

### 問題3 理想気体と非理想気体

容器の中の気体が外壁を押し出す力は、気体の粒子と壁との衝突により生じる。一回の衝突で、壁に与えられる力積の大きさは、壁に対して垂直方向の粒子が持つ運動量の衝突前後での変化、 $m\Delta v$  に等しい。したがって、壁に生じる力は、一回の衝突で生じる力積に衝突する頻度を乗じたものになる。

気体中の粒子の運動は乱雑なので、単位時間あたりに発生する衝突回数は一定温度では気体の種類によって決まる定数であると見なせる。

気体の温度は、気体に含まれる粒子の速度分布を反映している。ある気体を与えられたとき、高温では粒子の速度は平均的に速くなる。

**a)** 上記の情報に基づいて、初期状態が常温常圧であると仮定し、次の i)~iv) の変化を与えた場合に圧力に及ぼす影響を考察せよ。圧力は2倍になるか、半分になるか、僅かに大きくなるか、僅かに小さくなるか、変わらないか。

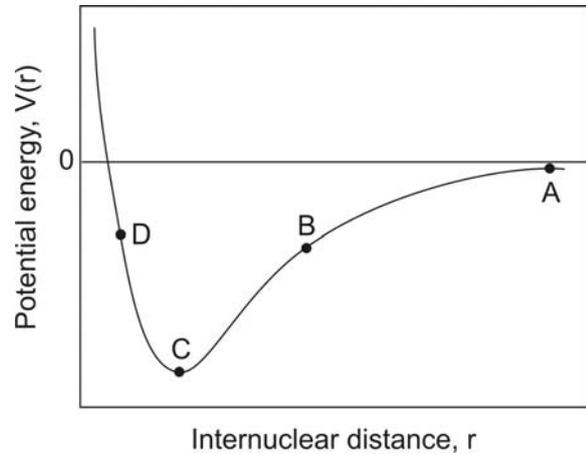
i) 気体中の粒子の数を2倍にした場合。

ii) 気体の入った容器の容積を2倍にした場合。

iii) 気体中の粒子の1つあたりの質量を2倍にした場合。(ただし、粒子の速度は元と変わらないとする。)

iv) 温度を10℃上げた場合。

理想気体モデルは気体粒子間に相互作用が無いと仮定している。実在気体の粒子は双極子-双極子相互作用や双極子-誘起双極子相互作用、及びファンデルワールス相互作用（誘起双極子-誘起双極子相互作用）などのさまざまな力で相互作用している。右に典型的な2粒子間の相互作用ポテンシャルエネルギーの図を示す。



距離  $r$  だけ離れた二つの粒子の間に働く力はポテンシャルエネルギーの傾きから、 $F = -dV/dr$  で計算することが出来る。

b) 図の点 A,B,C,D にそれぞれ対応する力は、引力・斥力・ほぼ0のうちいずれか。

気体の理想気体からのずれは、圧縮率因子  $Z$  で表される。

$$Z = \frac{V_m}{V_m^0}$$

ここで  $V_m$  は実在気体のモル体積、 $V_m^0$  は同じ温度、圧力下での理想気体のモル体積である。

c) 次の  $Z$  の値と支配的な相互作用の種類とを対応付けよ。

[  $Z = 1$  ]      [  $Z < 1$  ]      [  $Z > 1$  ]

引力が支配的

斥力が支配的

分子間力はなく、理想気体のように振る舞う

d) 圧縮率因子は圧力に依存する。異なる圧力下（高真空から超高圧まで）での粒子の平均距離について考察せよ。また、それぞれの距離に対応する分子間ポテンシャルの領域（引力、斥力など）についても考察せよ。右の図に、圧力に伴ってどのように圧縮率因子  $Z$  が変化すると考えられるか書き込め。[注意：実際の  $Z$  の数値は気にしなくて良い。一般的な圧力依存性のわかる曲線が描ければよい。]

