

平成29年度入学試験問題

化学 401

(前期日程)

表紙も問題・解答用紙も全て
表面のみに印刷している。

(注意事項)

- 1 問題・解答用紙は、係員の指示があるまで開かないこと。
- 2 この表紙を除いて、**問題用紙は5枚(その1~5)、解答用紙は4枚(その1~4)**である。
用紙の折り方は図のようになっているので注意すること。
計算が必要な場合は、表紙、問題・解答用紙の裏面を利用すること。
- 3 解答は、**解答用紙の指定された解答箇所に書くこと**。指定された解答箇所以外に書いたものは採点しない。また、**裏面に解答したものも採点しない**。
- 4 **解答開始後、各解答用紙の「受験番号」欄に受験番号をはっきりと記入すること。**
- 5 配布した用紙はすべて回収する。

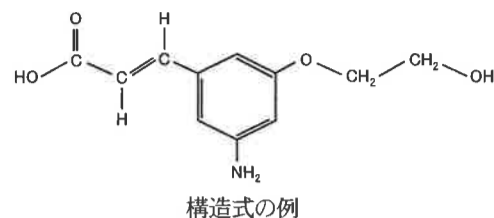


化学 401 その1 (問題用紙)

(注意) 解答にあたっては、以下の注意事項に従うこと。

1. 有機化合物の構造式は右図に示す例にならって表すこと。
2. 原子量は次の値を用いること。

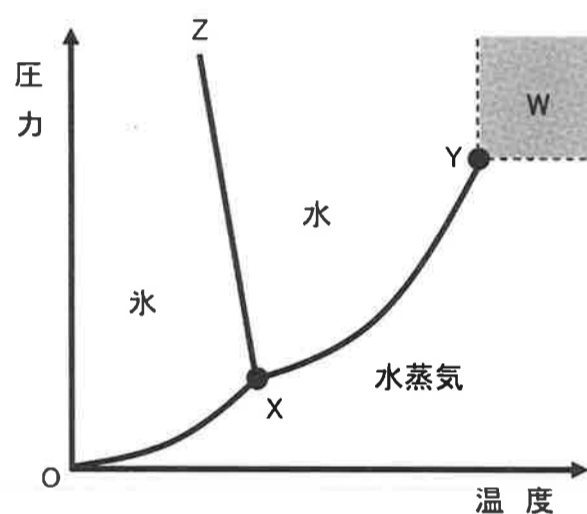
H: 1.00, C: 12.0, N: 14.0, O: 16.0, Na: 23.0, S: 32.0, Cl: 35.5



第1問 次の文章〔1〕および〔2〕を読み、下の問い(問1～7)に答えよ。

〔1〕温度・圧力により物質がどのような状態にあるかを示す図を状態図という。右は水の状態図である。水は、氷(固体)・水(液体)・水蒸気(気体)として存在するが、固体と液体、気体と液体を区切る曲線は、それぞれ、融解曲線(X-Z線)、ア曲線(X-Y線)と呼ばれ、その曲線上においては2つの状態が共存している。

また、X-O線を含めた3本の曲線は一点(点X)で交わり、その点においては固体・液体・気体の3状態が共存する。点Xをイ点といい、水のイ点(612 Pa, 0.01 °C)は、絶対温度の基準として用いられる。ア曲線はウ点(点Y)まで伸びており、これ以上の温度・圧力においては気体と液体の区別がつかない(領域W)。このような状態にある物質をエという。

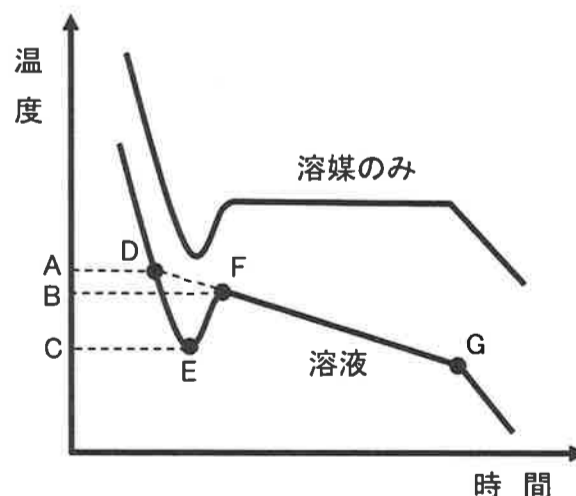


問1 問題文中のア～エにあてはまる適切な語句を答えよ。

問2 気体 → 液体, 固体 → 気体 の状態変化の名称をそれぞれ答えよ。

〔2〕右図は純溶媒および希薄溶液の冷却曲線を示している。(a) 溶液では、純溶媒と比べて凝固点が低くなる。この現象を凝固点降下という。さらに、(b) 溶液においては、凝固が進むにつれて、温度は徐々に低下する(右図 F → G)。

凝固点降下は様々なところで利用される。路面の凍結を防ぐ目的で散布される凍結防止剤もその一例であり、一般的に、塩化ナトリウムやオがよく使用される。オは、塩化ナトリウムから工業的に炭酸ナトリウムを得る過程において、副産物として得られる。また、自動車エンジンの冷却液においては、凍結を防止するため、(c) アルコール類を含む不凍液が用いられる。



問3 問題文中のオにあてはまる適切な化合物名を答えよ。

問4 問題文中の下線部(a)について、溶液の凝固点を図中のA～Cから選び、記号で答えよ。また、溶液の凝固が始まる点を図中のD～Fから選び、記号で答えよ。

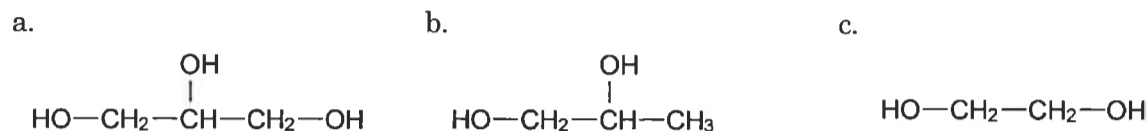
問5 問題文中の下線部(b)について、溶液で温度が徐々に低下する理由を50字以内で述べよ。

(その2につづく)

化学 401 その2 (問題用紙)

(その1からつづく)

問6 問題文中の下線部(c)について、水と混ぜて不凍液に利用される下記 a ~ c の物質の中で、同じ質量で凍結を防止する効果が最も低いものはどれか。記号と化合物名を答えよ。

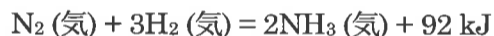


問7 硫酸ナトリウム 10 水和物 ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) 32.2 g を、482 g の水に溶かした水溶液の凝固点を有効数字 3 桁で求めよ。なお解答に至るみちすじも示せ。ただし、水のモル凝固点降下を $1.85 \text{ K} \cdot \text{kg/mol}$ 、水溶液は希薄溶液とみなし、溶液中では完全に電離するものとする。

第2問 次の文章 ([1] および [2]) を読み、下の問い (問1~10) に答えよ。

[1] 窒素 N は周期表の 族に属する典型元素である。N 原子は 個の価電子をもち、非金属元素とは 結合をつくる。また、タンパク質など多くの生体物質中にも含まれている。単体の窒素 N_2 は、空気中に体積で約 %含まれ、工業的には液体空気を することで得られる。

N の化合物であるアンモニア NH_3 は、 N_2 と水素 H_2 から合成することができる。



このときルシャトリエの原理 (平衡移動の原理) を用いると、 NH_3 の生成率を高めるには の条件にすることが望ましい。しかし現在工業的には、反応速度や反応設備のコストの観点から、四酸化三鉄 Fe_3O_4 を主成分とする物質を用い、 H_2 と N_2 を $400 \sim 600 \text{ }^\circ\text{C}$ 、 $10^7 \sim 10^8 \text{ Pa}$ 前後の条件下で反応させる 法により製造される。

NH_3 と空気を混合し、高温の白金網の間に通じることで、 NH_3 は加熱酸化され、無色の一酸化窒素 NO が生成される。 NO をさらに酸化すると、 色の有毒な二酸化窒素 NO_2 になる。この ^(a) NO_2 を水と反応させることで硝酸 HNO_3 が得られる。この製法は 法とよばれ工業的に HNO_3 を製造する手法として利用されている。

問1 ~ にあてはまる適切な語句または数字を答えよ。

問2 にあてはまる条件は、次の a ~ d のうちどれか。記号で答えよ。

- a. 高温高压 b. 高温低圧 c. 低温高压 d. 低温低圧

問3 問題文中の下線部(a)の反応の化学反応式をかけ。

[2] 単体のチタン Ti は、軽くて硬く、空気中で ^(b)表面に酸化被膜を形成し、腐食を起こさないという特徴をもった金属であり、航空機や自転車、テニスラケットやめがねのフレームなど、工業用から家庭用製品まで幅広く利用されている。常温では ^(c)六方最密構造の結晶であるが、加熱すると $885 \text{ }^\circ\text{C}$ 以上で ^(d)体心立方格子になることが知られている。

Ti の酸化物である酸化チタン(IV) TiO_2 は、白色顔料やペンキ材料として製品化されているほか、光 (紫外線) が当たると有機化合物を分解する としても利用されている。たとえば TiO_2 をコーティングした窓ガラスに太陽光や蛍光灯の光が当たると、表面に付着した汚れや細菌などは ^(e)電子を奪われ分解する。 TiO_2 に見られる構造のひとつにルチル型構造 (次頁図1) がある。

(その3につづく)

化 学 4 0 1 その 3 (問題用紙)

(その2からつづく)

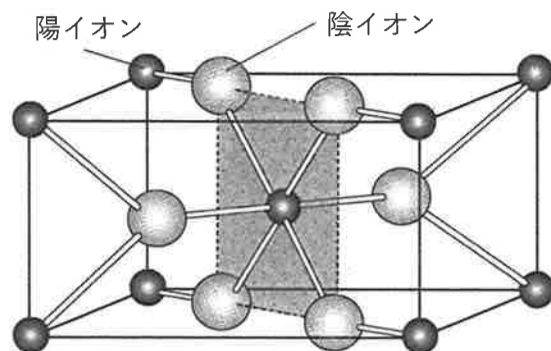


図 1

問 4 問題文中の下線部(b)の状態を何というか。

問 5 次の図 2 は原子を球とみなしたときの最密構造の一部を示しており、点線は 1 層目、実線は 2 層目を表している。問題文中の下線部(c)の構造において 3 層目が積み重なるくぼみの位置を図中の A ~ F のうちからすべて選べ。

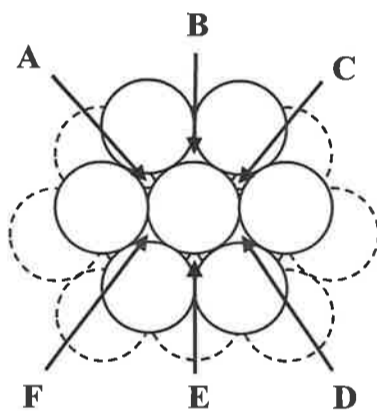


図 2

問 6 問題文中の下線部(c)の構造の配位数を答えよ。

問 7 問題文中の下線部(d)の構造の充填率は何%か、有効数字 2 桁で答えよ。なお解答に至るみちすじも示せ。円周率は 3.14 とし、必要であれば次の値を用いよ。 $\sqrt{2} = 1.41$ $\sqrt{3} = 1.73$ $\sqrt{5} = 2.24$

問 8 問題文中の ケ に当てはまる適切な語句を答えよ。

問 9 問題文中の下線部(e)の汚れや細菌などにおける反応は次の a ~ d のうちどれか。記号で答えよ。

- a. 酸化 b. 還元 c. 置換 d. 重合

問 10 次の図 3 は、図 1 の点線部を表しており、図中において、 $c > l$ である。この構造が安定であるためには、陽イオンの半径はある値より大きくなければならない。その値を c および l を用いて答えよ。

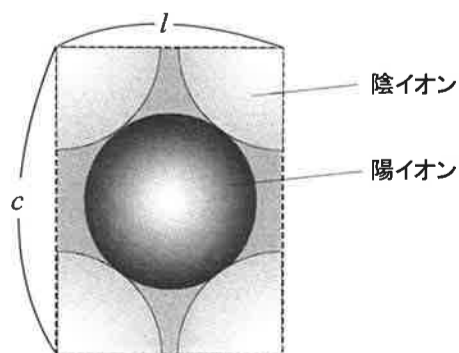
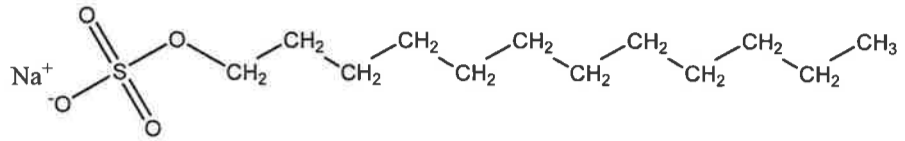


図 3

化学 401 その4 (問題用紙)

第3問 次の文章を読み、下の問い(問1~5)に答えよ。

右図に示すドデシル硫酸ナトリウム (Sodium dodecyl sulfate: SDS) などの界面活性剤 (合成洗剤) は、親水性部分と疎水性 (親油性) 部分からなる分子である。



界面活性剤を水に溶かした場合、ある一定濃度以上において、疎水性部分を内側に、親水性部分を外側にした球状のコロイド粒子である を形成する。SDS によって構成される は、数十 nm 程度の大きさであり、このようなコロイド粒子は コロイドと呼ばれる。SDS から構成されるコロイド粒子は、親水性部分が水中で電離することで 電荷を有するため、^(a)水中では粒子が集合することなく分散している。界面活性剤によって食器や衣類の汚れが落ちるのは、この の内部に取り込まれるためである。このことを利用して、 内部にガン治療化合物を封じ込めた医薬品が開発されている。^(b)ガン組織において、新しくできた血管は漏れやすく、100 nm 程度の粒子が蓄積しやすいため、 のようなコロイド粒子は副作用の少ないガン治療のための薬物運搬体として、医療の現場で利用されているのである。

問1 問題文中の 、、 にあてはまる適切な語句を答えよ。

問2 問題文中の下線部(a)が起こるのは、SDS コロイド粒子の、どのような性質による、どのような現象のためか 20 字以内で答えよ。

問3 問題文中の下線部(b)のように、ガン治療化合物は 内部に封じ込めることができる。これは、ガン治療化合物がどのような性質を持つためであるか答えよ。また、そのように考えた理由を 50 字以内で述べよ。

問4 問題文中のようなコロイド粒子を、血管から我々の体内に投与したとき、コロイド粒子の電荷が正の場合には血液中に集合してしまい、毛細血管に詰まってしまう。ところが、コロイド粒子の電荷が中性の場合には、そのような現象は起こらないことが知られている。この原因について考察を行った。下記の考察文の空欄に適切だと考えられる語句を下の選択肢 a ~ i から選び記号で答えよ。

—考察—

電荷が正のコロイド粒子の場合には集合したことから、血液中では 物質とコロイド粒子が相互作用したと考えられる。その物質は、おそらく赤血球や などであろう。そのため、コロイド粒子の電荷が中性の場合には、 物質とも相互作用が起こらず、集合しないのであろう。このことから、薬物運搬体としてのコロイド粒子の は、体内に投与する場合に考慮すべき重要な性質であることがわかった。

語句の選択肢：a. 疎水性の b. 親水性の c. 正の電荷を持つ d. 負の電荷を持つ
e. 油脂 f. タンパク質 g. 電荷 h. 疎水性 i. 親水性

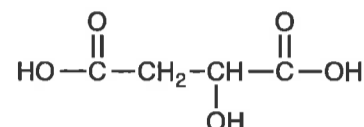
問5 我々の体内に、注射によってガン治療薬などを投与する場合には、投与する溶液の浸透圧を血液の浸透圧と同じにする必要がある。その場合、血液とほぼ同じ浸透圧を有する生理食塩水が、注射剤の溶解や希釈に用いられる。しかし一部のコロイド粒子医薬品は、生理食塩水を添加すると凝析を起こしてしまうため、代わりにブドウ糖 (グルコース) 溶液を用いる場合がある。では、食塩ではなくブドウ糖を用いて血液と同じ浸透圧にするためには、水 1 L に何 g のブドウ糖を溶解すればよいか。有効数字 3 桁で求めよ。なお解答に至るみちすじも示せ。ただし、生理食塩水は 0.9% (NaCl 質量 g/水容量 mL) NaCl 水溶液とし、また NaCl は水中では完全に電離しているとする。

化学 401 その5 (問題用紙)

第4問 次の文章を読み、下の問い(問1~4)に答えよ。

乳酸はヒドロキシ酸の代表的な化合物であり、分子中に ア 基とヒドロキシ基をそれぞれ一つずつ持つ。一方、フェニルアラニンのように ア 基と イ 基を同一分子内に持つ化合物をアミノ酸という。乳酸、フェニルアラニンはいずれも ウ 原子が一つ存在するため、人間の右手と左手のような関係にある2通りの立体構造がある。これらを互いに エ 異性体という。

右図の構造式で示されるヒドロキシ酸のひとつであるリンゴ酸を加熱すると、オ 反応が起き、共に分子式 $C_4H_4O_4$ の化合物 A と B の混合物が得られた。さらに加熱すると化合物 A は分子内で カ 反応が起き、化合物 C となったが、化合物 B は変化しなかった。また、化合物 A と B の混合物は、水素を付加させると同じ化合物 D となることから、化合物 A と B は互いに キ 異性体の関係であることがわかる。



ベンゼンの水素が二つ ア 基で置換された場合、3種類の異性体である化合物 E, F, G が考えられる。異性体の一つである化合物 E を加熱すると、分子内で カ 反応をして化合物 H となるが、この条件では化合物 F は変化しない。化合物 E と F の混合物は分離が困難であるが、化合物 F と H の混合物は有機溶媒への溶解性を利用し容易に分離できる。 また、異性体の一つである化合物 G はエチレングリコールと カ 反応を繰り返し、合成樹脂である ク として我々の生活の身近に存在するが、石油を原料とするうえに微生物が分解できないため環境問題の一因となる。この問題に対し、乳酸や化合物 D は微生物が分解できるため、これらを原料とする生分解性プラスチックが近年注目されている。

問1 問題文中の空欄 ア ~ ク にあてはまる適切な語句を答えよ。

問2 化合物 A ~ D の構造式、および化合物 A と B の化合物の名称を答えよ。

問3 化合物 B に過剰量のエタノールを作用させ カ 反応を行い、化合物 I を合成した。この化合物 I にオゾンを実作用させ、オゾン分解した化合物 J を合成する反応式を中間体の構造も含めて答えよ。また、このような中間体の一般的な名称を答えよ。

問4 問題文中の下線部について、化合物 F と化合物 H の混合物を分離するため ① ~ ④ に示す以下の操作を行った。

(1) ~ (10) に入る適切な語句を下の選択肢 a ~ o の中から選び記号で答えよ。ただし、同じ語句を用いてもよい。

- ① 化合物 F と化合物 H の混合物をジエチルエーテルに溶解させ (1) に移し、(2) 水溶液を加え、激しく振り混ぜた。
- ② 静置後 (3) には化合物 H が、(4) には化合物 F のナトリウム塩が主に存在しているので、(3) を取り出し、この溶液を (5) することで化合物 H が得られる。
- ③ 一方、分離した (4) に (6) 水溶液をゆっくり加えていくと、二酸化炭素が発生した。pH の変化を観察すると、(6) 水溶液を加える前は (7) であったが、最終的には (8) になっていった。充分 (8) にした後 (1) に移し、ジエチルエーテルを加え激しく振り混ぜた。
- ④ 静置後 (9) に化合物 F が抽出されているので、この溶液を (5) することで化合物 F が得られる。ここで得られた化合物 F と H は必要に応じ (10) でより高純度にする。

語句 a. メスシリンダー b. ビュレット c. 分液ロート d. メスフラスコ e. 炭酸水素ナトリウム f. 塩酸
g. 水酸化ナトリウム h. 上層 i. 下層 j. 濃縮 k. 再結晶 l. 加水分解 m. 酸性 n. 塩基性 o. 中性