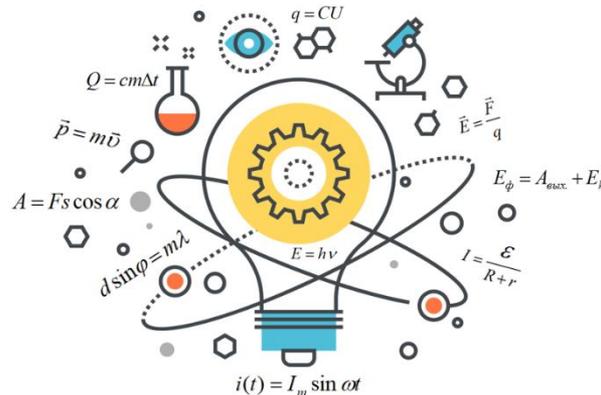


Институт цифровых технологий, электроники и физики  
<http://phys.asu.ru/>

## ЕГЭ по физике 2023



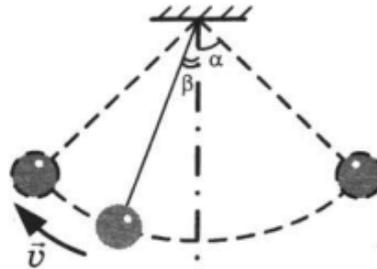
### Задание 24 (часть 2 КИМ ЕГЭ): Качественные задачи

Шимко Елена Анатольевна

доцент кафедры общей и экспериментальной физики АлтГУ

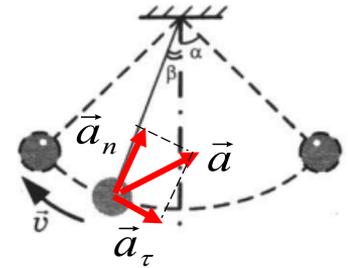
# Задание 24.1

Маленький шарик, подвешенный к потолку на легкой нерастяжимой нити, совершает колебания в вертикальной плоскости. Максимальное отклонение нити от вертикали составляет угол  $\alpha = 60^\circ$ . Сделайте рисунок с указанием сил, приложенных к шарiku в тот момент, когда шарик движется влево—вверх, а нить образует угол  $\beta = 30^\circ$  с вертикалью (см. рисунок). Покажите на этом рисунке, куда направлено в этот момент ускорение шарика (по нити, перпендикулярно нити, внутрь траектории, наружу от траектории). Ответ обоснуйте. Сопротивление воздуха не учитывать.



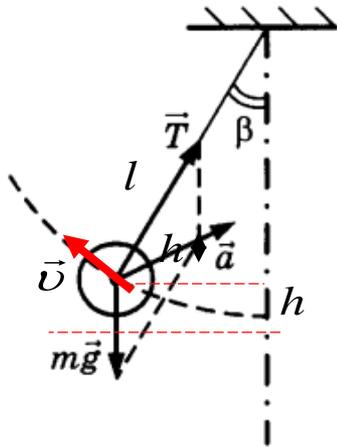
# Задание 24.1

Маленький шарик, подвешенный к потолку на легкой нерастяжимой нити, совершает колебания в вертикальной плоскости. Максимальное отклонение нити от вертикали составляет угол  $\alpha = 60^\circ$ . Сделайте рисунок с указанием сил, приложенных к шарiku в тот момент, когда шарик движется влево—вверх, а нить образует угол  $\beta = 30^\circ$  с вертикалью (см. рисунок). Покажите на этом рисунке, куда направлено в этот момент ускорение шарика (по нити, перпендикулярно нити, внутрь траектории, наружу от траектории). Ответ обоснуйте. Сопротивление воздуха не учитывать.



*Решение:*

К шарiku приложены сила тяжести  $m\vec{g}$ , направленная вертикально вниз, и сила натяжения нити  $\vec{T}$ , направленная по нити вверх. Ускорение шарика  $\vec{a}$  направлено внутрь траектории правее направления силы  $\vec{T}$



$$m\vec{g} + \vec{T} = m\vec{a}$$

$$a = \sqrt{a_n^2 + a_\tau^2}$$

$$a_n = \frac{v^2}{R} = \frac{v^2}{l}$$

$$a_\tau = g \sin \beta$$

$$E = E_k + E_p = \frac{mv^2}{2} + mgh = const$$

$$\Rightarrow h \uparrow, v \downarrow \Rightarrow \vec{a}_\tau \uparrow \downarrow \vec{v}$$

В промежуточной точке скорость шарика  $\vec{v} \neq 0$ , поэтому у шарика есть центростремительное ускорение  $\vec{a}_n \neq 0$ , направленное к центру окружности, по которой движется шарик.

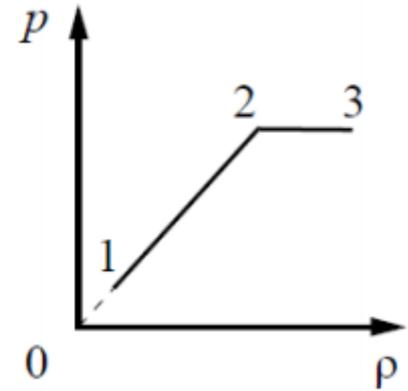
Проекция ускорения шарика на касательную к окружности равна по модулю  $g \sin \beta$ . Поэтому у шарика есть касательная составляющая ускорения  $\vec{a}_\tau \neq 0$ , направленная в сторону положения равновесия.

Ускорение шарика  $\vec{a} = \vec{a}_n + \vec{a}_\tau$  направлено внутрь траектории правее направления силы  $\vec{T}$ .

*Ответ:* ускорение шарика направлено внутрь траектории правее направления силы  $\vec{T}$ .

## Задание 24.2

На графике представлена зависимость давления неизменной массы идеального газа от его плотности. Опишите, как изменяются в зависимости от плотности температура и объём газа в процессах 1–2 и 2–3.



## Задание 24.2

На графике представлена зависимость давления неизменной массы идеального газа от его плотности. Опишите, как изменяются в зависимости от плотности температура и объём газа в процессах 1–2 и 2–3.



*Решение:*

Плотность газа  $\rho = \frac{m}{V}$ , где  $m$  – масса газа,  $V$  – его объём. В соответствии с уравнением Менделеева – Клапейрона  $p = \frac{m}{\mu V} RT = \frac{\rho}{\mu} RT$ .

На участке 1–2 давление изменяется пропорционально плотности газа:  $p \sim \rho$ .

$$\Rightarrow pV = const \quad \Rightarrow \quad T = const.$$

Следовательно, в этом процессе температура газа не изменяется.

Поскольку плотность газа на этом участке возрастает, объём газа уменьшается.

В процессе 2–3 плотность газа возрастает, что означает уменьшение его объёма. Давление газа при этом не изменяется, следовательно, согласно уравнению Менделеева – Клапейрона температура газа уменьшается.

*Ответ:* 1 → 2:  $T = const, V \downarrow$

2 → 3:  $T \downarrow, V \downarrow$

## Задание 24.3

На рис. *a* приведена зависимость внутренней энергии  $U$  1 моль идеального одноатомного газа от его давления  $p$  в процессе 1–2–3. Постройте график этого процесса на рис. *б* в переменных  $p$ – $V$ . Точка, соответствующая состоянию 1, уже отмечена на этом рисунке. Построение объясните, опираясь на законы молекулярной физики.

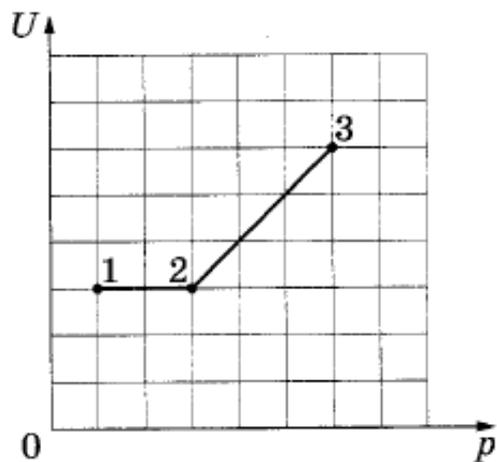


Рис. *a*

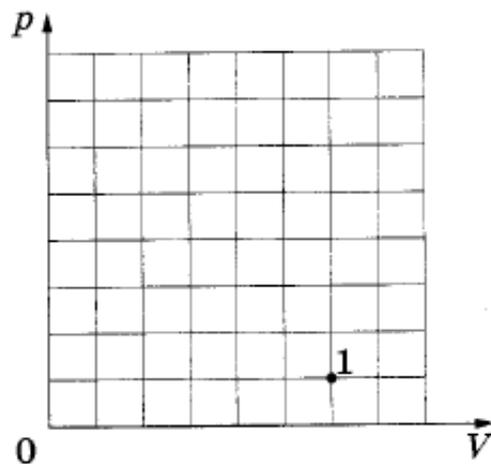
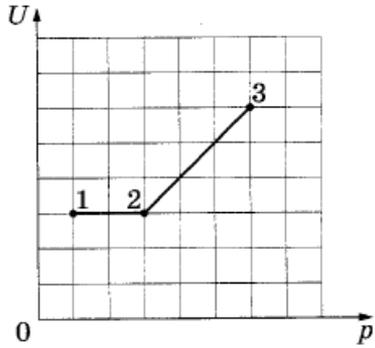


Рис. *б*



*Решение:*

Внутренняя энергия идеального одноатомного газа постоянной массы ( $\nu = \text{const}$ ) прямо пропорциональна его абсолютной температуре:

$$U = \frac{3}{2} \nu RT.$$

Так как на участке 1-2 внутренняя энергия газа не изменяется, следовательно,  $T = \text{const}$ . В это время давление  $p$  возрастает в 3 раза, а объем газа  $V$  должен уменьшиться в 3 раза в соответствии с газовым законом для изотермического процесса:

$$pV = \nu RT \Rightarrow pV = \text{const}.$$

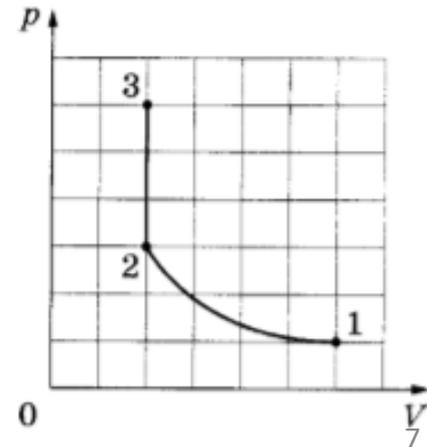
Графиком этого процесса в координатах  $p(V)$  будет гипербола.

На участке 2-3 внутренняя энергия газа  $U$  (и температура  $T$ ) увеличивается прямо пропорционально давлению газа  $p$ , следовательно, происходит изохорное нагревание газа:

$$\frac{p}{T} = \text{const}.$$

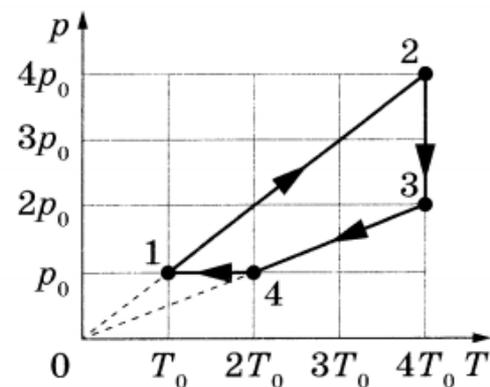
При неизменном объеме давление увеличивается в 2 раза. На графике  $p(V)$  процесс 2-3 данный процесс представлен вертикальным отрезком.

Ответ :

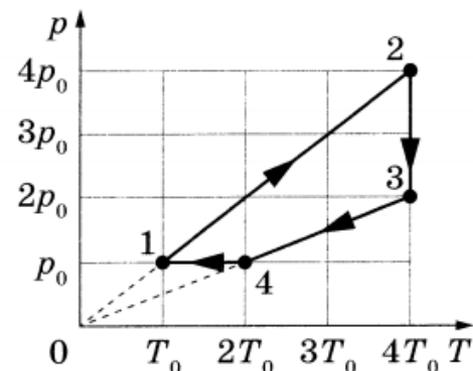


## Задание 24.4

Один моль гелия участвует в циклическом процессе 1–2–3–4–1, график которого изображён на рисунке в координатах  $p$ – $T$ , где  $p$  — давление газа,  $T$  — абсолютная температура. Опираясь на законы молекулярной физики и термодинамики, сравните работу газа в процессе 2–3 и модуль работы внешних сил в процессе 4–1. Постройте график цикла в координатах  $p$ – $V$ , где  $p$  — давление газа,  $V$  — объём газа.



Один моль гелия участвует в циклическом процессе 1-2-3-4-1, график которого изображён на рисунке в координатах  $p$ - $T$ , где  $p$  — давление газа,  $T$  — абсолютная температура. Опираясь на законы молекулярной физики и термодинамики, сравните работу газа в процессе 2-3 и модуль работы внешних сил в процессе 4-1. Постройте график цикла в координатах  $p$ - $V$ , где  $p$  — давление газа,  $V$  — объём газа.



**Решение:** Работа газа численно равна площади фигуры под линией процесса на графике  $p(V)$ . Следовательно, надо построить такой график, учитывая уравнение М.-К.:

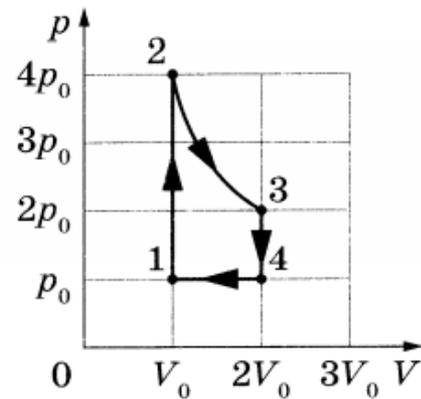
$$pV = \nu RT \quad \nu = 1 \text{ моль.}$$

1 → 2: *Изохорное нагревание*, т.к.  $p/T = \text{const}$  (и температура  $T$ , и давление  $p$  увеличились в 4 раза).

2 → 3: *Изотермическое расширение*, т.к.  $T = \text{const}$ , то  $pV = \text{const}$  (при уменьшении давления  $p$  в 2 раза объём газа  $V$  возрастает в 2 раза).

3 → 4: *Изохорное охлаждение*, т.к.  $p/T = \text{const}$  (и температура  $T$ , и давление  $p$  уменьшились в 2 раза).

4 → 1: *Изобарное сжатие*, т.к.  $p = \text{const}$ , то  $V/T = \text{const}$  (при уменьшении температуры в 2 раза объём газа уменьшается в 2 раза).

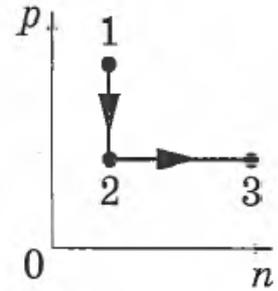


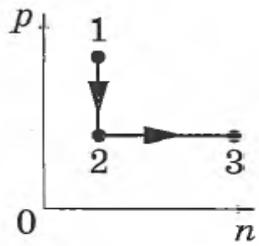
Работа газа в процессе 2-3 на графике  $p(V)$  равна площади фигуры под гиперболой, работа внешних сил в процессе 4-1 равна площади под горизонтальным участком 4-1. По графику видно, что  $A_{23} > |A'_{41}|$ .

**Ответ:** Работа газа в процессе 2-3 больше работы внешних сил в процессе 4-1

## Задание 24.5

Постоянное количество одноатомного идеального газа участвует в процессе, график которого изображён на рисунке в координатах  $p$ - $n$ , где  $p$  — давление газа,  $n$  — его концентрация. Определите, получает газ теплоту или отдаёт в процессах 1-2 и 2-3. Ответ поясните, опираясь на законы молекулярной физики и термодинамики.





**Решение:**

Количество теплоты можно найти по первому закону термодинамики:

$$Q = \Delta U + A, \quad \text{где } \Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T.$$

Процесс 1-2: изохорное охлаждение, так как давление  $p$  неизменного количества газа уменьшается при постоянной концентрации  $n$ :

$$pV = \nu RT \Rightarrow \frac{p}{T} = \text{const}, \quad n = \frac{N}{V} = \text{const}, \quad N - \text{число молекул газа в сосуде.}$$

Так как  $V = \text{const}$ , работу газ не совершает ( $A=0$ ). При уменьшении давления температура  $T$  тоже уменьшается. Следовательно, изменение внутренней энергии газа  $\Delta U$  и количество теплоты  $Q$  будут иметь отрицательные значения. Газ во время этого процесса будет отдавать количество теплоты.

Процесс 2-3: изобарное сжатие, так как давление неизменного количества газа не изменяется при возрастании концентрации. С ростом концентрации объем газа уменьшается, следовательно, работа газа будет меньше нуля. При изобарном сжатии температура газа тоже будет уменьшаться по закону:

$$\frac{V}{T} = \text{const.}$$

Изменение внутренней энергии газа и количество теплоты также будут иметь отрицательные значения. Газ во время этого процесса будет отдавать количество теплоты.

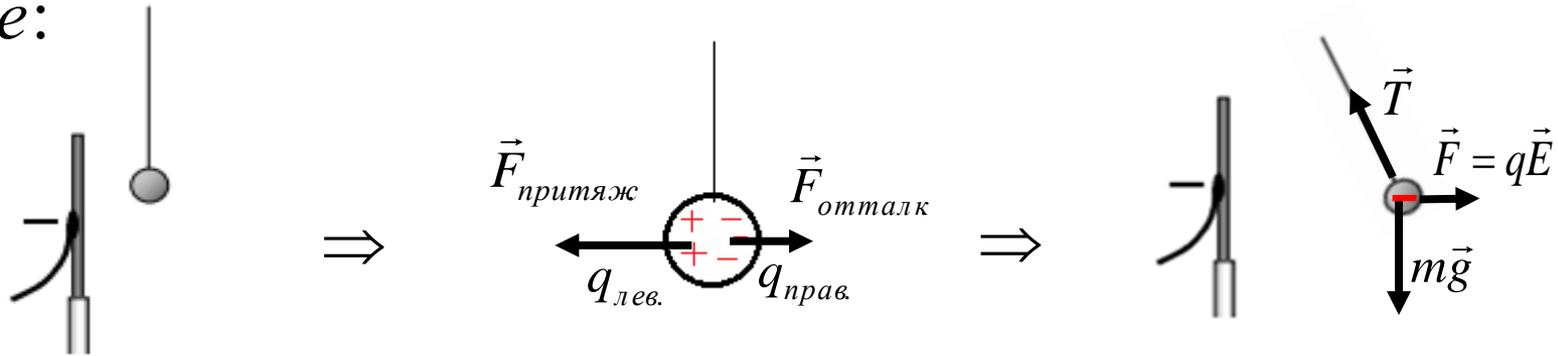
**Ответ:** Газ все время отдает количество теплоты в окружающую среду

## Задание 24.6

Около небольшой металлической пластины, укрепленной на изолирующей подставке, подвесили на шелковой нити лёгкий незаряженный шарик из фольги. Когда пластину подсоединили к клемме источника высокого напряжения, подав на неё отрицательный заряд, шарик пришёл в движение. Опишите и объясните движение шарика. В ответе укажите, какие физические явления и закономерности Вы использовали для объяснения.



Решение:



Под действием электрического поля пластины изменится распределение электронов в шарике из фольги, и произойдёт его **электризация**: та сторона, которая ближе к пластине, будет иметь положительный заряд, а противоположная сторона – отрицательный:  $q_{лев} = |q_{прав}| = eN$ ,

где  $N$  – число избыточных или недостающих электронов,  $e$  – заряд электрона (элементарный заряд).

Поскольку сила взаимодействия  $F$  заряженных тел конечного размера уменьшается с ростом расстояния  $r$  между ними, притяжение к пластине левой стороны шарика будет больше отталкивания от неё его правой стороны, и шарик будет двигаться к пластине, пока не коснется её.

В момент касания часть электронов перейдёт с пластины на шарик, он приобретёт отрицательный заряд и оттолкнется от одноименно заряженной пластины. Из-за этого шарик отклонится вправо и зависнет в положении, в котором равнодействующая всех сил равна нулю:  $m\vec{g} + \vec{F} + \vec{T} = 0$ .

**Ответ:** Шарик сначала движется влево, потом вправо, пока не зависнет в одном положении

## Задание 24.7

На столе установили два незаряженных электрметра и соединили их медным стержнем с изолирующей ручкой (рис. 1). Затем к первому электрметру поднесли, не касаясь шара, отрицательно заряжённую палочку (рис. 2). Не убирая палочки, убрали стержень, а затем убрали палочку.

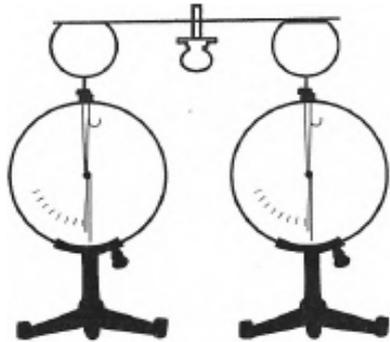


Рис. 1

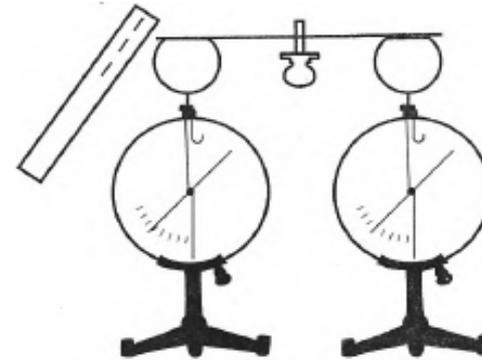


Рис. 2

Ссылаясь на известные Вам законы и явления, объясните, почему электрметры оказались заряженными, и определите знаки заряда каждого из электрметров после того, как палочку убрали.

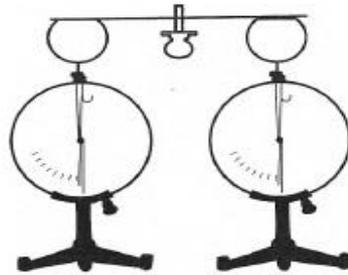


Рис. 1

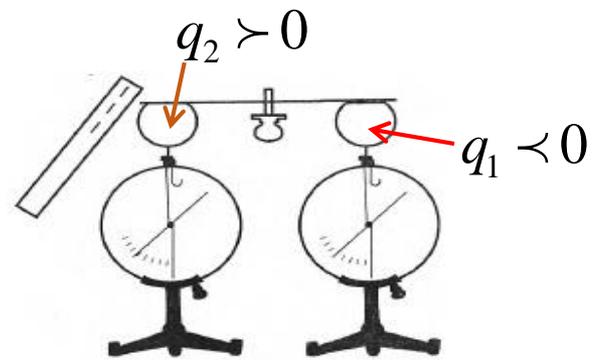


Рис. 2

**Решение:**

Медный стержень является проводником. Отрицательно заряженная палочка, поднесённая к шару левого электрометра, создаёт электрическое поле. В этом поле свободные электроны с шара, стержня и стрелки левого электрометра перемещаются по медному стержню на правый электрометр. В результате этого перемещения электронов правый электрометр приобретает отрицательный заряд  $q_1$  (избыток электронов), левый – положительный  $q_2$  (недостаток электронов).

Поскольку два соединённых медным стержнем электрометра образуют изолированную систему, то согласно закону сохранения заряда положительный заряд левого электрометра равен по модулю отрицательному заряду правого электрометра:

$$q_1 = |q_2| = eN,$$

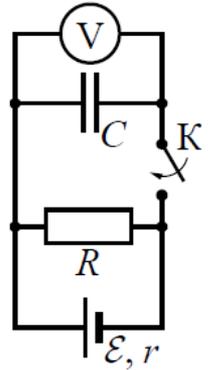
где  $N$  – число избыточных или недостающих электронов,  $e$  – заряд электрона (элементарный заряд).

После того как убрали стержень, показания электрометров не изменились, так как воздух является диэлектриком и электроны не могут переходить от одного электрометра к другому.

**Ответ:** Левый электрометр «+»; правый электрометр «-»

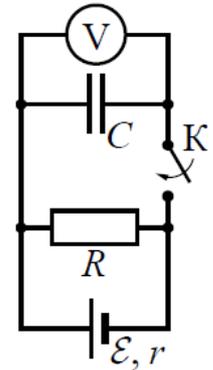
## Задание 24.8

Опираясь на законы физики, найдите показание идеального вольтметра в схеме, представленной на рисунке, до замыкания ключа  $K$  и опишите изменения его показаний после замыкания ключа  $K$ . Первоначально конденсатор не заряжен.



## Задание 24.8

Опираясь на законы физики, найдите показание идеального вольтметра в схеме, представленной на рисунке, до замыкания ключа К и опишите изменения его показаний после замыкания ключа К. Первоначально конденсатор не заряжен.



*Решение:*

Вольтметр соединён параллельно с конденсатором, поэтому его показания равны напряжению на конденсаторе. Вначале конденсатор не заряжен ( $q_1 = 0$ ), поэтому напряжение на нём  $U_1 = \frac{q_1}{C} = 0$ , и показания вольтметра равны нулю.

После замыкания конденсатор будет заряжаться, и, так как  $U = \frac{q}{C}$ , показания вольтметра будут увеличиваться. Когда конденсатор полностью зарядится, ток через него не течёт, а течёт только через резистор. Сила тока в цепи станет постоянной и согласно закону Ома для полной цепи  $I = \frac{\mathcal{E}}{R + r}$ .

***Включены параллельно:***

Напряжение на конденсаторе и резисторе  $U = IR$  и не будет меняться со временем. Поэтому показания вольтметра тоже перестанут изменяться

*Ответ:* Начальное показание вольтметра равно нулю, после замыкания ключа показания вольтметра будут увеличиваться, пока не достигнут максимального значения, которое не будет меняться со временем.

## Задание 24.9

В сосуд наливают воду при комнатной температуре. В воду погружают нагревательные элементы с сопротивлениями  $R_1$  и  $R_2$ , подключённые к источнику постоянного напряжения так, как показано на рис. а. Оставив ключ в положении 1, доводят воду до кипения. Затем кипяток выливают, сосуд охлаждают до комнатной температуры, вновь наполняют таким же количеством воды при комнатной температуре и, повернув ключ  $K$  в положение 2 (рис. б), повторяют опыт. Напряжение источника в опытах одинаково. Опираясь на законы электродинамики и молекулярной физики, объясните, в каком из приведённых опытов вода закипит быстрее.

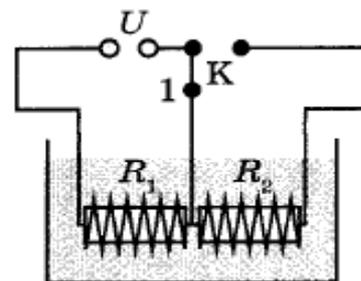


Рис. а

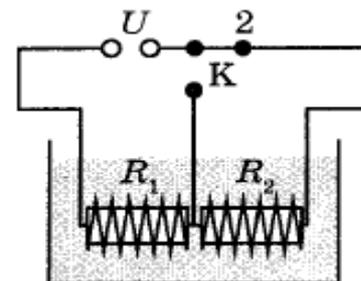


Рис. б

9

В сосуд наливают воду при комнатной температуре. В воду погружают нагревательные элементы с сопротивлениями  $R_1$  и  $R_2$ , подключённые к источнику постоянного напряжения так, как показано на рис. а. Оставив ключ в положении 1, доводят воду до кипения. Затем кипяток выливают, сосуд охлаждают до комнатной температуры, вновь наполняют таким же количеством воды при комнатной температуре и, повернув ключ К в положение 2 (рис. б), повторяют опыт. Напряжение источника в опытах одинаково. Опираясь на законы электродинамики и молекулярной физики, объясните, в каком из приведённых опытов вода закипит быстрее.

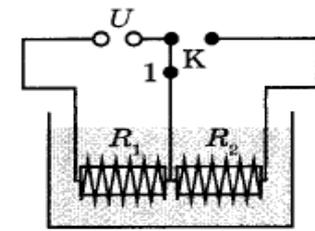


Рис. а

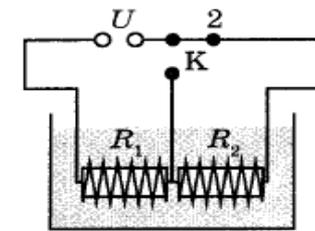


Рис. б

**Решение:**

*Согласно закону Джоуля-Ленца при протекании электрического тока через проводник выделяется количество теплоты, которое расходуется на нагревание воды до кипения:*

$$Q = Pt = \frac{U^2}{R} t \Rightarrow Q = cm\Delta T = const \Rightarrow t = \frac{cm\Delta T}{P} = \frac{R_{\text{общ}} cm\Delta T}{U^2} \quad (\text{время нагрева воды})$$

*В первом опыте нагревательный элемент сопротивлением  $R_2$  отключен от источника, следовательно, общее сопротивление равно  $R_{\text{общ}1} = R_1$ .*

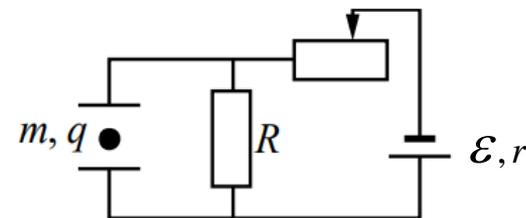
*Во втором опыте к источнику подключены два нагревательных элемента, соединённых последовательно. Их общее сопротивление  $R_{\text{общ}2} = R_1 + R_2$ .*

*Увеличение общего сопротивления нагревательных элементов  $R$  при неизменном значении напряжения  $U$  приведёт к уменьшению выделяемой тепловой мощности  $P$ , следовательно, к увеличению времени нагревания воды  $t$ .*

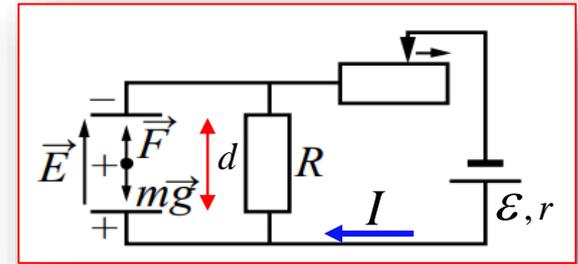
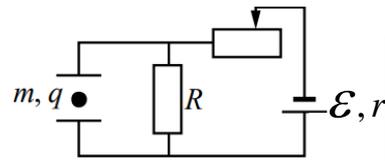
**Ответ:** *Вода закипит быстрее в первом опыте*

## Задание 24.10

Две параллельные металлические пластины, расположенные горизонтально, подключены к электрической схеме, приведённой на рисунке. Между пластинами находится в равновесии маленькое заряженное тело с массой  $m$  и зарядом  $q$ . Электростатическое поле между пластинами считать однородным. Опираясь на законы механики и электродинамики, объясните, как и в каком направлении начнёт двигаться тело, если сдвинуть ползунок реостата вправо.



Две параллельные металлические пластины, расположенные горизонтально, подключены к электрической схеме, приведённой на рисунке. Между пластинами находится в равновесии маленькое заряженное тело с массой  $m$  и зарядом  $q$ . Электростатическое поле между пластинами считать однородным. Опираясь на законы механики и электродинамики, объясните, как и в каком направлении начнёт двигаться тело, если сдвинуть ползунок реостата вправо.



**Решение:**

Поскольку пластины подключены к источнику тока с ЭДС, то между ними имеется разность потенциалов  $U$ , в пространстве между ними создаётся однородное электрическое поле. Согласно схеме нижняя пластина имеет положительный заряд, а верхняя – отрицательный; следовательно, вектор напряжённости поля  $E$  направлен вертикально вверх. По условию задачи заряженное тело находится в равновесии; следовательно, сила тяжести  $mg$  скомпенсирована силой Кулона  $F = qE$ , направленной вертикально вверх:

$$m\vec{g} + \vec{F} = 0.$$

Следовательно, тело имеет положительный заряд  $q > 0$ .

Если сдвинуть ползунок реостата вправо, то сопротивление реостата возрастёт. Поскольку реостат соединён с резистором  $R$  последовательно, то и общее сопротивление цепи также возрастёт. Сила тока, соответственно, уменьшится согласно закону Ома для полной цепи:

$$I = \frac{\varepsilon}{R + R_{\text{реост}} + r}.$$

Напряжение на резисторе  $R$  уменьшится согласно закону Ома для участка цепи:  $U = IR$ .

Поскольку пластины соединены с резистором  $R$  параллельно, то, соответственно, напряжение между ними уменьшится. Следовательно, уменьшится и напряжённость поля между пластинами:

$$E = U / d, \quad d = \text{const}.$$

Уменьшение напряжённости поля  $E$  приведёт к уменьшению силы Кулона, действующей на тело:

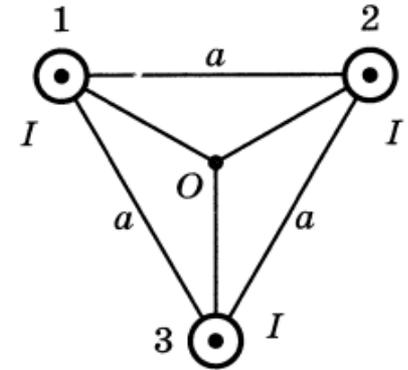
$F = qE$ . Равновесие нарушится, сила тяжести станет больше силы Кулона, и тело начнёт двигаться вниз с ускорением:

$$a = \frac{mg - qE}{m}.$$

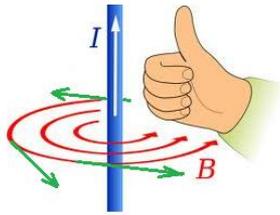
**Ответ:** тело начнёт двигаться вниз с ускорением  $a$

## Задание 24.11

Три параллельных длинных прямых проводника 1, 2 и 3 перпендикулярны плоскости рисунка и пересекают её в вершинах равностороннего треугольника со стороной  $a$ . Токи в проводниках сонаправлены и равны  $I$ . Опираясь на законы электродинамики, определите направление вектора индукции результирующего магнитного поля в точке  $O$  — центре треугольника. Как изменится направление вектора индукции результирующего магнитного поля в точке  $O$ , если направление электрического тока в проводнике 3 изменить на противоположное?



# Задание 24.11



Решение:

Вокруг каждого из проводников возникает магнитное поле, линии индукции которого являются окружностями. Направление линий индукции магнитного поля определяется правилом буравчика (см. рис. а). Вектор индукции результирующего магнитного поля в точке  $O$  определяется принципом суперпозиции:  $\vec{B}_{\Sigma 1} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \vec{B}_3$ , где  $\vec{B}_1$ ,  $\vec{B}_2$  и  $\vec{B}_3$  — векторы индукции магнитных полей в точке  $O$ , созданных каждым проводником отдельно. Поскольку точка  $O$  равноудалена от каждого проводника и по проводникам протекают токи одинаковой силы, то  $|\vec{B}_1| = |\vec{B}_2| = |\vec{B}_3| = B$ .

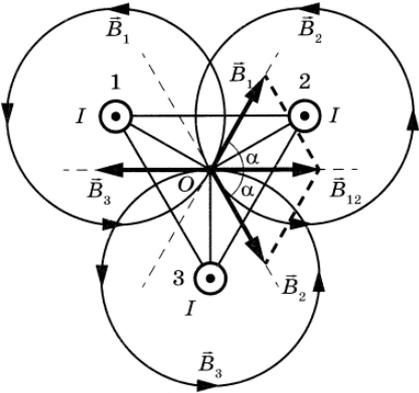


Рис. а

Из геометрических построений видно, что угол между векторами  $\vec{B}_1$  и  $\vec{B}_2$  составляет  $120^\circ$ , а значит,  $\alpha = 60^\circ$ . Следовательно,

$$|\vec{B}_{12}| = |\vec{B}_1| \cos \alpha + |\vec{B}_2| \cos \alpha = 2B \cos 60^\circ = B.$$

Таким образом,  $\vec{B}_{\Sigma 1} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \vec{B}_3 = 0$ .

Если направление электрического тока в проводнике 3 изменить на противоположное, то вектор индукции магнитного поля, созданного этим проводником в точке  $O$ , будет направлен горизонтально вправо (см. рис. б).

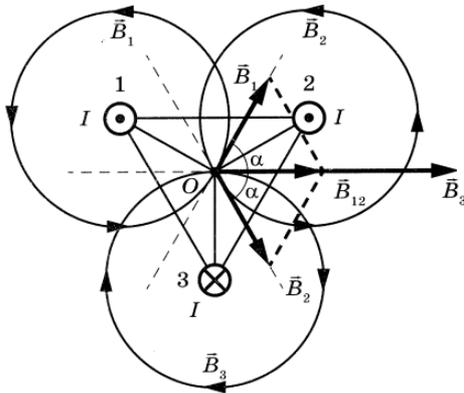


Рис. б

Таким образом,  $\vec{B}_{\Sigma 2} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \vec{B}'_3 \neq 0$  и  $|\vec{B}_{\Sigma 2}| = |\vec{B}_{12}| + |\vec{B}'_3| = 2B$ .

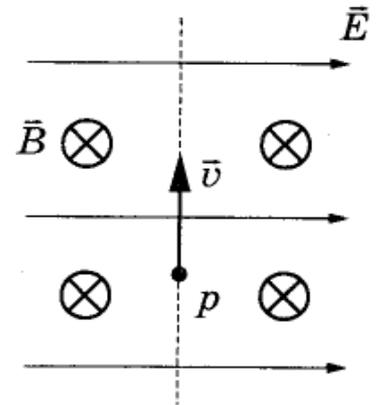
Следовательно, после изменения направления тока в проводнике 3 вектор индукции результирующего магнитного поля в точке  $O$  будет направлен горизонтально вправо.

Ответ:

Вектор результирующего магнитного поля в точке  $O$  равен нулю. Если направление электрического тока в проводнике 3 изменить на противоположное, то вектор результирующего магнитного поля будет направлен горизонтально вправо.

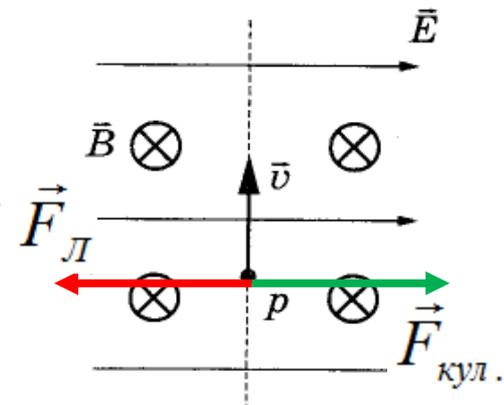
## Задание 24.12

В камере, из которой откачан воздух, создали электрическое поле напряжённостью  $\vec{E}$  и магнитное поле с индукцией  $\vec{B}$ . Поля однородные,  $\vec{E} \perp \vec{B}$ . В камеру влетает протон  $p$ , вектор скорости которого перпендикулярен  $\vec{E}$  и  $\vec{B}$  как показано на рисунке. Модули напряжённости электрического поля и индукции магнитного поля таковы, что протон движется прямолинейно. Объясните, как изменится начальный участок траектории протона, если индукцию магнитного поля увеличить. В ответе укажите, какие явления и закономерности Вы использовали для объяснения. Влиянием силы тяжести пренебречь.



## Задание 24.12

В камере, из которой откачан воздух, создали электрическое поле напряжённостью  $\vec{E}$  и магнитное поле с индукцией  $\vec{B}$ . Поля однородные,  $\vec{E} \perp \vec{B}$ . В камеру влетает протон  $p$ , вектор скорости которого перпендикулярен  $\vec{E}$  и  $\vec{B}$  как показано на рисунке. Модули напряжённости электрического поля и индукции магнитного поля таковы, что протон движется прямолинейно. Объясните, как изменится начальный участок траектории протона, если индукцию магнитного поля увеличить. В ответе укажите, какие явления и закономерности Вы использовали для объяснения. Влиянием силы тяжести пренебречь.



**Решение:**

Сначала протон двигался равномерно и прямолинейно, следовательно, силы, с которыми поля действовали на него, компенсировали друг друга:  $\vec{F}_L + \vec{F}_{кул.} = 0$ .

$$F_L = F_{кул.} \Rightarrow \text{выполняется условие: } qvB \sin \alpha = qE \Rightarrow v = E/B \quad (\sin 90^\circ = 1).$$

При увеличении индукции магнитного поля станет больше только сила Лоренца. По этой причине равнодействующая силы Лоренца и кулоновской силы, а также ускорение протона будут направлены влево согласно второму закону Ньютона:

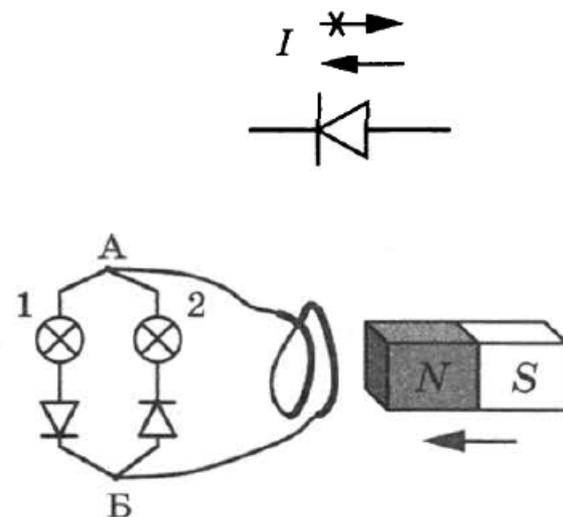
$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} = \frac{\vec{F}_L + \vec{F}_{кул.}}{m} \Rightarrow \vec{a} \uparrow \uparrow \vec{F}_L \Rightarrow a = \frac{qvB - qE}{m}.$$

Следовательно, траектория протона будет криволинейной, отклоняющейся влево от пунктирной линии.

**Ответ:** Траектория протона будет криволинейной, отклоняющейся влево от пунктирной линии.

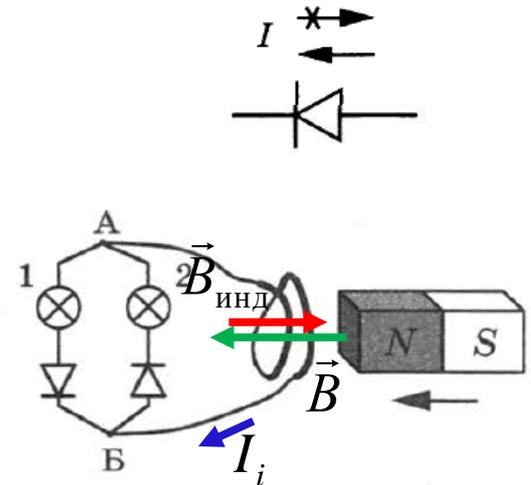
## Задание 24.13

Электрическая цепь состоит из двух лампочек, двух диодов и витка провода, соединённых, как показано на рисунке. (Диод пропускает ток только в одном направлении, как показано в верхней части рисунка.) Какая из лампочек загорится, если к витку приближать северный полюс магнита? Ответ объясните, указав, какие явления и закономерности Вы использовали при объяснении.



## Задание 24.13

Электрическая цепь состоит из двух лампочек, двух диодов и витка провода, соединённых, как показано на рисунке. (Диод пропускает ток только в одном направлении, как показано в верхней части рисунка.) Какая из лампочек загорится, если к витку приближать северный полюс магнита? Ответ объясните, указав, какие явления и закономерности Вы использовали при объяснении.



**Решение:**

Силовые линии магнитного поля постоянного магнита входят в контур витка от северного полюса N ( $B$  – влево). Движение магнита влево приведет к увеличению магнитного потока, пронизывающего виток провода. Следовательно, в витке появится индукционный ток:

$$\Phi = BS \cos \alpha = BS, \quad \varepsilon_i = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = -S \frac{\Delta B}{\Delta t}, \quad I_i = \frac{\varepsilon_i}{R}.$$

Согласно правилу Ленца магнитное поле индукционного тока будет препятствовать движению магнита, следовательно, его силовые линии будут направлены против силовых линий магнита ( $B_{\text{инд}}$  вправо).

По правилу буравчика индукционный ток в таком случае будет направлен по часовой стрелке – от B к A. Ток такого направления пропускает только диод на участке цепи лампочки 2, что и приведет к ее загоранию.

**Ответ:** лампочка 2

# Задание 24.14

Тонкая линза Л даёт чёткое действительное изображение предмета АВ на экране Э (см. рис. 1). Что произойдёт с изображением предмета на экране, если верхнюю половину линзы закрыть куском чёрного картона К (см. рис. 2)? Постройте изображение предмета в обоих случаях. Ответ поясните, указав, какие физические закономерности вы использовали для объяснения

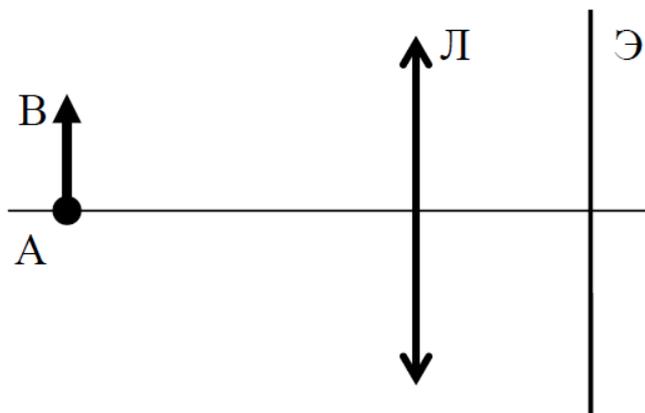


Рис. 1

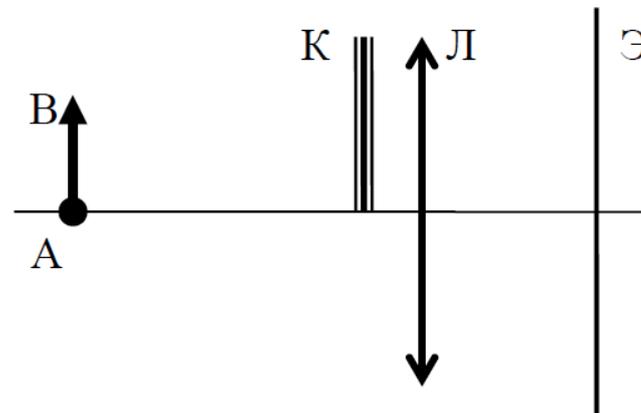


Рис. 2

*Фокус линзы не указан!*

*Что делать?*

## Решение:

Изображением точки в тонкой линзе служит точка. В данной задаче это значит, что все лучи от любой точки предмета, давая действительное изображение, пересекаются за линзой в одной точке.

Пока картон не мешает, построим изображение в линзе предмета  $AB$ , используя лучи, исходящие из точки  $B$  (см. рисунок 3). Проведя луч  $1$  через центр линзы, находим точку  $B'$  – изображение точки  $B$ . Проводим луч  $2$ , попутно находя задний фокус линзы. Затем проводим лучи  $3$  и  $4$ .

Кусок картона  $K$  перехватывает лучи  $1$  и  $2$ , но никак не влияет на ход лучей  $3$  и  $4$  (см. рисунок 4). Благодаря этим и аналогичным им лучам изображение предмета продолжает существовать на прежнем месте, не меняя формы, но становится темнее, т.к. часть лучей (например, лучи  $1$  и  $2$ ) больше не участвуют в построении изображения.

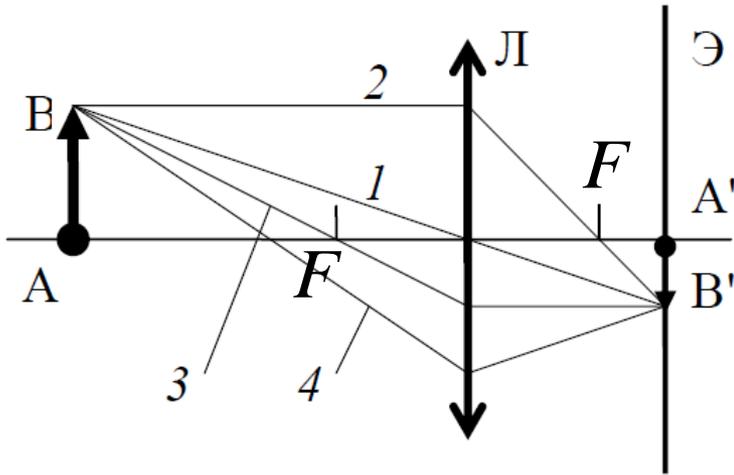


Рис. 3

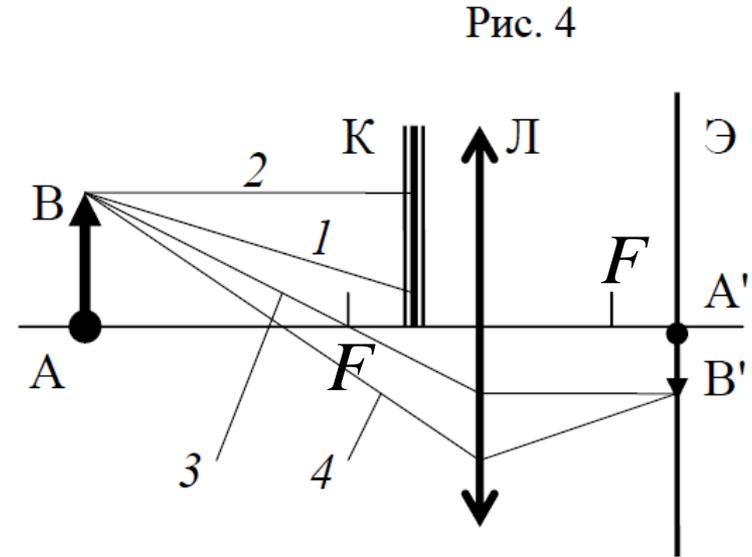


Рис. 4

**Ответ:** Яркость изображения (интенсивность света) уменьшится

## Задание 24.15

В распоряжении ученика имеются дифракционные решетки с 50 и 100 штрихами на 1 мм. Какую из них ученик должен взять для получения на экране более широкого дифракционного спектра при прочих равных условиях? Ответ поясните, указав, какие физические явления и закономерности Вы использовали для объяснения.

## Задание 24.15

В распоряжении ученика имеются дифракционные решетки с 50 и 100 штрихами на 1 мм. Какую из них ученик должен взять для получения на экране более широкого дифракционного спектра при прочих равных условиях? Ответ поясните, указав, какие физические явления и закономерности Вы использовали для объяснения.

**Решение:**

В случае дифракционной решетки при освещении ее светом выполняется условие:

$$d \sin \varphi = m\lambda, \quad d = \frac{1}{N},$$

где  $N$  – число штрихов на единицу длины дифракционной решетки.

При малых углах дифракции лучей  $\varphi$ :

$$\sin \varphi \approx \operatorname{tg} \varphi = \frac{x}{L} \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{N} \cdot \frac{x}{L} = m\lambda \quad \Rightarrow \quad x = m\lambda NL,$$

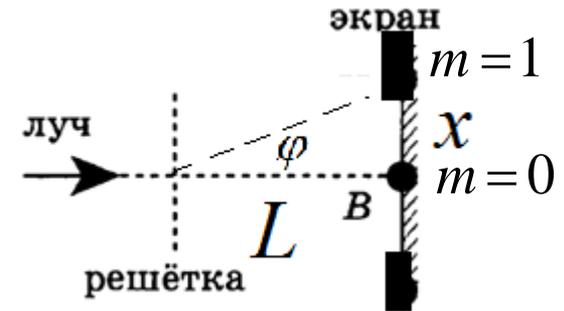
$x$  – расстояние от нулевого тах до наблюдаемого тах при длине волны  $\lambda$ .

Ширину спектральной полосы можно найти по формуле:

$$\Delta x = x_{\text{красн.}} - x_{\text{фиол.}} = mNL(\lambda_{\text{красн.}} - \lambda_{\text{фиол.}}).$$

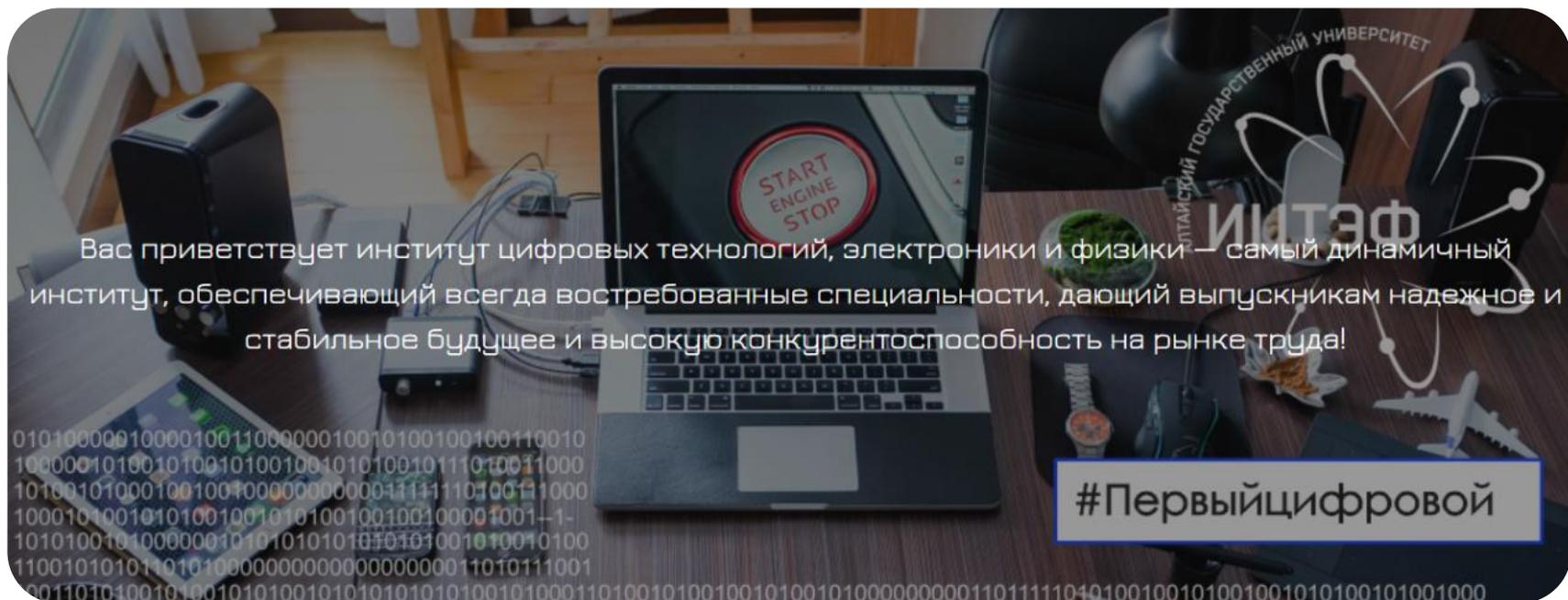
Следовательно, чем большее число штрихов  $N$  нанесено на единицу длины решётки, тем больше ширина спектрального максимума  $\Delta x$ .

**Ответ:** решетка с 100 штрихами на 1мм



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 25-26 части 2 КИМ ЕГЭ 2023**

**05.04.2023 в 15.00**

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