

*Раздался голос, взор мой понуждая
Оборотиться, как иглу звезда.*

Данте

Осмотрев и изучив в большом количестве то, что извлекается из высоких гор, морских глубин, подземных пещер и потаенных рудников, мы... долго и много, с большим старанием занимались исследованием магнитных сил.

Уильям Гильберт

...магнитные явления вызываются исключительно электричеством и... нет иной разницы между двумя полюсами магнита,

чем их положение относительно токов, из которых этот магнит состоит.

Андре Мари Ампер

Я попытался дать вам качественные объяснения диамагнетизма и парамагнетизма, однако хочу тут же внести поправку и сказать, что с точки зрения классической механики честным путем понять магнитные эффекты невозможно. Подобные магнитные эффекты – явления целиком квантово-механические.

Ричард Фейнман

А так ли хорошо знакома вам ВЗАИМОСВЯЗЬ ВЕЩЕСТВА И МАГНИТНОГО ПОЛЯ?

От первых попыток многовековой давности приспособить естественные магниты для своих нужд, прежде всего для навигации, человек прошел гигантский путь в понимании тончайших процессов, происходящих внутри окружающих нас тел при их помещении в магнитное поле. Следующие одно за другим открытия воплощались в электрических машинах и трансформаторах, приборах для записи и воспроизведения звука, находили применение в совершенствовании средств связи и вычислительной техники.

Рождение магнетохимии, изучающей магнитные свойства веществ и их связь со строением молекул; использование магнитострикции, т.е. способности тел менять форму и размеры при намагничивании, для производства ультразвука и применение фотоэлектромагнитного эффекта в качестве инструмента для оценки качества полупроводников; разработка ферритов как альтернативы металлическим магнитам; установление взаимозависимости между сверхпроводимостью и магнетизмом – многим оказался славен уходящий век в исследовании магнитных материалов. Однако он вовсе не исчерпал все связанные с ними задачи – их хватит и на ваш век! Уж очень заманчивы перспективы работы с веществами, обладающими неведомыми ранее магнитными свойствами, и устройствами на их ос-

нове, отличающимися высокой надежностью, миниатюрностью, огромной информационной емкостью. А сколько интересных, порой загадочных, проявлений магнетизма в живой природе!

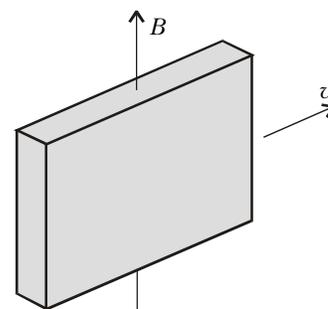
Так что пусть вас не смущают слова Р.Фейнмана о сложности изучения магнитных явлений. Не забывайте, что издавна, по крайней мере со времен Данте, магнетизм завораживал даже поэтов, а само слово «магнит» во французском языке происходит от глагола «любить». И если эта тема притянет вас, как магнит, – успех обеспечен!

Вопросы и задачи

1. Отчего вертикально стоящие стальные оконные решетки с течением времени намагничиваются? На каком конце вертикального прута возникает северный полюс и на каком – южный?
2. Действительно ли постоянны постоянные магниты?
3. Можно ли намагнитить железный шарик?
4. Почему электромагнитный кран не применяют для переноски горячего проката?
5. Кювета с раствором медного купороса помещена между полюсами сильного электромагнита (поверхность жидкости перпендикулярна магнитному полю). В центре кюветы в раствор опущен медный электрод, соединенный с положительным полюсом источника

тока, а по периметру погружено медное кольцо, соединенное с отрицательным полюсом. Что произойдет при замыкании цепи?

6. Длинная и тонкая незаряженная пластинка из немагнитного металла движется с постоянной скоростью перпендикулярно линиям магнитной индукции, как показано на рисунке. При этом



между боковыми плоскостями пластинки возникает разность потенциалов. Почему?

7. Можно ли защититься от внешнего магнитного поля с помощью ферромагнитной оболочки, подобно экранировке от электростатических полей?

8. Почему колебания стрелки компаса затухают быстрее, если корпус прибора лагунный, и медленнее – если пластмассовый?

9. Зачем сердечник трансформатора собирают из отдельных пластин?

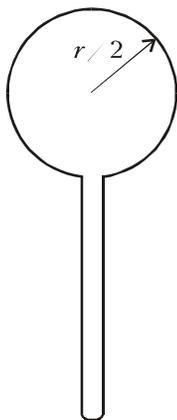
10. Зависит ли индуктивность катушки с железным сердечником от силы тока в ней?

11. Как изменится магнитное поле катушки с током, если в нее ввести сердечник: а) железный; б) алюминиевый; в) медный?

12. При исследовании магнитной проницаемости жидкостей их поочередно наливают в сообщающийся сосуд, одно из колен которого помещают между полюсами сильного электромагнита. Отчего одни жидкости поднимаются в этом колене, а другие опускаются?

13. Отчего пламя свечи, помещенное между полюсами магнита, выталкивается наружу?

14. Что произойдет в кольце, когда в него введут магнит, если кольцо сделано из: а) диэлектрика; б) проводника; в) сверхпроводника?



15. По сверхпроводящему кольцу радиусом r идет ток. Форму кольца меняют так, как изображено на рисунке. Как изменится индукция магнитного поля в центре умень-

шенного кольца по сравнению с индукцией в центре первоначального кольца?

Микроопыт

Тонкий железный гвоздь подвесьте на легкой несгораемой нити так, чтобы при включении сильного электромагнита, находящегося поблизости, гвоздь отклонялся, попадая в пламя горелки. Вы увидите, что через некоторое время, словно «обжегшись», гвоздь выскакивает из пламени и возвращается в исходное положение. Затем все повторяется. В чем причина периодических движений гвоздя?

Любопытно, что...

...первым обстоятельным трудом о свойствах и методах применения магнита, в котором шла речь о магнитном камне и были даны указания, как находить у него полюса и намагничивать им железную иглу, был появившийся во Франции в 1269 году рукописный трактат «Послание о Магните Пьера де Марикура, по прозванию Пе-

регрина, к рыцарю Сигеру де Фукокур».

...еще Гильберт предположил, что в природе должны существовать «магнитные заряды» – северный и южный. Эти воззрения были развиты Кулоном, установившим закон взаимодействия таких «зарядов», в точности совпадающий с известным законом для зарядов электрических. И только Ампер, объяснив все магнитные явления с помощью элементарных электрических токов, сделал гипотезу об особых магнитных зарядах излишней.

...любому вращающемуся телу, в том числе и планетам, должно быть присуще небольшое намагничивание. Попытки обнаружить его предпринимал еще выдающийся российский физик П.Н.Лебедев. Впоследствии, на более совершенном оборудовании, это явление подтвердилось, в частности было измерено намагничивание стержня при его вращении вокруг продольной оси.

...суммарная магнитная проницаемость сплава диамагнитного золота и парамагнитной платины падает на два порядка по сравнению с обычными ферромагнитными веществами.

...в отличие от парамагнетиков и диамагнетиков, магнитная проницаемость ферромагнитных веществ определяется интенсивностью внешнего магнитного поля. Так, у железа магнитная проницаемость в слабых полях может достигнуть значений в несколько тысяч единиц, а в сильных полях ее значения снижаются до сотен единиц и ниже. При температурах же выше так называемой точки Кюри (для железа она равна 767°C) все ферромагнетики становятся парамагнетиками.

...некоторые сплавы парамагнитных и диамагнитных металлов, например так называемый сплав Гейслера из меди, марганца и алюминия, почти не уступают по своим магнитным свойствам железу. Сейчас получены вполне «работоспособные» магниты из... органических материалов.

...магниты, изготовленные из соединений самария и кобальта, обладают огромной подъемной силой. Магнит в виде маленького

шарика способен удерживать груз, в сотни раз превышающий по массе сам шарик.

...не очень сильное магнитное поле, в которое помещен сверхпроводник, вытесняется из его толщи, а достаточно сильное магнитное поле разрушает сверхпроводящее состояние. Этот эффект можно использовать для создания логических элементов памяти в ЭВМ на сверхпроводниках.

...благодаря новым открытиям в магнетизме, становится реальным производство устройств памяти со сверхплотной записью информации, когда на площади с ноготь большого пальца (любимое сравнение американских компьютерщиков) размещается десятки тысяч копий «Одиссеи» Гомера.

...в сверхсильных магнитных полях, например на поверхности нейтронных звезд, атомы вещества образуют полимерные цепочки, выстроенные вдоль линий поля. Они столь крепки, что даже при температуре в миллионы градусов вещество пребывает в кристаллическом состоянии. В подобных полях диэлектрик может стать металлом и наоборот.

Что читать в «Кванте» о взаимосвязи вещества и магнитного поля

(публикации последних лет)

1. «Точка Кюри» – 1996, №2, с.35;
2. «Магниты, заряды, планеты...» – 1996, №3, с.40;
3. «Можно ли увидеть магнитное поле?» – 1996, №6, с.37;
4. «Как устроены металлы?» – 1997, №2, с.2;
5. «Магнитная монополия» – 1998, №2, с.2;
6. «Магниты... бывают без металла» – 1998, №3, с.17;
7. «ФЭМ- эффект» – 1998, №4, с.3;
8. «Катушки индуктивности в электрических цепях» – 1998, №4, с.44 или 1999, Приложение №2, с.90;
9. «Осторожно: магнитное поле» – 1999, №3, с.41;
10. «Страсти по сверхпроводимости в конце тысячелетия» – 2000, №1, с.2.

Материал подготовил
А.Леонович