

化 学

計算のために必要があれば、原子量と定数は次の値を用いなさい。

原子量：H 1.00, C 12.0, N 14.0, O 16.0

気体定数： $R = 0.0821 \cdot \text{atm}/(\text{mol} \cdot \text{K})$

I 次の文章を読んで、問1～4に答えなさい。

周期表 17 族に属する元素は と総称され、他の原子から電子を 1 個奪い、1 価の陰イオンになりやすい。その単体は、2 原子が結合した分子として存在し、室温で気体である塩素や 、液体である 、昇華性の固体であるヨウ素があり、毒性が強い。他の物質との反応性(酸化力)は の順に強くなる。^(A)

ヨウ素は水に溶けにくい、ヨウ化物イオンを含む水溶液には溶ける。ふつうこれをヨウ素溶液という。塩素には刺激臭があり、実験室では酸化マンガン(IV)に濃塩酸を加え加熱して発生させる。^(B) また、塩素の水溶液は、塩素の一部が水と反応して生じた ^(C) のため、漂白・殺菌作用をもつ。

問 1 空欄 ～ に適切な語句を記入しなさい。

問 2 (1) Cl^- の電子配置を例にならって書きなさい。

例 $\text{Na} : \text{K}(2)\text{L}(8)\text{M}(1)$

(2) 塩素より原子番号の大きい元素の中で、 Cl^- と同じ電子配置をもつ原子あるいはイオンの化学式を、原子番号の近いものから二つ書きなさい。

問 3 (1) 下線部(A)に関して、臭化ナトリウムに塩素を作用させる場合の化学反応式を示しなさい。

(2) 下線部(B)を化学反応式を用いて示しなさい。

(3) 下線部(C)を化学反応式を用いて示しなさい。

問 4 図は、実験室での乾燥した塩素の製法を示したものである。

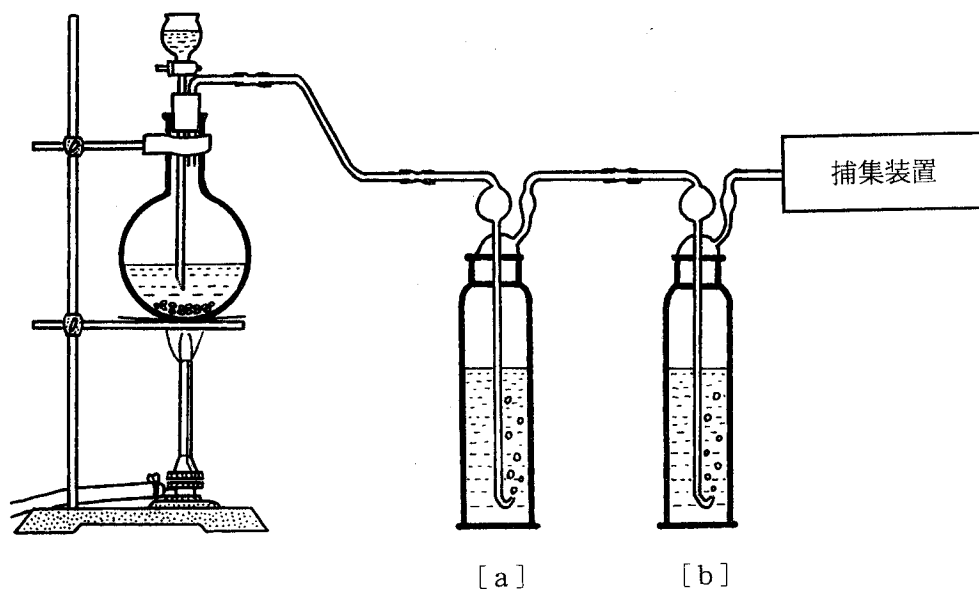


図 塩素の製法

(1) 洗気ビン[a]および[b]に入れる物質名を書きなさい。

(2) 洗気ビン[a]および[b]は何のために置くのか、各々その理由を書きなさい。

(3) 気体の捕集方法として水上置換、上方置換、下方置換がある。どの捕集方法が適切かを選び、その理由を25字以内で書きなさい。

II 次の文章を読んで、問1～3に答えなさい。

1分子中に **ア** 基と **イ** 基をもつ化合物をアミノ酸という。アミノ酸のうち、これら2つの官能基が同一の炭素原子に結合しているものは、**ウ**-アミノ酸という。**ウ**-アミノ酸は **ア** 基があるので酸の性質を、また **イ** 基があるので塩基の性質を示す。**ウ**-アミノ酸の中で最も簡単な構造をもつグリシンは、酸性水溶液中では **a**，アルカリ性水溶液中では **b** の構造をとっている。このように **ウ**-アミノ酸は両性のため、その水溶液に直流電流を通すと等電点より高い pH では **エ** 極の方に移動する。ここで等電点とは、水溶液中でアミノ酸の正、負の両電荷が釣り合うときの pH のことである。

そこで、図に示すような装置を用いて、アラニン($\text{H}_2\text{NCH}(\text{COOH})-\text{CH}_3$)とグルタミン酸($\text{H}_2\text{NCH}(\text{COOH})-(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$)を含む混合溶液の電気泳動実験を行った。一方のアミノ酸の等電点である pH 6.0 に調整された緩衝液に浸したろ紙をガラス板にのせ、両端に図のように電極を接続する。その中央に混合溶液をしみ込ませたろ紙片を置き、約 10～15 分間直流電流を通電した。その後、混合溶液をしみ込ませたろ紙片を取り除き、ニンヒドリン溶液を噴霧して温めると、ろ紙の中央部付近と陽極側に青紫色の2本のバンドが現れた。

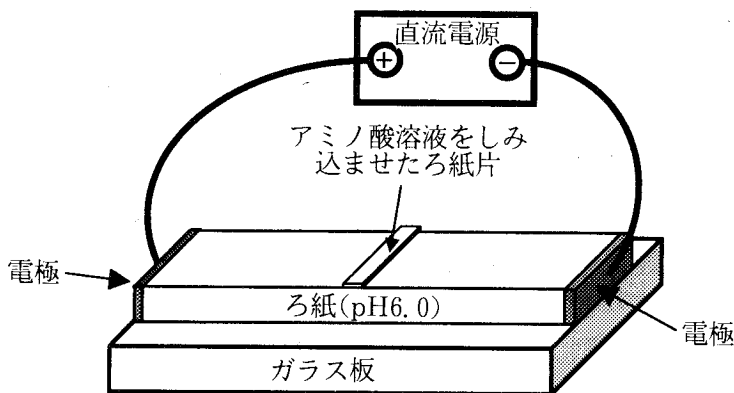


図 実験装置

問 1 空欄 ～ に適切な語句または記号を、 および には構造式を記入しなさい。

問 2 下線部でバンドが 2 本に分かれた理由を書きなさい。

問 3 下線部の 2 本のバンドのうち、中央部付近に位置したアミノ酸 A とグリシンを原料として、単一のポリペプチドを合成した。このポリペプチド 51.6 g を加水分解すると、アミノ酸 A 26.7 g とグリシン 37.5 g を生じた。

- (1) 加水分解に必要な水の物質量を求めなさい。
- (2) ポリペプチドの分子量を求めなさい。
- (3) ポリペプチド 1 分子中のペプチド結合の数を求めなさい。

Ⅲ 次の〔1〕および〔2〕に答えなさい。

〔1〕理想気体に関する次の文章を読んで、問1および2に答えなさい。

一定温度のもとでは、一定量の気体の体積は圧力に する。これを の法則と呼ぶ。また、一定圧力のもとでは、一定量の気体の温度を変化させると、 1°C の温度の変化で体積は 0°C の時の体積の だけ変化する。これを の法則という。 と の法則を組み合わせると、物質質量 n は圧力 P 、体積 V 、絶対温度 T および気体定数 R によって と表される。

問1 空欄 ～ に適切な語句、数字または式を記入しなさい。

問2 水を充満したメスシリンダーを水槽に逆さに直立させ、一定量の空気を導入した。その後、水槽の液面とメスシリンダー内の液面とが一致するように、メスシリンダーの高さを調節した。その時のメスシリンダーの液面の読みは 45 ml であった。気温および水温は 30°C 、大気圧は 1 atm 、 30°C での水の飽和蒸気圧は 0.042 atm として、メスシリンダー内の酸素の物質質量を求めなさい。数値は、四捨五入して有効数字2桁で答え、計算の過程も記入しなさい。ただし、空気は酸素および窒素の $1:4$ (体積比)の混合気体と考えてよい。

〔2〕 次の問1～3に答えなさい。

問1 過酸化水素の分解反応を酸化マンガン(IV)触媒を加えて水溶液中で行った。化学反応式を示しなさい。

問2 過酸化水素の分解反応の速さは、次式で表される。

$$\text{反応の速さ} = k \cdot C \quad (k \text{ は比例定数, } C \text{ は過酸化水素の濃度})$$

ここで反応の速さとは時間当たりの過酸化水素の濃度変化である。図1のA～Cは、一定温度における、時間の経過に伴う水溶液中の反応原料の濃度変化を表したものである。

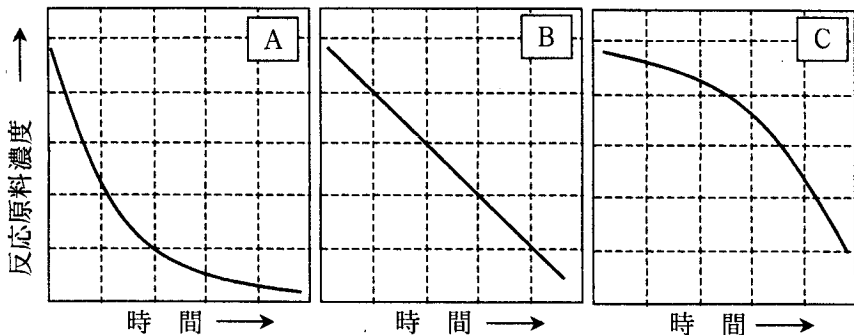


図1 反応原料の濃度変化

(1) 図1のA～Cに最も適合する記述を、以下の①～③の中から選び、その番号を答えなさい。

- ① 原料濃度が高いとき、反応の速さは遅いが、反応の進行とともに速くなった。
- ② 反応の速さは、原料濃度に依存しないので、反応の間、反応の速さは一定であった。
- ③ 反応中に原料濃度が低下するので、時間とともに反応の速さが遅くなった。

(2) 過酸化水素の分解反応を表す最も適切な図は、A～Cのうちどれか、答えなさい。

問 3 過酸化水素の分解反応などの化学反応を無触媒で行うとき、活性化エネルギーは図2のように模式的に示される。触媒を用いたときはどのように変化するか、解答用紙の図に書き加えなさい。

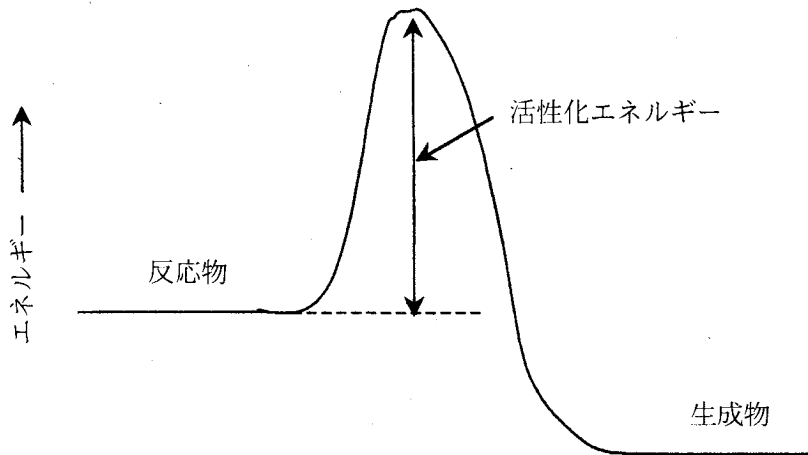
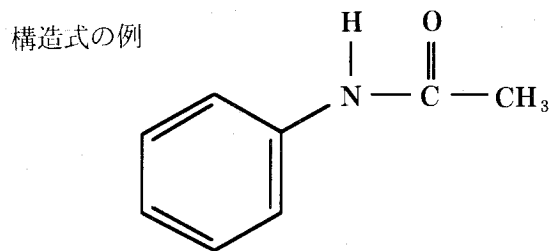


図2 化学反応の活性化エネルギー

IV 次の文章を読んで、問1～3に答えなさい。

$C_8H_{10}O$ の分子式で表される芳香族化合物A, B, C, D, Eがある。A, B, Cはベンゼン環に2つの置換基をもち、その位置はオルト位である。また、DとEはベンゼン環に1つの置換基をもち、AとBは金属ナトリウムと反応して水素を発生したが、Cは反応しなかった。Bを厳しい条件下で酸化すると2価のカルボン酸であるFが生じた。また、Dを穏やかに酸化すると、還元性を示すGが生じた。Eは不斉炭素有し、酸化するとHが生じた。



問1 C, F, Gの構造式を例にならって書きなさい。

問2 BとFについての性質を記述した以下の文章のうち、正しいものには○を、誤ったものには×をつけなさい。

- (1) Bはベンゼン環を有しているので、 $FeCl_3$ と反応して呈色反応を示す。
- (2) Bを硫酸と共に加熱すると、脱水反応によりアルケンを生じる。
- (3) Bを穏やかな条件で酸化すると、還元性の物質が得られる。
- (4) Fの異性体とエチレングリコールを縮合重合させた高分子は、ポリエステルとして広く用いられている。
- (5) *o*-キシレンを酸化するとFが生じる。

問 3 以下の①～④の中から、正しい文章を一つ選び、その番号と下線部分の化合物の構造式を書きなさい。

- ① Eに水酸化ナトリウム水溶液とヨウ素を作用させると、黄色沈殿を生じた。
- ② Eを硫酸と共に加熱して分子内で脱水反応をさせると、シス体とトランス体の幾何異性体が得られた。
- ③ Eに水酸化ナトリウム水溶液を加えると、大部分がナトリウム塩に変わった。
- ④ Hにフェーリング溶液を加えて加熱すると、赤色沈殿を生じた。