

教養物理化学

第6回 気体

2010-11-5

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

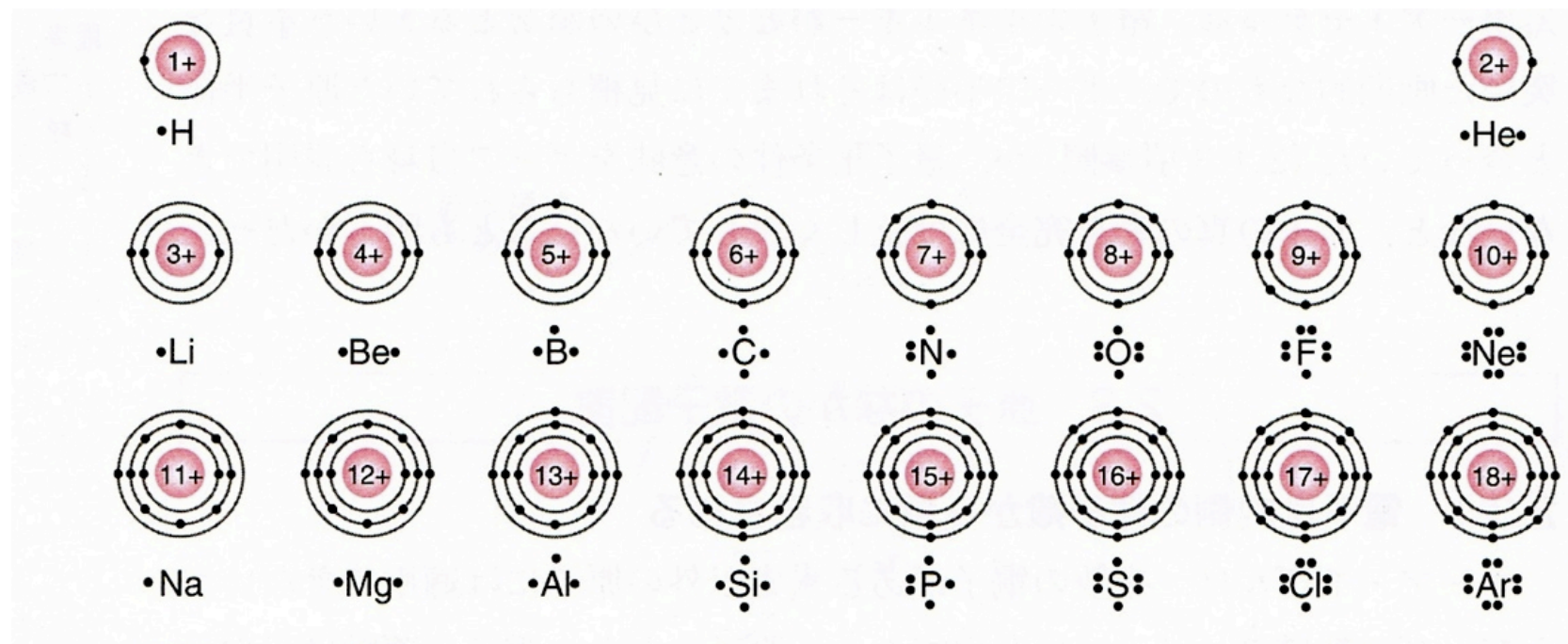
- 元素の周期的性質
 - 周期表の構造
 - 原子の大きさ、イオン化エネルギー、電気陰性度、etc.

周期表

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	H																	He
2	Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
3	Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
6	Cs	Ba		Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
7	Fr	Ra		Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg							

Lanthanoids	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
Actinoids	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr

H $1s^1$	He $1s^2$						
Li $2s^1$	Be $2s^2$	B $2p^1$	C $2p^2$	N $2p^3$	O $2p^4$	F $2p^5$	Ne $2p^6$
Na $3s^1$	Mg $3s^2$	Al $3p^1$	Si $3p^2$	P $3p^3$	S $3p^4$	Cl $3p^5$	Ar $3p^6$



[illegible]

分類(I)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	H 1s ¹																	He 1s ²
2	Li 2s ¹	Be 2s ²											B 2p ¹	C 2p ²	N 2p ³	O 2p ⁴	F 2p ⁵	Ne 2p ⁶
3	Na 3s ¹	Mg 3s ²											Al 3p ¹	Si 3p ²	P 3p ³	S 3p ⁴	Cl 3p ⁵	Ar 3p ⁶
4	19K 4s ¹	20Ca 4s ²	21Sc 3d ¹	22Ti 3d ²	23V 3d ³	24Cr 3d ⁴	25Mn 3d ⁵	26Fe 3d ⁶	27Co 3d ⁷	28Ni 3d ⁸	29Cu 3d ⁹	30Zn 3d ¹⁰	31Ga 4p ¹	32Ge 4p ²	33As 4p ³	34Se 4p ⁴	35Br 4p ⁵	36Kr 4p ⁶
5	37Rb 5s ¹	38Sr 5s ²	39Y 4d ¹	40Zr 4d ²	41Nb 4d ³	42Mo 4d ⁴	43Tc 4d ⁵	44Ru 4d ⁶	45Rh 4d ⁷	46Pd 4d ⁸	47Ag 4d ⁹	48Cd 4d ¹⁰	49In 5p ¹	50Sn 5p ²	51Sb 5p ³	52Te 5p ⁴	53I 5p ⁵	54Xe 5p ⁶
6	55Cs 6s ¹	56Ba 6s ²																

希土類金属

↓

アルカリ土類金属

↙ ↘

アルカリ金属

↙

ハロゲン

↖ ↗

希ガス

↖

分類(2)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	H 1s ¹																	He 1s ²
2	Li 2s ¹	Be 2s ²											B 2p ¹	C 2p ²	N 2p ³	O 2p ⁴	F 2p ⁵	Ne 2p ⁶
3	Na 3s ¹	Mg 3s ²											Al 3p ¹	Si 3p ²	P 3p ³	S 3p ⁴	Cl 3p ⁵	Ar 3p ⁶
4	¹⁹ K 4s ¹	²⁰ Ca 4s ²	²¹ Sc 3d ¹	²² Ti 3d ²	²³ V 3d ³	²⁴ Cr 3d ⁴	²⁵ Mn 3d ⁵	²⁶ Fe 3d ⁶	²⁷ Co 3d ⁷	²⁸ Ni 3d ⁸	²⁹ Cu 3d ⁹	³⁰ Zn 3d ¹⁰	³¹ Ga 4p ¹	³² Ge 4p ²	³³ As 4p ³	³⁴ Se 4p ⁴	³⁵ Br 4p ⁵	³⁶ Kr 4p ⁶
5	³⁷ Rb 5s ¹	³⁸ Sr 5s ²	³⁹ Y 4d ¹	⁴⁰ Zr 4d ²	⁴¹ Nb 4d ³	⁴² Mo 4d ⁴	⁴³ Tc 4d ⁵	⁴⁴ Ru 4d ⁶	⁴⁵ Rh 4d ⁷	⁴⁶ Pd 4d ⁸	⁴⁷ Ag 4d ⁹	⁴⁸ Cd 4d ¹⁰	⁴⁹ In 5p ¹	⁵⁰ Sn 5p ²	⁵¹ Sb 5p ³	⁵² Te 5p ⁴	⁵³ I 5p ⁵	⁵⁴ Xe 5p ⁶
6	⁵⁵ Cs 6s ¹	⁵⁶ Ba 6s ²																

金属

非金属

電子の手放しやすさ、電子のうけとりやすさでの分類

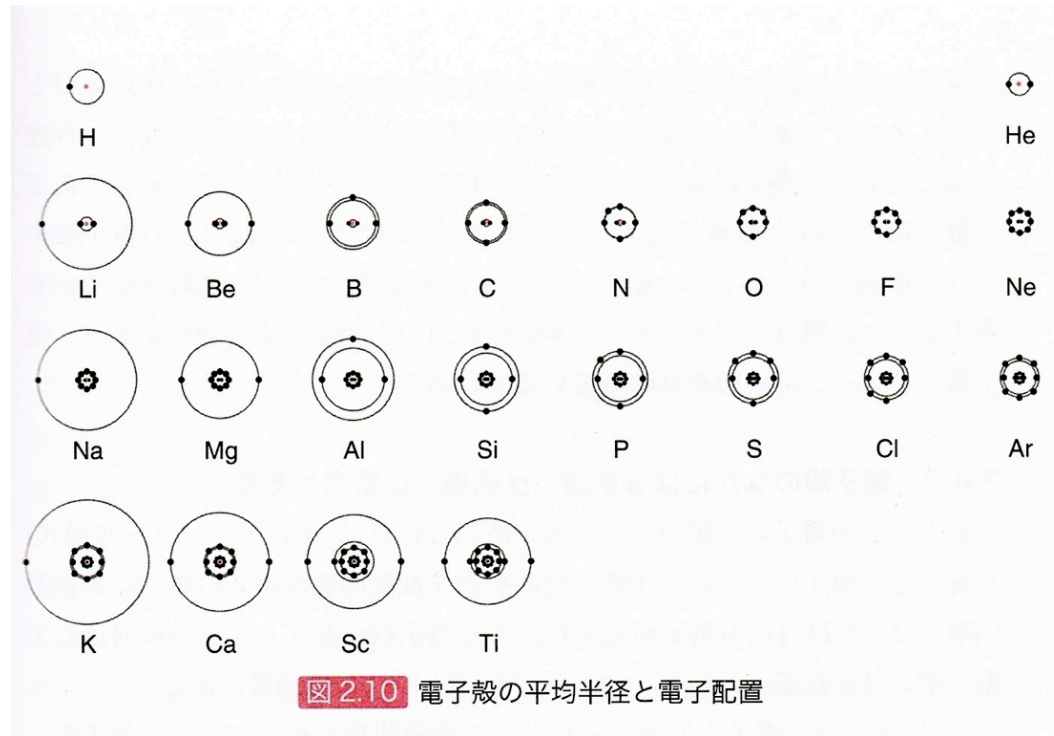
分類(3)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	H 1s ¹																	He 1s ²
2	Li 2s ¹	Be 2s ²											B 2p ¹	C 2p ²	N 2p ³	O 2p ⁴	F 2p ⁵	Ne 2p ⁶
3	Na 3s ¹	Mg 3s ²											Al 3p ¹	Si 3p ²	P 3p ³	S 3p ⁴	Cl 3p ⁵	Ar 3p ⁶
4	19K 4s ¹	20Ca 4s ²	21Sc 3d ¹	22Ti 3d ²	23V 3d ³	24Cr 3d ⁴	25Mn 3d ⁵	26Fe 3d ⁶	27Co 3d ⁷	28Ni 3d ⁸	29Cu 3d ⁹	30Zn 3d ¹⁰	31Ga 4p ¹	32Ge 4p ²	33As 4p ³	34Se 4p ⁴	35Br 4p ⁵	36Kr 4p ⁶
5	37Rb 5s ¹	38Sr 5s ²	39Y 4d ¹	40Zr 4d ²	41Nb 4d ³	42Mo 4d ⁴	43Tc 4d ⁵	44Ru 4d ⁶	45Rh 4d ⁷	46Pd 4d ⁸	47Ag 4d ⁹	48Cd 4d ¹⁰	49In 5p ¹	50Sn 5p ²	51Sb 5p ³	52Te 5p ⁴	53I 5p ⁵	54Xe 5p ⁶
6	55Cs 6s ¹	56Ba 6s ²																

遷移金属元素

d軌道(最外殻ではない)に空きがある元素

典型元素



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。

イオン化エネルギー

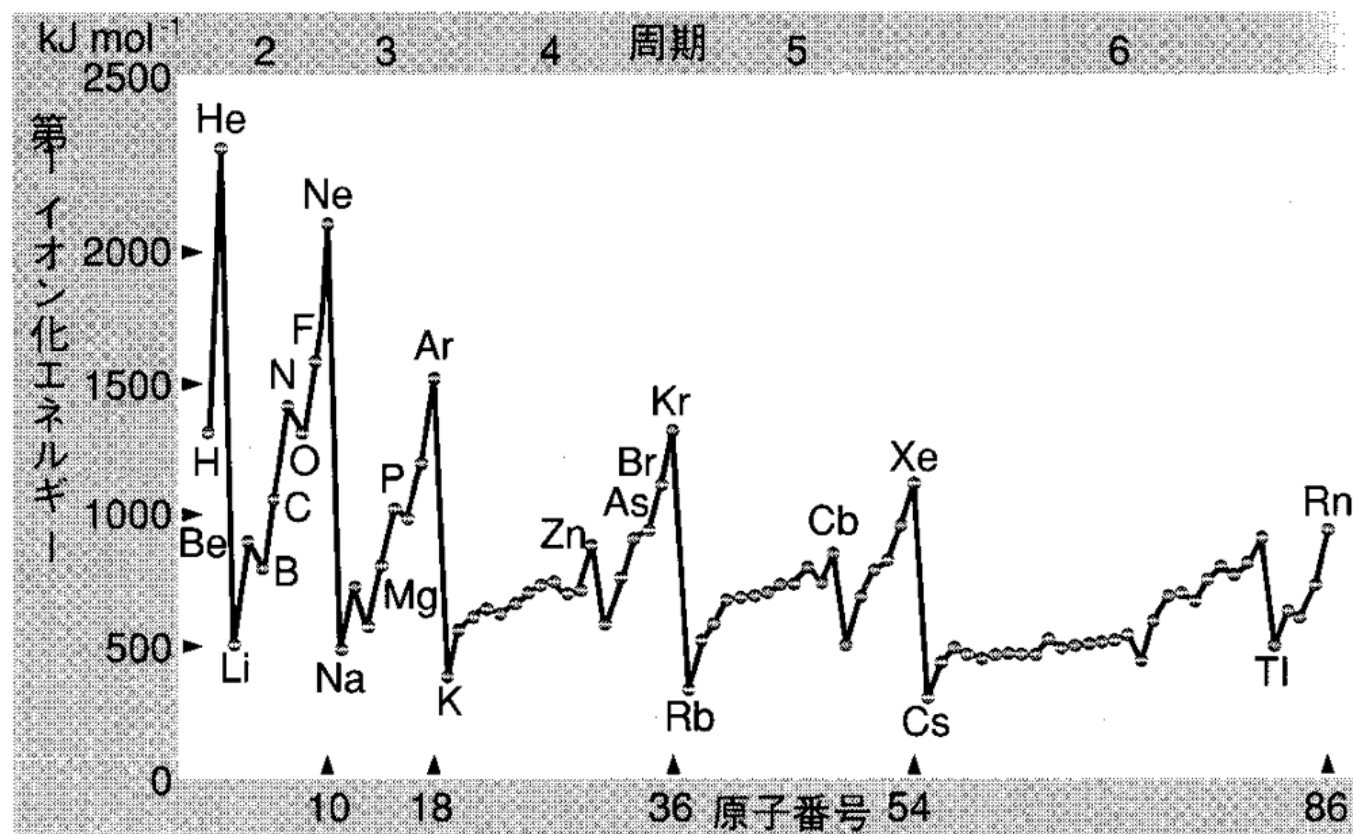


図 5.1 原子の第1 イオン化エネルギー. どの周期でもアルカリ金属で最小, 希ガスで最大になっている

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
- 準安定: 亜閉殻構造
 - 最外殻が p または d 軌道で、半分占有
 - 最外殻が s または d 軌道で、全占有

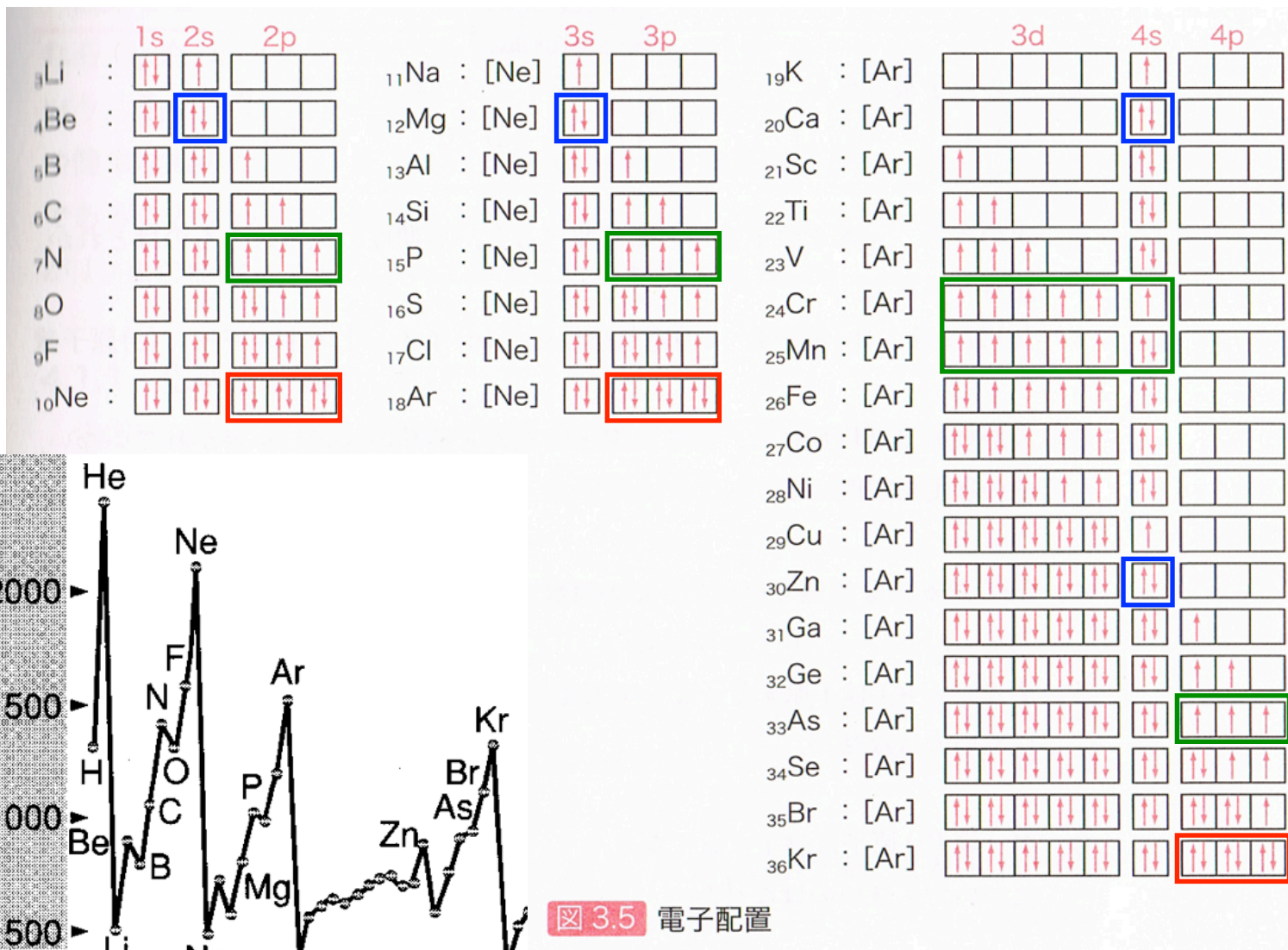


図 3.5 電子配置

閉殻・亜閉殻電子配置

今日の目標

- 理想気体
- 実在気体

気体

- アボガドロの法則
- ボイルの法則
- シャルルの法則

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)

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。

Boyleの法則

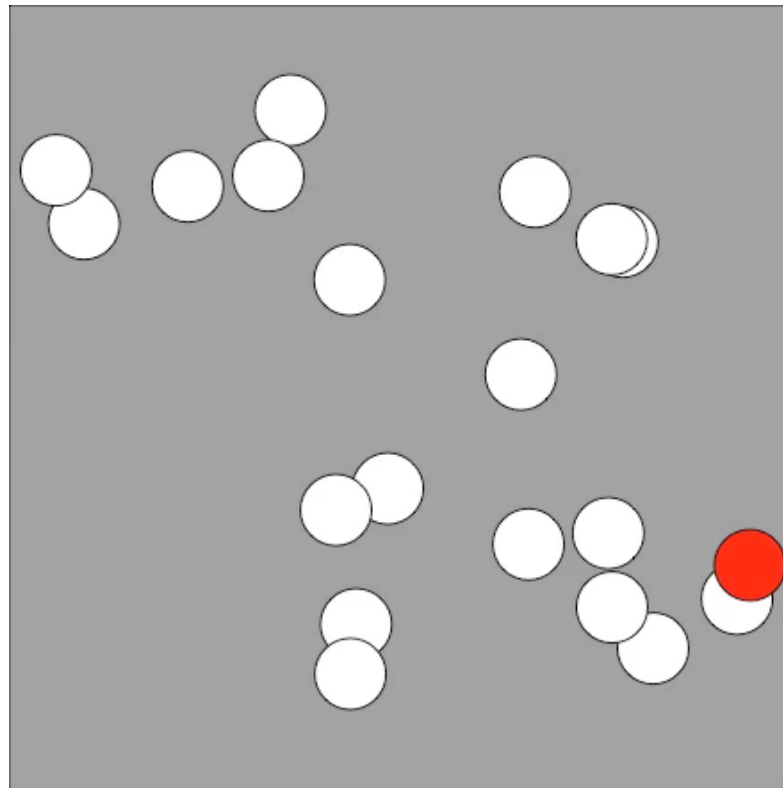
- 気体は圧力に反比例して収縮する。
- 圧力と体積の関係。

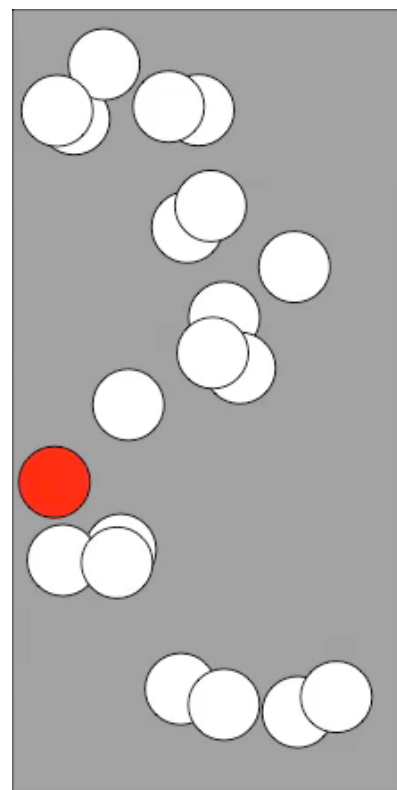
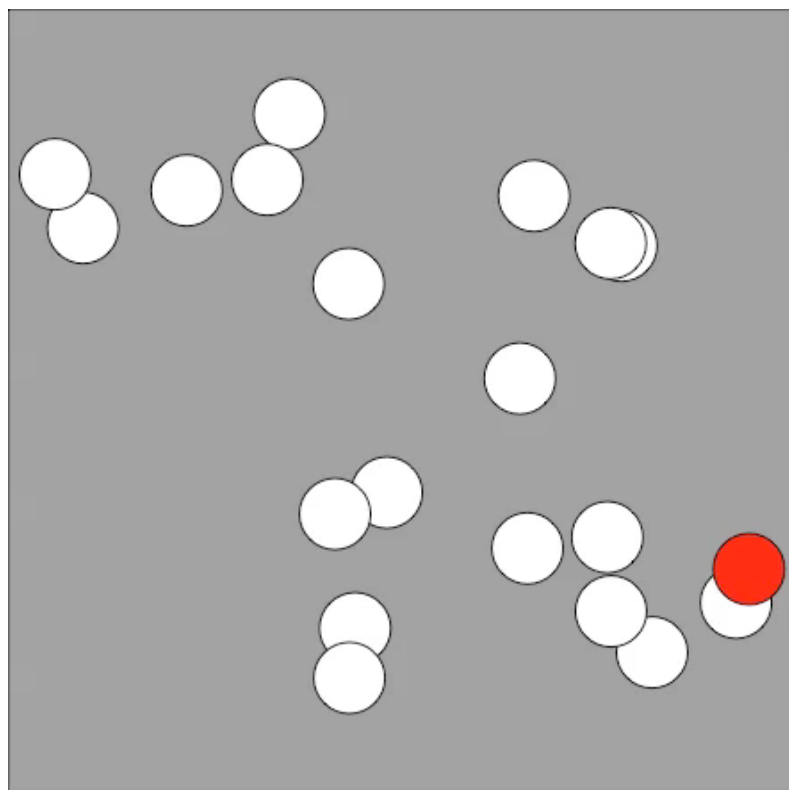
$$p \cdot V = A \quad (A \text{は定数})$$

圧力とは?

- 単位面積あたりに加わる力。
力を面積で割ったもの。

気体の圧力





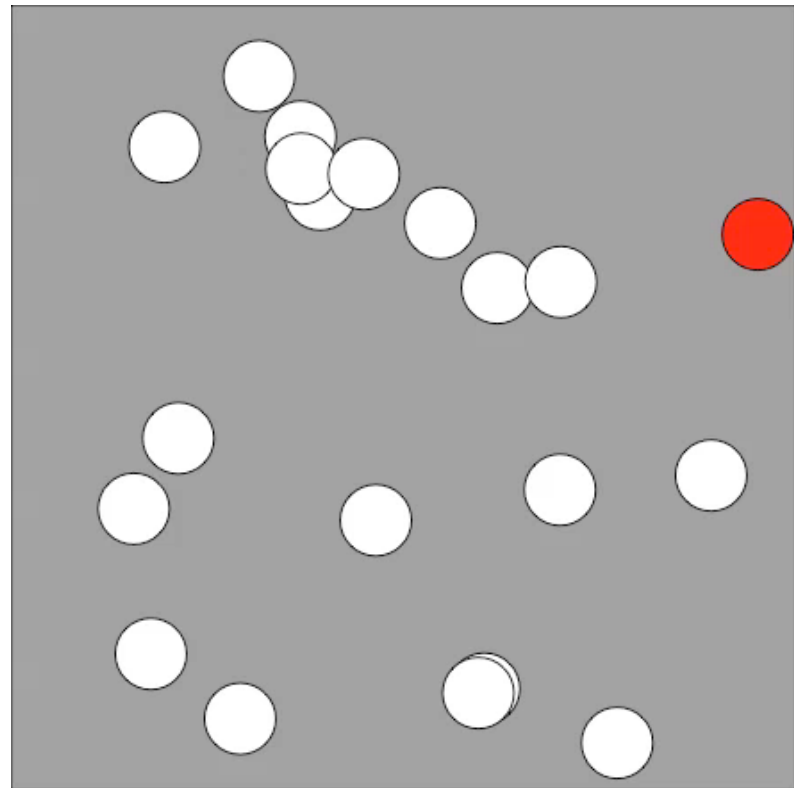
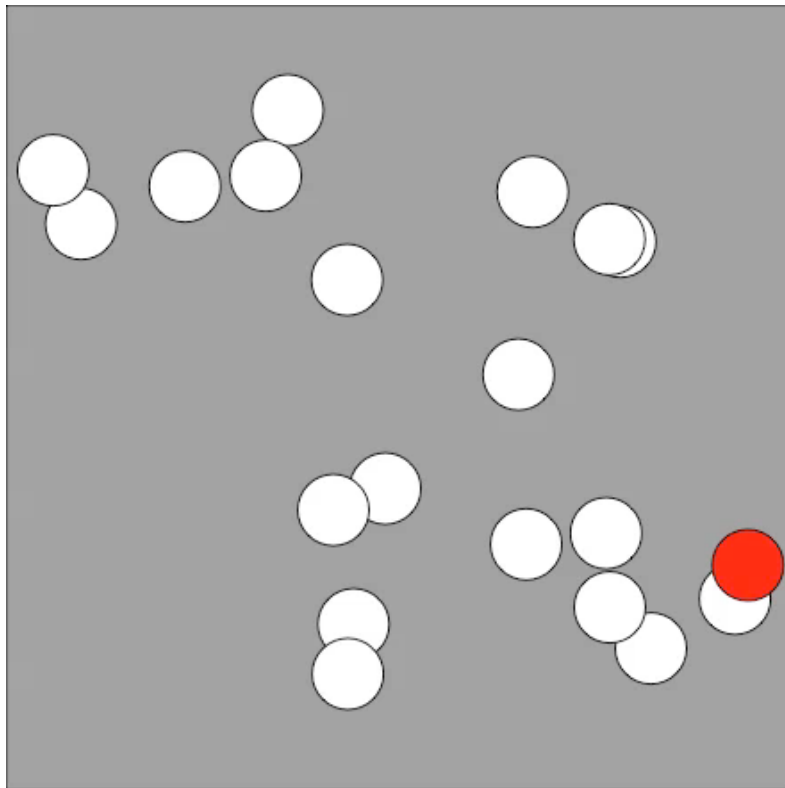
Charlesの法則

- 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

$$p = BT$$

- 図6.2



3つの法則の統合

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

$$pV = nRT$$

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

ヘリウム

He 100%

空気

N₂ 80%

O₂ 20%

1気圧

常温

体積同じ

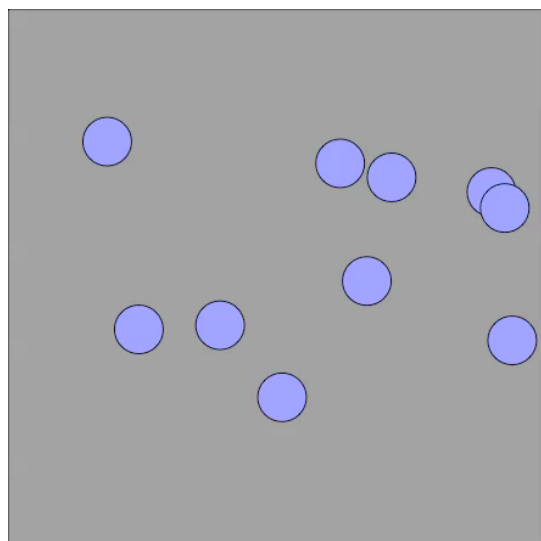
練習問題Ⅰ

- 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。

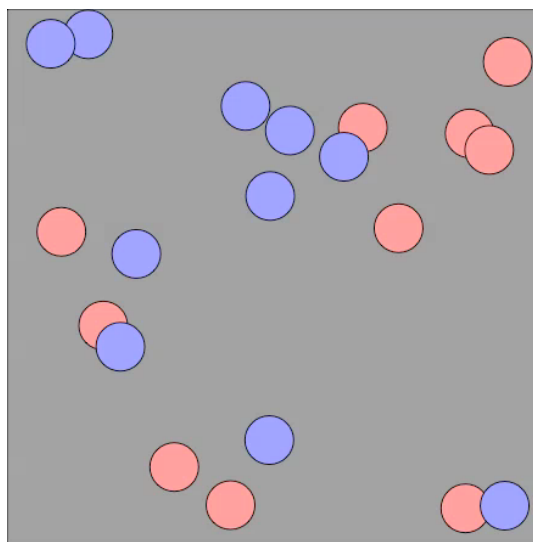
練習問題2

- 10000mの高空(低温(-55°C)、低圧(0.3気圧))まで上がるヘリウム気球を作りたい。どのようなことに注意する必要があるか。

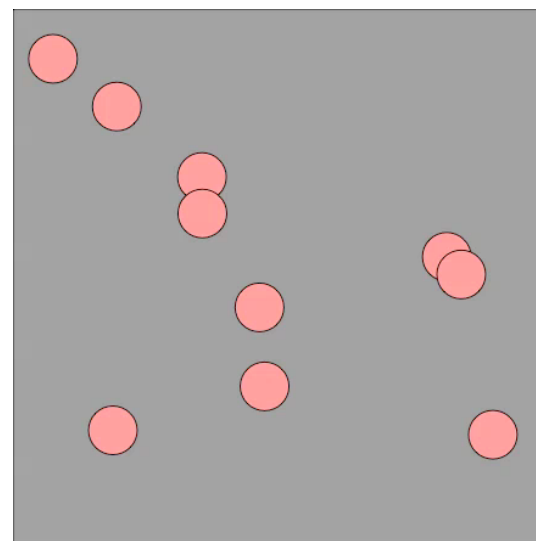
分圧の法則



$$p_1 V = n_1 RT$$



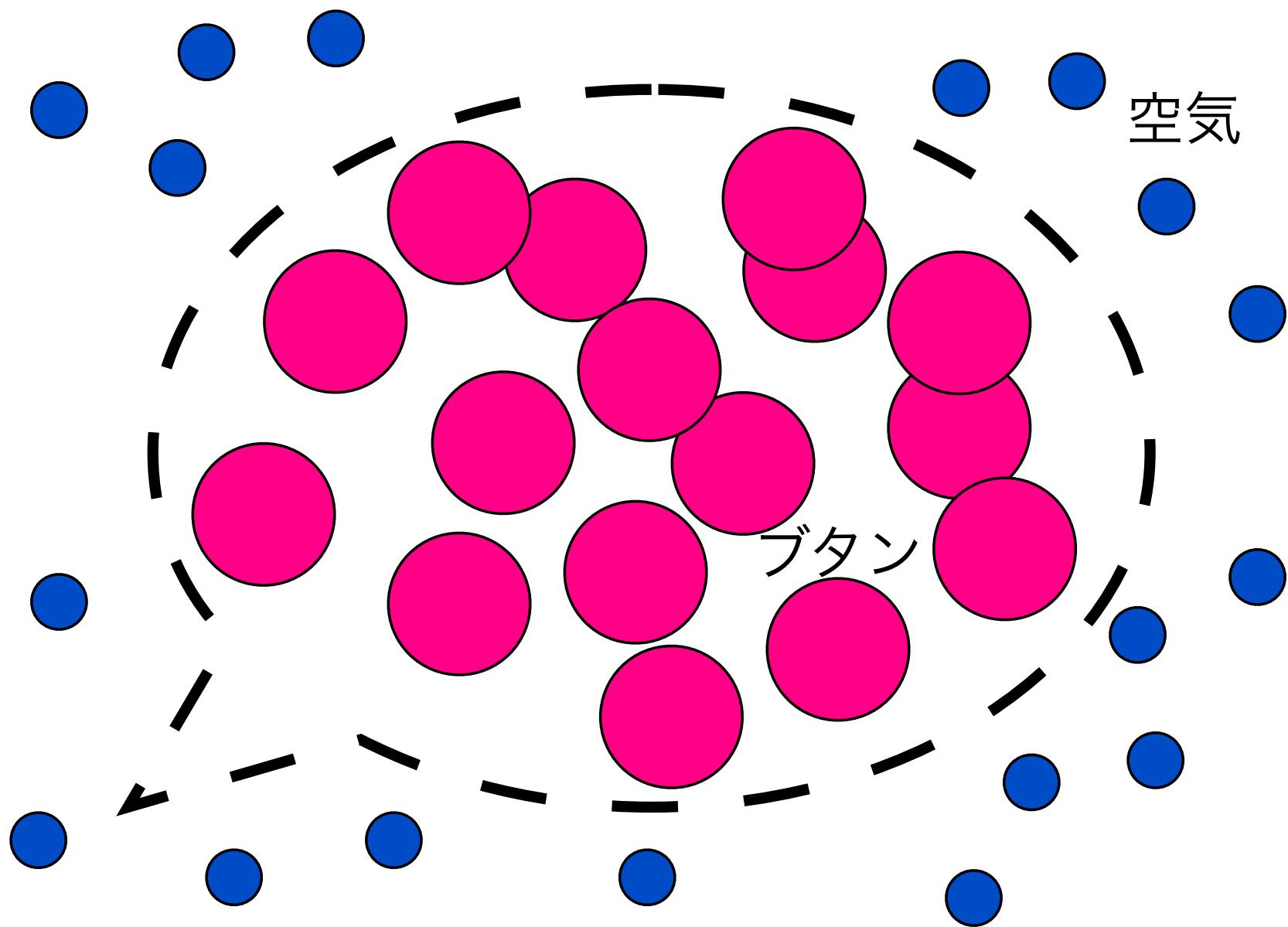
$$(p_1 + p_2) V = (n_1 + n_2) RT$$

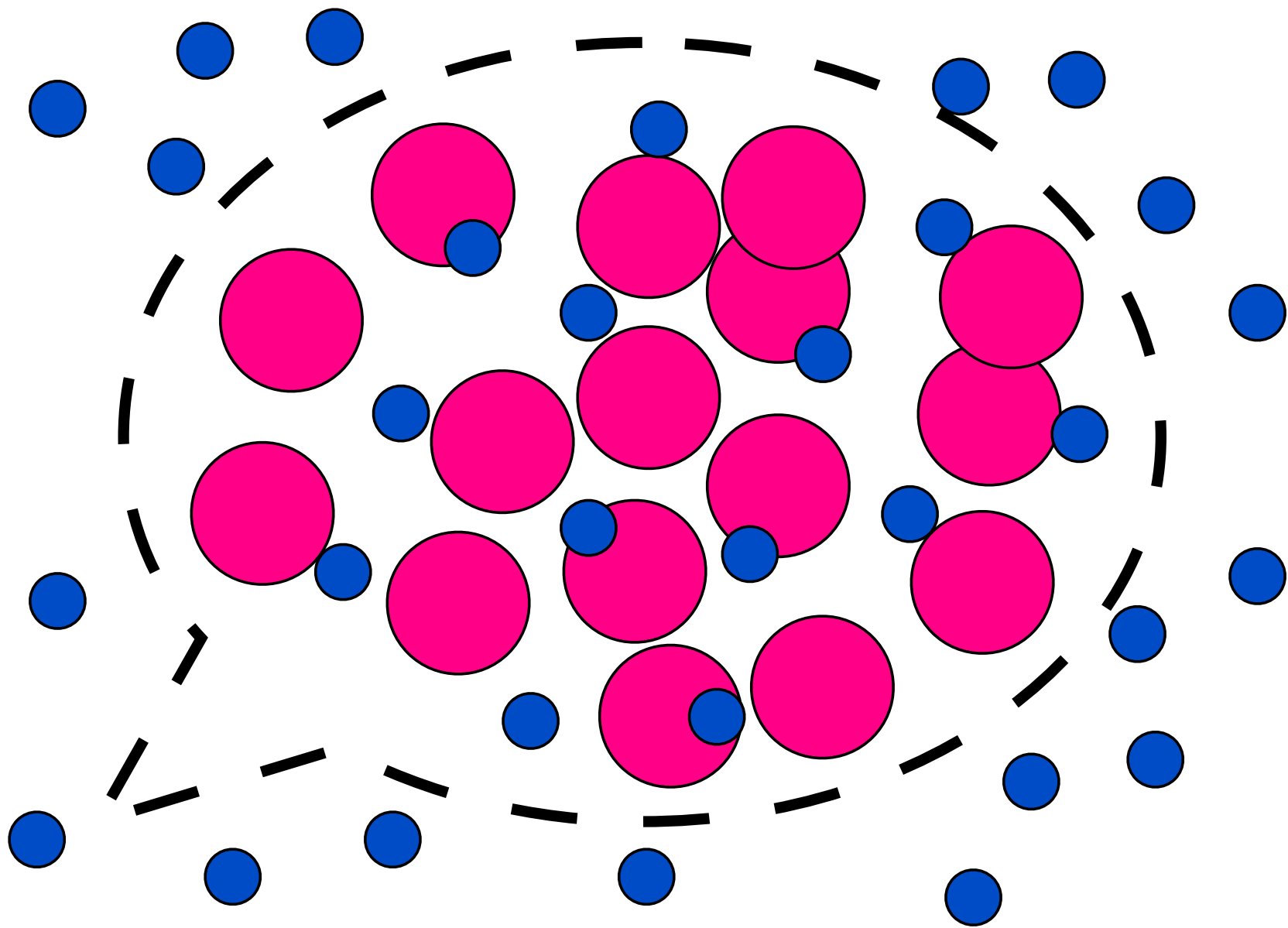


$$p_2 V = n_2 RT$$

練習問題3

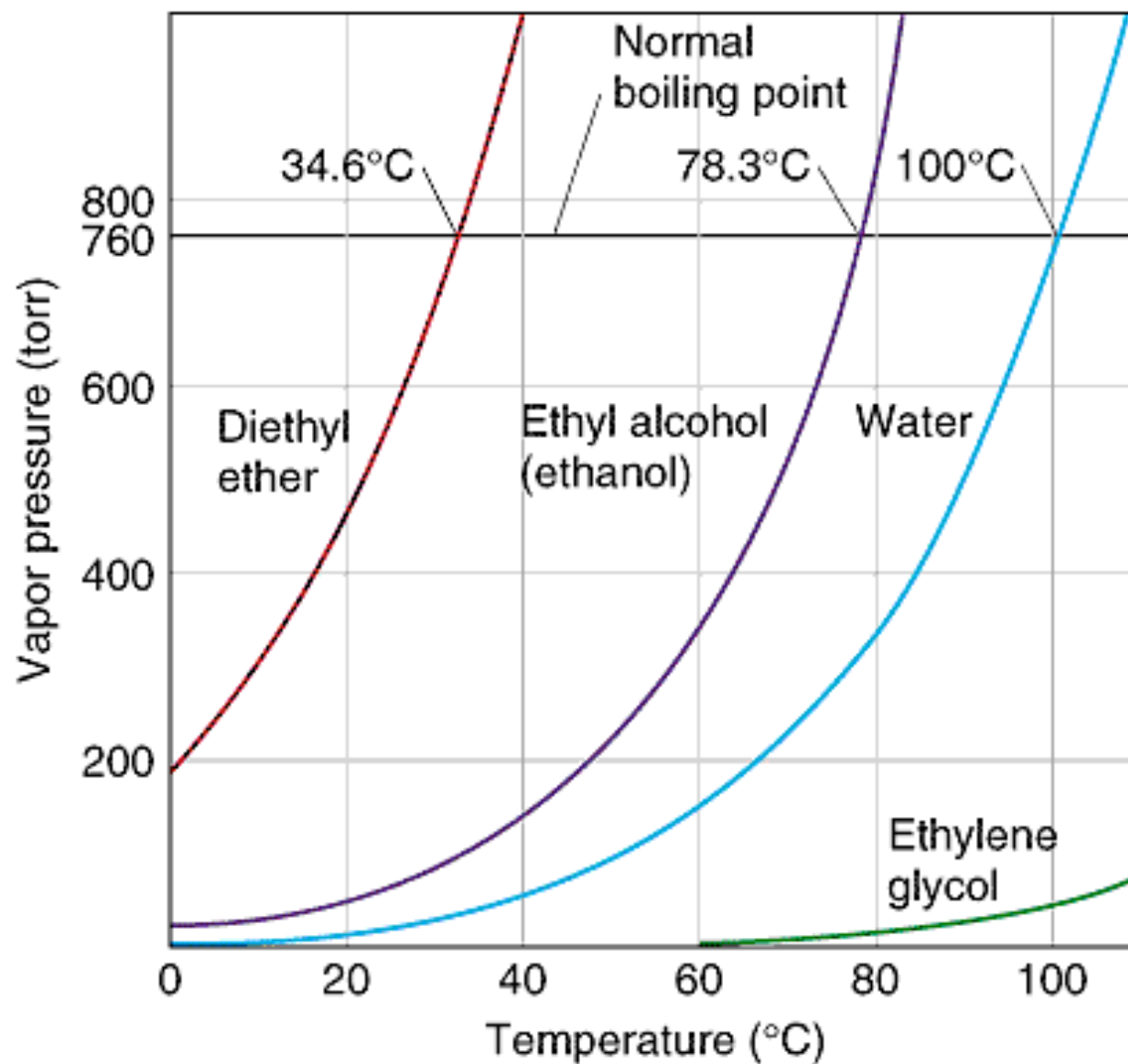
純ブタン気体を袋に密封する。袋には、酸素や窒素分子は通るが、ブタン分子は通らない程度の大きさの穴がたくさんあいている。大気中に袋を放置すると、袋はどうか。(1)徐々に膨張する (2)変化しない (3)徐々に収縮する。自分の予想と、理由を述べよ。





蒸気圧

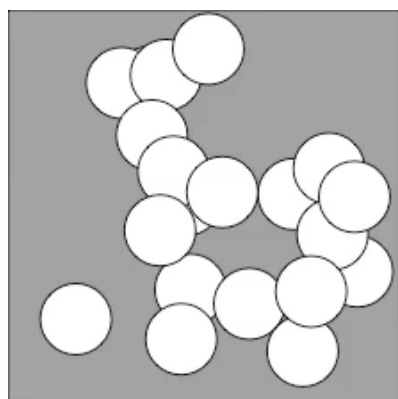
- 固体や液体が一緒に存在する場合、
気体の分圧は一定値になる。この圧力を、蒸気圧と呼ぶ。
- 気圧が低ければ、液体から蒸発する
- 気圧が高ければ、凝集する。



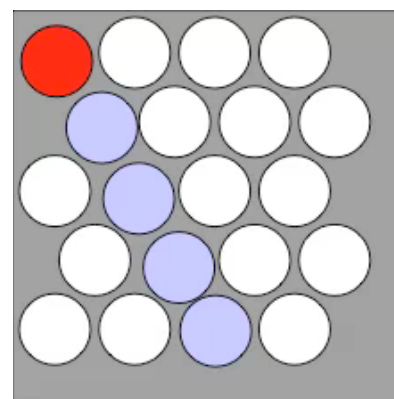
http://www.800mainstreet.com/08/0008-0013-vapor_pres.html

実在気体

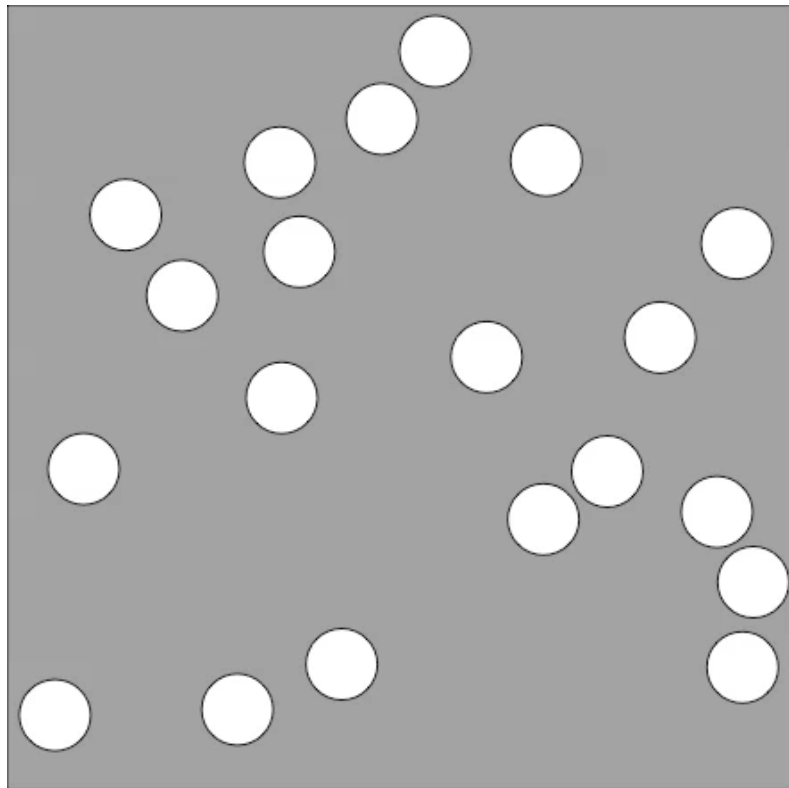
- 理想気体の限界: **低温、高圧、高密度**



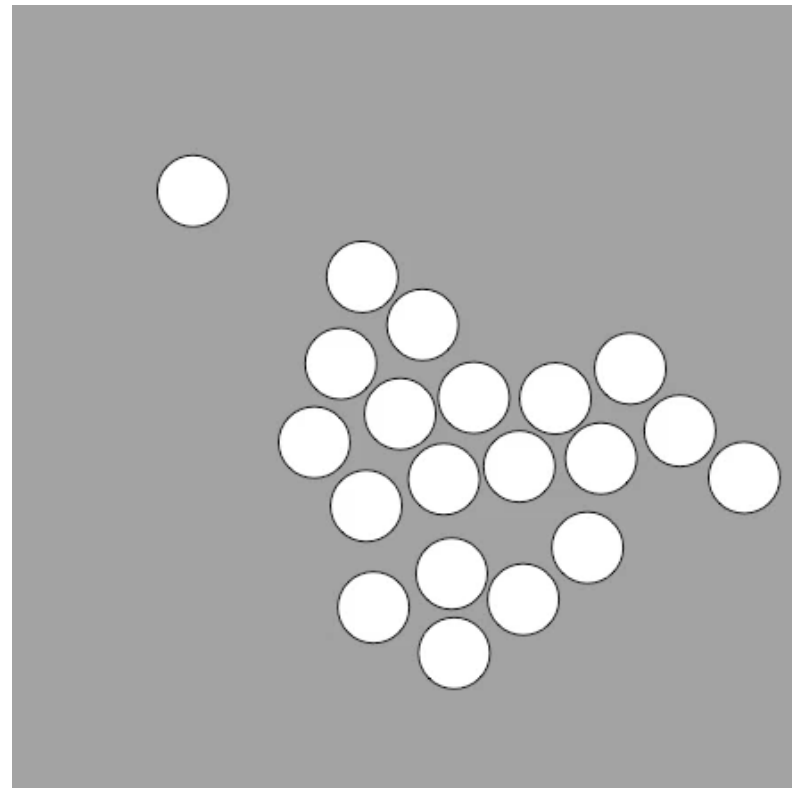
高密度の
理想気体



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

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

$\underbrace{\left(p + \frac{n^2 a}{V^2} \right)}_{\text{引力に関する補正}}$

まとめの問題

次回の予定

- 12月3日
- 中間試験と解説
 - ノート・教科書・電卓持ち込み可