

学 力 検 査 問 題

理 科

平成 29 年 2 月 25 日

(理科 1 科目受験者)	(理科 2 科目受験者)
自 12 時 30 分	自 12 時 30 分
至 13 時 30 分	至 14 時 30 分

答案作成上の注意

- 1 この問題冊子には、物理基礎・物理(3～12 ページ)、化学基礎・化学(13～24 ページ)、生物基礎・生物(25～44 ページ)、地学基礎・地学(45～54 ページ)の各問題があります。総ページは 54 ページです。
- 2 解答用紙は、それぞれ 1 枚(表裏の 2 ページ)です。
- 3 下書き用紙は、各受験者に 1 枚あります。
- 4 受験番号は、解答用紙の所定の場所に、必ず記入しなさい。
- 5 解答は、解答用紙に記入しなさい。
出願の際に届け出た科目以外の科目について解答しても無効となります。
- 6 配付した解答用紙は、持ち出してはいけません。
- 7 試験終了後、問題冊子及び下書き用紙は持ち帰ってください。

化学基礎・化学 (3 問)

注 意 事 項

- 1 計算に必要な場合には、次の原子量を用いよ。

$$H = 1.00$$

$$C = 12.0$$

$$N = 14.0$$

$$O = 16.0$$

$$Cl = 35.5$$

$$Ag = 108$$

- 2 計算問題を解答する場合には有効数字に注意し、必要ならば四捨五入すること。
- 3 字数制限のある設問については、句読点も含めた字数で答えること。

〔Ⅰ〕 次の文章を読み、問 1 ～問 5 の答えを解答欄に記入せよ。

必要に応じて、気体定数 R およびファラデー定数 F として以下の値を用いよ。

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

$$F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$$

燃料電池は正極で空気、負極で水素やメタノールなどを供給することで起電力が生じる。燃料電池用の大表面積をもつ電極として、導電性の炭素粉末(カーボンブラック)^(a)に白金の微粒子を付着させて成型したものが用いられている。白金の微粒子が電極上での反応を促進し、燃料電池から電流を取り出すことができる。

図 1 のように、1 mol/L の塩化カリウム水溶液を満たした電解槽に二枚の銀板を浸し、水素を用いた燃料電池を電源として通電したところ、陽極の銀板上に塩化銀が析出した。またこの陽極を取り出し、アンモニア水に浸したところ塩化銀が溶解した。この溶液を試験管に取り、 を加えて加熱したところ、単体の銀が検出された。

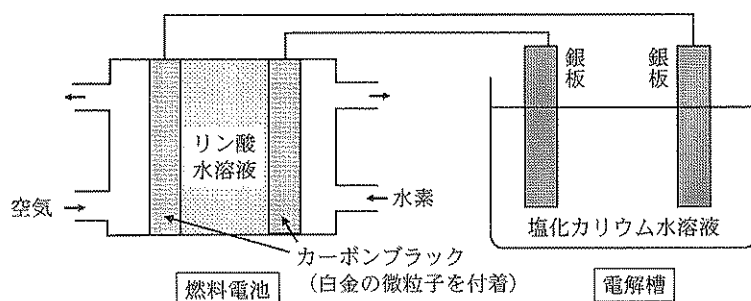


図 1

問 1 負極に水素を供給したときの、正極および負極で起こる反応を電子 e^- を含む反応式でそれぞれ記せ。

問 2 下線部(a)について、以下の(i)と(ii)の問いに答えよ。

(i) 炭素の同素体には次ページの図 2 に示すものが挙げられる。(う)の物質の名称を次の(ア)～(オ)の中から選び、記号で答えよ。

(ア) カーボンナノチューブ

(イ) ダイヤモンド

(ウ) 黒鉛

(エ) グラフェン

(オ) フラーレン

- (ii) カーボンブラック中に主として含まれる炭素の構造として最も適切なものを、図2の(あ)～(う)の中から選び、記号で答えよ。

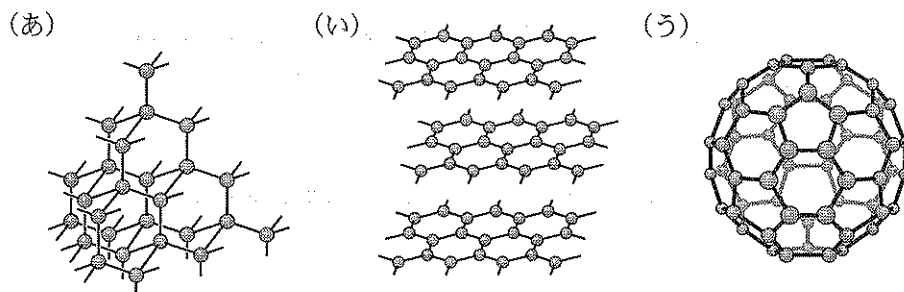


図2

問3 下線部(b)について、以下の(i)と(ii)の問いに答えよ。

- (i) 陽極の銀板の質量は1.0 mg 増加した。塩化銀は溶解したりはがれたりすることなく、銀板上にすべて析出しているとして、この回路に流れた電気量[C]と燃料電池で消費された水素の標準状態(0℃, 1.01×10^5 Pa)での体積[L]をそれぞれ有効数字2桁で求めよ。水素は理想気体とし、流れた電流はすべて反応に使われたものとする。
- (ii) 塩化銀は塩化ナトリウム型の結晶構造をとる。単位格子に含まれる銀イオンの数および一つの銀イオンに配位する塩化物イオンの数をそれぞれ答えよ。

問4 下線部(c)で見られた変化を化学反応式で記せ。また、この変化においてどのような結合が生じたか、「非共有電子対」という語句を用いて40字以内で説明せよ。

問5 文章中の にあてはまる適切な物質名を次の(ア)～(ク)より二つ選び、記号で答えよ。

- | | | |
|-----------|-------------|-----------|
| (ア) スクロース | (イ) ギ酸 | (ウ) アセトン |
| (エ) 酢酸 | (オ) 亜鉛 | (カ) セルロース |
| (キ) 発煙硝酸 | (ク) 硫酸ナトリウム | |

〔Ⅱ〕 次の問 1 と問 2 の答えを解答欄に記入せよ。

問 1 希薄溶液の凝固点降下は、溶媒 1 kg に溶けている溶質の物質質量(質量モル濃度)に比例する。純溶媒と希薄溶液の凝固点の差は凝固点降下度とよばれる。

- (i) 水に酢酸を溶解させると、以下の電離平衡が成り立つことが知られている。

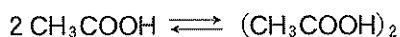


酢酸 x (mol) を y (kg) の水に溶解させ希薄溶液を作った。平衡状態に達した後に、この水溶液の凝固点を測定したところ、凝固点降下度が Δt (K) となった。以下の(1)と(2)の問いに答えよ。なお、水のモル凝固点降下を K_f (K・kg/mol)、平衡状態に達したときに溶液中に溶解しているすべての溶質の質量モル濃度を c (mol/kg)、酢酸の電離度を α とする。また、水の電離平衡は無視できるものとする。

(1) c (mol/kg) を、 x 、 y 、 α を用いて記せ。

(2) α を、 x 、 y 、 Δt 、 K_f を用いて記せ。

- (ii) 四塩化炭素に酢酸を溶解させると、酢酸の一部は二量体を形成し、以下の平衡が成り立つことが知られている。



酢酸 x' (mol) を y' (kg) の四塩化炭素に溶解させ希薄溶液を作った。平衡状態に達した後に、この溶液の凝固点を測定したところ、凝固点降下度が $\Delta t'$ (K) となった。以下の(1)と(2)の問いに答えよ。なお、四塩化炭素のモル凝固点降下を K_f' (K・kg/mol)、平衡状態に達したときに溶液中に溶解しているすべての溶質の質量モル濃度を c' (mol/kg)、酢酸二量体の物質質量を n (mol) とする。

(1) c' (mol/kg) を、 x' 、 y' 、 n を用いて記せ。

(2) n (mol) を、 x' 、 y' 、 $\Delta t'$ 、 K_f' を用いて記せ。

問 2 物質の状態変化について、次の(i)と(ii)の問いに答えよ。

(i) 次の文章を読み、図 1 に関する以下の(1)～(3)の問いに答えよ。

物質は温度や圧力に応じて気体、液体、固体という状態になる。例として水の状態図を図 1 に示す。図 1 の I, II, III は気体、液体、固体のいずれかの状態を表す。「ある条件で物質はどの状態になるか」という問題を、次のように考える。「ある状態における分子の居心地」を表すエネルギーを g とする。気体、液体、固体それぞれについての g は $g_{\text{気}}$, $g_{\text{液}}$, $g_{\text{固}}$ で表され、これらは温度と圧力とともに変化する。大気圧における水分子の g を図 2 に示す。水分子はそれぞれの温度で最も小さな g の状態になる。

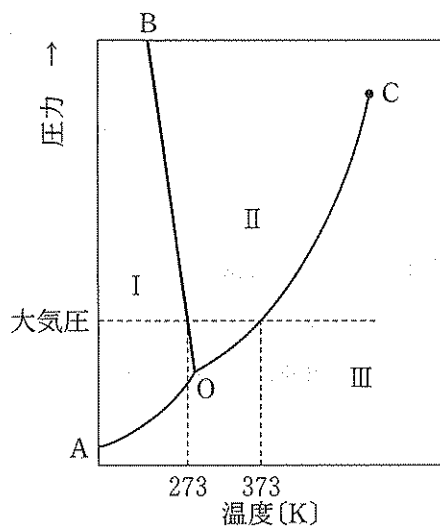


図 1

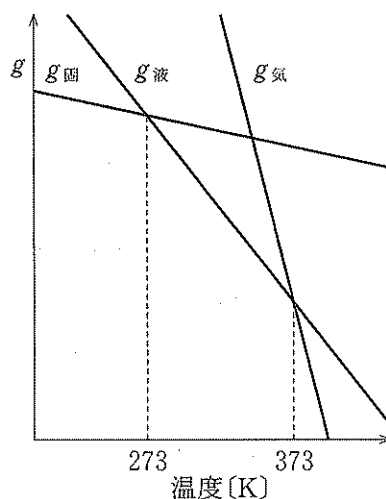


図 2

- (1) 線 OA, OB, OC 上における g の関係を、次ページの選択肢(ア)～(サ)からそれぞれ一つずつ選び、記号で答えよ。
- (2) 点 O における圧力での $g_{\text{気}}$, $g_{\text{液}}$, $g_{\text{固}}$ の温度変化を表す直線の概略を解答欄中の図に描け。また、次ページの表 1 中の[1]～[3]に入る最も適切なものを次ページの選択肢(ア)～(サ)からそれぞれ一つずつ選び、記号で答えよ。さらに、表 1 中の

 と

 にあてはまる水の状態を、気体、液体、固体の中から選び、それぞれ記せ。

表 1

温度 T	$g_{\text{気}}, g_{\text{液}}, g_{\text{固}}$ の大小関係	水の状態
$T < \text{点 O における温度}$	[1]	あ
$T = \text{点 O における温度}$	[2]	固体と液体と気体
$T > \text{点 O における温度}$	[3]	い

選択肢

- (ア) $g_{\text{固}} = g_{\text{液}}$ (イ) $g_{\text{固}} = g_{\text{気}}$
 (ウ) $g_{\text{液}} = g_{\text{気}}$ (エ) $g_{\text{固}} = g_{\text{液}} = g_{\text{気}}$
 (オ) $g_{\text{気}} < g_{\text{液}} < g_{\text{固}}$ (カ) $g_{\text{気}} < g_{\text{固}} < g_{\text{液}}$
 (キ) $g_{\text{液}} < g_{\text{固}} < g_{\text{気}}$ (ク) $g_{\text{液}} < g_{\text{気}} < g_{\text{固}}$
 (ケ) $g_{\text{液}} < g_{\text{気}}$ かつ $g_{\text{液}} < g_{\text{固}}$ (コ) $g_{\text{固}} < g_{\text{液}} < g_{\text{気}}$
 (サ) $g_{\text{固}} < g_{\text{気}} < g_{\text{液}}$

- (3) 270 K に温度を保ったまま、水の圧力を変化させたときの水分子の g の変化を図 3 に示す。 $g_a \sim g_c$ は状態 a～c に対応する g をそれぞれ表す。a～c における水の状態を、気体、液体、固体の中から選び、それぞれ記せ。

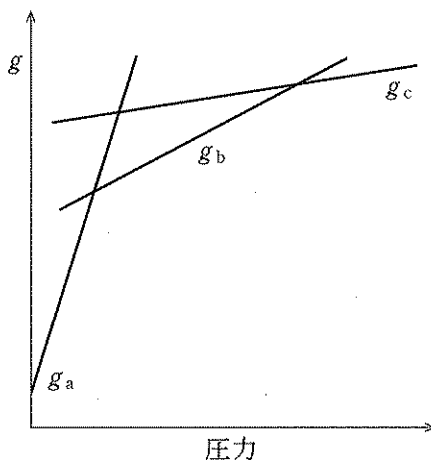


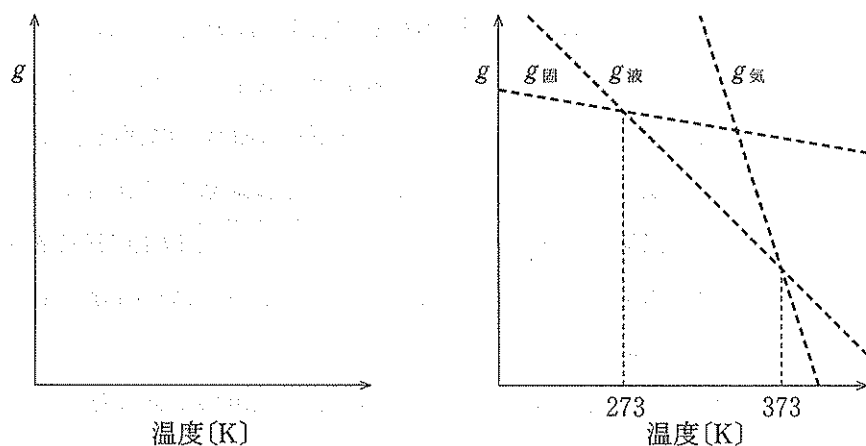
図 3

(ii) 次の文章を読み、以下の(1)と(2)の問いに答えよ。

純水に砂糖(スクロース)を加えてかき混ぜると、砂糖水溶液ができる。砂糖水溶液では、溶質分子と溶媒分子が乱雑に混じり合っているために、水分子は純溶媒のときとくらべて、より「居心地の良い」状態にある。砂糖は不揮発性の溶質であるから、砂糖水溶液の沸点では溶媒である水だけが蒸発する。また、希薄な砂糖水溶液を冷却していくと、水だけが氷となって析出しはじめる。

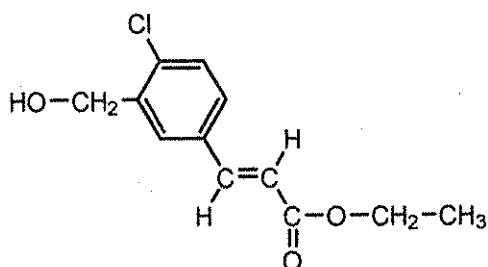
- (1) 希薄な砂糖水溶液の水分子の g を $g_{\text{気}}'$, $g_{\text{液}}'$, $g_{\text{固}}'$ とする。解答欄に点線で示された大気圧での純水の $g_{\text{気}}$, $g_{\text{液}}$, $g_{\text{固}}$ をもとに、大気圧での $g_{\text{気}}'$, $g_{\text{液}}'$, $g_{\text{固}}'$ の温度変化を表す直線の概略を、解答欄中の図に描け。
- (2) 希薄な砂糖水溶液の凝固点と沸点を、解答欄中の図の横軸にそれぞれ記入せよ。

〔下書用〕



〔Ⅲ〕 次の問 1 と問 2 の答えを解答欄に記入せよ。ただし、構造式は例にならって記せ。

構造式の例：



問 1 化合物 A～C はいずれも同一の分子式 C_4H_6 で表され、不飽和結合をもつ脂肪族炭化水素である。これらの化合物に関する(1)～(6)の文章を読み、以下の(i)～(vi)の問いに答えよ。

- (1) 白金触媒を用いて 1 mol の化合物 A～C のそれぞれを水素と完全に反応させたところ、水素 2 mol が付加して、いずれの化合物からも同一の鎖状飽和炭化水素 D が得られた。
- (2) 1 mol の化合物 A～C のそれぞれを臭素と完全に反応させたところ、臭素 2 mol が付加して、化合物 E～G がそれぞれ得られた。化合物 A から生じた化合物 E には不斉炭素原子が二個存在したが、化合物 B と C からそれぞれ生じた化合物 F と G には不斉炭素原子は存在しなかった。
- (3) 化合物 A に含まれる水素原子一個を塩素原子に置換した化合物には、構造異性体と幾何異性体を含めて、 種類の異性体が存在する。これらの異性体には、合成ゴムとして用いられる高分子化合物の単量体 H が含まれる。
- (4) 化合物 B と C のそれぞれを赤熱した鉄触媒に通じると、3 分子が重合した。この反応では、化合物 B からは一種類、化合物 C からは二種類の
(a)構造異性体がそれぞれ得られた。
- (5) 水銀塩触媒を用いて 1 mol の化合物 B を水と完全に反応させたところ、ヨードホルム反応を示す化合物 I が得られた。同様にして 1 mol の化合物 C を水と完全に反応させたところ、化合物 I のほか、還元性を示す化合物 J が得られた。

(6) 白金触媒を用いて 1 mol の化合物 **B** を水素 1 mol と反応させたところ、二種類の幾何異性体が生じた。酸触媒を用いてこれらの異性体を水と完全に反応させたところ、不斉炭素原子を一個もつ化合物 **K** が得られた。同様にして 1 mol の化合物 **C** を水素 1 mol と反応させたところ、一種類の化合物のみが生じた。酸触媒を用いてこの化合物を水と完全に反応させたところ、化合物 **K** と不斉炭素原子をもたない化合物 **L** との混合物になった。化合物 **K** と **L** をそれぞれ穏やかに酸化したところ、**K** から一種類、^(b)**L** からも一種類の、それぞれ異なる化合物が得られた。これらは **A** ~ **J** のいずれかと同じ化合物であった。

- (i) 化合物 **A** ~ **C** の構造式をそれぞれ記せ。
- (ii) 文章中の にあてはまる数字を記せ。
- (iii) 単量体 **H** の構造式を記せ。
- (iv) 下線部(a)の反応によって化合物 **B** と **C** から得られた化合物の構造式を、それぞれすべて記せ。
- (v) 化合物 **D**, **I**, **J** の構造式をそれぞれ記せ。
- (vi) 下線部(b)の反応によって化合物 **K** と **L** から得られた化合物を **A** ~ **J** から一つずつ選び、記号で答えよ。

問 2 次の文章を読み、以下の(i)~(vi)の問いに答えよ。

デンプン($C_6H_{10}O_5$)_nは、 α -グルコースが1,4結合および1,6結合した天然高分子である(図1)。(a)デンプンを希硫酸中で加熱した後、中和すると、デンプンを構成するグルコースが得られる。デンプンのヒドロキシ基を全てメチル化した後、希硫酸で加水分解して得られた生成物を分析すると、デンプンの枝分かれの度合いを求めることができる。平均分子量が 4.86×10^5 のデンプンを用いて、この実験を行ったところ、生成物Mが 2.30×10^{-2} mol 得られ、生成物Nと生成物Oが同じ物質でそれぞれ得られた。このとき生成物P(図2)はほとんど検出されなかった。この加水分解反応で、メチル化されてできた $-OCH_3$ は反応せず、生成物Nは生成物Oよりもヒドロキシ基を多くもっていた。

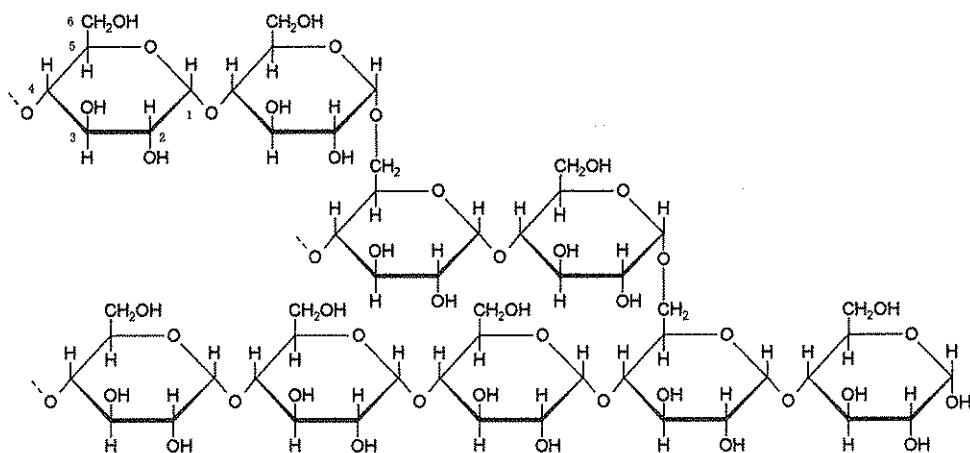


図 1

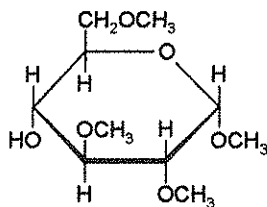


図 2

セルロースは β -グルコースが1,4結合した天然高分子である。デンプンとセルロースはともにグルコースの重合体である。ヒトは体内でデンプンを分解してエネルギー源として用いることができるのに対して、セルロースを分解することができない。^(c)セルロースは主に衣類や紙類の原料として用いられている。セルロースを適当な試薬で化学的に処理して、これを再び紡糸した繊維は再生繊維とよばれる。例えば、セルロースをアルカリで処理してから二硫化炭素と反応させて、これを希硫酸中に押し出したものが **ア** である。また、セルロースを化学的に処理し、そのヒドロキシ基の一部を変化させた繊維は半合成繊維とよばれる。例えば、セルロースに無水酢酸と酢酸および濃硫酸を作用させ、得られた化合物のエステル結合の一部を加水分解し、アセトンに溶解後、紡糸したものが **イ** である。

- (i) 文章中の **ア** と **イ** にあてはまる語句をそれぞれ記せ。
- (ii) 下線部(a)は図3のような構造を持つ。この環状構造中に含まれる不斉炭素原子はいくつか。また、不斉炭素原子の数から理論上考えられる立体異性体は、図3の構造を含めて何種類存在するか。それぞれ数字で答えよ。

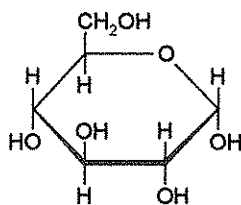


図3

- (iii) 生成物 **P**(図2)にならい、生成物 **M**, **N** および **O** の構造式をそれぞれ記せ。
- (iv) このデンプン1分子の平均の重合度(繰り返し単位の数)を有効数字3桁で求めよ。
- (v) このデンプン1分子に含まれる枝分かれの平均数は120であった。下線部(b)で得られた生成物 **N** の物質質量[mol]を有効数字3桁で求めよ。
- (vi) 下線部(c)の理由を「酵素」という語句を用いて、40字以内で説明せよ。

このページは白紙です。