UNIT 4

કદમાપક પૃથક્કરણ

(INTRODUCTION TO VOLUMENTRIC ANALYSIS)

Principle, Mechanism and Applications of,

- **Acid–Base Titration (Only Strong Acid Vs Strong Base)**
- **Redox Titrations (Only Fe(II) Vs $KMnO_4$)**
- **Complexometric Titrations (Only Ca^{+2} / Mg^{+2} Vs EDTA)**
- **Precipitation Titrations (Only Cl^- Vs $AgNO_3$)**
-

Volumetric Analysis (કદમાપક પૃથક્કરણ) :

કદમાપક એ યોગ્ય દ્રાવકમાં ઓગાળેલ રાસાયણિક ઘટકનું પરોક્ષ રીતે પ્રમાણ શોધવાની પદ્ધતિ છે. જેમાં એક પદાર્થની જાણીતી સાંદ્રતાવાળું દ્રાવણ લઈ તેની મદદથી અજ્ઞાત પદાર્થના દ્રાવણનું કદ નક્કી કરવામાં આવે છે અને ત્યારબાદ ગણતરી કરીને અજ્ઞાત પદાર્થની સાંદ્રતા વિવિધ એકમો જેવા કે સપ્રમાણતા, મોલારીટી, ગ્રામ/લીટરમાં શોધવામાં આવે છે.

અનુમાપનનો મુખ્ય હેતુ એ છે કે આપેલ દ્રાવણ કે જેનો ઉપયોગ કરવાનો છે તે પ્રમાણિત હોવું જરૂરી છે જેના માટે જાણીતી સાંદ્રતાવાળું દ્રાવણ સૌપ્રથમ બનાવવું જોઈએ અને જે પદાર્થનું પ્રમાણિત દ્રાવણ બનાવવાનું છે તે સારી ગુણવત્તાવાળો હોવો જોઈએ તે અતિ આવશ્યક છે. આ પદાર્થનું યોગ્ય સાંદ્રતાવાળું દ્રાવણ બનાવવા માટે સૌપ્રથમ જરૂરી વજન કરવામાં આવે છે અને તેને જરૂરી કદના પાણીમાં સતત હલાવીને ઓગાળવામાં આવે છે. આ રીતે પ્રમાણિત દ્રાવણ બનાવી તેને બ્યુરેટમાં ભરવામાં આવે છે. હવે આપેલ અજ્ઞાત દ્રાવણ કે જેની સપ્રમાણતા શોધવાની છે તેનું ચોક્કસ કદ પિપેટ વડે (10 ml, 25 ml) કોનિકલ ફ્લાસ્કમાં લેવામાં આવે છે. જેમાં યોગ્ય સૂચક ઉમેરવામાં આવે છે ત્યાર બાદ બ્યુરેટમાંનું દ્રાવણ ધીરે ધીરે કોનિકલ ફ્લાસ્કમાં ઉમેરવામાં આવે છે. પ્રક્રિયા જ્યારે પૂર્ણ થાય છે ત્યારે કોનિકલ ફ્લાસ્કમાંના દ્રાવણમાં રંગ દૃશ્યમાન થાય છે અથવા રંગીન દ્રાવણનો રંગ અદૃશ્ય થાય છે જે પ્રક્રિયા સૈદ્ધાંતિક રીતે પૂર્ણ થયાનું સૂચન કરે છે. આ વખતે બ્યુરેટમાંના વપરાએલ દ્રાવણનું કદ નોંધી લેવામાં આવે છે અને આ કદની મદદથી સંતુલનના નિયમના સમીકરણ $N_1 V_1 = N_2 V_2$ ની મદદથી અજ્ઞાત દ્રાવણમાં ઓગળેલા ઘટકના પ્રમાણની ગણતરી કરવામાં આવે છે.

ખાસ કરીને Na_2CO_3, $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$, સક્સિનીક એસિડ, $K_2Cr_2O_7$, $FeSO_4(NH_4)_2SO_4 \cdot 6H_2O$, NaCl, $AgNO_3$ જેવા પદાર્થોના પ્રમાણિત દ્રાવણ બનાવી તેનો ઉપયોગ કરીને પ્રયોગમાં ઉપયોગમાં લેવાના પદાર્થોનાં દ્રાવણોને પ્રમાણિત કરવામાં આવે છે ત્યાર બાદ જ એ પ્રમાણિત દ્રાવણોનો ઉપયોગ કદમાપક અનુમાપનમાં કરવામાં આવે છે.

તુલ્યભાર (Equivalent Weight) :

તુલ્યભાર એ જે રાસાયણિક પ્રક્રિયા પરિણમતી હોય તેના સ્વભાવ પર આધારિત મૂલ્ય છે. દા.ત.

(i) **રેડોક્ષ પ્રક્રિયાનો તુલ્યભાર :**

$$\text{ઓક્સિડેશનકર્તા અથવા રિડકશનકર્તાનો તુલ્યભાર} = \frac{\text{અણુભાર / પરમાણુભાર}}{\text{ઓક્સિડેશનકર્તા અથવા રિડકશનકર્તાએ ગુમાવેલ અથવા મેળવેલ } e^- \text{ ની સંખ્યા}}$$

(ii) **નોન–રેડોક્ષ પ્રક્રિયાનો તુલ્યભાર :**

$$\text{તત્ત્વનો તુલ્યભાર} = \frac{\text{તત્ત્વનો પરમાણુભાર}}{\text{તત્ત્વની સંયોજકતા}}$$

$$\text{સંયોજનનો તુલ્યભાર} = \frac{\text{સંયોજનનો અણુભાર}}{\text{ધન અથવા ઋણ આયનોનો કુલ વીજભાર}}$$

દા.ત. NaCl, $E = 58.5$

Na_2CO_3, $E = {}^{106}/_{2} = 53$

$AlCl_3$, $E = {}^{133.5}/_{3} = 44.5$

(iii) **એસિડ અથવા બેઇઝનો તુલ્યભાર :**

→ $$\text{એસિડનો તુલ્યભાર} = \frac{\text{અણુભાર}}{\text{બેઝિકતા}}$$

બેઝિકતા એટલે કે એસિડના એક અણુમાંથી દૂર થતા H અણુની સંખ્યા.

→ $$\text{બેઇઝનો તુલ્યભાર} = \frac{\text{અણુભાર}}{\text{એસિડીકતા}}$$

એસિડીકતા એટલે બેઇઝના એક અણુ વડે એસિડમાંથી દૂર થતા H અણુની સંખ્યા

→ દા.ત. $H_3PO_3 + 2NaOH \rightarrow Na_2HPO_3 + 2H_2O$ પ્રક્રિયાની...

બેઝિકતા = 2 (∵ H_3PO_3 ના એક અણુમાંથી બે H અણુ દૂર થાય છે.)

એસિડીકતા = 1 (∵ NaOH ના બે અણુ વડે બે H અણુ દૂર થાય છે.)

(iv) એસિડ ક્ષારનો તુલ્યભાર :

$$\text{તુલ્યભાર} = \frac{\text{અણુભાર}}{\text{દૂર થઈ શકતા H પરમાણુની સંખ્યા}}$$

(v) આયનનો તુલ્યભાર :

$$\text{તુલ્યભાર} = \frac{\text{આયનનો સૂત્રભાર}}{\text{આયન ઉપરનો વીજભાર}}$$

❑ **સાંદ્રતા દર્શાવવાની વિવિધ રીતો :**

(i) સમપ્રમાણતા (Normality) N :

"એક લિટર દ્રાવણમાં ઓગાળેલા દ્રાવ્યતા તુલ્ય જથ્થાને તેની સમપ્રમાણતા 'N' કહે છે."

$$\text{સમપ્રમાણતા (N)} = \frac{\text{દ્રાવ્યનું વજન (ગ્રામમાં)}}{\text{દ્રાવ્યનો ગ્રામ-તુલ્યભાર}} \times \frac{1000}{\text{દ્રાવણનું કદ } (ml)}$$

(ii) મોલારીટી (Molarity) M :

"એક લિટર દ્રાવણમાં ઓગળેલા દ્રાવ્યના મોલની સંખ્યાને તેની મોલારીટી 'M' કહે છે."

$$\text{મોલારીટી} = \frac{\text{દ્રાવ્યનું વજન (ગ્રામમાં)}}{\text{દ્રાવ્યનો અણુભાર}} \times \frac{1000}{\text{દ્રાવણનું કદ } (ml)}$$

(iii) મોલાલીટી (Molality) m :

"1000 ગ્રામ દ્રાવકમાં ઓગળેલા દ્રાવ્યના મોલની સંખ્યાને તેની મોલાલીટી 'm' કહે છે."

$$\text{મોલાલીટી} = \frac{\text{દ્રાવ્યનું વજન (ગ્રામમાં)}}{\text{દ્રાવ્યનો અણુભાર}} \times \frac{1000}{\text{દ્રાવકનું વજન (ગ્રામમાં)}}$$

(iv) ટકાવાર સાંદ્રતા (Percentage Concentration) :

"100 ગ્રામ દ્રાવણમાં ઓગળેલા પદાર્થના ગ્રામના જથ્થાને ટકાવાર સાંદ્રતા કહે છે.

દા.ત. 10% NaCl નું દ્રાવણ એટલે કે 100 gm NaCl ના દ્રાવણમાં NaCl 10 ગ્રામ રહેલો છે.

(v) મોલ-અંશ (Mole Fraction) X :

જો દ્રાવણમાં રહેલ દ્રાવ્યના mole n હોય અને દ્રાવકના મોલ N હોય તો,

દ્રાવ્યનો મોલ-અંશ $(X_1) = \frac{n}{n+N}$ તથા

દ્રાવકનો મોલ-અંશ $(X_2) = \frac{N}{n+N}$

તથા $X_1 + X_2 = 1$ થાય.

આ ઉપરાંત ફોર્માલીટી, કદથી ટકા, વજનથી ટકા, તથા PPM (Parts Per Million) અને PPT (Parts Per Thousand) એમ વિવિધ રીતે પણ સાંદ્રતાને દર્શાવવામાં આવે છે.

❑ કદમાપક અનુમાપનોના પ્રકાર (Types of Volumetric Titrations) :

કદમાપક અનુમાપનોના મુખ્ય ચાર પ્રકાર છે.

(1) એસિડ-બેઇઝ અનુમાપનો (Acid-Base Titrations)

(2) રેડોક્ષ અનુમાપનો (Redox Titrations)

(3) સંકીર્ણમિતીય અનુમાપનો (Complexometric Titrations)

(4) અવક્ષેપન અનુમાપનો (Precipitation Titrations)

આ બધા જ અનુમાપનોમાં સંકળાયેલ સિદ્ધાંત તથા ક્રિયા રહસ્ય અને ઉપયોગિતા ઉદાહરણ સહિત ક્રમશઃ નીચે મુજબ સમજી શકાય.

(1) એસિડ-બેઇઝ અનુમાપનો (Acid-Base Titrations) :

એસિડ-બેઇઝનું વર્ગીકરણ :

એસિડ-બેઇઝનું વર્ગીકરણ તેમની પ્રબળતાને આધારે નીચે મુજબ ચાર ભાગમાં કરી શકાય.

પ્રબળ એસિડ : HCl, H_2SO_4, HNO_3

નિર્બળ એસિડ : ઓક્ઝેલિક એસિડ, સક્સિનીક એસિડ વગેરે.

પ્રબળ બેઇઝ : NaOH, kOH

નિર્બળ બેઇઝ : Na_2CO_3, k_2CO_3, $NaHCO_3$, $KHCO_3$

એસિડ-બેઇઝ અનુમાપનનો સિદ્ધાંત :

જ્યારે એસિડ અને બેઇઝ એકબીજાની સાથે પ્રક્રિયા કરે છે ત્યારે ક્ષાર અને પાણી બને છે. આ પ્રક્રિયાને તટસ્થીકરણ પ્રક્રિયા કહે છે. દા.ત.

$$\underset{\text{(Acid)}}{HCl_{(aq)}} + \underset{\text{(Base)}}{NaOH_{(aq)}} \longrightarrow \underset{\text{(Salt)}}{NaCl_{(aq)}} + \underset{\text{(Water)}}{H_2O_{(l)}}$$

અથવા

$$H^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)} + Na^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)} \longrightarrow Na^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)} + H_2O_{(l)}$$

અહીં Na^+ અને Cl^- આયનો પ્રેક્ષક આયનો તરીકે જ રહે છે, તેથી ખરેખર પ્રક્રિયા નીચે પ્રમાણે થાય.

$$H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)} \longrightarrow H_2O(l)$$

- ટૂંકમાં, જો એસિડમાં રહેલા H^+ આયનની સાંદ્રતા જેટલો બેઇઝ (OH^- આયન) ઉમેરવામાં આવે તો બંનેની સાંદ્રતા સરખી હોય છે. પુરોગામી દિશાની પ્રક્રિયા સંપૂર્ણ થાય છે એટલે કે તટસ્થીકરણ થાય છે.

❒ સૂચક (Indicator) :

"અંતિમ બિંદુએ રંગ પરિવર્તન દર્શાવતા પદાર્થને સૂચક કહે છે."

સામાન્ય રીતે એસિડ બેઇઝ અનુમાપનમાં જુદા જુદા સૂચકોના રંગ એસિડમાં, બેઇઝમાં કે તટસ્થ માધ્યમમાં અંતિમ બિંદુએ જુદા જુદા હોય છે. મુખ્યત્વે વપરાતા બે સૂચકો ફિનોલ્ફથેલીન અને મિથાઈલ ઓરેન્જનો જુદા જુદા દ્રાવણમાં રંગ કેવો હોય તે નીચે મુજબ દર્શાવ્યું છે.

ક્રમ	સૂચકનું નામ	એસિડીક દ્રાવણમાં સૂચકનો રંગ	બેઝિક દ્રાવણમાં સૂચકનો રંગ	અંતિમ બિંદુએ સૂચકનો રંગ
1.	ફિનોલ્ફથેલીન	રંગવિહીન	ગુલાબી	આછો ગુલાબી
2.	મિથાઈલ ઓરેન્જ	નારંગી	પીળો	આછો નારંગી

અસિડ બેઈઝ અનુમાપનમાં સૂચકની પસંદગી :

સામાન્ય રીતે એસિડ બેઇઝ અનુમાપનમાં કયો સૂચક વાપરવો તેનો આધાર એસિડ કે બેઇઝની પ્રબળતા અને નિર્બળતા પર રહેલો છે, જેની વિગતો નીચે મુજબ છે.

ક્રમ	એસિડ	બેઇઝ	બ્યુરેટમાં ભરવાનું દ્રાવણ	સૂચક	અંતિમ બિંદુએ રંગ પરિવર્તન
1.	પ્રબળ	પ્રબળ	પ્રબળ બેઇઝ	ફિનોલ્ફથેલીન	રંગવિહીન → આછો ગુલાબી
			પ્રબળ એસિડ	મિથા. ઓરેન્જ	પીળા → નારંગી
2.	પ્રબળ	નિર્બળ	પ્રબળ એસિડ	મિથા. ઓરેન્જ	પીળા → નારંગી
3.	નિર્બળ	પ્રબળ	પ્રબળ બેઇઝ	ફિનોલ્ફથેલીન	રંગવિહીન → આછો ગુલાબી

એસિડ-બેઇઝ અનુમાપનોના પ્રકાર અને પ્રબળ એસિડ તથા પ્રબળ બેઇઝ (HCl → NaOH) વચ્ચેના અનુમાપનની સમજૂતી :

એસિડ-બેઇઝ અનુમાપનોને મુખ્ય ત્રણ ભાગમાં વર્ગીકૃત કરી શકાય.

(1) પ્રબળ એસિડ વિરુદ્ધ પ્રબળ બેઇઝનું અનુમાપન દા.ત. HCl → NaOH નું અનુમાપન

(2) પ્રબળ એસિડ વિરુદ્ધ નિર્બળ બેઇઝનું અનુમાપન

દા.ત. HCl → NaOH નું અનુમાપન

(3) નિર્બળ એસિડ વિરુદ્ધ પ્રબળ બેઇઝનું અનુમાપન

દા.ત. CH_3COOH → NaOH

પ્રબળ એસિડ (HCl) → પ્રબળ બેઇઝ (NaOH) વચ્ચેના અનુમાપનની સમજૂતી :

હેતુ :

NaOH નું 0.1 N પ્રમાણિત દ્રાવણ બનાવી આપેલ XN HClના દ્રાવણની સ.પ્રમાણ ગ્રામ/લીટર તથા મોલારીટી શોધવી.

NaOH નું 0.1 N દ્રાવણ બનાવવું.

1000 ml 1N NaOH = NaOH નો તુલ્યભાર = 40 gm

∴ 100 ml 0.1N NaOH = 0.40 gn

એટલે કે, NaOH નું 0.40 gm (400 mg) ચોક્કસ વજન કરીને તેને 100 ml નિસ્યંદિત પાણીમાં ઓગાળો. જે દ્રાવણ NaOH ની 0.1N લગભગ સાંદ્રતા બતાવશે. જેને 0.1N સક્સિનીક એસિડના દ્રાવણ વડે પ્રમાણિત કરવું જરૂરી છે ત્યાર બાદ જ તેનો ઉપયોગ કરવો.

અવલોકનો :

(i) બ્યુરેટ : 0.1 N NaOHનું પ્રમાણિત દ્રાવણ.

(ii) **કોનિકલ ફ્લાસ્ક :** 10 ml XN HCl નું દ્રાવણ + સૂચક

(iii) **સૂચક :** ફિનોલ્ફથેલીન

(iv) **રંગ પરિવર્તન :** રંગવિહીનમાંથી આછો ગુલાબી.

સમીકરણ :

$$HCl_{(aq)} + NaOH_{(aq)} \longrightarrow NaCl_{(aq)} + H_2O_{(l)}$$

પ્રયોગ પદ્ધતિ :

સૌપ્રથમ ઉપર મુજબ બનાવેલ પ્રમાણિત 0.1 N NaOH ના દ્રાવણને સ્વચ્છ બ્યુરેટમાં ભરો. પિપેટ વડે કોનિકલ ફ્લાસ્કમાં 10 ml XN HCl નું દ્રાવણ લો અને તેમાં 2–3 ટીપાં ફિનોલ્ફથેલીન સૂચકનાં ઉમેરો. દ્રાવણ રંગવિહીન રહેશે. હવે બ્યુરેટમાંથી 0.1 N NaOH નું દ્રાવણ ધીમે ધીમે

કોનિકલ ફ્લાસ્કમાં ઉમેરતા જાઓ અને કોનિકલ ફ્લાસ્કમાંના દ્રાવણને સતત હલાવતા જાઓ. જ્યારે દ્રાવણનો રંગ આછો ગુલાબી બને ત્યારે NaOH ઉમેરવાનું બંધ કરી વપરાયેલ NaOHનું કદ નોંધી લો. આ જ પ્રમાણે બીજાં ત્રણ અવલોકનો લઈ નિયતાંક નક્કી કરો. ધારો કે તે 'A' ml છે. અવલોકન કોઠામાં આ અવલોકનોની નોંધ કરો.

અવલોકન કોઠો :

બ્યુરેટ આંક	પુરોગામી આંક	I	II	III	નિયતાંક
અંતિમ આંક					
પ્રારંભિક આંક					'A' ml
તફાવત					

ગણતરી :

(i) **HCl નો તુલ્યભાર ગણવો :**

$$\text{તુલ્યભાર} = \frac{\text{અણુભાર}}{\text{બેઝિકતા}} = \frac{36.5}{1} = 36.5 \text{ ગ્રામ/મોલ}$$

(ii) **HCl ની સપ્રમાણતા ગણવી :**

$$\underset{(HCl)}{N_1V_1} = \underset{(NaOH)}{N_2V_2}$$

$$\therefore \quad N_1 = \frac{N_2V_2}{V_1}$$

$$= \frac{0.1 \times A}{10}$$

$$\therefore \quad N_1 = x \text{ N}$$

જ્યાં, N_1 = HCl ની સ.પ્ર. = ?

V_1 = HCl નું કદ = 10 ml

N_2 = NaOH ની સ. પ્ર. = 0.1 N

V_2 = NaOH નું કદ = A ml

(iii) **HClના ગ્રામ / લિટર ગણવા :**

ગ્રામ/લિટર = સ.પ્ર. × તુલ્યભાર

$= x\text{N} \times 36.5$

= **B** gm/lit.

(iv) HClની મોલારીટી ગણવી :

$$\text{મોલારીટી (M)} = \frac{\text{સ.પ્ર.} \times \text{તુલ્યભાર}}{\text{અણુભાર}}$$

$$\therefore \quad M = \frac{xN \times 36.5}{36.5}$$

$$\therefore \quad M = y\ M$$

પરિણામ કોઠો :

દ્રાવણ	અણુભાર ગ્રામ/મોલ	તુલ્યભાર ગ્રામ/મોલ	સ.પ્ર.	ગ્રામ/લીટર	મોલારીટી
HCl	36.5 ગ્રામ/મોલ	36.5 ગ્રામ/મોલ	xN	B gm/lit.	y M

એસિડ-બેઇઝ અનુમાપનો અને pH :

pH :

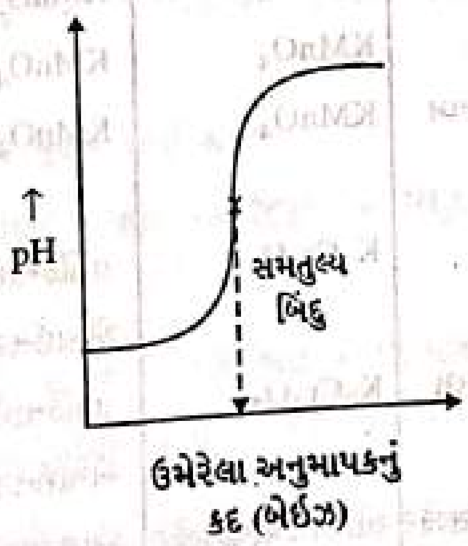
"જલીય દ્રાવણમાં H^+ આયનની (H_3O^+) સાંદ્રતાના ઋણ લઘુગુણકને pH કહે છે."

$$pH = -\log_{10}[H^+]$$

એસિડીક દ્રાવણની pH 0 – 7 સુધી હોય છે, જ્યારે બેઝિક દ્રાવણની pH 7–14 સુધીની હોય છે. શુદ્ધ પાણીની pH 7 હોય છે.

જ્યારે એસિડીક દ્રાવણમાં ધીરે ધીરે બેઇઝ ઉમેરવામાં આવે છે ત્યારે દ્રાવણોની pH ધીરે ધીરે વધે છે અને સમતુલ્ય બિંદુએ એટલે કે તટસ્થીકરણ બિંદુએ 7 pH જોવા મળે છે. ત્યારબાદ pH નું મૂલ્ય 7–14 ની રેન્જમાં ક્રમશઃ વધતું જાય છે.

pH → ઉમેરેલા અનુમાપકના કદનો આલેખ :



આલેખમાં જોતાં જણાય છે કે શરૂઆતમાં pH મૂલ્ય ધીરી ધીરે વધે છે જ્યારે સમતુલ્ય બિંદુ એ pH એકદમ વધી જાય છે. એટલે કે pH નો ફેરફાર ખૂબ જ મોટો હોય છે જેમ એસિડ-બેઇઝની પ્રબળતા ઓછી તેમ સમતુલ્ય બિંદુએ pH નો ફેરફાર ઓછો હોય છે.

(2) રેડોક્ષ અનુમાપનો (Redox Titrations) :

જે રાસાયણિક પ્રક્રિયાઓમાં એક પ્રક્રિયકનું ઓક્સિડેશન અને બીજા પ્રક્રિયકનું રીડક્શન થતું હોય એવી પ્રક્રિયાઓને આધારે કરવામાં આવતાં અનુમાપનોને ઓક્સડેશન–રીડક્શન અથવા રેડોક્ષ અનુમાપનો કહે છે.

"પરમાણુ અથવા આયન એક અથવા વધુ ઇલેક્ટ્રોન ગુમાવે તો તેને ઓક્સિડેશન પ્રક્રિયા અને જો પરમાણુ અથવા આયન ઇલેક્ટ્રોન મેળવે તો તેને રીડક્શનની પ્રક્રિયા કહે છે."

જે પ્રક્રિયક ઓક્સિડેશન અનુભવે તેને રીડક્શનકર્તા અને જે પ્રક્રિયક રીડક્શન અનુભવે તેને ઓક્સિડેશનકર્તા તરીકે ઓળખવામાં આવે છે.

સામાન્યતઃ $KMnO_4$, $K_2Cr_2O_7$ એ ઓક્સિડેશનકર્તા છે. જ્યારે સોડીયમ ઓક્ઝેલેટ, ફેરસ સલ્ફેટ, ફેરસ એમોનિયમ સલ્ફેટ તથા ઓક્ઝેલિક એસિડ એ રીડક્શનકર્તા પ્રક્રિયકો છે.

રેડોક્ષ અનુમાપનો મોટે ભાગે નીચેની પદ્ધતિઓથી કરવામાં આવે છે.

(1) પોટેશિયમ પરમેંગેનેટ પદ્ધતિ (2) પોટેશિયમ ડાયક્રોમેટ પદ્ધતિ

(3) આયોડિન પદ્ધતિ

સૂચક : રેડોક્સ અનુમાપનોમાં કયું દ્રાવણ બ્યુરેટમાં ભરવું અને કયો સૂચક વાપરવો તે વિગતો નીચે દર્શાવી છે.

ઓક્સિડેશનકર્તા	રિડક્શનકર્તા	બ્યુરેટમાં ભરવાનું દ્રાવણ	સૂચક	અંતિમ બિંદુએ રંગ પરિવર્તન
$KMnO_4$	ઓક્ઝેલિક એસિડ	$KMnO_4$	$KMnO_4$ સ્વયંસૂચક	રંગવિહીન → ગુલાબી
$KMnO_4$	ફેરસ સલ્ફેટ	$KMnO_4$	$KMnO_4$ સ્વયંસૂચક	રંગવિહીન → ગુલાબી
$KMnO_4$	ફેરસ એમોનિયમ સલ્ફેટ	$KMnO_4$	$KMnO_4$ સ્વયંસૂચક	રંગવિહીન → જાંબલી
$K_2Cr_2O_7$	ફેરસ સલ્ફેટ	$K_2Cr_2O_7$	ડાઈફિનાઈલ એમાઈન સલ્ફેટ	રંગવિહીન → જાંબલી
$K_2Cr_2O_7$	ફેરસ એમોનિયમ સલ્ફેટ	$K_2Cr_2O_7$	ડાયફિનાઈલ એમાઈન સલ્ફેટ	રંગવિહીન → જાંબલી
I_2	સોડિયમ થાયોસલ્ફેટ	સોડિયમ થાયોસલ્ફેટ	સ્ટાર્ચ મ્યુસીલેજ	જાંબલી → રંગવિહીન

ઑક્સિડેશનકર્તા / રિડક્શનકર્તા તુલ્યભાર :

(1) **પોટેશિયમ પરમેંગેનેટ ($KMnO_4$) નો તુલ્યભાર :**

એસિડિક દ્રાવણમાં $KMnO_4$ ના MnO_4^- (મેંગેનેટ આયન) નું Mn^{+2} આયનમાં રૂપાંતર થાય છે.

$$2K\underline{Mn}O_4 + 3H_2SO_4 \rightarrow K_2SO_4 + 2\underline{Mn}SO_4 + 3H_2O + 5(O)$$

(+14) (+4)

ટૂંકમાં આ પ્રક્રિયાને નીચે પ્રમાણે લખી શકાય.

$$MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- \rightarrow \underline{Mn}^{+2} + 4H_2O$$

(+7) (+2)

આ પ્રક્રિયા દરમિયાન Mn નો ઑક્સિડેશન આંક +7 માંથી +2 થાય છે.

∴ ઑક્સિડેશન આંકમાં ફેરફાર = 5

(ઇલેક્ટ્રોનનો ફેરફાર)

$$\therefore \ KMnO_4 \text{ નો તુલ્યભાર } = \frac{\text{અણુભાર}}{\text{ઇલેક્ટ્રોનનો ફેરફાર}}$$

$$= \frac{158}{5} = 31.6 \text{ ગ્રામ/મોલ}$$

(2) **પોટેશિયમ ડાયક્રોમેટ ($K_2Cr_2O_7$) નો તુલ્યભાર :**

એસિડિક દ્રાવણમાં $K_2Cr_2O_7$ એ ઑક્સિડેશનકર્તા તરીકે વર્તે છે. તેનું પોતાનું રિડક્શન થાય છે.

$$K_2\underline{Cr_2}O_7 + 4H_2SO_4 \rightarrow K_2SO_4 + \underline{Cr_2}(SO_4)_3 + 4H_2O + 3(O)$$

(+12) (+6)

ટૂંકમાં આ પ્રક્રિયાને નીચે મુજબ લખી શકાય.

$$(\underline{Cr_2}O_7)^{-2} + 14H^+ + 6e^- \rightarrow 2\underline{Cr}^{+3} + 7H_2O$$

(+12) (+6)

આ પ્રક્રિયા દરમ્યાન Cr નો ઑક્સિડેશન આંક + 12 માંથી + 6 થાય છે.

∴ ઑક્સિડેશન આંકમાં ફેરફાર = 6

(ઇલેક્ટ્રોનનો ફેરફાર)

$\therefore$ $K_2Cr_2O_7$ નો તુલ્યભાર = $\frac{\text{અણુભાર}}{\text{ઇલેક્ટ્રોનનો ફેરફાર}}$

$= \frac{294}{6} = 49$ ગ્રામ/મોલ

(3) I_2 અને $Na_2S_2O_3 . 5H_2O$ નો તુલ્યભાર :

$KMnO_4$, $K_2Cr_2O_7$ વગેરેની સરખામણીમાં આયોડિન મંદ ઑક્સિડેશનકર્તા છે. તે ઇલેક્ટ્રોન સ્વીકારે છે, અને બીજો જે પદાર્થ (દા.ત., $Na_2S_2O_3$) ઇલેક્ટ્રોન ગુમાવે છે, તેનું તે ઑક્સિડેશન કરી શકે છે. (આયોડિનનાં પ્રમાણિત દ્રાવણ વડે અનુમાપન કરી પદાર્થનું પ્રમાણ નક્કી કરવામાં આવે છે, તેને "આયોડોમેટ્રી" કહે છે.)

$$2Na_2S_2O_3 + I_2 \rightarrow Na_2S_4O_6 + 2NaI$$

ઑક્સિડેશન : $-2S_2O_3^{-2} \rightarrow S_4O_6^{-2} + 2e^-$ — (a)

રિડક્શન : $I_2 + 2e^- \rightarrow 2I^-$ — (b)

રિડક્શન પ્રક્રિયા (b) માં ઇલેક્ટ્રોનનો ફેરફાર = 2

I_2 નો તુલ્યભાર = $\frac{\text{અણુભાર}}{\text{ઇલેક્ટ્રોનનો ફેરફાર}}$

$= \frac{254}{2} = 127$ ગ્રામ/મોલ.

ઓક્સિડેશન પ્રક્રિયા (a) ને નીચે પ્રમાણે લખી શકાય.

$$S_2O_3^{-2} \rightarrow \frac{1}{2} S_4O_6^{2-} + e^-$$

આ પ્રક્રિયામાં થતો ઇલેક્ટ્રોનનો ફેરફાર = 1

$Na_2S_2O_3 . 5H_3O$ નો તુલ્યભાર = $\frac{\text{અણુભાર}}{\text{ઇલેક્ટ્રોનનો ફેરફાર}}$

$= \frac{248.2}{1} = 248.2$ ગ્રામ/મોલ

આમ, ઑક્સિડેશનકર્તા કે રિડક્શનકર્તાનો તુલ્યભાર નીચે પ્રમાણે ગણી શકાય છે.

તુલ્યભાર = $\frac{\text{અણુભાર}}{\text{ઑક્સિડેશન આંકમાં (ઇલેક્ટ્રોનમાં) થતો ફેરફાર}}$

ઑક્સિડેશનકર્તા કે રિડક્શનકર્તા	પ્રક્રિયા દરમિયાન ઑક્સિડેશન આંકમાં અથવા ઈલેક્ટ્રોનમાં થતો ફેરફાર	અણુભાર (ગ્રામ/મોલ)	તુલ્યભાર (ગ્રામ/મોલ)
$KMnO_4$	5	158	31.6
$K_2Cr_2O_7$	6	294	49
I_2	2	254	127
$H_2C_2O_4$	2	90	45
$H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$	2	126	63
$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	1	278	278
$FeSO_4(NH_4)_2SO_4 \cdot 6H_2O$	1	392	392
$Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$	1	248.2	248.2

(2) રેડોક્સ અનુમાપનનો એક પ્રયોગ નીચે વર્ણવ્યો છે.

હેતુ : પોટેશિયમ પરમેંગેનેટનું 0.05 N દ્રાવણ બનાવી તેની મદદથી આપેલી $FeSO_4, 7H_2O$ (કે $FeSO_4$ $(NH_4)_2$ $SO_4 \cdot 6H_2O$)ના દ્રાવણની સમપ્રમાણતા, ગ્રામ પ્રતિ લિટર અને મોલારિટી નક્કી કરો.

$KMnO_4$ નું 0.05 N પ્રમાણિત દ્રાવણ બનાવવું

1000 મિ.લિ. 1N $KMnO_4$ = $KMnO_4$ નો ગ્રામ તુલ્યભાર = 31.6 ગ્રામ

∴ 1000 મિ.લિ. 0.1N $KMnO_4$ = 3.16 ગ્રામ

∴ 250 મિ.લિ. 0.1N $KMnO_4$ = 0.790 ગ્રામ

∴ 100 મિ.લિ. 0.1N $KMnO_4$ = 0.316 ગ્રામ

∴ 250 મિ.લિ. 0.05N $KMnO_4$ = 0.395 ગ્રામ

∴ 100 મિ.લિ. 0.05N $KMnO_4$ = 0.158 ગ્રામ

પ્રયોગ પદ્ધતિ :

બ્યુરેટમાં પ્રમાણિત $KMnO_4$ નું દ્રાવણ ભરો. પિપેટની મદદથી $FeSO_4$, $7H_2O$ (કે $FeSO_4$ $(NH_4)_2$ $SO_4 \cdot 6H_2O$) નું 10 મિ.લિ. દ્રાવણ કોનિકલ ફ્લાસ્કમાં લો. તેમાં એક કસનળી

મંદ સલ્ફ્યુરિક એસિડનું દ્રાવણ ઉમેરો. હવે બ્યુરેટમાંથી ધીમે ધીમે $KMnO_4$ નું દ્રાવણ ઉમેરો. ફ્લાસ્કને સતત હલાવતા રહો. શરૂઆતમાં $KMnO_4$ ના દ્રાવણનો રંગ જલદી દૂર થશે, પરંતુ અંતિમ બિંદુ નજીક આવશે ત્યારે ધીમે ધીમે રંગ દૂર થશે. દ્રાવણનો રંગ જ્યારે રંગવિહીનમાંથી આછો ગુલાબી બને ત્યારે બ્યુરેટ આંક નોંધો. પ્રથમ પુરોગામી અવલોકન અને ત્યારબાદ બીજાં ત્રણ અવલોકનો લઈ નિયતાંક નક્કી કરો.

અવલોકનો :

બ્યુરેટ : 0.05 N $KMnO_4$ નું દ્રાવણ

પિપેટ : 10 મિ.લિ., x N $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ [કે $FeSO_4(NH_4)_2SO_4 \cdot 6H_2O$] નું દ્રાવણ + 1 કસનળી મંદ સલ્ફ્યુરિક એસિડ

સૂચક : $KMnO_4$ સ્વયંસૂચક

રંગપરિવર્તન : રંગવિહીનમાંથી આછો ગુલાબી

સમીકરણ :

$$2KMnO_4 + 3H_2SO_4 \rightarrow K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 3H_2O + 5(O)$$
$$10\,FeSO_4 + 5H_2SO_4 + 5(O) \rightarrow 5\,Fe_2(SO_4)_3 + 5\,H_2O$$
$$2KMnO_4 + 10\,FeSO_4 + 8H_2SO_4 \rightarrow K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 5Fe_2(SO_4)_3 + 8H_2O$$

$$2KMnO_4 + 3H_2SO_4 \rightarrow K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 3H_2O + 5(O)$$
$$10\,FeSO_4(NH_4)_2SO_4 + 5H_2SO_4 + 5(O) \rightarrow 5\,Fe_2(SO_4)_3 + 10\,(NH_4)_2SO_4 + 5H_2O$$
$$2KMnO_4 + 10FeSO_4(NH_4)_2SO_4 + 8H_2SO_4 \rightarrow K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 5Fe_2(SO_4)_3 + 10(NH_4)_2SO_4 + 8H_2O$$

અવલોકન કોઠો :

બ્યુરેટ	પુરોગામી આંક	I	II	III	નિયતાંક
અંતિમ આંક					
પ્રારંભિક આંક					A મિ.લિ.
તફાવત					

આમ, 10 મિ.લિ. x N $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ [કે $FeSO_4(NH_4)_2SO_4 \cdot 6H_2O$] ના દ્રાવણ સંપૂર્ણ ઓક્સિડેશન માટે A મિ.લિ. 0.05 N $KMnO_4$ નું દ્રાવણ જરૂરી છે.

ગણતરી :

Fe=56

(1) **$FeSO_4 \cdot 7H_2O$ [કે $FeSO_4\ (NH_4)_2\ SO_4 \cdot 6H_2O$] નો તુલ્યભાર ગણવો :**

અહીં પ્રક્રિયા દરમિયાન $Fe^{+2} \rightarrow Fe^{+3}$ માં ઓક્સિડેશન થતું હોવાથી ઇલેક્ટ્રોનમાં થતો ફેરફાર 1 છે.

$$FeSO_4 \cdot 7H_2O \text{ નો તુલ્યભાર} = \frac{\text{અણુભાર}}{\text{ઇલેક્ટ્રોનનો ફેરફાર}} = \frac{278}{1} = 278$$

$$[FeSO_4\ (NH_4)_2\ SO_4 \cdot 6H_2O \text{ નો તુલ્યભાર} = \frac{\text{અણુભાર}}{\text{ઇલેક્ટ્રોનનો ફેરફાર}} = \frac{392}{1} = 392]$$

(2) **સપ્રમાણતા ગણવી :**

$N_1V_1 = N_2V_2$

$(KMnO_4)\quad (FeSO_4 \cdot 7H_2O)$

$$N_2 = \frac{N_1V_1}{V_2}$$

$$= \frac{0.05 \times A}{10}$$

$= x$ N

જ્યાં,

N_1 = $KMnO_4$ ની સ.પ્ર. = 0.05 N

N_2 = $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ (કે $FeSO_4(NH_4)_2SO_4 \cdot 6H_2O$) ની સપ્રમાણતા = xN

V_1 = $KMnO_4$ નું કદ = A મિ.લિ.

V_2 = $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ (કે $FeSO_4(NH_4)_2SO_4 \cdot 6H_2O$) નું કદ = 10 મિ.લિ.

(3) **ગ્રામ પ્રતિ લિટર ગણવા :**

$FeSO_4 \cdot 7H_2O$ ના ગ્રામ પ્રતિલિટર

= ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$ ની સપ્રમાણતા) × ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$ નો તુલ્યભાર)

= $x \times 278$ ગ્રામ/લિટર

$FeSO_4(NH_4)_2SO_4 \cdot 6H_2O$ ના ગ્રામ પ્રતિલિટર

= ($FeSO_4(NH_4)_2SO_4 \cdot 6H_2O$ ની સપ્રમાણતા) ×

($FeSO_4(NH_4)_2SO_4 \cdot 6H_2O$ નો તુલ્યભાર)

= $x \times 392$ ગ્રામ/લિટર

(4) મોલારિટી ગણવી :

$FeSO_4 . 7H_2O$ ની મોલારિટી

$$= \frac{(FeSO_4 . 7H_2O \text{ ની સપ્રમાણતા}) \times (FeSO_4 . 7H_2O \text{ નો તુલ્યભાર})}{(FeSO_4 . 7H_2O \text{ નો અણુભાર})}$$

$$= \frac{x \times 278}{278} \text{ M}$$

$$\left[FeSO_4(NH_4)_2SO_4 . 6H_2O \text{ ની મોલારિટી} = \frac{\text{સ.પ્ર.} \times \text{તુલ્યભાર}}{\text{અણુભાર}} = \frac{x \times 392}{392} \text{M} \right]$$

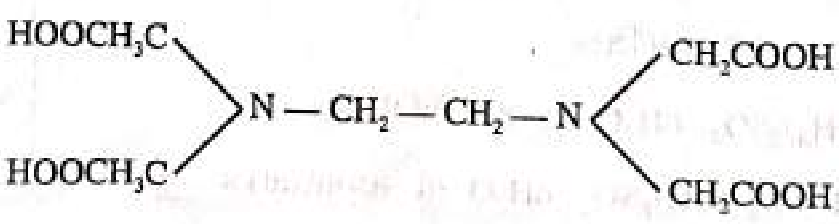
પરિણામ કોઠો :

દ્રાવણ	અણુભાર (ગ્રામ/મોલ)	તુલ્યભાર (ગ્રામ/મોલ)	સપ્રમાણતા (N)	ગ્રામ/લિટર	મોલારિટી (N)
$FeSO_4 . 7H_2O$	278 ગ્રામ/મોલ	278 ગ્રામ/મોલ			
$FeSO_4(NH_4)_2 SO_4 . 6H_2O$	392 ગ્રામ/મોલ	392 ગ્રામ/મોલ			

(3) સંકીર્ણમિતીય અનુમાપનો (Complexometric Titrations) :

આ પ્રકારનાં અનુમાપનમાં ધાતુ આયનની અજ્ઞાત સાંદ્રતા EDTA જેવા સંકીર્ણમિતીય પ્રક્રિયક વડે નક્કી કરવામાં આવે છે. ઘણા બધા સંકીર્ણમિતીય પ્રક્રિયકો પૈકી સૌથી વધારે અગત્યનો અને જાણીતો પદાર્થ EDTA છે.

EDTA (ઇથીલીન ડાય એમાઈન ટેટ્રા એસેટિક એસિડ) પાણીમાં અદ્રાવ્ય છે, પરંતુ તેનો સોડિયમ ક્ષાર પાણીમાં સ્થાયી રીતે સુદ્રાવ્ય છે. EDTA ની રચના નીચે પ્રમાણે છે.



ધાતુ આયન M^{+n} સાથે તે 1 : 1 સંકીર્ણ બનાવે છે.

આ પદાર્થ ચતુઃ બેઝિક (ટેટ્રા પ્રોટિક) એસિડ છે. દરેક કાર્બોક્સિલ સમૂહોનાં હાઈડ્રોજન વિયોજન પામી શકે છે, આથી તેને H_4Y તરીકે દર્શાવી શકાય.

$$H_4Y \rightleftharpoons H^+ + H_3Y^-$$
$$H_3Y^- \rightleftharpoons H^+ + H_2Y^{-2}$$
$$H_2Y^{-2} \rightleftharpoons H^{++} HY^{-3}$$
$$HY^{-3} \rightleftharpoons H^+ + Y^{-4}$$

ડાય સોડિયમ દ્રાવણનું સૂત્ર N_2H_2Y થશે અને જલીય દ્રાવણમાં H_2Y^{-2} સ્પીસીઝ સંકીર્ણ પ્રક્રિયક તરીકે વર્તશે. EDTA (Na_2H_2Y) એ ષડ્દંતી (હેક્ઝા ડેન્ટેટ) લિગેન્ડ છે અને તે પાંચ સભ્યવાળા કિલેટ સંયોજનો બનાવે છે. ધાતુ આયન સાથે પ્રક્રિયા નીચે મુજબ દર્શાવી શકાય.

$$M^{+2} + H_2Y^{-2} \rightleftharpoons MY^{-2} + 2H^+$$
$$M^{+3} + H_2Y^{-2} \rightleftharpoons MY^- + 2H^+$$
$$M^{+n} + H_2Y^{-2} \rightleftharpoons (MY)^{(n-4)} + 2H^+$$

આમ, દરેક પ્રક્રિયામાં EDTA (H_2Y^{-2}) નો એક મોલ ધાતુ આયનના એક મોલ સાથે પ્રક્રિયા કરે છે અને હાઇડ્રોજન આયનનાં બે મોલ ઉત્પન્ન થાય છે. ઉત્પન્ન થતા દરેક સંકીર્ણની રચના સરખી હોય છે. પણ તેમના વિદ્યુતભારમાં તફાવત હોય છે. સંકીર્ણ સંયોજનનું વિયોજન દ્રાવણના pH ઉપર આધાર રાખે છે. જો pH ઘટાડવામાં આવે તો સંયોજનનું વિયોજન વધે છે. આથી વિરુદ્ધ ધાતુ – EDTA સંયોજન જેમ વધુ સ્થાયી તેમ pH ની ઓછી કિંમતે પણ અનુમાપન કરી શકાય છે. અપવાદરૂપે સામાન્ય રીતે દ્વિસંયોજક આયન સાથેના EDTA સંયોજનો બેઝીક અથવા અલ્પ એસિડિક દ્રાવણમાં સ્થાયી છે. જ્યારે ચતુઃ અને ત્રિ-સંયોજક આયન EDTA સંયોજક 1 – 3 pH વાળા દ્રાવણમાં પણ હયાતી ધરાવી શકે છે. આમ, EDTA સંકીર્ણમિતીય અનુમાપન તરીકે ઘણી વિશેષ ઉપયોગિતાઓ ધરાવે છે.

ધાતુ–આયન સૂચકો (મેટલોક્રોમિક સૂચકો) :

અનુમાપનની સફળતાને ચોક્કસ અને સ્પષ્ટ અંતિમબિંદુ નક્કી કરી શકવા પર આધારિત છે. EDTA અનુમાપનમાં મુખ્યત્વે ધાતુ આયન સૂચકનો ઉપયોગ થાય છે. અનુમાપનમાં અંતિમબિંદુ નક્કી કરવા ધાતુ આયન સૂચકની અનિવાર્યતા સ્વીકારતાં પહેલાં કેટલીક બાબતો ધ્યાનમાં લેવી આવશ્યક છે.

(1) રંગ પ્રક્રિયા એ પ્રકારની હોવી જોઈએ કે અંતબિંદુ પહેલાં, જ્યારે લગભગ બધાં ધાતુ આયન EDTA સાથે સંકીર્ણ થયાં હોય ત્યાં દ્રાવણ ગાઢ રંગનું બનવું જોઈએ.

(2) રંગ પ્રક્રિયા વિશિષ્ટ સ્પષ્ટ અગર ઓછામાં ઓછું રંગ પારખી શકાય તે પ્રકારની હોવી જોઈએ.

(3) ધાતુ સૂચક સંકીર્ણ પૂરતા પ્રમાણમાં સ્થાયી હોવો જોઈએ. તેમ ન હોય તો વિઘટનના કારણે ચોક્કસ રંગપરિવર્તનથી પ્રાપ્ત થતું નથી. ધાતુ સૂચક સંકીર્ણ ધાતુ EDTA સંકીર્ણ કરતાં ઓછો સ્થાયી હોય તો જ અંતબિંદુએ EDTA ધાતુ સૂચક સંકીર્ણમાંથી ધાતુ EDTA સંકીર્ણ બનતાં થતો સંતુલન ફેરફાર સ્પષ્ટ અને ઝડપી હોવો જોઈએ.

(4) મુક્ત સૂચક અને ધાતુ સૂચક સંકીર્ણ વચ્ચે રંગભેદ સહેલાઈથી પારખી શકાય તેવો હોવો જોઈએ.

(5) સૂચક, ધાતુ આયનો પ્રત્યેક ઘણો સંવેદનશીલ હોય તો જ તુલ્યબિંદુની અત્યંત નજીકમાં રંગપરિવર્તન શક્ય બને.

(6) ઉપરની તમામ જરૂરિયાતો જે pH મૂલ્યે અનુમાપન કરવાનું હોય તે pH મર્યાદામાં જ સંતોષાવી જોઈએ.

ધાતુ સૂચક તરીકેની ઉપરોક્ત તમામ લાક્ષણિકતાઓ ઇરીયોક્રોમ બ્લેક ટી (EBT) ધરાવે છે તેથી તે EDTA અનુમાપનોમાં સૂચક તરીકે વપરાય છે. EDTA વડે Ca^{+2} અથવા Mg^{+2} નું પ્રમાણ (ઇરીયોક્રોમ બ્લેક ટી સૂચક વાપરીને) શોધવાનો પ્રયોગ નીચે વર્ણવ્યો છે.

હેતુ : Ca^{+2} અને Mg^{+2} આયનો યુક્ત કઠિન પાણીની કઠિનતા શોધવી.

પદ્ધતિ :

વિભાગ–1 : 0.01 M EDTA નું દ્રાવણ બનાવવું.

1000 મિ.લિ. 1 EDTA = 372.25 ગ્રામ EDTA

1000 મિ.લિ. 0.01 M EDTA = 3.7225 ગ્રામ EDTA

250 મિ.લિ. 0.01 M EDTA = 0.9306 ગ્રામ EDTA = 0.931 ગ્રામ EDTA

100 મિ.લિ. 0.01 M EDTA = 0.37225 ગ્રામ EDTA = 0.372 ગ્રામ EDTA

અગાઉથી વજન કરેલા વોચગ્લાસમાં EDTA નું યોગ્ય વજન કરી તેને થોડા દ્વિનિસ્યંદિત પાણીમાં ઓગાળી, 100 મિ.લિ.ના અંકિત ફ્લાસ્કમાં લો. તેમાં દ્વિનિસ્યંદિત પાણી ઉમેરી 100 મિ.લિ. મંદ બનાવી, બરાબર હલાવી, સમાંગ દ્રાવણ બનાવો.

વિભાગ–II : પાણીની કઠિનતા નક્કી કરવી :

આપેલા દ્રાવણને (દા.ત., 10 મિ.લિ.) ને નિસ્યંદિત પાણીની 100 મિ.લિ.નાં આંક સુધી મંદ કરો. આ મંદ દ્રાવણમાંથી 10 મિ.લિ. દ્રાવણ કોનિકલ ફ્લાસ્કમાં લઈ તેમાં 20 મિ.લિ. દ્વિનિસ્યંદિત પાણી, 2 મિ.લિ. બફર દ્રાવણ = 10) અને ઇરિયોક્રોમ બ્લેક ટી સૂચકના 2 – 3 ટીંપા ઉમેરો. આ મિશ્રણનું બ્યુરેટમાં ભરેલા 0.01 M EDTA દ્રાવણથી અનુમાપન કરો. અંતિમ બિંદુએ દ્રાવણનો રંગ લાલમાંથી વાદળી થશે. ત્રણ અવલોકનો લઈ, નિયતાંક A મિ.લિ. નક્કી કરો.

અવલોકનો :

બ્યુરેટ : 0.01 M EDTA નું દ્રાવણ

પિપેટ : 10 મિ.લિ. કઠિન પાણીનું મંદ દ્રાવણ +20 મિ.લિ. દ્વિનિસ્યંદિત પાણી + મિ.લિ. બફર દ્રાવણ (pH = 10)

સૂચક : ઇરિયોક્રોમ બ્લેક ટી

રંગ પરિવર્તન : લાલમાંથી વાદળી

સમીકરણ :

$Ca^{+2} + H_2Y^{-2}$ (EDTA) $\rightarrow CaY^{-2} + 2H^+$

$Mg^{+2} + H_2Y^{-2}$ (EDTA) $\rightarrow MgY^{-2} + 2H^+$

$MgY^{-2} + Ca^{+2} \rightarrow CaY^{-2} + Mg^{+2}$

$Mg^{+2} + H_2D$ (સૂચક) $\rightarrow MgD^{-2}$ (લાલ રંગ) $+ 2H^-$

MgD^- (લાલ રંગ) $+ H_2Y^{-2}$ (EDTA) $\rightarrow MgY^{-2} + Hd^{-2}$ (વાદળી) H^+

અવલોકન કોઠો :

બ્યુરેટ આંક	પુરોગામી આંક	I	II	III	નિયતાંક
અંતિમ આંક					
પ્રારંભિક આંક					'A' ml
તફાવત					

આમ, 10 મિ.લિ. કઠિન પાણીના મંદ દ્રાવણમાં રહેલ કઠિન આયનોમાં અનુમાપન માટે A મિ.લિ. 0.1 EDTA નું દ્રાવણ જરૂરી છે.

ગણતરી :

1000 મિ.લિ. 1 M EDTA = 100.00 ગ્રામ $CaCO_3$

1 મિ.લિ. 1 M EDTA = 0.1 ગ્રામ $CaCO_3$

1 મિ.લિ. 0.01 M EDTA = 0.001 ગ્રામ $CaCO_3$

પાણીની કઠિનતા $= \frac{0.001 \times A \times 10^6}{V}$ B ppm $CaCO_3$ (10 મિ.લિ. મંદ દ્રાવણમાં)

$\therefore$ આપેલા પાણીની કઠિનતા = (B × 10) ppm = C ppm $CaCO_3$

પરિણામ :

(1) 10 મિ.લિ. કઠિન પાણીના મંદ દ્રાવણના અનુમાપન માટે જરૂરી 0.01 M EDTA ના દ્રાવણનું કદ = A મિ.લિ.

(2) આપેલા પાણીની કુલ કઠિનતા = C ppm $CaCO_3$

(4) અવક્ષેપન અનુમાપનો (**Precipitation Titrations**) :

જ્યારે બે પ્રક્રિયકોનાં દ્રાવણો એકબીજાના સંપર્કમાં આવે ત્યારે અદ્રાવ્ય અવક્ષેપ ઉત્પન્ન થતા હોય તેવા પ્રકારનાં અનુમાપનોને અવક્ષેપન અનુમાપનો કહે છે. દા.ત. $AgNO_3$ ના દ્રાવણને NaClના દ્રાવણમાં ઉમેરવામાં આવે છે ત્યારે AgClના સફેદ અવક્ષેપ પ્રાપ્ત થાય છે.

$$AgNO_3 + NaCl \longrightarrow AgCl\downarrow + NaNO_3$$

આ જ રીતે $AgNO_3$ ના દ્રાવણને એમોનિયમ થાયો સાયનેટના દ્રાવણમાં ઉમેરવામાં આવે છે ત્યારે સિલ્વર થાયો સાયનેટના સફેદ અવક્ષેપ પ્રાપ્ત થાય છે.

$$AgNO_3 + NH_4CNS \longrightarrow AgCNS\downarrow + NH_4NO_3$$

આ બંને પ્રક્રિયાઓનો ઉપયોગ સિલ્વર (Ag) ના કદમાપક પરિમાપનમાં ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. પરંતુ એ ત્યારે જ શક્ય બનશે કે જ્યારે યોગ્ય સૂચક વડે સંપૂર્ણ અવક્ષેપનની ખાતરી થાય. આવા કદમાપક અનુમાપનો કે જેમાં $AgNO_3$ સંકળાયેલ હોય છે તેમને આર્જેન્ટોમેટ્રિક અનુમાપન (Argentometric Titrations) કહે છે.

અહીં આપણે $AgNO_3$ વિરુદ્ધ NaCl ના અનુમાપનની વિગતે ચર્ચા કરીશું.

આ અનુમાપન બે પદ્ધતિથી થાય છે.

(1) પોટેશિયમ ક્રોમેટનો સૂચક તરીકે ઉપયોગ કરીને (મોહ્‌ર પદ્ધતિ)

(2) અધિશોષણ સૂચકનો ઉપયોગ કરીને (ફ્લોરેસીનનો ઉપયોગ કરીને)

અહીં પ્રથમ પદ્ધતિ વિસ્તૃત રીતે જોઈશું.

(1) પોટેશિયમ ક્રોમેટનો સૂચક તરીકે ઉપયોગ કરીને (મોહ્‌ર પદ્ધતિ) :

હેતુ :

આપેલ xN $AgNO_3$ ના દ્રાવણની સપ્રમાણતા અને ગ્રામ/લિટર 0.1 N NaClના પ્રમાણિત દ્રાવણની મદદથી મોહ્‌ર પદ્ધતિથી શોધવી.

સિદ્ધાંત :

જ્યારે થોડાક ટીપાં પોટેશિયમ ક્રોમેટ ધરાવતા NaClના દ્રાવણમાં $AgNO_3$ નું દ્રાવણ ઉમેરવામાં આવે છે ત્યારે શરૂઆતમાં સફેદ AgCl અવક્ષેપિત થાય છે. જ્યારે બધા જ ક્લોરાઈડ આયનો અવક્ષેપિત થઈ જાય પછી એક જ ટીંપુ $AgNO_3$ નું વધારે ઉમેરવાથી સિલ્વર ક્રોમેટનું લાલ અવક્ષેપ મળશે, જે અંતિમ બિંદુનું સૂચન કરે છે.

AgCl નો દ્રાવ્યતા ગુણાકાર એ Ag_2CrO_4 ના દ્રાવ્યતા ગુણાકાર કરતાં નીચો છે. તેથી જ્યાં સુધી ક્લોરાઈડ આયનો હશે ત્યાં સુધી ઓછો દ્રાવ્ય સિલ્વર ક્લોરાઈડ અવક્ષેપિત થશે. Ag_2CrO_4 ના અવક્ષેપન માટે Ag^+ આયનો પૂરતા નથી. જેવા ક્લોરાઈડ આયનો અવક્ષેપિત થાય છે કે તરત જ Ag^+ નો અલ્પ વધારો પણ અપ્રાપ્ય $AgCrO_4$ ઉત્પન્ન કરે છે, જે લાલ રંગનો હોય છે.

$$2Ag^{+} + CrO_4^{-} \longrightarrow Ag_2CrO_4$$

Silver Chromate

(red)

પદ્ધતિ :

સૌપ્રથમ આપેલ 0.1 NaClના દ્રાવણને $AgNO_3$ ના 0.1 N પ્રમાણિત દ્રાવણ વડે પ્રમાણિત કરો. ત્યાર બાદ નીચે મુજબ અનુસરો.

આપેલ xN $AgNO_3$ ના દ્રાવણ વડે બ્યુરેટ ભરો અને 0.1 N NaCl નું દ્રાવણ 25 ml ની પિપેટ વડે કોનિકલ ફ્લાસ્કમાં લો. હવે પોટેશિયમ ક્રોમેટ સૂચકના 3–4 ટીંપાં કોનિકલ ફ્લાસ્કમાં નાખી ધીરે ધીરે બ્યુરેટમાંના $AgNO_3$ના દ્રાવણ વડે અનુમાપન શરૂ કરો. શરૂઆતમાં AgCl ના સફેદ અવક્ષેપ મળશે. આગળ અનુમાપન કરતાં કોનિકલ ફ્લાસ્કમાં લાલ રંગ દેખાશે. પરંતુ ફ્લાસ્કને સતત હલાવતા રહેવાથી લાલ રંગ દેખાશે નહી, જ્યારે ફ્લાસ્કમાંના દ્રાવણનો રંગ સ્થાયી લાલ આવે ત્યાં સુધી $AgNO_3$ નું દ્રાવણ ઉમેરતા જાઓ, જે અંતિમબિંદુ છે. આ જ પ્રમાણે બીજાં બે અવલોકનો લઈ અવલોકન કોઠામાં નોંધ કરો. ધારો કે A ml નિયતાંક છે.

અવલોકનો :

બ્યુરેટ : xN $AgNO_3$ નું દ્રાવણ

ફ્લાસ્ક : (25 ml 0.1 N NaClનું દ્રાવણ + K_2CrO_4 સૂચક)

સૂચક : K_2CrO_4 (પોટેશિયમ ક્રોમેટ)

રંગ પરિવર્તન : સફેદમાંથી લાલ

બ્યુરેટ આંક	પુરોગામી આંક	I	II	III	નિયતાંક
અંતિમ આંક પ્રારંભિક આંક તફાવત					'A' ml

ગણતરી :

(1) $AgNO_3$ નો તુલ્યભાર ગણવો.

$AgNO_3 \equiv NaCl$

169.9 58.5

$AgNO_3$ નો એક મોલ NaCl ના એક મોલ સાથે પ્રક્રિયા કરે છે, જેથી $AgNO_3$ નો તુલ્યભાર એ તેના અણુભાર બરાબર થશે. એટલે કે, $AgNO_3$ નો તુલ્યભાર 169.90 થશે.

(2) $AgNO_3$ ની સપ્રમાણતા ગણવી :

$$\underset{(AgNO_3)}{N_1V_1} = \underset{(NaCl)}{N_2V_2}$$

$$\therefore N_1 = \frac{N_2V_2}{V_1}$$

$$= \frac{0.1 \times 25}{A}$$

$$N_1 = x \text{ N.}$$

જ્યાં, N_1 = $AgNO_3$ ની સ.પ્ર. = ?

V_1 = $AgNO_3$ નું કદ = A ml

N_2 = NaCl ની સ. પ્ર. = 0.1 N

V_2 = NaCl નું કદ = 25 ml

(3) $AgNO_3$ ગ્રામ/લીટર

ગ્રામ/લીટર = સ.પ્ર. × તુલ્યભાર

$= x \times 169.90$

$= y$ gm/lit.

પરિણામ કોઠો :

દ્રાવણ	અણુભાર ગ્રામ/મોલ	તુલ્યભાર ગ્રામ/મોલ	સ.પ્ર.	ગ્રામ/લીટર
$AgNO_3$	169.9	169.9	xN	y gm/lit.