

Глава 9. ТЕРМОДИНАМИКА

9.1. Нагревание и охлаждение твердых тел и жидкостей

9.1.1. Шары, изготовленные из латуни и стали, массой $m = 1$ кг каждый, нагревают на $\Delta t = 1$ °С. На сколько изменится внутренняя энергия каждого шара?

9.1.2. При охлаждении куска льда массой $m = 0,5$ кг от температуры $t_1 = 0$ °С до $t_2 = -40$ °С его внутренняя энергия уменьшается на $\Delta W = 42$ кДж. Найдите теплоемкость куска льда и удельную теплоемкость льда.

9.1.3. Найдите количество теплоты, необходимое для нагревания песка, объем которого $V = 1$ м³, от температуры $t_1 = 20$ °С до $t_2 = 80$ °С. Плотность песка $\rho = 2,5 \cdot 10^3$ кг/м³, удельная теплоемкость $c = 840$ Дж/(кг · К).

9.1.4. Алюминиевая кастрюля массой $m_1 = 300$ г вмещает $V = 1$ л воды. Какое количество теплоты необходимо, чтобы нагреть в этой кастрюле воду от температуры $t_1 = 15$ °С до $t_2 = 100$ °С?

9.1.5. При охлаждении куска латуни массой $m = 400$ г до температуры $t_2 = 30$ °С выделилось количество теплоты $Q = 2$ кДж. Найдите температуру латуни до охлаждения.

9.1.6. Кусочек меди массой $m = 200$ г нагревают от температуры $t_1 = 20$ °С до $t_2 = 120$ °С. Постройте график зависимости температуры меди от полученного количества теплоты.

9.1.7. С какой высоты должен упасть кусочек пластилина, чтобы при ударе о землю он нагрелся на $\Delta t = 1$ °С? Удельная теплоемкость пластилина $c = 2,5$ кДж/(кг · К).

9.1.8. На какую высоту можно было бы поднять груз массой $m_1 = 10$ кг, если бы полностью удалось использовать энергию, выделяющуюся при остывании капли воды массой $m_2 = 1$ г от температуры $t_1 = 100$ °С до $t_2 = 0$ °С?

9.1.9. Бензовоз, двигавшийся со скоростью $v = 54$ км/ч, резко затормозил и остановился. На сколько градусов поднялась температура перевозимого в цистерне бензина? Удельная теплоемкость бензина $c = 2200$ Дж/(кг · К).

9.1.10. Свинцовая дробинка, летящая со скоростью $v = 100$ м/с, попадает в стену и застревает в ней. На сколько градусов изменится температура дробинки, если $\eta = 52\%$ выделившегося при ударе количества теплоты пошло на ее нагревание?

9.1.11. Стальной шарик падает свободно с высоты $h_1 = 10$ м на горизонтальную поверхность и подпрыгивает на $h_2 = 1$ м. На сколько поднимется температура шарика после удара, если $\eta = 60\%$ количества теплоты, выделившегося при ударе, получает шарик?

9.1.12. У молотка массой $M = 0,5$ кг перед ударом по гвоздю скорость $v = 5$ м/с. Оцените повышение температуры железного гвоздя массой $m = 15$ г после десяти таких ударов. Считать, что гвоздь полностью поглощает всю выделившуюся теплоту.

9.1.13. Свинцовая пуля, летящая горизонтально со скоростью $v = 100$ м/с, пробила брусок, который лежит на гладком горизон-

тальном столе, и вылетела из него, потеряв половину своей скорости. На сколько изменилась температура пули? При ударе на нагревание пули пошло $\eta = 26\%$ выделившегося количества теплоты. Масса бруска в $n = 10$ раз больше массы пули.

9.1.14. Из винтовки произведен выстрел вертикально вверх. Свинцовая пуля вылетает со скоростью $v_1 = 300$ м/с и на высоте $h = 500$ м попадает в такую же пулю, летящую горизонтально со скоростью $v_2 = 284$ м/с. Насколько нагреются пули после абсолютно неупругого удара, если в момент удара их температура была одинаковой? Сопротивление воздуха не учитывать.

9.1.15. В электрическом чайнике мощностью $N = 800$ Вт можно довести до кипения воду объемом $V = 1,5$ л, имевшую начальную температуру $t = 20$ °С, за время $\Delta t = 20$ мин. Найдите КПД чайника.

9.1.16. Трансформатор, погруженный в масло, вследствие перегрузок начинает нагреваться. Каков его КПД, если при полной мощности $N = 60$ кВт масло массой $m = 40$ кг за время $\tau = 4$ мин нагрелось на $\Delta t = 20$ °С? Удельная теплоемкость масла $c_m = 2,1$ кДж/(кг · К). Количество теплоты, идущее на нагревание металла трансформатора и его обмотки, не учитывать.

9.1.17. Удельная теплоемкость некоторого тела массой m зависит от температуры следующим образом: $c = \alpha T$, где $\alpha = \text{const}$. Чему равно количество теплоты, необходимое для повышения температуры данного тела от T_1 до T_2 ?

9.1.18. Для некоторого вещества удельная теплоемкость зависит от температуры по закону $c(t) = c_0(1 + \alpha t)$, где $\alpha = \text{const}$ и t — температура по шкале Цельсия. Чему равно среднее значение удельной теплоемкости c в интервале температур от t_1 до t_2 ?

ОТВЕТЫ

9.1.1. $\Delta W = cm\Delta t$; $\Delta W_1 = 390$ Дж;
 $\Delta W_2 = 460$ Дж.

9.1.2. $C = \frac{Q}{t_1 - t_2} = 1050$ Дж/К;

$c = \frac{Q}{m(t_1 - t_2)} = 2100$ Дж/(кг · К).

9.1.3. $Q = c\rho V(t_2 - t_1) = 126$ МДж.

9.1.4. $Q = (c_1 m_1 + c_2 \rho V)(t_2 - t_1) \approx$
 ≈ 378 кДж.

9.1.5. $t_1 = t_2 + \frac{Q}{cm} = 42,8$ °С.

9.1.6. Рис. 30.

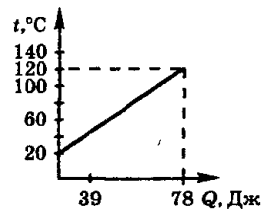


Рис. 30

9.1.7. $h = \frac{c\Delta t}{g} = 255,1$ м.

9.1.8. $h = \frac{cm_2(t_1 - t_2)}{m_1 g} = 42,8$ м.

9.1.9. $\Delta t = \frac{v^2}{2c} \approx 0,05$ °С.

9.1.10. $\Delta T = \frac{\eta v^2}{2c_{св}} = 20$ К.

9.1.11. $\Delta T = \frac{\eta g(h_1 - h_2)}{c_{св}} \approx 0,12$ К.

9.1.12. $\Delta T = \frac{5Mv^2}{c(M+m)} = 0,05$ К.

9.1.13. $\Delta T = \frac{\eta v^2(3n-1)}{8nc} \approx 7,25$ К.

9.1.14.

$\Delta t = \frac{v_1^2 + v_2^2 - 2gh}{4c} = 309,3$ °С.

9.1.15. $\eta = \frac{c\rho V(t_k - t)}{N\Delta t}$.

9.1.16. $\eta = \frac{cm\Delta t}{N\tau} \cdot 100\% = 11,7\%$.

9.1.17. $Q = \frac{\alpha m}{2}(T_2^2 - T_1^2)$.

9.1.18. $c_{ср} = c_0 \left[1 + \frac{\alpha}{2}(t_1 + t_2) \right]$.