

2022年度

<工 学 部>
理 科 問 題
(物理・化学)

物理：2～11ページ 解答用紙2枚
化学：12～21ページ 解答用紙2枚

注 意 事 項

- 1 問題冊子は、監督者が「解答始め」の指示をするまで開かないこと。
- 2 問題冊子や解答用紙に脱落のあった場合には申し出ること。
- 3 すべての解答用紙の所定欄に、それぞれ受験番号（左右2箇所）、氏名を必ず記入すること。
- 4 解答は、すべて解答用紙の所定欄に記入すること。物理の解答は、その過程も解答用紙の所定欄に記入すること。
- 5 解答以外のことを書いたときは、該当箇所の解答を無効とすることがある。
- 6 解答用紙の裏面は計算等に使用してもよいが、採点はしない。
- 7 解答終了後、配付された解答用紙はすべて提出すること。
- 8 問題冊子の余白は下書きに使用してもよい。
- 9 問題冊子は持ち帰ること。

(余 白)

物 理

第 1 問 (60点)

光は波動としての性質と粒子としての性質をあわせもつ。この光の二重性について考察した、以下の文章内の空欄 (1a) ~ (12b) に適切な数式を入れよ。ただし、空欄内に指定された物理量を用いて答えよ。なお、星印 (★) のある空欄については解答の過程を書かなくてよい。また、 ϵ と δ の絶対値が 1 より十分に小さい場合には

$$(1 + \epsilon)^a - 1 = a\epsilon \quad (\text{i})$$

および

$$(1 + \epsilon)^a(1 + \delta)^b - 1 = a\epsilon + b\delta \quad (\text{ii})$$

が近似的に成り立つことに注意せよ (a, b は定数)。

はじめに、真空中で x 軸上の $x = 0$ および $x = L$ の位置に x 軸に垂直で互いに平行な 2 つの平面鏡 M_1 および M_2 をそれぞれ図 1 のように設置する。 x 軸に沿って光速 c で進む光が 2 つの鏡 M_1 と M_2 でくり返し反射されている場合について、光を波動、粒子とする 2 つの見方で考えよう。

まず、光は波動であるとして考える。鏡 M_1 と M_2 による光の反射は固定端反射であると考えてよく、光が M_1 と M_2 の間で反射をくり返すことで定常波が形成される。いま、腹の数が n である定常波に注目しよう。その定常波の波長 λ は (1a)★ n, L , 振動数 ν は (1b)★ c, n, L となる。この状態から、 $x = L$ の位置にある鏡 M_2 を x 軸正方向に微小な距離 ΔL だけゆっくりと移動させたとき、 n は変化せずに振動数が $\nu + \Delta\nu$ に変化した。このとき、 $\frac{\Delta L}{L}$ が 1 より十分小さいことから、近似式 (i) を用いて

$$\Delta\nu = (2) \nu, L \Delta L \quad (\text{iii})$$

となる。

次に、光は粒子であるとして考える。光子は鏡と弾性衝突をくり返すことで x 軸に沿って M_1 と M_2 の間を往復運動する。いま、大きさ p の運動量をもつ 1 つの光子に注目しよう。 M_1 と M_2 の距離が L のとき、時間 t の間に光子は M_2 に (3)★ c, t, L 回衝突し、そのたびに光子の運動量の向きは反転する。したがって、光子が M_2 に到達するごとに、 M_2 は (4)★ p だけの力積を x 軸正の向きに受ける。 (3)★, (4)★ から、時間 t の間に M_2 が受ける平均の力の大きさ \bar{F} が定まる。この状態から、 M_2 を x 軸正方向に微小な距離 ΔL だけゆっくりと移動させると、 M_2 は光子に対して仕事をした。このとき、 M_2 の微小な移動の際の \bar{F} の微小な変化は無視してよく、その仕事は \bar{F} と ΔL を用いて表すことができる。したがって、 M_1 と M_2 の間の距離が ΔL だけ増加することで、注目する 1 つの光子のエネルギー E は

$$\Delta E = \text{(5)★ } p, c, L, \Delta L \quad (\text{iv})$$

だけ変化する。

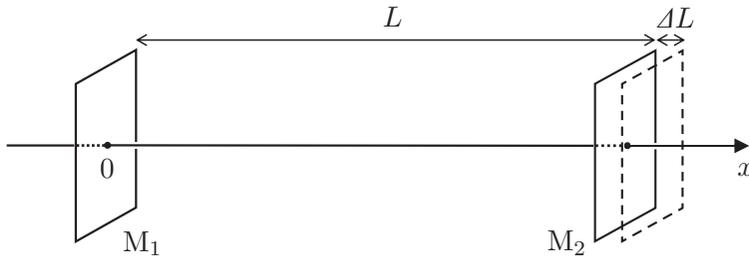


図 1

(次ページに続く)

さて、電磁波を含む波動や、単振動する小球の運動などの振動現象では、先述の鏡の移動のように実験条件のゆっくりとした変化にともなって振動数やエネルギーが変化する場合、振動数とエネルギーの間にはある関係が成り立つ。以下では、円錐振り子^{すい}を例にその関係を調べ、光の性質についても考えよう。

図2のように、空間中に固定した小さなリングに軽く伸び縮みしない糸を通し、糸の先端に小球を取り付けて、糸が張った状態で小球を水平面内で円運動させた円錐振り子を考える。糸とリングの間に摩擦はなく、小球および糸にはたらく空気抵抗は無視できるものとする。糸の上端には張力 T が加えられており、リングと小球の間の距離 S は $S = l$ に保たれている。小球の質量を m 、円運動の半径、角速度をそれぞれ r 、 ω とし、小球の運動エネルギーを E とする。また、小球が運動する水平面とリングとの距離を h とし、重力加速度の大きさを g とする。いま、小球には重力と張力がはたらいており、それらの合力が円運動の向心力であることに注意する。長さの比 $l : h$ および $r : h$ をそれぞれ対応する力の比で表すことで $T = \boxed{(6a) m, g, l, h}$ 、 $\omega = \boxed{(6b) g, h}$ となり、 $\omega = \boxed{(6b)}$ の関係を用いると

$$E = \boxed{(7) m, g, l, h} \quad (v)$$

が得られる。

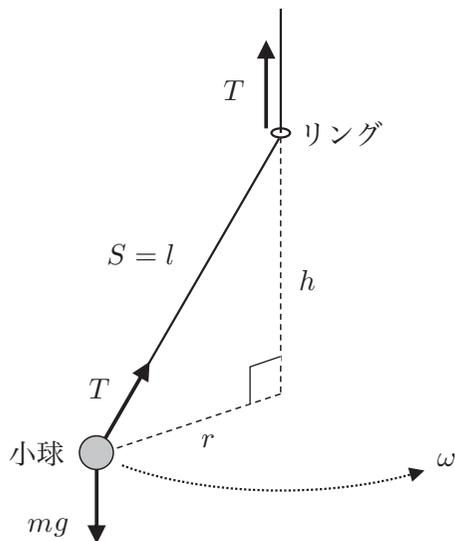


図2

図2の状態から、張力をゆっくりとわずかにゆるめると、小球は水平面内での円運動を保ったまま、リングと小球の間の距離 S は l から $l + \Delta l$ にゆっくりとわずかに増加し、 E, h, ω はそれぞれ $E + \Delta E, h + \Delta h, \omega + \Delta \omega$ へとわずかに変化した。この間の張力 T の微小な変化は無視できるので、 S が Δl だけ変化する間に糸が小球に対してする仕事は $-T\Delta l$ となる。したがって、力学的エネルギー保存の法則から

$$-T\Delta l = \boxed{(8) m, g, \Delta E, \Delta h} \quad (\text{vi})$$

の関係が成り立つ。運動エネルギーを表す式 (v) は、 $S = l + \Delta l$ の場合についても同様に成り立ち、 $\frac{\Delta h}{h}, \frac{\Delta l}{l}$ が1より十分に小さいことに注意して近似式 (ii) を用いると

$$\Delta E = \boxed{(9a) m, g, l, h} \Delta h + \boxed{(9b) m, g, l, h} \Delta l \quad (\text{vii})$$

となる。さらに、式 (vi) を用いて式 (vii) から Δl を消去することで、 $2\Delta E = \boxed{(10) E, h, \Delta h}$ となる。また、 $\omega = \boxed{(6b)}$ と同様の関係が、 $S = l + \Delta l$ の場合についても成り立つことから、近似式 (i) を用いて $\Delta \omega = \boxed{(11) \omega, h} \Delta h$ となり、 ΔE を $\Delta \omega$ を用いて表すことができる。ここで、円錐振り子の振動数 ν は円運動の周期の逆数であり、円周率を π として $\omega = 2\pi\nu$ の関係が成り立つ。したがって、 ω と ν の微小変化についても $\Delta \omega = 2\pi\Delta \nu$ となり、これらの関係を用いることで

$$\frac{E + \Delta E}{\nu + \Delta \nu} = \boxed{(12a) E, \nu} \quad (\text{viii})$$

の関係が成り立つことがわかる。

上で得られた小球の運動エネルギーと振動数に関する等式 (viii) は、光子がもつエネルギーと振動数についても同様に成り立つ。光の場合には、式 (iii) と式 (iv) が成り立つことから、 $p = \boxed{(12b) E, c}$ となることがわかる。

(以下余白)

物 理

第 2 問 (60点)

コンデンサーや抵抗を周波数 f [Hz] の交流電源に接続した回路に関する問い (1)～(12) に答えよ。ただし、星印 (★) のある問いについては解答の過程を書かなくてよい。また、円周率を π とし、必要なら次の三角関数の公式①～③を用いよ。

$$A \sin \theta + B \cos \theta = \sqrt{A^2 + B^2} \sin(\theta + \phi) \quad \dots \textcircled{1}$$

ただし、 $\cos \phi = \frac{A}{\sqrt{A^2 + B^2}}$, $\sin \phi = \frac{B}{\sqrt{A^2 + B^2}}$

$$\sin \theta \sin \phi = -\frac{1}{2} \{ \cos(\theta + \phi) - \cos(\theta - \phi) \} \quad \dots \textcircled{2}$$

$$\sin \theta \cos \phi = \frac{1}{2} \{ \sin(\theta + \phi) + \sin(\theta - \phi) \} \quad \dots \textcircled{3}$$

はじめに、図1のように電気容量 C [F] のコンデンサーに、時刻 t [s] における電圧値が $V = V_0 \sin(2\pi ft)$ [V] と表される交流電圧 V を加えることを考える。ここで、 V は点 b に対する点 a の電位であり、 V_0 [V] は V の最大値である。また、電流 I [A] は図1の矢印の向きを正とする。

(1)★ 時刻 t にコンデンサーにたくわえられている電荷 Q [C] を f , C , V_0 , t を用いて表せ。

(2)★ Δt [s] を微小時間として、時刻 t から $t + \Delta t$ の間にコンデンサーにたくわえられている電荷が Q から $Q + \Delta Q$ [C] へと変化するとき、回路を流れる電流 I は $I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$ である。近似式

$$\sin\{2\pi f \times (t + \Delta t)\} = \sin(2\pi ft) + (2\pi f) \times (\Delta t) \times \cos(2\pi ft)$$

を使って、交流電流 I の最大値 I_0 [A] を f , C , V_0 を用いて表せ。

(3) 交流電圧の周期を T [s] として、コンデンサーで消費される電力 P [W] の時刻 $t = 0$ から T までの時間変化をグラフに示せ。なお、 P の最大値を P_0 [W] とする。

次に、図2のように抵抗値 R [Ω] の抵抗と電気容量 C [F] のコンデンサーを直列に接続し、交流電源につないだ RC 直列回路を考える。この回路では抵抗とコンデンサーに等しい交流電流 I [A] が流れる。時刻 t [s] における電流値を、図2の矢印の向きを正として $I = I_0 \sin(2\pi ft)$ とする。 I_0 [A] は I の最大値である。抵抗、コンデンサーおよび回路全体に加わる交流電圧をそれぞれ V_R [V]、 V_C [V] および V [V] とすると、 $V = V_R + V_C = V_0 \sin(2\pi ft + \alpha)$ と表すことができる。ここで、 V は点 b に対する点 a の電位であり、 V_0 [V] は V の最大値、 α [rad] は電流 I に対する V の位相差で $-\frac{\pi}{2} \leq \alpha \leq \frac{\pi}{2}$ とする。

- (4) この RC 直列回路で消費される電力 P [W] の 1 周期にわたる時間平均を I_0 、 V_0 、 α を用いて表せ。
- (5)★ 抵抗に加わる電圧 V_R の最大値 V_{R0} [V] を求めよ。
- (6) 回路全体に加わる電圧の最大値 V_0 [V] を f 、 C 、 R 、 I_0 を用いて表せ。
- (7)★ 位相差 α の正接 $\tan \alpha$ を f 、 C 、 R を用いて表せ。

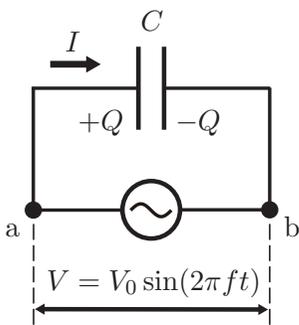


図1

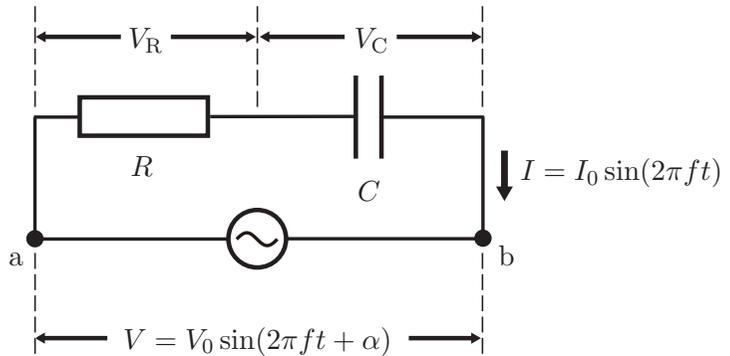


図2

(次ページに続く)

実際のコンデンサーには自己インダクタンスや抵抗もある。以下では、コンデンサーを図2のように抵抗と電荷をたくわえる部分が直列に接続されたものとみなし、その自己インダクタンスは無視できるものとする。

コンデンサーの電気容量を調べるのに、図3のようなブリッジ回路が用いられることがある。調べたいコンデンサー X の電気容量を C_X [F]、抵抗値を R_X [Ω] とする。コンデンサー S の電気容量 C_S [F] の値は正確にわかっている。コンデンサー S の抵抗と可変抵抗 1 の合成抵抗値を R_S [Ω]、可変抵抗 2 および抵抗 3 の抵抗値をそれぞれ R_2 [Ω] および R_3 [Ω] とする。

いま、このブリッジ回路で可変抵抗 1 と 2 を調節して、LN 間を流れる電流を 0 にする。このとき、KL 間に加わる電圧 V_S [V] と KN 間に加わる電圧 V_X [V] の最大値と位相は等しい。ここで、 V_S は点 L に対する点 K の電位、 V_X は点 N に対する点 K の電位である。また、KL 間を流れる電流および KN 間を流れる電流は、それぞれ、可変抵抗 2 を流れる電流 I_2 [A] および抵抗 3 を流れる電流 I_3 [A] に等しい。さらに、点 L と点 N は等電位なので、電流 I_2 と電流 I_3 の位相は等しい。したがって、KL 間の電流 I_2 に対する V_S の位相差と KN 間の電流 I_3 に対する V_X の位相差も等しく、それらの位相差の正接も等しくなる。

- (8)★ 電流 I_2 の最大値 I_{2m} [A] を、電流 I_3 の最大値 I_{3m} [A]、 R_2 、 R_3 を用いて表せ。
- (9) コンデンサー X の電気容量 C_X [F] を R_X 、 C_S 、 R_S を用いて表せ。
- (10) KL 間の可変抵抗 1 とコンデンサー S からなる部分のインピーダンスは、KN 間のコンデンサー X のインピーダンスの何倍か、 R_X と R_S を用いて答えよ。
- (11) コンデンサー X の抵抗値 R_X [Ω] を R_S 、 R_2 、 R_3 を用いて表せ。
- (12) 点 M に対する点 K の電位の最大値が 12 V、 $f = 1.0 \times 10^2$ Hz、 $C_S = 2.2 \times 10^{-6}$ F、 $R_S = 3.0 \Omega$ 、 $R_2 = 7.5 \times 10^2 \Omega$ 、 $R_3 = 3.5 \times 10^2 \Omega$ のとき、コンデンサー X の電気容量 C_X [F] を有効数字 2 桁で求めよ。

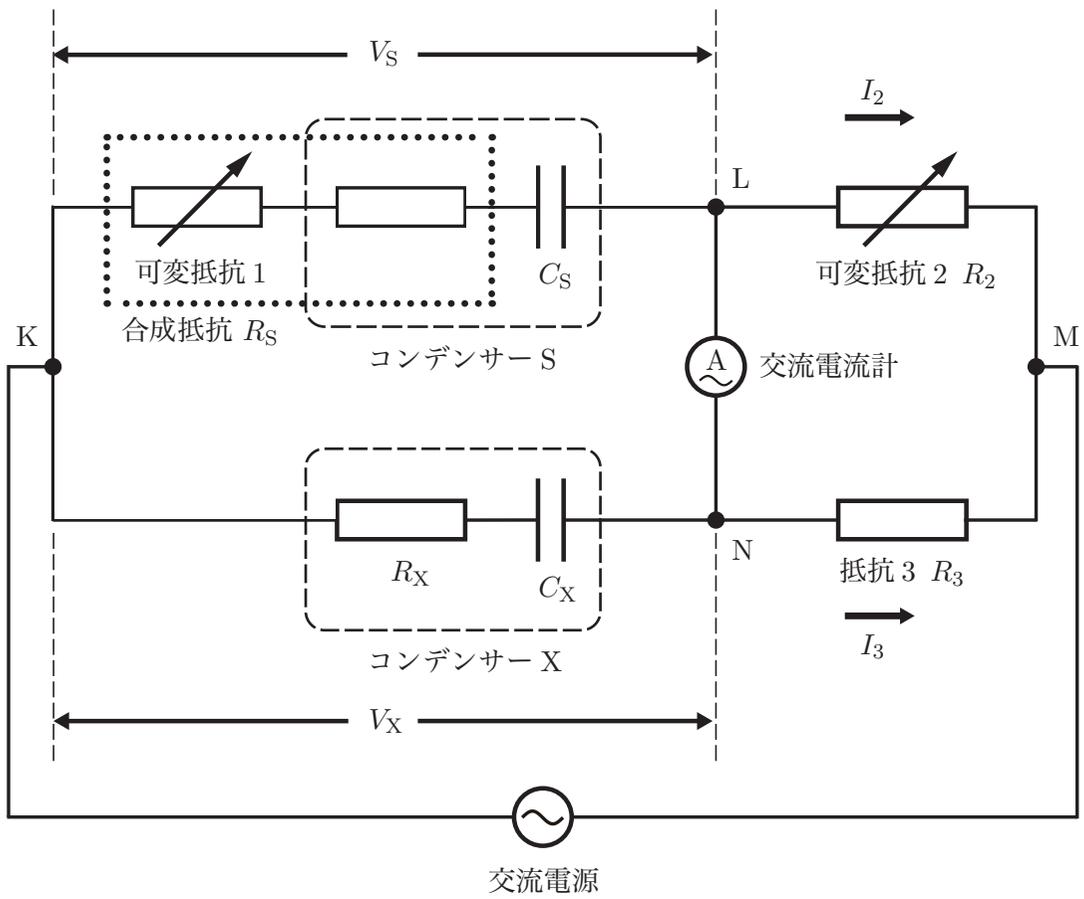


図 3

(以下余白)

(余 白)

(余 白)

化 学

第 1 問 (24点)

次の文章を読み、問1から問6に答えよ。原子量は $\text{Na} = 23.0$, $\text{Cl} = 35.5$ とする。また、気体定数は $8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{mol} \cdot \text{K})$ とする。

塩化ナトリウムの結晶では、ナトリウムイオン Na^+ と塩化物イオン Cl^- が三次元的に規則正しく配列している。 Na^+ には6個の Cl^- が隣接し、同様に Cl^- にも6個の Na^+ が隣接している。塩化ナトリウムの結晶は電気伝導性を示さないが、高温で融解すると電気伝導性を示す。この融解した塩を電気分解すると、単体のナトリウムと塩素が得られる。塩素は、酸化マンガン(IV)に濃塩酸を加えて加熱することでも得られる。

(a) 塩化ナトリウム水溶液の凝固点は、純粋な水の凝固点より低くなる。図に塩化ナトリウム水溶液の冷却曲線を示す。塩化ナトリウム水溶液を冷却すると、過冷却を経て凝固し始める。点Aから点Bの間で温度が上昇し、点Bから点Cの間で温度は徐々に低下する。

塩化ナトリウムはヒトにとって重要な物質である。浸透圧がヒトの体液と等しくなるように調製した塩化ナトリウム水溶液は生理食塩水とよばれ、注射剤の希釈などに用いられる。

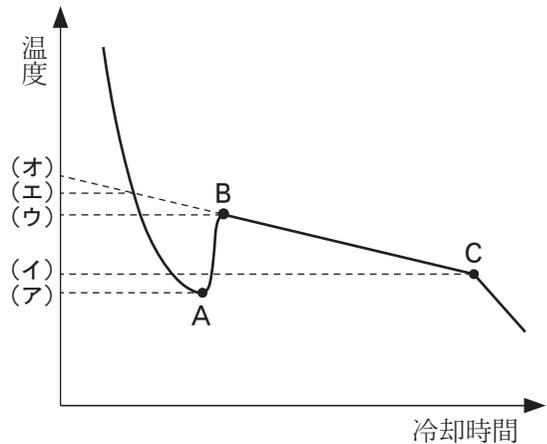


図 冷却曲線

問1 塩化ナトリウムの結晶の単位格子に含まれる Na^+ の数を整数で答えよ。

問2 下線部 (a) に関して、酸化マンガン(IV)と濃塩酸から塩素が生じる反応を化学反応式で記せ。

問3 質量パーセント濃度3.0%の塩化ナトリウム水溶液100 gを303 Kで静置した。一定時間が経過し、水が92.0 g蒸発したとき、何gの塩化ナトリウムが析出したか。有効数字2桁で答えよ。ただし、303 Kにおいて、100 gの水に塩化ナトリウムは38.0 g溶解するものとする。

問4 塩化ナトリウム水溶液の凝固点を、図中の(ア)～(オ)の中から選び、記号で答えよ。

問5 図中の点Aから点Cまでの温度変化に関する正しい記述を、次の(あ)～(お)の中からすべて選び、記号で答えよ。

(あ) 点Aから点Bの間で温度が上昇するのは、水の凝固により熱が発生するためである。

(い) 点Aから点Bの間で温度が上昇するのは、塩化ナトリウムの溶解により熱が発生するためである。

(う) 点Bから点Cの間で温度が低下するのは、水の凝固により水溶液が濃縮されるためである。

(え) 点Bから点Cの間で温度が低下するのは、水の凝固により生じた氷が水溶液を冷却するためである。

(お) 点Bから点Cの間で温度が低下するのは、水の凝固により熱が吸収されるためである。

問6 塩化ナトリウム5.85 gを水に溶かして、3.0 Lの塩化ナトリウム水溶液を調製した。この水溶液の300 Kにおける浸透圧は何Paか。有効数字2桁で答えよ。ただし、塩化ナトリウムは水溶液中で完全に電離するものとし、調製した塩化ナトリウム水溶液は希薄溶液とみなしてよい。

化 学

第 2 問 (24点)

次の文章を読み、問1から問5に答えよ。必要ならば、次の数値を用いよ。 $\sqrt{2} = 1.4$,
 $\sqrt{3} = 1.7$, $\sqrt{5} = 2.2$

硝酸は、化学肥料・火薬・医薬品・染料などの製造に広く使われている。工業的には、式①～式③の化学反応式で示されるオストワルト法により製造される。



硝酸は強い酸化力を持ち、さまざまな金属と反応する。例えば、硝酸と銀を反応させると、硝酸銀が生じる。硝酸銀を水に溶かし、ある濃度の塩化ナトリウム水溶液を加えると、塩化銀の沈殿が生じる。
(a)

問1 式③の空欄にあてはまる化学反応式を記せ。

問2 次の(あ)～(か)の窒素化合物に関する記述のうち、誤りを含むものをすべて選び、記号で答えよ。

- (あ) アンモニアは、常温・常圧で刺激臭をもつ無色の気体である。
- (い) 一酸化窒素は、水に溶けにくいため水上置換で捕集する。
- (う) 二酸化窒素は、空気より軽いため上方置換で捕集する。
- (え) 硝酸は、光や熱で分解するため褐色瓶に入れて冷暗所で保存する。
- (お) 希硝酸を銅片に加えると、銅が溶解して一酸化窒素が発生する。
- (か) 濃硝酸を鉄片に加えると、鉄が溶解して二酸化窒素が発生する。

問3 硝酸分子中の窒素原子の酸化数を記せ.

問4 温度と圧力と容積を変えることが可能な密閉容器内で、気体の二酸化窒素と気体の四酸化二窒素の可逆反応が室温で平衡状態にある。二酸化窒素が生じる方向に気体反応の平衡が移動する操作を、次の(あ)～(え)の中からすべて選び、記号で答えよ。二酸化窒素(気体)と四酸化二窒素(気体)の生成熱は、それぞれ -33.2 kJ/mol と -9.2 kJ/mol とする。

- (あ) 温度一定で、容器の容積を小さくして全圧を高くする。
- (い) 全圧一定で、容器内の温度を高くする。
- (う) 温度・容積一定で、容器内にアルゴンを加える。
- (え) 温度・全圧一定で、容器内にアルゴンを加える。

問5 下線部(a)に関して、 25°C において $5.0 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ の硝酸銀水溶液 800 mL に、 $2.0 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$ の塩化ナトリウム水溶液 200 mL を加えたときに生じる沈殿の物質は何 mol か。有効数字2桁で答えよ。ただし、 25°C における塩化銀の溶解度積は $1.8 \times 10^{-10} (\text{mol/L})^2$ とする。また、硝酸銀と塩化ナトリウムは、それぞれ完全に電離しているものとする。

化 学

第 3 問 (24点)

次の文章を読み、問1から問6に答えよ。

酸化還元反応によって、化学エネルギーを電気エネルギーに変換して取り出す装置を化学電池という。例えば、電解質水溶液に電極として2種類の金属板を浸し、導線で結ぶと電池ができる。負極では 反応が起こり、正極では 反応が起こる。銅板を浸した硫酸銅(Ⅱ)水溶液と、亜鉛板を浸した硫酸亜鉛水溶液を、素焼き板で仕切った電池をダニエル電池という。^(a)

一方、外部から加えた電気エネルギーによって、酸化還元反応を起こさせることを電気分解(電解)という。電解質水溶液に電極を浸し、外部から直流電流を流すと、陰極では 反応が起こり、陽極では 反応が起こる。

問1 文中の ～ にあてはまる最も適切な語句の組み合わせを、次の(あ)～(え)の中から選び、記号で答えよ。

- (あ) ア：酸化 イ：還元 ウ：酸化 エ：還元
(い) ア：酸化 イ：還元 ウ：還元 エ：酸化
(う) ア：還元 イ：酸化 ウ：酸化 エ：還元
(え) ア：還元 イ：酸化 ウ：還元 エ：酸化

問2 下線部(a)に関して、この電池で起こる全体の反応をイオン反応式で記せ。

問3 次の(あ)～(え)の電池に関する記述のうち、**誤りを含むもの**を選び、記号で答えよ。

- (あ) リチウムイオン電池は、充電によって繰り返し使うことができる二次電池である。
(い) 負極と正極の間に生じる電圧を電池の起電力という。
(う) リン酸形燃料電池の負極では水が生成する。
(え) アルカリマンガン乾電池では酸化マンガン(Ⅳ)が正極活物質である。

問4 3種類の金属単体A～Cに関して、①～③の実験結果を得た。A～Cにあてはまる金属を、次の(あ)～(く)の中からそれぞれ選び、記号で答えよ。

① AとBは常温の水と反応しなかったが、高温の水蒸気と反応して水素を発生した。

② Bは水酸化ナトリウム水溶液と反応して水素を発生した。

③ Cは塩酸と反応しなかったが、熱濃硫酸と反応した。

(あ) アルミニウム (い) カルシウム (う) 鉄 (え) ニッケル

(お) 銅 (か) スズ (き) 白金 (く) 金

問5 白金電極を用いて、硫酸ナトリウム水溶液を0.200 Aの一定電流で 1.93×10^3 秒間電気分解した。このとき、陰極で発生した気体の物質質量は何molか。有効数字2桁で答えよ。ただし、ファラデー定数は 9.65×10^4 C/molとし、流れた電流はすべて電気分解に使われたものとする。

問6 電解質水溶液に電極を浸し、電気分解を行った。このとき、一方の電極で固体が析出し、他方の電極で気体が発生した。また、気体が発生した電極付近での電解質水溶液のpHは、電気分解前より小さくなった。これらの現象がすべて起こる電解質水溶液と電極の組み合わせを、次の(あ)～(え)の中から選び、記号で答えよ。ただし、電気分解によって発生した気体の水への溶解は無視できるものとする。

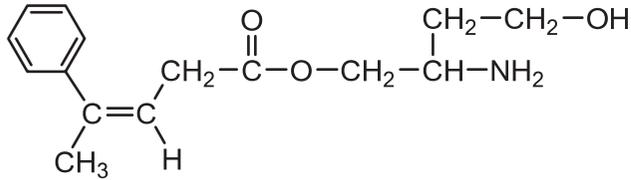
記号	電解質水溶液	電極 (陰極および陽極)
(あ)	硫酸銅(II)水溶液	銅
(い)	硫酸銅(II)水溶液	白金
(う)	塩化銅(II)水溶液	炭素
(え)	ヨウ化カリウム水溶液	白金

化 学

第 4 問 (24点)

次の①～⑦の文章を読み、問1から問5に答えよ。原子量はH = 1.0, C = 12.0, O = 16.0, Na = 23.0とする。なお、構造式は例にならって記せ。

(例)



- ①化合物 A, B, C, D は炭素, 水素, 酸素のみで構成され, いずれも分子量は 88 である。
- ② 22.0 mg の A, B, C, D をそれぞれ完全燃焼させると, いずれの化合物も二酸化炭素 mg, 水 mg を生じる。①の内容とあわせて, A, B, C, D の分子式は $C_5H_{12}O$ であることがわかる。
- ③ A, B, C に ナトリウムを加えると水素が発生するが, D にナトリウムを加えても水素は発生しない。
(a)
- ④ A, D は不斉炭素原子をもち, 鏡像異性体が存在するが, B, C は不斉炭素原子をもたない。
- ⑤ C, D は硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液で酸化されない。
- ⑥ A を適切な酸化剤を用いて酸化すると, 分子量 102 の カルボン酸 E が生じる。
(b)
- ⑦ B を適切な酸化剤を用いて酸化すると, 分子量 86 のケトン F が生じる。

問1 文中の , にあてはまる数値を有効数字 2 桁で答えよ。

問2 下線部 (a) に関して, エタノールに 0.23 g のナトリウムを加えたときに発生する水素の物質量は何 mol か。有効数字 2 桁で答えよ。ただし, ナトリウムはすべてエタノールと反応するものとする。

問3 下線部 (b) に関して、次の (あ) ~ (お) のカルボン酸に関連する記述のうち、誤りを含むものをすべて選び、記号で答えよ。

- (あ) ギ酸は水に溶けやすいが、高級脂肪酸は水に溶けにくい。
- (い) カルボン酸 2 分子が縮合して生じる化合物をジカルボン酸という。
- (う) 酢酸をアセチレンに付加させると、酢酸ビニルが生じる。
- (え) マレイン酸とフマル酸は、構造異性体の関係にある。
- (お) 乳酸はヒドロキシ酸であり、鏡像異性体が存在する。

問4 下線部 (b) に関して、カルボン酸を炭酸水素ナトリウム水溶液に加えると、水と気体 X が生じる。次の (あ) ~ (お) の反応のうち、X が生じるものをすべて選び、記号で答えよ。

- (あ) 炭酸カルシウムの熱分解
- (い) 酢酸カルシウムの乾留
- (う) 濃硫酸を用いたギ酸の脱水
- (え) 炭素を用いた二酸化ケイ素の還元
- (お) グルコースのアルコール発酵

問5 C, D, E, F の構造式を記せ。ただし、鏡像異性体の構造は区別しなくてよい。

化 学

第 5 問 (24点)

次の文章を読み、問1から問5に答えよ。原子量はH = 1.0, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0 とする。

タンパク質は、動物の筋肉などを構成する天然高分子化合物であり、豆や牛乳などの食品にも多く含まれる。卵白に強酸を加えると白濁して沈殿が生じる。これは、卵白に含まれるタンパク質が強酸によって するためである。また、タンパク質水溶液に水酸化ナトリウム水溶液を加えた後、少量の硫酸銅(II)水溶液を加えると赤紫色を呈する。この反応は、 反応とよばれる。タンパク質は、多数のアミノ酸が ^(a)縮合したポリペプチドであり、アミノ酸の数や種類、配列順序によって性質が異なる。アスパラギン酸は等電点が2.8のアミノ酸であり、pH7の緩衝液中で電気泳動すると 側に移動する。

触媒としてはたらくタンパク質を酵素という。カタラーゼは血液や肝臓に存在し、^(b)過酸化水素の分解反応を促進する触媒作用をもつ。アミラーゼ (α -アミラーゼ) はデンプンを加水分解し、 が生じる。また、セルラーゼは^(c)セルロースを加水分解する。このように、酵素はそれぞれ決まった基質に作用する。

問1 文中の ~ にあてはまる最も適切な語句を、次の語群の中からそれぞれ選び、(あ) ~ (た) の記号で答えよ。

アの語群	イの語群	ウの語群	エの語群
(あ) 塩析	(お) ニンヒドリン	(け) 陽極	(す) スクロース
(い) 凝析	(か) キサントプロテイン	(こ) 陰極	(せ) マルトース
(う) 変性	(き) ビウレット	(さ) 正極	(そ) ガラクトース
(え) 凝縮	(く) ヨウ素デンプン	(し) 負極	(た) グルコース

問2 下線部(a)に関して、縮合によって生成する高分子を次の(あ)～(か)の中からすべて選び、記号で答えよ。

- (あ) ポリエチレン (い) ポリエチレンテレフタレート
(う) ポリアクリロニトリル (え) ナイロン66
(お) ブタジエンゴム (か) DNA (デオキシリボ核酸)

問3 下線部(b)に関して、カタラーゼだけでなく酸化マンガン(IV)も触媒としてはたらく。次の(あ)～(お)の触媒作用に関する記述のうち、正しいものをすべて選び、記号で答えよ。

- (あ) 触媒を加えると、生成物が増える方向に平衡が移動する。
(い) 触媒を加えると、反応熱が小さくなる。
(う) 触媒を加えると、活性化エネルギーが小さくなる。
(え) 多くの酵素反応では、37℃から80℃に加熱すると、反応速度が小さくなる。
(お) 多くの酵素は、37℃から80℃に加熱した後に37℃に戻すと、加熱前と同じ活性を示す。

問4 下線部(c)に関して、4.86 gのセルロースに濃硝酸と濃硫酸の混合物を反応させると、何gのニトロセルロースが得られるか。有効数字2桁で答えよ。ただし、セルロース中のヒドロキシ基はすべて反応するものとする。

問5 ある食品1.0 gに含まれるタンパク質を完全に分解して発生させたアンモニアを0.040 mol/Lの希硫酸50 mLにすべて吸収させた。この水溶液中の未反応の硫酸を過不足なく中和するのに、0.10 mol/Lの水酸化ナトリウム水溶液8.0 mLを要した。この食品に含まれるタンパク質は質量百分率で何%か。有効数字2桁で答えよ。なお、アンモニアはすべてタンパク質から発生したものとし、タンパク質に含まれる窒素成分がすべてアンモニアに変化したものとする。また、タンパク質に含まれる窒素成分は質量百分率で16%とする。