

Всякий К. п. является *обратимым процессом*, и наоборот. Для идеальных систем это не всегда так, напр. в механике при консервативных силах (без трения) быстрые процессы могут быть обратимыми. В идеальной жидкости (без вязкости) распространение звука есть быстрый, но обратимый процесс. К. п. — одно из осн. понятий термодинамики, т. е. термодинамич. ф-ции определяют с помощью К. п., а циклич. процессы, составленные из К. п., дают макс. значение работы (см. *Карно цикл*).

Д. Н. Зубарев.

КВАЗИСТАЦИОНАРНОЕ (КВАЗИСТАТИЧЕСКОЕ) ПРИБЛИЖЕНИЕ в э л е к т р о д и н а м и к е — приближённое описание перем. эл.-магн. поля, справедливое при достаточно медленных его изменениях во времени. Критерием медленности служит условие $\tau/T \ll 1$, где T — характерное время изменения поля (напр., период колебаний), τ — время распространения волновых возмущений через рассматриваемую ограниченную область пространства (квазистационарную зону). Квазистационарные электрич. поля в первом приближении определяются зарядами, а магнитные — токами, так же как в электростатике и магнитостатике. При этом пренебрегается эффектами запаздывания, считается, что поля во всей квазистационарной зоне изменяются во времени синхронно с источниками. В следующем приближении учитываются вихревые индуцированные поля. Электрич. вихревые поля наводятся медленно изменяющимися во времени магн. полями первого приближения, магн. поля — электрич. полями. Индуцированные поля существенно изменяют характер всего физ. процесса, прежде всего благодаря возникновению в проводящих контурах эдс индукции. Поэтому иногда квазистационарная зона наз. зоной индукции.

В нек-рых квазистационарных системах электрич. и магн. поля пространственно разнесены. Простейшим примером является колебательный контур, в к-ром магн. поле сосредоточено в основном в катушке самоиндукции, а электрическое — в конденсаторе. Однако небольшие добавки индуцированного вихревого электрич. поля в катушке и магнитного в конденсаторе играют принципиальную роль, обеспечивая перекачку электрич. энергии конденсатора в магн. энергию катушки и обратно. Цепи с приближённо разнесёнными электрич. и магн. полями относят к системам с сосредоточенными параметрами, они обычно допускают описание с помощью дифференц. ур-ний в полных производных.

Примером квазистационарных систем с неразделёнными магн. и электрич. полями могут служить хорошо проводящие среды, токи проводимости в к-рых заметно преобладают над токами смещения. Для таких систем характерны эффекты прижатия полей к поверхностям раздела проводник — диэлектрик (*скин-эффект*), наличие чисто вихревых токов, наводимых в массивных проводниках внеш. полями (*Фуко токи*), и т. п.

В иридине К. п. реализуется для полей любой физ. природы: акустич., гравитац. и т. д. Критерием применимости К. п., как и в случае эл.-магн. систем, является малость параметра τ/T .

Лит.: Тамм И. Е., Основы теории электричества, 9 изд., М., 1976; Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М., Электродинамика сплошных сред, 2 изд., М., 1982.

М. А. Миллер, Г. В. Пермитин.

КВАЗИСТАЦИОНАРНОЕ СОСТОЯНИЕ — то же, что *метастабильное состояние*.

КВАЗИСТАЦИОНАРНЫЙ ТЕРМОЯДЕРНЫЙ РЕАКТОР — один из типов разрабатываемого в 1980-х гг. термоядерного реактора, к-рый может работать импульсами длительностью масштаба сотен с. Примером К. т. р. является система на основе установки токамак, удержание плазмы в к-рой осуществляется с помощью внеш. магн. поля и поля тока, протекающего по плазме. Длительность импульса определяется возможностью поддерживать ток в плазме индукционными или к.-л. др. способом либо временем накопления продуктов термоядерных реакций.

Осн. недостатком К. т. р. является импульсный характер его работы, при к-ром возникает перем. тепловые и пондеромоторные нагрузки на реактор. Есть принципиальная возможность непрерывно поддерживать ток в плазме токамак введением дополнительной мощности ВЧ-колебаний или пучков быстрых нейтральных частиц, и в этом случае К. т. р. превращается в стационарный. См. также ст. *Токамак и Термоядерный реактор*.

В. И. Пистунювич.

КВАЗИУПРУГАЯ СИЛА — направленная к центру O сила, модуль к-рой пропорционален расстоянию r от центра O до точки приложения силы ($F = -cr$), где c — постоянный коэф., численно равный силе, действующей на единицу расстояния. К. с. является силой центральной и потенциальной с силовой ф-цией $U = -0,5 cr^2$. Примерами К. с. служат силы упругости, возникающие при малых деформациях упругих тел (отсюда и сам термин «К. с.»). Приближённо К. с. можно также считать касательную составляющую силы тяжести, действующей на матем. маятник при малых его отклонениях от вертикали. Для материальной точки, находящейся под действием К. с., центр O является положением её устойчивого равновесия. Выведенная из этого положения точка будет в зависимости от нач. условий или совершать около O прямолинейные гармонич. колебания, или описывать эллипс (в частности, окружность).

С. М. Тарг.

КВАЗИУПРУГОЕ РАССЕЯНИЕ — процесс перехода двух нач. частиц в две конечные, когда хотя бы одна из конечных частиц отличается от первичных (напр., $\pi^+ + N \rightarrow \rho^+ + N$).

КВАЗИУРОВНИ ФЕРМИ — энергетич. уровни, характеризующие заполнение разрешённых энергетич. зон носителями заряда в *полупроводниках* в неравновесных условиях. В состоянии термодинамич. равновесия распределение носителей по энергиям описывается *Ферми — Дирака статистикой* и определяется темп-рой T и *ферми-энергией* ϵ_F . При освещении полупроводника или *инжекции носителей заряда* равновесие нарушается. Однако может возникнуть квазиравновесное состояние. Если времена релаксации импульса и энергии для электронов и дырок намного меньше времени их рекомбинации, то внутри каждой разрешённой энергетич. зоны устанавливается равновесное распределение по энергиям с темп-рой решётки. Однако отношение концентраций электронов и дырок при этом является неравновесным. Это означает, что не существует единого уровня Ферми для всей системы, а каждой зоне соответствует фермиевское распределение для электронов и дырок со «своим» уровнем Ферми:

$$f_n(\epsilon) = \left[1 + \exp\left(\frac{\epsilon - \epsilon_F^n}{kT}\right) \right]^{-1}, \quad (1)$$

$$f_d(\epsilon) = \left[1 + \exp\left(\frac{\epsilon_F^d - \epsilon}{kT}\right) \right]^{-1}$$

(величины ϵ_F^n , ϵ_F^d — расстояния К. Ф. от краёв зон).

В условиях, когда можно вести К. Ф., соотношения, связывающие концентрации электронов n_n и дырок n_d с положением соответствующих К. Ф., имеют тот же вид, что и в равновесных условиях:

$$np = n_i^2 \exp\left(\frac{\epsilon_F^n - \epsilon_F^d}{kT}\right) \quad (2)$$

(n_i — равновесная концентрация носителей каждого знака в собственном полупроводнике), что является обобщением *действующего масс закона* для квазиравновесной системы. Если имеется достаточно быстрый обмен носителями заряда между зоной проводимости (или валентной зоной) и группой локальных уровней в запрещённой зоне, то для них можно ввести общий К. Ф.

Лит.: Бонч-Бруевич В. Л., Калашников С. Г., Физика полупроводников, М., 1977.

Э. М. Эпштейн.