

(Начало см. на с. 29)

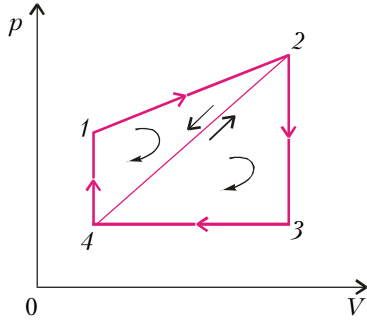


Рис. 6

Задача 6. КПД цикла 1-2-4-1 равен η_1 , а цикла 2-3-4-2 равен η_2 (рис.6). Найдите КПД цикла 1-2-3-4-1. Участки 4-1 и 2-3 – изохоры, участок 3-4 – изобара, участки 1-2 и 2-4 представляют линейную зависимость давления от объема. Все циклы обходятся по часовой стрелке. Рабочее вещество – идеальный газ.

Рассмотрим цикл 1-2-4-1. На участке 1-2 тепло подводится к газу. Обозначим подведенное количество теплоты через Q_1 . На участке 2-4 тепло отводится. Пусть это количество теплоты равно Q_2 . На изохорическом участке 4-1 подводимое к газу количество теплоты обозначим через Q_3 . Если обозначить работу, совершаемую газом в этом цикле, через A_1 , то КПД цикла равен

$$\eta_1 = \frac{A_1}{Q_1 + Q_3}.$$

С другой стороны, $\eta_1 = 1 - \frac{Q_2}{Q_1 + Q_3}$, откуда найдем

$$Q_2 = (1 - \eta_1)(Q_1 + Q_3).$$

Теперь рассмотрим цикл 2-3-4-2. На участках 2-3 и 3-4 тепло отводится от газа. Подводится тепло только на участке 4-2, и подведенное количество теплоты, очевидно, равно Q_2 . КПД данного цикла равен

$$\eta_2 = \frac{A_2}{Q_2},$$

где A_2 – работа, совершаемая газом в этом цикле. Используя выражение для Q_2 , можно записать

$$\eta_2 = \frac{A_2}{(1 - \eta_1)(Q_1 + Q_3)}.$$

КПД цикла 1-2-3-4-1 равен

$$\eta_3 = \frac{A_1 + A_2}{Q_1 + Q_3}.$$

Выразив работы A_1 и A_2 из выражений для КПД η_1 и η_2 , получим

$$\eta_3 = \eta_1 + \eta_2 - \eta_1\eta_2.$$

Упражнения

1. На диаграмме зависимости давления p от объема V для некоторой массы идеального газа две изобары и две изохоры пересекаются в точках 1, 2, 3 и 4 (рис.7). Найдите температуры газа T_1 и T_3 в точках 1 и 3, если точки 2 и 4 лежат на прямой, проходящей через начало координат, а темпе-

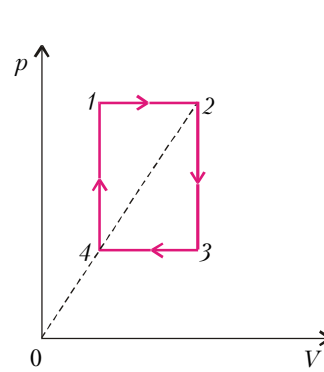


Рис. 7

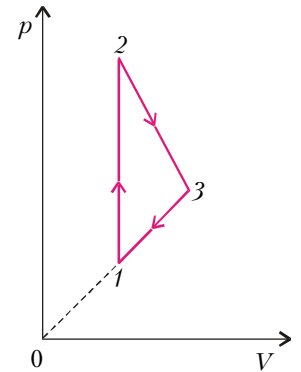


Рис. 8

ратуры газа в этих точках равны T_2 и T_4 соответственно.

2. Цикл для ν молей гелия состоит из двух участков линейной зависимости давления p от объема V и изохоры (рис.8). В изохорическом процессе 1-2 газу сообщили количество теплоты Q , и его температура увеличилась в 4 раза. Температуры в состояниях 2 и 3 равны. Точки 1 и 3 на pV -диаграмме лежат на прямой, проходящей через начало координат. Найдите температуру T_1 в точке 1 и работу газа за цикл.

3. Моль гелия совершает работу A в замкнутом цикле, состоящем из адиабаты 1-2, изотермы 2-3 и изобары 3-1 (рис.9). Найдите работу, совершенную в изотермическом процессе, если разность максимальной и минимальной температур газа в цикле равна ΔT .

4. Газообразный гелий находится в цилиндре под подвижным поршнем. Газ сжимают в адиабатическом процессе, переводя его из состояния 1 в состояние 2 (рис.10). Над газом совершается при этом работа сжатия A_{12} ($A_{12} > 0$). Затем газ расширяется в изотермическом процессе 2-3, и наконец из состояния 3 газ переводят в состояние 1 в процессе, когда его давление p прямо пропорционально объему V . Найдите работу A_{23} , которую совершил газ в процессе изотермического расширения, если во всем замкнутом цикле 1-2-3-1 он совершил работу A .

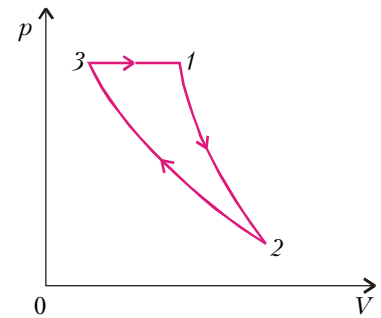


Рис. 9

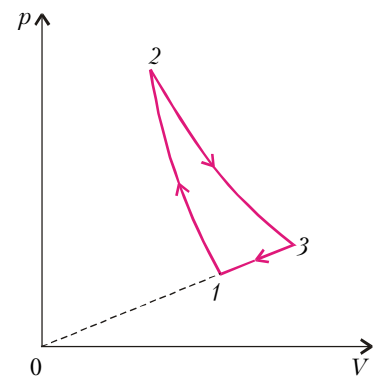


Рис. 10

Поправка

В статье Э.Балаша «Целочисленные треугольники» («Квант» №5 за 2002 г.) в условии упражнения 2 по вине редакции допущена неточность. Фразу «причем $b > a$ » следует читать «причем $b > a$ и $c + 2a - b$ не делится на 3».

Как указал автор статьи, если a, b, c – длины сторон целочисленного треугольника с углом 60° , причем $b > a$ и $a + b + c$ делится на 3, то можно ввести такие натуральные

числа m и n , что

$$a = \frac{(m+n)^2 - n^2}{3}, \quad b = \frac{(m+n)^2 - m^2}{3}, \quad c = \frac{(m+n)^2 - mn}{3}.$$

При этом $n - m$ делится на 3. Если же $a + b + c$ не делится на 3, то существуют такие натуральные числа m и n , что

$$a = (m+n)^2 - n^2, \quad b = (m+n)^2 - m^2, \quad c = (m+n)^2 - mn.$$

При этом $n - m$ не делится на 3.