

令和2年度 個別学力試験問題

理 科 (120分)

人間学群 (教育学類, 心理学類, 障害科学類) ※1科目選択で60分

生命環境学群 (生物学類, 生物資源学類, 地球学類)

※地球学類で地理歴史を選択する者は, 理科1科目と合わせて120分

理工学群 (数学類, 物理学類, 化学類, 応用理工学類, 工学システム学類)

情報学群 (情報科学類)

(知識情報・図書館学類) ※1科目選択で60分

医学群 (医学類, 医療科学類)

(看護学類) ※1科目選択で60分

目 次

物	理	1
化	学	12
生	物	20
地	学	31

注 意

1. 問題冊子は1ページから38ページまでである。
2. 受験者は下表の志望する学類の出題科目を解答すること。

学 類	出 題 科 目				備 考
	物理	化学	生物	地学	
教 育 学 類	○	○	○	○	○印の中から1科目を選択解答
心 理 学 類	○	○	○	○	○印の中から1科目を選択解答
障 害 科 学 類	○	○	○	○	○印の中から1科目を選択解答
生 物 学 類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
生 物 資 源 学 類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
地 球 学 類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答 又は地理歴史を選択する者は○ 印の中から1科目選択
数 学 類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
物 理 学 類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
化 学 類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
応 用 理 工 学 類	◎	○	○	○	◎印の物理は必須, ○印の中 から1科目を選択解答
工 学 シ ス テ ム 学 類	◎	○	○	○	◎印の物理は必須, ○印の中 から1科目を選択解答
情 報 科 学 類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
知 識 情 報 ・ 図 書 館 学 類	○	○	○	○	○印の中から1科目を選択解答
医 学 類	○	○	○		○印の中から2科目を選択解答
看 護 学 類	○	○	○		○印の中から1科目を選択解答
医 療 科 学 類	○	○	○		○印の中から2科目を選択解答

化 学

問題Ⅰ～Ⅲについて解答せよ。字数を指定している設問の解答では、数字、アルファベット、句読点、括弧、記号も、すべて1字として記入せよ。なお、計算に必要なならば、次の数値を用いよ。

原子量：H = 1.00, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, S = 32.1, Pb = 207.2

アボガドロ定数： $N_A = 6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$

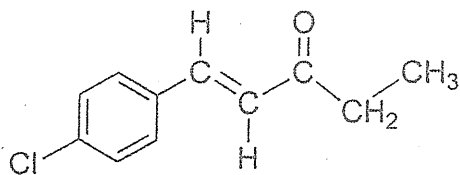
気体定数： $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{mol} \cdot \text{K})$

$0^\circ\text{C} = 273 \text{ K}$

ファラデー定数： $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$

$\log_{10} 2 = 0.30$, $\log_{10} 3 = 0.48$, $\log_{10} 7 = 0.85$, $\sqrt{10} = 3.2$

有機化合物の構造式は、次の記入例にならって示せ。なお、構造式の記入に際し、不斉炭素原子の存在により生じる異性体は区別しないものとする。



I 次の文章を読み、問1～問5に答えよ。

都市で大量に廃棄される家電製品などの中には都市鉱山と呼ばれる有用な資源が存在し、この資源を再生し有効活用することは持続可能な社会にとって重要である。2020年の東京オリンピック・パラリンピックで使用される金・銀・銅の入賞メダルは、使用済み小型家電に含まれる金属をリサイクルしてつくられた。また、地球上で存在量が少なかったり、抽出・精製が難しい金属はレアメタルと呼ばれ、二次電池などに利用されている。近年では、資源問題解決のため、安定供給が難しいレアメタルに代わる材料を安価で豊富に存在する元素でつくる研究が注目されている。

問1 下線部(a)に関して、次の問に答えよ。

(i) 金、銀、銅の単体の室温における性質のうち、正しいものを次の①～④から全て選び、番号で答えよ。

- ① 金属光沢がある。
- ② 延性は金、銀、銅の中で金が最大である。
- ③ 熱伝導性は金、銀、銅の中で銀が最大である。
- ④ 水と容易に反応する。

(ii) 金は王水に溶ける。王水をつくるのに使う2種類の酸の名称を答えよ。

(iii) ^{197}Au が3価の陽イオンとなったとき、原子番号、陽子の数、および電子の数を答えよ。

(iv) 銀イオンに関する以下の文章を読み、下線部(a)に主に含まれる銀の化合物、および下線部(i)に主に含まれる銀の錯イオンを化学式で示せ。

Ag^+ イオンを含む水溶液に少量のアンモニア水を加えると褐色沈殿を生じた。さらに過剰のアンモニア水を加えると無色溶液となった。

(v) 銅およびその他の金属イオンを含む水溶液から各イオンの分離を行うためには適切な試薬・操作が必要である。以下に示す金属イオンの系統分離操作において、ウ および エ にあてはまる化合物の化学式を答えよ。

Cu^{2+} イオン、 Fe^{3+} イオンおよび Ca^{2+} イオンを含む希塩酸で酸性にした水溶液に硫化水素を通じ、銅イオンをウとして沈殿させ、ろ過して分離した。その後、ろ液を煮沸し、希硝酸を加えた。さらにアンモニア水を十分に加え、鉄イオンをエとして沈殿させ、ろ過してカルシウムイオンと分離した。

問 2 下線部(b)に関して、ボーキサイトからアルミニウムの単体を得るよりも、使い終わったアルミニウム製品をリサイクルする方がエネルギーが少なくてすむ。これは回収したアルミニウム製品があまり酸化されていないことが1つの理由である。アルミニウムがあまり酸化されない理由を25字以内で説明せよ。

問 3 下線部(c)に関して、次の問に答えよ。

- (i) レアメタルであるニオブとチタンからなる合金は、ある温度以下で電気抵抗がほぼ0になる現象を示す。この現象の名称を答えよ。
- (ii) 二クロム酸イオン $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ は硫酸で酸性にした水溶液中では強い酸化作用を示し、亜硫酸イオンと反応すると Cr^{3+} を生じる。この反応をイオンを含む反応式で答えよ。ただし、この溶液中で亜硫酸イオンは次のように反応する。



問 4 下線部(d)に関して、次の問に答えよ。

- (i) ある鉛蓄電池を1.0 A で1.0時間放電させた。この放電により、正極活物質である二酸化鉛は何g反応するか、有効数字2桁^{けた}で求めよ。
- (ii) 二次電池として実用化されているニッケル水素電池の負極活物質として使われる合金の総称を答えよ。

問 5 下線部(e)に関して、希少金属の枯渇問題の解決に貢献できる材料の研究例・実用技術としてふさわしいものを次の①～④から2つ選び、番号で答えよ。

- ① 携帯電話などに使われている透明な導電体の酸化インジウムの代わりに、伝導性がある $12\text{CaO} \cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3$ の組成の酸化物が開発されている。
- ② 磁石材料であるフェライトの代わりに、強い磁力をもつ酸化ジルコニウム ZrO_2 を主成分とした重希土類元素磁石が開発されている。
- ③ 窒素と水素からアンモニアを合成する方法にはオスミウムを触媒としてもちいていたが、代わりに鉄を主成分とする触媒が開発されている。
- ④ 一次電池であるマンガン乾電池の代わりに、起電力が低下しにくい亜鉛と銅からなるボルタ電池が開発されている。

II 次の文章を読み、問1～問6に答えよ。

日常生活や化学実験においては、液体の量を体積により表すことが多い。化学実験では液体の体積を正確に知るための様々な器具が用いられており、例えば、中和滴定を行うとき、ホールピペットを用いて一定体積の液体を正確に量りとる。

液体や固体の体積は、圧力や温度によりわずかに変化する。一方、気体の体積は、圧力や温度によって大きく変化する。また、固体、液体、気体の間で状態が変化するときには、圧力や温度が一定であっても体積が変化する。なお、純物質からなる固体と液体が共存しているとき、一定の圧力のもとで加熱しても、固体が完全に液体になるまで温度は一定に保たれる。

問1 下線部(a)に関して、ある1価の弱酸Aの水溶液Bをホールピペットで5.0 mL量りとり、0.10 mol/Lの水酸化ナトリウム水溶液で滴定したところ6.0 mLで中和点に達した。次の問に答えよ。ただし、弱酸Aの電離定数は 3.0×10^{-5} mol/Lとする。

- (i) 水溶液B中の弱酸Aの電離度を有効数字2桁で求めよ。
- (ii) 水溶液BのpHを小数第1位まで求めよ。

問2 下線部(b)に関して、次の問に答えよ。

- (i) ある単体の固体金属Cの結晶構造は体心立方格子である。この単位格子中に含まれる原子の数を記せ。
- (ii) (i)の単位格子1辺の長さは、ある温度 T で 3.0×10^{-10} mであり、この金属元素の原子量は51である。温度 T における、固体金属C 100 gの体積を有効数字2桁で求めよ。

問 3 下線部(c)に関して、次の問に答えよ。気体は理想気体としてふるまい、水への溶解は無視できるものとする。

- (i) 気体 D 1.00 g の体積は、7 °C、 1.00×10^6 Pa で 83 cm^3 であった。気体 D 1.00 g を、水上置換により 37 °C でメスシリンダーに捕集したとき、メスシリンダー中で気体が占める体積を、有効数字 2 桁で求めよ。なお、このときメスシリンダーの内側と外側で水面の高さは等しく、大気圧は 1.00×10^5 Pa であった。また、37 °C での水の蒸気圧は 7.0×10^3 Pa とする。
- (ii) 気体 D の分子量を有効数字 2 桁で求めよ。

問 4 下線部(d)に関して、次の問に答えよ。ただし、次の操作は全て大気圧 (1.0×10^5 Pa) のもとで行うものとする。

- (i) 0 °C の氷 54 g 全てを 100 °C の水蒸気にするのに必要な熱量 Q を、有効数字 2 桁で求めよ。ただし、水の比熱、0 °C での融解熱、100 °C での蒸発熱の大気圧における値は、それぞれ $4.2 \text{ J}/(\text{g}\cdot\text{K})$ 、 6.0 kJ/mol 、 41 kJ/mol とする。なお、水の比熱は温度により変化しないものとする。
- (ii) 25 °C におけるメタンの完全燃焼で、(i)と同じ熱量 Q を発生させるとする。メタンの燃焼熱を表す熱化学方程式を記せ。また、熱量 Q を発生させる反応で消費される酸素の質量を、有効数字 2 桁で求めよ。ただし、25 °C、大気圧におけるメタンの燃焼熱を 890 kJ/mol とする。水が生じる場合、生じた水はすべて液体とする。

問 5 下線部(e)に関して、大気圧下、0 °C において、純水が液体から固体に状態変化するとき体積が増加する理由を 30 字以内で述べよ。

問 6 下線部(f)に関して、加熱を続けても温度が一定に保たれる理由を 30 字以内で述べよ。

III 次の文章を読み、問1～問11に答えよ。

ニトロベンゼンに濃塩酸とスズ(Sn)を作用させることにより、アニリンの塩酸(a)塩が得られる。この反応において、ニトロベンゼンはスズによって還元され、スズは塩化スズ(IV)へと酸化される。

アニリンの希塩酸溶液を氷冷しながら、亜硝酸ナトリウムを作用させると、塩化(b)ベンゼンジアゾニウムの水溶液が得られる。ここにナトリウムフェノキシドの水溶液を加えると、^{とうせき}橙赤色を示す化合物Aが得られる。

化合物Bは、アニリンの芳香環の水素原子の1つをメチル基に置換した化合物であり、化合物Bの芳香環の水素原子の1つをメチル基に置換した化合物には、全部で2種類の異性体が考えられる。化合物Bの希塩酸溶液を氷冷しながら、亜硝酸ナトリウムを作用させたのちに室温まで昇温すると、化合物Cが得られる。

化合物Dは、炭素、水素、および酸素のみを構成元素とするエステルであり、その分子量は300以下である。化合物D 13.2 gを完全燃焼させると、二酸化炭素 33.0 gと水 9.0 gが得られる。化合物Dのエステル結合を酸性条件で完全に加水分解すると、化合物C、E、Fが得られる。化合物E、Fはともに不斉炭素原子をもつ。化合物Fは炭素数が3のカルボン酸である。化合物Gは、Fに含まれる全てのカルボキシ基をメタノールと反応させてエステルとした化合物である。化合物Gに対して、単体のナトリウムを作用させると、気体の水素が発生する。

p-フェニレンジアミンは、ベンゼンの水素原子のうち互いにパラ位にある2つをアミノ基に置換した化合物である。p-フェニレンジアミンとテレフタル酸ジクロリドを単量体として用いて ア することにより、高分子化合物Hが得られる。高分子化合物Hの構造式は図1のとおりである。

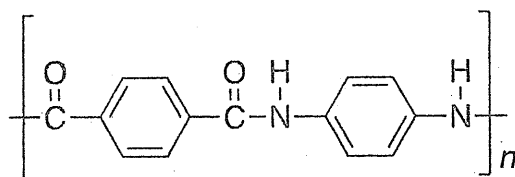


図1

問 1 下線部(a)について、次の問に答えよ。

- (i) ニトロベンゼンがアニリンに変換される反応は、以下のように、電子 e^- とイオンを含む反応式で表される。 あ ~ う に当てはまる整数を答えよ。



- (ii) 下に示す物質のうち適切なものを用いて、下線部(a)の反応を化学反応式で表せ。それぞれの物質の化学式の係数は整数で示すこと。

(物質) $\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$, $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_3\text{Cl}$, HCl , H_2O , N_2 , O_2 , Sn , SnCl_4

問 2 次の①~⑤は、下線部(b)の実験およびそれに関する考察の記述である。①~⑤のうちから、下線部に不適切な行為や考察の記述を含むものを2つ選び、番号で答えよ。

- ① 化合物 A は身体や衣服に付着すると色が落ちにくいので、手袋および白衣を着用して実験した。さらに、溶液の飛沫が目に入らないように保護眼鏡を着用した。
- ② 溶液の冷却効率を良くするため、固体の水ではなく氷水の中に反応溶液の入ったフラスコを浸した。
- ③ 反応溶液が発熱すると塩化ベンゼンジアゾニウムが分解するので、溶液を混合するときは、少しずつ混合するのではなく、できるだけ短い時間で一度に混合した。
- ④ 化合物 A を希塩酸に溶解した溶液の色と、化合物 A を水酸化ナトリウム水溶液に溶解した溶液の色が異なっていた。このことから、化合物 A には pH に応答して状態が変化する官能基があると推測した。
- ⑤ 実際に得られた化合物 A の色が、参考書に記載されている色と異なっていた。何らかの原因で実験に失敗したと判断し、得られた化合物 A の色として、参考書に記載されている色を実験ノートに記録した。

問 3 化合物 A を構造式で示せ。

問 4 化合物 B を構造式で示せ。

問 5 化合物 D の分子式を記せ。

問 6 化合物 F を構造式で示せ。

問 7 化合物 D を構造式で示せ。

問 8 ニトロベンゼンとアニリンの混合物が溶解したジエチルエーテル溶液がある。これを溶液 a とする。溶液 a に含まれるニトロベンゼンとアニリンを分離して、アニリンのジエチルエーテル溶液を得たい。以下の試薬を用いてこれを実現する実験操作を、60 字以上 120 字以内で記せ。

(試薬) ジエチルエーテル, 希塩酸, 水酸化ナトリウム水溶液

問 9

ア

 に当てはまる適切な語句を、次の①～④から 1 つ選び、番号で答えよ。

- ① 付加重合 ② 縮合重合 ③ 開環重合 ④ 加硫

問10 高分子化合物 H の平均分子量を測定したところ、 4.8×10^4 であった。高分子化合物 H の 1 分子中に存在するアミド基の数の平均値を、有効数字 2 桁で求めよ。なお、高分子化合物の末端の構造は考慮しなくてよい。

問11 高分子化合物 H の性質の記述として適切なものを、次の①～④から全て選び、番号で答えよ。

- ① 剛直な分子構造を持つため、強度や耐薬品性に優れている。
② アミド基を多数持つため、吸水性が高く、紙おむつなどに用いられている。
③ 室温付近で容易に軟化するため、接着剤などに用いられている。
④ ヨウ素を少量添加すると、電気伝導性を示す。