# Олимпиада «Физтех» по физике

2017 год

Класс 9

| Шифр |
|---|

(заполняется секретарём)

## Билет 09-02

**1.** Мальчик бьет ногой по мячу, который лежит на горизонтальной поверхности земли на некотором расстоянии от вертикальной стены дома. Сразу после удара мяч полетел под углом $\alpha = 45^0$ к горизонту, затем упруго ударился о стену дома на высоте $H = 5$ м от поверхности земли и упал на землю на то же место, где лежал вначале.

1) Найти скорость мяча сразу после удара ногой.

2) Найти время $t_0$ полета мяча от момента удара ногой до падения на землю.

3) На каком расстоянии $L$ от стены лежал мяч вначале?

Ускорение свободного падения считать равным 10 м/с$^2$.

**2.** Шарик, скользящий по гладкой горизонтальной поверхности, сталкивается с бруском, который движется по той же поверхности навстречу шарику. Грань бруска, о которую ударяется шарик, перпендикулярна вектору скорости шарика. Масса бруска много больше массы шарика. После упругого столкновения с бруском, шарик движется с кинетической энергией, которая в 121 раз больше его кинетической энергии движения до столкновения. Найти отношение начальных скоростей движения шарика и бруска.

**3.** Два груза массами $m_1 = 49$ г и $m_2 = 51$ г висят в поле тяжести на длинной нити, перекинутой через легкий блок, который может вращаться без трения. В начальный момент грузу $m_1$ сообщается скорость $V_0 = 20$ см/с, направленная вниз, а грузу $m_2$ сообщается такая же скорость, направленная вверх.

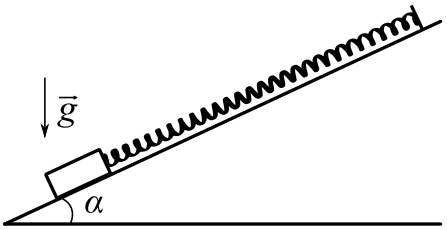
1) Найти ускорение грузов.

2) Найти максимальное смещение груза $m_1$ вниз.

3) Найти путь $S$, пройденный грузом $m_1$ через время $\tau = 3$ с после начала его движения.

Ускорение свободного падения считать равным 10 м /с$^2$.

**4.** На наклоненной под углом $\alpha$ ($\cos\alpha = 5/7$) к горизонту поверхности лежит брусок, прикрепленный к упругой невесомой и достаточно длинной пружине (см. рис.). Коэффициент трения бруска о поверхность $\mu = 7/30$. Брусок отклоняют вниз вдоль поверхности на расстояние $A_0 = 32$ см от точки *O*, соответствующей положению равновесия бруска при отсутствии трения. Затем брусок отпускают, и начинаются затухающие колебания. Если брусок подвесить на этой пружине, то она удлиняется на $x_0 = 30$ см.




1) На каком расстоянии от точки *O* окажется брусок при первой остановке?

2) На каком расстоянии от точки *O* брусок остановится окончательно?

**5.** Допустим, что в Вашем распоряжении есть четыре резистора с сопротивлением $R = 15$ Ом каждый.

1) Как следует соединить эти резисторы, чтобы сопротивление полученной цепочки было равно $R_0 = 5R/3$? Ответ подкрепите схемой соединения и расчетом эквивалентного сопротивления.

2) Собранную по Вашей схеме цепочку подключают к источнику постоянного напряжения $U = 75$ В. Какая наименьшая мощность $P$ рассеивается на одном отдельно взятом резисторе? Сколько таких резисторов?

# Олимпиада «Физтех» по физике

2017 год

Класс 9

Шифр

(заполняется секретарём)

## Билет 09-03

**1.** Мальчик бьет ногой по мячу, который лежит на горизонтальной поверхности земли на некотором расстоянии от вертикальной стены дома. Сразу после удара мяч полетел под углом $\alpha = 60^0$ к горизонту, затем упруго ударился о стену дома на некоторой высоте от поверхности земли и упал на землю на то же место, где лежал вначале. При этом время полета мяча от момента удара ногой до падения на землю оказалось $t_0 = 1$ с.

1) Найти высоту $H$ от поверхности земли до места удара мяча о стену дома.
2) Найти скорость мяча сразу после удара ногой.
3) На каком расстоянии $L$ от стены лежал мяч вначале?

Ускорение свободного падения считать равным 10 м/с$^2$.

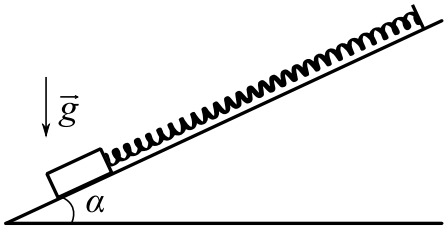
**2.** Шарик, скользящий по гладкой горизонтальной поверхности, догоняет брусок, который движется в том же направлении по этой поверхности. Грань бруска, о которую ударяется шарик, перпендикулярна вектору скорости шарика. Масса бруска много больше массы шарика. После упругого столкновения шарик скользит в первоначальном направлении с кинетической энергией, которая в 49 раз меньше его начальной кинетической энергии. Найти отношение начальных скоростей скольжения шарика и бруска.

**3.** Два груза массами $m_1$ и $m_2$ $\left(m_2 > m_1\right)$ висят в поле тяжести на длинной нити, перекинутой через легкий блок, который может вращаться без трения. В начальный момент грузу $m_1$ сообщается скорость $V_0 = 25$ см/с, направленная вниз, а грузу $m_2$ сообщается такая же скорость, направленная вверх. Через время $t_1 = 2$ с смещение груза $m_2$ вверх достигает максимума.

1) Найти ускорение, с которым движутся грузы.
2) Найти отношение масс грузов $m_2 / m_1$ .
3) Найти путь $S$, пройденный грузом $m_2$ спустя время $t_2 = 5$ с после начала движения.

Ускорение свободного падения считать равным 10 м/с$^2$.

**4.** На наклоненной под углом $\alpha$ $(\cos\alpha = 5/6)$ к горизонту поверхности лежит брусок, прикрепленный к упругой невесомой и достаточно длинной пружине (см. рис.). Коэффициент трения бруска о поверхность $\mu = 1/5$. Брусок отклоняют вверх вдоль поверхности на расстояние $A_0 = 60$ см от точки *O*, соответствующей положению равновесия бруска при отсутствии трения. Затем брусок отпускают, и начинаются затухающие колебания. Если брусок подвесить на этой пружине, то она удлиняется на $x_0 = 42$ см.




1) На каком расстоянии от точки *O* окажется брусок при первой остановке?
2) На каком расстоянии от точки *O* брусок остановится окончательно?

**5.** Допустим, что в Вашем распоряжении есть четыре резистора с сопротивлением $R = 15$ Ом каждый.

1) Как следует соединить эти резисторы, чтобы сопротивление полученной цепочки было равно $R_0 = 3R/5$? Ответ подкрепите схемой соединения и расчетом эквивалентного сопротивления.

2) Собранную по Вашей схеме цепочку подключают к источнику постоянного напряжения $U = 45$ В. Какая наименьшая мощность $P$ рассеивается на одном отдельно взятом резисторе? Сколько таких резисторов?

# Олимпиада «Физтех» по физике

2017 год

Класс 9

| Шифр |
|---|

(заполняется секретарём)

## Билет 09-04

**1.** Два груза массами $m_1 = 39$ г и $m_2 = 41$ г висят в поле тяжести на длинной нити, перекинутой через легкий блок, который может вращаться без трения. В начальный момент грузу $m_1$ сообщается скорость $V_0 = 30$ см/с, направленная вниз, а грузу $m_2$ сообщается такая же скорость, направленная вверх.

1) Найти ускорение грузов.
2) Найти максимальное смещение груза $m_1$ вниз.
3) Найти путь $S$, пройденный грузом $m_1$ через время $\tau = 2,5$ с после начала его движения.

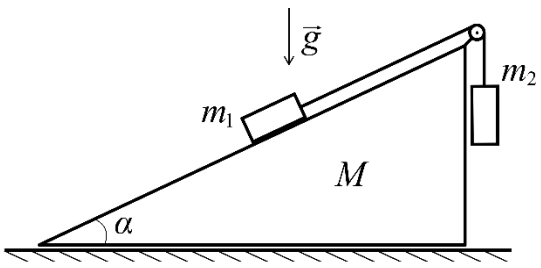
Ускорение свободного падения считать равным 10 м /с$^2$.

**2.** Шарик, скользящий по гладкой горизонтальной поверхности, догоняет брусок, который движется в том же направлении по этой поверхности. Грань бруска, о которую ударяется шарик, перпендикулярна вектору скорости шарика. Масса бруска много больше массы шарика. После упругого столкновения шарик скользит в противоположном направлении с кинетической энергией, которая в 9 раз меньше его начальной кинетической энергии. Найти отношение начальных скоростей скольжения шарика и бруска.

**3.** Груз массой $m = 100$ г прикреплен к концу однородного каната массой $3m$ и длиной $l = 70$ см. Другой конец каната прикреплен к вертикальной оси. Канат и груз вращаются вокруг оси, скользя по гладкой горизонтальной поверхности. Частота вращения $n = 1$ с$^{-1}$. Размер груза много меньше длины каната.

1) Найти минимальную силу натяжения каната.
2) Во сколько раз максимальная сила натяжения каната больше минимальной?

**4.** Клин массой $M$ находится на шероховатой горизонтальной поверхности стола. Через блок, укреплённый на вершине клина, перекинута лёгкая нерастяжимая нить, связывающая грузы, массы которых $m_1$ и $m_2$ (см. рис). Грузы удерживают, затем отпускают. После этого грузы движутся, а клин покоится. Гладкая наклонная поверхность клина образует с горизонтальной плоскостью угол $\alpha(\sin\alpha = 0,8)$. Считайте $M = 2m, m_1 = m, m_2 = 2m$. Массой блока и трением в его оси пренебречь.




1) Найдите ускорение грузов.
2) При каких значениях коэффициента $\mu$ трения скольжения клина по столу клин будет оставаться в покое?

**5.** Допустим, что в Вашем распоряжении есть четыре резистора с сопротивлением $R = 30$ Ом каждый.

1) Как следует соединить эти резисторы, чтобы сопротивление полученной цепочки было равно $R_0 = 3R/4$? Ответ подкрепите схемой соединения и расчетом эквивалентного сопротивления.
2) Собранную по Вашей схеме цепочку подключают к источнику постоянного напряжения $U = 90$ В. Какая наименьшая мощность $P$ рассеивается на одном отдельно взятом резисторе? Сколько таких резисторов?

# Олимпиада «Физтех» по физике

2017 год

Класс 9

| Шифр |
|---|

(заполняется секретарём)

## Билет 09-05

**1.** Два груза массами $m_1$ и $m_2$ $\left(m_2 > m_1\right)$ висят в поле тяжести на длинной нити, перекинутой через легкий блок, который может вращаться без трения. В начальный момент грузу $m_1$ сообщается скорость $V_0 = 10$ см/с, направленная вниз, а грузу $m_2$ сообщается такая же скорость, направленная вверх. Через время $t_1 = 1$ с смещение груза $m_2$ вверх достигает максимума.

1) Найти ускорение, с которым движутся грузы.
2) Найти отношение масс грузов $m_2 / m_1$ .
3) Найти путь $S$, пройденный грузом $m_2$ спустя время $t_2 = 3$ с после начала движения.

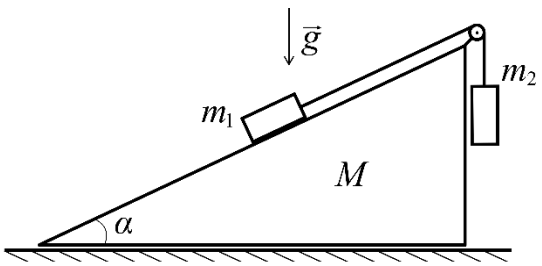
Ускорение свободного падения считать равным 10 м/с$^2$.

**2.** Шарик, скользящий по гладкой горизонтальной поверхности, сталкивается с бруском, который движется по той же поверхности навстречу шарику. Грань бруска, о которую ударяется шарик, перпендикулярна вектору скорости шарика. Масса бруска много больше массы шарика. После упругого столкновения с бруском, шарик движется с кинетической энергией, которая в 100/49 раз больше его кинетической энергии движения до столкновения. Найти отношение начальных скоростей движения шарика и бруска.

**3.** Брусок массой $m = 90$ г прикреплен к концу однородной веревки массой $4m$ и длиной $l = 36$ см. Другой конец веревки прикреплен к вертикальной оси. Веревка и брусок вращаются вокруг оси, скользя по гладкой горизонтальной поверхности. Период вращения $T = 0,6$ с. Размер бруска много меньше длины веревки.

1) Найти минимальную силу натяжения веревки.
2) Во сколько раз максимальная сила натяжения веревки больше минимальной?

**4.** Клин находится на шероховатой горизонтальной поверхности стола. Коэффициент трения между клином и столом $\mu = 0,1$. Через блок, укреплённый на вершине клина, перекинута лёгкая нерастяжимая нить, связывающая грузы, массы которых $m_1 = 5m$ и $m_2 = m$ (см. рис.) Грузы удерживают, затем отпускают. После этого грузы движутся, а клин покоится. Гладкая наклонная поверхность клина образует с горизонтальной плоскостью угол $\alpha\left(\sin\alpha = 0,6\right)$. Массой блока и трением в его оси пренебречь.




1) Найдите ускорение грузов.
2) При какой наименьшей массе $M$ клина он при движении грузов будет оставаться в покое?

**5.** Допустим, что в Вашем распоряжении есть четыре резистора с сопротивлением $R = 15$ Ом каждый.

1) Как следует соединить эти резисторы, чтобы сопротивление полученной цепочки было равно $R_0 = 2R/5$ ? Ответ подкрепите схемой соединения и расчетом эквивалентного сопротивления.
2) Собранную по Вашей схеме цепочку подключают к источнику постоянного напряжения $U = 60$ В. Какая наименьшая мощность $P$ рассеивается на одном отдельно взятом резисторе? Сколько таких резисторов?

# Олимпиада Физтех-2017. Физика. Решения. Б. 09-02

**1.** При ударе скорость мяча горизонтальна.

**1)** $\left(V\sin\alpha\right)^2 = 2gH$. $V = \dfrac{\sqrt{2gH}}{\sin\alpha} \approx 14$ м/с.

**2)** $H = \dfrac{1}{2}g\left(t_0/2\right)^2$. $t_0 = \sqrt{\dfrac{8H}{g}} \approx 2$ с.

**3)** $L = V\cos\alpha \cdot \dfrac{t_0}{2} = \dfrac{2H}{\mathrm{tg}\alpha} = 10$ м.

**2.** Скорость шарика относительно бруска до и после удара $V+u$. После удара скорость шарика $2u+V$. $\dfrac{1}{2}m\left(2u+V\right)^2 = 121\cdot\dfrac{1}{2}mV^2$. $2u+V = 11V$. $\dfrac{V}{u} = \dfrac{1}{5}$.

**3. 1)** $a = \dfrac{m_2 - m_1}{m_2 + m_1}g = 0,2$ м/с$^2$.

**2)** $x_1 = \dfrac{V_0^2}{2a} = 0,1$ м.

**3)** Координата $x_2 = x\left(\tau\right) = V_0\tau - \dfrac{1}{2}a\tau^2 = -0,3$ м. Путь $S = 2x_1 + \left|x_2\right| = 0,5$ м.

**4. 1)** Пусть брусок остановился первый раз по другую сторону от т. $O$ на расстоянии $A_1$ от нее. Из ЗСЭ можно показать, что $A_0 - A_1 = 2\mu x_0\cos\alpha = 10$ см. Отсюда $A_1 = A_0 - 2\mu x_0\cos\alpha = 22$ см.

**2)** Идут колебания с уменьшающейся амплитудой (расстояние до т. $O$). Из ЗСЭ можно показать, что при движении как вверх, так и вниз амплитуда уменьшается каждый раз на $\Delta = 2\mu x_0\cos\alpha = 10$ см. Зона покоя $x < \mu x_0\cos\alpha = 5$ см, где $x -$ расстояние от т. $O$. Если остановка в зоне покоя, то остановка навсегда. У нас $A_0 = 32, A_1 = 22, A_2 = 12, A_3 = 2$. Совершено 3 полуколебания, остановка на 2 см выше т. $O$.

**5. 1)** Берем два последовательно соединенных резистора, эта группа соединяется с третьим параллельно, полученное соединение из трех резисторов соединяется последовательно с четвертым.

**2)** $P = \dfrac{U^2}{25R} = 15$ Вт. Таких 2 резистора.

# Олимпиада Физтех-2017. Физика. Решения. Б. 09-03

**1.** При ударе скорость мяча горизонтальна.

**1)** $H = \frac{1}{2} g \left(t_0 / 2\right)^2 = \frac{g t_0^2}{8} \approx 1,25$ м.

**2)** $V \sin\alpha = g \frac{t_0}{2}$. $V = \frac{g t_0}{2 \sin\alpha} \approx 5,8$ м/с.

**3)** $L = V \cos\alpha \cdot \frac{t_0}{2} = \frac{g t_0^2}{4 \mathrm{tg}\alpha} \approx 1,4$ м.

**2.** Скорость шарика относительно бруска до и после удара $V - u$. После удара скорость шарика $2u - V$. $\frac{1}{2} m \left(2u - V\right)^2 = \frac{1}{49} \cdot \frac{1}{2} m V^2$. $2u - V = \frac{1}{7} V$. $\frac{V}{u} = \frac{7}{4}$.

**3. 1)** $a = \frac{V_0}{t_1} = 0,125 = \frac{1}{8}$ (м/с$^2$).

**2)** $a = \frac{m_2 - m_1}{m_2 + m_1} g$. $\frac{m_2}{m_1} = \frac{g/a + 1}{g/a - 1} = \frac{81}{79} \approx 1,03$.

**3)** Найдем координаты $m_2$. $x_1 = x\left(t_1\right) = \frac{1}{2} V_0 t_1 = 0,25$ м. $x_2 = x\left(t_2\right) = V_0 t_2 - \frac{1}{2} a t_2^2 = -\frac{5}{16} \approx -0,31$ (м).

Путь $S = 2x_1 + \left|x_2\right| = \frac{13}{16} \approx 0,81$ (м).

**4. 1)** Пусть брусок остановился первый раз по другую сторону от т. $O$ на расстоянии $A_1$ от нее. Из ЗСЭ можно показать, что $A_0 - A_1 = 2\mu x_0 \cos\alpha = 14$ см. Отсюда $A_1 = A_0 - 2\mu x_0 \cos\alpha = 46$ см.

**2)** Идут колебания с уменьшающейся амплитудой (расстояние до т. $O$). Из ЗСЭ можно показать, что при движении как вверх, так и вниз амплитуда уменьшается каждый раз на $\Delta = 2\mu x_0 \cos\alpha = 14$ см. Зона покоя $x < \mu x_0 \cos\alpha = 7$ см, где $x$ – расстояние от т. $O$. Если остановка в зоне покоя, то остановка навсегда. У нас $A_0 = 60, A_1 = 46, A_2 = 32, A_3 = 18, A_4 = 4$. Совершено 4 полуколебания, остановка на 4 см выше т. $O$.

**5. 1)** Берем два параллельно соединенных резистора, эта группа соединяется с третьим последовательно, полученное соединение из трех резисторов соединяется параллельно с четвертым.

**2)** $P = \frac{U^2}{9R} = 15$ Вт. Таких 2 резистора.

# Олимпиада Физтех-2017. Физика. Решения. Б. 09-04

**1. 1)** $a = \dfrac{m_2 - m_1}{m_2 + m_1} g = 0,25$ м/с$^2$.

**2)** $x_1 = \dfrac{V_0^2}{2a} = 0,18$ м.

**3)** Координата $x_2 = x(\tau) = V_0\tau - \dfrac{1}{2}a\tau^2 \approx -0,03$ м. Путь $S = 2x_1 + |x_2| \approx 0,39$ м.

**2.** Скорость шарика относительно бруска до и после удара $V - u$. После удара скорость шарика $V - 2u$. $\dfrac{1}{2}m(V-2u)^2 = \dfrac{1}{9}\cdot\dfrac{1}{2}mV^2$. $V - 2u = \dfrac{1}{3}V$. $\dfrac{V}{u} = 3$.

**3. 1)** $F_{MIN} = m\omega^2 l = m(2\pi n)^2 l \approx 2,8$ Н.

**2)** По второму закону Ньютона $F_{MAX} - F_{MIN} = M\omega^2\dfrac{l}{2}$. $F_{MAX} / F_{MIN} = 1 + \dfrac{M}{2m} = \dfrac{5}{2}$.

**4. 1)** $a = \dfrac{2 - \sin\alpha}{3} g = 0,4g$.

**2)** На клин со стороны стола действуют сила нормального давления $N = \dfrac{113}{25}mg = 4,52mg$ и сила трения $F_{TP} = ma\cos\alpha = \dfrac{6}{25}mg$. Клин покоится, если $F_{TP} < \mu N$. Окончательно $\mu > \dfrac{6}{113} \approx 0,053$.

**5. 1)** Берем три последовательно соединенных резистора, эта группа соединяется параллельно с четвертым.

**2)** $P = \dfrac{U^2}{9R} = 30$ Вт. Таких 3 резистора.

# Олимпиада Физтех-2017. Физика. Решения. Б. 09-05

**1. 1)** $a = \frac{V_0}{t_1} = 0{,}1$ м/с$^2$.

**2)** $a = \frac{m_2 - m_1}{m_2 + m_1} g$. $\frac{m_2}{m_1} = \frac{g/a + 1}{g/a - 1} = \frac{101}{99} \approx 1{,}02$.

**3)** Найдем координаты $m_2$. $x_1 = x(t_1) = \frac{1}{2} V_0 t_1 = 0{,}05$ м. $x_2 = x(t_2) = V_0 t_2 - \frac{1}{2} a t_2^2 = -0{,}15$ м.

Путь $S = 2x_1 + |x_2| = 0{,}25$ м.

**2.** Скорость шарика относительно бруска до и после удара $V + u$. После удара скорость шарика $2u + V$. $\frac{1}{2} m (2u + V)^2 = \frac{100}{49} \cdot \frac{1}{2} m V^2$. $2u + V = \frac{10}{7} V$. $\frac{V}{u} = \frac{14}{3}$.

**3. 1)** $F_{MIN} = m\omega^2 l = m(2\pi / T)^2 l \approx 3{,}5$ Н.

**2)** По второму закону Ньютона $F_{MAX} - F_{MIN} = M\omega^2 \frac{l}{2}$. $F_{MAX} / F_{MIN} = 1 + \frac{M}{2m} = 3$.

**4. 1)** $a = \frac{5\sin\alpha - 1}{6} g = \frac{g}{3}$.

**2)** На клин со стороны стола действуют сила нормального давления $N = Mg + \frac{16}{3} mg$ и сила трения $F_{TP} = 5ma\cos\alpha = \frac{4}{3} mg$. Клин покоится, если $F_{TP} < \mu N$. Окончательно $M > \frac{4}{3} m \left( \frac{1}{\mu} - 4 \right) = 8m$.

**5. 1)** Берем два последовательно соединенных резистора, эта группа соединяется параллельно с третьим и четвертым.

**2)** $P = \frac{U^2}{4R} = 60$ Вт. Таких 2 резистора.

# Олимпиада «Физтех». 26.02.2017. МФТИ
# Критерии оценивания

## Билеты 09-02, 09-03

### Задача 1. (10 очков)

1) Есть понимание, что при ударе скорость горизонтальна ..... 2 очка
   Ответ на 1-й вопрос ..... 2 очка
2) Ответ на 2-й вопрос ..... 3 очка
3) Ответ на 3-й вопрос ..... 3 очка

### Задача 2. (10 очков)

Правильное выражение для ск-ти шарика после удара ..... 5 очков
Ответ ..... 5 очков

### Задача 3. (10 очков)

1) Ответ на 1-й вопрос ..... 3 очка
2) Ответ на 2-й вопрос ..... 3 очка
2) Ответ на 3-й вопрос ..... 4 очка

### Задача 4. (10 очков)

1) Правильный ЗСЭ ..... 2 очка
   Ответ на 1-й вопрос ..... 4 очка
2) Ответ на 2-й вопрос ..... 4 очка

### Задача 5. (10 очков)

1) Ответ на 1-й вопрос ..... 6 очков
2) Ответ на 2-й вопрос ..... 4 очка

# Олимпиада «Физтех». 26.02.2017. МФТИ
# Критерии оценивания

## Билеты 09-04, 09-05

### Задача 1. (10 очков)

1) Ответ на 1-й вопрос .....… 3 очка
2) Ответ на 2-й вопрос ……..……..… 3 очка
2) Ответ на 3-й вопрос ……..……..… 4 очка

### Задача 2. (10 очков)

Правильное выражение для ск-ти шарика после удара …...… 5 очков
Ответ ……..……...…….…… 5 очков

### Задача 3. (10 очков)

1) Аналитический ответ на 1-й вопрос ……..…… 2 очка
Численный ответ на 1-й вопрос ……..……..…… 1 очко
2) Правильное ур-е 2 зак. Ньютона для каната (веревки) …...… 3 очка
Ответ на 2-й вопрос ……..……..... 4 очка

### Задача 4. (10 очков)

1) Ответ на 1-й вопрос .....… 4 очка
2) Найдена сила нормального давления со стороны стола ……. 2 очка
Найдена сила трения со стороны стола ……..…. 2 очка
Ответ на 2-й вопрос ……..……..… 2 очка

### Задача 5. (10 очков)

1) Ответ на 1-й вопрос .....… 6 очков
2) Ответ на 2-й вопрос ……..……..… 4 очка