

(+1) 

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

119456

Шифр

(заполняется ответственным секретарем приемной комиссии)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА
на олимпиаде «Шаг в будущее»

соревнования по образовательному предмету физика
(наименование дисциплины)

Фамилия И. О. участника Пандуров Михаил Алексеевич

Город, № школы (образовательного учреждения) г. Москва школа № 315

Регистрационный номер ШМ0098

Вариант задания 4

Дата проведения « 19 » марта 20 17 г.

С работой ознакомлен

24. марта 2017 г. Панд.

Подпись участника Панд.

(75) / (сумма баллов) / *Дан*

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Σ
6	8	8	8	8	10	8	8	12	9	75

119456

Шифр _____

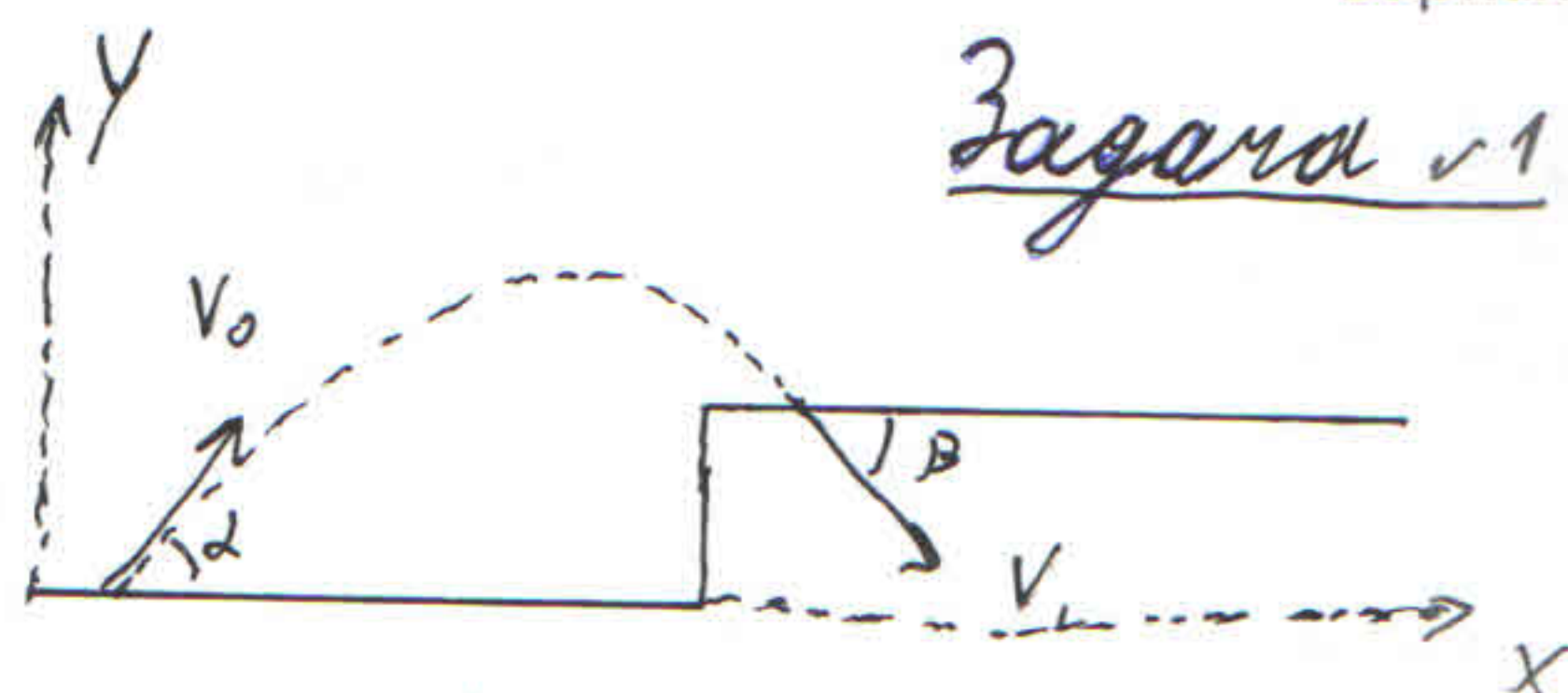
(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

456

Вариант № 4

Задача № 1

дано:
 $\alpha = 45^\circ$
 $V_0 = 20 \text{ м/с}$
 $h = 8 \text{ м}$
 $B = ?$



$$\operatorname{tg} B = \frac{V_y}{V_x} \quad (1) \quad (+)$$

$$V_y = V \sin \alpha - g t \quad (2)$$

$$V_x = V_0 \cos \alpha \quad (3)$$

$$\operatorname{tg} B = \frac{V \sin \alpha - g t}{V_0 \cos \alpha}$$

t - время падения
ступеньки.

$$h = V_0 \sin \alpha t - \frac{g t^2}{2}$$

$$g t^2 - 2 V_0 \sin \alpha t + h = 0 \quad D = 4 V_0^2 \sin^2 \alpha - 4 h g$$

$$t_1 = \frac{2 V_0 \sin \alpha - \sqrt{4 V_0^2 \sin^2 \alpha - 4 h g}}{2 g}$$

- время I пересечения
высоты h (на подъеме)

$$t_2 = \frac{2 V_0 \sin \alpha + \sqrt{4 V_0^2 \sin^2 \alpha - 4 h g}}{2 g}$$

- время II пересечения
высоты h (на спуске)

$$\operatorname{tg} B = \frac{V \sin \alpha - \frac{g(V_0 \sin \alpha - \sqrt{V_0^2 \sin^2 \alpha - h g})}{g}}{V_0 \cos \alpha}$$

$$= - \frac{\sqrt{V_0^2 \sin^2 \alpha - h g}}{V_0 \cos \alpha} = - \sqrt{\operatorname{tg}^2 \alpha - \frac{h g}{V_0^2 \sin^2 \alpha}}$$

$$B = \arctg \left(- \sqrt{\operatorname{tg}^2 \alpha - \frac{h g}{V_0^2 \sin^2 \alpha}} \right)$$

$$B = \arctg \left(- \sqrt{\operatorname{tg}^2 45^\circ - \frac{8 \cdot 10}{400 \cdot \sin^2 45^\circ}} \right) \approx -35.6^\circ$$

(+)

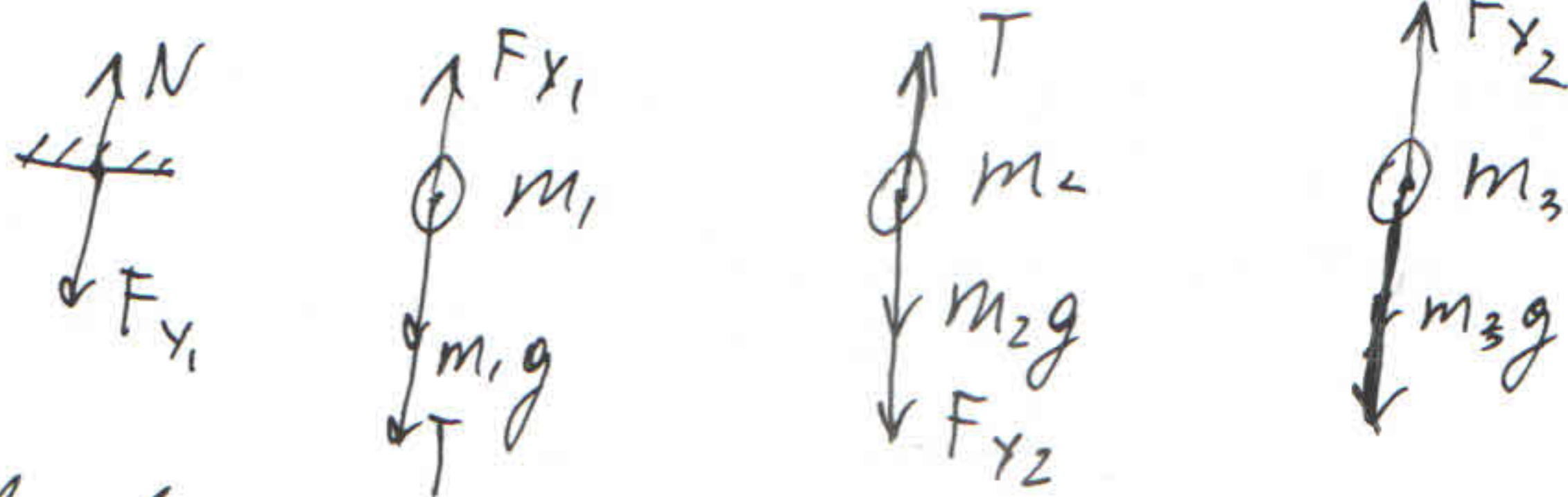
Ответ: $B \approx -35.6^\circ$ (так как $B < 0$ то $V_y < 0$, направлена вниз)

Задача №2.

дано: $m_1 = 1 \text{ кг}$
 $m_2 = 4 \text{ кг}$
 $m_3 = 3 \text{ кг}$

 $T = ?$ $a = ?$

Тягущими сила, действующими на каждый элемент системы



Условия равновесия:

$$F_{y1} = m_1 g + T \quad (1)$$

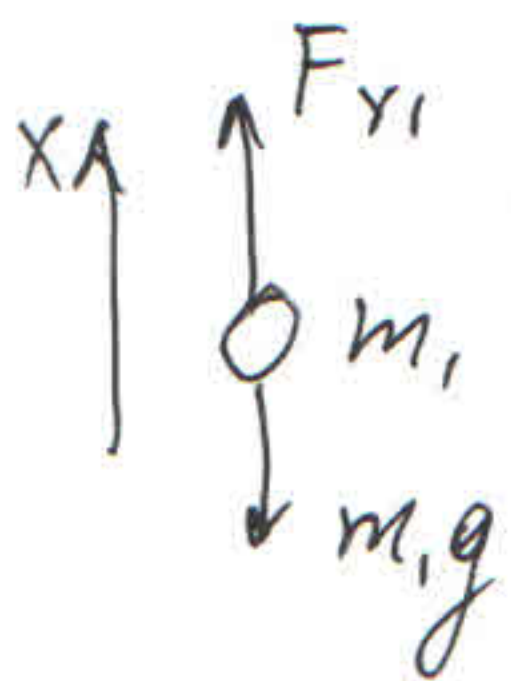
$$T = m_2 g + F_{y2} \quad (2)$$

$$F_{y2} = m_3 g \quad (3)$$

$$T = m_2 g + m_3 g = (m_2 + m_3) g$$

$$T = 70 \text{ Н} \quad (+)$$

рассчитаем силу после переключения нити:



$$m_1 a = F_{y1} - m_1 g$$

$$F_{y1} = m_1 g + T = m_1 g + (m_2 + m_3) g$$

$$m_1 a = m_1 g + (m_2 + m_3) g - m_1 g$$

$$a = \left(\frac{m_2 + m_3}{m_1} \right) g$$

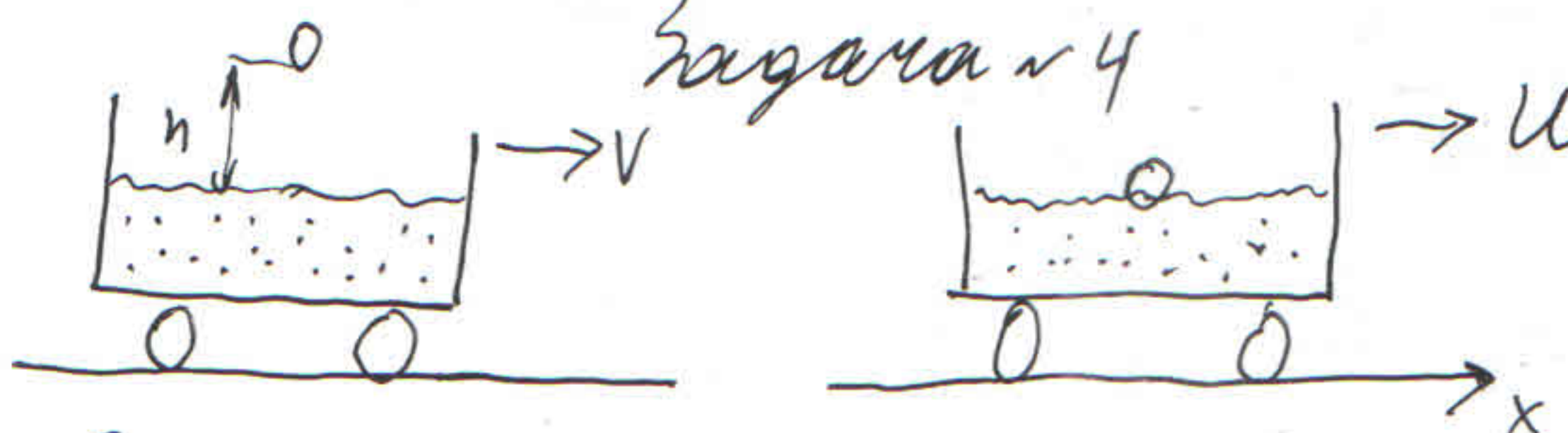
$$a = \frac{7}{1} g = 70 \text{ м/с}^2$$

Ответ $T = 70 \text{ Н}$; $a = 70 \text{ м/с}^2$ (+)

Задача №4

дано:
 $v = 4 \text{ м/с}$
 $m = 3 \text{ кг}$
 $M = 9 \text{ кг}$
 $h = 10 \text{ м}$

 $Q = ?$



Закон сохранения энергии.

$$mgh + \frac{Mv^2}{2} = \frac{(M+m)u^2}{2} + Q$$

Закон сохранения импульса в проекции на ОХ
 (по ОХ действует g, поэтому по ОХ импульс не изменяется)

$$\text{ОХ: } Mv = (M+m)u$$

$$u = \frac{Mv}{M+m}$$

$$Q = 2mgh + MV^2 - \frac{(M+m)u^2}{2}$$

$$Q = 2mgh + MV^2 - \frac{(M+m)M^2V^2}{(M+m)^2}$$

$$Q = 2mgh + MV^2 \left(1 - \frac{M}{M+m}\right) \quad Q = 2 \cdot 3 \cdot 10 + 9 \cdot 16 \left(1 - \frac{9}{12}\right) = 636 \text{ Дж}$$

~~$$Q = 2mgh + MV^2$$~~

Ответ: $Q = 636 \text{ Дж}$

(+)

дано:

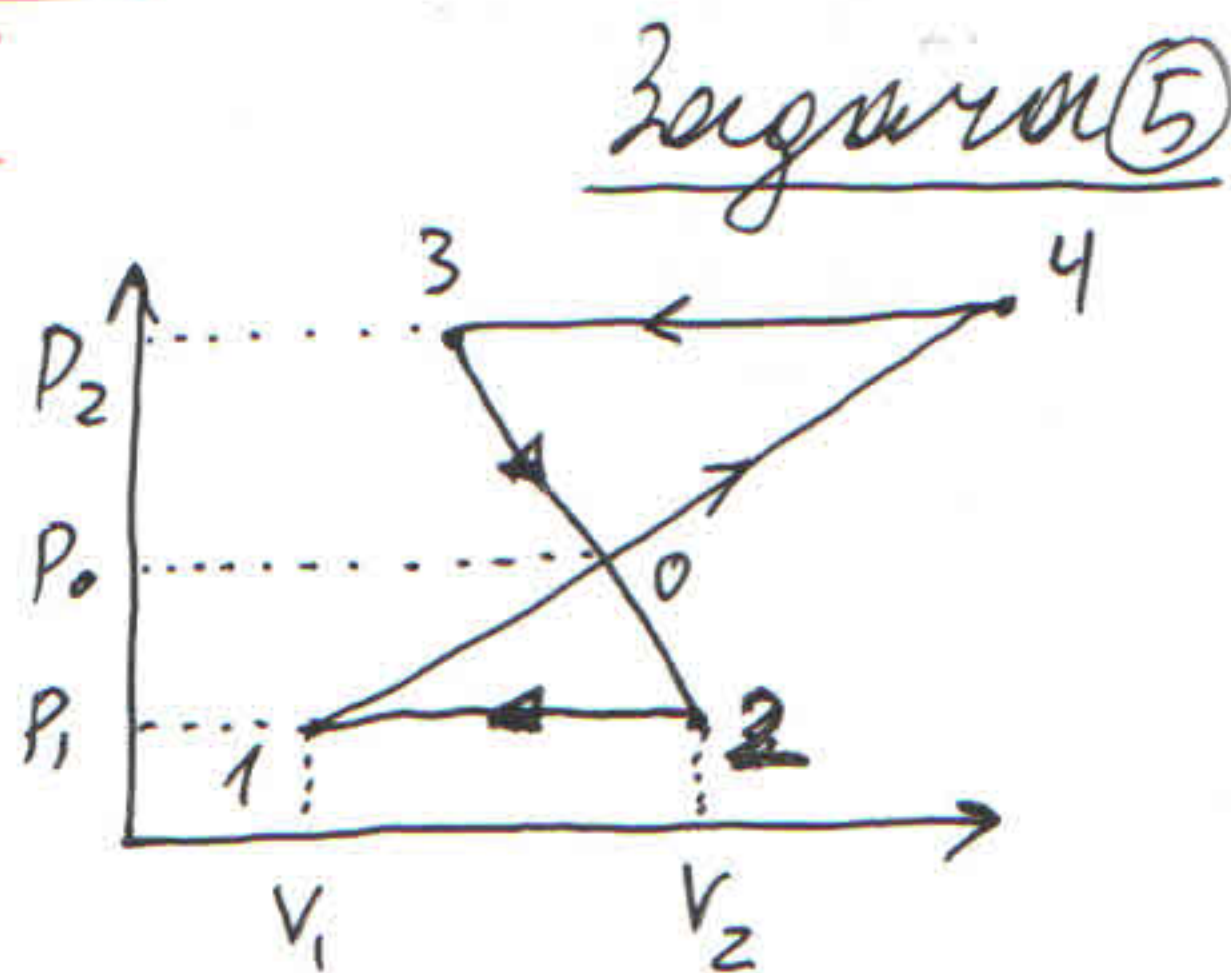
$$P_1 = 10^5 \text{ Па}$$

$$P_0 = 3 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

$$P_2 = 6 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

$$V_2 - V_1 = 6 \text{ м}$$

А-?



$$A = A_1 - A_2$$

$$A_1 = S_{12} > 0$$

$$A_2 = S_{043} < 0$$

$A < 0 !!$

$\Delta 120 \sim \Delta 043$ (по 3 углам)

$$\frac{A_1}{A_2} = \frac{(P_0 - P_1)^2}{(P_2 - P_0)^2}$$

$$A_1 = \frac{(P_0 - P_1)(V_2 - V_1)}{2}$$

$$A_2 = A_1 \left(\frac{P_0 - P_1}{P_2 - P_0} \right)^2$$

$$A = A_1 \left(1 - \left(\frac{P_0 - P_1}{P_2 - P_0} \right)^2 \right) = \frac{(P_0 - P_1)(V_2 - V_1)}{2} \left(1 - \frac{(P_0 - P_1)^2}{(P_2 - P_0)^2} \right) =$$

$$= \frac{6 \cdot (3 \cdot 10^5 - 10^5)}{2} \left(1 - \left(\frac{3 \cdot 10^5 - 10^5}{6 \cdot 10^5 - 3 \cdot 10^5} \right)^2 \right) =$$

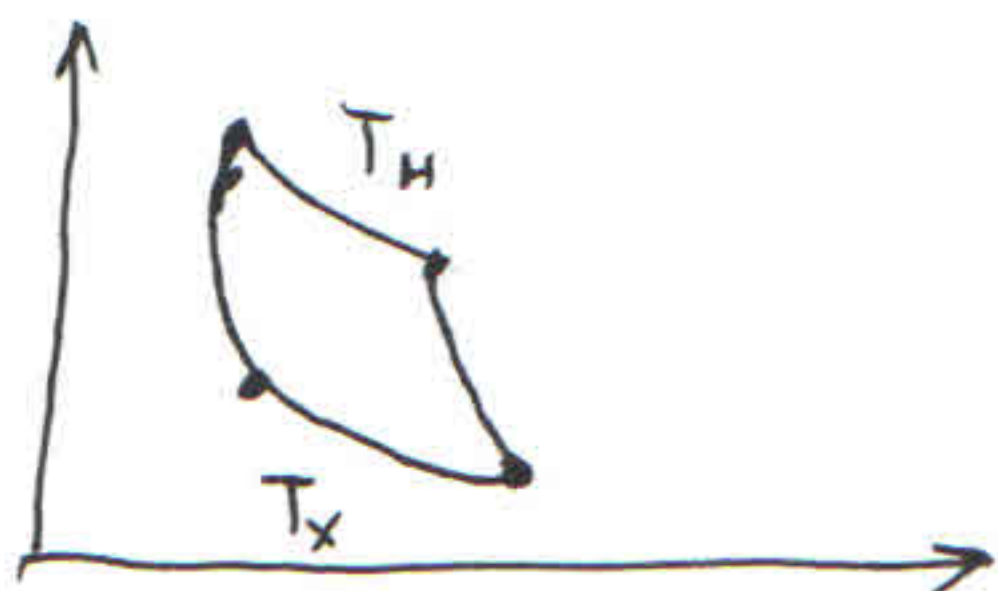
$$= 6 \cdot 10^5 \left(1 - \left(\frac{2}{3} \right)^2 \right) = \frac{6 \cdot 5 \cdot 10^5}{9} = \frac{10 \cdot 10^5}{3} = \frac{10^6}{3} \text{ Дж}$$

$A < 0$

(+)
(-)

Задача 6

дано:
 η, A
 T_x



для цикла Карно: $\eta = \frac{T_H - T_x}{T_H}$ $\frac{T_x}{T_H} = 1 - \eta$ $T_H = \frac{T_x}{1 - \eta}$

$$A = |\Delta U| = \frac{3}{2} R \nu (T_H - T_x)$$

$$A = \frac{3}{2} R \nu \left(\frac{T_x}{1 - \eta} - T_x \right)$$

$$A = \frac{3}{2} R \nu T_x \left(\frac{1}{1 - \eta} - 1 \right)$$

$$A = \frac{3}{2} R \nu T_x \left(\frac{\eta}{1 - \eta} \right)$$

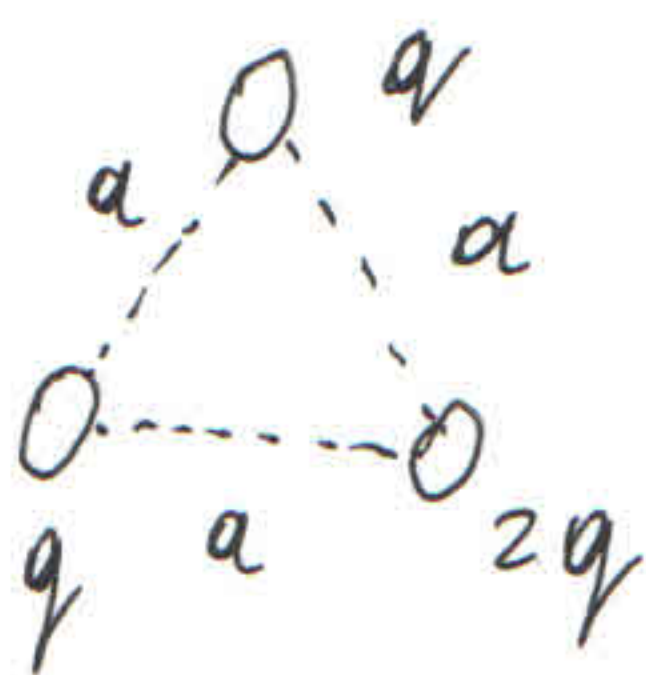
$$T_x = \frac{2 A (1 - \eta)}{3 R \nu \eta}$$

х. Ответ: $T_x = \frac{2 A (1 - \eta)}{3 R \nu \eta}$

Задача 7

при соприкосновении заряженного шарика с незаряженным и последующим их отдалением ~~для~~ каждый шарик останется заряженным, но величина заряда будет во все меньше

$$\begin{matrix} 0 & 4q \\ \Rightarrow & 0 & 4q \\ \Rightarrow & 0 & 2q & 2q \\ \Rightarrow & 2q & 2q & 0 \\ \Rightarrow & 0 & q & 3q \end{matrix}$$



$$W_{\eta} = \frac{k q q}{a} + \frac{k 2 q q}{a} + \frac{k 2 q q}{a} = k \frac{4 q^2}{a}$$

Ответ: $W_{\eta} = \frac{4 q^2}{a} \cdot \frac{1}{4 \pi \epsilon_0} = \frac{50^2}{4 \pi \epsilon_0 a}$

Задача 9

Законом сохранения энергии

$$\frac{q_m^2}{2C} = \frac{q^2}{2C} + \frac{L I^2}{2}$$

$$L I^2 = \frac{q_m^2}{C} - \frac{q^2}{C}$$

$$I = \sqrt{\frac{q_m^2 - q^2}{CL}} = \sqrt{\frac{10 \cdot 10^{-9}^2 - 6 \cdot 10^{-9}^2}{2 \cdot 10^{-6} \cdot 4 \cdot 5 \cdot 10^{-3}}} \approx 84 \cdot 10^{-3}$$

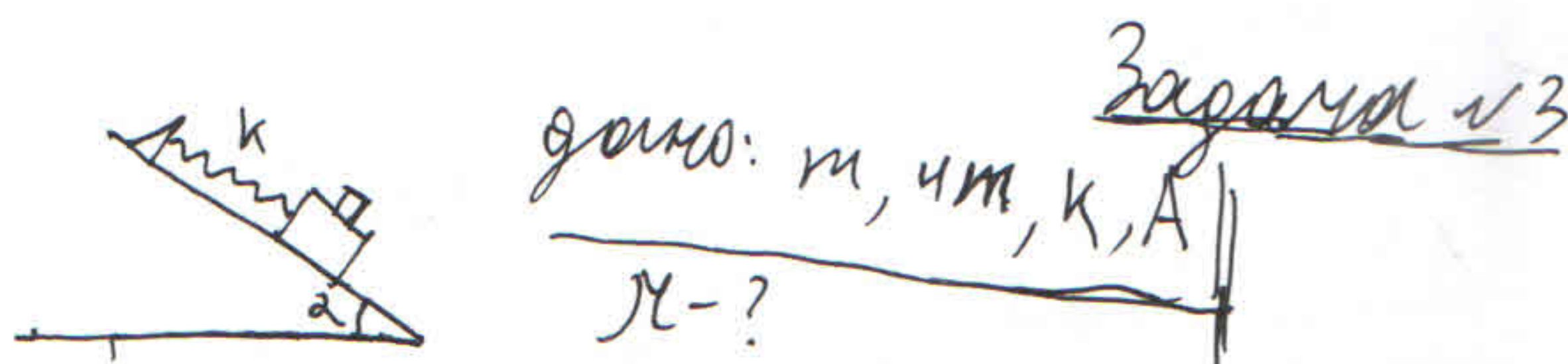
дано:

$C = 2 \text{ мкФ}$
 $L = 4,5 \text{ мГн}$
 $q_m = 10 \text{ нКл}$
 $q = 6 \text{ нКл}$
 $I = ?$

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

Шифр 119456
(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

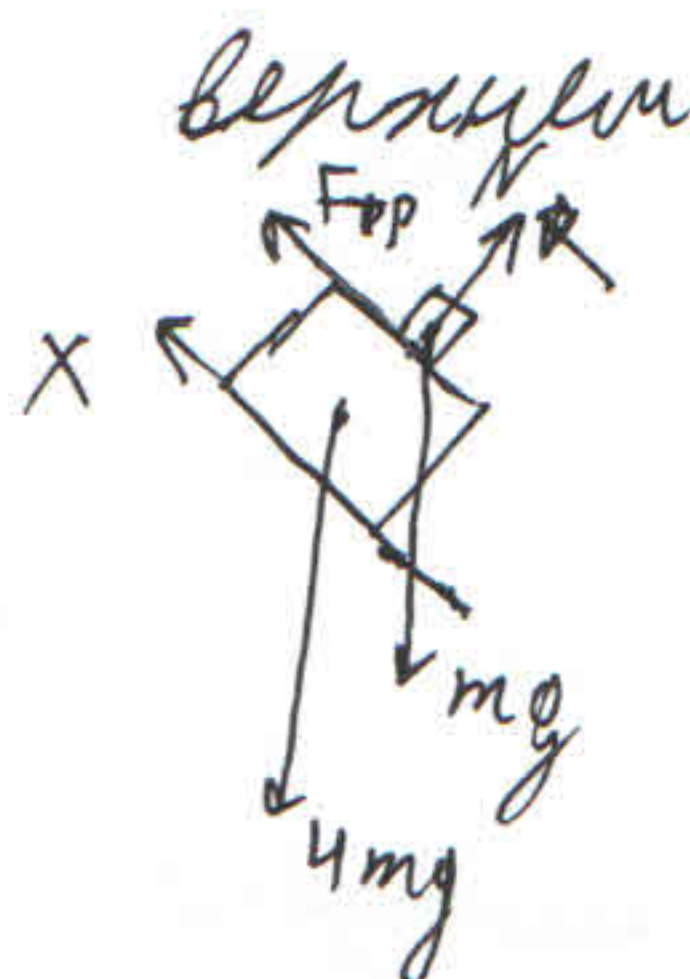
Вариант № 4



Найдем максимальное ускорение груза

$$a = A \omega^2 (-\sin(\omega t))$$

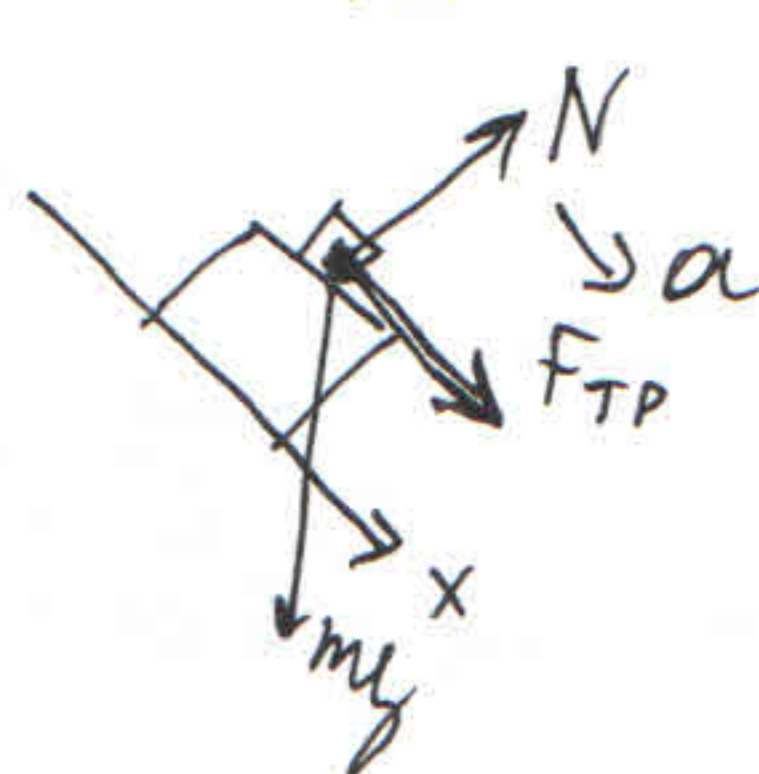
$a_m = A \omega^2$ (1) a_m достигается в ~~наиболее~~ крайних положениях:



Запишем II закон Ньютона для верхнего тела в верхнем положении

$$(M+m) a_m = F_{sp} - mg \sin \alpha$$

и нижнем



запишем II закон Ньютона для верхнего тела в нижнем положении

$$(M+m) a_m = F_{sp} + mg \sin \alpha. (2)$$

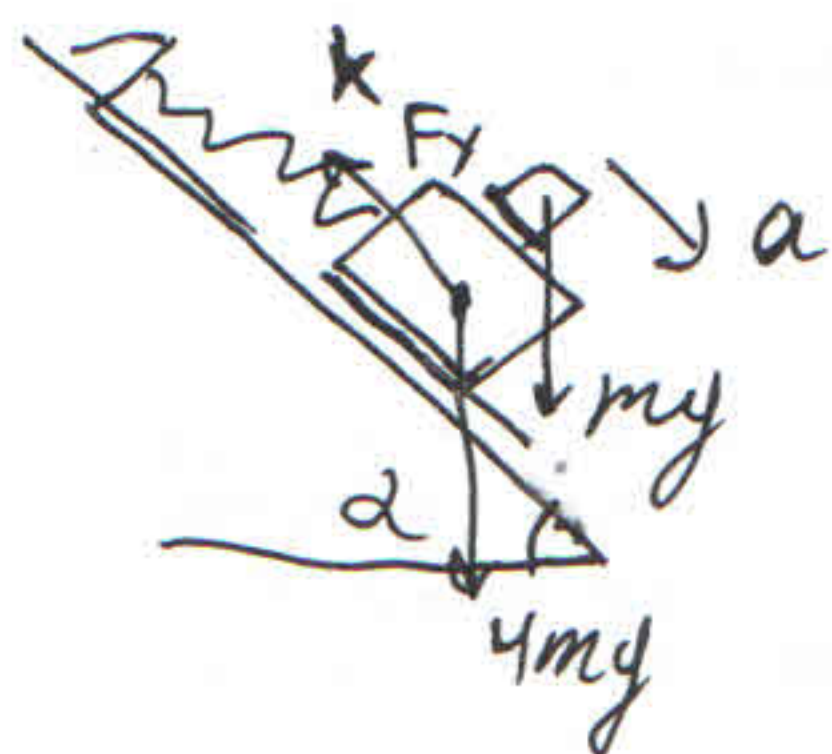
Внутренним положением F_{sp} не будем заниматься, рассмотрим в верхнем, для удержания верхнего груза неподвижно относительно нижнего.

$$F_{sp} = mg \cos \alpha \mu$$

$$mg \cos \alpha \mu = (M+m) a_m - mg \sin \alpha.$$

$$\mu = \frac{(M+m) a_m}{mg \cos \alpha} - \tan \alpha (3)$$

$$F_x = kx$$



$$(4m+m)a = -kx + (4mg + mg)\cos\alpha$$

$$x'' + \frac{k}{5m}x - g\cos\alpha = 0 \Rightarrow x = A\sin(\omega t)$$

$$x = A\sin$$

$$\omega^2 = \frac{k}{5m} \quad (4)$$

$$(4) \rightarrow (1) : a_m = \frac{Ak}{5m} \quad (5)$$

$$(5) \rightarrow (3) : \mu = \frac{(M+m) \cdot Ak}{mg\cos\alpha \cdot 5m} - \tan\alpha \quad \mu = \frac{(M+m)Ak}{5m^2 g\cos\alpha} - \tan\alpha \quad M = 4m$$

$$\mu = \frac{5m Ak}{5m^2 g\cos\alpha} - \tan\alpha = \frac{Ak}{5mg\cos\alpha} - \tan\alpha$$



Ответ $\mu = \frac{Ak}{5mg\cos\alpha} - \tan\alpha$ при уменьшении и увеличении груза изменится отрицательно и уравнение (5) выполняться не будет

Задача 8

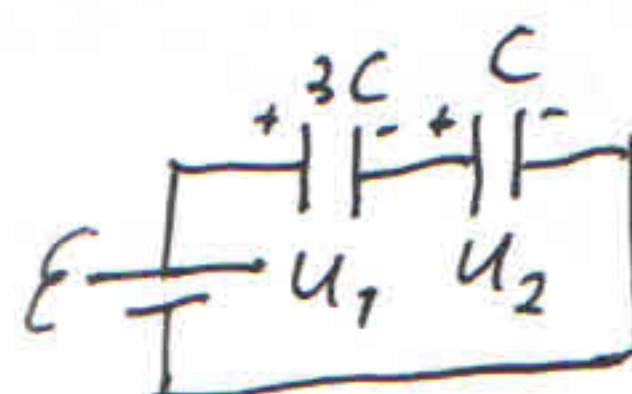
дано:

$E, 3C, C$

Q-?

при разомкнутом ключе

на $3C$ и C установившиеся



напряжений U_1 и U_2 и заряд q (на обложке конденсатора q заряд одинаков по закону сохранения энергии)

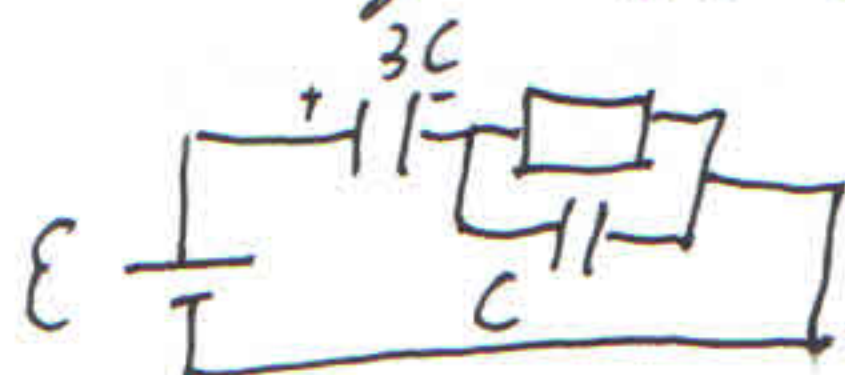
$$U_1 + U_2 = E \quad (1)$$

$$q = 3C U_1 \quad (2)$$

$$q = C U_2 \quad (3)$$

$$C_{\text{пол}} = 3C - C = \frac{3}{4}C$$

После замыкания ключа с разрядится до $U_2 = 0$, а $3C$ до $U_1 =$



$$q_2 = 3C E \quad (4)$$

$$3U_1 = U_2$$

$$W_1 = \frac{3C U_1^2}{2} + \frac{C U_2^2}{2} = \frac{3C U_1^2}{2} + \frac{9C U_1^2}{2} = 6C U_1^2 \quad (7)$$

$$Q = A_{\text{ист}} - \Delta W \quad (5)$$

$$\Delta W = W_2 - W_1 \quad (6)$$

$$W_2 = \frac{3C E^2}{2} \quad (8)$$

$$\Delta W = \frac{3C E^2}{2} - 6C U_1^2 \quad (9)$$

$$U_1 + 3U_1 = E$$

$$U_1 = \frac{E}{4} \quad (10)$$

$$(10) \rightarrow (9): \Delta W = \frac{3C\epsilon^2}{2} - \frac{6C\epsilon^2}{4} = 0 \quad (11)$$

$$A_{um} = \epsilon \Delta q \quad (12)$$

$$(15), (14) \rightarrow (13) \quad \Delta q = 3C \frac{\epsilon}{4} - 3C\epsilon = C\epsilon \left(-\frac{9}{4}\right) \quad (16)$$

$$\Delta q = q_2 - q_1 \quad (13)$$

$$(16) \rightarrow (12) \quad A_{um} = -\frac{9}{4} C \epsilon^2$$

$$q_1 = 3C \frac{\epsilon}{4} \quad (14)$$

$$q_2 = 3C\epsilon \quad (15)$$

$$Q = A_{um} - 0$$

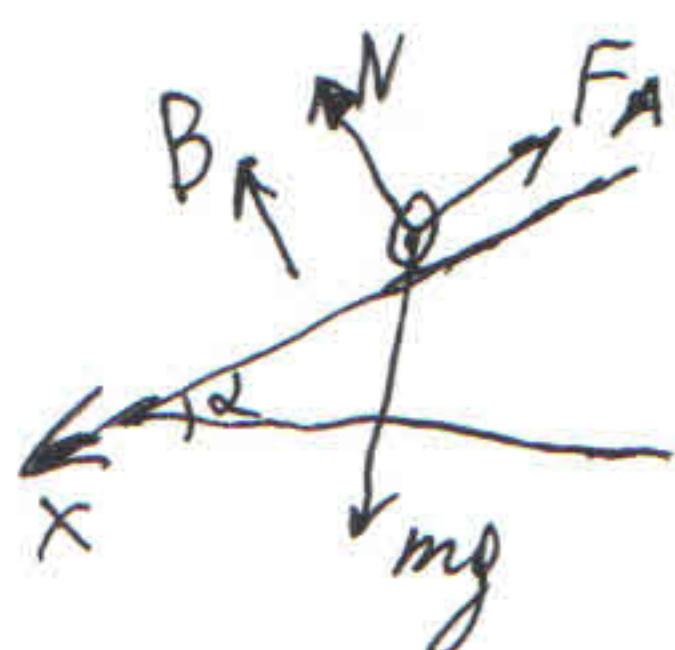
$$Q = -\frac{9}{4} C \epsilon^2$$

$A_{um} < 0 \Rightarrow$ ~~заряд отек~~ ^{ток ток $q_2 < q_1$}

$$\text{ответ } Q = -\frac{9}{4} C \epsilon^2$$



Задание 10



дано: α, b, m, B
 $a = ?$

суммарная емкость батарей конденсаторов $C+C+C=3C$

так как они соединены параллельно

$$\epsilon = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = -\frac{\Delta S B}{\Delta t} = \frac{\Delta x b B}{\Delta t} = \Delta v b B = a \Delta t b B$$

$$q = 3C\epsilon = 3C a b B \Delta t$$

$$I = \frac{q}{\Delta t} = 3C a b B$$

$$F_A = I b B$$

$$F_A = 3C a b^2 B^2$$

$$\text{OX: } ma = mg \cos \alpha - 3C a b^2 B^2$$

$$a(m + 3C b^2 B^2) = mg \cos \alpha$$

$$a = \frac{mg \cos \alpha}{m + 3C b^2 B^2}$$

$$\text{ответ: } a = \frac{mg \cos \alpha}{m + 3C b^2 B^2}$$

