

'22

前期日程

理 科

(医学部医学科)

注 意 事 項

問題(①~⑦)の全てに解答してください。

1. 試験開始の合図があるまで、問題冊子を開いてはいけません。
2. 問題冊子は1冊(38頁)、解答用紙は7枚、下書用紙は3枚です。落丁、乱丁、印刷不鮮明の箇所等があった場合には申し出てください。
3. 氏名と受験番号は解答用紙の所定の欄に記入してください。
4. 解答は指定の解答用紙に記入してください。
5. 解答用紙は持ち帰ってはいけません。
6. 問題冊子と下書用紙は持ち帰ってください。

4～7の問題を解くにあたって、必要ならば次の値を用いよ。

| | | | | |
|-----|------------|-----------|-----------|-----------|
| 原子量 | Ag = 107.9 | Al = 27.0 | Br = 79.9 | C = 12.0 |
| | Cl = 35.5 | Cr = 52.0 | Cu = 63.5 | Fe = 55.8 |
| | H = 1.0 | I = 126.9 | K = 39.1 | Mn = 54.9 |
| | N = 14.0 | Na = 23.0 | O = 16.0 | P = 31.0 |
| | Pt = 195.1 | S = 32.1 | | |

理想気体のモル体積 22.4 L/mol (0℃, 1.01×10^5 Pa)

気体定数 8.31×10^3 Pa·L/(K·mol)

アボガドロ定数 6.02×10^{23} /mol

ファラデー定数 9.65×10^4 C/mol

1

【I】 図1のように，軽くて伸びない糸の一方の端に質量 m の小物体を取り付け，もう一方の端を鉛直線上で糸がたるまないように上下させ，小物体を鉛直線上で運動させる。鉛直上向きを，速度，加速度，力の正の向きとする。以下では，重力加速度の大きさを g とし，空気抵抗は無視する。

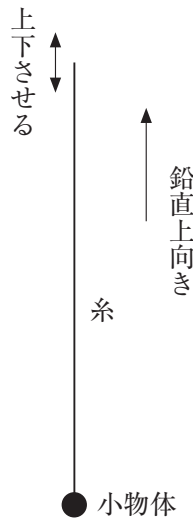


図1

小物体の速度 v と時刻 t の関係を図2に示す。 $0 \leq t \leq t_1$, $t_2 \leq t \leq t_3$ では，グラフは，それぞれ異なる傾きをもつ傾き一定の直線となっている。 $t_1 \leq t \leq t_2$ では，速度は正の一定値 v_1 となっていて， $t_3 \leq t \leq t_4$ では，速度は負の一定値 $-v_1$ となっている。図2中の時刻 t_A , t_B , t_C は，それぞれ， $t_A = \frac{t_1}{2}$, $t_B = \frac{t_1 + t_2}{2}$, $t_C = \frac{t_2 + t_3}{2}$ である。また， t_C では速度の大きさが0となっている。

以下の問(1)~(4)に v_1 , t_1 , t_2 , t_3 , t_4 , g , m のうち必要なものを用いて答えよ。

- (1) 時刻 t_A における，糸が小物体を引く力を求めよ。
- (2) 時刻 t_B における，糸が小物体を引く力を求めよ。
- (3) 時刻 t_C における，糸が小物体を引く力を求めよ。
- (4) $t = t_1$ から $t = t_3$ の間に，糸が小物体を引く力が小物体にした仕事と，重力が小物体にした仕事の和を求めよ。

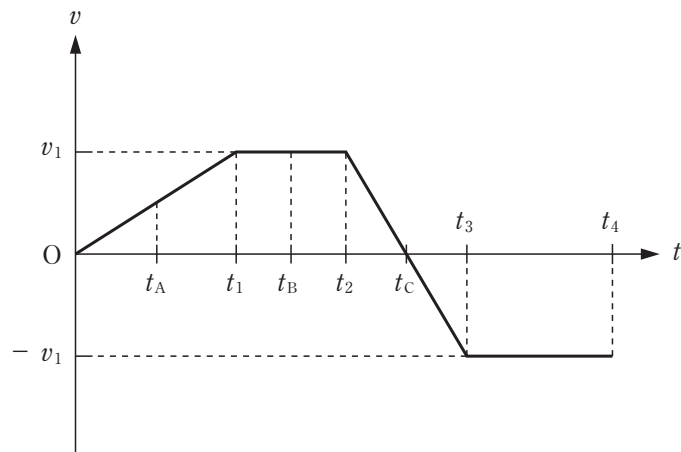


図2

図3は， $t = 0$ における小物体の高さを0とした，小物体の高さ h と時刻 t の関係を示したグラフである。ここで，小物体の高さの最大値を h_M ， $t = t_4$ における小物体の高さを h_4 とする。

以下の問(5)，(6)に v_1 ， t_1 ， t_2 ， t_3 ， t_4 ， g ， m のうち必要なものを用いて答えよ。

- (5) 小物体の高さが h_M であるときの、小物体の加速度を求めよ。
(6) h_M と h_4 の差, $h_M - h_4$ を求めよ。

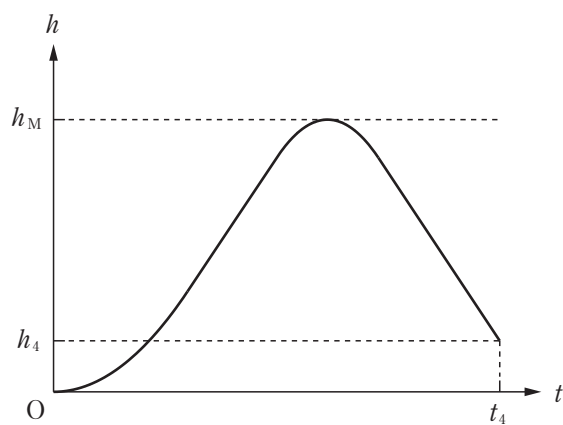


図 3

【II】 図4のように、長さ L の軽くて伸びない糸の一方の端を質量 m の小物体に取り付け、もう一方の端を空間に固定された点 O に取り付ける。小物体を、鉛直面内において、点 O を中心とする半径 L の円周上で運動させる。点 P は点 O から鉛直下方に L だけ離れた点である。鉛直面内水平方向に、点 O を原点に選んだ x 軸をとる。

時刻 $t = 0$ において、小物体は点 P を大きさ v_2 の速度で x 軸の正の向きに通過した。その後、小物体は点 Q を通過して点 R に達した。点 R に達したときの小物体の速度の大きさは 0 であった。ここで、 $\angle POQ = \theta$ 、 $\angle POR = \theta_M$ とする。ただし、 $0 < \theta < \theta_M < \frac{\pi}{2}$ である。以下では、重力加速度の大きさを g とし、空気抵抗は無視する。

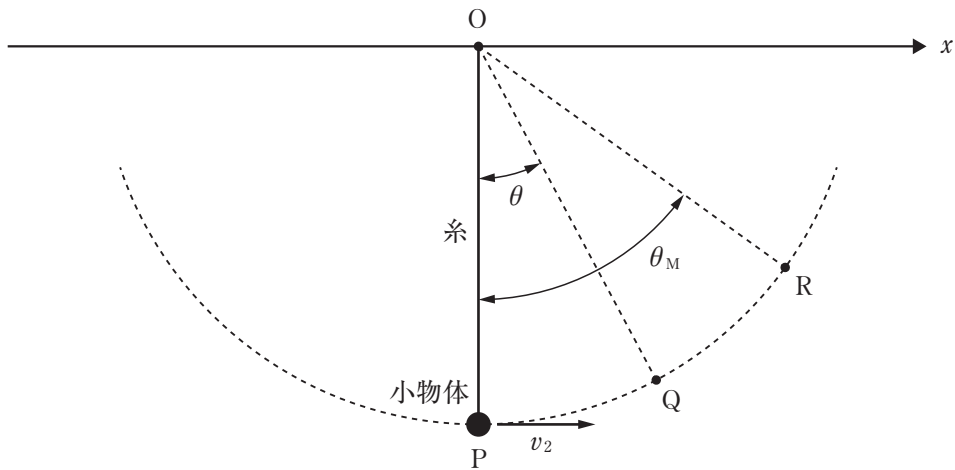


図4

- (7) 小物体が点 P にあるときの、糸が小物体を引く力の大きさを T_P とする。このときの小物体の鉛直方向の加速度の大きさを、 m, g, T_P のうち必要なものを用いて表せ。
- (8) 小物体が点 P にあるときの、糸が小物体を引く力の大きさ T_P を、 L, m, g, v_2 のうち必要なものを用いて表せ。
- (9) 小物体が点 Q にあるときの、小物体の運動エネルギーを、 L, m, g, v_2, θ のうち必要なものを用いて表せ。
- (10) 小物体が点 Q にあるときの、糸が小物体を引く力の大きさを、 L, m, g, v_2, θ のうち必要なものを用いて表せ。
- (11) 小物体が点 P から点 R に移動する間に、糸が小物体を引く力が小物体にした仕事 W_T と、重力が小物体にした仕事 W_G を、 L, m, g, θ_M のうち必要なものを用いてそれぞれ表せ。
- (12) 小物体が点 P から点 R に移動する間に、糸が小物体を引く力が小物体に与えた力積の x 成分 I_T と、重力が小物体に与えた力積の x 成分 I_G を、 L, m, g, v_2, θ_M のうち必要なものを用いてそれぞれ表せ。

2

【I】 真空中に平行に置かれた2枚の平らな極板間における，電気量 Q [C]，質量 m [kg] の荷電粒子の運動を考える。図1のように，水平面上に x 軸を，鉛直方向に y 軸をとる。 y 軸正の向きは鉛直上向きであり，荷電粒子には，重力加速度の大きさが g [m/s²] で， y 軸負の向きの重力がはたらく。面積の等しい2枚の極板を $y = \pm d$ [m] の位置に水平に固定し， $y = d$ の極板を端子電圧 V [V] の直流電源の正極に， $y = -d$ の極板を負極に，それぞれ接続する。極板の面積は十分大きく，荷電粒子の電荷が極板の電荷に及ぼす影響は十分小さいため，荷電粒子が極板間を運動している間，荷電粒子は一様な電場中を運動しているとしてよい。また，極板間にある座標原点 O は，極板の端から十分に離れた位置にある。

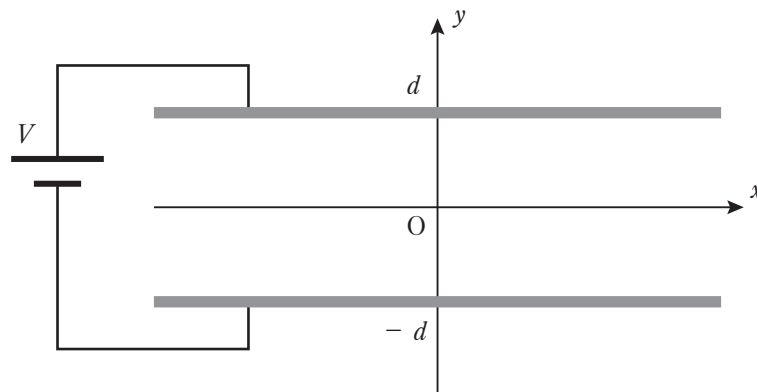


図1

原点 O で，荷電粒子を，初速度の大きさ 0 で静かにはなすと，荷電粒子は y 軸上を正の向きに進み， $y = d$ にある極板と衝突した。

- (1) 2枚の極板の電荷が，極板間につくる電場の大きさを求めよ。
- (2) 荷電粒子の電気量 Q の符号として正しいものを，以下の選択肢①，②から選び，記号で答えよ。

① 正 ② 負

- (3) 荷電粒子が原点 O をはなれてから極板に到達するまでの間に、荷電粒子が電場からうける力が、荷電粒子にする仕事を求めよ。
- (4) 荷電粒子が原点 O をはなれてから極板に到達するまでの間に、重力が荷電粒子にする仕事を求めよ。
- (5) 荷電粒子が極板に衝突する直前の、荷電粒子の速度の大きさを求めよ。
- (6) 荷電粒子が原点 O をはなれてから極板に到達するまでの時間を求めよ。

次に、極板と直流電源を図 1 と同じ状態で接続したまま、空間全体に、紙面に垂直な方向の一様な磁場をかける。この状態で、原点 O から、荷電粒子を、 x 軸正の向きに、初速度の大きさ v_0 [m/s] で射出したところ、荷電粒子は x 軸上を直進した。

- (7) 一様な磁場の向きとして正しいものを、以下の選択肢③、④から選び、記号で答えよ。
 - ③ 紙面に垂直で表から裏の向き
 - ④ 紙面に垂直で裏から表の向き
- (8) 一様な磁場の磁束密度の大きさを求めよ。

【II】 真空中を運動する，細い金属線でできた1巻きの正方形のコイルabcdを考える。コイルの一辺の長さは L [m]であり，コイル1周分の抵抗値は R [Ω]である。図2のように，紙面上に x 軸をとり，辺abが x 軸に垂直になるようにコイルを置く。コイルの面は紙面内にある。空間の $0 \leq x \leq \frac{L}{2}$ および $\frac{3L}{2} \leq x \leq 2L$ の領域には，紙面に垂直で表から裏の向きに，磁束密度の大きさ B [T]の様な磁場がかかっている。コイルは，辺abが x 軸に垂直で，コイルの面が紙面内にある状態を保ったまま， x 軸に平行に移動できる。コイルを流れる電流が作る磁場の影響，および，重力の影響は無視できるものとする。

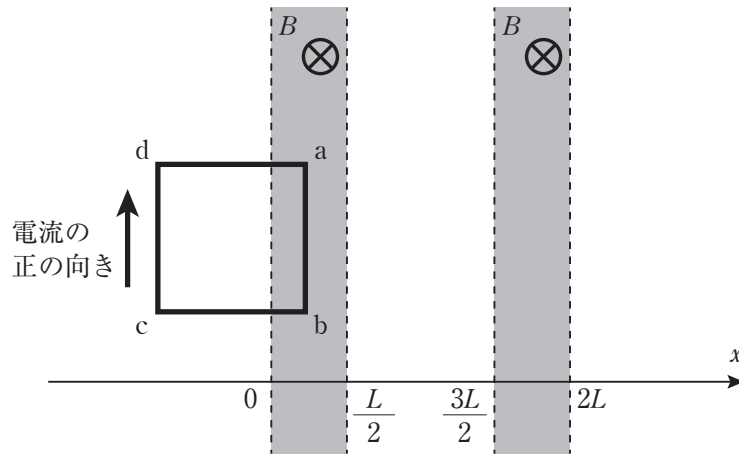


図2

コイルを x 軸正の向きに，一定の速さ v [m/s]で移動させた。ただし，時刻 $t = 0$ で，コイルの辺abが $x = 0$ の位置にあったとする。

- (9) コイルを貫く磁束の大きさの， $0 \leq t \leq \frac{3L}{v}$ の範囲における最大値を Φ_0 [Wb]とする。 Φ_0 を， B ， L ， v ， R のうち必要なものを用いて表せ。

- (10) $0 \leq t \leq \frac{3L}{v}$ の範囲について、コイルを貫く磁束の大きさを、解答欄のグラフに時刻 t の関数として図示せよ。
- (11) コイルに流れる電流の大きさの、 $0 \leq t \leq \frac{3L}{v}$ の範囲における最大値を I_0 [A] とする。 I_0 を、 B, L, v, R のうち必要なものを用いて表せ。
- (12) コイルに流れる電流と時刻 t の関係を表したグラフとして、最も適切なものを、図3の選択肢(あ)~(し)から選び、記号で答えよ。ただし、図2に示すように、電流の正の向きは、 $a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d \rightarrow a$ の向きであるとする。
- (13) コイル全体が磁場からうける力の大きさの、 $0 \leq t \leq \frac{3L}{v}$ の範囲における最大値を F_0 [N] とする。 F_0 を、 B, L, v, R のうち必要なものを用いて表せ。
- (14) コイル全体が磁場からうける力の x 成分と時刻 t の関係を表したグラフとして、最も適切なものを、図4の選択肢(ア)~(シ)から選び、記号で答えよ。
- (15) $0 \leq t \leq \frac{3L}{v}$ の間にコイルで発生するジュール熱の大きさを、 B, L, v, R のうち必要なものを用いて表せ。

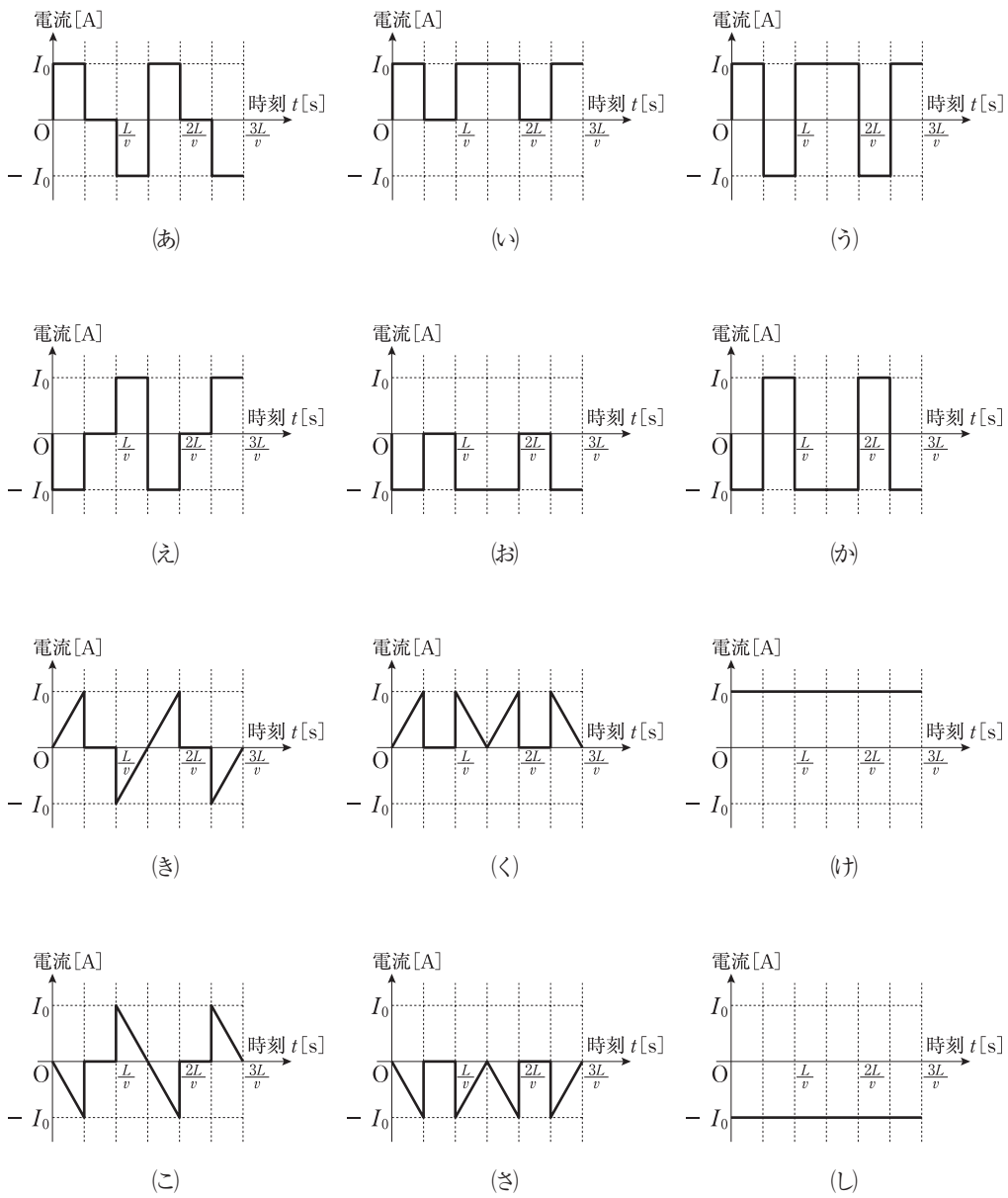


図 3

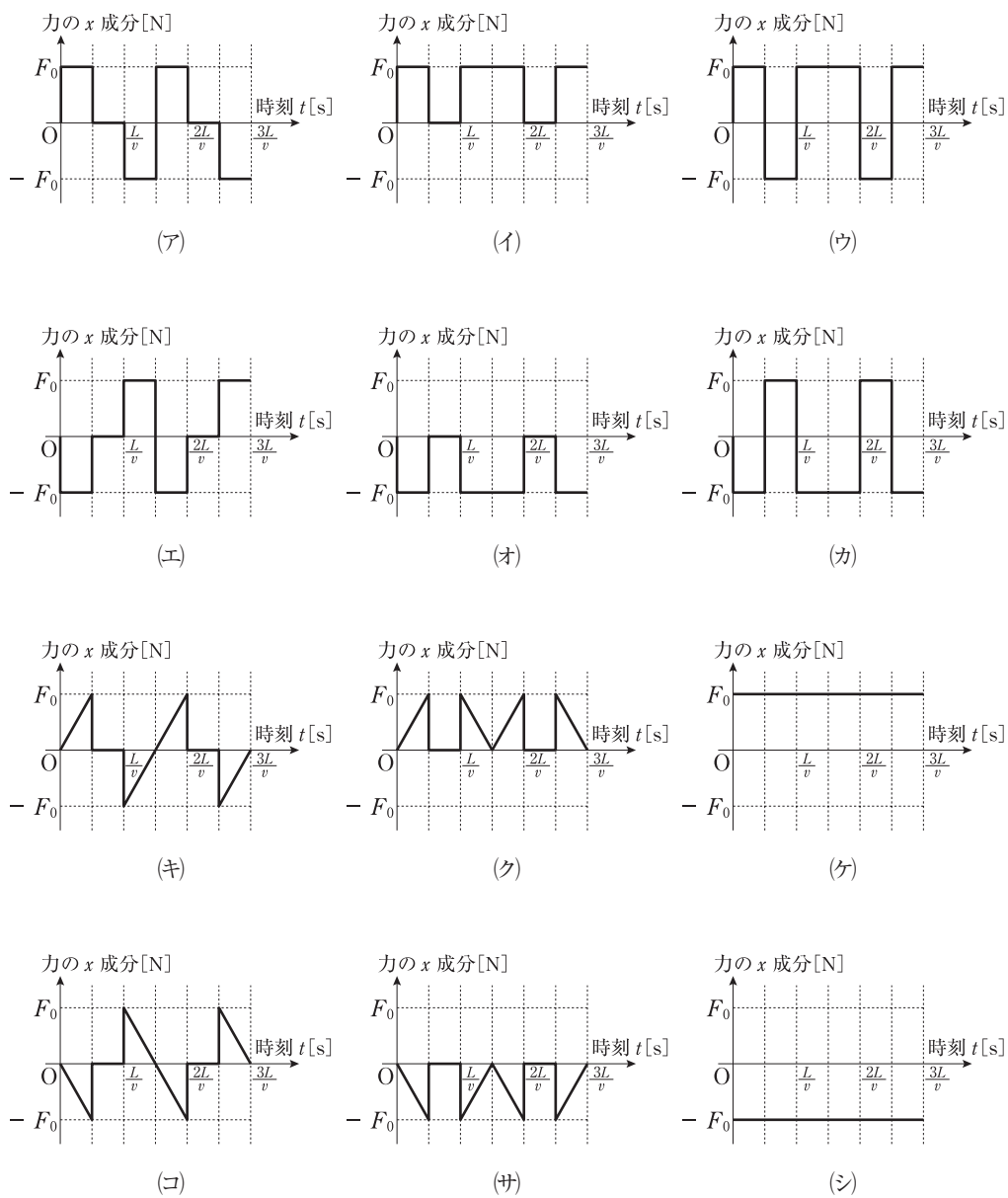


図 4

- 3 なめらかに動くピストンが付いたシリンダーの中に単原子分子理想気体(以下, 気体と呼ぶ) 1 mol が閉じ込められている。気体を状態 A(温度 T_A [K], 圧力 p_2 [Pa], 体積 V_1 [m³])から, 外部との熱および仕事のやり取りを調整することによって, 状態 C(温度 T_C [K], 圧力 p_1 [Pa], 体積 V_2 [m³])までゆっくり変化させる。図1のように $A \rightarrow B \rightarrow C$ の実線に沿って, 状態 B(温度 T_B [K], 圧力 p_2 [Pa], 体積 V_2 [m³])を経由する状態変化を過程 I と呼ぶ。ここで, $A \rightarrow B$ は定圧変化, $B \rightarrow C$ は定積変化であり, $V_2 > V_1$, $p_2 > p_1$ である。また, 図1の $A \rightarrow C$ の破線に沿った状態変化は断熱変化であり, これを過程 II と呼ぶ。以下の問(1)~(5)に答えよ。なお, 気体定数は R [J/(mol·K)] とし, 気体の定積モル比熱は $\frac{3}{2}R$, 定圧モル比熱は $\frac{5}{2}R$ である。

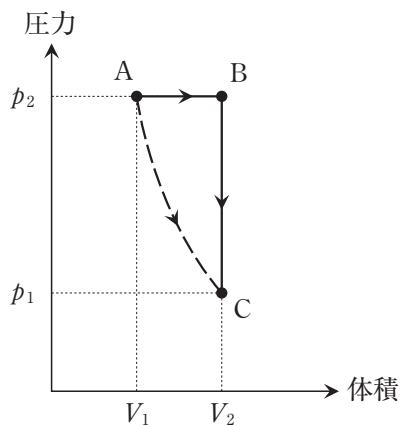


図1

- (1) $A \rightarrow B$ の状態変化で, 気体が外部にした仕事を p_1 , p_2 , V_1 , V_2 のうち必要なものを用いて表せ。
- (2) $B \rightarrow C$ の状態変化で, 気体が外部から吸収した熱量を R , T_A , T_B , T_C のうち必要なものを用いて表せ。
- (3) 過程 II の状態変化で, 気体が外部にした仕事を R , T_A , T_B , T_C のうち必要なものを用いて表せ。

(4) 気体の温度 T_A , T_B , T_C の大小関係として正しいものを, 以下の①~⑧の中から1つ選べ。

- ① $T_A > T_B > T_C$ ② $T_A > T_C > T_B$ ③ $T_B > T_C > T_A$
 ④ $T_B > T_A > T_C$ ⑤ $T_A > T_B = T_C$ ⑥ $T_A = T_B > T_C$
 ⑦ $T_B > T_A = T_C$ ⑧ $T_A = T_B = T_C$

(5) 過程 I の状態変化における, 気体が外部にした仕事を W_{ABC} [J], 気体が外部から吸収した熱量を Q_{ABC} [J], 気体の内部エネルギーの変化を ΔU_{ABC} [J]とする。過程 II の状態変化における, 気体が外部にした仕事を W_{AC} [J], 気体が外部から吸収した熱量を Q_{AC} [J], 気体の内部エネルギーの変化を ΔU_{AC} [J]とする。 ΔU_{ABC} と ΔU_{AC} , W_{ABC} と W_{AC} , Q_{ABC} と Q_{AC} の関係を表す正しい式の組み合わせを, 以下の①~⑧の中から1つ選べ。

| | | | |
|---|--------------------------------------|------------------------|-----------------------|
| ① | $\Delta U_{ABC} = \Delta U_{AC},$ | $W_{ABC} = W_{AC},$ | $Q_{ABC} = Q_{AC}$ |
| ② | $\Delta U_{ABC} = \Delta U_{AC},$ | $W_{ABC} = W_{AC},$ | $Q_{ABC} \neq Q_{AC}$ |
| ③ | $\Delta U_{ABC} = \Delta U_{AC},$ | $W_{ABC} \neq W_{AC},$ | $Q_{ABC} = Q_{AC}$ |
| ④ | $\Delta U_{ABC} = \Delta U_{AC},$ | $W_{ABC} \neq W_{AC},$ | $Q_{ABC} \neq Q_{AC}$ |
| ⑤ | $\Delta U_{ABC} \neq \Delta U_{AC},$ | $W_{ABC} = W_{AC},$ | $Q_{ABC} = Q_{AC}$ |
| ⑥ | $\Delta U_{ABC} \neq \Delta U_{AC},$ | $W_{ABC} = W_{AC},$ | $Q_{ABC} \neq Q_{AC}$ |
| ⑦ | $\Delta U_{ABC} \neq \Delta U_{AC},$ | $W_{ABC} \neq W_{AC},$ | $Q_{ABC} = Q_{AC}$ |
| ⑧ | $\Delta U_{ABC} \neq \Delta U_{AC},$ | $W_{ABC} \neq W_{AC},$ | $Q_{ABC} \neq Q_{AC}$ |

図2のように, 図1に状態X(温度 T_X [K], 圧力 p_1 [Pa], 体積 V_3 [m³])を新たに加え, 気体の状態を $A \rightarrow B \rightarrow X \rightarrow C \rightarrow A$ の実線に沿った経路で変化させた。ただし, $V_3 > V_2$ とする。ここで, $A \rightarrow B$ と $X \rightarrow C$ は定圧変化, $B \rightarrow X$ と $C \rightarrow A$ は断熱変化である。熱機関のサイクル $A \rightarrow B \rightarrow X \rightarrow C \rightarrow A$ について, 以下の問(6)~(11)に答えよ。

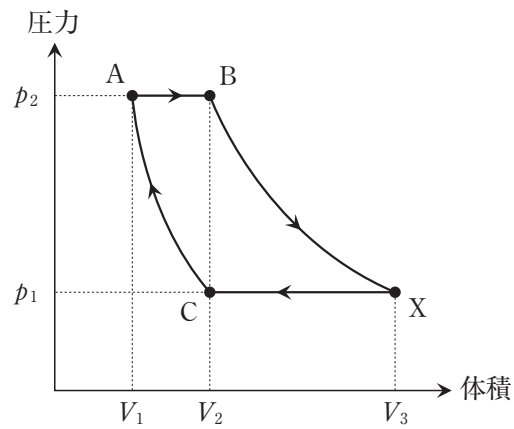
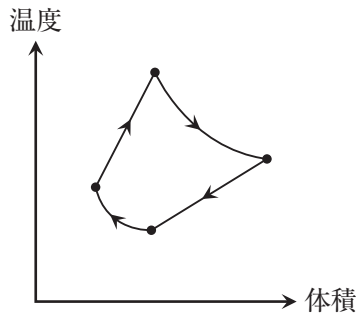


図 2

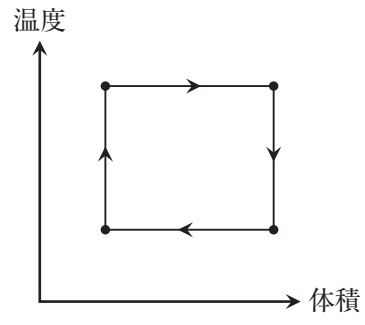
- (6) 熱機関のサイクル $A \rightarrow B \rightarrow X \rightarrow C \rightarrow A$ を，横軸を気体の体積，縦軸を気体の温度のグラフで表したものとして，最も適切な概略図を図 3 の(ア)～(カ)の中から 1 つ選び，記号で答えよ。ここで，図 3 の \bullet は気体の状態 A ， B ， X ， C のいずれかに対応し，サイクル中の矢印は状態変化の向きを示している。
- (7) $A \rightarrow B$ の状態変化において，気体が外部から吸収した熱量を R ， T_A ， T_B ， T_X ， T_C のうち必要なものを用いて表せ。
- (8) $X \rightarrow C$ の状態変化において，気体が外部へ放出した熱量の大きさを R ， T_A ， T_B ， T_X ， T_C のうち必要なものを用いて表せ。
- (9) 1 サイクルで気体が外部にした仕事を R ， T_A ， T_B ， T_X ， T_C のうち必要なものを用いて表せ。
- (10) この熱機関の熱効率を T_A ， T_B ， T_X ， T_C のうち必要なものを用いて表せ。

- (11) 次の文章の ～ に入る適切な数値を答えよ。ただし、 は整数で、 と は小数点以下第2位までの小数で答えよ。また、必要なら $2^{\frac{5}{3}} \doteq 3.2$, $2^{\frac{2}{3}} \doteq 1.6$, $2^{\frac{3}{5}} \doteq 1.5$ を用いよ。

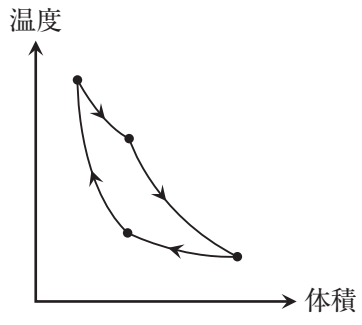
単原子分子理想気体の断熱変化では圧力 p [Pa] と体積 V [m^3] の間には、 $pV^{\frac{5}{3}} = \text{一定}$ 、という関係が成り立つ。図2の熱機関のサイクルにおいて $V_2 = 2V_1$ とすると、状態Xの体積は $V_3 = \text{あ} \times V_1$ 、圧力は $p_1 = \text{い} \times p_2$ となり、この熱機関の熱効率は となる。



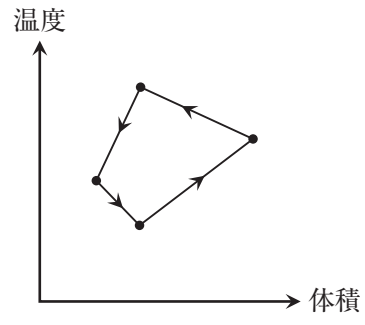
(ア)



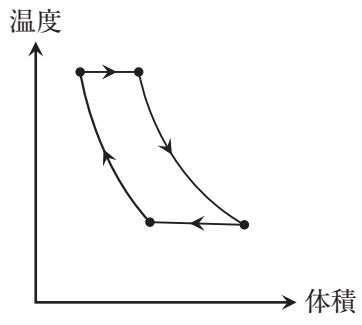
(イ)



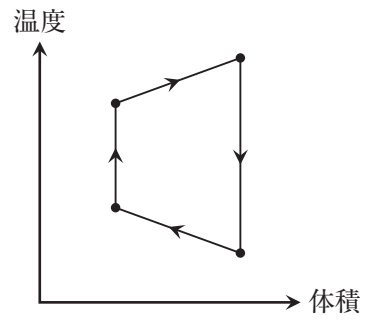
(ウ)



(エ)



(オ)



(カ)

図 3

4

(1) 次の文章を読んで、問1～問4の答を解答欄に記入せよ。

緑色植物は光合成により二酸化炭素と水から、有機物(糖類)と酸素を合成している。糖類としてグルコース $C_6H_{12}O_6$ が生成するとした場合、その反応の熱化学方程式は次の(I)式のように表される。



この熱化学方程式の反応熱は、 $CO_2(\text{気})$ 、 $H_2O(\text{液})$ およびグルコース $C_6H_{12}O_6(\text{固})$ の生成熱をもとに求められる。 $CO_2(\text{気})$ の生成熱は 394 kJ/mol である。一方、 $H_2O(\text{液})$ の生成熱は、 $H_2O(\text{気})$ の生成熱 $\boxed{\text{A}}$ kJ/mol と水の蒸発熱 41 kJ/mol から 286 kJ/mol と求められる。またグルコース $C_6H_{12}O_6(\text{固})$ の生成熱は $\boxed{\text{B}}$ kJ/mol である。

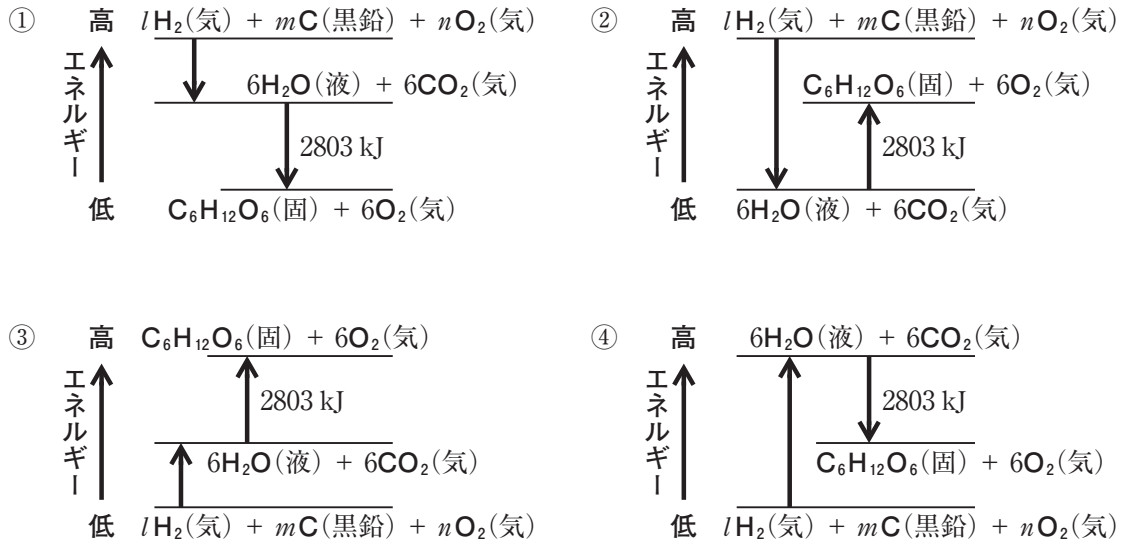
(I)式においては、 $\boxed{\text{ア}}$ 物である CO_2 6 mol と H_2O 6 mol よりも $\boxed{\text{イ}}$ 物であるグルコース $C_6H_{12}O_6$ 1 mol と O_2 6 mol の方が化学エネルギーの総和が $\boxed{\text{ウ}}$ く、この反応は $\boxed{\text{エ}}$ 反応である。光合成においては、 $\boxed{\text{オ}}$ エネルギーが化学エネルギーに変換されている。

問1 空欄 $\boxed{\text{ア}}$ ～ $\boxed{\text{オ}}$ に当てはまる最も適切な語句を以下の中から選び、その番号を記せ。

- | | | | | |
|------|------|------|------|------|
| ① 大き | ② 中和 | ③ 小さ | ④ 発熱 | ⑤ 燃焼 |
| ⑥ 平衡 | ⑦ 生成 | ⑧ 吸熱 | ⑨ 反応 | ⑩ 電気 |
| ⑪ 燃料 | ⑫ 光 | ⑬ 熱 | | |

問2 空欄 $\boxed{\text{A}}$ に当てはまる数値を答えよ。また、計算過程も示せ。

問 3 次の図の中で(I)式の左辺と右辺の化合物、およびそれらを生成する単体のエネルギーの関係を正しく表しているものはどれか、①～④から1つ選び、その番号を記せ。また、図中の l , m , n に当てはまる整数を答えよ。



問 4 空欄

| |
|---|
| B |
|---|

 に当てはまる数値を答えよ。また、計算過程も示せ。

(2) 次の燃料電池に関する文章を読んで、問1～問4の答を解答欄に記入せよ。

リン酸形燃料電池は、負極活物質に水素、正極活物質に ,
 にリン酸水溶液を用いた燃料電池であり、負極と正極には、白金触媒を含む多孔質の電極が用いられる。放電時、負極で水素が を放出し となり、生じた は導線(外部回路)を通過して正極へ流れ込む。 はリン酸水溶液中を移動し、正極で と反応して水が生成する。

問1 空欄 ～ に当てはまる最も適切な語句を記せ。

問2 放電時、負極と正極で起こる化学反応を e^- を含むイオン反応式でそれぞれ記せ。

問3 2.5 A の一定電流で32分10秒間放電させた。反応した水素の物質量 [mol] を有効数字2桁で答えよ。また、計算過程も示せ。ただし、反応した水素はすべて水の生成に使われるものとする。

問4 放電により水が63 g 生成した。導線を通った電気量 [C] を有効数字2桁で答えよ。また、計算過程も示せ。ただし、反応した水素はすべて水の生成に使われるものとする。

5

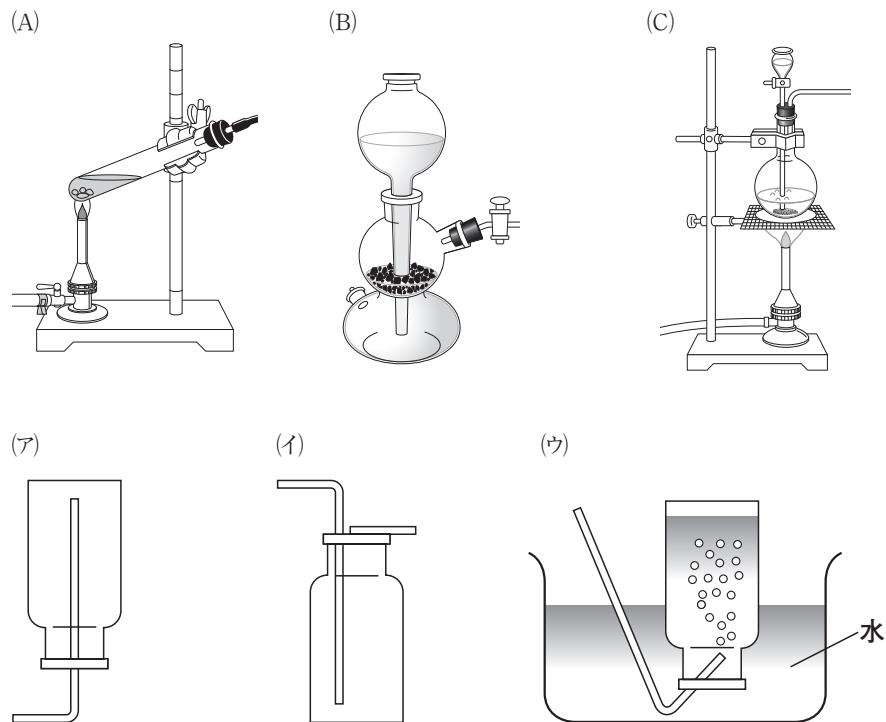
(1) 硫黄とその化合物に関する次の問1～問6の答を解答欄に記入せよ。

問1 次の物質中の硫黄原子の酸化数を記せ。

- ① 斜方硫黄 ② 硫酸 ③ 重硫酸ナトリウム
- ④ 硫化水素 ⑤ 二酸化硫黄

問2 硫化鉄(Ⅱ)に希硫酸を加えて硫化水素を発生させる反応の化学反応式を記せ。

問3 問2の反応により気体を発生させるのに用いる装置、および発生した気体を捕集する装置として最も適切なものを、それぞれ次の(A)～(C)および(ア)～(ウ)から1つずつ選び、その記号を記せ。



- 問 4 亜硫酸ナトリウムに希硫酸を加えて発生させた気体を硫化水素の水溶液に吹き込むと溶液は白濁した。気体の発生および白濁した反応それぞれについて化学反応式を記せ。
- 問 5 スクロースの粉末に濃硫酸を滴下したところ、黒く変色した。硫酸のどのような作用により何が生じたのか 20 字以内で記せ。
- 問 6 黄鉄鉱は FeS_2 を主成分とする鉱物である。 FeS_2 を 90 % 含む黄鉄鉱 1.0 kg から 98 % 硫酸は何 kg 得られるか有効数字 2 桁で答えよ。また、計算過程も示せ。ただし、この黄鉄鉱中の硫黄は FeS_2 にのみ含まれており、この全てが硫酸に変化するものとする。また、濃度は全て質量パーセント濃度である。

(2) 銅，銀およびそれらのイオンに関する次の問1～問4の答を解答欄に記入せよ。

問1 金属の単体に関する次の①～⑤の文章のうち，銅と銀に当てはまるものをそれぞれ1つ選び，その番号を記せ。

- ① 軽金属の代表で，酸および強塩基の水溶液と反応する両性金属である。
- ② イオン化傾向が金属の中で最も小さい。装飾品や電子回路の配線に利用される。
- ③ 赤みのある金属光沢を示す。湿った空気中では緑色のさびを生じる。
- ④ 蓄電池の負極活物質や放射線の遮へい板に用いられる。
- ⑤ 室温における電気の伝導性が金属の中で最も大きい。装飾品や高級食器に用いられる。

問2 銅は濃硝酸と反応して溶ける。この反応のイオン反応式を記せ。また，反応前後の銅および窒素の酸化数をそれぞれ記せ。

問3 銅(Ⅱ)イオンを含む水溶液に銀板を浸す実験，および銀(Ⅰ)イオンを含む水溶液に銅板を浸す実験を行ったところ，一方のみ反応が起こった。この時，金属および金属イオンに起きた反応を， e^- を含むイオン反応式でそれぞれ記せ。

問 4 次の①～④の文章には、下線部が正しいものと誤ったものが含まれている。下線部が正しいものには○を、誤っているものには正しい語句をそれぞれ記せ。

- ① 銅(Ⅱ)イオンを含む水溶液に水酸化ナトリウム水溶液を加えたところ、酸化銅(Ⅱ)の沈殿が生じた。
- ② 銀(Ⅰ)イオンを含む水溶液に水酸化ナトリウム水溶液を加えたところ、酸化銀(Ⅰ)の沈殿が生じた。
- ③ 銅(Ⅱ)イオンを含む水溶液に過剰量のアンモニア水を加えたところ、テトラアクア銅(Ⅱ)イオンが生成し、水溶液の色が青色から深青色に変化した。
- ④ 銀(Ⅰ)イオンを含む水溶液に臭化水素を通じると、淡黄色沈殿が生成した。この沈殿に光を当てたところ、臭化銀(Ⅰ)が生じた。

6

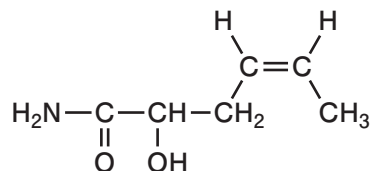
(1) 次の問1～問3の答を解答欄に記入せよ。

問1 次の文章の空欄 ～ に当てはまる有機化合物の一般名を記せ。また、空欄 に当てはまる官能基の名称を記せ。

アルコールを硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液で酸化すると、第一級アルコールは に、第二級アルコールは になる。また、 をさらに酸化すると になる。アルコールのヒドロキシ基と の 基の部分で分子間脱水縮合反応が起こると が得られる。

問2 次の1)～4)に当てはまる化合物の構造式をそれぞれ一つ記せ。なお、構造式は次の例にならって記せ。

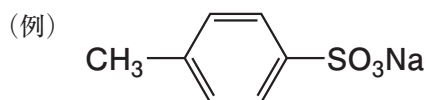
(例)



- 1) 分子式 $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$ で表される化合物であり、硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液で酸化して得られる生成物をアンモニア性硝酸銀水溶液に加えて穏やかに加熱すると、銀が析出する。
- 2) 分子式 $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$ で表される化合物であり、塩基性条件下でヨウ素と反応させると、ヨードホルムの黄色沈殿が生じる。
- 3) 分子式 C_5H_{10} で表されるトランス形のアルケンである。
- 4) 分子式 $\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}$ で表される化合物であり、不斉炭素原子をもつ。また、金属ナトリウムと反応しない。

問 3 炭素、水素、酸素のみからなる化合物 **X** がある。化合物 **X** の官能基の部分と、分子式 $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$ で表されるアルコールのヒドロキシ基とで分子間脱水縮合反応が起こり、化合物 **Y** が得られた。この化合物 **Y** 5.1 mg を完全燃焼させたところ、水 6.3 mg と二酸化炭素 13.2 mg が得られた。化合物 **Y** の組成式と化合物 **X** の構造式を記せ。また計算過程も示せ。

(2) 次の問1～問3の答を解答欄に記入せよ。なお、構造式は次の例にならって記せ。



問1 物質によって溶媒への溶けやすさが異なることを利用して、混合物から目的の物質を適切な溶媒に溶かし出して分離する操作の名称を記せ。また、この操作に関する次の①～③について、正しいものに○、誤ったものに×を記せ。なお、この操作で使用する分液ろうとの各部の名称は、図1を参照すること。

- ① 分液ろうとにジエチルエーテル(エーテル)溶液と水溶液を入れて振り混ぜた後、静置すると2層に分離する。このとき、エーテルは水よりも密度が低いので下層になる。
- ② 分液ろうとの上部の空気孔は常に開いた状態で使用する。
- ③ 分液ろうとにエーテル溶液と水溶液を入れて振り混ぜた後、逆さにしたままの状態ですぐに活栓を開閉して容器内の気体を追い出す。この操作を数回繰り返す。

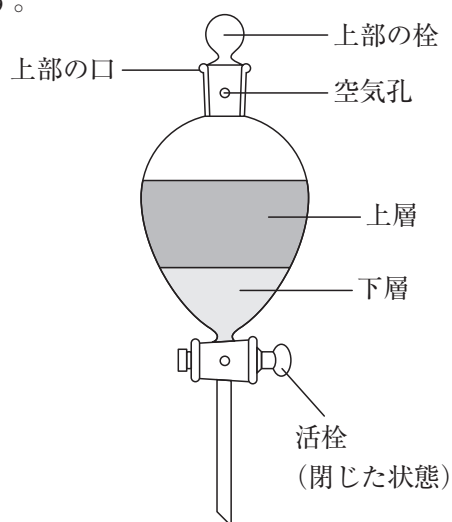


図1

問 2 トルエン, フェノール, 安息香酸, アニリンを溶かしたエーテル溶液に
図 2 のような分離操作を行った。これら各化合物が含まれる層を, 次の①
~③の中から 1 つずつ選び, その番号を記せ。同じ番号を複数回選んでも
よい。また, 各化合物はそれぞれの層にどんな形で溶解しているか, 構造
式で記せ。

① 水層 1

② 水層 2

③ エーテル層 2

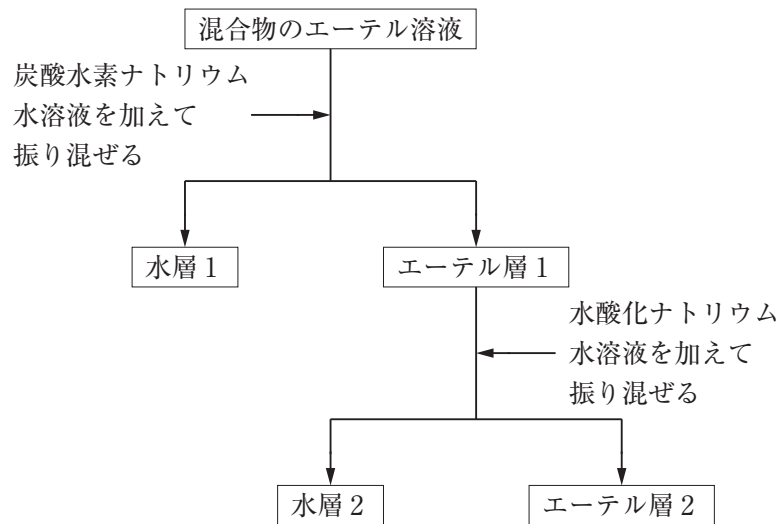


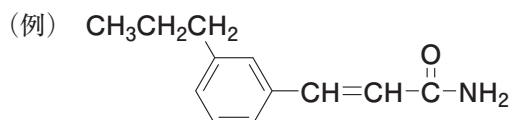
図 2

問 3 3種類の未知化合物 **A**, **B**, **C** が溶解したエーテル溶液がある。化合物 **A** ~ **C** はいずれも炭素, 水素, 酸素のみからなり, すべてベンゼン環を1つ含んでいる。図2にしたがってこの溶液から各化合物を分離し, いくつかの実験を行ったところ, 次の結果が得られた。化合物 **A** ~ **C** の構造式を記せ。

- 1) 化合物 **A** は, 水層1に塩酸を加えると得られた。**A** はベンゼンの *p*-二置換体であり, その分子量は138であった。化合物 **A** の溶液に塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加えると紫色を呈した。
- 2) 化合物 **B** は, 水層2に二酸化炭素を通気すると得られた。**B** の分子量は108であり, 過マンガン酸カリウムを反応させると化合物 **A** が生じた。
- 3) 化合物 **C** は, エーテル層2からエーテルを蒸発させると得られた。**C** の分子量は108であり, 塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加えても呈色せず, 金属ナトリウムを加えても変化しなかった。

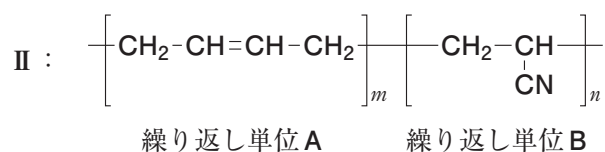
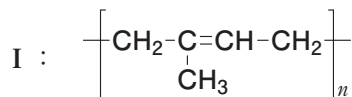
7

- (1) 次の文章を読んで、問1～問5の答を解答欄に記入せよ。なお、構造式は次の例にならって記せ。



生ゴム(天然ゴム)の主成分はポリイソプレンである。その構造は下の構造Ⅰで表され、 $\text{C}=\text{C}$ 結合の部分がすべて 形の構造をもつ。生ゴムを (空気を遮断して加熱分解すること)するとイソプレンが得られる。
 生ゴムに を数%混合して加熱すると、ポリイソプレン分子のところ
 a どこかに 原子による 構造が生じて弾性が増す。

天然ゴムに似たゴム弾性をもつ合成高分子化合物を合成ゴムという。b 2種類以上の単量体を用いた付加重合により得られる合成ゴムは、繰り返し単位の種類や組成に応じて性質が変化する。例えば、下の構造Ⅱで表される合成ゴムは耐油性に優れ、石油ホースとして利用される。



問1 空欄 ～ に当てはまる最も適切な語句を記せ。

問2 下線部 a の操作の名称を記せ。

問3 下線部 b の反応の名称を記せ。

問 4 構造Ⅱで表される合成ゴムの原料となる 2 種類の単量体の構造式をそれぞれ記せ。

問 5 構造Ⅱで表される合成ゴムについて元素分析を行ったところ、炭素原子と窒素原子の物質量の比は 13.3 : 1 であった。この合成ゴムを構成する繰り返し単位 A と B の平均重合度をそれぞれ m 、 n としたときの m と n の比(m/n)を計算し、有効数字 3 桁で答えよ。また、計算過程も示せ。

(2) 次の文章を読んで、問1～問3の答を解答欄に記入せよ。

環状構造をもつグルコースの六員環構造を構成する5つの炭素原子のうち、1位の炭素原子は他の炭素原子と性質が異なっている。これは、1位の炭素原子が2つの酸素原子と結合しているためである。水溶液中でグルコースは、 α 型、 β 型、鎖状構造の異性体が平衡状態として存在する。鎖状構造のとき、1位の炭素原子は 基となるため、グルコースの水溶液は 還元性を示す。

塩基性条件下、グルコースにヨウ化メチルを反応させると、全てのヒドロキシ基がメトキシ基 $-\text{OCH}_3$ に変換された化合物 I が生じる(図1)。この反応を、ヒドロキシ基のメチル化という。酸性条件下で化合物 I のグリコシド結合を加水分解することにより、1位のメトキシ基だけがヒドロキシ基に変換された化合物 II とメタノールが生成する。ただし、これらのメチル化、加水分解反応は、 α 型および β 型のどちらのグルコースでも同様に進行し、化合物 I、II をいずれも α 型と β 型の混合物として与えるが、図1ではいずれも α 型のみを示している。

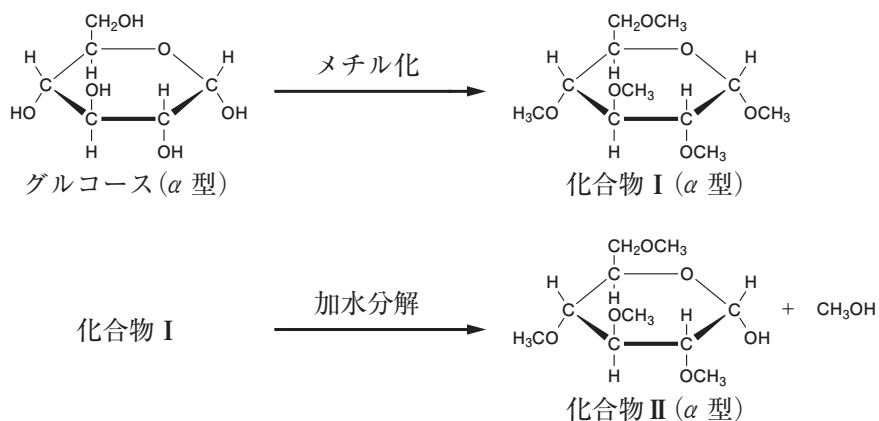


図1 グルコースの反応

図1に示す反応を二糖類に適用すると、その二糖類の構造に応じてそれぞれ異なる位置のヒドロキシ基がメチル化された単糖が生成する。それらの構造を調べることによって、元の二糖類の構造を推定することができる。

問 1 空欄 に当てはまる最も適切な語句を記せ。

問 2 下線部 a について、次の問に答えよ。

1) 還元性を確認するための反応として正しいものを、次の①～④から 1 つ選び、その番号を記せ。

- ① ヨードホルム反応
- ② キサントプロテイン反応
- ③ ビウレット反応
- ④ フェーリング反応

2) 図 2 の(ア)～(エ)の二糖類の構造のうち、還元性を示さないものをすべて選び、その記号を記せ。

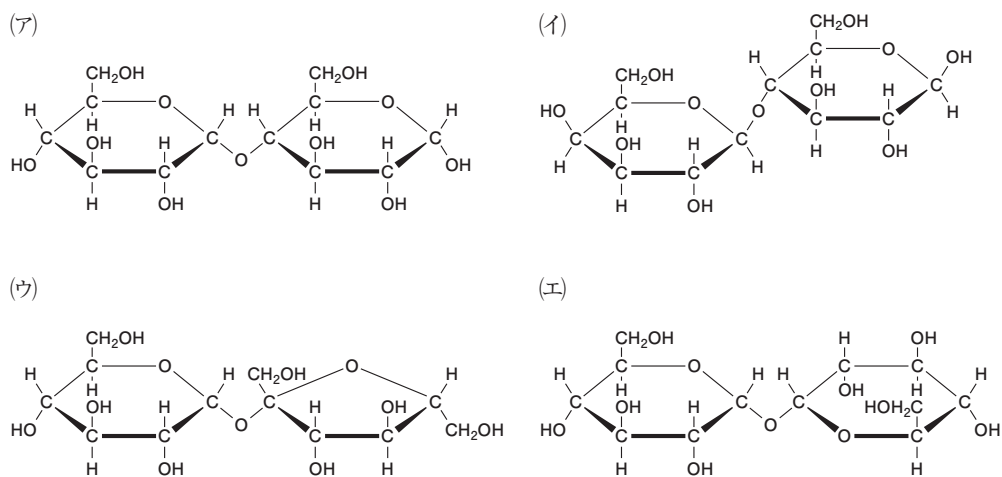


図 2 二糖類の構造

問 3 二糖類 **A**, **B**, **C**は, 図 2 の(ア)~(エ)のいずれかである。

二糖類 **A**, **B**, **C**それぞれに, 塩基性条件下ヨウ化メチルを反応させた後, 酸性条件下で加水分解を行うと, メチル化された単糖として, それぞれ以下の生成物が得られた。ただし, これらのメチル化, 加水分解反応では, α 型および β 型のメチル化された単糖が混合物として得られるが, 図 3 では β 型の生成物のみを示している。

二糖類 **A** からは, 化合物 **II** と化合物 **III** (図 3) が得られた。

二糖類 **B** からは, 化合物 **II** と化合物 **IV** が得られた。

二糖類 **C** からは, 化合物 **II** だけが得られた。

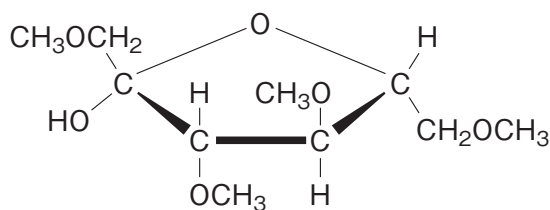


図 3 化合物 **III** (β 型) の構造

これに関する次の問に答えよ。

- 1) 化合物 **IV** の α 型の構造を図 1 ~ 3 にならって記せ。
- 2) 二糖類 **A**, **B**, **C** のそれぞれに当てはまる構造式を図 2 の(ア)~(エ)から 1 つずつ選び, その番号を記せ。