

$$v_1 + v_2$$

Начальное и конечное значения энтропии запишем в виде:

$$S_1 = v_1(c_V \ln T_1 + R \ln V_1 + \text{const}_1) + v_2(c_V \ln T_2 + R \ln V_2 + \text{const}_2);$$

$$S_2 = v_1(c_V \ln T + R \ln (V_1 + V_2) + \text{const}_1) +$$

$$+ v_2(c_V \ln T + R \ln (V_1 + V_2) + \text{const}_2).$$

Изменение энтропии

$$\Delta S = S_2 - S_1 = \left( v_1 c_V \ln \frac{T}{T_1} + v_2 c_V \ln \frac{T}{T_2} \right) +$$

$$+ \left( v_1 R \ln \frac{V_1 + V_2}{V_1} + v_2 R \ln \frac{V_1 + V_2}{V_2} \right) \approx 18 \text{ Дж/К.}$$

### 14.3. ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

14.1. Одноатомный газ совершает прямой цикл Карно. Известно, что при адиабатическом охлаждении  $\nu = 2$  молей газа он совершает работу  $A_1 = 5$  кДж, а при изотермическом сжатии газа вдвое над ним совершена работа  $A_2 = 2,2$  кДж. Определите КПД цикла. Какую работу совершает газ при изотермическом расширении?

14.2. Один моль углекислого газа  $\text{CO}_2$  совершает циклический процесс (рис. 14.3). Определите КПД цикла, если отношение максимальной температуры  $T_2$  в цикле к минимальной  $T_1$  равно  $n$ . Процесс 3—1 — изотермический.

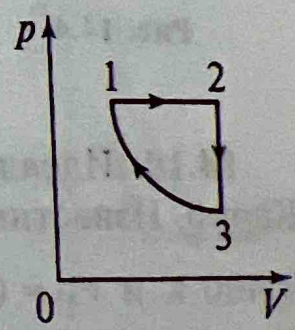


Рис. 14.3

14.3. Два моля идеального газа сначала изохорически охладдили, а затем изобарически расширили так, что температура газа стала равна первоначальной. Найдите приращение энтропии газа, если его давление изменилось в  $n = 3,3$  раза.

14.4. Тепловая машина работает по прямому циклу Карно. При изотермическом расширении газ совершил работу  $A = 10$  Дж. Определите работу, совершаемую газом при изотермическом сжатии. КПД цикла  $\eta = 0,2$ .

14.5. Идеальный двухатомный газ совершает прямой цикл, состоящий из двух изохор и двух изобар. При этом объем газа меняется от  $V_1 = 0,001$  м<sup>3</sup> до  $V_2 = 2V_1$ , а давление от  $p_1 = 2$  МПа до  $p_2 = 2p_1$ . Определите КПД цикла.

14.6. Гелий массой  $m = 4$  кг нагревают от температуры  $T_1 = 300$  К до температуры  $T_2 = 2T_1$ , давление гелия возрастает при этом от  $p_1 = 0,1$  МПа до  $p_2 = 4p_1$ . Найдите изменение энтропии и внутренней энергии гелия в этом процессе.

14.7. Идеальная тепловая машина совершает прямой цикл Карно. Максимальная температура газа  $T_1 = 500$  К, минимальная температура  $T_2 = 300$  К. В течение цикла машина получает от нагревателя количество теплоты  $Q_1 = 2$  кДж. Какую механическую работу совершает при этом машина? Какое количество теплоты она отдает холодильнику?

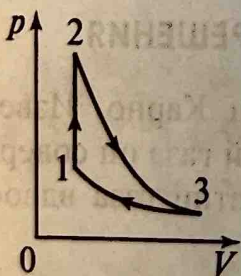


Рис. 14.4

14.8. Идеальный одноатомный газ совершает цикл, изображенный на рис. 14.4. Здесь 1—2 — изохора; 2—3 — адиабата; 3—1 — изотерма. Найдите КПД цикла, если  $T_2/T_1 = n$ .

14.9. Гелий массой  $m = 1,7$  г адиабатически расширили в  $n = 3$  раза и затем изобарически сжали до первоначального объема. Найдите приращение энтропии газа в этом процессе.

14.10. Идеальный двухатомный газ совершает прямой цикл Карно. Известны параметры начального состояния:  $p_1 = 1$  МПа,  $T_1 = 400$  К и  $V_1 = 0,2$  м<sup>3</sup>. При изотермическом расширении газа объем увеличивается в  $n_1 = 10$  раз, при адиабатическом расширении —

в  $n_2 = 2$  раза. Найдите работу, совершаемую газом за весь цикл; количество теплоты, полученной от нагревателя; КПД цикла.

14.11. Идеальный двухатомный газ совершает прямой цикл, состоящий из двух изобар и двух адиабат. Найдите КПД цикла, если в пределах цикла давление газа изменяется в  $n$  раз.

14.12. На диаграмме температура-энтропия приведен некоторый цикл идеального газа (рис. 14.5). Заданы максимальная и минимальная температуры газа в цикле  $T_1$  и  $T_2$ . Найдите КПД цикла.

14.13. Двухатомный идеальный газ совершает прямой цикл Карно. При изотермическом расширении объем газа возрастает в  $n = 5$  раз, а при последующем адиабатическом расширении газ совершает работу  $A = 5$  кДж. Определите работу, совершенную газом за весь цикл.

14.14. Идеальный одноатомный газ совершает прямой цикл, состоящий из двух изотерм с температурами  $T_1$  и  $T_2$  и двух изохор с объемами  $V_1$  и  $V_2$ . Найдите КПД цикла. Сравните его с КПД цикла Карно, работающего на том же перепаде температур.

14.15. Найдите КПД цикла, изображенного на рис. 14.6. Здесь 1—2 и 3—4 — адиабаты; 2—3 — изобара; 4—1 — изохора. Известны степень изобарического расширения  $V_3/V_2 = n_1$  и степень адиабатического сжатия  $V_1/V_2 = n_2$ . Газ двухатомный. Заметим, что на основе этого цикла работает четырехтактный двигатель Дизеля.

14.16. Двухатомный идеальный газ совершает прямой цикл (рис. 14.7). Процесс 1—2 — изотерма; процесс 3—1 — адиабата. Определите КПД цикла при заданных значениях  $p_1$  и  $p_2$ .

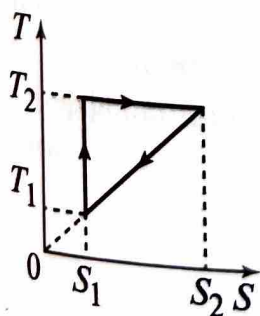


Рис. 14.5

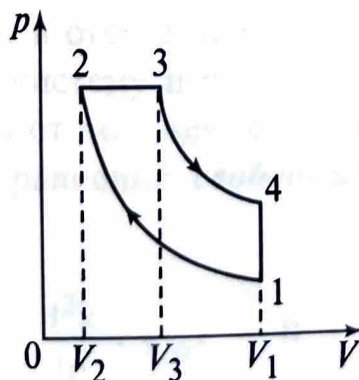


Рис. 14.6

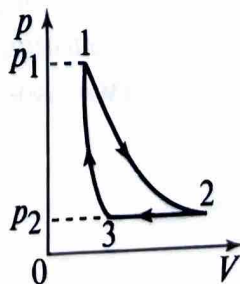


Рис. 14.7

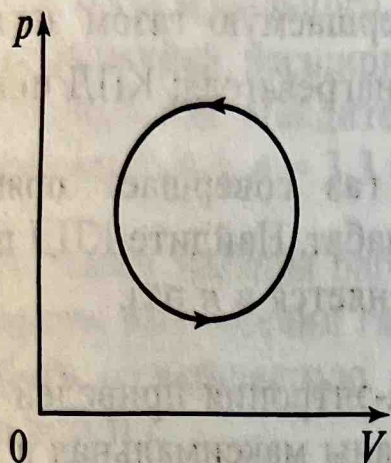


Рис. 14.8

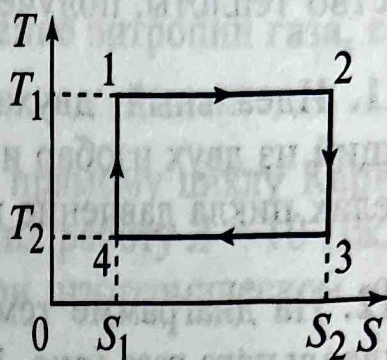


Рис. 14.9

14.17. Один моль идеального двухатомного газа нагревается так, что его температура возрастает в  $n$  раз. Нагревание происходит: а) при постоянном объеме; б) при постоянном давлении. Найдите изменение энтропии в каждом процессе.

14.18. На диаграмме ( $p - V$ ) изображен цикл, происходящий с некоторой массой идеального газа (рис. 14.8). Укажите состояния, соответствующие максимальному и минимальному значениям внутренней энергии газа. Можно ли использовать данный цикл для работы тепловой машины?

14.19. Для цикла, изображенного на рис. 14.9, определите работу, произведенную рабочим телом, и КПД цикла. Изобразите этот цикл на диаграмме ( $p - V$ ).