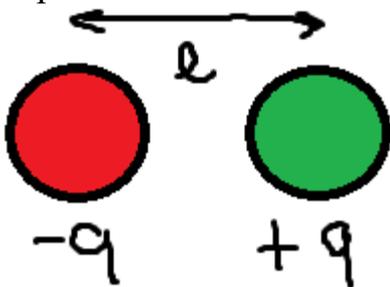


Диполь (не идеальный) – это два заряда, одинаковых по модулю, но разнесённых в пространстве:



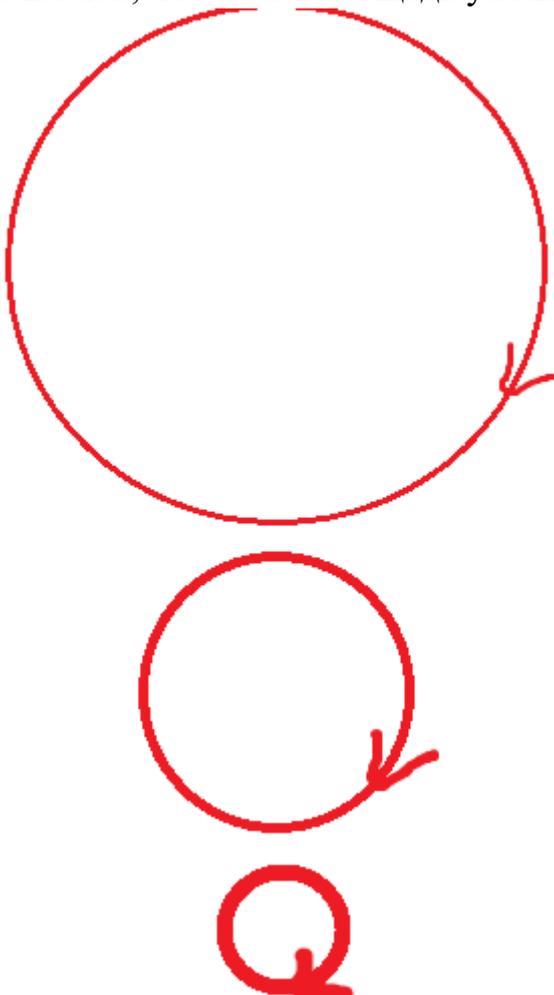
А что такое магнитополь? Это колечко с током:



Если у диполя был дипольный момент $d = ql$, то у магнитополя есть магнитный момент \vec{m} , выражающийся через площадь:

$$\vec{m} = IS\vec{n}$$

А что такое идеальный диполь? Полагаю, читатель уже догадался: нужно сжимать колечко так, чтобы его площадь уменьшалась, а ток рос:



(толщина схематично показывает величину тока)

Почему эта модель (идеального магнитополя) так важна?

А то мы знаем этих ваших фезеков – понапридумывают там говна всякого, да нам потом учить.

Дело в том, что атомы и представляют собой эти магнитополь. В центре ядро, а вокруг него бегают электроны:

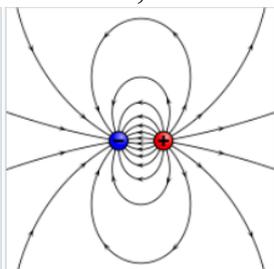


(правда, они не совсем вращаются, там квантовые эффекты, но мы пока на них забьём).

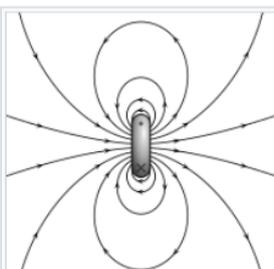
Так что атом и есть магнитополь, достаточно идеальный в силу малости радиуса атома.

Почему магнитный диполь называют магнитным диполем? В электрическом диполе у нас заряды $+q$ и $-q$, два полюса. А здесь-то где два полюса?

Согласен, полюсов в магнитном диполе нет, но зато похоже поле. Сравните:



Электростатический аналог магнитного момента: два противоположных заряда, разделенных конечным расстоянием. Каждая стрелка представляет направление вектора поля в этой точке.



Магнитное поле контура тока. Кольцо представляет контур тока, который входит в страницу через x и выходит через точку.

Создающие формулы магнитополя

$$B = \frac{2\pi CIR^2}{(r^2 + R^2)^{3/2}}$$

Эту формулу мы получили в методичке про Био-Савара-Лапласа. Т.к. $\pi R^2 = S$, $IS = m$, то имеем создающую формулу

$$B = \frac{2Cm}{(r^2 + R^2)^{3/2}}$$

Действующие формулы

Мы изучили, какое поле создаёт магнитный момент. А теперь давайте посмотрим на действующие формулы. А там всё аналогично электрическому диполю. Для него было

$$M = [p \times E]$$

А на магнитный диполь в магнитном поле действует сила

$$M = [m \times B]$$

Если магнитное поле неоднородное, то возникает вдобавок также сила.

$$F = i \left(p_m \frac{\partial B}{\partial x} \right) + j \left(p_m \frac{\partial B}{\partial y} \right) + k \left(p_m \frac{\partial B}{\partial z} \right)$$

Решим задачу

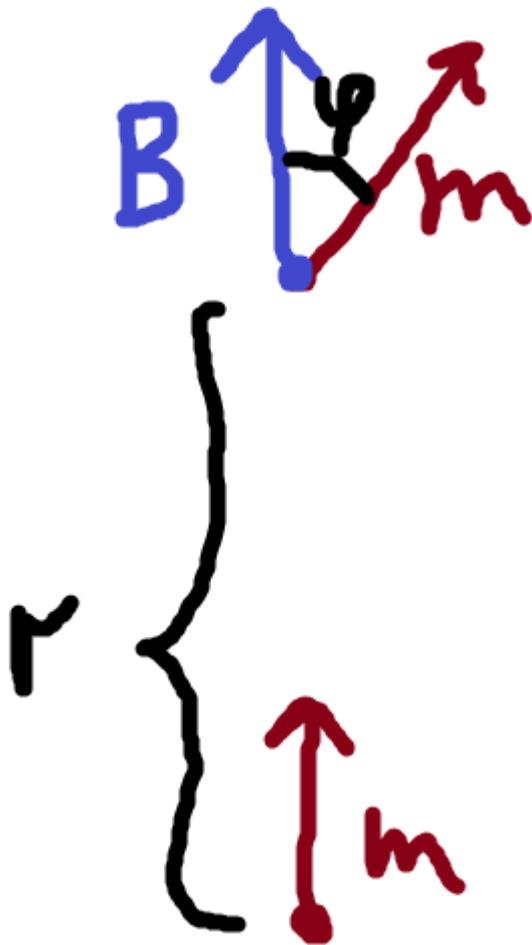
Два магнитополя на расстоянии r , угол между их магнитными моментами φ . Найти модуль момента силы, действующий на второй со стороны первого.

Решение: первый создал в месте второго магнитополя поле

$$B = \frac{2Cm}{(r^2 + R^2)^{3/2}}$$

Которое мы подставляем в

$$M = [m \times B]$$



Учитывая, что между m и B угол φ :

$$M = \frac{2Cm^2 \sin \varphi}{(r^2 + R^2)^{3/2}}$$

Отметим, что при $\varphi=0$ и $\varphi=\pi$ M равен 0. Какой из углов отвечает устойчивому равновесию, а какой нет? Ответ ясен из физических соображений: вспомните магнитики на холодильнике, где север притягивается к югу, а юг к северу.

Конечно, устойчивому положению соответствует то, где магнитополы направлены в одну сторону – так «голова» одного будет смотреть в «хвост» другому:



Вопрос: почему тогда все тела не имеют чёткий магнитный момент и магнитное поле? Потому что есть внутренняя энергия, которая и заставляет магнитополы болтаться-колебаться. Вот если мы железяку охладим до абсолютного нуля, то магнитное поле у неё проявится. Ну, второе начало термодинамики передаёт пример: охлаждаем тело, уменьшаем энтропию, уменьшаем хаос.