

ваемые обратимые процессы являются комбинациями чисто механических или электромагнитных процессов и квазистатических тепловых процессов.

Следовательно, мы можем воспользоваться более узким определением обратимости тепловых процессов; обратимым процессом будем считать квазистатический процесс. На самом деле все физические процессы протекают с конечной скоростью и, следовательно, являются необратимыми, так как они всегда происходят с некоторым трением. Обратимый процесс представляет собой идеализацию.

Процессы, которые нельзя провести обратимым образом, называются необратимыми.

Обратимые и необратимые циклы. Пусть изучаемая система переходит из состояния α в это же состояние α , а термостат — из состояния β в состояние β' , причем процесс перехода $(\alpha, \beta) \rightarrow (\alpha, \beta')$ является обратимым. В этом случае переход $\alpha \rightarrow \alpha$ называют обратимым циклом. Если этот процесс необратим, то цикл называют необратимым. В случае квазистатического изменения процесс обратим на каждой стадии.

Обратимая и необратимая тепловая машина. Тепловой машиной называется устройство, позволяющее производить работу при циклическом процессе теплообмена между системой (рабочим веществом) и термостатом. Такая машина может быть как обратимой, так и необратимой в зависимости от того, обратимым или необратимым является цикл.

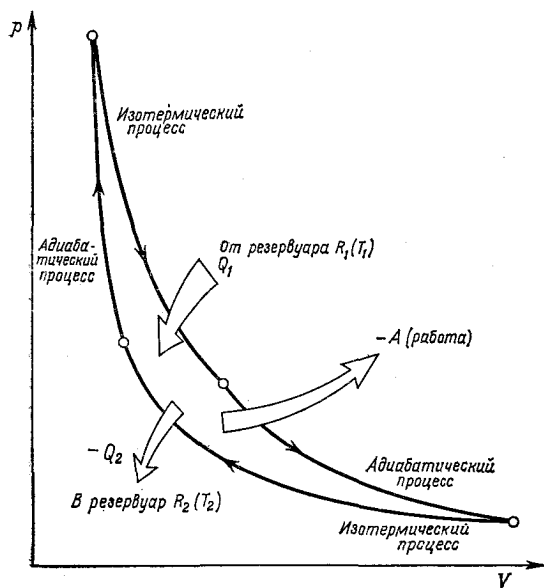
§ 2. Лемма (цикл Карно)

Одним из наиболее мощных методов исследования проблем, связанных со вторым законом термодинамики, является мысленный эксперимент, основанный на использовании цикла Карно. Здесь мы дадим определение цикла Карно в узком смысле для случая, когда рабочим веществом является идеальный газ (такой цикл показан на фиг. 19 и схематически на фиг. 20). Пусть при одном изотермическом процессе система получает от резервуара R_1 (T_1) количество тепла Q_1 , а при втором — количество тепла Q_2 от резервуара R_2 (T_2); тогда можно записать

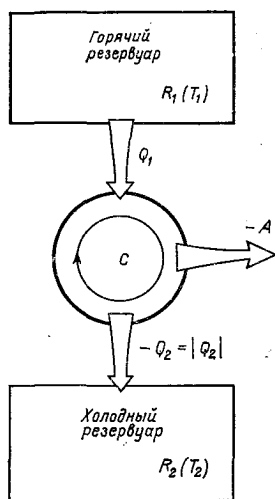
$$\frac{Q_1}{T_1} + \frac{Q_2}{T_2} = 0. \quad (2.1)$$

Так как для доказательства этого соотношения достаточно уравнения состояния идеального газа и первого закона термодинамики

(см. гл. 1, задача 9), то при изучении второго закона термодинамики его можно рассматривать как известную лемму.



Ф и г. 19.



Ф и г. 20.

§ 3. Второй закон термодинамики

Второй закон термодинамики является эмпирическим, поэтому его можно сформулировать различными способами, которые, конечно, эквивалентны. Приведем эти формулировки.

а) *Принцип Клаузиуса*. Процесс, при котором не происходит никаких изменений, кроме передачи тепла от горячего тела к холодному, является необратимым, иначе говоря, теплота не может спонтанно перейти от более холодного тела к более горячему без каких-либо других изменений в системе.

б) *Принцип Томсона (Кельвина)*. Процесс, при котором работа переходит в тепло без каких-либо других изменений состояния системы, является необратимым; иначе говоря, невозможно преобразовать в работу все количество тепла, взятое от тела с однородной температурой, не производя никаких других изменений состояния системы.