МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА
2020/2021 УЧ. ГОД
ФИЗИКА. ОТБОРОЧНЫЙ ТУР

11 КЛАСС
Вариант 1

Задание 1

Если единицу импульса возвести в квадрат и разделить на единицу массы, получится (все единицы СИ):

1) **1 Джоуль**
2) 1 Ватт
3) 1 Ньютон
4) 1 Паскаль

Ответ: 1

Задание 2

Установите соответствие между названием закона и его формулой.

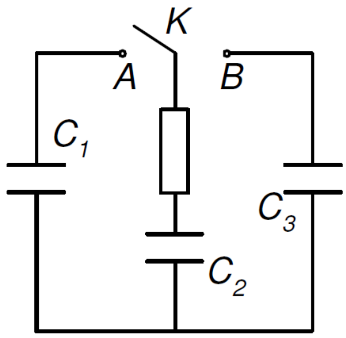
Формула	Закон
1) $\frac{\Delta\vec{p}}{\Delta t} = \sum\vec{F}$	А) Первое начало термодинамики
2) $PV = \frac{m}{M}R\Delta T$	Б) Закон всемирного тяготения
3) $\Delta U = A + Q$	В) Второй закон Ньютона
4) $F = G\frac{m_1 m_2}{r^2}$	Г) Уравнение состояния идеального газа

Ответ:

1	2	3	4
В	Г	А	Б

Задание 3

В схеме, изображённой на рисунке, напряжение на конденсаторе С2 равно 200 В, а конденсаторы С1 и С3 не заряжены. Ключ К попеременно переключают в положения A и B. Определите, какое количество теплоты выделится после очень большого числа переключений, если ёмкости конденсаторов равны 50, 100 и 20 мкФ соответственно. Ответ выразите в мДж.



Решение:

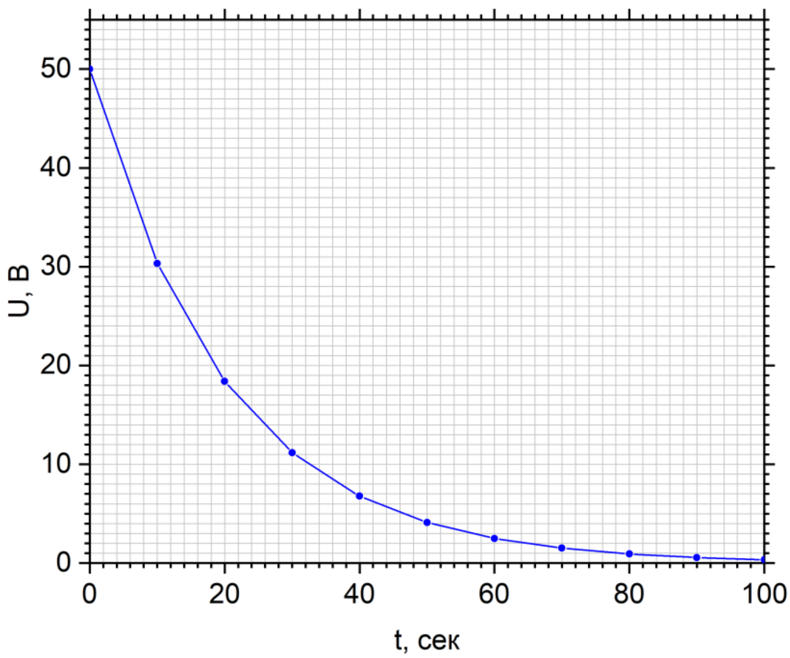
При очень большом числе переключений в сети установится напряжение U, конденсаторы будут иметь общий заряд равный $q = UC_2$ с параллельным включением. Тогда количество теплоты можно выразить:

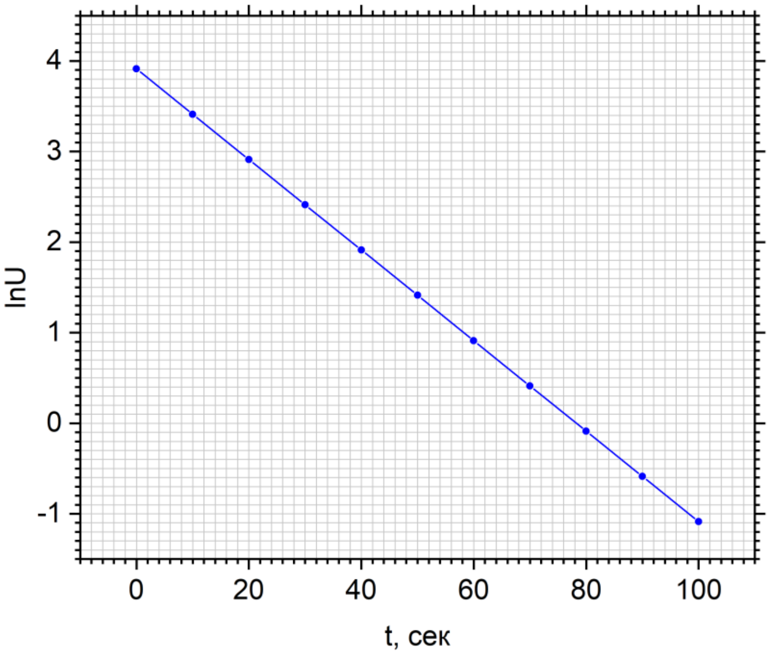
$$Q = \frac{C_2U^2}{2} - \frac{q^2}{2(C_1 + C_2 + C_3)} = \frac{U^2}{2} \cdot \frac{C_2(C_1 + C_3)}{C_1 + C_2 + C_3}$$

<u>**Ответ**</u>**:** 824 мДж.

Задание 4

На рисунках приведена зависимость напряжения на конденсаторе от времени его разрядки в линейном и логарифмическом масштабах. Учитывая, что зависимость напряжения от времени выражается формулой $U(t) = U_0e^{-t/RC} = U_0e^{-t/\tau}$, определите по графикам постоянную времени RC цепи.





Решение

Постоянная времени входит в уравнение в показателе экспоненты. Для получения второго графика из первого это уравнение необходимо прологарифмировать. В результате получится линейная зависимость с угловым коэффициентом, соответствующим величине $-\frac{1}{\tau}$. Угловой коэффициент находим по второму графику через две наиболее оптимальные точки (t = 10 с; t = 70 с). В результате вычислений получим $\tau = RC = 20$.

Ответ: $\tau = RC = 20$.

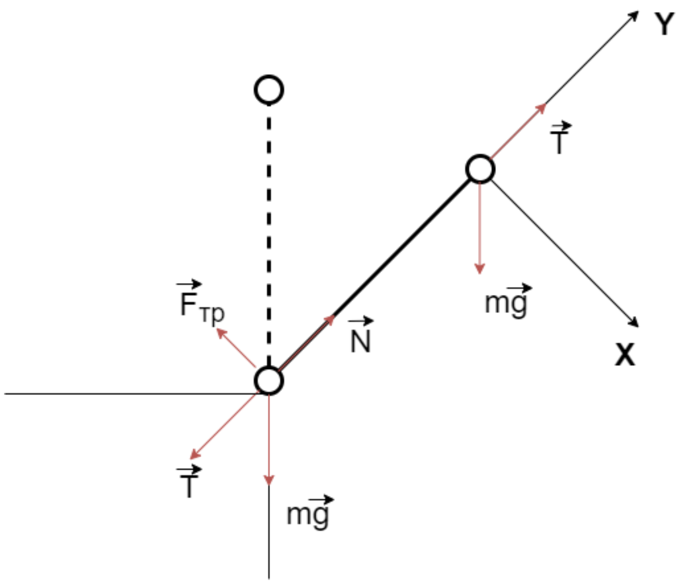
Задание 5

Гантель из невесомого жёсткого стержня длинной *L = 0,2 м* и двух одинаковых маленьких массивных шариков установлена вертикально на краю горизонтальной «платформы». Её отпускают практически без начальной скорости, но так, чтобы она падала «наружу» от платформы. Найдите:

1) скорость верхнего шарика в момент отрыва нижнего от платформы
2) время падения
3) какое количество оборотов совершит гантель в процессе падения, если платформа расположена на высоте *H = 30 м* >> *L*?

Ответ округлите до сотых. Ускорение свободного падения 10 $\frac{м}{с^2}$.

Решение:



$$1)\ \frac{mv^2}{2} + mgLcos\alpha = mgL => v^2 = 2gL(1 - cos\alpha)$$

$$\frac{mv^2}{L} = mgcos\alpha - T => T = mg(3cos\alpha - 2)$$

$$N = mgcos\alpha + T = 2mg(2cos\alpha - 1)$$

Условие отрыва – N = 0

$$2cos\alpha - 1 = 0 => \alpha = \frac{\pi}{3}$$

В момент отрыва

$$v = \sqrt{gl} = 1.41 \text{ м/с } => \omega = \frac{v}{L} = \sqrt{\frac{g}{L}}$$

Время падения вычисляется как:

$$t_{\text{п}} = \sqrt{\frac{2H}{g}} = 2{,}45 \text{ сек.}$$

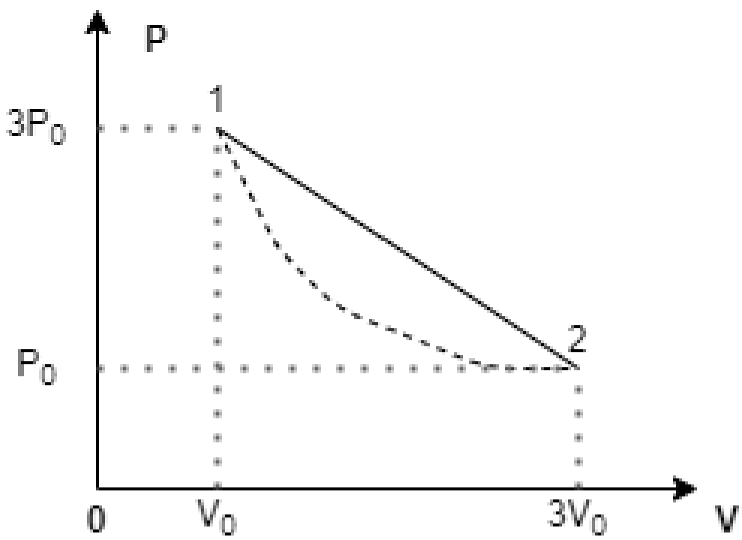
Количество оборотов:

$$n = \frac{\omega}{2\pi} \cdot t_{\text{п}} = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{2H}{L}} = 2{,}76 \text{ об.}$$

Ответ: $t_{\text{п}} = 2{,}45$ сек., $n = 2{,}76$ об.

Задание 6

Постоянное количество гелия ν моль расширяется в процессе 1-2, показанном на p-V-диаграмме. Пунктиром изображена изотерма. В этом процессе объём гелия увеличивается в n=3 раза. Во сколько раз количество теплоты Q_+, которое гелий в ходе этого процесса получил от внешних тел, больше количества теплоты Q_-,, которое он отдал внешним телам? Найдите максимальную температуру гелия в процессе 1–2, если $p_0 = 13$ атм, а $V_0 = 2$ л. Ответ округлите до целых значений.



Решение:

$$p(V) = p_0(1 - \frac{V}{V_0})$$

1) $\delta Q = \frac{5}{2} p dV + \frac{3}{2} V dP = \frac{p_0}{2} dV \left(5 - \frac{5V}{V_0} - \frac{3V}{V_0}\right) = \frac{p_0 dV}{2}\left(5 - \frac{8V}{V_0}\right) = 0 \Rightarrow V_к = \frac{5}{8} V_0$

2) $\frac{V_0 - V_1}{V_0 - nV} = n \Rightarrow V_0 = (n+1)V_1 \Rightarrow V_к = \frac{5}{2} V_1 < V_2; p_к = \frac{1}{2} p_1$

Отсюда следует, что

$$Q_н = Q_{1к} = \Delta U_{12} + A = \frac{p_1 + p_к}{2}(V_к - V_1) + \frac{3}{2}(p_к V_к - p_1 V_1) = \frac{9}{4} p_1 V_1$$

$$Q_x = -Q_{к2} = \frac{1}{6} p_1 V_1$$

$$\frac{Q_н}{|Q_x|} = \frac{27}{4}$$

Найти максимальную температуру возможно следующим образом:

$$p(V) = 3p_0 - \frac{p_0}{V_0}(V - V_0) = 3p_0 - \frac{p_0}{V_0} V + p_0 = 4p_0 - \frac{p_0}{V_0} V$$

$$\frac{4p_0 V - \frac{p_0}{V_0} V^2}{-\nu R} = T$$

$$T'_V = \frac{1}{\nu R}\left(4p_0 - \frac{2p_0}{V_0} v\right) = 0$$

$$V_1 = 2V_0 \Rightarrow \; p_1 = 2p_0$$

$$T_{max} = \frac{4p_0 V_0}{\nu R} = \; 417{,}17\ ℃ \; \approx 417℃$$

Ответ: $\frac{Q_н}{|Q_x|} = \frac{27}{4}$ = 6.75; $T_{max} = 417℃$

МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА
2020/2021 УЧ. ГОД
ФИЗИКА. ОТБОРОЧНЫЙ ТУР

11 КЛАСС
Вариант 2

Задание 1

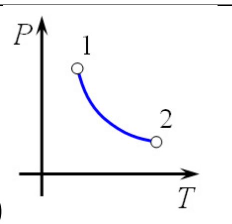
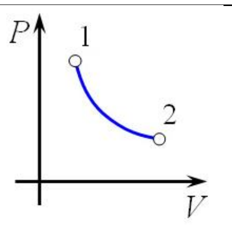
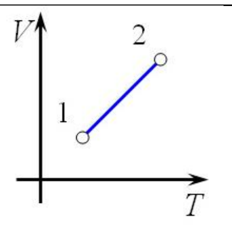
Чтобы остановить движущееся тело, необходимо совершить работу, пропорциональную:

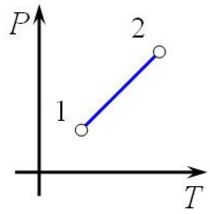
1) его скорости
2) его ускорению
3) **квадрату его скорости**
4) квадрату его ускорения

<u>Ответ</u>: 3

Задание 2

Установите соответствие между названием изопроцесса и его графиком

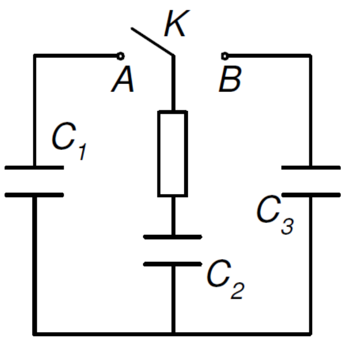
 1)	А) изобарический
 2)	Б) изохорический
 3)	В) изотермический

	Г) не изопроцесс

<u>Ответ</u>: 1 – Г; 2 – В; 3 – А; 4 - Б

Задание 3

В схеме, изображённой на рисунке, напряжение на конденсаторе С2 равно 200 В, а конденсаторы С1 и С3 не заряжены. Ключ К попеременно переключают в положения A и B. Определите, какое количество теплоты выделится после очень большого числа переключений, если ёмкости конденсаторов равны 50, 100 и 20 мкФ соответственно. Ответ выразите в МДж.



Решение:

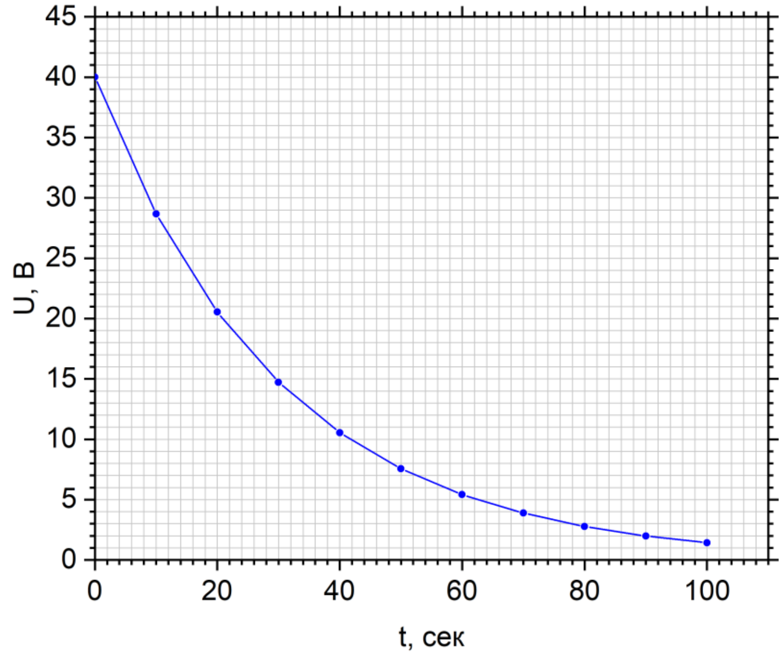
При очень большом числе переключений в сети установится напряжение U, конденсаторы будут иметь общий заряд равный $q = UC_2$ с параллельным включением. Тогда количество теплоты можно выразить:

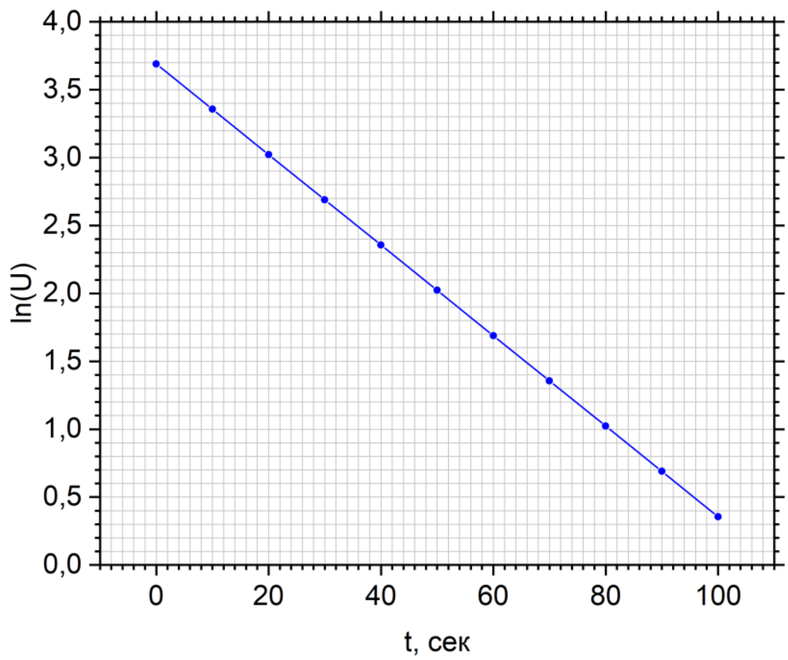
$$Q = \frac{C_2U^2}{2} - \frac{q^2}{2(C_1 + C_2 + C_3)} = \frac{U^2}{2} \cdot \frac{C_2(C_1 + C_3)}{C_1 + C_2 + C_3}$$

<u>Ответ</u>: 824 мДж.

Задание 4

На рисунках приведена зависимость напряжения на конденсаторе от времени его разрядки в линейном и логарифмическом масштабах. Учитывая, что зависимость напряжения от времени выражается формулой $U(t) = U_0 e^{-t/RC} = U_0 e^{-t/\tau}$, определите по графикам постоянную времени RC цепи.





Решение:

Постоянная времени входит в уравнение в показателе экспоненты. Для получения второго графика из первого это уравнение необходимо прологарифмировать. В результате получится линейная зависимость с угловым коэффициентом, соответствующим величине $-\frac{1}{\tau}$. Угловой коэффициент находим по второму графику через две наиболее оптимальные точки (t = 30 с; t = 90 с). В результате вычислений получим $\tau = RC = 30$.

<u>Ответ</u>: $\tau = RC = 30$.

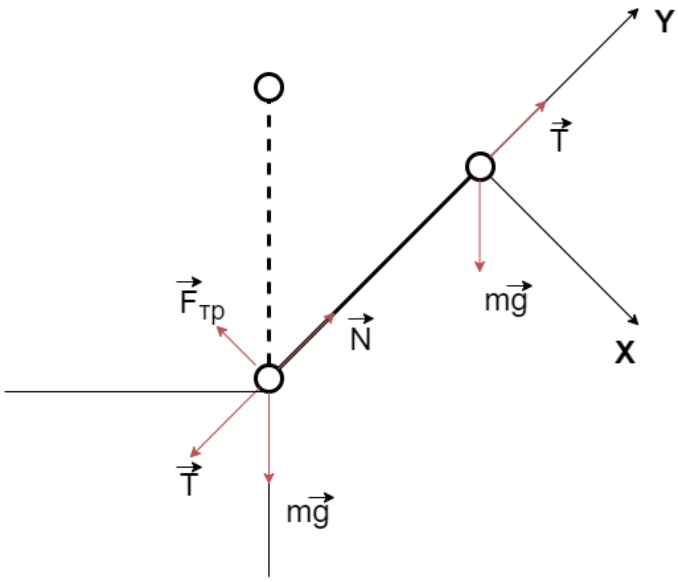
Задание 5

Гантель из невесомого жесткого стержня длины *L = 0,3 м* и двух одинаковых маленьких массивных шариков установлена вертикально на краю горизонтальной «платформы». Её отпускают практически без начальной скорости, но так, чтобы она падала «наружу» от платформы. Найдите:

1) скорость в момент отрыва
2) время падения
3) какое количество оборотов совершит гантель в процессе падения, если платформа расположена на высоте *H = 50 м >> L*?

Ответ округлите до сотых. Ускорение свободного падения 10 $\frac{м}{с^2}$.

Решение:



$$1)\,\frac{mv^2}{2} + mgLcos\alpha = mgL \Rightarrow v^2 = 2gL(1 - cos\alpha)$$

$$\frac{mv^2}{L} = mgcos\alpha - T \Rightarrow T = mg(3cos\alpha - 2)$$

$$N = mgcos\alpha + T = 2mg(2cos\alpha - 1)$$

Условие отрыва – N = 0

$$2cos\alpha - 1 = 0 => \alpha = \frac{\pi}{3}$$

В момент отрыва

$$v = \sqrt{gl} = 1{,}73\ \text{м/с} \ => \omega = \frac{v}{L} = \sqrt{\frac{g}{L}}$$

Время падения вычисляется как:

$$t_{\text{п}} = \sqrt{\frac{2H}{g}} = \mathbf{3{,}16}\ \text{сек.}$$

Количество оборотов:

$$n = \frac{\omega}{2\pi} \cdot t_{\text{п}} = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{2H}{L}} = \mathbf{2{,}91}\ \text{об.}$$

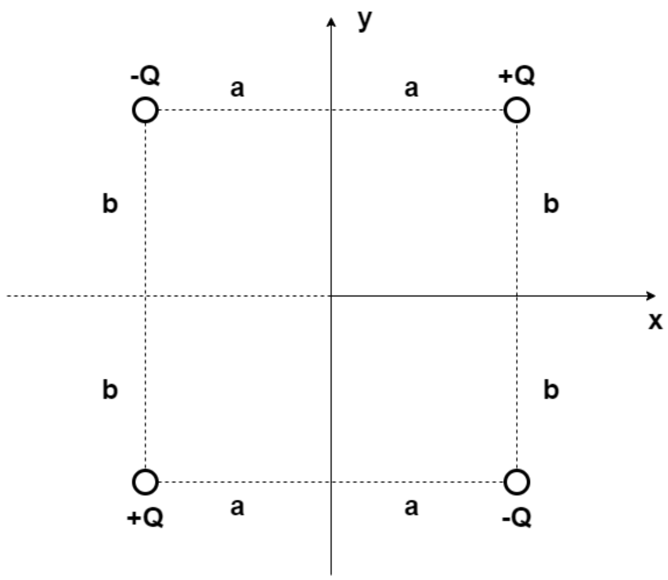
Ответ:$t_{\text{п}} = \mathbf{3{,}16}$ сек.; $n = \mathbf{2{,}91}$ об.

Задание 6

«Точечный» заряд Q = $3\cdot10^{-9}$ Кл помещён внутрь прямого двугранного угла, образованного двумя проводящими пластинами, на расстояниях a = 1 м и b = 1 м от пластин.

1. Найдите силу взаимодействия заряда Q с индуцированными зарядами на поверхностях двугранного угла. Ответ представьте в нН и округлите до сотых.
2. Найдите потенциал электрического поля в точке, находящейся на расстоянии 2a и 2b.

Решение:



$$\phi(x,y) = \frac{kQ}{\sqrt{(x-a)^2+(y-b)^2}} - \frac{kQ}{\sqrt{(x-a)^2+(y+b)^2}} - \frac{kQ}{\sqrt{(x+a)^2+(y-b)^2}} + \frac{kQ}{\sqrt{(x+a)^2+(y+b)^2}} = \mathbf{8{,}38}\text{ В}$$

Найдём силы взаимодействия

$$F_x = -\frac{kQ^2}{4a^2} + \frac{kQ^2}{4(a^2+b^2)} \cdot \frac{a}{\sqrt{a^2+b^2}} = -\frac{kQ^2}{4a^2}\left[1 - \frac{a^3}{(a^2+b^2)^{\frac{3}{2}}}\right]$$

$$F_y == -\frac{kQ^2}{4b^2}\left[1 - \frac{b^3}{(a^2+b^2)^{\frac{3}{2}}}\right]$$

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = \mathbf{14{,}32}\text{ нН}$$

<u>Ответ</u>: $\phi(x,y) = 8{,}38$ В; $F = 14{,}32$ нН