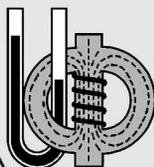


ISSN 2307-5457

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ ОБРАЗОВАНИЯ

*Primum  
inter pares*



**УЧЕБНАЯ  
ФИЗИКА**

Материалы XXVIII Всероссийской  
научно-практической конференции

Июль - сентябрь 2023 №3

„Учебный физический эксперимент:  
Актуальные проблемы. Современные  
решения“

Издаётся с января 1997 года

## СОДЕРЖАНИЕ

### Хроника

- Т. Н. Шамало                    ТАЛАНТЛИВЫЙ ЧЕЛОВЕК ВО ВСЕМ ТАЛАНТЛИВ!  
А. П. Усольцев                К юбилею Зуева Петра Владимировича ..... 3

### Основная школа

- М. Д. Даммер                САМОДЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ПРИ  
А. А. Сибгатуллин            ИЗУЧЕНИИ СТАТИКИ НА УРОКАХ ФИЗИКИ.....6  
П. А. Демин  
П. В. Горбунов

### Старшая школа

- В. В. Майер                МАЯТНИК ДУБОШИНСКОГО СВОИМИ РУКАМИ ..... 18  
И. А. Васильев  
И. В. Самарин  
  
М. А. Фаддеев                МАГНИТНЫЙ МОМЕНТ — УНИВЕРСАЛЬНАЯ  
ФИЗИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МАГНИТНЫХ  
ПОЛЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ТОКОВ  
И ПОСТОЯННЫХ МАГНИТОВ ..... 26

### Высшая школа

- В. В. Майер                ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ  
Е. И. Вараксина              ИСТОЧНИКА ПОСТОЯННОГО ТОКА ..... 39

### Исследования

- А. Е. Тарчевский            ОРГАНИЗАЦИЯ ФИЗИЧЕСКОГО ПРАКТИКУМА  
В СОВРЕМЕННОЙ ОСНОВНОЙ И СТАРШЕЙ ШКОЛЕ .. 51

- АВТОРЫ ЖУРНАЛА ..... 63  
ABSTRACTS ..... 64

---

---

**Редакция журнала:**

В. В. Майер (главный редактор), Р. В. Акатов, Е. И. Вараксина, Л. С. Кропачева

**Редакционный совет:**

И. В. Гребенев д.п.н., профессор, Нижний Новгород  
М. Д. Даммер д.п.н., профессор, Челябинск  
П. В. Зуев д.п.н., профессор, Екатеринбург  
Ю. А. Сауров д.п.н., профессор, член-корр. РАО, Киров

**Оргкомитет конференции:**

Н. Я. Молотков д.п.н., профессор, Тамбов  
Г. Г. Никифоров к.п.н., доцент, ИСРО РАО, Москва  
А. Ю. Пентин к.ф.-м.н., доцент, ИСРО РАО, Москва  
Ф. А. Сидоренко д.ф.-м.н., профессор, Екатеринбург  
Я. А. Чиговская-Назарова к.филол.н., доцент, ректор ГГПИ, Глазов  
Т. Н. Шамало д.п.н., профессор, Екатеринбург

**Перечень ВАК:** Журнал «Учебная физика» включен Высшей аттестационной комиссией (ВАК) Минобрнауки России в «Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук».

**Адрес редакции, издателя и типографии:** 427621, Удмуртия, Глазов, Первомайская, 25, Пединститут, Телефон: (341 41) 5–32–29.  
*E-mail: kropa@bk.ru*

---

---

**Учредитель:** Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Глазовский государственный инженерно-педагогический университет имени В. Г. Короленко»

Журнал «Учебная физика» зарегистрирован Комитетом Российской Федерации по печати 4 февраля 1997 года, регистрационный № 015686, перерегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор) 2 мая 2017 года, ПИ № ФС77–69506.

**Подписной индекс:** 79876.

Использование и перепечатка материалов допускаются только по договоренности с редакцией журнала.

Сдано в набор 01.08.23. Подписано в печать 20.09.23.

Дата выхода в свет: 22.09.23.

Формат 60 × 90 1/16. Усл. печ. л. 4,0.

Заказ 159. Тираж 200 экз. Цена свободная.

**Первая страница обложки:** Демонстрационный эксперимент для изучения источника тока (Майер В. В., Вараксина Е. И. Экспериментальное изучение источника постоянного тока // Учебная физика. — 2023. — № 3. — С. 39–50).

УДК 372.853

М. А. Фаддеев

## МАГНИТНЫЙ МОМЕНТ — УНИВЕРСАЛЬНАЯ ФИЗИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ТОКОВ И ПОСТОЯННЫХ МАГНИТОВ

В статье рассматриваются магнитные поля, создаваемые постоянными электрическими токами и постоянными магнитами. Показана универсальность магнитного момента как характеристики, адекватно описывающей магнитные поля круговых электрических токов и постоянных магнитов.

*Ключевые слова:* магнитное поле, магнитный момент, круговой электрический ток, постоянный магнит, школьный физический эксперимент.

Приступая к изучению электромагнетизма, учащиеся быстро усваивают, что источником электрического поля являются электрические заряды. С магнитным полем ситуация более сложная. Фундаментальный опыт Эрстеда и ряд других экспериментов убеждают учащихся, что источником магнитного поля является электрический ток, то есть движущиеся электрические заряды. Но с другой стороны, все с детства знакомы с постоянными магнитами, в которых электрический ток не просматривается. Неужели существует два разных вида магнетизма?

Важной учебно-методической задачей является убедить учащихся в единой природе магнетизма различных источников. В данной работе ограничимся анализом магнитных полей постоянных токов и постоянных магнитов.

### 1. Магнитное поле витка с током

В курсе средней школы рассматривается магнитное поле прямого проводника [1]. Однако, постоянный ток обязательно является замкнутым. Приближение постоянного тока имеет очень ограниченное применение, в основном, для учебных задач [2].

**Информация для учителя.** Трудность расчета магнитных полей реальных токов заключается в необходимости применения интегрального закона Био–Савара–Лапласа [3], изучение которого не предусмотрено в средней школе. Для школьной экспериментальной физики целесообразно в качестве источника магнитного поля сначала использовать круговой ток (виток с током).

Качественный вид магнитного поля витка показан на рис. 1. Линии магнитной индукции проходят внутри кольца в одну сторону, а вне кольца — в противоположную. Вблизи центра витка магнитные линии практически параллельны его оси  $z$ , а само поле близко к однородному. Направление магнитного поля внутри витка определяется правилом правого винта.

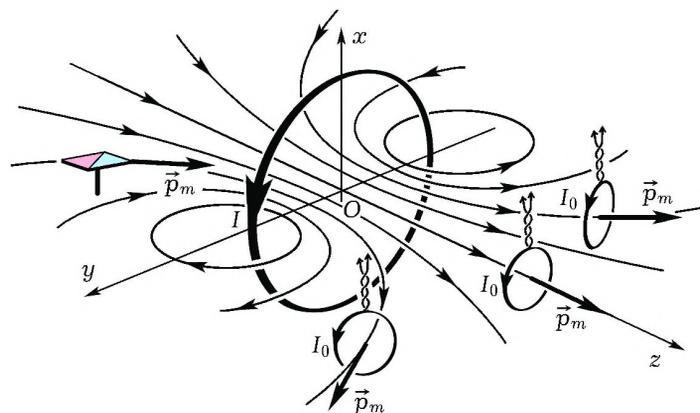


Рис. 1. Магнитное поле витка с током невидимо, но его можно визуализировать, построив карту линий магнитной индукции. Для этого применяют индикаторы магнитного поля, например, небольшой пробный виток с током  $I_0$  или магнитную стрелку

Линии магнитной индукции всегда замкнуты, следовательно, магнитное поле в основном сосредоточено внутри витка. Магнитное поле вне витка рассредоточено по бесконечному пространству и резко убывает при удалении от него. На расстояниях, больше диаметра витка, его магнитное поле пренебрежимо мало по сравнению с полем вблизи провода.

**Информация для учителя.** Расчет по закону Био–Савара–Лапласа дает, что модуль магнитной индукции на оси сим-

метрии  $Z$  выражается следующей формулой:

$$B = \frac{\mu_0 a^2 I}{2(a^2 + z^2)^{3/2}}, \quad (1)$$

где  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Н/А}^2 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$  — магнитная постоянная,  $a$  — радиус витка,  $I$  — сила тока в витке. Координата  $z$  отсчитывается от центра  $O$  витка.

## 2. Индикаторы магнитного поля

Для исследования магнетизма требуется не только источник магнитного поля, но и его *индикатор*. С этой целью можно использовать действие силы Ампера на проводник с током, расположенный близ источника магнитного поля. Однако школьная формула для силы Ампера содержит длину проводника, следовательно, удастся пронаблюдать лишь качественный эффект из-за замкнутости реальных электрических токов. Учащимся хорошо известна демонстрация магнитного взаимодействия прямых постоянных токов. Еще лучше они знакомы с действием магнитного поля на магнитную стрелку компаса (рис. 2). Но теория этого явления не проста, и в школе она не изучается.

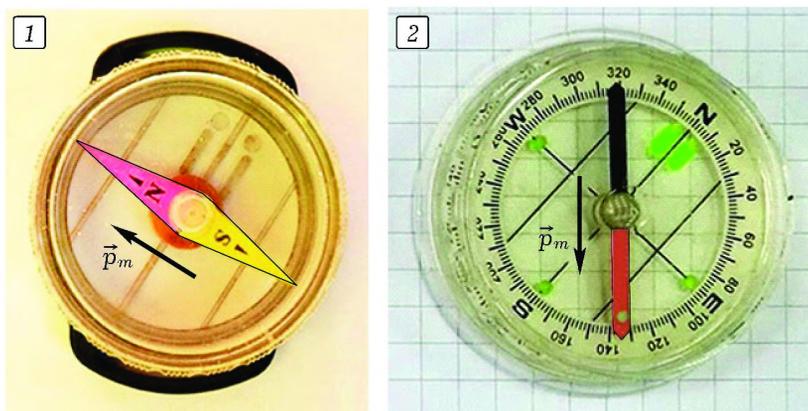


Рис. 2. В компасах для успокоения колебаний магнитной стрелки используются воздушный 1 и жидкостный 2 демпферы. Векторы  $\vec{p}_m$  показывают направления магнитных моментов стрелок

Поэтому в качестве индикатора магнитного поля возьмем виток с постоянным током. Теоретически можно рассчитать силы Ампера, действующие на каждый элемент кругового тока,

и проинтегрировать их. Однако, эта операция требует высшей математики и, главное, без нее можно обойтись.

Для экспериментов с круговыми токами целесообразно использовать многвитковые кольцевые катушки. Магнитные поля, создаваемые отдельными витками, векторно складываются. Величина магнитной индукции (1) на оси катушки, содержащей  $N$  витков, увеличивается в  $N$  раз.

Эксперименты показывают, что при совпадении направлений токов в параллельных витках, они притягиваются. Напротив, если токи в витках взаимно противоположны, то они отталкиваются.

Если один виток (катушку с током) закрепить, а другому дать свободу вращения, то он повернется так, что его ось расположится вдоль линии магнитной индукции в месте нахождения этого витка (рис. 1).

### 3. Магнитный момент витка с током

Исследования показали, что для описания магнитных явлений не обязательно применять высшую математику. При решении множества прикладных задач целесообразно использовать такую физическую величину как *магнитный момент* (рис. 3).

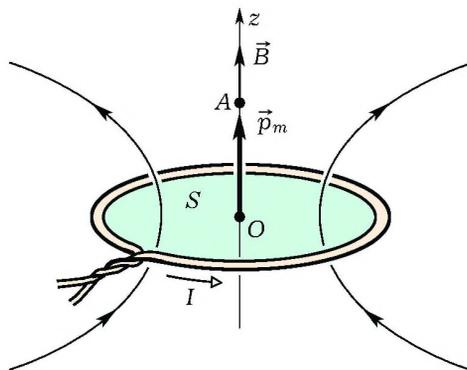


Рис. 3. Магнитное поле витка с током:  $I$  — сила тока в витке;  $S$  — площадь витка;  $\vec{p}_m$  — магнитный момент витка с током;  $\vec{B}$  — индукция магнитного поля, создаваемого током  $I$  в точке  $A$  на оси  $z$

Величина магнитного момента витка с током (в системе СИ) выражается формулой

$$p_m = IS, \quad (2)$$

где  $I$  — сила тока в витке,  $S$  — площадь, охватываемая витком. Направление вектора магнитного момента  $\vec{p}_m$  задано правилом правого винта, как изображено на рис. 3. Формула (2) и правило правого винта являются универсальными и выполняются для замкнутых токов любой формы.

**Информация для учителя.** В курсе электродинамики доказано, что на виток с током в магнитном поле  $\vec{B}$  действует момент силы  $\vec{M}$ , равный векторному произведению магнитного момента  $\vec{p}_m$  и магнитной индукции  $\vec{B}$  поля в месте нахождения витка [3]:

$$\vec{M} = [\vec{p}_m \times \vec{B}]. \quad (3)$$

Именно момент силы (3) и поворачивает виток с током, находящийся в магнитном поле, как показано на рис. 1.

Энергия витка с током во внешнем магнитном поле выражается скалярным произведением:

$$U_m = -\vec{p}_m \cdot \vec{B}. \quad (4)$$

Из этой формулы видно, что минимум энергии достигается при параллельности векторов  $\vec{p}_m$  и  $\vec{B}$ .

В опытах можно наблюдать, что виток с током, помещенный в магнитное поле, совершает затухающие колебания, теряя свою кинетическую энергию из-за работы силы трения. В установившемся состоянии вектор магнитного момента располагается по направлению вектора магнитной индукции в данном месте пространства. Следовательно, виток с током может служить надежным индикатором направления любого внешнего магнитного поля. Располагая небольшой виток с током в разных точках пространства, можно вычертить карту линий магнитной индукции (рис. 1).

Не нужно забывать, что земной шар представляет собой огромный магнит, который создает вокруг себя магнитное поле. Согласно современной физической теории, магнитное поле земного шара создано сильными электрическими токами в жидком металлическом ядре (речь идет о теории самораскручивания динамо). Можно сказать, внутри Земли находится гигантский виток с током! Магнитная стрелка компаса устанавливается в магнитном поле этого витка в направлении вектора магнитной индукции, то есть параллельно вектору магнитного момента свободно висящего витка с током.

#### 4. Магнитный момент постоянного магнита

Оставаясь в рамках классической физики, можно движение электронов в атоме приближенно представить некоторым эффективным круговым электрическим током. Следовательно, каждый атом обладает микроскопическим магнитным моментом [4, 5].

Так как электронов в атомах металлов много и они находятся в разных энергетических состояниях, то эти магнитные моменты различны у атомов разных химических элементов. У некоторых они равны нулю, у других — нет. Но у большинства химических элементов магнитные моменты атомов хаотически разориентированы и макроскопический образец вещества не является источником магнитного поля.

Вещества, из которых состоят постоянные магниты, называются ферромагнетиками. Строгое описание явления ферромагнетизма возможно только в рамках квантовой теории.

Для школьной физики достаточно знать, что в ферромагнетиках магнитные моменты спонтанно упорядочиваются [4, 5]. Векторы магнитных моментов близких атомов выстраиваются в пространстве параллельно друг другу (рис. 4.1), образуя *домены*. Объемы доменов микроскопические, но могут превышать кубический миллиметр.

Отдельные домены в макроскопическом образце ферромагнетика могут быть разориентированы, и тогда он не проявляет магнитных свойств. Под действием внешнего магнитного поля магнитные моменты доменов упорядочиваются (рис. 4.2).

**Информация для учителя.** *Магнитные свойства ферромагнетика описываются вектором намагниченности  $\vec{J}$ , равным магнитному моменту единицы объема. Магнитный момент постоянного магнита равен  $\vec{P}_m = V\vec{J}$ , где  $V$  — объем магнита.*

Таким образом, витки с током и постоянные магниты могут быть описаны одной и той же векторной физической величиной — магнитным моментом.

Для создания постоянного магнита требуется ферромагнетик намагнитить, то есть подвергнуть влиянию какого-либо внешнего магнитного поля. При этом магнитные моменты доменов должны упорядочиться, как показано на рис. 4.3. Природные магниты (куски магнетита) были намагничены магнитным полем Земли.

Чтобы получить постоянный магнит, можно кусок ферромагнетика поместить в магнитное поле витка (или многовитковой

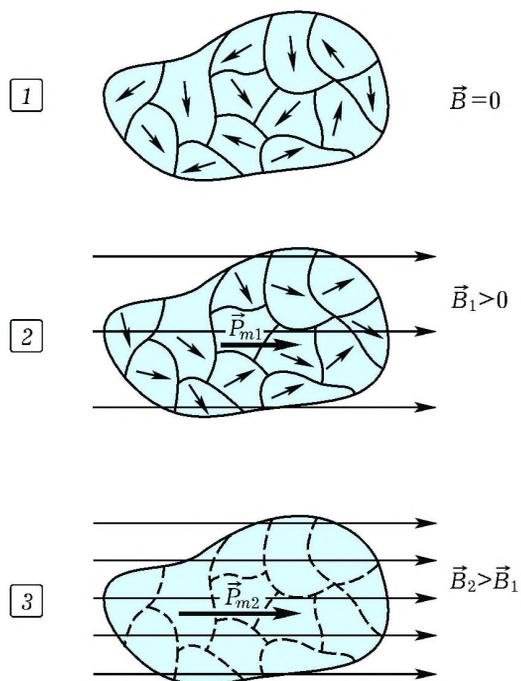


Рис. 4. Области спонтанной намагниченности (домены) ферромагнетика [4, 5]: 1 — в отсутствие внешнего магнитного поля  $\vec{B} = 0$  магнитные моменты доменов ориентированы беспорядочно; 2 — при увеличении внешнего поля магнитные моменты доменов поворачиваются по полю и ферромагнетик приобретает не равный нулю магнитный момент; 3 — достигнуто полное упорядочивание доменов ферромагнетика

катушки) с током. Согласно вышеизложенному, домены развернутся так, что вектор намагниченности  $\vec{J}$  ферромагнетика станет параллельным вектору магнитной индукции  $\vec{B}$  внешнего магнитного поля.

Среди различных типов ферромагнетиков существуют «жесткие», которые, после удаления внешнего магнитного поля, сохраняют свою намагниченность  $\vec{J}$ . Таким образом, создаются постоянные магниты.

Ряд важных задач решается на основе анализа взаимодействия магнитных моментов физических объектов.

## 5. Магнитная стрелка как физический прибор

Стрелка компаса представляет собой постоянный магнит. Маркировка стрелки такова, что ее магнитный момент направлен от южного полюса к северному (рис. 2).

Так как магнитная стрелка обладает магнитным моментом как и виток с током, то компас можно использовать для построения карты магнитного поля различных источников. Согласно уравнению (4), магнитный момент стрелки компаса устанавливается по направлению вектора магнитной индукции в данном месте пространства. Работа с компасом значительно удобнее, чем с витком тока, так как стрелка на оси может только поворачиваться, но не смещаться.

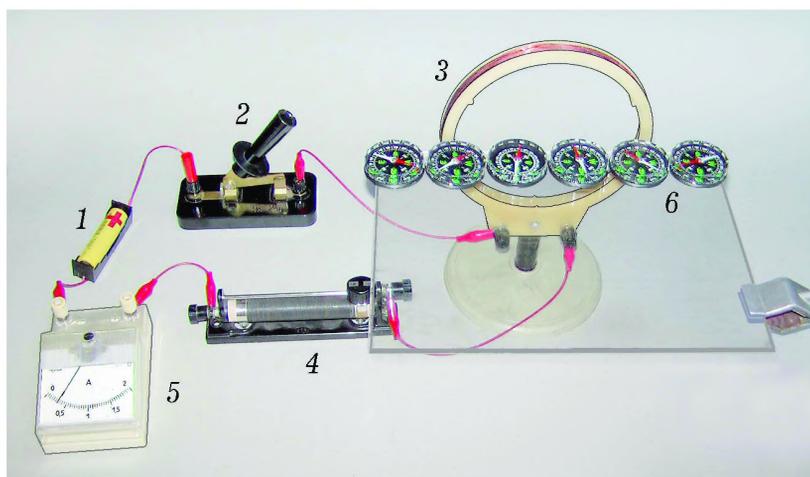


Рис. 5. Экспериментальная установка для исследования магнитного поля тонкой катушки с током

На рис. 5 представлена экспериментальная установка для исследования магнитного поля многовитковой катушки с током с помощью магнитных стрелок компасов. Для ее сборки положительный полюс литий-ионного аккумулятора 1 типа IMR 18650 (3,7 В, 2600 мАч) через однополюсный ключ 2 соединяют с одним из выводов тонкой многовитковой катушки 3, которую через реостат 4 и амперметр 5 соединяют с отрицательным полюсом аккумулятора. Линейку магнитных стрелок 6, параллель-

ную горизонтальному диаметру катушки, формируют из компасов, которые устанавливают на пластине оргстекла. Результаты качественного исследования магнитного поля тонкой катушки с током приведены на рис. 6.

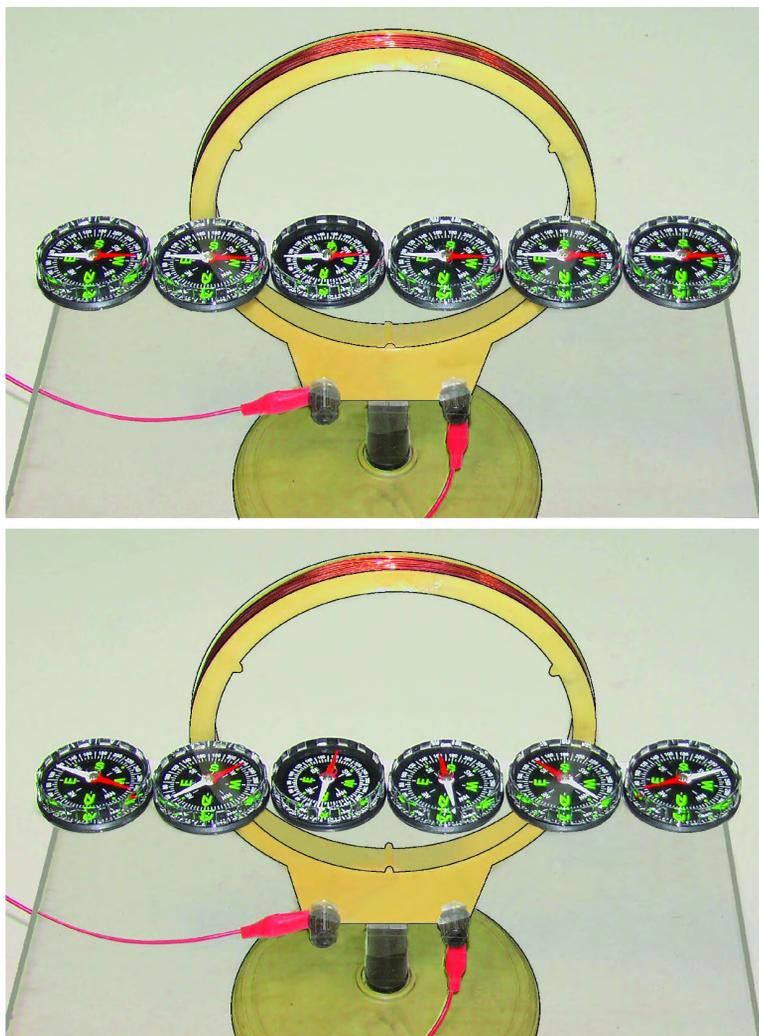


Рис. 6. Магнитное поле вблизи катушки с током: 1 — катушка обесточена; 2 — по катушке идет ток. Эти фотографии полезно сравнить с рис. 1

Теперь целесообразно провести аналогичные исследования магнитного поля полосового магнита (рис. 7.1).

Нетрудно видеть, что карта линий магнитной индукции, приведенная на рис. 7.2, похожа на ту, которая показана на рис. 1. Это дает основание высказать два утверждения. Во-первых, допустимо считать, что магнитный момент стрелки компаса позволяет на качественном уровне изучать магнитные поля источников любой природы. Во-вторых, магнитные поля постоянных магнитов и замкнутых электрических токов в первом приближении можно характеризовать вектором магнитного момента.

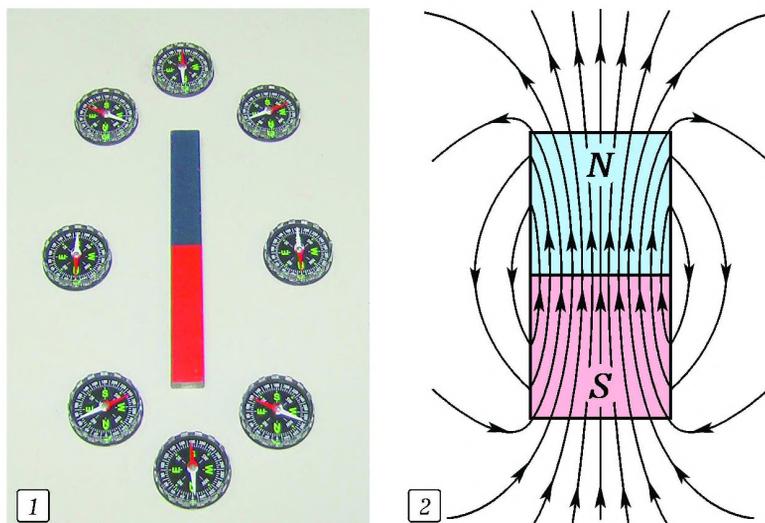


Рис. 7. С помощью магнитных стрелок можно исследовать магнитное поле вокруг постоянного магнита: 1 — физическая сущность метода; 2 — карта линий магнитной индукции, для построения которой вне магнита использована магнитная стрелка

## 6. Сила взаимодействия магнитных моментов

**Информация для учителя.** Сила взаимодействия двух магнитных моментов даже в первом приближении выражается двойным векторным произведением. Рассмотрим частный случай параллельных магнитных моментов. Если размеры объектов с магнитными моментами  $\vec{p}_{m1}$  и  $\vec{p}_{m2}$  существенно меньше расстояния между ними  $z$ , то они притягиваются с силой  $\vec{F}$ , модуль которой равен [6]:

$$F = 3\mu_0 \frac{p_{m1} p_{m2}}{2\pi z^4}. \quad (5)$$

Сила  $\vec{F}$  описывает, в частности, притяжение железных предметов электромагнитом.

Величину магнитного момента электромагнита можно выразить формулой:

$$p_{m1} = \mu NIS. \quad (6)$$

где  $\mu$  — магнитная проницаемость ферромагнетика,  $N$  — количество витков соленоида,  $I$  — сила тока в обмотке электромагнита,  $S$  — площадь поперечного сечения соленоида.

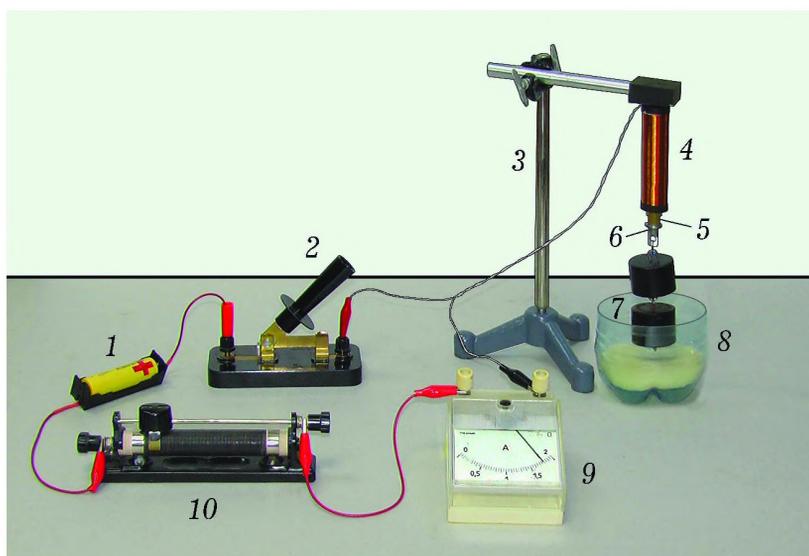


Рис. 8. Экспериментальная установка для исследования зависимости подъемной силы электромагнита от силы электрического тока

Под действием магнитного поля электромагнита стальной якорь намагничивается. Вектор намагниченности  $\vec{J}$  и, следовательно, магнитный момент якоря  $p_{m2}$  пропорциональны величине магнитной индукции  $B$ , создаваемой электромагнитом, и следовательно, величине магнитного момента электромагнита  $p_{m1}$ . Согласно формуле (5), величина силы притяжения  $F$  пропорциональна произведению модулей магнитных моментов  $p_{m1}$  и  $p_{m2}$ , следовательно, квадрату силы тока  $I$  в обмотке электромагнита. Формула (5) выведена в предположении, что расстояние между моментами  $\vec{p}_{m1}$  и  $\vec{p}_{m2}$  велико. Но можно предположить, что зависимость силы притяжения между сердечником

электромагнита и якорем от силы тока  $I$  сохраняется и при соприкосновении якоря с сердечником.

Чтобы проверить это предположение, проводят экспериментальное исследование подъемной силы электромагнита.

Вариант экспериментальной установки изображен на фотографии, представленной на рис. 8. При подготовке к исследованию школьники по этой фотографии рисуют принципиальную схему установки и обозначают все ее элементы: 1 — литий-ионный аккумулятор (3,7 В, 2600 мАч); 2 — ключ однополюсный; 3 — штатив; 4 — катушка электромагнита (400 витков, провод ПЭЛ 0,75, длина намотки 75 мм); 5 — сердечник из магнитомягкой стали; 6 — якорь из магнитомягкой стали; 7 — два груза массой 100 г каждый; 8 — пластиковый стакан с поролоновой подушкой; 9 — школьный лабораторный амперметр (предел измерения 2 А); 10 — школьный лабораторный реостат (максимальные сопротивление и сила тока 8 Ом и 2 А).

Таблица 1  
Сила тока в обмотке электромагнита  
и максимальный вес удерживаемого груза

$I$ , А	$m$ , г	$F$ , Н
0	0	0
0,57	33,3	0,33
0,94	83,4	0,82
1,20	147,0	1,44
1,96	384,6	3,77

Эксперимент проводят следующим образом. Собрав установку, замыкают ключ, реостатом устанавливают силу тока 2 А, подвешивают на магнит якорь с грузом и уменьшают силу тока до тех пор, пока якорь не оторвется от сердечника. Массу груза и силу тока, при которой произошел отрыв якоря, записывают в таблицу. С этим грузом опыт повторяют не менее 3 раз, чтобы исключить случайный промах. Затем описанные действия в точности повторяют для всех грузов. Для каждого груза в электронных таблицах *Excel* вычисляют среднее значение силы тока отрыва и строят график зависимости максимальной силы притяжения электромагнита от силы тока:  $F = F(I)$ .

Возможен другой вариант выполнения эксперимента: к якорю электромагнита привязывают чашку, в которую постепенно добавляют небольшие немагнитные грузики до тех пор, пока якорь не оторвется от сердечника. Результаты, полученные

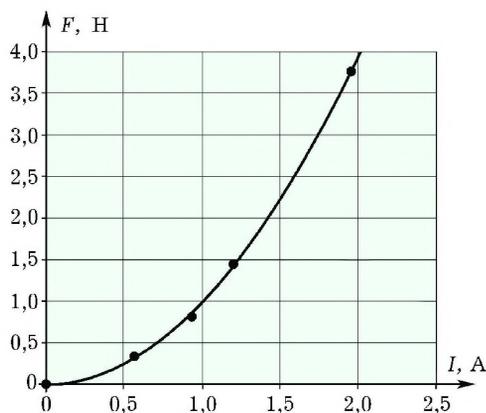


Рис. 9. Результаты исследования зависимости подъемной силы электромагнита от силы электрического тока

в этом варианте исследования, приведены в табл. 1. По этим данным в электронных таблицах *Excel* построен график искомой зависимости  $F = F(I)$ . Он аппроксимирован квадратичной функцией  $F = CI^2$ , где  $C$  — эмпирический коэффициент. На рис. 9 наблюдаются совпадение результатов эксперимента и квадратичной аппроксимации в пределах погрешностей [7].

Таким образом, использование магнитного момента позволяет описать свойства магнитных полей разной природы и проводить анализ школьных физических экспериментов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Мякишев Г. Я. Физика. 11 класс: учеб. для общеобразоват. организаций: базовый уровень / Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев, В. М. Чаругин; под ред. Н. А. Парфентьевой. — М.: Просвещение, 2016. — 432 с.
2. Фаддеев М. А., Лебедева О. В. Электричество и магнетизм. Учебное пособие. — Н. Новгород: Изд-во ННГУ, 2014. — 349 с.
3. Калашников С. Г. Электричество: Учебн. пособие — М.: Физматлит, 2004. — 624 с.
4. Физика: Учеб. пособие для 10 кл. школ и классов с углубл. изуч. физики / О. Ф. Кабардин, В. А. Орлов, Э. Е. Эвенчик и др.; Под ред. А. А. Пинского. — 2-е изд. — М.: Просвещение, 1995. — 416 с.
5. Физика. 10 класс: учеб. для общеобразоват. организаций: углубл. уровень / [О. Ф. Кабардин, и др.]: под ред. А. А. Пинского, О. Ф. Кабардина. — 6-е изд. — М.: Просвещение, 2020. — 416 с.
6. Слободянюк А. И. Физика 10/13.5. [https://www.physbook.ru/index.php/Слободянюк\\_А.И.\\_Физика\\_10/13.5](https://www.physbook.ru/index.php/Слободянюк_А.И._Физика_10/13.5).
7. Андреев П. В., Фаддеев М. А. Как написать и защитить школьную научно-исследовательскую работу по физике. Учебно-методическое пособие. — Н. Новгород: Изд-во ННГУ, 2021. — 72 с.

Национальный исследовательский  
Нижегородский государственный  
университет им. Н. И. Лобачевского

Поступила в редакцию 05.07.23.

## ABSTRACTS

**Shamalo T.N., Usoltsev A.P. A talented person is talented in everything! To the anniversary of Peter Vladimirovich Zuev.** The paper is devoted to the anniversary of Professor Peter Vladimirovich Zuev. *Keywords:* Russian physics education, Professor Peter Vladimirovich Zuev, teacher, scientist.

**Dammer M. D., Sibagatullin A. A., Demin P. A., Gorbunov P. V. Homemade equipment for the study of statics in physics lessons.** A demonstration installation is offered that helps the teacher and students when studying statics. The design of the installation, a set of equipment for experiments, manufacturing technology and parameters of the main elements are described in detail. Examples of practical application of the developed installation for demonstration of numerous static phenomena and experimental substantiation of the results of solving physical problems of various levels are given. *Keywords:* teaching physics, statics, simple mechanisms, homemade equipment.

**Mayer V. V., Vasiliev I. A., Samarin I. V. Homemade Duboshinsky's pendulum.** The technology of manufacturing by students of the main parts for the assembly of Duboshinsky's magnetic pendulum is proposed. The purpose of optional practical activity of teachers and students is to test the possibility of manufacturing an educational model of this device using standard equipment of the school physics room. *Keywords:* Duboshinsky's pendulum, operating model, physics room, educational equipment.

**Faddeev M. A. Magnetic moment — universal physical characteristic of magnetic fields of electric currents and permanent magnets.** The paper considers magnetic fields of constant electric currents and permanent magnets. We have shown the universality of the magnetic moment as a characteristic that adequately describes the magnetic fields of circular electric currents and permanent magnets. *Keywords:* magnetic field, magnetic moment, circular electric current, permanent magnet, school physics experiment.

**Mayer V. V., Varaksina E. I. Experimental study of a DC source.** We propose to perform an experimental study of a DC thermoelectric source and give a simple explanation of the experimental results before considering a galvanic cell in a general physics course. The advantage of this approach is that the elementary theory of a thermoelectric source is quite accessible to students, does not require knowledge of electrochemical processes and is justified by simple and visual demonstration experiments. *Keywords:* thermoelectric source, direct current, electromotive force, Fermi level.

**Tarchevsky A. E. Organization of a physical workshop in a modern primary and high school.** The main author's principles of the organization and implementation of a modern and original physical workshop in high school are considered. *Keywords:* modern school, physical workshop, organization, basic principles.