

平成 29 年度

前 期 日 程

理 科 (100 分)

注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いてはいけません。
2. 問題は、「物理」が 1 ページから 13 ページまで、「化学」が 14 ページから 23 ページまであります。解答用紙は、「物理」は

前 1

 ,

前 2

 ,

前 3

 の 3 枚、「化学」は

前 4

 ,

前 5

 ,

前 6

 ,

前 7

 の 4 枚からなっています。ページの脱落等に気付いたときは、手をあげて監督者に知らせなさい。
3. 解答は、以下の指示に従い解答用紙の指定された欄に記入しなさい。

第一部志願者

- (ア) 生命・応用化学科、理工学科、社会工学科、創造工学教育課程を志望するものは、「物理」、「化学」のうちから 1 科目を選択し、解答しなさい。
- (イ) 電気・機械工学科、情報工学科を志望するものは、「物理」を解答しなさい。

第二部志願者

- (ア) 物質工学科、電気情報工学科を志望するものは、「物理」、「化学」のうちから 1 科目を選択し、解答しなさい。
- (イ) 機械工学科、社会開発工学科を志望するものは、「物理」を解答しなさい。
4. 監督者の指示に従って、選択した科目のすべての解答用紙の該当欄に志望学科名(社会工学科を志望するものは志望分野名、創造工学教育課程を志望するものは志望コース名)及び受験番号(2か所)を左詰めで記入しなさい。
5. 解答用紙の※を付した欄には、何も記入してはいけません。
6. 問題冊子の白紙と余白は、下書きに適宜利用してもよいが、どのページも切り離してはいけません。
7. 試験終了後、この問題冊子及び下書き用紙は持ち帰りなさい。

物 理

注 意 問題はⅠ，Ⅱ，Ⅲの3題である。

Ⅰ 図1に示すように，水平な地面の一点を原点 O とし，水平右向きに x 軸，鉛直上向きに y 軸をとる。 $x = 0$ の位置に x 軸に垂直に平面の壁が立っている。質量 m [kg] の小球を，時刻 $t = 0$ に，原点から初速度の大きさ V [m/s] で， xy 平面内で x 軸方向から角度 $\frac{\pi}{3}$ [rad] だけ上向きの方に投げ上げた。重力加速度の大きさは， g [m/s²] で，小球には，鉛直方向下向きに一定の重力がはたらく。小球の大きさと空気の抵抗はともに小さく，無視できるものとする。

小球と地面の1回目の衝突までの時刻 t について，以下の問いに答えよ。

- (1) 時刻 t における小球の速度の x 成分を求めよ。
- (2) 時刻 t における小球の速度の y 成分を求めよ。
- (3) 時刻 t における小球の位置の x 座標を求めよ。
- (4) 時刻 t における小球の位置の y 座標を求めよ。
- (5) 小球と地面の1回目の衝突が起きる時刻を求めよ。
- (6) そのときの，原点と小球の距離を求めよ。

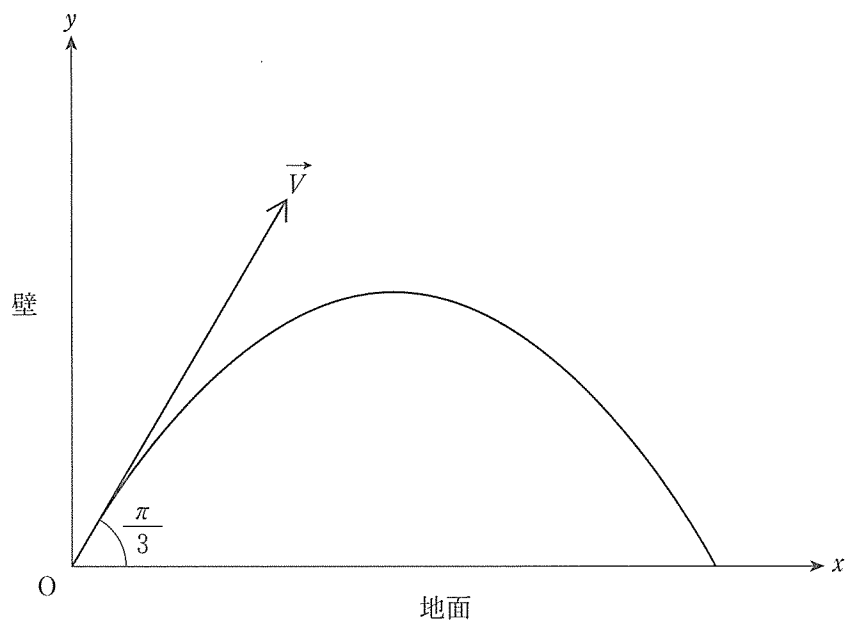


图 1

小球が上記の運動を行う間、図 2 に示すように、平行な太陽光線が、 xy 平面内で x 軸方向から角度 $\frac{\pi}{4}$ [rad] だけ傾いた直線に沿って降り注ぎ、小球にあたり、壁または地面にその影をつくっていた。

- (7) 小球を投げ上げた後、初め壁に映っていた影が、地面に映り始める時刻を求めよ。
- (8) 小球の影が壁に映っている時間内の、時刻 t における小球の影の位置の y 座標、 Y [m] を求めよ。

影は壁を上昇し、一旦停止し、その後下降した。

- (9) 影が停止した時刻を求めよ。
- (10) そのときの、 Y の値を求めよ。
- (11) 小球の影が地面に映っている時間内の、時刻 t における小球の影の位置の x 座標、 X [m] を求めよ。ただし、時刻 t は、小球と地面の 1 回目の衝突が起きる以前とする。

図 2 に示すように、小球は、地面との 1 回目の衝突により、太陽光線と平行な方向に、はね返った。ただし、地面は水平で滑らかである。

- (12) 小球がはね返り、地面から離れた瞬間から、時間が T [s] 経過したときの、地面に映る小球の影の速度を求めよ。ただし、2 回目の衝突が起きる以前とする。
- (13) 小球と地面の反発係数 (はね返り係数) を求めよ。
- (14) 地面との 1 回目の衝突により、小球が受けた力積の大きさを求めよ。
- (15) 地面との 1 回目の衝突により、失われた力学的エネルギーの大きさを求めよ。

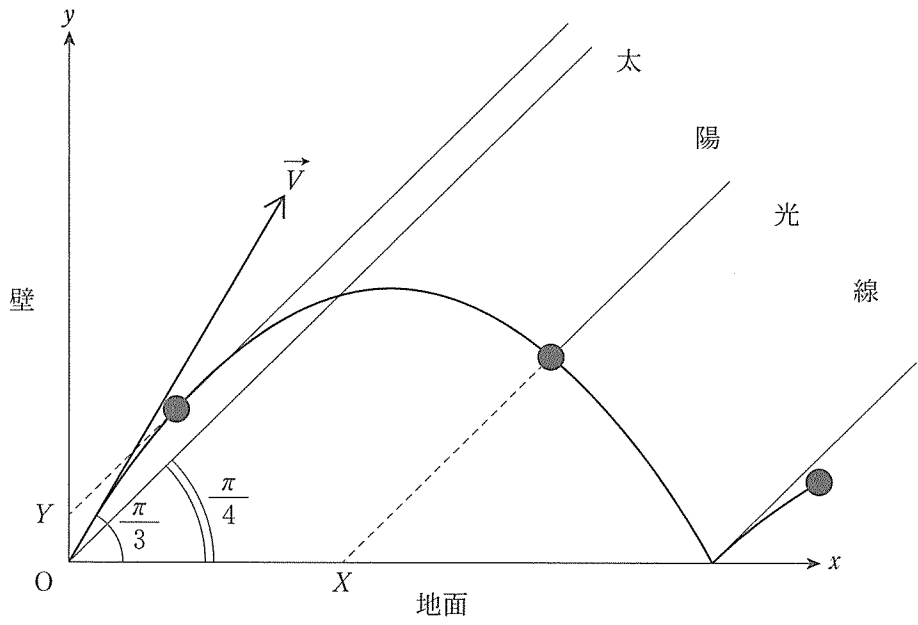


圖 2

II 質量 m [kg] の小球 Q と、絶縁体の天井に固定された小球 P を長さ L [m] の絶縁体の糸で結ぶ。空気中でのクーロンの法則の比例定数は真空中でのクーロンの法則の比例定数 k_0 [$\text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2$] と等しいものとし、重力加速度の大きさを g [m/s^2] とする。糸は伸びることも切れることもなく、小球の大きさ、糸の質量、接合部分の摩擦、空気抵抗、および電磁波の放出は無視できるものとする。

小球 Q に水平方向の初速度を与えたとき、糸がたるまない場合には、小球 Q は鉛直面内で円運動する。図 1 は、この面に垂直な方向から見た図である。円運動をするとき、図 1 のように、糸と鉛直方向とのなす角を θ [rad] ($0 \leq \theta \leq \frac{\pi}{2}$) とし、最下点から右側に振れた場合も、左側に振れた場合も θ は正の値をとるものとする。

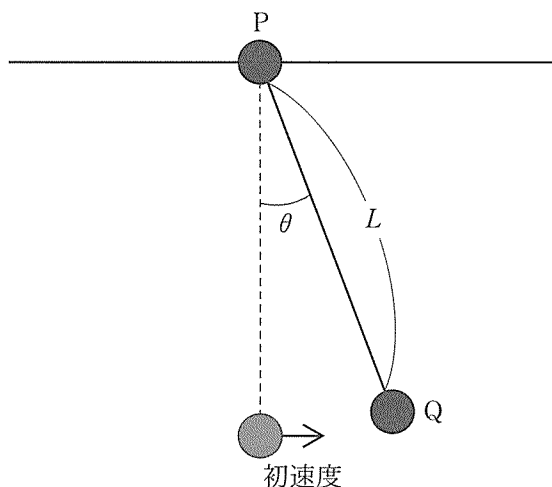


図 1

問 1 ふたつの小球に電荷を与えない場合を考える。

最下点で小球 Q に水平方向に初速度を与えたところ、糸がたるむことなく小球 Q が振動し、振動中の最上点では $\theta = \theta_1$ であった。

- (1) 初速度の大きさを求めよ。
- (2) 最下点での糸の張力の大きさを求めよ。
- (3) 最上点での糸の張力の大きさを求めよ。

以下、問1と同じ初速度を与えた場合を考える問題では、解に θ_1 を用いてよい。

問2 小球Qに電荷 q [C] ($q > 0$)を与え、小球Pに電荷を与えない場合を考える。図2は、小球Qが振動する面に垂直な方向から見た図である。図2のように、紙面に垂直に、紙面の裏から表向きに、磁束密度の大きさ B [T]の様な磁場をかけた。最下点で小球Qに水平方向右向きに問1と同じ初速度を与えたところ、糸がたるむことなく小球Qは振動し、最初に最下点から右側での最上点に達した後、最下点を通過し、最下点から左側での最上点に達した。右側での最上点では $\theta = \theta_2$ で、左側での最上点では $\theta = \theta_3$ であった。

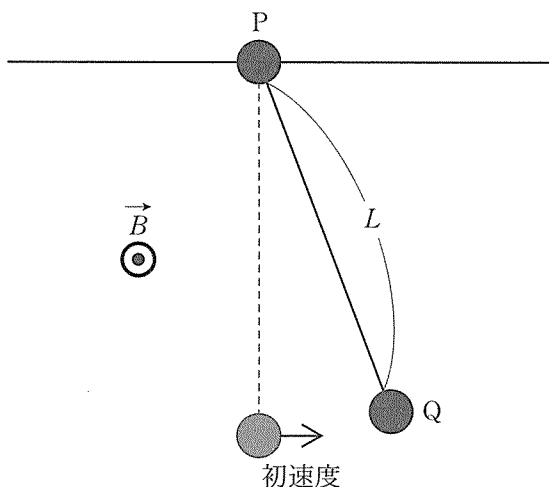


図2

- (4) 糸の張力の大きさが最大になるのは、 θ がいくらで、小球Qがどちら向きに運動しているときか。また、そのときの張力の大きさを求めよ。
- (5) θ_2 と θ_1 の大小関係に関して以下の中で正しいものの記号を解答欄に記せ。
- { a. 初速度によって θ_2 と θ_1 の大小関係は変わってくる, b. $\theta_2 > \theta_1$,
c. $\theta_2 = \theta_1$, d. $\theta_2 < \theta_1$ }

(6) θ_3 と θ_1 の大小関係に関して以下の中で正しいものの記号を解答欄に記せ。

- { a. 初速度によって θ_3 と θ_1 の大小関係は変わってくる, b. $\theta_3 > \theta_1$,
c. $\theta_3 = \theta_1$, d. $\theta_3 < \theta_1$ }

以下, 問 3, 問 4 においては, 小球 Q に電荷 q [C] ($q > 0$), 小球 P に負の電荷 $-q$ を与えた場合を考える。

問 3 磁束密度がゼロの場合に, 最下点で小球 Q に水平方向に問 1 と同じ初速度を与えたところ, 糸がたるむことなく 小球 Q が振動し, 振動中の最上点では $\theta = \theta_4$ であった。

(7) 糸がたるむことなく振動するために, q の満たさなければならない条件式を求めよ。

(8) θ_1 と θ_4 の大小関係に関して以下の中で正しいものの記号を解答欄に記せ。

- { a. 初速度によって θ_1 と θ_4 の大小関係は変わってくる, b. $\theta_4 > \theta_1$,
c. $\theta_4 = \theta_1$, d. $\theta_4 < \theta_1$ }

さらに, このようになる理由を 2 行以内で解答欄に記せ。

問 4 磁束密度がゼロの場合に, 最下点で, 小球 Q に水平方向右向きに大きさ V_0 [m/s] の初速度を与えたところ, 最下点から右側で $\theta = \frac{\pi}{3}$ の点で糸がたるんだ。たるむ直前, 小球 Q は静止していなかった。

(9) V_0 を求めよ。

図3は、小球Qが振動する面に垂直な方向から見た図である。図3のように、小球Qが振動する面に垂直に、紙面の裏から表向きに、磁束密度の大きさ B [T]の様な磁場をかけ、最下点で小球Qに水平方向右向きに大きさ V_0 [m/s]の初速度を与えた。

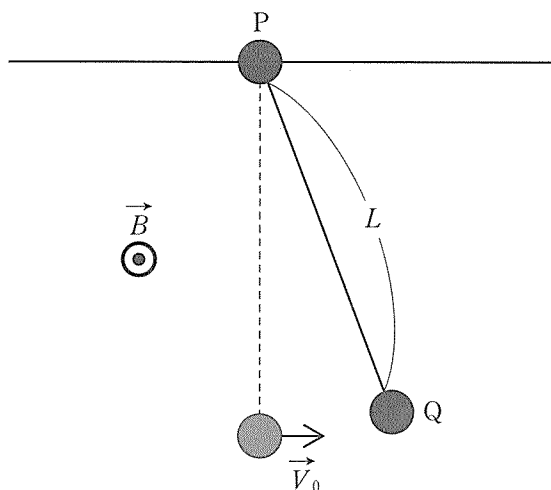


図3

(10) 以下の中で正しいものの記号を解答欄に記せ。

- { a. 糸がたるむことなく最下点に達する, b. B の値によってたるむ位置は変わる, c. $\frac{\pi}{3}$ よりも小さい θ で糸がたるむ, d. $\theta = \frac{\pi}{3}$ で糸がたるむ, e. $\frac{\pi}{3}$ よりも大きい θ で糸がたるむ }

図4は、小球Qが振動する面に垂直な方向から見た図である。図4のように、小球Qが振動する面に垂直に、紙面の表から裏向きに磁束密度の大きさ B [T] の一様な磁場をかけ、最下点で小球Qに水平方向右向きに大きさ V_0 [m/s] の初速度を与えた。

(1) 以下の中で正しいものの記号を解答欄に記せ。

- { a. 糸がたるむことなく最下点に達する, b. B の値によってたるむ位置は変わる, c. $\frac{\pi}{3}$ よりも小さい θ で糸がたるむ, d. $\theta = \frac{\pi}{3}$ で糸がたるむ, e. $\frac{\pi}{3}$ よりも大きい θ で糸がたるむ }

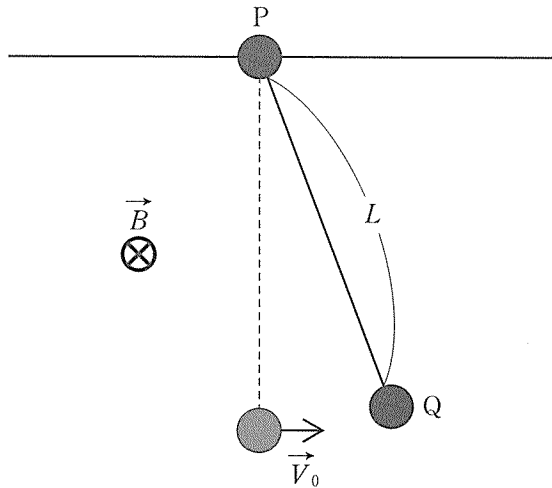


図4

Ⅲ 単原子分子の理想気体の状態変化について考える。ピストンとシリンダで構成される容器内に、 n [mol] の理想気体が封入されている。気体定数を R [J/(mol·K)] とするとき、定積モル比熱は $\frac{3}{2}R$ 、定圧モル比熱は $\frac{5}{2}R$ である。以下の各問に答えよ。ただし、気体が外部にする仕事 W [J] の符号は、気体が膨張する場合を正 ($W > 0$)、圧縮される場合を負 ($W < 0$) とする。また、気体に加えた熱量 Q [J] の符号は、気体が加熱される場合を正 ($Q > 0$)、冷却される場合を負 ($Q < 0$) とする。なお、各設問の末尾で { } 内に記号が指示されている場合には、そのなかから必要な記号を用いて解答せよ。{ } 内に示されていない記号を用いてはならない。

問 1 図 1 に示すように、状態 A から状態 B を経て状態 C に至る次の 2 つの経路に沿って、理想気体が状態変化する。

- ・経路 1 : A → B → C (等温変化)
- ・経路 2 : A → 1 → B → 2 → C

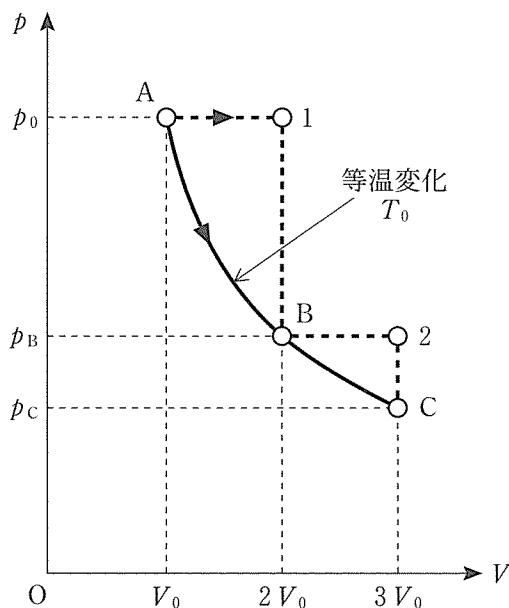


図 1

経路 1 (A→B→C) は絶対温度 T_0 [K] の等温変化であり、経路 2 の状態変化において、A→1, B→2 は定圧変化, 1→B, 2→C は定積変化である。気体の状態を気体の圧力 p [Pa] と体積 V [m³] を一組にして (p, V) で表すとき、状態 A, B, C はそれぞれ (p_0, V_0) , $(p_B, 2V_0)$, $(p_C, 3V_0)$ である。

- (1) 状態 A の温度 T_0 [K] を求めよ。 $\{p_0, V_0, n, R\}$
- (2) 状態 B の圧力 p_B [Pa] と状態 C の圧力 p_C [Pa] を求めよ。 $\{p_0\}$
- (3) 経路 2 の 4 つの状態変化 A→1, 1→B, B→2, 2→C で気体が外部にする仕事 $W_{A1}, W_{1B}, W_{B2}, W_{2C}$ [J] をそれぞれ求めよ。 $\{p_0, V_0\}$
- (4) 経路 2 の 4 つの状態変化 A→1, 1→B, B→2, 2→C で気体に加えた熱量 $Q_{A1}, Q_{1B}, Q_{B2}, Q_{2C}$ [J] をそれぞれ求めよ。 $\{n, R, T_0\}$
- (5) 経路 2 (A→1→B→2→C) で気体に加えた熱量の総和 Q_2 [J] および気体が外部にする仕事の総和 W_2 [J] を求めよ。 $\{p_0, V_0\}$

問 2 図 2 に示すように、理想気体が問 1 と同じ初期状態 A (p_0, V_0) から状態 3 (p_c, V_3) を経て状態 C ($p_c, 3V_0$) に至る経路で状態変化する。ここで、 $A \rightarrow 3$ は断熱変化、 $3 \rightarrow C$ は定圧変化である。この状態変化を経路 3 ($A \rightarrow 3 \rightarrow C$) とよぶ。ただし、理想気体の断熱変化では、定圧モル比熱と定積モル比熱の比を γ で表すとき、 pV^γ が一定に保たれることが知られている。なお、この理想気体では、 $\gamma = \frac{5}{3}$ である。また、問 1 に示したように、状態 A, B, C の絶対温度は T_0 であり、状態 B は ($p_B, 2V_0$) で表される。

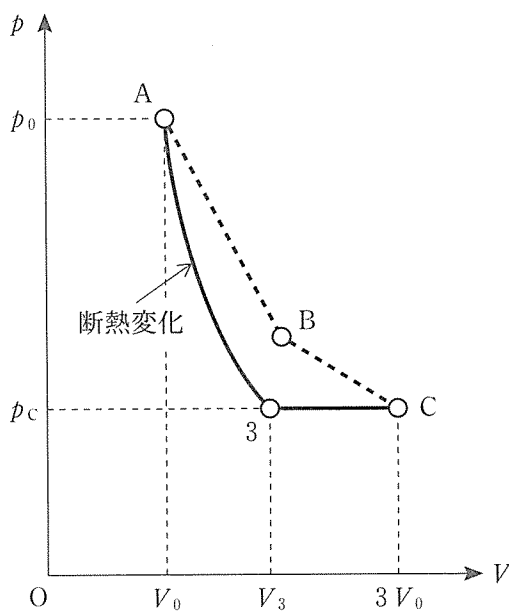


図 2

- (6) 状態 3 の体積 V_3 [m^3] と温度 T_3 [K] をそれぞれ求めよ。{ V_0, T_0 }
- (7) 経路 3 で気体が得る熱量 Q_3 [J] を求めよ。{ n, R, T_0 }
- (8) 経路 3 で気体が行う仕事 W_3 [J] を求めよ。{ p_0, V_0 }
- (9) 図 2 に示すように、問 1 の状態 A, B, C を 2 本の線分で結ぶ経路がある。この経路を経路 4 とよぶ。 気体が経路 4 に沿って状態 A から状態 C まで変化するとき、気体に加えられた熱量の総和 Q_4 [J] および気体が外部にする仕事の総和 W_4 [J] を求めよ。{ p_0, V_0 }

- (10) 気体が、状態 A から経路 4 に沿って状態 C まで外部から熱を受け取りながら膨張したのち、経路 3 を逆方向に状態 C から熱を捨てながら状態 3 に至り、断熱変化で状態 A まで圧縮される。このサイクル(A→B→C→3→A)の熱効率 e を有効数字 2 桁で求めよ。ただし、3 のべき乗の数値は下表のとおりである。

x	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{2}{5}$	$\frac{3}{5}$	$\frac{4}{5}$
3^x	1.732	1.442	2.080	1.316	2.280	1.246	1.552	1.933	2.408

化 学

注 意 問題はⅠ，Ⅱ，Ⅲの3題である。解答に単位が必要なものには単位をつけて記すこと。また，問題文中の体積の単位記号Lは，リットルを表す。

Ⅰ 気体の炭化水素に関する，以下の問1～問4に答えよ。問2と問3(1)は解答に至る導出過程も記すこと。必要であれば，下の値を用いよ。

原子量 H : 1.0 C : 12 N : 14 O : 16

気体定数 $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{mol} \cdot \text{K})$

問1 以下の文中の空欄 ～ に入る適当な語を記せ。

実在気体の理想気体からのずれを表す指標として， $Z = (PV)/(nRT)$ の値がよく用いられる。ここで， P は圧力(Pa)， V は体積(L)， n は物質量(mol)， T は温度(K)である。 n と T が一定の条件下で， Z 値の圧力依存を調べると，多くの実在気体では， P を0に近い値から大きくしていくと， Z は1からいったん する。さらに P を大きくすると， Z はやがて する。 Z の値が するのは， の影響が現れるため， P を大きくしたとき Z が するのは， の影響の方が強く現れるためである。炭化水素では， が大きいほど は強くなり， も大きくなるから， Z が1より小さくなる P の範囲は狭くなる。また， が大きいほど炭化水素の融点や沸点は一般的に高くなる。

問2 気体のプロパンとメタンに関する以下の(1)と(2)に答えよ。ただし，全ての気体は理想気体としてふるまうものとする。

(1) 空気より重いプロパンと，空気より軽いメタンの混合を考える。300 Kにおけるプロパンとメタンの混合気体の密度が，同温度の乾燥空気(体積比が，窒素：酸素 = $(1.0 - 0.20) : 0.20$ である混合気体とみなす。)の密度と等しくなるように混合したい。体積比，プロパン：メタン = $(1 - x) : x$ の x の値を求め，数値は3桁目を四捨五入して有効数字2桁で記せ。なお，解答に至る導出過程も記すこと。

- (2) プロパンとメタンの燃焼熱はそれぞれ、 2220 kJ/mol 、 890 kJ/mol である。プロパンとメタンそれぞれを完全燃焼させて、同量のエネルギーを得るとき、それぞれの燃焼によって排出される二酸化炭素の量は、どのくらい違うのかを考えてみよう。まず、プロパンとメタンそれぞれの燃焼反応を熱化学方程式で表わし、解答用紙の所定の欄に記せ。次に、プロパンを燃焼した場合に排出される二酸化炭素量を基準として、メタンを燃焼した場合に排出される量は、その何倍になるかを求め、3桁目を四捨五入して有効数字2桁で記せ。なお、解答に至る導出過程も記すこと。

問 3 分子量が不明の炭化水素に関する以下の(1)と(2)に答えよ。ただし、全ての気体は理想気体としてふるまうものとする。

- (1) A氏がある純物質の炭化水素 10.0 g を、内容積が 5.00 L で、はじめ真空にしてあったボンベに封入し、温度 300 K で圧力を測定したところ、 $8.89 \times 10^4 \text{ Pa}$ であったという。この炭化水素の分子式を記せ。封入した炭化水素は全て気体でボンベ内に存在している。なお、解答に至る導出過程も記すこと。
- (2) B氏が別の純物質の炭化水素を対象にその分子量を調べたところ、A氏と同じ値であったが、燃焼熱の値はA氏が用いた炭化水素とは同じにならなかったという。その理由を1行で記せ。

問 4 図1は、ブタンとプロパンの飽和蒸気圧の温度依存を示したものである。この図を参照して、以下の(1)と(2)に答えよ。ただし、ボンベ内の全ての気体は理想気体としてふるまうものとする。

- (1) 液化石油ガス(LPガス：Liquefied Petroleum Gas)は、ブタンとプロパンを主成分とする混合物である。LPガスを消費してボンベ内の圧力が大気圧と等しくなったら、ガス器具への供給は不可能になるのでボンベを交換しなければならない。一般に冬期では夏期よりも交換時のボンベ内に残っているLPガスの量が多い。その理由を一行で記せ。

- (2) 内容積が 10.0 L で、はじめ真空にしてあったボンベに、300 K に保ちながら、プロパン 5.00 mol をゆっくりと充てんした。この作業において、充てんされたプロパンの物質質量とボンベ内の圧力の関係を、解答用紙にある罫線中にグラフにして表わせ。

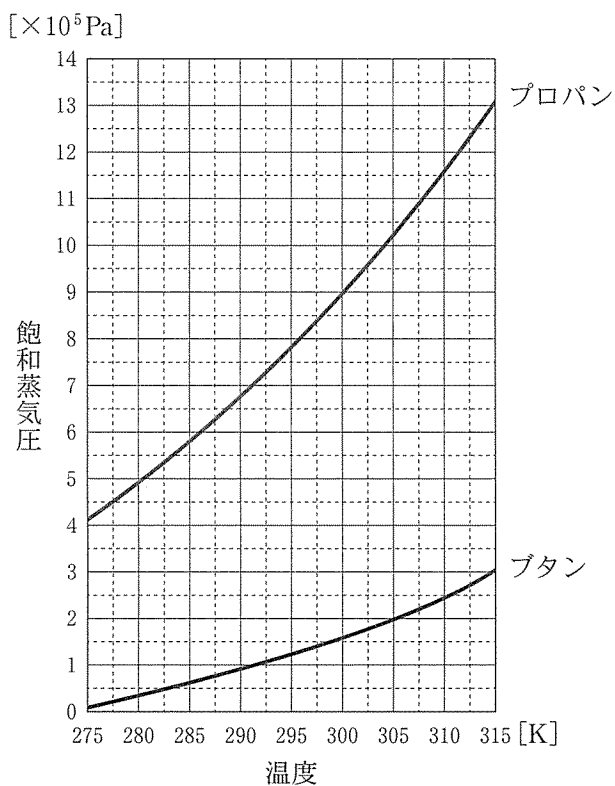


図 1

Ⅱ 次の文を読み、以下の問1～問6に答えよ。問5、問6(2)、(3)は解答に至る導出過程も記すこと。必要であれば下の値を用いよ。

原子量 H : 1.0 O : 16 Na : 23 S : 32 Cl : 35

ファラデー定数 96500 C/mol

フッ素は周期表の17族に属する元素で、ハロゲンの1つである。車やフライパンの表面コーティングとしてフッ素コーティングなどの文字をちまたで目にするが、実際にコート剤として使用されているのはフッ素を含む有機化合物である。単体のフッ素は二原子分子からなり、特異臭のある淡黄色の気体で猛毒である。また、強い酸化作用があり、水を酸化して を発生させる。塩素は、工業的には塩化ナトリウム水溶液の電気分解で作られる。また、塩素は水に少し溶け、その一部が水と反応する。

フッ化水素は、白金容器の中で、ホタル石に濃硫酸を加えて熱すると発生する。
(3) フッ化水素の分子量は塩化水素より小さいが、沸点はヨウ化水素より高い。また、フッ化水素は水に良く溶け、水溶液は弱酸性を示す。フッ化水素酸は二酸化ケイ素と反応するので、その保存にはガラス容器ではなく、ポリエチレン容器を用いる。
(4) 塩化水素は、実験室では塩化ナトリウムに濃硫酸を加えて発生させ、穏やかに熱して 置換で捕集する。塩化水素の水溶液を塩酸といい、代表的な強酸として化学工業で広く用いられている。

また、ヨウ素と水素の混合気体を密閉容器に入れて高温に保つとヨウ化水素が生成する。この反応は、一定の温度で十分に時間がたつと見かけ上の変化が認められなくなる。この状態を 状態という。

問1 文中の空欄 ～ に入る適当な語を記せ。

問2 下線部(1)のようにフッ素は常温で淡黄色の気体である。臭素とヨウ素の常温常圧での色と状態を記せ。

問3 下線部(2)、(3)、(4)の反応を化学反応式で示せ。

問 4 フッ化水素の沸点はヨウ化水素よりも高い。その理由を 1 行以内で記せ。

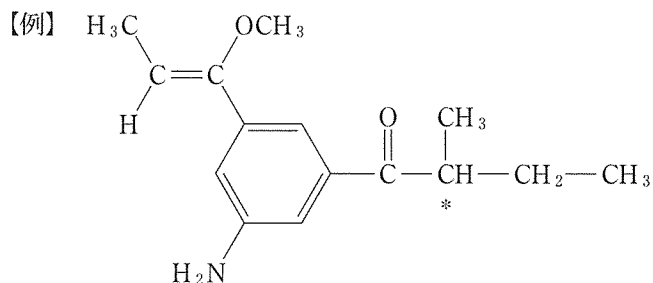
問 5 塩化ナトリウム水溶液を白金電極を用いて電気分解すると、2 種類の気体が発生する。今、 2.0 mol/L 塩化ナトリウム水溶液をビーカーに 500 mL 用意して、白金電極を用いて 1.5 A の電流で 32 分 10 秒間電気分解を行った。その溶液を 0.5 mol/L 塩酸を用いて中和することにした。中和に必要な塩酸の量 (mL) を、3 桁目を四捨五入して有効数字 2 桁で記せ。なお、解答に至る導出過程も示すこと。ただし、電気分解で発生した気体は水溶液に溶けないものとする。

問 6 実験室で、質量パーセント濃度 98 % の濃硫酸 100 mL を塩化ナトリウム $X \text{ g}$ に加え、 $100 \text{ }^\circ\text{C}$ に加熱して塩化ナトリウムをすべて反応させ、固体 $Y \text{ g}$ と気体を得た。この反応で発生した気体をすべて集めて、その気体を水 100 mL にすべて吸収させた。次に、この水溶液を 2.0 mol/L の水酸化ナトリウムを用いて中和したところ 90 mL 必要だった。

- (1) 塩化ナトリウムと濃硫酸の反応を化学反応式で示せ。
- (2) 塩化ナトリウムと濃硫酸の反応で用いた塩化ナトリウムの質量 $X(\text{g})$ と得られた固体の質量 $Y(\text{g})$ を求め、3 桁目を四捨五入して有効数字 2 桁で記せ。なお、解答に至る導出過程も示すこと。ただし、反応で生じた固体は濃硫酸に溶けないものとする。
- (3) 反応後に残った濃硫酸の量 (mL) を求め、3 桁目を四捨五入して有効数字 2 桁で記せ。なお、解答に至る導出過程も示すこと。ただし、反応で生じた固体は濃硫酸に溶けないものとする。また、この濃硫酸の密度は 1.8 g/cm^3 で、反応の前後で変化しないものとする。

Ⅲ A, Bともに全員が解答すること。

A 次の文章を読み、問1～問5に答えよ。構造式は例にならって記すこと。



化合物A～Cは、いずれもエステル結合をもつ。

A (分子式 $C_{11}H_{18}O_4$) を加水分解すると、フマル酸の幾何異性体であるD、アルコールEおよびアルコールFが生成した。Dを加熱すると分子内で脱水反応が起こり、Gを生成した。Eを酸化するとケトンHが得られたが、Fを酸化しても反応しなかった。

B (分子式 $C_7H_{12}O_2$) を加水分解すると、カルボン酸IとアルコールJが生成した。Iはアセトアルデヒドの酸化によって得ることができる。Jは不斉炭素原子と二重結合をもつが、Jの二重結合を還元(水素添加)して得られるKは不斉炭素原子をもたなかった。Kを脱水すると、シス形のアルケンLとトランス形のアルケンMを生成した。

C (分子式 $C_5H_8O_2$) を加水分解すると、還元性を示すカルボン酸Nと二重結合をもたないアルコールOが生成した。Oを穏やかに酸化すると、アルデヒドPが生成した。

問1 A, B, Cの構造式を例にならって記せ。不斉炭素原子が存在するものに関しては、不斉炭素原子に*を付けて記すこと。

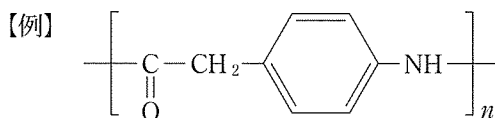
問 2 F, J, L, M, P の構造式を例にならって記せ。不斉炭素原子が存在するものに関しては、不斉炭素原子に*を付けて記すこと。

問 3 G, H, I の構造式と名称を記せ。

問 4 N に炭酸水素ナトリウム水溶液を加えたときの変化を化学反応式で記せ。

問 5 O の構造異性体である Q は、二重結合をもたず、金属ナトリウムと反応しない。Q は G の還元や 1, 4-ブタンジオールの脱水によって製造されており、有機溶媒として利用されている。Q の構造式を記せ。

B 次の文章を読み、以下の問1～問5に答えよ。問3は解答に至る導出過程を記すこと。化学構造は例にならって記せ。



ゴムノキから **ア** と呼ばれる乳白色の粘性のある樹液が得られる。これは一種のコロイド溶液であり、**イ** を加えて凝固させたものを **ウ** ゴムという。**ウ** ゴムの主成分はポリイソプレンと呼ばれる高分子化合物であり、その繰り返(1)し単位構造には二重結合が一個存在し、その立体構造(幾何異性)は **エ** 形である。

ウ ゴムをよく練ることで加工性を上げ、**オ** を加えさらに加熱しながら混合する。このことにより分子間に化学的(化学結合を介した)な架橋構造が形成され、高い弾性率をもつゴムが作られる。自動車用のタイヤとして利用するには、さらにカーボンブラック(CB)などの補強剤を添加している。タイヤが黒いのは、CBが含まれるためである。近年は、この架橋を担う **オ** の結合状態やCBの分散状態を解明する研究が大型放射光施設(SPring-8)やスーパーコンピューター(京)などを用いて実施されており、高性能なエコタイヤ開発につなげている。

一方、石油から人工的に製造される **カ** ゴムがあり、スチレンとブタジエンの **キ** によって得られるスチレン-ブタジエンゴム(SBR)がその一例である。多種多様なSBRが製造されているが、十分な長さのポリスチレン部分とポリブタジエン部分からなるSBRでは、ポリスチレン部分が物理的な相互作用を介して凝集することによって、疑似的な架橋構造の役割を果たす。これは、凝集したポリスチレンが室温では硬く流動性を持たないことによる。この架橋構造は化学結合を介したものではないため、熱を加えると軟らかくなり塑性変形を起こし、再度冷却すると硬くなる性質を有しており、繰り返(2)し何度も成型加工が可能なゴムとなる。

架橋構造はゴム以外の製品にも導入されており、*o*-ジピニルベンゼンにより架橋したポリスチレンを濃硫酸で処理することで得られる樹脂は水に溶けないが、水を十分

含ませることができ、水溶液中の イオンを交換することができるイオン交換樹脂となる。また、ポリアクリル酸ナトリウムを主成分とし適度に架橋構造を導入した高分子化合物は自重の数十倍から数百倍の質量の水を吸収・保持できるため、 高分子(樹脂)と呼ばれる。これらは紙おむつ、土壤保水材などに利用されている。その他にも、酸素透過性に優れたシリコーンと、生体適合性が高く非電解質のアクリルアミド系高分子からなる 体は連続装用可能なソフトコンタクトレンズとして利用されている。

問 1 下線部(1)~(4)の高分子化合物の構造式を記せ。異性体がある場合はいずれか一つを記せばよい。

問 2 文中の空欄 ~ に当てはまる適当な語を記せ。

問 3 下線部(A)の高分子化合物の性質を変える目的で、ブタジエン由来の単位構造中の二重結合に水素添加($-\text{CH}=\text{CH}- + \text{H}_2 \rightarrow -\text{CH}_2-\text{CH}_2-$)が行われている。SBR 100 g に含まれるブタジエン由来の単位構造中の二重結合をすべて水素添加するのに水素が 2.50 g 必要であった。この SBR のスチレン由来の単位構造とブタジエン由来の単位構造の物質質量(mol)比がいくらであることを求め、最も簡単な整数比で記せ。SBR の末端の構造は無視して考えよ。また解答に至る導出過程も記すこと。原子量は次の値を用いよ。 H : 1.0 C : 12 O : 16

問 4 下線部(B)の性質を有する樹脂を一般に何と呼ぶか。

問 5 紙おむつ用樹脂とコンタクトレンズ用樹脂は、どちらも水を含ませることができ、大量の水を含ませることができるのは紙おむつ用樹脂である。その理由について以下のことが考えられる。 [a] から [e] に当てはまる適当な語を記せ。

これらの樹脂の性質の違いは、水を含むことができる高分子が電解質であるか否かにある。紙おむつ用樹脂は、水を含むと高分子鎖中の一部分(側鎖)が [a] する。その結果、樹脂内部でイオン濃度が増加するため [b] が高くなり、大量の水を取り込もうとする。また [a] によって生成した高分子鎖中の [c] イオンどうしの [d] によって網目が広がる。さらにイオンに水分子が [e] する。これらのことによって大量に取り込まれた水は、圧力を加えても樹脂の外には漏れ出しにくくなるためである。