

Задача 9-1. «Физика на кухне»

Нагреватель электрочайника находится внутри воды, поэтому все теплота, выделяемая нагревателем, идет на нагрев воды и корпуса чайника. Обозначим мощность нагревателя P_0 . Можно считать, что она не зависит от температуры воды в чайнике t . Мощность нагревателя можно регулировать. Мощность теплоты, уходящей от чайника в окружающий воздух P_1 , пропорциональна разности температур воды и окружающего воздуха t_0 :

$$P_1 = \beta(t - t_0), \quad (1)$$

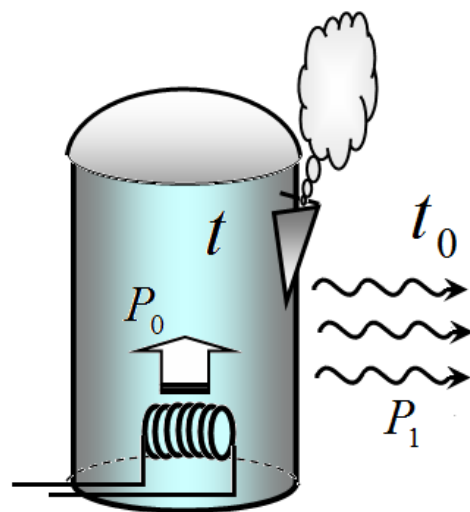
где β - постоянный коэффициент теплоотдачи.

При заданной мощности нагревателя температура воды достигает некоторого предельного значения \bar{t} , которое будем называть стационарной температурой.

Температура воздуха (во всех частях задачи) считать равной $t_0 = 20^\circ\text{C}$.

Теплоемкость¹ чайника с водой считайте постоянной и равной $C = 4,5 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{град}}$.

Температура кипения воды $t_{\text{кип}} = 100^\circ\text{C}$.



10.3 При мощности нагревателя $P_0 = 400 \text{ Вт}$ вода в чайнике достигает максимальной температуры, равной $\bar{t}_{\text{max}} = 60^\circ\text{C}$. Рассчитайте численное значение коэффициента теплоотдачи β в формуле (1).

Далее считайте эту величину известной и используйте ее при решении задачи.

1.2 При какой минимальной мощности нагревателя вода в чайнике закипит?

1.3 Постройте график зависимости стационарной температуры воды \bar{t} в чайнике от мощности нагревателя P_0 .

Теперь рассмотрим процесс нагревания чайника, т.е. зависимость его температуры t от времени² τ .

1.4 Получите уравнение, описывающее малое изменение температуры воды Δt за малый промежуток времени $\Delta \tau$. Понятно, что величина Δt должна зависеть от температуры воды в чайнике t .

¹ Теплоемкость тела называется количество теплоты, которое требуется, чтобы нагреть тело на 1° Цельсия. Не путайте с удельной теплоемкостью вещества.

² Будем обозначать время буквой τ , чтобы отличить от температуры t .

1.5 В чайник заливают воду при комнатной температуре и включают нагреватель, мощность которого установлена на величину $P_0 = 1500 \text{ Вт}$.

1.5.1 Постройте схематический график зависимости температуры воды от времени $t(\tau)$. Приблизительно эту зависимость можно заменить на два прямолинейных участка. Постройте такой приближенный график на этом же рисунке.

1.5.2 Оцените время нагревания воды от комнатной температуры до температуры кипения.

1.5.3 Оцените, какая доля теплоты (в процентах) уйдет в окружающее пространство за время закипания воды в чайнике.