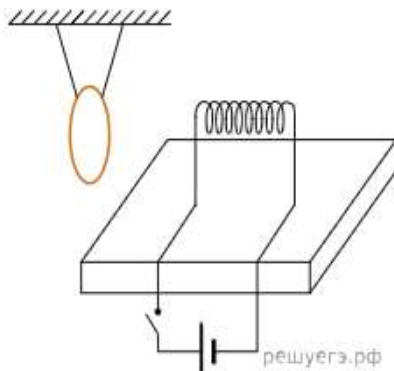


## Задание №21

### Электричество и магнетизм

1. Замкнутое медное кольцо подвешено на длинных нитях вблизи катушки индуктивности, закрепленной на столе и подключенной к источнику постоянного тока (см. рис.). Первоначально электрическая цепь катушки разомкнута. Как будет двигаться кольцо при замыкании цепи? Ответ поясните, используя физические закономерности.



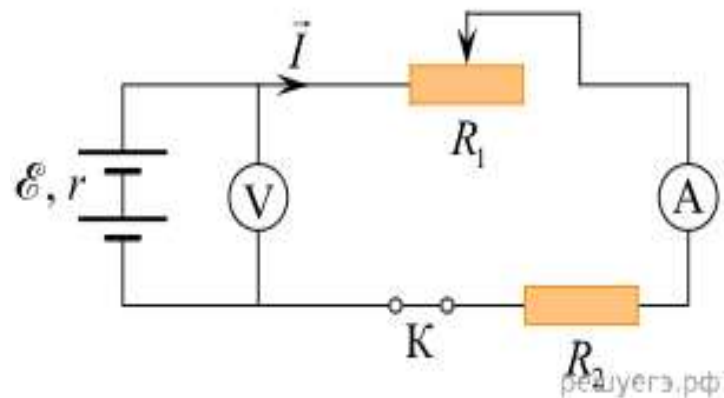
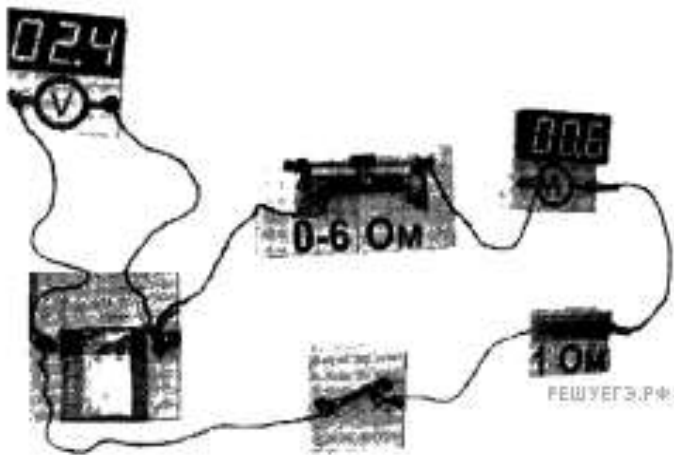
#### **Решение.**

1. При замыкании цепи катушки начинает изменяться поток вектора магнитной индукции через кольцо. По закону электромагнитной индукции в кольце возникает ЭДС индукции, появляется индукционный ток. По правилу Ленца взаимодействие токов в кольце и в катушке приводит к тому, что кольцо отталкивается от катушки.

2. Затем кольцо возвращается в исходное положение, так как ток в катушке достигает максимального значения, поэтому поток вектора магнитной индукции через кольцо становится постоянным. Индукционный ток в отсутствии ЭДС индукции затухает. Кольцо перестает отталкиваться от катушки.

3. Индукционный ток в неподвижном кольце вблизи катушки с постоянным током равен нулю, магнитные свойства меди выражены слабо, поэтому, вернувшись в исходное положение равновесия, кольцо остается неподвижным.

2. На фотографии изображена электрическая цепь, состоящая из резистора, реостата, ключа, цифровых вольтметра, подключенного к батарее, и амперметра. Используя законы постоянного тока, объясните, как изменится (увеличится или уменьшится) сила тока в цепи и напряжение на батарее при перемещении движка реостата в крайнее правое положение.

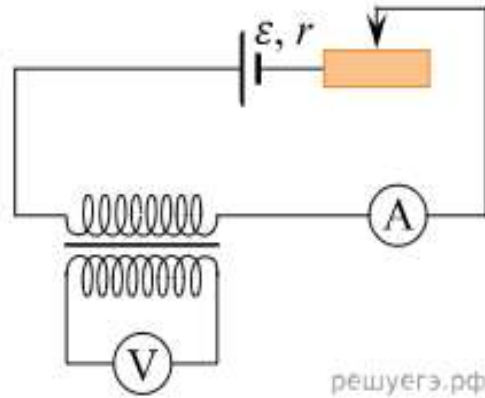


### Решение.

1. Ток через вольтметр практически не течет, а сопротивление амперметра пренебрежимо мало.

2. При перемещении движка реостата вправо его сопротивление увеличивается, что приводит к увеличению полного сопротивления цепи. Сила тока в цепи при этом уменьшается, а напряжение на батарее растет.

3. На рисунке приведена электрическая цепь, состоящая из гальванического элемента, реостата, трансформатора, амперметра и вольтметра. В начальный момент времени ползунок реостата установлен посередине и неподвижен. Опираясь на законы электродинамики, объясните, как будут изменяться показания приборов в процессе перемещения ползунка реостата вправо. ЭДС самоиндукции пренебречь по сравнению с ЭДС цепи.



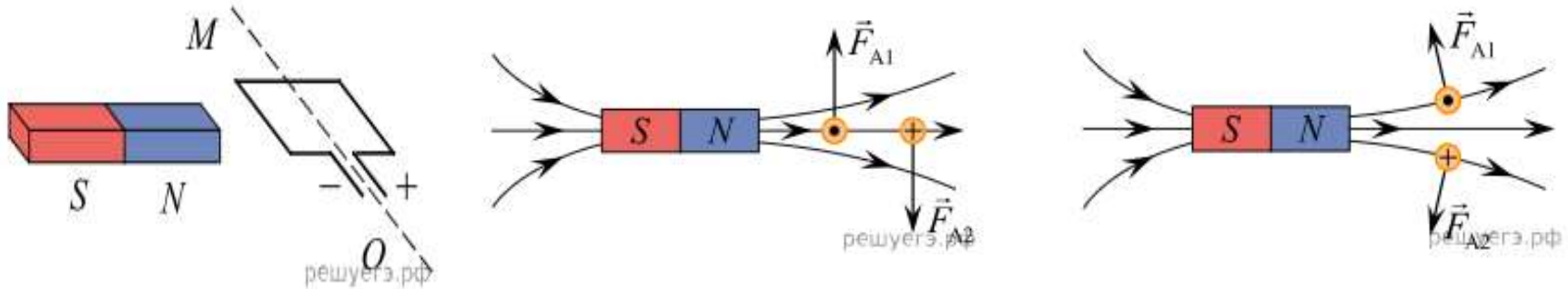
### Решение.

1. Во время перемещения движка реостата показания амперметра будут плавно уменьшаться, а вольтметр будет регистрировать напряжение на концах вторичной обмотки.

2. При перемещении ползунка вправо сопротивление цепи увеличивается, а сила тока уменьшается в соответствии с законом Ома для полной цепи.

Изменение тока, текущего по первичной обмотке трансформатора, вызывает изменение индукции магнитного поля, создаваемого этой обмоткой. Это приводит к изменению магнитного потока через вторичную обмотку трансформатора. В соответствии с законом индукции Фарадея возникает ЭДС индукции во вторичной обмотке, а, следовательно, напряжение  $U$  на ее концах, регистрируемое вольтметром.

4. Рамку с постоянным током удерживают неподвижно в поле полосового магнита (см. рис.). Полярность подключения источника тока к выводам рамки показана на рисунке. Как будет двигаться рамка на неподвижной оси  $MO$ , если рамку не удерживать? Ответ поясните, указав, какие физические закономерности вы использовали для объяснения. Считать, что рамка испытывает небольшое сопротивление движению со стороны воздуха.



## Решение.

1. Рамка повернется по часовой стрелке и встанет перпендикулярно оси магнита так, что контакт «+» окажется внизу.
2. В исходном положении в левом звене рамки ток направлен к нам, а в правом — от нас. На левое звено рамки действует сила Ампера направленная вверх, а на правое звено — сила Ампера направленная вниз. Эти силы разворачивают рамку на неподвижной оси  $MO$  по часовой стрелке
3. Рамка устанавливается перпендикулярно оси магнита так, что контакт «+» оказывается внизу. При этом силы Ампера и обеспечивают равновесие рамки на оси  $MO$

5. Три параллельных длинных прямых проводника 1, 2 и 3 расположены на одинаковом расстоянии  $a$  друг от друга (см. рис. а) и б)). В каждом проводнике протекает электрический ток силой  $I$ . Токи во всех проводниках текут в одном направлении. Определите направление результирующей силы, действующей на проводник 1 со стороны проводников 2 и 3. Сделайте рисунок, указав в области проводника 1 векторы магнитной индукции полей, созданных проводниками 2 и 3, вектор магнитной индукции результирующего магнитного поля и вектор результирующей силы. Ответ поясните, опираясь на законы электродинамики.

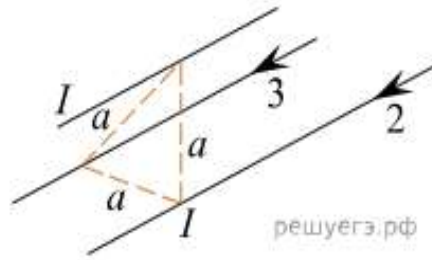


Рис. а)

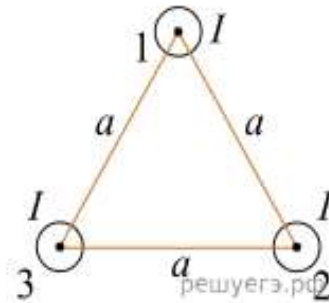


Рис. б)

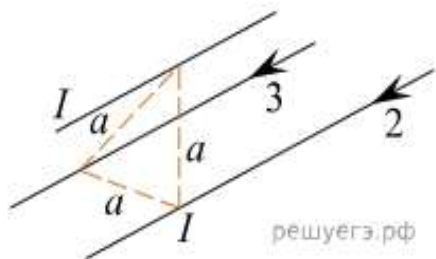


Рис. а)

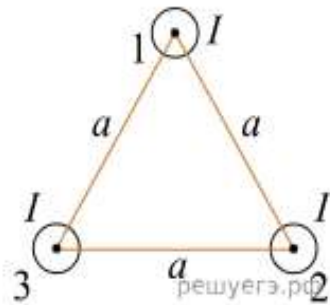
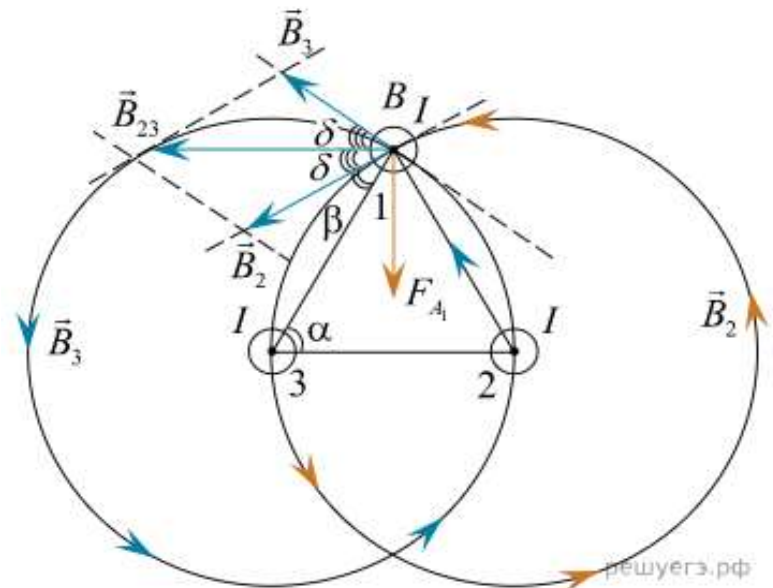


Рис. б)



## Решение.

На проводник 1 со стороны проводников 2 и 3 действует результирующая сила, направленная вниз (см. рис.).

Вокруг проводников 2 и 3 возникает магнитное поле, линии индукции которого являются окружностями. Направление линий индукции магнитного поля определяется правилом буравчика. Вектор магнитной индукции результирующего поля в области проводника 1 определяется принципом суперпозиции полей  $\vec{B}_{23} = \vec{B}_2 + \vec{B}_3$ . Так как проводник 1 находится на одинаковом расстоянии  $a$  от каждого из проводников 2 и 3, по проводникам протекают токи одинаковой силы, то  $\vec{B}_2 = \vec{B}_3 = B$

Из геометрических построений видно, что угол между векторами  $\vec{B}_2$  и  $\vec{B}_3$  составляет  $60^\circ$ , значит,  $\delta = 30^\circ$ .

Значит, вектор магнитной индукции направлен горизонтально влево. Со стороны результирующего поля на проводник 1 с током действует сила Ампера  $F_{A1}$ , направление которой определяется правилом левой руки. Таким образом, результирующая сила, действующая на проводник 1 со стороны проводников 2 и 3, направлена вертикально вниз.

Ответ: на проводник 1 со стороны проводников 2 и 3 действует результирующая сила, направленная вниз.