

2026年度

## 理科問題

(物理・化学・生物・地学)

物理：2～7ページ	解答用紙3枚
化学：8～21ページ	解答用紙6枚
生物：22～35ページ	解答用紙4枚
地学：36～44ページ	解答用紙4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いたり裏返したりしないこと。
- 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 解答用紙の各ページ所定欄に、それぞれ受験番号（最後のページは、左右2箇所）、氏名を必ず記入すること。なお、解答用紙は上部で接着してあるので、はがさず解答すること。
- 4 解答は、すべて解答用紙の所定欄に記入すること。
- 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 **現代システム科学域の受験者**は、「物理」・「化学」・「生物」・「地学」のうちから1科目を選択し、解答すること。
- 8 **理学部の受験者**は、次により解答すること。なお、第2・3志望がある場合、志望する学科についても確認すること。
  - (1) **数学科・生物学科・地球学科・生物化学科**を志望する者は「物理」・「化学」・「生物」・「地学」のうちから2科目を選択し、解答すること。
  - (2) **物理学科**を志望する者（第3志望までを含む）は、「物理」とその他に「化学」・「生物」・「地学」のうちから1科目を選択し、計2科目を解答すること。
  - (3) **化学科**を志望する者（第3志望までを含む）は、「物理」・「化学」の計2科目を解答すること。
- 9 **工学部の受験者**は、「物理」・「化学」の計2科目を解答すること。
- 10 **農学部・獣医学部・医学部医学科の受験者**は、「物理」・「化学」・「生物」のうちから2科目を選択し、解答すること。
- 11 **生活科学部食栄養学科の受験者**は、「物理」・「化学」・「生物」のうちから1科目を選択し、解答すること。
- 12 問題冊子の余白は下書きに使用してもよい。
- 13 問題冊子及び選択しなかった科目の解答用紙は持ち帰ること。

本試験問題の一部あるいは全部について、いかなる方法においても複写・複製など、著作権法上で規定された権利を侵害する行為を行うことは禁じられています。

# 問題訂正

科目名：前期日程 理科問題 (化学)

《訂正箇所》 11 ページ 第1問 問2 (4) 1行目

誤

グリセリンの1つの水酸基のみが・・・

正

グリセリンの1つのヒドロキシ基のみが・・・

(余 白)

# 物 理

## 第 1 問 (35点)

図1のように、ばね定数  $k$  の軽いばねの一端に軽い板  $Q$  を固定し、そのばねを水平な台の上に固定された質量  $M$  の直方体の容器に入れて、ばねの他端を容器の底に固定する。このとき、ばねは自然の長さであった。ばねは容器に沿って鉛直方向に伸縮する。容器の厚さ、板  $Q$  と容器の間の摩擦、容器内外の気体の影響は無視できるものとする。重力加速度の大きさを  $g$  とし、以下の問いに答えよ。解答にはその導出過程も記すこと。

問1 図2のように、質量  $m$  の物体  $P$  を板  $Q$  に静かにのせた。  $P$ 、  $Q$  を支えながらゆっくり下げていくと、図3のようにばねが自然の長さから  $l$  だけ縮んでつり合った。  $l$  を求めよ。

図2の状態にもどし、物体  $P$  を静かにはなすと、物体  $P$  と板  $Q$  は一体で単振動をはじめた。

問2 ばねは自然の長さから最大でいくら縮むか求めよ。

問3 つり合いの位置から  $z$  だけばねが縮んだとき、鉛直下向きを力の正の向きとして、物体  $P$  にはたらく力の合力を求めよ。

問4 物体  $P$  の最大の速さを求めよ。

問5 ばねがもっとも縮んだ位置から、つり合いの位置に最初に到達するまでの時間を求めよ。

図4のように、容器を横にしてなめらかで水平な床に置いた。容器が動かないように手で押さえながら物体  $P$  を板  $Q$  に押しつけて、自然の長さから  $a$  だけばねを縮め、全体が静止している状態で容器と物体  $P$  から手を同時にはなした。縮んだばねが自然の長さに戻ったとき、物体  $P$  が板  $Q$  から離れた。ここで、物体  $P$  と容器の間の摩擦は無視できるものとする。

問6 板  $Q$  から離れた直後の物体  $P$  の床に対する速さを求めよ。

次に、図5のように、ばねの自然の長さの位置で板Qと物体Pが接した状態で、板Qと物体Pを容器とともに静止させた。物体Pに水平面に沿って左向きに速さ  $v_0$  の初速度を与えると、物体Pと板Qは、一体で運動したのち、ばねが自然の長さに戻ったとき物体Pは板Qから離れた。物体Pおよび板Qが容器の底に到達することはないものとする。

問7 ばねは自然の長さから最大でいくら縮むか求めよ。

問8 板Qから離れた直後における、物体Pの床に対する速さと動く向きを求めよ。ただし、 $m < M$  とする。

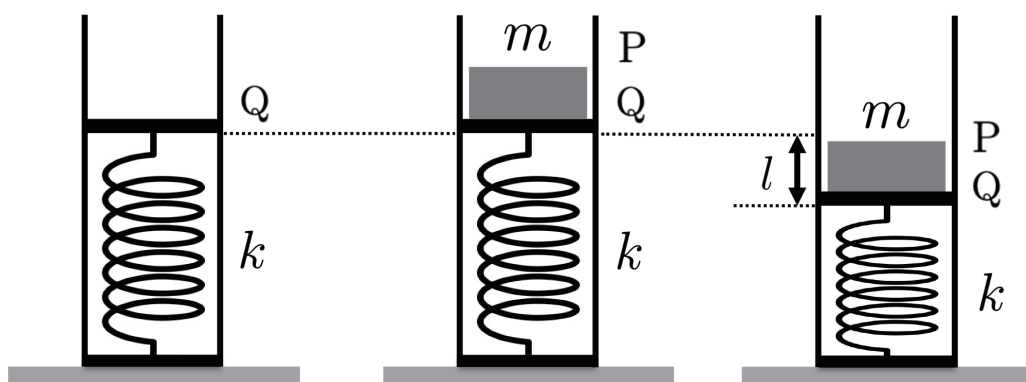


図1

図2

図3

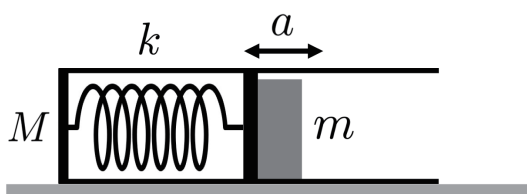


図4

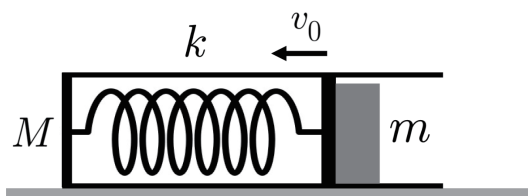


図5

# 物 理

## 第 2 問 (30点)

図1のように、抵抗値がそれぞれ  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  の3個の抵抗と、起電力が  $E_1$ ,  $E_2$  の内部抵抗が無視できる2個の直流電源を接続した回路がある。各抵抗に流れる電流を  $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I_3$  とし、図1に記した矢印の向きを各電流の正の向きとする。回路の点bを基準としたときの点aの電位を  $V_a$  とする。以下の問いに答えよ。解答にはその導出過程も記すこと。ただし、問題番号に星印(★)のある問題については導出過程を書かなくてよい。

問1★ 点aにおいて、流れ込む電流と流れ出る電流の間に成り立つ関係式を、 $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I_3$  を用いて表せ。

問2★ 各抵抗による電圧降下を考え、電流  $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I_3$  を、それぞれ  $V_a$  を使い、さらに  $E_1$ ,  $E_2$ ,  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  のうち必要なものを用いて表せ。

以下では、各抵抗の抵抗値の逆数を、 $g_1 = \frac{1}{R_1}$ ,  $g_2 = \frac{1}{R_2}$ ,  $g_3 = \frac{1}{R_3}$  と記すことにする。

問3  $V_a$  を、 $g_1$ ,  $g_2$ ,  $g_3$ ,  $E_1$ ,  $E_2$  のうち必要なものを用いて表せ。

問4 電流  $I_1$  を、 $g_1$ ,  $g_2$ ,  $g_3$ ,  $E_1$ ,  $E_2$  のうち必要なものを用いて表せ。

問5 電流  $I_1$  は、それぞれの抵抗の抵抗値や直流電源の起電力の大きさによっては0になる場合がある。 $I_1 = 0$  となるのは、 $E_1$  と  $E_2$  の比  $\frac{E_1}{E_2}$  がどのような値をとる場合か、 $g_1$ ,  $g_2$ ,  $g_3$  のうち必要なものを用いて表せ。ただし、 $E_1 > 0$ ,  $E_2 > 0$  とする。

図1の回路を変更し、図2のようにaとbの間に電気容量  $0.50 \mu\text{F}$  のコンデンサーCを接続し、さらにスイッチ  $S_1$ ,  $S_2$  を取り付けた。また、電気抵抗および直流電源は、 $R_1 = 8.0 \Omega$ ,  $R_2 = 8.0 \Omega$ ,  $R_3 = 16 \Omega$ ,  $E_1 = 4.0 \text{ V}$ ,  $E_2 = 4.0 \text{ V}$  とした。Cには、初め電荷がたくわえられていなかった。次に、スイッチ  $S_1$  と  $S_2$  を同時に閉じた。以下の問いに、有効数字2桁で答えよ。

問 6  $S_1$  と  $S_2$  を同時に閉じた直後に、抵抗値が  $R_2 = 8.0 \Omega$  の抵抗に流れる電流を求めよ。

さらに、スイッチ  $S_1$  と  $S_2$  を閉じてから、十分に時間が経過した後の状態を考える。

問 7 このとき、 $C$  にたくわえられた電気量を求めよ。

問 8 このとき、抵抗値が  $R_3 = 16 \Omega$  の抵抗で消費される電力を求めよ。

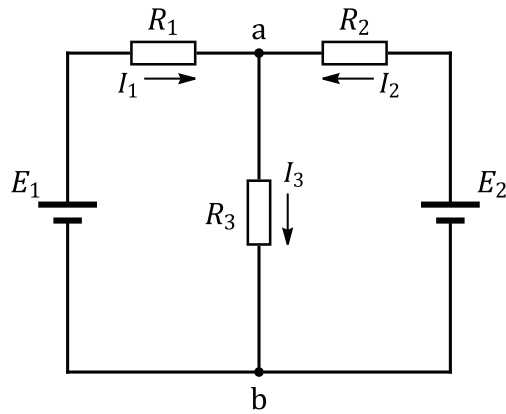


図 1

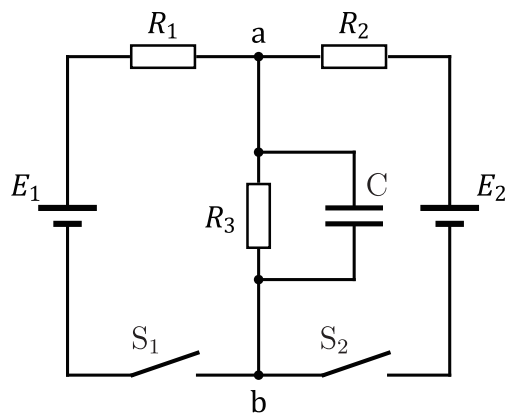


図 2

# 物 理

## 第 3 問 (35点)

鉛直方向になめらかに動くピストンをもつシリンダー内に、1 mol の単原子分子の理想気体が閉じ込められている。シリンダーには小さな上ストッパーと下ストッパーが取り付けられており、それによりピストンの可動範囲が決まっている。ピストンと下ストッパーが接触する位置がピストンの可動域の下限であり、ピストンと上ストッパーが接触する位置がピストンの可動域の上限である。ピストンの厚さと質量は無視できるものとする。シリンダーの底には温度調節器が取り付けられており、温度調節器のみがシリンダー内の気体と熱のやりとりをする。図1に示すように、気体の温度と体積をゆっくりと変化させることで、荷物を持ち上げる装置を考える。気体定数を  $R$ 、重力加速度の大きさを  $g$ 、大気圧を  $P_0$ 、ピストンの断面積を  $S$  とし、以下の問いに答えよ。解答にはその導出過程も記すこと。ただし、問題番号に星印 (\*) のある問題については導出過程を書かなくてもよい。

最初、シリンダー内の気体の圧力と大気圧が等しく、ピストンは下限位置で静止していた(図1 (a))。このときの気体の状態を状態 A、体積を  $V_A$  とする。

問 1\* 状態 A における気体の温度を求めよ。

次に、ピストンの上に質量  $M$  の荷物をのせた。温度調節器により気体をゆっくり加熱すると、ある温度で荷物をのせたピストンが上がりはじめた。このときの気体の状態を状態 B とする(図1 (b))。

問 2\* 状態 B における気体の温度と圧力を求めよ。

問 3 過程 A → B で、気体が吸収した熱量を求めよ。

荷物をのせたピストンは、気体の圧力による力と外力のつり合いを保ちながらゆっくり上昇した。ピストンが  $h$  だけ移動し、上限位置に達して止まったところで気体の加熱を止めた。このときの気体の状態を状態 C とする(図1 (c))。

問 4\* 状態 C における気体の温度を求めよ。

問 5 過程 B → C で、気体が吸収した熱量と外部にした仕事を求めよ。

状態Cになったところで、ピストンの上から荷物をおろした。さらに、温度調節器により気体をゆっくり冷却したところ、ある温度でピストンが下がりはじめた。このときの気体の状態を状態Dとする(図1(d))。その後ピストンは、気体の圧力による力と外力のつり合いを保ちながらゆっくり下降した。ピストンが下限位置に達したところで気体の冷却を止めた。このとき気体の状態は状態Aに戻った。

問6\* 状態Dにおける気体の温度を求めよ。

問7 過程D→Aで、気体が外部からされた仕事を求めよ。

問8 過程A→B→C→D→Aの1サイクルを考える。1サイクルの間に気体が外部にする仕事、および1サイクルにおける熱効率を求めよ。

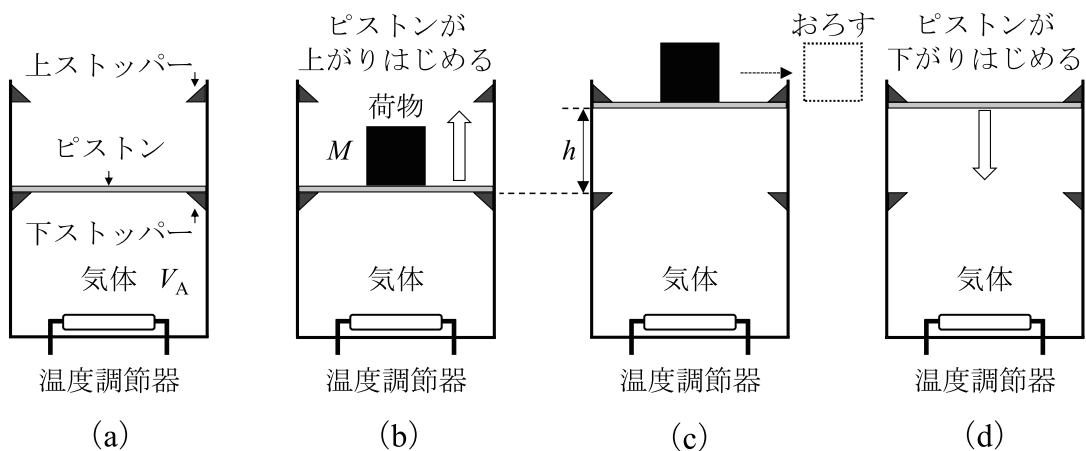
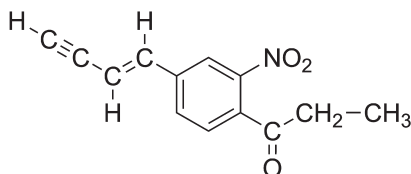


図 1

# 化 学

## 第 1 問 (33点)

次の問1と問2に答えよ。構造式は下の例にならって記せ。必要であれば次の数値を用いよ。原子量：H = 1.0, C = 12, O = 16, K = 39, I = 127



問1 次の文章を読み、(1)～(4)の問いに答えよ。

炭素・水素・酸素のみからなる化合物 **A** は、ベンゼン環を含む分子量 200 以下の分子である。40 mg の化合物 **A** を完全燃焼させ元素分析を行ったところ、二酸化炭素 110 mg、水 18 mg を得た。化合物 **A** を希硫酸中で加熱すると、化合物 **B** と化合物 **C** が得られた。化合物 **C** は還元作用を示さなかった。

1 mol の化合物 **B** を触媒存在下で常圧の水素 (H<sub>2</sub>) と反応させたところ、2 mol の水素と反応し化合物 **D** が得られた。化合物 **D** に塩化鉄(III)水溶液を加えると青色に呈色した。また、化合物 **B** を触媒存在下で水と反応させると化合物 **E** が得られた。化合物 **E** を水酸化ナトリウム水溶液中でヨウ素を加えて温めたところ黄色沈殿が生じた。この黄色沈殿をろ過し、ろ液に希硫酸を加えて酸性にすると化合物 **F** の沈殿が生じた。

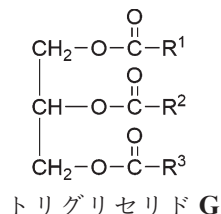
化合物 **F** は、工業的にはナトリウムフェノキシドと ア を高温・高圧のもとで反応させた後、希硫酸を加えることにより合成できる。

- (1) 化合物 **A** の分子式を記せ。
- (2) 化合物 **C** の示性式を記せ。
- (3) ア にあてはまる化合物の名称を答えよ。
- (4) 化合物 **A**、化合物 **B**、化合物 **E**、および化合物 **F** の構造式を記せ。

(余 白)

問2 次の文章を読み、(1)～(6)の問いに答えよ。

天然の油脂を構成する高級脂肪酸とグリセリンのエステルであるトリグリセリド **G** は、右図に示す構造をもつ。ここで、 $R^1-$ 、 $R^2-$ 、 $R^3-$  は、炭素-炭素間が単結合のみからなる分枝のない炭化水素基か、単結合と二重結合のみからなる分枝のない炭化水素基を表す。



トリグリセリド **G** の構造を確かめるために次の (i)～(iv) の4つの実験を行った。なお各反応はいずれも完全に進行したものとする。

- (i) ニッケル触媒を用いて、トリグリセリド **G** に完全に水素を付加させると、トリグリセリド **H** が得られた。
- (ii) 1gのトリグリセリド **G** にヨウ素 ( $I_2$ ) を付加させたところ、573 mgのヨウ素が消費された。
- (iii) 1gのトリグリセリド **H** を水酸化カリウムで完全にけん化した後、反応液を酸性にしたところ、1種類の脂肪酸 **I** とグリセリンが得られた。その際、水酸化カリウムが189 mg必要であった。
- (iv) トリグリセリド **G** を、水酸化カリウムを溶解させたメタノールに加えて加熱すると、①脂肪酸メチルエステルの混合物とグリセリンが得られた。

グリセリンは様々な有用化合物の原料として用いられる。例えば、触媒を用いてグリセリンの脱水反応と酸化反応を連続して行くと、分子式  $C_3H_4O_2$  の化合物 **J** が合成できる。化合物 **J** のナトリウム塩を付加重合させた後に架橋すると、立体網目状構造をもつ高吸水性の高分子化合物が得られる。

(1) 脂肪酸 **I** の示性式を (a)～(d) の中から選び、記号で答えよ。

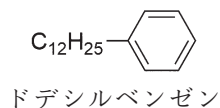
- (a)  $C_{13}H_{27}COOH$                       (b)  $C_{15}H_{31}COOH$
- (c)  $C_{17}H_{35}COOH$                       (d)  $C_{19}H_{39}COOH$

(2) トリグリセリド **G** の1分子中に、炭素-炭素二重結合は何個存在するか、整数で答えよ。なお、炭素-炭素二重結合1つに対して、1分子のヨウ素が付加する。

- (3) 下線部①について，考えられる脂肪酸メチルエステルの示性式をすべて記せ．
- (4) グリセリンの1つの水酸基のみが脂肪酸とエステル結合を形成した化合物をモノグリセリドという．モノグリセリドとして考えられる構造を構造式ですべて記せ．ただし，モノグリセリドに含まれる炭化水素基を  $R^4-$  で表し，立体異性体は区別せず，不斉炭素原子には\*印を付けよ．
- (5) 化合物 **J** の構造式を記せ．
- (6) 洗剤として天然由来の高級脂肪酸のナトリウム塩が，合成洗剤として化合物 **K** や **L** が利用されている．次の (v) と (vi) を読み化合物 **K** および化合物 **L** の構造式を記せ．ただし，ドデシル基を  $C_{12}H_{25}-$  で表せ．

(v) 1-ドデカノール ( $C_{12}H_{25}OH$ ) と濃硫酸を反応させた後，水酸化ナトリウムで中和すると化合物 **K** が得られる．

(vi) ドデシルベンゼン (右図) と濃硫酸を反応させた後，水酸化ナトリウムで中和すると，パラ位に置換基をもつ化合物 **L** が得られる．



# 化 学

## 第 2 問 (33点)

次の問1と問2に答えよ。

問1 次の文章を読み、(1)～(6)の問いに答えよ。必要であれば次の数値を用いよ。

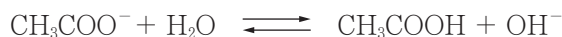
$\log_{10}2.0 = 0.30$ ,  $\log_{10}3.0 = 0.48$ ,  $\log_{10}7.0 = 0.85$ , 原子量 : H = 1.0, C = 12, O = 16

濃度が分からない酢酸水溶液 (溶液 X) のモル濃度を求めるために、以下の実験を 25 °C でおこなった。25 °C での酢酸の電離定数 ( $K_a$ ) は  $2.7 \times 10^{-5}$  mol/L, 水のイオン積 ( $K_w$ ) は  $1.0 \times 10^{-14}$  (mol/L)<sup>2</sup> とする。

固体の水酸化ナトリウムは空気中の水蒸気を吸収して溶ける。固体の水酸化ナトリウムの質量を正確に測定することが難しいため、シュウ酸標準溶液を用いた中和滴定により、水酸化ナトリウム水溶液の正確な濃度を求めた。シュウ酸二水和物 (COOH)<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O の結晶  g をはかりとり、適量の水に溶解させた後、メスフラスコに移し水を加えて正確に 100.0 mL とした。このシュウ酸水溶液をホールピペットで正確に 20.0 mL とってコニカルビーカーに入れ、フェノールフタレイン指示薬を数滴加えた。この溶液を水酸化ナトリウム水溶液で滴定したところ、指示薬が変色するまでに 25.0 mL を要した。このことから、水酸化ナトリウム水溶液の濃度は 0.080 mol/L と求めることができた。

次に、10.0 mL の溶液 X に水を加えて酢酸のモル濃度が  $\frac{1}{10}$  倍になるように希釈した。これを溶液 Y とする。溶液 Y に上記の水酸化ナトリウム水溶液を滴下したところ、中和点までに 20.0 mL を要した。このことから、溶液 X の濃度は  mol/L と求めることができた。

中和点では、生成した酢酸ナトリウムは完全に電離し、酢酸イオンの一部は水と反応する。すなわち、以下の反応が起こる。



酢酸ナトリウム水溶液のモル濃度を  $c$  [mol/L], 酢酸イオンが加水分解する割合を  $h$  とし、水の濃度を一定とみなすと、上記の反応式の平衡定数は次のようになる。

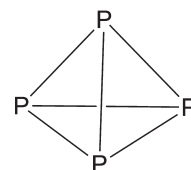
$$K_h = \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}][\text{OH}^-]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]} = \frac{ch^2}{1-h}$$

$K_h$  を,  $K_a$  と  $K_w$  を用いて表すと,  $K_h = \boxed{\text{ウ}}$  となる. また,  $h$  が 1 に比べて著しく小さい場合,  $h = \boxed{\text{エ}}$  となる. よって,  $[\text{OH}^-] = \sqrt{\frac{cK_w}{K_a}}$  と,  $[\text{H}^+] = \boxed{\text{オ}}$  が成り立つ. したがって, 0.080 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液による溶液 **Y** の滴定における中和点の pH は  $\boxed{\text{カ}}$  となる.

- (1) 下線部の現象の名称を記せ.
- (2)  $\boxed{\text{ア}}$ ,  $\boxed{\text{イ}}$  にあてはまる数値を答えよ. 数値は有効数字 2 桁で記せ.
- (3)  $\boxed{\text{ウ}}$  にあてはまる式を記せ.
- (4)  $\boxed{\text{エ}}$ ,  $\boxed{\text{オ}}$  にあてはまる式を  $K_a$ ,  $K_w$ ,  $c$  を用いて表せ.
- (5)  $\boxed{\text{カ}}$  にあてはまる数値を答えよ. 数値は小数第 2 位まで記せ.
- (6) 溶液 **Y** に, 0.080 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液を 10.0 mL 滴下したときの溶液の pH を求めよ. 数値は小数第 2 位まで記せ. ただし, 溶液中では, 酢酸ナトリウムは完全に電離しており, 酢酸イオン濃度は生成した酢酸ナトリウムの濃度と等しいとみなしてよい.

問2 リンと硫黄に関する次の文章を読み、(1)～(5)の問いに答えよ。

リンの単体にはいくつかの固体の同素体があり、その1つが右図に示す $P_4$ という分子式で表される正四面体形の黄リン（白リン）である。



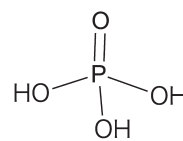
黄リンの構造式

黄リンは発火しやすく、① 空气中で燃焼すると酸化物である十酸化四リンとなり、これが水と反応するとリン酸を生じる。黄リンを窒素中250℃で加熱すると多数のリン原子が結合した赤リンに変化する。赤リンはマッチ箱の摩擦面に用いられ、マッチ棒の頭薬と擦り合わせた時に赤リンが発火して燃焼が始まる。燃焼では、頭薬成分に含まれる② 塩素酸カリウムと硫黄が反応し、硫黄が酸化されて気体が発生する。マッチ棒には軸木の燃焼を抑えるために、リン酸二水素アンモニウムが含まれている。この物質は加熱により分解して気体の  とリン酸を生じる。リン酸は脱水反応を起こす。脱水反応は吸熱反応であるため軸木の燃焼を抑えることができる。

硫黄の酸化物には様々なものが存在する。嫌気性細菌の一種は ③ 水素イオンの存在下、硫酸イオンを還元し硫化水素を発生させることが知られている。

(1) 下線部①の反応を化学反応式で記せ。また、燃焼前後のリンの酸化数をそれぞれ記せ。

(2) リン酸は右図のように1つの $P=O$ 結合と3つの $P-OH$ 結合をもつ構造式で表される。十酸化四リンの4つのリン原子は、黄リンと同じように正四面体形を成している。十酸化四リンの構造式を描け。



リン酸の構造式

(3) 下線部②の塩素酸カリウムと硫黄の反応を化学反応式で記せ。

(4)  にあてはまる化合物を分子式で記せ。

(5) 下線部③の硫酸イオンの還元反応を、電子 $e^-$ を含むイオン反応式で記せ。

(余 白)

# 化 学

## 第 3 問 (34点)

次の問1と問2に答えよ。

問1 次の文章を読み、(1)～(6)の問いに答えよ。必要であれば次の数値を用いよ。

原子量：K = 39, Cl = 35.5

周期表の1族に属する水素以外の元素をアルカリ金属という。アルカリ金属は、単体として自然界には存在せず、化合物として存在する。カリウムの単体は、塩化カリウム KCl をるつぼの中で強熱し、その液体に電極を入れ直流電流を流すことにより得られる。このような方法を  という。

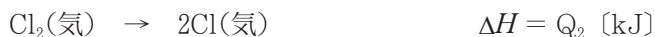
周期表の17族に属する元素をハロゲンという。ハロゲンの単体は、多くの元素と反応してハロゲン化物をつくる。

KCl は、陽イオンと陰イオンが規則正しく配列したイオン結晶である。1 mol のイオン結晶を気体状態の陽イオンと陰イオンまでバラバラにするのに必要なエネルギーを格子エネルギー（格子エンタルピー）という。KCl の格子エネルギーは、 の法則を用いて、K(固)とCl<sub>2</sub>(気)の反応で生じるKClの生成エンタルピー（-436 kJ/mol）と、別の反応経路のエンタルピー変化の組み合わせにより、間接的に求めることができる。

K(固)とCl<sub>2</sub>(気)の反応で1 mol のK<sup>+</sup>(気)と1 mol のCl<sup>-</sup>(気)を生成するときのエンタルピー変化は282 kJである。このエンタルピー変化は、下に示す2つの反応経路AとBのエンタルピー変化の組み合わせにより得られる。

- A. K(固)がK(気)に  し、さらにK(気)が電子1個を放出してK<sup>+</sup>(気)になる経路
- B. Cl<sub>2</sub>(気)の結合を切断し、さらにCl(気)が電子1個を受け取ってCl<sup>-</sup>(気)になる経路

反応経路 A, B に関するエンタルピー変化を以下に示す.



- (1)  ~  にあてはまる適切な語句を答えよ.
- (2) 下線部に示された電極反応において, 陽極および陰極で起こる反応をそれぞれ電子  $\text{e}^-$  を含むイオン反応式で記せ.
- (3) 次の (ア) ~ (オ) の中から誤りのある文章をすべて選び, 記号で答えよ.
- (ア) アルカリ金属の単体は, そのイオンを含む水溶液を電気分解しても得られる.
  - (イ) アルカリ金属の原子は, それぞれの周期の中で最もイオン化エネルギーが小さく, 空気中で酸化されやすい.
  - (ウ) ハロゲンの単体は, すべて有色の二原子分子である.
  - (エ) ハロゲンの単体は, すべて常温・常圧で気体である.
  - (オ) ハロゲン化水素の水溶液は, すべて強酸である.
- (4) 原子が電子 1 個を受け取って 1 価の陰イオンになるときに放出されるエネルギーを何というか, 名称を答えよ.
- (5) 6.5 g の K(固)を K(気)にするために必要な熱量は 15 kJ である.  $\text{Cl}_2$  分子の結合エネルギー  $Q_2$  を kJ/mol 単位で求め, 数値を整数で答えよ.
- (6) KCl の格子エネルギーを kJ/mol 単位で求め, 数値を整数で答えよ.

問2 次の文章を読み、(1)～(6)の問いに答えよ。

二酸化炭素気体が水に溶解するとき、分子の運動エネルギーは気体状態に比べて水溶液中では著しく減少するため、二酸化炭素気体の水への溶解は  反応である。温度を上昇させると、ルシャトリエの原理に従って平衡は  反応の方向に移動するので、二酸化炭素気体の水への溶解度は、温度が高くなるほど  する。

ここで、二酸化炭素気体の水への溶解を考える。容積  $V$  [L] の丈夫な真空の密閉容器の中に、 $n$  [mol] の二酸化炭素気体と  $V_w$  [L] の水を入れ、よく振り混ぜた後、静置して平衡に達した。このときの容器全体の温度を  $T$  [K]、容器内の気体の全圧を  $P$  [Pa] とする。ここで、<sup>①</sup>温度が一定のとき、一定量の水に対する二酸化炭素気体の溶解度は二酸化炭素の分圧  $P_{\text{CO}_2}$  [Pa] に比例し、 $T$  [K] において二酸化炭素の分圧が  $1.0 \times 10^5$  Pa のとき、水 1 L あたり二酸化炭素気体は  $X$  [mol] 溶解するものとする。また、 $T$  [K] の水の飽和蒸気圧を  $P_w$  [Pa] とし、容器に入れた水にはもともといかなる気体も溶解していないものとする。二酸化炭素気体の溶解、および、水の蒸発による水の体積変化は無視できるものとする。気体状態の分子は理想気体の状態方程式に従ってふるまうものとし、気体定数は  $R$  [Pa・L/(mol・K)] とせよ。

次に、二酸化炭素気体が溶解した水溶液について考えると、式1の平衡反応により、溶解した二酸化炭素気体は、水中では二酸化炭素分子  $\text{CO}_2$  と炭酸分子  $\text{H}_2\text{CO}_3$  の混合物として存在する。



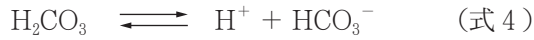
この式1の平衡定数  $K_0$  は式2で表される。

$$K_0 = \frac{[\text{H}_2\text{CO}_3]}{[\text{CO}_2]} \quad (\text{式2})$$

そのため、水溶液中の  $\text{CO}_2$  と  $\text{H}_2\text{CO}_3$  をまとめて  $\text{H}_2\text{CO}_3^*$  と表すと、式3の関係を満たしている。

$$[\text{H}_2\text{CO}_3^*] = [\text{CO}_2] + [\text{H}_2\text{CO}_3] \quad (\text{式3})$$

ここで炭酸  $\text{H}_2\text{CO}_3$  は弱酸であり，式 4 のようにその一部が水素イオン  $\text{H}^+$  と炭酸水素イオン  $\text{HCO}_3^-$  へと電離する．なお，ここでは， $\text{HCO}_3^- \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{CO}_3^{2-}$  の電離過程は考慮しない．



この式 4 の平衡の電離定数  $K_a$  は式 5 で表される．

$$K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]} \quad (\text{式 5})$$

一方，水溶液中の  $\text{H}_2\text{CO}_3^*$  の電離を考えると，式 6 のように  $\text{H}_2\text{CO}_3^*$  が  $\text{H}^+$  と  $\text{HCO}_3^-$  へと電離すると考えることもできる．



この式 6 の平衡の電離定数  $K_a^*$  は式 7 で表される．

$$K_a^* = \frac{[\text{H}^+][\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3^*]} \quad (\text{式 7})$$

この式 7 を用いれば，水溶液の pH から水溶液中の  $\text{H}_2\text{CO}_3^*$  のモル濃度  $[\text{H}_2\text{CO}_3^*]$  を求めることができる．

- (1)  ～  にあてはまる適切な語句を，それぞれ (A)～(D) の中から選び，記号で答えよ．

(A) 発熱    (B) 吸熱    (C) 増大    (D) 減少

- (2) 下線部①の関係は何と呼ばれるか答えよ．

- (3)  $V_w$  [L] の水に溶解した二酸化炭素気体の物質量  $n_{\text{CO}_2}(\text{aq})$  [mol] を， $V$ ， $V_w$ ， $P$ ， $P_w$ ， $X$ ， $R$ ， $T$  から必要なものを用いて数式で表せ．

- (4) 容器内における気体状態の二酸化炭素の物質質量  $n_{\text{CO}_2(\text{gas})}$  [mol] を,  $V, V_w, P, P_w, X, R, T$  から必要なものを用いて数式で表せ.
- (5) 容器内の二酸化炭素の分圧  $P_{\text{CO}_2}$  [Pa] を,  $V, V_w, n, X, R, T$  から必要なものを用いて数式で表せ.
- (6)  $T$  [K] における  $K_a$  と  $K_0$  が  $K_a = 2.5 \times 10^{-4}$  mol/L,  $K_0 = 1.8 \times 10^{-3}$  のとき, 以下の (i) と (ii) の問いに答えよ.
- (i) 式 7 の電離定数  $K_a^*$  [mol/L] を有効数字 2 桁で求めよ.
- (ii)  $T$  [K] の容器内における二酸化炭素の分圧が  $1.0 \times 10^6$  Pa のとき, この二酸化炭素気体が溶解している水溶液の pH は 3.50 であった. このことから, 下線部②の物質質量  $X$  [mol] を有効数字 2 桁で求めよ. ここで, この水溶液中の  $\text{H}_2\text{CO}_3^*$  の電離度  $\alpha$  は小さく,  $1 - \alpha \doteq 1$  と近似可能であり,  $[\text{H}_2\text{CO}_3^*] + [\text{HCO}_3^-] \doteq [\text{H}_2\text{CO}_3^*]$  としてよい. また, 水の電離の影響は無視できるものとする.

(余 白)

# 生 物

## 第 1 問 (25点)

遺伝子を扱う技術に関する次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

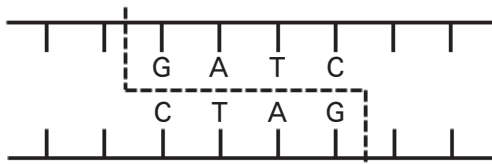
外来遺伝子を大腸菌などの微生物に導入することで、組換えタンパク質を大量に得ることができる。大腸菌に真核生物の遺伝子 X を導入し、その遺伝子がコードするタンパク質 X を生産させる場合、① プラスミドを用いることが多い。まず、真核生物由来の DNA を ② 制限酵素で切断して遺伝子 X を取り出す。次に、この DNA 断片を、同じ種類の制限酵素で切断したプラスミドに DNA リガーゼを用いて組込み、これを大腸菌に取り込ませる。プラスミドを取り込んだ大腸菌が増殖し、遺伝子 X が発現すると、タンパク質 X を得ることができる。

問1 下線部①に関して、次の(1)と(2)に答えよ。

- (1) プラスミドのような、目的の遺伝子の運び手としてはたらく DNA を何というか、答えよ。
- (2) 遺伝子導入の際、抗生物質耐性遺伝子をもったプラスミドを使用することが多い。その理由を 60 字以内（句読点を含む）で説明せよ。

問2 下線部②に関して、塩基配列がランダムである 6 万 4 千塩基対の環状の DNA を、下記の塩基配列で切断する制限酵素で処理したとき、いくつの断片に分かれると予測されるか、答えよ。

制限酵素が認識する塩基配列（-----切断部位）



問3 タンパク質 X を構成するポリペプチドの内部にイソロイシン-セリン-セリン-トレオニンというアミノ酸配列があった。このアミノ酸配列を指定する mRNA の 12 塩基の配列は何通り存在するか、表 1 の遺伝暗号表を参照して答えよ。

問4 表 1 の遺伝暗号には例外も存在する。原生生物のテトラヒメナでは、UAA と UAG は終止コドンではなく、グルタミンとして翻訳される。それ以外は表 1 と同じである。以下の塩基配列は、テトラヒメナの遺伝子 Y が、転写されてできた mRNA の塩基配列の一部である。次の(1)~(3)に答えよ。

5' - GCU UCC CCC UAG GGU - 3'

- (1) テトラヒメナにおいて、上記の mRNA の塩基配列から翻訳されるアミノ酸配列を示せ。ただし、読み枠は 5' 側の GCU から 3 塩基ごととする。
- (2) 表 1 の遺伝暗号表に従う大腸菌において、上記の mRNA の塩基配列から翻訳されるアミノ酸配列を示せ。ただし、読み枠は 5' 側の GCU から 3 塩基ごととする。
- (3) (1)と(2)の違いは、テトラヒメナと大腸菌がもつ tRNA の種類に違いがあるために起こる。これら 2 つの生物の tRNA にはどのような違いがあるか、60 字以内(句読点を含む)で説明せよ。

表 1 一般的な遺伝暗号表

1 番目の塩基	2 番目の塩基								3 番目の塩基
	ウラシル (U)		シトシン (C)		アデニン (A)		グアニン (G)		
U	UUU	フェニルアラニン	UCU	セリン	UAU	チロシン	UGU	システイン	U
	UUC		UCC		UAC		UGC		C
	UUA	ロイシン	UCA		UAA	終止コドン	UGA	終止コドン	A
	UUG		UCG		UAG		UGG		G
C	CUU	ロイシン	CCU	プロリン	CAU	ヒスチジン	CGU	アルギニン	U
	CUC		CCC		CAC		CGC		C
	CUA		CCA		CAA	CGA	A		
	CUG		CCG		CAG	CGG	G		
A	AUU	イソロイシン	ACU	トレオニン	AAU	アスパラギン	AGU	セリン	U
	AUC		ACC		AAC		AGC		C
	AUA	メチオニン	ACA		AAA	リシン	AGA	アルギニン	A
	AUG		ACG		AAG		AGG		G
G	GUU	バリン	GCU	アラニン	GAU	アスパラギン酸	GGU	グリシン	U
	GUC		GCC		GAC		GGC		C
	GUA		GCA		GAA	GGA	A		
	GUG		GCG		GAG	GGG	G		

# 生 物

## 第 2 問 (25点)

種子の発芽と植物の生殖に関する次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

種子の多くは、一定の休眠期間を経た後、水分や温度、空気（酸素）などの要因が整うと発芽する。この時、種子中では植物ホルモン A が合成される。発芽が進行している種子中では、<sup>①</sup>胚乳や子葉に蓄えられている貯蔵物質が分解されて栄養分として使われる。

植物は適切な季節に花を咲かせて種子をつくる。<sup>③</sup>日長は花芽の形成の時期を決める環境要因の1つである。また、<sup>④</sup>多くの植物では生育温度も花芽の形成と関連している。花芽は成長して生殖器官である<sup>⑤</sup>花器官を形成する。その後、受粉と<sup>⑥</sup>花粉管の伸長を経て受精が行われ種子が形成される。

問1 下線部①に関して、植物ホルモン A は発芽を促進する作用や茎の成長を促進する作用をもつ。その名称を答えよ。

問2 下線部②に関して、次の(1)~(3)に答えよ。

- (1) 図1は種皮を取り除いたオオムギ種子の模式図である。図1のBの黒い太線で示した胚乳を取り囲んでいる部分の名称を答えよ。また、オオムギ種子の胚乳に含まれる主要貯蔵物質を分解する酵素の名称を答えよ。

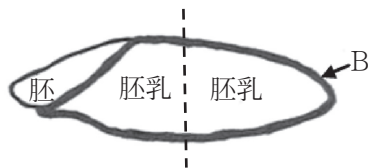


図1

(2) 胚乳の主要貯蔵物質の分解と植物ホルモン A との関係を調べるために以下の実験を行った。図 1 のように種皮を取り除いたオオムギ種子を、破線で示す中央部分で胚の有る側（有胚種子片）と無い側（無胚種子片）に 2 等分した。これらを用いて下の 1～6 の処理を行った。処理後、それぞれの種子片からタンパク質を抽出して、主要貯蔵物質を分解する酵素の活性を調べた。1～6 の処理のうち、活性が検出されたものをすべて選び番号で答えよ。なお、種子片は発芽に適した温度で 2 日間培養し、植物ホルモン A は効果がみられる濃度を用いた。

1：有胚種子片を蒸留水中で培養した。

2：無胚種子片を蒸留水中で培養した。

3：有胚種子片を、植物ホルモン A を含む蒸留水中で培養した。

4：無胚種子片を、植物ホルモン A を含む蒸留水中で培養した。

5：無胚種子片から図 1 の B の部分を取り除き、胚乳の部分のみにしたものを蒸留水中で培養した。

6：無胚種子片から図 1 の B の部分を取り除き、胚乳の部分のみにしたものを、植物ホルモン A を含む蒸留水中で培養した。

(3) あるイネ科植物の種子を用いて発芽実験を行った。水を含んだろ紙上に吸水させた種子を播種<sup>はしゅ</sup>し、暗黒条件下で発芽、生育させた。播種後、種子を含んだ植物体全体の乾燥重量の変化を調べたところ、時間（日にち）の経過とともに乾燥重量は徐々に減少した。幼葉鞘<sup>ようようしょう</sup>や根は成長しているにもかかわらず、植物体全体の乾燥重量が減少した理由を 50 字以内（句読点を含む）で説明せよ。

問 3 下線部③に関して、日長と花芽形成の関係について述べた次の(a)～(d)の文について、下線部が正しいものには○、誤っているものには×を記せ。

(a) 日長の変化に応答して花芽形成などの生理現象が起こる性質を概日リズムという。

(b) フィトクロムは光受容体として花芽形成の制御に関与している。

(c) 短日植物を限界暗期よりも短い暗期条件下で育てると花芽形成が促進される。

(d) 花芽形成を促進する物質であるフロリゲンは葉でつくられる。

問4 下線部④に関して、一定期間の低温を経験することが花芽形成を促進する現象を何  
というか答えよ。

問5 下線部⑤に関して、(1)と(2)に答えよ。

(1) 花の基本的な構造は共通しており、外側から内側に向かって、がく片、花弁、お  
しべ、めしべという4つの花器官が同心円状に配置されている。ABCモデルでは、  
4つの花器官の形成をA、B、Cという3つのクラスの遺伝子の組み合わせで説明  
する。

ある植物から花器官の形成に異常をもつ2つの突然変異体を得た。変異体1は、  
野生型では花弁を形成する領域にがく片が、おしべを形成する領域にめしべが形成  
される変異体である。変異体2は、がく片を形成する領域にめしべが、花弁を形成  
する領域におしべが形成される変異体である。変異体1と変異体2はそれぞれA、  
B、Cの3つのクラスのどの遺伝子が欠損した変異体であると考えられるか、A、B、  
Cのいずれかで答えよ。

(2) おしべの先端の組織である葯<sup>やく</sup>では花粉が成熟する。花粉母細胞から成熟花粉が形  
成される際の細胞分裂の様式について述べた次の(a)～(d)の文のうち、最も適切なも  
のを1つ選び記号で答えよ。

- (a) 減数分裂が起こった後、均等な体細胞分裂が起こる。
- (b) 減数分裂が起こった後、不均等な体細胞分裂が起こる。
- (c) 均等な体細胞分裂が起こった後、減数分裂が起こる。
- (d) 不均等な体細胞分裂が起こった後、減数分裂が起こる。

問6 下線部⑥に関して、次の文章中の空欄（ア）～（ウ）に入る最も適切な細  
胞の名称を答えよ。

花粉管は伸長する際、（ア）が分泌する物質により誘引される。花粉管の2つ  
の精核（精細胞の核）の一方が（イ）の核と融合して受精卵の核となり、もう一  
方の精核は（ウ）の核と融合して胚乳核となる。

(余 白)

# 生 物

## 第 3 問 (25点)

動物細胞における情報伝達に関する次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

軸索の末端を神経終末という。神経終末は、狭いすき間を隔てて他のニューロンや筋肉などの効果器と接している。この効果器と接している部分を (ア) といい、狭いすき間を (イ) という。<sup>①</sup>軸索では活動電位で情報が伝わるが、(ア) では、通常、(ウ) とよばれる<sup>②</sup>化学物質で隣の細胞へと情報が伝わる。興奮を伝える側の細胞の末端には、グルタミン酸やアセチルコリンなどの (ウ) を含んだ (エ) が多数存在している。また、細胞と細胞との間の情報伝達には、<sup>③</sup>ステロイドホルモンやアドレナリンなどのホルモンを介した方法もある。

問1 文章中の空欄 (ア) ~ (エ) に入る最も適切な語を答えよ。

問2 下線部①に関して、次の(1)~(3)に答えよ。

- (1) ニューロンが刺激を受けていない静止状態において、ニューロンの細胞膜の内側と外側のナトリウムイオン ( $\text{Na}^+$ ) とカリウムイオン ( $\text{K}^+$ ) の濃度差に関して、最も適切なものを次の(a)~(d)から1つ選び、記号で答えよ。
- (a) ニューロンの細胞膜の内側は外側に比べて  $\text{Na}^+$  濃度が高く、 $\text{K}^+$  濃度が低くなっている。
- (b) ニューロンの細胞膜の内側は外側に比べて  $\text{Na}^+$  濃度が低く、 $\text{K}^+$  濃度が高くなっている。
- (c) ニューロンの細胞膜の内側は外側に比べて  $\text{Na}^+$  濃度、 $\text{K}^+$  濃度ともに高くなっている。
- (d) ニューロンの細胞膜の内側は外側に比べて  $\text{Na}^+$  濃度、 $\text{K}^+$  濃度ともに低くなっている。

(2) ニューロンが刺激を受けると、膜電位は図1に示すような電位変化（活動電位）が記録される。図1中の  $t_1$ 、 $t_2$  それぞれの時間においてニューロンで起こっている現象として最も適切なものを、次の(a)~(f)からそれぞれ1つ選び、記号で答えよ。

- (a) 電位依存性ナトリウムチャンネルが開き、 $\text{Na}^+$ が細胞外からチャンネルを通して細胞内に入る。
- (b) 電位依存性カルシウムチャンネルが開き、カルシウムイオン ( $\text{Ca}^{2+}$ ) が細胞外からチャンネルを通して細胞内に入る。
- (c) 電位依存性カリウムチャンネルが開き、 $\text{K}^+$ が細胞外からチャンネルを通して細胞内に入る。
- (d) 電位依存性ナトリウムチャンネルが開き、 $\text{Na}^+$ が細胞内からチャンネルを通して細胞外へ流出する。
- (e) 電位依存性カルシウムチャンネルが開き、 $\text{Ca}^{2+}$ が細胞内からチャンネルを通して細胞外へ流出する。
- (f) 電位依存性カリウムチャンネルが開き、 $\text{K}^+$ が細胞内からチャンネルを通して細胞外へ流出する。

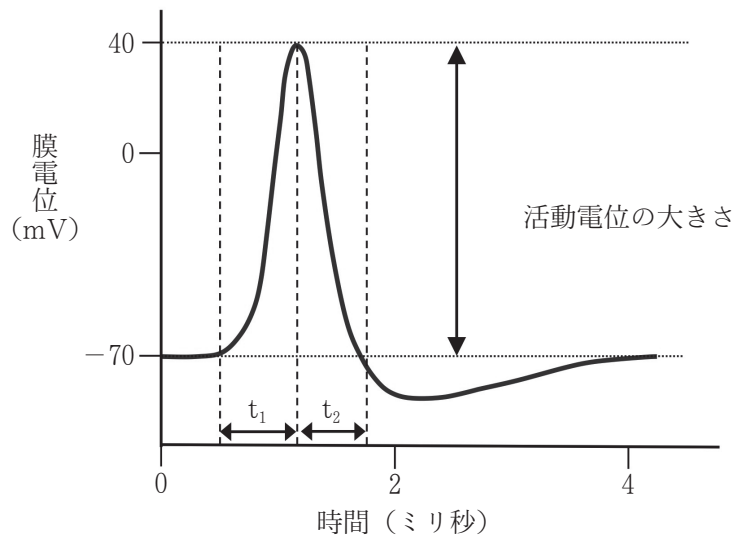


図1

(3) 刺激に応じて活動電位が発生する1個のニューロンにおいて、与える刺激の強さに対して発生した活動電位の大きさを測定した。予想されるグラフとして最も適切なものを、図2の(a)~(f)から1つ選び、記号で答えよ。

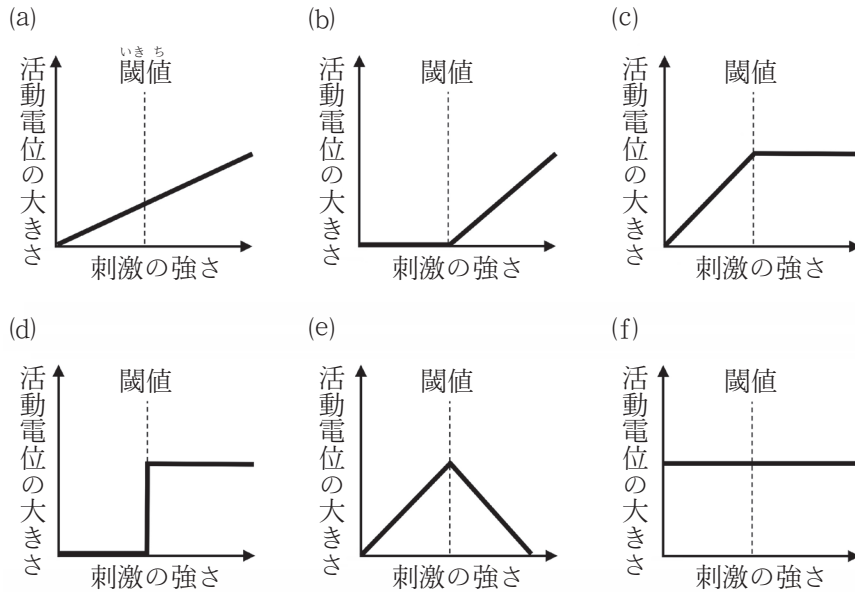


図2

問3 下線部②に関して、ニューロン間の情報伝達のしくみとして適切なものを、次の(a)~(e)からすべて選び、記号で答えよ。

- (a) 興奮が神経終末に到達すると、膜電位の変化により  $\text{Ca}^{2+}$  が神経終末内部に取り込まれる。
- (b) 興奮が神経終末に到達すると、ATP が隣の細胞に直接運ばれる。
- (c) 興奮が神経終末に到達すると、 $\text{K}^+$  が大量に細胞外へ流出し、その結果として隣の細胞の膜電位が変化する。
- (d) 放出された化学物質を受け取った細胞の膜の状態が変化し、興奮が生じることがある。
- (e) 興奮が神経終末に到達すると、 $\text{Na}^+$  が外から流入し、隣の細胞の膜を直接脱分極させる。

問4 下線部③に関して、次の(1)と(2)に答えよ。

(1) ステロイドホルモンによる情報伝達のしくみについて、以下に示す語をすべて用いて、60字以内(句読点を含む)で説明せよ。

核      細胞膜      受容体      脂溶性      転写      標的細胞

(2) 動物の体細胞由来の培養細胞を用いた実験から、水溶性ホルモン H の情報伝達のしくみに関して次のことがわかっている。水溶性ホルモン H は、受容体を活性化することによって細胞内でサイクリックアデノシンーリン酸 (cAMP) と呼ばれる情報伝達物質を産生する酵素を活性化し、cAMP が産生される。産生された cAMP は、調節タンパク質 (転写調節因子) を活性化することによって、遺伝子 G の mRNA の転写を誘導する。以下の実験結果をもとに、タンパク質 X, Y, Z の間に存在する情報の流れ (因果関係) を推定し、タンパク質 X, Y, Z の役割 (cAMP 産生酵素, 受容体, 調節タンパク質) として最も適切な組み合わせを、次の(a)~(f)から 1 つ選び、記号で答えよ。

- |                   |               |               |
|-------------------|---------------|---------------|
| (a) X : 受容体       | Y : cAMP 産生酵素 | Z : 調節タンパク質   |
| (b) X : cAMP 産生酵素 | Y : 受容体       | Z : 調節タンパク質   |
| (c) X : 調節タンパク質   | Y : cAMP 産生酵素 | Z : 受容体       |
| (d) X : cAMP 産生酵素 | Y : 調節タンパク質   | Z : 受容体       |
| (e) X : 調節タンパク質   | Y : 受容体       | Z : cAMP 産生酵素 |
| (f) X : 受容体       | Y : 調節タンパク質   | Z : cAMP 産生酵素 |

### 【実験 1】

以下の異なる条件 1 ~ 3 の培養液で細胞を培養し、細胞内の cAMP 量、遺伝子 G の mRNA 量、タンパク質 Z の状態を調べたところ、以下の結果が得られた。

条件	細胞内の cAMP 量	遺伝子 G の mRNA 量	Z の状態
1 ホルモン H を含まない	低い	低い	不活性化
2 ホルモン H を含む	高い	高い	活性化
3 タンパク質 Y を阻害する薬剤 およびホルモン H を含む	低い	低い	活性化

### 【実験 2】

上記の条件 1 で培養した細胞から、細胞膜成分とサイトゾル (細胞質基質) 成分を単離し、タンパク質 X, Y, Z の細胞内の局在を調べたところ、以下の結果が得られた。

- タンパク質 Y および Z は、細胞膜成分に検出された。
- タンパク質 X は、サイトゾル成分に検出された。

# 生 物

## 第 4 問 (25点)

進化に関する次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

生物の進化は、① 遺伝子の変化や遺伝子の組み合わせの変化によって起こる。また、② 有性生殖によりさまざまな染色体の組み合わせをもつ個体が生じることも進化に重要である。異なる染色体に存在する遺伝子は③ 独立しているといい、同一の染色体に存在する遺伝子は ( ア ) しているという。減数分裂の第一分裂前期に、DNA が複製されてできた 2 本の相同染色体どうしが ( イ ) して二価染色体が生じる。このとき、染色体の一部が交換される乗換えが起こる場合がある。そのため、( ア ) している 2 つの遺伝子間では、一定の割合で④ 組換えが起こる。

倍数性の異なる個体間で交配すると、子に生殖能力がなくなることが多い。そのため、⑤ 倍数化が起こると生殖的隔離が生じ、種分化が起こることがある。このような種分化は ( ウ ) 的隔離を伴わない種分化の 1 つである。

問 1 文章中の空欄 ( ア ) ~ ( ウ ) に入る最も適切な語を答えよ。

問 2 下線部①に関して、次の(a)~(d)の文について、下線部に誤りがあるものをすべて選び、記号で答えよ。

- (a) DNA のある領域で数塩基から数十塩基の配列のくり返し回数が個体間で異なることを一塩基多型という。
- (b) 形質に影響しない遺伝的変異が自然選択によって集団内に広まることを中立進化 (中立説) という。
- (c) 形質に影響する遺伝的変異が遺伝的浮動によって集団内に広まることを適応進化という。
- (d) ハーディ・ワインベルグの法則が成立する集団では、世代を経ても遺伝子頻度は変化しない。

問3 下線部②に関して，被子植物において配偶子が生じる部位として最も適切なものを，(a)～(d)から1つ選び，記号で答えよ。

- (a) 種子      (b) 胚      (c) 胚軸      (d) 胚珠

問4 下線部③に関して，独立している2つの遺伝子座の対立遺伝子がヘテロ接合の個体(AaBb)同士を交配した。次世代において，2つの遺伝子座の対立遺伝子がすべてホモ接合の個体とそれ以外の個体との個体数の比として最も適切なものを，次の(a)～(e)から1つ選び，記号で答えよ。

- (a) ホモ接合：それ以外 = 1 : 1      (b) ホモ接合：それ以外 = 3 : 1  
(c) ホモ接合：それ以外 = 1 : 3      (d) ホモ接合：それ以外 = 7 : 1  
(e) ホモ接合：それ以外 = 1 : 7

問5 下線部④に関して、次の(1)と(2)に答えよ。

- (1) 生じたすべての配偶子のうち、遺伝子の組換えを起こした配偶子の割合を「組換え価」という。ある植物において、茎の高さ、花卉の色、種子の形の3つの形質がそれぞれ表1のように決まっているとす。遺伝子型がヘテロ接合の個体 (AaBb, AaCc, BbCc) とホモ接合の個体 (aabb, aacc, bbcc) を交配したところ、次世代の表現型と個体数は表2のようになった。この結果から、遺伝子 AB 間、AC 間、BC 間の組換え価 (%) を求めよ。ただし、3つの形質を決める遺伝子座は同一の染色体に存在する。

表1

形質		対立遺伝子
茎の高さ	高い	A 顕性 (優性)
	低い	a 潜性 (劣性)
花卉の色	赤	B 顕性 (優性)
	白	b 潜性 (劣性)
種子の形	丸	C 顕性 (優性)
	しわ	c 潜性 (劣性)

表2

AaBb × aabb		AaCc × aacc		BbCc × bbcc	
表現型	個体数	表現型	個体数	表現型	個体数
高い・赤	178	高い・丸	285	赤・丸	336
高い・白	22	高い・しわ	15	赤・しわ	64
低い・赤	22	低い・丸	15	白・丸	64
低い・白	178	低い・しわ	285	白・しわ	336

- (2) 1組の相同染色体において2か所で乗換えが起こる場合がある。ある2つの遺伝子間の2か所で乗換えが起こる場合、1か所しか乗換えが起こらない場合に比べて組換え価は小さくなる。その理由を40字以内(句読点を含む)で説明せよ。

問6 下線部⑤に関して、四倍体のマカロニコムギ（体細胞の染色体数は  $2n = 28$ ）と二倍体のタルホコムギ（体細胞の染色体数は  $2n = 14$ ）が交配して三倍体の雑種が生じ、この雑種が倍数化して六倍体のバンコムギが生じたと考えられている。バンコムギの根の先端部分を用いて分裂期（M期）中期の細胞を観察したとき、1細胞あたりに観察される染色体の本数を答えよ。

# 地 学

## 第 1 問 (30点)

次の文章を読み、問1から問5に答えよ。

図1はある地域の地形図を示す。図中の実線は10 m ごとの地形の等高線であり、数字は等高線の標高〔m〕を表す。図中の点線は10 m 間隔の格子であり、それぞれ緯線と経線に平行である。この地域には、石灰岩層、①凝灰岩層、泥岩層、砂岩層、れき岩層が分布している。この地域には、断層や褶曲しゅうきよくはなく、②地層の逆転もない。また、各層の厚さは変化せず、各層は同じ方向に傾斜している。図1の地形図に示すA地点、B地点、C地点でボーリング調査を実施した。図2は、各地点のボーリング調査によって得られた試料の柱状図である。各地点に分布するそれぞれの石灰岩層、凝灰岩層、泥岩層、砂岩層、れき岩層は、同じ地層であった。③石灰岩層からは、カヘイセキ（ヌムリテス）の化石が見つかった。

問1 下線部①に関して、どのような岩石を凝灰岩というのか、説明せよ。

問2 下線部②に関連して、地層の上下判定に役立つ堆積構造を2つあげよ。

問3 下線部③に関連して、この石灰岩層が形成された地質年代と堆積した環境について説明せよ。

問4 凝灰岩層とれき岩層の境界に関して、次の(1)と(2)の問いに答えよ。

(1) 境界の走向と、傾斜の方向を答えよ。

(2) 境界の傾斜角を、次の(ア)～(エ)の中から選び、記号で答えよ。

ただし、 $\tan 7^\circ = 0.12$ 、 $\tan 14^\circ = 0.25$ 、 $\tan 21^\circ = 0.38$ 、 $\tan 28^\circ = 0.53$  とする。

(ア)  $7^\circ$     (イ)  $14^\circ$     (ウ)  $21^\circ$     (エ)  $28^\circ$

問5 図1中のX地点でボーリング調査を行った場合、地表から深さ40 mから50 mにあると考えられる地層は何か答えよ。

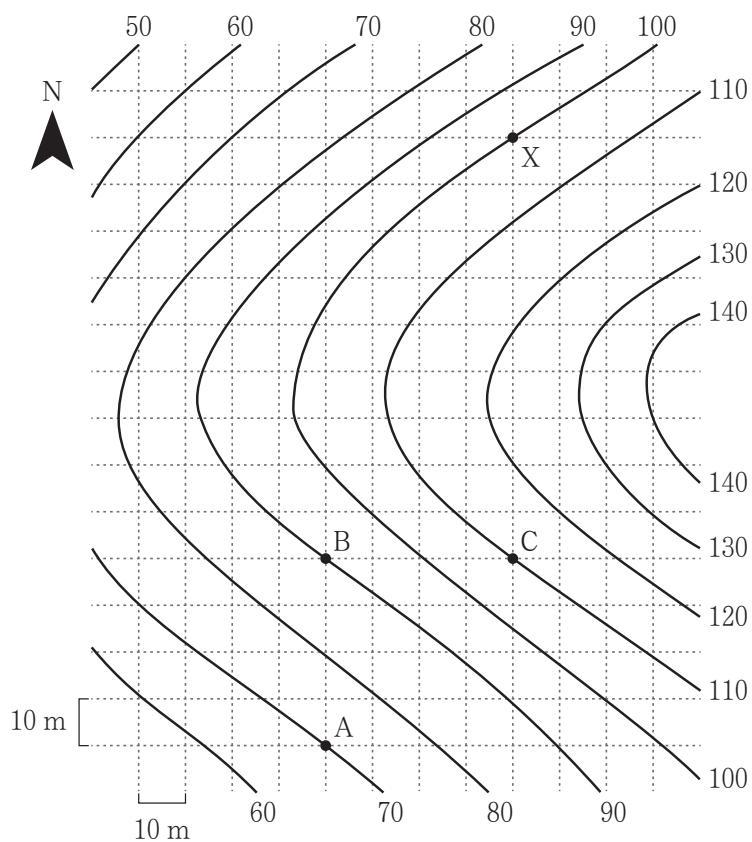


図1 ある地域の地形図

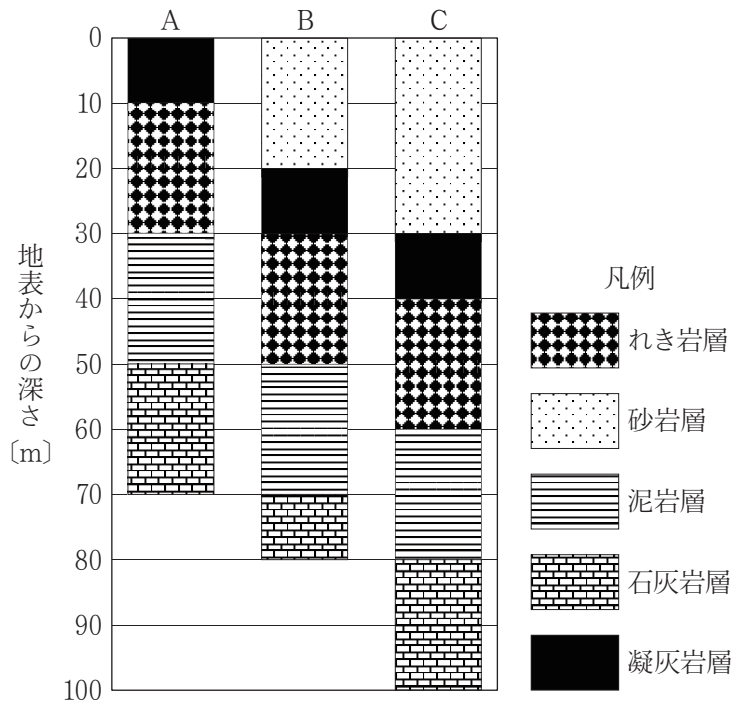


図2 各調査地点の柱状図

(余 白)

# 地 学

## 第 2 問 (35点)

次の文章を読み、問1から問5に答えよ。

マントルを構成するかんらん岩は主に①かんらん石からなる。図3は、かんらん岩の無水条件での融解曲線（実線）と水が付加した条件での融解曲線（点線）を示している。点Pの条件にあるかんらん岩が矢印のように変化し、マグマが生じる過程を（ア）という。一方、点Pの条件にあるかんらん岩に水が加わると、かんらん岩は融解し、マグマが生じる。この過程を（イ）といい、この過程によりマグマが生じる場所は、海洋プレート（ウ）境界である。マントルのかんらん岩が融解する場合、融けやすい成分が選択的に融け出す。これを（エ）という。マントルで形成された苦鉄質マグマは上昇し、マグマだまりをつくる。マグマだまりの中で苦鉄質マグマの温度が下がると、②かんらん石や（オ）に富んだ斜長石等が晶出し分離して、マグマの組成が変化していく。この結果、マグマの組成はやがて珪長質となる。珪長質マグマが地下深部で冷却し、③大陸地殻の主要な岩石である（カ）となる。また、④珪長質マグマは爆発的に噴火する場合がある。

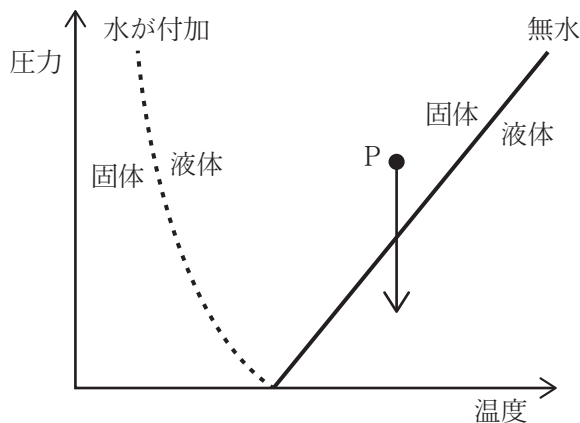


図3 マントルを構成するかんらん岩の無水条件での融解曲線（実線）と水が付加した条件での融解曲線（点線）

問1 空欄（ア）～（カ）に入る最も適切な語を答えよ。

問2 下線部①のかんらん石について、その結晶構造と化学組成の特徴を説明せよ。

問3 下線部②について、次の(1)と(2)の問いに答えよ。

(1) この作用を何とよぶか。

(2) ある苦鉄質マグマから、かんらん石が晶出し、分離した。晶出したかんらん石の量はもとのマグマの10.0重量%で、かんらん石のMgO含有量は45.0重量%であった。また、残ったマグマのMgO含有量は7.0重量%であった。このとき、もとのマグマのMgO含有量を重量%で求めよ。算出した過程も示せ。

問4 下線部③の大陸地殻に関連して、次の(a)～(f)の中から適当でないものを1つ選び、記号で答えよ。

(a) 無色鉱物の量は大陸地殻より海洋地殻の方が多い。

(b) 平均密度は大陸地殻より海洋地殻の方が大きい。

(c) 地球最古の岩石は大陸地殻から発見された。

(d) 大陸地殻の生成は海洋プレートの沈み込みと関係する。

(e) 放射性同位体から発生する単位重量あたりの熱量は、大陸地殻より海洋地殻の方が少ない。

(f) 大陸地殻は海洋地殻より厚い。

問5 下線部④の原因について、以下の語をすべて用いて説明せよ。同じ語を複数回使ってもよい。

圧力 揮発性成分 粘性 化学組成

# 地 学

## 第 3 問 (35点)

次の文章を読み、問1から問6に答えよ。

太陽は太陽系で唯一の恒星であり、太陽の中心部において水素の核融合反応により発生する莫大<sup>ぼくだい</sup>なエネルギーを宇宙空間に放出している。①太陽大気は主に水素とヘリウムから構成される。太陽の周りを公転する惑星、太陽系外縁天体、②小惑星<sup>すいせい</sup>、彗星の軌道は太陽を焦点とする楕円<sup>だえん</sup>であり、ケプラーの法則で記述される。

図4はある天体の公転運動を表している。③この天体の公転周期は250年、離心率は0.25とする。図4で、楕円はこの天体の軌道、矢印はこの天体の公転方向であり、点Sは太陽、点Oは楕円の中心、OAは楕円の長半径、OBは楕円の短半径、点Aは近日点、点Cは遠日点である。OAに対するOSの比 $e$ は公転軌道の離心率で、 $OA \times e = OS$ である。この天体が軌道上の点Pにあるとき、SAとSPのなす角を $\theta$ 〔°〕とする。点E、点Fはそれぞれ、 $\theta = 90^\circ$ 、 $\theta = 270^\circ$ となるこの天体の位置である。点線は距離の目安を表す等間隔の格子である。図5はケプラーの法則から求めたこの天体の公転の時間 $t$ 〔年〕と $\theta$ 〔°〕の関係を表す。ただし、この天体が点Aを通過する時間を0年としている。

④地球の公転軌道は円に近い楕円である。地球の公転は恒星の⑤年周視差と年周光行差の観察から確かめられる。地球は⑥ハビタブルゾーン内を公転している。

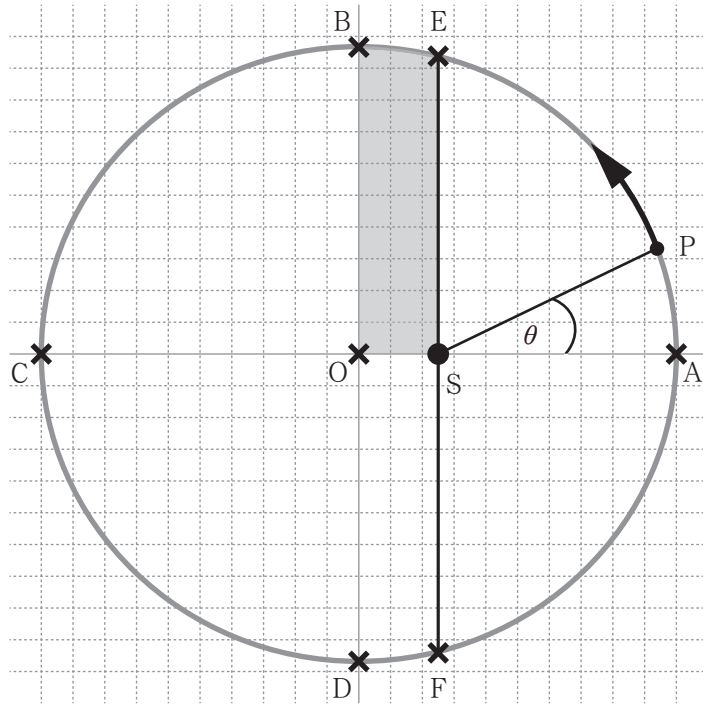


図4 太陽（S）の周りを公転するある天体の楕円軌道と公転運動

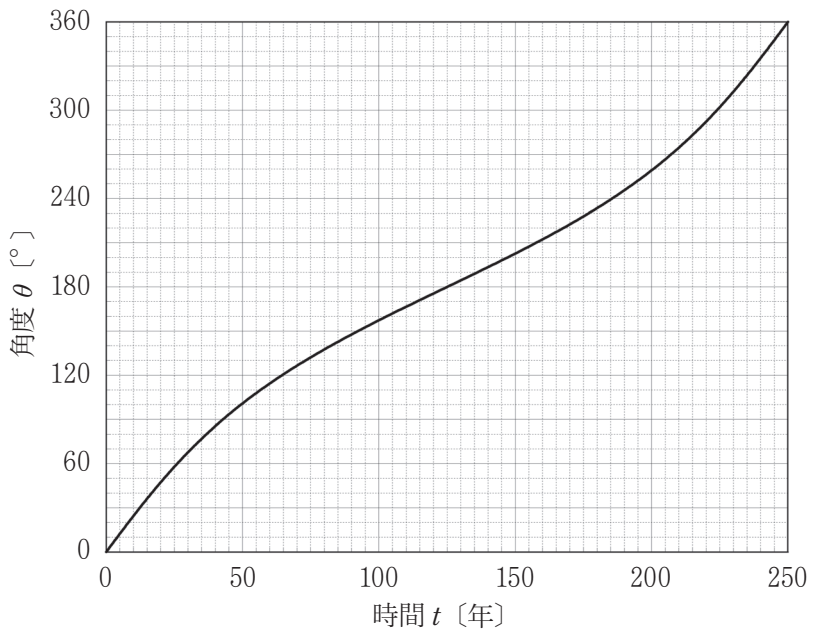


図5 ある天体の公転の時間  $t$  [年] と角度  $\theta$  [度]

問1 下線部①について、どのような観測事実から太陽大気の構成元素を推定しているのか、説明せよ。

問2 下線部②について、一部の小惑星は太陽系形成初期の物質に関する情報源と考えられている。そのように考えられる理由を説明せよ。

問3 下線部③に関連して、以下の(1)～(3)の問いに答えよ。

(1) この天体が点Fから点Eへ至る時間 $t_1$ と、点Eから点Fへ至る時間 $t_2$ を、図5から求めよ。

(2) この天体の公転軌道を表す楕円を直線EFで分割した時、点A側の面積を $S_1$ 、点C側の面積を $S_2$ とする。また、図4の灰色の部分(OSEB)の面積を $S_3$ とする。ケプラーの第2法則にもとづき、面積比 $S_1:S_2:S_3$ を求めよ。算出した過程も示せ。

(3) この天体の近日点距離(天文単位)について、ケプラーの第3法則にもとづき、以下の5つの数字から最も近い値を選び答えよ。選んだ理由も説明せよ。

21    30    42    51    60

問4 下線部④について、地球の場合、点Fから点Eへ至る時間は178.5日、点Eから点Fへ至る時間は186.5日とする。この時、地球の公転軌道の離心率を有効数字2桁で求めよ。算出した過程も示せ。ただし、 $OA = a$ 、 $OB = b$ とした時、楕円の面積は $\pi ab$ であり、OSEBの面積は $ab$ と近似してよい。円周率 $\pi$ は3.14、1年は365日とする。

問5 下線部⑤について、年周視差を説明せよ。

問6 下線部⑥について、ハビタブルゾーンとは何か、説明せよ。