

平成 19 年度前期日程入学試験学力検査問題

理 科

平成 19 年 2 月 25 日 13 : 30 ~ 16 : 00 (150 分)

物 理…… 4 ~ 19 ページ, 化 学…… 20 ~ 31 ページ

生 物…… 32 ~ 47 ページ, 地 学…… 48 ~ 57 ページ

| 志 望 学 部 | 試 験 科 目 |
|----------------|----------------------------|
| 理 学 部 農 学 部 | 物理, 化学, 生物, 地学のうちから 2 科目選択 |
| 医 学 部 歯 学 部 | 物理, 化学, 生物のうちから 2 科目選択 |
| 薬 学 部 工 学 部 | 物理(指定), 化学(指定) |

注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子、答案紙を開いてはいけない。
2. この問題冊子は、57 ページである。問題冊子の白紙のページや問題の余白は草案のために使用してよい。なお、ページの脱落、印刷不鮮明の箇所などがあった場合には申し出ること。
3. 解答は、必ず黒鉛筆(シャープペンシルも可)で記入し、ボールペン・万年筆などを使用してはいけない。
4. 答案紙の受験記号番号欄(1 枚につき 2 か所)には、忘れずに受験票と同じ受験記号番号をはっきりと判読できるように記入すること。
5. 解答は、必ず選択した科目の答案紙の指定された箇所に記入すること。
6. 答案紙を持ち帰ってはいけない。
7. 試験終了後、この問題冊子を持ち帰ること。

化 学

[注意事項] 計算のために必要な場合には、以下の数値を使用せよ。

原子量 H = 1 C = 12 O = 16 Fe = 56

解答に字数の指定がある場合、句読点、数字、アルファベット、および記号も1字として数えよ。

1 次の文章を読み、問1から問5に答えよ。

ベンゼン環の水素原子をカルボキシル基で置換した形の化合物を芳香族カルボン酸と呼ぶ。芳香族カルボン酸は芳香族炭化水素とカルボン酸の両方の化学的性質をあわせもち、日常生活の中で身近な医薬品、農薬、防腐剤、染料、香料、塗料、合成繊維などの原料として様々な目的に利用されている。

安息香酸(C_6H_5COOH)は代表的な芳香族カルボン酸で、樹脂や香辛料、果実などの成分として天然に存在する。工業的には、触媒を用いてトルエンを空気酸化することにより、安息香酸を合成することができる。安息香酸は室温では無色の結晶である。安息香酸は 価の 酸で、これを水に溶かすと水素イオンと安息香酸の陰イオンに分かれ、水素イオンは水分子と結合して になる。安息香酸の塩である安息香酸カリウムを水に溶かすと、その水溶液は塩基性を示す。この水溶液に安息香酸を溶かした混合水溶液は 作用を示すことが知られており、少量の強酸や強塩基を加えても、この混合水溶液のpH(水素イオン指数)の値はほとんど変化しない。

問1 文中の空欄 と に入る数値と語句の組み合わせとして、次の(a)から(d)の中から適切なものを1つ選び、解答欄の記号を○で囲め。

| | A | B |
|-----|---|---|
| (a) | 1 | 強 |
| (b) | 2 | 弱 |
| (c) | 1 | 弱 |
| (d) | 2 | 強 |

問 2 文中の空欄 と に適切な語句を入れよ。

問 3 文中の下線部 a) に関して、以下の 2 つの問いに答えよ。

(1) トルエンから安息香酸 1 mol が生成する反応の熱化学方程式を書け。ただし、反応熱は Q [kJ] とせよ。また、安息香酸と同時に生成する物質は水であり、反応の前後で物質はすべて室温にあるとする。

(2) トルエン(液体)の燃焼熱は 3914 kJ/mol、水(液体)と安息香酸(固体)の生成熱はそれぞれ 286 kJ/mol、385 kJ/mol である。このとき、トルエンから安息香酸 1 mol が生成する反応の反応熱 Q [kJ] を計算で求めるには、

の生成熱の値が必要である。その値を 394 kJ/mol とすれば、 Q は kJ と求まる。

空欄 に入る物質を化学式で書け。また、空欄 に入る数値を有効数字 3 桁^{けた}で求めよ。

問 4 文中の下線部 b) に関して、以下の 2 つの問いに答えよ。ただし、安息香酸の電離定数 K_a は 6.5×10^{-5} mol/l とし、必要であれば次の数値を用いよ。

$$\log_{10} 6.5 = 0.81, \log_{10} 2 = 0.30$$

(1) 0.010 mol/l の安息香酸カリウム水溶液 50 ml と 0.020 mol/l の安息香酸水溶液 50 ml を混合した水溶液をつくった。この混合水溶液の pH の値を有効数字 2 桁で求めよ。また、その計算過程を示せ。

(2) この混合水溶液に、0.50 mol/l の水酸化カリウム水溶液を 1.0 ml 加えた。そのときの pH の値を有効数字 2 桁で求めよ。

問 5 図1は、安息香酸の水に対する溶解度曲線を示す。必要な場合はこの図を参考にして、以下の5つの問いに答えよ。

[g/水 100 g]

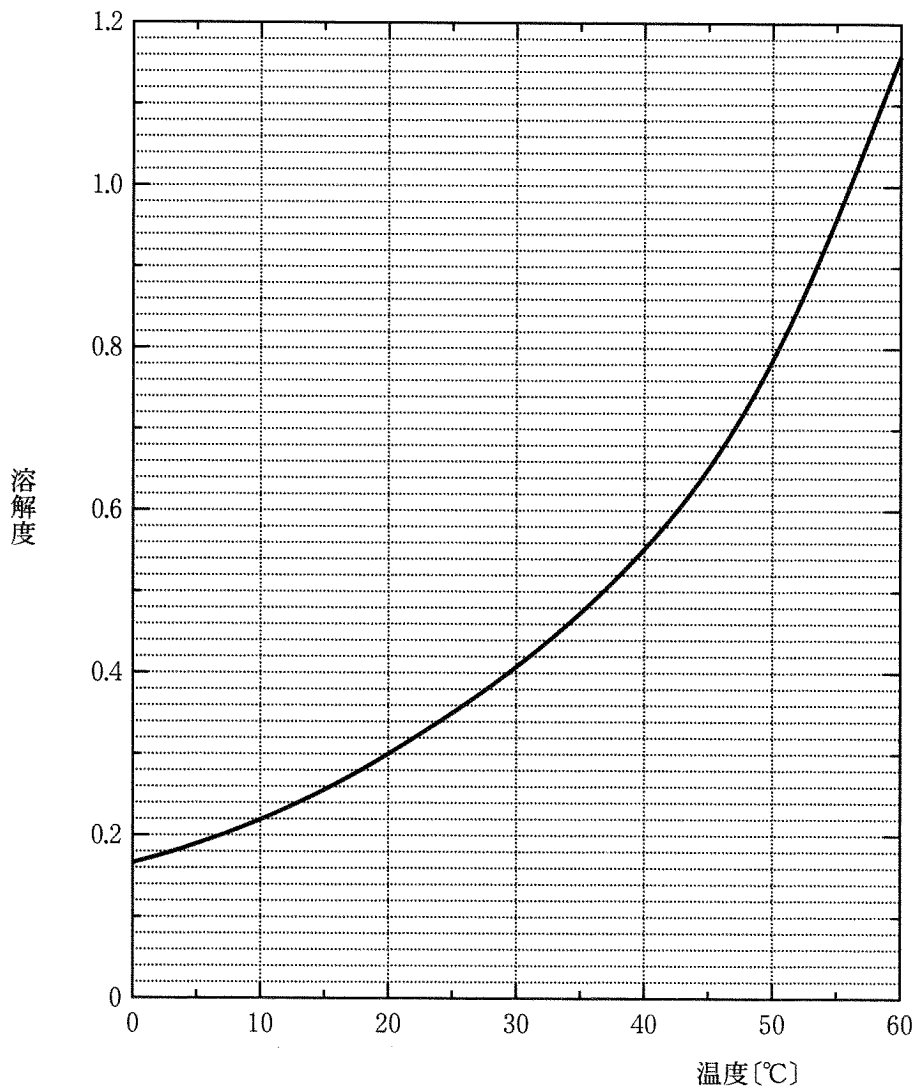


図1 安息香酸の水に対する溶解度と温度との関係(溶解度曲線)

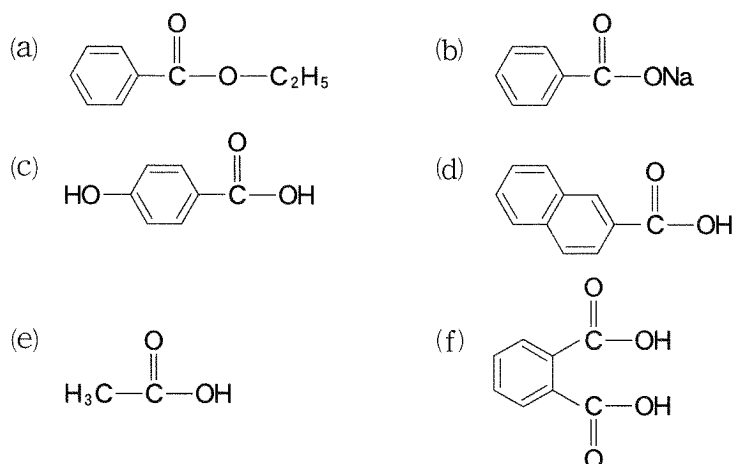
- (1) 20℃の安息香酸の飽和水溶液をつくった。この水溶液中の安息香酸の濃度は何 mol/l か。有効数字2桁で求めよ。ただし、水溶液中における安息香酸の体積は無視できるとする。

また、20℃の水の密度は 1.00 g/cm^3 とする。

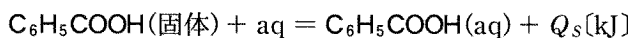
(2) 20℃でより多くの物質量の安息香酸を溶かすには、水溶液を水酸化ナトリウムで強塩基性にする以外にどのような方法があるか。以下の(a)から(d)の記述の中から適切なものを1つ選び、解答欄の記号を○で囲め。

- (a) 水溶液を塩酸で強酸性にする。
- (b) 水溶液にヘリウムガスを吹き込む。
- (c) 水溶液にエタノールを加える。
- (d) 安息香酸の結晶をあらかじめ細かく砕いておく。

(3) 以下の(a)から(f)までの分子のうち、安息香酸に比べて水に対する溶解度が小さい化合物を2つ選び、解答欄の記号を○で囲め。



(4) 安息香酸が水に溶解するときの熱化学方程式は次のように表される。



ここで、aqは多量の水を、 $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}(\text{aq})$ は安息香酸の水溶液を表す。この式の溶解熱 Q_s について、以下の(a)から(d)の記述の中から適切なものを1つ選び、解答欄の記号を○で囲め。また、その理由を50字以内で述べよ。

- (a) $Q_s > 0$ (発熱反応)である。
- (b) $Q_s < 0$ (吸熱反応)である。
- (c) $Q_s = 0$ (溶解熱はゼロ)である。
- (d) 溶解熱 Q_s の正負は温度に依存する。

(5) 天然に存在する水素には ^1H と ^2H (重水素) の同位体があり、その存在比は ^1H が 99.985 %、 ^2H が 0.015 % である。2 つの ^2H 原子と 1 つの O 原子からなる水の液体は重水と呼ばれる。この重水に安息香酸を溶かしてつくった飽和水溶液に、さらに安息香酸を適当量加え、よくかき混ぜ長時間放置した。その後、溶けずに残った安息香酸をろ過して取り出し、乾燥させた。回収した安息香酸のカルボキシル基における同位体の存在比を調べた。以下の(a)から(c)の記述の中から適切なものを 1 つ選び、解答欄の記号を○で囲め。また、その理由を 60 字以内で述べよ。

- (a) カルボキシル基中の ^2H の存在比は、天然の存在比よりも高い。
- (b) カルボキシル基中の ^2H の存在比は、天然の存在比と同じである。
- (c) カルボキシル基中の ^2H の存在比は、天然の存在比よりも低い。

——このページは白紙——

2 鉄に関する次の文章を読み、問1から問6に答えよ。

周期表の3族から11族に属する遷移元素の原子の大部分は、最外殻電子が 個または 個に保持されたまま、その内側の電子殻に電子が入っていく。また、最外殻の1つ内側の殻にある電子の一部が価電子の役割をすることがあるので、複数の を示す。代表的な遷移元素である鉄を例にとると、鉄鉱石(主成分 Fe_2O_3)を還元する場合、鉄の は順に、+Ⅲ、 , と変化する。鉄は主に次のような過程を経て製造される。

溶鉱炉の上部から鉄鉱石、コークス(主成分炭素)、および石灰石を入れ、炉の下部から酸素を含んだ熱風を吹き込むと、コークスが熱風によって燃焼し、一酸化炭素を生じる。生じた一酸化炭素によって、鉄鉱石が還元され鉄が生じる。石灰石は加熱すると分解して酸化カルシウムとなり、鉄鉱石に含まれていた二酸化ケイ素などの不純物と反応してスラグを形成する。このとき得られる鉄は銑鉄と呼ばれ、炭素を多く含んでいる。融解した銑鉄に酸素を吹き込んで炭素を酸化し一酸化炭素として除去することによって炭素濃度を調整した鉄を と呼ぶ。

鉄は、希硫酸を加えると を発生して溶け、淡緑色の水溶液ができる。これに過酸化水素水を添加すると、 色に変化する。一方、鉄を濃硝酸に入れても酸化は内部まで進行しない。このような状態を とよぶ。

問1 文中の空欄 から に適切な数字を入れよ。

問2 文中の空欄 から に適切な語句を入れよ。

問 3 文中の下線部(a)に関して、以下の2つの問いに答えよ。

- (1) 化学反応式を書け。
- (2) 鉄鉱石から銑鉄 1000 kg を作る時に必要な炭素の質量を求める。銑鉄 1000 kg 中に炭素が質量パーセント濃度で 4.0 % 含まれている場合、(銑鉄中に含まれる炭素)と(鉄鉱石を還元するのに必要な炭素)の質量の和を有効数字 2 桁^{けた}で求めよ。

問 4 下線部(b)に関して、以下の2つの問いに答えよ。

- (1) 化学反応式を書け。
- (2) 問 4(1)の化学反応によって、銑鉄中に含まれている炭素が除去された場合、発生する熱によって、鉄の温度が上昇する。銑鉄 M [kg] 中に含まれている 4.0 % の炭素がすべて除去された場合、一酸化炭素の生成熱を Q_f [kJ/mol] とすると、鉄の温度は、 [K] 上昇する。

空欄 にあてはまる適切な数式を次の①から⑧の中から選び、解答欄の番号を○で囲め。ただし、鉄の比熱を H [J/(g・K)] とし、

$$(\text{発生した熱}) = (\text{鉄の比熱}) \times (\text{鉄の質量}) \times (\text{鉄の温度変化})$$

の関係を満たすものとする。

- ① $\frac{1000}{288} \frac{MQ_f}{H}$ ② $\frac{1000}{288} \frac{Q_f}{H}$ ③ $\frac{1}{288} \frac{MQ_f}{H}$ ④ $\frac{1000}{24} \frac{MQ_f}{H}$
⑤ $24 \frac{Q_f}{H}$ ⑥ $\frac{1000}{24} \frac{Q_f}{H}$ ⑦ $\frac{1}{24} \frac{MQ_f}{H}$ ⑧ $24 \frac{MQ_f}{H}$

問 5 単体の鉄の性質に関して、以下の3つの問いに答えよ。

- (1) 下線部(c)で、水溶液の色が淡緑色から 色に変化した理由を 25 字以内で述べよ。
- (2) 下線部(d)で、酸化が内部まで進行しない理由を 35 字以内で述べよ。
- (3) 鉄は 1184 K になると、体心立方格子から面心立方格子に結晶構造が変化する。この変化に伴って鉄の密度は何倍になるか。計算過程を示し、有効数字 2 桁で答えよ。ただし、結晶構造の変化に伴って鉄原子 1 個の大きさは変わらないものとする。必要な場合は、 $\sqrt{2} = 1.41$ 、 $\sqrt{3} = 1.73$ とし計算せよ。

問 6 下に示す表は鉄とスラグの成分である酸化カルシウムや二酸化ケイ素の性質を比較したものである。以下の3つの問いに答えよ。

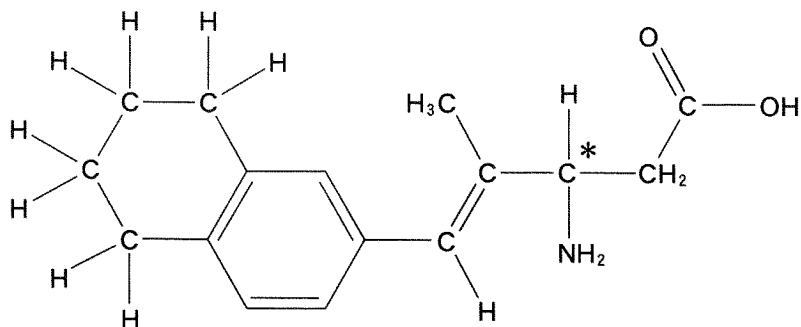
| | 結合の種類 | 構造の特徴 | 塩酸との反応 |
|---------|-----------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 鉄 | 金属結合 | 体心立方格子や面心立方格子をとる。 | 溶ける |
| 酸化カルシウム | <input type="text" value="カ"/> 結合 | NaCl と同様の結晶構造をとる。 | <input type="text" value="ケ"/> |
| 二酸化ケイ素 | <input type="text" value="キ"/> 結合 | <input type="text" value="ク"/> | <input type="text" value="コ"/> |

- (1) 表の空欄 と に適切な語句を入れよ。
- (2) 表の空欄 に二酸化ケイ素の構造の特徴を30字以内で入れよ。
- (3) 表の空欄 と に入る言葉の組み合わせとして、次の①から④の中から適切なものを1つ選び、解答欄の番号を○で囲め。

- | | | |
|---|------|------|
| ① | 溶ける | 溶ける |
| ② | 溶ける | 溶けない |
| ③ | 溶けない | 溶ける |
| ④ | 溶けない | 溶けない |

——このページは白紙——

- 3 下記の実験 1 から実験 6 の結果に基づき、問 1 から問 8 に答えよ。構造式や不斉炭素原子の表示(*)を求められた場合は、下記の例にならって書け。ただし光学異性体は区別しない。



(例)

実験 1 分子量 256 の化合物 **A** について元素分析を行い、構成元素の質量パーセントを計算したところ、炭素：75.00 %，水素：6.25 %，酸素：18.75 % であった。

実験 2 化合物 **A** に水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱したのち、希塩酸を加えて酸性にしたところ、ベンゼンの二置換体 **B** と、不斉炭素原子とベンゼン環をもつ分子式 $C_8H_{10}O$ の化合物 **C** が得られた。

実験 3 化合物 **C** に水酸化ナトリウム水溶液と ア を加えて加熱すると、特有のにおいを持つ イ の黄色沈殿と安息香酸のナトリウム塩が得られた。

実験 4 化合物 **B** に塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加えたところ、特有の呈色反応を示した。

実験 5 化合物 **B** を少量の酸と加熱すると、分子内脱水反応が起こり、化合物 **D** が得られた。

実験 6 化合物 **B** にメタノールと少量の濃硫酸を加えて加熱したところ、化合物 **E** が得られた。

問 1 化合物 A の分子式を書け。

問 2 化合物 C の構造式を書き、不斉炭素原子に * 印をつけよ。

問 3 空欄

| |
|---|
| ア |
|---|

 および

| |
|---|
| イ |
|---|

 に適切な物質名を入れよ。

問 4 化合物 B の分子式を書け。

問 5 化合物 B と D の構造式を書け。

問 6 化合物 A の構造式を書け。また、実験 2 の反応は一般に何と呼ばれるか。
その反応の名称を書け。

問 7 化合物 E の構造式を書け。

問 8 化合物 C と同じ分子式をもつベンゼンの三置換体 F の構造として可能なものはいくつあるか答えよ。また、そのうちの一つの構造式を書け。