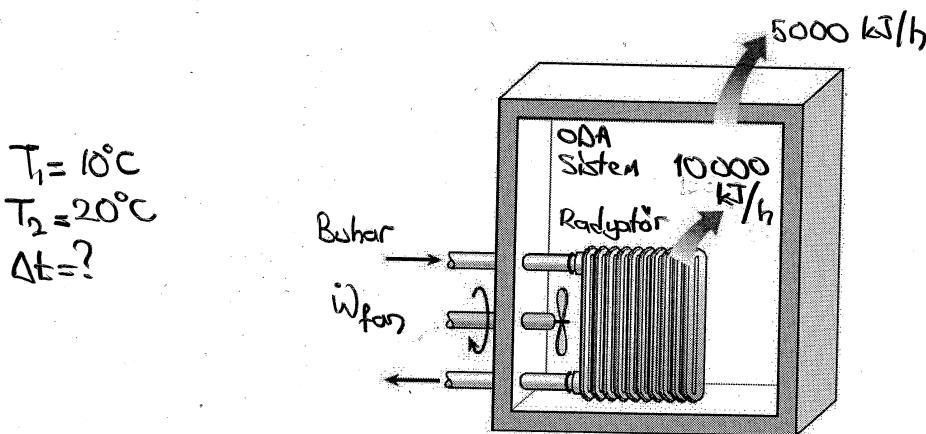


ÖRNEK: $4 \text{ m} \times 5 \text{ m} \times 7 \text{ m}$ boyutlarındaki bir oda, buharla ısıtma sağlayan bir radyatör ile ısıtılmaktadır. Buhar radyatörü ısıyı **10000 kJ/h** akım ile aktarmakta ve odadaki sıcak havayı dağıtmak için ise **100 W** gücünde bir fan kullanılmaktadır. Odadan çıkanısının (ısı kaybının) değeri **5000 kJ/h** olarak hesaplanmıştır. Oda havasının başlangıç sıcaklığı 10°C ise, hava sıcaklığının 20°C değerine çıkmasının ne kadar sürecekini [s] olarak belirleyiniz. (Oda sıcaklığında sabit özgül ısılarsayıını altında soruyu çözünüz).



Hava \rightarrow ideal gaz $\rightarrow R = 0,287 \text{ kJ/kgK}$ (Tablo A1)

Sistem \rightarrow Hava (Kapalı sistem)

Başlangıçta fan ve radyatör kapalıdır.

Sonra radyatöre giren ve radyatörden çıkan su buharına ait bilgi verilmemiş ama buharın odaya (sisteme) aktardığı ısı enerjisi değeri **10000 kJ/h** olarak verilmiştir. Yani sistem sınırlarını delen bir ısı girişsi söz konusudur.

Enerji dengesi:

$$E_{\text{giren}} - E_{\text{çıkan}} = \Delta E_{\text{sistem}} (\text{J})$$

↓ ↓ ↓
 Q_{\text{giren}} Q_{\text{çıkan}} \Delta U
 W_{\text{fan}}

$$Q_{\text{giren}} + W_{\text{fan}} - Q_{\text{çıkan}} = \Delta U$$

$$= m (U_2 - U_1) \leftarrow \text{Genel gösterim}$$

$$= m c_{v,\text{ort}} (T_2 - T_1) \leftarrow \text{Hava için yarılım ve}\newline \text{oda sıcaklığında sabit}\newline \text{özgül ısı enerji gösterim}$$

c_v değeri ortalaşa sıcaklıkta seçiliyorsa,
bu durumda "sabit özgül ısı" yaklaşımı denir.

$$T_{\text{ort}} = \frac{T_1 + T_2}{2} = (10 + 20)^\circ\text{C}/2 = 15^\circ\text{C} \xrightarrow{\substack{\text{İst} \\ (288,15\text{K}) \\ (\sim 300\text{K})}} c_{v,\text{ort}} = 0,718 \text{ kJ/kgK}$$

①

Sınam deleri enerjilerin birimleri W ve kJ/h olarak verilmiştir.

$$\dot{W}_{fan} = 100 \text{ W}$$

$$\dot{\Phi}_{giren} = 10000 \text{ kJ/h} = (10000 \frac{\text{kJ}}{\text{h}}) \cdot \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} \\ = 2,7 \text{ kW}$$

$$\dot{\Phi}_{fikon} = 5000 \text{ kJ/h} = (5000 \frac{\text{kJ}}{\text{h}}) \cdot \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} \\ = 1,38 \text{ kW}$$

$$\underbrace{(\dot{\Phi}_{giren} + \dot{W}_{fan} - \dot{\Phi}_{fikon})}_{\text{watt}} \Delta t = \underbrace{m c_{v,ort}}_{\text{sonİYE}} \underbrace{(T_2 - T_1)}_{\text{Joule}}$$
$$(W \cdot s \equiv J)$$

$$\text{Kütle hesabı: } P_i V_i = m R T_i$$

$$(100 \text{ kPa}) (4 \times 5 \times 7) \text{ m}^3 = m (0,287 \text{ kJ/kgK}) (10 + 273,15) \text{ K}$$

$$P_i = P_{atm} \stackrel{?}{=} 100 \text{ kPa}$$

olarak

$$\text{alınmıştır} \quad m = 172,4 \text{ kg}$$

$$(2,7 \text{ kW} + 0,1 \text{ kW} - 1,38 \text{ kW}) \Delta t = (172,4 \text{ kg}) (0,718 \text{ kJ/kgK}) (20 - 10) \text{ K}$$

$$\Delta t = \underline{831 \text{ s}} \quad (0,23 \text{ h})$$

ÖRNEK: Bir piston-silindir düzeneği, başlangıçta 100 kPa basınçta ve 25°C sıcaklığında 2.2 kg azot içermektedir. Azot politropik bir işlemle ($PV^{1.3} = \text{sabit}$), hacim yarıya inene kadar yavaşça sıkıştırılmaktadır. Bu işlem için yapılan işi ve ısı transferini [kJ] olarak belirleyiniz.

Piston-silindir düzeneği \rightarrow Sabit basınç işlemi

$$P_1 = 100 \text{ kPa}$$

$$T_1 = 25^\circ\text{C}$$

$$m = 2.2 \text{ kg}$$

Azot

$$\text{Politropik işlem} \rightarrow PV^{1.3} = C$$

$$V_2 = V_1/2$$

$$W = ?$$

$$\Phi = ?$$

Sıkıştırma işlemi

Enerji denklemi: $E_g - E_f = \Delta E_s \quad (\text{J})$

$$W_{\text{sinir}} - \Phi_f = \Delta U$$

\downarrow Sıkıştırma işlemi ısı transferini gerektirir.
İşlemde sınır ısı girişi olur.

$$W_{\text{sinir}} - \Phi_f = \Delta U$$

$$= m(u_2 - u_1) \leftarrow \text{Genel gösterim}$$

$= m c_v (T_2 - T_1) \leftarrow \text{ideal gaz ıqın tablo değerleri}$
yaklaşa sabit örgü'lü ısı yalıtlası-
mi altında bu eşitlik yarılır.

Sınırısı hesabı:

$$W_{\text{sinir},g} = \int_1^2 P dV = \frac{P_2 V_2 - P_1 V_1}{1-\eta} \quad \left. \begin{array}{l} \text{Bu sonuc daha önce} \\ \text{elde edilmiştir.} \end{array} \right\}$$

V_2 ve V_1 'in sayısal
değerleri belli değil.

$$\left. \begin{array}{l} PV = mRT \rightarrow P_2 V_2 = m R T_2 \\ P_1 V_1 = m R T_1 \end{array} \right\} T_1 \text{ ve } T_2 \text{ bolunabilir.}$$

$$P_2 V_2^{1.3} = P_1 V_1^{1.3} = C \rightarrow P_2 = P_1 \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{1.3} = P_1 \left(\frac{V_1}{V_1/2} \right)^{1.3} = P_1 (2)^{1.3}$$

$$P_2 = (100 \text{ kPa}) (2)^{1.3} = 246.23 \text{ kPa}$$

$$\frac{P_2 V_2}{P_1 V_1} = \frac{m R T_2}{m R T_1} \rightarrow P_2 V_2 T_1 = P_1 V_1 T_2$$

$$P_2 V_2 T_1 = P_1 (2V_2) T_2 \rightarrow P_2 T_1 = 2 P_1 T_2$$

①

$$P_2 T_1 = 2 P_1 T_2$$

$$(246,23 \text{ kPa})(25 + 273,15)K = (2)(100 \text{ kPa})T_2$$

$$T_2 = 367,07 \text{ K } (93,92^\circ\text{C})$$

$$\begin{aligned} W_{\text{sinir}} &= \frac{P_2 V_2 - P_1 V_1}{1-n} = \frac{m R (T_2 - T_1)}{1-n} \\ &= \frac{(2,2 \text{ kg})(0,2968 \text{ kJ/kgK})(93,92 - 25)K}{1-1,3} \\ &= -150 \text{ kJ} \end{aligned}$$

↓ Eksi isareti sıkıştırması göstermektedir.

$$W_{\text{sinir}} = 150 \text{ kJ } (\text{Giren sinir isi} + 150 \text{ kJ olur}).$$

$$W_{\text{sinir},q} - \Phi_q = m c_v (T_2 - T_1)$$

$$150 \text{ kJ} - \Phi_q = (2,2 \text{ kg})(0,744 \text{ kJ/kgK})(93,92 - 25)K$$

$$\Phi_q = \underline{\underline{37,2 \text{ kJ}}}$$

Not: R ve c_v değerleri Tablo A-2b'den N_2 (azot veya nitrojen) için alınmıştır.

Başlangıçta ortalamalı sıcaklık belli olmadığı için 350 K sıcaklığına $c_v = 0,744 \text{ kJ/kgK}$ olarak alınmıştır.

$$\begin{aligned} T_{\text{ort}} &= \frac{93,92 + 25}{2} = 59,46^\circ\text{C} \\ &= 332,61 \text{ K} \end{aligned}$$

Buftsı alınan 350 K ekgondur.

(2)

ÖRNEK: Yalıtımla bir tankta 20°C sıcaklıkta bulunan 1 ton suyu soğutmak için tankın içine -5°C sıcaklıkta **130 kg** kütlesinde buz konuluyor. Bu kapsamda tanktaki son denge sıcaklığını $[^{\circ}\text{C}]$ olarak belirleyiniz. (Buzun atmosfer basıncında erime sıcaklığı 0°C ve erime ısısı **333,7 kJ/kg** değerindedir).

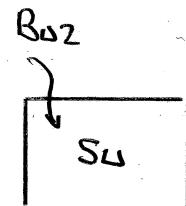
Tank \rightarrow Kapalı sistem, sabit hacim problemi

$$m_{\text{su}} = 1 \text{ ton}, T_{\text{su},1} = 20^{\circ}\text{C}$$

$$m_{\text{buz}} = 130 \text{ kg} \rightarrow T_{\text{buz},1} = -5^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Terime} = 0^{\circ}\text{C} \quad (1 \text{ atm} \text{ ıgın})$$

$$h_{\text{erime}} = 333,7 \text{ kJ/kg}$$



$$\begin{matrix} E_{\text{giren}} - E_{\text{çıkan}} = \Delta E_{\text{sistem}} & (\text{J}) \\ \downarrow & \downarrow \\ 0 & 0 & \downarrow \\ & & \Delta U \end{matrix} \quad (\text{Enerji dengesi})$$

Dikkat: Sınırda Q, W giriş/çıkışı yoktur.

$$\Delta U = 0 \text{ J} \quad (\text{Sistem } \underline{\text{su ve buzdaş}} \text{ olusmaktadır})$$

$$\Delta U = \Delta U_{\text{buz}} + \Delta U_{\text{su}} = 0 \text{ J}$$

$$\Delta U_{\text{buz}} = m_1 (T_{\text{erime}} - T_{\text{buz},1}) + m_1 h_{\text{erime}} + m_2 (T_{\text{buz},2} - T_{\text{erime}})$$

Buz katı ise, $C = C_p = C_v$

$$c_1 \neq c_2, m = m_{\text{buz}}$$

$$0^{\circ}\text{C} \text{ ıgın } c_1 = 2,11 \text{ kJ/kg K}$$

300K ıgın $c_2 = 4,18 \text{ kJ/kg K}$ ($T_{\text{buz},2}$ belli değil $c_2, 300\text{K}$ oda sıcaklığında alınmıştır).

$$\Delta U_{\text{su}} = m C (T_{\text{buz},2} - T_{\text{su},1})$$

$$m = m_{\text{su}}$$

$$c = 4,18 \text{ kJ/kg K} \quad (300\text{K} \text{ ıgın})$$

$T_{\text{buz},2}$: Karşılmış son sıcaklığıdır.

①

Dikkat: 20°C 'deki su (sıkıştırılmış su), $T_{\text{boz},2}$ sıcaklığına soğuyacaktır.

-5°C 'deki buz 0°C sıcaklığı kadar ısı kaybedecek ve 0°C 'de (Latm basıncı) ermeye (for deşifre) başlayacak ve erime bittiğinde 0°C 'den $T_{\text{boz},2}$ sıcaklığına gelecektir.

$$\begin{aligned}\Delta U_{\text{boz}} &= (130 \text{ kg}) (2,11 \text{ kJ/kgK}) (0+5) \text{ K} + (130 \text{ kg}) (333,7 \text{ kJ/kg}) \\ &\quad + (130 \text{ kg}) (4,18 \text{ kJ/kgK}) (T_{\text{boz},2}-0) \text{ K} \\ &= 1371,5 \text{ kJ} + 43381 \text{ kJ} + (543,4 \text{ kJ/K}) (T_{\text{boz},2}-0) \text{ K} \\ &= 44752,5 + (543,4 \text{ kJ/K}) (T_{\text{boz},2}-0) \text{ K}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta U_{\text{so}} &= (1000 \text{ kg}) (4,18 \text{ kJ/kgK}) (T_{\text{boz},2}-20) \text{ K} \\ &= 4180 \text{ kJ/K} (T_{\text{boz},2}-20) \text{ K}\end{aligned}$$

$$\Delta U_{\text{boz}} + \Delta U_{\text{so}} = 0 \text{ J}$$

$$44752,5 + (543,4 \text{ kJ/K}) (T_{\text{boz},2}-0) \text{ K} = -4180 \text{ kJ/K} (T_{\text{boz},2}-20) \text{ K}$$

$$T_{\text{boz},2} = \underline{\underline{8,22^{\circ}\text{C}}}$$

Sistemin ıslasacağı son sıcaklık $8,22^{\circ}\text{C}$ olacaktır.

$$\frac{0+8,22}{2} = 4,11^{\circ}\text{C} \quad \frac{20+8,22}{2} = 14,11^{\circ}\text{C}$$

$$277,26 \text{ K} \quad 287,26 \text{ K}$$

300 K sıcaklığında sefidesi
değerleri uygundur.

YARARLANILAN KAYNAKLAR:

“Thermodynamics: An Engineering Approach”, 9th Edition, Yunus A. Cengel, Michael A. Boles, Mehmet Kanoglu, McGraw-Hill Education, 2019.

“Termodinamiğin Temelleri”, SI Basım, Claus Borgnakke, Richard E. Sonntag, Sekizinci Baskıdan Çeviri, (Hüseyin Günerhan, çeviri editörü yardımcıları arasında yer almaktadır), Palme Yayıncılık, 2018, Ankara.

“Principles of Engineering Thermodynamics”, SI Edition, John R. Reisel, Cengage Learning, 2016.

“Termodinamik-Mühendislik Yaklaşımıyla”, Yedinci Baskıdan Çeviri, (Hüseyin Günerhan, editör yardımcıları arasında yer almaktadır), Yunus A. Cengel, Michael A. Boles, Palme Yayıncılık, 2015.

“Engineering Thermodynamics”, 8th Edition, Michael J. Moran, Howard N. Shapiro, John Wiley, 2014.

<https://www.huseyingunerhan.com/termo1/termo1.html> sayfasında verilen “Termodinamik I” dersine ait tüm ders notlarının bazı bölümleri yukarıda verilen kitaplardan ve/veya ilgili sunumlarından yararlanılarak veya ilham alınarak hazırlanmıştır.

“Termodinamik I” derslerine ait bilgi notları; Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü Termodinamik Anabilim Dalı Başkanı Prof. Dr. Hüseyin GÜNERHAN tarafından çeşitli kaynaklardan da yararlanılarak ve emek ve zaman harcanarak hazırlanmış özgün bir eserdir. İzin alınmadan çoğaltıması ve kullanılması telif hakları gereği yasaktır.

(Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu, Kanun Numarası: 5846, Kabul Tarihi: 5/12/1951, Yayımlandığı Resmi Gazete: 13/12/1951 Sayı: 7981, Yayımlandığı Düstur: Tertip 3 Cilt 33 Sayfa 49).