

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

Томский государственный университет систем
управления и радиоэлектроники (ТУСУР)

Кафедра физики

“Утверждаю”
Зав. каф. Физики
_____ Е.М. Окс
“___” _____ 2012г.

ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ**Часть 3****Электромагнитная индукция. Самоиндукция.
Взаимная индукция**

Учебное пособие

Разработчик
Доцент каф. физики
_____ Ю.П. Чужков

2012

Сборник включает вопросы курса физики по разделу “**ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ**” (Электромагнитная индукция. Самоиндукция. Взаимная индукция.).

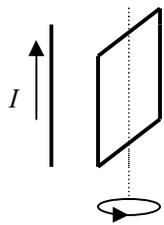
Сборник может быть использован студентами всех форм обучения (дневной, вечерней, заочной и дистантной) при самостоятельной подготовке к коллоквиумам и экзаменам, а также преподавателем для контроля знаний студентов на практических и лабораторных занятиях.

Вариант 1

1.1 Среди предложенных утверждений найдите ошибочное

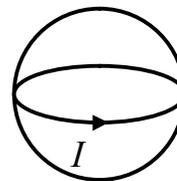
- 1) если поверхность, ограниченная замкнутым проводящим контуром, пронизывается постоянным магнитным потоком, то в этом контуре возникает индукционный ток;
- 2) если в некотором пространстве имеется изменяющееся во времени магнитное поле, то оно обязательно возбуждает в этом пространстве переменное электрическое поле;
- 3) если по замкнутому проводящему контуру течёт изменяющийся во времени ток, то в этом контуре возникает индукционный ток;
- 4) если в одном из близко расположенных замкнутых проводящих контуров течёт изменяющийся во времени ток, то в другом из них возникает индукционный ток.

1.2 Прямоугольная проволочная рамка равномерно вращается вокруг неподвижной оси. Параллельно этой оси расположен провод, по которому течёт ток I . При каких положениях рамки в ней возникает наименьшая э.д.с. индукции?



- Ответы: 1) провод и рамка находятся в одной плоскости;
 2) плоскость рамки перпендикулярна плоскости, проходящей через провод и ось вращения рамки;
 3) э.д.с. остается постоянной.

1.3 Каркас для глобуса сделан из двух изолированных друг от друга металлических обручей, расположенных во взаимно перпендикулярных плоскостях. В одном из обручей течёт возрастающий ток, направление которого показано на рисунке. Возникает ли во втором обруче э.д.с. индукции? Если да, то каково будет направление индуцированного тока? (Часть обруча со стрелкой – ближняя к нам сторона).

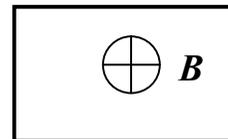


- Ответы: 1) направление индукционного тока - по часовой стрелке;
 2) направление индукционного тока - против часовой стрелки;
 3) индукционный ток не возникнет.

1.4 Катушку радиуса $r = 3$ см с числом витков $N = 1000$ помещают в однородное магнитное поле (ось катушки параллельна линиям поля). Индукция поля изменяется с постоянной скоростью $\Delta B / \Delta t = 10$ мТл/с. Какой (по абсолютной величине) заряд q будет на конденсаторе, подключенном к концам катушки? Ёмкость конденсатора $C = 20$ мкФ. Ответ дать в мкКл.

Ответы: 1) 0.18; 2) 1.14; 3) 0.57.

1.5 Проводящий контур помещён в магнитное поле с возрастающей со временем индукцией B . Направление поля показано на рисунке. Определить направление тока индукции в контуре.



- Ответ: 1) ток в контуре направлен против часовой стрелки;
 2) индукционный ток не возникает;
 3) возникающий в контуре ток направлен по часовой стрелке.

Вариант 2

2.1 Из приведённых ниже интегральных соотношений укажите математическое выражение закона электромагнитной индукции.

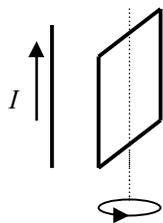
$$1) \int_S \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \cdot d\vec{S} = I_{cm}; \quad 2) \oint_S \vec{B} \cdot d\vec{S} = 0; \quad 3) \oint_S \vec{D} \cdot d\vec{S} = \int_V \rho dV;$$

$$4) \oint_L \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\int_S \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \cdot d\vec{S}; \quad 5) \oint_L \vec{H} \cdot d\vec{l} = \oint_S \vec{j} \cdot d\vec{S} + \oint_S \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \cdot d\vec{S};$$

2.2 Однородное магнитное поле с индукцией B перпендикулярно к плоскости медного кольца ($\rho = 1,7 \cdot 10^{-8}$ Ом·м), имеющего диаметр $D = 20$ см и толщину $d = 2$ мм. С какой скоростью должна изменяться во времени магнитная индукция B , чтобы индуцированный ток в кольце равнялся 10А?

Ответы: 1) 3,27 Тл/с; 2) 1,08 Тл/с; 3) 0,85 Тл/с; 4) 2,24 Тл/с.

2.3 Прямоугольная проволочная рамка равномерно вращается вокруг неподвижной оси. параллельно этой оси расположен провод, по которому течёт ток I . При каких положениях рамки в ней возникает наибольшая э.д.с. индукции?



Ответы: 1) провод и рамка находятся в одной плоскости;
2) плоскость рамки перпендикулярна плоскости, проходящей через провод и ось вращения рамки;
3) э.д.с. остается постоянной.

2.4 Ток, текущий через катушку индуктивности, изменяется во времени согласно графику рисунка 1. Указать номер рисунка (рис.2 – рис.5), на котором правильно изображено изменение во времени э.д.с. самоиндукции E_s , возникающей в катушке.

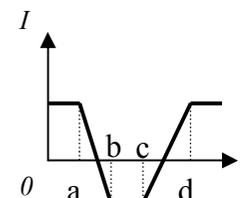


Рисунок 1

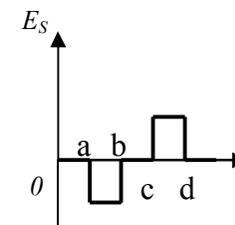


Рисунок 2

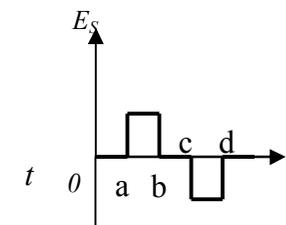


Рисунок 3

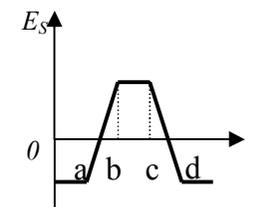


Рисунок 4

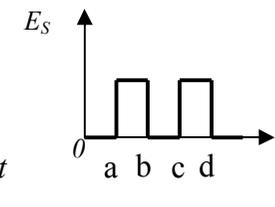


Рисунок 5

2.5 Две катушки намотаны на один общий сердечник. Определить их взаимную индуктивность, если при скорости изменения силы тока в первой катушке $\frac{dI_1}{dt} = 3A/c$ во второй катушке индуцируется э.д.с. $\epsilon_{12} = 0,3$ В. Ответ дать в ед. СИ.

Ответы: 1) 0,1; 2) 0,45; 3) 0,9; 4) 1,0.

Вариант 3

3.1 В каких случаях в замкнутом проводящем контуре возникает индукционный ток?

- Контур, расположенный перпендикулярно силовым линиям однородного магнитного поля, перемещается вдоль его силовых линий;
- контур перемещается под углом к силовым линиям однородного магнитного поля;
- изменяется поток магнитной индукции, сцеплённый с контуром;
- изменяется площадь контура, пронизываемая потоком магнитной индукции;
- изменяется сопротивление контура, находящегося в однородном магнитном поле.

Ответы: 1) а; б; в. 2) а; в; г; 3) а; б; г; 4) б; в; г; 5) а; б; в; г; д.

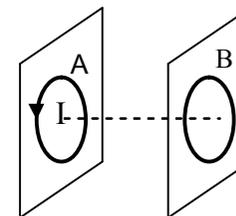
3.2 Катушка радиуса $r = 5$ см с числом витков $N = 300$ и сопротивлением $R = 2$ Ом находится в однородном магнитном поле с индукцией $B = 0.5$ Тл. Ось катушки направлена вдоль линий поля. Концы катушки замкнуты. Какой заряд q пройдёт через катушку, если повернуть её ось на угол 60° ? Ответ дать в единицах СИ.

Ответы: 1) 0,29; 2) $2,9 \cdot 10^{-2}$; 3) $5,8 \cdot 10^{-2}$.

3.3 Скорость самолёта равна 950 км/ч. Найти э.д.с. индукции, возникающей на концах крыльев самолёта, если вертикальная составляющая напряжённости магнитного поля Земли равна 0,5 Э и размах крыльев самолета 12,5 м (1 Эрстед = 79,6 А/м). Ответ дать в мВ.

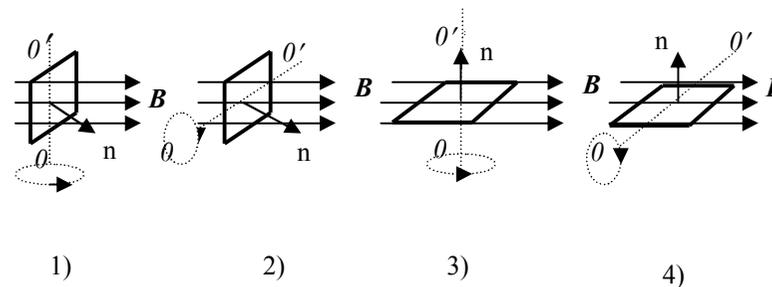
Ответы: 1) 330; 2) 16,5; 3) 165.

3.4 Два плоских контура А и В расположены в параллельных плоскостях. По контуру А протекает постоянный ток. Возникнет ли, а если да, то какого направления, индукционный ток в контуре В при взаимном сближении и удалении контуров?



- Ответы: 1) при удалении и сближении ток в контуре В будет направлен противоположно направлению тока в контуре А;
 2) при удалении и сближении в контуре В возникает ток того же направления, что и в контуре А;
 3) при удалении контуров направления токов в А и В совпадают; при сближении - противоположны;
 4) индукционный ток в контуре В не возникнет.

3.5 Плоская проводящая рамка вращается в однородном постоянном магнитном поле вокруг оси $00'$, как показано на рисунках. В каком из предложенных случаев в рамке не будет индуцироваться э.д.с.?



1) 2) 3) 4)

Вариант 4

4.1 Следующая система уравнений Максвелла

$$\oint_L \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\int_S \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \cdot d\vec{S}; \quad \oint_L \vec{H} \cdot d\vec{l} = \oint_S \vec{j} \cdot d\vec{S} + \oint_S \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \cdot d\vec{S};$$

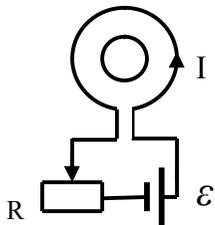
$$\oint_S \vec{D} \cdot d\vec{S} = 0 \quad \oint_S \vec{B} \cdot d\vec{S} = 0;$$

справедлива для переменного электромагнитного поля...

Варианты ответов:

- 1) в отсутствии заряженных тел и токов проводимости;
- 2) в отсутствии заряженных тел;
- 3) отсутствие токов проводимости;
- 4) при наличии заряженных тел и токов проводимости.

4.2 Если сопротивление резистора в схеме, изображённой на рисунке, постепенно увеличивать, то как будет направлен индукционный ток в малом витке, расположенном внутри большого? Витки расположены в одной плоскости.

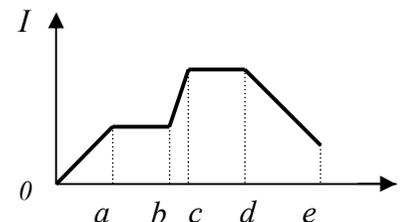


- Ответы: 1) по часовой стрелке;
2) против часовой стрелки;
3) индукционный ток не возникнет

4.3 Проволочный виток площадью 10 см^2 разрезан в некоторой точке и в разрез включен конденсатор ёмкостью 10 мкФ . Виток помещен в однородное магнитное поле, линии магнитной индукции которого перпендикулярны плоскости витка. Индукция магнитного поля меняется со скоростью $5 \cdot 10^{-3} \text{ Тл/с}$. Определить заряд конденсатора (в кулонах).

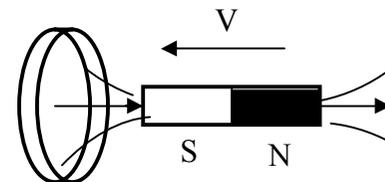
Ответы: 1) $7,2 \cdot 10^{-11}$; 2) $5 \cdot 10^{-11}$; 3) $3,6 \cdot 10^{-11}$; 4) $2,5 \cdot 10^{-11}$.

4.4 На рисунке показано изменение во времени тока, протекающего через индуктивность. В какой из отмеченных моментов Э.д.с. индукции имеет наибольшее по абсолютной величине значение?



- Ответы: 1) на участке oa;
2) на участке ab;
3) на участке bc;
4) на участке cd
5) на участке de.

4.5 Известно, что индукционный ток возникает при переменном магнитном поле. Возникнет ли индукционный ток в металлическом кольце, если к нему приближать постоянный магнит? Если да, то каково направление этого тока?



- Ответы: 1) индукционный ток не возникнет;
2) возникнет индукционный ток, направленный по часовой стрелке (со стороны магнита N);
3) возникнет индукционный ток, направленный против часовой стрелки (со стороны магнита N).

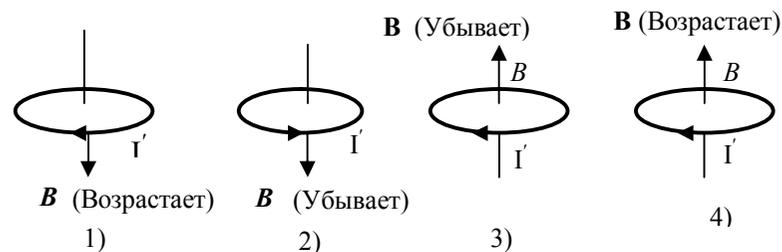
Вариант 5

5.1 Появление индуцированной э.д.с. электромагнитной индукции в неподвижных проводниках, находящихся во внешнем переменном магнитном поле, может быть объяснено:

- 1) воздействием силы Ампера;
- 2) воздействием силы Лоренца;
- 3) появлением вихревого электрического поля;
- 4) изменением величины тока в этих проводниках;
- 5) эффектом Холла.

Какие из приведенных ответов Вы считаете правильными?

5.2 На каком из предложенных рисунков правильно показано направление индукционного тока? В скобках указан характер изменения вектора \vec{B} во времени.



5.3 На рисунке 1 графически показан закон изменения тока в замкнутом контуре со временем. Как изменяется во времени ток самоиндукции, возникающий в этом контуре? Укажите номер рисунка (2 – 5), где верно отражено это изменение.

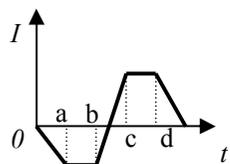


Рисунок 1

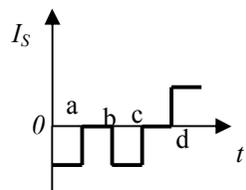


Рисунок 2

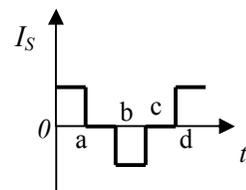


Рисунок 3

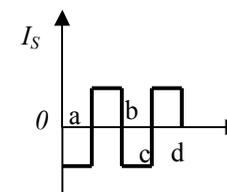


Рисунок 4

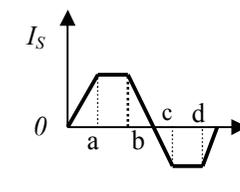
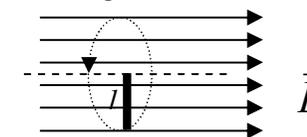


Рисунок 5

5.4 В однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,4$ Тл, в плоскости, перпендикулярной линиям индукции поля, вращается металлический стержень длиной 10 см. Ось вращения проходит через один из концов стержня. Определить разность потенциалов U на концах стержня при частоте вращения $\nu = 16$ с⁻¹. Ответ – в ед. СИ.



Ответы: 1) 0,37; 2) 0,2; 3) 0,74; 4) 0,4.

5.5 Внутри однородного медного кольца магнитный поток магнитной равномерно возрастает со временем. Каков характер и направление тока, текущего по кольцу при указанном направлении вектора магнитной индукции?



- Ответы: 1) ток будет возрастать; направление – по часовой стрелке;
 2) ток будет возрастать; направление – против часовой стрелке;
 3) ток будет убывать; направление – по часовой стрелке;
 4) ток будет убывать; направление – против часовой стрелке;
 5) ток будет оставаться неизменным;

Вариант 6

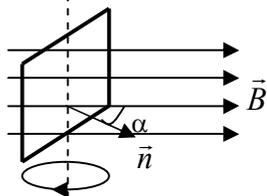
6.1 Суть правила Ленца в законе Фарадея заключается в следующем:

- 1) индукционный ток всегда направлен так, чтобы ослабить убывающее магнитное поле, вызвавшее его появление;
- 2) индукционный ток всегда направлен так, чтобы усилить убывающее магнитное поле, вызвавшее его появление;
- 3) индукционный ток всегда направлен так, чтобы ослабить возрастающее магнитное поле, вызвавшее его появление;
- 4) индукционный ток всегда направлен так, чтобы усилить возрастающее магнитное поле, вызвавшее его появление;

Какие из приведенных ответов Вы считаете правильными?

6.2 Рамка из провода сопротивлением $R = 0.01$ Ом равномерно вращается в однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,05$ Тл. Ось вращения лежит в плоскости рамки и перпендикулярна линиям индукции. Площадь рамки $S = 100$ см². Определить, в каком из трёх случаев через рамку протечёт большее количество электричества за время поворота её на угол $\Delta\alpha = 30^\circ$

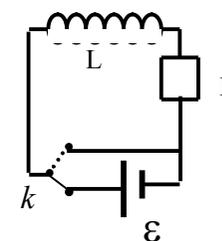
а) от 0° до 30° ; б) от 30° до 60° ; в) от 60° до 90° (угол $\Delta\alpha$ отсчитывается между направлением индукции и нормалью к плоскости рамки).



Ответы:

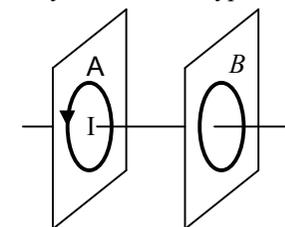
- 1) при повороте рамки на угол от 0° до 30° ;
- 2) при повороте рамки на угол от 30° до 60° ;
- 3) при повороте рамки на угол от 60° до 90° .

6.3 Замкнутая электрическая цепь состоит из катушки, имеющей индуктивность $L = 0,2$ Гн, сопротивление $R = 1,64$ Ом и источник э.д.с. С помощью переключателя k источник э.д.с. выключается, а катушка замыкается накоротко (через сопротивление). Во сколько раз уменьшится ток, протекающий через катушку, через $t = 0.05$ с после выключения э.д.с.?



Ответы: 1) 1,17; 2) 1,37; 3) 1,51; 4) 1,75

6.4 Два плоских контура А и В расположены в параллельных плоскостях. По контуру А протекает постоянный ток. Возникнет ли, а если да, то какого направления, индукционный ток в контуре В при взаимном сближении и удалении контуров?



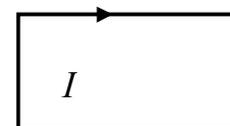
Ответы: 1) при удалении и сближении ток в контуре В будет направлен противоположно направлению тока в контуре А;

2) при удалении и сближении в контуре В возникает ток того же направления, что и в контуре А;

3) при удалении контуров направления токов в А и В совпадают; при сближении - противоположны;

4) индукционный ток в контуре В не возникнет.

6.5 По прямоугольному контуру, изображенному на рисунке, протекает возрастающий ток. Как направлен при этом ток самоиндукции?



Ответы: 1) по часовой стрелке;

2) ток самоиндукции не возникает;

3) против часовой стрелки;

Вариант 7

7.1. Следующая система уравнений Максвелла:

$$1) \oint_L \vec{E} \cdot d\vec{l} = 0 \quad 2) \oint_L \vec{H} \cdot d\vec{l} = \oint_S \vec{j} \cdot d\vec{S}$$

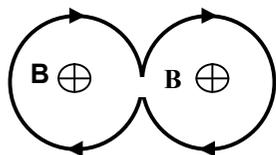
$$3) \oint_S \vec{D} \cdot d\vec{S} = \int_V \rho dV; \quad 4) \oint_S \vec{B} \cdot d\vec{S} = 0;$$

справедлива для ...

Варианты ответов:

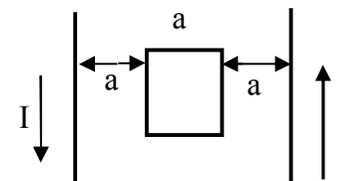
- 1) переменного электромагнитного поля при наличии заряженных тел и токов проводимости;
- 2) переменного электромагнитного поля в отсутствии заряженных тел;
- 3) переменного электромагнитного поля в отсутствии токов проводимости;
- 4) стационарного электрического и магнитного полей

7.2 Кольцевой виток с током находится в переменном магнитном поле, индукция которого $B = B_0 \sin \omega t$ перпендикулярна плоскости витка. Виток превратили в восьмёрку, составленную из двух равных колец, не выводя при этом провод витка из плоскости. Во сколько раз при этом изменится амплитуда тока в витке? Индуктивностью витка пренебречь.



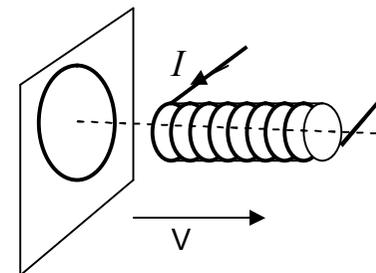
- Ответы: 1) в 2 раза;
2) в 1.41 раза;
3) в 4 раза;
4) амплитуда тока не изменится .

7.3 По двум длинным параллельным проводникам протекают одинаковые по величине и противоположные по направлению токи силой $I = 100 \text{ A}$. Между проводниками расположена квадратная рамка сопротивлением $R = 0,4 \text{ Ом}$. Противоположные стороны рамки параллельны проводникам и отстоят от них на расстоянии, равном стороне рамки ($a = 10 \text{ см}$). Определить величину заряда, протекающего через рамку в момент выключения токов. Ответ дать в микрокулонах.



Ответы: 1) 13,8; 2) 6,93; 3) 1,38; 4) 8,7.

7.4 Соленоид отводят от витка (вдоль его оси) в указанном направлении. Как направлен индукционный ток в витке, если смотреть со стороны соленоида? Направление тока в соленоиде указано на рисунке.



- Ответы: 1) по часовой стрелке;
2) против часовой стрелки;
3) индукционный ток не возникает.

7.5 Магнитный поток через катушку, содержащую 35 витков, изменяется по закону $(3,6 t - 0,71 t^3) \cdot 10^{-2} \text{ Вб}$, где t - время в секундах. Чему равно абсолютное значение э.д.с. на концах катушки при $t = 5 \text{ с}$?

Ответы: 1) 17,4 В; 2) 19,6 В; 3) 34,8 В; 4) 0,85 В.

Вариант 8

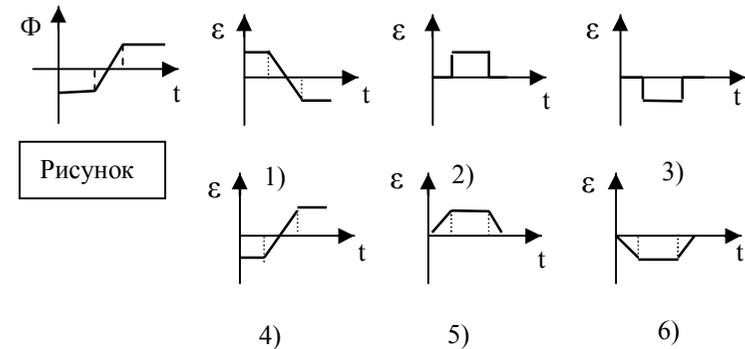
8.1 Среди предложенных ниже утверждений, являющихся следствием проявления закона электромагнитной индукции, найдите ошибочное.

- 1) Если в некотором пространстве имеется изменяющееся во времени магнитное поле, то оно обязательно возбуждает в этом пространстве переменное электрическое поле;
- 2) если по замкнутому проводящему контуру течёт изменяющийся во времени ток, то в этом контуре возникает индукционный ток;
- 3) если в одном из близко расположенных замкнутых проводящих контуров течёт изменяющийся во времени ток, то в другом из них возникает индукционный ток;
- 4) если поверхность, ограниченная замкнутым проводящим контуром, пронизывается постоянным магнитным потоком, то в этом контуре возникает индукционный ток.

8.2 Две катушки намотаны на один общий сердечник. Определить их взаимную индуктивность, если при скорости изменения силы тока в первой катушке $\frac{dI_1}{dt} = 3 \text{ A/c}$ во второй катушке индуцируется э.д.с. $\varepsilon_{12} = 0,3 \text{ В}$. Ответ дать в ед. СИ.

Ответы: 1) 1,0; 2) 0,90; 3) 0,45; 4) 0,1.

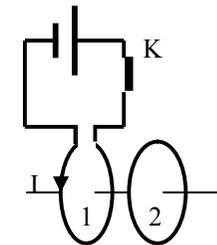
8.3 Магнитный поток, пронизывающий медную рамку, изменяется во времени по закону, показанному на рисунке. Как изменяется во времени э.д.с., возникающая в этом контуре? Укажите номер рисунка (1 - 6), где верно отражено это изменение.



8.4 Определить, через сколько времени сила тока замыкания достигнет 0,95 предельного значения, если источник тока замыкают на катушку сопротивлением $R = 12 \text{ Ом}$ и индуктивностью $L = 0,5 \text{ Гн}$. Выберите правильный ответ.

Ответы: 1) 25 мс; 2) 125 мс; 3) 50 мс; 4) 250 мс.

8.5 Индуцируется ли во втором витке ток при размыкании ключа К от батареи? Витки располагаются в параллельных плоскостях. Первоначальное направление тока в первом витке указано на рисунке. Если да, то в каком направлении он течет?



Ответы: 1) направление тока совпадает с направлением тока в первом витке;

- 2) ток не возникнет;
- 3) токи противоположны.

Вариант 9

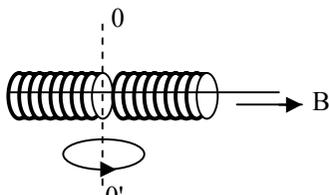
9.1 Появление индуцированной э.д.с. электромагнитной индукции в подвижных проводниках, находящихся во внешнем постоянном магнитном поле может быть объяснено:

- 1) воздействием силы Ампера;
- 2) воздействием силы Лоренца;
- 3) появлением вихревого электрического поля;
- 4) изменением величины тока в этих проводниках;
- 5) эффектом Холла.

Какие из приведенных ответов Вы считаете правильными?

9.2 В однородное магнитное поле помещена катушка, имеющая 50 витков и сопротивление 5 Ом. Площадь сечения катушки 4 см^2 , а её ось параллельна линиям поля. При повороте катушки на 180° вокруг диаметра по её обмотке протекает заряд 8 мкКл. Определить индукцию магнитного поля.

Ответ дать в миллитеслах.



Ответы: 1) 0,5; 2) 1,0; 3) 2,0; 4) 3,5. 9.3

9.3 Какие (ая) из приведённых ниже формул отражают тот факт, что появление э.д.с. индукции обусловлено возникновением вихревого электрического поля?

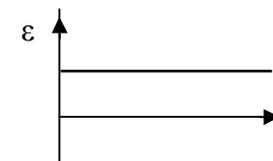
а) $E_i = -\frac{d\Phi}{dt}$; б) $E_i = -Blv \sin \alpha$; в) $E_i = BS \omega \sin \omega t$.

Ответы: 1) а; 2) б; 3) в; 4) а, б; 5) а, в; 6) б, в.

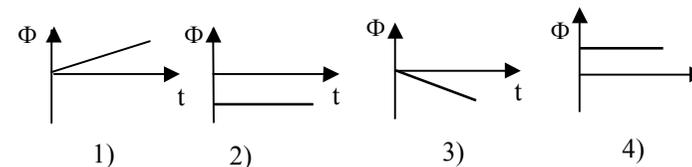
9.4 Из приведённых ниже соотношений указать математическое выражение для тока замыкания цепи, содержащей индуктивность L и сопротивление R :

1) $I = I_0 e^{-\frac{R}{L}t}$; 2) $I = I_0 \left(1 + e^{-\frac{R}{L}t} \right)$; 3) $I = I_0 \left(1 - e^{-\frac{R}{L}t} \right)$; 4) $I = I_0 e^{\frac{R}{L}t}$;

9.5 В замкнутом контуре возникает э.д.с. индукции, изменяющаяся со временем, как показано на рисунке.



Укажите график, где правильно показан закон изменения магнитного потока при этом.



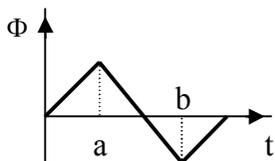
Вариант 10

10.1 Появление индуцированной э.д.с. электромагнитной индукции в неподвижных проводниках, находящихся во внешнем переменном магнитном поле может быть объяснено:

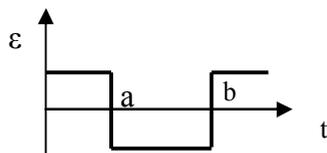
- 1) воздействием силы Ампера;
- 2) воздействием силы Лоренца;
- 3) появлением вихревого электрического поля;
- 4) изменением величины тока в этих проводниках;
- 5) эффектом Холла.

Какие из приведенных ответов Вы считаете правильными?

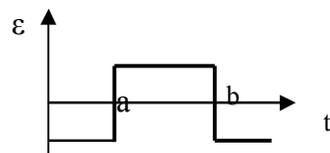
10.2 Магнитный поток, пронизывающий медную рамку, изменяется во времени по закону, показанному на рисунке.



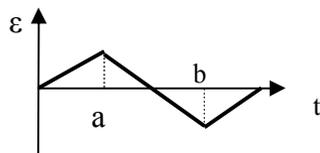
По какому закону будет изменяться э.д.с. индукции, возникающая в рамке?



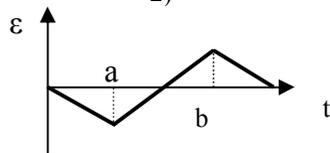
1)



2)

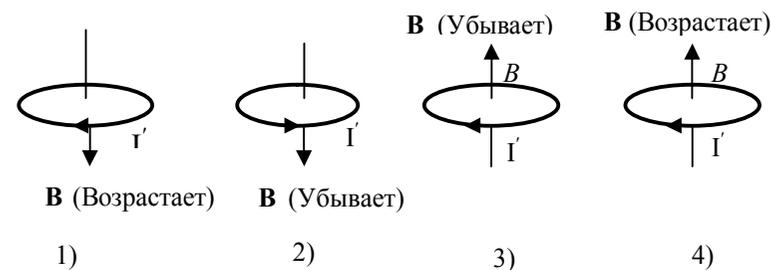


3)



4)

10.3 На каком из предложенных рисунков правильно показано направление индукционного тока? В скобках указан характер изменения вектора \mathbf{B} во времени.



1)

2)

3)

4)

10.4 С какой угловой скоростью надо вращать прямой проводник длины $l = 20$ см вокруг одного из его концов в плоскости, перпендикулярной к линиям индукции однородного магнитного поля, чтобы в проводнике индуцировалась э.д.с. $E_i = 0.2$ Тл? Ответ – в ед. СИ.

Ответы: 1) 37,5; 2) 75; 3) 87,5; 4) 150.

10.5 Две катушки намотаны на один общий сердечник. Определить их взаимную индуктивность, если при скорости изменения силы тока в первой катушке $\frac{dI_1}{dt} = 0,9 \cdot A/c$ во второй катушке индуцируется

э.д.с. $\varepsilon_{12} = 45$ мВ. Ответ дать в ед. СИ.

Ответы: 1) 0,25; 2) 0,5; 3) 0,025; 4) 0,05; 5) 2,5