

2021年度入学試験問題

理 科

物理・化学・生物

注 意

- 1 問題冊子は1冊，解答用紙は物理4枚，化学4枚，生物4枚，下書き用紙は4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	1～7	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	8～21	
生 物	22～30	

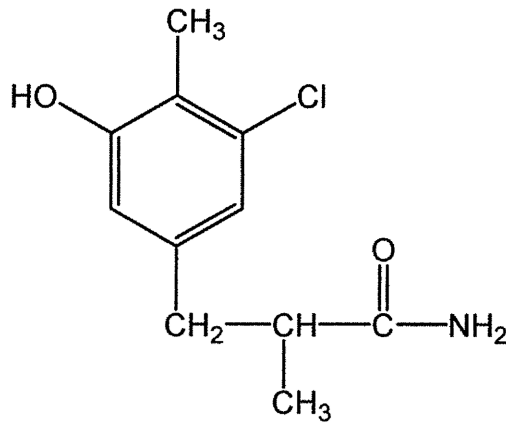
- 3 試験中に問題冊子の印刷不鮮明，ページの落丁・乱丁及び解答用紙の汚れ等により解答できない場合は，手を高く挙げて監督者に知らせなさい。
- 4 選択する科目の解答用紙は上記1に示す枚数を回収するので，選択する科目の解答用紙と下書き用紙を切り取り，選択する科目すべての解答用紙に，それぞれ2箇所受験番号を記入しなさい。選択しない科目の解答用紙には受験番号を記入する必要はありません。
- 5 選択しなかった科目の解答用紙は，試験時間中に監督者が回収するので，大きく×印をして機の通路側に重ねて置きなさい。
- 6 解答は，すべて解答用紙の指定されたところに書きなさい。
- 7 試験終了後，問題冊子と下書き用紙は必ず持ち帰りなさい。

化 学

「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。指定のない限り、原子量には、H = 1.0, C = 12, N = 14, O = 16, Cl = 35, Ag = 108 を用いよ。

構造式は、指定のない限り、下記の例にならって記せ。



例

第1問

銀 Ag は、宝飾品や食器に広く使われている遷移金属元素である。銀の結晶の単位格子は面心立方格子であり、単位格子あたり（ あ ）個の銀原子が含まれる。また、銀は（ い ）に次いで展性と延性が高い金属である。湿った空气中で銀と硫化水素を反応させると（ う ）が生じる。ハロゲン化銀のうち（ え ）以外は水に難溶性で、沈殿物を生成する。銀イオン Ag^+ を含む水溶液に希塩酸を加えると白色沈殿を生成する。これは、水に難溶性の（ お ）が析出したためである。また、臭化銀の沈殿を含む水に（ A ）と、沈殿は変色するが、これは臭化銀が分解されて①銀の微粒子が析出したためである。

一方、亜鉛 Zn は、（ か ）個の価電子をもつ典型金属元素である。亜鉛の結晶の単位格子は六方最密構造であり、配位数は（ き ）である。亜鉛や、②亜鉛と非金属元素の化合物は、様々な分野で利用されている。亜鉛と（ く ）の合金である真鍮(しんちゅう)は、硬貨などに用いられている。③鉄に亜鉛をめっきしたトタンは、建築資材などに用いられる。また、亜鉛はマンガン乾電池のように、放電し続けると起電力が低下し回復することができない（ け ）電池に使用されることが多い。

問1 （ あ ）～（ け ）に入る適切な数値や語などを記せ。ただし、（ い ）、（ く ）は元素記号、（ う ）～（ お ）に入る銀の化合物は化学式で記せ。

問2 （ A ）に入る最も適切な語句を次のア～エから1つ選び、記号で記せ。

- ア アンモニア水を加える
- イ 酸化剤を加える
- ウ 光を当てる
- エ チオ硫酸ナトリウム水溶液を加える

問 3 下線部①に関して、直径が d ナノメートルの真球形の銀の微粒子をつくったとする。ただし、1 ナノメートル (1 nm) = 10^{-7} cm である。銀の原子半径は 1.4×10^{-8} cm, $\sqrt{2} = 1.4$, 円周率は π とする。また、結晶中の最近接の銀原子は互いに接触しているものとする。

(1) 銀の単体格子の一辺の長さは何 cm か。有効数字 2 桁で答えよ。

(2) 銀の微粒子 1 個あたりに含まれる銀の単体格子の数を表す式を (1) の答えを用いて求め、正しいものを次のア～カから 1 つ選べ。

ア $\frac{\pi d^3 \times 10^3}{48}$

イ $\frac{\pi d^3 \times 10^3}{96}$

ウ $\frac{\pi d^3 \times 10^3}{192}$

エ $\frac{\pi d^3 \times 10^3}{384}$

オ $\frac{\pi d^3 \times 10^3}{768}$

カ $\frac{\pi d^3 \times 10^3}{1536}$

問 4 下線部②に関して、正しいものを次のア～エから 1 つ選び、記号を記せ。

ア 硫酸亜鉛は X 線撮影用の造影剤に利用されている。

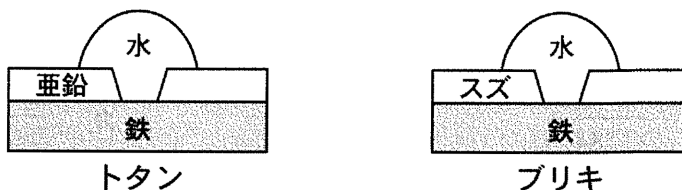
イ 酸化亜鉛は白色顔料に用いられる。

ウ 水酸化亜鉛は酸の水溶液に溶解し、強塩基の水溶液には溶解しない。

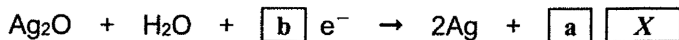
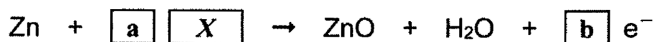
エ 炭酸亜鉛は鍾乳洞(しょうにゅうどう)に見られる鍾乳石の主成分である。

問5 下線部③に関する次の文の、(ア)～(エ)に入る元素名、(B)に入る適切な語を記せ。ただし、(ア)～(エ)には同じ元素名が入る場合がある。

トタンとブリキ(鉄にスズをめっきしたもの)のめっきに傷をつけてから、下図のように、鉄が露出した部分を水に触れさせた。このとき、トタンでは、(ア)の方が(イ)よりも先に酸化が進んだ。また、ブリキでは、鉄の方がスズよりも先に酸化が進んだ。この理由は、トタンとブリキに含まれる3つの金属元素を、(B)の大きい方から順に並べると、亜鉛、(ウ)、(エ)となることに基づいて説明することができる。



問6 銀と亜鉛の両方を利用したものに酸化銀電池がある。酸化銀電池は、小型電池として精密機器などに利用されている。この電池では次の反応が起こる。ただし、ファラデー定数は $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$ とする。



(1) 反応式中の $\boxed{\text{a}}$ 、 $\boxed{\text{b}}$ に入る数値、 $\boxed{\text{X}}$ に入る化学式をそれぞれ記せ。

(2) この電池を 4.0 A の電流で放電したとき、銀が 216 mg 生じるのにかかった時間は何秒か。小数第1位を四捨五入して整数で答えよ。

第2問

問1

多くの気体は、水をはじめとする溶媒に溶解する。下の表は、 1.013×10^5 Paでの窒素、酸素および二酸化炭素の溶解度を水 1 L あたりに溶ける物質量で示したものである。この表から分かるように、一般に気体の溶解度は高温ほど小さくなる。また、気体の種類によって溶解度は大きく異なり、 $\textcircled{1}$ 溶媒である水との分子間の相互作用を伴って気体分子が溶解するとき、気体の溶解度が大きくなる傾向がある。

表 各種気体の水への溶解度 [mol/L] (1.013×10^5 Pa)

温度 [°C]	N ₂	O ₂	CO ₂
0	10.6×10^{-4}	21.9×10^{-4}	7.65×10^{-2}
20	7.1×10^{-4}	13.9×10^{-4}	3.90×10^{-2}
40	5.5×10^{-4}	10.4×10^{-4}	2.37×10^{-2}
60	4.9×10^{-4}	8.8×10^{-4}	1.66×10^{-2}
80	4.8×10^{-4}	8.3×10^{-4}	1.30×10^{-2}

混合気体が溶媒となる液体に接しているとする。温度が一定のとき、一定量の溶媒に溶ける気体の物質量は、その気体の（あ）に比例する。これを（い）の法則と呼ぶ。また、（う）の法則によると、気体の体積は圧力に（え）する。その結果、温度が一定のとき、一定量の溶媒には、一定の（お）の気体が溶解する。

(1)（あ）～（お）に入る語として適切なものを、次のア～サのうちから1つずつ選び、記号で記せ。

ア アボガドロ

イ ボイル

ウ シャルル

エ ヘンリー

オ ファントホッフ

カ ヘス

キ 分圧

ク 体積

ケ 物質量

コ 比例

サ 反比例

(2) 空気を窒素と酸素からなる混合気体とし、モル分率はそれぞれ 0.80, 0.20 とする。40°C, 1.013×10^5 Pa で空気との溶解平衡に達した水を、60°C に温めた。この昇温によって水中から生じた気体に含まれる酸素のモル分率を空気中の酸素のモル分率 0.20 と比較し、大きい、小さい、等しいのいずれかで答えよ。ただし、生じた気体に水蒸気は含めない。

(3) 下線部①に関連して、次の文章中の空欄 (か), (き) に入る最も適切な語を記せ。

3 種類の気体、メタン、硫化水素、アンモニアは、この順序で水への溶解度が高くなる。これは、溶解度がもっとも低いメタンのみが (か) 分子のため水分子との間に静電的な引力が生じないことに加えて、アンモニア分子と水分子との間にファンデルワールス力よりも強い (き) 結合がはたらいていることで説明される。

(4) 炭酸水 1 L に溶け込んだ二酸化炭素の標準状態での体積 [L] をガス容と呼び、[GV] の単位で表す。20°C の炭酸水が入った容器の内部で、二酸化炭素の分圧が 3.039×10^5 Pa (3.0 気圧) のとき、この炭酸水に溶けている二酸化炭素のガス容 [GV] の値を計算し、有効数字 2 桁で記せ。ただし、二酸化炭素は理想気体とみなし、標準状態における理想気体 1 mol あたりの体積は 22.4 L とする。

(5) ガス容が x [GV] の炭酸水がある。水に溶けた二酸化炭素は炭酸を生じ、この炭酸が電離平衡に達している。一段階目の電離定数を K_1 [mol/L] とし、二段階目の電離は無視できるとすると、この炭酸水中の水素イオンのモル濃度を表す式として最も適切なものを、次のア～カのうちから1つ選び、記号で記せ。ただし、水に溶けた二酸化炭素の大部分は炭酸として存在すると仮定する。

$$\text{ア} \quad \sqrt{\frac{x}{K_1 \times 22.4}}$$

$$\text{イ} \quad \sqrt{\frac{22.4}{K_1 x}}$$

$$\text{ウ} \quad \sqrt{\frac{K_1 x}{22.4}}$$

$$\text{エ} \quad \sqrt{\frac{K_1 \times 22.4}{x}}$$

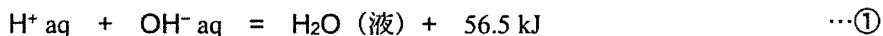
$$\text{オ} \quad \frac{K_1 x}{22.4}$$

$$\text{カ} \quad \frac{K_1 \times 22.4}{x}$$

(次のページにも問題があります。)

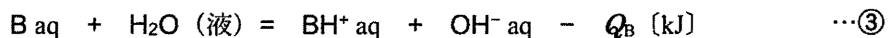
問 2

1 価の酸と 1 価の塩基による反応を考える。水溶液中で酸と塩基が反応して水 1 mol が生成するときに発生する反応熱を (あ) と呼び、次の熱化学方程式で表される。



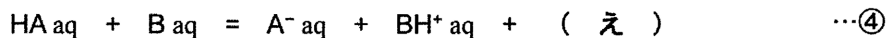
強酸や強塩基は、ともに水溶液中で完全に電離して、溶けた酸や塩基の物質量に相当する H^+ と OH^- がすでに生成していると仮定できる。したがって、強酸と強塩基を 1 mol ずつ混合することで生じる反応熱は、酸と塩基の (い)。

次に、弱酸と弱塩基による反応を考える。これらの水溶液が極端に希薄でなければ、酸や塩基の電離度は小さい。電離により生じる H^+ と OH^- はごくわずかであることから、弱酸と弱塩基を 1 mol ずつ混合することで生じる反応熱を求めするには電離による反応熱を考慮する必要がある。弱酸 HA および弱塩基 B の水溶液中での電離反応の熱化学方程式が、正の熱量 Q_A [kJ]、 Q_B [kJ] を用いて、



で表されるとすると、電離反応はいずれも (う) である。

弱酸と弱塩基による反応の熱化学方程式は、



となり、強酸と強塩基による反応に比べて、生じる反応熱は小さい。

(1) (あ) に入る適切な語を記せ。

(2) (い), (う) にあてはまる語句として正しい組み合わせを、次の
ア～エのうちから1つ選び、記号で記せ。

	い	う
ア	種類によらず一定である	発熱反応
イ	種類によらず一定である	吸熱反応
ウ	種類に依存して変化する	発熱反応
エ	種類に依存して変化する	吸熱反応

(3) 弱酸と弱塩基の反応について、熱化学方程式④の空欄 (え) に入る熱
量を数式で記せ。

(4) 質量パーセント濃度がともに 1.0% の塩酸 100 mL とアンモニア水 100 mL を
混合したとき、その水溶液が酸性、中性、塩基性のいずれの性質を示すか
を記せ。また、このときの反応熱 [kJ] を計算し、有効数字 2 桁で記せ。
ただし、水溶液中でのアンモニアの電離反応に対する熱量 $Q_b = 6.3$ kJ とし、
2 つの水溶液の密度は 1.0 g/cm³ として計算すること。

第3問

分子式 $C_{13}H_{16}O_4$ で表される化合物 **A** は、エステル構造と不斉炭素原子をもつ。
1 mol の化合物 **A** を加水分解すると、化合物 **B**、**C**、**D** がそれぞれ 1 mol ずつ得られた。これらの化合物に関する以下の問いに答えよ。なお、構造式は「解答上の注意」の例にならって記せ。光学異性体を区別して記す必要はない。

問1 化合物 **B** に炭酸水素ナトリウム水溶液を加えると①気体が発生した。化合物 **B** は、トルエンを過マンガン酸カリウムと反応させて得られる芳香族化合物と同じ物質であった。化合物 **B** の構造式を記せ。また、下線部①の気体の名称を記せ。

問2 化合物 **C** は不斉炭素原子をもち、その分子量は 90 である。化合物 **C** に炭酸水素ナトリウム水溶液を加えると②気体が発生した。15 mg の化合物 **C** を完全燃焼させたところ、二酸化炭素 22 mg と水 9.0 mg が生成した。化合物 **C** の分子式と構造式を記せ。また、下線部②の気体の名称を記せ。

問3 化合物 **D** は、炭酸水素ナトリウムとは反応しないが、金属ナトリウムとは反応して③気体が発生した。化合物 **D** に塩基性条件下でヨウ素を作用させると黄色沈殿が生じた。化合物 **D** の構造式を記せ。また、下線部③の気体の名称を記せ。

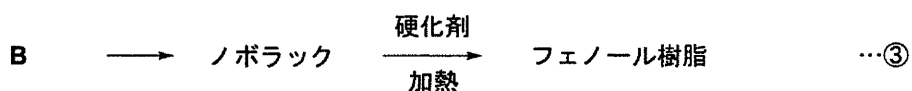
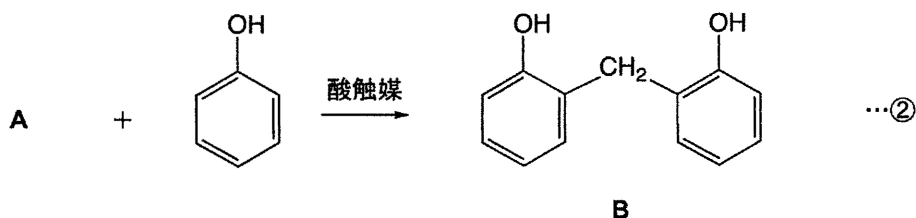
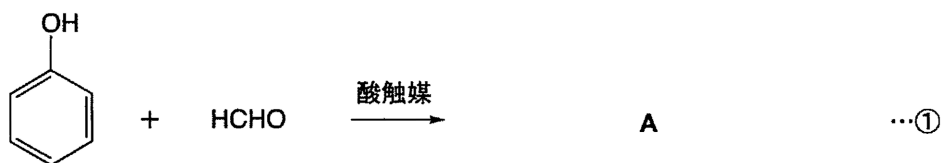
問4 化合物 **A** の構造式を記せ。

第4問

問1

プラスチックは、熱に対する性質の違いによって、熱可塑性樹脂と熱硬化性樹脂に分類される。熱可塑性樹脂であるポリエチレンは、エチレン分子が（あ）によりつながった（い）構造をもつ高分子であり、枝分かれの多い（う）ポリエチレンと、枝分かれの少ない（え）ポリエチレンがある。

熱硬化性樹脂であるフェノール樹脂は、次のようにして合成される。まず酸触媒を用いて、フェノールにホルムアルデヒドを（お）させると中間体Aが生じる（反応①）。中間体Aはフェノールと反応し中間体Bを生じる（反応②）。中間体Bは、さらにフェノールおよびホルムアルデヒドと反応し、ノボラックとよばれる中間生成物を生じる。これに硬化剤を加え加熱処理を行うとフェノール樹脂となる（反応③）。フェノール樹脂は、ベンゼン環同士がメチレン基で架橋された（か）の構造をもつ。



(1) (あ) ~ (か) にあてはまる語句を次のア~コから選び、記号で記せ。

ア 縮合重合	イ 付加重合
ウ 付加	エ 縮合
オ 共重合	カ 低密度
キ 高密度	ク 鎖状
ケ 網目状	コ らせん状

(2) 平均分子量 3.78×10^5 のポリエチレンの重合度の平均値はいくらか。
有効数字 3 桁で記せ。

(3) 反応①の生成物である中間体 **A** の構造式を記せ。なお、構造式は「解答上の注意」の例にならって記せ。

問2

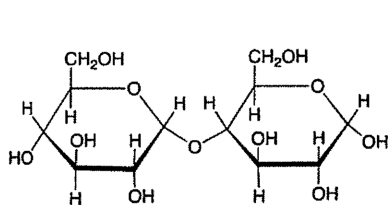
二糖類は、単糖2分子が脱水縮合したものであり、マルトース、セロビオース、スクロースなどがある。マルトースは（あ）によりデンプンから生成し、（い）により加水分解される。セロビオースはセルラーゼによりセルロースから生成し、セロビアーゼにより加水分解される。スクロースはサトウキビに多く含まれる代表的な甘味料であり、（う）により加水分解される。マルトースおよびセロビオースの水溶液はフェーリング液を（え）するが、スクロース水溶液は（え）しない。この（え）性は、水溶液中で生じた鎖状構造中の（お）基による。

(1) (あ)～(う)にあてはまる語句を次のア～カから選び、記号で記せ。

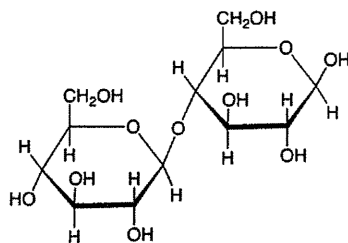
ア	プロテアーゼ	イ	マルターゼ	ウ	リパーゼ
エ	インベルターゼ	オ	ラクターゼ	カ	アミラーゼ

(2) (え), (お)にあてはまる語句を記せ。

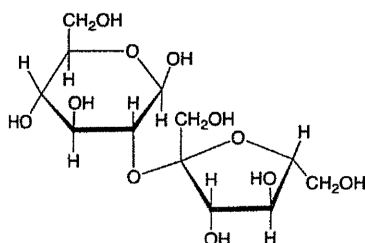
(3) スクロースの構造をア～エから選択し、記号で記せ。



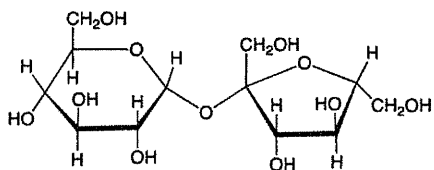
ア



イ



ウ



エ

(4) 分子量 6.48×10^5 のデンプン 1.00 mol を完全に加水分解すると得られるグルコースの物質量はいくらか。有効数字3桁で記せ。