

Муниципальное общеобразовательное учреждение  
«Основная общеобразовательная школа №4»

# «Магнетизм и его изучение».

Учитель физики Балашова Н. А.

Троицк  
2011г.

# Содержание

- Введение
- История магнетизма
- Теория магнетизма
- Методы изучения магнитных явлений
- Исследования магнитного поля Земли
- Вывод
- Литература

# Введение.

Человечество уже переступило порог нового тысячелетия. Мы вступили в век информационных технологий, вооружившись опытом, накопленным предшествующими поколениями. Однако нельзя забывать, что он основан на знании физических, химических и биологических процессов, происходящих внутри нашей планеты, на ее поверхности и в космосе. Ведь все они влияют на нашу жизнь. Хотим мы этого или нет, каждый из нас является частичкой единого организма – планеты Земля. А значит, должны жить по его правилам, не соблюдение которых приведет к необратимым изменениям: глобальной катастрофе. Избежать ее можно лишь поняв и приняв законы жизни, в основе которых лежат вечные законы природы.

**С древнейших времен человечество интересовалось природой физических явлений, происходящих на Земле. С каждым днем человек делал все больше открытий, все дальше продвигался в стремлении познать то тайное, что окружало его. И вот сейчас – в 21 веке – мы можем с уверенностью сказать, что познали практически все, разгадали почти все тайны Вселенной.**

**Но существуют еще потаенные «уголки» в мире, где человечество несмотря на все кладовые знаний, скопившиеся за тысячи лет, не может разобраться. Одним из таких «уголков» является космос. Казалось бы, мы знаем уже очень много, но эти знания ничтожно малы в сравнении с тем, что еще таит в себе Вселенная – общность всех систем, совокупность всего живого и неживого, единство огромного разнообразия миров...**

**Бесконечность Вселенной препятствует получению исчерпывающих знаний о ней, однако можно начать с малого – с изучения собственного дома - планеты Земля как частицы макромира. Этот процесс начался во второй половине 20 века и преобразовался в область науки, получившую название «космология».**

**Однако оказалось, что информации в этой области такое количество, что она, в свою очередь, разделилась на ряд новых, изучающих различные явления и процессы, происходящие во Вселенной. Нас же интересует астрофизика, предметом исследования которой стало возникновение магнетизма в космосе. В частности на Земле.**

**К сожалению эта тема не изучается в объеме школьной программы по физике.**

# История магнетизма.

Ещё более двух тысяч лет назад магнитные материалы использовались в качестве компаса. Впервые взаимосвязь электричества и магнетизма зафиксирована в 1735 г. в одном из научных лондонских журналов. Это сообщение свидетельствовало о магнитном взаимодействии электрического разряда или тока на металлические предметы. Однако разгадка взаимосвязи электричества и магнетизма пришла лишь после того, как исследователи научились получать электрический ток.

**В 1820 г. было сделано одно из важнейших открытий в истории физики, когда Хане Эрстед, профессор Копенгагенского университета, демонстрировал на лекции студентам нагревание проводника электрическим током. Эрстед обратил внимание на то, что стрелка компаса, случайно оказавшегося на столе под проводником, располагается в отсутствие тока параллельно проводнику. А при включении тока отклоняется почти перпендикулярно проводнику. Изменения направления тока сопровождалось аналогичным отклонением, но только в противоположную сторону. Таким образом, было показано, что электрический ток воздействует на магнитную стрелку.**

**На первой странице исторического мемуара Эрстед пишет: «Основной вывод из этих опытов состоит в том, что магнитная стрелка отклоняется от своего положения равновесия под действием вольтаического аппарата и что этот эффект проявляется, когда контур замкнут, и он не проявляется, когда контур разомкнут».**

Ампер был поразительно разносторонен. Он занимается философией и обогащает ее оригинальными мыслями, публикует исследование о преломлении света и открывает независимо от Авогадро известный химический закон, дает первую в истории науки классификацию химических элементов. Он серьезно занимался сравнительной зоологией и отстаивал мысль об эволюции биологических видов.

Опыт Эрстеда отвлек Ампера от математики, так же как Фарадея от химии. Оба гения одновременно обратили всю свою мощь интеллекта в область электромагнетизма. Получив известие об опыте Эрстеда, Ампер начал экспериментировать. Уже через неделю он получил новые результаты, а в конце 1825 года почти на каждом из еженедельных заседаний Парижской академии наук докладывал о новых открытиях.



Ампер родился в Лионе, в семье высококультурного коммерсанта. Уже в раннем возрасте он обнаружил феноменальные способности. В 13 лет он владел дифференциальным исчислением, к 18 годам прочитал основные работы Лагранжа, Эйлера, Д. Бернулли, основательно проштудировал все 20 томов знаменитого энциклопедического словаря Даламбера и Дидро, овладел латынью, греческим и итальянским языками. Однако больше всего его влечет математика.

В 1802 году Ампер опубликовал исследование по теории вероятности «Опыт математической теории игры». Работа эта была замечена секретарем Парижской академии Делямбра, и молодого ученого пригласили сначала в лионский лицей, а в 1807 году предложили место профессора в знаменитой парижской политехнической школе. Здесь Ампер читал лекции по дифференциальному и интегральному исчислению, а в 1809 году был назначен на должность профессора анализа. В 1814 году Ампер был избран членом Парижской академии наук на место скончавшегося Лагранжа.

**Майкл Фарадей родился в 1791 году в окрестностях Лондона, в семье кузнеца. Отец не имел средств для платы за учебу, и мальчик в 13 лет был вынужден начать изучение переплетного дела. Любознательный ребенок жадно читал, его привлекали статьи по естественным наукам. И в 1812 году он начал посещать лекции знаменитого химика Дэви, а в 1813 году получил место лаборанта в его химической лаборатории. Позже, в 1820 году, он узнал об опыте Эрстеда и был поглощен экспериментальными исследованиями в области электричества и магнетизма.**

Фарадею удалось на опыте наблюдать явления электромагнитной индукции при изменении силы тока. При размыкании тока, проходящего через проволочную катушку, возникал кратковременный ток в параллельно поставленной второй катушке, что можно было заметить на слабом отклонении стрелки гальванометра. В момент замыкания тока в первой катушке во второй снова возникал ток, но противоположенного направления. Введение внутрь катушек железного сердечника резко усиливало наблюдаемое явление.

17 октября 1831 года Фарадей решает поставленную перед собой задачу – «превратить магнетизм в электричество». «... Магнит сразу был вдвинут в катушку. Стрелка гальванометра показала мгновенное отклонение... Если магнит оставался внутри катушки, то стрелка снова приходила в свое прежнее положение и при вынимании его отклонялась в противоположном направлении». В таких словах записал Фарадей сделанное им величайшее открытие.

# Теория магнетизма.

В последствии Максвелл идеи Фарадея облек в математическую форму. Он высоко ценил идеи Фарадея за скрытый в них глубокий математический смысл, за точность и логичность его определений.

«Когда я стал углубляться в изучение работ Фарадея, я заметил, что метод его понимания тоже математичен, хотя и не представлен к условной форме математических символов. Я также нашел, что метод может быть выражен в обычной математической форме и таким образом может быть сопоставлен с методами признанных математиков.

Максвелл был сыном состоятельных родителей, получил лучшее образование, какое можно было получить в то время в Англии.

Одаренный исключительными математическими способностями, он еще будучи в школе написал первую свою работу, а в 1873 году вышел в свет знаменитый «Трактат по электричеству и магнетизму». В трактате изложена новая теория электромагнитного поля. Четыре уравнения Максвелла устанавливают взаимосвязь электрических и магнитных явлений.

Важную роль в теории играют два уравнения: уравнение электродвижущей силы и уравнение магнитодвижущей силы.

В журнале **Cern Courier** в дни юбилея Максвелла была помещена шутка:

И сказал Бог:

$$\operatorname{div} E = 4\pi\rho$$

$$\operatorname{div} H = 0$$

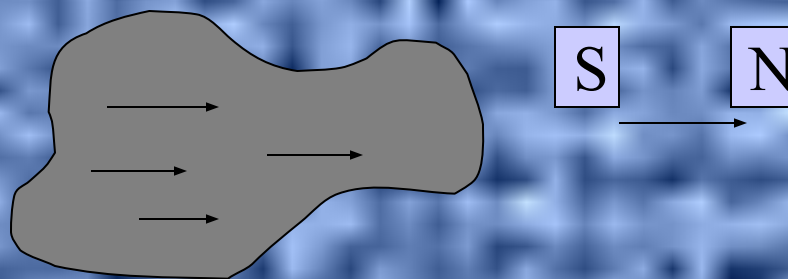
$$\operatorname{rot} E = -\frac{1}{c} \frac{dH}{dt}$$

$$\operatorname{rot} H = \frac{1}{c} \frac{dE}{dt} + \frac{4\pi}{c} J$$

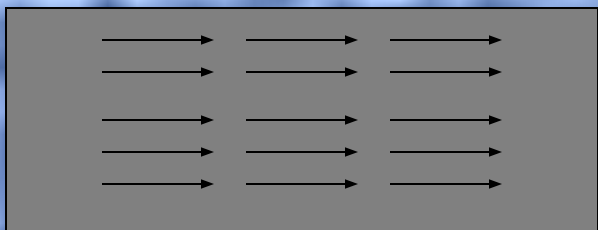
И стал свет».

# Методы изучения магнетизма.

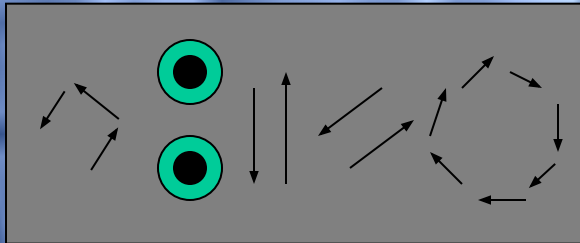
Механизм магнетизма не достаточно изучен. Теория рассматривает каждый отдельный атом или молекулу магнитного материала как маленький магнит с северным и южным полюсами, т.е. как диполь. Группа близких атомов может иметь магнитную ось на каждом атоме или молекуле, направленную в одну и ту же сторону. Если принять острия стрелок за северные полюсы, то в результате группа атомов или молекул может быть представлена одной стрелкой. В не намагниченном веществе оси этих групп атомов замкнуты в цепочке или ориентированны хаотично. Общий магнитный эффект весьма мал или равен нулю. Когда же все домены ориентируются в одном направлении, то вещество намагничивается, имея полюсы возле концов.



Домен



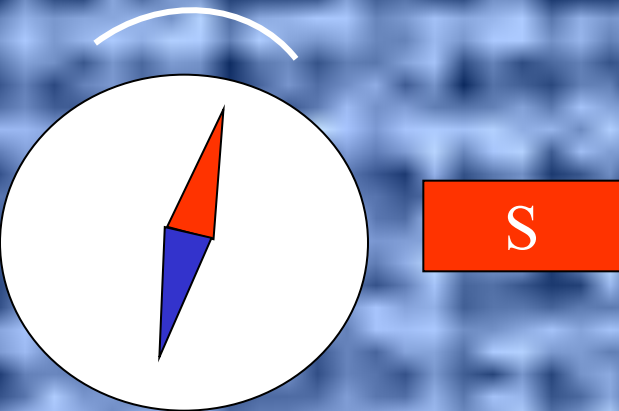
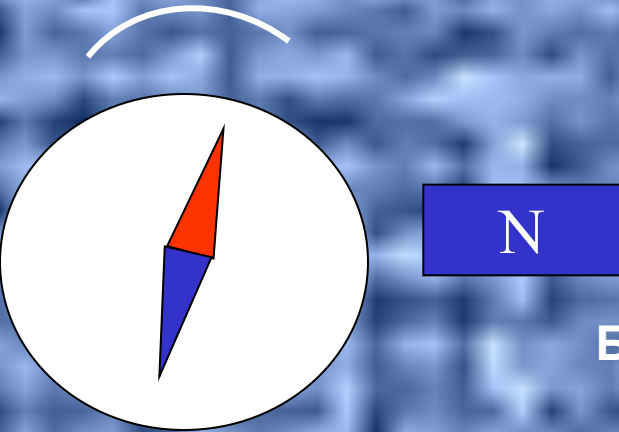
Намагничено



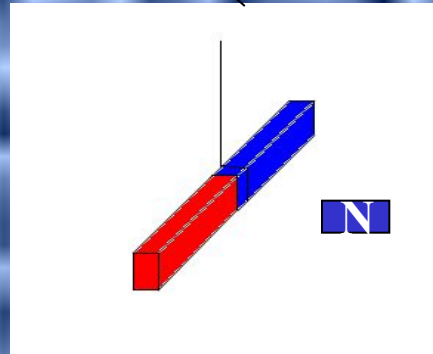
Немагничено

# Притяжение и отталкивание магнитов.

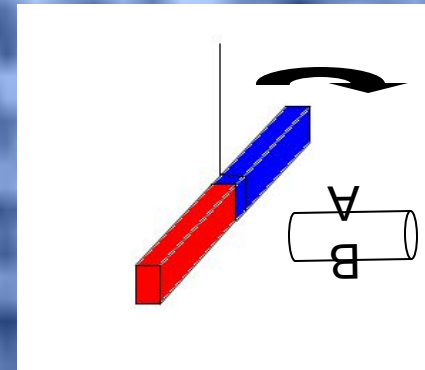
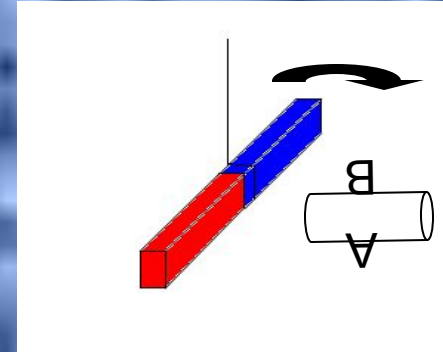
А.



Б.

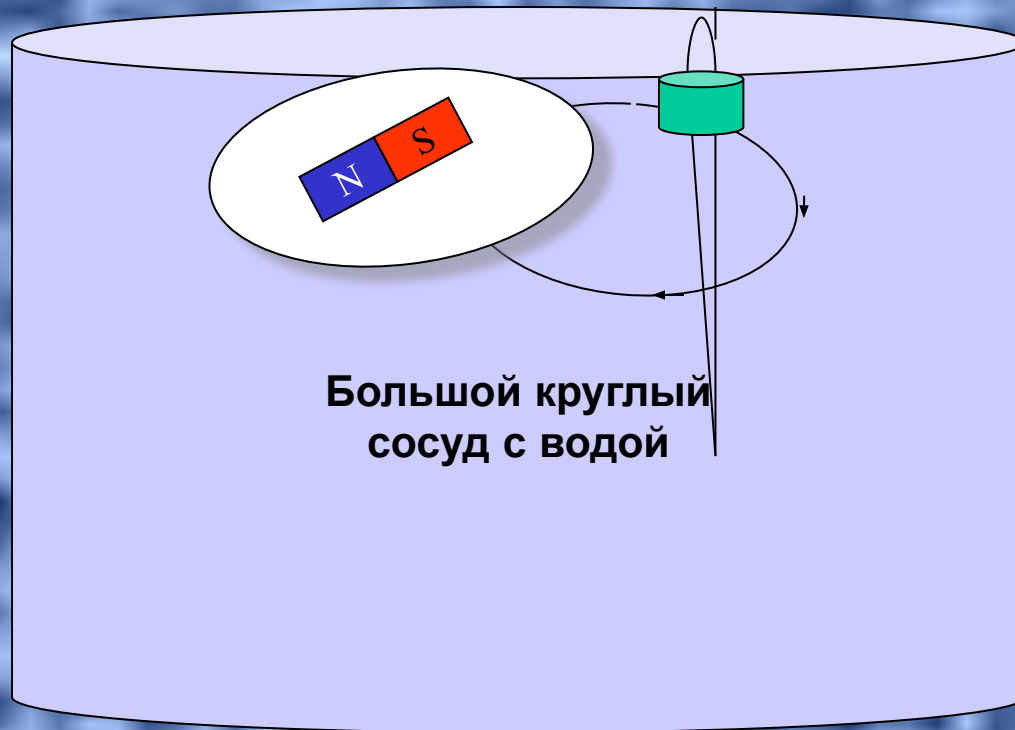


В.



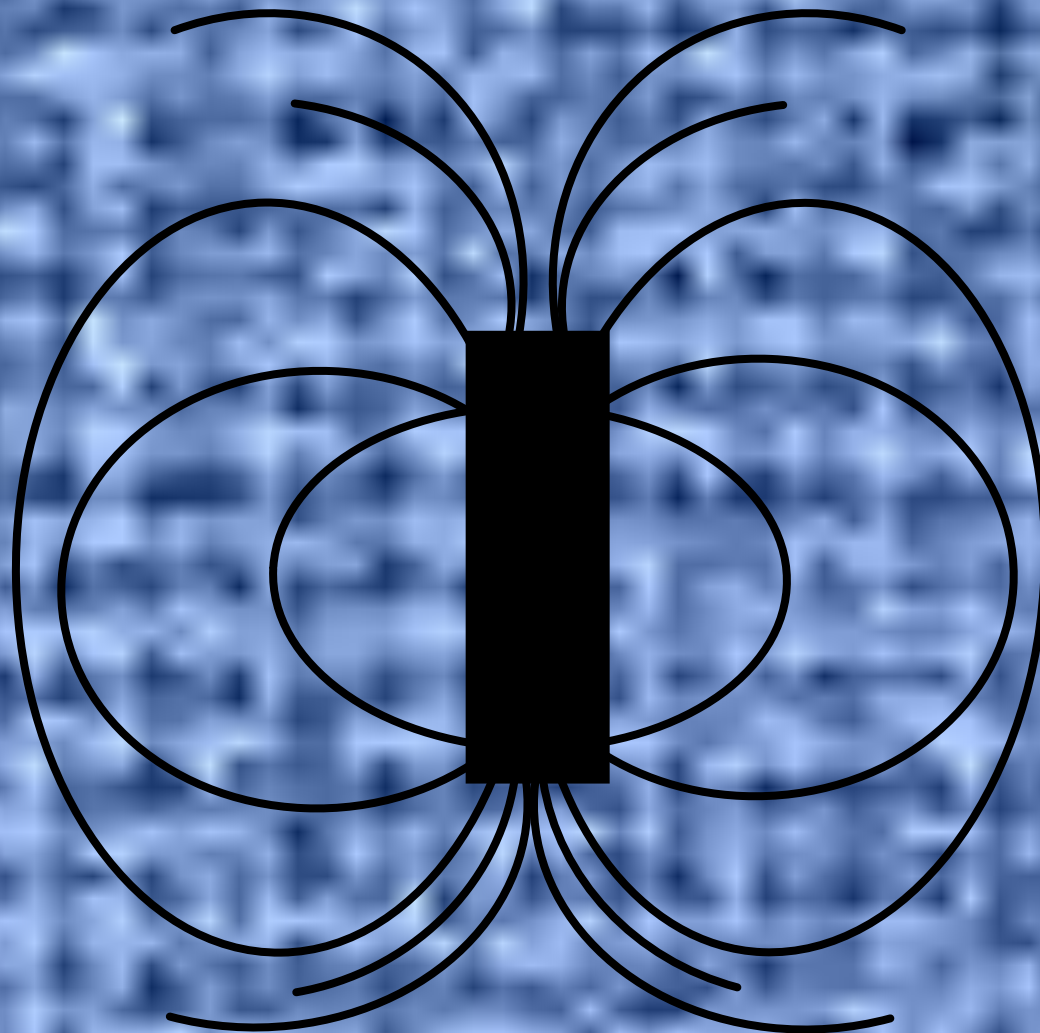


# Путь, который проходит свободно движущийся магнит.

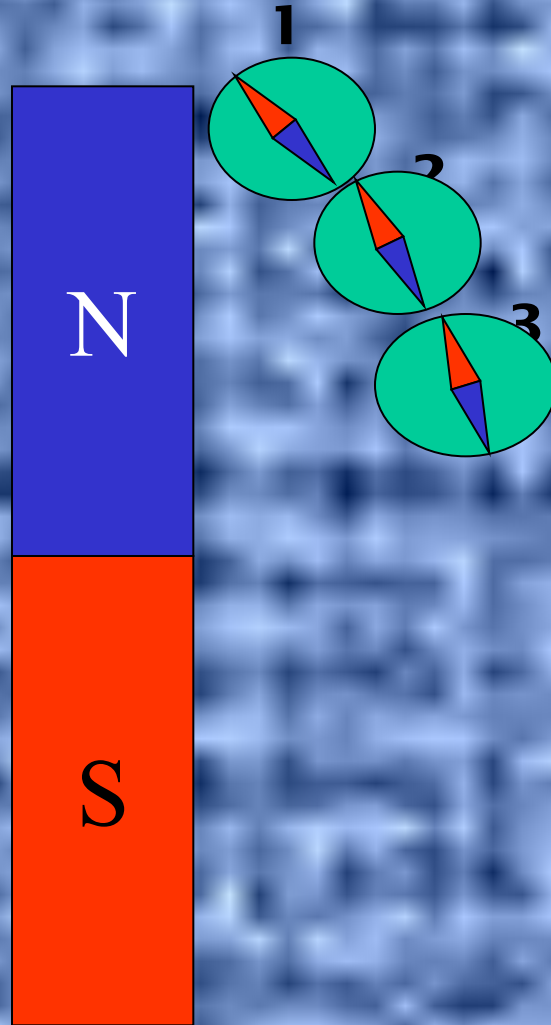


Большой круглый  
сосуд с водой

# Иллюстрация магнитного поля с помощью железных опилок.



# Построение линий магнитной индукции с помощью маленького компаса.

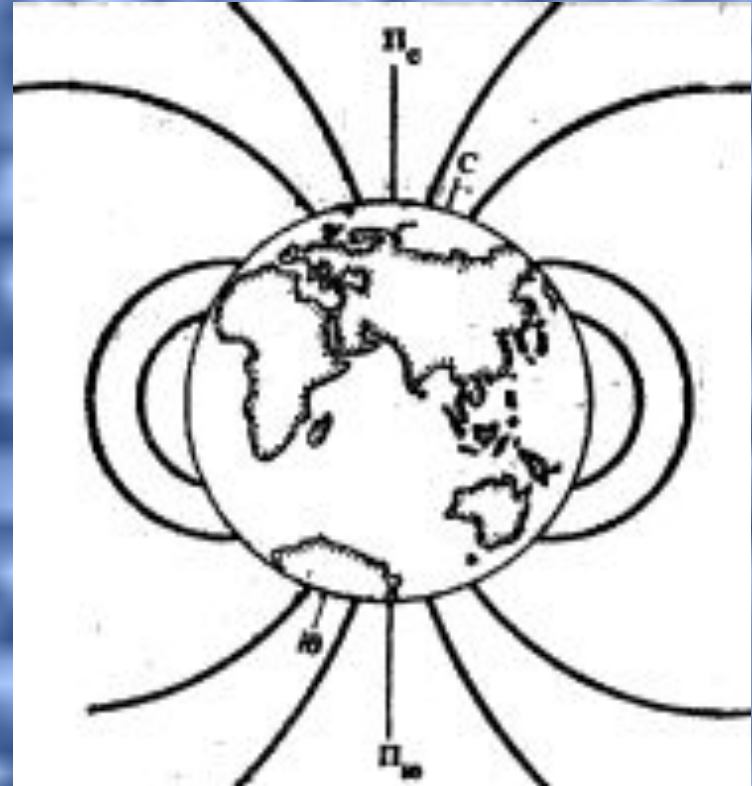


# Магнитное поле Земли.

Земля в целом представляет собой огромный шаровой магнит. Человечество начало использовать магнитное поле Земли давно. Уже в начале XII—XIII вв. получает широкое распространение в мореходстве компас. Однако в те времена считалось, что стрелку компаса ориентирует Полярная звезда и её магнетизм. Предположение о существовании магнитного поля Земли впервые высказал в 1600 г. английский естествоиспытатель Гильберт.

В любой точке пространства, окружающего Землю, и на её поверхности обнаруживается действие магнитных сил. Иными словами, в пространстве, окружающем Землю, создаётся магнитное поле, силовые линии.

В идеальном и гипотетическом предположении, в котором Земля была бы одинока в космическом пространстве, силовые линии магнитного поля планеты располагались таким же образом, как и силовые линии обычного магнита из школьного учебника физики, т.е. в виде симметричных дуг, протянувшихся от южного полюса к северному. Плотность линий (напряжённость магнитного поля) падала бы с удалением от планеты.



Магнитное поле Земли похоже на поле однородной намагниченной сферы с магнитной осью, наклоненной на  $11,5^\circ$  к оси вращения Земли. Южный магнитный полюс Земли, к которому притягивается северный конец стрелки компаса, не совпадает с Северным географическим полюсом, а находится в пункте с координатами приблизительно  $76^\circ$  северной широты и  $101^\circ$  западной долготы.

Магнитное поле Земли - пространство, в котором действуют магнитные силы. Основная часть магнитного поля Земли создается источниками, расположенными внутри Земли. Электрические токи в ионосфере создают свое магнитное поле, но доля его в общем магнитном поле Земли незначительна.

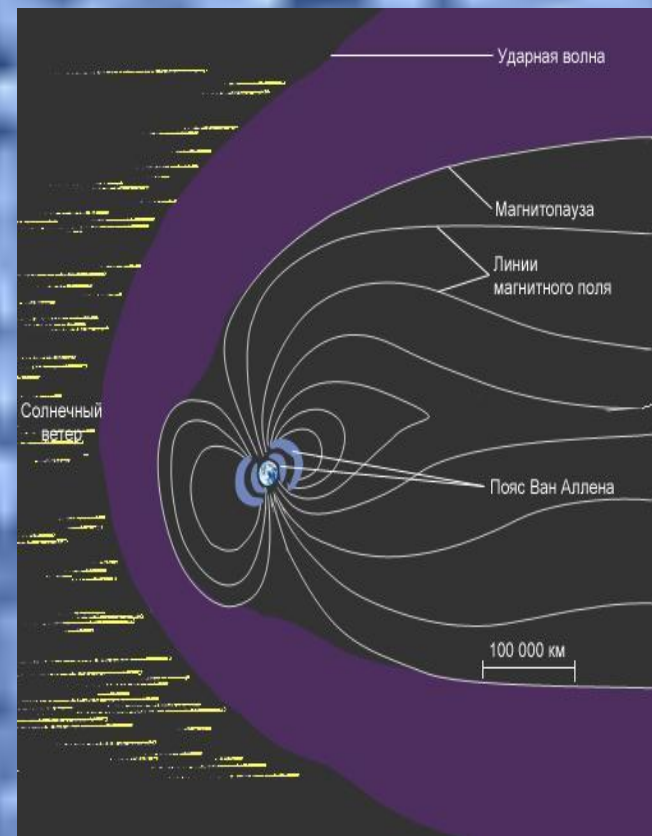
Геомагнитные полюсы - точки пересечения магнитной оси Земли с ее поверхностью. Приблизительно можно считать, что Земля является однородно намагниченным шаром.

**Магнитное наклонение - угол между магнитной силовой линией и горизонтальной плоскостью - на магнитных полюсах Земли, а также в районах крупных магнитных аномалий равно  $90^\circ$ .**

**Магнитное склонение - угол между географическим и магнитным меридианами - в точке земной поверхности считается положительным, если северный конец магнитной стрелки отклонен к востоку от географического меридиана, и отрицательным - если к западу.**

**Благодаря своему магнитному полю, Земля удерживает в так называемых радиационных поясах захваченные частицы солнечного ветра, не позволяя им проходить в атмосферу Земли и тем более к поверхности.**

При взаимодействии упоминавшихся полей образуется граница, по одну сторону которой находится возмущенное (подвергнувшееся изменениям из-за внешних влияний) магнитное поле частиц солнечного ветра, по другую - возмущенное поле Земли. Эту границу стоит рассматривать как предел околоземного пространства, границу магнитосферы и атмосферы. Вне этой границы преобладает влияние внешних магнитных полей. В направлении к Солнцу магнитосфера Земли сплюснута под натиском солнечного ветра и простирается всего до 10 радиусов планеты. В противоположном направлении имеет место вытянутость до 1 000 радиусов Земли.





Спор о форме Земли был тогда в центре внимания научного сообщества. Чтобы решить эту проблему, Парижская академия наук отправила две экспедиции: в Перу и Лапландию. Но помимо геодезических измерений учёные подошли к этой задаче с теоретических позиций.

В те времена Землю считали изнутри огненно-жидкой, опираясь на наблюдения извержений вулканов, при которых из земных недр выбрасывается жидкая магма. Ньютон получил решение, согласно которому сжатие жидкой Земли у полюсов должно составлять  $1/230$ . Иначе говоря, полярный радиус должен быть на  $1/230$  меньше экваториального.

Эйлер нашёл сжатие Земли равным  $1/234$ . Когда вернулась лапландская экспедиция, её руководитель Мопертюи, обработав материалы, получил значение полярного сжатия, равное  $1/178$ , т. е. больше, чем у Ньютона. Однако Клеро сразу понял, что если считать недра Земли более плотными, то сжатие должно быть меньше, а не больше, чем в модели Ньютона, и заведомо меньше, чем значение, полученное Мопертюи. (Современное значение сжатия Земли  $1/298,25$ .)

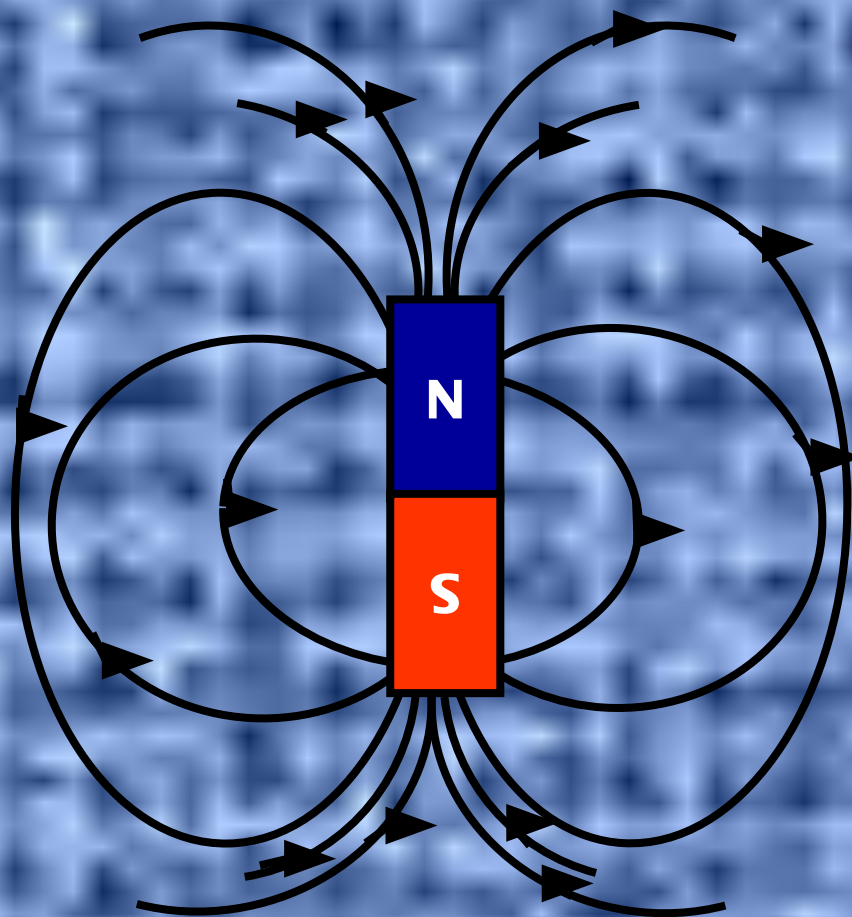
Клеро решил построить теорию строения Земли, полагая её неоднородной. Задача оказалась не из лёгких. Она, как и большинство задач небесной механики, не имела точного решения. Приходилось принимать те или иные упрощающие предположения, разлагать входящие в формулы выражения на медленно сходящиеся ряды. Клеро получил решение и представил свою теорию в книге "Теория фигуры Земли", вышедшей в Париже в 1743 г.

"Книга Клеро есть произведение несравненное как в отношении глубоких и трудных вопросов, которые в ней рассматриваются, так и в отношении того удобного и лёгкого способа, посредством которого ему удаётся совершенно ясно и отчётливо изложить предметы самые возвышенные" - таким было суждение Эйлера, очень строгого судьи. И сегодня эта книга считается классической.

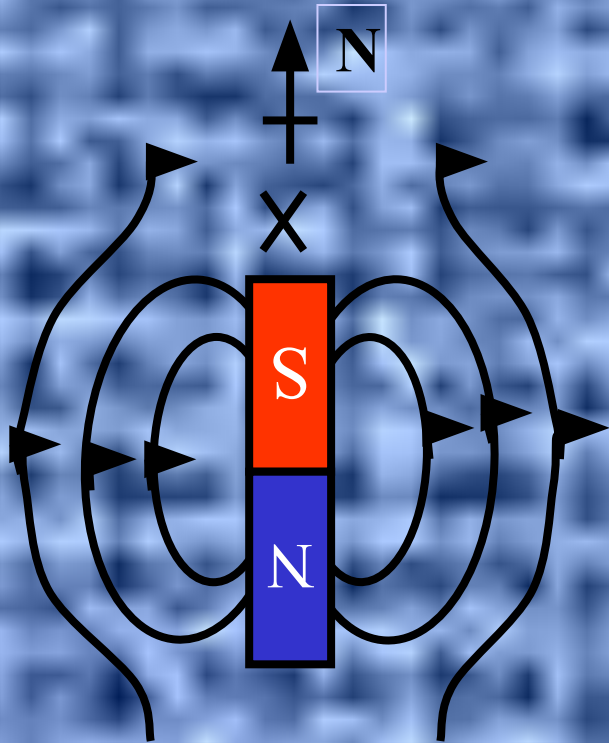
Однако решение Клеро было только началом. Задачу о фигуре вращающейся планеты пытались осилить после него и другие теоретики. Наилучший вариант предложил уже в начале XX века русский учёный А. М. Ляпунов. Решение задачи он представил в виде цепочки связанных между собой интегро-дифференциальных уравнений. Но первым в ней стояло уравнение Клеро.

# Комбинированные магнитные поля.

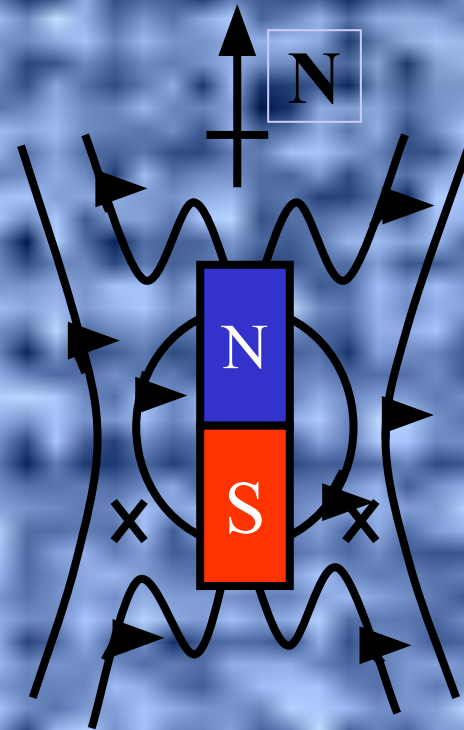
Поле полосового магнита



# Комбинированные поля магнита и Земли

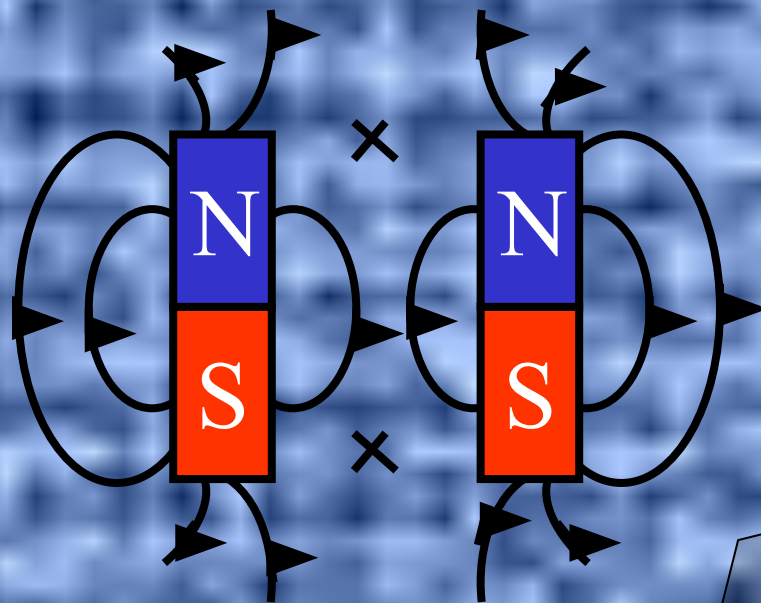
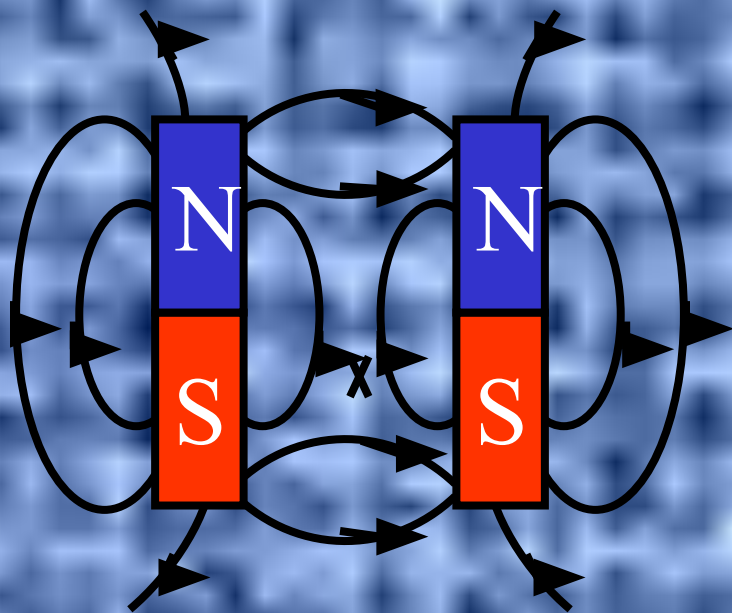
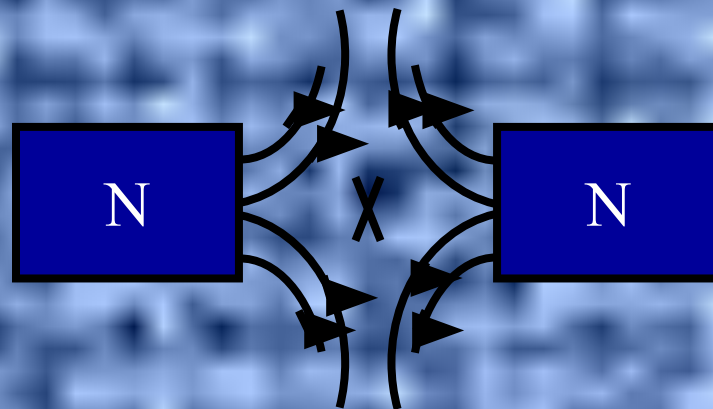
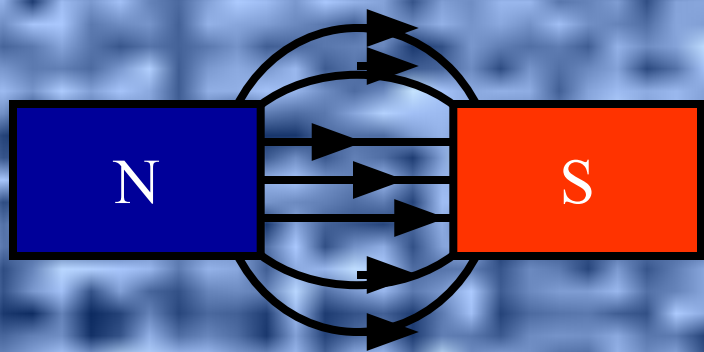


Полюс S указывает на N

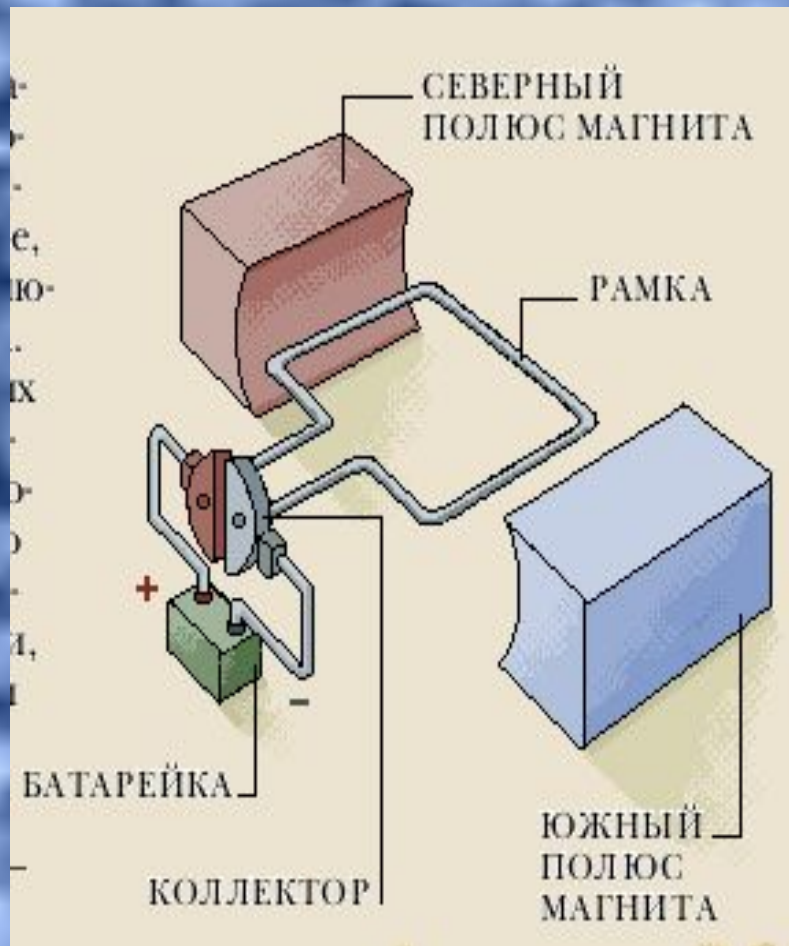


Полюс N указывает на N

# Магнитные поля между магнитами.



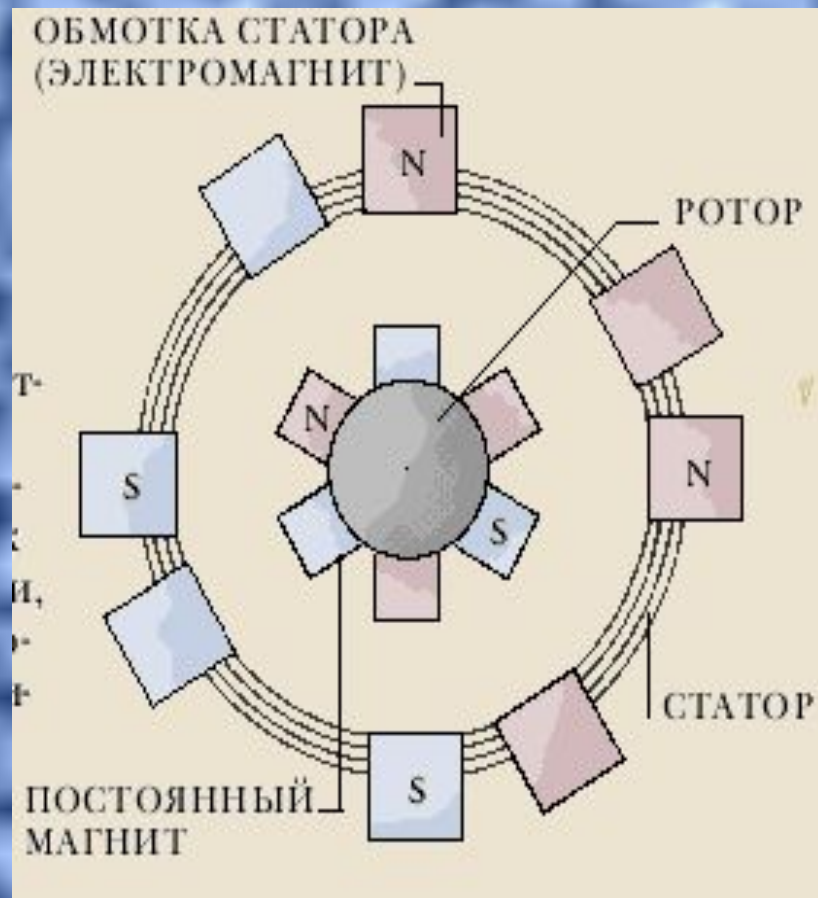
# Простейший электродвигатель.



Простейший электродвигатель работает только на постоянном токе (батарейке). Ток проходит по рамке, расположенной между полюсами постоянного магнита. Взаимодействие магнитных полей рамки с током и магнита заставляет рамку поворачиваться. После каждого полуоборота коллектор переключает контакты рамки, подходящие к батарейке, и поэтому рамка вращается.

# Шаговый электродвигатель.

Шаговый электродвигатель не вращается непрерывно, а поворачивается фиксированными ступенями. Это электродвигатель с шагом в  $1 / 12$  оборота. Постоянные магниты ротора притягиваются к обмоткам статора. Которые в определенной последовательности подключаются к питанию. Шаговые двигатели, управляемые микропроцессорами, применяют для позиционирование рук роботов и компьютерных дисков.



# Литература

1. Калашников С. Г. «Электричество»
2. Савельев И. В. «Курс общей физики», т.2
3. Детлаф А. А., Яворский Б. М. «Курс физики», М.: Высшая школа, 1989 г., гл.22
4. Евграфова Н. Н., Каган В. Л. «Руководство к лабораторным работам по физике» М.: Высшая школа. 1970. С.177
5. Кортнев А. В., Рублев Ю. В., Куценко А. Н. «Практикум по физике». М.: Высшая школа, 1965. С.331.
6. Яновский Б. М. «Земной магнетизм». Изд-во ЛГУ (издания 1963 и 1978 гг.)
7. Паркинсон «Введение в магнетизм». Мир м., 1986
8. Рикитаки «Электромагнетизм и внутреннее строение земли. Недра», М.. 1968
9. «Палеомагнитология» под редакцией А. Н. Храмова, 1982