

на внеш. электроны атома или иона, имеет эл.-статич. (на расстояниях порядка межатомных положит. и отрицат. заряды не компенсируют друг друга) и обменное (см. *Обменное взаимодействие*) происхождение. Напряжённость В. п. может достигать значений $\sim 10^8$ В/см. В. п. имеет симметрию, определяемую симметрией кристалла (для примесных атомов или ионов — точечной симметрией).

Понятие В. п. возникло в связи с теоретич. расчётами электронного спектра примесных парамагн. ионов (см. *Парамагнетизм*) в диамагн. ионных кристаллах (матрицах) и комплексных соединениях. В этом случае В. п. наз. также полем Лигандов. Под действием В. п. происходит расщепление вырожденных электронных уровней парамагн. атома или иона (см. *Штарка эффект*). В. п. снимает орбитальное вырождение, имеющееся в изолир. атоме или ионе, и изменяет структуру электронных уровней. В зависимости от соотношения В. п. и внутриатомных взаимодействий (обменного, спин-орбитального) различают случаи сильного, промежуточного и слабого В. п. В сильном В. п. энергия взаимодействия электронов парамагн. иона с В. п. больше энергии спин-орбитального взаимодействия и обменного взаимодействия. При этом расщепление уровней Δ велико ($\Delta \approx 5$ эВ), нарушается структура энергетич. уровней изолированного атома или иона, в частности нарушается Хунда правило и реализуется т. н. низкоспиновое состояние иона; этот случай наблюдается, напр., для ионов Fe^{2+} , Co^{3+} , для мн. ионов с недостроенными 4d- и 5d-оболочками. Случай промежуточного В. п. ($\Delta \approx 1$ эВ), когда энергия взаимодействия электронов с полем больше энергии спин-орбитального взаимодействия, но меньше энергии внутриатомного обменного взаимодействия, встречается в большинстве соединений переходных металлов с недостроенной 3d \approx оболочкой. В соединениях редкоземельных элементов с недостроенной f-оболочкой реализуется случай слабого В. п. ($\Delta \sim 10^{-2}$ эВ). При этом мультиплетная структура уровней изолир. иона сохраняется в кристалле.

Эффекты, вызываемые электрич. В. п., важны для магнитоупорядоченных веществ, а также для примесных парамагн. ионов (переходных и редкоземельных элементов) в кристалле; они определяют величину магн. момента иона, магнитную анизотропию и магнитострикцию, а также спектроскопич. свойства кристалла. С воздействием электрич. В. п. связаны специфич. фазовые переходы (кооперативный Яна — Теллера эффект, переход из высокоспинового состояния в низкоспиновое и др.).

В. п. исследуются с помощью спектроскопич. методов — оптич. спектроскопии, радиоспектроскопии (ЭПР, ЯМР, ЯКР), мёссбауэровской спектроскопии, с помощью рассеяния нейтронов (см. *Нейтронная графия*), измерений теплоёмкости, акустического парамагнитного резонанса и акустического ядерного магнитного резонанса. Для оценки величины и определения локальной симметрии В. п. в диамагн. кристалле оптич. методами и методом ЭПР в него часто вводят небольшие кол-ва парамагн. ионов, к-рые служат «атомными зондами». Исследование величины и симметрии В. п. позволяет изучить структуру твёрдых тел и энергию взаимодействия ионов с кристаллич. окружением. Такие диамагн. матрицы с примесью парамагн. ионов являются основой твердотельных лазеров и квантовых усилителей СВЧ.

Внутреннее магн. поле, действующее на орбит. моменты и спины электронов и ядер в кристалле, имеет эл.-магн. и обменное происхождение. Эл.-магн. вклад (за счёт диполь-дипольного взаимодействия) невелик, и соответствующие поля обычно $\sim 10^3$ — 10^4 Э; они являются дальнедействующими (спадают с расстоянием как $1/r^3$). Обменные поля значительно сильнее и для электронов достигают 10^6 — 10^7 Э. Магнитные поля на ядрах, обусловленные сверхтонким взаимодействием магн. моментов ядер и электронного окружения, порядка

10^6 — 10^6 Э. Эти поля — короткодействующие. В парамагнетиках из-за хаотич. тепловых переориентаций магн. моментов электронов и ядер величина и направление магн. В. п. быстро флуктуируют во времени и его ср. значение мало или равно 0. Значит, величины оно достигает лишь в магнитоупорядоченных средах или в парамагнетиках при низких темп-рах.

Магн. В. п. проявляется в расщеплении уровней парамагн. ионов и ядер (см. *Зеемана эффект*). Оно непосредственно сказывается в спектрах (оптических, ЯМР, ЭПР, ЯКР, Мёссбауэра, ферро- и антиферромагн. резонансов). Эти методы и используются в основном для исследования магн. В. п. Его изучение даёт возможность установить наличие и тип магн. упорядочения в магнетиках, локальную симметрию и характер взаимодействия парамагн. примесей с матрицей, характер хим. связей в кристалле (долю ковалентности связей, степень переноса заряда).

Помимо собственных электрич. и магн. В. п., в конденсированных средах существенно изменяются и внешние электрич. и магн. поля, что, в частности, приводит к эффектам локального поля.

Лит.: Вальхаузен К., Введение в теорию поля лигандов, пер. с англ., М., 1964; Вонсовский С. В., Магнетизм, М., 1971; Абрагам А., Блани Б., Электронный парамагнитный резонанс переходных ионов, пер. с англ., т. 1—2, М., 1972—73. Д. И. Холский.

ВНУТРИПУЧКОВОЕ РАССЕЯНИЕ в ускорителях заряженных частиц — рассеяние частиц пучка друг на друге. В накопителях заряд. частиц при длит. циркуляции интенсивных пучков в условиях высокого вакуума важную роль могут играть кулоновские столкновения частиц пучка. Характерным для В. р. процессом является столкновение частиц, имеющих в системе центра инерции поперечные импульсы p_{\perp} , большие по сравнению с продольными: в результате рассеяния с уменьшением p_{\perp}^2 на величину q^2 энергии в лаб. системе изменяется на величину $\pm \gamma qc$ (γ — Лоренц-фактор пучка, $\gamma = 1/\sqrt{1-\beta^2}$, где β — продольная скорость частиц пучка в единицах c). Скачок энергии влечёт за собой смещение замкнутых орбит частиц с возбуждением поперечных колебаний импульса пропорционально $\gamma q l$, где Q — число колебаний на периметре орбиты в фокусирующем поле накопителя. При достаточно большой величине γ близкие столкновения приводят к выходу частиц за пределы фазового объёма накопителя, т. е. к гибели частиц, — имеет место *Тушека эффект*. Более вероятно многократное рассеяние частиц с малым обменом импульса; при $\gamma > Q$ его результирующим эффектом является стохастич. неустойчивость — самонагрев пучка (за счёт незначит. общего торможения) с инкрементом

$$\lambda \sim 2\pi (Ze)^4 mn L_C / (p\theta)^3 Q^2,$$

где Ze и m — электрич. заряд и масса частицы, n — концентрация, p — импульс, θ — угл. разброс частиц в пучке в лаб. системе, L_C — т. н. логарифм кулоновских столкновений, $L_C = \ln(r_{\perp}/\rho_{\perp})$, где r_{\perp} — миним. поперечный размер пучка, ρ_{\perp} — прицельный параметр ближнего взаимодействия (с отклонением на угол $\pi/2$). При $\gamma < Q$ самонагрев не развивается. В. р. может лишь термализовать пучок с характерным декрементом

$$\lambda \sim 2\pi (Ze)^4 mn L_C / \gamma^2 (p\theta)^3.$$

В накопителях с длинными прямолинейными промежуточными критерий самонагрева более сложен.

Лит.: Дербенев Я. С., Труды VI Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц, т. 1, Дубна, 1979, с. 119; Дербенев Я. С., Скринский А. Н., Электронное охлаждение протон-антипротонных встречных пучков, в сб.: Труды VII Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц, т. 1, Дубна, 1981, с. 259; Piwinski A., Proceedings IXth International Conference on High Energy Accelerators, Stanford (Cal.), 1974, p. 405. Я. С. Дербенев.

ВНУТРИРЕЗОНАТОРНАЯ ЛАЗЕРНАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ — метод лазерной спектроскопии, в к-ром исследуемое вещество помещается внутри резонатора ла-