

教養物理化学

第7回 気体

2011-11-25

先週のおさらい

- 元素の周期的性質
 - 周期表は電子配置を表現している。
 - 原子のさまざまな性質が、電子配置と軌道の大きさに支配される。

今日の目標

- 周期表(続き)
- 理想気体
- 実在気体

元素の性質

- 原子番号が1ずつ増えるだけなのに、
なぜ元素の性質は連続的に変化しない
のか

電気的中性の原理

- 原子や分子の安定性を決める因子
 1. 閉殻構造 (希ガス型電子配置)
 2. 電気的に中性

安定な電子配置

- 最安定: 閉殻構造(希ガス型)
 - 最外殻が $1s$ または p 軌道で、全占有

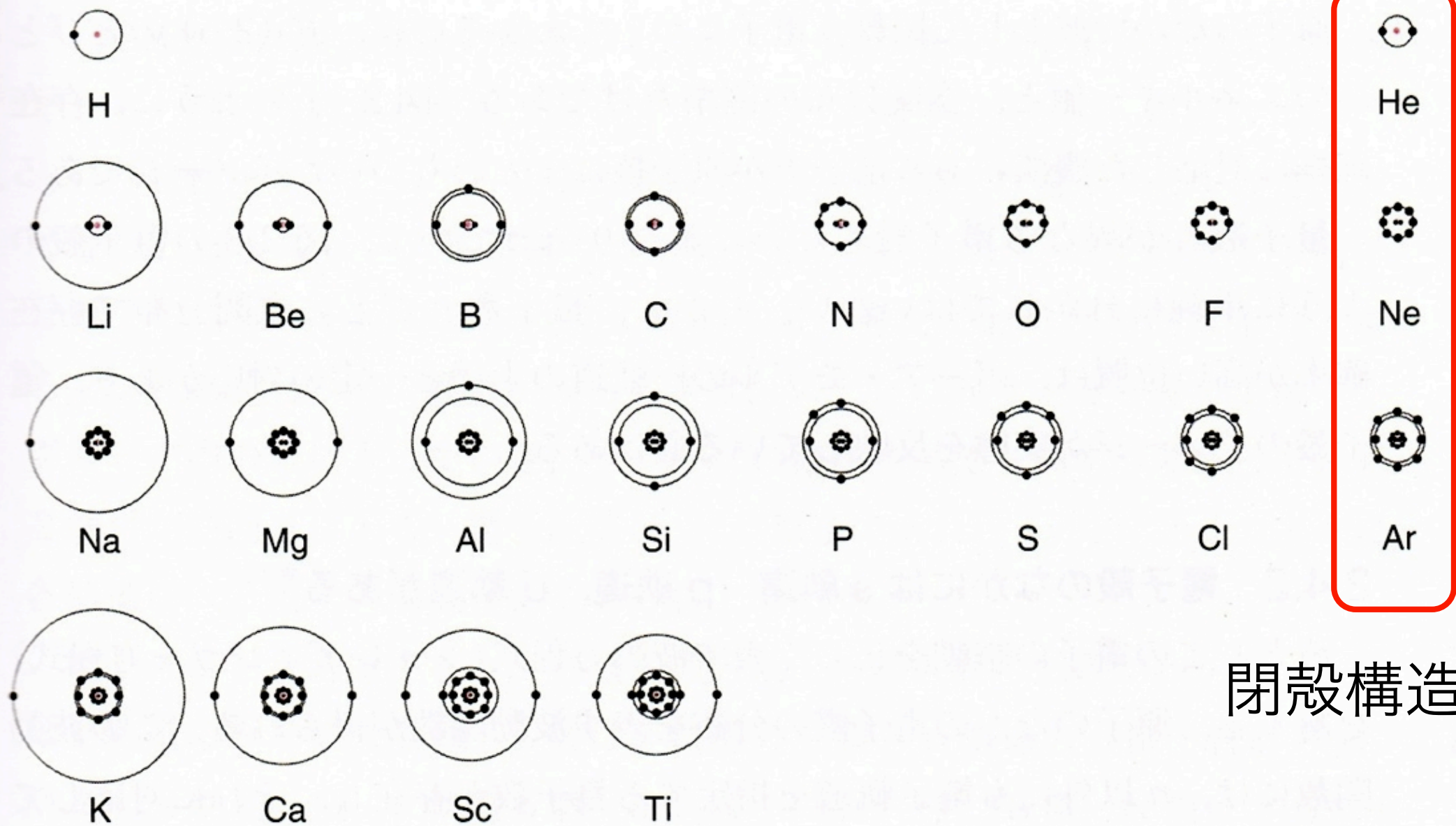
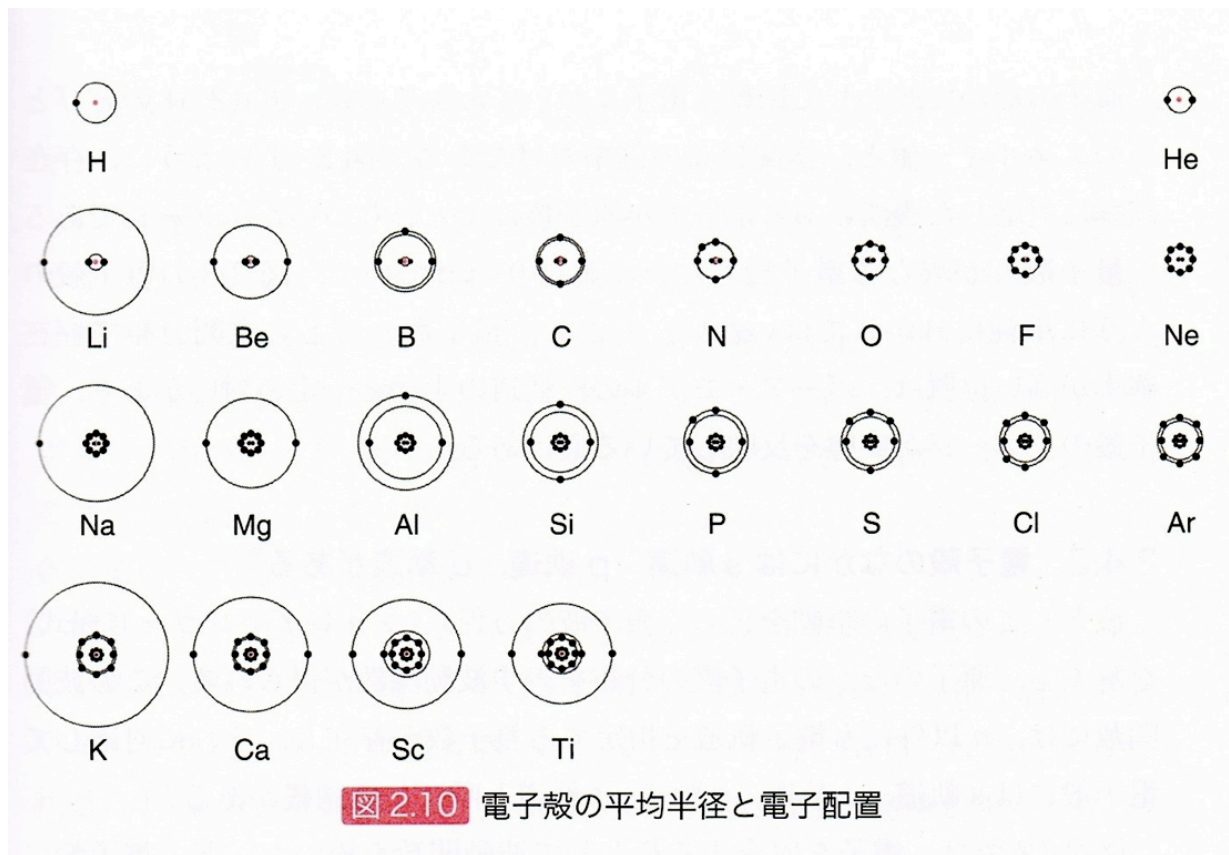


図 2.10 電子殻の平均半径と電子配置



原子・イオンサイズに関する法則性

1. 軌道は、原子番号が大きくなるにつれどんどん収縮する
(核電荷が大きくなるため)
2. 外殻軌道ほど半径が大きい。
3. 電子がs軌道に新たに入る時に、最も半径が大きくなる。

原子・イオンサイズに関する法則性

1. 軌道は、原子番号が大きくなるにつれどんどん収縮する
(核電荷が大きくなるため)
2. 外殻軌道ほど半径が大きい。
3. 電子がs軌道に新たに入る時に、最も半径が大きくなる。

原子サイズ

1. 周期表を右に進むにつれ、同じ軌道に電子が入るだけなので原子半径は小さくなる。
2. 周期表を下に行くほど、外殻軌道に電子が入るので原子半径は大きくなる。
3. 希ガス→アルカリ金属で電子がs軌道に新たに入るので、原子半径が急増する。

原子・イオンサイズに関する法則性

1. 軌道は、原子番号が大きくなるにつれどんどん収縮する
(核電荷が大きくなるため)
2. 外殻軌道ほど半径が大きい。
3. 電子がs軌道に新たに入る時に、最も半径が大きくなる。

イオンサイズ

1. 金属元素では、最外殻電子を除去して陽イオン化すると、閉殻構造になり安定化する。

原子番号が大きい分、希ガスよりさらに小さくなる。

2. 非金属元素では、電子を追加して閉殻構造にすると安定化する。電子が増えるので半径は大きくなる。

練習問題3

- 次の化学種を大きい順に並べよ。

1. Li, F, C

2. Cl, Br, I

3. Mg, Mg²⁺, Ca

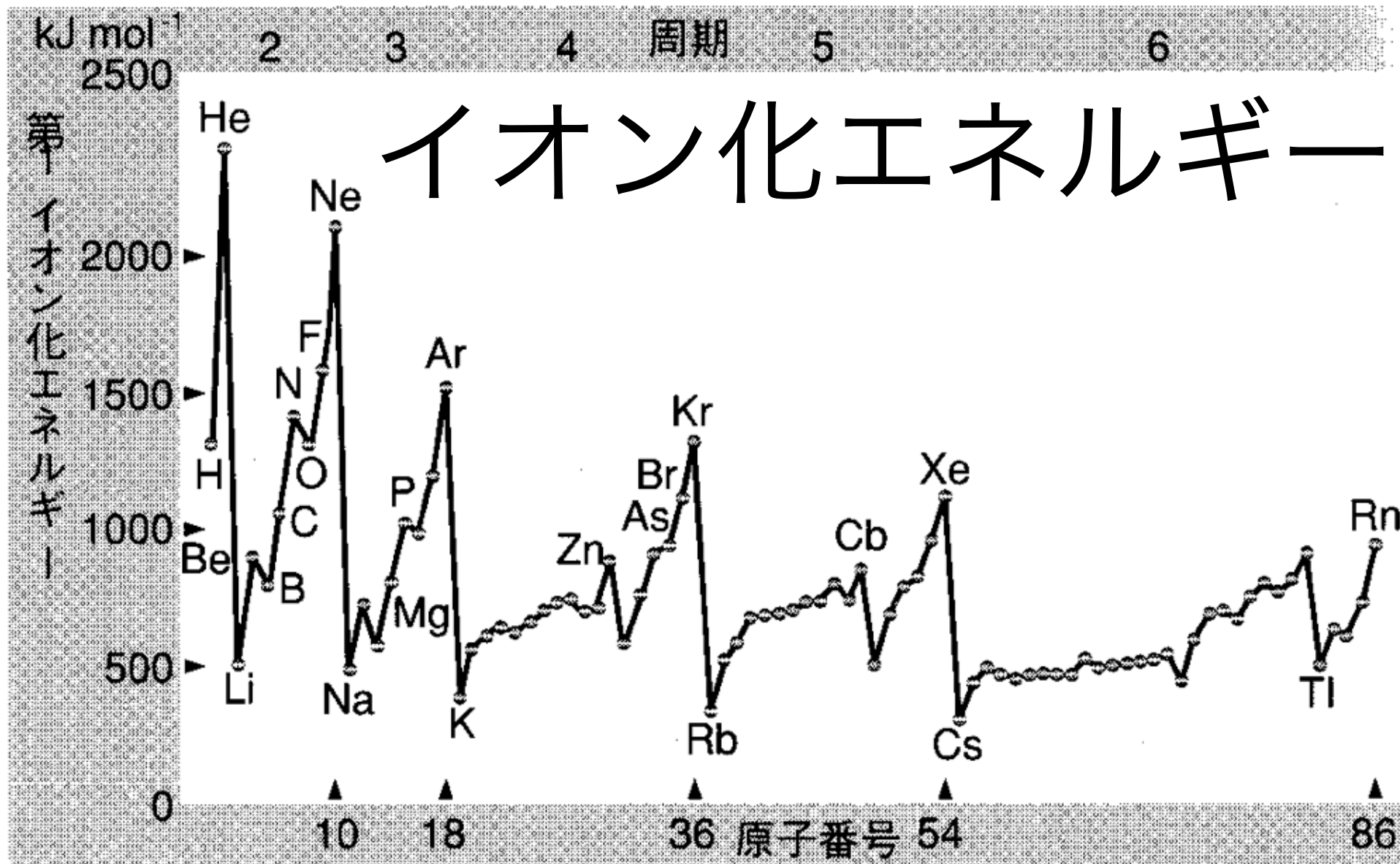
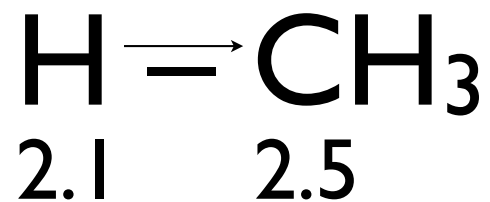
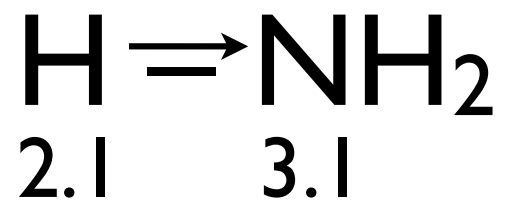
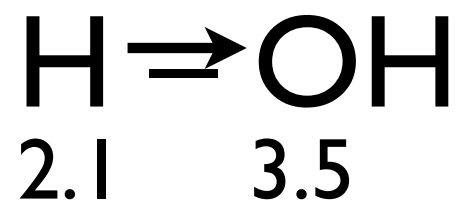
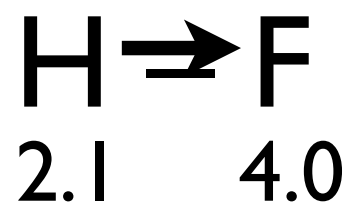


図 5.1 原子の第1イオン化エネルギー. どの周期でもアルカリ金属で最小, 希ガスで最大になっている

電気陰性度

表 5.7 典型元素の電気陰性度(ポーリングによる)

H 2.1						
Li 0.97	Be 1.5	B 2.0	C 2.5	N 3.1	O 3.5	F 4.1
Na 1.0	Mg 1.2	Al 1.5	Si 1.7	P 2.1	S 2.4	Cl 2.8
K 0.90	Ca 1.0	Ga 1.8	Ge 2.0	As 2.2	Se 2.5	Br 2.7
Rb 0.89	Sr 1.0	In 1.5	Sn 1.72	Sb 1.82	Te 2.0	I 2.2
Cs 0.86	Ba 0.97	Tl 1.4	Pb 1.5	Bi 1.7	Po 1.8	At 1.9



気体

- アボガドロの法則
- ボイルの法則
- シャルルの法則

気体とは？

- 密度が低く、分子同士が十分はなれていて、ほとんど相互作用しない状態。

圧力とは?

壁

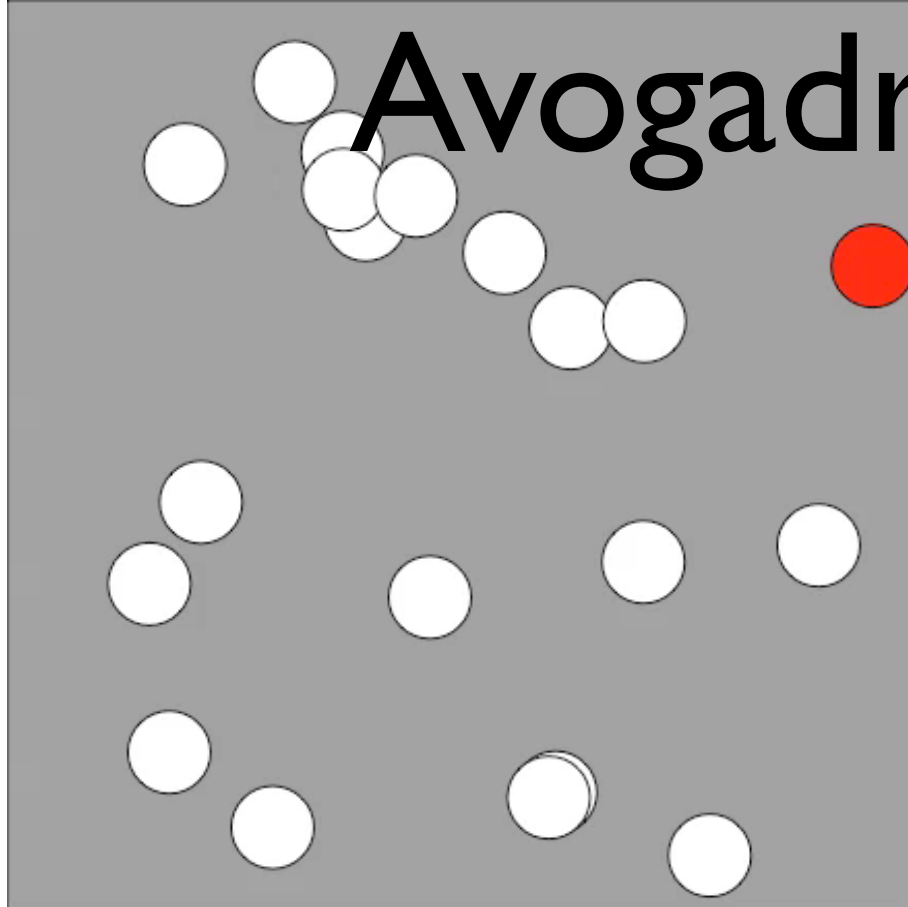
A diagram illustrating the concept of pressure. It shows a gray rectangular container. The top of the container is a dark blue horizontal bar labeled '壁' (Wall). Inside the container, there are several white circles representing gas molecules. These molecules are distributed throughout the space, with some near the wall and others further away. The diagram is used to explain how the collisions of these molecules with the wall create pressure.

圧力は、分子質量と速度と頻度に比例する

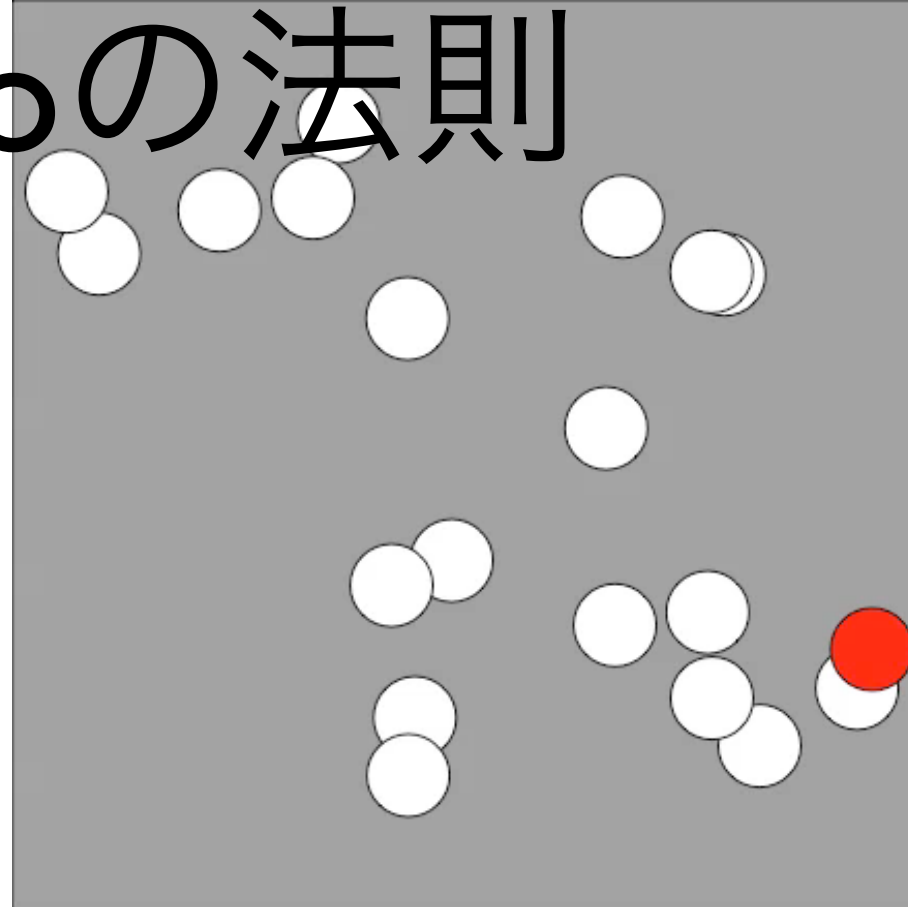
Avogadroの法則

- 同温度、同圧力において、同じ体積に含まれる**分子の個数**は等しい。
- 分子数と体積の関係。
 $V = C \cdot n$ (Cは定数)

Avogadroの法則



軽い(分子量の小さい)分子



重い分子

温度、体積、分子数は同じ

圧力は、**分子質量**と**速度**と**頻度**に比例する

質量が4倍になると速度と頻度は半分になる

軽い分子		重い分子
m	分子量	$4m$
$E_k = mv^2/2$	運動エネルギー	E_k
v	速度	$v/2$
mv	運動量	$2mv$

軽い分子は衝突頻度が多い代わりに
一回の衝突の撃力(運動量)が小さい。



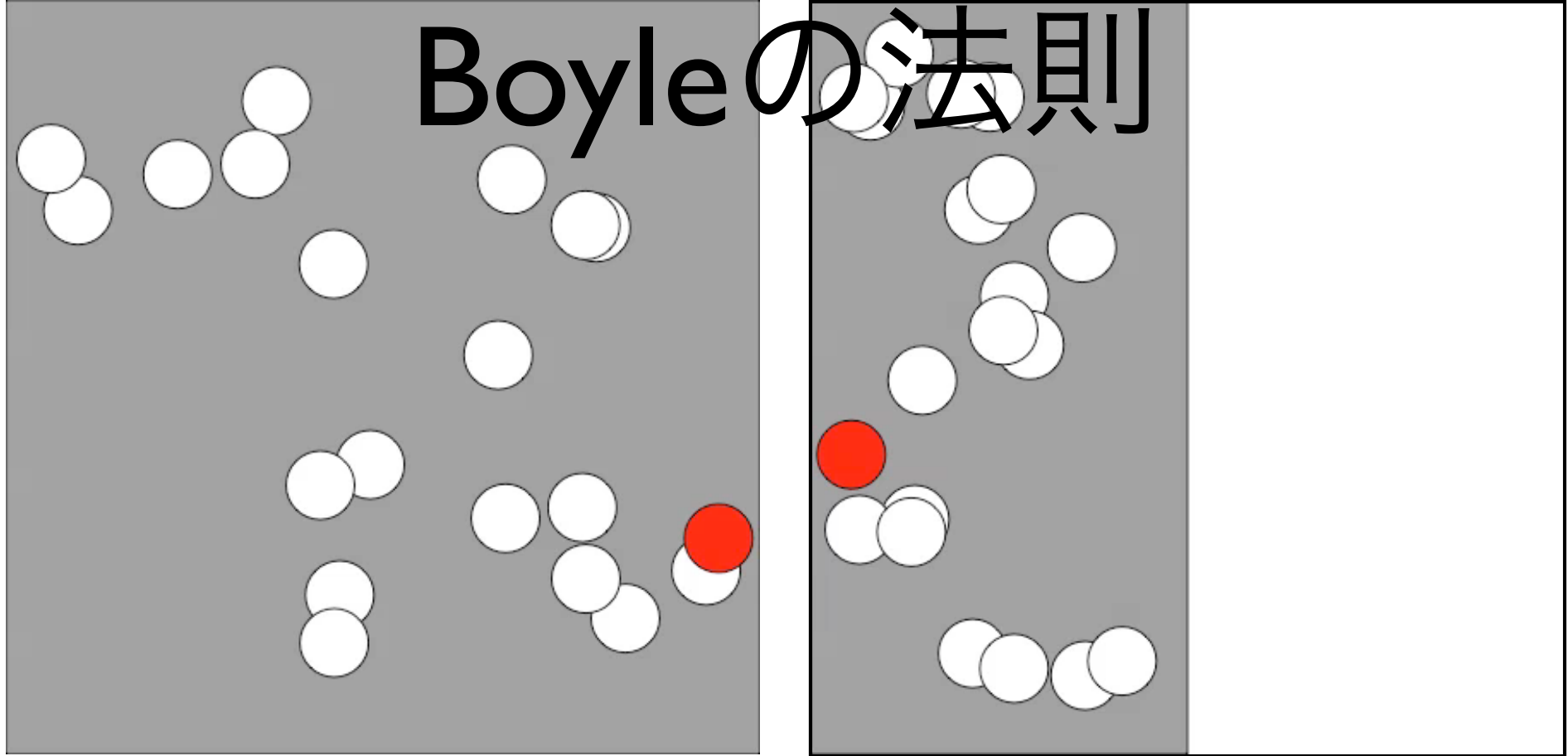
温度、体積、分子数が等しいなら、
圧力は重い分子も軽い分子も同じ

Boyleの法則

- 気体は圧力に反比例して収縮する。
- 圧力と体積の関係。

$$p \cdot V = A \quad (A \text{は定数})$$

Boyleの法則



もとの体積

体積半分

温度と分子数は同じ

圧力は、分子質量と速度と頻度に比例する

Charlesの法則

- 一定体積の気体の圧力は、
温度に比例する。
- 温度と圧力の関係
 $p = BT$ (Bは定数)

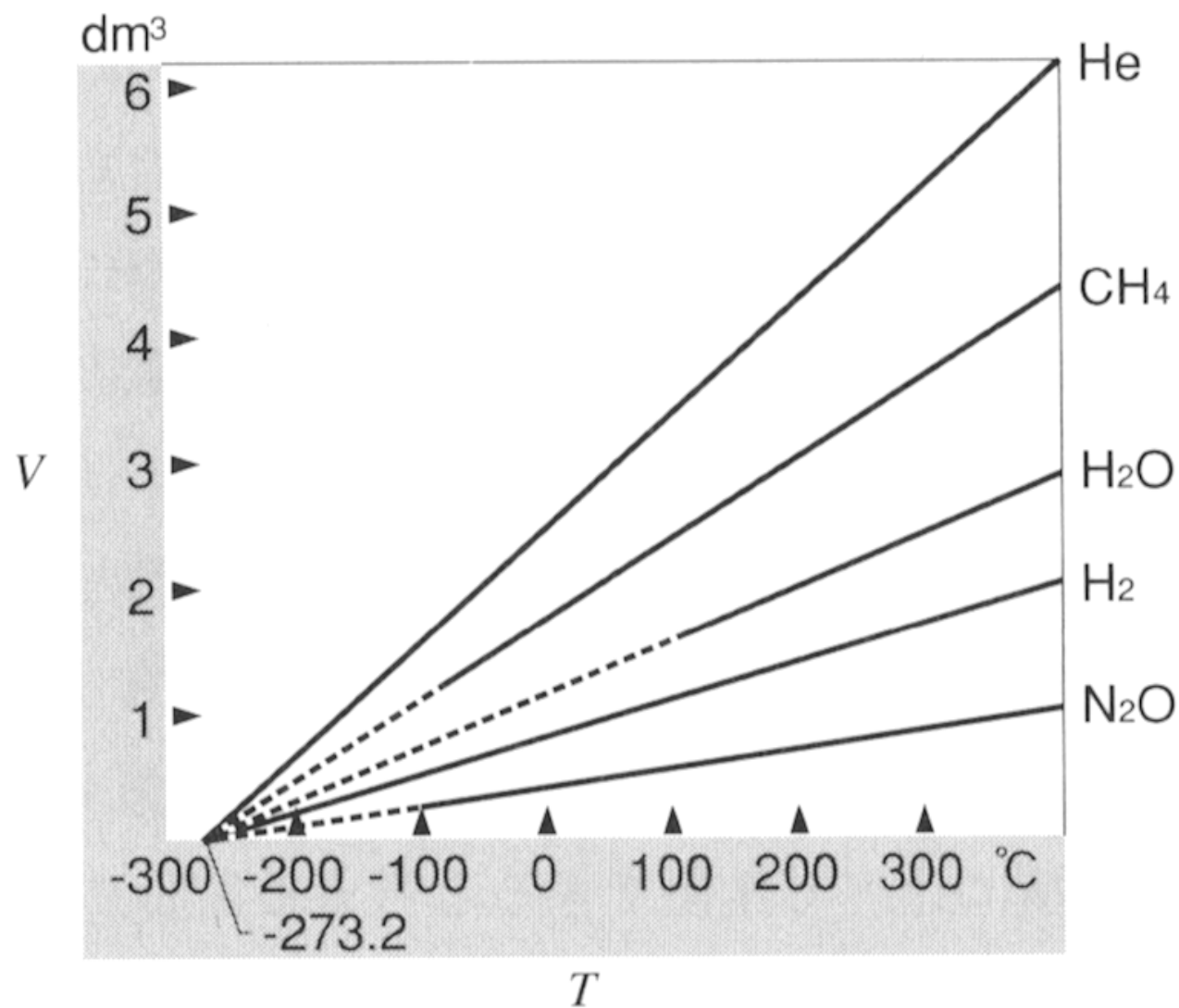
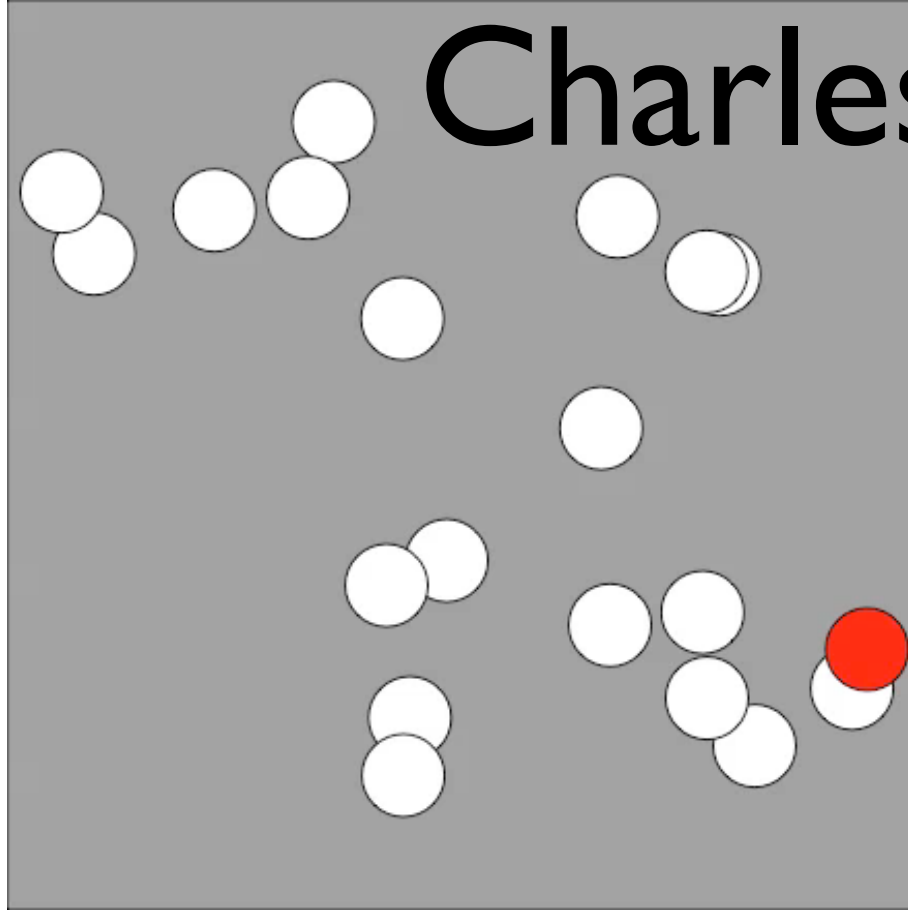
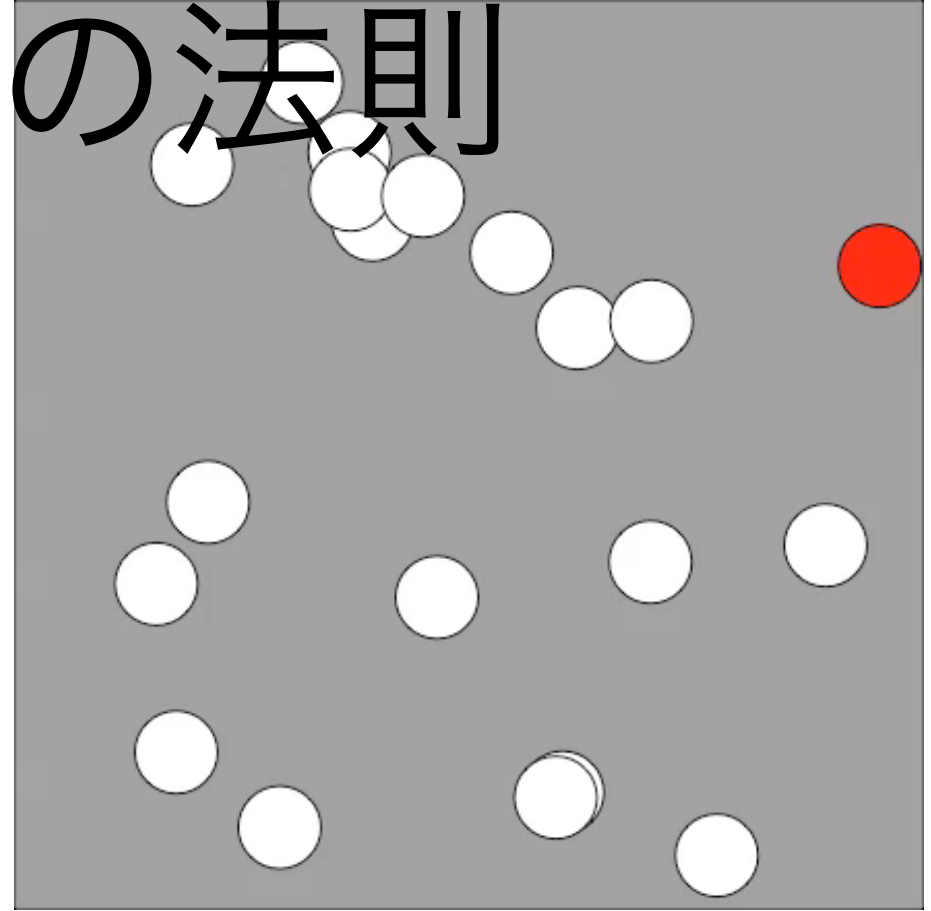


図 6.2 シャルルの法則. 種々の気体についての体積対温度のプロット. 実線は実験値, 点線は実験値を外挿したもの. 扱われている物質量は気体によって異なる

Charlesの法則



低温



高温

分子数は同じ

圧力は、分子質量と速度と頻度に比例する

絶対温度が4倍になると、速度と頻度が2倍になる

3つの法則の統合

$$pV=nRT$$

- $V = Cn$
- $pV = A$
- $p = BT$

理想気体の状態方程式

Rは気体の種類によらない定数

浮力

空気

$^{14}\text{N}_2$ 80%

$^{16}\text{O}_2$ 20%

1気圧

常温

体積同じ

分子数同じ

ヘリウム

^4He 100%

練習問題2

- 水素分子 H_2 はヘリウム He よりもさらに分子量が小さい。 He を H_2 におきかえることで、風船の浮力は何%増すか。

空気の平均分子量を29、水素分子の分子量2、ヘリウムの分子量4とする。

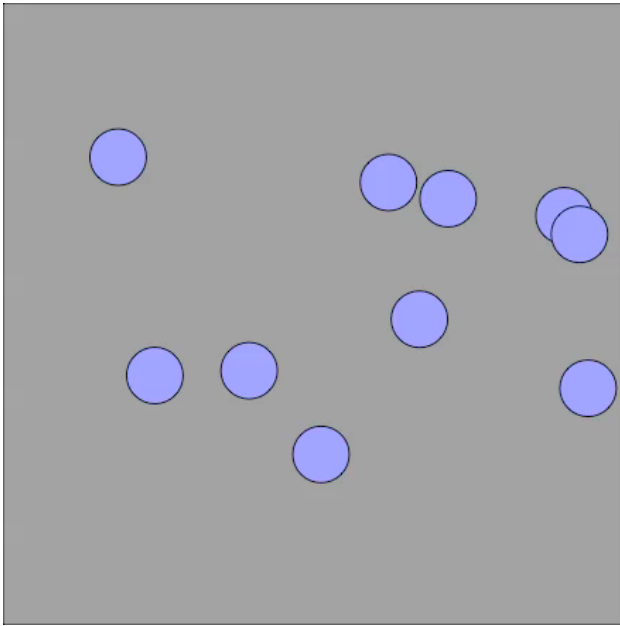
レポート課題(1)

10000mの高空まで上がる気球を作り、こんな風景を撮りたい。どのようなことに注意する必要があるか。30000mを狙うなら？

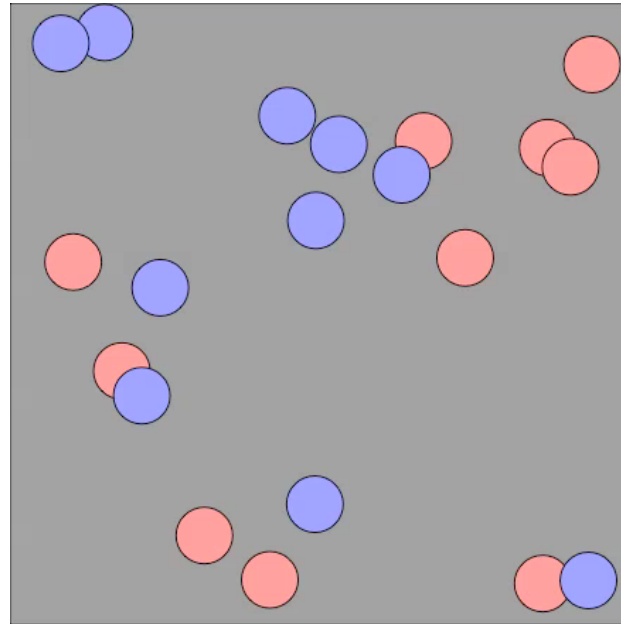
素材、構造、浮力、気温、気圧、 etc.

学生が6000円のゴム風船で8000円のデジカメを30000m上空まで上げて撮った写真。

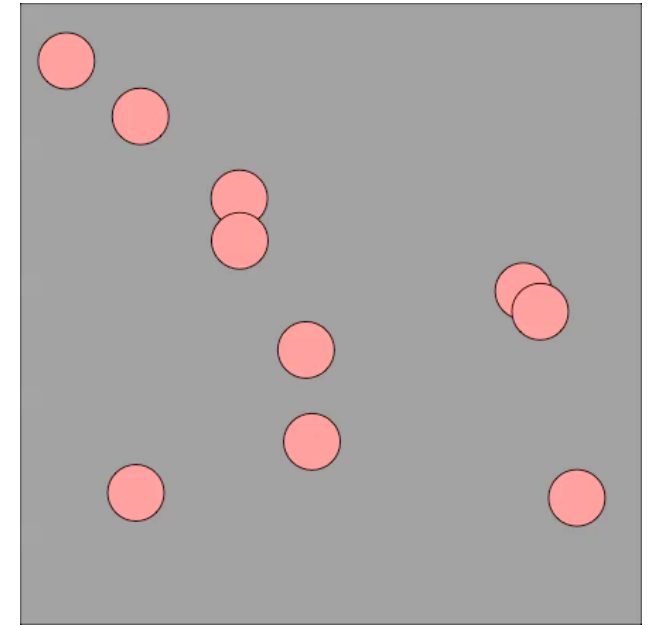
分圧の法則



$$p_1 V = n_1 RT$$



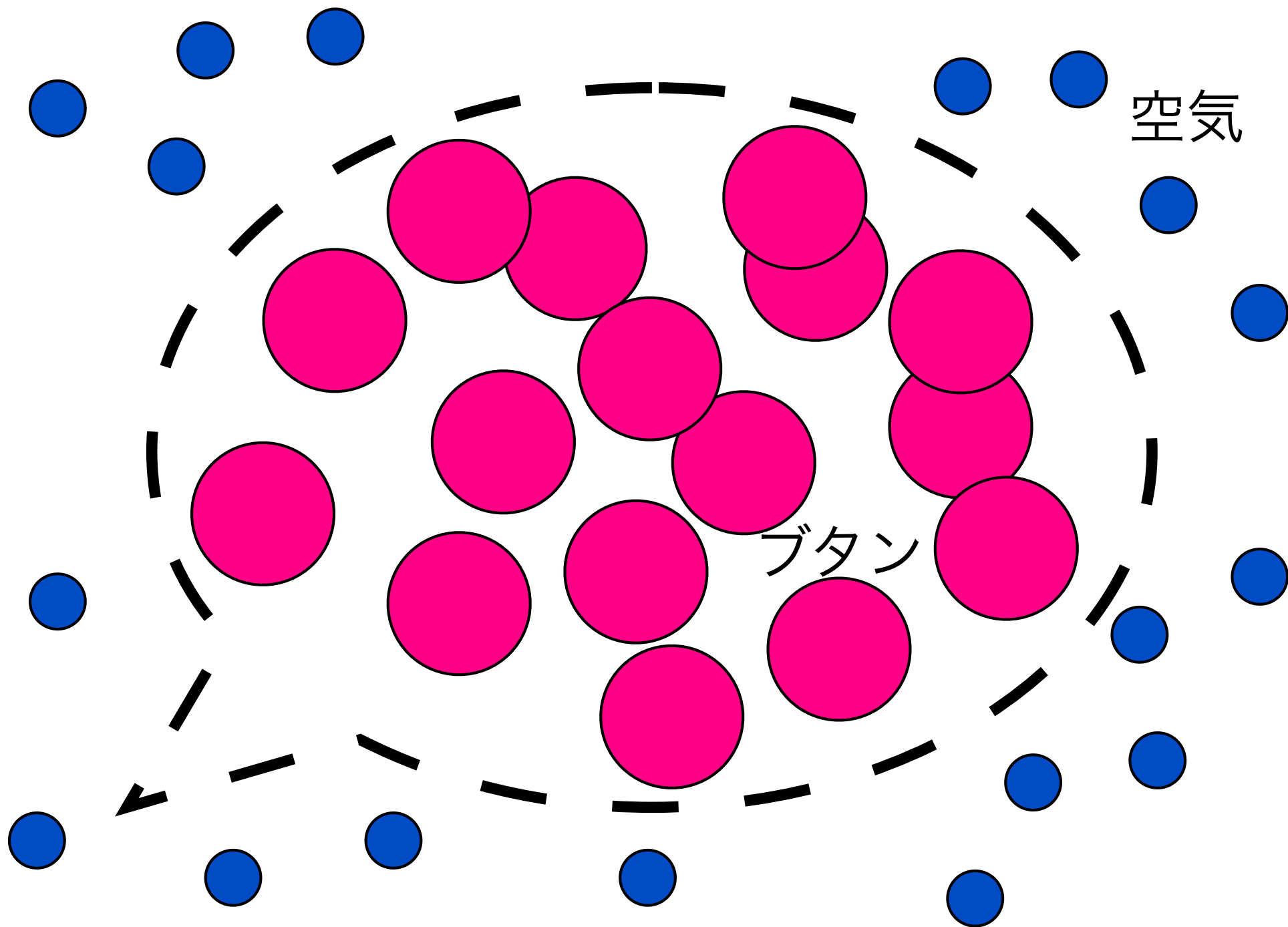
$$(p_1 + p_2) V = (n_1 + n_2) RT$$

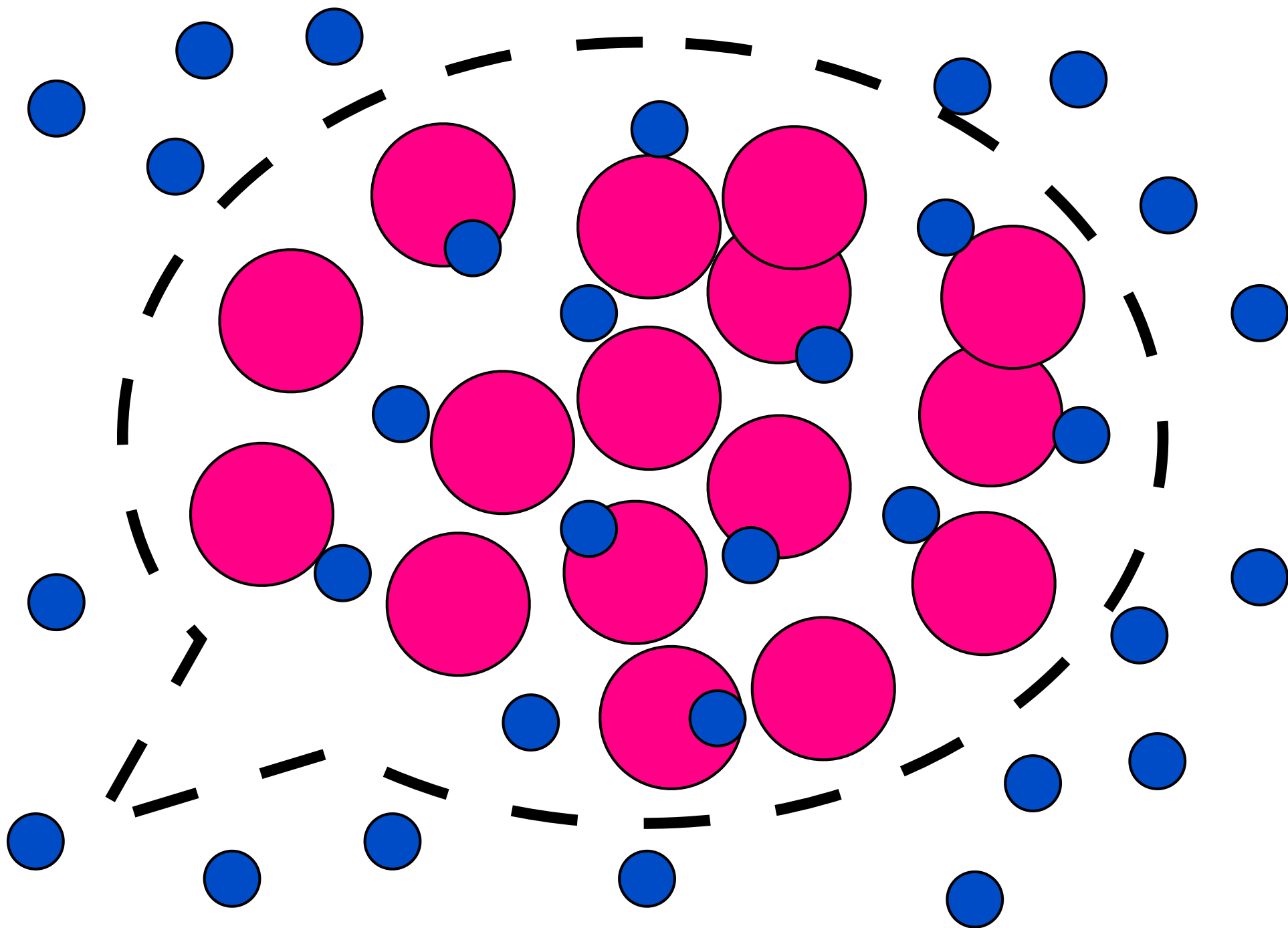


$$p_2 V = n_2 RT$$

練習問題3

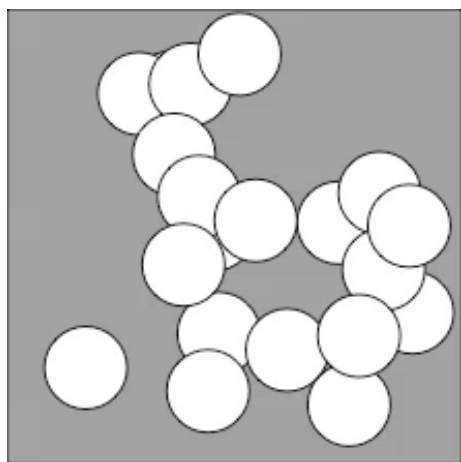
純ブタン気体を袋に密封する。袋には、酸素や窒素分子は通るが、ブタン分子は通らない程度の大きさの穴がたくさんあいている。大気中に袋を放置すると、袋はどうか。(1)徐々に膨張する (2)変化しない (3)徐々に収縮する。自分の予想と、理由を述べよ。



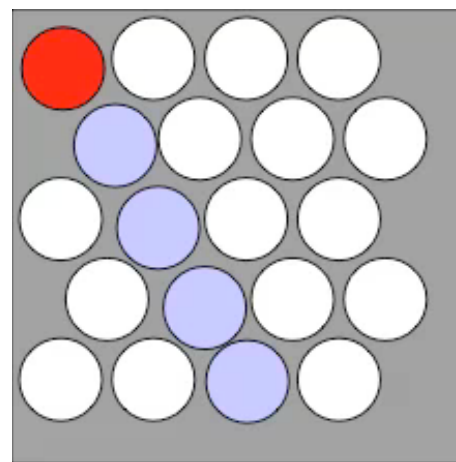


実在気体

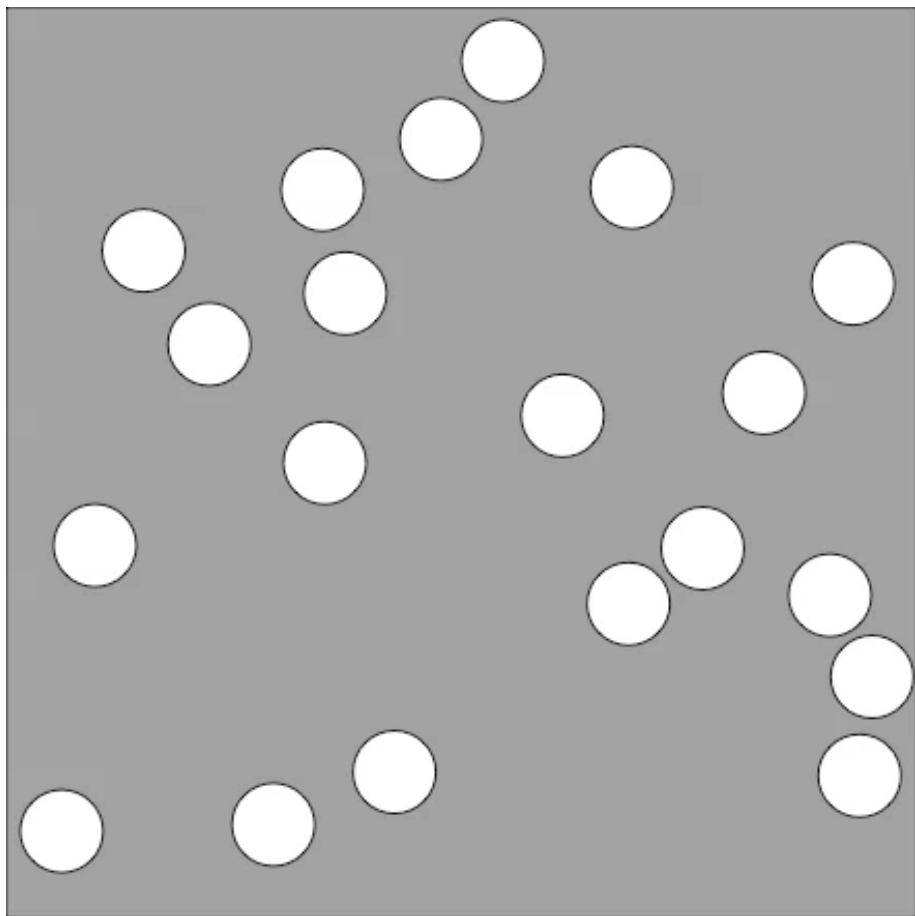
- 液相や固相が存在する。
- 理想気体の限界: **低温、高圧、高密度**



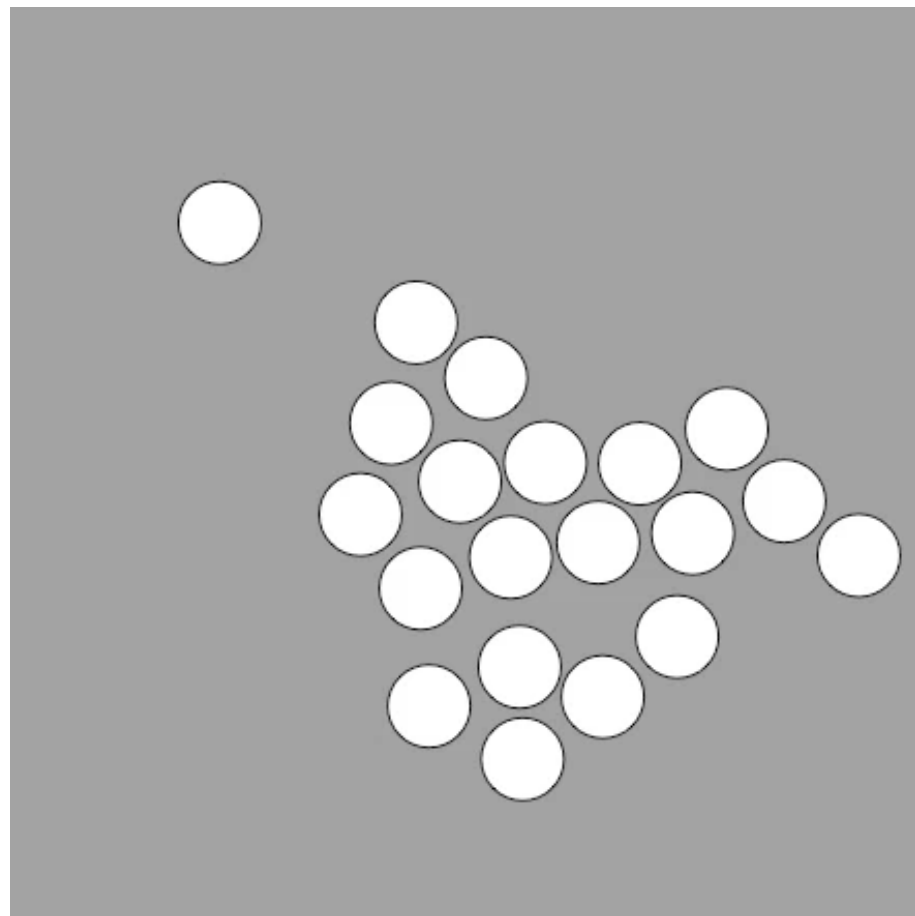
高密度の
理想気体



現実の
高密度気体



斥力のみ



引力あり

状態方程式の改良

- 2つの「現実性」を加える。
 - 分子の体積 → 体積の補正
 - 分子間に働く引力 → 圧力の補正

ファンデルワールスの状態方程式

$$\left(p + \frac{n^2 a}{V^2} \right) \underbrace{(V - nb)}_{\text{体積に関する補正}} = nRT$$

体積に関する補正

引力に関する補正

次回の予定

- 12月2日
- 液体と溶液