

平成20年度 大阪市立大学第2次試験

理 科 問 題

(物理・化学・生物・地学)

注 意 事 項

- 1 問題冊子は、監督者が「解答始め」の指示をするまで開かないこと。
- 2 問題冊子は、「物理」6ページ、「化学」11ページ、「空白」1ページ、「生物」10ページ、「地学」8ページ、合計36ページである。解答用紙は、「物理」3枚、「化学」3枚、「生物」4枚、「地学」4枚である。脱落のあった場合には申し出ること。
- 3 解答用紙の各ページ所定欄に、それぞれ氏名、受験学部、受験番号（最後のページは、左右2か所）を忘れずに記入すること。
- 4 解答は、すべて解答用紙の所定欄に記入すること。
- 5 解答以外のことを書いたときは無効とすることがある。
- 6 理学部の受験者は、次により解答すること。
 - (1) 数学科・生物学科・地球学科を志望する者は、「物理」・「化学」・「生物」・「地学」のうち2科目を選択解答すること。
 - (2) 物理学科を志望する者（第3志望までを含む）は、「物理」と、その他に「化学」・「生物」・「地学」のうちから1科目を選択し、計2科目を解答すること。
 - (3) 物質科学科を志望する者（第3志望までを含む）は、「物理」・「化学」の計2科目を解答すること。
 - (4) 化学科を志望する者（第3志望までを含む）は、「化学」と、その他に「物理」・「生物」・「地学」のうちから1科目を選択し、計2科目を解答すること。
- 7 工学部の受験者は、「物理」・「化学」の計2科目を解答すること。
- 8 医学部の受験者は、「物理」・「化学」・「生物」のうちから2科目を選択解答すること。
- 9 生活科学部食品栄養科学科の受験者は、「化学」を解答すること。
- 10 机上に各自の「受験票」と「大学入試センター試験受験票」を出しておくこと。
- 11 問題冊子および選択しない科目の解答用紙は持ち帰ること。

化 学

第 1 問 (33点)

物質の水溶性と化学結合に関する次の文章を読み、問1～問8に答えよ。

食塩や砂糖は水によく溶けるが、ナフタレンやヨウ素は水にほとんど溶けない。これらの物質は、イオンや分子が互いに引きあい規則正しく配列してできた結晶である。物質が水に溶けやすいかどうかは、イオンや分子が互いに引きあう力と、イオンや分子と水との間に働く力の性質によって決まる。

水分子 H_2O では、 $\text{O}-\text{H}$ 間の共有電子対は酸素原子の方にかたよっている。これは、酸素原子の方が水素原子よりも が大きいためである。 がより大きい酸素原子は少しだけ負の電荷をもち、 がより小さい水素原子は少しだけ正の電荷をもつ。このように結合に電荷のかたよりがあつたことを、結合に があるという。一方、ヨウ素分子 I_2 のように、同種の元素からなる二原子分子では、結合に はない。また、二酸化炭素分子 CO_2 では、 $\text{C}=\text{O}$ 結合に があるが、^①2 個の $\text{C}=\text{O}$ 結合の が互いに打ち消しあうため、分子全体としては をもたない。水分子では、 $\text{O}-\text{H}$ 結合に があり、^②2 個の $\text{O}-\text{H}$ 結合の が打ち消しあうことなく、分子全体として をもつ。

食塩のおもな成分は塩化ナトリウム NaCl である。^③塩化ナトリウムの結晶中では、ナトリウムイオン Na^+ と塩化物イオン Cl^- は を形成して交互に並んでいる。水溶液中では が切れて、正と負のイオンはそれぞれいくつかの水分子に囲まれる。このように溶質のイオンが水分子に囲まれることを といい、これは水分子の を反映した現象である。^④ Na^+ は水分子の (A) 原子と引き合っており、 Cl^- は水分子の (B) 原子と引き合っている。

^⑤ヨウ素やナフタレンの固体は、それぞれヨウ素分子 I_2 やナフタレン分子 C_{10}H_8 が、分子間力（ファンデルワールス力）によって引き合つて集合した分子結晶である。分子結晶には水に溶けにくいものが多いが、いくつか例外もある。たとえば、砂糖の主成分であるスクロース（シヨ糖、 $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ ）の固体は分子結晶であり、スクロース分子は水中で電離しないにもかかわらず水によく溶ける。これは、スクロース分子のヒドロキシ基が水分子との間で水素結合を形成するためである。

水素結合はヒドロキシ基と水分子との間に限らず、 $\text{N}-\text{H}$ や $\text{F}-\text{H}$ などの結合を持つ

分子の間でも、N, F, Oの原子の間に水素原子をはさむ形で形成される。一例として、

⑥ アンモニア3分子が水素結合を形成して集まった構造を図1に示す。また、デオキシリボ核酸（DNA）の二重らせんは水素結合によって安定化されている。二重らせん中の

⑦ (1) グアニン塩基とシトシン塩基は3個の水素結合で、(2) チミン塩基とアデニン塩基は2個の水素結合でそれぞれ塩基対を形成している。図2に糖とリン酸の部分（R）に結合した核酸を構成する塩基の構造を示す。

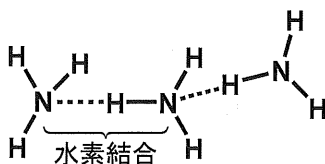
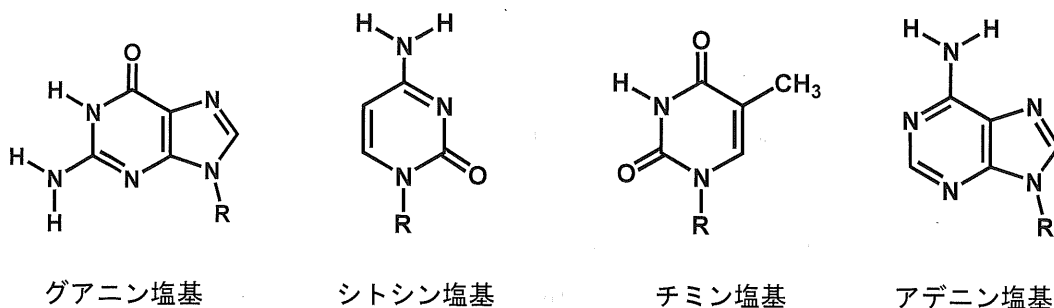


図1



グアニン塩基

シトシン塩基

チミン塩基

アデニン塩基

図2

問1 ~ に当てはまる適当な語句を記せ。

問2 下線部①と②から、二酸化炭素分子CO₂と水分子H₂Oの形をそれぞれ推定し、折れ線形か直線形かを答えよ。

問3 下線部③の塩化ナトリウム NaCl の電気伝導性（電気の導きやすさ）について述べた (a) ~ (c) の文について、内容に誤りがあるものをすべて選び、記号で答えよ。誤りを含む文が (a) ~ (c) の中に入らない場合は「なし」と答えよ。

- (a) NaCl のようなイオン結晶は、ショ糖のような分子結晶にくらべて、一般に電気を導きやすい。
- (b) NaCl の固体（結晶）を高温で融解して液体にすると、固体にくらべて電気を導きやすくなる。
- (c) NaCl の水溶液は、NaCl の固体（結晶）にくらべて電気を導きやすい。

問4 下線部④は エ の様子を説明したものである。下線部④の (A) と (B) にそれぞれあてはまる元素名を記せ。

問5 下線部⑤のヨウ素分子 I_2 の結晶では、単位格子は図3のような直方体であり、6個の面の中央と8個の頂点にそれぞれヨウ素分子 I_2 が位置している。面の中央の分子は、隣りあう2個の単位格子に属し、1個の単位格子あたりに $1/2$ 個含まれる。同様に、頂点の分子は1個の単位格子に $1/8$ 個含まれる。ヨウ素分子の結晶の密度はいくらか。有効数字2桁で答えよ。単位格子の体積は $3.4 \times 10^{-22} \text{ cm}^3$ である。必要ならば、原子量 $I = 127$ とアボガドロ定数 $6.0 \times 10^{23} / \text{mol}$ を用いよ。計算式も記せ。

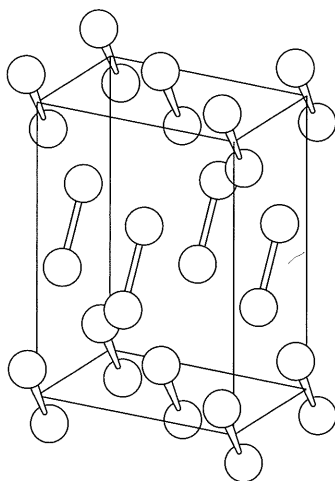


図3

問6 次の(i)～(iii)の構造を図示せよ。ただし、水素結合の様子を下線部⑥(図1)のアンモニア3分子の例にならって点線で示せ。

(i) 水3分子 (ii) フッ化水素3分子 (iii) 酢酸の二量体

問7 下線部⑦で述べられている塩基対(1)と(2)の構造を図示せよ。ただし、水素結合の様子を下線部⑥(図1)のアンモニア3分子の例にならって点線で示せ。

問8 水素結合，共有結合，ファンデルワールス力の強さを比較し，強い順に解答欄に記せ。

化 学

第 2 問 (33点)

次の問 1 と問 2 に答えよ。

問 1 次の文章を読み、(1)～(6)の問いに答えよ。

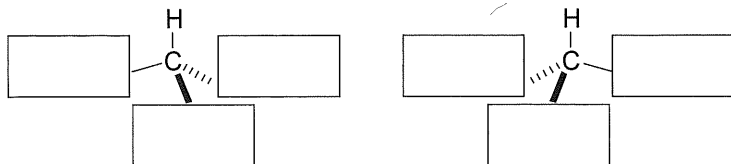
分子式 $C_4H_{10}O$ で表される化合物にはいくつかの構造異性体が存在する。これらの構造異性体の中には 個のアルコールがあり、このうち一つは不斉炭素原子をもつ。また、構造異性体の中で 個の化合物は第一級アルコールに分類される。構造異性体のうち化合物 A は直鎖状の第一級アルコールである。

また、分子式 $C_4H_{10}O$ で表されるアルコールの脱水反応では不飽和炭化水素が生じる。この不飽和炭化水素には 個の異性体が存在する。これらの異性体の一つである不飽和炭化水素 B とエタノールの付加反応によって得られるエーテル C は、環境にやさしい燃料として最近注目されている。

化合物 D はベンゼン環を含み、その水溶液は酸性を示す。化合物 D を加熱すると、化合物 E (分子式： $C_8H_4O_3$) が得られる。また、酸を触媒に用いて化合物 A と化合物 D を反応させると、化合物 F (分子式： $C_{16}H_{22}O_4$) が得られる。化合物 F はポリ塩化ビニルを柔らかくするための添加剤として用いられている。

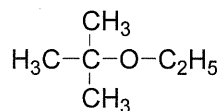
(1) ～ に適当な数字を入れよ。

(2) 下線部 ① で述べた異性体には一对の光学異性体がある。それぞれの構造を不斉炭素原子を中心として以下に示す。解答用紙の枠の中に適当な原子団を記し、構造式を完成させよ。



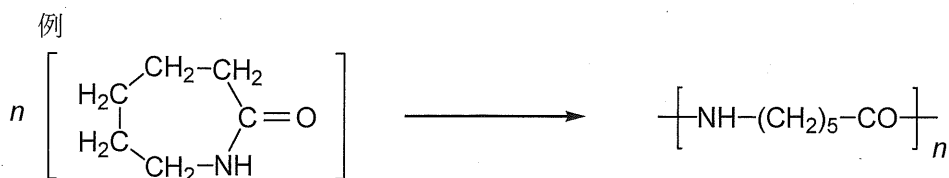
- 紙面上に存在する結合
- 紙面から手前に突き出ている結合
- 紙面から後ろに突き出ている結合

- (3) エーテル C の構造式を以下に示す。エーテル C は穀物より得られるエタノールと原油より得られる不飽和炭化水素 B より合成され、自動車燃料として用いられている。エーテル C を完全燃焼させたとき、穀物由来の炭素原子を含む二酸化炭素は発生するすべての二酸化炭素の何%になるかを有効数字 2 桁で答えよ。



エーテル C

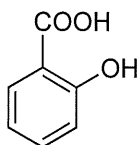
- (4) 化合物 F の構造式を記せ。
- (5) 化合物 F を生成する反応は可逆反応であり、一定時間後に平衡状態になる。できるだけ多くの化合物 F を得るために有効な方法を記せ。
- (6) ポリ塩化ビニルを生成する重合反応の反応式を以下の例にならって記せ。



問2 次の文章を読み、(1)～(7)の問いに答えよ。

アセチルサリチル酸は解熱・鎮痛作用を示す化合物であり、サリチル酸のアセチル化によって合成される。サリチル酸はヒドロキシ基とカルボキシル基を同一分子内にもっている。ベンゼンとトルエンを出発物質に用いたサリチル酸の合成経路を次の(A)と(B)のように考察した。

- (A) フェノールのナトリウム塩に高温・高圧下で二酸化炭素を反応させ、次いで酸性にしてサリチル酸に導く方法が知られている。また、フェノールはベンゼンから合成できる。
- (B) トルエンのメチル基を酸化すると安息香酸が合成できる。したがって、安息香酸のオルト位(*o*-位)にヒドロキシ基を導入して、サリチル酸に導く経路も考えられる。しかし、安息香酸の芳香族置換反応はフェノールの場合と異なり、メタ位(*m*-位)で優先しておきるため、目的化合物は合成できない。一方、トルエンはフェノールと同様の位置に芳香族置換反応を引き起こすので、ニトロ化のあとでメチル基を酸化してカルボキシル基に変換すればよい。



サリチル酸

- (1) (A)の経路で、フェノールのナトリウム塩と二酸化炭素の反応で得られた生成物を構造式で記せ。
- (2) (A)の経路では、フェノールを合成する必要がある。そこで、ベンゼンを用いてフェノールを2種類の方法(方法1と方法2)で合成した。それぞれの方法に必要な試薬(反応剤)を四つずつ解答群から選び解答欄に記せ。それぞれの方法に同じ試薬を重複して用いてもよい。

解答群

プロペン プロピン CO CO₂ O₂ H₂SO₄ NaOH H₂O 触媒

- (3) (B)で記したように、たとえば安息香酸の臭素化では、*m*-位の水素原子が1個置換される。安息香酸のニトロ化で生成する化合物を構造式で記せ。

- (4) (B)で記したように、安息香酸からのサリチル酸合成は困難なため、トルエンからのサリチル酸合成を図1の経路で行った。合成経路中の ア ~ オ に適当な試薬を解答群のなかからそれぞれ一つ選び解答欄に記せ。

解答群 O₂ NaNO₂ HNO₃ Cl₂ Pb Sn H₂O KMnO₄

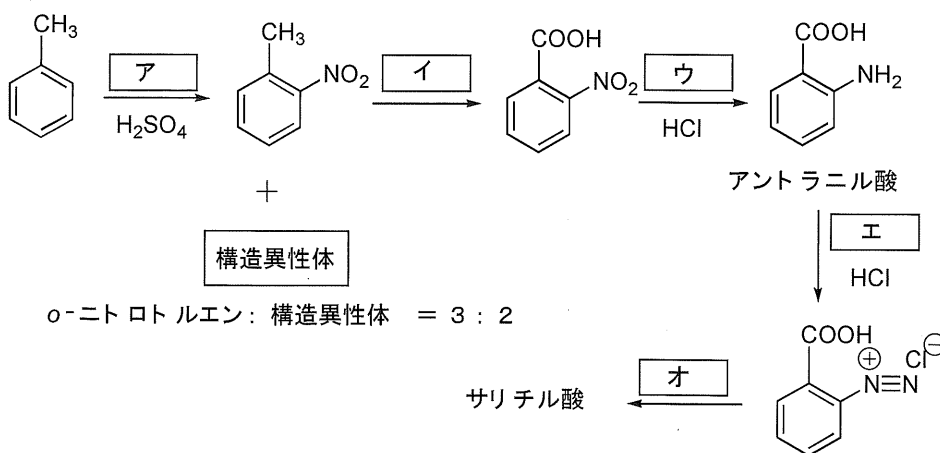


図1

- (5) 図1に示すように、トルエンのニトロ化はo-ニトロトルエンとその構造異性体の混合物を3：2の生成比で与えた。生成した構造異性体を構造式で記せ。
- (6) 図1のトルエンのニトロ化において、o-ニトロトルエンが14 g得られた。この反応に用いられたトルエンは何 mLか。最も近い数値を次の解答群から選べ。ただし、この反応は80%進行し、構造異性体との分離は完全に行えたものとする。トルエンの密度は0.80 g/cm³とし、原子量はC = 12.0, H = 1.0, N = 14.0, O = 16.0を用いよ。

解答群 14 mL 19 mL 24 mL 29 mL

- (7) 図1に示されるアントラニル酸は、 α -アミノ酸と同様に双性イオン構造をもつ。アントラニル酸の双性イオン構造を記せ。

化 学

第 3 問 (34点)

次の問 1 と問 2 に答えよ。

問 1 5 種類の金属イオン Ag^+ 、 Cu^{2+} 、 Pb^{2+} 、 Zn^{2+} 、 Fe^{3+} の分離と確認を次の操作 1 から操作 6 の順で行った。実験操作を読み、(1)～(4)の問いに答えよ。

実験操作：

操作 1 5 種類すべての金属イオンを含む水溶液に塩酸を加えると沈殿が生じた。

操作 2 操作 1 で生じた沈殿をろ過して、沈殿とろ液に分離した。

操作 3 操作 2 で得られたろ液に過剰のアンモニア水を加え、アルカリ性になると沈殿が生じた。

操作 4 操作 3 で生じた沈殿をろ過して、沈殿とろ液に分離した。

操作 5 操作 4 で得られたろ液を塩酸で酸性としたのち、硫化水素を通じると沈殿が生じた。

操作 6 操作 5 で生じた沈殿をろ過して、沈殿とろ液に分離した。

(1) 操作 2 の沈殿には 2 種類の化合物 と が含まれている。この混合物に を加え、よくかき混ぜたのち、ろ過して、不溶物とろ液に分離した。これは、 は によく溶けるが、 は溶けにくいことを利用している。このろ液に含まれるイオンを確認するため、 を含む水溶液を加えると、黄色の沈殿が生じた。

(i) と に当てはまる化合物をそれぞれ化学式で記せ。

(ii) に当てはまる適当な語句を記せ。

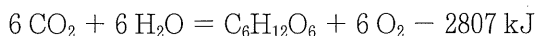
(iii) に当てはまる最も適当な陰イオンを、次の (a)～(e) の中から選び、記号で答えよ。

(a) Cl^- (b) NO_3^- (c) CO_3^{2-} (d) CrO_4^{2-} (e) SO_4^{2-}

- (2) 操作 4 と操作 6 で得られた沈殿は何か、それぞれ化学式で記せ.
- (3) 操作 4 で得られたろ液と、操作 6 で得られた沈殿は何色か、次の (a) ~ (d) の中から選び、それぞれ記号で答えよ.
- (a) 濃青色 (b) 赤色 (c) 緑色 (d) 黒色
- (4) 操作 6 で得られた沈殿に硝酸を加え、加熱して溶かした。 この溶液に水酸化ナトリウム水溶液を過剰に加えると青白色沈殿が生じた。 下線部 ① と ② の反応をそれぞれ化学反応式で記せ.

問2 次の文章を読み、(1)～(8)の問いに答えよ。

炭素は多くの化合物の構成元素である。無機化合物中の原子の酸化数と同じ決め方を、有機化合物中の炭素の酸化数に適用すると、たとえばメタンの炭素の酸化数は -4 である。この値は炭素の酸化数として最も小さい。最も大きな炭素の酸化数は二酸化炭素の $+4$ である。したがって、化合物中の炭素の酸化数は -4 と $+4$ の間の値になる。炭素化合物の酸化還元反応は、工業的にもエネルギー問題を考えるときにも重要である。たとえば、銑鉄の製造ではコークスと石灰石から生じた ① 一酸化炭素により赤鉄鉱 (Fe_2O_3) を鉄に還元する過程がある。一方、自然界では ② 二酸化炭素と水から光合成でグルコース $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ がつくられている。この反応の熱化学方程式は次のように表される。



③ グルコースに濃硫酸を加えると炭素が得られる。メタノールを直接燃料とする燃料電池では、メタノールの完全燃焼の反応が利用される。

- (1) メタノール、ホルムアルデヒド、ギ酸は分子中に炭素原子を一つもつ化合物である。それぞれの分子中の炭素の酸化数を記せ。
- (2) 下線部①の化学反応式を記せ。
- (3) 下線部②の光合成の反応で還元される化合物および酸化される化合物の名称をそれぞれ記せ。
- (4) 下線部③の反応は濃硫酸のどのような性質を利用しているかを記せ。
- (5) グルコースを構成する6個の炭素の酸化数の平均値を記せ。
- (6) 炭素の燃焼熱は 394 kJ/mol であり、水素の燃焼熱は 286 kJ/mol である。グルコースの生成熱を求めよ。計算式も記せ。
- (7) メタノールの生成熱は 202 kJ/mol である。メタノールの燃焼熱を求めよ。計算式も記せ。
- (8) メタノール、ホルムアルデヒド、ギ酸のうち銀鏡反応を示す化合物の名称をすべて答えよ。

(空 白)