

## 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  $V = 1$  м<sup>3</sup>, от температуры  $t_1 = 20$  °С до  $t_2 = 80$  °С. Плотность песка  $\rho = 2,5 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>, 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 дробишка, летящая со скоростью  $v = 100$  м/с, попадает в стену и застревает в ней. На сколько градусов изменится температура дробишки, 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, пробил брусочек, который лежит на гладком горизонтальном 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.  $Q = (c_1 m_1 + c_2 \rho V)(t_2 - t_1) \approx$   
 $\approx 378$  кДж.

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

9.1.6. Рис. 30.

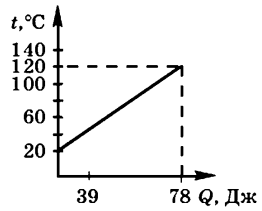


Рис. 30

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