С. в *расслоении* со структурной группой $G$ — то же, что *калибровочное поле.* Поля $\psi(x)$, принимающие значения в зарядовом пространстве, играют при этом роль тензорных полей. Если $A_i(x)$ — калибровочное поле, принимающее значение в *Ли алгебре* $L(G)$ *группы* $G$ симметрий зарядового пространства (т. е. матричнозначное), то ковариантные производные поля $\psi$ определяются ф-лами:

$$\nabla_i\psi = \frac{\partial\psi}{\partial x^i} - A_i\psi.$$

Осн. их свойство — при локальных зарядовых преобразованиях $\psi(x) \to g(x)\psi(x)$ [где ф-ция $g(x)$ принимает значения в группе $G$] и *калибровочных преобразованиях*

$$A_i(x) \to g(x)A_i(x)g^{-1}(x) + \frac{\partial g(x)}{\partial x^i}g^{-1}(x)$$

производная $\nabla_i\psi$ преобразуется ковариантно: $\nabla_i\psi(x) \to g(x)\nabla_i\psi(x)$. Это даёт однозначный рецепт введения взаимодействия полей $A_i(x)$ и $\psi(x)$: если $L_0(\psi, \partial\psi/\partial x^i)$ — свободный *лагранжиан* поля $\psi$, инвариантный относительно зарядовых преобразований, то лагранжиан $L(\psi, \partial\psi/\partial x^i, A_i) = L_0(\psi, \nabla_i\psi)$ описывает калибровочно-инвариантное взаимодействие полей $A_i$ и $\psi$.

Параллельный перенос поля $\psi$ вдоль кривой $x^i = x^i(t)$ определяется из ур-ния $\dot{x}^i\nabla_i\psi = 0$. Кривизна С. в расслоении определяется ф-лой:

$$F_{ij} = [\nabla_i, \nabla_j] = \frac{\partial A_i}{\partial x^j} - \frac{\partial A_j}{\partial x^i} + [A_i, A_j],$$

где скобки обозначают коммутатор. При калибровочных преобразованиях она меняется по закону:

$$F_{ij}(x) \to g(x)F_{ij}(x)g^{-1}(x).$$

Если кривизна С. равна нулю, то калибровочное поле локально представляется в виде $A_i(x) = (\partial g(x)/\partial x^i)g^{-1}(x)$ и калибровочным преобразованием приводится к нулевому. Кривизна С. определяет изменение поля $\psi(x)$ при параллельном переносе вдоль контура бесконечно малого параллелограмма со сторонами $\delta_1 x^i$, $\delta_2 x^j$: $\delta\psi = F_{ij}\psi\delta_1 x^i\delta_2 x^j$. Она удовлетворяет тождеству Бьянки: $\nabla_i F_{jk} + \nabla_k F_{ij} + \nabla_j F_{ki} = 0$, где $\nabla_i F_{jk} = \partial F_{jk}/\partial x^i - [A_i, F_{jk}]$. В полный лагранжиан калибровочных теорий, используемых, напр., в теории *сильных взаимодействий*, кривизна входит в инвариантной комбинации — $(1/4e^2)\mathrm{Sp}(F_{ij}F^{ij})$ (здесь Sp — след *матрицы*, $e$ — заряд).

*Лит.:* Славнов А. А., Фаддеев Л. Д., Введение в квантовую теорию калибровочных полей, 2 изд., М., 1988; Дубровин Б. А., Новиков С. П., Фоменко А. Т., Современная геометрия, 2 изд., М., 1986. *Б. А. Дубровин.*

**СВЯЗЬ ВЕКТОРНАЯ** — наглядная модель векторного сложения орбитальных $l_i$ и спиновых $s_i$ моментов в полный момент $J$ квантовой системы (атома, атомного ядра, молекулы), характеризующая взаимодействие электронов в атомах и молекулах и нуклонов в атомных ядрах.

В нулевом приближении энергия атома определяется сферически симметричной частью электростатич. взаимодействия $V_{эс}$ электронов с ядром и между собой. При этом каждый уровень энергии системы, имеющий конфигурацию $n_1l_1n_2l_2,\ldots,n_il_i$, оказывается $2^i(2l_1+1)(2l_2+1)\ldots(2l_i+1)$-кратно вырожденным в соответствии с числом возможных проекций орбитального $m_{l_i}$ и спинового $m_{s_i}$ моментов.

Нецентральная часть взаимодействия $V_{эс}$ и спин-орбитальное взаимодействие $V_{со}$ приводят к расщеплению уровня энергии атома на подуровни, относительное расположение к-рых во мн. случаях можно описать с помощью определённой схемы сложения моментов $l_i$ и $s_i$, т. е. типом С. в.

Для двух неэквивалентных электронов с моментами $l_1$, $s_1$ и $l_2$, $s_2$ возможны след. типы С. в.:

$LS$-связь: $l_1+l_2=L,\ s_1+s_2=S,\ L+S=J,$

$LK$-связь: $l_1+l_2=L,\ L+s_1=K,\ K+s_2=J,$

$jK$-связь: $l_1+s_1=j_1,\ j_1+l_2=K,\ K+s_2=J,$

$jj$-связь: $l_1+s_1=j_1,\ l_2+s_2=j_2,\ j_1+j_2=J.$

При любой схеме С. в. векторное сложение всех моментов даёт один и тот же полный момент $J$ системы. Два промежуточных квантовых числа используются для обозначения типа связи и классификации подуровней энергии.

Для электронной оболочки из эквивалентных электронов (т. е. электронов, состояние к-рых описывается одинаковым набором квантовых чисел) вследствие *Паули принципа* возможны лишь $LS$- или $jj$-типы С. в., в к-рых все электроны участвуют симметричным образом, что следует из принципа неразличимости электронов.

Каждый тип С. в. характеризует относит. величины разл. типов взаимодействия электронов. В случае $LS$-связи (наз. ещё нормальной или рассел-саундеровской связью) электростатич. взаимодействие намного больше спин-орбитального: $V_{эс} \gg V_{со}$. Нормальная связь характерна для не очень тяжёлых нейтральных и слабоионизов. атомов, находящихся в не слишком высоковозбуждённых состояниях. В противоположном случае $V_{со} \gg V_{эс}$ реализуется $jj$-связь. Она используется для описания уровней энергии тяжёлых атомов и *многозарядных ионов.* Переход от $LS$- к $jj$-типу С. в. с ростом заряда ядра $Z$ объясняется разной зависимостью взаимодействий от $Z$: электростатич. взаимодействие $V_{эс} \sim Z$, а спин-орбитальное $V_{со} \sim Z^4$. Поэтому в изоэлектронном ряду с ростом $Z$ происходит непрерывный переход от $LS$- к $jj$-связи. Относит. роль взаимодействий $V_{эс}$ и $V_{со}$ может быть различной для разных уровней энергии одного и того же атома или иона, поэтому при классификации энергетич. спектра одной и той же конфигурации часто используются разл. типы С. в.

Нормальная и $jj$-связи наз. однородными типами связи, а $LK$- и $jK$-связи — неоднородными. В ряде случаев ни один из типов «чистой» связи не является точным и приходится использовать промежуточные типы связи. Общее число уровней с данным $J$ одинаково для всех типов связи. (Классификацию уровней энергии см. в ст. *Мультиплетность.*)

*Лит.:* Никитин А. А., Рудзикас З. Б., Основы теории спектров атомов и ионов, М., 1983. *В. П. Шевелько.*

**СГС СИСТЕМА ЕДИНИЦ** — система единиц физ. величин с осн. единицами: сантиметр, грамм, секунда (СГС); принята 1-м Международным конгрессом электриков (Париж, 1881) в качестве системы единиц, охватывающей механику и электродинамику. Для электродинамики первоначально были приняты две СГС с. е.: электромагнитная (СГСМ) и электростатическая (СГСЭ). В основу построения этих систем был положен *Кулона закон* взаимодействия электрич. зарядов (СГСЭ) и магн. полюсов (СГСМ). Единицы СГСЭ и СГСМ отличаются не только численным значением, но и размерностью, т. к. в соотношения размерностей входит размерность скорости в разных степенях.

В системе единиц СГСМ магн. проницаемость вакуума (*магнитная постоянная*) $\mu_0 = 1$, а электрич. проницаемость вакуума (*электрическая постоянная*) $\varepsilon_0 = 1/c^2$ с²/см²; единицей магн. потока является максвелл (Мкс, Mx), магн. индукции — гаусс (Гс, Gs), напряжённости магн. поля — эрстед (Э, Oe), магнитодвижущей силы — гильберт (Гб, Gb). Электрич. единицам в этой системе собств. наименований не присвоено.

В системе СГСЭ $\varepsilon_0 = 1$, $\mu_0 = 1/c^2$ с²/см². Электрич. единицы СГСЭ собств. наименований не имеют; их размер, как правило, неудобен для измерений и их применяют обычно только в теоретич. работах.

Со 2-й пол. 20 в. наиб. распространение получила т. н. СГС симметричная система единиц (Гаусса система единиц, смешанная система единиц). В ней $\mu_0 = 1$ и $\varepsilon_0 = 1$; магн. единицы этой си-