

Особенности Д. н. обусловлены большой  $l_s (\geq 1 \text{ см})$  даже в конденсиров. средах, а в случае сред, не содержащих водород, — также малым относит. изменением их энергии при одном столкновении. Поэтому нейтроны медленно приходят в тепловое равновесие со средой, и если среда неоднородна или поглощает нейтроны разных энергий неравновероятно, то распределение их по скоростям может заметно отличаться от максвелловского.

Д. н. играет существ. роль в работе ядерных реакторов, а также при использовании нейтронов для неразрушающего элементного и структурного анализа (см. *Активационный анализ*), в частности в геофизике для нейтронного каротажа скважин. В этой связи часто требуется рассчитать потоки нейтронов как ф-ции координат и скоростей (а иногда и времени). Эти потоки описываются кинетическим уравнением Больцмана. Наиб. универсальный метод их численного расчёта — *Монте-Карло метод*.

Лит.: Бекурц К., Виртц К., Нейтронная физика, пер. с англ., М., 1968; Марчук Г. И., Лебедев В. И., Численные методы в теории переноса нейтронов, 2 изд., М., 1981; Теоретические и экспериментальные проблемы нестационарного переноса нейтронов, под ред. В. В. Орлова, Э. А. Стумбура, М., 1972; Смелов В. В., Лекции по теории переноса нейтронов, 2 изд., М., 1978; Шапиро Ф. Л., Собр. трудов, кн. 1 — Физика нейтронов, М., 1976; Франк-Каменицкий И. А. Д., Моделирование траекторий нейтронов при расчёте реакторов методом Монте-Карло, М., 1978. М. В. Назаровский.

**ДИФФУЗИЯ НОСИТЕЛЕЙ ЗАРЯДА В ПОЛУПРОВОДНИКАХ** — перемещение носителей заряда (электронов проводимости и дырок) в полупроводниках, обусловленное неоднородностью их концентраций. Количественной мерой Д. н. з. в п. являются коэф. диффузии электронов и дырок  $D_n, D_p$  — коэф. пропорциональности между градиентом концентрации и диффузионным потоком соответствующих носителей (обычно  $D_n > D_p$ ). Плотность тока проводимости, создаваемого в полупроводнике носителями каждого типа, складывается из плотности дрейфового и диффузионного токов:

$$j_n = e\mu_n nE + eD_n \text{grad } n;$$

$$j_p = e\mu_p pE - eD_p \text{grad } p.$$

Здесь  $e$  — абс. величина заряда электрона,  $E$  — напряжённость электрич. поля,  $n$  и  $p$  — концентрации электронов и дырок,  $\mu_n, \mu_p$  — их подвижности. Вблизи состояния термодинамич. равновесия коэф. диффузии носителей в невырожденном полупроводнике связаны с подвижностями соотношением Эйнштейна:

$$D_{n,p} = \mu_{n,p} kT/e, \quad (1)$$

где  $T$  — абс. темп-ра. Вдали от равновесного состояния соотношение Эйнштейна может нарушаться. Д. н. з. в п. обладает рядом особенностей, отличающих её, напр., от диффузии нейтральных частиц в газе. Прежде всего, перенос заряда при Д. н. з. в п. приводит к возникновению объёмного заряда и электрич. поля, к-рое необходимо учитывать в выражениях для плотности тока. В полупроводниках с монополярной (примесной) проводимостью нарушение зарядовой нейтральности происходит на расстояниях порядка дебаевской длины экранирования.

Др. особенность Д. н. з. в п. определяется наличием носителей двух знаков в полупроводниках с биполярной проводимостью. Объёмный заряд, возникающий при диффузии носителей одного типа, может компенсироваться носителями др. типа. Обычно коэф. диффузии носителей разного знака различны. Поле объёмного заряда замедляет более подвижные и ускоряет менее подвижные носители. В результате происходит совместное перемещение носителей заряда обоих знаков, имеющее характер диффузии (биполярная, или амбиполярная, диффузия). Диффузионные потоки электронов и дырок при биполярной диффузии пропорциональны градиентам концентрации со-

ответствующих носителей, причём коэф. пропорциональности (коэф. биполярной диффузии) равен:

$$D = \frac{n+p}{n/D_n + p/D_p}. \quad (2)$$

Для полупроводника  $n$ -типа ( $n \gg p$ )  $D \approx D_n$ , для полупроводника  $p$ -типа ( $p \gg n$ )  $D \approx D_p$ , т. е. в обоих случаях  $D$  совпадает с коэф. диффузии неосновных носителей. Это связано с нейтрализацией возникающего объёмного заряда осн. носителями. Для собств. полупроводника ( $n=p=n_i$ )  $D = 2D_n D_p / (D_n + D_p) = D_i$ . При  $D_n > D_p$  выполняется неравенство  $D_n < D_i < D_p$ .

Д. н. з. в п. сопровождается рекомбинацией носителей заряда в полупроводниках. В результате при биполярной диффузии неравновесных носителей диффузионный поток проникает на расстояния порядка диффузионной длины носителей от источника неравновесных носителей.

Распределение концентрации неравновесных неосновных носителей (дырок в полупроводнике  $n$ -типа) в отсутствие внеш. полей описывается ур-нием диффузии:

$$\frac{\partial p}{\partial t} = D_p \nabla^2 p - \frac{p}{\tau_d} + Q_d, \quad (3)$$

где  $\tau_d$  — время жизни дырок,  $Q_d(t, r)$  — мощность источника неравновесных дырок,  $r$  — пространств. координата точки (от точки генерации). Аналогичное ур-ние имеет место для неравновесных электронов в полупроводнике  $p$ -типа.

Д. н. з. в п. может осложняться процессами захвата носителей на т. н. уровни прилипания. Биполярная Д. н. з. в п. является причиной Дембера эффекта, Фотомангнетозлектрического эффекта и др. Она определяет работу ряда полупроводниковых приборов — полупроводникового диода, транзистора и др.

Лит.: Бонч-Бруевич В. Л., Калашников С. Г., Физика полупроводников, М., 1977; Зесгер К., Физика полупроводников, пер. с англ., М., 1977.

**ДИФФУЗИЯ ЧАСТИЦ В ПЛАЗМЕ** — самопроизвольное направленное движение компонент плазмы, стремящееся выровнять пространственные распределения концентраций. В слабоионизованной плазме — это, напр., диффузия электронов и ионов в газе нейтральных частиц (к стенкам). В полностью ионизованной плазме в магн. поле Д. ч. в п. заключается во взаимном проникновении заряд. частиц во внеш. области окружающего магн. поля и, наоборот, магн. поля в плазму. Классич. (столкновит.) диффузия заряд. частиц в магн. поле резко анизотропна. Причина заключается в различии продольного и поперечного коэф. диффузии, определяемых разл. шагом случайных блужданий. Вдоль магн. поля (как и без поля) шаг равен свободному пробегу частиц и продольный коэф. диффузии электронов  $D_{e\parallel}$  значительно больше ионного  $D_{i\parallel}$ . Поперечный коэф. диффузии, определяемый циклотронным радиусом частиц, для ионов ( $D_{i\perp}$ ) оказывается значительно больше (в неполностью ионизов. плазме) электронного ( $D_{e\perp}$ ). При Д. ч. в п. число заряд. частиц разного знака, уходящих из каждого элемента объёма, должно быть одинаковым (равенство дивергенций потоков). Поэтому резкая анизотропия коэф. диффузии приводит к возникновению самосогласованного электрич. поля и во мн. случаях протеканию под его воздействием вихревых токов. Такие токи усложняют и ускоряют процесс выравнивания концентраций заряд. частиц (см. Амбиполярная диффузия). К существ. увеличению поперечных коэф. Д. ч. в п. по сравнению с классическими приводят неустойчивости плазмы (т. н. турбулентная диффузия). См. также Переноса процессы в плазме.

А. П. Жилинский.  
**ДИФФУЗИОННОЕ ОТРАЖЕНИЕ** — рассеяние света по всевозможным направлениям. Различают две осн. формы Д. о.: рассеяние света на микронеровностях поверхности (поверхностное рассеяние) и рассеяние в объёме тела, связанное с присутствием