問題

1.1

> 同じ温度であっても、コンクリートの床の方がカーペットが敷かれた床より冷たく感じる理由を説明せよ。ヘビやゴキブリ（共に変温動物）の場合でも、人間が冷たく感じる方の床で得られる結果と同じになるか。

- 「冷たく感じる」のはなぜか
  → 体から熱が出ていくのを人間が感じ取っている

- 「より冷たく感じる」のはなぜか
  → 触れた際に、体から熱が出ていく速度が大きい方の物体を「より冷たく感じる」

- 「コンクリートの床の方がカーペットが敷かれた床より冷たく感じる理由」
  問題の状況を、式1.1にあてはめると

$$\text{フラックス} = g(C_s - C_a)$$

$$\begin{aligned} \text{フラックス} &: \text{体から熱が出ていく速度} \\ g &: \text{コンクリートorカーペットの熱交換コンダクタンス} \\ C_s &: \text{体温} \\ C_a &: \text{コンクリートorカーペットの温度} \end{aligned}$$

となる。

「コンクリートの床の方が冷たく感じる」ことから、コンクリートの方が体から熱が出ていく速度が大きいということがわかる。
C_aはコンクリートとカーペットで同じであるため、gの大きさがフラックスを決定している。
以上より、
カーペットよりコンクリートの方が熱交換コンダクタンスが大きいため、熱が出ていく速度が大きくなり、より冷たく感じると説明できる。

- ヘビやゴキブリ（共に変温動物）の場合はどうか
  気温・床面温度が同じで、日射の影響を考慮しなくてよい状態（暗い）、かつ、変温動物の活動量が低いような場合を考えると、変温動物の体温は、気温・床面温度と同じであると考えられる。
  変温動物の体温が触れている物体と同じである場合、式1.1におけるC_sとC_aは等しくなる。
  このため体から熱が出ていく速度はコンクリートでもカーペットでも0となり、どちらかがより冷たく感じるということはない。

  変温動物の温度が床面より高い場合、
  （例）
  ・気温が高く対流により温められている
  ・日射の放射エネルギーにより温められている
  ・活動量が高く代謝時の発熱により温まっている　など
  人間と同様に「コンクリートの床の方がカーペットが敷かれた床より冷たく感じる」と考えられる。

1.2

> 生物体と環境との間で、エネルギーはどのような形式(4つある)で輸送されるか。各々の原因である物理的過程を示し、ひとつずつ例をあげよ。

1. 伝導
   生物体が物体に触れた場合、温度差があれば、高温の物質から低温の物質へ熱が輸送される。

   例）冷たい床に触れた足から熱が床に奪われる

2. 対流
   運動流体による熱輸送
   伝導では物質は移動せずに熱のみが移動する。物質が流体の場合には物質の流れによっても熱が輸送される。

   例）エアコンの温風は、温められた空気が流れることで熱が部屋全体へ伝えられる

3. 放射交換・放射収支
   物質表面はその絶対温度の4乗に比例した放射エネルギー(電磁波)を射出する。
   2つの物質がある場合、双方が放射エネルギーを射出する。相手から受ける放射と自分が射出する放射の差し引きが、受け取る放射となる。
   受け取った放射が物質表面で熱に変換されることで熱が輸送される。
   伝導や対流のようにエネルギー輸送に物質を介さない。

   例）日なたでは日光により地面が温められる

4. 潜熱輸送
   水が液体から気体へ相変換を起こす際に、約$2450\ \mathrm{J/g}$のエネルギーを必要とする。
   生物体の表面の水が同じ温度の水蒸気になった場合、そのエネルギーは生物体から熱を奪うことでまかなっている。

   例）消毒用アルコールを腕に塗るとひんやり感じる
   　　エチルアルコールの蒸発潜熱は約$800\ \mathrm{J/g}$

1.3

> 次の値をSI基本単位に変換せよ。$300\ \mathrm{km}$、$5\ \mathrm{hr}$、$0.4\ \mathrm{mm^2/s}$、$25\ \mathrm{kPa}$、$30\ \mathrm{cm/s}$、$2\ \mathrm{mm/min}$。

- $300\ \mathrm{km}$
  kmからmに変換する

  $$300\ \mathrm{km} = 300\ \mathrm{km} \times \frac{1000\ \mathrm{m}}{1\ \mathrm{km}} = 3 \times 10^5\ \mathrm{m}$$

- $5\ \mathrm{hr}$
  hrからsに変換する

  $$5\ \mathrm{hr} = 5\ \mathrm{hr} \times \frac{60\ \mathrm{min}}{1\ \mathrm{hr}} \times \frac{60\ \mathrm{s}}{1\ \mathrm{min}} = 1.8 \times 10^4\ \mathrm{s}$$

- $0.4\ \mathrm{mm^2/s}$
  $\mathrm{mm^2/s}$から$\mathrm{m^2/s}$に変換する

  $$0.4\ \mathrm{mm^2/s} = 0.4\ \mathrm{mm^2/s} \times \frac{1\ \mathrm{m}}{1000\ \mathrm{mm}} \times \frac{1\ \mathrm{m}}{1000\ \mathrm{mm}} = 4 \times 10^{-7}\ \mathrm{m^2/s}$$

- $25\ \mathrm{kPa}$
  kPaから$\mathrm{kg/(m \cdot s^2)}$に変換する
  $1\ \mathrm{Pa} = 1\ \mathrm{N/m^2} = 1\ \mathrm{kg/(m \cdot s^2)}$なので

  $$25\ \mathrm{kPa} = 25\ \mathrm{kPa} \times \frac{1000\ \mathrm{Pa}}{1\ \mathrm{kPa}} \times \frac{1\ \mathrm{kg/(m \cdot s^2)}}{1\ \mathrm{Pa}} = 2.5 \times 10^4\ \mathrm{kg/(m \cdot s^2)}$$

- $30\ \mathrm{cm/s}$
  $\mathrm{cm/s}$から$\mathrm{m/s}$に変換する

  $$30\ \mathrm{cm/s} = 30\ \mathrm{cm/s} \times \frac{1\ \mathrm{m}}{100\ \mathrm{cm}} = 0.3\ \mathrm{m/s}$$

- $2\ \mathrm{mm/min}$
  $\mathrm{mm/min}$から$\mathrm{m/s}$に変換する

  $$2\ \mathrm{mm/min} = 2\ \mathrm{mm/min} \times \frac{1\ \mathrm{m}}{1000\ \mathrm{mm}} \times \frac{1\ \mathrm{min}}{60\ \mathrm{s}} = 3.33 \times 10^{-5}\ \mathrm{m/s}$$

1.4

> 本書の初版、および多くの古い文献では、境界層抵抗は$\mathrm{s/m}$の単位で表現されていた。これから使用する単位は$\mathrm{m^2\ s/mol}$である。旧単位を新単位に換算するために、空気のモル密度（$20\ ^\circ\mathrm{C}$、$101.3\ \mathrm{kPa}$において$41.65\ \mathrm{mol/m^3}$）で旧単位の境界層抵抗を割り算せよ。境界層抵抗が$250\ \mathrm{s/m}$と書かれているとき、$\mathrm{m^2\ s/mol}$ではいくらか。式1.3において、結果の単位を$\mathrm{s/m}$で表すと、定数の値はいくらになるか。

- 空気のモル密度（$20\ ^\circ\mathrm{C}$、$101.3\ \mathrm{kPa}$において$41.65\ \mathrm{mol/m^3}$）で旧単位の境界層抵抗を割り算せよ。
  → $1\ \mathrm{s/m} = 1\ \mathrm{s/m} \div 41.65\ \mathrm{mol/m^3} = 0.024\ \mathrm{m^2\ s/mol}$
- 境界層抵抗が$250\ \mathrm{s/m}$と書かれているとき、$\mathrm{m^2\ s/mol}$ではいくらか。
  → $250\ \mathrm{s/m} = 250\ \mathrm{s/m} \times \dfrac{0.024\ \mathrm{m^2\ s/mol}}{1\ \mathrm{s/m}} = 6\ \mathrm{m^2\ s/mol}$
- 式1.3において、結果の単位を$\mathrm{s/m}$で表すと、定数の値はいくらになるか。

式1.3は

$$r_{Ha} = 7.4\sqrt{\frac{d}{u}}$$

$$\begin{aligned} r_{Ha} &: \text{境界層抵抗}\ (\mathrm{m^2\ s/mol}) \\ d &: \text{表面の長さ}\ (\mathrm{m}) \\ u &: \text{風速}\ (\mathrm{m/s}) \end{aligned}$$

である。
単位を$\mathrm{m^2\ s/mol}$から$\mathrm{s/m}$に変換するには、
$1\ \mathrm{s/m} = 0.024\ \mathrm{m^2\ s/mol}$　であるので、

$$7.4\sqrt{\frac{d}{u}}\ \mathrm{m^2\ s/mol} = 7.4\sqrt{\frac{d}{u}}\ \mathrm{m^2\ s/mol} \times \frac{1\ \mathrm{s/m}}{0.024\ \mathrm{m^2\ s/mol}} = 308.3\sqrt{\frac{d}{u}}\ \mathrm{s/m}$$

定数は 308.3 となる