

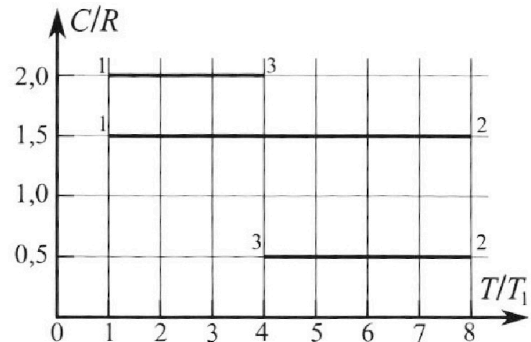
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 10-02

*Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.*



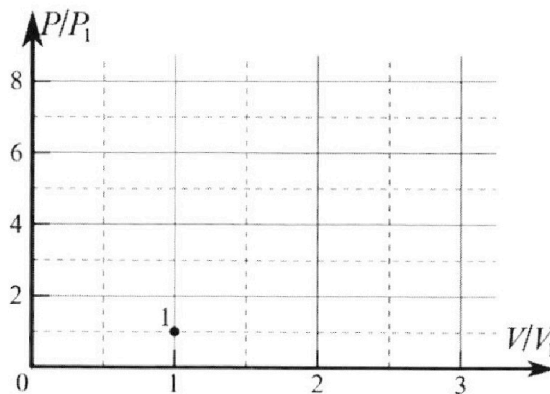
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости  $C$  газа (в единицах универсальной газовой постоянной) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1 (см. рис.). Температура газа в состоянии 1 равна  $T_1 = 200$  К, универсальная газовая постоянная  $R = 8,31$  Дж/(моль·К).



1) Найдите работу  $A_{31}$  внешних сил над газом в процессе 3-1.

2) Найдите КПД  $\eta$  цикла.

3) Постройте график цикла в координатах  $(P/P_1, V/V_1)$ , где  $P_1$  и  $V_1$  давление и объём в состоянии 1. Для построения графика перенесите шаблон (см. ниже) в чистовик своей работы. Точка 1 на графике соответствует состоянию 1 газа в цикле.



5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной  $a$  (см. рис.). Сила натяжения каждой нити  $T$ .

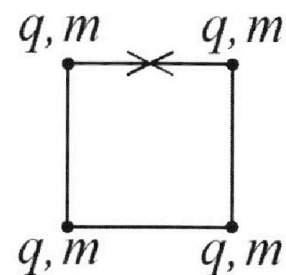
1) Найдите абсолютную величину  $|q|$  заряда каждого шарика.

Одну нить пережигают.

2) Найдите кинетическую энергию  $K$  любого, выбранного Вами шарика, в тот момент, когда шарики будут находиться на одной прямой.

3) На каком расстоянии  $d$  от точки старта будет находиться в этот момент любой из двух шариков, изначально расположенных сверху (на рисунке)?

Электрическая постоянная  $\epsilon_0$ . Действие сил тяжести считайте пренебрежимо малым.





Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

Вариант 10-02

Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.



1. Футболист наносит удар по мячу, лежащему на горизонтальной площадке. Вектор начальной скорости мяча образует угол  $\alpha = 45^\circ$  с горизонтальной плоскостью. Горизонтальное перемещение мяча за время полета  $L = 20$  м.

1) Найдите начальную скорость  $V_0$  мяча.

Если футболист направляет мяч под различными углами к горизонту, из той же точки с начальной скоростью  $V_0$  к высокой вертикальной стенке, то наибольшая высота, на которой происходит соударение мяча со стенкой, равна  $H = 3,6$  м.

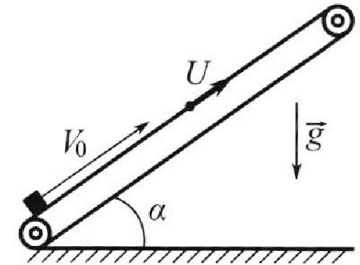
2) На каком расстоянии  $S$  от точки старта находится стенка?

Ускорение с вободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. Мяч движется в плоскости перпендикулярной стенке. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

2. Лента транспортера, предназначенного для подъема грузов, образует с горизонтальной плоскостью угол  $\alpha$  такой, что  $\sin \alpha = 0,6$  (см. рис.).

В первом опыте небольшую коробку ставят на покоящуюся ленту транспортера и сообщают коробке начальную скорость  $V_0 = 6$  м/с. Коэффициент трения скольжения коробки по ленте  $\mu = 0,5$ .

Движение коробки прямолинейное.



1) Какой путь  $S$  пройдет коробка в первом опыте к моменту времени  $T = 1$  с?

Во втором опыте коробку ставят на ленту транспортера, движущуюся со скоростью  $U = 1$  м/с, и сообщают коробке скорость  $V_0 = 6$  м/с (см. рис.).

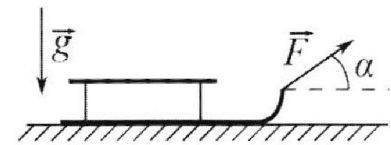
2) Через какое время  $T_1$  после старта скорость коробки во втором опыте будет равна  $U = 1$  м/с?

3) На каком расстоянии  $L$  от точки старта скорость коробки обратится в ноль во втором опыте? Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. Все кинематические величины измерены в лабораторной системе отсчета.

3. Санки дважды разгоняют из состояния покоя до одной и той же кинетической энергии  $K$  на одинаковых участках пути.

В первом случае санки тянут, действуя постоянной по модулю силой, направленной под углом  $\alpha$  к горизонту (см. рис.).

Во втором случае такая же по модулю сила, приложенная к санкам, направлена горизонтально. После достижения кинетической энергии  $K$  действие внешней силы прекращается.



1) Найдите коэффициент  $\mu$  трения скольжения санок по горизонтальной поверхности.

2) Найдите перемещение  $S$  санок в процессе торможения до остановки. Ускорение свободного падения  $g$ . Санки находятся на горизонтальной поверхности. Движение санок прямолинейное.

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

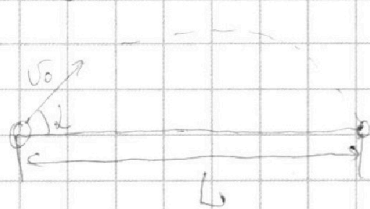
- 1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



Условие



$$\alpha = 45^\circ$$

$$L = 200 \text{ м}$$

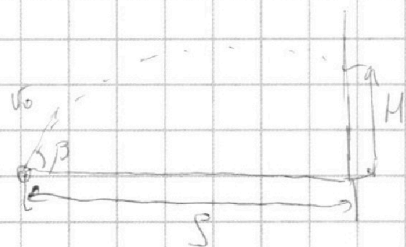
$$L = \frac{v_0^2}{g} \sin(2\alpha)$$

$$v_0^2 = \frac{gL}{\sin(2\alpha)}$$

$$v_0 = \sqrt{gL \cdot \frac{1}{\sin(2\alpha)}}$$

$$v_0 = \sqrt{200} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$v_0 = 10\sqrt{2} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$



$$H = v_0 \sin \beta \cdot t - \frac{gt^2}{2}$$

$$t = \frac{S}{v_0 \cos \beta}$$

$$H = S \tan \beta - \frac{gS^2}{2v_0^2 \cos^2 \beta}$$

$$H = S \frac{\sqrt{1 - \cos^2 \beta}}{\cos \beta} - \frac{gS^2}{2v_0^2 \cos^2 \beta}$$

$$\text{Пусть } \frac{1}{\cos^2 \beta} = x$$

$$(1) H = S \sqrt{x-1} - x \frac{gS^2}{2v_0^2}$$

Берем производную

$$\frac{S}{2\sqrt{x-1}} - \frac{gS^2}{2v_0^2} = 0$$

, т.к.  $H \rightarrow \text{max}$ , то есть максимум функции  $f(x) = S \sqrt{x-1} - x \frac{gS^2}{2v_0^2}$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**МФТИ**

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

Умножив

$$\frac{1}{\sqrt{x-1}} = \frac{gS}{v_0^2}$$

$$(2) \int = \frac{v_0^2}{g\sqrt{x-1}} \quad \text{также} \quad x-1 = \frac{v_0^4}{g^2 S^2} \Rightarrow x = \frac{v_0^4}{g^2 S^2} + 1$$

Возвращаемся к (1) и подставляем  $x$ .

$$H = \frac{v_0^2}{g} - \left( \frac{v_0^4}{g^2 S^2} + 1 \right) \frac{g S^2}{2v_0^2}$$

$$H = \frac{v_0^2}{g} - \frac{v_0^2}{2g} - \frac{g S^2}{2v_0^2}$$

$$\frac{g S^2}{2v_0^2} = \frac{v_0^2}{2g} - H$$

$$S^2 = \frac{2v_0^4}{2g^2} - \frac{2v_0^2 H}{g}$$

$$S = \sqrt{\frac{v_0^4}{g^2} - \frac{2v_0^2 H}{g}}$$

$$S = \sqrt{400 - 40 \cdot 3,6} \text{ м}$$

$$S = \sqrt{400 - 144} \text{ м}$$

$$S = \sqrt{256} \text{ м}$$

$$S = 16 \text{ м}$$

$$\text{Ответ: } v_0 = \sqrt{2} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}} \text{ и } S = 16 \text{ м}$$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

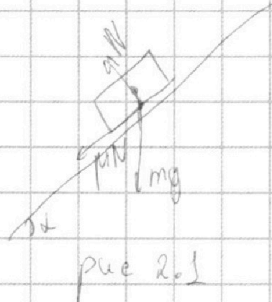
1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**МФТИ**

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



Черновик



Если до остановки

$$\begin{cases} mg \cos \alpha = N & (\perp \text{ ленте}) \\ ma_1 = \mu N + mg \sin \alpha & (\text{по ленте}) \end{cases}$$

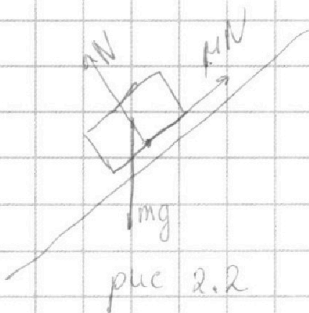
$$a_1 = \cos \alpha \cdot \mu g + g \sin \alpha$$

$$a_1 = 0,8 \cdot 0,5 \cdot 10 + 10 \cdot 0,6 \quad \text{м/с}^2 \quad (\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha})$$

$$a_1 = 10 \text{ м/с}^2 \quad t_1 = \frac{v_0}{a_1} = 0,6 \text{ с} \quad \text{Время до остановки}$$

$$L_1 = \frac{v_0}{2a_1} = 1,8 \text{ м} \quad \text{Пройденный путь до остановки}$$

Если после остановки:



$$\begin{cases} mg \cos \alpha = N & (\perp \text{ ленте}) \\ ma_2 = mg \sin \alpha - \mu N & (\text{по ленте}) \end{cases}$$

$$a_2 = g \sin(\alpha) - \cos \alpha \cdot \mu g$$

$$a_2 = 2 \text{ м/с}^2$$

$$L_2 = \frac{a_2 (T_2 - t_1)^2}{2} \quad (\text{просто } T)$$

$$L_2 = 0,4^2 \text{ м}$$

$$L_2 = 0,16 \text{ м}$$

$$S = L_1 + L_2 = 1,96 \text{ м} \quad \text{Весь путь за } T_2 \text{ (просто } T)$$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**МФТИ**

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

2) В С.О. ленты:

Такая же картинка,  
как и в 1 сл.

см. рис 2.1

$$\Rightarrow \text{ускорение} = a_1 = 10 \text{ м/с}^2$$

начальная скорость коробки равна  $V_0 - U = 5 \text{ м/с}$

Остановка коробки в С.О. ленты значит, что в С.О. Земли

ее скорость равна  $U = 5 \text{ м/с}$

↓

$$T_1 = \frac{V_0 - U}{a_1}$$

$$T_1 = 0,5 \text{ с}$$

3) В С.О. Земли:

Есть два случая: скорость коробки  $> U$

скорость коробки  $< U$

В 1 случае (см. рис 2.1)  $\Rightarrow$  ускорение равно  $a_1$

Во 2 случае (см. рис 2.2)  $\Rightarrow$  ускорение равно  $a_2$

В 1 случае (то есть до того, как скорость коробки  $= U$ )

коробка пройдет расстояние  $L_1' = \frac{V_0^2 - U^2}{2a_1} = \frac{36 - 1}{20} \text{ м}$

Во 2 случае, она пройдет  $L_2' = \frac{U^2}{2a_2} = \frac{1}{4} \text{ м}$

$$L_1 = L_1' + L_2' = 2 \text{ м}$$

$$\text{Ответ: } S = 1,96 \text{ м } T_1 = 0,5 \text{ с } L = 2 \text{ м}$$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**МФТИ**

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

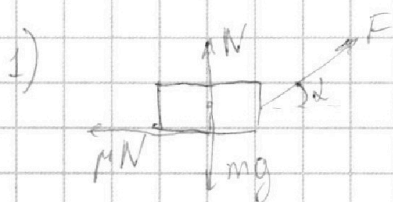


Условие

$$K = \frac{mv^2}{2} \quad K = \text{const} \Rightarrow v = \text{const}$$

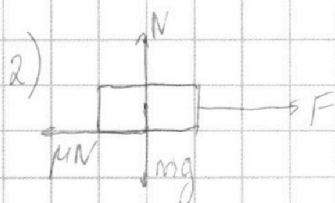
$$L = \frac{v^2}{2a} = \text{const} \quad (\text{по условию})$$

$$a = \frac{v^2}{2L} \Rightarrow a = \text{const}$$



$$\begin{cases} N + F \sin \alpha = mg & (\text{по вертикали}) \\ F \cos \alpha - \mu N = ma & (\text{по горизонтали}) \end{cases}$$

$$(1) ma = F \cos \alpha - \mu mg + \mu F \sin \alpha$$



$$\begin{cases} N = mg & (\text{по верт}) \\ F - \mu N = ma & (\text{по топ}) \end{cases}$$

$$(2) ma = F - \mu mg$$

$$(1) = (2) \Rightarrow F = F \cos \alpha + \mu F \sin \alpha$$

$$\mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}$$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



Условие

Запишем ЗЭ для 2 случаев:  $K = A_F - A_{тр}$ , где  $A_F$  - работа силы  $F$ , а

$A_{тр}$  - работа силы трения.

$K = FS_1 - \mu mg S_1$ , т.к.  $F$  и перемещение тела сонаправлены

$$S_1 = \frac{K}{F - \mu mg}$$

$F_{тр} = \mu mg$  (раньше вывели)

Потом путь  $F$ , а следовательно:

$$K = A_{тр2}$$

$$K = \mu mg S_2$$

$$S_2 = \frac{K}{\mu mg}$$

$S_1$  и  $S_2$  - перемещение тела

$$S_0 = S_1 + S_2 = K \left( \frac{1}{\mu mg} + \frac{1}{F - \mu mg} \right) = \frac{KF}{\mu mg(F - \mu mg)}$$

$S_0$  - всё перемещение.

$S_2$  - путь торможения

$$S = S_2 = \frac{K}{\mu mg}$$

Ответ:  $\mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}$        $S = \frac{K}{\mu mg}$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

**МФТИ**

1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

У  
Истовик

1) II закон термодинамика для газа!

$$Q = \Delta U + A \quad A - \text{работа газа}$$

$$Q = C_{\Delta} T \quad \Delta U = \frac{\nu}{2} \nu R \Delta T = \frac{3}{2} R \Delta T$$

$$A'_{31} = Q_{31} - \Delta U_{31}$$

$$A'_{31} = 2R \Delta T_{31} - \frac{3}{2} R \Delta T_{31}, \quad \text{где } \Delta T_{31} = T_1 - T_3$$

$$A'_{31} = \frac{1}{2} R \Delta T_{31}$$

$$A'_{31} = -\frac{1}{2} R \cdot 3T_1$$

$$A_{31} = -\frac{3}{2} RT_1 \quad \text{Две газа!}$$

$$A_{31} = -A'_{31}$$

$$A_{31} = \frac{3}{2} RT_1$$

$$A_{31} = 2493 \text{ Дж}$$

2)  $\mu = \frac{A_r}{Q_n}$   $A_r$  - работа газа

$Q_n$  - полученное тепло.

Участки:

$$31: A'_{31} = -\frac{3}{2} RT_1$$

$$12: A'_{12} = Q_{12} - \Delta U_{12} = \frac{3}{2} R \Delta T_{12} - \frac{3}{2} R \Delta T_{12} = 0$$

$$23: A'_{23} = Q_{23} - \Delta U_{23} = \frac{1}{2} R \Delta T_{23} - \frac{3}{2} R \Delta T_{23} = -R \Delta T_{23} = 4RT_1$$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

4  
Условие

$$\mu = \frac{\Sigma A}{Q_D}$$

$$Q_D = Q_{12} = \frac{3}{2} R \cdot 4T_1$$

$$\mu = \frac{(4 - \frac{3}{2})RT_1}{\frac{3}{2} \cdot 4RT_1}$$

$$\mu = \frac{5}{21}$$

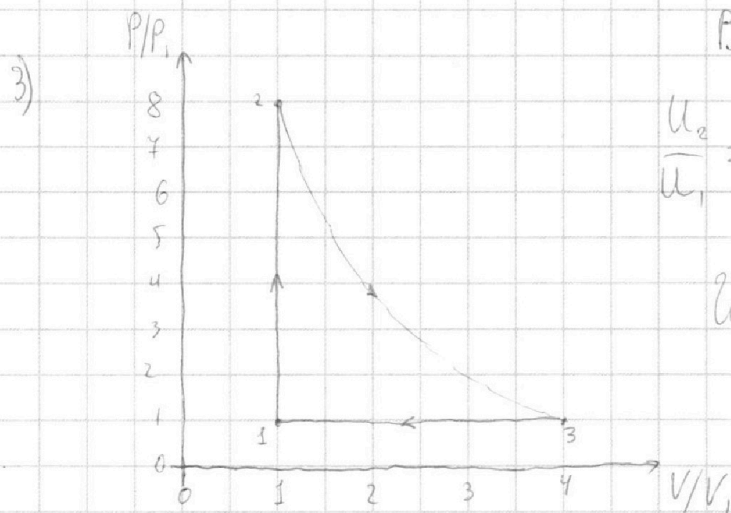


рис 4.1

Внутренняя энергия =  $\frac{3}{2} \nu RT$

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{T_2}{T_1} = 8 \text{ и т.к. } A'_{12} = 0$$

Изохора с увеличением

внутренней энергии в 8 раз.

\* Также можно было заметить, что это изохора и изобара по линейной зависимости.

$$\frac{U_3}{U_1} = \frac{T_3}{T_1} = 4 \text{ и } A'_{31} = -\frac{3}{2} RT_1$$

Изобара с уменьшением

внутренней энергии в 4 раза.

Ответ: 1)  $A'_{31} = 2493 \text{ Дж}$

23 - это палитра.

2)  $\mu = \frac{5}{21}$  3) см рис 4.1

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

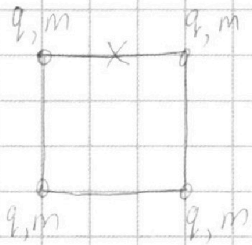
1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

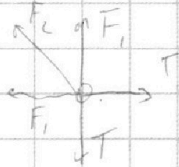
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

Штабелек

1)



Рассмотрим силы на верхний левый шарик.



$F_1$  - сила взаимодействия ближайших по ребру, а  $F_2$  - сила взаимодействия по диагонали.

рисунок симметричный, поэтому  $T$  - одинаковы.

$T$  - сила натяжения

$$F_2 + 2F_1 \cos 45 = 2T \cos 45 \quad (\text{по } F_2)$$

$$T = \frac{F_2}{2 \cos 45} + F_1$$

$$F_1 = k \frac{q^2}{a^2}$$

$$F_2 = k \frac{q^2}{2a^2}$$

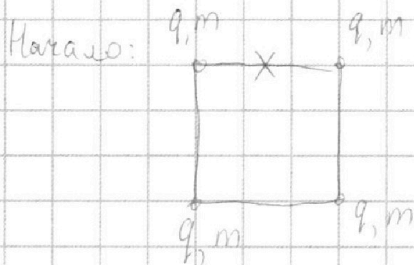
(длина диагонали квадрата =  $\sqrt{2} a$ )

$$T = k \frac{q^2}{a^2} \left( \frac{\sqrt{2}}{2} + 1 \right)$$

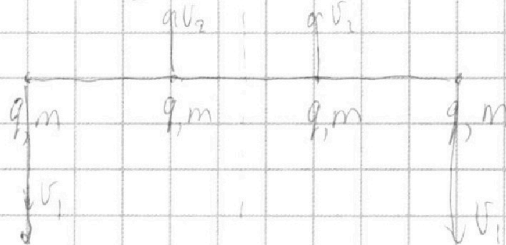
$$\Rightarrow q = \sqrt{\frac{T a^2}{k \left( \frac{\sqrt{2}}{2} + 1 \right)}}$$

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

2)



Концы:



ЗУ:  $0 = 2m v_1 - 2m v_2$

$$v_1 = v_2$$

У симметричных шариков равны скорости по симметрии

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**МФТИ**

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

Условие

$$3(7): W_n + W_k = \text{const}$$

↓

$$\Delta W_n = -\Delta W_k$$

$$|\Delta W_n| = 2 \left( k \frac{q^2}{\sqrt{2}a} - k \frac{q^2}{2a} \right) + k \frac{q^2}{a} - k \frac{q^2}{3a}$$

$$|\Delta W_n| = k \frac{q^2}{a} \left( \sqrt{2} - 1 + 1 - \frac{1}{3} \right)$$

$$|\Delta W_n| = k \frac{q^2}{a} \left( \sqrt{2} - \frac{1}{3} \right)$$

$$|\Delta W_n| = |\Delta W_k|$$

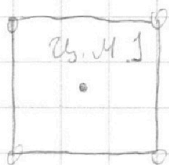
$$|\Delta W_k| = k \frac{q^2}{a} \left( \sqrt{2} - \frac{1}{3} \right) > 0$$

$$4W_k = k \frac{q^2}{a} \left( \sqrt{2} - \frac{1}{3} \right) \quad (\text{Узнаваемо от покоя})$$

~~где~~

$$k = W_k = k \frac{q^2}{a} \left( \frac{\sqrt{2}}{4} - \frac{1}{12} \right)$$

3) Посмотрим на ц.м:



ц.м.2



симметрия

Цз-за симметрии

Внешних сил нет  $\Rightarrow$  ц.м.1 = ц.м.2.

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

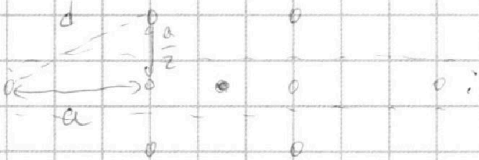
1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**МФТИ**

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



Условие



$$d^2 = a^2 + \frac{a^2}{4}$$

$$d = a \frac{\sqrt{5}}{2}$$

Ответ:

$$q = \sqrt{\frac{4\pi\epsilon_0 T a^2}{\frac{\sqrt{2}}{4} + 1}}$$

$$K = k \frac{q^2}{a} \left( \frac{\sqrt{2}}{4} - \frac{1}{12} \right) \quad d = a \frac{\sqrt{5}}{2}$$

$$K = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{a} \left( \frac{\sqrt{2}}{4} - \frac{1}{12} \right)$$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

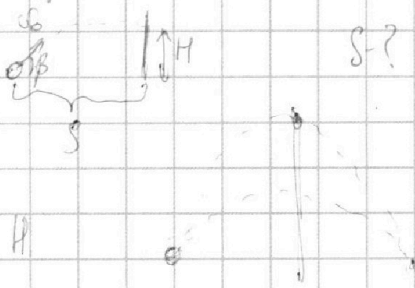
1  2  3  4  5  6  7

**МФТИ**

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



Черновик



$$v = \frac{S}{v_0 \cos \beta}$$

$$H = v_0 \sin \beta t - \frac{gt^2}{2}$$

$$H = S \tan \beta - \frac{g S^2}{2 v_0^2 \cos^2 \beta}$$

$$H = S \frac{\sqrt{1 - \cos^2 \beta}}{\cos \beta} - \frac{g S^2}{2 v_0^2 \cos^2 \beta}$$

$$H \cos^2 \beta = S \cos \beta \sqrt{1 - \cos^2 \beta} - \frac{g S^2}{2 v_0^2}$$

$$H \cos^2 \beta + \frac{g S^2}{2 v_0^2} = S \cos \beta \sqrt{1 - \cos^2 \beta}$$

$$H^2 \cos^4 \beta + 2H \cos^2 \beta \frac{g S^2}{2 v_0^2} = S^2 \cos^2 \beta (1 - \cos^2 \beta)$$

$$(H^2 + S^2) \cos^4 \beta + \cos^2 \beta \left( \frac{g S^2 H}{v_0^2} - S^2 \right) + \frac{g^2 S^4}{4 v_0^4} = 0$$

$$k = \frac{1}{\cos^2 \beta} = \frac{20 - 3,6 - 10}{20 - 3,6}$$

$$k = \frac{16,4}{6,4} = \frac{4,1}{1,6}$$

$$S = \frac{v_0^2}{g \sqrt{k-1}}$$

$$S = \frac{20}{\sqrt{4,1-1,6}} = \frac{20}{\sqrt{2,5}} = \frac{20 \cdot 2}{5} = 16 \text{ м}$$

$$\frac{16}{1,6} = \frac{16^2}{96} = \frac{16}{1,6}$$

$$S \sqrt{\frac{1 - \cos^2 \beta}{\cos^2 \beta}} - \frac{g S^2}{2 v_0^2 \cos^2 \beta}$$

$$S \sqrt{k-1} - k \frac{g S^2}{2 v_0^2} \quad k = \frac{1}{\cos^2 \beta}$$

$$\frac{1}{2} S \sqrt{k-1} - \frac{g S^2}{2 v_0^2} = 0$$

$$\frac{1}{2 \sqrt{k-1}} = \frac{g S}{2 v_0^2}$$

$$v_0^2 = g S \sqrt{k-1}$$

$$\frac{v_0^2}{g} - k \frac{g}{2 v_0^2} \frac{g v_0^4}{g^2 (k-1)} = H$$

$$\frac{v_0^2}{g} - \frac{1}{\cos^2 \beta} \cdot \frac{v_0^2}{2g} \left( \frac{\sin^2 \beta}{\cos^2 \beta} \right) = H$$

$$\frac{v_0^2}{g} - H = \frac{v_0^2}{2g \sin^2 \beta}$$

$$2 - \frac{2gH}{v_0^2} = \frac{1}{\sin^2 \beta}$$

$$2 - \frac{20 \cdot 3,6}{200} = \frac{1}{\sin^2 \beta}$$

$$\frac{20 - 3,6}{10} = \frac{1}{\sin^2 \beta}$$

$$1 - \cos^2 \beta = \frac{10}{20 - 3,6}$$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

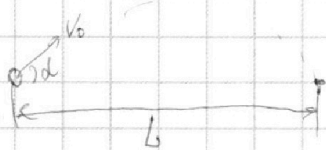
- 1  2  3  4  5  6  7

**МФТИ**

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



Черновик



$$\alpha = 45^\circ$$

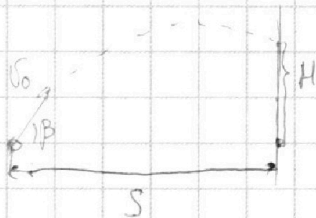
$$L = 20 \text{ м}$$

$$L = \frac{2 v_0^2 \cos(\alpha) \sin(\alpha)}{g} = \frac{v_0^2}{g} \sin(2\alpha)$$

$$v_0^2 = \frac{gL}{\sin(2\alpha)}$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{gL}{\sin(2\alpha)}}$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{10 \cdot 20}{1}} = \sqrt{200} = 10\sqrt{2} \text{ м/с}$$



$$\tau = \frac{S}{v_0 \cos \beta}$$

$$H = v_0 \sin \beta \tau - \frac{g \tau^2}{2}$$

$$H = \tan \beta S - \frac{g S^2}{2 v_0^2 \cos^2 \beta} \quad S = \text{const}$$

т.к.  $H \rightarrow \max$ , то на функции тоже принимает макс.

$$\frac{v_0 \cos^2 \beta}{\cos \beta} S - H = \frac{g S^2}{2 v_0^2 \cos^2 \beta}$$

$$\tan \beta S - H = \frac{g S^2}{2 v_0^2 \cos^2 \beta}$$

$$\cos \beta \sqrt{1 - \cos^2 \beta} S - \cos^2 \beta H = \frac{g S^2}{2 v_0^2}$$

$$2 v_0^2 \sin(\beta) \cos(\beta) S - 2 H v_0^2 \cos^2 \beta = g S^2$$

$$\cos^2 \beta H + \frac{g S^2}{2 v_0^2} = \cos \beta \sqrt{1 - \cos^2 \beta} S$$

$$v_0^2 S \sin(2\beta) - 2 H v_0^2 (1 - \sin^2 \beta) = g S^2$$

$$\cos^4 \beta H^2 + \frac{\cos^2 \beta g S^2 H}{v_0^2} + \frac{g^2 S^4}{4 v_0^4} =$$

$$2 H v_0^2 \sin^2 \beta + v_0^2 S \sin(2\beta) = g S^2 + 2 H v_0^2$$

$$= (\cos^2 \beta - \cos^4 \beta) S^2$$

$$4 H v_0^2 \sin \beta \cos \beta + 2 v_0^2 S \cos(2\beta) = 0$$

$$\cos^4 \beta (H^2 + S^2) + \cos^2 \beta \left( \frac{g S^2 H}{v_0^2} - S^2 \right) + \frac{g^2 S^4}{4 v_0^4} = 0$$

$$\frac{S^2 - \frac{g S^2 H}{v_0^2}}{2 H^2 + S^2} = 0$$

$$v_0^2 S^2 - g S^2 H = 0 \quad v_0^2 = g H$$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

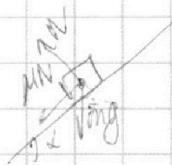
**МФТИ**

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



Черновик

52



$$\cos(\alpha)mg = N$$

$$\sin \alpha = 0,6$$

$$\cos \alpha = \sqrt{1 - 0,6^2} = \sqrt{0,4 + 0,6^2}$$

$$ma = \mu N + mg \sin \alpha$$

$$= \sqrt{\frac{64}{100}} = \frac{8}{10} = 0,8$$

$$a = \cos \alpha \mu g + g \sin \alpha$$

До остановки:

$$a = 0,8 \cdot 0,5 \cdot 10 + 10 \cdot 0,6$$

$$L_1 = \frac{v_0^2}{2a} = \frac{36}{10} = 1,8 \text{ м}$$

$$a = 4 + 6$$

$$t_1 = \frac{v_0}{a} = 0,6 \text{ с}$$

$$a = 10 \text{ м/с}^2$$

После  $\mu N$  противоположно направлена:



$$N = \cos \alpha mg$$

$$mg_2 = mg \sin \alpha - \mu N$$

$$t_2 = \dots - t_1 = 0,4 \text{ с}$$

$$ma_2 = mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha$$

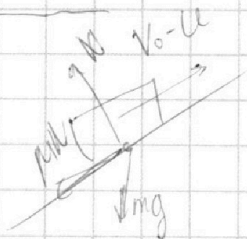
$$L_2 = \frac{a_1 t_2^2}{2} = \frac{2}{2} \cdot 0,4^2 = 0,16 \text{ м}$$

$$a_2 = 10 \cdot 0,6 - 0,5 \cdot 10 \cdot 0,8$$

$$L = L_1 + L_2 = 1,96 \text{ м}$$

$$a_2 = 2 \text{ м/с}^2$$

В С.О ленты:



$$N = mg \cos \alpha$$

$$ma_3 = \mu N + mg \sin(\alpha)$$

Скорость коробки  $V_1 = 2 \text{ м/с}$

$$a_3 = a_1 = 10 \text{ м/с}^2$$

В С.О ленты  $V_2 = 0 \text{ м/с}$

$$T_1 = \frac{v_0 - u}{a_3} = \frac{5}{10} = 0,5 \text{ с}$$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1     2     3     4     5     6     7



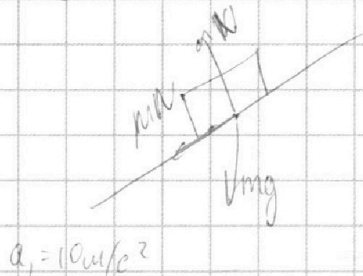
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



Черновик

B C. O центры.

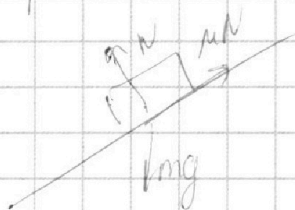
1)



$$V_H = V_0 - u$$

при  $V > 0$  и  $\mu$

при  $V < 0$



$$V_3 = -1 \text{ м/с}^2$$

$$V_k = 0 \text{ м/с}^2$$

1 с.а.  $V > 1$

2 с.а.  $V < 1$

$$L_1 = \frac{V_H^2}{2a_1} = \frac{25}{2 \cdot 10}$$

$$L_2 = \frac{V_3^2}{2a_2} = \frac{1}{2 \cdot 2}$$

$V > 1$ :

$$L_1 = \frac{6^2 - 1^2}{20} = \frac{35}{20} = \frac{7}{4}$$

$V < 1$ :

$$L_2 = \frac{1^2 - 0^2}{4} = \frac{1}{4}$$

$$L_k = L_1 + L_2 =$$

$$L_H = u \cdot t$$

$$L = L_1 + L_2 = \frac{8}{4} = 2 \text{ м}$$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**МФТИ**

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



Черновик

$$1) Q = \Delta U + A$$

$$C_{D,T} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T + A_{3,1}$$

$$A_{3,1} = -2R_0 T + \frac{3}{2} R_0 T$$

$$A_{3,1} = -\frac{1}{2} R_0 T \Rightarrow A_{3,1} = -\frac{1}{2} R_0 T$$

$$A_{3,1} = \frac{831 \cdot 600}{2} = 831 \cdot 3 = 2493 \text{ Дж} = \frac{3}{2} R T_1$$

$$2) \mu = \frac{A}{Q_D}$$

~~Q<sub>12</sub>~~ →

$$Q_D = Q_{12} = C_{D,T,2} = 1.5 R \cdot 4 \cdot 200 = 21.851 \text{ Дж}$$

$$Q_D = 1.5 R \cdot 4 T_1 = 1.5 \cdot 4 R T_1$$

$$A_1 = Q - \Delta U$$

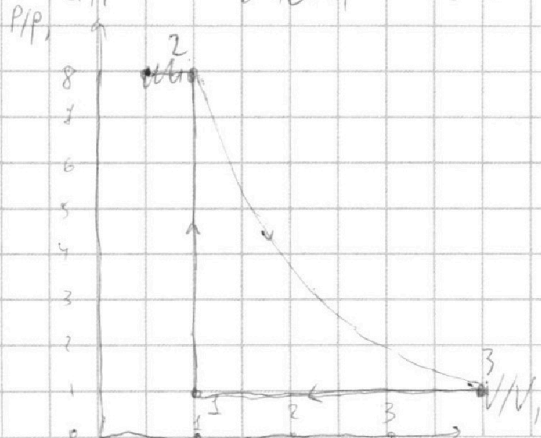
$$A_{3,1} = -2493 \text{ Дж} = -\frac{3}{2} R T_1$$

$$A_{12} = 1.5 \cdot 4 R T_1 - \frac{3}{2} R \cdot 4 T_1 = 0$$

$$A_{23} = Q_{23} - \Delta U_{23} = -\frac{1}{2} R \cdot 4 T_1 + \frac{3}{2} R \cdot 4 T_1 = 4 R T_1$$

$$\mu = \frac{\sum A}{Q_D} = \frac{4 R T_1}{21.851} = \frac{4 \cdot 1.87}{21.851} = \frac{7.48}{21.851} = \frac{5}{21}$$

3)



$$U_3 = \frac{3}{2} \nu R \cdot 4 T_1$$

$$U = \frac{3}{2} \nu R_0 T$$

$$U = \frac{3}{2} P V$$

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R \cdot 4 T_1 = \frac{21}{2} R T_1$$

$$U_1 = \frac{3}{2} \nu R T_1$$

$$U_2 = \frac{3}{2} \nu R \cdot 8 T_1$$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7



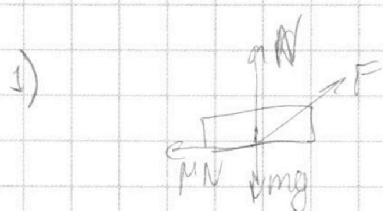
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

Черновик  
83

$$K = \text{const} \Rightarrow V = \text{const}$$

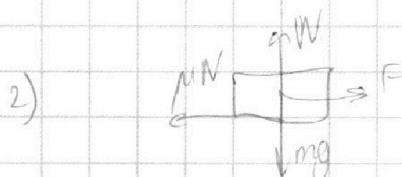
$$\begin{cases} L = \frac{at^2}{2} \\ t = \frac{v}{a} \end{cases} \Rightarrow L = \frac{v^2}{2a} = \text{const (no } ya)$$

$$a = \frac{v^2}{2L} \Rightarrow a = \text{const}$$



$$\begin{cases} N + F \sin \alpha = mg \\ F \cos \alpha - \mu N = ma \end{cases}$$

$$ma = F \cos \alpha - \mu mg + \mu F \sin \alpha$$



$$\begin{cases} N = mg \\ F - \mu N = ma \end{cases}$$

$$ma = F - \mu mg$$

$$F = F \cos \alpha + \mu F \sin \alpha$$

$$1 = \cos \alpha + \mu \sin \alpha$$

$$\mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}$$

2) ~~2k \cdot AC \cdot A\_{\text{пр}}~~

~~...~~

$$L = \frac{at^2}{2}$$

1)  $k = FL_1 - \mu mg L_1$

$$L_1 = \frac{k}{F - \mu mg}$$

2) ~~...~~  $L = L_1 + L_2 = k \left( \frac{1}{\mu mg} + \frac{1}{F - \mu mg} \right)$

$$k = \mu mg L_2$$

$$L_2 = \frac{k}{\mu gm} \quad \Bigg| \quad L = \frac{kF}{\mu mg(F - \mu mg)}$$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1  2  3  4  5  6  7

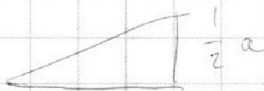
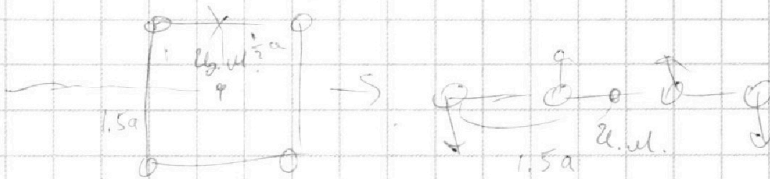
**МФТИ**

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

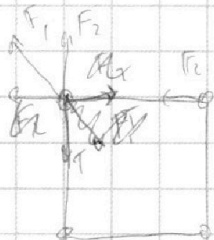


Черновик

1) симметрия  $\Leftrightarrow$



$$3) \sqrt{\frac{2 \cdot (2)^2}{1 + \frac{1}{2}}} a = \sqrt{\frac{5}{4}} a = \frac{\sqrt{5} a}{2}$$



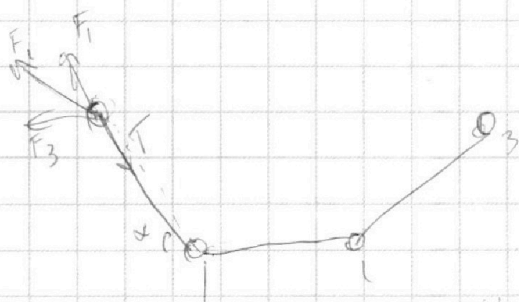
$$F_2 = k \frac{q^2}{a^2}$$

$$F_1 = k \frac{q^2}{2a^2}$$

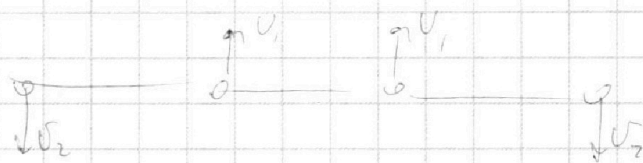
$$2T \cos 45 = 2F_2 \cos 45 + F_1$$

$$T = F_2 + \frac{F_1}{2 \cos 45} = k \frac{q^2}{a^2} \left( 1 + \frac{\sqrt{2}}{4} \right)$$

2)



ЗСМ:



$$2mU_1 = 2mU_2$$

$$U_1 = U_2$$

ЗСЭ:  $W_n + W_k = \text{const}$

$$| \Delta W_n | = 2 \left( k \frac{q^2}{2a^2} - k \frac{q^2}{2a^2} \right) + k \frac{q^2}{a^2} - \frac{k q^2}{2a^2}$$

$$\Delta W_n = k \frac{q^2}{a^2} \left( \frac{\sqrt{2} a}{\sqrt{2}} - 1 + 1 - \frac{1}{2} \right) = \frac{k q^2}{2a^2}$$