

化学 I

(全問必答)

第1問 次の各問い(問1～4)に答えよ。〔解答番号 ～ 〕 (配点 25)

問1 図1に示す電子配置をもつ原子 a～d について、下の(1)～(3)に答えよ。

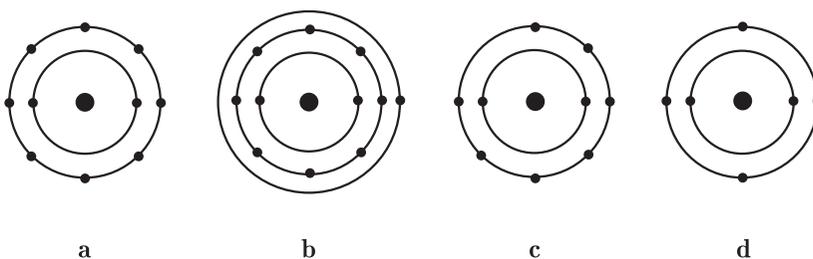


図 1

(1) 3価の陽イオンの電子配置が a で示される元素はどれか。最も適当なものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。

- ① Mg ② Na ③ Al ④ S ⑤ F

(2) 電子配置が c で示される原子 X がイオンになるとき、どの化学式が正しいか。最も適当なものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。

- ① X^{3+} ② X^{2+} ③ X^{+} ④ X^{-} ⑤ X^{2-}

(3) 電子配置が a で示される原子に関する記述として誤りを含むものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。 3

- ① 単体は単原子分子からなる。
- ② 無色・無臭の気体である。
- ③ a～d の原子のうちで、第一イオン化エネルギーが最大である。
- ④ 価電子は 8 個である。
- ⑤ 反応性が小さく、他の元素と反応しにくい。

問 2 ある河川で川水 1 g 中に 1.0×10^{-12} g のダイオキシンが検出された。ダイオキシンの分子量を 322 とするとコップ 1 杯 (180 mL) の水の中に何個のダイオキシン分子が含まれているか。最も適当な数値を、次の①～⑥のうちから一つ選べ。ただし、原子量は H=1.0, O=16, アボガドロ定数は 6.0×10^{23} /mol, 水の密度は 1.0 g/cm^3 とする。 4 個

- ① 6.0×10^{11}
- ② 6.0×10^{12}
- ③ 1.9×10^{10}
- ④ 1.9×10^{11}
- ⑤ 3.4×10^{11}
- ⑥ 3.4×10^{12}

問 3 ダイヤモンドと黒鉛に関する記述として誤りを含むものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。 5

- ① ダイヤモンドと黒鉛はともに炭素の同素体である。
- ② 黒鉛は、光沢のある灰黒色の結晶で、やわらかく、電気や熱をよく伝え、電極や鉛筆の芯などに利用されている。
- ③ ダイヤモンドは、無色の結晶で非常に硬く、研磨剤や切削材として用いられるほか、大きな結晶は宝石としてあつかわれる。
- ④ 燃焼によって二酸化炭素を生じるのは黒鉛のみである。
- ⑤ ダイヤモンドと黒鉛以外の炭素の同素体としては、無定形炭素やフラーレンなどがあげられる。

化学 I

問 4 炭酸カルシウムに塩酸を加えると、二酸化炭素が発生する。一定量の炭酸カルシウムに対し、加えた塩酸と発生した二酸化炭素の標準状態 (0°C , $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$) における体積の関係は図 2 のグラフのようになった。

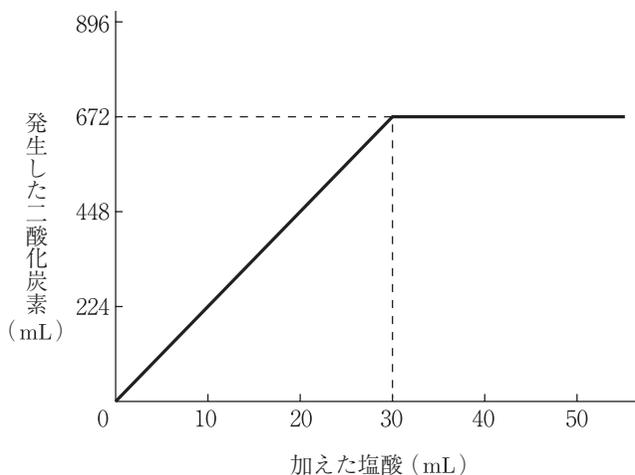


図 2

加えた塩酸の濃度は何 mol/L か。最も適当な数値を、次の①～⑤のうちから一つ選べ。 mol/L

- ① 0.50 ② 1.0 ③ 1.5 ④ 2.0 ⑤ 2.5

第2問 次の各問い(問1～6)に答えよ。〔解答番号 ～ 〕(配点 25)

問1 次の図1に関する記述ア～ウの正誤の組合せとして正しいものを，下の①～⑧のうちから一つ選べ。

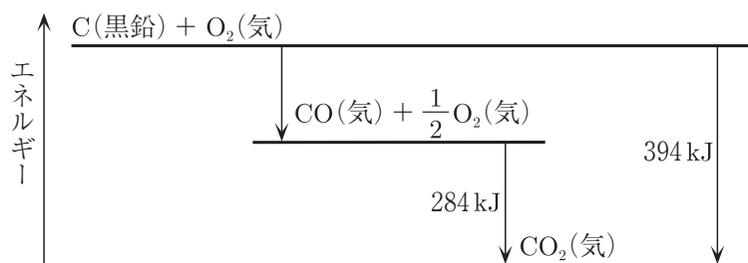


図 1

- ア 二酸化炭素の生成熱は 394 kJ である。
- イ 一酸化炭素の燃焼熱は 284 kJ である。
- ウ 一酸化炭素の生成熱は 110 kJ である。

	ア	イ	ウ
①	正	正	正
②	正	正	誤
③	正	誤	正
④	正	誤	誤
⑤	誤	正	正
⑥	誤	正	誤
⑦	誤	誤	正
⑧	誤	誤	誤

問2 水溶液の酸性と塩基性に関する記述として誤りを含むものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。 2

- ① 0.01 mol/L 炭酸ナトリウム水溶液は塩基性を示す。
- ② 0.01 mol/L 塩化カリウム水溶液は、ほぼ中性である。
- ③ 0.01 mol/L 塩化アンモニウム水溶液は酸性を示す。
- ④ 0.2 mol/L 塩酸 50 mL と 0.1 mol/L 水酸化ナトリウム 100 mL の混合液は中性である。
- ⑤ 0.1 mol/L の硫酸 100 mL と 0.1 mol/L の水酸化カリウム 100 mL の混合液は中性である。

問3 濃度のわからない酢酸水溶液 A の濃度を調べるため、0.12 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液 B で滴定した。

操作 水溶液 A の 10 mL をアを使って正確にはかりイに入れた。これに少量の指示薬 C の溶液を加えた。ウに入れた水溶液 B を、イの溶液の色が変わるまで加えた。滴定を 3 回行ったとき、水溶液 B の必要量の平均値は 8.50 mL であった。

以上の操作に関する記述として誤りを含むものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。 3

- ① アはホールピペット、ウはビュレットである。
- ② アを純水で洗ったのち、ぬれたまま使用すると内壁の水の分だけ酢酸が少なくなるため必要な B の量が少なくなり、正しい濃度より小さい値となってしまう。
- ③ イを純水で洗ったのち、ぬれたまま使用しても中に入れた酢酸の物質量は変わらないため、正しい結果が得られる。
- ④ 中和点の pH は 7.0 より小さいので、中和点を知るための指示薬 C としてメチルオレンジが適当である。
- ⑤ 酢酸の濃度は 0.102 mol/L である。

化学 I

問4 次の記述ア～エの下線部の単体および元素が酸化されるものの組合せとして最も適当なものを、下の①～⑥のうちから一つ選べ。 4

ア 金属ナトリウム Na は、水と反応すると水酸化ナトリウムを生じる。

イ 硫化水素 H_2 S は、塩素と反応すると硫黄を生じる。

ウ 二酸化マンガン Mn O_2 は、塩酸と反応すると塩化マンガン(II)を生じる。

エ 二酸化炭素 C O_2 は、水に溶解すると炭酸水素イオンを生じる。

- ① アとイ ② アとウ ③ アとエ ④ イとウ
⑤ イとエ ⑥ ウとエ

問5 次の実験結果 a～c 中のア～ウは Na, Mg, Cu, Ag のいずれかである。このア～ウに当てはまる金属の組合せとして最も適当なものを、下の①～⑥のうちから一つ選べ。 5

a アの単体は常温の水と反応して水素を発生した。

b イとウの単体はいずれも希硫酸と反応しなかった。

c ウの塩の水溶液にイの単体を浸すと、イの表面にウが析出した。

	ア	イ	ウ
①	Na	Mg	Cu
②	Na	Cu	Ag
③	Na	Ag	Cu
④	Mg	Cu	Ag
⑤	Mg	Ag	Na
⑥	Mg	Ag	Cu

問 6 硝酸銀 8.50 g を含む 200 mL の水溶液を調製し、これを白金板を電極として 0.500 A の直流電流で電気分解した。この実験に関する記述として誤りを含むものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。ただし、電気分解は理想的に起こり、溶液の体積に変化はないものとする。また、原子量は H=1.0, N=14.0, O=16.0, Ag=108 とし、ファラデー定数は $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$ とする。 6

- ① 陰極の重量を 2.16 g だけ増加させるのに要する時間は 3.86×10^3 秒である。
- ② 陽極では $2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^-$ の反応が起こる。
- ③ 3.40 g の硝酸銀が電気分解された後の溶液の pH は 1 である。
- ④ 9650 C の電気量で電気分解すると、陰極から水素が $1.12 \times 10^3 \text{ mL}$ 発生する。
- ⑤ 陽極と陰極に銀板を用いて硝酸銀水溶液を電気分解すると、陽極から銀が溶け出す。

化学 I

第3問 次の各問い(問1～6)に答えよ。〔解答番号 ～ 〕 (配点 25)

問1 ハロゲンの化合物に関する記述として誤りを含むものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。

- ① フッ化水素と塩化水素はともに無色・無臭の気体である。
- ② 塩素酸カリウムは無色の結晶で、酸化マンガン(IV)を触媒として熱すると、分解して酸素を発生する。
- ③ さらし粉は、塩素を水酸化カルシウムに吸収させてつくられ、その主成分は $\text{CaCl}(\text{ClO}) \cdot \text{H}_2\text{O}$ である。
- ④ フッ化銀以外のハロゲン化銀は水に溶けにくい。
- ⑤ ハロゲン化銀は光によって分解して銀が析出する。この性質は写真の感光材に利用される。

問2 窒素の化合物に関する次の文章中の空欄 **ア** ~ **エ** のうち、気体 **ア**、
触媒 **イ**、工業的製法名 **エ** の組合せとして最も適当なものを、下の①~
⑧のうちから一つ選べ。 **2**

窒素は周期表 15 族に属し、高温・高圧下で酸素と化合して酸化物をつくる。
気体 **ア** は約 800℃で **イ** を触媒として、アンモニアを空気中の酸素と反
応させることによって生成される。**ア** は空気中で酸化され、赤褐色の気体
ウ となる。**ウ** は容易に温水に溶け、硝酸が得られる。このようにして
工業的に硝酸を製造する方法を **エ** 法という。

	ア	イ	エ
①	一酸化窒素	鉄	オストワルト
②	一酸化窒素	鉄	ハーバー
③	一酸化窒素	白金	オストワルト
④	一酸化窒素	白金	ハーバー
⑤	二酸化窒素	鉄	オストワルト
⑥	二酸化窒素	鉄	ハーバー
⑦	二酸化窒素	白金	オストワルト
⑧	二酸化窒素	白金	ハーバー

化学 I

問3 気体の捕集法を考えると、空気の平均分子量 28.8 ($N_2 : O_2 = 4 : 1$ の混合気体であるとした) を基準にすると便利である。化学実験で有害な気体が発生する場合には、厳重な注意が必要である。いくつかの有害な気体を表 1 にまとめた。表 1 のア～エの中で、捕集法として下方置換が適当である気体の組合せとして最も適当なものを、下の①～⑨のうちから一つ選べ。ただし、原子量は $H=1.0$, $C=12$, $O=16$, $S=32$, $Cl=35.5$ とする。 3

表 1

気体	色	臭い	気体が発生する反応	空気中における気体の致死濃度 [ppm]
ア	無	無	ギ酸を濃硫酸と加熱する。	1000
イ	黄緑	刺激臭	酸化マンガン(IV)を濃塩酸と加熱する。	1000
ウ	無	腐卵臭	硫化鉄(II)に希硫酸を加える。	600
エ	無	刺激臭	銅を濃硫酸と加熱する。	400

(ppm は濃度の単位で $1 \text{ ppm} = 0.0001 \%$)

- ① アとイ ② アとウ ③ アとエ ④ イとウ ⑤ イとエ
 ⑥ ウとエ ⑦ アとイとウ ⑧ アとウとエ ⑨ イとウとエ

問4 次のカルシウムの化合物①～⑤のうちから、石灰石、大理石などの主成分として多量に存在し、カルスト台地や鍾乳洞などの地形の形成に寄与しているものを一つ選べ。 4

- ① CaO ② $Ca(OH)_2$ ③ CaC_2 ④ $CaCO_3$
 ⑤ $CaSO_4$

問5 鉄に関する記述として最も適当なものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。

5

- ① Fe^{2+} を含む水溶液にアンモニア水を加えると、赤褐色の水酸化鉄(Ⅱ)が沈殿する。
- ② Fe^{3+} を含む水溶液に水酸化ナトリウム水溶液やアンモニア水を加えると水酸化鉄(Ⅲ)の沈殿が生じるが、この沈殿は過剰の水酸化ナトリウム水溶液に、錯イオンをつくって溶解する。
- ③ 溶鉱炉から得られる鉄は銑鉄とよばれ、含まれる炭素は2%以下で、ケイ素、硫黄などの不純物をほとんど含んでいない。
- ④ 鉄の単体は、比較的やわらかい灰白色の金属で、酸に溶け、水素を発生して Fe^{3+} になる。
- ⑤ 鉄の単体は濃硝酸に溶けない。これは表面にち密な酸化被膜が形成され内部を保護するためでこのような状態を不動態という。

問6 Cu^{2+} を含む水溶液と Ag^+ を含む水溶液がある。これらの水溶液にそれぞれ5種類の試薬を加えて、変化を観察した。これに関する記述として誤りを含むものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。

6

- ① 希塩酸を加えると、 Ag^+ を含む水溶液のみに白色沈殿が生じた。
- ② 水酸化ナトリウム水溶液を加えると、 Cu^{2+} を含む水溶液で青白色沈殿が、 Ag^+ を含む水溶液で褐色沈殿がそれぞれ生じた。
- ③ 過剰のアンモニア水を加えると沈殿が再溶解し、どちらの水溶液も無色になった。
- ④ 希硝酸を加えた場合、どちらの水溶液も変化が観察されなかった。
- ⑤ 硫化水素を通じると、どちらの水溶液からも黒色沈殿が生じた。

化学 I

第 4 問 次の各問い(問 1 ~ 6)に答えよ。〔解答番号 ~ 〕 (配点 25)

問 1 一般式 $C_nH_{2n+2}O$ で示される有機化合物の異性体に関する次の記述中の空欄 ~ に当てはまる化合物名の組合せとして最も適当なものを、下の ①~⑥のうちから一つ選べ。

アセトンの還元反応で得られる は と互いに構造異性体の関係にあるが、炭素数 4 の には 1 対の光学異性体がある。

	ア	イ	ウ
①	1-プロパノール	2-プロパノール	2-ブタノール
②	2-プロパノール	1-プロパノール	2-ブタノール
③	1-プロパノール	2-プロパノール	2-メチル-1-プロパノール
④	2-プロパノール	1-プロパノール	2-メチル-1-プロパノール
⑤	1-プロパノール	2-プロパノール	2-メチル-2-プロパノール
⑥	2-プロパノール	1-プロパノール	2-メチル-2-プロパノール

問2 アセチレンに関する次の記述ア～ウについて、正誤の組合せとして正しいものを、下の①～⑧のうちから一つ選べ。 2

ア アセチレン分子を構成する4個の原子は一直線に並んでいる。

イ 触媒存在下で水を付加させるとエタノールが得られる。

ウ 付加反応により塩化ビニルや酢酸ビニルを合成できる。

	ア	イ	ウ
①	正	正	正
②	正	正	誤
③	正	誤	正
④	正	誤	誤
⑤	誤	正	正
⑥	誤	正	誤
⑦	誤	誤	正
⑧	誤	誤	誤

問3 エタノールに関する記述として誤りを含むものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。 3

- ① エタノールは金属ナトリウムと反応して、水素を発生し、同時にナトリウムエトキシドを生じる。
- ② エタノールにヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱すると黄色の沈殿が生成する。
- ③ エタノールと安息香酸の混合物に少量の濃硫酸を加えて加熱すると安息香酸エチルが生成する。
- ④ エタノールは、疎水性を示すエチル基をもつが、水と任意の割合で混ざり合う。
- ⑤ エタノールは、ヒドロキシル(ヒドロキシ)基の水素原子が水素イオンとして電離しやすく、その水溶液は酸性を示す。

化学 I

問4 分子式が $C_4H_8O_2$ のエステル **A** を加水分解したところ、中性物質 **イ** と酸性物質 **ウ** が得られた。また、**イ** を酸化すると、銀鏡反応陰性の中性物質 **エ** を生じた。この結果からエステル **A** の示性式として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 4

- ① $H-CO-O-CH_2-CH_2-CH_3$ ② $H-CO-O-CH(CH_3)-CH_3$
③ $CH_3-CO-O-CH_2-CH_3$ ④ $CH_3-CH_2-CO-O-CH_3$

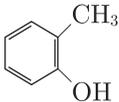
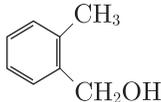
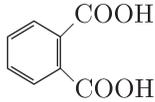
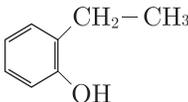
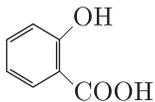
問5 芳香族化合物 **X** は次の **A**～**エ** の性質をもっている。**X** の構造式として最も適当なものを、下の①～⑤のうちから一つ選べ。ただし、原子量は $H=1.0$ 、 $C=12$ 、 $O=16$ とする。 5

A **X** は水酸化ナトリウム水溶液と反応して溶ける。

イ **X** は炭酸水素ナトリウム水溶液とは反応しない。

ウ **X** は塩化鉄(Ⅲ)水溶液で青紫色の呈色を示す。

エ **X** の 0.122 g を完全に中和するのに 0.100 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液が 10.0 mL 必要であった。

- ① 
- ② 
- ③ 
- ④ 
- ⑤ 

問6 アニリンの希塩酸溶液に5℃以下で亜硝酸ナトリウム水溶液を加えると、塩化ベンゼンジアゾニウムが得られる。このようにジアゾニウム塩を生成する反応をジアゾ化という。このとき、下線部の温度を保たねばならない理由として最も適当なものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。 6

- ① アニリンの蒸発を防ぐため。
- ② アニリンの分解を防ぐため。
- ③ 急激に反応が進行すると危険であるから。
- ④ 生成物の塩化ベンゼンジアゾニウムの蒸発を防ぐため。
- ⑤ 生成物の塩化ベンゼンジアゾニウムの分解を防ぐため。