



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(9～20ページ) 生物(21～28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。また、解答開始の合図があるまで、筆記用具を使用してはいけません。
2. 問題は物理4題、化学4題、生物2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・生物資源管理学科)を受験する者は、次の科目・問題を解答してください。
 - ・物理、化学、生物のうちから2科目選択してください。
 - ・物理を選択する場合、「物理問題Ⅰ」、「物理問題Ⅱ」の2題を解答してください。
 - ・化学を選択する場合、「化学問題Ⅰ」、「化学問題Ⅱ」の2題を解答してください。
 - ・生物を選択する場合、「生物問題Ⅰ」、「生物問題Ⅱ」の2題を解答してください。
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・問題を解答してください。
 - ・物理のみ解答してください。
 - ・「物理問題Ⅰ」～「物理問題Ⅳ」の4題を解答してください。
5. 工学部(材料化学科)を受験する者は、次の科目・問題を解答してください。
 - ・物理、化学のうちから1科目選択してください。
 - ・物理を選択する場合、「物理問題Ⅰ」～「物理問題Ⅳ」の4題を解答してください。
 - ・化学を選択する場合、「化学問題Ⅰ」～「化学問題Ⅳ」の4題を解答してください。
6. 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・問題を解答してください。
 - ・物理のみ解答してください。
 - ・「物理問題Ⅰ」～「物理問題Ⅳ」の4題を解答してください。

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。

物 理

物理問題 I

次の文章を読んで、 に適した式を解答欄に記入せよ。また、問1～問3に導出過程も示して答えよ。なお、重力加速度の大きさを $g(\text{m/s}^2)$ 、円周率を π とし、空気の抵抗は無視できるものとする。

図1に示すように、質量が無視できるばね定数 $k(\text{N/m})$ のばねの下端が地面にとりつけられている。ばねは、鉛直上向きを正とする座標軸 x に沿って伸び縮みする。また、ばねの上端には厚さが無視できる質量 $M(\text{kg})$ の平らな板がとりつけられており、板は原点 $O(x=0)$ の位置で静止している。板の上面はなめらかで、常に水平を保つ。板をとりつける前のばねの長さは自然長であった。このとき、板にはたらく力のつり合いから、ばねの縮んだ長さは ア (m) である。

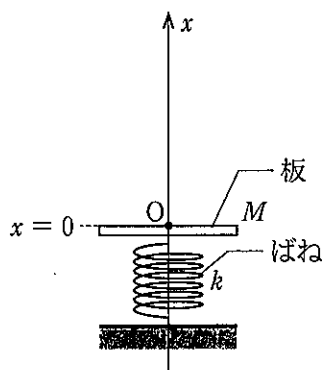


図1

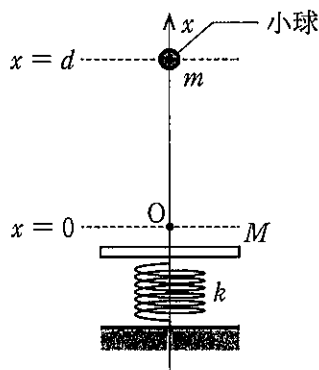


図2

まず、図2のように、板に鉛直下向きの力を加えて、原点 O より下方 ($x < 0$) の位置で静止させた。時刻 $t=0$ で、 x 軸上の $x=d(>0)$ (m) の位置から質量 $m(\text{kg})$ の小球を静かに放し自由落下させた。また、同じく時刻 $t=0$ で、板を静かに放したところ、小球と板は原点 O ではじめて弾性衝突し、その直後、小球は鉛直上向きに、板は鉛直下向きに運動した。衝突の直前、板は鉛直上向きに運動していた。小球と板が衝突した時刻は イ (s)、衝突直前の小球の速さは ウ (m/s) である。

衝突直前の小球と板の速さをそれぞれ v_0 [m/s], V_0 [m/s], 衝突直後の小球と板の速さをそれぞれ v [m/s], V [m/s] とおく。速度の向きは鉛直上向きを正とする。衝突の直前と直後では運動量保存則および力学的エネルギー保存則が成り立つから、

$$-mv_0 + MV_0 = \boxed{\text{エ}}$$

$$\frac{1}{2}mv_0^2 + \frac{1}{2}MV_0^2 = \boxed{\text{オ}}$$

の 2 式が成り立つ。

時刻 $t = 0$ から $\boxed{\text{イ}}$ [s] までの板の運動について考えよう。力の向きは鉛直上向きを正とする。板の位置が x のとき、板がばねから受ける力は $\boxed{\text{カ}}$ [N] である。板の加速度を鉛直上向きを正として a [m/s²] とおけば、板の運動方程式は、

$$Ma = \boxed{\text{キ}}$$

と表せる。したがって、板の運動が単振動であることがわかる。また、その周期は、 M, k を用いて $\boxed{\text{ク}}$ [s] と表せる。

問 1 小球と板の衝突は、時刻 $t = 0$ で小球と板を放したあと、板がはじめて原点 O に到達したときに生じた。小球を放した高さ d を求めよ。

ふたたび、板を原点 O で静止させ、 x 軸上の $x = h (> 0)$ [m] の位置から、先ほどとは材質の異なる質量 m の小球を静かに放し自由落下させたところ、小球と板は原点 O で衝突して一体となり、その後、 x 軸上で単振動した。 一体となった小球と板の衝突直後の速さは $\boxed{\text{ケ}}$ [m/s] である。

問 2 下線部(1)の衝突によって失われた力学的エネルギーの大きさを、 m, M, g, h を用いて表せ。

問 3 板の質量が $2m$ のとき、下線部(2)の単振動の最下点が $x = -\frac{h}{6}$ となった。このときのばね定数 k を、 m, g, h を用いて表せ。

物理問題 II

次の文章を読んで、 に適した式を解答欄に記入せよ。また、問1～問4に答えよ。ただし、問3および問4は導出過程も示せ。なお、導線の抵抗、直流電源の内部抵抗は無視できるものとする。

- (1) 図1に示すように、抵抗値がそれぞれ R_1 , R_2 (Ω) の抵抗器 R_1 , R_2 , 電圧 E_1 (V) の直流電源 E_1 を接続した回路がある。抵抗器 R_1 に流れる電流の大きさは ア (A) である。端子 a の電位を V_a とすると、 V_a は イ (V) である。このとき、回路全体で消費される電力は ウ (W) である。

R_1 , R_2 の抵抗値がそれぞれ R (Ω) または $2R$ (Ω) のいずれかであるとする。つまり、抵抗値 (R_1 , R_2) の組み合わせは (R , R), (R , $2R$), ($2R$, R), ($2R$, $2R$) の4通りのいずれかであるとするとき、問1および問2に答えよ。

問1 端子 a の電位 V_a がもっとも高くなる抵抗器 R_1 , R_2 の抵抗値の組み合わせを答えよ。また、そのときの電位 V_a を E_1 を用いて表せ。

問2 回路全体で消費される電力がもっとも大きくなる抵抗器 R_1 , R_2 の抵抗値の組み合わせを答えよ。また、そのときの消費電力を R と E_1 を用いて表せ。

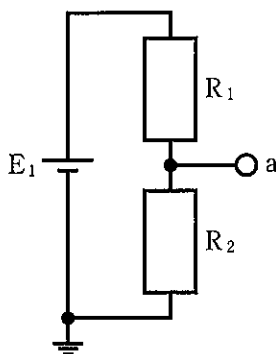


図1

(2) 図1の回路に抵抗値がそれぞれ $R_3, R_4(\Omega)$ の抵抗器 R_3, R_4 , 電圧 $E_2(V)$ の直流電源 E_2 を追加し, 図2に示す回路を構成した。端子 a の電位を V_a , 端子 b の電位を V_b とする。また, 各抵抗器に流れる電流は図中の矢印の向きを正とする。抵抗器 R_1 に流れる電流 I_1 は E_1, V_a, R_1 を用いて [A], 抵抗器 R_3 に流れる電流 I_3 は V_a, V_b, R_3 を用いて [A], 抵抗器 R_4 に流れる電流 I_4 は E_2, V_b, R_4 を用いて [A] で表される。また, 抵抗器 R_2 に流れる電流 I_2 は I_1, I_3 を用いて [A] と表される。

問 3 $E_1 = E_2 = E(V)$, $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R(\Omega)$ としたとき, V_a および V_b を E を用いて表せ。

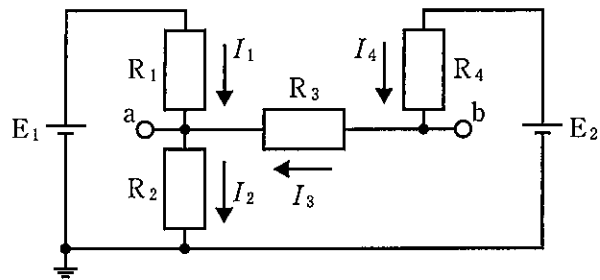


図 2

問 4 E_1 を取り除いて回路を図3のように変更した。 $E_2 = E$ とすると, $V_b = \frac{E}{2}$ となった。このとき, 抵抗器 $R_1 \sim R_4$ の抵抗値をそれぞれ答えよ。ただし, 抵抗器 $R_1 \sim R_4$ の抵抗値はそれぞれ R または $2R$ のいずれかであるとする。

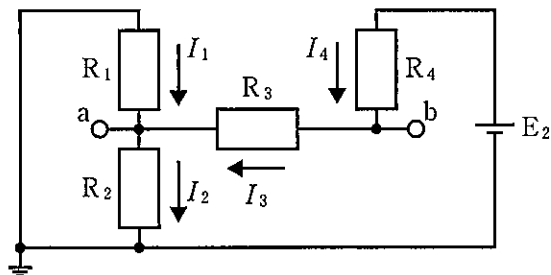


図 3


物理問題 III

次の文章を読んで、 に適した式を、 $\{ \quad \}$ には適した語句を解答欄に記入せよ。さらに、問1～問3に答え、問2には導出過程も示すこと。なお、重力加速度の大きさを g (m/s²)、水の密度を ρ (kg/m³)、気体定数を R (J/(mol·K)) とする。

図1のように、床と天井の間に水温 T_0 (K) の水と温度 T_0 (K)、圧力 P_0 (Pa) の空気があり、水面から天井までの距離は h (m) で常に一定である。床と天井の間に断面積が S (m²) のシリンダーがその開口部が下になるように鉛直に置かれ、なめらかに動き質量が無視できるピストンが水面と同じ高さでシリンダー内に入っている。シリンダーおよびピストンは断熱材でできており厚さは無視できる。ピストンの下は水で満たされ、シリンダーの開口部に近い側面には穴があり、水が抵抗なく出入りできる。穴の位置はシリンダーの外の水面から h (m) の位置より深く、ピストンが動いても穴の位置までピストンが下がることはないものとする。また、ピストンやシリンダーが動いても空気の圧力やシリンダーの外の水面の高さは変化しない。シリンダーとピストンで囲まれた空間には温度 T_0 (K)、圧力 P_0 (Pa) の単原子分子の理想気体(以下、気体)が入っており、シリンダー底面とピストンの距離は l ($< h$) (m) である。この気体にはたらく重力は無視できる。また、シリンダー底面には質量および体積が無視できる電熱器が取り付けられており、気体を自由に加熱できる。

- (1) シリンダーの質量が無視できる場合を考える。気体を電熱器で加熱し始めたところ、ピストンは動かずにシリンダーだけが静かに鉛直上向きに動き始め、図2のようにシリンダー底面が天井に到達して静止した。理想気体の状態方程式より、気体の物質量は ア [mol] である。また、シリンダー底面が天井に到達した瞬間の気体の圧力は イ [Pa]、体積は ウ [m³]、温度は エ [K] である。

シリンダー底面が天井に到達した後も気体を電熱器で加熱しつづけるとピストンは静かに下がり始め、電熱器の加熱を終えたところ、図3のように外の水面から l (m) だけ下で止まった。このとき、気体の圧力は オ [Pa]、気体の体積は カ [m³] である。

問 1 電熱器で加熱を始めてから終わるまでの気体の圧力と体積の変化を、解答欄に折れ線で示せ。なお、折れ線の始点と終点、および途中で傾きが変わる点の圧力と体積を表す式を縦軸および横軸に示せ。さらに、気体が外部にした仕事に相当する領域を図中に斜線部()で示すこと。

問 2 電熱器で加熱を始めてから終わるまでに気体が外部にした仕事を式で表せ。

(2) シリンダーの質量が M [kg] である場合を考える。図 1 の状態から気体を電熱器で加熱し始めたところ、シリンダーは動かずにピストンが鉛直下向きにある深さまで下がった。その瞬間、シリンダーだけが静かに上がり始め、ピストンはその深さで静止し続けた。シリンダーが上がり始めた瞬間の気体の圧力は $\boxed{\text{キ}}$ [Pa]、体積は $\boxed{\text{ク}}$ [m³] である。また、シリンダーが上がる過程の気体の状態変化は { ケ } 変化である。やがてシリンダーは底面が天井に到達して静止し、その瞬間にピストンが静かに下がりはじめた。その後、電熱器の加熱を終えると、ピストンは図 3 のように、外の水面から l [m] だけ下で止まった。

問 3 電熱器で加熱を始めてから終わるまでの気体の圧力と体積の変化を、解答欄に折れ線で示せ。なお、折れ線の始点と終点、および途中で傾きが変わる点の圧力と体積を表す式を縦軸および横軸に示すこと。

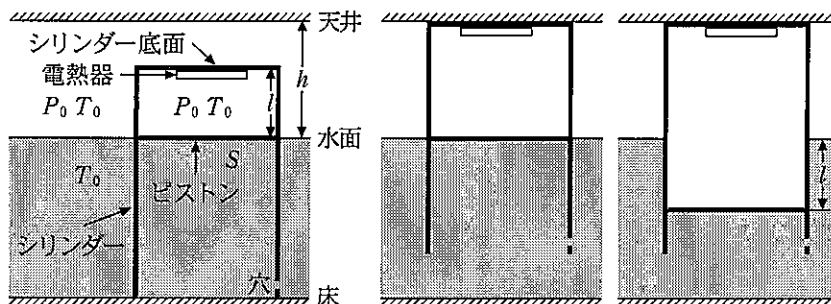


図 1

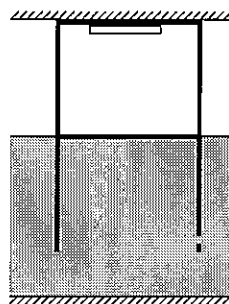


図 2

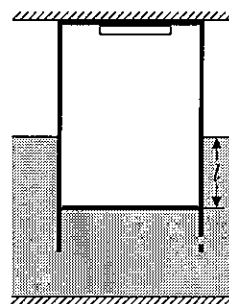


図 3

物理問題 IV

次の文章を読んで、問1～問4に答えよ。ただし、問3および問4には導出過程も示せ。また、に適した式を解答欄に記入せよ。音源の発する音の振動数は f_s [Hz]で一定とし、音の速さを V [m/s]、円周率を π とする。なお、風はないものとする。

- (1) 音源や観測者が移動することによって、音源の振動数と異なる振動数の音が観測される現象を、ドップラー効果という。音源が静止していて、観測者が音源に向かってまっすぐに近づく場合について考える。観測者の速さを v_0 [m/s]とすると、時間 t [s]の間に音波はア [m]の距離を、観測者はイ [m]の距離をそれぞれ移動する。観測者が移動しても、観測する音波の波長は変わらない。音源の発する音の波長を λ [m]とすると、時間 t の間に観測者が観測する波の数はウとなる。よって、観測者が1秒あたりに観測する波の数、すなわち、観測される音波の振動数 f_0 [Hz]は、 V 、 v_0 、 f_s を用いてエと表される。

問1 図1に示すように、ある平面内で観測者A、音源、観測者Bが一直線上に並んでいる。観測者A、Bはともに静止していて、音源は観測者Bに向かって一直線上を一定の速さ170 m/sで進むものとし、音の速さを340 m/sとする。現在から0.5秒前、1秒前、2秒前に音源から出た音波の、この平面内における現在の波面を解答欄の図中にそれぞれ記入せよ。また、観測者Aおよび観測者Bが観測する音の高さはそれぞれ、音源の発する音に比べて高いか低いかを答えよ。また、その理由を、作図した図に基づいて説明せよ。

- (2) 図2のように、ある音源Sが原点Oを中心とした xy 平面上の半径 r [m]の円軌道上を、反時計回りに速さ v_s [m/s]で等速円運動をしている。観測者 α は、 x 軸上かつ円軌道の外側に位置するものとする。音源Sの位置をA、観測者 α の位置をBとし、 $\angle AOB$ を φ [rad]、 $\angle ABO$ を θ [rad]とする。音源Sが図2の位置を通過するとき、音源Sは観測者 α から音源Sに向かう方向の速度成分で遠ざかっている

と考えることができる。音源 S が図 2 の位置を通過するとき、観測者 α が聞く音の振動数 f_a (Hz) は、 f_s , φ , θ , V , v_s を用いて、 と表される。ただし、 V は v_s に比べてじゅうぶん大きいものとする。

問 2 音源の位置を φ で指定するとき、観測者 α の位置で、音源 S の発する音の振動数と同じ振動数が観測されるすべての φ を理由を含めて答えよ。ただし、 $0 \leq \varphi \leq 2\pi$ とする。

問 3 観測者 α とは異なる位置で観測していた観測者 β について考える。観測者 β は x 軸上かつ、円軌道より外側に存在するものとする。観測者 β が観測していた音の振動数 f_β (Hz) について、音源が $\varphi = \frac{\pi}{6}$ の位置を通過したときが最も小さい振動数となった。観測者 β の位置の x 座標を r を用いて示せ。

問 4 問 3 の条件を満たす位置で観測者 β が観測する音の振動数 f_β と、音源の発する音の振動数 f_s との差 $\Delta f = f_\beta - f_s$ の最大値、最小値およびそれらのときの φ を解答欄中の に記入せよ。また、 φ に対する Δf の変化の概形を作図せよ。図中には、 Δf が最大となる点、 Δf が 0 となる点、 Δf が最小となる点を黒丸(●)で示すこと。ただし、 Δf は f_s , V , v_s を用いて示すこと。 $0 \leq \varphi \leq 2\pi$ とする。

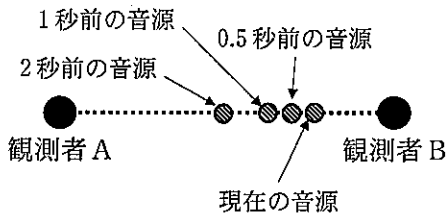


図 1

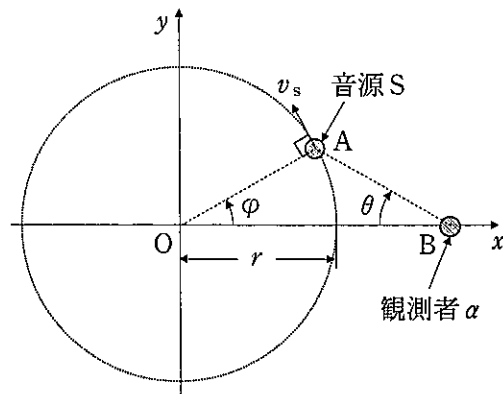


図 2

化 学

化学問題 I

次の文章を読んで、問1～問4に答えよ。必要であれば、原子量として $H = 1.0$, $O = 16.0$, $P = 31.0$, $S = 32.0$, $Ca = 40.0$ を用いよ。解答の数値は有効数字2桁で示せ。

土壌は地球固有の天然資源であり、植物や微生物など多くの生物を育む場として重要なはたらきを担っている。土壌の構成物の中でも特に粘土や有機物は生物への養分供給に深く関わっており、これらの構成物がイオン交換樹脂のようにふるまうことで土壌はさまざまな元素を保持している。

土壌に保持されている各元素のうち、リンは多くの生物にとって欠かせない元素の一つである。リンは土壌で不足しやすく、畑や水田では過リン酸石灰などのリン酸肥料を補給する機会が多い。生物が利用可能なリンは主にカルシウムやマグネシウムと結合した可給態リン酸と呼ばれる形で土壌に存在している。

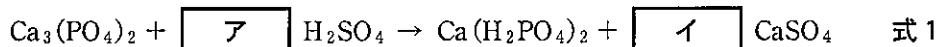
問1 下線部(a)について、土壌が保持している Mg, K, Al, Na, Ca の単原子イオンのうち、イオン半径が最も大きい元素と最も小さい元素をそれぞれ答えよ。

問2 下線部(a)について、イオン交換樹脂に関する(あ)～(え)の記述のうち正しいものをすべて選び、記号で記せ。

- (あ) スチレンと p -ジビニルベンゼンの共重合体に、酸性の官能基を導入したものは陰イオン交換樹脂と呼ばれる。
- (い) 陰イオン交換樹脂に塩化ナトリウム水溶液を通すと脱イオン水が得られる。
- (う) 雨水の中に含まれている硝酸イオンを取り除くためには、雨水を陰イオン交換樹脂に通せばよい。
- (え) 陽イオン交換樹脂は、塩酸を通すことで再生できる。

問 3 下線部(b)について、以下の i), ii) に答えよ。

i) リン鉱石に硫酸を加えると式 1 のように反応して、リン酸二水素カルシウムと硫酸カルシウムとの混合物である過リン酸石灰が得られる。 ア と イ に適切な数字を入れて、化学反応式を完成させよ。



ii) 過リン酸石灰 20.0 kg を畑に散布した。このとき、過リン酸石灰に含まれていたリン(P)の質量[kg]を求めよ。導出過程も記せ。

問 4 下線部(c)について、以下の操作 1 ~ 3 を順に行うことで、ある乾燥させた土壤に含まれる可給態リン酸中のリン酸の質量を求めた。i) ~ iv) に答えよ。

操作 1 乾燥させた土壤 1.00 kg から 0.500 g をガラス瓶にはかり取り、希硫酸を 100 mL 加え 30 分間じゅうぶんに振り混ぜ、可給態リン酸をすべてリン酸として溶解させた。その後、ろ過することで試料液を得た。

操作 2 操作 1 で得た試料液 10.0 mL にリン酸の定量に使われる発色試薬を一定量加え、じゅうぶんに混ぜ合わせ 15 分間静置した。このとき、試料液内のすべてのリン酸は発色試薬と反応し、錯塩を形成して青色を呈した。

操作 3 操作 2 で青色を呈した試料液を透明な容器に入れ、ある波長の赤外線(光の量、 I_0)をあてると赤外線の一部は図 1 のように試料液中の錯塩にのみ吸収され、透過した赤外線の量(I)は I_0 に比べ減少した。試料液で吸収された赤外線の割合は吸光度と呼ばれ、 I_0 と I から算出される。



図 1 試料液に赤外線を入射したときの模式図

i) 操作 1 でろ過を行うために必要なものは次のうちのどれか。(か)~(こ)から適切なものをすべて選び、記号で記せ。

- (か) ピュレット (き) リーピツヒ冷却管 (く) ろ紙
(け) ろうと (こ) ゴム栓

ii) 操作 2 において、青色を呈したリン酸化合物は錯塩である。錯塩とは何か、下記の三つの語をすべて用いて説明せよ。

金属イオン 非共有電子対 配位結合

iii) 試料液の代わりにリン酸濃度があらかじめわかっている溶液 10.0 mL を用いて操作 2 と 3 を行ったところ表 1 の結果を得た。この結果をもとに解答欄の方眼紙を使って、溶液のリン酸濃度を x [mg/L]、吸光度を y としてグラフを作成せよ。また、このグラフを読みとり、 x と y の関係を一次関数として式で表せ。

表 1 溶液中のリン酸濃度と吸光度の関係

リン酸濃度 [mg/L]	吸光度
0.000	0.025
0.100	0.120
0.200	0.215
0.300	0.310
0.400	0.405
0.500	0.500

iv) 操作 3 において、試料液の吸光度は 0.310 であった。このとき、操作 1 で土壌 1.00 kg に含まれるリン酸の質量 [mg] を求めよ。導出過程も記せ。

理科の試験問題は次に続く。

化学問題 II

次の文章を読んで、問1～問8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。解答の構造式は図1の例にならって記せ。

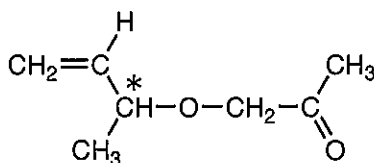


図1 構造式の例

炭素と水素のみからなる有機化合物を炭化水素という。 n 個の炭素から構成され、環構造と不飽和結合(二重結合や三重結合)のいずれももたない炭化水素の分子式は (a) ア と表される。一方、炭素原子の数が同じでも、炭素原子間に不飽和結合をもつ炭化水素の分子式は、不飽和結合をもたない炭化水素の分子式とは異なる。例えば、環構造をもたず、不飽和結合として二つの二重結合のみをもつ場合、 n 個の炭素から構成される炭化水素の分子式は イ と表される。一般に、炭化水素中の炭素数が変化するにつれて性質は変化する。また、炭化水素中の炭素数が増えると異性体の数は大幅に増える。(b)(c)

有機化合物の性質は分子量に加えて、結合している官能基にも強く影響を受ける。例えばヒドロキシ基をもつ脂肪族化合物は、炭化水素とは大きく異なる性質を示す。(d)

1分子中の炭素数と官能基の数を多くした有機化合物として、高分子化合物を考えることができる。例えば、ポリビニルアルコールは大きな分子量および多数のヒドロキシ基をもつ化合物である。ポリビニルアルコールは、アセチレンに酢酸を付加させて得た化合物Aを重合したのち、加水分解する方法でよく合成される。また、ビニルアルコールと他のモノマーの共重合体についても研究や応用検討が進められており、最近ではビニルアルコールとエチレンの共重合体(e)が食品の包装フィルムなどに用いられている。

問 1 下線部(a)について、このような化合物の総称を記せ。

問 2

ア

 ,

イ

 に適切な分子式を記せ。炭素数はいずれも n とする。

問 3 下線部(b)について、一般に炭素数が増えると炭化水素の沸点はどのように変化するか説明せよ。また、その理由も記せ。

問 4 下線部(c)について、環構造と不飽和結合のいずれももたない脂肪族炭化水素のうち、鏡像異性体(光学異性体)をもつ炭化水素の最小の炭素数を答えよ。また、その炭素数の炭化水素のうち、鏡像異性体(光学異性体)をもつ炭化水素の構造式を一つ記し、不斉炭素原子に*をつけて示せ。

問 5 下線部(d)について、1-プロパノールとヘプタンは同程度の沸点を示すが、他の性質は大きく異なる。この2種類の化合物の混合物からヘプタンを分離するためには、どのような性質の違いを利用して、どのような実験を行えばよいと考えられるか答えよ。

問 6 下線部(e)について、エチレンを臭素水に通じると、臭素水の赤褐色が消えた。このとき、生成した化合物の構造式を記せ。

問 7 化合物 A の構造式を記せ。

問 8 化合物 A とエチレンの共重合体を調べたところ、平均分子量が 20000 であった。次に、この高分子を加水分解してビニルアルコールとエチレンの共重合体を得たところ、平均分子量は 11600 となった。このとき、加水分解した後の高分子 1 分子あたりに存在する平均の不斉炭素原子数を求めよ。解答の数値は有効数字 2 桁で示せ。導出過程も記せ。なお、分子量について考えるとき、末端の構造は無視せよ。また、不斉炭素原子について考えるとき、末端の構造は、対象となる炭素原子に結合する他のいずれの原子団とも異なるものとせよ。

化学問題 III

次の文章を読んで、問1～問6に答えよ。必要であれば、原子量として $H = 1.0$, $C = 12.0$, $N = 14.0$, $O = 16.0$, $Cl = 35.5$, $Ca = 40.0$ を用いよ。なお、気体はすべて理想気体とする。解答の数値は有効数字2桁で示せ。

アンモニアは染料、医薬品など化学製品の原料として大量に使われている。アンモニアの工業的製造法は、ドイツの化学者フリッツ・ハーバーとカール・ボッシュらによって考案されて、それをもとに1913年に大量生産法が工業化された。この方法を用いることで窒素ガスと水素ガスの濃度、圧力、温度などの条件を変化させ、アンモニアを効率的に大量に生産することができるようになった。また、低温・低圧条件下でアンモニアを効率的に合成できる触媒の開発も行われた。

アンモニアから合成される硝酸は化学肥料、医薬品、染料の合成などに広く利用されている。硝酸は強酸で酸化力が強く、様々な金属を溶かし、硝酸の濃度の違いによって反応過程や生成物が異なる。例えば希硝酸に銅を溶かすと硝酸銅と一酸化窒素が生成し、濃硝酸に銅を溶かすと硝酸銅と二酸化窒素が生成する。

問1 硝酸イオン、一酸化窒素、二酸化窒素について、それぞれに含まれる窒素原子の酸化数を記せ。

問2 表1は水素、窒素、アンモニアに含まれる結合の結合エネルギーである。25℃におけるアンモニアの生成熱を求めよ。導出過程も記せ。

表1 結合エネルギー(25℃)

結合	H - H	N ≡ N	N - H
結合エネルギー [kJ/mol]	436	945	391

問 3 下線部(a)について、次の文章を読んで以下の i), ii) に答えよ。

アンモニアを効率的に生産するには、平衡移動の原理に基づいて温度や圧力を調節する必要がある。密閉容器内でアンモニアの生成反応が平衡状態にあるとき、容器の体積を半分に圧縮すると平衡は気体分子の数が する方向に移動する。また、反応温度を上げると平衡は 反応の方向に移動する。

平衡状態であるとき、各気体のモル濃度 (mol/L) を $[\text{NH}_3]$, $[\text{N}_2]$, $[\text{H}_2]$ とし、分圧 (Pa) を p_{NH_3} , p_{N_2} , p_{H_2} とすると、アンモニアの平衡定数は式 1, 2 のように表せる。

$$\text{濃度平衡定数 } K_c = \frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{N}_2][\text{H}_2]^3} \quad \text{式 1}$$

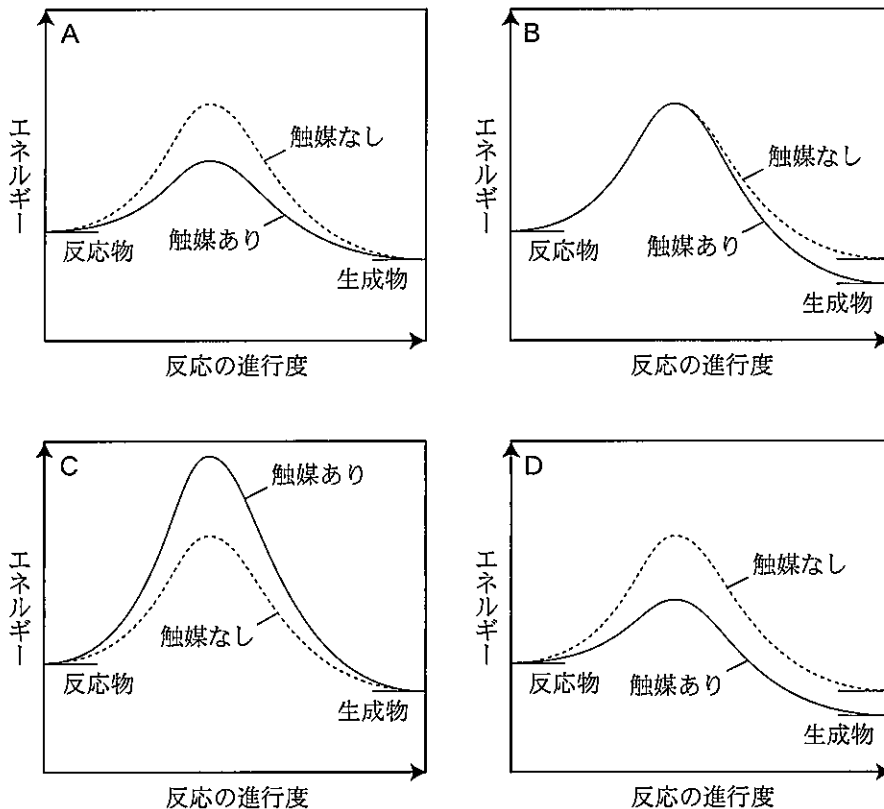
$$\text{圧平衡定数 } K_p = \frac{p_{\text{NH}_3}^2}{p_{\text{N}_2} p_{\text{H}_2}^3} \quad \text{式 2}$$

i) , にあてはまる語の適切な組み合わせを次の(1)~(4)から一つ選び、記号で記せ。

	ア	イ
(1)	増加	吸熱
(2)	減少	吸熱
(3)	減少	発熱
(4)	増加	発熱

ii) 密閉容器内で平衡状態にあるとき、 K_p について、気体定数 R (Pa·L/(mol·K)), 温度 T (K), K_c を用いて表せ。導出過程も記せ。なお、単位は記さなくてよい。

問 4 下線部(b)について、アンモニアが生成するときのエネルギー変化を表した図として、A～Dのうちから最も適切な図を一つ選び、記号で記せ。



問 5 アンモニアを実験室で合成するには、塩化アンモニウムと水酸化カルシウムの混合物を加熱して反応させる方法が用いられる。以下の i), ii) に答えよ。

- i) この反応の化学反応式を記せ。
- ii) 塩化アンモニウム 107 g を水酸化カルシウム 74.0 g と完全に反応させた。生成したアンモニアの質量を求めよ。導出過程も記せ。

問 6 下線部(c)について、生成した一酸化窒素は水上置換法で捕集し、二酸化窒素は下方置換法で捕集する。それぞれの捕集法が選ばれる理由を、生成物の性質に基づいて説明せよ。

理科の試験問題は次に続く。

化学問題 IV

次の文章を読んで、問1～問5に答えよ。必要であれば、原子量として $H = 1.0$, $C = 12.0$, $O = 16.0$, $Cl = 35.5$, $Ca = 40.0$ を用いよ。解答の数値は有効数字2桁で示せ。

溶液の濃度の表し方として、質量パーセント濃度、質量モル濃度、モル濃度がよく用いられ、それぞれ記号 x , m , c で表される場合が多い。^(a) 溶液のさまざまな性質を記述する場合、これらの濃度から適切なものを選んで用いる。希薄な溶液の凝固点は、溶液の濃度の上昇につれて降下することが知られており、この場合は質量モル濃度 m を用いる。純粋な溶媒の凝固点と溶液の凝固点の差 Δt [K] (凝固点降下度) の値は、ある定数 K_f [K·kg/mol] を用いて $\Delta t = K_f \cdot m$ で表される。^(b) K_f は溶媒の種類で決まる定数であり、水については $1.85 \text{ K} \cdot \text{kg/mol}$ である。ただし、電解質の溶解による凝固点降下については、電離の影響も考慮する必要がある。

問 1 下線部(a)について、水 800 mL と純粋な酢酸 200 mL を混ぜ合わせた場合の酢酸水溶液の質量モル濃度 m を求めよ。導出過程も記せ。ただし、水の密度を 1.00 g/mL 、酢酸の密度を 1.05 g/mL とし、混合による体積変化は無視できるものとする。

問 2 下線部(b)の定数の名称を記せ。

問 3 グルコース(ブドウ糖) 18.0 g を水 200 g に完全に溶かした水溶液の凝固点降下度 Δt を求めよ。導出過程も記せ。

問 4 塩化カルシウム (CaCl_2) 11.1 g を水 500 g に完全に溶かした水溶液の凝固点降下度 Δt を求めよ。導出過程も記せ。ただし、塩化カルシウムは水溶液中においてすべて電離しているものとする。

問 5 水 1000 g に酢酸 1.00×10^{-3} mol を溶かした水溶液 A, および水 1000 g に酢酸 2.00×10^{-3} mol を溶かした水溶液 B を用意した。水溶液 A の凝固点降下度を Δt_A , 水溶液 B の凝固点降下度を Δt_B とし, 以下の i) ~ iii) に答えよ。ただし, 酢酸の分子は会合しない(二つ以上の分子が水素結合して 1 分子のようにふるまうことはない)ものとする。

i) Δt_A と Δt_B の値の関係について, 正しいものを以下の(ア)~(ウ)の中から一つ選び, その記号を記せ。また, そのように考えた理由を説明せよ。

(ア) $2 \Delta t_A < \Delta t_B$ (イ) $2 \Delta t_A = \Delta t_B$ (ウ) $2 \Delta t_A > \Delta t_B$

ii) 水溶液 A の Δt_A は 2.11×10^{-3} K であった。酢酸の電離度 α を求めよ。導出過程も記せ。

iii) 上記 ii) の水溶液 A における酢酸の電離定数 K_a の値を求めよ。導出過程も記せ。ただし, この濃度において, 水溶液 A の体積は 1.00 L とみなせるものとする。

生 物

生物問題 I

次の文章を読み、問1～問4に答えよ。

フェニルケトン尿症はフェニルアラニンをチロシンに変える酵素(PAH)が突然変異によって正常な機能を失い、フェニルアラニンが体内に蓄積する病気である。この病気の患者では、PAHの遺伝子の1塩基の置換によってアミノ酸配列が置換する例や、UAA、UAG、UGAのような終止コドンが生じる例のほか、転写^(a)されたRNAのスプライシングが正常に行われず一部のアミノ酸配列が失われる例などが見られる。^(b)このように、突然変異によるDNAの塩基配列の変化は遺伝子の発現やタンパク質の機能に影響を及ぼすことがある。^(c)視点を換えれば、突然変異体の示す形質は、突然変異によって特定の遺伝子のはたらきが失われたことに関係している可能性があるといえる。実際に、これまで突然変異体を用いた研究により、様々な生物の形質と遺伝子のはたらきの関係が明らかにされている。シロイヌナズナなどの植物では、花器官に形態の異常を示す突然変異体を用いた研究から、花器官の形成に関与する重要な遺伝子にはA、B、Cの三つのクラスがあり、これらの遺伝子の発現の組み合わせによって器官の形成が調節されることがわかっている。このような花器官の形成を調節するしくみをABCモデルという。また、A、B、Cの三つのクラスの遺伝子がすべて欠損^(d)した突然変異体では花器官が分化せず葉が形成されることから、花は葉が特殊化した器官であると考えられる。

問1 下線部(a)について、以下の(1)と(2)に答えよ。

(1) 以下の文章の ～ に適切な語句を入れよ。

真核生物の細胞では、DNAは とよばれるタンパク質に巻きついた構造である を形成している。つながった は折りたたまれて という構造をとっている。このような状態のDNAにはRNAポリメラーゼが結合できないため、遺伝子が転写されるには遺伝子とその近くを含む部分がある程度ほどけた状態になっていなければならない。

(2) 次の語句をすべて用いて，真核細胞において転写がどのようにして開始されるかを簡潔に説明せよ。

RNA ポリメラーゼ，プロモーター，基本転写因子

問 2 下線部(b)について，以下の文章の **エ** ~ **キ** に適切な語句を入れよ。

真核生物の遺伝子の DNA の塩基配列には，**エ** とよばれる領域と，**オ** とよばれる領域があり，**エ** にはアミノ酸配列の情報が含まれる。スプライシングの過程では，転写された RNA から **オ** が取り除かれ，**エ** がつなぎあわされることで mRNA が完成する。スプライシングは **カ** 内で起こり，完成した mRNA は **カ** から **キ** にあるリボソームに移動して翻訳される。

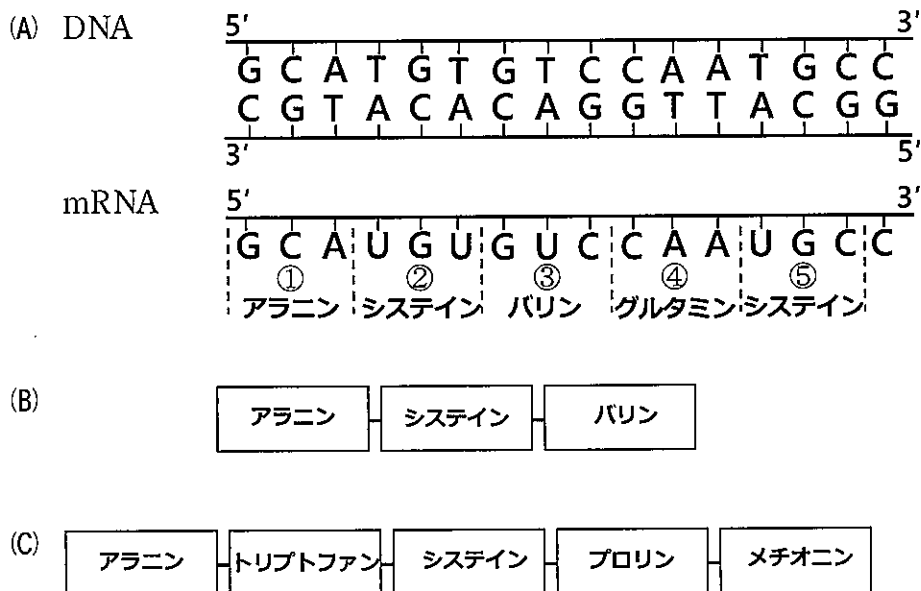


図 1 遺伝子 X の領域 Y の DNA および mRNA の塩基配列と翻訳されるアミノ酸配列(A)，それぞれ異なる突然変異が起きた領域 Y から翻訳されるアミノ酸配列(B)および(C)

問 3 下線部(c)について、以下の(1)と(2)に答えよ。

図 1 (A)は遺伝子 X の DNA の塩基配列の一部分である領域 Y について、対応する mRNA の塩基配列のコドン①～⑤とそれぞれの指定するアミノ酸を示している。領域 Y の DNA 塩基配列にそれぞれ異なる突然変異が起こり、翻訳されるアミノ酸配列は図 1 (B), (C)のように変化した。

図 1 (B)は、領域 Y の DNA 塩基配列に「1 塩基の置換」を起こす突然変異により変化したアミノ酸配列を示している。このアミノ酸配列の変化は、コドン の 番目の塩基が に置換されたことによると考えられる。

図 1 (C)は、領域 Y の DNA 塩基配列に「1 塩基の挿入」または「1 塩基の欠失」を起こす突然変異により変化したアミノ酸配列を示している。

(1) 文章中の に図 1 (A)の①～⑤から適切なコドンの番号を一つ入れ、
 に適切な数字を入れ、 に適切な塩基の種類を入れよ。

(2) 図 1 (C)において領域 Y に対応する mRNA 塩基配列に起こった変化を説明する文章として適切なものを以下の(あ)～(き)から一つ選んで記号で答えよ。

- (あ) コドン②の 1 番目の塩基と 2 番目の塩基の間に塩基 A が挿入された。
- (い) コドン②の 1 番目の塩基と 2 番目の塩基の間に塩基 G が挿入された。
- (う) コドン②の 2 番目の塩基と 3 番目の塩基の間に塩基 A が挿入された。
- (え) コドン②の 2 番目の塩基と 3 番目の塩基の間に塩基 C が挿入された。
- (お) コドン②の 1 番目の塩基 U が欠失した。
- (か) コドン②の 2 番目の塩基 G が欠失した。
- (き) コドン②の 3 番目の塩基 U が欠失した。

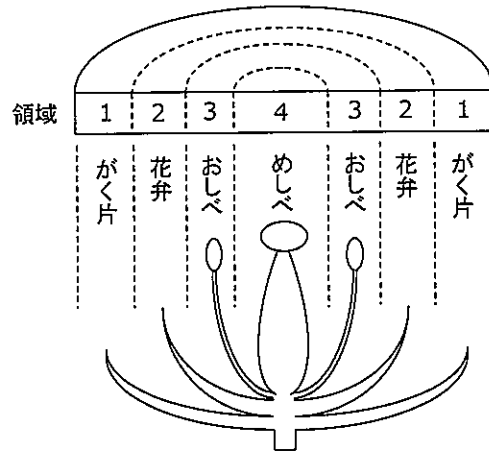


図2 花芽の茎頂分裂組織の領域1～4と花器官の構造

問4 花芽をつくる茎頂分裂組織には同心円状に外側から領域1～4が存在し、野生型ではこれらの領域に外側からがく片、花弁、おしべ、めしべがそれぞれ形成される(図2)。下線部(d)の突然変異体に遺伝子組換えによりBクラスの遺伝子およびCクラスの遺伝子を導入し、これらの遺伝子を領域1～4のすべてにおいて人為的に発現させた。このとき、それぞれの領域では花のどの器官が形成されると考えられるか。またその理由について、三つのクラスの遺伝子の間の関係をふまえて説明せよ。

生物問題 II

次の文章を読み、問1～問7に答えよ。

個体群において、**ア**や生活空間がじゅうぶんな場合に生物は個体数を増やし、個体群密度が高くなる。この密度の増加はいつまでも続くわけではなく、高密度条件により個体の発育や生理などが変化することで、出生率の**イ**や死亡率の**ウ**が生じ、^(a)一定の個体数以上には増えなくなる。個体群成長のこのような性質により、自然界で特定の生物種が爆発的に個体数を増加させることはほとんどない。^(b)しかし、農業環境では害虫の個体群密度が極端に高まることがあり、その個体群密度を抑えるため様々な手段が用いられてきた。その手段の一つとして、天敵生物を農地に放すことがある。しかし、天敵により害虫の個体群密度が低下することで、しばしば天敵生物の個体群が維持できなくなることが知られている。

イチゴを栽培するビニールハウスでは、害虫のモモアカアブラムシ(以下、「モモアカ」とする)がしばしば発生して被害をもたらす。モモアカを含めたアブラムシ類の天敵であるテントウムシの活用法について、その効果を以下のような方法で調べた。ビニールハウスAでは、イチゴのほかに、オオムギとムギクビレアブラムシ(以下、「ムギクビレ」とする)を育て、ムギクビレの個体数が一定以上に保たれるように管理を行った。^(c)ビニールハウスBでも同数のオオムギを育てたが、ムギクビレを放さなかった(図1)。いずれのビニールハウスでも3000株のイチゴが栽培されており、二つのビニールハウスの広さは同じであった。テントウムシはモモアカもムギクビレも捕食した。

ビニールハウスAとBで、同数のテントウムシを調査開始の前日に放した。翌日の調査開始1日目に、それぞれのビニールハウス内でランダムに選んだ150株のイチゴについて、それらの株上にいたモモアカとテントウムシの個体を数えた。調査対象としたイチゴ株上の昆虫は、調査時に取り除かずそのままにした。その後、15日ごとに同じ調査を行った。その結果をまとめたものが表1で、ビニールハウスBでテントウムシは46日目以降に確認されず全滅したと考えられた。

なお、調査期間中、イチゴの株数に変化はなく、モモアカはイチゴのみを、ムギク

ビレはオオムギのみをエサとしていた。また、いずれの昆虫も、ビニールハウスから逃げ出したり、外からビニールハウス内に侵入したりすることはなかった。調査開始前のビニールハウスでは、モモアカの個体群密度はビニールハウス A と B の間で差はなく、それ以外の昆虫は存在しなかった。

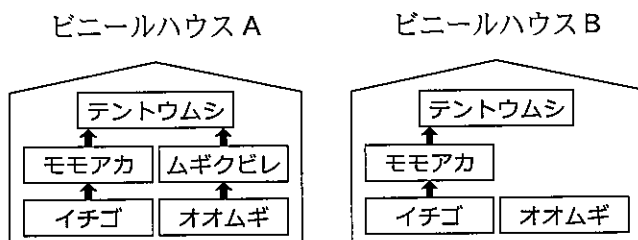


図1 ビニールハウス A および B における生物種の構成. 矢印は、捕食—被食関係における物質やエネルギーの流れを示す

表 1 150 株のイチゴ上で見つかったモモアカとテントウムシの個体数

調査日 (調査開始から)	ビニールハウス A		ビニールハウス B	
	モモアカ	テントウムシ	モモアカ	テントウムシ
1 日目	162	11	155	11
16 日目	181	10	78	8
31 日目	108	9	24	3
46 日目	68	11	323	0
61 日目	53	10	1680	0

問 1 ア ~ ウ に適切な語句を入れよ。

問 2 下線部(a)の変化および下線部(b)の個体数はそれぞれ何と呼ばれるか、その名称を答えよ。

問 3 ビニールハウス A の中では、モモアカ、ムギクビレ、テントウムシのそれぞれの個体群が互いに関係しながら存在している。このような個体群の集まりのことを何と呼ぶか、その名称を答えよ。

問 4 調査期間中でモモアカの個体数が最も多かったのは、何日目のどちらのビニールハウスだったか答えよ。また、そのときのそのビニールハウスのイチゴの株上に存在するモモアカの総個体数を推定せよ。計算式も合わせて書け。

問 5 オオムギはテントウムシに直接食べられないが、ムギクビレを介してテントウムシの個体群成長に影響する。このような影響は何と呼ばれるか、その名称を答えよ。

問 6 下線部(c)のようにムギクビレの個体数を一定以上に保つことは、モモアカによる被害を抑制する上でどのように役立つと考えられるか、句読点も含めて 100 字以内で説明せよ。

問 7 害虫による被害を抑制するために、天敵以外にも様々な手段が用いられる。その一つとして、害虫に感染する細菌の利用が挙げられる。この細菌が作り出す毒素タンパク質 X は、昆虫の中腸(ヒトの胃に相当する器官)で分泌される強アルカリ性(pH 11~12)の消化液にさらされることで活性化され毒性を現す。これに関連して、次の(1)~(3)に答えよ。

(1) ヒトの胃では消化液として胃液が分泌される。その酸性の強さとして適切なものを、次の(あ)~(お)から一つ選んで記号で答えよ。また、ヒトの胃液に含まれる消化酵素を一つ挙げて、その酵素とその基質の名称を答えよ。

(あ) pH 2 (い) pH 5 (う) pH 7 (え) pH 9 (お) pH 12

(2) タンパク質 X をヒトがあやまって摂取しても、無害であるとされている。そのように考えられる理由を、ヒトの消化液の特性に関連付けて、句読点も含めて 60 字以内で説明せよ。ただし、アルファベットや算用数字も 1 マスに 1 文字を記入すること。

(3) このタンパク質 X の遺伝子が組み込まれたトウモロコシが作られ、アワヨトウというガの幼虫に食べられにくい品種として栽培されている。外来遺伝子が組み込まれ商業的に利用されている栽培植物をこの例のほかの一つ挙げて、新たに付与された形質と植物名を「ガの幼虫に食べられにくいトウモロコシ」のように答えよ。

7. 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。
8. 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。
9. 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。
10. 解答冊子は、どのページも切り離してはいけません。
11. 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。