

化 学

I. 注意事項

1. 問題はⅠからⅤまでである（全体で 10 ページ）。問題Ⅰと問題Ⅱはマークシート式解答用紙に、問題Ⅲから問題Ⅴは記述用解答用紙に解答を書き込むこと。解答の方法は以下の説明に従うこと。

2. マークシート式解答用紙

①解答用紙には「生物」（だいたい色）と「化学」（ピンク色）の解答欄がある。

②各問題の解答はマークシート「化学」（ピンク色）の該当するマーク欄をマークすること。

3. 記述用解答用紙

解答用紙に氏名、4けたの受験番号を記入し、各問題の解答はすべて解答欄の指定の位置に記入すること。

II. 解答に際しての注意事項

①必要があれば次の原子量および数値を用いよ。

H=1.0 C=12 N=14 O=16 Na=23 S=32 Cl=35.5 K=39

大気圧は 1.01×10^5 Pa、気体定数 $R = 8.3 \times 10^3$ [Pa · L / (K · mol)]

②気体を扱う計算では、すべて理想気体として考えよ。

問題Ⅰ 次の各問いに答えよ。ただし、問 1～問 12 の答はすべてマークシート式解答用紙の 1～12 のマーク欄にマークせよ。

問 1 次の①～⑤から、分子またはイオン内の非共有電子対の数が互いに等しい組み合わせをすべて選べ。解答はア～サから選べ。

① NH_3 と H_2O ② H_3O^+ と NH_4^+ ③ NH_3 と H_2S ④ H_3O^+ と NH_3 ⑤ H_2O と H_2S

ア ①のみ イ ②のみ ウ ③のみ エ ④のみ オ ⑤のみ カ ①、②

キ ②、③ ク ②、④ ケ ②、⑤ コ ③、⑤ サ ④、⑤

問 2 次の①～⑤から内容に誤りのある記述をすべて選べ。解答はア～サから選べ。

① フッ化水素には他のハロゲン化水素と異なる性質がある。

② 元素の原子量は、原子番号の順に増加しないこともある。

③ イオン化傾向の大きい金属ほど還元力が大きい。

④ 金属のイオン化傾向が大きいということは、イオン化エネルギーが小さいということである。

⑤ 黒鉛とダイヤモンドは同素体であるから、両者の燃焼熱は同じである。

ア ①のみ イ ②のみ ウ ③のみ エ ④のみ オ ⑤のみ カ ①、②

キ ①、④ ク ②、③ ケ ②、⑤ コ ③、⑤ サ ④、⑤

問3 次の実験操作①～⑤から正しい操作をすべて選べ。解答はア～サから選べ。

- ① 銅片に熱濃硫酸を作用させて発生する気体を水上置換で捕集した。
- ② 酸化マンガン(IV)に濃塩酸を加えて加熱して得られる気体を、水の入った洗気びんを通した後、濃硫酸の入った洗気びんに通した。
- ③ 濃硫酸に水を加えて希硫酸を調製した。
- ④ 指示薬を用いずに硫酸酸性の過酸化水素水を過マンガン酸カリウム水溶液で滴定した。
- ⑤ メチルオレンジを指示薬として水酸化ナトリウム水溶液を酢酸水溶液で滴定した。

ア ①のみ イ ②のみ ウ ③のみ エ ④のみ オ ⑤のみ カ ①、③
 キ ①、④ ク ②、④ ケ ②、⑤ コ ③、④ サ ④、⑤

問4 難溶性の塩の飽和水溶液中のイオン濃度の積 K_s は溶解度積と呼ばれ、その塩の溶解度 (mol/L 単位) の目安となる。ある温度で 0.01 mol/L の Zn^{2+} を含む 0.1 mol/L 塩酸に、硫化水素を吹き込んだところ、溶液中の H_2S の濃度が 0.01 mol/L になった。このとき、溶液中に溶けている Zn^{2+} の濃度 [mol/L] に最も近い値をア～クから選べ。ただし、 H_2S の添加による溶液の体積変化はないものとし、この温度における H_2S の2段階の電離平衡の電離定数は、 $K_1 = 1 \times 10^{-7}$ mol/L、 $K_2 = 1 \times 10^{-14}$ mol/L で、 ZnS の溶解度積は、 $K_s = 2.1 \times 10^{-18}$ (mol/L)² であるとして考えよ。

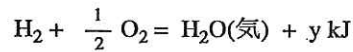
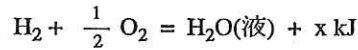
ア 1×10^{-1} イ 1×10^{-2} ウ 1×10^{-3} エ 1×10^{-7}
 オ 2×10^{-1} カ 2×10^{-2} キ 2×10^{-3} ク 2×10^{-7}

問 5 次の現象①～⑤から酸化還元反応によるものではないものをすべて選べ。解答はア～サから選べ。

- ① 硫化水素と塩素の気体を混合したら硫黄が生じた。
- ② 硫化鉄(II)に希硫酸を加えたら気体が発生した。
- ③ 次亜塩素酸ナトリウムを主成分とする漂白剤に酸を加えたら気体が発生した。
- ④ 十酸化四リンに水を加えたら多量の熱が発生した。
- ⑤ 加熱した銅線をメタノールの蒸気に触れさせたところ、銅線の表面の色が変化した。

ア ①のみ イ ②のみ ウ ③のみ エ ④のみ オ ⑤のみ カ ①、②
 キ ①、⑤ ク ②、④ ケ ②、⑤ コ ③、④ サ ③、⑤

問 6 水素と酸素から、液体の水、あるいは水蒸気が発生するときの熱化学方程式をそれぞれ



としたとき、水の蒸発熱はどのような式で表されるか。ア～ケから選べ。

ア $x - y$ イ $y - x$ ウ $x + y$ エ $18(x - y)$ オ $18(y - x)$
 カ $18(x + y)$ キ $\frac{x - y}{18}$ ク $\frac{y - x}{18}$ ケ $\frac{x + y}{18}$

問 7 ある二価の酸 x グラムを水に溶かして 1 L にした水溶液がある。この水溶液 A mL を中和するのに、1 L 中に y グラムの水酸化ナトリウムが溶解している水溶液 B mL を要した。この酸の分子量を表す式はどれか。ア～ケから選べ。

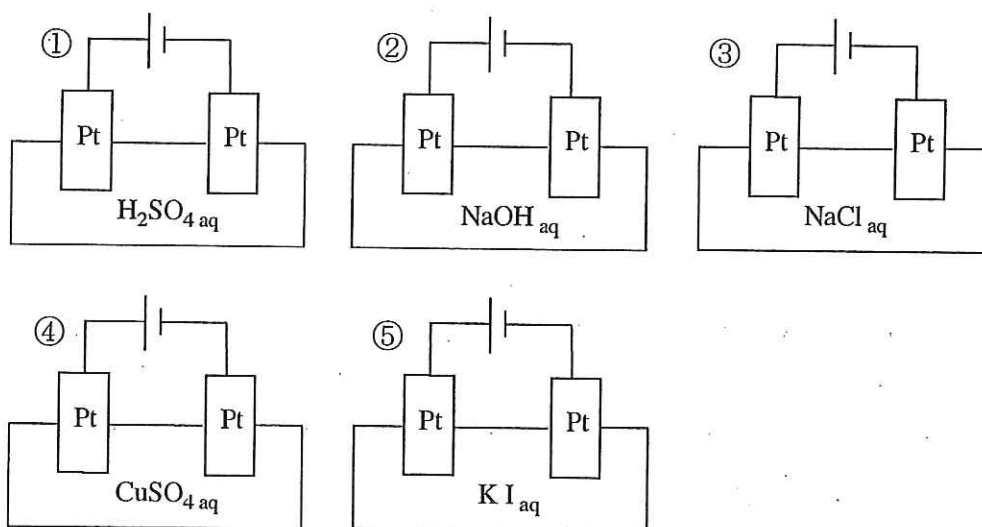
ア $\frac{By}{40Ax}$ イ $\frac{By}{20Ax}$ ウ $\frac{20Ax}{By}$ エ $\frac{80By}{Ax}$ オ $\frac{80Ax}{By}$
 カ $\frac{8000Ax}{By}$ キ $\frac{80000By}{Ax}$ ク $\frac{2Ax}{By}$ ケ $\frac{2By}{Ax}$

問 8 次の元素の組み合わせ①～⑤から同族の元素どうしの組み合わせをすべて選べ。解答はア～サから選べ。

- ① リンとヒ素 ② 鉄と銅 ③ 銀と白金
 ④ 硫黄とケイ素 ⑤ カルシウムとストロンチウム

- ア ①のみ イ ②のみ ウ ③のみ エ ④のみ オ ⑤のみ カ ①、③
 キ ①、⑤ ク ②、④ ケ ②、⑤ コ ③、⑤ サ ④、⑤

問 9 次の①～⑤の装置を用いて電気分解を行ったとき、電極で発生する気体の物質量が両極で等しいものをすべて選べ。解答はア～サから選べ。



- ア ①のみ イ ②のみ ウ ③のみ エ ④のみ オ ⑤のみ カ ①、③
 キ ①、④ ク ②、⑤ ケ ③、④ コ ③、⑤ サ ④、⑤

問 10 ポリエチレンテレフタレートは、繊維やペットボトルとして大量に利用されている代表的な合成高分子化合物である。この化合物は、エチレングリコールとテレフタル酸とが重合することによってできた巨大分子である。分子量が 2×10^5 のポリエチレンテレフタレート分子には、約何個のエステル結合が含まれているか。最も近い数値をア～コから選べ。

- ア 5×10^2 イ 1×10^3 ウ 2×10^3 エ 3×10^3 オ 4×10^3
 カ 5×10^3 キ 1×10^4 ク 2×10^4 ケ 3×10^4 コ 4×10^4

問 11 次の記述①～⑤から正しい記述をすべて選べ。解答はア～サから選べ。

- ① ヘキサンとシクロヘキサンは互いに異性体である。
- ② 酢酸の沸点が、同程度の分子量の炭化水素より高いのは、分子間で水素結合して存在しているためである。
- ③ メタノールは、工業的には、触媒を用いて一酸化炭素と水素を高温高压で反応させて合成する。
- ④ サリチル酸を無水酢酸でアセチル化するとき、副生成物として水が生じる。
- ⑤ ベンゼンに紫外線を照射しながら塩素を作用させるとクロロベンゼンが得られる。

ア ①のみ イ ②のみ ウ ③のみ エ ④のみ オ ⑤のみ カ ①、③
 キ ①、⑤ ク ②、③ ケ ②、④ コ ③、⑤ サ ④、⑤

問 12 5種類の糖A～Eは、下記の①～⑦のいずれかである。

- ① スクロース ② ガラクトース ③ アミロペクチン ④ ラクトース
- ⑤ アミロース ⑥ フルクトース ⑦ セルロース

これらを判別するため、実験を行い下記の(1)～(5)の結果を得た。これらの実験結果をもとに、A～Eに該当する糖の組み合わせをア～クから選べ。

- (1) 糖Aは冷水にも熱水にも溶けなかったが、糖Eは冷水には溶けないが熱水には溶けた。
- (2) 糖Aはヨウ素溶液で呈色しなかった。
- (3) 糖Bおよび糖Cの水溶液のそれぞれに、フェーリング液を加えて加熱したところ、いずれも赤色沈殿を生じた。
- (4) 糖Dを希塩酸中で加熱したら転化糖になった。
- (5) 糖Cの水溶液にある加水分解酵素を作用させて得られた混合物には、糖Bが含まれていた。

	A	B	C	D	E
ア	③	②	④	①	⑤
イ	③	④	②	⑥	⑦
ウ	⑤	②	⑦	④	③
エ	⑤	⑥	④	①	⑦
オ	⑦	②	④	①	⑤
カ	⑦	②	⑥	①	③
キ	⑦	④	①	⑥	③
ク	⑦	⑥	④	①	③

問題Ⅱ 次の問い (A)～(B) に答えよ。ただし、問 13～問 18 の答はすべてマークシート式解答用紙の 13～18 のマーク欄にマークせよ。

A 固体の溶解度とは溶媒 100 g に溶ける溶質の最大質量 (g) を示す数値である。図は化合物(1)、(2)、(3)、(4)それぞれの水に対する溶解度曲線を示したものである。以下の問いに記号で答えよ。

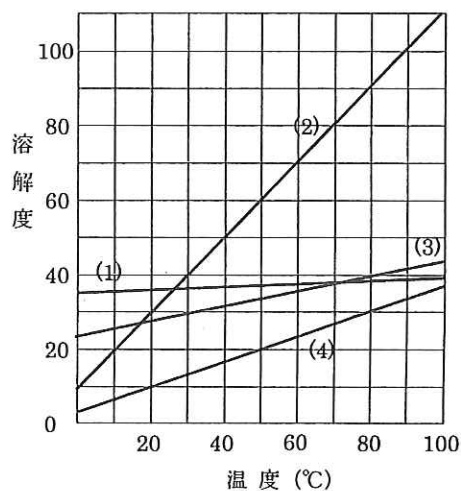
問13 再結晶による精製に最も適した化合物は(1)～(4)のうちどれか。ア～エから選べ。

ア (1) イ (2) ウ (3) エ (4)

問14 80℃で化合物(3)が 36 g 溶けている飽和溶液を、10℃まで冷却すると何 g の結晶が析出するか。

最も近い数値をア～ケから選べ。

ア 7 イ 10 ウ 13 エ 16 オ 19
カ 22 キ 25 ク 28 ケ 31



問 15 化合物(2)の 60℃における飽和溶液 250 g を加熱して水を蒸発させ、200 g まで濃縮した後、再び 60℃に冷却すると何 g の結晶が析出するか。最も近い数値をア～コから選べ。

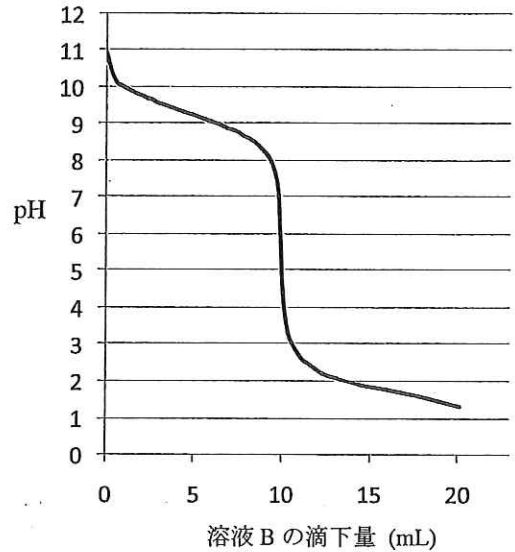
ア 10 イ 15 ウ 20 エ 25 オ 30 カ 35
キ 40 ク 45 ケ 50 コ 55

【B】 溶液Aの 20 mL をコニカルビーカーにとり、数滴の指示薬Cを加えた後、これに溶液Bをビュレットから少しずつ滴下した。この間、25°Cで溶液のpHを測定し滴定曲線を作成した（下図）。以下の問いに記号で答えよ。

問 16 溶液A、溶液Bおよび指示薬Cは①～⑦のいずれかである。該当するものを選んだ組み合わせはどれか。ア～クから選べ。

- ① 水酸化ナトリウム水溶液 ② アンモニア水溶液
- ③ 酢酸水溶液 ④ 希塩酸
- ⑤ フェノールフタレイン ⑥ メチルレッド
- ⑦ メチルオレンジ

	溶液A	溶液B	指示薬C
ア	①	③	⑤
イ	①	③	⑦
ウ	①	④	⑥
エ	①	④	⑦
オ	②	③	⑤
カ	②	③	⑥
キ	②	④	⑤
ク	②	④	⑥



問 17 溶液Aの 25°Cにおける電離度は 0.01 であるとして、溶液Aのモル濃度 [mol/L] に最も近い数値をア～キから選べ。

- ア 0.01 イ 0.02 ウ 0.05 エ 0.1 オ 0.2 カ 0.5 キ 1.0

問 18 溶液Bのモル濃度 [mol/L] に最も近い数値をア～クから選べ。

- ア 0.01 イ 0.02 ウ 0.05 エ 0.1 オ 0.2 カ 0.5 キ 1.0 ク 2.0

問題Ⅲ 図はある純溶媒 a の冷却曲線(i)と、純溶媒 a にある非電解質 b を溶解した溶液の冷却曲線(ii)を示している。次の問いに答えよ。解答はすべて記述用解答用紙の所定の位置に書き込むこと。

問1 曲線(i)において溶媒 a を冷却していくとき、A～F 間で、液体だけが存在する範囲はどこか。例にならって、グラフ中の記号で答えよ。

解答例 Y～Z

問2 曲線(i)の A～F 間で、液体と固体が共存する範囲はどこか。問1の例にならって、グラフ中の記号で答えよ。

問3 曲線(i)の B～C 間では、溶媒 a はどのような状態にあるか。漢字 3 文字で記せ。

問4 曲線(i)の C 点、曲線(ii)の I 点で、それぞれ

の温度が下降から上昇に転じた理由として最も適切なものはどれか。ア～エから選び記号で答えよ。

ア 凝固がはじまったから

イ 凝固が完結したから

ウ 融解がはじまったから

エ 融解が完結したから

問5 曲線(ii)の J～K 間は曲線(i)の D～E 間と異なり、温度が下がっていく。その理由として最も適切なものをア～ウから選び記号で答えよ。

ア J～K 間では、溶媒 a のみが凝固するから。

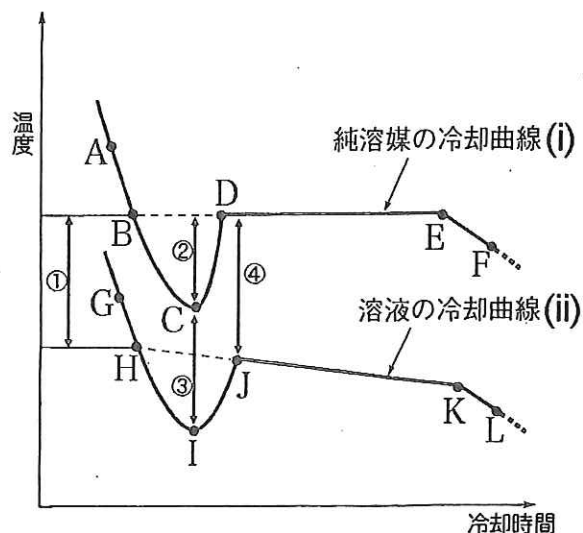
イ J～K 間では、非電解質 b のみが凝固するから。

ウ J～K 間では、溶媒 a と非電解質 b が凝固するから。

問6 この溶液の凝固点降下度を示している両矢印はどれか。図中の①～④の番号で答えよ。

問7 この溶媒 a の 100 g に非電解質 b の 3.60 g を溶解した溶液について凝固点降下度を測定したところ 1.38 K だった。この非電解質 b の分子量を求めよ。

ただし、この溶媒のモル凝固点降下 K_f は、 $K_f = 6.90$ [K・kg/mol] とする。



問題 IV 芳香族化合物の合成に関する次の文を読み、以下の問いに答えよ。

①ニトロベンゼンにスズと濃塩酸を作用させて還元し、その反応液に水酸化ナトリウム水溶液を加えアルカリ性になると化合物 A が遊離する。化合物 A を希塩酸に溶解し、これに氷冷下で亜硝酸ナトリウム水溶液を加えると化合物 B が生成する。B の水溶液を加温すると窒素を発生し、化合物 C と塩酸が生成する。この②化合物 C は、ベンゼンに濃硫酸を加えて加熱すると生じる化合物 D から合成できる。

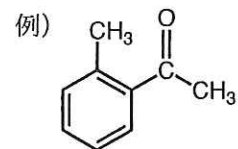
化合物 C に水酸化ナトリウム水溶液を作用させて得られる化合物を、高温・高圧の状態 で二酸化炭素と反応させ、生成物に希硫酸を加えることにより化合物 E が得られる。

化合物 E にメタノールと少量の濃硫酸を加えて加熱すると化合物 F が得られる。

また、化合物 A と E はいずれも無水酢酸と反応し、A からは化合物 G が、E からは化合物 H が生成する。

問 1 下線部①の反応を化学反応式で示せ。

問 2 化合物 B, F, G の構造式を例にならって書け。



問 3 化合物 H の名称を書け。

問 4 下線部②において、化合物 D から化合物 C をつくる工程のうち、固体の NaOH とともに加熱する (約 300°C で) 反応を何と呼ぶか。

問 5 化合物 C, D, E, F, G, H のうち、最も酸性が強い化合物はどれか。記号と、その名称を書け。

問 6 化合物 A の検出反応として、硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液を用いる反応がある。この時に生成する物質の名称を書け。

問 7 化合物 D, E, F, G, H のうち、炭酸水素ナトリウム水溶液にはほとんど溶解しないが、水酸化ナトリウム水溶液にはよく溶ける化合物をすべて選べ。解答はア～コから選べ。

- | | | | | |
|--------|--------|--------|-----------|-----------|
| ア D のみ | イ E のみ | ウ F のみ | エ D, F | オ E, F |
| カ E, G | キ F, G | ク F, H | ケ D, E, H | コ E, F, H |

問題Ⅴ 次の【A】、【B】の文章を読み以下の問いに答えよ。

【A】

タンパク質は代表的な天然高分子化合物で、動植物細胞の主要な成分の一つであり、生命活動を支える重要な物質である。タンパク質は約 20 種類のアミノ酸から成り、それらがペプチド結合によりつながってポリペプチド鎖を形成する分子量 1 万から数百万の巨大分子である。ポリペプチド鎖は、二次構造としてらせん状の【ア】構造や、【イ】構造を含むことが多い。これらの二次構造はペプチド鎖中の【A】基と【B】基の間で形成される【ウ】によって安定に保たれている。タンパク質を酸で加水分解すると、タンパク質の種類によりいろいろな物質を生じる。アミノ酸だけを生じるタンパク質を【エ】タンパク質といい、アミノ酸以外に、糖・色素・核酸・リン酸などを生じるタンパク質を【オ】タンパク質という。【オ】タンパク質の代表的なものに、赤血球中に存在し酸素を運搬する【カ】がある。【カ】には酸素を結合するための【キ】イオンが構成成分として含まれている。

問1 空欄【ア】～【キ】に最も適切な語句を記入せよ。

問2 下線部における【A】および【B】にあてはまる官能基を、価標を用いて書き、【ウ】がその間で形成されるようすを図示せよ。

【B】

ある油脂 A をけん化した後、酸性にして得られる脂肪酸は、脂肪酸 B と脂肪酸 C の 2 種類で、その物質量の比は、脂肪酸 B : 脂肪酸 C = 2 : 1 であった。また、この脂肪酸 C の元素分析値は、炭素 76.0 %、水素 12.7 % であった。

1 mol の脂肪酸 B に触媒の存在下、水素を十分に反応させると、脂肪酸 B には 2 mol の水素が付加し、その生成物は脂肪酸 C と同一化合物となる。

問3 脂肪酸 C の示性式を示せ。

問4 油脂 A の分子量を求めよ。

問5 油脂 A の 1 g をけん化するために必要な水酸化カリウムの質量 [mg] を求めよ。小数以下を四捨五入して整数で示せ。

問6 下線部で、1.40 g の脂肪酸 B に付加する水素は標準状態に換算して何 mL か。有効数字 3 桁で答えよ。