

試験開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見たり裏返してはいけません。

## 平成 27 年度 入学試験問題（前期日程）

# 化 学

### 注意事項

1. この問題冊子には、出題が全部で6ページ分あります。試験開始の合図の後すぐに確かめ、印刷の不鮮明やページの脱落等があれば、手を高く挙げて監督者に知らせなさい。
2. 解答は、全て解答用紙（2つ折り7枚）の指定された欄に記入しなさい。それ以外の場所に記入された解答は、採点の対象となりません。
3. 全ての解答用紙の受験番号欄には、信州大学の受験番号（8桁）を正しく記入しなさい。センター試験の受験番号や氏名を記入してはいけません。
4. 問題を選択解答する方法は、受験する学部により異なります。下表「問題の選択方法（学部別）」の指示に従い、正しく選択解答しなさい。
5. 解答用紙の問題番号の右横に問題選択欄があります。その問題を選択して解答した場合には問題選択欄に○を記入し、選択しなかった場合には×を記入しなさい。これを正しく明確に行わなかった場合には、全ての選択問題が0点となることがあります。
6. 問題冊子の余白等は適宜利用してよいが、どのページも切り離してはいけません。
7. 試験終了後、問題冊子は持ち帰りなさい。

### 問題の選択方法（学部別）

理学部受験者	問題1～4の全てに解答しなさい。（合計4問に解答）
医学部受験者	問題1～4から3問を選択し、問題5と6から1問を選択して解答しなさい。（合計4問に解答）
工学部受験者	問題1～4の全てを選択解答し、更に問題5と6から1問を選択して解答しなさい。（合計5問に解答）
農学部受験者	問題1～6の内から4問を選択して解答しなさい。ただし、問題5と6の両方を選択することはできません。（合計4問に解答）
繊維学部受験者	問題1と2から1問を選択し、問題3と4の両方に解答し、問題5と6から1問を選択して解答しなさい。（合計4問に解答）

問題の解答に必要なならば、以下の数値を用いなさい。

原子量 H: 1.00 C: 12.0 N: 14.0 O: 16.0 S: 32.0 Al: 27.0 Cu: 63.5  
アボガドロ定数  $N_A = 6.02 \times 10^{23} / \text{mol}$  ファラデー定数  $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$   
気体定数  $R = 8.31 \text{ J/(K}\cdot\text{mol)} = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L/(K}\cdot\text{mol)}$

1 次の問1と問2に答えよ。

問1 次の文章を読み、設問(1)～(4)に答えよ。

ビーカーに湿った硫酸銅(Ⅱ)五水和物(見かけの組成式を  $\text{CuSO}_4 \cdot (5+x)\text{H}_2\text{O}$  とする。ただし、 $x > 0$ )を0.520 g 量り取り、これを約100 mLの純水に溶かした。この水溶液に含まれる銅イオンを金属銅として回収するため、表面積の大きな白金電極を陰極として、0.100 Aの一定電流で電気分解した。7200 秒の時間が経過したとき、①既に水溶液の色がなくなるとともに、②それまで気体発生がなかった陰極の白金電極表面から気体が発生していたので、ここで電気分解を止めて、水溶液から金属銅が析出した白金電極を取り出した。この白金電極を乾燥したのち、その質量を量ると、析出した金属銅が0.127 g であることがわかった。

- (1) 下線部①に関連して、色がなくなる前は何色であったか。
- (2) 見かけの組成式、 $\text{CuSO}_4 \cdot (5+x)\text{H}_2\text{O}$ 、の中の  $x$  の値を小数2桁目まで求めよ。計算過程も記せ。
- (3) 下線部②の気体は何か。また、この気体が発生する電極での反応を、電子  $e^-$  を用いたイオン反応式で示せ。
- (4) 流した電気量がすべて金属銅の析出と気体の発生に使われたと仮定して、発生した気体の物質量 [mol] を有効数字3桁で求めよ。計算過程も記せ。

問2 次の文章を読み、設問(1)～(3)に答えよ。

ただし、すべての気体が、理想気体として振る舞うものとする。

①0.100 molの水素( $\text{H}_2$ )、0.100 molの酸素( $\text{O}_2$ )、0.300 molのアルゴン(Ar)の混合気体を、容積が可変で、圧力を任意に設定できる容器の中に入れ、圧力を  $1.00 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、温度を 300 K にした。容器内に火花を飛ばして水素と酸素を完全に反応させ、液体の水を生成させた。混合気体の圧力が元の  $1.00 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、温度が元の 300 K になったことを確かめたのち、温度を 300 K に保ったまま、圧力を  $0.700 \times 10^5 \text{ Pa}$  に変えた。その後、②圧力を  $0.700 \times 10^5 \text{ Pa}$  に保ったまま、温度を 300 K から 400 K までゆっくり上昇させた。

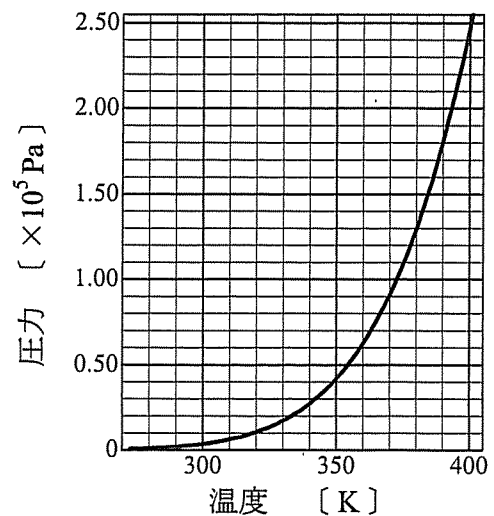


図1 水の蒸気圧曲線

- (1) 下線部①のとき、 $\text{H}_2$ 、 $\text{O}_2$ 、Ar、の分圧 [Pa] を求めよ。また、混合気体の体積 [L] も求めよ。その体積 [L] の計算過程も記せ。これらは有効数字3桁で求めよ。
- (2) 下線部②の操作において、水が沸騰し始める温度 [K] を、図1の水の蒸気圧曲線から有効数字3桁で読み取れ。
- (3) 下線部②の操作中において、温度の上昇に伴う混合気体の体積の変化を図示せよ。ただし、水の蒸気圧の影響は無視する。

2 次の問1と問2に答えよ。

問1  $aA + bB \rightarrow cC$  ( $a, b, c$ は係数) で表される反応がある。ある温度で、表1のように、AとBの濃度を変えて、反応初期のCの生成速度  $v$  を求めた。次の設問(1)~(4)に答えよ。

表1 反応物A, Bの濃度を変化させたときのCの生成速度

実験	[A] [mol/L]	[B] [mol/L]	$v$ [mol/(L·s)]
1	1.0	0.40	$3.0 \times 10^{-2}$
2	1.0	0.80	$6.0 \times 10^{-2}$
3	2.0	0.80	$2.4 \times 10^{-1}$
4	4.0	1.6	$v_4$

- (1) 表1の結果より反応の係数  $a, b$  を求めて、反応速度定数  $k$  と反応物 A, B の濃度 [A], [B] を用いて、この反応の反応速度式を書け。
- (2) 実験1の結果を用いて、反応速度定数  $k$  の値を単位とともに求めよ。
- (3) 実験4の条件でのCの生成速度  $v_4$  [mol/(L·s)] の予測される値を求めよ。
- (4) Cの生成速度に対する温度の影響を調べるために、温度を10 K 上げて実験を行ったところ、Cの生成速度が3倍に増加した。考えられる理由を分子の運動エネルギーの観点から50字以内で述べよ。

問2 気体の四酸化二窒素 ( $N_2O_4$ ) は無色で、気体の二酸化窒素 ( $NO_2$ ) は赤褐色である。気体の  $N_2O_4$  が解離して気体の  $NO_2$  が生成する反応は可逆反応で、次の熱化学方程式で表される。次の設問(1)~(3)に答えよ。



- (1) ピストン付の容器に3.0 mol の  $N_2O_4$  を入れ、320 K、 $1.0 \times 10^5$  Pa に保ったところ、気体の体積が120 L になって平衡に達した。このときの  $N_2O_4$  の解離度  $\alpha$ 、および平衡定数  $K$  の値を求めよ。平衡定数  $K$  については、その単位も示せ。
- (2) (1) の平衡状態に達したあと、加熱して気体の温度を上げると、気体の色はどのように変化するか。その理由とともに50字以内で述べよ。
- (3) (1) の平衡状態に達したあと、温度を一定に保って気体の体積を20 L まで圧縮した。圧縮後、新たに平衡状態になったときの  $N_2O_4$  の解離度  $\alpha$ 、および容器内の圧力 [Pa] の値を求めよ。

3 次の文章を読み、設問(1)～(6)に答えよ。

アルミニウム Al は化合物として鉱物や土壤に広く存在しており、地殻中に ア、イ に次いで多く含まれている元素である。アルミニウム原子は ウ 個の価電子をもち、それを放出して陽イオンになるが、同じ周期の エ や オ に比べるとイオン化傾向は小さい。

単体のアルミニウムは、融解した氷晶石  $\text{Na}_3\text{AlF}_6$  に溶かした ①酸化アルミニウムを融解塩電解することにより製造する。アルミニウムは銀白色の軽い金属で、加工しやすく、電気や熱をよく伝えるので様々な用途に利用される。②アルミニウムは酸の水溶液にも強塩基の水溶液にも反応して溶けるが、濃硝酸には溶けない。

③アルミニウムイオン  $\text{Al}^{3+}$  を含む水溶液にアンモニア水を加えると、ゲル状の沈殿を生じる。④この沈殿物は、過剰のアンモニア水を加えても溶けないが、強塩基の水溶液には反応して溶ける。

- (1) 空欄 ア ～ オ に適する元素記号または数値を記せ。
- (2) 下線部①に関し、陽極および陰極に炭素電極を用いて酸化アルミニウムを融解塩電解すると、陽極では  $\text{C} + \text{O}^{2-} \rightarrow \text{CO} + 2\text{e}^-$  および  $\text{C} + 2\text{O}^{2-} \rightarrow \text{CO}_2 + 4\text{e}^-$  の反応が起こり、陰極でアルミニウムが生成する。この融解塩電解によって陽極で CO が  $x$  mol,  $\text{CO}_2$  が  $y$  mol 発生したとき、陰極で生じるアルミニウムの物質質量 [mol] を  $x$  と  $y$  を用いて示せ。計算過程も記せ。
- (3) 下線部②に関し、以下の a)～c)に答えよ。
  - a) アルミニウムと塩酸との反応を化学反応式で示せ。
  - b) アルミニウムと水酸化ナトリウム水溶液との反応を化学反応式で示せ。
  - c) アルミニウムが濃硝酸に溶けない理由を 30 字以内で説明せよ。
- (4) 下線部③で生じる沈殿を化学式で示せ。
- (5) 下線部④に関し、設問(4)の沈殿物と水酸化ナトリウム水溶液との反応を化学反応式で示せ。
- (6) アルミニウムの金属結晶は面心立方格子からなり、単体格子の体積は  $6.64 \times 10^{-23} \text{ cm}^3$  である。以下の a)～c)に答えよ。b)と c)は有効数字 3 桁とし、計算過程も記せ。
  - a) 単体格子中に含まれるアルミニウム原子は何個か。
  - b)  $1 \text{ cm}^3$  の結晶中にはアルミニウム原子は何個含まれるか。
  - c) アルミニウムの密度  $[\text{g}/\text{cm}^3]$  を求めよ。

4 次の文章を読み、設問(1)～(6)に答えよ。

有機化合物の性質（融点、沸点、色、反応性など）を特徴付ける原子団を官能基とよぶ。官能基の特徴を知るとは有機化合物の性質を理解し予測する上で重要である。

①ある有機化合物が中性、酸性、または塩基性のいずれを示すかは、分子内に含まれる官能基の種類によって決まる。例えば、酢酸、安息香酸、およびリノール酸がいずれも酸性を示すのはア基を有するためである。

複数の官能基を有する化合物の場合、その数および位置によって性質は大きく異なる。マレイン酸とフマル酸はともに分子内に2つのア基があり、互いにイ異性体の関係にある。どちらも酸性を示す点では同様だが、②構造の違いを反映して異なる反応性を示す。また、官能基として塩素原子を2つ有する③ジクロロベンゼンには3種類のウ異性体があり、各分子の極性は大きく異なる。これは官能基の位置によって物理的性質が変わる例である。

分子内に異なる官能基を有する場合は化合物の性質はさらに多様化する。ギ酸は酸性を示すだけでなく、エ基によってオ性も示す。また、サリチル酸はア基とカ基の2種類の官能基を持ち、④条件によって反応する官能基が異なる。

一方、官能基自身は反応を起こさなくても、これが結合した炭化水素基の反応性に影響を及ぼすこともある。例えば、ハロゲン化に代表されるベンゼンのキ反応では官能基の効果が顕著である。ベンゼンのハロゲン化反応は鉄粉などの触媒が存在しないと起こりにくい。⑤フェノールは触媒を用いなくてもハロゲンとの反応が容易に起こる。これはカ基がベンゼン環の反応性を高めているためである。これに対し、ニトロベンゼンのハロゲン化はニトロ基の効果によって非常に起こりにくい。

(1) 空欄ア～キに適切な語句を入れよ。

(2) 下線部①について、酸性または塩基性を示す有機化合物の例をそれぞれ一般名（化合物群の名称）で1つ挙げ、その性質をもたらす官能基の名称を答えよ。ただし、酸性化合物についてはア基以外の官能基を有するものとする。

(3) 下線部②について、マレイン酸とフマル酸の構造式をそれぞれ示し、これらを160℃に加熱した際の生成物を示せ。反応が起こらない場合は「反応せず」と記入し、その理由を説明せよ。

(4) 下線部③について、ジクロロベンゼンの3種類の異性体の構造式を極性の小さいものから大きいものへ順に並べ、そのようになる理由を説明せよ。

(5) 下線部④について、サリチル酸に十分な量の a) 炭酸水素ナトリウム水溶液、または b) 水酸化ナトリウム水溶液を加えたときに起こる反応をそれぞれ化学反応式で書け。

(6) 下線部⑤について、フェノールの水溶液に十分な量の臭素水を加えると白色沈殿が生じる。このときに起こる反応を化学反応式で書け。また、生成する沈殿の化合物名を答えよ。

5 次の問1と問2に答えよ。

問1 空欄[ア]～[コ]に適切な語句を入れ、文章を完成させよ。

分子中に $\text{-NH}_2$ と $\text{-COOH}$ を持ち、この2種類の官能基が同一炭素原子に結合している化合物を[ア]とよぶ。[ア]が[イ]結合で多数つながった高分子がタンパク質である。タンパク質を構成する[ア]の配列順序をタンパク質の[ウ]とよぶ。水溶液中ではタンパク質の[イ]鎖はらせん構造をとることがある。この構造を[エ]とよび、らせん1巻きに平均3.6個の[ア]単位が入る。また[オ]とよばれる、となりあった[イ]鎖同士が波状に折れ曲がって並んだひだ状構造をとることもある。[エ]や[オ]のような基本構造は、タンパク質の[カ]とよばれ、[イ]結合に関与している官能基間の[キ]結合によって形成される。タンパク質全体では、[キ]結合や[ク]結合の非共有結合や、共有結合である[ケ]結合により、分子全体が複雑な構造をとる。これをタンパク質の[コ]とよび、タンパク質の機能に重要である。

問2 次の文章を読み、設問(1)～(4)に答えよ。

グルコース1 molとエタノール1 molを空气中で完全燃焼した場合に発生する熱量をそれぞれ2807 kJ, 1368 kJとする。また、栄養源を酸素で完全酸化する生体反応を好気呼吸による代謝とよび、酵母などが、酸素を使わずにグルコース1分子をエタノール2分子に変換する生体反応をアルコール発酵とよぶ。日本酒の製造では、まずコウジカビの作り出す酵素である[サ]とマルターゼによって、米の主成分である[シ]がグルコース単位に分解される。次に生成したグルコースが、酵母のはたらきによってアルコールへ変換される。①アルコール発酵中は、発泡が盛んに見られる。

(1) 空欄[サ], [シ]に適切な語句を入れ、文章を完成させよ。

(2) 下線部①の発泡の原因となるガスの化学式を答えよ。

(3) グルコース  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  を好気呼吸で代謝する場合とアルコール発酵する場合の熱化学方程式を、与えられた数値を用いて導け。

(4) 酵母は無酸素状態ではアルコール発酵、酸素存在状態では好気呼吸で増殖するが、好気呼吸での増殖速度は、アルコール発酵の場合より大きい。その理由を設問(3)の熱化学方程式を参考に30字程度で述べよ。

6 次の文章を読み、設問 (1)～(7) に答えよ。

材料の進歩に伴ってスポーツや趣味の道具も劇的に変化しており、スポーツ記録の更新は、トレーニングによるだけでなく材料の進歩にも支えられている。魚釣りの歴史は古く、江戸時代には天蚕糸などの天然繊維が釣り糸に用いられていた。しかし、現在では、釣り糸の主流は合成繊維であり、①ポリアミド、ポリフッ化ビニリデン、ポリエチレン、ポリエステルなどを原料とする様々な種類の釣り糸がある。ポリアミドの中でも②6-ナイロンよりも単量体1つ当たりのメチレン鎖が長い12-ナイロンは密度が水とほとんど変わらず、③ポリエチレンの密度は水よりも小さく、ポリフッ化ビニリデンの密度は水よりも大きい。すなわち、材料を選択すれば自在に釣り糸を水に漂わせたり、浮かせたり、沈ませたりできる。また、漁網には、耐水性、耐摩耗性の高い材料として④ビニロンなどが用いられている。

- (1) 下線部①のポリアミドには6,6-ナイロンがある。ヘキサメチレンジアミンを原料とする6,6-ナイロンの合成における反応式を示せ。ポリマーの重合度は $n$ とせよ。また、この重合の名称を答えよ。
- (2)  $\epsilon$ -カプロラクタムを原料として、下線部②の6-ナイロンを合成する反応式を示せ。ポリマーの重合度は $n$ とせよ。また、この重合の名称を答えよ。
- (3) ポリアミド繊維の一種であるアラミド繊維の代表的なものに、ポリ(*p*-フェニレンテレフタルアミド)繊維がある。この繊維は、一般的なナイロン繊維よりも強度、弾力性、耐熱性に極めて優れている。この理由を40字以内で述べよ。
- (4) 下線部③のポリエチレンを合成する場合、その原料になる単量体と重合体の構造式を示せ。
- (5) ポリエチレンには不透明で硬いポリエチレンと透明で軟らかいポリエチレンがあるが、それぞれの名称を答えよ。
- (6) 下線部③に関連して、あるポリエチレン製釣り糸の密度は $0.95 \text{ g/cm}^3$ であるので、水に浮く特徴を持つ。このポリエチレンの結晶部分の密度を $1.0 \text{ g/cm}^3$ 、非結晶部分の密度を $0.80 \text{ g/cm}^3$ とした場合、この釣り糸 $1.0 \text{ cm}^3$ 中の結晶部分の体積を求めよ。計算過程も記せ。
- (7) 下線部④のビニロンの合成について、ポリビニルアルコール $8.8 \text{ kg}$ 中のヒドロキシ基のうち、40%のみをホルムアルデヒドと反応させてアセタール化した場合、ビニロンは何 $\text{kg}$ 生成するか答えよ。計算過程も記せ。