



理 科

(120 分)

環境科学部・工学部・人間文化学部

物理(1～8 ページ) 化学(9～18 ページ) 生物(19～29 ページ)

注 意 事 項

1. 解答開始の合図があるまで、この問題冊子および解答冊子の中を見てはいけません。
2. 問題は物理 4 題、化学 4 題、生物 4 題ありますが、志望学部学科によって解答する科目・問題が異なるので注意ください。指定されていない科目・問題を解答しても採点しません。
3. 環境科学部(環境生態学科)を受験する者は、次の科目・問題を解答ください。
 - ・物理、化学、生物のうちから 2 科目選択ください。
 - ・物理を選択する場合、「物理問題Ⅰ」、「物理問題Ⅱ」の 2 題を解答ください。
 - ・化学を選択する場合、「化学問題Ⅰ」、「化学問題Ⅱ」の 2 題を解答ください。
 - ・生物を選択する場合、「生物問題Ⅰ」、「生物問題Ⅱ」の 2 題を解答ください。
4. 環境科学部(環境建築デザイン学科)を受験する者は、次の科目・問題を解答ください。
 - ・物理のみ解答ください。
 - ・「物理問題Ⅰ」～「物理問題Ⅳ」の 4 題を解答ください。
5. 環境科学部(生物資源管理学科)を受験する者は、次の科目・問題を解答ください。
 - ・物理、化学、生物のうちから 1 科目選択ください。
 - ・物理を選択する場合、「物理問題Ⅰ」～「物理問題Ⅳ」の 4 題を解答ください。
 - ・化学を選択する場合、「化学問題Ⅰ」～「化学問題Ⅳ」の 4 題を解答ください。
 - ・生物を選択する場合、「生物問題Ⅰ」～「生物問題Ⅳ」の 4 題を解答ください。
6. 工学部(材料科学科)を受験する者は、次の科目・問題を解答ください。
 - ・物理、化学のうちから 1 科目選択ください。
 - ・物理を選択する場合、「物理問題Ⅰ」～「物理問題Ⅳ」の 4 題を解答ください。
 - ・化学を選択する場合、「化学問題Ⅰ」～「化学問題Ⅳ」の 4 題を解答ください。

この注意事項は、問題冊子の裏表紙にも続きます。問題冊子を裏返して必ず読みなさい。

7. 工学部(機械システム工学科・電子システム工学科)を受験する者は、次の科目・問題を解答しなさい。
 - ・物理のみ解答しなさい。
 - ・「物理問題Ⅰ」～「物理問題Ⅳ」の4題を解答しなさい。
8. 人間文化学部(生活栄養学科)を受験する者は、次の科目・問題を解答しなさい。
 - ・化学のみ解答しなさい。
 - ・「化学問題Ⅰ」～「化学問題Ⅳ」の4題を解答しなさい。
9. 解答開始後、選択した科目の解答冊子の表紙所定欄に受験番号、氏名をはっきり記入しなさい。表紙にはこれら以外のことを書いてはいけません。選択しなかった科目の解答冊子は、試験終了20分前に回収します。
10. 解答は、すべて解答冊子の指定された箇所に記入しなさい。解答に関係のないことを書いた答案は無効にすることがあります。
11. 解答冊子は、どのページも切り離してはいけません。解答のための下書き・計算などには、解答冊子の下書き用ページを使いなさい。
12. 試験終了後、問題冊子は持ち帰りなさい。選択した科目の解答冊子を持ち帰ってはいけません。

物 理

物理問題 I

次の文を読んで、 に適した式を解答欄に記入せよ。また、問1～問3に答えよ。ただし、問3は導出過程を示して答えよ。なお、クーロンの法則の比例定数を $k[\text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2]$ とする。

- (1) 2つの正の点電荷A, Bを、図1に示すように xy 平面上に固定した。点電荷A, Bの電気量はどちらも $+q[\text{C}]$ ($q > 0$) である。点電荷は、その周りに静電気力を及ぼす電場(電界)をつくり、その電場の中の別の点電荷は電場から力を受ける。点電荷Aがつくる電場の「点電荷Bの位置における強さ」は [N/C] であり、点電荷Bはこの電場から大きさ [N] の静電気力を受ける。また、無限遠を電位の基準としたとき、点電荷Aがつくる電場において点電荷Bの位置における電位は [V] である。点電荷Aを固定したまま、点電荷Bを原点Oまで、静電気力とつりあう外力を加えて移動させるとき、外力がする仕事は [J] である。

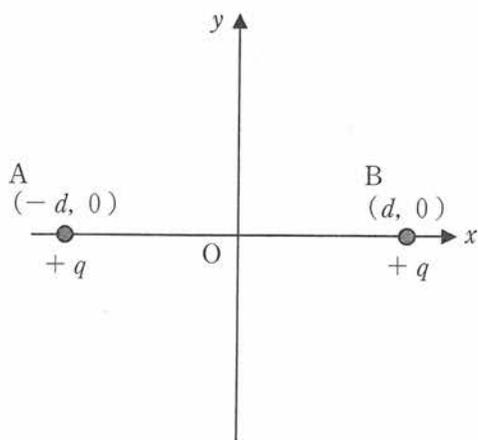


図1

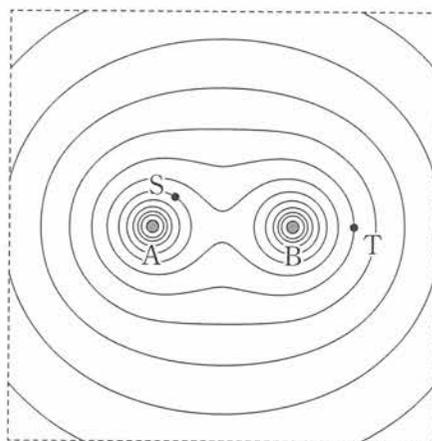


図2

問 1 電気量の等しい 2 つの正の点電荷 A, B による等電位線を図 2 に示す。点 S を通る電気力線および点 T を通る電気力線を、解答欄の破線の範囲内に、向きも含めて示せ。

(2) 次に、4 つの正の点電荷 A, B, C, D と負の点電荷 E を、図 3 に示すように xy 平面上に置いたところ、各電荷に対して他の点電荷が及ぼす静電気力の合力が 0 N となり、図 3 に示す位置で各電荷は静止した。点電荷 A, B, C, D の電気量はいずれも $+q$ [C] ($q > 0$) であり、点電荷 E の電気量は $-Q$ [C] ($Q > 0$) である。

問 2 点電荷 D が点電荷 A に及ぼす静電気力 \vec{F}_{DA} [N] を解答欄のように表したとき、「点電荷 C が点電荷 A に及ぼす静電気力 \vec{F}_{CA} [N]」と「 \vec{F}_{DA} と \vec{F}_{CA} の合力 \vec{F}_A [N]」を解答欄にベクトルを用いて図示せよ。さらに、 \vec{F}_A の大きさを d , k , q を用いて表せ。

問 3 点電荷 A が他の点電荷から受ける静電気力の x 方向のつり合いの式を考えて、電気量 Q を電気量 q を用いて表せ。

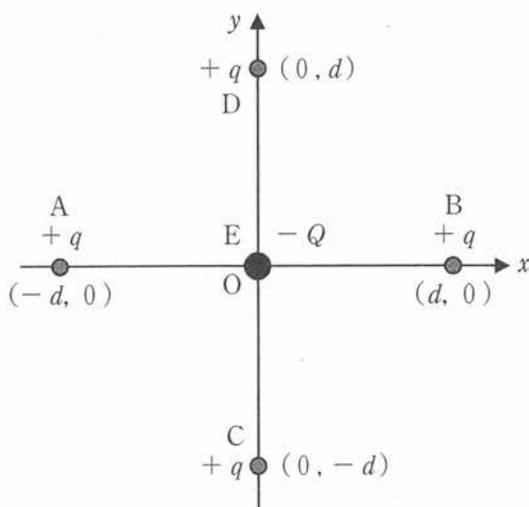


図 3

物理問題 II

次の文を読んで、 に適した式を解答欄に記入せよ。また、問1および問2に答えよ。なお、重力加速度の大きさは g [m/s²] とし、円周率を π とする。また、空気の抵抗は無視できるものとする。

- (1) 図1に示すように、なめらかな面の一部に動摩擦係数 μ' のあらい面を有する水平な床がある。床の左端の壁には、ばね定数 k [N/m] の軽いばねが固定され、ばねの右端には質量と厚さの無視できる板が取り付けられている。板には、大きさの無視できる質量 m [kg] の物体が留め金で固定されている。ばねが自然の長さのときの物体の位置を原点 O とし、床面に沿って右向きに x 軸をとる。指で物体を押して、図2のようにばねを自然の長さより d [m] だけ縮めた後、指を静かに放したところ、物体はなめらかな床面上で単振動した。このとき、 m 、 k を用いて、単振動の周期は ア [s]、角振動数は イ [rad/s] と表すことができる。さらに、指を放してから t_1 [s] 経過後の物体の速度は m 、 k 、 d 、 t_1 を用いて ウ [m/s] と表すことができる。

問1 $k = 1000$ N/m のばねを用い、 $d = 0.02$ m として、物体を単振動させた。このとき、物体にはたらいっている水平方向の力 F [N] と物体の位置 x [m] の関係を示すグラフを解答欄に描け。ただし、グラフの縦軸の目盛りの には適切な数値を書き入れること。

- (2) 次に、物体を板に固定していた留め金はずしてから、図2のように指で物体を押してばねを自然の長さより d [m] だけ縮めた。このとき、ばねに蓄えられた弾性力による位置エネルギーは エ [J] である。その後、指を静かに放したところ、物体は右向きに動き始め、原点の位置で板から離れた後、あらい面を通過した。物体が板から離れた直後の速度 v_{\max} は、 m 、 k 、 d を用いて オ [m/s] と表すことができる。物体が板から離れた瞬間の時刻を $t = 0$ とし、時刻 t [s] と物体の速度 V [m/s] の関係を調べたところ、図3のようになった。図3のグラフより、グラフ中の v_{\max} [m/s]、 t_2 [s] を用いて、あらい面の長さは カ [m]、

物体があらい面上を通過するときの加速度は $\boxed{\text{キ}}$ $[\text{m/s}^2]$ と表すことができる。さらに、あらい面の動摩擦係数 μ' は、あらい面上を通過するときの物体の運動方程式から、 m, k, d, t_2, g を用いて $\boxed{\text{ク}}$ と表すことができる。

問 2 ばねを自然の長さより距離 L [m] だけ縮めて、再度、物体をあらい面に向かって運動させたとき、物体をあらい面の中心で静止させるには、 L をいくらにすれば良いか、 d を用いて表せ。解答には導出過程も示すこと。

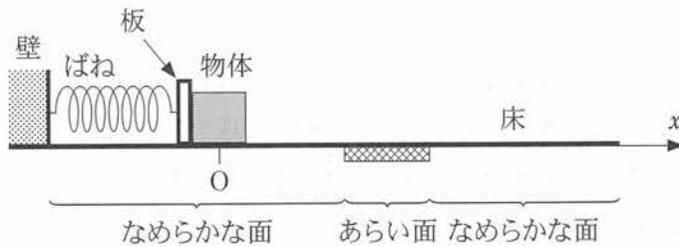


図 1

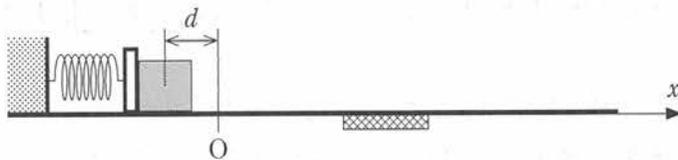


図 2

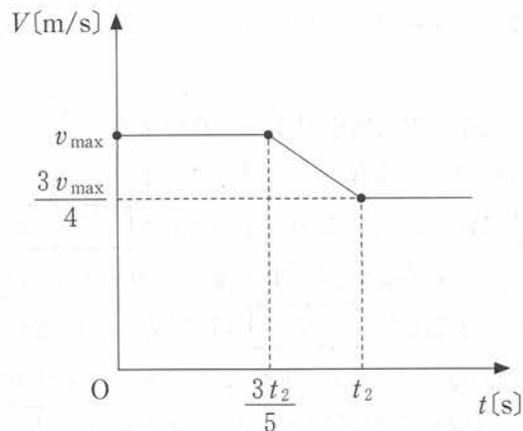


図 3

物理問題 III

次の文を読んで、 に適した式または数値を解答欄に記入せよ。また、問に答えよ。ただし、大気圧は p_0 [Pa] とし、シリンダーは大気中で水平に固定され、ピストンはなめらかに動くものとする。また、シリンダー内部の気体は、ヒーターまたは温度調節器との間でのみ熱のやりとりができ、ヒーターと温度調節器の体積および熱容量は無視できるものとする。なお、気体は単原子分子の理想気体とし、気体定数を R [J/(mol·K)] とする。

- (1) 図1に示すヒーターを備えたシリンダー1の内部に1 molの気体が閉じ込められている。最初、シリンダー内部の気体(気体1)の圧力は p_0 [Pa]、体積は V_0 [m³] であった。このとき、気体1の温度は ア [K] である。

最初の状態から気体1をゆっくり加熱し、気体1の体積を $2V_0$ とした。加熱後の気体1の圧力は イ [Pa] である。また、加熱中に気体1が外部に行った仕事は ウ [J]、加熱前後での気体1の内部エネルギーの変化量は エ [J] であり、加熱中に気体1が得た熱量は オ [J] である。

- (2) 図2のように、断面積が同じ2つのシリンダー2、3があり、シリンダー2、3内のピストンが伸び縮みしない棒で連結されている。シリンダー2、3の内部にはともに1 molの気体が閉じ込められており、最初、シリンダー2、3の内部の気体(気体2、3)の圧力はともに p_0 [Pa]、体積はともに V_0 [m³] であった。なお、シリンダー2の内部にはヒーターが、シリンダー3の内部には温度調節器が取り付けられている。

最初の状態から、気体3の温度を温度調節器により一定に保ちながら、気体2をヒーターでゆっくり加熱し、気体2の体積を $1.5V_0$ [m³] とした。このとき気体3の圧力は カ [Pa] となり、気体2の圧力は キ [Pa] となる。また、気体2の加熱前後での、気体2の内部エネルギーの変化量は ク [J]、気体3の内部エネルギーの変化量は ケ [J] である。したがって、加熱により気体2に与えた熱量を Q ($Q > 0$) [J] とすると、気体2の加熱が終了するまでに温度調節器が気体3から吸収した熱量は p_0 、 V_0 、 Q を用いて コ [J] と表される。

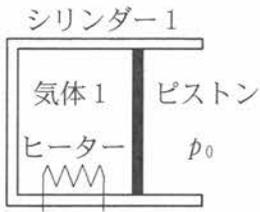


図 1

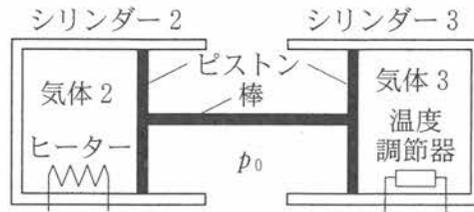


図 2

- (3) 図 3 のように、ヒーターを備えた断面積 $S(\text{m}^2)$ のシリンダー 4 および温度調節器を備えた断面積 $2S(\text{m}^2)$ のシリンダー 5 があり、シリンダー 4、5 内のピストンが伸び縮みしない細い棒で連結されている。シリンダー 4 の内部には 1 mol 、シリンダー 5 の内部には 2 mol の気体が閉じ込められており、最初、シリンダー 4 の内部の気体(気体 4)の圧力は $p_0(\text{Pa})$ 、体積は $V_0(\text{m}^3)$ で、シリンダー 5 の内部の気体(気体 5)の圧力は $p_0(\text{Pa})$ 、体積は $2V_0(\text{m}^3)$ であった。

気体 4 と気体 5 の温度を調節し、気体 4 の圧力と体積を最初の状態からゆっくりと図 4 のように直線に沿って変化させた。この状態変化の間で、気体 4 の圧力が $p(p_0 \leq p \leq 3p_0)$ (Pa) のとき、ピストンに作用する力のつり合いを考えると、気体 5 の圧力は p および p_0 を用いて (Pa) と求められる。

問 気体 4 が図 4 のような状態変化をする間の、気体 5 の圧力と体積の変化を解答欄の $p-V$ 図($p-V$ グラフ)に向きも含めて示せ。ただし、気体 5 の圧力と体積の関係も直線に沿って変化する。さらに、描いたグラフをもとに、この状態変化の間に気体 5 が外部にした仕事を導出過程を示して答えよ。

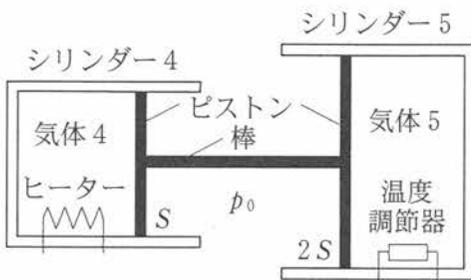


図 3

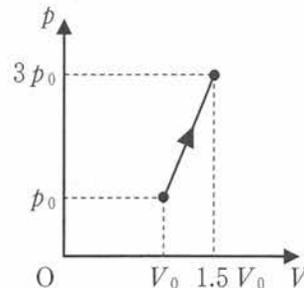


図 4

物理問題 IV

次の文を読んで、に適した式を、には適した語句を解答欄に記入せよ。また、問1～問4に答えよ。ただし、問1、問3および問4は導出過程も示して答えよ。なお、開口端補正は無視できるものとする。

- (1) クラリネットなどの管楽器は管の中の空気を振動させて音を発生させている。この管の中の空気を気柱と呼ぶ。管の一端が閉じられた管を閉管、両端が開いた管を開管と呼ぶ。いま、閉管における空気の振動について考える。試験管のような閉管に息を吹き込むと、その管に特有の音が出る。これは、管の底へ進む波と底から反射した波が重なり合って定常波(定在波)ができ、それが音源となって周囲に伝わるからである。このような定常波になるとき、その状態を気柱の固有振動と呼び、そのときの振動数を固有振動数という。空気が動けない管底は固定端となり、自由に振動できる管口は自由端となるので、管底のようにまったく振動しない所は固有振動の { ア } となり、管口のように大きく振動する所は固有振動の { イ } となる。図1に固有振動の例を横波のように表した。

閉管の長さを L_1 (m)、この閉管に生じた定常波の波長を λ (m) とする。定常波の隣り合う { ア } と { イ } の間隔は、波長 λ を用いて (m) と表される。閉管では管の長さが の { エ } 倍に等しいことが定常波の発生条件となることを式で表すと、{ エ } である m 、波長 λ を用いて、 $L_1 =$ を得る。したがって、空気中の音速 V (m/s)、 m 、 L_1 を用いて、固有振動数は で表される。 $m = 1$ の固有振動を基本振動、 $m = 3$ の固有振動を { キ } という。

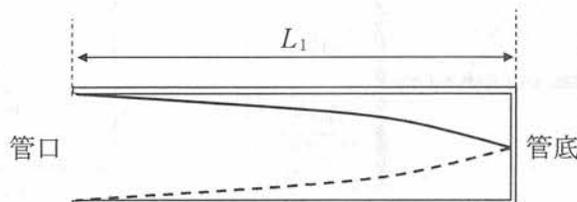


図1

問 1 ある閉管 α の $m = 3$ の固有振動の振動数と、別の閉管 β の $m = 5$ の固有振動の振動数は同じであった。閉管 β の長さは閉管 α の長さの何倍であるか。ただし、閉管 α と閉管 β の中の空気の温度は同じである。

(2) 振動数 f (Hz) のおんさと、ピストンのついたじゅうぶんな長さをもつ管を、図 2 のように配置した。おんさを鳴らしながら、ピストンを図中の左の管口から右方向へゆっくり移動させると、右の管口に到達するまでに、4 箇所で気柱が共鳴することがわかった。4 回目に共鳴したときのピストンの位置を位置 A とする。左の管口から位置 A までの間隔は L_2 (m) であった。

問 2 ピストンの位置が位置 A にあるときの、管内の空気の振動の様子を図 1 にならって図示せよ。

問 3 このときの空気中の音速 V を、 L_2 および f を用いて表せ。

問 4 次に、4 回目に共鳴した位置 A にピストンがある状態で、気柱の温度を上げると共鳴しなくなった。温度が 10°C 上がった状態でピストンを左の管口に向かってゆっくり動かした。すると、左の管口に到達するまでに 3 箇所で共鳴した。ピストンが位置 A から管口に向かうときに初めて共鳴した位置を位置 B とする。なお、おんさの振動は気温の影響を受けず、振動数によらず音速は 1°C 上昇するごとに 0.6 m/s 速くなるものとする。位置 A から位置 B までの距離を f と V を使って表せ。

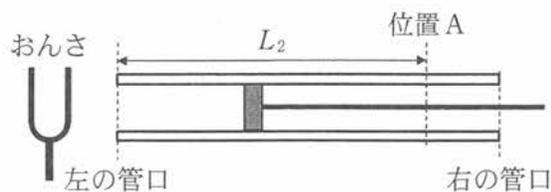


図 2

化 学

化学問題 I

次の文を読んで、問1～問5に答えよ。必要であればファラデー定数として $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$ を用いよ。解答の数値は有効数字2桁で示せ。

アメリカでは1970年代に宇宙開発のため、鉛蓄電池より軽い蓄電池の開発が進められた。その一つに、電解質水溶液中のイオンを溶液中に留めたまま、その酸化数を変化させる電池がある。この考えは今も電力貯蔵施設用の電池に使われている。

図1はこのような電池のうち一つの模式図である。電池はイオン交換膜で負極側と正極側に仕切られており、このイオン交換膜は水素イオンだけを通す。また電解質水溶液として、負極側は Cr^{2+} と Cr^{3+} を含む酸性水溶液、正極側は Fe^{2+} と Fe^{3+} を含む酸性水溶液が用いられている。放電時には負極で Cr^{2+} が Cr^{3+} に変化し、正極で Fe^{3+} が Fe^{2+} に変化する。充電時にはこれらの逆の反応が生じる。

図1の構造をもち正極側の電解質水溶液の体積が1.00 Lの電池を考える。この電池を一定時間放電させたのち、正極側の溶液2.00 mLをピーカー^(a)に入れ希釈した。この希釈液を酸性条件下で濃度 $2.00 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ の過マンガン酸カリウム水溶液により滴定したところ、すべての Fe^{2+} を Fe^{3+} に酸化するには7.20 mLを要した。

問1 負極側の溶液に使われる元素であるクロムは同位体をもつ。クロムの原子量が52.10であり、クロムの同位体は相対質量52.00の ^{52}Cr と53.00の ^{53}Cr の二種類のみだとして、クロム全体に占める ^{53}Cr の物質量の割合[%]を求めよ。

問 2 図 1 の電池ではイオン交換膜の中を水素イオンが移動する。放電時のイオンの正しい移動方向を、次の(ア)、(イ)から選び、記号で記せ。また、そのように移動する理由を説明せよ。

(ア) 負極側から正極側へ移動

(イ) 正極側から負極側へ移動

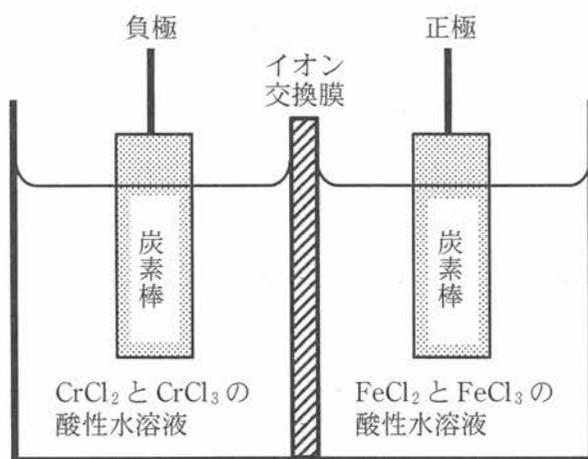


図 1 クロムと鉄の酸化還元を利用した蓄電池の模式図

問 3 下線部(a)の滴定に使用したビュレットの滴定開始時の状態は、次の A ~ C で、それぞれ(1)と(2)のどちらが適切か。番号で記せ。

A 上端は { (1) 空気が入らないようにゴム栓をした。
(2) 開けたままにした。

B 活栓(コック)から下は { (1) 下端まで滴定液で満たした。
(2) 空気だけになるようにした。

C 下端は { (1) ビーカー内の液に浸け、液の飛散を防いだ。
(2) ビーカー内の液面より少し上になるようにした。

問 4 下線部(a)の滴定で起こる反応のイオン反応式を記し、また、放電後の正極側の電解質水溶液 1.00 L に含まれる Fe^{2+} の物質量を求めよ。導出過程も記せ。

問 5 下線部(a)の放電の開始前には、正極側の電解質水溶液に Fe^{2+} は含まれていなかった。放電時の電流が常に 6.00 A であったとき、放電時間[分]を求めよ。導出過程も記せ。

化学問題 II

次の文を読んで、問1～問4に答えよ。必要であれば、原子量としてH = 1.0, C = 12.0, O = 16.0を用いよ。解答の数値は有効数字2桁で示せ。

食品に含まれるアルコールとは一般にエタノールを指す。エタノールはさまざまな細胞に対して毒性を示す。生体は酵素を用いてエタノールを解毒する防御機構を肝臓に備えており、エタノールはアセトアルデヒドを経て酢酸に変換される。エタノールからアセトアルデヒドへの酸化反応を触媒する酵素はアルコール脱水素酵素である。

肝臓は質量として約70%の水、約20%のタンパク質、約4%の炭水化物などを含む。^(a)肝臓に含まれるアルコール脱水素酵素の性質を調べるために、試験管に緩衝液、^(b)アルコール脱水素酵素、基質を入れ、25℃で反応させたところ、表1に示した結果が得られた。

表1 各反応時間におけるアセトアルデヒド濃度

時間[分]	0	1.0	2.0	4.0
アセトアルデヒド濃度[$\times 10^{-6}$ mol/L]	0	12.0	24.0	48.0

問1 下線部(a)について、タンパク質が存在すると起こる呈色反応の名称を一つ記せ。

問 2 酵素を用いた実験に関する以下の i), ii) に答えよ。

i) 最適温度が 37 °C, 最適 pH が 7.4 という性質をもつ酵素の反応速度を調べるために, 37 °C で正確に 10 分間, 酵素反応を行いたい。正しい手順となるように下記の(1)~(5)を順に並べよ。なお, 基質は酵素反応以外では変化しないとする。

- (1) 試験管に計 2.9 mL の緩衝液と基質溶液を入れる。
- (2) 試験管に 0.1 mL の酵素溶液を入れる。
- (3) 試験管に 3 mL の 5 mol/L 塩酸を入れる。
- (4) 試験管を 37 °C の水槽中に 5 分間置く。
- (5) 試験管を 37 °C の水槽中に 10 分間置く。

ii) i) に示した(3)の操作によって酵素反応はどのようになると予想されるか。予想される結果とその理由を記せ。

問 3 アルコール脱水素酵素が基質特異性をもつかどうかは, ある条件を変えて実験を行うことで調べることができる。その条件として適切なものを下の(ア)~(オ)から一つ選び, 記号で記せ。また, アルコール脱水素酵素が基質特異性をもつ場合, 選んだ条件を変えることでどのような現象が生じると考えられるか。予想される内容を記せ。

- (ア) 反応温度
- (イ) 反応液の pH
- (ウ) 反応時間
- (エ) 酵素の種類
- (オ) 基質の種類

問 4 下線部(b)について、次の i) ~ iv) に答えよ。

i) 表 1 に示した実験結果に基づいて、反応時間とアセトアルデヒド濃度との関係を示すグラフを作成せよ。

ii) 表 1 に示した実験結果より、反応速度 [mol/(L·s)] を求めよ。計算過程も記せ。

iii) 酵素反応は以下の式 1 で表すように進む。まず酵素 (E と表記) と基質 (S と表記) が結合し、酵素—基質複合体 (E·S と表記) が可逆的に形成される。つづいて酵素—基質複合体を形成した基質は生成物 (P と表記) に変化し、生成物は酵素から分離し、酵素は再利用される。酵素反応では、 $E \cdot S \rightarrow E + P$ の反応が最も遅いので、反応速度は $E \cdot S$ の濃度によって決まる。このため、反応速度 v は速度定数 k を用いて、式 2 と表すことができる。



$$v = k[E \cdot S] \quad \text{式 2}$$

さまざまな基質濃度の試験管を用意し、酵素反応を行った。はじめに加える酵素の濃度は一定で、基質濃度が酵素濃度より低いとき、基質濃度によって反応開始直後の反応速度はどのように変化するか。理由とともに記せ。

iv) 反応液中の基質濃度を酵素濃度よりも非常に高くすれば、すべての酵素が酵素—基質複合体を形成したとみなすことができる。表 1 に示した実験結果は、基質濃度がアルコール脱水素酵素の濃度よりも非常に高い条件で得たものである。はじめに加えたアルコール脱水素酵素の濃度が 1.20×10^{-8} mol/L であるとき、式 2 の速度定数 k を単位とともに求めよ。計算過程も記せ。

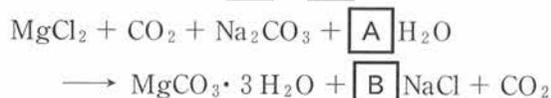
理科の試験問題は次に続く。

化学問題 III

以下の問1, 問2に答えよ。必要であれば, 原子量として $H = 1.0$, $O = 16.0$, $C = 12.0$, $Mg = 24.0$, $Fe = 56.0$ を, アボガドロ定数として $6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$ を用いよ。解答の数値は, 特に指定がないかぎり有効数字2桁で示せ。

問1 24℃で, 塩化マグネシウム水溶液に二酸化炭素を吹き込みながら炭酸ナトリウムを加えると, 炭酸マグネシウム三水和物 $MgCO_3 \cdot 3H_2O$ が沈殿した。^(a) この沈殿を乾燥した粉末69gをゆっくり加熱しながら質量を測定したところ, 図1のような質量変化を示し, 最終的に酸化マグネシウム MgO が得られた。以下のi), ii)に答えよ。

i) 下線部(a)について, 下の **A**, **B** にあてはまる整数値を求めよ。



ii) 図1の(ア), (イ)の温度域ではそれぞれ, 1種類の気体が発生した。発生した気体をそれぞれ化学式で記せ。また, その根拠を図1の質量変化から説明せよ。

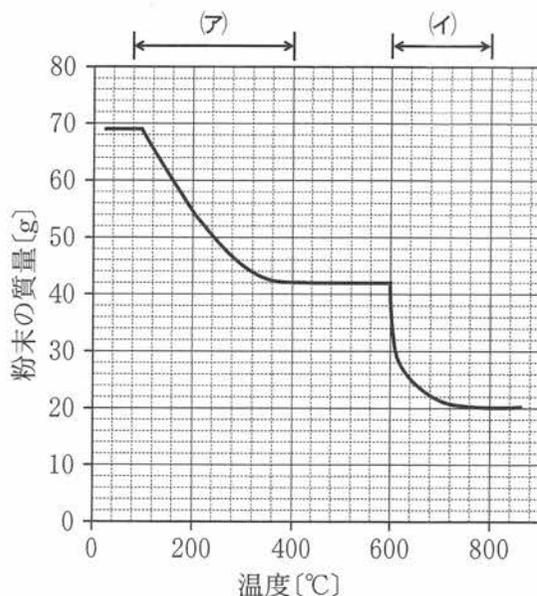
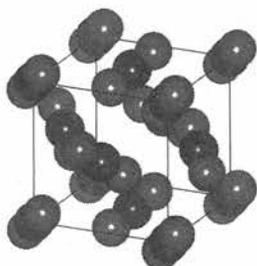


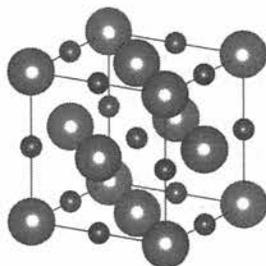
図1 室温からの加熱による炭酸マグネシウム三水和物の粉末の質量変化

問 2 問 1 で得られた MgO の結晶構造を調べたところ、NaCl と同じ種類の結晶構造をもち、単位格子の 1 辺の長さは 0.420 nm で、その密度は 3.50 g/cm^3 であることがわかった。以下の i) ~ v) に答えよ。

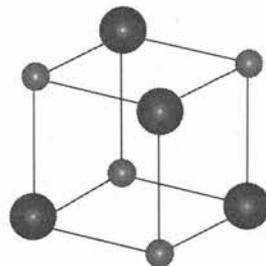
i) MgO の結晶の単位格子の模型として正しいものを次の (a) ~ (c) から一つ選び、記号で記せ。



(a)



(b)



(c)

ii) MgO は、結晶を構成する粒子が互いに静電的な引力(クーロン力)によって結合している。このような結晶の名称を記せ。

iii) 酸化鉄(II) FeO は MgO と同じ種類の単位格子をもち、その 1 辺の長さは 0.431 nm である。 FeO の密度 [g/cm^3] を求めよ。導出過程も記せ。

iv) MgO と FeO を $1-x : x$ ($0 < x < 1$) の物質量の比で混ぜ合わせ加熱することにより、 $(\text{Mg}_{1-x}\text{Fe}_x)\text{O}$ ($0 < x < 1$) の化学組成をもつ物質が合成される。いま、MgO と FeO をある比で混合し、高温で完全に反応させた。反応生成物を調べたところ、結晶構造の種類は変わらず、単位格子の 1 辺の長さは 0.426 nm で、密度は 4.50 g/cm^3 であった。

$(\text{Mg}_{1-x}\text{Fe}_x)\text{O}$ 結晶の密度と FeO の含有率 x には直線のあるとす。iii) で求めた FeO の密度を解答欄のグラフ中に ● で示せ。さらに、上記の x と密度の関係を用いてグラフ中に直線を描きこみ、生成物の x の値を求めよ。

v) MgO の融点は、同様の結晶構造をもつ NaCl (単位格子の 1 辺の長さ = 0.564 nm) と比べて極めて高い。この理由について、クーロン力の性質に基づいて簡潔に説明せよ。

化学問題 IV

次の文を読んで、問1～問6に答えよ。必要であれば原子量としてH = 1.0, C = 12.0, O = 16.0を用いよ。解答の数値は有効数字2桁で示せ。

デンプンは植物の種子、茎、根などに蓄えられており、多数のグルコースが主に1位と4位の炭素原子に結合したヒドロキシ基の間で縮合重合した多糖類の一つである。デンプンは温水に溶けやすい **ア** と、溶けにくい **イ** から構成されている。**イ** は **ア** 分子がいくつも枝分かれして連なった構造をもつ。デンプンを分解酵素である **ウ** で加水分解するとマルトースが生じ、さらに他の酵素で分解するとグルコースとなる。マルトースやグルコースはフェーリング液を還元し、赤色の沈殿を生じる。デンプンやタンパク質などの親水コロイド粒子は、多量の電解質を加えると沈殿する。この現象を **エ** という。

問1 **ア** ~ **エ** にあてはまる適切な語句を記せ。

問2 分子量 1.0×10^6 の **ア** 分子は、何分子のグルコースが脱水縮合して生じたものか求めよ。導出過程も記せ。

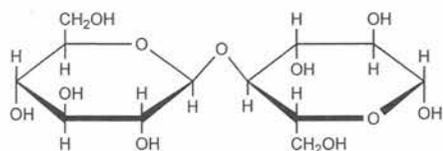
問3 マルトースやグルコースの水溶液はフェーリング液を還元して呈色するが、デンプン水溶液は呈色しない。これらの呈色の違いが生じる理由を、分子構造および官能基の性質をもとに150字以内で述べよ。

問4 デンプンの加水分解反応がじゅうぶんに進行したことは、ある呈色反応で確認することができる。この反応の名称を答えよ。また、加水分解の反応前および反応後の水溶液が示す色として適切なものを次の選択肢①～⑤からそれぞれ一つ選び、番号で記せ。

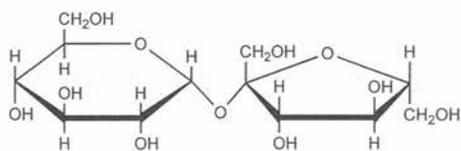
① 無色 ② 銀色 ③ 紫色 ④ 黄色 ⑤ 黒色

問 5 マルトースの構造式として正しいものを次の(a)~(d)から一つ選び、記号で示せ。

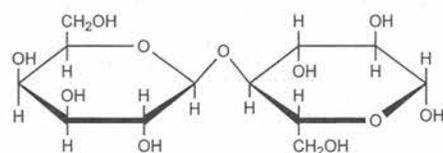
(a)



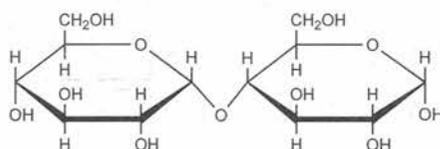
(b)



(c)



(d)



問 6 デンプンは、水中では表面に水分子を引き付けて分散している。デンプン水溶液に多量の電解質を加えて **エ** の現象が起こった後の状態をデンプン、水、イオンのモデルを用いて図1にならって記せ。



- デンプン粒子
- 水分子
- ⊕ 陽イオン
- ⊖ 陰イオン

図1 デンプン水溶液に多量の電解質を加えたときのモデル図

生 物

生物問題 I

次の文を読んで、問1～問5に答えよ。

水は植物の生存に不可欠な物質である。陸上植物は環境に応じて体内の水分量を調節している。一般に陸上植物のうち **ア** ^(a) では、維管束がなく、植物体を構成する細胞によって直接水や **イ** を吸収している。 **ウ** および裸子植物や被子植物では、根から水や **イ** を吸収し、植物体中に水を行きわたらせるために維管束を発達させている。

被子植物の植物体をよく見ると、まず、根の表面から土壤中の水を吸収する。次に、吸収された水は維管束の **エ** を通って同化組織のある葉に運ばれ、葉で水蒸気として失われる。

葉の表面から水が自由に蒸発すると、植物は水不足になり、しおれてしまう。そのため、陸上植物は葉の表側に **オ** を発達させ、余分な水の蒸発を防いでいる。よって、多くの水は葉の裏側の気孔から蒸散する。

植物の気孔は2個の **カ** 細胞に囲まれたすき間であり、水や光などの環境要因に反応して、開閉が調節されている。乾燥、強風、高温にさらされて水不足になると、植物の **カ** ^(b) の膨圧が下がり、気孔が閉じる。さらに、土壤の乾燥や塩分の上昇で水の吸収が難しい状態が続くと、植物は 積極的に糖やアミノ酸などを生成して細胞に蓄積し、細胞の浸透圧を高めようとする。 ^(c) これによって植物は、ある程度の土壤の乾燥や塩分の上昇から自分自身を守ることができる。

熱帯の砂漠地帯で生育するサボテン等の植物では、光が十分にある日中であっても乾燥を避けるため気孔を閉じ、夜間に気孔を開く。このような植物を **キ** 植物といい、夜間に気孔を開いて細胞内に取り入れた二酸化炭素を、有機物である **ク** ^(d) に変えて蓄積し、昼間に気孔を閉じて **ク** を分解し、二酸化炭素を取り出すことによって光合成が行われる。

問 1 ア ~ ク に適切な語句を入れよ。

問 2 下線部(a)について、スーパーマーケットで購入したレタスに含まれる水の重量を測定する実験を行いたい。水の重量を測定するためには具体的にどのような実験を実施すればよいか、句読点を含めて 60 字以内で説明せよ。

問 3 下線部(b)について次の問いに答えよ。

- (1) 気孔の閉鎖に関与する植物ホルモンの名称を答えよ。
- (2) 気孔の開口に有効となる光の色と、その光の受容体の名称を、それぞれ答えよ。
- (3) 気孔が開口しやすい *slac1* というイネの突然変異株では、同じ条件で栽培した野生株に比べて葉の温度が低くなることが知られている。葉の温度が低い理由として本文中より考えられることを、句読点を含めて 50 字以内で説明せよ。

問 4 下線部(c)の現象は、通常よりも甘いトマトを生産する技術に応用されている。このような甘いトマトを生産するためには、どのような栽培管理を行えばよいかについて、本文中より考えられることを、句読点を含めて 40 字以内で説明せよ。

問 5 下線部(d)について次の問いに答えよ。

- (1) トウモロコシにおいて、カルビン・ベンソン回路により二酸化炭素から有機物の合成を行う細胞の名称を答えよ。
- (2) 気孔を開いて細胞内に取り入れた二酸化炭素が、カルビン・ベンソン回路でリブローズビスリン酸(リブローズ二リン酸)と結合するまでの過程に関して、サポテンとトウモロコシではどのような点が類似しているか、句読点を含めて 60 字以内で説明せよ。

生物問題 II

次の文を読んで、問1～問6に答えよ。

水田は食料生産の場であると同時に、さまざまな生物の生息地としての機能もっている。図1はある水田で調べた主な生物同士の食うものと食われるものとの関係(捕食—被食関係)を、模式的に示したものである。なお、図1中のハツカネズミは日本在来のネズミ類の一種である。イナゴはバッタ類の一種で、スズメノヒエはイネ科植物の一種であり、これらはそれぞれ水田害虫と水田雑草として代表的な種である。

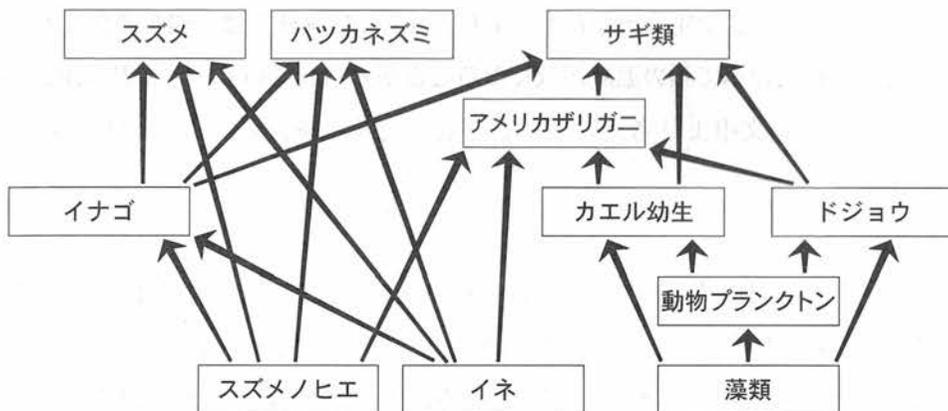


図1 ある水田における主要な生物と、それらとの捕食—被食関係。
矢印は捕食—被食関係におけるエネルギーおよび物質の流れを示す。

問1 複数種間における一連の捕食—被食関係は、何と呼ばれるか。適切な語句を答えよ。

問2 図1の中の生物のうち、生産者であるものをすべて答えよ。

問3 図1に示された生物のうち、アメリカザリガニは外来生物である。日本の淡水環境にはその他にも多くの外来生物が定着している。これらの外来生物のうち、脊椎動物を2種挙げて、その名前を答えよ。

問 4 図 1 の中のカエル幼生(オタマジャクシ)とドジョウは、直接的な捕食—被食関係にはない。しかし、そのような場合でも、両者の間には間接的な関係が存在していることがしばしばある。たとえば、この水田からカエル幼生を人為的に除去した場合に、ドジョウの個体数が増加することがありうる。その理由として適切なものを、次の選択肢の中からすべて選んで記号で答えよ。

- A 共通の天敵であるサギ類がこの水田に飛来する頻度が増加する。
- B 共通の天敵であるアメリカザリガニの個体数が減少する。
- C 共通の餌である動物プランクトンの現存量が増加する。
- D 共通の餌である藻類の現存量が減少する。

問 5 現在、一般的に使用される殺虫剤や除草剤は、ヒトを含めた脊椎動物に対する毒性が低いものが多い。それでもなお、捕食—被食関係を通じて、害虫や雑草以外の生物に影響を及ぼすと懸念される場合がある。仮に、脊椎動物に対する毒性が全く認められない除草剤がこの水田に散布された場合、スズメの採餌について生じうると予想される影響を二つ挙げ、それぞれ句読点を含めて 40 字以内で説明せよ。

問 6 図 1 のような捕食—被食関係を明らかにすることは、しばしば容易ではない。

餌となった生物を知る上で重要な手がかりである糞^{ふん}や消化管内容物は、消化などによりもとの形態が失われていることが多く、餌となった生物の種を同定することが難しいためである。しかし、糞や消化管内容物の中に残存する DNA を抽出・分析することにより、餌となった生物の種を同定できる場合がある。ある研究で、ハツカネズミが何を食べているかを明らかにするため、糞を採取して分析することにした。この研究では、糞中に含まれている餌となった生物の DNA を、ポリメラーゼ連鎖反応(PCR)を用いて検出した。この分析法について、次の問いに答えよ。

- (1) 上記の分析方法では、餌となった生物の DNA が徐々に分解されることにより、DNA が検出できなくなる場合がある。この DNA の分解は糞の排泄^{せつ}後も進むが、糞の冷凍保存や防腐効果のある保存料の添加により、分解の進行を抑制することができる。排泄後の糞を常温に置いた場合に、糞中に含まれる DNA が分解される主な理由を、句読点を含めて 40 字以内で説明せよ。
- (2) 上記の分析方法では、餌となった生物の核 DNA ではなく、ミトコンドリアや葉緑体の DNA を検出対象とすることが多い。これらが独自の遺伝子を持っているのは、もともとは自由生活を行う細菌に由来しているからだとする説があるが、この説の名前を答えよ。
- (3) (1)で説明したように DNA が分析以前に分解される場合があることをふまえて、核ではなくミトコンドリアや葉緑体の DNA を検出対象とすることの利点を、句読点を含めて 40 字以内で説明せよ。

- (4) この分析ではA～Fの6種類のプライマーが用いられた。それぞれのプライマーは、A：被子植物全種、B：イネ科植物全種、C：スズメノヒエのみ、D：イネのみ、E：節足動物全種、F：イナゴのみに反応してDNA断片を増幅することがあらかじめ確かめられたものである。これらのプライマーを用いて、ア～オの5個体のハツカネズミの糞を分析したところ、表1のような結果を得た。次の1～5の文について、この結果の解釈として正しいものに○、正しくないものに×を記せ。なお、ハツカネズミは図1に示された生物以外も餌として摂食している可能性があるものとして答えよ。

表1 ハツカネズミ5個体の糞について実施したPCRの結果
(+：DNA断片の増幅あり，－：DNA断片の増幅なし)

プライマーの種類	ハツカネズミの個体				
	ア	イ	ウ	エ	オ
A(被子植物全種)	+	+	+	－	+
B(イネ科植物全種)	－	+	+	－	+
C(スズメノヒエのみ)	－	+	－	－	－
D(イネのみ)	－	－	－	－	+
E(節足動物全種)	+	－	－	+	+
F(イナゴのみ)	+	－	－	－	－

- 1 個体アは、イナゴ以外の昆虫を摂食しなかった。
- 2 個体イは、スズメノヒエを摂食した。
- 3 個体ウは、イネ科植物の全種を摂食した。
- 4 個体エは、昆虫またはクモ類を摂食した可能性がある。
- 5 個体オは、イネ以外のイネ科植物を摂食しなかった。

生物問題 III

次の文を読んで、問1～問7に答えよ。

地球上には、さまざまな生物が生活している。いずれの生物も、からだはすべて細胞からできており、生命活動は細胞の働きによって支えられている。^(a)生命の基本単位である細胞は、どのような構造と働きをしているのだろうか。一般的に、真核生物の細胞は核と からなり、 の最外層は になっている。 には光学顕微鏡で観察することのできる葉緑体やミトコンドリアなどのほか、電子顕微鏡で観察可能な膜状や粒状の微細な構造体がある。これらの構造体は、それぞれ固有の働きと構造をもっており、核などとともに と呼ばれる。 の間を満たす には、水・タンパク質・アミノ酸・グルコースなどが含まれていて、物質を合成したり分解したりするための化学反応の場となっている。私たちが観察で使用する光学顕微鏡は、可視光線を用いて観察する顕微鏡で、その (近接した2点を2点として区別できる最小の間隔)は0.2 程度が限界である。一方、電子顕微鏡は光学顕微鏡より が高いので、光学顕微鏡では観察できないような細胞内の微細な構造が観察できる。細胞内の構造体を分離するとき、まず、組織をすりつぶして細胞破碎液をつくる。この液を遠心分離機にかけて、特定の構造体を沈殿させることができる。^(b)この方法によって分離した構造体は、その働きなどを調べるのに利用される。

問1 ～ に適切な語句を入れよ。

問2 にあてはまる単位を下から一つ選んで答えよ。

nm, μm , mm

問3 生物がもつ基本的な特徴を下線部(a)以外に四つ答えよ。

問 4 インフルエンザやエイズなどの病気を引き起こす原因はウイルスである。ウイルスは現段階では、生物と無生物の中間的な特徴をもつものとして扱われている。ウイルスの説明として、正しいものを下から二つ選び、番号で答えよ。

- ① ウイルスには細胞構造をもつものともたないものが存在する。
- ② ウイルスはタンパク質でできた殻と遺伝物質からなる小さい粒子である。
- ③ ウイルスは遺伝物質をもっていない。
- ④ ウイルスは感染した細胞内にある物質を利用して増殖する。

問 5 光学顕微鏡で観察できる、動物では存在しない植物の典型的な体細胞の構造を三つ挙げよ。また、それらの機能について説明せよ。

問 6 下線部(b)について、遠心力を作用させると細胞内の構造物が沈殿するが、遠心力を段階的に大きくしていくと、大きさや密度にしたがっていろいろな構造物が順に沈殿して分離される。核、葉緑体、ミトコンドリア、その他の微小な構造体が分離される順序で、予想されるものを下から選び、番号で答えよ。

- ① 葉緑体 → ミトコンドリア → 核 → その他の微小な構造体
- ② ミトコンドリア → 葉緑体 → 核 → その他の微小な構造体
- ③ 核 → 葉緑体 → ミトコンドリア → その他の微小な構造体
- ④ 核 → ミトコンドリア → 葉緑体 → その他の微小な構造体

問 7 以下に列挙した生物の中から原核生物を三つ選んで答えよ。

シアノバクテリア、ゾウリムシ、乳酸菌、パン酵母、古細菌

生物問題 IV

次の文を読んで、問1～問6に答えよ。

ショウジョウバエの遺伝学的研究によって、生物の初期発生に関わるさまざまな遺伝子が明らかにされてきた。ショウジョウバエでは未受精卵の段階で体の前後軸が決まっている。ショウジョウバエの未受精卵では、ある調節遺伝子 A の mRNA が卵の前端に蓄えられている。^(a)受精後、この mRNA はタンパク質に され、つくられた調節タンパク質が卵の前端から後端へと拡散する。これによって、調節タンパク質の濃度は前端で最も高く、後端が最も低くなり、濃度勾配が生じる。これが卵における相対的な位置情報となり、胚の前後軸が形成され、やがて、頭部、胸部、腹部が形成されていく。このため、たとえば遺伝子 A が機能を失うと、頭部と胸部を欠いた個体などを生じる。^(b)

ショウジョウバエなどの節足動物の体は、基本的に同じ構造の繰り返しからなっている。この構造は と呼ばれている。 はその位置によって形や、そこにある付属肢(触角、^{あご}顎、脚など)の種類が決まっているが、その違いを生み出すものがホメオティック遺伝子である。ホメオティック遺伝子に突然変異が生じると、ある が本来の形態と違うもの^(c)に変わってしまったり(アンテナペディア突然変異体など)、正常なら2枚の翅が4枚^{はね}に増えたり(パイソラックス突然変異体など)することがある。のちに、ショウジョウバエで発見されたものとよく似た遺伝子配列をもち、同じような働きをする遺伝子群(Hox 遺伝子群)^(d)がマウスなどの哺乳類でも発見されたが、このことはたいへんな驚きをもって受け止められた。

問1 と に適切な語句を入れよ。

問2 文中の遺伝子 A によって合成されるタンパク質名を答えよ。

問 3 下線部(a)について、遺伝子 A のように未受精卵に mRNA の状態で蓄えられ、発生などに重要な役割を果たすような遺伝子(因子)は何と呼ばれているか答えよ。

問 4 下線部(b)について、次の問いに答えよ。

- (1) 突然変異により卵中の遺伝子 A の mRNA 量が 2 倍になった場合、どのような個体が生じると予測されるか答えよ。
- (2) 遺伝子 A の劣性突然変異である遺伝子 a をホモに持つ個体(aa)は調節タンパク質を合成することができない。一方、ヘテロに持つ個体(Aa)は調節タンパク質を合成することができる。それでは、遺伝子型 Aa のオスと遺伝子型 Aa のメスを交配して生まれてくる卵のうち、aa の遺伝子型を持つメス卵はどのような個体になると予測されるか。理由とともに答えよ。

問 5 下線部(c)のような突然変異(ホメオティック突然変異)の存在から、どのようなことが予測されるか。正しいものを下から二つ選び、番号で答えよ。

- ① 触角や脚は、その共通構造を作る遺伝子や、位置によって形態や機能を変える遺伝子など、複数の遺伝子の重層的な作用によってつくられる。
- ② 触角は脚に変化することができるが、脚が触角に変化することは不可能である。
- ③ 触角と脚ができる の位置を決める遺伝子が存在する。
- ④ 触角と脚ができる は、その前後の との相対的な位置関係のみによって決まる。
- ⑤ ホメオティック突然変異は体構造に重大な変化を引き起こすので、自然界で生じることはなく、放射線の照射などによって人工的に作りだす必要がある。

問 6 下線部(d)について、マウスにおける Hox 遺伝子群の発見からいえることを下から一つ選び、番号で答えよ。

- ① マウスの Hox 遺伝子群とショウジョウバエのホメオティック遺伝子群は、よく似ているが、別々の起源をもつ遺伝子群である。
- ② マウスとショウジョウバエが系統的に遠いというのは間違いであり、マウスの Hox 遺伝子群とショウジョウバエのホメオティック遺伝子群が似ていることは、両者が比較的近縁関係にあることを示している。
- ③ マウスの Hox 遺伝子群やショウジョウバエのホメオティック遺伝子群と相同な遺伝子群は、他の三胚葉動物全体にも広く存在する可能性がある。
- ④ マウスの Hox 遺伝子群とショウジョウバエのホメオティック遺伝子群が似ているのは、ショウジョウバエの イ とマウスの脊椎が相同器官であることを示唆している。

平成30年度 一般選抜試験（前期日程）

問題訂正（理科）

生物問題 I

19ページ 本文14行目

誤：植物の の膨圧が下がり、



正：植物の 細胞の膨圧が下がり、