

фермионов нечётное число). Это и приводит к увеличению эфф. длины свободного пробега в К. г. фермионов. В К. г. бозонов такие эффекты отсутствуют, т. е. в этом случае число $2S$ чётно.

В спиновополаризованных К. г. при любых степенях вырождения (в т. ч. и в Больцмановской температурной области $T_0 \ll T \ll T_*$) и при любой статистике частиц могут распространяться поперечные спиновые волны (колебания компоненты магн. момента, перпендикулярной направлению равновесной намагниченности) с квадратичным законом дисперсии $\omega \sim k^2$ (ω — частота, k — волновой вектор). Эти колебания аналогичны спиновым волнам в спиновополаризованных вырожденных ферми-жидкостях (металлах) и связаны с существованием корреляций, обусловленных большой длиной волны частиц К. г. Для К. г. фермионов со спином $1/2$ спектр спиновых волн при любой степени вырождения имеет вид

$$\omega = 2\beta H + \frac{\gamma k^2}{3} \cdot \frac{\Omega t - i}{\Omega^2 t^2 + 1} \cdot \frac{\langle v^2 \rangle_+ + N_+ - \langle v^2 \rangle_- - N_-}{N_+ - N_-}$$

при условии $(\omega - 2\beta H) \ll \Omega$ при произвольном Ωt . Здесь H — напряжённость магн. поля, β — магн. момент частиц, N_{\pm} и $\langle v^2 \rangle_{\pm}$ — концентрация и ср. квадрат скорости частиц с проекцией спина $\pm 1/2$, $\Omega = -4\pi a (\hbar/m) (N_+ - N_-)$. Спиновые волны являются слабозатухающими при $\Omega t \gg 1$. Такие спиновые волны были недавно обнаружены как в газах фермионов (газ ^3He , слабый раствор ^3He в сверхтекучем ^4He), так и в К. г. бозонов (спиновополаризованном атомарном H) при разл. степенях квантового вырождения.

Лит.: Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М., Статистическая физика, ч. 1, 3 изд., М., 1976; Лифшиц Е. М., Питаевский Л. П., Статистическая физика, ч. 2, М., 1978; Башкин Е. П., Спиновые волны и квантовые коллективные явления в Больцмановских газах, «УФН», 1986, т. 148, с. 433. А. Э. Мейерович.

КВАНТОВЫЙ ГЕНЕРАТОР — устройство, генерирующее эл.-магн. излучение за счёт вынужденного испускания фотонов ансамблем микрочастиц. При термодинамич. равновесии системы микрочастиц, взаимодействующей с эл.-магн. полем, вынужденное испускание фотонов много меньше поглощения их частицами. В этом случае вынужденное испускание, играя принципиальную роль в обеспечении термодинамич. равновесия, не может привести к генерации. Для генерации необходимо обеспечить *инверсию населённостей* двух энергетич. уровней частиц.

К. г. был предложен и реализован в 1954 независимо двумя группами радиопизиков [Н. Г. Басов и А. М. Прохоров и Ч. Таунс (Ch. H. Townes) с сотрудниками], работавших в области *радиоспектроскопии*. Они показали, что для создания К. г. необходимо объединить ансамбль микрочастиц (рабочее вещество) с элементом положит. обратной связи и обеспечить инверсию населённостей рабочих энергетич. уровней ансамбля микрочастиц. Они практически одновременно создали одинаковые К. г., в к-рых рабочим веществом служил пучок молекул NH_3 , элементом обратной связи — объёмный резонатор, а инверсия населённостей достигалась сортировкой молекул по энергии (*молекулярный генератор*).

К. г. радиодиапазона (мазеры) обладают наивысшей стабильностью, достигаемой в этом диапазоне, и применяются гл. обр. в качестве стандартов частоты (см. *Водородный генератор, Квантовые стандарты частоты*).

В 1960 были созданы К. г. оптич. диапазона — *лазеры*, работавшие на кристалле рубина Т. Мейман (Th. Maiman) и на атомах Ne в газовой смеси $\text{Ne} + \text{Ne}$ при пониженном давлении А. Джаван (A. Javan). В обоих случаях обратная связь осуществлялась при помощи открытого резонатора, а инверсия населённостей рабочих уровней системы частиц обеспечивалась в случае рубина оптич. накачкой (см. *Твердотельный лазер*),

в случае $\text{Ne} + \text{Ne}$ — электрич. разрядом (см. *Газоразрядные лазеры*).

Диапазон волн, излучаемых К. г., ограничен радиодиапазоном со стороны длинных радиоволн и диапазоном мягкого рентг. излучения с коротковолновой стороны. Для получения более коротковолнового когерентного излучения К. г. оптич. диапазона снабжают умножителями частоты (см. *Нелинейная оптика, Параметрический генератор света*). Наряду с К. г., излучающими фиксированные частоты, определяемыми узкими энергетич. уровнями микрочастиц, созданы К. г., излучение к-рых может перестраиваться по частоте (*лазеры на красителях, на F-центрах и др.*). Особым классом К. г. являются лазеры на вынужденных рассеяниях разл. типов (см., напр., *Комбинационный лазер*) и др. К. г. — преобразователи, в к-рых применяются разл. нелинейные эффекты, возникающие при большой плотности излучения первичных К. г.

Лит. см. при статьях *Квантовая электроника, Лазер*. М. Е. Жаботинский.

КВАНТОВЫЙ ГИРОСКОП — собирательный термин для приборов квантовой электроники, служащих для обнаружения и определения величины и знака угловой скорости вращения или угла поворота относительно инерциальной системы отсчёта. В основу действия К. г. положены гироскопич. свойства частиц или волн — атомных ядер, электронов, фотонов, фононов и т. д. Эти свойства могут быть обусловлены как спиновыми и орбитальными моментами микрочастиц, так и зависимостью времени отхода замкнутого контура (интерферометра или резонатора), встречными световыми или поверхностными акустическими, магнитными волнами от скорости и направления вращения контура. Полезный сигнал, пропорциональный скорости вращения, возникает или за счёт прецессии механ. и магнитных моментов микрочастиц, или за счёт возникновения разности фаз или частот между встречными волнами во вращающемся контуре.

В навигации используются *лазерные гироскопы*, разрабатываются *волокно-оптические гироскопы* и *ядерные гироскопы*. Ведутся исследования электронных, ионных, радиоизотропных, джозефсоновских и др. К. г.

Лит.: Малеев П. И., Новые типы гироскопов, Л., 1971; Ньюбург и др., Кольцевые интерферометры на акустических и магнитных поверхностных волнах для датчиков скорости вращения, «ТИИЭР», 1974, т. 62, № 12, с. 6; Лихарев К. К., Ульрих В. Т., Системы с джозефсоновскими контактами, М., 1978; Курицкий М. М., Голдштейн М. С. (ред.), Инерциальная навигация, «ТИИЭР», 1983, т. 71, № 10, с. 47; Шереметьев А. Г., Волоконный оптический гироскоп, М., 1987.

Н. В. Кравцов, А. Н. Шелавев.

КВАНТОВЫЙ ДЕФЕКТ — величина, характеризующая отличие энергии электрона в атоме от энергии электрона с тем же квантовым числом n в водородоподобном атоме. Введён Ю. Р. Ридбергом (J. R. Rydberg) для описания *спектральных серий* атомов щелочных металлов простыми универсальными ф-лами, аналогичными ф-лам для спектральных серий атома водорода. К. д. иногда наз. поправкой Ридберга.

Уровни энергии ε_{nl} атомов щелочных металлов (и щелочноподобных ионов) с одним и тем же орбитальным квантовым числом l с хорошей точностью можно описать ф-лой

$$\varepsilon_{nl} = - \frac{z^2 R_y}{(n - \Delta)^2},$$

где z — зарядовое число атомного остатка, т. е. всей атомной системы, за исключением валентного электрона (или спектроскопич. символ иона), $R_y = me^4/2\hbar^2$ — *Ридберга постоянная*. Величина К. д. Δ слабо зависит от n и быстро убывает с ростом l .

Метод, основанный на введении К. д., теоретически обоснован для атомных и молекулярных *ридберговских состояний*: ридберговские состояния электрона можно описывать с помощью аналитич. ф-ций энергии. Благодаря этому метод К. д. находит широкое применение