

Х. п. операторов входит в наиб. существенные ф-лы квантовой теории поля. Так, *редукционные формулы* связывают оператор S -матрицы с T -произведением токов взаимодействующих полей. S -матрица связана с лагранжианом $\mathcal{L}(x)$ посредством T -экспоненты: $S = T \exp \{ i \int \mathcal{L}(x) dx \}$.

Важное значение в квантовой теории поля имеет *Вика теорема*, связывающая Х. п. операторов с их *нормальным произведением*.

Лит.: Вика Д., Вычисление матрицы столкновений, в сб.: Новейшее развитие квантовой электродинамики, [пер. с англ.], М., 1954; Бьёркен Дж. Д., Дрелл С. Д., Релятивистская квантовая теория, т. 2, пер. с англ., М., 1978; Боголюбов Н. Н., Ширков Д. В., Введение в теорию квантовых полей, 4 изд., М., 1984. Ю. С. Вернов.

ХРОНОСПЕКТРОМЕТР — спектральный прибор для регистрации изменений спектров во времени и содержащий устройства быстрого циклического спектрального сканирования. Если последние отсутствуют, а развёртка во времени осуществляется для всех длин волны рабочего спектрального диапазона одновременно, то прибор наз. хроноспектрографом.

ХРУПКОСТЬ — свойство материала разрушаться при небольшой (прем. упругой) деформации под действием напряжений, ср. уровень к-рых ниже предела текучести. Образование хрупкой трещины и развитие процесса хрупкого разрушения связаны с появлением малых локальных зон пластич. деформации (см. *Прочность твёрдых тел*). Относит. доля упругой и пластич. деформации при хрупком разрушении зависит от свойств материала (характера межатомных и межмолекулярных связей, микро- и кристаллич. структуры) и условий работы. Приложение растягивающих напряжений по трём гл. осям (трёхосное напряжённое состояние), концентрация напряжений в местах резкого изменения сечения детали, понижение темп-ры и увеличение скорости нагружения, а также повышение запаса упругой энергии нагруженной конструкции способствуют переходу материала в хрупкое состояние. Напр., существенно упругий материал мрамор, хрупко разрушающийся при растяжении, в условиях несимметричного по трём гл. осям сжатия ведёт себя как пластичный материал; чем выше концентрация напряжений, тем сильнее проявляется Х. материала, и т. д.

Условием роста хрупкой трещины является нарушение равновесия между освобождающейся при этом энергией упругой деформации и приращением полной поверхностной энергии (включая и работу пластич. деформации тонкого слоя, примыкающего к краю трещины). Хрупкая прочность элемента с трещиной обратно пропорциональна \sqrt{l} , где l — полудлина трещины.

Склонность материала к хрупкому разрушению оценивают обычно по температурным зависимостям работы разрушения или характеристикам пластичности, позволяющим определить критич. темп-ру хрупкости $T_{кр}$, т. е. темп-ру перехода из пластич. состояния в хрупкое. Чем выше $T_{кр}$, тем более материал склонен к хрупкому разрушению.

При рассмотрении макроскопич. закономерностей хрупкого разрушения необходимо учитывать две независимые характеристики — сопротивление пластич. деформации (предел текучести σ_s) и сопротивление хрупкому разрушению (хрупкая прочность, сопротивление отрыву $S_{от}$).

При понижении темп-ры испытания, введении надразов — концентраторов напряжения, увеличении скорости деформации σ_s возрастает быстрее, чем $S_{от}$, вследствие чего происходит переход от вязкого разрушения к хрупкому (рис.).

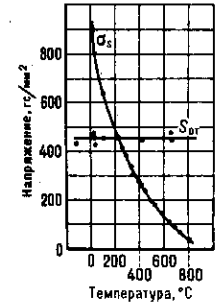


Схема перехода каменной соли из вязкого состояния в хрупкое при понижении температуры испытания на растяжение (по А. Ф. Иоффе).

Представление о возникновении хрупкого разрушения как результате небольшой предварит. пластич. деформации лежит в основе дислокац. теории разрушения. Зарождение хрупких трещин связывают с плоским скоплением линейных дефектов кристаллич. решётки — *дислокаций* — перед к.-л. препятствием, к-рым могут служить границы зёрен или субзёрен, разл. включения и т. п. При этом возникает высокая концентрация напряжений, пропорциональная касательному напряжению от внеш. нагрузки и длине скопления дислокаций.

Лит.: Дроздовский Б. А., Фридман Я. Б., Влияние трещин на механические свойства конструкционных сталей, М., 1960; Черепанов Г. П., Механика хрупкого разрушения, М., 1974; Разрушение, ред. Г. Либовиц, пер. с англ., т. 1 — 7, М., 1973 — 77.

В. И. Сирак.

ХУНДА ПРАВИЛО — правило для нахождения самых глубоких уровней энергии, соответствующих определённой электронной конфигурации атома при нормальной связи спиновых и орбитальных моментов образующих эти конфигурации электронов, когда уровни энергии характеризуются *квантовыми числами* S, L (см. *Атом, Атомные спектры*). В случае нормальной связи моментов (см. *Связь векторная*) при заданном квантовом числе S полного спинового момента атома и при заданном квантовом числе полного орбитального момента атома L получается спектральный терм ${}^{\chi}L$ с мультиплетностью $\chi = 2S + 1$ — совокупность уровней энергии с квантовыми числами J полного момента атома: $J = L + S, L + S - 1, \dots, |L - S|$. Расположение мультиплетных термов ${}^{\chi}L$ определяется электростатич. взаимодействиями электронов (много большими при нормальной связи, чем магн. взаимодействия) и, как следует из эксперим. данных и подтверждается мн. квантовомехан. расчётами, термы, соответствующие определённой конфигурации, лежат, как правило, тем глубже, чем больше S , а при данном S имеют тенденцию лежать тем глубже, чем больше L .

Согласно Х. п., эмпирически установленному в 1925 Ф. Хундом (F. Hund), самый глубокий терм, соответствующий рассматриваемой электронной конфигурации, обладает наибольшим возможным значением S и наибольшим возможным для данного S значением L . Это правило всегда выполняется для нормальных электронных конфигураций, соответствующих наиб. прочной связи всех электронов и состоящих из эквивалентных электронов, и полностью подтверждается квантовомехан. расчётами. Напр., для конфигурации p^2 получаются (при учёте *Паули принципа*) термы ${}^1S, {}^1D, {}^3P$, а для конфигурации d^2 — термы ${}^1S, {}^1D, {}^1G, {}^3P, {}^3F$; в первом случае самый глубокий терм, согласно Х. п., 3P , во втором — 3F .

Для данного терма ${}^{\chi}L$ уровни с различными J обладают разл. энергией — имеет место мультиплетное расщепление терма (при $S \leq L$ на $\chi = 2S + 1$ составляющих и при $S > L$ на $2L + 1$ составляющих), обусловленное магн. *спин-орбитальным взаимодействием*. Расположение уровней определяется приближённым правилом интервалов, согласно к-рому расстояние между соседними уровнями с квантовыми числами J и $J + 1$ пропорционально большему квантовому числу; напр., для уровней ${}^3P_0, {}^3P_1, {}^3P_2$ терма 3P расстояние ${}^3P_2 - {}^3P_1$ вдвое больше расстояния ${}^3P_1 - {}^3P_0$. При этом в случае конфигураций, состоящих из эквивалентных электронов, для оболочек, заполненных меньше чем наполовину (напр., p^2, d^4, f^5), получаются нормальные мультиплетные термы, для к-рых уровни лежат тем глубже, чем меньше J , а для оболочек, заполненных больше чем наполовину, получаются обращённые мультиплетные термы, для к-рых уровни лежат тем глубже, чем больше J . Так, для нормального терма 3P конфигурации p^2 самый глубокий уровень 3P_0 , а для обращённого терма дополнит. конфигурации $p^4 - {}^3P_2$.

Х. п. в сочетании с правилом нахождения наиб. глубокого уровня энергии для нормальных и обращённых мультиплетных термов (это правило иногда ошибочно наз. вторым Х. п.) позволяет определить для нормальной конфигурации атома самый глубокий (основной) уровень