

# Петрозаводский государственный университет

ЕГЭ по Физике

КОНСУЛЬТАЦИЯ ДЛЯ АБИТУРИЕНТОВ

7 апреля 2011 года

# Структура экзаменационной работы по физике в 2011 году

**Часть 1** содержит 25 заданий А1 – А25 с выбором ответа. К каждому заданию приводится 4 варианта ответа, из которых верен только один.

**Часть 2** содержит 4 задания В1 - В4, к которым требуется дать краткий ответ. В экзаменационной работе предложены задания, в которых ответы необходимо привести в виде набора цифр (задачи на соответствие).

**Часть 3** содержит 6 заданий С1 - С6, для которых необходимо привести развернутый ответ.

# Система оценивания результатов работы

**Часть 1:** каждое задание оценивается в **1 балл**

**Часть 2:** каждое задание оцениваются в **2 балла**, если верно указаны все элементы ответа, в **1 балл**, если допущена ошибка в указании одного из элементов ответа, и в **0 баллов**, если допущено более одной ошибки.

**Часть 3:** оценивается двумя экспертами с учетом правильности и полноты ответа. Максимальный первичный балл за каждое задание - **3 балла**.

Максимальный первичный балл - 51

В 2010 г. минимальная граница составила 8 первичных баллов (34 тестовых балла)

## Пример (базовый уровень)

Правильно выполнили – 38%

Два тела движутся по взаимно перпендикулярным пересекающимся прямым, как показано на рисунке. Модуль импульса первого тела  $p_1 = 3 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$ , а второго тела  $p_2 = 4 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$ . Чему равен модуль импульса системы этих тел после их абсолютно неупругого удара?

1)  $1 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$

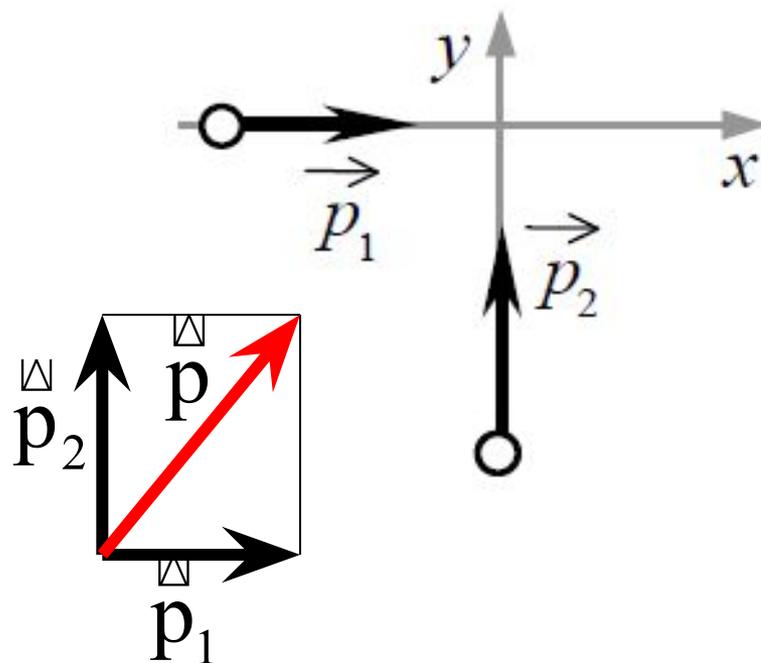
2)  $5 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$

3)  $4 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$

4)  $7 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$

$$\vec{p} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2$$

$$p = \sqrt{p_1^2 + p_2^2} = 5 \text{ кг} \cdot \text{м} / \text{с}$$



# Пример (базовый уровень)

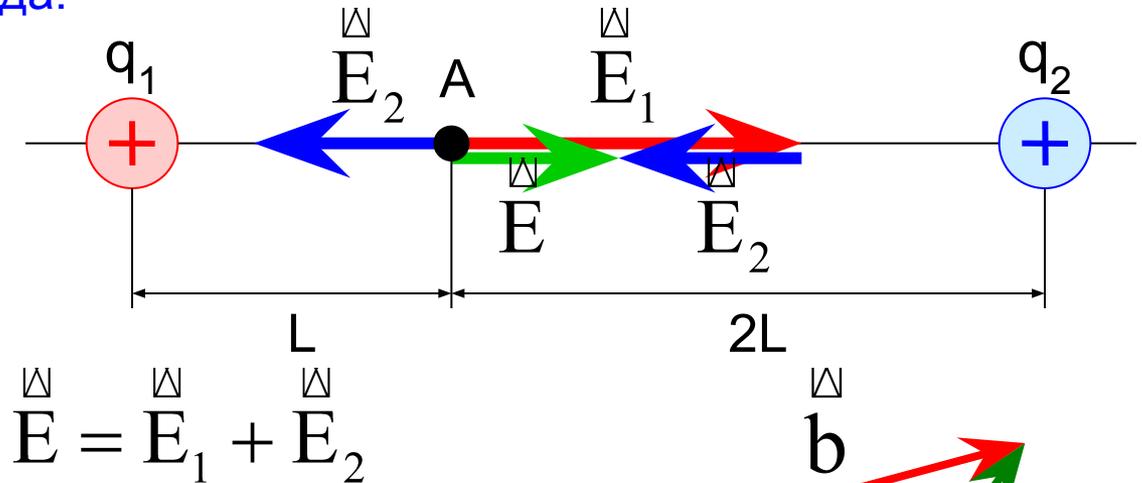
Правильно выполнили – 12%

Два точечных заряда  $q_1 = 200$  нКл и  $q_2 = 400$  нКл находятся в вакууме. Определите величину напряженности электрического поля этих зарядов в точке А, расположенного на прямой, соединяющей заряды, на расстоянии  $L = 1,5$  м от первого и  $2L$  от второго заряда.

$$q_1 = 200 \text{ нКл} = 2 \cdot 10^{-7} \text{ Кл}$$

$$q_2 = 400 \text{ нКл} = 4 \cdot 10^{-7} \text{ Кл}$$

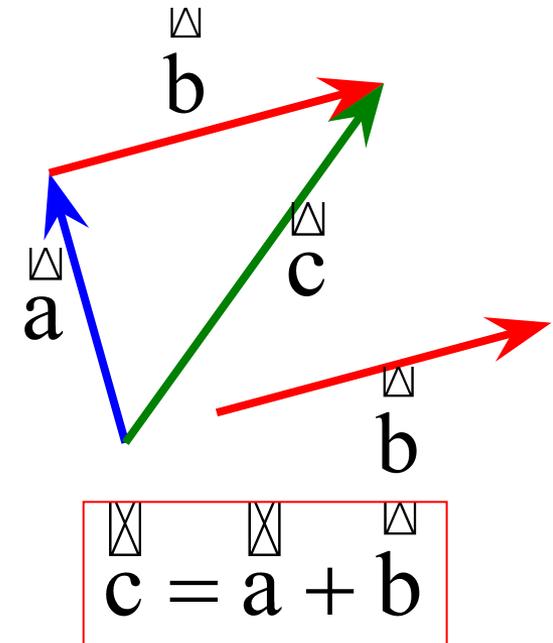
$$L = 1,5 \text{ м}$$



$$E_1 / \text{В/м} = \frac{kq_1}{L^2} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 2 \cdot 10^{-7}}{1,5^2} = 800$$

$$E_2 / \text{В/м} = \frac{kq_2}{(2L)^2} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 4 \cdot 10^{-7}}{4 \cdot 1,5^2} = 400$$

$$E = E_1 - E_2 = 800 - 400 = 400$$



## Пример (повышенный уровень)

Однородный стержень длины  $L = 1$  м и массы  $m = 2$  кг удерживается в горизонтальном направлении с помощью двух опор А и В, расстояние между которыми  $S = 0,25$  м. Определите силы реакции в опорах А и В.

$$L = 1 \text{ м}$$
$$m = 2 \text{ кг}$$
$$S = 0,25 \text{ м}$$

$$N_1, N_2 - ?$$

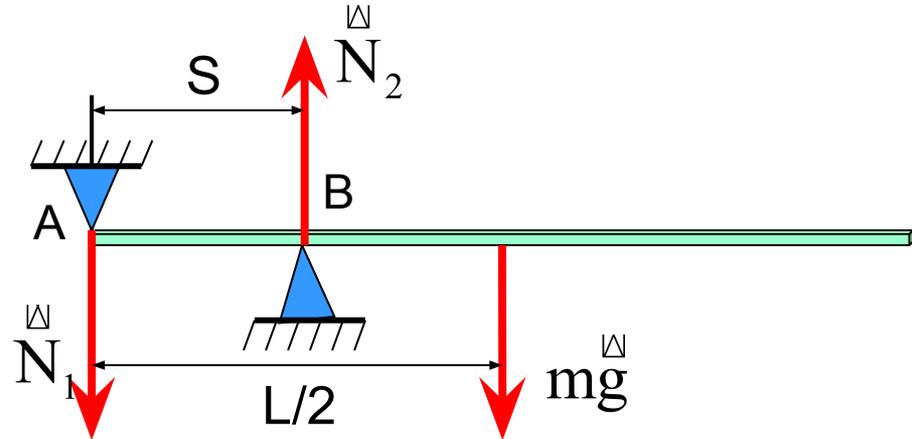
Необходимые условия равновесия:

$$\begin{cases} \overset{\vee}{F}_1 + \overset{\vee}{F}_2 + \overset{\vee}{F}_3 + \dots = 0 \\ \overset{\vee}{M}_1 + \overset{\vee}{M}_2 + \overset{\vee}{M}_3 + \dots = 0 \end{cases}$$

$$\overset{\vee}{M}_{N_1} + \overset{\vee}{M}_{N_2} + \overset{\vee}{M}_{mg} = 0$$

$$M_F = F \cdot h$$

$h$  – плечо силы



Относительно т. А:

$$-M_{N_2} + M_{mg} = 0$$

$$-N_2 S + mg \frac{L}{2} = 0$$

$$N_2 = \frac{mgL}{2S} = \frac{2 \cdot 10 \cdot 1}{2 \cdot 0,25} = 40 \text{ Н}$$

Относительно т. В:  $-M_{N_1} + M_{mg} = 0$

$$-N_1 S + mg \left( \frac{L}{2} - S \right) = 0$$

$$N_1 = \frac{mg(L - 2S)}{2S} = \frac{2 \cdot 10 \cdot (1 - 2 \cdot 0,25)}{2 \cdot 0,25} = 20 \text{ Н}$$

## Пример (повышенный уровень)

Правильно выполнили – 8%

Однородный стержень АВ массой  $m = 100$  г покоится, упираясь в стык дна и стенки банки концом В и опираясь на край банки в точке С. Модуль силы, с которой стержень давит на стенку сосуда в точке С, равен 0,5 Н. Чему равен модуль вертикальной составляющей силы, с которой стержень давит на сосуд в точке В, если модуль горизонтальной составляющей этой силы равен 0,3 Н? Трением пренебречь.

$$\begin{array}{l} m = 100 \text{ г} \\ N_1 = 0,5 \text{ Н} \\ N_3 = 0,3 \text{ Н} \\ N_2 = ? \end{array}$$

Необходимые условия равновесия:

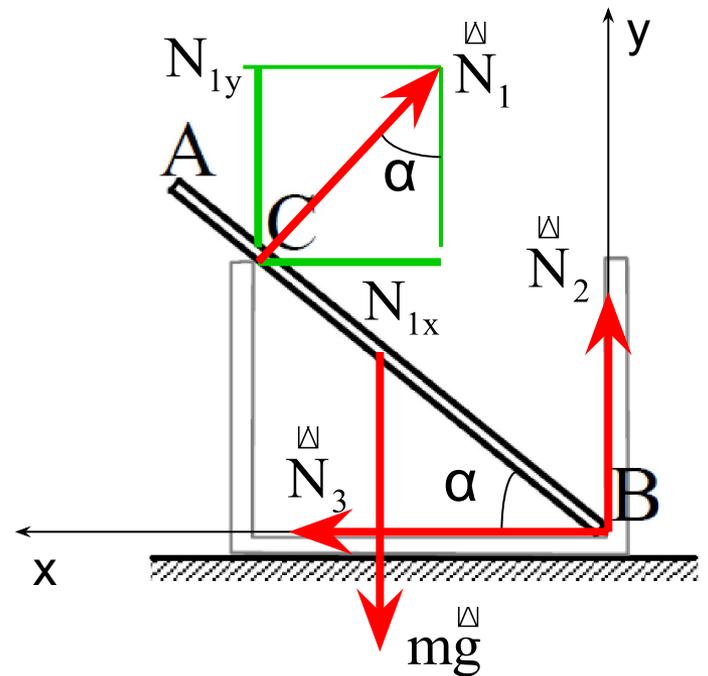
$$\begin{cases} \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots = 0 \\ \vec{M}_1 + \vec{M}_2 + \vec{M}_3 + \dots = 0 \end{cases}$$

$$\vec{N}_1 + \vec{N}_2 + \vec{N}_3 + m\vec{g} = 0$$

$$\begin{cases} 0x: -N_1 \sin \alpha + N_3 = 0 & \longrightarrow \sin \alpha = \frac{N_3}{N_1} \\ 0y: N_1 \cos \alpha + N_2 - mg = 0 \end{cases}$$

$$N_2 = mg - N_1 \cos \alpha = mg - N_1 \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} =$$

$$= mg - N_1 \sqrt{1 - \left(\frac{N_3}{N_1}\right)^2} = mg - \sqrt{N_1^2 - N_3^2} = 0,1 \cdot 10 - \sqrt{0,5^2 - 0,3^2} = 0,6$$



## Пример (высокий уровень)

Алюминиевая спица длиной  $L = 25$  см и площадью поперечного сечения  $S = 0,1$  см<sup>2</sup> подвешена на нити за верхний конец. Нижний конец опирается на дно сосуда, в который налита вода. Длина погруженной части спицы  $l = 10$  см. Найти силу  $F$ , с которой спица давит на дно сосуда, если известно, что нить расположена вертикально. Плотность алюминия  $\rho_a = 2,7$  г/см<sup>3</sup>, плотность воды  $\rho_b = 1$  г/см<sup>3</sup>.

$$\begin{aligned} L &= 25 \text{ см} \\ S &= 0,1 \text{ см}^2 \\ l &= 10 \text{ см} \\ \rho_a &= 2,7 \text{ г/см}^3 \\ \rho_b &= 1 \text{ г/см}^3 \end{aligned}$$

$F - ?$

Условия равновесия:

$$\begin{cases} \vec{m}g + \vec{N} + \vec{F}_{\text{арх}} + \vec{T} = 0 \\ M_{\vec{m}g} + M_{\vec{N}} + M_{\vec{F}_{\text{арх}}} + M_{\vec{T}} = 0 \end{cases}$$

Уравнение моментов отн. т.О:

$$-M_{\vec{m}g} + M_{\vec{N}} + M_{\vec{F}_{\text{арх}}} = 0$$

$$-mg \cdot OA + N \cdot OC + F_{\text{арх}} \cdot OB = 0$$

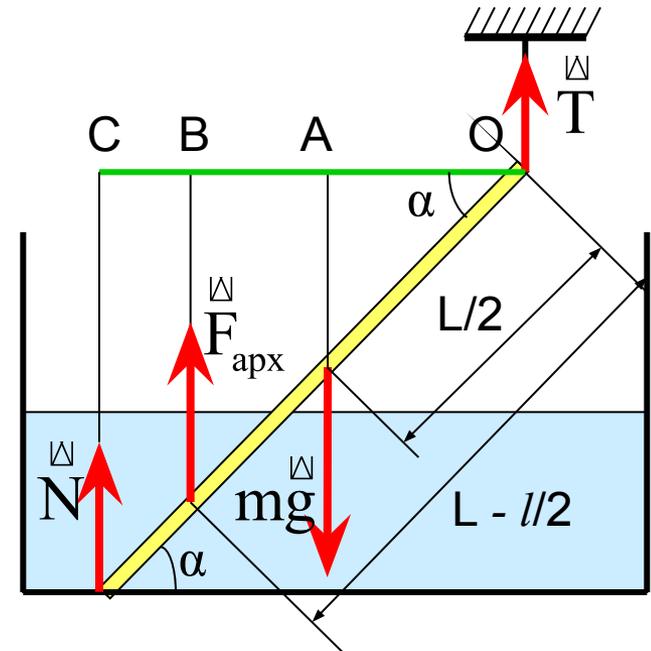
$$-mg \cdot \frac{L}{2} \cos \alpha + N \cdot L \cos \alpha + F_{\text{арх}} \cdot \left( L - \frac{l}{2} \right) \cos \alpha = 0$$

$$m = \rho_a V = \rho_a LS;$$

$$F_{\text{арх}} = \rho_b V_{\text{погр}} g = \rho_b l S g$$

$$-\rho_b LSg \frac{L}{2} + NL + \rho_b l Sg \left( L - \frac{l}{2} \right) = 0 \rightarrow$$

$$H = N = \frac{Sg}{2} \left( \rho_b L - \rho_b l \left( 2 - \frac{l}{L} \right) \right) = 0,026$$



## Пример (повышенный уровень)

Правильно выполнили – 16%

В цилиндрическом сосуде под поршнем длительное время находится вода и ее пар. Поршень начинают выдвигать из сосуда. При этом температура воды и пара остается неизменной. Как будет меняться при этом масса жидкости в сосуде? Ответ поясните, указав, какие физические закономерности вы использовали для объяснения.

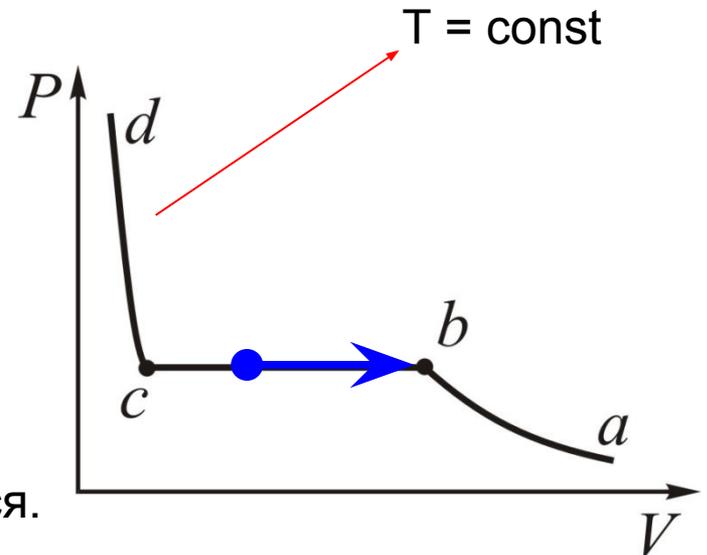
Вода и водяной пар находятся в закрытом сосуде длительное время

водяной пар является **насыщенным** (процессы парообразования и конденсации уравнивают друг друга)

При выдвигании поршня происходит изотермическое расширение пара, давление насыщенного пара в этом процессе не меняются.

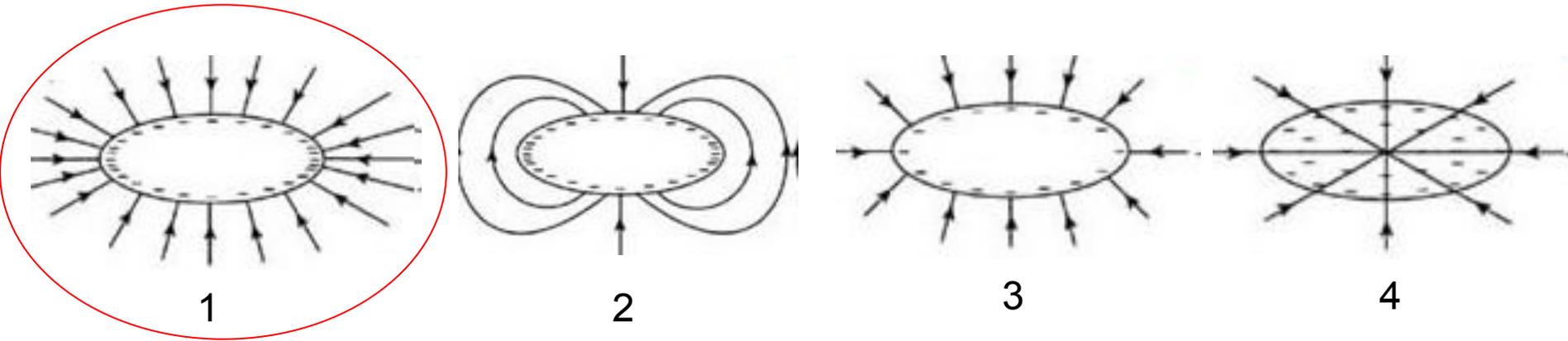
Парообразование будет преобладать над конденсацией. Масса жидкости будет при этом уменьшаться, а масса пара увеличиваться.

При достижении т. *b* на изотерме вся вода превратится в пар и при дальнейшем расширении его давление будет уменьшаться



## Пример (базовый уровень)

Проводник, имеющий форму эллипсоида, заряжен отрицательно. На каком из следующих рисунков лучше всего показано распределение зарядов в проводнике и силовые линии электрического поля?



Условия равновесия зарядов в заряженном проводнике:

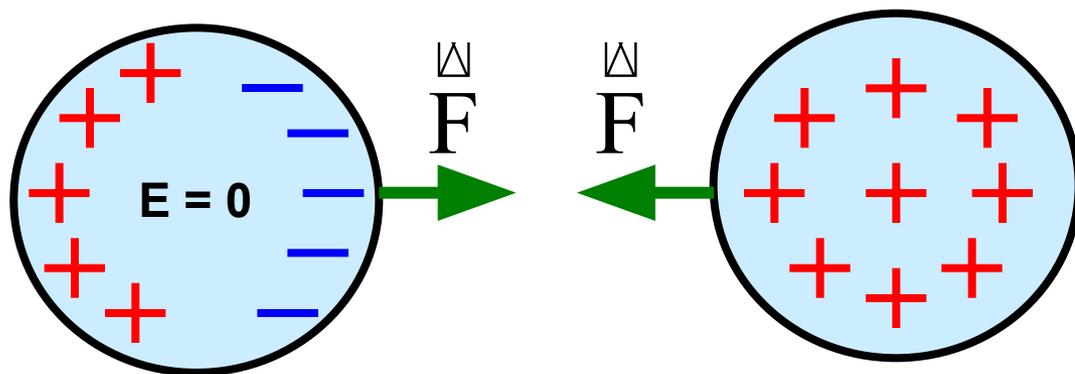
1)  $\vec{E} = 0$

2)  $\varphi = \text{const}$

## Пример (базовый уровень)

Непроводящую сферу с зарядом  $+Q$  подносят близко к проводящей сфере того же радиуса. Выберите верное из следующих утверждений.

- 1) Внутри проводящей сферы возникает электрическое поле.
- 2) Общий заряд проводящей сферы становится равным  $-Q$ .
- 3) Сферы начинают притягиваться друг к другу.
- 4) Электростатические взаимодействия между сферами отсутствуют.

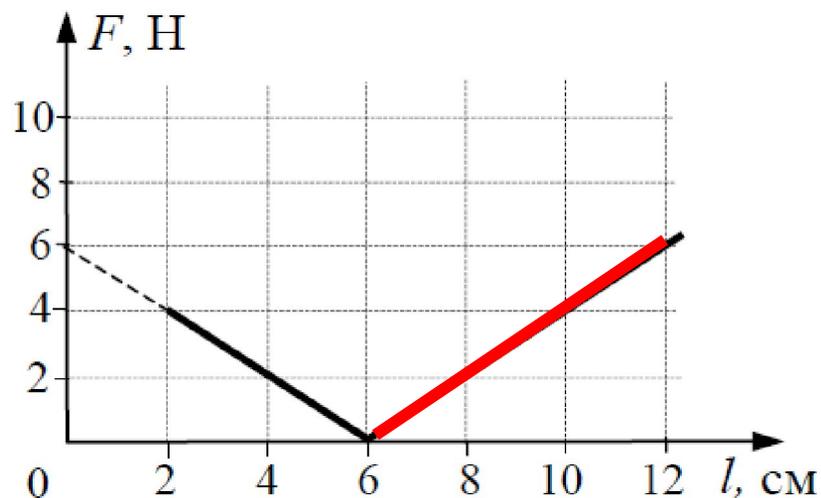


## Пример (базовый уровень)

При проведении эксперимента ученик исследовал зависимость модуля силы упругости пружины от длины пружины, которая выражается формулой  $F(l) = k|l - l_0|$ , где  $l_0$  – длина пружины в недеформированном состоянии. График полученной зависимости приведен на рисунке. Какое(-ие) из утверждений соответствует(-ют) результатам опыта?

- А. Жесткость пружины равна 100 Н/м.
- Б. Длина пружины в недеформированном состоянии равна 6 см.

- 1) только А
- 2) только Б
- 3) и А, и Б
- 4) ни А, ни Б



В недеформированном состоянии  $\Delta l = 0 \longrightarrow l_0 = 6 \text{ см} \longrightarrow$

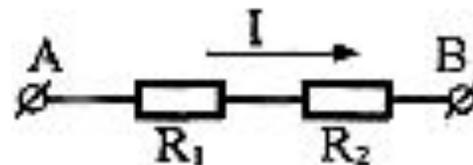
Б - верно

Закон Гука  $\longrightarrow k = \frac{F}{\Delta l} = \frac{6}{0,06} = 100 \longrightarrow$  А - верно

## Пример (повышенный уровень)

На графике представлены результаты измерения напряжения на концах участка цепи постоянного тока, состоящего из двух последовательно соединенных резисторов при различных значениях резистора  $R_2$ . С учетом погрешностей измерений ( $\Delta R_2 = \pm 1 \text{ Ом}$ ,  $\Delta U_{AB} = \pm 0,2 \text{ В}$ ) определите силу тока на участке цепи AB.

- 1) 80 мА    2) 70 мА    3) 40 мА    4) 50 мА



Запишем теоретический закон зависимости  $U_{AB}$  от  $R_2$ :

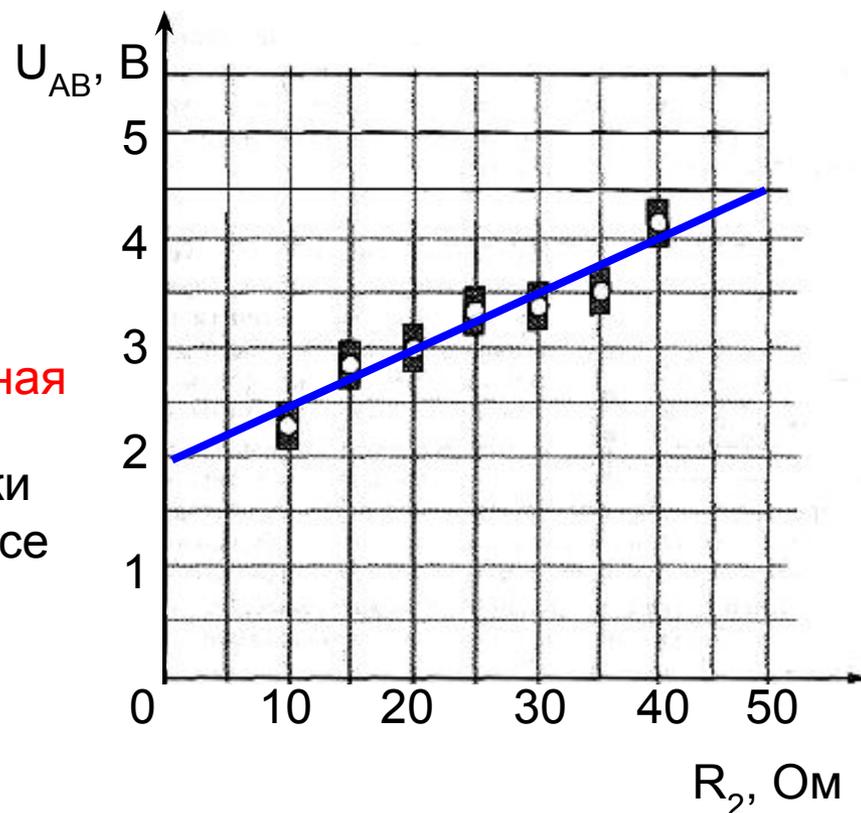
$$U_{AB} = U_1 + U_2 = U_1 + IR_2$$

причем при  $R_2 = 0$ ,  $U_{AB} = U_1$

При  $I = \text{const}$  зависимость  $U_{AB}(R_2)$  - **линейная**

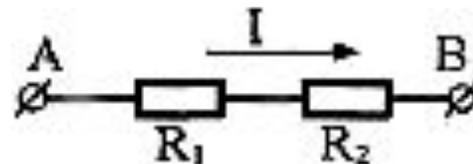
Аппроксимируем экспериментальные точки прямой, так, чтобы она проходила через все прямоугольные области.

$$I_{\text{мА}} \frac{U_{AB} - U_1}{R_2} = \frac{4,5 - 2}{50} = 0,05 \text{ А} = 50$$

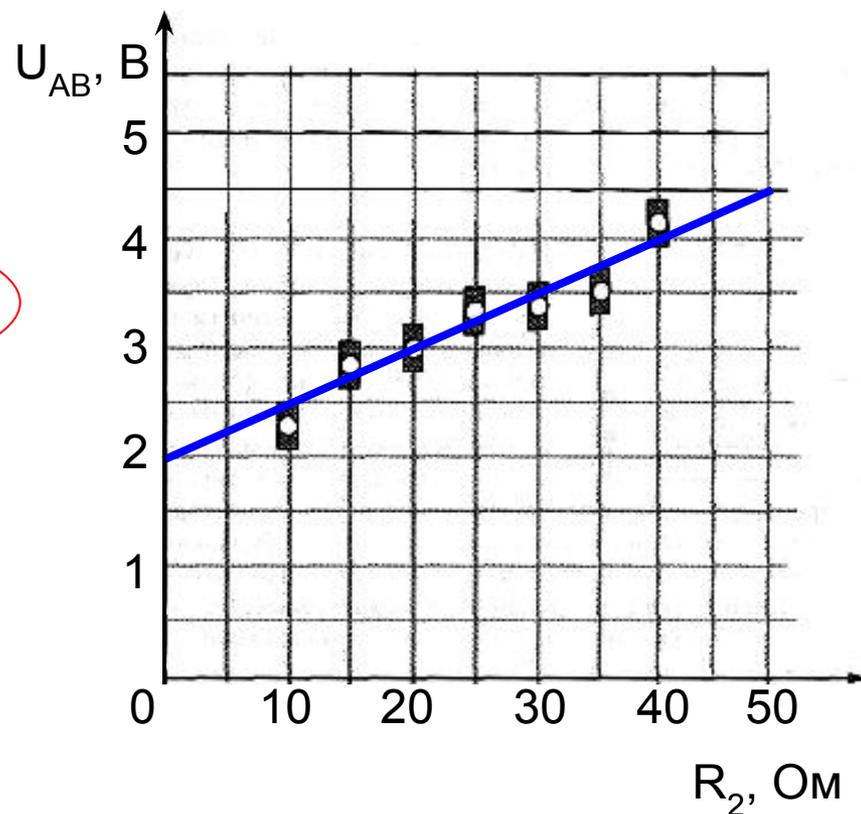


## Пример (базовый уровень)

На графике представлены результаты измерения напряжения на концах участка цепи постоянного тока, состоящего из двух последовательно соединенных резисторов при различных значениях резистора  $R_2$ . С учетом погрешностей измерений ( $\Delta R_2 = \pm 1 \text{ Ом}$ ,  $\Delta U_{AB} = \pm 0,2 \text{ В}$ ) Какую из гипотез подтверждают результаты эксперимента?



- 1) Сила тока участке АВ прямо пропорциональна напряжению на его концах и обратно пропорциональна сопротивлению участка
- 2) Напряжение на участке АВ при постоянной силе тока растет линейно с увеличением сопротивления  $R_1$
- 3) Сила тока через резисторы  $R_1$  и  $R_2$  одинакова
- 4) Сопротивление участка АВ равно сумме сопротивлений резисторов  $R_1$  и  $R_2$



## Пример (повышенный уровень)

Правильно выполнили – 16%

При изобарном нагревании газообразный гелий получил количество теплоты 100 Дж. Каково изменение внутренней энергии гелия? Масса гелия в данном процессе не менялась.

He  
Q = 100 Дж  
P = const  
m = const

---

$\Delta U$  -  
?

Первое начало термодинамики:

$$Q = \Delta U + A$$

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

- изменение внутренней энергии  $\nu$  молей одноатомного идеального газа при изменении его температуры на  $\Delta T$

$$A = P \Delta V$$

- работа газа при изменении его объема на  $\Delta V$  в изобарном процессе

$$PV = \nu RT$$

- уравнение состояния идеального газа

Применительно к изобарному процессу:  $P \Delta V = \nu R \Delta T$

$$Q = \frac{3}{2} \nu R \Delta T + P \Delta V = \frac{3}{2} P \Delta V + P \Delta V = \frac{5}{2} P \Delta V \longrightarrow P \Delta V = \frac{2}{5} Q =$$

$$\Delta U = Q - A = Q - \frac{2}{5} Q = \frac{3}{5} Q = \frac{2}{5} \cdot 100 = 60$$

## Пример (высокий уровень)

Поршень массой  $m = 2$  кг соединен с дном цилиндрического сосуда пружиной жесткостью  $k = 100$  Н/м. В сосуде под поршнем находится идеальный одноатомный газ. В начальном состоянии расстояние между поршнем и дном сосуда  $h = 0,2$  м. Найти количество теплоты, которое нужно сообщить газу, чтобы расстояние между поршнем и дном сосуда удвоилось. Считать, что пружина недеформирована при  $h = 0$ . Атмосферное давление не учитывать.

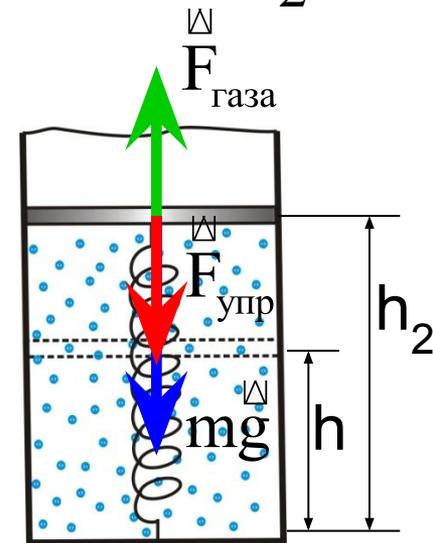
$$\begin{array}{l} m = 2 \text{ кг} \\ k = 100 \text{ Н/м} \\ h = 0,2 \text{ м} \\ h_2 = 2h \end{array} \left| \begin{array}{l} Q = \Delta U + A \\ A = -(A_{mg} + A_{F_{\text{упр}}}) \end{array} \right. \begin{array}{l} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T + A \\ = mgh + \frac{3}{2} kh^2 \end{array}$$

$$A = -(A_{mg} + A_{F_{\text{упр}}}) = -(mgh - mgh_2 + \frac{kh^2}{2} - \frac{kh_2^2}{2}) = mgh + \frac{3}{2} kh^2$$

$$\left. \begin{array}{l} p_1 S = mg + kh \\ p_2 S = mg + kh_2 \end{array} \right\} \rightarrow \left. \begin{array}{l} p_1 Sh = \nu RT_1 \\ p_2 Sh_2 = \nu RT_2 \end{array} \right\} \rightarrow \begin{array}{l} (mg + kh)h = \nu RT_1 \\ (mg + 2kh)2h = \nu RT_2 \end{array}$$

$$\Delta T = T_2 - T_1 = \frac{h(mg + 3kh)}{\nu R} \rightarrow Q = \Delta U + A =$$

$$= \frac{3}{2} \nu R \left( \frac{h(mg + 3kh)}{\nu R} \right) + mgh + \frac{3}{2} kh^2 = h \left( \frac{5}{2} mg + 6kh \right) = 34$$



## Пример (высокий уровень)

По гладкой горизонтальной направляющей длины  $2l$  свободно скользит бусинка с положительным зарядом  $Q > 0$  и массой  $m$ . На концах направляющей находятся положительные заряды  $q > 0$  (см. рисунок). Бусинка совершает малые колебания относительно положения равновесия, период которых равен  $T_1 = \sqrt{2}$  с. Чему будет равен период колебаний бусинки, если заряды на концах направляющей увеличить в 2 раза?

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$$

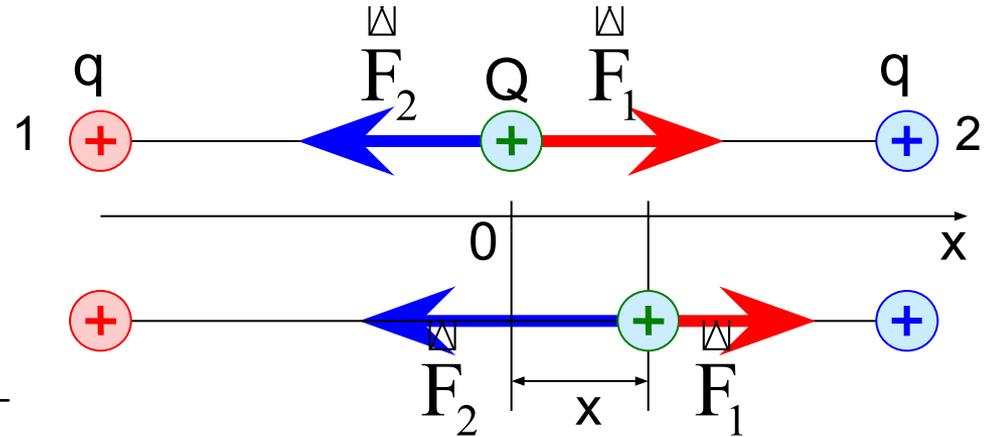
$$F_x = F_{1x} + F_{2x} = \frac{kqQ}{(1+x)^2} - \frac{kqQ}{(1-x)^2}$$

$$F_x = ma_x \rightarrow ma_x = \frac{-4kqQx}{(1+x)^2(1-x)^2}$$

$$x \ll l \rightarrow ma_x = \frac{-4kqQx}{l^3} \rightarrow a_x + \frac{4kqQ}{ml^3}x = 0$$

$$a_x + \omega^2 x = 0 \rightarrow \omega = \sqrt{\frac{4kqQ}{ml^3}} \rightarrow T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{ml^3}{4kqQ}} = l\pi \sqrt{\frac{ml}{kqQ}}$$

Если увеличить заряд  $q$  в 2 раза  $T$  уменьшится в  $\sqrt{2}$  раз  $\rightarrow T_2 = \frac{T_1}{\sqrt{2}} = 1$  с

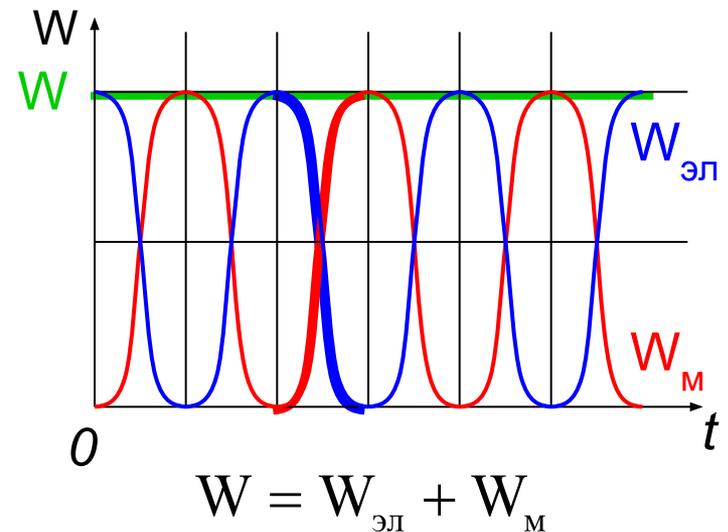
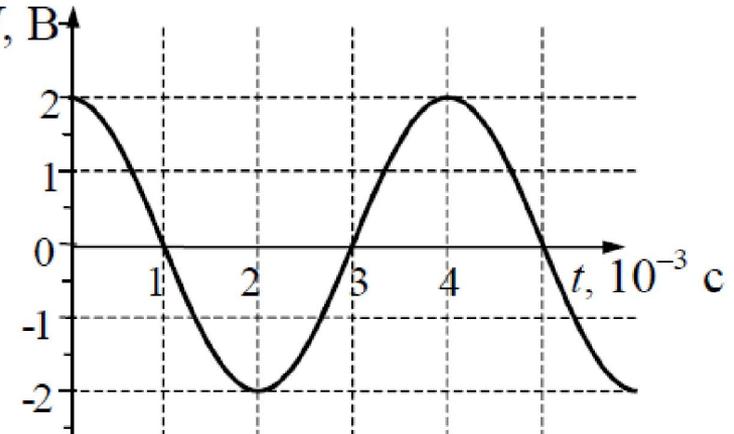
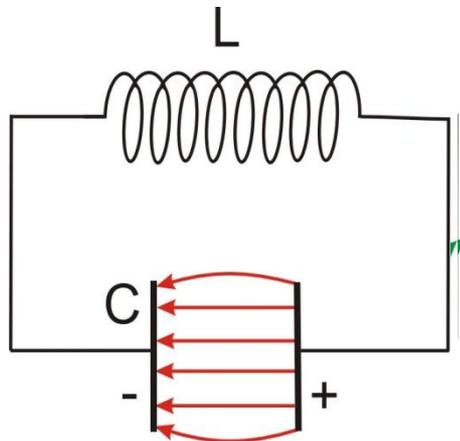


## Пример (повышенный уровень)

Правильно выполнили – 40%

Напряжение на клеммах конденсатора в колебательном контуре меняется с течением времени согласно графику на рисунке. Какое преобразование энергии происходит в контуре в промежутке от  $2 \cdot 10^{-3}$  с до  $3 \cdot 10^{-3}$  с?

- 1) энергия электрического поля конденсатора преобразуется в энергию магнитного поля катушки
- 2) энергия магнитного поля катушки преобразуется в энергию электрического поля конденсатора
- 3) энергия электрического поля конденсатора увеличивается до максимального значения
- 4) энергия движения электронов в проводах преобразуется в энергию электрического поля конденсатора



## Пример (высокий уровень)

Правильно выполнили – 10%

В идеальном колебательном контуре амплитуда колебаний силы тока в катушке индуктивности  $I_m = 5$  мА, а амплитуда напряжения на конденсаторе  $U_m = 2$  В. В некоторый момент времени напряжение на конденсаторе равно 1,2 В. Найдите силу тока в катушке в этот момент.

$$\begin{array}{l} I_m = 5 \text{ мА} \\ U_m = 2 \text{ В} \\ U = 1,2 \text{ В} \\ \hline I - ? \end{array}$$

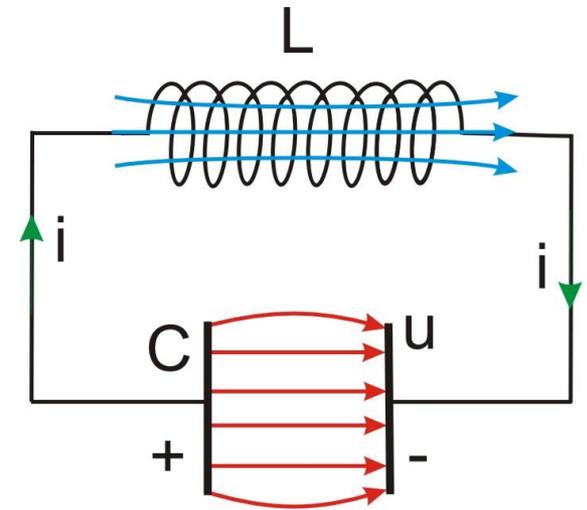
$$W = W_{\text{эл}} + W_{\text{м}} = \frac{CU^2}{2} + \frac{LI^2}{2}$$

$$W = \frac{CU_m^2}{2} = \frac{LI_m^2}{2}$$

$$\frac{C}{L} = \frac{I_m^2}{U_m^2}$$

$$\frac{CU^2}{2} + \frac{LI^2}{2} = \frac{CU_m^2}{2} \quad \left| \frac{2}{L} \rightarrow \frac{CU^2}{L} + I^2 = \frac{CU_m^2}{L} \rightarrow I^2 = \frac{C}{L} (U_m^2 - U^2) \right.$$

$$\frac{I}{U_m} \sqrt{U_m^2 - U^2} = \frac{5 \cdot 10^{-3}}{2} \sqrt{2^2 - 1,2^2} = 4 \cdot 10^{-3} = 4$$



Спасибо за внимание