

Рис. 5

щей петле (рис.5). Тогда в петле будет индуцироваться начальный ток  $I$ , создающий поле  $B$ , проходящее через петлю, которое будет, в свою очередь, противоположно полю монополя, которое вызвало индукцию. После того как монополю прошел через петлю, индуцированный ток все еще течет в том же направлении, чтобы создавать поле, которое заменит уменьшающееся поле монополя. Таким образом, когда монополю пройдет через петлю, ток будет течь только в одном направлении. Этот ток

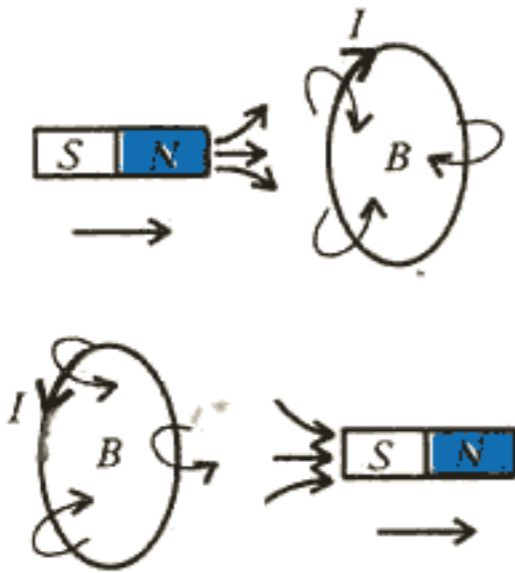


Рис. 6

весьма отличается от тока, индуцированного в петле, когда через нее проходит магнитный диполь (рис.6). В этом случае ток, индуцированный при приближении магнитного диполя к петле, будет того же направления, что для приближающегося монополя, но индуцированный ток для удаляющегося диполя будет противоположен току для приближающегося.

Ток, индуцированный в сверхпроводящей петле проходящим монополем, сохранялся бы очень долго после того, как монополю улетел. Это характерное событие позволило бы зарегистрировать прохождение магнитного монополя. С использо-

ванием этого эффекта были сконструированы многие экспериментальные установки. Одной из возникающих при этом проблем оказалось изготовление достаточно больших сверхпроводящих детекторов, которые можно заэкранировать от влияния внешних изменений магнитного поля.

14 февраля 1982 года (в день Святого Валентина) физик Блас Кабрера, работавший на экспериментальной установке в Станфордском университете, зарегистрировал сигнал от одиночного большого события-кандидата, которое дало совершенно правильную форму индуцированного тока. Кабрера использовал четырехвитковую сверхпроводящую катушку с площадью  $20 \text{ см}^2$ . Было объявлено, что обнаруженное событие имеет неопределенность всего  $\pm 5\%$ . Но даже несмотря на то, что Кабрера не мог приписать событие какой-либо другой причине, кроме прохождения монополя, оно не получило общего признания в качестве доказательства существования монополей, поскольку в таком эксперименте не было зарегистрировано других значительных событий.

В 1983 году группа ученых в Беркли собрала установку, которая должна была скомбинировать сигналы от нескольких сверхпроводящих петель, каждая площадью порядка  $1 \text{ м}^2$ . Явлений, сходных с прохождением монополя, при этом не наблюдалось. Этот метод, однако, остается многообещающим, поскольку он очень чувствителен и не зависит от массы и скорости пролетающего монополя.

Закон Фарадея требует, чтобы возникал ток, который вызывает магнитный поток, равный и противоположный полному потоку от монополя, проходящего через петлю. Поскольку весь монополю проходит через петлю, полный магнитный поток от монополя должен уравниваться полем петли. Вычислить этот полный поток легко, если мы вообразим сферическую поверхность радиусом  $r$  вокруг монополя. Поток будет тогда равен

$$\Phi = \frac{\mu_0 q^*}{4\pi r^2} 4\pi r^2 = \mu_0 q^*.$$

Придирчивый студент-физик должен возразить против такого вывода. Почему я вычисляю здесь полный поток монополя, когда в большинстве ситу-

аций только поток магнитного поля, перпендикулярного плоскости петли с током, даст вклад в эффект индукции? Разница со стандартной ситуацией здесь в том, что мы не просто изменяем величину или направление поля относительно петли с током — мы на самом деле пропускаем изолированный источник линий поля через петлю.

Чтобы увидеть, в чем причина, вообразим разделение каждой линии поля на составляющие, перпендикулярные и параллельные плоскости петли с током. Когда монополю приближается к петле, величина перпендикулярной составляющей поля увеличивается, и в петле по закону Фарадея возникает индуцированная ЭДС. Однако радиальные линии поля, параллельные поверхности, также вносят вклад в индуцированную ЭДС. Действительно, вообразим движение петли с током в системе отсчета монополя. Когда металлическая проволока проходит через радиальные линии поля, свободные носители заряда в проволоке будут испытывать действие силы Лоренца, и это вызовет протекание тока в том же направлении, в котором течет индуцированный ток, вызываемый перпендикулярными составляющими поля. И, таким образом, действительно сверхпроводящая петля должна скомпенсировать полный поток монополя.

Теперь приступим к самому любопытному. В 1961 году было экспериментально обнаружено, что поток через сверхпроводящую петлю с током квантован и может принимать только значения, кратные некоторому конечному минимальному потоку. Вспомним, что в нашей экспериментальной установке прохождение монополя оставит постоянный ток, текущий в сверхпроводящей петле. Поскольку поток через петлю зависит от этого тока, который, в свою очередь, вызывается движением носителей заряда, это означает, что носители могут находиться только в дискретных энергетических состояниях. Это должно звучать знакомо — заряд, движущийся по круговой орбите и находящийся только в дискретных энергетических состояниях. Боровская модель атома водорода дает как раз такую картину. Бор утверждал, что электрон, движущийся по круговой орбите радиусом  $R$ , должен подчиняться ус-