

9.10. Теплоемкость газа

9.10.1. Найдите молярную теплоемкость одноатомного идеального газа при постоянном объеме.

9.10.2. Найдите удельную теплоемкость гелия при постоянном давлении.

9.10.3. При адиабатном расширении $m = 1$ кг азота газом была совершена работа $A = 800$ Дж. Найдите изменение внутренней энергии и температуры газа. Удельная теплоемкость азота при постоянном объеме $c_V = 745$ Дж/(кг · К).

9.10.4. В процессе изобарного расширения одноатомного идеального газа было затрачено $Q = 100$ Дж теплоты. Определите работу A , совершенную газом, и теплоемкость C_p одного киломоля газа в этом процессе.

9.10.5. Азот массой $m = 280$ г нагревают при постоянном давлении, сообщив газу $Q = 600$ Дж теплоты. Найдите изменение температуры азота, если его удельная теплоемкость при постоянном объеме $c_V = 745$ Дж/(кг · К). Молярная масса азота $\mu = 28 \cdot 10^{-3}$ кг/моль.

9.10.6. Используя первое начало термодинамики и уравнение состояния идеального одноатомного газа, докажите, что $C_p - C_V = R$, где C_p и C_V — молярные теплоемкости газа при постоянном давлении и постоянном объеме соответственно.

9.10.7. Для нагревания некоторой массы кислорода при постоянном объеме на $\Delta T_1 = 29$ К требуется количество теплоты $Q_1 = 24,93$ кДж. Для нагревания той же массы кислорода при постоянном давлении на $\Delta T_2 = 5$ К требуется количество теплоты $Q_2 = 5,73$ кДж. Определите по этим данным отношение теплоемкостей $\frac{C_p}{C_V}$.

9.10.8. Сосуд постоянного объема заполнен смесью газов, состоящей из гелия, неона и аргона, входящих в состав смеси в молярных отношениях $x_1 = 20\%$, $x_2 = 30\%$ и $x_3 = 50\%$ соответственно. Определите удельную теплоемкость этой смеси газов. Молярные массы: гелия $\mu_1 = 4 \cdot 10^{-3}$ кг/моль, неона $\mu_2 = 2 \cdot 10^{-2}$ кг/моль, аргона $\mu_3 = 4 \cdot 10^{-2}$ кг/моль.

9.10.9. Газ находится в вертикально расположенном цилиндре с площадью дна $S = 10$ см². Поршень, закрывающий цилиндр, имеет массу $m = 20$ кг и может перемещаться в цилиндре без трения. Начальный объем газа $V_0 = 11,2$ л, его температура $t_0 = 0$ °С. Какое количество теплоты Q необходимо для того, чтобы нагреть газ при этих условиях на $\Delta T = 10$ К, если известно, что теплоемкость этой массы газа, измеренная при закрепленном в начальном положении поршне, оказалась $C_V = 20,9$ Дж/К? Давление наружного воздуха не учитывать.

9.10.10. Какое количество теплоты нужно сообщить идеальному газу, находящемуся в баллоне объемом $V = 0,5$ л, чтобы его давление увеличилось на $\Delta p = 1,5$ атм? Удельная теплоемкость газа при постоянном давлении $c_p = 550$ Дж/(кг · К). Молярная масса газа $M = 0,06$ кг/моль.

9.10.11. Идеальный газ в количестве $\nu = 5$ моль совершает процесс $1-2-3$ (рис. 9.10.1). Какое количество теплоты отдает газ в этом процессе? Молярная теплоемкость газа при постоянном давлении $C_p = 29$ Дж/(моль · К), $T_0 = 200$ К.

9.10.12. Один киломоль идеального газа расширился по закону $p = \frac{\alpha}{V^2}$,

где $\alpha = 2R$ (R — универсальная газовая постоянная). При этом начальный объем газа $V_1 = 5$ л увеличился в 2 раза. Какую работу совершил газ при расширении, если молярная теплоемкость газа в процессе $C = C_V - R$, где C_V — молярная теплоемкость газа при постоянном объеме?

9.10.13. Один моль идеального одноатомного газа расширяется согласно графику (рис. 9.10.2). В каком из процессов $1-2$, $2-3$ или $3-4$ средняя молярная теплоемкость имеет наибольшее и наименьшее значения? Найдите эти величины.

9.10.14. Один моль идеального одноатомного газа совершает последовательно три процесса, показанные на рисунке 9.10.3. Для каждого процесса найдите молярную теплоемкость и определите, в каком из процессов средняя теплоемкость максимальна.

9.10.15. Один киломоль идеального газа расширился по закону $p = \alpha V$, где $\alpha = 0,1 R$ (R — универсальная газовая постоянная). При этом начальный объем газа $V_1 = 50$ л увеличился в 3 раза. Какую работу совершил газ при расширении?

9.10.16. Один киломоль идеального газа расширился по закону $p = \alpha V^2$, где $\alpha = \frac{R}{9}$ (R — универсальная газовая постоянная). При

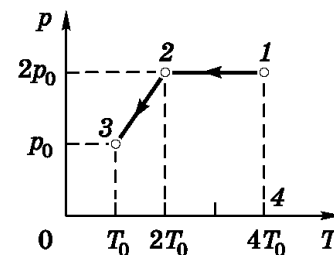


Рис. 9.10.1

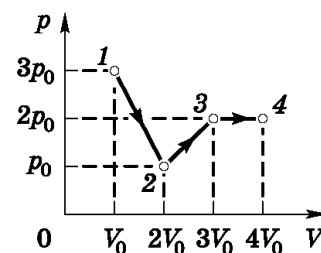


Рис. 9.10.2

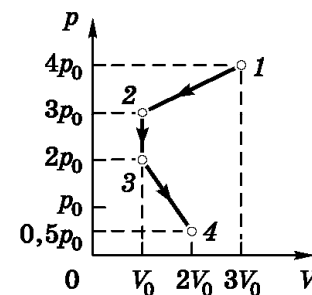


Рис. 9.10.3

этом начальный объем газа $V_1 = 30$ л увеличился в 2 раза. Какую работу совершил газ при расширении, если молярная теплоемкость газа в процессе $C = C_V + \frac{1}{3}R$, где C_V — молярная теплоемкость газа при постоянном объеме?

9.10.17. Один киломоль идеального газа сжимают так, что давление и температура изменяются по закону $p = \alpha T^2$, где $\alpha = \frac{R}{2}$

(R — универсальная газовая постоянная). При этом начальный объем газа $V_1 = 3$ л уменьшается в 2 раза. Какую работу совершил газ при сжатии, если молярная теплоемкость газа в процессе $C = C_V + 2R$, где C_V — молярная теплоемкость газа при постоянном объеме?

9.10.18. Один киломоль идеального газа расширяется по закону $p = \frac{\alpha}{T}$, где $\alpha = 4R$ (R — универсальная газовая постоянная). При

этом начальный объем газа $V_1 = 0,5$ л увеличился в 4 раза. Какую работу совершил газ в процессе расширения, если его молярная теплоемкость в процессе $C = C_V + 3R$, где C_V — молярная теплоемкость газа при постоянном объеме?

• **9.10.19.** Идеальный газ, молярная масса которого $M = 0,065$ кг/моль, нагревают так, что его температура изменяется по закону $T = \alpha V^2$ (α — некоторая положительная постоянная). Найдите количество теплоты, необходимое для нагревания газа, если известно, что при нагревании этой же массы газа из того же состояния на ту же разность температур в изохорном процессе требуется количество теплоты $Q_V = 500$ Дж. Удельная теплоемкость газа при постоянном объеме $c_V = 0,4$ кДж/(кг · К).

9.10.1.

$$C_V = \frac{3}{2}R = 12,46 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К}).$$

9.10.2.

$$c_p = \frac{5R}{2M} = 5,19 \cdot 10^3 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К}).$$

9.10.3. $\Delta U = -A = -800$ Дж;

$$\Delta T = \frac{A}{c_V m} \approx -1 \text{ К}.$$

9.10.4. $A = \frac{2}{5}Q = 40$ Дж;

$$C_p = \frac{5}{2}R = 20,8 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К}).$$

9.10.5. $\Delta T = \frac{\mu Q}{m(\mu c_V + R)} \approx 2$ К.

9.10.7. $\frac{C_p}{C_V} = \frac{Q_2 \Delta T_1}{Q_1 \Delta T_2} = 1,33.$

9.10.8.

$$C_V = \frac{3R}{2(x_1\mu_1 + x_2\mu_2 + x_3\mu_3)} \approx 465 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К}).$$

9.10.9.

$$Q = \Delta T \left(C_V + \frac{mgV_0}{ST_0} \right) = 289,4 \text{ Дж}.$$

9.10.10. $Q = \Delta pV \left(\frac{c_p M}{R} - 1 \right) = 223$ Дж.

9.10.13. $C_{\max} = C_{3-4} = \frac{5}{2}R = 20,78$ кДж/(моль · К);

$C_{\min} = C_{1-2} = \frac{5}{6}R = 6,9$ Дж/(моль · К).

Ответы

9.10.14. $C_{1-2} = 2,28R$; $C_{2-3} = 1,5R$; $C_{3-4} = 0,25R.$

9.10.15. $A = 0,4RV_1^2 = 8,31$ мДж.

9.10.16. $A = \frac{7}{27}RV_1^3 = 5,8$ мкДж.

9.10.17. $A = -\frac{4v^2R}{V_1} = -11,1 \cdot 10^9$ Дж.

9.10.18. $A = 6R\sqrt{V_1} \approx 35,25$ Дж.