



Министерство сельского хозяйства РФ
ФГБОУ ВПО «Самарская государственная
сельскохозяйственная академия»

Кафедра «Физика»

ФИЗИКА

Методические указания
для выполнения лабораторных работ
по разделам «Электromагнетизм, оптика и
атомная физика»

Кинель
РИЦ СГСХА
2012

УДК 53(075)
ББК 22.3
М-64

Миронова, Т. Ф.

М-64 Физика : методические указания для выполнения лабораторных работ по разделам «Электромагнетизм, оптика и атомная физика» / Т. Ф. Миронова, Д. В. Миронов, О. А. Миронова, Т. В. Миронова. – Кинель : РИЦ СГСХА, 2012. – 106 с.

Данное издание содержит указания для проведения лабораторных работ по электромагнетизму, оптике и атомной физике, включая раздел «Основы физики твердого тела».

Методические указания предназначены для самостоятельной работы студентов-бакалавров высших учебных заведений, обучающихся по направлению 110800.62 «Агроинженерия».

© ФГБОУ ВПО Самарская ГСХА, 2012

© Миронова Т. Ф., Миронов Д. В.,

Миронова О. А., Миронова Т. В., 2012

ПРЕДИСЛОВИЕ

Методические указания предназначены для проведения

лабораторных работ по электромагнетизму, оптике и атомной физике, включая раздел «Основы физики твердого тела».

В данное издание вошли описания 16 лабораторных работ, изучение которых позволит более прочно усвоить теоретический материал, излагаемый на лекциях.

Методические указания составлены по классической схеме таким образом, что в каждой лабораторной работе, прежде всего, рассматривается теоретическое обоснование работы. В конце каждой лабораторной работы представлены контрольные вопросы.

Методическая разработка предназначена для самостоятельной работы студентов инженерного очного и заочного факультетов.

Физика – наука опытная, связанная с производением измерений, расчетами и оформлением результатов эксперимента. Немаловажным является умение не только провести эксперимент, но и умение оформить отчет о проделанной работе. В соответствии с требованиями при проведении лабораторного практикума студент оформляет протоколы и отчеты по лабораторным работам в отдельной тетради.

Протокол к работе – это черновик работы, который позволяет контролировать самостоятельность при выполнении лабораторных работ. Он содержит название работы, таблицы результатов, расчеты. Протокол работы после внесения результатов подписывается преподавателем.

Отчет по лабораторной работе оформляется после проведения всех расчетов и содержит название работы, конспект краткой теории, а также таблицу результатов с окончательными расчетами, включая вычисление погрешностей. Там, где это необходимо, на миллиметровой бумаге строится график. Расчеты рекомендуется производить в международной системе.

По каждой лабораторной работе студент должен получить зачет после устного собеседования с преподавателем, проводящим занятие. Как правило, подобное собеседование сводится к ответам на контрольные вопросы, которые сформулированы в конце каждой работы.

Более подробное изложение теоретического материала можно найти в конспектах лекций, а также в учебной литературе, список которой приводится в рекомендуемой литературе.

Коллектив авторов выражает благодарность рецензентам и консультантам за ценные замечания и помощь в создании данного издания.

Лабораторная работа №1 (30)

Измерение индукции магнитного поля электродинамометром

Приборы и принадлежности: электродинамометр, два амперметра постоянного тока, два реостата, два источника постоянного тока (выпрямители марки ВС 4-12), разновесы, пинцет.

Цели работы: ознакомиться с простейшим способом измерения индукции однородного магнитного поля с помощью электродинамометра; изучить особенности воздействия неоднородного магнитного поля на проводники и контуры с током.

Согласно закону Ампера сила, действующая на проводник с током в однородном поле, равна

$$F = I \cdot B \cdot l \cdot \sin \varphi, \quad (1.1)$$

где B – индукция магнитного поля, I – сила тока в проводнике, l – длина проводника и φ – угол между направлением \vec{B} и тока в проводнике.

Если направление вектора индукции \vec{B} перпендикулярно направлению тока в проводнике, тогда

$$F_0 = I \cdot B \cdot l. \quad (1.2)$$

При этом действующая сила будет наибольшей по величине, обозначим ее через F_0 . Из формулы (1.2) находим:

$$B = \frac{F_0}{I \cdot l}. \quad (1.3)$$

Индукция однородного магнитного поля B численно равна силе F_0 , действующей со стороны магнитного поля на единицу длины проводника, по которому течёт ток единичной силы. То есть индукция магнитного поля является **силовой** характеристикой магнитного поля.

Единицей измерения индукции магнитного поля в СИ является «тесла» (сокращённо Тл) – это индукция такого однородного поля, которое действует с силой в 1 Н на прямолинейный проводник длиной 1 м, по которому протекает ток в 1 А при условии, что проводник расположен перпендикулярно направлению магнитного поля. То есть $1 \text{ Тл} = 1 \frac{\text{Н}}{\text{А} \cdot \text{м}}$.

Следует заметить, что для измерения индукции магнитного поля целесообразнее использовать не проводник с током, а

плоскую рамку, обтекаемую током.

При исследовании магнитного поля в общем случае можно использовать отрезок проводника с током небольших размеров, в пределах которого магнитное поле можно считать однородным. Чтобы пропустить ток по такому проводнику, необходимы токопроводящие проводники. Вследствие этого возможно образование контура больших размеров, который отдельными своими элементами-участками токопроводящих проводников начнет испытывать неодинаковые воздействия со стороны неоднородного магнитного поля. Поэтому для измерения индукции магнитного поля предпочтительно пользоваться небольшой плоской рамкой с током. В этом случае магнитное поле будет действовать только на рамку с током, ориентируя её в магнитном поле, и не будет оказывать воздействия на близко расположенные (свитые), подводящие проводники, по которым течёт ток в противоположных направлениях.

Используя закон Ампера, нетрудно вывести формулу для максимального момента сил M_{\max} действующего на плоскую рамку, имеющую площадь S , обтекаемую током I :

$$M_{\max} = I \cdot B \cdot l.$$

Из формулы следует, что

$$B = \frac{M_{\max}}{I \cdot S}. \quad (1.4)$$

Индукция магнитного поля B численно определяется отношением максимального момента сил, действующего на рамку с током, к силе тока рамки и ее площади.

Магнитная индукция – векторная величина. За направление вектора \vec{B} принимает направление положительной нормали \vec{n} к поверхности рамки, установившейся в положении равновесия в магнитном поле (рис. 1.1).

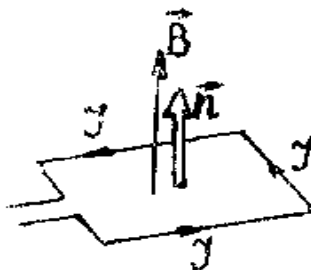


Рис. 1.1

Учитывая выражение (1.4), единицу измерения индукции магнитного поля 1 Тл можно определить как индукцию такого поля, в котором на рамку площадью 1 м^2 с током 1 А действует максимальный вращающий

момент 1 Н·м: $1 \text{ Тл} = \frac{1 \text{ Н} \cdot \text{м}}{1 \text{ А} \cdot \text{м}^2} = 1 \frac{\text{Н}}{\text{А} \cdot \text{м}}.$

Очевидно, формула (1.4) справедлива не только для рамки с током, но и для любого плоского контура произвольной формы.

Произведение силы тока в контуре I на площадь контура S определяет численную величину магнитного момента контура, то есть

$$P_m = I \cdot S. \quad (1.5)$$

Причём \vec{P}_m – вектор, направление которого совпадает с направлением вектора \vec{n} . При произвольной ориентации контура в однородном магнитном поле (рис. 1.2), когда \vec{B} образует с \vec{P}_m угол α , можно на основании формулы (1.4) выразить момент сил:

$$M = B_1 \cdot I \cdot S,$$

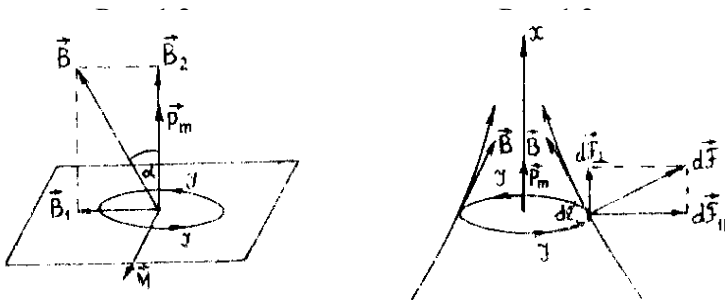
где \vec{B}_1 – составляющая \vec{B} , параллельная плоскости контура.

Тогда

$$M = B_1 \cdot P_m = P_m \cdot B \cdot \sin \alpha, \quad (1.6)$$

или в векторной форме

$$\vec{M} = [\vec{P}_m \cdot \vec{B}].$$



Составляющая \vec{B}_2 индукции, перпендикулярная плоскости контура будет лишь сжимать или растягивать контур (рисунок 1.2 соответствует растяжению контура).

Таким образом, момент \vec{M} будет поворачивать контур с током так, чтобы его магнитный момент \vec{P}_m совпадал по направлению с вектором индукции магнитного поля.

Рассмотрим неоднородное магнитное поле. Пусть магнитное поле изменяется (возрастает) вдоль оси X , т.е. $\frac{dB}{dx} > 0$. Причём вектор магнитного момента \vec{P}_m совпадает с осью X (рис. 1.3).

В этом случае на элемент dl будет действовать сила $d\vec{F}$, перпендикулярная dl и \vec{B} . Раскладывая её на две составляющие $d\vec{F}_1$ и $d\vec{F}_{11}$, замечаем, что результирующая сил $d\vec{F}_1$ будет направлена вдоль оси X , т.е. в область возрастания магнитного поля.

Результирующая же сил $d\vec{F}_{11}$ будет лишь растягивать контур. Если изменить направление электрического тока в контуре на противоположное, то контур будет выталкиваться из поля и сжиматься.

Описание установки

В данной работе используется однородное магнитное поле, создаваемое между полюсами электромагнита при пропускании по его обмотке тока I_1 . Поэтому индукцию магнитного B поля можно определить по формуле (1.3). Для измерения силы F_0 , с которой магнитное поле действует на проводник с током I , длиной l используется электродинамометр. В нём проводнику придают определённую форму и конструктивно укрепляют так, чтобы он образовывал собой подвижную систему рычажных весов (рис. 1.4).

Равновесие подвижной системы электродинамометра будет иметь место, когда

$$F_0 \cdot x_2 = P \cdot x_1, \quad (1.7)$$

где P – вес разновесок, x_1 , и x_2 – расстояния от точек приложения