



ИНСТИТУТ СОДЕРЖАНИЯ И МЕТОДОВ ОБУЧЕНИЯ

федеральное государственное
бюджетное научное учреждение

МЕТОДИЧЕСКИЙ КЕЙС

(ФИЗИКА. 8 КЛАСС)

Электромагнитная индукция

АВТОРЫ:

САУШКИНА ТАТЬЯНА ВЛАДИМИРОВНА,
заслуженный учитель Республики Мордовия,
почетный работник общего образования
Российской Федерации, учитель физики ГБОУ
Республики Мордовия «Республиканский
лицей для одарённых детей».

ЯКУТА АЛЕКСЕЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ
к. ф-м. н., старший научный сотрудник
лаборатории естественно-научного
образования ФГБНУ «ИСМО»

РЕЦЕНЗЕНТ:

АСАНОВА ЛИДИЯ ИВАНОВНА
к. п. н., старший научный сотрудник
лаборатории естественно-научного
образования ФГБНУ «ИСМО»

Аннотация

Методический кейс направлен на развитие методических компетенций педагогических работников.

Выбор темы кейса обусловлен наличием статистически выявляемых трудностей, которые возникают у обучающихся при решении качественных задач, требующих объяснения результатов экспериментов по наблюдению явления электромагнитной индукции (задание № 16 КИМ ОГЭ по физике – задание повышенной трудности с выбором ответа).

Следует отметить, что причины сложностей, возникающих у обучающихся при решении указанных задач, можно видеть в следующем:

1) необходимость применения достаточно широкого спектра знаний и умений, относящихся к различным темам раздела «Электрические и магнитные явления»;

2) введение сложных для обучающихся 8 класса понятий, в частности понятия «магнитный поток»;

3) для выполнения заданий по данной теме необходимо проявить умения в работе с графической информацией (схематичными рисунками опытов, таблицами или графиками), которые являются метапредметными.

Согласно федеральной рабочей программе основного общего образования (физика, базовый уровень), первое знакомство с понятием «Электромагнитная индукция» происходит в 8 классе, когда у обучающихся ещё достаточно мало сформированы не только базовые математические, но и физические знания и умения. Вместе с тем соответствующие вопросы и задачи регулярно встречаются в вариантах КИМ ОГЭ, так как их решение не требует знаний, выходящих за рамки федеральной рабочей программы по физике.

Для преодоления отмеченных трудностей учителю необходимо добиться осмысленного и глубокого освоения материала по данной теме обучающимися, изучающими физику, как на базовом, так и на углубленном уровне.

Необходимые знания и умения

Для успешного решения качественных задач, требующих объяснения результатов экспериментов по изучению (наблюдению) явления электромагнитной индукции, обучающиеся должны *освоить элементы содержания*, относящиеся к различным темам раздела «Электрические и магнитные явления».

По теме «Магнитное поле»:

- Источник магнитного поля. Магнитное поле и его свойства.
- Магнитная индукция.
- Магнитное поле прямого тока и постоянных магнитов.
- Графическое представление магнитного поля: линии магнитной индукции.
- Связь направления линий магнитной индукции поля, созданного проводником с током, с направлением тока в проводнике. Правило буравчика.
- Магнитное поле витка с током и катушки с током. Правило правой руки для соленоида.

По теме «Электромагнитная индукция».

- Магнитный поток.
- Зависимость магнитного потока магнитного поля, пронизывающего поверхность, ограниченную контуром, от площади этой поверхности, от ориентации контура по отношению к линиям магнитной индукции.
- Способы изменения магнитного потока.
- Явление электромагнитной индукции.
- Индукционный ток: условия возникновения и величина.
- Зависимость направления индукционного тока в замкнутом контуре от характера изменения магнитного потока. Правило Ленца.

Обучающиеся должны обладать следующими умениями:

- Применять основные понятия и законы электродинамики при решении типовых учебных задач.

- Объяснять физические явления и процессы с опорой на изученные физические законы в контексте ситуаций практико-ориентированного характера: выявлять причинно-следственные связи.

- Проводить опыты по наблюдению физических явлений или физических свойств тел: формулировать проверяемое предположение (гипотезу), собирать установку из предложенного оборудования, записывать ход опыта.

- Анализировать полученные результаты (в том числе графические зависимости физических величин).

Методические рекомендации

1. Прежде чем переходить к рассмотрению явления электромагнитной индукции, необходимо повторить основные свойства магнитного поля и актуализировать полученные знания по определению направления линий магнитной индукции проводника с током (прямого и кругового тока, соленоида) и постоянного магнита. Для этого необходимо напомнить обучающимся правило буравчика и правило правой руки.

2. При решении задач, требующих изображения линий индукции магнитных полей, создаваемых различными объектами, полезно поставить перед обучающимися вопрос: «Какой величиной можно охарактеризовать магнитное поле?». Затем рекомендуется ввести понятие вектора магнитной индукции, обратив внимание обучающихся на тот факт, что более точным и правильным является название не «магнитные линии», а «линии магнитной индукции». Обсуждая возможный характер расположения линий магнитной индукции, следует познакомить обучающихся с определением однородного и неоднородного магнитного поля.

3. Необходимо отметить важность проведения учебного эксперимента.

Изложение нового физического материала практически всегда опирается на обобщённый жизненный опыт. Однако некоторые физические явления недоступны для непосредственного наблюдения и поэтому нуждаются в демонстрациях и возможных измерениях физических величин,

характеризующих эти явления. Следовательно, подход к процессу преподавания физики с опорой на эксперимент не может потерять актуальность.

Важно подчеркивать, что физика – наука экспериментальная, её законы и различные физические явления широко применяются на практике. Например, полезно показать обучающимся, что при протекании электрического тока по проводнику он превращается в электромагнит, а при изменении магнитного потока через замкнутый проводящий контур в нём возникает индукционный ток. Следует кратко пояснить, каким образом эти физические явления могут быть применены на практике. Таким образом, любое новое понятие, вводимое при изучении физики, конкретизируется, получает ясный смысл, и с этим понятием связывается определённый метод наблюдения или измерения, а также способ практического использования физического явления.

4. Следующий шаг (по возможности, экспериментальное исследование) – знакомство с понятием «магнитный поток», который должен помочь обучающимся получить важные выводы о том, что:

– магнитный поток может изменяться в двух ситуациях: как при движении контура в постоянном магнитном поле, так и в случае, когда проводник неподвижен в изменяющемся магнитном поле;

– магнитный поток может изменяться не только за счёт изменения площади, ограниченной контуром, но и при изменении угла между нормалью к данному контуру и вектором магнитной индукции;

– в формулировке закона электромагнитной индукции не конкретизируется причина изменения магнитного потока: *«электромагнитная индукция – это явление возникновения электрического тока в замкнутом проводящем контуре при изменении магнитного потока, пронизывающего этот контур».*

Принимая во внимание, что понятие ЭДС выходит за рамки федеральной рабочей программы основного общего образования (физика, базовый

уровень), возможно только на качественном уровне обсудить суть закона электромагнитной индукции, отметив при этом, что данный закон более строго формулируется не для силы индукционного тока, а для возникающей в контуре ЭДС, а сила индукционного тока зависит еще и от сопротивления контура.

5. Далее рекомендуется рассмотреть задачи, в которых ставится следующий вопрос: «Будет ли в данном контуре в рассматриваемом случае возникать индукционный ток?».

В соответствии с преследуемыми дидактическими целями, это могут быть физические задачи следующих типов.

5.1. Базовые (тренировочные) задачи – их решение необходимо для обеспечения понимания и закрепления основных определений, понятий и закономерностей.

5.2. Аналитические задачи – служат для формирования понимания того, какие физические закономерности характеризуют явления, описанные в условии задачи. При решении этих задач обучающиеся должны пользоваться ранее полученными знаниями для анализа физического явления, описанного в условии.

5.3. Интегрированные задачи – задачи, для решения которых необходимо осуществить перенос знаний из типичной ситуации в изменённую или из одной предметной области в другую.

5.4. Задачи повышенной сложности, направленные на углубление и конкретизацию знаний, для чего, как правило, требуется дополнение качественного описания явления количественными характеристиками.

5.5. Задачи-исследования и задачи-проекты – это задачи, при решении которых требуется дать ответ на вопросы: «Почему так, а не иначе?» и (или) «Как сделать так, чтобы...?».

5.6. Задачи принятия решения – задачи, для решения которых необходимо использовать умение проводить комплексный анализ физических процессов, на основании которого нужно выбрать из предложенных

утверждений все верные (при этом верными могут оказаться и несколько утверждений).

Примеры решения задач

Пример 1

Юный экспериментатор провёл серию опытов, используя для этого проволочную катушку, гальванометр и полосовой магнит. Схемы проведения опытов изображены на рисунках 1 – 3. В каких из этих трех случаев в катушке будет протекать индукционный ток? Ответ поясните.

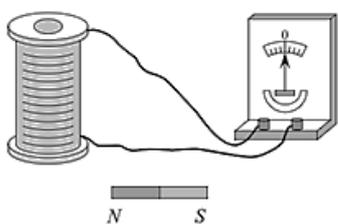


Рисунок 1

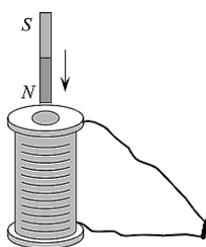


Рисунок 2

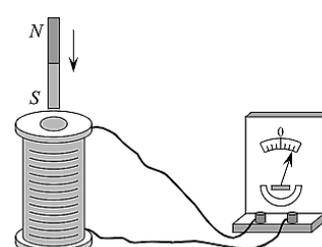


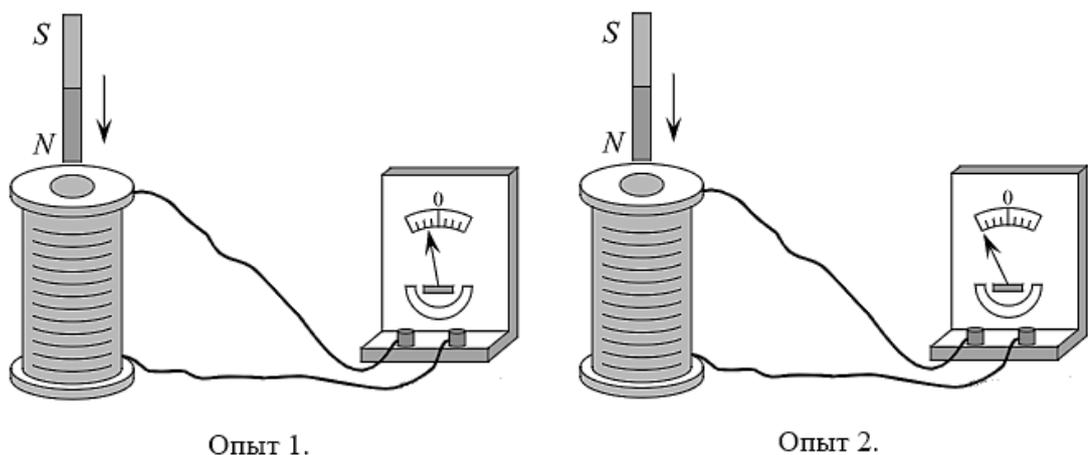
Рисунок 3

Решение

Индукционный ток возникает в замкнутом проводящем контуре при изменении магнитного потока через этот контур. Следовательно, в ситуации, изображенной на рисунке 1, ток возникать не будет, поскольку магнитный поток через катушку не изменяется. Ток через катушку будет протекать в опытах 2 и 3.

Пример 2

Юный экспериментатор провёл два опыта (см. рис.), используя для этого проволочную катушку, замкнутую на гальванометр, и полосовой магнит. В первом опыте экспериментатор приближал магнит к катушке с постоянной скоростью v_1 , а во втором – с постоянной скоростью v_2 . В каком из проведённых экспериментов скорость движения магнита была больше? Ответ поясните.

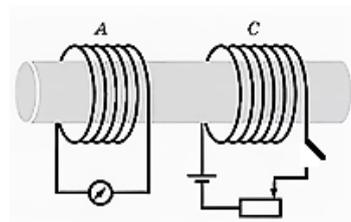


Решение

При более быстром движении магнита относительно катушки магнитный поток через катушку изменяется быстрее. Следовательно, возникающий индукционный ток будет большей силы. Используя условие задачи (показание гальванометра в опыте 2, приходим к выводу: ток больше во втором случае, значит, магнит во втором опыте двигался быстрее.

Пример 3

Юный экспериментатор, продолжая изучать явление электромагнитной индукции, провёл новый опыт, в котором использовал две проволочные катушки, намотанные на общий деревянный сердечник.



Одна из катушек была замкнута на гальванометр, а вторая могла подсоединяться к источнику тока через реостат и ключ. Целью эксперимента было выяснить, верно ли, что:

- 1) направление индукционного тока в катушке *A* зависит от скорости изменения модуля магнитного потока, пронизывающего катушку *C*;
- 2) при смещении влево ползунка реостата при замкнутой цепи катушки *C* в катушке *A* возникает индукционный ток;
- 3) в катушке *A* электрический ток протекает только в моменты замыкания и размыкания цепи катушки *C*.

Какие из предположений экспериментатора подтвердились на опытах?
Укажите их номера.

Решение

Согласно правилу Ленца и закону электромагнитной индукции, величина индукционного тока зависит от скорости изменения магнитного потока, а направление – от характера изменения магнитного потока (увеличение или уменьшение).

Проанализируем выдвинутые гипотезы.

1) Направление индукционного тока в катушке A зависит от направления смещения ползунка реостата, которое, приводит к увеличению или уменьшению индукции магнитного поля катушки C , но не зависит от скорости изменения модуля магнитного потока, пронизывающего катушку C (первая гипотеза неверна).

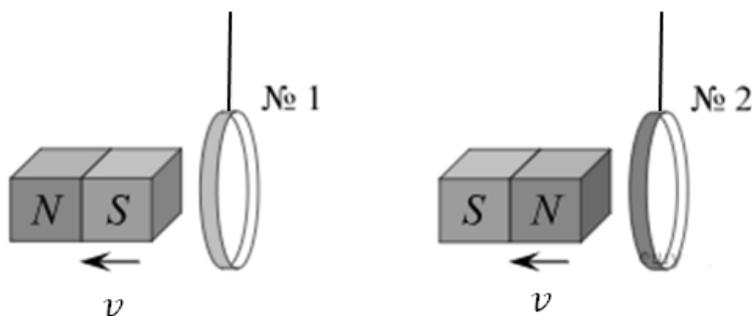
2) При перемещении влево ползунка реостата сопротивление цепи катушки C уменьшается, следовательно, сила тока в этой цепи, согласно закону Ома, увеличивается. Как следствие, магнитное поле этого тока также увеличивается, при этом возрастает связанный с этим полем магнитный поток, пронизывающий катушку A , и в ней возникает индукционный ток в течение времени, пока движется ползунок реостата. Следовательно, вторая гипотеза верна.

3) Для того, чтобы в катушке A протекал электрический ток, должен меняться магнитный поток через неё, создаваемый магнитным полем катушки C . Это поле изменяется при изменении силы тока, протекающего через катушку C , а данный ток меняется как при замыкании или размыкании ключа, так и при перемещении ползунка реостата (при замкнутом ключе). Следовательно, третья гипотеза неверна.

Пример 4

Неутомимый юный экспериментатор раздобыл два кольца – деревянное (№ 1) и медное (№ 2) – и подвесил каждое из них на нити вблизи полюса постоянного полосового магнита (см. рисунок). Что обнаружил

экспериментатор, когда с одинаковой скоростью удалял южный полюс магнита от деревянного кольца, а северный полюс магнита – от медного кольца, как показано на рисунке? Ответ обоснуйте.

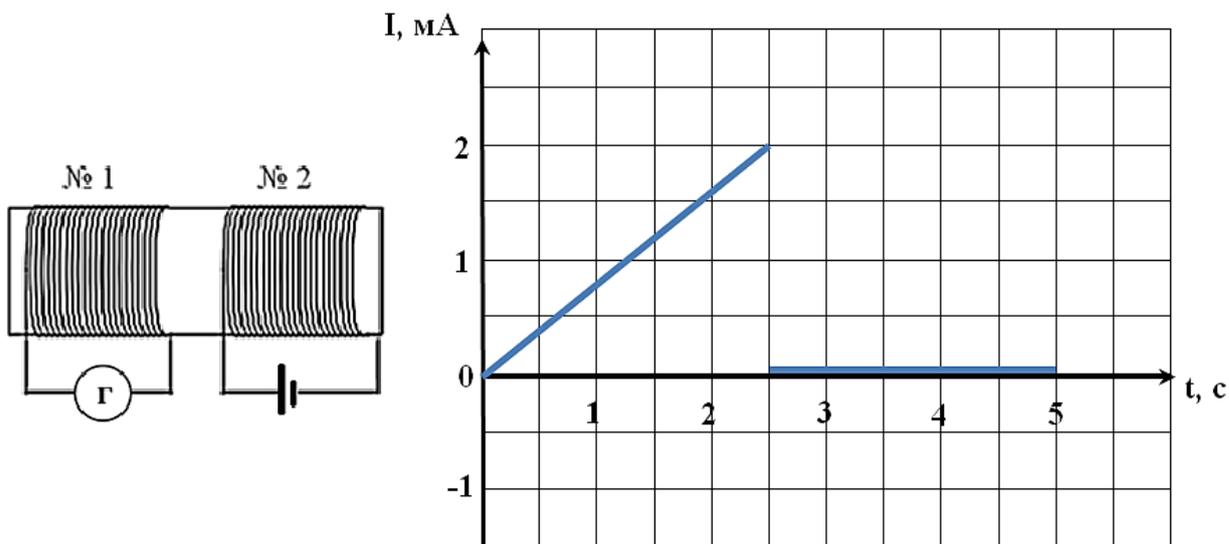


Решение

Если удалять магнит от кольца, двигая его так, как показано на рисунке, то магнитный поток через кольцо будет уменьшаться, следовательно, явление электромагнитной индукции должно привести к возникновению тока в проводящем контуре, через который меняется магнитный поток. Поскольку медь является проводником, в кольце № 2 начнет протекать электрический ток, и оно будет вести себя, как электромагнит (виток с током), который будет взаимодействовать с постоянным магнитом. Следовательно, кольцо № 2 начнет двигаться. Древесина не является проводником, поэтому индукционный ток в кольце № 1 не возникнет, оно не приобретет свойств электромагнита, не будет взаимодействовать с постоянным магнитом и останется в покое.

Пример 5

Уставший юный экспериментатор расположил две проволочные катушки на одном деревянном сердечнике, как показано на рисунке. Катушку № 2 он и подключил к источнику постоянного напряжения, а катушку № 1 (с малым числом витков) замкнул через гальванометр. Катушка № 1 может перемещаться по сердечнику, а катушка № 2 закреплена. Проводя эксперименты по изучению явления электромагнитной индукции, экспериментатор построил график зависимости силы тока I от времени t в катушке № 1.



1) Помогите экспериментатору понять, в течение какого промежутка времени магнитный поток через катушку № 1 не изменялся.

2) Определите, что должен был сделать экспериментатор, чтобы получить такую зависимость силы тока от времени (вопрос повышенной трудности).

Решение

1. В течение промежутка времени от 2,5 с до 5 с показания гальванометра равны нулю. Следовательно, в первой катушке тока не было, то есть магнитный поток через нее не изменялся. Чтобы получить рассматриваемый эффект, необходимо, чтобы катушка № 1 была неподвижна. При этом магнитный поток через неё меняться не будет.

2. В течение промежутка времени от 0 с до 2,5 с ток в первой катушке изменялся. Значит, магнитный поток через эту катушку также изменялся и, как следствие, в ней появлялся индукционный ток. Изменение магнитного потока в данном случае можно обеспечить путем смещения катушки № 1 относительно катушки № 2, причём можно как приближать первую катушку ко второй катушке, так и удалять первую катушку от второй (от этого будет зависеть знак силы тока).

Отметим, что ток, текущий в катушке, не может мгновенно изменяться, поэтому задача должна рассматриваться в рамках модели, когда катушка № 1 содержит малое число витков.

Методические рекомендации

Как показали опыты М. Фарадея, направление индукционного тока зависит от характера изменения магнитного потока. Правило для определения направления индукционного тока было сформулировано Э. Х. Ленцем на основе анализа опытных фактов: ***индукционный ток имеет такое направление, что создаваемое им магнитное поле препятствует изменению магнитного потока, породившего этот ток.***

Возникновение индукционного тока в алюминиевом кольце при изменении проходящего сквозь кольцо магнитного потока достаточно просто и очень наглядно можно продемонстрировать с помощью опыта Ленца с двумя алюминиевыми кольцами (замкнутым и разомкнутым), закреплёнными на свободно вращающемся коромысле.

Далее нужно представить план действий, которые необходимо предпринять для поиска ответа на вопрос: «В каком направлении будет протекать индукционный ток в проводящем контуре при относительном движении контура и магнита в рассматриваемом случае?».

Предлагаемая *схема* решения таких задач включает следующие этапы.

Шаг 1. Сделать схематичный рисунок к задаче, изобразив проводящий контур, магнит и несколько линий магнитной индукции поля, созданного постоянным магнитом (или соленоидом). Важно учитывать, что магнитное поле, создаваемое постоянным магнитом или соленоидом вблизи своего торца, неоднородно. Обозначить (если это ещё не сделано в условии задачи) магнитные полюса и указать направление линий магнитной индукции (они выходят из северного полюса магнита).

Шаг 2. Указать направление вектора скорости движения постоянного магнита (или контура) и выяснить, как изменяется (увеличивается или уменьшается) магнитный поток, пронизываемый рассматриваемый контур.

Если магнитный поток создаётся непостоянным магнитом, то для ответа на данный вопрос необходимо выяснить, является ли магнитное поле, в котором движется контур, однородным.

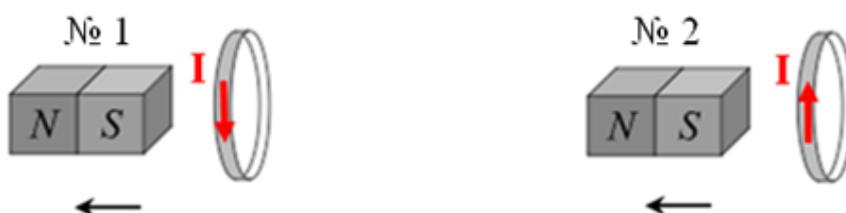
Шаг 3. Изобразить несколько линий магнитной индукции магнитного поля, созданного индукционным током, текущим в контуре. Для этого следует использовать правило Ленца. Эти линии должны быть направлены противоположно линиям магнитной индукции поля магнита (внешнего магнитного поля для данного контура), если магнитный поток через контур увеличивается, и сонаправлены с внешним для контура магнитным полем, если магнитный поток убывает.

Если скорость изменения магнитного потока через контур в течение времени наблюдения изменяется, то необходимо выявить моменты (например, анализируя приведённый в условии график), в которые это происходит, и установить для каждого из этих моментов, как именно ведёт себя магнитный поток (соответствующие моменты на графиках характеризуются изломами).

Шаг 4. Зная направление линий магнитной индукции магнитного поля, созданного индукционным током, определить направление этого тока в контуре. Для этого необходимо применить правило правой руки (или правило буравчика).

Пример 6

Постоянный магнит удаляют от замкнутого проводящего кольца в направлении, перпендикулярном его плоскости (см. рис). Подумайте, на каком рисунке правильно показано направление индукционного тока, возникающего в этом кольце, и как при этом взаимодействуют кольцо и магнит. Поясните причину возникновения такого взаимодействия.



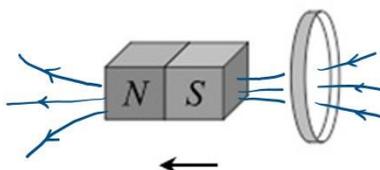
Из приведённого ниже списка утверждений выберите все правильные утверждения.

1. Ток течёт вниз по видимой нам части кольца (рис. № 1).
2. Ток течёт вверх по видимой нам части кольца (рис. № 2).
3. Кольцо и магнит притягиваются.
4. Кольцо и магнит отталкиваются.
5. Кольцо обращено к магниту своим южным магнитным полюсом.
6. Кольцо обращено к магниту своим северным магнитным полюсом.
7. Индукционный ток в кольце не возникает. Взаимодействия между

кольцом и магнитом нет.

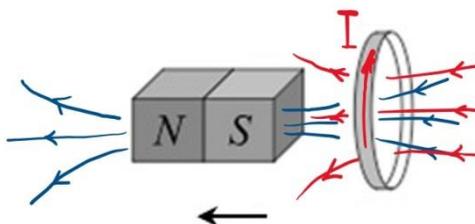
Решение

1. Изобразим линии магнитной индукции поля магнита. Это поле неоднородное, густота линий вблизи полюса магнита больше, чем вдали от него.



2. Следовательно, при удалении магнита от кольца магнитный поток, пронизывающий кольцо, уменьшается.

3. Используя правило Ленца, изобразим линии магнитной индукции магнитного поля, созданного индукционным током, протекающим в контуре. Магнитное поле тока препятствует изменению внешнего для данного контура магнитного потока, поэтому эти линии сонаправлены линиям магнитной индукции поля магнита, так как магнитный поток через контур убывает.



4. Используя правило правой руки, определим направление индукционного тока в контуре.

5. С учетом проведенного анализа, определяем, что направление тока правильно указано на рисунке № 2.

Учитывая направление линий индукции магнитного поля, создаваемого индукционным током в кольце, делаем вывод, что кольцо обращено к магниту своим северным полюсом (линии магнитной индукции выходят из северного полюса), поэтому утверждение № 6 также является правильным. Магнит и кольцо будут притягиваться друг к другу, поскольку разноименные магнитные полюса притягиваются, то есть верным является и утверждение № 3.

Дополнительные интернет-источники

1. Камзеева Е.Е., Демидова М.Ю. Методические материалы для предметных комиссий субъектов Российской Федерации по проверке выполнения заданий с развёрнутым ответом экзаменационных работ ОГЭ 2024 года. ФИЗИКА. – М.: ФИПИ, 2024. – 157 с. URL: https://doc.fipi.ru/oge/dlya-predmetnyh-komissiy-subektov-rf/2024/mr_oge_fizika_2024.pdf
2. Демидова М.Ю., Камзеева Е.Е. Методические рекомендации обучающимся по организации индивидуальной подготовки к ОГЭ 2024 года по физике. – М.: ФИПИ, 2024. – 19 с. URL: https://doc.fipi.ru/navigator-podgotovki/navigator-oge/MR_fizika_oge_2024.pdf
3. Открытый банк тестовых заданий ОГЭ. Физика. URL: <https://oge.fipi.ru/bank/index.php?proj=B24AFED7DE6AB5BC461219556ССА4F9В>
4. Навигатор самостоятельной подготовки к ОГЭ. – URL: <https://fipi.ru/navigator-podgotovki/navigator-oge>