой, проходящей через центр заряженной сферы. Ближайшая к центру сферы точка стержня находится на расстоянии  $3R$  от центра.

2) Найдите силу  $F_2$ , с которой заряженный стержень действует на заряженную сферу.

Все силы, кроме кулоновских, считайте пренебрежимо малыми. Коэффициент пропорциональности в законе Кулона  $k$ . Явлениями поляризации пренебрегите.



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1) Когда ~~клетка~~ брусок поднимается  <sup>$v_{\text{до н. макс}}$</sup> , его скорость будет равна скорости клетки ~~и~~.

ЗСЧ вгаль пер. осц:

$m v_0 \cos \alpha = 3 m u$ , где  $u$  - скорость клетки после подлёта бруска

$$u = \frac{v_0 \cos \alpha}{3} = 0,2 v_0;$$

ЗСЭ:

$$\frac{m v_0^2}{2} = m g H + \frac{3 m u^2}{2}; \quad v_0^2 = 2 g H + 3 \cdot 0,04 v_0^2;$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{2 g H}{0,88}} = \sqrt{\frac{4}{0,88}} \approx 2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

2) ~~В этой части:~~  $m v_0 \cos \alpha = 2 m u$ ;  $u = \frac{v_0 \cos \alpha}{2} = 0,3 v_0$ ;

ЗСЭ: При столкн. = м бруска

$$\frac{m v_0^2}{2} = m g H + \frac{2 m u^2}{2}; \quad v_0^2 = 2 g H + 2 \cdot 0,09 v_0^2;$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{2 g H}{0,82}} \approx \frac{2}{0,9} = \frac{2}{0,9} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

ЗСЧ:

ЗСЧ:

$$2 m u = m v_{\text{кл}} - m v_{\text{бр}} \cos \alpha; \quad v_{\text{бр}} = \frac{v_{\text{кл}} - 2 u}{\cos \alpha} = \frac{v_{\text{кл}} - 0,6 v_0}{\cos \alpha} = \frac{v_{\text{кл}} - v_0}{0,6}$$

ЗСЭ:  $\frac{m v_0^2}{2} = \frac{m v_{\text{бр}}^2}{2} + \frac{m v_{\text{кл}}^2}{2}; \quad v_0^2 = v_{\text{бр}}^2 + v_{\text{кл}}^2;$

~~$$v_0^2 = v_{\text{кл}}^2;$$~~

$$v_0^2 = \frac{v_{\text{кл}}^2}{0,36} - 2 \frac{v_{\text{кл}} \cdot v_0}{0,6} + v_0^2 + v_{\text{кл}}^2;$$

$$v_{\text{кл}}^2 \left(1 + \frac{1}{0,36}\right) - \frac{v_{\text{кл}} v_0}{0,3} = 0;$$

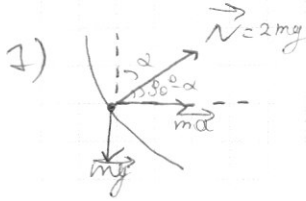
$$v_{\text{кл}} \left(1 + \frac{1}{0,36}\right) = \frac{v_0}{0,3}; \quad v_{\text{кл}} = \frac{v_0}{0,3} \cdot \frac{1}{1 + \frac{1}{0,36}} = \frac{v_0}{\frac{3}{10} + \frac{5}{6}} = \frac{v_0 \cdot 75}{77} \approx 2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Ответ: 1)  $2 \text{ м/с}$ ; 2)  $2 \text{ м/с}$ .

$n=1$

по условию, скалки летят во всех направлениях с одинаковой скоростью

$n=3$

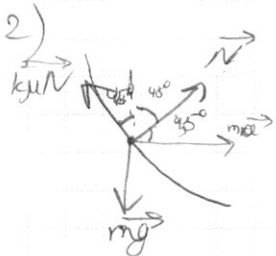


по 3 З.Н.:  $N = P_{\text{норм}} = 2 \text{ мг}$ ;  
т.к. модель движется ~~в~~ горизонтальной плоскости,  $\sum F$  вдоль верт. оси равно 0, то

$$N \cos \alpha = mg; \quad 2 \text{ мг} \cos \alpha = mg;$$

$$ma = N \sin \alpha \quad ma = N \sin(90^\circ - \alpha)$$

$$a = 2g \cdot \cos 30^\circ \approx 20 \cdot 0,866 \approx 17,4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$



в плоскости, перпендикулярной направлению движения автомобиля, действует только часть силы трения. Другая часть компенсирует ~~силу~~ силу, создаваемую двигателями в колесах. Пусть часть этой силы  $k$ , то  $F_{\text{тр}}$  в расч. плоскости  $k\mu N$ .

вертикальная ось:

$$k\mu N \cos 45^\circ + N \cos 45^\circ = mg; \quad N = \frac{mg}{\cos 45^\circ (1+k\mu)}$$

$$ma = N \cos 45^\circ - k\mu N \cos 45^\circ = N \cos 45^\circ (1 - k\mu) = \frac{mg \cos 45^\circ (1 - k\mu)}{\cos 45^\circ (1 + k\mu)} = mg \cdot \frac{1 - k\mu}{1 + k\mu};$$

$$\frac{mv^2}{r} = mg \cdot \frac{1 - k\mu}{1 + k\mu}; \quad r = R \cos 45^\circ;$$

$$\frac{v^2}{R \cos 45^\circ} = g \cdot \frac{1 - k\mu}{1 + k\mu};$$

$v = \sqrt{gR \frac{\sqrt{2}}{2} \left( \frac{1 - k\mu}{1 + k\mu} \right)}$ . Отсюда видно, что  $v$  будет минимальна при максимальной  $k$ .  $k_{\text{max}} = 1$ . В таком случае вся сила трения будет направлена вдоль оси, перпендикулярной оси движения.

$$v_{\text{min}} = \sqrt{gR \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \frac{1 - \mu}{1 + \mu}} \approx \sqrt{10 \cdot 0,7 \cdot \frac{0,2}{1,8}} = \sqrt{\frac{14}{9}} \cdot \frac{\sqrt{7}}{3} \approx 0,9 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Ответ: 1)  $17,4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ ; 2)  $0,9 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$n = 4$

1)  $Q_{\text{погв.}} = Q_{1-2}$  (связь по характеристике).

$$Q_{1-2} = A_{1-2} + 4U_{1-2};$$

работу 1-2 можно найти как площадь прямоугольника  $1 \times 2$  минус четверть окружности, т.е.

$$A_{1-2} = \rho_1 V_1 \cdot \left( 2 \cdot 1 - \frac{\pi \cdot 1^2}{4} \right) = \rho_1 V_1 \left( 2 - \frac{3,14}{4} \right) = \rho_1 V_1 \cdot (2 - 0,785) = 1,215 \rho_1 V_1$$

точка 1:  $\rho_1 V_1 = \sqrt{RT_1}$   
 ~~$\rho_2 V_2 = \sqrt{RT_2}$~~

точка 2:  $2\rho_1 2V_1 = \sqrt{RT_2}$ ;

$$\Delta U_{1-2} = \frac{3}{2} \sqrt{RT} = \frac{3}{2} (4\rho_1 2V_1 - \rho_1 V_1) = 4,5 \rho_1 V_1$$

$$Q_{\text{погв.}} = 4,5 \rho_1 V_1 + 1,215 \rho_1 V_1 = 5,715 \rho_1 V_1$$

2)  $A_{\text{за цикл.}} = A_{1-2} + A_{3-2}$

$$A_{3-2} = \rho_1 (2V_1 - \rho_1 (V_1 - 2V_1)) = -\rho_1 V_1$$

$$A_{\text{за цикл.}} = 1,215 \rho_1 V_1 - \rho_1 V_1 = 0,215 \rho_1 V_1$$

3)  ~~$\eta = \frac{A_{\text{за цикл.}}}{Q_{\text{погв.}}} = \frac{0,215}{5,715} \approx 4\%$~~

~~Ответ: 1)  $5,715 \rho_1 V_1$ ; 2)  $0,215 \rho_1 V_1$ ; 3)  $\eta = 4\%$ .~~

~~$\eta = \frac{A_{\text{за цикл.}}}{Q_{\text{погв.}}} = \frac{1,215}{5,715}$~~

3)  $\eta = \frac{A_{\text{за цикл.}}}{Q_{\text{погв.}}} = \frac{0,215 \rho_1 V_1}{5,715 \rho_1 V_1} = \frac{43}{1143} \approx 4\%$

Ответ: 1)  $Q_{\text{погв.}} = 5,715 \rho_1 V_1$ ; 2)  $A_{\text{за цикл.}} = 0,215 \rho_1 V_1$ ; 3)  $\eta = 4\%$ .

№ 1

а) т.к. во все стороны скалки разлетаются со одинаковой скоростью, ~~тогда скорость резервной штыря~~ ~~и~~ ~~штыря~~ в момент взрыва резервной бал равна нулю, значит и скорость резервной в этот момент тоже равна нулю, то

$$h = \frac{gT^2}{2} = \frac{10 \cdot 9}{2} = 45 \text{ м}$$

$$2) K = \sum \Delta E_k = \sum \Delta m \cdot \frac{v^2}{2} = \frac{mv^2}{2}$$

$$v = \sqrt{\frac{2K}{m}} = 60 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

первои упадет тот скалке, скорость которой будет изначально направлена вертикально вниз. Для описания его закона движения справедливо такое уравнение:

$$-\frac{gt^2}{2} + vt + h = 0 \quad h'(t) = -\frac{gt}{2} - v + h;$$

при  $t = t_{\text{пад}} \text{ перв. скалка } h' = 0$ , то

$$-\frac{gt^2}{2} - vt + h = 0; \quad \frac{gt^2}{2} + vt - h = 0;$$

$$D = v^2 + 2gh$$

$$t = \frac{-v \pm \sqrt{v^2 + 2gh}}{g}, \quad t > 0, \text{ то } t = \frac{-v + \sqrt{v^2 + 2gh}}{g}$$

$$= \frac{-60 + \sqrt{4000}}{10} = -6 + 6\sqrt{1,25} = 6(\sqrt{1,25} - 1) \approx 6 \cdot 0,12 = 0,72 \text{ с}$$

Ответ: 1)  $h = 45 \text{ м}$ ; 2)  $t_{\text{пад}} = 0,72 \text{ с}$ .

№ 5

1)  $E_{\text{поле шара}} = \frac{kQ_{\text{шара}}}{r^2}$ , где  $r$  - расстояние до центра шара

$$F_2 = E \cdot q = \frac{kQ}{R^2} \cdot q = \frac{kqQ}{R^2}$$

$$2) F_2 = \int dE_{\text{части стержня}} \cdot Q = \int \frac{k dq}{r^2} \cdot Q, \text{ где } r - \text{расст. от центра шара до точки на стержне}$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$dq = \frac{dl}{L} q$ , где  $dl$  - маленький кусок стержня,  $L$  - вся длина стержня

$$dq = \frac{dl q}{L}$$

$$F_2 = \int \frac{k dl q}{R \cdot e^2} \cdot Q$$

$l = R$  и  $l$  увеличивается от ~~3R~~  $3R$  до  $4R$  ( $4R - 3R = R$ ), то в формуле

$F_2$  можно заметить  $dl$  на  $dl$ .

$$F_2 = \int_{3R}^{4R} \frac{k q Q}{R} \cdot \frac{dl}{e^2} = \frac{k Q q}{R} \cdot (-l^{-1}) \Big|_{3R}^{4R} = \frac{k Q q}{R} \left( \frac{1}{3R} - \frac{1}{4R} \right) =$$

$$= \frac{k Q q}{R} \cdot \frac{1}{12R} = \frac{k Q q}{12R^2}$$

Ответ:  $F_2 = \frac{k q Q}{12R^2}$





**ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА**

№ 22

2)  $22 \cdot \frac{15}{74} = \frac{330}{74} \approx 22$

$m v_0 \cos \alpha = 3m u$ ;  $u = \frac{v_0 \cos \alpha}{3}$

$\frac{m v_0^2}{2} = 2mgh + 3m \cdot \frac{v_0^2 \cos^2 \alpha}{3}$       $\frac{m v_0^2}{2} = 2mgh + \frac{3m \cdot u^2}{1}$

$v_0^2 = 2gh + \frac{v_0^2 \cos^2 \alpha}{3}$       $v_0^2 = 2gh + 3 \cdot \frac{v_0^2 \cos^2 \alpha}{3}$

$v_0^2 (1 - \frac{\cos^2 \alpha}{3}) = 2gh$       $v_0^2 (1 - \frac{\cos^2 \alpha}{3}) = 2gh$

$v_0^2 (\frac{1 - \cos^2 \alpha}{3}) = 2gh$ ;  $v_0 = \sqrt{\frac{2gh}{1 - \frac{\cos^2 \alpha}{3}}}$

$v_{comb.} = 3p_1 v_1 + 1,5 p_2 v_2 + 7 p_3 v_3 = 4,5 p v_4$

$= \sqrt{\frac{4}{0,88}} = \sqrt{\frac{1}{0,22}}$

$v_0^2 = \frac{2 \cdot 10 \cdot 0,2}{1 - \frac{0,36}{3}} = \frac{4}{1 - 0,12} = \frac{4}{0,88} = \frac{2}{0,44} \approx 2 \frac{1}{11}$

$v_0 \approx \frac{\sqrt{2gh}}{0,84} = \frac{\sqrt{2 \cdot 10 \cdot 0,2}}{0,84} = \frac{2}{0,84} \approx 2 \frac{1}{11} \frac{m}{s}$

$3m u = 2m v_{кл}$       $m v_{бр} \cdot \cos \alpha$

$2mgh + 3m u^2 = 2m v_{кл}^2 + m v_{бр}^2 \cos^2 \alpha$

$2gh + 3u^2 = 2v_{кл}^2 + v_{бр}^2 \cos^2 \alpha$ ;  $0,6 v_0 = 2v_{кл} = 0,6 v_{бр}$ ;

$2gh + 0,12 v_0^2 = 2v_{кл}^2 + 0,36 v_{бр}^2$

$0,6 v_0 = 2v_{кл} = 0,6 v_{бр}$ ;

$v_{бр} = 2gh + 0,12 v_0^2 - 2v_{кл}^2$

$2v_{кл} = 0,6 v_0 + 0,6 v_{бр}$

$8,4 \cdot 2 = 16 + 14 = 30$

через какое время тело  
вырвавшись из скалок  
упадёт на землю

$$v_{rel} = 0,3 v_{0n} + 0,3 v_0 \quad 2gh + 0,72 v^2 = 2 v_{rel}^2 + 0,36 v_{0n}^2$$

$$2gh + 0,72 v_0^2 = 0,36 v_{0n}^2 + 0,72 v_0^2 + 0,36 v_{0n} v_0 + 0,36 v_{0n}^2$$

$$2gh + 0,72 v_0^2 = 0,54 v_{0n}^2 + 0,36 v_{0n} v_0$$

$$h = \frac{gt^2}{2} + v_0 t$$

$$t = \frac{h}{\frac{gt}{2} + v_0} \quad t = \frac{h}{\frac{gt}{2} + v_0}$$

$$\frac{gt^2}{2} + v_0 t - h = 0; \quad v = v^2 + 2gh$$

$$t_1 = \frac{-v + \sqrt{v^2 + 2gh}}{g}; \quad t_2 = \frac{v + \sqrt{v^2 + 2gh}}{g}$$

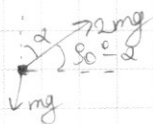
$$v = \frac{2v}{g}$$

$$\int dm v^2 = k; \quad \frac{mv^2}{2} = k; \quad v = \sqrt{\frac{2k}{m}} = \sqrt{\frac{3600}{7}} = 60 \frac{cm}{s}$$

$$h = h = \frac{gt^2}{2} + v_0 t; \quad h = \frac{gt_1^2}{2} + v_0 t_1; \quad h = \frac{gt_2^2}{2} + v_0 t_2$$

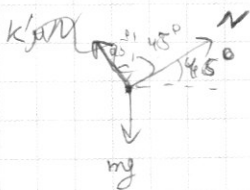
$$\frac{g(t_1^2 - t_2^2)}{2} + v_0(t_1 - t_2) = 0$$

$$-\frac{g}{2}(t_1 + t_2) + v_0 = 0; \quad v_0 = \frac{g}{2}(t_1 + t_2)$$



$$\cos \alpha \cdot 2mg = mg; \quad \alpha = 60^\circ$$

$$ma = mg \cos(90^\circ - \alpha); \quad a = g \cos 30^\circ = g \cdot 0,866 = 8,48 \frac{m}{s^2}$$



$$\mu N \cos 45^\circ + \cos 45^\circ \cdot N = mg; \quad \mu \sin 45^\circ N = mg$$

$$ma = N \cos 45^\circ = \frac{mg}{\mu}$$

$$N \cos 45^\circ = mg; \quad N = \frac{mg}{\cos 45^\circ}$$

$$\frac{v^2}{R} = \frac{g}{\mu}; \quad v = \sqrt{\frac{g}{\mu} R} = \sqrt{\frac{20 \cdot 2}{1,8}} = 24,3 \frac{cm}{s}$$

$$\max N \cos 45^\circ = mg; \quad a = g; \quad \frac{v^2}{R} = g; \quad v = \sqrt{gR}$$

$$k \mu N \cos 45^\circ + N \cos 45^\circ = mg; \quad mg = N(k\mu + 1) \cos 45^\circ$$

$$k \mu N \cos 45^\circ + N \cos 45^\circ = mg; \quad N(k\mu + 1) \cos 45^\circ = mg; \quad N = \frac{mg}{(k\mu + 1) \cos 45^\circ}$$

$$ma = N \cos 45^\circ$$

$$\frac{mv^2}{\sqrt{2}R} = N \cos 45^\circ; \quad \frac{mv^2}{\sqrt{2}R} = \frac{mg}{k\mu + 1}$$

$$\frac{3,74}{4} = 0,48 + 0,035 = 0,515$$

### ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$mg = \mu N k \cos 45^\circ + N \sin 45^\circ$$

$$N = \frac{mg}{\cos 45^\circ (\mu k + 1)} = N \cos 45^\circ - \mu k N \cos 45^\circ$$

$$\frac{\sqrt{2} mg}{R} = N (1 - \mu k) \cos 45^\circ = mg$$

$$\frac{\sqrt{2} v^2}{R} = g \frac{1 - \mu k}{1 + \mu k}; \quad v = \sqrt{\frac{gR}{\sqrt{2}} \frac{1 - \mu k}{1 + \mu k}}$$

$$1,41 \cdot 9 = 9 + 3,69 = 12,69 \quad \sqrt{\frac{10}{12,69}} \approx 0,88 \frac{m}{s}$$

$$0,88 \cdot 12,69 =$$

$$= 0,320$$

$$n = 4$$

$$v_0 \cos \alpha = 24$$

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{2mu^2}{2} + mgh$$

$$v_0^2 = 2u^2 + 2gh \quad v_0 = \sqrt{\frac{2u^2}{0,82}} =$$

$$v_0^2 \cdot 0,82 = 2gh; \quad =$$

$$1 - \frac{2 \cdot 14}{4} = 1 - 0,45 = 0,55$$

$$= 0,25 - 0,035 = 0,215$$

$$A = \rho dV; \quad \left(\frac{A}{\rho_1} - 2\right)^2 + \left(\frac{V}{V_1} - 1\right)^2 = 1;$$

$$A = \frac{\rho}{\rho_1} \cdot \frac{V}{V_1} \left(1 - 1 - \frac{\pi \cdot 1^2}{4}\right) = \frac{\rho}{\rho_1} \cdot \frac{V}{V_1} \cdot \left(1 - \frac{\pi}{4}\right) = \left(1 - \frac{\pi}{4}\right) \rho_1 V_1$$

$$\rho V = \rho_1 V_1; \quad \rho_1 V_1 = \rho R^3 T; \quad \Delta U = \frac{3}{2} \cdot \rho R^3 T = \frac{3}{2} \rho R^3 T = \frac{3}{2} \rho_1 V_1$$

$$A = 0,215 \rho_1 V_1; \quad Q_{negl.} = 0,215 \rho_1 V_1 + 4,5 \rho_1 V_1$$

$$\eta = \frac{0,215}{0,47} \cdot \frac{0,215}{4,715} = \frac{225}{4775} = \frac{43}{943} \approx \frac{1}{22} \approx 4,5\%$$

$$2 - \frac{\pi}{4} = 2 - 0,785 = 1,215$$

$$4,8 + 3,25 = 5,45$$

$$5,45 = 3 - 1 - 1,5 = 5,45$$

$$\mu \approx 0,2$$

$$\begin{array}{r} + 715 \\ 715 \\ \hline 585 \\ + 115 \\ \hline 1322,5 \end{array}$$

$$4,6 \cdot 22 = 88 + 72 + 72 = 232$$

$$43 - 21 = 860 + 43 = 903$$

$$48 - 22 =$$

$$288 + 160 + 976 =$$

$$=$$

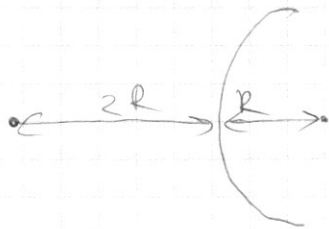
$$\begin{array}{r} 712 \\ + 715 \\ \hline 535 \\ + 72 \\ \hline 1715 \\ \hline 3225 \end{array} \quad \begin{array}{r} 712 \\ 712 \\ \hline 224 \\ + 712 \\ \hline 1712 \\ \hline 12544 \end{array}$$

$$h = \frac{v^2}{2g} = \frac{10 \cdot 9}{5} = 18 \text{ m};$$

$$\frac{mv^2}{2} = K; \quad v = \sqrt{\frac{2K}{m}} = \sqrt{\frac{3600}{4}} = 60 \frac{m}{s}$$

$$\frac{gt^2}{2} + vt - h = 0; \quad D = v^2 + 2gh; \quad t = \frac{-v + \sqrt{v^2 + 2gh}}{g} = \frac{-60 + \sqrt{60^2 + 2 \cdot 10 \cdot 18}}{10} =$$

$$= -6 + \sqrt{45} = -6 + 6\sqrt{1,25} = 6(\sqrt{1,25} - 1) \approx 6 \cdot 0,22 = 0,72 \text{ s}$$



$$E_{\text{сферы}} = \frac{kQ}{a^2}, \quad a - \text{расст. до центра}$$

$$E_{\text{сферы}} = \frac{kQ}{8R^2}, \quad E = \frac{kQq}{8R^2}$$

$$F_{\text{вза}} \text{ через элемент } = \int dE \cdot Q = \int \frac{k dq}{l^2} \cdot Q, \quad l - \text{расстояние от центра сф. до точки на элементе}$$

$$F = \int \frac{k \cdot q \cdot \frac{da}{R}}{l^2} \cdot Q, \quad \text{где } da - \text{элемент}$$

$$F = \int_{3R}^{4R} \frac{kq \, dl \, l^{-2}}{R} \cdot Q = \frac{kqQ}{R} \cdot \left(-\frac{1}{l}\right) \Big|_{3R}^{4R} = \frac{kqQ}{R} \cdot \left(\frac{1}{3R} - \frac{1}{4R}\right)$$

$$= \frac{kqQ}{R} \cdot \frac{R}{12R} = \frac{kqQ}{12R^2}$$