১৩

রাসায়নিক গতিবিদ্যা
Chemical Kinetics

ভূমিকা

রাসায়নিক গতিবিদ্যায় (Chemical Kinetics) বিক্রিয়ার গতি বা হার (Rate) এবং এর উপর বিভিন্ন নিয়ামকের প্রভাব নিয়ে আলোচনা করা হয়। একটি বিক্রিয়া কোন অবস্থায় কি গতিতে সম্পন্ন হবে বা বিক্রিয়াটি ঘটার কৌশল রাসায়নিক গতিবিদ্যার অন্তর্ভূক্ত। আশেপাশের প্রকৃতিতে, এমনকি জীবদেহের ভিতরে প্রতিনিয়ত অসংখ্য রাসায়নিক বিক্রিয়া সংঘটিত হয়। এদের কোনটি সম্পন্ন হতে সেকেন্ডেরও কম সময় লাগে আবার কোনটি সম্পন্ন হতে দিন বা বছর লেগে যায়। যেমন সোডিয়াম ধাতু পানির সাথে অতি দ্রুত বিক্রিয়া করে। ফলে উৎপন্ন তাপ হাইড্রোজেনকে দহন করতে সাহায্য করে এবং আমরা জ্বলতে দেখি। কিছু কিছু আয়নীয় বিক্রিয়ার গতিও অতি দ্রুত যেমন এসিড ক্ষারের প্রশমন বিক্রিয়া। অন্যদিকে এক টুকরা লোহা বাতাসের জলীয় বাষ্পের সাথে বিক্রিয়া করে মরিচা [পানিযুক্ত Fe(iii) অক্সাইড, $Fe_2O_3, 3H_2O$] তৈরী করতে দীর্ঘ দিন লাগে। আবার একই বিক্রিয়া ভিন্ন ভিন্ন পরিবেশে ভিন্ন উৎপাদ দেয় এবং ভিন্ন গতিতে চলতে পারে। বিক্রিয়ার গতি নির্ভর করে প্রধানত বিক্রিয়া ঘটাকালে সিসটেমের চাপ, তাপমাত্রা (গ্যাসীয় বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে), বিক্রিয়ক সমূহের ঘনমাত্রা ইত্যাদির উপর।

রাসায়নিক বিক্রিয়ার গতি সংক্রান্ত জ্ঞান অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ। রাসায়নিক শিল্প ক্ষেত্রে বা পরিবেশে যে সব বিক্রিয়া ঘটে তার গতি ও কৌশল সম্বন্ধে জ্ঞান থাকলে প্রয়োজনে আমরা সে সব বিক্রিয়ার বেগ নিয়ন্ত্রণ করতে পারি। রাসায়নিক শিল্প থেকে নির্গত দ্রব্যাদি পরিবেশের অন্যান্য দ্রব্যাদির সাথে বিক্রিয়া করবে কি না বা শব্দের চেয়ে দ্রুত গতি সম্পন্ন (superior aircraft) বিমান থেকে নির্গত গ্যাস বায়ুমন্ডলের দ্রব্যাদির সঙ্গে বিক্রিয়া করবে কিনা রাসায়নিক বিক্রিয়ার বেগ সম্বন্ধে জ্ঞান থেকে তা আমরা জানতে পারি। এ জ্ঞান দিয়ে এ সব বিক্রিয়া আদৌও যদি ঘটে তবে তার বেগ নির্ণয় করা যাবে এবং পরিবেশ বা বায়ুমন্ডলের কোনো পরিবর্তনও যাচাই করা যাবে।

Dr. A. P. J. Abdul Kalam Government College

পাঠ ১ রাসায়নিক বিক্রিয়ার গতি

উদ্দেশ্য

এ পাঠ শেষে

- রাসায়িনিক বিক্রিয়ার বেগ ও বেগ ধ্রুবক সম্বন্ধে জানা যাবে।
- লেখচিত্রের সাহায্যে সময়ের সাপেক্ষে বিক্রিয়ার গতি ব্যাখ্যা করা যাবে।
- বিক্রিয়ার হারের পরিমাপ পদ্ধতির বর্ণনা দেয়া যাবে।

১৩.১ : রাসায়নিক বিক্রিয়ার বেগ বা গতি:

বেগ শব্দটির অর্থ হলো সময়ের সাথে কোন কিছুর পরিবর্তন। রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটার সময় বিক্রিয়কের পরিমাণ কমতে থাকে এবং উৎপাদের পরিমাণ বাড়তে থাকে। কোন বিক্রিয়ার বিক্রিয়ক বা উৎপাদের ঘনমাত্রা একক সময়ে কতটুকু হ্রাস পায় বা বৃদ্ধি পায় তাকে ঐ বিক্রিয়ার বেগ বা গতি বলা হয়। সাধারণত বিক্রিয়ার গতির একককে মোল লিটার$^{-1}$ সেকেন্ড$^{-1}$ এ প্রকাশ করা হয়।

সময়ের সাথে ঘনমাত্রার পরিবর্তনকে গতি বা হার বলে।

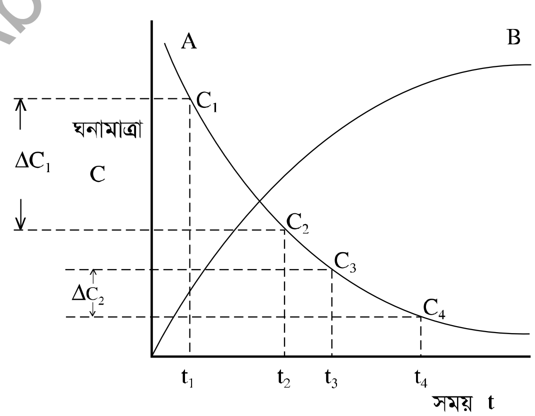
১৩.১.১: রাসায়নিক বিক্রিয়ায় সময় ঘনমাত্রা লেখচিত্র:

রাসায়নিক বিক্রিয়ায় সাধারণভাবে লেখা যায়।

$$\text{বিক্রিয়ক} \rightarrow \text{উৎপাদ}$$

বিক্রিয়ার সময়কালে বিক্রিয়কের পরিমাণ কমতে থাকে ও উৎপাদের পরিমাণ বাড়তে থাকে। অর্থাৎ বিক্রিয়কের ঘনমাত্রা হ্রাস ও উৎপাদে ঘনমাত্রা বৃদ্ধি পেতে থাকে। কাজেই বিক্রিয়কের ঘনমাত্রার হ্রাস বা উৎপাদের ঘনমাত্রা বৃদ্ধি থেকে গতি বা হার জানা যায়।

$A \rightarrow B$ এই বিক্রিয়ার সময়ের সাথে ঘনমাত্রার পরিবর্তন চিত্রের সাহায্যে নীচে দেখানো হলো-



চিত্র-১৩.১: ঘনমাত্রা সময় লেখচিত্র

$$\text{বিক্রিয়ার গতি} = \frac{\text{ঘনমাত্রার পরিবর্তন}}{\text{সময়ের ব্যবধান}} = \frac{\Delta[A]}{\Delta t} = \frac{\Delta[B]}{\Delta t}$$

Dr. A. P. J. Abdul Kalam Government College

চিত্রে আমরা দেখতে পাই যে t_1 ও t_2 সময়ের মধ্যে (t_2-t_1 = Δt) পরিবর্তিত ঘনমাত্রা C_2-C_1 = -ΔC_1 এর পরিমাণ সমান সময়ের ব্যবধান t_4-t_3 = -Δt এ পরিবর্তিত ঘনমাত্রা C_4-C_3 = -ΔC_2 এর পরিমাণের চেয়ে বেশি। অর্থাৎ বিক্রিয়ার গতি সময়ের সাথে কমতে থাকে।

যদি বিক্রিয়ার সময়ের ব্যবধান Δt অতি ক্ষুদ্র হয় তবে একক সময়ে বিক্রিয়কের ঘনমাত্রার হ্রাস (বা হার) $= -\frac{dc}{dt}$

অনুরূপভাবে যদি dt সময়ে উৎপাদের ঘনমাত্রার বৃদ্ধি dx হয় তবে

গতি বা হার $= \frac{dx}{dt}$

উভয় ক্ষেত্রেই গতির মান ধনাত্মক হবে।

১৩.১.২: রাসায়নিক বিক্রিয়ার হার পরিমাপ (Measurement of rate of reaction)

কোন বিক্রিয়ার গতি নির্ধারণ করতে হলে সময়ের সাথে বিক্রিয়কের ঘনমাত্রা হ্রাস বা উৎপাদের ঘনমাত্রা বৃদ্ধির পরিমাপ নির্ণয় করতে হবে। বস্তুর ঘনমাত্রার সাথে সমানুপাতিক এ রকম কোন ধর্ম বা মাপকের পরিবর্তন থেকে ঘনমাত্রার বৃদ্ধি বা হ্রাস মাপা যায়। যেমন তাপ, চাপ, আয়তন, বর্ণ বা অন্য যে কোন ধর্ম। ঐ পরিবর্তন ভৌত ও রাসায়নিক উভয় পদ্ধতিতে মাপা যায়।

(ক) ভৌত পদ্ধতি : যদি কোন বিক্রিয়ায় গ্যাস উৎপন্ন হয় তবে সময়ের সাথে সাথে গ্যাসের আয়তনের পরিবর্তন থেকে বিক্রিয়ার হার মাপা যায়। উদাহরনস্বরূপ

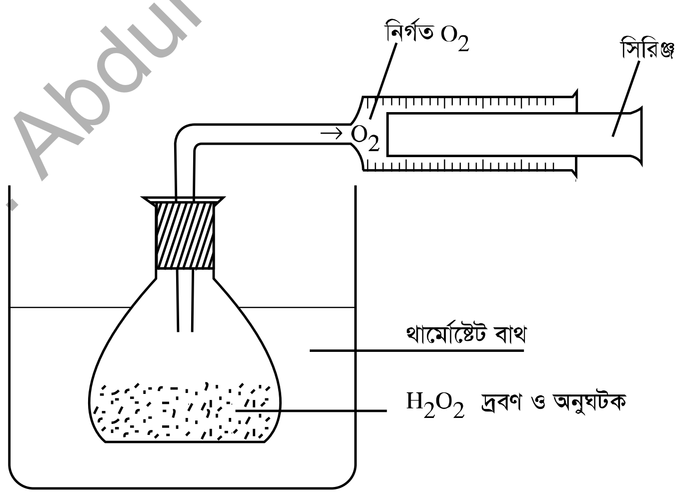
$Mg(s) + 2HCl(aq) \rightarrow H_2(g) + MgCl_2(aq)$

$2H_2O_2(aq) \rightarrow 2H_2O(l) + O_2(g)$

উপরের বিক্রিয়াগুলিতে $H_2(g)$ ও $O_2(g)$ উৎপন্ন হয়।

বিক্রিয়ার হার $= \frac{\text{উৎপন্ন গ্যাসের আয়তন}}{\text{সময়ের ব্যবধান}}$

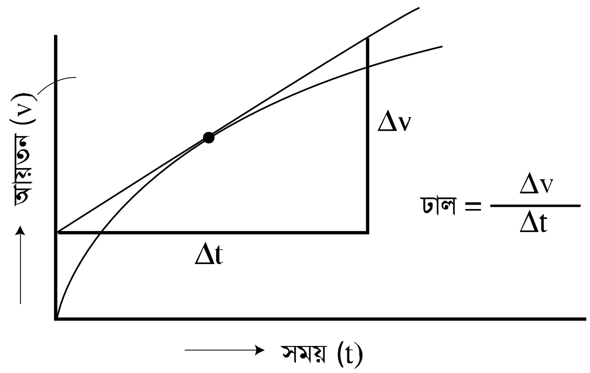
উৎপন্ন গ্যাসের আয়তন কিভাবে মাপা যায় তার একটি চিত্র দেয়া হলো।



চিত্র-১৩.২: রাসায়নিক বিক্রিয়ায় উৎপন্ন গ্যাসের আয়তন পরিমাপ

চিত্রে প্রদর্শিত সিরিঞ্জটির পিস্টনটি শুরুতে শূন্যতে রাখা হয়। O_2 এর আয়তন বৃদ্ধির সাথে পিস্টনটি বাইরের দিকে সরতে থাকে। নির্দিষ্ট সময়ের ব্যবধান পিস্টনের অবস্থান থেকে অক্সিজেনের আয়তন জানা যায়। সময়ের সাথে আয়তনের পরিবর্তনের লেখচিত্র অংকন করলে নিচের চিত্রের অনুরূপ চিত্র পাওয়া যাবে।

Dr. A. P. J. Abdul Kalam Government College



চিত্র ১৩.৩ঃ রাসায়নিক বিক্রিয়ায় উৎপন্ন গ্যাসের আয়তন বনাম সময় লেখচিত্র

প্রদত্ত লেখচিত্রের কোন বিন্দুতে আঁকা স্পর্শকের ঢাল বিক্রিয়ার গতি বা হারের সমান।

ভৌত পদ্ধতিতে উৎপাদিত গ্যাসের আয়তন থেকে বিক্রিয়ার গতি মাপা হয়।

(খ) রাসায়নিক পদ্ধতি : রাসায়নিক পদ্ধতিতে এসিটাইল ক্লোরাইড সাথে পানির বিক্রিয়ার হার কিভাবে নির্ণয় করা যায় তা আমরা এখানে আলোচনা করব।

$$CH_3\overset{\overset{O}{\|}}{C}Cl + H_2O \xrightarrow{H^+} HCl + CH_3COOH$$

এখানে এসিটাইল ক্লোরাইড অম্লের উপস্থিতিতে পানির সাথে বিক্রিয়া করে CH_3COOH (এসিটিক এসিড) দেয়। এই বিক্রিয়াটি ধীর গতিতে চলে। সময়ের সাথে এসিটিক এসিডের পরিমাণ বাড়তে থাকে। এ ক্ষেত্রে বিক্রিয়াটি যে পাত্রে সংঘটিত হচ্ছে সেখান থেকে বিভিন্ন সময় এসিটিক এসিডের পরিমাণ টাইট্রেশনের সাহায্যে জানা যায়। টাইট্রেশনের জন্য কোন ক্ষার যেমন NaOH ব্যবহৃত হয়। শুরুতে শুধু মাত্র পানি ও এসিটাইল ক্লোরাইড থাকে। বিক্রিয়া যখন ঘটতে থাকে তখন এসিটাইল ক্লোরাইড এর পরিমাণ কমতে থাকে ও এসিটিক এসিডের পরিমান বাড়তে থাকে। নীচের সারণিতে বিক্রিয়াটির কিছু মান দেয়া হলো।

সময় (সে:)	CH_3COCl (মোল/লিটার)	(মোল/লিটার)
0	1.20	0
2	1.05	0.15
4	0.93	0.27
6	0.81	0.37
8	0.71	0.49
10	0.63	0.69

$$\text{বিক্রিয়ার হার} = \frac{\text{বিক্রিয়কের ঘনমাত্রার পরিবর্তন}}{\text{সময়ের ব্যবধান}}$$

$$= \frac{\text{উৎপন্ন পদার্থের ঘনমাত্রার বৃদ্ধি}}{\text{সময়ের ব্যবধান}}$$

উপরের সারণিতে ব্যবহৃত মান থেকে

$$\text{হার} = \frac{-(0.93 - 1.20)}{4 \text{ সে}} \text{ মোল/লিটার}$$

Dr. A. P. J. Abdul Kalam Government College

$= 0.068$ মোল/লিটার$^{-1}$

$= 0.068$ মোলার/সে

পরবর্তী 4 সেকেন্ডের জন্য

হার $= \frac{-(0.71 - 0.93)}{4 \text{ সে}}$ মোল লিটার $^{-1}$

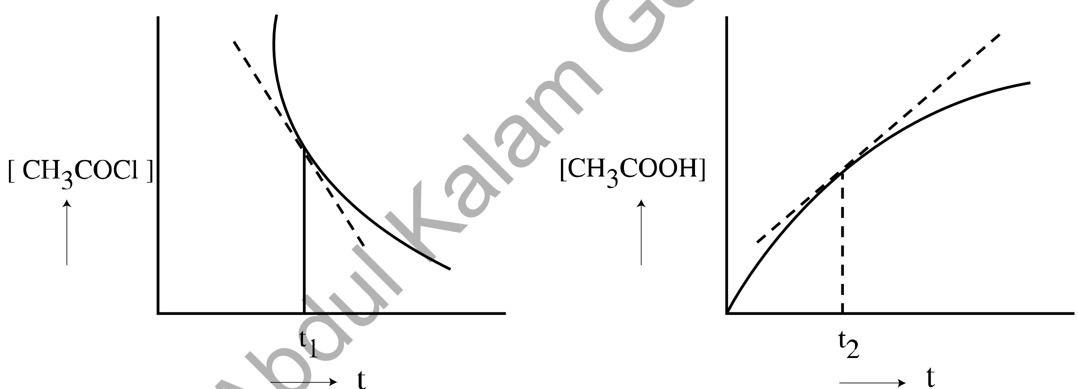
$= 0.055$ মোল লিটার$^{-1}$ সে$^{-1}$

$= 0.055$ মোলার/সেঃ

উপরের বিক্রিয়ার গতির মান থেকে দেখা যায় যে বিক্রিয়ার গতি বিক্রিয়কের ঘনমাত্রার সাথে পরিবর্তিত হয়।

শুরুতে এসিটাইল ক্লোরাইড বেশি ছিল এবং গতিও বেশি ছিল, সময় বাড়ার সাথে সাথে বিক্রিয়কের ঘনমাত্রা কমতে থাকে এবং বিক্রিয়ার গতিও কমতে থাকে; এক সময় হার শূন্যের কাছাকাছি পৌঁছায়। উপরের উদাহরণ থেকে আর একটি বিষয় লক্ষণীয়। যদি সময়ের ব্যবধানকে 4 সেকেন্ডের পরিবর্তে 2 সেকেন্ডে ধরা হয় তবে বিক্রিয়ার হার 0.0680 এর পরিবর্তে 0.75 হয়। অর্থাৎ বিক্রিয়ার গতির মান এ ক্ষেত্রে একটি গড় হারের মান দেয় যা সময়ের পার্থক্যের উপর নির্ভরশীল। কিন্তু আমরা একটি নির্দিষ্ট সময়ে বিক্রিয়ার গতির হার জানতে চাই। কোন নির্দিষ্ট সময়ে গতি নির্ধারণ করতে ঐ সময়ের পর অতি ক্ষুদ্র সময় dt (যে সময়ে গতি স্থির থাকে) এর মধ্যে বিক্রিয়কের ঘনমাত্রার পরিবর্তন যদি dc হয় তবে বিক্রিয়ার হার $= \frac{-dc}{dt}$

অর্থাৎ বিক্রিয়ার হার ঐ সময়ে চিত্রের স্পর্শকের ঢালের সমান।



(ক) বিক্রিয়ক সময় (খ) উৎপাদ সময়

চিত্র ১৩.৪: বিক্রিয়ক/উৎপাদের ঘনমাত্রা বনাম সময় লেখচিত্র

অনুরূপভাবে dt সময়ে যদি উৎপাদের পরিমান dx হয় তবে বিক্রিয়ার হার $\frac{dx}{dt}$

যা খ চিত্রে t_2 সময়ে স্পর্শকের ঢালের সমান

১৩.১.৩ : রাসায়নিক বিক্রিয়ার হারের উপর প্রভাব বিস্তারকারী নিয়ামকসমূহ (Factors that influence the rate of Reaction)

রাসায়নিক বিক্রিয়ার হার নিম্নলিখিত নিয়ামকগুলোর উপর নির্ভর করে,

(১) বিক্রিয়কের ঘনমাত্রা

(২) চাপ

(৩) তাপমাত্রা

Dr. A. P. J. Abdul Kalam Government College

(৪) আলো

(৫) বিক্রিয়কের পৃষ্ঠতলের ক্ষেত্র

(৬) অনুঘটক

এখানে সংক্ষেপে নিয়ামকগুলো আলোচনা করা হ'ল−

১। ঘনমাত্রা : বিক্রিয়কের ঘনমাত্রা বৃদ্ধি পেলে বিক্রিয়ার হার বৃদ্ধি পায়। কারণ ঘনমাত্রা বৃদ্ধি পাওয়া মানে একটি নির্দিষ্ট আয়তনে বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী অনুসমূহের সংখ্যা বৃদ্ধি পাওয়া। ফলে বিক্রিয়ক অনুসমূহের কার্যকর সংঘর্ষ সংখ্যা বৃদ্ধি পায়। সংঘর্ষ সংখ্যা বৃদ্ধি পাওয়ার ফলে বিক্রিয়ার হারও বৃদ্ধি পায়।

অর্থাৎ বিক্রিয়ার হার $\propto$ বিক্রিয়কের ঘনমাত্রা।

২। চাপ : গ্যাসীয় বিক্রিয়ক পদার্থের ক্ষেত্রে চাপ বৃদ্ধি করলে গ্যাস অনুসমূহ সংকুচিত হয়। ফলে অনুসমূহ অধিক নিকটবর্তী হওয়ায় সংঘর্ষ সংখ্যা বৃদ্ধি পায়। তাই বিক্রিয়ার হারও বৃদ্ধি পায়। NH_3 উপাদানে হেবার প্রণালীতে স্পর্শ প্রণালীতে তাই উচ্চ চাপ প্রয়োগ করে বিক্রিয়ার হার বৃদ্ধি করা হয়।

$$N_2 + 3H_2 \underset{450-550^oC}{\overset{200atm}{\Longleftrightarrow}} 2NH_3$$

৩। তাপমাত্রা : তাপমাত্রা বাড়ালে বিক্রিয়ক অনুসমূহের গতিবেগ বেড়ে যায়। ফলে বিক্রিয়ক অনুসমূহের সক্রিয় শক্তি সহজে অর্জিত হয়। ফলে দ্রুত উৎপাদে পরিণত হতে পারে। আবার তাপমাত্রা বৃদ্ধি করলে গতিশক্তিও বৃদ্ধি পাওয়ায় সংঘর্ষ সংখ্যা বৃদ্ধি পায় বলে বিক্রিয়ার হারও বৃদ্ধি পায়।

৪। আলো : কিছু নির্দিষ্ট বিক্রিয়া আলোর উপর নির্ভরশীল। আলোর ফোটনের (hv) প্রভাবে অনুর বন্ধন ভেঙে সক্রিয় ফ্রি রেডিকেল (Free Radical) তৈরী করে বিক্রিয়ার হারকে বাড়িয়ে দেয়। যেমন−

(১) আলোর উপস্থিতি H_2 ও Cl_2 গ্যাস দ্রুত গতিতে বিস্ফোরনসহ HCl উৎপন্ন করে। অন্ধকারে এ বিক্রিয়া ঘটে না।

$$H_2 + Cl_2 \xrightarrow{light} 2HCl$$

(২) আলোর উপস্থিতিতে AgCl এর অধ:ক্ষেপ কালো বর্ণ ধারণ করে।

(৫) বিক্রিয়ক পদার্থের পৃষ্ঠতলের ক্ষেত্রে : বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণকারী পদার্থ কঠিন হলে পৃষ্ঠতল ক্ষেত্র যত বেশী হবে বিক্রিয়কের হারও তত বেশী হবে। কঠিন পদার্থ গুড়া করা হলে পৃষ্ঠতল ক্ষেত্র বৃদ্ধি পায় এবং অধিক ক্ষেত্রের সংঘর্ষ সংখ্যা বৃদ্ধি পায়। তাই বিক্রিয়ার হারও বৃদ্ধি পায়। উদাহরনস্বরূপঃ $CaCO_3$ এর কঠিন ও গুড়া আলাদা দুটি পাত্রে নিয়ে সমপরিমান HCl যোগ করা হলে দেখা যায় গুড়া করা $CaCO_3$ অধিক তাড়াতাড়ি HCl এর সাথে বিক্রিয়া করে CO_2 গ্যাস উৎপন্ন করছে।

$$CaCO_3 + 2HCl \rightarrow CaCl_2 + H_2O + CO_2\neg$$

(৬) প্রভাবক বা অনুঘটক : প্রভাবক একটি বিক্রিয়ার সক্রিয়নশক্তি কমিয়ে দেয়। ফলে সহজ শর্তে দ্রুত প্রভাবকের উপস্থিতিতে বিক্রিয়ক পদার্থ উৎপাদে পরিণত হয়। প্রভাবকের পৃষ্ঠতলে একটি বিক্রিয়ক অধিশোষিত হয়ে এমন একটি অবস্থার সৃষ্টি হয় যার ফরে অন্য বিক্রিয়ক পদার্থ সহজে আক্রমন করতে পারে। তাই বিক্রিয়ার হার বৃদ্ধি পায়। যেমন: ইথানল বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা অতি ধীর গতিতে বিক্রিয়া করে অ্যাসিটিক এসিড উৎপন্ন করে। কিন্তু যদি ইথানলের সংস্পর্শে উত্তপ্ত pt তার রাখা হয় তবে বিক্রিয়াটি দ্রুত কয়েক সেকেন্ডেই সম্পন্ন হয়।

$$CH_3CH_2OH + O_2 \xrightarrow{pt} CH_3COOH + H_2O$$

Dr. A. P. J. Abdul Kalam Government College

পাঠোত্তর মূল্যায়ন

সঠিক উত্তরের পাশে টিক চিহ্ন (√)দিন।

১। কোন সময়ে বিক্রিয়ার বেগ

(i) ঘনমাত্রা-সময় লেখচিত্রে ঐ সময়ে স্পর্কের ঢালের সমান।

(ii) শূন্য হয়

(iii) বিক্রিয়ার ঘনমাত্রার সমান হয়

(iv) উপরের কোনটিই নয়।

২। $2HI(g) \rightarrow H_2(g)+I_2(g)$ এই বিক্রিয়ায় HI(g) এর ঘনমাত্রা কমার হার 5×10^{-3} মোল লিটার$^{-1}$ সে$^{-1}$ হলে $H_2(g)$ এর বৃদ্ধির হার

i) 2.5×10^{-3} মোল লিটার$^{-1}$ সে$^{-1}$

ii) 5×10^{-3} মোল লিটার$^{-1}$ সে$^{-1}$

iii) 10×10^{-3} মোল লিটার$^{-1}$ সে$^{-1}$

৩। বিক্রিয়ার গতি সময়ের সাথে

i) সমান থাকে

ii) বাড়তে থাকে

iii) কমতে থাকে।

iv) কোন পরিবর্তন হয় না।

Dr. A. P. J. Abdul Kalam Government College

পাঠ ২ রাসায়নিক বিক্রিয়ার ক্রম (order of chemical raction)

উদ্দেশ্য

এই পাঠ শেষে

- বিক্রিয়ার ক্রম সম্বন্ধে ধারণা করা যাবে।
- ১ম, ২য় ও শূন্য ক্রম বিক্রিয়ার গতি-সমীকরণ ব্যবহার করা ও বেগ ধ্রুবক এর মান নির্ণয় করা সম্ভব হবে।
- বিক্রিয়ার অর্ধায়ুকাল গণনা করা যাবে।

১৩.২.১: বিক্রিয়ার গতির সমীকরণ

আমরা দেখেছি যে কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ার গতি বা হার বিক্রিয়কের ঘনমাত্রার সমানুপাতিক। অর্থাৎ

বিক্রিয়ার হার $\propto$ বিক্রিয়কের ঘনমাত্রা

$$-\frac{dc}{dt} \propto c$$

বা $$\frac{dc}{dt} = kc$$

এখানে K একটি সমানুপাতিক ধ্রুবক যা বিক্রিয়ার বেগ ধ্রুবক বা আপেক্ষিক বেগ ধ্রুবক নামে পরিচিত।

সাধারণভাবে যদি একটি বিক্রিয়াকে লেখা হয়

$$aA + bB \rightarrow cD + dD$$

তবে এ ক্ষেত্রে বিক্রিয়ার হার

$$- dc/dt \propto C_A^{n_1}$$

এবং $$- dc/dt \propto C_B^{n_2}$$

বা, $$- dc/dt \propto C_A^{n_1}\ C_B^{n_2}$$

যদি $C_A = C_B = C$ হয়

তবে $-dc/dt = KC^{n_1+n_2} = KC^n$; [যেখানে $n_1 + n_2 = n$]

n কে বিক্রিয়ার ক্রম বলা হয়। n_1 ও n_2 যথাক্রমে A ও B বিক্রিয়কের আপেক্ষিক বিক্রিয়া ক্রম, n বিক্রিয়ার মোট ক্রম।

Dr. A. P. J. Abdul Kalam Government College

বিক্রিয়ার ক্রম:

উপরের সমীকরণে n বিক্রিয়ার ক্রম। রাসায়নিক বিক্রিয়াকে বিক্রিয়ার ক্রমের ভিত্তিতে ভাগ করা যায়।

যখন $n = 1$ বিক্রিয়াটি ১ম ক্রম বিক্রিয়া

$n = 2$ বিক্রিয়াটি ২য় ক্রম বিক্রিয়া

$n = 3$ বিক্রিয়াটি ৩য় ক্রম বিক্রিয়া

$n = 0$ বিক্রিয়াটি শূন্য ক্রম বিক্রিয়া

অর্থাৎ $-\frac{dc}{dt} = KC^1$ ১ম ক্রম বিক্রিয়া

অর্থাৎ $-\frac{dc}{dt} = KC^2$ ২য় ক্রম বিক্রিয়া

অর্থাৎ $-\frac{dc}{dt} = KC^3$ ৩য় ক্রম বিক্রিয়া

অর্থাৎ $-\frac{dc}{dt} = KC^0$ শূন্য ক্রম বিক্রিয়া

সুতরাং দেখা যায় যে বিক্রিয়ার গতির সমীকরণে বিক্রিয়কের ঘনমাত্রা (c) কে যে ঘাতে (power) উন্নীত করলে উন্নীত রাশিটি বিক্রিয়ার গতি বা হারের পরীক্ষালব্ধ মানের সমানুপাতিক হয় তাকে বিক্রিয়ার ক্রম বলে।

মনে করি $aA \rightarrow$ উৎপাদ একটি প্রথম ক্রম বিক্রিয়া অর্থাৎ এ ক্ষেত্রে $n = 1$

$\therefore$ বিক্রিয়ার গতি $= \frac{-\Delta[A]}{\Delta t} = K[A]$

Δt সময়ের পরিবর্তনের জন্য A বিক্রিয়কের ঘনত্বের পরিবর্তন $= \Delta [A]$

সময়ের ব্যবধান খুব ক্ষুদ্র হলে $\frac{-d[A]}{dt} = K[A]$

সমীকরণটিকে প্রারম্ভিক থেকে t সময় পর্যন্ত সমাকলন করে, $\int_{A_o}^{A_t} \frac{d[A]}{[A]} = \int_o^t -kdt$,

বা, $2.303\log[A]_{A_o}^{A_t} = -k[t]_o^t$

বা, $\log \frac{[A]_t}{[A]_0} = \frac{-Kt}{2.303}$

এখানে $[A]_t$ = t সময়ে বিক্রিয়ক A এর ঘনমাত্রা, $[A]_0$ = প্রারম্ভিক সময়ে (t = 0) বিক্রিয়কের ঘনমাত্রা। যদি $[A]_0$ কে a মোল লিটার$^{-1}$ দ্বারা সূচিত করা হয় এবং t সময়ে বিক্রিয়কের x মোল লিটার$^{-1}$ উৎপাদে পরিণত হয় তবে $[A]_t$ = a-x মোল লিটার এবং সমীকরণটি হবে

$$\log \frac{a-x}{a} = -\frac{Kt}{2.303}$$

বা $K = -\frac{2.303}{t} \log \frac{a-x}{a}$

$$= \frac{2.303}{t} \log \frac{a}{a-x}$$

Dr. A. P. J. Abdul Kalam Government College

K = প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার বেগ ধ্রুবক বা আপেক্ষিক গতির হার।

K এর একক : সমীকরণগুলি থেকে K এর একক সময়$^{-1}$ অর্থাৎ সেকেন্ড$^{-1}$, মিনিট$^{-1}$ ইত্যাদি।

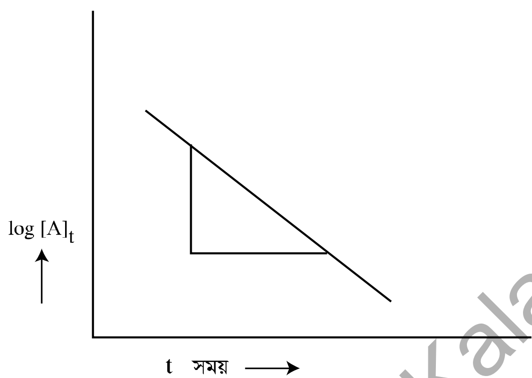
K এর মান গণনা:

$$\log\frac{[A]_t}{[A]_0} = \frac{-Kt}{2.303}$$

এই সমীকরণটিকে লেখা যায়, $\log[A]_t - \log[A]_o = -\dfrac{kt}{2.303}$

$$\log[A]_t = \frac{-kt}{2.303} + \log[A]_0$$

এই সমীকরণ অনুসারে t এর বিপরীতে $\log\,[A]_t$ গ্রাফে স্থাপন করলে একটি সরল রেখা পাওয়া যায় যার ঢাল হবে $\dfrac{-k}{2.303}$ গ্রাফ থেকে প্রাপ্ত ঢালের মান থেকে k এর মান নির্ণয় করা যাবে।



ঢাল = $m = \dfrac{-k}{2.303}$

$\therefore k = -\,2.303\ m$

চিত্র ১৩.৫: $\log\,[A]_t$ বনাম সময় লেখচিত্র

প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার বেগ ধ্রবক $k = \dfrac{2.303}{t}\ \log\dfrac{[A]_0}{[A]_t}$

$$= \frac{2.303}{t}\log\frac{a}{a-x}$$

k এর একক সময়$^{-1}$

উদাহরণ: $2N_2O_5(g) \rightarrow 4NO_2(g) + O_2(g)$

এটি একটি প্রথম ক্রমের বিক্রিয়া ও 45° সে এ বেগ ধ্রুবক এর মান 4.8×10^{-4} সে$^{-1}$, N_2O_5 এর প্রারম্ভিক ঘনত্ব 1.65×10^{-2} মোল লিটার$^{-1}$। তাহলে

i) 825 সেকেন্ড পরে N_2O_5 এর ঘনত্ব কত?

ii) কত সময় পরে N_2O_5 এর ঘনত্ব 1×10^{-2} মোল লিটার$^{-1}$ হবে?

Dr. A. P. J. Abdul Kalam Government College

সমাধানঃ

(1) $\log \frac{[A]_t}{[A]_o} = \frac{-kt}{2.303}$

$\log \frac{[N_2O_5]_t}{1.65\times10^{-2} \text{ মোল লিটার}^{-1}} = \frac{-4.80\times10^{-4} \text{ সে}^{-1}\times0.825 \text{ সে}}{2.303}$

$= -0.172$

antilog নিয়ে

$\frac{[N_2O_5]_t}{1.65\times10^{-2} \text{ মোল লিটার}^{-1}} = \text{Antilog}(-0.172)$

$= 0.673$

$\therefore$ $[N_2O_5]_t = 1.65\times10^{-2} \text{ মোল লিটার}^{-1} \times 0.673$

$= 0.011 \text{ মোল লিটার}^{-1}$

ii) $\log \frac{[A]_t}{[A]_0} = \frac{-Kt}{2.303}$

বা $-0.217 = -2.08\times10^{-4} \text{ সে} \times t$

$\therefore t = \frac{0.217}{2.08\times10^{-4}\text{সে}^{-1}} = 1.04 \times 10^3$ সে= 17.4 মিনিট।

প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার সমাপ্তি সময় :

১ম ক্রম বিক্রিয়ার হার ধ্রুবকের সমীকরণ থেকে জানি,

$\log \frac{[A]_t}{[A]_0} = \frac{-Kt}{2.303}$

বা $2.303 \log \frac{[A]_t}{[A]_0} = -Kt$

বা $\ln \frac{[A]_t}{[A]_0} = -Kt$

বা $\frac{[A]_t}{[A]_0} = e^{-Kt}$

বা $[A]_t = [A]_o.e^{-Kt}$

বিক্রিয়া সম্পূর্ণরূপে শেষ হতে হলে $[A]_t = 0$ হতে হবে।

অতএব, $0 = [A]_o.e^{-Kt}$

Dr. A. P. J. Abdul Kalam Government College

$$0 = \frac{[A]_o}{E_{kt}}$$

$$e^{kt} = \frac{[A]_o}{0} = \propto$$

যেহেতু $K \neq \alpha$, অতএব, $t = \alpha$ হবে।

অর্থাৎ একটি ১ম ক্রম বিক্রিয়া শেষ হতে অসীম সময়ের প্রয়োজন হবে। অন্য কথায়, প্রথম ক্রম বিক্রিয়া কখনও শেষ হয় না।

দ্বিতীয় ক্রম বিক্রিয়ার সমীকরণ: যে বিক্রিয়ার গতি বিক্রিয়কের ঘনমাত্রাকে দ্বিঘাতে উন্নীত রাশিমালার সমানুপাতিক তাকে দ্বিতীয় ক্রম বিক্রিয়া বলে। মনে করি

$aA \rightarrow$ উৎপাদ

বিক্রিয়াটি দ্বিতীয় ক্রমের। এ পর্যায়ে আমরা দুটি সমান ঘনমাত্রার বিক্রিয়কের গতি সম্পর্কে আলোচনা করব।

অর্থাৎ বিক্রিয়ার গতি $= \frac{-\Delta[A]}{\Delta t} = K[A]^2$

ক্ষুদ্রাতিক্ষুদ্র পরিবর্তনের ক্ষেত্রে,

$$-\frac{d[A]}{dt} = k[A]^2$$

বা $-\frac{d[A]}{[A]^2} = kdt$ সমাকলন করে- [0 থেকে t সময়ের মধ্যে]

বা $\frac{1}{[A]_t} = Kt + \frac{1}{[A]_0}$ [যেখানে $[A_0]=a$, শুরুতে বিক্রিয়কের ঘনমাত্রা]

যদি t সময়ে উৎপাদের ঘনমাত্রা x হয় তবে $[A]_t = a\text{-}x$ এবং বিক্রিয়ার গতির সমীকরণ

$$\frac{1}{(a-x)} = kt + \frac{1}{a}$$

বা, $kt = \frac{1}{(a-x)} - \frac{1}{a}$

$$= \frac{x}{a(a-x)}$$

বা, $k = \frac{1}{t}\frac{x}{a(a-x)}$

k এর একক: দ্বিতীয় ক্রম বিক্রিয়কের হার ধ্রুবক সমীকরন থেকে

$$K = \frac{1}{t}\frac{x}{a(a-x)}$$

$$= \frac{1}{\text{সময়}}\frac{\text{ঘনমাত্রা}}{\text{ঘনমাত্রা (ঘনমাত্রা)}}$$

$= \text{ঘনমাত্রা}^{-1}\ \text{সময়}^{-1}$

Dr. A. P. J. Abdul Kalam Government College

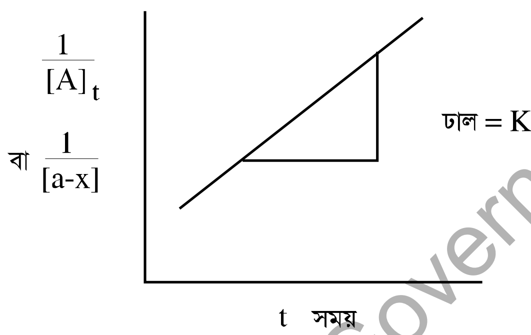
অর্থাৎ দ্বিতীয় ক্রম বেগ ধ্রুবকের একক হতে পারে লিটার মোল$^{-1}$ সে$^{-1}$

k এর মান নির্ণয়: দ্বিতীয় ক্রম বিক্রিয়া থেকে

$$\frac{1}{[A]_t} = kt + \frac{1}{[A]_0}$$

বা $\frac{1}{a\text{-}x} = Kt + \frac{1}{a}$

$\frac{1}{[A]_t}$ এর মান গ্রাফে t এর বিপরীতে স্থাপন করলে একটি সরল রেখা পাওয়া যায়, যার ঢাল = K। সুতরাং K একটি পরীক্ষালব্ধ রশ্মি



চিত্র ১৩.৬: $\frac{1}{[A]_t}$ বনাম সময় লেখচিত্র

দ্বিতীয় ক্রম বিক্রিয়ার বেগ ধ্রুবকের সমীকরণ

$\frac{1}{[A]_t} = Kt + \frac{1}{[A]_0}$ বা $K = \frac{1}{t}\frac{x}{a(a\text{-}x)}$

K এর একক ঘনমাত্রা$^{-1}$ সময়$^{-1}$

উদাহরণ: 330°সে তাপমাত্রায় NO_2 এর বিয়োজন একটি দ্বিতীয় ক্রম বিক্রিয়া। এর গতি ধ্রুবক এর মান 0.775 লিটার মোল$^{-1}$ সে$^{-1}$। যদি NO_2 এর প্রারম্ভিক ঘনমাত্রা 0.01M হয় তবে 240 সেকেন্ড পরে NO_2 এর ঘনমাত্রা কত হবে?

সমাধান: দ্বিতীয় ক্রম বিক্রিয়ার সমীকরন-

$$\frac{1}{[A]_t} = Kt + \frac{1}{[A]_0}$$

$[A]_0 = 0.01$ M

K = 0.775 লিটার মোল $^{-1}$ সে$^{-1}$

t = 240 সেকেন্ড

Dr. A. P. J. Abdul Kalam Government College

$$\frac{1}{[A]_t} = 0.775 \times 240 + \frac{1}{0.01}$$

$$= 186 + 100 = 286$$

$$\therefore [A]_t = 0.00349 = 0.35 \times 10^{-2} M$$

ছদ্ম প্রথম ক্রম বিক্রিয়াঃ

$A + B \rightarrow$ উৎপাদ, এ ধরণের বিক্রিয়া দ্বিতীয় ক্রমের। উদাহরণস্বরূপ-

$CH_3Br(aq) + OH^-(aq) \rightarrow CH_3OH(aq) + Br^-(aq)$

বিক্রিয়ার হার $= K[CH_3Br]\ [OH^-]$

যদি $[OH^-] >> [CH_3Br]$ হয়, যেমন উদাহরণ স্বরূপ যদি $[OH^-] = 1.00M$ ও $[CH_3Br] = 0.01$ M হয় তবে বিক্রিয়া শেষে OH^- আয়নের ঘনমাত্রা দাঁড়ায়

$1.00 - 0.01 = 0.99M$ অর্থাৎ ঘনমাত্রা 1% হ্রাস পায়। এ ক্ষেত্রে OH^- এর ঘনমাত্রা বা [B] এর ঘনমাত্রাকে অপরিবর্তিত ধরা যায়।

কাজেই বিক্রিয়ার হার $= K\ [A].\ K' = K''\ [A]$

এ ধরণের দ্বিতীয় ক্রমের বিক্রিয়া যেখানে একটি বিক্রিয়কের ঘনমাত্রাকে স্থির ধরা যায় তাকে **ছদ্ম প্রথম ক্রম (Pseudo first order)** বিক্রিয়া বলে।

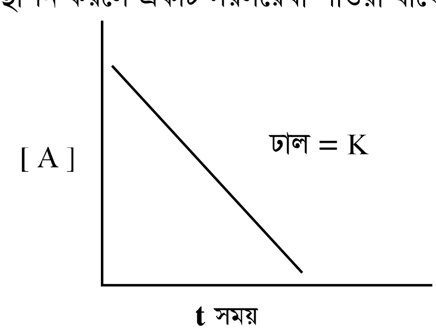
শূন্য ক্রম বিক্রিয়া: যে বিক্রিয়ার ক্রম বিক্রিয়কের ঘনমাত্রার ওপর নির্ভরশীল নয় তাকে শূন্য ক্রমের বিক্রিয়া বলে। অর্থাৎ শূন্য ক্রমের বিক্রিয়ার হার ধ্রুবক ।

সাধারণভাবে গতির সমীকরণ

$$-\frac{d[A]}{dt} = K\ [A]^0 = K$$

বা $\quad [A] = -Kt$

[A] কে সময়ের বিপরীতে গ্রাফে স্থাপন করলে একটি সরলরেখা পাওয়া যাবে যার ঢাল = K



চিত্র ১৩.৭: শুন্যক্রম বিক্রিয়কের ঘনমাত্রা বনাম সময় লেখচিত্র

Dr. A. P. J. Abdul Kalam Government College

K এর একক: শূন্য ক্রম বিক্রিয়ার গতি ধ্রুবকের একক ঘনমাত্রা সময়$^{-1}$

উত্তপ্ত প্লাটিনামের ওপর NH_3 গ্যাসের বিয়োজন একটি শূন্য ক্রমের বিক্রিয়া

$$2NH_3(g) \rightarrow N_2(g) + 3H_2$$

বিক্রিয়ার অর্ধায়ুকাল (Half life of reaction)

কোন বিক্রিয়ায় বিক্রিয়কের ঘনামাত্রা প্রারম্ভিক ঘনামাত্রার অর্ধেকে পৌঁছতে যে সময় লাগে তাকে বিক্রিয়ার অর্ধায়ুকাল বলা হয় একে $t_{\frac{1}{2}}$ দ্বারা নির্দেশিত করা হয়।

প্রথম ক্রম বিক্রিয়া: প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার হার ধ্রুবকের রাশিমালা

$$K = \frac{2.303}{t} \log\frac{[A]_0}{[A]_t}$$

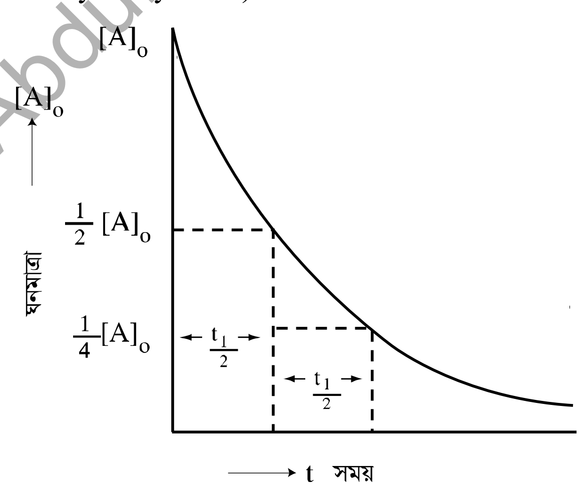
যখন $t = (t_{\frac{1}{2}}), [A]_t = \frac{1}{2}[A]_0$ হবে

$$\therefore \quad t_{\frac{1}{2}} = \frac{2.303}{K} \log\frac{[A]_0}{[A_0]/2} = \frac{2.303}{K} \log 2$$

$$= \frac{2.303 \times 0.301}{K} = 0.693/K$$

অর্থাৎ $t_{\frac{1}{2}}$ বিক্রিয়ার প্রারম্ভিক ঘনমাত্রার ওপর নির্ভরশীল নয়।

একটি ১ম ক্রম বিক্রিয়ার বিক্রিয়কের ঘনমাত্রা সময়ের বিপরীতে নিয়ে লেখচিত্র আঁকলে নীচের চিত্রটি পাওয়া যাবে। (এটি একটি Exponentially decay curve)



চিত্র ১৩.৮: ১ম ক্রম বিক্রিয়ার বিক্রিয়কের ঘনমাত্রা বনাম সময় লেখচিত্র

এখানে উল্লেখ্য যে একটি বিক্রিয়ায় বিক্রিয়কের প্রারম্ভিক ঘনমাত্রার অর্ধেকের উৎপাদে পরিণত হতে যে সময় লাগে, বাকি অর্ধেক বিক্রিয়কের তার অর্ধেক উৎপাদে পরিণত হতে একই সময় লাগে।

Dr. A. P. J. Abdul Kalam Government College

উদাহরণ: রেডিয়ামের অর্ধায়ূকাল 1590 বছর। রেডিয়ামের একটি নমুনা প্রারম্ভিক ঘনমাত্রার 10% এ হ্রাস পেতে কত সময় লাগবে?

সমাধান: $t_{\frac{1}{2}} = 0.693/K$

$\therefore \quad K = 0.693/1590$

$= 4.36 \times 10^{-4}$ বছর$^{-1}$

এখন $\frac{Kt}{2.303} = \log \frac{[A]_0}{[A]_t}$

$\frac{4.36 \times 10^{-4}}{2.303} t = \log \frac{100}{10}$

$\therefore \quad t = 5280$ বছর

5280 বছর পরে প্রারম্ভিক ঘনমাত্রার 10% রেডিয়াম অবশিষ্ট থাকে।

দ্বিতীয় ক্রম বিক্রিয়ার জন্য অর্ধায়ূকাল

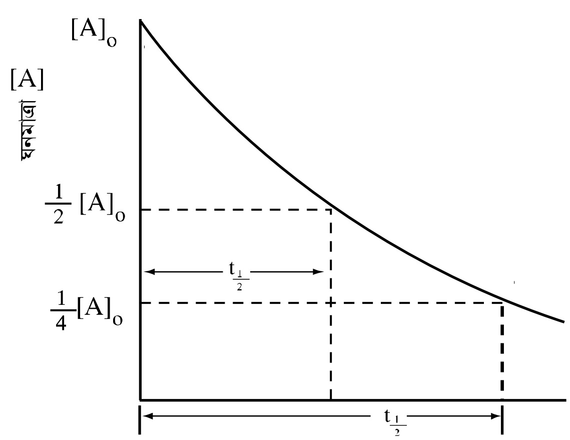
$$\frac{1}{[A]_t} = \frac{1}{[A]_0} + Kt$$

যখন $t = t_{\frac{1}{2}}$, $[A]_t = \frac{1}{2}[A]_0$

$$\therefore \quad \frac{1}{\frac{1}{2}[A]_0} = \frac{1}{[A]0} + K t_{\frac{1}{2}}$$

বা $\quad t_{\frac{1}{2}} = \frac{1}{K[A]_0}$

সুতরাং দ্বিতীয় ক্রম বিক্রিয়ার অর্ধায়ূকাল বিক্রিয়কের প্রারম্ভিক ঘনমাত্রার ব্যস্তানুপাতিক। বিক্রিয়কের ঘনমাত্রা $[A]_t$ কে t সময়ের বিপরীতে লেখচিত্রে স্থাপন করলে নীচের আয়তাকার হাইপারবোলা (rectangular hyperbola) চিত্রটি পাওয়া যায়।



চিত্র ১৩.৯: ২য় ক্রম বিক্রিয়ার বিক্রিয়কের ঘনমাত্রা বনাম সময় লেখচিত্র

Dr. A. P. J. Abdul Kalam Government College

উপরের চিত্রটিকে পর্যবেক্ষণ করলে দেখা যায় যে বিক্রিয়ায় প্রথম অর্ধেক বিক্রিয়কের উৎপাদে পরিণত হতে যে সময় লাগে দ্বিতীয় অর্ধেকের অর্ধেক উৎপাদে পরিণত হতে তার চেয়ে বেশি সময় লাগে। অর্থাৎ বিক্রিয়কের ঘনমাত্রা যত হ্রাস পায় অর্ধায়ু তত বেশি হয়।

সারসংক্ষেপ

- প্রথম ক্রমের বিক্রিয়ার জন্য

$$t_{\frac{1}{2}} = \frac{0.693}{K}$$

- দ্বিতীয় ক্রমের বিক্রিয়ার জন্য

$$t_{\frac{1}{2}} = \frac{1}{K[A]_0}$$

পাঠোত্তর মূল্যায়ন

সঠিক উত্তরে টিক চিহ্ন (√) দিন

১। বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী সকল বস্তুর ঘনমাত্রার ওপর বিক্রিয়ার গতি নির্ভর করে

i) সত্য

ii) মিথ্যা

২। বিক্রিয়ার গতি নির্ভর করে

i) বিক্রিয়কের ঘনমাত্রার ওপরে

ii) সময়ের ওপর

iii) গতি ধ্রুবকের ওপর।

৩। বিক্রিয়ার অর্ধায়ুকাল $t_{\frac{1}{2}}$ এর মান 0.693 সেকেন্ড হলে বিক্রিয়ার গতি ধ্রুবকের মান

i) 1 সে$^{-1}$

ii) 0.693 সে$^{-1}$

iii) 1 সে

Dr. A. P. J. Abdul Kalam Government College

পাঠ ৩	বিক্রিয়ার আনবিকত্ব ও কৌশল (Molecularity and Mechanism of Reaction)

উদ্দেশ্য

এই পাঠ শেষে

- বিক্রিয়ার আণবিকত্ব কাকে বলে জানা যাবে।
- বিক্রিয়ার কৌশল ও প্রাথমিক ধাপ সম্বন্ধে জানা যাবে।

১৩.৩.১: প্রাথমিক রাসায়নিক বিক্রিয়ার সমীকরণ থেকে আমরা বিক্রিয়কের মধ্যে ভূতমিতিক সম্পর্ক কি জানতে পারি।

উদাহরণস্বরূপ, $H_2(g) + I_2(g) \rightarrow 2HI(g)$

এই সমীকরণটি থেকে আমরা জানি যে এক মোল H_2 এক মোল I_2 এর সাথে বিক্রিয়া করে দুই মোল HI তৈরী করে। প্রশ্ন হলো কিভাবে এই বিক্রিয়াটি ঘটে? অর্থাৎ আণবিক পর্যায়ে H_2 ও I_2 কিভাবে বিক্রিয়া। করে H_2 অণু সরাসরি I_2 এর সাথে সম্পর্ক করে HI দেয় নাকি অন্য কোনভাবে HI তৈরী হয়। ধারণা করা হয় যে বিক্রিয়াটি দুটি ধাপে ঘটে। প্রথম ধাপে I_2 অণু I পরমাণু দেয় ও দ্বিতীয় ধাপে I ও H_2 বিক্রিয়া করে HI ও H তৈরী করে।

$$I_2 \rightarrow 2I$$

$$I + H_2 \rightarrow HI + H$$

প্রত্যেকটিকে একটি প্রাথমিক বিক্রিয়া বলা হয়। বেশির ভাগ বিক্রিয়াই প্রকৃতপক্ষে কয়েকটি প্রাথমিক বিক্রিয়ার যোগফল। প্রাথমিক বিক্রিয়াকে বলা যায় আণবিক পর্যায়ে এমন কোন ক্রিয়া যেমন অনুর মধ্যে সংঘর্ষ যা থেকে বিক্রিয়া ঘটে। এ ধরণের কয়েকটি প্রাথমিক বিক্রিয়া মিলে বিক্রিয়াটি উৎপাদ তৈরী করে।

উদাহরণস্বরূপ

$NO_2(g) + CO(g) \rightarrow NO(g) + CO_2(g)$

500K এর নীচে মনে করা হয় এই বিক্রিয়াটি দুটি প্রাথমিক বিক্রিয়ার সমষ্টি।

$NO_2 + NO_2 \rightarrow NO_3 + NO$ ...... প্রাথমিক বিক্রিয়া

$NO_3 + CO \rightarrow NO_2 + CO_2$ ....প্রাথমিক বিক্রিয়া।

NO_3 একটি অস্থায়ী অণু যা বিক্রিয়া ঘটাকালে তৈরী হয় এবং বিক্রিয়া করে নি:শেষ হয়ে যায়। একে উৎপাদ হিসেবে পাওয়া যায় না। প্রথম ধাপে NO_3 তৈরী হয়ে তা খুব দ্রুত CO এর সাথে বিক্রিয়া করে NO_2 ও CO_2 দেয়। NO_3 এর অস্তিত্ব বর্ণালী আলোক মাপক যন্ত্রের সাহায্যে বুঝা যায়। সার্বিক বিক্রিয়াটি এ দুটি প্রাথমিক বিক্রিয়ার যোগফল-

$NO_2 + NO_2 \rightarrow NO_3 + NO$ প্রাথমিক বিক্রিয়া

$NO_3 + CO \rightarrow NO_2 + CO_2$ প্রাথমিক বিক্রিয়া

সামগ্রিক বিক্রিয়া সাধারণত কয়েকটি প্রাথমিক বিক্রিয়ার যোগফল

Dr. A. P. J. Abdul Kalam Government College

১৩.৩.২ আণবিকত্ব

প্রাথমিক বিক্রিয়াকে তার আণবিকত্বের ভিত্তিতে ভাগ করা যায়। প্রাথমিক বিক্রিয়ার আণবিকত্ব বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী বিক্রিয়কের মোট অণুর সংখ্যাকে বোঝায়। একটি বিক্রিয়ক অণু থাকলে একে এক আণবিক বিক্রিয়া বলে। দুটি অণু থাকলে দ্বি-আণবিক বিক্রিয়া বলে। দ্বি-আণবিক বিক্রিয়া সাধারণত অনেক দেখা যায়। এক আণবিক বিক্রিয়ার উদাহরণস্বরূপ বলা যায় একটি উত্তেজিত অনুর বিয়োজন। ত্রি-আণবিক বিক্রিয়ায় অনুর সংখ্যা তিন। কিছু কিছু বিক্রিয়া গ্যাসীয় অবস্থায় ত্রি-আণবিক বিক্রিয়া দেয়। তিনের অধিক আণবিক বিক্রিয়া ঘটে না বলা যায়। কারণ এ ক্ষেত্রে বিক্রিয়া ঘটতে চারটি অনুকে একত্রে সংঘর্ষে যেতে হবে যা ঘটার সম্ভাবনা অত্যন্ত কম।

$O_3^* \rightarrow O_2 + O$ একটি এক আণবিক বিক্রিয়া। O_3^* -একটি উত্তেজিত অণু ।

প্রাথমিক বিক্রিয়ার আণবিকত্ব একটি পরীক্ষালব্ধ সংখ্যা। মোট বিক্রিয়ার ভূতমিতিক সমীকরণ থেকে আনবিকত্ব নির্ণয় করা যায় না। রাসায়নিক সমীকরণ ব্যবহার করে বিক্রিয়া প্রকাশ করা হলেও এ থেকে বিক্রিয়ার হার বা বিক্রিয়ার কৌশল (mechanism) সম্পর্কে কোন ধারণা করা যায় না।

বিক্রিয়ার হারের সমীকরণ ও কৌশল

কোন বিক্রিয়া ঘটার কৌশল সম্বন্ধে ধারণা করে বিক্রিয়ার হারের সমীকরণ উপস্থাপন করা যায়। পরীক্ষা লব্ধ মান থেকে যদি বিক্রিয়ার হার নির্ণয় করা হয় এবং তা যদি উপস্থাপিত বিক্রিয়ার হারের সমীকরণকে সমর্থন করে তবে ধরে নেয়া যায় যে উপস্থাপিত বিক্রিয়ার কৌশলটি ঠিক।

উদাহরণ স্বরূপ

$2NO_2(g) + F_2(g) \rightarrow 2NO_2F(g)$

যদি বিক্রিয়াটি এক ধাপে সম্পন্ন হচ্ছে মনে করা হয় তবে সমীকরণটি হবে

$NO_2 + NO_2 + F_2 \rightarrow NO_2F + NO_2F$ (প্রাথমিক বিক্রিয়া)

বিক্রিয়ার হার $= K\,[NO_2]^2\,[F_2]$

কিন্তু পরীক্ষামূলকভাবে প্রমাণিত হয়েছে যে,

বিক্রিয়ার হার $= K\,[NO_2]\,[F_2]$

অর্থাৎ বিক্রিয়াটি একাধিক ধাপে সম্পন্ন হচ্ছে।

প্রাথমিক বিক্রিয়ায় বিক্রিয়কের অণুর সংখ্যা বিক্রিয়ার আণবিকত্ব নির্দেশ করে

Dr. A. P. J. Abdul Kalam Government College

১৩.৩.৩ : বিক্রিয়ার ধীরতম ধাপ বিক্রিয়ার সামগ্রিক হার নিয়ন্ত্রণ করে (The slowest step controls the overall rate of the reaction)

NO_2 ও F_2 এর বিক্রিয়া দুটি ধাপে ঘটে বলে ধারণা করা হয়

$NO_2 + F_2 \xrightarrow{K_1} NO_2F + F$ (ধীরগতি সম্পন্ন)

$F + NO_2 \xrightarrow{K_2} NO_2F$ (দ্রুতগতি সম্পন্ন)

K_1 এবং K_2 গতি ধ্রুবক । দুটি ধাপের মধ্যে দ্বিতীয়টি অতি দ্রুত ঘটে। প্রথম ধাপে F পরমাণূ উৎপন্ন হওয়ার সাথে সাথে F পরমাণু NO_2 অণুর সাথে দ্রুত বিক্রিয়া করে আর একটি NO_2F অণু দেয়। অর্থাৎ F_2 অণুর ঘনমাত্রার হ্রাস সম্পূর্ণভাবে প্রথম বিক্রিয়ার গতি দিয়ে নিয়ন্ত্রিত।

$\therefore$ বিক্রিয়ার হার $= K_1 [NO_2] [F_2]$

অর্থাৎ সামগ্রিক হার নিয়ন্ত্রণে ধীরতম ধাপ বিক্রিয়ার হার নিয়ন্ত্রণ করে। উপস্থাপিত গতি সমীকরণ পরীক্ষালব্ধ গতি সমীকরণকে সমর্থন করে।

বিক্রিয়ার ধীরতম ধাপ বিক্রিয়ার গতি নিয়ন্ত্রণ করে।

উদাহরণঃ $CHCl_3$ এর সাথে Cl_2এর বিক্রিয়ার কৌশল নিচের বিক্রিয়াগুলি দিয়ে প্রকাশ করা হয়

$Cl_2 \rightleftharpoons 2Cl$ (প্রাথমিক বিক্রিয়া)

$Cl + CHCl_3 \rightarrow HCl + CCl_3$ (প্রাথমিক বিক্রিয়া)

$Cl + CCl_3 \rightarrow CCl_4$ (প্রাথমিক বিক্রিয়া)

(i) CH_3Cl এর সাথে Cl_2 এর বিক্রিয়ার সমীকরণটি কি?

(ii) প্রতিটি প্রাথমিক ধাপের আণবিকত্ব নির্ণয় করুন।

সমাধানঃ বিভিন্ন ধাপে Cl, CCl_3 ক্ষণস্থায়ী পরমাণু ও অণু যা উৎপাদে পরিণত হয় না। কাজেই সার্বিক বিক্রিয়ায় এদের উপস্থিতি নাই।

বিভিন্ন ধাপগুলি যোগ করলে

$Cl_2 \rightleftharpoons 2Cl$

$Cl + CHCl_3 \rightarrow HCl + CCl_3$

$CCl_3 + Cl \rightarrow CCl_4$

$Cl_2 + CHCl_3 \rightarrow HCl + CCl_4$

প্রথম ধাপের আণবিকত্ব এক। প্রথম ধাপের বিপরীত দিকের বিক্রিয়ার আণবিকত্ব ২। দ্বিতীয় ও তৃতীয় প্রত্যেকে দ্বি-আণবিক।

Dr. A. P. J. Abdul Kalam Government College

উদাহরণ-২

$O_3(g) + 2NO_2(g) \rightarrow O_2(g) + N_2O_5(g)$

এই বিক্রিয়ার কৌশল

$O_3 + NO_2 \rightarrow NO_3 + O_2$ (ধীরগতি সম্পন্ন বিক্রিয়া)

$NO_3 + NO_2 \rightarrow N_2O_5$ (দ্রুতগতি সম্পন্ন বিক্রিয়া)

বিক্রিয়াটির হার সমীকরণ কি?

সমাধান: আমরা জানি ধীরতম ধাপ বিক্রিয়ার গতি নিয়ন্ত্রণ করে।

কাজেই প্রথম ধাপ থেকে বিক্রিয়ার গতি $= K[O_3]\,[NO_2]$

পাঠোত্তর মূল্যায়ন

সঠিক উত্তরে টিক চিহ্ন (√) দিন

১। NO ও Cl_2 এর বিক্রিয়ার কৌশল

$NO + Cl_2 \rightleftharpoons NOCl_2$ (প্রাথমিক বিক্রিয়া)

$NOCl_2 + NO \rightleftharpoons 2NOCl$ (প্রাথমিক বিক্রিয়া

কোনটি উৎপাদ

i) Cl_2 ii) $NOCl_2$

iii) NOCl iv) NO

২। $O_3 \rightleftharpoons O_2 + O$ (প্রাথমিক বিক্রিয়া)

$O_3 + O \rightarrow 2O_2$ (প্রাথমিক বিক্রিয়া)

কোনটি অস্থায়ী অণু বা পরমাণু

i) O_3 ii) O_2 iii) O

৩। $I + I + M \rightarrow I_2 + M^*$ (M^* একটি উত্তেজিত অণু)

এই বিক্রিয়ার গতি সমান

i) $K\,[I]^2$

ii) $K\,[I]^2\,[M]$

iii) $K\,[I]^2\,[M^*]$

Dr. A. P. J. Abdul Kalam Government College

পাঠ ৪ বিক্রিয়ার গতির উপর চাপ ও তাপমাত্রার প্রভাব
(Effect of Pressure and Temperature on Rate of Reaction)

উদ্দেশ্য

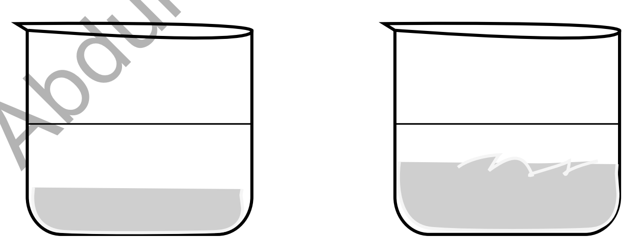
- বিক্রিয়ার গতির উপর চাপ ও তাপমাত্রার প্রভাব আলোচনা করা
- সক্রিয়ন শক্তি সম্পর্কে ধারণা লাভ করা
- বিক্রিয়া সম্পর্কিত তত্ত্ব সম্পর্কে জানা

১৩.৪.১ : বিক্রিয়ার গতির উপর চাপের প্রভাব

গ্যাসীয় বিক্রিয়কের উপর চাপ বাড়ালে গ্যাসের আয়তন কমে যায় সুতরাং বিক্রিয়কের ঘনমাত্রার বৃদ্ধি ঘটে। বিক্রিয়কের ঘনমাত্রা বৃদ্ধি পেলে আমরা জানি যে বিক্রিয়ার হার বৃদ্ধি পায়। উদাহরণস্বরূপ হেবার প্রণালীতে (Haber process) এ্যামোনিয়া উৎপাদনে ও সংস্পর্শ প্রণালীতে (Contact Process) সালফিউরিক এসিড উৎপাদনে উচ্চচাপ প্রয়োগ করে বিক্রিয়ার হার বাড়ানো হয়।

১৩.৪.২: বিক্রিয়ার গতির উপর তাপমাত্রার প্রভাব

বিক্রিয়ার গতি তাপমাত্রার উপর নির্ভরশীল। তাপমাত্রা বৃদ্ধির সাথে প্রায় সব বিক্রিয়ার গতিই বৃদ্ধি পায়। ১০°সে তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য সাধারণত যেখা যায় যে বিক্রিয়ার হার প্রায় দ্বিগুণ বেড়ে যায়। নিচের চিত্রে দেখা একটি বিকারে ঠান্ডা পানি ও অন্যটিতে উত্তপ্ত পানি আছে।



১ ২

চিত্র: ১৩.১০

বিকার দুটিতে সমপরিমাণ ম্যাগনেসিয়াম দেয়া হলো। দুটো বিকারেই অল্প পরিমাণ নির্দেশক দেয়া আছে যা ক্ষারের উপস্থিতিতে রঙ্গীন হয়। ঠান্ডা পানির বিকারে কোন পরিবর্তন হয় না। উত্তপ্ত পানি রঙ্গিন হয়ে যায়। তাপমাত্রা বেশি হওয়ায় ম্যাগনেসিয়াম পানির সাথে বিক্রিয়া করে ক্ষার তৈরী করে।

Dr. A. P. J. Abdul Kalam Government College

১৩.৪.৩: তাপমাত্রা বৃদ্ধির সাথে বেগ ধ্রুবকের বৃদ্ধি

তাপমাত্রা বৃদ্ধির সাথে বিক্রিয়ার গতি বৃদ্ধি পায়। কাজেই গতি ধ্রুবকও বৃদ্ধি পায়। বেগ ধ্রুবকের তাপমাত্রার সাথে বৃদ্ধি নীচের সমীকরণ অনুসারে হয়

$$K = Ae^{-E_a/RT}$$

বা $\quad \log K = \log A - E_a/2.303RT$

এই সমীকরণটি অ্যারেনিয়াস সমীকরণ (Arrhenious equation) নামে পরিচিত।

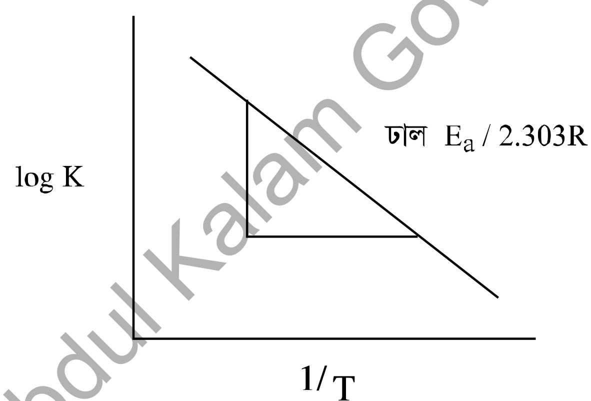
এখানে E_a = বিক্রিয়ার সক্রিয়ন শক্তি

R = গ্যাস ধ্রুবক

T = পরম তাপমাত্রা

A = ফ্রিকুয়েন্সী ফ্যাক্টর

A ও E_a কে অ্যারোনিয়াসের ফ্যাক্টর বলে। একটি নির্দিষ্ট বিক্রিয়ার জন্য A ও E_a স্থির। logK কে 1/T এর বিপরীতে স্থাপন করে লেখচিত্র আঁকলে একটি সরলরেখা পাওয়া যাবে। একে অ্যারেনিয়াসের লেখচিত্র বলা হয়। সরল রেখাটির ঢাল (slope) = $\frac{-Ea}{2.303R}$



চিত্র: ১৩.১১

উপরের লেখচিত্র থেকে A ও E_a এর মান নির্ণয় করা যায়। যদি একটি বিক্রিয়ায় তাপমাত্রা T_1 ও T_2 এর জন্য গতি ধ্রুবক যথাক্রমে K_1 ও K_2 হয় তবে অ্যারেনিয়াসের সমীকরণ থেকে লেখা যায়:

$$\log K_1 = \log A - \frac{E_a}{2.303RT_1}$$

$$\log K_2 = \log A - \frac{E_a}{2.303RT_2}$$

$$\therefore \log K_1 - \log k_2 = \frac{E_a}{2.303R}\left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}\right)$$

ev $\quad \log\frac{K_1}{K_2} = \frac{E}{2.303R}\left[\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}\right]$

Dr. A. P. J. Abdul Kalam Government College

এ সমীকরণ থেকে আমরা দেখি তাপমাত্রা বৃদ্ধি পেলে গতি ধ্রুবক বৃদ্ধি পায়। আবার E_a হ্রাস পেলে বেগ ধ্রুবক বৃদ্ধি পাবে। কাজেই আমরা বলতে পারি যে সক্রিয়ণ শক্তি কম হলে ও তাপমাত্রা বৃদ্ধি পেলে গতি ধ্রুবক বৃদ্ধি পায়। গতি ধ্রুবক বিক্রিয়ার গতির সমানুপাতিক কাজেই তাপমাত্রা বৃদ্ধি পেলে বিক্রিয়ার গতি বৃদ্ধি পাবে।

$$K = Ae\,(-E_a/RT)$$

$$\log K = \log A - \frac{E_a}{2.303RT}$$

$$\log K_1/K_2 = \frac{E}{2.303R}\left[\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}\right]$$

১৩.৪.৪ বিক্রিয়ার গতি সম্পর্কীয় তত্ত্ব

রাসায়নিক বিক্রিয়া কি ভাবে ঘটে তা ব্যাখ্যা করার জন্য দুটি তত্ত্ব আছে

i) সংঘর্ষ তত্ত্ব (Collision theory of chemical reaction)

ii) অবস্থান্তর অবস্থা তত্ত্ব (Transition state theory of chemical reaction)

১৩.৪.৪.১ : সংঘর্ষ তত্ত্ব: সংঘর্ষ তত্ত্ব অনুযায়ী বিক্রিয়া ঘটার জন্য কয়েকটি শর্ত পূরণ হতে হবে।

১) বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী কণাগুলো (অণু, পরমাণু বা আয়ন) পরস্পরের সাথে সংঘর্ষ করলে বিক্রিয়া ঘটা সম্ভব।

২) সকল সংঘর্ষই বিক্রিয়া ঘটাবে না। বিক্রিয়ায় অংশগ্রহনকারী কণাগুলোর একটি নূন্যতম শক্তি থাকতে হবে যা বিক্রিয়া ঘটানোর জন্য পর্যাপ্ত।

৩) কণাগুলির পরস্পরের মধ্যে একটি সুবিধাজনক দিক থেকে সংঘর্ষ করতে হবে।

যদি কোন সংঘর্ষে বিক্রিয়কের কণাগুলির বিক্রিয়া করার জন্য প্রয়োজনীয় ন্যূনতম শক্তি (E_a, সক্রিয়ন শক্তি) থাকে এবং সংঘর্ষ এমন দিক থেকে ঘটে যাতে পুরোনো বন্ধন ভেঙ্গে নতুন বন্ধন সৃষ্টি হতে পারে তাহলে বিক্রিয়ার সংঘর্ষ তত্ত্ব অনুসারে

$K = pfZ$

K = গতি ধ্রুবক

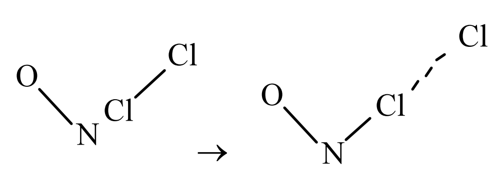
f = বিক্রিয়কের যে অংশের বিক্রিয়া করার মত পর্যাপ্ত শক্তি E_a আছে।

P = বিক্রিয়কের যে অংশ সুবিধাজনক দিক থেকে সংঘর্ষ ঘটায়।

Z = সংঘর্ষের মাত্রা বা Collission frequency

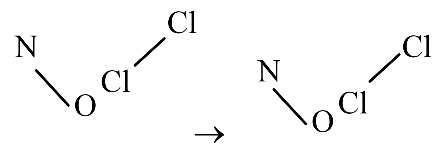
নিচের চিত্রে NO ও Cl_2 অণুর মধ্যে কিভাবে বিক্রিয়া ঘটে তার একটি ধারণা দেওয়া হলো

ক)



Dr. A. P. J. Abdul Kalam Government College

খ)



NO ও Cl_2 অণুগুলির বিক্রিয়া করার পর্যাপ্ত শক্তি আছে। চিত্র (ক) তে N ও Cl পরমাণু পরস্পরের মধ্যে একটি কোণ করে আছে যাতে N ও Cl পরমাণূর মধ্যে বন্ধন তৈরি হওয়া সম্ভব। এ ক্ষেত্রে N ও Cl বন্ধন তৈরী করে ONCl ও Cl পরমাণু উৎপাদন করে। চিত্র (খ) তে যেহেতু Cl পরমাণু সঠিক দিক থেকে N এর সাথে সংঘর্ষে যেতে পারছে না কাজেই N ও Cl এর মধ্যে কোন বন্ধন তৈরী হতে পারে না। NO ও Cl_2 অণু পরস্পরের সাথে সংঘর্ষ করে একে অপরের কাছে থেকে সরে যাচ্ছে।

আমরা জানি তাপমাত্রা বাড়লে কণার গতিশক্তি বেড়ে যায়। ফলে অণু, পরমাণু বা আয়নের পরস্পরের মধ্যে অনেক বেশি হারে ধাক্কা সংঘটিত হয়। কাজেই Z এর মান বা সংঘর্ষের হার বেড়ে যায়। Z বাড়লে বিক্রিয়ার হার বেড়ে যায়। অন্যদিকে তাপমাত্রা বাড়লে f বা E_a শক্তিধারী অণুর সংখ্যা বেড়ে যায়। কাজেই বিক্রিয়ার গতি বৃদ্ধি পায়। বিক্রিয়া ঘটার জন্য কণার যে ন্যূনতম শক্তি ধারণ করা প্রয়োজন তাকে সক্রিয়ন শক্তি বা Activation engergy বলে। f এর সাথে এর সম্পর্ক নিম্নরূপ:

$$f = e^{-E_a/RT}$$

এ সম্পর্ক থেকে দেখা যায় যে সক্রিয়ন শক্তি বেশি হলে f এর মান কম হবে কাজেই K এর মান কম হবে।

আবার একটি নির্দিষ্ট E_a এর জন্য তাপমাত্রা (T) বাড়লে f এর মান বাড়বে, কাজেই বিক্রিয়ার গতি বা গতি ধ্রুবক বেড়ে যাবে।

আমরা উপরের সমীকরণে দেখেছি বিক্রিয়ার গতি p-এর উপর নির্ভরশীল। অর্থাৎ সুবিধাজনক দিক থেকে সংঘর্ষের সংখ্যার উপর বিক্রিয়ার গতি নির্ভর করে। p-এর মান তাপমাত্রার উপর নির্ভরশীল নয়।

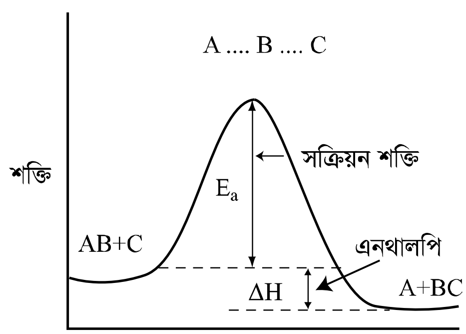
১৩.৪.৪.২: রাসায়নিক বিক্রিয়ার অবস্থান্তর অবস্থা তত্ত্ব (transition state theory of chemical reaction):

অবস্থান্তর অবস্থা তত্ত্ব অনুসারে কোন বিক্রিয়ার বিক্রিয়কগুলি একত্রিত হয়ে একটি সক্রিয়নকৃত জটিল (Activated Complex) তৈরি করে এই সক্রিয়নকৃত জটিল একটি অস্থায়ী বস্তু যা ভেঙ্গে উৎপাদ তৈরী হয়। কোন রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটার সময় অনুর মধ্যকার পুরাতন বন্ধন ভেঙ্গে নতুন বন্ধনের সৃষ্টি হয়। এ কাজের জন্য শক্তির প্রয়োজন। সংঘর্ষ তত্ত্ব থেকে আমরা দেখেছি যে দুটি অণুর নির্দিষ্ট দিক থেকে সংঘর্ষ করে তখনই উৎপাদ দিতে পারে যখন তাদের গতিশক্তি একটি ন্যূনতম শক্তির সমান বা বেশি থাকে। এই ন্যূনতম শক্তিকে বলা হয় সক্রিয়নশক্তি বা Activation enegry। সক্রিয়নশক্তি সম্পন্ন বিক্রিয়কগুলি পরস্পরের মধ্যে সংঘর্ষ করে উৎপাদ ও বিক্রিয়কের মধ্যবর্তী একটি অস্থায়ী জটিল অবস্থায় অবস্থান করে। এ অবস্থাকে অবস্থান্তর অবস্থা (transition state) বলে। এ সময় অণুর গতিশক্তি (kinetic engery) স্থিতি শক্তিতে (Potential engery) রূপান্তরিত হয়। বিক্রিয়ক অণুর মোট শক্তি গতিশক্তি ও স্থিতিশক্তির যোগফলের সমান। বিক্রিয়া ঘটাকালে মোট শক্তির কোন পরিবর্তন হয় না; কিন্তু গতিশক্তি স্থিতিশক্তিতে রূপান্তরিত হতে থাকে। নিচের চিত্রে বিক্রিয়া ঘটাকালে বিক্রিয়ক, সক্রিয়নকৃত জটিল ও উৎপাদের স্থিতি শক্তি বর্ণনা করে। বিক্রিয়া ঘটার সময় অনুগুলি পরস্পরের দিকে অগ্রসর হতে থাকে। যদি প্রারম্ভিক অবস্থায় অণুগুলির এমন পর্যাপ্ত গতিশক্তি থাকে যাতে সক্রিয়ণকৃত জটিলের স্থিতিশক্তির সমান মানে পৌঁছাতে পারে তবে বিক্রিয়া সামনের দিকে অগ্রসর হতে পারে। পর্যাপ্ত শক্তি সমান সক্রিয়নকৃত

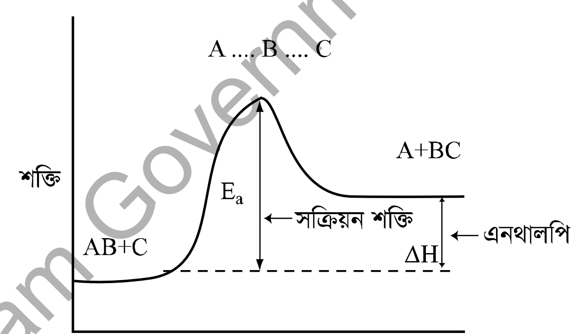
Dr. A. P. J. Abdul Kalam Government College

জটিলের শক্তি ও বিক্রিয়কের শক্তির পার্থক্যের (চিত্র)। এই শক্তির পার্থক্যকেই সক্রিয়ন শক্তি (Activation energy) বলা হয়। সক্রিয়নকৃত জটিলের শক্তি বিক্রিয়ক ও উৎপাদ উভয়ের চেয়ে বেশি থাকে। বিক্রিয়ককে উৎপাদে পরিণত হতে হলে এই সক্রিয়ন শক্তির বাঁধ অতিক্রম করতে হবে। চূড়ান্ত পর্যায়ে বিক্রিয়ক অণুগুলি মিলে সক্রিয়নকৃত জটিল তৈরী করে। পরীক্ষামূলকভাবে দেখা গেছে যে এটি একটি অস্থায়ী অবস্থা। সক্রিয়নকৃত জটিলের শক্তি বিভিন্ন বন্ধনের মধ্যে বিস্তারিত হয়। চিত্রে প্রদর্শিত A ও BC-এর মধ্যে বিক্রিয়ার সময় A.....B...C জটিলটি সৃষ্টি হয়। যদি A......B বন্ধনের মধ্যে বিস্তারিত শক্তি বেশি পরিমাণে ঘনীভূত হয় তবে A......B বন্ধন ভেঙ্গে A + BC উৎপাদ দেয়। আবার যদি B.....C বন্ধনের মধ্যে শক্তি ঘনীভূত হয় তবে AB + C উৎপন্ন হবে অর্থাৎ জটিলটি ভেঙ্গে বিক্রিয়কের অবস্থায় ফিরে যাবে। এ থেকে বলা যায় যে সকল সক্রিয়ন জটিলই উৎপাদ দেবে না।

যে সব ক্ষেত্রে বিক্রিয়কের মোট শক্তি E_R উৎপন্ন দ্রব্যের শক্তি E_p এর চেয়ে বেশি হয় সে সব ক্ষেত্রে অতিরিক্ত শক্তি (E_R - E_p) নির্গত হয়। এ ধরণের বিক্রিয়াকে তাপ উৎপাদী বিক্রিয়া বলে (Exothenmic reaction)। যদি বিক্রিয়কের শক্তি উৎপাদের শক্তি থেকে কম হয় তবে তাপ শোষিত হয় ও বিক্রিয়াটিকে তাপহারী (endothermic) বিক্রিয়া বলে।



তাপ উৎপাদন বিক্রিয়া



তাপহারী বিক্রিয়া

চিত্রঃ ১৩.১২

অবস্থান্তর অবস্থায় একটি সক্রিয়নকৃত জটিল তৈরী হয়। এই জটিলের শক্তি ও বিক্রিয়কের শক্তির পার্থক্যকে সক্রিয়নশক্তি বলে।

পাঠোত্তর মূল্যায়ন

সঠিক উত্তরে টিক চিহ্ন (√) দিন

১। উৎপাদে পরিণত হওয়ার আগে বিক্রিয়ক কণাগুলো একটি নূন্যতম শক্তির বাঁধা অতিক্রম করে একে বলে
i) সক্রিয়ন শক্তি ii) গতি শক্তি iii) এনথালপি

২। তাপমাত্রা বৃদ্ধি পেলে সক্রিয়ন শক্তি সম্পন্ন কণার সংখ্যা বেড়ে যায়: কারণ,
i) কণার গতিশক্তি বাড়ে ii) কণার ঘনত্ব বাড়ে
iii) সঠিক দিক থেকে সংঘর্ষ ঘটে

৩। বিক্রিয়ক ও উৎপাদের মধ্যে শক্তির পার্থক্যকে
i) সক্রিয়ণ শক্তি বলে ii) এনথালপি বলে iii) স্থিতি শক্তি বলে।

পাঠ ৫ বিক্রিয়ার গতি ও প্রভাবক (Rate of Reaction & Catalyst)

উদ্দেশ্য

এই পাঠ শেষে

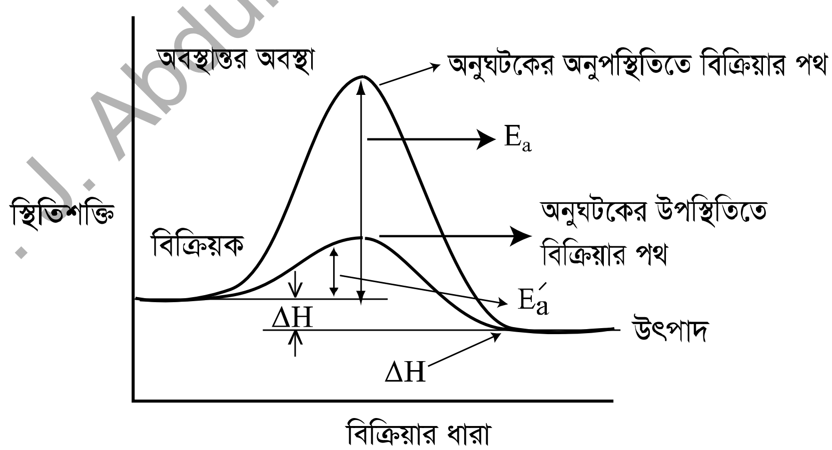
- প্রভাবকের ভূমিকা বর্ণনা করা যাবে।
- জৈবিক প্রভাবক সম্বন্ধে জানা যাবে।
- শিল্প ক্ষেত্রে প্রভাবকের গুরুত্ব বর্ণনা করা যাবে।

১৩.৫: প্রভাবক ও প্রভাবন (Catalyst and Catalysis)

কোন কোন বস্তু বিক্রিয়ায় উপস্থিত থেকে বিক্রিয়ার গতিকে তরান্বিত করতে পারে। বিক্রিয়া শেষে এ সব বস্তুর ভর ও ধর্ম অপরিবর্তিত থাকে। এদের প্রভাবক বা অনুঘটক বলা হয়। প্রভাবকের উপস্থিতিতে বিক্রিয়ার গতি প্রভাবান্বত করার প্রক্রিয়াকে প্রভাবন বলে। উদাহরণ স্বরূপ নীচের বিক্রিয়াটি সাধারণ চাপ ও তাপমাত্রায় ধীরগতিতে চলে

$N_2 + 3H_2 = 2NH_3$

তবে লোহা চূর্ণের উপস্থিতিতে এর গতি বেড়ে যায়। অতি অল্প পরিমাণ লোহাচূর্ণ অনুঘটকের কাজ করে অনুঘটকের কাজ অত্যন্ত নির্দিষ্ট। অর্থাৎ একটি অনুঘটক একটি নির্দিষ্ট বিক্রিয়ার গতিকেই বাড়াতে পারে। অন্য বিক্রিয়ার উপর এর কোন প্রভাব থাকে না। প্রভাবক বা অনুঘটকের পরিমাণ বিক্রিয়া শেষে অপরিবর্তিত থাকে। এরা বিক্রিয়া চলাকালীন সময়ে বিভিন্ন ধাপে অংশগ্রহণ করে বিক্রিয়া কৌশলকে এমনভাবে প্রভাবিত করে যে বিক্রিয়াটি একটি বিকল্প পথে সম্পন্ন হয়। বিকল্প পথের সক্রিয়ণ শক্তি আগের পথের সক্রিয়ণ শক্তি থেকে কম থাকে। কাজেই একই তাপমাত্রায় তুলনামূলকভাবে অধিক সংখ্যক কণা সক্রিয়ণ শক্তিকে অতিক্রম করতে পারে। ফলে বিক্রিয়াটির গতি বেড়ে যায়। নিচের চিত্রে বিকল্প পথটি দেখানো হলো। বিকল্প পথে অনুঘটক বিক্রিয়কের সাথে একটি সক্রিয়কৃত জটিল (Activated complex) তৈরী করে বিক্রিয়া ঘটায়।



চিত্র: ১৩.১৩

ভৌত অবস্থার ভিত্তিতে প্রভাবককে দুটি শ্রেণীতে ভাগ করা যায়।

(১) সমসত্ব প্রভাবক

(২) অসমসত্ব প্রভাবক

Dr. A. P. J. Abdul Kalam Government College

১৩.৫.১: সমসত্ব প্রভাবক (Homogeneous Catalyst):

প্রভাবক ও বিক্রিয়ক একই ভৌত অবস্থায় থাকলে প্রভাবককে সমসত্ব প্রভাবক বলে। উদাহরণস্বরূপ শিল্পক্ষেত্রে H_2SO_4 প্রস্তুত করতে SO_2 গ্যাসকে O_2 দিয়ে জারণ করে SO_3 তৈরী করা হয়। সাধারণভাবে বিক্রিয়াটির গতি ধীর। তবে NO এর উপস্থিতিতে বিক্রিয়ার গতি বেড়ে যায়। সম্ভাব্য নতুন বিক্রিয়া কৌশলটি দুটি ধাপে ঘটে বলে মনে করা হয়

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

$$NO_2 + SO_2 \rightarrow NO + SO_3$$

প্রথম ধাপে NO জারিত হয়ে NO_2 তৈরী হয়। দ্বিতীয়ধাপে NO_2 ও SO_2 বিক্রিয়া করে SO_3 দেয় ও NO এর পূনর্ভব ঘটে। উৎপন্ন SO_3 থেকে H_2SO_4 তৈরী করা হয়।

H_2O_2 এর দ্রবণে Br_2 দ্রবীভূত করলে নীচের বিক্রিয়াটি ঘটে। Br_2 এখানে একটি তরল প্রভাবক।

$$2H_2O_2(aq) \xrightarrow{Br_2} 2H_2O(l) + O_2(g)$$

Br_2 এর অনুপস্থিতিতে H_2O_2 দ্রবণকে অনেকদিন সাধারণ তাপমাত্রায় রেখে দেওয়া যায়। কিন্তু এক ফোটা Br_2 এর উপস্থিতি H_2O_2 কে বিয়োজিত হতে সাহায্য করে। বিক্রিয়াটি এক্ষেত্রে দুটি ধাপে ঘটে মনে করা হয়।

$$Br_2(aq) + H_2O_2(aq) \rightarrow 2Br^-(aq) + 2H^+(aq) + O_2(g)$$

$$2Br^-(aq) + H_2O_2(aq) + 2H^+(aq) \rightarrow Br_2(aq) + 2H_2O(l)$$

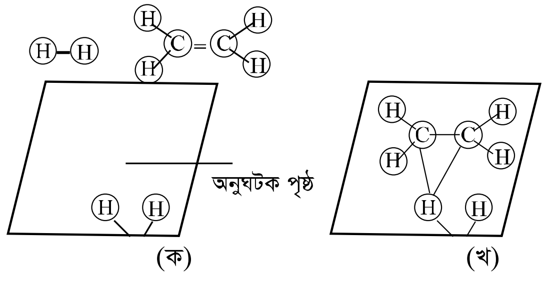
ধাপ দুটিকে যোগ করলে সার্বিক বিক্রিয়াটি পাওয়া যাবে। যদিও Br_2 অণু বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে বিক্রিয়ার শেষে তার পূনর্ভব ঘটে।

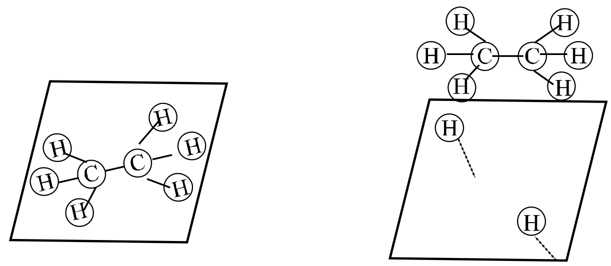
১৩.৫.২: অসমসত্ব প্রভাবক (Heterogeneous catalyst)

প্রভাবক ও বিক্রিয়ক ভিন্ন ভৌত অবস্থায় থাকলে প্রভাবককে অসমসত্ব প্রভাবক বলে। সাধারণত গ্যাস ও তরল অবস্থায় বিক্রিয়ক কঠিন প্রভাবক পৃষ্ঠতলে বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে। এজন্য অসমসত্ত্ব প্রভাবককে কখনো কখনো সংযোগ বা সংস্পর্শ (Contact catalyst) প্রভাবক বলে। উদাহরণ স্বরূপ হেবার (Haber) প্রণালীতে লোহা প্রভাবকের ব্যবহার বা ভেনেডিয়াম পেন্টাক্সাইড (V_2O_5) প্রভাবকের H_2SO_4 এসিড প্রস্তুতিতে ব্যবহার।

$$2SO_2(g) + O_2(g) \xrightarrow{V_2O_5} 2SO_3(g)$$

অসমসত্ব অনুঘটকের পৃষ্ঠতলে বিক্রিয়ক অণু অধিশোষিত হয়। এটি ভৌত বা রাসায়নিক দুই পদ্ধতিতেই হতে পারে। ভৌত পদ্ধতিতে অধিশোষিত হলে বিক্রিয়ক অণু প্রভাবকের পৃষ্ঠতলে দুর্বল আন্তআণবিক বন্ধন দিয়ে যুক্ত হয়। আবার রাসায়নিকভাবে অধিশোষিত হলে কঠিন পৃষ্ঠতলে বিক্রিয়ক অণু রাসায়নিক বন্ধন সৃষ্টি করে এবং কোন কোন ক্ষেত্রে বিক্রিয়কের বন্ধন ভেঙ্গে যায়। উদাহরণস্বরূপ C_2H_4 এর প্রভাবকের উপস্থিতিতে হাইড্রোজেনেশনে রাসায়নিক অধিশোষন ঘটে (চিত্র)





(গ) (ঘ)

চিত্র: ১৩.১৪

ক) চিত্রে H_2 ও C_2H_4 অণু প্রভাবকের পৃষ্ঠে পরিব্যপ্ত হয় এবং রাসায়নিক অধিশোধণ ঘটে (খ) চিত্রে C_2H_4 এর পাই ইলেকট্রন প্রভাবকের সাথে বন্ধন সৃষ্টি করে এবং H_2 অণু ভেঙ্গে H পরমাণু সৃষ্টি হয় ও ধাতুর সাথে বন্ধন সৃষ্টি করে।

গ) চিত্রে H পরমাণু C_2H_4 এর সাথে বিক্রিয়া করে (C_2H_6) দেয়। ঘ) চিত্রে ইথেন C_2H_6 অণু অণুঘটকের পৃষ্ঠতল ত্যাগ করে ও অনুঘটকের পৃষ্ঠতল পূর্বের অবস্থার ফিরে যায়।

ভিন্ন প্রভাবকের উপস্থিতিতে একই বিক্রিয়া ভিন্ন উৎপাদ দিতে পারে। উদাহরণস্বরূপ ইথানল (C_2H_5OH) অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড (Al_2O_3) প্রভাকের উপস্থিতিতে বিয়োজিত হয়ে C_2H_4 ও H_2O দেয়। আবার কপারের পৃষ্ঠতলে CH_3CHO ও H_2 উৎপাদ দেয়।

উপরের আলোচনা থেকে দেখা যায় যে সমসত্ব প্রভাবকের ক্ষেত্রে একটি অবস্থান্তর অবস্থা তৈরী হয় যেখানে সক্রিয়ন শক্তি হ্রাস পায় এবং বিক্রিয়ার গতি বেড়ে যায়। অসমসত্ব প্রভাবকের ক্ষেত্রে অধিশোষণের মাধ্যমে বিক্রিয়ার গতি ত্বরান্বিত হয়। সামগ্রিকভাবে প্রভাবকের বিক্রিয়ার জন্য একটি সহজ বিকল্প পথ তৈরী হয় যার সক্রিয়ন শক্তির মান কম। তাই অধিক সংখ্যক বিক্রিয়ক সক্রিয়নশক্তি অতিক্রম করতে পারে ও বিক্রিয়ার গতি ত্বরান্বিত হয়।

সমসত্ব প্রভাবকের উপস্থিতিতে একটি সক্রিয়নকৃত জটিলের মাধ্যমে সক্রিয়ন শক্তির হ্রাস পায় ও বিক্রিয়ার গতি ত্বরান্বিত হয়। অসমসত্ব অনুঘটকের উপস্থিতিতে অধিশোষণের মাধ্যমে বিক্রিয়া ত্বরান্বিত হয়।

উপরের প্রকারভেদ ছাড়াও প্রভাবককে আরও কিছু ভাগে ভাগ করা যেতে পারে–

(১) ধনাত্মক প্রভাবক : যে প্রভাবক কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ার গতিকে আরও বৃদ্ধি করে তাকে ধনাত্মক প্রভাবক বলে। যেমন: $KClO_3(s)$ কে উত্তপ্ত করে O_2 গ্যাস প্রস্তুতকালে MnO_2 ধনাত্মক প্রভাবকরূপে কাজ করে–

$$2KClO_3(s) \xrightarrow[\Delta]{MnO_2} 2KCl\,(l) + 3O_2(g)$$

(২) ঋনাত্মক প্রভাবক : যে প্রভাবক কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ার গতিকে হ্রাস করে তাকে ঋনাত্মক প্রভাবক বলে। যেমন: $H_2O_{2(aq)}$ এর বিয়োজন সামান্য H_3PO_4 যোগ করে বিয়োজন মাত্রা হ্রাস পায়।

$$2H_2O_2(aq) \xrightarrow[H_3PO_4]{} 2H_2O(l) + O_2(g)\ (slow)$$

(৩) অটো প্রভাবক বা স্ব-প্রভাবক : একটি রাসায়নিক বিক্রিয়ায় উৎপন্ন পদার্থের কোন একটি যদি নিজেই প্রভাষক হিসাবে বিক্রিয়ার গতি ত্বরাণ্বিত হয় তবে তাকে অটো প্রভাবক বলে। যেমন: H_2SO_4 দ্রবণ মিশ্রিত

অক্সালিক এডিডে ফোঁটায় ফোঁটায় $KMnO_4$ যোগ করলে পারম্যাঙ্গানেটের গোলাপী বর্ণ ধীরে ধীরে দূর হয়। কিন্তু কিছুক্ষণ পর দ্রবণে Mn^{+2} আয়ন উৎপন্ন হওয়ামাত্র দ্রুত বর্ণ বিদুরিত হয়। এখানে Mn^{+2} আয়ন স্ব প্রভাবক হিসাবে কাজ করে।

$$5\begin{matrix}COOH\\|\\COOH\end{matrix} + 2KMnO_4 + 3H_2SO_4 \rightarrow K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 10CO_2 + 8H_2O$$

(৪) আবিষ্ট প্রভাবক : একটি বিক্রিয়ায় একটি বিশেষ বিক্রিয়ক যদি অন্য একটি বিক্রিয়াকে প্রভাবিত করে তবে এরূপ দুটি বিক্রিয়া যদি আলাদাভাবে সম্পন্ন করা হয় তবে বিক্রিয়ার গতি ধীরে হয়। কিন্তু এরূপ বিক্রিয়া একত্রে সম্পন্ন করলে উভয় বিক্রিয়া দ্রুত সংঘটিত হয়। এরূপ বিশেষ বিক্রিয়ককে আবিষ্ট প্রভাবক বলে। যেমন Na_2SO_3 দ্রবণে O_2 চালনা করলে Na_2SO_3 জারিত হয় কিন্তু Na_3AsO_3 অনুরূপ জারন ক্রিয়া ঘটায় না। কিন্তু উভয় বিক্রিয়ককে একত্রে বিক্রিয়া করালে উভয় বিক্রিয়ক জারিত হয়। এক্ষেত্রে $NaSO_3$ আবিষ্ট প্রভাবক।

$$Na_2SO_3(aq) + Na_3AsO_3(aq) + O_2(g) \rightarrow Na_2SO_4(aq) + Na_3AsO_4(aq)$$

(৫) প্রভাবক বিষ (Catalyst poison) : কিছু পদার্থ আছে যারা বিক্রিয়া আধারে উপস্থিত থাকলে প্রভাবকের প্রভাবন ক্ষমতা হ্রাস প্রাপ্ত হয়। এরূপ পদার্থকে প্রভাবক বিষ বলে। যেমন: সম্পর্শ পদ্ধতিতে H_2SO_4 প্রস্তুতিতে SO_2 এর সাথে O_2 এর জারন বিক্রিয়ায় প্রভাবক হিসাবে pt ব্যবহৃত হয়। তবে বিক্রিয়াপাত্রে যদি সামান্য পরিমান As_2O_3 উপস্থিত থাকে তবে pt এর প্রভাবন ক্ষমতা হ্রাস পায়। তাই As_2O_3 এক প্রভাবক বিষ বলে।

$$2\,SO_2(g) + O_2(g) \underset{\Delta}{\overset{pt}{\rightarrow}} 2SO_3(g)\ (fast)$$

$$2SO_2(g) + O_2(g) \underset{\Delta}{\overset{pt,As_2O_3}{\rightarrow}} 2SO_3(g)\ (slow)$$

(৬) প্রভাবক সহায়ক (Catalyst Promoter): যে সকল পদার্থের উপস্থিতিতে প্রভাবকের প্রভাবন ক্ষমতা বৃদ্ধি পায় তাকে প্রভাবক সহায়ক বলে। যেমন: হেবার পদ্ধতিতে N_2 ও H_2 গ্যাস থেকে NH_3 প্রস্তুতিতে সামান্য পরিমান M_o (মলিবডেনাম) ধাতু লৌহচূর্ণের সাথে ব্যবহার কররে Fe এর প্রভাবন ক্ষমতা বৃদ্ধি পায়। তাই Mo কে প্রভাবক সহায়ক বলে।

$$N_2(g) + H_2(g) \overset{Fe,Mo}{\Leftrightarrow} 2NH_3(g)$$

১৩.৫.৪.৩: প্রভাবক হিসাবে এনজাইম (Enzyme as a Catalyst):

বেশিরভাগ জৈব বিক্রিয়া এনজাইম প্রভাবক দিয়ে প্রভাবিত হয়। এনজাইম ইষ্ট থেকে নি:সৃত প্রাণহীন জটিল কাঠামোর জৈব পদার্থ। এর দীর্ঘ অণুতে কতকগুলি সক্রিয় স্থান থাকে। বিক্রিয়ক অণু এসব সক্রিয়স্থানে যুক্ত হয়ে অন্তর্বর্তী অস্থায়ী যৌগ গঠন করে যা পরে বিয়োজিত হয়ে উৎপাদে পরিণত হয় এবং এনজাইম বিমুক্ত হয়। বিক্রিয়ক অণুকে সক্রিয়স্থান সরবরাহ করে এনজাইম বিক্রিয়ার সক্রিয়ন শক্তিকে হ্রাস করে ও বিক্রিয়ার গতি ত্বরান্বিত হয়। জারণ, বিজারণ, আর্দ্র বিশ্লেষণ ফারমেন্টেশন ইত্যাদি প্রক্রিয়ায় এনজাইম প্রভাবক হিসেবে কাজ করে। নির্দিষ্ট বিক্রিয়ার জন্য নির্দিষ্ট এনজাইম থাকে। অতি ক্ষুদ্র পরিমাণ এনজাইম তার নিজের তুলনায় কয়েকগুণ বেশি পরিমাণ বিক্রিয়কের প্রভাবকের কাজ করে। উদাহরণস্বরূপ দুধ থেকে পণির তৈরী করার কাজে এ ধরণের একটি এনজাইম হলো রেনিন। কেটালেজ (catalase) এনজাইমের উপস্থিতিতে H_2O_2 এর O_2 তে বিয়োজন ঘটে। একটি Catalase অণু 50,000 H_2O_2 কে বিয়োজিত করতে প্রভাবকের কাজ করে।

$$2H_2O_2 \rightarrow 2H_2O(l) + O_2(g)$$

Dr. A. P. J. Abdul Kalam Government College

এই এনজাইমের উপস্থিতিতে সক্রিয়নশক্তি 75 কিলোজুল থেকে 21 কিলোজুলে নেমে আসে। কাজেই বিক্রিয়ার গতি ত্বরান্বিত হয়।

জীবদেহের ভিতর রাসায়নিক বিক্রিয়া নিয়ন্ত্রণ করতে এনজাইমের ভূমিকা অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ। প্রতি সেকেন্ডে দেহের ভিতর হাজার হাজার রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে। শিল্পক্ষেত্রেও এনজাইমের গুরুত্ব অনেক। খাদ্য, ওষুধ, টেক্সটাইল, চামড়া, কাগজ ইত্যাদি প্রস্তুতে এদের ভূমিকা উল্লেখযোগ্য।

জীবদেহে এমাইলেজ এনজাইমের দ্বারা ষ্টার্চ থেকে মল্টোজ তৈরী হয়। মল্টোজ থেকে মল্টেজ নামে আর একটি এনজাইম গ্লুকোজ তৈরী করে। পেপসিন ও ট্রাইসিন এনজাইম প্রেসিনকে পেপটাইডে রূপান্তরিত করে যা পরে এমাইনো এসিডে পরিবর্তিত হয়। শরীরের মধ্যে এনজাইমের হ্রাস বা বৃদ্ধির ফলে রোগ সৃষ্টি হয়। অনুমান করা হয় মানুষের শরীরে প্রায় ৩০,০০০ বিভিন্ন ধরণের এনজাইম আছে যেগুলো মানব দেহের জন্য গুরুত্বপূর্ণ বিক্রিয়ায় প্রভাবক হিসেবে কাজে করে।

১৩.৫.৪: শিল্পজ দ্রব্য উৎপাদনে প্রভাবকের ব্যবহার (use of catalyst in industrial process)

শিল্প ক্ষেত্রে উৎপাদনের মূল লক্ষ্য হচ্ছে অল্প খরচে অধিক উৎপাদন করা। এ লক্ষ্য অর্জিত হয় যদি বিক্রিয়ার গতি বৃদ্ধি করা যায় এবং জ্বালানী বা অন্যান্য খরচ কমানো যায়। বিক্রিয়াকে কম তাপমাত্রায় সংঘটিত করতে পারলে জ্বালানী খরচ কমে।

এ সব উদ্দেশ্য সাধন করতে সবচেয়ে ভাল উপায় হলো প্রভাবকের ব্যবহার। কারণ;

(১) প্রভাবকের ব্যবহারে বিক্রিয়ার সক্রিয়ন শক্তি হ্রাস পায় ও বিক্রিয়ার গতি বৃদ্ধি হয়। কাজেই অল্প সময়ে অধিক উৎপাদন সম্ভব।

(২) প্রভাবকের ব্যবহারে বিক্রিয়াকে কম তাপমাত্রা ও চাপে সংঘটিত করা যায় কাজেই এতে জ্বালানীর খরচ কমে।

এ সব কারণে শিল্পক্ষেত্রে বিভিন্ন প্রভাবক ব্যবহৃত হয়। নীচের সারণিতে কয়েকটি উদাহরণ দেয়া হলোঃ

	শিল্প	বিক্রিয়ক	প্রভাবক
১।	অ্যামোনিয়া উৎপাদন	$N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$	Fe
২।	H_2SO_4 উৎপাদন	$2SO_2 + O_2 \rightleftharpoons 2SO_3$	Pt বা V_2O_5
৩।	HNO_3 উৎপাদন	$4NH_3 + 5O_2 \rightleftharpoons 4NO + 6H_2O$	Pt
৪।	ডালডা উৎপাদন	$>C=C< + H_2 \rightarrow -\overset{\mid}{\underset{\mid}{C}}-\overset{\mid}{\underset{\mid}{C}}-$	Ni
৫।	তরল জ্বালানী উৎপাদন	$CO + H_2O \rightarrow C_nH_{2n+2} + H_2O$	CO - Fe - Ni
৬।	ইথানল উৎপাদন	$C_6H_{12}O_6 \rightarrow C_2H_5OH + CO_2$	জাইমেজ

Dr. A. P. J. Abdul Kalam Government College

পাঠোত্তর মূল্যায়ন

সঠিক উত্তরে টিক চিহ্ন (√) দিন

১। হেবার প্রণালীতে লোহা প্রভাবক হিসেবে কাজ করে। এটি একটি

i) সমসত্ব প্রভাবক ii) অসমসত্ব প্রভাবক iii) বিক্রিয়ক

২। প্রভাবকের ব্যবহারে বিক্রিয়ার গতি

i) হ্রাস পায় ii) বৃদ্ধি পায় iii) অপরিবর্তিত থাকে

৩। প্রভাবকের ব্যবহারে-

i) সক্রিয়ন শক্তি কমে ii) সক্রিয়ন শক্তি বাড়ে iii) সক্রিয়ন শক্তি অপরিবর্তিত থাকে।

৪। অসমসত্ব প্রভাবক ও বিক্রিয়কের ভৌত অবস্থা

i) ভিন্ন থাকে ii) একই থাকে।

অনুশীলনী

১। বিক্রিয়ার হার বলতে কি বোঝায়? সময়ের সাথে বিক্রিয়কের ঘনমাত্রার পরিবর্তন ১ম, ২য় ও শূন্য ক্রম বিক্রিয়ায় কিভাবে ঘটে তা লেখচিত্রে সাহায্যে দেখান।

২। বিক্রিয়ার শুরুতে বিক্রিয়ার গতি বেশি থাকে এবং সময়ের সাথে তা কমতে থাকে কেন?

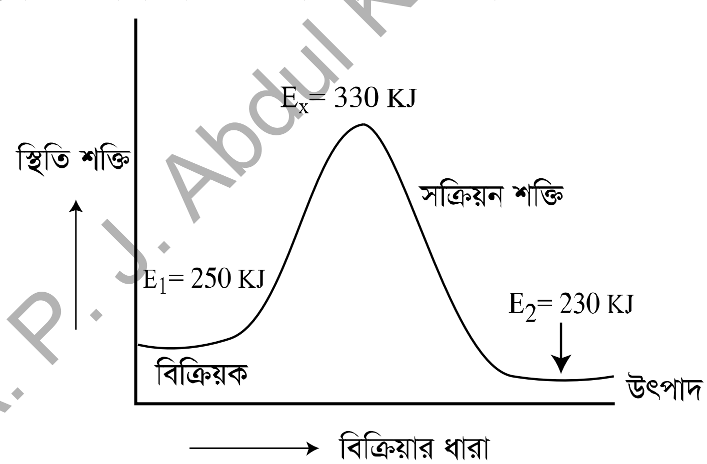
৩। বিক্রিয়ার অর্ধায়ুকাল কি?

৪। একটি ১ম ক্রম বিক্রিয়ার প্রারম্ভিক ঘনমাত্রা 0.6 মোল লিটার$^{-1}$ থেকে 0.3 মোল লিটার$^{-1}$ এ নেমে আসতে 5 মিনিট লাগে। গতি ধ্রুবক এর মান কি?

৫। ১ম ক্রম বিক্রিয়ার গতি ধ্রুবক 2×10^{-2}সে$^{-1}$ প্রারম্ভিক ঘনমাত্রা 2M হলে ২মিনিট পর বিক্রিয়ার গতি কত হবে?

৬। প্রভাবক বিক্রিয়ার গতিকে কিভাবে প্রভাবিত করে।

৭।



উপরের চিত্র থেকে বিক্রিয়ার সক্রিয়ন শক্তি ও এনথালপি নির্ণয় করুন। বিক্রিয়াটি তাপহারী না তাপ উৎপাদী?

৮। $2NOCl(g) \rightarrow 2NO(g) + Cl_2(g)$

এই বিক্রিয়াটির গতি ধ্রুবক 350K তাপমাত্রায় 9.3×10^{-6} সে$^{-1}$ এবং 400K তাপমাত্রায় 6.9×10^{-4} সে$^{-1}$। বিক্রিয়াটির সক্রিয়ন শক্তি কত? 450K তাপমাত্রায় গতি ধ্রুবক কত?

সংক্ষিপ্ত ও রচনামূলক প্রশ্নাবলী

১। রাসায়নিক বিক্রিয়ার হার বা গতিবেগ বলতে কি বোঝায়?

২। বিক্রিয়ার বেগ ধ্রুবক বলতে কি বোঝায়?

৩। বিক্রিয়ার হারের উপর প্রভাব সৃষ্টিকারী নিয়ামকসমূহ আলোচনা করুন।

৪। রাসায়নিক বিক্রিয়ার আণবিক সংঘর্ষ তত্ত্ব আলোচনা করুন।

৫। সক্রিয়ন শক্তি কি? সক্রিয়ন শক্তি কিভাবে একটি বিক্রিয়ার গতিকে নিয়ন্ত্রন করে?

৬। সক্রিয়িত জটিল অনু বলতে কি বোঝায়?

৭। বিক্রিয়ার ক্রম ও আণবিকত্ব বলতে কি বোঝায়?

৮। বিক্রিয়ার ক্রম ও আণবিকত্বের মধ্যে পার্থক্য লিখুন।

৯। প্রথম ক্রম বিক্রিয়া কাকে বলে? প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার হার ধ্রুবকের সমীকরণ প্রতিষ্ঠা করুন।

১০। $A \rightarrow$ উৎপাদ; এরূপ বিক্রিয়ার হার ধ্রুবকের গাণিতিক রাশিমালা প্রতিপাদন করুন।

১১। দ্বিতীয় ক্রম বিক্রিয়া কাকে বলে? দ্বিতীয় ক্রম বিক্রিয়ার হার ধ্রুবকের সমীকরণ প্রতিষ্ঠা করুন।
বা $2A \rightarrow$ উৎপাদ; এরূপ বিক্রিয়ার হার ধ্রবকের গাণিতিক রাশিমালা প্রতিপাদন করুন।

১২। দেখান যে, প্রথম ক্রম বিক্রিয়া কখনও শেষ হয় না।

১৩। ছদ্ম এক আণবিক বিক্রিয়া বলতে কি বোঝায়? উদাহরণসহ লিখুন।

১৪। উদাহরণসহ শূন্য ক্রম বিক্রিয়ার সংজ্ঞা লিখুন।

১৫। একটি শূন্যক্রম বিক্রিয়ার বেগ ধ্রুবকের গাণিতিক রাশিমালা প্রতিপাদন করুন।

১৬। বিক্রিয়ার অর্ধ বিয়োজন বা অর্ধায়ু বলতে কি বোঝায়? প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার অর্ধায়ু কত?

১৭। প্রমান করুন যে, প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার অর্ধায়ু $(t_{1/2})$ বিক্রিয়কের ঘনমাত্রার উপর নির্ভরশীল নয়।

১৮। দ্বিতীয় ক্রম বিক্রিয়ার অর্ধায়ুকাল $(t_{1/2})$ বিক্রিয়কের প্রারম্ভিক ঘনমাত্রার ব্যাস্তানুপাতিক–

১৯। অসমসত্ব অনুঘটক বলতে কি বোঝায়? উদাহরসণসহ লিখুন।

২০। এনজাইম কি? এনজাইম কিভাবে কাজ করে? বাণিজ্যিক পণ্য উৎপাদনে ব্যবহৃত দুটি এনজাইমের ব্যবহার লিখুন।

২১। প্রভাবক ও প্রভাবন বলতে কি বোঝায়?

২২। প্রভাবক বিষ বা অনুঘটক বিষ বলতে কি বোঝায়?

২৩। প্রভাবক সহায়ক কি?

২৪। উদাহরণসহ স্বপ্রভাবন বা স্বয়ংক্রিয় প্রভাবন এর সংজ্ঞা লিখুন।

Dr. A. P. J. Abdul Kalam Government College