

# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 11-03

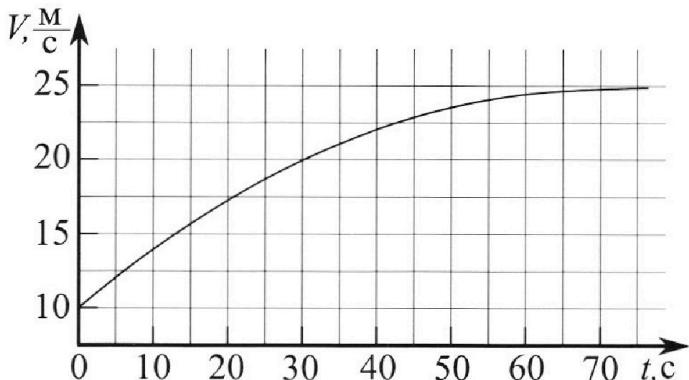


Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

1. Автомобиль массой  $m = 1500$  кг движется с постоянной скоростью и затем разгоняется на прямолинейном горизонтальном участке дороги. График зависимости скорости от времени при разгоне показан на рисунке. В конце разгона сила тяги двигателя равна  $F_k = 600$  Н. Считать, что при разгоне сила сопротивления движению пропорциональна скорости.

- 1) Используя график, найти ускорение автомобиля в начале разгона.
- 2) Найти силу тяги  $F_0$  в начале разгона.
- 3) Какая мощность  $P_0$  передается от двигателя на ведущие колеса в начале разгона?

Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировано 10%.

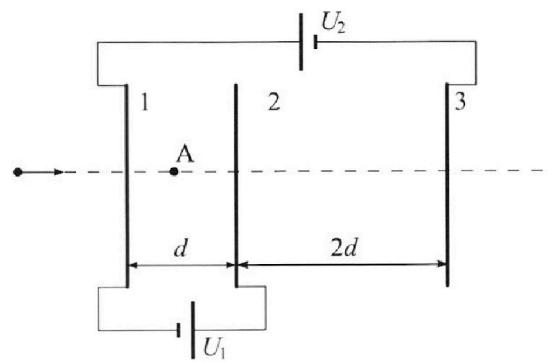


2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объёмом  $V$  разделён тонким невесомым теплопроводящим герметичным поршнем (диск соосный с сосудом) на две равные части. Поршень может перемещаться без трения. В верхней части цилиндра находится гелий, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный момент система находилась в равновесии при давлении  $P_0 = P_{\text{атм}}/2$  ( $P_{\text{атм}}$  – нормальное атмосферное давление) и при комнатной температуре  $T_0$ . При этом жидкость занимала объём  $V/4$ . Затем цилиндр медленно нагрели до  $T = 373$  К. Установившийся объём его верхней части стал равен  $V/5$ .

По закону Генри, при заданной температуре количество  $\Delta v$  растворённого газа в объёме жидкости пропорционально парциальному давлению  $p$  газа:  $\Delta v = k p$ . Объём жидкости при этом практически неизменен. Для углекислого газа константа Генри для данной комнатной температуры  $k \approx 0,5 \cdot 10^{-3}$  моль/(м<sup>3</sup>·Па). При конечной температуре  $T$  углекислый газ в воде практически не растворяется. Можно принять, что  $RT \approx 3 \cdot 10^3$  Дж/моль, где  $R$  – универсальная газовая постоянная. Давлением водяных паров при комнатной температуре и изменением объёма жидкости в процессе нагревания пренебречь. Все газы считать идеальными.

- 1) Найти отношение количеств вещества в газообразном состоянии в верхней и нижней частях до нагревания.
- 2) Определите отношение конечной и начальной температур в сосуде  $T/T_0$ .

3. Три проводящие плоские мелкие сетки находятся друг напротив друга на расстояниях  $d$  и  $2d$  (см. рис.). Размеры сеток значительно больше  $d$ . Изначально сетки не заряжены. К сеткам подсоединили источники с напряжением  $U_1 = U$  и  $U_2 = 3U$ . Частица массой  $m$  и зарядом  $q > 0$  движется по направлению к сеткам и перпендикулярно сеткам, имея скорость  $V_0$  на расстоянии от сеток, намного большем их размеров. Частица пролетает через сетки, не отклоняясь от прямолинейной траектории. Заряд  $q$  намного меньше модуля зарядов сеток.



- 1) Найти модуль ускорения частицы в области между сетками 1 и 2.
- 2) Найти разность  $K_1 - K_2$ , где  $K_1$  и  $K_2$  – кинетические энергии частицы при пролете сеток 1 и 2.
- 3) Найти скорость частицы в точке А на расстоянии  $d/4$  от сетки 1.

# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 11-03

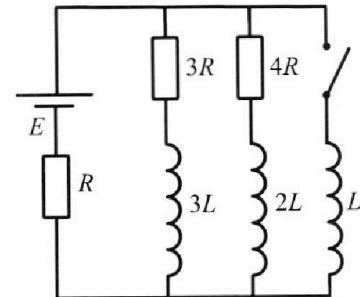


Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.

4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

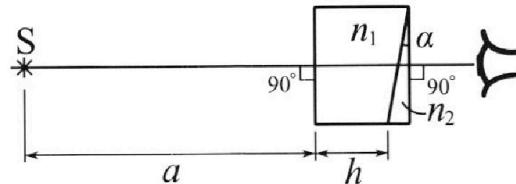
- 1) Найти ток  $I_{10}$  через резистор с сопротивлением  $3R$  при разомкнутом ключе.
- 2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивностью  $L$  сразу после замыкания ключа.
- 3) Какой заряд протечет через резистор с со противлением  $3R$  при замкнутом ключе?

Ответы давать с числовыми коэффициентами в виде обыкновенных дробей.



5. Оптическая система состоит из двух призм с показателями преломления  $n_1$  и  $n_2$  и находится в воздухе с показателем преломления  $n_{\text{в}} = 1,0$ . Точечный источник света  $S$  расположен на расстоянии  $a = 90$  см от системы и рассматривается наблюдателем так, что источник и глаз наблюдателя находятся на прямой, перпендикулярной наружным поверхностям призм (см. рис.). Угол  $\alpha = 0,1$  рад можно считать малым, толщина  $h = 14$  см. Толщина призмы с показателем преломления  $n_2$  на прямой «источник – глаз» намного меньше  $h$ . Отражения в системе не учитывать.

- 1) Считая  $n_1 = n_{\text{в}} = 1,0$ ,  $n_2 = 1,7$ , найдите на какой угол отклонится системой луч, идущий от источника перпендикулярно левой грани системы.
- 2) Считая  $n_1 = n_{\text{в}} = 1,0$ ,  $n_2 = 1,7$ , найдите расстояние между источником и его изображением, которое будет видеть наблюдатель.
- 3) Считая  $n_1 = 1,4$ ,  $n_2 = 1,7$ , найдите на каком расстоянии от источника будет его изображение, которое увидит наблюдатель.



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

Отметьте крестиком номер задачи,

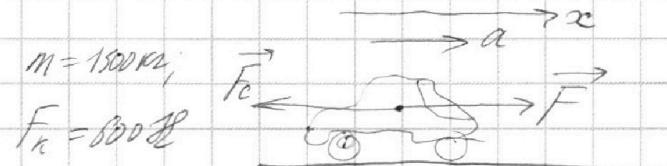
решение которой представлено на странице:



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

МФТИ.

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



$$F_c \sim 2\alpha$$

1) по теории о движении центра масс:

$$F_n = 8000 \text{ Н;}$$

по уравнению

$$v_k = 25 \text{ м/с}$$

~~$$\left( d = \frac{|F_c|}{F_n} = \frac{F_n}{2v_k} = \frac{800}{25} = \frac{160}{5} = 24 \frac{\text{Н}\cdot\text{с}}{\text{м}} \right)$$~~

$$3) \alpha = \frac{d v}{dt} \Rightarrow \frac{d v}{dt} = \frac{(17.5 - 10) \text{ м/с}}{20 \text{ с}} = \frac{75}{200} \text{ м/с}^2 = \alpha_0$$

$$\alpha_0 = \frac{75}{200} = \frac{15}{40} = \frac{3}{8} \text{ м/с}^2 \Rightarrow \alpha_0 = \frac{3}{8} \text{ м/с}^2 = 0.375 \text{ м/с}^2$$

4) определим тормозущую силу на диске:

"максимальное разгона"  $\Rightarrow \alpha_{\max}$

$$F_{\text{диска}} - F_c = m \alpha_0 \Rightarrow F_{\text{диска}} = m \alpha_0 + F_c, \text{ где } F_c = d v_k$$

$$F_{\text{диска}} = m \alpha_0 + d v_k$$

5) по уравнению момента импульса, имеем

в конце движения  $\alpha = 0 \Rightarrow$

$$F_{\text{диска}} - F_c = 0 \Rightarrow F_c = d v_k \Rightarrow d = \frac{F_c}{v_k} = \frac{800 \text{ Н}}{25 \text{ м}} = \frac{32 \text{ Н}\cdot\text{с}}{\text{м}}$$

$$6) F_{\text{диска}} = 1500 \text{ кг} \cdot \frac{3}{8} \text{ м/с}^2 + 24 \frac{\text{Н}\cdot\text{с}}{\text{м}} \cdot 0 \quad \underline{d = 24 \frac{\text{Н}\cdot\text{с}}{\text{м}}},$$

$$F_{\text{диска}} = 562.5 + 240 \text{ Н} = 802.5 \text{ Н,} \Rightarrow F_{\text{диска}} = 802.5 \text{ Н}$$

$$7) P_0 = F_{\text{диска}} \cdot v_k = 802.5 \cdot 20 = \underline{8025 \text{ Вт}},$$

Ответ: 1)  $\alpha_0 = \frac{3}{8} \text{ м/с}^2; 2) F_{\text{диска}} = 802.5 \text{ Н; 3) } P_0 = 8025 \text{ Вт}$

$$\alpha_0 = 0.375 \text{ м/с}^2$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



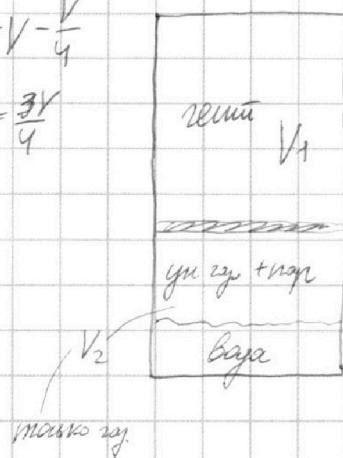
- |                          |                                     |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input checked="" 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!

$$V_1 + V_2 = V - \frac{V}{4}$$

$$V_1 + V_2 = \frac{3V}{4}$$



$$1) P_a = P_{\text{атм}}$$

$$\frac{P_a}{2} V_1 = V_1 R T_0$$

$$\frac{P_a}{2} V_2 = (V_{\text{вн}} + V_2) R T_0$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{V_{\text{вн}} + V_2}{V_1}$$

$$V_{\Sigma} = V_{\text{вн}} + V_2$$

здесь 8 шагов

$$2) (P_{\text{вн}} + P_a) \tilde{V}_1 = V_1 R T$$

$$(P_{\text{вн}} + P_a) \tilde{V}_2 = (\tilde{V}_{\text{вн}} + \tilde{V}_2) R T$$

$$\tilde{V}_1 + \tilde{V}_2 = \frac{3V}{4} \quad \tilde{V}_1 = \frac{V}{5} \Rightarrow \tilde{V}_2 = \frac{3V}{4} - \frac{V}{5}$$

$$\tilde{V}_2 = \frac{13V}{20} \quad \frac{15V - 4V}{20} = \frac{11V}{20}$$

$$3) T = 373 K$$

В конечном итоге мы получим изображение!

$$P_a V_2 = V_2 R T \Rightarrow V_2 = \frac{P_a V_2}{R T} = \frac{P_a V}{R T} \quad P_n = P_a$$

$$\Delta V_1 = \kappa \frac{P_a}{2} \cdot \frac{V}{4}; \quad \Delta V_2 = \kappa P_{\text{вн}} \frac{V}{4}$$

$$V_{\text{вн}} + \frac{\kappa P_a V}{2 \cdot 4} = \tilde{V}_{\text{вн}} + \kappa P_{\text{вн}} \frac{V}{4} \Rightarrow V_{\text{вн}} + \frac{\kappa P_a V}{8} = \tilde{V}_{\text{вн}} + \frac{\kappa P_{\text{вн}} V}{4}$$

все эти величины

$$4) V_1 = V_2 + \frac{V}{4} \Rightarrow V_1 + V_2 = \frac{V}{4}$$

$$+ V_1 + V_2 = \frac{3V}{4} \quad V_2 = \frac{V}{4},$$

но ошибочно.

$$2V_1 = V \Rightarrow V_1 = \frac{V}{2},$$

$$5) \frac{V_{\text{вн}} + V_2}{V_1} = \frac{V \cdot 2}{V \cdot 2} \Rightarrow \frac{V_2}{V_{\text{вн}} + V_2} = 2$$

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 checked="" 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!

$$6) V_{2a} + \frac{\kappa p_a V}{8} = \tilde{V}_{2a} + \frac{\kappa p_{2a} V}{4}$$

$$7) \frac{\tilde{V}_2}{\tilde{V}_1} = \frac{\tilde{V}_{2a} + \tilde{V}_h}{V_1} \quad \frac{V_2}{V_1} = \frac{V_{2a} + V_h}{V_1} = 2 \Rightarrow \frac{V_{2a} + V_h}{V_1} = 2 \tilde{V}_1$$

$$V_1 = \frac{V_{2a} + V_h}{2}$$

$$\frac{\tilde{V}_2}{V_1} = \frac{(V_{2a} + V_h)/2}{V_{2a} + V_h} \quad \tilde{V}_1 = \frac{V}{5}; \quad \tilde{V}_2 = \frac{11V}{20};$$

$$\frac{11V - 5}{20 \cdot \frac{V}{5}} = \frac{2(V_{2a} + V_h)}{V_{2a} + V_h} \quad 11(V_{2a} + V_h) = 8(V_{2a} + V_h)$$

$$11V_{2a} + 11V_h = 8V_{2a} + 8V_h$$

$$8) \begin{cases} p_a V_1 = 2V_1 RT_0 \\ p_a V_2 = 2(V_{2a} + V_h) RT_0 \\ (p_{2a} + p_a) \tilde{V}_1 = V_1 RT \\ (p_{2a} + p_a) \tilde{V}_2 = (\tilde{V}_{2a} + \tilde{V}_h) RT \end{cases} \quad \begin{aligned} \frac{V_2}{V_1} = 2 &\Rightarrow V_2 = 2V_1; \quad V_1 = \frac{V}{2}; \quad V_2 = \frac{V}{4}; \\ \tilde{V}_1 = \frac{V}{5}; \quad \tilde{V}_2 &= \frac{11V}{20}; \\ p_h = p_a \left( \frac{p_a \cdot 5}{p_{2a} + p_a} \right) &\text{(избыточное)} \end{aligned}$$

$$\begin{cases} p_a \frac{V}{2} = 2V_1 RT_0 \\ p_a \frac{V}{4} = 2(V_{2a} + V_h) RT_0 \end{cases}$$

$$9) \tilde{V}_{2a} = V_{2a} + \frac{\kappa V}{4} \left( \frac{p_a}{2} - p_{2a} \right)$$

$$\frac{p_{2a} (p_{2a} + p_a) V \cdot 2}{5 \cdot p_a \cdot \frac{V}{2}} = \frac{T}{2T_0}$$

$$p_{2a} \frac{11V}{20} = \tilde{V}_{2a} RT$$

$$\frac{p_{2a} \cdot 11V}{20} = \left( V_{2a} + \frac{\kappa V}{4} \left( \frac{p_a}{2} - p_{2a} \right) \right) RT$$

$$\frac{p_{2a} \cdot 11V}{20} = \left( \frac{p_a}{2RT_0} + \frac{\kappa V p_a}{8} - \frac{\kappa V p_{2a}}{4} \right) RT$$

$$\left( \frac{V}{4} \cdot \frac{p_a}{2} = V_{2a} RT_0 \right) \Rightarrow V_{2a} = \frac{p_a V}{8RT_0}$$

$$\frac{p_a \cdot \frac{V}{2} \cdot 5}{2 \cdot (p_{2a} + p_a) \cdot \frac{V}{2}} = \frac{2T_0}{T}$$

$$2 \cdot 2T_0 (p_{2a} + p_a) = T p_a 5$$

$$p_{2a} + p_a = \frac{5T p_a}{4T_0} \Rightarrow p_{2a} = p_a \left( \frac{5T}{4T_0} - 1 \right)$$

$$p_a \cdot \frac{V}{2} = 2V_1 RT_0$$

$$\begin{cases} (p_{2a} + p_a) \tilde{V}_1 = V_1 RT \\ p_a V_1 = 2V_1 RT_0 \end{cases}$$

$$(p_{2a} + p_a) \frac{V}{3} = V_1 RT$$

$$p_a \cdot \frac{V}{2} = 2V_1 RT_0$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:



- |                          |                                     |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input checked="" 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!

$$P_{\text{дв}} \cdot \frac{11V}{20} = \left( \frac{11P_a V}{8RT_0} + \frac{\kappa V P_a}{8} - \frac{\kappa V P_{\text{дв}}}{4} \right) RT / RT$$

$$P_{\text{дв}} = P_a \left( \frac{5T}{4T_0} - 1 \right)$$

~~$$\frac{P_a (5T - 4T_0) 11V}{4T_0 \cdot 20 RT} = \frac{P_a}{2RT_0} + \frac{\kappa V P_a}{8} - \frac{\kappa V P_{\text{дв}}}{4}$$~~

~~$$\frac{P_a (5T - 4T_0) 11V}{80RT \cdot T_0} = \frac{P_a}{2RT_0} - \frac{\kappa V P_a}{8} - \frac{\kappa V P_{\text{дв}}}{4} \left( \frac{5T - 4T_0}{4T_0} \right)$$~~

~~$$\left( \frac{5T - 4T_0}{4T_0} \right) \frac{11V}{20RT} + \left( \frac{5T - 4T_0}{4T_0} \right) \frac{\kappa V}{4} = \frac{1}{2RT_0} - \frac{\kappa V}{8}$$~~

~~$$\left( \frac{5T}{4T_0} - 1 \right) \left( \frac{11V}{20} \right)$$~~

$$\frac{P_a}{RT} \left( \frac{5T}{4T_0} - 1 \right) \frac{11V}{20} = \frac{11P_a V}{8RT_0} + \frac{\kappa V P_a}{8} - \frac{\kappa V}{4} \cdot P_a \left( \frac{5T}{4T_0} - 1 \right)$$

$$\text{пусть } T = dT_0 \quad \left( \frac{5T}{4T_0} - 1 \right) \frac{11V}{20RdT_0} = \frac{V}{8RT_0} + \frac{\kappa V}{8} - \frac{\kappa V}{4} \left( \frac{5T}{4T_0} - 1 \right)$$

$$\left( \frac{5}{4} d - 1 \right) \left( \frac{11V}{20RdT_0} + \frac{\kappa V}{4} \right) = \frac{V}{8RT_0} + \frac{\kappa V}{8}.$$

$$\frac{11V \cdot 5d}{20RdT_0 \cdot 4} + \frac{5\kappa V d}{16} - \frac{11V}{20RdT_0} - \frac{\kappa V}{4} = \frac{V}{8RT_0} + \frac{\kappa V}{8}$$

$$P_{\text{дв}} = P_a \left( \frac{5T}{4T_0} - 1 \right)$$

$$P_a V = 2V_1 RT_0$$

~~$$P_a V = 2V_1 RT_0$$~~

$$(P_2 + P_a) V = 5V_1 RT$$

~~$$\frac{P_2 + P_a}{4T_0} \cdot V = 5V_1 RT$$~~

$$\frac{11V}{16RT_0} + \frac{5\kappa V d}{16} - \frac{11V}{20RdT_0} - \frac{\kappa V}{4} = \frac{1}{8RT_0} + \frac{\kappa}{8}$$

$$\frac{11}{16RT_0} + \frac{5\kappa d}{16} - \frac{11}{20RdT_0} - \frac{\kappa}{4} = \frac{1}{8RT_0} + \frac{\kappa}{8}$$

$$C = \left( \frac{11}{16RT_0} - \frac{1}{8RT_0} - \frac{\kappa}{4} - \frac{\kappa}{8} \right) = \frac{11}{20RdT_0} - \frac{5\kappa d}{16}$$

~~$$\frac{15\kappa d}{16}$$~~



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!

$$C = \frac{11}{20RT_0d} - \frac{5kd}{16} / d$$

$$Cd = \frac{11}{20RT_0} - \frac{5kd^2}{16}$$

$$\frac{5kd^2}{16} + Cd - \frac{11}{20RT_0} = 0.$$

$$\frac{5k}{16} = \frac{5}{16} \cdot \frac{1 \cdot 10^{-3}}{2} = \frac{5}{32} \cdot 10^{-3}$$

$$C = \frac{11}{20RT} - \frac{5}{32} \cdot 10^{-3}$$

$$\frac{T}{T_0} = d$$

$$T = T_0d$$

$$T_0 = \frac{T}{d}$$

$$C = \frac{11d}{16RT} - \frac{d}{8R} - \frac{3k}{8}$$

$$\frac{5kd^2}{16} + \frac{11d^2}{16RT} - \frac{d^2}{8R} - \frac{3kd}{8} = \frac{11d}{16RT} = 0 / d$$

~~5kd<sup>2</sup>~~  
~~16~~

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

Отметьте крестиком номер задачи,

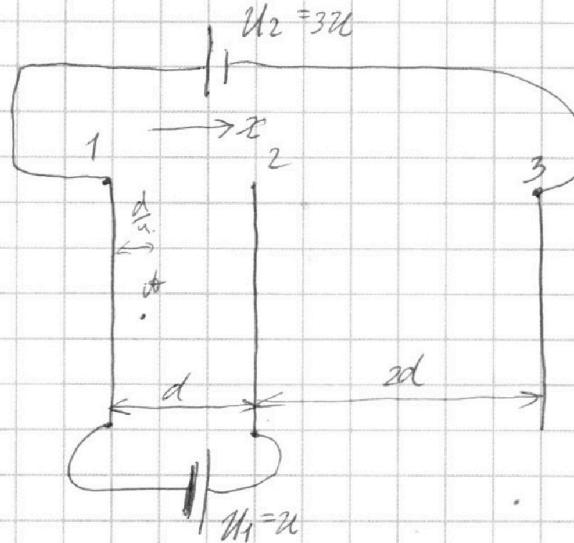
решение которой представлено на странице:



- |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <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!



$$1) \quad \varphi_2 - \varphi_1 = U_1 = U$$

$$\varphi_1 - \varphi_3 = U_2 = 3U$$

$$\begin{cases} \varphi_2 - \varphi_1 = U, \\ \varphi_1 - \varphi_3 = 3U \end{cases} \quad (\text{не удачно})$$

$$2) \quad E_x = -\frac{d\varphi}{dx}$$

$$E_x dx = -d\varphi$$

3) Остается то между  
последними сечениями  
однозначное однозначное поле

$$4) \quad E_{12x} \cdot d = -(4\varphi_2 - 4\varphi_1)$$

$$E_{12x} \cdot d = -U$$

$$E_{23x} \cdot 2d = -(4\varphi_3 - 4\varphi_2)$$

$$\underline{E_{12x} \cdot d = -U}$$

$$\underline{E_{23x} \cdot 2d = 4U}$$

$$- \begin{cases} \varphi_3 - \varphi_1 = -3U \\ \varphi_2 - \varphi_1 = U \end{cases}$$

$$\varphi_3 - \varphi_2 = -4U$$

$$5) \quad E_{12} = \frac{U}{d} \quad (\text{согласно влево})$$

$$E_{23} = \frac{2U}{d} \quad (\text{согласно вправо})$$

6) Но почему же  
различия:

Вообще никак нет, так  
как сечения находятся

$$m a_{x_{12}} = -q E_{12}$$

$$a_{x_{12}} = -\frac{qU}{md} \rightarrow \boxed{a_{12} = \frac{qU}{md}}$$

$$7) \quad K_1 = \frac{m v_0^2}{x^i}$$

~~K<sub>2</sub>~~ по левому сеч.

$$8) \quad \cancel{\frac{d\varphi}{dx} = E_x = -\frac{d\varphi}{dx}}$$

$$\cancel{\int E_{12x} \cdot \frac{d}{4} = -(4\varphi_2 - 4\varphi_1)}$$

$$\cancel{E_{12x} \cdot \frac{3d}{4} = -(4\varphi_3 - 4\varphi_2)}$$

$$\cancel{\begin{cases} -\frac{U}{4} = -(4\varphi_2 - 4\varphi_1) \\ -\frac{3U}{4} = -(4\varphi_3 - 4\varphi_2) \end{cases}}$$

$$\frac{U}{4} = 4\varphi_2 - 4\varphi_1$$

$$\frac{3U}{4} = 4\varphi_3 - 4\varphi_2$$

$$\cancel{\frac{3U}{2}} \quad K_1 + q\varphi_1 = K_2 + q\varphi_2$$

$$\boxed{K_1 - K_2 = qU}$$

$\varphi_0 = 0$  (не физически)

но хотят использовать  
расщепления

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!

(продолжение)

$$8) E_{12} = \frac{qU}{d};$$

$$\Delta U_{12} = \frac{U}{d} \cdot \frac{d}{2} - \frac{U}{2}$$

$$\frac{mV_0^2}{2} + D = \frac{mV^2}{2} + q\frac{U}{2}$$

$V_0 < V$  (излишний разгон вала)

$$\frac{mV^2}{2} = \frac{mV_0^2}{2} - q\frac{U}{2}/2$$

$$mV^2 = mV_0^2 - \frac{qU}{2}/m$$

$$\cancel{mV^2 = mV_0^2} \quad V^2 = V_0^2 - \frac{qU}{2m}$$

$$V = \sqrt{V_0^2 - \frac{qU}{2m}}$$

Правильн: 1)  $\alpha_{12} = \frac{qU}{md}$ ; 2)  $K_1 - K_2 = qU$ ; 3)  $V = \sqrt{V_0^2 - \frac{qU}{2m}}$

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

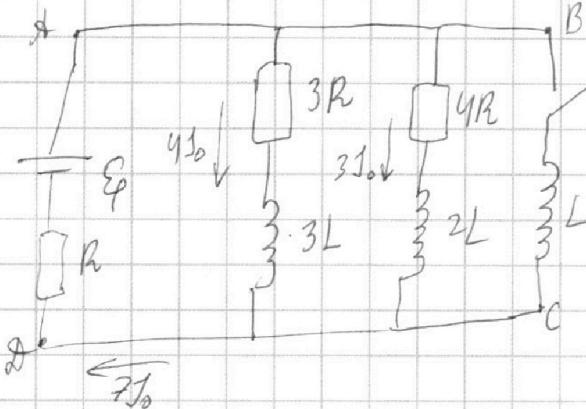
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:



- |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" 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!



$$1) E = 12.5R + 7.50R \\ E = 19.50R \Rightarrow \\ I_0 = \frac{E}{19R}, \text{ (в упр. реш.)}$$

$$2) U_{3L} = I_{10} = 450 \\ I_{10} = \frac{450}{19R}$$

3) Сразу такие умножим ток через все катушки множество не умножим  $\Rightarrow$

$$E - I_2' = 7.50R \Rightarrow E - I_2' = \frac{7E}{19} \\ I_2' = \frac{12E}{19} \Rightarrow I_2' = \frac{12E}{19L}$$

4) В новом установившемся состоянии (после замыкания ключа)  
ток будет идти только через контур ABCD

$$5) U_{3L} + U_{2L} = U_L \text{ (паралл. соединение)}$$

$$E = U_L + 2kR$$

$$3 \cdot 3R + 2 \frac{dI_3}{dt} = I_4 \cdot 4R + 2L \frac{dI_4}{dt} = L \frac{dI_4}{dt}$$

$$E = L \frac{dI_4}{dt} + (I_4 + I_3 + I_1) R$$

$$I_k = \frac{E}{R}$$

$$6) 3I_3R + 2 \frac{dI_3}{dt} = L \frac{dI_1}{dt} / dt$$

$$3dI_3R + 2dI_3 = LdI_1$$

$$\frac{dI_3}{3RdI_3} + \frac{2dI_3}{LdI_1} = \frac{dI_1}{LdI_1} \Rightarrow 3R \cdot q_3 + 3L(0 - \frac{450}{19R}) = -\frac{E}{R}$$

$$3R \cdot q_3 = \frac{16}{R} + \frac{12L}{R}$$



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 checked="" 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!

(продолжение)

$$3Rg_3 = \frac{134\varphi}{R} \Rightarrow g_3 = \frac{134\varphi}{3R^2}$$

Ответ: 1)  $I_{10} = \frac{4\varphi}{19R}$ ; 2)  $I_x = \frac{12\varphi}{19L}$ ; 3)  $g_3 = \frac{134\varphi}{3R^2}$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

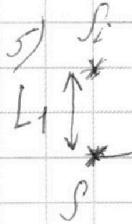


- |                          |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 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"/> |

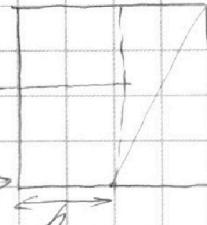
МФТИ

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

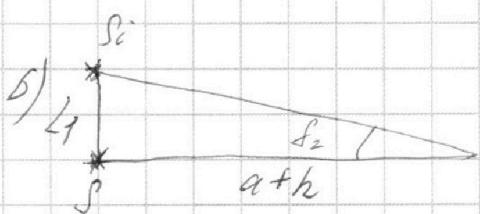
(продолжение)



$\alpha$



67  
111



$$8) \frac{S_2}{L_1} = \frac{L_1}{a+h}$$

$$S_2 = 0,07 \text{ м}^2;$$

$$8) S_2 \approx S_2$$

$$\frac{1,09}{2,07}$$

7) теперь  $n_1 \neq n_2$ !

$$P_2 \leftarrow P_1 \leftarrow P_3$$

$$L_1 = S_2(a+h)$$

$$L_1 = \frac{7}{100} \cdot 100 = 7,28 \text{ см}$$

$$n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta$$

$$n_1 \alpha = n_2 \beta \Rightarrow \beta = 1,4 \cdot \alpha = 0,14 \text{ рад}$$

$n_1$        $n_2$

$$8) S_2 = d / \left( \frac{n_2}{n_1} - 1 \right) \Rightarrow S_2 = d \cdot 0,7 = 0,07 \text{ м}^2$$

$$9) S_{\varepsilon} = \beta + S_2 = 0,14 + 0,07 = 0,21 \text{ м}^2$$

$$\frac{1,09}{2,08}$$

$$10) L_2 = S_{\varepsilon}(a+h)$$

аналогично

$$L_2 = S_{\varepsilon} \cdot 100$$

Ответ: 1)  $S_2 = 0,07 \text{ м}^2$ ;

$$L_1 = 0,21 \cdot 100$$

2)  $L_1 = 7,28 \text{ см}$

$$L_2 = \frac{21 \cdot 100}{100} = 21,84 \text{ см}.$$

3)  $L_2 = 21,84 \text{ см}$

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:



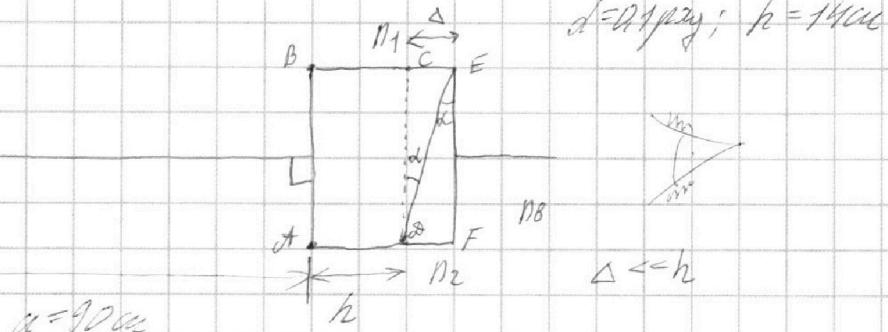
- |                          |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 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!

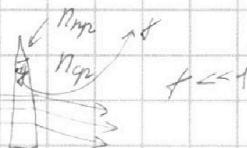
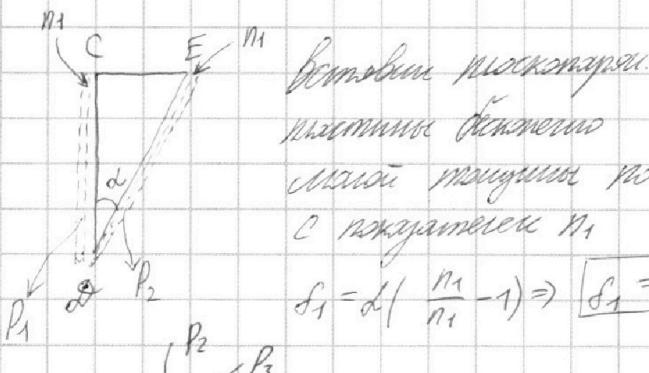
$$n_B = 1.0;$$

8



1) ABCD — плоскогран. тетраэдр, она же откинута луна,  
входящие по нормали к ней (по дугам) (написано)

2) CDE и EDF — трапеции



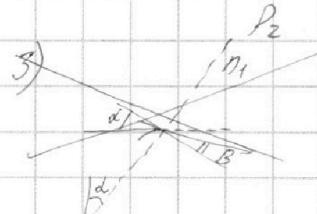
$$\delta = \beta / \left( \frac{n_B}{n_B} - 1 \right)$$

Вот такой плоскогран.

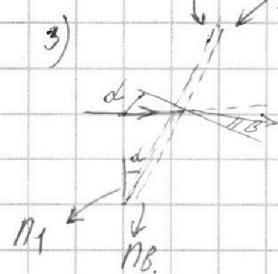
плоскогран. тетраэдр

один трапеции по обе стороны от CDE  
с показателем  $n_1$

$$S_1 = d / \left( \frac{n_1}{n_1} - 1 \right) \Rightarrow [S_1 = 0]$$



$$S_1 = d / \left( \frac{n_1}{n_1} - 1 \right)$$



Вот такой сразу

же показатель  $P_2$  уже друг

показатель преломления  $n_B$

$$n_1 \sin \alpha = n_B \sin \beta \Rightarrow \text{иск. } \alpha, \beta \text{ из } n_1, n_B$$

$$n_1 \alpha = n_B \beta \Rightarrow [\beta = \alpha]$$

$$3) S_2 = d / \left( \frac{n_2}{n_1} - 1 \right) \Rightarrow S_2 = d \cdot 0.7 = 0.07 \text{ м}$$

$$S_2 = 0.07 \text{ м}$$

$$n_1 = n_B = 1$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:



- |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1                        | 2                        | 3                        | 4                        | 5                        | 6                        | 7                        |
| <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!

$$V_1 p_0 = \frac{p_{\text{дем}}}{2}$$

$$T_0; V_{x0} = \frac{V}{4}$$

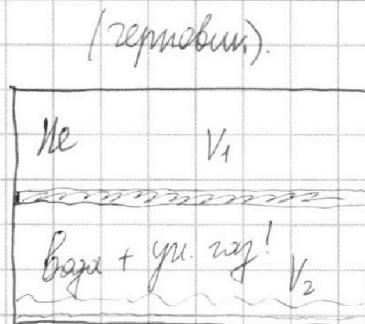
$$T = 373 \text{ K}$$

$$\tilde{V}_1 = \frac{V}{5}$$

$$\Delta V = k p V$$

$k \approx 0.5 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Дж}}{\text{м}^3 \cdot \text{К}^2}$

$$RT \approx 3 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}}$$



$$1) \begin{cases} V_1 + V_2 = V \\ \tilde{V}_1 + \tilde{V}_2 = V \end{cases}$$

$$2) \tilde{V}_1 = \frac{V}{5}; \tilde{V}_2 = V - \frac{V}{5} = \frac{4V}{5}$$

$$V_2 = V_{x0} + V_m \quad V_{x0} - \text{объем газа}$$

$$\tilde{V}_2 = \tilde{V}_{x0} + \tilde{V}_m \quad V_m - \text{объем пустого цилиндра}$$

$$3) p_1 = p_2 = p_0 = \frac{p_{\text{дем}}}{2}$$

$$4) p_2 V_2 = V_2 RT_0 \quad \Delta V = k \cdot p_2 \cdot \frac{V}{4}$$

$$\cancel{p_2 V_{x0} = V_2 RT_0}$$

$\cancel{\text{затирание}}$   $\cancel{V_{x0} = V_2 + \Delta V -}$   $\cancel{\text{затирание}}$   $\cancel{\text{затирание}}$   $\cancel{\text{затирание}}$

5)

$$p_2 V_{x0} = (V_2 + V_8) RT_0$$

$\rightarrow$  затирание газ. вр.

$$5) \frac{V_1}{V_{x0}} = \frac{V_4}{V_2 + V_8}$$

$$7) \tilde{p}_1 \frac{V}{5} = V_4 RT$$

$$(\tilde{p}_2 + p_{\text{дем}}) \tilde{V}_{x0} = (V_2 + V_8) RT$$



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!

МФТИ

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



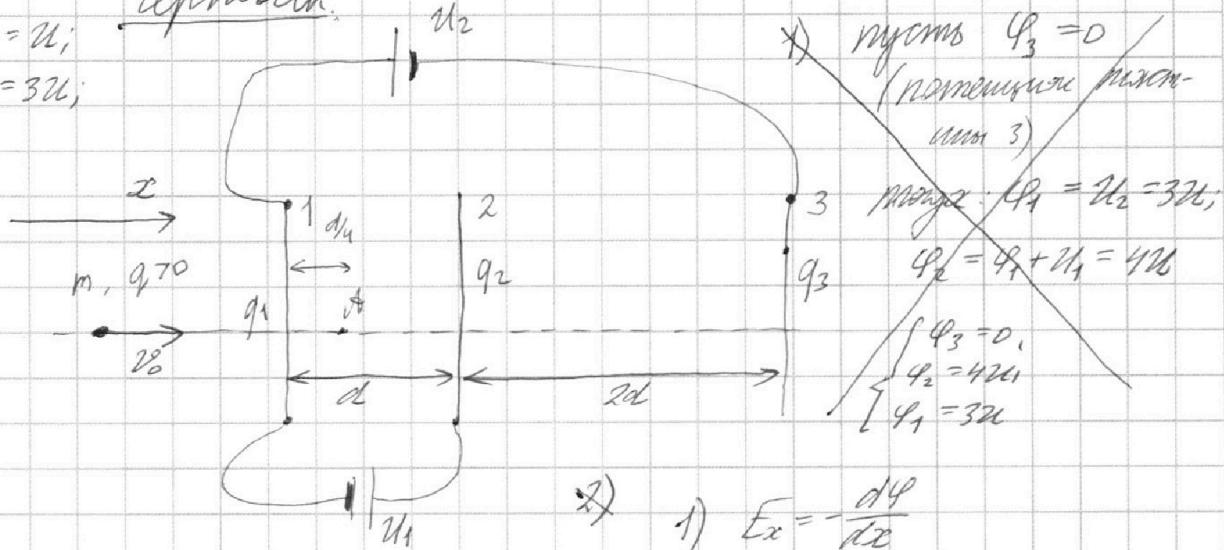
- |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <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!

$$U_1 = U; \\ U_2 = 3U;$$

Черновик



~~\*) пусты  $\varphi_3 = 0$   
(помешаные налож-  
ими 3)~~

~~$$\begin{aligned} \text{нагрузка } & \varphi_1 = U_2 = 3U, \\ & \varphi_2 = \varphi_1 + U_1 = 4U, \\ & \begin{cases} \varphi_3 = 0, \\ \varphi_2 = 42U \\ \varphi_1 = 32U \end{cases} \end{aligned}$$~~

$$2) E_{12} \cdot d + E_{23} \cdot 2d = -(-3U)$$

$$\begin{cases} \varphi_2 - \varphi_1 = U_1 = U \\ \varphi_1 - \varphi_3 = U_2 = 3U \end{cases}$$

$$\begin{cases} \varphi_3 - \varphi_1 = -3U \\ \varphi_2 - \varphi_1 = U \end{cases}$$

$$\varphi_3 - \varphi_2 = -3U - U$$

$$\varphi_3 - \varphi_2 = -4U,$$

$$3) E_{23} \cdot 2d = -(4\varphi_3 - \varphi_2)$$

$$E_{23} \cdot 2d = 4U$$

$$(q_1 + q_2 - q_3) \frac{2d}{280S} = 4U$$

$$5) q_1 + q_2 + q_3 = 0 \quad (3C3) \quad (\text{но условие}) \quad \text{б)$$

$$4q_2 + 4q_3 - 4q_1 = 2q_1 + 2q_2 - 2q_3$$

$$2q_2 + 6q_3 = 6q_1 / 2$$

$$\underline{q_2 + 3q_3 = 3q_1}$$

$$1) E_x = -\frac{d\varphi}{dx}$$

$$E_x dx = -d\varphi \Rightarrow E_x \Delta x = -\Delta \varphi$$

$$E_x \cdot d = -U_1, \quad \text{однозначное}$$

$$(q_1 - q_2) \frac{1}{280S} = -U_1 = -U$$

$$U = (q_2 - q_1) \frac{1}{280S}$$

$$(q_1 - q_2 - q_3) \frac{1d}{280S} = -U_1 = -U$$

$$U = (q_2 + q_3 - q_1) \frac{1d}{280S},$$

$$\text{поставь } C = \frac{280S}{d}$$

$$4) CU = q_2 + q_3 - q_1$$

$$4CU = 2(q_1 + q_2 - q_3)$$