

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Гомельский государственный университет
имени Франциска Скорины»

Т. П. ЖЕЛОНКИНА, И. В. СЕМЧЕНКО

ФИЗИКА. МАГНИТНОЕ ПОЛЕ ТОКА

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ
для студентов специальности
1-53 01 02 «Автоматизированные системы
обработки информации»**

УК 8952

Установа адукацыі
"Гомельскі дзяржаўны ўніверсітэт
імя Францыска Скарыны"
БІБЛІЯТЭКА

Гомель
ГГУ им. Ф. Скорины
2013

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМ

УДК 537.8 (076)
ББК 22.33 я73
Ж 518

Рецензенты:

кандидат технических наук Н. А. Ахраменко;
кафедра общей физики учреждения образования «Гомельский
государственный университет имени Франциска Скорины»

Рекомендовано к изданию научно-методическим советом
учреждения образования «Гомельский государственный
университет имени Франциска Скорины»

Желонкина, Т. П.

Ж 518 Физика. Магнитное поле тока : практ. пособие /
Т. П. Желонкина, И. В. Семченко : М-во образования РБ.
Гомельский гос. ун-т им. Ф. Скорины. – Гомель : ГГУ
им. Ф. Скорины, 2013. – 40 с.
ISBN 978-985-439-759-7

Практическое пособие дисциплины обязательного компонента «Физика.
Магнитное поле тока» включает основные формулы по темам раздела,
вопросы для самоконтроля, задания и примеры их решения в оформлении.
Адресовано студентам специальности 1-53 01 01 «Автоматизированные
системы обработки информации».

УДК 537.8 (076)
ББК 22.33 я73

ISBN 978-985-439-759-7

© Желонкина Т. П., Семченко И. В., 2013
© УО «Гомельский государственный
университет им. Ф. Скорины», 2013

Содержание

Введение	4
1 Магнитное поле в вакууме	5
Задачи	8
Магнитное поле постоянного тока	8
Сила, действующая на проводник с током в магнитном поле	13
Сила, действующая на заряд, движущийся в магнитном поле	19
2 Электромагнитная индукция	27
Задачи	28
Литература	38

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИИ

Введение

Физика – наука о природе, изучающая простейшие и вместе с тем наиболее общие ее закономерности, строение и законы движения материи. Физику относят к точным наукам. Ее понятия и законы составляют основу естествознания. Границы, разделяющие физику и другие естественные науки, исторически условны. Принято считать, что в своей основе физика является наукой экспериментальной, поскольку открытые ею законы основаны на установленных опытным путем данных. Физические законы представляются в виде количественных соотношений, выраженных на языке математики. В целом физика разделяется на экспериментальную, имсущую дело с проведением экспериментов с целью установления новых фактов и проверки гипотез и известных физических законов, и теоретическую, ориентированную на формулировку физических законов, объяснение на основе этих законов природных явлений и предсказание новых явлений.

Физика является одной из наук, знание которой необходимо для успешного усвоения общенаучных и специальных дисциплин. Изучение дисциплины предусматривает прочное усвоение студентами основных законов и теории, овладение необходимыми приемами умственной деятельности, важным компонентом которой является умение решать задачи.

Хорошо известно, что единственный способ научиться решать задачи – пытаться решать их самостоятельно. Отсюда вытекает диалектичность процесса обучения: знание теории приобретает одновременно с ее использованием для решения задач. Абстрактные поначалу законы, уравнения, определения понятий и физических величин в процессе их практического применения для описания конкретных физических явлений (т. е. при решении физических задач) начинают постепенно наполняться конкретным содержанием, и только тогда приходит понимание теории. Недаром известный итальянский физик Энрико Ферми утверждал, что «знать физику – означает умение решать задачи». Другими словами, уровень подготовки по физике определяется уровнем сложности задач, которые студент может решить.

Практическое пособие учебной дисциплины «Физика. Магнитное поле тока» включает задачи разной степени сложности, которые объединены по темам. В начале каждой темы приведены основные законы, уравнения и формулы, используемые при решении задач, а также вопросы для самоконтроля усвоения теоретического материала. Задачи, предлагаемые для самостоятельного решения, позволяют оценить свои знания и направлены на применение усвоенного теоретического материала. Образцы решения задач являются примером последовательности осуществления логических операций и оформления самого решения.

Практическое пособие адресовано студентам специальности 1-53 01 02 «Автоматизированные системы обработки информации» и может быть использовано как на практических занятиях, так и при самостоятельной работе.

1 Магнитное поле в вакууме

Основные формулы

1 **Сила Ампера** – сила, действующая на элемент проводника с током I , помещенного в магнитное поле:

$$\vec{dF} = I [\vec{dl} \vec{B}],$$

где \vec{dl} – вектор элемента проводника, проведенный в направлении тока;
 \vec{B} – вектор магнитной индукции, квадратные скобки означают векторное произведение.

2 **Сила Лоренца** – сила, действующая на электрический заряд q , движущийся со скоростью \vec{v} в магнитном поле:

$$\vec{F} = q [\vec{v} \vec{B}],$$

где \vec{B} – магнитная индукция поля.

3 **Закон Био–Савара**: вектор индукции магнитного поля, созданного элементом проводника \vec{dl} , по которому идет ток I , равен:

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi r^2} [\vec{dl} \vec{r}],$$

где \vec{r} – радиус-вектор, проведенный от элемента \vec{dl} до той точки, в которой определяется индукция поля;

$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м – магнитная постоянная.

Этот закон можно записать в скалярной форме:

$$dB = \frac{\mu_0 I dl \sin(\vec{dl}, \vec{r})}{4\pi r^2}.$$

4 **Магнитная индукция в произвольной точке A поля, созданного прямолинейным проводником с током I :**

$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi a} (\cos \varphi_1 - \cos \varphi_2),$$

где a – расстояние от точки A до проводника;

φ_1, φ_2 – углы, образованные радиусом-вектором, проведенным в точку A соответственно из начала и конца проводника, с направлением тока.

5 **Магнитная индукция в центре дуги окружности длиной L , обтекаемой током I , равна:**

$$B = \frac{\mu_0 I L}{4\pi R^2},$$

где R – радиус окружности.

6 **Циркуляция вектора магнитной индукции \vec{B} вдоль замкнутого контура L равна алгебраической сумме токов, охваченных контуром, умноженной на μ_0 :**

$$\oint_L (\vec{B} \cdot d\vec{l}) = \oint_L B dl \cos(\vec{B}, d\vec{l}) = \mu_0 \sum (\pm) I_i.$$

7 **Магнитная индукция на оси длинного соленоида с током I в точках, близких к его середине, равна:**

$$B = \mu_0 \frac{NI}{l} = \mu_0 n I,$$

где $n = \frac{N}{l}$ – число витков, приходящихся на единицу длины соленоида;

l – длина соленоида;

N – число витков в соленоиде.

8 **Магнитный момент замкнутого плоского контура, обтекаемого током I :**

$$\vec{M} = I \vec{S},$$

где \vec{S} – вектор, численно равный площади, ограниченной контуром; направление этого вектора совпадает с положительным направлением нормали к плоскости контура и связано с направлением тока в контуре правилом правого винта.

9 **Механический момент, действующий на замкнутый контур с током в однородном магнитном поле с индукцией \vec{B} :**

$$\vec{M} = [\vec{p}_m, \vec{B}],$$

10 **Поток вектора магнитной индукции \vec{B} (магнитный поток) сквозь поверхность S определяется интегралом:**

$$\Phi = \int_S \vec{B}_n \cdot d\vec{s},$$

где \vec{B}_n – проекция вектора \vec{B} на направление нормали к элементу поверхности $d\vec{s}$.

6

11 **Работа сил магнитного поля по перемещению замкнутого контура с постоянным током I :**

$$A = I \Delta\Phi,$$

где $\Delta\Phi = \Phi_2 - \Phi_1$ – изменение магнитного потока сквозь поверхность, ограниченную контуром.

Вопросы для самоконтроля

- 1 Назовите свойства силы Лоренца, действующей на движущийся со скоростью v точечный заряд q .
- 2 Дайте определение силовой характеристики магнитного поля – вектора магнитной индукции \vec{B} .
- 3 Используя закон Био – Савара – Лапласа и принцип суперпозиции, получите выражение для магнитной индукции в центре кругового тока.
- 4 Рассмотрите магнитное взаимодействие параллельных прямых токов.
- 5 Дайте определение единицы силы тока.
- 6 Определите числовое значение магнитной постоянной. В каких единицах она измеряется?
- 7 Как построена гауссова система единиц – абсолютная система единиц Гаусса?
- 8 Каково соотношение между единицами индукции магнитного поля в СИ и гауссовой системе?
- 9 Как связана в СИ электродинамическая постоянная с электрической и магнитной постоянными?
- 10 Сформулируйте условие вихревого характера магнитного поля в интегральной и дифференциальной формах. Существуют ли в природе магнитные заряды?
- 11 Сформулируйте теорему о циркуляции вектора магнитной индукции для постоянных токов проводимости. Напишите и объясните ее математические выражения в интегральной и дифференциальной формах.
- 12 Является ли магнитное поле потенциальным?
- 13 Используя теорему о циркуляции вектора магнитной индукции для токов проводимости, рассмотрите магнитное поле B постоянного тока I , проходящего вдоль бесконечно длинного прямого провода.
- 14 Используя теорему о циркуляции вектора магнитной индукции для постоянных токов проводимости, рассчитайте магнитные поля: а) бесконечно длинного соленоида; б) тороида.
- 15 Получите выражение для работы, совершаемой при произвольном перемещении контура с током в магнитном поле, $A = I \Delta\Phi$, где $\Delta\Phi$ – изменение магнитного потока через поверхность, ограниченную замкнутым контуром. В каких единицах измеряется магнитный поток?

7

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИИ

Задачи

Магнитное поле постоянного тока

- 1 Напряженность H магнитного поля равна $79,6 \text{ кА/м}$. Определить магнитную индукцию B_0 этого поля в вакууме.
Ответ: $0,1 \text{ Тл}$.
- 2 Магнитная индукция B поля в вакууме равна 10 мТл . Найти напряженность H магнитного поля.
Ответ: $7,96 \text{ кА/м}$.
- 3 Вычислить напряженность H магнитного поля, если его индукция в вакууме $B_0 = 0,05 \text{ Тл}$.
Ответ: $39,8 \text{ кА/м}$.
- 4 Найти магнитную индукцию в центре тонкого кольца, по которому идет ток силой $I = 10 \text{ А}$. Радиус r кольца равен 5 см .
Ответ: 126 мкТл .
- 5 По обмотке очень короткой катушки радиусом $r = 16 \text{ см}$ течет ток силой $I = 5 \text{ А}$. Сколько витков N проволоки намотано на катушку, если напряженность H магнитного поля в ее центре равна 800 А/м ?
Ответ: 51 .
- 6 Напряженность H магнитного поля в центре кругового витка радиусом $r = 8 \text{ см}$ равна 30 А/м . Определить напряженность H_1 на оси витка в точке, расположенной на расстоянии $d = 6 \text{ см}$ от центра витка.
Ответ: $15,4 \text{ А/м}$.
- 7 По тонкому проволочному кольцу радиусом $R = 10 \text{ см}$ течет ток силой $I = 80 \text{ А}$. Найти магнитную индукцию B в точке, равноудаленной от всех точек кольца на $r = 20 \text{ см}$.
Ответ: $62,8 \text{ мкТл}$.
- 8 Катушка длиной $l = 20 \text{ см}$ содержит $N = 100$ витков. По обмотке катушки идет ток силой $I = 5 \text{ А}$. Диаметр d катушки равен 20 см . Определите магнитную индукцию B в точке, лежащей на оси катушки на расстоянии $a = 10 \text{ см}$ от ее конца.
Ответ: 606 мкТл .
- 9 Длинный прямой соленоид из проволоки диаметром $d = 0,5 \text{ мм}$ намотан так, что витки плотно прилегают друг к другу. Какова напряженность H магнитного поля внутри соленоида при силе тока $I = 4 \text{ А}$? Толщиной изоляции пренебречь.
Ответ: 8 кА/м .

8

- 10 По проводнику (рисунок 1.1) в виде тонкого кольца радиусом $R = 10 \text{ см}$ течет ток. Чему равна сила F этого тока, если магнитная индукция B поля в точке A равна 1 мкТл ? Угол $\beta = 10^\circ$.
Ответ: 305 А .



Рисунок 1.1

- 11 Обмотка катушки диаметром $d = 10 \text{ см}$ состоит из плотно прилегающих друг к другу витков тонкой проволоки. Определить минимальную длину l_{min} катушки, при которой магнитная индукция в середине ее отличается от магнитной индукции бесконечного соленоида, содержащего такое же количество витков на единицу длины, не более чем на $0,5 \%$. Сила тока, протекающего по обмотке, в обоих случаях одинакова.
Ответ: $1,5 \text{ м}$.

- 12 Обмотка соленоида выполнена тонким проводом с плотно прилегающими друг к другу витками. Длина l катушки равна 1 м , ее диаметр $d = 2 \text{ см}$. По обмотке идет ток. Вычислить размеры участка на осевой линии, в пределах которого магнитная индукция может быть вычислена по формуле бесконечного соленоида с погрешностью, не превышающей $0,1 \%$.
Ответ: $68,4 \text{ см}$.

- 13 Тонкая лента (рисунок 1.2) шириной $l = 40 \text{ см}$ свернута в трубку радиусом $R = 30 \text{ см}$. По ленте течет равномерно распределенный по ее ширине ток силой $I = 200 \text{ А}$. Определить магнитную индукцию B на оси трубки в двух точках: 1) в средней точке; 2) в точке, совпадающей с концом трубки.
Ответ: 349 мкТл ; 251 мкТл .

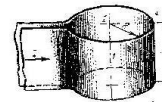


Рисунок 1.2

9

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИИ

14 По прямому бесконечно длинному проводнику течет ток силой $I = 50 \text{ А}$. Определить магнитную индукцию B в точке, удаленной на расстояние $r = 5 \text{ см}$ от проводника.

Ответ: 200 мкТл .

15 Два длинных параллельных провода находятся на расстоянии $r = 5 \text{ см}$ один от другого. По проводам текут в противоположных направлениях одинаковые токи силой $I = 10 \text{ А}$ каждый. Найти напряженность H магнитного поля в точке, находящейся на расстоянии $r_1 = 2 \text{ см}$ от одного и $r_2 = 3 \text{ см}$ от другого провода.

Ответ: 132 А/м .

16 Расстояние d между двумя длинными параллельными проводами равно 5 см . По проводам в одном направлении текут одинаковые токи силой $I = 30 \text{ А}$ каждый. Найти напряженность H магнитного поля в точке, находящейся на расстоянии $r_1 = 4 \text{ см}$ от одного и $r_2 = 3 \text{ см}$ от другого провода.

Ответ: 200 А/м .

17 По двум бесконечно длинным прямым параллельным проводам текут токи силой $I_1 = 50 \text{ А}$ и $I_2 = 100 \text{ А}$ в противоположных направлениях. Расстояние d между проводами равно 20 см . Определить магнитную индукцию B в точке, удаленной на $r_1 = 25 \text{ см}$ от первого и на $r_2 = 40 \text{ см}$ от второго провода.

Ответ: $21,2 \text{ мкТл}$.

18 По двум бесконечно длинным прямым параллельным проводам текут токи силой $I_1 = 20 \text{ А}$ и $I_2 = 30 \text{ А}$ в одном направлении. Расстояние d между проводами равно 10 см . Вычислить магнитную индукцию B в точке, удаленной от обоих проводов на одинаковое расстояние $r = 10 \text{ см}$.

Ответ: $87,2 \text{ мкТл}$.

19 Два бесконечно длинных прямых провода (рисунок 1.3) скрещены под прямым углом. По проводам текут токи силой $I_1 = 80 \text{ А}$ и $I_2 = 60 \text{ А}$. Расстояние d между проводами равно 10 см . Определить магнитную индукцию B в точке A , одинаково удаленной от обоих проводников.

Ответ: 490 мкТл .

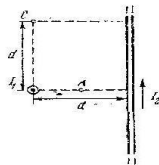


Рисунок 1.3

10

20 По двум бесконечно длинным прямым проводам, скрещенным под прямым углом, текут токи силой $I_1 = 30 \text{ А}$ и $I_2 = 40 \text{ А}$. Расстояние d между проводами равно 20 см . Определить магнитную индукцию B в точке C (рисунок 1.3), одинаково удаленной от обоих проводов на расстояние, равное d .

Ответ: 50 мкТл .

21 Бесконечно длинный прямой провод согнут под прямым углом (рисунок 1.4). По проводнику течет ток силой $I = 20 \text{ А}$. Какова магнитная индукция B в точке A , если $r = 5 \text{ см}$?

Ответ: 40 мкТл .

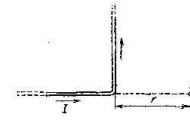


Рисунок 1.4

22 По бесконечно длинному прямому проводу, изогнутому так, как это показано на рисунке 1.5, течет ток силой $I = 100 \text{ А}$. Определить магнитную индукцию B в точке O , если $r = 10 \text{ см}$.

Ответ: 357 мкТл .

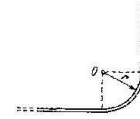


Рисунок 1.5

23 Бесконечно длинный прямой провод согнут под прямым углом. По проводу течет ток силой $I = 100 \text{ А}$. Вычислить магнитную индукцию B в точках, лежащих на биссектрисе угла и удаленных от вершины угла на $a = 100 \text{ см}$.

Ответ: $B_1 = 482 \text{ мкТл}$; $B_2 = 82,8 \text{ мкТл}$.

24 По бесконечно длинному прямому проводу, согнутому под углом $\alpha = 120^\circ$, течет ток силой $I = 50 \text{ А}$. Найти магнитную индукцию B в точках, лежащих на биссектрисе угла и удаленных от вершины его на расстояние $a = 5 \text{ см}$.

Ответ: 346 мкТл ; 116 мкТл .

25 По контуру в виде равностороннего треугольника идет ток силой $I = 40 \text{ А}$. Длина a стороны треугольника равна 30 см . Определить магнитную индукцию B в точке пересечения высот.

Ответ: 240 мкТл .

11

26 По контуру в виде квадрата идет ток силой $I = 50$ А. Длина a стороны квадрата равна 20 см. Определить магнитную индукцию B в точке пересечения диагоналей.

Ответ: 282 мкТл.

27 По тонкому проводу, изогнутому в виде прямоугольника, течет ток силой $I = 60$ А. Длины сторон прямоугольника равны $a = 30$ см и $b = 40$ см. Определить магнитную индукцию B в точке пересечения диагоналей.

Ответ: 200 мкТл.

28 Тонкий провод изогнут в виде правильного шестиугольника. Длина d стороны шестиугольника равна 10 см. Определить магнитную индукцию B в центре шестиугольника, если по проводу течет ток силой $I = 25$ А.

Ответ: 173 мкТл.

29 По проводу, согнутому в виде правильного шестиугольника с длиной a стороны, равной 20 см, течет ток силой $I = 100$ А. Найти напряженность H магнитного поля в центре шестиугольника. Для сравнения определить напряженность H_3 поля в центре кругового провода, совпадающего с окружностью, описанной около данного шестиугольника.

Ответ: 275 А/м.

30 По тонкому проволочному кольцу течет ток. Не изменяя силы тока в проводнике, ему придали форму квадрата. Во сколько раз изменилась магнитная индукция в центре контура?

Ответ: 1,15.

31 Бесконечно длинный тонкий проводник с током силой $I = 50$ А имеет изгиб (плоскую петлю) радиусом $R = 10$ см. Определить в точке O магнитную индукцию B поля, создаваемого этим током, в случаях $a) - e)$, изображенных на рисунке 1.6.

Ответ: 157 мкТл; 257 мкТл; 286 мкТл;
214 мкТл; 414 мкТл; 102 мкТл

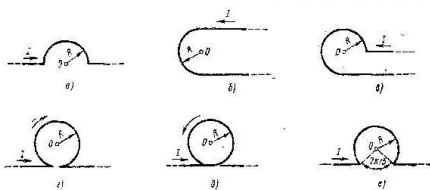


Рисунок 1.6

12

32 По плоскому контуру из тонкого провода течет ток силой $I = 100$ А. Определить магнитную индукцию B поля, создаваемого этим током в точке O , в случаях $a) - e)$, изображенных на рисунке 1.7. Радиус R изогнутой части контура равен 20 см.

Ответ: 235 мкТл; 78,5 мкТл; 209 мкТл;
305 мкТл; 271 мкТл; 298 мкТл.

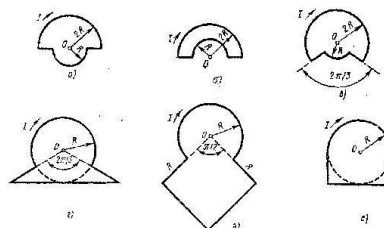


Рисунок 1.7

33 Электрон в невозбужденном атоме водорода движется вокруг ядра по окружности радиусом $r = 53$ нм. Вычислить силу эквивалентного кругового тока I и напряженность H поля в центре окружности.

Ответ: 1,1 мА; 10 МА/м.

34 Определить максимальную магнитную индукцию B_{max} поля, создаваемого электроном, движущимся прямолинейно со скоростью $v = 10$ Мм/с, в точке, отстоящей от траектории на расстоянии $d = 1$ нм.

Ответ: 16 мТл.

35 На расстоянии $r = 10$ нм от траектории прямолинейно движущегося электрона максимальное значение магнитной индукции $B_{\text{max}} = 60$ мкТл. Определить скорость v электрона.

Ответ: 1 Мм/с.

Сила, действующая на проводник с током в магнитном поле

36 Прямой провод, по которому течет ток силой $I = 1$ кА, расположен в однородном магнитном поле перпендикулярно линиям индукции. С какой

13

силой F действует поле на отрезок провода длиной $l = 1$ м, если магнитная индукция B равна 1 Тл?

Ответ: 1 кН·м.

37 Прямой провод длиной $l = 10$ см, по которому течет ток силой $I = 20$ А, находится в однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,01$ Тл. Найти угол α между направлениями вектора B и тока, если на провод действует сила $F = 10$ мН.

Ответ: $\frac{\pi}{6}$ рад.

38 Квадратная проводочная рамка расположена в одной плоскости с длинным прямым проводом так, что две ее стороны параллельны проводу. По рамке и проводу текут одинаковые токи силой $I = 1$ кА. Определить силу F , действующую на рамку, если ближайшая к проводу сторона рамки находится на расстоянии, равном ее длине.

Ответ: $0,1$ Н.

39 Провод в виде тонкого полукольца радиусом $R = 10$ см находится в однородном магнитном поле с индукцией $B = 50$ мТл. По проводу течет ток силой $I = 10$ А. Найти силу F , действующую на провод, если плоскость полукольца перпендикулярна линиям индукции.

Ответ: $0,1$ Н.

40 По тонкому проводу в виде кольца радиусом $R = 20$ см течет ток силой $I = 100$ А. Перпендикулярно плоскости кольца возбуждено однородное магнитное поле с индукцией $B = 20$ мТл. Найти силу F , растягивающую кольцо.

Ответ: $0,4$ Н.

41 По двум параллельным прямым проводам длиной $l = 2,5$ м каждый, находящимся на расстоянии $d = 20$ см друг от друга, текут одинаковые токи силой $I = 1$ кА. Вычислить силу взаимодействия токов.

Ответ: $2,5$ Н.

42 Шины генератора представляют собой две параллельные медные полосы длиной $l = 2$ м каждая, отстоящие друг от друга на расстоянии $d = 20$ см. Определить силу F взаимного отталкивания шин в случае короткого замыкания, когда по ним течет ток силой $I = 10$ кА.

Ответ: 200 Н.

43 По двум параллельным проводам длиной $l = 1$ м каждый текут токи одинаковой силы. Расстояние d между проводами равно 1 см. Токи взаимодействуют с силой $F = 1$ мА. Найти силу тока I в проводах.

Ответ: 7 А.

44 По трем параллельным прямым проводам, находящимся на одинаковом расстоянии $a = 10$ см друг от друга, текут одинаковые токи силой $I = 100$ А.

В двух проводах направления токов совпадают. Вычислить силу F , действующую на отрезок длиной $l = 1$ м каждого провода.

Ответ: 20 мН; 20 мН; $34,6$ мН.

45 По двум тонким проводам, изогнутым в виде кольца радиусом $R = 10$ см, текут одинаковые токи силой $I = 10$ А в каждом. Найти силу F взаимодействия этих колец, если плоскости, в которых лежат кольца, параллельны, а расстояние d между центрами колец равно 1 см.

Ответ: $12,6$ мН.

46 По двум одинаковым квадратным плоским контурам со стороной $a = 20$ см текут токи силой $I = 10$ А в каждом. Определить силу F взаимодействия контуров, если расстояние d между соответственными сторонами контуров равно 2 см.

Ответ: 8 мН.

47 По витку радиусом $r = 5$ см течет ток силой $I = 10$ А. Определить магнитный момент p_m кругового тока.

Ответ: $78,6$ мА·м².

48 Очень короткая катушка содержит $N = 1000$ витков тонкого провода. Катушка имеет квадратное сечение со стороной длиной $a = 10$ см. Найти магнитный момент p_m катушки при силе тока $I = 1$ А.

Ответ: 10 А·м².

49 Магнитный момент p_m витка равен $0,2$ Дж/Тл. Определить силу тока I в витке, если его диаметр $d = 10$ см.

Ответ: $25,5$ А.

50 Напряженность H магнитного поля в центре кругового витка равна 200 А/м. Магнитный момент p_m витка равен 1 А·м². Вычислить силу тока I в витке и радиус R витка.

Ответ: 37 А; $9,25$ см.

51 По кольцу радиусом R течет ток. На оси кольца на расстоянии $d = 1$ м от его плоскости магнитная индукция $B = 10$ мТл. Определить магнитный момент p_m кольца с током. Считать R много меньшим d .

Ответ: 50 мА·м².

52 Электрон в невозбужденном атоме водорода движется вокруг ядра по окружности радиусом $r = 53$ пм. Вычислить магнитный момент p_m эквивалентного кругового тока и механический момент M , действующий на круговой ток, если атом помещен в магнитное поле, линии индукции которого параллельны плоскости орбиты электрона. Магнитная индукция B поля равна $0,1$ Тл.

Ответ: $94 \cdot 10^{-24}$ А·м²; $9,4 \cdot 10^{-23}$ Н·м.

53 Электрон в атоме водорода движется вокруг ядра по круговой орбите некоторого радиуса. Найти отношение магнитного момента p_m эквивалентного кругового тока к моменту импульса L орбитального движения электрона. Заряд электрона и его массу считать известными. Указать направления векторов p_m и L .

Ответ: $87,91 \text{ Кл}\cdot\text{кг}$.

54 По тонкому стержню длиной $l = 20 \text{ см}$ равномерно распределен заряд $Q = 240 \text{ нКл}$. Стержень приведен во вращение с постоянной угловой скоростью $\omega = 10 \text{ рад/с}$ относительно оси, перпендикулярной стержню и проходящей через его середину. Определить: 1) магнитный момент p_m , обусловленный вращением заряженного стержня; 2) отношение магнитного момента к моменту импульса $\left(\frac{p_m}{L}\right)$, если стержень имеет массу $m = 12 \text{ г}$.

Ответ: $4 \text{ нА}\cdot\text{м}^2$; $10 \text{ мКл}\cdot\text{кг}$.

55 Тонкое кольцо радиусом $R = 10 \text{ см}$ несет заряд $Q = 10 \text{ нКл}$. Кольцо равномерно вращается с частотой $n = 10 \text{ с}^{-1}$ относительно оси, перпендикулярной плоскости кольца и проходящей через его центр. Найти: 1) магнитный момент p_m кругового тока, создаваемого кольцом; 2) отношение магнитного момента к моменту импульса $\left(\frac{p_m}{L}\right)$, если масса m кольца равна 10 г .

Ответ: $3,14 \text{ нА}\cdot\text{м}^2$; $10 \text{ мКл}\cdot\text{кг}$.

56 Диск радиусом $R = 10 \text{ см}$ несет равномерно распределенный по поверхности заряд $Q = 0,2 \text{ мКл}$. Диск равномерно вращается с частотой $n = 20 \text{ с}^{-1}$ относительно оси, перпендикулярной плоскости диска и проходящей через его центр. Определить: 1) магнитный момент p_m кругового тока, создаваемого диском; 2) отношение магнитного момента к моменту импульса $\left(\frac{p_m}{L}\right)$, если масса m диска равна 100 г .

Ответ: $1,57 \text{ нА}\cdot\text{м}^2$.

57 Тонкостенная металлическая сфера радиусом $R = 10 \text{ см}$ несет равномерно распределенный по ее поверхности заряд $Q = 3 \text{ мКл}$. Сфера равномерно вращается с угловой скоростью $\omega = 10 \text{ рад/с}$ относительно оси, проходящей через центр сферы. Найти: 1) магнитный момент p_m кругового тока, создаваемый вращением сферы; 2) отношение магнитного момента к моменту импульса $\left(\frac{p_m}{L}\right)$, если масса m сферы равна 100 г .

Ответ: $1 \text{ нА}\cdot\text{м}^2$; $1,5 \text{ нКл}\cdot\text{кг}$.

58 Сплошной шар радиусом $R = 10 \text{ см}$ несет заряд $Q = 200 \text{ нКл}$, равномерно распределенный по объему. Шар вращается относительно оси, проходящей через центр шара, с угловой скоростью $\omega = 10 \text{ рад/с}$. Определить: 1) магнитный момент

p_m кругового тока, обусловленного вращением шара; 2) отношение магнитного момента к моменту импульса $\left(\frac{p_m}{L}\right)$, если масса m шара равна 10 кг .

Ответ: $4 \text{ нА}\cdot\text{м}^2$; $10 \text{ нКл}\cdot\text{кг}$.

59 Проволочный виток радиусом $R = 5 \text{ см}$ находится в однородном магнитном поле напряженностью $H = 2 \text{ кА/м}$. Плоскость витка образует угол $\alpha = 60^\circ$ с направлением поля. По витку течет ток силой $I = 4 \text{ А}$. Найти механический момент M , действующий на виток.

Ответ: $39,5 \text{ мН}\cdot\text{м}$.

60 Виток диаметром $d = 20 \text{ см}$ может вращаться около вертикальной оси, совпадающей с одним из диаметров витка. Виток установили в плоскости магнитного меридиана и дуэтили по нему ток силой $I = 10 \text{ А}$. Найти механический момент M , который нужно приложить к витку, чтобы удержать его в начальном положении. Горизонтальную составляющую B_H магнитной индукции поля Земли принять равной 20 мТл .

Ответ: $6,28 \text{ мН}\cdot\text{м}$.

61 Рамка гальванометра длиной $a = 4 \text{ см}$ и шириной $b = 1,5 \text{ см}$, содержащая $N = 200$ витков тонкой проволоки, находится в магнитном поле с индукцией $B = 0,1 \text{ Тл}$. Плоскость рамки параллельна линиям индукции. Найти: 1) механический момент M , действующий на рамку, когда по витку течет ток силой $I = 1 \text{ мА}$; 2) магнитный момент p_m рамки при этом токе.

Ответ: $12 \text{ мН}\cdot\text{м}$; $120 \text{ мкА}\cdot\text{м}^2$.

62 Короткая катушка площадью S поперечного сечения, равной 150 см^2 , содержит $N = 200$ витков провода, по которому течет ток силой $I = 4 \text{ А}$. Катушка помещена в однородное магнитное поле напряженностью $H = 8 \text{ кА/м}$. Определить магнитный момент p_m катушки, а также вращающий момент M , действующий на нее со стороны поля, если ось катушки составляет угол $\alpha = 60^\circ$ с линиями индукции.

Ответ: $12 \text{ А}\cdot\text{м}^2$; $0,1 \text{ Н}\cdot\text{м}$.

63 Рамка гальванометра, содержащая $N = 200$ витков тонкого провода, подвешена на упругой нити. Площадь S рамки равна 1 см^2 . Нормаль к плоскости рамки перпендикулярна линиям магнитной индукции ($B = 5 \text{ мТл}$). Когда через гальванометр был пропущен ток силой $I = 2 \text{ мА}$, то рамка повернулась на угол $\alpha = 30^\circ$. Найти постоянную кручения C нити.

Ответ: $335 \text{ нН}\cdot\text{м/рад}$.

64 По квадратной рамке из тонкой проволоки массой $m = 2 \text{ г}$ пропущен ток силой $I = 6 \text{ А}$. Рамка свободно подвешена за середину одной из сторон на упругой нити. Определить период T малых колебаний такой рамки в однородном магнитном поле с индукцией $B = 2 \text{ мТл}$. Затуханием колебаний пренебречь.

Ответ: $1,05 \text{ с}$.

Установка адукацыі
"Томельскі дзяржаўны ўніверсітэт
імя Францыска Скарыны"
Б.Б.І.І.Я.Т.Э.К.А.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИИ

65 Тонкий провод в виде кольца массой $m = 5 \text{ г}$ свободно подвешен на упругой нити в однородном магнитном поле. По кольцу течет ток силой $I = 2 \text{ А}$. Период T малых крутильных колебаний относительно вертикальной оси равен $1,2 \text{ с}$. Найти магнитную индукцию B поля.

Ответ: $6,65 \text{ мТл}$.

66 На оси контура с током, магнитный момент которого p_m равен $10 \text{ мА}\cdot\text{м}^2$, находится другой такой же контур. Вектор магнитного момента второго контура перпендикулярен оси. Вычислить механический момент M , действующий на второй контур. Расстояние d между контурами равно 50 см . Размеры контуров малы по сравнению с расстоянием между ними.

Ответ: 160 нНм .

67 Магнитное поле создано кольцевым проводником радиусом $R = 20 \text{ см}$, по которому течет ток силой $I = 100 \text{ А}$. На оси кольца расположено другое кольцо малых размеров с магнитным моментом $p_m = 10 \text{ мА}\cdot\text{м}^2$. Плоскости колец параллельны, а расстояние d между центрами равно 1 см . Найти силу, действующую на малое кольцо.

Ответ: $5,89 \text{ мН}$.

68 Магнитное поле создано бесконечно длинным проводником с током силой $I = 100 \text{ А}$. На расстоянии $a = 10 \text{ см}$ от проводника находится точечный диполь, вектор магнитного момента ($p_m = 1 \text{ мА}\cdot\text{м}^2$) которого лежит в одной плоскости с проводником и перпендикулярен ему. Определить силу F , действующую на магнитный диполь.

Ответ: 2 мкН .

69 Определить степень неоднородности магнитного поля ($\frac{dB}{dx}$), если максимальная сила F_{max} , действующая на точечный магнитный диполь, равна 1 мН . Магнитный момент p_m точечного диполя равен $2 \text{ мА}\cdot\text{м}^2$.

Ответ: $0,5 \text{ Тл/м}$.

70 Проволочный виток радиусом $R = 20 \text{ см}$ расположен в плоскости магнитного меридиана. В центре витка установлен компас. Какой силой I ток течет по витку, если магнитная стрелка компаса отклонена на угол $\alpha = 9^\circ$ от плоскости магнитного меридиана?

Ответ: $1,01 \text{ А}$.

71 Определить число n витков катушки тангенс-гальванометра, при котором сила тока, текущего по обмотке, численно равна тангенсу угла отклонения магнитной стрелки, помещенной в центре обмотки? Радиус катушки R равен 25 см . Ось катушки перпендикулярна плоскости магнитного меридиана.

Ответ: 8 .

72 Длинный прямой соленоид, содержащий $n = 5$ витков на каждый сантиметр длины, расположен перпендикулярно к плоскости магнитного меридиана.

18

Внутри соленоида, в его средней части, находится магнитная стрелка, установленная в магнитном поле Земли. Когда по соленоиду пущен ток, стрелка отклонилась на угол $\alpha = 60^\circ$. Найти силу тока I .

Ответ: 55 мА .

73 Короткий прямой магнит расположен перпендикулярно плоскости магнитного меридиана. На оси магнита на расстоянии 50 см от его середины (которое много больше длины магнита) находится магнитная стрелка. Вычислить магнитный момент p_m магнита, если стрелка отклонена на угол $\alpha = 6^\circ$ от плоскости магнитного меридиана.

Ответ: $1,32 \text{ А}\cdot\text{м}^2$.

74 Конденсатор электроемкостью $C = 50 \text{ мкФ}$ заряжается от источника тока, э. д. с. \mathcal{E} которой равна 80 В , и с помощью особого переключателя полностью разряжается 100 раз в секунду через обмотку тангенс-гальванометра, расположенного в плоскости магнитного меридиана. На какой угол α отклонится магнитная стрелка, находящаяся в центре тангенс-гальванометра, если его обмотка имеет $n = 10$ витков радиусом $R = 25 \text{ см}$?

Ответ: $26,5^\circ$.

75 Магнитная стрелка, помещенная в центре кругового провода радиусом $R = 10 \text{ см}$, образует угол $\alpha = 20^\circ$ с вертикальной плоскостью, в которой находится провод. Когда по проводу пущили ток силой $I = 3 \text{ А}$, то стрелка повернулась в таком направлении, что угол α увеличился. Определить угол поворота стрелки.

Ответ: $33,5^\circ$.

Сила, действующая на заряд, движущийся в магнитном поле

76 Определить силу Лоренца F , действующую на электрон, влетевший со скоростью v в однородное магнитное поле под углом $\alpha = 30^\circ$ к линиям индукции. Магнитная индукция B поля равна $0,2 \text{ Тл}$.

Ответ: 64 фН .

77 Вычислить радиус R дуги окружности, которую описывает протон в магнитном поле с индукцией $B = 15 \text{ мТл}$, если скорость v протона равна 2 Мм/с .

Ответ: $1,38 \text{ м}$.

78 Двукратно ионизированный атом гелия (α -частица) движется в однородном магнитном поле напряженностью $H = 100 \text{ кА/м}$ по окружности радиусом $R = 100 \text{ см}$. Найти скорость v α -частицы.

Ответ: $0,61 \text{ Мм/с}$.

79 Ион, несущий один элементарный заряд, движется в однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,015 \text{ Тл}$ по окружности радиусом $R = 10 \text{ см}$. Определить импульс p иона.

Ответ: $2,4 \cdot 10^{-22} \text{ кг}\cdot\text{м/с}$.

19

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИИ

80 Частица, несущая один элементарный заряд, влетела в однородное магнитное поле с индукцией $B = 0,5 \text{ Тл}$. Определить момент импульса L , которым обладала частица при движении в магнитном поле, если ее траектория представляла дугу окружности радиусом $R = 0,1 \text{ см}$.

Ответ: $3,2 \cdot 10^{25} \text{ кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}$.

81 Электрон движется в магнитном поле с индукцией $B = 0,02 \text{ Тл}$ по окружности радиусом $R = 1 \text{ см}$. Определить кинетическую энергию электрона (в джоулях и электрон-вольтах).

Ответ: $0,563 \text{ фДж}; 3,52 \text{ кэВ}$.

82 Заряженная частица влетела перпендикулярно линиям индукции в однородное магнитное поле, созданное в среде. В результате взаимодействия с веществом частица, находясь в поле, потеряла половину своей первоначальной энергии. Во сколько раз будут отличаться радиусы кривизны R траектории начала и конца пути?

Ответ: $\sqrt{2}$.

83 Заряженная частица, двигаясь в магнитном поле по дуге окружности радиусом $R_1 = 2 \text{ см}$, прошла через свинцовую пластину, расположенную на пути частицы. Вследствие потери энергии частией радиус кривизны траектории изменился и стал равным $R_2 = 1 \text{ см}$. Определить относительное изменение энергии частицы.

Ответ: $0,75$.

84 Протон, прошедший ускоряющую разность потенциалов $U = 600 \text{ В}$, влетел в однородное магнитное поле с индукцией $B = 0,3 \text{ Тл}$ и начал двигаться по окружности. Вычислить ее радиус R .

Ответ: 12 мм .

85 Заряженная частица, обладающая скоростью $v = 2 \cdot 10^6 \text{ м/с}$, влетела в однородное магнитное поле с индукцией $B = 0,52 \text{ Тл}$. Найти отношение Q заряда частицы к ее массе m , если частица в поле описала дугу окружности радиусом $R = 4 \text{ см}$. По этому отношению определить, какая это частица.

Ответ: $96,3 \text{ МКл/кг}$;
протон и антипротон.

86 Заряженная частица, прошедшая ускоряющую разность потенциалов $U = 2 \text{ кВ}$, движется в однородном магнитном поле с индукцией $B = 15,1 \text{ мТл}$ по окружности радиусом $R = 1 \text{ см}$. Определить отношение заряда частицы $|e|$ к ее массе m и скорость v частицы.

Ответ: 175 ГКл/кг .

87 Заряженная частица с энергией $T = 1 \text{ кэВ}$ движется в однородном магнитном поле по окружности радиусом $R = 1 \text{ мм}$. Найти силу F , действующую на частицу со стороны поля.

Ответ: $0,32 \text{ нН}$

88 Электрон движется в однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,1 \text{ Тл}$ перпендикулярно линиям индукции. Определить силу F , действующую на электрон со стороны поля, если радиус R кривизны траектории равен $0,5 \text{ см}$.

Ответ: $1,4 \text{ нН}$.

89 Электрон движется в однородном магнитном поле напряженностью $H = 4 \text{ кА/м}$ со скоростью $v = 10 \text{ Мм/с}$. Вектор скорости направлен перпендикулярно линиям напряженности. Найти силу F , с которой поле действует на электрон, и радиус R окружности, по которой он движется.

Ответ: $8,05 \text{ фН}; 1,13 \text{ см}$.

90 Протон с кинетической энергией $T = 1 \text{ МэВ}$ влетел в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям индукции ($B = 1 \text{ Тл}$). Какова должна быть минимальная протяженность l поля в направлении, по которому летел протон, когда он находился вне поля, чтобы оно изменило направление движения протона на противоположное?

Ответ: $14,5 \text{ см}$.

91 Электрон движется по окружности в однородном магнитном поле напряженностью $H = 10 \text{ кА/м}$. Вычислить период T вращения электрона.

Ответ: $2,84 \text{ нс}$.

92 Определить частоту n вращения электрона по круговой орбите в магнитном поле, индукция B которого равна $0,2 \text{ Тл}$.

Ответ: 562 МГц .

93 Электрон в однородном магнитном поле с индукцией $B = 1 \text{ Тл}$ движется по окружности. Найти силу I эквивалентного кругового тока, создаваемого движением электрона.

Ответ: 448 нА .

94 Электрон, влетев в однородное магнитное поле с индукцией $B = 0,2 \text{ Тл}$, стал двигаться по окружности радиусом $R = 5 \text{ см}$. Определить магнитный момент p_m эквивалентного кругового тока.

Ответ: $7,94 \text{ нА} \cdot \text{м}^2$.

95 Два однозарядных иона, пройдя одинаковую ускоряющую разность потенциалов, влетели в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям индукции. Один ион, масса m_1 которого равна 12 а. е. м. , описал дугу окружности радиусом $R_1 = 4 \text{ см}$. Определить массу m_2 другого иона, который описал дугу окружности радиусом $R_2 = 6 \text{ см}$.

Ответ: 27 а. е. м.

96 Два иона, имеющие одинаковый заряд, но различные массы, влетели в однородное магнитное поле. Первый ион начал двигаться по окружности радиусом $R_1 = 5 \text{ см}$, второй ион – по окружности радиусом $R_2 = 2,5 \text{ см}$.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИИ

Найти отношение масс ионов $\frac{m}{m_e}$, если они прошли одинаковую ускоряющую разность потенциалов.

Ответ: 4.

97 В однородном магнитном поле с индукцией $B = 100 \text{ мкТл}$ движется электрон по винтовой линии. Определить скорость v электрона, если шаг h винтовой линии равен 20 см , а радиус $R = 5 \text{ см}$.

Ответ: $1,04 \text{ Мм/с}$.

98 Электрон движется в однородном магнитном поле с индукцией $B = 9 \text{ мТл}$ по винтовой линии, радиус R которой равен 1 см и шаг $h = 7,8 \text{ см}$. Определить период T вращения электрона и его скорость v .

Ответ: $3,97 \text{ нс}$; 25 Мм/с .

99 В однородном магнитном поле с индукцией $B = 2 \text{ Тл}$ движется протон. Траектория его движения представляет собой винтовую линию с радиусом $R = 10 \text{ см}$ и шагом $h = 60 \text{ см}$. Определить кинетическую энергию T протона.

Ответ: 580 фДж .

100 Электрон влетает в однородное магнитное поле напряженностью $H = 16 \text{ кА/м}$ со скоростью $v = 8 \text{ Мм/с}$. Вектор скорости составляет угол $\alpha = 60^\circ$ с направлением линий индукции. Определить радиус R и шаг h винтовой линии, по которой будет двигаться электрон в магнитном поле. Определить также шаг винтовой линии для электрона, летящего под малым углом к линиям индукции.

Ответ: $1,96 \text{ мм}$; $7,1 \text{ мм}$; $14,2 \text{ мм}$.

101 Определить энергию ϵ , которую приобретает протон, сделав $n = 40$ оборотов в магнитном поле циклотрона, если максимальное значение U_{max} переменной разности потенциалов между дуантами равно 60 кВ .

Определить также относительное увеличение $\frac{\Delta m}{m_0}$ массы протона в сравнении с массой покоя, а также скорость v протона.

Ответ: $4,8 \text{ МэВ}$; $0,5 \%$; 30 Мм/с .

102 Вычислить скорость v и кинетическую энергию T α -частиц, выходящих из циклотрона, если, подвоя к выходному окну, ионы движутся по окружности радиусом $R = 50 \text{ см}$. Индукция B магнитного поля циклотрона равна $1,7 \text{ Тл}$.

Ответ: 41 Мм/с ; $34,9 \text{ МэВ}$.

103 Индукция B магнитного поля циклотрона равна 1 Тл . Какова частота ν ускоряющего поля между дуантами, если в циклотроне ускоряются дейтроны?

Ответ: $7,7 \text{ МГц}$.

104 В циклотроне требуется ускорять ионы гелия (He^{++}). Частота ν переменной разности потенциалов, приложенной к дуантам, равна 10 МГц . Какова должна быть индукция B магнитного поля, чтобы период T вращения ионов совпал с периодом изменения разности потенциалов?

Ответ: $1,3 \text{ Тл}$.

105 Определить число N оборотов, которые должен сделать протон в магнитном поле циклотрона, чтобы приобрести кинетическую энергию $T = 10 \text{ МэВ}$, если при каждом обороте протон проходит между дуантами разность потенциалов $U = 30 \text{ кВ}$.

Ответ: 167 .

106 Электрон движется по окружности в однородном магнитном поле со скоростью $v = 0,8 c$ (c – скорость света в вакууме). Магнитная индукция B поля равна $0,01 \text{ Тл}$. Определить радиус окружности в двух случаях: 1) не учитывая увеличение массы со скоростью; 2) учитывая это увеличение.

Ответ: $13,7 \text{ см}$; $22,8 \text{ см}$.

107 Электрон движется в магнитном поле по окружности радиусом $R = 2 \text{ см}$. Магнитная индукция B поля равна $0,1 \text{ Тл}$. Определить кинетическую энергию электрона.

Ответ: $0,28 \text{ МэВ}$.

108 Электрон, влетевший в камеру Вильсона, оставил след в виде дуги окружности радиусом $R = 10 \text{ см}$. Камера находится в однородном магнитном поле с индукцией $B = 10 \text{ Тл}$. Определить кинетическую энергию T электрона.

Ответ: 300 МэВ .

109 Кинетическая энергия T α -частицы равна 500 МэВ . Частица движется в однородном магнитном поле по окружности радиусом $R = 80 \text{ см}$. Определить магнитную индукцию B поля.

Ответ: $4,2 \text{ Тл}$.

110 Электрон, имеющий кинетическую энергию $T = 1,5 \text{ МэВ}$, движется в однородном магнитном поле по окружности. Магнитная индукция B поля равна $0,02 \text{ Тл}$. Определить период τ вращения.

Ответ: $7,02 \text{ нс}$.

111 Перпендикулярно магнитному полю с индукцией $B = 0,1 \text{ Тл}$ возбуждено электрическое поле напряженностью $E = 100 \text{ кВ/м}$. Перпендикулярно обоим полям движется, не отклоняясь от прямолинейной траектории, заряженная частица. Вычислить скорость v частицы.

Ответ: 1 Мм/с .

112 Заряженная частица, двигаясь перпендикулярно скрещенным под прямым углом электрическому ($E = 400 \text{ кВ/м}$) и магнитному ($B = 0,25 \text{ Тл}$) полям, не испытывает отклонения при определенной скорости v . Определить эту скорость и возможные отклонения Δv от нее, если значения

электрического и магнитного полей могут быть обеспечены с точностью, не превышающей 0,2 %.

Ответ: 1,6 А/м·с; 6,4 км/с.

113 Заряженная частица прошла ускоряющую разность потенциалов $U = 104$ В и влетела в скрещенные под прямым углом электрическое ($E = 10$ кВ/м) и магнитное ($B = 0,1$ Тл) поля. Найти отношение Q заряда частицы к ее массе m , если двигаясь перпендикулярно обоим полям, частица не испытывает отклонений от прямолинейной траектории.

Ответ: 48 МкСл/кг.

114 Заряженная частица движется по окружности радиусом $R = 1$ см в однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,1$ Тл. Параллельно магнитному полю возбуждено электрическое поле напряженностью $E = 100$ В/м. Вычислить промежуток времени Δt , в течение которого должно действовать электрическое поле, для того чтобы кинетическая энергия частицы возросла вдвое.

Ответ: 10 мкс.

115 Протон влетает со скоростью $v = 100$ км/с в область пространства, где имеются электрическое ($E = 210$ В/м) и магнитное ($B = 3,3$ мТл) поля. Напряженность E электрического поля и магнитная индукция B совпадают по направлению. Определить ускорение протона для начального момента движения в поле, если направление вектора его скорости \vec{v} : 1) совпадает с общим направлением векторов \vec{E} и \vec{B} ; 2) перпендикулярно этому направлению.

Ответ: 20,1 Гм/с²; 37,5 Гм/с².

Примеры решения задач

Пример 1

Электрон, пройдя ускоряющую разность потенциалов $U = 400$ В, попал в однородное магнитное поле с индукцией $B = 1,5$ мТл. Определить: 1) радиус R кривизны траектории; 2) частоту n вращения электрона в магнитном поле. Вектор скорости электрона перпендикулярен линиям индукции.

Решение

Радиус кривизны траектории электрона определим, исходя из того, что на движущийся в магнитном поле электрон действует сила Лоренца \vec{F} (действием силы тяжести можно пренебречь). Сила Лоренца перпендикулярна скорости и, следовательно, по второму закону Ньютона сообщает электрону нормальное ускорение: $F = ma_n$. Подставив значения выражений F и a_n , получим

$$|e|vB \sin \alpha = \frac{mv^2}{R}, \quad (1.1)$$

где e , v , m – заряд, скорость, масса электрона;
 B – индукция магнитного поля;
 R – радиус кривизны траектории;
 α – угол между направлениями вектора скорости v и индукции B (в нашем случае $v \perp B$ и $\alpha = 90^\circ$, $\sin \alpha = 1$).
 Из формулы (1.1) найдем

$$R = \frac{mv}{|e|B}. \quad (1.2)$$

Входящий в выражение (1.2) импульс mv выразим через кинетическую энергию T электрона:

$$mv = \sqrt{2mT}. \quad (1.3)$$

Но кинетическая энергия электрона, прошедшего ускоряющую разность потенциалов U , определяется равенством $T = e|U|$. Подставив это выражение T в формулу (1.3), получим:

$$mv = \sqrt{2m|e|U}.$$

Тогда выражение (1.2) для радиуса кривизны приобретает вид:

$$R = \frac{1}{B} \sqrt{\frac{2mU}{|e|}}. \quad (1.4)$$

После вычисления по формуле (1.4) найдем $R = 45$ мм.

Для определения частоты вращения воспользуемся формулой, связывающей частоту со скоростью и радиусом кривизны траектории:

$$n = \frac{v}{2\pi R}.$$

Подставив R из выражения (1.2) в эту формулу, получим:

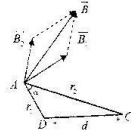
$$n = \frac{1}{2\pi} \frac{|e|B}{m}.$$

Произведя вычисления, найдем $n = 4,20 \times 10^7$ с⁻¹.

Пример 2

Два параллельных бесконечно длинных провода, по которым текут в одном направлении токи силой $I = 60$ А, расположены на расстоянии $d = 10$ см друг

от друга. Определить магнитную индукцию B в точке, отстоящей от одного проводника на расстоянии $r_1 = 5$ см и от другого – на расстоянии $r_2 = 12$ см.



Решение

Для нахождения магнитной индукции в точке A определим направления векторов индукций \vec{B}_1 и \vec{B}_2 полей, создаваемых каждым проводником в отдельности, и сложим их геометрически, т. е.

$$\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2.$$

Абсолютное значение индукции найдем по теореме косинусов:

$$B = \sqrt{B_1^2 + B_2^2 + 2B_1 B_2 \cos \alpha}. \quad (1.5)$$

Значения индукций B_1 и B_2 выражаются соответственно через силу тока I и расстояния r_1 и r_2 от провода до точки, индукцию в которой мы вычисляем:

$$B_1 = \frac{\mu_0 I}{2\pi r_1}, \quad B_2 = \frac{\mu_0 I}{2\pi r_2}.$$

Подставляя значения B_1 и B_2 в формулу (1.5) и вынося $\frac{\mu_0 I}{2\pi}$ за знак корня, получим:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{r_1^2} + \frac{1}{r_2^2} + \frac{1}{r_1 r_2} \cos \alpha}. \quad (1.6)$$

Вычисляем $\cos \alpha$. Заметим, что угол α есть $\angle DAC$. Поэтому по теореме косинусов запишем $d^2 = r_1^2 + r_2^2 - 2r_1 r_2 \cos \alpha$, где d – расстояние между проводами. Отсюда

$$\cos \alpha = \frac{r_1^2 + r_2^2 - d^2}{2r_1 r_2}.$$

Подставив данные, вычислим значение косинуса:

$$\cos \alpha = 0,576.$$

Подставив в формулу (1.6) значения μ_0 , I , r_1 , r_2 и $\cos \alpha$, найдем $B = 286$ мкТл.

26

2 Электromагнитная индукция

Основные формулы

1 *Основной закон электромагнитной индукции* (закон Фарадея): при всяком изменении магнитного потока сквозь контур в нем возникает электродвижущая сила индукции, пропорциональная скорости изменения магнитного потока:

$$\mathcal{E} = - \frac{d\Phi}{dt}.$$

2 *Количество электричества, протекающего по контуру сопротивлением R при изменении магнитного потока сквозь контур на величину $\Delta\Phi$, равно*

$$\Delta q = - \frac{\Delta\Phi}{R}.$$

3 *Магнитный поток сквозь контур и сила тока в нем связаны соотношением:*

$$\Phi = LI,$$

где L – индуктивность контура.

Индуктивность длинного соленоида с немагнитным сердечником равна

$$L = \mu_0 n^2 S = \mu_0 \frac{N^2}{l^2} V,$$

где $n = \frac{N}{l}$ – число витков, приходящихся на единицу длины соленоида;

S – площадь его поперечного сечения;

V – его объем.

4 *Сила тока в цепи, обладающей постоянными сопротивлением R и индуктивностью L и содержащей постоянную э.д.с. \mathcal{E} , изменяется при замыкании цепи по закону*

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R} (1 - e^{-Rt/L}).$$

При размыкании цепи сила тока равна

$$I = I_0 e^{-Rt/L},$$

где $I_0 = \mathcal{E}/R$ – начальная сила тока.

27

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИИ

Вопросы для самоконтроля

- 1 В чем заключается явление электромагнитной индукции?
- 2 Сформулируйте закон электромагнитной индукции и напишите его математическое выражение.
- 3 Каково содержание правила Ленца?
- 4 Каковы физические причины, приводящие к возникновению э. д. с. индукции?
- 5 Можно ли получить выражение для э. д. с. индукции на основе закона сохранения энергии?
- 6 В чем состоит баллистический метод определения индукции магнитного поля?
- 7 Какие существуют другие методы определения магнитной индукции поля?
- 8 Что называется явлением самоиндукции? Напишите выражение для э. д. с. самоиндукции. Дайте определение индуктивности и ее единицы измерения.
- 9 Рассмотрите электрические токи при замыкании и размыкании цепи.
- 10 В чем состоит явление взаимной индукции?
- 11 Что называется взаимной индуктивностью контуров?
- 12 Покажите, что магнитное поле токов обладает энергией.
- 13 Запишите выражение для плотности энергии магнитного поля.
- 14 Каким образом по петле гистерезиса можно вычислить работу, затрачиваемую при совершении одного цикла перемагничивания единицы объема ферромагнетика. На что идет эта работа?
- 15 В чем состоит обобщение явления электромагнитной индукции, сделанное Максвеллом?
- 16 Рассмотрите принцип действия индукционного ускорителя электронов – бетатрона.
- 17 Что называется током смещения; плотностью тока смещения; плотностью полного тока?
- 18 В чем состоит обобщение теоремы и циркуляции вектора \vec{H} для стационарных токов проводимости, сделанное Максвеллом?
- 19 Запишите (в интегральной и дифференциальной формах) полную систему фундаментальных уравнений Максвелла для электромагнитного поля. Объясните физический смысл этих уравнений.

Задачи

- 1 В однородном магнитном поле (рисунок 2.1) с индукцией $1,00 \cdot 10^2 \text{ Тл}$ расположена прямоугольная рамка $abcd$ подвижная сторона которой ad длиной $l = 0,1 \text{ м}$ перемещается со скоростью $v = 25 \text{ м/с}$ перпендикулярно линиям индукции поля. Определить э. д. с. индукции, возникающую в контуре $abcd$.

Ответ: $\mathcal{E} = vBl$.

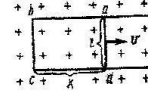


Рисунок 2.1

- 2 В однородном магнитном поле (рисунок 2.2) с индукцией B вращается в плоскости, перпендикулярной линиям индукции, медный диск радиуса r , совершая n оборотов в секунду. При помощи скользящих контактов диск подключен к цепи, сопротивление которой R . Определить э. д. с. индукции, возникающую при вращении диска, количество электричества q , протекающего по цепи, а также количество теплоты Q , выделенное в цепи за время, в течение которого диск совершил n оборотов.

Ответ: $\mathcal{E} = 2nB \int_0^r l dl = \pi r^2 n B$; $q = \pi r^2 n B / R$; $Q = \pi^2 r^4 n^2 B^2 / R$.

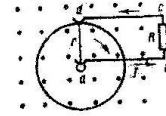


Рисунок 2.2

- 3 Виток медной проволоки охватывает сердечник трансформатора. Вследствие изменения силы тока в обмотке трансформатора магнитный поток внутри сердечника равномерно изменяется со скоростью -30 Вб/с . К точкам A, B , которые делят виток на два участка так, что $I_2 = 2I_1$, подключен вольтметр двумя способами, изображенными на рисунке 2.3. Определить его показания. Считать сопротивление витка ничтожно малым по сравнению с сопротивлением вольтметра.

Ответ: $U = 10 \text{ В}$, $U' = 20 \text{ В}$.

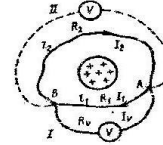


Рисунок 2.3

4 По длинному соленоиду с немагнитным сердечником сечением $S = 5,0 \text{ см}^2$, содержащему $n = 1200$ витков, течет ток силой $I = 2,00 \text{ А}$. Индукция магнитного поля в центре соленоида $B = 10,0 \text{ мТ}$. Определить его индуктивность.

Ответ: $L = 3,0 \text{ мГ}$.

5 В цепи, схема которой изображена на рисунке 2.4. $R_1 = 5,0 \text{ Ом}$, $R_2 = 95 \text{ Ом}$, $L = 0,34 \text{ Гн}$, $\mathcal{E} = 38 \text{ В}$. Внутреннее сопротивление батареи пренебрежимо мало. Определить силу тока в резисторе R_2 в трех случаях: 1) до замыкания цепи; 2) в первый момент после замыкания; 3) через $0,01 \text{ с}$ после замыкания.

Ответ: $I_1 = 0,40 \text{ А}$; $I_2 = 7,6 \text{ А}$; $I_3 = 0,4 \text{ А}$.

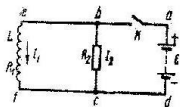


Рисунок 2.4

6 Резистор (рисунок 2.5) сопротивлением R присоединен к верхним концам двух вертикальных медных стержней, отстоящих на расстоянии l друг от друга. Стержни замкнуты медной перемычкой массы m , которая без трения может скользить по ним. В окружающем пространстве создано однородное магнитное поле с индукцией B , перпендикулярное плоскости, в которой расположены стержни. Перемычку отпустили, после чего она начала падать без нарушения электрического контакта. Пренебрегая сопротивлением стержней и перемычки, найти установившуюся скорость v последней. Принять индуктивность единицы длины системы стержней равной k .

$$\text{Ответ: } v = \frac{mgR}{B^2 l^2 - mgk}.$$

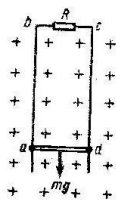


Рисунок 2.5

30

7 По соленоиду длиной $l = 1 \text{ м}$ без сердечника, имеющему $n = 10^3$ витков, течет ток силой $I = 20 \text{ А}$. Определить циркуляцию вектора магнитной индукции вдоль контура, изображенного на рисунке 2.6, а, б.

Ответ: а) 0;
б) $25,2 \text{ мТл}$.

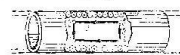


Рисунок 2.6

8 Вычислить циркуляцию вектора индукции вдоль контура, охватывающего токи $I_1 = 10 \text{ А}$, $I_2 = 15 \text{ А}$, текущие в одном направлении, и ток $I_3 = 20 \text{ А}$, текущий в противоположном направлении.

Ответ: $6,28 \text{ мкТл}$.

9 По сечению проводника равномерно распределен ток плотностью $I = 2 \text{ МА/м}^2$. Найти циркуляцию вектора напряженности вдоль окружности радиусом $R = 5 \text{ мм}$, проходящей внутри проводника и ориентированной так, что ее плоскость составляет угол $\alpha = 30^\circ$ с вектором плотности тока.

Ответ: $78,6 \text{ А}$.

10 Диаметр D тороида (рисунок 2.7) без сердечника по средней линии равен 30 см . В сечении тороид имеет круг радиусом $r = 5 \text{ см}$. По обмотке тороида, содержащей $n = 2000$ витков, течет ток силой $I = 5 \text{ А}$. Пользуясь законом полного тока, определить максимальное и минимальное значения магнитной индукции B в тороиде.

Ответ: 20 мТл ; 10 мТл .

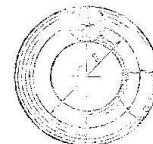


Рисунок 2.7

31

11 Найти магнитный поток Φ , создаваемый соленоидом сечением $S = 10 \text{ см}^2$, если он имеет $n = 10$ витков на каждый сантиметр его длины при силе тока $I = 20 \text{ А}$.

Ответ: 25,2 мкВб.

12 Плоский контур, площадь S которого равна 25 см^2 , находится в однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,04 \text{ Тл}$. Определить магнитный поток Φ , пронизывающий контур, если плоскость его составляет угол $\beta = 30^\circ$ с линиями индукции.

Ответ: 50 мкВб.

13 Соленоид длиной $l = 1 \text{ м}$ и сечением $S = 16 \text{ см}^2$ содержит $n = 2000$ витков. Вычислить полный магнитный поток Ψ при силе тока I в обмотке 10 А.

Ответ: 80,5 мВб × виток.

14 В одной плоскости с длинным прямым проводом, по которому течет ток силой $I = 50 \text{ А}$, расположена прямоугольная рамка так, что две большие стороны ее длиной $l = 65 \text{ см}$ параллельны проводу, а расстояние от провода до ближайшей из этих сторон равно ее ширине. Найти магнитный поток Φ , пронизывающий рамку.

Ответ: 4,5 мкВб.

15 Определить, во сколько раз отличаются магнитные потоки, пронизывающие квадратную рамку при двух ее положениях относительно прямого проводника с током, представленных на рисунке 2.8.

Ответ: 3,81.

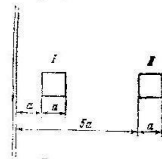


Рисунок 2.8

16 Квадратная рамка со стороной длиной $a = 20 \text{ см}$ расположена в одной плоскости с прямым бесконечно длинным проводом с током. Расстояние l от провода до середины рамки равно 1 м . Вычислить относительную погрешность, которая будет допущена при расчете магнитного потока, пронизывающего рамку, если поле в пределах рамки считать однородным, а магнитную индукцию – равной значению ее в центре рамки.

Ответ: 0,617 %.

17 Торoid квадратного сечения содержит $n = 1000$ витков. Наружный диаметр D тороида равен 40 см , внутренний $d = 20 \text{ см}$. Найти магнитный

поток Φ в тороиде, если сила тока I , протекающего по обмотке, равна 10 А . Учесть, что магнитное поле тороида неоднородно.

Ответ: 139 мкВб.

18 По обмотке соленоида индуктивностью $L = 0,2 \text{ Гн}$ течет ток силой $I = 10 \text{ А}$. Определить энергию W магнитного поля соленоида.

Ответ: 10 Дж.

19 Индуктивность L катушки (без сердечника) равна $0,1 \text{ мГн}$. При какой силе тока I энергия W магнитного поля равна 100 мкДж ?

Ответ: 14 А.

20 Соленоид содержит $n = 1000$ витков. Сила тока I в его обмотке равна 1 А , магнитный поток Φ через поперечное сечение соленоида равен $0,1 \text{ мВб}$. Вычислить энергию W магнитного поля.

Ответ: 50 мДж.

21 На железное кольцо намотано в один слой $n = 200$ витков. Определить энергию W магнитного поля, если при токе силой $I = 2,5 \text{ А}$ магнитный поток Φ в железе равен $0,5 \text{ мВб}$.

Ответ: 0,15 Дж.

22 При некоторой силе тока I плотность энергии w магнитного поля соленоида (без сердечника) равна $0,2 \text{ Дж/м}^3$. Во сколько раз увеличится плотность энергии поля при той же силе тока, если соленоид будет иметь железный сердечник?

Ответ: $61,6 \cdot 10^3$ раз.

23 Обмотка тороида с немагнитным сердечником имеет $n = 10$ витков на каждый сантиметр длины. Определить плотность энергии w поля, если по обмотке течет ток силой $I = 16 \text{ А}$.

Ответ: 161 Дж/м^3 .

24 Обмотка тороида содержит $n = 10$ витков на каждый сантиметр длины. Сердечник немагнитный. При какой силе тока I в обмотке плотность энергии w магнитного поля равна 1 Дж/м^3 ?

Ответ: 1,26 А.

25 Катушка индуктивностью $L = 1 \text{ мГн}$ и воздушный конденсатор, состоящий из двух круглых пластин диаметром $D = 20 \text{ см}$ каждая, соединены параллельно. Расстояние d между пластинами равно 1 см . Определить период T колебаний.

Ответ: $T = 33,2 \text{ нс}$.

26 Конденсатор электроемкостью $C = 500 \text{ пФ}$ соединен параллельно с катушкой длиной $l = 40 \text{ см}$ и площадью S сечения, равной 5 см^2 . Катушка содержит $n = 1000$ витков. Сердечник немагнитный. Найти период T колебаний.

Ответ: $T = 5,57 \text{ мкс}$.

27 Колебательный контур состоит из катушки индуктивностью $L = 20 \text{ мГн}$ и конденсатора емкостью $C = 80 \text{ нФ}$. Величина емкости может отклоняться от указанного значения на 2%. Вычислить, в каких пределах может изменяться длина волны, на которую резонирует контур.

Ответ: $\lambda = 2,38 \cdot 10^3 \pm 23,8 \text{ м}$.

28 Колебательный контур имеет индуктивность $L = 1,6 \text{ мГн}$, емкость $C = 0,04 \text{ мкФ}$ и максимальное напряжение U_{max} на зажимах, равное 200 В . Определить максимальную силу тока I_{max} в контуре. Сопротивление контура ничтожно мало.

Ответ: $1,4 \text{ А}$.

29 Колебательный контур содержит конденсатор емкостью $C = 8 \text{ нФ}$ и катушку индуктивностью $L = 0,5 \text{ мГн}$. Каково максимальное напряжение U_{max} на обкладках конденсатора, если максимальная сила тока $I_{\text{max}} = 40 \text{ мА}$?

Ответ: $U_{\text{max}} = 317 \text{ В}$.

30 Катушка (без сердечника) длиной $l = 50 \text{ см}$ и площадью S_1 сечения, равной 3 см^2 , имеет $n = 1000$ витков и соединена параллельно с конденсатором. Конденсатор состоит из двух пластин площадью $S_2 = 75 \text{ см}^2$ каждая. Расстояние d между пластинами равно 5 мм . Диэлектрик – воздух. Определить период T колебаний контура.

Ответ: $T = 0,628 \text{ нс}$.

31 Колебательный контур состоит из параллельно соединенных конденсатора емкостью $C = 1 \text{ мкФ}$ и катушки индуктивностью $L = 1 \text{ мГн}$. Сопротивление контура ничтожно мало. Найти частоту ν колебаний.

Ответ: $5,05 \text{ кГц}$.

32 Индуктивность L колебательного контура равна $0,5 \text{ мГн}$. Какова должна быть емкость C контура, чтобы он резонировал на длину волны $\lambda = 300 \text{ м}$?

Ответ: 51 нФ .

33 На какую длину волны λ будет резонировать контур, состоящий из катушки индуктивностью $L = 4 \text{ мГн}$ и конденсатора емкостью $C = 1,11 \text{ нФ}$?

Ответ: 126 м .

34 Для демонстрации опытов Герца с преломлением электромагнитных волн иногда берут большую призму, изготовленную из парафина. Определить показатель преломления парафина, если его диэлектрическая проницаемость $\epsilon = 2$ и магнитная проницаемость $\mu = 1$.

Ответ: $1,4$.

35 Два параллельных провода, погруженных в глицерин, индуктивно соединены с генератором электромагнитных колебаний частотой $\nu = 420 \text{ МГц}$. Расстояние l между лучностями стоячих волн на проводах равно 7 см . Найти диэлектрическую ϵ проницаемость глицерина. Магнитную проницаемость μ принять равной единице.

Ответ: 26 .

Примеры решения задач

Пример 1

В однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,1 \text{ Тл}$ равномерно вращается рамка, содержащая $N = 1000$ витков, с частотой $n = 10 \text{ с}^{-1}$. Площадь S рамки равна 150 см^2 . Определить мгновенное значение э. д. с. ξ , соответствующее углу поворота рамки в 30° .

Решение

Мгновенное значение э. д. с. индукции ξ определяется основным уравнением электромагнитной индукции Фарадея – Максвелла:

$$\xi_{\text{эл}} = - \frac{d\psi}{dt} \quad (2.1)$$

Полный магнитный поток равен $\psi = N\Phi$, где N – число витков, пронизываемых магнитным потоком Φ . Подставив выражение в формулу (2.1), получим:

$$\xi_{\text{эл}} = -N \frac{d\Phi}{dt} \quad (2.2)$$

При вращении рамки магнитный поток Φ , пронизывающий рамку в момент времени t , изменяется по закону:

$$\Phi = BS \cos \omega t,$$

где B – магнитная индукция;

S – площадь рамки;

ω – круговая частота.

Подставив в формулу (2.2) выражение Φ и пролиференцировав по времени, найдем мгновенное значение э. д. с. индукции:

$$\xi_{\text{эл}} = NBS\omega \sin \omega t. \quad (2.3)$$

Круговая частота ω связана с частотой ν вращения соотношением $\omega = 2\pi\nu$. Подставив выражение в формулу (2.3), получим:

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИИ

$$\xi_1 = 2\pi n N B S \sin \omega t. \quad (2.4)$$

Произведя вычисления по формуле (2.4), найдем $\xi = 47,1 \text{ В}$.

Пример 2

По соленоиду течет ток силой $I = 2 \text{ А}$. Магнитный поток Φ , пронизывающий поперечное сечение соленоида, равен 4 мкВб . Определить индуктивность L соленоида, если он имеет $N = 800$ витков.

Решение

Индуктивность L соленоида связана с полным магнитным потоком ψ соотношением $\psi = LI$, откуда $L = \frac{\psi}{I}$. Заменяя здесь величину ψ его выражением через магнитный поток Φ и число витков N соленоида ($\psi = \Phi N$), получим:

$$L = \frac{\Phi N}{I}. \quad (2.5)$$

После вычисления по формуле (2.5) найдем $L = 1,6 \text{ мГн}$.

Пример 3

При скорости изменения силы тока $\frac{\Delta I}{\Delta t}$ в соленоиде, равной 50 А/с , на его концах возникает э. д. с. самоиндукции $\xi_1 = 0,08 \text{ В}$. Определить индуктивность L соленоида.

Решение

Индуктивность соленоида связана с э. д. с. самоиндукции и скоростью изменения силы тока в его обмотке соотношением:

$$\xi_1 = -L \frac{\Delta \psi}{\Delta t} = -L \frac{\Delta(LI)}{\Delta t}.$$

Вынося постоянную величину L за знак приращения, получим:

$$\xi_1 = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}.$$

Опустив знак «минус» в этом равенстве (направление э. д. с. в данном случае несущественно) и выразив интересующую нас величину — индуктивность, получим:

$$L = \frac{\xi_1 \cdot \Delta t}{\Delta I}.$$

Проведя вычисления по этой формуле, найдем $L = 1,6 \text{ мГн}$.

Пример 4

На проволочный виток радиусом $r = 10 \text{ см}$, помещенный между полюсами магнита, действует максимальный момент $M_{\text{max}} = 6,5 \text{ мкН}$. Сила тока I в витке равна 2 А . Определить магнитную индукцию B поля между полюсами магнита. Действием магнитного поля Земли пренебречь.

Решение

Индукцию B магнитного поля можно определить из выражения механического момента, действующего на виток с током в магнитном поле:

$$M = p_m B \sin \alpha. \quad (2.6)$$

Если учесть, что максимальное значение механического момента принимает при $\alpha = \frac{\pi}{2}$ ($\sin \alpha = 1$), а также что $p_m = IS$, то формула (2.6) примет вид:

$$M_{\text{max}} = IBS.$$

Отсюда, учитывая, что $S = \pi r^2$, находим

$$B = \frac{M_{\text{max}}}{(\pi r^2 I)}. \quad (2.7)$$

Произведя вычисления по формуле (2.7), найдем $B = 104 \text{ мкТл}$.

Литература

- 1 Гурский, И. П. Элементарная физика с примерами решения задач: учеб. руководство / И. П. Гурский; под ред. И. В. Савельева. – 3-е изд., перераб. – М.: Наука, 1984. – 448 с.
- 2 Детлаф, А. А. Курс физики: учебник для вузов: в 2 т. Т. 2. Электричество и магнетизм / А. А. Детлаф. – 4-е изд., испр. – М.: Высшая школа, 2002. – 718 с.
- 3 Зильберман, Г. Е. Электричество и магнетизм / Г. Е. Зильберман. – М.: Наука, 1970. – 389 с.
- 4 Иродов, И. Е. Основные законы электромагнетизма / И. Е. Иродов. – М.: Высшая школа, 1991 – 289 с.
- 5 Калашиников, С. Г. Электричество / С. Г. Калашиников. – 6-е изд. – М.: Физматлит, 2003. – 624 с.
- 6 Кашии, Н. В. Курс физики: в 2 т. Т. 2. Электричество и магнетизм / Н. В. Кашии. – 4-е изд. – М.: Высшая школа, 1968. – 644 с.
- 7 Каган, Ю. Б. Сто задач по электричеству / Ю. Б. Каган. – М.: Наука, 1976. – 63 с.
- 8 Ландсберг, Г. С. Элементарный учебник физики: в 2 т. Т. 2. Электричество и магнетизм / Г. С. Ландсберг. – М.: Наука, 1985. – 479 с.
- 9 Ландсберг, Г. С. Электричество и магнетизм / Г. С. Ландсберг. – М.: Физматлит, 2004. – 478 с.
- 10 Матвеев, А. И. Курс физики: учебное пособие: в 5 т. Т. 3. Электричество и магнетизм / А. И. Матвеев. – М.: Высшая школа, 1989. – 463 с.
- 11 Савельев, И. В. Курс общей физики. Электричество, волны, оптика / И. В. Савельев. – 2-е изд. – М.: Наука, 1982. – 496 с.
- 12 Сивухин, Д. В. Общий курс физики: в 4 т. Т. 3. Электричество / Д. В. Сивухин. – 2-е изд. – М.: Наука, 1983. – 688 с.
- 13 Сборник задач по общему курсу физики: в 5 кн. Кн. 3. Электричество и магнетизм / С. П. Стрелков [и др.]; под ред. И. А. Яковлева. – М.: Физматлит, Лань, 2006. – 232 с.
- 14 Тамм, И. Е. Основы теории электричества / И. Е. Тамм. – 10-е изд. – М.: Наука, 1989. – 504 с.
- 15 Тамм, И. Е. Основы теории электричества / И. Е. Тамм. – 11-е изд. – М.: Наука, 2003. – 504 с.
- 16 Трубецкова, С. В. Физика. Вопросы – ответы. Задачи – решения: в 6 ч. Ч. 5, 6. Электричество и магнетизм / С. В. Трубецкова. – М.: Физматлит, 2003. – 624 с.
- 17 Фомина, М. В. Решения задач по физике / М. В. Фомина. – М.: Мир, 2001. – 469 с.
- 18 Яковлев, И. А. Сборник задач по общему курсу физики. Электричество и магнетизм / И. А. Яковлев. – 4-е изд. – М.: Наука, 2006. – 128 с.

Производственно-практическое издание

Желонкина Тамара Петровна,
Семченко Игорь Валентинович

ФИЗИКА. МАГНИТНОЕ ПОЛЕ ТОКА

Практическое пособие
для студентов специальности
1-53 01 02 «Автоматизированные системы
обработки информации»

Редактор В. П. Шкредова
Корректор В. В. Калугина

Подписано в печать 21.03.2013. Формат 60x84 1/16.
Бумага офсетная. Ризография. Уск. печ. л. 2,3.
Уч.-изд. л. 2,5. Тираж 25 экз. Заказ 184

5859-00

Издатель и полиграфическое исполнение:
учреждение образования
«Гомельский государственный университет
имени Франциска Скорины»
ЛН № 02330/0549481 от 14.05.2009.
Ул. Советская, 104, 246019, Гомель.

Установа Зяўкаці
"Гомельскі дзяржаўны ўніверсітэт
імя Францыска Скарыны"
СІБЛІЯТЭКА

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИИ