

令和5年度入学試験問題

理 科

	ページ
物 理.....	1～15
化 学.....	16～27
生 物.....	28～44
地 学.....	45～55

注 意 事 項

試験開始後、選択した科目の問題冊子及び解答用紙のページを確かめ、落丁、乱丁あるいは印刷が不鮮明なものがあれば新しいものと交換するので挙手すること。

1. 試験開始の合図があるまで問題冊子を開かないこと。
2. 試験開始後は、すべての解答用紙に受験番号（2か所）・氏名を記入すること。
3. 解答は、必ず解答用紙の指定されたところに記入すること。
4. 解答する数字、文字、記号等は明瞭に書くこと。
5. 解答用紙は持ち出さないこと。

化 学

必要があれば、次の値を用いよ。原子量：H = 1.0, C = 12, N = 14, O = 16。

標準状態における気体のモル体積は 22.4 L/mol とし、気体はすべて理想気体として取り扱うものとする。

1 次の文章を読み、問 1 ～問 6 に答えよ。

周期表は原則的に、元素が左上から原子番号の順に並ぶよう作成されている。

原子番号とは、原子核の中にある **ア** の個数であり、電気的に中性な原子においては、原子中の電子の数に等しい。原子核は **ア** と中性子より構成され、その二つの数の和を質量数とよび、同じ元素でも質量数の異なる原子を^①同位体という。

また、原子の最も外側の電子殻に存在する電子で原子間の結合などに用いられるものを価電子という。周期表の 1, 2 族, 12 ～ 18 族の **イ** 元素は、原子番号の増加とともに価電子の数が規則的に変化するため同族元素の性質がよく似ている。一方, 3 ～ 11 族の **ウ** 元素は、原子番号が増加しても最外殻電子の数が 1 個もしくは 2 個である。

問 1 **ア** ～ **ウ** に入る適切な語句を記せ。

問 2 下線部①に関して、次の(1)と(2)に計算過程も含めて、有効数字 4 桁で答えよ。いずれの原子も相対質量は質量数と等しいものとする。

(1) 炭素の同位体 ^{12}C と ^{13}C の存在比が、それぞれ 98.900 % , 1.100 % であるとき、炭素の原子量を求めよ。

(2) 塩素の原子量が 35.45 のとき、塩素の同位体 ^{35}Cl と ^{37}Cl の天然存在比 (%) をそれぞれ求めよ。塩素は ^{35}Cl と ^{37}Cl 以外は考慮しないものとする。

問 3 原子番号 11 ～ 17 までの範囲の原子のうち、原子半径が最も大きい原子を 1 つ選び、元素記号を記せ。

問 4 周期表の第 3 周期に属する元素に関する記述(あ)～(お)のうち、正しいものをすべて選び、記号で答えよ。

- (あ) 1 族元素は常温で水と激しく反応して酸素を発生する。
- (い) 13 族元素の酸化物は、両性酸化物である。
- (う) 14 族元素の単体は共有結合結晶で、金属光沢があり半導体の性質を示す。
- (え) 15 族元素の単体を空気中で燃焼させると、強い吸湿性を示す酸化物を生じる。
- (お) 16 族元素の酸化物を水に溶かすと、水溶液はアルカリ性を示す。

問 5 次の記述(あ)～(お)のうち、正しいものをすべて選び、記号で答えよ。

- (あ) 酸化還元反応では、反応過程において電子の授受が起こる。
- (い) 金属がさびるのは還元反応である。
- (う) 3 ～ 11 族の元素は全て気体である。
- (え) 金属単体が水溶液中で陰イオンになろうとする性質を、金属のイオン化傾向という。
- (お) イオン結合は陽イオンと陰イオンの間の静電的な引力による化学結合である。

問 6 鉄を亜鉛でめっきしたトタンは表面に傷がついて鉄が露出してもさびにくい。その理由を 40 字程度で述べよ。

2 次の文章を読み、問 1 ～問 7 に答えよ。

炭酸ナトリウムと水酸化ナトリウムの混合水溶液に塩酸を加えると、まず、水酸化ナトリウムの中和反応が進み、その後、炭酸ナトリウムの中和が進行する。滴定曲線は図 1 のようになる。

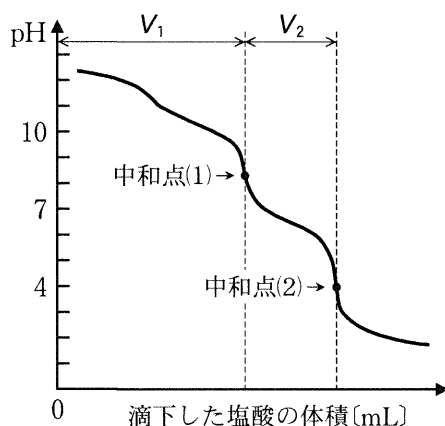


図 1

この反応を利用して、酸素、窒素、二酸化炭素からなる混合気体に含まれる二酸化炭素量を次の手順で測定した。標準状態における体積が 500 mL の混合気体を 0.200 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液 25.0 mL に通じて二酸化炭素を完全に吸収させた。この溶液に、pH 指示薬として A を加え、0.200 mol/L の塩酸^②を滴下したところ、ある量を加えた時に溶液が変色したので、中和点(1)に達したと判断した。続いて、pH 指示薬として B を加え、0.100 mol/L の塩酸^③を滴下したところ、20.0 mL を加えた時に溶液が変色したので、中和点(2)に達したと判断した。

問 1 図 1 の V_1 において生じる反応を化学反応式で記せ。

問 2 図 1 の V_2 において生じる反応を化学反応式で記せ。

問 3 A および B として適切なものを次の(あ)～(え)からそれぞれ 1 つ選んで答えよ。

- (あ) 変色域が 3.1 ～ 4.4 の pH 指示薬
- (い) 変色域が 5.2 ～ 6.8 の pH 指示薬
- (う) 変色域が 6.0 ～ 7.6 の pH 指示薬
- (え) 変色域が 8.0 ～ 9.8 の pH 指示薬

問 4 水酸化ナトリウム水溶液に吸収された二酸化炭素の物質質量[mol]を求め、有効数字 3 桁で示せ。解答欄には計算過程を含めて記入せよ。

問 5 混合気体における二酸化炭素のモル分率を求め、有効数字 3 桁で示せ。解答欄には計算過程を含めて記入せよ。

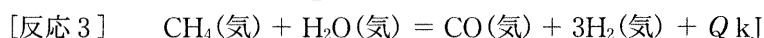
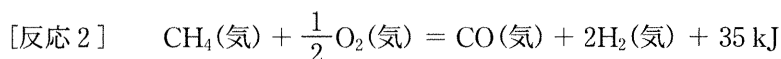
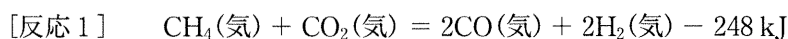
問 6 この実験で混合気体に含まれる二酸化炭素量を求めるための操作で用いた下線部①～③の水溶液について、正確な値を知っておく必要があるものを、次の(あ)～(お)からすべて選び、記号で答えよ。いずれも該当しない場合は、解答欄に「無し」と記せ。

- (あ) 下線部①の水酸化ナトリウム水溶液の濃度[mol/L]
- (い) 下線部①の水酸化ナトリウム水溶液の体積[mL]
- (う) 下線部②の塩酸の濃度[mol/L]
- (え) 下線部②の塩酸の体積[mL]
- (お) 下線部③の塩酸の濃度[mol/L]

問 7 同じ混合気体 500 mL を 0.100 mol/L の水酸化バリウム水溶液 25.0 mL に通じて二酸化炭素を完全に吸収させた。生じた沈殿をろ過により取り除き、ろ液を得た。ろ液 20.0 mL を 0.100 mol/L の塩酸で中和滴定した。中和に要した 0.100 mol/L の塩酸の体積[mL]を求めて、有効数字 2 桁で示せ。解答欄には計算過程を含めて記入せよ。

3 次の文章を読み、問 1 ～問 6 に答えよ。

地球温暖化による気候変動は、人間の生活や自然の生態系にさまざまな影響を与える。二酸化炭素や天然ガスの主成分であるメタンは、地球温暖化に影響している。地球温暖化を抑制する手段として、温室効果ガスの一種であるメタンを消費し、化学製品などの原料となる水素や一酸化炭素へと変換する以下の反応がある。



反応 1 ～ 3 のように化学反応式の矢印(→)を等号(=)に置きかえ、右辺に反応熱を書き加えた式を **ア** 方程式という。ここで、反応熱は常温・常圧(298 K, $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$)における値を示す。反応 1 のように反応熱の符号がマイナス(−)の反応を **A** 熱反応とよび、右辺の物質のもつエネルギーの和は左辺の物質のもつエネルギーの和よりも **B**。反応 2 のように反応熱の符号がプラス(+)の反応を **C** 熱反応とよび、右辺の物質のもつエネルギーの和は左辺の物質のもつエネルギーの和よりも **D**。触媒は、反応の前後でそれ自身は変化せず、反応速度を大きくする物質であり、^①反応 1 ～ 3 は、工業的には固体触媒を用いて行われる。^②

海洋は地球の表面積の約 70 % を占め、大気中に放出された二酸化炭素を吸収する役割をもつ。二酸化炭素の大気から海水中への吸収と海水から大気への放出は、大気と海洋表面との二酸化炭素の **イ** 差に依存する。**イ** は、混合気体中の各成分気体が単独で混合気体の体積を占めるときの圧力を指す。^③海水中の二酸化炭素濃度は、海水温度に影響を受けるが、大気中への二酸化炭素の排出増加にともない、海洋表層における二酸化炭素濃度は、年々増加傾向にある。

問 1 文章中の **ア** と **イ** に入る適切な語句を答えよ。

問 2 文章中の **A** ～ **D** に入る適切な語句の組み合わせを次の
(あ)～(え)から 1 つ選び、記号で答えよ。

	A	B	C	D
(あ)	発	高い	吸	低い
(い)	発	低い	吸	高い
(う)	吸	高い	発	低い
(え)	吸	低い	発	高い

問 3 下線部①について、次の記述の(あ)～(お)のうち、正しいものをすべて選び、
記号で答えよ。

- (あ) 触媒を用いると反応熱の値が大きくなる。
- (い) 触媒を用いても反応熱の値は変化しない。
- (う) 触媒を用いると反応熱の値が小さくなる。
- (え) 触媒を用いると平衡が移動する。
- (お) 触媒を用いても平衡は移動しない。

問 4 触媒は大きく均一触媒と不均一触媒に分けられる。下線部②について、反
応 1 ～ 3 に用いる固体触媒は、どちらに分類されるかを答えよ。

問 5 下の表 1 に示す結合エネルギーを用い、反応 3 の反応熱 Q [kJ] の値を符
号も含めて求めよ。解答欄には計算の過程を含めて記入せよ。

表 1 298 K における結合エネルギー[kJ/mol] ()に物質の種類を示す。

結合	H—H	CO (一酸化炭素)	CO (二酸化炭素)	C—H (CH ₄)	O—H (H ₂ O)	O=O
結合エネルギー	436	1076	804	416	463	498

(問題は、次ページに続く。)

問 6 下線部③について，図 1 を参考にし，次の(1)～(4)に答えよ。水の蒸気圧は無視できるものとし，水溶液の体積は変化しないものとする。二酸化炭素は， $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ のときに， 27°C の水 1 L に $4.0 \times 10^{-2} \text{ mol}$ 溶けるものとし， 57°C の水 1 L に $2.0 \times 10^{-2} \text{ mol}$ 溶けるものとする。気体定数は $8.3 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$ とし， 0°C は 273 K とする。解答欄には計算の過程を含めて記入し，有効数字 2 桁で示せ。

- (1) 容積 2.5 L の真空容器に水 2 L と二酸化炭素を入れ，密閉したまま 27°C に保持し，長い時間静置したところ，容器内の圧力は $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ で一定となった。密閉容器内の水に溶けている二酸化炭素の物質量[mol]を求めよ。
- (2) (1)において，容器に入れた二酸化炭素の全物質量[mol]を求めよ。
- (3) (1)の密閉容器を 57°C に温度を上げ，長い時間静置したところ圧力が一定となった。このときの容器内の圧力[Pa]を求めよ。
- (4) (3)の状態を保持したまま，容器内に $2.0 \times 10^{-3} \text{ mol}$ の窒素を加えて長い時間静置すると，容器内の圧力が一定となった。このときの容器内の全圧[Pa]を求めよ。二酸化炭素と窒素は容器内で反応しないものとする。窒素は $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ のときに， 57°C の水 1 L に $5.0 \times 10^{-4} \text{ mol}$ 溶けるものとする。

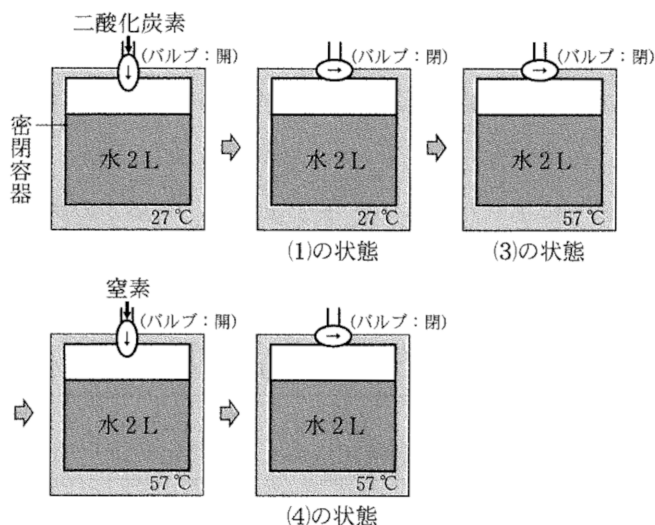
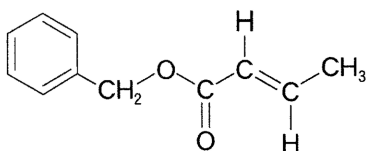


図 1 操作の概略図

- 4 次の文章を読み、問1～問7に答えよ。解答で構造式を示す場合には例にならって記せ。

(例)



化合物 A ～ E は、いずれもヒドロキシ基を有する有機化合物である。化合物 A は、酵母がアルコール発酵によりグルコースを分解してエネルギーを得る際に、^①二酸化炭素とともに生じる。この反応は、パンの製造過程など、人間の生活の中でも利用されている。化合物 A と B に対して適切な酸化剤を用いて酸化を試みたところ、化合物 A のみが酸化され、化合物 B はほとんど酸化されなかった。化合物 A と濃硫酸の混合物を 130 ～ 140 ℃ で加熱すると、化合物 B の構造異性体である化合物 F を生じた。^②化合物 B と化合物 F の沸点は大きく異なっていた。化合物 C と D は、いずれも炭素 C、水素 H、酸素 O のみからなる化合物であり、不斉炭素原子を有する。化合物 C と D をそれぞれ 54.0 mg 量り取り完全燃焼させると、どちらからも二酸化炭素 79.2 mg と水 32.4 mg を生じた。化合物 C と D をそれぞれ水に溶かすと、化合物 C の水溶液のみ弱酸性を示し、化合物 C を 54.0 mg 含む水溶液を完全に中和するのに 0.100 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液 6.00 mL を要した。一方、化合物 C と D にそれぞれアンモニア性硝酸銀水溶液を加えて穏やかに加熱すると、化合物 D のみ銀が析出した。^③化合物 D は、核酸の構成成分であった。また、化合物 E は、天然のタンパク質を加水分解することによって得られる成分の一種であり、pH 4.0 の水溶液を用いて電気泳動を行うと、陰極側へ移動した。化合物 E 54.0 mg に対して適切な条件下でメタノールを作用させてエステル化を行い、完全に反応が進行するとき、エステルは 61.2 mg 得られた。

問 1 下線部①について、反応式を記せ。

問 2 化合物 B と F の構造式を記せ。

問 3 下線部②について、沸点が高いのはどちらか答えよ。また、その理由を 40 字以内で記せ。

問 4 化合物 C の組成式を記せ。また、分子量を整数値で示せ。解答欄には計算の過程を含めて記入せよ。

問 5 下線部③について、化合物 D の名称および分子式を記せ。

問 6 化合物 E の分子量を整数値で示せ。解答欄には計算の過程を含めて記入せよ。

問 7 化合物 C と E の構造式を記せ。ただし、鏡像異性体がある場合は区別しなくてよい。

5 次の文章Ⅰおよび文章Ⅱを読み、問1～問5に答えよ。

(文章Ⅰ)

合成高分子の多くは、熱や圧力を加えると目的とする形に成形・加工することができる。このような性質を持つ高分子材料をプラスチック(合成樹脂)という。プラスチックと総称されるポリエチレンテレフタレートやフェノール樹脂は、高分子化合物の一種であり、熱に対する性質から ① **ア** 樹脂と熱硬化性樹脂にそれぞれ分類される。**ア** 樹脂はペットボトルや食品用ラップなどで用いられ、熱硬化性樹脂は食器や接着剤などで用いられる。また近年、使用済みのプラスチックをリサイクルする技術も盛んに研究・開発され、実用化されている。

(文章Ⅱ)

水溶液中のアミノ酸は、水溶液を酸性にすると双性イオン中の **A** が水素イオンを受け取ることによって電荷を失うため **イ** イオンとなる。一方、水溶液を塩基性にするると双性イオン中の **B** が水素イオンを放出することによって電荷を失うため **ウ** イオンとなる。

1つのアミノ酸の $-\text{COOH}$ と他のアミノ酸の $-\text{NH}_2$ との間で脱水縮合が起こると、アミド結合 $-\text{CO}-\text{NH}-$ ができる。このように、アミノ酸どうしから生じたアミド結合を、特に、ペプチド結合という。ペプチド結合をもつ物質を ペプチド ② という。アミノ酸2分子が脱水縮合して結合したものを **エ** という。

タンパク質は、卵、肉、魚、大豆などに多く含まれている窒素を含む高分子化合物である。タンパク質を含む試料を濃硫酸と反応させると、タンパク質中の窒素は硫酸アンモニウムに変換される。この反応を利用して、食品中のタンパク質を定量することができる。 ③ この方法はケルダール法とよばれており、開発されてから100年以上経つ現在においても、食品に含まれるタンパク質の代表的な分析方法として用いられている。

問 1 文章中の ア ～ エ に入る適切な語句を記せ。

問 2 下線部①に関して、原料であるエチレングリコール由来の炭素がポリエチレンテレフタレート中の全炭素に占める割合〔%〕を整数値で求めよ。なお、解答欄には計算の過程を含めて記入せよ。

問 3 文章中の A と B に入る適切なものを次の(あ)～(え)から選び、それぞれ記号で答えよ。

(あ) —COOH (い) —COO^- (う) —NH_2 (え) —NH_3^+

問 4 下線部②に関して、あるペプチド P およびペプチド Q がどのようなアミノ酸で構成されているか確かめるために実験を行い(a)～(f)に示す結果を得た。また、アミノ酸の名称と分子量との対応を表 1 にまとめた。以下の(1)と(2)に答えよ。

- (a) ペプチド P およびペプチド Q に溶液 X を加え温めると、紫色を呈した。
- (b) 濃硝酸を加え加熱したところ、ペプチド Q のみが黄色を呈した。
- (c) 水酸化ナトリウム水溶液を加えて熱し、酢酸鉛(Ⅱ)水溶液を加えたところ、ペプチド P のみが黒色沈殿を生じた。
- (d) ペプチド P の分子量は 230 以下であった。
- (e) ペプチド P およびペプチド Q はともに 1 分子あたり 2 個の不斉炭素原子を持っていた。
- (f) ペプチド P とペプチド Q を混ぜ合わせ、塩酸を加え加熱すると、表 1 に示す異なる 5 種類のアミノ酸が検出された。

表 1 ペプチド P およびペプチド Q を構成するアミノ酸の名称と分子量

名称	分子量	名称	分子量
グリシン	75	メチオニン	149
アラニン	89	チロシン	181
リシン	146		

(問題は、次ページに続く。)

- (1) 実験(a)で使用した溶液 X の名称を答えよ。
- (2) ペプチド P およびペプチド Q に含まれるすべてのアミノ酸の名称を答えよ。

問 5 下線部③に関して、乾燥魚肉中のタンパク質の質量パーセント濃度〔%〕を求めるために以下に示す(a)～(e)の実験操作を行った。以下の(1)と(2)に答えよ。

- (a) 丸底フラスコに乾燥魚肉 2.00 g を量り取り、濃硫酸 10.0 mL と少量の触媒(硫酸カリウムと硫酸銅を 9 : 1 で混合したもの)を加えた。その後、溶液が淡青色になるまでガスバーナーで加熱し、完全に反応させ、常温に戻るまで放置した。
- (b) メスフラスコを用いて、(a)で得られた試料溶液を正確に水で 100 mL に希釈した。
- (c) 希釈した試料溶液 10.0 mL に 30 % 水酸化ナトリウム水溶液 10.0 mL を加えたところアンモニアが発生した。
- (d) 発生したアンモニアを 0.100 mol/L の硫酸水溶液 10.0 mL で捕集した。
- (e) 捕集後の溶液を 0.050 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液で滴定したところ、15.0 mL を要した。

- (1) (c)および(d)の実験操作における反応を化学反応式で示せ。
- (2) タンパク質が窒素を 16.0 % 含有するとして、乾燥魚肉中のタンパク質の質量パーセント濃度〔%〕を求めよ。計算過程を示し、有効数字 3 桁で答えよ。なお、発生したアンモニアは、すべてタンパク質に由来するものとし、すべて 0.100 mol/L の硫酸水溶液に捕集されたものとする。

