

# 理

## 1

(物理基礎)

以下の小問に答えよ。ただし、(2) 以外は数値で答えよ。

1. 図1の実線は、 $x$  軸正の向きに進んでいる正弦波の時刻  $t = 0$  s における波形である。P で示す山は  $5.0 \times 10^{-2}$  s 後に  $P'$  の位置に移動し、波は破線の形になった。

- (1) 波の振幅、波長、速さ、振動数、および周期  $T$  を求めよ。  
 (2) 原点  $O$  における媒質の振動のようす ( $y$ - $t$  グラフ) を  $0 \leq t \leq T$  について描け。

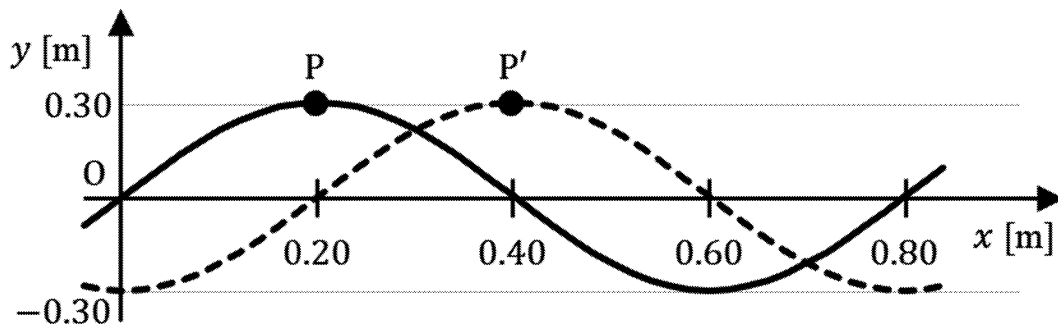


図1

2. 次に、 $x = 1.8$  mの点を固定端としたところ、 $x$  軸負の向きに進む反射波が生じ、十分に時間が経過した後、定常波(定在波)ができた。

- (3) 隣り合う節と節の間隔を求めよ。  
 (4)  $0 \leq x \leq 1.8$  mの範囲にある節の数を求めよ。  
 (5) 腹の位置における振動の振幅と周期を求めよ。

## 2 (物理)

滑らかに動くピストンを使って単原子分子理想気体をシリンダー内に封じ込め、圧力  $p$  と体積  $V$  に対する図2のような状態変化  $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A$  を1サイクルとする熱機関をつくった。ここですべての区間は直線に沿っての変化である。以下の文中の空欄を適切な数式や数値で埋めよ。ただし、選択肢がある場合はその記号で答えよ。

1. 区間  $A \rightarrow B$  において気体は熱を {(1) イ. 吸収, ロ. 放出} し、その大きさは  $\square(2)$  である。またこの区間で気体は {(3) イ. 外部に仕事をする, ロ. 外部から仕事をされる} が、その仕事の大きさは  $\square(4)$  である。
2. 区間  $B \rightarrow C$  では体積が一定なので気体は仕事をしないが、気体は熱を {(5) イ. 吸収, ロ. 放出} し、その大きさは  $\square(6)$  である。
3. 区間  $C \rightarrow A$  で気体は {(7) イ. 外部に仕事をする, ロ. 外部から仕事をされる} が、その仕事の大きさは  $\square(8)$  である。またこの区間での気体の内部エネルギーの変化は  $\square(9)$  であるため、熱力学第1法則よりこの区間において気体は大きさ  $\square(10)$  の熱を {(11) イ. 吸収, ロ. 放出} することがわかる。
4. 以上の結果より、この熱機関の熱効率が  $\square(12)$  であることがわかる。

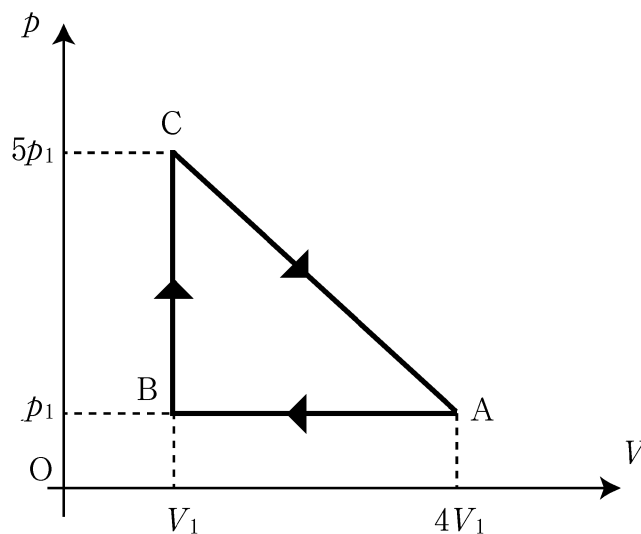


図2

次の各設問に答えよ。

1. 次の(1)～(6)の各設問に記号で答えよ。

(1) 次の a ～ e の原子のうち、中性子の数をもっとも多いものを記号で答えよ。

a.  $^{38}\text{Ar}$       b.  $^{39}\text{K}$       c.  $^{40}\text{Ar}$       d.  $^{40}\text{K}$       e.  $^{40}\text{Ca}$

(2) 次の a ～ e の分子のうち、結合に使われている電子の総数をもっとも多いものを記号で答えよ。

a.  $\text{H}_2$       b.  $\text{N}_2$       c.  $\text{O}_2$       d.  $\text{Cl}_2$       e.  $\text{H}_2\text{O}$

(3) 次の a ～ e のイオンのうち、アルゴン原子と電子配置が同じものを記号で答えよ。

a.  $\text{Li}^+$       b.  $\text{O}^{2-}$       c.  $\text{F}^-$       d.  $\text{Al}^{3+}$       e.  $\text{Ca}^{2+}$

(4) 次の a ～ e の二つの原子の組み合わせのうち、二つの原子の最外殻電子の和が8とならないものを記号で答えよ。

a. MgとO      b. CとSi      c. BとN      d. AlとN      e. SiとO

(5) 次の a ～ e の原子のうち、イオン化エネルギー（第一イオン化エネルギー）をもっとも大きいものを記号で答えよ。

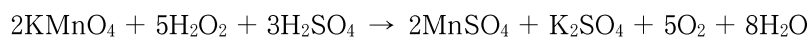
a. N      b. O      c. F      d. Ne      e. Na

(6) 次の a ～ e の物質のうち、下線を引いた原子の酸化数が+6であるものを記号で答えよ。

a.  $\text{H}_2\underline{\text{S}}\text{O}_4$       b.  $\underline{\text{S}}\text{O}_2$       c.  $\underline{\text{N}}\text{H}_3$       d.  $\underline{\text{N}}\text{O}_2$       e.  $\underline{\text{H}}\text{N}\underline{\text{O}}_3$

2. 次の(1)～(5)の各設問に答えよ。ただし、原子量は  $H = 1.0$ ,  $O = 16$ ,  $Na = 23$ ,  $P = 31$ ,  $Cl = 35.5$ とし、計算結果はいずれも有効数字2桁で答えよ。

- (1) 0.100 molのリン酸の質量は何 g か答えよ。
- (2) 塩化ナトリウム5.85 gをすべて水に溶かして200 mLの水溶液にした。この塩化ナトリウム水溶液のモル濃度は何 mol/Lか答えよ。
- (3) 濃度不明の希硫酸10.0 mLを過不足なく中和するために、0.100 mol/L水酸化ナトリウム水溶液を28.0 mL使用した。この希硫酸のモル濃度は何 mol/Lか答えよ。
- (4) 0.150 mol/Lの酢酸水溶液250 mLを過不足なく中和するためには、0.500 mol/L水酸化ナトリウム水溶液は何 mL必要か答えよ。
- (5) 硫酸酸性水溶液中での過酸化水素  $H_2O_2$  と過マンガン酸カリウム  $KMnO_4$  の反応は以下の化学反応式で表される。



濃度不明の過酸化水素水20.0 mLを希硫酸で酸性とし、0.0200 mol/Lの過マンガン酸カリウム水溶液で滴定したところ、過マンガン酸カリウム水溶液16.0 mLを加えたところで、 $KMnO_4$  と  $H_2O_2$  は過不足なく反応した。この過酸化水素水のモル濃度は何 mol/Lか答えよ。

3. 次の(1)～(4)の反応をそれぞれ化学反応式で答えよ。

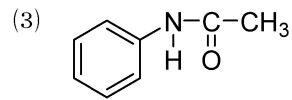
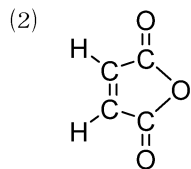
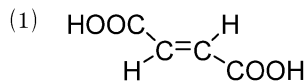
- (1) 酢酸ナトリウムの水溶液に塩酸を加えると、酢酸が生じる。
- (2) 銅に濃硫酸を加えて加熱すると、二酸化硫黄が発生する。
- (3) 銅に希硝酸を加えると、一酸化窒素が発生する。
- (4) 銅に濃硝酸を加えると、二酸化窒素が発生する。

**理****4**

(化学)

次の各設問に答えよ。

1. 次の(1)～(5)の有機化合物の物質名を答えよ。



(4) HCOOH

(5) HCHO

2. 次の文章を読み、(1)および(2)の各設問に答えよ。

リンは、周期表の [ ① ] 族に属する典型元素で、その原子は [ ② ] 個の価電子をもつ。リンの代表的な単体には黄リン(白リン)と赤リンがある。黄リンは猛毒であり、空気中で自然発火するため [ a ] 中に保存する。赤リンは黄リンより毒性が低く、反応性に乏しい。このように、同じ元素からなるが、性質の異なる単体を、互いに [ b ] という。

リンを空気中で燃焼させると十酸化四リンが得られる。十酸化四リンを水に溶かして加熱すると [ c ] が生じる。

(1) 空欄 [ ① ] および [ ② ] にあてはまる適切な数値をそれぞれ答えよ。

(2) 空欄 [ a ] ～ [ c ] にあてはまる適切な語句または物質名をそれぞれ答えよ。

3. 希硫酸に鉛 Pb と酸化鉛(IV)  $\text{PbO}_2$  を浸した鉛蓄電池がある。これに関し、次の(1)～(5)の各設問に答えよ。ただし、原子量は  $\text{H} = 1.0$ ,  $\text{O} = 16$ ,  $\text{S} = 32$ ,  $\text{Pb} = 207$  とする。なお、計算結果はいずれも有効数字 2 桁で答えよ。

- (1) この鉛蓄電池を放電させたとき、負極で起こる変化を電子  $e^-$  を用いたイオン反応式で答えよ。
- (2) この鉛蓄電池を放電させたとき、正極で起こる変化を電子  $e^-$  を用いたイオン反応式で答えよ。
- (3) この鉛蓄電池を放電させたときの、両極の反応をまとめた化学反応式を答えよ。
- (4) この鉛蓄電池の放電で、電子が  $0.250 \text{ mol}$  流れたとき、負極の質量は何 g 増加するか答えよ。
- (5) この鉛蓄電池の放電で、電子が  $0.250 \text{ mol}$  流れたとき、正極の質量は何 g 増加するか答えよ。

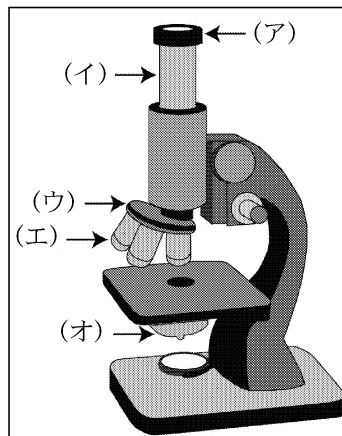
細胞研究の歴史と方法について述べた次の文章を読み、下記の設問（問1～2）に答えよ。

1665年、ロバート・フックは、光学顕微鏡でコルク片を観察し、コルク片の中の小孔を「細胞」と名づけた。1676年には、レーウェンフックが、当時としては非常に倍率の高い単レンズの顕微鏡を自作し、生きた細菌を発見した。その後、レンズや反射鏡などに改良が施され、19世紀末には現在使われている<sup>1</sup>光学顕微鏡と同程度の分解能をもつものが作られるようになり、様々な細胞<sup>2</sup>の詳細な観察が可能になった。

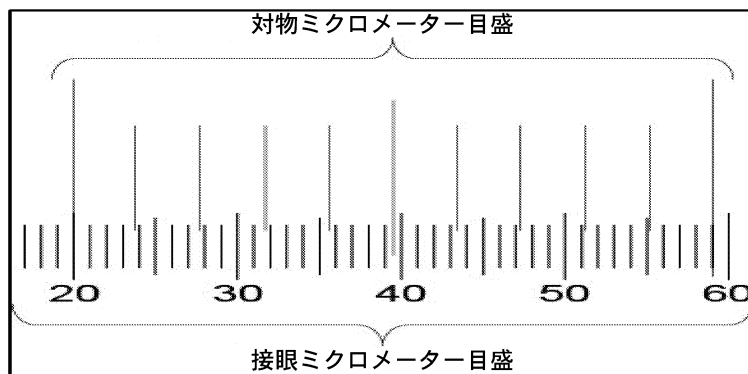
問1 下線部1の光学顕微鏡に関する各問に答えよ。

(1) 光学顕微鏡の模式図を以下に示す。図中の（ア）～（オ）の各部の名称として最も適切なものを以下から1つ選び、番号で答えよ。

- ① 接眼レンズ      ② 鏡筒      ③ レボルバー      ④ 対物レンズ      ⑤ ステージ  
⑥ クリップ      ⑦ しぼり      ⑧ 反射鏡      ⑨ 鏡台      ⑩ 調節ねじ



(2) 光学顕微鏡に接眼マイクロメーターをセットし、対物マイクロメーターをステージにのせ、ピントを合わせて観察したところ、下図のようになった(接眼マイクロメーター側には、便宜的に数字を付した)。対物マイクロメーターの1目盛を $10\mu\text{m}$ (マイクロメートル)とした場合、接眼マイクロメーターの1目盛の長さは何 $\mu\text{m}$ か。少数点第2位を四捨五入して、小数点第1位まで答えよ。



- (3) 顕微鏡のステージから対物マイクロメーターを外して、オオカナダモの葉をプレパラートにしたサンプルをセットした。オオカナダモの細胞内に存在する葉緑体は、一定方向に移動しており、その移動度合いは平均で10秒間に接眼マイクロメーター 22目盛分の距離であった。細胞内における葉緑体の移動の平均の速さ( $\mu\text{m}/\text{秒}$ )を求めよ。ただし、少数点第1位を四捨五入し、一桁の整数で答えよ。
- (4) 光学顕微鏡の分解能から判断して、光学顕微鏡で観察が困難なものを1つ選び、番号で答えよ。
- ① ミトコンドリア      ② ヒトの赤血球      ③ 大腸菌  
④ 日本脳炎ウイルス      ⑤ スギの花粉

問2 下線部2の細胞に関する各問に答えよ。

- (1) 動物もしくは植物の細胞内の細胞小器官の名称とその説明との組み合わせが適切なものを2つ選び、番号で答えよ。
- ① ミトコンドリア：内部に平たい袋状のチラコイドという構造とその間を埋めているストロマの部分がある。
- ② 核：タンパク質合成の場である。
- ③ 葉緑体：緑色の色素クロロフィルを含み、光エネルギーを利用して、二酸化炭素と水からデンプンなどの有機物を合成する。
- ④ 中心体：主な成分はDNAとタンパク質である。
- ⑤ 小胞体：タンパク質の輸送や脂質の合成と関係している。表面にリボソームが付着したものもある。
- (2) 血液から取り出した赤血球の形態に対する周囲の溶液の濃度からの影響を調べる実験を行った。血液をうすめるのに使用した0.9%塩化ナトリウム水溶液は、医療現場では生理食塩水とよばれ、組織液の一時的な代用としても使用される。赤血球の周囲の溶液を低濃度(0.5%)の塩化ナトリウム水溶液にし、赤血球を光学顕微鏡で観察したところ、0.9%塩化ナトリウム水溶液中での赤血球よりも膨張していた。低濃度の塩化ナトリウム水溶液下で赤血球が膨張した理由を10文字以上40文字以内で記述せよ。



次の2つの実験に関する文章を読み、下記の設問（問1～6）に答えよ。

<実験1>

2系統のマウス W と M のゲノム中のある領域に存在する DNA のみを PCR法 で増幅して、制限酵素 R で完全に切断した後、電気泳動法で分離する実験を行った。純系<sup>(注1)</sup> W は増幅した領域中に野生型の正常な機能をもつ遺伝子 A を有するのに対し、純系 M は遺伝子 A 中に1.4kbp<sup>(注2)</sup> の欠失が生じて機能を失った変異型の対立遺伝子 a をもち、それが原因と考えられる遺伝病 S を発症することがわかっている。図1は制限酵素 R で切断後に電気泳動した DNA の染色像である。図中では短い黒い直線で切断パターンを示し、DNA 量の違いは表現していない。図の左側の数字は各 DNA 断片の大きさを kbp 単位で示している。

<実験2>

系統 W の雄マウスから体細胞 (♂) と精子10個、雌マウスから体細胞 (♀) を採取して、遺伝子座 B、C および D に存在するそれぞれ7.0kbp、5.0kbp および3.0kbp の DNA を、プライマーを使って PCR で増幅し、電気泳動実験を行ったところ、図2のような結果となった。

(注1) すべての遺伝子座の遺伝子がホモ接合になった生物の系統を純系という。

(注2) DNA 鎖の1,000塩基対の長さは、1kbpと表される。

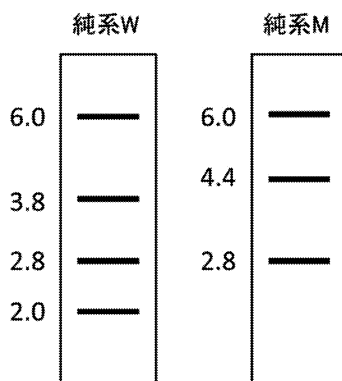


図1

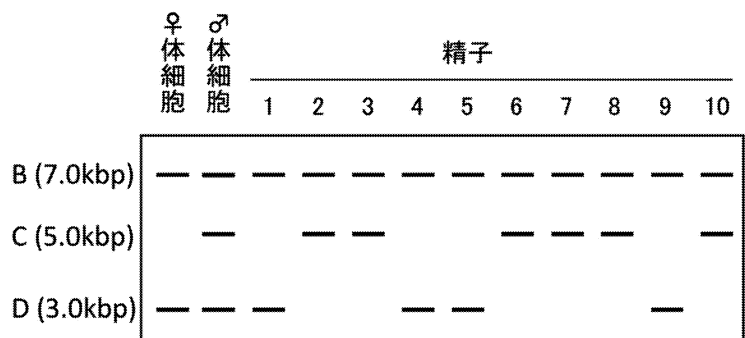


図2

問1 下線部1のPCR法では、通常、 $95^{\circ}\text{C} \rightarrow 55^{\circ}\text{C} \rightarrow 72^{\circ}\text{C}$ のような3つの温度の反応サイクルを繰り返すことによって、目的のDNA領域を増幅する。各温度の反応についての記述として、次の文章の中から最も適切なものを1つずつ選び、番号で答えよ。

- ① DNAポリメラーゼによるDNAの伸長を行う。
- ② 2本鎖DNAを1本鎖に解離する。
- ③ 用いる酵素を失活させる。
- ④ 目的のDNA領域と相補的な塩基配列をもつプライマーを結合させる。
- ⑤ DNA増幅のための熱エネルギーを供給する。

問2 下線部2の制限酵素について、以下の設問に答えよ。

(1) 認識配列が $n$ 塩基対の制限酵素がDNAを切断する場合、認識配列は平均何塩基対ごとに1回出現すると推定されるか、次の計算式の中から正しいものを1つ選び、番号で答えよ。

- ①  $n^4$     ②  $4n$     ③  $4^n$     ④  $n(n-1)(n-2)(n-3)$     ⑤  $4(n+1)$

(2) この実験で得られたDNA断片の長さから考えて、制限酵素Rの認識配列数は次のうちどれか、最も可能性が高いと推定されるものを1つ選び、番号で答えよ。ただしゲノムDNAを構成するA, G, T, C, 4つの塩基配列の出現頻度にはほとんど偏りがないと仮定する。

- ① 4塩基対    ② 6塩基対    ③ 8塩基対    ④ 10塩基対

(3) 遺伝子組換え技術で、制限酵素により切断したDNAの連結に用いる酵素は何か、答えよ。

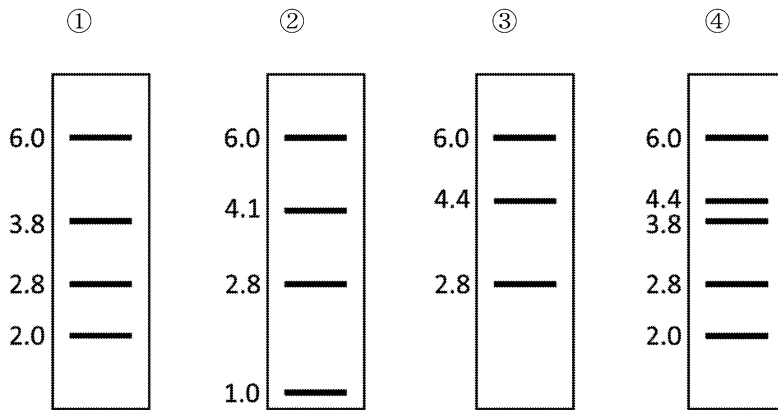
(4) 制限酵素は様々な細菌由来のものが使用されているが、本来、細菌内においてはどのような役割を担っている酵素か、30字以内で答えよ。

問3 下線部3の電気泳動法について述べた次の文章の中から正しいものを2つ選び、番号で答えよ。

- ① 電気泳動法では、DNAはプラス極（陽極）の方に流れる。
- ② 電気泳動法では、DNAはマイナス極（陰極）の方に流れる。
- ③ 網目構造をもつ寒天ゲル中で電気泳動を行うと、電荷を多くもつ長いDNA断片ほど移動が速い。
- ④ 電気泳動したDNA断片のおよその長さを推定するためには、長さが既知のDNA断片を平行して同時に泳動して比較する必要がある。
- ⑤ 電気泳動時間にかかわらず、決まった長さのDNAは寒天ゲル中の決まった場所に移動して静止する。

# 理

問4 純系 W と純系 M を交配してできた雑種第一代の子 (F<sub>1</sub>) のゲノム DNA, および F<sub>1</sub> どうしの交配で生じた雑種第二代の子 (F<sub>2</sub>) のゲノム DNA, それぞれについて <実験 1> と同じ実験を行うと, その結果はどのようになるか。得られる可能性のある電気泳動パターンを示した図の番号をすべて答えよ。ただし PCR で増幅した領域で組換えを起こした個体は結果に含まれていないものとする。



問5 F<sub>1</sub> で遺伝病 S を発症した個体はいなかった。F<sub>2</sub> では何%の個体が遺伝病 S を発症すると予想されるか。最も適切なものを選び, 番号で答えよ。

- ① 100%    ② 75%    ③ 67%    ④ 50%    ⑤ 33%    ⑥ 25%    ⑦ 0%

問6 マウスはヒトと同じ雄ヘテロの XY 型の性決定様式をもつことを前提にすると, <実験 2> の電気泳動結果から, 遺伝子座 B, C および D について推論できることは何か。次のうちから最も適切なものを選び, 番号で答えよ。

- ① B と D は X 染色体上, C は Y 染色体上に存在する。  
 ② B は常染色体上, C と D は X 染色体上に存在する。  
 ③ B は常染色体上, C は Y 染色体上, D は X 染色体上に存在する。  
 ④ B は常染色体上, C は X 染色体上, D は Y 染色体上に存在する。  
 ⑤ B は常染色体上, C は Y 染色体上, D は X と Y 染色体上の両方に存在する。  
 ⑥ B は常染色体上, C と D は Y 染色体上に存在する。  
 ⑦ B と D は常染色体上, C は Y 染色体上に存在する。