



# 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(19～24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下さい。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・問題を解答して下さい。
  - ・物理、化学、生物のうちから2科目選択して下さい。
  - ・物理を選択する場合、「物理問題Ⅰ」、「物理問題Ⅱ」の2題を解答して下さい。
  - ・化学を選択する場合、「化学問題Ⅰ」、「化学問題Ⅱ」の2題を解答して下さい。
  - ・生物を選択する場合、「生物問題Ⅰ」、「生物問題Ⅱ」の2題を解答して下さい。
4. 工学部(材料科学科)を受験する者は、次の科目・問題を解答して下さい。
  - ・物理、化学の2科目を選択して下さい。
  - ・物理は、「物理問題Ⅰ」、「物理問題Ⅱ」の2題を解答して下さい。
  - ・化学は、「化学問題Ⅰ」、「化学問題Ⅱ」の2題を解答して下さい。
5. 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・問題を解答して下さい。
  - ・物理のみ解答して下さい。
  - ・「物理問題Ⅰ」～「物理問題Ⅳ」の4題を解答して下さい。
6. 人間文化学部(生活栄養学科)を受験する者は、次の科目・問題を解答して下さい。
  - ・化学のみ解答して下さい。
  - ・「化学問題Ⅰ」～「化学問題Ⅳ」の4題を解答して下さい。

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

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

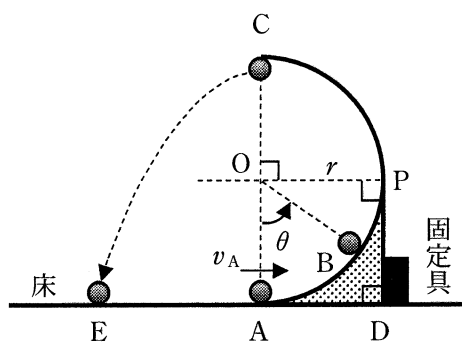


図1

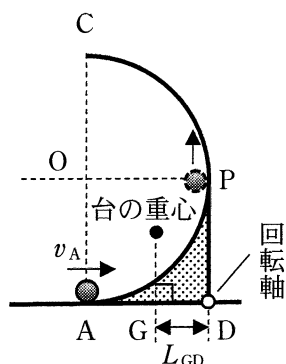


図2

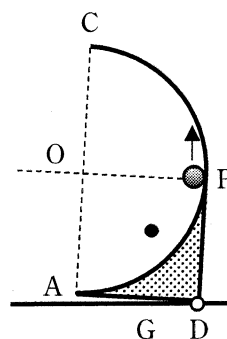


図3

- (1) 図1のように、水平な床の上に、半径  $r[\text{m}]$  のなめらかな半円筒面を有する台 ADPC が置かれ、固定具で床に固定されている。半円筒の中心は O、最下点は床面と同じ高さの A、最高点は C である。また、点 A から点 D までの距離は  $r[\text{m}]$  である。点 A から、質量  $m[\text{kg}]$  の小球を水平右向きに速さ  $v_A[\text{m/s}]$  で発射したところ、小球は半円筒面にそって紙面に平行な平面内で円運動をし、点 C から水平方向に飛び出し、床上の点 E に落下した。重力による位置エネルギーの基準となる水平面を床面とすると、点 C を通過するときの小球の位置エネルギーは  ア  [J] である。また、点 A での運動エネルギーが  イ  [J] であるので、力学的エネルギーの保存則より、点 C での小球の運動エネルギーは  ウ  [J] となり、そのときの速さは  エ  [m/s] となる。点 A から小球の落下点 E までの距離は  オ  [m] となる。

問 1 半円筒面上の点 B を通過するときの小球の速さ  $v_B$  [m/s] および小球が受ける遠心力 (半径方向に現れる慣性力) の大きさ  $F_B$  [N] を求めよ。それらから必要なものを用いて、小球が半円筒から受ける垂直抗力の大きさ  $N_B$  [N] が

$$N_B = m \frac{v_A^2}{r} - 2mg + 3mg \cos \theta \quad \text{式 1}$$

であることを示せ。ただし、この場合の遠心力は、速さ  $v_B$  で等速円運動するときの遠心力と等しい。また、OB が OA となす角度を  $\theta$  [rad] ( $0 < \theta \leq \pi$ ) とする。

問 2 小球が半円筒面から離れることなく、点 C に到達するための  $v_A$  の最小値を求めよ。

(2) 図 2 のように台の固定具を外し、点 D を通り紙面に垂直な軸を中心に台を回転できるようにした。また、台の質量は  $M$  [kg] である。点 A から水平右向きに速さ  $v_A$  [m/s] で小球を発射したところ、小球が点 P ( $\theta = \frac{\pi}{2}$ ) に到達した瞬間、図 3 のように、台は点 D を中心に回転し始めた。このとき、台が小球から受ける力は、小球にはたらく垂直抗力の反作用であるので、式 1 を利用して求めると、右向きで、大きさ  $F =$   [N] であることがわかる。図 2 で台の重心から点 D までの水平距離を  $L_{GD}$  [m] とすると、台が回転し始める直前の点 D のまわりの力のモーメントのつり合い式は、反時計まわりを正として以下のように表せる。

$$\text{キ} \times L_{GD} - F \times \text{ク} = 0 \quad \text{式 2}$$

上式の  $F$  に  の結果を代入すると、 $L_{GD} =$   [m] が得られる。

## 物理問題 II

次の文章を読んで、問1～問5に答えよ。ただし、問4および問5には導出過程も示せ。なお、地磁気や重力、空気抵抗の影響、回路の自己誘導は無視できるものとし、回路形状は変形しないものとする。

図1および図2のように原点Oと $x$ 軸をとる。 $0 \leq x \leq 2L$  [m]の領域にのみ、紙面に垂直に裏から表に向かう向きで、磁束密度の大きさが $B$  [T]の一定な磁場(磁界)がかかっている。

- (1) 単位長さあたりの抵抗値が $r$  [ $\Omega$ /m]で一定の細い抵抗線をつないで、図1(a)のように1辺の長さが $L$  [m]の正方形の形状をした回路abcdをつくる。この回路を、図1(b)のように磁場の向きに対して垂直な平面上を、回転させずに右向きに一定の速さ $v$  [m/s]となるように、外力を加えて動かす。このとき、抵抗線abは $x$ 軸に対して平行であり、点aの $x$ 座標を $p$  [m]とする。

問1  $0 \leq p \leq 2L$  のとき、抵抗線ad中の自由電子がローレンツ力によって動かされることで、抵抗線adには誘導起電力が現れる。この誘導起電力の大きさを答えよ。

問2  $0 \leq p \leq 3L$  のときの、回路を流れる電流の変化を解答用紙のグラフに図示せよ。ただし、図1で $a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d \rightarrow a$ の向きに流れる電流を正とする。グラフ縦軸の□には、電流の最大値と最小値を記入せよ。

問3  $0 \leq p \leq 3L$  のときの、回路が磁場から受ける力の大きさの変化を解答用紙のグラフに図示せよ。グラフ縦軸の□には、力の大きさの最大値を記入せよ。

問4  $p = 0$  から  $p = 3L$  までに、抵抗線全体に発生したジュール熱の総量を求めよ。さらに、回路を動かすために外力のした仕事の総量を求めよ。

(2) 単位長さあたりの抵抗値が  $r$  で一定の細い抵抗線をつないで、図 2(a) のように 1 辺の長さが  $L$  の正方形の形状をした回路  $abcd$  をつくる。さらに、抵抗線  $ab$  の中点  $f$  と抵抗線  $cd$  の中点  $g$  を同じ抵抗線につなぐ。この回路を、図 2(b) のように磁場の向きに対して垂直な平面上を、回転させずに右向きに一定の速さ  $v$  となるように、外力を加えて動かす。このとき、抵抗線  $ab$  は  $x$  軸に対して平行であり、点  $a$  の  $x$  座標を  $p$  とする。

問 5  $0 \leq p \leq \frac{L}{2}$  のとき、抵抗線  $fg$  を流れる電流を求めよ。ただし、図 2 で  $f \rightarrow g$  の向きに流れる電流を正とする。

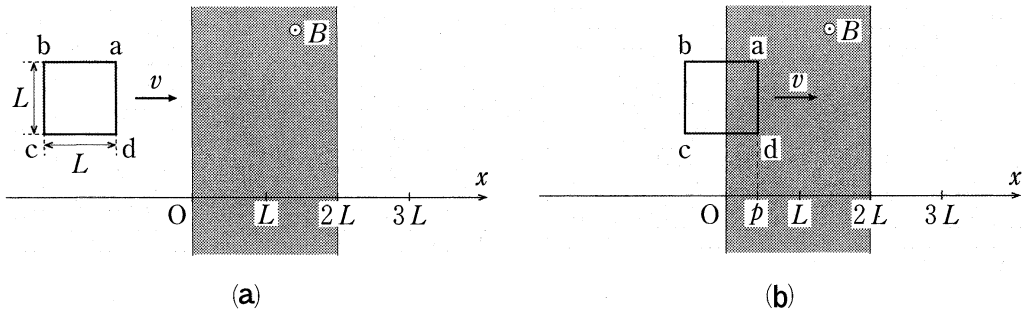


図 1

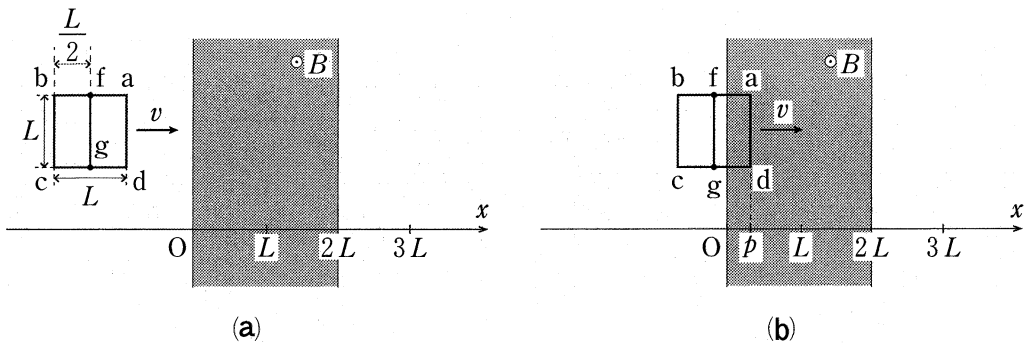


図 2

### 物理問題 III

次の文章を読んで、 に適した式または数値を解答欄に記入せよ。  
 < > については、解答欄の適する式を○で囲め。また、問1～問3に答えよ。問1および問2には導出過程も示せ。重力加速度の大きさを  $g$  [m/s<sup>2</sup>] とする。

図1(a)のように、なめらかに動く断面積  $A$  [m<sup>2</sup>] のピストンを備えた円筒容器が、開口を真下にして水に浮かんで静止している。容器には、体積の無視できるおもりが軽くて細い2本のひもでぶら下げられている。容器内のピストンよりも上側には理想気体が封入されており、ピストンよりも下側は水で満たされている。水の温度は  $T_0$  [K]、密度は  $\rho$  [kg/m<sup>3</sup>]、大気は温度  $T_0$  [K]、圧力は  $p_0$  [Pa] で、これらはすべて一定である。容器およびピストンの素材の厚みは無視でき、それらは熱をよく通すため、容器内の気体の温度は水の温度と常に等しく、一定に保たれる。容器、ピストン、および容器内の気体の質量は、おもりの質量に比べてじゅうぶん小さく無視できる。以下の操作では、水面の高さが変化することはない、容器が傾いたり、容器内の気体が外部に漏れたりすることはない。

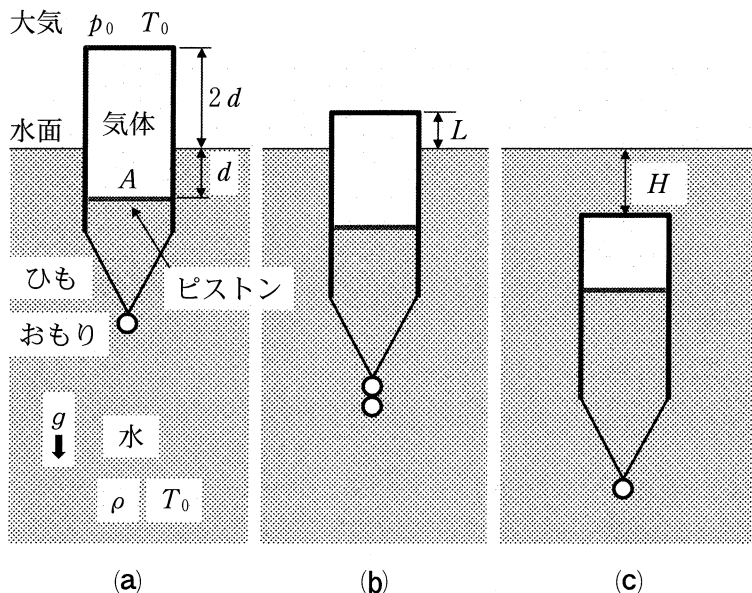


図1

まず、図 1(a)のようにおもりを 1 個ぶら下げると、水面から容器上端までの距離は  $2d$  [m]、水面からピストンまでの距離は  $d$  [m] となって静止した。図 1(a)の状態において、容器にはたらく浮力は **ア** [N] であるので、おもり 1 個の質量は **イ** [kg] である。また、水および容器内の気体がピストンに作用する力のつり合いから、容器内の気体の圧力は **ウ** [Pa] である。

つぎに、図 1(a)の状態に同じ質量のおもりを追加して 2 個ぶら下げたところ、図 1(b)のように水面から容器上端までの距離は  $L$  [m] ( $L \geq 0$ ) となって静止した。このとき、おもりにたらく重力とのつり合いから、容器にはたらく浮力は **エ** [N] であるので、水面からピストンまでの距離は **オ** [m] である。したがって、容器内の気体の圧力は  $p_0$ 、 $d$ 、 $\rho$ 、 $g$  を用いて **カ** [Pa]、体積は  $A(L + \text{オ})$  [m<sup>3</sup>] と表される。

問 1  $L$  を求めよ。答えは  $A$ 、 $p_0$ 、 $d$ 、 $\rho$ 、 $g$  の中から必要な記号を用いて表せ。

つぎに、おもりを 1 個はずして 図 1(a)の状態に戻した容器の上端に下向きの力を加えて、図 1(c)のように容器上端を水面から  $H$  [m] の深さまで、気体の温度が変化しないようにゆっくり沈めたとき、容器にはたらく浮力とおもりにたらく重力がつり合って静止した。この操作の前後において、容器内の気体の体積変化  $\Delta V$  [m<sup>3</sup>] は **キ**：  $\Delta V < 0$ 、 $\Delta V = 0$ 、 $\Delta V > 0$  であるので、この操作の間に容器内の気体が外部からされた正味の仕事  $W$  [J] は **ク**：  $W < 0$ 、 $W = 0$ 、 $W > 0$  である。

問 2  $H$  を求めよ。答えは  $A$ 、 $p_0$ 、 $d$ 、 $\rho$ 、 $g$  の中から必要な記号を用いて表せ。

問 3 下線部で示した操作によって、容器内の気体にはどのような現象が生じたか。

以下の**選択肢**の中から適切なものを 1 つ選び、番号を解答欄に記入せよ。また、選択した理由を、熱力学第 1 法則を用いて説明せよ。

- 選択肢**：① 容器内の気体から周囲の水および大気に熱が移動した。  
 ② 周囲の水および大気から容器内の気体に熱が移動した。  
 ③ 容器内の気体の内部エネルギーが増加した。  
 ④ 容器内の気体の内部エネルギーが減少した。



## 物理問題 IV

次の文章を読んで、 に適した式を、{ } には適切な語句を語群から選び、解答欄に記入せよ。また、問1～問3に答えよ。ただし、問2および問3には導出過程も示せ。

語群      分散      干渉      屈折      焦点距離      振動数      光路長

図1は、光の波長と気体の屈折率を測定する実験の概念図である。光源Sを出た波長 $\lambda$ (m)の単色光は、薄いハーフミラーHがあるため、2つの経路で光検出器Dに入る。経路1は、Hの点Oで反射された後、反射鏡 $M_1$ の点Aで反射されて同じ経路を戻り、点Oを透過してDに達する。経路2は、点Oを透過した後、反射鏡 $M_2$ の点Bで反射されて同じ経路を戻り、点Oで反射されてDに達する。よってDには、経路1(S→O→A→O→D)と経路2(S→O→B→O→D)を通る光が入射し、強め合ったり弱め合ったりする。

$M_1$ と $M_2$ は光の経路に対して垂直に設置されており、 $M_1$ は点Oから距離 $L$ (m)の位置に固定されているが、 $M_2$ は光の進行方向に移動できる。また、HはSからの光が入射角 $45^\circ$ で点Oに入射する位置に固定されている。さらに、BO間の経路上に、長さ $d$ (m)の壁の厚さが無視できる透明な密閉容器が設置されている。はじめ、密閉容器内は真空である。なお、この実験装置全体は真空中に置かれており、光の経路は同一平面内にあるものとする。また、密閉容器の壁における反射は無視できるものとする。

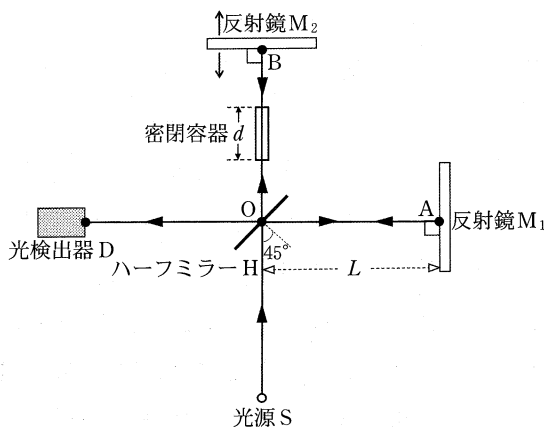


図1

この実験では、経路1と経路2を通る光が { ア } するため、 $M_2$ を移動させる  
(1)と、Dで明暗の繰り返しを観測される。なお、この実験では、2つの経路にはともに2回の反射があるので、反射による位相変化の影響は考えなくてよい。

問1 下線部(1)において、光検出器Dで観測される光が強め合う条件式と弱め合う条件式を必要な記号を用いて表せ。なお、条件式には、 $m = 0, 1, 2, 3, \dots$ を用いて答えよ。また、点Bと点Oとの距離を $L_{BO}$  [m]とする。

最初、 $M_1$ と $M_2$ は点Oからの距離が互いに等しい位置に置かれている。この状態から、 $M_2$ を点Oから遠ざかる方向へ少しずつ移動させたところ、Dでの光は徐々に暗くなり、 $M_2$ が最初の位置から $\Delta y$  [m]離れた位置でもっとも暗くなった。つまり、  
(2)この光の波長 $\lambda$ は  [m]である。

問2 反射鏡 $M_2$ を下線部(2)の位置から点Oに近づく方向へ $4.2 \times 10^{-6}$  mだけゆっくりと動かした。この移動の間に光検出器Dで光が強め合う回数はいくらか。なお、光源Sの光の波長を $5.6 \times 10^{-7}$  mとして答えよ。

つぎに、再び、 $M_1$ と $M_2$ を点Oからの距離が互いに等しい位置に設置したのち、密閉容器内に透明な気体Xを一定の温度に保ちながら1気圧になるまでゆっくりと入れた。この間、密閉容器内の気圧の増加に比例して気体Xの屈折率も増加するため、密閉容器内における { ウ } が変化する。その結果、気圧の増加とともにDで明暗が繰り返し観測され、光がもっとも明るいときから次にもっとも明るくなるときまでの変化を1回と数えると、その変化の回数は $k$ 回で、1気圧のときはもっとも明るくなっていた。ここで、1気圧における気体Xの屈折率を $n$ とすると、密閉容器内が1気圧の気体Xで満たされているときの経路2と経路1との光路差は、  
 [m]と表される。よって、 $n$ は、 $d$ 、 $\lambda$ 、 $k$ を用いて、  
(3)と求められる。

問3 下線部(3)において、 $d = 1.0000 \times 10^{-1}$  m、 $\lambda = 5.6000 \times 10^{-7}$  m、 $k = 500$  回  
のときの気体Xの屈折率 $n$ を有効数字4桁で答えよ。

# 化 学

## 化学問題 I

次の文章を読んで、以下の問1～問5に答えよ。また、気体はすべて理想気体とする。

「窒素酸化物」には、種々の比率で窒素と酸素が化合した物質がある。これらの化合物の生成熱は以下の表1に示すとおり負の値であり、いったん生成されても、もとに戻る場合や、分解して他の酸化物になる場合がある。

表1 各種窒素酸化物の生成熱

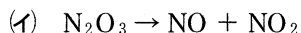
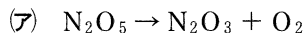
名称	化学式	生成熱 [kJ/mol]
一酸化二窒素	$N_2O$	- 74.1
一酸化窒素	$NO$	- 90.3
二酸化窒素	$NO_2$	- 33.9
三酸化窒素	$NO_3$	- 5.00
四酸化二窒素	$N_2O_4$	- 10.9

表1にあげた酸化物以外にも、化合物としては五酸化二窒素( $N_2O_5$ )、三酸化二窒素( $N_2O_3$ )が知られている。 $N_2O_5$ は常温で固体であり、 $33\text{ }^\circ\text{C}$ 付近で昇華し、気体となった $N_2O_5$ は分解して $NO_2$ と $O_2$ になる。<sup>(a)</sup> $N_2O_3$ は気体であるが不安定で、分解して $NO$ と $NO_2$ になる。

一方、 $N_2O$ や $NO_2$ は、分解の反応速度が他の窒素酸化物に比べて遅く、自動車のエンジン等の内燃機関における燃焼中にいったん生成されると、大気中に長時間安定に存在する。

窒素酸化物は分解するだけでなく、さらに $O_2$ と反応してほかの窒素酸化物になる場合もあり、例えば $NO$ は $O_2$ と反応して $NO_2$ を生成する。このようにして生成された $NO_2$ は、<sup>(b)</sup>大気汚染の原因となる。

問 1 下線部(a)の反応は  $2\text{N}_2\text{O}_5 \rightarrow 4\text{NO}_2 + \text{O}_2$  で表され、またこの反応は



の3段階の反応を経て進行していることがわかっている。密閉容器に純粋な  $\text{N}_2\text{O}_5$  を入れて下線部(a)の反応を起こし、反応開始から終了まで容器中の気体の成分を分析したところ、 $\text{NO}_2$  と  $\text{O}_2$  は検出されたが  $\text{NO}$  と  $\text{N}_2\text{O}_3$  はほとんど検出することができなかった。三つの反応のうち最も反応速度が遅いと考えられるものを一つ選び、(ア)~(ウ)の記号で記せ。

問 2 2種の化合物  $\text{NO}$  および  $\text{NO}_2$  が生成するときの熱化学方程式を、表1の数値を用いて記せ。

問 3 下線部(b)の反応について、表1の数値とヘスの法則を用いて反応熱を求め、熱化学方程式で記せ。

問 4  $\text{N}_2\text{O}_4$  と  $\text{NO}_2$  については  $\text{N}_2\text{O}_4 \rightleftharpoons 2\text{NO}_2$  の平衡が成立する。容積を変えられる密閉容器に  $\text{N}_2\text{O}_4$  を  $1.00\text{ mol}$  入れて温度を一定に保ち、じゅうぶん長い時間保持したところ、 $\alpha[\text{mol}]$  の  $\text{N}_2\text{O}_4$  が  $\text{NO}_2$  に変化して平衡状態となり、全圧は  $P_0[\text{Pa}]$  となった。 $P_0$  と  $\alpha$  を用いて圧平衡定数  $K_P[\text{Pa}]$  を表せ。導出過程も記せ。ただし、この平衡状態において、 $\text{N}_2\text{O}_4$  および  $\text{NO}_2$  はすべて気体である。

問 5 問4の平衡において、 $P_0 = 1.00 \times 10^5\text{ Pa}$ 、 $33\text{ }^\circ\text{C}$  のとき  $\alpha = 0.250$  であった。温度を変えずに全圧を  $P_0[\text{Pa}]$  から  $P[\text{Pa}]$  に変化させたところ、 $\text{NO}_2$  のモル分率は  $0.500$  となった。 $P$  の値を求め、有効数字2桁で示せ。導出過程も記せ。ただし、この平衡状態において、 $\text{N}_2\text{O}_4$  および  $\text{NO}_2$  はすべて気体である。

## 化学問題 II

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, C = 12.0, O = 16.0を用いよ。また、気体はすべて理想気体とし、標準状態における理想気体1.00 molの体積を22.4 Lとする。解答の構造式は図1の例にならって記せ。ただし、鏡像異性体(光学異性体)を区別しなくてよい。

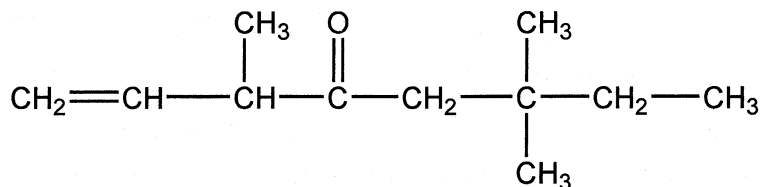


図1 構造式の例

アルコールは、溶媒や燃料のほか、消毒液や化学工業製品の原料に用いられるなど、日常の様々な場面で活躍している。分子式 $\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}$ で示されるアルコールには、構造異性体が8種類存在する。化合物A, B, C, Dはそのうちの4種類であり、分子中のヒドロキシ基を水素原子に置き換えた化合物はすべて構造が同一のアルカンである。化合物A~Dに対し、以下の実験1~4を行った。

- 実験1** 硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液を用いて酸化を試みると、化合物B, C, Dは酸化されたが、化合物Aは酸化がほとんど進まなかった。
- 実験2** 穏やかな酸化により化合物BとDから生じたそれぞれの化合物を、ある金属塩を含むアンモニア性水溶液中で温めると、容器の内壁に銀が析出し鏡のようになった。
- 実験3** 化合物Cを水酸化ナトリウム水溶液中でヨウ素と反応させると、黄色沈殿が生じた。
- 実験4** 加熱した濃硫酸を用いて化合物Aの分子内の脱水反応を行うと、2種類のアルケンEとFが生じた。

問 1 実験 1～3 について、以下の i)～iii) に答えよ。

- i) 実験 2 で用いられた金属塩の物質名を記せ。
- ii) 実験 3 で生じた黄色沈殿の化学式を記せ。
- iii) 化合物 A～D の中から第一級アルコールおよび第三級アルコールにあてはまる化合物をすべて選び、記号で記せ。

問 2 化合物 C の構造式を記せ。

問 3 化合物 B および D として考えられる構造式をすべて記せ。

問 4 次の文章を読んで、以下の i)～iii) に答えよ。

実験 4 で生じたアルケン E と F に対して図 2 に示すオゾン分解を行い、E と F それぞれから二つの生成物(合計 4 種類の分解生成物)を単離した。そのうちの 1 種類の生成物のみを含むそれぞれの水溶液に対し、ヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を加えて温めると、アルケン E 由来の二つの生成物、および、アルケン F 由来の一つの生成物から黄色沈殿が生じた。

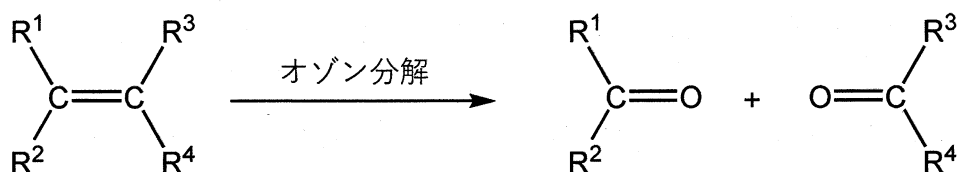


図 2 オゾン分解( $\text{R}^1$ ,  $\text{R}^2$ ,  $\text{R}^3$ ,  $\text{R}^4$  は、水素原子または炭化水素基を表す)

- i) アルケン E の構造式を記せ。
- ii) 密閉型の容器内に、標準状態において 3.00 L の水素、3.50 g のアルケン E、および触媒を入れ、水素を完全に付加させた。反応後、容器内に残留していた水素の標準状態における体積を有効数字 2 桁で記せ。計算過程も記せ。
- iii) 室温でアルケン F と臭素を反応させて生成物を得た。この生成物の構造式を記せ。

## 化学問題 III

次の文章を読んで、問1～問5に答えよ。解答の数値は有効数字3桁で示せ。

食中毒対策や安全な水の確保は重要な課題であり、様々な方法で対策が行われている。次亜塩素酸ナトリウムを用いた消毒もその一つである。また次亜塩素酸ナトリウムは殺菌剤として指定されている。一般に市販されている次亜塩素酸ナトリウム溶液は有効塩素を4～12%程度含む、pH 12以上の液体である。次亜塩素酸ナトリウム水溶液は用途に応じて希釈して利用するが、反応性が高く劣化しやすいなどの特徴があり、適切に管理して取り扱う必要がある。

問1 次亜塩素酸ナトリウム( $\text{NaClO}$ )は、一般に水酸化ナトリウム水溶液に塩素ガスを吸収させて製造される。2 molの水酸化ナトリウムと1 molの塩素が反応して、1 molの次亜塩素酸ナトリウムが生成する反応を表す化学反応式を記せ。

問2 次亜塩素酸ナトリウムが分解して、塩素酸ナトリウム( $\text{NaClO}_3$ )と塩化ナトリウムが生成される化学反応式を記せ。なお、次亜塩素酸ナトリウムは完全に塩素酸ナトリウムと塩化ナトリウムに分解されるものとする。

問3 下線部(a)について、次亜塩素酸ナトリウム水溶液中に存在する酸化力のある塩素を有効塩素と呼び、次亜塩素酸( $\text{HClO}$ )や次亜塩素酸イオン( $\text{ClO}^-$ )として存在する。また塩素の酸化数と殺菌力が関係することが知られている。以下の化合物に含まれる塩素原子(Cl)の酸化数を記せ。

次亜塩素酸( $\text{HClO}$ )

亜塩素酸( $\text{HClO}_2$ )

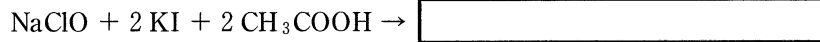
塩素酸( $\text{HClO}_3$ )

過塩素酸( $\text{HClO}_4$ )

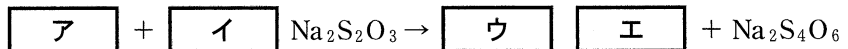
問 4 下線部(a)について、次の文章を読んで i)～iii)に答えよ。

次亜塩素酸ナトリウム水溶液中の有効塩素量は直接測定することが難しいため、一般に次の方法で求められる。次亜塩素酸ナトリウム水溶液にヨウ化カリウムと酢酸を加えて、ヨウ素と塩化ナトリウムを生成させる。次に生成したヨウ素をチオ硫酸ナトリウム溶液で滴定することで、有効塩素量を求める。

i) 次亜塩素酸ナトリウム水溶液にヨウ化カリウムと酢酸を加えて、ヨウ素と塩化ナトリウムが生成する以下の化学反応式の右辺を解答欄に記せ。なお、水溶液中の次亜塩素酸ナトリウムはすべてヨウ化カリウムと反応するものとする。



ii) 生成したヨウ素とチオ硫酸ナトリウム( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ )溶液の化学反応式は下記のように表される。  $\boxed{\text{ア}}$  ,  $\boxed{\text{エ}}$  に適切な化学式,  $\boxed{\text{イ}}$  ,  $\boxed{\text{ウ}}$  に係数としてあてはまる適切な整数値を記し化学反応式を完成させよ。なお、生成したヨウ素はすべてチオ硫酸ナトリウムと反応するものとする。



iii) ii)の反応に指示薬としてデンプン溶液を用いた。滴定の終点を示す水溶液の色の変化として最も適切なものを以下の(a)～(o)から一つ選び、記号で記せ。

(a) 黄色→無色

(い) 黄色→青紫色

(う) 青紫色→無色

(え) 無色→青紫色

(o) 赤色→無色



問 5 次の文章を読んで i) ~ iii) に答えよ。

次亜塩素酸(HClO)は水溶液中で pH に依存して式 1 に示すように、次亜塩素酸イオンと水素イオンに電離する。



水溶液の pH と次亜塩素酸(HClO)として存在する塩素原子の割合の関係を図 1 に示す。市販されている次亜塩素酸ナトリウム溶液を希釈して利用する場合の pH は 10 程度であり、次亜塩素酸イオン(ClO<sup>-</sup>)として存在する塩素原子の割合が高い。pH を 5 ~ 6 付近にすると水溶液中の次亜塩素酸(HClO)として存在する塩素原子の割合が高くなるため、強い殺菌作用を発揮する。さらに水溶液の pH が低くなると式 2 に示す反応が存在するため、酸と混合すると危険である。

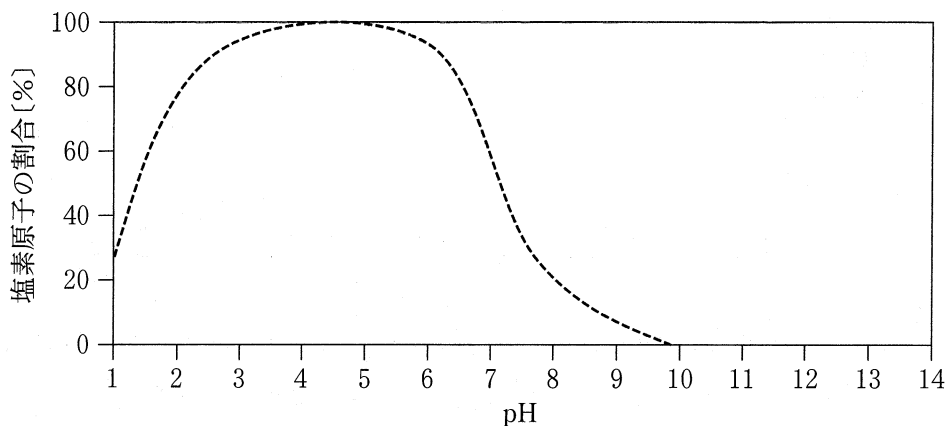


図 1 水溶液の pH と次亜塩素酸として存在する塩素原子の割合の関係

- i) 図 1 にならい，水溶液の pH と次亜塩素酸イオン( $\text{ClO}^-$ )として存在する塩素原子の割合の関係を表す曲線を解答欄のグラフに実線(—)で記せ。なお，解答欄の破線(-----)は次亜塩素酸として存在する塩素原子の割合を示す。
- ii) 図 1 にならい，水溶液の pH と塩素分子として存在する塩素原子の割合の関係を表す曲線を解答欄のグラフに実線(—)で記せ。なお，解答欄の破線(-----)は次亜塩素酸として存在する塩素原子の割合を示す。
- iii) pH 8 の次亜塩素酸ナトリウム水溶液における次亜塩素酸イオン( $\text{ClO}^-$ )として存在する塩素原子の割合[%]を求めよ。計算過程も記せ。なお，式 1 の次亜塩素酸の電離定数( $K_a$ )は， $K_a = 3.20 \times 10^{-8} \text{ mol/L}$ とする。

## 化学問題 IV

次の文章を読んで、問1～問5に答えよ。解答の数値は、特に指定がない限り有効数字2桁で示せ。

人工甘味料として用いられる化合物A(図1)を塩基性の水溶液中、室温で加水分解するとアルコールBとジペプチドCが生じた。さらにジペプチドCを完全に加水分解すると、酸性アミノ酸Dとベンゼン環を含むアミノ酸Eが生じた。

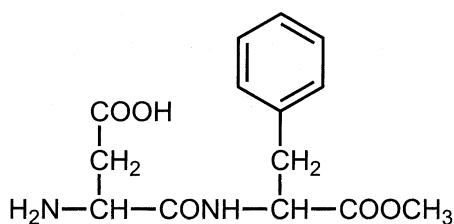


図1 化合物Aの構造式

問1 ジペプチドCに関する記述として正しいものを、次の①～④からすべて選び、記号で記せ。

- ① 分子内に2個の不斉炭素原子をもっている。
- ② Cの水溶液にフェーリング液を加えて加熱したところ、赤色沈殿が生じた。
- ③ Cの水溶液にニンヒドリン水溶液を加えて加熱したところ、赤紫色になった。
- ④ Cの水溶液に濃い水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱したあとに、酢酸鉛(Ⅱ)水溶液を加えると黒色沈殿が生じた。

問2 次の文章を読んで、i), ii)に答えよ。

アミノ酸は水中では、カルボキシ基の水素原子が水素イオンとなってアミノ基に結合し、分子内に正と負の電荷を合わせもつ ア となることがある。アミノ酸水溶液が特定のpHになると、陽イオン、 ア および陰イオンの電荷の総和が全体として0になる。このpHをそのアミノ酸の イ という。

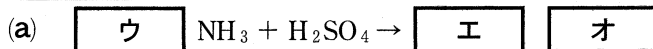
- i)  ,  にあてはまる適切な語句を記せ。
- ii) アミノ酸DとEの  はそれぞれ2.8と5.5である。アミノ酸DとEをpH 4.0の水溶液中で電気泳動させるとどうなるか。それぞれのアミノ酸について、次の(あ)~(う)から最も適切なものを一つ選び、記号で記せ。
- (あ) 陽極側に移動する    (い) 陰極側に移動する    (う) 移動しない

問 3 アミノ酸Eはヒトの必須アミノ酸である。必須アミノ酸とは何か説明せよ。

問 4 アミノ酸DとEの混合物から脱水縮合によりジペプチドが生じる。このとき生じるジペプチドは、C以外に最大で何種類考えられるか、数字で答えよ。ただし生じるジペプチドは、いずれもその分子内にペプチド結合(アミド結合)を一つだけ含み、また鏡像異性体(光学異性体)は区別しないものとする。

問 5 濃度未知の化合物A(分子量294)の水溶液100.0 mL(密度1.00 g/cm<sup>3</sup>)を取り、含まれている窒素をすべてアンモニア(NH<sub>3</sub>)に変える反応を行った。生じたすべてのアンモニアを過剰量となる0.100 mol/Lの硫酸7.50 mLに吸収させたのち、未反応の硫酸を0.100 mol/L水酸化ナトリウム水溶液で滴定したところ5.00 mLを要した。下のi)~iii)に答えよ。

i) 下線部(a)と(b)はそれぞれ次の反応式で表される。 ,  および  ~  に係数としてあてはまる適切な整数値を、 に適切な化学式を記し、化学反応式を完成させよ。



ii) 下線部(a)で硫酸に吸収されたアンモニアの物質量を求めよ。計算過程も記せ。

iii) Aの水溶液の質量パーセント濃度を求めよ。計算過程も記せ。

# 生 物

## 生物問題 I

次の文章を読み、問1～問4に答えよ。

植物の種子の多くは、子房の中で成熟した後、**ア**して、活動を停止した状態になる。この**ア**は、植物ホルモンの**イ**が発芽を抑制することによって維持され、植物ホルモンの**ウ**の作用が強くなることで、発芽の抑制は解除される場合が多い。イネやコムギでは、種子が吸水し、温度や酸素などが発芽に適した環境になると、胚で合成された**ウ**が、胚乳周囲の**エ**の細胞に作用して、**オ**という酵素が合成される。合成された**オ**が胚乳に分泌されると、貯蔵物質のデンプンが糖に分解され、この糖を吸収して胚は成長し、発芽する。

種子中の胚ではすでに、幼芽と幼根が形成されている。幼根が成長した根を主根とよび、発芽後、主根の**カ**組織で細胞分裂により新しい細胞がつけられ、さらに個々の細胞が伸長していくことで、主根は地下部へと伸びる。根の最先端部は、<sup>(a)</sup>**キ**とよばれる組織で覆われており、組織の細胞では、**ク**というデンプン粒を含んだ細胞小器官が発達している。垂直方向に伸長していた根を水平方向に置き、**キ**の細胞の向きを変えると、**ク**が重力方向に移動し、それが引き金となって植物ホルモンの**ケ**の濃度分布が変化する。その結果、**ケ**濃度が高くなった側の根の伸長成長が抑制され、根の先端部は重力方向に曲がろうとする。このような性質を**コ**とよび、根が垂直方向に伸びることに寄与している。

根は地下部へと伸びるとともに、主根の内部の組織から発生した側根を形成する。さらには表皮細胞の一部が変形した**サ**をつくることで、根の表面積が増大し、水や無機養分の吸収効率を高めている。これらの吸収には、根の細胞膜が関与する。<sup>(b)</sup>細胞膜にはさまざまな種類の輸送タンパク質が存在し、分子やイオンの種類によって、物質を通過させたり、遮断させたりするという特徴をもつ。特定のイオンだけ<sup>(c)</sup>を、濃度の高い側から低い側へと通過させる輸送タンパク質はチャネルとよばれ、このような濃度勾配に従った輸送を**シ**という。一方、細胞膜にはATPなどのエネルギーを用いて、物質を濃度の低い側から高い側へと輸送できる輸送タンパク質も存在する。このような濃度勾配に逆らった輸送を**ス**とよぶ。

問 1 文章中の **ア** ~ **ス** に適切な語句を入れよ。

問 2 下線部(a)について、以下の文章の **A** ~ **E** に適切な語句を入れよ。

植物細胞の容積の増加は、**A** の差に従って細胞内へ水が流入し、**B** が生じて **C** を押し広げることによって起こる。細胞が成長しているときは、**C** がやわらかくなっている。このとき、細胞の成長の方向は **D** 繊維の方向によって決まり、繊維間のすき間が広がるような方向に細胞は成長しようとする。例えば、植物ホルモンの作用によって頂端—基部軸と直交する横方向の **D** 繊維が増えると、細胞は **E** 方向に伸長する。

問 3 下線部(b)について、次の問いに答えよ。

- (1) 植物が根から吸収して窒素同化に用いる無機窒素化合物を、イオン式で二つ答えよ。
- (2) 土壌中に無機窒素化合物が存在しない状態でも、マメ科植物は窒素同化できる。この理由について、句読点も含めて 45 字以内で説明せよ。

問 4 下線部(c)について、次の問いに答えよ。

- (1) 水分子の輸送タンパク質の名称を答えよ。
- (2) 細胞膜が下線部(c)のような輸送タンパク質をもつ理由について、「脂質二重層」の用語を用いて、句読点も含めて 50 字以内で説明せよ。
- (3) 植物の根は、根の周囲の環境に応じて、細胞膜の輸送タンパク質の数を増やしたり、減らしたりする能力をもつことが知られている。このような能力をもつ利点について、本文中より考えられることを、句読点も含めて 50 字以内で説明せよ。

## 生物問題 II

次の文章を読み、問1～問6に答えよ。

アメリカザリガニは北アメリカ大陸原産の甲殻類<sup>(a)</sup>で、日本へは約100年前に人為的<sup>(b)</sup>にもち込まれた。日本各地に定着したアメリカザリガニは、湿地の小動物を捕食するほか、水生植物を刈り取る<sup>(c)</sup>ことなどにより、生物多様性に悪影響を及ぼしているとされる。このため、アメリカザリガニは各地で駆除の対象となっている。

アメリカザリガニを駆除する際にはワナを用いるのが一般的である。比較的小規模な湿地で繰り返しワナを設置することにより、ほぼ全個体を取り尽くした例もある。そのような駆除効果の評価のために、駆除の前には個体数の推定<sup>(d)</sup>を行うことが望ましい。

問1 アメリカザリガニの体には、以下の(A)～(G)のような特徴がある。これらがヒトの体にもあてはまるかどうか答えよ。ヒトにもあてはまるものに○を、あてはまらないものに×を、それぞれ解答欄に記せ。

- (A) 光刺激の受容器(光受容器)として1対の複眼をもつ。
- (B) 光受容器では、光の強さ(明るさ)だけでなく、波長の違いを認識できる。
- (C) 細胞小器官としてミトコンドリアをもつ。
- (D) シナプス間隙における興奮の伝達は、神経伝達物質の移動による。
- (E) 口は、初期胚に形成された原口に由来する。
- (F) 体細胞一つあたりの染色体の数は偶数である。
- (G) 金属元素と結合したタンパク質が血しょう中に存在し、酸素を運搬する。

問 2 下線部(a)の甲殻類は、以下の(ア)~(ク)の分類群のうちどれに属するか、記号で答えよ。また、その分類群に属する生物を、以下の(A)~(H)からすべて選んで記号で答えよ。

(ア) 刺胞動物      (イ) へん形動物      (ウ) 環形動物      (エ) 輪形動物  
(オ) 節足動物      (カ) 棘皮動物      (キ) 原索動物      (ク) 脊椎動物

(A) ウニ                      (B) アサリ                      (C) モンシロチョウ  
(D) ホヤ                      (E) カメ                      (F) ショウジョウバエ  
(G) ゴカイ                      (H) サザエ

問 3 下線部(b)のように、もともと分布していなかった地域に人為的にもち込まれた生物を何とよぶか、その名称を答えよ。

問 4 下線部(c)のような行動により水生植物が減少した結果、種間の相互作用が変化して、やがてアメリカザリガニの個体数も減少すると考えられる。アメリカザリガニが水生植物をエサとして利用しにくくなることも、そのような相互作用の変化の一つである。これ以外のどのような変化がアメリカザリガニの個体数を減少させると考えられるか。アメリカザリガニが①捕食者として関係する相互作用の変化、および②被食者として関係する相互作用の変化について、それぞれ句読点も含めて 40 字以内で説明せよ。



問 5 ある湿地でアメリカザリガニの駆除を行うに先立って、下線部(d)の個体数の推定を標識再捕法により行った。1回目に捕獲された250個体のアメリカザリガニの体表に油性マーカーで標識をつけたのち、もといた場所に放流した。その2週間後に2回目の捕獲を行ったところ、捕まえた538個体のうちの24個体に標識がついていた。これについて、以下の(1)と(2)に答えよ。

(1) 次の【仮定1】と【仮定2】それぞれのもとで、この湿地内のアメリカザリガニの個体数を推定せよ。また、それぞれについて計算過程も示せ。個体数は小数第一位を四捨五入して整数で示せ。なお、捕獲や標識の作業はアメリカザリガニの生存に影響を及ぼさなかったものとする。

【仮定1】 2回の調査の間に、個体の出生・死亡や移出入がなく、標識の脱落もなかった。

【仮定2】 2回の調査の間に、個体の出生・死亡や移出入はなかったが、標識は1週間に10%の割合で脱落してなくなった。

(2) アメリカザリガニなどの甲殻類では、その成長過程の特徴から、体表につけた標識が時間の経過とともに脱落してしまうことが多い。その理由を、句読点も含めて25字以内で説明せよ。

問 6 閉鎖的な生息地において個体数を推定する方法として、標識再捕法のほかに区画法もある。これらの推定法の一般的な性質に関する以下の(A)~(D)の記述のうち、正しいものに○を、必ずしも正しくないものに×を、それぞれ解答欄に記せ。

- (A) 移動性に乏しい生物に標識採捕法は適さず、区画法が適する。
- (B) ワナに入れるエサの誘引性が高い場合には、標識再捕法で推定される個体数は実際より大きく見積もられる。
- (C) 標識再捕法では、1回目の捕獲にワナを用いた場合、2回目の捕獲でも同様にワナを用いる必要がある。
- (D) 区画法では、調査対象とした区画に含まれる個体をすべて数える必要がある。

令和4年度 一般選抜（後期日程） 問題訂正（理科）

訂正箇所	問題冊子 24ページ 問6 (A)
誤	標識 <u>採</u> 捕法
正	標識 <u>再</u> 捕法