Р. устраняет структурные дефекты, изменяет размеры и ориентацию зёрен и иногда их кристаллографич. ориентацию (текстуру). Р. переводит вещество в состояние с большей термодинамич. устойчивостью: при собирательной и вторичной Р.— за счёт уменьшения суммарной поверхности границ между зёрнами, при первичной Р.— также за счёт уменьшения искажений, внесённых деформацией. Р. изменяет все структурночувствит. свойства материала и часто восстанавливает исходную структуру, текстуру и свойства (до деформации). Иногда структура и текстура после Р. отличаются от исходных, соответственно отличаются и свойства.

Практически важными технол. способами обработки материалов, в к-рых существ. роль играет Р., являются: прокатка, ковка, волочение, экструзия, при к-рых образуются дислокации с плотностью 10^{5}—10^{13} см$^{-2}$ и их скопления (ячеистая структура); дробление и спекание порошковых (керамич.) материалов, при к-рых образуются субмикропоры; осаждение поликристаллич. плёнок из газовой фазы или с помощью молекулярных пучков (см. *Эпитаксия*).

Лит.: Горелик С. С., Рекристаллизация металлов и сплавов, 2 изд., М., 1978; Рекристаллизация металлических материалов, под ред. Ф. Хесснера, пер. с англ., М., 1982; Горелик С. С., Бабич Э. А., Летюк Л. М., Формирование микроструктуры и свойств ферритов в процессе рекристаллизации, М., 1984. *С. С. Горелик.*

РЕКУРРЕНТНЫЕ СООТНОШЕНИЯ (от лат. recurrens, род. падеж recurrentis — возвращающийся) — однотипные ф-лы, к-рые связывают между собой идущие друг за другом элементы нек-рой последовательности (это может быть последовательность чисел, ф-ций и т. д.). В зависимости от природы объектов, связанных Р. с., эти соотношения могут быть алгебраическими, функциональными, дифференциальными, интегральными и т. п.

Наиб. известный класс Р. с.— это рекуррентные ф-лы для *специальных функций*. Так, для *цилиндрических функций* $Z_m(x)$ Р. с. имеют вид

$$Z_{m+1}(x)=\frac{2m}{x}Z_m(x)-Z_{m-1}(x)=\frac{m}{x}Z_m(x)-\frac{d}{dx}Z_m(x)=$$
$$=-x^m\frac{d}{dx}[x^{-m}Z_m(x)].$$

Они позволяют по ф-ции $Z_{m_0}(x)$ найти ф-ции $Z_m(x)$ при $m=m_0\pm 1$, $m_0\pm 2$ и т. д. либо, напр., по значениям ф-ций Z_{m_0} и Z_{m_0+1} в нек-рой точке $x_0\neq 0$ найти (в численных расчётах) значение любой из ф-ций Z_m, $m=m_0-1$, $m_0\pm 2$, ..., в этой же точке (здесь m_0 — любое вещественное число).

Др. важный класс Р. с. дают многочисленные методы последовательных приближений (см. *Итераций метод*); сюда же примыкают и методы *возмущений теории*.

В квантовой механике есть ещё один вид Р. с., связывающих между собой векторы в гильбертовом пространстве состояний. Напр., стационарные состояния гармонич. осциллятора параметризуются целыми неотрицательными числами. Соответствующие векторы, обозначаемые $|n\rangle$, где n — целое, при разных n могут быть получены друг из друга действием операторов рождения a^+ и уничтожения a:

$$a^+|n\rangle=\sqrt{n+1}\,|n+1\rangle,$$
$$a|n\rangle=\sqrt{n}\,|n-1\rangle.$$

Эти соотношения можно разрешить, выразив любой вектор $|n\rangle$ через $|0\rangle$ (наинизшее энергетич. состояние, $n=0$):

$$|n\rangle=\frac{(a^+)^n}{\sqrt{n!}}|0\rangle.$$

Обобщением этой конструкции является представление *вторичного квантования* в квантовой статистич. механике и квантовой теории поля (см. *Фока пространство*).

Типичный пример Р. с. в статистич. механике — ур-ния для частичных ф-ций распределения, образующие цепочку Боголюбова (см. *Боголюбова уравнения*); знание таких ф-ций позволяет найти все термодинамич. характеристики системы.

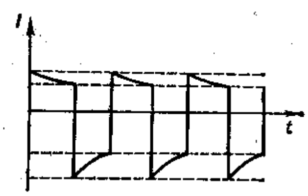
В квантовой теории поля динамич. информация содержится, напр., в *Грина функциях*. Для их вычисления используют разл. приближения, чаще всего — расчеты по теории возмущений. Альтернативный подход основан на интегродифференциальных *Дайсона уравнениях*, являющихся Р. с.: ур-ние для двухточечной ф-ции Грина содержит четырёхточечную и т. д. Как и ур-ния Боголюбова, эту систему удаётся решать, лишь «оборвав» цепочку (место «обрыва» выбирается обычно из физ. соображений и определяет получаемое приближение).

Ещё один вид Р. с. в квантовой теории поля — *Уорда тождества* в теориях *калибровочных полей*. Эти тождества также представляют собой цепочку интегродифференциальных соотношений, связывающих между собой ф-ции Грина с разл. числом внешних линий, и являются следствием калибровочной инвариантности теории. Решающую роль они играют для проверки калибровочной симметрии при проведении процедуры *перенормировки*.

Наконец, сама перенормировка — тоже рекуррентная процедура: на каждом шаге (в каждой следующей петле) используются *контрчлены*, полученные из вычисления диаграмм с меньшим числом петель (подробнее см. *R-операция*). *А. М. Малокостов.*

РЕЛАКСАЦИОННЫЕ КОЛЕБАНИЯ — колебания, возникающие в нелинейных системах, в к-рых существ. роль играют диссипативные силы: внеш. или внутр. трение — в механич. системах, сопротивление — в электрических. Обычно о Р. к. говорят применительно к автоколебат. системам. Каждый период Р. к. может быть разделён на неск. резко разграниченных этапов, соответствующих медленным и быстрым изменениям состояния системы, в к-рой происходят Р. к., что позволяет рассматривать Р. к. как разрывные колебания.

Простейший пример электрич. Р. к.— колебания, возникающие в схеме с газоразрядной лампой, к-рая обладает свойством зажигаться при нек-ром напряжении $U_з$ и гаснуть при более низком напряжении $U_г$. В этой схеме периодически осуществляется зарядка конденсатора C от источника тока E через сопротивление R до напряжения зажигания лампы, после чего лампа зажигается и конденсатор быстро разряжается через лампу до напряжения гашения лампы. В этот момент лампа гаснет и процесс начинается вновь. В течение каждого



периода этих Р. к. происходят два медленных изменения силы тока I при заряде и разряде конденсатора и два быстрых — скачкообразных — изменения тока I_c, когда лампа зажигается и гаснет (рис.).

Упрощённое рассмотрение механизма возникновения Р. к. основано на пренебрежении параметрами системы, влияющими на характер быстрых движений. Методы нелинейной теории колебаний позволяют исследовать не только медленные, но и быстрые движения, не пренебрегая параметрами, от к-рых характер быстрых движений существенно зависит, и не прибегая к спец. постулатам о характере быстрых движений. В зависимо-