

(前期日程)

令和 4 年度 理 科 物理基礎・物理(物理)  
化学基礎・化学(化学)

科目の選択方法

教育学部の受験者

届け出た 1 科目を解答すること。

理学部の受験者

物理受験の者は、物理基礎・物理(物理)を解答すること。

医学部の受験者

物理基礎・物理(物理)と、化学基礎・化学(化学)を解答すること。

工学部の受験者

届け出た 1 科目を解答すること。

農学部の受験者

届け出た 1 科目を解答すること。

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 出題科目およびページは、下表のとおりです。

出 題 科 目	ペー ジ
物理基礎・物理(物理)	1～13
化学基礎・化学(化学)	14～23

3 試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁および解答用紙の汚れ等に気付いた場合は、手を挙げて監督者に知らせなさい。

4 すべての解答用紙に受験番号を記入しなさい。

5 解答は、すべて解答用紙の指定のところに記入しなさい。

6 解答用紙はすべて机の上に出してください。机の中に入れてはいけません。

# 問 題 訂 正

## 理科 物理基礎・物理（物理）

3ページ 上から1行目 **[1]** 問2 (4)

(誤) …糸の張力  $T_2$ を

(正) …糸の張力の大きさ  $T_2$ を

5ページ 上から6行目 **[2]** 問1 (2) (c)

(誤) …点  $y = 0$

(正) …  $y = 0$

# 問 題 訂 正

理科 化学基礎・化学（化学）

22ページ ⑤ 文章中の11行目

(誤) . . . 。  エ イオン交換樹脂と

(正) . . . 。  イ イオン交換樹脂と

## 物理基礎・物理（物理）

教育学部、理学部、工学部および農学部の受験者は、**1**～**4**を解答すること。

医学部の受験者は、**1**、**2**を解答すること。

1 以下の設問に答えなさい。

問 1 図 1 のように、長さ  $\ell$  の糸の一端を天井に取りつけ、他端に質量  $m$  の小球 P をつるす。糸がたるまないようにして小球を持ち上げ、鉛直方向と角  $\theta$  ( $0^\circ < \theta < 90^\circ$ ) をなす位置 A で小球を静かに放した。重力加速度の大きさを  $g$  として、以下の設問に答えなさい。なお、空気抵抗の影響と小球の大きさ、糸の質量は無視できるものとする。

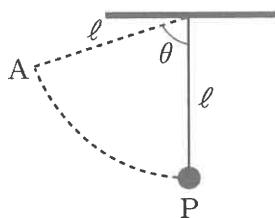


図 1

- (1) 小球 P が最下点に達したときの速さ  $v_1$  を求めなさい。なお、解答に使用できる記号は  $m$ ,  $\ell$ ,  $\theta$ ,  $g$  とする。
- (2) 最下点で小球 P が受ける糸の張力の大きさ  $T_1$  を求めなさい。なお、解答に使用できる記号は  $m$ ,  $\ell$ ,  $\theta$ ,  $g$  とする。
- (3) 小球 P を、質量  $2m$  の小球 Q と交換して同じ操作をおこなった。小球 Q の大きさは無視できるものとして、小球 Q が最下点に達したときの速さ  $v_2$  を  $v_1$  を用いて表しなさい。

問 2 図 2 のように、図 1 の糸が取りつけられている点から鉛直下方  $\frac{\ell}{2}$  のところにある点 O に、十分に細いくぎが水平に固定してある。糸がたるまないようにして質量  $m$  の小球 P を持ち上げ、鉛直方向と角  $\theta$  ( $0^\circ < \theta < 90^\circ$ ) をなす位置 A で小球 P を静かに放した。重力加速度の大きさを  $g$  として、以下の設問に答えなさい。なお、空気抵抗の影響と小球の大きさ、糸の質量は無視でき、糸とくぎの間に摩擦はないものとする。また、くぎは小球 P が運動する平面に対して垂直方向に固定してあるものとする。

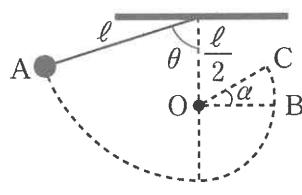


図 2

- (4) 小球 P が最下点に達した直後の糸の張力  $T_2$  を求めなさい。なお、解答に使用できる記号は  $m, \ell, \theta, g$  とする。
- (5)  $\theta = \theta_0$ において小球 P を静かに放したところ、小球 P は点 O と同じ高さにある点 B まで、ちょうど達した。 $\theta_0$  を求めなさい。
- (6)  $\theta > \theta_0$ において小球 P を静かに放したところ、点 C に達したとき、はじめて糸がたるんだ。 $\angle BOC = \alpha$  として  $\sin \alpha$  を求めなさい。なお、解答に使用できる記号は  $m, \ell, \theta, g$  とする。

問 3 図 3 のように、水平でなめらかな床に質量  $M$  の箱 R をおき、質量  $m$  の小球 P が長さ  $\ell$  の糸で箱の上部中央の位置からつりさげられている。重力加速度の大きさを  $g$  として、以下の設問に答えなさい。なお、空気抵抗の影響と小球の大きさ、糸の質量は無視でき、箱と床の間に摩擦はないものとする。

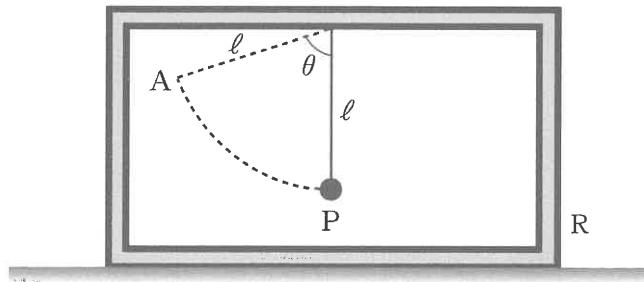


図 3

- (7) 図 3 の静止状態において、小球 P だけに水平左向きに初速  $v_0$  を与えた。小球 P が最初に最高点に達したときの床に対する箱 R の速さ  $v_R$  を求めなさい。なお、解答に使用できる記号は  $m, M, \ell, g, v_0$  とする。また、小球 P は箱には衝突しないものとする。
- (8) (7)において、小球 P が最初に最高点に達したときに、糸が鉛直方向となす角を  $\theta_1$  とする。 $\cos \theta_1$  を求めなさい。なお、解答に使用できる記号は  $m, M, \ell, g, v_0$  とする。
- (9) 図 3 の静止状態において、糸がたるまないようにして小球 P を持ち上げ、鉛直方向と角  $\theta$  ( $0^\circ < \theta < 90^\circ$ ) をなす位置 A で小球 P を静かに放したところ、箱 R は静かに動きはじめた。小球 P が最初に最下点に達したときの小球 P の速さ  $v_P$  と箱 R の速さ  $v'_R$  を、床に対する速さとして、それぞれ求めなさい。なお、解答に使用できる記号は  $m, M, \ell, g, \theta$  とする。

- 2** 以下の設問に答えなさい。もし解答に根号があらわれる場合には小数に直さず、そのまま記しなさい。

問 1 図1および図2のようなxy平面上に置かれた点電荷について考える。

図1ではx軸上の点 $P_1(d, 0)$ に $Q[C]$ の正電荷があり、図2ではx軸上の点 $P_1(d, 0)$ と点 $P_2(-d, 0)$ に同じ $Q[C]$ の正電荷がある。ただし、 $d[m]$ を正とする。 $k[N \cdot m^2/C^2]$ をクーロンの法則の比例定数とし、電位の基準を無限遠で0として、以下の設問に答えなさい。

- (1) 図1においてy軸上の点 $R(0, \sqrt{3}d)$ での電位 $V_1[V]$ を求めなさい。解答に使用できる記号は $d, k, Q$ とする。

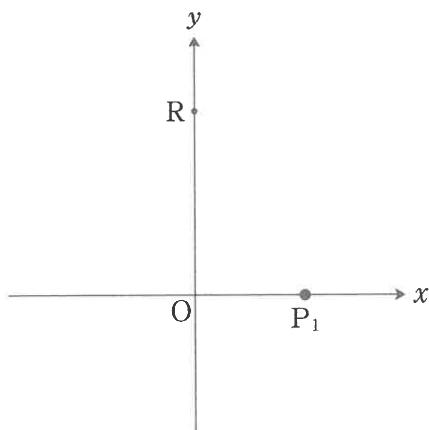


図1

(2) 図 2 について、以下の設問に答えなさい。

- (a)  $y$  軸上の点  $R(0, \sqrt{3}d)$  での電場の強さ  $E_1[\text{N/C}]$  を求めなさい。解答に使用できる記号は  $d, k, Q$  とする。
- (b)  $y$  軸上の点  $(0, y)$  での電位  $V_2(y)[\text{V}]$  を求めなさい。解答に使用できる記号は  $d, k, y, Q$  とする。
- (c)  $V_2(y)$  は、点  $y = 0$  で最大となるか、最小となるか、あるいはどちらでもないかを答えなさい。
- (d)  $x$  の範囲が  $-d < x < d$  である場合に、 $x$  軸上の点  $(x, 0)$  での電位  $V_3(x)[\text{V}]$  を求めなさい。解答に使用できる記号は  $d, k, x, Q$  とする。
- (e)  $V_3(x)$  は  $-d < x < d$  の範囲において、 $x = 0$  で最大となるか、最小となるか、あるいはどちらでもないかを答えなさい。

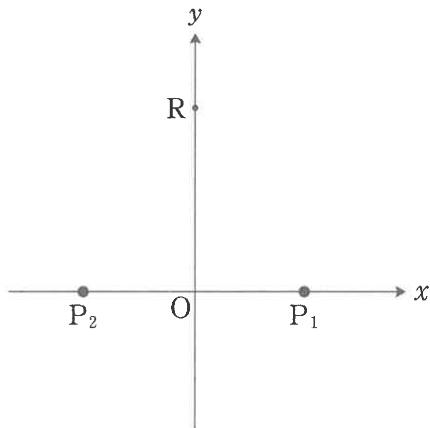


図 2

問 2 図 3 のように  $xy$  平面において、一辺が  $\ell$ [m] の導線からなる正方形  $C_1C_2C_3C_4$  の回路が進行方向に対して  $45^\circ$  傾いた状態を保ったままで、一定の速さ  $v$ [m/s] で  $x$  軸の正の向きに進んでいる。時刻  $t = 0$ [s] で  $C_4$  が  $y$  軸に到達し、回路は磁束密度の大きさが  $B$ [T] である磁束領域(縦  $L$ [m] × 横  $L$ [m],  $0 \leq x \leq L$ ,  $0 \leq y \leq L$ )に進入を始めた。これ以降も回路は回転しないとして、以下の設間に答えなさい。ただし、回路の全抵抗は  $R$ [\(\Omega\)] である。また、 $L$  は  $\ell$  よりも十分大きく、 $C_2$  が  $y$  軸上にあるとき、回路は磁束領域内にある。磁束密度は一様で時間変化せず、その向きは紙面と垂直で紙面裏から表向きとする。

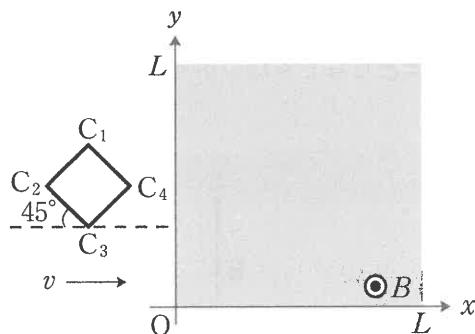


図 3

- (3) 回路が磁束領域にちょうど半分だけ進入している(頂点  $C_1$  と頂点  $C_3$  が  $y$  軸上にある)時刻  $t_1$ [s] を求めなさい。解答に使用できる記号は  $\ell$ ,  $v$  とする。

- (4)  $0 < t < t_1$  となる時刻  $t$  [s] では、図 4 のように回路が磁束領域に進入している。時刻  $t$  [s]において、回路が磁束領域に進入している部分がつくる三角形  $ADC_4$  の面積  $S(t)$  [ $\text{m}^2$ ] を求めなさい。ただし、点 A および点 D は回路と  $y$  軸の交点である。解答に使用できる記号は  $t, v$  とする。

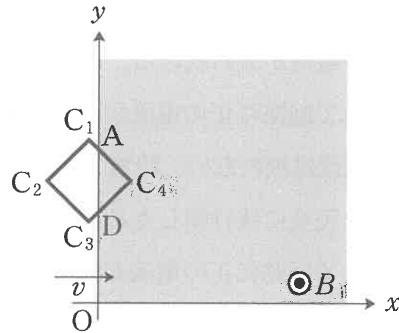


図 4

- (5) 時刻  $t$  [s] と時刻  $t + \Delta t$  [s] の間の、回路を貫く磁束の変化  $\Delta\Phi$  [Wb] を求めなさい。ただし、 $0 < t < t + \Delta t < t_1$  とし、解答に使用できる記号は  $t, \Delta t, v, B$  とする。

- (6) (5)のときに、時刻  $t$  [s] と時刻  $t + \Delta t$  [s] の間で回路に流れる電流  $I$  [A] の大きさを求めなさい。解答に使用できる記号は  $t, \Delta t, v, B, R$  とする。

(7) 回路は時刻  $t = 0[\text{s}]$  で磁束領域に進入し(図 5), 時刻  $t_2[\text{s}]$  で磁束領域を抜け始め(図 6), その後, 磁束領域を完全に抜け出す。回路に流れる電流の記述として正しいものはどれか。以下の(i)~(v)から最も適当なものを選び, 記号で答えなさい。回路の電流の向きは図 5 および図 6 において紙面の表側から見たときの反時計回りを正としなさい。

- (i) 回路に一定の電流が流れ続ける。
- (ii) 時刻  $t = 0[\text{s}]$  で回路に正の電流が流れ始めて, 回路が完全に磁束領域にあるときには電流は流れない。時刻  $t = t_2[\text{s}]$  で正の電流が流れ始めて, 回路が磁束領域を完全に抜け出したあとには電流は流れない。
- (iii) 時刻  $t = 0[\text{s}]$  で回路に正の電流が流れ始めて, 回路が完全に磁束領域にあるときには電流は流れない。時刻  $t = t_2[\text{s}]$  で負の電流が流れ始めて, 回路が磁束領域を完全に抜け出したあとには電流は流れない。
- (iv) 時刻  $t = 0[\text{s}]$  で回路に負の電流が流れ始めて, 回路が完全に磁束領域にあるときには電流は流れない。時刻  $t = t_2[\text{s}]$  で正の電流が流れ始めて, 回路が磁束領域を完全に抜け出したあとには電流は流れない。
- (v) 時刻  $t = 0[\text{s}]$  で回路に負の電流が流れ始めて, 回路が完全に磁束領域にあるときには電流は流れない。時刻  $t = t_2[\text{s}]$  で負の電流が流れ始めて, 回路が磁束領域を完全に抜け出したあとには電流は流れない。

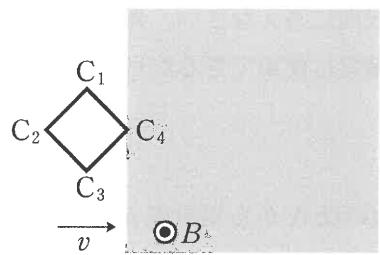


図 5

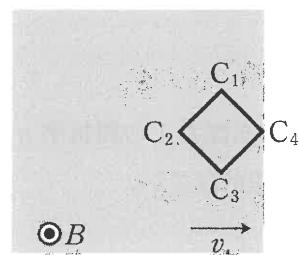


図 6

- 3** 次の文章を読み、以下の設問に答えなさい。光路は紙面上に限定されている。真空中の光速を  $c$  としなさい。解答に使用できる記号は問題文中に定義されたもののみとする。

問 1 屈折率  $n_1$  の媒質 1 内の点 A から屈折率  $n_2$  の媒質 2 内の点 B へ光が伝わる。ただし、媒質 2 の屈折率は任意に設定できるものとする。

図 1 に示したように座標軸を設定する。媒質 1 と媒質 2 は  $y$  軸で接している。また、点 A と点 B の座標は、それぞれ、 $(-a, -b)$  と  $(a, b)$  である。ただし、 $a > 0, b > 0$  とする。

- (1) 媒質 2 の屈折率  $n_2$  を媒質 1 の屈折率  $n_1$  と等しくした。点 A から点 B までの光の経路の長さを求めなさい。

以下では  $n_1 \neq n_2$  の場合について考える。

- (2) 点 A から出た光は  $y$  軸上の点 C( $0, y$ ) を経て点 B に達する。ただし、 $-b < y < b$  とする。点 A から点 C への到達時間を求めなさい。

- (3) 光が点 C を経由して点 A から点 B に達するとき、屈折の法則をみたすように点 C を経由する。このとき、 $\frac{y+b}{b-y} \sqrt{\frac{a^2 + (b-y)^2}{a^2 + (y+b)^2}}$  を求めなさい。

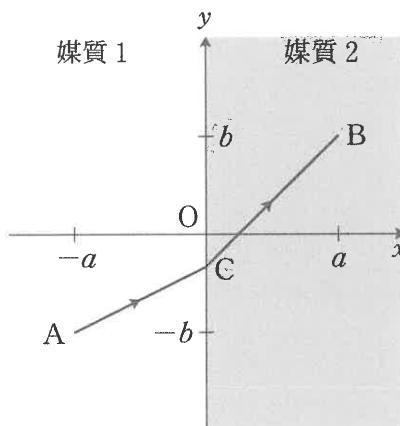


図 1

問 2 屈折率  $n_1$  の媒質 1 と屈折率  $n_2$  の媒質 2 は図 1 と同じく  $y$  軸で接している。ここで、 $n_1 < n_2$  とする。新たに媒質 1 を  $x = a$  で媒質 2 に接するように配置し、波長  $\lambda$  の単色光を  $x < 0$  側にある媒質 1 側から入射する。

図 2 に示したように、点 C(0,  $y$ ) を経由して点 B( $a$ ,  $b$ ) で反射後、 $y$  軸上の点 D を経由して元の媒質 1 の点 E に戻る光線を①とする。ただし、 $a > 0$ ,  $b > 0$ ,  $0 < y < b$  である。

(4) 光線①と平行で点 D で反射する光線②を考える。光線②上の点 C' と光線①上の点 C で両光線が同位相になっているとする。光線①と光線②が点 E に到達するまでの 2 つの光線の光路長(光学距離)の差を求めなさい。

3 問 2 (5), (6) は、問題の誤りのため省略

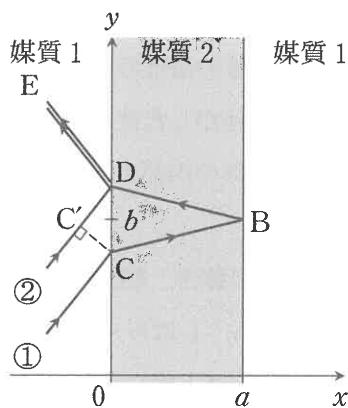


図 2

4

次の文章を読み、以下の設間に答えなさい。

図1のように、なめらかに動くピストンによって物質量  $n$  の理想気体がシリンダー内に封じられている。ピストンの可動域は留め具によって制限され、シリンダー内の体積  $V$  は  $V_0 \leq V \leq 2V_0$  で変化する。気体との間で熱の授受を行うことができる熱交換器をシリンダー内に設置した。熱交換器の体積は無視できる。シリンダーおよびピストンは断熱材でできている。シリンダー内の気体の断熱変化において、圧力を  $p$  とすると、 $\gamma$  を定数として、 $pV^\gamma = \text{一定}$  という条件が成り立つものとする。

解答に使用できる記号は、 $n$ 、 $V_0$ 、 $\gamma$  の他、ピストンの質量  $m$ 、ピストンの断面積  $S$ 、シリンダー外の圧力  $p_0$ 、気体定数  $R$ 、重力加速度の大きさ  $g$ 、シリンダー内の気体の定積モル比熱  $C_V$  である。

問 1  $V = V_0$ 、 $p = p_0$  の状態を A(図1)とする。A からピストンに質量  $2m$  のおもりを乗せて、熱交換器からゆっくりと気体に熱を与えた。しばらくしてピストンが上昇し始めた。このときを B(図2)とする。B におけるシリンダー内の圧力は  $2p_0$  より小さいとする。ピストンは上昇し、 $V = 2V_0$  となり停止した。このときを C(図3)とする。その後も熱を与えたところ  $p = 2p_0$  となった。この状態を D とする。

- (1) B におけるシリンダー内の圧力を求めなさい。
- (2) A から B までの間の気体の温度の増加量を求めなさい。
- (3) A から D までの間に気体がした仕事を求めなさい。
- (4) A から D までの間の気体の内部エネルギーの増加量を求めなさい。

問 2 問1のDからおもりを取り除き、熱交換器によりシリンダー内の気体からゆっくりと熱を取り除いたところ、しばらくしてピストンが下降し始めた。このときを E(図4)とする。ピストンは下降し、 $V = V_0$  となり停止した。このときを F とする。その後も熱を取り除き、 $p = p_0$  とし、A の状態に戻した。

- (5) D から E を経由して A までの間の気体がされた仕事を求めなさい。
- (6) A → B → C → D → E → F → A のサイクルにおける熱効率を求めなさい。

問 3 問 1 の Dにおいて、熱交換器を止めてピストン上のおもりを別のおもりに乗せかえると、ピストンはゆっくりと下降し、 $V = V_0$ で停止した。このときを G(図 5)とする。

(7) Gにおける気体の温度を求めなさい。

(8) Gとなるために必要なおもりの最小の質量を求めなさい。

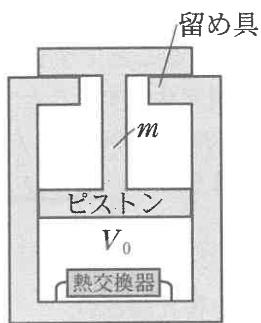


図 1 A

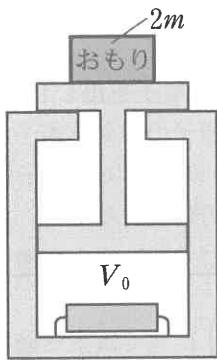


図 2 B

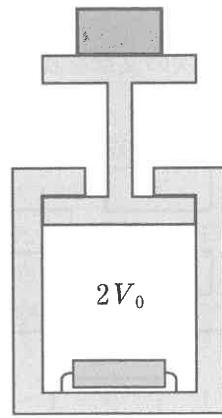


図 3 C

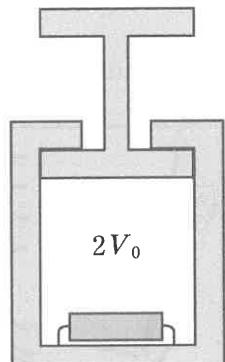


図 4 E

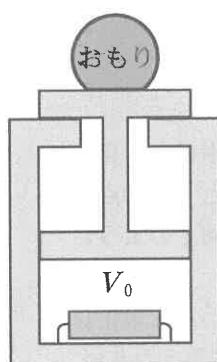


図 5 G

化学基礎・化学（化学）

すべての受験者は、1 ~ 5 の全問を解答しなさい。

なお、問題を解くのに必要があれば、下記の数値を用いなさい。

原子量 H = 1.0, C = 12.0, O = 16.0, Mg = 24.3, S = 32.0, Cl = 35.5

**1** 次のⅠ, Ⅱの問い合わせに答えなさい。

I. 次の文章を読み、問1～問4に答えなさい。

2個の原子同士がお互いの電子を出し合い電子対を作ることで生じる結合を、  
ア という。一方の原子の非共有電子対を原子間で共有することで生じる結合を、特に イ という。異なる原子間の結合では、共有された電子対が  
ウ の大きい原子の方に偏るために、結合は極性を持つ。極性分子の間だけ  
ではなく、無極性分子の間にも弱い引力が働いている。①

問 1 ア ~ ウ に当てはまる適切な語句を答えなさい。

問2 下線部①について、このような分子間力を何と呼ぶか答えなさい。

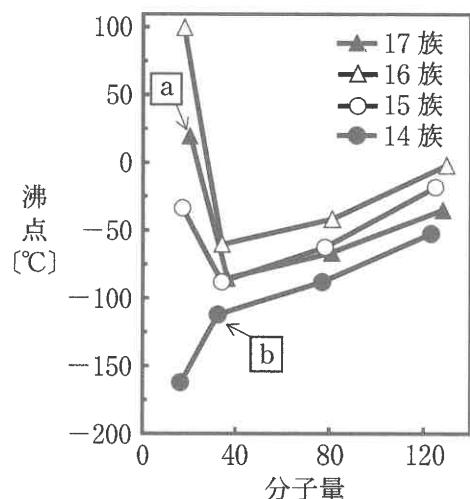
問 3 次の中から極性分子を一つ選び 記号で答えなさい。

- (a) N<sub>2</sub>      (b) CO<sub>2</sub>      (c) CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>      (d) CCl<sub>4</sub>

問 4 周期表 14 ~ 17 族の元素の水素化合物の分子量と 1 気圧のもとでの沸点との関係をグラフに示すと図 1 のようになった

- (1) グラフ中の矢印で示した水素化合物 a および b の分子式を答えなさい。

(2) グラフ中の水素化合物 a の沸点は、その分子量から予測される値よりも異常に高い値を示している。この原因となる分子間力を答えなさい。



1

II. 次の文章を読み、問1～問2に答えなさい。

純水、質量モル濃度 0.100 mol/kg のスクロース(ショ糖、 $C_{12}H_{22}O_{11}$ )水溶液、および質量モル濃度 0.100 mol/kg の塩化マグネシウム水溶液がある。これらの飽和蒸気圧と温度の関係を調べると、図2のようになった。このとき、沸点の差  $\Delta t_2$  は  $\Delta t_1$  の 2 倍であった。ただし、水のモル沸点上昇  $K_b$  を 0.52 K·kg/mol とし、電解質は完全に電離しているものとする。

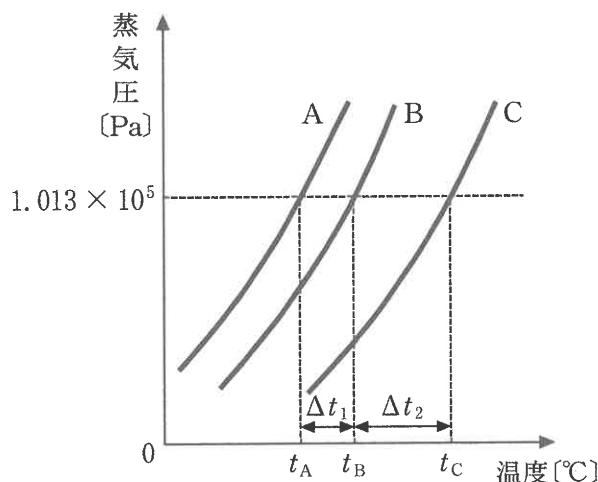


図2

問1 このスクロース水溶液 0.100 kg と同じ沸点上昇度を得るために、0.100 kg の水にグルコース(ブドウ糖、 $C_6H_{12}O_6$ )を何 g 溶かせばよいか。有効数字 2 桁で求めなさい。

問2 水溶液Cの沸点上昇度( $\Delta t_1 + \Delta t_2$ )を、有効数字 2 桁で求めなさい。

2 次の文章を読み、問1～問6に答えなさい。

化学反応が起こるためには、反応物質の持つ化学エネルギーが小さくなる反応においてもエネルギーを得て一時的に不安定な状態になる必要がある。この状態をア 状態といい、この状態になるための最小のエネルギーをア エネルギーという。このア エネルギーはイ の存在下では小さくなり反応が進みやすくなる。化学反応においてイ は反応の前後でそれ自身に変化はないが、反応速度を変化させる物質であり、酸化マンガン(IV)がその一例である。過酸化水素水に酸化マンガン(IV)を加えると、過酸化水素が分解して酸素が生成する反応が促進される。

また温度の変化によっても反応速度は変化する。これは温度が上がると粒子同士の衝突が増えるだけでなく、高いエネルギーを持つ分子が多くなり衝突した際にア 状態になりやすくなるからである。10 °C 温度を上げると反応速度が2倍になる化学反応で、60 °C のときに10分で反応が終わる化学反応は20 °C のときではウ 分かかる。

過酸化水素の分解について実験を行った結果を表1に示す。実験は25 °C、1気圧の条件下で1.00 mol/Lの過酸化水素水を5.0 mL 分解したときの各時間における過酸化水素の濃度を求めたものである。ただし、過酸化水素水の体積変化、酸素の水への溶解は無視できるものとする。

表1

反応時間 [s]	0	30	60	90	120
過酸化水素濃度 [mol/L]	1.00	0.52	0.34	0.22	0.13
平均反応速度 [mol/(L·s)]		$1.6 \times 10^{-2}$	$0.60 \times 10^{-2}$	$0.40 \times 10^{-2}$	エ

問 1 ア ~ ウ に適切な語句、数値を入れなさい。

問 2 酸化マンガン(IV)の化学式を書きなさい。

問 3 下線部①における過酸化水素の分解反応の化学反応式を書きなさい。

問 4 表1において イ は反応開始後 90 秒から 120 秒までの平均反応速度である。エ に入る平均反応速度は何 mol/(L·s) になるか、有効数字 2 桁で答えなさい。

問 5 表1において、反応開始後 0 秒から 30 秒までの酸素の平均発生速度は何 mol/s になるか、有効数字 2 桁で答えなさい。

問 6 生体内においてもカタラーゼにより過酸化水素の分解が促進されている。このように生体内で イ として働く物質のことを何というか、答えなさい。

3 次の I, II の問い合わせに答えなさい。

I. 次の文章を読み、以下の問い合わせに答えなさい。

金、銀、銅は単体として産出することが多く、錆びにくく金属光沢を失いにくいので、アとよばれ、古くから装飾品や貨幣に使われてきた。金、銀、銅は周期表のイ族に属する元素で、熱や電気の伝導性が高く、展性や延性の大きな金属である。電気伝導性に関しては、3つのなかではウが最も大きい。

金は自然界に単体で存在し、銀や銅と同じくエ立方格子の結晶構造である。また金の単体はオが極めて小さくて、反応性に乏しく、通常の酸・塩基などとは反応しないが、濃硝酸と濃塩酸の体積比1:3の混合溶液である力には溶解する。

銀は酸化数キの化合物をつくる。天然に存在する褐色のAを加熱すると単体の銀が得られる。単体の銀は塩酸や希硫酸とは反応しないが、酸化力の①強い濃硝酸には二酸化窒素を発生して溶ける。

銅は単体として自然界にも存在するが、多くは黄銅鉱から得られる粗銅を電解精錬することによって純度の高い銅を得ることができる。銅は酸化数クの化合物が多いが、酸化数+1のものもある。単体の銅は塩酸や希硫酸には溶けないが、酸化力の強い希硝酸には一酸化窒素を発生して溶ける。また銅を空气中で高温②加熱すると赤色のBになる。

問 1 ア～クに適切な語句、数値を入れなさい。またAとBには適切な化学式を入れなさい。

問 2 下線部①および②の化学変化を化学反応式で答えなさい。また発生する気体の適切な捕集法は何置換であるかを答えなさい。

II. 次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。

[a]  $\text{Ag}^+$  と  $\text{Pb}^{2+}$  を含む溶液に希塩酸を加えると白色の沈殿が生じた。これをろ過し、固体( $\alpha$ )と固体( $\beta$ )の混合物である固体( $\alpha + \beta$ )とろ液(1)に分離した。固体( $\alpha + \beta$ )はそのままろ紙上に残し、ろ液(1)は廃液タンクに捨てた。次に、新たにビーカーをロートの下に置き、ろ紙上の固体( $\alpha + \beta$ )に熱湯を注ぐと、固体( $\alpha$ )が溶けてビーカーにろ液(2)が得られ、ろ紙上には固体( $\beta$ )が残った。得られたろ液(2)に硝酸を加えて酸性を確認したのち、クロム酸カリウム水溶液を加えると黄色の沈殿(A)が生じた。別のビーカーをロートの下に置き、ろ紙上の固体( $\beta$ )に対して、<sup>①</sup>アンモニア水溶液を注ぐと、ろ紙上の固体( $\beta$ )が溶けて、ろ液(3)を得た。このろ液(3)に塩酸を加えて酸性にすると、白色の沈殿(B)が生成した。

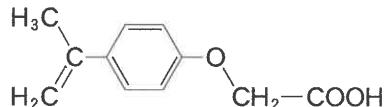
[b]  $\text{Cu}^{2+}$  と  $\text{Pb}^{2+}$  を含む溶液に希硫酸を加え、蒸発皿に移してドラフト内で加熱濃縮すると白色の沈殿(C)が生じた。これを放冷したのち、純水を加えてろ過し、沈殿(C)と青色のろ液(4)に分離した。ろ液(4)にアンモニア水溶液を加えてアルカリ性にしていくと、はじめ青白色の沈殿(D)が得られたが、アンモニア水溶液を過剰に加えると、沈殿(D)が溶けて溶液の色が深青色に変化した。<sup>②</sup>

問 1 沈殿(A)～(D)の物質を化学式で答えなさい。

問 2 下線部①と②で起こる化学変化をイオン反応式で答えなさい。

**4** 次の文章を読み、問1～問6に答えなさい。構造式は以下の記入例にならって書きなさい。

記入例



4種の有機化合物(A, B, C, D)があり、そのうち3つはトルエン、ベンゼン、*o*-クレゾールで、もう1つは*o*-クレゾールの構造異性体である。15.6 mg の化合物 A を完全燃焼させたところ、10.8 mg の化合物 E と 52.8 mg の化合物 F が生じた。化合物 A を五酸化バナジウム存在下で高温処理すると、分子式  $C_4H_2O_3$  の化合物 G が得られた。各化合物(A～D)の希薄水溶液に塩化鉄(III)水溶液を加えると、化合物 B の水溶液のみ青色に呈色した。各化合物(A～D)を過マンガン酸カリウムと反応させると、化合物 B および C のみ酸化され、その後、硫酸で処理すると、化合物 B の酸化物からは化合物 H が得られ、化合物 C の酸化物からは化合物 I が得られた。

問 1 化合物 E, F の分子式を書きなさい。

問 2 化合物 G, H, I の名称(慣用名)を書きなさい。

問 3 化合物 A～D の構造式を書きなさい。

問 4 化合物 A～D のうち、1気圧、20 °Cで固体であるものはどれか、記号で1つ答えなさい。

問 5 21.6 mg の化合物 B を完全燃焼させた。化合物 B と反応した酸素は何 mg か、また、生じた化合物 E および F はそれぞれ何 mg か、有効数字3桁で答えなさい。

問 6 化合物 G は化合物 J を加熱脱水することによっても得られる。化合物 J の構造式を書きなさい。

化学の試験問題は次ページに続く。

5

次の文章を読み、問1～問5に答えなさい。

合成高分子化合物のうち、溶液中のイオンと高分子化合物中のイオンを交換する働きを持つものをイオン交換樹脂という。スチレンに少量のp-ジビニルベンゼンを重合させると立体網目構造の高分子化合物が得られる。このように2種類以上の单量体を混合して重合させることをアという。この高分子化合物に、酸性または塩基性の官能基を導入することによりイオン交換樹脂が得られる。スルホ基( $-\text{SO}_3\text{H}$ )のような酸性の官能基を導入したイオン交換樹脂をイイオン交換樹脂という。

イイオン交換樹脂に食塩水を入れると、樹脂中のAと食塩水中のBが交換される。また、トリメチルアンモニウム基( $-\text{N}^+(\text{CH}_3)_3\text{OH}^-$ )のような塩基性の官能基を導入したイオン交換樹脂をウイオン交換樹脂という。  
ウイオン交換樹脂に食塩水を入れると、樹脂中のCと食塩水中のDが交換される。エイオン交換樹脂とウイオン交換樹脂を混合して円筒に詰め、上から食塩水を流すと、水の電離で生じるイオン以外のイオンを含まない水が得られる。これをエといい、工場などで蒸留水の代わりに使用される。

イオン交換樹脂を膜状に成形したもの  
をイオン交換膜といいう。イイオン交換膜は、イイオンのみを通  
過させるが、ウイオンは通過さ  
せない。また、ウイオン交換膜  
は、ウイオンのみを通過させる  
が、イイオンは通過させない。

図1のように交互に設置したイオン交換膜によって、食塩水を入れた水槽を5室

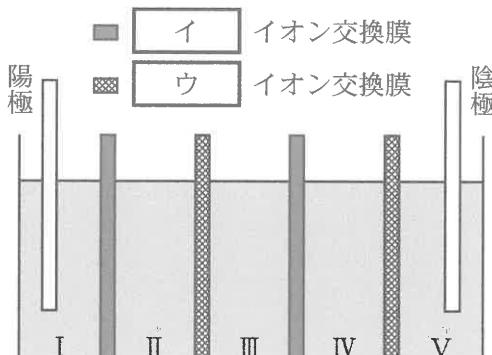


図1

に仕切り、その両端に挿入した電極間に直流電流を流すと、イオン交換膜で区切られた場所に食塩の濃縮液と希釀液が得られる。この方法により海水から食塩が製造される。

問 1 文中の ア ~ エ に適した語句を答えなさい。

問 2 文中の A ~ D に適したイオン式を答えなさい。

問 3 下線部①について、通電により両電極から気体が発生する。(1)陽極と(2)陰極で起こる反応を、それぞれ電子  $e^-$  を含むイオン反応式で書きなさい。

問 4 下線部②について、食塩の濃縮液が形成される場所は、図 1 の I から V のいずれか、すべて答えなさい。

問 5 平均分子量  $4.68 \times 10^4$  のポリスチレン(図 2)を濃硫酸とともに  
③に加熱したところ、一部のベンゼン環のパラ位のみにスルホ基  
が導入された重合体(重合体 X)が得られた。重合体 X の元素分析の結果、重合体 X に対する硫黄 S の質量百分率は、10.0 %  
であった。硫黄はすべて、重合体 X に由來した。

- (1) 下線部③のポリスチレン 1 本に含まれるベンゼン環の平均個数を答えなさい。  
(2) 下線部④の重合体 X の平均分子量を有効数字 3 衔で答えなさい。

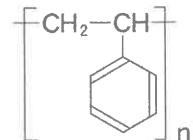


図 2