

ШИФР

923

(заполняется ответственным секретарем приемной комиссии)

Письменная работа

Межрегиональная олимпиада школьников
БУДУЩИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛИ-БУДУЩЕЕ НАУКИпо Физике в 11 классе
(наименование общеобразовательного предмета)Фамилия И.О. участника ГАФАРОВ ТИМУР ЭДУАРДОВИЧ

Дата рождения

Школа № 19 район НИЖЕГОРОДСКИЙ город НИЖНИЙ НОВГОРОД**Особые отметки** (Заполняется представителем оргкомитета) о добавлении листов, о смене цвета пасты, о нарушении правил поведения и т.д.

Н. И. Мухомов
Н. И. Мухомов

Дата проведения 03.03.2024

заявлению после истечения времени, предусмотренного на подачу и рассмотрение апелляций по данному предмету.

Оформление работы

Участник аккуратно заполняет титульный лист папки «Письменная работа», ставит дату и подпись.

На вложенных листах, как для чистовых, так и для черновых записей, можно писать или синей, или фиолетовой, или черной пастой (чернилами), одинаковой во всей работе (при необходимости смены цвета пасты (чернил), следует обратиться за разрешением к представителю оргкомитета олимпиады).

Задания (или часть задания), выполненные на листах, на которых имеются рисунки или записи, не относящиеся к выполняемому заданию, а также записи не на русском языке, и любые другие пометки, которые могут идентифицировать участника, на проверку не поступают и претензии по этим заданиям (задачам) не принимаются. На проверку не поступают также листы, подписанные участником, листы, на которых имеются записи карандашом (кроме рисунков, необходимых для пояснения сути ответа), и рваные (надорванные) листы. Нельзя делать исправления карандашом.

Внимание! Если в работе ошибки исправлены карандашом, то при шифровке работы карандашные исправления будут стерты и на проверку поступит работа без исправлений.

С правилами поведения на олимпиаде и правилами оформления работы ознакомлен

Правила поведения

Участник очного тура олимпиады **обязан:**

- занять место, которое ему указано представителями оргкомитета;
- соблюдать тишину;
- использовать для записей только листы установленного образца;
- работать самостоятельно и не оказывать помощь в выполнении задания другим участникам.

Внимание. Если во время проверки письменных работ, жюри обнаружит идентичный текст (или цитаты с одинаковыми грамматическими, речевыми или смысловыми (фактическими) ошибками) в двух, или более работах, то за эти работы баллы не начисляются.

Участнику олимпиады **запрещается:**

- разговаривать с другими участниками;
- использовать какие-либо справочные материалы (учебные пособия, справочники, словари, записные книжки, в том числе и электронные, и т.д., а также любого вида шпаргалки);
- пользоваться средствами мобильной связи;
- покидать пределы территории, которая установлена организаторами для проведения очного тура олимпиады.

Внимание. За нарушение правил поведения участник удаляется с очного тура олимпиады с выставлением нуля баллов за выполнявшуюся работу независимо от числа правильно выполненных заданий. Все виды шпаргалок изымаются и выдаются по письменному

(подпись участника олимпиады)

Задание 1	Задание 2	Задание 3	Задание 4	Сумма баллов
25	15	25	20	85
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

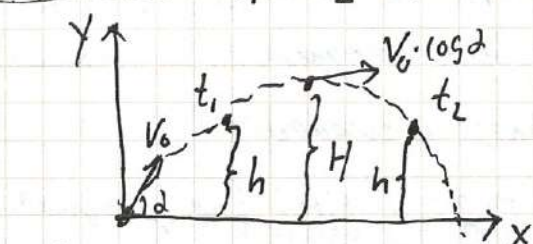
Заполняется проверяющим!

Фамилию, имя, отчество **не** писать! Лист **не** подписывать! Все листы вложить в папку «Письменная работа»!

Дано
 t_1 и t_2 ;
 H - ?

Задание N1

1) Пути H - максимальная высота подъема. Путь в наименьшее время t_1 и t_2 вниз на высоте h .



является параболой.

Т.к. $\vec{g} = \vec{a} = \text{const}$ (По 2 закону Ньютона $m\vec{g} = m\vec{a}$)
то траекторией движения

$$t^2 - \frac{2v_0 \sin \alpha}{g} t + \frac{2h}{g} = 0 \quad \text{— квадратное уравнение.}$$

Корни его это $t = t_1$ и $t = t_2$. По Т.В. Виета:

$$t_1 + t_2 = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g}$$

2) ~~пути~~ На максимальной высоте скорость тела $= v_0 \cos \alpha$. Закон сохранения энергии для тела от начала до H :

$$\frac{mv_0^2}{2} = mgh + \frac{mv_0^2 \cos^2 \alpha}{2} \Rightarrow H = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} = \frac{(v_0 \sin \alpha)^2}{2g}$$

$$v_0 \sin \alpha = \frac{g(t_1 + t_2)}{2} \Rightarrow H = \frac{1}{2g} \cdot \frac{g^2(t_1 + t_2)^2}{4} = \frac{g(t_1 + t_2)^2}{8}$$

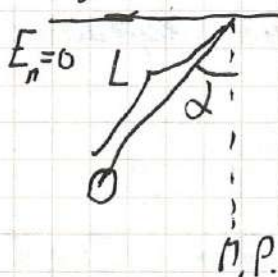
$$\text{Ответ: } H = \frac{g(t_1 + t_2)^2}{8}$$

Задача №4

$L; \theta_0$
 $\frac{\theta_0}{2};$
 $\theta_{max} S_{max} - ?$
 $T; T - ?$

1) Т.к. углы θ_0 и $\frac{\theta_0}{2}$, небольшие, то
 $\sin \theta_0 \approx \theta_0$ и $\sin \frac{\theta_0}{2} \approx \frac{\theta_0}{2}$, Также
 можно пренебречь смещениями
 по вертикали (по высоте) для S_{max} .

2) Рассмотрим один из маятников:



Для него верен закон сохранения
 энергии: $E_n + E_k = \text{const} \Rightarrow E'_n + E'_k = 0$.

$L' = L$ (угловая скорость)

$L'' = \xi$ (угловое ускорение)

$E_n = -mgL \cdot \cos \alpha$; $E'_n = mgL L' \sin \alpha$ (прямая по времени)

$E_k = \frac{mv^2}{2} = \frac{m L^2 L'^2}{2}$; $E'_k = m L^2 L' L'' = m L^2 L' \xi$

$m L^2 L' \xi + mgL L' \sin \alpha = 0 \Rightarrow L(\xi + g \sin \alpha) = 0$

углы небольшие, то $\sin \alpha \approx \alpha \Rightarrow L L'' + g L = 0$

$L'' + \frac{g}{L} L = 0$ - ~~уравнение~~ ^{дифференциальное} уравнение гармонического колебаний; $L = A \cdot \sin(\omega t) + B \cdot \cos(\omega t)$,

где $\omega = \sqrt{\frac{g}{L}}$. 3) Найдем время от $\frac{\theta_0}{2}$ до 0

Если $L(0) = \theta_0$ и $L'(0) = 0 \Rightarrow L(0) = \theta_0 = B \Rightarrow B = \theta_0$

$L'(0) = 0 = A\omega \cdot \cos(0) + B \sin(0)\omega = 0 \Rightarrow A = 0$

$L = 0 + \theta_0 \cos(\omega t) \Rightarrow \frac{\theta_0}{2} = L(t) = \cos(\omega t) \theta_0$

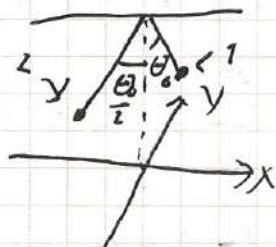
$\cos(\omega t) = \frac{1}{2} \Rightarrow \omega t = \frac{\pi}{3} \Rightarrow t = \frac{\pi}{3\omega}$; $\omega = \frac{2\pi}{T}$

где $T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$. t_1 - время от θ_0 до $\frac{\theta_0}{2}$

Время от $\frac{\theta_0}{\omega}$ до $0 = \frac{T}{4} \Rightarrow$ время от $\frac{\theta_0}{\omega}$ до $0 =$
 $= \frac{T}{4} - \frac{T}{6} = \frac{T}{12};$

4) Радиусы пути найдем:

Пусть R - расстояние между ними



Тогда $R = \sqrt{y^2 + x^2} = \sqrt{(L_1 L)^2 + (L_2 L)^2}.$

L_1 - угол 1-го маятника; L_2 - угол 2 маятника.

Найдем зависимость угла от времени.

Для 1: $L_1(0) = \theta_0; L_1(\frac{T}{4}) = 0$

Для 2: $L_2(0) = \frac{\theta_0}{2}; L_2(\frac{T}{12}) = 0$

а) $L_1 = A_1 \sin(\omega t) + B_1 \cos(\omega t); L_1(0) = \theta_0 = 0 + B_1 \Rightarrow B_1 = \theta_0$

$L_1(\frac{T}{4}) = 0 = A_1 \sin(\frac{2\pi}{T} \cdot \frac{T}{4}) + B_1 \cos(\frac{2\pi}{T} \cdot \frac{T}{4}) = A_1 \Rightarrow A_1 = 0$

$L_1(t) = \theta_0 \cos(\omega t) \oplus$

б) $L_2(0) = \frac{\theta_0}{2} = A_2 \sin(\omega t) + B_2 \cos(\omega t) \Rightarrow B_2 = \frac{\theta_0}{2}$

$L_2(\frac{T}{12}) = 0 = A_2 \sin(\frac{2\pi}{T} \cdot \frac{T}{12}) + \frac{\theta_0}{2} \cos(\frac{2\pi}{T} \cdot \frac{T}{12}) = \frac{A_2}{2} + \frac{\theta_0}{2} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}$

$\Rightarrow A_2 = -\frac{\theta_0}{2} \sqrt{3}$

$L_2(t) = \frac{\theta_0}{2} \cos(\omega t) - \frac{\theta_0 \sqrt{3}}{2} \sin(\omega t) \oplus$

$R = L \sqrt{L_1^2(t) + L_2^2(t)}$ Пусть будем считать

$L_1^2(t) + L_2^2(t) = \theta_0^2 \cos^2(\omega t) + \frac{\theta_0^2}{4} \cos^2(\omega t) - 2 \frac{\theta_0}{2} \cos(\omega t) \cdot \frac{\theta_0 \sqrt{3}}{2} \sin(\omega t) + \frac{3\theta_0^2}{4} \sin^2(\omega t) = \frac{5}{4} \theta_0^2 \cos^2(\omega t) + \frac{3}{4} \theta_0^2 \sin^2(\omega t) - \frac{\theta_0^2 \sqrt{3}}{2} \sin(2\omega t)$

Возьмем прямоугольник; $F = d_1^2(t) + d_2^2(t)$ и найдем max и min.

$$d_1 = \frac{\sqrt{3}}{4} \theta_0^2 2 \cos(\omega t) \cdot W$$

$$0 = \frac{\sqrt{3}}{4} \theta_0^2 2 \cos(\omega t) \cdot W \cdot (-\sin(\omega t)) + \frac{3}{4} \theta_0^2 2 \sin(\omega t) \cdot \cos(\omega t) \cdot W =$$

$$= \frac{\theta_0^2}{4} \sqrt{3} \cdot 2W \cdot \cos(2\omega t) = 0, \quad \theta_0^2 \neq 0; W \neq 0, \Rightarrow$$

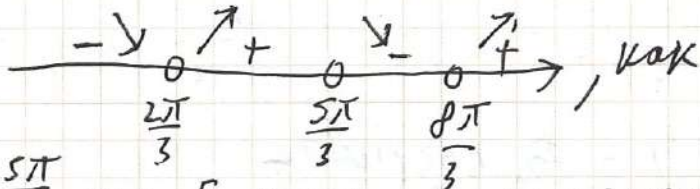
$$\frac{\sqrt{3}}{4} (-\sin(2\omega t)) + \frac{3}{4} \cdot \sin(2\omega t) - \frac{\sqrt{3}}{2} \cos(2\omega t) = 0$$

$$-\frac{1}{2} \sin(2\omega t) - \frac{\sqrt{3}}{2} \cos(2\omega t) = 0 \Rightarrow \operatorname{tg}(2\omega t) = -\sqrt{3}$$

$$2\omega t = \frac{2\pi}{3} \Rightarrow 2 \cdot \frac{2\pi}{T} \cdot t_{\min} = \frac{2\pi}{3} \Rightarrow t_{\min} = \frac{T}{6} = \tau$$

$\tau = \frac{\pi}{3} \sqrt{\frac{L}{g}}$

$$2\omega t = \frac{2\pi}{3} + \pi k, k \in \mathbb{Z}$$



Вспомогательное, когда $2\omega t = \frac{5\pi}{3}$, мы F принимаем max значение

$$2\omega t_{\min} = \frac{5\pi}{3} \Rightarrow \frac{4\pi}{T} t_{\min} = \frac{5\pi}{3} \Rightarrow t_{\min} = \tau = \frac{5}{12} T \Rightarrow$$

$$\tau = \frac{5}{12} \cdot 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} = \frac{5}{6} \pi \sqrt{\frac{L}{g}}; \text{ теперь найдем } R(\tau) =$$

$$= L \sqrt{\frac{\sqrt{3}}{4} \cdot \frac{\sqrt{3}}{4} \theta_0^2 \cos^2\left(\frac{2\pi}{T} \cdot \frac{5}{12} T\right) + \frac{3}{4} \theta_0^2 \sin^2\left(\frac{2\pi}{T} \cdot \frac{5}{12} T\right) - \frac{\theta_0^2 \sqrt{3}}{2} \sin\left(\frac{4\pi}{T} \cdot \frac{5}{12} T\right)}$$

$$= L \sqrt{\frac{\sqrt{3}}{4} \theta_0^2 \cdot \frac{3}{4} + \frac{3}{4} \theta_0^2 \cdot \frac{1}{4} + \frac{\theta_0^2 \sqrt{3}}{2} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}} = L \theta_0 \sqrt{\frac{15}{16} + \frac{3}{16} + \frac{12}{16}} = L \theta_0 \frac{\sqrt{30}}{4}$$

$$R(\tau) = S_{\max} = L \theta_0 \frac{\sqrt{30}}{4}$$

$$\text{Ответ: } \tau = \frac{5}{6} \pi \sqrt{\frac{L}{g}}; S_{\max} = L \theta_0 \frac{\sqrt{30}}{4}$$

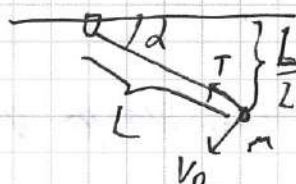
Фамилию, имя, отчество **не** писать! Лист **не** подписывать! Все листы вложить в папку «Письменная работа»!

Задача 2

$u_{\max} - ?$
 $\frac{L}{2}; L$

1) Пусть $m = m_{\text{кольца}} = m_{\text{шара}}$. V - скорость шара, u - скорость кольца.

2) Рассмотрим время пока кольцо удерживали



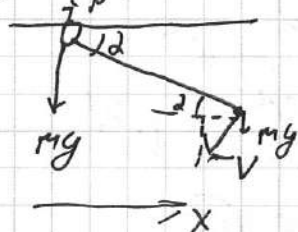
$\alpha = 30^\circ$.

Закон изменения механической энергии: $A_{\text{внеш}} = \Delta E$

$A_{\text{внеш}} = A_T = 0$, т.к. $T \perp V$. $E_{\text{кон}} = E_{\text{кон}} =$

$$0 = \frac{mV_0^2}{2} - mg\frac{L}{2} \Rightarrow V_0 = \sqrt{gL}$$

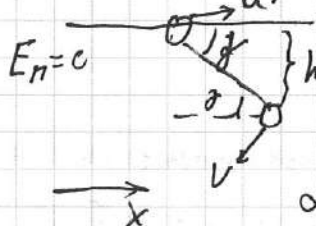
3) После того как кольцо перестало удерживаться:



Будем рассматривать в системе «кольцо + стержень + шар»,
 $R_{\text{внеш}x} = 0$ (система замкнута по оси x)

По Тл. о движении $\Delta p_x = R_{\text{внеш}x} \cdot \Delta t = 0 \Rightarrow p_x = \text{const}$
(верен закон сохранения импульса по оси x). т.е.

Рассмотрим систему в некоторый момент времени



$$3(1): -mV_0 \cdot \sin \alpha = -\frac{mV_0}{2} = -mV \cdot \sin \alpha + u$$

$$V \cdot \sin \alpha - \frac{V_0}{2} = u$$

Для системы верен закон сохранения энергии: $\frac{mV_0^2}{2} - mg\frac{L}{2} = 0 = \frac{mu^2}{2} - mgL \cdot \sin \alpha + \frac{mV^2}{2}$

$$\begin{cases} V \cdot \sin \gamma - \frac{V_0}{2} = u \Rightarrow V = \frac{u + \frac{V_0}{2}}{\sin \gamma} \\ \frac{mu^2}{2} - mgL \cdot \sin \gamma + \frac{mV^2}{2} = 0 \Rightarrow \frac{u^2}{2} - gL \sin \gamma + \frac{V_0^2}{2} = 0 \end{cases}$$

$$\frac{V^2}{2} = \frac{1}{2} \frac{1}{\sin^2 \gamma} (u^2 + uV_0 + \frac{V_0^2}{4}) = \frac{u^2}{2 \sin^2 \gamma} + \frac{uV_0}{2 \sin \gamma} + \frac{V_0^2}{8 \sin^2 \gamma}$$

$$\frac{u^2}{2} - \frac{V_0^2 \sin \gamma}{2 \sin^2 \gamma} + \frac{u^2}{2 \sin^2 \gamma} + \frac{uV_0}{2 \sin \gamma} + \frac{V_0^2}{8 \sin^2 \gamma} = 0 \Rightarrow$$

$$u^2 + V^2 = 2V_0^2 \sin \gamma$$

$$u = V \sin \gamma - \frac{V_0}{2} \Rightarrow u = u_{\max}, \text{ когда } V \cdot \sin \gamma \text{ принимает max.}$$

$\sin \gamma \in [-1; 1]$, найдем, что $u^2 + V^2$ будет max, когда, когда $\sin \gamma = 1$, т.е. $\gamma = 90^\circ$.

$$\frac{u^2}{2} - \frac{V_0^2 \sin \gamma}{2 \sin^2 \gamma} + \frac{u^2}{2 \sin^2 \gamma} + \frac{uV_0}{2 \sin \gamma} + \frac{V_0^2}{8 \sin^2 \gamma} = 0 \Rightarrow$$

$$2u^2 + V_0 u + \frac{V_0^2}{4} = 0 \Rightarrow u = \frac{V_0 \sin \gamma}{2(1 + \sin \gamma)}$$

$$u^2 + V^2 = 2V_0^2$$

$$u = V - \frac{V_0}{2} \Rightarrow V = \frac{V_0}{2} + u \Rightarrow u^2 + u^2 + V_0 u + \frac{V_0^2}{4} = 2V_0^2$$

$$2u^2 + V_0 u + \frac{V_0^2}{4} = 0 \quad | : V_0^2$$

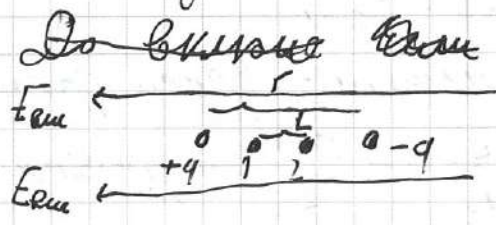
$$\frac{u^2}{V_0^2} = k \Rightarrow 2k^2 + k - \frac{7}{4} = 0 \Rightarrow k = 1 \pm \sqrt{5}$$

$$k = \frac{-1 \pm \sqrt{5}}{4} \Rightarrow \frac{u}{V_0} = \frac{-1 + \sqrt{5}}{4} \Rightarrow u = \frac{\sqrt{5} - 1}{4} V_0 = u_{\max}$$

$$\text{ответ: } u_{\max} = \frac{\sqrt{5} - 1}{4} \sqrt{gL}$$

Задача №3

+q; -q
L;
r=?; E_{век}=?



Разность потенциалов между 2-ми = E_{век} · L

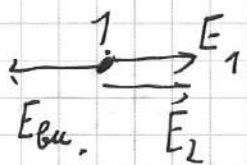
Прогноз на след. теме

023

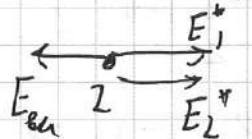
Фамилию, имя, отчество **не** писать! Лист **не** подписывать! Все листы вложить в папку «Письменная работа»!

Задача №3 (продолжение)

Пусть x_1 - расc. между 1 и $+q$, x_2 - расc. между 2 и $-q$. Известно, что для точки 1: $E_x = 0$ и для точки 2: $E_x = 0$. Для точки 1:



$$\Rightarrow E_{\text{общ}} = E_1 + E_2; \text{ для 2 точки}$$

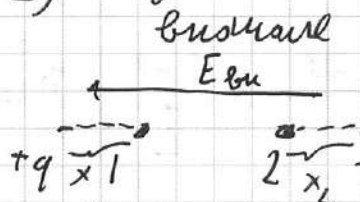


$$\Rightarrow E_{\text{общ}} = E_1^* + E_2^*; \quad E_1 + E_2 = E_1^* + E_2^*$$

$$E_1 = \frac{kq}{x_1^2}; \quad E_1^* = \frac{kq}{(x_1 + L)^2}; \quad E_2 = \frac{kq}{(x_2 + L)^2}; \quad E_2^* = \frac{kq}{x_2^2}$$

$$\frac{1}{x_1^2} + \frac{1}{(x_2 + L)^2} = \frac{1}{(x_1 + L)^2} + \frac{1}{x_2^2}; \quad 2) \text{ По условию потенциалов}$$

$$(\varphi_2 - \varphi_1)_{\text{нов}} = \frac{E_{\text{общ}} \cdot L}{2};$$



$$\varphi_2 - \varphi_1 = E_{\text{общ}} \cdot L$$

для 1 точки $\varphi_{E_1} = \frac{kq}{x_1} - \frac{kq}{(L+x_2)} + \varphi_{n_1}$

для 2 точки $\varphi_{E_2} = \frac{kq}{x_1 + L} - \frac{kq}{x_2} + \varphi_{n_2}$, где $\varphi_{n_2} - \varphi_{n_1} = E_{\text{общ}} \cdot L$

$$\Rightarrow \frac{kq}{x_1 + L} - \frac{kq}{x_2} + E_{\text{общ}} \cdot L = \frac{kq}{x_1} + \frac{kq}{L+x_2} = \frac{E_{\text{общ}} \cdot L}{2}$$

L - расстояние между точками, тогда $x_2 = L - x_1$

$$\frac{1}{x_1^2} + \frac{1}{(L-x_1)^2} = \frac{1}{(x_1 + L)^2} + \frac{1}{(L-L-x_1)^2}$$

~~$$\frac{(x_1+L)^2 - x_1^2}{x_1^2(x_1+L)^2} = \frac{(r-L-x_1)^2 - (r-x_1)^2}{(r-L-x_1)^2(r-x_1)^2}$$~~

~~$$\frac{-2L(x_1+L)}{x_1^2(x_1+L)^2} = \frac{-2(r-x_1)L + L^2}{(r-L-x_1)^2(r-x_1)^2} \quad ; \quad \frac{-2x_1+L}{x_1^2(x_1+L)^2} = \frac{-2(r-x_1)+L}{(r-L-x_1)^2(r-x_1)^2}$$~~

~~Затем, что нам подойдет решение $r=2x_1$ и~~

~~$x_1 = \frac{L}{2}$; $x_2 = +\frac{L}{2} < 0$, значит по условию~~
~~исполнено!~~

~~Итого: в точке 1: $E_{\text{вн}} = E_1 + E_2 = \frac{kq}{L^2} + \frac{kq}{L^2} + q$~~

~~в точке $\frac{1}{x_1^2} + \frac{1}{(x_2+L)^2} = \frac{1}{(x_1+L)^2} + \frac{1}{x_2^2} \Rightarrow$ решение $x_1 = x_2 = x$~~

~~Итого $E_{\text{вн}} = kq \left(\frac{1}{x^2} + \frac{1}{(x+L)^2} \right)$~~

~~Разность потенциалов: $\frac{E_{\text{вн}} \cdot L}{2} = E_{\text{вн}} \cdot L + \frac{kq}{x+L} - \frac{kq}{x} + \frac{kq}{x+L} - \frac{kq}{x}$~~

~~$$\frac{2kq}{x} - \frac{2kq}{x+L} = \frac{kqL}{2} \left(\frac{1}{x^2} + \frac{1}{(x+L)^2} \right) \Rightarrow \frac{4L}{x(x+L)} = \frac{L((x+L)^2 + x^2)}{(x+L)^2 x^2}$$~~

~~$$q = \frac{(x+L)^2 + x^2}{(x+L)x} \Rightarrow 4x^2 + 4Lx = 2x^2 + 2xL + L^2$$~~

~~$$\Rightarrow 2x^2 + 2Lx - L^2 = 0$$~~

~~$$D = (4+8)L^2 = 12L^2 \Rightarrow x = \frac{-2L + 2\sqrt{3}L}{4} = L \left(\frac{\sqrt{3}-1}{2} \right)$$~~

~~$$[r = 2x + L = \frac{2\sqrt{3}-2}{2}L + L = \sqrt{3}L]$$~~

~~$$E_{\text{вн}} = \frac{kq}{L^2} \left(\frac{1}{\left(\frac{\sqrt{3}-1}{2}\right)^2} + \frac{1}{\left(\frac{\sqrt{3}-1}{2} + 1\right)^2} \right) = \frac{4kq}{L^2} \left(\frac{4+2\sqrt{3}+4-2\sqrt{3}}{4^2 - 4\sqrt{3} + 4} \right) = \frac{32kq}{L^2} \cdot \frac{1}{4} = \frac{8kq}{L^2}$$~~

Ответ: $r = \sqrt{3}L$; $E_{\text{вн}} = \frac{8kq}{L^2}$