

9.3. Парообразование

9.3.1. Ртуть массой $m = 1$ г при температуре кипения обращают в пар той же температуры. На сколько изменилась внутренняя энергия ртути?

9.3.2. Какое количество теплоты потребуется, чтобы 100 кг воды, взятой при 10°C , нагреть до 100°C и обратить в пар?

9.3.3. Какое минимальное количество теплоты надо сообщить льду массой $m = 2$ кг, взятому при температуре $t_1 = -10^\circ\text{C}$, чтобы превратить его в пар при температуре $t_2 = 100^\circ\text{C}$?

• 9.3.4. В электрический чайник мощностью $N = 1$ кВт наливают $V = 2$ л воды при температуре $t = 18^\circ\text{C}$ и включают в сеть. Через какое время вся вода испарится? КПД нагревателя $\eta = 50\%$. Удельная теплоемкость воды $c = 4,2$ кДж/(кг · К), удельная теплота парообразования воды $r = 2,26$ МДж/кг, плотность воды $\rho = 10^3$ кг/м³.

9.3.5. Кусок льда при температуре $t = -10^\circ\text{C}$ положили в электрический чайник и стали его нагревать. Спустя время $\tau = 30$ мин из чайника испарилась десятая часть воды. Мощность чайника $N = 1$ кВт. КПД плитки $\eta = 40\%$. Найдите массу куска льда.

9.3.6. При нагревании некоторой массы воды от температуры $t_0 = 0^\circ\text{C}$ до температуры кипения $t_k = 100^\circ\text{C}$ на электрическом нагревателе понадобилось $\tau_1 = 15$ мин. После этого потребовалось $\tau_2 = 80$ мин для превращения этой воды в пар. Определите удельную теплоту парообразования.

9.3.7. Чайник, в который налили воду при температуре $t_0 = 10^\circ\text{C}$, поставили на электроплитку. Через $\tau_1 = 10$ мин вода закипела. Через какое время вода полностью выкипит?

9.3.8. Какое количество теплоты потребуется для сушки свежих фруктов массой $m = 10$ т, если масса готовой продукции составляет $\eta = 20\%$ от массы свежих фруктов, начальная температура фруктов 20°C , температура в сушилке 80°C , а удельная теплота парообразования равна $2,3 \cdot 10^3$ Дж/кг?

9.3.9. В дьюаровском сосуде хранится жидкий азот при температуре $T_1 = 78$ К объемом $V = 2$ л. За сутки испарилась половина азота. Определите удельную теплоту испарения азота, если известно, что лед массой $m = 40$ г в том же сосуде растает в течение $\tau_2 = 22$ ч 30 мин. Количество теплоты, ежесекундно получаемое сосудом, пропорционально разности температур внутри и снаружи сосуда. Температура окружающего воздуха $T = 293$ К. Плотность жидкого азота при 78 К равна $\rho = 800$ кг/м³.

9.3.10. На сколько больше энергия молекулы пара воды при температуре 100°C , чем энергия молекулы воды при той же температуре?

9.3.11. С какой наименьшей высоты должна падать дождевая капля, чтобы при ударе о землю она испарилась? Начальная температура капли $t_0 = 20^\circ\text{C}$. Сопротивление воздуха не учитывать.

9.3.12. С какой минимальной скоростью влетает метеорит в атмосферу Земли, если он при этом нагревается, плавится и превращается в пар? Метеоритное вещество состоит из железа, и его начальная температура $T = 100$ К. Считать, что на нагревание метеорита идет $\eta = 20\%$ от его механической энергии.

Ответы

9.3.1. $\Delta U = rm = 300$ Дж.

9.3.2. $Q = 263,6$ МДж.

9.3.3. $Q =$
 $= m[c_{\text{л}}(t_{\text{пл}} - t_1) + \lambda + c_{\text{в}}(t_2 - t_{\text{пл}}) + r] =$
 $= 6,06$ МДж.

9.3.5. $m = 0,72$ кг.

9.3.6. $r = \frac{c(t_k - t_0)\tau_2}{\tau_1} = 2,24$ МДж/кг.

9.3.7. $\tau_2 = \frac{r\tau_1}{c(t_k - t_0)} = 60$ мин.

У к а з а н и е. Здесь и далее r — удельная теплота парообразования.

9.3.8. $Q = 204,5 \cdot 10^8$ Дж.

9.3.9.
 $r = \frac{2\lambda m(T - T_1)}{\rho V(T - T_{\text{пл}})} \frac{\tau_1}{\tau_2} = 172,3$ кДж/кг,

где $\tau_1 = 1$ сутки.

9.3.10. $\Delta U = \frac{rM}{N_A} = 6,78 \cdot 10^{-20}$ Дж.

9.3.11. $h = \frac{c(t_k - t_0) + r}{g} \approx 265$ км.

9.3.12.
 $v = \sqrt{\frac{2}{\eta}(\lambda + c(T_k - T) + r)} \approx 2,6$ км/с.