FIGURE 1–1

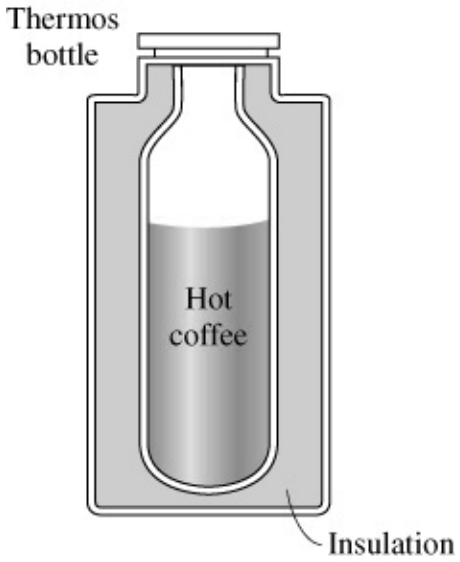
CHAPTER 1 BASIC OF HEAT TRANSFER

1

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display

FIGURE 1–1

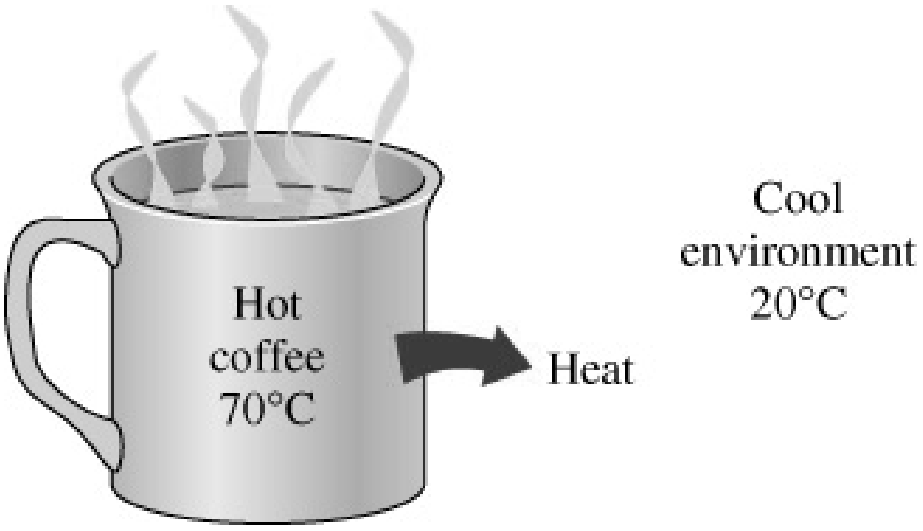
THERMODYNAMICS AND HEAT TRANSFER



2

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display

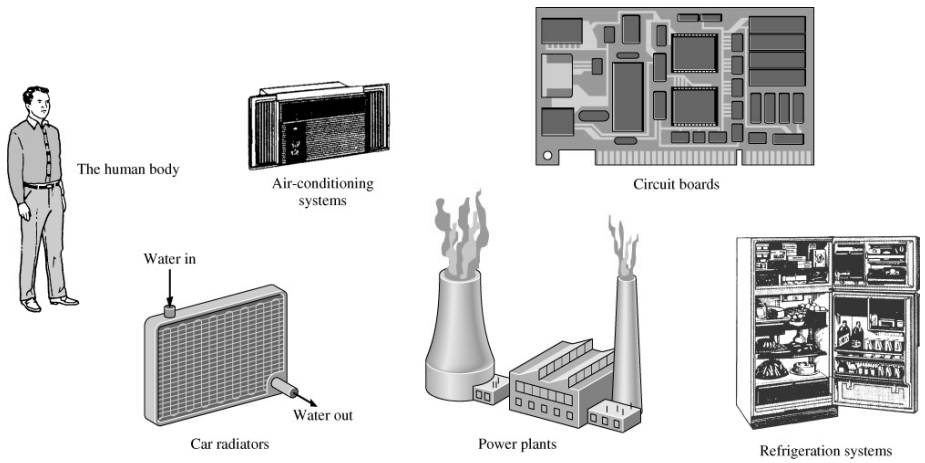
FIGURE 1-2



3

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display

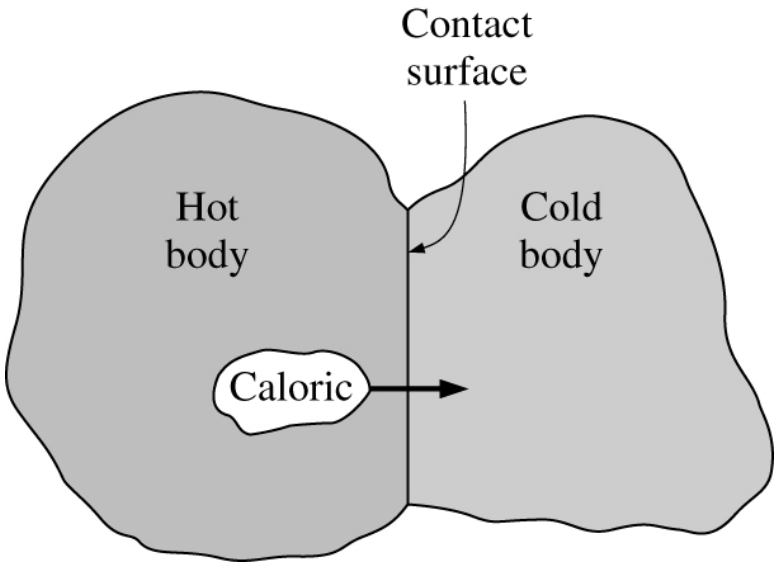
FIGURE 1-3 **Application Areas of Heat Transfer**



4

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display

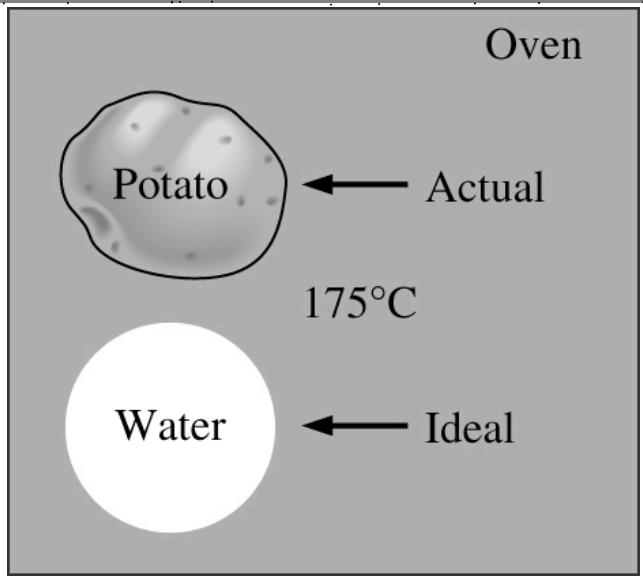
FIGURE 1-4 History Background



5

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display

FIGURE 1-5 ENGINEERING HEAT TRANSFER

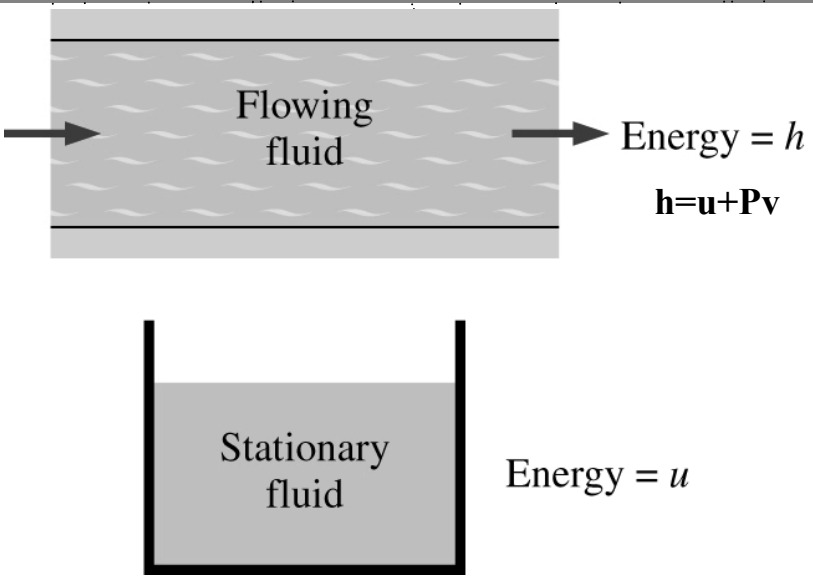


Modeling in Heat Transfer

6

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display

FIGURE 1-6 HEAT AND OTHER FORM OF ENERGY



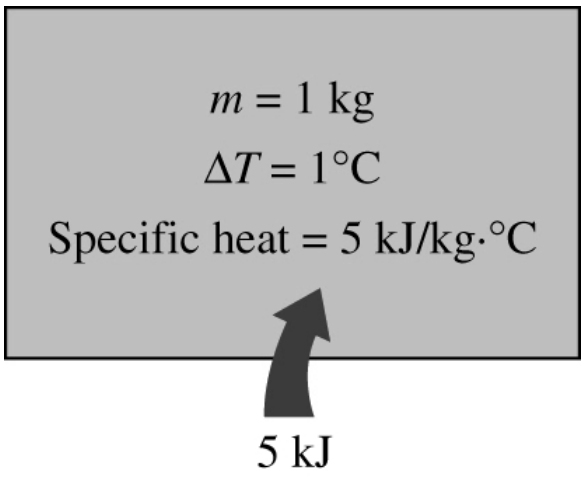
7

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display

FIGURE 1-7 Specific Heats of Gases, Liquids, and Solids

Pv =RT

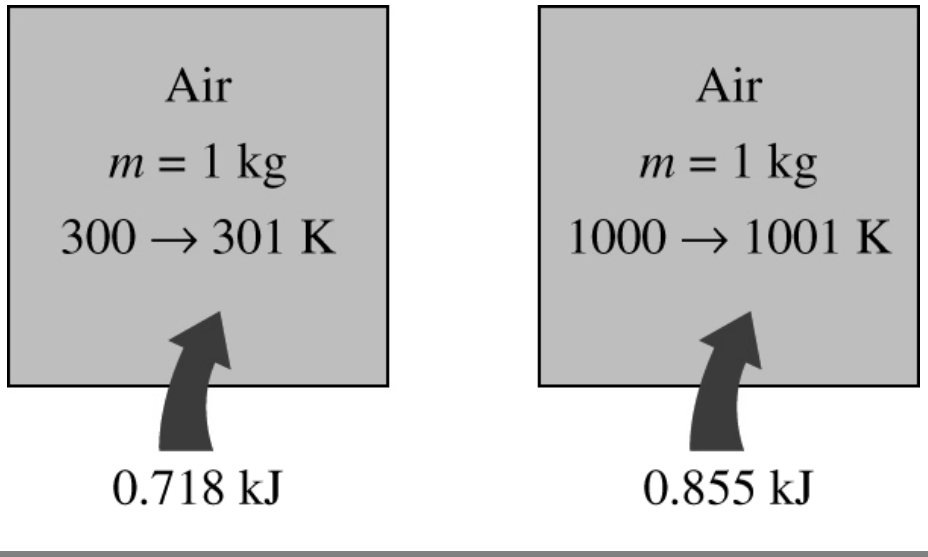
P = ρ RT



8

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display

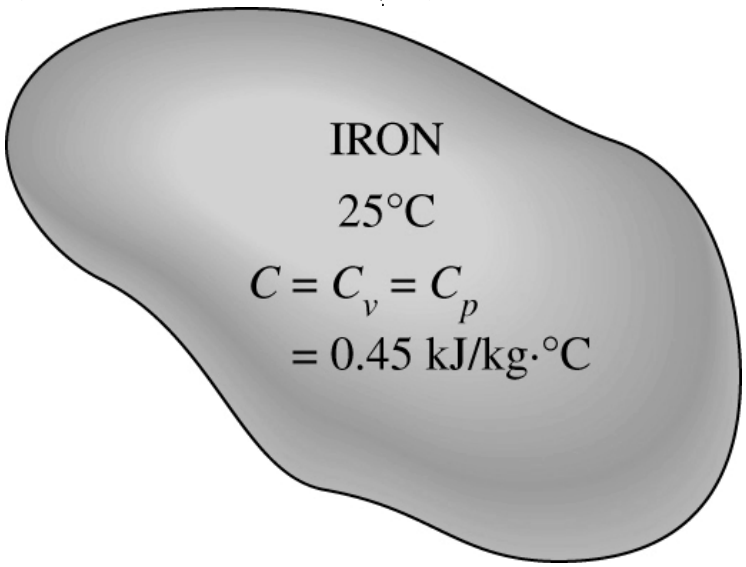
FIGURE 1-8



9

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display

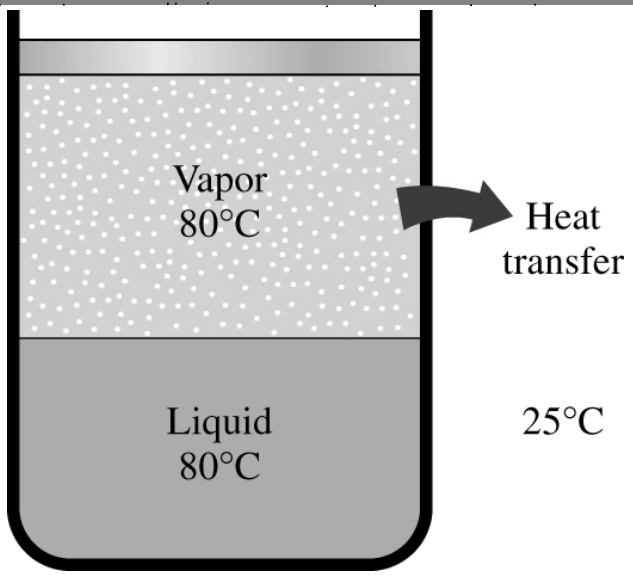
FIGURE 1-9



10

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display

FIGURE 1-10 ENERGY TRANSFER



11

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display

ENERGY TRANSFER

Heat Transfer Rate $\dot{Q}$

$$Q = \int_0^{\Delta t} \dot{Q} dt$$

$$Q = \dot{Q}\,\Delta t$$

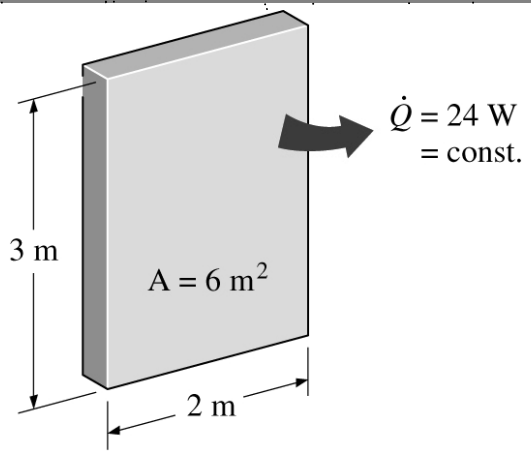
Heat Flux $\dot{q}$

$$\dot{q} = \frac{\dot{Q}}{A}$$

12

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display

FIGURE 1-11

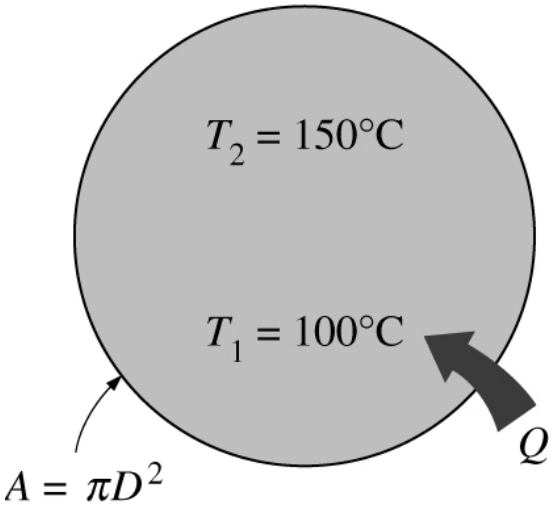


$$\dot{q} = \frac{\dot{Q}}{A} = \frac{24\ \text{W}}{6\ \text{m}^2} = 4\ \text{W/m}^2$$

13

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display

FIGURE 1-12 **EX#1 Heating of a Copper Ball**



14

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display

EX#1-Heating of a Copper Ball

วิธีทำ ลูกบอลทองแดงถูกอุ่นให้ร้อนจาก 100 °C เป็น 150°C ให้หาค่าผลรวมของการแลกเปลี่ยนความร้อนทั้งหมดในลูกบอลทองแดง หาอัตราการถ่ายความร้อนของลูกบอลทองแดง และ หาค่าเฉลี่ยฟลักซ์ความร้อน

สมมติฐาน คุณสมบัติของลูกบอลทองแดงที่ช่วงอุณหภูมิเฉลี่ยดังกล่าวคงที่

คุณสมบัติ ค่าเฉลี่ยความหนาแน่น และค่าความจุความร้อนจำเพาะที่ให้มาคือ

$\rho = 8950\ kg/m^3$ และ $C_p = 0.395\ kJ/kg.\ ^\circ C$ตามลำดับ

วิเคราะห์ 1. หาค่าการแลกเปลี่ยนความร้อนที่เกิดขึ้นในลูกบอลทองแดงอย่างง่าย ๆ คือ เป็นการเปลี่ยนแปลงพลังงานภายใน

พลังงานที่แลกเปลี่ยนในกับระบบ = พลังงานที่เพิ่มขึ้นในระบบ

$$Q = \Delta U = m\, C_{ave} (T_2 - T_1)$$

15

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display

EX#1 Heating of a Copper Ball

$$m = \rho v = \frac{\pi}{6} \rho D^3 = \frac{\pi}{6} (8950 kg/m^3)(0.1m)^3 = 4.69 kg$$

$$Q = (4.69kg)(0.395kJ/kg°C)(150 - 100)\ °C = 92.6\ kJ$$

2. อัตราการถ่ายเทความร้อนที่เปลี่ยนแปลงในกระบวนการกับเวลา

เราสามารถหา ค่าเฉลี่ยของอัตราการการถ่ายเทความร้อนได้ โดยการนำค่าการแลกเปลี่ยนความร้อนมาหารด้วยผลค่าของเวลา ดังนั้น

$$\dot{Q} = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{92.6kJ}{1800s} = 0.0514 kJ/s = 51.4 W$$

16

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display

EX#1 Heating of a Copper Ball

3. ฟลักซ์ความร้อน

หาได้จาก การถ่ายเทความร้อนต่อพื้นที่ หรือ อัตราการแลกเปลี่ยนความร้อนต่อพื้นที่
ค่าเฉลี่ยฟลักซ์ความร้อนของปัญหานี้คือ

$$q = \frac{Q_{ave}}{A} = \frac{Q_{ave}}{\pi D^2} = \frac{51.4W}{\pi(0.1m)^2} = 1636W/m^2$$

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display

THE FIRST LAW OF THERMODYNAMICS

$$E_{in} - E_{out} = \Delta E_{system}$$

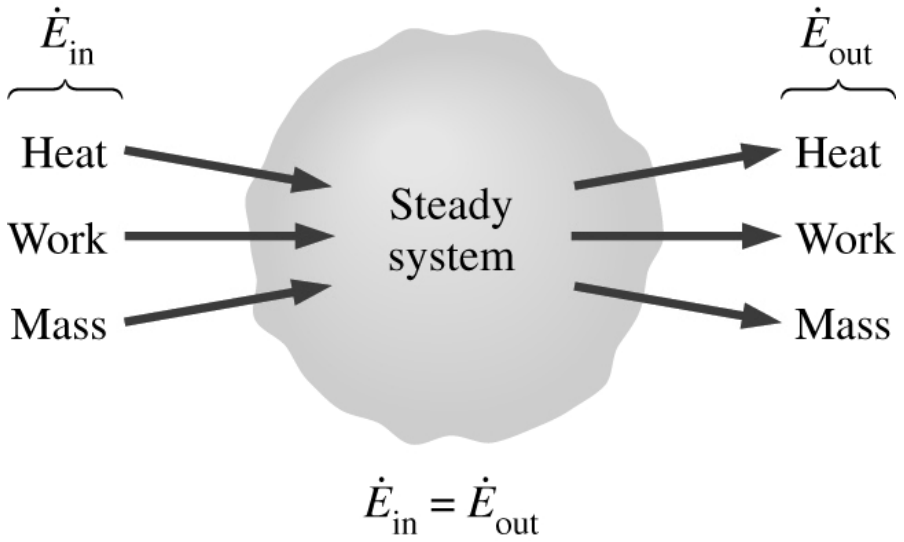
$$E_{in} - E_{out} = dE_{system}/dt$$

$$E_{in} - E_{out} + E_{gen} = \Delta E_{system}$$

E_{gen} = Energy Generation; Chemical, Electrical, Nuclear

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display

FIGURE 1-13 THE FIRST LAW OF THERMODYNAMICS



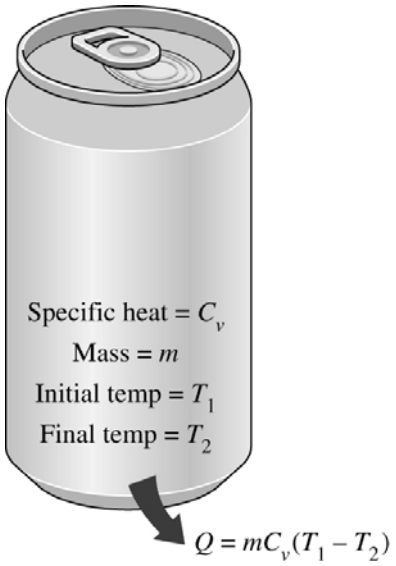
19

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display

FIGURE 1-14 Energy Balance for Closed System (Fixed Mass)

$E_{in} - E_{out} = \Delta U = mC_v\Delta T$

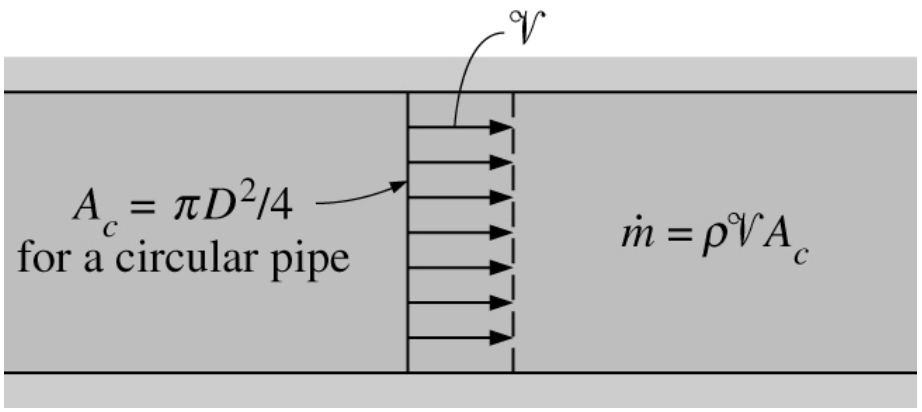
$Q = \Delta U = mC_v\Delta T$ (No work)



20

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display

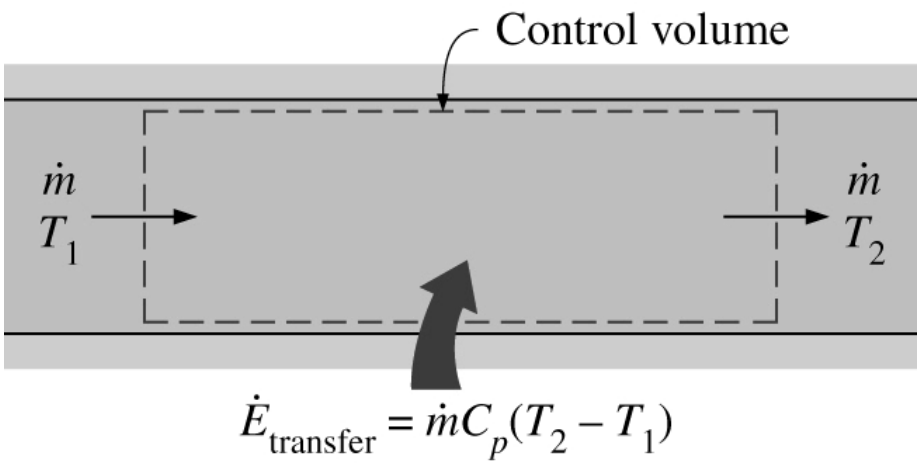
FIGURE 1-15 Energy Balance for Steady-Flow System



21

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display

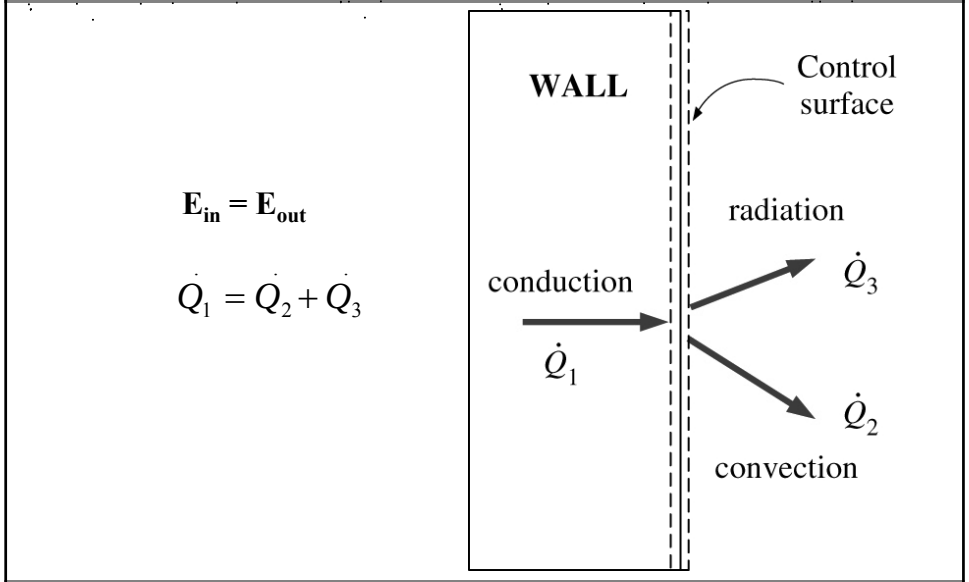
FIGURE 1-16



22

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display

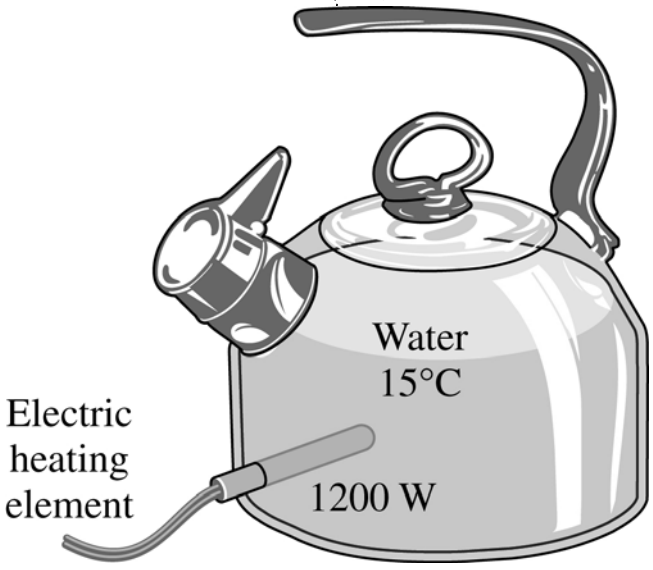
FIGURE 1-17 Surface Energy Balance



23

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display

FIGURE 1-18 EX#1-2 Heating of Water in Electric Teapot



24

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display

FIGURE 1-18 EX#1-2 Heating of Water in Electric Teapot

วิธีหาคำตอบ น้ำถูกต้มให้ร้อนในหม้อต้มไฟฟ้า หาเวลาที่ทำให้น้ำถูกทำให้ร้อนขึ้น

สมมติฐาน 1. ไม่คิดความร้อนที่สูญเสีย จากหม้อต้มน้ำ
2. คุณสมบัติของน้ำและหม้อต้มน้ำนั้นคงที่

คุณสมบัติ ค่าความร้อนจำเพาะของหม้อต้มน้ำและน้ำคือ 0.7 kJ/kg°C 4.18 kJ/kg°C ตามลำดับ

การวิเคราะห์ เรา มีน้ำที่อยู่ในหม้อต้มน้ำไฟฟ้า ซึ่งอยู่ในระบบปิด สมดุลพลังงานในปัญหานี้ สามารถเขียนได้โดย

$$E_{in} - E_{out} = \Delta E_{sys}$$
$$E_{in} = \Delta U = \Delta U_{water} + \Delta U_{teapot}$$

ซึ่งพลังงานที่ต้องให้แก่ระบบเพื่อทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นจาก 15°C ไป 95 °C คือ

$$E_{in} = (mC\Delta T)_{water} + (mC\Delta T)_{teapot}$$
$$= (1.2kg)(4.18\ kJ/kg°C)(95 - 15)\ °C + (0.5kg)(0.7\ kJ/kg°C(95\text{-}15)\ °C$$
$$= 429.3\ kJ$$

25

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display

FIGURE 1-18 EX#1-2 Heating of Water in Electric Teapot

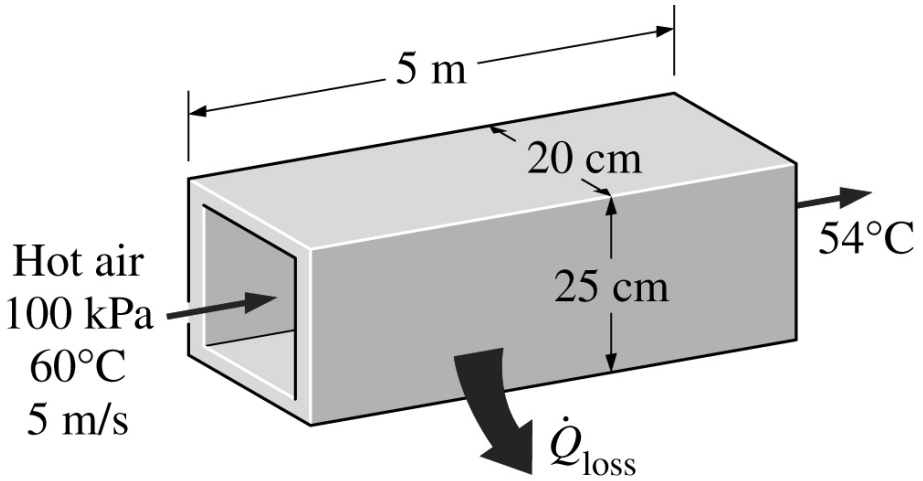
โดยที่ 1200 W จากความร้อนที่ได้จากไฟฟ้า แปลงได้เป็น 1.2W หรือ 1.2 kJ ต่อวินาที ดังนั้นเวลาที่ต้องการอุ่นน้ำให้ร้อนถึงพลังงานที่ 429.3 kJ หาได้จาก

$$\Delta t = Ein / Etranfer = 429.3kJ / 1.2\ kJ/s = 358\ s = 6\ นาที$$

26

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display

FIGURE 1-19 EX#1-3 Heat Loss from Heating Duct in a Basement



27

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display

FIGURE 1-19 EX#1-3 Heat Loss from Heating Duct in a Basement

วิธีทำ อุณหภูมิของอากาศในท่อที่ร้อนของบ้าน ลดลงผลทำให้เกิดความร้อนสูญเสียเกิดขึ้น หาอัตราการสูญเสียความร้อนของอากาศที่ร้อนและมูลค่า

สมมุติฐาน 1. เป็นระบบอยู่ในสภาวะคงตัว 2. อากาศสมมติให้เป็นแก๊สในอุดมคติ

คุณสมบัติ ค่าความจุความร้อนจำเพาะที่ความดันคงที่ คือ

(54 + 60)/2 = 57 °C คือ 1.007 kJ/kg°C(จากตารางที่ A-15)

การวิเคราะห์ อัตราการสูญเสียความร้อนที่เกิดขึ้น จากอากาศในท่อ สามารถหาได้จาก

$$Q = mC_p\Delta T$$

ρ = P/ RT = 100 kPa / (0.287 kPa . m^3/kg.K)(60+273)K = 1.046 kg/m^3

พื้นที่ตัดขวางคือ

A_c = (0.2 m)(0.25m)= 0.05 m^2

อัตราการไหลเชิงมวลที่ผ่านท่อ

$\dot{m}$ = $\rho V A_c$ = (1.046 kg/m^3)(5 m/s)(0.05m^2) = 0.2615 kg/s

28

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display

FIGURE 1-19 EX#1-3 Heat Loss from Heating Duct in a Basement

$$\dot{Q} = \dot{m} C_p \Delta T$$

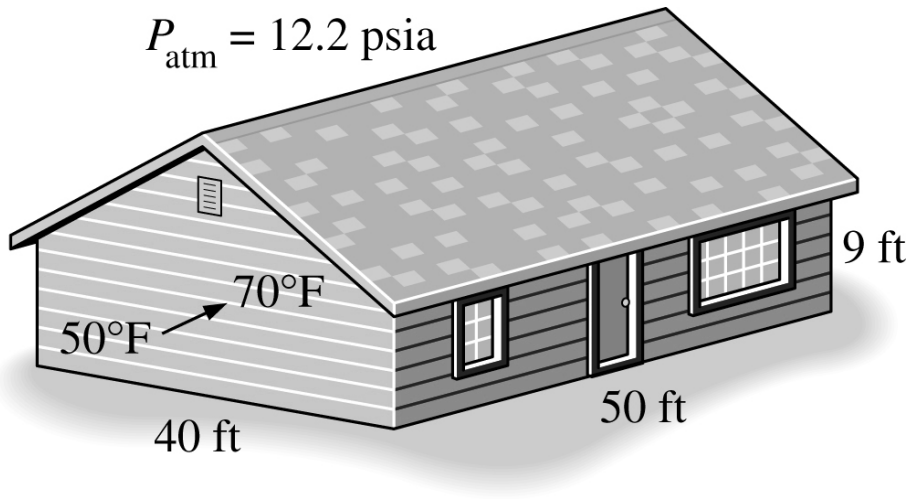
$$\dot{Q}_{loss} = \dot{m} C_p (T_{in} - T_{out})$$

= (0.2615 kg/s)(1.007 kJ/kg°C)(60-54) °C
= 1.580 kJ/s

29

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display

FIGURE 1-20 EX#1-4 Electric Heating of a House at High Elevation



30

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display

FIGURE 1-21 **HEAT TRANSFER MECHANISM**

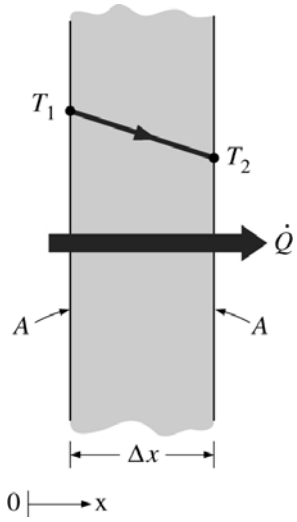
- **CONDUCTION**
- **CONVECTION**
- **RADIATION**

31

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display

FIGURE 1-21 **HEAT TRANSFER MECHANISMS: CONDUCTION**

อัตราการถ่ายเทความร้อนของการนำ α (พื้นที่)(อุณหภูมิที่แตกต่าง) / (ความหนา)



$$Q_{cond} = kA\frac{T_1 - T_2}{\Delta x} = -kA\frac{\Delta T}{\Delta x}$$

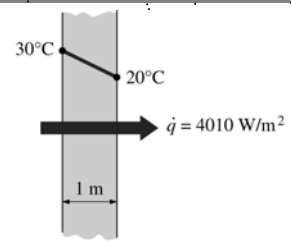
$$Q_{cond} = -kA\frac{\Delta T}{\Delta x}\bigg|_{\Delta x \to 0} = -kA\frac{dT}{dx}$$

Fourier's Law of Heat Conduction

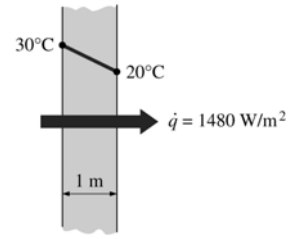
32

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display

FIGURE 1-22 Heat Conduction Through a Solid Wall



(*a*) Copper (k = 401 W/m·°C)



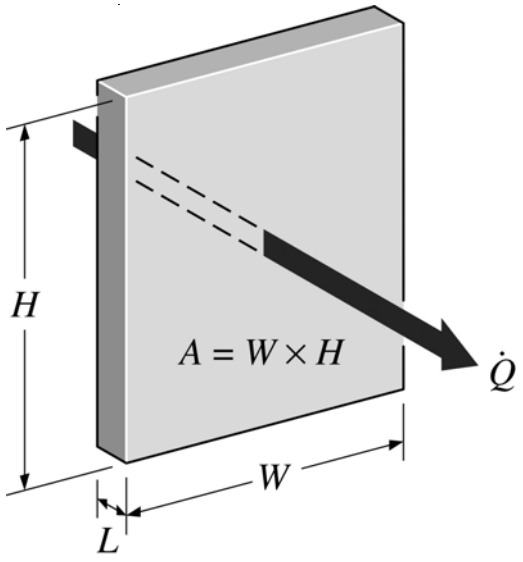
(*b*) Silicon (k = 148 W/m·°C)

$$\dot{Q} \alpha .. k$$

33

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display

FIGURE 1-23

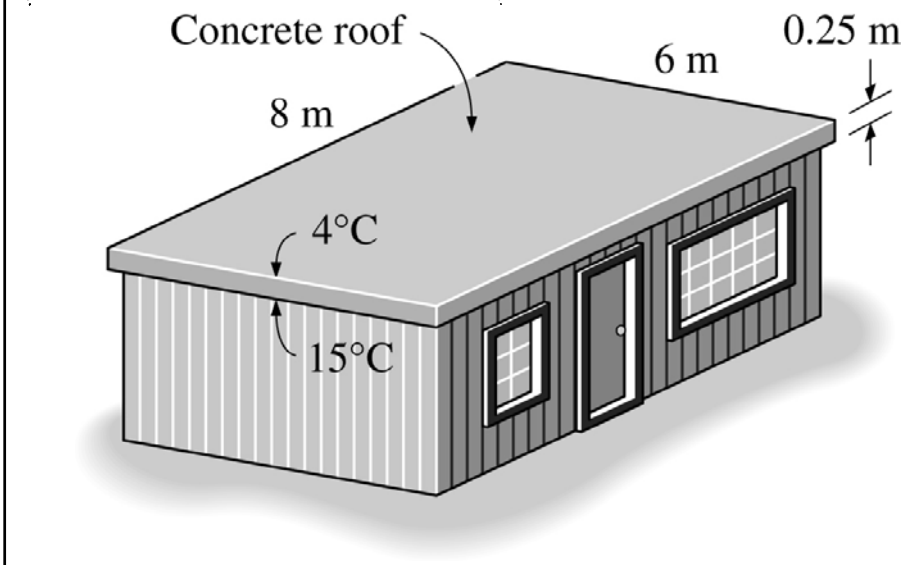


The heat transfer area (A) is always normal to the direction of heat transfer

34

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display

FIGURE 1-24 **EX#1-5 The Cost of Heat Loss through a Roof**



35

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display

FIGURE 1-24 **EX#1-5 The Cost of Heat Loss through a Roof**

วิธีทำ พื้นที่ผิวด้านนอกและด้านในของหลังคาที่ทำจากคอนกรีตแบน จะคอยรักษาอุณหภูมิไว้ตามที่กำหนด หาค่าความร้อนที่สูญเสียออกจากหลังคาและมูลค่าของความร้อนที่สูญเสียไป

สมมติฐาน 1. เป็นระบบที่สภาวะคงตัวตลอดคืนโดยอุณหภูมิที่ผิวของหลังคานั้นเป็นค่าคงที่

2. คุณสมบัติคงที่สำหรับหลังคา

คุณสมบัติ k ของระบบคือ 0.8 W/m.°C

การวิเคราะห์

1 . ความร้อนที่ถูกถ่ายเทไปผ่านหลังคาโดยการนำความร้อนและพื้นที่ หลังคาคือ 6 เมตร x 8เมตร= 48 m2 อัตราการถ่านเทความร้อนในสภาวะคงตัวหาได้จาก

$\dot{Q}$ = [kA(T_1-T_2)] / L = [(0.8 W/m.°C)(48m^2)(15-4) °C] / (0.25m)= 1690W = 1.69kW

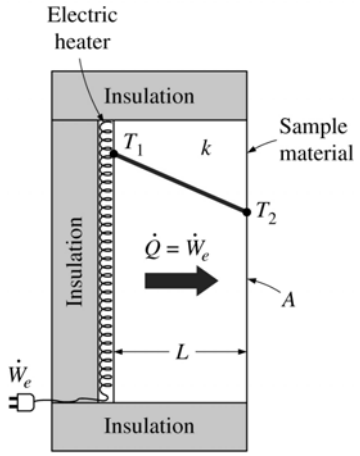
2. ค่าของความร้อนที่สูญเสียผ่านหลังคาในระยะเวลา 10 ชั่วโมง

$Q = \dot{Q}\Delta t$ = (1.69kW)(10h) = 16.9kWh

36

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display

FIGURE 1-25 **Thermal Conductivity**

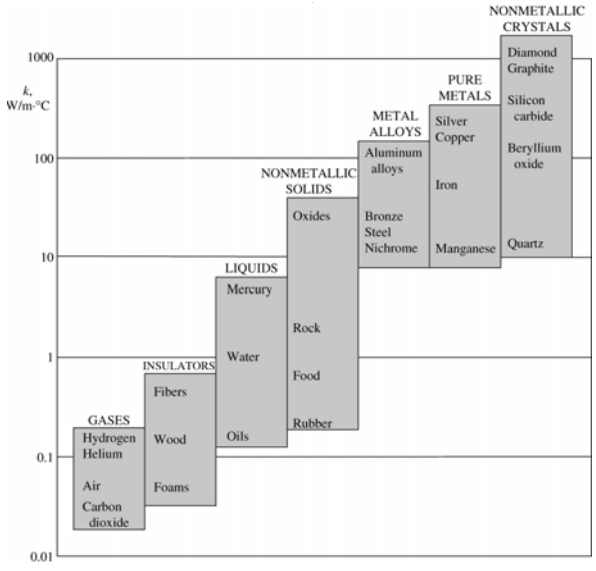


$$k = \frac{L}{A(T_1 - T_2)}\dot{Q}$$

37

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display

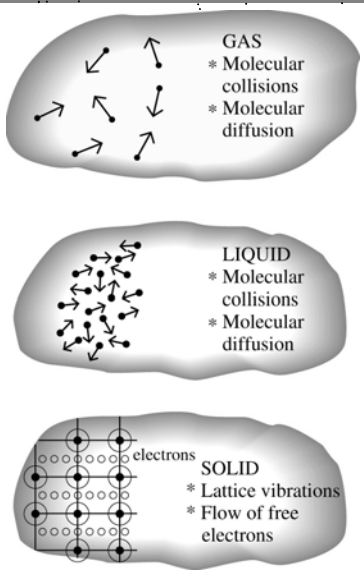
FIGURE 1-26



38

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display

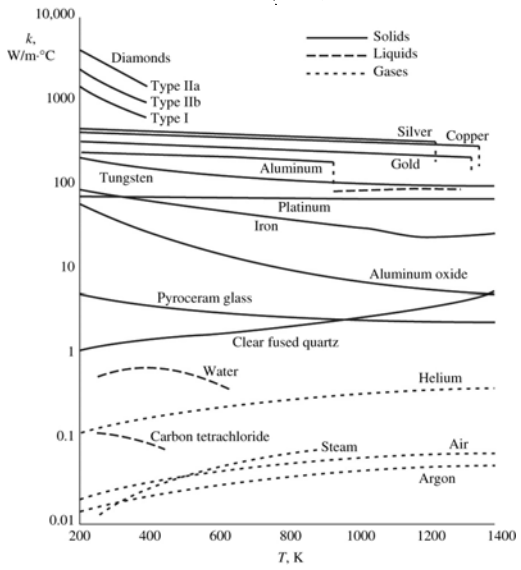
FIGURE 1-27



39

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display

FIGURE 1-28



40

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display

Thermal Diffusivity

$$\alpha = \frac{k}{\rho C_p} \quad \text{m}^2/\text{s}$$

TABLE 1–4

The thermal diffusivities of some materials at room temperature

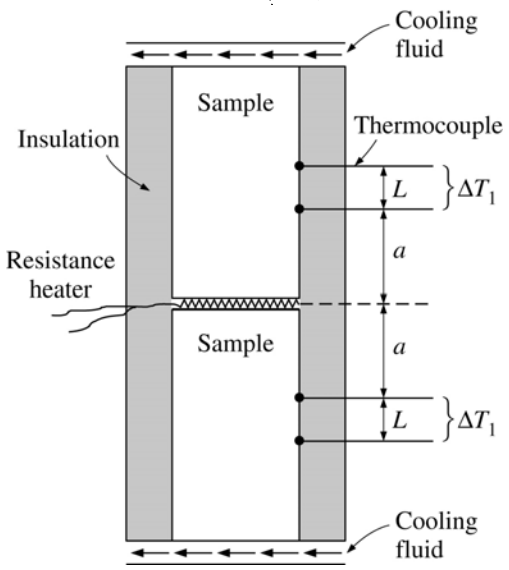
Material	α, m²/s*
Silver	149×10^{-6}
Gold	127×10^{-6}
Copper	113×10^{-6}
Aluminum	97.5×10^{-6}
Iron	22.8×10^{-6}
Mercury (l)	4.7×10^{-6}
Marble	1.2×10^{-6}
Ice	1.2×10^{-6}
Concrete	0.75×10^{-6}
Brick	0.52×10^{-6}
Heavy soil (dry)	0.52×10^{-6}
Glass	0.34×10^{-6}
Glass wool	0.23×10^{-6}
Water (l)	0.14×10^{-6}
Beef	0.14×10^{-6}
Wood (oak)	0.13×10^{-6}

*Multiply by 10.76 to convert to ft²/s.

41

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display

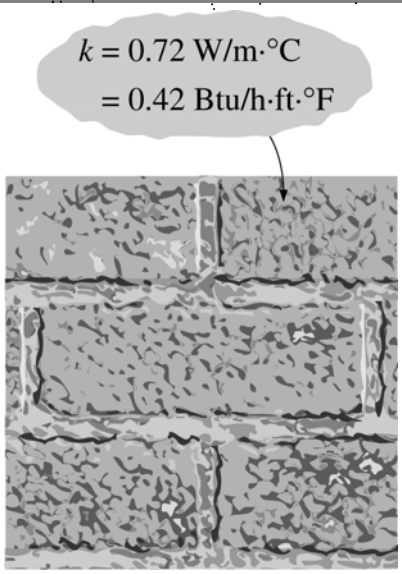
FIGURE 1-29



42

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display

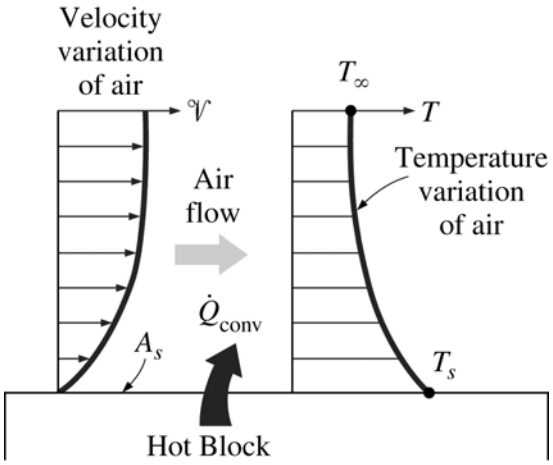
FIGURE 1-30



43

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display

FIGURE 1-31 HEAT TRANSFER MECHANISMS: CONVECTION

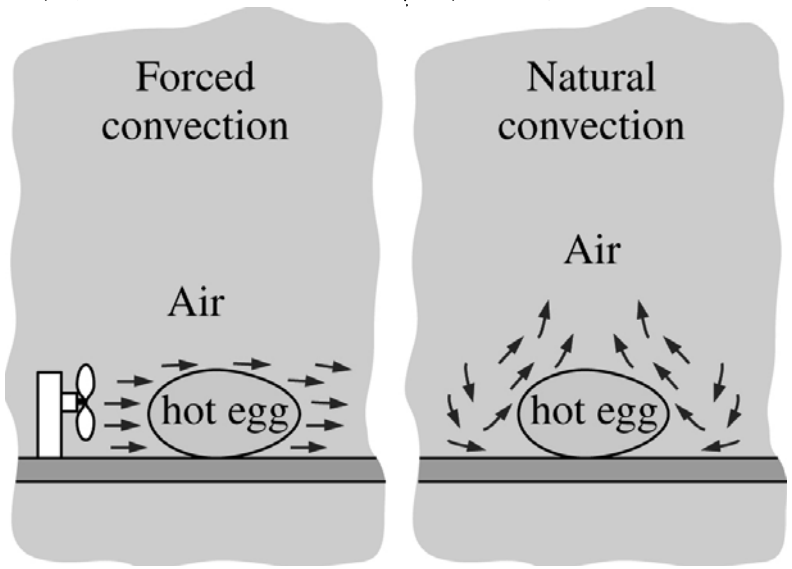


$$\dot{Q}_{conv} = hA_s(T_s - T_\infty)$$

44

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display

FIGURE 1-32



45

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display

HEAT TRANSFER MECHANISMS: CONVECTION

TABLE 1–5

Typical values of convection heat transfer coefficient

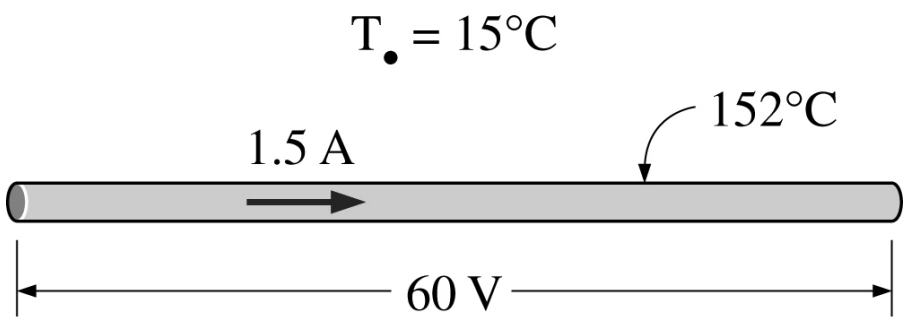
Type of convection	h, W/m^2 · °C*
Free convection of gases	2–25
Free convection of liquids	10–1000
Forced convection of gases	25–250
Forced convection of liquids	50–20,000
Boiling and condensation	2500–100,000

*Multiply by 0.176 to convert to Btu/h · ft^2 · °F.

46

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display

FIGURE 1-33 EX#1-8 Measuring Convection Heat Transfer Coefficient



47

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display

EX#1-8 Measuring Convection Heat Transfer Coefficient

วิธีทำ ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนสำหรับการถ่ายเทความร้อนจากสายไฟที่ร้อนไปยังอา
คำนวณได้จากการวัดอุณหภูมิที่สภาวะการทำงานคงที่ และกำลังไฟฟ้าที่ใช้ทั้งหมด

สมมุติฐาน

1 ในสภาวะการทำงานคงที่ ซึ่งอุณหภูมิไม่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลา

2 การแผ่รังสีความร้อนมีค่าน้อยมาก

การวิเคราะห์ เมื่อเข้าสู่สภาวะที่การทำงานคงที่ อัตราความร้อนสูญเสียของสายไฟ
เท่ากับอัตราความร้อนที่สร้างขึ้นในสายไฟ ซึ่งเป็นผลมาจากตัวต้านทานทำความร้อ
ดังนั้น

$$\dot{Q} = \dot{E}_{generated} = VI = (60V)(1.5A) = 90W$$

พื้นที่ผิวของสายไฟหาจาก

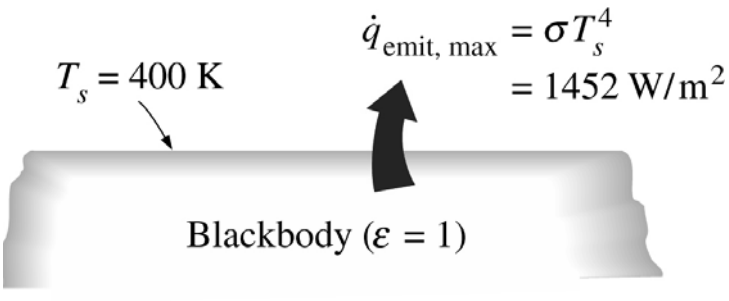
$$A_s = \pi DL = \pi(0.003m)(2m) = 0.01885m^2$$

$$h = \frac{\dot{Q}_{conv}}{A_s(T_s - T_\infty)} = \frac{90W}{(0.01885m^2)(152-15)°C} = 34.9W/m^2 \cdot °C$$

48

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display

FIGURE 1-34 HEAT TRANSFER MECHANISMS: RADIATION



$$\dot{Q}_{emit,\max} = \sigma A_s T_s^4$$

$$\dot{Q}_{emit} = \varepsilon \sigma A_s T_s^4$$

$$0 \le \varepsilon \le 1$$

49

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display

FIGURE 1-34 HEAT TRANSFER MECHANISMS: RADIATION

TABLE 1–6

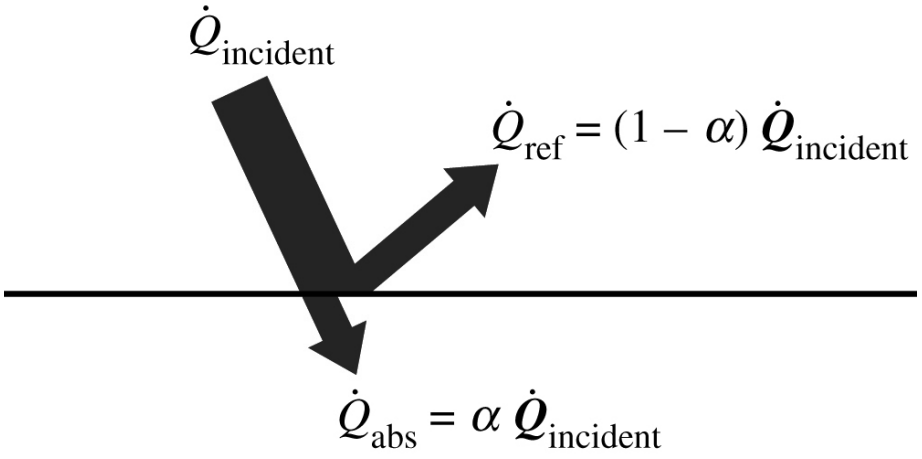
Emissivities of some materials at 300 K

Material	Emissivity
Aluminum foil	0.07
Anodized aluminum	0.82
Polished copper	0.03
Polished gold	0.03
Polished silver	0.02
Polished stainless steel	0.17
Black paint	0.98
White paint	0.90
White paper	0.92–0.97
Asphalt pavement	0.85–0.93
Red brick	0.93–0.96
Human skin	0.95
Wood	0.82–0.92
Soil	0.93–0.96
Water	0.96
Vegetation	0.92–0.96

50

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display

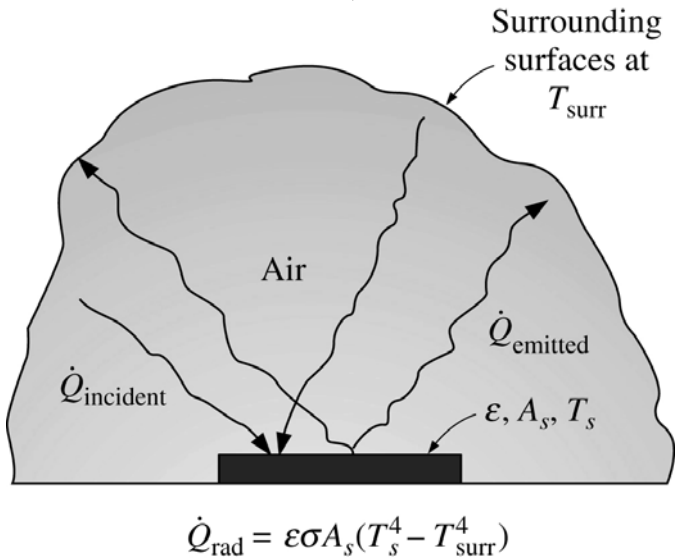
FIGURE 1-35



51

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display

FIGURE 1-36

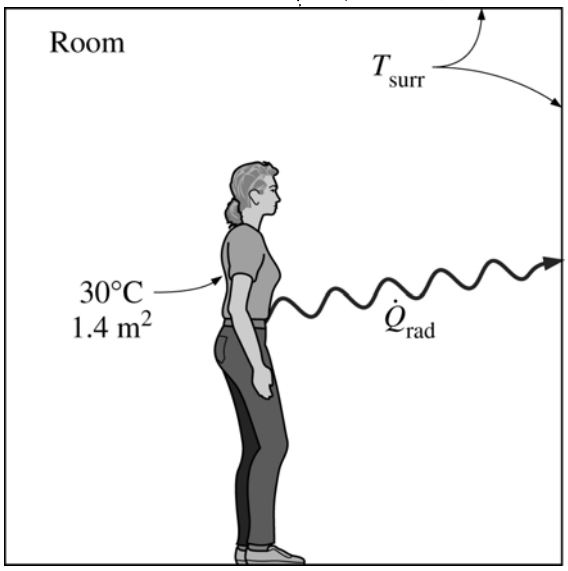


$$\dot{Q}_{\text{rad}} = \varepsilon\sigma A_s(T_s^4 - T_{\text{surr}}^4)$$

52

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display

FIGURE 1-37 EX#1-9 Radiation Effect on Thermal Comfort



53

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display

FIGURE 1-37 EX#1-9 Radiation Effect on Thermal Comfort

วิธีทำ อัตราการถ่ายเทความร้อนของการแผ่รังสีความร้อนระหว่างบุคคล และพื้นผิวรอบ ๆ ที่อุณหภูมิที่ระบุให้จะถูกคำนวณในฤดูร้อนและฤดูหนาว

สมมุติฐาน

- เริ่มต้นที่สภาวะการทำงานคงที่
- ไม่คิดการถ่ายเทความร้อนจากการนำความร้อน
- บุคคลได้ถูกล้อมรอบด้วยพื้นผิวห้อง
- สิ่งแวดล้อมรอบ ๆ มีอุณหภูมิคงที่

คุณสมบัติ อัตราการเปล่งรังสีของบุคล เท่ากับ $\varepsilon = 0.95$ (จากตาราง 1-6)

การวิเคราะห์ อัตราการถ่ายเทความร้อนสุทธิโดยการแผ่รังสีความร้อน จากร่างกายคนไปยังผนังรอบ ๆ เพดาน และพื้น ในฤดูหนาวและฤดูร้อน คือ

54

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display

FIGURE 1-37 EX#1-9 Radiation Effect on Thermal Comfort

$$\dot{Q}_{rad,winter} = \varepsilon\sigma A_s (T_s^4 - T_{surr,winter}^4)$$
$$= (0.95)(5.67\times10^{-8} W/m^2\cdot K^4)(1.4 m^2)\times\left[(30+273)^4 - (10+273)^4\right]K^4$$
$$= 152 \text{ W}$$

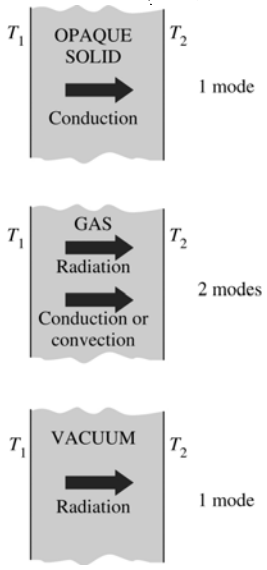
$$\dot{Q}_{rad,winter} = \varepsilon\sigma A_s (T_s^4 - T_{surr,winter}^4)$$
$$= (0.95)(5.67\times10^{-8} W/m^2\cdot K^4)(1.4 m^2)\times\left[(30+273)^4 - (25+273)^4\right]K^4$$

= 40.9 W

55

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display

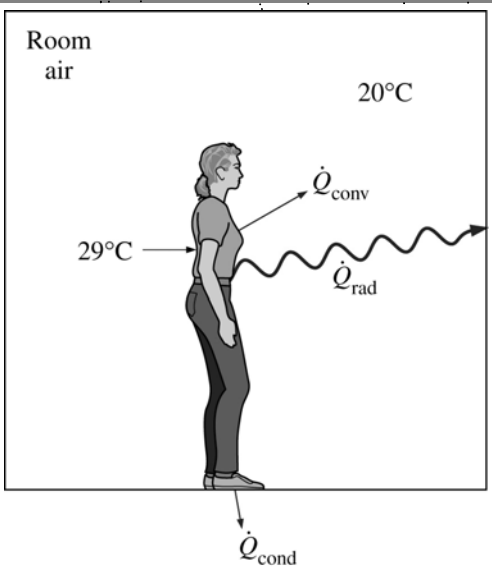
FIGURE 1-38 SIMULATANOUS HEAT TRANSFER MECHANISM



56

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display

FIGURE 1-39 **Heat Loss From Person**



57

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display

FIGURE 1-39 **Heat Loss From Person**

สมมุติฐาน

- **เริ่มต้นที่สภาวะการทำงานคงที่**
- **คนถูกห้อมล้อม และอยู่ภายในพื้นผิวห้อง**
- **อุณหภูมิที่ผิวของสิ่งแวดล้อม คืออุณหภูมิของอากาศภายในห้อง**
- **ไม่คิดการนำความร้อนของพื้นเนื่องจากมีน้อยมาก**

คุณสมบัติ ค่าการเปล่งรังสีของคน คือ $\varepsilon = 0.95$ (ดังตารางที่ 1-6)

การวิเคราะห์ การถ่ายเทความร้อนระหว่างคน และอากาศภายในห้องจะมีการพาความร้อน ซึ่งสามารถหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน โดยการพาความร้อนในกรณีนี้ได้ เท่ากับ 6 W/m2°C ระหว่างคนและอากาศที่พัดผ่านคน ดั้งนั้นอัตราการถ่ายเทความร้อนจากคน ไปยังอากาศภายในห้องคือ

$$\dot{Q}_{condv} = hA_s(T_s - T_\infty)$$
$$= (6W/m^2 \cdot °C)(1.6m^2)(29-20)°C$$
$$= 86.4W$$

58

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display

FIGURE 1-39 **Heat Loss From Person**

คนจะสูญเสียความร้อนโดยการแผ่รังสีความร้อนให้กับอากาศโดยรอบซึ่งจะมีการแผ่รังสีความร้อนไปยัง ผนัง , เพดาน และพื้นดังนี้

$$\dot{Q}_{rad} = \varepsilon\sigma A_s (T_s^4 - T^4{}_{surr})$$

$$= (0.95)(5.67\times10^{-8} W/m^2\cdot K^4)(1.6m^2)\times\left[(29+273)^4 - (20+273)^4\right]K^4$$

$$= 81.4W$$

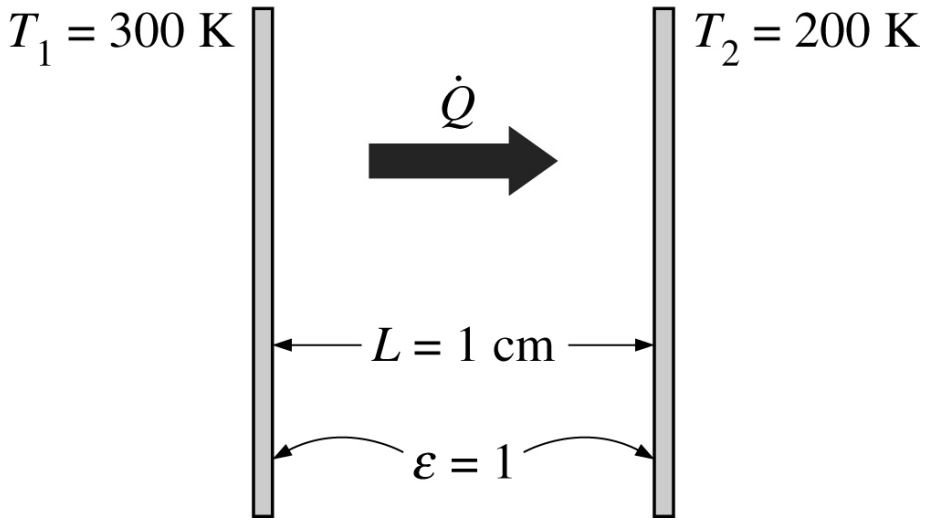
อัตราการถ่ายเทความร้อนรวมจากร่างกายคนหาได้จากผลรวมของปริมาณทั้งสองจะได้

$$\dot{Q}_{total} = \dot{Q}_{conv} + \dot{Q}_{rad} = (86.4 + 81.7)W = 168.1W$$

59

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display

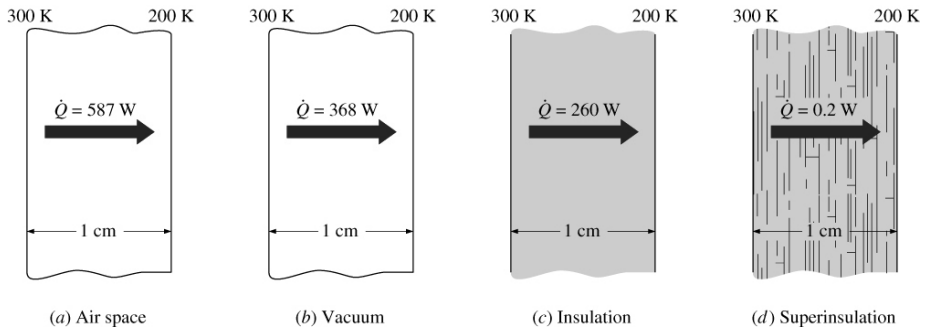
FIGURE 1-40



60

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display

FIGURE 1-41

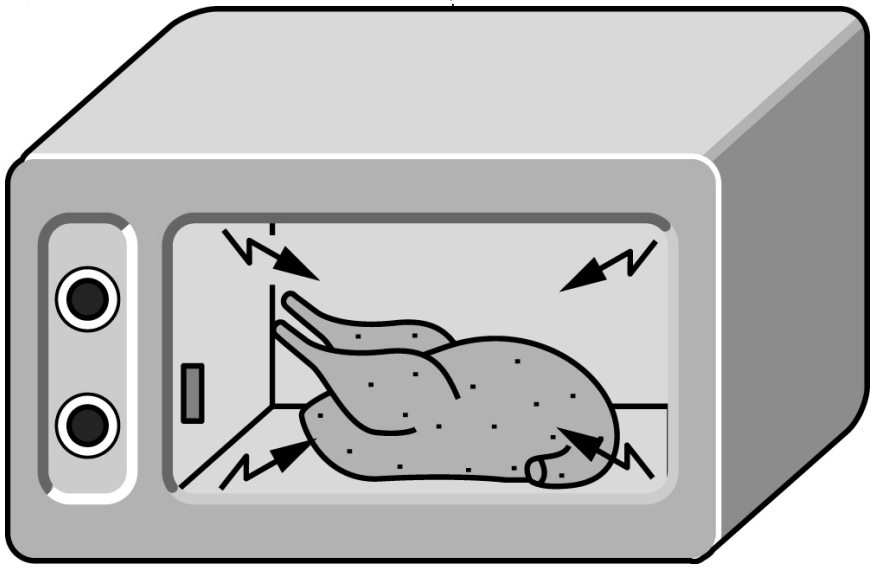


(*a*) Air space (*b*) Vacuum (*c*) Insulation (*d*) Superinsulation

61

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display

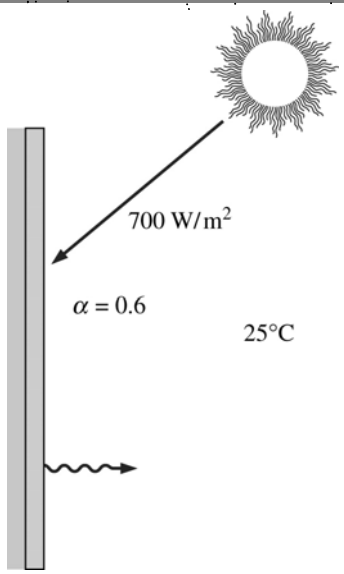
FIGURE 1-42



62

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display

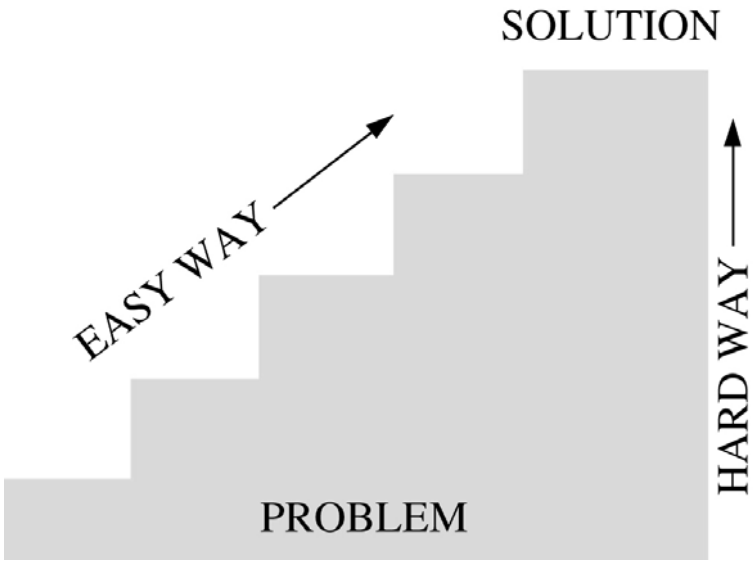
FIGURE 1-43



63

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display

FIGURE 1-44



64

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display

FIGURE 1-45

Given: Air temperature in Denver

To be found: Density of air

Missing information: Atmospheric pressure

Assumption #1: Take $P = 1$ atm (Inappropriate. Ignores effect of altitude. Will cause more than 15% error.)

Assumption #2: Take $P = 0.83$ atm (Appropriate. Ignores only minor effects such as weather.)

65

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display

FIGURE 1-46

Energy use: $80/yr

Energy saved by insulation: $200/yr

IMPOSSIBLE!

66

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display

FIGURE 1-47

Given:

Volume: $V = 3.75$ L

Density: $\rho = 0.845$ kg/L

(3 significant digits)

Also, $3.75 \times 0.845 = 3.16875$

Find:

Mass: $m = \rho V = 3.16875$ kg

Rounding to 3 significant digits:

$m = 3.17$ kg

67

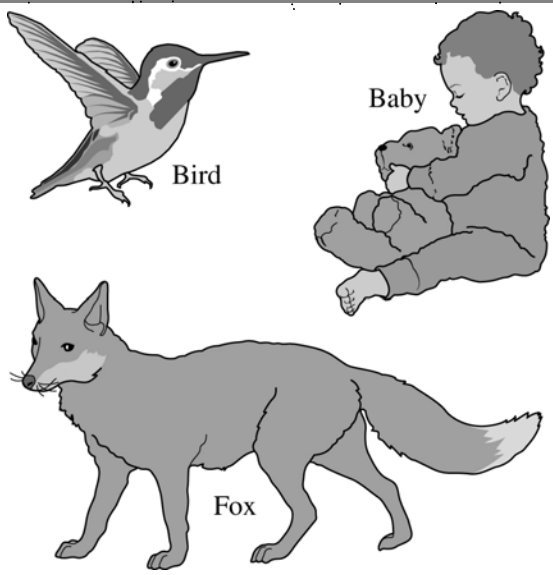
Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display

FIGURE 1-48

68

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display

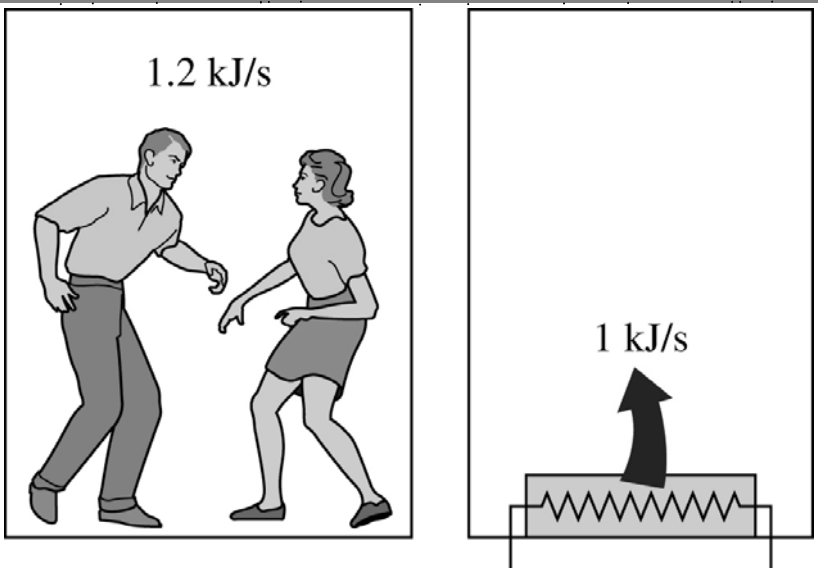
FIGURE 1-49



69

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display

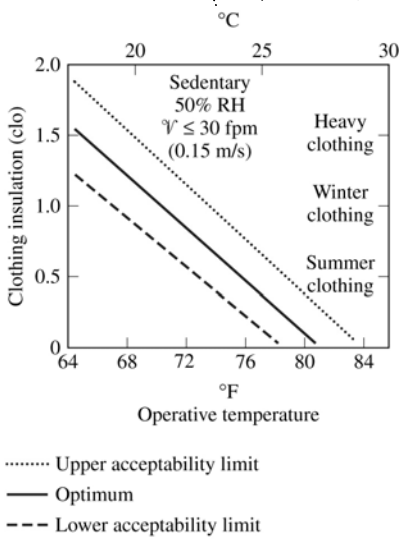
FIGURE 1-50



70

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display

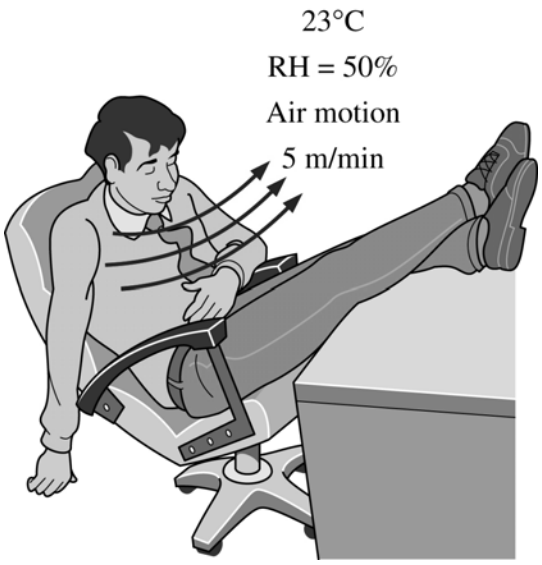
FIGURE 1-51



71

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display

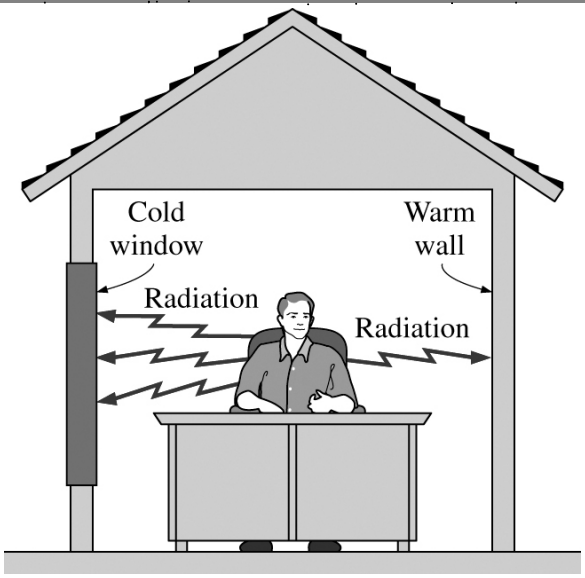
FIGURE 1-52



72

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display

FIGURE 1-53



73

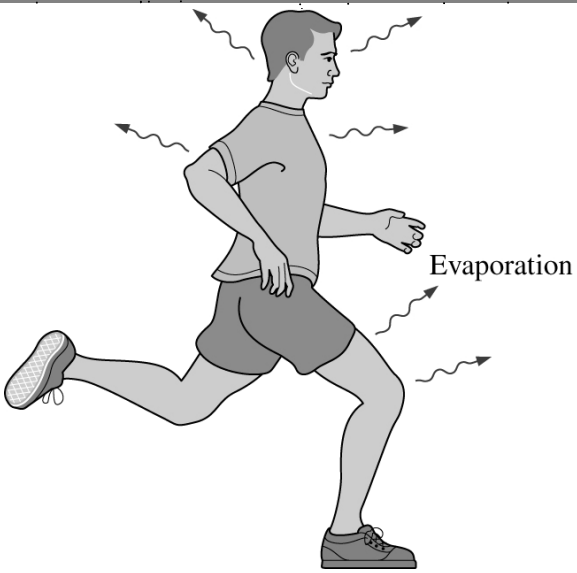
Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display

FIGURE 1-54

74

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display

FIGURE 1-55



75

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display