

2024 年度(令和 6 年度)

後 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 14 ページまで、「化学」が 15 ページから 25 ページまであります。解答用紙は、「物理」は 後 1 , 後 2 , 後 3 の 3 枚、「化学」は 後 4 , 後 5 , 後 6 , 後 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。
 - (ア) 生命・応用化学科、物理工学科、電気・機械工学科、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) 情報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 物体が、円弧と直線からなる経路を運動する様子を考える。図 1, 図 2 のように、半径 R [m] の 2 つの円弧経路が、長さ R の直線経路の両端になめらかに接続されている。物体は、図 1, 図 2 の紙面 (鉛直面) 内を運動するものとする。重力加速度の大きさを g [m/s²] とし、空気抵抗は無視できるものとして、以下の問 1, 問 2 に答えよ。

問 1 図 1 のように、円弧経路 AB の中心を O, CDE の中心を P とする。

$\angle AOB = \angle CPD = \angle DPE = \frac{\pi}{2}$ であり、直線経路 BC は水平に置かれている。大きさが無視できる質量 m [kg] の小物体が経路 ABCDE を運動する。小物体と直線経路 BC との間の動摩擦係数を μ とし、小物体と円弧経路 AB, CDE との間には摩擦がないとする。

まず、小物体が点 A から 静かに落下した。点 B と点 C を通過した後、 $\angle CPF = \theta_1$ [rad] ($0 \leq \theta_1 < \frac{\pi}{2}$) となる点 F で速度が 0 となった。

- (1) 直線経路 BC で小物体が摩擦により失う運動エネルギーを、 μ を用いて表せ。
- (2) $\cos \theta_1$ を求めよ。

その後、点 F から落下を始めた小物体は、点 C と点 B を通過し、円弧経路 AB の途中で速度が 0 となった。

- (3) 点 B を左向きに通過した瞬間の小物体の速さを求めよ。ただし、 θ_1 を用いてはならない。

その後、円弧経路 AB の途中から落下を始めた小物体は往復を繰り返し、点 B を左向きに n 回通過した。ただし、この回数 n には右向きの通過は含まれず、上問(3)で点 B を左向きに通過するときを 1 回目とする。

(4) 小物体が点 B を左向きに n 回以上通過するための動摩擦係数 μ の最大値を、 n を用いて表せ。

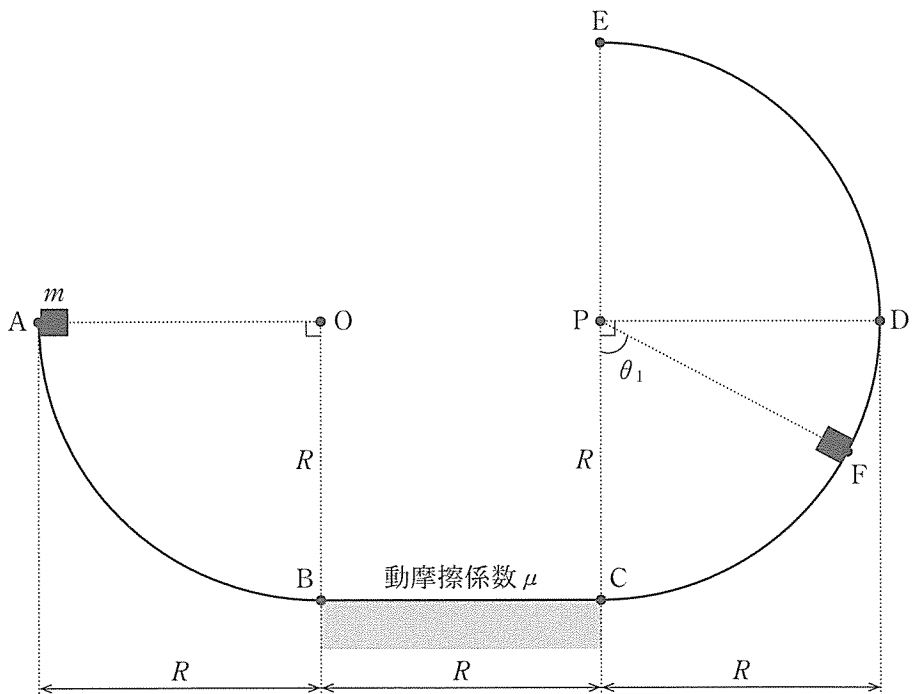


図 1

次に、点 A で小物体に鉛直下方向に初速度を与えた。図 2 のように小物体は点 D を通過した後も円弧経路に沿って運動したが、 $\angle EPG = \theta_2$ [rad] ($0 \leq \theta_2 < \frac{\pi}{2}$) となる点 G で円弧経路から離れて放物運動をした。

(5) 点 G で円弧経路から離れた瞬間の小物体の速さを求めよ。

放物運動により小物体が、直線 PE 上で点 G と同じ高さの点 H を通過した。

(6) このときの $\cos \theta_2$ の値を求めよ。

(7) 放物運動により小物体が到達した最高点の高さを、点 G の高さを基準として求めよ。ただし、 θ_2 を用いてはならない。

問 2 図 2 の経路 ABCDE から円弧経路 DE を取り除いた経路 ABCD を考える。

図 3 のように、直線経路 BC が水平になるように経路 ABCD が置かれている。大きさが無視できる質量 m [kg] の小物体が、高さを自由に変化させることのできる台車に固定されており、台車は経路 ABCD から離れることなく運動する。なお、台車は小物体の位置を保持するためのものであり、台車の幅と質量は無視できる。また、全ての経路と台車との間には摩擦がなく、台車は全ての経路に対して垂直に立つものとする。台車と小物体は点 A から静かに運動を始め、小物体は円弧経路 AB の中心 O との距離 d [m] ($d < R$) を半径とする円運動をし、直線経路 BC では直線運動をした。点 C を通過した後、 $\angle CPX = \phi$ [rad] ($0 \leq \phi < \frac{\pi}{2}$) となる点 X において、小物体と円弧経路 CD の中心 P との距離を d から f [m] ($0 < f < d$) にすばやく変化させた。この過程で、小物体の移動に用いられた力の向きは、小物体と円弧経路 CD の中心 P とを結ぶ直線方向であり、この場合、点 P と小物体を結ぶ線分が単位時間に描く面積(面積速度)が、高さを変化させる直前と直後で等しいことが知られている。したがって、小物体の高さを変化させる直前と直後の速度をそれぞれ v_ϕ 、 v'_ϕ [m/s] とすると、 $\frac{1}{2} dv_\phi = \frac{1}{2} f v'_\phi$ が成り立つ。小物体が円弧経路 CD の中心 P との距離 f を半径とする円運動をした後、小物体と台車は点 D から鉛直上方向になめらかに飛び出した。解答に v_ϕ と v'_ϕ を用いてはならない。

- (8) 小物体の高さを変化させる直前の運動エネルギーを求めよ。
- (9) 点 D から小物体と台車が飛び出して到達する最高点の高さ h [m] を求めよ。ただし、点 D の高さを基準とする。
- (10) 高さ h を最も大きくするような $\cos \phi$ を求めよ。

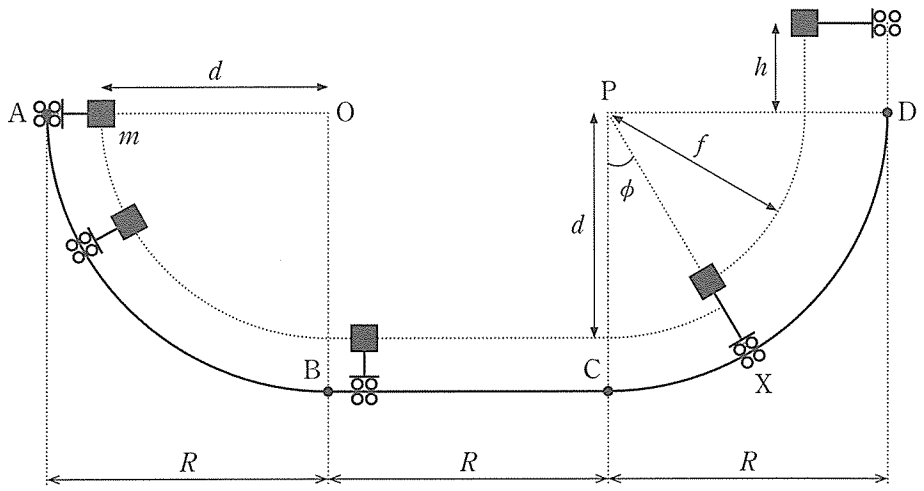


图 3

II 電気と磁気に関する以下の問1, 問2に答えよ。真空の誘電率を ϵ_0 [F/m] とする。解答には指定された記号以外を用いてはならない。

問1 一辺が w [m] の2枚の正方形の金属極板を平行に向かい合わせた平行板コンデンサーと電圧 V [V] の直流電源と抵抗, およびスイッチが直列につながれた図1のような回路を考える。ただし, コンデンサーは真空中に置かれており, 極板の間に生じる電場は一様で端部の影響は無視できるものとする。またコンデンサーは極板の間隔を変えることで電気容量を変えることができる。はじめに極板の間隔を d [m] にしてスイッチを閉じ, 十分に時間が経過した後にスイッチを開いた。

- (1) 極板の間隔が d のときのコンデンサーの電気容量 C [F] を, ϵ_0 , w , d を用いて表せ。
- (2) コンデンサーに蓄えられている静電エネルギーを, C , V を用いて表せ。
- (3) この状態から極板の間隔を $d + \Delta d$ ($0 < \Delta d \ll d$) までわずかに変化させたときの, コンデンサーに蓄えられる静電エネルギーの変化量を, C , V , d , Δd を用いて表せ。
- (4) 極板の間隔を d から $d + \Delta d$ まで変化させる間に外力がした仕事を考えて, 極板の間隔が d のとき極板にはたらく静電気力の大きさを, C , V , d を用いて表せ。

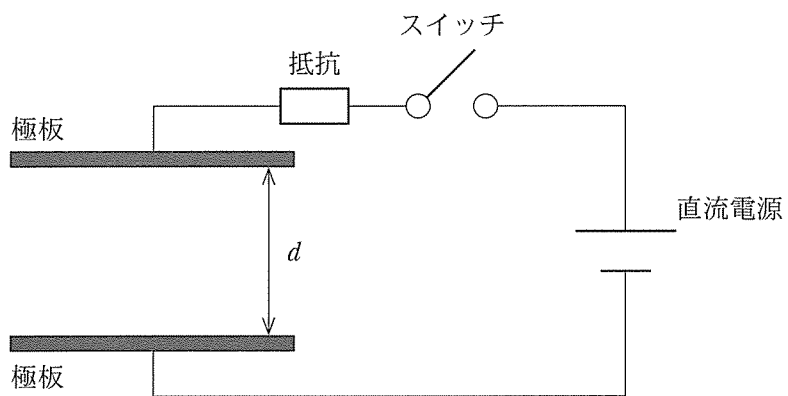


図 1

問 2 問 1 の平行板コンデンサーに対して、図 2 のように点 O を原点とする直交座標系 (x, y, z) を設定した。 z 軸は紙面に垂直であり、裏から表の向きを正とする。コンデンサーの極板は xz 平面に平行で、その一辺の位置が $a \leq x \leq a + w$ [m] となるように設置されている。このコンデンサーによって、2 枚の極板に挟まれた領域 $(a \leq x \leq a + w)$ には一様な電場 E [V/m] が生じており、それ以外では電場は 0 とみなせる。また、 $x \leq a$ の領域に一様な磁束密度 B_1 [T] の磁場が $+z$ の向きに加えられている。ここで、原点 O から質量 m [kg] で正の電荷 q [C] を持つ荷電粒子を xy 平面内で x 軸に対して角度 θ [rad] ($0 < \theta < \frac{\pi}{2}$) の向きに速さ u [m/s] で打ち出すと、荷電粒子は磁場からのローレンツ力を受けて一定の速さ u で半径 r [m] の円弧を描き、 x 軸に対して平行に極板間に入った。

- (5) ローレンツ力を受ける荷電粒子の速さが変化しない理由を 2 行程度で説明せよ。
- (6) 原点 O からコンデンサーの左端までの距離 a を、荷電粒子が描く円弧の半径 r 、角度 θ を用いて表せ。
- (7) 原点 O から打ち出したときの荷電粒子の速さ u を、 m 、 q 、 B_1 、 r を用いて表せ。
- (8) 極板間に入った荷電粒子は極板に衝突することなく $x = a + w$ を通過した。この間の荷電粒子の、 y 軸方向の変位の大きさ h を、 m 、 q 、 w 、 E 、 u を用いて表せ。
- (9) 荷電粒子の比電荷 $\frac{q}{m}$ を、 w 、 B_1 、 E 、 r 、 h を用いて表せ。

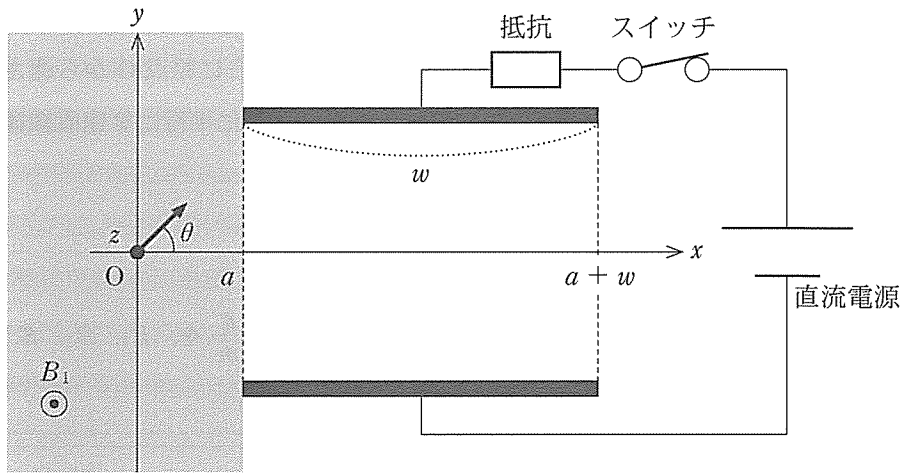


図 2

図2の状態から図3のように $a \leq x \leq a + w$ の範囲に一樣な磁束密度 B_2 [T] の磁場を $-z$ の向きに加えた。上と同じように原点 O から速さ u で打ち出された荷電粒子は、極板間に入ったのちに x 軸に平行に等速直線運動をして $x = a + w$ を通過した。

- (10) 荷電粒子の速さ u を、 B_2 、 E を用いて表せ。
- (11) 上問(7)と(10)の結果より、荷電粒子の比電荷 $\frac{q}{m}$ を、 B_1 、 B_2 、 E 、 r を用いて表せ。

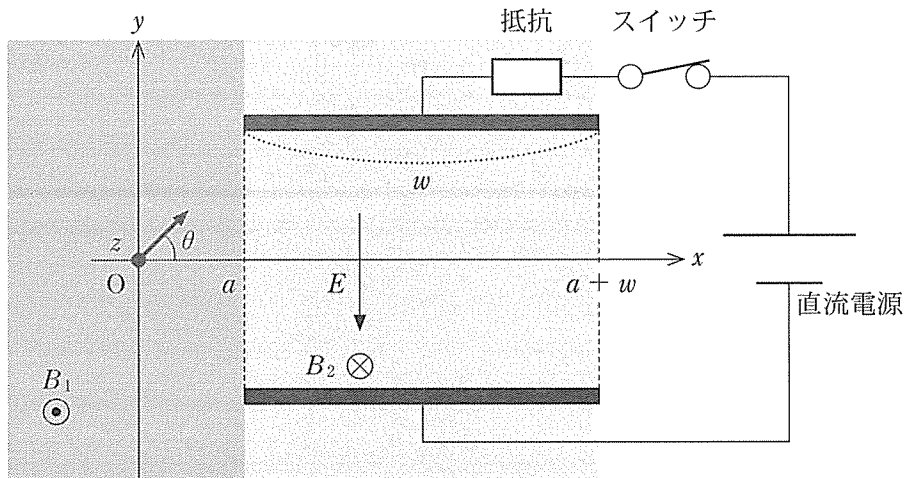


図3

Ⅲ 気体定数を R として、定積モル比熱 $\frac{3}{2}R$ 、定圧モル比熱 $\frac{5}{2}R$ の単原子分子の理想気体を用いた熱サイクルを考える。以下のすべての設問では、指示された記号のみを用いて解答すること。

問 1 状態 A から状態 B、次に状態 C を経て状態 A に戻るサイクル ABCA を考える。状態 A (体積 V_0 [m³]、圧力 p_0 [Pa]) から状態 B (V_0 、 $(1 + \alpha)p_0$) は定積変化、状態 B から状態 C は等温変化、状態 C から状態 A は定圧変化とする。ただし、 α は正の任意定数とする。

- (1) 状態 C の体積 V_C [m³] を V_0 、 α を用いて表せ。
- (2) 定積変化 AB の過程で気体に加わる熱量 Q_{AB} [J] を V_0 、 p_0 、 α を用いて表せ。
- (3) サイクル ABCA における気体の状態変化を解答欄の状態 A から状態 B の変化にならって p - V グラフ上に描き、サイクルの向きを表す矢印を加えよ。次に、この p - V グラフ上で等温変化 BC の過程で気体に加わる熱量 Q_{BC} [J] の大きさがその面積に相当する部分を斜線で図示せよ。

問 2 状態 A から状態 B, 次に状態 D を経て状態 A に戻るサイクル ABDA を考える。状態 A (体積 V_0 [m³], 圧力 p_0 [Pa]) から状態 B ($V_0, (1 + \alpha)p_0$) は定積変化, 状態 B から状態 D ($(1 + \beta)V_0, p_0$) は断熱変化, 状態 D から状態 A は定圧変化とする。ここで, α は正の任意定数, β はポアソンの法則に従って α により決まる正の定数である。ただし, 解答にあたっては β を α を用いて表す必要はない。

- (4) 断熱変化 BD の過程で気体が外部にする仕事 W_{BD} [J] を V_0, p_0, α, β を用いて表せ。
- (5) サイクル ABDA の熱効率 e_1 を α, β を用いて表せ。

さらに, 図 1 に示すように状態 B から状態 D の変化が p - V グラフ上で直線となるサイクルを考える。このとき, 状態 B と状態 D の間に状態 E ($(1 + \gamma)V_0, (1 + \alpha - \frac{\alpha\gamma}{\beta})p_0$) があるものとする。ただし, γ は $0 \leq \gamma \leq \beta$ を満足する任意定数とする。

- (6) 気体が状態 B から状態 E に変化する過程で外部にする仕事 W_{BE} [J] を求め, $V_0, p_0, \alpha, \beta, \gamma$ を用いて表せ。
- (7) 状態 B から状態 E への変化で気体に加わる熱量 Q_{BE} [J] は, 熱力学第一法則により上問(6)の W_{BE} に気体の内部エネルギーの増加量を加えたものと等しい。 Q_{BE} は $0 < \alpha, 0 \leq \gamma \leq \beta$ を満たす任意の α, γ に対して以下の式で表される。この式の空欄(a)から(d)に入る適切な数値を解答せよ。

$$Q_{BE} = \left[\boxed{\text{(a)}} \gamma + \boxed{\text{(b)}} \alpha\gamma + \boxed{\text{(c)}} \frac{\alpha\gamma}{\beta} + \boxed{\text{(d)}} \frac{\alpha\gamma^2}{\beta} \right] p_0 V_0$$

- (8) 上問(7)で求めた Q_{BE} について、下記の説明の空欄 ア ~ ウ に当てはまる適当な語句を括弧の中から選択し解答せよ。

図1に示す状態Bから状態Dへの変化で、状態F $((1 + \gamma_F)V_0, (1 + \alpha - \frac{\alpha\gamma_F}{\beta})p_0)$ までは気体は常に加熱され、その後は常に放熱される。ただし、 γ_F は $0 < \gamma_F < \beta$ を満足し、その値は α により決まる。このとき、 Q_{BE} を、 γ の関数として考えると、どのような特徴をもつか考察してみる。 Q_{BE} は最初に、気体の膨張すなわち γ の増大とともに単調に ア (増大, 減少)し、状態Fを過ぎると単調に イ (増大, 減少)する。従って、 Q_{BE} は $\gamma = \gamma_F$ で ウ (極大値, 極小値)をとることになる。

- (9) 上問(8)の γ_F を α, β を用いて表せ。

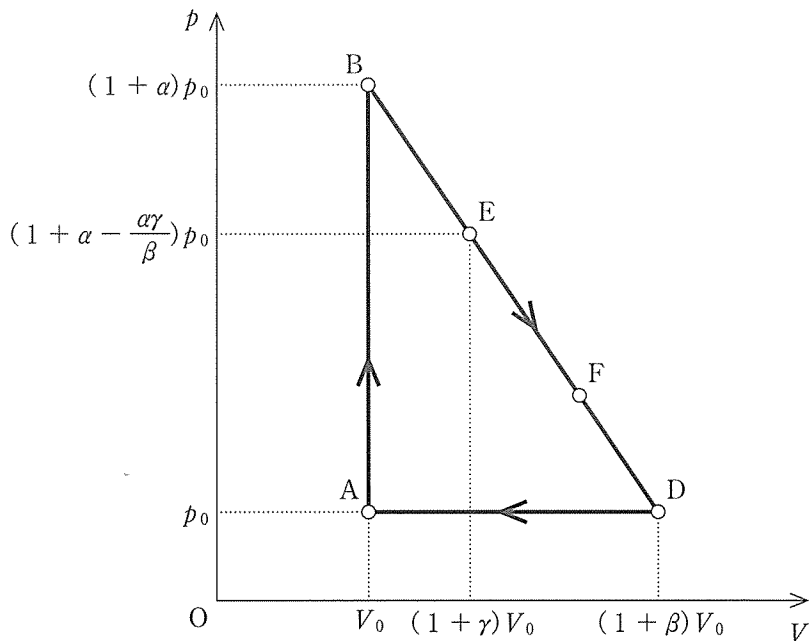


図1

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 3 に答えよ。問 2, 問 3 は解答に至る導出過程も記すこと。必要であれば、以下の値を用いよ。

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

$$\text{大気圧 } 1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$$

ある温度において液体を密閉容器に入れると、その液体の一部は、容器内の空間に気体分子となって飛び出す。これを **ア** という。**ア** した分子の中には、液面に衝突したときに **イ** して液体に戻るものもある。時間が経過すると、一定の時間内に **ア** して液体から気体になる分子の数と、**イ** して気体から液体になる分子の数が等しくなる。このとき、**ア** や **イ** が実際は起こっているにもかかわらず、見かけ上は変化していないように見える。この状態のことを気液 **ウ** という。気液 **ウ** において、その蒸気が示す圧力を飽和蒸気圧または単に蒸気圧という。

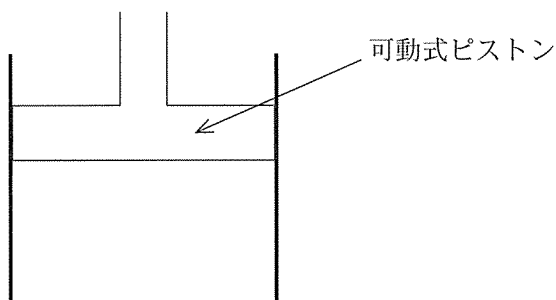
圧力 P_0 (Pa)のもと、ふたのない容器中で液体を加熱していく。このとき、初めは液体の表面付近のみで **ア** が起こるが、加熱していくにつれて蒸気圧が高くなり、ついには P_0 (Pa)と等しくなる。すると液体の内部からも **ア** が起こり、気泡が発生する。このような現象が起こるときの温度を **エ** という。**エ** の差を利用して、液体の混合物を適切な温度範囲に区切って **オ** し、成分ごとに分離する操作のことを分別 **オ** という。一般に **オ** とは、2 種類以上の物質を含む液体を加熱し、発生した蒸気を冷却して再び液体とすることで、より **ア** しやすい成分を、より **ア** しにくい成分から分離する操作のことである。分別 **オ** は、液体空気からの酸素の分離や、原油からのガソリンや灯油の分離など、工業分野で幅広く利用されている。

問 1 文中の空欄 ~ に当てはまる適切な語を記せ。

問 2 水素や酸素のように水に溶けにくい気体の捕集には、水上置換法が用いられる。ここでは、大気圧下において実験室内の温度を $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ に保ち、ある反応によって発生した水素を水上置換法によってメスシリンダーの中に捕集することを考える。ただし、捕集した気体には、水素のほかに飽和した水蒸気も含まれている。まず、気体を捕集した後、この気体の体積を正確に測るためにメスシリンダーの軸を水面に対し垂直な方向に合わせて、さらに水槽の水面の高さとメスシリンダーの水面の高さを一致させた。そしてメスシリンダー内部に存在する気体の体積を測ったところ、 300 mL であった。 $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ における水の蒸気圧を $3.5 \times 10^3\text{ Pa}$ として、以下の(1)、(2)に答えよ。ただし、気体はすべて理想気体としてふるまい、水素分子の水への溶解は無視できるものとする。解答に至る導出過程も記すこと。

- (1) 捕集した水素の分圧(Pa)を求め、3桁目を四捨五入して有効数字2桁で記せ。
- (2) 捕集した水素の物質量(mol)を求め、3桁目を四捨五入して有効数字2桁で記せ。

問 3 次の図に示す可動式のピストンを備えた密閉容器の中に、窒素や水を入れたときの状態変化を考える。以下の(1)~(3)に答えよ。ただし気体はすべて理想気体としてふるまい、容器内に液体として存在する水の体積、窒素分子の水への溶解、ピストンの重さ、ピストンや容器の熱による変形、ピストンと容器の間の摩擦による抵抗は無視できるものとする。解答に至る導出過程も記すこと。



可動式ピストンを備えた密閉容器

- (1) この容器の中に 0.060 mol の窒素を入れ、ピストンが自由に移動できる状態で容器全体の温度を 30°C に保ち、容器内の圧力が大気圧と釣り合ってピストンの動きが止まるまで放置した。このときの容器内の気体の体積(L)を求め、3桁目を四捨五入して有効数字2桁で記せ。
- (2) この容器の中に 0.060 mol の窒素と 0.050 mol の水を入れ、ピストンが自由に移動できる状態で容器全体の温度を 30°C に保ち、容器内の圧力が大気圧と釣り合ってピストンの動きが止まるまで放置した。そのとき、容器の中には液体の水と水蒸気が存在していることが確認された。容器内の窒素の分圧(Pa)と容器内の気体の体積(L)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 30°C における水の蒸気圧を $4.3 \times 10^3 \text{ Pa}$ とする。
- (3) (2)において、ピストンの動きが止まった時点でピストンの位置を固定し、容器全体の温度を 60°C にした。 60°C における水の蒸気圧を $2.0 \times 10^4 \text{ Pa}$ として、容器内の気体が示す圧力(Pa)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8に答えよ。なお、問6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。

ファラデー定数 $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$

周期表の1族のうち、水素を除いた元素は 金属と呼ばれる。その中でナトリウムは人体の必須元素であり、成人では体内に約100g含まれている。ナトリウムの化合物は料理にも使われており、ベーキングパウダー(ふくらし粉)は身近な存在である。ベーキングパウダーの主成分は ^(a) であり、胃腸薬に含まれることもあ _(b) る。

ナトリウムの化合物は工業的にも重要なものも多く、水酸化ナトリウムは広く使用されている。水酸化ナトリウムは日本において1960年代までは、主に と水酸化カルシウムとの反応により製造されていたが、その後は ^(c) 水溶液の電気分解による方法が主流となっている。 電気分解においては、古くは水銀法(アマルガム法)が用いられていたが、1986年には姿を消し、その後用いられた隔膜法も2000年以降は使われなくなった。現在では、イオン交換膜法が使われており、そこでは イオン交換膜が用いられる。

ナトリウム化合物の は工業的には、 , アンモニアおよび二酸化炭素を用いた 法により製造されている。 はガラスの原料として広く使用されている。

問1 文中の空欄 ～ に当てはまる適切な語を記せ。

問2 第5周期までの 金属元素を、密度の低い順に並べ、元素記号で記せ。

問3 下線部(a)を用いた場合、加熱によりパンや焼き菓子が膨らむ理由を、化学反応式を用いて2行以内で記せ。

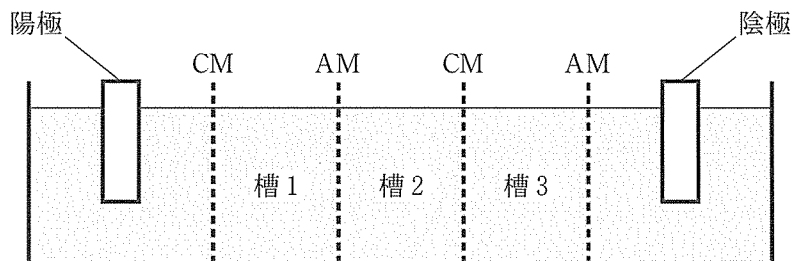
問 4 下線部(b)の胃腸薬に含まれる化合物 と胃酸(塩酸)との反応の化学反応式を記せ。

問 5 下線部(c)に関して、電気分解による水酸化ナトリウムの製造において、電極に白金板を用いた場合の、陽極および陰極での主に起こる反応について、電子を含むイオン反応式で記せ。

問 6 イオン交換膜で仕切られた電解槽の陽極側には の水溶液 400 L を、陰極側には希水酸化ナトリウム水溶液 400 L を入れて、温度を 25 °C に保ちながら問 5 の電気分解を行った。陰極側の pH は、電解開始前は 9.0 であったが、電解終了後には 12.0 になっていた。この反応で、流れた電気量(C)を求め、3桁目を四捨五入して有効数字 2 桁で記せ。解答に至る導出過程も記すこと。なお、反応による溶液の体積変化は無視できるものとし、電解効率は 100 % とする。

問 7 の水溶液をイオン交換膜を用いずに電気分解した。イオン交換膜を用いた場合に比べると、一方の電極で発生する気体の量がかなり減少していた。気体の発生量が減少する理由について、化学反応式を用いて 2 行以内で記せ。

問 8 2 枚の陽イオン交換膜(CM)と 2 枚の陰イオン交換膜(AM)で仕切られた槽に の水溶液を入れ、電圧をかけてイオンの電気泳動を行った。図中の槽 1 ~ 槽 3 のうち の濃度が電気泳動前よりも増加している槽の記号(1 ~ 3)を記せ。複数ある場合は、全て記すこと。ただし、電気泳動中の水の蒸発は無視できるものとする。



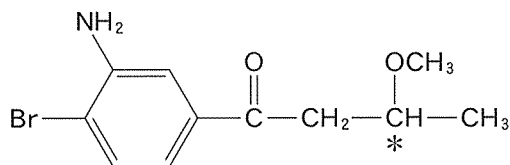
Ⅲ A, B共に全員が解答すること。

A 次の文章を読み、以下の問1～問4に答えよ。構造式は例にならって記すこと。

必要であれば、原子量は下の値を用いよ。

原子量 H : 1.0 C : 12 O : 16 Br : 80

[例]



炭素、水素、酸素からなるエステルAの分子量は130であり、元素の構成比率(質量%)は、炭素が64.6%、水素が10.8%であった。Aを加水分解したところ、酸性の化合物Bと中性の化合物Cが得られた。Bは銀鏡反応を示し、Cはヨードホルム反応を示した。Cを脱水したところ、1種類のアルケンDのみが得られた。

分子式C₈H₁₆O₂のエステルEを加水分解したところ、酸性の化合物Fと中性の化合物Gが得られた。Gは不斉炭素原子をもつ第一級アルコールであった。Gを脱水したところ、1種類のアルケンHのみが得られた。Hに臭素を付加させたところ、アルケンHの約3.3倍の分子量をもつ生成物Iが得られた。

Eの構造異性体であるエステルJを加水分解したところ、酸性の化合物Kと中性の化合物Lが得られた。Kの組成式はCH₂Oであった。LはCの構造異性体であり、分子内に2つの不斉炭素原子をもっていた。

問 1 化合物 A, E, J の構造式を記せ。不斉炭素原子の上または下に*をつけて記すこと。

問 2 化合物 C, D, G, H, I, L の構造式を記せ。不斉炭素原子の上または下に*をつけて記すこと。

問 3 化合物 B に濃硫酸を加えて加熱すると気体 M が生じた。この反応は実験室における M の発生法として利用されている。この反応の化学反応式を記せ。

問 4 化合物 K に関する次の文章を読み、空欄 [a] ~ [e] に当てはまる適切な化合物名を記せ。

コークスと酸化カルシウムを加熱することで得られる [a] に水を反応させるとアセチレンが生成する。触媒を用いてアセチレンに水を付加させると、不安定な生成物として [b] が生成し、[b] は速やかに [c] に変化する。[c] を酸化すると K が生成する。2分子の K を脱水縮合すると [d] が得られる。[d] をエタノールと反応させると、K と [e] が生成する。

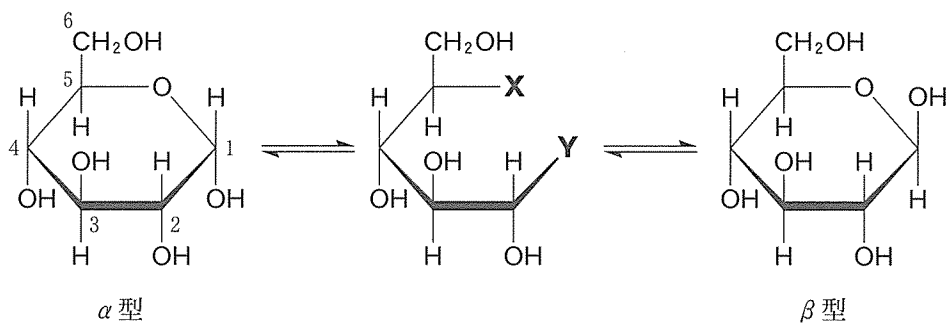
B 次の文章を読み、以下の問1～問5に答えよ。問5は解答に至る導出過程も記すこと。

天然高分子化合物である多糖の基本単位は単糖であり、炭素数6の 、炭素数5のペントースなどがある。単糖の1つであるグルコースは、分子中に多くのヒドロキシ基をもち、水分子と 結合して水和する。結晶中のグルコースは六員環構造であるが、水に溶かすと、3種類の異性体が平衡状態で存在する。グルコースの構造異性体であるフルクトースも、水溶液中で環状構造と鎖状構造の平衡状態で存在する。グルコースが酵母に含まれる酵素である の働きによって と二酸化炭素に変換されることを利用し、再生可能なエネルギーであるバイオ が生産される。多数の α -グルコースが 結合してできたデンプンに を作用させると、二糖の1つであるマルトースに加水分解される。一方、多数の β -グルコースが 結合してできたセルロースにセルラーゼを作用させると、 に加水分解される。ヒトはセルロースを消化できないが、食物繊維として腸内環境の改善に役立つことが知られている。

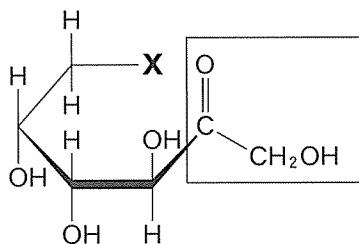
タンパク質は、約20種類のアミノ酸がDNAに書き込まれた遺伝情報に基づいてペプチド結合した天然高分子化合物で、筋肉や臓器などの構成成分になっている。タンパク質は何種類ものアミノ酸から構成されるため、グリシン、アラニン、フェニルアラニン各1分子から得られる鎖状のトリペプチドに限っても、 通りの構造が考えられる。アミノ酸の一部はヒトの体内で合成されず、食物から摂取する必要があり、 アミノ酸と呼ばれる。

問 1 文中の空欄 ア ~ ケ に当てはまる最も適切な語を記せ。ただし、アミノ酸はL型のみを考えることとする。

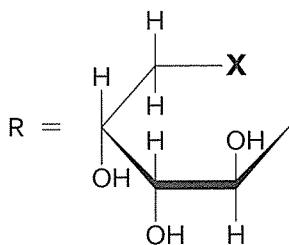
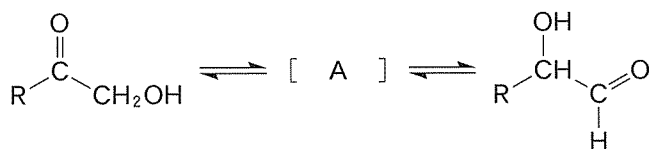
問 2 下線部①は、グルコースの1位の炭素が加水分解をうけて鎖状構造に異性化することに起因する。次の構造式中の官能基 **X** および **Y** の構造を記せ。



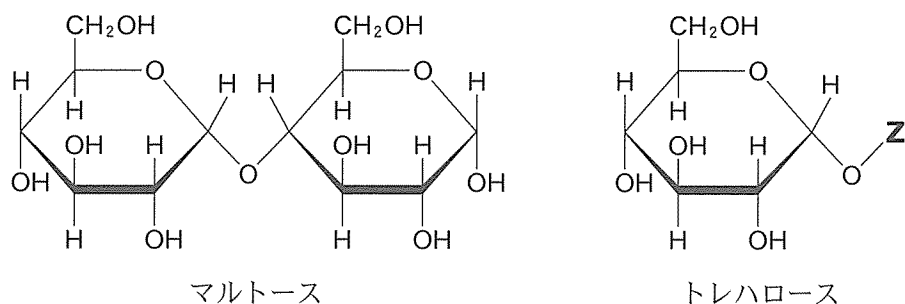
問 3 下線部②について、鎖状構造が以下に示されている。官能基 **X** は、問 2 で示された官能基 **X** と同じである。



フルクトースをフェーリング液と加熱すると、グルコースと同様に、酸化銅(I) Cu_2O の赤色沈殿が生じる。これは、鎖状構造に含まれる四角で囲んだ部分が次式のように異性化を起こすためである。[A] に当てはまる構造式を記せ。



問 4 下線部③について、マルトースは2つの α -グルコースが脱水縮合しており、その水溶液は還元性を示す。一方、マルトースの構造異性体であり、2つの α -グルコースが脱水縮合したトレハロースの水溶液は還元性を示さない。次のマルトースの例にならって、トレハロースの構造のZに当てはまる構造式を記せ。



問 5 あるポリペプチドは、アラニンとリシン(分子量 146)が等しい物質で構成されている。このポリペプチド 1.99 g に含まれるペプチド結合に関与しないアミノ基を全てアセチル化した。得られた生成物の質量(g)を求め、3桁目を四捨五入して有効数字 2 桁で記せ。解答に至る導出過程も記すこと。アセチル化においてペプチド結合の分解は起こらず、末端の影響は無視できるものとする。また、必要であれば、原子量は下の値を用いよ。

原子量 H : 1.0 C : 12 N : 14 O : 16