

令和5年度学力検査問題

理 科 ①

	ページ	ページ	(解答用紙枚数)
物 理	1	～ 12	2 枚
化 学	13	～ 22	2 枚
生 物	23	～ 37	2 枚

○志望学部別，科目選択方法及び解答時間

志望学部	科 目 選 択 方 法	解答時間
医 学 部	物理，化学，生物から2科目選択すること。	150分
工 学 部	物理，化学から1科目選択すること。	90分
生物資源学部	物理，化学，生物から1科目選択すること。	90分

注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで，この問題冊子の中を見てはいけません。
2. 本冊子のページ数は上記のとおりである。落丁，乱丁，印刷不鮮明の箇所などがある場合は申し出ること。
3. 解答はすべて別紙解答用紙のそれぞれの解答欄に記入すること。
4. あらかじめ届け出た科目について解答すること。
5. 解答用紙の指定された欄(物理は計4箇所，化学は計4箇所，生物は計4箇所)に，忘れずに本学の受験番号を記入すること。
6. 試験場内で配布された問題冊子は試験終了後持ち帰ること。

物 理

1 次の文章を読み、問1～問6に答えなさい。

図1、図2のように、水平な地面に大きさの無視できる質量 m [kg] の小球と、角度 θ [rad] の斜面と水平な上面を持つ高さ h [m] の台がある。台の斜面は地面から滑らかに接続されている。重力加速度の大きさは g [m/s²] とし、各部の摩擦、空気抵抗は無視できるものとする。また運動は図に示される鉛直面のみで行われ、奥行き方向の運動はないものとする。

[I] 図1のように小球を速さ v_0 [m/s] で打ち出す状況を考える。

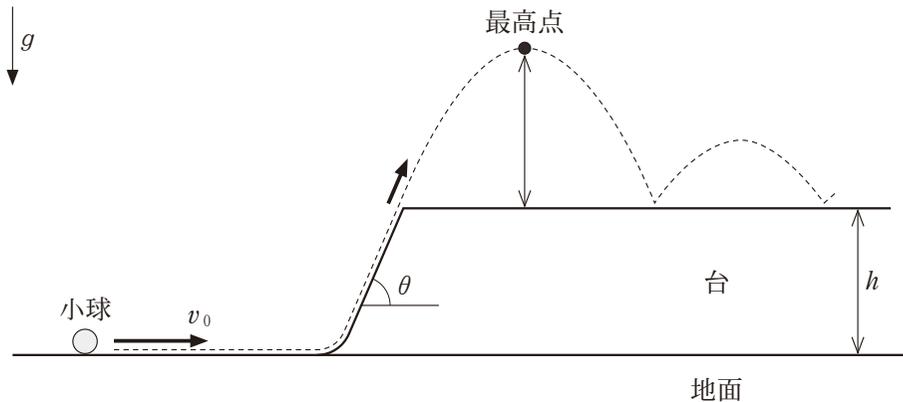


図1

問1 小球を台に向けて地面で速さ v_0 となるよう打ち出した。小球は地面を滑ったあと斜面を登り、ある速さで斜面上端から飛び出した。飛び出した瞬間の小球の速さ [m/s] を求めなさい。

問2 小球は斜面上端から飛び出したあと、放物線を描いて運動した。この放物線の最高点の台上面からの高さ [m] を求めなさい。

[II] 図2のように地面にばね定数 k [N/m] のばねを設置する。台と逆側のばねの端は固定し、ばねが自然長の状態で斜面側に小球が接するよう配置した状況を考える。ばねの質量は無視できるものとする。

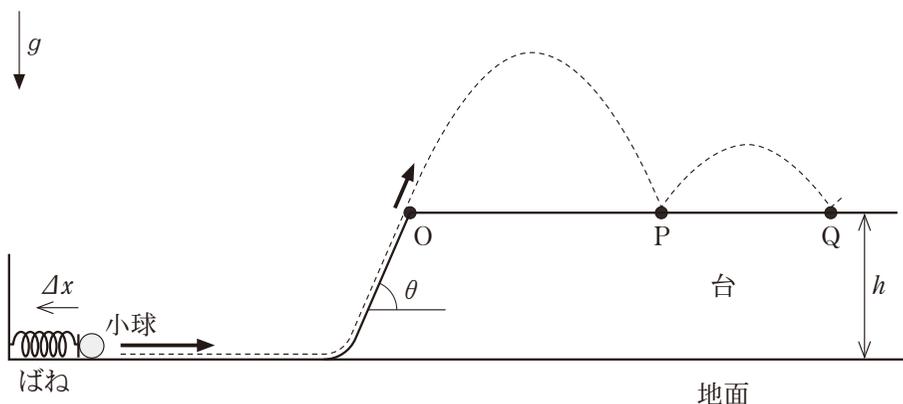


図 2

- 問 3 ばねで打ち出すため小球を台と逆向きに押し、ばねが自然長から $\Delta x (> 0)$ [m] だけ縮んだ位置で止めた。このとき縮めるのに要した仕事 [J] を求めなさい。
- 問 4 その後静かに手を放すと、小球を押しながればねは伸びた。ばねが自然長となった位置から小球はばねを離れて地面を滑った。ばねの弾性力による位置エネルギー(弾性エネルギー)がすべて小球の運動エネルギーになったとして、小球が地面を滑った速さ [m/s] を求めなさい。
- 問 5 小球は斜面上端から飛び出したあと、台に落下した。斜面上端を O とし、落下して最初に台上面に衝突した点を P とする。 O から P までの距離 [m] を求めなさい。
- 問 6 小球と台のはね返り係数を $e (0 < e < 1)$ とする。小球が台上面へ最初に P で衝突したあと、一度はね返って台に再度衝突した点を Q とする。斜面上端 O から Q までの距離 [m] を求めなさい。

2 次の文章中の (i) ~ (iv) に適切な数式を記入し、(v) には選択肢の番号を記入しなさい。なお、重力加速度の大きさは $g[\text{m/s}^2]$ とする。

図1に示すような硬くて変形しない物体がある。この物体の形は、一辺の長さが $a[\text{m}]$ の正方形を底面とする高さ $2a[\text{m}]$ の四角柱である。水の密度を $\rho[\text{kg/m}^3]$ とすると、この物体の密度は $2\rho[\text{kg/m}^3]$ である。十分な広さがあり、深さが $3a[\text{m}]$ の水槽内に、この物体を置き、横から加える力 $F[\text{N}]$ を徐々に大きくしていき、物体が滑りだす様子を観察した。物体を縦向きに置く場合(図2(a), 図3(a)), 物体が滑りだすときの力を $F_1[\text{N}]$ とする。また、物体を横向きに置く場合(図2(b), 図3(b)), 物体が滑りだすときの力を $F_2[\text{N}]$ とする。ここで、水槽の底面と物体との間の静止摩擦係数は μ である。

水槽に水が入っていない場合(図2), F_1 は (i) $[\text{N}]$ と表される。また F_1 と F_2 の関係を表す式は (ii) となる。

次に、水槽に水を注入し、水深 $h[\text{m}]$ を変化させた。このとき、物体と水槽の底面の間には、水がしみ込むが、静止摩擦係数は μ のままで変化しないものとする。図3のように h が $0 < h < a$ の範囲にあるとき、 F_1, F_2 はそれぞれ、(iii) $[\text{N}]$, (iv) $[\text{N}]$ と表される。

水深 h が $0 \leq h \leq 3a$ の範囲で変化するとき、水深 h と F_1, F_2 との関係を表す図として正しいものは、図4の(1)~(8)のうち (v) である。

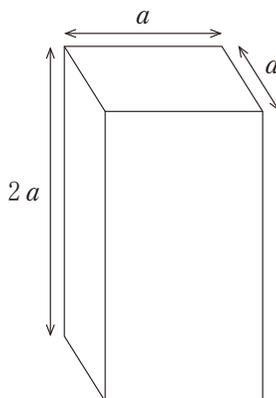


図1

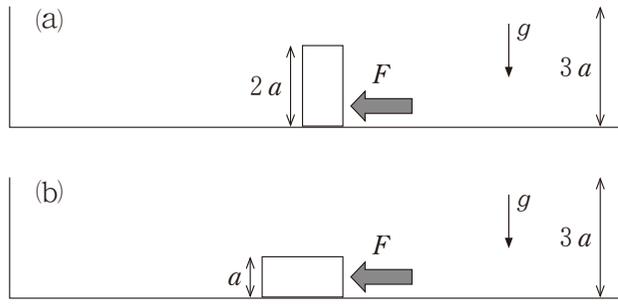


图 2

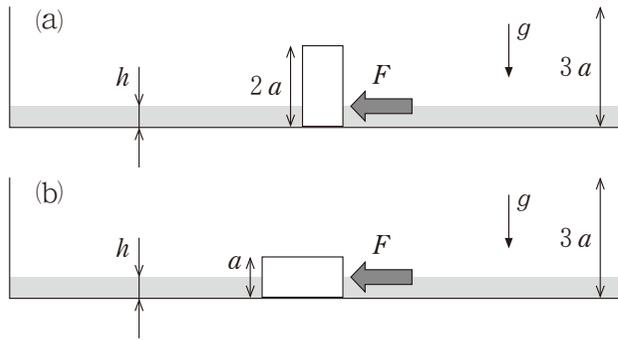


图 3

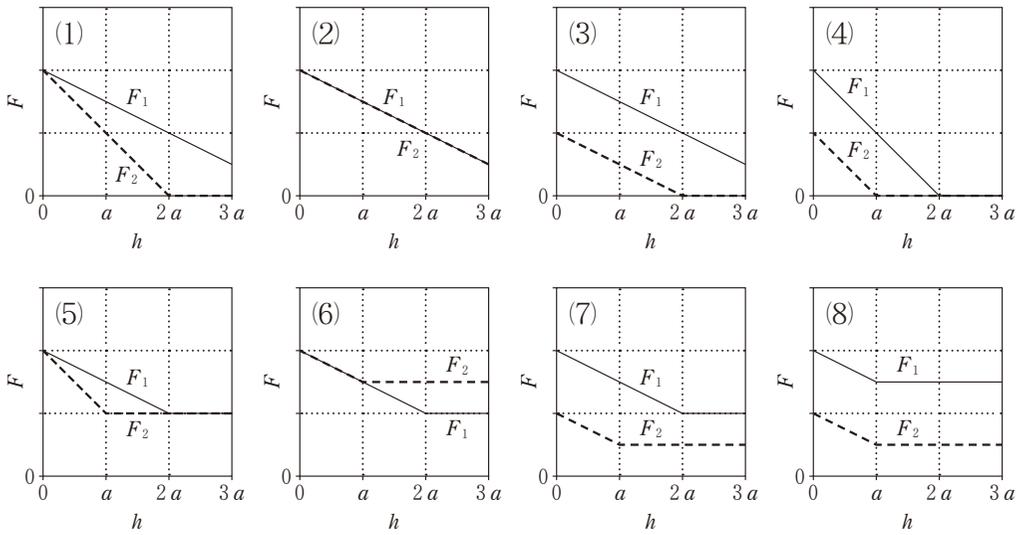


图 4

- 3 図1に示されるように、2つの同じ直径 D [m] の円柱形シリンダ1, 2が、互いに開口部を向けあい、同一のピストン(直径, 長さ, 密度がそれぞれ D , L [m], ρ [kg/m³]) の端の片方ずつを差し込んだ状態で、それぞれ台に固定される。それぞれのシリンダは外とつながる栓を持ち、どちらの栓も開放されている。また、シリンダ1, 2の底面(図を参照)とピストンの端面の間の距離がそれぞれ L_1 [m], L_2 [m] となるような位置にピストンが置かれて、この状態が十分長い時間保たれている。ここで、シリンダの外部の気体は理想気体であり、圧力, 比熱比はそれぞれ p_0 [Pa], γ で、密度はピストンの密度より十分に小さいとする。

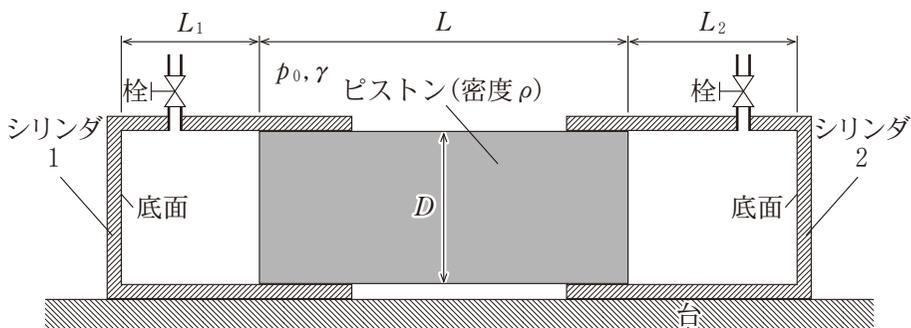


図 1

その後、栓は両方とも閉鎖された。この状態で各シリンダ内の気体と熱は出入りしない。また、シリンダと栓をつなぐパイプ内部の体積は無視できる。さらに、ピストンと各シリンダの間の摩擦は無視できるとして、以下の問に答えなさい。

[I] シリンダ1から2へ向かう方向に x [m]軸をとり，図2のようにピストンを図1の位置から x 軸の正の向きに $\Delta x (> 0)$ [m]だけ移動させた。

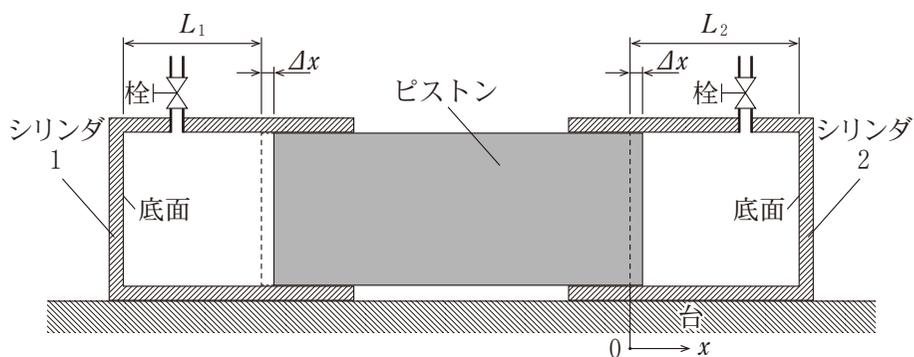


図 2

問 1 シリンダ 1 内の圧力 [Pa] を求めなさい。

問 2 シリンダ 2 内の圧力 [Pa] を求めなさい。

問 3 このピストンの位置を維持するのに必要な x 軸の正の方向の力 [N] を求めなさい。

[II] 図2の状態からピストンを静かに放したら、ピストンは x 軸と平行に振動した。ピストンの運動中、瞬間ごとのシリンダ内の圧力・温度は、各シリンダ内について一様であるとみなせる。また、初期のピストンの変位 Δx が L_1, L_2 より十分に小さく、ピストンの運動は単振動であると近似できるとする。ただし、実数 α, δ に対して、 $|\delta|$ が1に比べて十分に小さい場合、 $(1 + \delta)^\alpha \simeq 1 + \alpha\delta$ が成り立つことを用いてよい。

問 4 ピストンの運動を単一のばねによる単振動に近似し、対応するばね定数 [N/m] を求めなさい。

問 5 変位 x におけるピストンの加速度 [m/s²] を求めなさい。

問 6 ピストンの運動の周期 [s] を求めなさい。

4

以下の文章中の (あ) ~ (え) に適切な数式を記入しなさい。

図1のように空気中に円柱状の媒質Iがある。その端面は中心軸に垂直であり、側面は媒質IIで囲まれている。図2のように、円柱の端面の中心Oを通り、外側から媒質Iに入射角 θ_0 [rad]で入った光を考える。ただし $0 \leq \theta_0 < \frac{\pi}{2}$ とする。媒質IおよびIIの絶対屈折率はそれぞれ n_1, n_2 である。外側の空気の絶対屈折率を n_0 とし、 $n_0 < n_2 < n_1 < \sqrt{2} n_0$ とする。

問1 端面から媒質Iに入った光の一部は媒質IIとの境界で反射し、また一部は媒質IIに進む。図2のように端面において媒質Iに入った光の屈折角を θ_1 [rad]、さらに媒質IIに入った光の屈折角を θ_2 [rad]とすると、 $\sin \theta_2$ は θ_1, n_1, n_2 を用いて (あ) と表される。

問2 媒質Iから媒質IIに光が入射するとき境界面で全反射が起こる臨界角を θ_c [rad]とすると、 $\sin \theta_c$ は屈折率 n_1, n_2 を用いて (い) と表される。

問3 光が媒質IIの中に進まずに媒質I内を進んでいくためには、媒質Iと媒質IIの境界面で全反射を繰り返す必要がある。そのための光の入射角 θ_0 が満たす条件は n_0, n_1, n_2 を用いて $0 \leq \sin \theta_0 < (う)$ と表される。

問4 円柱の全長を L [m]、真空中での光の速さを c [m/s]とする。光が媒質IIの中に進まずに媒質I内を進んで、円柱の他端に到達するまでに要する時間は c, n_0, n_1, L, θ_0 を用いて (え) [s]と表される。

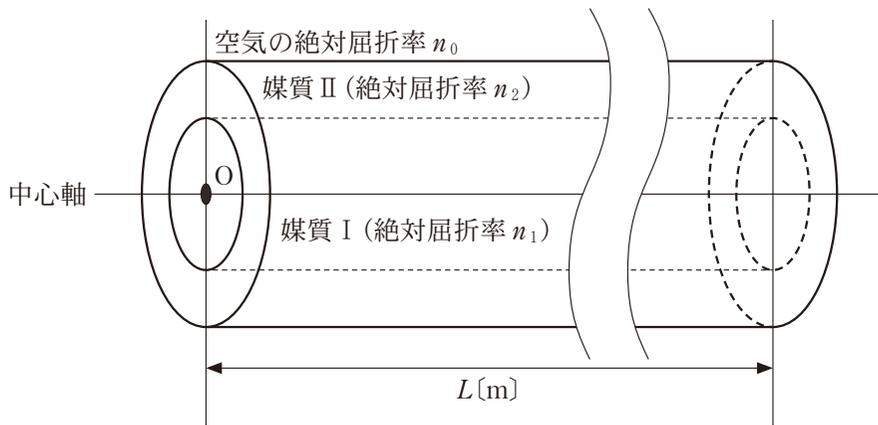


図 1

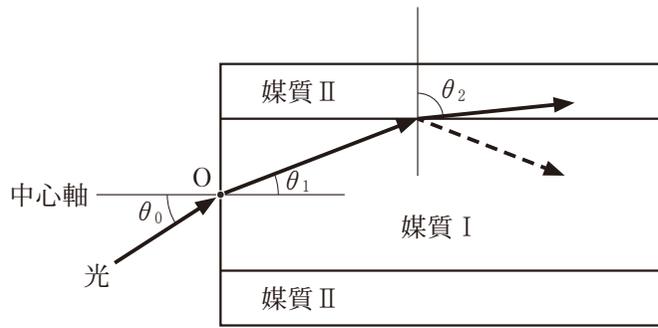


図 2

5 電池(起電力 E [V]), 抵抗(抵抗値 R [Ω]), コンデンサー(電気容量 C [F]), 極板 A, B), コイル(自己インダクタンス L [H]), スイッチ S からなる図の回路がある。電池の内部抵抗やコイル, 導線などの電気抵抗は無視する。以下の問に答えなさい。

[I] コンデンサーに蓄えられた電気量が 0 の状態でスイッチ S を a 側に接続する。

問 1 接続した直後に回路に流れる電流 I_0 [A] を求めなさい。

問 2 回路に電流 I_a [A] が流れているとき ($0 < I_a < I_0$), それまでにコンデンサーに蓄えられた電気量 q [C] を求めなさい。

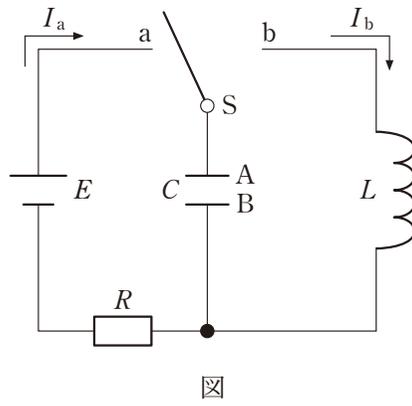
問 3 十分長い時間が経過した後, コンデンサーに蓄えられた電気量 Q [C] を求めなさい。

[II] スイッチ S を a 側に接続し十分長い時間が経過した後, スイッチ S を b 側に接続した。このときの時刻を $t = 0$ s とする。

問 4 回路に流れる電流 I_b [A] は時間とともに変化する。電流 I_b の最大値 I_m [A] を求めなさい。

問 5 最初にコンデンサー極板 B に蓄えられた電気量が正で最大となる時刻 t_1 [s] を求めなさい。

問 6 時刻 t_1 の後, 最初にコンデンサーの電圧が 0 V となる時刻 t_2 [s] を求めなさい。



化 学

[注意] 必要があれば、次の数値を使うこと。

原子量：H = 1.00, C = 12.0, O = 16.0

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

$0^\circ\text{C} = 273 \text{ K}$

1 次の文章を読み、問1～問6に答えよ。

原子は、陽子と中性子から構成される原子核と、その周りを取り巻くいくつかの電子からできている。同じ元素の原子で、中性子数の異なる原子同士を互いに であるという。例えば、炭素の ^{14}C は放射性 とよばれるが、この物質は大気中の二酸化炭素に一定の割合で含まれている。植物は光合成により ^{14}C を大気中の二酸化炭素と同じ割合で取り込む。植物が枯れると、新たに ^{14}C を取り込まなくなり、枯れた植物中の ^{14}C は高いエネルギーを持った電子の流れである 線を放出しながら安定した ^{14}N へと変化し、取り込まれた炭素全体における割合が減少していく。この減少は放射性 とよばれ、また含まれる放射性 の量が半分になるまでの時間を とよぶ。^(a)

元素を の順に並べると、元素の物理的、化学的性質が周期的に変化することを 元素の周期律 とよぶ。原子の半径、原子の最外殻から電子を1個奪うときに必要な最低限のエネルギーである ^(b)，原子が最外殻に電子を1つ取り込み、1価の陰イオンになるときに生じるエネルギーである などは周期的に変化するが、イオン半径はイオンの価数などに影響を受けるため、周期的に変化するとは言えない。^(c)

同じ元素からなる単体で、性質が異なるもの同士を という。 と黒鉛は炭素の 同士であるが、正四面体型の構造が三次元的に繰り返された に対し、黒鉛は炭素原子が他の炭素原子と共有結合して平面構造を作る。黒鉛を芯に使った鉛筆で紙に字が書けるのは、 で結びついている黒鉛の平面構造が紙との摩擦により剥がれ、紙に残るためである。

問 1 ~ に入る語句または記号を答えよ。

問 2 下線部(a)について、次の問題に答えよ。

- (1) ^{14}C の量が半分になるまでの年数を、有効数字 2 桁で答えよ。
- (2) 樹木に含まれる ^{14}C の割合が枯れる前の $1/1024$ になっていたとして、この樹木が枯れてからの年数を有効数字 2 桁で答えよ。なお、計算に必要な ^{14}C が半分になる年数は、問 2(1)の数値を用いよ。

問 3 下線部(b)の法則を発見した人物名を答えよ。

問 4 が最も大きい元素を元素記号で答えよ。

問 5 下線部(c)について、次の質問に答えよ。

同数の電子を有する次の 4 種類のイオン (O^{2-} , Mg^{2+} , F^- , Na^+) を、イオン半径の大きい順番に並べよ。なお、この場合のイオン半径とは、原子核から最外殻に存在する電子までの距離とする。

問 6 硫黄(S)の は 3 種類存在する。それらをすべて答えよ。

2

次の文章を読み、問 1～問 4 に答えよ。気体は全て理想気体とする。

一端を閉じた断面積 1.00 cm^2 の円筒形のガラス管に水銀を満たし、 $27.0 \text{ }^\circ\text{C}$ 、大気圧 760 mmHg のもとで、水銀の入った容器の中で倒立させた。その結果、図 1 に示すように、水銀が満たされた容器の水銀面からガラス管中の水銀上面(水銀柱)の高さは 76.0 cm 、水銀上面からガラス管先端までの長さは 29.0 cm となった。そして、この状態でガラス管は固定された。なお、水銀の蒸気圧は無視でき、その液面は全て平坦であるとする。

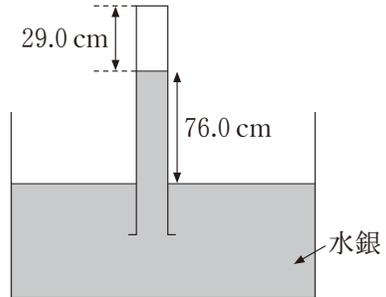


図 1

問 1 圧力とは単位面積当たりに加わる力である。 $1 \text{ mmHg} = 133 \text{ Pa}$ であり、 1 Pa は 1 cm^2 の面積を持つ面上に置かれた $1.02 \times 10^{-2} \text{ g}$ のおもりが、その面に一様に与える力に相当する。図 1 の状況をもとに、水銀の密度を計算せよ。有効数字は 3 桁とし、答えは $[\text{g}/\text{cm}^3]$ 単位で表せ。

問 2 図 1 に示した実験装置を利用して、 $27.0 \text{ }^\circ\text{C}$ における、エタノールの飽和蒸気圧を求める実験方法を述べよ。なお、エタノールは水銀に溶けない。

問 3 図 1 において、ガラス管上部の空間に気体 A を下から一定量入れたところ、水銀柱の高さは 55.0 cm となった。気体 A は水銀には溶けない。

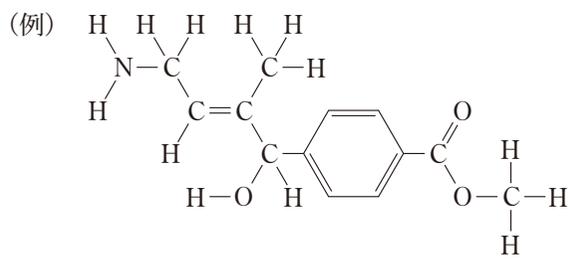
(1) ガラス管上部の空間内の圧力を求めよ。有効数字は 3 桁とし、答えは $[\text{mmHg}]$ 単位で表せ。

(2) ガラス管上部に入れた気体 A のモル数を、有効数字 3 桁で計算せよ。

問 4 気体 A が入った**問 3**の状態から，さらに別の気体 B をガラス管上部に加えたところ，水銀柱の高さは 35.0 cm に変化した。気体 B は水銀には溶けず，また気体 A とも反応しない。

- (1) ガラス管上部の空間内の気体 A および気体 B の分圧を求めよ。有効数字は 3 桁とし，答えは [mmHg] 単位で表せ。計算過程も示せ。
- (2) 加えた気体 B のモル数を，有効数字 3 桁で計算せよ。

3 次の文章を読み、問1～問5に答えよ。なお、構造式は例にならって解答せよ。



有機化合物の種類は極めて多く、エチレンやプロペンのように炭素原子間に二重結合を1つ持つ鎖式不飽和炭化水素は、ア という。ア は、一般式 イ で表される。炭素が4つの ア には、3種の構造異性体が存在する。これらの内、2-ブテンには、2種の立体異性体が存在している。

ア の二重結合は、^(a)性質の異なる2種の共有結合で構成されており、比較的弱い方の結合は、他の原子や原子団と新たに結合することができる。このような反応を ウ 反応という。例えば、エチレンを臭素水に通じると、臭素水の赤褐色が消える。これは、エチレンに対し臭素が ウ して、エ が生成したためである。また、プロペンに塩化水素が ウ する場合は、2種の生成物が考えられるが、一般により多くの水素原子と結合している方に水素が反応した生成物が得られる。^(b)

一方、炭素原子間に三重結合を1つ持つ鎖式不飽和炭化水素は、オ とよび、一般式 カ で表される。ウ 反応は、オ にも同様に起こる。例えば、アセチレンと臭素、またはアセチレンと水との反応などがある。^(c)^(d)

問1 ア ~ カ に当てはまる語句または一般式を答えよ。

問2 下線部(a)の2種の立体異性体を構造式で示せ。

問3 下線部(b)の規則を何とよぶか答えよ。

問 4 下線部(c)で、アセチレンは炭化カルシウムに水を加えることで発生させることができる。この反応を化学反応式で示せ。

問 5 下線部(d)で、アセチレンと水が 1 : 1 で反応すると、2 種の構造異性体が平衡混合物として存在し、最終的に生成物に収束する。

- (1) 平衡混合物の 2 種の構造異性体を、それぞれ構造式で示せ。
- (2) より安定であるのはエノール形とケト形のどちらか答えよ。

4 次の文章を読み、問1～問5に答えよ。

天然あるいは人工的に合成された分子量の大きな化合物、特に分子量が約一万以上である化合物が存在し、衣食住などの我々の社会を支えている。これらの化合物は高分子化合物または高分子とよばれる。高分子化合物は有機高分子化合物、無機高分子化合物に分けられる。これらの高分子化合物の多くは小さな構成単位が繰り返し結合した構造をしている。この構成単位となる小さな分子を単量体(モノマー)という。単量体が次々に結合する反応を重合とよび、重合で生じる高分子化合物を重合体(ポリマー)という。重合体を構成する繰り返し単位の数を重合度(n)という。重合反応には、縮合重合、共重合、開環重合などがある。

高分子化合物は、分子量の小さな化合物とは異なる性質を有している。高分子化合物は同じ種類の分子でも重合度にばらつきがあるため、個々の高分子の分子量を平均した平均分子量が用いられる。また、多くの高分子化合物は常温では固体であるが、^(b)一定の融点を示さず、加熱とともに徐々に軟化し、やがて液体となるものと分解するものがある。^(c)液体になった場合、さらに加熱しても気体にならず分解する。

人工的に合成された有機高分子化合物には、その形態や機能により、合成繊維、合成樹脂、合成ゴムなどがある。テレフタル酸とエチレングリコールの間で縮合重合を行うと、ポリエチレンテレフタレート(略称PET)が得られる。^(d)PETは速乾性であり、また比較的高い強度を有する。これを材料として、リサイクル^(e)性の高いペットボトルが作られる。PETをはじめとして、高分子化合物は様々な形で医療へも応用されている。

問 1 下線部(a)について、各重合反応に該当する高分子化合物として適切なものをそれぞれ以下の(1)~(5)より1つ選択し、記号で答えよ。

- (1) スチレン-ブタジエンゴム (2) ナイロン6 (3) ポリスチレン
(4) ナイロン66 (5) フェノール樹脂

問 2 下線部(b)について、一般的に高分子化合物の分子量測定には凝固点降下法は使われない。以下について答えよ。

- (1) 平均分子量 45000 の非電解質で水溶性の高分子化合物 0.5 g を 100 g の水に溶かして、水溶液を調製した。この溶液の凝固点は何℃か、計算し、答えよ。ただし、水のモル凝固点降下は $1.85 \text{ K} \cdot \text{kg/mol}$ 、有効数字 2 桁とする。
- (2) 上記の結果より、高分子化合物の分子量測定には凝固点降下法が使われない理由を 60 字以内で答えよ。なお、温度計はその精度などにより、 $0.01 \text{ }^\circ\text{C}$ を測定することができない。
- (3) 高分子化合物の分子量をどのような方法で求めるのか、1つ答えよ。

問 3 下線部(c)について、高分子化合物が一定の融点を示さない理由を 40 字以内で答えよ。

問 4 下線部(d)について、ポリエチレンテレフタラートの繰り返し単位の式量が 192、平均分子量が 6.72×10^5 であるとき、(1)重合度(n)、(2)何個のエステル結合が含まれるかを有効数字 2 桁で答えよ。

問 5 下線部(e)について、ポリエチレンテレフタラートのこのような性質は、構造式上のどのような特徴によるものかを 50 字以内で答えよ。

5 球状構造を持つ酵素 A に関する次の〔1〕～〔4〕の文章を読み、問 1～問 8 に答えよ。

〔1〕 酵素 A を種々の異なる pH の緩衝液中で電気泳動し、各々の pH 値における移動度を測定した。図 1 は、水溶液の pH と陰極側および陽極側への移動度の関係を示している。正(+)^(a)の移動度は陰極側へ移動したことを、負(-)の移動度は陽極側へ移動したことを意味する。この図において、移動度がゼロとなる pH^(b)が作図から求められた。なお、緩衝溶液の電解質は酵素 A の移動には関与しないものとする。

〔2〕 図 2 は、酵素 A の分子の構造的広がり（一分子あたりの体積を反映）と pH の関係を示している。図 1 の移動度ゼロの pH^(a)において、分子は最も収縮して構造的広がり是最小となった。また、移動度ゼロの pH^(a)から、高い pH 領域にある pH^(c)、pH^(d)の塩基性側に離れるほど分子は膨張して構造的広がりが増加した。同様の分子の膨張は、移動度ゼロの pH^(a)から低い pH 領域においても観察された。

〔3〕 酵素 A は、基質と結合して触媒作用を示す特定の分子構造をもつ。この分子構造は、分子全体の比較的狭い領域に局在している。この分子構造を持つ領域を ① という。酵素 A は、この分子構造により特定の物質としか結合できないため、選択的な触媒作用を示す。この性質を、酵素 A の ② という。

〔4〕 図 3 は、ある基質に対する酵素 A の触媒作用における反応速度と pH の関係を示している。反応速度が最大となる pH^(d)が存在し、pH^(d)から少し高い pH 側に離れた pH^(e)では反応速度が低下する。なお、pH^(e)は塩基による酵素 A の変性が起こらない pH 領域とする。

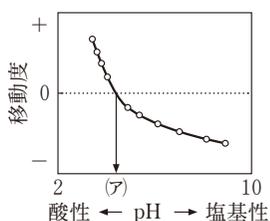


図 1

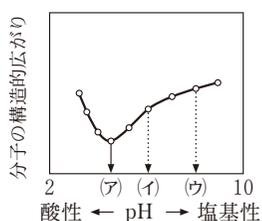


図 2

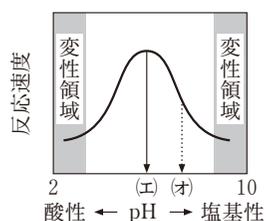


図 3

- 問 1 下線部(a)で、酵素 A が水溶液の pH によって正の移動度または負の移動度を示す理由を簡潔に説明せよ。
- 問 2 下線部(b)の pH(ア)を何とよぶか答えよ。
- 問 3 pH(ア)では、水溶液中で酵素 A の凝集と沈殿が起こりやすい。その理由を簡潔に説明せよ。
- 問 4 酵素 A の水溶液に多量の電解質を加えると、溶解度が減少して沈殿する。この現象を何とよぶか答えよ。
- 問 5 下線部(c)で、図 2 に示すように pH が(ア)、(イ)、(ウ)の順に塩基性側に高くなるほど分子の構造的広がりが増加する理由を簡潔に説明せよ。
- 問 6 文章中の と に入る適切な語句を記せ。
- 問 7 下線部(d)の pH(エ)を何とよぶか答えよ。
- 問 8 下線部(e)に関して、最大速度と比較して pH(オ)では反応速度が小さい。この理由を、図 2 の分子構造の側面から簡潔に説明せよ。

生 物

1 次の文章を読み、問1～問7に答えよ。

タンパク質は多数のアミノ酸が連結されてできており、アミノ酸の配列や数の^(あ)違いにより、その構造が異なる。タンパク質の構造は、そのタンパク質の機能と密接に関連しており、遺伝子の突然変異によりその遺伝子が指定するタンパク質のアミノ酸配列が変化すると、構造も変化してタンパク質が本来持っている性質が変わることがある。突然変異によるタンパク質のアミノ酸配列の変化とその機能について調べるため、以下の実験を行った。

(実験1)

ある特定のタンパク質を抗原とする抗体をアガロースなどの微粒子に化学的に結合させたものを抗体ビーズと呼ぶ。細胞をすりつぶして抽出した溶液に抗体ビーズを加えた後、遠心分離機にかけてビーズを沈殿させると細胞抽出液中に存在する抗原タンパク質とその抗原タンパク質に結合するタンパク質(結合タンパク質)と一緒に沈殿させることができる。このように、ある特定のタンパク質とその結合タンパク質を細胞抽出液中から分離・精製する実験手法を、免疫沈降法と呼ぶ(図1)。ある酵素タンパク質X(アミノ酸数350)とその結合タンパク質Y(アミノ酸数500)の両方を発現する細胞をすりつぶして細胞抽出液を作製し、タンパク質Xを抗原とする抗体ビーズを加えて遠心分離を行った。遠心分離後の沈殿物を回収してタンパク質電気泳動を行ったところ、タンパク質XとYそれぞれに相当する2本のバンドが検出された(図2A)。また、この沈殿物に酵素タンパク質Xの基質を加えて酵素活性を測定したところ、タンパク質Xの酵素活性はみられなかった。

(実験2)

実験1で用いた細胞に放射線を当ててDNAのランダムな箇所突然変異を誘発させた細胞を作製した。その細胞からの抽出液を用いて実験1と同じ手法で免疫沈降法を行い、沈殿物に対する電気泳動を行ったところ、電気泳動で検出されたバンドは1本であった(図2B)。また、酵素活性測定では基質に対する酵素タンパク質Xの活性がみられた。さらに、この細胞の遺伝子を調べたところ、タンパク質Yをコードする遺伝子の834番目のチミンが欠失していることが分かった。^(い)

(実験 3)

実験 2 とは別に放射線を当てた細胞を作製し、同様に免疫沈降法を行った。沈殿物に対する電気泳動では、バンドが 1 本検出された(図 2 C)。また、酵素活性測定では基質に対する酵素タンパク質 X の活性はみられなかった。さらに、この細胞の遺伝子を調べたところ、タンパク質 X をコードする遺伝子の⁽⁵⁾147 番目のチミンがグアニンに変化していた。

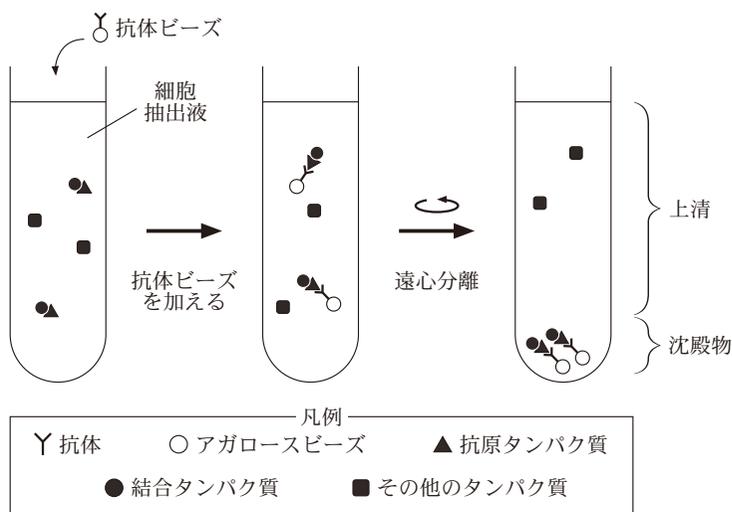


図 1 免疫沈降法

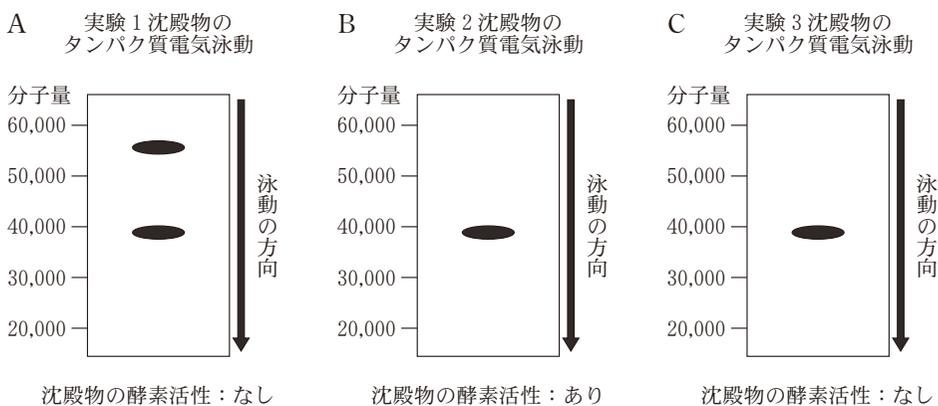


図 2 タンパク質電気泳動と酵素活性測定の結果

問 7 実験 1～3 の結果から予想されるタンパク質 X および Y の性質について、次の(A)～(D)の記述のうち正しいものを記号で選べ。

- (A) Y は X に結合し酵素活性を促進する。Y の X に対する結合部位はアミノ基側にある。
- (B) Y は X に結合し酵素活性を抑制する。Y の X に対する結合部位はアミノ基側にある。
- (C) Y は X に結合し酵素活性を促進する。Y の X に対する結合部位はカルボキシ基側にある。
- (D) Y は X に結合し酵素活性を抑制する。Y の X に対する結合部位はカルボキシ基側にある。

2 次の文章を読み、問 1～問 5 に答えよ。

遺伝は、生命情報の世代間の継承と個体間の多様性の維持を特徴とする生物学的現象である。多くの生物の場合、遺伝情報は DNA 上の塩基配列という形で細胞内に保存されている。たとえば、ヒトの ABO 式血液型は、 染色体上の特定の 1 つの遺伝子座の遺伝子により決定されている。ヒトの常染色体は一对ずつあり、この対の染色体は相同染色体と呼ばれ、二倍体であるヒトは各々の遺伝子座に、由来親の異なる 2 つの同じ遺伝子を持つ。^(あ) ABO 式血液型では、A、B、O 遺伝子の 3 種類の対立遺伝子がある。O は A、B いずれに対しても劣性であり、A および B は O に対して優性である。一方、A、B のヘテロ接合体は、A、B 両方の形質を示す。

1900 年にランドシュタイナーによって ABO 式血液型が発見された当初は、この形質は 2 つの互いに独立な遺伝子座によって決定されると仮定された。しかしながら、この仮説では、親のいずれかが AB 型の場合に 型の子どもは生まれないこと、および、親のいずれかが O 型の場合に 型の子どもは生まれないという事実をうまく説明できない。このため、1 つの遺伝子座の 3 つの対立遺伝子により形質が決定されるという仮説が検証された。

また、ABO 式血液型を決定する遺伝子を含む、細胞内の遺伝情報の大部分は、核内の染色体中の DNA に保存されているが、一部は核外の細胞質中に保存されている。^(う) このような、細胞質に存在する遺伝因子による遺伝を細胞質遺伝と呼ぶことがあり、ヒトでは細胞質遺伝は常に卵子由来であり、したがってその遺伝形式はメンデルの法則に従わない。

問 1 ～ に入る最も適切な語句を、次の語群から選べ。

〔語群〕

X Y 9 番 A B AB O

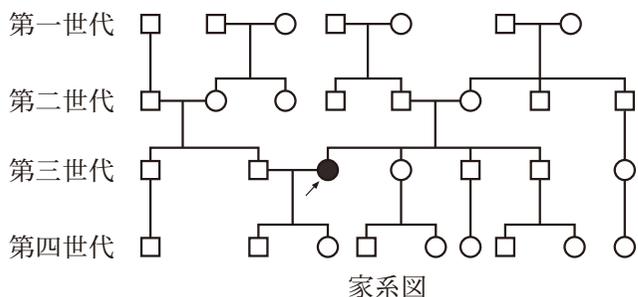
問 2 下線部(あ)について、2つの遺伝子がともに変異を有する場合にのみ発症する常染色体潜性遺伝(劣性遺伝)形式の遺伝病がある。変異のある遺伝子と変異のない遺伝子をヘテロ接合で持つ個体を保因者と呼ぶ。この遺伝病が1万人に1人の割合で発症を示す場合、同じ集団内において保因者は何人に1人と推定されるか答えよ。ただし集団には、ハーディワインベルグの法則が成り立ち、遺伝子平衡の状態にあるものとする。

問 3 下線部(い)について、「独立な」とはどのような意味か、40字以内で説明せよ。ただし、「染色体」および「連鎖」という語句を使用しなさい。

問 4 ある集団の ABO 式血液型を測定したところ、25%の人がO型であり、39%の人がA型であった。この集団には、ハーディワインベルグの法則が成り立ち、遺伝子平衡の状態にあるとして、以下の設問に答えよ。

- (1) この集団の遺伝子プール内のO遺伝子の頻度(%)を求めよ。
- (2) この集団の遺伝子プール内のA遺伝子の頻度(%)を求めよ。
- (3) 遺伝子型BOを持つ人の、この集団内の割合(%)を求めよ。
- (4) この集団内のB型の人の割合(%)を求めよ。

問 5 下線部(う)について、次の家系図中の矢印の個人には、細胞質に存在する遺伝因子の変異が認められた。解答用紙の家系図中に、同じ変異を持つ個人をすべて黒く塗りつぶせ。ただし、□を男性、○を女性とし、新生突然変異はないものとする。なお、家系図中において、個人が縦の線のみでつながっている部分は、片方の親を省略している。



3 次の文章を読み、問1～問5に答えよ。

1902年、イギリスのベイリスとスターリングは、十二指腸の粘膜から分泌され、すい臓に作用する物質を発見し、と名付けた。のちに、スターリングは、^(あ)のように、組織・器官に作用してその働きを調節する物質を、ホルモンと名付けた。ベイリスらの発見よりも前の1901年、日本の高峰譲吉らは、ウシののから、血圧を上昇させるはたらきをもつ物質を取り出すことに成功し、これをと名付けた。

ホルモン分泌を調節する上で中心的な働きをしているのは、間脳にあると、その下にあり前葉と後葉からなるである。内の細胞から分泌されたホルモンが毛細血管を介して前葉まで運ばれて前葉の細胞を刺激することで、別のホルモンの分泌を調整している。一方で、と後葉の間の経路では、細胞でつくられたホルモンが直接、^(い)後葉まで運ばれて毛細血管中に分泌される。

ヒトの性周期も、ホルモンによって制御されている。前葉からろ胞刺激ホルモンが分泌されると、卵巣内のろ胞が発達し、ろ胞ホルモンが分泌される。このホルモンが前葉に作用し、黄体形成ホルモンの分泌を促進する。このホルモンの働きによって排卵が起こり、ろ胞は黄体に変化する。黄体から分泌される黄体ホルモンによって子宮内膜が発達する。卵が受精し、子宮内膜に着床した場合には、黄体が発育し、黄体形成ホルモンの分泌が継続する。この⁽⁵⁾ホルモンの作用によって次の排卵は抑制され、妊娠は維持される。

問1 文中の～に当てはまる最も適切な語句を答えよ。

問2 下線部^(あ)には、内分泌腺と外分泌腺の両方が存在する。次の(1)～(3)に答えよ。

- (1) 下線部^(あ)から分泌されるホルモンの名称を2つ答えよ。
- (2) 下線部^(あ)の外分泌腺から分泌される液体の名称を答えよ。
- (3) 内分泌腺と外分泌腺の構造に着目して、分泌の仕組みの違いを説明せよ。

問 3 下線部(い)の仕組みで分泌されるホルモンの名称を1つ挙げ、その働きを説明せよ。

問 4 下線部(う)について、このような調節を負のフィードバック調節という。負のフィードバック調節とはどのような調節か、説明せよ。

問 5 ホルモンに関する次の記述のうち、正しいものを2つ選び、記号で答えよ。

- a 鉱質コルチコイドは細尿管でのナトリウムイオンの再吸収を促進する。
- b パラトルモンの分泌は血液中のカルシウム濃度の上昇により増加する。
- c チロキシンは生体内の物質代謝の促進および爬虫類の変態を促進する。
- d チロキシンはペプチドホルモンであるため、細胞膜上にある受容体に結合して作用する。
- e 血液中に糖質コルチコイドを投与すると、脳下垂体からの副腎皮質刺激ホルモンの分泌は抑制される。

4 次の文章を読み、問1～問8に答えよ。

[A]

動物では、複数の個体が集まって相互に影響を及ぼしあい行動することがある。この集まりのことを一般的に群れとよぶ。アブラムシはしばしば夏季に植物上に群れを作る昆虫で、ストロー状の口を通じて植物の師管液を吸っている。師管液は師管を流れるので、アブラムシは群れを形成したまま吸汁できる。師管液は に富む一方 は相対的に乏しい。このため、アブラムシは十分な を摂取するために大量の師管液を吸汁し、余分な を尿として排出する。これを求めてアリがアブラムシの群れに随伴し、天敵から守ることがある。

アブラムシの群れが天敵の接近などで刺激を受けると、刺激を感知した個体が信号となる化学物質を放出することで分散が引き起こされる。これにより群れは速やかに崩壊する。

他個体に危険を知らせるために自らが逃げ遅れて死ぬと、自身の適応度は低下する。従って、このような行動は一見進化しにくいと考えられる。しかし、夏季のアブラムシのメスは遺伝的に自らと同じ娘を産むので、信号を放出した個体がそのために逃げ遅れたとしても、ほかの2個体以上が助かるならばそのような行動は進化すると考えられる。なお、この群れは齢の同じ姉妹からなることとする。

問1 文中の および に当てはまる最も適切な単語を下記の語群から選び、番号で答えよ。

〔語群〕

- | | | | |
|----------|---------|--------|--------|
| 1 デンプン | 2 ジベレリン | 3 ショ糖 | 4 脂質 |
| 5 アブシシン酸 | 6 アミノ酸 | 7 キチン質 | 8 カテキン |

問2 下線部(あ)のような、お互いにとって益のある2種の間を一般に何とよぶか。漢字4文字で答えよ。

問3 下線部(い)のような、同種個体間で働き危険に対応した機能を持つ物質を何とよぶか答えよ。

問 4 下線部(ウ)に関して、自らの子だけでなく、特定の遺伝子を共有する個体の数まで考慮した場合の適応度のことを何とよぶか答えよ。

[B]

日本近辺に生息する海鳥であるウミネコは群れを作る。この群れの大きさがどのように決まっているのかを考える。まず、群れを大きくする要因として天敵の発見がある。群れの中で1個体が天敵を発見すれば全個体はその恩恵を被れるので、1個体あたり警戒に必要な時間は群れが大きいほど短いと考えられるためである。他方、もう一つの要因として、餌探索がある。これについては群れが極端に小さいと餌を見つけにくい、大きすぎても餌をめぐる が強くなるとする。つまり、1個体あたり餌探索に必要な時間は群れが小さすぎても大きすぎても長くなる。ここで、簡単な数式によりこれら2つの要因を表現しよう。群れの大きさ(個体数)を x (ただし、 x は200以下の自然数)として、すべての時間に対するこれらの要因に費やす時間の割合(%)を y とする。警戒に関しては、 $y = (x - 200)^2/800 + 10$ とし、餌探索に関しては $y = (x - 50)^2/400 + 10$ とする。

問 5 文中の に入る、資源をめぐる個体間の相互作用を示す最も適切な言葉を答えよ。

問 6 すべての時間に対する警戒に費やされる時間の割合(%)が最大値と最小値をとるときの個体数をそれぞれ答えよ。

問 7 すべての時間に対する餌探索に費やされる時間の割合(%)の最大値と最小値を、小数第2位を四捨五入して答えよ。

問 8 ここではウミネコの群れの大きさ(個体数)に影響する要因は天敵の発見と餌の探索のみとし、これらにかかる時間の合計をもっとも短くするように大きさが決まっているとする。このとき、上記の数式に従えば群れの大きさはどのような値をとるか答えよ。また、その時にすべての時間に対する天敵の警戒と餌の探索にかかる時間の割合(%)はそれぞれどのような値をとるか。時間の割合はいずれも小数第2位を四捨五入して答えよ。

5 次の文章を読み、問1～問7に答えよ。

[A]

炭素は生物体を構成する重要な物質であり、大気中では主に二酸化炭素として存在している。^(あ)植物は、水と二酸化炭素から光合成によって有機物を合成する。この過程を という。緑色硫黄細菌や紅色硫黄細菌などの光合成細菌は、水の代わりに ^(い) などを用いて光合成を行っている。また、光合成が光エネルギーを用いて を行うのに対して、無機物を して得た化学エネルギーを利用して を行う細菌も存在する。例えば、亜硝酸菌は イオンを して イオンにすることで、^(う)また硝酸菌は イオンを して ^(え) イオンにすることで化学エネルギーを得て、 を行っている。亜硝酸菌や硝酸菌のこれらの働きを という。生産された有機物は、生産者自身と、消費者や分解者の呼吸によって再び二酸化炭素となり大気中に戻される。このようにして炭素は生態系を循環している。^(お)

問1 文章中の ～ に入る最も適切な語句を下記の語群から選び、記号で答えよ。

[語群]

- | | | | |
|--------|---------|----------|--------|
| a 窒素固定 | b 窒素同化 | c 炭酸同化 | d 化学合成 |
| e 硝酸還元 | f 脱窒 | g 異化 | h 還元 |
| i 酸化 | j 分解 | k メタン | l 酸素 |
| m 硫化鉄 | n 硫化水素 | o 二酸化硫黄 | p 硫酸 |
| q 亜硫酸 | r 塩酸 | s 硝酸 | t 亜硝酸 |
| u 炭酸 | v アンモニア | w アンモニウム | |

問 2 下線部(あ)で述べられている大気中の二酸化炭素の濃度は年々増加傾向にある。現在、二酸化炭素が大気中に占めている体積の割合(%)として最も近い値を下記の選択肢から選べ。

[選択肢]

0.01 %	0.1 %	1 %	10 %
0.02 %	0.2 %	2 %	20 %
0.03 %	0.3 %	3 %	30 %
0.04 %	0.4 %	4 %	40 %

問 3 rRNA の塩基配列に基づいて分類した場合、下線部(い)の細菌とは別のドメインに属する原核生物を下記の選択肢の中から2つ選び、記号で答えよ。

[選択肢]

a 大腸菌	b メタン生成菌	c 根粒菌	d 乳酸菌
e コレラ菌	f ブドウ球菌	g 高度好塩菌	h 枯草菌

問 4 下線部(う)の亜硝酸菌と下線部(え)の硝酸菌は、あわせて何とよばれる細菌か答えよ。

問 5 生態系におけるエネルギーの流れについて、下線部(お)の炭素の循環との違いを明確にして説明せよ。

[B]

森林の炭素収支を調べるために、湿潤な熱帯地方のある森林においてX年とその翌年に植物群落の生産量に関する調査を行った。その結果、植物群落の現存量がX年は94〔トン炭素/ha〕であったのに対し、その1年後には104〔トン炭素/ha〕に増加していた。また、この群落の1年間の被食量と枯死量、呼吸量は、それぞれ5〔トン炭素/ha〕、4〔トン炭素/ha〕、12〔トン炭素/ha〕であった。

問 6 この森林の植物群落における純生産量〔トン炭素/ha・年〕と総生産量〔トン炭素/ha・年〕をそれぞれ求めよ。

問 7 この森林の植物群落は1年間にどれだけの二酸化炭素を大気から吸収し、固定したと考えられるか。炭素と酸素の原子量をそれぞれ12と16としてその量〔トン二酸化炭素/ha・年〕を計算し、小数第2位を四捨五入して答えよ。ただし、枯死および被食された植物体は分解され再び二酸化炭素になると考えて、それらをこの植物群落の二酸化炭素固定量には考慮しないこととする。