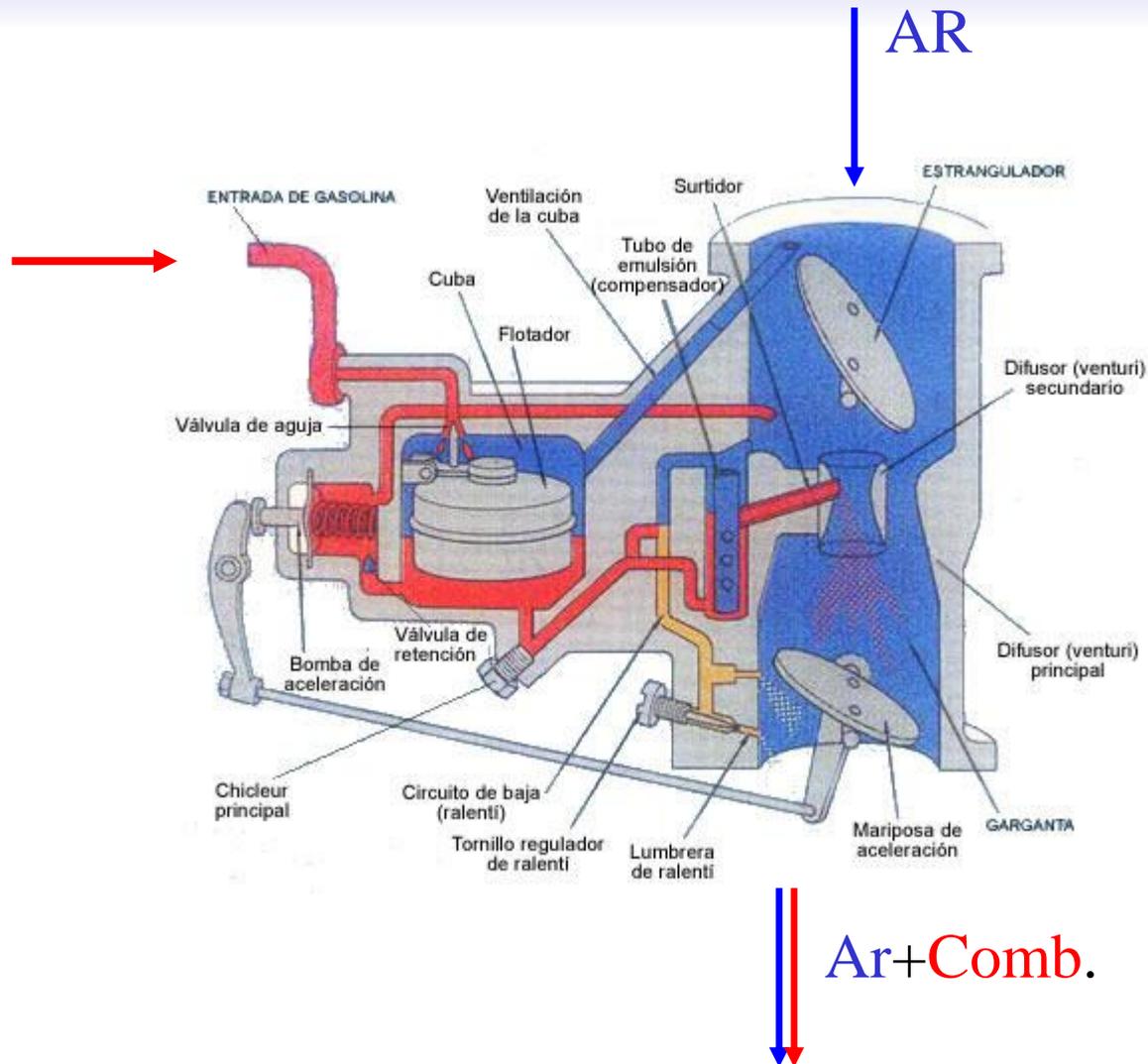
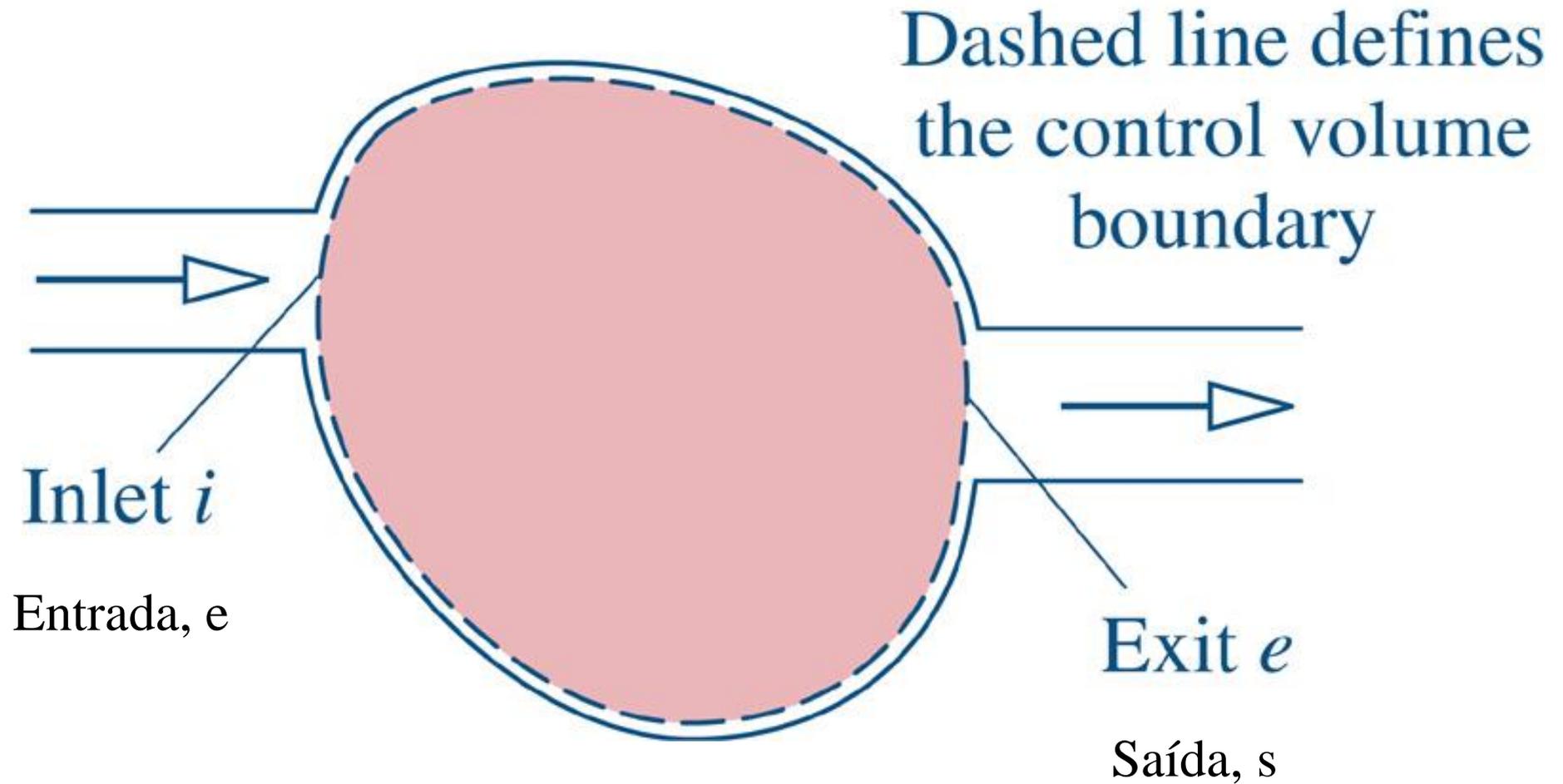


Cap. 4: Análise de Volume de Controle

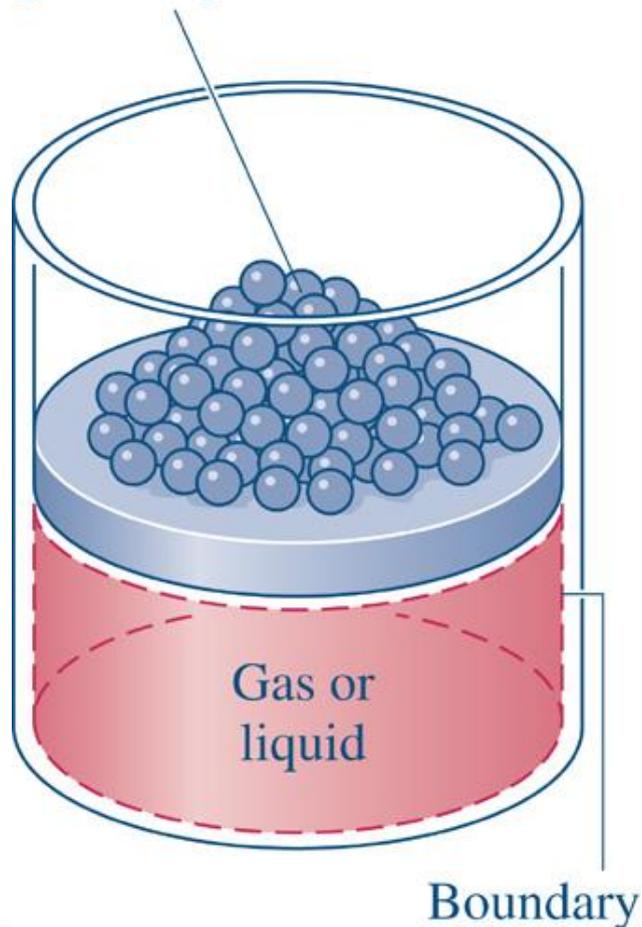


Cap. 4: Análise de Volume de Controle



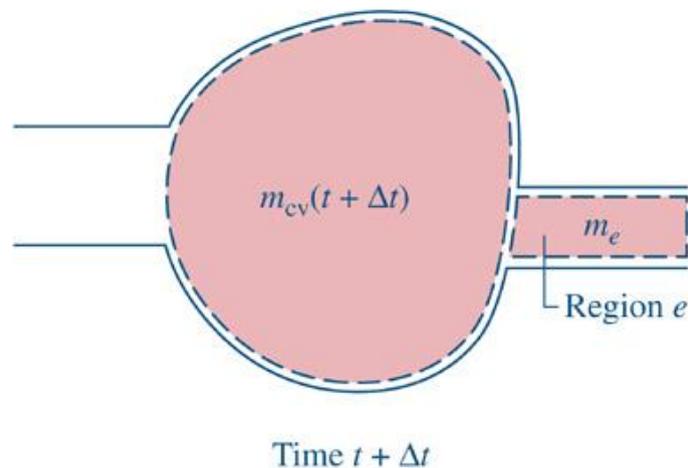
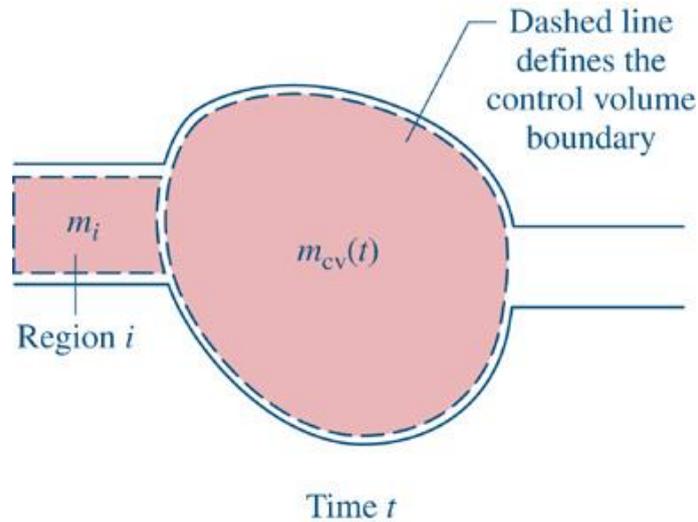
Conservação da Massa em um Sistema

Incremental masses removed
during an expansion of the
gas or liquid



$$\left. \frac{dm}{dt} \right|_{sist} = 0$$

Conservação da Massa para um volume de Controle



$$\underbrace{m_{VC}(t) + m_i}_{\text{Tempo } t} = \underbrace{m_{VC}(t + \Delta t) + m_e}_{\text{Tempo } t + \Delta t}$$

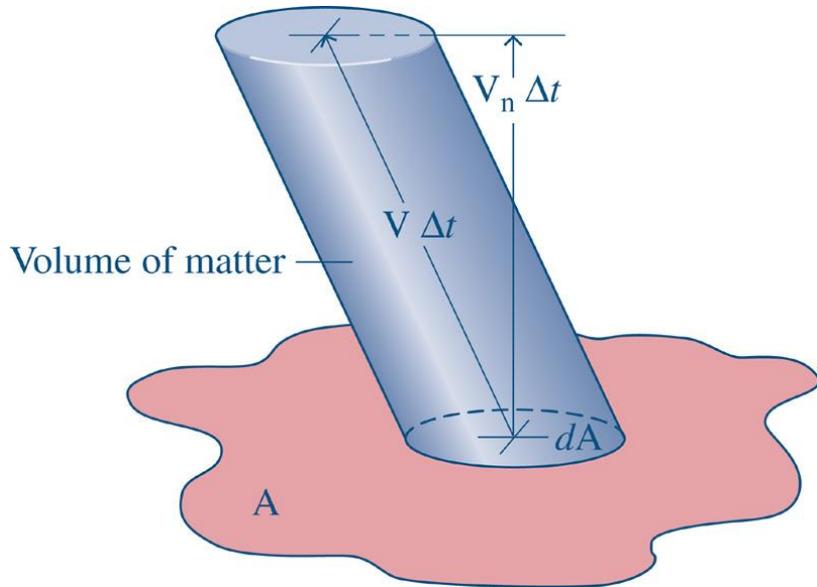
$$m_{VC}(t + \Delta t) - m_{VC}(t) = m_i - m_e$$

Dividindo por Δt

$$\frac{m_{VC}(t + \Delta t) - m_{VC}(t)}{\Delta t} = \frac{m_i}{\Delta t} - \frac{m_e}{\Delta t}$$

$$\frac{dm_{VC}}{dt} = \dot{m}_e - \dot{m}_s$$

Vazão mássica



$$\left[\begin{array}{l} \text{quantidade de massa} \\ \text{cruzando } dA \text{ durante o} \\ \text{intervalo de tempo } \Delta t \end{array} \right] = \rho(V_n \Delta t) dA$$

$$\left[\begin{array}{l} \text{taxa instantânea de} \\ \text{fluxo de massa} \\ \text{cruzando } dA \end{array} \right] = \rho V_n dA$$

$$\dot{m} = \int_A \rho V_n dA$$

$$\left[\frac{kg}{s} \right] = \left[\frac{kg}{m^3} \right] \left[\frac{m}{s} \right] [m^2]$$

Escoamento unidimensional: $\dot{m} = \rho V A = \frac{VA}{v}$

Conservação da massa em um VC

$$\frac{dm_{VC}}{dt} = \dot{m}_e - \dot{m}_s$$

$$0 = \frac{\partial}{\partial t} \int_{VC} \rho dV + \int_{SC} \rho \vec{V} \cdot \vec{dA}$$

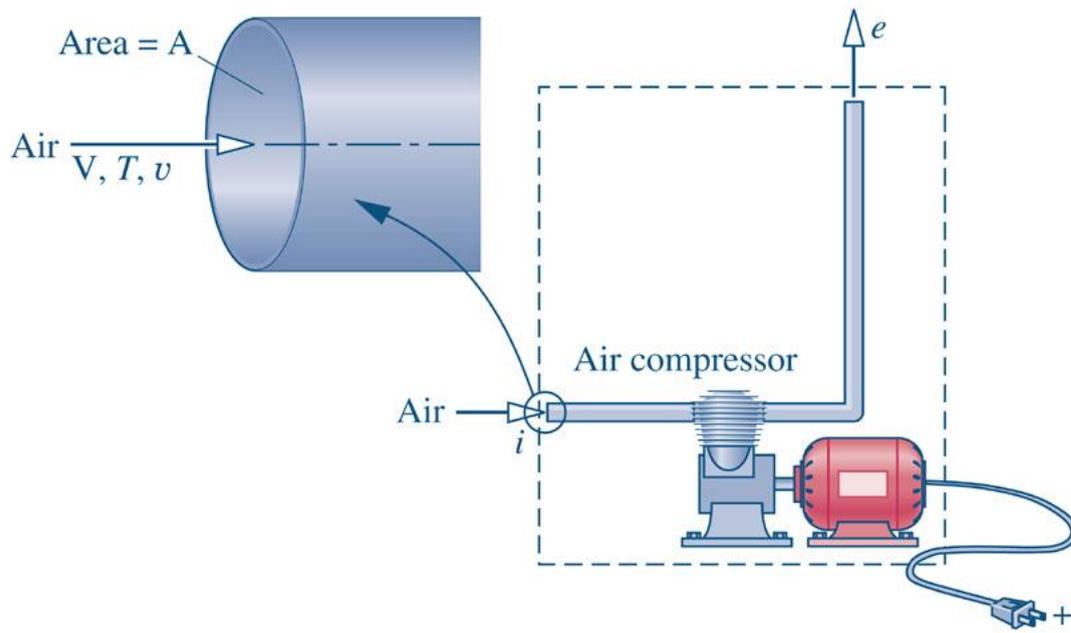
Vazão volumétrica

$$\dot{m} = \int_A \rho V_n dA$$
$$\left[\frac{kg}{s} \right] = \left[\frac{kg}{m^3} \right] \left[\frac{m}{s} \right] [m^2]$$

$$(VA)_A = \int_A V_n dA$$
$$\left[\frac{m^3}{s} \right] = \left[\frac{m}{s} \right] [m^2]$$

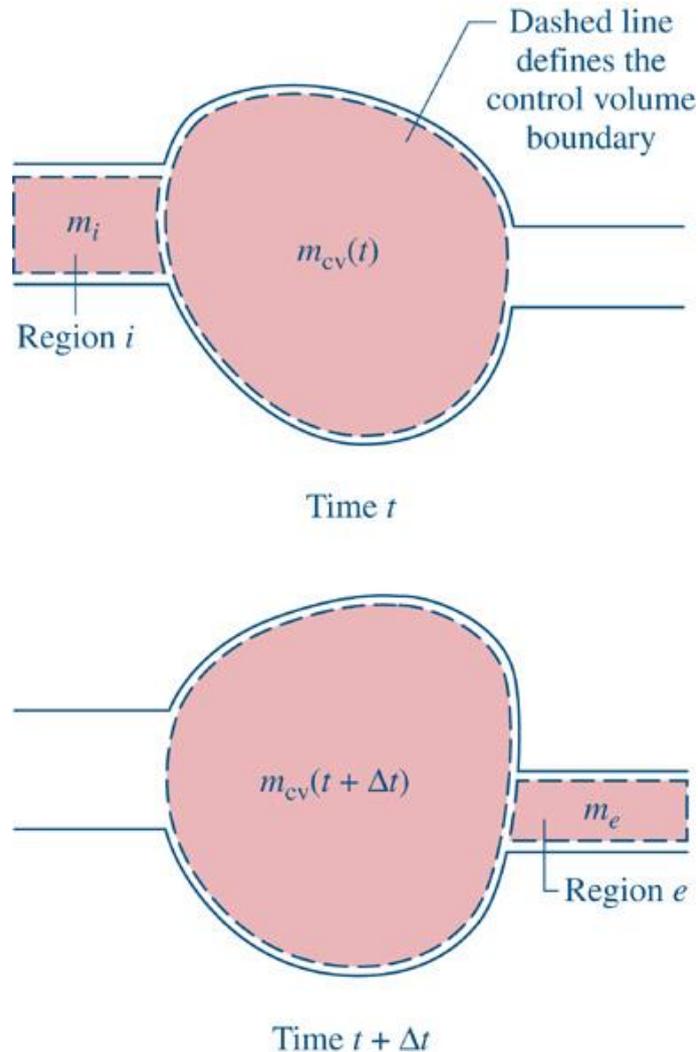
Formulação do Balanço de Massa em Termos de Taxa

- escoamento unidimensional



$$\dot{m} = \rho VA = \frac{VA}{v}$$

Conservação da Massa para um volume de Controle: Escoamento Unidimensional



$$\left. \frac{dm}{dt} \right|_{VC} = \dot{m}_e - \dot{m}_s$$

$$\left. \frac{dm}{dt} \right|_{VC} = \sum_e \dot{m}_e - \sum_s \dot{m}_s$$

$$\left. \frac{dm}{dt} \right|_{VC} = \sum_e \frac{V_e A_e}{v_e} - \sum_s \frac{V_s A_s}{v_s}$$

Formulação do Balanço de Massa para Regime Permanente

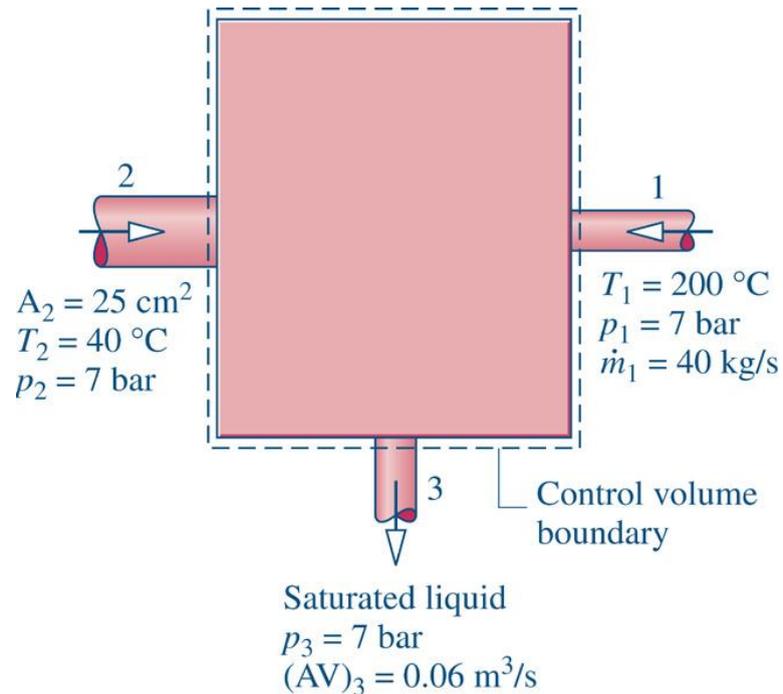
$$\left. \frac{dm}{dt} \right|_{VC} = 0 = \sum_e \dot{m}_e - \sum_s \dot{m}_s$$

$$\sum_e \dot{m}_e = \sum_s \dot{m}_s$$

Formulação integral do Balanço de Massa

$$m_{VC}(t) = \int_{VC} \frac{dm}{dt} dt = \sum_e \left(\int_A \rho V_e dA \right)_e - \sum_s \left(\int_A \rho V_s dA \right)_s$$

Exemplo 4.1: Aquecedor de Água de Alimentação



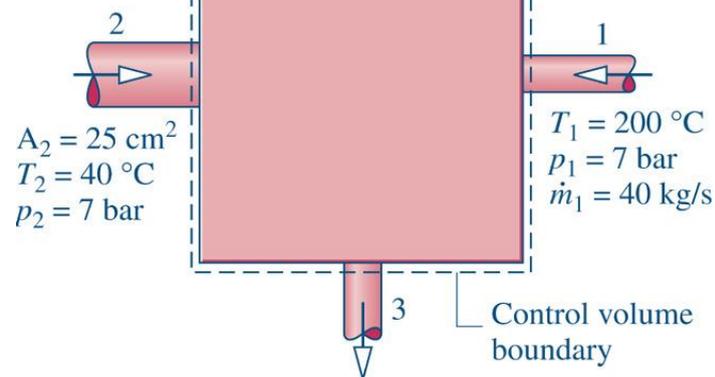
- Um aquecedor de água operando em Regime Permanente tem duas entradas e uma saída. Na *entrada 1*, o vapor d'água entra a $p_1 = 7 \text{ bar}$, $T_1 = 200^\circ\text{C}$ com uma vazão mássica de 40 kg/s . Na *entrada 2*, água líquida a $p_2 = 7 \text{ bar}$, $T_2 = 40^\circ\text{C}$ entra através de uma área = 25 cm^2 . Líquido saturado a 7 bar sai em 3 com uma vazão volumétrica de $0,06 \text{ m}^3/\text{s}$. Determine a vazão mássica na *entrada 2* e na saída, em kg/s , e a velocidade na *entrada 2*, em m/s .

Exemplo 4.1: Aquecedor de Água de Alimentação

$$v_2 = 1,0078 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$\dot{m}_2 = ?$$

$$V_2 = ?$$



Saturated liquid
 $p_3 = 7 \text{ bar}$
 $(AV)_3 = 0.06 \text{ m}^3/\text{s}$

$$\dot{m}_3 = ?$$

$$v_{3,sat} = 1,108 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$\left. \frac{dm}{dt} \right|_{VC} = 0 = \sum_e \dot{m}_e - \sum_s \dot{m}_s$$

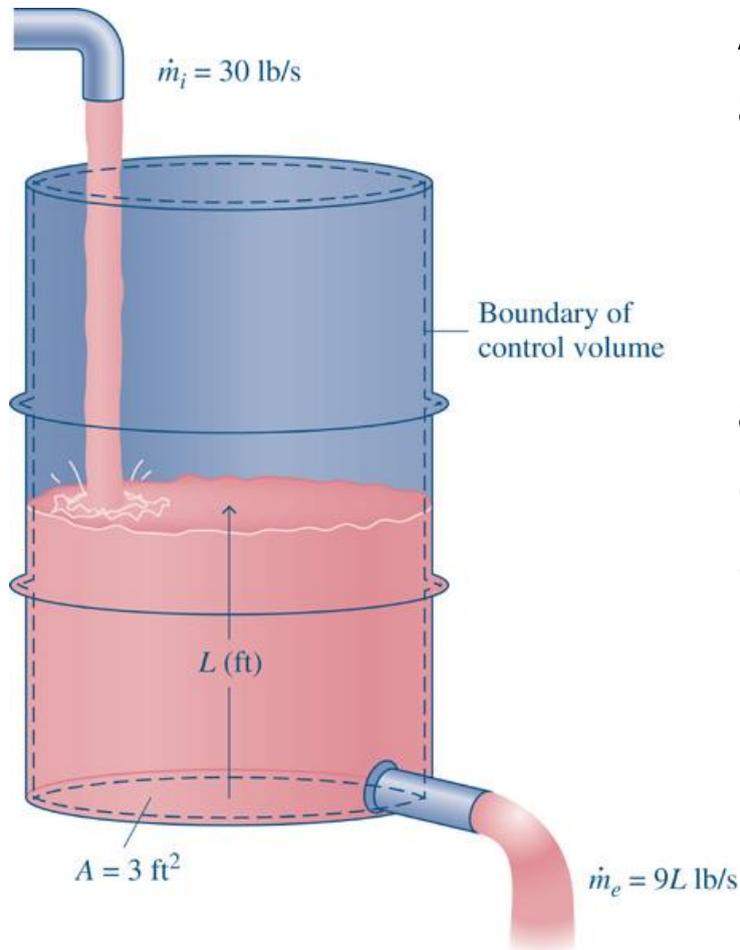
$$\dot{m}_2 + \dot{m}_1 - \dot{m}_3 = 0$$

$$\dot{m}_3 = \frac{(VA)_3}{v_3} = \frac{0,06}{1,108 \cdot 10^{-3}} = 54,15 \text{ kg/s}$$

$$\dot{m}_2 = \dot{m}_3 - \dot{m}_1 = 54,15 - 40 = 14,15 \text{ kg/s}$$

$$V_2 = \frac{\dot{m}_2 v_2}{A_2} = \frac{14,15 \cdot 1,0078 \cdot 10^{-3}}{25 \cdot 10^{-4}} = 5,7 \text{ m/s}$$

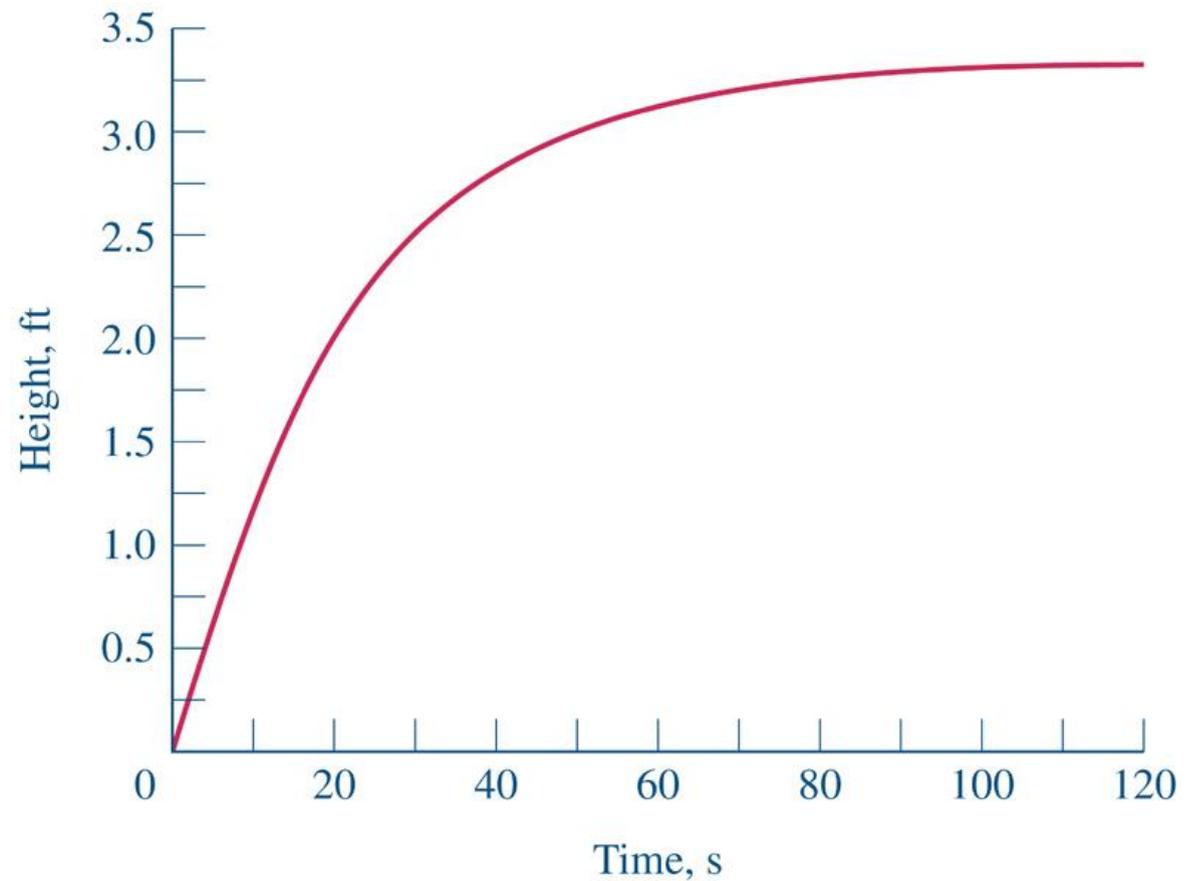
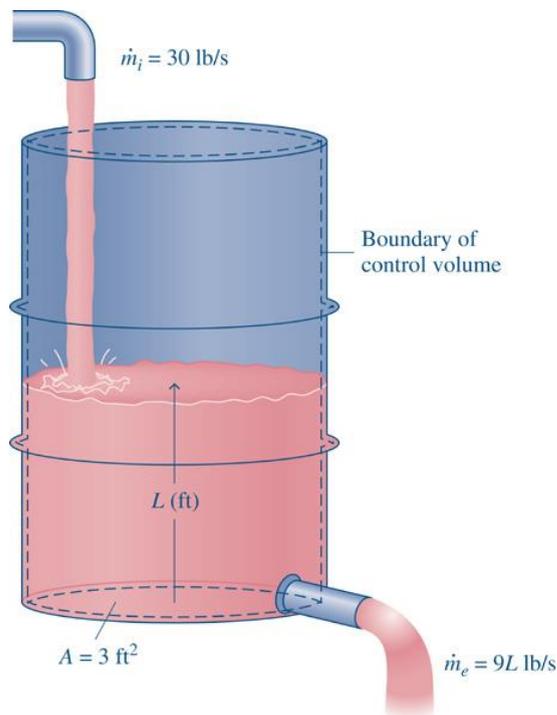
Exemplo 4.2: Enchimento de um Barril com Água



Água esco para um barril aberto em seu topo a uma vazão de $13,6 \text{ kg/s}$. Perto da base, há uma saída com uma vazão mássica proporcional à altura de água no interior do barril, expresso como $\dot{m}_s = 9L$, em que L é a altura de água no reservatório. A área da base é $0,28 \text{ m}^2$ e a massa específica é $999,6 \text{ kg/m}^3$. Se o barril se encontra inicialmente vazio, faça um gráfico da variação da altura com o tempo.

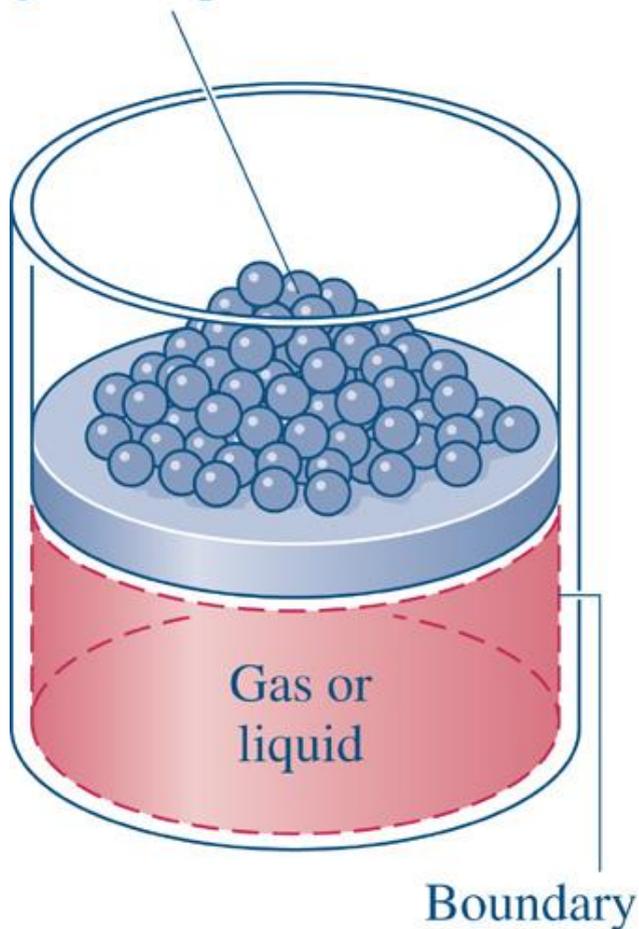
$$\left. \frac{dm}{dt} \right|_{VC} = \sum_e \dot{m}_e - \sum_s \dot{m}_s$$

Exemplo 4.2: Enchimento de um Barril com Água



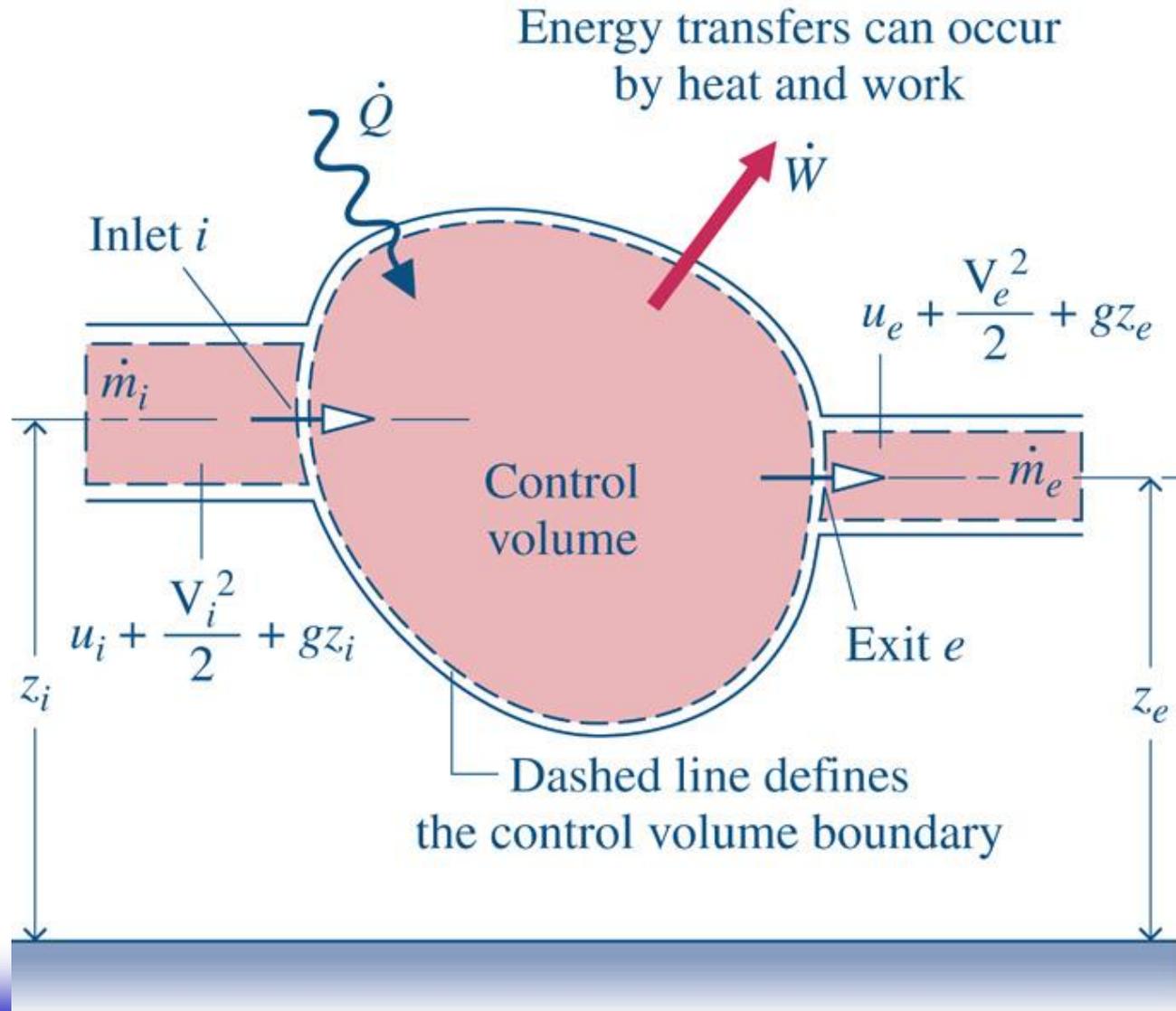
Conservação da Energia para um Sistema

Incremental masses removed during an expansion of the gas or liquid



$$\left. \frac{dE}{dt} \right|_{\text{systema}} = \dot{Q} - \dot{W}$$

Conservação da Energia para um Volume de Controle



Conservação da Energia para um Volume de Controle

$$\left. \frac{dE}{dt} \right|_{\text{sistema}} = \dot{Q} - \dot{W}$$

$$\left. \frac{dE}{dt} \right|_{VC} = \dot{Q} - \dot{W} + \dot{m}_e \left(u_e + \frac{V_e^2}{2} + gz_e \right) - \dot{m}_s \left(u_s + \frac{V_s^2}{2} + gz_s \right)$$

$$\dot{W} = \dot{W}_{VC} + (p_s A_s) V_s - (p_e A_e) V_e = \dot{W}_{VC} + \dot{m}_s (p_s v_s) - \dot{m}_e (p_e v_e)$$

$$\left. \frac{dE}{dt} \right|_{VC} = \dot{Q}_{VC} - \dot{W}_{VC} + \dot{m}_e \left(u_e + p_e v_e + \frac{V_e^2}{2} + gz_e \right) - \dot{m}_s \left(u_s + p_s v_s + \frac{V_s^2}{2} + gz_s \right)$$

Conservação da Energia para um Volume de Controle

$$\left. \frac{dE}{dt} \right|_{VC} = \dot{Q}_{VC} - \dot{W}_{VC} + \dot{m}_e \left(u_e + p_e v_e + \frac{V_e^2}{2} + g z_e \right) - \dot{m}_s \left(u_s + p_s v_s + \frac{V_s^2}{2} + g z_s \right)$$

Sendo $h = u + p v$

$$\left. \frac{dE}{dt} \right|_{VC} = \dot{Q}_{VC} - \dot{W}_{VC} + \dot{m}_e \left(h_e + \frac{V_e^2}{2} + g z_e \right) - \dot{m}_s \left(h_s + \frac{V_s^2}{2} + g z_s \right)$$

$$\left. \frac{dE}{dt} \right|_{VC} = \dot{Q}_{VC} - \dot{W}_{VC} + \sum_e \dot{m}_e \left(h_e + \frac{V_e^2}{2} + g z_e \right) - \sum_s \dot{m}_s \left(h_s + \frac{V_s^2}{2} + g z_s \right)$$

Formulação Integral da Conservação da Energia para um Volume de Controle

$$E_{VC}(t) = \int_{\forall} \rho e d\forall = \int_{\forall} \rho \left(u + \frac{V^2}{2} + gz \right) d\forall$$

$$\left. \frac{dE}{dt} \right|_{VC} = \frac{d}{dt} \int_{\forall} \rho e d\forall = \dot{Q}_{VC} - \dot{W}_{VC} + \sum_e \int_A \left(h + \frac{V^2}{2} + gz \right) \rho V_n dA - \sum_s \left(h + \frac{V^2}{2} + gz \right) \rho V_n dA$$

Em Regime Permanente

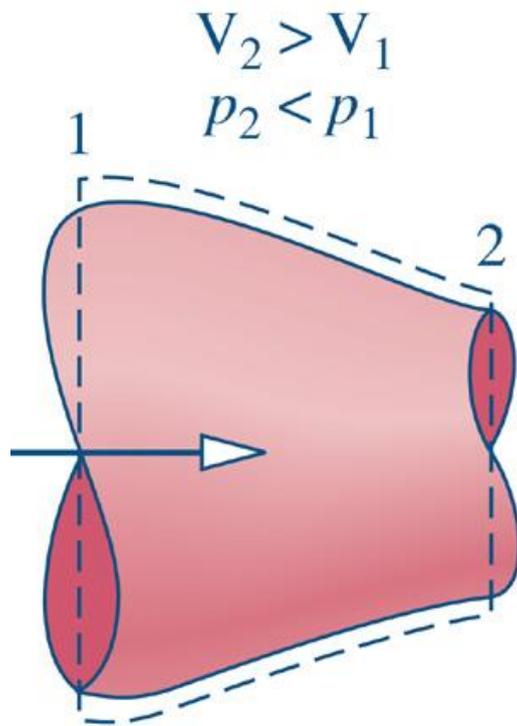
$$\left. \frac{dm}{dt} \right|_{VC} = 0 = \sum_e \dot{m}_e - \sum_s \dot{m}_s$$
$$\sum_e \dot{m}_e = \sum_s \dot{m}_s$$

$$\left. \frac{dE}{dt} \right|_{VC} = 0 = \dot{Q}_{VC} - \dot{W}_{VC} +$$
$$+ \sum_e \dot{m}_e \left(h_e + \frac{v_e^2}{2} + gz_e \right) - \sum_s \dot{m}_s \left(h_s + \frac{v_s^2}{2} + gz_s \right)$$

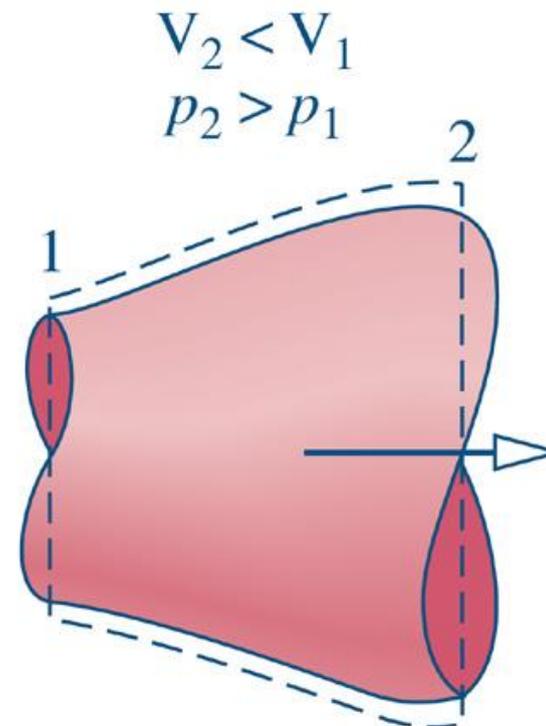
alternativamente

$$\dot{Q}_{VC} + \sum_e \dot{m}_e \left(h_e + \frac{v_e^2}{2} + gz_e \right) = \dot{W}_{VC} + \sum_s \dot{m}_s \left(h_s + \frac{v_s^2}{2} + gz_s \right)$$

Bocais e Difusores

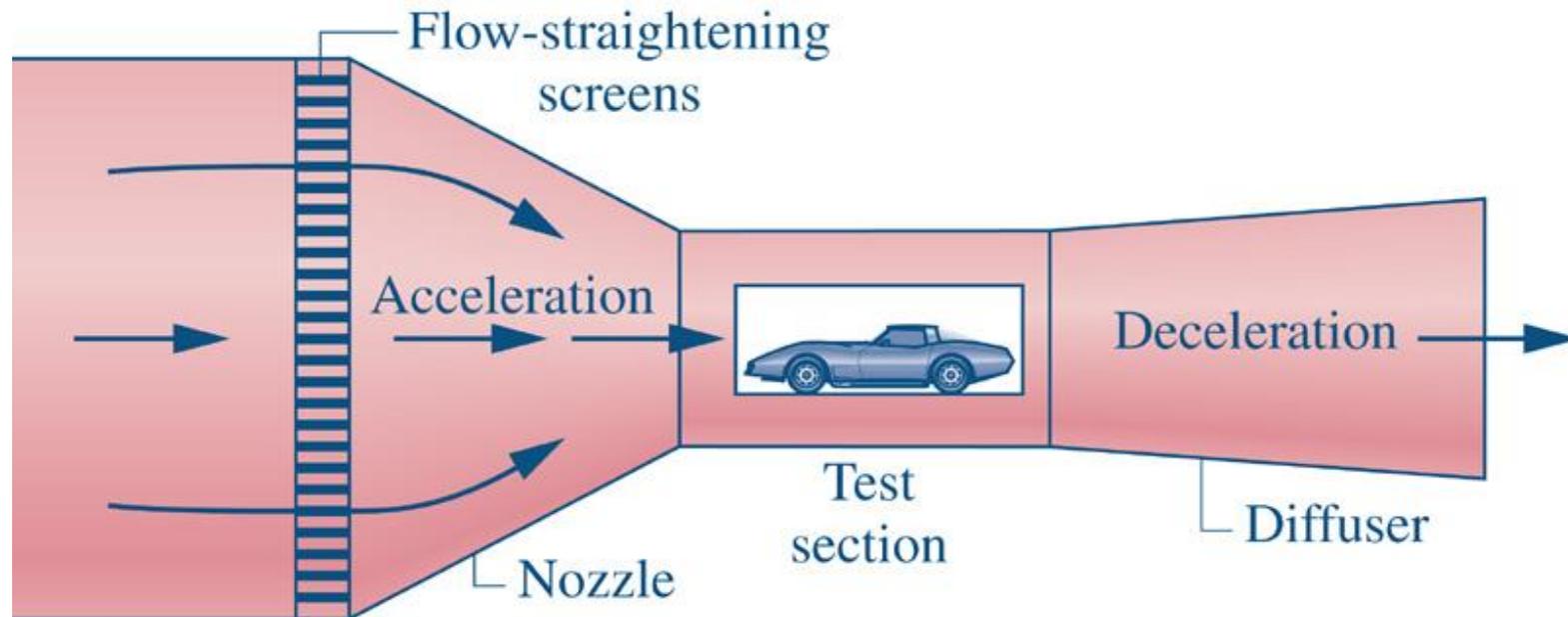


Nozzle



Diffuser

Bocais e Difusores: Túnel de vento

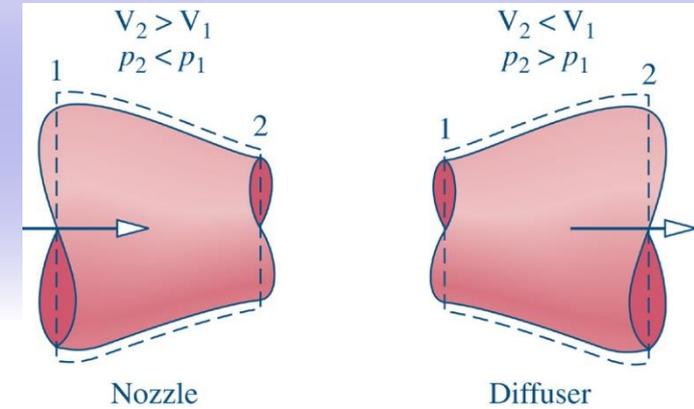


Bocais e Difusores: Túnel de vento



NASA Ames Research Center

Bocais e Difusores



$$\overset{\approx 0}{\cancel{\dot{Q}_{VC}}} + \sum_e \dot{m}_e \left(h_e + \frac{V_e^2}{2} + gz_e \right) = \overset{=0}{\cancel{\dot{W}_{VC}}} + \sum_s \dot{m}_s \left(h_s + \frac{V_s^2}{2} + gz_s \right)$$

$$h_e + \frac{(V_e)^2}{2} + gz_e = h_s + \frac{(V_s)^2}{2} + gz_s$$

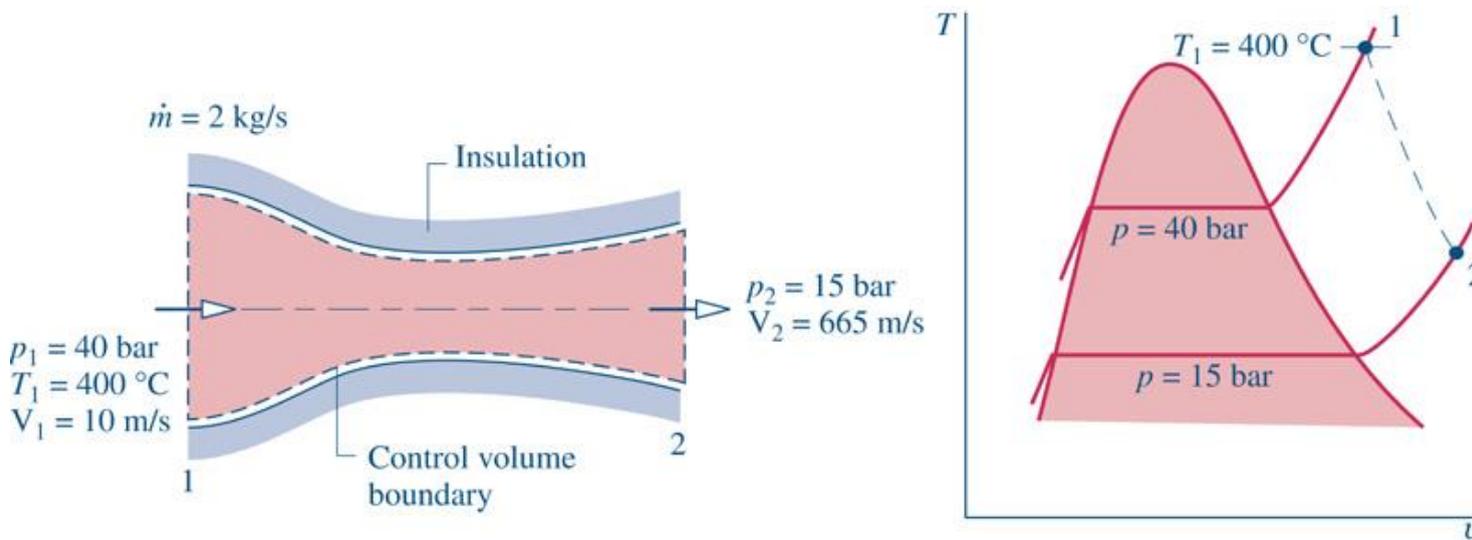
$$u_e + (pv)_e + \frac{(V_e)^2}{2} + gz_e = u_s + (pv)_s + \frac{(V_s)^2}{2} + gz_s \quad \text{Equação de Bernoulli}$$

Daniel Bernoulli
1700 – 1782
Holandês/Suíssa



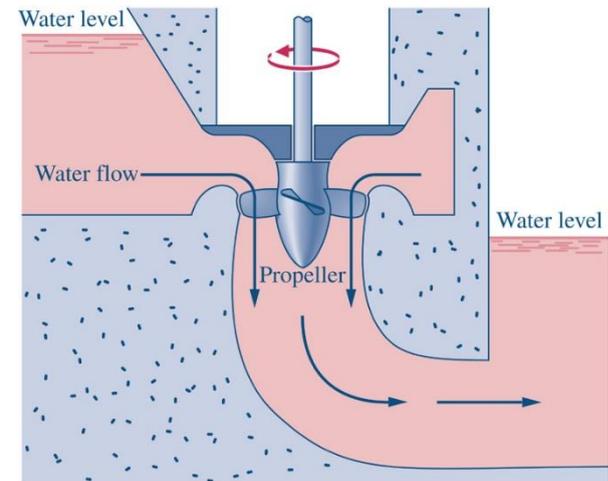
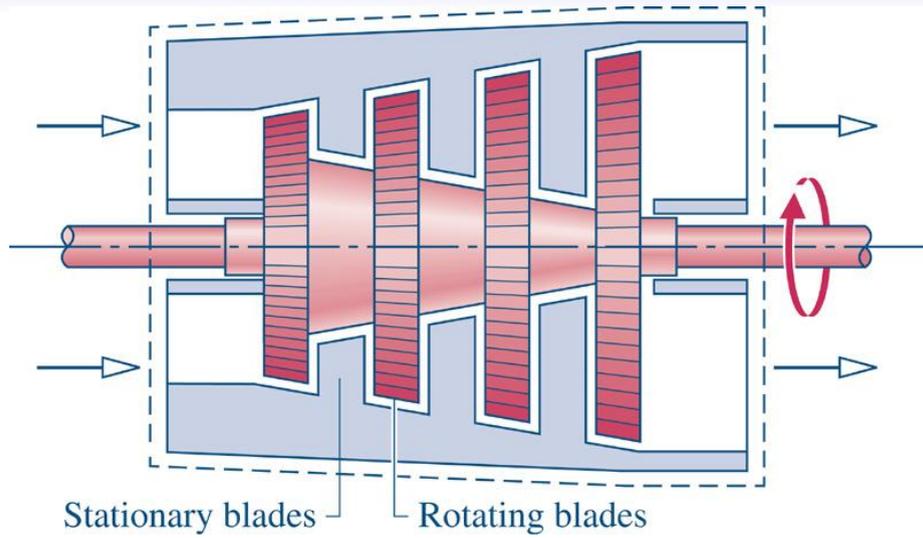
Exemplo 4.3: Bocal Difusor

Vapor d'água entra em um bocal convergente-divergente que opera em Regime Permanente com $p_1 = 40$ bar, $T_1 = 400^\circ\text{C}$ e uma velocidade de 10 m/s. O vapor escoa através do bocal sem transferência de calor e sem nenhuma variação significativa de energia potencial. Na saída, $p_2 = 15$ bar e a velocidade é 665 m/s. A vazão mássica é de 2 kg/s. Determine a área de saída do bocal.



$$\dot{Q}_{VC} + \sum_e \dot{m}_e \left(h_e + \frac{V_e^2}{2} + gz_e \right) = \dot{W}_{VC} + \sum_s \dot{m}_s \left(h_s + \frac{V_s^2}{2} + gz_s \right)$$

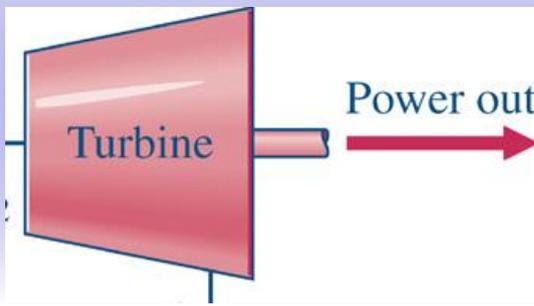
Turbinas



Francis



Pelton



Turbinas

$$\dot{Q}_{VC} + \sum_e \dot{m}_e \left(h_e + \frac{V_e^2}{2} + gz_e \right) = \dot{W}_{VC} + \sum_s \dot{m}_s \left(h_s + \frac{V_s^2}{2} + gz_s \right)$$

$$\dot{W}_{VC} = \dot{Q}_{VC} + \sum_e \dot{m}_e \left(h_e + \frac{V_e^2}{2} + gz_e \right) - \sum_s \dot{m}_s \left(h_s + \frac{V_s^2}{2} + gz_s \right)$$

$$\dot{W}_{VC} = \dot{Q}_{VC} + \dot{m} (h_e - h_s) + \dot{m} \left(\frac{V_e^2 - V_s^2}{2} \right) + \dot{m} g(z_e - z_s)$$

$$\dot{W}_{VC} = \dot{Q}_{VC} + \dot{m} \left[(h_e - h_s) + \left(\frac{V_e^2 - V_s^2}{2} \right) + g(z_e - z_s) \right]$$

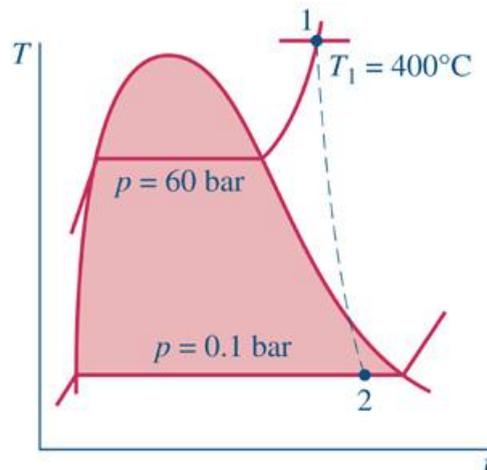
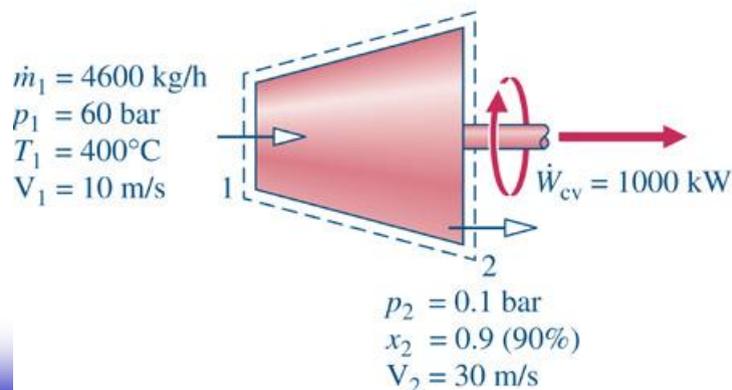
$$\dot{W}_{VC} \approx \dot{m} (h_e - h_s)$$

Exemplo 4.4: Aplicação a uma Turbina a Vapor

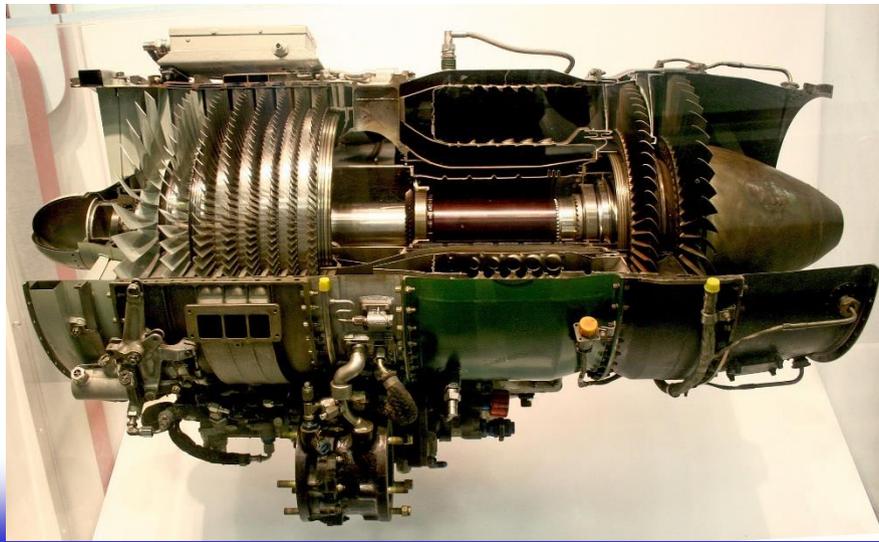
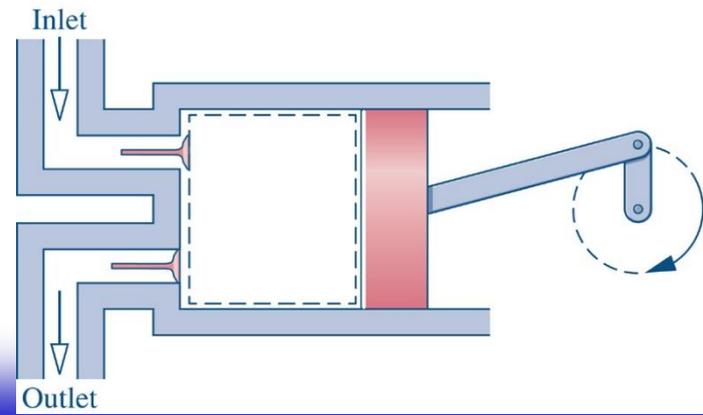
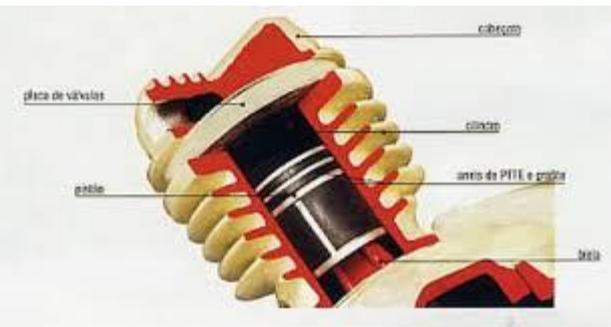
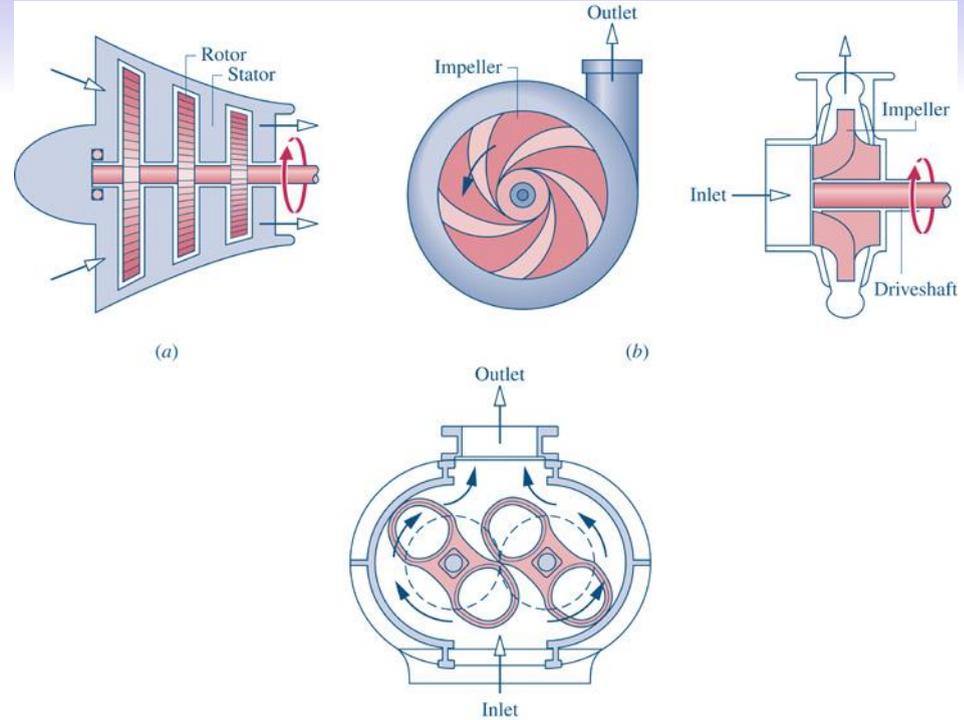
Vapor d'água entra em uma turbina que opera em Regime Permanente com uma vazão mássica de 4600 kg/h. A turbina desenvolve uma potência de 1000kW. Na entrada a pressão é de 60 bar, a temperatura 400°C e a velocidade de 10 m/s. Na saída a pressão é de 0,1 bar, o título de 0,9 e a velocidade de 30 m/s. Calcule a taxa de transferência de calor entre a turbina e a vizinhança em kW.

$$\dot{W}_{VC} = \dot{Q}_{VC} + \dot{m} \left[(h_e - h_s) + \left(\frac{V_e^2 - V_s^2}{2} \right) + g(z_e - z_s) \right]$$

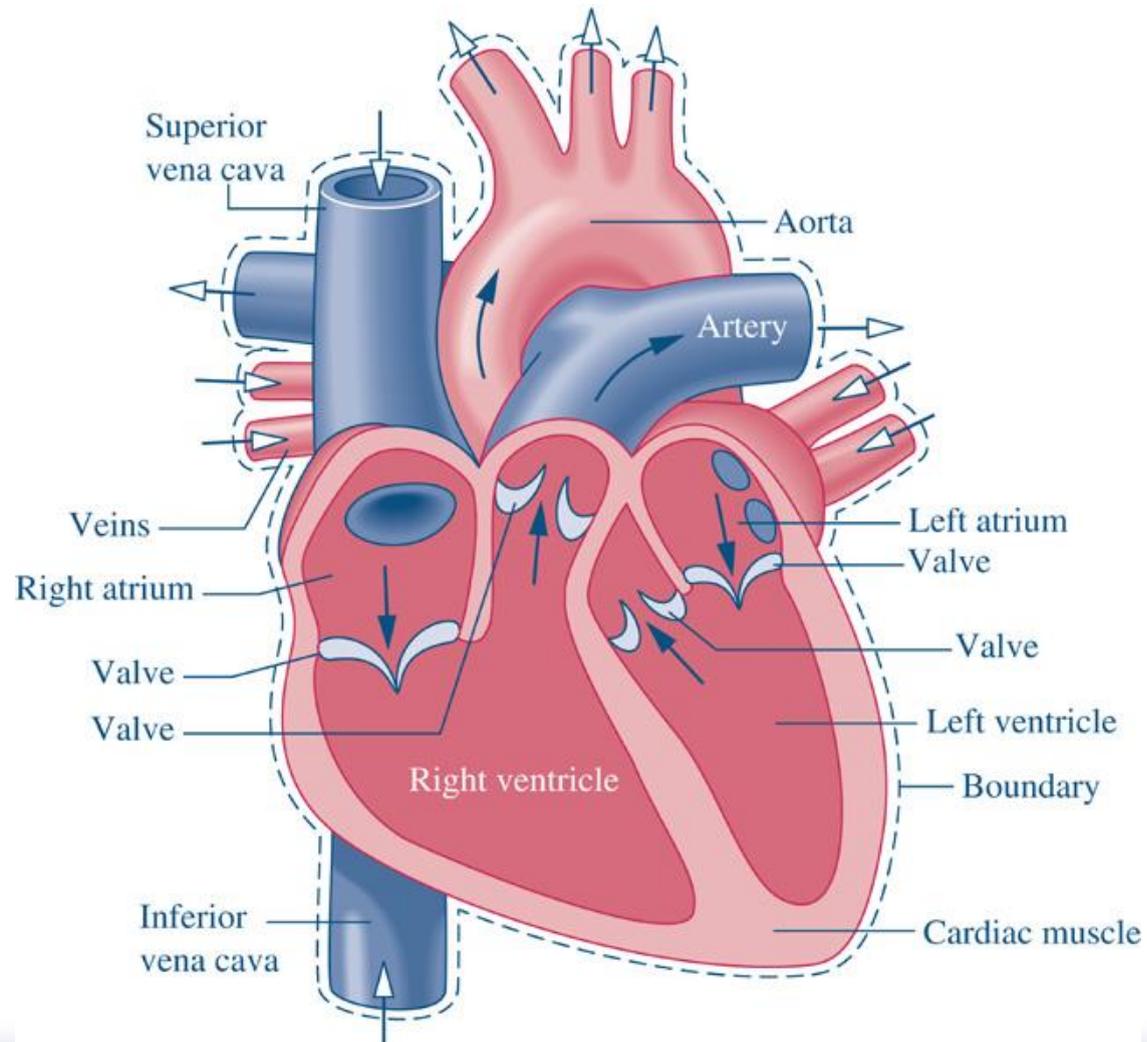
$$\dot{Q}_{VC} = \dot{W}_{VC} + \dot{m} \left[(h_2 - h_1) + \left(\frac{V_2^2 - V_1^2}{2} \right) \right]$$



Compressores e Bombas



Aplicação Biomédica



Compressores e Bombas

$$\dot{W}_{VC} = \dot{Q}_{VC} + \dot{m} \left[(h_e - h_s) + \left(\frac{V_e^2 - V_s^2}{2} \right) + (z_e - z_s) \right]$$

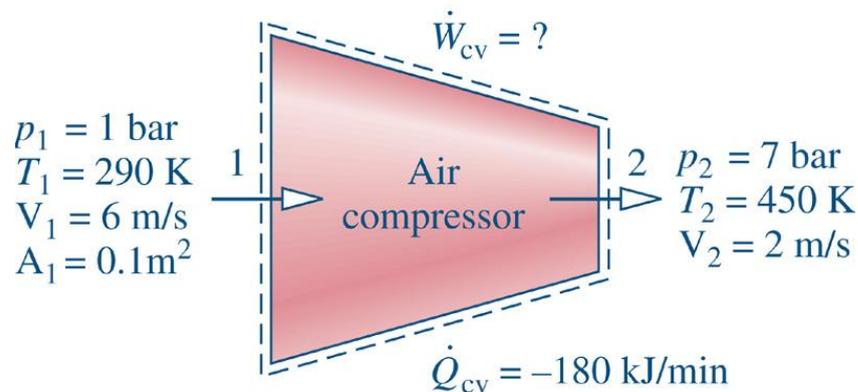
$$\dot{W}_{VC} \approx \dot{m} (h_e - h_s)$$

$\left(\frac{V_e^2 - V_s^2}{2} \right) + (z_e - z_s)$, podem ser não nulos.

Exemplo 4.5: Cálculo da Potência de um Compressor

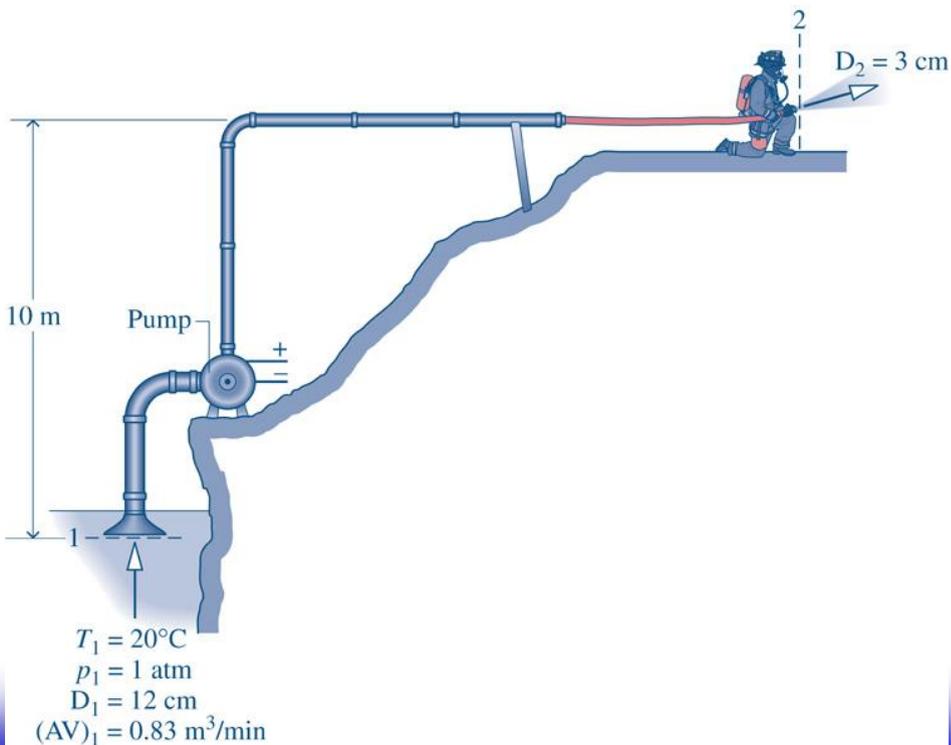
- Ar é admitido em um compressor que opera em Regime Permanente com a pressão de 1 bar, temperatura igual a 290 K e uma velocidade de 6 m/s e área de entrada de 0,1 m². Na saída a pressão é de 7 bar, a temperatura de 450 K e a velocidade de 2 m/s. A transferência do compressor para a sua vizinhança ocorre a uma taxa de 180 kJ/min. Empregando o modelo de gás ideal, calcule a potência de entrada do compressor em kW.

$$\dot{W}_{VC} = \dot{Q}_{VC} + \dot{m} \left[(h_e - h_s) + \left(\frac{V_e^2 - V_s^2}{2} \right) + (z_e - z_s) \right]$$



Exemplo 4.6: Sistema de Bombeamento

- Uma bomba em Regime Permanente conduz água de um lago, com uma vazão volumétrica de $0,83 \text{ m}^3/\text{min}$, por um tubo de 12 cm de diâmetro de entrada. A água é distribuída através de uma mangueira acoplada a um bocal convergente. O bocal de saída tem 3 cm de diâmetro e está localizado a 10 m acima da captação. A água entra a 20°C e 1 atm, e sai sem variações significativas com relação a temperatura e pressão. A ordem de grandeza da taxa de transferência de calor para a vizinhança é de 5% da potência da bomba. A aceleração da gravidade é $9,81 \text{ m/s}^2$. Determine a velocidade da água na entrada e na saída e a potência da bomba.

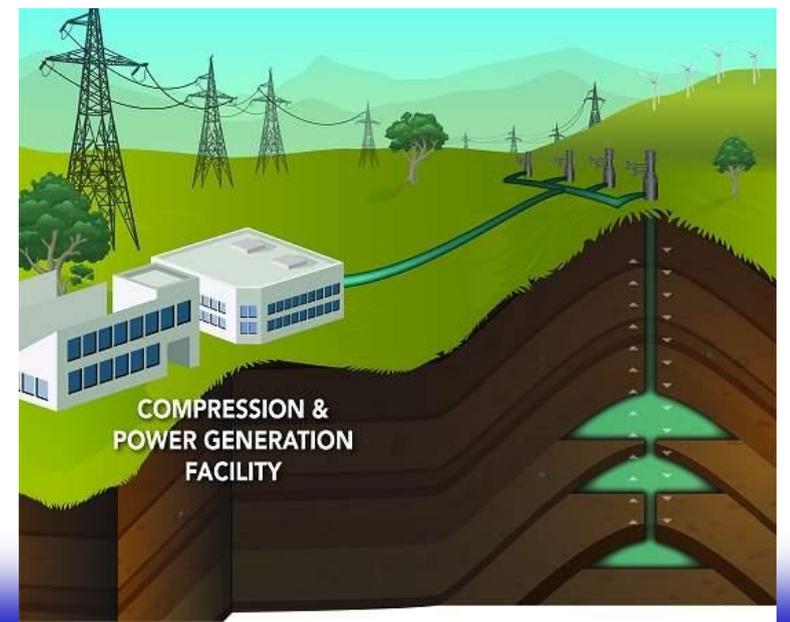
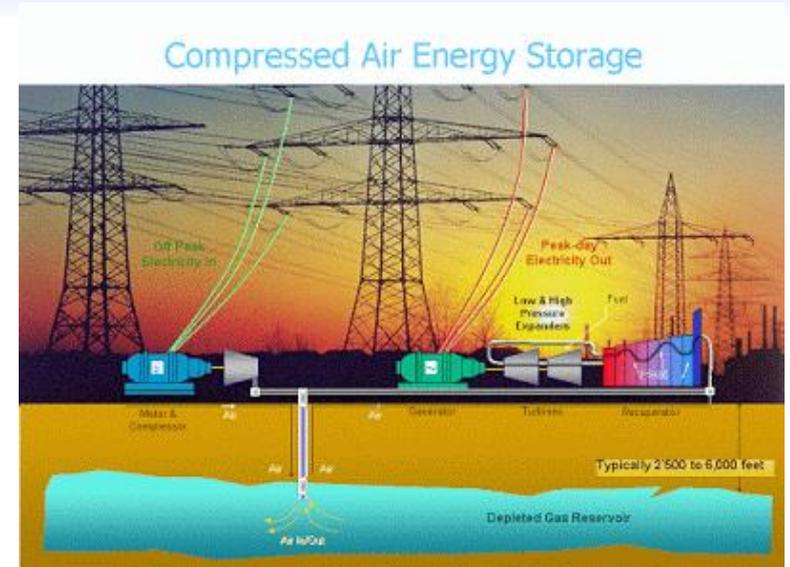
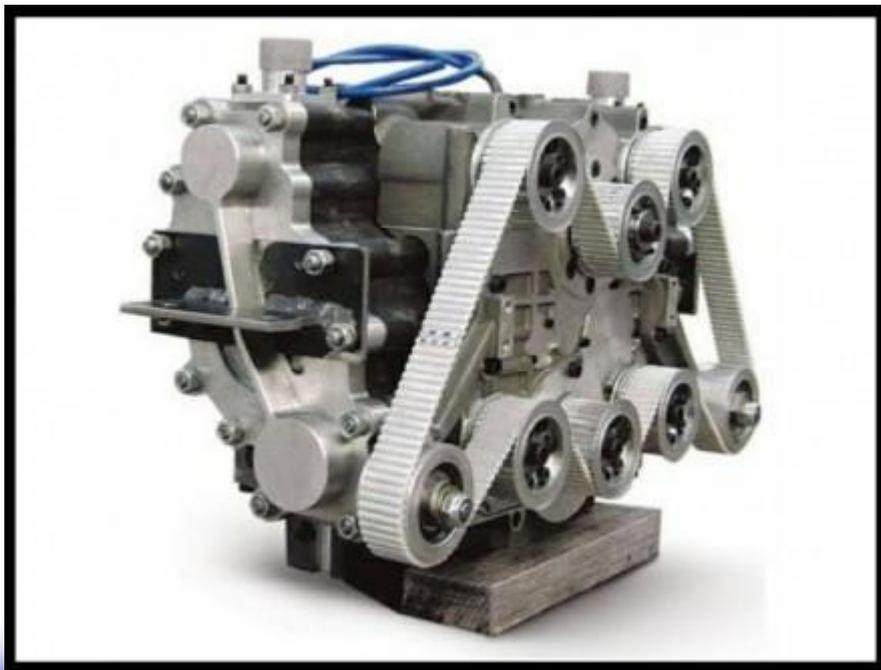


Conservação da massa em um VC

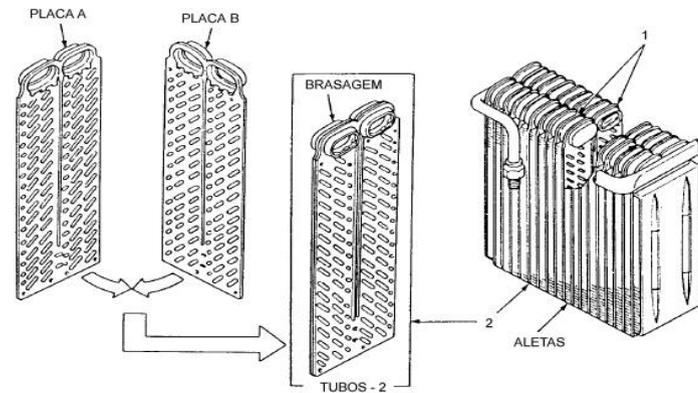
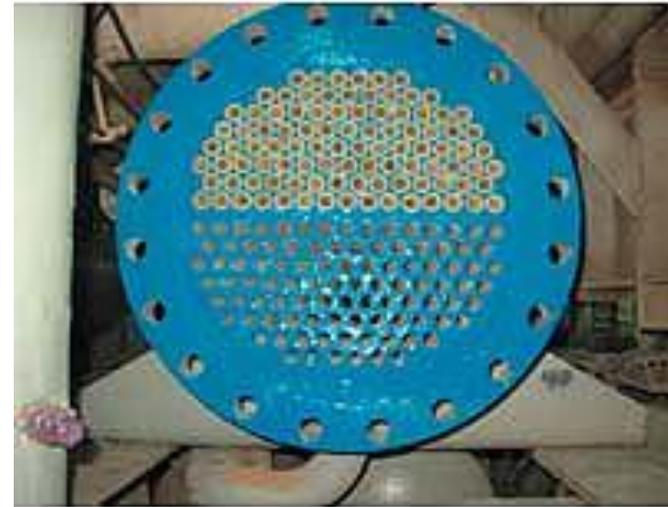
$$\frac{dm_{VC}}{dt} = \dot{m}_e - \dot{m}_s$$

$$0 = \frac{\partial}{\partial t} \int_{VC} \rho dV + \int_{SC} \rho \vec{V} \cdot \vec{dA}$$

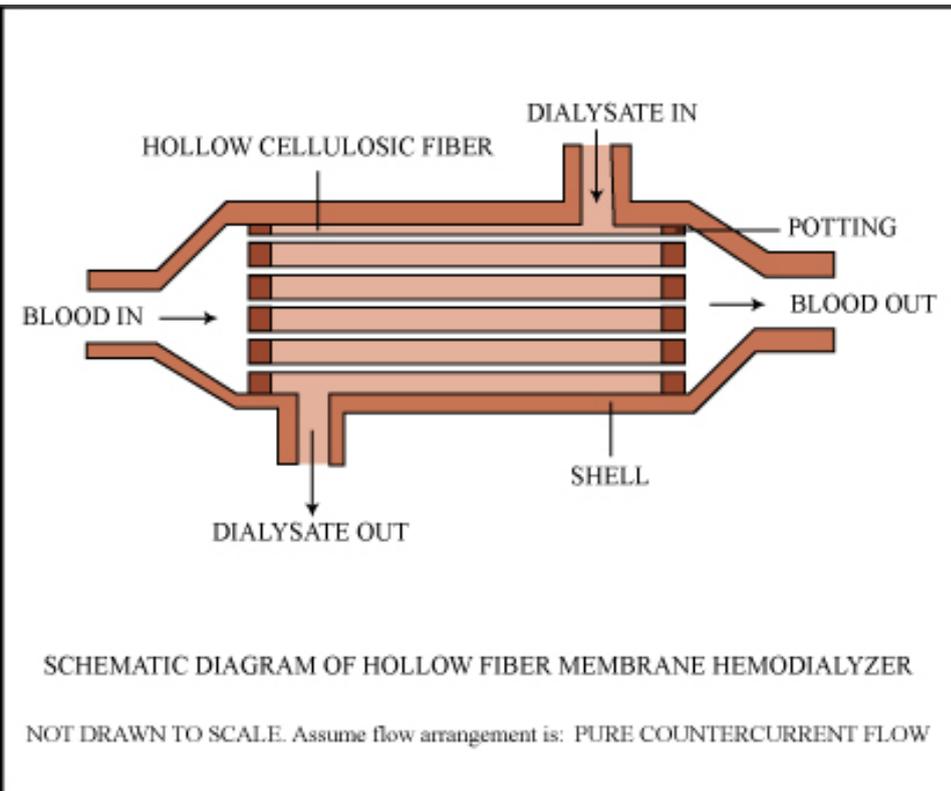
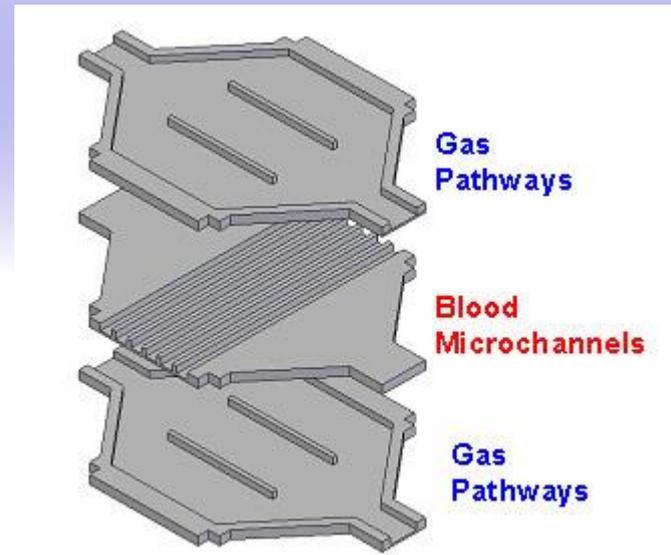
Armazenamento de Energia por Ar Comprimido



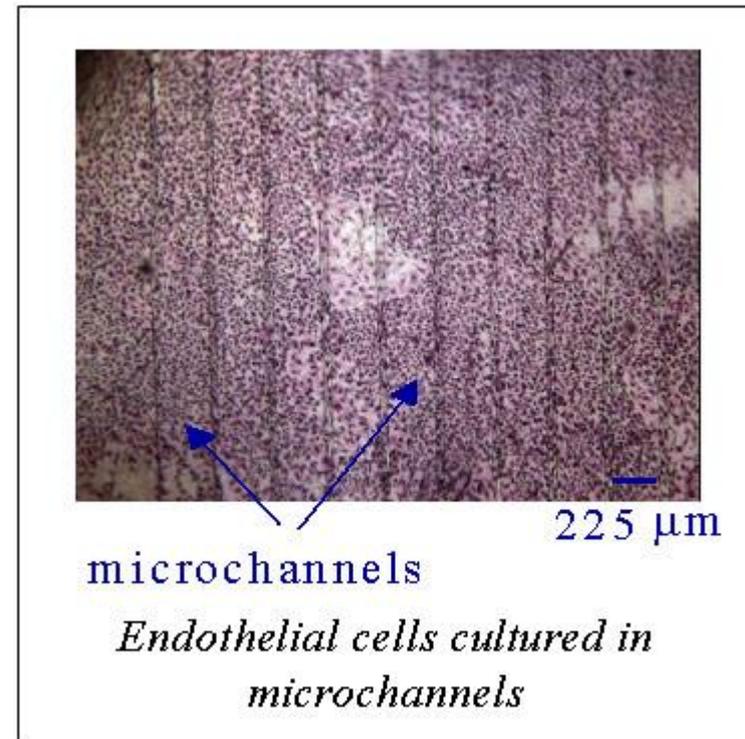
Trocadores de Calor



- Trocador de massa

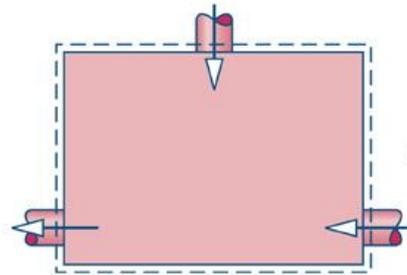


• www.myoops.org/.../CourseHome/index.htm

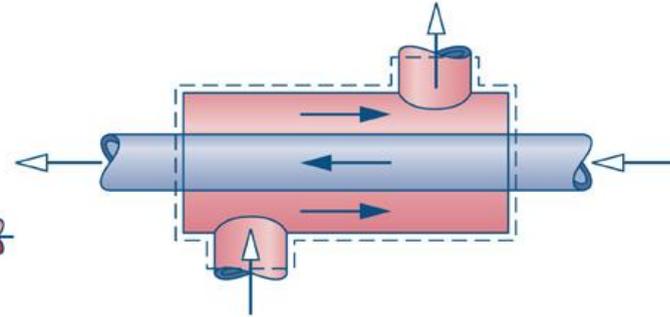


• www.mirm.pitt.edu/.../projects/projects4.asp

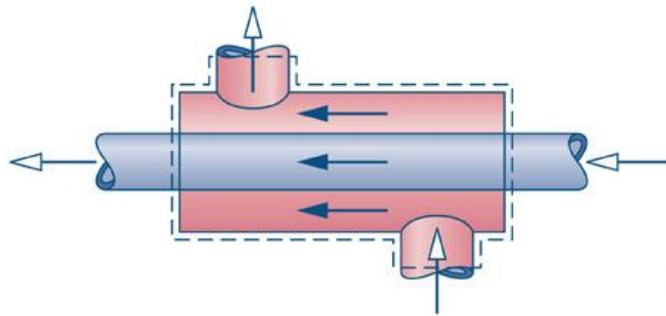
Trocadores de Calor



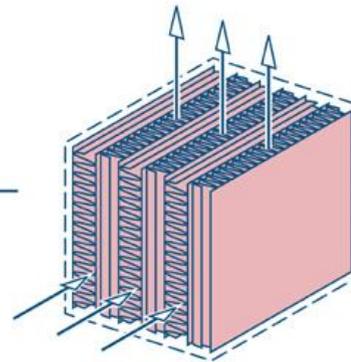
(a)



(b)



(c)



(d)

Trocadores de Calor

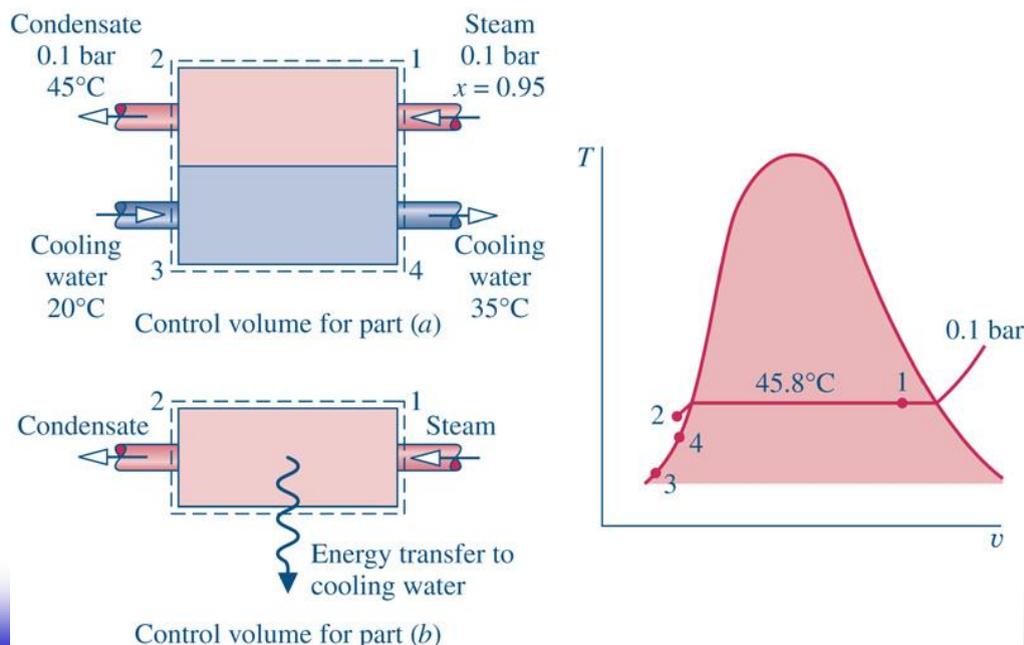
$$\dot{Q}_{VC} - \dot{W}_{VC} = + \sum_s \dot{m}_s \left(h_s + \frac{v_s^2}{2} + gz_s \right) - \sum_e \dot{m}_e \left(h_e + \frac{v_e^2}{2} + gz_e \right)$$

$$\dot{Q}_{VC} = + \sum_s \dot{m}_s \left(h_s + \frac{v_s^2}{2} + gz_s \right) - \sum_e \dot{m}_e \left(h_e + \frac{v_e^2}{2} + gz_e \right)$$

$$\dot{Q}_{VC} \approx + \sum_s \dot{m}_s (h_s) - \sum_e \dot{m}_e (h_e)$$

Exemplo 4.7: Condensador de uma Instalação de Potência

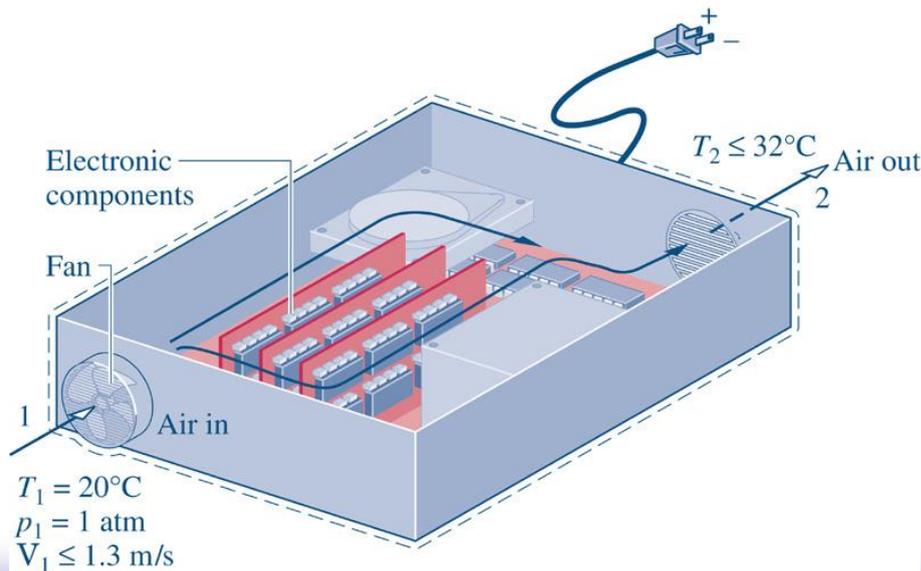
O vapor d'água entra em um condensador de uma instalação de potência a 0,1 bar e com o título de 0,95, e o condensado sai a 0,1 e 45°C. A água de resfriamento entra no condensador como um outro fluxo na forma líquida a 20°C e sai a 35°C sem nenhuma variação de pressão. A transferência de calor no exterior do condensador e as variações de energia cinética e potencial dos fluxos podem ser ignoradas. Considerando o Regime Permanente, determine: a) a razão entre as vazões mássicas da água de resfriamento pelo vapor; b) A taxa de transferência de energia do vapor d'água por kJ/kg.



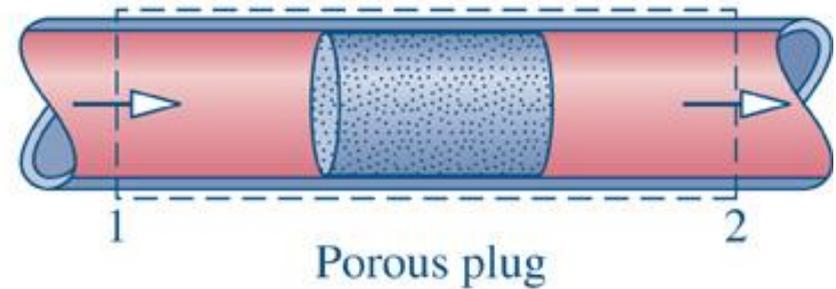
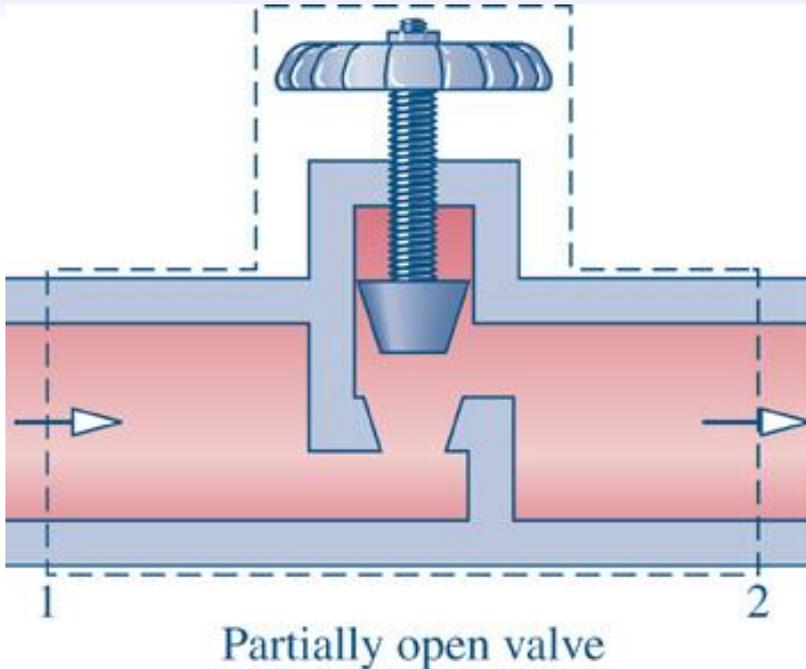
Exemplo 4.8: Computador de mesa

- Os componentes eletrônicos de um computador são resfriados pelo escoamento de ar através de um ventilador montado no interior de um gabinete. Em Regime Permanente, o ar entra a 20°C e 1 atm. Para controle de ruídos, a velocidade do ar que entra não pode ser superior a 1,3 m/s. Para um controle de temperatura, a temperatura do ar na saída não pode ser superior a 32°C . Os componentes eletrônicos e o ventilador são alimentados com uma potência de 80 W e 18 W, respectivamente. Determine a menor área de entrada para o ventilador, em cm^2 , para a qual os limites de velocidade de entrada do ar e temperatura de saída são atingidos.

$$-(\dot{Q}_{VC} - \dot{W}_{VC}) = + \sum_s \dot{m}_s \left(h_s + \frac{V_s^2}{2} + gz_s \right) - \sum_e \dot{m}_e \left(h_e + \frac{V_e^2}{2} + gz_e \right)$$



Dispositivo de Estrangulamento



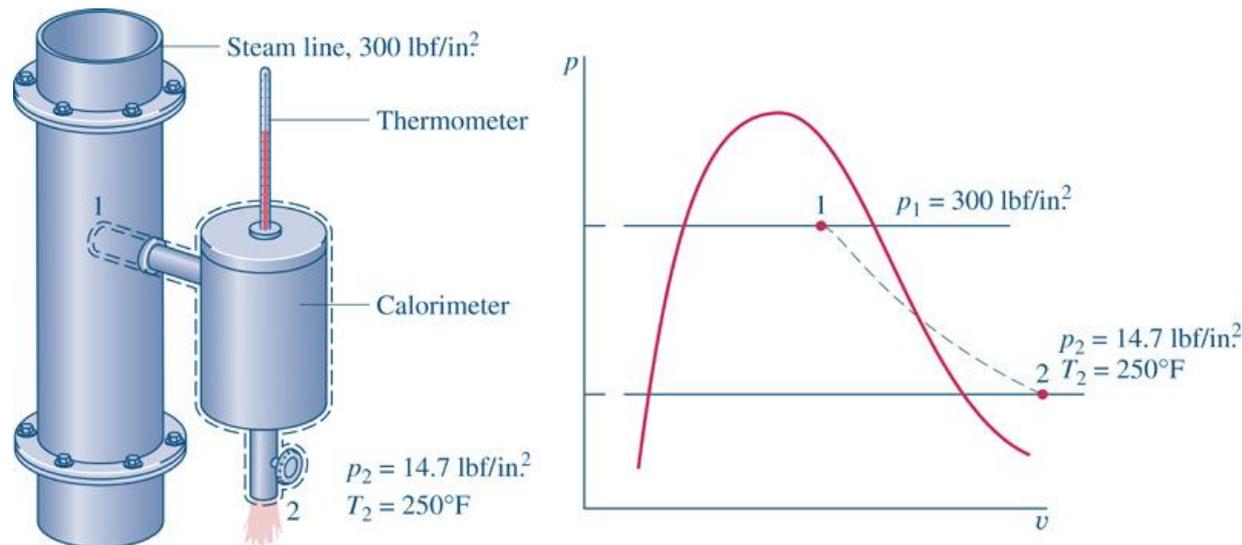
$$\left. \frac{dE}{dt} \right|_{VC} = 0 = \dot{Q}_{VC} - \dot{W}_{VC} + \sum_e \dot{m}_e \left(h_e + \frac{V_e^2}{2} + gz_e \right) - \sum_s \dot{m}_s \left(h_s + \frac{V_s^2}{2} + gz_s \right)$$

$$h_1 = h_2 \text{ e } p_2 < p_1$$

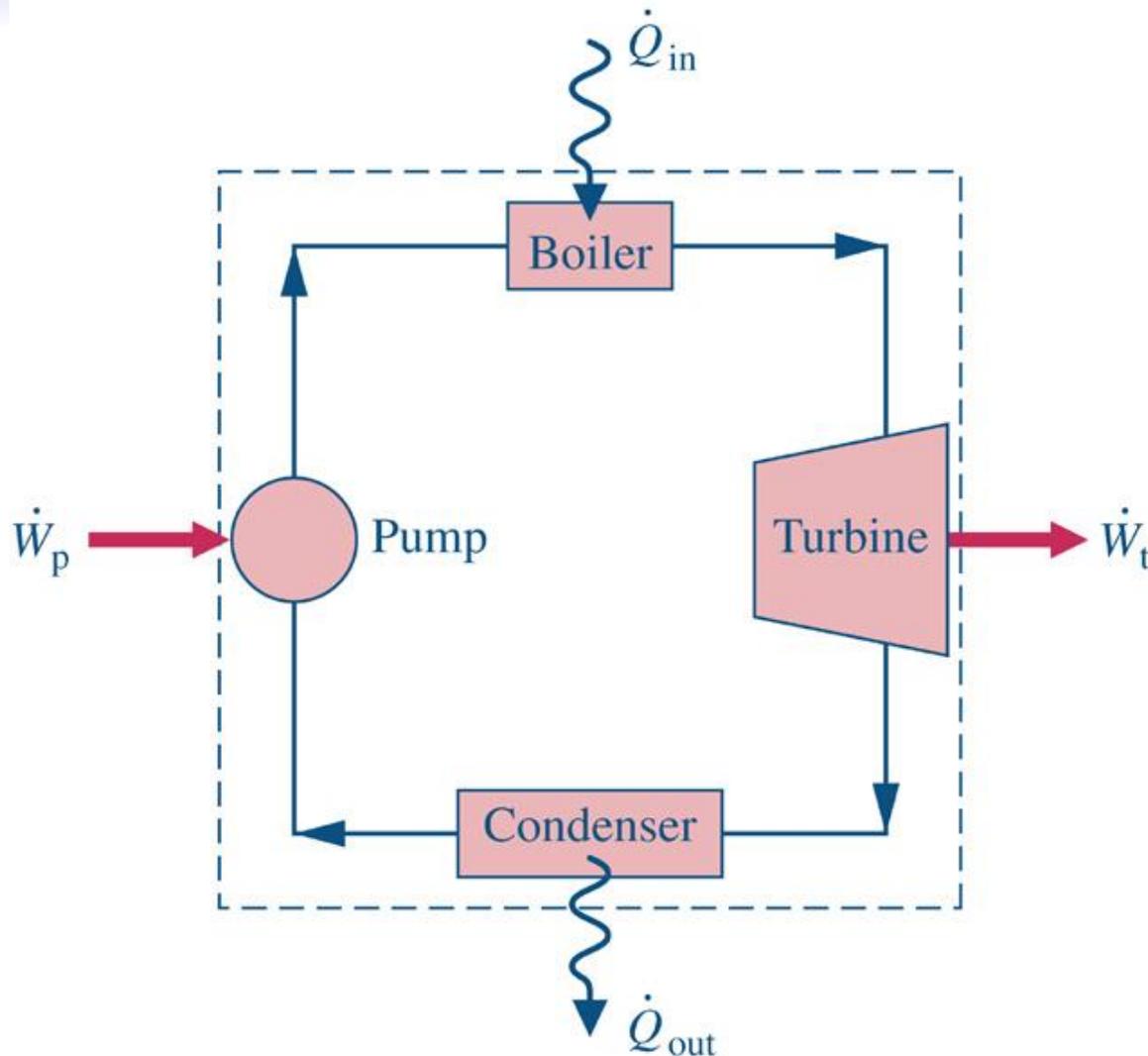
Processo de estrangulamento
Ou isoentálpico

Ex. 4.9: Medidor de título

- Uma linha de alimentação carrega vapor d'água em uma mistura bifásica líquido-vapor a 2,0 MPa. Uma pequena fração da linha é desviada para um calorímetro de estrangulamento e descarrega para a atmosfera a 1 bar. A temperatura do vapor de exaustão é medida como sendo 120°C. Determine o título do vapor d'água na linha de alimentação.



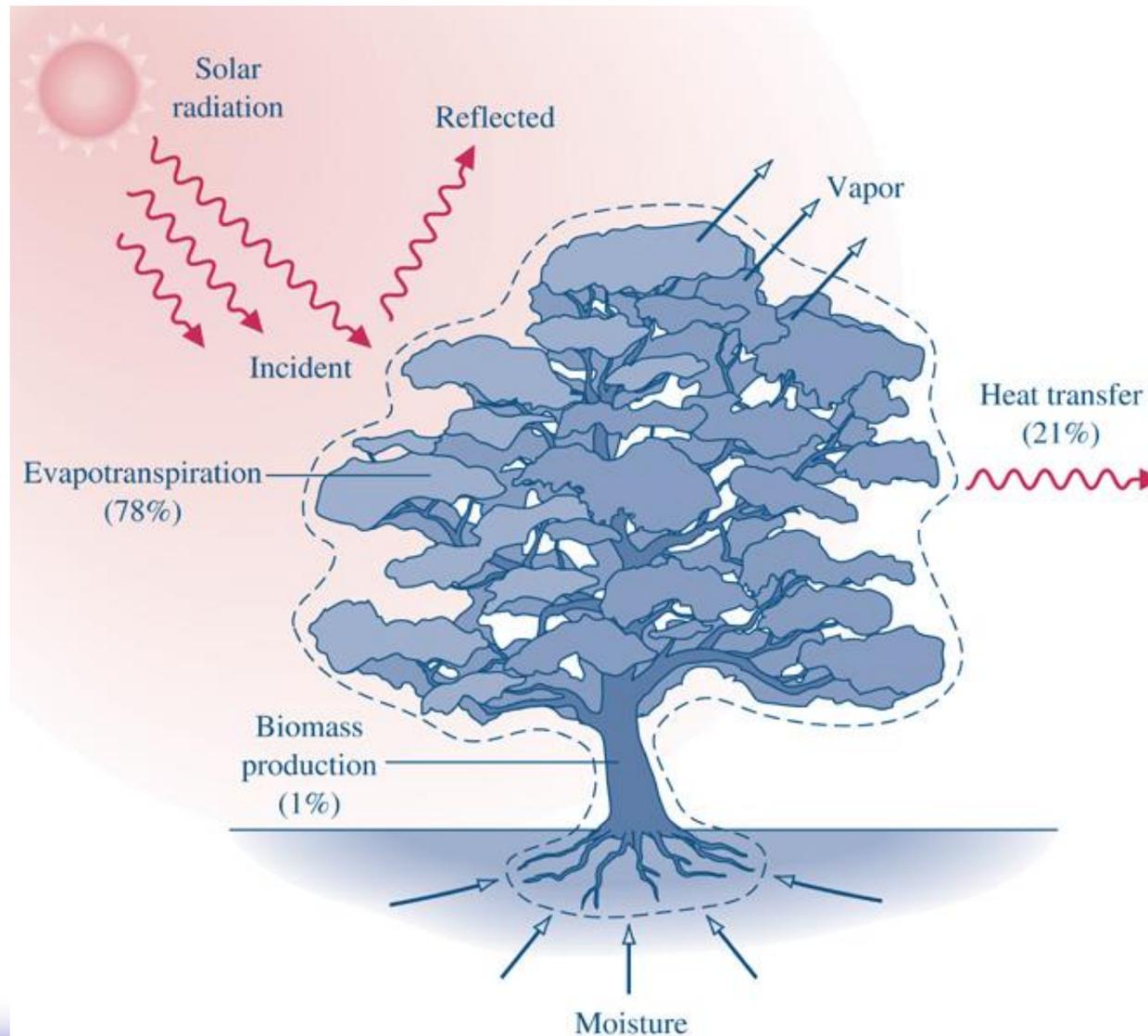
Sistemas Integrados



Instalação de
potência a vapor
simples

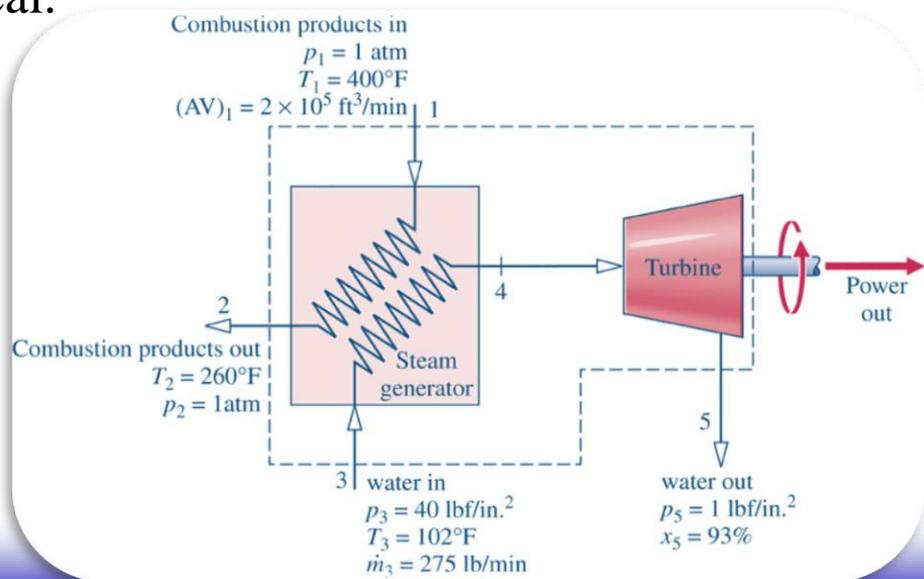
$$\eta = \frac{\dot{W}_{liq}}{\dot{Q}_{in}} = \frac{\dot{W}_t - \dot{W}_b}{\dot{Q}_{in}}$$

Sistemas Integrados



Exemplo 4.10: Desempenho de um Recuperador de Calor

Um processo industrial descarrega $100 \text{ m}^3/\text{s}$ de produtos de combustão gasosos a 200°C e 1 atm . Propõe-se um sistema que combina um gerador de vapor junto com uma turbina para a recuperação do calor dos produtos de combustão. Em Regime Permanente, os produtos de combustão saem do gerador de vapor a 130°C e 1 atm , e um fluxo de água entra a 250 kPa e 40°C , com uma vazão mássica de 2 kg/s . Na saída da turbina, a pressão é 10 kPa e o título de 93% . A transferência de calor das superfícies externas do gerador de vapor e da turbina podem ser ignoradas junto com as variações das energias cinéticas e potencial das correntes de escoamento. Não existe uma perda de carga significativa da água que escoar no gerador de vapor. Os produtos de combustão podem ser modelados como ar em comportamento de gás ideal.



Determine:

- A potência da turbina.
- A temp. de entrada na turbina.
- O ganho em $\$/\text{ano}$, para uma operação anual de 8000 horas, considerando o custo da eletricidade como sendo $\$0,20/\text{kWh}$.

Análise Transiente

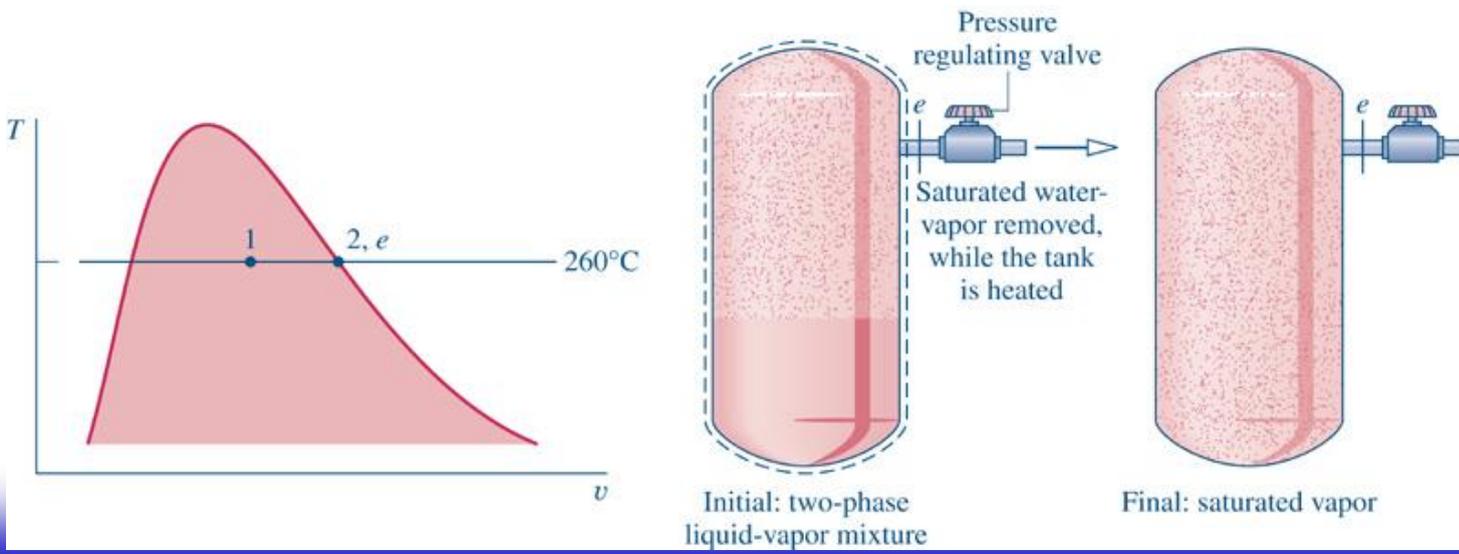
$$\left. \frac{dE}{dt} \right|_{VC} = \dot{Q}_{VC} - \dot{W}_{VC} + \sum_e \dot{m}_e \left(h_e + \frac{v_e^2}{2} + gz_e \right) - \sum_s \dot{m}_s \left(h_s + \frac{v_s^2}{2} + gz_s \right) \quad [W]$$

$$\int_0^t \left. \frac{dE}{dt} \right|_{VC} dt = Q_{VC} - W_{VC} + \sum_e \int_0^t \dot{m}_e \left(h_e + \frac{v_e^2}{2} + gz_e \right) dt - \sum_s \int_0^t \dot{m}_s \left(h_s + \frac{v_s^2}{2} + gz_s \right) dt \quad [J]$$

$$(U_2 - U_1)|_{VC} = Q_{VC} - W_{VC} + \sum_e \int_0^t \dot{m}_e h_e dt - \sum_s \int_0^t \dot{m}_s h_s dt \quad [J]$$

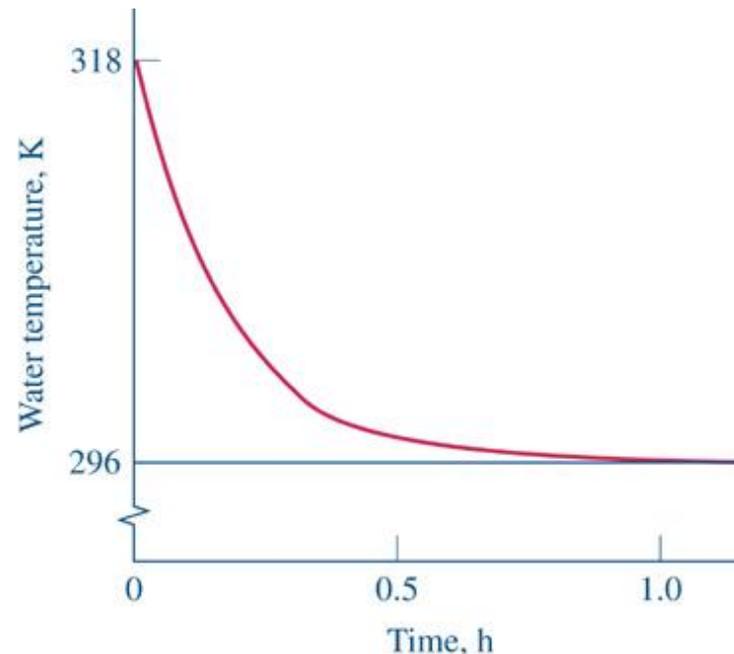
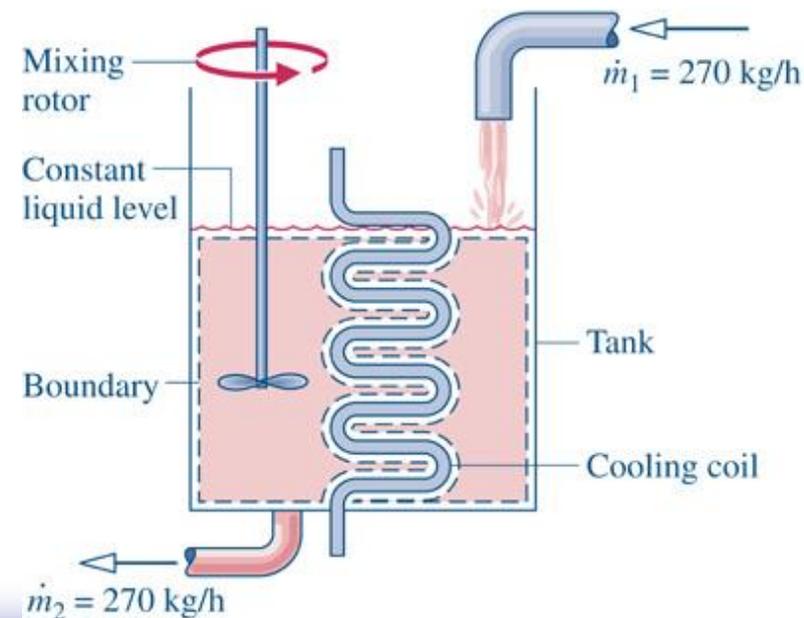
Exemplo 4.11: Enchimento de um tanque com vapor

Um tanque, com $0,85 \text{ m}^3$ de volume, inicialmente contém água em uma mistura bifásica líquido-vapor a 260°C e com um título de 0,7. Vapor d'água saturado a 260°C é lentamente retirado através de uma válvula reguladora de pressão a medida que energia é transferida por meio de calor para manter a pressão constante do tanque. Esse processo continua até que o tanque esteja cheio de vapor saturado a 260°C . Determine a quantidade de calor transferida. Despreze todos os efeitos da energia cinética e potencial.



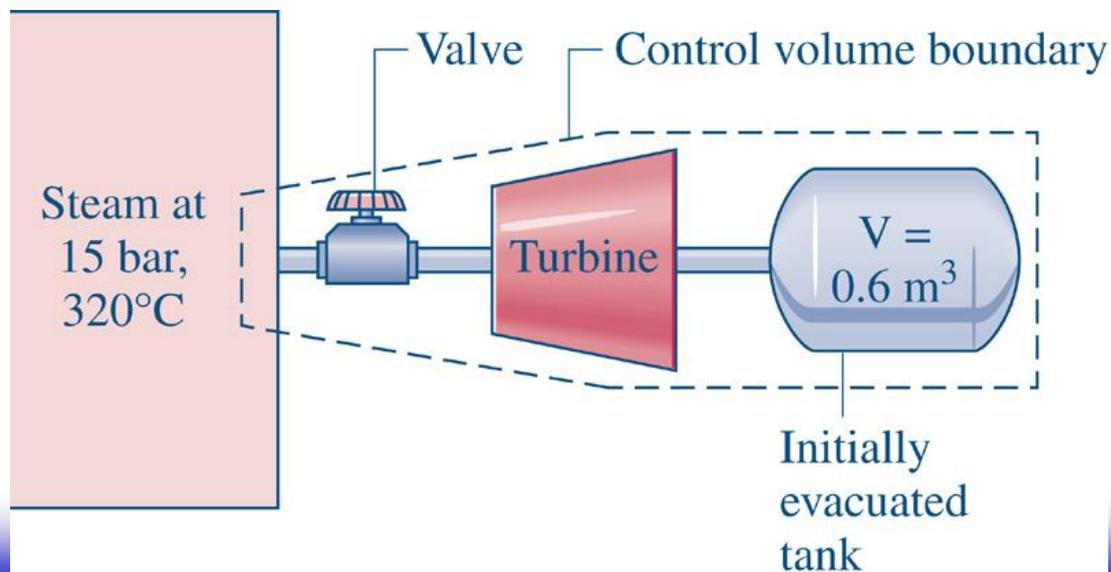
Exemplo 4.14: Variação de temperatura de um tanque misturador

Um tanque contendo 45 kg de água líquida inicialmente a 45°C, tem uma entrada e uma saída que apresentam um escoamento com a mesma vazão volumétrica. Água líquida é admitida no tanque a 45°C e uma vazão volumétrica de 270 kg/h. Uma serpentina de resfriamento imersa na água remove energia a uma taxa de 7,6 kW. Um agitador mistura perfeitamente a água, que sua temperatura seja uniforme ao longo do tanque. A potência de acionamento do agitador é 0,6 kW. As pressões na entrada e na saída são iguais, e os efeitos de energia cinética e potencial podem ser desprezados. Determine a variação da temperatura d'água ao longo do tempo.



Exemplo 4.12: Usando o vapor para potência

Um grande reservatório contém vapor d'água a uma pressão de 15 bar e temperatura de 320°C. Uma turbina encontra-se conectada a esse reservatório através de uma válvula e, em sequência, é conectada a um tanque inicialmente evacuado com volume de 0,6 m³. Quando uma potência de emergência é necessária, a válvula se abre e o vapor d'água preenche o tanque até que a pressão seja 15 bar e temperatura de 400°C. O processo de enchimento é adiabático e os efeitos de energia cinética e potencial são desprezíveis. Determine o trabalho da turbina.



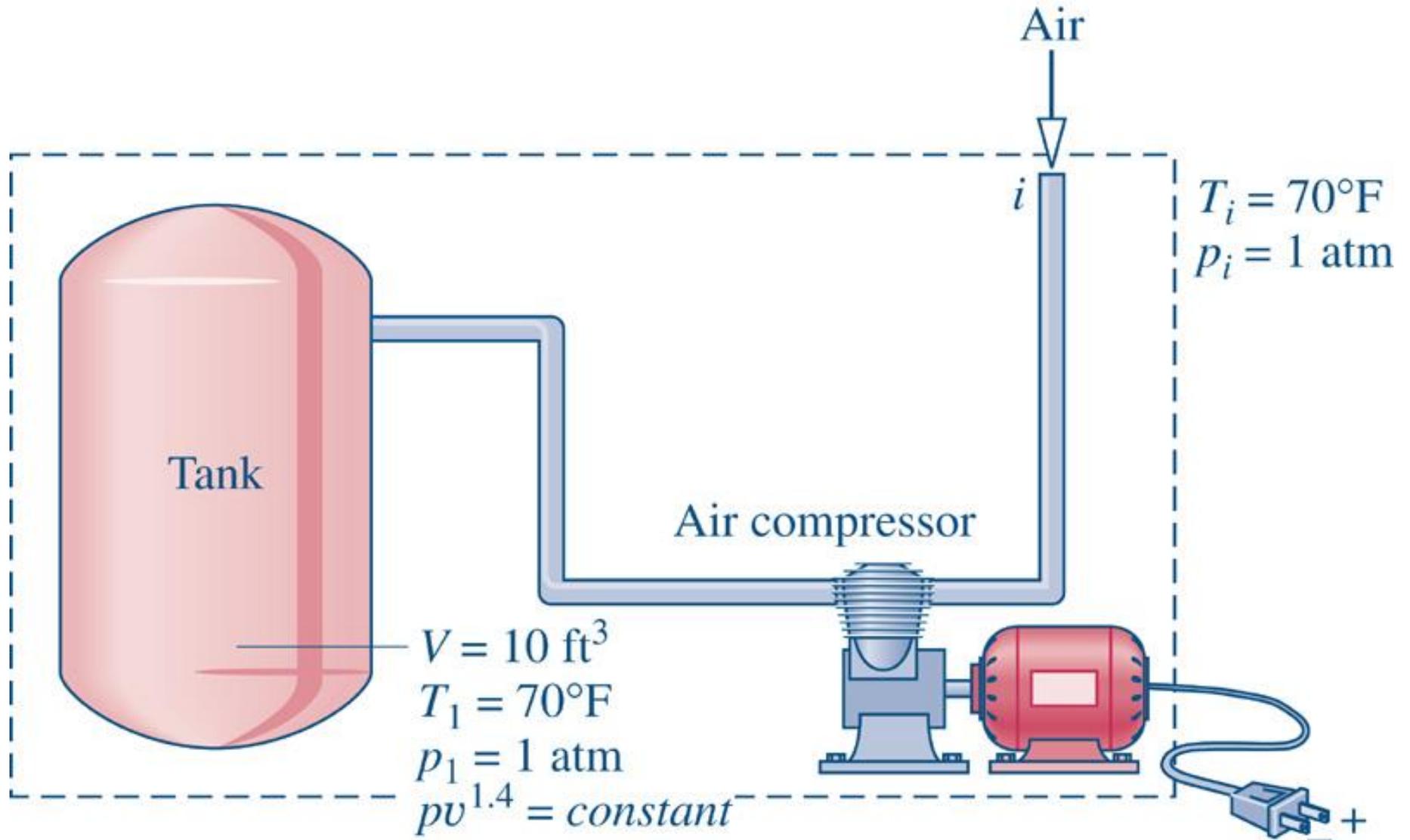


Fig04_E4

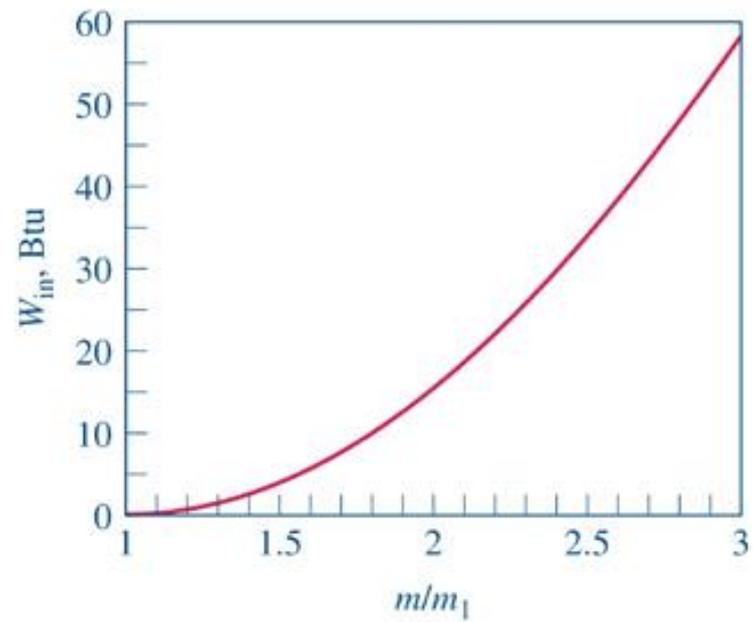
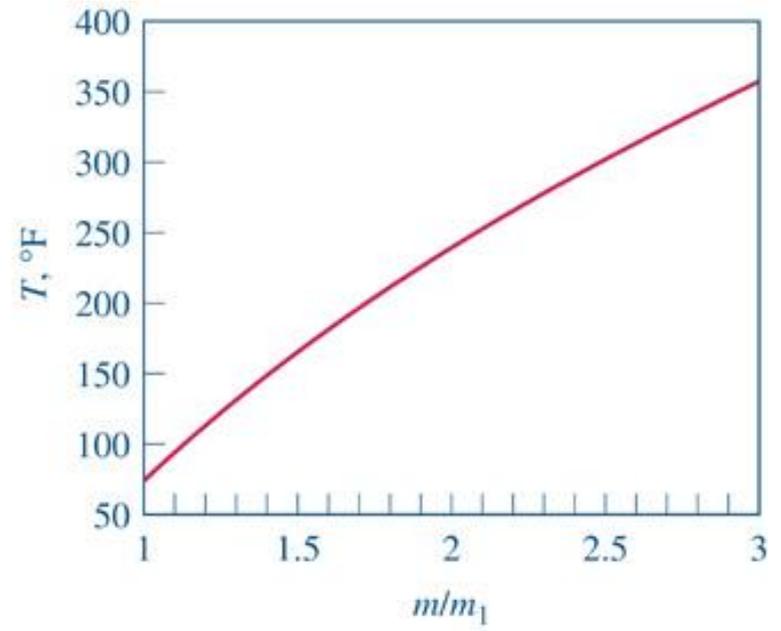
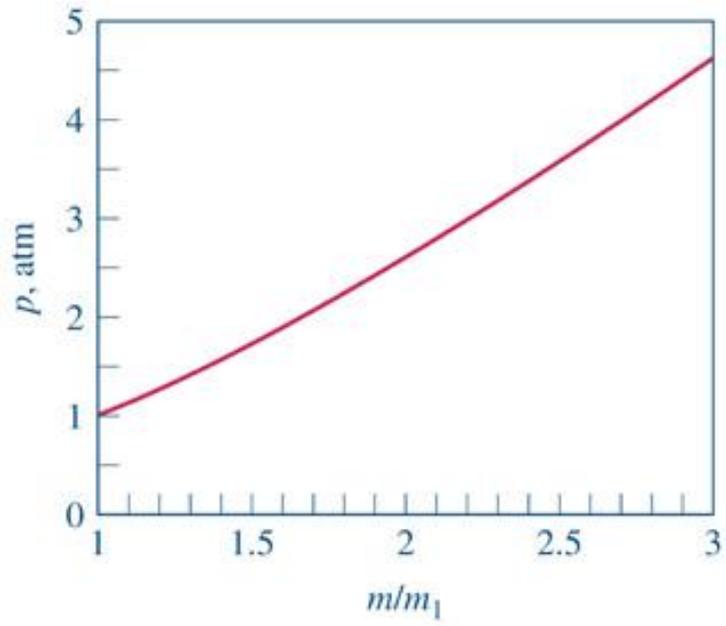


Fig04_E4

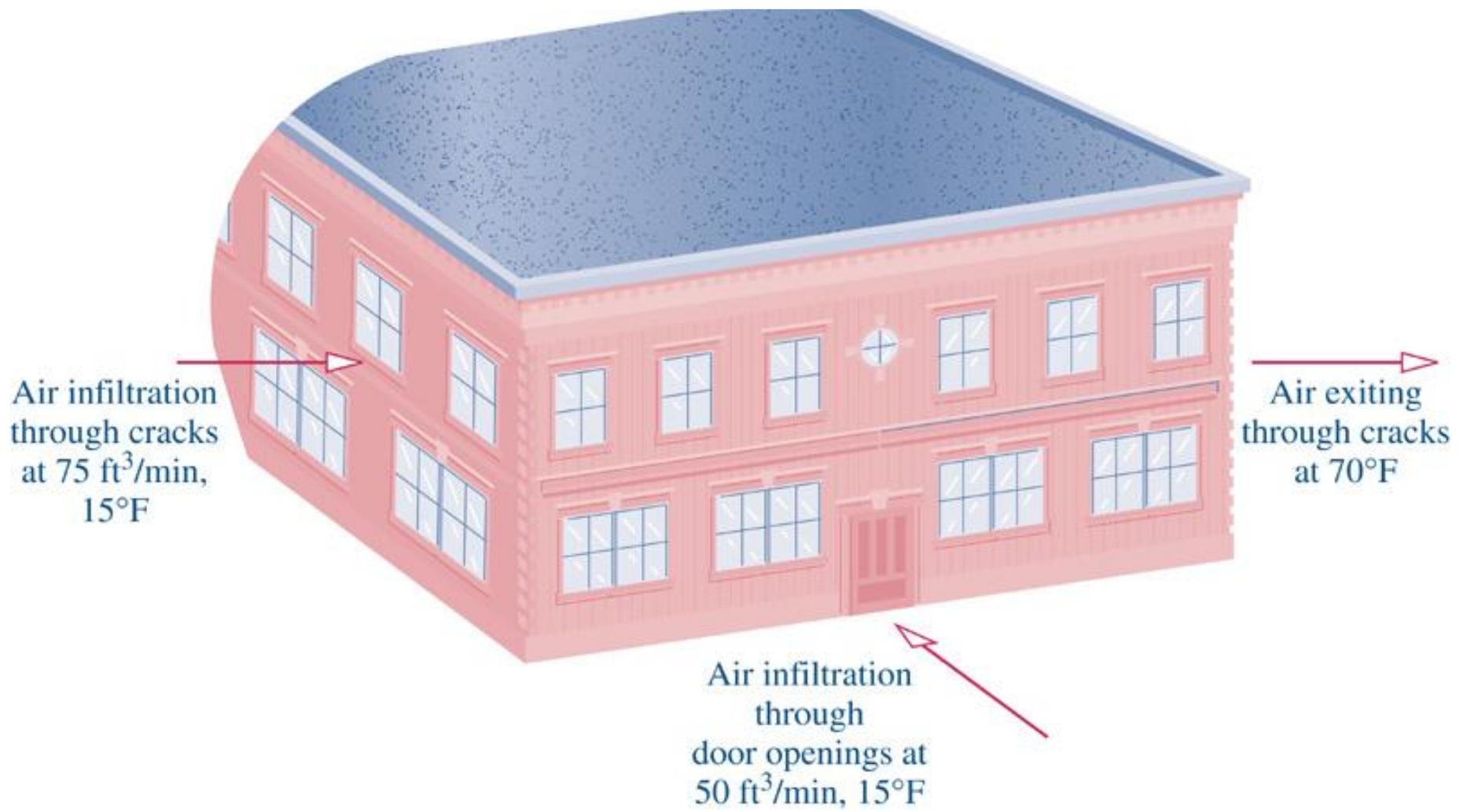


Fig04_P4

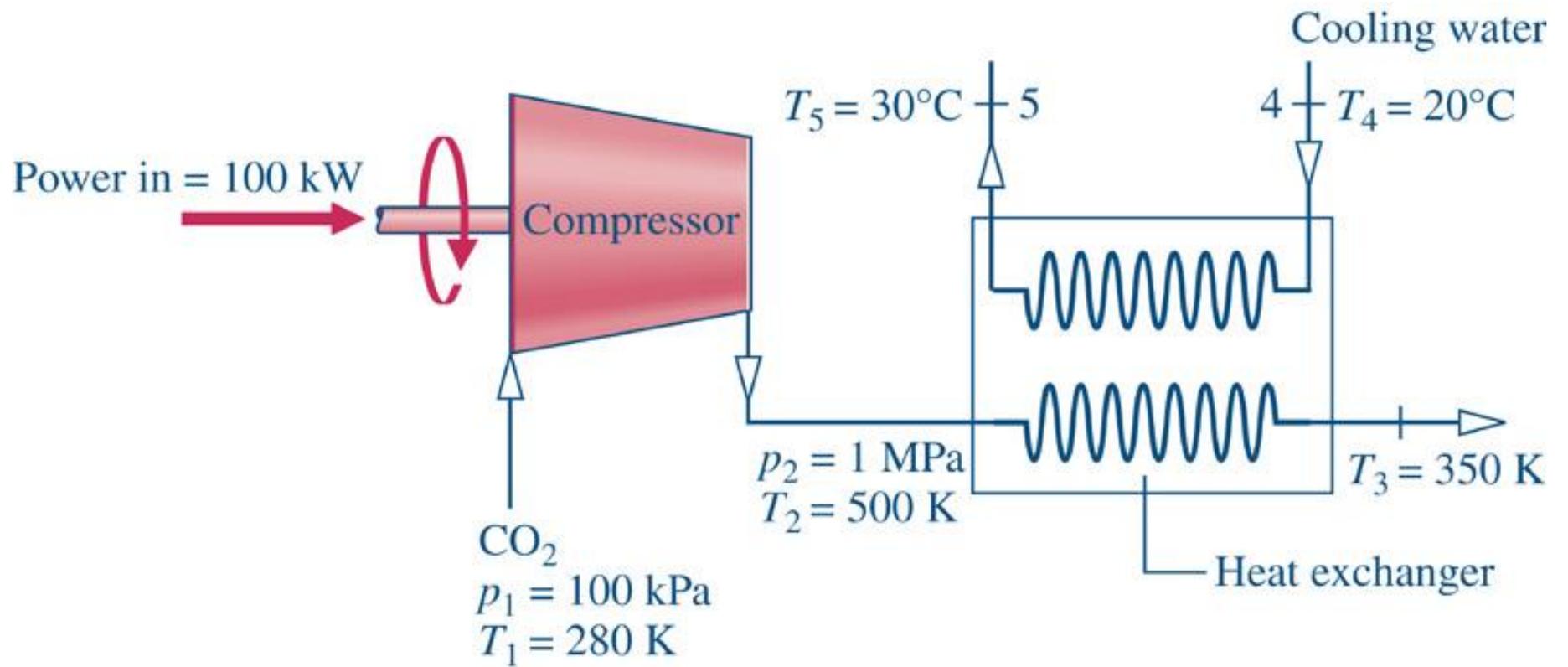


Fig04_P4

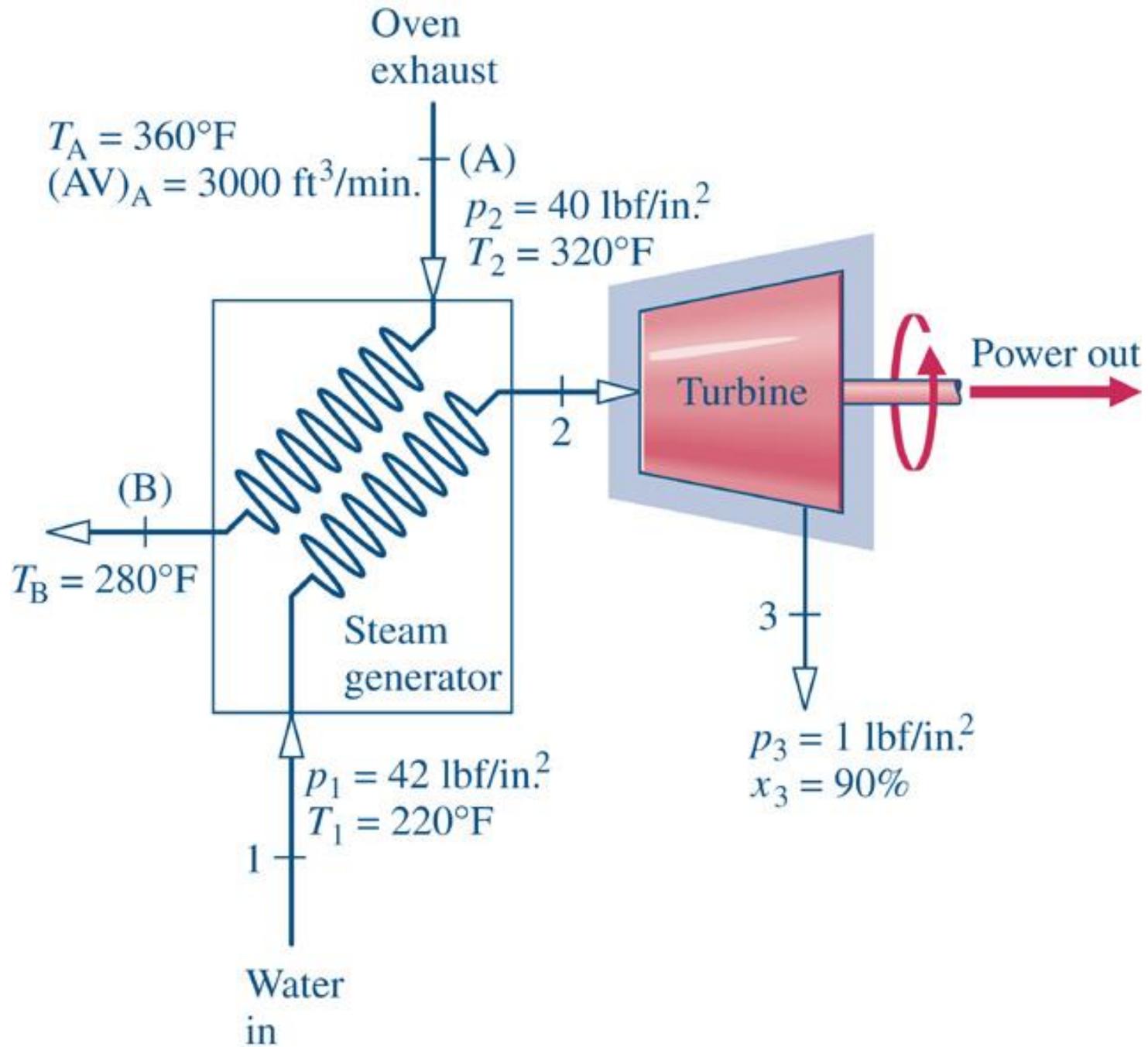


Fig04_P4

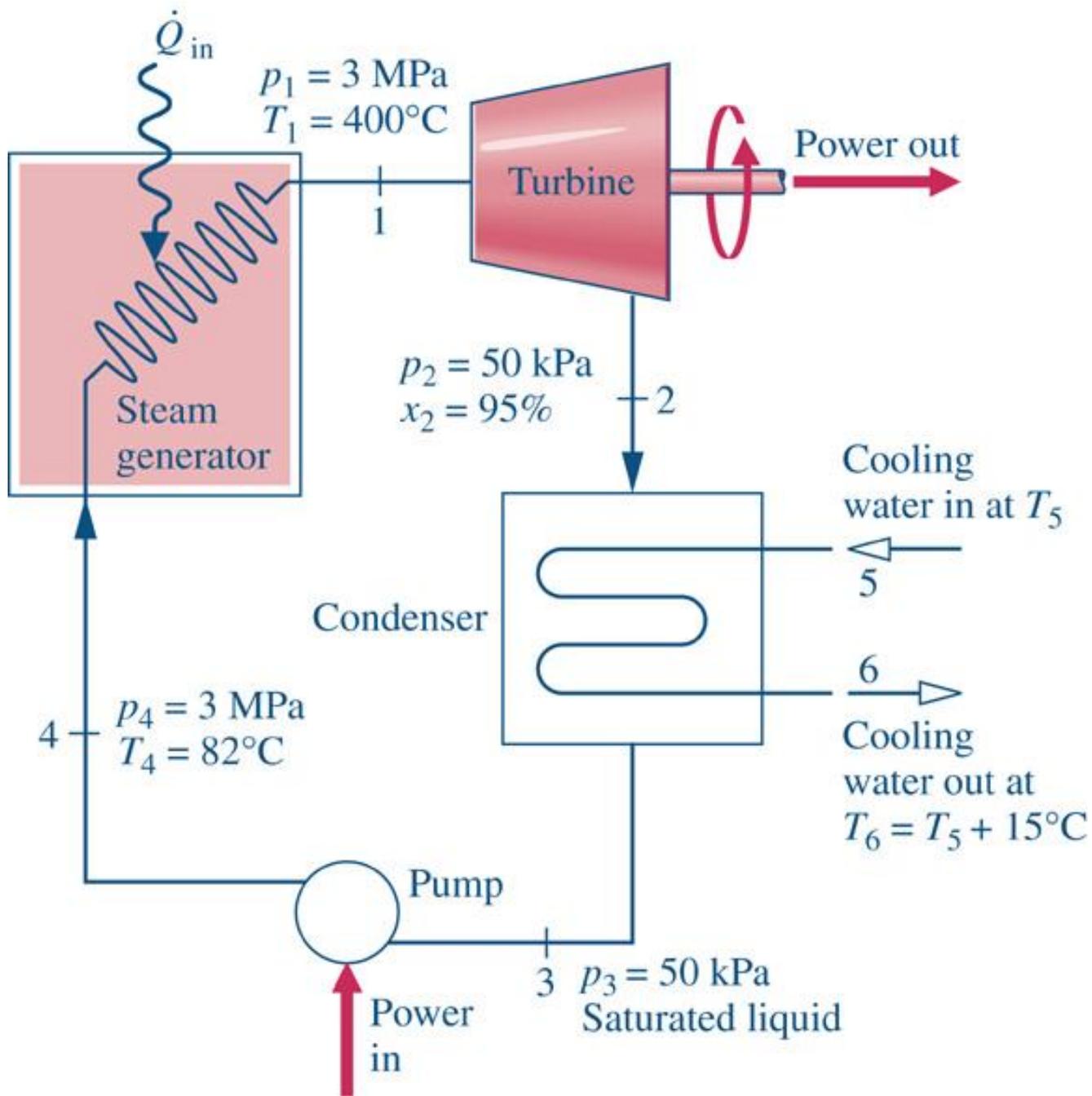


Fig04_P4

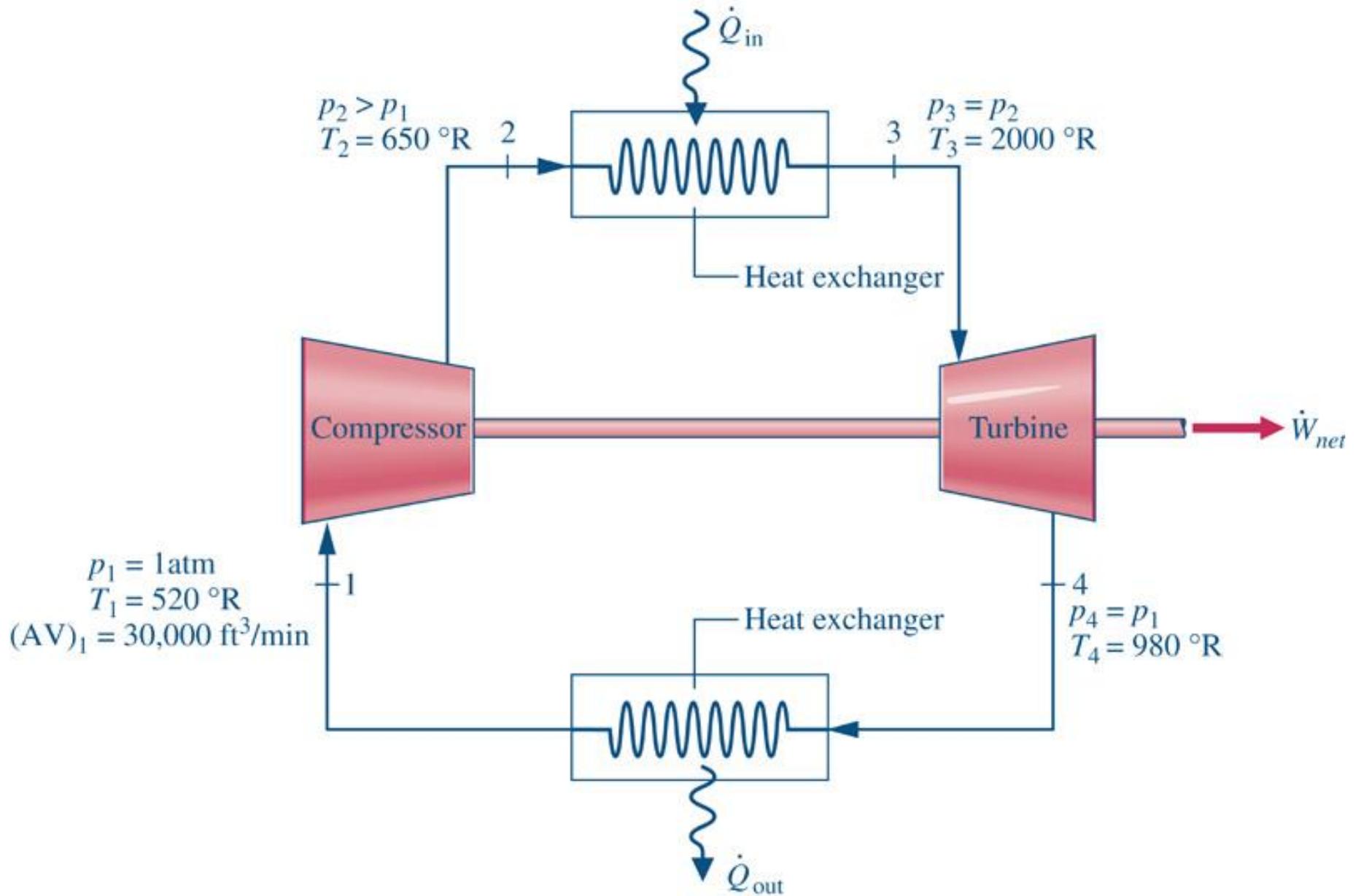


Fig04_P4

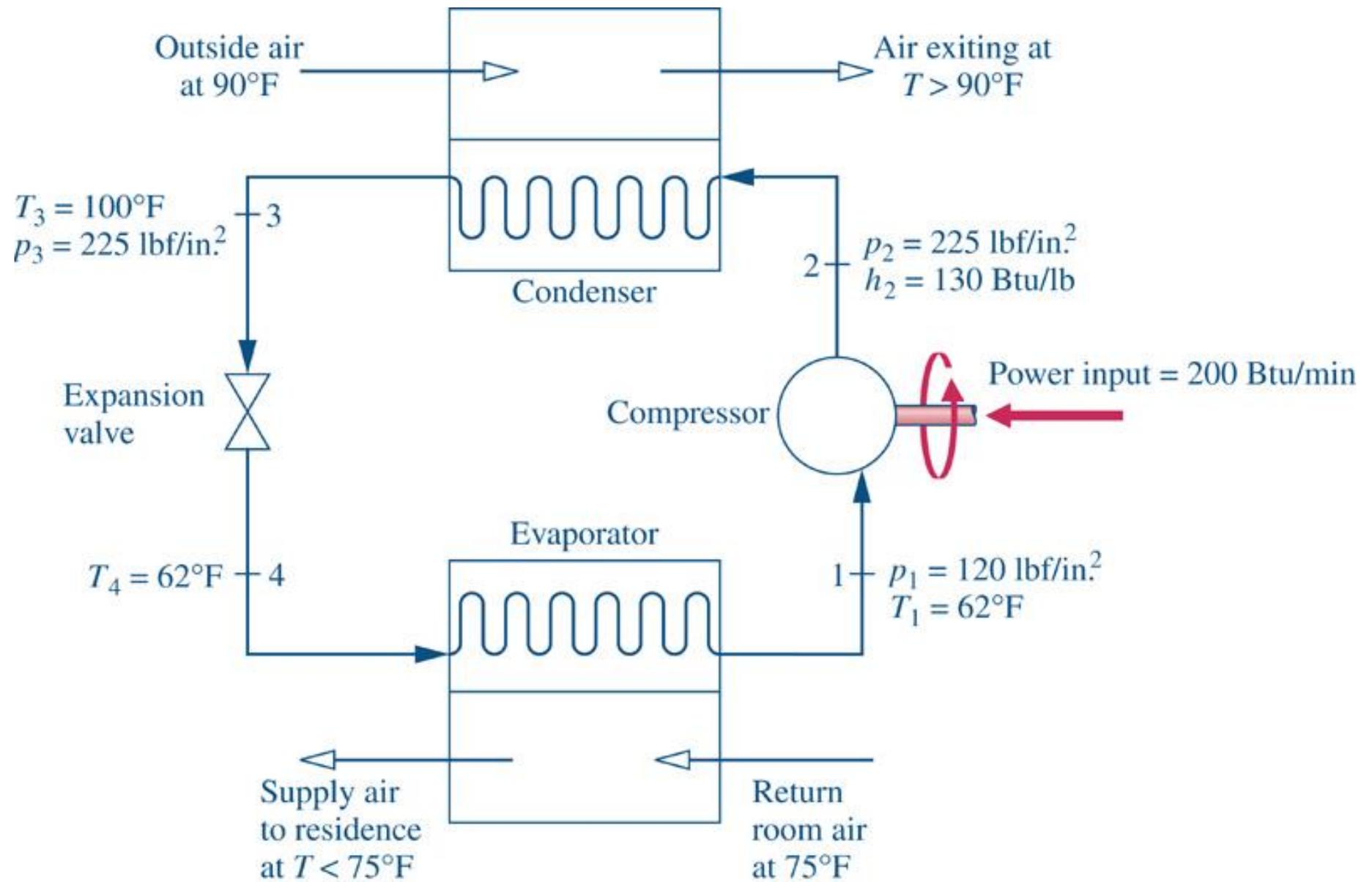


Fig04_P4

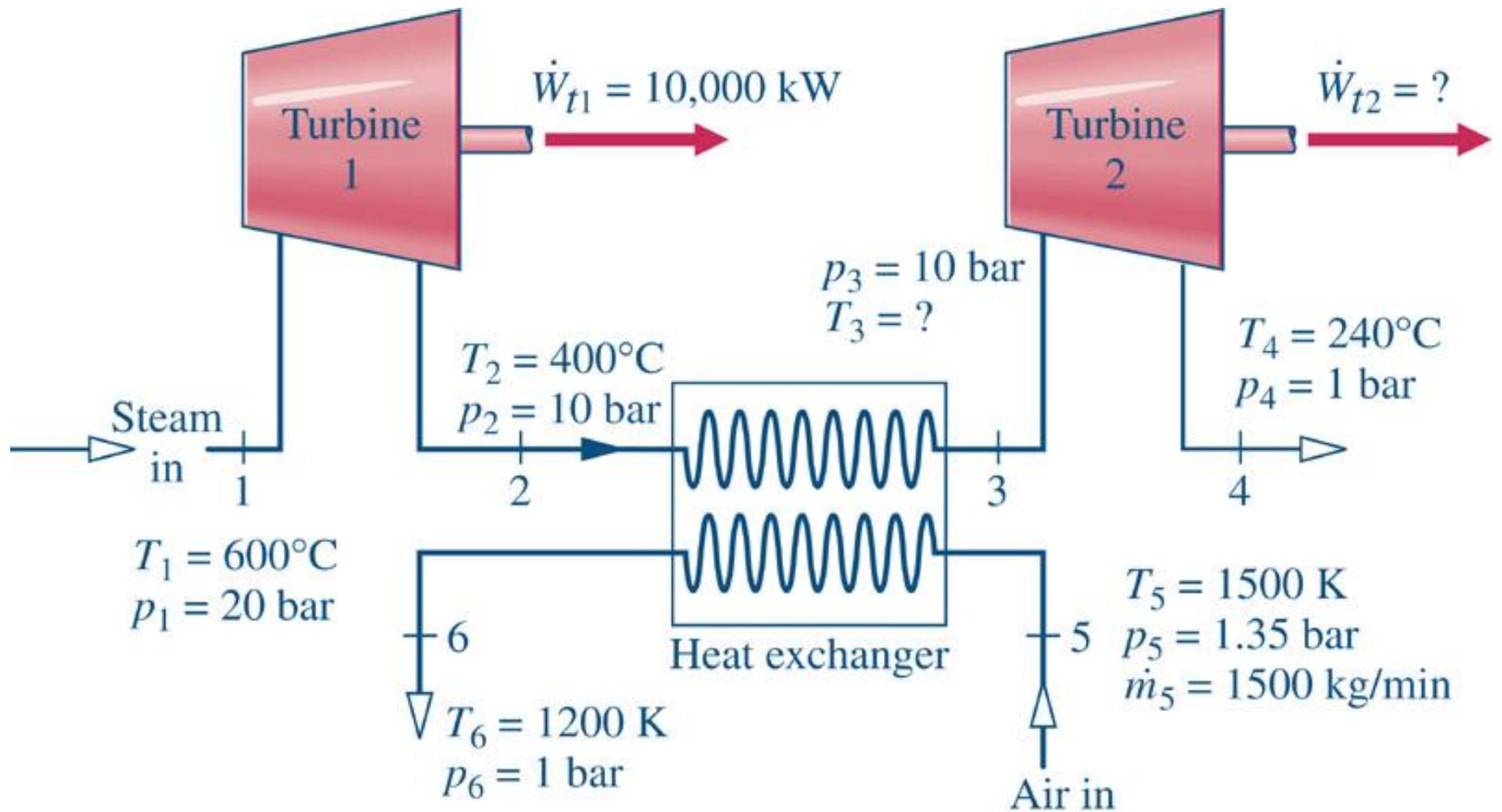


Fig04_P4

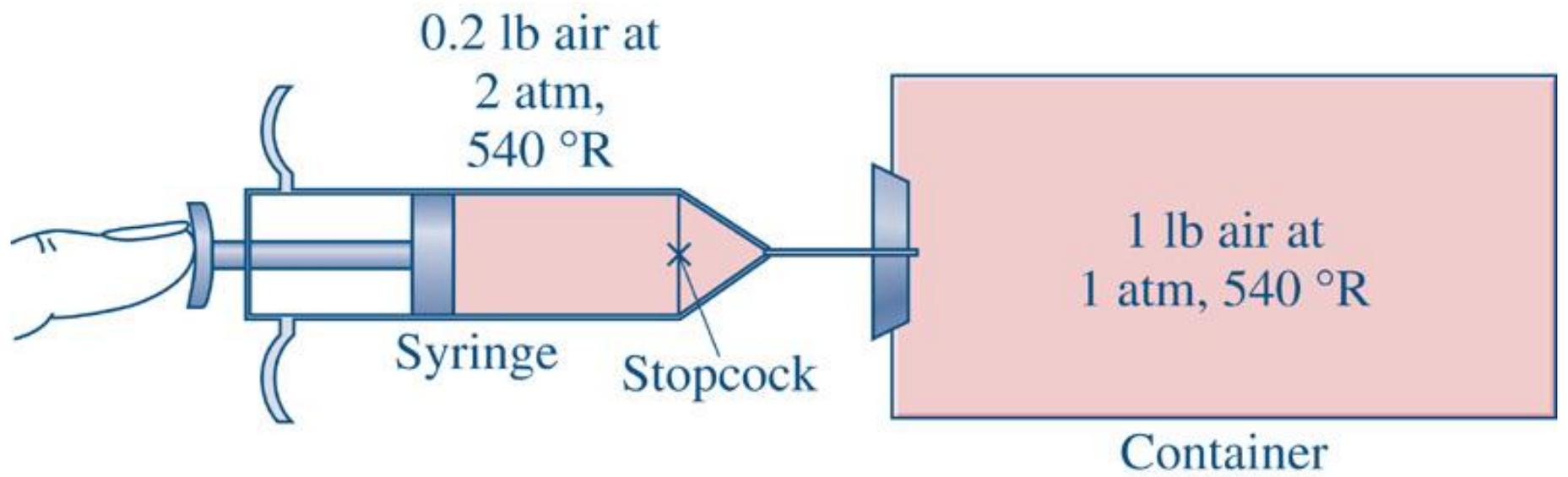


Fig04_P4

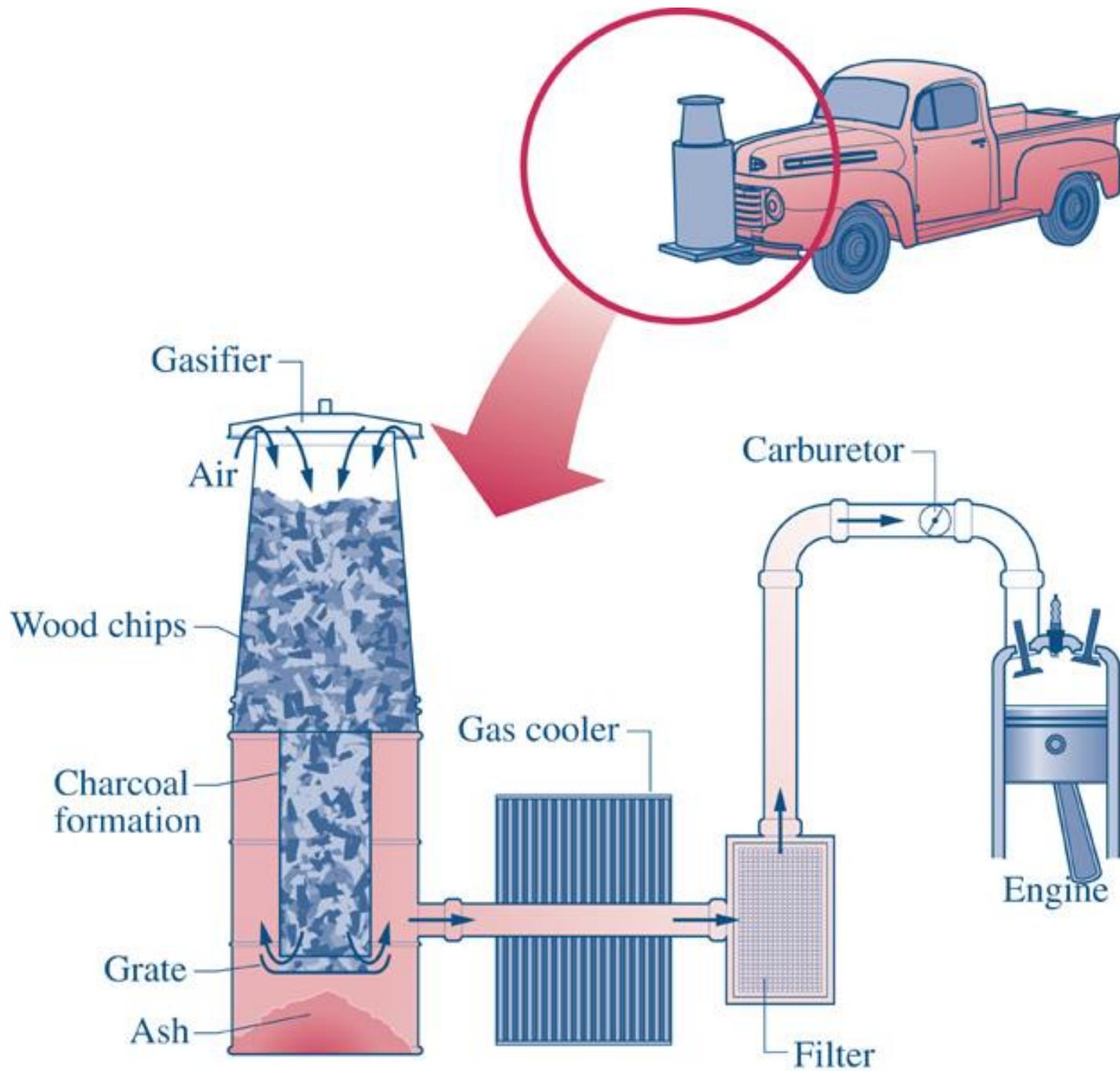


Fig04_P4

Pressure-regulating valve

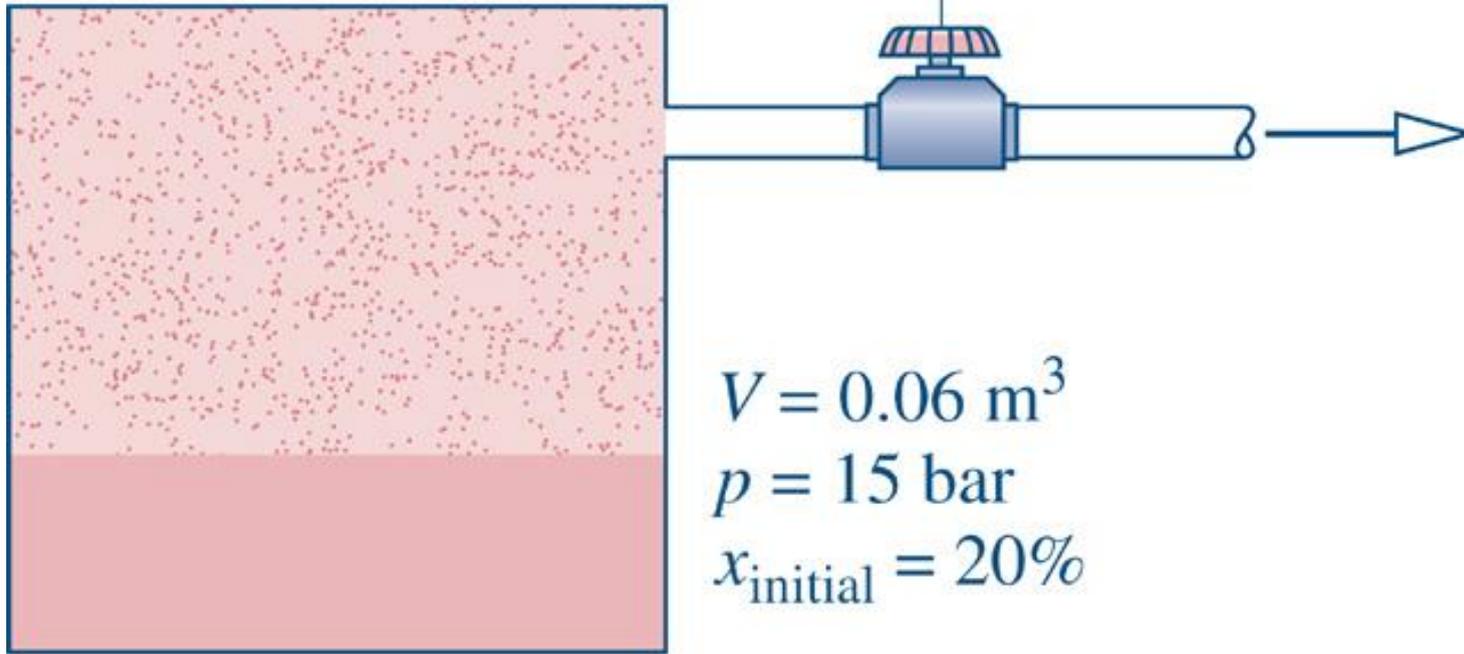


Fig04_P4

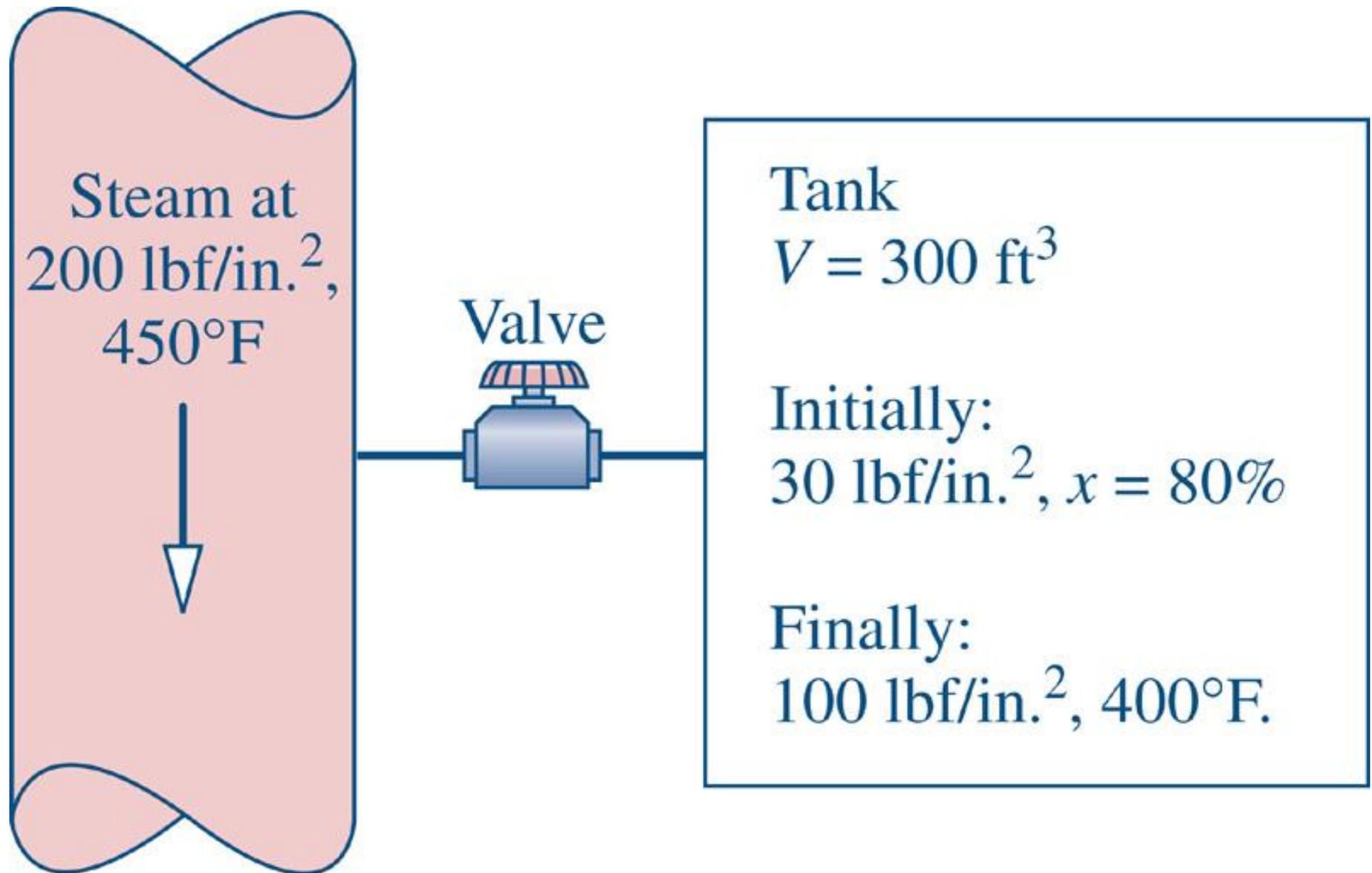


Fig04_P4

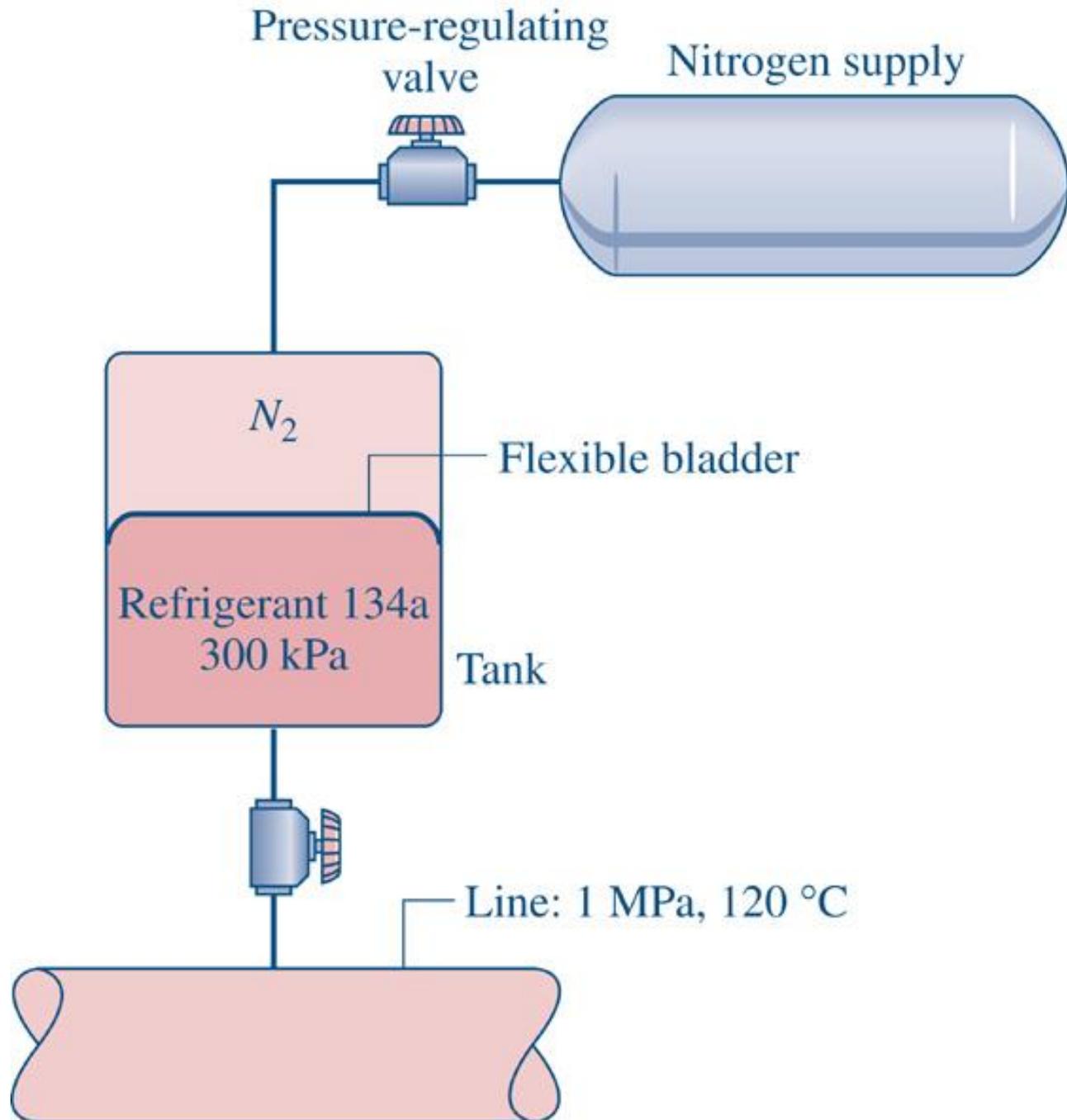


Fig04_P4

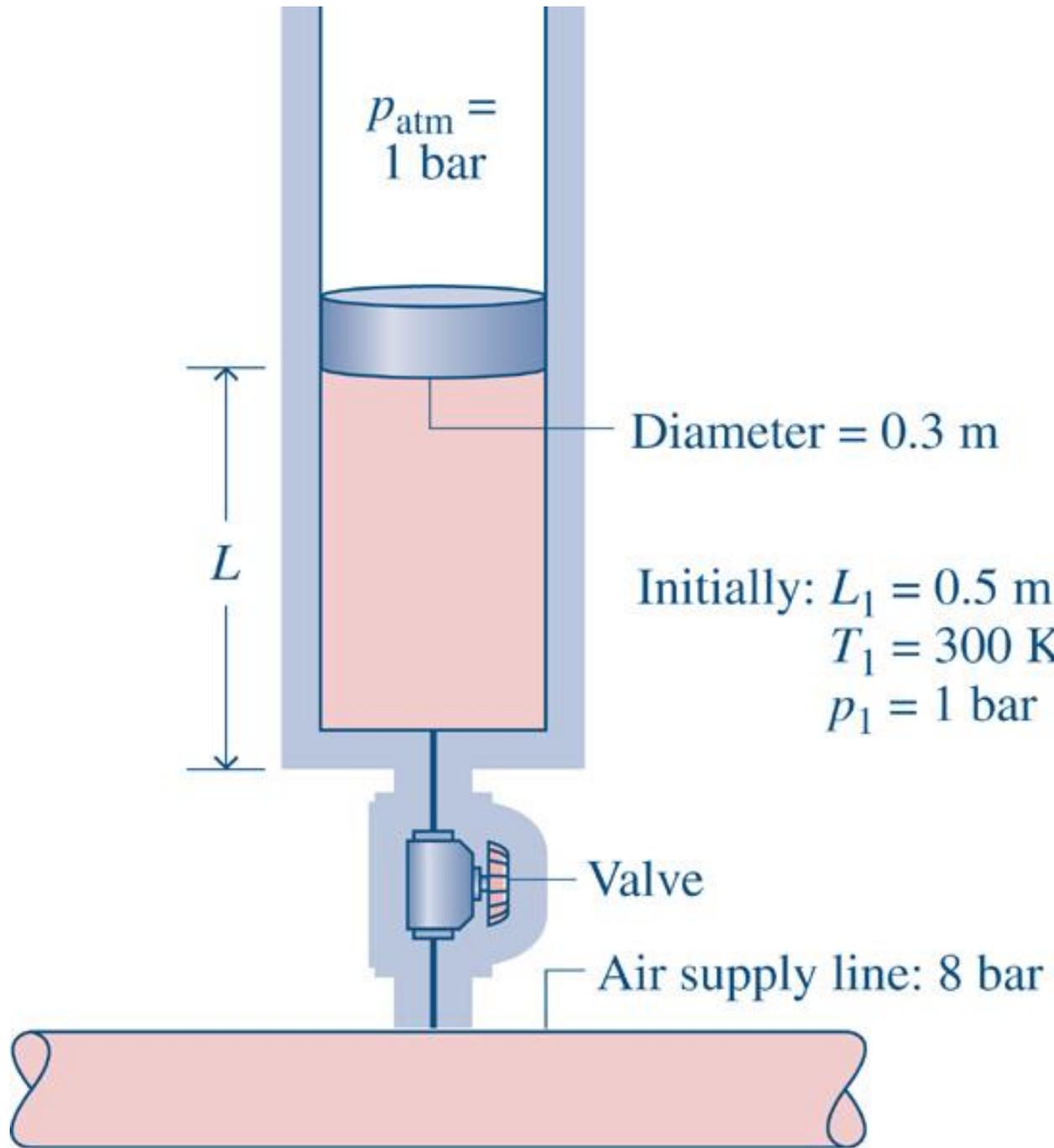


Fig04_P4

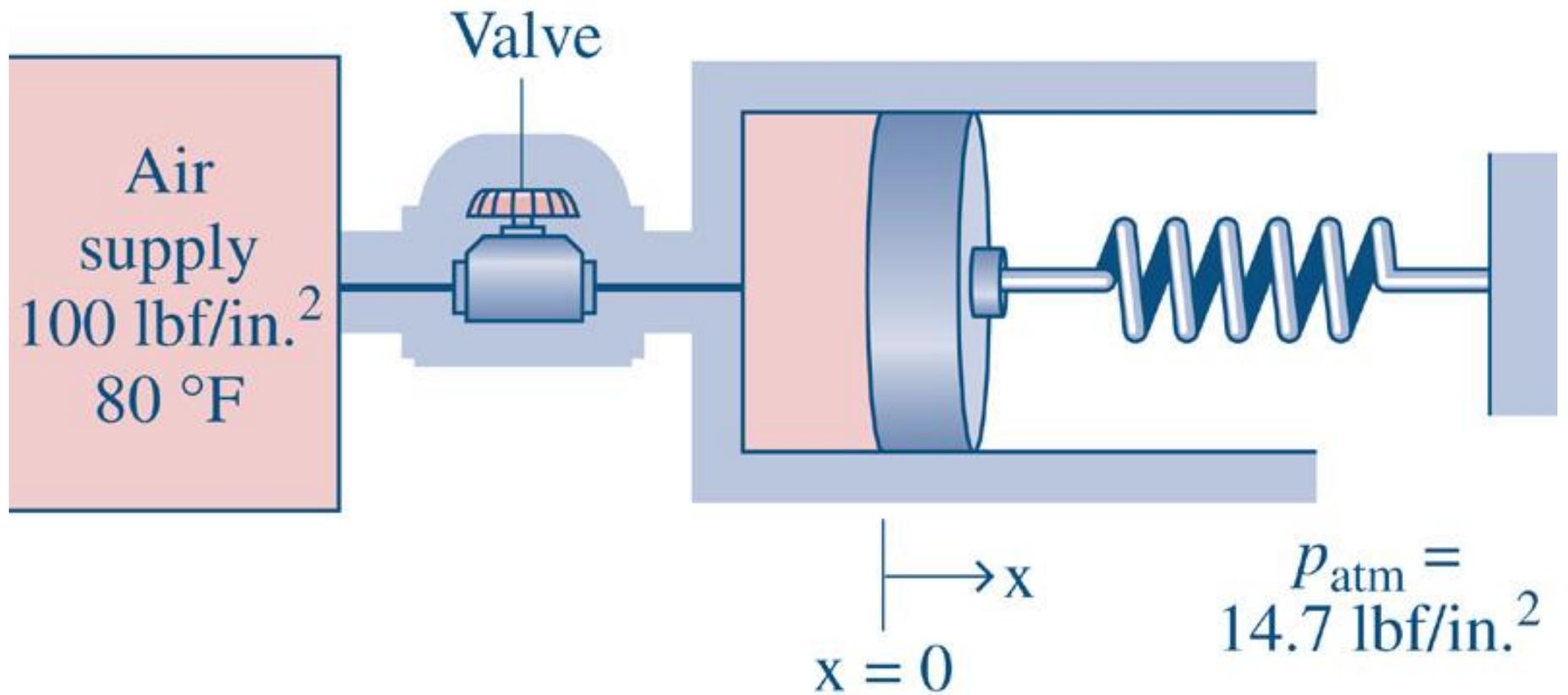


Fig04_P4

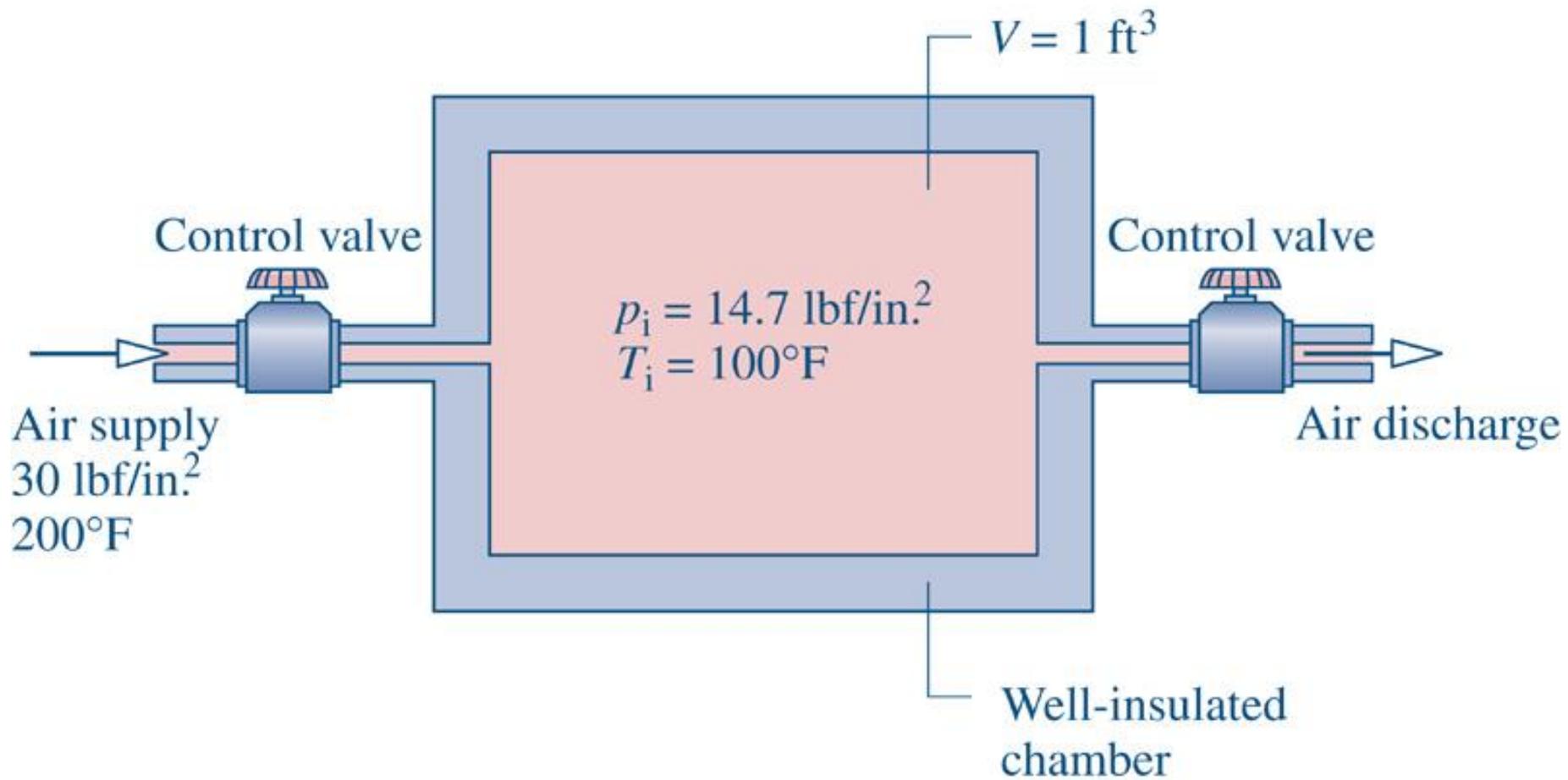


Fig04_P4

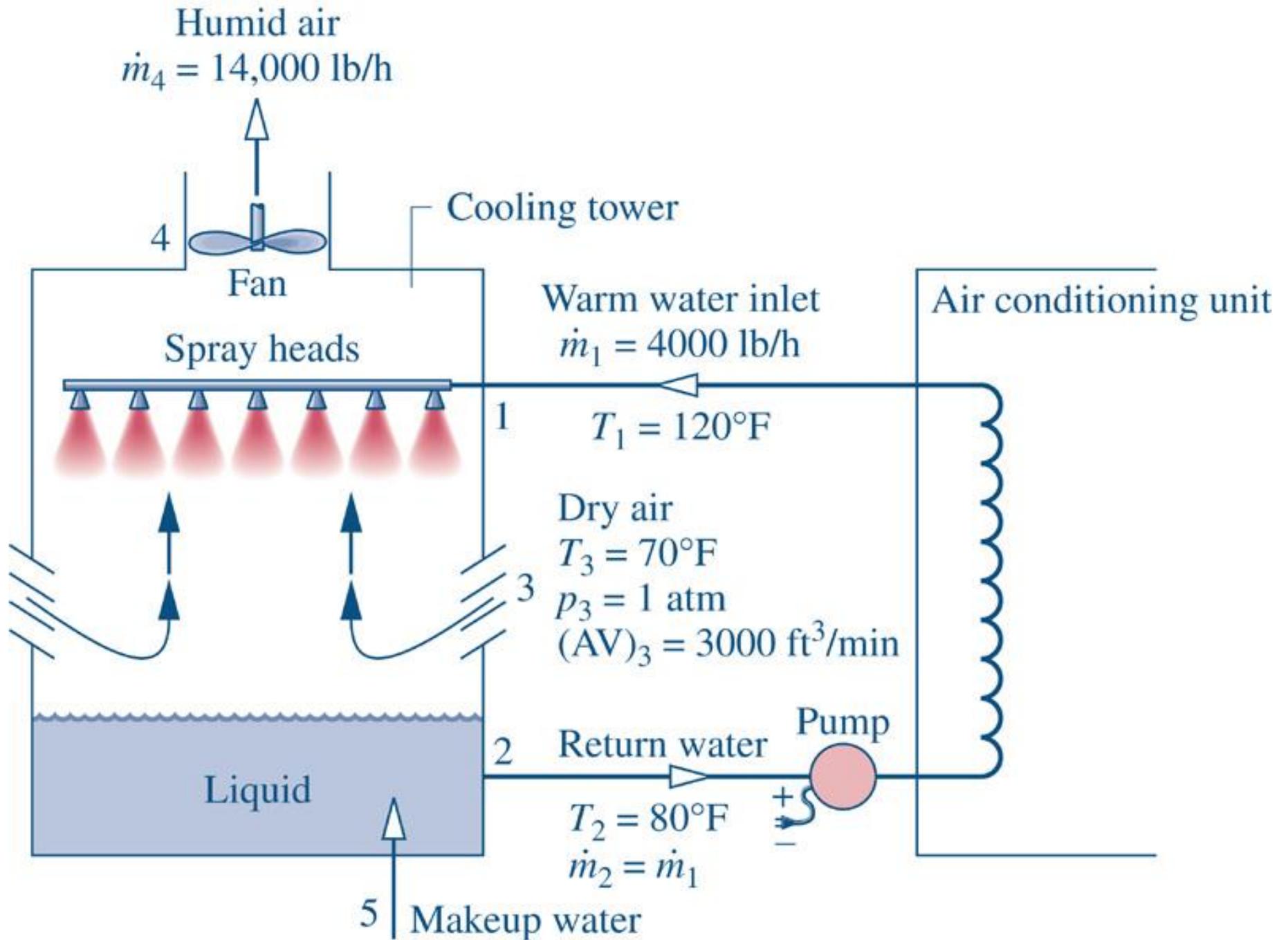


Fig04_P4

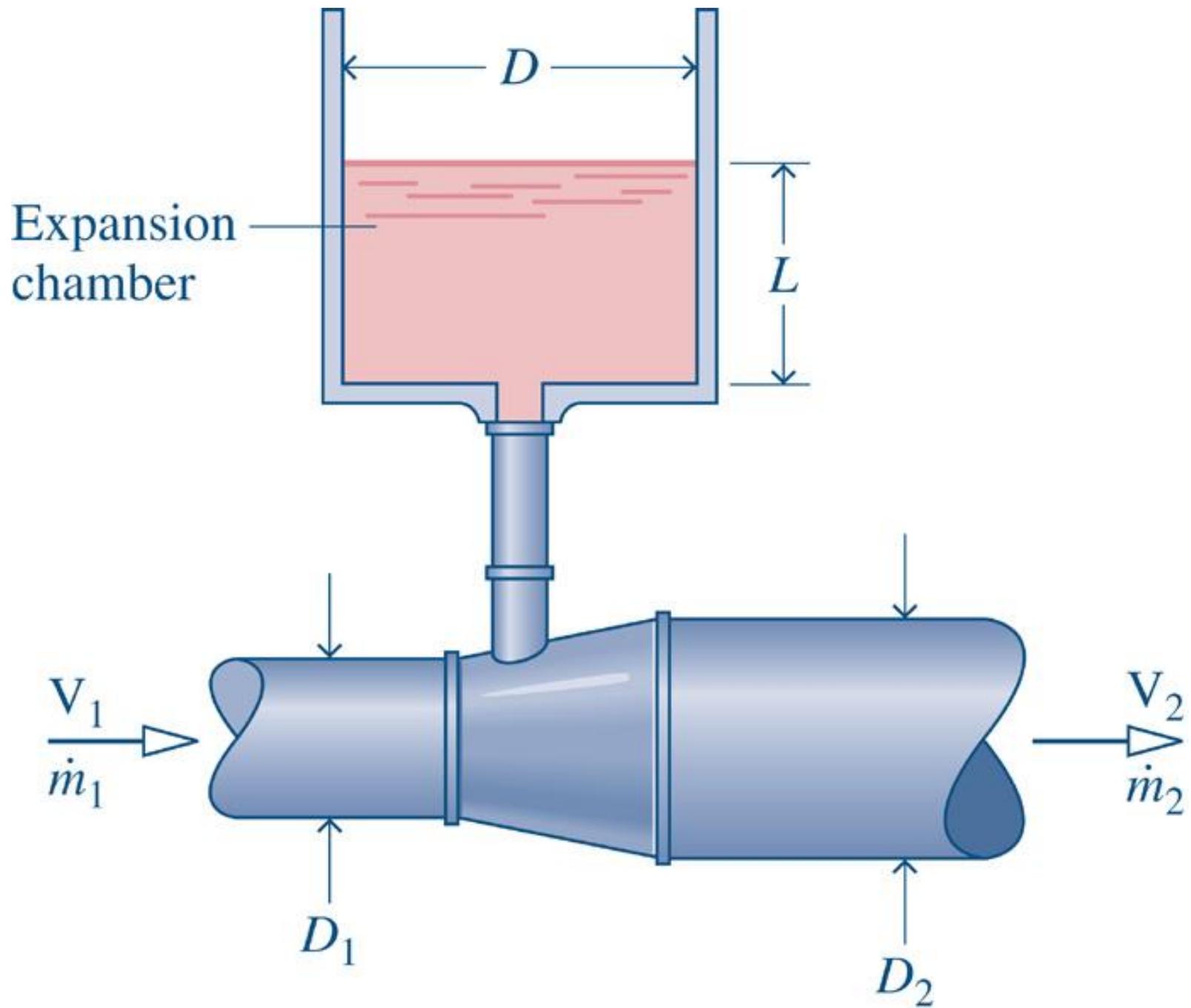


Fig04_P4

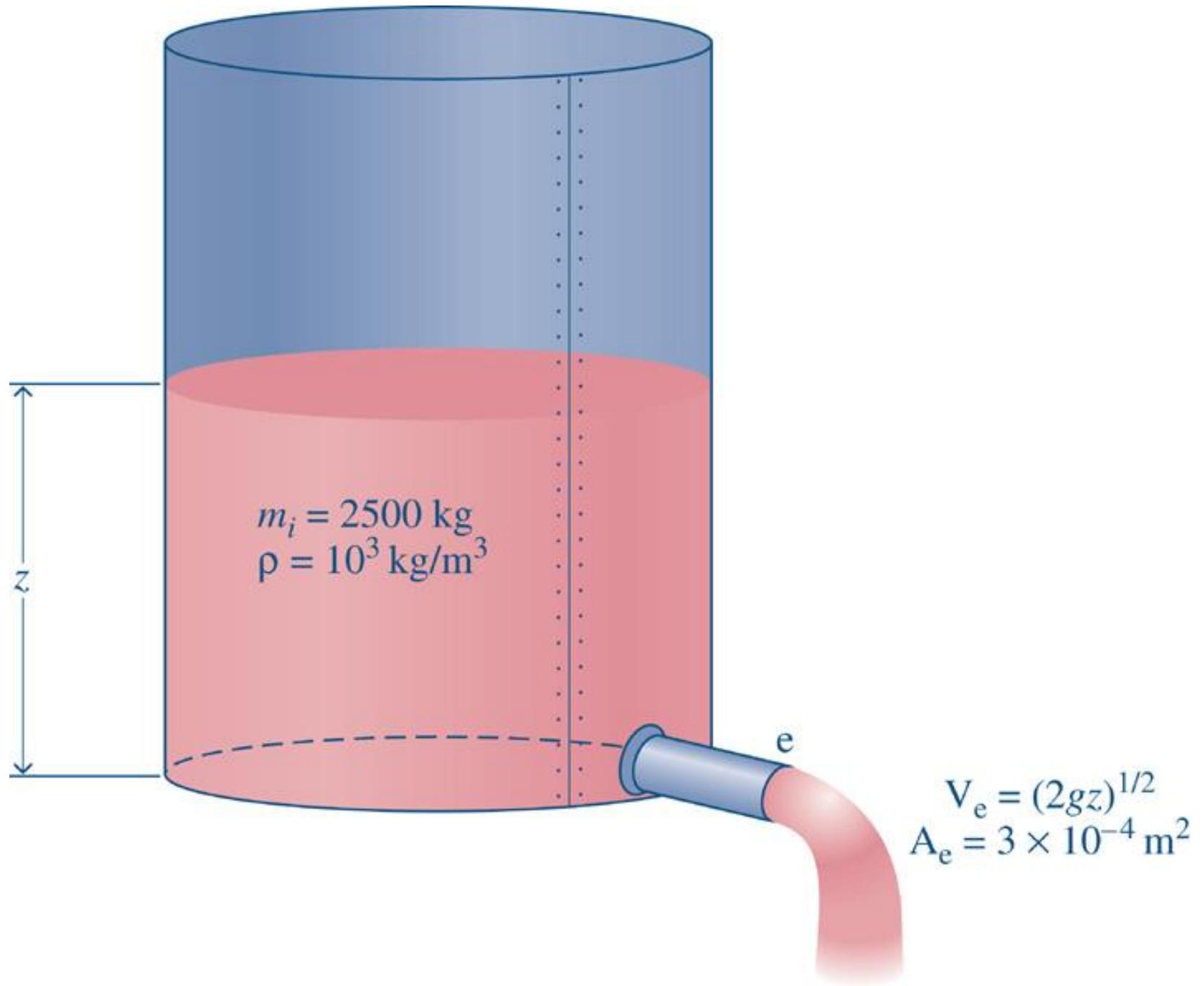


Fig04_P4

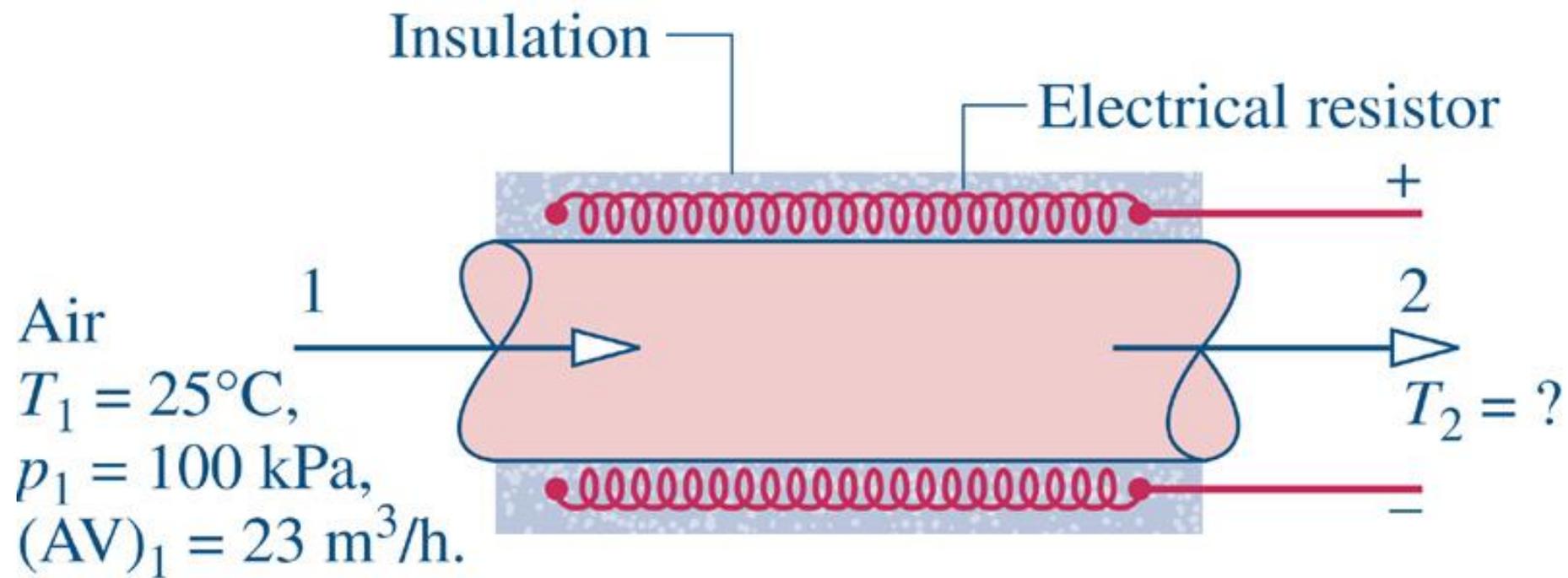


Fig04_P4

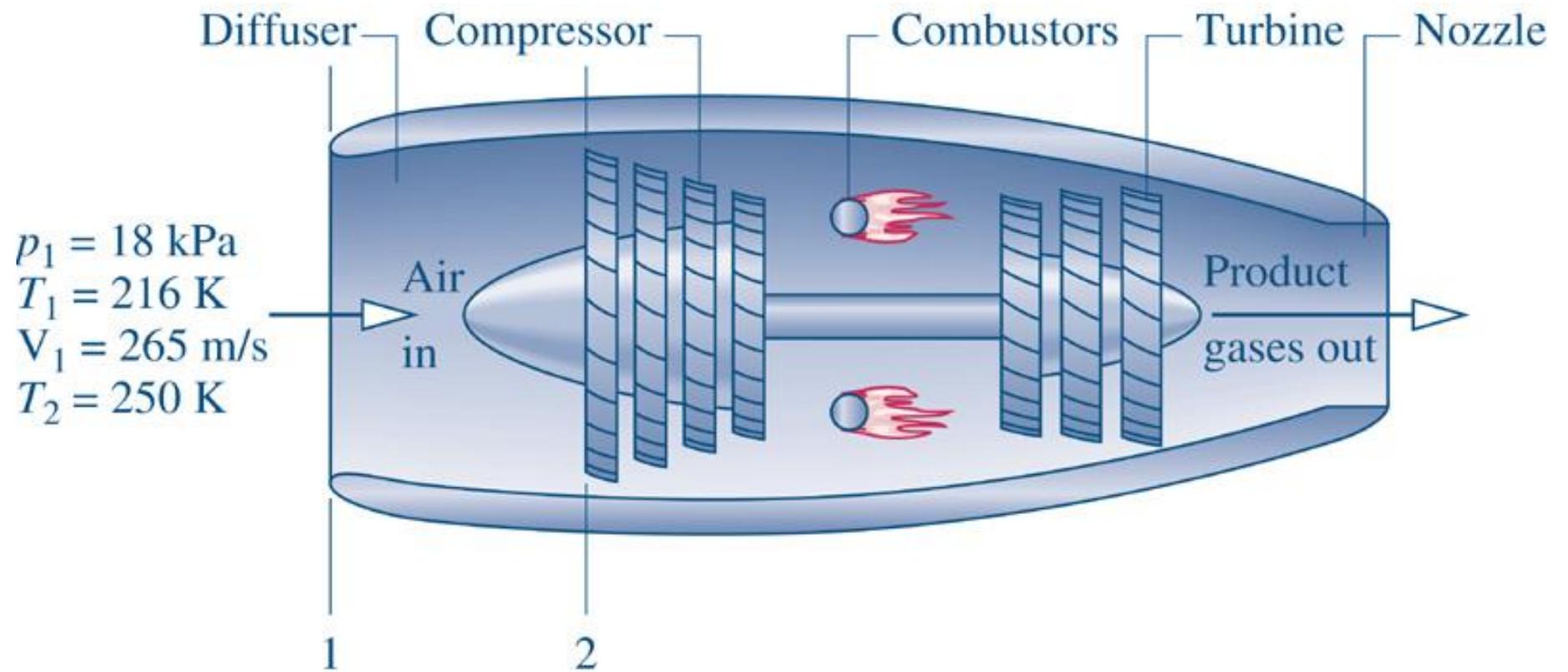


Fig04_P4

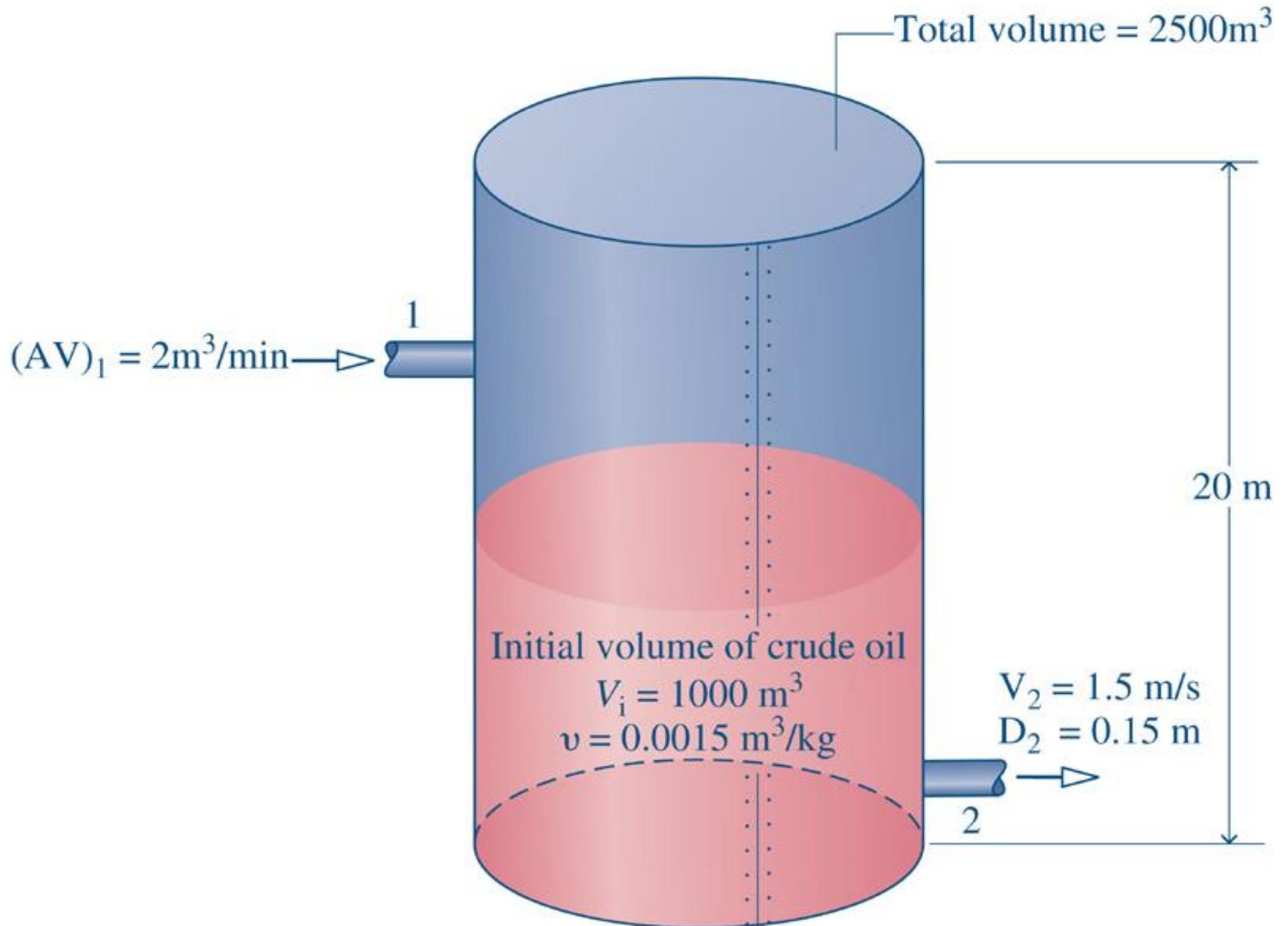


Fig04_P4

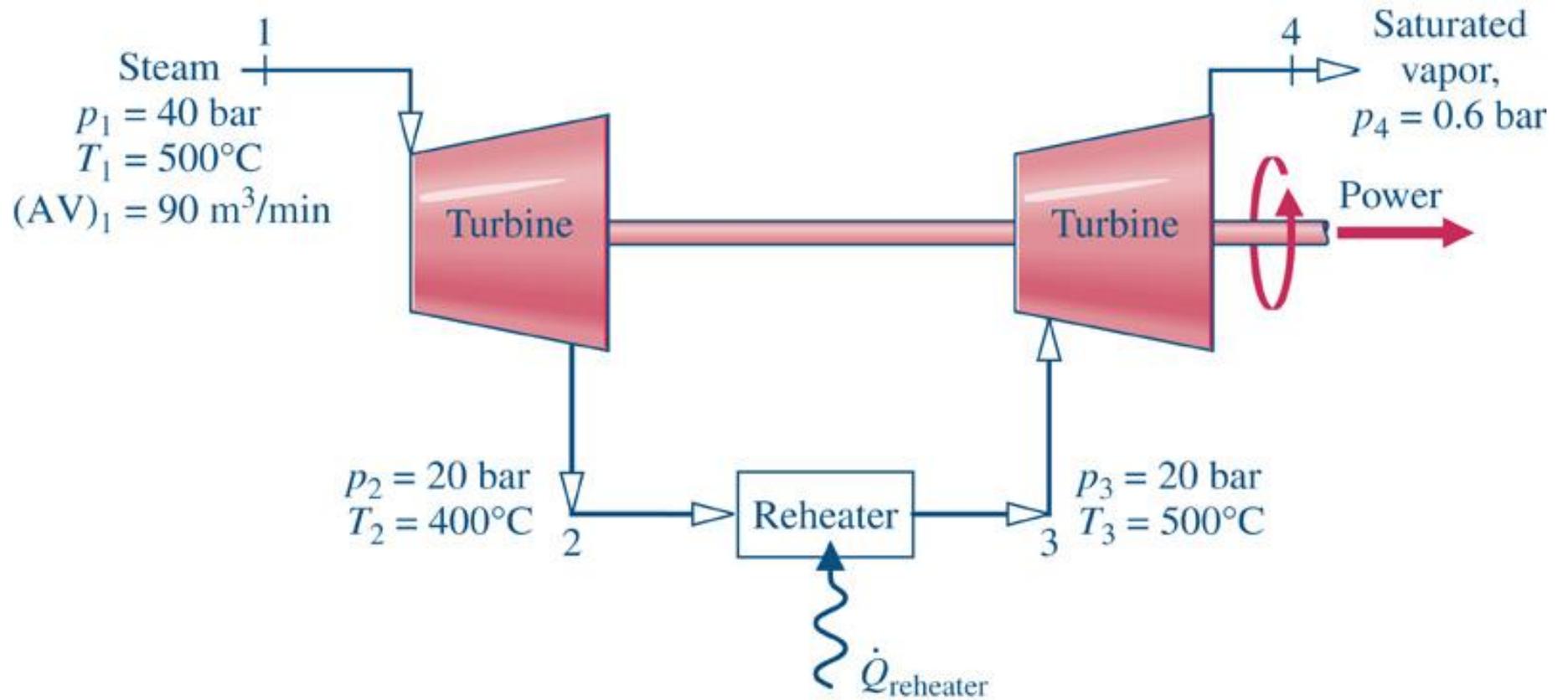


Fig04_P4

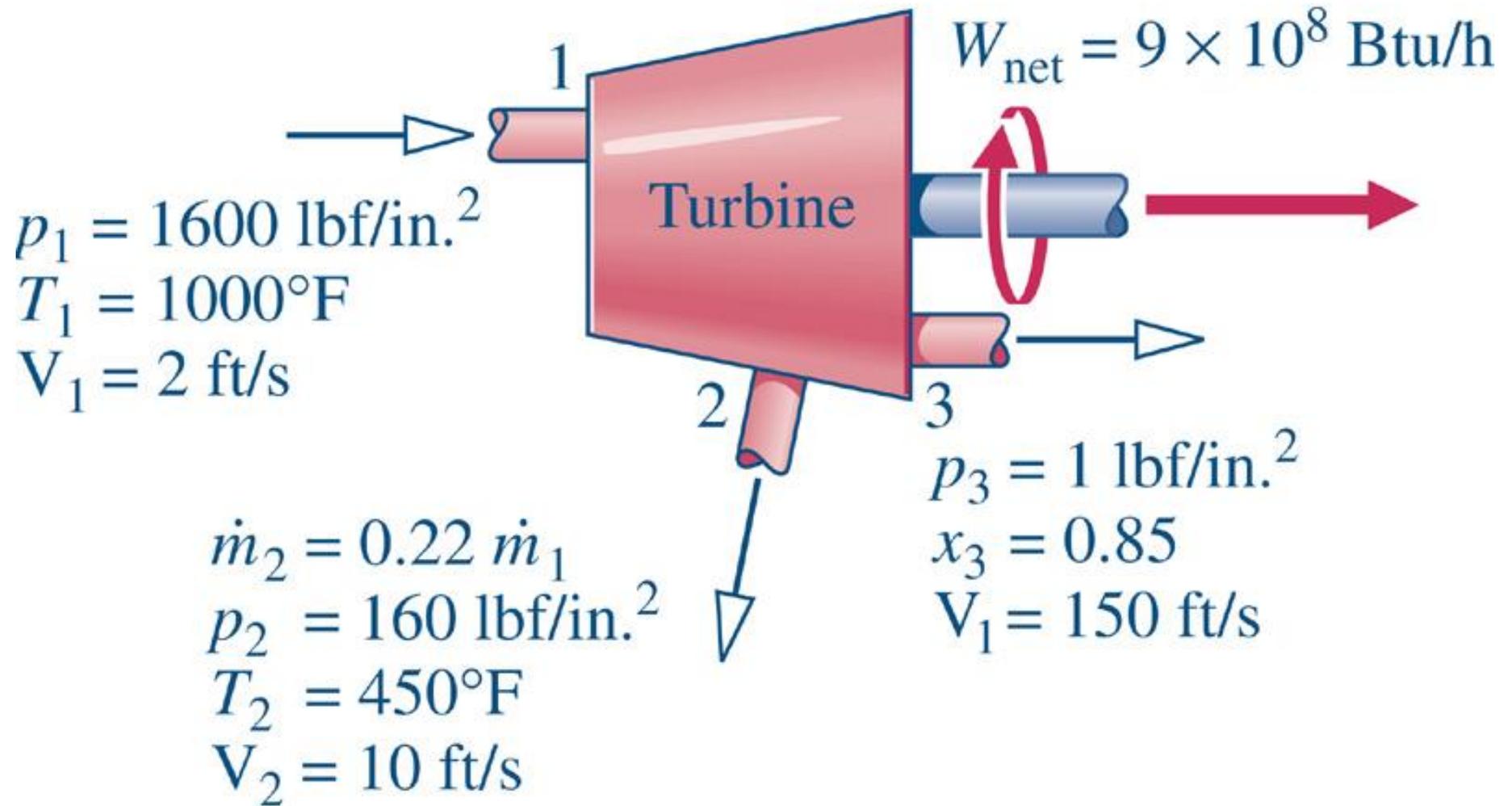


Fig04_P4

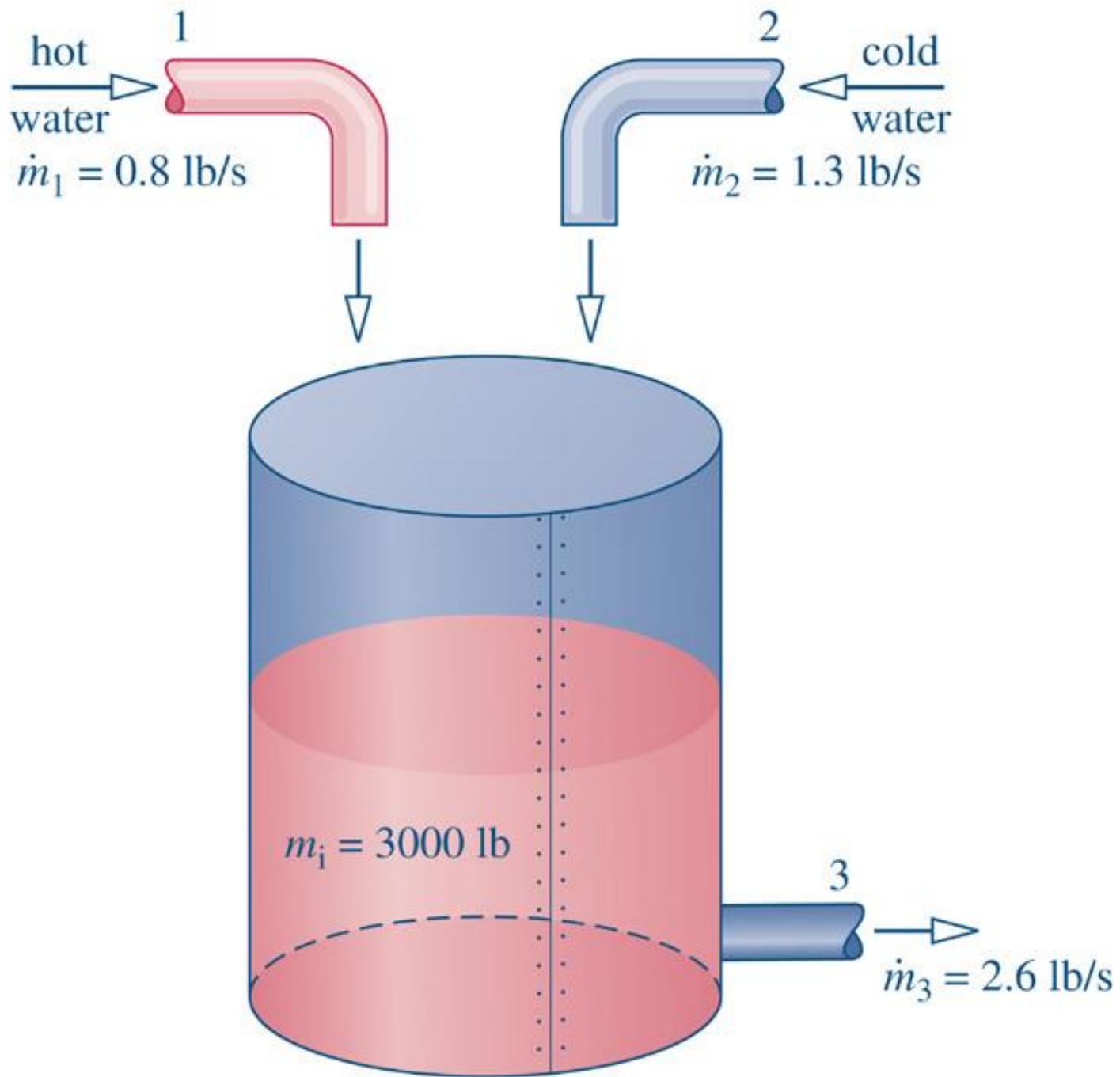


Fig04_P4

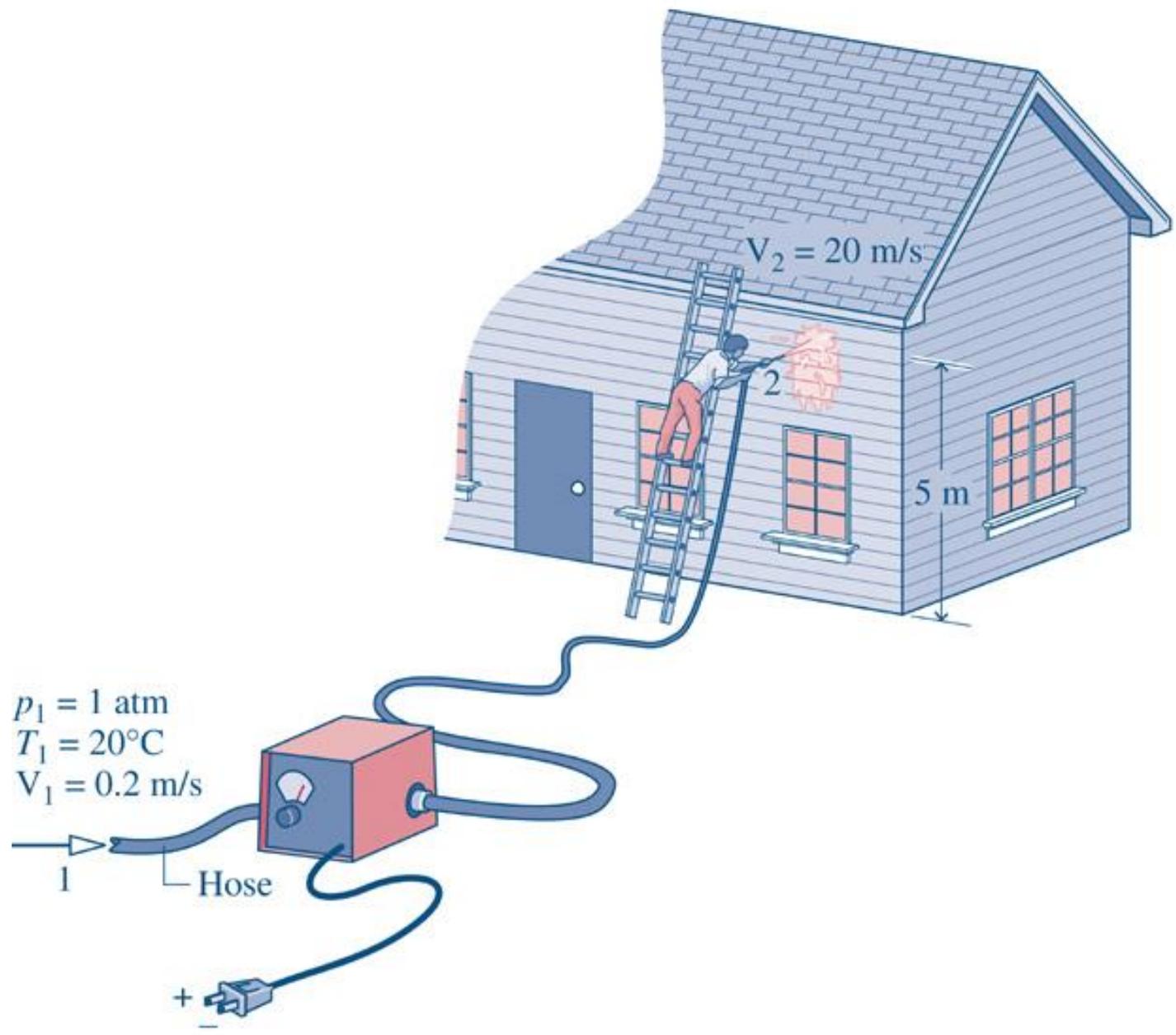


Fig04_P4

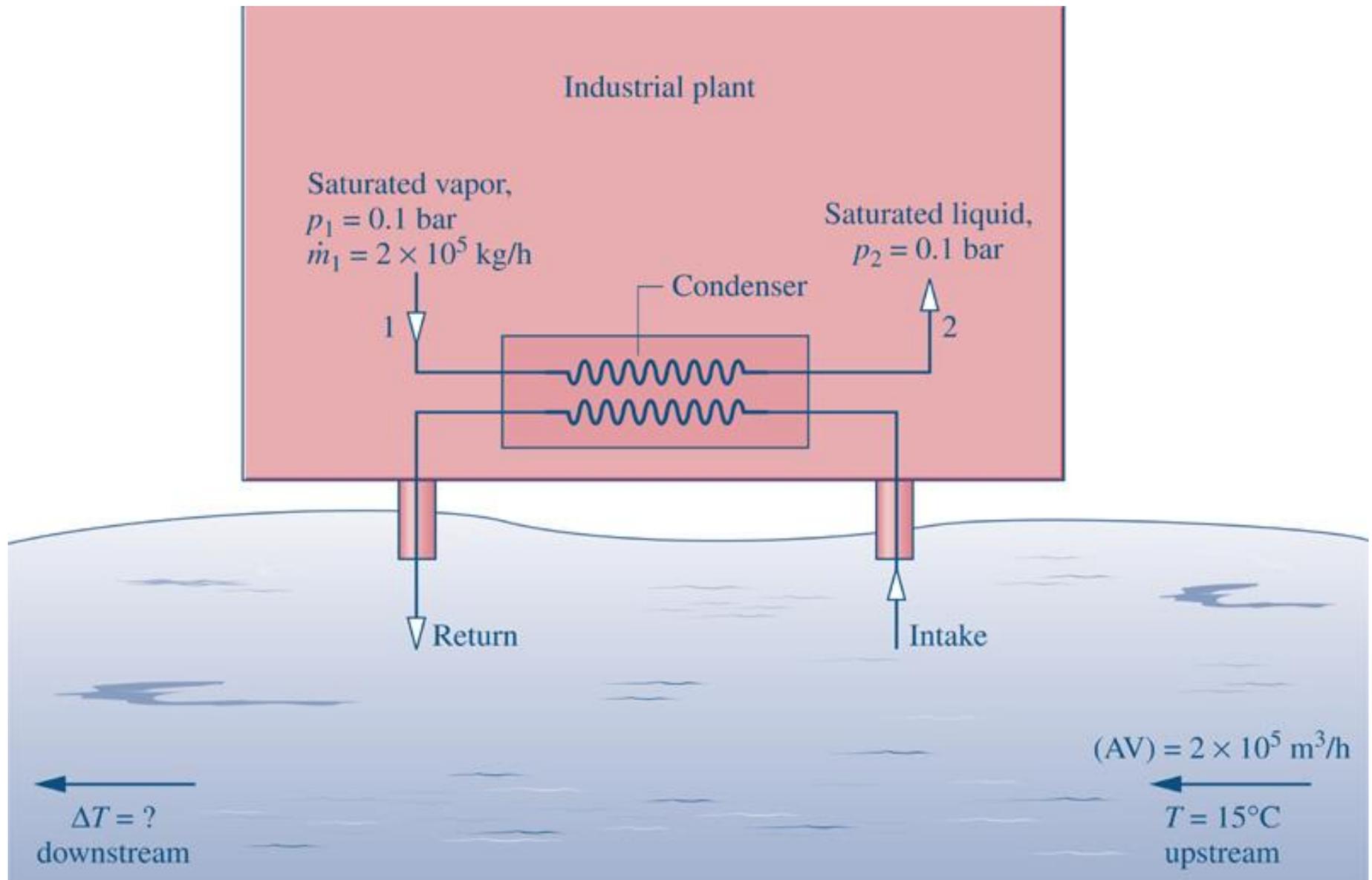


Fig04_P4

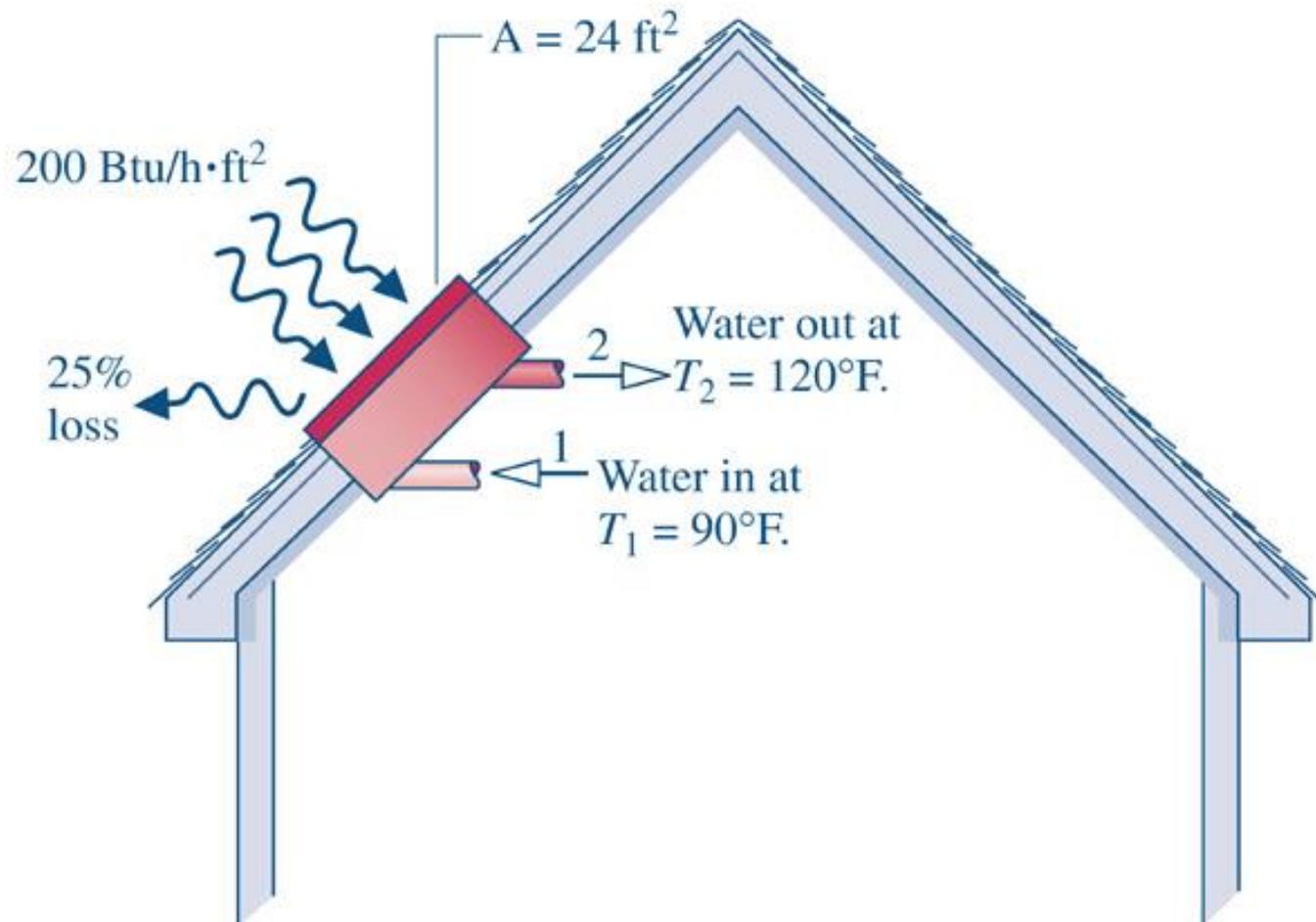


Fig04_P4

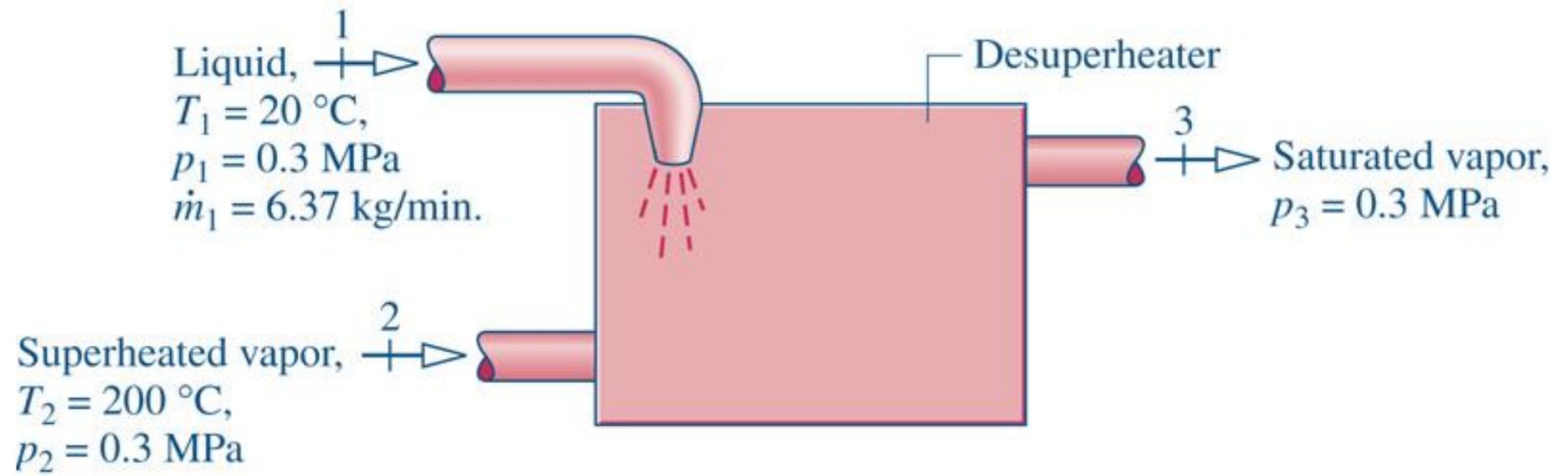


Fig04_P4

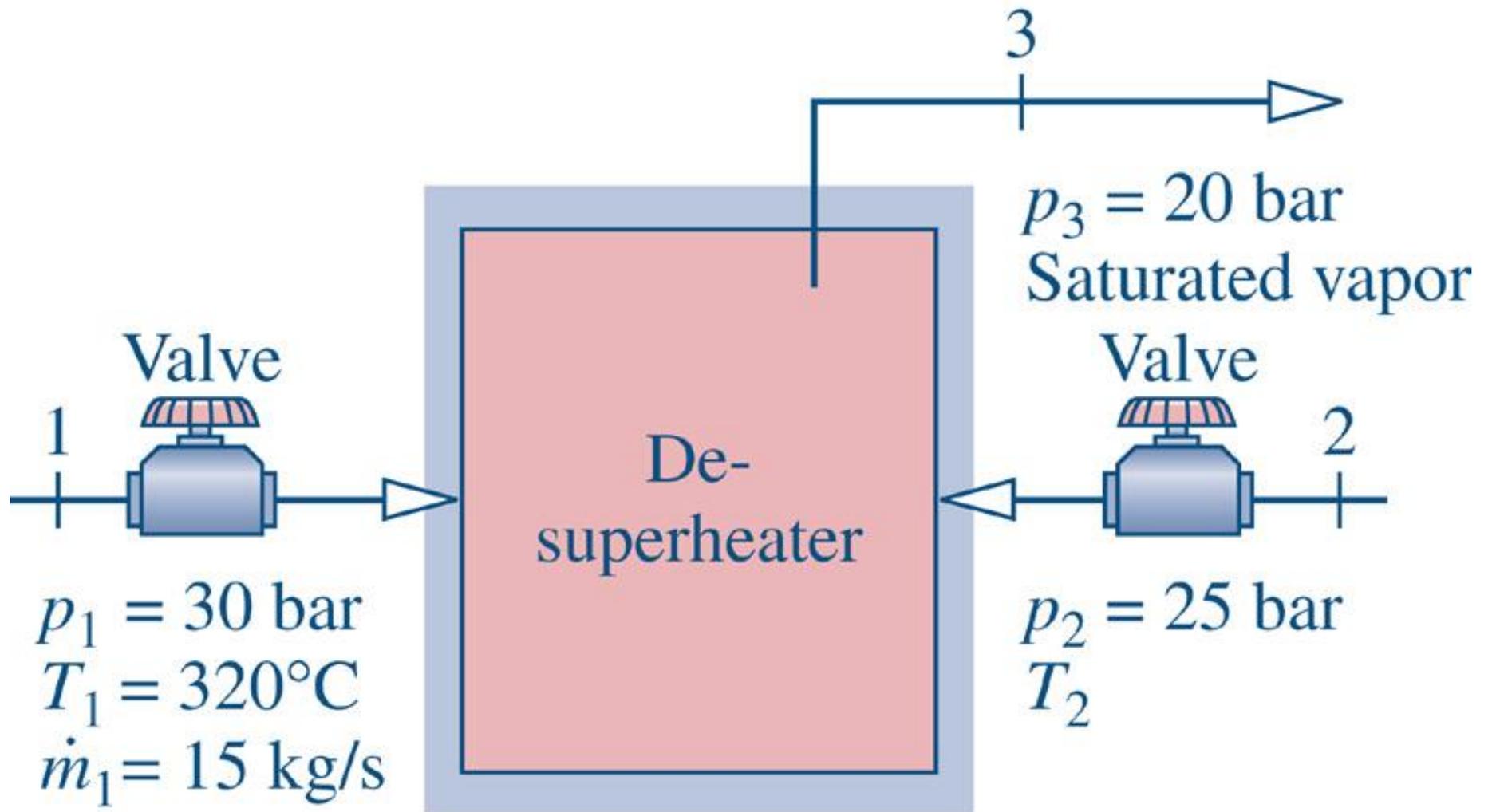


Fig04_P4

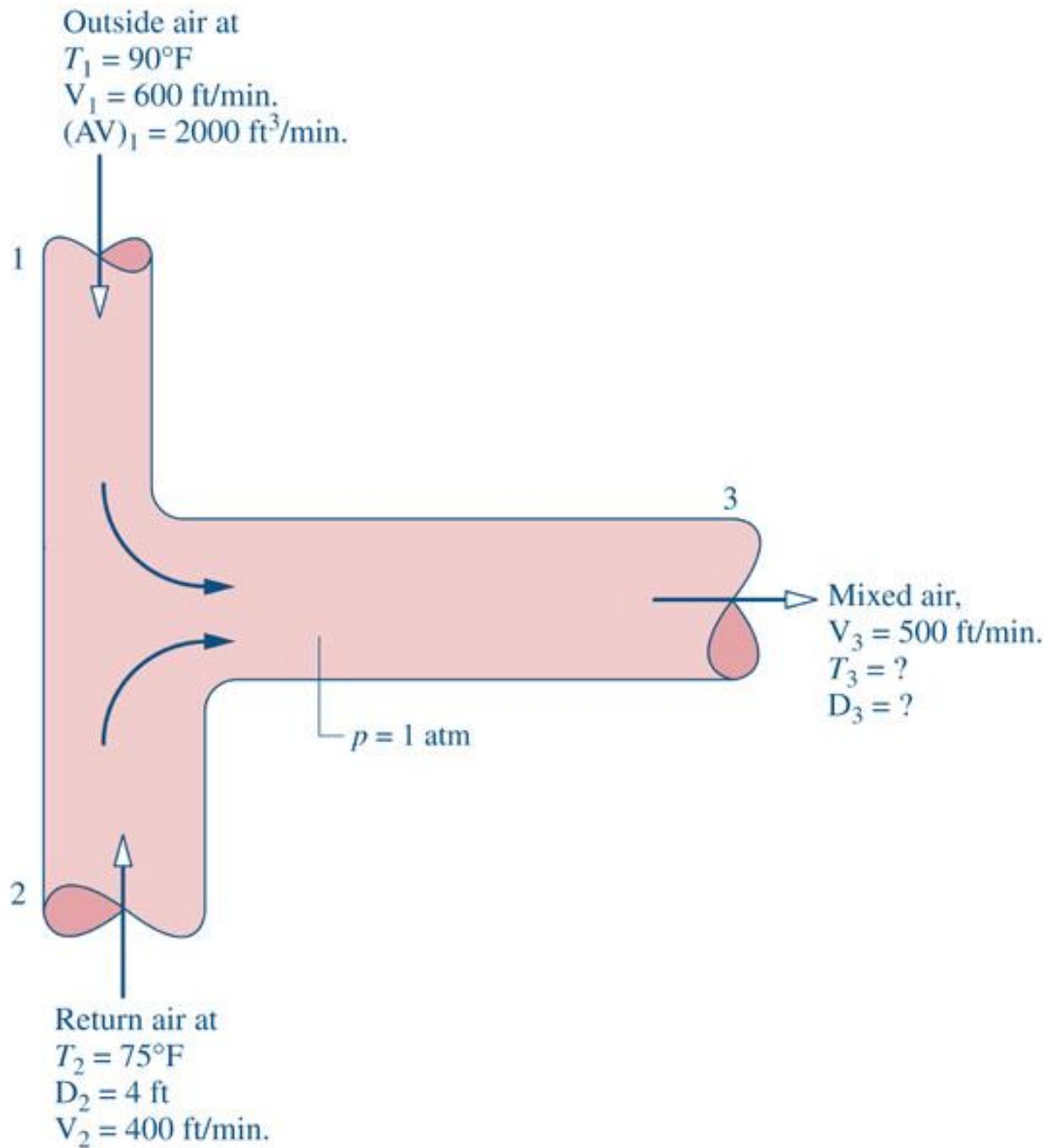


Fig04_P4

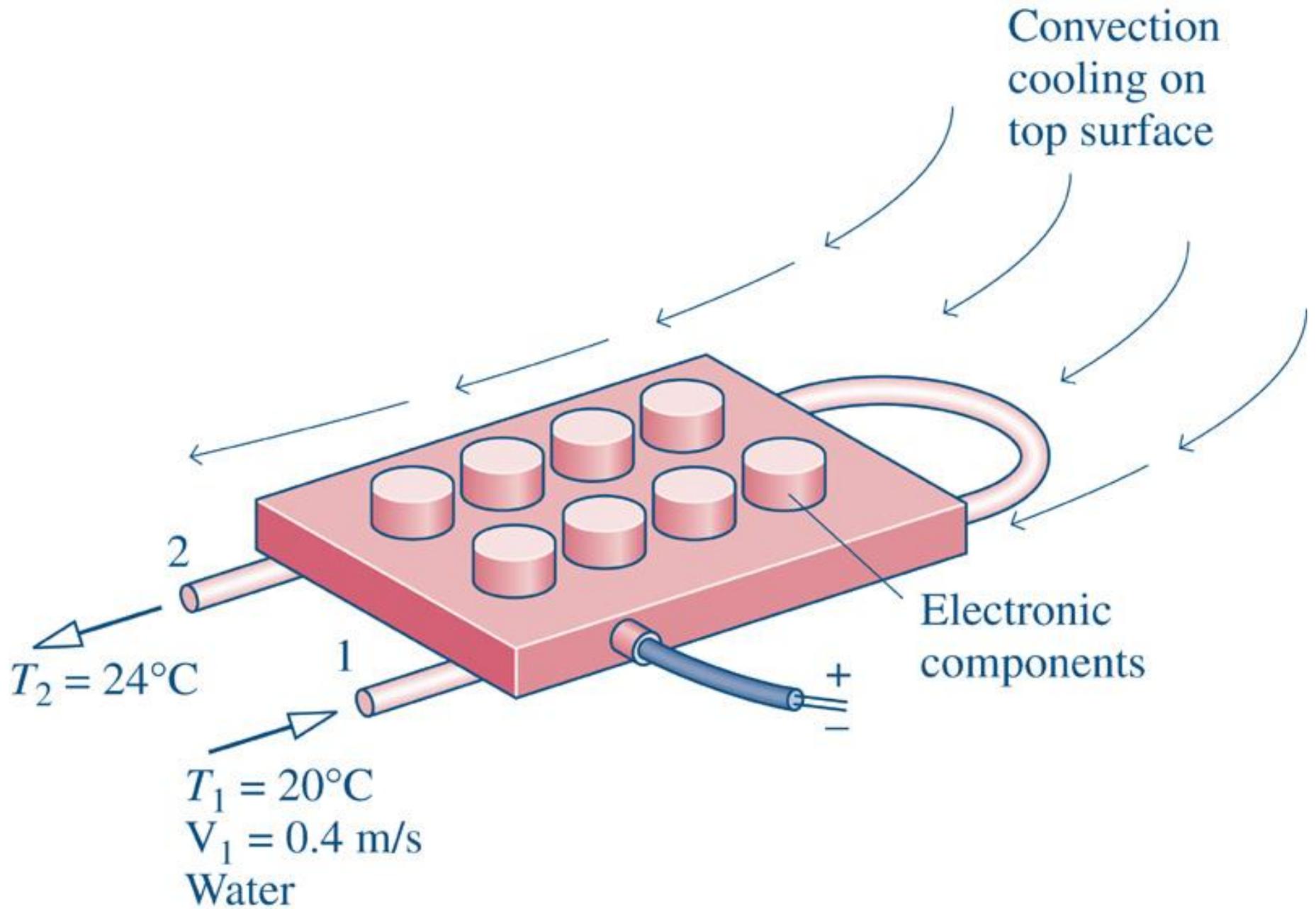


Fig04_P4

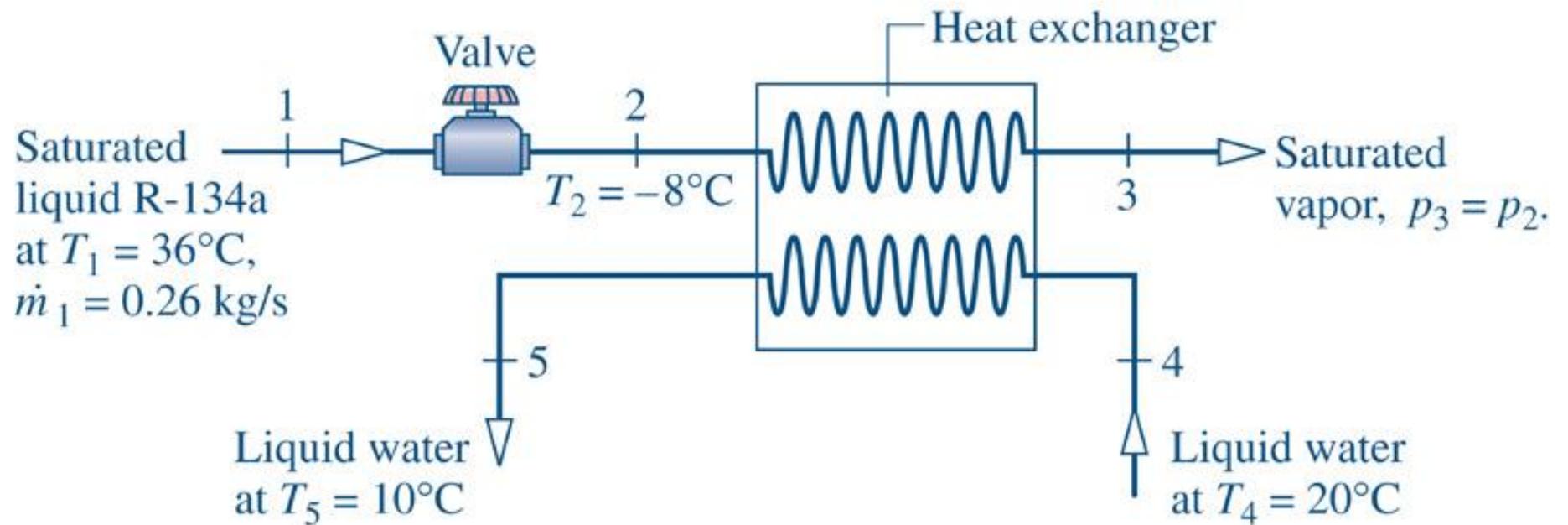


Fig04_P4

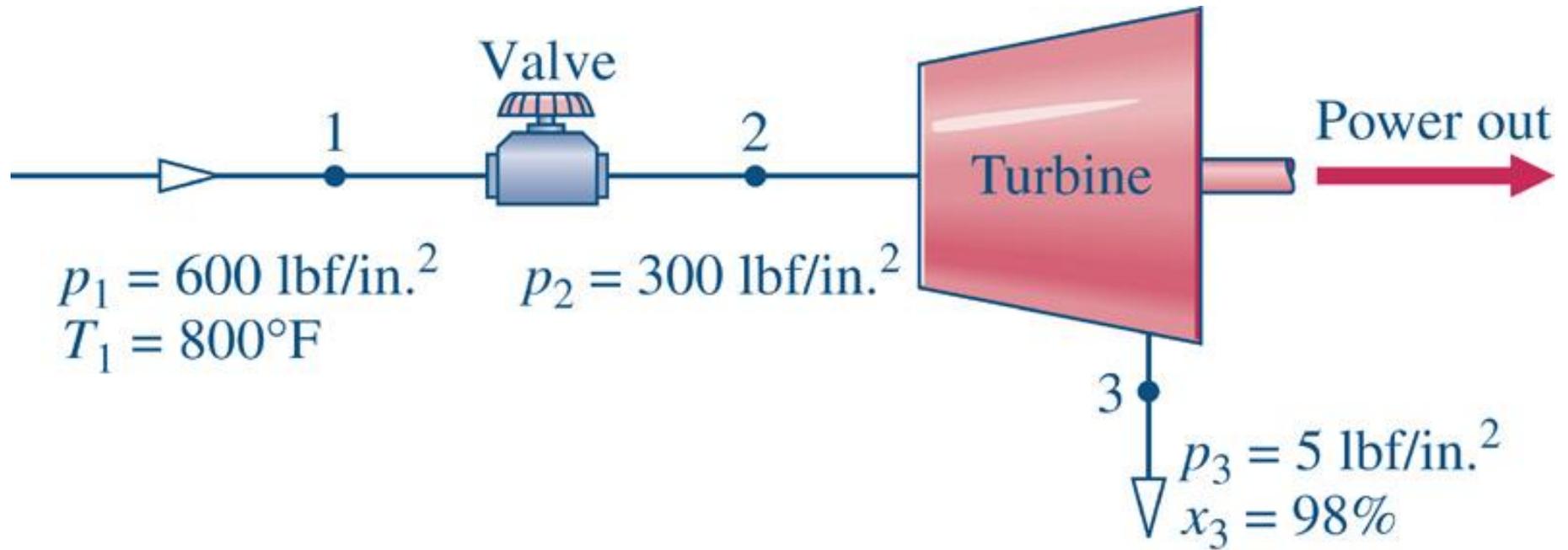


Fig04_P4

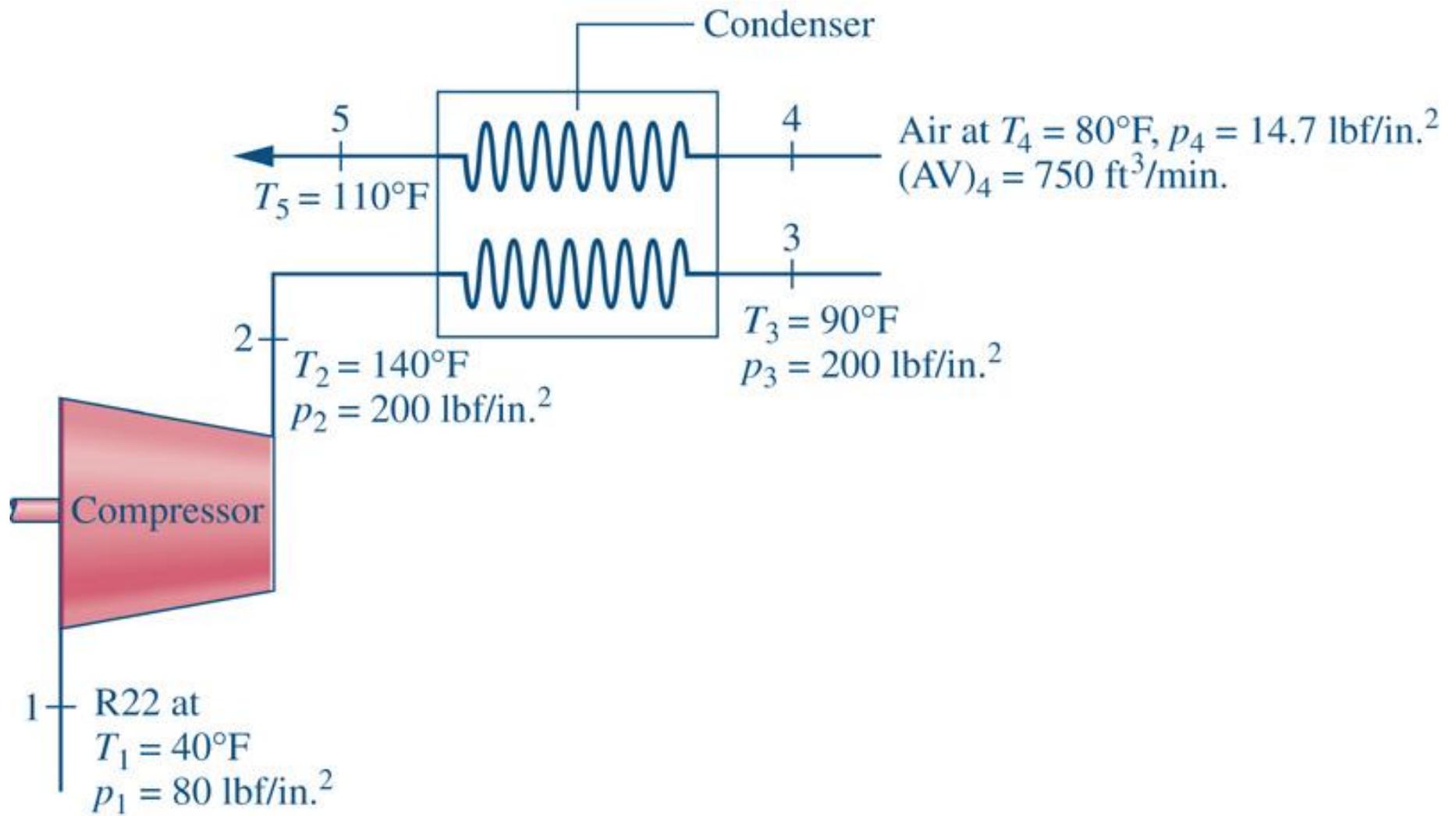


Fig04_P4

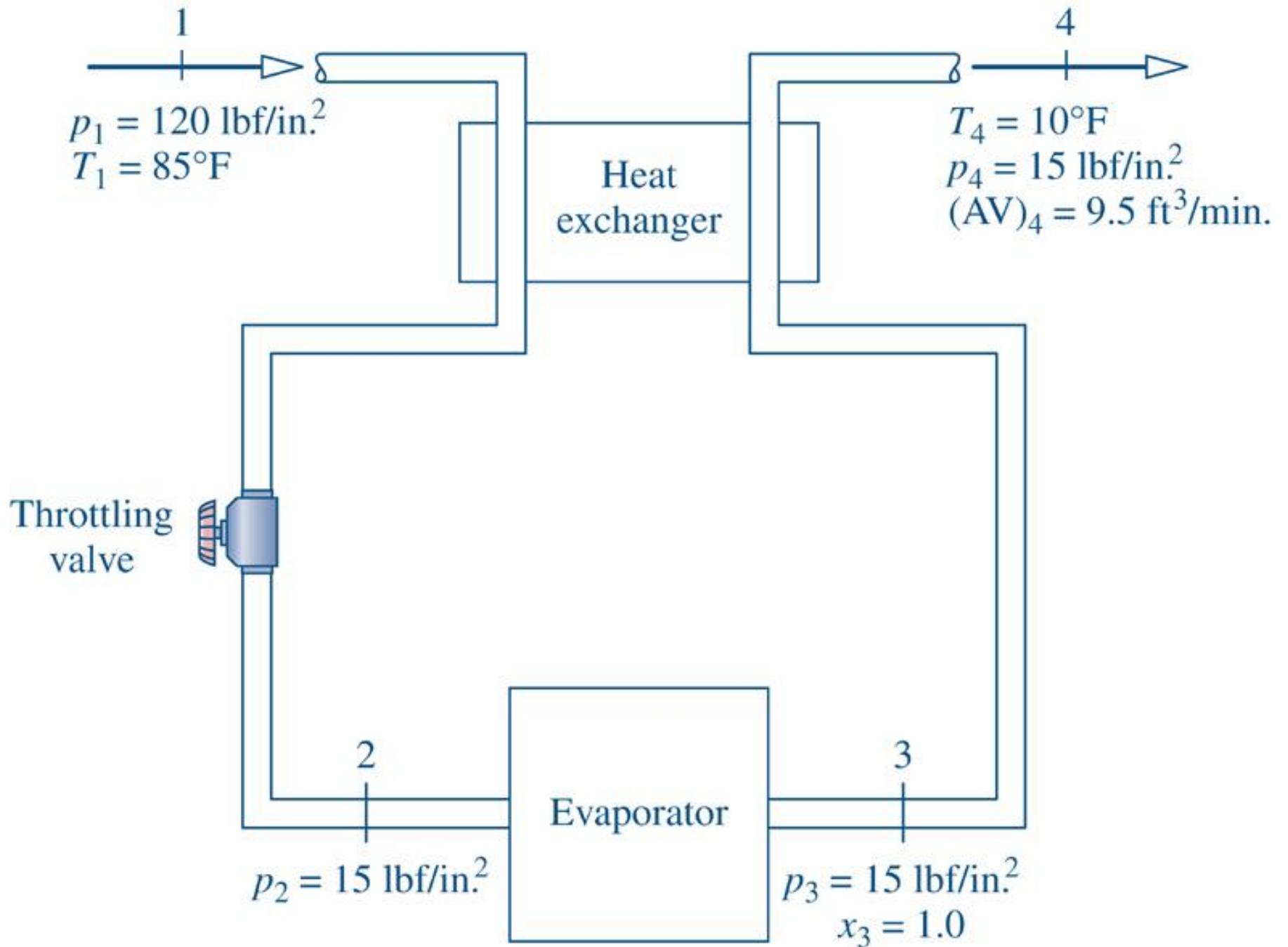


Fig04_P4

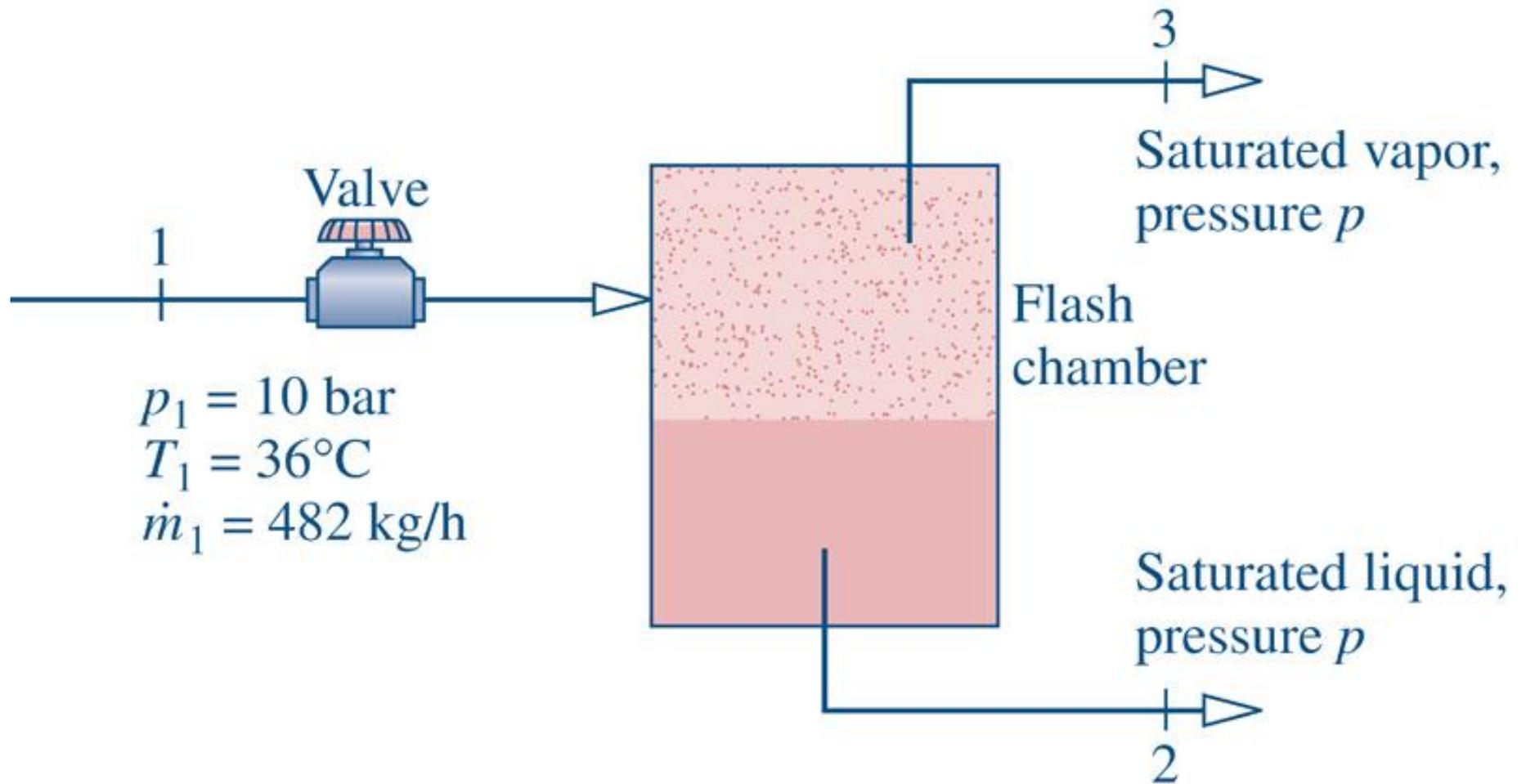


Fig04_P4

UnFig04_01_pg148