

化 学

学 部	学 科 (コース)	配 点
理工学部	化学・生命理工学科(化学コース)	450 点
	化学・生命理工学科(生命コース), 物理・材料理工学科, システム創成工学科(機械科学コース, 社会基盤・環境コース)	300 点
	システム創成工学科(電気電子通信コース)	250 点
	システム創成工学科(知能・メディア情報コース)	400 点
農学部	植物生命科学科, 応用生物化学科, 森林科学科, 食料生産環境 学科, 動物科学科	300 点
	共同獣医学科	200 点

注 意 事 項

1. 問題は、**1** から **5** までの計 5 問です。
2. **1** から **5** までのすべてを解答しなさい。
3. 解答用紙は、(8 の 1) から (8 の 8) までの計 8 枚です。解答は、すべて解答用紙の指定欄に記入しなさい。
4. 必ず解答用紙のすべてに、本学の受験番号を記入しなさい。
5. 印刷不鮮明及びページの落丁・乱丁等に気づいた場合は、手を挙げて監督者に知らせなさい。
6. 問題冊子の余白等は適宜利用してよい。
7. 試験終了後、問題冊子及び計算用紙は持ち帰りなさい。

1) 必要なときは、次の原子量および数値を用いよ。

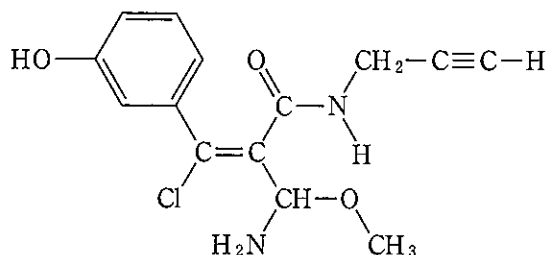
H : 1.00 B : 10.8 C : 12.0 N : 14.0 O : 16.0 Cu : 63.5

気体定数 $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$

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

2) 構造式は例にならって書け。

(例)



1 次の[I]と[II]の文章を読み、問1～問9に答えよ。

[I] 原子を構成する電子は、原子核の周囲にいくつかの層をなして存在すると考えることができる。これらの層を といい、原子核に近い方から順に、 殻、 殻、 殻、…と呼ばれる。原子には、原子番号が同じであっても、中性子の数が異なるために質量数が異なる原子があり、互いに という。天然に存在する炭素原子Cの には、質量数12の炭素原子¹²C、質量数13の炭素原子¹³C、質量数14の炭素原子¹⁴Cがある。この炭素原子だけから構成される単体には、ダイヤモンドや黒鉛があり、それらは、化学的性質や物理的性質が異なる。このように、同じ元素からなる単体で性質が異なる物質を、互いに という。^①ダイヤモンドは、正四面体を基本単位とする立体的網目構造を形成し、各炭素原子は4個の価電子を全部使って、となり合う4個の炭素原子と 結合している。その性質は、電気を通さず、非常に硬い。一方、黒鉛は、導電性が高く、やわらかく、薄くはがれやすい性質をもつ。 ^②^③

問1. 空欄 ～空欄 にあてはまる適切な語句を答えよ。

問 2. 次の設問(1)と設問(2)に答えよ。

(1) 下線部①について、炭素原子 ^{13}C の陽子数、中性子数、電子数を答えよ。

(2) 炭素と同じ 14 族に属する元素を、元素記号で一つ答えよ。

問 3. 下線部②について、同じ元素からなる単体で性質が異なる物質の組み合わせを、次の(a)~(h)の中からすべて選び答えよ。

(a) 赤リンと黄リン

(b) 銀と水銀

(c) 酸素とオゾン

(d) 亜鉛と鉛

(e) ゴム状硫黄と斜方硫黄

(f) カーボンナノチューブとフラーレン

(g) 金と白金

(h) メタンとメタノール

問 4. 下線部③について、黒鉛が導電性を示す理由を、60 字以内で説明せよ。

[II] 炭素と水素で構成される炭化水素は、石油や天然ガスなど化石燃料の主要な成分である。炭化水素の一つであり、燃料用のガスとして都市ガスなどに使用されているメタンは、標準状態(0℃, 1.013×10^5 Pa)において無色、無臭の気体として存在する。メタンを完全燃焼させると二酸化炭素と水が生成する。この燃焼によって生成した二酸化炭素は、27℃, 1.013×10^5 Paにおいて気体であるが、-79℃以下では、固体である。また、固体の二酸化炭素は、ドライアイスとよばれる。ドライアイス中における二酸化炭素分子は、互いに弱い引力(分子間力)によって結びついていて、規則正しく配列された結晶を形成する。このような結晶を 結晶という。27℃, 1.013×10^5 Paの室内では、ドライアイスは液体を経ないで気体になる。この現象を とよび、室内で気体となった二酸化炭素は、部屋中に広がっていく。くわえて、二酸化炭素分子は、分子全体では無極性分子である。一方、水は、分子間で 結合がはたらき、氷の状態ではすき間の多い立体構造を形成する。

問 5. 空欄 ~空欄 にあてはまる適切な語句を答えよ。

問 6. 下線部④について、次の設問(1)と設問(2)に答えよ。

- (1) メタンに加えてメタノールやエタノールも、石油代替燃料として考えられている。メタン、メタノール、エタノールが完全燃焼する反応を、それぞれ化学反応式で示せ。
- (2) メタン、メタノール、エタノールをそれぞれ完全燃焼させ、同じ熱量 Q [kJ] を発生させた。このとき、メタン、メタノール、エタノールのうち、最も二酸化炭素の生成量が少ないのはどれか、物質名で答えよ。計算過程も示せ。メタン、メタノール、エタノールの燃焼熱は、それぞれ、891 kJ/mol, 727 kJ/mol, 1368 kJ/mol とする。

問 7. 下線部⑤について、次の設問(1)と設問(2)に答えよ。

(1) ドライアイス中における二酸化炭素分子どうしにはたらく分子間力の名称を答えよ。

(2) $-79\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $1.013 \times 10^5\text{ Pa}$ において、体積 1.00 cm^3 のドライアイスがある。このドライアイス完全に気体に変化させた場合の $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $1.013 \times 10^5\text{ Pa}$ における二酸化炭素の体積[L]を有効数字2桁で答えよ。計算過程も示せ。ただし、気体は理想気体として、 $-79\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $1.013 \times 10^5\text{ Pa}$ において、ドライアイスの単位格子の体積は、 $1.78 \times 10^{-22}\text{ cm}^3$ とする。また、ドライアイス中の二酸化炭素分子は面心立方格子の配列で、単位格子内に含まれる二酸化炭素分子は4個である。

問 8. 下線部⑥の現象の名称を答えよ。

問 9. 下線部⑦について、二酸化炭素分子は、分子全体では無極性分子である理由を説明せよ。

2 次の[I]と[II]の文章を読み、問1～問8に答えよ。

[I] 一定温度で一定量の溶媒に溶ける溶質の量には限度があることが多く、その限度を溶解度という。溶質が固体の場合には、一般に、溶解度は溶媒100 gに最大限まで溶けた溶質の質量[g]の数値で表す。例えば、ホウ酸 H_3BO_3 の水に対する溶解度は、20℃で5.0、80℃で23.8である。

問1. ホウ酸と異なり、温度が上がると水への溶解度が小さくなる物質として適切なものを次の(a)～(f)の中からすべて選び記号で答えよ。

- (a) 硝酸カリウム (b) 塩化水素 (c) 塩化カリウム
(d) 水酸化カルシウム (e) アンモニア (f) 硫酸銅(Ⅱ)無水物

問2. 20℃のホウ酸の飽和水溶液1.50 Lの質量が $1.52 \times 10^3 \text{ g}$ であったとき、この飽和水溶液の密度 $[\text{g}/\text{cm}^3]$ を有効数字3桁で求めよ。

問3. 前問(問2)をふまえ、20℃のホウ酸の飽和水溶液のモル濃度 $[\text{mol}/\text{L}]$ を有効数字2桁で求めよ。

問4. 80℃のホウ酸の飽和水溶液500 gをつくるために必要なホウ酸の質量[g]を有効数字3桁で求めよ。計算過程も示せ。

問5. 80℃のホウ酸の飽和水溶液をつくった。これを20℃まで冷却した。析出するホウ酸は、水和水を含まない。以下の設問(1)と設問(2)に答えよ。

- (1) 冷却中に水が蒸発しなかった場合に想定されるホウ酸の析出量は940 gであった。はじめに用意した水の質量[g]を有効数字3桁で求めよ。計算過程も示せ。
- (2) 実際には冷却中に一部の水が蒸発したため、析出したホウ酸は水の蒸発を考えなかった場合に比べて60.0 g多かった。このとき、最終的に得られた20℃の飽和水溶液の質量[g]を有効数字3桁で求めよ。

[Ⅱ] 銅(Ⅱ)イオン Cu^{2+} とマンガン(Ⅱ)イオン Mn^{2+} を含む水溶液に硫化物イオンを加えると硫化銅 CuS と硫化マンガン MnS が沈殿するが、水溶液の水素イオン濃度を調整して硫化水素 H_2S を通じることで、 CuS のみを沈殿させることができる。

Cu^{2+} と Mn^{2+} の濃度がともに 0.10 mol/L である水溶液に H_2S を通じることを考える。水溶液中の H_2S 濃度は変化せず 0.10 mol/L であり、 CuS の溶解度積は $6.5 \times 10^{-30} (\text{mol/L})^2$ 、 MnS の溶解度積は $3.0 \times 10^{-10} (\text{mol/L})^2$ とする。ただし、 $[\text{X}]$ は物質 X のモル濃度 (mol/L) を示す。

問 6. H_2S は水溶液中で二段階で電離する。ここでは、それぞれの電離定数を次のとおりとする。



これらをまとめて $\text{H}_2\text{S} \rightleftharpoons 2\text{H}^+ + \text{S}^{2-}$ と表した場合の平衡定数を K とするとき、 K を K_1 、 K_2 を用いて示せ。

問 7. MnS の沈殿が生じない $[\text{S}^{2-}]$ の上限を有効数字 2 桁^{けた} で求めよ。また、計算過程も示せ。

問 8. H_2S の電離平衡から、 $[\text{H}^+]$ が変化すれば $[\text{S}^{2-}]$ も変化する。 CuS の沈殿のみが生じる $[\text{S}^{2-}]$ の条件を満たす pH の上限について、小数点第一位まで求めよ。ただし、 H_2S の電離定数は問 6 に示す値とし、必要に応じて $\log_{10} 2 = 0.301$ 、 $\log_{10} 3 = 0.477$ を用いること。また、計算過程も示せ。

3 次の[I]と[II]の文章を読み、問1～問9に答えよ。

[I] 塩素、臭素、フッ素、ヨウ素は、周期表の17族の元素であり、これらの元素を [ア] と呼ぶ。 [ア] の原子は [イ] 個の価電子を持ち、電子を [ウ] 個受け入れて、 [ウ] 価の [エ] イオンになりやすい。 [ア] の単体は、それぞれ特有の色を持ち、強い毒性を持つ。また、 [ア] の単体は、他の物質から電子を奪う力が強く、酸化力がある。塩素の単体は、実験室では、高度さらし粉に希塩酸を加えるか、酸化マンガン(IV)に濃塩酸を加えて加熱して発生させる。

問 1. 空欄 [ア] と空欄 [エ] にあてはまる適切な語句を、次の(a)~(h)より一つ選び記号で答えよ。

- (a) 陽 (b) ハロゲン (c) アルカリ (d) 希ガス(または貴ガス)
(e) 遷移元素 (f) 金属元素 (g) 陰 (h) セラミックス

問 2. 空欄 [イ] と空欄 [ウ] にあてはまる適切な数字を書け。

問 3. 下線部①について、塩素、臭素、フッ素、ヨウ素の単体の分子式を酸化力の大きい順に書け。

問 4. 下線部②の化学反応式を書け。

問 5. 下線部②の気体の発生に関して、次の設問(1)～設問(3)に答えよ。

- (1) 下線部②の反応で発生した塩素は、どのようにして捕集するか。捕集方法の名称を書け。
(2) 以下の(a)~(e)の操作では、気体が発生する。発生する気体の名称と分子式を書け。
(a) 亜鉛に希硫酸を加える。
(b) 銅に濃硝酸を加える。
(c) 石灰石(主成分は炭酸カルシウム)に塩酸を加える。
(d) 塩化アンモニウムと水酸化カルシウムの混合物を加熱する。
(e) 過酸化水素水に触媒として酸化マンガン(IV)を加える。
(3) 設問(2)の(a)~(e)の操作で発生する気体を捕集するとき、設問(1)の塩素と同じ捕集方法を使用するものを、(a)~(e)からすべて選び記号で答えよ。

[II] 銅は、自然界では、多くは硫化物や酸化物として存在しており、これらを含む鉱石を原料として単体の銅が製造される。高純度の銅は、電解精錬でつくられる。銅を長く風雨にさらしたり、湿った空气中に長時間^③放置したりすると、表面が酸化されて と呼ばれるさびが生じる。硫酸銅(Ⅱ)五水和物は 色の結晶であり、加熱すると 色の無水物となる。硫酸銅(Ⅱ)五水和物を水に溶かし、この水溶液に水酸化ナトリウム水溶液または少量のアンモニア水を加えると、青白色の沈殿が生じる。この沈殿^④に、過剰のアンモニア水を加えると、沈殿が溶けて深青色の水溶液になる。^⑤

問 6. 空欄 ~空欄 に入る適切な語句を書け。

問 7. 下線部③の銅の電解精錬では、純銅を陰極に、不純物を含む粗銅を陽極にして、硫酸酸性の硫酸銅(Ⅱ)水溶液を電気分解して純度の高い銅を得る。次の設問(1)~設問(4)に答えよ。

- (1) 陰極で起きているイオン反応式を書け。
- (2) 0.800 A の電流で 4825 秒間電気分解した。このときの電気量を、有効数字 3 桁^{けた}で単位とともに答えよ。計算過程も示せ。
- (3) 電気分解で流れた電子の物質量を有効数字 3 桁^{けた}で答えよ。計算過程も示せ。
- (4) このとき陰極で新たに析出した銅の質量 [g] を有効数字 3 桁^{けた}で答えよ。計算過程も示せ。

問 8. 下線部④で生成する沈殿の化合物名と化学式を書け。

問 9. 下線部⑤について、次の設問(1)~設問(3)に答えよ。

- (1) 下線部⑤で生じる錯イオンの名称を書け。
- (2) 錯イオンは、そのほかの金属イオンでも生成する。銀イオンを含む水溶液に水酸化ナトリウム水溶液や少量のアンモニア水を加えると、褐色の沈殿が生じる。この沈殿に過剰のアンモニア水を加えると、沈殿が溶けて、錯イオンが生成する。このとき、生成する錯イオンの名称を答えよ。
- (3) 上記の設問(1)および設問(2)のそれぞれの錯イオンの立体構造を、以下の (a)~(d)から選び、それぞれ記号で答えよ。
(a) 直線形 (b) 正方形 (c) 正四面体形 (d) 正八面体形

- 4 15種類の有機化合物A～Oについて下記の文章を読み、以下の問1～問7に答えよ。

【化合物A～D】

化合物Aは炭素と水素からなる気体(沸点 -104°C)の物質であり、ナフサの熱分解で得られる。化合物Aを完全燃焼させたところ、二酸化炭素44.0 mgと水18.0 mgが得られた。なお、化合物Aの分子量は28.0であった。

気体の化合物Aに塩素を付加させたところ液体の化合物Bが得られた。これを熱分解したところ、1分子の塩化水素が脱離して気体の化合物Cが得られた。これを重合したところ、高分子化合物Dが得られた。化合物Dには硬質と軟質があり、前者はパイプや容器、後者はフィルムや消しゴムなどに用いられる。

【化合物E～J】

化合物Aと同一の組成式で表される化合物Eは、化合物F～Jの5つの構造異性体が存在し、その分子量は56.0であった。なお、化合物Fはトランス体、化合物Gはシス体であった。

【化合物K～L】

化合物E～Jを、それぞれリン酸を触媒として水と反応させたところ、化合物E～Hのみが反応してアルコールが得られた。このとき、化合物Eからは化合物Kと1-ブタノールが、化合物F、Gからは化合物Kのみが、化合物Hからは化合物Lと2-メチル-1-プロパノールが得られた。

【化合物M】

化合物Iと化合物Jにそれぞれ塩素を混合して光を当てると複数の生成物が得られた。このうち、化合物Jの1つの水素が塩素に置換したものは1種類のみで、化合物Mであった。

【化合物N～O】

化合物E～Hにそれぞれ白金を触媒として水素を反応させたところ、化合物E～Gからは同一の気体の化合物N(沸点 -1°C)が、また化合物Hからは気体の化合物O(沸点 -12°C)が得られた。

問 1. 化合物Aの組成式，ならびに分子式を書き，さらに化合物Aに関する記述として正しいものをすべて選び記号で答えよ。

- (あ) 水素原子は正四面体の各頂点に，炭素原子は重心に位置する。
- (い) 常温で赤褐色の臭素水に通すと，溶液が無色になる。
- (う) 炭化カルシウムに水を加えると得られる。
- (え) 発がん性があり，空气中で燃やすと多量のすすを出して燃焼する。
- (お) 高温・高圧で重合すると，透明でやわらかいポリマーが得られる。

問 2. 化合物B～Dの構造式を書け。

問 3. 化合物Eの分子式を書け。

問 4. 化合物E～H，K，Lの構造式を書け。なお，異性体が存在するときはそれを含めて書け。

問 5. 化合物I，J，Mの構造式を書け。なお，異性体が存在するときはそれを含めて書け。

問 6. 化合物Nと化合物Oの構造式を書け。

問 7. 化合物Kと化合物Lのそれぞれについて，下記の記述(あ)～(お)にあてはまるものをすべて選び答えよ。

- (あ) 単体のナトリウムを加えると水素が発生する。
- (い) 硫酸を触媒として酢酸と反応させるとエステルが得られる。
- (う) 硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液を加えて加熱すると酸化される。
- (え) 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じる。
- (お) 塩化鉄(Ⅲ)の水溶液を加えると青紫色に呈色する。

5 次の文章を読み、問1～問5に答えよ。

タンパク質は、動物の生命活動を支える重要な物質である。筋肉や骨など体を形成し、生体の機能を調整するホルモンや酵素などの材料となり、体を動かすエネルギー源にもなる。タンパク質にはさまざまな検出反応があり、タンパク質中の成分元素やタンパク質の構造がわかる。タンパク質の水溶液に熱や酸、塩基、重金属イオンなどを作用させると、凝固や沈殿を生じる現象を起こし、この現象をタンパク質の (ア) という。

食品の加工調理では、タンパク質の (ア) を積極的に利用している。例えば、動物の骨やけんなどに多く含まれる繊維状タンパク質のコラーゲンは水に溶けないが、加熱による (ア) を利用してゼラチンに加工され、水に溶けやすくなる。親水基を多く含むゼラチンを水に溶かすと、(イ) になり、多量の電解質溶液を加えると沈殿を生じる (ウ) を観察することができる。また、ゼラチンの (イ) を冷却して凝固させると、ゼリーとよばれるゲルとなる。

タンパク質は、同一の炭素原子に (エ) 基と (オ) 基が結合した α -アミノ酸が (カ) 結合で多数連なった高分子化合物である。天然のタンパク質を酸や酵素で加水分解すると、 α -アミノ酸が得られ、約20種類存在している。このうち、(キ) 以外の α -アミノ酸は、不斉炭素原子をもつ。

アミノ酸は水に溶けるものが多く、分子中に (エ) 基があるので塩基の性質をもち、また、(オ) 基があるので酸の性質も示す。アミノ酸の分子は、結晶中または水溶液のpHによっては、(ク) イオンの状態になっている。アミノ酸水溶液に酸を加えると、アミノ酸は (ケ) イオンとなり、塩基を加えると、アミノ酸は (コ) イオンになる。アミノ酸の水溶液では、(ケ) イオン・(ク) イオン・(コ) イオンが平衡状態にあり、水溶液のpHによってそれらのイオンの割合が変化する。

アミノ酸は、食品や飼料の栄養強化や調味料にも用いられている。動物性タンパク質やゼラチンに多く含まれている (キ) は、甘味とコクを与えるため、食品に添加されている。また、グルタミン酸の一ナトリウム塩は、旨味調味料として利用されている。

問 1. 空欄 ~空欄 に入る適切な語句を書け。

問 2. あるタンパク質の水溶液に行った以下の呈色反応について、次の設問(1)と設問(2)に答えよ。

(1) タンパク質水溶液に固体の水酸化ナトリウムを加えて加熱し、酸で中和した後、酢酸鉛(II)水溶液を加えると沈殿を生じた。生じた沈殿の化学式と色を答えよ。

(2) タンパク質水溶液に濃硝酸を加えて加熱すると黄色になった。冷却後、さらに水酸化ナトリウム水溶液を加えて塩基性になると、橙黄色になった。この呈色反応の名称を答えよ。また、この呈色反応により検出できるタンパク質に含まれる部分構造の名称を答えよ。

問 3. タンパク質を含むある食品 1.50 g を完全に分解させると、0.0510 g のアンモニアを生じた。アンモニア中の窒素はタンパク質のみから生じたものとして、この食品はタンパク質を何%含むか答えよ。ただし、食品中のタンパク質は、成分元素として窒素を質量%で 16.0 % 含むものとし、有効数字 3 桁^たまで示せ。計算過程も示せ。

問 4. 果物のパイナップルにはタンパク質分解酵素が含まれる。パイナップルとゼラチンを使ってパイナップルゼリーをつくる時、生のパイナップル果肉を加えると固まらず、缶詰のパイナップル果肉(加熱済み)を加えると固まった。その理由を簡潔に説明せよ。

問 5. グルタミン酸の等電点は 3.2 である。pH 7.4 の緩衝液で湿らせた長方形のろ紙の中心に、グルタミン酸の水溶液を滴下し、ろ紙の両短辺に直流電圧をかけて電気泳動を行った。電気泳動後に、ニンヒドリン溶液をろ紙に吹き付けて加温し、呈色させた。グルタミン酸の呈色反応はろ紙のどのあたりに観察されるか、最もふさわしいものを下記枠内の(a)~(c)から選び、記号で答えよ。

(a) 陽極側

(b) ろ紙の中心

(c) 陰極側