

перейти к пределу $b \rightarrow 0$, $V_0 \rightarrow \infty$ так, чтобы произведение $V_0 b$ оставалось постоянным):

$$P \frac{\sin \alpha a}{\alpha a} + \cos \alpha a = \cos ka, \quad (3)$$

где $P = mV_0 ab / \hbar^2$.

Т. к. $\cos ka$ может принимать значения только в интервале от -1 до $+1$, величина αa при заданном P может принимать лишь те значения, при которых левая часть (3) не выходит из этого интервала (рис. 2). Границам допустимых значений αa соответствуют значения $k = n\pi/a$ ($n=1, 2, \dots$). Отсюда следует, что энергия \mathcal{E} электрона не может принимать любое значение; энергетич. спектр разбивается на ряд полос энергии (разрешённых зон), разделённых запрещёнными зонами, ширина которых при больших n порядка $2P/n\pi$ (рис. 3).

При $P \rightarrow 0$ запрещённые области исчезают (электрон становится свободным); при $P \rightarrow \infty$ разрешённые интервалы значений αa вырождаются в точки $n\pi$ и энергетич. спектр становится

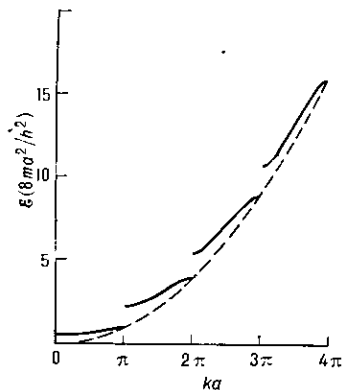


Рис. 3. Зависимость энергии от волнового числа для потенциала Кронига — Пенни при $P = 3\pi/2$.

дискретным. Собств. значения энергии в этом случае ($\mathcal{E} = n^2 \pi^2 \hbar^2 / 2ma^2$) соответствуют электрону в бесконечно глубокой потенц. яме шириной a . К. — П. м. позволяет вычислить также волновую ф-цию электрона.

Лит.: Kronig R. de L., Penney W. G., Quantum mechanics of electrons in crystal lattices, «Proc. Roy. Soc. London», 1931, в. 130А, р. 499; Бете Г., Зоммерфельд А., Электронная теория металлов, пер. с нем., Л.—М., 1938; Киттель Ч., Введение в физику твердого тела, пер. с англ., 2 изд., М., 1963. Э. М. Эпштейн.

КРОССИНГ-СИММЕТРИЯ — то же, что *перекрёстная симметрия*.

КРУГОВОЙ ДИХРОИЗМ (циркулярный дихроизм) — один из эффектов *оптической анизотропии*, проявляющийся в различии коэф. поглощения света, поляризованного по правому и левому кругу. Открыт Э. Коттоном (A. Cotton) в 1911. К. д. обнаруживают оптически активные вещества (см. *Оптическая активность*), анизотропия которых обусловлена их молекулярной или кристаллич. структурой, а также намагниченные среды (см. *Магнитооптика*). Количественной мерой К. д. служит разность коэф. поглощения на единицу длины среды и на единицу концентрации оптически активной компоненты. К. д. по величине обычно не превосходит неск. процентов от значения коэф. поглощения в неполяризованном свете и поэтому в отличие от линейного дихроизма не используется для изготовления поляризаторов (см. *Поляризатор*). Линейно поляризованный свет, проходя через циркулярно-дихроичную среду, превращается в эллиптически поляризованный. Подробнее см. ст. *Дихроизм*. В. С. Запаский.

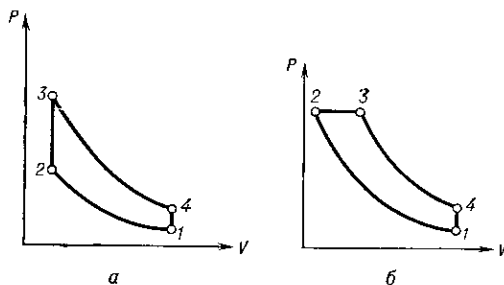
КРУГОВОЙ ПРОЦЕСС (цикл термодинамический) — термодинамич. процесс, при котором все термодинамич. параметры (и термодинамич. ф-ции) возвращаются к своим нач. значениям. Если термодинамич. состояние определяется двумя параметрами (напр., давлением P и объёмом V), К. п. изображается в виде замкнутой кривой (цикла) на плоскости, координатами которой служат термодинамич. параметры (напр., P и V).

Из *первого начала термодинамики* следует, что работа, производимая системой при К. п., равна алгебраич. сумме кол-в теплоты, получаемой и отдаваемой системой на каждом участке К. п. В результате прямого К. п. теплота превращается в работу, а в обратном К. п.

работа затрачивается на перенос теплоты от менее нагретых тел к более нагретым. К. п. наз. обратимым, если при прямом и обратном процессах система проходит через те же состояния. Для этого К. п. должен совершаться квантостатически, т. е. все его промежуточные состояния должны быть очень близки к равновесным состояниям.

Максимальным кпд обладает идеальная машина, работающая по обратному К. п., состоящему из двух изотерм и двух адиабат (*Карно цикл*). Её кпд зависит только от темп-р нагревателя и холодильника T_1 , T_2 и равен $\eta = (T_1 - T_2) / T_1$ (*Карно теорема*).

Второе начало термодинамики впервые было установлено с помощью анализа К. п. и кпд тепловых двигателей.



Теоретический цикл поршневого двигателя: а — цикл Отто; б — цикл Дизеля.

телей. К. п. были использованы для построения термодинамич. *температурной шкалы*, не зависящей от свойств рабочего тела. На основе К. п. теоретически изучены рабочие процессы разл. преобразователей энергии (паросиловых и газотурбинных установок, двигателей внутр. сгорания, холодильников, тепловых насосов и т. д.). Для наиб. эффективной их работы необходимо, чтобы их циклы были близки к идеальному циклу Карно, а потери на необратимость были бы минимальными. Теплоту, выделяемую при переходе рабочего тела от T_2 к T_1 , можно использовать для нагрева рабочего тела от T_2 до T_1 на противоположном участке цикла (регенерация тепла). Цикл Карно с полной регенерацией тепла наз. *обобщённым циклом Карно*.

На рис. (а) изображён цикл поршневого двигателя внутр. сгорания с подводом теплоты при пост. объёме (цикл Отто). Рабочим телом является смесь воздуха и горючих газов или паров жидкого топлива (на нач. участках) или газообразные продукты сгорания (на др. участках). Участок 1—2 — адиабатич. сжатие рабочего тела, 2—3 — изохорич. подвод теплоты, 3—4 — адиабатич. расширение. Если считать рабочее тело идеальным газом, то термич. кпд такого цикла равен

$$\eta_T = 1 - \varepsilon^{1-\gamma},$$

где γ — отношение теплоёмкостей при пост. давлении и пост. объёме, $\varepsilon = V_1/V_2$ — степень сжатия, V_1 — макс. объём, V_2 — мин. объём.

Цикл поршневого двигателя с подводом теплоты при пост. давлении (цикл Дизеля) изображён на рис. (б). В этом случае термич. кпд помимо ε зависит от степени предварит. расширения $\rho = V_3/V_2$:

$$\eta_T = 1 - \frac{\rho^\gamma - 1}{\gamma(\rho - 1)\varepsilon^{\gamma-1}}.$$

Цикл, состоящий из двух адиабат с подводом и отводом теплоты при пост. давлении, наз. *циклом Дюбуля*, его термич. кпд равен

$$\eta_T = 1 - (P_1/P_2)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}, \quad P_1 > P_2.$$

Лит.: Кириллин В. А., Сычев В. В., Шейндин А. Е., Техническая термодинамика, 4 изд., М., 1983; Кубо Р., Термодинамика, пер. с англ., М., 1970, с. 97; Навинов И. И., Термодинамика, М., 1984. Д. П. Зубарев.