

2025年度

理科問題

(物理・化学・生物・地学)

物理：2～9ページ	解答用紙3枚
化学：10～23ページ	解答用紙5枚
生物：24～39ページ	解答用紙4枚
地学：40～45ページ	解答用紙3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 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。

(余 白)

物 理

第 1 問 (30点)

図1のように大きさ a の一定の加速度で水平方向左向きに運動するバスの中で、平板上の物体の運動を観察する。物体の質量を m 、平板と物体の間の静止摩擦係数を μ 、動摩擦係数を μ' とし、重力加速度の大きさを g とする。 $0 < \mu' < \mu < 1$ が成り立つものとする。

まずバスの水平な床に沿って平板を固定し、その平板上に物体を静かに置いた。

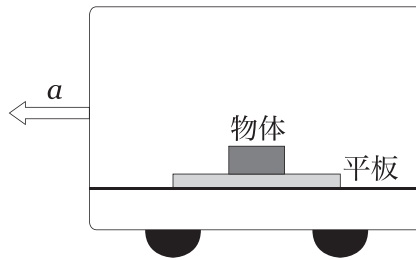


図 1

問 1 慣性力によって物体が平板に対して動き始めるためには、バスの加速度の大きさ a が不等式 $a > \boxed{\text{ア}}$ を満たす必要がある。 $\boxed{\text{ア}}$ に入る適切な式を m, g, a, μ, μ' のうち必要なものを用いて表せ。

問 2 問 1 の不等式 $a > \boxed{\text{ア}}$ が満たされる場合、物体の平板に対する加速度の大きさを m, g, a, μ, μ' のうち必要なものを用いて表せ。

次に図2のように、平板と床の間の角度が θ となるように固定した。平板に沿って速さ V の初速度を物体に与え、すべり上がらせたところ、物体は平板に対して等速度運動をした。

問 3 $\tan \theta$ を m, V, g, a, μ, μ' のうち必要なものを用いて表せ。

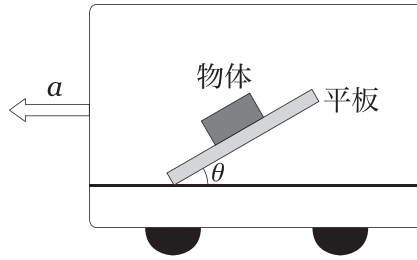


図 2

図3のように、平板と床のなす角度が直角になるように固定した．平板に沿って鉛直上向きに速さ V の初速度を物体に与え、すべり上がらせたところ、物体は平板から離れることなく運動し、時間 T が経過したときに平板に対する速さが 0 になった．

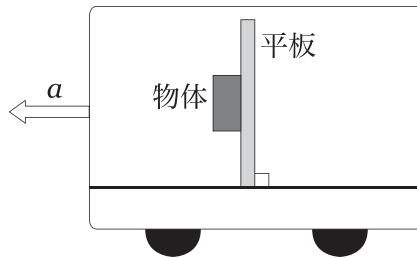


図 3

- 問 4 時間 T を m, V, g, a, μ, μ' のうち必要なものを用いて表せ．
- 問 5 時間 T の間に物体が平板上を移動した距離を, m, V, g, a, μ, μ' のうち必要なものを用いて表せ．
- 問 6 時間 T が経過したのちにも物体の平板に対する速さが 0 であり続けるためには, バスの加速度の大きさ a が, 不等式 $a \geq \boxed{\text{イ}}$ を満たす必要がある． $\boxed{\text{イ}}$ に入る適切な式を m, V, g, a, μ, μ' のうち必要なものを用いて表せ．

物 理

第 2 問 (35点)

図1のように、磁場中に置かれたコイルと抵抗値 R の抵抗 R を含む回路を考える。コイルは、一辺の長さが l の正方形で、磁束密度 B の一様な磁場中に置かれており、磁場に直交する回転軸のまわりになめらかに回転できる。また、回転軸はコイルの面の中央を通っており、コイルの辺 ab および辺 cd は回転軸に平行、辺 bc および辺 da は回転軸に垂直であるとする。図2のように、コイルの面の法線が磁場の向きとなす角を θ とする。

図2に示されている向きに、コイルを一定の角速度 ω で回転させた。時刻 $t = 0$ において $\theta = 0$ であるとし、時刻 $t = 0$ にコイルを貫く磁束を正とする。ただし、 $0 \leq \theta < \frac{\pi}{2}$ が成り立つ時刻 t を考える。以下の問いに答えよ。回路を流れる電流が作る磁場は無視できるものとする。

まず、コイルに生じる誘導起電力について考える。

問1 時刻 t における θ を ω , t を用いて表せ。

問2 時刻 t にコイルを貫く磁束を B , l , ω , t を用いて表せ。

問3 時刻 t から短い時間 Δt だけ経過したとき、角度の変化 $\Delta\theta$ も小さかった。この間、コイルを貫く磁束は $\boxed{\text{ア}}$ $\times \Delta t$ だけ減少する。 $\boxed{\text{ア}}$ に入る適切な式を B , l , ω , t を用いて表せ。ただし、近似式 $\cos(\theta + \Delta\theta) \doteq \cos\theta - \Delta\theta \sin\theta$ が成り立つものとする。

問4 時刻 t における、抵抗 R を流れる電流の大きさと、抵抗 R の消費電力を、どちらも B , l , ω , t , R を用いて表せ。

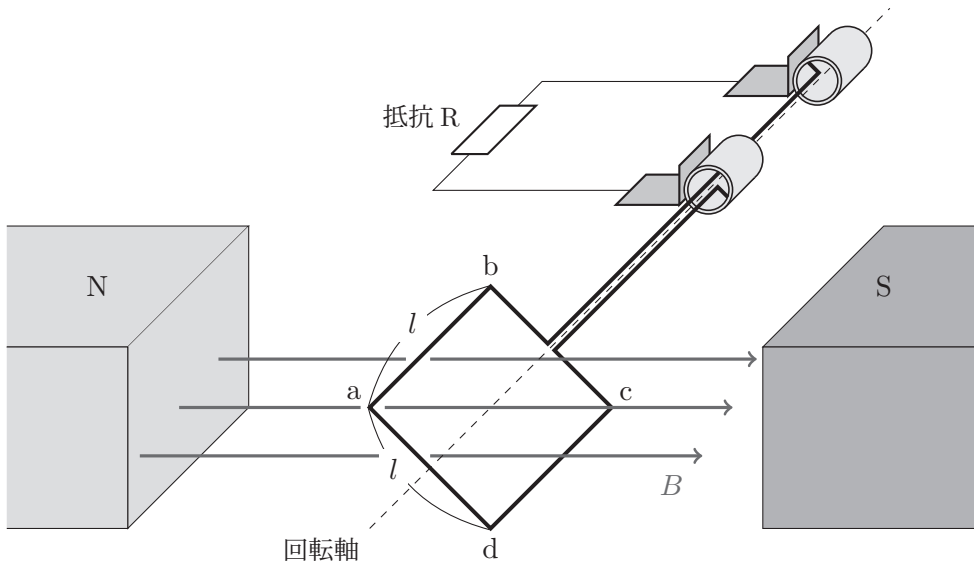


図 1

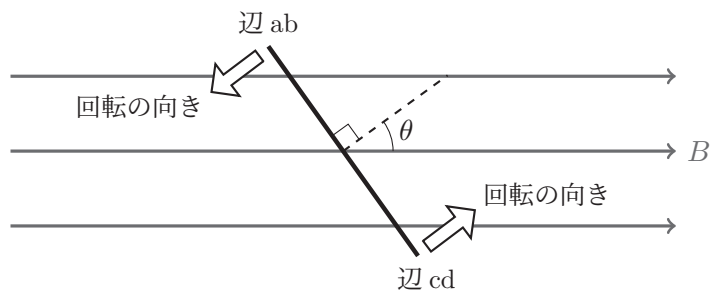


図 2

(つづく)

つづいて、辺 ab が磁場から受ける力について考える。図 3 のように、回転軸に直交する平面上で、辺 ab は半径 $\frac{l}{2}$ の円の上を動く。辺 ab が磁場から受ける力を、この円に接する向きの力 \vec{F}_1 と、円の中心 O から辺 ab へ向かう向きの力 \vec{F}_2 に分解して考える。

問 5 時刻 t における \vec{F}_1 と \vec{F}_2 の大きさを、どちらも B, l, ω, t, R を用いて表せ。

コイルの角速度は一定なので、辺 ab には \vec{F}_1 とつり合う外力がはたらいている。この外力が時刻 t から短い時間 Δt の間にする仕事について考える。

\vec{F}_1 の向きは辺 ab の進行方向と逆向きなので、外力の向きは辺 ab の進行方向に等しい。また Δt が小さいため、時間 Δt の間に外力の大きさは変化しないとしてよい。このとき、外力が時間 Δt の間にする仕事は、時刻 t における外力の大きさと、時間 Δt の間に辺 ab が描く円弧の長さの積に等しいとしてよい。

問 6 時間 Δt の間に外力がする仕事は $\times \Delta t$ と表される。 に入る適切な式を B, l, ω, t, R を用いて表せ。

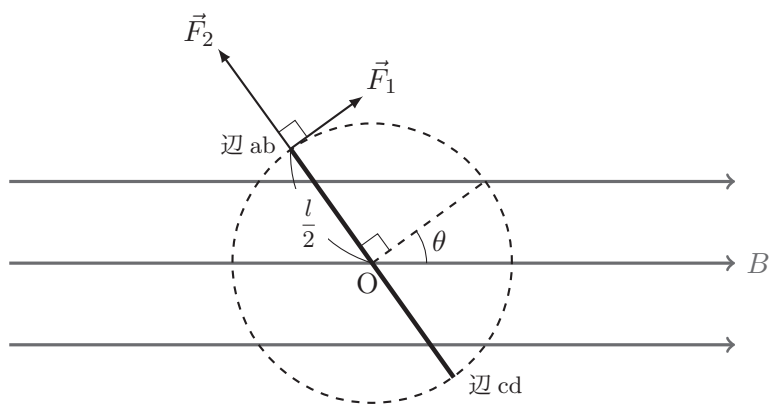


图 3

物 理

第 3 問 (35点)

空気中で 2 枚の厚い平面ガラス板 A, B を重ね、図 1 のように右端から厚さ d の薄い直方体の板 C を挟んでくさび形の空気層をつくる。真上から波長 λ_1 の単色光を入射させ真上から観測すると、ガラス板 A の下面で反射した光とガラス板 B の上面で反射した光が干渉を起こし、平行な明暗の縞模様しまが見える。くさび形の左端の頂点を原点 O にとり、ガラス板 B の上面に沿って右向きに x 軸をとる。原点 O から右端に挟む板 C の左端までの距離を L にしたところ、原点 O に一番近い明線を 0 番目として数えて m 番目 ($m > 1$) の明線が原点 O から距離 x_P の点 P に観測された。空気の屈折率を 1, ガラス板 A, B の屈折率を n ($n > 1$) として、以下の問いに答えよ。

問 1 点 P におけるガラス板 A, B 間の空気層の厚さ Δd を, d, x_P, L を用いて表せ。

問 2 距離 x_P を, m, d, L, λ_1 を用いて表せ。

問 3 隣り合う明線の間隔 Δx_1 を, d, L, λ_1 を用いて表せ。

問 4 真上から入射する単色光の波長を λ_2 に変えたところ, $m - 1$ 番目の明線が点 P に観測された。波長 λ_2 を, m, λ_1 を用いて表せ。

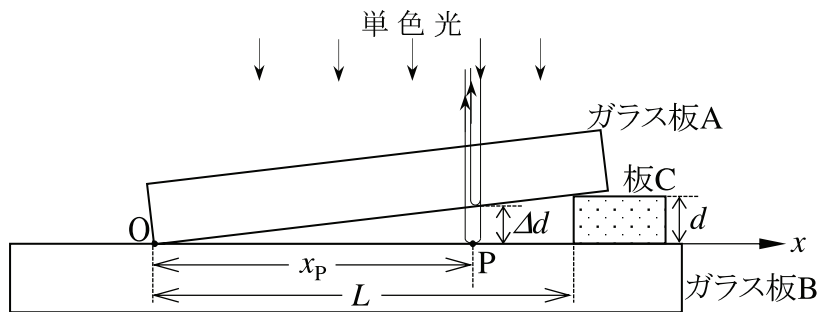


図 1

次に、単色光の波長を λ_2 のままで、2枚のガラス板のくさび形の空気層を屈折率 n_1 ($n > n_1 > 1$) の液体で満たしたところ、点Pには $m + 1$ 番目の明線が観測された。

問5 液体の屈折率 n_1 を、 m を用いて表せ。

問6 このときの隣り合う明線の間隔 Δx_2 は、問3で求めた明線の間隔 Δx_1 の何倍になるか、 m を用いて表せ。

単色光の波長を λ_2 のままで、図2のように、2枚のガラス板のくさび形の空気層を満たしていた液体を屈折率 n_2 ($n_2 > n$) の液体に変えると、 $m + 1$ 番目の明線が原点Oから距離 x_Q の点Qに観測された。

問7 距離 x_Q を、 m, d, L, λ_2, n_2 を用いて表せ。

問8 問7において、 $m = 10, d = 1.0 \times 10^{-2}$ mm, $L = 10$ mm, $\lambda_2 = 5.0 \times 10^{-4}$ mm, $n_2 = 1.6$ としたとき、 x_Q の値を有効数字2桁で求めよ。

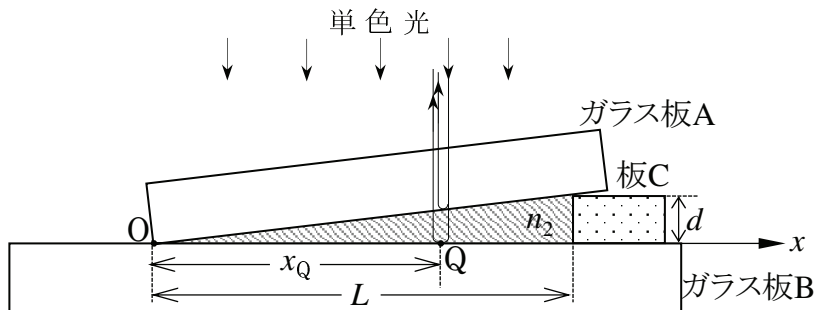
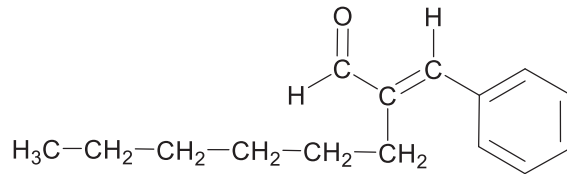


図2

化 学

第 1 問 (34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。



問1 次の文章を読み、(1)～(5)の問いに答えよ。

ベンゼン環をもつ化合物 **A**, **B**, **C** (三つの化合物は、全て 分子式 $\text{C}_8\text{H}_8\text{O}_2$ である) の混合物をジエチルエーテルに溶解した。化合物 **A** および **C** はメタ位の二置換体であり、化合物 **B** のみ一置換体である。混合物の溶液と炭酸水素ナトリウム水溶液を、同じ分液ろうとうに入れよく振りまぜたところ、気体が発生し化合物 **A** のみが水層①に移動した。また、分離したエーテル層②を蒸発乾固させたところ、化合物 **B** および **C** の混合物が得られた。この混合物をフラスコに移し、水酸化ナトリウム水溶液を加えて懸濁液とし、十分にかき混ぜると均一溶液が得られた。この反応溶液に二酸化炭素を十分に通じた後、分液ろうとうに移し、ジエチルエーテルを加えてエーテル層③と水層④に分離した。エーテル層③を蒸発乾固させると、化合物 **D** のみが得られた。化合物 **D** に塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加えると青紫色に呈色した。分離した水層④に塩酸を加えていくと、化合物 **E** が白色固体として析出したので、吸引ろ過で集めた。このろ液をアンモニア性硝酸銀水溶液に加え加熱すると、銀が析出した。

(1) 下線部 [1] について、分子式 $\text{C}_8\text{H}_8\text{O}_2$ の構造異性体の中で、ベンゼン環、およびケトンと共に構造中に含む化合物はいくつ存在するか、数字で答えよ。

(2) 化合物 **A**, **B**, **C**, **D** の構造式を記せ。

(3) 化合物 **E** の化合物名を答えよ。

(4) 下線部 [2] について、アンモニア性硝酸銀水溶液と反応している化合物は何か。化合物名を答えよ。

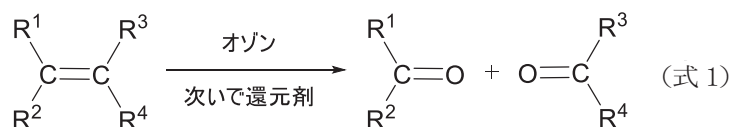
(5) 化合物 **D**、化合物 **E**、炭酸（二酸化炭素の水溶液）、塩酸について、次の（あ）～（お）の記述から間違っているもの全てを選び、記号で答えよ。

- （あ） 化合物 **E** は炭酸よりも強い酸である。
- （い） 塩酸は炭酸よりも強い酸である。
- （う） 化合物 **D** は炭酸よりも強い酸である。
- （え） 化合物 **E** は化合物 **D** よりも弱い酸である。
- （お） 塩酸は化合物 **E** よりも強い酸である。

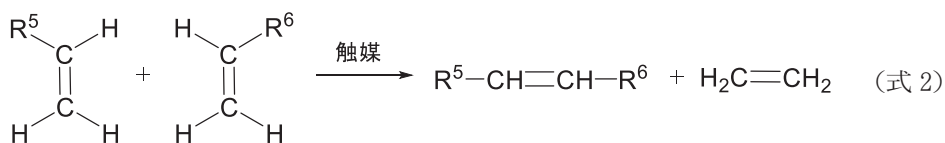
問2 次の文章を読み、(1)～(3)の問いに答えよ。ただし、構造式を記す問題では、シーストランス異性体は区別して記し、光学異性体は区別しなくてよい。

化合物 **F** および **G** は、それぞれ C_4H_8O および $C_6H_{12}O$ の分子式を有する。これらを白金触媒存在下、水素と反応させると、それぞれ $C_4H_{10}O$ および $C_6H_{14}O$ の分子式を有する化合物 **H** および **I** が得られた。化合物 **H** を、ヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液と共に加熱すると黄色結晶が得られた。また、化合物 **I** に希硫酸と二クロム酸カリウムを加えて十分に加熱すると、酸性を示す化合物 **J** が得られた。化合物 **J** は分岐鎖のない直鎖状構造を有する。化合物 **F** および **G** を個別にオゾン分解（補足説明 a を参照のこと）させると、いずれも化合物 **K** を含む混合物が得られた。化合物 **G** を酢酸と縮合させると化合物 **L** が得られた。化合物 **F** と **L** とでクロスメタセシス（補足説明 b を参照のこと）を行ったところ、エチレンが発生すると共にトランス体である化合物 **M** が得られた。

[補足説明 a] オゾン分解は、分子中の炭素-炭素二重結合にオゾンを反応させた後、還元剤で処理をすることで、二重結合を切断し二つのカルボニル基へと変換する反応である。以下の式 1 にその例を示す。ここで $R^1 \sim R^4$ は種々の原子や原子団である。



[補足説明 b] メタセシス反応はオレフィンメタセシスとも呼ばれ、触媒の存在下における、アルケンの炭素-炭素二重結合の組み替え反応である。メタセシス反応を異なる二分子間の連結に応用した反応を、クロスメタセシスと呼ぶ。置換基を一つもつアルケン同士のクロスメタセシスについて、以下の式 2 にその例を示す。ここで R^5 および R^6 は種々の原子や原子団である。



(1) 化合物 **F** および **G** の構造式を記せ.

(2) 化合物 **K** に関する以下の文章について、空欄 および に当てはまる適切な化合物名を記せ.

化合物 **K** を還元して得られる常温・常圧で液体の は、工業的には主に と 2 倍の物質量の水素を高温・高圧下で反応させて得られる.

(3) 化合物 **M** の構造式を記せ.

化 学

第 2 問 (33点)

次の問 1 と問 2 に答えよ。必要であれば次の数値を用いよ。

原子量：H = 1.0, O = 16, S = 32, K = 39, Ni = 59, Pb = 207.

気体定数： $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{mol} \cdot \text{K})$. ファラデー定数： $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$.

問 1 次の文章を読み、(1)～(4)の問いに答えよ。

1990年に実用化されたニッケル・水素電池は携帯機器の電源などに使われる充放電可能な二次電池であり、その起電力は約1.2Vである。一般的なニッケル・水素電池は図のような構成であり、正極に酸化水酸化ニッケルNiO(OH)を、負極に水素吸蔵合金Mに水素を吸蔵した金属水素化物 MH_x を、電解液に水酸化カリウムKOH水溶液を用いている。セパレーターは水やイオンを通し、正極と負極との直接接触を避けるためのものである。スイッチを電球側につなぐと放電が始まり、正極は Ni(OH)_2 に、負極はMに変化する。スイッチを電源側につなぐと充電が始まり、放電とは逆の反応が起こり、元に戻すことができる。また、充放電の際には電解液KOH水溶液の濃度は変化しない。

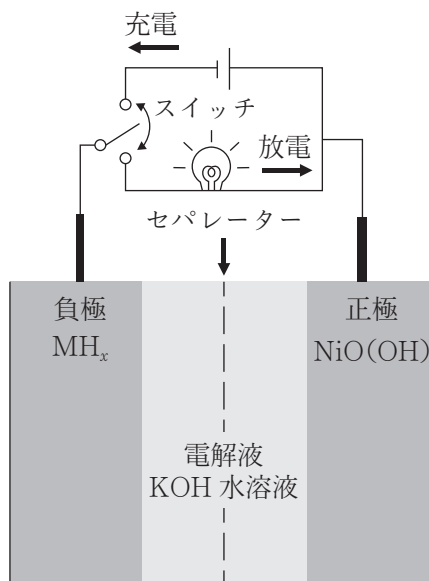


図 ニッケル・水素電池の構成

- (1) ニッケル・水素電池を放電しても水素吸蔵合金M中の合金の組成は変化しないものとする。このとき、放電の際の正極、負極での反応を電子 e^- を含む反応式で答えよ。ただし、反応式の中では水素を吸蔵する前と後の合金をそれぞれMおよび MH_x とせよ。
- (2) 放電の際の電池全体の反応式を答えよ。

(3) 充電時、正極の $\text{Ni}(\text{OH})_2$ の全てが $\text{NiO}(\text{OH})$ に、負極の M の全てが MH_x にそれぞれ戻るが、それでもなお充電することを過充電という。過充電を続けると水の電気分解が起こり、正極および負極から気体が発生し、電池内部の圧力が上がり、場合によっては破裂する危険を伴う。そこで、現在市販されている密閉型のニッケル・水素電池では、負極の MH_x の量を正極の $\text{NiO}(\text{OH})$ よりも多く充填することによって、正極および負極で発生した気体と反応させることでその問題に対処している。正極で発生した気体は MH_x と反応し水を生じる。この反応の反応式を答えよ。

(4) あるニッケル・水素電池では La (ランタン) と Ni とで構成される平均原子量 72 の水素吸蔵合金 $\text{M}_{(\text{La-Ni})}$ が用いられている。この $\text{M}_{(\text{La-Ni})}$ 10 g に 273 K (0 °C), 1.0×10^5 Pa において水素 Y [L] を貯蔵させたところ、質量が 1.4% 増加することがわかった。以下の (i) ~ (iii) の問いに答えよ。

(i) 下線部 [1] について、273 K (0 °C), 1.0×10^5 Pa における Y の値を有効数字 2 桁で求めよ。また、水素吸蔵後の $\text{M}_{(\text{La-Ni})}\text{H}_x$ の x の値を小数第 1 位を四捨五入し、整数で答えよ。ただし水素ガスは理想気体とみなすものとする。

(ii) この水素吸蔵合金 $\text{M}_{(\text{La-Ni})}$ を用いたニッケル・水素電池を充電して蓄えることができる電気量は $\text{A} \cdot \text{h}$ (アンペア時) で表され、 $1 \text{ A} \cdot \text{h}$ は、 1 A の電流が 1 時間流れた時の電気量を意味する。完全に放電した状態で 5.1 g の $\text{M}_{(\text{La-Ni})}$ を用いたニッケル・水素電池が 1 回の充電で蓄えられる電気量 [$\text{A} \cdot \text{h}$] の最大値を有効数字 2 桁で求めよ。ただし、充電時の $\text{M}_{(\text{La-Ni})}$ の水素吸蔵量は温度や圧力に依存しないものとする。

(iii) この水素吸蔵合金 $\text{M}_{(\text{La-Ni})}$ 5.10 g を用いたニッケル・水素電池を完全に充電した場合、理論上、0.142 A の電流が何時間にわたって取り出せるか、四捨五入して小数第 1 位まで求めよ。また、このとき、正極の質量は何 g 変化するか、質量の増減を示す正負の符号とともに有効数字 2 桁で求めよ。

問2 次の(1)と(2)の問いに答えよ。

(1) 原子番号20以下の異なる元素a～fに関する次の記述①～⑤を読み、(i)～(iii)の問いに答えよ。必要であれば次の値を用いよ。 $\sqrt{2} = 1.41$, $\sqrt{3} = 1.73$, $\pi = 3.14$.

- ① 元素aと元素bは周期表の同じ周期に属する。
- ② 元素aの単体は、原子が共有結合で正四面体構造をとって連なった結晶構造をもつ。
- ③ 元素bの酸化物はボーキサイトの主成分であり、水に溶けにくい。
- ④ 元素cの単体は体心立方格子の結晶を形成し、水と激しく反応して赤紫色の炎を生じる。
- ⑤ 元素dの単体は常温で水と激しく反応し、その際、元素dと元素eからなる化合物および元素fの単体を生じる。

(i) 記述⑤の反応を化学反応式で記せ。

(ii) 異なる種類の原子が結合するとき、共有電子対をそれぞれの原子が引き寄せる強さの尺度を(ア)と呼ぶ。(ア)にあてはまる語句を記せ。また、元素a～fのうち(ア)が最小のものと最大のものを、それぞれ元素記号で答えよ。

(iii) 次の1～5の記述のうち正しいものを全て選び、番号で答えよ。

- 1. ミョウバンは元素bと元素cを1:1の数比で含み、水に溶かすと酸性を示す。
- 2. 元素cの単体の結晶において、原子を互いに接する球と仮定したとき、原子が単位格子中で占める体積の割合は約68%である。
- 3. 元素dと元素eからなる化合物の水溶液は強酸性を示す。
- 4. 元素eの単体は高温で多くの金属酸化物を還元する。
- 5. 酸化マンガン(IV)に濃塩酸を加えて加熱すると、元素fの単体が生じる。

(2) 次の文章を読み、(i)～(iv)の問いに答えよ。

硫酸は、鉛蓄電池や金属精錬、製紙、食品工業など、化学工業に広く利用されており、工業的には接触法と呼ばれるプロセスにより製造されている。この製法では、硫黄の燃焼で得られる二酸化硫黄を、触媒を用いて空気酸化して三酸化硫黄とする。これを濃硫酸に吸収させて発煙硫酸とした後、希硫酸と混合して濃硫酸を得る。このとき三酸化硫黄は全て水と反応して硫酸となる。

(i) 二酸化硫黄は黄鉄鉱 FeS_2 の燃焼により酸化鉄(Ⅲ)と共に製造することができる。この反応の化学反応式を記せ。

(ii) 接触法において、二酸化硫黄を三酸化硫黄に酸化する反応の化学反応式を記せ。

(iii) 1.60 kg の硫黄を全て燃焼させて二酸化硫黄とし、それを全て酸化して三酸化硫黄を得た。なお、これらの酸化反応は、いずれも完全に進行した。この三酸化硫黄の全量を質量 X [kg] の 98.0%濃硫酸に吸収させた後、18.0%希硫酸を必要量加えたところ、全ての三酸化硫黄が反応して 98.0%の濃硫酸が Y [kg] 得られた。このときの 98.0%濃硫酸の増加量 $Y - X$ [kg] はいくらか、四捨五入して小数第 1 位まで答えよ。

(iv) 以下の A～D の操作のうち、消費される硫酸の物質量が 2 番目と 3 番目に多いものはどれか、記号で答えよ。なお、反応には十分な量の硫酸が与えられたものとする。

- A. 導線で結んだ亜鉛板と銅板を希硫酸に浸すと、0.12 mol の気体が発生した。
- B. 0.075 mol の銅片を熱濃硫酸に全て溶かした。
- C. 0.12 mol の過マンガン酸カリウムを希硫酸に溶かし、十分な量の過酸化水素水を加えた。
- D. 鉛蓄電池を 1.4 A の電流で 9650 秒間放電した。

化 学

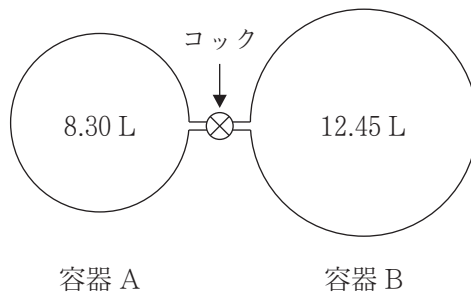
第 3 問 (33点)

次の問1と問2に答えよ。

問1 次の文章を読み、(1)と(2)の問いに答えよ。

気体定数は $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{mol} \cdot \text{K})$ 、絶対零度は $-273 \text{ }^\circ\text{C}$ として計算せよ。

容積 8.30 L の耐圧容器 A と容積 12.45 L の耐圧容器 B が連結され、これらの二つの容器はコックで仕切られている。両方の容器全体の温度は $27 \text{ }^\circ\text{C}$ に保持され、コックが閉じられた状態で、容器 A には分圧 $1.00 \times 10^5 \text{ Pa}$ の窒素と分圧 $0.75 \times 10^5 \text{ Pa}$ のペンタン (C_5H_{12}) が、容器 B には分圧 $2.00 \times 10^5 \text{ Pa}$ の窒素と分圧 $0.50 \times 10^5 \text{ Pa}$ のペンタンが入っている。ここで、気体状態の窒素とペンタンは理想気体の状態方程式に従ってふるまうものとする。 $27 \text{ }^\circ\text{C}$ におけるペンタンの飽和蒸気圧は $0.76 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、 $-23 \text{ }^\circ\text{C}$ におけるペンタンの飽和蒸気圧は $0.10 \times 10^5 \text{ Pa}$ とし、 $27 \text{ }^\circ\text{C}$ 、および、 $-23 \text{ }^\circ\text{C}$ では窒素は液体状態にはならないと考えてよい。また、コックおよび連結部分の容積は無視できるものとし、液体状態のペンタンの体積は容器の容積と比べて無視できるものとする。また、液体状態のペンタンへの窒素の溶解は起きないものとして考える。



- (1) 両方の容器全体の温度を $27 \text{ }^\circ\text{C}$ に保持した状態でコックを開き、十分に時間をおいた。容器内の窒素の分圧 $P_{\text{N}_2} (1) \text{ [Pa]}$ とペンタンの分圧 $P_{\text{C}_5\text{H}_{12}} (1) \text{ [Pa]}$ を、それぞれ有効数字 2 桁で求めよ。

(2) コックが開いた状態で，容器 B の温度を $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ に保持したまま，容器 A の温度のみを $-23\text{ }^{\circ}\text{C}$ に冷却し，十分に時間をおいたところ，容器内にペンタンの液体が生じた．以下の (i) ~ (ii) の問いに答えよ．

(i) この状態における窒素の全物質量のうち容器 A 内に存在する窒素の割合 x_{N_2} (A) [%] と容器内の窒素の分圧 P_{N_2} (2) [Pa] を，それぞれ有効数字 2 桁で求めよ．

(ii) この状態における容器内のペンタンの分圧 $P_{\text{C}_5\text{H}_{12}}$ (2) [Pa] と液体状態のペンタンの物質量 n_{ℓ} [mol] を，それぞれ有効数字 2 桁で求めよ．

問2 次の(1)と(2)の問いに答えよ。

(1) 次の文章を読み、(i)～(iii)の問いに答えよ。ただし、水の密度を 1.00 g/cm^3 、ヨウ素の原子量は $I = 127$ とする。また、液体に溶解したヨウ素の体積は無視できるものとする。

ヨウ素は水に溶けにくく、純水 100 g に対する溶解度は、 $20\text{ }^\circ\text{C}$ でごくわずかである。一方、ヨウ化カリウム水溶液はヨウ素をよく溶かし、褐色の水溶液を与える。これは、の平衡反応により、ヨウ素が水に溶けやすい物質に変化するためである。

ヨウ素は有機溶媒のヘキサンにはよく溶解する。そのため、水に含まれるヨウ素をヘキサンで抽出することができる。混じり合わないヘキサンと水の二層では、ヨウ素は両液層を行き来して平衡状態になっており、この平衡を分配平衡という。このとき、ヘキサン中のヨウ素のモル濃度を C_0 [mol/L]、水中のヨウ素のモル濃度を C_w [mol/L]とすると、式1の関係が成り立つ。

$$K_D = C_0/C_w \quad (\text{式1})$$

ここで、 K_D を分配係数といい、温度が一定ならば一定の値を示す。

(i) にあてはまる平衡反応についてイオン反応式を答えよ。

(ii) $20\text{ }^\circ\text{C}$ において濃度 0.100 mol/L のヨウ化カリウム水溶液 100 mL にヨウ素を加えたところ、最大で 1.27 g を溶解させることができた。これは $20\text{ }^\circ\text{C}$ で純水 100 mL に溶かすことができるヨウ素の50倍の量であった。 1.27 g のヨウ素を加えたあとのヨウ化カリウム水溶液中におけるヨウ化物イオンの濃度 $[\text{I}^-]$ [mol/L]を答えよ。また、の反応の $20\text{ }^\circ\text{C}$ における平衡定数 K ($20\text{ }^\circ\text{C}$) [(mol/L) $^{-1}$]の値を求め、有効数字2桁で答えよ。

- (iii) 25 °Cにおいて、濃度 5.00×10^{-2} mol/L のヨウ素を含むヘキサン溶液 200 mL とヨウ化カリウムを含む水溶液 1000 mL を分液ろうとに入れ、よく振り混ぜた後、静置したところ、ヨウ素の一部が水溶液に移動し、分配平衡状態となった。このとき、水溶液中に含まれるヨウ化物イオンの濃度を調べると、 2.00×10^{-3} mol/L であった。このとき、ヘキサン層から水層へ抽出されたヨウ素の物質量を有効数字 2 桁で答えよ。ただし、ヘキサン層中にはヨウ素のみが溶けており、水溶液中では の反応のみが起こるものとする。また、25 °Cにおける K_D を 30、 の平衡定数 K (25 °C) を 1.00×10^3 (mol/L)⁻¹ とする。

(2) 次の文章を読み, (i) ~ (iii) の問いに答えよ.

弱塩基とその塩の混合水溶液には, その中に酸や塩基の水溶液がわずかに混入しても, pH の値をほぼ一定に保つはたらきがある. このようなはたらきを緩衝作用といい, 緩衝作用のある水溶液を緩衝液という.

(i) アンモニアの濃度が C_X [mol/L], 塩化アンモニウムの濃度が C_Y [mol/L] となるように緩衝液を調製した. アンモニアの水中における電離定数を K_b [mol/L], 水のイオン積を K_W [(mol/L)²] としたとき, この水溶液の水素イオン濃度 $[H^+]$ [mol/L] を表す数式を C_X , C_Y , K_b および K_W を用いて答えよ. ただし, 水溶液中において塩化アンモニウムは完全に電離し, アンモニアの電離度は 1 に比べて非常に小さいものとする.

(ii) 25 °C で pH 9.00 の緩衝液をつくるには, 0.240 mol/L のアンモニア水溶液 500 mL に固体の塩化アンモニウムを何 g 加えたらよいか. 有効数字 2 桁で答えよ. ただし, 25 °C において, $K_b = 2.00 \times 10^{-5}$ mol/L, $K_W = 1.00 \times 10^{-14}$ (mol/L)², 塩化アンモニウムの式量を $NH_4Cl = 53.5$ とする. また, 溶かした塩化アンモニウムは完全に電離し, 固体の溶解により溶液の体積は変化しないものとする.

(iii) (ii) の緩衝液に 0.400 mol/L の塩酸 100 mL を加えた. 添加後の pH について, 四捨五入して小数第 2 位まで答えよ. ただし, $\log_{10}7 = 0.845$, $\log_{10}5 = 0.699$, $\log_{10}3 = 0.477$, $\log_{10}2 = 0.301$ のうち必要な値を使ってもよい.

(余 白)

生 物

第 1 問 (25点)

遺伝子を扱う技術に関する次の文を読み、以下の問いに答えよ。

ある研究者が、ラクトースを分解できなくなった大腸菌を見つけた。この大腸菌を、以下変異体とよぶ。変異体がラクトースを分解できなくなった原因について、どのような突然変異によるものかを調べるために、DNA の塩基配列を解析した。はじめに、原因と考えられる遺伝子を含む DNA 領域を、①PCR 法を用いて増幅した。この増幅した DNA 断片に、DNA の合成に必要なプライマー、DNA ポリメラーゼ、そしてデオキシリボヌクレオシド三リン酸を加えた。この反応液を 4 つに分け、各反応液に、蛍光色素で標識したアデニン (A)、チミン (T)、グアニン (G)、シトシン (C) を塩基としてもつジデオキシリボヌクレオシド三リン酸のいずれか 1 つを少量加え、アンチセンス鎖を鋳型とした DNA 合成を行った。その後、電気泳動用ゲルの、試料を注入するくぼみに 4 つの反応液をそれぞれ入れて、合成された DNA 断片を電気泳動によって分離し、蛍光を観察した。対照実験として、ラクトースを分解できる野生型の大腸菌についても同様の実験を行った。

図 1 は野生型と変異体の、DNA 断片の電気泳動の結果である。図 1 中の、反応液を入れたくぼみに示した記号 (A, T, G, C) は、反応に使用したジデオキシリボヌクレオシド三リン酸の塩基を表す。この結果から、変異体では、原因と考えられる遺伝子の開始コドンから数えて 3 番目のコドンが野生型と異なることがわかった。

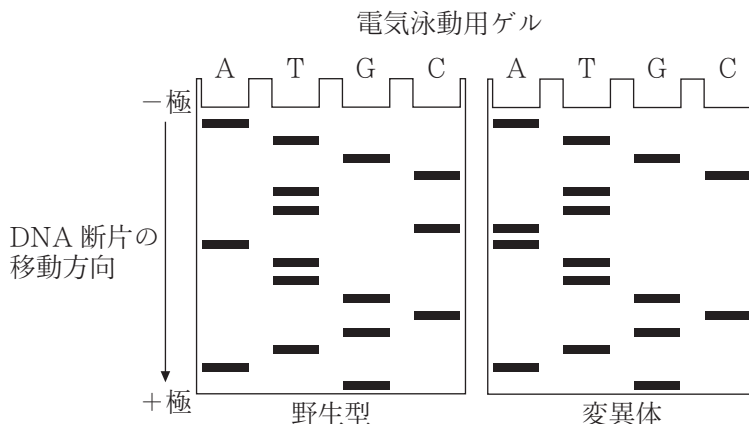


図 1

問1 次の文を読み、以下の(1)~(3)に答えよ。

下線部①の PCR 法では、鋳型 DNA に加えて、増幅したい目的の DNA 領域の両端の配列に相補的な配列をもつ 2 種類の DNA プライマーや、DNA ポリメラーゼ、デオキシリボヌクレオシド三リン酸を用いた。また、DNA を増幅させるために下に示す反応 1~3 を 1 サイクルとして、サイクルを繰り返した。

反応 1 反応液を 94 °C 程度に加熱する。

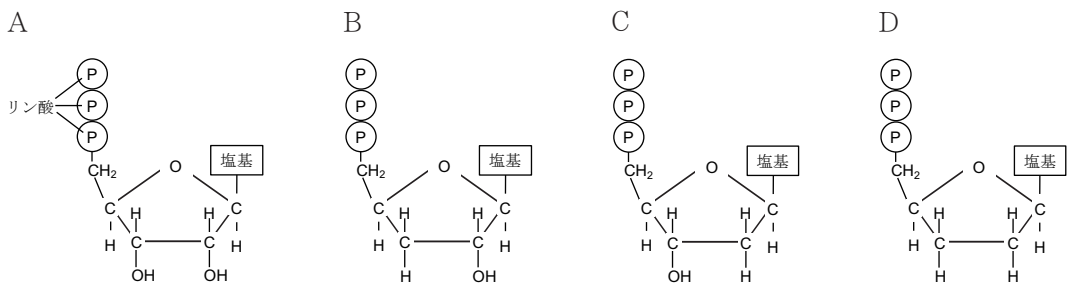
反応 2 反応液を 50 ~ 60 °C 程度に冷却する。

反応 3 反応液を 72 °C 程度に加熱する。

- (1) 反応 1~3 では主にどのような反応が起きているか、それぞれ 20 字以内 (句読点を含む) で説明せよ。
- (2) PCR 法に用いる DNA ポリメラーゼは、ヒト DNA ポリメラーゼにはない特性をもつ。その特性を 10 字以内で述べよ。
- (3) 増幅したい目的の DNA 領域のみからなる DNA 断片は何サイクル目から生じるか、答えよ。

問2 次の(1)と(2)に答えよ。

- (1) デオキシリボヌクレオシド三リン酸とジデオキシリボヌクレオシド三リン酸の構造として、最も適切なものを下の A ~ D からそれぞれ 1 つ選び、記号で答えよ。



(2) 反応液中のジデオキシリボヌクレオシド三リン酸の量を増やすと、合成される DNA 断片の長さはどうなるか、理由とともに 60 字以内（句読点を含む）で説明せよ。

問3 図1の電気泳動の結果から推測される、野生型の DNA 断片のセンス鎖の塩基配列を、左から 5' → 3' の方向になるように下の例にならって記せ。

AGTCGGGCAGGTT

問4 下線部②に関して、変異体で見つかった遺伝子の突然変異がタンパク質合成に与える影響を、表1の遺伝暗号表を参照して 90 字以内（句読点を含む）で説明せよ。

表1

1番目の塩基	2番目の塩基								3番目の塩基	
	U (ウラシル)		C (シトシン)		A (アデニン)		G (グアニン)			
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	トリプトファン	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	グルタミン	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		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	グルタミン酸	GGA			A
	GUG		GCG		GAG		GGG			G

(余 白)

生 物

第 2 問 (25点)

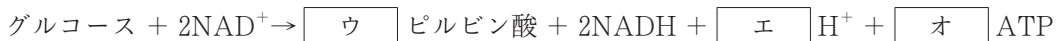
代謝に関する次の文 1 と文 2 を読み、以下の問いに答えよ。

文 1

酸素 (O₂) を用いて有機物を分解し、ATP を合成する過程を呼吸という。呼吸により分解される有機物は呼吸基質と呼ばれる。グルコースは代表的な呼吸基質の一つであり、① (ア) 系で代謝されてピルビン酸に変換される。ピルビン酸はミトコンドリアで脱炭酸された後、コエンザイム A (CoA) と結合してアセチル CoA に変換され、(イ) 回路に供給される。(イ) 回路では、アセチル CoA はオキサロ酢酸と反応し、(イ) が生成される。(イ) は ② 2 度の脱炭酸反応を含む反応過程を経て代謝され、オキサロ酢酸が再生される。この反応過程で生成される ③ 還元型補酵素は、ミトコンドリアの電子伝達系に供給される。④ 電子伝達系では連続した酸化還元反応が生じ、ATP 合成酵素によって ATP が合成される。

問 1 文 1 中の空欄 (ア) と (イ) に入る最も適切な語を答えよ。

問 2 下線部①に関して、1 分子のグルコースがピルビン酸に変換される反応について、次の反応式の空欄 ~ に入る適切な係数の組み合わせを、次の(a)~(h)から 1 つ選び、記号で答えよ。

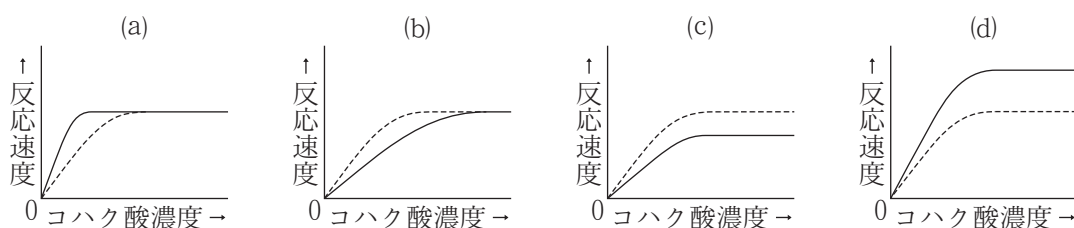


	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)
<input type="text" value="ウ"/>	2	2	2	2	3	3	3	3
<input type="text" value="エ"/>	2	2	4	4	2	2	4	4
<input type="text" value="オ"/>	2	4	2	4	2	4	2	4

問3 下線部②に関して、コハク酸がフマル酸へと変換される反応は、コハク酸脱水素酵素によって触媒される。この酵素の活性は、コハク酸と類似した構造をもつマロン酸がその活性部位に結合することで阻害される。

(1) このような酵素反応の阻害様式を表す最も適切な語を答えよ。

(2) 一定濃度のコハク酸脱水素酵素溶液を用いて、pHが7、温度が37℃の条件下でコハク酸濃度を変化させて反応速度を測定した。この実験において、反応液に一定濃度のマロン酸を加えた場合にどのような結果が得られると予想されるか、最も適切なグラフを、下の(a)~(d)から1つ選び、記号で答えよ。なお、グラフ中の破線と実線はそれぞれマロン酸を加えずに行った実験とマロン酸を加えて行った実験の結果を示す。



問4 下線部③に関して、還元型補酵素の一つであるNADHの酸化を必要とする反応過程として適切なものを、次の(a)~(c)からすべて選び、記号で答えよ。

- (a) アルコール発酵において、ピルビン酸からアセトアルデヒドが生じる反応
- (b) アルコール発酵において、アセトアルデヒドからエタノールが生じる反応
- (c) 乳酸発酵において、ピルビン酸から乳酸が生じる反応

問5 下線部④の過程について述べた次の(a)~(e)の文のうち、正しいものには○，誤りがあるものは×を解答欄に記せ。

- (a) 電子伝達系に渡された電子は、最終的に酸素を還元し、水を生じる。
- (b) 電子伝達系を構成するタンパク質は、ミトコンドリアの内膜と外膜に存在する。
- (c) 電子伝達の過程では、ミトコンドリアのマトリックス側から、内膜と外膜の間の領域へ水素イオンが運ばれる。
- (d) ATP合成酵素は、ミトコンドリアの外膜に存在する。
- (e) 水素イオンはその濃度勾配に逆らってATP合成酵素を通過し、このときATP合成酵素はADPとリン酸からATPを合成する。

文 2

植物が発芽時に利用する主な呼吸基質は、種によって異なる。ある植物が発芽時に利用する主な呼吸基質を推定するために、図1の実験装置を用いて、図2に示すガラス管内の着色液の移動距離を測定し、発芽種子の呼吸に伴う容器内の気体の体積の変化を調べた。同じ構成の装置を2つ用意し、装置内のビーカーに水または水酸化カリウム水溶液を入れて測定した。ただし、各測定は暗所で行い、発芽種子の重量、測定時間、大気圧および容器内外の温度は一定とした。測定開始時に図中の活栓を閉じることで容器内を密閉状態にした。水酸化カリウム水溶液は二酸化炭素 (CO₂) を吸収する。実験結果として、ガラス管内の着色液は、ビーカーに水を入れた測定では左方向に0.4目盛移動し、ビーカーに水酸化カリウム水溶液を入れた測定では左方向に26目盛移動した。

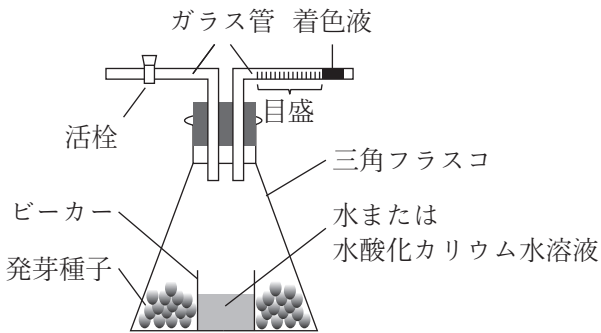


図 1

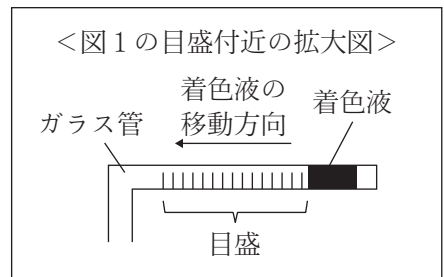


図 2

問 6 次の(1)と(2)に答えよ。

(1) この植物の発芽種子の呼吸商を、小数第3位を四捨五入して小数第2位までの値で答えよ。なお、呼吸商はCO₂の放出量とO₂の吸収量の体積比で定義される。

(2) 呼吸商の計算結果を踏まえて、この植物が発芽時に利用すると推定される主な呼吸基質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) 脂肪 (b) 炭水化物 (c) タンパク質 (d) ビタミン
- (e) ミネラル

生 物

第 3 問 (25点)

光合成に関する次の文 1 と文 2 を読み、以下の問いに答えよ。

文 1

植物の光合成は葉緑体で行われる。葉緑体の内部にはチラコイドと呼ばれる膜構造が存在し、チラコイドを除いた領域はストロマと呼ばれる。チラコイドには、^①クロロフィルやカロテノイドなどの光合成色素とタンパク質が結合した複合体が多数埋め込まれている。光化学反応は光化学系 I と光化学系 II の 2 種類の反応系によって行われる。それぞれの反応系の中心部には、反応中心としてはたらく特別なクロロフィルが存在する。この反応中心のクロロフィルが光エネルギーを受け取って活性化すると、電子が放出される。光化学系 II において、(あ) 状態の反応中心のクロロフィルは、(ア) からの電子を受け取って (い) され、活性化する前の状態に戻る。電子を失った (ア) からは (イ) と酸素が生じる。一方、光化学系 I では、活性化した反応中心のクロロフィルから放出された電子が、最終的に NADP^+ を還元して、 NADPH を生成する。

ストロマでは、チラコイドでの反応で生じた ATP と NADPH を使って、気孔から取り込まれた二酸化炭素を (う) して、^②有機物を合成する反応が行われる。この反応経路はカルビン回路と呼ばれ、多数の酵素反応が関わる。図 1 にその概要を示す。

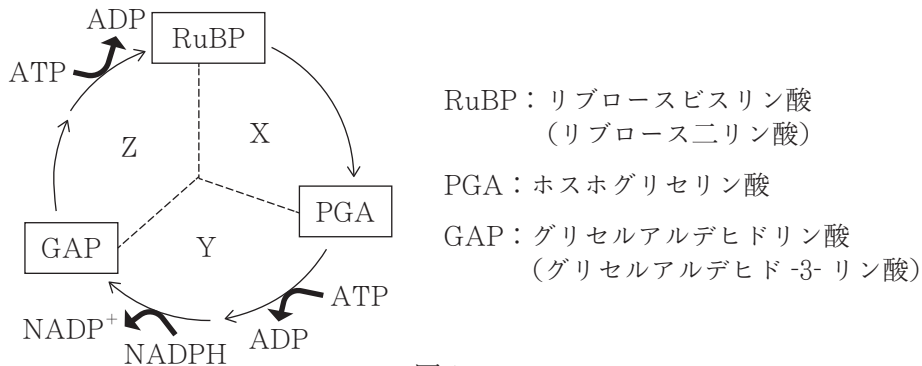


図 1

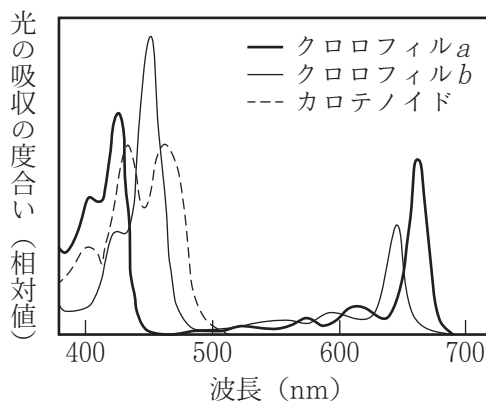
問 1 文 1 中の空欄 (ア) と (イ) に入る最も適切な語を答えよ。

問2 文1中の空欄(あ)～(う)に入る語の組み合わせとして最も適切なものを次の(a)～(h)から1つ選び、記号で答えよ。

	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)
(あ)	酸化	酸化	酸化	酸化	還元	還元	還元	還元
(い)	酸化	酸化	還元	還元	酸化	酸化	還元	還元
(う)	酸化	還元	酸化	還元	酸化	還元	酸化	還元

問3 カルビン回路を図1に示すX, Y, Zの3つの段階に分けた時、二酸化炭素が有機物に固定される(炭酸同化)段階を選び、記号で答えよ。

問4 下線部①に関して、主な光合成色素の吸収スペクトルを下に示す。複数の種類の光合成色素が葉緑体に存在することによって、太陽光を効率よく利用して光合成ができると考えられている。光合成色素のどのような違いが効率的な太陽光の利用に関係しているのか、30字以内(句読点を含む)で述べよ。



問5 下線部②に関して、カルビン回路の産物のうち、カルビン回路外での有機物の合成に使われる物質として最も適切なものを、次の(a)～(c)から1つ選び記号で答えよ。

- (a) RuBP (b) PGA (c) GAP

文 2

植物の葉の表皮には、気孔が存在する。植物はこの ③ 気孔を開いたり閉じたりすること でガス交換速度を調節している。ある植物を用いて、気孔の開度（気孔の開きぐあい）に対する光の影響を調べた。図 2 は、野生型の植物と、光受容体のどれか 1 種類を欠損している変異体を用いて、異なる光条件での気孔の開度を測定した結果である。

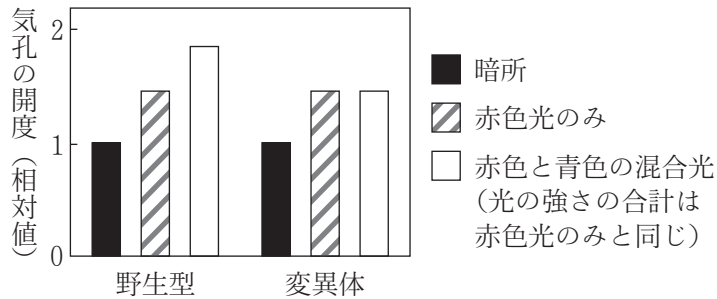


図 2

問 6 文 2 中の下線部③に関して、気孔の開閉のしくみについて述べた次の(a)~(f)の文のうち、適切なものをすべて選び、記号で答えよ。

- (a) 孔辺細胞にカリウムイオンが流入することで、細胞内の浸透圧が上昇して水が流入し、その結果、膨圧が上昇して気孔が開く。
- (b) 孔辺細胞にカリウムイオンが流入することで、細胞内の浸透圧が低下して水が流入し、その結果、膨圧が上昇して気孔が開く。
- (c) 孔辺細胞からカリウムイオンが流出することで、細胞内の浸透圧が上昇して水が流入し、その結果、膨圧が上昇して気孔が開く。
- (d) 孔辺細胞からカリウムイオンが流出することで、細胞内の浸透圧が低下して水が流出し、その結果、膨圧が低下して気孔が開く。
- (e) アブシシン酸の作用により、孔辺細胞内の浸透圧が低下して水が流出し、その結果、膨圧が低下して気孔が閉じる。
- (f) アブシシン酸の作用により、孔辺細胞内の浸透圧が上昇して水が流入し、その結果、膨圧が上昇して気孔が閉じる。

問7 実験に用いた変異体で欠損していると考えられる光受容体と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) レチナール (b) フォトトロピン (c) フィトクロム
(d) ロドプシン

問8 植物が水不足になると、光条件が同じであっても光合成速度は低下する。このしくみについて、気孔のはたらきから考えられる理由を70字以内（句読点を含む）で説明せよ。

生 物

第 4 問 (25点)

生物多様性に関する次の文1と文2を読み、以下の問いに答えよ。

文1

①生物群集を構成する種の間には、さまざまな相互作用がみられる。直接相互作用している2種は、互いの個体数に影響を与える。また直接相互作用していない場合でも、個体数への影響がみられることがあります、これを間接効果という。ある種が食物網における上位捕食者であり、間接効果を介して群集の種の構成や多様性を変えるほどに大きな影響を与えるとき、この種を（ア）と呼ぶ。

生物種間の相互作用のひとつとして、資源をめぐる競争がある。生存に必要な餌などの資源が似ている種同士は共存できないとする室内実験の結果が得られており、この現象は（イ）と呼ばれる。しかし現実の生物群集には多数の種が共存している。同じ場所で同様の資源を利用する複数の種でも、それぞれの資源利用のあり方によっては種間競争が抑えられ、共存することができる。競争する種の進化によって共存が可能になることもある。②競争関係にある生物種間で生じる形質置換という現象は、異なる種が相互に影響しあって適応進化する（ウ）のひとつであり、種の共存を促進する。

問1 文1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、生物群集でみられる相互作用について述べた次の(a)～(d)から、最も適切なものを1つ選び、記号で答えよ。

- (a) アリとアブラムシ（アリマキ）は通常、植物由来の餌資源をめぐり競争関係にある。
- (b) マメ科植物と根粒菌は、前者が後者に炭水化物を与え、後者が前者に窒素化合物を与える相利共生の関係にある。
- (c) ニホンジカとその体表から吸血するヒルとの関係は、後者が前者から一方的に利益を受ける片利共生である。
- (d) ニホンミツバチは花を破壊し、植物の繁殖に常に負の影響を与える。

問3 下線部②に関して、ある研究者が、くちばしで種子を割って食べる鳥類であるフィンチ2種（A種およびB種）のくちばしの高さ（以下、くちばしサイズとする）を、ある海域の3つの島I、II、IIIの個体群で調べた。島IにはA種のみが生息し、島IIにはB種のみが生息し、島IIIにはA種とB種がともに生息する。個体群中でくちばしサイズがある一定の範囲に収まるグループを、サイズクラスと呼ぶ。表1は、3つの島の各種個体群中での、くちばしのサイズクラスの分布を示している。

表1

くちばしのサイズクラス	島I	島II	島III	
	A種個体群 中の割合 (%)	B種個体群 中の割合 (%)	A種個体群 中の割合 (%)	B種個体群 中の割合 (%)
7 mm 以上, 9 mm 未満	30	10	80	0
9 mm 以上, 11 mm 未満	70	70	20	50
11 mm 以上, 13 mm 未満	0	20	0	50

(1) A種とB種がともに生息する島IIIでは、A種とB種がそれぞれ単独で生息する島I、島IIに比べ、各種のくちばしサイズの平均値がどれだけ増加あるいは減少しているかを計算せよ。ただし、各サイズクラスのくちばしサイズとして、そのサイズクラスの下限・上限の中間の値を計算に用いよ。例えば、「7 mm 以上, 9 mm 未満」のサイズクラスのくちばしサイズは、8 mm として計算せよ。なお、小数第2位を四捨五入して、小数第1位までの値で、下の例にならって答えよ。

0.5 mm の減少

(2) 島IIIでは、A種とB種がともに生息することで、両種のくちばしサイズに変化が生じた。このしくみについて考えられることを、以下の用語をすべて用いて、120字以内（句読点を含む）で説明せよ。

ニッチ 自然選択 種子 適応度

文 2

生物多様性は、その階層の違いにより、遺伝的多様性、種多様性、(エ)多様性の3つに分けられる。^③生物多様性は現在、さまざまな人間活動やそれに起因する環境変動の脅威にさらされている。そうした脅威として、気候変動、土地利用の変化、(オ)の移入、生息地の分断化などが挙げられる。日本での(オ)の影響を示すものとして、オオクチバスやブルーギルの捕食により淡水域の魚種数が減少した事例がある。^④生息地の分断化は種の局所絶滅を引き起こす可能性があるが、その影響のあり方はさまざまな要因で変化する。

問 4 文 2 中の空欄 (エ) と (オ) に入る最も適切な語を答えよ。

問 5 下線部③に関して、生物多様性やそれに対する脅威について述べた次の(a)~(d)のうち、最も適切なものを1つ選び、記号で答えよ。

- (a) 遺伝的多様性が増加すると、近交弱勢により個体群の増殖率が上がる。
- (b) 人間による土地利用の変化は群集の種多様性を減少させるが、群集を構成する種の遺伝的多様性には影響を与えない。
- (c) 人間による土地利用の変化の前後で、ある場所の群集の種数が変わらない場合でも、その種多様性が減少していることがありうる。
- (d) 気候変動の影響により、サンゴ礁を形成するサンゴの白化が起これ、これがサンゴ礁における種多様性の増加をもたらしている。

問6 下線部④に関して、ある研究者が以下の長期野外研究を行った。熱帯のある地域で森林の大規模伐採が行われた結果、分断化して孤立した小面積の森林（パッチ）が数多く出現した。研究者は分断化直後の1 ha から100 ha までの面積のパッチで樹木の種数を調べた。そして10年後にそれらのパッチを再調査し、分断化直後に記録された樹木種のうち、どれだけが残存しているかを調べた。その結果、パッチ面積と分断化直後および分断化10年後の樹木種数の関係は、図1上の直線で近似できることが示された。

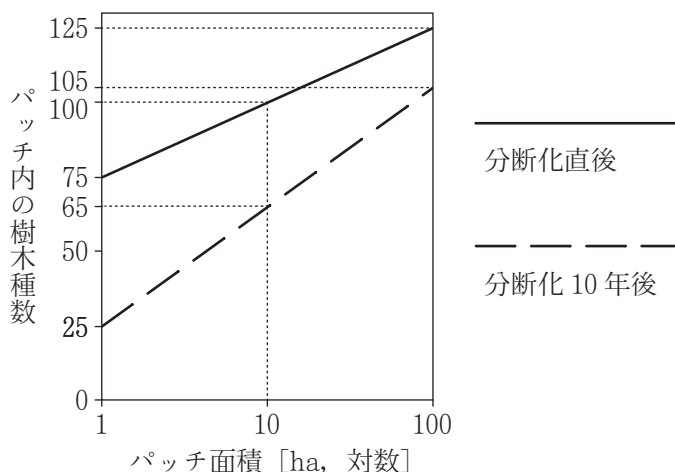


図1

図1の内容について述べた次の(a)~(e)のうち、適切なものをすべて選び、記号で答えよ。なお、各パッチ面積は、10年間で変化がないものとする。

- (a) パッチ面積が1 ha から100 ha の範囲では、パッチ面積が小さいほど、分断化10年後に残存する樹木種数の比率が大きくなる。
- (b) パッチ面積が1 ha から100 ha の範囲では、分断化直後の時点では、パッチ面積が10倍になると樹木種数は常に約1.33倍になる関係がみられる。
- (c) パッチ面積が1 ha から100 ha の範囲では、パッチの面積が大きいほど、分断化からの10年で消失する樹木種数の比率が小さくなる。
- (d) 面積が0.01 ha のパッチについて、図中の直線に従って分断化直後の樹木種数を推定すると、15種になる。
- (e) 面積が100 ha を超えるパッチについて樹木種数を図中の直線で推定すると、分断化10年後の値が分断化直後の値を超えてしまう場合がある。

地 学

第 1 問 (35点)

次の文章を読み、問1から問7に答えよ。

地球を構成する物質の化学組成は、宇宙や地球の誕生と進化に密接に関連している。
 ① 太陽は今から約（ア）年前に星間物質が集まって誕生した。原始太陽のまわりでは、微惑星が互いに衝突・合体をくり返して成長し、原始地球が誕生した。原始地球の形成時には、地球表層はマグマオーシャンの状態であり、その時にマントルと核が分離した。その後の ② プレート運動に伴う火成活動により、大陸地殻や海洋地殻が形成された。

図1は、地球全体、コンドライト、大陸地殻、マントル、核の化学組成を元素の重量比で表したものである。コンドライトは、地球の材料となった原始太陽系の物質がそのまま残っていると考えられる隕石^{いんせき}で、地球全体の化学組成はコンドライトから推定されている。核は主に元素aとニッケルの合金からなる。マントルと地殻の大部分は ③ ケイ素と酸素が規則的に配列して構造をつくるさまざまな鉱物からなる。マントルの上部は主に（イ）や（ウ）などの有色鉱物からなり、それらでは元素aや元素bの割合が連続的に変化する。このように、結晶構造は変わらず、化学組成が連続的に変化する鉱物は（エ）とよばれる。大陸地殻は ④ 石英などの無色鉱物を多く含む。（オ）も大陸地殻の主な造岩鉱物の一つで、元素cやナトリウムの割合が連続的に変化する。苦鉄質な火成岩に含まれるものはより元素cに富む。

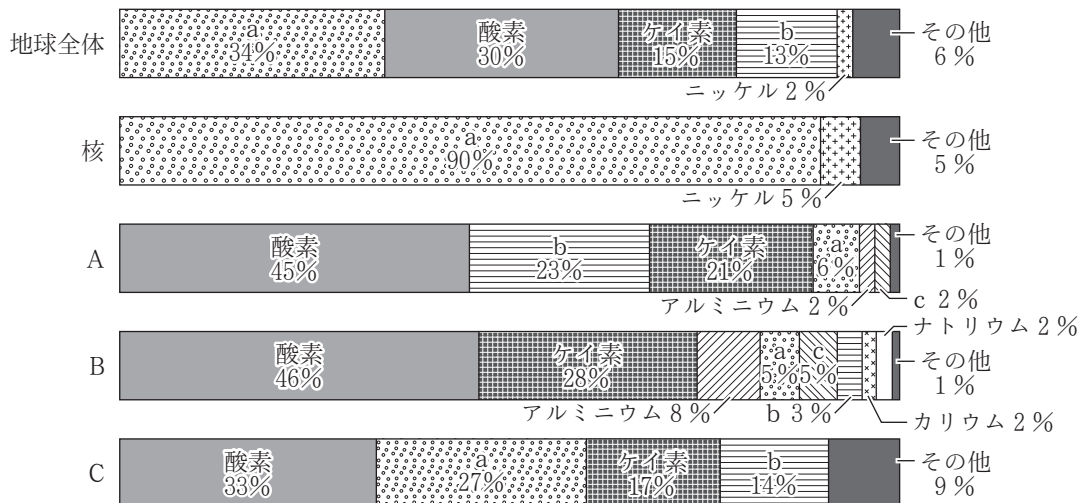


図1 地球全体、コンドライト、大陸地殻、マントル、核の化学組成（重量比）

問1 文章中の空欄（ア）～（オ）に入る最も適切な数値や語を答えよ。ただし、（イ）と（ウ）は順不同とする。

問2 下線部①に関連して、太陽の主なエネルギー源となっている反応のしくみについて、2つの元素を挙げながら説明せよ。

問3 元素a、元素b、元素cはそれぞれ何か、元素記号で答えよ。

問4 コンドライト、マントル、大陸地殻を構成する元素の割合を表すグラフとして最も適切なものを、図1のA～Cの中からそれぞれ選べ。

問5 下線部②に関連して、現在の地球で見られる火山活動をもたらすマグマは主にどのような場所で、どのようにして生じているか。次の語をすべて用いて説明せよ。同じ用語を複数回使ってもよい。

沈み込み帯 中央海嶺^{かいれい} 水 減圧 プレート

問6 下線部③に示す鉱物の総称を答えよ。

問7 下線部④に関連して、石英の結晶構造の基本的な骨組みをなすSiO₄四面体のつながり方について説明せよ。

地 学

第 2 問 (35点)

次の文章を読み、問1から問6に答えよ。

図2はある地域における、同じ標高の平坦面^{へいたんめん}に露出する地層の分布を示している。この地域には、砂岩からなるA層、泥岩からなるB層、石灰岩と凝灰岩からなるC層、泥岩からなるD層、石灰岩からなるE層が分布し、^{しゅうきよく}褶曲が認められる。褶曲軸は南北である。各層の厚さは変化せず、地層の逆転は認められない。褶曲軸の西側に分布する地層の走向は南北で、傾斜は西に 60° である。褶曲軸の東側に分布する地層の走向は南北で、傾斜は東に 60° である。A層からは①巣穴化石が、E層からは②石炭紀のフズリナが見つかった。C層に挟まれている③凝灰岩層は、放射性年代測定の結果、約2億7千万年前の火山噴出物であることがわかった。この地域には断層は認められない。

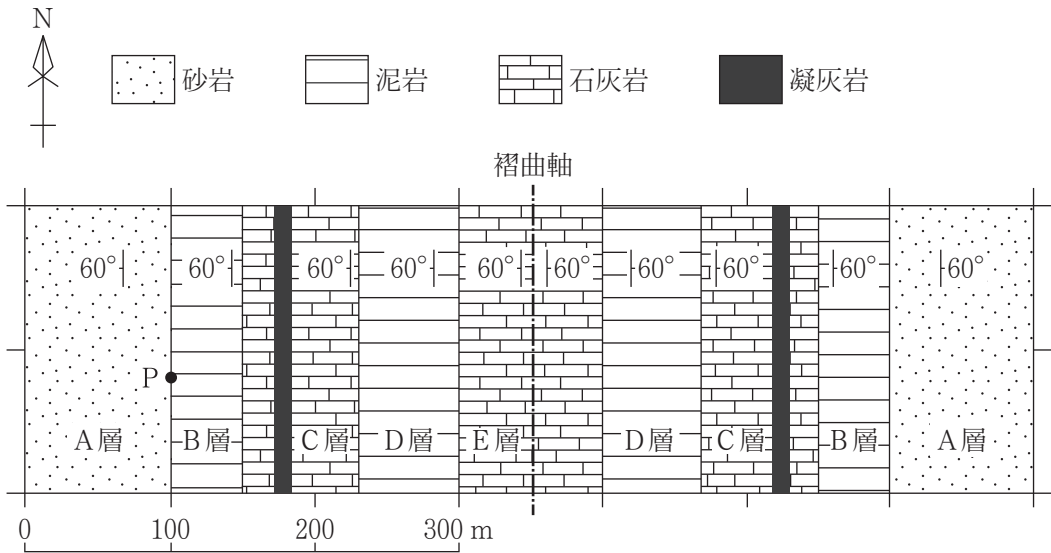


図2 ある地域の地層の分布図

問1 A層, B層, C層, D層, E層, 褶曲の形成時期を古いものから順に並べよ。

問2 地点Pにおいて鉛直方向のボーリング調査をおこなうとすると、地表から何 m で E 層に達するか。算出した過程を示し、有効数字 2 桁で答えよ。必要であれば次の数値を用いよ。 $\sqrt{2} = 1.41$, $\sqrt{3} = 1.73$, $\sqrt{5} = 2.24$, $\sqrt{7} = 2.65$, $\sqrt{10} = 3.16$

問3 下線部①が地層の上下を判定する手がかりになる場合がある。その判定方法を説明せよ。

問4 下線部②の時代には大気中の二酸化炭素濃度は急激に低下し、酸素濃度は上昇した。このような変化が生じた要因を説明せよ。

問5 下線部③が鍵層として有効な理由を説明せよ。

問6 D 層から産出する可能性のある化石を次から 2 つ選び答えよ。

イノセラムス、貨幣石、三葉虫、デスモスチルス、
トリゴニア、ビカリア、腕足動物

地 学

第 3 問 (30点)

次の文章を読み、問1から問3に答えよ。

① 太陽は膨大なエネルギーを電磁波として宇宙空間に放出している。これは太陽放射とよばれ、その一部は地球に注がれる。図3は、大気圏の最上部に達する太陽放射エネルギー量を100とした時の太陽放射エネルギー量の配分を表している。地球に入射する太陽放射エネルギーのうち、[I] %は地表で反射され、[II] %は大気や雲で反射される。これらは地球を暖めずに大気圏外に戻される。残りの太陽放射エネルギーのうち、[III] %は地表で吸収され、[IV] %は大気や雲で吸収される。地球は太陽放射エネルギーを絶えず受け取っているが、地球が吸収する太陽放射エネルギーとつり合う量のエネルギーを大気圏外に放出している。そのため地球全体の平均表面温度は、一定に保たれている。太陽放射のうち(ア)線領域の波長の電磁波は、熱圏の酸素や成層圏の(イ)でその大部分が吸収される。太陽放射エネルギーの大部分を占める(ウ)線領域の波長の電磁波は、大気にはあまり吸収されず地表に到達する。一方、地球表面や大気からの放射である地球放射は、主に(エ)線領域の波長の電磁波で、地球放射の大部分は、水蒸気や二酸化炭素、メタンなどによって吸収され、大気を暖める。暖められた大気は、大気圏外や地表に向けて(エ)線領域の電磁波を放射する。再び地表に向けて放射された電磁波は、地表を暖める。これを大気の(オ)とよぶ。

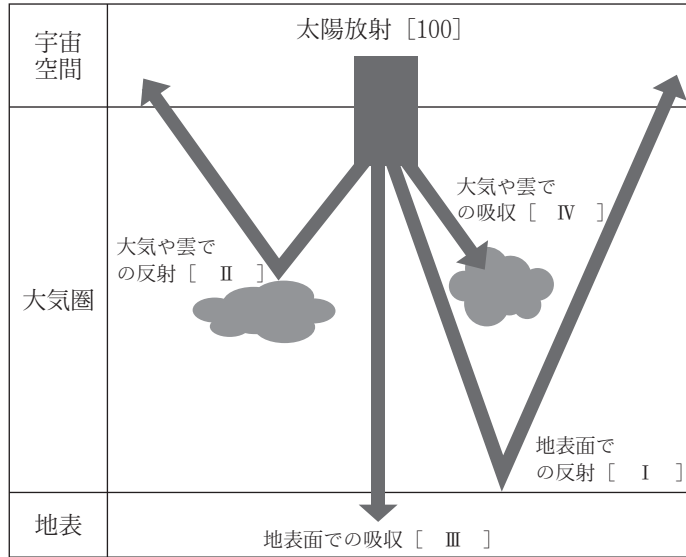


図3 太陽放射エネルギー量の配分

問1 文章中の (ア) から (オ) に入る最も適切な語を答えよ。ただし, (イ) は分子名を答えよ。

問2 [I] ~ [IV] に入る最も適切な数値の組み合わせを, 次の (a) ~ (c) の中から1つ選び, 記号で答えよ。

- (a) I = 47, II = 23, III = 7, IV = 23
- (b) I = 23, II = 7, III = 23, IV = 47
- (c) I = 7, II = 23, III = 47, IV = 23

問3 下線部①に関して, 次の(1)から(3)の問いに答えよ。

- (1) 太陽からは電磁波の他に荷電粒子が宇宙空間に放出されている。太陽から高速で放出された荷電粒子の流れを何とよぶか答えよ。
- (2) 太陽活動により地球ではオーロラが観測される場合がある。オーロラはどのような現象か説明せよ。
- (3) 太陽の表面温度を T [K], 太陽の半径を R [m] とした時, 太陽の表面全体から宇宙空間に毎秒あたり放射されるエネルギー L [W] を, $T, R,$ シュテファン・ボルツマン定数 σ [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$] を用いて答えよ。