



理 科

(120分)

環境科学部・工学部・人間文化学部

物理(1～10 ページ) 化学(11～21 ページ) 生物(23～27 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(材料科学科)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。

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。

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に答えよ。なお、重力加速度の大きさは g [m/s²]、円周率を π とする。

図1のように、点 O を原点とし水平方向で右向きを正とする x 軸、鉛直上向きを正とする y 軸を定める。点 O から鉛直上向きに r [m] の位置にある点 A に、伸び縮みしない長さ r の軽い棒の一端が支持され、棒は点 A のまわりをなめらかに回転できる。この棒のもう一方の端部に小球1が取り付けられている。また、小球2は、点 O に円錐形の台の上に置かれて静止している。小球1、小球2の質量はそれぞれ m_1 [kg]、 m_2 [kg] である。棒と2つの小球は $x - y$ 平面内のみを移動し、空気の抵抗を受けないとする。また、2つの小球は、鉛直上向きおよび水平方向の運動に際し、円錐形の台から抵抗を受けないとする。なお、小球の持つ重力による位置エネルギーの基準となる水平面は $y = 0$ とする。

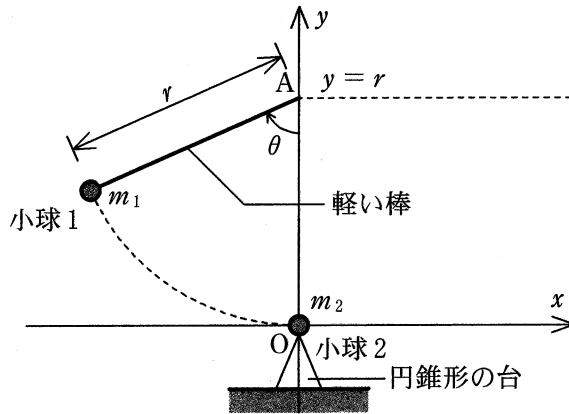


図 1

はじめに、図1に示すように、小球1を、点 A を中心とし鉛直下向きから時計まわりに角度 θ [rad] ($0 < \theta < \pi$) だけ持ち上げた位置で静止させた。このとき、小球1が持つ位置エネルギーは [J] である。その後、小球1を静かに放したと

ころ、点Oで小球2と衝突した。衝突直前の小球1の速さを v [m/s]とすると、そのときに小球1が持つ運動エネルギーは、 v を含む式 [J]と表せる。したがって、力学的エネルギー保存則より、 v は [m/s]と表せる。

問1 衝突直後の小球2の速さを m_1 , m_2 , v を用いて表せ。ただし、衝突は瞬間的に生じ、弾性衝突であるとする。解答には導出の過程も示せ。

つぎに、図2に示すように、小球2を、点Aを中心とした半径 r の円周上の点Bに移動させ、円錐形の台の上に置いて静止させた。線分ABとAOのなす角度を ϕ [rad] ($0 < \phi < \frac{\pi}{2}$)とする。小球1を、点Aを中心とし鉛直下向きから時計まわりに角度 θ ($\phi < \theta < \pi$)だけ持ち上げた位置で静止させ、その後、小球1を静かに放したところ、点Bで小球2と衝突した。衝突は瞬間的に生じ、弾性衝突であった。衝突直前の小球1の速さを u [m/s]とすると、衝突直前に小球1が持つ力学的エネルギーは、 u を含む式 [J]と表せる。したがって、 u は、 g , r , θ , ϕ を用いて [m/s]と表せる。また、衝突直後の小球2の速さは、 m_1 , m_2 , u を用いて [m/s]と表せる。

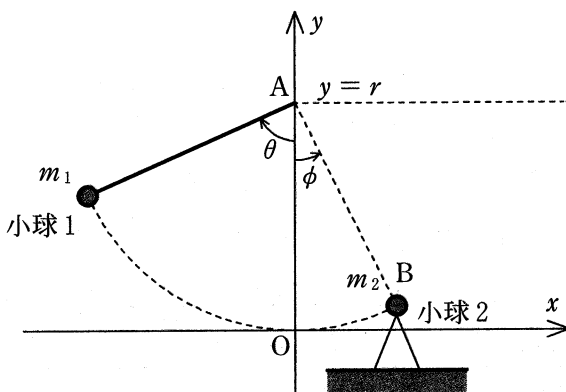


図2

問2 $m_1 = m_2$, $\phi = \frac{\pi}{4}$ のとき、2つの小球の衝突後、小球2が $y = r$ の高さ以上に上がるための θ の最小値を求めよ。解答には導出の過程も示せ。

物理問題 II

次の文章を読んで、 に適した式を、 $\{ \quad \}$ には適切な語句を解答欄に記入せよ。また、問1～問3に導出過程を示して答えよ。ただし、円周率を π とする。

図1に示すように、起電力 E [V]の電池、抵抗値が R 、 $2R$ [Ω]の抵抗、電気容量が C 、 $2C$ [F]のコンデンサー、自己インダクタンスが L [H]のコイル、およびスイッチ S_1 、 S_2 を導線で接続した。最初、 S_1 、 S_2 は開いており、コンデンサーに電荷は蓄えられていないものとする。なお、導線、コイル、スイッチの電気抵抗、および電池の内部抵抗は無視できるものとする。

図1の破線で囲まれた部分に着目すると、図2のような抵抗のみが接続された回路と、図3のようなコンデンサーのみが接続された回路に分けて考えることができる。図2の経路dge上のdg間とge間の抵抗は $\{ \text{ア} \}$ 接続されているので、この2つの抵抗の合成抵抗の抵抗値 R_{dge} は [Ω]である。抵抗値 R_{dge} の合成抵抗とde間の抵抗値 $2R$ の抵抗は $\{ \text{ウ} \}$ 接続されているので、これらの抵抗の合成抵抗の抵抗値 R_{de} は、 R のみを用いて [Ω]と表すことができる。また、図3の経路eif上のei間とif間のコンデンサーは $\{ \text{ア} \}$ 接続されているので、この2つのコンデンサーの合成容量 C_{eif} は [F]である。合成容量 C_{eif} のコンデンサーとef間の電気容量 C のコンデンサーは $\{ \text{ウ} \}$ 接続されているので、これらのコンデンサーの合成容量 C_{ef} は、 C のみを用いて [F]と表すことができる。同様の手順で合成抵抗の抵抗値および合成容量を求めていくと、図1⁽¹⁾の中の5つの抵抗と5つのコンデンサーが接続された部分は、ab間の抵抗値 [Ω]の抵抗と、bc間の電気容量 [F]のコンデンサーのみの $\{ \text{ア} \}$ 接続とみなすことができる。

問1 S_1 を閉じた。 S_1 を閉じた直後のab間の電圧 V_{ab} [V]、bc間の電圧 V_{bc} [V]、および電池から流れ出る電流 I [A]を求めよ。

問 2 S_1 を閉じてからじゅうぶんに時間が経過したとき、 ab 間の電圧 V_{ab} [V]、 bc 間の電圧 V_{bc} [V]、および電池から流れ出る電流 I [A] を求めよ。また、下線部(1)のように考えたとき、合成されたコンデンサーに蓄えられている電気量 Q [C] と静電エネルギー U [J] をそれぞれ求めよ。

つぎに、 S_1 を閉じてからじゅうぶんに時間が経過した後、 S_1 を開き、 S_2 を閉じた。このとき、コイルを通してコンデンサーに蓄えられた電荷が移動し、一定の周期で向きが変わる電流が流れ続ける。この現象を { ケ } といひ、この周期は [s] と表される。

問 3 下線部(2)について、 S_2 を閉じた後のコイルを流れる電流の最大値 I_0 [A] を求めよ。

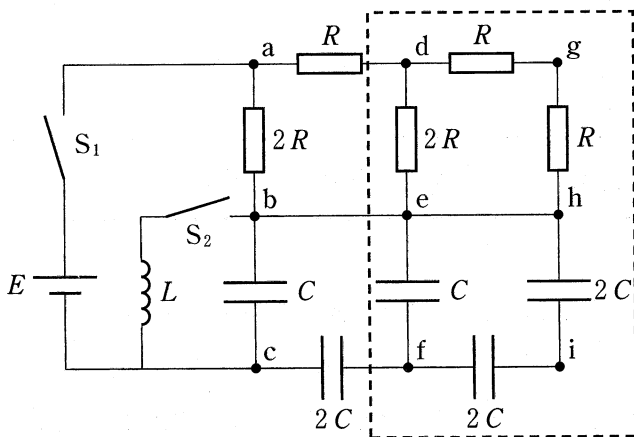


図 1

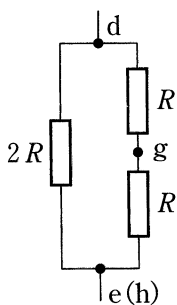


図 2

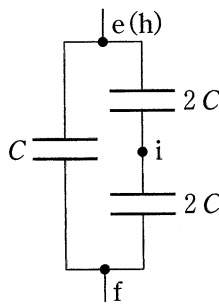


図 3

物理問題 III

次の文章を読んで、には適した式を、{ }に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4に答えよ。問2および問4には導出過程も示せ。ただし、水は蒸発しないものとする。

- (1) $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 100 g の水(固体)に、ヒーターによって1秒間に 100 J の割合で熱を与え続けた。氷はしだいに水(液体)に変化していき、すべて液体になった後、温度が $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ になったところで加熱をやめた。この過程における水や氷の温度の変化は図1のようになった。なお、与える熱以外に水や氷と外部との熱の出入りはなかったものとする。区間Aでは温度は変化しなかった。また、グラフの{ア}が、氷のときより水のときのほうが{イ}ことから、比熱は水のほうが大きいことがわかる。

語群

切片 傾き 温度 熱量 大きい 小さい 変わらない

問1 下線部の現象の理由として最も適切な記述を下記から選び、記号で示せ。

- ① 加えた熱は分子が定まった位置で不規則に振動することに使われたから
- ② 加えた熱は分子間の結合をつよめることに使われたから
- ③ 加えた熱は分子間の結合をゆるめたり切り離したりすることに使われたから

問 2 グラフ中の数値を用いて、氷の融解熱[J/g]、および水の比熱[J/(g・K)]をそれぞれ有効数字2桁で求めよ。

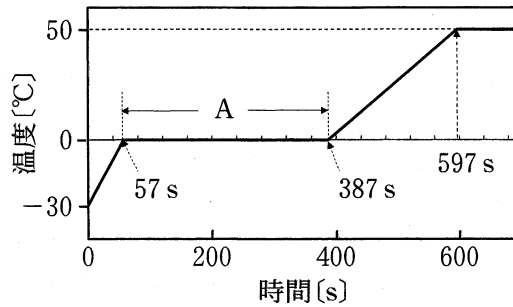


図 1

(2) 鉄製の容器 A と B が 1 気圧の大気中にある。容器 A と B はいずれも質量は M [g]、温度は t_0 [°C] ($0 < t_0$) である。これらの容器による以下の実験を行った。熱はそれぞれの容器間、および容器と水や氷の間だけで移動するものとする。

実験 1 : 図 2 に示すように、容器 A に温度 t_1 [°C] ($0 < t_1 < t_0$) の水(液体)を m_A [g] 加えた。しばらく置いたところ温度 t_2 [°C] で熱平衡に達した。熱平衡に達したときの温度 t_2 は、鉄の比熱を c_s [J/(g・K)]、水の比熱を c_w [J/(g・K)] とすると、 M 、 m_A 、 c_s 、 c_w 、 t_0 、 t_1 を用いて、ウ と表される。

実験 2 : 図 3 に示すように、容器 B には、 t_3 [°C] ($t_3 < 0$) の氷(固体)を m_B [g] 加えた。じゅうぶん時間がたって熱平衡に達したとき、 $\frac{m_B}{2}$ [g] の氷がとけずに残っていた。

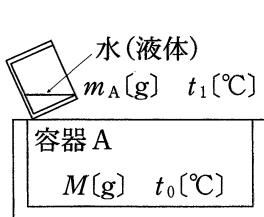


図 2

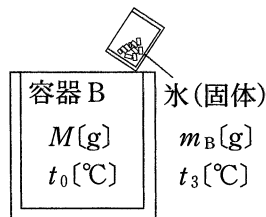


図 3

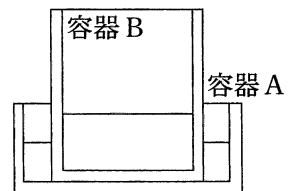


図 4

問 3 容器 B に加えた氷が得た熱量，および容器 B が失った熱量を示せ。なお，氷の比熱を c_B [J/(g·K)]，融解熱を a [J/g] とする。

実験 3 : 実験 2 で氷がとけ残った容器 B に温度 t_4 [°C] ($0 < t_4$) の水をさらに m_B [g] 加え，しばらく置いたところ水は固体からすべて液体となり，温度 t_5 [°C] ($t_5 < t_4$) で熱平衡に達した。この過程で加えた水が失った熱量は， m_B ， c_w ， t_4 ， t_5 を用いて 工 と表される。また，水を加える前の氷と水および容器 B が得た熱量の合計は M ， m_B ， c_s ， c_w ， t_5 ， a を用いて 才 と表される。したがって，熱平衡に達したときの t_5 は 力 となる。

実験 4 : 図 4 に示すように，実験 1 で熱平衡に達した水が入った容器 A の中に，実験 3 で熱平衡に達した水が入った容器 B を置いた。しばらく置いたところ温度 T [°C] で熱平衡に達した。

問 4 $m_A = 2m_B$ であったとき， T を t_5 と t_2 を用いて示せ。ただし $t_5 < t_2$ とする。

理科の試験問題は次に続く。

物理問題 IV

次の文章を読んで、 に適した式を解答欄に記入し、 $\langle \quad \rangle$ については解答欄の最も適する語句を○で囲め。また、問1～問3に答えよ。ただし、問1および問2には導出過程も示せ。

図1のように原点O, x 軸, y 軸をとる。単色光源が発した波長 λ [m]の光をOにあるスリット S_0 に通し、抜けてきた光が複スリット S_1, S_2 を通るようにすると、 y 軸と平行に設置したスクリーン上に明暗の縞模様が現れた。各スリットはじゅうぶんにせまく、 S_1, S_2 は、 x 座標が同じで x 軸から等距離にあり、 S_1 と S_2 の間にある x 軸上の点をP, x 軸とスクリーンが交わる点をQとする。 S_1 は y 軸の正の領域、 S_2 は負の領域にあり、 S_1, S_2 とPの距離は d [m]とする。また、スリット S_0 から複スリットまでの距離OPおよび複スリットからスクリーンまでの距離PQは共に L [m]とする。スクリーン上において、Qからの距離が r [m]で y 軸の正の領域にある点をRとする。

S_1 とRの距離は L, d, r を用いて [m]と表され、 S_2 とRの距離も同様に L, d, r を用いて [m]と表される。 d, r は L と比べてじゅうぶんに小さいものとする、 $\frac{(r+d)^2}{L^2} \ll 1$ および $\frac{(r-d)^2}{L^2} \ll 1$ となる。ここで、 $|\beta| \ll 1$ のときの近似式 $\sqrt{1+\beta} \cong 1 + \frac{\beta}{2}$ を用いると、 S_1 とRの距離および S_2 とRの距離はそれぞれ L, d, r を用いて [m], [m]と近似できる。これらを用いると、スリット S_0 から出た光が、 S_2 を通過してRに至るまでの距離と S_1 を通過してRに至るまでの距離の差は L, d, r を用いて [m]と表される。スクリーン上に現れる干渉縞のうち、各明線とQの距離は L, d, λ および $m = 0, 1, 2, 3, \dots$ を用いて [m]と表され、各暗線とQの距離は L, d, λ, m を用いて [m]と表される。

問1 単色光源として波長 6.40×10^{-7} mの赤色光を使用したとき、スクリーン上に現れる干渉縞の各明線の間隔は 5.60×10^{-3} mであった。単色光源として波長 4.80×10^{-7} mの青色光を使用したときの各明線の間隔を有効数字2桁で求めよ。

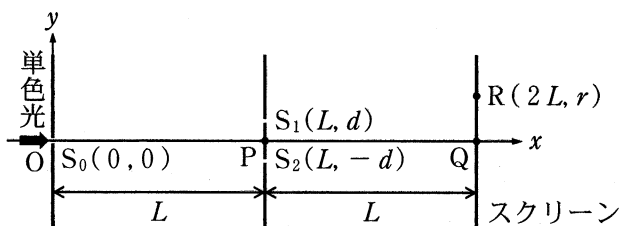


図 1

つぎに、図 2 のように、スリット S_0 の位置を y 軸の正の向きへ a [m] 動かした。
 a も L と比べてじゅうぶん小さいものとする、 $\frac{(a+d)^2}{L^2} \ll 1$ および
 $\frac{(a-d)^2}{L^2} \ll 1$ より、 S_0 と S_2 の距離と S_0 と S_1 の距離の差は L, d, a を用いて
ク [m] と近似できる。 S_0 から出た光が、 S_2 を通って R に至るまでの距離と
 S_1 を通って R に至るまでの距離の差は L, d, r, a を用いて **ケ** [m] と表され
る。この結果を用いると、スクリーン上に現れる干渉縞の間隔はスリット S_0 を動か
す前と比べて **コ**： 狭くなる， 変わらない， 広くなる > ことがわかる。

問 2 S_0 の位置を O から y 軸の正の向きへゆっくり動かすとスクリーン上の干渉縞
も移動した。 S_0 を動かす前は Q にあった明線は、 S_0 を a [m] 動かしたときにど
の位置まで動くか。このときの y 座標を示せ。

問 3 問 2 と同じ操作を波長 6.40×10^{-7} m の赤色光と波長 4.80×10^{-7} m の青色
光を用いてそれぞれ行った。このとき、各暗線の移動距離について適切なもの
は、下記の選択肢の中のどれか。解答欄の適切なものを \bigcirc で囲め。また、そのよ
うになる理由を説明せよ。

移動距離の選択肢

{赤色光の方が大きい， 青色光の方が大きい， どちらの色でも同じ}

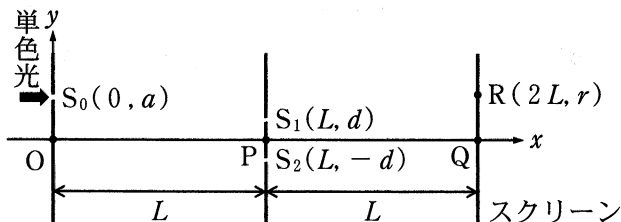


図 2

化 学

化学問題 I

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 $H = 1.0$, $C = 12.0$, $O = 16.0$ を、気体定数として $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$ を用いよ。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。解答の数値は有効数字2桁で示せ。

分子式 $C_nH_{2n+2}O$ (n は整数) と表すことができる揮発性の有機化合物 X (常温で液体) の蒸気圧と分子量を図1の装置を用いて測定する。管Cから気体の窒素を装置内に送り込み、装置Aにおいて水中を複数回通過させると、管Dを通る気体中には窒素と飽和水蒸気量の水のみが含まれる。この気体に含まれる水蒸気は、管E内の塩化カルシウムに完全に吸収され、乾燥した気体の窒素のみが装置Bに導かれる。装置Bにおいて、窒素を液体のXの中を複数回通過させることにより、Xの蒸気で飽和した気体が管Fから得られる。実験を通して、装置内を通る気体の温度は常に 27°C 、圧力(全圧)は常に $1.00 \times 10^5 \text{ Pa}$ で一定に保つ。窒素はXに溶解しないものとする。

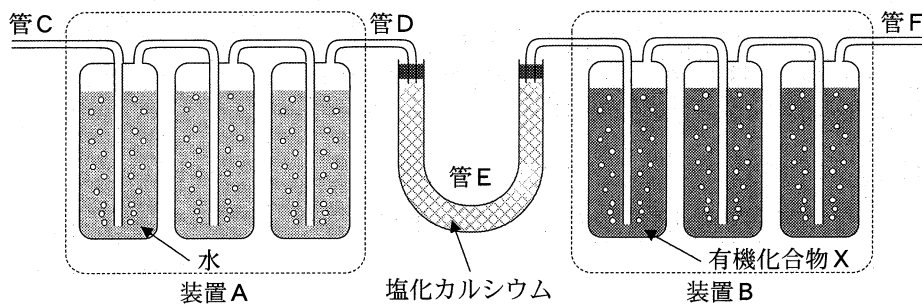
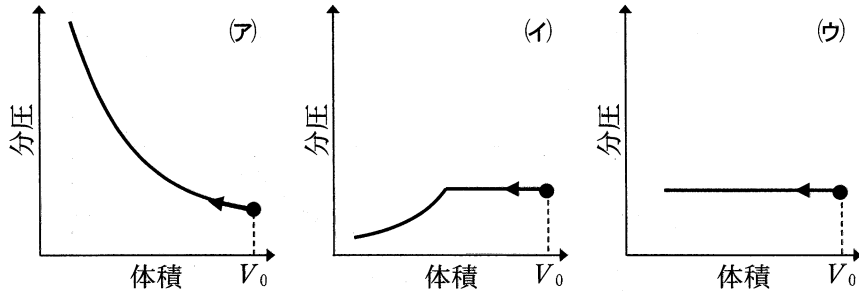


図1 蒸気圧と分子量を測定するための装置

問 1 管 F から排出された体積 V_0 の気体を、ピストンを備えたシリンダーに入れ、温度を一定に保ったまま圧縮した。このときの窒素および X の分圧の変化として最も適切なものを、窒素と X それぞれについて下の(ア)~(ウ)から一つ選び、記号で記せ。



問 2 次の文章を読んで、i), ii)に答えよ。

分子式 $C_nH_{2n+2}O$ で表すことができる化合物であるアルコールとエーテルでは、蒸気圧が大きく異なる。図 2 に炭素数が 4 までのアルコールとエーテルの蒸気圧を示した。

- アルコールおよびエーテルの蒸気圧として適切なものを、それぞれ図 2 の (a), (b) から選び記号で記せ。
- 同じ炭素数で比較したとき、アルコールとエーテルの蒸気圧が大きく異なる理由を簡潔に説明せよ。

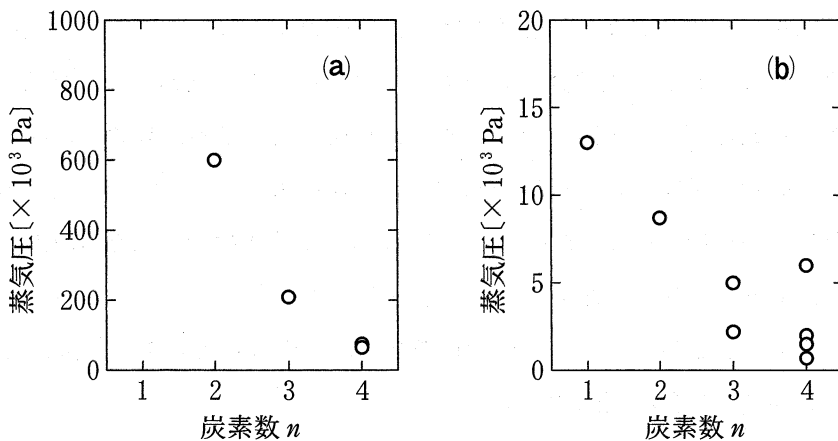


図 2 アルコールとエーテルの炭素数と 27 °C における蒸気圧の関係

問 3 図 3 は水の蒸気圧曲線である。管 D 内における窒素と水蒸気の物質量の比を求めよ。導出過程も記せ。ただし、気体はすべて理想気体とする。

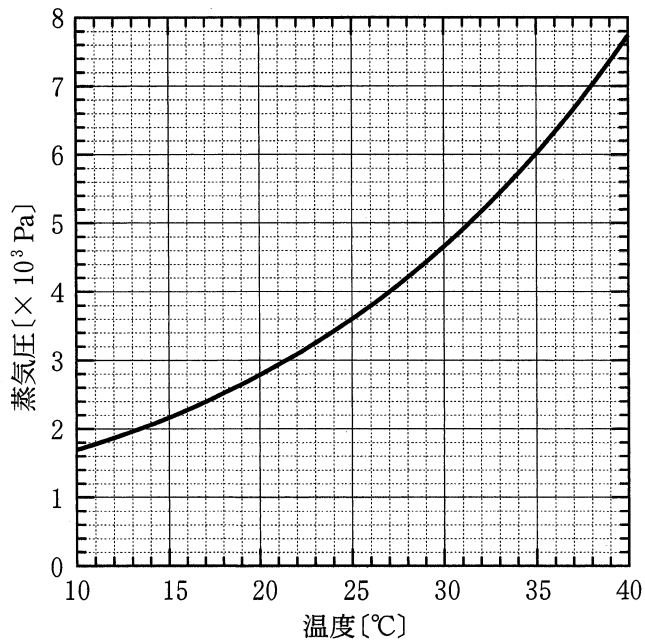


図 3 水の蒸気圧曲線

問 4 次の文章を読んで、i), ii)に答えよ。

ある量の窒素を管 C から装置内に吹き込み、管 F から出てくる気体を集める実験を行った。実験の前後における管 E 内の塩化カルシウムの質量の増加量より、管 D を通過した気体に含まれる水蒸気の物質量を求めた。さらに、問 3 で求められる窒素と水蒸気の物質量の比を使ったところ、装置 B に吹き込まれた窒素の物質量は 0.300 mol であることがわかった。ここで、装置内に残っている気体の物質量は無視できるものとする。また、気体はすべて理想気体とする。

i) 管 F から出てきた気体の体積を標準状態 (0°C , $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$) において測定したところ、 $4.48 \times 10^{-2} \text{ m}^3$ であった。得られた気体の全物質量(窒素と X の物質量の合計)を求めよ。

ii) 27°C における X の分圧(蒸気圧)を求めよ。導出過程も記せ。

問 5 問 4 の実験のあと装置 B 内の X の全質量を測定したところ、実験前に比べて 125.8 g 減少していた。X の分子量を求めよ。ただし、装置内に残っている気体の物質は無視できるものとする。

問 6 X の分子式を記せ。導出過程も記せ。

化学問題 II

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 $H = 1.0$, $C = 12.0$, $O = 16.0$ を用いよ。解答の構造式は図1の例にならって記せ。

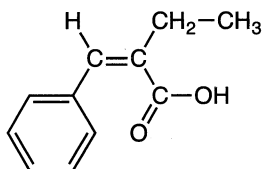


図1 構造式の例

カルボン酸は酸性を示す代表的な有機化合物である。カルボン酸のうち、分子量の小さな脂肪酸は水に溶けやすい。一方、分子量の大きい脂肪酸や多くの芳香族カルボン酸はそのままでは水に溶けにくい^(a)。例えば、カルボン酸Aはホルムアルデヒドを酸化することによって得ることができる脂肪酸であり、水によく溶ける。ジカルボン酸(2価カルボン酸)であるBとCはどちらも分子式が $C_4H_4O_4$ で表され、BとCのそれぞれに水素を反応させると同じ化合物を生じる。しかし、Bが水によく溶けるのに対して、Cは溶けにくい。また、Bは容易に分子内で脱水反応が起こるのに対して、Cでは分子内で脱水反応は起こらない。カルボン酸Dは分子量が180で、炭素、水素、酸素のみからなる芳香族カルボン酸であり、分子内に四つの酸素原子をもつ。Dを加水分解すると芳香族カルボン酸Eと酢酸を生じる。

問1 下線部(a)について、そのままでは水に溶けにくいカルボン酸も、炭酸水素ナトリウムと反応させると水に溶けやすくなる。この理由を化学反応式を用いて説明せよ。なお、カルボン酸は一般式 $R-COOH$ (R は炭化水素基などの置換基)を用いて表せ。

問2 カルボン酸A～Cの構造式を記せ。

問3 ジカルボン酸BとCの融点を比較すると、Bの方が低い。その理由を「水素結合」の語を用いて説明せよ。

問 4 カルボン酸 D として考えられる構造式をすべて記せ。

問 5 不揮発性であるカルボン酸 X (分子量 122) のベンゼン溶液の凝固点について、以下の i) ~ iii) に答えよ。

- i) カルボン酸 X のベンゼン溶液とベンゼンの冷却曲線の概略を図 2 に示す。カルボン酸 X のベンゼン溶液の凝固点として最も適切なものを、図中の温度 (ア) ~ (ウ) から一つ選び、記号で記せ。
- ii) 図 2 の領域 (あ) について、時間とともに温度が低下している理由を説明せよ。なお、点 (い) および点 (う) はすべて凝固した点とする。
- iii) 図 3 に示すように、ベンゼン中のカルボン酸 X はすべて 2 分子の間で水素結合して、一つの分子のようにふるまうものとする。カルボン酸 X 1.83 g をベンゼン 240 g に溶解させた溶液の凝固点を小数第 2 位まで求めよ。計算過程も記せ。なお、ベンゼンの凝固点を $5.53\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、モル凝固点降下を $5.12\text{ K}\cdot\text{kg}/\text{mol}$ とする。

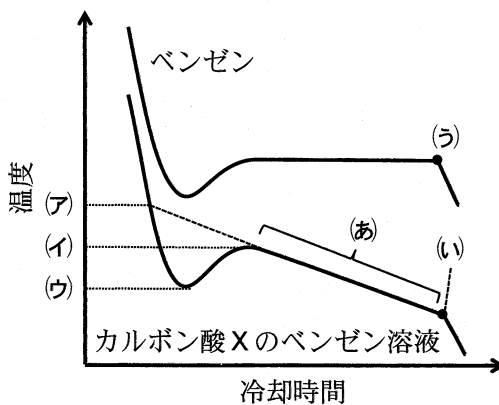


図 2 カルボン酸 X のベンゼン溶液およびベンゼンの冷却曲線の概略

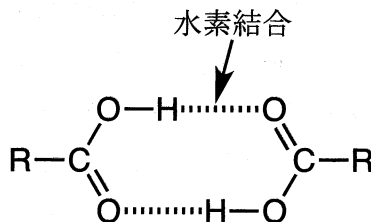


図 3 カルボン酸 2 分子の間での水素結合 (構造式は一般式で示している)

化学問題 III

次の文章を読んで、問1～問6に答えよ。解答の数値は有効数字3桁で示せ。

酸と塩基の中和滴定を行った。1価の強酸を1価の強塩基で滴定すると、図1のような滴定曲線が得られた。^(a)一方、炭酸ナトリウム水溶液を塩酸で滴定したとき、図1とは違った滴定曲線が得られた。^(b)

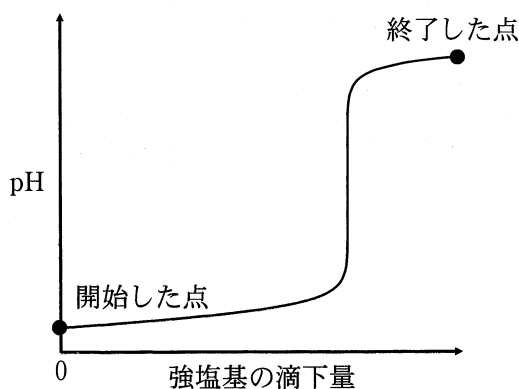


図1 強酸と強塩基の滴定曲線

水酸化ナトリウム水溶液を放置したところ、一部が空気中の二酸化炭素と反応し炭酸ナトリウムを生じた。この水溶液^(c)に含まれる水酸化ナトリウムと炭酸ナトリウムの物質量は、以下の操作1～3の中和滴定を行うことで求めることができる。

操作1 下線部(c)の水溶液の体積は200.0 mLであった。これを二つの容器に20.00 mL ずつはかりとった。

操作2 一方の容器にはメチルオレンジ溶液を指示薬として加え、1.000 mol/Lの塩酸で滴定したところ、溶液が変色するまでに9.550 mLを要した。

操作3 他方の容器には塩化バリウム(BaCl_2)水溶液を過剰量加えて白色沈殿を生じさせた。さらにフェノールフタレイン溶液を指示薬として加え、1.000 mol/Lの塩酸で滴定したところ、溶液が変色するまでに7.550 mLを要した。なお、いったん生じた白色沈殿は溶液中に溶け出さない。

- 問 1 下線部(a)について、 1.000 mol/L の塩酸 20.00 mL を濃度がわからない水酸化ナトリウム水溶液で滴定したところ、中和点までに 19.50 mL を要した。この水酸化ナトリウム水溶液のモル濃度を求めよ。計算過程も記せ。
- 問 2 下線部(a)について、フェノールフタレイン溶液を指示薬として用いて滴定したところ、中和点で水溶液が変色した。これをしばらく大気中に放置したところ水溶液の色が中和以前の状態に戻っていた。色が戻った理由を述べよ。
- 問 3 下線部(b)について、炭酸ナトリウムは2段階で塩酸と反応している。このときどのような滴定曲線が得られるか、滴定曲線の概略を解答欄に図示せよ。ただし、滴定を開始した点と終了した点および滴定曲線の一部はすでに示してある。
- 問 4 操作 2 において水酸化ナトリウムと炭酸ナトリウムそれぞれに起きた反応について化学反応式を記せ。ただし、炭酸ナトリウムについては2段階の反応をそれぞれ記せ。
- 問 5 操作 3 の白色沈殿を生じた反応について化学反応式を記せ。
- 問 6 操作 1 ~ 3 の結果から、操作 1 における水溶液 200.0 mL 中の水酸化ナトリウムと炭酸ナトリウムそれぞれの物質量を求めよ。導出過程も記せ。

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 $H = 1.0$, $C = 12.0$, $O = 16.0$, $Cu = 63.5$ を用いよ。

一般的に果物は、糖類、ビタミン、ミネラルを豊富に含む食品である。果物には単糖類 $C_6H_{12}O_6$ であるグルコースやフルクトース、ビタミンの中でも特にビタミンC (アスコルビン酸) を多く含むという特徴がある。グルコースやフルクトースなどの還元糖は水溶液中で開環して **ア** を生じ、フェーリング液とともに加熱すると反応して赤色沈殿が生じる。この反応を利用して糖類の還元性の有無や還元糖の量を測定することができる。

アスコルビン酸の分子式は $C_6H_8O_6$ 、構造式は図1で示される。アスコルビン酸は強い還元性を備え、生体内で様々な酸化還元反応に関わっているほか、ペットボトルのお茶などの清涼飲料水に酸化防止剤として使われている。食品中のアスコルビン酸の量は、ヨウ素デンプン反応を利用して測定することができる。

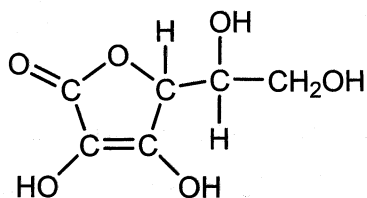


図1 アスコルビン酸の構造式

問 1 ア にあてはまる官能基名を記せ。

問 2 同じ質量のグルコース、デンプン、スクロースのそれぞれを同じ体積の水に溶かし、希薄溶液を作製した。水以外は通さない半透膜で中央部を仕切った U 字管の片側に同じ量の純水を入れたものを三つ用意した。それぞれの U 字管に各希薄溶液を純水と同じ高さまで入れてじゅうぶんに時間が経過すると、希薄溶液と純水の液面の高さに差ができた。液面の高さの差が大きなものから順に 3 種類の希薄溶液の溶質を記せ。また、そのような順序になった理由を説明せよ。

問 3 下線部(a)の赤色沈殿の組成式を記せ。

問 4 マルトースは、 α -グルコース 2 分子が脱水縮合した構造をもつ二糖である。下線部(b)について、ある量のマルトースを完全に加水分解させて得られた α -グルコースに過剰量のフェーリング液を加えて加熱したところ、得られた赤色沈殿は、13.00 g であった。マルトースの質量を求めよ。導出過程も記せ。解答の数値は有効数字 3 桁で記せ。なお、 α -グルコースとフェーリング液との反応では、単糖 1.000 mol あたり 1.000 mol の赤色沈殿が生じるものとする。

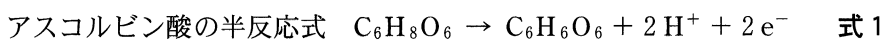
問 5 下線部(C)について、^{しば}搾りたてのレモン果汁 100 mL 中のアスコルビン酸量を求めるために以下の操作 1～3 を行った。なお、指示薬としての反応以外にはアスコルビン酸はヨウ素とのみ、ヨウ素はアスコルビン酸とのみ反応するものとする。i)～iii)に答えよ。

操作 1 レモン果汁を純水で 5 倍に希釈し、このうち 10.0 mL をはかりとり、コニカルビーカーに入れ、指示薬としてデンプン溶液を加えた。

操作 2 ヨウ素の入ったヨウ化カリウム水溶液(I_2 の濃度 3.00×10^{-3} mol/L)をビュレットに入れた。

操作 3 操作 1 のコニカルビーカー内の溶液に操作 2 で用意したヨウ素の入ったヨウ化カリウム水溶液を滴下したところ、最初、溶液の色は無色であったが、2.50 mL 加えたところで溶液の色がわずかに青紫色に変化した。

i) この滴定におけるアスコルビン酸とヨウ素(I_2)の酸化還元反応は、以下のような電子 e^- を含む反応式(半反応式)で表すことができる。適切な分子式またはイオン式を用いて , を補い、式 2、式 3 の化学反応式を完成させよ。



ii) 操作 3 において、溶液がわずかに青紫色に変化した理由について、下の二つの語をすべて用いて、説明せよ。

アスコルビン酸 ヨウ素

iii) 希釈前のレモン果汁 100 mL 中に含まれるアスコルビン酸の質量を求めよ。導出過程も記せ。解答の数値は有効数字 2 桁で記せ。

理科の試験問題は次に続く。

生 物

生物問題 I

次の文章を読み、問1～問5に答えよ。

DNA および RNA の塩基はそれぞれ4種類であるのに対して、タンパク質を構成するアミノ酸は20種類ある。塩基配列はアミノ酸の配列をどのように指定しているのだろうか。1961年、ニーレンバーグらは、大腸菌をすりつぶして得た抽出液に、UUUUUUUU…(Uだけからなる)の塩基配列をもつ人工的に合成したRNAを加え、タンパク質合成を行わせた。その結果、フェニルアラニンだけが多数結合したポリペプチドが合成された。^(a) 3塩基の並びが一つのアミノ酸を指定していると仮定すれば、UUUはフェニルアラニン^(b)を指定すると推定できる。同様に、コラーナらは二つの塩基や三つの塩基が繰り返される人工合成RNAを用いて、以下のような実験を次々に行った。

【実験1】 ACACACACA…(ACの繰り返し)の塩基配列をもつ人工合成RNAからは、ヒスチジンとトレオニンが交互に配列したポリペプチドが合成された。

【実験2】 CAACAACAA…(CAAの繰り返し)の塩基配列をもつ人工合成RNAからは、アスパラギンだけが多数結合したポリペプチド、グルタミンだけが多数結合したポリペプチド、およびトレオニンだけが多数結合したポリペプチドの3種類が合成された。

ニーレンバーグやコラーナの実験によって1960年代に、mRNAの連続した塩基3個ずつの並び(トリプレット)が一つ一つのアミノ酸を指定している^(c)ことが突きとめられ、遺伝暗号表としてまとめられた。

問1 下線部(a)について、大腸菌をすりつぶして得た抽出液にはRNAからタンパク質を合成するために必要な物質や酵素、構造体などがすべて含まれていたと考えられる。この抽出液に含まれていたと推測される、タンパク質合成の場となる小さな粒状の構造体の名前を答えよ。

問 2 【実験 1】と【実験 2】の結果から考えると、ACA、CAC というトリプレットはそれぞれ何というアミノ酸を指定していると推測されるか答えよ。

問 3 下線部(b)について、以下の(1)と(2)に答えよ。

(1) ニーレンバーグらの実験以前から一つのアミノ酸は 3 個以上の塩基の並びによって指定されていると推測されていた。なぜ 3 個以上と推測されていたのかについて、DNA の塩基の種類とタンパク質を構成するアミノ酸の種類の数に着目して説明せよ。

(2) もしも 4 塩基が一つのアミノ酸を指定していると仮定すると、ニーレンバーグらの実験からは UUUU がフェニルアラニンを指定していると推測できる。しかし、この仮説では、コラーナが行った【実験 1】と【実験 2】の結果を説明することができない。【実験 1】と【実験 2】のそれぞれの結果が、この仮説とどのように矛盾しているのかを説明せよ。

問 4 下線部(c)について、以下の(1)と(2)に答えよ。

(1) トリプレットはそれぞれに対応するアミノ酸と直接結合するわけではない。タンパク質が合成される時、トリプレットに対応するアミノ酸を運び、これらを結びつける分子の名前を答えよ。

(2) (1)で解答した分子の種類は、タンパク質を構成するアミノ酸の種類である 20 種よりも多いことが知られている。その理由を簡潔に答えよ。

問 5 ニーレンバーグやコラーナと同様の実験を、AAAUAAAUAAAUAAAU… (AAAU の繰り返し) の塩基配列をもつ人工合成 RNA を用いて行ったところ、長いポリペプチドは得られず、2 個か 3 個のアミノ酸がつながっただけの非常に短いペプチドしか得ることができなかった。この理由を説明せよ。

生物問題 II

次の文章を読み、問1～問4に答えよ。なお、以下では「二酸化炭素」を「CO₂」と表記する。

生物の生活は、それをとりまく非生物的環境の条件のもとで成り立っている。このように、非生物的環境が生物に及ぼす影響のことを作用という。一方、生物がある場所で生活することの影響によって、そのまわりの非生物的環境は変化する。生物によるこのはたらきかけを環境形成作用という。このような生物と非生物的環境の相互関係は非常に緊密であるため、ある場所のすべての生物とそのまわりの非生物的環境をひとまとまりのものと捉えることができる。このひとまとまりのことを **ア** という。生物と非生物的環境との間の相互作用は、生物個体のレベルから生物群集のレベルまで認めることができ、さらには地球規模にまで拡張して考えることも可能である。地球上の植生の分布や遷移についても、植物と非生物的環境との間の作用や環境形成作用によって説明することができる。

問1 **ア** に適切な語句を入れよ。

問2 下線部(a)について、以下の(1)と(2)に答えよ。

- (1) 非生物的環境のある要素において特定の条件が満たされているために、日本では北海道から九州までの大部分の土地で森林のバイオームが成立する。その条件について、句読点も含め30字以内で説明せよ。
- (2) 日本の中部地方では、標高に応じて低地(丘陵)帯・山地帯・亜高山帯・高山帯が分布している。このうち、低地帯・山地帯・亜高山帯について、それぞれにあてはまるバイオームの名称と優占樹種名一つを答えよ。

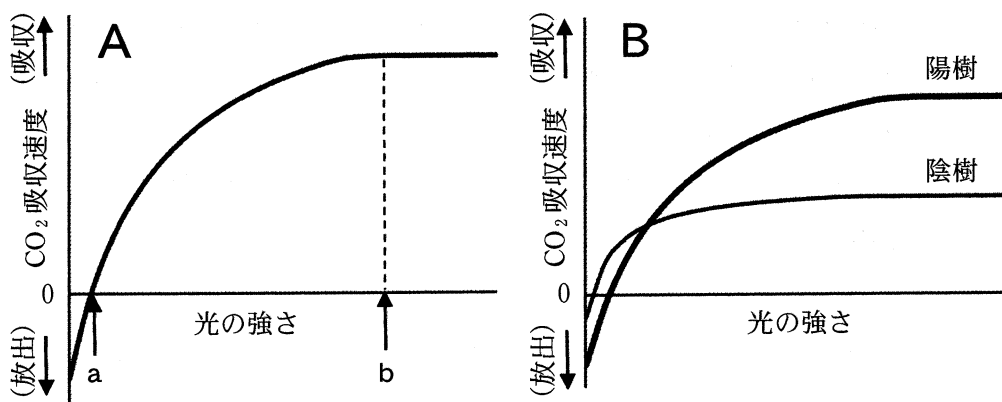


図1 光—光合成曲線の概念図(A)と陽樹と陰樹の比較(B)。

問3 図1は光の強さに対する光合成速度(CO₂吸収速度)の変化を示している。以下の(1)と(2)に答えよ。

- (1) 図1(A)中のaとbに相当する光の強さの名称とその意味を答えよ。
- (2) 陽樹と陰樹では、光—光合成曲線の特徴はどのように異なっているか。句読点も含め60字以内で説明せよ。

問4 下線部(b)の植生の遷移(一次遷移)は、火山噴出物の堆積などによってできた裸地上に、草本植物や陽樹の種子が発芽・定着するところから始まる。その後、草原→陽樹林→陰樹林と遷移していく。このことについて、以下の(1)~(3)に答えよ。

- (1) 裸地上に最初に発芽・定着するような植物の総称を答えよ。
- (2) 陽樹林が成立し、その後さらに陰樹林に遷移していく過程について、以下の①と②に答えよ。
 - ① この一連の過程を、「作用」と「環境形成作用」の二つの用語を用いて、句読点も含め100字以内で説明せよ。
 - ② この一連の過程を、問3で示したような陽樹と陰樹の光—光合成曲線の特徴をふまえ、「光の強さ」と「光合成速度」の二つの用語を用いて、句読点も含め160字以内で説明せよ。

- (3) 若い陽樹林から陰樹林へと遷移し、極相に達する過程において、森林植生の①現存量、②1年間の純生産量、③1年間の総生産量(いずれも単位面積あたり)はそれぞれどのように変化すると考えられるか。変化の様子を模式的に描いた以下のA~Eの図から最も適切と考えられるものをそれぞれ一つ選び、記号で答えよ。

