

496. Момент импульса электронов. — Мы уже указали в начале этой главы, что электроны обладают и электрическим зарядом e и некоторой массой m ; электрон находящийся в движении со скоростью v , образует электрический ток ev и кроме того имеет количество движения, или импульс mv . Если электрон циркулирует по кругу радиуса r , то момент его импульса (момент импульса, подобно моменту силы, равен произведению импульса на плечо) будет равен:

$$J = mv \cdot r = mr^2 \cdot a,$$

где a — угловая скорость движения электрона. Для магнитного момента такого электрона мы уже получили выше (473, 492) выражение:

$$p = -\frac{1}{2} er^2 \cdot a.$$

Отношение обеих этих величин равно:

$$p:J = -\frac{e}{2m}.$$

Так как вращающийся электрон, с одной стороны, подобен волчку, а с другой стороны, подобен магнитной стрелке, то полезно будет провести параллель между волчком и магнитной стрелкой.

Представим себе волчок (рис. 471), вращающийся вокруг оси OA и обладающий моментом импульса J . Из вышенаписанной формулы мы видим, что Момент импульса равен моменту инерции mr^2 , умноженному на угловую скорость вращения. Теперь представим себе, что мы сообщаем столу, на котором стоит волчок, некоторую угловую скорость R вокруг вертикальной оси OB . Эта добавочная угловая скорость сложится с первоначальной угловой скоростью вокруг оси OA , и получится некоторая результирующая угловая скорость, направление которой будет лежать между осями OA и OB . Другими словами, ось волчка будет стремиться приблизиться к новой оси вращения, как это показано на рис. 471 пунктиром. Если мы будем вращать столик в противоположную сторону, вокруг оси OB_1 , то волчок будет отклоняться от оси OB и стремиться приблизиться к оси OB_1 . Во всяком случае оси первоначального и добавочного вращения стремятся стать *параллельно* друг другу. На этом явлении основаны современные *волчки-компасы*, которые устанавливаются параллельно оси вращения земли.

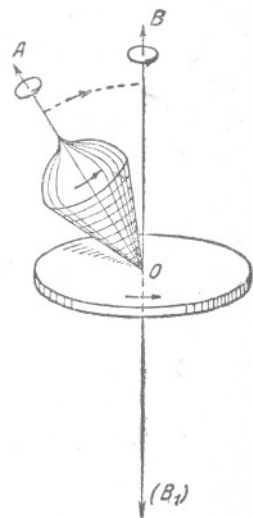


Рис. 471. Волчок на вращающейся платформе.

Стремление обеих осей стать параллельно мы можем выразить количественно, написав момент сил, действующих на волчок, обладающий моментом импульса J и подвергающийся добавочному вращению с угловой скоростью R :

$$K_r = JR \sin(JR).$$

Теперь рассмотрим магнитную стрелку (рис. 472), обладающую магнитным моментом p и помещенную в магнитном поле напряжения M . На эту стрелку тоже будет действовать момент сил, равный

$$K_m = pM \sin(pM).$$

Подобный момент сил действует например на компасную стрелку в магнитном поле земли. Разница между волчком-компасом и магнитным компасом состоит между прочим в том, что первый стремится стать параллельно оси вращения земли, т. е. в плоскость *географического* меридиана, тогда как вторая стремится стать в плоскость *магнитного* меридиана.

Рис. 472. Магнитная стрелка в магнитном поле.

Рассмотренный нами выше циркулирующий электрон представляет собою одновременно и волчок и магнитную стрелку, и следовательно на него будут одинаково действовать и добавочная угловая скорость и добавочное магнитное поле. Если результаты обоих действий одина-

ковы, т. е. если моменты сил K в обоих случаях равны между собою, тогда

$$JR = pM; R \cdot M = p \cdot J.$$

Отсюда следует, что по своим действиям на циркулирующие электроны добавочная угловая скорость и внешнее магнитное поле эквивалентны, если величины их относятся, как

$$R:M = -\frac{e}{2m}.$$

497. Опыт Эйнштейна и Де-Гааза. — Из рассуждения предыдущего параграфа следует, что при намагничивании куска железа мы сообщаем этому куску некоторый импульс вокруг оси, параллельной оси намагничивания.

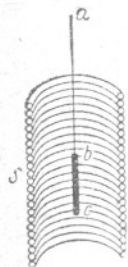


Рис. 473. Опыт Эйнштейна и Де-Гааза.

Эти соображения были высказаны еще Ричардсоном (1908), но только Эйнштейну и Де-Гаазу (1915) удалось их реализовать на опыте. Опыт был поставлен следующим образом. По оси вертикальной катушки (рис. 473) была подвешена на тонкой стеклянной нити небольшая железная проволочка. При перемене направления тока в катушке железная проволочка перемагничивалась, и в то же самое время при помощи зеркала, прикрепленного к проволочке, можно было наблюдать, как она поворачивалась вокруг вертикальной оси то в ту, то в другую сторону, и притом согласно с отрицательным знаком заряда e . Но так как повороты эти были слишком малы, то Эйнштейн и Де-Гааз решили усилить их по принципу резонанса; с этой целью они пропускали по катушке переменный ток того же самого периода,

что и период закручивания стеклянной нити вместе с висящей на ней железной проволочкой.

Из своих опытов Эйнштейн и Де-Гааз могли вычислить и отношение $\frac{e}{m}$, которое входит в теорию этого опыта. Однако опыт дал для этого отношения величину почти вдвое меньшую. Причина этого несогласия теории с опытом еще недостаточно выяснена, но есть основание предполагать, что для согласования с опытом необходимо будет ввести в расчет теорию квантов.

498. Опыт Барнетта. — Опыт, обратный предыдущему, удалось произвести Барнетту (S. J. Barnett, 1914). Барнетт приводил в быстрое вращение железный стержень и наблюдал получающееся от вращения намагничивание. Из этого опыта также можно было определить отношение

$\frac{e}{m}$. Однако, несмотря на все предосторожности, опыт Барнетта дал

для величины $\frac{e}{m}$ величину, почти вдвое большую чем следует. Причина несоответствия опыта с теорией здесь вероятно та же, что и в опыте Эйнштейна и Де-Гааза.