

令和6年度  
一般選抜（後期）

14時00分～16時30分

理 科

科目名	問 題 冊 子 頁
物 理	1 ～ 10 頁
化 学	11 ～ 14 頁
生 物	15 ～ 22 頁

科目名	解 答 用 紙 頁
物 理	1 ～ 3 頁
化 学	1 ～ 3 頁
生 物	1 ～ 3 頁

注 意 事 項

- 試験開始の合図〔チャイム〕があるまで、この注意をよく読むこと。
- 試験開始の合図〔チャイム〕があるまで、問題冊子は表紙を上に、解答用紙は裏面を上に置き、問題冊子は開かないこと。
- 試験開始の合図〔チャイム〕の後に問題冊子ならびに解答用紙の全ページの所定の欄に受験番号と氏名を記入すること。
- 解答はかならず定められた解答用紙を用い、はつきり読みやすく記入すること。  
また解答欄以外には何も書かないこと。
- 解答用紙のホチキスをはずさないこと。
- 試験開始60分以内および試験終了前10分間は、途中退場を認めない。
- 途中退場、質問、トイレ、体調不良等で用件がある場合は、举手のうえ監督者の指示に従うこと。
- 問題冊子に、落丁や乱丁があるときは、举手のうえ交換を求めるこ。
- 試験終了の合図〔チャイム〕があったときは、ただちに筆記用具を置くこと。
- 試験終了の合図〔チャイム〕の後は、解答用紙は裏返しにして、通路側に置くこと。  
なお、途中退場の場合は解答用紙を裏返しにして、問題冊子の上に置くこと。
- 問題冊子は持ち帰ること。なお、途中退場する場合は問題冊子を持ち帰れない。
- 選択科目の変更は認めない。
- その他、監督者の指示に従うこと。

受験番号		氏 名	
------	--	-----	--

# 物 理

解答はすべて解答欄に記入しなさい。特に指示のない限り解答の過程は示さなくてよい。

**1** 以下の文章の ( ① ) から ( ⑫ ) に適切な数値、語句、単位または式を入れなさい。

- [1] 水平な床からの高さが 2.5 m のところから小球を自由落下させた。重力加速度の大きさを  $9.8 \text{ m/s}^2$  とすると、床に初めて衝突する直前の小球の速さは ( ① ) m/s である。床と小球との間の反発（はねかえり）係数が 0.60 であるとき、床に初めて衝突した直後の小球の速さは ( ② ) m/s であり、その後、小球は ( ③ ) m の高さまで上昇する。
- [2] クーロンの法則の比例定数を  $9.0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$  とする。 $+2.0 \text{ C}$ 、 $-8.0 \text{ C}$  にそれぞれ帯電させた金属の小球 A、B を互いに 2.0 m 離したとき AB 間に作用する静電気力の大きさは ( ④ ) N である。次に A、B を互いに接触させてから離すと 2 つの金属の小球は等量に帯電した。小球 A のもつ電気量は ( ⑤ ) C であり、小球 A から 3.0 m だけ離れた点での小球 A のつくる電場の強さは ( ⑥ ) N/C である。
- [3] 屈折率  $\frac{8}{5}$  の媒質 A から屈折率  $\frac{4}{3}$  の媒質 B へ、振動数  $5 \times 10^{14} \text{ Hz}$  の光を入射させる。入射角 30 度で入射させた時の屈折角の正弦の値は ( ⑦ ) で、屈折後の光の振動数は ( ⑧ ) Hz である。また、臨界角の正弦の値は ( ⑨ ) である。
- [4] アインシュタインは、振動数  $\nu$  の光は  $h\nu$  のエネルギーを持つ粒子のように振る舞うと考えた。この定数  $h$  は ( ⑩ ) と呼ばれ、基本的な物理定数の一つである。国際単位系 (SI) では  $h$  の単位を ( ⑪ ) と表す。定数  $h$  は光の粒子性を表す場合だけでなく、電子などの粒子の波動性を表す場合にも用いられ、例えば運動量  $p$  を持つ粒子の波長は  $h$  と  $p$  を用いて ( ⑫ ) と表される。

**2** 半径  $r$  の一様な球の半分（半球）のつりあいについて以下の各問に答えなさい。ただし、半球の質量を  $m$  とし、半球の重心  $G$  は図 1 のように、半球の平らな面（半径  $r$  の円。以下、底面と呼ぶ）の中心  $O$  から底面に垂直な方向に  $\frac{3}{8}r$  離れた位置にあることを用いなさい。重力加速度の大きさを  $g$  とし、摩擦の影響は無視できるものとする。解答の過程を簡潔に示しなさい。

[ A ] 図 1 のように、半球の曲面部分が水平な床に接するように半球を床に置き、半球の底面の縁の一点  $P$  に軽い糸をつけ、鉛直上方にある高さまで糸をゆっくり引き上げた。このとき半球は床に接したままつりあった。 $O$ 、 $G$ 、 $P$  および半球と床との接点は鉛直な同一平面上にあり、この平面上で底面と床とのなす角が  $\theta$  ( $0 < \theta < \frac{\pi}{2}$ ) であった。

[ 1 ]  $P$  における糸の張力の大きさを  $T$  として、床が半球に与える垂直抗力の大きさを求めなさい。

[ 2 ]  $T$  を求めなさい。

[ 3 ] 糸をさらにゆっくり引き上げたところ、底面と床とのなす角が  $\theta_0$  ( $\theta < \theta_0 < \frac{\pi}{2}$ ) のときに半球が床から離れた。 $\tan \theta_0$  を求めなさい。

[ 4 ] [ 3 ] の状態のとき、床から  $P$  までの高さ  $h_P$  と床から  $G$  までの高さ  $h_G$  との差  $h_P - h_G$  を、 $r$  のみを用いて表しなさい。

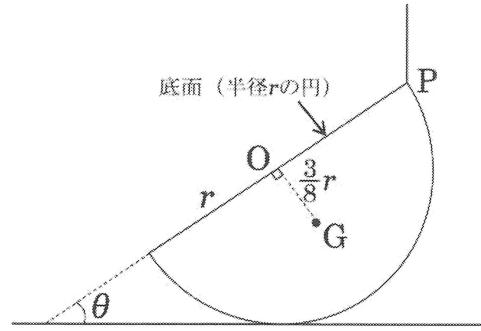


図 1

[ B ] 図 2 のように、半球の底面の縁の一点  $P$  に軽い糸をつけ、糸の他端を鉛直な壁の一点  $Q$  に固定した。半球の曲面部分が壁に接するように半球をつるすと、半球は壁に接したままつりあった。 $O$ 、 $G$ 、 $P$ 、 $Q$  および半球と壁との接点は鉛直な同一平面上にあり、この平面上で糸と壁とのなす角が  $\phi$  ( $0 < \phi < \frac{\pi}{2}$ ) であった。

[ 5 ]  $P$  における糸の張力の大きさを求めなさい。

[ 6 ] 壁が半球に与える垂直抗力の大きさを求めなさい。

[ 7 ] 底面と壁とのなす角を  $\theta$  ( $\phi < \theta < \frac{\pi}{2}$ ) とする。 $\phi$  を用いて  $\tan \theta$  を表しなさい。

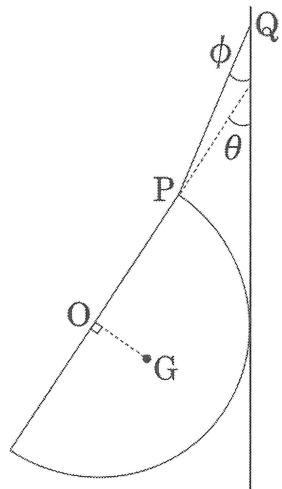
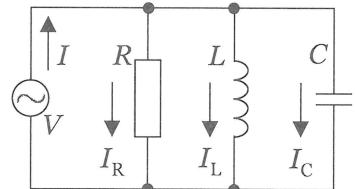


図 2

3

図のように、交流電源に抵抗、コイル、コンデンサーを並列に接続した。時刻  $t$  での交流電圧を  $V = V_0 \sin \omega t$  とする。 $V_0$  は振幅、 $\omega$  は角周波数である。抵抗の抵抗値を  $R$ 、コイルの自己インダクタンスを  $L$ 、コンデンサーの電気容量を  $C$  とする。



- [1] 以下の文章は、この交流回路のインピーダンス  $Z$  を求める手順である。( ① ) から ( ⑦ ) に適切な式を入れなさい。

電源を流れる電流を  $I$ 、抵抗を流れる電流を  $I_R$ 、コイルを流れる電流を  $I_L$ 、コンデンサーを流れる電流を  $I_C$  とし、図の矢印の向きを各々の電流の正の向きとすると、キルヒホッフの第一法則より、 $I =$  ( ① ) である。ここで、

$I_R$  は  $V$  と同位相なので、 $I_R =$  ( ② )  $\sin \omega t$

$I_L$  は  $V$  よりも位相が  $\frac{\pi}{2}$  遅れるので、 $I_L =$  ( ③ )  $\cos \omega t$

$I_C$  は  $V$  よりも位相が  $\frac{\pi}{2}$  進むので、 $I_C =$  ( ④ )  $\cos \omega t$

なので、三角関数の合成の公式  $A \sin \theta + B \cos \theta = \sqrt{A^2 + B^2} \sin(\theta + \alpha)$ 、 $\tan \alpha = \frac{B}{A}$  を用いると、 $I = Y V_0 \sin(\omega t + \phi)$  を得る。

ただし  $Y =$  ( ⑤ )、 $\tan \phi =$  ( ⑥ ) である。

以上より、 $Y$  を用いた式で  $Z$  を表すと  $Z =$  ( ⑦ ) となる。

- [2] この回路の力率は、RLC 直列回路の場合と同様に、電圧と電流の位相差を用いて表すことができる。この回路の力率を  $Y$  を用いた式で答えなさい。解答の過程を簡潔に示しなさい。
- [3] 力率を最大にするような角周波数  $\omega_0$  を求めなさい。解答の過程を簡潔に示しなさい。
- [4] 抵抗を取り除いて回路に交流電圧  $V$  をかけ、角周波数  $\omega$  を変化させて  $\omega = \omega_0$  とした。このとき電源を流れる電流を求めなさい。解答の過程を簡潔に示しなさい。

4

一様な媒質中に、図 1 のように波源、受信機および反射板が一直線上に並ぶように設置する。波源と受信機は固定され、その間の長さは 1.60 cm である。波源は正弦波を発することができ、反射板はこの正弦波を反射する。受信機は受信機位置での媒質の変位を計測する。ただし、受信機の大きさは無視できるものとする。なお、本問では、波源から直接受信機に到達した正弦波を入射波、波源から反射板で反射して受信機に到達した正弦波を反射波と呼ぶ。以下の各間に答えなさい。

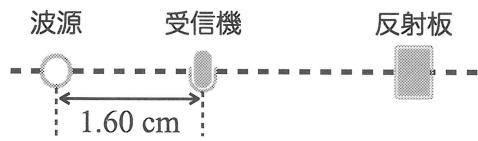


図 1

はじめ、反射板が静止した状態で、波源から正弦波の半周期分をパルス波として時刻  $t = 0$  s に発したところ、受信機では図 2 のように変位が時間変化として計測された。図の縦軸は変位で、横軸は時刻  $t$  [ms] である。

- [1] 入射波の先端が受信機に到達した時刻および反射波の先端が受信機に到達した時刻を、それぞれ答えなさい。
- [2] この媒質中での波の速さを答えなさい。
- [3] 受信機から反射板までの距離を答えなさい。

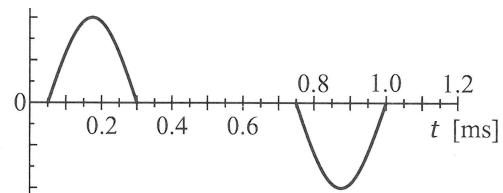


図 2

つづいて、反射板を波源と受信機とを結ぶ延長線上で等速直線運動させた。ただし、反射板の速さは波の速さより小さく、反射板が波源と受信機との間に位置することはない。波源から正弦波の半周期分をパルス波として時刻  $t = 0$  s に発したところ、受信機では図 3 のように変位が時間変化として計測された。図 3 の縦軸および横軸は図 2 と同じである。

- [4] 以下の文章は、反射板の速度を求めるための説明文である。（①）から（⑦）にあてはまる数値を答えなさい。また、（あ）に当てはまる最も適切な語句を【選択肢】から選び、その記号を答えなさい。

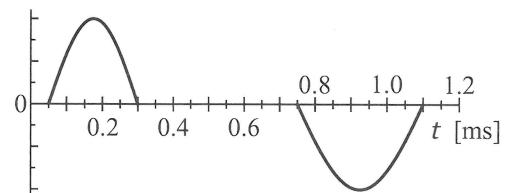


図 3

まず、パルス波が反射板での反射に要する時間の間に、反射板が移動する長さと方向を考える。図 3 から、パルス波の先端が反射板に到達した時刻での受信機と反射板との距離は（①）cm、パルス波の後端が反射板に到達した時刻での受信機と反射板との距離は（②）cm であることがわかる。よって、反射板においてパルス波が反射に要する時間の間に、反射板は（③）cm だけ（あ）方向に移動している。

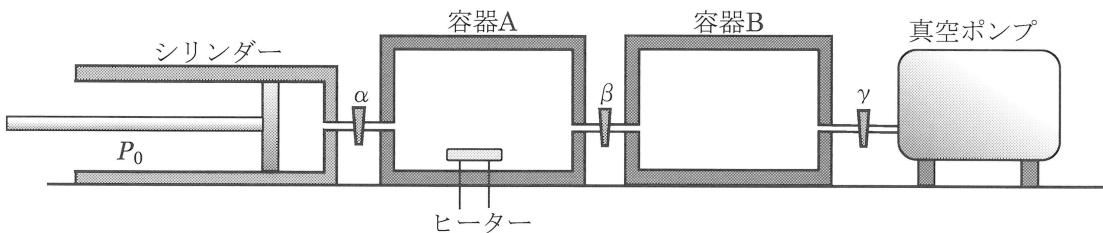
次に、パルス波が反射板での反射に要する時間を考える。反射板が静止している場合、反射波の先端が受信機に到達してから反射波の後端が受信機に到達するまでに要する時間は図 2 から（④）ms であり、これと同じ時間が、パルス波が反射板での反射に要する時間である。一方、

反射板が移動している場合、反射波の先端が受信機に到達してから反射波の後端が受信機に到達するまでに要する時間は図3から（⑤）msであるが、この時間は、パルス波が反射板での反射に要する時間ではない。なぜならば、反射板が移動しているからである。反射板の移動を考慮すると、パルス波が反射板での反射に要する時間は（⑥）msとなる。

以上から、反射板の速度は、（あ）方向にこの媒質中での波の速さの（⑦）倍の大きさとなることがわかる。

【選択肢】 a) 受信機に近づく b) 受信機から遠ざかる

5 図のように、気圧  $P_0$  の室内の水平な床の上にシリンダーと容器 A、容器 B、そして真空ポンプが固定されている。シリンダーと容器 A はコック  $\alpha$  のついた細管でつながれており、容器 A と容器 B はコック  $\beta$  のついた細管で、容器 B と真空ポンプはコック  $\gamma$  のついた細管でそれぞれつながれている。シリンダーの内側にはピストンが取り付けられており、ピストンはシリンダー内を滑らかに動くことができる。容器 A 内には、熱容量および体積の無視できるヒーターが取り付けられており、容器内の気体を一様に温めることができる。容器 B 内は真空ポンプにより真空にすることができる。容器 A、B やシリンダー、ピストン、細管、コックはすべて断熱材でできており、細管およびコック内の体積は無視できるものとする。容器 A と容器 B は頑丈にできているため変形することはなく、それらの内部の体積は共に  $V$  である。気体定数を  $R$  とする。以下の各間に答えなさい。



はじめ、すべてのコックが閉じられた状態で、容器 A には圧力  $P_0$ 、物質量  $n$  の単原子分子理想気体が入っており、容器 B 内は真空であった。さらにシリンダーとピストンの間には物質量  $\frac{n}{20}$  の単原子分子理想気体が入っており、シリンダーとピストンの間の体積は  $\frac{V}{5}$  のままピストンは静止していた。この状態を状態 I とする。

[1] 状態 I における容器 A 内の気体の温度を求めなさい。

次に、コック  $\alpha$  およびコック  $\gamma$  を閉じたままコック  $\beta$  を開き、時間を十分に経過させた。この状態を状態 II とする。

[2] 状態 II における容器 A 内の気体の温度を求めなさい。

[3] 状態 II における容器 A 内の気体の圧力を求めなさい。

[4] 状態 II における容器 B 内の気体の物質量を求めなさい。

状態 II に続き、コック  $\alpha$  およびコック  $\gamma$  を閉じたままコック  $\beta$  も閉じた。そしてヒーターを用いて気体を温めることで、容器 A 内の気体の圧力を  $P_0$  にした。この状態を状態 III とする。また、状態 II から状態 III へと変化する間にヒーターが気体に与えた熱量を  $Q$  とする。

[5] 热量  $Q$  を  $P_0$ 、 $V$  を用いて表しなさい。

状態 III に続き、コック  $\alpha$  およびコック  $\gamma$  を閉じたままコック  $\beta$  を開き、時間を十分に経過させた。そしてコック  $\beta$  を閉じた。この状態を状態 IV とする。

[6] 状態 IV における容器 A 内の気体の内部エネルギーを  $P_0$ 、 $V$  を用いて表しなさい。

[7] 状態 IV における容器 A 内の気体の圧力を、 $P_0$  を用いて表しなさい。

状態 IV に続きすべてのコックを閉じたまま、容器 A 内の気体にヒーターを用いて熱量  $Q$  を加えた。この状態を状態 V とする。

[8] 状態 V における容器 A 内の気体の圧力を、 $P_0$  を用いて表しなさい。

状態 V に続き、コック  $\alpha$  およびコック  $\beta$  を閉じたままコック  $\gamma$  を開き、真空ポンプを用いて容器 B 内を真空にした。そしてコック  $\gamma$  を閉じてからコック  $\beta$  を開け、時間を十分に経過させた。この状態を状態 VI とする。

[9] 状態 VI における容器 A 内の気体の圧力を、 $P_0$  を用いて表しなさい。

状態 VI からコックの開閉は行わずに、つまりコック  $\alpha$  およびコック  $\gamma$  を閉じたまま、コック  $\beta$  は開けたままの状態で、ヒーターを用いて容器内の気体をゆっくりと温めた。そして、容器内の気体の圧力が  $P_0$  になる瞬間にヒーターによる加熱をやめ、時間を十分に経過させた。この状態を状態 VII とする。

[10] 状態 VI から状態 VII へと変化する間にヒーターが容器内の気体に加えた熱量を  $P_0$ 、 $V$  を用いて表しなさい。解答の過程を簡潔に示しなさい。

状態 VII に続き、コック  $\beta$  を開けたまま、コック  $\gamma$  を閉じたままの状態でコック  $\alpha$  を開けたところ、ピストンは動かなかった。そしてヒーターを用いて容器内およびシリンダー内の気体をゆっくりと温めたところ、ピストンはゆっくりと動き出した。状態 VII 以降に気体に加わった熱量が  $Q$  と同じ熱量になった瞬間に加熱をやめたところ、ピストンはただちに静止した。この状態を状態 VIII とする。

[11] 状態 VIII におけるシリンダーとピストンの間の体積を、 $V$  を用いて表しなさい。解答の過程を簡潔に示しなさい。

以 上

# 化 学

[注意] 原子量は次の値を用いよ。

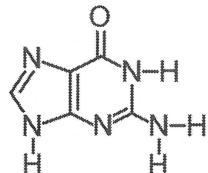
H=1.00 C=12.0 N=14.0 O=16.0 Ca=40.0

1

以下の問い合わせに答えよ。

[1] 環式化合物の構造は「炭素」と「炭素に結合する水素」を省略した略記法で表せる。

グアニンの構造式を略記法で表す。



1) グアニンの構造式を、略記法から元素記号と価標を省略しない構造式に変換して表せ。

2) グアニンの分子量を有効数字3桁で求めよ。

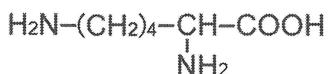
[2] タンパク質を構成する  $\alpha$ -アミノ酸には、分子中に官能基 A と官能基 B を 1 個ずつもつ中性アミノ酸のほかに、官能基 A を 2 個もつ酸性アミノ酸や、官能基 B を複数もつ塩基性アミノ酸もある。

1) 官能基 A の名称を記し、その構造を例にならって元素記号と価標を省略せずに表せ。

(例) ヒドロキシ基  $-O-H$

2) 下記の分子を 25 °C の水に溶解すると、水溶液の pH は溶解する前の水の pH に比べて

(大きくなる・小さくなる・変化しない)。() 内の正しいものを一つ選び、○で囲め。

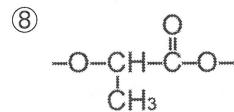
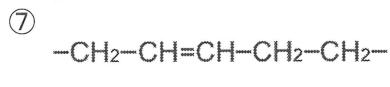
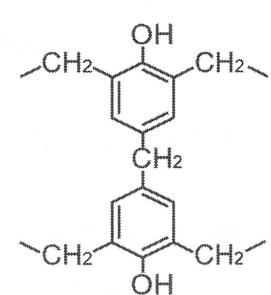
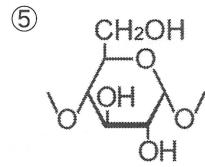
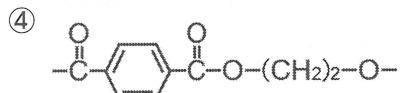
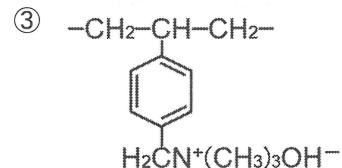
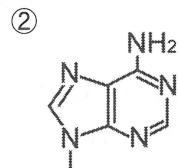
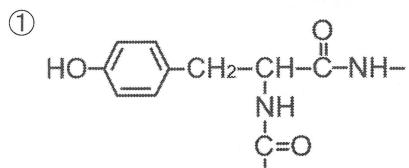


[3] 以下の問い合わせに答えよ。なお、【選択肢】の（ア）～（ウ）は天然高分子、（エ）～（ケ）は合成高分子である。

【選択肢】

- |             |              |                  |
|-------------|--------------|------------------|
| (ア) アミラーゼ   | (イ) アミロース    | (ウ) デオキシリボ核酸     |
| (エ) フェノール樹脂 | (オ) ブタジエンゴム  | (カ) ポリエチレンテレフタート |
| (キ) ポリ乳酸    | (ク) 陰イオン交換樹脂 | (ケ) 陽イオン交換樹脂     |

1) 以下の①～⑧の構造を含む高分子として最も相応しいものを上記の【選択肢】から一つ選び、記号（ア）～（ケ）で記せ。



2) 以下に当たる高分子として最も相応しいものを上記の【選択肢】から一つ選び、記号（ア）～（ケ）で記せ。

- デンプンの成分
- ポリヌクレオチド
- 加水分解反応の触媒
- 生分解性の合成高分子
- 不燃性に優れる熱硬化性樹脂
- 耐熱性および耐光性に優れるポリエステル系熱可塑性樹脂

2

以下の問いに答えよ。

[1] 炭酸カルシウム  $\text{CaCO}_3$  は、石灰岩や貝殻などの主成分として存在する。

(a)  $\text{CaCO}_3$  を強熱してつくられる白色固体は、(b)水を加えると発熱しながら反応するため、日常生活で ① 剤として用いられる。

1) 下線部(a)および(b)で生じる変化を化学反応式で示せ。また、空欄①に当てはまる語句を漢字二文字で記せ。

2) 海洋の酸性化が進行すると、貝などの生物は骨格や殻の形成に必要な  $\text{CaCO}_3$  を作りにくくなる。この理由を、下記の2つの化学平衡を参考にして説明せよ。

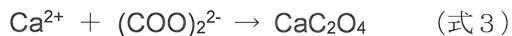


[2] ある純度の石灰石 2.0 g に含まれる  $\text{CaCO}_3$  の重量を調べるために、次の操作1～4を行った。

以下の問いに答えよ。ただし、この石灰石に含まれるカルシウムはすべて  $\text{CaCO}_3$  として存在するものとし、各操作の反応は理想的に進行したものとする。

操作1：石灰石に希塩酸を加えたところ、 $\text{CaCO}_3$  が完全に溶解した。

操作2： $\text{CaCO}_3$  が溶解した水溶液に充分量のシュウ酸アンモニウム  $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$  を加えたところ、式3の反応が完全に進行し、すべての  $\text{Ca}^{2+}$  がシュウ酸カルシウム  $\text{CaC}_2\text{O}_4$  として沈殿した。



操作3：沈殿した  $\text{CaC}_2\text{O}_4$  をろ過によりすべて回収し、この沈殿に充分量の希硫酸を加えて式4の反応を進行させ、シュウ酸  $(\text{COOH})_2$  水溶液と硫酸カルシウム  $\text{CaSO}_4$  を得た。



操作4：硫酸酸性のもとで、得られた  $(\text{COOH})_2$  水溶液を過マンガン酸カリウム  $\text{KMnO}_4$  水溶液で滴定し、 $(\text{COOH})_2$  のモル濃度を求めた。

1) 操作1および操作4で生じた変化をそれぞれ化学反応式で示せ。

2) 操作4に関する以下の問いに答えよ。

i) この滴定では、水溶液がどのように変化した時点を終点と判定するか。(ア)～(オ)から一つ選び、記号で記せ。

- (ア) 白濁した。
- (イ) 褐色になった。
- (ウ) 無色透明になった。
- (エ) 薄い赤紫色になった。
- (オ) 緑色から青色に変化した。

ii) 滴定が終点に達するまでに、0.20 mol/L の  $\text{KMnO}_4$  水溶液 32 mL を要した。

用いた石灰石 2.0 g に含まれる  $\text{CaCO}_3$  の重量 [g] を有効数字2桁で答えよ。

ただし、操作2および操作3において、 $\text{CaC}_2\text{O}_4$  の水への溶解は無視できるものとする。

[3] 塩化カルシウム  $\text{CaCl}_2$ について以下の問いに答えよ。

1)  $\text{CaCl}_2$  の無水塩は、冬季に路面の凍結防止のために利用される。 $\text{CaCl}_2$  が凍結防止剤に適しているのはなぜか。 $\text{CaCl}_2$  の化学的性質の観点から二つ述べよ。

2)  $\text{CaCl}_2$  を溶融塩電解すると、Caの単体が得られる。

i) 溶融塩電解とは何か。1行で説明せよ。

ii) 炭素棒を電極として溶融塩電解を行った。陽極および陰極で生じる変化をそれぞれイオン反応式で示せ。

以 上

# 生 物

1

次の文章を読んで下の質間に答えなさい。

私達ヒトのような真核生物の細胞では、DNAの大部分は核内にあり、ごく一部が（ア）に含まれる。植物ではさらに（イ）にもDNAが含まれる。核内のDNAは直鎖状で、ヒストンなどのタンパク質と複合体を形成しており、種により固有の本数をもつ。両親から継承した対になる同形同大の染色体を相同染色体という。一方、核をもたない（ウ）生物では、DNAは細胞質基質中にある。

ゲノム中には繰り返し配列が多く含まれ、そのうち例えばCACA…のような数塩基の単位が反復する配列のことをマイクロサテライトという。マイクロサテライトは個体により単位配列の反復回数が異なることがあるので、a ヒトでは各種マイクロサテライトの反復回数が個人の特定に役立てられている。

ヒトゲノムは2003年までに概ね解読された。しかし当時の技術ではb 反復回数が多い反復配列などの解読が困難であったほか、c 反復配列によっては個人間、従って相同染色体間で反復回数や向きが異なるため、データの解釈が困難な領域が残されていた。これらの課題が克服され、「完全」解読が宣言されたのは2022年のことである。なお、Y染色体の完全な塩基配列が発表されたのはさらにその翌年である。

DNAは様々な損傷を受けるが、生物はこれを修復する機構をもつ。ある位置でDNAの2本鎖が両方とも切断されることを2本鎖切断といい、放置すると危険である。このため生物は、DNAの2本鎖切断が生じると切断端を共有結合により結合させる。このはたらきは非相同末端結合と呼ばれ、生物がもつDNA修復機構のうちの一つである。非相同末端結合では1～数塩基の欠失や挿入がしばしば起こる。タンパク質のアミノ酸を指定する領域に欠失・挿入が生じると、タンパク質の機能が失われることがある。これを積極的に利用するのがゲノム編集技術である。例えばCRISPR/Cas9という系は、変異を起こしたい位置周辺の塩基配列に相補的なRNAと、これと共同して2本鎖DNAを切断する酵素を細胞に導入するもので、目的位置に起きた2本鎖切断に続いて起こる非相同末端結合によって塩基の欠失・挿入を誘起し、目的遺伝子の機能を喪失させることができる。より確率は下がるが、切断部位に遺伝子を含む外来DNA断片を導入することも可能である。d このような処置を受精卵に適用することで、計画した変異が全身の細胞に及んだ個体を得ることができる。哺乳類の場合は、個体から得られた体細胞を培養してこれにゲノム編集を適用し、ゲノムが改変された核を未受精卵の核と交換して代理母の子宮に戻して発生させることによっても遺伝子改変個体を得ることができる。ゲノム編集実用化以前の方法では狙った位置への変異導入効率は低く、研究などで特定の遺伝子を改変した個体を得たい場合は、まとまった数の細胞の処理が比較的容易な胚性幹細胞(ES細胞)が主に用いられてきたが、ES細胞が樹立されていないほとんどの種では狙った位置への遺伝子改変の効率が低かった。ゲノム編集技術ではその高いDNA切断効率から、e ES細胞が樹立されていない様々な生物に有効に適用できる可能性がある。またヒトiPS細胞などへの応用を通じた治療への利用も期待さ

れるが、現在の方法ではオフターゲット変異（本来の標的配列以外の類似配列の 2 本鎖切断に伴う変異）が一定程度起こり得るので、切断導入方法の改良などによる克服が試みられている。

〔1〕上の文中の空欄（ア）～（ウ）に入る適切な語を答えなさい。

〔2〕下線部 a に関して以下の間に答えなさい。

1) 表1は、ある両親と子における、ある同一の常染色体に並んだ3種類のマイクロサテライト1～3の反復回数を解析した結果である。マイクロサテライト番号ごとに反復回数が2つずつ記載されているのは、例に示したように相同染色体の同一の位置に反復配列が1セットずつ存在するためである。表1に示した結果から、子のマイクロサテライトの反復回数の父由来、および母由来の染色体における並びを例にならって答えなさい。ただし、この領域での乗り換えやマイクロサテライト内の変異は起きていないものとする。

表1			例)	
マイクロサテライト番号				
	1	2	3	
父	3, 5	7, 8	5, 9	マイクロサテライト番号 1 2 3
母	3, 7	8, 9	4, 5	父由来の染色体 3 7 5
子	3, 7	8, 9	5, 9	母由来の染色体 5 8 9

2) 表2は、ある夫妻と、その子（エジプト第18王朝アメンホテプ3世の王妃）を含む他の関係者（表の①～⑤）のミイラを対象とした、別々の染色体にある複数のマイクロサテライトにおける反復回数の解析結果である。夫妻の子である可能性が高いのは①～⑤のどれか、記号で答えなさい。

	マイクロサテライトの名称							
	D7S820	D13S317	D2S1338	D21S11	D16S539	D18S51	FGA	CSF1PO
夫	6, 15	11, 13	22, 27	29, 34	6, 10	12, 22	20, 25	9, 12
妻	10, 13	9, 12	19, 26	26, 35	11, 13	8, 19	24, 26	7, 12
①	15, 15	10, 12	16, 26	29, 34	11, 13	16, 19	20, 23	9, 12
②	6, 10	10, 12	16, 26	25, 29	8, 11	16, 19	20, 23	6, 12
③	10, 15	10, 12	16, 26	29, 34	8, 13	19, 19	23, 23	6, 12
④	10, 15	11, 12	22, 26	26, 29	6, 11	12, 19	20, 26	9, 12
⑤	6, 15	10, 16	16, 27	25, 34	8, 13	16, 22	23, 31	6, 9

〔3〕下線部 b について、以前の技術では正確な塩基配列の解読は 1000 塩基内外が限度であった。そのため、DNA 断片の塩基配列を決定し、その結果をつなぎ合わせることで解読が行われてきた（そのままでは断片の順番が決まらないので、切断位置の異なる試料を複数用意して解読結果を照合し断片の順番を確定する）。その場合、一度に解読出来る長さの何倍もあるような反復配列における塩基配列の決定が困難な理由は何か、2行以内で説明しなさい。

〔4〕下線部 c について、ゲノムの完全解読には長い塩基長を正確に解読する技術の進歩に加え、解析対象の選択も決め手となった。ヒトゲノムの解読に貢献したのは、卵由来の核が失われ、X 染色体を有する精子の染色体が倍加して生じた異常胚（全胞状奇胎）から得た試料である。この試料がもつ利点は何か、下線部の内容を踏まえ 2 行以内で説明しなさい。

〔5〕下線部 d について、実際には受精卵にゲノム編集技術を施しても 2 本鎖切断の起こる前に卵割が進行するなどの理由により個体の全細胞で遺伝子が改変されず、一部の細胞にだけ変異が入りそれ以外の細胞には変異が入らない、まだら状の個体（モザイク個体という）が得られることがあるほか、相同染色体間で異なった変異の生じ方をすることも多い。このような個体から一定した変異が全身に及んだ個体を得る手法を説明する下の文中の空欄（ あ ）～（ う ）に入る適切な語を下の語群から選び、文を完成させなさい。

ゲノム編集技術によりゲノムを改変した受精卵を、生殖が可能になるまで育てて親とする。この親を野生型の個体と交配して仔を得る。仔のゲノム DNA を調べ、目的の位置に変異が見出されれば、その仔の親は（ あ ）にも変異が入っていることになる。また、その仔は全身の細胞に同一の変異が導入されていると考えられる。ただし、片親が野生型である仔は変異に関して（ い ）であるので、同じ親から同じ変異の入った異性の仔を得、これらを交配（兄妹交配）させると、（ う ）の孫を得ることができる。

語群：体細胞 生殖細胞 神経細胞 モザイク個体 ヘテロ接合体 ホモ接合体

〔6〕下線部 e について、ゲノム編集技術により筋肉量を増加させて可食部を増やしたマダイが作出されている。このマダイにおいて遺伝子変異により機能を失ったタンパク質は何か、1 つ選び、記号で答えなさい。

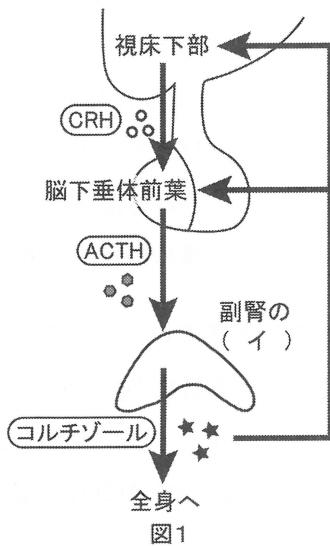
- ① アクチン
- ② ミオシン
- ③ クレアチン
- ④ 成長ホルモン
- ⑤ 成長ホルモン受容体
- ⑥ ミオスタチン（筋肉増加を抑制するタンパク質）

2

次の文章を読んで下の質問に答えなさい。

副腎は、腎臓の上側に位置する内分泌腺で、(ア)と(イ)に分けることができる。(ア)からは主にアドレナリンが、(イ)からは主に鉱質コルチコイドや糖質コルチコイドが、それぞれ分泌されている。アドレナリンは<sub>a</sub>自律神経系からの信号を受けて分泌されるホルモンで、(ア)の細胞と自律神経はシナプスを介して連絡している。鉱質コルチコイドは体液濃度の調節に関与するホルモンで、腎臓に作用して(ウ)イオンと水の再吸収を促進する役割を果たしている。鉱質コルチコイドの分泌は、主に血液中の(ウ)イオン不足や血圧の低下によって腎臓から分泌される物質により調節されている。

糖質コルチコイドは、タンパク質を材料としたグルコース合成を促進して血糖値を上昇させる他、炎症を抑えたりストレスに対応したりする作用ももち、生命維持のために重要な役割を果たしている。そのため、身体中のほとんどの細胞にその<sub>b</sub>受容体があると言われる。コルチゾールは糖質コルチコイドの代表的なホルモンで、その分泌は脳下垂体を中心とした制御系により調節される(図1)。即ち、コルチゾールは脳下垂体前葉ホルモンであるACTH(副腎(イ)刺激ホルモン)によって分泌が促進され、さらにACTHは間脳の視床下部に存在する神経分泌細胞から分泌されるCRH(副腎(イ)刺激ホルモン放出ホルモン)によって分泌が刺激されている。コルチゾールの血液中の濃度は、フィードバックによって適切な濃度に調節されている。



[1] 上の文および図中の空欄(ア)～(ウ)に入る適切な語を答えなさい。

[2] 下線部<sub>a</sub>について、下の間に答えなさい。

1) 副腎(ア)のホルモン分泌を制御する自律神経の種類を答えなさい。

2) 1)の神経は下の①～⑥のどの部位から出て対象の臓器等へ向かうか、答えなさい。

- ① 大脳 ② 中脳 ③ 小脳 ④ 間脳 ⑤ 延髄 ⑥ 脊髄

3) 1)の神経が臓器等の対象に及ぼす影響として正しい組み合わせは下の①～⑥のどれか。

	①	②	③	④	⑤	⑥
肝臓	グリコーゲン分解	グリコーゲン分解	グリコーゲン分解	グリコーゲン合成	グリコーゲン合成	グリコーゲン合成
気管支	収縮	拡張	拡張	収縮	拡張	拡張
すい臓	グルカゴン分泌促進	インスリン分泌促進	グルカゴン分泌促進	グルカゴン分泌促進	インスリン分泌促進	グルカゴン分泌促進
消化管	ぜん動抑制	ぜん動促進	ぜん動抑制	ぜん動抑制	ぜん動促進	ぜん動抑制
瞳孔	縮小	拡大	拡大	縮小	拡大	拡大

〔3〕下線部 b について、アドレナリンおよび糖質コルチコイドの受容体は、それぞれ細胞表面（細胞膜）および細胞内に存在している。受容体の局在とホルモンの化学的性質にはどのような関係があるか、脂質二重層の性質に言及しつつ 3 行以内で説明しなさい。なお、アドレナリンは水溶性、糖質コルチコイドは脂溶性のホルモンである。

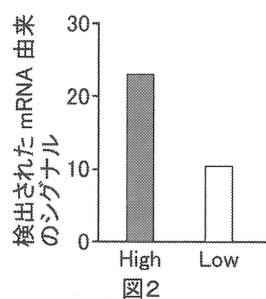
〔4〕下線部 c について、CRH は脳下垂体前葉にどのような経路で作用するか、最も適当なものを下の①～④から選びなさい。

- ① CRH は視床下部において組織液中に分泌され、視床下部から前葉へ拡散して作用する。
- ② CRH は脳下垂体前葉の手前でリンパ管に分泌され、リンパ液の流れによって前葉まで運ばれて作用する。
- ③ CRH は脳下垂体前葉の手前で脳下垂体前葉に向かう毛細血管に分泌され、前葉まで運ばれて作用する。
- ④ 神経分泌細胞の軸索は脳下垂体前葉に達しており、CRH は前葉において分泌され、前葉の細胞に作用する。

〔5〕下線部 c について、副腎の（イ）において、ACTH の作用なしにコルチゾールを過剰産生する腫瘍が知られている。副腎（イ）にその腫瘍がある A さんが血液検査をしたところ、コルチゾール濃度は標準値よりも高かったが、ACTH の濃度は標準値よりも低かった。A さんにおいて ACTH の量が少ないので何故だと考えられるか、2 行以内で説明しなさい。

〔6〕ある研究者らはラットを研究対象に、糖質コルチコイド受容体（GR）遺伝子の発現について調べた。その研究の一部を示す。

〔実験 1〕ラットの母親は出産後しばらく、仔をなめて毛繕いしたり授乳したりするなどの行動（ここでは「世話」とする）をとるが、中には仔の世話をしない親も存在する。これら異なる行動をとる親が出産した仔について、GR 遺伝子の発現の違いを調べた。具体的には、世話を十分にする親と世話をしない親が出産した仔をそれぞれの親元で飼育し、脳の海馬という部分における GR 遺伝子の mRNA を特殊な方法で検出してその量を比較した（図 2）。なお、図中の High は世話を十分にする親の下で育った仔、Low は世話をしない親の下で育った仔を示し、縦軸の値が大きいほど mRNA の量が多いことを示している。



[実験2] 遺伝子発現は、DNAと複合体を形成しているヒストンの化学修飾（アセチル化やメチル化など）に加え、DNA中のシトシンのメチル化によっても影響を受けることが知られている。世話を十分にする親と世話をしない親が出産した仔をそれぞれの親元で飼育し、海馬の細胞においてGR遺伝子のプロモーターに含まれるある特定のシトシンのメチル化の状態を調べた（図3）。図中のHighは世話を十分にする親の下で育った仔、Lowは世話をしない親の下で育った仔である。

[実験3] 仔の世話をよくする親としない親が出産した仔を生後すぐに取り換えて飼育し、GR遺伝子のプロモーターに含まれるある特定のシトシンのメチル化の状態を調べた（図4）。

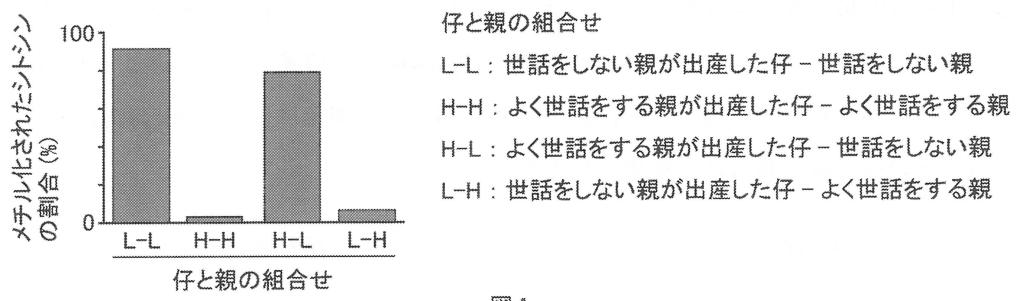


図4

- 1) プロモーターとは何か、1行で説明しなさい。
- 2) 上の実験結果から、GR遺伝子のプロモーターにおけるシトシンのメチル化は、GR遺伝子のmRNAの量とどのような関係にあると考えられるか、2行以内で説明しなさい。
- 3) 上の実験結果から、仔のGR遺伝子におけるシトシンのメチル化は、親の性質によって先天的に決定されているか、それとも仔の生育環境に依存しているか、判断した根拠と共に3行以内で説明しなさい。

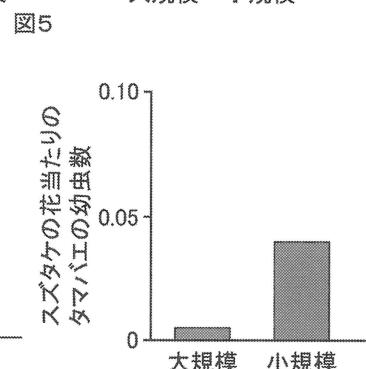
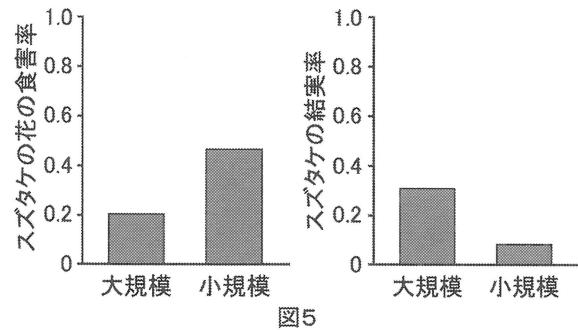
3

次の文章を読んで下の質間に答えなさい。

生態系を構成している生物は大きく（ア）と（イ）に分けられる。（ア）は光合成を行う植物などで、水や二酸化炭素などの無機物を取り込んで有機物を合成する。一方（イ）は、（ア）が合成した有機物を直接または間接的に取り込んで栄養源にする生物である。（ア）と（イ）、あるいは異なる（イ）の間には、食べる（捕食）・食べられる（被食）という関係があり、それが連続的につながる関係を（ウ）という。実際の生態系では、捕食者は様々な生物を捕食し、さらにその捕食者も別の何種類かの生物に捕食されている。従って、捕食・被食の関係は実際には複雑なつながりを見せるため、このような関係を（エ）とよぶ。

イネ科タケ亜科に属する植物（以下、タケササ類とする）の多くは、数十年から百年という長期間の地下茎による栄養生殖（栄養繁殖）の後、一斉に開花し、有性生殖で種子を残して枯死する。日本に分布する12種のタケササ類については、ハエ目キモグリバエ科のササノミモグリバエ属（以後ササノミモグリバエとする）とタマバエ科の *Sitodiplosis* 属（以後タマバエとする）の幼虫が花や種子を食することが知られている。さらに、タケササ類の一斉開花による種子の供給は、アカネズミやヒメネズミといった種子食者にも影響を与える。

- 〔1〕上の文中の空欄（ア）～（エ）に入る適切な語を答えなさい。
- 〔2〕有性生殖において、遺伝的に多様な次世代がつくられる仕組みを説明しなさい。
- 〔3〕遺伝的多様性という観点からは、無性生殖は有性生殖に比べ不利であると考えられるが、無性生殖を行う生物は多く存在する。一般に無性生殖が有性生殖よりも有利な点を説明しなさい。
- 〔4〕タケササ類のスズタケについて、日本各地に見られた一斉開花地のうち、100 haより広い大規模開花地と3 haより狭い小規模開花地それぞれにおいて、一斉開花年に花序（複数の花がついた茎）を採取し、食べられていた花の割合（食害率）と結実した花の割合（結実率）を調べた（図5）。いずれもその茎の花の総数で除した値である。さらに、ササノミモグリバエやタマバエの幼虫がスズタケの花にみられる頻度を調べた（図6）。



この調査結果を踏まえると、開花の規模は花の食害率、結実率にどのような影響を及ぼすか、捕食者にも言及しながら 2 行以内で説明しなさい。

[5] 移動・分散する動物などの個体群の個体数を知る方法として、以下のような方法がある。

ある区域において、捕獲した全個体に標識を施して放す。標識した個体が集団内に十分に分散した後に再び捕獲し、捕獲された標識個体の数から個体群全体の個体数を推定する。

1) このような個体群の大きさの調査方法を何と称するか。

2) この方法において、1回目に捕獲され標識された個体数を  $M$ 、2回目に捕獲された全個体数を  $x$ 、そのうちの標識付き個体数を  $m$  とするとき、この区域内の全個体数  $X$  を推定する式を記しなさい。

3) この方法を用いる際の前提条件として正しい説明は下の a ~ f のうちどれか、記号で答えなさい。ただし、どれも該当しない場合は「無し」、全て該当する場合は「全て」と答えなさい。

- a. 最初の捕獲と再捕獲は同じ方法、同じ時間、同じ場所で行う。
- b. 標識の有無によって捕獲率が影響されない。
- c. 標識は簡単に消えたり脱落したりしない。
- d. 標識は個体の生活に影響を与えることなく、生存を不利にしたりしない。
- e. 2回の捕獲の間に、その個体群において死亡や出生がない。
- f. 2回の捕獲の間に、対象区域において移出入する個体がない。

[6] スズタケの一斉開花による種子の大量供給は、一斉開花が起こった後その区域において、スズタケの種子を食するアカネズミやヒメネズミの個体数にどのように影響すると推定できるか、1行で述べなさい。

以 上