

令和3年度 前期日程  
入学者選抜学力検査問題

# 理 科

[注 意]

- 1 机上に受験票を提示しておくこと。
- 2 監督者の指示があるまで、この冊子を開いてはいけない。
- 3 解答は必ず別紙の解答用紙の指定された箇所に記入すること。
- 4 解答用紙すべてに受験番号・氏名を必ず記入すること。解答用紙は、物理は3枚、化学は3枚、生物は3枚に分かれているのでそれぞれに記入すること。
- 5 この冊子の問題は余白を入れて41ページからなっている。
- 6 この冊子のうち、落丁・乱丁または印刷不鮮明な箇所があれば、手をあげて申し出ること。
- 7 字数制限のある解答には、句読点や括弧なども字数に含める。
- 8 生命分子化学科、農学生命科学科、食保健学科、環境・情報科学科および森林科学科の受験生は2科目を選択し、環境デザイン学科の受験生は1科目を選択し、解答すること。
- 9 1科目の配点は100点である。ただし、生命分子化学科、食保健学科、環境・情報科学科および環境デザイン学科においては2倍し、200点とする。また、農学生命科学科および森林科学科においては1.5倍し、150点とする。
- 10 選択した科目の解答用紙は持ち帰ってはいけない。
- 11 問題冊子および選択しなかった科目の解答用紙は、持ち帰ること。

令和3年度 前期日程 入学者選抜学力検査問題

理科（物理） 正誤表

大問2の6行目

（誤）…この分子が時間  $t$  [s] の間に壁に与える…

（正）…この分子が時間  $t$  [s] の間に壁 S に与える…

大問3の小問(4)の1行目

（誤）…室温を  $t_1$  [°C] に上げた。経路 PAQ と…

（正）…室温を  $t_1$  [°C] に上げた。それぞれの室温で、経路 PAQ と…

大問3の小問(6)の2行目

（誤）…このときの風の向きと、振動数 285 [Hz] との差…

（正）…このときの風の向きを答えよ。さらに、観測された高い音の振動数と振動数 285 [Hz] との差…

令和3年度 前期日程 入学者選抜学力検査問題

理科（化学） 正誤表

大問1の問1

誤：「化合物名」

正：「単体名または化合物名」

解答用紙の大問1の問1のア～エ

誤：「化合物名」

正：「単体名または化合物名」

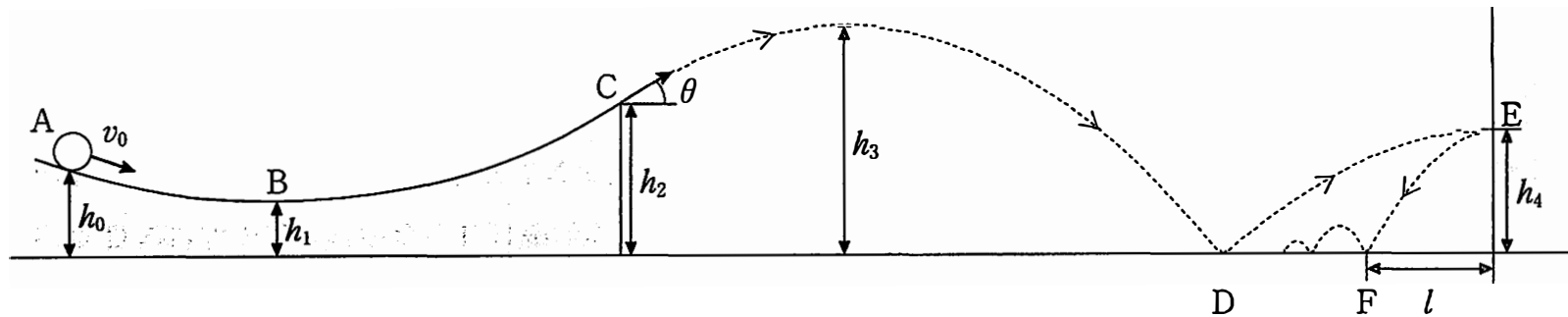
大問2 IからVIのうちVの文章

誤：「金属樹ができた」

正：「いずれも金属樹ができた」

# 物 理

- 1 図のように、摩擦のない水平な床上に、なめらかな摩擦のない曲面をもった台が固定してある。台の各点 A, B, C の床からの高さは  $h_0$  [m],  $h_1$  [m],  $h_2$  [m] である。ある瞬間に点 A において小球が斜面下向きに速さ  $v_0$  [m/s] で運動している。小球の質量は  $m$  [kg] である。小球が点 C において空中に飛び出すときの水平面との角度は  $\theta$  であり、 $0^\circ < \theta < 90^\circ$  である。重力加速度の大きさを  $g$  [m/s<sup>2</sup>] とし、空気抵抗や小球の大きさを無視できるものとして、以下の問いに答えよ。 (25 点)



- (1)  $h_1 < h_0$  であるとき、点 B に到達した瞬間の小球の速さ  $v_1$  [m/s] を  $v_0, g, h_0, h_1$  を用いて表せ。
- (2)  $h_0 < h_2$  であるとき、速さ  $v_0$  [m/s] がいくらより大きい場合に、点 C において小球は空中に飛び出すか。その条件を  $g, h_0, h_2$  を用いて表せ。

点 C において小球が空中に飛び出し、床上の点 D で床に衝突して一度だけはねかえた後、小球は床に対して垂直な壁上の点 E で壁に対して垂直に衝突してはねかえり、床に落ちた。最初に落ちた床上の点を F とする。 $h_0 = \frac{3}{2}h$  [m],  $h_1 = h$  [m],  $h_2 = 2h$  [m],  $\theta = 30^\circ$  とする。

- (3) 点 C から飛び出した後、小球が到達する最高点の床からの高さ  $h_3$  [m] を  $v_0, g, h$  を用いて表せ。
- (4) 小球と床のあいだの反発係数 (はねかえり係数) を 0.5 としたとき、小球が衝突した鉛直の壁上の点 E の床からの高さ  $h_4$  [m] を  $v_0, g, h$  を用いて表せ。
- (5) 小球が点 D ではねかえてから点 E に衝突するまでの時間  $t$  [s] を  $v_0, g, h$  を用いて表せ。
- (6) 鉛直の壁から小球が落ちた床上の点 F までの距離  $l$  [m] を  $v_0, g, h$  を用いて表せ。ただし、小球と壁のあいだの反発係数 (はねかえり係数) を 0.25 とする。

(余 白)

2 次の文章を読み、(1) ~ (3) に答えよ。

(25 点)

1 辺が  $L$  [m] の立方体容器の中に質量  $m$  [kg] の理想気体とみなせる単原子分子が  $n$  [mol] 入っている。これらの分子は常に一定の速さで飛んで壁と弾性衝突をし、分子どうしは衝突しないものとする。また、容器の内壁はなめらかである。図1のように、容器の頂点を原点とし、容器の辺に沿って、互いに垂直な  $x, y, z$  軸をとり、 $x = L$  [m] 上にある壁  $S$  に注目する。

1 個の分子が容器の壁  $S$  に弾性衝突したとき、分子の衝突前の速度  $\vec{v}$  [m/s] の  $x, y, z$  軸方向の成分を  $(v_x, v_y, v_z)$  とすると、衝突後の分子の速度  $\vec{v}'$  [m/s] は  $(-v_x, v_y, v_z)$  となる。このとき、壁  $S$  は 1 回の衝突で ( ① ) [N・s] の大きさの力積を受ける。また、この分子が 1 秒間に壁  $S$  と衝突する回数は  $\frac{v_x}{2L}$  回である。したがって、この分子が時間  $t$  [s] の間に壁に与える力積の大きさは ( ② ) [N・s] となる。

$v_x$  は個々の分子によって異なるので、 $v_x$  を 2 乗したものの平均を  $\overline{v_x^2}$  [m<sup>2</sup>/s<sup>2</sup>] と表す。アボガドロ定数を  $N_A$  [/mol] とすると、容器中の  $n$  [mol] の分子が壁  $S$  に及ぼす力  $F$  [N] は、 $L, m, n, N_A, \overline{v_x^2}$  を用いて  $F =$  ( ③ ) となる。分子の個数は非常に多く、分子の熱運動はどの方向にも均等で偏りが無いので、分子の速さの 2 乗の平均値  $\overline{v^2}$  [m<sup>2</sup>/s<sup>2</sup>] を用いて表すと、 $\overline{v_x^2} =$  ( ④ ) となる。よって、気体の圧力  $p$  [Pa] は、 $L, m, n, N_A, \overline{v^2}$  を用いて表すと、 $p =$  ( ⑤ ) となる。また、容器の体積  $V$  は  $L^3$  [m<sup>3</sup>] なので、 $m, n, N_A, \overline{v^2}$  を用いて表すと、 $pV =$  ( ⑥ ) となる。一方、分子の運動エネルギーの総和が理想気体の内部エネルギー  $U$  [J] であるので、 $m, n, N_A, \overline{v^2}$  を用いて表すと、 $U =$  ( ⑦ ) となる。また、気体定数を  $R$  [J/(mol・K)]、容器内の温度を  $T$  [K] とし、理想気体の状態方程式を考慮すると、単原子分子の理想気体の内部エネルギー  $U$  は、 $n, R, T$  を用いて、 $U =$  ( ⑧ ) となる。ボルツマン定数  $k = \frac{R}{N_A}$  [J/K] を考慮すると、分子 1 個あたりの運動エネルギーは  $k, T$  を用いて ( ⑨ ) [J] となる。これは、理想気体の分子の平均の運動エネルギーは、絶対温度  $T$  のみで決まることを示している。

(1) ①～⑨の ( ) 内に入る適切な式を答えよ。

次に、図2のように容器の壁Sを一定の速さ  $u$  [m/s] で移動させ、 $x$ 方向の長さを  $\Delta L$  [m] だけ増加させた。ここで  $\Delta L$  は  $L$  に対して十分小さいものとする。

壁Sが移動している間に、速度  $\vec{v} = (v_x, v_y, v_z)$  [m/s] で運動している分子が壁Sに弾性衝突するときの衝突前後の運動エネルギーの変化を求める。分子の弾性衝突により  $x$ 方向の速さのみ変化するので、壁Sに衝突後の  $x$ 方向の速さは  $u, v_x$  を用いて ( ⑩ ) [m/s] となる。したがって、壁Sに弾性衝突する分子の衝突前後の運動エネルギーの変化は  $m, u, v_x$  を用いて ( ⑪ ) [J] となる。また、壁Sが  $\Delta L$  だけ移動する時間は ( ⑫ ) [s] である。 $\Delta L$  が  $L$  に比べて十分小さいので、分子が壁Sに衝突する時間間隔の計算において  $\Delta L$  は無視できるとすると、分子は壁Sと  $\frac{2L}{v_x}$  [s] に1回衝突する。したがって、壁Sが  $\Delta L$  だけ移動している間に分子が壁Sに衝突する回数は ( ⑬ ) 回である。なお、壁Sが移動しているときの速さは、分子の衝突時も常に一定に保たれているものとする。

(2) ⑩～⑬の ( ) 内に入る適切な式を答えよ。

(3) 壁Sが  $\Delta L$  だけ移動することによる理想気体の内部エネルギーの変化 [J] を求めよ。ただし、 $u$  は  $v_x$  の大きさに比べて十分小さいとして、 $u^2$  に比例する項を無視して計算すること。また、体積変化量  $\Delta V = L^2 \Delta L$  とし、答えは  $p$  と  $\Delta V$  を用いて表せ。



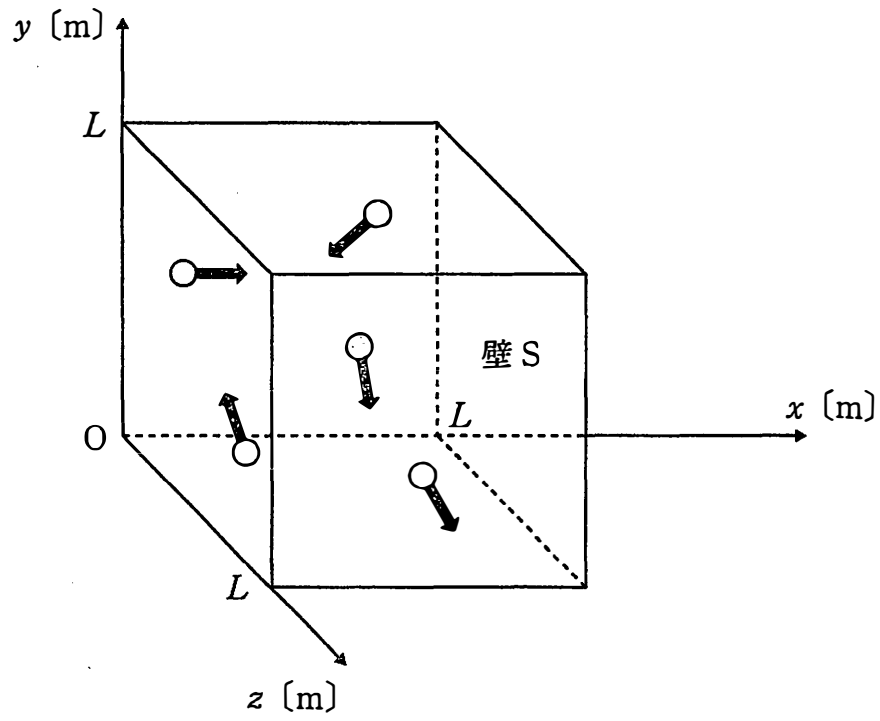


图 1

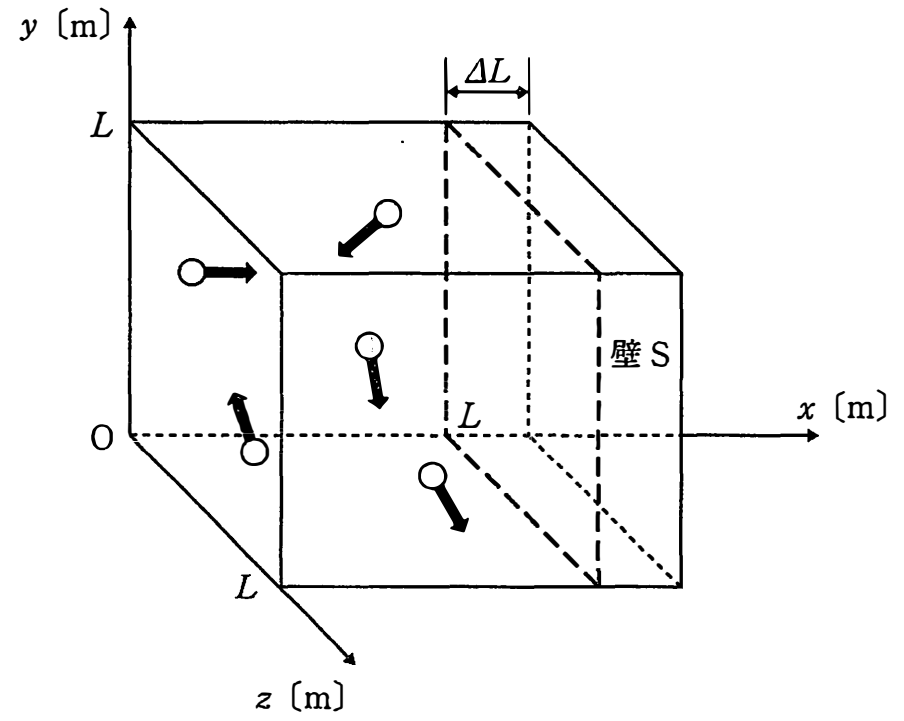


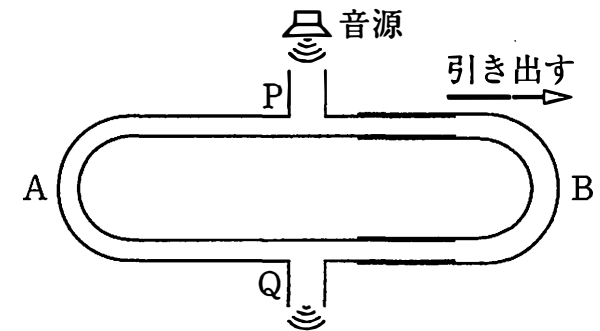
图 2

(余 白)

3 図はクインケ管という装置を示す。入口 P に音源が設置されており、入口 P から送り込まれた音は左右の 2 つの経路 PAQ と経路 PBQ を通り、出口 Q で干渉した音を聞くことができる。また管 B を出し入れすることにより、経路 PBQ の長さを変化させることができる。

はじめにクインケ管が広い室内にある場合を考える。経路 PAQ と経路 PBQ の長さは等しい状態にある。入口 P から一定の振動数の音を送り込みながら、管 B を一定の速さで徐々に引き出したところ、出口 Q で聞く音の大きさが大きくなっていき、0.10 [m] 引き出したときに最も大きくなった。以下の問いに答えよ。 (25 点)

- (1) 入口 P に設置された音源が出している音の波長  $\lambda_0$  [m] と振動数  $f_0$  [Hz] を求めよ。ただし、音の速さは 340 [m/s] とする。
- (2) 管 B を引き出し、出口 Q で聞く音の大きさが最初に最も小さくなるときの引き出した長さ  $l_1$  [m] を求めよ。
- (3) 入口 P の音源から 1 オクターブ高い音 (振動数が 2 倍の音) を送り込んで同様の実験を行った。(2) と同様に管 B を引き出し、出口 Q で聞く音の大きさが最初に最も小さくなるときの引き出した長さ  $l_2$  [m] を求めよ。
- (4) さらに、室温を変えて同様の実験を行った。はじめの室温は 8 [°C] であり、次に室温を  $t_1$  [°C] に上げた。経路 PAQ と経路 PBQ の長さが等しい状態から、管 B を引き出し、出口 Q で聞く音の大きさが最初に最も小さくなるときの引き出した長さの差は 0.01 [m] であった。このときの室温  $t_1$  [°C] を求めよ。ただし、気温  $t$  [°C] における音の速さは  $V = 331.5 + 0.6t$  [m/s]、音源が出している音の振動数は 300 [Hz] とする。

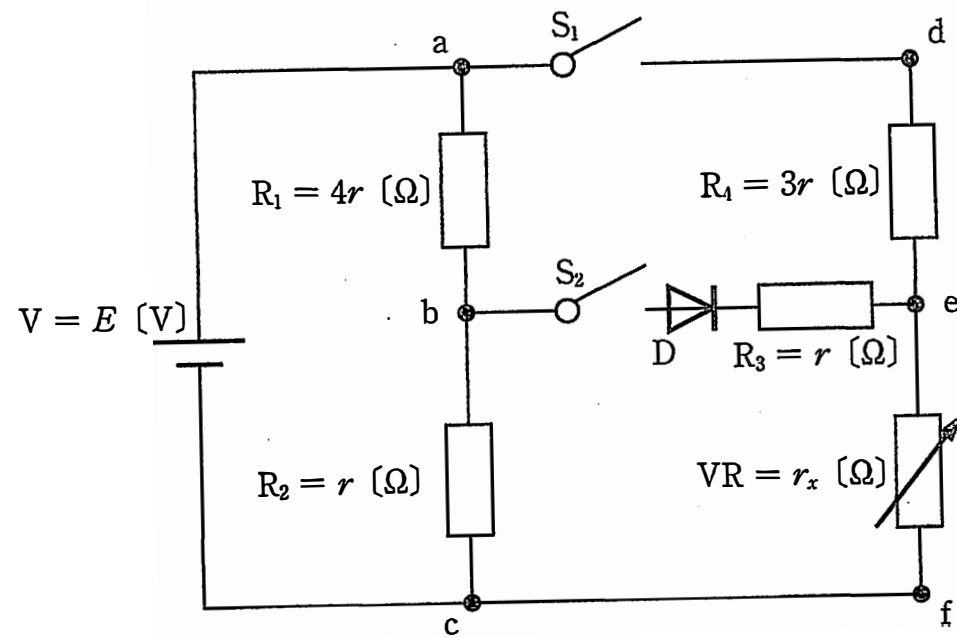


次に室外において，出口 Q 側に観測者がいて，観測者が動く場合を考える。

- (5) 音源，クインケ管の入口 P と出口 Q，観測者は同一直線上に並んでいる。音源およびクインケ管は静止しており，観測者が PQ の延長線上を出口 Q から離れるように，一定の速さ  $v_1$  [m/s] で進んでいる。音の速さは 340 [m/s]，音源が出している音の振動数は 300 [Hz]，観測された音の振動数は 285 [Hz] とし， $v_1 < 340$  [m/s] とする。このときの  $v_1$  [m/s] を求めよ。
- (6) (5) の状態で観測者が一定の速さ  $v_1$  [m/s] で進んでいるとき，直線 PQ と平行に一定の速さ 10 [m/s] の風が吹き続け，振動数 285 [Hz] の音よりも高い音が観測された。このときの風の向きと，振動数 285 [Hz] との差の大きさを求めて有効数字 2 桁で答えよ。

4 図のような電池  $V$ , 抵抗  $R_1, R_2, R_3, R_4$ , 可変抵抗器  $VR$ , ダイオード  $D$ , スイッチ  $S_1, S_2$  からなる回路があり, スイッチ  $S_1$  と  $S_2$  はいずれも開いた状態である。電池  $V$  の起電力は  $E$  [V], 抵抗  $R_1, R_2, R_3, R_4$  の抵抗値は, それぞれ  $4r$  [ $\Omega$ ],  $r$  [ $\Omega$ ],  $r$  [ $\Omega$ ],  $3r$  [ $\Omega$ ] とする。また, 可変抵抗器  $VR$  の抵抗値  $r_x$  [ $\Omega$ ] は,  $\frac{1}{2}r \leq r_x \leq 5r$  の範囲で変化させることができる。いま, ダイオード  $D$  は点  $b \rightarrow$  点  $e$  の向きに電流が流れるときには抵抗が無視でき, 点  $e \rightarrow$  点  $b$  の向きには電流が流れないものとする。また, 導線の抵抗および電池の内部抵抗は無視できるものとして,  $E, r$  のうち, 必要な記号を用いて以下の問いに答えよ。 (25 点)

- (1) スイッチ  $S_1$  と  $S_2$  を開いた状態で点  $c$  を流れる電流  $I_1$  [A] を求めよ。
- (2) 次にスイッチ  $S_1$  を閉じ, 可変抵抗器  $VR$  の抵抗値  $r_x$  を  $r$  [ $\Omega$ ] とした。このとき, 点  $c$  を流れる電流  $I_2$  [A] を求めよ。
- (3) さらにスイッチ  $S_2$  を閉じ, 可変抵抗器  $VR$  の抵抗値  $r_x$  を適当に調整したところ, 点  $b$  と点  $e$  間の電位差は生じなかった。このときの可変抵抗器  $VR$  の抵抗値  $r_x$  [ $\Omega$ ] を求めよ。
- (4) スイッチ  $S_1$  と  $S_2$  を閉じたまま可変抵抗器  $VR$  の抵抗値  $r_x$  [ $\Omega$ ] を調整して, 点  $b$  から点  $e$  へ電流が流れるようにした。このとき, 抵抗値  $r_x$  のとり得る範囲を求めよ。
- (5) 可変抵抗器  $VR$  の抵抗値  $r_x$  [ $\Omega$ ] が (4) の条件のうち最小値をとるとき, この回路で消費される電力  $P$  [W] を求めよ。



# 化 学

必要があれば、次の数値を用いよ。

原子量 水素 1.0, 炭素 12.0, 窒素 14.0, 酸素 16.0, ナトリウム 23.0, アルミニウム 27.0, 硫黄 32.1, 塩素 35.5,

カリウム 39.1, カルシウム 40.1, 鉄 55.8, 銅 63.5, スズ 119, バリウム 137

水のイオン積  $K_w = 1.0 \times 10^{-14}(\text{mol/L})^2$

$\log_{10}2 = 0.30$ ,  $\sqrt{2.3} = 1.5$ ,  $\sqrt{10} = 3.2$

1 次の【I】、【II】の文章を読み、問1～問8に答えよ。

(25点)

【I】 カルシウムイオン  $\text{Ca}^{2+}$  やマグネシウムイオン  $\text{Mg}^{2+}$  を多く含む水を硬水という。硬水は生命機能に不可欠なそれら以外のミネラルも豊富であるという長所がある。しかし、セッケンの主成分が①高級脂肪酸ナトリウムの場合、②硬水を用いるとセッケンの泡立ちが悪いなどの短所もある。

カルシウム Ca とマグネシウム Mg の性質はよく似ているが、いくつかの相違点がある。炎色反応において、Ca は橙赤色を呈するが、Mg は呈色しない。Ca の単体は常温の水と反応して (ア) を発生し、強塩基性の水酸化カルシウムを生じる。Mg の単体は常温の水とはほとんど反応せず、熱水 (沸騰水) とは反応して (ア) を発生し、弱塩基性の (イ) を生じる。また、それらの塩化物は、様々な用途で利用されている。例えば、(ウ) は水溶性で、吸湿性と潮解性が強く、

乾燥剤や融雪剤などとして用いられ、一方③（エ）は水溶性で、にがりの主成分であり、豆腐作りの凝固剤として用いられている。

問1 （ア）～（エ）に入る最も適切な化合物名とその化学式を答えよ。

問2 下線部①が衣服についた汚れ（疎水性物質）をとるメカニズムを説明せよ。

問3 下線部②について、その理由を説明せよ。

問4 下線部③について、にがりが凝固剤として働くメカニズムを、以下の語群中の適切な語句を用いて説明せよ。

糖質、タンパク質、脂質、親水コロイド、疎水コロイド、凝析、塩析、分留、加水分解、凝固点降下

【Ⅱ】 カルシウム化合物に関しては、様々な反応が知られている。④水酸化カルシウムの飽和水溶液に二酸化炭素を通すと化合物 A の白色沈殿が生じる。化合物 A を強熱すると、化合物 B と二酸化炭素が生じる。⑤化合物 B に水を加えると水酸化カルシウムが生じ、⑥化合物 B に塩酸を加えると塩化カルシウムと水が生じる。また、カルシウム化合物は、有機化合物の生成にも利用できる。例えば、⑦炭化カルシウムに水を加えると、水酸化カルシウムと化合物 C（気体）が生じる。また、⑧酢酸カルシウムを、空気を遮断して加熱分解（乾留）すると、化合物 A と化合物 D が生じる。



問5 下線部④の反応の後、さらに二酸化炭素を通すと白色沈殿は溶ける。この2段階の反応をそれぞれ化学反応式で表せ。

問6 下線部⑤と下線部⑥における反応熱をそれぞれ  $Q_a$  [kJ]、 $Q_b$  [kJ] とする。この時、水酸化カルシウムと塩酸の反応熱を、熱化学反応式を用いて求めよ。なお、解答には考え方も示せ。

問7 下線部⑦の反応に関する次の問いに答えよ。

- (1) 化学反応式を答えよ。
- (2) 不純物を含む 0.58 g の炭化カルシウムを十分量の水と反応させた結果、標準状態で 112 mL の化合物 C が生じた。反応に用いた炭化カルシウムの純度 [%] を、有効数字 2 桁で求めよ。ただし、炭化カルシウムはすべて反応したものとし、不純物から化合物 C が生じないものとする。なお、解答には考え方や計算式も示せ。
- (3) この反応で生じた化合物 C を高温の赤熱した鉄管中に通すと生じる物質の化合物名を答えよ。なお、その物質は常温では無色の液体である。

問8 下線部⑧の反応に関する次の問いに答えよ。

- (1) 化学反応式を答えよ。
- (2) この反応で生じた化合物 D の効率的な回収方法を、以下の a ~ d の中から選び、その理由を説明せよ。
  - a 生じた液体を含む反応液のろ過
  - b 生じた固体の再結晶
  - c 生じた気体の水上置換
  - d 生じた気体の冷却による液化

2 次の文章Ⅰ～Ⅵの金属 A～F は、アルミニウム、カリウム、スズ、鉄、銅、ナトリウムのいずれかである。金属 A～F を特定し、問 1～問 7 に答えよ。(25 点)

- Ⅰ 周期表で同じ族に属する金属 A と金属 B は常温の水と激しく反応して気体を発生した。
- Ⅱ 金属 A を含む化合物を水に溶かし、その水溶液を白金線につけて炎の中に入れると、炎は黄色になった。
- Ⅲ ボーキサイトを原料として得られる軽くて柔らかい金属 C は、水と反応しないが、酸の水溶液や強塩基の水溶液と反応して塩を作る。
- Ⅳ 金属 D を長期間湿った空気中に放置したところ赤褐色のさびが生じた。
- Ⅴ 金属 E または金属 F のイオンを含む水溶液と金属 D が反応した後、金属樹ができた。
- Ⅵ 金属 F は酸の水溶液と反応して水素を発生したが、金属 E は酸化力の強い酸と反応して水素以外の気体を発生した。

問 1 ①金属 A の塩化物の飽和水溶液にアンモニアと二酸化炭素を吹き込むと沈殿物を生じた。②この沈殿物を焼くと、金属 A の炭酸塩が生成した。この下線部①と下線部②をそれぞれ化学反応式で表せ。

問 2 金属 A の塩化物 50.0 g を水 250 mL に溶かした水溶液について、下記の文章で正しいものをすべて選び、a～f の記号で答えよ。ただし水の密度は  $1.00 \text{ g/cm}^3$  とする。

- a 金属 A の塩化物の質量パーセント濃度は 20.0% となる。
- b 金属 A の塩化物の質量パーセント濃度は 16.7% となる。
- c 金属 A の塩化物の質量モル濃度は  $3.42 \text{ mol/kg}$  となる。
- d 金属 A の塩化物の質量モル濃度は  $2.68 \text{ mol/kg}$  となる。

e 金属 A の塩化物のモル濃度は 3.42 mol/L となる。

f 金属 A の塩化物のモル濃度は 2.68 mol/L となる。

問 3 金属 B のヨウ化物水溶液に塩素ガスを通したところ水溶液は褐色になった。そこで、この水溶液を用いて、(1)デンプン水溶液を加える、(2)加熱する、(3)冷却する、の順に(1)～(3)の操作をおこなった。各操作後の水溶液の色を、そのように考えた理由とともにそれぞれ答えよ。

問 4 金属 C を希塩酸、希硫酸、濃硝酸、または水酸化ナトリウム水溶液の 4 種類の水溶液と反応させた。金属 C が溶解しなかった水溶液を選び、その理由を答えよ。

問 5 金属 D イオンを含む水溶液に金属 A の水酸化物水溶液を加えると、緑白色沈殿物を生じた。そこへ過酸化水素を加えたところ、沈殿物は赤褐色に変化した。この赤褐色沈殿物の化学式を答えよ。

問 6 金属 A ～ E のイオンの混合水溶液を用いて(1)と(2)の順に操作をおこなった。(1)希塩酸を加え、さらに硫化水素を通じた後、この混合水溶液をろ過した。(2)ろ液を加熱して硫化水素を除いた後、過剰のアンモニア水を加え、再びろ過した。操作(1)および操作(2)のそれぞれのろ過で沈殿物として取り除かれた金属を、A ～ E の記号ですべて答えよ。

問 7 金属 E および金属 F を元素記号で答えよ。また、金属 F のイオンを含む水溶液と金属 D の反応によりできた金属樹の金属名と、その金属樹ができる理由を答えよ。

3 次の【Ⅰ】～【Ⅲ】の文章を読み、問1～問9に答えよ。

(25点)

【Ⅰ】弱塩基であるアンモニアを水に溶かすと、水溶液中でその一部の分子が電離し、生じたイオンと電離していない分子との間に、式(1)に示す平衡が成り立つ。



この反応の平衡定数を  $K_1$  とすると、 $K_1$  は反応物と生成物の濃度（モル濃度）を用いて、次の式(2)で表される。

$$K_1 = (\text{ア}) \quad \cdots\cdots(2)$$

水溶液中の水の濃度  $[\text{H}_2\text{O}]$  は十分大きくほぼ一定であるとみなせるので、 $K_b = K_1[\text{H}_2\text{O}]$  と表すと、式(2)より式(3)が得られる。

$$K_b = (\text{イ}) \quad \cdots\cdots(3)$$

$K_b$  は、一般に塩基（ここではアンモニア）の電離定数を表す。式(1)の電離平衡において、アンモニアの初濃度を  $C_1$  [mol/L]、電離度を  $\alpha$  とする。平衡時には、 $[\text{NH}_3]$  は (ウ) [mol/L]、 $[\text{NH}_4^+]$  と  $[\text{OH}^-]$  はいずれも (エ) [mol/L] となる。アンモニアは弱塩基であるため、 $\alpha$  は1に比べて十分小さいので、 $1 - \alpha \doteq 1$  と近似できる。これらを式(3)に代入すると、 $K_b$  は  $C_1$ 、 $\alpha$  を用いて式(4)で表すことができる。

$$K_b = (\text{オ}) \quad \cdots\cdots(4)$$

したがって①電離度  $\alpha$  を  $K_b$ 、 $C_1$  より求めることができる。

問1 (ア)～(オ)にあてはまる式を答えよ。

問2 下線部①について、 $\alpha$  を  $K_b$ 、 $C_1$  で表した式を答えよ。

問3 アンモニアとアニリンの電離定数  $K_b$  は、次の通りである。

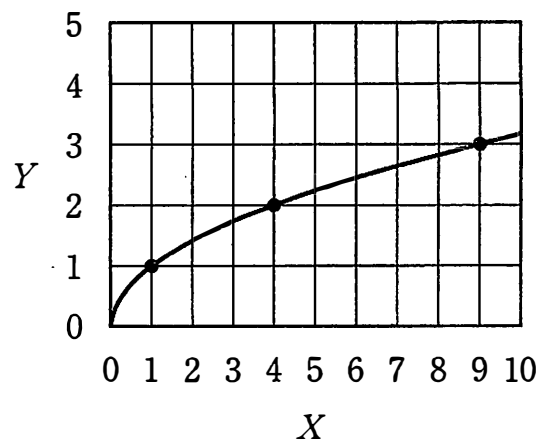
アンモニア： $2.3 \times 10^{-5}$  mol/L

アニリン： $5.3 \times 10^{-10}$  mol/L

アンモニアとアニリンではどちらがより強い塩基であるかを、問2の答えを用いて70字程度で説明せよ。

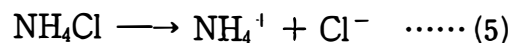
問4 アンモニアの初濃度  $C_1$  と電離度  $\alpha$  の関係を表すグラフを作成せよ。なお、以下の例を参考に、グラフが通る点を3点示せ。

グラフの例



【Ⅱ】 弱塩基であるアンモニアと強酸である塩酸を混合して中和すると、中和によって生じた塩化アンモニウムの加水分解により、溶液は弱酸性となる。この溶液の pH は、以下の手順で求めることができる。

塩化アンモニウムは水溶液中では、次の式(5)のように電離する。



電離により生じた  $\text{NH}_4^+$  の一部が水と反応し、式(6)に示す平衡が成立している。



この平衡の平衡定数を  $K_2$  とすると、 $K_2$  は次の式(7)で表される。

$$K_2 = (\text{カ}) \quad \dots\dots (7)$$

水溶液中の水の濃度  $[\text{H}_2\text{O}]$  は十分大きくほぼ一定であるとみなせるので、 $K_h = K_2[\text{H}_2\text{O}]$  と表すと、式(7)より式(8)が得られる。

$$K_h = (\text{キ}) \quad \dots\dots (8)$$

式(8)の分母、分子に  $[\text{OH}^-]$  をかけ、水のイオン積  $K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-]$  と、式(3)より、 $K_h$  は  $K_w$ 、 $K_b$  を用いて式(9)で表すことができる。

$$K_h = (\text{ク}) \quad \dots\dots (9)$$

中和によって生じた塩化アンモニウム水溶液の濃度を  $C_2$  [mol/L] とすると、塩化アンモニウムの電離によって生じた  $\text{NH}_4^+$  の初濃度は  $C_2$  [mol/L] である。加水分解によって生じた  $\text{H}_3\text{O}^+$  の濃度を  $A$  [mol/L] とすると、平衡時の  $[\text{NH}_4^+]$  は  $(\text{ケ})$  [mol/L]、 $[\text{NH}_3]$  は  $A$  [mol/L] となる。ここで、 $A$  は  $C_2$  に対して十分小さいので、 $(\text{ケ}) \doteq C_2$  と近似できる。よってこれらを式(8)に代入すると、 $K_h$  は  $C_2$ 、 $A$  を用いて式(10)で表すことができる。

$$K_b = (\text{コ}) \dots\dots (10)$$

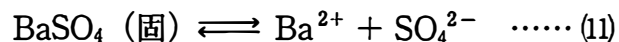
Aは $[\text{H}_3\text{O}^+]$ ，すなわち $[\text{H}^+]$ に等しいので，式(9)と式(10)より② $[\text{H}^+]$ を， $K_w$ ， $K_b$ ， $C_2$ より求めることができる。

問5 (カ) ~ (コ) にあてはまる式を答えよ。

問6 下線部②について， $[\text{H}^+]$ を $K_w$ ， $K_b$ ， $C_2$ で表した式を答えよ。

問7  $9.2 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ のアンモニア水溶液 200 mL に， $9.2 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ の塩酸 200 mL を加えて中和させた水溶液の pH を，有効数字 2 桁で求めよ。ここで水溶液の総量は，混合する前後で変化しないものとする。なお，解答には考え方や計算式も示せ。

【Ⅲ】 硫酸バリウムは難溶性の塩であるが，わずかに水に溶解する。この時，固体の硫酸バリウムと水溶液中の $\text{Ba}^{2+}$  および $\text{SO}_4^{2-}$ の間には次の平衡が成立している。



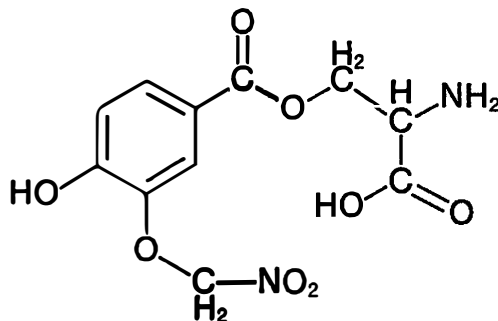
問8 硫酸バリウムの溶解度積が $9.0 \times 10^{-11} (\text{mol/L})^2$ である時，硫酸バリウム飽和水溶液の濃度を，有効数字 2 桁で求めよ。なお，解答には考え方や計算式も示せ。

問9 式(1)の平衡状態にある硫酸バリウム飽和水溶液がある。これに対して以下のa～dの操作を行った。平衡が右方向に移動する操作をすべて選び、記号で答えよ。なお、操作の前後で温度は変化しなかったものとする。

- a 固体の硫酸バリウムを加えた。
- b 水溶液に二酸化炭素を通じた。
- c 固体の硫酸ナトリウムを加え、溶かした。
- d 水溶液の体積と同じ体積の水を加えた。



4 次の(実験1)～(実験6)の文章を読み、問1～問5に答えよ。なお、構造式は下記の例を参考にして示せ。(25点)



構造式の記入例

(実験1) ベンゼンに濃硫酸と濃硝酸の混酸を約 60℃で反応させると、無色～淡黄色の液体である化合物 A を得た。

(実験2) 次に化合物 A をスズと濃塩酸を加えて加熱した後、水酸化ナトリウム水溶液を少しずつ加え、溶液が塩基性になるまで加えた。ジエチルエーテル(エーテル)を添加した後に十分混和し、エーテル層を回収しエーテルを蒸発させると、無色の化合物 B を得た。

(実験3) 化合物 B を 5℃以下に冷却しながら希塩酸に溶かし、亜硝酸ナトリウム水溶液を添加すると、黄色～黄褐色の水溶液中に化合物 C を得た。

(実験4) この化合物 C の水溶液を加熱すると気体を発生し、無色の化合物 D と塩化水素が生じた。

(実験5) 化合物 D をナトリウムと反応させた後、二酸化炭素とともに加圧・加熱し、さらに冷却してから希硫酸で処理すると、無色の化合物 E を得た。

(実験6) 化合物 E からは2種類のエステルが合成された。ひとつは濃硫酸を触媒として化合物 E と無水酢酸を反応させると生成する無色の化合物 F であり、もうひとつは濃硫酸を触媒として化合物 E とメタノールを反応させると生成する無色の化合物 G であった。

問1 (実験1) で起こる化学反応式を構造式を用いて書け。

問2 (実験4) において生成した化合物 D の水溶液が示す性質として適当なものを以下の中からすべて選び、a～f の記号で答えよ。

- a ヨウ素溶液と水酸化ナトリウム水溶液を加え、約 60℃ に加熱すると黄色沈殿が生成した。
- b ニンヒドリン溶液を滴下して温めると紫色を呈した。
- c プロモチモールブルー (BTB) 液を添加すると黄色を呈した。
- d フェーリング液を添加し加熱すると赤色沈殿が生成した。
- e 臭素水を添加すると白色沈殿が生成した。
- f さらし粉水溶液を添加すると、赤紫色を呈した。

問3 (実験4) の化合物 D を生成する反応において発生した気体が示す特徴を以下の中から選び、a～e の記号で答えよ。

- a 空気より軽く、水上置換法で回収でき、空気との混合気体に電気火花を飛ばすと爆発する。
- b 空気とほぼ同じ重さで、無色無臭であり、水に溶けにくく、常温・常圧で化学的に不活性である。
- c 空気より重く、刺激臭を持ち黄緑色であり、水と反応すると酸性を示す。
- d 空気よりやや重く、水上置換法で回収でき、火のついた線香を入れると激しく燃える。
- e 空気より重く、無色無臭であり、水に溶けると酸性を示し、不燃性である。

問4 (実験6) について次の問いに答えよ。

(1) 化合物 E から化合物 F と化合物 G を合成する化学反応式を、それぞれ構造式を用いて書け。

(2) 化合物 F と化合物 G を含む溶液をそれぞれ調製した。これらの判別に用いる試薬として最も適切なものを以下の a～e から選び、記号で答えよ。また、それを用いて判別できる理由を説明せよ。

- a 二クロム酸カリウム水溶液
- b アンモニア性硝酸銀水溶液
- c 塩化鉄(Ⅲ)水溶液
- d ネスラー試薬
- e 過マンガン酸カリウム水溶液

問5 化合物 A, B, D の混合エーテル溶液がある。これらの化合物を分離する方法について、以下の説明文中の (ア)～(エ) に入る最も適切な語句を以下の語群より選び、記号で答えよ。また、〔Ⅰ〕～〔Ⅲ〕に化合物 A, B, D のどれが当てはまるかを記号で答えよ。

まず混合溶液を（ア）に移し、水を加えた後で希塩酸を加え、よく混和し静置する。（イ）に水層を流し出し、エーテル層と分離する。水層に水酸化ナトリウム水溶液を加えると油状の〔Ⅰ〕が遊離してくる。

一方、（ア）に残ったエーテル層に水酸化ナトリウム水溶液を過剰に加えてよく混和する。次に水層を別の（イ）に流し出し、（ウ）を使って希塩酸を少しずつ加え、（エ）で水溶液が酸性になったことを確認すると〔Ⅱ〕が遊離して白濁してくる。（ア）に残ったエーテル層を新しい（イ）に回収し蒸発皿に移した後、エーテルを蒸発させると〔Ⅲ〕が残る。

語群：

- |   |                        |   |         |   |        |   |          |   |                      |
|---|------------------------|---|---------|---|--------|---|----------|---|----------------------|
| a | ブフナー <sup>ろうと</sup> 漏斗 | b | リトマス試験紙 | c | ろ紙     | d | リービッヒ冷却器 | e | 分液 <sup>ろうと</sup> 漏斗 |
| f | メスフラスコ                 | g | るつぼ     | h | 駒込ピペット | i | ビュレット    | j | ビーカー                 |

# 生 物

① 次の文章1, 文章2, 文章3を読み, 問1～問9に答えよ。 (20点)

[文章1] PCR法は特定の領域のDNAを試験管内で増幅させる方法である。米国の科学者(ア)博士によって開発された。その原理は以下のようなものである。

- 1, 鋳型となるDNAを含む溶液を(イ)℃に加熱すると, 塩基どうしの水素結合が切れて2本鎖DNAが1本鎖となる。
- 2, (ウ)℃に下げると, 1本鎖DNAに相補的な短いプライマーDNAが結合する。プライマーは新生鎖が伸長を開始する起点となる。
- 3, (エ)℃にしてDNAポリメラーゼを作用させると, それぞれの1本鎖のDNAが鋳型となり, A, T, G, Cのヌクレオチドを基質として2本鎖DNAが複製される。

1～3を繰り返す。

問1 「PCR」はP, C, Rで始まる英単語の略記(頭文字)である。この正式名称を英語(アルファベット)で答えよ。

問2 (ア)に最も適切な人名を下記から選択して入れよ。

ワトソン, マリス, エイブリー, ハーシー

問3 (イ)～(エ)に入る最も適切と考えられる数値を以下の中から選択し記入せよ。

180, 95, 72, 55, 20, 4, 0, -20

問4 1～3の反応を10回繰り返すと、DNAが理論上何倍に増幅されるか、整数で答えよ。また、その計算式を示せ。

[文章2] mRNAのコドンは表1に記したようにアミノ酸を指定している。コドンのうちAUGはメチオニンを指定するとともに、タンパク質合成の開始点を指定する開始コドンとして働く場合もある。またUAA, UAG, UGAはタンパク質合成の終了を示す終止コドンとして働く。mRNAのコドンがどのアミノ酸を指定するかは、(オ)らによって、試験管内で人工RNAをもとにしてタンパク質を翻訳することで明らかにされた。ウラシルが連続したRNA(UUUUUUUUUU…)を加えたところ、フェニルアラニンだけからなるペプチドが産生された。このことからUUUがフェニルアラニンのコドンになっていることが判明した。

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

表 1 遺伝暗号表：mRNA の連続した塩基 3 個の配列をコドンといい、このコドンが指定するアミノ酸は表に示す通りである

問 5 (オ) に最も適切な人名を下記から選択して入れよ。

ゴールドスタイン, オカザキ, ニーレンバーグ, ラトクリフ

問6 [文章2]と同様な実験を行ったと仮定する。グアニンが連続したRNA (GGGGGGGGG…)を加えると、どのようなアミノ酸からなるペプチドが産生されると考えられるか答えよ。なお、アミノ酸は表1に記載された名称で示すこと。

問7 [文章2]と同様な実験を行ったと仮定する。グアニン, グアニン, ウラシル (GGUGGUGGU…) (GGUの繰り返し)を加えると、3種類のアミノ酸からなるペプチドが産生された。これらのアミノ酸が何か全て答えよ。なお、アミノ酸は表1に記載された名称で示すこと。

[文章3] 図1は齧歯類(ラット)の遺伝子の配列の一部である。左側から右側に5'→3'方向に書かれている。四角で囲ったATGは開始コドンの位置を示す。また四角で囲ったTAGは終止コドンの位置を示す。塩基配列の下側には、翻訳されるアミノ酸を1文字表記(表2参照)している。数字は開始コドンのA(アデニン)を1と数えたときの塩基の順番を示したものである。途中の配列は省略して書かれている。なお、この遺伝子配列中にはイントロンは存在しないものとする。



AGCACCTCGAGCCCAGATTCCAAACTGCTCAGGTCCTGTGGACAGATCACTGAGTGGCG  
1 **ATG**GCTGCAGACTCTCAGACTCCCTGGCTCCTGACCTTCAGCCTGCTCTGCCTGCTGTGG  
M A A D S Q T P W L L T F S L L C L L W  
61 CCTCAAGAGGCTGGTGCTTTCCCTGCCATGCCCTTGTCCAGTCTGTTTGCCAATGCTGTG  
P Q E A G A F P A M P L S S L F A N A V  
～中略～  
541 CTCAAAAACCTATGGGCTGCTCTCCTGCTTCAAGAAGGACCTGCACAAGGCAGAGACCTAC  
L K N Y G L L S C F K K D L H K A E T Y  
601 CTGCGGGTCATGAAGTGTCGCCGCTTTGCGGAAAGCAGCTGTGCTTTCT**TAG**GCACACACT  
L R V M K C R R F A E S S C A F

図1 ラットのタンパク質をコードする遺伝子配列とアミノ酸配列

問8 開始コドンから終止コドンまでのDNAをPCR法によって増幅したい。PCR法にはプライマーを2本必要とする。1本目のプライマーの塩基配列は開始コドンを含むように5'-ATGGCTGCAGACTCTCAG-3'とした。もう1本のプライマーはどのような塩基配列が適切であるか、1本目のプライマーと同様にA, T, G, Cを用いて答えよ。なお、プライマーの長さは18塩基とする。

問9 開始コドン (ATG) の A から数えて 20 番目の塩基 C (シトシン, アンダーライン) が欠失したとする。その結果, 翻訳されるアミノ酸配列の変化が予想される。開始コドンの A (アデニン) から 36 塩基目 (欠失なかった場合の配列の 37 塩基目に相当) までにおいて翻訳されると考えられるポリペプチドのアミノ酸配列を答えよ。なお, アミノ酸は 1 文字表記 (表 2 参照) で示すこと。

アミノ酸	1 文字表記	3 文字表記
アラニン	A	Ala
システイン	C	Cys
アスパラギン酸	D	Asp
グルタミン酸	E	Glu
フェニルアラニン	F	Phe
グリシン	G	Gly
ヒスチジン	H	His
イソロイシン	I	Ile
リシン	K	Lys
ロイシン	L	Leu
メチオニン	M	Met
アスパラギン	N	Asn
プロリン	P	Pro
グルタミン	Q	Gln
アルギニン	R	Arg
セリン	S	Ser
トレオニン	T	Thr
バリン	V	Val
トリプトファン	W	Trp
チロシン	Y	Tyr

表 2 アミノ酸の 1 文字表記と 3 文字表記

2 次の文章を読み、問1～問3に答えよ。

(20点)

[文章] ①腎臓は、肝臓で合成された尿素やその他の老廃物を尿として排出するしくみをもっている。また、尿の量や尿中の塩類の量を変えることにより、体の水分量や体液の塩類濃度の調節にも寄与している。

腎臓には、大動脈から分かれた(ア)を通じて、②大量の血液が流れ込む。(ア)は腎臓に入ると細かく枝分かれし、毛細血管となって、糸玉状の(イ)となる。(イ)はボーマンのうに包まれており、この2つを合わせて(ウ)という。ボーマンのうから続く管を細尿管という。この細尿管が多数集まって集合管となり、腎うにつながる。(ウ)とこれに続く細尿管のまとまりは、(エ)と呼ばれる。

問1 (ア)～(エ)に適切な語句を入れよ。

問2 下線部①に関して、尿生成のしくみについて、次の5つの語句を全て用いて、140字以内で説明せよ。なお、句読点は1文字と数えるものとする。

再吸収、ろ過、タンパク質、原尿、グルコース

問3 下線部②に関して、血圧を調節する仕組みを説明した文章(a)～(d)について、正しいものに○、誤っているものに×を解答欄に記入せよ。

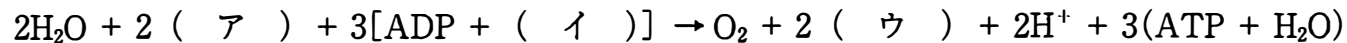
- (a) 血圧が下がると、副腎皮質からの鉱質コルチコイドの分泌が抑制される。
- (b) 鉱質コルチコイドは、腎臓でのナトリウムイオンと水の再吸収を増大させる。
- (c) 腎臓の集合管に作用して、水の再吸収を促進するホルモンを、バソプレシンという。
- (d) 血圧が上がると、腎臓におけるろ過量が低下する。

3 次の文章を読み、問1～問3に答えよ。

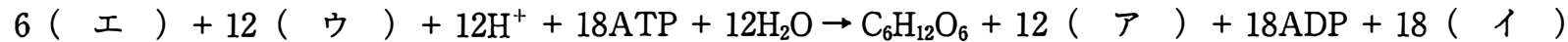
(20点)

[文章] 植物にとって、光は①光合成や②発芽に関わる重要な情報である。光合成が行われる葉緑体の内部には、扁平な膜構造の ( A ), ( A ) が重なった構造である ( B ), ( A ) や ( B ) の間を満たす ( C ) がある。光合成反応は、( A ) における光が直接関係する前半の反応と、( C ) における光が直接関係しない後半の反応の2段階に大きく分けられる。前半と後半の反応式は、それぞれ以下のように示される。

【前半の反応】



【後半の反応】



前半の反応では、 $\text{H}_2\text{O}$  から電子が引き抜かれて光化学系に伝達され、最終的に酸化型補酵素の ( ア ) に渡されて還元型の ( ウ ) が作られる。この電子伝達に伴って  $\text{H}^+$  が ( A ) 内腔に濃縮され、濃度勾配に従って外側に流れ出るエネルギーを利用して、ATP合成酵素がATP(アデノシン三リン酸)を産生する。後半の反応は、発見者の名前をとって ( オ ) 回路と呼ばれ、前半の反応で作られたATPと ( ウ ) を利用してグルコースを作る。この反応は、( カ ) という酵素が5個の炭素を持つC5化合物と ( エ ) からホスホグリセリン酸を2分子作ることから始まる。前半と後半をまとめた光合成の全体反応では、1分子のグルコースを合成するのに ( a ) 分子の ( エ ) が必要であり、副産物として ( b ) 分子の  $\text{O}_2$  が産生される。

問1 以下の設問(1)～(4)に答えよ。

(1) (A)～(C)に、葉緑体内の構造を示す適切な語句を入れよ。

(2) (ア)～(エ)に適切な物質名(略称、化学式でも可)を入れよ。

(3) (オ)と(カ)に適切な語句を入れよ。

(4) (a)と(b)に適切な数字を入れよ。

問2 下線部①について、以下の文章の下線部が正しければ○、誤っていれば×を解答欄に示せ。また、誤っている場合はその理由を解答欄に示せ。

(1) 光合成は植物だけが行う。

(2) 植物は光合成をするので、細胞呼吸は行わない。

(3) 前半の反応では、 $H_2O$ から引き抜かれた電子は光化学系Iから光化学系IIへと伝わる。

問3 下線部②について、以下の実験を行い、得られた結果について考察した。以下の設問(1)と(2)に答えよ。

[実験] 水を入れたシャーレにレタスの種子を入れ、異なる光条件下に一定期間置いて、発芽するかどうかを調べた。暗黒下に置いたものは発芽しなかった。赤色光を照射したものは発芽したが、遠赤色光を照射したものは発芽しなかった。一方、遠赤色光を同じ時間照射した後に、赤色光を照射すると、種子は発芽した。同じように、赤色光照射後に遠赤色光を照射すると、今度は発芽しなかった。

[考察] 実験結果から、赤色光は発芽を促進、遠赤色光は発芽を抑制することが分かった。また、交互に照射した場合は、最後に照射した波長が影響することが示された。この反応は、光受容体である（あ）が、波長によって可逆的に変換されることで起こることが分かっている。（あ）には Pr 型と Pfr 型があり、Pr 型は赤色光を吸収することで Pfr 型へ、Pfr 型は遠赤色光を吸収することで Pr 型へと変化する。

(1) （あ）に適切な語句を入れよ。

(2) 実験と考察を踏まえて、（あ）の Pr 型・Pfr 型と、発芽の促進・抑制の関係について言えることを、30 字以内で説明せよ。なお、句読点は 1 文字と数えるものとする。

4 次の文章を読み、問1～問5に答えよ。

(20点)

[文章] 呼吸基質は、真核生物の細胞内において代謝され、ATP（アデノシン三リン酸）の合成に利用される。グルコースは、（ A ）によりピルビン酸に代謝される過程で、ATPを嫌氣的に合成することができる。生成されたピルビン酸は、ミトコンドリアのマトリックスへと運ばれ、脱炭酸反応および補酵素の結合により（ ア ）に代謝された後、クエン酸回路で（ イ ）と結合してクエン酸へと代謝される。（ A ）およびクエン酸回路において、生成された電子が①電子受容体に受け渡され、②酸素を用いた（好氣的な）代謝に利用される。脂肪（トリアシルグリセロール）に含まれる脂肪酸は、（ B ）によって（ ア ）まで代謝された後は、グルコースと同じ代謝経路を介して代謝される。タンパク質は、（ C ）により有機酸と（ ウ ）に代謝された後、有機酸はクエン酸回路における呼吸基質として代謝される。（ ウ ）は肝臓のオルニチン回路で代謝され、尿の成分として体外に排出される。

問1 文中の（ A ）～（ C ）に適切な代謝過程の名称を入れよ。

問2 文中の（ ア ）～（ ウ ）に適切な語句を入れよ。

問3 下線部①の電子受容体の名称をカタカナで述べよ。



問4 電子がタンパク質複合体に受け渡された後の電子伝達系における酸化の過程について、下記の4つの語句を用いて180文字以内で説明せよ。なお、句読点は1文字と数えるものとする。

タンパク質複合体, マトリックス, 膜間腔, ATP合成酵素

問5 下線部②について、以下の設問(1)～(3)に答えよ。

(1) 呼吸で発生する $\text{CO}_2$ と消費された $\text{O}_2$ の体積の比( $\text{CO}_2/\text{O}_2$ )の名称を答えよ。

(2) グルコースおよび脂肪(トリステアリン)が代謝される際の、呼吸で発生する $\text{CO}_2$ と消費された $\text{O}_2$ の体積の比( $\text{CO}_2/\text{O}_2$ )を小数第1位まで求めよ(小数第2位以下は四捨五入すること)。

(3) 脂肪は1分子のグリセリンと3分子の脂肪酸で構成される。脂肪酸の分子種が、全てステアリン酸で構成される脂肪2分子を代謝する際の、好気呼吸の反応式を化学式を用いて示せ。

(グリセリンの化学式： $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$ 、ステアリン酸の化学式： $\text{C}_{18}\text{H}_{36}\text{O}_2$ )

5 次の文章を読み、問1～問4に答えよ。

(20点)

[文章] 日本列島では、各地で十分な降水量があるため、湿地、高山、砂浜など一部の場所を除けば、森林が成立する。したがって、各地には気温に応じた森林のバイオームが見られる。このバイオームの分布を決める気温条件は、積算気温を指標にするとうまく説明ができる。

植物の生育に必要な温度の下限を5℃と考え、1年間のうち月平均気温が5℃以上の各月について、月平均気温から5℃を引いた値を求め、それらを合計した値（積算した値）を暖かさの指数という。

表1は、日本の代表的なバイオームと暖かさの指数の関係を示したものである。

バイオーム	暖かさの指数
a	15～45
b	45～85
c	85～180
亜熱帯多雨林	180～240

表1 日本の代表的なバイオームと暖かさの指数の関係

問1 表1のa～cの記号に対応する日本の代表的なバイオームを答えよ。

問2 以下の設問 (1) と (2) について、それぞれ下の語群から樹種を1つ選び、答えよ。

- (1) 表1のバイオームbを代表する樹種は何か。
- (2) 表1のバイオームcを代表する樹種は何か。

語群：オオシラビソ、ブナ、ガジュマル、ハイマツ、アダン、スダジイ、ダケカンバ、トドマツ

問3 以下の設問 (1) と (2) に答えよ。

- (1) 日本国内のある都市 (A市) の観測地点における月別平均気温を表2に示した。この値を元に、A市の暖かさの指数を求めよ。小数第1位を四捨五入し、整数で答えよ。
- (2) A市の暖かさの指数に基づいて、A市のバイオームを答えよ。ただし、a～cの記号は用いないこと。

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
月平均気温 (℃)	4.6	5.1	8.4	14.2	19.0	23.0	26.8	28.2	24.1	17.8	12.1	7.0

表2 A市の月別平均気温 (気象庁の気象平年値 (1981-2010) より作成)

問4 以下の設問 (1) ～ (3) に答えよ。

- (1) 図1はA市の植生を示した地図 (植生図) の一部である。この植生図において、問3で答えたバイオームを特徴づける生活形をもった植生はどれか。凡例中の植生番号で答えよ。

(2) 次の文章の ( ア ) と ( イ ) に入る適切な語句を答えよ。

日当たりのよい光の強いところでよく生育する樹木を ( ア ) といい、比較的光の弱いところでも生育できる樹木を ( イ ) という。

(3) 図1のうち、1「市街地」および5「スギ・ヒノキ植林」を除いた各植生を、遷移段階の早い方から順に並べよ。ただし、凡例中の植生番号を用いること。

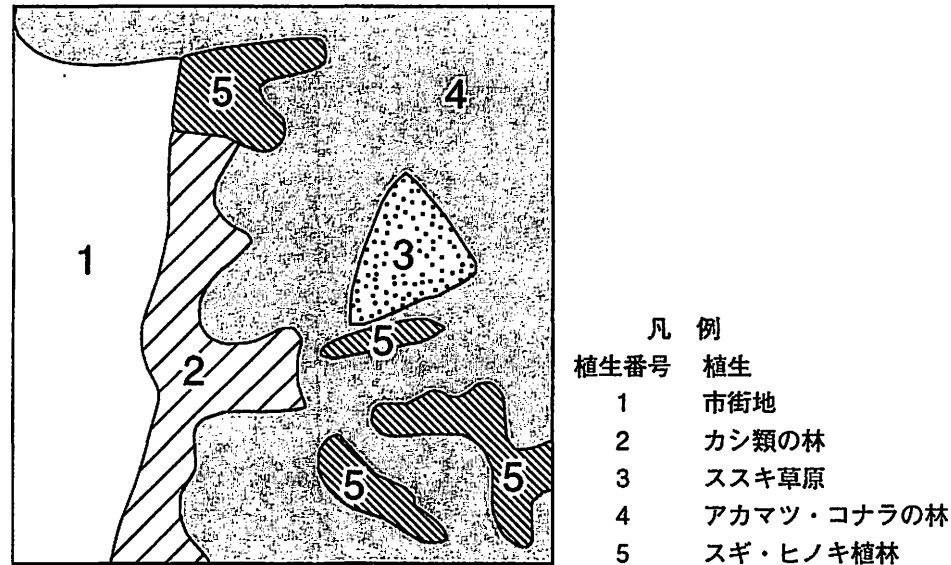


図1 A市の植生図の一部（環境省植生図より作成）