

чения энергии, наз. *голдстоуновскими модами*. Кол-во гольдстоуновских мод равно размерности фактор-пространства группы высокой симметрии по подгруппе низкой (остаточной) симметрии. В КТП гольдстоуновским модам соответствуют элементарные возбуждения, или *квазичастицы* с бесчеловечным спектром — безмассовые гольдстоуновские частицы (*голдстоуновские бозоны, гольдстоуновские фермионы*). Утверждение о том, что в КТП со спонтанно нарушенной непрерывной симметрией имеются безмассовые частицы, наз. *Гольдстоуна теоремой* (в нерелятивистской теории многих тел это утверждение доказано Н. Н. Боголюбовым и наз. теоремой о $1/q^2$; см. *Боголюбова теорема*). При нарушении дискретной симметрии гольдстоуновские моды, естественно, не появляются.

Анализ возможности С. н. с. часто начинают с нахождения классич. решений, минимизирующих гамильтониан. Если для таких решений имеется вырождение, то говорят о нарушении симметрии на классическом уровне. При этом может оказаться, что учёт флуктуаций приведёт к обращению спонтанных средних в нуль. Поскольку флуктуации уменьшаются с ростом числа степеней свободы, их роль возрастает в системах с низкой размерностью, причём наиб. сильными являются длинноволновые гольдстоуновские флуктуации, т. к. они сопровождаются очень малым увеличением энергии. Всё это приводит к тому, что спонтанное нарушение непрерывной симметрии возможно лишь в системах размерности выше двух (см. *Мёрмина — Вагнера теорема*). В одно- и двумерных системах спонтанное нарушение непрерывной симметрии на классич. уровне сопровождается бесконечно большими гольдстоуновскими флуктуациями и симметрия восстанавливается. При этом в двумерных системах дискретная симметрия может нарушаться, как это происходит, напр., в *Изинга модели*. В одномерных системах даже флуктуации с исчезающей в ДВ-пределе энергией становятся достаточно сильными для того, чтобы восстановить любую нарушенную симметрию. Механизм восстановления дискретной симметрии в одномерных системах состоит в том, что системе становится термодинамически выгодно разбиться на участки малого размера (домены) со всевозможными допустимыми значениями спонтанного среднего, что приводит к восстановлению симметрии.

В случае, когда непрерывная симметрия в системе из-за взаимодействия с *калибровочным полем* становится локальной (т. е. допускаются преобразования, зависящие от координат), её нарушение не сопровождается появлением гольдстоуновских мод, т. к. в данной ситуации гольдстоуновские моды являются чисто калибровочными, т. е. нефизическими. Однако соответствующие компоненты калибровочного поля могут приобретать массу и становятся наблюдаемыми, как, напр., промежуточные векторные бозоны в стандартной теории *электрослабого взаимодействия*. Этот эффект наз. *эффектом Хиггса*, а механизм, к нему приводящий, — *Хиггса механизм*.

Отметим, что С. н. с. в КТП не следует связывать с нарушением симметрии из-за возникновения *аномалий*: аномалии появляются вследствие невозможности инвариантной регуляризации классич. гамильтониана, и поэтому данное нарушение симметрии обусловлено лишь тем, что квантовый гамильтониан обладает более *никой симметрией* по сравнению с классическим.

Лит.: Боголюбов Н. Н., Квазисредние в задачах статистической механики, 2 изд., Дубна, 1963; Паташинский А. З., Покровский В. Л., Флуктуационная теория фазовых переходов, 2 изд., М., 1982; Коулмен С., Тайная симметрия: введение в теорию спонтанного нарушения симметрии и калибровочных полей, в сб.: Квантовая теория калибровочных полей, пер. с англ., М., 1977; Бернштейн Д. Ж., Спонтанное нарушение симметрии, калибровочные теории, механизм Хиггса и т. п., там же; Гриб А. А., Проблема неинвариантности вакуума в квантовой теории поля, М., 1978; Боголюбов Н. Н., Шарков Д. В., Квантовые поля, М., 1980.

СПОНТАННОЕ НАРУШЕНИЕ СУПЕРСИММЕТРИИ — осуществляется в ситуациях, когда гамильтони-

ан теории суперсимметричен, а основное (вакуумное) состояние (см. *Вакуум* в квантовой теории поля) не является скаляром относительно преобразований *суперсимметрии*. В теориях глобальной суперсимметрии необходимым и достаточным физ. условием С. н. с. является отличие от нуля и положит. значение энергии вакуума. Простым матем. критерием С. н. с. является отличие от нуля *вакуумного среднего* от вепомогат. полей (F, D). Гольдстоуновским полем, сопровождающим С. н. с., является безмассовое спинорное фермионное поле (см. *Гольдстоуновский фермион, Спонтанное нарушение симметрии*). Соответствующая безмассовая спинорная частица должна фигурировать в спектре физ. состояний.

В теориях *супергравитации* С. н. с. необязательно сопровождается отличием от нуля энергии вакуума. Гольдстоуновская частица в супергравитации смешивается с *гравитино*, что приводит к возникновению массивного поля гравитино и исчезновению безмассовой спинорной частицы из спектра состояний.

М. В. Герентеев.

СПУСКОВАЯ СХЕМА — электронное устройство с двумя устойчивыми состояниями равновесия, к-рое под действием внешнего импульсного сигнала переходит из исходного состояния равновесия в другое и сохраняет это новое состояние равновесия после прекращения внеш. воздействия.

Обычно С. с. строятся на биполярных или полевых транзисторах (см. *Триггер, Полевой транзистор, Транзистор биполярный*). С. с. также может быть построена с помощью нелинейного элемента (рис. 1), вольт-ампер-

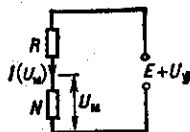


Рис. 1. Спускосые схемы на нелинейном элементе. R — активное сопротивление, N — нелинейный элемент с падающим участком вольт-амперной характеристики.

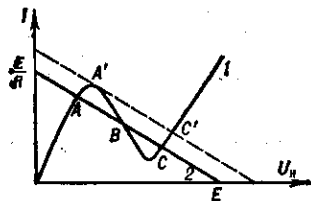


Рис. 2. I — вольт-амперная характеристика нелинейного элемента; $I(U_N)$ с падающим участком; 2 — нагрузочная прямая ($E + U_Y = 0$); $U_Y = 0$.

ная характеристика к-рого содержит падающий участок. Ур-ние, определяющее состояние равновесия системы, имеет вид:

$$E + U_Y = RI(U_N) + U_N,$$

где U_N — напряжение на нелинейном элементе, $I(U_N)$ — ток, протекающий в цепи, E — пост. напряжение питания, U_Y — внешнее управляющее напряжение. Графич. решение этого ур-ния показано на рис. 2. Параметры подобраны так, что в отсутствие управляющего напряжения ($U_Y = 0$) система имеет три состояния равновесия (A, B и C). Состояния на нарастающих участках характеристики (A и C) являются устойчивыми, а состояние на падающем участке (B) неустойчиво: под действием сколь угодно малых флуктуаций система переходит из этого состояния в одно из устойчивых состояний.

Пусть исходным состоянием системы является состояние A . При появлении положительного нарастающего управляющего напряжения ($U_Y > 0$) напряжение U_N и ток I нелинейного элемента возрастают до тех пор, пока не достигнут начала падающего участка характеристики (состояние A). Дальнейшее увеличение напряжения на нелинейном элементе вызывает уменьшение тока в цепи и, следовательно, уменьшение падения напряжения на резисторе R . Это приводит к ещё большему возрастанию напряжения U_N , падению тока I и т. д. Т. о., в системе развивается лавинообразный