



## Глава 1: Что такое магнетизм?

### • Что вызывает магнетизм?

Любой движущийся заряд создает вокруг себя магнитное поле. Это является главной причиной образования магнитного поля вокруг проводника с током. Однако источник магнитных полей, создаваемых материалами, такими как постоянные магниты, в которых ток не протекает, связан со свойствами частиц внутри материала (их “магнитным моментом”), а также движением электронов в атомах. Как правило, эти свойства сводятся к 0, однако в некоторых материалах они могут выровняться для создания общего магнитного поля.

### • Рекомендуемый фильм

- Что такое магниты?



### Дополнительные вопросы

#### В1. Какие единицы измерения используются для магнетизма?

Существуют различные величины, используемые для измерения магнетизма. Сила магнитного поля обычно измеряется в теслах; тесла является большой величиной. Сила магнитного поля Земли равна нескольким сто тысячным тесла, а очень мощные магниты будут иметь поля в несколько тесла. Гаусс является старой единицей измерения, которая используется очень редко; 1 тесла равна 10000 гс.

#### В2. Что такое магнитный монополю?

Магнит имеет северный и южный полюса. Невозможно изолировать один из полюсов. Резка магнита пополам для разделения полюсов создаст еще два магнита, каждый из которых будет с северным и южным полюсами. Частица только с одним магнитным полюсом известна как магнитный монополю. Несмотря на десятилетние поиски, магнитные монополи не были обнаружены, однако, по прогнозам, они существуют. Предполагается, что одним из экспериментов Большого адронного коллайдера будет поиск доказательств существования магнитных монополей.

### • Какие виды магнетизма существуют?

Некоторые материалы реагируют на магнитное поле, и мы не раз видели, как металлы, например, железо, притягиваются к магнитам, однако, это лишь одна из форм магнетизма – ферромагнетизм. Материалы могут быть также парамагнитными и диамагнитными.

Ферромагнитные материалы сильно притягиваются магнитными полями и могут сохранять эти магнитные свойства даже после снятия полей. По этой причине постоянные магниты выполняются из ферромагнитных материалов. Железо, никель и кобальт являются ферромагнитами.

Магнитные поля парамагнитных материалов притягивают очень слабо. Этот эффект настолько слабый, что даже не заметен. После того как магнитное поле удаляется из парамагнитного материала, он более не сохраняет свои магнитные свойства.

Диамагнитные материалы отталкиваются от магнитных полей, однако этот эффект, как правило, очень слабый. Сверхпроводники могут быть сильно диамагнитными, означая, что они могут левитировать над мощными магнитами.

### Дополнительные вопросы

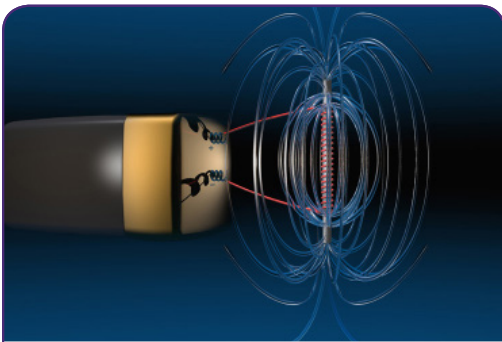
#### В3. Что такое домен?

В ферромагнитных материалах выделяют области, где атомы имеют свои магнитные моменты, ориентированные в одном направлении, однако каждая из этих областей выравнивается в разных направлениях, из-за чего материал не может иметь общее магнитное поле. Эти области известны как домены, и только сильное магнитное поле может выравнивать их. Если домены остаются выровненными, даже после того, как магнитное поле исчезнет, материал станет “постоянным” магнитом. Удары или нагревание материала могут снова привести к спонтанному направлению доменов, таким образом, размагничивая материал.

#### В4. Какова температура Кюри?

Если ферромагнитные материалы, как железо, нагреваются выше определенной температуры, они теряют магнетизм. Такая температура известна как температура Кюри, и для железа она составляет около  $770^{\circ}\text{C}$ . Как только материал остывает ниже температуры Кюри, он снова будет притягиваться магнитными полями.

### • Как работают электромагниты?



Магнитное поле простого электромагнита

Любой движущийся заряд генерирует магнитное поле. Для тока, протекающего в проводах, оно обычно очень слабое, если только значение силы тока не очень велико. Для того чтобы получить большее магнитное поле, нужно намотать провод вокруг катушки. В электромагните сила может быть дополнительно увеличена путем добавления сердцевины из ферромагнитного материала, такого как железо. Электромагниты могут использоваться таким образом, что напряженность поля может регулироваться путем увеличения или уменьшения тока в проводе или изменением количества витков, и самое главное, в отличие от постоянных магнитов, их можно включать и выключать. Электромагниты имеют широкое применение, в том числе в двигателях, акустических системах и силовых дверных замках, которые используются в централизованных системах запирания автомобилей.

### • Рекомендуемый фильм

- Что такое электромагниты?

Мощные электромагниты могут изготавливаться с использованием сверхпроводящего провода. Это позволяет очень большим токам уподобляться сверхпроводникам, не имеющим сопротивления, и тем самым, не нагревающим провода. К сожалению, сверхпроводники работают только при очень низких температурах.

### Дополнительный вопрос

#### В5. Как магниты используются в ускорителях частиц?

Электромагниты часто используются в ускорителях частиц. Создаваемое ими магнитное поле используется для того, чтобы направлять частицы по криволинейной траектории. Этого можно достичь также с помощью специальных конфигураций электромагнитов, называемых квадрупольями. Они используют два северных и два южных полюса, которые располагаются вокруг пучка таким образом, что каждый полюс находится на противоположной стороне от аналогичного полюса. В процессе образуется магнитное поле, которое за счет увеличения силы притяжения притягивает частицы за пределами центра устройства и сжимает в центре.

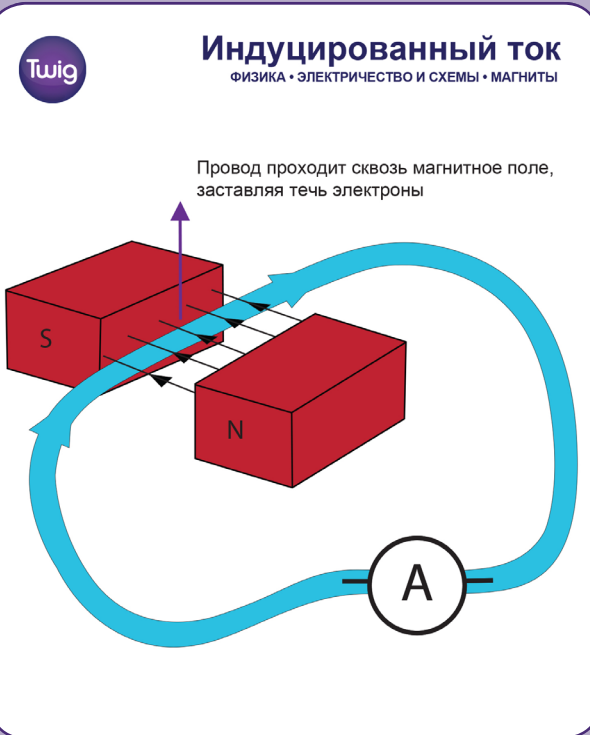
## Глава 2: Применение магнетизма

### • Как магниты используются в производстве электроэнергии?

Электричество генерируется путем перемещения электрического проводника через магнитное поле. На электростанциях для управления большими турбинами и привода генераторов используется пар или вода. Это, в свою очередь, движет провода к магнитам (или магниты к проводам), и меняющееся магнитное поле заставляет электроны в проводах двигаться, создавая электрические токи. Электростанции, использующие ископаемое топливо: уголь, нефть или газ, сжигают их, а полученное тепло используется для кипячения воды. Полученный пар необходим для работы турбин. Точно так же атомные электростанции используют тепло, генерируемое из ядерного топлива в реакторе, для кипячения воды и получения пара. Гидроэнергетика использует воду для вращения турбин.

- **Рекомендуемый фильм**  
- Как работают генераторы?

### ДИАГРАММА 01:



### • Что такое магнитно-резонансная томография?

Магнитно-резонансная томография (МРТ) использует мощные магниты для исследования человеческого тела. Она воздействует на протоны молекулы воды в тканях организма сильным магнитным полем. Когда поле выключается, протоны возвращаются в исходное состояние, а энергия, выделяемая во время этого процесса, фиксируется приборами и используется для получения изображений тканей внутри тела.

В отличие от других сканирований, МРТ не использует рентгеновские лучи, вследствие чего пациент не подвергается воздействию излучения. Тем не менее, пациент должен заранее проверяться на наличие металла в теле, который может перемещаться и нанести травму во время сканирования, или медицинских имплантатов, которые могут подвергаться влиянию магнитных полей.

- **Рекомендуемый фильм**  
- МРТ

### Дополнительный вопрос

В6. Что такое СКВИД?

Очень слабые магнитные поля могут измеряться с помощью СКВИД (сверхпроводящий квантовый интерференционный датчик). СКВИД измеряет поток тока в цепи, содержащей две структуры, известные как соединение Джозефсона (изготовленные из двух сверхпроводников, разделенные тонким диэлектриком), и магнитное поле может воздействовать на ток в этой цепи. СКВИДы могут измерять магнитные поля только нескольких миллионов триллионной долей тесла, а также могут использоваться для измерения очень слабых магнитных сигналов, таких как электрические токи в головном мозге. Вполне возможно, что в будущем СКВИДы могут использоваться для создания маленьких более дешевых машин МРТ, которые будут использовать слабые магнитные поля.

**Дополнительный вопрос**

**В7. Является ли кровь магнитом?**

Кровь содержит железо, так что существует мнение о том, что кровь обладает магнитными свойствами. На самом деле, железо в крови находится в связанном виде как часть длинной молекулы гемоглобина, в таком виде оно не является ферромагнитным, вследствие чего, магниты не могут повлиять на кровоток.

• Как работает магнитная левитация?

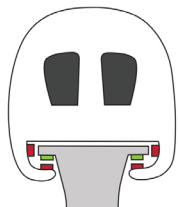
**ДИАГРАММА 02:**



**Левитация поездов**

ФИЗИКА • ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И СХЕМЫ • МАГНИТЫ

Электромагнитный



Электромагниты на машинах поднимают машину

Электродинамический



Состав левитирует за счет электромагнитов на направляющих рельсах

Материалы, являющиеся диамагнитными, отталкиваются от магнитных полей, тем самым могут левитировать над магнитами при условии, что сила отталкивания больше, чем вес объекта. Этого трудно достичь без очень мощных магнитов или материалов, которые высоко диамагнитны. Сверхпроводники очень сильно диамагнитны, из-за чего могут левитировать над магнитами относительно легко.

Некоторые поезда используют магнитную левитацию. Поезд подвешивается над путями, что снижает трение и позволяет достигать очень высоких скоростей. Существует два способа для достижения этой цели. В электродинамических подвесках (ЭДП) сверхпроводники размещаются на поезде, тем самым отталкиваются от электромагнитов на пути. Кроме того, в электромагнитных подвесках (ЭМП) электромагниты могут использоваться в положении, при котором части поезда окружают пути сверху и снизу. Электромагниты в этой части притягиваются к катушкам на нижней дорожке. Это тянет поезд вверх, поднимая его с путей.



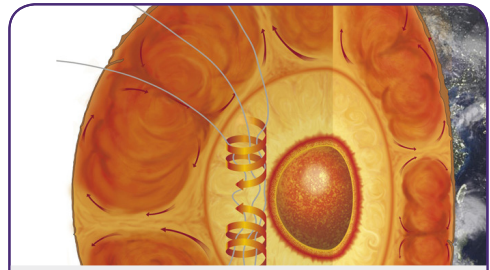
Скоростной поезд Синкансэн может достигнуть максимальной скорости в 443 км/ч

- Рекомендуемый фильм  
- Поезда Маглев

## Глава 3: Магнитное поле Земли

### • Чем обусловлено магнитное поле Земли?

Земля имеет магнитное поле, которое защищает нас от солнечного ветра, потока заряженных частиц, исходящих от Солнца. Оно обусловлено потоком расплавленного железа во внешнем ядре Земли. Магнитное поле Земли позволяет нам ориентироваться при помощи компаса, небольшого магнита, который может свободно перемещаться и ориентироваться в направлении поля. Конец магнита указывает на север, который называется северным полюсом. Но так как противоположные полюса притягиваются, это означает, что магнитный полюс, который находится на севере, на самом деле является южным полюсом магнитного поля Земли.



Магнитное поле Земли вызвано потоком расплавленного железа во внешнем ядре

### Дополнительные вопросы

#### В8. Существуют ли магнитные поля у других планет?

У многих других планет Солнечной системы имеется магнитное поле. Марс, по-видимому, не имеет его, так как необходимое движение в расплавленном ядре исчезло. В прошлом Марс имел магнитное поле, однако причины его отсутствия теперь не совсем понятны.

Луна почти не имеет магнитного поля. Наличие слабого магнитного поля на ней подтверждают камни коры, которые стали намагничиваться. Вполне возможно, что Луна действительно имела магнитное поле в начале своей истории, когда в ее ядре происходило течение.

#### В9. Что такое Северное сияние?

Как только заряженные частицы от Солнца достигают Земли, они начинают взаимодействовать с ее магнитным полем. Как только магнитное поле ускоряет частицы, они сталкиваются с молекулами в воздухе и возбуждают их. Впоследствии эти молекулы излучают свет, и это может привести к потрясающим световым явлениям на ночном небе. Как правило, их можно заметить только на крайнем севере, где они известны как северное сияние, или Аврора Бореалис, и на крайнем юге, где они известны как южное полярное сияние. Подобные эффекты наблюдались и на других планетах и спутниках Солнечной системы.

#### В10. Как работает компас?

Компас содержит магнит, который может поворачиваться и выравниваться с помощью внешнего магнитного поля. Это достигается путем поддержки магнита в его центре, при этом позволяя ему вращаться. Магнит будет выравниваться с полем Земли, направляясь с севера на юг, что дает представление о направлении севера и юга. Северный полюс магнита будет указывать на северный магнитный полюс Земли.

Простой компас с магнитом в центре трудно читать. Причина этому то, что вращающийся магнит может зашкаливать прежде чем оттянется обратно. Он снова бы проскочил правильное положение, и это колебание могло бы продолжаться в течение некоторого времени. По этой причине компасы часто заполняются жидкостью, подобной воде, которая снижает колебания и позволяет магниту урегуливаться гораздо быстрее.



• Что такое разворот магнитных полюсов?

Магнитные полюса Земли с течением времени движутся очень медленно, оставаясь в одном положении всего лишь на несколько сотен тысяч лет. Последнее изменение произошло почти 800 тысяч лет назад, и почти невозможно предсказать, когда произойдет следующий сдвиг, так как периоды между разворотами обычно длятся несколько сотен тысяч лет, однако возможно и гораздо дольше. Время, необходимое для того, чтобы полностью поменять местами полюса, может также варьироваться от нескольких до 10000 лет. Еще до конца неясно, какие последствия стоит ждать от изменения полюсов, однако ясно одно, что жизнь на Земле претерпевала много кардинальных изменений в прошлом.

- **Рекомендуемый фильм**  
- Смещение полюсов Земли

**Дополнительный вопрос**

**В11. Что такое палеомагнитное датирование?**

Возраст некоторых артефактов можно определить с помощью наших знаний о магнитном поле Земли. Когда магнитные материалы нагреваются, общее расположение частиц внутри него теряется. После того как это произойдет, частицы могут перестроиться благодаря любым внешним магнитным полям, которые присутствуют в окружении, в том числе магнитному полю Земли. Если позже материал охлаждается, это выравнивание “замораживается” и остается в качестве отчета о магнитном поле Земли того времени, когда он был нагрет.

Известно изменение направления магнитного поля Земли с течением времени. Это означает, что возраст артефактов, которые нагревались, такие как кирпичи, и использовались в очагах, может быть найден путем измерения направления магнитного поля внутри материала, и найдено время, в котором магнитное поле Земли было выровнено в этом направлении.

• Что такое магнитное наклонение и магнитное склонение?

При использовании компаса важно знать, что Северный полюс находится не в том же месте, что и северный магнитный полюс. По этой причине магнитный север – это не то же самое, что истинный север. На самом деле, они могут отличаться на несколько градусов. Это известно как магнитное отклонение и часто указывается на картах для предотвращения навигационных ошибок.

В дополнение к этому, магнитное поле Земли не параллельно ее поверхности. Точки поднимаются вверх в южном полушарии и опускаются вниз в северном полушарии Земли. Магнитное наклонение – это угол магнитного поля Земли по отношению к земле.



Компасы реагируют на магнитное поле Земли

**ДИАГРАММА 03:**



## • Тест

## Что такое магниты?

## Основной

• Что из нижеперечисленного не может использоваться для создания постоянного магнита?

- A – кобальт
- B – никель
- C – медь
- D – железо

• Сколько полюсов имеет магнит?

- A – 1
- B – 2
- C – 3
- D – 4

• Что делают полюса?

- A – отталкивают
- B – притягивают
- C – ничего
- D – зависит от типа полюсов

• Что из нижеперечисленного не использует магниты?

- A – машины, которые поднимают металл на металлолома
- B – компасы
- C – колонки
- D – чайники

## Углубленный

• Что из нижеперечисленного является преимуществом электромагнитов?

- A – они могут включаться и выключаться
- B – они могут быть сделаны из любого материала
- C – их магнитные свойства длятся дольше
- D – число полюсов магнита может контролироваться

• Что из нижеперечисленного использует магнитные поля для изображения человеческого тела?

- A – СРТ
- B – ПЕТ
- C – МРТ
- D – термография

• Почему Земля имеет магнитное поле?

- A – она имеет твердое ядро из железа
- B – она наэлектризована
- C – она имеет жидкое ядро из железа
- D – она имеет большое гравитационное поле

• Как работает компас?

- A – совпадает с магнитным полем Земли
- B – содержит магнит только с одним полюсом
- C – совпадает с направлением вращения Земли
- D – содержит металл, который электрически заряжен

### Что такое электромагниты?

#### Основной

• Что из нижеперечисленного не использует магниты?

- A – автомобильные стартеры
- B – компасы
- C – колонки
- D – чайники

• Что из нижеперечисленного является преимуществом электромагнитов?

- A – они могут включаться и выключаться
- B – они могут быть сделаны из любого материала
- C – их магнетизм длится дольше
- D – число полюсов магнита может управляться

#### Углубленный

• Каким образом создается электромагнит?

- A – соединение двух металлов под действием нагревания
- B – ток пропускают через катушку провода
- C – две заряженные пластины отделяются друг от друга небольшим зазором
- D – кусок металла нагревают в присутствии магнитного поля

• Какова форма магнитного поля вокруг провода?

- A – она направлена вдоль провода
- B – она исходит из проволоки
- C – она круглая
- D – она непрерывно меняется

• Что из нижеперечисленного не делает электромагнит сильнее?

- A – добавление железного ядра
- B – постоянное включение и выключение магнита
- C – добавление большего количества мотков провода
- D – увеличение тока



## • Ответы

## Что такое магниты?

## Основной

• Что из нижеперечисленного не может использоваться для создания постоянного магнита?

A – кобальт

B – никель

D – железо

• Сколько полюсов имеет магнит?

A – 1

C – 3

D – 4

• Что делают полюса?

B – притягивают

C – ничего

D – зависит от типа полюсов

• Что из нижеперечисленного не использует магниты?

A – машины, которые поднимают металл на металлоромах

B – компасы

C – колонки

## Углубленный

• Что из нижеперечисленного является преимуществом электромагнитов?

B – они могут быть сделаны из любого материала

C – их магнитные свойства длятся дольше

D – число полюсов магнита может контролироваться

• Что из нижеперечисленного использует магнитные поля для изображения человеческого тела?

A – СРТ

B – ПЕТ

D – термография

• Почему Земля имеет магнитное поле?

A – она имеет твердое ядро из железа

B – она наэлектризована

D – она имеет большое гравитационное поле

• Как работает компас?

B – содержит магнит только с одним полюсом

C – совпадает с направлением вращения Земли

D – содержит металл, который электрически заряжен

### Что такое электромагниты?

#### Основной

• Что из нижеперечисленного не использует магниты?

A – автомобильные стартеры

B – компасы

C – колонки

D – чайники

• Что из нижеперечисленного является преимуществом электромагнитов?

A – они могут включаться и выключаться

B – они могут быть сделаны из любого материала

C – их магнетизм длится дольше

D – число полюсов магнита может управляться

#### Углубленный

• Каким образом создается электромагнит?

A – соединение двух металлов под действием нагревания

B – ток пропускают через катушку провода

C – две заряженные пластины отделяются друг от друга небольшим зазором

D – кусок металла нагревают в присутствии магнитного поля

• Какова форма магнитного поля вокруг провода?

A – она направлена вдоль провода

B – она исходит из проволоки

C – она круглая

D – она непрерывно меняется

• Что из нижеперечисленного не делает электромагнит сильнее?

A – добавление железного ядра

B – постоянное включение и выключение магнита

C – добавление большего количества мотков провода

D – увеличение тока