

*По страницам исторической физики*

8, 10-11 класс:

**Ключевые слова:** В. Гильберт, постоянные магниты, намагничивание, ковка металла

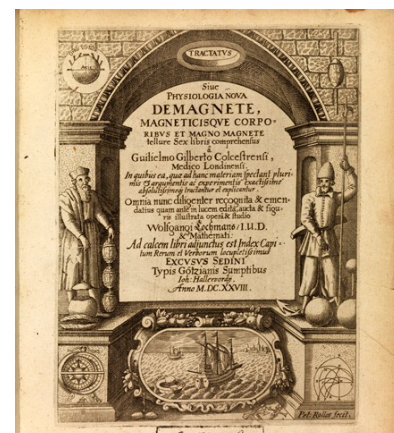
Мне остается сказать, по какому закону природы  
 Может железо к себе притягивать камень, который  
 Греки «магнитом» зовут по названию месторождения,  
 Ибо находится он в пределах отчизны магнетов,  
 Этому камню народ удивляется, ибо нередко  
 Цепью звено к звену, от него исходя, повисает.  
 Можно ведь видеть порой, что, качаясь от легкого ветра,  
 Пять или больше таких свободно спускается звеньев,  
 Все они вместе висят и, одно к одному прилепляясь,  
 Камня силу и связь друг от друга тогда испытуют:  
 Так его сила всегда непрерывным вливается током.  
 Многие твердо должно здесь быть установлено прежде,  
 Нежели сможешь постичь ты правильно сущность предмета.

Тит Лукреций Кар «О природе вещей». Кн. VI. Пер. Ф. Петровского [1, с. 283].



http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/87/William\_Gilbert.jpg

Прошло более 1600 лет после создания поэмы Л. Кара «О природе вещей», прежде чем свойства магнитов были, если и не объяснены полностью, то подробно описаны английским учёным У. Гильбертом (*William Gilbert*). Его трактат «О магните...» на латинском языке выдержал в XVII веке три издания (1600; 1628, 1633 гг.). В конце XIX века сочинение было переведено на английский язык и стало доступно широкому кругу читателей [2, 3].



В. Гильберт (1544–1603)



Первая страница издания 1628 г.

**О намагничивании железа путёмковки...**

«Пусть кузнец выковывает из раскалённой железной массы костыль, весом две-три унции и длиной в 9 дюймов. Пусть он станет лицом на север, спиной на юг и оковывает раскалённую заготовку так, чтобы она раздавалась под ударами в северном направлении; и пусть, разогревая заготовку, раз или два, (если это потребуется для завершения работы), он будет располагать костыль на том же месте и в том же направлении на север. И, если он точно таким образом изготовит два, три железных костыля, нет пусть даже одну – четыре сотни, все костыли, будучи положенными при ковке в направлении на север и остывшими на том же самом месте, будут поворачиваться определённым концом на север (если, конечно, ими проткнуть куски пробки, опущенные на воду).» [3, с. 140].

Кованый костыль



Намагничивание железа при ковке, костыль расположен с юга (*Avstret*) на север (*Septentrio*) [3, с. 139]

У. Гильберта, называют первым английским учёным-физиком. Вероятно, намагничивание при ковке железа, было известно и до него, однако, он, как учёный, проанализировал факторы, способные влиять на этот процесс: •ковка железа •нагревание-охлаждение •ориентация стержня вдоль магнитной силовой линии. Так, согласно Гильберту, ковка костыля, лежащего в определённом направлении, приводила к его намагничиванию, однако, в тех случаях, когда он был обращён на запад или восток, намагниченности практически не наблюдалось. Нагревание стержня, ориентированного на полюса Земли в течение 8–10 часов с последующим охлаждением также приводило к появлению свойств магнита, причём Гильберт описывает перемагничивание: костыль, имевший определённую

ориентацию полюсов по отношению к полюсам Земли, будучи перевернут и положен в сильный огонь, а затем охлаждён, изменял положение полюсов на противоположное. В своём сочинении Гильберт приводит удивительный пример, когда стержень, согнутый ветром, на крыше церкви Св. Августина в Римини, и находившийся в таком положении 10 лет, приобрёл магнитные свойства, не будучи ни нагретым, ни обработанным молотом. Из всех факторов, определяющих эффект намагничивания, учёный выделяет главный: большой магнит – Земля действует на железо и изменяет его магнитные свойства. Способ намагничивания, описанный Гильбертом, вошёл в курсы физики: «Магничение железа влиянием Земного Шара можно увеличить разными механическими средствами <...>. Если взять железную палку, длиною фута в 2, и держа оную вертикально, ударять слегка по её верхнему концу; то она сделается магнитною, и будет иметь северный полюс вверху, а южный внизу» [4, Ч. II. С. 382–383].

**Вопросы и задания**

1. Примите, что костыль (*iron spike*) массой три унции и длиной в 9 дюймов имеет форму четырёхгранной пирамиды, основанием которой является квадрат. Оцените размеры железного костыля, описанного у Гильберта.

*Решение.* Масса костыля  $m \approx 85$  г, длина  $l \approx 22,9$  см. Чтобы вычислить размер стороны основания учтём, что объём

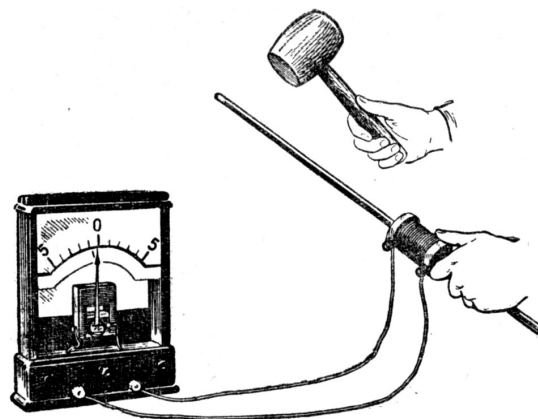
пирамиды  $V = \frac{1}{3} d^2 l$ , а плотность железа  $\rho = 7,8$  г/см<sup>3</sup>; тогда имеем:  $d = \sqrt{\frac{3m}{\rho l}} \approx 12$  мм.

2. В своей книге Гильберт пишет, что железная заготовка, вынута из печи (горна) перед обработкой молотом светится, употребляет он в тексте и термин «сильный огонь» (*strong fire*). Оцените, какую температуру должен быть иметь «сильный огонь», и каким цветом светился металл?

*Решение.* Выдержанное в сильном огне железо полностью теряло свою первоначальную намагничённость, значит, оно было нагрето выше температуры Кюри ( $t = 769$  °С). Ориентируясь на цвет каления ([http://ru.wikipedia.org/wiki/Цвет\\_каления](http://ru.wikipedia.org/wiki/Цвет_каления)), заключаем, что железная заготовка должна иметь светло-вишнёвый или в крайнем случае вишнёвый цвет, при этом горячий огонь должен иметь температуры выше 800 °С, чтобы эффективно нагревать металл. Для средних сортов стали температура 1000 °С совершенно достаточна дляковки и вполне надёжна (<http://ru.wikipedia.org/wiki/Ковка>), а это значит, что скорее всего железная заготовка была жёлтого цвета.

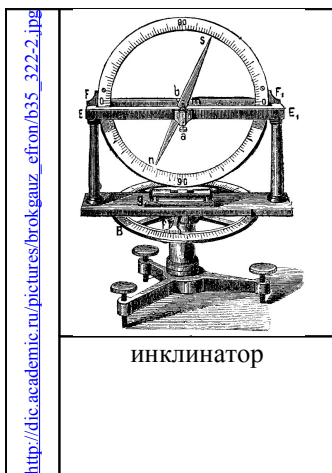
3. В середине XX века опыт Гильберта по намагничиванию ударами получил дальнейшее развитие. Прочтите текст и вставьте пропущенные слова.

«Стальные постоянные магниты рекомендуется оберегать от резких ударов, иначе они частично <...> [размагничиваются], вследствие разориентации <...> [доменов]. Наоборот, при намагничивании стали, особенно в слабом магнитном поле, удары способствуют более сильному <...> [намагничиванию]. Для демонстрации этого явления на длинный стержень из <...> [стали] надевают катушку, содержащую большое число витков изолированного провода и присоединяют к зажимам гальванометра. С помощью инклинометра и компаса определяют направление <...> <...> <...> [вектора индукции магнитного] поля Земли



в классной комнате. Для удобства в штативе закрепляют деревянную указку параллельно <...> <...> <...> [вектору индукции магнитного] поля Земли, а стержень, обхватив вместе с катушкой левой рукой, располагают <...> <...> [параллельно указке]. По концу стержня ударяют деревянным молотком-кианкой. При этом при первом ударе наблюдают заметный <...> [отброс] стрелки гальванометра, свидетельствующий о возникновении в цепи <...> <...> [индукционного тока], при втором ударе <...> [отклонение] стрелки гальванометра существенно <...> [меньше], при последующих ударах стрелка гальванометра остаётся практически неподвижной. Возникновение <...> <...> [индукционного тока] в катушке согласно закону Фарадея обусловлено изменением <...> <...> [магнитного потока] сквозь неё. Увеличение <...> <...> [магнитного потока] связано с ориентацией <...> [доменов] по <...> <...> <...> [вектору индукции магнитного] поля Земли, при этом при втором и последующих ударах наблюдается постепенное насыщение, обусловленное тем, что всё большее и большее число <...> [доменов] оказывается ориентированным по <...> [полю]. Намагниченность стержня можно подтвердить <...> [быстро] вынув и затем, вставив его в катушку, при этом гальванометр покажет броски стрелки <...> <...> [противоположного направления]. Если

вставив стержень в катушку, расположить его перпендикулярно силовым линиям магнитного поля Земли (их направление показывает указка) и ударить киянкой, то стрелка гальванометра отклонится в сторону <...> <...> [противоположной той], в какую она отклонялась при намагничивании, потому что происходит размагничивание стержня и <...> <...> [магнитный поток] сквозь катушку <...> [уменьшается]. Намагнитим стержень ударами, как это было сделано в самом начале, повернём его аккуратно на 180° и медленно вставим в катушку, расположив параллельно указке. Если теперь ударить по стержню, то будет наблюдаться <...> [большее] отклонение стрелки,



инклинометр

[http://dic.academic.ru/pictures/brokgauz\\_efron/b35\\_322-2.jpg](http://dic.academic.ru/pictures/brokgauz_efron/b35_322-2.jpg)

поскольку будет происходить <...> [перемагничивание] стержня под действием <...> <...> [магнитного поля] Земли, и магнитный поток будет меняться за время удара <...> [значительнее]. Для проведения катушка и гальванометр должны быть согласованы по сопротивлению (примерно равны), а наблюдаемый эффект не превосходит одного деления шкалы гальванометра, о полной намагниченности стержня в таком опыте говорить не приходится, для лучшего проведения рекомендуется брать отожжённую сталь. Описанные опыты практически аналогичны тем, которые ставил Гильберт, индикатором намагниченности стержня в его опытах служила определённая <...> [ориентация] свободного плавающего железного стержня в <...> <...> [магнитном поле] Земли, в данном случае и индикатором служит возникновение <...> <...> [индукционного тока] вследствие явления <...> <...> [электромагнитной индукции], открытого также английским учёным <...> [Фарадеем]. (Текст задания составлен на основе [5]).



#### КАЧЕСТВЕННЫЕ ЗАДАЧИ

Из «Собрания вопросов и задач по элементарной физике А.И. Бачинского» [6]  
(К 90-летию выхода в свет первого издания 1922 г.)

784. К разным местам стального стержня притягивается как северный, так и южный полюс стрелки. Что можно сказать про магнитное состояние стержня?

*Ответ.* Он не намагничен.

797. Магнитная стрелка, прикреплённая к пробке, плавает на поверхности воды. а) Как будет вести себя стрелка? б) Будет ли стрелка стремиться к северу? в) Если рядом со стрелкой поместить магнит, будет ли эта стрелка притягиваться? Объясните различие между случаями б и в.

*Решение.* Магнитная стрелка будет ориентироваться по магнитному полю Земли, развернётся по полю, однако стремиться к северному (географическому!) полюсу она не будет. Магнитное поле Земли можно считать однородным на расстоянии, равном длине стрелки, поэтому, когда стрелка установилась вдоль магнитной силовой линии, её

северный конец будет притягиваться к южному магнитному полюсу Земли с той же силой, с какой южный конец стрелки будет от него отталкиваться. Поле же постоянного магнита существенно неоднородно, поэтому стрелка притянется к магниту. (В первом приближении можно считать, что поведение магнитной стрелки аналогично поведению электрического диполя в электростатическом поле: однородно поле оказывает лишь ориентирующее действие, и диполь втягивается в область более сильного неоднородного поля.)



Из сборника «Вопросов и задач по физике А.В. Цингера» [7]  
(К столетию выхода в свет первого издания 1913-2013)

965. Имеются два совершенно одинаковых стальных бруска, из которых один намагничен. Как надо расположить эти бруски, чтобы по притяжению или отсутствию притяжения между брусками можно было решить, какой из них намагничен?

*Решение.* Бруски нужно расположить Т-образно. Один из брусков является полосовым магнитом, средняя линия его нейтральна, и она не будет, практически, притягивать ненамагниченный брусок. Брусок, который являясь перекладиной Т, не притягивает другой и есть постоянный магнит.

966. Имеется стальная спица. Требуется узнать, намагничена ли она или нет, не пользуясь никаким иным телом, кроме самой спицы?

*Решение.* Самое простое решение – подвесить спицу в воздухе и проверить ориентируется ли она, содержит некоторое лукавство – ведь вторым телом является, по Гильберту,

«Большой магнит» – Земля. Вариант автора задачника, – отломить кусочек спицы и по тому, притягивается он или нет, решить задачу практически, также не совсем корректен. В любом случае для вывода о магнитном взаимодействии нужны два тела!

972. В средние века существовало поверье, что сила магнита ослабляется от запаха чеснока. Ещё в недавнее время некоторые часовщики, чтобы размагнитить случайно намагниченную часовую пружину, варили её в настое чеснока, причем действительно получалось некоторое ослабление магнетизма.

*Решение.* Тепловое движение, интенсивность которого увеличивается с температурой, разориентирует упорядоченность доменов, и хотя температура кипящего настоя существенно ниже температуры Кюри, имеет место ослабление остаточной намагниченности.

#### Литература

1. Кар Тит Лукреций. О природе вещей. / Пер. с лат. Ф. Петровского. М.: Мир книги; Литература, 2006.
2. William Gilbert of Colchester, physician of London. On the Loadstone, Magnetic Bodies Also, and the Great Magnet the Earth: a New Physiology, Demonstrated by Many Arguments and Experiments. A Translation by P. Fleury Mottelay N-Y.:J. Willey & Sons. 1893: URL <http://archive.org/details/williamgilbertof00gilb>

3. Gilbert, W., Wright, E., & Thompson, S. Phillips. William Gilbert of Colchester, physician of London. On the Magnet, Magnetick Bodies Also, and on the Great Magnet the Earth: a New Physiology, Demonstrated by Many arguments & Experiments. L.: Imprinted at the Chiswick Press. 1900 URL [http://en.wikisource.org/wiki/On\\_the\\_Magnet](http://en.wikisource.org/wiki/On_the_Magnet)
4. Щеглов Н.Т. Начальные основания физики. Ч. I, II. С.-Пб. Типография Х. Гинце. 1834.
5. Демонстрационный эксперимент по физике. В старших классах средней школы. Ч. II. / Под ред. А.А. Покровского. М.: Просвещение. 1968.
6. Бачинский А.И. Собрание вопросов и задач по элементарной физике. М.-Л.: ГИЗ, 1923.
7. Цингер А.В. Задачи и вопросы по физике. М.: Типография В.М. Саблина. 1913.