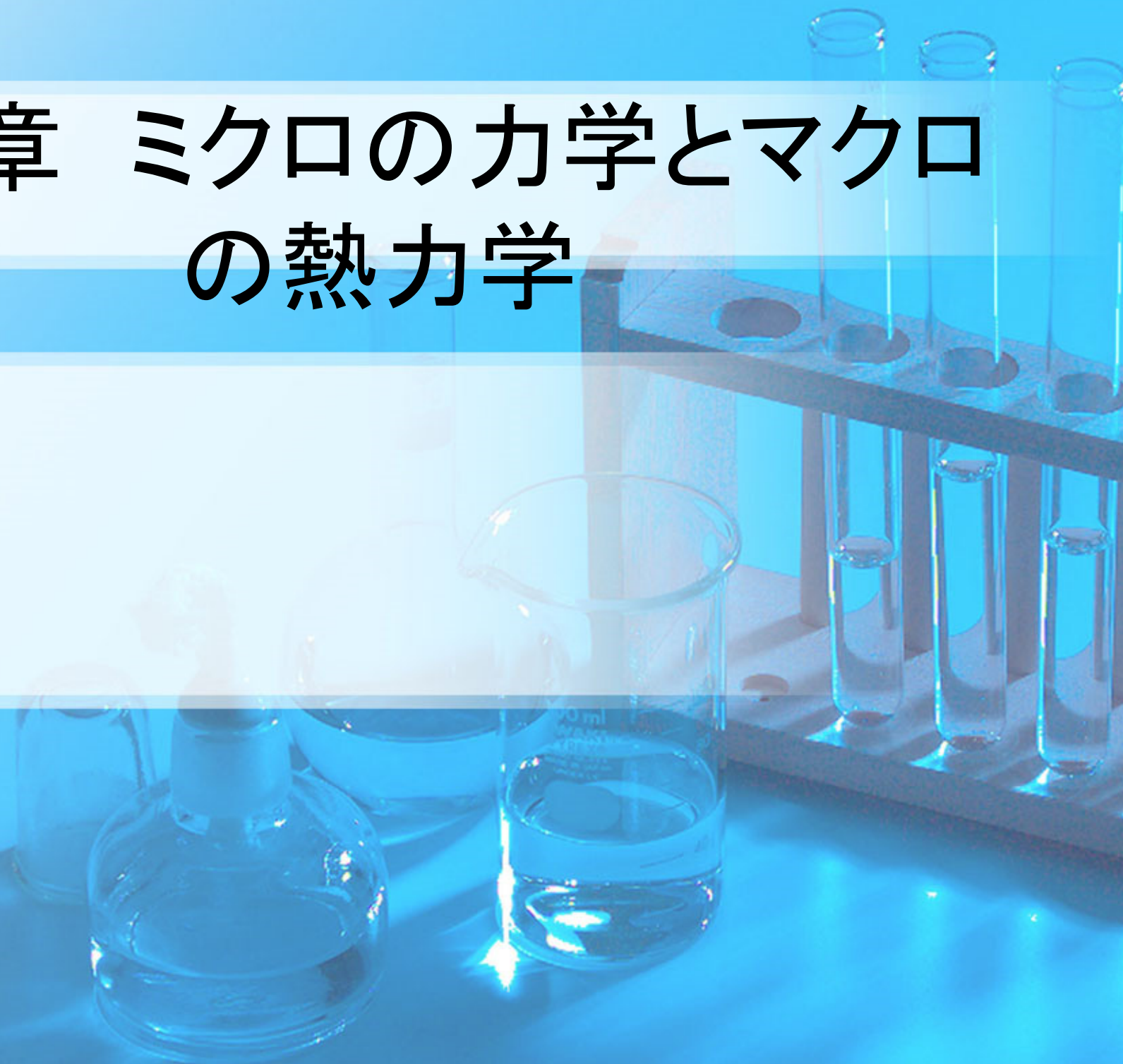
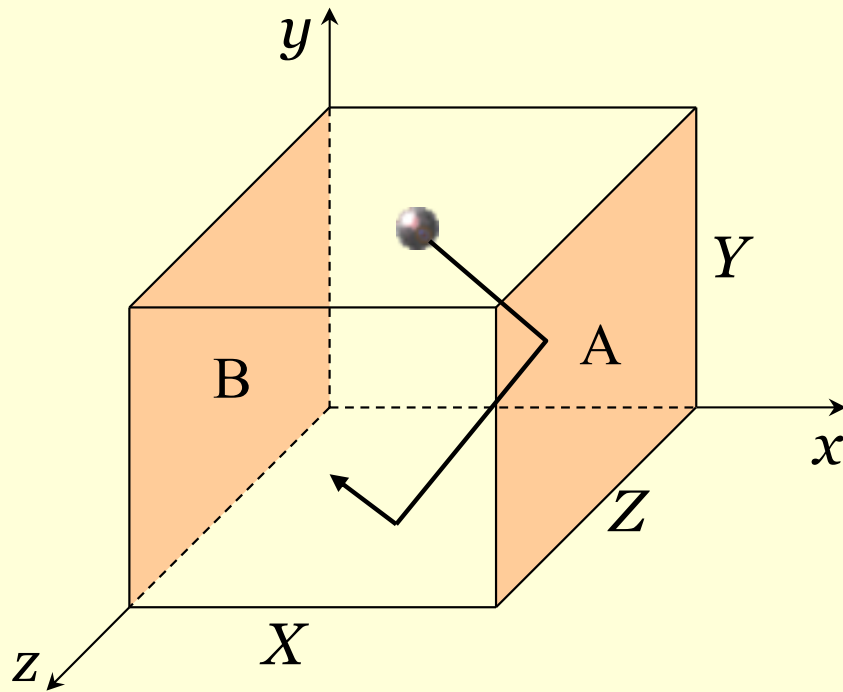


第16章 ミクロの力学とマクロ の熱力学



気体分子運動論(1)



分子1個の質量を m 、速度を v 、各座標方向の成分を (v_x, v_y, v_z) とする。

1つの分子が x 軸に平行な面Aに衝突すると、面Aの受ける力積は $2mv_x$ となる

次にこの分子が面Bに跳ね返って再び面Aに衝突するまでの時間は $2X/v_x$ であるから、この分子が面AB間を往復して単位時間にAに衝突する回数は $v_x/2X$ である。したがって、単位時間あたりに面Aに与える力積、すなわち面Aに与える力は面Aに垂直で、その大きさは次のようになる。

$$2mv_x \times (v_x/2X) = mv_x^2/X$$

気体の分子は異なる速度で運動しているが、全ての分子に対するこのような mv_x^2/X を加えると気体が面Aに及ぼす力となり、それを面Aの面積 YZ で割ると、面Aの受ける圧力 p が得られる。

$$p = \frac{m}{XYZ} \sum v_x^2 = \frac{m}{V} \sum v_x^2$$

ここで、 V は気体の体積。

気体分子運動論(2)

分子の数は極めて多く、また気体が熱平衡の状態にあるときは、分子の運動は等方的であるとみれるので、

$$\sum v_x^2 = \sum v_y^2 = \sum v_z^2 = \left(\sum v^2 \right) / 3$$

となり、分子の数を N として、速度の2乗の平均値

$$\langle v^2 \rangle = \frac{\sum v^2}{N}$$

を用いると、

$$p = \frac{1}{3} \frac{Nm}{V} \langle v^2 \rangle$$

となり、これはボイルの法則を表すこととなる。また、

$$pV = \frac{2}{3} N \left(\frac{1}{2} m \langle v^2 \rangle \right)$$

となり、状態方程式と比べると、

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

という関係式が導かれる。

輸送現象

熱が平衡状態になくて、温度が場所によって異なるとき、温度が一般的な熱平衡状態になろうとして、熱が高温部から低温部に移動する。このように、ある物理量が一樣でないときに、対応する物理量が移動する現象を輸送現象という。

熱の場合も同様に輸送現象が生じ、単位時間あたりの移動量を特に**熱流**という。熱流は2者の温度差 $T_2 - T_1$ と、熱の伝わる表面積 A に比例して、伝わる距離 L に反比例するため、熱流 dQ / dt は、

$$\frac{dQ}{dt} = kA \left(\frac{T_2 - T_1}{L} \right)$$

となる。ここで k は熱伝導率と呼ばれ、物質固有の量である。

材質	熱伝導率 [W/m·K]
ダイヤモンド	2300
銀	429
銅	401
銀	429
銅	401
金	317
アルミニウム	237
鉄	80.2
ガラス	1.4
レンガ	0.72
木	0.17
ヘリウム	0.152
軟質ゴム	0.13
空気	0.026

放射による熱の伝導

温度のある物質は光を放出する。この光は電磁波の一種で、放出されるエネルギーは、物質の表面積に比例し、絶対温度の4乗に比例する。表面積を A 、絶対温度を T とすると、単位時間あたりに放出されるエネルギー P は、

$$P = \sigma A e T^4$$

となる。ここで $\sigma = 5.67 \times 10^{-8}$ [W/m²K⁴] はシュテファン・ボルツマン係数と呼ばれ、 e は放出率と呼ばれる。

物質は、光を放出すると同時に、まわりの光を吸収する。そのため、周囲の温度が T_0 のとき、

$$P = \sigma A e (T^4 - T_0^4)$$

のエネルギーを放出することとなる。熱平衡の状態とは、この放出エネルギーと吸収エネルギーが釣り合った状態と言える。

全ての光エネルギーを吸収する、放出率が1の物体を黒体と言う。

黒い物体ほど、光を反射せず、光エネルギーを吸収して、温度が上がりやすく、白い物体は、光を反射しているため、温度が上昇しにくい。