

заряда \vec{v} и радиусом-вектором \vec{r} , проведенным от заряда в точку наблюдения, $\vec{\zeta}$ – единичный «вектор буравчика», получаемый вращением вектора \vec{v} к вектору \vec{r} (рис.3) и отвечающий за направление вектора \vec{B} . Константу $1/(\epsilon_0 c^2)$ обычно обозначают μ_0 и называют магнитной постоянной.

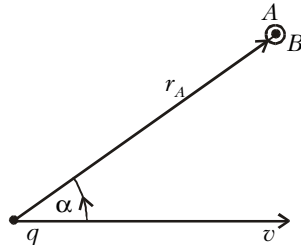


Рис. 3

Заметим, что если умножить обе части приведенной формулы на число электронов $\Delta N = n\Delta l S$, находящихся в элементе провода длиной Δl , по которому течет ток $I = qnvS$, то получим известный закон Био – Савара для индукции $\Delta \vec{B}$ магнитного поля, созданного элементом тока $I\Delta \vec{l}$:

$$\Delta \vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I\Delta l \sin \alpha}{r^2} \vec{\zeta}.$$

Линии магнитной индукции в данном случае представляют собой концентрические окружности, окружающие ли-

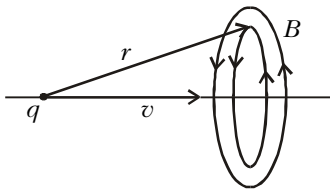


Рис. 4

нию движения заряда (рис.4), а величина магнитной индукции убывает с расстоянием пропорционально $1/r^2$, как и величина напряженности электрического поля точечного заряда. Но магнитное поле не имеет источников и стоков, магнитные линии всегда замкнуты. Это физическое векторное поле уже иного свойства, его называют соленоидальным или вихревым.

Рассмотрим теперь такой пример.

Пусть две достаточно массивные точечные частицы 1 и 2, заряженные одним и тем же зарядом q , движутся параллельно друг другу с одинаковыми нерелятивистскими скоростями \vec{v} (рис.5). На каждую частицу действуют электрическая сила отталкивания, рав-

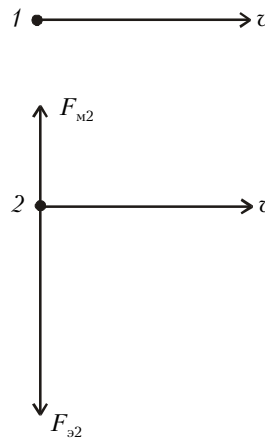


Рис. 5

ная $F_e = qE$, и магнитная сила притяжения, равная $F_m = qvB$ (скорость одной частицы перпендикулярна магнитному полю, создаваемому другой частицей). Сравним количественно эти две составляющие общей электромагнитной силы Лоренца, действующей, к примеру, на частицу 2:

$$\frac{F_{m2}}{F_{e2}} = \frac{qvB_{21}}{qE_{21}},$$

где B_{21} и E_{21} – индукция магнитного поля и напряженность электрического поля, создаваемых зарядом 1 в месте нахождения заряда 2. Подставив соответствующие значения индукции и напряженности, получим

$$F_{m2}:F_{e2} = qv \frac{qv}{4\pi\epsilon_0 c^2 r^2} : q \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2} = v^2 : c^2.$$

Это означает, что при нерелятивистских скоростях движения зарядов магнитная сила существенно меньше электрической и является очень малой поправкой к их общей силе электромагнитного взаимодействия – силе Лоренца.

А что если выбрать другую инерциальную систему отсчета, движущуюся равномерно и прямолинейно со скоростью \vec{v} наших заряженных частиц? В этой системе заряды будут покоиться, пропадут их магнитные поля, пропадет и магнитная сила их взаимодействия. Иными словами, поскольку магнитная составляющая силы Лоренца зависит от скорости частицы, она изменяется при переходе от одной инерциальной системы отсчета к другой. Вместе с тем, сама сила Лоренца в нерелятивистском случае, как любая другая сила, не зависит от выбора инерциальной системы отсчета. Это означает, что в системе отсчета, в ко-

торой пропадает магнитная составляющая силы, должна изменяться и электрическая ее составляющая. Получается, что разделение полной силы Лоренца на электрическую и магнитную составляющие без указания конкретной системы отсчета не имеет смысла.

После рассмотренного нами примера движения двух заряженных частиц может возникнуть естественный вопрос – стоит ли вообще изучать и учитывать такие относительно малые магнитные силы? Оказывается, стоит, и вот почему.

Во-первых, полученное соотношение сил справедливо и при релятивистских скоростях $v \sim c$, а тогда магнитные силы оказываются уже сравнимыми с электрическими. Так происходит, например, когда мы имеем дело с пучками быстрых заряженных частиц.

Во-вторых, бывают ситуации, когда ничтожная по величине магнитная сила является единственной действующей силой. Например – при движении электронов вдоль проводов (электрические токи), ибо в этом случае электрические силы отсутствуют в результате почти идеального баланса отрицательных и положительных зарядов в проводниках. Кроме того, участие в создании электрического тока громадного числа носителей зарядов (их примерно 10^{23} в одном кубическом сантиметре проводника) делает магнитную силу весьма значительной.

В-третьих, приходится встречаться с движением заряженных частиц в самых разных по величине внешних электрических и магнитных полях, создаваемых различным образом. В этих случаях соотношения между электрическими и магнитными силами могут быть самыми разнообразными.