

令和 6 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、この冊子を開けてはいけない。
- 3 この冊子の問題は余白を入れて 42 ページからなっている。
- 4 この冊子に落丁・乱丁、印刷不鮮明な箇所があれば、手をあげて申し出ること。
- 5 生命化学科、農学生命科学科、栄養科学科、和食文化科学科（前期 B）、理工情報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。
- 6 1 科目の配点は 100 点である。ただし、生命化学科、栄養科学科、和食文化科学科（前期 B）、理工情報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。
- 7 選択した科目の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 2 枚、化学 4 枚、生物は 3 枚に分かれている。受験番号・氏名が記載されていない答案は無効となる場合がある。
- 8 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。
- 9 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。
- 10 試験時間中の退室は認めない。
- 11 選択した科目の解答用紙は解答記入の有無にかかわらず持ち帰ってはいけない。
- 12 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。

# 物理

- 1 図1のような水平な台の上に、C点を支点として平板がなめらかに回転できる装置が置かれている。平板右端のB点には糸がつながれている。C点からB点の距離は $\frac{1}{3}l$ である。平板左側のA点に質量mの小物体が静止した状態で置かれている。C点からA点の距離は $\frac{2}{3}l$ である。重力加速度の大きさをgとして以下の問いに答えよ。ただし、平板の厚さと質量、空気抵抗、小物体の大きさ、糸の質量は無視できるものとする。 (25点)

B点につながれた糸に鉛直下向き方向の力Fを加え、図1のように平板を水平面に対して傾きの角度 $\theta_1$ で静止させた。このとき小物体はA点で静止した状態であった。

- (1) 力Fをl, m, g,  $\theta_1$ のうち必要なものを用いて表せ。
- (2) 小物体と平板の間に働く摩擦力の大きさ $F_1$ をl, m, g,  $\theta_1$ のうち必要なものを用いて表せ。

さらに、B点につながれた糸をゆっくり鉛直下向き方向に引いたところ、平板の傾きの角度が $\theta_2$ をこえたとき、A点に置かれた小物体は平板の上を滑り始めた。

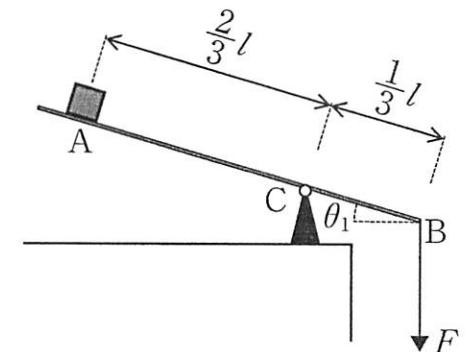


図1

- (3) 小物体と平板の間の静止摩擦係数μをl, m, g,  $\theta_2$ のうち必要なものを用いて表せ。

平板から小物体を取り除き、平板の傾きの角度を  $\theta$  ( $\theta_2 < \theta < \frac{\pi}{2}$ ) に固定した。再び同じ小物体を平板上の P 点に静かに置くと、小物体は図 2 のように平板上を滑り始めた。小物体と平板の間の動摩擦係数を  $\mu'$ 、B 点と P 点の距離を  $s$  ( $0 < s < l$ ) として以下の問いに答えよ。

- (4) 小物体が平板を滑って移動するときの小物体の加速度の大きさ  $\alpha$  を  $m, g, \theta, \mu', s$  のうち必要なものを用いて表せ。
- (5) 小物体が B 点に到達した瞬間の速度の大きさ  $v$ 、その速度の水平成分の大きさ  $v_x$ 、鉛直成分の大きさ  $v_y$  を、それぞれ  $m, g, \theta, \mu', s$  のうち必要なものを用いて表せ。

平板上を滑りおりた小物体は B 点から空中に飛び出し、水平な床上の E 点に落下した。床から B 点までの高さは  $h$  で、B 点から床に下した垂線と床との交点を D 点とする。

- (6) 小物体が B 点を離れてから E 点に到達するまでの時間  $t$  を  $g, v_x, v_y, h$  のうち必要なものを用いて表せ。
- (7) DE 間の距離  $d$  を  $g, v_x, v_y, h$  のうち必要なものを用いて表せ。

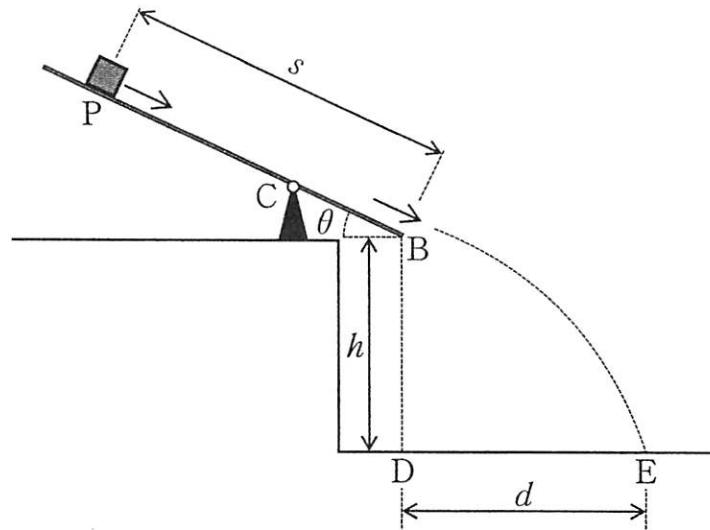


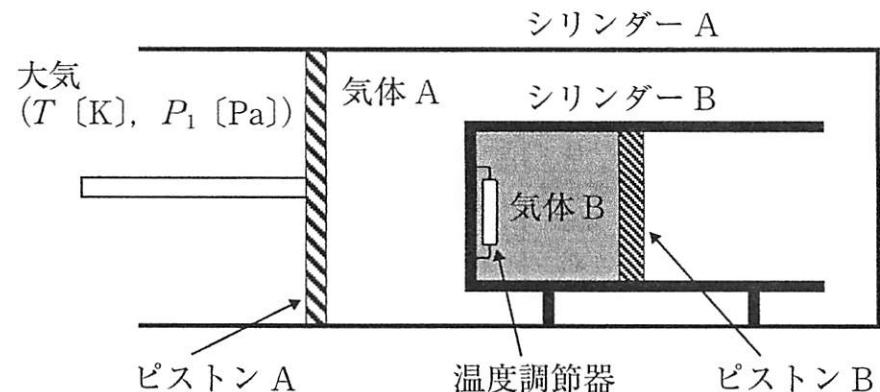
図 2

(余白)

- 2 図のように、ピストン A をもつ大きなシリンダー A の中にピストン B をもつ小さなシリンダー B が水平に固定されている。2つのピストンはなめらかに移動できる。シリンダー A と B には単原子分子の理想気体が封入されており、それぞれを気体 A と気体 B とよぶ。気体 A は、シリンダー A とピストン A が熱をよく通すため、大気の温度  $T$  [K] と等しく保たれている。シリンダー B とピストン B は断熱材でできており、気体 B は温度調節器を使って加熱も冷却もできる。気体 A の物質量は  $n_A$  [mol] である。初め、気体 A の圧力は  $P_1$  [Pa]、体積は  $V_A$  [ $\text{m}^3$ ]、温度は  $T$  [K] で、気体 B の圧力は  $P_1$  [Pa]、体積は  $V_B$  [ $\text{m}^3$ ]、温度は  $T$  [K] である。この状態を状態 1 とする。なお、大気の温度  $T$  [K] と圧力  $P_1$  [Pa] は常に一定とする。

次に、ピストン A を固定して状態 1 から気体 B をゆっくり加熱したところ、ピストン B が右にゆっくり移動し、気体 A の体積は  $\frac{4}{5}V_A$  [ $\text{m}^3$ ] となった。このときの気体 B の温度は  $T_1$  [K] であった。この状態を状態 2 とする。以下の問い合わせに適切な数式または数値を入れよ。ただし、シリンダー・ピストンの厚み、温度調節器の大きさはいずれも無視できるものとする。

(25 点)



- (1) シリンダー B に満たされている気体 B の物質量は [ア] [mol] である。用いてよい文字は  $n_A$ ,  $V_A$ ,  $V_B$ ,  $T$  である。
- (2) 状態 2 の気体 B の圧力は [イ]  $\times P_1$  [Pa], 気体 B の温度  $T_1$  は [ウ]  $\times T$  [K] である。用いてよい文字は  $n_A$ ,  $V_A$ ,  $V_B$  である。
- (3) 状態 1 から状態 2 への変化の過程で生じた気体 B の内部エネルギー変化は [エ] [J] である。用いてよい文字は  $n_A$ ,  $P_1$ ,  $V_A$ ,  $V_B$ ,  $T$  である。

気体の状態とピストンの位置を全て状態1にもどす。今度は、ピストンAを自由に移動できるようにして、状態1から気体Bをゆっくり加熱したところ、ピストンBが右に、ピストンAが左にそれぞれ移動した。このときの気体Bの体積は $\frac{4}{3}V_B$  [m<sup>3</sup>]、温度は $T_2$  [K]であった。この状態を状態3とする。さらに、気体Bの温度を $T_2$  [K]に保つように調節しながら、状態3からピストンAに力を加えてゆっくり右に移動させたところ、ピストンBも移動し、気体Aの体積は $\frac{3}{4}V_A$  [m<sup>3</sup>]となった。この状態を状態4とする。

- (4) 状態3の気体Bの温度 $T_2$ は  オ  $\times T$  [K] である。用いてよい文字は  $n_A$ ,  $V_A$ ,  $V_B$  である。
- (5) 状態1から状態3の過程で気体Bに加えた熱量は  力 [J] である。用いてよい文字は  $n_A$ ,  $P_1$ ,  $V_A$ ,  $V_B$  である。
- (6) 状態4の気体Aの圧力は  キ  $\times P_1$  [Pa] で、気体Bの体積は  ク  $\times V_B$  [m<sup>3</sup>] である。用いてよい文字は  $n_A$ ,  $P_1$ ,  $V_A$ ,  $V_B$ ,  $T$  である。

3 図1のように、なめらかな水平面上で  $X$  軸上の原点  $O$  に観測者  $P$  が静止しており、 $X$  軸上の負の位置に振動数  $f_1$  の音波を発生し続ける質量  $m$  の小球 A が、また正の位置に振動数  $f_2$  の音波を発生し続ける音源 B がある。音速を  $V$  として以下の問いに答えよ。ただし小球 A は常に  $X$  軸の負の領域にあり、運動する場合の速さは音速よりも十分小さい。風は吹いておらず、 $f_1 < f_2$  であり、空気抵抗は無視できるものとする。 (25 点)

- (1) 小球 A、音源 B がともに静止しているとき、観測者 P には単位時間あたり  $n$  回のうなりが聞こえた。音源 B から発生する音波の振動数  $f_2$  を  $f_1, m, V, n$  のうち必要なものを用いて表せ。
- (2) 小球 A が  $X$  軸上を正の向きに速さ  $v$  で運動したときに、小球 A から発生した音波を観測者 P が受けるときの振動数  $f_3$  を  $f_1, m, V, v$  のうち必要なものを用いて表せ。
- (3) 小球 A が  $X$  軸上を正の向きに速さ  $v_1$  で運動したときに、うなりが消えた。このときの小球 A の速さ  $v_1$  を  $f_1, f_2, m, V$  のうち必要なものを用いて表せ。

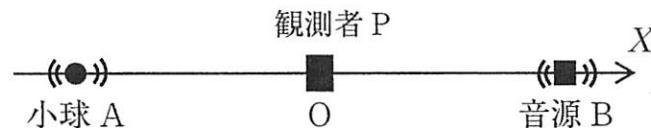


図1

次に、小球 A を再び静止させた後、図 2 のように X 軸上の負の方向から質量  $M$  の小球 C が速さ  $v_2$  で正の向きに運動し、小球 A に衝突した。この衝突の反発係数は  $e$  である。衝突直後、小球 A は X 軸上を正の向きに速さ  $v_3$  で運動した。

- (4) 衝突直後的小球 A の速さ  $v_3$  を  $M$ ,  $m$ ,  $V$ ,  $v_2$ ,  $e$  のうち必要なものを用いて表せ。
- (5) 衝突前後で観測者 P が単位時間に聞くうなりの回数が  $n$  から  $n'$  に変化した。 $n'$  を  $f_1$ ,  $f_2$ ,  $M$ ,  $m$ ,  $V$ ,  $v_2$ ,  $e$  のうち必要なものを用いて表せ。

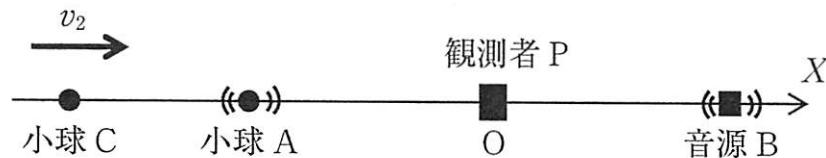
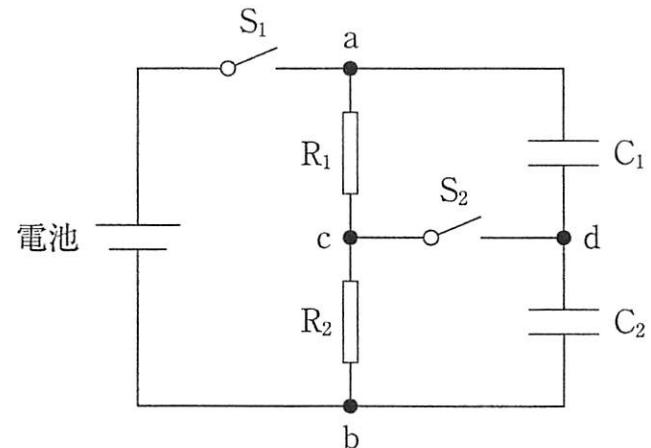


図 2

- 4 図のように、起電力  $E$  [V] の電池、抵抗値がそれぞれ  $R$  [ $\Omega$ ]、 $3R$  [ $\Omega$ ] の 2つの抵抗  $R_1$ 、 $R_2$ 、電気容量がそれぞれ  $C$  [F]、 $3C$  [F] のコンデンサー  $C_1$ 、 $C_2$ 、およびスイッチ  $S_1$ 、 $S_2$  からなる電気回路がある。最初、スイッチ  $S_1$ 、 $S_2$  はすべて開いており、コンデンサー  $C_1$ 、 $C_2$  に電荷は蓄えられていない。 $E$ 、 $R$ 、 $C$  のうち、必要な記号を用いて以下の問いに答えよ。ただし、抵抗以外の電気抵抗、電池の内部抵抗は無視できるものとする。また、電位は図の点 b を基準とする。

(25 点)



まず、スイッチ  $S_2$  を開いたままスイッチ  $S_1$  を閉じる。十分に長い時間が経過したとき、点 d を流れる電流は 0 [A] になった。

- (1) スイッチ  $S_1$  を閉じて十分に長い時間が経過したときの、点 d の電位  $V_d$  [V] を求めよ。
- (2) スイッチ  $S_1$  を閉じて十分に長い時間が経過したときの、抵抗  $R_1$  を流れる電流の大きさ  $I$  [A] を求めよ。

次に、スイッチ  $S_1$  を閉じたまま、スイッチ  $S_2$  を閉じ、十分に長い時間が経過したとき、回路を流れる電流は一定になった。

- (3) スイッチ  $S_2$  を閉じて十分に長い時間が経過したときの、点 d の電位  $V'_d$  [V] を求めよ。
- (4) スイッチ  $S_2$  を閉じてから、十分に長い時間が経過するまでに、スイッチ  $S_2$  を通って点 c から点 d に向かって移動した電荷の電気量  $Q$  [C] を求めよ。

その後、スイッチ  $S_2$  を開き、続いてスイッチ  $S_1$  を開いた。十分に長い時間が経過したときに、回路を流れる電流は 0 [A] となつた。

- (5) スイッチ  $S_1$  を開いてから、十分に長い時間が経過するまでに抵抗  $R_1, R_2$  を通って点 a から点 b に向かって移動した電荷の電気量  $Q' [C]$  を求めよ。
- (6) スイッチ  $S_1$  を開いてから、十分に長い時間が経過するまでに抵抗  $R_2$  において発生するジュール熱  $W [J]$  を求めよ。

# 化 学

必要があれば、次の数値を用いよ。

原子量 H 1.0, C 12, N 14, O 16, Na 23,  
S 32, Cl 35.5, Ca 40, Ba 137

- 1 次の【I】、【II】の文章を読み、問1～問6に答えよ。

(22点)

【I】 塩酸と硫酸の混合水溶液(X液)に含まれる塩酸のモル濃度[mol/L]を調べたい。まず、10.0mLの水が入ったコニカルビーカーに、器具Aを用いてX液5.00mLをはかり入れ混和した。そこへ指示薬としてフェノールフタレン水溶液を少量加えたのち、器具Bに入れた0.100mol/Lの水酸化ナトリウム水溶液を少しづつ滴下したところ、中和点までに18.0mLを要した。次に、X液を別のコニカルビーカーに20.0mLはかり入れ、①水酸化バリウム水溶液を過剰量加えると0.373gの沈殿が生じた。ただし、塩酸と硫酸は完全に電離しているものとする。

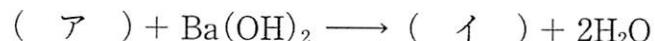
問1 器具Aおよび器具Bとして、最も適切なガラス器具を次の(a)～(g)から選び、記号で答えよ。

- |           |             |             |              |
|-----------|-------------|-------------|--------------|
| (a) 試験管   | (b) メスシリンダー | (c) メスフラスコ  | (d) こまごめピペット |
| (e) ビュレット | (f) シャーレ    | (g) ホールピペット |              |

問2 X液の水素イオン濃度[mol/L]を求め、有効数字3桁で答えよ。なお、解答には考え方や計算式も示せ。

問3 下線部①について、次の(1)および(2)に答えよ。

(1) この操作により起こる反応は次の反応式で表すことができる。(ア), (イ)に入る化学式を示せ。



(2) この反応により生じた沈殿の色として最も適切な色を次の(a)～(e)から選び、記号で答えよ。

- (a) 黄緑色 (b) 赤色 (c) 黄色 (d) 赤紫色 (e) 白色

問4 X液に含まれる塩酸のモル濃度[mol/L]を求め、有効数字3桁で答えよ。なお、解答には考え方や計算式も示せ。

【II】市販のオキシドール（過酸化水素水）を消毒用に希釈した水溶液(Y液)に含まれる過酸化水素の質量パーセント濃度[%]を調べたい。まず、この②Y液 10.0 mLをコニカルビーカーにはかり入れ、希硫酸を加えて酸性にしたのち、過剰量のヨウ化カリウムを入れ反応させた。このとき、コニカルビーカー内の過酸化水素は(ウ)剤としてはたらき、③反応液の色が変化した。次に、④この反応液に 0.500 mol/L のチオ硫酸ナトリウム  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  水溶液を少量滴下したところ、コニカルビーカー内の液体の色は薄くなった。このとき、チオ硫酸イオンからテトラチオン酸イオン  $\text{S}_4\text{O}_6^{2-}$  が生成されている。ここに指示薬として(エ)水溶液を加えるとコニカルビーカー内の液体は青紫色になった。さらにチオ硫酸ナトリウム水溶液を滴下し続けたところ、全部で 15.0 mL 加えたところでコニカルビーカー内の液体は無色になり終点に達した。

問5 ( ウ ), ( エ ) として最も適切な語句を答えよ。

問6 次の(1)～(4)に答えよ。

- (1) 下線部②における過酸化水素の反応について,  $e^-$  を消去したイオン反応式を示せ。
- (2) 下線部③において変化後の色として最も適切な色を次の(a)～(e)から選び, 記号で答えよ。  
(a) 赤色 (b) 褐色 (c) 青紫色 (d) 緑色 (e) 無色
- (3) 下線部④におけるチオ硫酸イオンの反応について,  $e^-$  を消去したイオン反応式を示せ。
- (4) Y液に含まれる過酸化水素の質量パーセント濃度[%]を求め, 有効数字3桁で答えよ。

ただし, Y液の密度は1.00 g/mLとする。なお, 解答には考え方や計算式も示せ。

(余白)

2 次の文章を読み、問1～問9に答えよ。

(24点)

図1は、純溶媒と不揮発性物質を純溶媒に溶解した溶液とを、徐々に冷却した場合の温度変化を示している。図のように、溶媒に不揮発性物質を溶かすと、溶媒の凝固点にくらべ、溶液の凝固点が低くなる。この現象を（ア）という。ここで、純溶媒と溶液の凝固点の差 $\Delta t$ [K]を（ア）度といい、（ア）度は、溶液中の（イ）の種類に依らず、（イ）粒子の物質量[mol]に比例する。

不揮発性の非電解質を溶かした希薄溶液の（ア）度 $\Delta t$ [K]は、①質量モル濃度 $m$ [mol/kg]に比例し、比例定数 $K_f$ を用いて次式のようく表すことができる。

$$\Delta t = (a) \quad (\text{式1})$$

この比例定数 $K_f$ は、質量モル濃度1 mol/kgの溶液の（ア）度に相当し、（ウ）という。

また、モル質量 $M$ [g/mol]の非電解質 $x$ [g]を $W$ [g]の溶媒に溶かした溶液の（ア）度は、式1より、次式のようく表すことができる。

$$\Delta t = (b) \quad (\text{式2})$$

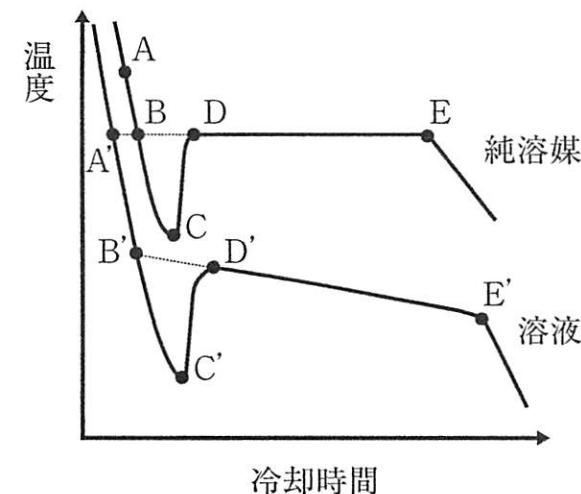


図1

問1 (ア)～(ウ)として最も適切な用語をそれぞれ答えよ。

問2 (a)と(b)として適切な式を答えよ。

問3 下線部①について、式1において、 $\Delta t$ がモル濃度[mol/L]に比例しない理由を20字以内で答えよ。なお、句読点は1文字と数えるものとする。

問4 図1において、純溶媒のBC間の状態を何と呼ぶか答えよ。

問5 図1において、純溶媒の温度がCからDに上昇する理由を20字以内で答えよ。なお、句読点は1文字と数えるものとする。

問6 図1において、溶液の凝固点は、A', B', C', D', E'のうち、どの点が答えよ。

問7 図1において、溶液のD'E'間が右下がりになる理由を35字以内で答えよ。なお、句読点は1文字と数えるものとする。

問8 次に示す4種類の水溶液 (a) ~ (d) のうち,  $\Delta t$  が最も大きいものを選び, 記号で答えよ。

- (a) 50 g のスクロースを 1L の水に溶かした水溶液
- (b) 25 g のグルコースと 25 g のスクロースを 1L の水に溶かした水溶液
- (c) 25 g のフルクトースと 25 g のスクロースを 1L の水に溶かした水溶液
- (d) 25 g のグルコースと 25 g のフルクトースを 1L の水に溶かした水溶液

問9 次の(1)および(2)に答えよ。なお、解答には考え方や計算式も示し、有効数字3桁で答えよ。ただし、水の  $K_f$  は 1.85 K·kg/mol、塩化カルシウムの電離度は 1 とする。0°Cにおける絶対温度は 273 K とする。

- (1) 水 1.00 kg に 294 g の塩化カルシウム二水和物  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  を溶解させた。このとき、水溶液中の水の質量は何 kg か。
- (2) 大気圧下における(1)の水溶液の凝固点 [°C] を答えよ。

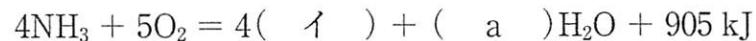
(余白)

3 次の文章を読み、問1～問4に答えよ。

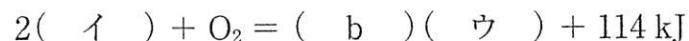
(27点)

硝酸は工業的にはオストワルト法によって作られる。この方法は次のように行われる。

- ① アンモニアと空気を混合し、800°Cで(ア)を触媒として(イ)にする。熱化学方程式で表すと次のようになる。



- ② (イ)を冷却後、さらに酸化して(ウ)とする。熱化学方程式で表すと次のようになる。



- ③ (ウ)を水に溶かして硝酸とする。熱化学方程式で表すと次のようになる。



また、③では同時に(イ)も生成する。この(イ)は、②、③の反応を繰り返して全て硝酸に変える。

問1 (ア)～(ウ)にあてはまる化学式を示せ。また、(a)～(c)にあてはまる係数を答えよ。

問2 アンモニアから硝酸ができるまでのオストワルト法の反応を1つの熱化学方程式で表すと次のようになる。



ここで触媒は示さないこととする。(d)にあてはまる係数を答えよ。また、(エ)にあてはまる反応熱を有効数字3桁で答えよ。なお、解答には考え方や計算式も示せ。

問3 硝酸の合成に用いられるアンモニアについて次の（1）および（2）に答えよ。

- (1) アンモニアは工業的には何と呼ばれる方法でつくられるか、答えよ。また、この方法ではどのような反応が起こっているか、反応式を示せ。
- (2) アンモニアと塩化アンモニウムの混合水溶液に少量の酸または塩基を加えたときに起こる反応を表すイオン反応式を示せ。

問4 オストワルト法の工程で生成する（イ）は窒素分子と酸素分子からも非常に高温状態で微量ではあるが生成する。この反応に関して、次の（1）～（4）に答えよ。

- (1) ある温度で十分な時間が経つと反応は平衡状態に達した。この反応の化学反応式を示せ。なお、右辺には（イ）を記せ。
- (2) この反応の平衡定数は温度と共に大きくなる。この反応は発熱反応か、吸熱反応か答えよ。
- (3) ある温度で密閉反応容器中に窒素と酸素をそれぞれ  $0.800\text{ mol}$  および  $0.200\text{ mol}$  ずつ入れて十分な時間反応させたところ平衡状態に達し  $4.00 \times 10^{-3}\text{ mol}$  の（イ）が生成した。濃度平衡定数を有効数字2桁で求めよ。ただし、平衡状態における（イ）の物質量は非常に小さく、窒素分子と酸素分子の物質量は平衡状態において反応開始時と変わらないとみなしてよい。なお、解答には考え方や計算式も示せ。

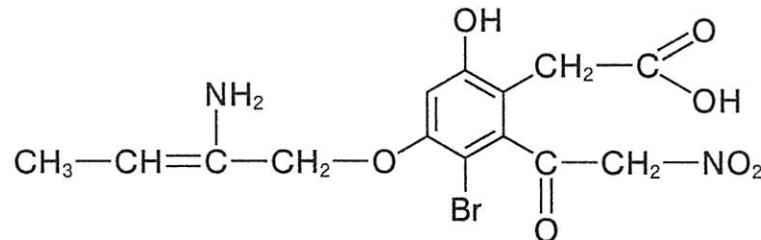
(4) ある温度で平衡状態にあるとき、次のように反応条件を変化させると、平衡定数はどのように変化するかを<大きくなる・小さくなる・変化しない>から選び、○で囲め。また、(イ)の物質量はどのように変化するかを<増加する・減少する・変化しない>から選び、○で囲め。なお、密閉容器の容積は一定で変化しない。

- a. 温度一定の下で密閉容器中に窒素分子の量を増やした。
- b. 温度一定の下で密閉容器中にアルゴンガスを加えた。
- c. 温度・圧力一定で密閉容器中に触媒を加えた。

(余白)

- 4 次の文章を読み、問1～問8に答えよ。なお、構造式は下記の例を参考にして示せ。

(27点)



構造式の記入例

石油に含まれている成分を原料として様々な有機化合物が工業的に合成されている。地下から採掘されたままの石油である原油を（ア）することでいくつかの成分に分けられるが、ベンゼンはそのうちの1つのナフサに含まれる。ベンゼンから合成される化合物の1つに化合物Aがある。現在、化合物Aは工業的には主に（イ）法と呼ばれる方法で合成される。この方法では、まずベンゼンと化合物Bから触媒を用いて（イ）をつくる。化合物Bは組成式 $C_3H_6$ で表される化合物であり、これを臭素水に通じると臭素の（ウ）反応が起こり臭素の色が消え化合物Cが生成する。ベンゼンと化合物Bの反応で生成した（イ）を空气中で酸化すると（イ）ヒドロペルオキシドが生成する。これを硫酸で処理すると、化合物Aと化合物Dが生成する。

一方、化合物Aは以下の方法でも合成できる。ベンゼンを濃硫酸と共に加熱すると、ベンゼンの水素原子が置換されて化合物Eが生成する。このような置換反応を（エ）化という。化合物Eを水酸化ナトリウムで中和した塩を、水酸化ナトリウムの固体と混合して融解（アルカリ融解）すると、化合物Fが生成する。また、鉄粉を触媒としてベンゼンに塩素を作用させると化合物Gが生成するが、この化合物Gを高温、高圧下で水酸化ナトリウムと反応させても化合物Fが生じる。①化合物Fの水溶液に $CO_2$ を吹き込むと、化合物Aが生成する。

化合物 A と化合物 H を（ウ）縮合重合させるとベークライトと呼ばれる<sub>②</sub>熱硬化性樹脂が合成できる。この 2 種の化合物を（オ）触媒で（ウ）縮合重合させると<sub>③</sub>ノボラックと呼ばれる中間生成物が生じ、これに硬化剤を加えて加熱すると三次元網目構造を持つ樹脂になる。また、（カ）触媒を用いて（ウ）縮合重合させると（キ）と呼ばれる中間生成物が生じ、これは加熱するだけで硬化し、樹脂となる。

問 1 （ア）～（キ）として最も適切な語句を答えよ。

問 2 化合物 A ～化合物 E の構造式を示せ。また、この中に光学異性体を持つものが 1 つある。その化合物の不斉炭素原子を○で囲め。

問 3 化合物 D にヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱すると特有の臭気を持つ沈殿が生じた。この反応について次の（1）および（2）に答えよ。

（1）生成した沈殿の色として最も適切な色を次の（a）～（f）から選び、記号で答えよ。

- （a）赤色      （b）白色      （c）黄色      （d）赤褐色      （e）紫色      （f）青色

（2）酸を触媒として化合物 B に水を反応させて生じた化合物 I に、同じようにヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱したところ、同様の沈殿が生じた。化合物 I の構造式を示せ。

問 4 化合物 G をニトロ化したところ、主にニトロ基が 1 つ結合した化合物が 2 種類生成した。この 2 種類の化合物の構造式を示せ。

問 5 下線部①について、この反応の化学反応式を、化合物 A および化合物 F の構造式を用いて示せ。

問 6 化合物 H の水溶液は中性である。しかし、この水溶液を長く保存すると酸性になることがある。このときに生成する酸性を示す化合物を化合物 J とする。次の (1) および (2) に答えよ。

(1) 化合物 J の名称を答えよ。

(2) 化合物 H または化合物 J を適切な塩基性条件にしたアンモニア性硝酸銀水溶液に加えて穩やかに加熱した場合、それぞれ銀鏡反応は起こるか。起こる場合は○で、起こらない場合は×で答えよ。

問 7 下線部②について、熱硬化性樹脂にあてはまるものを次の (a) ~ (e) から 2つ選び、記号で答えよ。

- (a) アルキド樹脂      (b) ポリエチレン      (c) ポリスチレン  
(d) メタクリル樹脂      (e) メラミン樹脂

問 8 下線部③について、3分子の化合物 A が反応して生成するノボラックの構造式を示せ。

(余 白)

# 生物

- 1 次の文章 1～文章 3 を読み、問 1～問 8 に答えよ。 (20 点)

[文章 1] 真核細胞の中には、細胞質基質とさまざまな構造をもつ細胞小器官がみられる。植物細胞の細胞小器官を調べるために、細胞分画法と呼ばれる方法を用いて細胞小器官を大きさや重さの違いによって分離した。まず、調べたい植物の葉の組織片を等張な液とともに①氷上で冷やしながら破碎し、細胞破碎液を得た。この破碎液を  $500\text{ g} \sim 1,000\text{ g}$  で 10 分間遠心分離し、上澄みと沈殿物 A に分けた。なお、 $g$  は重力の大きさを基準にした力の大きさを示す。次に、この上澄みを  $3,000\text{ g}$  で 10 分間遠心分離し、上澄みと沈殿物 B に分けた。さらに、この上澄みを  $8,000\text{ g} \sim 10,000\text{ g}$  で 20 分間遠心分離し、上澄みと沈殿物 C に分けた。最後に、この上澄みを 10 万  $g$  で 1 時間遠心分離し、上澄みと沈殿物 D に分けた。そして、沈殿物 A～沈殿物 D を実験に用いた。

問 1 ある沈殿物を光学顕微鏡で観察すると、粒状または糸状の構造物がみられた。電子顕微鏡での観察では、構造物は二重の生体膜でできており、内膜は内側に突き出して、クリステと呼ばれるひだを形成していることが確認できた。この沈殿物は、沈殿物 A～沈殿物 D のどれであるか答えよ。

問 2 全ての沈殿物を、DNA に結合していると蛍光を発する色素で染色した。蛍光顕微鏡でこれらの沈殿物を観察すると、蛍光を発する細胞小器官が見られる沈殿物があった。この色素由来の蛍光を発する細胞小器官を含む沈殿物を解答欄に示した沈殿

物 A ～ 沈殿物 D の中から全て選び、 ○で囲め。

問 3 下線部①に示すように、細胞分画法を行う時に低温の条件下で細胞を破碎する理由を 40 字以内で答えよ。

[文章 2] 細胞内で合成されたタンパク質は、合成された段階で輸送先が決まっている。タンパク質がそれぞれ異なる輸送先に運ばれるのは、各タンパク質に輸送先を指示する固有のアミノ酸配列があり、この配列が輸送先の細胞小器官で認識されるからである。細胞内のタンパク質の存在する場所を調べるために、緑色蛍光タンパク質 GFP を用いる方法がある。GFP の遺伝子を調べたいタンパク質の遺伝子につないだ組換え GFP の遺伝子を細胞に導入すると、組換え GFP は細胞内で合成される。その細胞に紫外線を照射し、組換え GFP の蛍光を観察することにより、生きている細胞や生体組織での調べたいタンパク質の存在する場所を知ることができる。

遺伝子を細胞へ導入する方法は、導入される生物により使い分けられている。たとえば、動物細胞ではウイルスを用いる方法がよく用いられている。一方、植物細胞では、植物細胞の染色体 DNA に遺伝子を導入する性質をもつ（ア）を用いる方法や②導入したい遺伝子を組み込んだプラスミドを金属粒子に付着させ、高压ガスなどを利用して、その粒子を植物体に打ち込む（イ）法が広く利用されている。

大腸菌へ遺伝子を導入する場合には、塩化カルシウムで処理した細胞に熱を加えてプラスミドを取り込ませる（ウ）法が用いられている。糖尿病の治療に使われるインスリンの多くは、ヒトのインスリン遺伝子を大腸菌などに導入してつくられている。しかし、③大腸菌では遺伝子を導入しても糖が付加されたタンパク質を合成することができず、糖鎖がタンパク質の活性や安定性に関与しているタンパク質の生産には利用できない。

問4 (ア)～(ウ)に入る最も適切な名称を答えよ。

問5 下線部②に示す方法を用いるのはどのような場合であるか、40字以内で答えよ。

問6 下線部③について、次の(1)と(2)に答えよ。

(1) 大腸菌では糖が付加されたタンパク質を合成できない理由を50字程度で答えよ。

(2) 糖が付加されたタンパク質を合成させる目的で用いられる単細胞生物を1つ答えよ。

[文章3] ある細胞内のタンパク質Eとタンパク質Fの輸送先を調べる目的で、図1に示すように、タンパク質Eもしくはタンパク質FのN末端にGFPがつながったタンパク質を合成する人工プラスミドE1と人工プラスミドF1をつくった。そして、これらの組換えGFPを発現するプラスミドを利用して、トランスジェニック植物を作成した。これらのトランスジェニック植物を蛍光顕微鏡で観察し、組換えGFPの蛍光が細胞内で観察される場所を調べたところ、人工プラスミドE1を導入したトランスジェニック植物と人工プラスミドF1を導入したトランスジェニック植物は、どちらでも組換えGFPの蛍光が観察される細胞内の場所に偏りはなかった。

そこで、GFPとタンパク質Eもしくはタンパク質Fとのつながり方がタンパク質の細胞内での輸送に与える影響を調べるために、図2に示すように、タンパク質Eもしくはタンパク質FのC末端にGFPがつながったタンパク質を合成する人工プラスミドE2と人工プラスミドF2をつくった。そして、これらの組換えGFPを発現するプラスミドを利用して、トランスジェニック植物を作成した。これらのトランスジェニック植物を蛍光顕微鏡で観察すると、組換えGFPの蛍光が細胞内で観察される場所が人工プラスミドE2を導入したトランスジェニック植物と人工プラスミドF2を

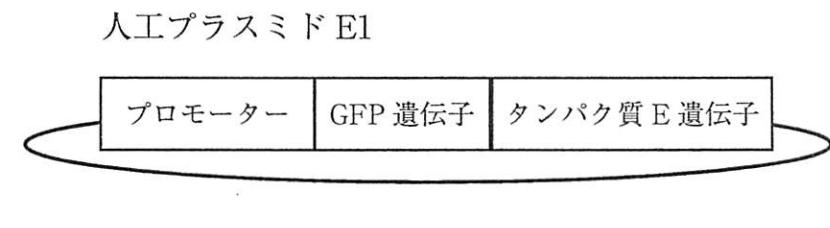


図1 N末端にGFPをつないだ人工プラスミド

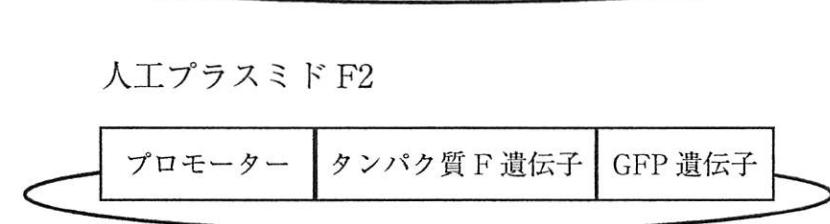
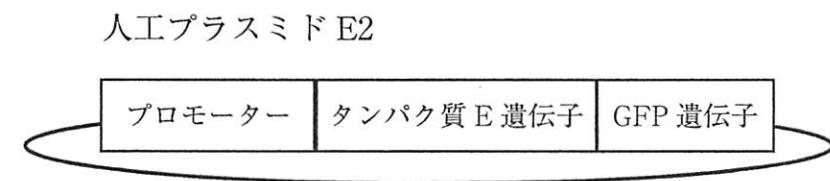


図2 C末端にGFPをつないだ人工プラスミド

導入したトランスジェニック植物では異なっていた。人工プラスミド E2 を導入したトランスジェニック植物では、核とつながった袋状の構造と最終的に輸送される場所に組換え GFP の蛍光が観察された。人工プラスミド F2 を導入したトランスジェニック植物では、核とつながった袋状の構造には組換え GFP の蛍光は観察されず、最終的な輸送先の細胞小器官にのみ組換え GFP の蛍光が観察された。なお、これらのプラスミドには、遺伝子発現に必要なプロモーターなどの基本要素はすべてそろっており、それぞれのタンパク質の本来のはたらきは保持されているとする。

問7 人工プラスミド E1 を導入したトランスジェニック植物と人工プラスミド F1 を導入したトランスジェニック植物では、細胞内で組換え GFP の蛍光が観察される場所にどちらも偏りがみられなかった。その理由を 120 字以内で説明せよ。

問8 人工プラスミド E2 を導入したトランスジェニック植物と人工プラスミド F2 を導入したトランスジェニック植物の、細胞内におけるそれぞれの組換え GFP の翻訳場所と輸送経路について 140 字以内で説明せよ。

(余白)

2 次の文章を読み、問1～問6に答えよ。

(20点)

[文章] 光合成は空気中の二酸化炭素から有機物を合成する反応であるが、多くの植物では光合成は葉緑体の（ア）で行われる光エネルギーの吸収、水の分解、①NADPHの生成、②ATPの生成という過程と、（イ）で行われる二酸化炭素からの有機物の合成という過程の、大きく2つの過程に分けられる。植物には二酸化炭素から有機物を合成する様式の違いにより、C<sub>3</sub>植物、C<sub>4</sub>植物およびCAM植物の3種類が存在する。

C<sub>3</sub>植物では、③RuBPカルボキシラーゼ／オキシゲナーゼ(RubisCO)と呼ばれる酵素により、取り込んだ二酸化炭素6分子が、炭素数が5つのリブロースビスリン酸(RuBP)6分子と反応して炭素数が3つの3-ホスホグリセリン酸12分子を生成し、これがグリセルアルデヒドリン酸(GAP)12分子となる。このうち2分子のGAPから糖などの有機物が合成される一方、残り10分子のGAPはATPによる反応により、6分子のRuBPに戻る。このように二酸化炭素からの有機物の合成は一連の反応が循環する回路となっている。

C<sub>4</sub>植物では、取り込んだ二酸化炭素からまず（ウ）細胞の葉緑体中でPEPカルボキシラーゼと呼ばれる酵素によりホスホエノールピルビン酸(PEP)と反応して④炭素数が4つの化合物を合成する。その後、リンゴ酸に変えられ、原形質連絡を通じて（エ）細胞に輸送され、ここで分解されて二酸化炭素を発生し、この二酸化炭素を利用して上述の下線部③と同様の過程で有機物を合成する。C<sub>4</sub>植物はC<sub>3</sub>植物と比較して、⑤葉の周辺の二酸化炭素濃度が低くても、高温および乾燥下で気孔が閉じても、光合成速度が高く維持される。

⑥CAM植物では、夜間にCO<sub>2</sub>を取り込み、C<sub>4</sub>植物と同様の過程でリンゴ酸を合成して細胞の中の（オ）に貯える。昼間には貯えておいたリンゴ酸からCO<sub>2</sub>を取り出し、下線部③と同様の過程で有機物を合成する。

- 問1 文章中の（ア）～（オ）に入る最も適切な名称を答えよ。
- 問2 下線部①の原因となる還元力の移動過程、下線部②の過程、下線部③で示される反応の回路、下線部④の物質、それぞれの名称を答えよ。
- 問3 下線部③の過程における RubisCO の活性部位には二酸化炭素に代わって酸素も基質として結合することができる。RubisCO の活性部位に酸素が結合することにより光合成速度はどのようになると推測されるか答えよ。
- 問4 C<sub>4</sub> 植物が C<sub>3</sub> 植物と比較して下線部⑤のような特徴をもつ理由を 70 字以内で説明せよ。
- 問5 下線部⑥のような光合成のしくみは、CAM 植物が乾燥した地域で生育するのに適している。その理由を昼間と夜間の温度および湿度の違いと植物体の水分損失との関係の観点から 120 字以内で説明せよ。
- 問6 ある一定の条件下で図1に示したような光合成の特徴を有する C<sub>3</sub> 植物と C<sub>4</sub> 植物を、同じ葉面積になるようにして同じ条件の別々の部屋に置いた。植物体を置いた部屋は両植物が図1で示された気温と光合成速度との関係となる環境条件を維持するが、温度条件については、部屋の中にヒーターを設置し、気温 10℃ の状態から 10 分に 1℃ の割合で気温が上昇するように加温した。加温を開始した時間とその時の二酸化炭素固定量を 0 とし、その後に各植物体が固定した二酸化炭素量 (mgCO<sub>2</sub>) を部屋の気温が 40℃ になるまで経時的に測定した。部屋の気温が 40℃ に達した時の各植物体が固定した総二酸化炭素量の相対値をそれぞれ 100 としたとき、各植物体における加温開始時からの総二酸化炭素固定量の推移を、その特徴が明瞭になるよう、測定終了時まで解答用紙の図中に実線で示せ。

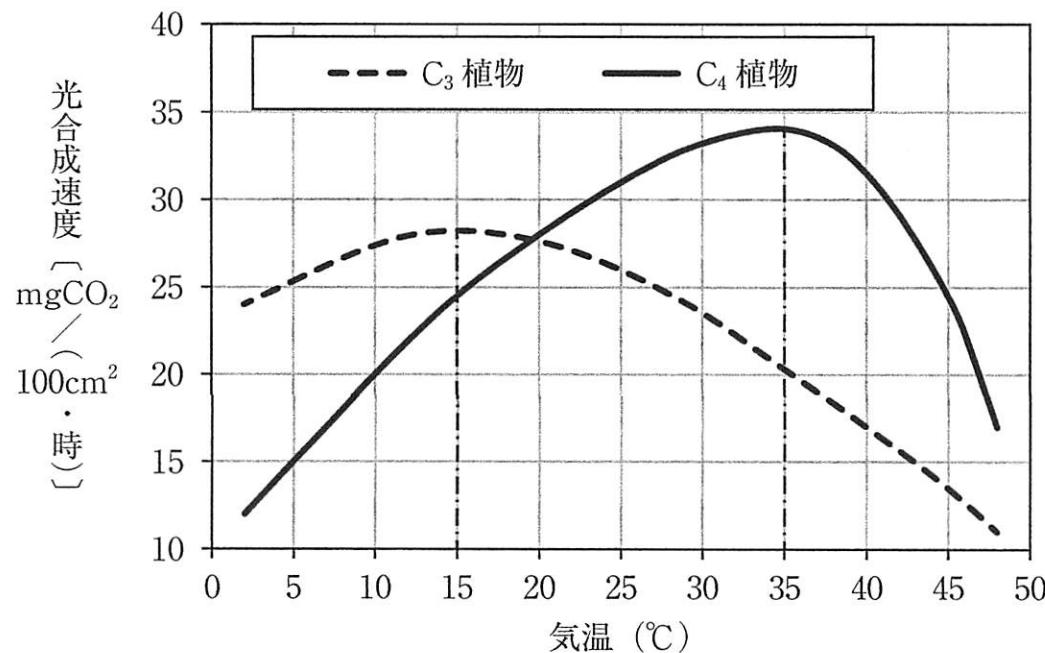


図1 問6で用いた植物における気温と葉の面積当たりの光合成速度との関係  
一点鎖線 (-----) で示したように C<sub>3</sub> 植物では 15°C で、 C<sub>4</sub> 植物では  
35°C でそれぞれ光合成速度は最大となる。

(余 白)

3 次の文章を読み、問1～問6に答えよ。

(20点)

[文章] 脊椎動物の神経系は、神経細胞と（ア）から成り立っている。多くの神経細胞は（イ）と（ウ）の2種類の突起を有しており、前者は情報を受け取る役割、後者は情報を他の細胞に伝える役割を果たしている。

（ウ）には細胞が巻き付いてできた髓鞘をもつ有髓神経纖維がある。有髓神経纖維では一定間隔ごとに髓鞘が存在しない（エ）という部分が存在する。この構造のために①有髓神経纖維では情報を速く伝えることができる。

刺激されていない神経細胞の細胞膜の内外で生じる電位差を静止電位という。これは、イオンポンプの働きと、一部の（a）チャネルにより形成される細胞内外のイオン濃度差により達成されている。②神経細胞に対する興奮性の入力は、膜電位の脱分極を引き起こす。一方、抑制性の入力は、膜電位を過分極側に変化させる。興奮性入力による脱分極が一定の閾値を超えると電位依存性（b）チャネルが開くことにより急激な膜電位の上昇が起こる。その後、別の電位依存性イオンチャネルが開くことにより膜電位は急激に低下する。この様な膜電位の変化を活動電位という。

（ウ）の末端は、他の神経細胞や筋肉などの効果器と結合している。この部分をシナプスという。（ウ）の末端部分には、（オ）と呼ばれる③化学物質を含むシナプス小胞が存在する。シナプス前細胞の末端部分に（c）イオンの流入が起こることにより、（オ）がシナプス間隙に（カ）により放出される。受け取る側の細胞膜には（キ）タンパク質が存在し、これがシナプス後細胞の膜電位変化の引き金となる。興奮性のシナプス入力の場合は陽イオンの流入による脱分極刺激となる。一方、抑制性の場合、濃度が細胞内よりも細胞外で高い（d）の流入が起こることにより④過分極側に電位変化が起こることで活動電位が起りにくくなる。

問1 (ア)～(キ)に入る最も適切な名称を答えよ。

問2 下線部①のことを何というか最も適切な名称を答えよ。また、なぜそれが達成できるか150字程度で説明せよ。

問3 (ア)～(デ)に入る最も適切なイオン式を答えよ。

問4 下線部②により活動電位の発生は制御されている。静止電位  $-70\text{ mV}$  の神経細胞に興奮性と抑制性のシナプス入力があるとする。興奮性入力はシナプス当たり  $5\mu\text{V}$  の膜電位変化を起こすとする。一方、抑制性入力はシナプス当たり  $2\mu\text{V}$  の膜電位変化を起こすとする。また、この神経細胞が有する電位依存性ナトリウムチャネルの閾値となる膜電位は  $-40\text{ mV}$  とする。この神経細胞に7,000個の興奮性シナプスと3,000個の抑制性シナプスの入力が同時に起こったとする。この時のこの神経細胞における活動電位の発生の有無を解答欄の有か無に○をつけて答えよ。また、その理由を、具体的な数値に言及して解答欄に記述せよ。ただし、シナプス入力部位は考慮しないものとする。

問5 下線部③の化学物質名の例を2つ答えよ。

問6 下線部④の電位変化のことを何というか最も適切な名称を答えよ。

4 次の文章を読み、問1～問5に答えよ。

(20点)

[文章] ショウジョウバエの胚の前後軸は卵の形成過程で決定される。母性因子として、卵の細胞質の前端と後端に局在する母性効果遺伝子の産物である（ i ）は受精後に翻訳され、タンパク質が合成される。合成されたタンパク質は多核体の中で拡散することで、濃度勾配が生じる。このタンパク質は他の遺伝子の転写や翻訳に関わる（ ii ）タンパク質としてはたらくため、その濃度差が発現する遺伝子の相違をもたらし、胚の前方部と後方部が形成される。胚の前後軸に沿って異なる（ ii ）遺伝子が発現すると、別の（ ii ）遺伝子が前後軸に沿って発現し、次第に体節が形成される。

こうして形成されたそれぞれの節がどのように形態形成されるかは、ホメオティック遺伝子と呼ばれる複数の（ ii ）遺伝子が働くことによって決まる。ショウジョウバエのホメオティック遺伝子は8つあり、第三染色体に集合して存在している。これらと相同な遺伝子群はマウスやヒトにも存在しており、ホックス遺伝子群と総称されている。

キイロショウジョウバエでは、野生型の赤色眼と正常翅を有する個体に対して、突然変異によって朱色眼や小翅を有する個体が出現することがある。これら突然変異による形質は、いずれも野生型に対して劣性（潜性）であり、かつ、その遺伝子は共にX染色体上にあることが知られている。この2組の遺伝子間の組換えは雌だけに33.3%の割合で起こるものとする。現在、実験室には野生型の雄と、朱色眼かつ小翅を有する雌とを交配して得た子世代の個体がある。

問1 ( i ) と ( ii ) に入る最も適した名称または単語を答えよ。

問2 一般に、キイロショウジョウバエやヒトの体細胞1個あたりの性染色体は同数で、両種は同様の性決定様式であるといわれている。キイロショウジョウバエやヒトにおける、大多数の雄が有するすべての性染色体の名称と体細胞1個あたりのそれぞれの数を答えよ。

問3 実験室にあった子世代の雄とホモ接合体の野生型雌を交配させると、理論的に、次の世代にはどのような表現型の個体が出現するか、雌雄別に出現する表現型をすべて答えよ。

問4 野生型雄に、子世代雌を交配させると、理論的に、次の世代にはどのような表現型の個体が、どのような個体数の比で出現するか、雌雄別に答えよ。

問5 子世代個体間での交配をさせると、理論的に、次の世代にはどのような表現型の個体が、どのような個体数の比で出現するか、雌雄別に答えよ。

5 次の文章を読み、問1～問6に答えよ。

(20点)

[文章] 植生は、一定の環境のもとでは遷移によって（ア）へ変化していくことが知られている。遷移には、立地が受ける（イ）の頻度と規模により、その立地にあらかじめ植物体（例えば、生存個体や種子など）がほとんど無い裸地のような状態から始まる（ウ）と、その立地に植物体が残っている状態から始まる（エ）がある。これらの植物体は①生物学的遺産 (biological legacy)と呼ばれることがある。また、（ウ）には乾燥した立地から始まる（オ）と湿った立地から始まる（カ）がある。（ア）に至った植生を構成する種は（キ）と呼ばれ、（キ）が枯れたあと、すぐに（キ）がその空間を優占することはまれである。通常、（キ）よりも成長の早い（ク）が一時的に優占することが多い。

（イ）が原因となり生じた人的被害は、災害と呼ばれる。植生には土砂の流出を抑制する機能があり、斜面崩壊後の跡地において、二次災害の防止を目的に、植生回復（遷移）を促す緑化事業が行われることがある。緑化事業では植物を導入する前に地表面を整地し、生物学的遺産を撤去することもある。ただし、大規模な斜面崩壊跡地では、広大な面積をすべて人為的に緑化することは現実的でない。斜面崩壊跡地に残存した生物学的遺産を撤去せず、植生回復させることは、経済的コストが低くかつ自然の力を利用した緑化手法と言える。

問1 文中の（ア）～（ク）に入る最も適切な名称をそれぞれ答えよ。

問2 ある立地が受ける（イ）の規模の違いにより、その後の植生遷移は、（ウ）と（エ）に分かれる。（ウ）と（エ）を誘発する可能性が高い（イ）の事例をそれぞれ2つ答えよ。

問3 斜面崩壊跡地において、意図的に下線部①の生物学的遺産を残す緑化手法を適用した場合の植生回復の特徴を、生物学的遺産とその周辺環境の変化に言及し、100字程度で説明せよ。

問4 (カ) の遷移過程について、環境の変化を考慮し、100字程度で説明せよ。

問5 (キ) および (ク) に該当する日本に自生する木本種名をそれぞれ2種、以下の枠内に示した植物から選び、答えよ。

-----  
イタドリ, ススキ, アラカシ, ワラビ, イワヘゴ, クラマゴケ, アカマツ,  
ゼンマイ, ゼニゴケ, ヤシャブシ, ドクダミ, セイタカアワダチソウ, ブナ  
-----

問6 図1は東京都庁から南に100kmに位置し、面積が100km<sup>2</sup>の架空の火山島である。噴出年代が明らかなA～Dの調査範囲で植物の種数と平均高さ、地表の平均照度、土壌の平均厚さを調査した。以下の表(i)～(iv)のうち、調査結果を最も適切に表したものを見つけて記号で答えよ。なお、表に示した地表の平均照度は、植生の最上部の照度を100%とした場合の相対値とする。

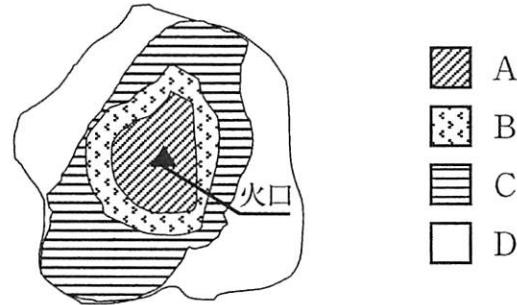


図1 架空の火山島における溶岩の噴出年代に対応した調査範囲 (A ~ D) の位置図

表 (i)

調査項目	調査範囲			
	A	B	C	D
噴出年代 (年)	1960	1755	750	紀元前 1500
植物種数	4	18	46	32
植物の平均高さ (m)	0.3	3.6	9.5	13.6
地表の平均照度 (%)	1.4	3.5	26.0	92.0
土壤の平均厚さ (cm)	0.1	1.0	45.0	38.0

表 (ii)

調査項目	調査範囲			
	A	B	C	D
噴出年代 (年)	1960	1755	750	紀元前 1500
植物種数	4	18	46	32
植物の平均高さ (m)	13.6	9.5	3.6	0.3
地表の平均照度 (%)	1.4	3.5	26.0	92.0
土壤の平均厚さ (cm)	38.0	45.0	1.0	0.1

表 (iii)

調査項目	調査範囲			
	A	B	C	D
噴出年代 (年)	1960	1755	750	紀元前 1500
植物種数	46	32	18	4
植物の平均高さ (m)	0.3	3.6	9.5	13.6
地表の平均照度 (%)	92.0	26.0	3.5	1.4
土壤の平均厚さ (cm)	0.1	1.0	45.0	38.0

表 (iv)

調査項目	調査範囲			
	A	B	C	D
噴出年代 (年)	1960	1755	750	紀元前 1500
植物種数	4	18	46	32
植物の平均高さ (m)	0.3	3.6	9.5	13.6
地表の平均照度 (%)	92.0	26.0	3.5	1.4
土壤の平均厚さ (cm)	0.1	1.0	45.0	38.0

令和6年度 前期日程 入学者選抜学力検査問題

理科 正誤表

<化学>

問題

2

問題文：3行目～4行目

誤：「・・・(イ) 粒子の物質量 [mol]に比例する。」

正：「・・・(イ) 粒子の質量モル濃度に比例する。」

問題

4

問題文：4行目

誤：「・・・。化合物Bは組成式 $C_3H_6$ で・・・」

正：「・・・。化合物Bは分子式 $C_3H_6$ で・・・」

令和6年度 前期日程 入学者選抜学力検査問題  
理科 正誤表

<生物>  
問題

①

29ページ〔文章3〕 図1及び図2の説明

誤：「図1 N末端にGFPをつないだ人工プラスミド」

正：「図1 N末端にGFPがつながったタンパク質を合成する人工プラスミド」

誤：「図2 C末端にGFPをつないだ人工プラスミド」

正：「図2 C末端にGFPがつながったタンパク質を合成する人工プラスミド」

③

36ページ〔文章〕 11行目後半

誤：「シナプス前細胞の末端部分に（c）イオンの流入」

正：「シナプス前細胞の末端部分に（c）の流入」