

1 以下の問1～7に答えなさい。なお、必要であれば、原子量として、H = 1.0, He = 4.0, C = 12, O = 16, Ne = 20, Na = 23, S = 32, Cl = 35.5, Ar = 40, Fe = 56, Kr = 84, Xe = 131を用いよ。また、気体1 molの標準状態(0℃, 1.01 × 10⁵ Pa)における体積は22.4 Lとする。(解答記号 ~)

問1 化学の基本法則についての次の文章中の空欄ア, イに入る数字の組合せとして正しいものを下の選択肢から1つ選び, 解答欄の記号をマークしなさい。

質量保存の法則, 気体反応の法則, 定比例の法則, 倍数比例の法則

これら4個の法則の中で、原子説では説明しきれず、分子説の下で初めて完全に説明することができるものは 個ある。また、この4個の法則の中にドルトンが提唱したものは 個ある。

	ア	イ
①	0	1
②	0	2
③	1	1
④	1	2
⑤	2	1
⑥	2	2
⑦	3	1
⑧	3	2
⑨	4	1
⑩	4	2

問2 原子量が59.0である金属元素Mがある。Mの単体123.9 gをとり、これを完全に酸化したところ、単一の組成から成る酸化物が得られた。この酸化物の質量を測定したところ168.7 gであった。この酸化物の組成式として正しいものを下の選択肢から1つ選び, 解答欄の記号をマークしなさい。

- ① MO ② MO₂ ③ MO₃ ④ MO₄ ⑤ M₂O
 ⑥ M₂O₃ ⑦ M₂O₅ ⑧ M₃O ⑨ M₃O₂ ⑩ M₃O₄

問3 ある希ガスについて、標準状態の下で密度を測定したところ1.79 g/Lであった。この希ガスは何であると考えられるか。最も適切なものを下の選択肢から1つ選び, 解答欄の記号をマークしなさい。

- ① ヘリウム He ② ネオン Ne ③ アルゴン Ar
 ④ クリプトン Kr ⑤ キセノン Xe

問4 2つの水溶液A, Bについての次の文章中の空欄ア, イ, ウに入る最も近い数値の組合せとして正しいものを下の選択肢から1つ選び, 解答欄の記号をマークしなさい。

水溶液A: 80 gの水に20 gの塩化ナトリウムを溶かした水溶液
 (水溶液の密度 = 1.2 g/cm³)

水溶液B: 30 gの水に20 gのスクロース(C₁₂H₂₂O₁₁)を溶かした水溶液
 (水溶液の密度 = 1.5 g/cm³)

質量パーセント濃度を比較すると、Bの方がAの 倍もあり、Bの方がAよりも大きな値をとるが、モル濃度(体積モル濃度)を比較すると、Aは mol/L, Bは mol/Lであり、Aの方がBよりも大きな値をとる。このように、どの種類の濃度で比較するかによって、濃度の大小が逆転することが起こり得る。

	ア	イ	ウ
①	2.0	3.4	1.2
②	2.0	3.4	1.8
③	2.0	4.1	1.2
④	2.0	4.1	1.8
⑤	2.7	3.4	1.2
⑥	2.7	3.4	1.8
⑦	2.7	4.1	1.2
⑧	2.7	4.1	1.8

問5 金属単体ア～オについて、次の実験結果を基にして、イオン化傾向の大きい順に並べたものはどれか。正しいものを下の選択肢から1つ選び, 解答欄の記号をマークしなさい。

- (A) 金属単体アは希硝酸に溶けるが、希塩酸には溶けない。
 (B) 金属単体イは希塩酸に溶ける。
 (C) 金属単体ウ, エは高温の水蒸気と反応するが、金属単体ア, イ, オは反応しない。
 (D) 金属単体ウは常温の水と反応するが、金属単体エは反応しない。
 (E) 金属単体オは希硝酸に溶けない。
 ① オ>イ>ア>エ>ウ ② オ>ア>イ>エ>ウ ③ イ>ア>オ>エ>ウ
 ④ ア>イ>オ>エ>ウ ⑤ ウ>エ>ア>イ>オ ⑥ ウ>エ>イ>ア>オ
 ⑦ ウ>エ>オ>ア>イ ⑧ ウ>エ>オ>イ>ア

問6 5つの水溶液A～Eをそれぞれ0.010 mol/L水酸化ナトリウム水溶液で中和する。このために必要な水酸化ナトリウム水溶液の体積について、A～Eを大きいものから順に並べるとどのようになるか。正しいものを下の選択肢から1つ選び, 解答欄の記号をマークしなさい。

水溶液A: 0.10 mol/Lの塩酸(電離度 = 1.0) 50 mL

水溶液B: 0.10 mol/Lの硫酸水溶液(電離度 = 1.0) 30 mL

水溶液C: 0.10 mol/Lの酢酸水溶液(電離度 = 0.010) 100 mL

水溶液D: 0.30 mol/Lの塩酸(電離度 = 1.0) 50 mLを水で希釈して100 mLとしたもの

水溶液E: 0.30 mol/Lの塩酸(電離度 = 1.0) 50 mLを水で希釈して100 mLとし、そこから50 mLとったもの

- ① C > D = E > A > B ② C > D = E > B > A ③ D = E > A > B > C
 ④ D = E > B > A > C ⑤ D > C > E > A > B ⑥ D > C > E > B > A
 ⑦ D > E > A > B > C ⑧ D > E > B > A > C

問7 化学反応における質量変化について述べた次の文章中の空欄ア, イに入る最も近い数値の組合せとして正しいものを下の選択肢から1つ選び, 解答欄の記号をマークしなさい。

鉄粉と硫黄粉とから成る混合粉末が88.8 gある。このうち磁石にくっつく成分(つまり鉄粉)は50.4 gであった。この混合粉末に少量の水を加えてねったところ、次の反応が起こり、硫化鉄(II)が生成した。



ただし、反応は完全には進まないまま停止した。反応が停止した後、反応後の固体物質をよく乾燥させ、磁石にくっつく成分(つまり残っている鉄)の質量を調べたところ33.6 gであった。

このとき、反応後の固体物質中の硫黄は g, 硫化鉄(II)は gである。ここで、

$$33.6 \text{ g} + \text{ア} \text{ g} + \text{イ} \text{ g} = 88.8 \text{ g}$$

であり、たしかに質量保存の法則が成立していることがわかる。

	ア	イ
①	9.6	26.4
②	16.8	38.4
③	19.2	36.0
④	21.6	33.6
⑤	27.6	27.6
⑥	28.8	26.4
⑦	33.6	21.6
⑧	38.4	16.8

2 次の一連の文章を読んで、以下の問1～4に答えなさい。なお、気体定数は
 $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$ とし、必要であれば、 $1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg} = 1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ であることを用いよ。(解答記号 ～)

H_2O の気体(水蒸気)はある一定値以上の圧力になると、その一定値を超えた分が液化する。この一定値を H_2O の飽和蒸気圧といい、温度のみで決まり、他の気体が共存していると同じ値を取ることが知られている。例えば、 27°C における H_2O の飽和蒸気圧は $28.6 \text{ mmHg} =$ Paである。

問1 空欄アに入る最も近い数値を次の選択肢から1つ選び、解答欄の記号をマークしなさい。

- ① 3.8×10^2 ② 7.6×10^2 ③ 3.8×10^3 ④ 7.6×10^3 ⑤ 2.2×10^4

温度が 27°C に保たれた体積可変の容器がある。この容器は、その内容積を固定して、容器内の圧力が自由に決まるようにもできるし、容器内の圧力を固定して、その内容積が自由に決まるようにもできる。また、内部には点火装置が設置されており、容器内部の可燃性気体を完全燃焼させることができる。今、容器内に、 0.010 mol のプロパンと、 0.090 mol の O_2 を同時に封入し、容器の内容積を 24.9 L に保ったところ、容器内の圧力は $1.0 \times 10^4 \text{ Pa}$ となった。この状態から、容器の内容積を固定したまま(実験1)、あるいは、容器内の圧力を固定したまま(実験2)、それぞれ内部のプロパンを完全燃焼させた。

問2 実験1であるか実験2であるかに関係なく、プロパンが完全燃焼すれば、 CO_2 と H_2O とが生成する。容器内に生成する H_2O は何molか。最も近いものを次の選択肢から1つ選び、解答欄の記号をマークしなさい。

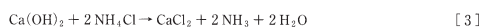
- ① 0.010 mol ② 0.020 mol ③ 0.030 mol ④ 0.040 mol ⑤ 0.050 mol

まず、実験1について考えよう。この場合、容器の内容積が 24.9 L に固定されている一方で、容器内の圧力が自由に変化し得る。この状態の下で、プロパンの完全燃焼により問2で解答した量の H_2O が生成する。この H_2O が、もしすべて気体(水蒸気)として存在したとすると、そのときの容器内の H_2O の分圧は、 Paとなる。これは 27°C における H_2O の飽和蒸気圧 Paを上回っており、したがって、燃焼後の容器内には液体の H_2O が存在することがわかる。

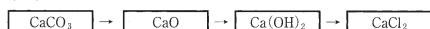
3 次の文章を読んで、以下の問1～5に答えなさい。なお、必要であれば、原子量として、 $\text{H} = 1.0$, $\text{C} = 12$, $\text{N} = 14$, $\text{O} = 16$, $\text{Na} = 23$, $\text{Cl} = 35.5$, $\text{Ca} = 40$ を用いよ。(解答記号 ～)

アンモニアソーダ法は、全部で5つの反応工程から成る、かなり複雑な化学工業である。この計5工程は、Ca原子を中心とした3工程と、Na原子を中心とした2工程とに分けられるが、最終的にはこれらがからみあって全体を構成している。

[Ca原子を中心とした工程(計3工程)]



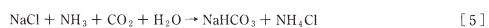
この3工程は、次のように表してみると分かるように、Ca原子が結合状態を順次変化させていくものである。



反応工程[1]～[3]までを組み合わせて1つの反応式にすると、次のようになる。



[Na原子を中心とした工程(計2工程)]



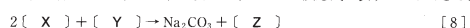
この2工程は、次のように表してみると分かるように、Na原子が結合状態を順次変化させていくものである。



反応工程[5]、[6]を組み合わせて1つの反応式にすると、次のようになる。



反応式[4]と[7]とを組み合わせると、全工程を次のように1つの反応式で表すことができる。



反応式[8]は、[4]や[7]と比べると実に簡単な形をしているが、いきなりこの[8]を行わせようとしても、すなわち、物質Xと物質Yとを混合しても、(加熱や触媒などの如何なる手段を講じようとも)反応はまったく進まないことが知られている。アンモニアソーダ法の特徴の1つは、巧みに回り道をさせることで本来は進まないはずの反応を進ませることに成功している点にある。

問3 空欄イに入る最も近い数値を次の選択肢から1つ選び、解答欄の記号をマークしなさい。

- ① 3.6×10^3 ② 4.0×10^3 ③ 1.0×10^4 ④ 3.6×10^4 ⑤ 4.0×10^4

次に、実験2について考えよう。この場合、容器内の圧力(全圧)が $1.0 \times 10^4 \text{ Pa}$ に固定されている一方で、容器の内容積が自由に変化し得る。この状態の下で、プロパンの完全燃焼により問2で解答した量の H_2O が生成する。この H_2O が、もしすべて気体(水蒸気)として存在したとすると、そのときの容器内の H_2O の分圧は、 Paとなる。これは 27°C における H_2O の飽和蒸気圧 Paを下回っており、したがって、燃焼後の容器内には液体の H_2O は存在しないことが分かる。

以上の簡単な考察から明らかなように、同一状態から出発した同じプロパンの燃焼反応であっても、途中の反応条件(定積条件や定圧条件)が異なれば、最終的に得られる状態が異なることもあり得るのである。

問4 空欄ウに入る最も近い数値を次の選択肢から1つ選び、解答欄の記号をマークしなさい。

- ① 3.6×10^2 ② 4.0×10^2 ③ 1.0×10^3 ④ 3.6×10^3 ⑤ 4.0×10^3

問1 アンモニアソーダ法の他にも、様々な物質が工業的に製造されている。物質と製造法の名称の組合せとして、正しいものを次の選択肢から1つ選び、解答欄の記号をマークしなさい。

	硫酸	硝酸	アンモニア
①	オストワルト法	接触法	ハーバー・ボッシュ法
②	オストワルト法	ハーバー・ボッシュ法	接触法
③	接触法	オストワルト法	ハーバー・ボッシュ法
④	接触法	ハーバー・ボッシュ法	オストワルト法
⑤	ハーバー・ボッシュ法	オストワルト法	接触法
⑥	ハーバー・ボッシュ法	接触法	オストワルト法

問2 空欄アに入る化学反応式の左辺と右辺として正しいものを次の選択肢からそれぞれ1つずつ選び、解答欄の記号をマークしなさい。

左辺: , 右辺:

[左辺の選択肢]

- ① $\text{CaCO}_3 + \text{NH}_4\text{Cl}$
 ② $\text{CaCO}_3 + \text{NH}_4\text{Cl} + \text{NH}_3$
 ③ $\text{CaCO}_3 + \text{NH}_4\text{Cl} + \text{H}_2\text{O}$
 ④ $\text{CaCO}_3 + 2\text{NH}_4\text{Cl}$
 ⑤ $\text{CaCO}_3 + 2\text{NH}_4\text{Cl} + \text{CO}_2$
 ⑥ $\text{CaCO}_3 + 2\text{NH}_4\text{Cl} + \text{H}_2\text{O}$

[右辺の選択肢]

- ① $\text{CaCl}_2 + \text{NH}_3 + \text{CO}_2$
 ② $\text{CaCl}_2 + \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$
 ③ $\text{CaCl}_2 + \text{NH}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
 ④ $\text{CaCl}_2 + 2\text{NH}_3 + \text{CO}_2$
 ⑤ $\text{CaCl}_2 + 2\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$
 ⑥ $\text{CaCl}_2 + 2\text{NH}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

問3 空欄イに入る化学反応式の左辺と右辺として正しいものを次の選択肢からそれぞれ1つずつ選び、解答欄の記号をマークしなさい。

左辺: , 右辺:

[左辺の選択肢]

- ① $\text{NaCl} + \text{NH}_3$
 ② $\text{NaCl} + \text{NH}_3 + \text{CO}_2$
 ③ $\text{NaCl} + \text{NH}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
 ④ $\text{NaCl} + 2\text{NH}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
 ⑤ $2\text{NaCl} + \text{NH}_3 + 2\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
 ⑥ $2\text{NaCl} + 2\text{NH}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

[右辺の選択肢]

- ① $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{NH}_4\text{Cl}$
 ② $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{NH}_4\text{Cl} + \text{CO}_2$
 ③ $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{NH}_4\text{Cl} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
 ④ $\text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{NH}_4\text{Cl}$
 ⑤ $\text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{NH}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$
 ⑥ $\text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{NH}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

問4 空欄X, Y, Zに入る化学式の組合せとして、正しいものを次の選択肢から1つ選び、解答欄の記号をマークしなさい。 f

	X	Y	Z
①	CaCO ₃	NaCl	CO ₂
②	CaCO ₃	NaCl	H ₂ O
③	CaCO ₃	NaCl	CaCl ₂
④	NaCl	CaCO ₃	CO ₂
⑤	NaCl	CaCO ₃	H ₂ O
⑥	NaCl	CaCO ₃	CaCl ₂

問5 上記の文章からわかるように、式[8]がアンモニアソーダ法を1つの反応式で表したものである。全工程の反応が完全に進行したとして91 kgの岩塩から製造される炭酸ナトリウムは何 kg になるか、最も近いものを次の選択肢から1つ選び、解答欄の記号をマークしなさい。ただし、岩塩は塩化ナトリウムを純度90%を含むものとする。 g

- ① 74.2 kg ② 82.4 kg ③ 91.6 kg ④ 99.8 kg ⑤ 116 kg
 ⑥ 124 kg ⑦ 133 kg ⑧ 148 kg ⑨ 165 kg ⑩ 183 kg

4 有機化合物に関する以下の[I], [II]に答えなさい。なお、必要であれば、原子量として、H = 1.0, C = 12, N = 14, O = 16を用いよ。(解答記号 a ~ f)

[I] 指示に従い、①~④の記述の中から、正しいもの、あるいは誤っているものを1つずつ選べ。

問1 化合物Aは次の(A)~(C)の性質をもつという。化合物Aについての記述として、誤っているものを下の選択肢から1つ選び、解答欄の記号をマークしなさい。 a

- (A) 常温で安定な液体であり、1分子内に1個の酸素原子を含む。
 (B) フェーリング液を還元し、赤色の沈殿を生成する。
 (C) ヨードホルム反応を示す。
 ① 特有の刺激臭がある。
 ② 分子量は50~60の間の値である。
 ③ 酸化すると酸性を示す物質へと変化する。
 ④ 銀鏡反応を示す。

問2 化合物Bは次の(A)~(C)の性質をもつという。化合物Bについての記述として、正しいものを下の選択肢から1つ選び、解答欄の記号をマークしなさい。 b

- (A) C₅H₁₂Oの分子式をもつ。
 (B) ナトリウム片を加えると発泡が見られる。
 (C) 硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液を加えても酸化されにくい。
 ① 分子内にエーテル結合をもつ。
 ② 分子内に不斉炭素原子をもつ。
 ③ ヨードホルム反応を示す。
 ④ 濃硫酸を用いて分子内脱水すると、二種類の構造異性体が得られる。

問3 化合物Cは次の(A)~(C)の性質をもつという。化合物Cについての記述として、正しいものを下の選択肢から1つ選び、解答欄の記号をマークしなさい。 c

- (A) 分子量93の芳香族化合物であり、1分子内に含まれる窒素原子は1個である。
 (B) 純粋なものは、無色油状の液体である。
 (C) 希塩酸とは反応してよく溶け合う。
 ① 無臭である。
 ② 水酸化ナトリウム水溶液ともよく溶け合う。
 ③ さらに粉の水溶液を加えると赤紫色を呈する。
 ④ スズと塩酸を用いて還元すると、ニトロベンゼンを生じる。

問4 化合物Dは次の(A)~(C)の性質をもつという。化合物Dについての記述として、正しいものを下の選択肢から1つ選び、解答欄の記号をマークしなさい。 d

- (A) 分子量138の芳香族化合物である。
 (B) ベンゼンのオルト二置換体である。
 (C) 炭酸水素ナトリウム水溶液を加えると発泡が見られる。
 ① 1 molのDは2 molの水酸化ナトリウムと過不足なく中和する。
 ② 塩化鉄(III)水溶液を加えても呈色しない。
 ③ 無水酢酸と反応させると、消炎剤として用いられる外用薬(湿布薬や塗り薬)が得られる。
 ④ メタノールと濃硫酸を加えて加熱すると、解熱鎮痛剤として用いられる内服薬(飲み薬)が得られる。

[II] 分子量70の化合物Eを105 mgとり、乾燥酸素を用いて完全燃焼させた。発生した気体の全てを、塩化カルシウム管、ソーダ石灰管の順に通したところ、塩化カルシウム管の質量が135 mg、ソーダ石灰管の質量が330 mg、それぞれ増加した。この化合物の分子式は ア であり、その異性体の数は次の表ようになる。

	構造異性体のみを数えたと…	立体異性体も全て区別して数えたと…
鎖式化合物に限定すると…	イ	ウ
鎖式化合物に限定しないと…	エ	

問5 空欄アに入る分子式として、正しいものを次の選択肢から1つ選び、解答欄の記号をマークしなさい。 e

- ① C₃H₆ ② C₃H₈O ③ C₄H₈O ④ C₄H₈ ⑤ C₄H₈O
 ⑥ C₄H₁₀O ⑦ C₅H₁₀ ⑧ C₅H₁₀O ⑨ C₅H₁₂ ⑩ C₅H₁₂O

問6 空欄イ, ウ, エに入る数の組合せとして、正しいものを次の選択肢から1つ選び、解答欄の記号をマークしなさい。 f

	イ	ウ	エ
①	5	6	8
②	5	6	9
③	5	6	10
④	5	6	11
⑤	6	7	8
⑥	6	7	9
⑦	6	7	10
⑧	6	7	11