

2020 年度(令和 2 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12ページまで、「化学」が13ページから22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、水平な床面から滑らかに接続された斜面が、高さ  $h$  [m] の A 点まで続いている。床面上には、壁からばね定数  $k$  [N/m] のばねでつながれた質量  $M$  [kg] の小球 Q が、ばねの自然長の位置 B に静止している。質量  $m$  [kg] ( $m < M$ ) の小球 P を斜面の A 点で静かに放し、小球 Q に衝突させる。小球と床面および斜面の間の摩擦力や空気抵抗ははたらかないものとする。重力加速度の大きさを  $g$  [m/s<sup>2</sup>] として、以下の問 1 ~ 問 3 に答えよ。

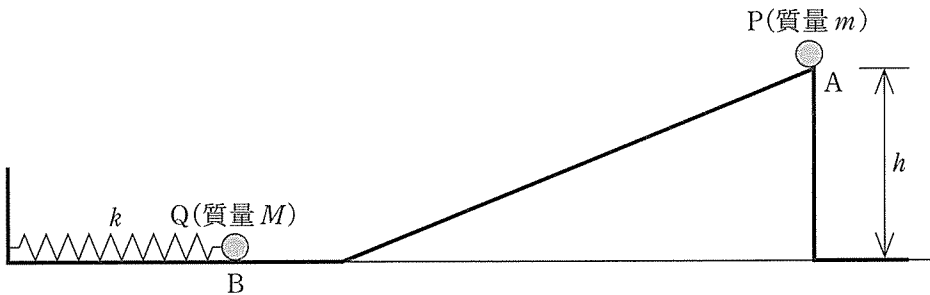


図 1

問 1 A 点で静かに放された小球 P は斜面を滑り降りて、B 点で静止している小球 Q と衝突し、合体した。

- (1) 衝突する直前の小球 P の速さを求めよ。
- (2) 合体した小球 P, Q の、合体直後における速さを求めよ。
- (3) 合体後のばねの縮みの最大値を求めよ。

問 2 次に図 2 のように、ばねにとりつけた小球 Q を、B 点よりある距離だけ左側の C 点まで押し縮める。A 点で質量  $m$  の小球 P を静かに放し、小球 P と小球 Q が B 点で衝突するように、C 点で小球 Q を静かに放す。問 1 のときと質量  $M$  は同じで材質の異なる小球 Q を用いたところ、衝突後に小球 Q は静止し、小球 P は衝突前の速さの  $a$  倍 ( $a \geq 1$ ) で逆向きに跳ね返された。

- (4) C 点で静かに放した小球 Q が B 点に初めて到達した瞬間に小球 P と衝突するには、衝突する時刻よりどれだけの時間早く小球 Q を放せばよいか。
- (5) 衝突する直前の小球 Q の速さを求めよ。
- (6) C 点でのばねの自然長からの縮みを求めよ。
- (7) 小球 P と Q の間の反発係数を求めよ。
- (8) 跳ね返された小球 P が A 点に達したときの速さを求めよ。
- (9) 小球 P と小球 Q の衝突が弾性衝突の場合の  $a$  を求めよ。

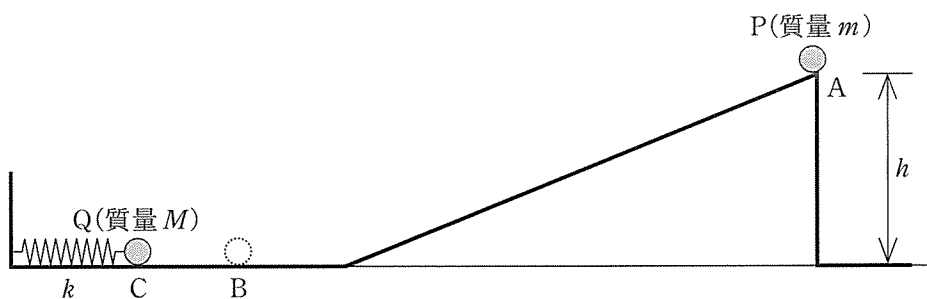


図 2

問 3 以下では小球 P と小球 Q の衝突は弾性衝突であるとし、水平から測った斜面の傾きを  $\frac{\pi}{6}$  とする。問 2 と同様に A 点から静かに放した小球 P を、ばねを押し縮めた状態から放した小球 Q と B 点で衝突させた。小球 Q は B 点に静止し、跳ね返された小球 P は、図 3 に示すように A 点まで戻ってきて、小球 P が B 点で小球 Q に衝突する直前の速さの 2 倍の速さで斜面に沿って右上方へ飛び出し、床面上の D 点に着地した。

- (10) 小球 P は B 点で衝突直前の速さの何倍の速さで跳ね返されたか。
- (11) 小球 Q の質量  $M$  は小球 P の質量  $m$  の何倍であるか。
- (12) 小球 P が達する最高点の、床面からの高さを求めよ。
- (13) A 点の真下の点から D 点までの水平距離を求めよ。

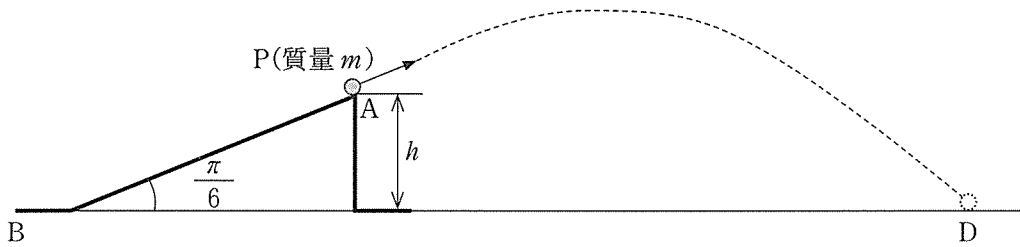


図 3

II 誘導起電力に関する以下の問1～問3に答えよ。

問1 図1のように、 $z$ 軸に平行な長さ $\ell$ [m]の導線が、 $y$ 軸の正の向き(紙面を表から裏に貫く向き)に加えられた一様な磁束密度 $B$ [T]の磁場の中を、 $x$ 軸の正の向きに一定速度 $v$ [m/s]で運動している。導線内部の電子(電気量 $-e$ [C])にはたらくローレンツ力と、導線に生じる誘導起電力について考える。以下の設問に答えよ。

- (1) 導線内に静止している電子(電気量 $-e$ )は導線の運動によって $z$ 軸方向にローレンツ力を受ける。このローレンツ力 $F$ [N]を、 $z$ 軸の正の向きを正として示せ。
- (2) 導線中の電子がローレンツ力を受けて移動すると導線内部の電荷分布に偏りが生じ、導線内部に電場 $E$ [V/m]が生じる。電子はこの電場から力を受け、2つの力がつり合ったところで電子の移動が止まる。力のつり合いの式を、ローレンツ力 $F$ 、電場 $E$ を用いて示せ。ただし、 $F$ 、 $E$ は $z$ 軸の正の向きを正とする。
- (3) 導線の両端間に生じる起電力を $F$ を用いて表せ。ただし、 $z$ 軸の正側の電位を高くする場合の起電力を正とする。

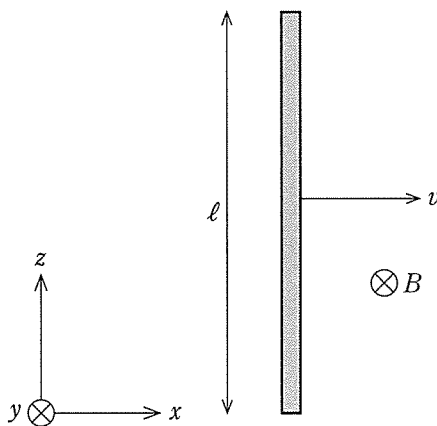


図1

問 2 一様な磁場中で回転する回路に生じる起電力および抵抗で生じるジュール熱について考える。図 2(a)のように、 $z$  軸に沿った抵抗  $R[\Omega]$  を含む直線状の導線に、長さ  $L[\text{m}]$  の導線を、回路が長方形となるように点ウ、エで接続する。 $z$  軸に垂直な辺の長さを  $a[\text{m}]$ 、 $z$  軸に平行な辺の長さを  $b[\text{m}]$  とする。つまり、 $L = 2a + b$  である。この回路を  $z$  軸まわりに一定の角速度  $\omega[\text{rad/s}]$  で回転させる。図 2(b)はこの回路を  $z$  軸の正の側から見た図である。回転する回路の線分アイが時刻  $t = 0$  に図 2(b)の  $x$  軸上の点 P を通るとする。 $y$  軸の正の向きに一様な磁束密度  $B[\text{T}]$  の磁場が存在している。導線および導線間の接続部での抵抗や、回路の自己インダクタンスは無視できるとする。以下の設問に答えよ。

- (4) 時刻  $t[\text{s}]$  における導線の線分アイの速度の  $x$  成分  $v_x[\text{m/s}]$ 、および  $y$  成分  $v_y[\text{m/s}]$  をそれぞれ求めよ。
- (5) 時刻  $t$  において導線の線分アイ内部の電子(電気量  $-e$ ) が磁場から受けるローレンツ力を求めよ。ただし、 $z$  軸の正の向きを力の正の向きとする。また、電子の導線方向の速度成分は無視し、電子は導線と同じ速度で動いているとせよ。
- (6) 時刻  $t$  においてローレンツ力により導線の線分アイに生じる起電力を求めよ。ここでのローレンツ力は時間とともに変化するが、問 1 で求めたローレンツ力と起電力の関係は成り立つとしてよい。ただし、図 2(a)の  $A \rightarrow I \rightarrow U \rightarrow E$  の向きに電流を流す起電力を正とする。
- (7) 抵抗の両端に加えられる電圧の実効値を求めよ。また、回路が一周回転する間に抵抗  $R$  で生じるジュール熱を求めよ。
- (8) 導線の長さ  $L$  が一定の下で  $a$  と  $b$  を変化させると、起電力の振幅  $V_0[\text{V}]$  が変化する。 $V_0$  が最も大きくなる  $a$  と  $b$  の比を求めよ。導出過程も記述せよ。

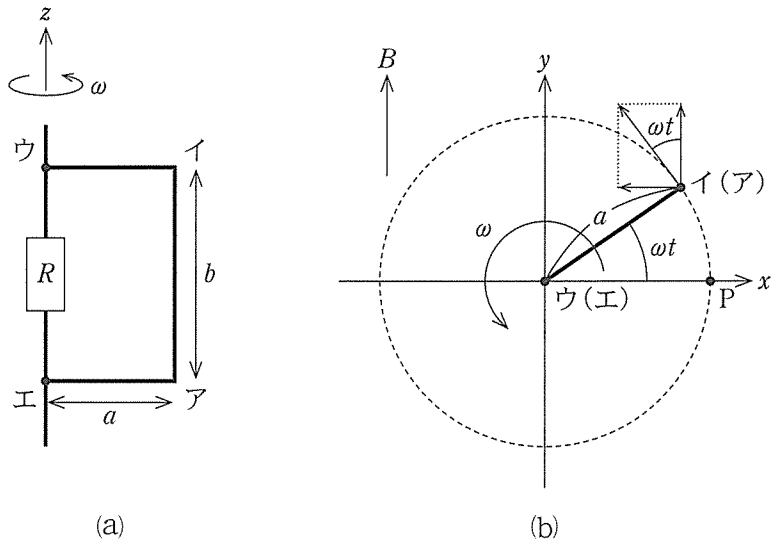


図 2

問 3 問 2 と同様、一様な磁場中で回転する回路について考えるが、今度は図 3(a)のように  $z$  軸上の抵抗を平行板コンデンサーに変更する。図 3(b)はこの回路を  $z$  軸の正の側から見た図である。回転する回路の線分アイは時刻  $t = 0$  に図 3(b)の  $x$  軸上の点 P を通るとする。コンデンサーの極板の面積は  $S(\text{m}^2)$ 、極板間隔は  $d(\text{m})$  であり、極板間は誘電率  $\epsilon(\text{F/m})$  の誘電体で満たされている。極板間隔  $d$  は十分に小さく、極板の端の影響は無視できるとする。以下の設問に答えよ。

- (9) 時刻  $t$  において平行板コンデンサーの極板間に生じる電場を求めよ。ただし、図 3(a)のウ→エの向きを電場の正の向きとする。
- (10) この平行板コンデンサーの電気容量  $C(\text{F})$  を  $\epsilon$ ,  $S$ ,  $d$  を用いて表せ。

これ以降の設問には、コンデンサーの電気容量として  $C$  を用いて答えよ。

- (11) 時刻  $t$  においてコンデンサーのウ側の極板に蓄えられている電荷を求めよ。ただし、 $t = 0$  における電荷を 0 とする。
- (12) コンデンサーのウ側の極板に蓄えられる電荷の、時刻  $t$  から微小時間  $\Delta t$  の間の変化量、 $\Delta Q(\text{C})$  を求めよ。ただし、三角関数の中に和の形がある場合  $[\sin(\alpha + \beta)$  など] は和のない形  $[\sin \alpha, \cos \beta$  など] に変形して表せ。また、 $\Delta t$  が十分小さいとして  $\cos(\omega \Delta t) \doteq 1$ ,  $\sin(\omega \Delta t) \doteq \omega \Delta t$  を用いよ。
- (13) 時刻  $t$  において、回路に流れる電流を求めよ。また、電圧と電流の時間変化を、時刻 0 から回路の回転周期  $T(\text{s})$  までグラフに示せ。ただし、ア→イ→ウ→エの向きに流れる電流を正とする。また、グラフ内の  $V_0(\text{V})$  および  $I_0(\text{A})$  は電圧および電流の振幅を表す。
- (14) 時刻  $t$  において、ローレンツ力による起電力が単位時間あたりに供給するエネルギー(電力)を求め、その時間変化を時刻 0 から  $T$  までグラフに示せ。ただし、グラフ内の  $P_0(\text{W})$  は電力の振幅を表す。
- (15) 回路を回転させている外力が、回路を一周させるのに要する仕事を求めよ。ただし回路は回転軸のまわりを滑らかに回転し、回路が受ける空気抵抗は無視できるとする。解答欄には答だけでなく導出過程も記述せよ。前問(14)のグラフを説明に用いてよい。



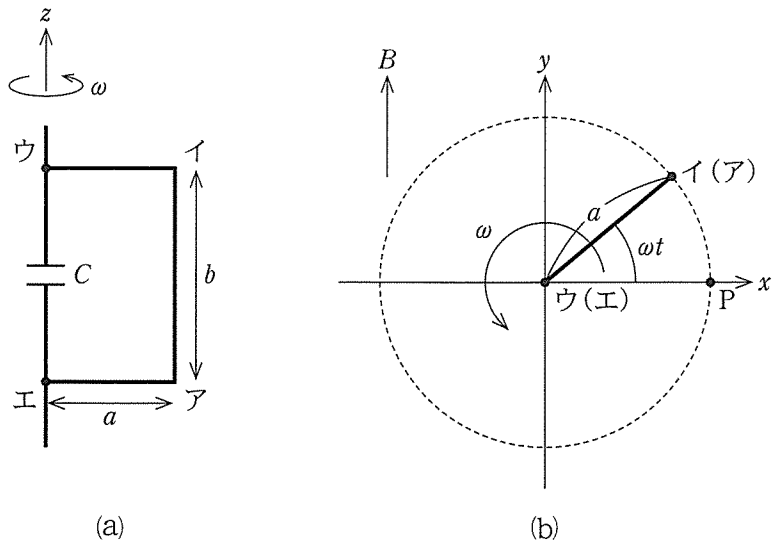


図 3

Ⅲ 図1のように、断面積  $S$  [m<sup>2</sup>]、高さ  $4L$  [m] のシリンダーが水平面上に置かれており、鉛直方向に滑らかに動く質量  $m$  [kg] のピストンが挿入されている。ピストンにより仕切られたシリンダー内の下方の空間(空間A)に  $n$  [mol] の理想気体が封入されており、上方の空間(空間B)は真空である。シリンダー内の空間Aには加熱用のヒーターが備え付けてある。ピストンには質量の無視できる弁が取り付けられているが、最初の状態では弁は閉じられている。ピストン、弁、ヒーターの体積、およびそれらの熱容量は無視できるものとする。また、シリンダー、ピストン、弁は全て断熱材でつくられている。この理想気体の定積モル比熱を  $C_V$  [J/(mol·K)]、気体定数を  $R$  [J/(mol·K)]、重力加速度の大きさを  $g$  [m/s<sup>2</sup>] とする。以下の問1～問3に答えよ。

問1 はじめ、図1に示すように、ピストンはシリンダー底面から高さ  $L$  の位置に静止していた。このとき、空間Aにある気体の圧力を  $p_0$  [Pa]、温度を  $T_0$  [K] とする。

(1) 圧力  $p_0$  と温度  $T_0$  を、 $m$ 、 $g$ 、 $S$ 、 $L$ 、 $n$ 、 $R$  のうち必要なものを用いてそれぞれ表せ。

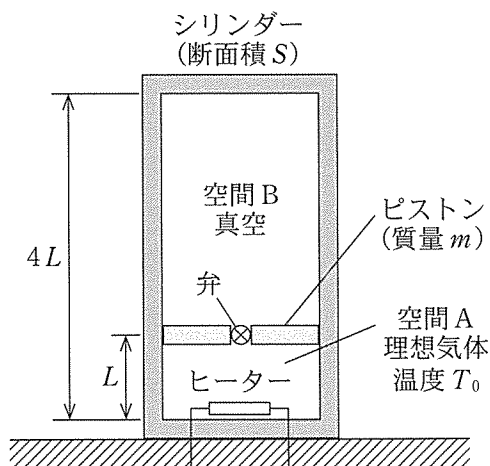


図1

問 2 次に、ヒーターにより気体に熱を加えると、ピストンはゆっくりと上方に動き、図 2(a)に示すように、ピストンの高さが  $2L$  の位置で静止した。

(2) このときの気体の温度  $T_1$  [K] を、 $T_0$  を用いて表せ。

ここで、図 2(b)に示すように、ピストンの高さが  $2L$  から動かないように、体積および熱容量の無視できるストッパーで固定してから弁を開いた。十分に時間が経過した後、気体の温度と圧力は空間 A と空間 B とで等しくなった。

(3) 気体の温度は、弁を開く前の温度  $T_1$  と同じであるが、その理由を記述せよ。ただし、次の 3 つの語全てを説明文に用いよ。

・熱            ・仕事            ・内部エネルギー

(4) 気体の圧力  $p_1$  [Pa] を  $p_0$  を用いて表せ。

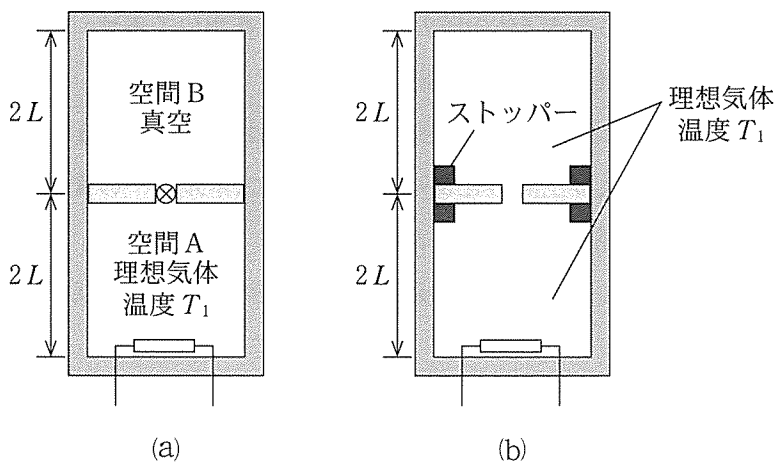


図 2

問 3 問 2 に続いて、ピストンに取り付けられている弁を閉じ、ピストンが高さ  $2L$  よりも上側に自由に動けるように、上側のストッパーを取り外した。そして、空間 A にある気体にヒーターで熱をゆっくりと加えたところ、図 3(a) に示すように、空間 A にある気体の圧力と温度が、それぞれ  $p_2$  [Pa],  $T_2$  [K] になった時に、ピストンがストッパーから離れた。

(5) 圧力  $p_2$  を  $p_0$  を用いて表せ。

(6) 温度  $T_2$  を  $T_0$  を用いて表せ。

引き続き、空間 A にある気体にヒーターでさらに熱をゆっくりと加えると、図 3(b) に示すようにピストンの高さが  $3L$  の位置で静止した。このとき、空間 B にある気体の圧力は  $3p_1$  となり、空間 A と空間 B にある気体の温度はそれぞれ  $T_A$  [K],  $T_B$  [K] となった。

(7) 温度  $T_B$  を  $T_1$  を用いて表せ。

(8) 空間 A にある気体の圧力  $p_A$  [Pa] を  $p_0$  を用いて表せ。

(9) 温度  $T_A$  を  $T_2$  を用いて表せ。

(10) ピストンがストッパーを離れてから高さが  $3L$  となるまでの間における、空間 A および空間 B にある気体の内部エネルギーの変化はいくらか、 $n$ ,  $C_V$ ,  $T_0$  を用いてそれぞれ表せ。

(11) この間にヒーターで加えた熱量はいくらか、 $n$ ,  $C_V$ ,  $R$ ,  $T_0$  を用いて表せ。

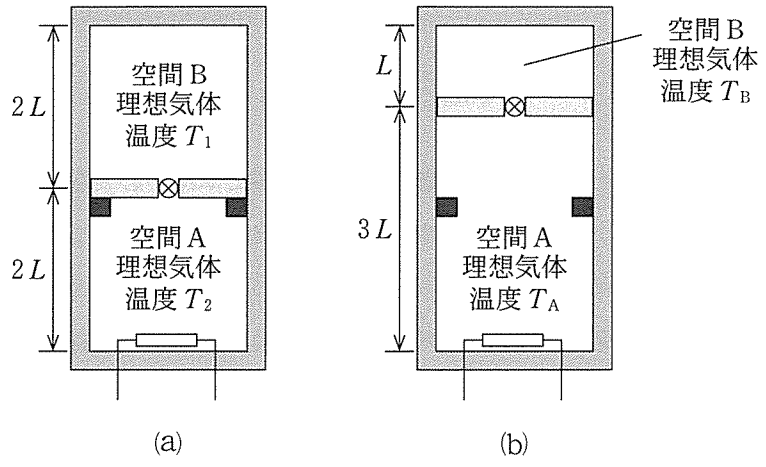


図 3

# 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 次の文章を読み、以下の問 1～問 5 に答えよ。問 3～問 5 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 O : 16

結合エネルギー (kJ/mol) H—H : 432 O=O : 494 H—O : 459 C=O : 799

C—H : 411 (炭素の位置によらないと仮定)

我々人類は色々なエネルギーを利用して生活している。中でも有機化合物の燃焼エネルギーは非常に重要な役割を果たしている。食物の調理だけでなく、古くは照明として、暖房として、さらには移動手段の燃料として現代人の生活には欠かせないものとなっている。一般家庭での生活において最も一般的な燃料はガス燃料であろう。中でもガス会社から一般家庭に配管で供給されるガスは都市ガスと呼ばれているが、その主成分の化合物名は  である。一方、配管が行き届いていない場所などで持ち運びが出来るボンベから利用されているのはプロパンガスである。これらのガスには不快なおいが人為的に加えられている。また、一般に都市ガスは空気より軽く、プロパンガスは空気より重いため、万が一漏洩が検知されたら都市ガスの場合は部屋上部に位置する窓を開けたり、プロパンガスの場合は部屋の下部に位置する窓やドアを開けたりするなど場合に応じた対策が必要である。

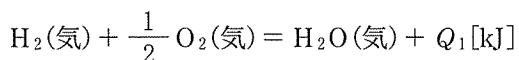
輸送手段として空中を移動するには飛行機、陸上を移動するには自動車、水上を移動するには船舶があるが、それぞれ利用する燃料が異なっている。旅客機にはジェット燃料、自動車にはガソリン、そして大型船舶には重油が主に用いられている。これらの燃料はいずれも原油から、沸点の差を利用する  という分離技術を利用して得られている。

問 1 文中の空欄  ,  に入る適当な語を記せ。

問 2 下線部で、ガスに不快なにおいが加えられている主な理由を 1 行で記せ。

問 3 プロパンが完全燃焼する場合の熱化学方程式を以下(1)~(3)の手順で求めていくとする。なお、解答に至る導出過程も記すこと。

(1) 次式の反応熱  $Q_1$  を計算し、整数で記せ。



(2) 黒鉛の昇華熱  $705 \text{ kJ/mol}$  を用いて次式の反応熱  $Q_2$  を計算し、整数で記せ。



(3) 黒鉛と水素を反応させると、 $1 \text{ mol}$  のプロパンと  $+105 \text{ kJ}$  の反応熱が発生する。プロパンが完全燃焼したときの熱化学方程式を記せ。

問 4 完全な無風状態で垂直離着陸輸送機(VTOL)を垂直上昇させるために燃料がどれほど必要になるかを考えてみる。空気抵抗による損失や大気への放熱による損失などを考慮すると、燃料の燃焼熱の  $30\%$  が VTOL の垂直上昇に利用されることになる。燃料タンクが満タンで機体の総質量が  $1.00 \text{ t}$  である VTOL を、 $1000 \text{ m}$  垂直上昇させるのに必要な燃料の物質量( $\text{mol}$ )を求め、3桁目を四捨五入して有効数字 2 桁で記せ。ただし、燃料  $1 \text{ mol}$  当たりの燃焼熱は  $4900 \text{ kJ}$  であり、燃料の燃焼による機体の総質量の変化、および上昇に要する時間は無視できるものとする。また、重力加速度は  $9.8 \text{ m/s}^2$  とし、エネルギーの単位は  $\text{J} = \text{N} \cdot \text{m}$  である。

問 5 問 4 の燃料の分子量を  $100$ 、密度を  $0.680 \text{ g/cm}^3$  としたとき、問 4 で求めた燃料の体積( $\text{L}$ )を求め、3桁目を四捨五入して有効数字 2 桁で記せ。

II 次の文章を読み、以下の問1～問5に答えよ。問5は解答に至る導出過程も記すこと。

2族元素の中で、地殻中に含まれる割合(質量%)の最も大きな元素は  である。<sup>(1)</sup> 石灰石は  の炭酸塩を主成分とした鉱石であり、日本国内でも多量に産出される。石灰石を900℃で加熱すると、気体として  が発生し、 石灰()が得られる。 石灰と炭素(コークス)を混合して2000℃以上で加熱すると、炭化 が得られる。炭化 に水を加えると、可燃性の気体Xが生じる。一方、 石灰に水を加えると 熱反応が起こり、 石灰()が生成する。 石灰に を吸収させると、さらし粉が得られる。さらし粉が水中で電離すると、陰イオンとして、 イオン()と イオン()の2種類が生じる。 イオンは強い酸化力をもつため、さらし粉は殺菌や漂白用途で利用される。 の2価の陽イオンと イオンのみから構成される塩を、高度さらし粉という。高度さらし粉と塩酸<sup>(3)</sup>が反応すると、さらし粉の場合と同様に、有毒の気体Yが発生する。

日本で産出する石灰石の大部分は、2～3億年前に生息した海洋生物に由来する。現在の海洋にも、炭酸 を利用する生物は多く存在する。たとえば、サンゴの骨格、ホタテガイの貝殻、ウニの棘とげの主成分は炭酸 である。

産業革命以降、大気中の二酸化炭素濃度は急速に増加している。このまま二酸化炭素の増加が続くと、炭酸 は海水に溶解しやすくなり、サンゴ、ホタテガイ、ウニなどの海洋生物に深刻なダメージを与える可能性がある。この理由について考えてみよう。大気中の二酸化炭素濃度が上昇すると、それに比例して海水に溶け込む二酸化炭素量が増加することが、 の法則から予想される。海水中に溶解した二酸化炭素は水分子と反応し、、、およびが生じる。このため、大気中の二酸化炭素濃度が増加すると、海水のpHはすることになる。図1に示すように、、、の濃度比はpHによって変化する。<sup>(4)</sup>このため、炭酸 の溶解が促進されてしまうのである。



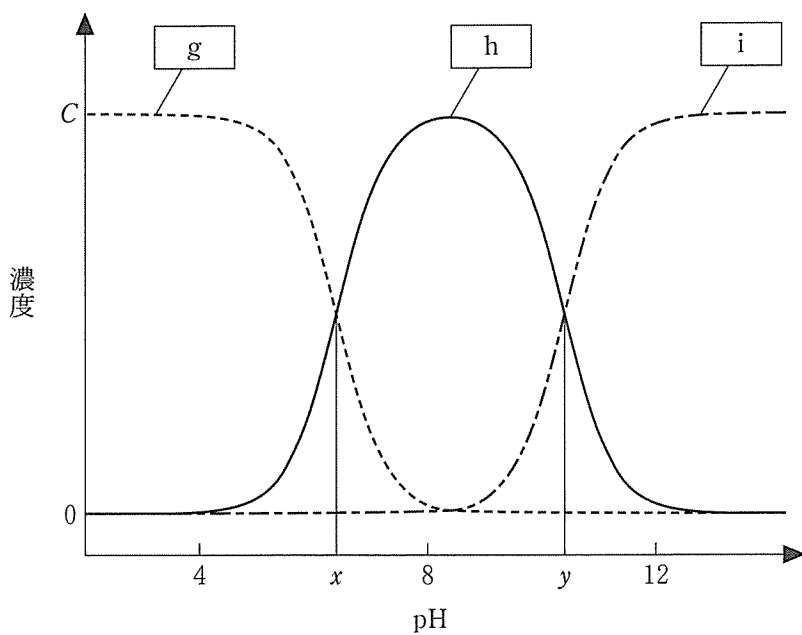


図 1

問 1 文中の空欄  ~  に入る最も適切な語と,  ~  に入る化学式またはイオン式を記せ。

問 2 下線部(1)について、表 1 は第 2 周期～第 6 周期までの 2 族元素の化合物の溶解度を比較したものである。ア～ウに入る語を以下の語群から選択して記せ。なお、表中の溶解度は一部の化合物の値のみを示し、未記載箇所には斜線を示した。また、表中の溶解度は 20℃ における値である。

語群： 硫酸塩 塩化物 水酸化物

表 1

元素	アの溶解度 (g/100 g 水)	イの溶解度 (g/100 g 水)	ウの溶解度 (g/100 g 水)
Be			$7.3 \times 10^1$
Mg	$3.4 \times 10^1$	$9.8 \times 10^{-4}$	$5.5 \times 10^1$
Ca		$1.6 \times 10^{-1}$	$7.5 \times 10^1$
Sr	$1.3 \times 10^{-2}$		
Ba	$2.4 \times 10^{-4}$	$3.9 \times 10^0$	

問 3 下線部(2)の反応を化学反応式で記せ。また、発生する気体 X の名称を記せ。

問 4 下線部(3)の反応について、以下の(1)~(3)に答えよ。

- (1) 下線部(3)の反応を化学反応式で記せ。
- (2) 気体 Y の捕集法として適した方法の名称を記せ。また、その捕集法を選択した理由を 1 行以内で簡潔に記せ。
- (3) 以下の化合物群から、気体 Y を乾燥させるための試薬として不適切なものを選択し記せ。

化合物群：

シリカゲル 水酸化カリウム 塩化カルシウム

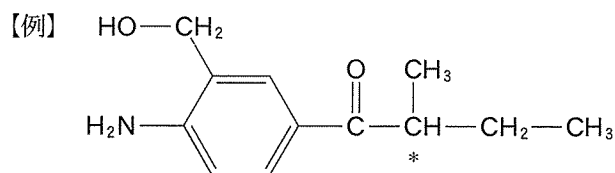
問 5 下線部(4)について、濃度  $C$  を以下のように定義する。

$$C = [ \boxed{g} ] + [ \boxed{h} ] + [ \boxed{i} ]$$

また、図 1 のように  $x$  と  $y$  を定義する。pH =  $z$  における [  $\boxed{i}$  ] を、 $x$ 、 $y$ 、 $z$ 、および  $C$  を用いた式で記せ。ただし、[ ] は濃度 (mol/L) を示す。

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4に答えよ。構造式は例にならって記すこと。



フェノールは、多くの有機化合物を合成する際に原料として広く用いられている。たとえば、フェノールから合成できる化合物として、解熱鎮痛剤として広く用いられている分子式  $C_8H_9NO_2$  のアミド結合を有する化合物 A と分子式  $C_9H_8O_4$  のエステル結合を有する化合物 B がある。化合物 A は、フェノールをニトロ化し、ベンゼンの二置換体である化合物 C, D を混合物として合成した後、この混合物の内、パラ位が置換された化合物 C のニトロ基をアミノ基へと還元することで化合物 E を合成し、化合物 E を分子式  $C_4H_6O_3$  の  と反応させ、アミノ基をアセチル化することで合成することができる。

一方、化合物 B は、フェノールから調製したナトリウムフェノキシドに、高温・高圧下で二酸化炭素を反応させた化合物に、酸を作用させて合成できる化合物 F と  に硫酸を加えて加熱することで合成できる。

フェノールは、工業的には  によって合成できるが、ベンゼンを濃硫酸と共に加熱して化合物 G を合成し、そのナトリウム塩をアルカリ融解したのち、酸を加えることによっても合成できる。また、塩化ベンゼンジアゾニウムから合成する手法もある。

問1 化合物 A～G の構造式を例にならって記せ。また、化合物 G の化合物名を記せ。

問2 空欄  に適する化合物名と  に適切な語を記せ。なお、 の手法は、ベンゼンとプロペンを用いる3工程の合成手法である。

問 3 化合物 A の構造異性体で、酸性および塩基性水溶液に溶け、不斉炭素原子を有するベンゼンの一置換体 X の構造を示せ。不斉炭素原子の上または下に \* を付けて記すこと。

問 4 下線部の塩化ベンゼンジアゾニウムからフェノールを合成する化学反応式を示せ。

B 次の文章を読み、以下の問1～問5に答えよ。各元素の原子量は下の値を用いよ。

原子量 H : 1.0 C : 12 O : 16

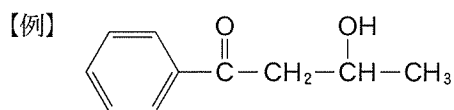
天然には糖類、タンパク質、核酸などの高分子が多く存在する。 $\alpha$ -グルコースを縮合重合させたかたちの **ア** にはアミロースとアミロペクチンがあり、**ア** に酵素を作用させると、二糖類 **イ** を経由してグルコースが得られる。 $\beta$ -グルコースを縮合重合させたかたちの **ウ** は、植物の細胞壁の主成分であり、分子間で **エ** が形成されるため、強い繊維状の物質になる。**ウ** のヒドロキシ基をアセチル化すると、海水の淡水化や人工腎臓の透析チューブに用いられている、物質の選択的透過が可能な **オ** 膜になる。一方、タンパク質を構成する  $\alpha$ -アミノ酸がペプチド結合をつくりながら縮合重合すると、中程度の分子量をもつオリゴペプチド<sup>(1)</sup> から、生命活動を支える重要なポリペプチドになる。

ゴム、繊維、プラスチックなどは、私たちの生活に欠かせない物質である。ゴムの木から採られる生ゴムは、**カ** が付加重合したかたちの 高分子 A からなり、<sup>(2)</sup> C=C 二重結合が **キ** 形をしている。高分子 A に含まれるメチル基をクロロ基に置き換えたかたちの高分子 B は耐熱性、難燃性を有する。触媒の存在下、高分子 B の C=C 二重結合に水素を付加させると、**ク** と **ケ** が交互に共重合したとみなせる高分子になる。合成高分子は、単量体の種類や混合割合、つながり方を変えることでさまざまな性質をもたせることが可能である。例えば、ブタジエンに少量の スチレン を加えて共重合させると、耐摩耗性に優れる高分子 C<sup>(3)</sup> が得られる。

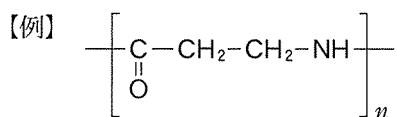
問 1 文中の空欄 **ア** ~ **ケ** に当てはまる適当な語を記せ。

問 2 **ア** にヨウ素ヨウ化カリウム水溶液を加えると濃青色や赤紫色を呈する。この反応溶液を加熱すると色が消える。**ア** の構造の観点から、色が消える理由を一行で記せ。

問 3 下線部(1)について、天然アミノ酸からなる分子式  $C_{15}H_{19}N_3O_6$  のオリゴペプチド X がある。X の水溶液は、ビウレット反応により赤紫色、キサントプロテイン反応により黄色を呈した。X のアミノ基末端を構成する  $\alpha$ -アミノ酸は不斉炭素原子をもたない。X のカルボキシ基末端を構成する  $\alpha$ -アミノ酸は、酸性アミノ酸である。X の構造式を以下の例にならって示せ。



問 4 下線部(2)の高分子 A の構造式を以下の例にならって示せ。



問 5 下線部(3)の高分子 C を完全燃焼させたところ、396 mg の二酸化炭素と 108 mg の水が生成した。高分子 C に含まれるスチレンの物質量の割合(%)を整数で求めよ。導出に至る過程も示せ。高分子の末端構造は無視して良い。