Далее, вычислим адиабатическую сжимаемость тела. Пишем:

$$\left(\frac{\partial V}{\partial P}\right)_S=\frac{\partial(V, S)}{\partial(P, S)}=\frac{\dfrac{\partial(V, S)}{\partial(V, T)}}{\dfrac{\partial(P, S)}{\partial(P, T)}}\frac{\partial(V, T)}{\partial(P, T)}=\frac{\left(\dfrac{\partial S}{\partial T}\right)_V}{\left(\dfrac{\partial S}{\partial T}\right)_P}\left(\frac{\partial V}{\partial P}\right)_T,$$

или

$$\left(\frac{\partial V}{\partial P}\right)_S=\frac{C_v}{C_p}\left(\frac{\partial V}{\partial P}\right)_T. \tag{16,14}$$

Ввиду неравенства $C_p > C_v$ отсюда следует, что адиабатическая сжимаемость по абсолютной величине всегда меньше изотермической сжимаемости.

Используя формулы (16,9—10), можно получить из (16,14) соотношения

$$\left(\frac{\partial V}{\partial P}\right)_S=\left(\frac{\partial V}{\partial P}\right)_T+\frac{T}{C_p}\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P^2, \tag{16,15}$$

$$\left(\frac{\partial P}{\partial V}\right)_S=\left(\frac{\partial P}{\partial V}\right)_T-\frac{T}{C_v}\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V^2. \tag{16,16}$$

§ 17. Термодинамическая шкала температуры

Покажем, каким образом можно, по крайней мере в принципе, построить термодинамическую шкалу температуры, используя для этого произвольное тело, уравнение состояния которого заранее не предполагается известным. Другими словами, задача состоит в том, чтобы с помощью этого тела установить зависимость $T = T(\tau)$ между абсолютной шкалой температуры T и некоторой чисто условной шкалой τ, определяемой произвольно градуированным «термометром».

Для этого исходим из следующего соотношения (все величины относятся к данному телу):

$$\left(\frac{\partial Q}{\partial P}\right)_T=T\left(\frac{\partial S}{\partial P}\right)_T=-T\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P$$

(мы использовали (16,4)). Поскольку τ и T связаны друг с другом взаимно однозначно, то безразлично—писать ли производную при постоянном T или τ. Производную же $\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P$ переписываем в виде

$$\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P=\left(\frac{\partial V}{\partial \tau}\right)_P\frac{d\tau}{dT}.$$

Тогда имеем

$$\left(\frac{\partial Q}{\partial P}\right)_\tau=-T\left(\frac{\partial V}{\partial \tau}\right)_P\frac{d\tau}{dT},$$

или

$$\frac{d\ln T}{d\tau}=-\frac{\left(\frac{\partial V}{\partial \tau}\right)_P}{\left(\frac{\partial Q}{\partial P}\right)_\tau}. \tag{17,1}$$

В правой стороне равенства стоят величины, которые могут быть непосредственно измерены как функции условной температуры τ: $(\partial Q/\partial P)_\tau$ определяется количеством тепла, которое должно быть сообщено телу для того, чтобы при расширении поддержать его температуру постоянной, а производная $(\partial V/\partial \tau)_P$ определяется изменением объема тела при нагревании. Таким образом, формула (17,1) решает поставленную задачу, позволяя определить искомую зависимость $T=T(\tau)$.

При этом надо иметь в виду, что интегрирование соотношения (17,1) определяет $\ln T$ с точностью до аддитивной постоянной. Отсюда сама температура T определится с точностью до произвольного постоянного множителя. Разумеется, так и должно быть — выбор единиц измерения абсолютной температуры остается произвольным, что эквивалентно наличию произвольного множителя в зависимости $T=T(\tau)$.

§ 18. Процесс Джоуля — Томсона

Рассмотрим процесс, заключающийся в том, что газ (или жидкость), находящийся под давлением P_1, стационарным образом переводится в сосуд, где его давление есть P_2. Стационарность процесса означает, что в продолжение всего процесса давления P_1 и P_2 остаются постоянными. Такой процесс можно схематически представить как переход газа через пористую перегородку (*a* на рис. 2), причем постоянство давлений по обе стороны перегородки поддерживается соответственно вдвигающимся и выдвигающимся поршнями. Если отверстия в перегородке достаточно малы, то скорость макроскопического течения газа можно считать равной нулю. Будем также предполагать, что газ теплоизолирован от внешней среды.

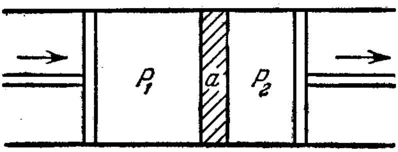

Рис. 2.

Описанный процесс называется *процессом Джоуля—Томсона*. Подчеркнем, что этот процесс необратим, что видно уже из наличия перегородки с маленькими отверстиями, которая создает большое трение, уничтожающее скорость газа.

Пусть некоторое количество газа, занимавшее при давлении P_1 объем V_1, переходит (теплоизолированно) в объем V_2, причем давление становится равным P_2. Изменение энергии E_2-E_1 этого