

平成 18 年度入学試験問題

理 科

物理Ⅰ・物理Ⅱ 化学Ⅰ・化学Ⅱ
生物Ⅰ・生物Ⅱ 地学Ⅰ・地学Ⅱ

注 意

- 1 問題冊子は1冊、解答用紙は物理Ⅰ・物理Ⅱ4枚、化学Ⅰ・化学Ⅱ4枚、生物Ⅰ・生物Ⅱ4枚、地学Ⅰ・地学Ⅱ5枚、下書き用紙は2枚です。
- 2 出題科目、ページおよび選択方法は、下表のとおりです。

出 題 科 目	ページ	選 択 方 法
物 理 Ⅰ・物 理 Ⅱ	1～9	左記科目のうちから志望する学部、学科等が指定する数(1または2)の科目を選択し、解答しなさい。
化 学 Ⅰ・化 学 Ⅱ	10～23	
生 物 Ⅰ・生 物 Ⅱ	24～35	
地 学 Ⅰ・地 学 Ⅱ	36～45	

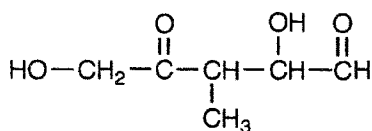
- 3 選択する科目のすべての解答用紙に受験番号を記入しなさい。
- 4 解答は、すべての解答用紙の指定されたところに書きなさい。
- 5 選択しなかった科目の解答用紙を試験時間中に監督者が回収するので、大きく×印をして机の通路側に重ねて置きなさい。
- 6 試験終了後、問題冊子と下書き用紙は必ず持ち帰りなさい。

化学 I ・ 化学 II

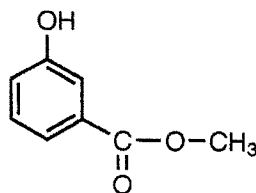
「解答上の注意」

各問の解答は、解答用紙の指定されたところに記入せよ。必要ならば、原子量は次の値を用いよ；H = 1.0, C = 12.0, O = 16.0, Na = 23.0, Cl = 35.5。

構造式は下記の例(i)と(ii)，イオン式は下記の例(iii)にならって記せ。炭素原子間の二重結合および三重結合は明確に示すこと。ただし、炭素原子と水素原子との間の結合、および酸素原子と水素原子との間の結合を示す線(価標)は省略してもよい。



(i)



(ii)



(iii)

第1問

問1 (a)～(e)に適切な数値または元素記号を記入せよ。また、(ア)～(エ)には下記の解答群の中から適切な語句を選び、その番号を記入せよ。

原子は陽子と同じ数の電子をもっており、原子中の電子は電子殻と呼ばれるいくつかの層に分かれて存在する。(a)族のAlの全電子数は(b)個であり、内側の電子殻にある電子ほど原子核からの強い引力を受けてエネルギーが低く、安定な状態となっている。Alでは最も外側の層(最外殻)である(ア)殻に電子が(c)個存在する。そのため(c)価の陽イオンになりやすい。原子から1個の電子を完全に取り去るのに必要なエネルギーを(イ)といい、(イ)が小さくなるほど陽性は強くなる。原子が1個の電子を受け入れて陰イオンになるときに放出するエネルギーを(ウ)と呼び、その値は周期表の同一周期では(d)族元素で最も大きい。

異なる原子間の共有結合では、共有電子対は(エ)の大きい方の原子に引き寄せられ、電荷のかたよりを生じる。C、H、NおよびOの中では(e)が最も(エ)が大きく、共有電子対を引きつけやすく陰性が強い。

解答群

- | | | |
|---------------|-------------|-----------|
| (1) 結合エネルギー | (2) 運動エネルギー | (3) 電気陰性度 |
| (4) K | (5) 電子親和力 | (6) L |
| (7) イオン化エネルギー | (8) N | (9) 価電子 |
| (10) 活性化エネルギー | (11) M | (12) 分子間力 |

問 2 以下の(1)および(2)に答えよ。

- (1) 次の文章を読んで、(A)～(E)に適切な式または数値を記入せよ。ただし、水およびベンゼンのモル凝固点降下度は、それぞれ $1.85 \text{ K}\cdot\text{kg/mol}$ および $5.12 \text{ K}\cdot\text{kg/mol}$ 、純粋な水の凝固点は 0.00°C とする。(B)～(E)については、計算を簡単にするために、溶液の質量は溶媒の質量に等しいとして、有効数字 2 桁で答えよ。

冬季にオホーツク海は流氷によって覆われる一方、オホーツク海と同緯度の日本海では氷に埋め尽くされることはない。これは地理的な要因や海流の影響などのほかに、「凝固点降下」という現象も一因となっている。凝固点降下とは、純粋な液体(溶媒)にある物質(溶質)を溶かしたとき、この溶液の凝固点が純溶媒のそれより降下する現象のことである。凝固点降下度 $\Delta t(\text{K})$ は、溶媒のモル凝固点降下度を $K_f(\text{K}\cdot\text{kg/mol})$ 、溶質の質量モル濃度を $m(\text{mol/kg})$ とすると、

$$\Delta t = K_f m \quad \dots\text{①}$$

と書ける。したがって、ある分子量 M の溶質のみが $W(\text{g})$ の溶媒中に $x(\text{g})$ 溶解している場合、 Δt は K_f 、 M 、 W および x を用いて、

$$\Delta t = (\text{ A }) \quad \dots\text{②}$$

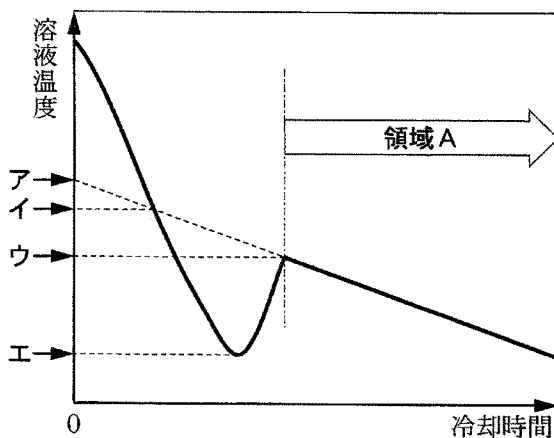
と書ける。

ところで、海水中の塩分濃度は質量パーセント濃度で、オホーツク海では 3.2% 、日本海では 3.5% と異なることが知られている。今、海水中の溶質はすべて塩化ナトリウム NaCl であると仮定すると、 NaCl は水中で Na^+ と Cl^- に完全に電離しているので、凝固点降下度が、式①または式②で得られる値の 2 倍になる。したがって、オホーツク海と日本海の海水の凝固点は、それぞれ (B) $^\circ\text{C}$ および (C) $^\circ\text{C}$ となり、オホーツク海の海水の凝固点は日本海の海水のそれより (D) K だけ高いことがわかる。

このように、凝固点降下は我々の生活の身近なところで観察される現象である。さらに、式②からわかるように、凝固点降下度が測定できれば、

溶質の分子量を決定することができる。ある方法で合成した分子量にばらつきのないポリスチレンをベンゼンに溶解し、その質量パーセント濃度が0.50%である溶液を調製した。この溶液の凝固点降下度を測定したところ $1.0 \times 10^{-2} \text{K}$ であった。これより、このポリスチレンの分子量は(E) $\times 10^3$ と求められる。一般に高分子は分子量が1万以上の化合物のことを指すので、このポリスチレンを高分子と呼ぶには十分な分子量であるとはいえ、合成法を再検討し、さらに重合度を上げる必要があると結論できる。

- (2) 図はある溶媒に、ある不揮発性の溶質を溶解した希薄溶液を冷却したときの冷却時間と溶液温度の関係(実線)を示したものである。この溶液の凝固点として適切なものはどれか、図中のア～エのうちから選び、記号で答えよ。また、溶液の凝固現象について書かれた説明文a～eの中で正しいものをすべて選び、記号で答えよ。



- a 凝固点では、凝固する溶媒分子数と融解する溶媒分子数が等しい。
- b 凝固点では、凝固する溶媒分子数は融解する溶媒分子数より多い。
- c 凝固点では、凝固する溶媒分子数は融解する溶媒分子数より少ない。
- d 過冷却の状態をできるだけ小さくするためには、溶液をかきまぜながら冷却するより、静置して冷却したほうがよい。
- e 図中の領域Aにおいて、溶液の温度がさらに低下し続けるのは、溶媒が凝固するにつれて、溶液濃度が高くなるためである。

第2問

次の文章を読んで、問1～問5に答えよ。

- 1 強磁性を示す金属Aにクロムとニッケルと炭素を混ぜてつくられる合金は、一般にステンレスと呼ばれ身の回りでよく使われている。金属Aは高温の水蒸気と反応して黒色の化合物になり、⁽¹⁾気体(ア)を発生する。金属Aは塩酸に溶けるが、⁽²⁾濃硝酸には溶けにくい。
- 2 金属Bと同族の元素には水銀、カドミウムがある。金属Bと金属Cの合金は、しんちゅうと呼ばれる。金属Bに希硫酸を加えると、気体(ア)が発生する。金属Bと金属Cを希硫酸に浸し、両金属板を導線で結ぶと電流が流れることにより、電池になっていることがわかる。このとき金属Bは(イ)極になる。
- 3 金属Dは塩酸とは反応しないが、濃硝酸に溶けて気体(ウ)を発生する。金属Dの硝酸溶液に塩酸を加えると、白色の沈殿(エ)を生じる。(エ)に光が当たると分解し、金属Dが遊離する。
- 4 金属の単体が水溶液中で(i)を放出し、その金属の単体が(ii)されて、(iii)イオンになろうとする化学的な性質を、金属の(オ)という。金属Aと金属Cとを比較すると、金属Aの方が(オ)が大きい。

問1 金属A～Dにあてはまる元素の名称を答えよ。ただし、A～Dはすべて異なる金属である。

問2 下線部(1)の反応を、化学反応式で記せ。

問 3 下線部(2)の理由は、金属表面にち密な酸化物の被膜が生じるためである。この状態を表わす言葉を記せ。

問 4 (ア)～(オ)に適切な語句を記入せよ。

問 5 (i)～(iii)にあてはまる語句を下記の中から選んで、番号で答えよ。

- | | | | |
|--------|--------|---------|--------|
| (1) 陽子 | (2) 電子 | (3) 中性子 | (4) 酸化 |
| (5) 還元 | (6) 中和 | (7) 電離 | (8) 気体 |
| (9) 陽 | (10) 陰 | | |

第3問

問 1 次の文章を読んで、以下の(1)~(3)に答えよ。

ベンゼンは臭素とは(ア)反応をおこしにくく、(イ)などの触媒を用いると、置換反応をおこして化合物(A)を生じる。また、ベンゼンに濃硫酸と(ウ)の混合物を作用させるとニトロベンゼンが生成する。ニトロベンゼンを還元するとアニリンになる。アニリンに(エ)と希塩酸を作用させ、ジアゾ化して化合物(B)をつくり、この化合物を温めながら希硫酸と反応させるとフェノールが生じる。

フェノールは用途の多い化合物であり、工業的には主に次の工程1~3からなる方法で合成される。

工程 1 酸触媒を用いてベンゼンとプロペン(プロピレン)を反応させて、中間体(C)を得る。

工程 2 中間体(C)に適切な条件のもとで酸素を作用させて、中間体(D)をつくる。

工程 3 中間体(D)に希硫酸を作用させて、フェノールを得る。

フェノールは脂肪族アルコールとは異なる性質と反応性を示す。たとえば、フェノールと水酸化ナトリウムの反応で生じるナトリウムフェノキシド(E)に高温、高圧下で二酸化炭素を作用させると化合物(F)が生成する。さらに、(F)に希硫酸を作用させるとサリチル酸が生じる。また、酸を触媒としてフェノールと(オ)を反応させると、縮合重合反応を経て、フェノール樹脂の中間生成物ノボラックが得られる。

- (1) (ア)～(オ)に適切な語句または化学式を記入せよ。
- (2) 化合物(A)～(F)の構造式を、「解答上の注意」の例にならって記せ。
- (3) 本文中のフェノールの工業的合成法の利点を**工程 3**の反応生成物に着目して、15 字程度で述べよ。

問 2 次の文章は、サリチル酸からサリチル酸メチルを合成するときの実験操作を中心に述べたものである。ただし、混合と加熱の操作は注意深く振り混ぜながら行われる。また、温水は 65℃ とする。以下の(1)および(2)に答えよ。

乾いた試験管に(i)。反応溶液を冷まして、水を入れたビーカーに注ぎ、^(a)ガラス棒でかき混ぜると、(ii)。しばらく静置した後、油状の生成物を残し、大部分の水層を捨てる。さらにそのビーカーに水を入れ、これに(iii)を気泡が発生しなくなるまで加え、ガラス棒でよくかき混ぜる。しばらく静置した後、水層を捨て、残ったサリチル酸メチルを駒込ピペットで別の試験管に集める。これに(iv)と、赤紫色を呈する。

(1) (i)～(iv)にあてはまる最も適切なものを、次の解答群から選び、記号で答えよ。

(i)の解答群

- ア サリチル酸を 1.0 g とり、メタノールを約 5 ml 加える。さらに温水中で約 30 分間温め、駒込ピペットで濃硫酸を 0.5 ml 加える
- イ 駒込ピペットで濃硫酸を 0.5 ml とり、サリチル酸を 1.0 g 加える。さらに温水中で約 30 分間温め、メタノールを約 5 ml 加える
- ウ サリチル酸を 1.0 g とり、メタノールを約 5 ml 加える。さらに駒込ピペットで濃硫酸を 0.5 ml 加えて、温水中で約 30 分間温める
- エ 駒込ピペットで濃硫酸を 0.5 ml とり、メタノールを約 5 ml 加える。さらに温水中で約 30 分間温め、サリチル酸を 1.0 g 加える

(ii)の解答群

- ア 無臭の油状の生成物が上層に分離してくる
- イ 特有の臭いがする油状の生成物が上層に分離してくる
- ウ 無臭の油状の生成物が下層に分離してくる
- エ 特有の臭いがする油状の生成物が下層に分離してくる

(iii)の解答群

- ア ドライアイス
- イ 炭酸ナトリウム
- ウ 炭酸水素ナトリウム
- エ 水酸化ナトリウム

(iv)の解答群

- ア フェーリング液を加え加熱する
- イ 塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加える
- ウ さらし粉水溶液を加える
- エ ヨウ素ヨウ化カリウム水溶液と水酸化ナトリウム水溶液を加える

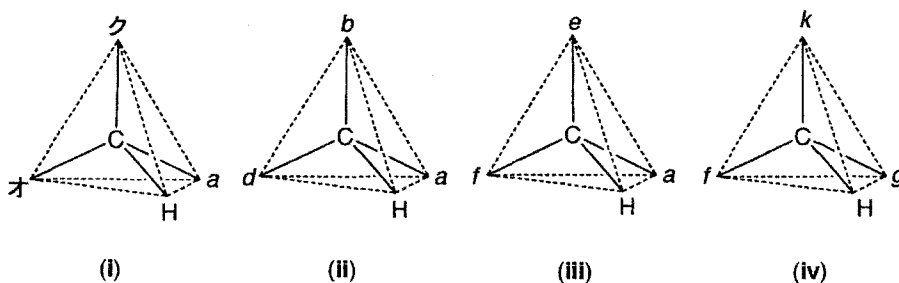
(2) 下線部(a)について、水に注いだ理由として適しているものを、ア～エの中からすべて選び、記号で答えよ。

- ア 濃硫酸を水でうすめる。
- イ 生成した固形の沈殿を水に溶かす。
- ウ 未反応のサリチル酸を水に溶かす。
- エ 過剰のメタノールを水に溶かす。

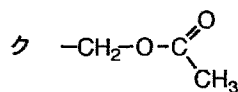
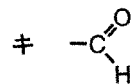
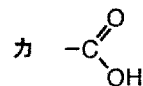
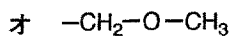
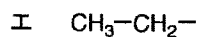
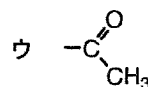
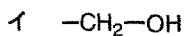
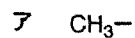
第4問

問1 4個の異なる原子または原子団が結合した炭素原子は不斉炭素原子となる。

立体構造式で書かれたある有機化合物(i)はその一例で、炭素Cに水素H、および原子団aと下記の原子団群の原子団オとクが結合したものである。この化合物について、以下の(1)~(4)に答えよ。下記の原子団群の原子団ア~クを何度用いてもよい。なお、問題中のすべての化合物について、実際に存在するかどうかは考えないことにする。また、問題で与えた反応以外の反応は起こらないものとする。



原子団群



- (1) 化合物(i)に結合する原子団 a は還元性を示し、銀鏡反応を起こす。この原子団を原子団群の $A \sim K$ より選び、記号で答えよ。
- (2) 化合物(ii)は化合物(i)の鏡像異性体である。化合物(ii)の原子団 b と d を原子団群の $A \sim K$ より選び、記号で答えよ。
- (3) 化合物(i)に、ある加水分解酵素を作用させると、その化合物中のエステル結合が加水分解されて、化合物(iii)を生じる。化合物(iii)の原子団 e と f を原子団群の $A \sim K$ より選び、記号で答えよ。
- (4) 化合物(iii)にある種の還元剤を作用させると、化合物(iii)は一段階の反応で、不斉炭素原子のない化合物(iv)となる。化合物(iv)の原子団 g と k を原子団群の $A \sim K$ より選び、記号で答えよ。

問 2 次の文章を読んで、以下の(1)~(3)に答えよ。

有機化合物を燃焼させると二酸化炭素 CO_2 が発生する。二酸化炭素は温室効果ガスの一つとして知られており、地球温暖化の一因となっている。気体の二酸化炭素は地球上の水に溶解し、炭酸 H_2CO_3 となり電離する。このようにして、水に溶解した二酸化炭素の一部は、^(a)珊瑚や貝殻の主成分として知られるように、^(b)炭酸カルシウム CaCO_3 として固定化される。

(1) 下線部(a)について、以下の2段階の電離平衡が成立している。



この電離平衡において、水溶液中の炭酸イオン CO_3^{2-} のモル濃度 $[\text{CO}_3^{2-}]$ を、式①および式②の電離平衡定数 K_1 および K_2 と、炭酸 H_2CO_3 のモル濃度 $[\text{H}_2\text{CO}_3]$ および水素イオン H^+ のモル濃度 $[\text{H}^+]$ を用いて表せ。

(2) ある温度において、炭酸 H_2CO_3 の濃度が $2.0 \times 10^{-2} \text{ mol/l}$ の水溶液を調製した。上式①の電離平衡定数 $K_1 = 4.5 \times 10^{-7} \text{ mol/l}$ として、この水溶液の pH を有効数字2桁で求めよ。ただし、上式①における炭酸の電離度は1より非常に小さいとする。また、 K_2 は K_1 に比べ非常に小さく、上式②で表される電離は無視できる。

必要なら、 $\log 2 = 0.301$ 、 $\log 3 = 0.477$ および $\log 5 = 0.699$ を用いよ。

(3) 下線部(b)に関連して、炭酸カルシウム CaCO_3 の沈殿を含む水溶液に大過剰の二酸化炭素を吹き込むと、沈殿が消失する。この現象を表す以下の化学反応式③の(ア)および(イ)に適切なイオン式を、「解答上の注意」の例にならって記せ。

