

зом: $v = Dv'$, $e_{\nu}(v) = D^2 e'_{\nu}(v')$, где $D = [\gamma(1 - v \cos \varphi/c)]^{-1}$ — фактор Доплера, \mathbf{n} — единичный вектор, направленный в точку наблюдения. Эти ф-лы отражают релятивистские эффекты смещения частоты и абберации излучения (см. *Доплера эффект*). Тогда при степенном законе $e'_{\nu}(v') \sim (v')^{-\alpha}$ отношение потоков S от струй, вытекающих в противоположные стороны из ядра, равно:

$$\frac{S_c}{S_k} = \left(\frac{1 + v \cos \varphi / c}{1 - v \cos \varphi / c} \right)^{2 + \alpha}$$

На рис. 4 показана зависимость этого отношения от φ при типичном значении $\alpha = 0,6$. Очевидно, что направленная к наблюдателю струя может быть гораздо ярче контрструи. Т. о., отмеченная асимметрия также объясняется релятивистскими эффектами. Успешное объяснение этих и др. свойств радиоисточников в ядрах

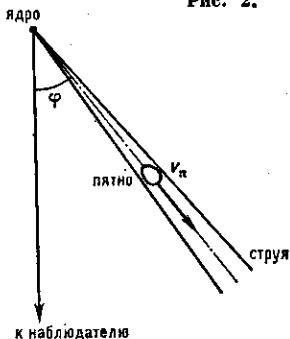
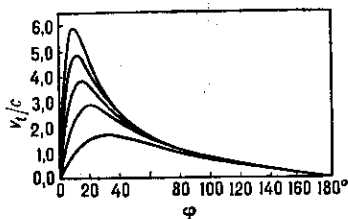


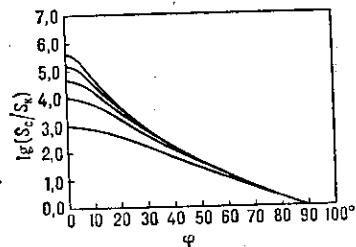
Рис. 2.

Рис. 3. Зависимость от φ наблюдаемой скорости движения «пятна» для различных значений фактора Лоренца пространственных перемещений $\gamma_{\text{пл}} = 1/\sqrt{1 - (v_{\text{пл}}/c)^2}$ ($\gamma_{\text{пл}} = 2,3, 4, 5, 6$; увеличивается снизу вверх).



галактик сделало модель релятивистской струи очень популярной, хотя и не общепризнанной среди астрофизиков. В этой модели «струя» радиоисточника рассматривается действительно как релятивистское струйное течение плазмы из ядра галактики. Радиоядро связывается с оптически толстым нач. участком струи или

Рис. 4. Зависимость от φ отношения интегральных потоков излучения струи S_c и контрструи S_k для $\gamma = 1/\sqrt{1 - (v/c)^2} = 2,3, 4, 5, 6$ (увеличивается снизу вверх).



зуют охлаждаемые и сверхпроводящие соленоиды (катушки) (см. *Сверхпроводящий магнит*). Поля св. 300 кЭ получают практически только в квазистационарных (длительность импульса $\tau \sim 10^{-3} \div 10$ с) или импульсных ($\tau < 10^{-8}$ с) режимах при пропускании сильных электрич. токов через соленоиды разл. конструкций либо при сжатии внеш. силами магн. потока внутри замкнутого проводящего витка (лайнара). Генерация С. м. п. с напряжённостью ≥ 1 МЭ сопровождается существом. повреждением материала катушек и даже их разрушением, т. е. магн. системы становятся пригодными только для однократного применения. Простейший способ получения С. м. п. — разряд батареи импульсных конденсаторов через одновитковый соленоид. Таким способом получают магн. поля до 4 МЭ. Поле в 4 МЭ обладает плотностью энергии $H^2/8\pi$, сравнимой с энергией связи атома в твёрдых телах (для металлов \mathcal{E} имеет величину неск. эВ/ат). В зоне действия такого поля происходит, как правило, полное разрушение (превращения в пар) материала катушки. Самые высокие значения поля (вплоть до 25 МЭ) в лаб. условиях получают методом сжатия магн. потока с использованием энергии взрывчатых веществ (ВВ).

Совр. физику интересуют и более высокие поля, недостижимые пока в лаб. практике, их влияние на строение атомов и молекул и соответственно на физ. свойства веществ. Оказывается, что существенных эффектов можно ожидать, напр., когда силы со стороны магн. поля $H_{\text{ат}}$ становятся преобладающими по сравнению с кулоновским взаимодействием электрона с ядром. Это происходит, когда величина поля $H > H_{\text{ат}} = m^2 e^3 c / \hbar^3 = 2,35 \cdot 10^9$ Э. Ещё более сильное поле $H_{\text{кв}} = m^2 c^3 / e \hbar = 4,4 \cdot 10^{13}$ Э определяет границы применимости классич. электродинамики. В полях $H > H_{\text{кв}}$ значит. роль играют не только релятивистские, но и квантовые эффекты.

Астрофиз. исследования указывают на существование гигантских магн. полей у нек-рых типов звёзд (см. *Магнитные поля звёзд*). Напр., у *белых карликов* обнаружены поля $\sim 10^7$ Э, у *быстро вращающихся нейтронных звёзд (пульсаров)* — $10^9 \div 10^{12}$ Э. Ещё более высокие поля ($10^{10} \div 10^{13}$ Э) зарегистрированы у *рентгеновских пульсаров* — в двойных звёздных системах, одна из к-рых является нейтронной звездой. Сжатие магн. потока при гравитац. коллапсе звезды может приводить к возникновению магн. полей 10^{14} Э. Эти уникальные природные источники открывают возможность для изучения С. м. п. такого уровня и их влияния на перестройку атомных структур, приводящую к появлению новых, необычных состояний вещества.

С. м. п., существующие в микромире, могут быть обнаружены при проведении нек-рых физ. экспериментов. Поля $10^6 \div 10^7$ Э имеются вблизи ядер свободных атомов, на что указывает *сверхтонкая структура* энергетич. уровней электронов (см. также *Внутрикристаллическое поле*). С. м. п. возникают при фокусировании мощных лазерных пучков. Напр., при фокусировке лазерного излучения мощностью $P = 10^{12}$ Вт на площади $S = 10^{-4}$ см² плотность эл.-магн. энергии P/cS в фокусе соответствует напряжённости поля $H = (8\pi P/cS)^{1/2}$, т. е. $\sim 10^7$ Э. Признаки существования магн. полей напряжённостью до 10^8 Э обнаружены при кумуляции плазмы в установках типа *плазменного фокуса*. Магн. поля звёздного уровня должны возникнуть при нецентральных столкновениях тяжёлых ионов. Эквивалентный электрич. ток ионов при таких взаимодействиях может возбуждать магн. поле $H = (Z_1 + Z_2)ev/4\pi cR^2$. При относительной скорости ионов $v = 0,1$ с и суммарном заряде $(Z_1 + Z_2) > 170$ на очень коротких расстояниях R , сравнимых с радиусом ядра, поле может достигать величины $\sim 10^{14}$ Э.

Получение сильных и сверхсильных магнитных полей. Задачи получения сильных магн. полей в лаб.

со стационарной ударной волной в этой струе, сверхсветовые «пятна» — с нестационарными ударными волнами. Повыш. яркость этих деталей объясняется процессами усиления магн. поля и ускорения релятивистских электронов на ударном фронте (см. *Ускорение заряженных частиц*).

Лит.: 1) Rees M. J., Aperance of relativistically expanding radio sources, «Nature», 1966, v. 211, p. 468; 2) Cohen M. H. и др., Small-scale structure of radio galaxies and quasi-stellar sources at 3,8 centimeters, «Astrophys. J.», 1971, v. 170, p. 207; 3) Whiteley A. R. и др., Quasars revisited rapid time variations observed via very-long baseline interferometry, «Science», 1971, v. 173, p. 225; 4) Benson J. M. и др., VLB and merlin observations of 3C 120 AT 1.7 GHz-superluminal motions beyond 300,5, «Astrophys. J.», 1988, v. 334, p. 560. С. С. Комиссаров.

СВЕРХСИЛЬНЫЕ МАГНИТНЫЕ ПОЛЯ — поля с напряжённостью $H \geq 1$ МЭ (граница условия). Классификацию магн. поля обычно связывают со способами получения полей. Слабые (до 0,5 кЭ) и средние (до 40 кЭ) магн. поля получают в лаб. условиях с помощью постоянных магнитов и электромагнитов. Для получения сильных стационарных полей до ~ 300 кЭ исполь-