

化 学

解答上の注意事項

数値の解答は、各問の解答形式に指定されている桁数に従うこと。

例1：解答欄が指数表記の場合、340、34、3.4、0.034は、各々、 $\boxed{3}.\boxed{4}\times 10^{\boxed{2}}$ 、 $\boxed{3}.\boxed{4}\times 10^{\boxed{1}}$ 、 $\boxed{3}.\boxed{4}\times 10^{\boxed{0}}$ 、 $\boxed{3}.\boxed{4}\times 10^{-\boxed{2}}$ と解答する。

例2：解答欄が2桁の場合、2は $\boxed{0}\boxed{2}$ 、21は $\boxed{2}\boxed{1}$ と解答する。

例3：解答欄が3桁の場合、2は $\boxed{0}\boxed{0}\boxed{2}$ 、21は $\boxed{0}\boxed{2}\boxed{1}$ 、201は $\boxed{2}\boxed{0}\boxed{1}$ と解答する。

原子量および定数などは以下の値を使用すること。

原子量 H：1.00 C：12.0 N：14.0 O：16.0 Na：23.0 Cl：35.5

K：39.0 Mn：55.0 Cu：63.5

ファラデー定数： 9.65×10^4 C/mol

気体定数： 8.31×10^3 Pa·L/(K·mol)または、 8.31 Pa·m³/(K·mol)

標準状態 (1.01×10^5 Pa, 273 K)における1 molの気体の体積：22.4 L

I 以下の問に答えよ。〔解答欄 $\boxed{\text{ア}}$ ~ $\boxed{\text{ソ}}$ 〕

問1 下の①~⑥のうち、中性子数が7の原子はどれか。あてはまるものをすべて選べ。

$\boxed{\text{ア}}$

- ① ¹²C ② ¹³C ③ ¹⁴C ④ ¹⁴N ⑤ ¹⁶O ⑥ ¹⁷O

問2 塩化ナトリウムに濃硫酸を加えて加熱し、気体を発生させた。この気体に関する記述として正しいものを、下の①~⑥から3つ選べ。 $\boxed{\text{イ}}$

- ① 刺激臭を持つ。
② 上方置換で捕集する。
③ 常温常圧で黄色である。
④ この気体の水溶液は塩基性である。
⑤ アンモニアと反応させると白煙を生じる。
⑥ この気体の濃い濃度(約37%)の水溶液は、発煙する性質がある。

問 3 酢酸カルシウムの熱分解(乾留)によってある有機化合物を得た。この有機化合物に関する記述として正しいものを、下の①~⑥から2つ選べ。 ウ

- ① 酸化すると、2-プロパノールが得られる。
- ② クメン法により合成される。
- ③ 金属ナトリウムと反応して水素を発生する。
- ④ 炭酸水素ナトリウムと反応して二酸化炭素を発生する。
- ⑤ ヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液とともに加熱すると、黄色沈殿を生じる。
- ⑥ エタノールを硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液に加えて加熱すると、合成できる。

問 4 フェノールに関する記述として誤りを含むものを、下の①~⑥からすべて選べ。 エ

- ① 石炭の乾留により得られる。
- ② クメン法により合成される。
- ③ 炭酸に比べて弱い酸である。
- ④ 無色・無臭の固体で有毒である。
- ⑤ ベンゼンよりも置換反応を受けにくい。
- ⑥ アルカリ金属と反応して水素を発生する。

問 5 次に示した反応①~⑤のうち、反応によって硫黄原子の酸化数が変化するものをすべて選べ。 オ

- ① 亜鉛に希硫酸を加えて気体を発生させた。
- ② 銅に熱濃硫酸を加えて気体を発生させた。
- ③ 硫化鉄(II)に希塩酸を加えて気体を発生させた。
- ④ スクロースに濃硫酸を加えてスクロースを炭化させた。
- ⑤ 酢酸鉛(II)水溶液に硫化水素を通じて黒色沈殿を生成させた。

問 6 0.60 mol/L の過酸化水素の水溶液 100 mL に酸化マンガン(IV)を加え、25 °C で酸素の発生量を測定した。この操作により 30 秒間で酸素が 3.0×10^{-3} mol 発生した。過酸化水素の 30 秒間の平均分解反応速度 [mol/(L·s)] を有効数字 2 桁で求めよ。反応により水溶液の体積変化はなかったものとする。

カ . キ $\times 10^{-$ ク mol/(L·s)

問 7 可逆反応 $A \rightleftharpoons B$ について、触媒を加えることにより変化するものを、下の①～⑥よりすべて選べ。ただし、すべて同一の初期状態から反応を開始するものとし、触媒の体積は無視できるものとする。また、A、Bはいずれも固体でないとする。 ケ

- ① 反応熱の大きさ
- ② A から B への反応速度
- ③ B から A への反応速度
- ④ 活性化エネルギーの大きさ
- ⑤ 平衡に達した時の生成物 B の物質量
- ⑥ 平衡に達した時の A と B のモル濃度の比

問 8 図 1 は、硝酸カリウムと塩化カリウムの水 100 g に対する溶解度と温度の関係を示したものである。以下の方法で、硝酸カリウムと塩化カリウムからなる塩の混合物を溶かした水溶液（以下、水溶液 A と呼ぶ）を作った。これに関する記述として誤りを含むものを、下の①～⑥から 2 つ選べ。ただし、それぞれの塩の溶解度は、ほかの塩の共存によって影響を受けないものとする。 コ

[方法]

温度 60 °C で、硝酸カリウム 65 g と塩化カリウム 54 g からなる塩の混合物を、水 100 g^a に加え、溶解平衡に達するまでよくかきまぜた。その後、温度を 60 °C に保ったまま、水に溶けずに残った塩をろ過して取り除き水溶液 A を作った。

- ① 下線部 a の水の量を 125 g にすると、塩の混合物はすべて溶解する。
- ② 下線部 a の水の量を 200 g にして作った水溶液は、冷却していくと硝酸カリウムのみを析出させることができる。
- ③ 水溶液 A の沸点は、下線部 a の水の量を 50 g にして作った水溶液の沸点より低い。
- ④ 水溶液 A をおよそ 40 °C まで冷却すると、硝酸カリウムが析出し始める。
- ⑤ 水溶液 A を 38 °C まで冷却したとき、析出する塩の質量は硝酸カリウムの方が塩化カリウムより多い。
- ⑥ 水溶液 A を 20 °C まで冷却したとき、この溶液に含まれる溶質の質量パーセント濃度は、硝酸カリウムの方が塩化カリウムより高い。

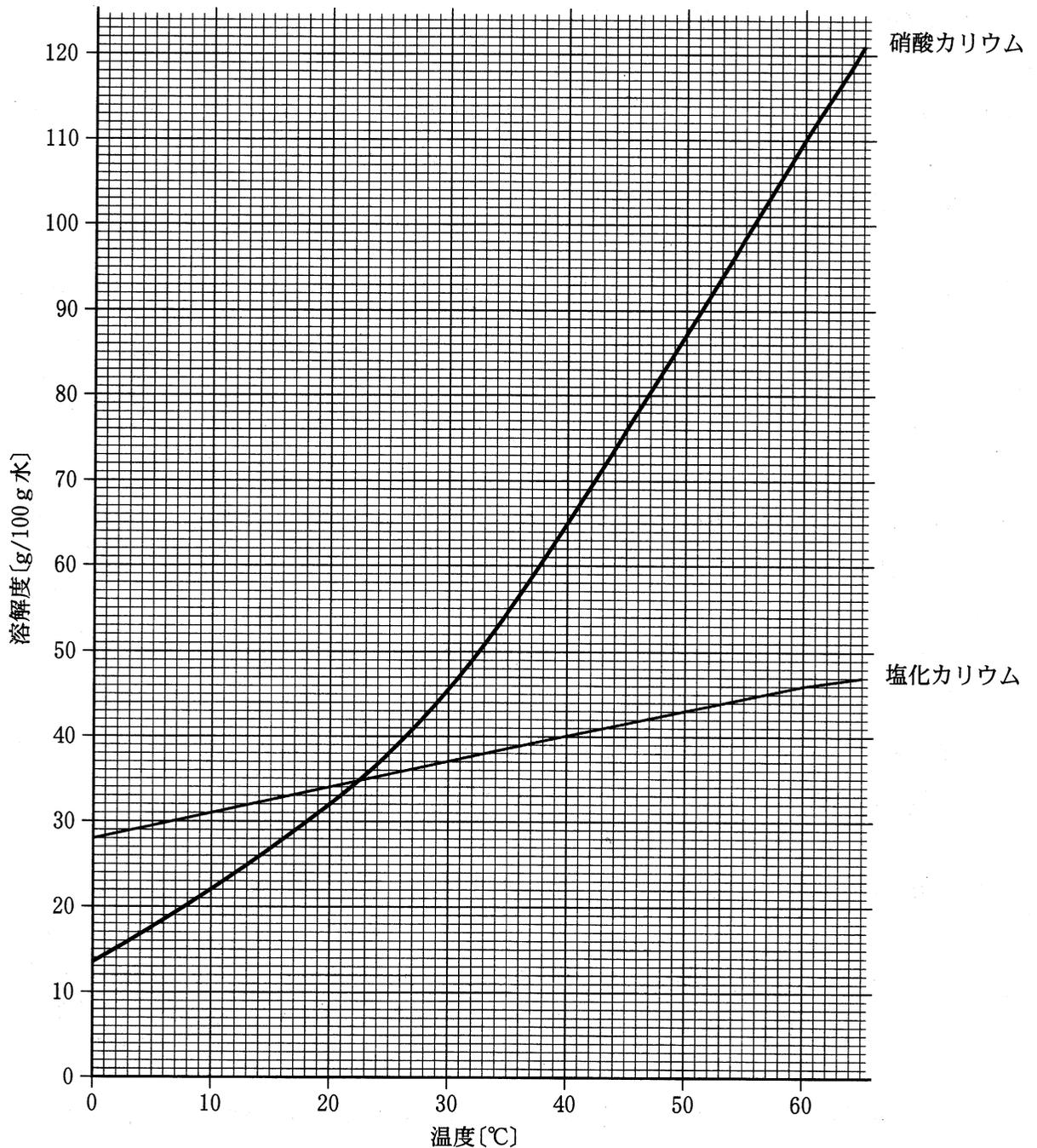


図 1

問 9 蒸留水 40.0 mL に 3.00 mol/L の硫酸水溶液 10.0 mL と 2.00×10^{-2} mol/L のシュウ酸標準溶液 50.0 mL を加えた。この水溶液を 60 °C に温め、濃度未知の過マンガン酸カリウム水溶液を滴下したところ、15.0 mL 加えた時に過マンガン酸イオンの赤紫色が残って消えなくなった。滴定に用いた過マンガン酸カリウム水溶液の濃度を有効数字 3 桁で答えよ。ただし、 は符号とし、符号が + の場合は①を、- の場合は②をマークせよ。また、ゼロ乗の時は 10 の指標を +0 とせよ。

. $\times 10^{\text{セ} \text{ソ}}$ mol/L

II 以下の間に答えよ。〔解答欄 ~ 〕

問 1 陰イオンの組成がそれぞれ異なる、5種類の水溶液A~Eがある。これらの水溶液は、陰イオンとして Cl^- 、 CO_3^{2-} 、 CrO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 S^{2-} のいずれか1つを含む。また陽イオンは、 Na^+ を共通に含んでいる。以下の間に答えよ。

(1) 水溶液Aに、 Ag^+ 、 Ba^{2+} 、 Ca^{2+} 、 Cu^{2+} 、 Pb^{2+} の陽イオンのいずれを加えても沈殿を生じなかった。水溶液Aに含まれていた陰イオンを①~⑤から選べ。

- ① Cl^- ② CO_3^{2-} ③ CrO_4^{2-} ④ NO_3^- ⑤ S^{2-}

(2) 水溶液Bは、弱塩基性で黄色であったが、酸性にすると橙赤色に変化した。水溶液Bに含まれていた陰イオンを①~⑤から選べ。

- ① Cl^- ② CO_3^{2-} ③ CrO_4^{2-} ④ NO_3^- ⑤ S^{2-}

(3) 水溶液Cに Ba^{2+} を加えたところ、白色沈殿が生じた。この沈殿は塩酸を加えると溶解した。水溶液Cに含まれていた陰イオンを①~⑤から選べ。

- ① Cl^- ② CO_3^{2-} ③ CrO_4^{2-} ④ NO_3^- ⑤ S^{2-}

(4) 水溶液Dに下の①~⑥の金属イオンをそれぞれ加えたところ、白色または黒色の沈殿を生じた。この反応において、白色沈殿となるものを①~⑥からすべて選べ。

- ① Ag^+ ② Al^{3+} ③ Cu^{2+} ④ Fe^{2+} ⑤ Pb^{2+} ⑥ Zn^{2+}

(5) 水溶液Eに Ag^+ を加えたところ、白色沈殿を生じた。ろ過して採取した白色沈殿を溶かすことができる溶液を①~⑥から2つ選べ。

- ① アンモニア水 ② 硝酸水溶液
③ 水酸化ナトリウム水溶液 ④ 炭酸ナトリウム水溶液
⑤ チオ硫酸ナトリウム水溶液 ⑥ 硫酸水溶液

問 2 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

デンプンは、単糖である **カ** が脱水縮合して多数がつながった高分子化合物であり、**カ** が直鎖状につながった **キ** と、**キ** にさらに枝分かれ構造を持つ **ク** で構成される。デンプン分子は水溶液中で **ケ** 構造をとり、その水溶液は **コ** によって青(濃青)~赤紫色に呈色する。**カ** の分子式は $C_{\text{サ}}H_{\text{シ}}O_{\text{セ}}$ であり、その水溶液は還元性を示す。そのため、**カ** 水溶液に **ソ** を加えて加熱すると酸化銅(I)の赤色沈殿を生じる。

二糖類であるスクロース(ショ糖)は、**カ** と **タ** が結合したものであり、**タ** は **カ** と同じ分子式を持つ構造異性体である。

(1) 文中 **カ** , **タ** に適切なものを、下の①~⑧からそれぞれ1つずつ選べ。

- ① ガラクトース ② グルコース ③ セロビオース ④ トレハロース
⑤ フルクトース ⑥ マルトース ⑦ マンノース ⑧ ラクトース

(2) 文中 **キ** , **ク** に適切なものを、下の①~⑤からそれぞれ1つずつ選べ。

- ① アミロース ② アミロペクチン ③ グリコーゲン
④ セルロース ⑤ デキストリン

(3) 文中 **コ** , **ソ** に適切なものを、下の①~⑦からそれぞれ1つずつ選べ。

- ① アンモニア性硝酸銀水溶液 ② 塩化鉄(III)水溶液 ③ シュワイツァー試薬
④ ニンヒドリン溶液 ⑤ フェーリング液 ⑥ ミヨウバン水溶液
⑦ ヨウ素ヨウ化カリウム水溶液

(4) 文中 **ケ** に適切なものを、下の①~⑦から1つ選べ。

- ① 架橋 ② 球状 ③ シート ④ 直鎖
⑤ プリーツ ⑥ ミセル ⑦ らせん

(5) 文中 **サ** ~ **セ** に適切な数字をマークせよ。

(6) デンプンの水溶液に を加えて青紫色に呈色した溶液がある。これを試験管に入れ、沸騰した水浴に浸して加熱すると溶液は何色になるか。下の①～⑦から1つ選べ。

① 赤色

② 黄色

③ 黒色

④ 茶色

⑤ 緑色

⑥ 無色

⑦ 変化しない

III 以下の問に答えよ。〔解答欄 ~ 〕

問 1 下記の反応式で表される、理想気体 X, Y, Z に関する反応がある。この反応が、密閉容器中、全圧 P_1, P_2, P_3 ($P_1 < P_2 < P_3$) の下でそれぞれ平衡状態にある。



この時の、反応温度と混合気体中の気体 Z の割合 (Z の体積百分率) の関係をグラフに示した (図 2)。以下の問に答えよ。

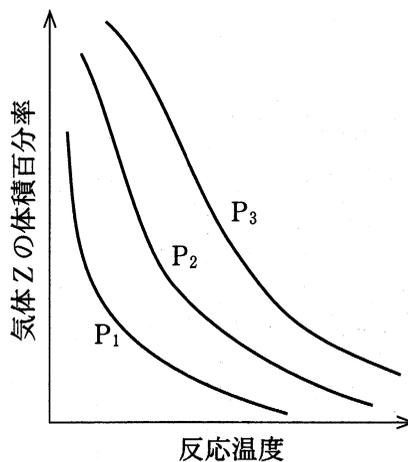
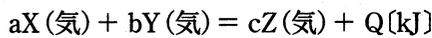


図 2

(1) この反応が平衡に達したのち、全圧を一定に保ちながら温度を上げると、平衡は反応式のどちらに移動するか。下の①~③より選べ。

- ① 右に移動 ② 左に移動 ③ 移動しない

(2) この反応の熱化学方程式は下記のように表される。



この反応の反応熱 $Q[\text{kJ}]$ について正しいものを、下の①~③より選べ。

- ① $Q > 0$ ② $Q = 0$ ③ $Q < 0$

3) a, b, c の間の関係を正しく示した式を、下の①~③より選べ。

- ① $a + b > c$ ② $a + b < c$ ③ $a + b = c$

問 2 次の文章を読んで以下の問に答えよ。

理想気体は、一定体積のもとで冷却していくと、その圧力は絶対温度に比例して小さくなる。例えば、理想気体 1.0×10^{-2} mol が、容積を 1.0 L に固定した密閉容器に入っている場合、容器内の圧力は温度の低下に伴って図 3 の直線 **エ** のように変化する。

しかし、実在気体は、一定体積のもとで冷却していくと、その圧力がやがて飽和蒸気圧に達し、気液平衡の状態となる。図 3 の曲線は、化合物 A の蒸気圧曲線を示している。

容積を 1.0 L に固定した密閉容器に、 1.0×10^{-2} mol の化合物 A を気体の状態で入れた。この場合、化合物 A は、容器内の温度が **オ** **カ** °C まで低下すると凝縮し始め、気液平衡の状態となる。

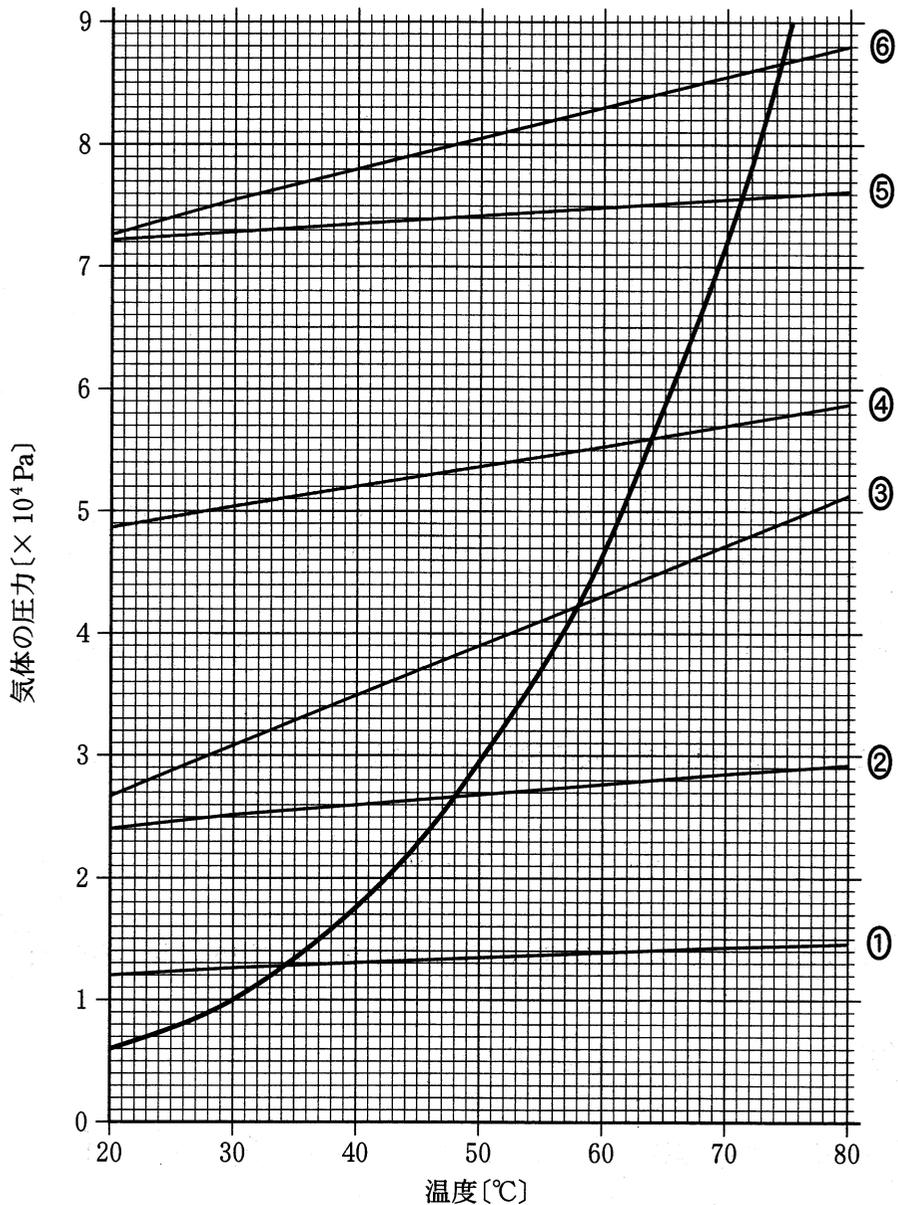


図 3

(1) 文中 にあてはまるものを、図 3 の直線①～⑥より選べ。

(2) 文中 にあてはまる数字をマークせよ。

以下の問(3), (4)では、容器内での液体の体積は無視でき、窒素と化合物 A は反応せず、窒素は化合物 A に溶けないものとして考えよ。

(3) 1.0×10^{-2} mol の化合物 A が入った容積 1.0 L の密閉容器に、容積を保ったまま窒素を追加した。この追加によって、30 °C における容器内の圧力が 4.5×10^4 Pa となった時、容器内の窒素の分圧はいくらであるか。有効数字 2 桁で答えよ。

. $\times 10^{\input type="text" value="ケ}}$ Pa

(4) 化合物 A と窒素が混在する(3)の密閉容器の容積を 0.50 L に圧縮し、その容積を保ったまま 60 °C で十分な時間静置した。この時、容器内の化合物 A はどのような状態となるか。下の①～⑩より、化合物 A の状態を表す記述として最も近いものを 1 つ選べ。

- ① 気体と液体の状態が混在し、気体の物質量：液体の物質量 = 1 : 1
- ② 気体と液体の状態が混在し、気体の物質量：液体の物質量 = 2 : 1
- ③ 気体と液体の状態が混在し、気体の物質量：液体の物質量 = 1 : 2
- ④ 気体と液体の状態が混在し、気体の物質量：液体の物質量 = 3 : 1
- ⑤ 気体と液体の状態が混在し、気体の物質量：液体の物質量 = 1 : 3
- ⑥ 気体と液体の状態が混在し、気体の物質量：液体の物質量 = 5 : 1
- ⑦ 気体と液体の状態が混在し、気体の物質量：液体の物質量 = 1 : 5
- ⑧ 気体と液体の状態が混在し、気体の物質量：液体の物質量 = 10 : 1
- ⑨ 気体と液体の状態が混在し、気体の物質量：液体の物質量 = 1 : 10
- ⑩ 気体だけの状態