и

$$\frac{\partial}{\partial t}(\alpha_1-\alpha_2)-\frac{4\pi e}{h}V=0,\quad V=\varphi_1-\varphi_2.$$

Если V не зависит от времени, то $\alpha_1-\alpha_2=(4\pi e/h)V(t)$, что даёт для тока

$$I(\alpha)=I\left(\frac{4\pi eV}{h}t+\text{const}\right). \qquad (8)$$

Т. о., если к контакту приложено пост. напряжение, в цепи течёт строго периодич. ток. Более подробная теория показывает, что ток $I(\alpha)$ в (7) и (8) является синусоидальным с частотой $\nu=2eV/h$. Монохроматичность тока нарушается только флуктуациями напряжения в цепи. Рассмотренный эффект позволил уточнить известное значение постоянной Планка.

На основе джозефсоновских контактов созданы получившие широкое распространение сверхпроводящие квантовые интерферометры — СКВИДы. Принципиальная схема такого прибора содержит включённое в электрич. цепь, разрезанное в двух местах сверхпроводящее кольцо, причём в разрезы вставлены джозефсоновские контакты. Рассуждения, аналогичные проведённым при выводе (6), показывают, что если кольцо пронизывает поток магн. индукции Φ, то разности фаз на контактах будут отличаться на $2\pi(n+\Phi/\Phi_0)$. Это приводит к зависимости тока в цепи от потока Φ:

$$I=I_0\sin\left(\pi\frac{\Phi}{\Phi_0}\right), \qquad (9)$$

что позволяет измерять изменения потока в доли кванта Φ_0.

Своеобразна ситуация в сверхтекучем ^{3}He. Атомы ^{3}He являются фермионами, и его сверхтекучесть связана с образованием куперовских пар. В ^{3}He эти пары образуются, в отличие от пар электронов в обычных сверхпроводниках, с орбитальным и спиновым угл. моментами, равными единице. Это приводит к тому, что волновая ф-ция пар в ^{3}He является не скаляром, а тензором 2-го ранга, что обусловливает анизотропию сверхтекучего ^{3}He и большое разнообразие в нём М. к. э.

В 1980 обнаружен новый тип явлений, к-рый также носит характер М. к. э.,— *квантовый Холла эффект.* Он наблюдается при низких темп-рах в инверсном слое — двумерной системе электронов, удерживаемых вблизи границы раздела двух полупроводников перпендикулярным к границе электрич. полем. При наложении перпендикулярного слою магн. поля H энергетич. спектр электронов разбивается на дискретные уровни Ландау. В вырожденном электронном газе заполнены те уровни Ландау, к-рые лежат ниже энергии ферми-газа, причём на каждом уровне может находиться (на единице поверхности слоя) eH/hc электронов. Холловская компонента тензора поверхностной проводимости σ_{xy} в сильном магн. поле равна $-Nec/H$, где N — поверхностная плотность электронов. Если уровень Ферми лежит между n-м и $(n+1)$-м уровнями Ландау, то $N=(eH/hc)n$ и

$$\sigma_{xy}=-n\frac{e^2}{h}, \qquad (10)$$

т. е. σ_{xy} — квантована. Число электронов, а следовательно, и положение уровня Ферми можно менять, изменяя напряжение перпендикулярного электрич. поля V. При тех значениях V, при к-рых уровень Ферми лежит указанным выше образом, на кривой $\sigma_{xy}(V)$ должен иметься плоский участок — «плато» — при квантованном значении σ_{xy}. Приведённый вывод не учитывает наличия примесей, к-рые могут связывать часть электронов, и электрон-электронного взаимодействия. На опыте, однако, наблюдаются отчётливые «плато», причём σ_{xy} на них равно значениям (10) с очень высокой точностью. Кроме того, имеются, по-видимому, «плато» при дробных рациональных значениях n, что можно интерпретировать как существование квазичастиц с дробными значениями электрич. заряда. Полное теоретич. объяснение этих особенностей эксперимента пока отсутствует. Возможно, что кулоновское взаимодействие между электронами приводит к особого рода квантовой когерентности в этой системе.

Лит.: 1) Vinen W. F., The detection of single quanta of circulation in liquid helium II, «Proc. Roy. Soc.», 1961, v. 260 A, p. 218; 2) Deaver B. S., Fairbank W. M., Experimental evidence for quantized flux in superconducting cylinders, «Phys. Rev. Lett.», 1961, v. 7, p. 43; 3) Doll R., Näbauer M., Experimental proof of magnetic flux quantization in a superconducting ring, там же, p. 51; 4) Кулик И. О., Янсон И. К., Эффект Джозефсона в сверхпроводящих туннельных структурах, М., 1970; 5) Бароне А., Патерно Д., Эффект Джозефсона: физика и применения, пер. с англ., М., 1984; 6) Laughlin R. B., Anomalous quantum Hall effect. An incompressible quantum fluid with fractionally charged excitations, «Phys. Rev. Lett.», 1983, v. 50, p. 1395. См. также лит. при ст. *Квантовая жидкость, Сверхпроводимость, Сверхтекучесть.*

Л. П. Питаевский.

МА́КСВЕЛЛ (Мкс, Mx) — единица магн. потока в *СГС системе единиц.* Назв. в честь Дж. К. Максвелла (J. C. Maxwell). 1 Мкс $=10^{-8}$ Вб (см. *Вебер*).

МА́КСВЕЛЛА РАСПРЕДЕЛЕ́НИЕ — распределение по скоростям частиц (молекул) макроскопич. физ. системы, находящейся в статистич. равновесии, в отсутствие внеш. поля при условии, что движение частиц подчиняется законам классич. механики. Установлено Дж. К. Максвеллом (J. C. Maxwell) в 1859. Согласно М. р., вероятное число частиц в единице объёма, компоненты скоростей к-рых лежат в интервалах от v_x до v_x+dv_x, от v_y до v_y+dv_y и от v_z до v_z+dv_z, равно $dw_v=f(v)dv_xdv_ydv_z$, где $f(v)=n(m/2\pi kT)^{3/2}\times$ $\times\exp[-m(v_x^2+v_y^2+v_z^2)/2kT]$ — ф-ция распределения Максвелла по скоростям, n — число частиц в единице объёма, m — масса частицы, T — абс. темп-ра. Отсюда следует, что число частиц, абс. значения скоростей к-рых лежат в интервале от v до $v+dv$, равно

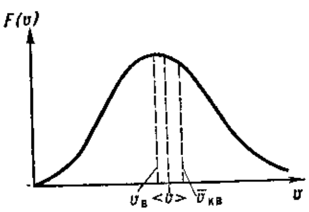
$$dw_v=F(v)dv=n(m/2\pi kT)^{3/2}\exp[-mv^2/2kT]4\pi v^2dv.$$

Это распределение наз. М. р. по абс. значениям скоростей. Ф-ция $F(v)$ достигает максимума при скорости $v_в=(2kT/m)^{1/2}$, наз. наиб. вероятной скоростью. Для молекул H_2 при $T=273$К $v_в\sim1500$ м/с. При помощи М. р. можно вычислить ср. значение любой ф-ции от скорости молекул: ср. квадрат скорости $\langle v^2\rangle=3kT/m$, ср. квадратичную скорость $v_{кв}\equiv\langle v^2\rangle^{1/2}=(3kT/m)^{1/2}$, ср. арифметич. скорость $\langle v\rangle=(8kT/\pi m)^{1/2}$, к-рая в $(4/\pi)^{1/2}$ раза больше $v_в$ (рис.).

М. р. по относит. скоростям молекул u имеет вид

$$dw_u=n(m/4\pi kT)^{3/2}\exp(-mu^2/4kT)4\pi u^2du,$$

откуда следует, что ср. относит. скорость молекул равна $\langle u\rangle=\sqrt{2}\langle v\rangle$.



М. р. не зависит от взаимодействия между молекулами и справедливо не только для газов, но и для жидкостей, если для них возможно классич. описание. В случае многоатомных молекул М. р. имеет место для поступат. движения молекул (для скорости их центра тяжести) и не зависит от внутримолекулярного движения и вращения даже в том случае, когда для них необходимо квантовое описание. М. р. справедливо для *броуновского движения* частиц, взвешенных в жидкости или газе.

Максвелл использовал для обоснования М. р. *детального равновесия принцип.* М. р. можно получить из *канонического распределения Гиббса* для классич. системы, интегрируя по всем пространственным координатам и по всем скоростям, кроме одной, т. к. в классич. случае распределение по скоростям не зависит от распределения по пространственным координатам. М. р. является частным решением *кинетического уравнения Больцмана* для случая статистич. равновесия в отсут-