Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

Шифр 115026
(заполняется ответственным секретарем приемной комиссии)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА
на олимпиаде «Шаг в будущее»

соревнования по образовательному предмету физика
(наименование дисциплины)

Фамилия И.О. участника Бартагов Роман Кириллович

Город, № школы (образовательного учреждения) Москва; №109; 11 «Г»

Регистрационный номер 345

Вариант задания 16

Дата проведения «15» марта 2020 г.

Подпись участника

47 (сорок семь)

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Σ
3	6	3	12	12	11	0	0	0	0	47

115026

Шифр ____________________

(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

Вариант № 16

1

№4. (Задача 4)

Дано:

$C_{12} = const$;

$A_{12} = 800$ Дж;

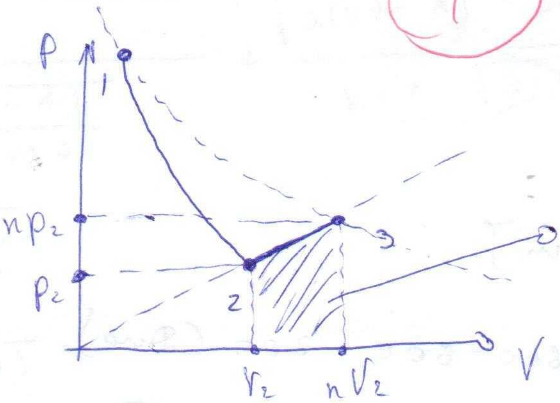
$Q_{23} = 800$ Дж;

$2-3: p \sim V$;

$T_1 = T_3$.

$Q_{12} = ?$

Решение:



$S_{под\ гр.\ в\ p(V)} = A_{газа}$.

т.к. в процессе 2-3 $p \sim V$ (по усл),

в 2 и 3 след. значения: $p_2; V_2$ (2 точка); $np_2; nV_2$ (3 точка)

по I Закону Термодинамики:

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

$$A_{23} = \frac{p_2 + np_2}{2}(nV_2 - V_2) \Big] A_{газа} = S_{под\ гр.\ в\ p(V)}.$$

$$A_{23} = \frac{(n+1)p_2}{2} \cdot (n-1)V_2 = (n^2-1) \cdot \frac{p_2V_2}{2}.$$

$$\Delta U_{23} = \frac{i}{2}\Delta(pV) = \cancel{\ldots} = \frac{i}{2}(np_2 nV_2 - p_2V_2) = \frac{i}{2}p_2V_2(n^2-1).$$

$$\frac{\Delta U_{23}}{A_{23}} = \frac{\frac{3}{\cancel{2}}\cancel{p_2}\cancel{V_2}\cancel{(n^2-1)}}{\cancel{(n^2-1)}\frac{\cancel{p_2V_2}}{\cancel{2}}} = 3$$

$$\Delta U_{23} = \frac{3}{4}Q_{23}$$

$$\frac{\cancel{3}}{\cancel{4}_2}Q_{23} = \frac{\cancel{3}}{\cancel{2}}\nu R(T_1 - T_2) \text{ (по усл.: } T_1 = T_3).$$

$$\frac{Q_{23}}{2} = \nu R(T_1 - T_2); \quad T_1 - T_2 = \frac{Q_{23}}{2\nu R}$$

по I закону Термодинамики:

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

$\Delta U_{12} = \frac{i}{2} \nu R (T_2 - T_1)$

$T_1 - T_2 = \frac{Q_{23}}{2\nu R}; \Rightarrow T_2 - T_1 = -\frac{Q_{23}}{2\nu R};$

$\Delta U_{12} = \cancel{\nu R} \frac{i}{2} (-1) \cdot \frac{Q_{23}}{2 \cancel{\nu R}}$

$\Delta U_{12} = -\frac{3}{4} Q_{23}.$

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

$Q_{12} = A_{12} - \frac{3}{4} Q_{23}.$

Единицы:

$[Q_{12}] = [Дж - Дж] = [Дж]$

$Q_{12} = 800 - \frac{3}{4} \cdot 800 = 800 - 600 = 200$ (Дж).

Ответ: $Q_{12} = 200$ Дж.

№ 5. (задача 5).

1

Дано:
$A_{вых} = A;$
$\nu;$
$R_{max} = R;$
$B = ?$

Решение:

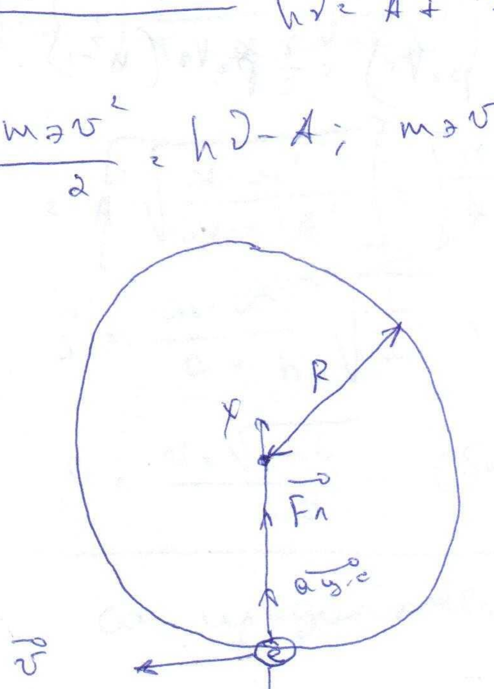
По закону Фотоэффекта:

$h\nu = A + W_к$

$W_к = \frac{m_э v^2}{2}$ (где $m_э$ – масса покоя электрона).

$h\nu = A + \frac{m_э v^2}{2}$

$\frac{m_э v^2}{2} = h\nu - A; \quad m_э v^2 = 2(h\nu - A); \quad v^2 = \frac{2(h\nu - A)}{m_э}$



$F_л = B q v \sin\alpha$ ($\alpha = 90°, \Rightarrow \sin\alpha = 1$; $\alpha = 90°$, т.к. рассматриваю наибольший радиус вращения электрона)

$F_л = B q v$ (где q – заряд электрона)

$F_л = B q_{эл} \cdot v$

По 2 закону Ньютона:

$$\vec{F}_л = m_э \vec{a}_{ц.с.}$$

по оси x:

$$F_л = m_э a_{ц.с}; \quad a_{ц.с} = \frac{v^2}{R} = \frac{2(h\nu - A)}{m_э R}.$$

$$B q_{эл} \cdot v = \cancel{m_э} \cdot \frac{2(h\nu - A)}{\cancel{m_э} R}$$

$$B = \frac{2(h\nu - A)}{R \cdot q_{эл} \cdot v}; \quad v = \sqrt{\frac{2(h\nu - A)}{m_э}}; \quad q_{эл} = e.$$

$$B = \frac{2(h\nu - A)}{R \cdot e \cdot \sqrt{\frac{2(h\nu - A)}{m_э}}} = \frac{\sqrt{2(h\nu - A)} \cdot \cancel{\sqrt{2(h\nu - A)}} \cdot \sqrt{m_э}}{R \cdot e \cdot \cancel{\sqrt{2(h\nu - A)}}} =$$

$$= \frac{\sqrt{2m_э(h\nu - A)}}{Re}$$

$$B = \frac{\sqrt{2m_э(h\nu - A)}}{R \cdot e}$$

Единицы:

$$[B] = \left[\frac{\sqrt{кг \cdot (Дж \cdot \cancel{c} \cdot \Gamma\cancel{ц} - Дж)}}{м \cdot Кл}\right] = \left[\frac{\sqrt{кг \cdot Н \cdot м}}{м \cdot Кл}\right] = \left[\frac{\sqrt{\frac{кг^2 \cdot м^2}{c^2}}}{м \cdot Кл}\right] = \left[\frac{м \cdot \cancel{кг}}{\cancel{м} \cdot c \cdot Кл}\right] =$$

$$= \left[\frac{кг}{c \cdot A \cdot c}\right] = \left[\frac{кг}{A \cdot c^2}\right]^{\cdot м} = \left[\frac{кг \cdot м}{c^2 \cdot A \cdot м}\right] = \left[\frac{Н}{A \cdot м}\right] = [Тл]$$

Ответ:

$$B = \frac{\sqrt{2m_э(h\nu - A)}}{R \cdot e}$$ (где $m_э$ – масса покоя электрона; e – заряд электрона по модулю).

0.5

№6 (Задача 6).

Дано:

L;
h;
m;
B;
v_0;

$S = ?$; $t_1 = ?$ $\left(p = \frac{p_0}{2}\right)$

Решение:

По закону сохранения энергии:

$$\frac{m v_0^2}{\cancel{2}} = \frac{L I_{max}^2}{\cancel{2}}$$ (до момента остановки перемычки).

$$I_{max} = \sqrt{\frac{m v_0^2}{L}} = v_0\sqrt{\frac{m}{L}}; \quad I_{max} = v_0\sqrt{\frac{m}{2}}.$$

$F_A = BIl\sin\alpha = BIh$ ($\alpha = 90°$; $\sin\alpha = 1$)

$F_A = BIh$.

Ток в контуре будет меняться;

очевидно, среднее значение силы тока $= \frac{I_{max}}{2}$)

Заметим, можно считать силу Ампера постоянной,

подставляя в $F_A = BIh$ $I = \frac{I_{max}}{2}$;

$$F_A = B\cdot h\cdot \frac{v_0\sqrt{\frac{m}{L}}}{2} = \frac{Bhv_0}{2}\cdot\sqrt{\frac{m}{L}}.$$

по II закону Ньютона:

$F_A = ma$ (по модулю)

$$a = \frac{F_A}{m} = \frac{Bhv_0}{2m}\sqrt{\frac{m}{L}};\quad a = \frac{Bhv_0}{2m}\sqrt{\frac{m}{L}};$$

$$S = \frac{v_0^2 - \cancel{v^2}}{2a}$$ $=0$ (остановка)

$$S = \frac{v_0^2}{2a} = \frac{v_0^{\cancel{2}}}{\cancel{2}\cdot\frac{Bh\cancel{v_0}}{\cancel{2}m}\cdot\sqrt{\frac{m}{2}}} = \frac{v_0\cdot m}{B\cdot h}\cdot\sqrt{\frac{L}{m}}$$ ++

$$S = \frac{v_0 m}{B\cdot h}\cdot\sqrt{\frac{L}{m}}$$

Единицы:

$$[S] = \left[\frac{\frac{\cancel{м}}{с}\cdot кг}{Тл\cdot\cancel{м}}\cdot\sqrt{\frac{Гн}{кг}}\right] = \left[\frac{кг\cdot А\cdot м}{с\cdot Н}\cdot\sqrt{\frac{Гн}{кг}}\right] = \left[\frac{\cancel{кг}\cdot \cancel{А}\cdot\cancel{м}\cdot с^{\cancel{2}}}{\cancel{с}\cdot\cancel{кг}\cdot\cancel{м}}\sqrt{\frac{Гн}{кг}}\right] =$$

$$= \left[\cancel{A}\sqrt{\frac{\cancel{кг}\cdot м^2}{\cancel{кг}\cdot с^2 A^2}}\right] = \left[\frac{м\cdot\cancel{A}\cdot\cancel{с}}{\cancel{с}\cdot\cancel{A}}\right] = [м]$$

$$S = \frac{v_0\cdot m}{B\cdot h}\sqrt{\frac{L}{m}} = \frac{v_0\cdot\sqrt{m}\cdot\cancel{\sqrt{m}}\cdot\sqrt{L}}{B\cdot h\cdot\cancel{\sqrt{m}}} = \frac{v_0\sqrt{mL}}{hB}$$

$$S = \frac{v_0\sqrt{mL}}{hB}$$ (без ирр-сти в знаменателе).

см. продолжение на листочке №2.

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
	[illegible]									

Шифр 115026

(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

Вариант № 16.

продолжение № 6. (задача 6, продолжение).

~~[illegible]~~

в I пункте задачи считаю движение равнозамедленным, с усреднённым значением силы Ампера:

$$F_A = \frac{Bhv_0}{2}\sqrt{\frac{m}{L}} \text{ (см. I. пункт)}$$

также в 1 пункте найдем ускорение (по модулю):

$$a = \frac{Bh\cdot v_0}{2m}\cdot\sqrt{\frac{m}{L}} = \frac{B\cdot h\cdot v_0\cdot\cancel{\sqrt{m}}}{2\cdot\sqrt{m}\cdot\cancel{\sqrt{m}}\cdot\sqrt{L}} = \frac{Bhv_0}{2\sqrt{mL}}$$

$$a = \frac{Bhv_0}{2\sqrt{mL}}.$$

$$a = \frac{v_0 - v}{\Delta t} \text{ (замедление).}$$

причем $p = \frac{p_0}{2}$ (по усл), $\Rightarrow \cancel{m}v = \frac{\cancel{m}v_0}{2}$; $v = \frac{v_0}{2}$.

$$a = \frac{v_0 - \frac{v_0}{2}}{\Delta t} \text{ (где } \Delta t = t_1\text{)}$$

$$t_1 = \frac{\frac{v_0}{2}}{a} = \frac{v_0}{2a} = \frac{\cancel{v_0}\cdot\cancel{2}\sqrt{mL}}{\cancel{2}\cdot Bh\cancel{v_0}} = \frac{\sqrt{mL}}{Bh}$$

Ошибка: не учел конеч. пр. реш

$$t_1 = \frac{\sqrt{mL}}{Bh}$$

Единицы:

$$[t_1] = \left[\frac{\sqrt{кг\cdot Гн}}{Тл\cdot м}\right] = \left[\frac{\sqrt{кг\cdot\frac{кг\cdot м^2}{с^2\cdot А^2}}}{Тл\cdot м}\right] = \left[\frac{м\cdot м\cdot\cancel{А}\cdot\cancel{А}}{с\cdot\cancel{А}\cdot Н\cdot\cancel{А}}\right] = \left[\frac{\cancel{кг}\cdot\cancel{м}\cdot с^{\cancel{2}}}{\cancel{с}\cdot\cancel{кг}\cdot\cancel{м}}\right] = [с]$$

Ответ:

$$S = \frac{v_0 \cdot \sqrt{mL}}{hB}$$

$$t_1 = \frac{\sqrt{mL}}{Bh}.$$

N2. (Задача 2).

0.5

Дано:

$v_{20} = 0$;

$m_1 = m_2 = m$;

$p_{1д} = p_1$;

$p_1' = \frac{p_1}{2}$;

$\alpha = ?$

По закону сохранения энергии:

$$\frac{\cancel{m} v_1^2}{\cancel{2}} = \frac{\cancel{m} v_1'^2}{\cancel{2}} + \frac{\cancel{m} v_2^2}{\cancel{2}}$$ (т.к. по условию до удара частица 2 покоилась, значит энергию до удара имела только 1ая частица).

+. Косицын

$$v_1^2 = v_1'^2 + v_2^2$$

$$m v_1 = p_1$$

$$m v_1' = \frac{p_1}{2}$$

$$v_1 = \frac{p_1}{m}$$

$$v_1' = \frac{p_1}{2m}$$

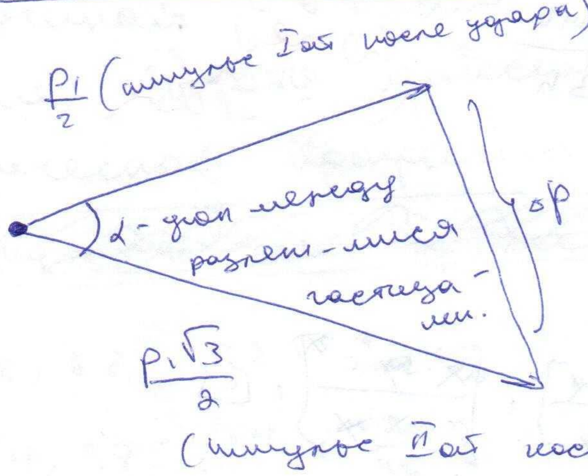
$$\frac{p_1^2}{m^2} = \frac{p_1^2}{4m^2} + v_2^2$$

$$v_2^2 = \frac{4p_1^2 - p_1^2}{4m^2} = \frac{3p_1^2}{4m^2}$$

$$v_2^2 = \frac{3p_1^2}{4m^2} \Rightarrow v_2 = \frac{p_1}{2m} \cdot \sqrt{3}.$$

$$p_2 = v_2 m = \frac{p_1 \cdot m}{2 \cdot m} \cdot \sqrt{3}$$

$$p_2 = \frac{p_1\sqrt{3}}{2}$$



Заметим, $\Delta p = \frac{p_1}{2}$.

продолжение на сл. стороне

по теореме косинусов:

$$\frac{\cancel{p_1^2}}{4} = \frac{\cancel{p_1^2}}{4} + \frac{p_1^2\cdot 3}{4} - 2\cdot\frac{p_1\sqrt{3}}{2}\cdot\frac{p_1}{2}\cdot\cos\alpha$$

$$\frac{2\cancel{p_1^2}\sqrt{3}\cdot\cancel{p_1}\cdot\cos\alpha}{\cancel{4}} = \frac{\cancel{p_1^2}\cdot 3}{\cancel{4}}$$

$$2\cancel{\sqrt{3}}\cos\alpha = \sqrt{3}\cdot\cancel{\sqrt{3}}$$

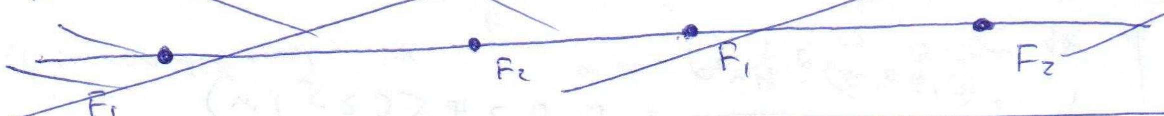
$$\cos\alpha = \frac{\sqrt{3}}{2};$$

$$\alpha = \arccos\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right) = \pm\frac{\pi}{6}; \Rightarrow \alpha = 30^\circ.$$

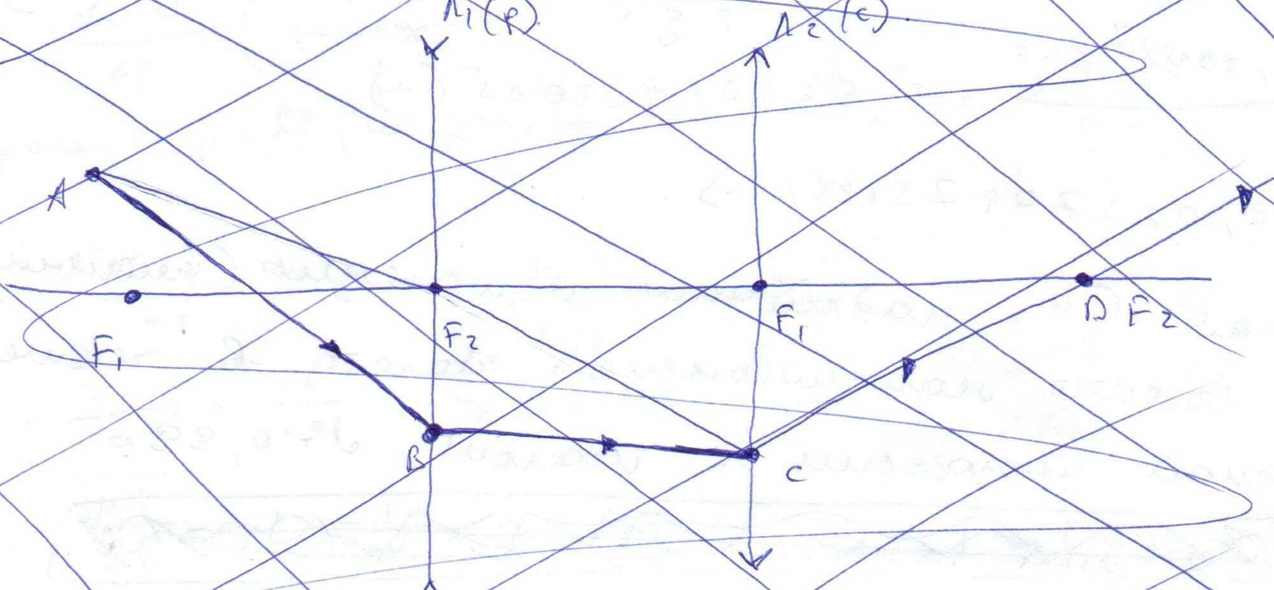
Ответ: 30°.

~~№1. (Задача 1)~~

?!

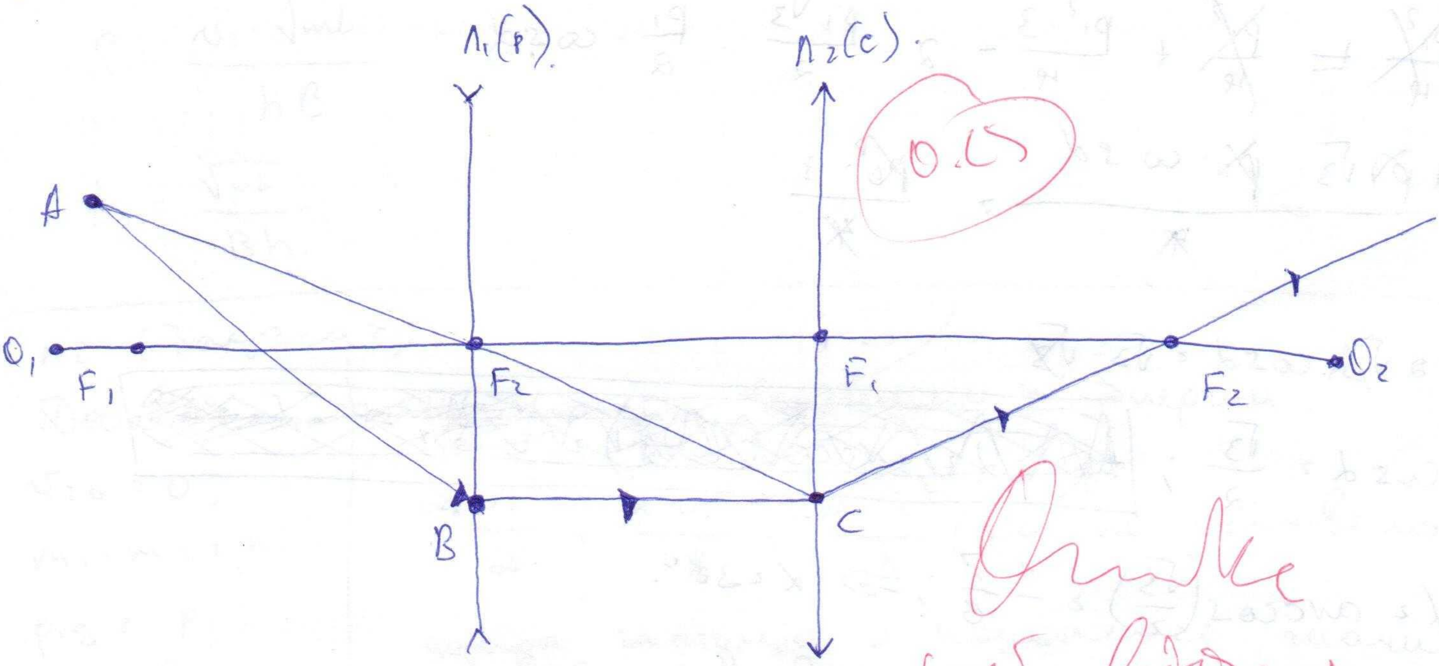


~~№1. (Задача 1)~~



~~BC параллельно F_2F_1.~~

№1. (Задача 1).



0,25

Ошибка на втором луче

(BC параллельно O_1O_2).

№3. (Задача 3)

0,25

Дано:
$v = 1\ \frac{м}{с}$.
$\alpha = 45^0$.
$k = \frac{v_2}{v_1} = 0,99$.

$S = ?$

Решение:

$$h_1 = \frac{v^2 \sin^2\alpha}{2g} = \frac{1\cdot(\sin 45^0)^2}{2\cdot 10} = \frac{1}{2\cdot 2\cdot 10} = \frac{1}{40}\ (м)$$

$$h_2 = \frac{(0,99v)^2 \cdot \sin^2\alpha}{2\cdot g} = 0,0245025\ (м)$$

$$h_3 = \frac{(0,99v)^3 \cdot \sin^2\alpha}{2\cdot g} = 0,024257475\ (м).$$

$$h_4 = \frac{(0,99v)^4 \cdot \sin^2\alpha}{2\cdot g} = 0,02401490025\ (м)$$

$$h_5 = 0,02377475125\ (м).$$

Начиная с h_2 наблюдаем изменение (уменьшение) высоты максимального полета в геометрической прогрессии с шагом $\lambda = 0,99$.

~~Сумма этой прогрессии~~

$$0,0245025 + \frac{1}{40}\cdot 0,99^{z+4} = \frac{1}{40}$$

$$4,975\cdot 10^{-4} = \frac{1}{40}\cdot 0,99^{z+4}$$

продолжение на листовке №3.

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

Шифр 115026

(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

Вариант № 16.

№3. продолжение. (задача 3; продолжение).

$0,99^{2+n} = 0,0199$

$n+2 = \log_{0,99} 0,0199 = 389,7 \approx 390.$

Ошибка

$n = 390-2 = 388.$

Ответ: ~~[illegible]~~ 388. разумно