

Д. А. Компанейцем (1972), был наблюден в растворе $^3\text{He}-\text{He II}$ амер. учёными в 1974.

Лит. см. при ст. Звук в сверхтекучем гелии.

А. Э. Мейерович.

ВЫБОРОЧНЫЙ МЕТОД — основной метод математической статистики, состоящий в принятии статистич. решений на основании в ы б о р к и, т. е. совокупности значений наблюдаемых величин, полученных в результате опытов. Выборка должна быть представительной, т. е. её объём должен обеспечивать оценку статистич. характеристик с необходимой точностью. Объём выборки либо планируется заранее, либо выясняется в процессе эксперимента, когда после каждого наблюдения решают, сделать ли след. наблюдение или принять окончат. решение.

ВЫВОД ПУЧКА из ускорителя — отклонение заряж. частиц от равновесной замкнутой орбиты, в результате к-рого происходит их вывод из рабочей области магн. поля *циклотронных ускорителей*. Проблема исключения потерь при В. п. особенно важна для *сильноточных ускорителей* непрерывного режима типа *изохронного циклотрона* и ускорителей на сверхвысокие энергии со сверхпроводящими электромагнитами.

Для В. п. необходимо осуществить заброс частиц в отклоняющее устройство, в качестве к-рого используется эл.-статич. дефлектор, канал из ферромагн. пластин, экранирующих магн. поле, или электромагнит с тонкой токовой перегородкой (септум-магнит). После первого отклоняющего устройства частицы могут проходить ещё ряд отклоняющих магнитов с последовательно возрастающей толщиной септума, а также градиентные фокусирующие устройства и квадрупольные линзы. При оптимальном выборе оптики канала вывода потери частиц происходят в осн. на септуме первого отклоняющего устройства.

Естеств. разделения орбит за счёт набора энергии достаточно для заброса частиц в дефлектор только в циклотронах на низкие энергии. В *фазотронах* для заброса частиц в магн. канал используется метод, основанный на параметрич. резонансном возбуждении радиальных колебаний с помощью двух локальных неоднородностей магн. поля, одна из к-рых имеет показатель свадя поля меньше нормального, а другая — больше нормального (для данного ускорителя). В циклотронах с пространств. вариацией для В. п. может использоваться структурный резонанс 4-го порядка при $Q_r = N/4$, где $N=8$ — число периодов магн. поля, Q_r — число радиальных *бенатронных колебаний* за оборот. Напр. перспективным для получения коэф. вывода $\sim 100\%$ является метод (предложенный и разработанный в ОИЯИ в 1972), основанный на использовании резкой зависимости коэф. расширения замкнутой орбиты $d = (p/R) dR/dp$ (p — импульс частицы, R — радиус орбиты) от градиента осн. гармоник магн. поля. Подбор соответствующего значения градиента позволяет существенно увеличить разделение орбит в области радиуса вывода.

В *жёсткофокусирующих ускорителях* на высокие энергии используются две разл. системы вывода — быстрый (однооборотный) вывод пучка или отд. сгустков и медленный (многооборотный) резонансный вывод, осуществляемый в течение «плато» цикла магн. поля. Осн. элемент системы быстрого вывода — импульсный магнит ударного типа. Длительность фронта нарастания поля в ударном магните должна быть меньше временного интервала между сгустками пучка, тогда все частицы отклоняются в ударном магните на одинаковый угол и на максимуме возникших когерентных колебаний забрасываются в септум-магнит. Реализуются ударные магниты с фронтом нарастания поля до $(10-15) \cdot 10^{-9}$ с.

Для медленного вывода обычно используется нелинейный резонанс 3-го порядка $Q_r = m/3$, возбуждаемый m -й гармоникой квадратичной нелинейности магн. поля. При медленном изменении Q_r частицы попадают

в область неустойчивости и забрасываются в отклоняющее устройство за счёт резонансной раскачки амплитуд колебаний. Коэф. вывода оценивается по ф-ле $K \approx 1 - \delta/\Delta R$, где δ — эффективная толщина септума, ΔR — разделение орбит у септума за период резонансной раскачки.

В. С. Рыбалко.

ВЫНУЖДЕННОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ (индуцированное излучение) — электромагнитное излучение, испускаемое атомами, молекулами и др. квантовыми системами в результате процесса *вынужденного испускания*.

М. А. Ельяшевич.

ВЫНУЖДЕННОЕ ИСПУСКАНИЕ (индуцированное испускание) — испускание фотонов частоты ν возбуждёнными атомами, молекулами и др. квантовыми системами под действием фотонов (внеш. излучения) такой же частоты. В. и. происходит в результате квантового перехода с более высокого уровня энергии \mathcal{E}_i на более низкий \mathcal{E}_k , где $\mathcal{E}_i - \mathcal{E}_k = h\nu$. Представляет собой процесс, обратный процессу поглощения излучения. Испущенное вынужденное излучение совпадает с вынуждающим не только по частоте, но и по направлению распространения, поляризации и фазе, ничем от него не отличаюсь.

Понятие о В. и. было введено А. Эйнштейном (A. Einstein) в 1916 при рассмотрении термодинамич. равновесия совокупности частиц газа с эл.-магн. излучением (при определ. темп-ре T). Такое равновесие, являющееся детальным (см. *Детального равновесия принцип*), осуществляется для излучательных квантовых переходов в результате равенства суммарного числа процессов спонтанного испускания и В. и. числу процессов поглощения фотонов для каждой пары уровней энергии \mathcal{E}_i и \mathcal{E}_k частиц. Эти процессы характеризуются вероятностью спонтанного испускания, зависящей только от свойств испускающих частиц, и вероятностями В. и. и поглощения (вынужденных переходов), зависящими не только от свойств частиц, но и от спектральной плотности энергии вынуждающего излучения u_ν . Соответствующие вероятности равны: A_{ik} , $B_{ik} u_\nu$ и $B_{ki} u_\nu$, где A_{ik} , B_{ik} и B_{ki} — *Эйнштейна коэффициенты*. Учёт В. и. наряду со спонтанным испусканием и поглощением позволил Эйнштейну вывести *Планка закон излучения* на основе квантовых представлений.

В условиях термодинамич. равновесия B_{ik} мал, однако в случае отсутствия термодинамич. равновесия при *инверсии населённости* для соответствующей пары уровней энергии \mathcal{E}_i и \mathcal{E}_k (когда населённость верх. уровня \mathcal{E}_i больше населённости ниж. уровня \mathcal{E}_k) число процессов В. и. преобладает над числом процессов поглощения и интенсивность излучения частоты $\nu = (\mathcal{E}_i - \mathcal{E}_k)/h$ будет возрастать. На этом принципе основано действие генераторов монохроматич. излучения в оптич. и микроволновой областях спектра — *лазеров и мазеров*.

Лит. см. при ст. Излучение.

М. А. Ельяшевич.

ВЫНУЖДЕННОЕ РАССЕЯНИЕ СВЕТА — рассеяние света на индуцированных самой рассеиваемой волной элементарных возбуждениях среды (оптич. и акустич. фоновых, магноных, электронных, температурных волнах и т. п.). Причина В. р. с. — обратное воздействие световых волн на рассеивающую среду, обусловленное её оптич. нелинейностью. При спонтанном рассеянии это воздействие пренебрежимо мало, так что рассеяние происходит на равновесных тепловых флуктуациях.

Возможность В. р. с. была теоретически предсказана Г. Плачком (G. Placzek) ещё в 1934. Однако первые успешные эксперименты были проведены лишь в 1962 после появления лазеров. В. р. с. обычно наблюдается при облучении интенсивным лазерным излучением (при накачке с частотой ν_n) нелинейной среды, к-рой может быть газ, жидкость, твёрдое тело, плазма (рис. 1).

В. р. с. так же, как и спонтанное, связано с модуляцией параметров среды (напр., электронной поляризуемости, показателя преломления и т. п.) при её возбуждении светом, что приводит к амплитудной модуля-