горячие молекулы, т. е. молекулы с кинетической энергией больше средней, приближаются к отверстию с одной стороны или холодные молекулы — с другой стороны? Максвелл представил себе такого умного демона.

Второй закон термодинамики отрицает возможность существования демона Максвелла. Возможно, вам удастся найти демона, который начнет необычайно тонкую работу по разделению молекул, проходящих через отверстие. Но он никогда не сможет продолжать свою работу бесконечно долго. Вскоре он ослепнет, заболеет и прекратит свою деятельность. Тогда вся система, молекулы газа и сам демон снова придут в состояние теплового равновесия, исчезнет разность температур, однажды созданная демоном, а у демона начнется лихорадка с температурой, равной температуре газа. Казалось бы, что живой организм похож на демона Максвелла, но это не так. Живой организм является открытой системой, которая обменивается с внешней средой материей, энергией и энтропией. Но сама жизнь не может нарушить термодинамические законы.

4. *Контакт, выравнивающий давление (изобарический контакт)*. Если две системы разделены подвижной перегородкой, то возможно изменение объема одной из систем за счет другой. Если перегородка допускает только изменение объемов, но не обмен энергией или частицами, то мы имеем пример чисто механического контакта. Этот контакт можно также рассматривать как взаимодействие между двумя подсистемами, для которого приближенно имеем

$$(V,\ l) = (V'l',\ V''l''), \qquad E_l(V) = E^{\mathrm{I}}_{l'}(V') + E^{\mathrm{II}}_{l''}(V''). \tag{1.34}$$

§ 8. Квазистатический адиабатический процесс

Квазистатическим адиабатическим процессом в статистической механике [1]) называют такой процесс, при котором параметр x, определяющий чисто механическое взаимодействие системы с внешним источником работы, меняется очень медленно, а именно

$$\mathscr{H}(q,\ p,\ x) \longrightarrow \mathscr{H}(q,\ p,\ x+\Delta x) \qquad \left(\frac{dx}{dt} \longrightarrow 0\right). \tag{1.35}$$

Адиабатическая теорема в динамике. Динамические величины, которые остаются инвариантными в (квазистатическом) адиабатическом процессе, называются *адиабатическими инвариантами.* Можно показать, в частности, что число состояний $\Omega_0(E)$ является адиабатическим инвариантом, а именно

$$\Omega_0(E,\ x) = \Omega_0(E+dE,\ x+dx) \qquad \left(\frac{dx}{dt} \longrightarrow 0\right); \tag{1.36}$$

здесь dE — увеличение энергии системы в процессе, в котором происходит адиабатическое возрастание параметра x на dx. В этом

[1]) В механике такой процесс часто называют просто адиабатическим.

случае выполняется равенство

$$dE = \langle X \rangle_{\text{врем}}\, dx = \overline{X}\, dx, \tag{1.37}$$

где $\overline{X}$ обозначает фазовое среднее от X, или среднее от X по микроканоническому ансамблю.

Адиабатическая теорема в статистической механике. Хотя вопрос о том, действительно ли адиабатическая теорема чистой динамики сохраняет свое значение для систем с чрезвычайно большим числом степеней свободы, которые рассматриваются в статистической механике, является довольно спорным, мы будем предполагать здесь, что соотношения (1.36) и (1.37) справедливы, не вдаваясь в детальное обсуждение (см. задачу 34). Таким образом, из (1.36) и (1.37) получаем для квазистатического адиабатического процесса

$$\frac{dS}{dx} = 0 \qquad \left(\frac{dx}{dt} \to 0\right). \tag{1.38}$$

Другими словами, для адиабатического обратимого процесса

$$dS = \frac{\partial S}{\partial E}\, dE + \frac{\partial S}{\partial x}\, dx = 0, \qquad dE = \overline{X}\, dx. \tag{1.39}$$

Из этого уравнения вытекают формулы для статистической механической силы, или среднего значения от X:

$$\overline{X} = \left(\frac{\partial E}{\partial x}\right)_S, \tag{1.40}$$

$$\overline{X} = -\frac{(\partial S/\partial x)_E}{(\partial S/\partial E)_x} = -T\left(\frac{\partial S}{\partial x}\right)_E. \tag{1.41}$$

Здесь T — статистическая температура (1.28). Имеем также

$$dS = \frac{1}{T}(dE - \overline{X}\, dx). \tag{1.42}$$

§ 9. Равновесие между двумя системами, находящимися в контакте

Распределение энергии между двумя системами, находящимися в тепловом контакте. Применяя принцип равной вероятности (см. § 3) к составной системе I+II, для которой выполняются соотношения (1.32), можно определить вероятность того, что подсистемы I и II обладают соответственно энергиями E_{I} и E_{II} ($E_{\mathrm{I}} + E_{\mathrm{II}} = E$). Обозначим плотность состояний систем I и II соответственно через Ω_{I} и Ω_{II} и системы I+II — через Ω. Тогда