

平成 29 年度 入学者選抜学力検査問題

理 科

注 意 事 項

- 1 試験開始の合図があるまで、問題冊子及び解答用紙の中を見てはいけません。
- 2 出題科目、ページ及び解答用紙の枚数は、下表のとおりです。

出題科目	ページ	解答用紙枚数
物 理	1 ～ 10	4
化 学	11 ～ 18	5
生 物	19 ～ 32	5
地 学	33 ～ 40	5

- 3 試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁及び解答用紙の枚数の過不足や汚れ等に気がついた場合は、手を挙げて監督者に知らせてください。
- 4 試験開始後、すべての解答用紙に受験番号、志望学部及び氏名を記入してください。
受験番号の記入欄はそれぞれ 2 箇所あります。
- 5 解答はすべて解答用紙の指定された解答欄に記入してください。
- 6 問題冊子の余白は適宜使用してください。
- 7 各問題の配点は 100 点満点としたときのものです。
- 8 試験終了後、問題冊子は持ち帰ってください。

問題訂正

「化学」

設問2，問4，14ページ

(誤) ……水の凝固点降下度を z [$\text{K}\cdot\text{mol}/\text{kg}$] として…

(正) ……水のモル凝固点降下を z [$\text{K}\cdot\text{kg}/\text{mol}$] として…

化 学

必要があれば、次の値を用いなさい。

原子量：H = 1.0, C = 12.0, O = 16.0, Na = 23.0, Cl = 35.5, Cu = 63.6, Zn = 65.4

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

1 気圧を $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ とせよ。0 °C を 273 K とせよ。

1 次の各問いに答えなさい。(配点 20)

問 1 次の化合物の固体状態のうち、イオン結晶に分類されるものをすべて選び、記号で答えなさい。イオン結晶に分類されるものがなければ「ない」と答えなさい。

- (a) 水酸化ナトリウム
- (b) 酸化カルシウム
- (c) 二酸化ケイ素
- (d) 二酸化炭素

問 2 ハロゲンの単体であるフッ素、塩素、臭素、ヨウ素は、いずれも無極性の二原子分子である。

これらの分子の沸点が、分子量が大きいほど高くなる理由として以下の(a)~(d)の中から正しいものをすべて選び、記号で答えなさい。正しいものがなければ「ない」と答えなさい。

- (a) 分子量が大きいほど、ファンデルワールス力が強くなるため。
- (b) 分子量が大きいほど、空気中の酸素と反応しやすくなるため。
- (c) 分子量が大きいほど、配位結合が強くなるため。
- (d) 分子量が大きいほど、分子は電子を多く持つため。

問 3 物質の状態変化とエネルギーに関する次の(a)~(d)の記述のうち、正しいものをすべて選び記号で答えなさい。正しいものがなければ「ない」と答えなさい。

- (a) 融点において、固体を完全に液体にするのに必要な熱量を溶解熱という。
- (b) 一定圧力のもとで、一定質量の気体の体積は絶対温度に比例する。
- (c) 水素、炭素（黒鉛）、およびメタンの燃焼熱がそれぞれ 286 kJ/mol , 394 kJ/mol , 891 kJ/mol であるとき、メタンの生成熱は -75 kJ/mol と求められる。
- (d) 直鎖状のアルカンは、一般的に炭素原子の数が多いほど燃焼熱が大きくなる。

問 4 無機物質に関する次の(a)～(d)の記述のうち、正しいものをすべて選び記号で答えなさい。正しいものがなければ「ない」と答えなさい。

- (a) リチウムは赤色の炎色反応を示す。
- (b) 水銀の単体は、常温で唯一の液体の金属である。
- (c) 硝酸銀水溶液に希塩酸を作用させると沈殿を生じる。
- (d) アルミニウムは塩酸とも水酸化ナトリウム水溶液とも反応する。

問 5 有機物質に関する次の(a)～(d)の記述のうち、正しいものをすべて選び記号で答えなさい。正しいものがなければ「ない」と答えなさい。

- (a) アルコールは、分子中のヒドロキシ基の個数に応じて、第1級アルコール、第2級アルコール、第3級アルコールに分類される。
- (b) 純度の高い酢酸は無水酢酸と呼ばれる。
- (c) 分子式が C_3H_8O であるアルコールには、構造異性体が存在する。
- (d) ジエチルエーテルは水に溶けやすく、その水溶液は酸性を示す。

2 次の文章を読んで、後の問いに答えなさい。(配点 20)

凝固点降下は、溶液の凝固点が純溶媒よりも低くなることであり、その降下度は、一般に溶液中に含まれるすべての溶質粒子（電解質溶液の場合には電離したイオンを含む）の質量モル濃度に比例する。

H_2O - NaCl 混合物は、 NaCl 含有率と温度によって、液体と固体が単独で存在または共存するいろいろな状態をとる。それぞれの状態は、右図に示す 1 気圧での相平衡図のいくつかの実線で囲まれた領域で示される。① 純粋な水は 0°C で凝固するが、 NaCl 含有率が増えるにつれて氷が析出する温度が降下する。また、 NaCl の結晶は、 H_2O との共存下において 0.15°C 以下では 2 分子の結晶水を持つ $\text{NaCl}\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ が安定となり、 NaCl 含有率が 23.3% 以上の NaCl 水溶液を冷却すると、 $\text{NaCl}\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ の溶解度が下がりその結晶が析出する。2 つの曲線が交差する黒丸の点を共晶点^{きょうしょうてん}と呼び、それ以下の温度では、 $\text{NaCl}\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ の結晶と氷が混在した共晶状態となる。この共晶点

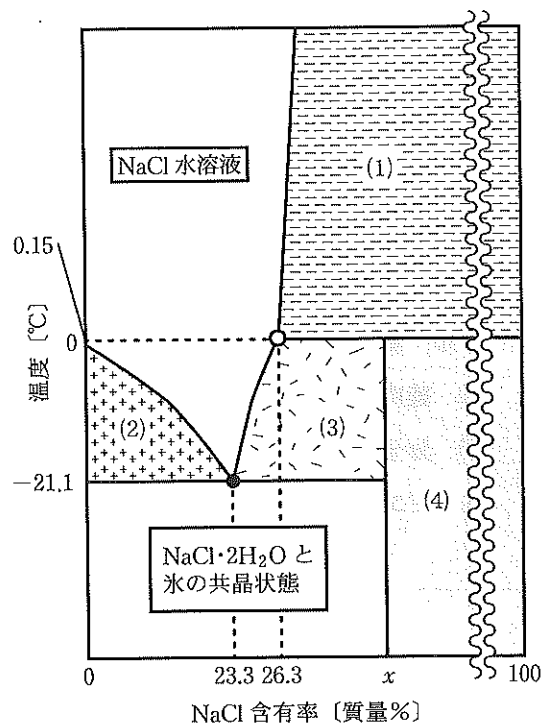


図 H_2O - NaCl 混合物の相平衡図（概略図）

凝固点降下の特性は凍結防止剤に利用されており、道路等の融雪剤としては、より低い共晶温度^② (-51.6°C) をもつ塩化カルシウムが用いられている。しかしながら、塩化物を散布することによる塩害やコンクリート・鉄製品等の腐食・劣化の問題があり、塩化物以外で凍結防止効果が高い融雪剤の研究が進められている。その一つに、自然界で分解される酢酸カリウムが一部で用いられているが、コストの問題に加え、弱酸の塩であるために水溶液が中性ではないことや酢酸の異臭などの欠点^③がある。

問 1 図中の(1)～(4)の領域は、以下のイ～ニの共存状態にある。それぞれの共存状態かを答えなさい。

イ. NaCl 結晶と $\text{NaCl} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 結晶が共存

ロ. NaCl 水溶液と NaCl 結晶が共存

ハ. NaCl 水溶液と氷が共存

ニ. NaCl 水溶液と $\text{NaCl} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 結晶が共存

問 2 図中に白丸で示した 0.15°C の点における水溶液の密度は 1.23 g/cm^3 である。この水溶液のモル濃度 $[\text{mol/L}]$ を有効数字 3 桁で答えなさい。

問 3 図中の x で示した NaCl 含有率 $[\text{質量}\%]$ を求めなさい。

問 4 下線部①の NaCl 水溶液と領域(2)を隔てる曲線について、NaCl 含有率を y $[\text{質量}\%]$ 、水の凝固点降下度を z $[\text{K} \cdot \text{mol/kg}]$ として、純粋な水の凝固点 (0°C) から黒丸の共晶点までの温度 $[\text{C}]$ を y と z の式で示しなさい。

問 5 下線部②について、塩化ナトリウムよりも塩化カルシウムの共晶温度が低くなるのは、塩化カルシウムのどのような特性に由来するか。考えられる特性を 2 つあげなさい。

問 6 下線部③について、濃度 c $[\text{mol/L}]$ の酢酸カリウム水溶液の pH を、水のイオン積 K_w 、および、以下に示す酢酸の電離定数 K_a から表しなさい。ただし、酸-塩基平衡により生成する酢酸は少量であるため、酢酸イオンの濃度は酢酸カリウムの濃度と変わらない ($[\text{CH}_3\text{COO}^-] \approx c$) と近似してよい。

$$K_a = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}$$

3 次の文章を読んで、後の問いに答えなさい。(配点 20)

物質の持つ化学エネルギーから化学反応によって電気エネルギーを生み出す装置を電池（化学電池）と呼ぶ。一般的な電池は大きく分けて三種類に分類される。① ダニエル電池などの化学エネルギーを電気エネルギーに一方向のみに変換することのできる ア と、② 鉛蓄電池などの充電（逆方向に電気を流すことで電気エネルギーを化学エネルギーに変換して蓄積する操作）ができる イ または蓄電池、外部から供給する活物質（燃料と酸化剤）を消費することで電気エネルギーを生み出す ウ がある。

問 1 文章中の ア ～ ウ に最も適切な語句をそれぞれ記入しなさい。

問 2 下線部①のダニエル電池について、以下の問いに答えなさい。

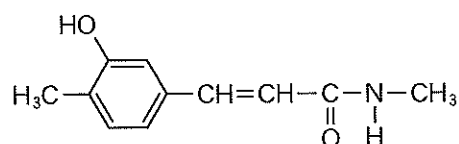
- (1) 放電したとき、正極と負極で起きる反応を電子 e^- を含むイオン反応式で示しなさい。
- (2) ダニエル電池は、逆方向に電気を流して充電することができない。その理由を簡潔に説明しなさい。
- (3) この電池を 3.0 A の一定電流で 45 分間放電した。このとき、正極と負極がそれぞれ増加したか、減少したかを答えなさい。また、変化量 [g] をそれぞれ小数第一位まで示しなさい。計算過程も示しなさい。

問 3 下線部②の鉛蓄電池について、以下の問いに答えなさい。

- (1) 放電したとき、正極と負極で起きる反応を電子 e^- を含むイオン反応式で示しなさい。
- (2) 鉛蓄電池の状態は、電解液の密度の変化などで把握できる。充電により電解液の密度がどう変化するかを理由を含めて簡潔に答えなさい。

- 4 分子式が $C_8H_8O_2$ でベンゼン環をもつ化合物 A, B, C と, その化学反応により生成する D ~ G に関する① ~ ⑤を読んで, 後の問いに答えなさい。なお, 化合物の構造式については以下の例にならって書きなさい。(配点 20)

構造式の書き方の例



- ① 化合物 A をけん化した後, 酸を加えることによって, メタノールと化合物 D が得られる。
- ② 化合物 B をけん化した後, 酸を加えることで, 化合物 E と化合物 F が得られる。化合物 F を適切な酸化剤を用いて酸化することで化合物 D が得られる。
- ③ 化合物 C は加水分解しないが, 単体のナトリウムと反応して水素を発生する。
- ④ 化合物 B, 化合物 C, および化合物 E は, アンモニア性硝酸銀水溶液とともに加熱すると銀が析出する (銀鏡反応)。
- ⑤ 化合物 C を適切な酸化剤を用いて酸化すると化合物 G が得られ, 化合物 G はエチレングリコールと縮合重合することでポリエチレンテレフタレート (PET) を生成する。

問 1 化合物 A ~ G の構造式を書きなさい。

問 2 ④の反応により存在が示される官能基名を書きなさい。

問 3 化合物 G は, ベンゼン環の置換基が結合する位置の違いにより異性体が存在する。これらの異性体のうち, 加熱により分子内で脱水する異性体の構造式と, 脱水した後の生成物の構造式を書きなさい。

問 4 ポリエチレンテレフタレート (PET) は, 軟化点をもち, 加熱すると軟らかくなり冷却すると再び固くなる。このような性質は一般に何と呼ばれるかを答えなさい。

5 次の文章を読んで、後の問いに答えなさい。(配点 20)

セルロースは植物の細胞壁の主成分をなす多糖類であり、[ア]型のグルコースがその1位と[イ]位のヒドロキシ基の脱水縮合により結合した構造を持つ。この糖の縮合により生じる結合は[ウ]結合と呼ばれる。

セルロースは分子間に強い[エ]結合が形成されるため、熱水や多くの有機溶媒にも溶解せず、単糖類が示す還元性は示さない。また、セルロースは酵素である[オ]により二糖類の[カ]となり、さらに別の酵素により加水分解され、最終的に、単糖類であるグルコースになる。

セルロースは、構成するグルコース単位1個につき[キ]個のヒドロキシ基を含むので、示性式では[ク]と表される。セルロースに濃硝酸と濃硫酸の混合物を反応させると、ヒドロキシ基の一部または全部が[ケ]化されたニトロセルロースができる。これらは火薬やセルロイドの原料などに用いられる。また、セルロースを少量の濃硫酸存在下で無水酢酸と反応させ、ヒドロキシ基のすべてをアセチル化すると^①[コ]になる。[コ]はアセトンに溶けないが、おだやかな条件下で部分的に加水分解するとアセトンに可溶性化合物となる。この化合物のアセトン溶液を細孔から温かい空气中に押し出すと[サ]という繊維が得られる。[サ]のように、天然の繊維を化学的に加工して得られた繊維は[シ]とよばれる。

問 1 文章中の空欄[]に適切な数値あるいは記号を、また、空欄[]に適切な語句あるいは化学式をそれぞれ記入しなさい。

問 2 下線部①の反応について、化学反応式で示しなさい。

問 3 ある重さのセルロースを、下線部①の反応により完全にアセチル化するのに無水酢酸が 306 g 必要であった。用いたセルロースの重量 [g] を有効数字 3 桁で求めなさい。計算過程も示しなさい。

