

生 物

I 以下の問いに答えよ。

問 1 独立栄養生物である化学合成細菌として最も適切なものを①～④から1つ選べ。 ア

① 亜硝酸菌 ② シアノバクテリア ③ 大腸菌 ④ 緑色硫黄細菌

問 2 一般に「きのこ」と呼ばれる大型の子実体をつくる種が属する菌類はどれか、最も適切なものを①～④から1つ選べ。 イ

① グロムス菌類 ② 接合菌類 ③ 担子菌類 ④ ツボカビ類

問 3 原核細胞と真核細胞の両方に当てはまるものとして最も適切なものを①～④から1つ選べ。

ウ

- ① 核を持つ。
- ② 転移 RNA を持つ。
- ③ 粗面小胞体を持つ。
- ④ ミトコンドリアを持つ。

問 4 ヒトの体内におけるグルコースに関する記述として最も適切なものを①～④から1つ選べ。

エ

- ① グルコースは細胞膜を自由に通過できる。
- ② 筋細胞は嫌氣的にグルコースを分解し ATP を合成できる。
- ③ グルコースは腎臓でろ過されないため原尿には含まれない。
- ④ 血糖濃度が上昇するとグルカゴンによってグルコースの分解が促進される。

問 5 バソプレシンに関する記述として最も適切なものを①～④から1つ選べ。 オ

- ① 腎臓にある内分泌細胞により合成される。
- ② 脳下垂体にある内分泌細胞により合成される。
- ③ 副腎髄質にある神経分泌細胞により合成される。
- ④ 視床下部にある神経分泌細胞により合成される。

問 6 植物ホルモンであるジベレリンの持つ役割として最も適切なものを①～④から 1 つ選べ。

カ

- ① エンドウでは茎の伸長を抑える。
- ② ブドウでは果実の成長を抑える。
- ③ オオムギでは種子の発芽を抑える。
- ④ シロイヌナズナでは茎の肥大を抑える。

問 7 ウニにおいて次の A～D の現象が観察される順序として最も適切なものを①～⑨から 1 つ選べ。

キ

A. 精子と卵の細胞膜の融合 B. 先体反応 C. 表層反応 D. 卵割

- ① A→B→C→D ② A→C→B→D ③ A→D→B→C
- ④ B→C→A→D ⑤ B→A→C→D ⑥ B→A→D→C
- ⑦ C→B→A→D ⑧ C→A→B→D ⑨ C→A→D→B

問 8 転写に関する説明として最も適切なものを①～④から 1 つ選べ。

ク

- ① RNA ポリメラーゼは終止コドンにより転写を終了する。
- ② 転写の鋳型として用いられる側の DNA 鎖をセンス鎖という。
- ③ RNA ポリメラーゼはヌクレオチド鎖の 5' 末端にヌクレオチドを付加する。
- ④ 転写開始点の近くには、プロモーターと呼ばれる転写開始の目印となる塩基配列が存在する。

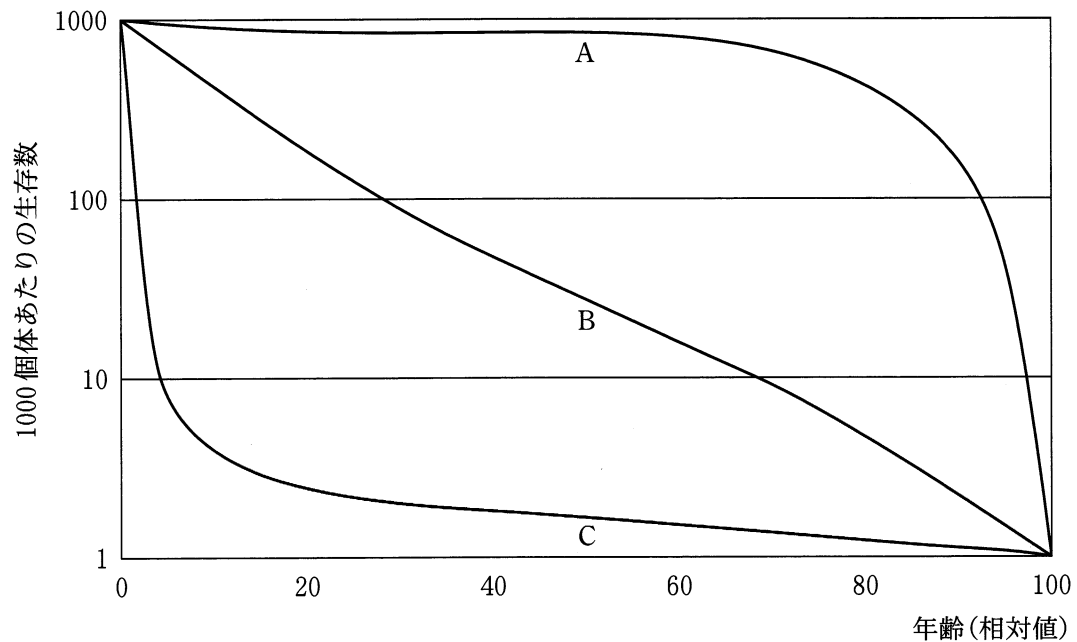
問 9 生物の出現や初期の生物界の変遷について推定されていることとして、最も適切なものを①～④から 1 つ選べ。

ケ

- ① 環境中の酸素濃度が上昇したことにより化学合成を行う原核生物が繁栄した。
- ② 独立栄養の原核生物は大気中に多量の酸素が存在するようになってから出現した。
- ③ 大気中にオゾン層が形成されたことにより地球に最初の生命が誕生できるようになった。
- ④ 最初の生命は嫌気的な環境で代謝を行うことによりエネルギーを得ていた原核生物である。

Ⅱ 以下の問いに答えよ。

問 1 下図は動物にみられる典型的な3つの生存曲線を模式的に表したものである。



(1) A の生存曲線を持つ動物として最も適切なものを①～⑤から1つ選べ。 ア

- ① アサリ ② イワシ ③ シジユウカラ
④ トカゲ ⑤ ニホンザル

(2) A～C の生存曲線を持つ動物の中で、相対年齢 50 の時の死亡率が最も高いのはどれか、最も適切なものを①～④から1つ選べ。 イ

- ① A の生存曲線をもつ動物
② B の生存曲線をもつ動物
③ C の生存曲線をもつ動物
④ A の生存曲線をもつ動物と C の生存曲線をもつ動物

問 2 図 1 は、光学顕微鏡により、接眼マイクロメーターを用いて細胞 A の長径を計測したときの像を模式的に表している。このときの接眼マイクロメーターの 1 目盛りの長さは図 2 に示したように、1 目盛りの間隔が $10\ \mu\text{m}$ の対物マイクロメーターを用いて確認できる。

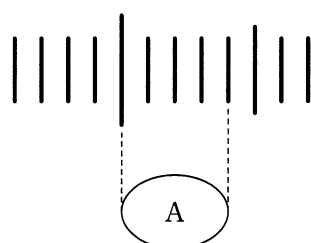


図 1

対物マイクロメーター

接眼マイクロメーター

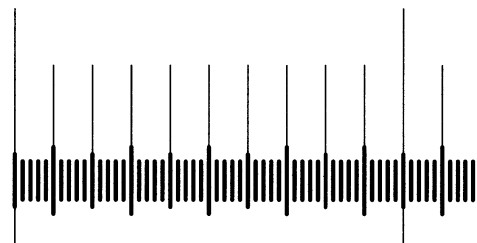


図 2

- (1) 細胞 A の長径の長さを答えよ。例えば値が 1 の場合、 と答えよ。

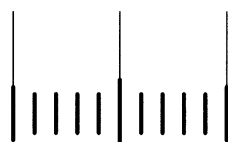
μm

- (2) 図 1 で用いた対物レンズより倍率が半分の対物レンズを使った場合、対物マイクロメーターと接眼マイクロメーターの関係はどのようになるか。もっとも適切な図を①～④から 1 つ選べ。図に示した目盛りのうち、線の細い方を対物マイクロメーター、太い方を接眼マイクロメーターとする。

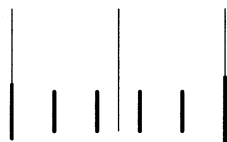
①



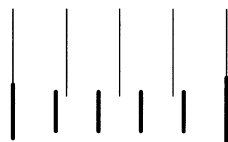
②



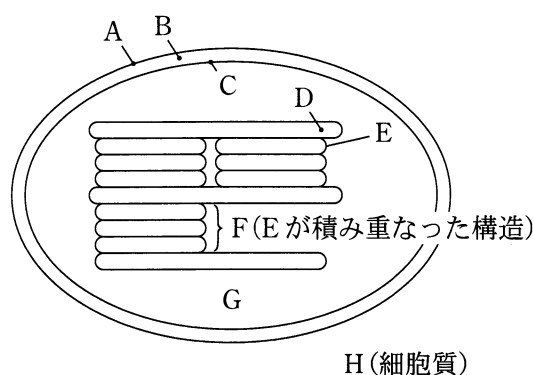
③



④



問 3 下図は葉緑体を模式的に表している。



- (1) 図の A, C, E, F, G に当てはまる語句としてそれぞれに最も適切なものを①～⑨から 1 つ選べ。

A: C: E: F: G:

- ① 外膜 ② グラナ ③ クリステ ④ 細胞壁 ⑤ 細胞膜
⑥ ストロマ ⑦ チラコイド ⑧ 内膜 ⑨ マトリックス

- (2) 光化学系 I と光化学系 II, およびカルビン回路(カルビン・ベンソン回路)の反応が行われる領域もしくは生体膜を答えよ。それぞれに最も適切なものを①～⑥から 1 つ選べ。

光化学系 I と光化学系 II: カルビン回路:

- ① 図中の A の生体膜 ② 図中の B の領域 ③ 図中の C の生体膜
④ 図中の E の生体膜 ⑤ 図中の G の領域 ⑥ 図中の H の領域

- (3) 光合成では H^+ の濃度勾配によるエネルギーを使って ATP 合成酵素により ATP が合成される。このとき, H^+ はある領域から別の領域に移動する。どの領域からどの領域に H^+ が移動したときに ATP が合成されるか, 最も適切なものを①～⑥から 1 つ選べ。

- ① 図中の B から H の領域 ② 図中の H から B の領域 ③ 図中の B から G の領域
④ 図中の G から B の領域 ⑤ 図中の D から G の領域 ⑥ 図中の G から D の領域

- (4) 5.6 L の CO_2 が光合成により固定されたとする。合成される有機物をグルコースとして換算すると, 何 g のグルコースが合成されるか答えよ。また, 何 L の O_2 が放出されるか答えよ。原子量は $C = 12$, $H = 1$, $O = 16$, 1 mol の気体は 22.4 L とする。小数第 2 位を四捨五入した値で答えよ。例えば値が 1.23 の場合, と答えよ。

グルコース: g

O_2 : L

問 4 動物胚の第 1 回目の体細胞分裂は、細胞質に貯えられている母性因子のはたらきによって進行する。ショウジョウバエの X 遺伝子は、そのような母性因子の 1 つを指定する。X 遺伝子座にはアレル A とアレル a があり、遺伝子型が AA, Aa, aa のメスとオスはすべて正常な生存力をもつ。

下の表は、アレル A とアレル a の様々な組合せをもつメスとオスを交配したときの、產生された胚の発生について示している。なお、各交配では產生されたすべての胚で同じ表現型が見られた。また、第 1 回目の体細胞分裂の分裂期中期で発生が停止した胚がもつ染色体数は、正常な発生を行う胚が同時期にもつ染色体数と一致した。

注) 「アレル」と「対立遺伝子」は同意語である。

交配	メス親の 遺伝子型	オス親の 遺伝子型	胚の発生
1	AA	AA	正常に進行
2	Aa	AA	正常に進行
3	aa	AA	第 1 回目の体細胞分裂の分裂期中期で停止
4	AA	Aa	正常に進行
5	Aa	Aa	正常に進行
6	aa	Aa	第 1 回目の体細胞分裂の分裂期中期で停止
7	AA	aa	正常に進行
8	Aa	aa	正常に進行
9	aa	aa	第 1 回目の体細胞分裂の分裂期中期で停止

(1) 胚の第 1 回目の体細胞分裂の進行は、下記①～⑤のどれがもつ X 遺伝子座の遺伝子型の影響を受けるか。最も適切なものを 1 つ選べ。

- ① 卵
- ② 精子
- ③ メス親
- ④ オス親
- ⑤ 受精卵

(2) 第 1 回目の体細胞分裂の分裂期中期の胚に含まれる DNA 量を、卵と精子それぞれがもつ DNA 量を 1 として答えよ。なお、X 染色体をもつ精子と Y 染色体をもつ精子の DNA 量はともに 1 とし、1 桁の整数で答えよ。

- (3) アレル A をもとに合成されるタンパク質が、受精卵においてどのようなはたらきを持っているときにこのような結果が生じるか。最も適切なものを①～⑥から1つ選べ。

- ① 多精拒否
- ② DNA複製の開始
- ③ 相同染色体の対合
- ④ 胚の前後軸の形成
- ⑤ 複製でできた2本の染色体の分離
- ⑥ 途中で停止している減数分裂の再開

- (4) 表の交配5から得られる次世代のメスのうち、正常な生殖能力を持つオスと交尾してできた胚が全て第1回目の体細胞分裂中期で停止してしまう個体の割合(%)はいくらか。小数第1位を四捨五入した値で答えよ。なお、交配により十分な数の次世代が得られたこととする。例えば値が1の場合、 と答えよ。

%

Ⅲ ニューロンの興奮に関する以下の問いに答えよ。

実験 1

生理的塩類溶液で満たした試験槽内に神経繊維試料(ニューロンの軸索部分のみを取り出し、両端をひもで縛ったもの)を浸した。この神経繊維の細胞内に記録電極を挿入し(図 1 の a の部分)、細胞の外側を基準の電圧(0 mV)として、膜電位を測定した。次に、試料の左端を刺激したところ、図 2 のような膜電位が観測された。図 2 の横軸は刺激した時を 0 とした時間軸を示している。

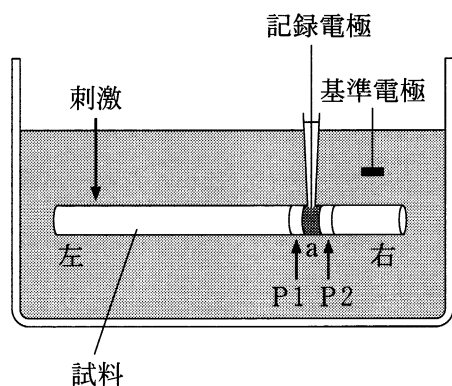


図 1

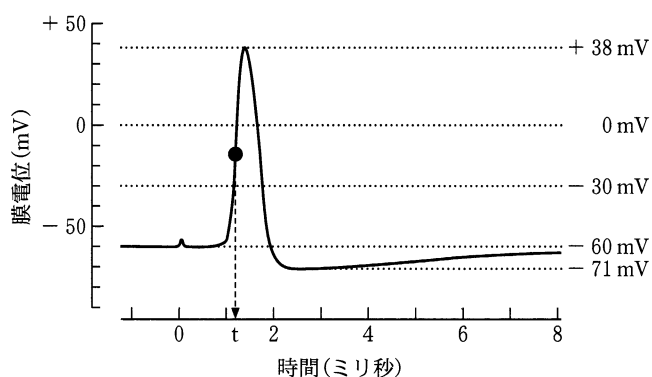


図 2

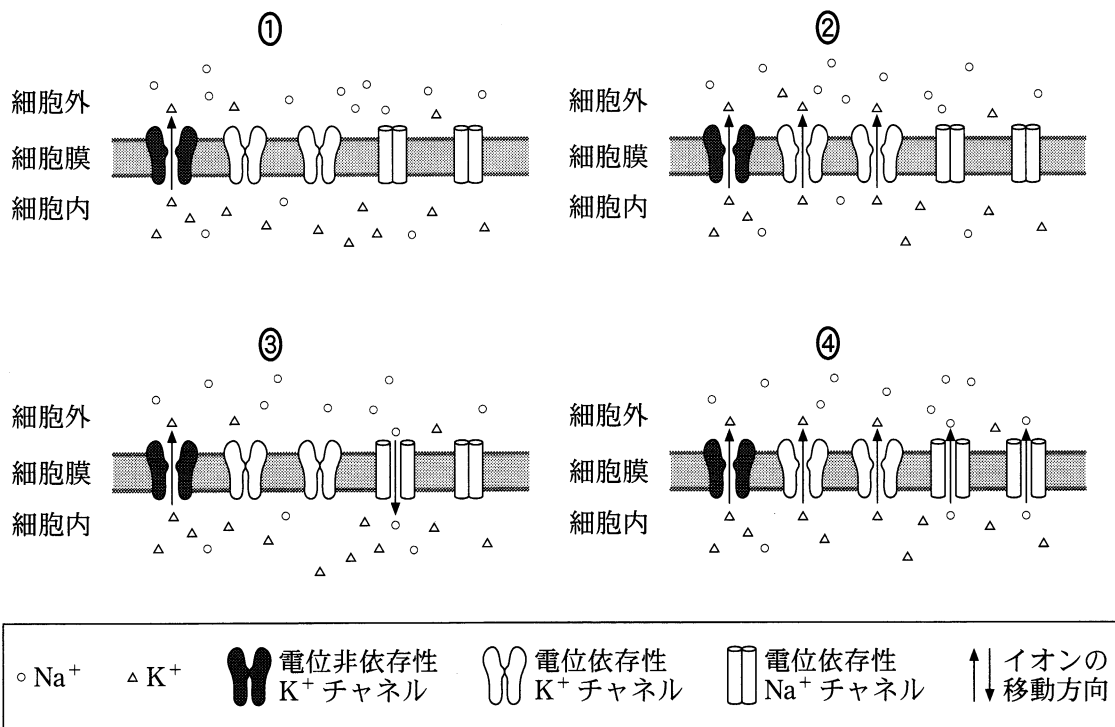
問 1 実験 1 で用いた試料の静止電位として最も適切なものを①～④から 1 つ選べ。

ア

- ① + 38 mV
- ② 0 mV
- ③ - 60 mV
- ④ - 71 mV

問 2 図 2 の時間 t において，記録部(図 1 の a)の細胞膜に分布するイオンチャネルの開閉状態と細胞内外の Na^+ (○) および K^+ (Δ) の分布と動きを表す模式図として，最も適切なものを①～④から 1 つ選べ。なお，このとき Na^+ および K^+ 以外のイオンの影響はないものとする。

イ



問 3 図 1 のように試料を刺激したところ，図 1 の a の部位に活動電位が観察された。この直後に活動電位が発生する部位として最も適切なものを①～④から 1 つ選べ。なお，実験に用いた試料は，軸索周囲に髄鞘構造を持たない無髄神経繊維であり，軸索の構造ならびにイオンチャネルの分布密度は一様であるとする。

ウ

- ① 図 1 の P1
- ② 図 1 の P2
- ③ 図 1 の P1 と P2
- ④ いずれの部位にも活動電位は発生しない。

実験 2

実験 1 に続いて、実験 1 と同じ試料を用いて実験 2 を行った。この実験では、生理的塩類溶液の Na^+ の濃度を 3 分の 1 に減少させ、実験 1 と同じ条件で試料に刺激を行い、膜電位を観測した。

問 4 実験 1 で観測された膜電位と比較したときの、実験 2 で観測された膜電位の特徴として最も顕著なものを①～④から 1 つ選べ。なお、膜電位が正方向に変化する現象を陽性シフト、その逆の現象を陰性シフトという。

エ

- ① 静止電位の陰性シフト
- ② 静止電位の陽性シフト
- ③ 活動電位の最大値の減少
- ④ 活動電位の最大値の増大

図3にシナプスの模式図を示す。シナプス後細胞は、シナプス前細胞AおよびBと興奮性シナプスAおよびBを、シナプス前細胞Cと抑制性シナプスCをそれぞれ形成する。なお、シナプスの構成要素のうち、シナプス前細胞の神経終末(軸索の末端)の細胞膜をシナプス前膜、シナプス後細胞の樹状突起あるいは細胞体の細胞膜をシナプス後膜という。

図4Aにシナプス前細胞Aの軸索を刺激したときのシナプス前細胞Aの神経終末の膜電位を、図4Bにそのときのシナプス後細胞の細胞体の膜電位を示す。横軸は刺激した時を0とした時間軸を示している。

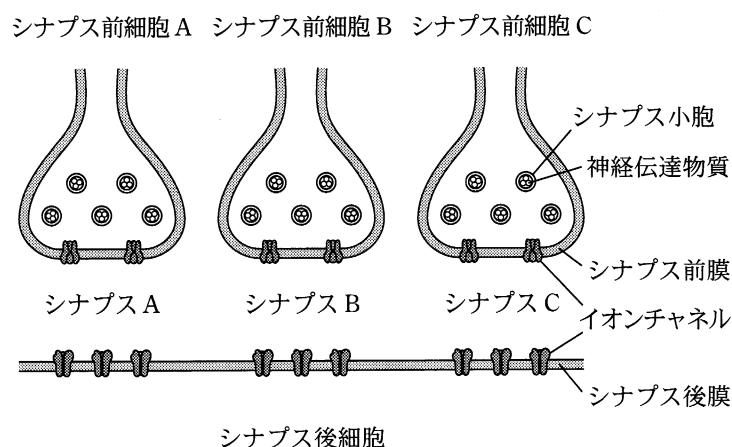


図3

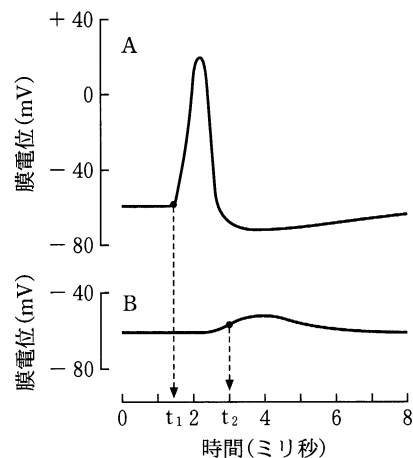


図4

問5 図4の時間 t_1 から時間 t_2 までの間にシナプスAに起こる変化に関する記述として、適切なものを①～④から1つ選べ。 オ

- ① 神経伝達物質がシナプス後膜のリガンド依存性イオンチャネルと結合する。
- ② シナプス後膜で開口している電位依存性 K^+ チャネルの数が最大となり、 K^+ がシナプス後細胞外に流出する。
- ③ シナプス前膜に分布する電位依存性 Ca^{2+} チャネルが開口し、 Ca^{2+} がシナプス前細胞の神経終末内に流入する。
- ④ シナプス小胞がシナプス前膜と融合し、エキソサイトーシスにより、シナプス小胞内の神経伝達物質がシナプス間隙に放出される。

図3のシナプス前細胞A～Cの軸索をそれぞれ単独で刺激すると、シナプス後細胞の細胞体に図5に示す膜電位が観察された。横軸は、刺激した時を0とした時間軸を示している。破線は、シナプス後細胞の軸索に活動電位が発生するために必要な最小の膜電位を示している。

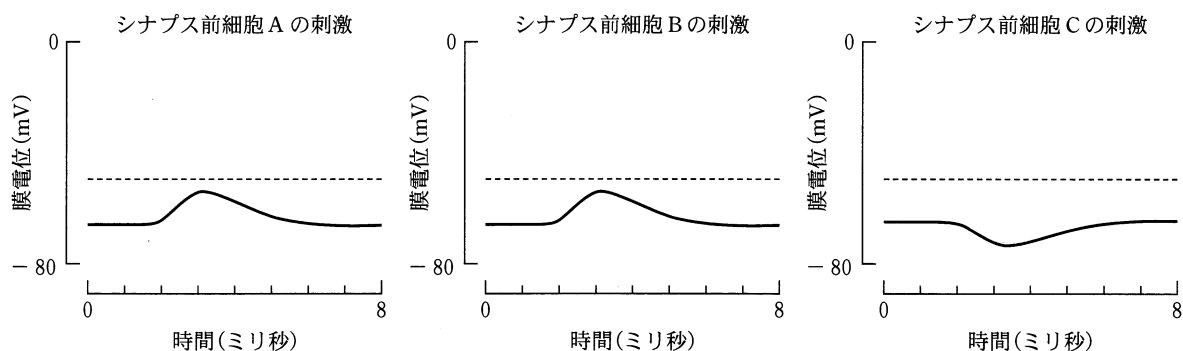


図5

問6 このシナプス後細胞の軸索に活動電位が発生するのはどのようなときか、最も適切なものを

①～④から1つ選べ。

カ

- ① シナプスAを介したシナプス後電位が1秒間隔で2回発生するとき。
- ② シナプスAを介したシナプス後電位とシナプスBを介したシナプス後電位が同時に発生するとき。
- ③ シナプスAを介したシナプス後電位とシナプスCを介したシナプス後電位が同時に発生するとき。
- ④ シナプスBを介したシナプス後電位とシナプスCを介したシナプス後電位が同時に発生するとき。

Ⅳ 以下の問いに答えよ。

問 1 図 1 は、ある 1 本のポリペプチドから構成されるタンパク質全体の立体構造をリボンモデルで模式的に表示したものである。図 1 の濃灰色(a)はらせん状の構造を示し、黒色(b)は平行に並んだ 3 つの矢印による板状の構造を示している。

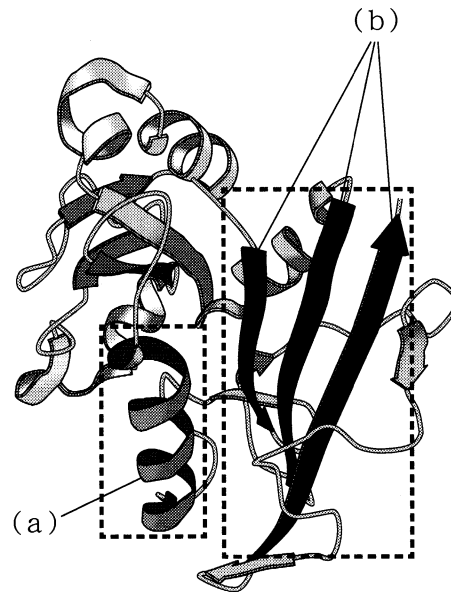


図 1

(1) 図 1 全体が示すものとして最も適切なものを①～④から 1 つ選べ。

ア

- ① タンパク質の一次構造
- ② タンパク質の二次構造
- ③ タンパク質の三次構造
- ④ タンパク質の四次構造

(2) 図1(a)のらせん構造内 n 番目アミノ酸の主鎖のカルボニル基($C=O$)と $n+4$ 番目アミノ酸の主鎖のイミノ基($N-H$)との間で形成される結合は、らせん構造を安定化させている。この結合として最も適切なものを①～⑤から1つ選べ。 イ

- ① 水素結合
- ② 配位結合
- ③ ペプチド結合
- ④ 疎水性相互作用
- ⑤ ジスルフィド結合

(3) 図1(b)の構造として最も適切なものを①～⑥から1つ選べ。 ウ

- ① サルコメア
- ② シャペロン
- ③ β シート構造
- ④ 小サブユニット
- ⑤ 二重らせん構造
- ⑥ α ヘリックス構造

問 2 タンパク質 X は多くの生物種に存在し、一部のアミノ酸配列に違いはあるがその機能は保存され、細胞増殖過程に重要な役割を果たす酵素である。いずれの生物種においてもタンパク質 X の酵素の働き(酵素反応)が阻害されると細胞増殖が抑制される。酵素反応が強く阻害されるほど、細胞増殖が強く抑制される。

タンパク質 X の基質 S の濃度と反応初速度の関係は、式 1 に従い図 2 のグラフで表すことができる。V は反応初速度、[S] は基質濃度、V_{max} は最大の反応初速度(反応初速度 V の最大値)、K_m は反応初速度が V_{max} の半分のときの基質濃度である。

$$V = \frac{V_{\max} \cdot [S]}{K_m + [S]} \quad \dots \text{式 1}$$

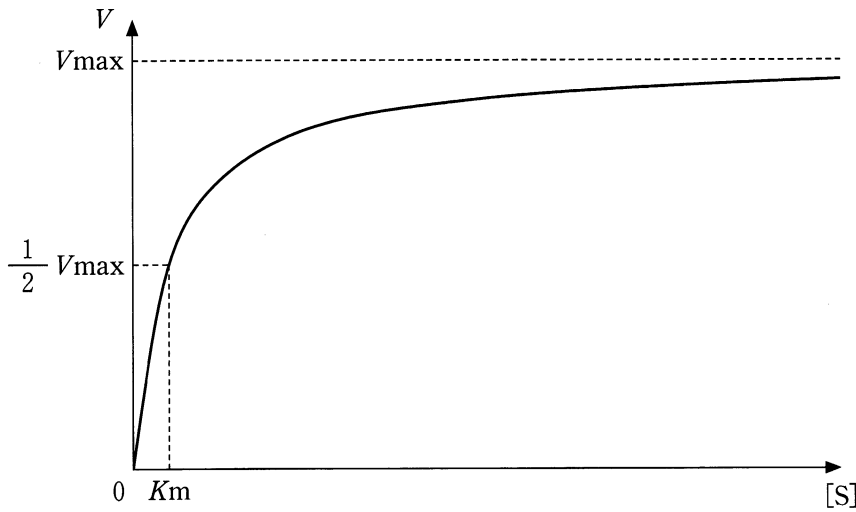


図 2. タンパク質 X の基質濃度 [S] と反応初速度 V の関係

阻害薬 A, B, C, D は、いずれもタンパク質 X の基質 S とよく似た立体構造を持ち、タンパク質 X の活性部位に結合することによって、タンパク質 X と基質 S の結合を妨げ、酵素の働きを阻害する。表 1 は、阻害薬 A, B, C, D が細菌、マラリア原虫、哺乳類のタンパク質 X の酵素の働きを半分にするために必要な阻害薬の濃度(IC 50)である。

表 1. タンパク質 X に対する IC 50(ナノ mol/L)

タンパク質 X の 阻害薬	細菌の タンパク質 X	マラリア原虫の タンパク質 X	哺乳類の タンパク質 X
阻害薬 A	2400	2200	2000
阻害薬 B	7	1800	350000
阻害薬 C	2500	0.5	1800
阻害薬 D	0.1	0.7	0.2

値はナノ mol/L 単位で表示。1 ナノ mol/L は 1×10^{-9} mol/L。

(1) 阻害薬 A, B, C, D によるタンパク質 X の酵素反応の阻害はどのような阻害か, 最も適切なものを①~④から 1 つ選べ。 エ

- ① 競争的阻害
- ② 非競争的阻害
- ③ アロステリック効果による阻害
- ④ フィードバックの効果による阻害

(2) 図 2 の $V_{\max}$ と K_m は, 阻害薬 A, B, C, D のいずれか 1 つを加えたことによりそれぞれどのように変化するか, 最も適切なものを①~③から 1 つ選べ。ただし阻害薬の濃度はタンパク質 X に対する IC 50 (表 1) とする。同じ選択肢を複数回使用しても良い。

$V_{\max}$: オ K_m : カ

- ① 大きくなる。
- ② 小さくなる。
- ③ 変化しない。

(3) 最も低い濃度でヒトの細胞増殖を抑制する阻害薬はどれか, 最も適切なものを①~④から 1 つ選べ。 キ

- ① 阻害薬 A
- ② 阻害薬 B
- ③ 阻害薬 C
- ④ 阻害薬 D

(4) ヒトに用いる抗菌薬(細菌感染の治療薬)として最も適しているものを①~④から 1 つ選べ。 ク

- ① 阻害薬 A
- ② 阻害薬 B
- ③ 阻害薬 C
- ④ 阻害薬 D

物 理

物理の解答用紙の番号Ⅳの解答欄は空欄のままとしなさい。

Ⅰ にあてはまる最も適当な数字をマークすること。数値で解答する問題では、指定された桁数の一つ下の桁を四捨五入して答えよ。 ア の解答は最も適当なものを該当する解答群から一つ選べ。ただし、 イ , キ , セ , チ は 0 ではない数とする。

陽子 p, 中性子 n の質量をそれぞれ 1.00728 u, 1.00866 u, 電気素量を 1.60×10^{-19} C, アボガドロ定数を $6.02 \times 10^{23}/\text{mol}$, 光速を 3.00×10^8 m/s として、以下の問いに答えよ。

- (a) 原子核の質量を表す統一原子質量単位 u は ア をもとに定められ, kg に換算すると, $1 \text{ u} = \text{ イ} . \text{ ウエ} \times 10^{-\text{ オカ}}$ kg である。

ア の解答群

- ① ${}^1_1\text{H}$ ② ${}^4_2\text{He}$ ③ ${}^{12}_6\text{C}$ ④ ${}^{16}_8\text{O}$

以下の問いでは, u と kg の換算は(a)の答を用いること。

- (b) 重水素 ${}^2_1\text{H}$ の原子核の質量は 2.01356 u であり, この原子核の質量欠損は キ . クケ $\times 10^{-\text{ コ}}$ u で, 結合エネルギーは サ . シス MeV である。

- (c) 1 回の核反応 ${}^{14}_7\text{N} + \text{n} \rightarrow {}^{14}_6\text{C} + \text{p}$ において放出されるエネルギーは セ . ソ $\times 10^{-\text{ タ}}$ MeV で, 放出されたエネルギーが全て運動エネルギーになるとき, ${}^{14}_6\text{C}$ の運動エネルギーは チ . ツ $\times 10^{-\text{ テ}}$ MeV になる。ただし, 原子核の質量は ${}^{14}_7\text{N}$ が 13.99925 u, ${}^{14}_6\text{C}$ が 13.99996 u であり, 反応前の全運動エネルギーは無視できるものとする。

- (d) β 崩壊をする原子核があり, この原子核は 30 時間経過すると, はじめの数の 75 % が他の原子核に変換される。この原子核の半減期は トナ 時間であり, ニヌ 時間後には, はじめの数の $\frac{1}{6}$ になる。ただし, $\log_{10} 2 = 0.30$, $\log_{10} 3 = 0.48$ とする。

II にあてはまる最も適当なものを対応する解答群の中から一つずつ選べ。

図1のように、水平方向に伸縮するバネ定数 k 、自然長 L の軽いバネの両端に、質量 m の小球 A と質量 am の小球 B が取り付けられている。時刻 $t = 0$ における小球 B の位置を原点 O、B から A に向かう方向を x 軸正の方向として、2つの小球の x 軸上での運動を考える。

$x < 0$ の領域に鉛直な壁があり、小球 A および B の x 座標 x_A 、 x_B は負になることはない。小球 A は摩擦なく運動するが、小球 B と水平面との間には静止摩擦係数 μ 、動摩擦係数 μ' の摩擦力がはたらく。小球の半径は十分小さく無視できるとする。重力加速度の大きさを g として、以下の問いに答えよ。

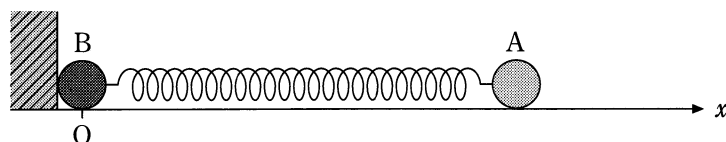


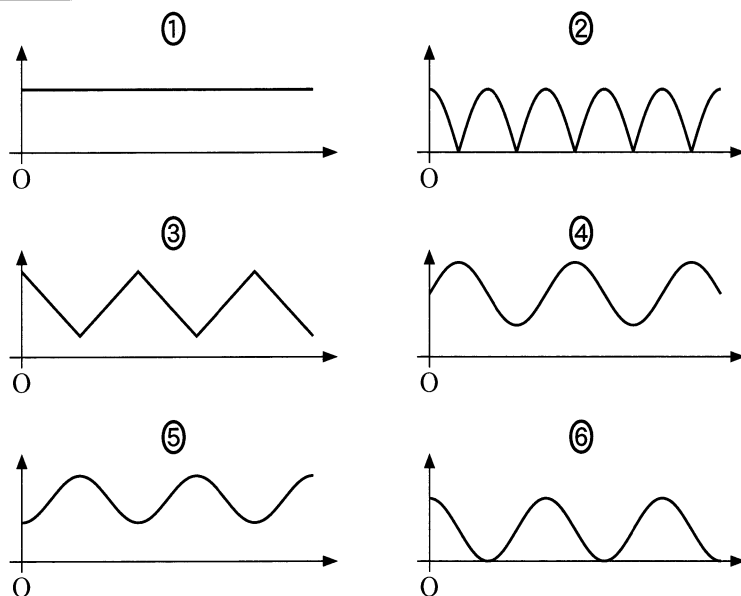
図1

- (a) バネを自然長より縮め、小球 A を $x_A = x_0$ となる位置から静かに手を離したところ、小球 B は原点から動かず、A は単振動した。横軸に A が振動しはじめてから経過した時間、縦軸に小球 A の x 座標をとったグラフは ア ，縦軸に小球 B が壁から受ける垂直抗力と水平面から受ける摩擦力の和の大きさをとったグラフは イ となる。

小球 A の周期は ウ $\sqrt{\frac{m}{k}}$ であり、速さの最大値は エ となる。小球 B が動かないことから、次式が成り立つ。

$$x_0 \text{ オ } L - \text{ カ } \frac{mg}{k}$$

ア ， イ の解答群



ウ , **カ** の解答群

- ① $\frac{1}{2}$ ② 2 ③ π ④ 2π ⑤ $\frac{\pi}{2}$
 ⑥ α ⑦ μ ⑧ μ' ⑨ $\alpha\mu$ ⑩ $\alpha\mu'$

エ の解答群

- ① $\sqrt{2gL}$ ② $\sqrt{2gx_0}$ ③ $\sqrt{2g(L-x_0)}$ ④ $\sqrt{2gaL}$
 ⑤ $L\sqrt{\frac{k}{m}}$ ⑥ $x_0\sqrt{\frac{k}{m}}$ ⑦ $(L+x_0)\sqrt{\frac{k}{m}}$ ⑧ $(L-x_0)\sqrt{\frac{k}{m}}$
 ⑨ $x_0\sqrt{\frac{k}{am}}$ ⑩ $(L+x_0)\sqrt{\frac{k}{am}}$

オ の解答群

- ① $>$ ② $<$ ③ $=$

(b) 設問(a)で考えた小球 A の初期位置 x_0 よりもさらにバネを縮めて、 $x_A = \beta L$ の位置から静かに手を離れたところ、小球 A の x 座標が **キ** $\frac{mg}{k} + L$ となる点を通り直後に小球 B が壁から離れ移動しはじめた。2つの小球がともに x 軸正の方向に運動しているとき、小球 A、B の加速度を a_A 、 a_B とすると、小球の運動方程式は次のように書ける。

$$ma_A = k(\text{ク}), \quad ama_B = \text{ケ} mg + k(\text{コ})$$

小球 A、B の重心は線分 AB を **サ** に内分する点であり、2つの運動方程式を加えることにより、2つの小球がともに x 軸正の方向に運動しているとき、重心の座標は加速度が $-\text{シ} g$ の等加速度運動することがわかる。

また、小球 B の運動方程式を α で割って A の運動方程式から引くことにより、小球 B から見た A の相対速度は、角振動数 $\sqrt{\text{ス} \frac{k}{m}}$ で単振動する物体の速度と同じ時間依存性を持つことがわかる。

キ , **ケ** の解答群

- ① $\frac{1}{2}$ ② 2 ③ α ④ μ ⑤ μ'
 ⑥ $-\mu'$ ⑦ $\alpha\mu$ ⑧ $-\alpha\mu$ ⑨ $\alpha\mu'$ ⑩ $-\alpha\mu'$

ク , **コ** の解答群

- ① $x_A - x_B$ ② $x_A + x_B$ ③ $-x_A + x_B$ ④ $-x_A - x_B$
 ⑤ $x_A - x_B - L$ ⑥ $x_A + x_B - L$ ⑦ $x_A - x_B + L$ ⑧ $-x_A - x_B + L$
 ⑨ $-x_A + x_B - L$ ⑩ $-x_A + x_B + L$

サ の解答群

- ① $1:1$ ② $1:\alpha$ ③ $1:\beta$ ④ $\alpha:1$ ⑤ $\beta:1$
 ⑥ $\alpha:\beta$ ⑦ $\beta:\alpha$ ⑧ $1:\mu'$ ⑨ $\alpha:\mu'$ ⑩ $\mu':\alpha$

シ , **ス** の解答群

- ① π^2 ② $4\pi^2$ ③ $1+\alpha$ ④ $\frac{1+\alpha}{2}$ ⑤ $\mu' \frac{1+\alpha}{2}$
 ⑥ $\frac{\mu'}{2+2\alpha}$ ⑦ $\frac{\alpha}{1+\alpha}$ ⑧ $1+\frac{1}{\alpha}$ ⑨ $\alpha\mu'$ ⑩ $\frac{\alpha}{1+\alpha}\mu'$

(c) 設問(b)で考えた状況から時間が経過し、小球 B は移動と静止を繰り返した後に止まったままとなり、小球 A は単振動を継続した。小球 B が壁から離れて止まったままとなるまでに移動した道のりを D とすると、この間に摩擦力が小球 B にした仕事の大きさは $W = \boxed{\text{セ}} mgD$ であり、小球 A の振幅は $L\sqrt{\boxed{\text{ソ}}}$ である。

セ の解答群

- ① α ② $1+\alpha$ ③ μ ④ $\mu\alpha$ ⑤ $\mu(1+\alpha)$
 ⑥ $1+\mu\alpha$ ⑦ μ' ⑧ $\mu'\alpha$ ⑨ $\mu'(1+\alpha)$ ⑩ $\mu'+\alpha$

ソ の解答群

- ① 2β ② $1+\beta^2$ ③ $1-\beta^2$
 ④ $\beta^2 + \frac{W}{kL^2}$ ⑤ $(1+\beta)^2 - \frac{W}{kL^2}$ ⑥ $(1-\beta)^2 + \frac{W}{kL^2}$
 ⑦ $\beta^2 - \frac{2W}{kL^2}$ ⑧ $\beta^2 - \frac{W}{2kL^2}$ ⑨ $(1+\beta)^2 + \frac{W}{2kL^2}$
 ⑩ $(1-\beta)^2 - \frac{2W}{kL^2}$

Ⅲ にあてはまる最も適当な数字をマークすること。ただし、 ウ ～ キ , ク , ス については、最も適当なものを対応する解答群から一つずつ選べ。

- (1) n 型半導体は Si, Ge などの真性半導体に、価電子が ア 個である P, Sb などの不純物を加えた不純物半導体である。p 型半導体は真性半導体に価電子が イ 個である Al, In などの不純物を加えた不純物半導体である。半導体に電場を加えると、p 型半導体においては ウ が エ 向きに移動し、n 型半導体においては オ が カ 向きに移動する。n 型半導体と p 型半導体を接合した素子を(半導体)ダイオードという。 キ 型半導体の方が高電位となるようダイオードの両端に電源を接続すると電流が流れるが、電源を逆向きに接続すると電流はほとんど流れない。

ウ , オ の解答群

- | | | |
|-----------|-------|----------|
| ① 電 子 | ② 陽 子 | ③ 陽電子 |
| ④ 正孔(ホール) | ⑤ 中性子 | ⑥ ニュートリノ |

エ , カ の解答群

- | | | | |
|---------|--------|----------|---------|
| ① 電場と同じ | ② 電場と逆 | ③ 電場と垂直な | ④ 重力と同じ |
|---------|--------|----------|---------|

キ の解答群

- | | |
|-----|-----|
| ① p | ② n |
|-----|-----|

- (2) 図 1 のように、電圧 9.0 V の電池 E と、抵抗値がそれぞれ $6.0\ \Omega$, $3.0\ \Omega$, $4.0\ \Omega$ である電気抵抗 R_1 , R_2 , R_3 , および可変抵抗 R_4 とダイオード D からなる回路がある。電池の内部抵抗は無視でき、ダイオードは順方向に電圧が加わったときの抵抗値は 0 で、逆方向に電圧が加わったときは電流が流れないとする。

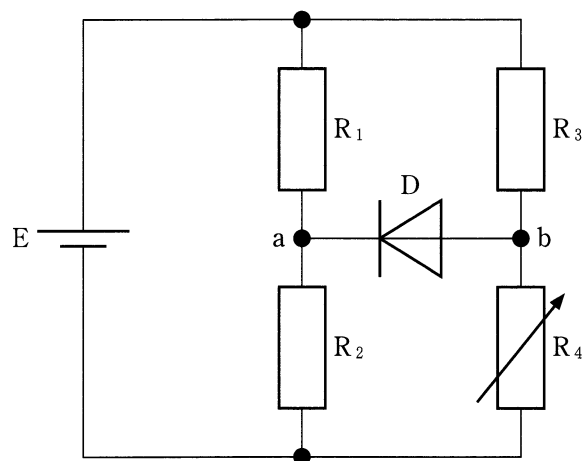


図 1

- (a) R_4 の抵抗値が $1.0\ \Omega$ のとき、点 a に対する点 b の電位は ク ケ . コ V であり、電池を流れる電流は サ . シ A である。
- (b) R_4 の抵抗値を $R[\Omega]$ とするとき、ダイオード D を電流が流れるための条件は R ス セ . ソ である。
- (c) R_4 の抵抗値が $7.0\ \Omega$ のとき、D を流れる電流は タ . チ A である。

ク の解答群

- ① + ② -

ス の解答群

- ① = ② > ③ $\geq$ ④ < ⑤ $\leq$

- (3) 前問(2)ではダイオードを順方向のみに流れる抵抗 0 の理想的な素子としたが、図 2 のように順方向の電圧が 0.50 V を超えたときのみ電流が流れ、電圧 $V_D[\text{V}]$ と電流 $I_D[\text{A}]$ の関係は $V_D > 0.50\text{ V}$ では直線で近似できるとする。

図 2 の回路で可変抵抗 R_4 の抵抗値が $12\ \Omega$ のとき、ダイオードを流れる電流は 0. ツテ A である。

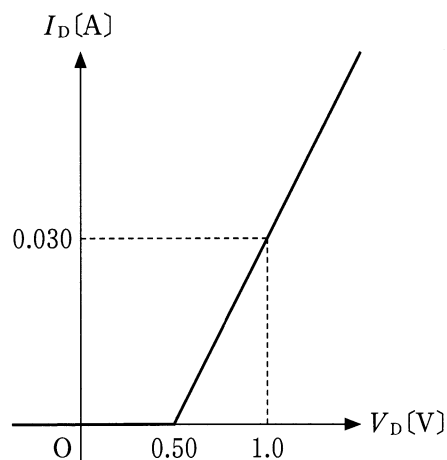


図 2

化 学

解答上の注意事項

数値の解答は、各問の解答形式に指定されている桁数に従うこと。

例 1 : 解答欄が指数表記の場合, 370, 37, 3.7, 0.037 は, 各々, $\boxed{3}.\boxed{7}\times 10^{\boxed{2}}$, $\boxed{3}.\boxed{7}\times 10^{\boxed{1}}$, $\boxed{3}.\boxed{7}\times 10^{\boxed{0}}$, $\boxed{3}.\boxed{7}\times 10^{-\boxed{2}}$ と解答する。

例 2 : 解答欄が 2 桁の場合, 7 は $\boxed{0}\boxed{7}$, 37 は $\boxed{3}\boxed{7}$ と解答する。

例 3 : 解答欄が 3 桁の場合, 7 は $\boxed{0}\boxed{0}\boxed{7}$, 37 は $\boxed{0}\boxed{3}\boxed{7}$, 307 は $\boxed{3}\boxed{0}\boxed{7}$ と解答する。

原子量および定数などは特にことわりのない限り以下の値を使用すること。

原子量 H : 1.00 C : 12.0 N : 14.0 O : 16.0 Na : 23.0 Al : 27.0 S : 32.1

Cl : 35.5 K : 39.0 Ca : 40.1 Cu : 63.5 Zn : 65.4 Ag : 108 I : 127

気体定数 : $8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$ または $8.31 \text{ Pa}\cdot\text{m}^3/(\text{K}\cdot\text{mol})$

$1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$, 273 K (標準状態) における 1 mol の気体の体積 : 22.4 L

必要であれば、以下の値を用いよ。

$$\log_{10} 2 = 0.301, \log_{10} 3 = 0.477, \log_{10} 5 = 0.699$$

I 以下の問 1 ～ 3 に答えよ。〔解答欄 ア ～ サ〕

問 1 二酸化炭素と二酸化ケイ素は同じ 14 族元素の酸化物であるが、異なる点が多い。常温で二酸化炭素は気体であるが、二酸化ケイ素は融点が 1600 °C の固体である。また、二酸化炭素の結晶は ア であるが、二酸化ケイ素の結晶は イ である。結晶中で、二酸化炭素は 1 個の炭素原子が 2 個の酸素原子と結合しているが、二酸化ケイ素は 1 個のケイ素原子が ウ 個の酸素原子と結合している。

(1) 空欄 ア , イ に当てはまる語を①～⑤の中からそれぞれ選べ。

- | | | |
|----------|---------|-----------|
| ① アモルファス | ② イオン結晶 | ③ 共有結合の結晶 |
| ④ 金属結晶 | ⑤ 分子結晶 | |

(2) 空欄 ウ に当てはまる数字をマークせよ。

(3) 下記の記述①～⑥の中から、ア の特徴を述べているものを 3 つ選べ。エ

- ① 昇華性を持つものが多い。
- ② 融解すると電気伝導性をもつ。
- ③ 固体は電気伝導性をもたない。
- ④ 引っ張ると伸びる性質がある。
- ⑤ 結晶表面は光をよく反射して光沢がある。
- ⑥ 他の結晶に比べて融点が低いものが多い。

問 2 有機化合物には、分子式が同じでも、構造が異なる異性体が存在することがある。このうち、原子のつながり方が異なるものを **オ** という。例えば、 C_2H_6O の分子式を持つエタノールとジメチルエーテルがある。一方、原子の結合順序は同じであるが、原子の空間的配置が異なる異性体を **カ** という。**カ** には、二重結合に対して官能基の位置が異なる **キ**，不斉炭素原子の存在により構造が右手と左手の関係になっている **ク** がある。

(1) 空欄 **オ** ~ **ク** に適切な語を①~④の中から選べ。

- | | |
|--------------|---------|
| ① 鏡像異性体 | ② 構造異性体 |
| ③ シス-トランス異性体 | ④ 立体異性体 |

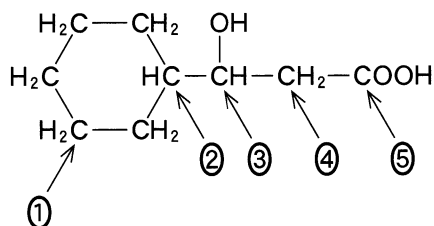
(2) 以下の分子①~⑥の中から、シス-トランス異性体が存在するものをすべて選べ。

ケ

- | | | |
|---------|------------|--------|
| ① アセトン | ② ジエチルエーテル | ③ 酒石酸 |
| ④ 1-ブテン | ⑤ 2-ブテン | ⑥ フマル酸 |

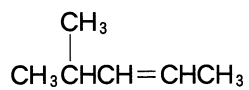
(3) 下記に矢印で示した炭素原子①~⑤の中から、不斉炭素原子をすべて選べ。

コ

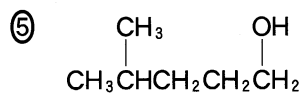
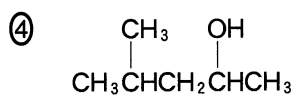
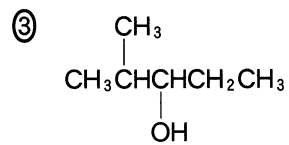
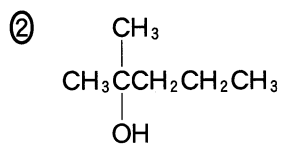
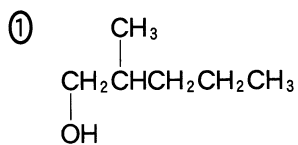


問 3 濃硫酸を用いて、アルコールの分子内脱水を行なった。主生成物として、以下のアルケンが得られた。分子内脱水を行なったアルコールを①～⑤の中から 1 つ選べ。

サ



主生成物



II 以下の問 1 ～ 4 に答えよ。〔解答欄 ア ～ ク〕

問 1 原子量 40 のある金属 M の単体は、結晶格子が面心立方格子であり、密度が 1.6 g/cm^3 である。金属 M の単体 1.0 cm^3 には、単位格子がいくつ含まれるか。アボガドロ定数は $6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$ とし、有効数字 2 桁で答えよ。

ア . イ $\times 10^{\text{ウエ}}$

問 2 下の①～⑤に示した物質 1.0 g を、水 100 g にそれぞれ溶かした溶液がある。この溶液の沸点を同一の圧力下で測定した場合、沸点が最も高いものと最も低いものは、それぞれどれか。それぞれの溶液に溶けている物質を①～⑤の中から選べ。選択肢の括弧内にはそれぞれの分子量または式量を示した。なお、電解質は水溶液中で完全に電離しているものとする。

沸点の最も高い溶液に溶けている物質 オ

沸点の最も低い溶液に溶けている物質 カ

- ① 塩化カルシウム (111)
- ② グルコース (180)
- ③ 硝酸カリウム (101)
- ④ 尿素 (60)
- ⑤ 硫酸銅 (Ⅱ) 五水和物 (250)

問 3 温度 27°C で、容積 2.0 L の密閉容器に 0.010 mol のメタンと 0.010 mol の酸素を入れて封入した (状態 A)。続いてこの混合気体に点火して完全に燃焼させたのち、容器の容積を 2.0 L に保った状態で容器内の温度が 27°C になるまで放置した (状態 B)。この反応に関する記述①～⑥の中から、正しいものをすべて選べ。ただし、 27°C における水の飽和蒸気圧は $3.6 \times 10^3 \text{ Pa}$ であり、生成した水の体積および水への気体の溶解は無視できるものとする。また、この燃焼反応では、二酸化炭素と水のみが生じるものとする。 キ

- ① 状態 B において、容器内に酸素は残存しない。
- ② 状態 A と状態 B では、容器内の全圧は変わらない。
- ③ 状態 B でのメタンの分圧は、状態 A のものより低い。
- ④ 反応によって生成する化合物はすべて極性分子である。
- ⑤ 状態 B の容器内の気体には、湿った赤色リトマス紙を青色にするものが含まれる。
- ⑥ 状態 A の密閉容器にヘリウムを加えて完全に燃焼させた場合、状態 B におけるメタンの分圧は、ヘリウムを加えないで完全に燃焼させた状態 B のものより低くなる。

問 4 純溶媒[A]と、その純溶媒にある非電解質の不揮発性物質を溶かした溶液[B]の冷却曲線を描く実験を行った。図1は、この実験結果を示している。この図に関する記述①～⑦の中から、正しいものをすべて選べ。

ク

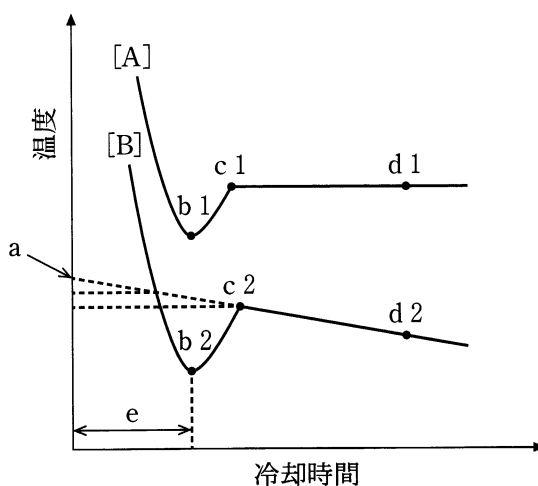


図 1

- ① a の指す温度は、この溶液の凝固点である。
- ② c2 → d2 間では、溶質の一部が結晶化している。
- ③ [A]と[B]の冷却曲線とも、領域 e では液体のみが存在する。
- ④ c1 → d1 間の温度は、冷却する純溶媒の量によって変化する。
- ⑤ d2 における溶液の濃度は、冷却前の溶液の濃度に比べて低い。
- ⑥ b1 → c1, b2 → c2 への急激な温度上昇は、凝固熱の発生によるものである。
- ⑦ [A]と[B]の冷却曲線から得られる凝固点降下度は、実験に用いる純溶媒の種類を変えても変わらない。

Ⅲ カルボン酸について，以下の問 1 ～ 3 に答えよ。〔解答欄 ア ～ サ〕

問 1 カルボン酸の酸の強さを，フェノール類，スルホン酸と比較したとき，酸の強いものから順に並んでいるものを①～⑥の中から選べ。 ア

- ① カルボン酸 > フェノール類 > スルホン酸
- ② カルボン酸 > スルホン酸 > フェノール類
- ③ フェノール類 > カルボン酸 > スルホン酸
- ④ フェノール類 > スルホン酸 > カルボン酸
- ⑤ スルホン酸 > カルボン酸 > フェノール類
- ⑥ スルホン酸 > フェノール類 > カルボン酸

問 2 図 2 のように，ギ酸とメタノールからギ酸メチルが生成する反応を考える。このとき，脱水縮合によって生じる水分子(図 2，太字(影つき)で強調された部分)は，ギ酸とメタノールのどの水素原子と酸素原子から形成されるか。下の①～⑨の中から，該当する水素原子と酸素原子が太字(影つき)で強調されているギ酸とメタノールをそれぞれ選べ。

ギ酸

イ

メタノール

ウ

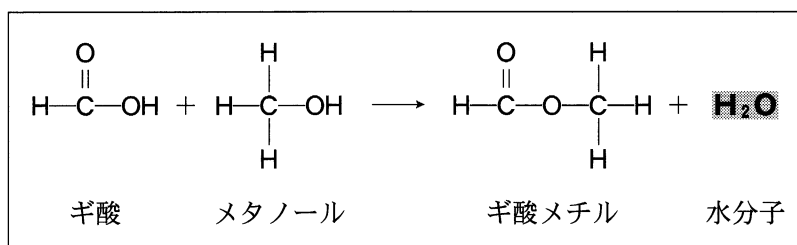
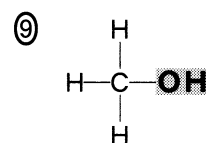
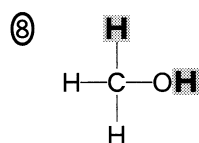
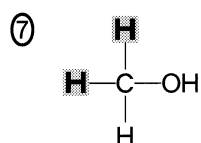
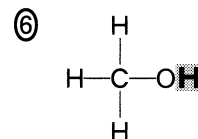
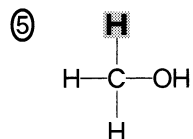
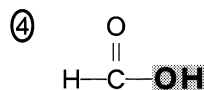
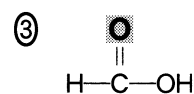
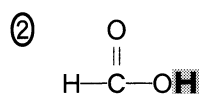
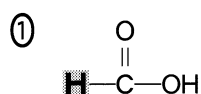
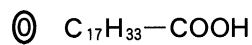
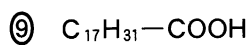
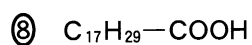
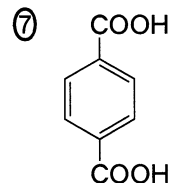
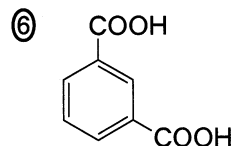
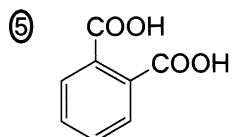
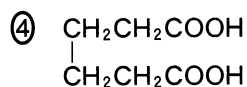
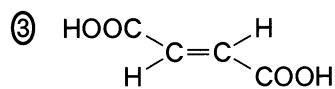
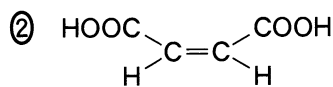
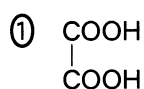


図 2



問 3 以下の問に答えよ。

- (1) 下の化合物①～⑩の中から、(a)～(d)のそれぞれの記述に当てはまるものをすべて選べ。ただし、同じものを何回選んでもよい。



- (a) 加熱すると無水マレイン酸を生じる化合物 エ
- (b) ポリエチレンテレフタラートの原料となる化合物 オ
- (c) 二水和物が酸化還元滴定や中和滴定で標準試薬として利用される化合物 カ
- (d) シクロヘキサンやフェノールから合成され、ヘキサメチレンジアミンと反応させると、ナイロン 66 が得られる化合物 キ

- (2) ある同一の脂肪酸のみからなる油脂 0.878 g をけん化するために、水酸化カリウム KOH が 168 mg 必要であった。この油脂の分子量はいくらか。小数第 1 位を四捨五入して答えよ。

ク

ケ

コ

- (3) (2)の油脂を構成している脂肪酸は何か。(1)の①～⑩の化合物の中から選べ。

サ

IV 金属イオンの水酸化物の沈殿のしやすさについて、以下の問1～3に答えよ。〔解答欄

ア ～ キ〕

n 価の金属イオン M^{n+} を含む水溶液に対し、水酸化ナトリウムを加えると、その水酸化物 $M(OH)_n$ を生じる。 $M(OH)_n$ は一般に難溶性の塩であるが、水にわずかに溶け、その沈殿を含む水溶液は飽和水溶液となっている。一方、その沈殿のしやすさは沈殿を含む水溶液の pH や温度によって変化し、金属イオンの種類によっても異なる。

問 1 以下の文中の空欄 ア にあてはまる最も適切な式を次の①～⑩の中から1つ選べ。ただし、水に溶解した $M(OH)_n$ は、 M^{n+} と OH^- に完全に電離するものとする。

沈殿した $M(OH)_n$ を $M(OH)_n(\text{固})$ と表すと、 $M(OH)_n$ の飽和水溶液では、次の式(a)の溶解平衡が成立する。



このとき、 $M(OH)_n$ の飽和水溶液中の金属イオンおよび水酸化物イオンの濃度 [mol/L] をそれぞれ $[M^{n+}]$ 、 $[OH^-]$ とすると、 $M(OH)_n$ の溶解度積 (K_{sp}) は $K_{sp} =$ ア と表される。

- | | | | |
|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| ① $[M^{n+}][OH^-]$ | ② $[M^{n+}]^n[OH^-]$ | ③ $[M^{n+}][OH^-]^n$ | ④ $[M^{n+}]^n[OH^-]^n$ |
| ⑤ $\frac{[M^{n+}]}{[OH^-]}$ | ⑥ $\frac{[M^{n+}]^n}{[OH^-]}$ | ⑦ $\frac{[M^{n+}]}{[OH^-]^n}$ | ⑧ $\frac{[OH^-]}{[M^{n+}]}$ |
| ⑨ $\frac{[OH^-]^n}{[M^{n+}]}$ | ⑩ $\frac{[OH^-]}{[M^{n+}]^n}$ | | |

問 2 問 1 の $K_{sp} =$ ア の式を水のイオン積を K_w として変形すると、 $M(OH)_n$ の飽和水溶液の pH と $[M^{n+}]$ の関係は、以下のように表すことができる。

$$\log_{10} [M^{n+}] = -n \cdot \text{pH} + \log_{10} K_{sp} - n \cdot \log_{10} K_w$$

以下の(1)～(3)では、水溶液の温度は一定 (25 ℃) とし、pH を変化させたことに伴う水溶液の体積変化はないものとして答えよ。

(1) 図 3 の実線で示した直線は、水酸化アルミニウム $Al(OH)_3$ 、または水酸化亜鉛 $Zn(OH)_2$ の飽和水溶液中のアルミニウムイオン Al^{3+} 、または亜鉛イオン Zn^{2+} の濃度 [mol/L] と水溶液の pH の関係を示している。

Al^{3+} または Zn^{2+} を各々 1.0×10^{-2} mol/L で含む pH 1 の水溶液に対し、水酸化ナトリウム水溶液を加え、pH を上昇させていく。 Al^{3+} または Zn^{2+} を含む水溶液の pH が 5 のとき、水酸化物として沈殿する金属イオンはどれか。最も適切なものを次の①～④の中から1つ選べ。 イ

- | | |
|-----------------------------|-------------|
| ① Al^{3+} | ② Zn^{2+} |
| ③ Al^{3+} と Zn^{2+} の両方 | ④ どちらも沈殿しない |

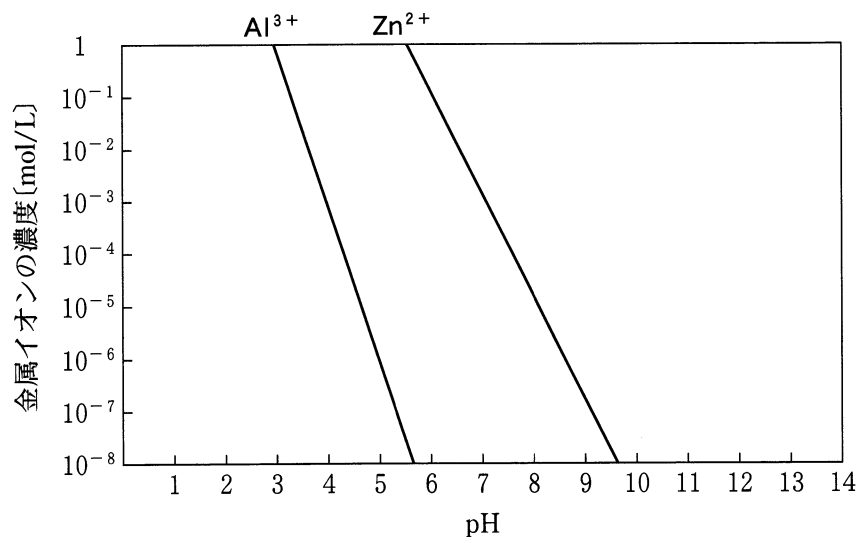


図 3

- (2) 水酸化銅(Ⅱ) $\text{Cu}(\text{OH})_2$ の飽和水溶液中の銅(Ⅱ)イオン Cu^{2+} の濃度 $[\text{mol/L}]$ と水溶液の pH の関係を示す直線を図 4 の①～⑥の中から 1 つ選べ。なお、図 4 に破線で示した直線は図 3 の 2 本の直線と同じであるとし、3 つの金属イオンの水酸化物の K_{sp} の値は表 1 のとおりとする。

ウ

表 1 金属イオンの水酸化物の溶解度積 (25 °C)

金属イオンの水酸化物	溶解度積 (K_{sp})
水酸化亜鉛	1.6×10^{-17}
水酸化アルミニウム	1.0×10^{-33}
水酸化銅(Ⅱ)	8.0×10^{-20}

K_{sp} の単位は mol^3/L^3 、もしくは mol^4/L^4 である。

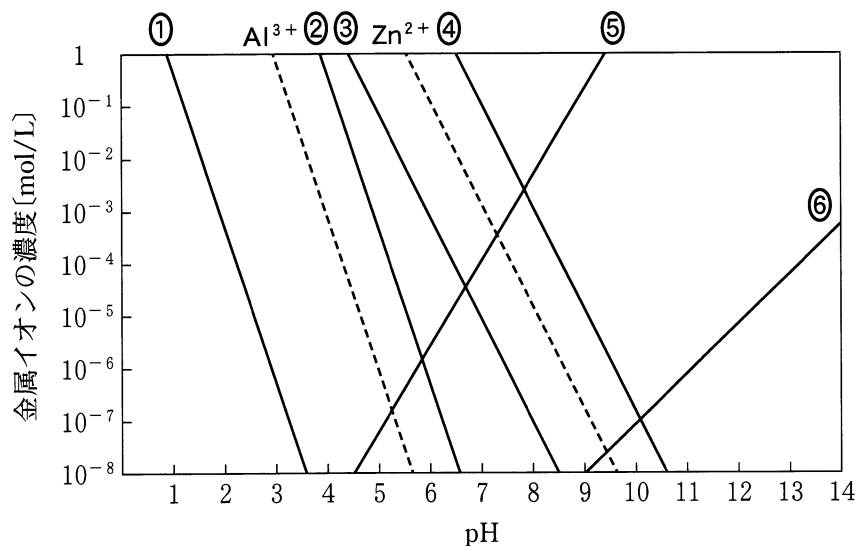
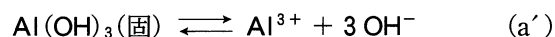


図 4

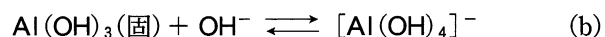
- (3) Cu^{2+} を $2.0 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ で含む pH 1 の水溶液に対し、水酸化ナトリウム水溶液を加え、pH を上昇させていく。 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ が沈殿しはじめる水溶液の pH はいくつか。小数第 2 位を四捨五入して答えよ。なお、水のイオン積の値は $1.0 \times 10^{-14} \text{ mol}^2/\text{L}^2$ とする。

エ . オ

問 3 $\text{Al}(\text{OH})_3$ の飽和水溶液では、式(a)に相当する、式(a')の溶解平衡が成立する。



アルミニウムは両性金属であるので、この飽和水溶液では、式(b)のようにテトラヒドロキシドアルミン酸イオン $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$ との平衡も成立する。従って、この飽和水溶液に対し、水酸化ナトリウム水溶液を加え、pH を上昇させていくと、式(b)の平衡が右へ移動し、 $\text{Al}(\text{OH})_3$ の沈殿は $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$ として溶解する。



以下の(1)、(2)では水溶液の温度は一定とし、pH を変化させたことに伴う水溶液の体積変化はないものとして、答えよ。ただし、水に溶解した $\text{Al}(\text{OH})_3$ は Al^{3+} 、 $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$ 、 OH^- のみとして存在し、 $\text{Al}(\text{OH})_3$ の沈殿生成は式(a')と(b)の平衡反応のみで表されるとする。

- (1) ある一定量の Al^{3+} を含む強酸性の水溶液に対し、水酸化ナトリウム水溶液を加え、pH を上昇させていく。このとき、最も多くの $\text{Al}(\text{OH})_3$ が沈殿するのは、水溶液中のイオンがどのような状態のときか。最も適切なものを次の①～⑥の中から 1 つ選べ。 カ

- ① Al^{3+} の物質量が最大の時
- ② Al^{3+} の物質量が最小の時
- ③ $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$ の物質量が最大の時
- ④ $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$ の物質量が最小の時
- ⑤ Al^{3+} と $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$ の物質量の合計が最大の時
- ⑥ Al^{3+} と $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$ の物質量の合計が最小の時

(2) 図5の直線は、 $\text{Al}(\text{OH})_3$ の飽和水溶液中の Al^{3+} ，または $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$ の濃度 $[\text{mol/L}]$ と水溶液のpHの関係を示している。

Al^{3+} を $1.0 \times 10^{-1} \text{ mol/L}$ で含む強酸性の水溶液に対し，水酸化ナトリウム水溶液を加え，pHを上昇させていく。このとき，最も多くの $\text{Al}(\text{OH})_3$ が沈殿するpHはいくつか。そのpHに最も近いものを次の①～⑥の中から1つ選べ。 キ

① pH 3

② pH 5

③ pH 7

④ pH 9

⑤ pH 11

⑥ pH 13

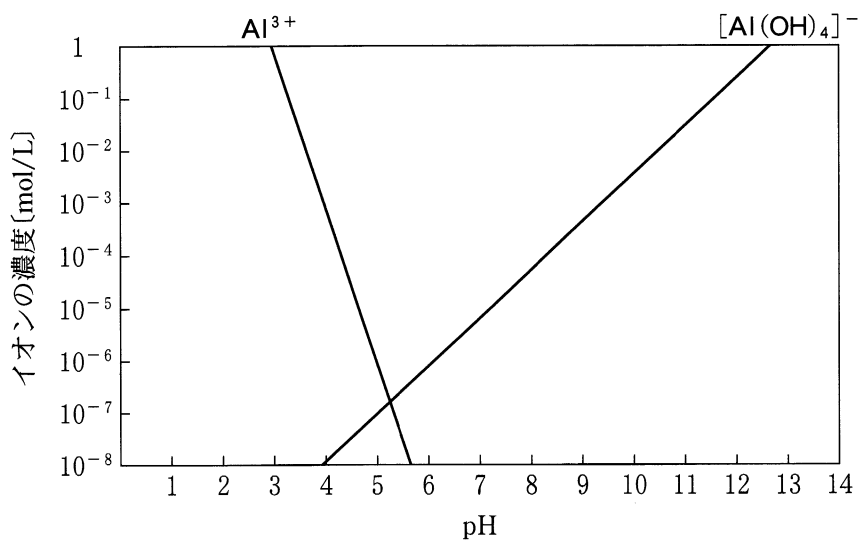


図5