

◇ 化 学

化 2－1～化 2－14 まで 14 ページあります。

必要があれば、原子量および定数は次の値を使うこと。

標準状態における気体の体積は 22.4 L/mol とする。

ファラデー定数は $F=9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$ とする。

気体定数は $R=8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})$ とする。

第1問 次の問い（問1～7）に答えよ。〔解答番号 ～ 〕

問1 単体は元素と同じ名称でよばれることが多い。次の下線を引いた語句が単体名となる組み合わせとして最も適当なものを、後の選択肢から一つ選べ。

ア. 水は水素と酸素から構成される。

イ. アンモニアは水素と窒素から合成される。

ウ. 水を分解すると水素と酸素が生じる。

エ. 植物に与える肥料には窒素やリンが含まれる。

- ① ア, イ ② ア, ウ ③ ア, エ ④ イ, ウ
⑤ イ, エ ⑥ ウ, エ

問2 分離と精製の操作とその例の組み合わせとして最も適当なものを、後の選択肢から一つ選べ。

	操作	例
①	蒸留	塩化ナトリウムと水の混合物を加熱し、水を取り出す。
②	ろ過	少量の塩化ナトリウムを含む硝酸カリウムから、硝酸カリウムを取り出す。
③	抽出	塩化ナトリウムとヨウ素の混合物を加熱し、ヨウ素を取り出す。
④	再結晶	硝酸カリウムの結晶を含む水溶液から、結晶を取り出す。
⑤	昇華	ヨウ素を含むヨウ化カリウム水溶液にヘキサンを加えて振り混ぜ、ヨウ素を取り出す。

問 3 下図 1 のように、気体の臭素と窒素がそれぞれ入っている容器を重ねた。しきり板を抜き、放置したときの状態として最も適当なものを、後の選択肢から一つ選べ。なお、図の色の濃淡は、気体の色の濃淡をあらわす。 3

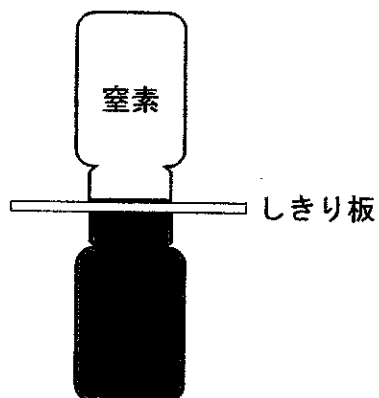
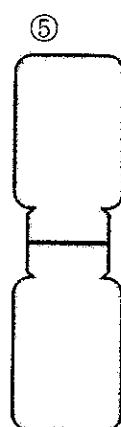
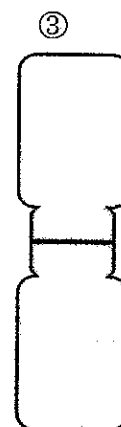
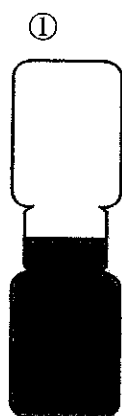


図 1



問 4 次の文のうち、原子の構造に関する説明として最も適当なものを、後の選択肢から一つ選べ。 4

- ① 原子の直径は約 10^{-10} cm 程度で、非常に小さい。
- ② 電子の相対質量は、原子核の質量の約 1840 分の 1 である。
- ③ 原子の質量は、原子核の質量にほぼ等しい。
- ④ 原子と原子核の大きさはほぼ等しい。
- ⑤ すべての原子の原子核は、陽子と中性子から構成される。

問 5 次の同素体に関する説明のうち、正しい文の組み合わせとして最も適当なものを、後の選択肢から一つ選べ。 5

- ア. 周期表で同じ族に属する元素を互いに同素体という。
- イ. 同じ元素からなる単体で、性質の異なるものを互いに同素体という。
- ウ. 同じ分子式の化合物で、原子の結合状態の異なるものを互いに同素体という。
- エ. 同素体の原子の結合状態や配置などは互いに異なる。

- ① ア, イ ② ア, ウ ③ ア, エ ④ イ, ウ
- ⑤ イ, エ ⑥ ウ, エ

問 6 原子番号 n の原子 A が 2 価の陽イオン A^{2+} になったときの電子の総数は、異なる原子 B の 1 価の陰イオン B^{-} の電子の総数と同じであった。B の原子番号を、 n を用いて表した式として最も適当なものを、後の選択肢から一つ選べ。 6

- ① $n+3$ ② $n+1$ ③ $n-1$ ④ $n-3$ ⑤ n

問 7 一般の共有結合と異なり、非共有電子対を二原子間で共有してできる共有結合を含むものとして最も適当なものを、後の選択肢から一つ選べ。 7

- ① 塩化水素 ② 塩化アンモニウム ③ 塩化ナトリウム
- ④ 塩化カルシウム ⑤ 塩素

化学の問題は、次のページに続く。

第2問 次の問い（問1～7）に答えよ。〔解答番号 8 ～ 14 〕

問1 塩素には ^{35}Cl と ^{37}Cl の2種類の同位体が存在するため、塩素分子は質量数の異なる $^{35}\text{Cl}_2$ 、 $^{35}\text{Cl}^{37}\text{Cl}$ 、 $^{37}\text{Cl}_2$ の3種類がある。これらの存在比（ $^{35}\text{Cl}_2 : ^{35}\text{Cl}^{37}\text{Cl} : ^{37}\text{Cl}_2$ ）として最も適当なものを、後の選択肢から一つ選べ。ただし、それぞれの同位体の相対質量は、質量数に等しいものとし、塩素の原子量は35.5である。 8

- ① 6 : 2 : 1 ② 6 : 3 : 1 ③ 6 : 4 : 1
 ④ 9 : 2 : 1 ⑤ 9 : 3 : 1 ⑥ 9 : 6 : 1

問2 ある質量のアルミニウムに0.50 mol/Lの塩酸を少しずつ加えたとき、発生した水素の体積と加えた塩酸の体積の関係は、下図1のようになった。反応したアルミニウムと同じ物質の亜鉛を完全に塩酸と反応させたとき、発生した水素の標準状態での体積[mL]として最も適当な数値を、後の選択肢から一つ選べ。 9 mL

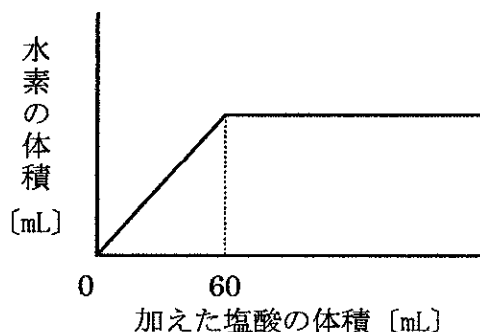
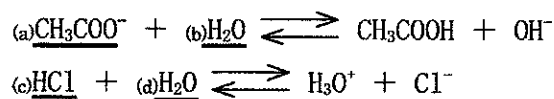


図1

- ① 56 ② 112 ③ 224 ④ 336 ⑤ 448

問3 以下の式において、下線部の物質がブレンステッド・ローリーの酸として働く物質の組み合わせとして最も適当なものを、後の選択肢から一つ選べ。 10



- ① (a)と(c) ② (b)と(c) ③ (a)と(d) ④ (b)と(d)

問 4 0.20 mol/L の硫酸 50 mL と濃度未知の水酸化ナトリウム水溶液 100 mL を混合した水溶液の pH は 1 であった。混合した水酸化ナトリウム水溶液のモル濃度 [mol/L] として最も適当なものを、後の選択肢から一つ選べ。ただし、混合による体積の増減はないものとする。 11 mol/L

- ① 0.025 ② 0.050 ③ 0.075 ④ 0.10 ⑤ 0.15

問 5 反応が起こらないものとして最も適当なものを、後の選択肢から一つ選べ。 12

- ① $\text{NH}_3 + \text{HCl} \longrightarrow \text{NH}_4\text{Cl}$
② $\text{Ba}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 \longrightarrow \text{BaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
③ $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + 2\text{NaOH} \longrightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{NH}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$
④ $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{HCl} \longrightarrow \text{NaHCO}_3 + \text{NaCl}$
⑤ $\text{NaCl} + \text{CH}_3\text{COOH} \longrightarrow \text{CH}_3\text{COONa} + \text{HCl}$

問 6 酸化還元反応ではないものとして最も適当なものを、後の選択肢から一つ選べ。

13

- ① $2\text{K}_2\text{CrO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
② $2\text{H}_2\text{S} + \text{SO}_2 \longrightarrow 3\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$
③ $\text{Fe} + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{FeSO}_4 + \text{H}_2$
④ $2\text{KMnO}_4 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 + 5\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \longrightarrow 2\text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 8\text{H}_2\text{O} + 10\text{CO}_2$
⑤ $3\text{Cu} + 8\text{HNO}_3 \longrightarrow 3\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 4\text{H}_2\text{O} + 2\text{NO}$

問 7 アルミニウムは、さびが内部まで進みにくく、濃硝酸にも反応しにくい。その理由として最も適当なものを、後の選択肢から一つ選べ。 14

- ① アルミニウムは、金属結合により原子どうしが強く結びついているため。
② アルミニウムの結晶は、原子が最も密に詰め込まれた構造をとるため。
③ アルミニウムの表面が、ち密な酸化物に覆われるため。
④ アルミニウムは、空気中や酸の中で安定な電子配置を取りやすいため。
⑤ アルミニウムのイオン化傾向は小さく、酸素や酸と反応しにくいから。

第3問 次の問い（問1～4）に答えよ。〔解答番号 15 ～ 21〕

問1 次の文を読んで、a, bに答えよ。

下図1は1 molの気体に対して、0℃のもとでの $\frac{PV}{RT}$ の値と圧力 P の関係を表した図である。ただし、 V は気体の体積、 R は気体定数、 T は絶対温度を示す。

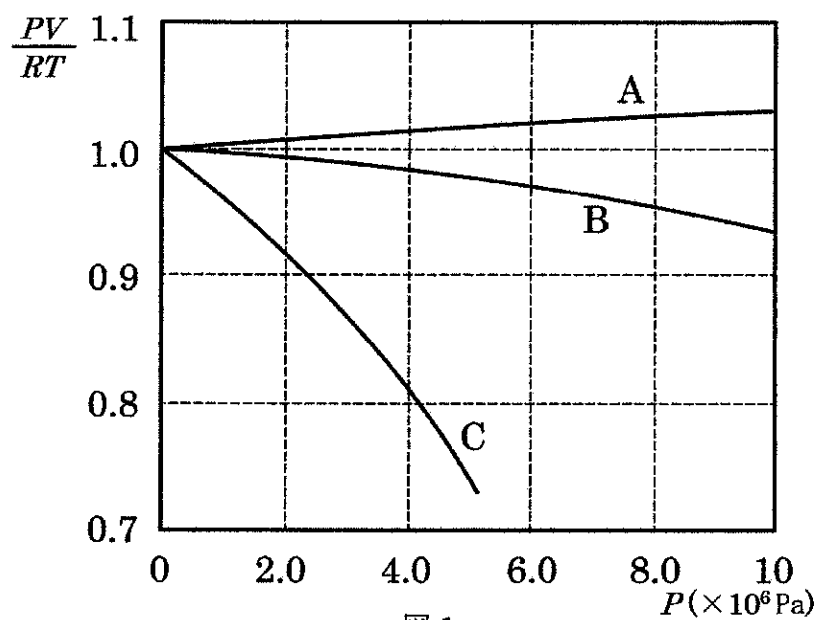


図1

a 図1のA, B, Cは、メタン、アンモニア、水素のうちのいずれかである。その組み合わせとして最も適当なものを、後の選択肢から一つ選べ。 15

	A	B	C
①	水素	メタン	アンモニア
②	水素	アンモニア	メタン
③	メタン	水素	アンモニア
④	メタン	アンモニア	水素
⑤	アンモニア	水素	メタン
⑥	アンモニア	メタン	水素

- b 気体A～Cに関する記述ア～エのうち正しいものの組み合わせとして最も適当なものを、後の選択肢から一つ選べ。 16

- ア. 気体Aは、分子量が小さく分子間力が非常に弱い。
 イ. 気体Bのグラフの傾きは、温度が高くなるほど大きくなる。
 ウ. 圧力を上げたとき、最も凝縮しやすい気体はCである。
 エ. 気体分子の大きさは、 $C > B > A$ である。

- ① ア, イ ② ア, ウ ③ ア, エ ④ イ, ウ
 ⑤ イ, エ ⑥ ウ, エ

問2 次の文を読んで、a, bに答えよ。

気体の水への溶解量は、温度が高くなると、一般に ア。また、液体にあまり溶解しない気体の一定温度における溶解量は、その気体の圧力(混合気体の場合にはその分圧)に比例する。これを イ の法則とよぶ。

気体の溶解度は、一定温度で 1.0×10^5 Pa の気体が溶媒 1 L に溶ける体積を標準状態に換算して表すことが多い。例えば、20 °C, 1.0×10^5 Pa のもとで、窒素 N_2 , 酸素 O_2 の溶解度は、それぞれ 0.015 L, 0.030 L であった。

- a 文中の ア, イ に当てはまる語句の組み合わせとして最も適当なものを、後の選択肢から一つ選べ。 17

	ア	イ
①	大きくなる	ヘンリー
②	大きくなる	ボイル
③	変化しない	ヘンリー
④	変化しない	ボイル
⑤	小さくなる	ヘンリー
⑥	小さくなる	ボイル

- b 20℃, 1.0×10^5 Pa の空気が, 水 1.0 L に接しているとき, 水に溶けている窒素と酸素の物質質量比として最も適当なものを, 後の選択肢から一つ選べ。ただし, 空気中の窒素と酸素の体積百分率は 80 % と 20 % とする。 18

	窒素 : 酸素
①	1 : 1
②	1 : 2
③	2 : 1
④	1 : 4
⑤	4 : 1

問 3 次の文を読んで, a, b に答えよ。

電気分解とは, 電解質溶液に電極を浸し, 直流電源をつなぐことで強制的に酸化還元反応を起こし, 物質を生成させることである。

下図 2 に示した装置で, 電解質水溶液に白金電極を用いて電気分解を行った。このとき, 極板 A では ア が起き, 極板 B では イ が起きて物質が生成する。

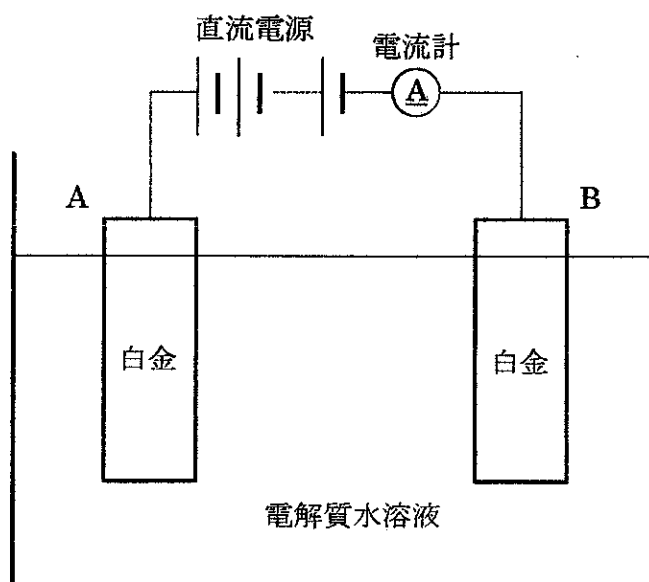


図 2

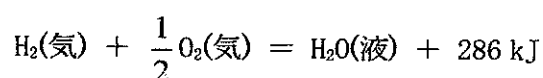
- a 文中の ア , イ に当てはまる語句の組み合わせとして最も適当なものを、後の選択肢から一つ選べ。 19

	ア	イ
①	還元	還元
②	還元	酸化
③	酸化	酸化
④	酸化	還元

- b 図 2 の装置に硫酸ナトリウムの水溶液を入れ、2.00 アンペアの一定電流を流し 1 時間 4 分 20 秒間電気分解したとき、装置全体で発生した気体の標準状態における体積 [L] として最も適当な数値を、後の選択肢から一つ選べ。ただし、発生した気体の水への溶解および電解液の体積変化は無視できるものとする。 20 L

- ① 0.448 ② 0.896 ③ 1.34 ④ 1.79 ⑤ 2.24

- 問 4 水(液体)の生成熱は、以下の熱化学方程式で表される。H-O 結合の結合エネルギー [kJ/mol] として最も適当な数値を、後の選択肢から一つ選べ。ただし、H-H 結合の結合エネルギー、O=O 結合の結合エネルギーはそれぞれ 432 kJ/mol, 494 kJ/mol。また、水の蒸発熱は 44 kJ/mol とする。 21 kJ/mol



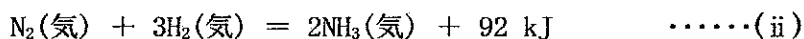
- ① 461 ② 483 ③ 606 ④ 921 ⑤ 965

第4問 次の問い(問1～5)に答えよ。〔解答番号 22 ～ 28 〕

(1) 化学平衡状態にある反応系において、濃度や圧力、そして温度などを変化させると、その影響をやわらげる方向に反応が進み、新しい平衡状態に達する。このことは、ア の原理とよばれる。現在アンモニアの工業的合成法は イ 法とよばれ、次の(i)式の反応を用いている。



また、この反応を熱化学方程式で表すと次の(ii)式のようになる。



この合成法を用いて、空気中の窒素をアンモニアとして固定し、化学肥料などを工業的に生産できるようになった。この方法ではアンモニアを効率良く生産するために、以下のような反応条件の工夫がなされている。

- (あ) 混合気体($\text{N}_2 + 3\text{H}_2$)を加熱する。
- (い) 反応容器内の気体を加圧する。
- (う) 窒素ガス・水素ガスを加え、反応物の濃度を増加させる。
- (え) 生成物であるアンモニアを分離する。
- (お) (2) 適当な触媒を加える。

しかしながら、(3) これらの(あ)～(え)の条件のうちの一つは、ア の原理の観点からは不利な条件である。そこで、最適な条件を探るため、(4) 平衡定数を測定するための実験を繰り返した。その結果、温度は $400\text{ }^\circ\text{C} \sim 600\text{ }^\circ\text{C}$ 、圧力は $2 \times 10^7 \sim 5 \times 10^7 \text{ Pa}$ の条件で最も効率的に合成することができた。

問 1 文中の下線部(1)に関して、化学平衡の法則より(i)式の濃度平衡定数 K_c を表す式として最も適当なものを、後の選択肢から一つ選べ。ただし、 $[X]$ は気体 X のモル濃度[mol/L]を表すものとする。 22

① $\frac{[N_2][H_2]^3}{[NH_3]^2}$ ② $\frac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]^3}$ ③ $\frac{[N_2]+[H_2]^3}{[NH_3]^2}$ ④ $\frac{[NH_3]^2}{[N_2]+[H_2]^3}$

問 2 文中の ア , イ に当てはまる語句の組み合わせとして最も適当なものを、後の選択肢から一つ選べ。 23

	ア	イ
①	ルシャトリエ	オストワルト
②	オストワルト	ハーバー・ボッシュ
③	ハーバー・ボッシュ	ルシャトリエ
④	ルシャトリエ	ハーバー・ボッシュ

問 3 文中の下線部(2)に関して、現在用いられている触媒の主成分として最も適当なものを、後の選択肢から一つ選べ。 24

- ① 白金 ② ニッケル ③ 四酸化三鉄 ④ 酸化バナジウム(V)
⑤ 酸化亜鉛

問 4 下線部(2), (3)に関して、次の a ~ c に答えよ。

a ア の原理の観点から、文章中(あ)~(え)の記述のうちアンモニアの効率の良い合成に関して不利な条件として最も適当なものを、後の選択肢から一つ選べ。 25

- ① (あ) ② (い) ③ (う) ④ (え)

- b 反応条件として圧力 3.0×10^7 Pa, 温度 500°C で (i) 式の反応を行い, 生成したアンモニアの分圧 (P_{NH_3}) を反応時間 (t) に対してプロットすると下図 1 の曲線 A が得られる。今, 圧力は変化させず, 反応温度を下げて 400°C で反応を行った場合に予想されるアンモニアの分圧 (P_{NH_3}) と反応時間 (t) の関係を表す曲線として最も適当なものを, 後の選択肢から一つ選べ。 26

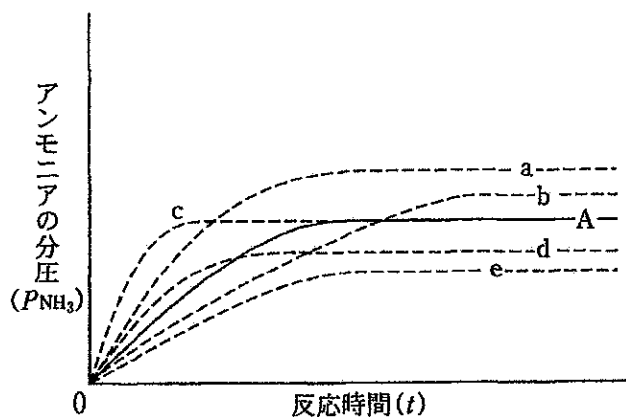


図 1

- ① a ② b ③ c ④ d ⑤ e

- c 反応条件として圧力 3.0×10^7 Pa, 温度 500°C で, (i) 式の反応を行い, 平衡状態に達した。同じ圧力, 温度で, 触媒量を 5 倍にして平衡に達するまで反応を行ったとき, 「アンモニアの生成量」と「反応熱」の変化として最も適当なものを, 後の選択肢から一つ選べ。 27

	アンモニアの生成量	反応熱
①	多くなる	大きくなる
②	多くなる	変わらない
③	多くなる	小さくなる
④	変化なし	大きくなる
⑤	変化なし	変わらない
⑥	変化なし	小さくなる

問 5 下線部(4)に関して、物質量 40 mol の N_2 と物質量 120 mol の H_2 を容積 10 L の密閉容器に入れ、 3.0×10^7 Pa の圧力のもとで、温度 500 °C で反応させると NH_3 が 60 mol 生成し、平衡状態に達した。平衡時のアンモニアの体積百分率 [%] として最も適当なものを、後の選択肢から一つ選べ。 28 %

① 40

② 45

③ 50

④ 55

⑤ 60