

подрешётки ориентированы одинаково и противоположно спинам др. подрешётки. Фрустрированные И. м.:  $I_{\text{к}} < 0$  на решётках, к-рые нельзя разделить на две подрешётки, напр. на плоской треугольной решётке. В этом случае осн. состояние сильно вырождено.

В ферромагнитной И. м. параметр порядка равен ср. намагниченности, в антиферромагн. И. м. параметром порядка служит разность намагниченностей подрешёток.

**Фазовые переходы.** В одномерной И. м. все термодинамич. величины являются аналитич. ф-циями темп-ры  $T$  и магн. поля, фазовый переход отсутствует. В ферромагн. И. м. на двумерной и трёхмерной решётках при низких темп-рах спонтанная намагниченность отлична от нуля. С ростом  $T$  она уменьшается, непрерывно обращаясь в нуль при  $T = T_c$ . При  $h \neq 0$  спонтанная намагниченность конечна при любой темп-ре. На фазовой диаграмме в координатах  $h, T$  линия  $h=0$  является линией расслоения двух фаз с разными направлениями намагниченности. При переходе через эту линию намагниченность меняет знак вместе с изменением знака  $h$  (фазовый переход 1-го рода). Точка  $T = T_c, h=0$  является кощевой точкой отрезка существования двух фаз — критической точкой.

Антиферромагн. И. м. при  $h=0$  сводится к ферромагнитной. В слабом внеш. магн. поле изинговский антиферромагнетик переходит из упорядоченного антиферромагнитного состояния при низких темп-рах в неупорядоченное состояние при высоких. На фазовой диаграмме в координатах  $h, T$  критич. точки образуют линию.

Для двумерной И. м. на квадратной решётке при  $h=0$  в термодинамич. пределе (размеры решётки стремятся к бесконечности) вычислены аналитически свободная энергия, параметр порядка и корреляц. функции. Значения критических показателей приведены в ст. *Двумерные решёточные модели*. Теплоёмкость  $c_V$  имеет логарифмич. особенность в точке фазового перехода:  $c_V \sim \ln|1 - T/T_c|$ .

Для трёхмерной И. м. точные значения критич. индексов неизвестны. Приближённые значения приведены в ст. *Критические показатели*.

Лит.: Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М., Статистическая физика, ч. 1, 3 изд., М., 1978; Паташинский А. З., Покровский В. Л., Флуктуационная теория фазовых переходов, 2 изд., М., 1982. С. В. Покровский.

**ИЗЛУЧАТЕЛИ ЗВУКА** — устройства, предназначенные для возбуждения звуковых волн в газообразных, жидких и твёрдых средах. И. з. преобразуют в энергию звукового поля энергию какого-либо другого вида.

В технике наибольшее распространение в качестве И. з. получили *электроакустические преобразователи*, напр. *громкоговорители* электродинамич. или электростатич. типа, *пьезоэлектрические преобразователи* и *магнотриксционные преобразователи* для УЗ-техники и акустоэлектроники. В подавляющем большинстве И. з. этого типа электрич. энергия преобразуется в энергию колебаний к.-л. твёрдого тела (излучающей пластинки, стержня, мембраны и т. п.), к-рое и излучает в окружающую среду акустич. волны. Все перечисленные преобразователи, как правило, линейны, и, следовательно, колебания излучающей системы воспроизводят по форме возбуждающий электрич. сигнал; лишь при очень больших амплитудах колебаний вблизи верхней границы динамич. диапазона И. з. могут возникнуть нелинейные искажения. В преобразователях, предназначенных для излучения монохроматич. волн, используют явление резонанса: они работают на одном из собств. колебаний механич. колебательной системы, на частоту к-рого настраивается генератор электрич. колебаний, возбуждающий преобразователь. Электроакустич. преобразователи, не обладающие твёрдым излучающим элементом, применяются в качестве И. з. сравнительно редко, к ним относятся,

напр., И. з., основанные на электрич. разряде в жидкости, на электрострикции жидкости, на возбуждении уругой волны мощным оптич. излучением (см. *Фотоакустические явления*).

Другой тип И. з. основан на преобразовании кинетич. энергии струи газа или жидкости в энергию акустич. колебаний. Такое преобразование возникает при периодич. прерывании струи (см. *Сирена*), при взаимодействии её с твёрдыми препятствиями разл. вида (см. *Газоструйные излучатели*, *Гидродинамический излучатель*). Механизм звукообразования в таких И. з. может быть связан с генерацией автоколебаний в среде, как, напр., в *Гартмана генераторе*, или с возбуждением колебаний твёрдой излучающей системы, как, напр., в пластинчатых гидродинамич. свистках или мембранных газоструйных излучателях. Форма излучаемого сигнала и его спектр для И. з. подобного типа определяются режимом истечения струи и геометрич. параметрами конструкции.

К основным характеристикам И. з. относятся их частотный спектр, излучаемая мощность звука, направленность излучения (см. *Направленность акустических излучателей и приёмников*). В случае моночастотного излучения осн. характеристиками являются рабочая частота И. з. и его частотная полоса, границы к-рой определяются падением излучаемой мощности в два раза по сравнению с её значением на частоте макс. излучения. Для резонансных электроакустич. преобразователей рабочей частотой является собств. частота  $f_0$  преобразователя, а ширина полосы  $\Delta f$  определяется его добротностью  $Q$ , т. к.  $\Delta f = f_0/Q$ . И. з. — электроакустич. преобразователи — характеризуются чувствительностью (отношением звукового давления на определ. расстоянии от излучателя к электрич. напряжению на нём или к протекающему в нём току) и кид (отношением излучаемой акустич. мощности к затраченной электрической). В акустоэлектронике для оценки И. з. используют т. н. коэф. электрич. потерь, равный отношению (в дБ) электрич. мощности к акустической. Иногда для характеристики преобразования энергии в И. з. используют эффективный коэф. электромеханич. связи.

И. з. являются также музыкальные инструменты. У струнных инструментов И. з. служат собств. колебания струн с деками, возбуждаемые ударом или щипком (клавишные и щипковые инструменты), или их автоколебания, возникающие при трении смычка о струну (смычковые); у духовых инструментов звук излучается за счёт автоколебаний столба воздуха в резонансной полости, возбуждаемых продуванием; в ударных инструментах для излучения звука используются свободные колебания мембран, пластин, стержней. Звучание музыкальных инструментов характеризуется частотой (*высотой звука*), интенсивностью звука (*громкостью звука*) и спектральным составом (*тембром звука*).

В качестве И. з. можно рассматривать и звукообразующий аппарат человека и животных (см. *Физиологическая акустика*).

И. П. Голямина.

**ИЗЛУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ** — 1) процесс образования свободного эл.-магн. поля при неравномерном движении и взаимодействии электрич. зарядов. 2) Свободное эл.-магн. поле (*электромагнитные волны*). Создаваемое произвольно движущимся электрич. зарядом эл.-магн. поле в общем случае является суммой как сосредоточенного вблизи заряда и движущегося вместе с ним собств. поля, так и уходящего от заряда на бесконечно далёкие расстояния поля И. (поля эл.-магн. волн).

Для системы зарядов собств. поле и поле И. являются суммами соответствующих полей каждого заряда. Существование поля И. — следствие конечности величин скорости распространения эл.-магн. волн в вакууме:  $c = 3 \cdot 10^{10}$  см/с. Изменение движения заряда изменяет поле на расстоянии  $r$  от него только через