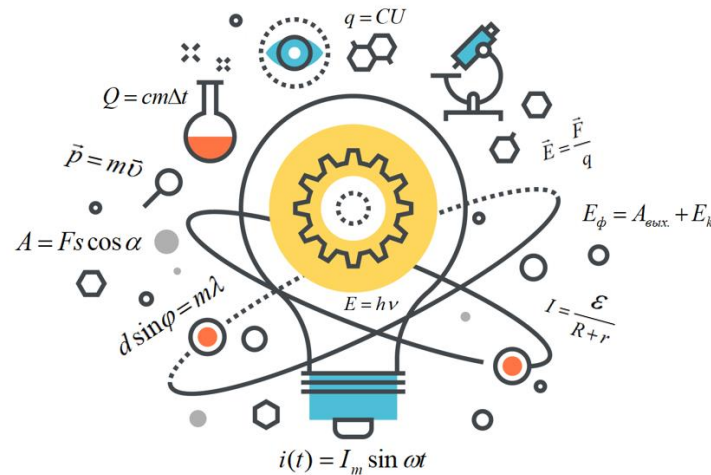


Институт цифровых технологий, электроники и физики

<http://phys.asu.ru/>

# ЕГЭ по физике 2023



## Задания части 1 КИМ ЕГЭ 2023 (электродинамика, квантовая физика)

Шимко Елена Анатольевна

доцент кафедры общей и экспериментальной физики АлтГУ

# Задание 12.1

## (Электрическое поле, законы постоянного тока)

Во сколько раз уменьшится модуль сил взаимодействия двух небольших металлических шариков одинакового диаметра, имеющих заряды  $q_1 = +4$  нКл и  $q_2 = -2$  нКл, если шарики привести в соприкосновение, а затем раздвинуть их на прежнее расстояние?

Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

# Задание 12.1

## (Электрическое поле, законы постоянного тока)

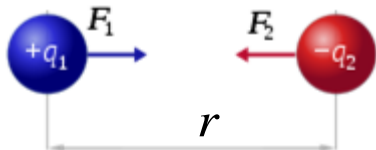
Во сколько раз уменьшится модуль сил взаимодействия двух небольших металлических шариков одинакового диаметра, имеющих заряды  $q_1 = +4$  нКл и  $q_2 = -2$  нКл, если шарики привести в соприкосновение, а затем раздвинуть их на прежнее расстояние?

Ответ: в \_\_\_\_\_ 8 \_\_\_\_\_ раз(а).

III закон Ньютона:

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

$$F = k \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2} \quad \text{Закон Кулона}$$

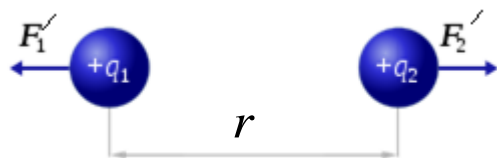


$$F = k \frac{4 \cdot 2 \cdot 10^{-18}}{r^2} = k \frac{8 \cdot 10^{-18}}{r^2} \quad \text{До прикосновения шариков (притягиваются)}$$

Закон сохранения электрического заряда:

$$q = const \Rightarrow q_1 + q_2 = 2q_{\text{нов}}$$

$$q_{\text{нов}} = \frac{+4 \text{ нКл} + (-2 \text{ нКл})}{2} = +1 \text{ нКл} \quad \text{Заряд каждого шарика}$$



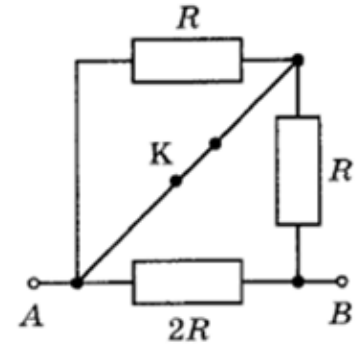
$$F' = F_{\text{нов}} = k \frac{1 \cdot 1 \cdot 10^{-18}}{r^2} = k \frac{1 \cdot 10^{-18}}{r^2} \quad \text{После (отталкиваются)}$$

## Задание 12.2

(Электрическое поле, законы постоянного тока)

На сколько увеличится сопротивление участка цепи  $AB$ , изображённого на рисунке, если ключ  $K$  разомкнуть? Сопротивление  $R = 12$  Ом.

Ответ: на \_\_\_\_\_ Ом.

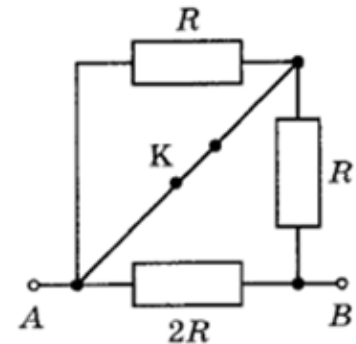


# Задание 12.2

(Электрическое поле, законы постоянного тока)

На сколько увеличится сопротивление участка цепи  $AB$ , изображённого на рисунке, если ключ  $K$  разомкнуть? Сопротивление  $R = 12 \text{ Ом}$ .

Ответ: на 4 Ом.



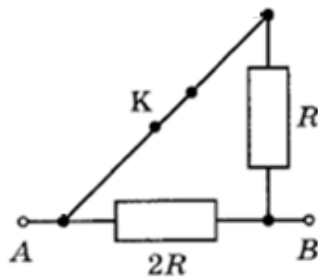
$$\frac{1}{R_{\text{общ}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

$\Rightarrow$

$$R_{\text{общ}} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

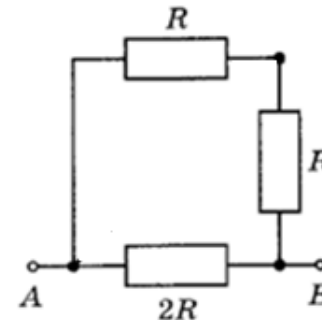
*Общее сопротивление при параллельном соединении проводников*

До размыкания ключа  $K$ :



$$R_{\text{общ}1} = \frac{R \cdot 2R}{R + 2R} = \frac{2R}{3} = 8 \text{ Ом}$$

После размыкания ключа  $K$ :

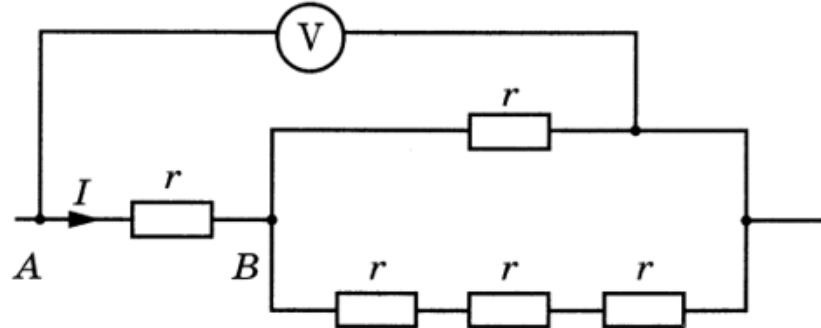


$$R_{\text{общ}2} = \frac{(R + R) \cdot 2R}{(R + R) + 2R} = R = 12 \text{ Ом}$$

$$\Delta R_{\text{общ}} = R_{\text{общ}2} - R_{\text{общ}1} = 12 \text{ Ом} - 8 \text{ Ом} = 4 \text{ Ом}$$

## Задание 12.3

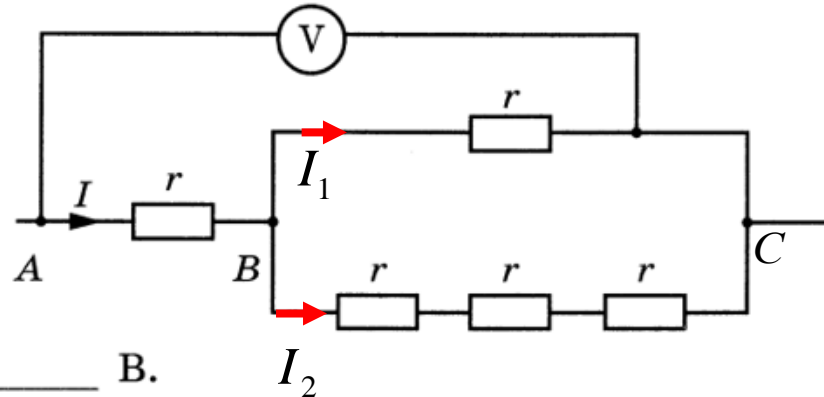
Пять одинаковых резисторов с сопротивлением  $r = 1$  Ом соединены в электрическую цепь, схема которой представлена на рисунке. По участку  $AB$  идёт ток  $I = 4$  А. Какое напряжение показывает идеальный вольтметр?



Ответ: \_\_\_\_\_ В.

## Задание 12.3

Пять одинаковых резисторов с сопротивлением  $r = 1$  Ом соединены в электрическую цепь, схема которой представлена на рисунке. По участку  $AB$  идёт ток  $I = 4$  А. Какое напряжение показывает идеальный вольтметр?



Ответ: 7 В.

*Напряжение между точками BC:*  $U_1 = U_2 \Rightarrow I_1 R_1 = I_2 R_2 \Rightarrow I_1 r = I_2 3r \Rightarrow I_2 = \frac{1}{3} I_1$

$$I = I_1 + I_2 \Rightarrow I = I_1 + \frac{1}{3} I_1 = \frac{4}{3} I_1 \Rightarrow I_1 = \frac{3}{4} I = \frac{3}{4} \cdot 4A = 3A$$

*Показания вольтметра:*  $U = U_{AB} + U_r \Rightarrow U = Ir + I_1 r = r(I + I_1)$

$$U = 1\text{Ом}(4A + 3A) = 7\text{В}$$

# Задание 13.1

(магнитное поле, электромагнитная индукция)

Индуктивность одного витка проволоки равна  $4 \cdot 10^{-3}$  Гн. При какой силе тока магнитный поток через поперечное сечение катушки, сделанной из 5 витков, равен 20 мВб?

Ответ: \_\_\_\_\_ А.

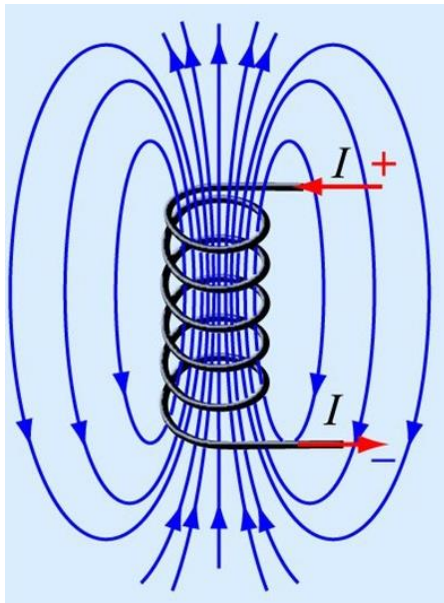


# Задание 13.1

(магнитное поле, электромагнитная индукция)

Индуктивность одного витка проволоки равна  $4 \cdot 10^{-3}$  Гн. При какой силе тока магнитный поток через поперечное сечение катушки, сделанной из 5 витков, равен 20 мВб?

Ответ: 1 А.



$$\Phi = LI$$

*Магнитный поток  
одного витка с током*

$$\Phi = NLI$$

*Магнитный поток  
N витков с током*

$$I = \frac{\Phi}{NL}$$

*Сила тока, протекающего  
по катушке из N витков*

$$I = \frac{20 \cdot 10^{-3} \text{ Вб}}{5 \cdot 4 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}} = 1 \text{ А}$$



*Магнитный поток  $\Phi$  – скалярная физическая величина, характеризующая число линий магнитной индукции поля, пронизывающих замкнутый контур*

[http://fizmat.by/kursy/jelektromagnt/magnit\\_potok](http://fizmat.by/kursy/jelektromagnt/magnit_potok)

## Задание 13.2

(магнитное поле, электромагнитная индукция)

За время  $\Delta t = 2$  с магнитный поток, пронизывающий проволочную рамку, равномерно уменьшается от некоторого значения  $\Phi$  до нуля. При этом в рамке генерируется ЭДС, равная 2 мВ. Определите начальный магнитный поток  $\Phi$  через рамку.

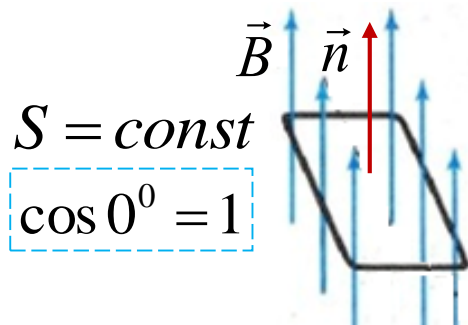
Ответ: \_\_\_\_\_ мВб.

# Задание 13.2

(магнитное поле, электромагнитная индукция)

За время  $\Delta t = 2$  с магнитный поток, пронизывающий проводочную рамку, равномерно уменьшается от некоторого значения  $\Phi$  до нуля. При этом в рамке генерируется ЭДС, равная 2 мВ. Определите начальный магнитный поток  $\Phi$  через рамку.

Ответ: 4 мВб.



$$\varepsilon_i = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

– закон Фарадея

(закон электромагнитной индукции)

$$\Phi = BS \cos \alpha = BS \quad \text{– магнитный поток}$$

$$\varepsilon_i = - \frac{\Phi_2 - \Phi_1}{\Delta t} = \frac{\Phi_1 - \Phi_2}{\Delta t} \Rightarrow \Phi_1 - \Phi_2 = \varepsilon_i \cdot \Delta t$$

$$\Phi_1 = \Phi_2 + \varepsilon_i \cdot \Delta t$$

$$\Phi_1 = 0 \text{ Вб} + 2 \cdot 10^{-3} \text{ В} \cdot 2 \text{ с} = 4 \cdot 10^{-3} = 4 \text{ мВб.}$$



$S$  – площадь поверхности, ограниченной контуром (рамкой)

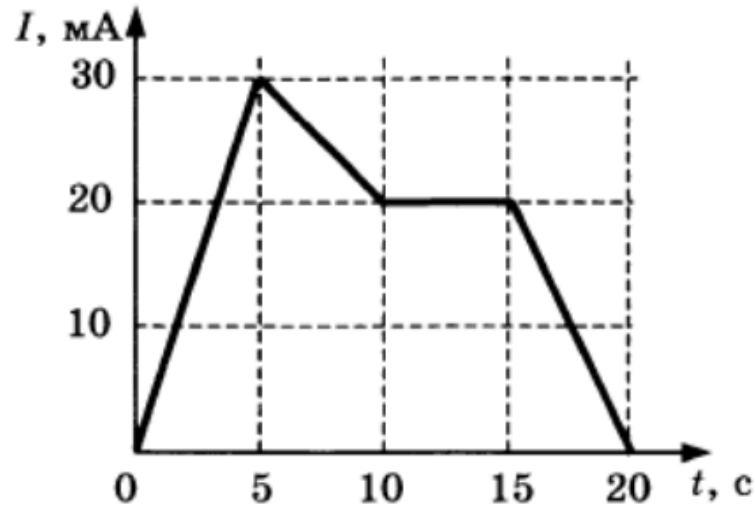
$\alpha$  – угол между вектором магнитной индукции  $\vec{B}$  и нормалью к поверхности  $\vec{n}$

$\Delta t$  – время изменения магнитного потока  $\Phi$

## Задание 13.3

(магнитное поле, электромагнитная индукция)

На рисунке приведён график зависимости силы тока от времени в электрической цепи, индуктивность которой 1 Гн. Определите модуль ЭДС самоиндукции в интервале времени от 15 до 20 с.



Ответ: \_\_\_\_\_ мВ.

# Задание 13.3

## (магнитное поле, электромагнитная индукция)

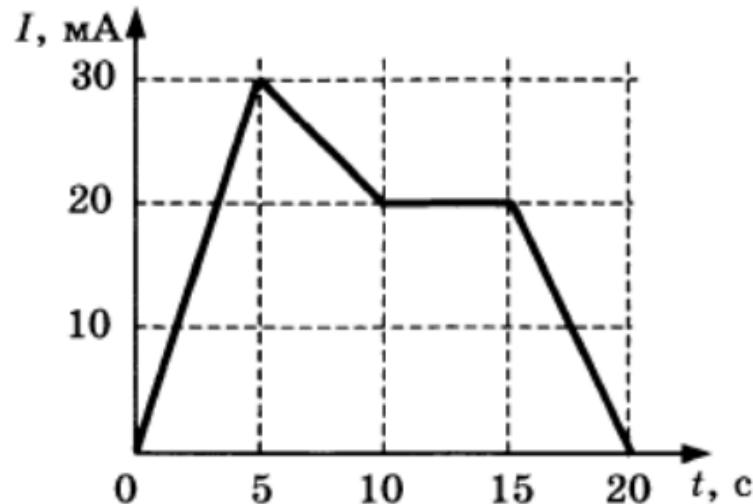
На рисунке приведён график зависимости силы тока от времени в электрической цепи, индуктивность которой 1 Гн. Определите модуль ЭДС самоиндукции в интервале времени от 15 до 20 с.

Закон ЭМИ Фарадея:

$$\varepsilon_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

Магнитный поток проводника с током  $I$ :

$$\Phi = LI$$



ЭДС самоиндукции:

$$\varepsilon_{is} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

Модуль ЭДС самоиндукции:

$$\varepsilon_{is} = L \left| \frac{\Delta I}{\Delta t} \right| = L \left| \frac{I - I_0}{\Delta t} \right|$$

Ответ: 4 мВ.

$$\varepsilon_{is} = 1 \text{ Гн} \left| \frac{0 - 20 \cdot 10^{-3}}{5 \text{ с}} \right| = 4 \cdot 10^{-3} \text{ В} = 4 \text{ мВ.}$$

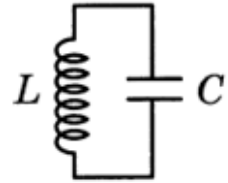
**Самоиндукция** – явление возникновения ЭДС индукции в проводнике, по которому течет переменный ток.



# Задание 14.1

(электромагнитные колебания и волны, оптика)

В колебательном контуре (см. рисунок) напряжение между обкладками конденсатора меняется по закону  $U_C = U_0 \cos \omega t$ , где  $U_0 = 20$  В,  $\omega = 5\pi \cdot 10^6$  с<sup>-1</sup>. Определите период колебаний силы тока в контуре.

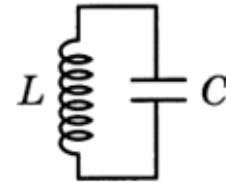


Ответ: \_\_\_\_\_ мкс.

# Задание 14.1

## (электромагнитные колебания и волны, оптика)

В колебательном контуре (см. рисунок) напряжение между обкладками конденсатора меняется по закону  $U_C = U_0 \cos \omega t$ , где  $U_0 = 20$  В,  $\omega = 5\pi \cdot 10^6$  с<sup>-1</sup>. Определите период колебаний силы тока в контуре.



Ответ: 0,4 мкс.

$$\omega_0 = \frac{2\pi}{T} = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

*Циклическая частота свободных колебаний в контуре*

*Заряд на конденсаторе ёмкостью C*

$$q = CU$$

$\Rightarrow$

$$q(t) = q_0 \cos \omega t$$

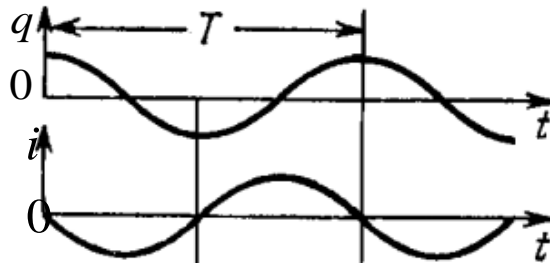
$$q_0 = CU_0$$

*Сила тока в катушке индуктивности L*

$$i(t) = q'(t) = (q_0 \cos \omega t)'$$

$\Rightarrow$

$$i(t) = -q_0 \omega \sin \omega t$$



$$q(t) = q_0 \cos \omega t$$

$$i(t) = -I_m \sin \omega t \quad I_m = q_0 \omega_0$$

*Периоды колебаний напряжения на конденсаторе и силы тока в катушке равны:*

$$T = \frac{2\pi}{\omega}$$

$$\Rightarrow T = \frac{2\pi}{5\pi \cdot 10^6 \text{ с}^{-1}} = 0,4 \cdot 10^{-6} \text{ с}$$

## Задание 14.2

### (электромагнитные колебания и волны, оптика)

При вращении квадратной рамки в однородном магнитном поле в ней возникает ЭДС индукции, максимальная величина которой равна 2 мВ. Какой будет максимальная ЭДС индукции, если сторону рамки увеличить в 2 раза, а угловую скорость вращения в 2 раза уменьшить? Ориентация рамки относительно линий индукции магнитного поля не изменилась.

Ответ: \_\_\_\_\_ мВ.



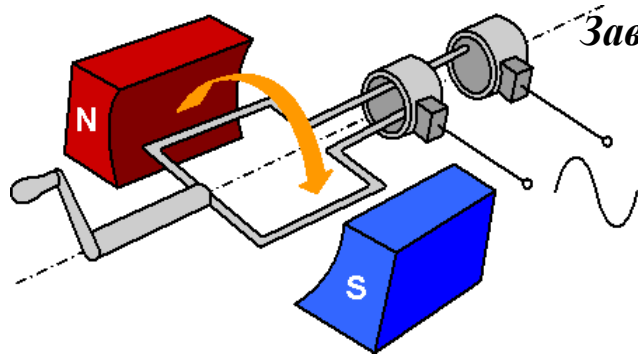
# Задание 14.2

## (электромагнитные колебания и волны, оптика)

При вращении квадратной рамки в однородном магнитном поле в ней возникает ЭДС индукции, максимальная величина которой равна 2 мВ. Какой будет максимальная ЭДС индукции, если сторону рамки увеличить в 2 раза, а угловую скорость вращения в 2 раза уменьшить? Ориентация рамки относительно линий индукции магнитного поля не изменилась.

Ответ: 4 мВ.

Закон Фарадея  $\varepsilon_i = -\Phi' = -(BS \cos \alpha)' = -(BS \cos \omega t)'$



Модель генератора переменного тока

Зависимость ЭДС индукции в рамке от времени

$$\varepsilon_i(t) = BS\omega \sin \omega t$$

$$\varepsilon_i(t) = \varepsilon_{\max} \sin \omega t$$

Амплитуда ЭДС

$$\varepsilon_{\max} = BS\omega$$

$$\varepsilon_{\max} = B\omega \cdot a^2 \quad (a - \text{сторона рамки})$$

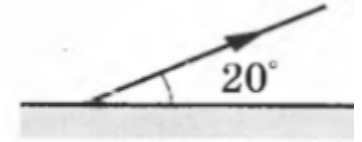
$$(\varepsilon_{\max})_{\text{новое}} = B \frac{\omega}{2} \cdot (2a)^2 = 2B\omega a^2 = 2\varepsilon_{\max}$$

$$(\varepsilon_{\max})_{\text{новое}} = 2 \cdot 2 \text{ мВ} = 4 \text{ мВ}$$

## Задание 14.3

(электромагнитные колебания и волны, оптика)

Угол между зеркалом и отражённым от него лучом равен  $20^\circ$  (см. рисунок). Определите угол падения.

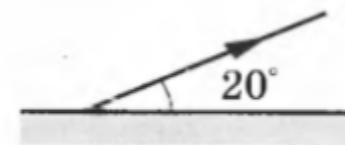


Ответ: \_\_\_\_\_ градусов.

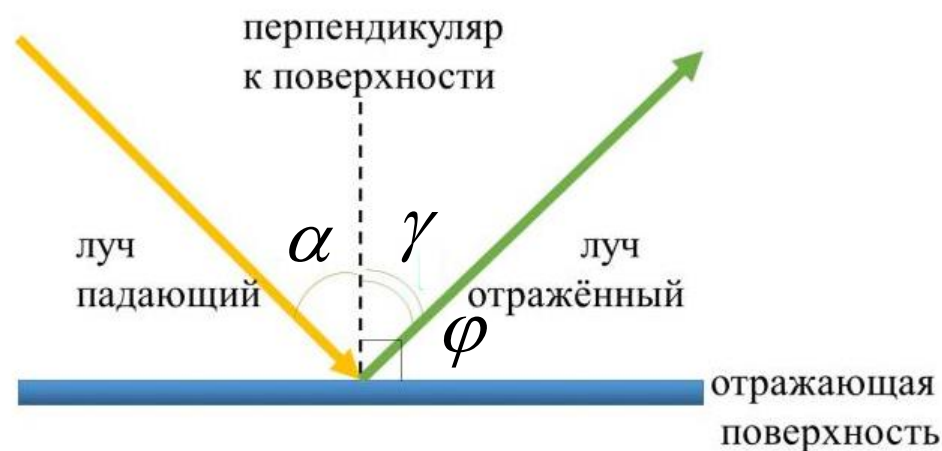
# Задание 14.3

(электромагнитные колебания и волны, оптика)

Угол между зеркалом и отражённым от него лучом равен  $20^\circ$  (см. рисунок). Определите угол падения.



Ответ: 70 градусов.



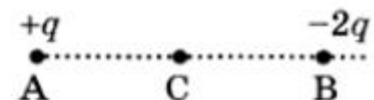
Закон отражения света:  $\alpha = \gamma$

По рисунку:  $\gamma + \varphi = 90^\circ$

$\alpha = 70^\circ$  – угол падения

## Задание 15.1 (электродинамика)

Две маленькие закреплённые бусинки, расположенные в точках А и В, несут на себе заряды  $+q > 0$  и  $-2q$  соответственно (см. рисунок).



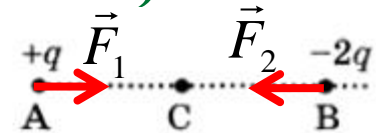
Из приведённого ниже списка выберите *все* правильные утверждения и укажите их номера.

- 1) На бусинку А со стороны бусинки В действует сила Кулона, направленная горизонтально влево.
- 2) Напряжённость результирующего электростатического поля в точке С направлена горизонтально вправо.
- 3) Модули сил Кулона, действующих на бусинки, одинаковы.
- 4) Если бусинки соединить медной проволокой, они будут притягивать друг друга.
- 5) Если бусинки соединить незаряженной стеклянной палочкой, их заряды станут равными.

Ответ: \_\_\_\_\_.

# Задание 15.1 (электродинамика)

Две маленькие закреплённые бусинки, расположенные в точках А и В, несут на себе заряды  $+q > 0$  и  $-2q$  соответственно (см. рисунок).



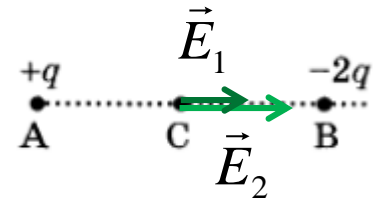
Из приведённого ниже списка выберите *все* правильные утверждения и укажите их номера.

- 1) На бусинку А со стороны бусинки В действует сила Кулона, направленная горизонтально влево.
- 2) Напряжённость результирующего электростатического поля в точке С направлена горизонтально вправо.
- 3) Модули сил Кулона, действующих на бусинки, одинаковы.
- 4) Если бусинки соединить медной проволокой, они будут притягивать друг друга.
- 5) Если бусинки соединить незаряженной стеклянной палочкой, их заряды станут равными.

Ответ: 23.

1) *Разноимённые заряды притягиваются.*

2) *Принцип суперпозиции:*  $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$



3) *По третьему закону Ньютона:*  $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$   $\rightarrow$   $F = k \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2}$  *Закон Кулона*

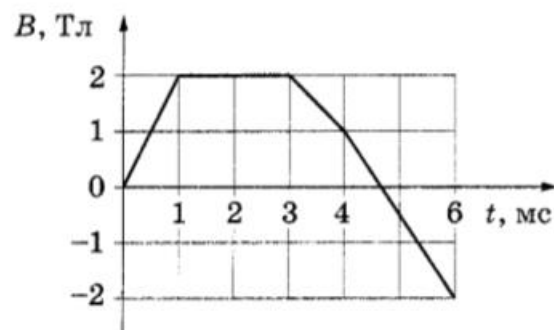
4) *Закон сохранения эл. заряда:*  $q = const$

$$q_1 + q_2 = 2q_{нов} \Rightarrow q_{нов} = \frac{+q + (-2q)}{2} = -\frac{q}{2} \text{ (бусинки отталкиваются)}$$

5) *Стекло является диэлектриком, следовательно, свободные электроны не могут перемещаться из т.В в т.С по стеклянной палочке.*

## Задание 15.2 (электродинамика)

Проволочная рамка площадью  $30 \text{ см}^2$  помещена в однородное магнитное поле так, что плоскость рамки перпендикулярна вектору индукции  $\vec{B}$ . Величина индукции магнитного поля  $B$  изменяется во времени  $t$  согласно графику на рисунке.



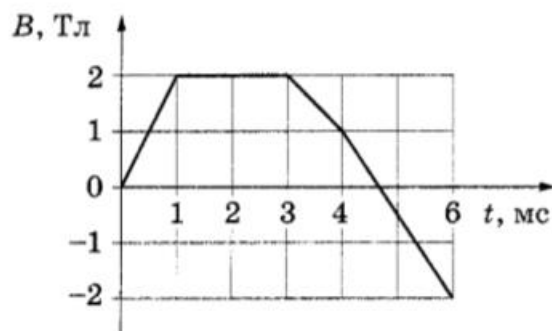
Из приведённого ниже списка выберите **все** правильные утверждения о процессах, происходящих в рамке.

- 1) Магнитный поток через рамку в интервале времени от 1 до 3 мс равен 6 мВб.
- 2) Модуль ЭДС электромагнитной индукции в рамке в интервале времени от 3 до 4 мс равен 6 В.
- 3) Модуль ЭДС электромагнитной индукции в рамке минимален в интервале времени от 0 до 1 мс.
- 4) Скорость изменения магнитного потока через рамку максимальна в интервале времени от 4 до 6 мс.
- 5) Модуль ЭДС электромагнитной индукции в рамке максимален в интервале времени от 0 до 1 мс.

Ответ: \_\_\_\_\_.

## Задание 15.2 (электродинамика)

Проволочная рамка площадью  $30 \text{ см}^2$  помещена в однородное магнитное поле так, что плоскость рамки перпендикулярна вектору индукции  $B$ . Величина индукции магнитного поля  $B$  изменяется во времени  $t$  согласно графику на рисунке.

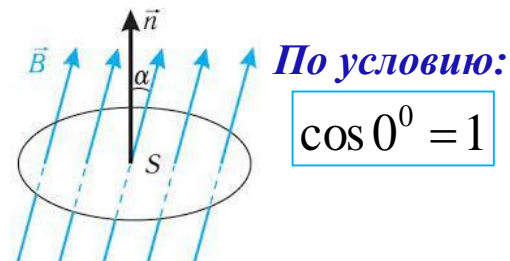


Из приведённого ниже списка выберите **все** правильные утверждения о процессах, происходящих в рамке.

- 1) Магнитный поток через рамку в интервале времени от 1 до 3 мс равен 6 мВб.
- 2) Модуль ЭДС электромагнитной индукции в рамке в интервале времени от 3 до 4 мс равен 6 В.
- 3) Модуль ЭДС электромагнитной индукции в рамке минимален в интервале времени от 0 до 1 мс.
- 4) Скорость изменения магнитного потока через рамку максимальна в интервале времени от 4 до 6 мс.
- 5) Модуль ЭДС электромагнитной индукции в рамке максимален в интервале времени от 0 до 1 мс.

Ответ: 15.

*Магнитный поток*  $\Phi = BS \cos \alpha$



1)  $\Phi = BS$       $\Phi = 2 \text{ Тл} \cdot 30 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 = 6 \cdot 10^{-3} \text{ Вб}$

2)  $\varepsilon_i = \left| \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \right| = S \left| \frac{\Delta B}{\Delta t} \right|$  *Закон электромагнитной индукции*      $\varepsilon_i = 30 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \left| \frac{-1 \text{ Тл}}{1 \cdot 10^{-3} \text{ с}} \right| = 3 \text{ В}$

3–5) *Скорость изменения магнитной индукции ( $\Delta B / \Delta t$ ) и магнитного потока ( $\Delta \Phi / \Delta t$ ) **max** только на участке от 0 до 1 с (угол наклона прямой на графике **max**). Следовательно, и ЭДС индукции в это время будет иметь **max** значение.*

## Задание 15.3 (электродинамика)

Точечный источник света находится в емкости с жидкостью и опускается вертикально вниз от поверхности жидкости. При этом на поверхности жидкости возникает пятно, образованное лучами света, выходящими из жидкости в воздух. Глубина погружения источника (расстояние от поверхности жидкости до источника света), измеренная через равные промежутки времени, а также соответствующий диаметр светлого пятна представлены в таблице. Погрешность измерения глубины погружения и радиуса пятна составила 1 см. Выберите *все* верные утверждения на основании данных, приведенных в таблице.

Глубина погружения, см	10	20	30	40	50	60	70
Диаметр пятна, см	20	40	60	80	100	120	140

- 1) Показатель преломления жидкости больше 1,5.
- 2) Конечный диаметр пятна на поверхности обусловлен интерференцией света в жидкости.
- 3) Конечный диаметр пятна на поверхности обусловлен явлением полного внутреннего отражения.
- 4) Граница пятна движется с ускорением.
- 5) Угол полного внутреннего отражения равен  $45^\circ$ .



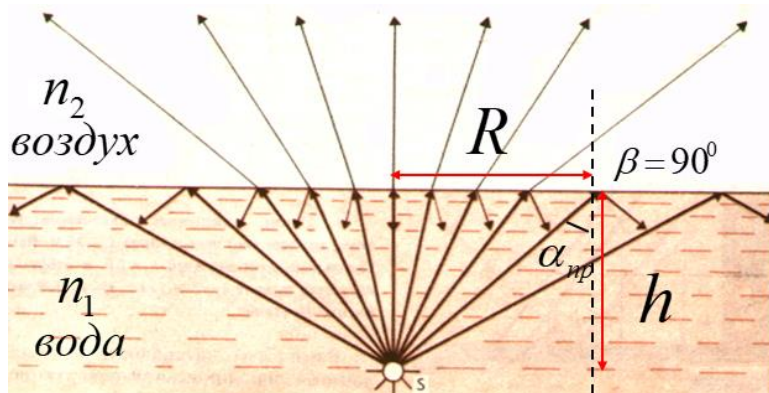
## Задание 15.3 (электродинамика)

Точечный источник света находится в емкости с жидкостью и опускается вертикально вниз от поверхности жидкости. При этом на поверхности жидкости возникает пятно, образованное лучами света, выходящими из жидкости в воздух. Глубина погружения источника (расстояние от поверхности жидкости до источника света), измеренная через равные промежутки времени, а также соответствующий диаметр светлого пятна представлены в таблице. Погрешность измерения глубины погружения и радиуса пятна составила 1 см. Выберите *все* верные утверждения на основании данных, приведенных в таблице.

Глубина погружения, см	10	20	30	40	50	60	70
Диаметр пятна, см	20	40	60	80	100	120	140

- 1) Показатель преломления жидкости больше 1,5.
- 2) Конечный диаметр пятна на поверхности обусловлен интерференцией света в жидкости.
- 3) Конечный диаметр пятна на поверхности обусловлен явлением полного внутреннего отражения.
- 4) Граница пятна движется с ускорением.
- 5) Угол полного внутреннего отражения равен  $45^\circ$ .

Ответ: 35. 5)  $\boxed{\operatorname{tg} \alpha_{\text{пр}} = \frac{R}{h}} \Rightarrow \operatorname{tg} \alpha_{\text{пр}} = \frac{10 \text{ см}}{10 \text{ см}} = 1 \Rightarrow \alpha_{\text{пр}} = 45^\circ$



1)  $\boxed{\frac{\sin \alpha_{\text{пр}}}{\sin \beta_{\text{пр}}} = n = \frac{n_2}{n_1}} \Rightarrow \sin \alpha_{\text{пр}} = \frac{1}{n}$

$\Downarrow$

закон преломления света

$$n = \frac{1}{\sin \alpha_{\text{пр}}} = \frac{2}{\sqrt{2}} \approx 1,4$$

## Задание 16.1 (электродинамика)

Плоский воздушный конденсатор с диэлектриком между пластинами подключён к аккумулятору. Не отключая конденсатор от аккумулятора, диэлектрик удалили из конденсатора. Как изменятся при этом ёмкость конденсатора и разность потенциалов между его обкладками?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Ёмкость конденсатора	Разность потенциалов между обкладками конденсатора

# Задание 16.1 (электродинамика)

Плоский воздушный конденсатор с диэлектриком между пластинами подключён к аккумулятору. Не отключая конденсатор от аккумулятора, диэлектрик удалили из конденсатора. Как изменятся при этом ёмкость конденсатора и разность потенциалов между его обкладками?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Ёмкость конденсатора	Разность потенциалов между обкладками конденсатора
2	3

*Емкость  
плоского  
конденсатора*

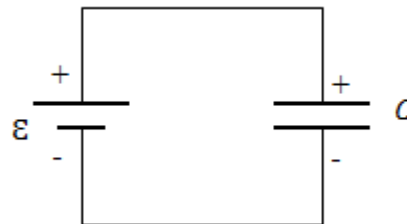
$$C = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 S}{d}$$



$$C = \frac{\varepsilon_0 S}{d}$$

$\varepsilon$  – диэлектрическая  
проницаемость среды ( $\varepsilon \geq 1$ )

$$\Delta\varphi = U = const$$



$$q = CU$$

*Заряд конденсатора  
уменьшается, т.к.  $C \downarrow$*

## Задание 16.2 (электродинамика)

Частица массой  $m$ , несущая заряд  $q$ , движется в однородном магнитном поле с индукцией  $B$  по окружности радиусом  $R$  со скоростью  $v$ . Что произойдёт с радиусом орбиты и периодом обращения частицы, если её скорость не изменится, а заряд увеличится?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Радиус орбиты	Период обращения

## Задание 16.2 (электродинамика)

Частица массой  $m$ , несущая заряд  $q$ , движется в однородном магнитном поле с индукцией  $B$  по окружности радиусом  $R$  со скоростью  $v$ . Что произойдёт с радиусом орбиты и периодом обращения частицы, если её скорость не изменится, а заряд увеличится?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Радиус орбиты	Период обращения
2	2

*Сила Лоренца:*

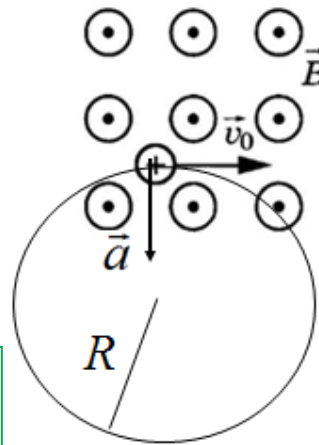
$$F_L = qvB \sin \alpha$$

*По II закону Ньютона:*

$$F = ma = m \frac{v^2}{R}$$

$$m \frac{v^2}{R} = qvB \Rightarrow$$

$$R = \frac{mv}{qB}$$



$$T = \frac{2\pi R}{v}$$

$$\Rightarrow T = \frac{2\pi}{v} \frac{mv}{qB}$$

⇓

$$T = \frac{2\pi m}{qB}$$

## Задание 16.3 (электродинамика)

Небольшой предмет расположен на главной оптической оси тонкой собирающей линзы на двойном фокусном расстоянии от неё. Его начинают удалять от линзы. Как меняются при этом расстояние от линзы до изображения предмета и размер изображения?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

1) увеличивается                      2) уменьшается                      3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Расстояние от линзы до изображения предмета	Размер изображения

## Задание 16.3 (электродинамика)


Небольшой предмет расположен на главной оптической оси тонкой собирающей линзы на двойном фокусном расстоянии от неё. Его начинают удалять от линзы. Как меняются при этом расстояние от линзы до изображения предмета и размер изображения?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

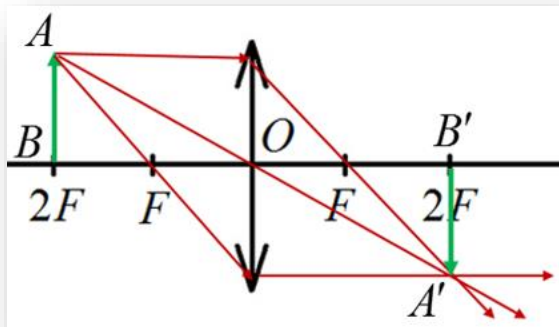
- 1) увеличивается                      2) уменьшается                      3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

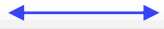
Расстояние от линзы до изображения предмета	Размер изображения
2	2

$$f_1 = 2F$$


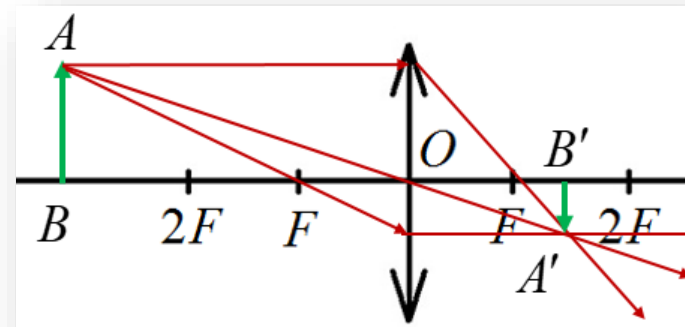
Опыт1



$$d_1 = 2F$$

$$F < f_2 < 2F$$


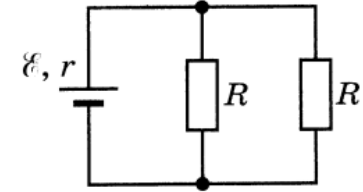
Опыт2



$$d_2 > 2F$$

# Задание 17.1 (электродинамика)

Электрическая цепь на рисунке состоит из источника постоянного напряжения с ЭДС  $\mathcal{E}$  и внутренним сопротивлением  $r$  и внешней цепи из двух одинаковых резисторов сопротивлением  $R$ , включённых параллельно. Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать.



К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- А) мощность тока, выделяющаяся на одном из резисторов  $R$
- Б) мощность сторонних сил в источнике тока

Ответ:

А	Б

**ФОРМУЛЫ**

1)  $\frac{\mathcal{E}^2 R}{2\left(r + \frac{R}{2}\right)^2}$

2)  $\frac{\mathcal{E}^2}{r + \frac{R}{2}}$

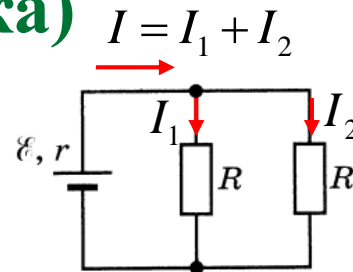
3)  $\frac{\mathcal{E}^2 R}{4\left(r + \frac{R}{2}\right)^2}$

4)  $\frac{\mathcal{E}^2 r}{\left(r + \frac{R}{2}\right)^2}$



# Задание 17.1 (электродинамика)

Электрическая цепь на рисунке состоит из источника постоянного напряжения с ЭДС  $\mathcal{E}$  и внутренним сопротивлением  $r$  и внешней цепи из двух одинаковых резисторов сопротивлением  $R$ , включённых параллельно. Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать.



К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

А) мощность тока, выделяющаяся на одном из резисторов  $R$

Б) мощность сторонних сил в источнике тока

Ответ: 

А	Б
3	2

ФОРМУЛЫ

1)  $\frac{\mathcal{E}^2 R}{2\left(r + \frac{R}{2}\right)^2}$

3)  $\frac{\mathcal{E}^2 R}{4\left(r + \frac{R}{2}\right)^2}$

2)  $\frac{\mathcal{E}^2}{r + \frac{R}{2}}$

4)  $\frac{\mathcal{E}^2 r}{\left(r + \frac{R}{2}\right)^2}$

Закон Ома для замкнутой цепи

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R_{\text{общ}} + r}$$

$$R_{\text{общ}} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \Rightarrow$$

$$R_{\text{общ}} = \frac{R}{2}$$

$$R_1 = R_2 = R$$

Мощность тока в резисторе:

$$P = IU = I^2 R$$

Мощность тока в источнике:

$$P = \frac{Q}{t} = \frac{I^2 (R + r)t}{t} = I^2 (R + r) = \mathcal{E} I$$

А)  $P = \left(\frac{I}{2}\right)^2 R = \frac{\mathcal{E}^2 R}{4\left(\frac{R}{2} + r\right)^2}$   
 $I_1 = I_2$

Б)  $P = I\mathcal{E} = \frac{\mathcal{E}}{R_{\text{общ}} + r} \mathcal{E} = \frac{\mathcal{E}^2}{\frac{R}{2} + r}$

## Задание 17.2 (электродинамика)

Идеальный колебательный контур состоит из конденсатора и катушки индуктивности 4 мГн. Заряд на пластинах конденсатора изменяется во времени в соответствии с формулой  $q(t) = 2 \cdot 10^{-4} \cdot \sin(5000t)$ .

Установите соответствие между физическими величинами и формулами, выражающими их зависимость от времени в условиях данной задачи.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

### ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

А) сила тока  $i(t)$  в колебательном контуре

Б) энергия  $W(t)$  магнитного поля катушки

### ФОРМУЛЫ

1)  $2 \cdot 10^{-3} \sin^2(5000t)$ .

2)  $2 \cdot 10^{-3} \cos^2(5000t)$ .

3)  $20 \cdot \sin(5000t)$ .

4)  $1 \cdot \cos(5000t)$ .

## Задание 17.2 (электродинамика)

Идеальный колебательный контур состоит из конденсатора и катушки индуктивности 4 мГн. Заряд на пластинах конденсатора изменяется во времени в соответствии с формулой  $q(t) = 2 \cdot 10^{-4} \cdot \sin(5000t)$ .

Установите соответствие между физическими величинами и формулами, выражающими их зависимость от времени в условиях данной задачи.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

### ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

А) сила тока  $i(t)$  в колебательном контуре

Б) энергия  $W(t)$  магнитного поля катушки

### ФОРМУЛЫ

1)  $2 \cdot 10^{-3} \sin^2(5000t)$ .

2)  $2 \cdot 10^{-3} \cos^2(5000t)$ .

3)  $20 \cdot \sin(5000t)$ .

4)  $1 \cdot \cos(5000t)$ .

Ответ:

А	Б
4	2

А)  $i = q'$   $i = (2 \cdot 10^{-4} \cdot \sin(5000t))'$

$$i(t) = 2 \cdot 10^{-4} \cdot 5000 \cos(5000t) = 1 \cos(5000t)$$

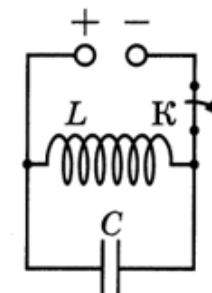
Б)  $W_M(t) = \frac{Li^2}{2}$

$$W_M(t) = W \cos^2 \omega t$$

$$W = \frac{LI_m^2}{2} = \frac{4 \cdot 10^{-3} \text{ Гн} \cdot (1\text{А})^2}{2} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ Дж}$$

## Задание 17.3 (электродинамика)

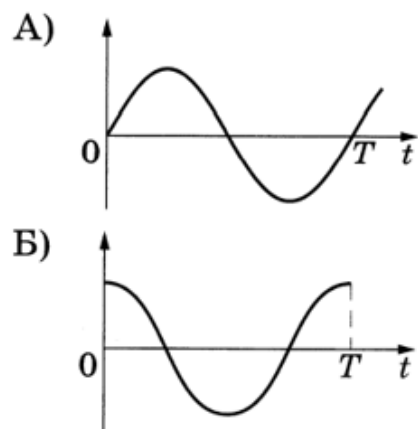
Катушка идеального колебательного контура длительное время подключена к источнику постоянного напряжения, поэтому конденсатор не заряжен (см. рисунок). В момент  $t = 0$  ключ  $K$  размыкают. Графики А и Б отображают изменения физических величин, характеризующих возникшие после этого электромагнитные колебания в контуре ( $T$  — период колебаний).



Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут отображать.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

### ГРАФИКИ



### ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) сила тока в катушке
- 2) энергия магнитного поля катушки
- 3) энергия электрического поля конденсатора
- 4) заряд правой обкладки конденсатора

Ответ:

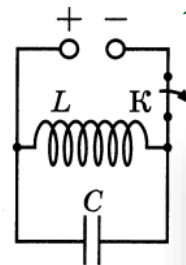
А	Б

*Выбор вида зависимости заряда /напряжения на конденсаторе и силы тока в катушке (*cos* или *sin*) определяется начальными условиями!!!*



# Задание 17.3 (электродинамика)

Катушка идеального колебательного контура длительное время подключена к источнику постоянного напряжения, поэтому конденсатор не заряжен (см. рисунок). В момент  $t = 0$  ключ  $K$  размыкают. Графики А и Б отображают изменения физических величин, характеризующих возникшие после этого электромагнитные колебания в контуре ( $T$  — период колебаний).



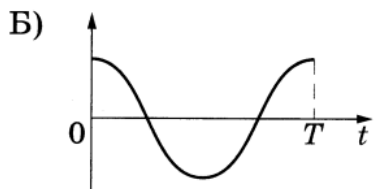
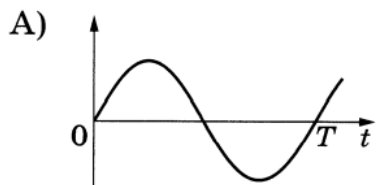
$$\text{Сила тока: } I = \frac{\Delta q}{\Delta t} \Big|_{\Delta t \rightarrow 0}$$

Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут отображать.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

$$I = \frac{dq}{dt} \Rightarrow q = \int_{t_2}^{t_1} I \cdot dt$$

## ГРАФИКИ



## ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) сила тока в катушке
- 2) энергия магнитного поля катушки
- 3) энергия электрического поля конденсатора
- 4) заряд правой обкладки конденсатора

$$1) \quad i(t) = I_m \cos \omega_0 t$$



$$4) \quad q(t) = q_m \sin \omega_0 t$$



$$2) \quad W_M = \frac{Li^2}{2} = W \cos^2 \omega_0 t$$

$$3) \quad W_E = \frac{q^2}{2C} = W \sin^2 \omega_0 t$$

$$W = \frac{LI_m^2}{2} = \frac{q_{\max}^2}{2C}$$

*Полная энергия колебательного контура*

Ответ:

А	Б
4	1

*Катушка не имеет активного сопротивления (идеальный контур) => напряжение  $U_L = U_C = 0$  до размыкания ключа => конденсатор не зарядился!*

$$q = CU \quad \text{Заряд конденсатора}$$



## Задание 18.1 (СТО, квантовая физика)

Зелёный свет ( $\lambda = 550$  нм) переходит из воздуха в стекло с показателем преломления 1,5. Определите отношение энергии фотона в воздухе к его энергии в стекле.

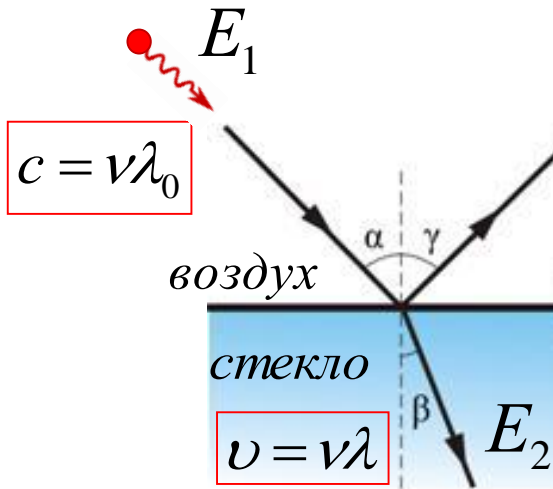
Ответ: \_\_\_\_\_.

# Задание 18.1 (СТО, квантовая физика)

Зелёный свет ( $\lambda = 550$  нм) переходит из воздуха в стекло с показателем преломления 1,5. Определите отношение энергии фотона в воздухе к его энергии в стекле.

Ответ: 1.

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda} \quad \text{Энергия фотона}$$



$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n = \frac{c}{\nu} = \frac{\lambda_0}{\lambda} \quad \text{Закон преломления света}$$

$$\nu = \text{const} \Rightarrow E_1 = E_2 \Rightarrow \frac{E_1}{E_2} = 1$$

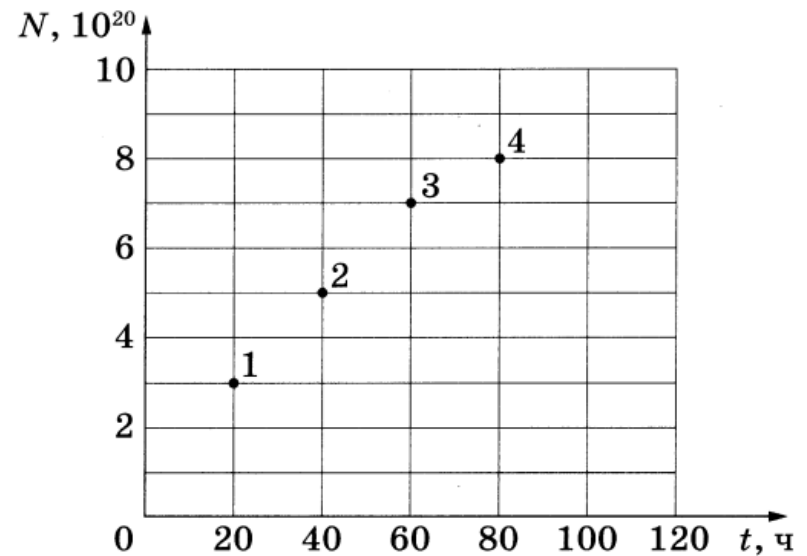


**Энергия фотона, как и частота, не меняются при переходе из одной среды в другую.**  
**Изменяются скорость света и длина волны!**

## Задание 18.2 (СТО, квантовая физика)

Из ядер платины  ${}^{197}_{78}\text{Pt}$  при  $\beta^-$ -распаде с периодом полураспада 20 часов образуются стабильные ядра золота. В момент начала наблюдения в образце содержится  $8 \cdot 10^{20}$  ядер платины. Через какую из точек, кроме начала координат, пройдёт график зависимости числа ядер золота от времени (см. рисунок)?

Ответ: через точку \_\_\_\_\_.

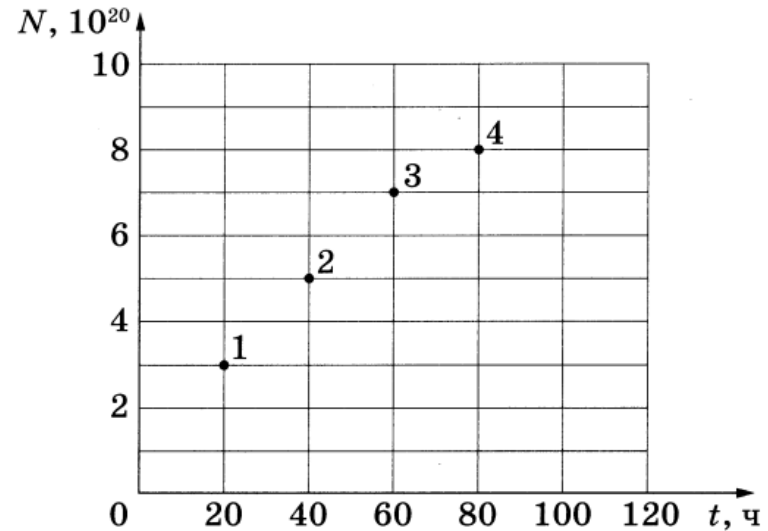




# Задание 18.1 (СТО, квантовая физика)

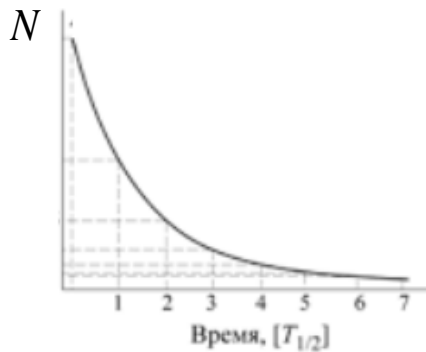
Из ядер платины  $^{197}_{78}\text{Pt}$  при  $\beta^-$ -распаде с периодом полураспада 20 часов образуются стабильные ядра золота. В момент начала наблюдения в образце содержится  $8 \cdot 10^{20}$  ядер платины. Через какую из точек, кроме начала координат, пройдёт график зависимости числа ядер золота от времени (см. рисунок)?

Ответ: через точку 3.



$$N = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}} = \frac{N_0}{2^{\frac{t}{T}}}$$

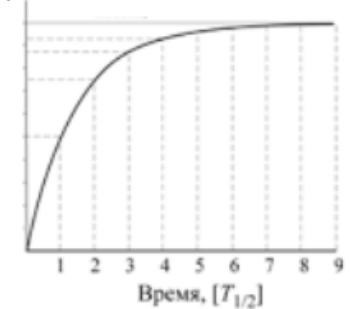
*Закон радиоактивного распада*



$N$  – количество материнских ядер Pt в момент времени  $t$

$t, \text{ч}$	Количество ядер Pt, $10^{20}$	Количество ядер Au, $10^{20}$
0	8	0
$T = 20$	4	4
$2T = 40$	2	6
$3T = 60$	1	7
$4T = 80$	0,5	7,5

$(N_0 - N)$



$(N - N_0)$  – количество дочерних ядер Au в момент времени  $t$

## Задание 18.3 (СТО, квантовая физика)

При взаимодействии ядра изотопа бора  ${}^{10}_5\text{B}$  с нейтроном образуются  $\alpha$ -частица и ядро  ${}^A_Z\text{X}$ . Определите массовое число и зарядовое число ядра  ${}^A_Z\text{X}$ .

Ответ:

Массовое число $A$	Зарядовое число $Z$

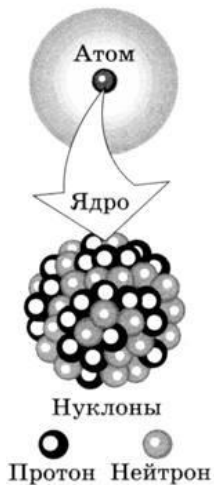
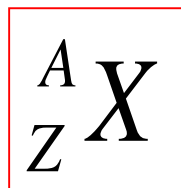
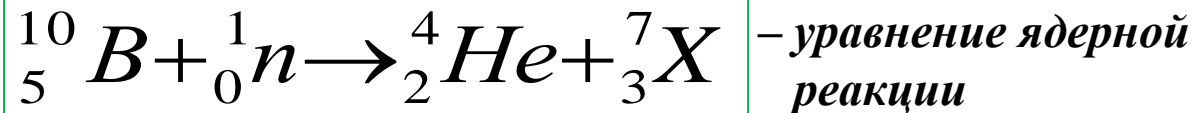
## Задание 18.3 (СТО, квантовая физика)

При взаимодействии ядра изотопа бора  ${}^{10}_5\text{B}$  с нейтроном образуются  $\alpha$ -частица и ядро  ${}^A_Z\text{X}$ . Определите массовое число и зарядовое число ядра  ${}^A_Z\text{X}$ .

Ответ:

Массовое число $A$	Зарядовое число $Z$
7	3

***Ядерные реакции** – это изменения атомных ядер при их взаимодействии с элементарными частицами или друг с другом.*



**$Z$**  – *зарядовое число* (число протонов в ядре / электронов вокруг ядра атома)

**$N$**  – *число нейтронов в ядре*

**$A$**  – *массовое число* (число нуклонов)

$$A = Z + N$$

## Задание 19.1 (СТО, квантовая физика)

Монохроматический свет с энергией фотонов  $E_{\text{ф}}$  падает на поверхность металла, вызывая фотоэффект. При этом напряжение, при котором фототок прекращается (запирающее напряжение), равно  $U_{\text{зап}}$ . Как изменятся модуль запирающего напряжения  $U_{\text{зап}}$  и длина волны  $\lambda_{\text{кр}}$ , соответствующая «красной границе» фотоэффекта, если энергия падающих фотонов  $E_{\text{ф}}$  увеличится?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины.

Цифры в ответе могут повторяться.

Модуль запирающего напряжения $U_{\text{зап}}$	Длина волны $\lambda_{\text{кр}}$ , соответствующая «красной границе» фотоэффекта

# Задание 19.1 (СТО, квантовая физика)

Монохроматический свет с энергией фотонов  $E_{\text{ф}}$  падает на поверхность металла, вызывая фотоэффект. При этом напряжение, при котором фототок прекращается (запирающее напряжение), равно  $U_{\text{зап}}$ . Как изменятся модуль запирающего напряжения  $U_{\text{зап}}$  и длина волны  $\lambda_{\text{кр}}$ , соответствующая «красной границе» фотоэффекта, если энергия падающих фотонов  $E_{\text{ф}}$  увеличится?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

$$E = A_{\text{вых}} + E_k \quad \text{Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта}$$

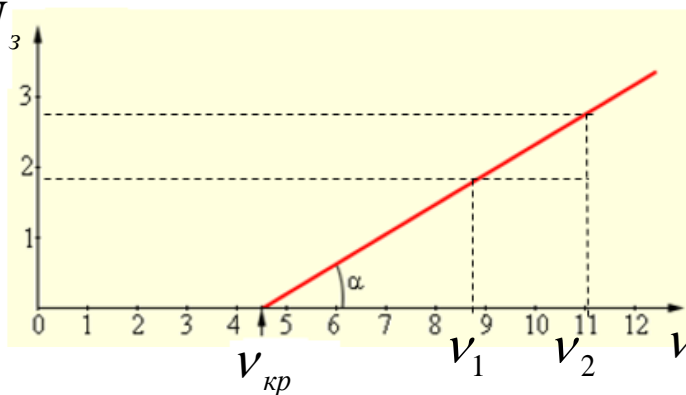
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Модуль запирающего напряжения $U_{\text{зап}}$	Длина волны $\lambda_{\text{кр}}$ , соответствующая «красной границе» фотоэффекта
1	3

$$E_k = eU_3$$

$$h\nu = A_{\text{вых}} + eU_3$$

$$U_3 = \frac{h\nu - A_{\text{вых}}}{e}$$



$$A_{\text{вых}} = h\nu_{\text{кр}} = \frac{hc}{\lambda_{\text{кр}}}$$

$$\lambda_{\text{кр}} = \frac{hc}{A_{\text{вых}}} = \text{const}$$

**Металл не меняли!!!**

## Задание 19.2 (СТО, квантовая физика)

В опыте по изучению фотоэффекта металлическая пластина облучалась светом с частотой  $\nu$ . Работа выхода электронов из металла равна  $A_{\text{вых}}$ . Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать ( $h$  — постоянная Планка,  $c$  — скорость света в вакууме,  $m_e$  — масса электрона,  $e$  — модуль заряда электрона). К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

### ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) модуль запирающего напряжения  $U_{\text{зщ}}$   
Б) максимальная скорость фотоэлектронов

### ФОРМУЛЫ

- 1)  $\frac{hc}{eA_{\text{вых}}}$   
2)  $\frac{h\nu}{A_{\text{вых}}}$   
3)  $\sqrt{\frac{2}{m_e}(h\nu - A_{\text{вых}})}$   
4)  $\frac{h\nu - A_{\text{вых}}}{e}$

Ответ:

А	Б

# Задание 19.2 (СТО, квантовая физика)

В опыте по изучению фотоэффекта металлическая пластина облучалась светом с частотой  $\nu$ . Работа выхода электронов из металла равна  $A_{\text{вых}}$ . Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать ( $h$  — постоянная Планка,  $c$  — скорость света в вакууме,  $m_e$  — масса электрона,  $e$  — модуль заряда электрона). К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

## ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) модуль запирающего напряжения  $U_{\text{зщ}}$   
 Б) максимальная скорость фотоэлектронов

## ФОРМУЛЫ

- 1)  $\frac{hc}{eA_{\text{вых}}}$
- 2)  $\frac{h\nu}{A_{\text{вых}}}$
- 3)  $\sqrt{\frac{2}{m_e}(h\nu - A_{\text{вых}})}$
- 4)  $\frac{h\nu - A_{\text{вых}}}{e}$

*Уравнение Эйнштейна  
для фотоэффекта*

Ответ: 

А	Б
4	3

А)  $E = A_{\text{вых}} + E_k \Rightarrow h\nu = A_{\text{вых}} + eU_3$

$$U_3 = \frac{h\nu - A_{\text{вых}}}{e}$$

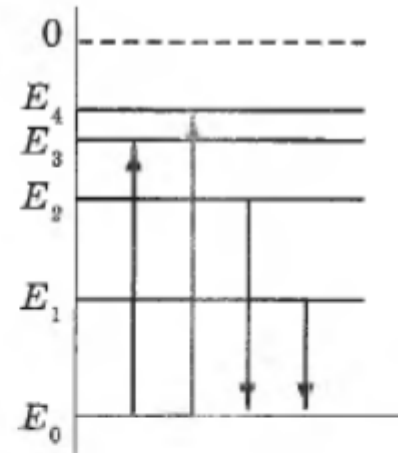
Б)  $h\nu = A_{\text{вых}} + \frac{m\nu^2}{2} \Rightarrow \nu = \sqrt{\frac{2}{m}(h\nu - A_{\text{вых}})}$

## Задание 19.3 (СТО, квантовая физика)

На рисунке изображена упрощённая диаграмма нижних энергетических уровней атома. Стрелками отмечены некоторые возможные переходы атома между этими уровнями.

Установите соответствие между процессами поглощения света наименьшей длины волны и излучения света наименьшей частоты и энергией соответствующего фотона.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



ПРОЦЕССЫ

А) поглощение света наименьшей длины волны

Б) излучение света наименьшей частоты

ЭНЕРГИЯ ФОТОНА

1)  $E_1 - E_0$

2)  $E_2 - E_0$

3)  $E_3 - E_0$

4)  $E_4 - E_0$

Ответ:

А	Б

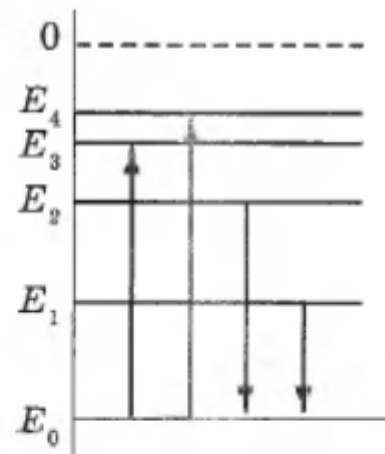


# Задание 19.3 (СТО, квантовая физика)

На рисунке изображена упрощённая диаграмма нижних энергетических уровней атома. Стрелками отмечены некоторые возможные переходы атома между этими уровнями.

Установите соответствие между процессами поглощения света наименьшей длины волны и излучения света наименьшей частоты и энергией соответствующего фотона.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



## ПРОЦЕССЫ

- А) поглощение света наименьшей длины волны  
 Б) излучение света наименьшей частоты

## ЭНЕРГИЯ ФОТОНА

- 1)  $E_1 - E_0$   
 2)  $E_2 - E_0$   
 3)  $E_3 - E_0$   
 4)  $E_4 - E_0$

Ответ:

А	Б
4	1

**Второй постулат Бора:** При переходе атома из одного стационарного состояния в другое излучается или поглощается один фотон.



Энергия фотона  
(Планк)

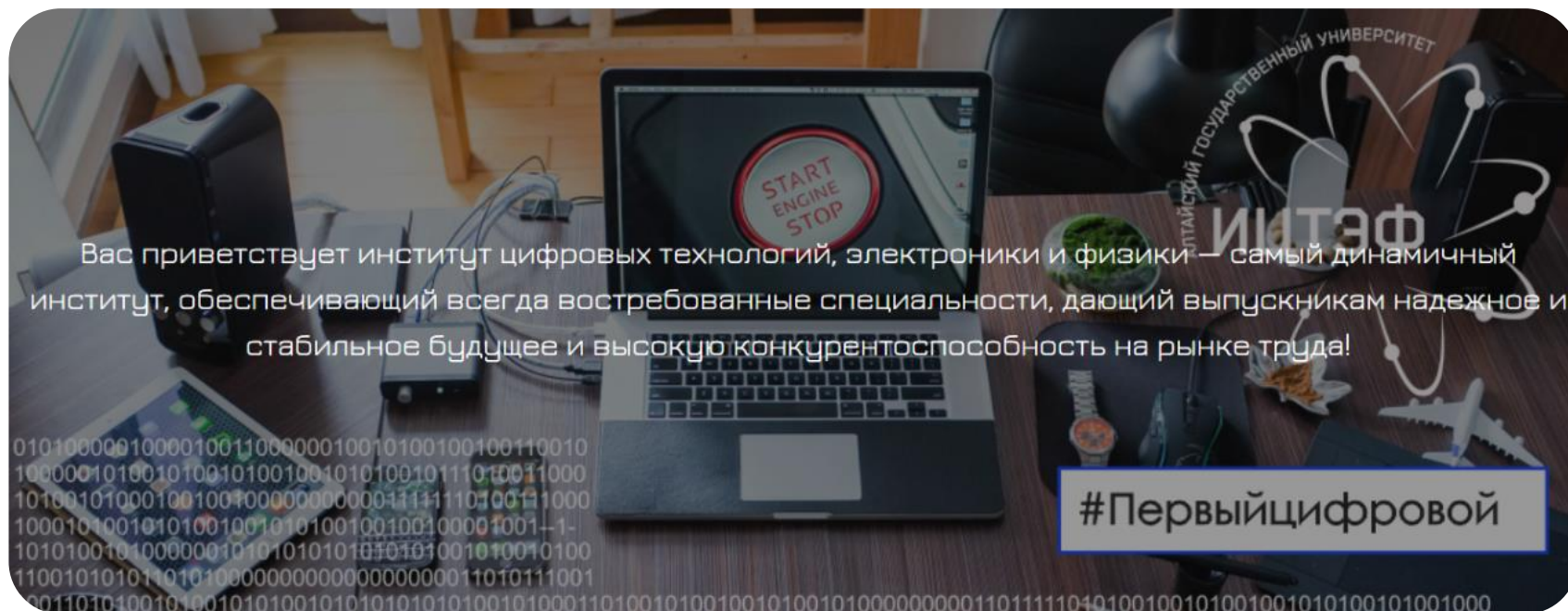
$$E_{kn} = h\nu_{kn} = \frac{hc}{\lambda_{kn}}$$

$$E_{kn} = E_k - E_n$$

Энергия фотона  
(Бор)

Видеозаписи вебинаров и презентации на сайте ИЦТЭФ:

<https://phys.asu.ru/>



Вас приветствует институт цифровых технологий, электроники и физики — самый динамичный институт, обеспечивающий всегда востребованные специальности, дающий выпускникам надежное и стабильное будущее и высокую конкурентоспособность на рынке труда!

**Следующий вебинар:**

**Задания 20-23 части 1 КИМ ЕГЭ 2023**

**22.02.2023 в 15.00**

Вход по ссылке: <https://events.webinar.ru/5496977/387955546>