

物理学基礎 I [総合]

2009年度 第9回

医学部保健学科 (看護学、作業療法学専攻)

名古屋大学理系基礎科目
2009年6月19日

- ・荷物を持って待っているのも疲れるのに仕事量はゼロなんてひどいと思った。今度から荷物は下に置くことにした。

・ 正解！

- ・米を持っている男の子は仕事をしていないなんてちょっとかわいそうだった。

- ・ 2の問題は宇宙のことで楽しいが、難しい。
- ・ 月の公転周期がひと月に満たない理由がわからない

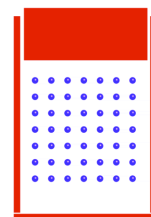
気体の運動エネルギーと温度の関係

- ・ 気体分子の平均運動エネルギーと温度 T

$$\frac{1}{2} m \langle v^2 \rangle = \frac{3}{2} k_B T$$

- ・ m : 気体分子質量
- ・ ボルツマン定数

$$k_B = 1.38 \times 10^{-23} \text{ [J/K]}$$

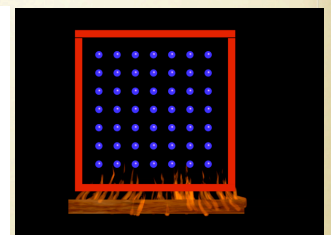
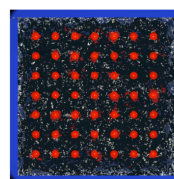


絶対温度

- ・ 気体分子の運動エネルギーがゼロになる温度を「絶対零度」という
- ・ 絶対零度を基準にした温度を「絶対温度」という
- ・ 絶対零度：
 - ・ $-273.15 \text{ }^\circ\text{C} = 0 \text{ K [ケルビン]}$
- ・ 絶対温度：
 - ・ $T \text{ [K]} = T' \text{ [}^\circ\text{C]} + 273.15$
 - ・ 例： $30^\circ\text{C} = 303.15 \text{ K}$

熱はエネルギーである

- ・ 冷やす：エネルギーを奪う
- ・ 暖める：エネルギーを加える



カロリー

- ・ 熱の単位：カロリー (cal)
 - ・ 1グラムの水を1°C上げるのに必要なエネルギー
 - ・ エネルギーだからジュールでも表せる：
 - ・ 熱の仕事当量

$$1[\text{cal}] = 4.1868[\text{J}]$$

食物カロリーについて

- ・ 食物の古いカロリー表示：
 - ・ Cal (食物カロリー)
 - ・ 1食物カロリー (1 Cal) = 1 キロカロリー (1 kcal)
- ・ 混乱するので、現在は使わないことになっている
 - ・ とはいえ、たまに使う人がいるので覚えておいて損はない

カロリー計算

- ・ 食物のカロリー：
 - ・ 体が食物から取り出せるエネルギー量

食物	カロリー (kcal)	カロリー	カロリー
ご飯 (茶碗)	220	カレーライス	600
みそ汁	25	マカロニグラタン	720
バタートースト	200	エビフライ	260
ざるそば	250	サーロインステーキ	640
カレーうどん	340	グリーンサラダ	80
トンカツ定食	830	ポテトサラダ	240
親子丼	624	ミックスサンド	450
ほうれん草のおひたし	20	ホットドック	250
きんぴらゴボウ	70	ハンバーガー	260
しらすおろし	30	ラーメン	560
野菜の煮物	80	コーラ	100
スパゲッティ	710	トマトジュース	34
		オレンジジュース	117
		牛乳 200ml	136
		アイスクリーム 100ml	110
		イチゴショートケーキ	340
		レアチーズケーキ	200
		シュークリーム	160
		あんパン	260
		どら焼き	280
		あんみつ	250
		リンゴ	70
		パタースプーン一杯	35
		桃	65

比熱

- ・ 物質の比熱：
 - ・ 物質 1kg の温度を 1°C だけ上昇させるのに必要なエネルギー
 - ・ 単位： $\text{J/kg} \cdot \text{K} = \text{J/kg} \cdot ^\circ\text{C}$
 - ・ あるいは、 $\text{kcal/kg} \cdot ^\circ\text{C} = 4187 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$
- ・ 比熱の式
 - ・ c : 比熱
 - ・ Q : 加える熱量
 - ・ m : 物質の質量
 - ・ ΔT : 温度変化

$$c = \frac{Q}{m\Delta T}$$

問題

- ・ 水の比熱は？
 - ・ 1グラムを1°C上げるのに1 cal 必要だから、
 - ・ $1 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C} = 1 \text{ kcal/kg} \cdot \text{K}$
 - ・ $= 4187 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$

例題 2.3 ★★★★★

高さ 42[m] の滝がある。水が落ちて、このエネルギーがすべて熱に変わったとすると、水の温度はどれだけ上がるか？

解説 エネルギー保存の例。

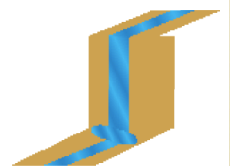
位置エネルギーが水の熱エネルギーになるので

$$mgh = mc\Delta T$$

である。 $c = 4200 [\text{J/kg} \cdot \text{K}]$ と書けるので

$$\Delta T = \frac{gh}{c} = \frac{10 \times 42}{4200} = 0.1 [\text{K}]$$

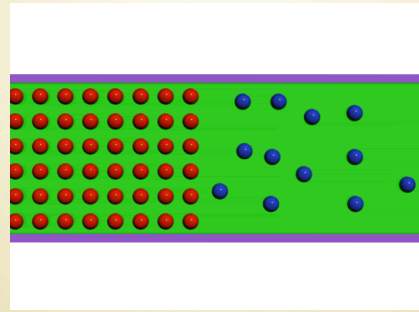
となり、水温は0.1(K)温度が上がる。



- ・ (ただし上の有効数字は1桁で計算)

潜熱

- ・ 潜熱：
 - ・ 固体から液体になるとき、液体から気体になるとき、熱を加えても温度は上昇しない
 - ・ このとき、エネルギーは分子をばらばらにするために使われる
 - ・ 逆に気体から液体になるとき、液体から固体になるとき、温度は下がらないのに熱が放出される
 - ・ 固体⇒液体：融解熱
 - ・ 液体⇒気体：気化熱

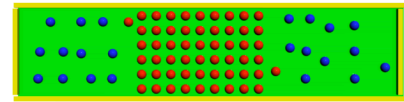


水の潜熱

- ・ 水 1 kg あたりの融解熱：80 kcal/kg
- ・ 気化熱：540 kcal/kg
 - ・ 大きさに注意
 - ・ それぞれ水を80°Cぶん、540°Cぶん温度を上げるエネルギーと同じ
 - ・ 水を庭にまくと涼しい理由
 - ・ 水蒸気にさわるとやけどする理由

熱伝導

- ・ 物の中を熱が伝わる

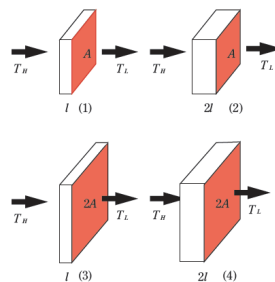


熱伝導

- ・ 金属は熱を伝えやすいが、布や木材は伝えにくい
 - ・ 金属中には自由に動ける電子（自由電子）があって熱をよく伝える
 - ・ 「なべ」や「やかん」が金属でできている理由
- ・ 気体より液体の方が、液体より固体の方が熱を伝えやすい
 - ・ 原子が詰まっている方が熱をよく伝える

例題 2.7

図の4つのガラスについて、熱の伝わりにくい順に並べなさい。



【解説】 ほぼ感覚的にわかるだろう。

単位面あたりに逃げる熱は等しいため、逃げる熱は面積に比例する。またガラスの厚さに反比例する。よって

(2)、(1) と (4)、(3) の順。

その他の熱伝達

- ・ 対流：物の移動で熱が伝わる
 - ・ なべの中で湯が沸く：水が移動
 - ・ ストープで部屋を暖める：空気が移動
- ・ 放射：光や電波で熱が運ばれる
 - ・ たき火に手をかざすと暖かい
 - ・ 太陽光線にあたると暖かい

対流による熱伝達の例



放射による熱伝達の例



魔法瓶

- ・ 熱伝達を極力小さくする工夫

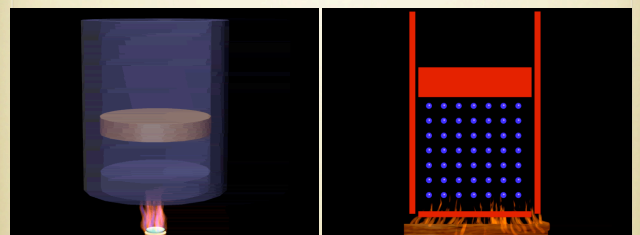


熱力学

- ・ 気体の内部エネルギー
 - ・ 単原子分子（分子が原子一つでできている）の場合、気体分子の運動エネルギーの和
 - ・ U ：内部エネルギー
 - ・ N ：分子の数
 - ・ k_B ：ボルツマン定数
 - ・ T ：温度
 - ・ n ：モル数
 - ・ R ：気体定数
- $\frac{1}{2} m \langle v^2 \rangle = \frac{3}{2} k_B T$
- ↓ N 個足す
- $U = \frac{3}{2} N k_B T = \frac{3}{2} n R T$
- ・ 注意：単原子分子でない場合は、回転エネルギーなどが加わる

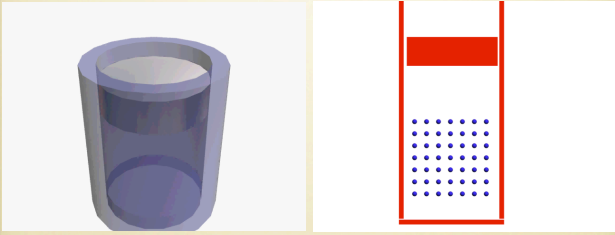
熱膨張による仕事

- ・ 熱を加えると温度が上昇して体積が膨張
 - ・ 内部エネルギーが増加し、さらに外へ仕事をする



(断熱) 圧縮

- ・ 気体を圧縮すると温度上昇
- ・ 外から気体に仕事をする → 内部エネルギー増加



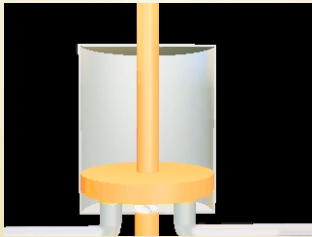
熱力学第一法則

- ・ 熱エネルギーを含めてエネルギーは保存する
 - ・ ΔU : 気体の内部エネルギーの変化 (増加量)
 - ・ Q : 加える熱量
 - ・ W : 気体が外部へする力学的仕事

$$\Delta U = U_f - U_i = Q - W$$

熱力学を応用した装置の例

- ・ エンジン
 - ・ 熱エネルギーを力学的仕事 (車の駆動力) に



熱力学第二法則

- ・ エンジンでは必ず熱が排気される
- ・ 一般にどのような装置でも、熱を100%仕事として取り出すことはできない
 - ・ つまり、第二種永久機関は不可能
- ・ これが「熱力学第二法則」という原理