Chemical Kinetics - I

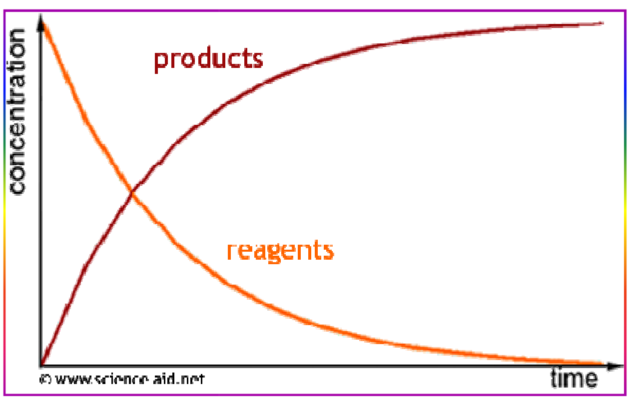
- Chemistry की वह शाखा जिसमें Chemical R_x^{ns} की rate व mechanism का अध्ययन किया जाता है।

Rate of Reaction

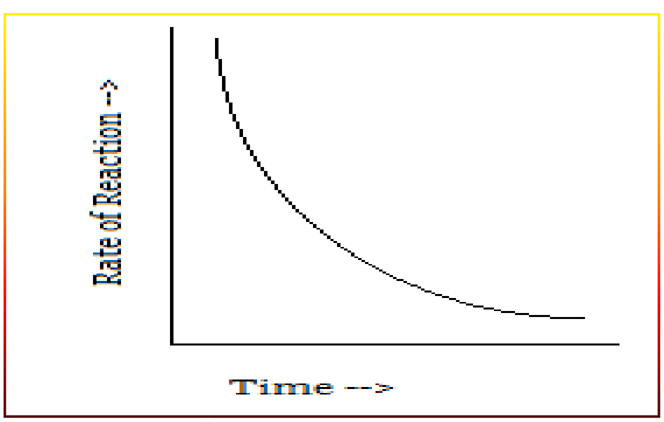
Definition-

- इकाई समय में reactants या products की $conc^n$ में change; rate of reactions कहलाती है।

- समय में वृद्धि के साथ reactants की $conc^n$ कम व products की $conc^n$ अधिक होती जाती है।



- Time तथा Rate of reactions में graph खींचने पर –



- Conc^n में change व समय में change को क्रमशः Δc, Δt से प्रदर्शित करने पर

$$\text{Rate} = \frac{\Delta c}{\Delta t}$$

- Reactants व Products की Rate of Rx^n को Average Rate of Rx^n कह सकते हैं तथा इसे $\bar{\upsilon}$ से प्रदर्शित करते हैं।

❖ **+ Sigh** ⇨ Products की सान्द्रता में वृद्धि
❖ **- Sigh** ⇨ Reactants की सान्द्रता में कमी

- Rate of reactions को calculus (कलन) की term में भी प्रदर्शित कर सकते हैं –

$$\text{Rate of Reactions} = \pm \frac{dc}{dt}$$

eg. (1) A + B → C+ D

$$\upsilon = -\frac{dC_A}{dt} = -\frac{dC_B}{dt} = +\frac{dC_C}{dt} = +\frac{dC_D}{dt}$$

$$= -\frac{d[A]}{dt} = -\frac{d[B]}{dt} = +\frac{d[C]}{dt} = +\frac{d[D]}{dt}$$

(2) 2A → C+D

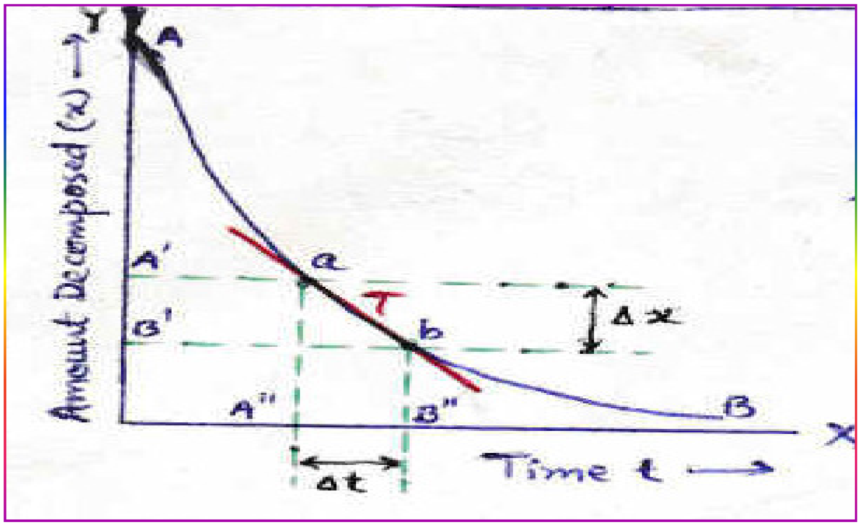
$$\upsilon = -\frac{1}{2}\frac{d[A]}{dt} = \frac{d[C]}{dt} = \frac{d[D]}{dt}$$

General Eq^n -

$$aA+bB+cC+.... \rightarrow mD+nE+lF+.........$$

- $\upsilon = -\frac{1}{a}\frac{d[A]}{dt} = -\frac{1}{b}\frac{d[B]}{dt} = ... = \frac{1}{m}\frac{d[D]}{dt} = \frac{1}{n}\frac{d[E]}{dt} = ...$

➢ Determination of Rate Law or R_x^n Rate –



- इसके लिए time (t) व decomposed amount (x) में खींचे गये graph पर tangent T डालते हैं।
- Tangent T पर दो point select करते हैं (a, b)
- इन point से x व y axis पर parallel lines खींचते हैं।
- इन parallal lines के बीच के अन्तर का अनुपात R_x^n rate को दर्शाता है।

अतः Rate of $R_x^n = \frac{A'B'}{A''B''} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$

- ∞ Change हेतु Δx व Δt को dx व dt से replace कर देते है।

अतः Rate of $R_x^n = \frac{dx}{dt}$

अर्थात् **Rate of R_x^n = Slope of Curve = tanθ = $\frac{\perp^{ar}}{Base} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{dx}{dt}$**

- Rate of R_x^n को निम्न प्रकार भी दर्शाया जा सकता है –

$$A \rightarrow C$$

x – degree of dissociation

	A	C
प्रा. सा.	a	0
अ.सा.	(a-x)	x

$$\upsilon = -\frac{dc_A}{dt} = -\frac{d(a-x)}{dt}$$

$$\upsilon = \frac{dc_C}{dt} = \frac{dx}{dt}$$

- यदि reactants व products gaseous state में हो तो सान्द्रता को partial pressure के रूप में व्यक्त करते हैं –

eg. $H_2 + I_2 \rightarrow 2HI$

$$\upsilon = -\frac{dp_{H_2}}{dt} = -\frac{dp_I}{dt} = \frac{1}{2}\frac{dp_{HI}}{dt}$$

Rate of R_x^n को प्रभावित करने वाले कारक –

(1) Reactant की प्रकृति –

Chemical R_x^n दो steps में होती है। 1^{st} step में bond टूटता है व 2^{nd} step में bond बनता है

- यदि bond आसानी से टूटेगा तो R_x^n की गति forward direction में अधिक होगी क्योंकि bond टूटकर नये bond बनने के कारण product ज्यादा बनेंगे।

eg. (a) $5\ C_2O_4^{2-} + 2M_nO_4^- + 16H^+ \rightarrow 10CO_2 + 2M_n^{2+} + 8H_2O$

(b) $5\ Fe^{2+} + M_nO_4^- + 8H^+ \rightarrow 5Fe^{3+} + Mn^{2+} + 4H_2O$

Eq^n (a) Slow जबकि (b) fast है। जबकि दोनों में oxidising agent समान है। $[M_nO_4^- + H^+]$

कारण – **Eq^n** (a) में $C_2O_4^{2-}$ ions weak acid से प्राप्त होते हैं जिसका (acid का) वियोजन धीमी गति से होता है।

जबकि

Eq^n (b) में Fe^{2+} ions salt से प्राप्त होते हैं जिसका (salt का) वियोजन तीव्र गति से होता है।

(2) $Conc^n$. of Reactants -

$Conc^n$ more, Rate of r_x^n more — in general

(3) $Temp^r$. -

$Temp^r$ more, Rate of R_x^n more — in general

(4) Catalyst -

Catalyst की presence में Rate of R_x^n बढ़ जाती है।

$$\text{eg. } 2H_2 + O_2 \xrightarrow{Pt} 2H_2O$$

(5) Nature of Medium-

Polar solvent होने पर rate of R_x^n more

Non Polar solvent होने पर rate of R_x^n less

Specific Rate of R_x^n

$$aA + bB + cC + \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \longrightarrow \text{Products}$$

Law of mass action के अनुसार –

$$\text{Rate of } R_x^n \propto [A]^a [B]^b [C]^c \ldots\ldots\ldots$$
$$= k\ [A]^a [B]^b [C]^c \ldots\ldots\ldots$$

Where

k ⟶ Rate const. या
Velocity const. या
Velocity coefficient

यदि [A] = [B] = [C] = 1 हो तो

Rate = K या k_r [Specific rate const.]

अतः "**R_x^n** की वह **rate** जब **reactants** की सान्द्रता इकाई हो" **sp. rate of r_x^n** कहलाती है।

Dimensions –

$$\text{Rate of } R_x^n = \frac{dc}{dt} = \frac{\text{Change in conc}^n}{\text{Change in time}}$$

$$= \text{conc}^n\ \text{time}^{-1} \text{ या Mole/lit time}^{-1}$$
$$= \text{Mole lit}^{-1}\ \text{time}^{-1}$$

यदि [A] = [B] = [C] = 1 हो तो Sp. rate const. (K) की dimension भी उपर्युक्त होगी किन्तु A, B, C की सान्द्रता भिन्न–भिन्न हो तो –

$$\text{Rate} = K\ [A]^a [B]^b [C]^c \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

$$\text{conc}^n\ \text{time}^{-1} = K(\text{conc}^n)^a\ (\text{conc}^n)^b\ (\text{conc}^n)^c \ldots\ldots\ldots\ldots$$

$$K = \frac{(conc^n)\ time^{-1}}{(conc^n)^{(a+b+c........)}}$$

$$K = conc^{n\ [1-(a+b+c.........)]}\ time^{-1}$$

$$K = \left(\frac{mole}{lit}\right)^{[1-(a+b+c.........)]} time^{-1}$$

Master formula – Unit of K

$$K = [conc^n]^{1-n}\ [time]^{-1}$$

$$= \left(\frac{mole}{lit}\right)^{1-n} [time]^{-1}$$

Where

n⇨order of r_x^n

Order of R_x^n (n)

❖ $aA + bB + cC + ... \rightarrow Product$

Rate of $R_x^n = k\ \ C_A^{\ a}\ C_B^{\ b}\ C_C^{\ c}$ ....

इसका order of r_x^n = n = a+ b+ c+...........

अर्थात्

Reactants की सान्द्रता की घातों का योग **order of r_x^n** कहलाता है।

❖ n का मान R_x^n की stoichiometry से प्रदर्शित नहीं करते, बल्कि Experimental Conc^n से प्रदर्शित करते हैं।

eg. (1)

$2N_2O_5 \rightarrow 4NO_2 + O_2$

इस r_x^n का order of r_x^n 2 होना चाहिए क्योंकि –

$$Rate = k [N_2O_5]^2$$

किन्तु order of r_x^n को Expt. के Slow Step से Calculate करने पर –

$$N_2O_5 \xrightarrow{Slow} N_2O_3 + O_2$$

$$Rate = k [N_2O_5]^1$$

अतः **order of r_x^n = One**

eg. (2)

$$H_2 + I_2 \rightarrow 2HI$$

$$Rate = k [H_2]^1 [I_2]^1$$

अतः **order of r_x^n = Two**

eg. (3)

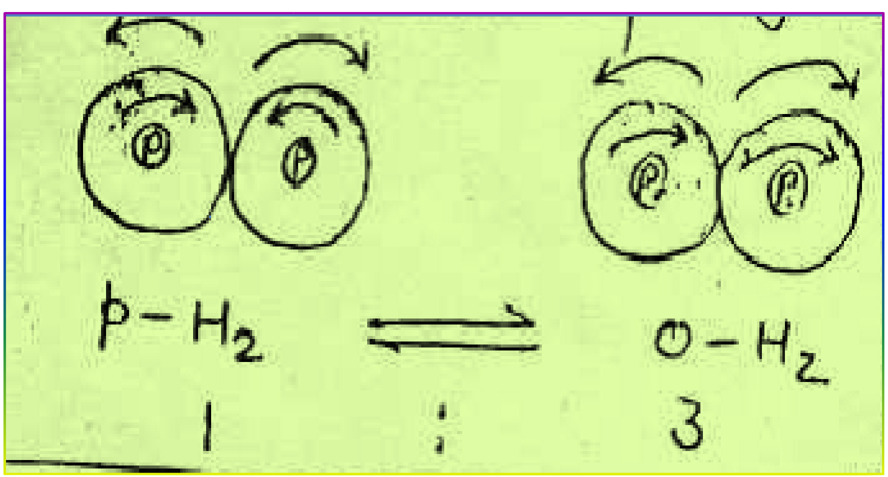
$$2NO + O_2 \rightarrow 2NO_2$$

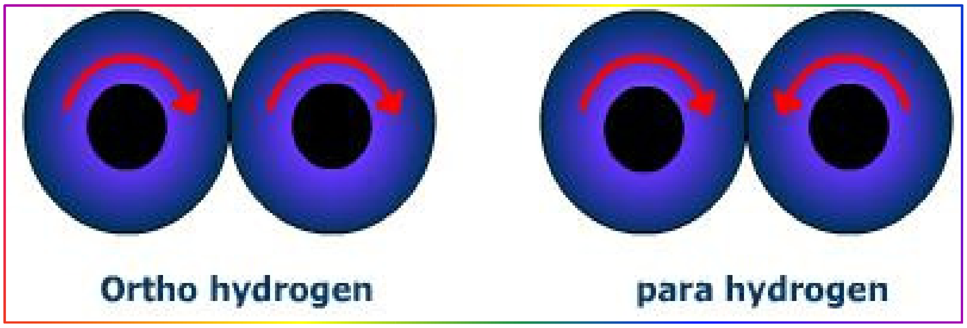
$$Rate = k [NO]^2 [O_2]^1$$

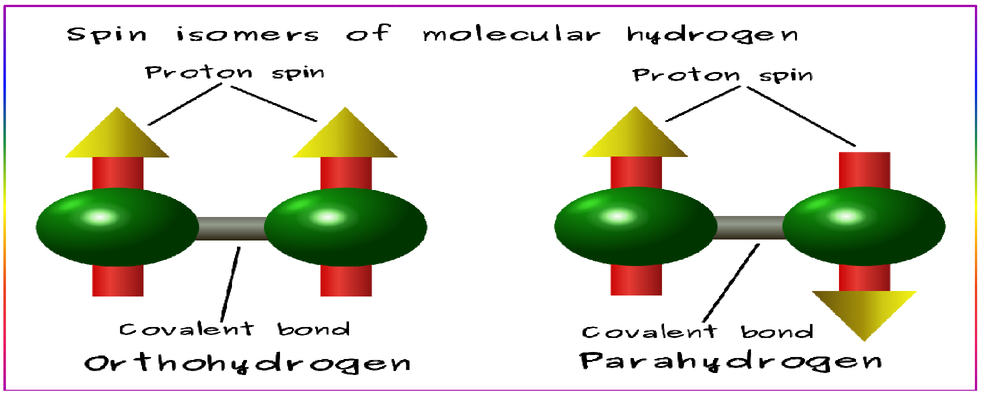
अतः **order of r_x^n = Three**

Note - यह जरूरी नहीं है कि **order of r_x^n** हमेशा पूर्णांक में हो। यह **fraction** (भिन्न) या **Zero** भी हो सकता है।

eg. Para Hydrogen $\xrightarrow[\text{Change}]{\text{Thermal}}$ Ortho Hydrogen







$$\text{Rate} = k\,[C_{H_2}]^{3/2} = k\,[p_{H_2}]^{3/2}$$

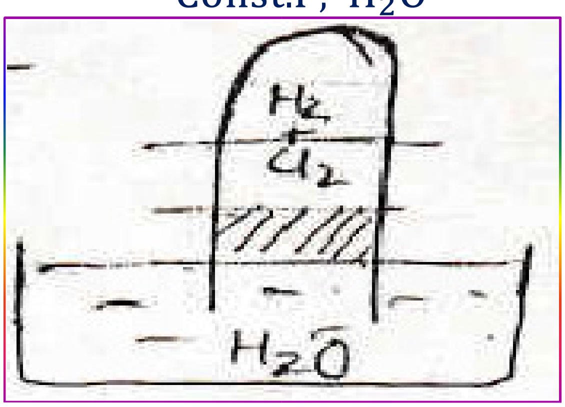
अतः **order of $r_x{}^n = \frac{3}{2}$**

eg. Zero Order $R_x{}^n$ –

वह $r_x{}^n$ जिसमें n=0 हो

$$\frac{dx}{dt} = k\,[C]^o = k$$

$$H_2 + Cl_2 \xrightarrow[\text{Const.P;}\ H_2O]{h\upsilon} 2HCl$$



Determination of order of R_x^n

(1) Use of Integrated Rate eq^n -

इसे Hit & trial method भी कहते हैं। दिये गये data की सहायता से 1^{st}, 2^{nd} व 3^{rd} order के लिए eq^n से k के मान ज्ञात करते हैं। जिस eq^n से k के Const. मान प्राप्त हों वही r_x^n का order होगा।

Note –

Homogeneous R_X^n – वह R_x^n जिसमें reactants तथा products की अवस्था समान हो।

Heterogeneous R_X^n – वह R_x^n जिसमें reactants तथा products की अवस्था असमान हो।

(2) Fractional Change Method –

यदि r_x^n n^{th} order की हो तो -

$$t \propto \frac{1}{a^{n-1}}$$

यदि reactants की भिन्न-भिन्न $Conc.^n$ a_1 व a_2 से, t_1 व t_2 समय में products प्राप्त हों तो –

$$t_1 \propto \frac{1}{a_1^{n-1}} \quad ....(1)$$

$$t_2 \propto \frac{1}{a_2^{n-1}} \quad ....(2)$$

eq^n. $^{(2)}/_{(1)}$ करने पर –

$$\frac{t_2}{t_1} = \frac{a_1^{n-1}}{a_2^{n-1}}$$

दोनों तरफ **log** लेने पर –

$$\log \frac{t_2}{t_1} = \log \frac{a_1^{n-1}}{a_2^{n-1}}$$

$$\log \frac{t_2}{t_1} = \log \left(\frac{a_1}{a_2}\right)^{n-1}$$

$$\log \frac{t_2}{t_1} = (n-1) \log \left(\frac{a_1}{a_2}\right)$$

$$(n-1) = \frac{\log t_2/t_1}{\log a_1/a_2}$$

$$n = 1 + \frac{\log t_2/t_1}{\log a_1/a_2}$$

- यदि reactants गैसीय हों तो –

$$n = 1 + \frac{\log t_2/t_1}{\log p_1/p_2}$$

p_1 व p_2 ⟶ Reactants के आंशिक दाब

(3) Graphical Method –

[A]

nA ⟶ Products

	nA	Products	
प्रा.सा.	a	0	Degree of Disso. = x
अ.सा.	(a-x)	x	

Case	Graph	Result	Order
case I	$\log (a-x)$ v/s t में graph; $\log \left(\frac{a}{a-x}\right)$ v/s t में graph	st. line	**1^{st} order**
case II	$\log \left(\frac{1}{a-x}\right)$ v/s t में graph	st. line	**2^{nd} order**
case III	$\log \frac{1}{(a-x)^2}$ v/s t में graph	st. line	**3^{rd} order**

[B] Graph की सहायता से दूसरे तरीके से भी Order of R_x^n निकाला जा सकता है –

Rate eq^n. $\frac{dx}{dt} = k_n(a-x)^n$

log लेने पर –

$$\log\frac{dx}{dt} = \log k_n(a-x)^n$$

$$\log\frac{dx}{dt} = \log k_n + \mathbf{n} \log (a-x)$$

y c + m x

यदि log(a-x) v/s $\log\frac{dx}{dt}$ में graph खींचे तो st. line प्राप्त होती है। जिसका slope **n** के मान को दर्शाता है।

(4) Initial Rate Method or Vant Hoff's Differential Method –

❖ मानाकि एक n^{th} Order R_x^n के लिए किसी एक reactant की भिन्न–भिन्न Initial Conc^n. C_1 व C_2 हैं अतः-

R_x^{ns}

$-\frac{dC_1}{dt} = kC_1^n$ ....(1) $nC_1 \longrightarrow$ Products

$-\frac{dC_2}{dt} = kC_2^n$ ....(2) $nC_2 \longrightarrow$ Products

eq^n. (1)/(2) करने पर –

$$\frac{-\frac{dC_1}{dt}}{-\frac{dC_2}{dt}} = \frac{kC_1^n}{kC_2^n}$$

या $\dfrac{\left(-\frac{dC_1}{dt}\right)}{\left(-\frac{dC_2}{dt}\right)} = \left(\frac{C_1}{C_2}\right)^n$

log लेने पर –

$$\log\left(-\frac{dC_1}{dt}\right) - \log\left(-\frac{dC_2}{dt}\right) = n\,(\log C_1 - \log C_2)$$

$$n = \frac{\log\left(-\frac{dC_1}{dt}\right) - \log\left(-\frac{dC_2}{dt}\right)}{(\log C_1 - \log C_2)} \quad ....(3)$$

(5) Ostwald's Isolation Method या Pseudo Order Method –

इस विधि में एक reactant को छोड़कर बाकी सभी reactants की conc^n. को अत्यधिक मात्रा में लेते हैं जिससे उस एक reactant की conc^n. का प्रभाव ज्ञात हो जाता है।

[अत्यधिक conc^n होने के कारण अन्य reactants की conc^n constant मानी जा सकती है ⟶ (Pseudo Order Rx^n)]

Note – इस **method** के दो नाम :–

(i) **Isolation Method –** क्योंकि बारी–बारी से सब **reactants** की **Conc^n.** का प्रभाव ज्ञात किया जाता है।

(ii) **Pseudo Order Method –** क्योंकि एक के अतिरिक्त अन्य की **Conc^n. Const.** मानी जाती है।

eg. $n_1A + n_2B + n_3C \longrightarrow$ Products

अतः $\frac{dx}{dt} = k\,[A]^{n_1}\;[B]^{n_2}\;[C]^{n_3}$

$n = n_1 + n_2 + n_3$ .... (1)

- **R_x^n में A की सीमित मात्रा व B, C की अत्यधिक मात्रा लेकर किसी भी विधि से n का मान ज्ञात करें तो वह n_1 के बराबर होगा अतः-**

$\frac{dx}{dt} = k[A]^{n_1}$ .... (2)   **A → Products**

- **R_x^n में B की सीमित मात्रा व A, C की अत्यधिक मात्रा लेकर किसी भी विधि से n का मान ज्ञात करें तो वह n_2 के बराबर होगा अतः-**

$\frac{dx}{dt} = k[B]^{n_2}$ .... (3)   **B → Products**

- **R_x^n में C की सीमित मात्रा व A, B की अत्यधिक मात्रा लेकर किसी भी विधि से n का मान ज्ञात करें तो वह n_3 के बराबर होगा अतः-**

$\frac{dx}{dt}\; k[C]^{n_3}$ .... (4)   **C → Products**

eq^n. (1) में (2) (3) (4) से n_1 , n_2 व n_3 का मान रखकर Total Order of R_x^n ज्ञात कर सकते हैं।

Molecularity of R_x^n (अणुसंख्यता)

अणुओं, परमाणुओं या मूलकों की वह संख्या जो मूल अभिक्रिया में भाग लेती है।

क्र. स.	Order	Molecularity
1	**Practical value**	**Theoretical value**
2	**Rate of** R_x^n की **reactants** की **Conc**^{n} पर निर्भरता व्यक्त करती है।	मूल अभिक्रिया में भाग लेने वाले अणुओं की संख्या बताती है।
3	पूर्णांक, **Zero,** या **Fraction**	सदैव धनपूर्णांक

Order & Mechanism of R_x^n

- R_x^n का **mechanism** समझने के लिए सर्वप्रथम **Rate of** R_x^n पर **reactants** की **conc**^{n} का प्रभाव ज्ञात करते हुए एक **rate eq**^{n} की स्थापना करते हैं।
- इस **eq**^{n} व **general chemistry** की सहायता से एक R_x^n **mechanism** की कल्पना करते हैं।
- "इस **Mechanism** के अनुसार **Practical rate const.** या तो **rate determining step** के लिए निकाले गये **rate const.** के बराबर होगा।

या

- **Rate determining step** के **rate const.** व **equilibrium const.** के **algebraic combination** (बीजीय संचय) के बराबर होगा।

इन बातों के आधार पर विभिन्न order वाली R_x^{ns} का mechanism निम्न प्रकार निकाल सकते हैं –

(1) 1^{st} Order R_x^n –

यदि R_x^n का order एक है तो reactants का एक mol products में change होगा। इसे slow step से ज्ञात किया जायेगा।

eg. Decomposition of N_2O_5

$$2N_2O_5 \longrightarrow 4NO_2 + O_2$$

$$N_2O_5 \longrightarrow \cancel{N_2O_3} + O_2 \quad \text{(slow step)}$$

$$\cancel{N_2O_3} \longrightarrow \cancel{NO} + NO_2 \quad \text{(fast step)}$$

$$\cancel{NO} + N_2O_5 \longrightarrow 3NO_2 \quad \text{(fast step)}$$

$$2N_2O_5 \longrightarrow O_2 + 4NO_2$$

Rate eq^n $\quad$ Rate = $k\,[N_2O_5]^1$

(2) 2^{nd} Order R_x^n –

इसमें reactants के दो mole प्रयुक्त होते हैं –

eg. (i) $H_2 + I_2 \longrightarrow 2HI$

Pract. Rate eq^n –

Rate = $k\,[H_2]^1\,[I_2]^1$

= $k\,C_{H_2}^1\,C_{I_2}^1$

अतः $n = 1+1=2$

eg. (ii)

$$NO_2 + F_2 \longrightarrow NO_2F + \cancel{F} \quad \text{(slow step)}$$

$$\cancel{F} + NO_2 \longrightarrow NO_2F$$

$$2\,NO_2 + F_2 \longrightarrow 2NO_2F$$

Rate = $k\,[NO_2]^1\,[F_2]^1$

अतः $n = 1+1=2$

(3) 3^{rd} Order R_x^n –

- इसमें reactants के तीन molecules की $Conc^n$ में change आता है ।
- तीन अणुओं की एक साथ टक्कर होने की संभावना कम होती है अतः अधिकांश 3^{rd} order r_x^{ns} में rate determining step में दो अणु होते हैं और इसके पूर्व एक पद और होता है जिसमें साम्यावस्था पायी जाती है।

eg. H_2 द्वारा NO का dissociation

$$2NO + 2H_2 \longrightarrow 2H_2O + N_2$$

इस eq^n की pract. rate eq^n निम्न पायी गई –

$$\boxed{Rate = k\,[NO]^2\,[H_2]}$$

इस r_x^n के दो mechanisms possible हैं –

(1) $2NO + H_2 \longrightarrow N_2 + \cancel{H_2O_2}$ (slow step)

$\cancel{H_2O_2} + H_2 \longrightarrow 2\,H_2O$ (fast step)

$2\,NO + 2H_2 \longrightarrow N_2 + 2\,H_2O$

यहां $Rate = k\,[NO]^2\,[H_2]$

यह rate eq^n, pract. rate eq^n के समरूप है।

(2) $2NO \leftrightarrows N_2O_2$ Equil (fast step)

$N_2O_2 + H_2 \longrightarrow N_2 + H_2O_2$ (slow step)

$H_2O_2 + H_2 \longrightarrow 2H_2O$ (fast step)

- Rate determining step के अनुसार –

Rate = k $[N_2O_2]$ $[H_2]$ ....(1)

∵ 1st step में equil present है अतः equil const. –

$$k' = \frac{[N_2O_2]}{[NO]^2}$$

$[N_2O_2] = k' [NO]^2$ .... (2)

eq^n. (1) में (2) से मान रखने पर

Rate = $k \cdot k' [NO]^2 \, [H_2]$

Rate = $k'' [NO]^2 \, [H_2]$

यह eq^n भी pract. rate eq^n के समरूप है।

- अतः दोनों में से कौनसा **mechanism** सही है इसका पता करने हेतु **Rx^n mixture** का अध्ययन करते हैं जिसमें **N_2O_2** की उपस्थिति पायी जाती है। फलस्वरूप **2nd mechanism** सही है।

Use of Order of a R_x^n in Determination of its Mechanism

- Chemical Kinetics के अध्ययन से किसी r_x^n का order एवं rate eq^n ज्ञात करते हैं।
  व इस आधार पर उस r_x^n का mechanism निर्धारित करते हैं।
- यदि किसी विलायक के अणुओं में lp of e^-s हो तो वह **nucleophile** की तरह व्यवहार करता है तथा **RX** के साथ **substitution r_x^{ns}** देता है।

  eg. (1) $RX + H_2O \longrightarrow ROH + HX$

  वे **R_x^{ns}** जिनमें **solvent molecule nucleophile** की भांति व्यवहार करता है, **solvolysis r_x^{ns}** कहलाती हैं।

$$RX + :S\text{-}H \longrightarrow RS + HX$$
(solvent)

ये R_x^{ns} दो तरह के mechanisms से सम्पन्न हो सकती है –

(1) SN^1 -

1^{st} step -

$$RX \xrightarrow{\text{slow}} \underset{\text{Carbocation}}{R^+} + X^-$$

2^{nd} step

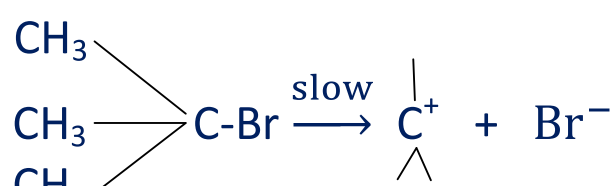
$$R^+ + :SH \xrightarrow{\text{fast}} R-S^+-H \xrightarrow{\text{fast}} RS + H^+$$

∵**Rate determining step** में केवल एक **reactant** भाग ले रहा है।

अत: r_x^n की Rate = k $[RX]^1$

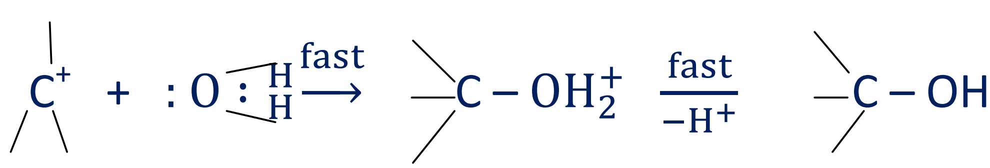
अत: **order of r_x^n = one**

eg. 1^{st} step



T Butyl bromide

2^{nd} step



(2) SN^2 –

$$\text{H-S}: + \text{R-X} \xrightarrow{\text{slow}} [\text{HS....R....X}] \xrightarrow[-X^-]{\text{fast}} \text{HS}^+\text{R} \xrightarrow{\text{fast}} \text{RS} + \text{H}^+$$

(solvent) T.S.

उपर्युक्त पदों में **slow step** में **reactants** के दो **molecules** भाग ले रहे हैं अतः **order of r_x^n** दो होना चाहिए। **order of r_x^n** का मान निश्चित रूप से दो ही होगा यदि **reactant solvent** के बजाय अन्य कोई **nucleophile** हो।

किन्तु **solvolysis r_x^{ns}** में **solvent** स्वयं **nucleophile** की भांति व्यवहार करता है तथा अत्यधिक मात्रा में उपलब्ध रहता है। अतः इसका प्रभाव **rate of r_x^n** पर नगण्य रहता है, फलस्वरूप **r_x^n 1^{st} order** की प्रतीत होती है तथा **Pseudo 1^{st} order r_x^n** कहलाती है।

इस प्रकार **solvolysis r_x^{ns}** में केवल **chemical kinetics** की सहायता से **r_x^n mechanism** का सही–सही निर्धारण नहीं हो पाता। अतः निम्न विधियों की सहायता ली जाती है –

(1) Stereo chemical evidence से –

- यदि optical isomer alkyl halide से nucleophilic substitution r_x^n द्वारा प्रतीप उत्पाद प्राप्त होता है तो ⟶ **(SN^2 mechanism)**
- यदि optical isomer alkyl halide से nucleophilic substitution r_x^n द्वारा रेसिमिक मिश्रण प्राप्त होता है तो ⟶ **(SN^1 mechanism)**

(2) अतिरिक्त nucleophile की सहायता से –

- यदि R_x^n में अन्य nucleophile मिलाने पर rate of r_x^n बढ़ जाती है तो ⟶ **(SN^2 mechanism)**
  क्योंकि Rate = k [RX] [Nucleophile]

- यदि R_x^n में अन्य nucleophile मिलाने पर rate of r_x^n अपरिवर्तित रहती है तो ⟶ **(SN^1 mechanism)**
  क्योंकि Rate = k[RX]

---The End---

By

Dr. R.S.Rathore

Associate Professor

Govt. College,Jaipur