

令和5年度・個別学力検査

理 科 (前)

注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いてはいけません。
2. この冊子は27ページあります。
3. 試験開始後、落丁・乱丁・印刷不鮮明の箇所があったら申し出なさい。
4. 解答はすべて解答用紙に、それぞれの問題の指示にしたがって記入しなさい。
5. この冊子のどのページも切り離してはいけません。ただし、余白等は適宜利用してかまいません。
6. 試験終了後、問題冊子は持ち帰りなさい。
7. 試験開始後、全科目の解答用紙4枚ともに氏名(カタカナ)及び受験番号を記入しなさい。受験番号が正しく記入されていない場合は、採点できないことがあります。また、氏名(カタカナ)及び受験番号以外の文字、数字などは、絶対に記入してはいけません。

令和5年度個別学力検査

医学部 前期日程
理科 問題

名古屋市立大学 学生課入試係 052-853-8020

許可なしに転載、複製
することを禁じます。

問題訂正 1

科目名 : 物理 (前期)

<訂正 1 >

物理問題 2 7ページ 上から 5 行目

(誤) …変化後の振動数[Hz] …

(正) …変化後のうなりの振動数[Hz] …

<訂正 2 >

物理問題 2 7ページ 上から 7 行目

(誤) …変化後の振動数[Hz] …

(正) …変化後のうなりの振動数[Hz] …

問題訂正 2

科目名 : 物理 (前期)

<訂正 3>

物理問題 3 9ページ 下から 1 行目

(誤) …を利用してもよい。

(正) …を利用してもよい。また $\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1$ が成り立つ。

<訂正 4>

物理問題 4-2 13ページ 本文 上から 7 行目

(誤) (1) 入射X線の光子のエネルギーを求めよ。

(正) (1) 入射X線の光子1個のエネルギーを求めよ。

理 科 問 題

物	理	問題 1	3 ページ
		” 2	6 ”
		” 3	9 ”
		” 4	11 ”

化	学	問題 1	15 ページ
		” 2	19 ”
		” 3	22 ”
		” 4	25 ”

解 答 用 紙

理科	物理解答用紙	2 枚
理科	化学解答用紙	2 枚

物 理

物理問題 1

図1のような、フレームと駆動系(前・後輪, 前・後リング, ベルト, クランク, ペダル)からなる自転車と, それに乗った運転者を考える。前・後輪, 前リングの各中心はフレームに固定されており, なめらかに回転できる。前リングには棒状のクランクが固定されており, 前リングの中心を支点として前リングと同じ角速度で回転する。後リングは後輪と中心が一致するように固定されており, 同じ角速度で回転する。前・後リングは柔軟で伸びない薄いベルトで接続されており, ベルトはたわむことなく, 両リングに対してすべることはない。クランク先端にはペダルが取り付けられており, ペダルに力を加えることで自転車を加速できる。通常はふたつのペダルに両足で力を加えるが, 今回はひとつのペダルのみを考える。

自転車は水平な地面に対して常に両輪を接地した状態で直立しており, 地面に対して平行方向にのみ直進できる。運転者は, 自転車と完全に一体となった状態を維持したまま, クランクの向きに関係なく, ペダルに対してクランクが回転する方向に大きさ F の力を加え続けることができる。ペダルに加えられた力は, クランク, 前リング, ベルト, 後リングを通じて, 後輪に伝わる。後輪は地面に対して滑ることはなく, 後輪に伝えられた力はすべて自転車の推進力になる。運転者を含めた自転車の質量を m とする。駆動系を構成するパーツは m に対して十分に軽く, その回転が自転車の運動に与える影響は無視できる。また, 空気抵抗を無視して良い。前リングの半径を R とし, 前・後輪の半径は R の 4 倍, クランクの長さ(ペダルの回転半径)は R の 2 倍, 後リングの半径は R の $1/2$ 倍とする。

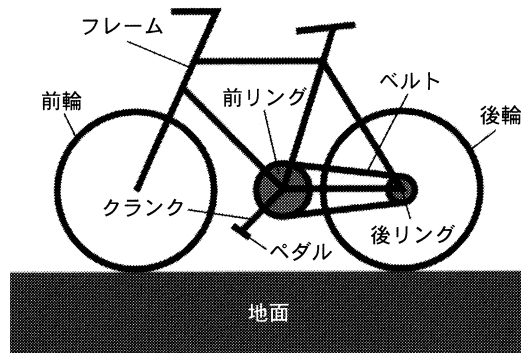


図 1

まず、自転車が進まないように固定した状態を考える。以下の問いに答えよ。

- (1) ペダルに加えた力 F が前リングに及ぼす力のモーメントの大きさ M を求めよ。
- (2) ベルトに伝わった力(張力)の大きさ T は、 F の何倍になるか求めよ。
- (3) 後輪が地面に及ぼす力の水平方向成分の大きさ F' は、 F の何倍になるか求めよ。

次に、自転車の固定を外して自由に直進できる状態を考える。ペダルに加えた力が後輪に伝わり、自転車は加速する。クランクが角速度 ω で回転しているとき、自転車は速さ v で進む。運転者がペダルに加えることができる力には限界があり、 ω が大きくなるほど F は小さくなる。 F と ω の関係は以下で与えられるとする。

$$F = F_0 \left(1 - \frac{\omega}{\omega_0} \right)$$

ここで、 F_0 は自転車が停止しているときの力の大きさ、 ω_0 はクランクの最大回転角速度を表す。以下の問いに答えよ。

- (4) v を ω を用いて表せ。
- (5) 自転車が v の速さで進んでいるときの自転車の加速度 a を、 v を用いて表せ。

- (6) 自転車が速くなるほど加速度は小さくなり、いずれ自転車の速さは一定とみなせるようになる。このときの速さ v_m を求めよ。
- (7) 加速度 a を、自転車の速さ v の関数として解答欄のグラフに描け。実線で描くこと。グラフが軸と交わる場合は、交点における軸の値も記入すること。

自転車の変速機構を考えよう。後リングには、半径が後リングの半分の小さいリングが中心が一致するように固定されており、後リングと同じ角速度で回転する。もとの後リングを「低速リング」、それに固定された小さいリングを「高速リング」とよぶことにする。運転者は、低速リングと高速リングを好きなタイミングで瞬時になめらかに切り替えることができる。リングを切り替えてもベルトがたわむことはないとする。以下の問いに答えよ。

- (8) 自転車が静止している状態から高速リングのみで加速するときの自転車の速さと加速度の関係を、問い(7)の解答欄のグラフに描け。破線(または点線)で描くこと。グラフが軸と交わる場合は、交点における軸の値も記入すること。
- (9) 自転車が静止している状態から効率的に加速するため、最初に低速リングで加速し、自転車の速さが v_* に達したときに高速リングに切り替えた。もっとも短時間で大きな速さに達するための v_* の値は、問い(6)で求めた v_m の何倍か答えよ。導出過程も示すこと。

物理問題 2

図1のように、大気中に、反射板R、音源S、マイクロフォンMがある。Rはその表面で音を完全に反射できる。SとMは十分に小さく、Rに垂直な直線上に、それぞれ、Rの表面から十分に離れた L [m]、 $2L$ [m]の位置に静止している。Sが出す音波の振動数を f_0 [Hz]、無風時の音速を c [m/s]とする。

始めは、風はなく、大気は静止している。ここで、SはMに向かって、一直線上を一定の速さ V [m/s] ($V < c$)で進み始めた。ただし、RとMは静止したままであり、SがMの位置に到達する前を考える。

- (1) マイクロフォンMで測定される音源Sからの直接音の振動数[Hz]を求めよ。
- (2) マイクロフォンMで測定される反射板Rからの反射音の振動数[Hz]を求めよ。
- (3) マイクロフォンMで測定されるうなりの振動数[Hz]を求めよ。

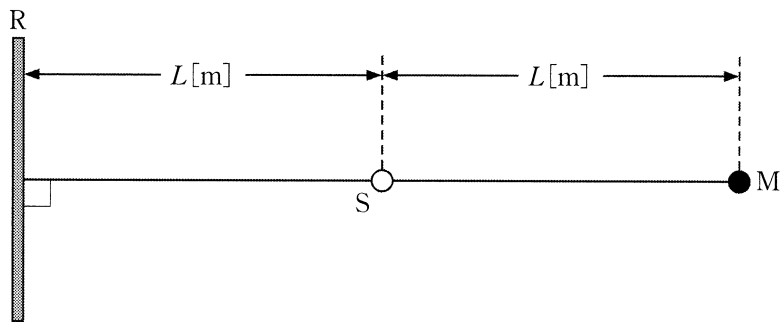


図1

図2のように、音源Sは、マイクホンMから $\frac{3}{4}L$ [m]の位置に達したとき、向きはそのまま、急に速さを $\frac{1}{4}V$ [m/s]に変えた。その後、SがMの位置に到達する前に、Mで測定されるうなりの振動数が2回変化した。

- (4) うなりの振動数の1回目の変化は、音源Sが速さを変えてから何秒後に起こるか。また、1回目の変化後の振動数[Hz]を求めよ。
- (5) うなりの振動数の2回目の変化は、音源Sが速さを変えてから何秒後に起こるか。また、2回目の変化後の振動数[Hz]を求めよ。
- (6) SがMの位置に到達する前に2回目の変化が起こるためには、 V [m/s]は音速 c [m/s]の何パーセント(%)以下である必要があるか。小数点以下を切り捨てて答えよ。

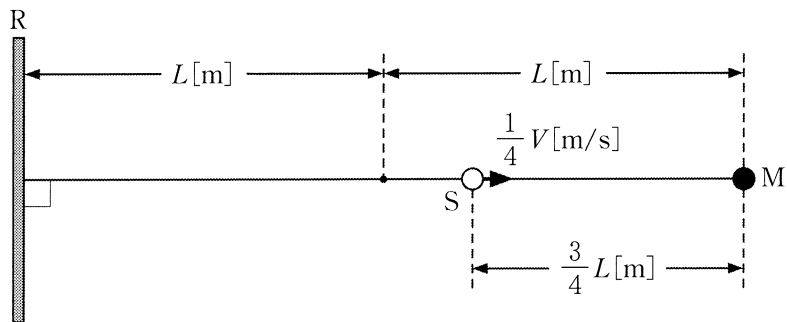


図 2

次に、図3のように、音源SとマイクロフォンMが元の位置にあり、速さ w [m/s] の一様な風が、SとマイクロフォンMとを結ぶ直線に垂直な方向に吹いている状態を考える。ここで、SはMに向かって、一直線上を一定の速さ V [m/s] で進み始めた。ただし、Mは静止したままであり、SがMの位置に到達する前を考える。また、 $w = \frac{5}{13}c$, $V = \frac{1}{13}c$ とする。

(7) 図3の直線上をSからMに向かって伝わる音の速さ [m/s] を求めよ。

(8) マイクロフォンMで測定される音の振動数 [Hz] を求めよ。

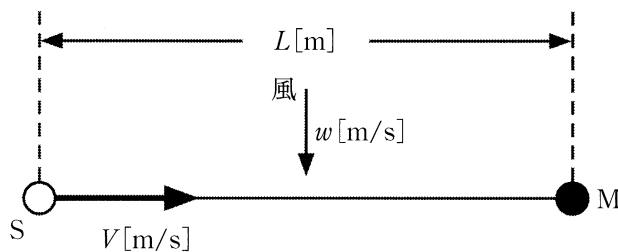


図3

物理問題 3

図1のコイルの自己インダクタンスは L である。このコイルに電流を流す。
電流は図の矢印の向きを正とする。

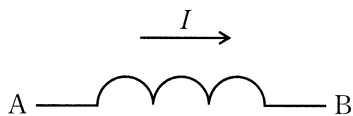


図1

- (1) 微小時間 Δt の間に電流が ΔI だけ変化した。この時、図1の点Bを基準とする点Aの電位はいくらか。
- (2) 問い(1)の Δt の間にコイルに電流 I を流すために必要な仕事 ΔW を、 L 、 I 、 ΔI を用いて表せ。
- (3) コイルの電流を、 $I = at$ のように時間 t とともに一定の割合 $a > 0$ で $I = 0$ から増加させる。この場合、 ΔI と Δt の間には $\Delta I = a\Delta t$ の関係が成り立つ。電流を増加させるのに必要な単位時間当たりの仕事(仕事率) $\Delta W/\Delta t$ は、時間 t とともにどのように変化するか。時間を横軸、仕事率を縦軸とするグラフで示せ。
- (4) コイルに流れる電流を0から I_0 まで増加させるのに必要な仕事を、 L と I_0 で表せ。

図2のように、自己インダクタンス L のコイル、抵抗値 R の抵抗、起電力 V の交流電源(角周波数 ω) を直列につないだ回路について、以下の問いに答えよ。円周率を π とする。必要ならば、三角関数の加法定理： $\sin(a + \beta) = \sin a \cos \beta + \cos a \sin \beta$ 、 $\cos(a + \beta) = \cos a \cos \beta - \sin a \sin \beta$ を利用してもよい。

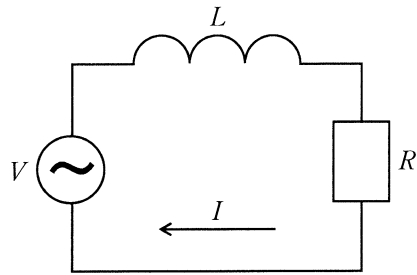


図 2

- (5) 回路を流れる電流を $I = I_0 \sin \omega t$ とする。ここで I_0 は電流の振幅である。このときの抵抗の電圧 V_R とコイルの電圧 V_L をそれぞれ、 I_0 , R , L , ω , π , t のうち必要なものを用いて表せ。ただし図 2 の矢印の向きを電流の正の向きとした時、抵抗やコイルの下流側に対する上流側の電位を電圧とする。
- (6) 電源の起電力を $V = V_0 \sin(\omega t + \phi)$ とする。 V_0 と $\tan \phi$ を I_0 , R , L , ω を用いて表せ。
- (7) V_0 が一定値の場合に、角周波数 ω を 0 から $10 R/L$ 程度にわたって変化させる。 V_R の振幅の ω 依存性の概形をグラフにせよ。
- (8) 抵抗の消費電力 W_R およびコイルの消費電力 W_L の時間変化を、時間 t が 0 から $2\pi/\omega$ の範囲でグラフにせよ。グラフの縦軸には、 W_R と W_L の最大値・最小値をそれぞれ明記すること。
- (9) 交流の一周期あたりの回路の消費電力を、 I_0 , R , L のうち必要なものを用いて表せ。

物理問題 4-1

図1は光電効果を調べる実験装置である。光が陰極に当たると電子(光電子)が飛び出し陽極に到達することで、光電流 I が回路に流れる。振動数 8.5×10^{14} Hz の光を陰極に当て、陽極の電位 V と光電流 I の関係を調べたところ、図2のグラフが得られた。光電流は図1の矢印の向きを正とする。電気素量を 1.6×10^{-19} C、プランク定数を 6.6×10^{-34} J·s として、有効数字2桁で次の問いに答えよ。

- (1) 陰極に当たった光子1個のエネルギーを求めよ。
- (2) 陰極から飛び出した光電子の最大の運動エネルギーを求めよ。
- (3) 陰極の仕事関数を求めよ。
- (4) 図2の $V = a$ において、陰極から飛び出した光電子は、全て陽極に集められたと考えられる。このとき陰極から飛び出した光電子の数は、毎秒何個か求めよ。
- (5) 当てる光を強くした場合(振動数は一定)のグラフの変化について、概略を解答欄に示せ。

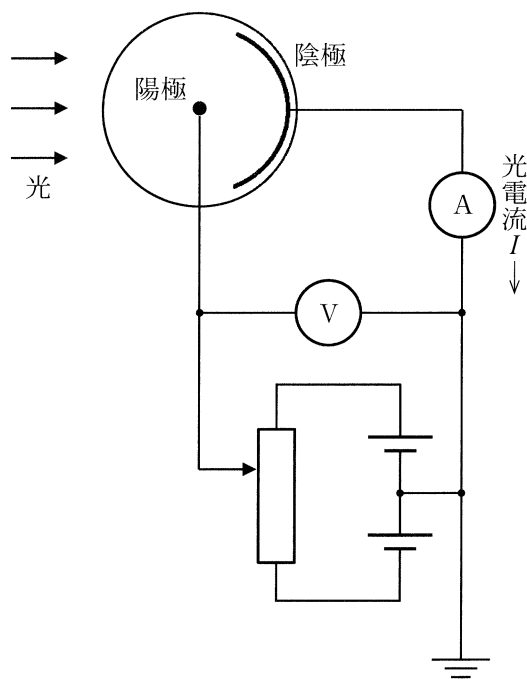


図 1

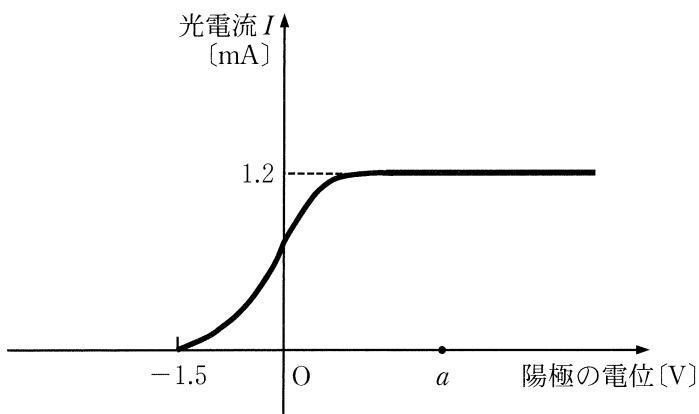


図 2

物理問題 4-2

X線を物質に照射すると、散乱されるX線の中に、入射X線よりも少し波長の長いX線が含まれることが観測されるが、この理由を考えてみよう。図3のように静止している質量 m の電子に、波長 λ のX線を当てたところ、X線は x 軸と角度 θ をなす方向に波長 λ' ($\lambda' > \lambda$) で散乱した。また、電子は x 軸と角度 ϕ をなす方向に速さ v ではね飛ばされた。入射X線の方を x 軸、これと垂直な方向を y 軸、プランク定数を h 、光の速さを c として次の問いに答えよ。

- (1) 入射X線の光子のエネルギーを求めよ。
- (2) 入射X線の光子と電子の衝突は完全弾性衝突と考えられる。衝突前後におけるエネルギー保存則の式を表せ。
- (3) 入射X線の光子の運動量と、散乱X線の光子とはね飛ばされた電子の運動量の和との間の関係について、 x 軸方向、 y 軸方向について、それぞれ式で表せ。
- (4) はね飛ばされた電子の運動量の2乗 $(mv)^2$ を、 h 、 λ 、 λ' 、 θ を使って求めよ。ただし、 $\sin^2\theta + \cos^2\theta = 1$ を用いること。
- (5) $\lambda' - \lambda$ を、 c 、 h 、 m 、 θ を使って求めよ。ただし、近似式 $\frac{\lambda}{\lambda'} + \frac{\lambda'}{\lambda} \doteq 2$ を用いること。
- (6) この現象の名称を答えよ。また、これがX線のどのような性質を示した実験か述べよ。

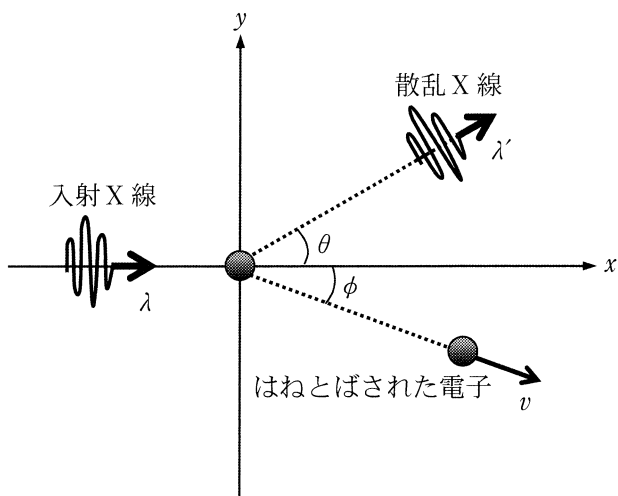


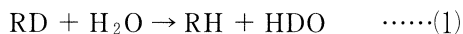
図 3

化 学

化学問題 1

次の[I]および[II]の文章を読み、問1～問9に答えよ。ただし、原子量は $H = 1.00$, $O = 16.0$, $Cl = 35.5$, $K = 39.1$, 気体定数は $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$ とする。また、 25°C における H_2O の密度を $1.00 \text{ g}/\text{cm}^3$, H_2O のイオン積を $K_w = 1.0 \times 10^{-14} \text{ mol}^2/\text{L}^2$ とする。

[I] 水素原子には、同位体として軽水素(${}^1\text{H}(\text{H})$)と重水素(${}^2\text{H}(\text{D})$)が存在する。ここで、軽水素または重水素を含む化合物を、それぞれRH, RDと表す。ある化合物**X**(RD)を H_2O に溶解すると、化合物**X**のDが H_2O のHと交換することで、化学反応式(1)のように、HDOが生じる。



ただし、 H_2O がRDに比べて反応液中に過剰にあるとき、式(1)の逆向きの反応は無視できる。

また、反応液中の H_2O の濃度は一定とみなせるため、反応速度 v [$\text{mol}/(\text{L}\cdot\text{s})$]はRDの濃度 $[\text{RD}]$ [mol/L]のみに比例し、反応速度定数 k [$/\text{s}$]を用いて、式(2)のように、

$$v = k[\text{RD}] \quad \dots\dots(2)$$

で与えられる。

さて、 25°C で様々なpHの水溶液にごく微量の化合物**X**を溶解させて反応速度を測定し、式(2)の k の値を求めたとき、 k の値はpHによって著しく変化した。 $\log_{10} k$ のpHに対する関係は、図に示すように、pHの低い領域では傾きが -1 の直線で、pHの高い領域では、傾きが $+1$ の直線で近似できた。

pH = 0 および pH = 14 での k の値をそれぞれ k_A および k_B としたときの、これらの直線は pH を用いた式で表すと、pH の低い領域では、式(3)のように、

$$\log_{10} k = \boxed{\text{①}} + \log_{10} k_A \cdots\cdots(3)$$

pH の高い領域では、式(4)のように、

$$\log_{10} k = \boxed{\text{②}} + \log_{10} k_B \cdots\cdots(4)$$

となる。

したがって、式(2)と式(3)から、pH の低い領域における反応速度 v は、 $[\text{H}^+]$ [mol/L] を用いて、式(5)のように、

$$v = \boxed{\text{③}} [\text{RD}] \cdots\cdots(5)$$

pH の高い領域における反応速度 v は、式(2)と式(4)から、 $[\text{OH}^-]$ [mol/L] を用いて、式(6)のように、

$$v = \boxed{\text{④}} [\text{RD}] \cdots\cdots(6)$$

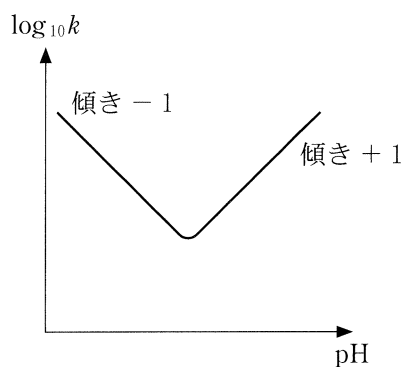
となる。

pH の低い領域と高い領域では、それぞれ H^+ と OH^- が他方のイオンに比べて過剰であるため、 $[\text{OH}^-]$ と $[\text{H}^+]$ が無視された式(5)と式(6)で表された。

しかし実際には、いずれの pH でも H^+ と OH^- はともに存在し、反応に関与する。そこで、すべての pH 領域にあてはまる反応速度定数 k は、 H^+ と OH^- をともに考慮して、式(7)のように、

$$k = \boxed{\text{③}} + \boxed{\text{④}} \cdots\cdots(7)$$

で与えられる。



図

- 問 1. 25 °C における HDO の密度を求めよ。ただし、D の原子量は 2.00 とし、 H_2O と HDO の構造の違いは無視できるものとする。有効数字 3 桁で記せ。
- 問 2. 純粋な H_2O と D_2O が存在するにもかかわらず、実際には純粋な HDO は存在しない。化学平衡を考慮して、理由を簡潔に説明せよ。ただし、H と D の化学的性質はほぼ同じとする。
- 問 3. 文中の①～④に適した式を答えよ。
- 問 4. 式(2)について、一般的に、反応温度が高くなると、反応速度定数 k と反応の進行に要する時間 t はどのように変化するか。㉗～㉜のうち最も適切なものを 1 つ選べ。
- ㉗ k は大きくなり、 t は長くなる。
 - ① k は大きくなり、 t は短くなる。
 - ㉘ k は小さくなり、 t は長くなる。
 - ㉙ k は小さくなり、 t は短くなる。
 - ㉜ k と t はどちらも変化しない。
- 問 5. 式(5)と式(6)から、式(1)の反応に関してどのようなことがわかるか。㉗～㉜のうち最も適切なものを 1 つ選べ。
- ㉗ 強い酸を加えると速くなるが、強い塩基を加えると遅くなる。
 - ① 強い酸を加えると遅くなるが、強い塩基を加えると速くなる。
 - ㉘ 強い酸を加えても、強い塩基を加えても速くなる。
 - ㉙ 強い酸を加えても、強い塩基を加えても遅くなる。
 - ㉜ 強い酸を加えても、強い塩基を加えても変化しない。
- 問 6. 式(7)において、速度定数 k [s] の最小値を k_A, k_B および H_2O のイオン積 K_W を用いて記せ。
- 問 7. 化合物 **X** としてある高分子化合物を用いたとき、25 °C で $k_A = 3.0 \times 10^2 \text{ L}/(\text{mol}\cdot\text{s})$ および $k_B = 3.0 \times 10^8 \text{ L}/(\text{mol}\cdot\text{s})$ であった。速度定数 k [s] の最小値とそのときの pH をそれぞれ求めよ。有効数字 2 桁で記せ。

[II] H_2O と D_2O だけを通す半透膜と U 字管を用いて、実験 1 および実験 2 を行った。

(実験 1)

半透膜の一方に H_2O を、他方に H_2O を用いて調製した $1.00 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ の塩化カリウム溶液を、それぞれ等しい容量加え、 27°C でしばらく放置した。このとき、塩化カリウム溶液側の液面が、 H_2O 側の液面よりも **A** cm だけ高い位置に達して平衡となった。

(実験 2)

半透膜の一方に D_2O を、他方に D_2O を用いて調製した $1.00 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ の塩化カリウム溶液を、それぞれ等しい容量加え、 27°C でしばらく放置した。このとき、塩化カリウム溶液側の液面が、 D_2O 側の液面よりも **B** cm だけ高い位置に達して平衡となった。

問 8. 実験 2 において、 D_2O を用いて調製した $1.00 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ の塩化カリウム溶液の浸透圧 (Pa) を求めよ。ただし、塩化カリウムは完全に電離しているものとする。有効数字 3 桁で記せ。

問 9. 液面の変化分 **A** cm と **B** cm の関係を㉠~㉣のうちから 1 つ選べ。また、その理由を「比例」または「反比例」という語句を用いて簡潔に説明せよ。ただし、 H_2O と D_2O の構造の違いは無視できるものとする。

㉠ **A = B**

㉡ **A > B**

㉢ **A < B**

化学問題 2

次の文章[I]および[II]を読み、問1～問9に答えよ。

必要に応じて次の値を使用せよ。原子量は $H = 1.00$, $N = 14.0$, $O = 16.0$,
 $S = 32.0$, $Cl = 35.5$, $Cu = 63.5$, $Pb = 207$ とする。

[I] 鉛は比較的やわらかい暗灰色の重金属で、密度が比較的大きく、鉛蓄電池の電極^①に用いられる。鉛はイオン化傾向が水素より大きいが、希塩酸には化合物 の被膜をつくるため溶けにくい。一方、銅はイオン化傾向が水素より小さく、希硫酸とは反応しないが、希硝酸には気体 を発生して溶ける。気体 は水に溶けにくい^②ため水上置換で捕集できる。

問 1. 下線部①について、負極活物質に鉛、正極活物質に酸化鉛(IV)、電解質水溶液に希硫酸を用いた。この鉛蓄電池を放電させると、両極では、それぞれどのような変化が起きるか、電子 e^- を用いたイオン反応式で答えよ。また、放電の結果、正極の質量が 3.2 g 増加した。このとき負極で増加した質量(g)を有効数字2桁で記せ。

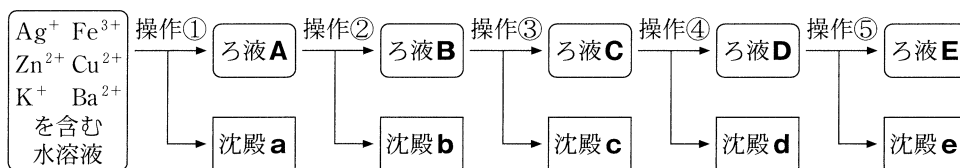
問 2. ある温度において、純水に対する化合物 の溶解度は $1.60 \times 10^{-2}\text{ mol/L}$ である。温度が変わらない条件下での化合物 の溶解度積を求め、有効数字3桁で記せ。また、このときの溶解度積の単位も記せ。

問 3. 問2と同じ温度において、 $3.00 \times 10^{-1}\text{ mol/L}$ の塩酸 1.0 L に溶解する化合物 の物質量(mol)を有効数字3桁で記せ。

問 4. 下線部②で気体 が発生するときの化学変化を化学反応式で記せ。また、気体 は不対電子をもつ化合物である。気体 について考えられる電子式を記せ。

問 5. 気体 は水に溶けにくいにもかかわらず、酸性雨の原因物質の1つである。その理由を化学反応式を用いて簡潔に説明せよ。

[II] Ag^+ , Fe^{3+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} , K^+ , Ba^{2+} の6種類の金属イオンを含む水溶液から各金属イオンを分離するために、図のような実験を行った。なお、分離は完全に行えたものとする。



図

操作① 希塩酸を加えて、ろ過した。

操作② 硫化水素を通じて、ろ過した。

操作③ 加熱したのち、希硝酸を加えた。次に、過剰のアンモニア水を加えて、ろ過した。

操作④ 硫化水素を通じて、ろ過した。

操作⑤ ウ を加えて、ろ過した。

問 6. 沈殿 **a**, **b**, **c** の化学式と最も適切な沈殿の色をそれぞれ記せ。ただし、沈殿の色は次から選べ。

【黒色, 白色, 黄色, 濃青色, 赤褐色, 緑白色】

問 7. 操作③で希硝酸を加える理由を簡潔に説明せよ。

問 8. 操作④で沈殿が生じる際に起きる反応を、化学反応式で記せ。

問 9. ろ液 **D** に含まれる金属イオンを分離するために操作⑤を行ったところ，分離された沈殿 **e** の色は白色だった。また，ろ液 **E** に含まれる金属イオンを確認するために炎色反応を行った。操作⑤の物質名 (ウ) と炎色反応で呈する色の組み合わせについて，次の I ~ VI のうち最も適切なものを選べ。

(ウ)

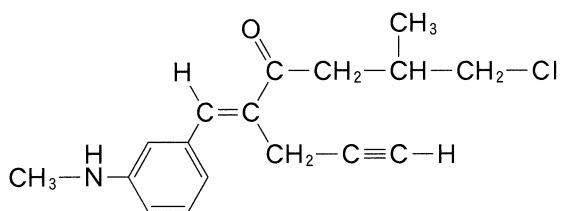
炎色反応で呈する色

I	炭酸アンモニウム水溶液	黄
II	塩化アンモニウム水溶液	青 緑
III	硫 酸	青 緑
IV	炭酸アンモニウム水溶液	赤 紫
V	塩化アンモニウム水溶液	赤 紫
VI	硫 酸	黄

化学問題 3

次の文章を読み、問1～問10に答えよ。原子量はH = 1.00, C = 12.0, O = 16.0 とする。構造式を解答する際には、例にならって記せ。

[例]



炭素、水素、酸素からなり、不斉炭素原子を1つもつ化合物 **A** の構造に関する情報を得るため、実験1～実験11を行った。

実験1 化合物 **A** に触媒存在下で水素を付加させると化合物 **B** が得られた。

実験2 化合物 **A**, **B** それぞれを水酸化ナトリウム水溶液で加水分解すると、化合物 **A** からは化合物 **C**, **D**, **E** が、化合物 **B** からは化合物 **C**, **D**, **F** が生成した。化合物 **C** と **D** は塩であり、それぞれの混合物から化合物 **E** あるいは **F** を抽出により分離した。化合物 **C** と **D** を含む水溶液を塩酸で中和すると、化合物 **C** からは化合物 **G** が、化合物 **D** からは化合物 **H** が生じた。

化合物 **G** と **H** を抽出により分離した。

(1)
実験3 ナフタレン構造をもつジカルボン酸 **G** を加熱して脱水すると、分子式が $C_{12}H_6O_3$ の中性化合物 **J** が生じた。

実験4 化合物 **H** に塩化鉄(III)水溶液を加えると呈色反応を示した。

実験5 化合物 **H** の塩である化合物 **D** を高温高压下で二酸化炭素と反応させてから希硫酸で中和すると、化合物 **K** が得られた。化合物 **K** の分子量は200以下で、分子内で水素結合を形成していた。

(2)
実験6 化合物 **K** は暗所で臭素と反応しなかった。

実験7 化合物 **K** 10.0 mg を完全燃焼すると二酸化炭素 23.9 mg と水 5.42 mg が生じた。

実験8 化合物 **E**, **F** それぞれに単体のナトリウムを加えたところ、化合物 **F** のみから気体が発生した。

実験9 ヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を化合物 **E**, **F** それぞれに加えて加温すると、いずれの化合物からも黄色沈殿が生じた。

実験10 化合物 **F** を二クロム酸カリウムの希硫酸溶液中でおだやかに温めると、化合物 **E** が得られた。

実験11 化合物 **F** を濃硫酸と加熱したところ、炭素数6の炭化水素が生じた。

問 1. 下線部(1)で、化合物 **G** と **H** を抽出により分離する方法を具体的に説明せよ。

問 2. 化合物 **G** として考えられるもののうち、2つの化合物の構造式を記せ。

問 3. 反応が完全に進行した場合に得られる収量を基準として、生成物の収量を割合で表したものを収率(%)とよぶ。化合物 **G** 10.8 g をエタノールに溶解し、少量の濃硫酸を加え加熱したところ、中性の生成物 10.2 g が得られた。この生成物の収率を整数で記せ。

問 4. 下線部(2)の水素結合の形成に関与する官能基の名称をすべて記せ。

問 5. 化合物 **K** の分子式を記せ。

問 6. 化合物 **H** の構造式を記せ。また、化合物 **H** の構造異性体でベンゼン環と不斉炭素原子を両方もつ化合物 **X** の構造式を記せ。

問 7. 実験 10 の反応で、二クロム酸カリウム 1.00 mol と反応する化合物 **F** の物質量(mol)を有効数字 3 桁で記せ。ただし、反応は完全に進行したものとする。

問 8. 化合物 **E** の構造式を記せ。

問 9. 実験 11 の反応で生じたすべての炭化水素の構造式を記せ。不斉炭素原子がある場合には、構造式中の不斉炭素原子に*をつけよ。

問10. 化合物 **A** の分子量を整数で記せ。

化学問題 4

次の文章を読み、問1～問9に答えよ。必要に応じて次の値を使用せよ。原子量は $H = 1.00$, $C = 12.0$, $N = 14.0$, $O = 16.0$ とする。

核酸は、 と糖と塩基が結合したヌクレオチドとよばれる構成単位が、多数連なってできた鎖状の高分子化合物(ポリヌクレオチド)である。核酸にはデオキシリボ核酸(DNA)とリボ核酸(RNA)がある。DNAは、2本のポリヌクレオチドからなる二重らせん構造をしている。この構造の中で、一方のポリヌクレオチド鎖の塩基と、もう一方のポリヌクレオチド鎖の塩基は、^(a)決まった相手と対(塩基対)をつくっている。このような塩基どうしの関係を 的であるという。生体内でDNA中の塩基のならば順(塩基配列)は遺伝情報となる。

糖類のうち、それ以上加水分解されない糖を単糖という。加水分解によって単糖2分子を生じる糖を二糖という。ここで、**A**、**B**、**C**、**D**、**E**の5種類の二糖を考える。これらの分子式はいずれも $C_{12}H_{22}O_{11}$ である。二糖**A**はアミロースをアミラーゼで、二糖**B**はセルロースをセルラーゼでそれぞれ加水分解したときに生じる。 α 型の単糖**X**の構造を図1に示す。図1に示すように、炭素原子に1位から順に2位、3位、4位、5位、6位と番号を付ける。二糖**C**は、二つの α 型の単糖**X**の1位の炭素原子に結合したヒドロキシ基どうしが脱水縮合したものであり、 とよばれる。 は食品のほか、保湿剤などに使用される。単糖**X**の4位の炭素原子に結合したヒドロキシ基の立体構造が逆になった立体異性体は、ガラクトースとよばれる。二糖**D**は、 β 型のガラクトースの1位の炭素原子に結合したヒドロキシ基と、単糖**X**の4位の炭素原子に結合したヒドロキシ基が脱水縮合したものであり、ラクトース(乳糖)とよばれ乳汁に含まれている。二糖**E**の構造を図2に示す。二糖**E**は、 α 型の単糖**X**と β 型の が脱水縮合したものであり、グラニュー糖や氷砂糖の主成分である。

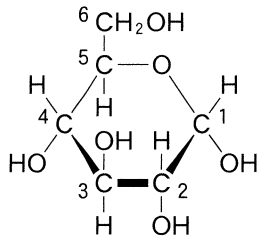


図 1

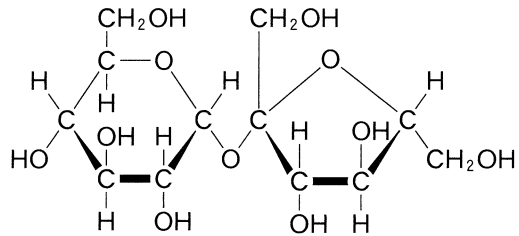


図 2

2種類以上の単量体を混合して行う重合を共重合^(C)といい、生じた重合体を共重合体という。単量体の種類や混合の割合および単量体のつながり方などによって様々な性質をもつ共重合体を得ることができる。

問 1. ~ に最も適切な語句を記せ。

問 2. 下線部(a)に関連して、二重らせん構造を形成している DNA を考える。この DNA を分解・精製し、2種類の塩基のみを含む混合物を得た。この混合物に含まれる2種類の塩基の物質量は等しかった。また、この混合物の元素分析を行ったところ、成分元素の質量%は、炭素41.2%、水素3.82%、窒素42.7%であった。元素分析の結果をもとに、この DNA に含まれる2種類の塩基の名称を記せ。さらに、導出の過程も示せ。ただし、2本のポリヌクレオチド鎖の重合度は同じであり、核酸に含まれる5種類の塩基の分子式は次のとおりである。アデニン： $C_5H_5N_5$ 、グアニン： $C_5H_5N_5O$ 、シトシン： $C_4H_5N_3O$ 、チミン： $C_5H_6N_2O_2$ 、ウラシル： $C_4H_4N_2O_2$

問 3. 下線部(b)に関連して、 β 型のガラクトースの構造式を図1にならって記せ。ただし、解答の構造式には炭素原子の番号を付ける必要はない。

問 4. 二糖 **A, B, C, D, E** のうち、フェーリング液を還元しないものをすべて選び、記号で答えよ。

問 5. 問 4 で選んだ二糖が水溶液中で還元性を示さない理由を、その構造にもとづいて簡潔に説明せよ。

問 6. セルロース 486 g をセルラーゼで加水分解すると、理論上二糖 **B** は何 g 得られるか。ただし、セルロース全量が加水分解されると、二糖 **B** のみが生じるとする。答えは有効数字 3 桁で書け。

問 7. 二糖 **E** について、 α 型の単糖 **X** と β 型の え を結びつけている結合の名称を記せ。ただし、結合に関わる炭素原子の番号 (1 位 ~ 6 位) がわかるように記すこと。

問 8. 単糖 **X** が数百個脱水縮合したアミロース 243 g を酵素反応により単糖 **X** まで完全に加水分解した。得られた単糖 **X** をアルコール発酵させたところ、反応液全体の質量として 99.0 g 減少した。このアルコール発酵ではエタノールと二酸化炭素のみが生じ、質量の減少は二酸化炭素がすべて空気中に放出されたことだけに起因するものとする。アルコール発酵の過程で単糖 **X** の何 % (質量 %) が消費されたか答えよ。答えは有効数字 2 桁で書け。

問 9. 下線部(c)に関連して、1,3-ブタジエンとアクリロニトリルの共重合により、平均分子量が 53000 の共重合体であるアクリロニトリル-ブタジエンゴム(略称 NBR) が得られた。NBR は石油ホースなどに用いられる。この共重合体の元素分析を行ったところ、成分元素である窒素原子の質量 % は 11.9 % であった。

(1) 共重合体中のアクリロニトリルに由来する成分の含有量の質量 % を計算せよ。答えは有効数字 2 桁で書け。

(2) 共重合体の 1 分子中に含まれるブタジエン単位の平均の数(個)を計算せよ。答えは有効数字 2 桁とし、 2.1×10^3 のように書け。