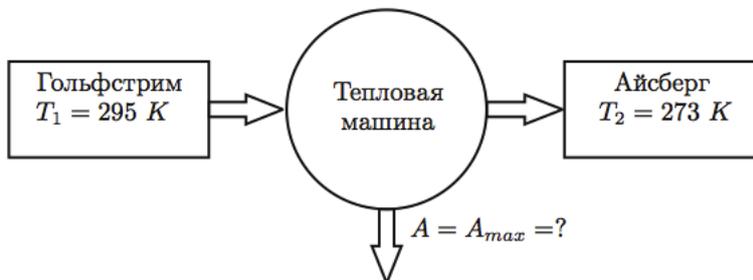


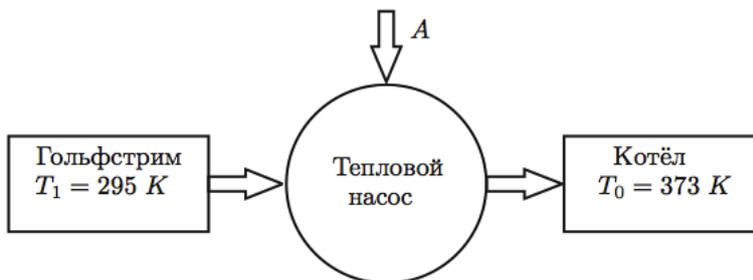


ЗАДАЧА 4. (Всеросс., 2011, финал, 10) Гигантский айсберг массой  $m = 9 \cdot 10^8$  кг (куб  $100 \times 100 \times 100$  м<sup>3</sup>), имеющий температуру  $T_2 = 273$  К, дрейфует в течении Гольфстрим, температура воды которого  $T_1 = 295$  К.

1) Пренебрегая прямым теплообменом между айсбергом и тёплой водой, найдите максимальную работу тепловой машины, использующей Гольфстрим в качестве нагревателя и айсберг в качестве холодильника, за то время, пока весь айсберг не растает (рис.).



2) Определите, сколько воды можно испарить в котле за счёт работы, количество которой найдено в первом пункте, если использовать её в тепловом насосе для «перекачки» тепловой энергии из течения Гольфстрим в котёл с температурой  $T_0 = 373$  К (рис.).



Теплота плавления льда  $q = 3,35 \cdot 10^5$  Дж/кг, теплота испарения воды  $\lambda = 2,26 \cdot 10^6$  Дж/кг.

$$A_{max} = qm = 3,35 \cdot 10^5 \cdot 9 \cdot 10^8 = 3,015 \cdot 10^{14} \text{ Дж} \approx 3,02 \cdot 10^{14} \text{ Дж}$$

ЗАДАЧА 5. (Всеросс., 1999, финал, 11) Идеальный холодильник, потребляющий во время работы из электросети мощность  $N = 100$  Вт, находится в комнате, которую можно рассматривать как замкнутую теплоизолированную камеру объёмом  $V = 100$  м<sup>3</sup>. Начальные параметры воздуха в комнате:  $T_0 = 300$  К, давление  $p_0 = 1$  атм. В холодильную камеру устанавливается ванночка с водой при температуре  $T_x = 273$  К. Масса воды  $m_0 = 4$  кг.

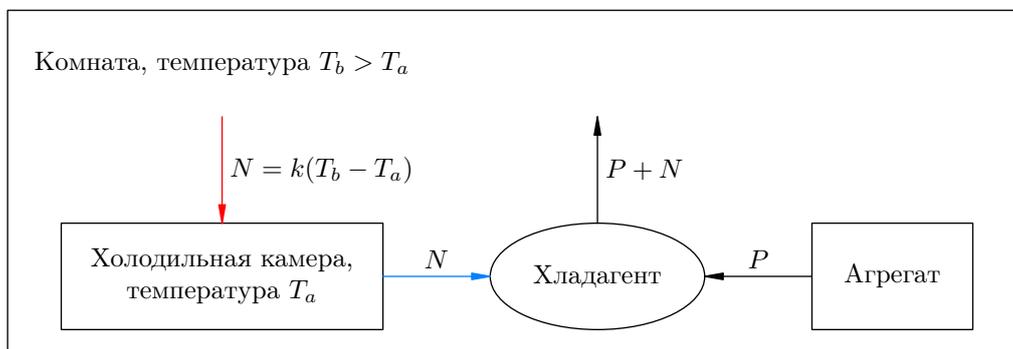
1) Какое минимальное время должен проработать холодильник, чтобы вода в ванночке замёрзла?

2) Чему равна температура воздуха в комнате в этот момент?

Удельная теплота плавления льда  $q = 3,34 \cdot 10^5$  Дж/кг. Теплоёмкость стен комнаты и стенок холодильника не учитывать. Считать относительное изменение температуры в комнате в результате работы холодильника малым. Воздух считать идеальным двухатомным газом.

$$T \approx T_0 \left( 1 - \frac{q m_0}{N t} \right) \approx 300 \left( 1 - \frac{3,34 \cdot 10^5 \cdot 4}{100 t} \right)$$

ЗАДАЧА 6. (*Холодильник*) В камере холодильника поддерживается температура  $T_a$ . Холодильник находится в комнате с температурой воздуха  $T_b$  ( $T_b > T_a$ ). Мощность теплопередачи из комнаты в камеру пропорциональна разности температур:  $N = k(T_b - T_a)$ .

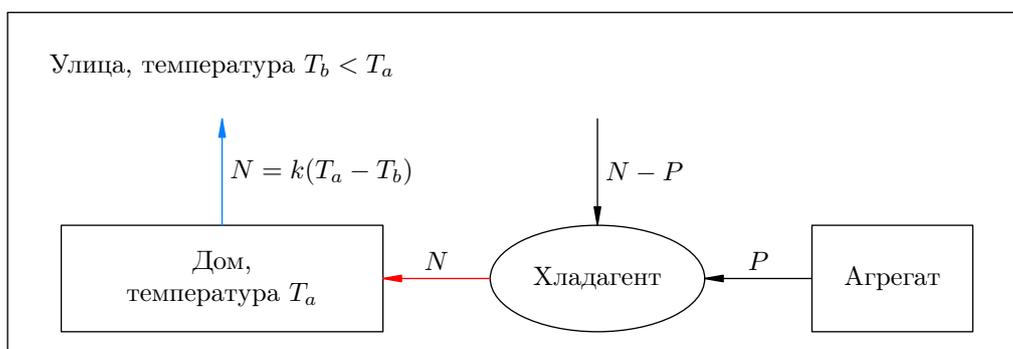


Агрегат создаёт низкое давление, вызывая испарение хладагента. Испаряясь, хладагент отводит от камеры тепловую мощность  $N$ . Создавая затем высокое давление, агрегат вызывает конденсацию хладагента с выделением мощности  $P + N$ , которая рассеивается в комнату. Здесь  $P$  — мощность, затрачиваемая агрегатом.

Считая агрегат идеальным тепловым двигателем с температурой нагревателя  $T_b$  и температурой холодильника  $T_a$ , найдите мощность агрегата  $P$ . Известны величины  $T_a$ ,  $T_b$ ,  $k$ .

$$\frac{v_L}{z(v_L - v_{L'})} = d$$

ЗАДАЧА 7. (*Тепловой насос*) Загородный дом отапливается тепловым насосом. Агрегат насоса совершает цикл Карно с температурой нагревателя  $T_a$  и температурой холодильника  $T_b$  (обозначения аналогичны предыдущей задаче).



- 1) Опишите принцип функционирования теплового насоса.
- 2) Найдите мощность агрегата  $P$ , считая известными величины  $T_a$ ,  $T_b$ ,  $k$ .

$$\frac{v_L}{z(v_L - v_{L'})} = d$$

ЗАДАЧА 8. (*Савченко, 5.9.24*) С помощью электрической плитки мощностью 1 кВт в комнате поддерживается температура  $17^\circ\text{C}$  при температуре наружного воздуха  $-23^\circ\text{C}$ . Какая мощность потребовалась бы для поддержания в комнате той же температуры с помощью идеальной тепловой машины?

ЗАДАЧА 9. (Всеросс., 2002, финал, 10) Летом при температуре в помещении  $t_1 = 27^\circ\text{C}$  промышленный морозильник при работе на полную мощность поддерживал температуру в камере  $t_2 = -23^\circ\text{C}$ . Зимой температура в помещении упала до значения  $t_3 = 7^\circ\text{C}$ . Из-за отказа реле агрегат вновь заработал на полную мощность. Какой при этом стала температура  $t_x$  в камере? Считайте агрегат идеальной машиной.

$$\boxed{t_x = 7^\circ\text{C}}$$

ЗАДАЧА 10. (Всеросс., 2002, финал, 11) С помощью бензиновой горелки в помещении поддерживается температура  $t_1 = -3^\circ\text{C}$  при температуре на улице  $t_2 = -23^\circ\text{C}$ . Предполагается использовать бензин в движке с КПД  $\eta = 0,4$ , а с помощью полученной механической энергии запустить тепловой насос, перекачивающий по идеальному холодильному циклу теплоту с улицы в комнату. Какую температуру  $t_3$  удастся в таком случае поддерживать в помещении при прежнем расходе бензина? Движок находится вне помещения.

$$\boxed{t_3 = 7^\circ\text{C}}$$

ЗАДАЧА 11. («Покори Воробьёвы горы!», 2017, 10–11) В морозильной камере поддерживается постоянная температура  $t_1 = -18^\circ\text{C}$ , а радиатор холодильника при этом имеет температуру  $t_2 = +33^\circ\text{C}$ . Известно, что рабочее тело холодильной установки совершает цикл Карно (составленный из двух изотерм и двух адиабат), а его сжатие обеспечивается электродвигателем, который потребляет мощность  $P = 20$  Вт. КПД электродвигателя (с учетом всех потерь)  $\eta_M = 30\%$ . Какое количество тепла поступает в морозильную камеру от внешней среды за время  $\tau = 1$  мин в этом режиме?

$$\boxed{Q = 100 \text{ Дж}}$$