

2019年度 理 科

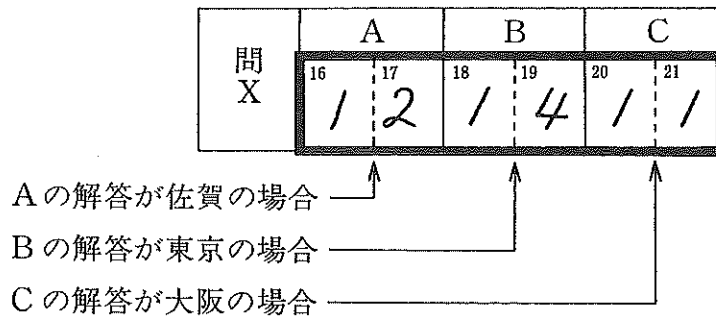
- ④6 物理(1～6ページ)
- ④7 化学(7～18ページ) 問題冊子
- ④8 生物(19～30ページ)

注 意 事 項

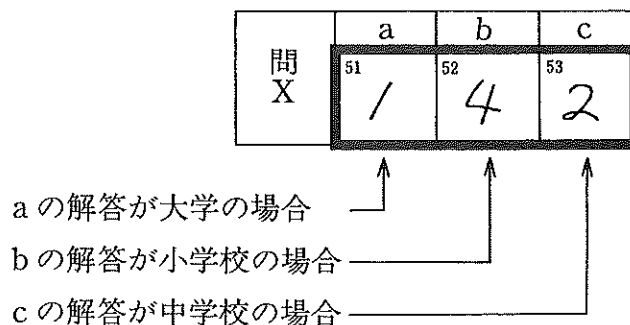
- (1) 試験開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見ないこと。
- (2) 試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁および解答用紙の汚れ等に気付いた場合は、手を挙げて監督者に申し出ること。
- (3) 解答は別に配付する解答用紙の該当欄に正しく記入すること。ただし、解答に関係のない語句・記号・落書き等は解答用紙に書かないこと。
- (4) 解答用紙上部に印刷してある受験系統コード、受験番号、氏名(カタカナ)を確認し、氏名欄に氏名(漢字)を記入すること。もし、印刷に間違いがあった場合は、手を挙げて監督者に申し出ること。

〔解答用紙記入例(選択式の場合)〕

例 1. 〔語群〕が二桁で〔11〕大阪〔12〕佐賀〔13〕長崎〔14〕東京 とある場合



例 2. 〔語群〕が一桁で〔1〕大学〔2〕中学校〔3〕高校〔4〕小学校 とある場合



④7 化 学

1 次の問1～問3に答えよ。解答はそれぞれの解答群より適するものを1つずつ選び、番号で答えよ。

問1 炭素およびケイ素に関する次の記述(a)～(e)のうち、正しいものの組み合わせはどれか。下の(1)～(9)から選び、番号で答えよ。

- (a) 炭素には、ダイヤモンドや黒鉛などの同位体が存在する。
- (b) 炭素と同族のケイ素の単体は、ダイヤモンドと同様の結晶構造をもつ。
- (c) ダイヤモンドが極めて硬いのは、炭素原子が網目状の平面構造をつくるように共有結合しているためである。
- (d) 黒鉛が電気をよく導くのは、結晶構造内に金属結合をもつためである。
- (e) 木炭や活性炭は、黒鉛の微小な結晶が集まったものであり、無定形炭素とよばれる。

- | | | |
|---------|---------|---------|
| (1) aとb | (2) aとc | (3) aとd |
| (4) bとc | (5) bとd | (6) bとe |
| (7) cとd | (8) cとe | (9) dとe |

問2 $\text{H}_2(\text{気}) + \text{I}_2(\text{気}) \rightleftharpoons 2\text{HI}(\text{気})$ の反応において、ある一定温度のもとで、 $a(\text{mol})$ の H_2 と $3a(\text{mol})$ の I_2 を容器に入れて反応を開始すると、 $0.5a(\text{mol})$ の H_2 が反応して平衡に達した。このときの全圧が $P(\text{Pa})$ であるとき、圧平衡定数はどのように表されるか。最も適するものを次の(1)～(8)から選び、番号で答えよ。

- | | | | |
|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|
| (1) $\frac{4}{5P}$ | (2) $\frac{8}{5P}$ | (3) $\frac{12}{5P}$ | (4) $\frac{16}{5P}$ |
| (5) 0.4 | (6) 0.8 | (7) 1.0 | (8) 1.2 |

問 3 生体を構成する分子に関する次の記述(a)~(e)のうち、正しいものの組み合わせはどれか。下の(1)~(9)から選び、番号で答えよ。

- (a) アミノ酸にニンヒドリン水溶液を加えて温めると、黒色の沈殿を生じる。
- (b) タンパク質分子は、 α -アミノ酸がペプチド結合で多数連なったポリペプチドである。
- (c) α -ヘリックスや β -シートのような立体構造を、タンパク質の三次構造という。
- (d) 核酸を構成する元素は、炭素、水素、酸素、窒素およびリンである。
- (e) DNA を構成する糖は、リボース $C_5H_{10}O_5$ である。

- | | | |
|---------|---------|---------|
| (1) aとb | (2) aとc | (3) aとd |
| (4) aとe | (5) bとc | (6) bとd |
| (7) bとe | (8) cとd | (9) cとe |

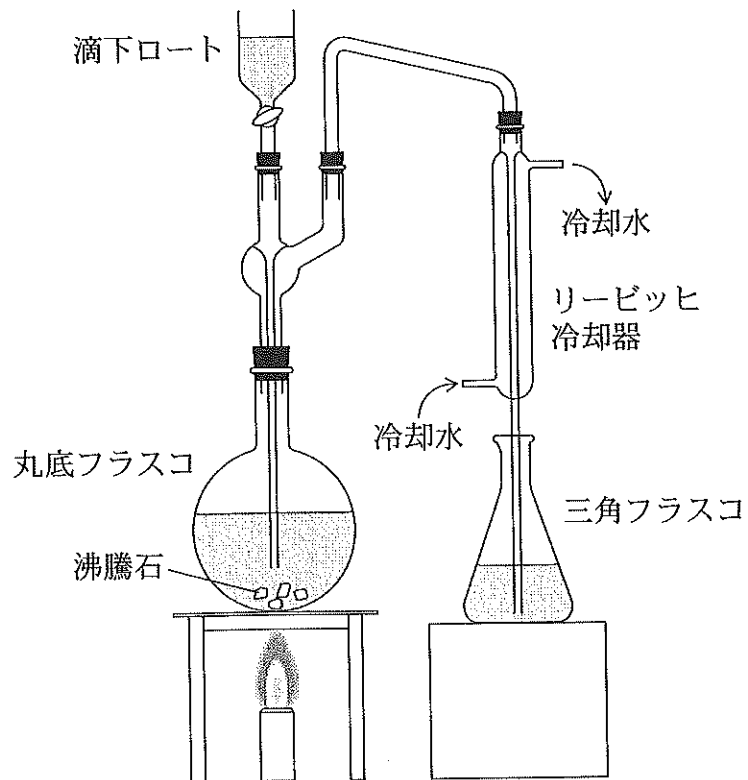
2 次の文を読み、下の問1～問6に答えよ。

$[\text{CoCl}_m(\text{NH}_3)_n]\text{Cl}_{(3-m)}$ の化学式で表されるコバルト(Ⅲ)錯塩がある。この錯塩の式量が 250.5 g/mol であるとき、錯塩中のコバルト(Ⅲ)イオンに配位結合している塩化物イオンの数 m とアンモニアの数 n をそれぞれ求めるために、次の実験を行った。

実験

この錯塩は水に溶かすと、コバルト(Ⅲ)イオンに配位結合していない塩化物イオンが解離して硝酸銀水溶液と反応するようになる。そこで、錯塩 12.525 g をはかりとり、蒸留水を加えて溶解し、器具Aに移して正確に 1 L とした。得られた水溶液 10 mL を、器具Bを用いて正確にはかり取ってコニカルビーカーに移して、蒸留水 200 mL を加えた。コニカルビーカー中の溶液に指示薬として少量のクロム酸カリウム水溶液を加えたのち、 0.10 mol/L 硝酸銀水溶液を少しずつ加えていくと沈殿Aが生成し、その後沈殿Iが生成した。沈殿Iが生成するま
(a)
でに加えた硝酸銀水溶液は 10.00 mL であった。

次に、沈殿Aと沈殿Iをろ過して取り除いた溶液の全量を、次の図で示す丸底フラスコに移した。 0.050 mol/L 硫酸水溶液 50 mL を、器具Bを用いて正確に三角フラスコに入れた。丸底フラスコに沸騰石を入れ、滴下ロートから濃い水酸化ナトリウム水溶液を加えた。その後、丸底フラスコを加熱して錯塩を分解し、配位しているアンモニアを気体として発生させた。このアンモニアを三角フラス
(b)
コの硫酸水溶液中に捕集した。 アンモニアで中和されずに残った硫酸を、指示
(c)
薬としてメチルオレンジを用いて 0.50 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液で滴定し
たところ、中和点までに 5.00 mL を要した。



図

問 1 文中の器具 A および器具 B に最も適するものを次の(1)～(6)から選び、番号で答えよ。

- | | | |
|-----------|-------------|------------|
| (1) ビーカー | (2) メスシリンダー | (3) メスフラスコ |
| (4) ビュレット | (5) ホールピペット | (6) 駒込ピペット |

問 2 文中の沈殿アおよび沈殿イの化学式をそれぞれ解答欄に記せ。また、それぞれの沈殿の色を次の(1)～(6)から選び、番号で答えよ。

- | | | |
|---------|---------|---------|
| (1) 黒褐色 | (2) 深青色 | (3) 緑白色 |
| (4) 赤褐色 | (5) 淡黄色 | (6) 白色 |

問 3 下線部(a)の結果から、コバルト(Ⅲ)イオンに配位結合した塩化物イオンの数 m はいくらか。正しい数を次の(1)~(4)から選び、番号で答えよ。

- (1) 0 (2) 1 (3) 2 (4) 3

問 4 下線部(b)の反応を化学反応式で記せ。

問 5 下線部(c)について、次の問(i)および(ii)に答えよ。

(i) 中和点の前後で、滴定中の溶液は何色から何色に変化するか。最も適するものを次の(1)~(6)から選び、番号で答えよ。

- (1) 無色から赤色 (2) 赤色から無色 (3) 黄色から青色
(4) 青色から黄色 (5) 黄色から赤色 (6) 赤色から黄色

(ii) この結果から、硫酸水溶液中に捕集されたアンモニアの物質質量(mol)はいくらか。有効数字2桁で答えよ。ただし、錯塩中のすべてのアンモニアは三角フラスコの硫酸水溶液中に移ったものとする。

問 6 実験に用いた錯塩に配位結合していたアンモニアの数 n はいくらか。正しい数を次の(1)~(4)から選び、番号で答えよ。

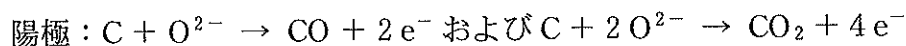
- (1) 3 (2) 4 (3) 5 (4) 6

3 次の文を読み、下の問1～問6に答えよ。ただし、標準状態における1 molの気体の体積は22.4 L、ファラデー定数は $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$ とし、原子量は $H = 1.0$, $O = 16.0$, $Al = 27.0$, $S = 32.0$ とする。

電池や電気分解などをあつかう電気化学の歴史は、1780年代にイタリアのガルバーニが、「カエルの筋肉は金属片と接触すると収縮する」という現象を発見したことが始まりといわれている。その後、1800年頃にイタリアの が最初の電池を製作し、電気化学の研究が進展するきっかけとなった。 電池は希硫酸に浸した亜鉛板と銅板を導線で結んだもので、およそ1 Vの起電力を示したが、実用的ではなかった。

1836年になると、イギリスのダニエルが、素焼き板を隔てて、硫酸亜鉛水溶液に浸した亜鉛板と硫酸銅(II)水溶液に浸した銅板を導線でつないだ電池を開発した。この電池は、はじめての実用的な一次電池であり、これ以降、いろいろな電池が考案された。たとえば、1859年に発明された 鉛蓄電池は、代表的な二次電池として、現在も自動車などに広く利用されている。また、近年、クリーンなエネルギー源として、一般家庭にも普及が進んでいる燃料電池も、その原型は1839年に発明された。燃料電池は水の電気分解の逆反応を利用して電気エネルギーを取り出す装置で、負極活物質に水素、正極活物質に酸素、電解液にリン酸水溶液を用いた燃料電池では、水素が酸化されて水素イオンとなる反応が負極で起こり、正極では酸素が電子と水素イオンによって水に還元される反応が起こる。

電池と直流電源の実用化は電気分解の工業的利用を促し、1800年代後半には 銅の電解精錬や 熔融塩電解によるアルミニウムの製法が確立された。アルミニウムは、原料鉱石のボーキサイトを精製して得られるアルミナ Al_2O_3 を、陽極および陰極に炭素電極を用い熔融塩電解してつくられる。このとき、アルミナの融点は約 2000°C と非常に高いため、 を約 1000°C に加熱して融解したものにアルミナを溶かす。陽極では次のような化学反応が起こり、陰極でアルミニウムが生成する。



問 1 文中の空欄

あ

 にあてはまる人名を解答欄に記せ。

問 2 下線部(a)のダニエル電池の構成を電池式で表すと、どのようになるか。
正しいものを次の(1)～(4)から選び、番号で答えよ。

- (1) $(-)\text{Zn} \mid \text{ZnSO}_4\text{aq} \mid \text{CuSO}_4\text{aq} \mid \text{Cu}(+)$
- (2) $(-)\text{Cu} \mid \text{CuSO}_4\text{aq} \mid \text{ZnSO}_4\text{aq} \mid \text{Zn}(+)$
- (3) $(-)\text{Zn} \mid \text{CuSO}_4\text{aq} \mid \text{ZnSO}_4\text{aq} \mid \text{Cu}(+)$
- (4) $(-)\text{Cu} \mid \text{ZnSO}_4\text{aq} \mid \text{CuSO}_4\text{aq} \mid \text{Zn}(+)$

問 3 下線部(b)の鉛蓄電池について、次の問(i)～(iii)に答えよ。

(i) 鉛蓄電池の正極活物質と負極活物質は何か。正しいものの組み合わせを次の(1)～(6)から選び、番号で答えよ。

\	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
正極活物質	Pb	PbO	Pb	PbO ₂	PbO	PbO ₂
負極活物質	PbO	Pb	PbO ₂	Pb	PbO ₂	PbO

(ii) 鉛蓄電池の電解液には希硫酸が使用され、完全に充電された場合の希硫酸の質量パーセント濃度は37.4%で密度1.28 g/cm³である。このとき、硫酸のモル濃度(mol/L)はいくらか。最も近い値を次の(1)～(6)から選び、番号で答えよ。

- (1) 2.44
- (2) 2.98
- (3) 3.82
- (4) 4.88
- (5) 5.96
- (6) 7.64

- (iii) 鉛蓄電池の放電反応では、回路に電子が1 mol 流れたとき、硫酸1 mol が消費され、水が1 mol 生成する。 5.79×10^4 Cの電気量を放電させると、電解液の質量はどのように変化するか。正しいものを次の(1)～(6)から選び、番号で答えよ。

- | | |
|---------------|---------------|
| (1) 48.0 g 増加 | (2) 48.0 g 減少 |
| (3) 80.0 g 増加 | (4) 80.0 g 減少 |
| (5) 133 g 増加 | (6) 133 g 減少 |

問 4 下線部(c)の燃料電池について、次の問(i)～(iii)に答えよ。

- (i) 正極で起こる化学反応を、電子 e^- を含むイオン反応式で記せ。
- (ii) 燃料電池の正極において、標準状態の酸素22.4 Lがすべて水素と反応して水になったとする。この反応に必要な量の水素を、白金電極と希硫酸を用いた水の電気分解でつくる時、必要な電気量(C)はいくらか。最も近い値を次の(1)～(6)から選び、番号で答えよ。

- | | | |
|------------------------|------------------------|------------------------|
| (1) 1.93×10^4 | (2) 3.86×10^4 | (3) 4.83×10^4 |
| (4) 9.65×10^4 | (5) 1.93×10^5 | (6) 3.86×10^5 |

- (iii) 家庭用の燃料電池では、発電に必要な水素を、たとえば、次の化学反応を利用してつくっている。



この反応が平衡状態にあるとき、水素の生成量を多くするための条件を次の(1)～(5)から選び、番号で答えよ。

- | | | |
|-----------|------------|-----------|
| (1) 高温・高圧 | (2) 高温・低圧 | (3) 低温・高圧 |
| (4) 低温・低圧 | (5) 触媒を加える | |

問 5 下線部(d)の銅の電解精錬では、少量の不純物金属を含む粗銅板を陽極とし、陰極には純銅板を用い、約 0.3 V の低電圧で硫酸銅(II)水溶液の電気分解を行う。陰極では、粗銅板から溶け出した銅(II)イオンが還元され、純度 99.99 % 以上の銅が析出する。このとき、粗銅中の不純物金属のうち、あるものは陽極の下にそのまま単体として沈殿する。粗銅に含まれる不純物金属を Ni, Zn, Ag および Au の 4 種とすると、これらのなかで陽極の下に沈殿するものはどれか。正しいものの組み合わせを次の(1)~(6)から選び、番号で答えよ。

- | | | |
|-------------|-------------|-------------|
| (1) Ni と Zn | (2) Ni と Ag | (3) Ni と Au |
| (4) Zn と Ag | (5) Zn と Au | (6) Ag と Au |

問 6 下線部(e)の熔融塩電解によるアルミニウムの製法について、次の問(i)および(ii)に答えよ。

(i) 文中の空欄

い

 にあてはまる化合物はどれか。正しいものを次の(1)~(7)から選び、番号で答えよ。

- | | |
|--------------------------------------|-------------------------------------|
| (1) NaCl | (2) NaOH |
| (3) Na ₂ CO ₃ | (4) Na ₂ SO ₄ |
| (5) Na ₃ AlF ₆ | (6) Na[Al(OH) ₄] |
| (7) Na ₂ SiO ₃ | |

(ii) 陽極で CO が 24.0 mol, CO₂ が 12.0 mol 発生したとき、陰極で生じるアルミニウムの質量(g)はいくらか。有効数字 3 桁で答えよ。

4 エステルおよびエステルを構成する化合物に関する次の文を読み、下の問1～問5に答えよ。

ベンゼン環を含み、分子式 $C_9H_{10}O_2$ で表される4つの異なるエステルA～D
(あ)がある。これらの構造を調べるため、それぞれ水酸化ナトリウムを用いて加水分解し、生成する化合物を中和して、得られた化合物を分析した。

Aからは、化合物Eと化合物Fが得られた。Fは水溶液中で弱い酸性を示し、
(い)塩化鉄(III)水溶液を加えると呈色した。一方、Eは水溶液中でFよりも強い酸性を示し、常温常圧で液体であった。

Bからは、化合物Eと化合物Gが得られた。このことから、GはFの異性体であることがわかった。Gは塩化鉄(III)水溶液を加えても呈色しなかった。

Cからは、化合物Hと化合物Iが得られた。Iの沸点は $78^\circ C$ であった。過マンガン酸カリウム水溶液を用いてIを すると、Eが生じた。一方、Hは常温常圧で結晶性の固体であり、水に溶けにくい、水溶液は酸性を示した。Hは、Gを しても得られた。

Dからは、化合物Jと化合物Kが得られた。Jに濃硫酸を加えて加熱すると、常温常圧で気体の化合物Lが生じた。 またJは水溶液中で、Eよりも強い酸性を示した。
(う)

問1 文中の空欄 および化合物E、F、H、I、Jの名称に最も適するものを次の(11)～(28)から選び、番号で答えよ。

- | | | |
|--------------|------------|---------------|
| (11) 酸化 | (12) 還元 | (13) 脱離 |
| (14) 縮合 | (15) メタノール | (16) エタノール |
| (17) フェノール | (18) クレゾール | (19) 1-プロパノール |
| (20) 1-ブタノール | (21) 安息香酸 | (22) サリチル酸 |
| (23) ギ酸 | (24) フタル酸 | (25) プロピオン酸 |
| (26) 酢酸 | (27) 酪酸 | (28) アクリル酸 |

問 2 下線部(あ)に関して、ベンゼンがもつ特徴を表す記述はどれか。最も適するものを次の(1)～(4)から選び、番号で答えよ。

- (1) 空气中で完全燃焼しやすい。
- (2) 炭素原子間の結合距離は、単結合と二重結合の間の値である。
- (3) 付加反応が進行しやすい。
- (4) 常温常圧で固体である。

問 3 下線部(い)のように、塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加えたとき呈色する化合物はどれか。最も適するものを次の(1)～(6)から2つ選び、番号で答えよ。

- (1) 1-ブタノール
- (2) 1-ナフトール
- (3) フタル酸
- (4) ベンズアルデヒド
- (5) サリチル酸メチル
- (6) 酢酸フェニル

問 4 化合物Bの構造式を解答欄の例にならって記せ。

問 5 下線部(う)に関して、気体Lは、赤熱したコークスに高温の水蒸気をおくることによって工業的につくられるとともに、水素と反応させてメタノールを合成するための原料になる。気体Lとして正しいものはどれか。次の(1)～(6)から選び、番号で答えよ。

- (1) メタン
- (2) 一酸化炭素
- (3) ホルムアルデヒド
- (4) エタン
- (5) 二酸化炭素
- (6) アセトアルデヒド