

B

平成 27 年度個別学力検査問題
(教育文化学部)

化 学

前 期 日 程

注 意 事 項

- 1 試験開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。
- 2 この問題冊子は 14 ページあります。解答用紙は 3 枚あります。
問題は I から III まで 3 題あります。本文中の指示に従い解答しなさい。
試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの乱丁・落丁および解答用紙の汚れ等に気付いた場合は、手を挙げて監督者に知らせなさい。
- 3 監督者の指示に従って、解答用紙に受験番号を記入しなさい。
- 4 解答は、解答用紙の該当欄に記入しなさい。文字、記号などはまぎらわしくないように明確に記入しなさい。
- 5 必要なときは次の値を用いなさい。
原子量：H = 1.0, C = 12.0, O = 16.0, Cu = 63.5
アボガドロ定数： $N_A = 6.0 \times 10^{23} / \text{mol}$
気体定数： $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$
ファラデー定数： $F = 9.6 \times 10^4 \text{ C/mol}$
1 気圧 = $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$
 $\sqrt{2} = 1.41$
- 6 配付された解答用紙は、持ち帰ってはいけません。
- 7 試験終了後、問題冊子は持ち帰りなさい。

I 次の問 1 および問 2 に答えなさい。

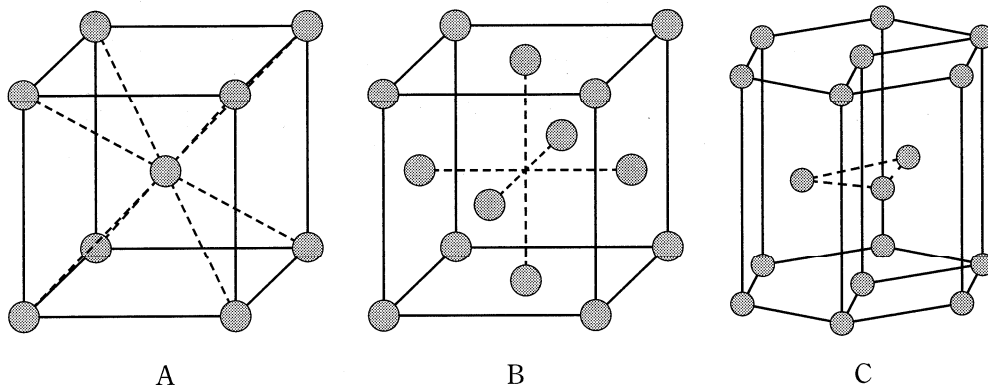
問 1 表 1 は、元素の周期表の一部である。この表に関する、設問(1)~(10)に答えなさい。

- (1) (ア)および(イ)に入る元素をそれぞれ**元素記号**で記しなさい。
- (2) 1 族(Hを除く)および 17 族の元素は他の元素と区別して特に何と呼ばれるか、その**名称**をそれぞれ記しなさい。
- (3) この周期表において省略されている元素のうち、3~11 族に属する元素は何と呼ばれるか、その**元素群の名称**を記しなさい。
- (4) 2 族および 15 族の元素の**価電子数**をそれぞれ記しなさい。
- (5) 第 2 周期元素のうち金属元素であるものをすべて**元素記号**で記しなさい。
- (6) 第 3 周期の元素の中で単体の沸点が最も低いものは何か、**元素記号**で記しなさい。
- (7) 第 2 周期の元素の中でイオン化エネルギーが最も小さい元素と最も大きい元素は何か、それぞれを**元素記号**で記しなさい。
- (8) 第 3 周期の元素の中で電気陰性度が最も小さい元素と最も大きい元素は何か、それぞれを**元素記号**で記しなさい。
- (9) Al 原子の K 殻、L 殻、M 殻の各電子殻に配置されている**電子の数**を記しなさい。
- (10) Li および F が安定な単原子イオンになるとき、同じ電子配置となる原子をそれぞれ**元素記号**で記しなさい。

表1 元素の周期表(一部)

族 周期	1	2	13	14	15	16	17	18
1	H							He
2	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
3	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar
4	K	(ア)	Ga	Ge	As	Se	(イ)	Kr

問 2 次の図は、金属の結晶構造を示したものである。以下の設問(1)~(5)に答えなさい。

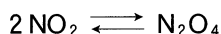


- (1) A, B, Cで表される構造は何と呼ばれるか、それぞれの名称を記しなさい。
- (2) AとBの結晶構造の単位格子1つ当たりに含まれる原子の数をそれぞれ記しなさい。
- (3) 金属結晶の性質としてふさわしくないものを次の①~⑧の中から4つ選び、番号を記しなさい。
- | | |
|------------------|---------------|
| ① 自由電子によって結合している | ② 硬くてもろい |
| ③ 昇華しやすいものが多い | ④ 展性、延性がある |
| ⑤ 熱をよく通す | ⑥ 軟らかくてもろい |
| ⑦ 電気を良く通す | ⑧ 分子間力で結合している |
- (4) 銅の結晶はBの構造をとる。その単位格子の1辺の長さを 3.6×10^{-8} cm としたとき、銅原子の半径が何 cm になるか、有効数字2桁で求めなさい。ただし、結晶内では最近接の原子は互いに接触しているものとする。
- (5) 銅の結晶の密度 (g/cm^3) を求め、有効数字2桁で記しなさい。

II 次の問1および問2に答えなさい。

問1 以下の文章を読み、設問(1)~(7)に答えなさい。

温度一定の条件下において、二酸化窒素 NO_2 と四酸化二窒素 N_2O_4 の混合気体では以下の化学平衡が生じている。

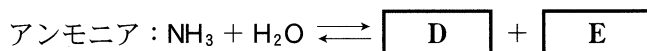
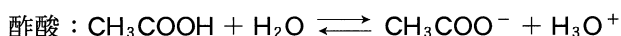


NO_2 の濃度を $[\text{NO}_2]$ 、 N_2O_4 の濃度を $[\text{N}_2\text{O}_4]$ とすると、平衡時にはそれぞれの濃度と平衡定数 K のあいだには以下のような関係が成立する。

$$K = \boxed{\text{A}}$$

この混合気体を密閉された状態のまま温度一定の条件下、圧縮して体積を4分の1にする。仮に反応が進行せず圧力が4倍になったならば、 $[\text{NO}_2]$ 、 $[\text{N}_2\text{O}_4]$ はそれぞれ $\boxed{\text{B}}$ 倍となる。この値を用いて計算された $\boxed{\text{A}}$ の値は K の $\boxed{\text{C}}$ 倍となり、このことは平衡状態からずれていることを示している。そのため実際には、a 反応が進行し、新たな平衡状態に達する。

一方、酸・塩基・塩などの電解質を水に溶かすと電離してイオンを生じる。たとえば酢酸やアンモニアを水に溶かすと、以下のような水分子との反応が起こる。



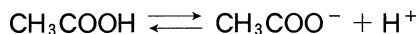
このように電離したものと、電離していないもの化合物の間で生じる化学平衡を x 電離平衡、化合物が電離する割合を電離度と呼ぶ。

また、酢酸ナトリウム CH_3COONa を水に溶かすと、b 電離した酢酸イオン が水と反応し、水溶液の液性は $\boxed{\text{F}}$ となる。この現象を塩の $\boxed{\text{G}}$ と呼ぶ。

- (1) に当てはまる式を記しなさい。
- (2) および に当てはまる数値を記しなさい。
- (3) 下線部 **a** に対応する最も適切な記述を下のア～エから 1 つ選び、記号で答えなさい。
- ア NO_2 の濃度が上昇するように右へ平衡が移動する。
- イ NO_2 の濃度が上昇するように左へ平衡が移動する。
- ウ N_2O_4 の濃度が上昇するように右に平衡が移動する。
- エ N_2O_4 の濃度が上昇するように左に平衡が移動する。
- (4) および に当てはまる適切な化学式を記しなさい。
- (5) 下線部 **b** の反応を示す適切な反応式を記しなさい。
- (6) および に当てはまる適切な語を記しなさい。

- (7) 二重下線部 x に関連して、次の文の $\boxed{\text{P}}$ ~ $\boxed{\text{S}}$ にあてはまる
適当な式を記しなさい。

希薄水溶液の場合には、水の濃度は他の化合物に比べて非常に大きく濃度が一定と考えられるので、酢酸の電離平衡の式は以下のようにも表すことができる。



酢酸が電離する前の初濃度を c (mol/L)、酢酸の電離定数を K_a 、酢酸の電離度を α とすると、電離後の CH_3COO^- および H^+ の濃度はそれぞれ $\boxed{\text{P}}$ となり、電離していない CH_3COOH の濃度は $\boxed{\text{Q}}$ となる。したがって電離定数 K_a は α と c を用いて以下のように表すことができる。

$$K_a = \boxed{\text{R}} \quad \text{式①}$$

弱酸では電離度 α は 1 より十分に小さいため、式①は簡略化して近似式で表すことができる。この近似式より、電離度 α は c と K_a を用いて

$$\alpha = \boxed{\text{S}} \quad \text{となる。}$$

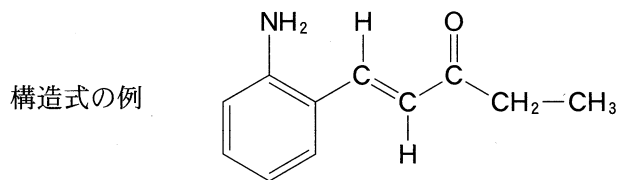
問 2 次の文章を読み、水素は理想気体であるとして、設問(1)~(6)に答えなさい。

燃料電池とは、水素のような燃料が持つエネルギーを電気エネルギーとして取り出す装置である。その代表例が水素—酸素燃料電池であり、ガソリン燃料機関と比べてエネルギー効率の高いことが特徴となっている。

水素—酸素燃料電池では白金触媒をつけた多孔質の電極を用い、約 200 °C において負極に水素が、正極に酸素が、それぞれ一定の割合で供給される。この時、負極では a 水素は電子を放出して水素イオンになる。水素イオンはリン酸水溶液のような電解液中を移動して正極で b 酸素および電子と反応し、気体の水が生成する。 この電池の起電力は 1.2 V である。水素—酸素燃料電池を自動車に用いる場合には c 水素を 5 kg 搭載することが目標とされているが、自動車内における水素容器容量の制約から容器内圧力を高圧にせざるを得ない。そのため、アルミニウム合金またはステンレス鋼からなる耐圧容器材料の開発が進められている。

- (1) 下線部 **a** の反応を、電子を含む**反応式**で示しなさい。
- (2) 下線部 **b** の反応を、電子を含む**反応式**で示しなさい。
- (3) この水素—酸素燃料電池における全体の**反応式**を示しなさい。
- (4) 水素の H—H の結合エネルギーが 432 kJ/mol、酸素の O=O の結合エネルギーが 494 kJ/mol、水の O—H の結合エネルギーが 459 kJ/mol の時、(3) の**反応式**の**反応熱**を求めなさい。
- (5) 下線部 **c** に関連して、5.0 kg の水素は 200 °C、1 気圧下で何リットルになるかを**有効数字 2 桁**で示しなさい。
- (6) 水素—酸素燃料電池を 80 分間動作させたところ、(2)の**反応式**に従って水が 0.72 g 生成した。このときの**電流値**を求める計算過程を記し、**電流値**(アンペア)を**有効数字 2 桁**で答えなさい。ただし、**電流値**は動作中一定とする。

Ⅲ 次の問1～問3に答えなさい。ただし、構造式は以下の例にならって記しなさい。



問 1 次の文章を読み、設問(1)～(8)に答えなさい。

アルコールとフェノール類はともにヒドロキシ基を持つ有機化合物であり、ヒドロキシ基に特有な共通の性質をいくつか持っている。いずれも炭化水素に比べて水に溶けやすく、沸点が高い。また、a ナトリウムと反応して水素を生成する。

一方で、アルコールとフェノール類には性質が異なる点もあり、それは分子構造の違いに由来する。例えば、互いに異性体の関係にある b ベンジルアルコールと *m*-クレゾール では、後者のみがフェノール類である。これらは、どちらも常温で無色の液体であるが、c 塩化鉄(Ⅲ)水溶液との反応性の違いから判別することができる。

アルコールに混酸(濃硝酸と濃硫酸の混合物)を作用させると主に硝酸エステルが生成するのに対し、フェノール類と混酸との反応ではベンゼン環でのニトロ化が起こりうる。アルコールはアルケンやカルボニル化合物などに容易に変換できるため、様々な有機化合物の合成原料として有用である。

(1) 有機化合物の水溶性や沸点は分子構造と関連があり、アルコールについてもいくつかの傾向が知られている。次の3つのアルコールの中から、(i)、(ii)に合うものをそれぞれ選び、番号で記しなさい。



(i) 水への溶解度が最も高いもの

(ii) 沸点が最も低いもの

(2) 下線部 a について、2-プロパノールを例として、ナトリウムとの反応を化学反応式で記しなさい。

- (3) ナトリウムエトキシド，ナトリウムフェノキシド，水酸化ナトリウムの3つの物質を，塩基性が強い順にならべて記しなさい。
- (4) アルコールとの区別が明確に分かるように，フェノール類の分子構造の特徴を簡潔に説明しなさい。
- (5) 下線部 **b** の2つの化合物に対し下線部 **c** の試験を行うと，どのような現象が観察されるか，次の①～⑥の中から適切なものを1つ選び，番号で記しなさい。
- ① ベンジルアルコールのみ白色沈殿を生じる。
 - ② *m*-クレゾールのみ白色沈殿を生じる。
 - ③ ベンジルアルコールのみ気泡を生じる。
 - ④ *m*-クレゾールのみ気泡を生じる。
 - ⑤ ベンジルアルコールのみ紫色に呈色する。
 - ⑥ *m*-クレゾールのみ紫色に呈色する。
- (6) 下線部 **b** のベンジルアルコールや *m*-クレゾールと異性体の関係にある化合物のうちで，ベンゼン環を持ちナトリウムと反応しないものの構造式を記しなさい。
- (7) フェノールと混酸とを高温で反応させたときに生成する2,4,6-トリニトロフェノール(ピクリン酸)の構造式を記しなさい。
- (8) $C_4H_{10}O$ の分子式を持つアルコールには4つの構造異性体が存在する。これらについて述べた次の①～⑤の文の中から正しいものを2つ選び，番号で記しなさい。
- ① すべて1価アルコールである。
 - ② 不斉炭素を持つものは2つである。
 - ③ 硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液で酸化するとケトンを生成するのは2つである。
 - ④ ヨードホルム反応を起こすものは1つである。
 - ⑤ 脱水反応によって生成するアルケンは，どれも同じ構造である。

問 2 以下の文章を読み、設問(1)~(7)に答えなさい。

a 高分子化合物はわれわれの生活に重要な役割を果たしている。その中でも繊維は、身近な生活の中で様々な形で利用されている。

繊維は天然繊維と合成繊維に大別される。天然繊維の代表的なものとして綿がある。綿の主成分はセルロースであり、多数のβ-D- がつながった構造をしている。

セルロースを溶剤に溶解し再紡糸した繊維を一般に再生繊維という。セルロースを銅アンモニア溶液に溶解し、希硫酸中で再紡糸した銅アンモニア は代表的な再生繊維である。また、セルロースを無水酢酸などで処理して合成されるアセテート繊維は天然繊維、合成繊維のいずれとも区別して 繊維と呼ばれる。

一方、合成繊維も広く使用されている。アクリル繊維とは、アクリロニトリルを主成分として 重合によって合成される繊維の総称で、 に似た風合いを持つ。

また、 重合によって合成されるナイロン66は に似たほだ触りと光沢を持つ繊維であり、衣服などに使われている。多くのポリエステル繊維もまた 重合によって合成されており、その代表的なものとして がある。この高分子はPETという略称でも知られ、樹脂としても利用されている。

(1) 下線部 a 高分子化合物とは一般に分子量(平均分子量)がある値以上の物質を指す。ある値として最も適切なものを数値で記しなさい。

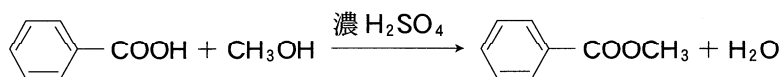
(2) に入る最も適切な糖の名称を記しなさい。また、この糖が多数つながった構造を持つ多糖で、動物の肝臓や筋肉に多く存在するものの名称を記しなさい。

(3) , にそれぞれ入る最もふさわしい語を記しなさい。

- (4) 下線部 **b** アクリロニトリルの**構造式**を例にしたがって記しなさい。
- (5) , に入る最も適切な語を下の語群からそれぞれ選んで記しなさい。
{開環, 硬化, 縮合, 中和, 付加, 分解}
- (6) , に入る最も適切な語を下の語群からそれぞれ選んで記しなさい。
{麻, 絹, ゴム, 皮革, 綿, 羊毛}
- (7) に入る高分子の**名称**を答えなさい。

問 3 エステルの合成について、反応式と実験操作を示す。これを読んで、設問(1)~(3)に答えなさい。

反応式)



操作)乾いた丸底フラスコに a 安息香酸 6.1 g とメタノール 12.8 g とを入れ、容器を氷水で冷してよく混ぜながらゆっくりと b 濃硫酸 2 mL を加えた。沸騰石を入れ、冷却管を取り付けてから、フラスコ内の液体がおだやかに沸騰するように1時間加熱した(図1)。室温まで冷却してから、この溶液を水 30 mL が入った分液ろうとにすべて移した(図2)。この分液ろうとにジエチルエーテル 25 mL を加えた。c 分液ろうとをよく振ってから静置すると2層に分かれたので、水層のみを捨て、有機層を分液ろうと内に残した。そこに d 炭酸水素ナトリウム水溶液(1.5 mol/L)を 30 mL 加えてもう一度よく振り混ぜ、静置してから水層を捨てた。残った有機層を別の容器に移し、含まれている水を除去するために、塩化カルシウムの無水塩を加えた。塩化カルシウムをろ過により除き、ジエチルエーテルを蒸発させると、目的とするエステルが芳香のある無色液体として得られた。

- (1) この反応によって得られるエステルの名称を記しなさい。
- (2) 下線部 a に示す出発物質の一方あるいは両方が完全になくなるまで、上の式で示した反応が進んだならば、目的とするエステルは何 g 生成するか。思考の過程を簡潔に示しながら、答えを有効数字 2 桁で記しなさい。
- (3) 実際にはこの反応は可逆反応であるため、この実験ではエステル化の進行は完全ではない。このことを考慮して、以下の(i), (ii)に答えなさい。
 - (i) 下線部 b において濃硫酸の代わりに同体積の希硫酸を用いたところ、エステルの生成量が低下した。考えられる理由を 2 つ記しなさい。

- (ii) 下線部 **c** と **d** の操作はともに、目的とするエステル以外の物質を有機層から取り除くために行われた。操作 **c** に続いて行われた操作 **d** は、主に何を除くためか、**化合物名**を記しなさい。

図 1)

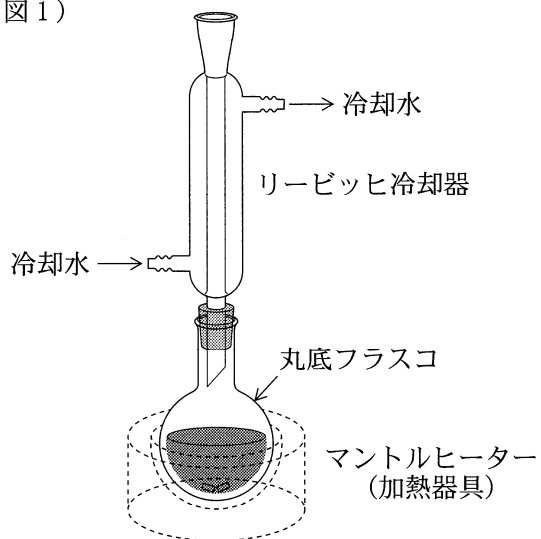


図 2)

