

на  $c^2$ . Тогда получим

$$\frac{e^2}{a_0} = m_e c^2 \left( \frac{e^2}{\hbar c} \right)^2 \equiv m_e c^2 \left( \frac{1}{137} \right)^2.$$

Безразмерную комбинацию из мировых констант  $e^2/(\hbar c) = 1/137$  принято считать безразмерным зарядом электрона. Многие черты Мира, в котором мы живем, связаны с тем, что безразмерный заряд электрона мал. К сожалению, нет возможности остановиться на этом факте сколько-нибудь подробно, но, думаю, имеет смысл его запомнить ...

Если магнитное поле в  $(137)^2$  раз больше  $B_{ат}$ , т.е. если  $B \geq B_{ка} = m_e^2 c^3 / (e \hbar)$ , то  $2\mu_e B$  превышает энергию покоя электрона  $m_e c^2$  (индекс «кэ» обозначает словосочетание «квантовая электродинамика»). В области пространства, где магнитное поле столь велико, изменяется электродинамическое поведение элементарных частиц; электродинамика в этом случае требует использования не только релятивистских, но и квантовых законов.

Встречаются ли столь большие магнитные поля в природе? В цитируемой статье приведено несколько примеров. Мы воспользуемся часто применяемым приемом – поражать, так поражать: поля  $10^{10} - 10^{13}$  Гс зарегистрированы у рентгеновских пульсаров, т.е. в двойных звездных системах. Для сравнения: среднее значение магнитного поля у земной поверхности равно 0,5 Гс.

Пришло время выполнить обещание и хотя бы в нескольких словах рассказать о получении сильных и сверхсильных магнитных полей в земных условиях. Прежде всего отметим, что получение сильных магнитных полей – сложная техническая задача, для решения которой необходим инженерный опыт, специальные материалы и ... прекрасное знание физики. В истории создания источников сильного магнитного поля большую роль сыграли такие выдающиеся физики, как П.Л.Капица и А.Д.Сахаров. Их имена связаны с созданием импульсных магнитных полей – полей, существующих доли секунды.

До сих пор в центральном зале Института физических проблем имени П.Л.Капицы стоит генератор, с помощью которого Петр Леонидович еще в 20-е годы начал исследование влияния магнитного поля на

электропроводность металлов, впервые используя для этой цели магнитное поле порядка 300 кГ. Для создания такого магнитного поля Капица применил разряд батареи конденсаторов через токовое кольцо. Один из томов Научных трудов П.Л.Капицы назван «Сильные магнитные поля» (М.: Наука, 1988). В нескольких статьях подробно рассказано и о конструкции генератора поля, и о различных опытах, проведенных в магнитном поле в сотни килогаусс. Использование рекордного (в то время) магнитного поля естественно привело к открытиям. Одно из них даже получило в физической литературе имя закона Капицы (см. *Капицы закон*). Оказалось, что в сильном магнитном поле сопротивление большинства металлов линейно растет с магнитным полем. Это открытие послужило толчком к активному исследованию гальваномагнитных явлений в металлах.

Метод, идея которого принадлежит А.Д.Сахарову (1951 г.), назван методом сжатия магнитного потока (или магнитной кумуляцией). На первый взгляд идея весьма проста: внутри проводящей цилиндрической оболочки радиусом  $R_{нач}$  надо создать продольное магнитное поле  $B_{нач}$  и затем симметрично и достаточно быстро сжать цилиндр так, чтобы его радиус уменьшился во много раз. Если поток магнитного поля  $\Phi = \pi R_{нач}^2 B_{нач}$  не успеет измениться за время сжатия, то магнитное поле возрастет до величины  $B_{кон} = B_{нач} (R_{нач}^2 / R_{кон}^2)$ . Чтобы понять, насколько простота кумуляционного метода иллюзорна, надо иметь в виду, что необходимая скорость сжатия достигается с помощью взрывов. В частности, это означает, что каждое устройство работает один раз. Но результаты впечатляют: в таких системах получены поля до 3,2 МГс. Еще более поразительны планы: при использовании сравнительно небольшого ядерного взрыва надеются получить магнитное поле до  $10^3$  МГс. Вот так! Оказывается, пугающие всех ядерные взрывы могут приносить пользу науке. В Научных трудах А.Д.Сахарова (М.: Центрком, 1995) получению сильных магнитных полей с помощью взрывов посвящены две большие статьи с современными комментариями. По ним можно не только ознакомиться со многими физическими

и техническими подробностями, но и почувствовать ту обстановку, в которой работал А.Д.Сахаров.

## Сверхсветовые скорости в астрофизике

С таким названием в ФЭ есть сравнительно большая статья. К сожалению, она слишком специальна для сколько-нибудь подробного ее изложения на страницах журнала «Квант». Речь в статье идет о наблюдении радиоизлучения центральных областей галактик, которые привели к парадоксальному выводу, что излучающие частицы движутся со скоростью, превышающей скорость света в вакууме. Анализ всей совокупности наблюдательных данных помог ликвидировать парадокс. Если некоторое излучающее физическое образование (сгусток плазмы) перемещается к наблюдателю со скоростью  $v_{п}$  под углом  $\phi$  к лучу зрения, то проекция его скорости на небесную сферу равна  $v_{п} \sin \phi$ . Наблюдая за движением изображения сгустка по небесной сфере, ученые пришли к выводу, что  $v_{п} > c$ . Ошибка связана с тем, что не принято во внимание приближение излучающего сгустка к наблюдателю. Чем ближе сгусток придвигается, тем меньше времени требуется излученному свету, чтобы достигнуть наблюдателя. Из-за этого скорость перемещения пятна по небесной сфере (в картинной плоскости) равна

$$v_{наб} = \frac{v_{п} \sin \phi}{1 - (v_{п} \cos \phi) / c}.$$

При релятивистских скоростях источника  $v_{п}$  и небольших углах  $\phi$  наблюдаемая скорость  $v_{наб}$  может превышать скорость света в вакууме.

Должен признаться, что последний раздел внесен в статью с сугубо педагогическими целями. Во-первых, чтобы продемонстрировать единство законов природы, действующих во всей необозримой Вселенной. Во-вторых, чтобы предупредить – к словам надо относиться с осторожностью. Встретив термин «сверхсветовые скорости в астрофизике», доверчивый читатель – именно потому, что относится термин к астрофизике, – может подумать, что правы писатели-фантасты и скорость света не есть предел для будущих астронавтов. Как видите, это не так.