DAILY ASSAM

অধ্যায়

4

ৰাসায়নিক গতিবিজ্ঞান
Chemical Kinetics

উদ্দেশ্য (Objectives)

এই অধ্যায়টো অধ্যয়ন কৰাৰ পাছত নিম্নোক্ত বিষয় সম্বন্ধে সবিশেষ জানিব পাৰিবা—

- বিক্রিয়াৰ গড় গতিবেগ আৰু তাৎক্ষণিক গতিবেগৰ সংজ্ঞা
- সময়ৰ সৈতে বিক্রিয়ক নাইবা বিক্রিয়াজাত পদাৰ্থৰ গাঢ়তাৰ পৰিৱৰ্তন হিচাপে বিক্রিয়াৰ গতিবেগৰ প্ৰকাশৰাশি
- প্ৰাথমিক আৰু জটিল বিক্রিয়াৰ মাজত পাৰ্থক্য
- বিক্রিয়াৰ আণৱিকতা আৰু ক্ৰমৰ মাজত পাৰ্থক্য
- গতি ধ্ৰুৱকৰ সংজ্ঞা
- গাঢ়তা, উষ্ণতা আৰু অনুঘটকৰ ওপৰত বিক্রিয়াৰ গতিবেগ কেনেদৰে নিৰ্ভৰ কৰে সেই সম্বন্ধে আলোচনা
- শূন্য আৰু প্ৰথম ক্ৰমৰ বিক্রিয়াৰ অনুকলিত গতি সমীকৰণ
- শূন্য আৰু প্ৰথম ক্ৰমৰ বিক্রিয়াৰ গতি ধ্ৰুৱক নিৰ্ণয়
- সংঘৰ্ষ তত্ত্ব সম্বন্ধে আলোচনা

Chemical Kinetics helps us to understand how chemical reactions occur.

ৰসায়নত পদাৰ্থৰ পৰিৱৰ্তনৰ বিষয়ে অধ্যয়ন কৰা হয়। ৰাসায়নিক পৰিৱৰ্তনত নিৰ্দিষ্ট ধৰ্মবিশিষ্ট পদাৰ্থ বেলেগ ধৰ্মবিশিষ্ট পদাৰ্থলৈ পৰিবৰ্তিত হয়। ৰাসায়নিক পৰিৱৰ্তন ঘটা মানেই হ'ল ৰাসায়নিক বিক্রিয়া সংঘটিত হোৱা। যি কোনো ৰাসায়নিক বিক্রিয়াৰ ক্ষেত্ৰত ৰসায়ন বিজ্ঞানীসকলে নিম্নোক্ত কথাখিনি জানিবলৈ প্ৰয়াস কৰে—

(a) বিক্রিয়াটোৰ সম্ভাৱনীয়তা (feasibility); অৰ্থাৎ বিক্রিয়াটো স্বতঃস্ফূৰ্তভাৱে সংঘটিত হ'ব নে নহয়। তাপগতিবিজ্ঞান ব্যৱহাৰ কৰি বিক্রিয়াৰ সম্ভাৱনীয়তা সম্পৰ্কে ভৱিষ্যদ্বাণী কৰিব পাৰি; কিয়নো আমি জানো যে স্থিৰ উষ্ণতা আৰু চাপত বিক্রিয়া এটাৰ বাবে $\Delta G < 0$ হ'লে বিক্রিয়াটো স্বতঃস্ফূৰ্ত হয়।

(b) বিক্রিয়াটোৰ প্ৰসাৰ (extent) ; অৰ্থাৎ বিক্রিয়াজাত পদাৰ্থ কমকৈ নে বেছিকৈ পোৱা যাব— সেয়া ৰাসায়নিক সাম্যৰপৰা ঠাৱৰ কৰিব পাৰি।

(c) বিক্রিয়াৰ গতিবেগ; অৰ্থাৎ সাম্যত উপনীত হ'বলৈ কিমানখিনি সময়ৰ প্ৰয়োজন হ'ব।

বিক্রিয়াৰ সম্ভাৱনীয়তা আৰু প্ৰসাৰৰ লগতে ইয়াৰ গতিবেগো অতি গুৰুত্বপূৰ্ণ। লগে লগে বিক্রিয়াৰ গতিবেগক প্ৰভাবান্বিত কৰা কাৰকসমূহৰ বিষয়ে জানিব পাৰিলে ৰাসায়নিক বিক্রিয়া সম্বন্ধে জ্ঞান লাভ প্ৰায় সম্পূৰ্ণ হয়। দৈনন্দিন জীৱনত ঘটা কিছুমান ৰাসায়নিক বিক্রিয়াৰ কথাকে বিবেচনা কৰিব পাৰোঁ। এনে বিক্রিয়া সম্বন্ধে কিছুমান প্ৰশ্নৰ উদয় হ'ব পাৰে; যেনে— কোনটো কাৰকৰ

প্ৰভাৱত খাদ্য বস্তু কিমান সোনকালে নষ্ট হয়? নাইবা, মটৰ গাড়ীৰ ইঞ্জিনত ইন্ধনৰ দহনৰ গতিবেগ কোনটো কাৰকৰদ্বাৰা পৰিচালিত হয়? এনে প্ৰশ্নসমূহৰ উত্তৰ **ৰাসায়নিক গতিবিজ্ঞানৰ**পৰা পাব পাৰোঁ। ৰসায়নৰ এই শাখাটোত বিক্ৰিয়াৰ গতিবেগ আৰু ক্ৰিয়াবিধি (mechanism) সম্বন্ধে আলোচনা কৰা হয়। ৰাসায়নিক গতিবিজ্ঞানৰ ইংৰাজী প্ৰতিশব্দ হ'ল Chemical Kinetics; Kinetics শব্দটো গ্ৰীক শব্দ *Kinesis* ৰ পৰা (অৰ্থ — গতি, movement) আহিছে।

DAILY ASSAM

তোমালোকে তাপগতিবিজ্ঞান (প্ৰথম বাৰ্ষিক, অধ্যায় 6) ইতিমধ্যে অধ্যয়ন কৰিছা। তাপগতিবিজ্ঞানে আমাক বিক্ৰিয়াৰ সম্ভাৱনীয়তা সম্বন্ধে জানিবলৈ দিয়ে; ৰাসায়নিক গতিবিজ্ঞানৰপৰা বিক্ৰিয়াটোৰ গতিবেগ সম্বন্ধে জানিব পাৰি। উদাহৰণ স্বৰূপে, তাপগতিবিজ্ঞানীয় তথ্যৰপৰা আমি ক'ব পাৰো যে হীৰা (diamond) গ্ৰেফাইটলৈ পৰিৱৰ্তিত হোৱা সম্ভৱ। কিন্তু এই পৰিৱৰ্তনৰ গতিবেগ ইমানেই কম যে আমি ধৰিব নোৱাৰো। সেই কাৰণে বহুতো মানুহে হীৰা চিৰস্থায়ী বুলি ভাবে।

ৰাসায়নিক গতিবিজ্ঞান সম্পৰ্কীয় অধ্যয়নৰ জৰিয়তে অকল যে বিক্ৰিয়াৰ গতিবেগ নিৰ্ণয় কৰিব পাৰি এনে নহয়; ইয়াৰোপৰি এনে অধ্যয়নৰ ফলত কি কি চৰ্তসাপেক্ষে বিক্ৰিয়াৰ গতিবেগ সলনি হয় সেয়াও জানিব পৰা যায়। বিক্ৰিয়াৰ গতিবেগ প্ৰভাৱান্বিত কৰা কাৰকসমূহ হ'ল— গাঢ়তা, উষ্ণতা, চাপ আৰু অনুঘটক। এটা বিক্ৰিয়া সম্পৰ্কে বিভিন্ন পৰ্যায়ত অধ্যয়ন কৰোতে আমি সাধাৰণতে বিক্ৰিয়াটোত অংশগ্ৰহণ কৰা বিক্ৰিয়কৰ পৰিমাণ আৰু কি হাৰত বিক্ৰিয়কৰ পৰিমাণ কমিছে সেয়া অধ্যয়ন কৰোঁ। নতুবা বিক্ৰিয়াটোত কিমানখিনি বিক্ৰিয়াজাত পদাৰ্থ উৎপন্ন হৈছে আৰু কি হাৰত উৎপন্ন হৈছে সেই সম্পৰ্কেও অধ্যয়ন কৰা হয়। আনহাতে আণৱিক পৰ্যায়ত (molecular level) সংঘৰ্ষত লিপ্ত থকা অণুবোৰৰ শক্তি আৰু দিকবিন্যাসৰ (orientation) জৰিয়তে বিক্ৰিয়াৰ ক্ৰিয়াবিধি (mechanism) সম্বন্ধে আলোচনা কৰা হয়।

এই অধ্যায়ত আমি বিক্ৰিয়াৰ গড় আৰু তাৎক্ষণিক গতিবেগ সম্বন্ধে অধ্যয়ন কৰিম। লগতে বিক্ৰিয়াৰ গতিবেগক প্ৰভাৱান্বিত কৰা কাৰকসমূহৰ বিষয়েও আলোচনা কৰিম। বিক্ৰিয়াৰ গতিবেগৰ সংঘৰ্ষ তত্ত্ব (collision theory) সম্পৰ্কেও প্ৰাথমিক আলোচনা ইয়াত কৰা হ'ব। প্ৰথমতে আমি বিক্ৰিয়াৰ গতিবেগৰ ধাৰণা সম্বন্ধে আলোচনা কৰিম।

4.1 ৰাসায়নিক বিক্ৰিয়াৰ গতিবেগ (Rate of a Chemical Reaction)

কিছুমান বিক্ৰিয়া (বিশেষকৈ আয়নীয় বিক্ৰিয়া, ionic reactions) অতি বেগেৰে সংঘটিত হয়। উদাহৰণ স্বৰূপে, ছ'ডিয়াম ক্ল'ৰাইডৰ জলীয় দ্ৰৱৰ সৈতে ছিলভাৰ নাইট্ৰেটৰ জলীয় দ্ৰৱ মিহলোৱাৰ লগে লগে ছিলভাৰ ক্ল'ৰাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়। আনহাতে কিছুমান বিক্ৰিয়া লেহেমীয়া গতিত ঘটে; যেনে— বায়ু আৰু জলীয় বাষ্পৰ উপস্থিতিত আইৰনত মামৰে ধৰোতে সংঘটিত হোৱা বিক্ৰিয়াটো লাহে লাহে সংঘটিত হয়। আকৌ আন কিছুমান এনে বিক্ৰিয়া আছে যাৰ গতিবেগ মধ্যমীয়া। এনেকুৱা বিক্ৰিয়াৰ উদাহৰণ হ'ল— চেনি বা চুক্ৰ'জৰ (cane sugar or sucrose)

প্ৰতীপণ (inversion), ষ্টাৰ্চৰ (starch) জলবিশ্লেষণ আদি। এই তিনি শ্ৰেণীৰ (গতিবেগ বেছি, কম আৰু মধ্যমীয়া) বিক্ৰিয়াৰ আন কিবা উদাহৰণ তুমি ভাবিব পাৰানে বাৰু?

মটৰগাড়ী এখনৰ বেগৰ কথা তুমি জানা— একক সময়ত গাড়ীখনৰ অৱস্থানৰ পৰিৱৰ্তন যিমান হয়, অথবা গাড়ীখনে যিমান দূৰত্ব অতিক্ৰম কৰে সেয়াই হ'ল তাৰ গতিবেগ। একেদৰে একক সময়ত বিক্ৰিয়ক বা বিক্ৰিয়াজাত পদাৰ্থৰ গাঢ়তাৰ যিমান পৰিৱৰ্তন হয় তাকে বিক্ৰিয়াৰ গতিবেগ (rate of reaction or speed of reaction) বোলা হয়। অৰ্থাৎ বিক্ৰিয়াৰ গতিবেগ হ'ল—

(i) বিক্ৰিয়াটোত অংশগ্ৰহণ কৰা যি কোনো এটা বিক্ৰিয়কৰ গাঢ়তা হ্ৰাসৰ হাৰ, অথবা

(ii) বিক্ৰিয়াটোৰ যি কোনো এটা বিক্ৰিয়াজাত পদাৰ্থৰ গাঢ়তা বৃদ্ধিৰ হাৰ।

এই কথাখিনি ব্যাখ্যা কৰিবলৈ তলত দিয়া ধৰণে এটা বিক্ৰিয়া বিবেচনা কৰো আহা—

$$R \longrightarrow P$$

ধৰা, বিক্ৰিয়াটো হওঁতে তন্ত্ৰটোৰ আয়তন সলনি নহয়; অৰ্থাৎ আয়তন ধ্ৰুৱক। ৰাসায়নিক সমীকৰণটোৰপৰা আমি পাওঁ যে বিক্ৰিয়াটোত 1 mol বিক্ৰিয়কৰ (R) পৰা 1 mol বিক্ৰিয়াজাত পদাৰ্থ (P) উৎপন্ন হয়।

ধৰা, বিক্ৰিয়াটো আৰম্ভ হোৱাৰ পাছত t_1 সময়ত R আৰু P ৰ গাঢ়তা ক্ৰমে $[R]_1$ আৰু $[P]_1$; একেদৰে ধৰা, $[R]_2$ আৰু $[P]_2$ হ'ল t_2 সময়ত সিহঁতৰ গাঢ়তা।

গতিকে সময়ৰ পৰিৱৰ্তন, $\Delta t = t_2 - t_1$

বিক্ৰিয়কৰ গাঢ়তাৰ পৰিৱৰ্তন, $\Delta[R] = [R]_2 - [R]_1$

বিক্ৰিয়াজাত পদাৰ্থৰ গাঢ়তাৰ পৰিৱৰ্তন $\Delta[P] = [P]_2 - [P]_1$

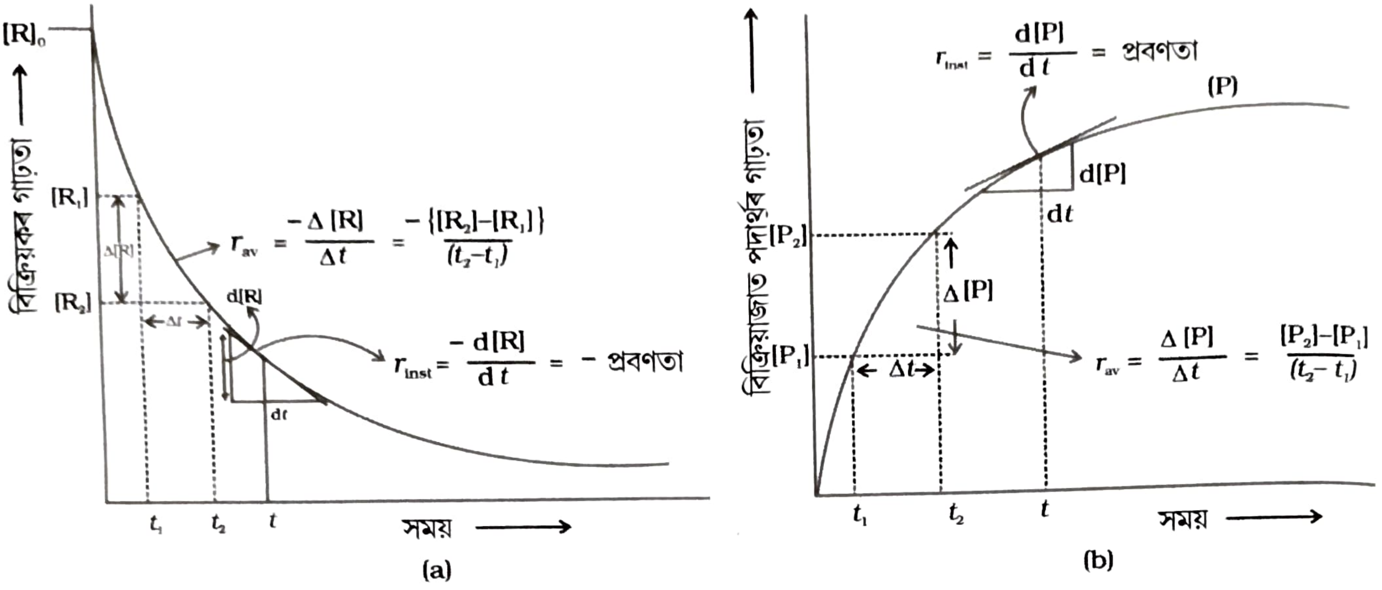
ইয়াত বৰ বন্ধনীয়ে (square bracket, [ ]) ম'লাৰ গাঢ়তা বুজাইছে। গতিকে দেখা গ'ল যে Δt সময়ত বিক্ৰিয়কৰ গাঢ়তা $\Delta[R]$ কমিছে আৰু বিক্ৰিয়াজাত পদাৰ্থৰ গাঢ়তা $\Delta[P]$ বাঢ়িছে। সেইবাবে,

$$\text{R ৰ বিলুপ্তিৰ হাৰ} = \frac{\text{R ৰ গাঢ়তাৰ হ্ৰাস}}{\text{প্ৰয়োজন হোৱা সময়}} = +\frac{\Delta[R]}{\Delta t} \quad (4.1)$$

$$\text{আৰু P ৰ উৎপাদনৰ হাৰ} = \frac{\text{P ৰ গাঢ়তাৰ বৃদ্ধি}}{\text{প্ৰয়োজন হোৱা সময়}} = +\frac{\Delta[P]}{\Delta t} \quad (4.2)$$

সময় বঢ়াৰ লগে লগে বিক্ৰিয়কৰ গাঢ়তা কমে বাবে $\Delta[R]$ ঋণাত্মক ৰাশি। ইয়াক -1ৰে পূৰণ কৰা হয় যাতে বিক্ৰিয়াৰ গতিবেগ ধনাত্মক হয়।

ওপৰত উল্লেখ কৰা (4.1) আৰু (4.2) সম্বন্ধ দুটাই হ'ল বিক্ৰিয়াৰ গড় গতিবেগ (averge rate of reaction, r_{av})। গড় গতিবেগ দুটা কাৰকৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে— প্ৰথমটো হ'ল গাঢ়তাৰ পৰিৱৰ্তন আৰু দ্বিতীয়টো হ'ল সেই গাঢ়তাৰ পৰিৱৰ্তনৰ বাবে প্ৰয়োজন হোৱা সময় (চিত্ৰ 4.1)।



চিত্ৰ 4.1 বিক্ৰিয়াৰ গড় গতিবেগ আৰু তাৎক্ষণিক গতিবেগ।

বিক্ৰিয়াৰ গতিবেগৰ একক (Unit of rate of a reaction)

সমীকৰণ (4.1) আৰু (4.2)ৰপৰা এয়া স্পষ্ট যে বিক্ৰিয়াৰ গতিবেগৰ একক হ'ল (গাঢ়তা) (সময়)$^{-1}$ [concentration time^{-1}]। গাঢ়তাৰ একক mol L^{-1} আৰু সময়ৰ একক ছেকেণ্ড (s) হ'লে বিক্ৰিয়াৰ গতিবেগৰ একক mol L^{-1}s^{-1} হ'ব। গেছীয় বিক্ৰিয়াৰ ক্ষেত্ৰত গাঢ়তাক আংশিক চাপ হিচাপে প্ৰকাশ কৰা হয়। আংশিক চাপক atm একককত প্ৰকাশ কৰিলে গতিবেগৰ একক atm s^{-1} হ'ব।

উদাহৰণ 4.1 $C_4H_9Cl + H_2O \rightarrow C_4H_9OH + HCl$

এই বিক্ৰিয়াটোৰ বিভিন্ন সময়ত বিউটাইল ক্ল'ৰাইডৰ (C_4H_9Cl) গাঢ়তা তলত দিয়া হৈছে—

t (s) :	0	50	100	150	200	300	400	700	800
গাঢ়তা (mol L^{-1}) :	0.100	0.0905	0.0820	0.0741	0.0671	0.0549	0.0439	0.0210	0.107

বিভিন্ন সময়ৰ ব্যৱধানত বিক্ৰিয়াটোৰ গড় গতিবেগ গণনা কৰা।

সমাধান প্ৰদত্ত তথ্যখিনি ব্যৱহাৰ কৰি বিভিন্ন সময়ৰ ব্যৱধানত C_4H_9Cl ৰ গাঢ়তাৰ পৰিৱৰ্তন গণনা কৰিব পাৰি। গাঢ়তাৰ পৰিৱৰ্তনক (Δ[R]) অনুৰূপ সময়ৰ ব্যৱধানেৰে (Δt) হৰণ কৰিলে বিক্ৰিয়াটোৰ গড় গতিবেগ পোৱা যাব (তালিকা 4.1)।

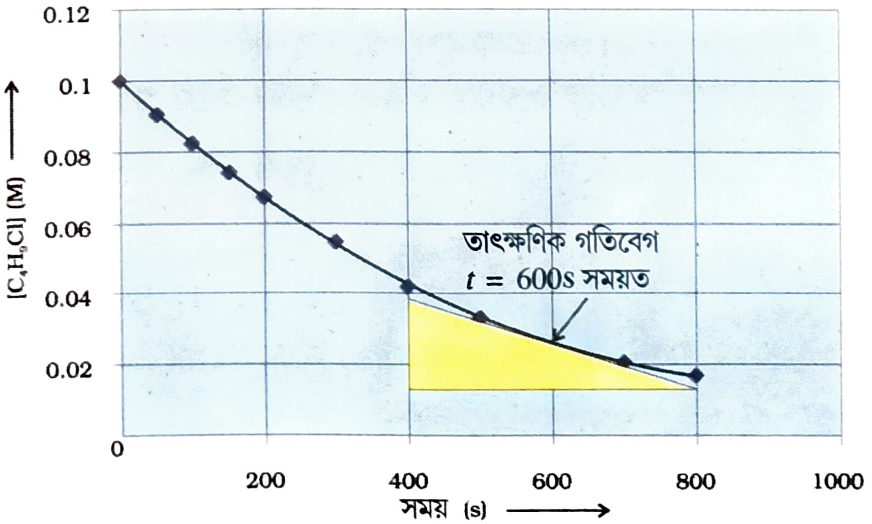
তালিকা 4.1 : বিউটাইল ক্ল'ৰাইডৰ জলবিশ্লেষণৰ গড় গতিবেগ

$[C_4H_9Cl]_{t_1}$ (mol L^{-1})	$[C_4H_9Cl]_{t_2}$ (mol L^{-1})	t_1(s)	t_2(s)	$r_{av} \times 10^4$(mol $L^{-1}s^{-1}$) $= -\{[C_4H_9Cl]_{t_2} - [C_4H_9Cl]_{t_1} / (t_2 - t_1)\} \times 10^4$
0.100	0.0905	0	50	1.90
0.0905	0.0820	50	100	1.70
0.0820	0.0741	100	150	1.58
0.0741	0.0671	150	200	1.40
0.0671	0.0549	200	300	1.22
0.0549	0.0439	300	400	1.10
0.0439	0.0335	400	500	1.04
0.0210	0.017	700	800	0.4

তালিকা 4.1ৰপৰা দেখা যায় যে বিক্ৰিয়াটোৰ গড় গতিবেগ 1.90×10^4 mol L^{-1} s^{-1} ৰপৰা 0.4×10^4 mol L^{-1} s^{-1} লৈ কমিছে। যিটো সময়ৰ ব্যৱধানৰ বাবে গড় গতিবেগৰ মান গণনা কৰা হয় সেই ব্যৱধানত ইয়াৰ মান ধ্ৰুৱক হয়। সেই কাৰণে গড় গতিবেগক এক নিৰ্দিষ্ট সময়ত বিক্ৰিয়াৰ গতিবেগ হিচাপে গণ্য কৰিব নোৱাৰি। এটা নিৰ্দিষ্ট মুহূৰ্তত বিক্ৰিয়াৰ গতিবেগ বুজাবলৈ **তাৎক্ষণিক গতিবেগ** (instantaneous rate, r_{inst}) নিৰ্ণয় কৰা হয়। সূক্ষ্মতম সময়ৰ ব্যৱধানত (dt, যেতিয়া Δt ৰ মান শূন্যৰ ওচৰ চাপে) গড় গতিবেগ যিমান হয় সেয়াই হ'ল তাৎক্ষণিক গতিবেগ। গাণিতিকভাবে অতি কম সময়ৰ ক্ষেত্ৰত তাৎক্ষণিক গতিবেগৰ কথা তলত দিয়া ধৰণে উল্লেখ কৰিব পাৰি—

$$r_{av} = \frac{-\Delta[R]}{\Delta t} = \frac{\Delta[P]}{\Delta t}$$

যেতিয়া $\Delta t \rightarrow 0$ হয়,
$$r_{inst} = \frac{-d[R]}{dt} = \frac{d[P]}{dt} \qquad (4.3)$$



ত্ৰ 4.2
বিউটাইল ক্ল'ৰাইডৰ (C_4H_9Cl) জলবিশ্লেষণ বিক্ৰিয়াৰ তাৎক্ষণিক গতিবেগ।

এতিয়া ধৰা, t সময়ত বিক্রিয়াৰ তাৎক্ষণিক গতিবেগ নিৰ্ণয় কৰিব লাগে। তেনে ক্ষেত্ৰত সময়ৰ বিপৰীতে অঁকা R ৰ গাঢ়তাৰ লেখডালত (চিত্ৰ 4.1) t সময়ত এডাল স্পৰ্শক আঁকিব লাগে। একে ধৰণৰ স্পৰ্শক সময়ৰ বিপৰীতে অঁকা Pৰ গাঢ়তাৰ লেখডালতো আঁকিব পাৰি। তেনে লেখ এডাল চিত্ৰ 4.2 ত দেখুওৱা হৈছে। উদাহৰণ 4.1ত দিয়া বিভিন্ন সময়ত বিউটাইল ক্ল'ৰাইডৰ গাঢ়তাৰ মান বহুৱাই এই লেখডাল পোৱা গৈছে। লেখডালৰ 600 s (t) সময়ৰ অনুৰূপ বিন্দুত এডাল স্পৰ্শক অঁকা হৈছে। এই স্পৰ্শকডালৰ প্ৰৱণতাৰপৰা 600 s সময়ত তাৎক্ষণিক বেগৰ মান পোৱা যাব।

গতিকে 600 s সময়ত $r_{inst} = -\left(\dfrac{0.0165-0.037}{(800-400)\text{s}}\right)$ mol L^{-1}

$= 5.12 \times 10^{-5}$ mol L^{-1}s^{-1}

একেদৰে $t = 250$ s সময়ত $r_{inst} = 1.22 \times 10^{-4}$ mol L^{-1}s^{-1}

$t = 350$ s সময়ত $r_{inst} = 1.0 \times 10^{-4}$ mol L^{-1}s^{-1}

$t = 450$ s সময়ত $r_{inst} = 6.4 \times 10^{-5}$ mol L^{-1}s^{-1}

এতিয়া নিম্নোক্ত বিক্রিয়াটো বিবেচনা কৰা—

$$Hg(l) + Cl_2(g) \rightarrow HgCl_2(s)$$

বিক্রিয়াটোৰ বাবে লিখা ৰাসায়নিক সমীকৰণটোত বিক্রিয়ক আৰু বিক্রিয়াজাত পদাৰ্থৰ সহগ একে (সহগ =1)।

$$\text{বিক্রিয়াটোৰ গড় গতিবেগ} = -\frac{\Delta[Hg]}{\Delta t} = -\frac{\Delta[Cl_2]}{\Delta t} = \frac{\Delta[HgCl_2]}{\Delta t}$$

বিক্রিয়াটোত প্ৰতিটো বিক্রিয়কৰ বিলুপ্তিৰ হাৰ (rate of disappearance) বিক্রিয়াজাত পদাৰ্থটোৰ উৎপাদনৰ হাৰৰ সমান। আনহাতে তলত উল্লেখ কৰা বিক্রিয়াটোলৈ মন কৰাচোন—

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

ৰাসায়নিক সমীকৰণটোৰপৰা দেখা যায় যে 2 mol হাইড্ৰ'জেন আয়'ডাইডৰ (HI) বিযোজনৰ ফলত H_2 আৰু I_2 প্ৰত্যেকৰে 1 molকৈ উৎপন্ন হৈছে। গতিকে বিক্রিয়াটোত H_2 বা I_2 ৰ উৎপাদনৰ হাৰতকৈ HI ৰ বিলুপ্তিৰ হাৰ দুগুণ। এই দুয়োটা হাৰ সমান কৰিবলৈ Δ[HI] ৰাশিটোক 2ৰে হৰণ কৰিব লাগিব। গতিকে

$$\text{বিক্রিয়াটোৰ গড় গতিবেগ} = -\frac{1}{2}\frac{\Delta[HI]}{\Delta t} = \frac{\Delta[H_2]}{\Delta t} = \frac{\Delta[I_2]}{\Delta t}$$

ওপৰৰ আলোচনাৰপৰা আমি ক'ব পাৰো যে যি বিক্রিয়াৰ বিক্রিয়ক আৰু বিক্রিয়াজাত পদাৰ্থৰ সহগ 1 নহয়, সেই বিক্রিয়াৰ ক্ষেত্ৰত বিক্রিয়কৰ বিলুপ্তিৰ হাৰ আৰু বিক্রিয়াজাত পদাৰ্থৰ উৎপাদনৰ হাৰক পৰস্পৰৰ সহগেৰে হৰণ কৰিব লাগে। আন এটা উদাহৰণ তলত দিয়া হৈছে—

$$5\,Br^-(aq) + BrO_3^-(aq) + 6\,H^+(aq) \rightarrow 3\,Br_2(aq) + 3\,H_2O(l)$$

বিক্রিয়াটোৰ গড় গতিবেগ

$$= -\frac{1}{5}\frac{\Delta[Br^-]}{\Delta t} = -\frac{\Delta[BrO_3^-]}{\Delta t} = -\frac{1}{6}\frac{\Delta[H^+]}{\Delta t} = \frac{1}{3}\frac{\Delta[Br_2]}{\Delta t} = \frac{1}{3}\frac{\Delta[H_2O]}{\Delta t}$$

স্থিৰ উষ্ণতাত গেছীয় বিক্ৰিয়াৰ ক্ষেত্ৰত গাঢ়তা আংশিক চাপৰ সমানুপাতিক। সেইবাবে এনে বিক্ৰিয়াৰ বিক্ৰিয়ক আৰু বিক্ৰিয়াজাত পদাৰ্থৰ আংশিক চাপৰ পৰিৱৰ্তনৰ হাৰ হিচাপেও বিক্ৰিয়াটোৰ গতিবেগ প্ৰকাশ কৰিব পাৰি।

উদাহৰণ 4.2 318 K উষ্ণতাত কাৰ্বন টেট্ৰাক্ল'ৰাইড (CCl_4) দ্ৰাৱকত N_2O_5 ৰ বিযোজন সময়ৰ সৈতে ইয়াৰ গাঢ়তাৰ পৰিৱৰ্তন নিৰ্ণয় কৰি অধ্যয়ন কৰা হৈছে। আৰম্ভণিতে N_2O_5 ৰ গাঢ়তা আছিল 2.33 mol L^{-1} আৰু 184 মিনিট পিছত ইয়াৰ গাঢ়তা কমি 2.08 mol L^{-1} হ'ল। N_2O_5 ৰ বিযোজন নিম্নোক্ত ধৰণে হয়—

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

ঘণ্টা, মিনিট আৰু ছেকেণ্ড হিচাপত এই বিক্ৰিয়াৰ গড় গতিবেগ গণনা কৰা। প্ৰদত্ত সময়খিনিত NO_2 উৎপাদনৰ হাৰ কিমান?

সমাধান বিক্ৰিয়াটোৰ গড় গতিবেগ

$$= -\frac{1}{2}\frac{\Delta[N_2O_5]}{\Delta t}$$

$$= -\frac{1}{2}\frac{(2.08 - 2.33)\text{mol L}^{-1}}{184\text{ min}}$$

$$= 6.79 \times 10^{-4}\text{ mol L}^{-1}\text{min}^{-1}$$

$$= 6.79 \times 10^{-4}\text{ mol L}^{-1}\text{ min}^{-1} \times 60\text{ min/1h}$$

$$= 4.07 \times 10^{-2}\text{ mol L}^{-1}\text{ h}^{-1}$$

$$= 6.79 \times 10^{-4}\text{ mol L}^{-1}\text{ min}^{-1} \times \frac{1\text{ min}}{60\text{ s}}$$

$$= 1.13 \times 10^{-5}\text{ mol L}^{-1}\text{s}^{-1}$$

আমি জানো, গড় গতিবেগ $= \frac{1}{4}\frac{\Delta[NO_2]}{\Delta t}$

বা, $\frac{1}{4}\frac{\Delta[NO_2]}{\Delta t} = 1.13 \times 10^{-5}\text{ mol L}^{-1}\text{s}^{-1}$

গতিকে $\frac{\Delta[NO_2]}{\Delta t} = 4 \times 1.13 \times 10^{-5}\text{ mol L}^{-1}\text{s}^{-1}$

$$= 4.52 \times 10^{-5}\text{ mol L}^{-1}\text{s}^{-1}$$

পাঠস্থ প্ৰশ্নমালা

4.1 $R \rightarrow P$ বিক্ৰিয়াটোৰ ক্ষেত্ৰত 25 মিনিট সময়ত বিক্ৰিয়কৰ গাঢ়তা 0.03 M ৰ পৰা 0.02 M লৈ কমে। সময়ৰ একক মিনিট আৰু ছেকেণ্ড হিচাপে লৈ বিক্ৰিয়াটোৰ গড় গতিবেগ গণনা কৰা।

4.2 $2A \rightarrow$ বিক্ৰিয়াজাত পদাৰ্থ

এই বিক্ৰিয়াটোৰ ক্ষেত্ৰত 10 মিনিট সময়ত A ৰ গাঢ়তা 0.5 mol L^{-1} ৰ পৰা 0.4 mol L^{-1} হ'ল। এই সময়ৰ ব্যৱধানত বিক্ৰিয়াটোৰ গড় গতিবেগ গণনা কৰা।

4.2 বিক্ৰিয়াৰ গতিবেগক প্ৰভাবান্বিত কৰা কাৰকসমূহ (Factors Influencing Rate of a Reaction)

বিক্ৰিয়াৰ গতিবেগ প্ৰধানকৈ তিনিটা কাৰকৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে— বিক্ৰিয়কৰ গাঢ়তা (বিক্ৰিয়ক গেছ হ'লে চাপ), উষ্ণতা আৰু অনুঘটক।

4.2.1 গাঢ়তাৰ প্ৰভাৱ (Dependence of Rate on Concentration)

স্থিৰ উষ্ণতাত ৰাসায়নিক বিক্ৰিয়া এটাৰ গতিবেগ বিক্ৰিয়াটোত অংশগ্ৰহণ কৰা এক বা একাধিক বিক্ৰিয়ক আৰু লগতে বিক্ৰিয়াজাত পদাৰ্থৰ ওপৰতো নিৰ্ভৰ কৰিব পাৰে। বিক্ৰিয়কৰ গাঢ়তা সাপেক্ষে লিখা বিক্ৰিয়াৰ গতিবেগৰ প্ৰকাশ ৰাশিকে বিক্ৰিয়াটোৰ **গতি সূত্ৰ** (rate law) বোলে। ইয়াক গতি সমীকৰণ (rate equation) বা গতি প্ৰকাশৰাশিও (rate expression) বোলা হয়।

4.2.2 গতি প্ৰকাশৰাশি আৰু গতি ধ্ৰুৱক (Rate expression and rate constant)

তালিকা 4.1লৈ মন কৰাচোন; দেখিবা যে সময় পাৰ হোৱাৰ লগে লগে বিক্ৰিয়কৰ গাঢ়তা কমিছে আৰু ফলস্বৰূপে বিক্ৰিয়াৰ গতিবেগো কমিছে। গতিকে আমি ক'ব পাৰো যে বিক্ৰিয়কৰ গাঢ়তা বাঢ়িলে বিক্ৰিয়াৰ গতিবেগ বাঢ়ে; অৰ্থাৎ বিক্ৰিয়াৰ গতিবেগ বিক্ৰিয়কৰ গাঢ়তাৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে।

এতিয়া তলত উল্লেখ কৰা বিক্ৰিয়াটো বিবেচনা কৰা—

$$aA + bB \rightarrow cC + dD$$

ইয়াত a, b, c, আৰু d হ'ল বিক্ৰিয়ক আৰু বিক্ৰিয়াজাত পদাৰ্থকেইটাৰ ষ্টয়কিঅ'মিতীয় সহগ (stoichiometric coefficients)। এই বিক্ৰিয়াটোৰ গতি প্ৰকাশৰাশি হ'ল—

$$\text{গতিবেগ} \propto [A]^x [B]^y \qquad (4.4)$$

ইয়াত ব্যৱহৃত হোৱা ঘাত (power) x আৰু y-ৰ মান বিক্ৰিয়কৰ ষ্টয়কিঅ'মিতীয় সহগৰ (a আৰু b) সমান হ'বও পাৰে, বা নহ'বও পাৰে।

সমীকৰণ (4.4) ৰপৰা আমি পাওঁ—

$$\text{গতিবেগ} = k [A]^x [B]^y \qquad (4.4a)$$

$$\text{অৰ্থাৎ, } -\frac{d[R]}{dt} = k[A]^x[B]^y \qquad (4.4b)$$

ইয়াত k হ'ল সমানুপাতী ধ্ৰুৱক আৰু ইয়াক **গতি ধ্ৰুৱক** (rate constant) বোলা হয়। ৰাসায়নিক বিক্ৰিয়াৰ ক্ষেত্ৰত লিখা সমীকৰণ (4.4b)ৰ লেখীয়া প্ৰকাশৰাশিক বিক্ৰিয়াৰ গতিৰ অৱকলজ সমীকৰণ (differential rate equation) বোলে। আকৌ সমীকৰণ (4.4a)ত বিক্ৰিয়াৰ গতিবেগৰ সৈতে বিক্ৰিয়কৰ গাঢ়তাৰ সম্বন্ধ দেখুওৱা হৈছে। এই সম্বন্ধটোৱে হ'ল গতি সূত্ৰ (rate law) বা গতি প্ৰকাশৰাশি (rate expression) । **প্ৰতিটো বিক্ৰিয়কৰ ম'লাৰ গাঢ়তাৰ ঘাত হিচাপে বিক্ৰিয়াৰ গতিবেগক প্ৰকাশ কৰিলে বিক্ৰিয়াটোৰ গতি সূত্ৰ পোৱা যায়। এই ক্ষেত্ৰত মনত ৰাখিব লাগিব যে বিক্ৰিয়কৰ ম'লাৰ গাঢ়তাৰ ঘাত বিক্ৰিয়াটোৰ বাবে লিখা সমতুল সমীকৰণত থকা বিক্ৰিয়কৰ সহগৰ সমান নহ'বও পাৰে।** উদাহৰণ স্বৰূপে তলৰ বিক্ৰিয়াটোলৈ মন কৰা—

$$2NO(g) + O_2(g) \rightarrow 2NO_2(g)$$

এই বিক্ৰিয়াটোৰ গতিবেগ আমি বিভিন্ন ধৰণে অধ্যয়ন কৰিব পাৰো। প্ৰথমতে, যি কোনো এটা বিক্ৰিয়কৰ গাঢ়তা স্থিৰ ৰাখি আনটোৰ প্ৰাৰম্ভিক গাঢ়তাৰ পৰিৱৰ্তন ঘটালে বিক্ৰিয়াটোৰ গতিবেগ কেনেদৰে সলনি হয় অধ্যয়ন কৰিব পাৰি। নতুবা দুয়োটা বিক্ৰিয়কৰ প্ৰাৰম্ভিক গাঢ়তাৰ পৰিবৰ্তন ঘটায়ো গতিবেগৰ পৰিবৰ্তন লক্ষ্য কৰিব পাৰি। এনেদৰে অধ্যয়ন কৰি উপৰিউক্ত বিক্ৰিয়াৰ ক্ষেত্ৰত লাভ কৰা তথ্যসমূহ তালিকা 4.2 ত দেখুওৱা হৈছে।

তালিকা 4.2 : NO_2 উৎপাদনৰ প্ৰাৰম্ভিক গতিবেগ

পৰীক্ষা	প্ৰাৰম্ভিক [NO] $mol\ L^{-1}$	প্ৰাৰম্ভিক $[O_2]$ $mol\ L^{-1}$	NO_2 উৎপাদনৰ প্ৰাৰম্ভিক গতিবেগ $mol\ L^{-1}\ s^{-1}$
1.	0.30	0.30	0.096
2.	0.60	0.30	0.384
3.	0.30	0.60	0.192
4.	0.60	0.60	0.768

তালিকা 4.2 ৰপৰা এইটো স্পষ্ট যে O_2 ৰ গাঢ়তা স্থিৰ ৰাখি NO ৰ গাঢ়তা দুগুণ বঢ়ালে বিক্ৰিয়াটোৰ প্ৰাৰম্ভিক গতিবেগ চাৰিগুণ (0.096 $mol\ L^{-1}\ s^{-1}$ ৰ পৰা 0.38 $mol\ L^{-1}\ s^{-1}$ লৈ) বাঢ়ে। গতিকে আমি ক'ব পাৰো যে বিক্ৰিয়াটোৰ গতিবেগ NO ৰ গাঢ়তাৰ বৰ্গৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে। আনহাতে NO ৰ গাঢ়তা স্থিৰ ৰাখি O_2 গাঢ়তা দুগুণ বঢ়ালে গতিবেগো দুগুণ বাঢ়ে। ইয়াৰপৰা আমি সিদ্ধান্ত কৰিব পাৰো যে বিক্ৰিয়াটোৰ গতিবেগ O_2 ৰ গাঢ়তাৰ প্ৰথম ঘাতৰ (power) ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে। সেই কাৰণে বিক্ৰিয়াটোৰ গতি সমীকৰণটো হ'ব—

গতিবেগ $= k\ [NO]^2[O_2]$

অবকলজ ৰূপত গতিবেগৰ প্ৰকাশৰাশিটো হ'ব $-\frac{d[R]}{dt} = k[NO]^2[O_2]$

এই বিক্ৰিয়াটোৰ ক্ষেত্ৰত পৰীক্ষালব্ধ তথ্যৰপৰা আমি এটা কথা জানিব পাৰিলো। সেয়া হ'ল, গতি সমীকৰণত প্ৰতিটো বিক্ৰিয়কৰ গাঢ়তাৰ ঘাত বিক্ৰিয়াটোৰ বাবে লিখা সমতুল সমীকৰণত থকা বিক্ৰিয়কৰ সহগৰ সমান। আনহাতে তলত দিয়া বিক্ৰিয়া দুটালৈ মন কৰা—

বিক্ৰিয়া	*পৰীক্ষালব্ধ গতি সমীকৰণ*
1. $CHCl_3 + Cl_2 \rightarrow CCl_4 + HCl$	গতিবেগ $= k\ [CHCl_3\ ]\ [Cl_2]^{1/2}$
2 $CH_3COOC_2H_5 + H_2O \rightarrow CH_3COOH + C_2H_5OH$	গতিবেগ $= k\,[CH_3COOC_2H_5]^1\ [H_2O]^0$

বিক্ৰিয়া দুটাৰ প্ৰতিটোৰ গতি সমীকৰণত বিক্ৰিয়কৰ গাঢ়তাৰ ঘাত ৰাসায়নিক সমীকৰণত থকা বিক্ৰিয়কৰ সহগৰ সমান নহয়। গতিকে আমি সিদ্ধান্ত কৰিব পাৰো যে—

যি কোনো বিক্ৰিয়া এটাৰ বাবে লিখা সমতুল ৰাসায়নিক সমীকৰণৰপৰা বিক্ৰিয়াটোৰ গতি সূত্ৰ ঠাৰৰ কৰিব নোৱাৰি; অৰ্থাৎ তাত্ত্বিকভাবে (theoritically) গতি সূত্ৰ পাব নোৱাৰি— পৰীক্ষাৰদ্বাৰাহে গতি সূত্ৰ নিৰ্ণয় কৰিব পাৰি।

4.2.3 বিক্ৰিয়াৰ ক্ৰম (Order of a Reaction)

আগৰ অনুচ্ছেদত উল্লেখ কৰা গতি সমীকৰণ লৈ (4.4a) পুনৰ মন কৰাচোন—

$$\text{গতিবেগ} = k\,[A]^x\,[B]^y$$

বিক্ৰিয়কৰ গাঢ়তাৰ পৰিৱৰ্তনৰদ্ধাৰা বিক্ৰিয়াটোৰ গতিবেগ কিমান প্ৰভাবান্বিত হয় (অৰ্থাৎ বিক্ৰিয়কৰ গাঢ়তাৰ পৰিবৰ্তনৰ প্ৰতি গতিবেগ কিমান সংবেদনশীল) সেয়া x আৰু y-এ নিৰ্দেশ কৰে। এই ঘাতবোৰৰ যোগফলেই (অৰ্থাৎ x + y) হ'ল সামগ্ৰিকভাৱে বিক্ৰিয়াটোৰ ক্ৰম (overall order)। আনহাতে x হ'ল A সাপেক্ষে বিক্ৰিয়াটোৰ ক্ৰম আৰু y হ'ল B সাপেক্ষে ক্ৰম। গতিকে আমি ক'ব পাৰো যে—

কোনো এটা ৰাসায়নিক বিক্ৰিয়াৰ গতি সমীকৰণত থকা বিক্ৰিয়কসমূহৰ ঘাতবোৰৰ যোগফলেই হ'ল বিক্ৰিয়াটোৰ ক্ৰম।

বিক্ৰিয়াৰ ক্ৰম 0, 1, 2, 3 বা ভগ্নাংশও হ'ব পাৰে। ক্ৰম শূন্য (শূন্য ক্ৰমৰ বিক্ৰিয়া) হোৱাৰ অৰ্থ এই যে বিক্ৰিয়াটোৰ গতিবেগ বিক্ৰিয়কৰ গাঢ়তাৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ নকৰে।

উদাহৰণ 4.3

তলত কিছুমান বিক্ৰিয়াৰ গতি সমীকৰণ দিয়া হৈছে। প্ৰতিটো ক্ষেত্ৰতে সামগ্ৰিক ক্ৰম গণনা কৰা—

(a) গতিবেগ $= k\,[A]^{1/2}\,[B]^{3/2}$

(b) গতিবেগ $= k\,[A]^{3/2}\,[B]^{-1}$

সমাধান

(a) গতিবেগ $= k\,[A]^x\,[B]^y$ হ'লে

সামগ্ৰিক ক্ৰম $= x + y$

গতিকে বিক্ৰিয়াটোৰ সামগ্ৰিক ক্ৰম $= 1/2 + 3/2 = 2$ (দ্বিতীয় ক্ৰমৰ বিক্ৰিয়া)

(b) সামগ্ৰিক ক্ৰম $= 3/2 + (-1) = 1/2$

বেছিভাগ ৰাসায়নিক বিক্ৰিয়া একাধিক খাপত (step) সম্পন্ন হয়; একেটা খাপত সম্পন্ন হোৱা বিক্ৰিয়াৰ সংখ্যা অতি কম। সেয়েহে বিক্ৰিয়া এটাৰ বাবে লিখা সমতুল ৰাসায়নিক সমীকৰণৰপৰা বিক্ৰিয়াটো কেনেদৰে সংঘটিত হৈছে সেই সম্বন্ধে বিশেষ তথ্য পোৱা নাযায়। যি বিক্ৰিয়া এটা খাপতে সম্পন্ন হয় তাক **প্ৰাথমিক** (elementary) বিক্ৰিয়া বোলা হয়। আনহাতে ক্ৰমানুসাৰে সংঘটিত হোৱা কিছুমান প্ৰাথমিক বিক্ৰিয়াৰ ফলতহে বিক্ৰিয়াজাত পদাৰ্থ উৎপন্ন হ'ব পাৰে। অৰ্থাৎ এটা বিক্ৰিয়া কিছুমান ক্ৰমবদ্ধ প্ৰাথমিক বিক্ৰিয়াৰ (খাপৰ) জৰিয়তে সংঘটিত হ'ব পাৰে। এনে বিক্ৰিয়াক **জটিল** (complex) বিক্ৰিয়া বোলা হয়। এটা জটিল বিক্ৰিয়াৰ ক্ৰমবদ্ধ প্ৰাথমিক খাপবোৰক বিক্ৰিয়াটোৰ **ক্ৰিয়াবিধি** (mechanism) বোলে। এই বিক্ৰিয়াসমূহ ক্ৰমিক (consecutive; উদাহৰণ স্বৰূপে, ইথেনৰ জাৰণ ঘটি CO_2 আৰু

পানী উৎপন্ন হোৱা বিক্ৰিয়াটো কিছুমান খাপৰ জৰিয়তে সম্পন্ন হয়। এই খাপ কেইটাত ক্ৰমে এলকহল, এলডিহাইড আৰু এছিড উৎপন্ন হয়), বিপৰীতমুখী (reverse) বা পাৰ্শ্বীয় (side, উদাহৰণ স্বৰূপে, ফিনলৰ নাইট্ৰেছনৰ ফলত অৰ্থ'-নাইট্ৰ'ফিনল আৰু পেৰা-নাইট্ৰ'ফিনল উৎপন্ন হয়) বিক্ৰিয়া হ'ব পাৰে।

গতি ধ্ৰুৱকৰ একক (Unit of rate constant)

আগত উনুকিয়াই অহাৰ দৰে তলত উল্লেখ কৰা বিক্ৰিয়াটোলৈ মন কৰা—

$$aA + bB \rightarrow cC + dD$$

ধৰা, বিক্ৰিয়াটোৰ গতিবেগ $= k\,[A]^x\,[B]^y$

ইয়াত $x + y = n =$ বিক্ৰিয়াটোৰ ক্ৰম

ইয়াৰপৰা আমি পাওঁ, গতি ধ্ৰুৱক, $k = \dfrac{\text{গতিবেগ}}{[A]^x[B]^y}$

$$= \frac{\text{গাঢ়তা / সময়}}{(\text{গাঢ়তা})^n} = \frac{\text{গাঢ়তা}}{\text{সময়}} \times \frac{1}{(\text{গাঢ়তা})^n}$$

ধৰা, গাঢ়তাৰ একক mol L^{-1} আৰু সময়ৰ একক s (ছেকেণ্ড)। তেনে ক্ষেত্ৰত বেলেগ বেলেগ ক্ৰমৰ বিক্ৰিয়াৰ ক্ষেত্ৰত k ৰ একক কি হ'ব সেয়া তালিকা 4.3 ত দেখুওৱা হৈছে।

তালিকা 4.3 : গতি ধ্ৰুৱকৰ একক

বিক্ৰিয়া	ক্ৰম	গতি ধ্ৰুৱকৰ একক
শূন্য ক্ৰমৰ বিক্ৰিয়া	0	$\dfrac{\text{mol L}^{-1}}{\text{s}} \times \dfrac{1}{(\text{mol L}^{-1})^0} = \text{mol L}^{-1}\text{s}^{-1}$
প্ৰথম ক্ৰমৰ বিক্ৰিয়া	1	$\dfrac{\text{mol L}^{-1}}{\text{s}} \times \dfrac{1}{(\text{mol L}^{-1})^1} = \text{s}^{-1}$
দ্বিতীয় ক্ৰমৰ বিক্ৰিয়া	2	$\dfrac{\text{mol L}^{-1}}{\text{s}} \times \dfrac{1}{(\text{mol L}^{-1})^2} = \text{mol}^{-1}\text{L s}^{-1}$

উদাহৰণ 4.4 তলত দুটা বিক্ৰিয়াৰ গতি ধ্ৰুৱকৰ মান দিয়া হৈছে। ইয়াৰপৰা প্ৰতিটো বিক্ৰিয়াৰ ক্ৰম ঠাৰৰ কৰা—

(i) $k = 2.3 \times 10^{-5}$ L mol^{-1} s^{-1}

(ii) $k = 3 \times 10^{-4}$ s^{-1}

সমাধান (i) দ্বিতীয় ক্ৰমৰ বিক্ৰিয়াৰ গতি ধ্ৰুৱকৰ একক হ'ল L mol^{-1} s^{-1}; ইয়াত উল্লেখ কৰা বিক্ৰিয়াটোৰ গতি ধ্ৰুৱক, $k = 2.3 \times 10^{-5}$ L mol^{-1} s^{-1}

গতিকে বিক্ৰিয়াটোৰ ক্ৰম 2 হ'ব।

(ii) প্ৰথম ক্ৰমৰ বিক্ৰিয়াৰ গতি ধ্ৰুৱকৰ একক s^{-1}; সেয়েহে $k = 3 \times 10^{-4}$ s^{-1} হ'লে বিক্ৰিয়াটো প্ৰথম ক্ৰমৰ হ'ব।

4.2.4 বিক্ৰিয়াৰ আণৱিকতা (Molecularity of a Reaction)

বিক্ৰিয়াৰ ক্ৰিয়াবিধি বুজি পোৱাত আণৱিকতাৰ ধাৰণা সহায়ক হয়। **প্ৰাথমিক বিক্ৰিয়া এটাৰ বাবে লিখা ৰাসায়নিক সমীকৰণত যিমানবিধ বিক্ৰিয়ক গোটে (পৰমাণু, অণু বা আয়ন) অংশগ্ৰহণ কৰা দেখা যায় আৰু যাৰ মাজত সংঘৰ্ষ হোৱাৰ ফলত ৰাসায়নিক বিক্ৰিয়া সংঘটিত হয় তাকে বিক্ৰিয়াটোৰ আণৱিকতা বোলে।** বিক্ৰিয়া এটাত যদি এটা বিক্ৰিয়ক গোট থাকে তেন্তে বিক্ৰিয়াটো হ'ব একআণৱিক (unimolecular)। উদাহৰণ স্বৰূপে, এম'নিয়াম নাইট্ৰাইটৰ বিযোজন হ'ল একআণৱিক বিক্ৰিয়া—

$$NH_4NO_2 \rightarrow N_2 + 2\ H_2O$$

দুটা গোটৰ মাজৰ সংঘৰ্ষৰ ফলত যি বিক্ৰিয়া সংঘটিত হয় সেয়ে হ'ল দ্বিআণৱিক (bimolecular) বিক্ৰিয়া। হাইড্ৰ'জেন আয়'ডাইডৰ বিযোজন হ'ল দ্বিআণৱিক বিক্ৰিয়া উদাহৰণ।

$$2\ HI \rightarrow H_2 + I_2$$

ত্ৰিআণৱিক (trimolecular বা termolecular) বিক্ৰিয়া হ'ল তিনিটা গোটৰ মাজৰ সংঘৰ্ষৰ ফলত হোৱা বিক্ৰিয়া—

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

তিনিটাতকৈ অধিক অণুৱে পৰস্পৰৰ মাজৰ সংঘৰ্ষৰদ্বাৰা বিক্ৰিয়া সংঘটিত কৰাৰ সম্ভাৱনা অতি কম। সেয়েহে তিনিতকৈ অধিক আণৱিকতা বিশিষ্ট বিক্ৰিয়া পোৱা হোৱা নাই। বিক্ৰিয়া এটাৰ বাবে লিখা সমতুল সমীকৰণত তিনিটাতকৈ অধিক বিক্ৰিয়ক অণু থাকিলে এইটো সিদ্ধান্ত কৰিব পাৰি যে বিক্ৰিয়াটো নিশ্চয় একাধিক খাপত সম্পন্ন হৈছে। উদাহৰণ স্বৰূপে, তলৰ বিক্ৰিয়াটোলৈ মন কৰা—

$$KClO_3 + 6\ FeSO_4 + 3\ H_2SO_4 \rightarrow KCl + 3\ Fe_2(SO_4)_3 + 3\ H_2O$$

সমতুল সমীকৰণৰপৰা বিক্ৰিয়াটোৰ ক্ৰম 10 হ'ব যেন লাগে; কিন্তু দৰাচলতে বিক্ৰিয়াটো দ্বিতীয় ক্ৰমৰহে। গতিকে আমি সিদ্ধান্ত কৰিব পাৰো যে বিক্ৰিয়াটো কেইবাটাও খাপত সম্পন্ন হৈছে। এই খাপকেইটাৰ ভিতৰত কোনটো খাপৰ ওপৰত বিক্ৰিয়াটোৰ গতিবেগ প্ৰধানকৈ নিৰ্ভৰ কৰে সেয়া জনা প্ৰয়োজন। তাৰ বাবে বিক্ৰিয়াটোৰ ক্ৰিয়াবিধি অধ্যয়ন কৰিব লাগিব। ৰিলে দৌৰক (relay race) উদাহৰণ হিচাপে লৈ কথাখিনি ব্যাখ্যা কৰিব পাৰি। এই খেলত এটা দলৰ চাৰিজন খেলুৱৈৰে এজনৰ পিছত আন এজনকৈ দৌৰে। দলটোৰ সামগ্ৰিক দক্ষতা আটাইতকৈ কম জোৰে দৌৰা খেলুৱৈজনৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে। একেদৰে বিক্ৰিয়া এটাৰ ক্ৰিয়াবিধিত থকা আটাইতকৈ লেহেম খাপটোৰ ওপৰত মূল বিক্ৰিয়াটোৰ গতিবেগ নিৰ্ভৰ কৰে। এই মন্থৰতম খাপটোকে বিক্ৰিয়াটোৰ **গতিবেগ নিৰ্ণায়ক খাপ** (rate determining step) বোলা হয়। উদাহৰণ স্বৰূপে, ক্ষাৰকীয় মাধ্যমত আয়'ডাইড আয়নৰ অনুঘটকীয় ক্ৰিয়াত সংঘটিত হোৱা হাইড্ৰ'জেন পেৰক্সাইডৰ বিযোজন বিক্ৰিয়াটো লোৱা হ'ল—

$$2\ H_2O_2 \xrightarrow[\text{ক্ষাৰীয় মাধ্যম}]{I^-} 2\ H_2O + O_2$$

বিক্ৰিয়াটোৰ পৰীক্ষালব্ধ গতি সমীকৰণটো হ'ল—

$$\text{গতিবেগ} = -\frac{d[H_2O_2]}{dt} = k[H_2O_2][I^-]$$

অৰ্থাৎ H_2O_2 আৰু I^- প্ৰত্যেকৰে সাপেক্ষে বিক্ৰিয়াটো প্ৰথম ক্ৰমৰ। বিক্ৰিয়াটো নিম্নোক্ত খাপ দুটাৰ জৰিয়তে সংঘটিত হোৱা বুলি প্ৰমাণ পোৱা গৈছে—

(1) $H_2O_2 + I^- \rightarrow H_2O + IO^-$

(2) $H_2O_2 + IO^- \rightarrow H_2O + I^- + O_2$

ইয়াৰে প্ৰতিটো খাপেই হ'ল দ্বিআণৱিক প্ৰাথমিক বিক্ৰিয়া। বিক্ৰিয়া দুয়োটাতে থকা IO^- আয়নটো হ'ল বিক্ৰিয়াৰ মধ্যৱৰ্তী (intermediate)। উৎপন্ন হোৱাৰ পাছত মধ্যৱৰ্তীটোৱে পুনৰ বিক্ৰিয়া কৰি বিক্ৰিয়াজাত পদাৰ্থটো উৎপন্ন কৰে। মধ্যৱৰ্তীটো মূল বিক্ৰিয়াটোৰ বিক্ৰিয়াজাত পদাৰ্থ নহয়।

ক্ৰিয়াবিধিত উল্লেখিত প্ৰথম বিক্ৰিয়াটো (1) হ'ল মন্থৰ; অৰ্থাৎ এইটোৱে গতিবেগ নিৰ্ণায়ক বিক্ৰিয়া। গতিকে মধ্যৱৰ্তীটো উৎপন্ন হোৱাৰ বিক্ৰিয়া 1 গতিবেগেই মূল বিক্ৰিয়াটোৰ গতিবেগৰ সমান হ'ব।

ওপৰৰ আলোচনাৰপৰা আমি নিম্নোক্ত সিদ্ধান্তত উপনীত হ'ব পাৰোঁ—

(i) বিক্ৰিয়াৰ ক্ৰম হ'ল পৰীক্ষাত্মক ৰাশি। ইয়াৰ মান শূন্য বা ভগ্নাংশও হ'ব পাৰে। কিন্তু আণৱিকতা শূন্য বা ভগ্নাংশ হ'ব নোৱাৰে।

(ii) প্ৰাথমিক আৰু জটিল— এই উভয় ধৰণৰ বিক্ৰিয়াৰ ক্ৰম থাকে; কিন্তু অকল প্ৰাথমিক বিক্ৰিয়াৰহে আণৱিকতা থাকে। জটিল বিক্ৰিয়াৰ ক্ষেত্ৰত আণৱিকতা অৰ্থহীন।

(iii) জটিল বিক্ৰিয়াৰ ক্ৰম মন্থৰতম (slowest) খাপটোৰপৰা পাব পাৰি। সাধাৰণতে মন্থৰতম খাপটোৰ আণৱিকতা আৰু মূল বিক্ৰিয়াটোৰ ক্ৰম একে হয়।

পাঠস্থ প্ৰশ্নমালা

4.3 $A + B \rightarrow$ বিক্ৰিয়াজাত পদাৰ্থ

এই বিক্ৰিয়াটোৰ গতি সূত্ৰ $r = k\,[A]^{1/2}\,[B]^2$ হ'লে বিক্ৰিয়াটোৰ ক্ৰম কিমান হ'ব?

4.4 X ৰপৰা Y উৎপন্ন হোৱা বিক্ৰিয়াটো দ্বিতীয় ক্ৰমৰ। X ৰ গাঢ়তা তিনিগুণ বঢ়ালে Y উৎপন্ন হোৱা গতিবেগ কেনেদৰে প্ৰভাবান্বিত হ'ব?

4.3 অনুকলিত গতি সমীকৰণ (Integrated Rate Equations)

বিক্ৰিয়াৰ গতিৰ অবকলজ সমীকৰণৰ বিষয়ে ইতিমধ্যে আলোচনা কৰা হৈছে। এই সমীকৰণে বিক্ৰিয়াৰ গতিবেগৰ সৈতে বিক্ৰিয়কৰ গাঢ়তাৰ সম্বন্ধ দেখুৱায়। বিক্ৰিয়াৰ তাৎক্ষণিক গতিবেগ নিৰ্ণয়ৰ বাবে গাঢ়তাৰ বিপৰীতে সময়ৰ লেখ (চিত্ৰ 4.1) অঁকা হয়। এই লেখৰ 't' বিন্দুত অঁকা স্পৰ্শকডালৰ প্ৰৱণতাই হ'ল বিক্ৰিয়াটোৰ তাৎক্ষণিক

গতিবেগ। কিন্তু এইদৰে তাৎক্ষণিক গতিবেগ সদায়ে সহজে নিৰ্ণয় কৰিব নোৱাৰি। ফলস্বৰূপে বিক্ৰিয়াৰ গতি সমীকৰণ তথা ক্ৰম নিৰ্ণয় কৰাত সমস্যাৰ সৃষ্টি হয়। এই সমস্যা আঁতৰোৱাৰ বাবে বিক্ৰিয়াৰ গতিৰ অবকলজ সমীকৰণৰ অনুকলন কৰি গাঢ়তা আৰু গতি ধ্ৰুৱকৰ মাজত সম্বন্ধ স্থাপন কৰিব পাৰি।

বিভিন্ন ক্ৰমৰ বিক্ৰিয়াৰ ক্ষেত্ৰত অনুকলিত গতি সমীকৰণৰ ৰূপ বেলেগ বেলেগ হয়। ইয়াত আমি শূন্য আৰু প্ৰথম ক্ৰমৰ বিক্ৰিয়াৰ অনুকলিত গতি সমীকৰণৰ বিষয়ে আলোচনা কৰিম।

4.3.1 শূন্য ক্ৰমৰ বিক্ৰিয়া (Zero Order Reactions)

এটা বিক্ৰিয়াৰ গতিবেগ বিক্ৰিয়কৰ গাঢ়তাৰ শূন্য ঘাতৰ সমানুপাতিক হ'লে বিক্ৰিয়াটো শূন্য ক্ৰমৰ হয়; অৰ্থাৎ শূন্য ক্ৰমৰ বিক্ৰিয়াৰ গতিবেগ বিক্ৰিয়কৰ গাঢ়তাৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ নকৰে।

ধৰা, নিম্নলিখিত বিক্ৰিয়াটো হ'ল শূন্য ক্ৰমৰ বিক্ৰিয়া—

$$R \rightarrow P$$

বিক্ৰিয়াটোৰ গতিবেগ $= -\dfrac{d[R]}{dt} = k[R]^0 = k \times 1 = k$

নাইবা, $d[R] = -k\, dt$

দুয়োফালে অনুকলন কৰিলে আমি পাম,

$$[R] = -k\,t + I \qquad (4.5)$$

ইয়াত I হ'ল অনুকলন ধ্ৰুৱক।

প্ৰাৰম্ভিক অৱস্থাত $t = 0$; তেনেক্ষেত্ৰত বিক্ৰিয়কৰ গাঢ়তা, $[R] = [R]_0$

অৰ্থাৎ $[R]_0$ হ'ল বিক্ৰিয়কৰ প্ৰাৰম্ভিক গাঢ়তা।

t আৰু [R] ৰ এই মান সমীকৰণ (4.5) ত বহুৱালে আমি পাম,

$$[R] = -k \times 0 + I$$

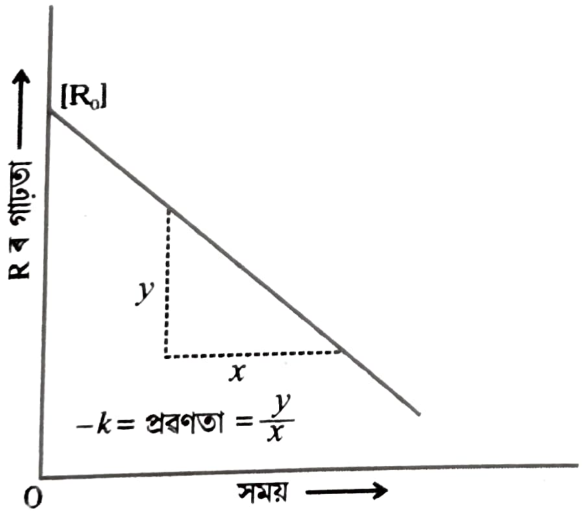
গতিকে, $I = [R]_0$

I ৰ এই মান সমীকৰণ (4.5)ত বহুৱাই আমি পাওঁ

$$[R]_0 = -kt + [R]_0 \qquad (4.6)$$

আমি জানো যে সৰল ৰেখাৰ সমীকৰণটো হ'ল—

$$y = mx + c$$



চিত্ৰ 4.3 : শূন্য ক্ৰমৰ বিক্ৰিয়াৰ ক্ষেত্ৰত গাঢ়তাৰ বিপৰীতে সময়ৰ লেখ।

সমীকৰণ (4.6) সৰল ৰেখাৰ সমীকৰণৰ অনুৰূপ। এই সমীকৰণটো ব্যৱহাৰ কৰি [R] ৰ বিপৰীতে t ৰ লেখ আঁকিলে এডাল সৰল ৰেখা পোৱা যাব (চিত্ৰ 4.3)। লেখডালৰ প্ৰৱণতাৰ মান $-k$ আৰু ছেদাংশ (intercept) $[R]_0$ হ'ব।

সমীকৰণ (4.6) ক তলত দিয়া ধৰণে লিখিব পৰা যায়—

$$k = \frac{[R]_0 - [R]}{t} \qquad (4.7)$$

শূন্য ক্রমৰ বিক্রিয়া সাধাৰণতে বিৰল ; অৱশ্যে বিশেষ চৰ্ত সাপেক্ষে কিছুমান বিক্রিয়াৰ ক্রম শূন্য হ'ব পাৰে। এনজাইমৰ (enzyme) উপস্থিতিত আৰু ধাতুৰ পৃষ্ঠত ঘটা কিছুমান বিক্রিয়া হ'ল শূন্য ক্রমৰ বিক্রিয়াৰ উদাহৰণ। উত্তপ্ত প্লেটিনামৰ পৃষ্ঠৰ ওপৰত ঘটা এম'নিয়া গেছৰ বিযোজন বিক্রিয়াটোৰ ক্রম উচ্চ চাপত ক্রম শূন্য হয়—

$$2\ NH_3 \xrightarrow[\text{Pt অনুঘটক}]{1130\ K} N_2(g) + 3\ H_2(g)$$

বিক্রিয়াটোৰ গতিবেগ $= k\ [NH_3]^0 = k$

এই বিক্রিয়াটোত প্লেটিনাম ধাতু হ'ল অনুঘটক। উচ্চ চাপত ধাতুটোৰ পৃষ্ঠ এম'নিয়া গেছৰ অণুৰে সংপৃক্ত হৈ পৰে। ফলস্বৰূপে বিক্রিয়াৰ চৰ্ত সলনি হ'লেও ধাতুটোৰ পৃষ্ঠত এম'নিয়াৰ পৰিমাণ সলনি নহয়। সেইকাৰণে বিক্রিয়াৰ গতিবেগ এম'নিয়াৰ গাঢ়তাৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ নকৰে। গ'ল্ডৰ পৃষ্ঠত হাইড্র'জেন আয়'ডাইডৰ (HI) বিযোজন বিক্রিয়াটোও শূন্য ক্রমৰ হয়।

4.3.2 প্ৰথম ক্রমৰ বিক্রিয়া (First Order Reactions)

এই শ্ৰেণীৰ বিক্রিয়াত বিক্রিয়াটোৰ গতিবেগ বিক্রিয়কৰ (R) গাঢ়তাৰ প্ৰথম ঘাতৰ সমানুপাতিক। উদাহৰণ স্বৰূপে, ধৰা, তলত উল্লেখ কৰা বিক্রিয়াটো প্ৰথম ক্রমৰ—

$$R \rightarrow P$$

বিক্রিয়াটোৰ গতিবেগ $= -\frac{d[R]}{dt} = k[R]$

বা, $\frac{d[R]}{[R]} = -k\ dt$

সমীকৰণটোক অনুকলন কৰিলে আমি পাম,

$$\ln [R] = -kt + I \qquad (4.8)$$

ইয়াতো I হ'ল অনুকলন ধ্ৰুৱক; ইয়াৰ মান তলত দিয়া ধৰণে উলিয়াব পাৰি।

প্ৰাৰম্ভিক অৱস্থাত $t = 0$; গতিকে $[R] = [R]_0$ হ'ব। ইয়াত $[R]_0$ হ'ল বিক্রিয়কৰ প্ৰাৰম্ভিক গাঢ়তা।

ওপৰৰ চৰ্ত সমীকৰণ (4.8)ত প্ৰয়োগ কৰি আমি পাওঁ

$$\ln [R]_0 = -k \times 0 + I = I$$

I ৰ এই মান সমীকৰণ (4.8)ত বহুৱালে আমি পাম,

$$\ln [R] = -kt + \ln [R]_0 \qquad (4.9)$$

বা, $\ln \frac{[R]}{[R]_0} = -kt$

$$k = \frac{1}{t} \ln \frac{[R]_0}{[R]} \qquad (4.10)$$

ধৰা, t_1 সময়ত বিক্ৰিয়কৰ গাঢ়তা $[R]_1$; তেনেক্ষেত্ৰত সমীকৰণ (4.9) প্ৰয়োগ কৰি আমি পাম,

$$\ln [R]_1 = -kt_1 + \ln [R]_0 \tag{4.11}$$

একেদৰে t_2 সময়ত বিক্ৰিয়কৰ গাঢ়তা $[R]_2$ হ'লে আমি পাম,

$$\ln [R]_2 = -kt_2 + \ln [R]_0 \tag{4.12}$$

এতিয়া সমীকৰণ (4.11)ৰপৰা (4.12) বিয়োগ কৰিলে আমি পাম,

$$\ln [R]_1 - \ln [R]_2 = -kt_1 - (-kt_2)$$

$$\ln \frac{[R]_1}{[R]_2} = k(t_2 - t_1)$$

$$\text{গতিকে} \quad k = \frac{1}{(t_2 - t_1)} \ln \frac{[R]_1}{[R]_2} \tag{4.13}$$

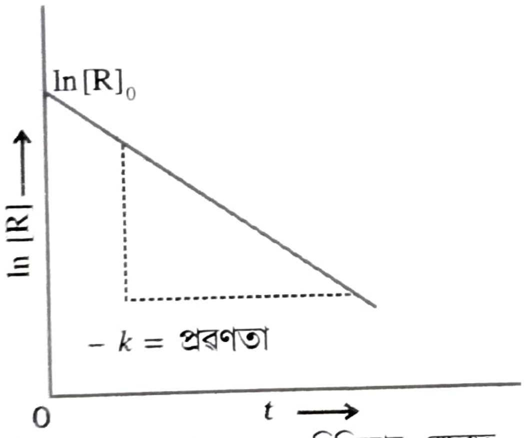
সমীকৰণ (4.9)ক তলত দিয়া ধৰণেও লিখিব পাৰি—

$$\ln \frac{[R]}{[R]_0} = -kt$$

ইয়াৰপৰা, $\frac{[R]}{[R]_0} = e^{-kt}$

$$\text{গতিকে,} \quad [R] = [R]_0 \, e^{-kt} \tag{4.14}$$

সমীকৰণ (4.9)ও, $y = mx + c$ সমীকৰণটোৰ নিচিনা। গতিকে $\ln [R]$ ৰ বিপৰীতে t ৰ লেখডাল এডাল সৰল ৰেখা হ'ব (চিত্ৰ 4.4)। লেখডালৰ প্ৰৱণতা $-k$ আৰু ছেদাংশ $\ln [R]_0$ হ'ব।



চিত্ৰ 4.4 : প্ৰথম ক্ৰমৰ বিক্ৰিয়াৰ ক্ষেত্ৰত ln [R] ৰ বিপৰীতে t ৰ লেখ।

সমীকৰণ (4.10)ক তলত দিয়া ধৰণেও লিখিব পৰা যায়—

$$k = \frac{2.303}{t} \log \frac{[R]_0}{[R]} \tag{4.15}$$

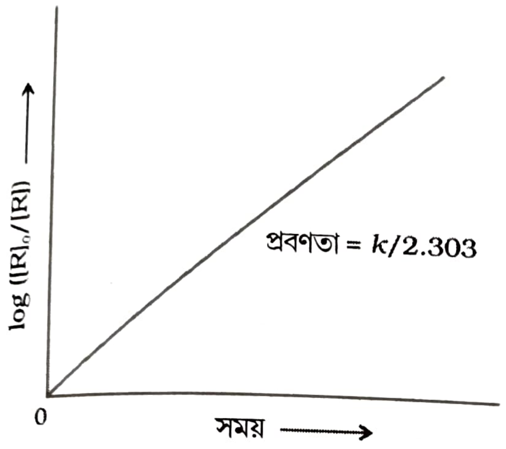
বা, $\log \frac{[R]_0}{[R]} = \frac{kt}{2.303}$

$\log \frac{[R]_0}{[R]}$ ৰ বিপৰীতেও t ৰ লেখ আঁকিব পাৰি (চিত্ৰ 4.5)।

এই লেখডালৰ প্ৰৱণতা $\frac{k}{2.303}$ হ'ব।

ইথিনৰ (C_2H_4) হাইড্ৰ'জেনযোগকৰণ বিক্ৰিয়াটো হ'ল প্ৰথম ক্ৰমৰ বিক্ৰিয়াৰ উদাহৰণ—

$$C_2H_4(g) + H_2(g) \rightarrow C_2H_6(g)$$



চিত্ৰ 4.5 : প্ৰথম ক্ৰমৰ বিক্ৰিয়াৰ ক্ষেত্ৰত $\log \frac{[R]_0}{[R]}$ ৰ বিপৰীতে t ৰ লেখ

বিক্ৰিয়াটোৰ গতিবেগ $= k\ [C_2H_4]$

প্ৰথম ক্ৰমৰ বিক্ৰিয়াৰ আন এক উদাহৰণ হ'ল তেজস্ক্ৰিয় বিভংগন বিক্ৰিয়া। স্বাভাৱিক আৰু কৃত্ৰিম তেজস্ক্ৰিয় বিভংগনৰ প্ৰতিটোৱে প্ৰথম ক্ৰমৰ বিক্ৰিয়া। তলত এটা উদাহৰণ দিয়া হৈছে —

$$^{226}_{88}Ra \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{222}_{86}Rn$$

এই তেজস্ক্ৰিয় বিক্ৰিয়াটোৰ গতিবেগ $= k\ [Ra]$

একেদৰে N_2O_5 আৰু N_2Oৰ বিযোজনো প্ৰথম ক্ৰমৰ বিক্ৰিয়া।

উদাহৰণ 4.5 $N_2O_5\ (g) \rightarrow 2\ NO_2\ (g) + ½O_2\ (g)$

এই প্ৰথম ক্ৰমৰ বিক্ৰিয়াটোৰ ক্ষেত্ৰত 318 K উষ্ণতাত N_2O_5ৰ প্ৰাৰম্ভিক গাঢ়তা 1.24×10^{-2} mol L^{-1} লোৱা হৈছিল। 60 মিনিট পাছত N_2O_5ৰ গাঢ়তা 0.20×10^{-2} mol L^{-1} হয়। 318 K উষ্ণতাত বিক্ৰিয়াটোৰ গতি ধ্ৰুৱকৰ মান নিৰ্ণয় কৰা।

সমাধান দিয়া আছে, প্ৰাৰম্ভিক গাঢ়তা, $[R]_0 = 1.24 \times 10^{-2}$ mol L^{-1}

t = 60 min ত গাঢ়তা, $[R] = 0.20 \times 10^{-2}$ mol L^{-1}

আমি জানো, প্ৰথম ক্ৰমৰ বিক্ৰিয়াৰ গতি ধ্ৰুৱক,

$$k = \frac{2.303}{t} \log \frac{[R]_0}{[R]}$$

$$= \frac{2.303}{60\ \text{min}} \log \frac{1.24 \times 10^{-2}}{0.20 \times 10^{-2}}$$

$$= \frac{2.303}{60\ \text{min}} \log 6.2$$

গতিকে $k = 0.0304\ \text{min}^{-1}$

এতিয়া আমি চাপ সাপেক্ষে গতি ধ্ৰুৱকৰ প্ৰকাশৰাশি উপপাদন কৰিম। তাৰ বাবে গেছীয় প্ৰাৱস্থাৰ বিক্ৰিয়া এটা বিবেচনা কৰিব লাগিব। ধৰা, তলত উল্লেখ কৰা বিক্ৰিয়াটো হ'ল গেছীয় প্ৰাৱস্থাৰ প্ৰথম ক্ৰমৰ বিক্ৰিয়া—

$$A\ (g) \rightarrow B\ (g) + C\ (g)$$

আকৌ ধৰা, p_i হ'ল A ৰ প্ৰাৰম্ভিক চাপ। একেদৰে ধৰা, p_A, p_B আৰু p_C হ'ল t সময়ত ক্ৰমে A, B আৰু C ৰ আংশিক চাপ।

গতিকে t সময়ত মুঠ চাপ (p_t) গেছ কেইটাৰ আংশিক চাপৰ যোগফলৰ সমান হ'ব। অৰ্থাৎ

মুঠ চাপ, $p_t = p_A + p_B + p_C$

ধৰা, t সময়ত A ৰ চাপ x atm কমে। সেই একে সময়ত যেনিবা B আৰু C ৰ প্ৰত্যেকৰে চাপ x atm হিচাপে বাঢ়ে। এই কথাখিনি আমি নিম্নোক্ত ধৰণে দেখুৱাব পাৰো—

	A (g)	→	B (g)	+	C (g)
t = 0 সময়ত	p_i atm		0 atm		0 atm
t সময়ত	$(p_i - x)$ atm		x atm		x atm

গতিকে t সময়ত মুঠ চাপ, $p_t = (p_i - x) + x + x$

$$= p_i + x$$

অৰ্থাৎ, $x = p_t - p_i$

এতিয়া Aৰ আংশিক চাপ, $p_A = p_i - x$

$$= p_i - (p_t - p_i)$$

$$= 2p_i - p_t$$

গতিকে গতি ধ্ৰুৱক, $$k = \left(\frac{2.303}{t}\right)\left(\log \frac{p_i}{p_A}\right) \quad (4.16)$$

$$= \frac{2.303}{t} \log \frac{p_i}{(2p_i - p_t)}$$

উদাহৰণ 4.6

স্থিৰ আয়তনত $N_2O_5(g)$ৰ তাপীয় বিযোজন এটা প্ৰথম ক্ৰমৰ বিক্ৰিয়া। বিক্ৰিয়াটোত নিম্নোক্ত তথ্য পোৱা গৈছে—

$2 N_2O_5(g) \rightarrow 2 N_2O_4(g) + O_2(g)$

ক্ৰমিক নং	সময়	মুঠ চাপ
1	0 s	0.5 atm
2	100 s	0.512 atm

বিক্ৰিয়াটোৰ গতি ধ্ৰুৱকৰ মান নিৰ্ণয় কৰা।

সমাধান

ধৰা হ'ল, বিক্ৰিয়াটোত N_2O_5 (g) ৰ চাপ $2x$ atm কমিছে। যিহেতু বিক্ৰিয়াটোত 2 mol N_2O_5 (g) বিযোজিত হৈ 2 mol N_2O_5 (g) আৰু 1 mol O_2 (g) উৎপন্ন হয় সেইবাবে N_2O_4 (g) ৰ চাপ $2x$ atm আৰু O_2 (g) ৰ চাপ x atm বাঢ়িব।

	$2 N_2O_5$ (g)	→	$2N_2O_4$ (g)	+	O_2 (g)
t = 0 সময়ত	0.5 atm		0 atm		0 atm
t সময়ত	$(0.5-2x)$ atm		$2x$ atm		x atm

গতিকে t সময়ত মুঠ চাপ, $p_t = p_{N_2O_5} + p_{N_2O_4} + p_{O_2}$

$= (0.5-2x) + 2x + x = 0.5 + x$

গতিকে, $x = p_t - 0.5$

গতিকে, $p_{N_2O_5} = 0.5 - 2x$

$= 0.5 - 2(p_t - 0.5)$

$= 1.5 - 2p_t$

দিয়া আছে, $t = 100$ s আৰু $p_t = 0.512$ atm

$p_{N_2O_5} = (1.5 - 2 \times 0.512)$ atm

$= 0.476$ atm

আমি জানো, গতি ধ্ৰুৱক,

$$k = \frac{2.303}{t} \log \frac{p_1}{p_A} = \frac{2.303}{100\,s} \log \frac{0.5\,atm}{0.476\,atm}$$

$$= \frac{2.303}{100\,s} \times 0.0216 = 4.98 \times 10^{-4} s^{-1}$$

4.3.3 বিক্ৰিয়াৰ অৰ্ধ-জীৱন কাল (Half-life of a Reaction)

যিমান সময়ত বিক্ৰিয়কৰ গাঢ়তা কমি প্ৰাৰম্ভিক গাঢ়তাৰ আধা হয় সেই সময়কে বিক্ৰিয়াটোৰ অৰ্ধ-জীৱন কাল বোলা হয়। ইয়াক $t_{1/2}$ চিহ্নৰে বুজোৱা হয়।

শূন্য ক্ৰমৰ বিক্ৰিয়া

আমি ইতিমধ্যে পাই আহিছো যে শূন্য ক্ৰমৰ বিক্ৰিয়াৰ গতি ধ্ৰুৱক,

$$k = \frac{[R]_0 - [R]}{t}$$

এতিয়া $t = t_{1/2}$ হ'লে $[R] = \frac{[R]_0}{2}$ হ'ব।

গতিকে $t_{1/2}$ সময়ত গতি ধ্ৰুৱক, $k = \dfrac{[R]_0 - \frac{[R]_0}{2}}{t_{1/2}}$

গতিকে অৰ্ধ-জীৱন কাল, $t_{1/2} = \dfrac{[R]_0}{2k}$

গতিকে দেখা গ'ল যে শূন্য ক্ৰমৰ বিক্ৰিয়াৰ অৰ্ধ-জীৱন কাল বিক্ৰিয়কৰ প্ৰাৰম্ভিক গাঢ়তাৰ সমানুপাতিক আৰু গতি ধ্ৰুৱকৰ ব্যস্তানুপাতিক।

প্ৰথম ক্ৰমৰ বিক্ৰিয়া

প্ৰথম ক্ৰমৰ বিক্ৰিয়াৰ গতি ধ্ৰুৱক $k = \dfrac{2.303}{t} \log \dfrac{[R]_0}{[R]}$

এতিয়া $t = t_{1/2}$ হ'লে $[R] = \frac{[R]_0}{2}$ হ'ব।

তেনে ক্ষেত্ৰত $k = \frac{2.303}{t_{1/2}} \log \frac{[R]_0}{\frac{[R]}{2}}$

$$= \frac{2.303}{k} \log 2$$

গতিকে $t_{1/2} = \frac{2.303}{k} \times 0.301$

অৰ্থাৎ $t_{1/2} = \frac{0.693}{k}$

সেয়েহে আমি সিদ্ধান্ত কৰিব পাৰো যে প্ৰথম ক্ৰমৰ বিক্ৰিয়াৰ অৰ্ধ-জীৱন কাল ধ্ৰুৱক; অৰ্থাৎ প্ৰথম ক্ৰমৰ বিক্ৰিয়াৰ অৰ্ধ-জীৱন কাল বিক্ৰিয়কৰ প্ৰাৰম্ভিক গাঢ়তাৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ নকৰে। গতিকে এনে বিক্ৰিয়াৰ অৰ্ধ-জীৱন কালৰ মান গতি ধ্ৰুৱকৰ মানৰ সহায়ত সহজে গণনা কৰিব পাৰি; বা ইয়াৰ বিপৰীতটোও সম্ভৱ।

ওপৰৰ আলোচনাৰপৰা আমি তলত দিয়া ধৰণে সিদ্ধান্ত কৰিব পাৰোঁ—

শূন্য ক্ৰমৰ বিক্ৰিয়াৰ ক্ষেত্ৰত $t_{1/2} \propto [R]_0$;

প্ৰথম ক্ৰমৰ বিক্ৰিয়াৰ ক্ষেত্ৰত $[R]_0$ ৰ ওপৰত $t_{1/2}$ নিৰ্ভৰ নকৰে।

উদাহৰণ 4.7 প্ৰথম ক্ৰমৰ বিক্ৰিয়া এটাৰ গতি ধ্ৰুৱকৰ মান $5.5 \times 10^{-14}\ s^{-1}$ হ'লে বিক্ৰিয়াটোৰ অৰ্ধ-জীৱন কাল নিৰ্ণয় কৰা।

সমাধান বিক্ৰিয়াটোৰ গতি ধ্ৰুৱক, $k = 5.5 \times 10^{-14}\ s^{-1}$

প্ৰথম ক্ৰমৰ বিক্ৰিয়াৰ অৰ্ধ-জীৱন কাল, $t_{1/2} = \frac{0.693}{k}$

$$= \frac{0.693}{5.5 \times 10^{-14}\ s^{-1}}$$

$$= 1.26 \times 10^{13}\ s$$

উদাহৰণ 4.8 দেখুওৱা যে প্ৰথম ক্ৰমৰ বিক্ৰিয়া এটাৰ 99.9% সম্পন্ন হোৱাৰ বাবে প্ৰয়োজনীয় সময় বিক্ৰিয়াটোৰ অৰ্ধ-জীৱন কালৰ দহ গুণ।

সমাধান ধৰা হ'ল, t সময়ত বিক্ৰিয়াটোৰ 99.9% সম্পূৰ্ণ হয়।

গতিকে t সময়ত, $[R] = [R]_0 - \frac{99.9}{100} [R]_0$

$$= [R]_0 - 0.999\ [R]_0$$

$$= \{1 - 0.999\}\ [R]_0 = 0.001[R]$$

আমি জানো, $k = \frac{2.303}{t} \log \frac{[R]_0}{[R]}$

$$= \frac{2.303}{t} \log \frac{[R]_0}{0.001\ [R]_0} = \frac{2.303}{t} \log 10^3$$

$$= \frac{3 \times 2.303}{t}$$

$$\therefore t = \frac{6.909}{k}$$

প্ৰথম ক্ৰমৰ বিক্ৰিয়াৰ অৰ্ধ-জীৱন কাল, $t_{1/2} = \frac{0.693}{k}$

এতিয়া, $\frac{t}{t_{1/2}} = \frac{6.909}{k} \times \frac{k}{0.693} \approx 10$

$$\therefore t = 10\, t_{1/2}$$

তালিকা 4.4 : শূন্য আৰু প্ৰথম ক্ৰমৰ বিক্ৰিয়াৰ অনুকলিত গতি সূত্ৰ

ক্ৰম	আৰ্হি বিক্ৰিয়া	বিক্ৰিয়াৰ গতিৰ অৱকলজ সমীকৰণ	অনুকলিত গতি সূত্ৰ	সৰলৰেখা পাবলৈ লেখ	অৰ্ধজীৱন কাল	k ৰ একক
0	$R \rightarrow P$	$\frac{d[R]}{dt} = -k$	$kt = [R]_0 - [R]$	[R] বিপৰীতে t ৰ লেখ	$[R]_0/2k$	গাঢ়তা × সময়$^{-1}$ বা, mol $L^{-1}s^{-1}$
1	$R \rightarrow P$	$\frac{d[R]}{dt} = -k[R]$	$[R] = [R]_0 e^{-kt}$ বা, $kt = \ln\{[R]_0/[R]\}$	ln[R] বিপৰীতে t ৰ লেখ	$\frac{\ln 2}{k}$	সময়$^{-1}$ বা, s^{-1}

4.4 ছিউড' প্ৰথম ক্ৰমৰ বিক্ৰিয়া (Pseudo First Order Reaction)

এটা বিক্ৰিয়া কেনেকুৱা চৰ্ত সাপেক্ষে সংঘটিত হৈছে তাৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰি বিক্ৰিয়াটোৰ ক্ৰম সলনি হ'ব পাৰে। উদাহৰণ স্বৰূপে, দুটা বিক্ৰিয়কৰ মাজত সংঘটিত হোৱা বিক্ৰিয়া এটা বিবেচনা কৰিব পাৰোঁ। ধৰা, আৰম্ভণিতে এটা বিক্ৰিয়ক আনটোতকৈ যথেষ্ট বেছিকৈ লোৱা হৈছে। ইথাইল এছিটেট (ethyl acetate) নামৰ যৌগটোৰ জলবিশ্লেষণৰ কথাকেই আমি ভাবিব পাৰোঁ— 0.01 mol ইথাইল এছিটেটৰ সৈতে যেনিবা 10 mol পানীৰ বিক্ৰিয়া ঘটিব দিয়া হৈছে। বিক্ৰিয়াটোত এটা বিক্ৰিয়কৰ (পানী) পৰিমাণ আনটোতকৈ (ইথাইল এছিটেট) যথেষ্ট বেছি। বিক্ৰিয়াটোৰ প্ৰাৰম্ভিক অৱস্থাত আৰু বিক্ৰিয়াটো সম্পূৰ্ণ হওতে (t সময়ত) বিভিন্ন পদাৰ্থৰ পৰিমাণ তলত দেখুওৱা হৈছে—

	$CH_3COOC_2H_5$	$+\ H_2O$	$\xrightarrow{H^+}$ CH_3COOH	$+\ C_2H_5OH$
$t = 0$	0.01 mol	10 mol	0 mol	0 mol
t সময়ত	0 mol	9.9 mol	0.01 mol	0.01 mol

ওপৰৰ তথ্যখিনিৰপৰা এইটো স্পষ্ট যে বিক্ৰিয়াটো সংঘটিত হৈ থাকোঁতে পানীৰ গাঢ়তাৰ বিশেষ একো পৰিৱৰ্তন নহয়। সেয়েহে এই ক্ষেত্ৰত পানীৰ গাঢ়তা ($[H_2O]$) ধ্ৰুৱক হিচাপে ল'ব পাৰি।

DAILY ASSAM

বিক্ৰিয়াটোৰ গতি সমীকৰণটো হ'ল

গতিবেগ $= k' [CH_3COOC_2H_5]\ [H_2O]$

যিহেতু ইয়াত $[H_2O]$ ধ্ৰুৱক, সেইবাবে গতি সমীকৰণটো হ'ব

গতিবেগ $= k\ [CH_3COOC_2H_5]$

ইয়াত $k' [H_2O]$ = ধ্ৰুৱক $= k$

গতিকে দেখা গ'ল যে অত্যধিক পানীৰ উপস্থিতিত বিক্ৰিয়াটো প্ৰথম ক্ৰমৰ হয়। এনে ধৰণৰ বিক্ৰিয়াক ছিউড' প্ৰথম ক্ৰমৰ বিক্ৰিয়া বোলা হয়।

ছিউড' প্ৰথম ক্ৰমৰ বিক্ৰিয়াৰ আন এক উদাহৰণ হৈছে চেনিৰ (cane sugar) প্ৰতীপন (inversion)।

$$\underset{\text{চেনি}}{C_{12}H_{22}O_{11}} + H_2O \xrightarrow{H^+} \underset{\text{গ্লুক'জ}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{ফ্ৰুক্ট'জ}}{C_6H_{12}O_6}$$

বিক্ৰিয়াটোৰ গতিবেগ $= k\ [C_{12}H_{22}O_{11}]$

উদাহৰণ 4.9 মিথাইল এছিটেটৰ জলবিশ্লেষণ বিক্ৰিয়াত এছেটিক এছিড উৎপন্ন হয়। বিক্ৰিয়াত উৎপন্ন হোৱা এছেটিক এছিডৰ সৈতে ছ'ডিয়াম হাইড্ৰক্সাইডৰ টাইট্ৰেছন কৰি জলবিশ্লেষণ বিক্ৰিয়াটো অধ্যয়ন কৰা হৈছে। বিক্ৰিয়াটো চলি থাকোতে বিভিন্ন সময়ত মিথাইল এছিটেটৰ গাঢ়তা তলত দিয়া হৈছে—

t (min)	0	30	60	90
গাঢ়তা (c) (mol L^{-1})	0.8500	0.8004	0.7538	0.7096

দেখুওৱা যে এই তথ্যখিনিয়ে ছিউড' প্ৰথম ক্ৰমৰ বিক্ৰিয়া নিৰ্দেশ কৰে, যিহেতু বিক্ৰিয়া চলি থকা সময়ত পানীৰ গাঢ়তা প্ৰায় ধ্ৰুৱক (55 mol L^{-1}) থাকে। বিক্ৰিয়াটোৰ ক্ষেত্ৰত নিম্নোক্ত গতি সমীকৰণত থকা ধ্ৰুৱক k' ৰ মান কিমান হ'ব—

গতিবেগ $= k' [CH_3COOCH_3]\ [H_2O]$

সমাধান বিক্ৰিয়াটো ছিউড' প্ৰথম ক্ৰমৰ হ'ব লাগিলে বিক্ৰিয়াটো মিথাইল এছিটেট সাপেক্ষে প্ৰথম ক্ৰমৰ হ'ব; কিয়নো $[H_2O]$ ধ্ৰুৱক।

আমি জানো, ছিউড' প্ৰথম ক্ৰমৰ বিক্ৰিয়াৰ গতি ধ্ৰুৱক,

$$k = \frac{2.303}{t} \log \frac{c_0}{c}$$

ইয়াত $k = k' [H_2O]$ আৰু $c_0 = 0.5800 \text{ mol } L^{-1}$

এতিয়া t আৰু c ৰ মানবোৰ (যেনে, $t = 30$ min হ'লে $c = 0.804$ mol L^{-1}; $t = 60$ min হ'লে $c = 0.7538$ mol L^{-1} আদি) বহুৰাই গণনা কৰিলে আমি k ৰ মান তলত দিয়া ধৰণে পাম—

t (min)	গাঢ়তা (c) (mol L^{-1})	k (min^{-1})
0	0.8500	–
30	0.8004	2.004×10^{-3}
60	0.7538	2.002×10^{-3}
90	0.7096	2.005×10^{-3}

দেখা গ'ল যে k (অৰ্থাৎ $k'[H_2O]$) ধ্ৰুৱক আৰু ইয়াৰ মান হ'ল 2.004×10^{-3} min^{-1}; গতিকে বিক্ৰিয়াটো ছিউড' প্ৰথম ক্ৰমৰ।

যিহেতু $k = k'[H_2O]$

গতিকে $2.004 \times 10^{-3}\ min^{-1} = k'[H_2O]$

বা, $k'(55.56\ mol\ L^{-1}) = 2.004 \times 10^{-3}\ min^{-1}$

$k' = 3.61 \times 10^{-5}\ mol\ L^{-1}\ min^{-1}$

পাঠস্থ প্ৰশ্নমালা

4.5 প্ৰথম ক্ৰমৰ বিক্ৰিয়া এটাৰ গতি ধ্ৰুৱকৰ মান 1.15×10^{-3} s^{-1}; কিমান সময়ত বিক্ৰিয়কৰ 5 g কমি 3 g বাকী ৰ'ব?

4.6 SO_2Cl_2ৰ প্ৰাৰম্ভিক পৰিমাণৰ আধা বিয়োজিত হ'বলৈ 60 মিনিট সময়ৰ প্ৰয়োজন হয়। বিয়োজন প্ৰক্ৰিয়াটো প্ৰথম ক্ৰমৰ হ'লে বিক্ৰিয়াটোৰ গতি ধ্ৰুৱকৰ মান নিৰ্ণয় কৰা।

4.5 বিক্ৰিয়াৰ গতিবেগৰ ওপৰত উষ্ণতাৰ প্ৰভাব (Temperature Dependence of the Rate of a Reaction)

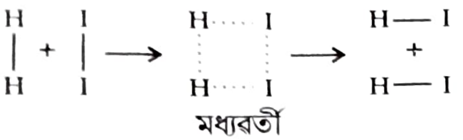
উষ্ণতা বঢ়ালে বহুতো ৰাসায়নিক বিক্ৰিয়াৰ গতিবেগ বাঢ়ে। উদাহৰণ স্বৰূপে, N_2O_5ৰ বিয়োজন বিক্ৰিয়াটোকে ল'ব পৰা যায়। 50^0 C উষ্ণতাত N_2O_5ৰ প্ৰাৰম্ভিক পৰিমাণৰ আধা বিয়োজিত হ'বলৈ সময় লাগে 12 min; কিন্তু 25^0 C উষ্ণতাত একে প্ৰক্ৰিয়াৰ বাবে 5 ঘণ্টা সময়ৰ প্ৰয়োজন হয়। আনহাতে 0^0 C উষ্ণতাত N_2O_5 ৰ প্ৰাৰম্ভিক পৰিমাণৰ আধা বিয়োজিত হ'বলৈ সময় লাগে 10 দিন। একেদৰে পটাছিয়াম পাৰমেংগানেটৰ ($KMnO_4$) সৈতে অকজেলিক এছিডৰ ($H_2C_2O_4$) বিক্ৰিয়াত পটাছিয়াম পাৰমেংগানেটৰ গাঢ় বেঙুনীয়া বৰণ লোপ পায়। উচ্চ উষ্ণতাত বিক্ৰিয়াটো সংঘটিত কৰিলে পটাছিয়াম পাৰমেংগানেটৰ বৰণ নিম্ন উষ্ণতাতকৈ সোনকালে নাইকিয়া হয়। দেখা গৈছে যে **উষ্ণতা 10^0 C বঢ়ালে ৰাসায়নিক বিক্ৰিয়া এটাৰ গতি ধ্ৰুৱকৰ মান প্ৰায় দুগুণ বাঢ়ে।**

আৰ্হেনিয়াছ সমীকৰণ (Arrhenius equation, 4.18) ব্যৱহাৰ কৰি বিক্ৰিয়াৰ গতিবেগৰ ওপৰত উষ্ণতাৰ প্ৰভাব ব্যাখ্যা কৰিব পাৰি। সমীকৰণটো প্ৰথমে হলেণ্ডৰ বিজ্ঞানী জে এইচ ভাণ্ট হফে (J H van't Hoff) আগবঢ়াইছিল যদিও চুইজাৰলেণ্ডৰ

ৰয়াসনবিজ্ঞানী আৰ্হেনিয়াছে ইয়াৰ ব্যাখ্যা আৰু যুক্তিযুক্ততা দাঙি ধৰিছিল। সমীকৰণটো নিম্নোক্ত ধৰণৰ—

$$k = A\, e^{-E_a/RT} \qquad (4.18)$$

ইয়াত A হ'ল আৰ্হেনিয়াছ গুণাংক (Arrhenius factor) বা কম্পানাংক গুণাংক (frequency factor) । ইয়াক পূৰ্ব-সূচকীয় গুণাংক (pre-exponential factor) বুলিও কোৱা হয়। নিৰ্দিষ্ট এটা বিক্ৰিয়াৰ বাবে ইয়াৰ মান ধ্ৰুৱক। R হ'ল গেছ ধ্ৰুৱক আৰু E_a হ'ল সক্ৰিয়ন শক্তি (activation energy)। সক্ৰিয়ন শক্তি সাধাৰণতে J mol^{-1} (joule per mol) এককত প্ৰকাশ কৰা হয়।

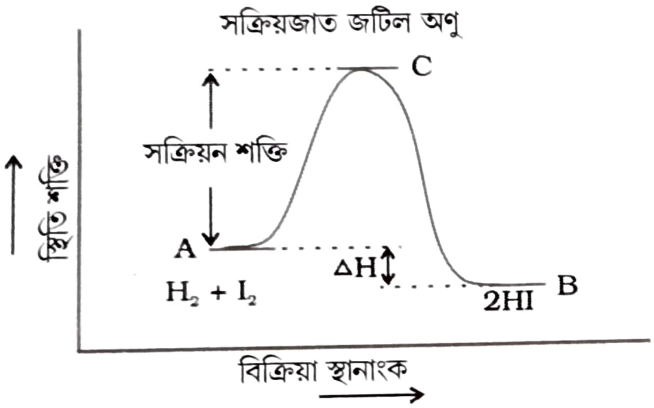


চিত্ৰ 4.6 : সক্ৰিয়জাত জটিলাণু সৃষ্টিৰ জৰিয়তে HI ৰ গঠন

হাইড্ৰ'জেন আৰু আয়'ডিনৰ মাজৰ বিক্ৰিয়াক উদাহৰণ হিচাপে লৈ সক্ৰিয়ন শক্তি ব্যাখ্যা কৰিব পৰা যায়। বিক্ৰিয়াটো হ'ল—

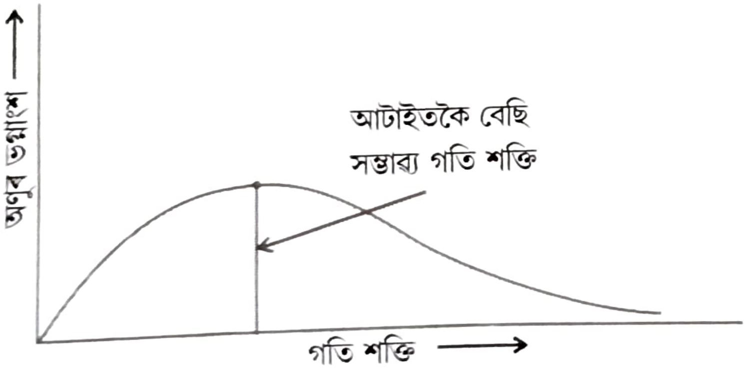
$$H_2\,(g) + I_2\,(g) \rightarrow 2\,HI\,(g)$$

আৰ্হেনিয়াছৰ মতে, প্ৰতিটো হাইড্ৰ'জেন অণু আৰু আয়'ডিন অণুৰ মাজত হোৱা সংঘৰ্ষৰ ফলত প্ৰথমতে দুঃস্থিত মধ্যৱৰ্তী অৱস্থা এটাৰ সৃষ্টি হয় (চিত্ৰ 4.6)। মধ্যৱৰ্তী অৱস্থাটো অতি ক্ষণস্থায়ী; ই বিযোজিত হৈ হাইড্ৰ'জেন আয়'ডাইডৰ দুটা অণু উৎপন্ন কৰে। এই মধ্যৱৰ্তী অৱস্থাটোক **সক্ৰিয়জাত জটিলাণু** (activated complex) বোলা হয়। সক্ৰিয়জাত জটিলাণুৰ সৃষ্টি হ'বলৈ প্ৰয়োজন হোৱা শক্তিক **সক্ৰিয়ন শক্তি** (activation energy, E_a) বোলে।



চিত্ৰ 4.7 : স্থিতিশক্তিৰ বিপৰীতে বিক্ৰিয়া স্থানাংকৰ লেখ

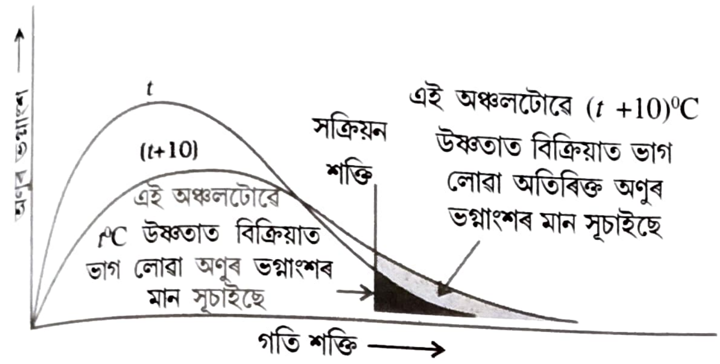
চিত্ৰ 4.7ত স্থিতি শক্তিৰ বিপৰীতে বিক্ৰিয়া স্থানাংকৰ (reaction coordinate) লেখ আঁকি সক্ৰিয়ন শক্তি দেখুওৱা হৈছে। বিক্ৰিয়া এটাত বিক্ৰিয়াজাত পদাৰ্থলৈ বিক্ৰিয়কৰ পৰিবৰ্তন হওতে তাৰ লগতে হোৱা শক্তিৰ পৰিৱৰ্তন বিক্ৰিয়া স্থানাংকই নিৰ্দেশ কৰে।



চিত্ৰ 4.8 : অণুবোৰৰ মাজত শক্তিৰ বিতৰণ

সক্ৰিয়জাত জটিলাণু বিযোজিত হৈ বিক্ৰিয়াজাত পদাৰ্থ উৎপন্ন হওঁতে শক্তি নিৰ্গত হয়। সেই কাৰণে সামগ্ৰিকভাবে বিক্ৰিয়াটোত নিৰ্গত বা শোষিত হোৱা শক্তি (অৰ্থাৎ বিক্ৰিয়া এনথালপি) বিক্ৰিয়ক আৰু বিক্ৰিয়াজাত পদাৰ্থৰ প্ৰকৃতিৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে।

বিক্ৰিয়কৰ সকলোবোৰ অণুৰে গতি শক্তি একে নহয়। তেনেদৰে প্ৰতিটো অণুৰ আচৰণ



চিত্ৰ 4.9 : বিক্রিয়াৰ গতিবেগৰ ওপৰত উষ্ণতাৰ প্রভাৱ দেখুওৱা বিতৰণ লেখ

জনাটো সহজ নহয়। সেইবাবে লাডৱিগ ব'ল্‌ট্‌জ্‌মান (Ludwig Boltzmann) আৰু জেম্‌ছ্ ক্লাৰ্ক মেক্সৱেলে (James Clark Maxwell) বৃহৎ সংখ্যক অণুৰ আচৰণ নির্ধাৰণ কৰিবলৈ পৰিসংখ্যা বিজ্ঞান প্রয়োগ কৰিছিল। তেওঁলোকৰ মতে, এক নির্দিষ্ট গতি শক্তি (E) সম্পন্ন অণুৰ ভগ্নাংশৰ (N_E/N_T) বিপৰীতে গতি শক্তিৰ লেখ আঁকি গতি শক্তিৰ বিতৰণ (distribution of kinetic energy) ব্যাখ্যা কৰিব পাৰি (চিত্ৰ 4.8)। ইয়াত N_E হ'ল E পৰিমাণৰ গতি শক্তি সম্পন্ন অণুৰ সংখ্যা আৰু N_T হ'ল মুঠ অণুৰ সংখ্যা।

লেখডালৰ শীর্ষবিন্দুই আটাইতকৈ বেছি অংশ অণুৰ গতি শক্তি নির্দেশ কৰে। আটাইতকৈ বেছি অংশ অণুৰ গতি শক্তিয়েই হ'ল **আটাইতকৈ বেছি সম্ভাব্য গতি শক্তি** (most probable kinetic energy) । ইয়াতকৈ কম বা বেছি শক্তি থকা অণুৰ সংখ্যা কম। উচ্চ উষ্ণতাত লেখডালৰ শীর্ষবিন্দু বেছি শক্তিৰ দিশত স্থানান্তৰিত হোৱাৰ (চিত্ৰ 4.9) লগতে লেখডাল বহল হয়। লেখডাল বিস্তৃত হোৱাৰ অর্থ এই যে উচ্চ উষ্ণতাত বেছি শক্তিসম্পন্ন অণুৰ সংখ্যা যথেষ্ট বৃদ্ধি পায়। সি যি কি নহওক, বিভিন্ন উষ্ণতাত পোৱা লেখবোৰে আগুৰা অংশৰ কালি একে হ'ব, যিহেতু মুঠ সম্ভাৱিতাৰ মান প্রতিটো ক্ষেত্রতে 1 হ'ব লাগিব। মেক্সৱেল-ব'ল্‌ট্‌জ্‌মেন বিতৰণ লেখত সক্রিয়ন শক্তিৰ (E_a) স্থান চিহ্নিত কৰিব পাৰি (চিত্ৰ 4.9)। উচ্চ উষ্ণতাত সক্রিয়ন শক্তিতকৈ অধিক শক্তিৰে সংঘর্ষত লিপ্ত হোৱা অণুৰ সংখ্যা বেছি। চিত্ৰ 4.9ৰ পৰা এটা সিদ্ধান্তত উপনীত হ'ব পাৰি— সক্রিয়ন শক্তিৰ সমান বা তাতকৈ অধিক শক্তিৰ পৰিসৰত $(t + 10)^0$ C উষ্ণতাৰ লেখডালে আগুৰা কালি t^0 C উষ্ণতাৰ লেখডালে আগুৰা কালিৰ দুগুণ হয়। অর্থাৎ $(t + 10)^0$ C উষ্ণতাত সক্রিয়ন শক্তি বা ততোধিক শক্তিসম্পন্ন অণুৰ সংখ্যা t^0 Cত একে শক্তিসম্পন্ন অণুৰ সংখ্যাৰ প্রায় দুগুণ। সেইকাৰণে আমি সিদ্ধান্ত কৰিব পাৰোঁ যে t^0 C উষ্ণতাতকৈ $(t + 10)^0$ C উষ্ণতাত বিক্রিয়াটোৰ গতিবেগ প্রায় দুগুণ।

আৰ্হেনিয়াছ সমীকৰণত (4.18) $e^{-E_a/RT}$ গুণাংকই কিমান অংশ অণুৰ গতি শক্তি সক্রিয়ন শক্তিতকৈ (E_a) বেছি সেয়া নির্দেশ কৰিছে।

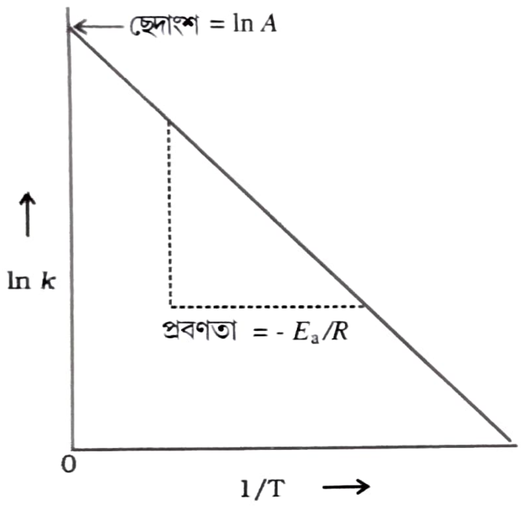
সমীকৰণ 4.18 ৰপৰা আমি পাওঁ—

$$\ln k = -\frac{E_a}{RT} + \ln A \qquad (4.19)$$

ইয়াৰপৰা আমি ক'ব পাৰোঁ যে $\ln k$ ৰ বিপৰীতে $\frac{1}{T}$ৰ লেখ আঁকিলে এডাল সৰলৰেখা পোৱা যাব (চিত্ৰ 4.10)।

গতিকে আৰ্হেনিয়াছ সমীকৰণৰপৰা (4.18) সিদ্ধান্ত কৰিব পৰা যায় যে উষ্ণতা বঢ়ালে বা সক্ৰিয়ন শক্তি কমিলে বিক্ৰিয়াৰ গতিবেগ বাঢ়ে আৰু গতি ধ্ৰুৱক সূচকীয় (exponential) হাৰত বাঢ়ে।

$\ln k$ ৰ বিপৰীতে $\frac{1}{T}$ৰ লেখডালৰ (চিত্ৰ 4.10) পৰা প্ৰৱণতা $-\frac{E_a}{R}$ আৰু ছেদাংশ $\ln A$ হ'ব। লেখডালৰপৰা প্ৰৱণতা আৰু $\ln A$ ৰ মান নিৰ্ধাৰণ কৰি E_a আৰু A মান নিৰ্ণয় কৰিব পাৰি।



চিত্ৰ 4.10 : $\ln k$ ৰ বিপৰীতে $\frac{1}{T}$ ৰ লেখ

ধৰা, T_1 উষ্ণতাত এটা বিক্ৰিয়াৰ গতি ধ্ৰুৱক k_1 ; তেনে ক্ষেত্ৰত সমীকৰণ 4.19 ব্যৱহাৰ কৰি আমি পাওঁ

$$\ln k_1 = -\frac{E_a}{RT_1} + \ln A \quad (4.20)$$

একেদৰে T_2 উষ্ণতাত গতি ধ্ৰুৱক k_2 হ'লে আমি পাম

$$\ln k_2 = -\frac{E_a}{RT_2} + \ln A \quad (4.21)$$

(যিহেতু নিৰ্দিষ্ট বিক্ৰিয়া এটাৰ বাবে A ধ্ৰুৱক)

সমীকৰণ (4.21)ৰপৰা সমীকৰণ (4.20) বিয়োগ কৰি আমি পাওঁ,

$$\ln k_2 - \ln k_1 = \frac{E_a}{RT_1} - \frac{E_a}{RT_2}$$

বা, $$\ln \frac{k_2}{k_1} = \frac{E_a}{R}\left[\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right]$$

এতেকে, $$\log \frac{k_2}{k_1} = \frac{E_a}{2.303R}\left[\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right] \quad (4.22)$$

গতিকে, $$\log \frac{k_2}{k_1} = \frac{E_a}{2.303\,R}\left[\frac{T_2 - T_1}{T_1 T_2}\right]$$

উদাহৰণ 4.10 500 K আৰু 700 K উষ্ণতাত বিক্ৰিয়া এটাৰ গতি ধ্ৰুৱকৰ মান ক্ৰমে 0.02 s^{-1} আৰু 0.07 s^{-1} হ'লে সক্ৰিয়ন শক্তি আৰু কম্পনাংক গুণাংকৰ মান নিৰ্ণয় কৰা।

সমাধান দিয়া আছে, $T_1 = 500$ K $\quad k_1 = 0.02\ s^{-1}$

$T_2 = 700$ K $\quad k_2 = 0.07\ s^{-1}$

আমি জানো, $$\log \frac{k_2}{k_1} = \frac{E_a}{2.303R}\left[\frac{T_2 - T_1}{T_1T_2}\right]$$

গতিকে $$\log \frac{0.07\ s^{-1}}{0.02\ s^{-1}} = \left(\frac{E_a}{2.303 \times 8.314\ J\ K^{-1}\ mol^{-1}}\right)\left[\frac{(700-500)K}{700\ K \times 500\ K}\right]$$

বা, $$0.544 = \frac{E_a \times 5.714 \times 10^{-4}}{19.15\ J\ mol^{-1}}$$

এতেকে $$E_a = \frac{0.544 \times 19.15\ J\ mol^{-1}}{5.714 \times 10^{-4}}$$

$$= 18230.8\ J\ mol^{-1}$$

আকৌ, $$\ln k = \frac{E_a}{RT} + \ln A$$

$$\log k = -\frac{E_a}{2.203\ RT} + \log A$$

$$\log 0.02 = \frac{-18230.8\ J\ mol^{-1}}{2.303 \times 8.314\ J\ K^{-1}\ mol^{-1} \times 500\ K} + \log A$$

$$\therefore A = 1.61$$

উদাহৰণ 4.11 ইথাইল আয়'ডাইডৰ বিযোজন নিম্নোক্ত ধৰণে হয়—

$C_2H_5I(g) \rightarrow C_2H_4\ (g) + HI(g)$

600 K উষ্ণতাত এই প্ৰথম ক্ৰমৰ বিক্ৰিয়াটোৰ গতি ধ্ৰুৱকৰ মান $1.60 \times 10^{-5}\ s^{-1}$ আৰু সক্ৰিয়ন শক্তি 209 kJ mol^{-1} হ'লে 700 K উষ্ণতাত গতি ধ্ৰুৱকৰ মান গণনা কৰা।

সমাধান ইয়াত $T_1 = 600$ K $\quad k_1 = 1.60 \times 10^{-5}\ s^{-1}$

$T_2 = 700$ K $\quad k_2 = 0.07\ s^{-1}$

$E_a = 209 \times 10^{-3}$ J mol^{-1}

গতি ধ্ৰুৱক, k_2ৰ মান উলিয়াব লাগে।

আমি জানো, $$\log \frac{k_2}{k_1} = \frac{E_a}{2.203\ R}\left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right)$$

বা, $\log k_2 - \log k_1 = \frac{E_a}{2.203R}\left(\frac{T_2 - T_1}{T_1 \times T_2}\right)$

বা, $\log k_2 = \frac{209 \times 10^3 \text{ J mol}^{-1}}{2.303 \times 8.314 \text{ J mol}^{-1}\text{ K}^{-1}}\left(\frac{(700-600)\text{K}}{700\text{K} \times 600\text{K}}\right) + \log(1.60 \times 10^{-5})$

$= -4.796 + 2.599$

$= -2.197$

এতেকে $k_2 = 6.36 \times 10^{-3}$

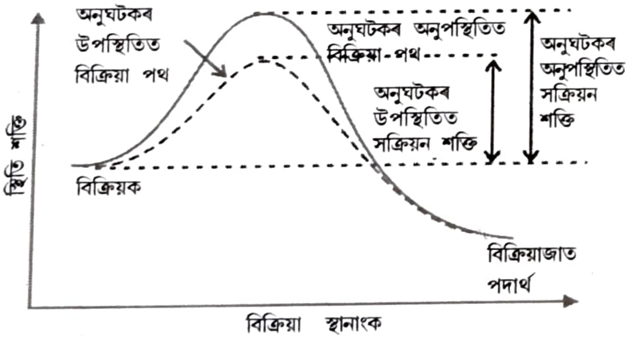
গতিকে গতি ধ্ৰুৱক, $k_2 = 6.36 \times 10^{-3}\ \text{s}^{-1}$

4.5.1 অনুঘটকৰ প্ৰভাৱ (Effect of Catalyst)

যি পদাৰ্থই নিজৰ স্থায়ী ৰাসায়নিক পৰিৱৰ্তন নোহোৱাকৈ বিক্ৰিয়াৰ গতিবেগ সলনি কৰিব পাৰে তাকে অনুঘটক (catalyst) বোলা হয়। উদাহৰণ স্বৰূপে, মেংগানিজ ডাইঅক্সাইডে (MnO_2) পটাছিয়াম ক্ল'ৰেটৰ ($KClO_3$) বিযোজনত অনুঘটকৰ ক্ৰিয়া কৰি বিক্ৰিয়াটোৰ গতিবেগ যথেষ্ট বঢ়াই দিয়ে।

$$2\,KClO_3 \xrightarrow{MnO_2} 2\,KCl + 3\,O_2$$

মধ্যৱৰ্তী জটিলাণু তত্ত্ব (intermediate complex theory) ব্যৱহাৰ কৰি অনুঘটকৰ ক্ৰিয়া ব্যাখ্যা কৰিব পাৰি। এই তত্ত্ব অনুসৰি অনুঘটকে বিক্ৰিয়কৰ সৈতে লগ লাগি প্ৰথমতে এটা মধ্যৱৰ্তী জটিলাণুৰ সৃষ্টি কৰে। এই জটিলাণু অতি ক্ষণস্থায়ী; ই বিযোজিত হৈ বিক্ৰিয়াজাত পদাৰ্থ আৰু অনুঘটক উৎপন্ন কৰে। সেয়েহে অনুঘটকৰ উপস্থিতিত বিক্ৰিয়াৰ ক্ৰিয়াবিধি সলনি হয়; বা, আমি ক'ব পাৰো যে অনুঘটকৰ উপস্থিতিত বিক্ৰিয়াটো আন এক পথেৰে সংঘটিত হয়। এই বিকল্প পথত সক্ৰিয়ন শক্তি কম (চিত্ৰ 4.11)। আৰ্হেনিয়াছ সমীকৰণৰপৰা এইটো স্পষ্ট যে সক্ৰিয়ন শক্তিৰ মান যিমানেই কমে বিক্ৰিয়াৰ গতিবেগ সিমানেই বাঢ়ে। অনুঘটকৰ উপস্থিতিত বিক্ৰিয়াৰ গতিবেগ বৃদ্ধি পোৱাৰ কাৰণ এয়াই।



চিত্ৰ 4.11 : সক্ৰিয়ন শক্তিৰ ওপৰত অনুঘটকৰ প্ৰভাৱ

অনুঘটকীয় বিক্ৰিয়াৰ কিছুমান বৈশিষ্ট্য আছে। এইবোৰ তলত উল্লেখ কৰা হ'ল।

1. বিক্ৰিয়াত অতি কম পৰিমাণৰ অনুঘটকৰ প্ৰয়োজন হয়। অৰ্থাৎ বৃহৎ পৰিমাণৰ বিক্ৰিয়কৰ অনুঘটনৰ বাবেও অতি কম পৰিমাণৰ অনুঘটকেই যথেষ্ট হয়।
2. অনুঘটকে বিক্ৰিয়াৰ গীব্‌ছ্ শক্তিৰ (ΔG) পৰিৱৰ্তন ঘটাব নোৱাৰে।
3. অনুঘটকে স্বতঃস্ফূৰ্ত বিক্ৰিয়াৰ অনুঘটন ঘটায়; কিন্তু ই অস্বতঃস্ফূৰ্ত বিক্ৰিয়াৰ অনুঘটন ঘটাব নোৱাৰে।

4. অনুঘটকে বিক্ৰিয়াৰ সাম্য ধ্ৰুৱকৰ মান সলনি নকৰে; কিন্তু ই খৰতকীয়াভাৱে সাম্যত উপনীত কৰাব পাৰে। অনুঘটকে সন্মুখী আৰু বিপৰীতমুখী বিক্ৰিয়াৰ গতিবেগ সমানে বঢ়ায়। সেইকাৰণে অনুঘটকৰ উপস্থিতিত সাম্যাৱস্থাৰ সলনি নহয় যদিও সোনকালে সাম্যাৱস্থা পোৱা যায়।

4.6 ৰাসায়নিক বিক্ৰিয়াৰ সংঘৰ্ষ তত্ত্ব (Collision Theory of Chemical Reactions)

1916-18 চনত মেক্স ট্ৰ'ট্জ্ (Max Trautz) আৰু উইলিয়াম লুইছে (William Lewis) সংঘৰ্ষ তত্ত্বটোৰ অৱতাৰণা কৰিছিল। বিক্ৰিয়াৰ ক্ৰিয়াবিধি আৰু বিক্ৰিয়াৰ বাবে প্ৰয়োজনীয় শক্তি সম্বন্ধে এই তত্ত্বই যথেষ্ট আভাস দিয়ে। এই ক্ষেত্ৰত আৰ্হেনিয়াছ সমীকৰণকৈ সংঘৰ্ষ তত্ত্ব বেছি উপযোগী।

সংঘাত তত্ত্বটো গেছৰ গতিজ তত্ত্বৰ ওপৰত প্ৰতিষ্ঠিত। এই তত্ত্ব অনুসৰি

1. বিক্ৰিয়কৰ অণুবোৰক কঠিন গোলক (hard spheres) হিচাপে বিবেচনা কৰা হয়; আৰু
2. বিক্ৰিয়কৰ অণুবোৰৰ পৰস্পৰৰ মাজত হোৱা সংঘৰ্ষৰ ফলত বিক্ৰিয়া সংঘটিত হোৱা বুলি ভবা হয়।

নিৰ্দিষ্ট আয়তনৰ গেছত অণুবোৰৰ মাজত ঘটা সংঘৰ্ষৰ সংখ্যা গণনা কৰিব পাৰি। **বিক্ৰিয়া মিশ্ৰ (reaction mixture) এটাৰ একক আয়তনত প্ৰতি ছেকেণ্ডত অণুবোৰৰ মাজত সংঘটিত হোৱা সংঘৰ্ষৰ সংখ্যাকে সংঘৰ্ষ সংখ্যা (collision frequency, Z) বোলা হয়।** কিন্তু প্ৰতিটো সংঘৰ্ষৰ বাবে বিক্ৰিয়া সংঘটিত নহয়; যিবোৰ সংঘৰ্ষৰ ক্ষেত্ৰত বিক্ৰিয়ক অণুৱে সক্ৰিয়ন শক্তি বা তাৰ অধিক শক্তি লাভ কৰে সেইবোৰৰ ফলতহে বিক্ৰিয়া সংঘটিত হয়। উদাহৰণ স্বৰূপে, নিম্নোক্ত দ্বিআণৱিক প্ৰাথমিক বিক্ৰিয়াটো বিবেচনা কৰা—

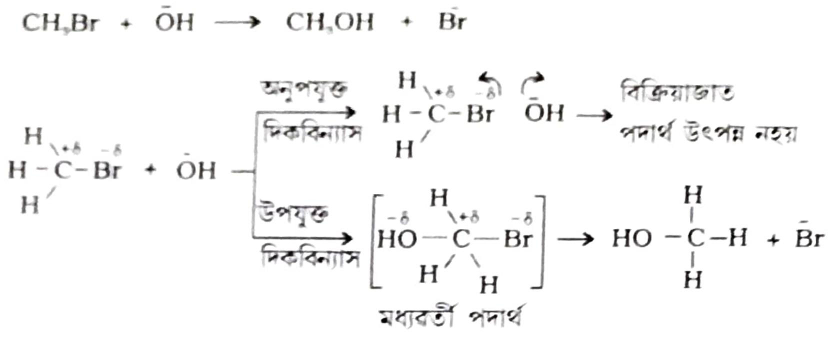
$$A + B \rightarrow \text{বিক্ৰিয়াজাত পদাৰ্থ}$$

ধৰা, Z_{AB} হ'ল একক আয়তনত প্ৰতি ছেকেণ্ডত A আৰু B অণুবোৰৰ মাজত হোৱা সংঘৰ্ষৰ সংখ্যা। আকৌ ধৰা, $e^{-E_a/RT}$ অংশ সংঘৰ্ষৰ বাবে বিক্ৰিয়ক অণুৱে সক্ৰিয়ন শক্তি বা তাতকৈ অধিক শক্তি লাভ কৰে। তেনে ক্ষেত্ৰত সংঘৰ্ষ তত্ত্ব অনুসৰি বিক্ৰিয়াটোৰ গতিবেগ তলত দিয়া ধৰণে প্ৰকাশ কৰিব পাৰি—

$$\text{গতিবেগ} = Z_{AB}\, e^{-E_a/RT} \qquad (4.23)$$

আৰ্হেনিয়াছ সমীকৰণৰ সৈতে সমীকৰণ (4.23) ৰিজালে আমি পাম যে কম্পনাংক গুণাংক (A) সংঘৰ্ষ সংখ্যা সৈতে জড়িত।

পৰমাণু বা সৰল অণুৰ মাজত সংঘটিত হোৱা বিক্ৰিয়াৰ ক্ষেত্ৰত সংঘৰ্ষ তত্ত্বটো যথেষ্ট উপযোগী। এনে বিক্ৰিয়াৰ ক্ষেত্ৰত সমীকৰণ (4.23) প্ৰয়োগ কৰি পোৱা গতি ধ্ৰুৱকৰ মান পৰীক্ষালব্ধ মানৰ সৈতে প্ৰায় মিলে। কিন্তু জটিল অণুৰ



চিত্ৰ 4.12 : সংঘৰ্ষৰ সময়ত অণুৰ উপযুক্ত আৰু অনুপযুক্ত দিকবিন্যাস

মাজত ঘটা বিক্ৰিয়াৰ ক্ষেত্ৰত গতি ধ্ৰুৱকৰ মানৰ যথেষ্ট অমিল দেখা যায়। ইয়াৰ সম্ভাব্য কাৰণ ওপৰত উল্লেখ কৰাৰ নিচিনাই— সকলোবোৰ সংঘৰ্ষৰ বাবে বিক্ৰিয়া সংঘটিত নহয়। সংঘাত হোৱাৰ সময়ত অণুবোৰৰ যথেষ্ট পৰিমাণৰ গতি শক্তি (অৰ্থাৎ প্ৰভাৱসীমা শক্তি*, threshold energy) থাকিলেহে বিক্ৰিয়া সংঘটিত হয়। ইয়াৰ উপৰি আন এটা চৰ্ত আছে— সংঘৰ্ষৰ সময়ত অণুবোৰৰ দিকবিন্যাসো (orientation) উপযুক্ত হ'ব লাগিব। অৰ্থাৎ আমি ক'ব পাৰো যে যথেষ্ট পৰিমাণৰ গতি শক্তি সম্পন্ন অণুৱে উপযুক্ত দিকবিন্যাসেৰে কৰা সংঘৰ্ষৰ ফলতহে বিক্ৰিয়া সংঘটিত হয়। যথেষ্ট গতি শক্তিসম্পন্ন অণুৱে উপযুক্ত দিকবিন্যাসেৰে ঘটোৱা যিবোৰ সংঘৰ্ষৰ ফলত বিক্ৰিয়কৰ বান্ধনিৰ বিভাজন ঘটি নতুন বান্ধনিৰ সৃষ্টি হয় সেইবোৰ সংঘাতকে **কাৰ্যকৰী সংঘৰ্ষ** (effective collision) বোলা হয়।

উদাহৰণ স্বৰূপে, ব্ৰম'মিথেনৰপৰা মিথানল উৎপন্ন হোৱা বিক্ৰিয়াটোকে ল'ব পাৰি (চিত্ৰ 4.12)। ব্ৰম'মিথেন আৰু OH^- আয়নে উপযুক্ত দিকবিন্যাসেৰে কৰা সংঘৰ্ষৰ ফলতহে মিথানল উৎপন্ন হয়। ইহঁতৰ উপযুক্ত দিকবিন্যাস নহ'লে সংঘৰ্ষৰ পিচত পৰস্পৰে উফৰি যায় আৰু বিক্ৰিয়াজাত পদাৰ্থ উৎপন্ন নহয়।

উপযুক্ত দিকবিন্যাসেৰে হোৱা কাৰ্যকৰী সংঘৰ্ষৰ বাবে আন এটা গুণাংকৰ (P) অৱতাৰণা কৰা হৈছে। ইয়াক সম্ভাবিতা (probability) বা ষ্টেৰিক (steric) গুণাংক বোলা হয়। P গুণাংকই সংঘৰ্ষৰ সময়ত অণুবোৰৰ উপযুক্ত দিক্‌বিন্যাস নিৰ্দেশ কৰে। সেয়েহে সংঘৰ্ষ তত্ত্ব অনুসৰি

$$\text{বিক্ৰিয়াৰ গতিবেগ} = P Z_{AB}\, e^{-E_a/RT}$$

গতিকে আমি ক'ব পাৰো যে সংঘৰ্ষ তত্ত্ব অনুসৰি দুটা কাৰকৰ ওপৰত বিক্ৰিয়াৰ গতিবেগ নিৰ্ভৰ কৰে— সক্ৰিয়ন শক্তি আৰু অণুৰ উপযুক্ত দিকবিন্যাস।

সংঘৰ্ষ তত্ত্বৰ কিছু আঁসোৱাহো আছে। এই তত্ত্বত অণু বা পৰমাণুক কঠিন গোলক বুলি ভবা হৈছে; অণু/পৰমাণুৰ গঠনৰ কথা ইয়াত বিবেচনা কৰা হোৱা নাই। এই তত্ত্বৰ বিষয়ে বিশদভাৱে পিচত পঢ়িবলৈ পাবা। লগতে ৰাসায়নিক বিক্ৰিয়াৰ আন তত্ত্ব সম্বন্ধেও পিচত জানিব পাৰিবা।

** প্ৰভাৱসীমা শক্তি = সক্ৰিয়ন শক্তি + বিক্ৰিয়কৰ শক্তি*

পাঠস্থ প্ৰশ্নমালা

4.7 গতি ধ্ৰুৱকৰ ওপৰত উষ্ণতাৰ প্ৰভাৱ কেনেকুৱা লিখা।

4.8 298 K উষ্ণতাৰপৰা 10 K উষ্ণতা বঢ়াওঁতে বিক্ৰিয়া এটাৰ গতিবেগ দুগুণ বাঢ়িল। বিক্ৰিয়াটোৰ সক্ৰিয়ন শক্তি গণনা কৰা।

4.9 $2\ HI\ (g) \rightarrow H_2\ (g) + I_2\ (g)$

581 K উষ্ণতাত এই বিক্ৰিয়াটোৰ সক্ৰিয়ন শক্তি 209.5 kJ mol^{-1} হ'লে বিক্ৰিয়কৰ কিমান অংশ অণুৰ শক্তি এই সক্ৰিয়ন শক্তিৰ সমান বা তাতকৈ বেছি হ'ব গণনা কৰা।

সাৰাংশ

বিক্ৰিয়াৰ গতিবেগ, গতিবেগক প্ৰভাবান্বিত কৰা কাৰক, পৰমাণুৰ পুনৰ্বিন্যাস, মধ্যবৰ্তী গঠন আদি সাপেক্ষে ৰাসায়নিক বিক্ৰিয়াৰ অধ্যয়নেই হ'ল **ৰাসায়নিক গতিবিজ্ঞান**। একক সময়ত বিক্ৰিয়কৰ গাঢ়তাৰ হ্ৰাস বা বিক্ৰিয়াজাত পদাৰ্থৰ গাঢ়তাৰ বৃদ্ধিয়ে হ'ল বিক্ৰিয়াৰ গতিবেগ। এই গতিবেগ দুই ধৰণে প্ৰকাশ কৰিব পাৰি— তাৎক্ষণিক গতিবেগ আৰু গড় গতিবেগ। তাৎক্ষণিক গতিবেগ কোনো এক মুহূৰ্তৰ গতিবেগ; আনহাতে গড় গতিবেগ হ'ল তুলনামূলকভাবে দীঘল সময়ৰ পৰিসৰৰ গতিবেগ। বিক্ৰিয়াৰ গতিবেগক প্ৰভাৱান্বিত কৰা কাৰকসমূহ হ'ল— উষ্ণতা, বিক্ৰিয়কৰ গাঢ়তা, আৰু অনুঘটক। **গতি সূত্ৰই** বিক্ৰিয়াৰ গতিবেগৰ সৈতে গাঢ়তাৰ সম্বন্ধ দিয়ে। গতি সূত্ৰটো পৰীক্ষাৰদ্বাৰা নিৰ্ণয় কৰা হয়।

গতি সূত্ৰত থকা কোনো এটা বিক্ৰিয়কৰ গাঢ়তাৰ ঘাতেই হ'ল সেই বিক্ৰিয়ক সাপেক্ষে বিক্ৰিয়াটোৰ **ক্ৰম**। আকৌ গতি সূত্ৰত থকা বিভিন্ন পদাৰ্থৰ গাঢ়তাৰ ঘাতসমূহৰ যোগফলেই হ'ল বিক্ৰিয়াটোৰ সামগ্ৰিক ক্ৰম। গতি ধ্ৰুৱক হ'ল গতি সূত্ৰত থকা সমানুপাতী ধ্ৰুৱক। অনুকলিত গতি সমীকৰণৰপৰা গতি ধ্ৰুৱকৰ মান উলিয়াব পাৰি। অকল প্ৰাথমিক বিক্ৰিয়াৰহে **আণৱিকতা** থাকে। আণৱিকতাৰ মান 1, 2, বা 3 হ'ব পাৰে; কিন্তু বিক্ৰিয়াৰ ক্ৰম 0, 1, 2, 3 বা ভগ্নাংশ হ'ব পাৰে। প্ৰাথমিক বিক্ৰিয়াৰ আণৱিকতা আৰু ক্ৰম একে।

বিক্ৰিয়াৰ গতি ধ্ৰুৱকৰ মান উষ্ণতাৰ ওপৰত কেনেদৰে নিৰ্ভৰ কৰে সেয়া আৰ্হেনিয়াছ সমীকৰণৰপৰা পোৱা যায়— ($k = Ae^{-E_a/RT}$). ইয়াত E_a হ'ল সক্ৰিয়ন শক্তি আৰু A হ'ল কম্পনাংক গুণাংক। A সংঘৰ্ষ বাৰংবাৰতাৰ সৈতে জড়িত। সক্ৰিয়জাত জটিলাণু আৰু বিক্ৰিয়কৰ শক্তিৰ পাৰ্থক্যই হ'ল সক্ৰিয়ন শক্তি। আৰ্হেনিয়াছ সমীকৰণৰপৰা আমি পাওঁ যে উষ্ণতা বঢ়ালে বা সক্ৰিয়ন শক্তি কমিলে বিক্ৰিয়াৰ গতিবেগ বাঢ়ে। অনুঘটকৰ উপস্থিতিত বিক্ৰিয়া এটা বেলেগ পথেৰে সংঘটিত হয় য'ত সক্ৰিয়ন শক্তি কম। সেইবাবে অনুঘটকৰ উপস্থিতিত বিক্ৰিয়াৰ গতিবেগ বাঢ়ে। সংঘৰ্ষ তত্ত্ব অনুসৰি সংঘাতৰ সময়ত অণুৰ দিকবিন্যাস বুজোৱা ষ্টেৰিক গুণাংকৰ (P গুণাংক) কাৰ্যকৰী সংঘৰ্ষত অৰিহণা আছে। সংঘৰ্ষ তত্ত্ব অনুসৰি ৰাসায়নিক বিক্ৰিয়াৰ গতি ধ্ৰুৱক, $k = P Z_{AB}\ e^{-E_a/RT}$

অনুশীলনী

4.1 নিম্নোক্ত বিক্রিয়াসমূহৰ প্ৰতিটোৰে গতি সমীকৰণৰপৰা বিক্ৰিয়াটোৰ ক্ৰম আৰু গতি ধ্ৰুৱকৰ একক নিৰ্ণয় কৰা—

(i) $3NO(g) \rightarrow N_2O\ (g)$ গতিবেগ = $k[NO]^2$

(ii) $H_2O_2\ (aq) + 3I^-\ (aq) + 2H^+ \rightarrow 2H_2O\ (l) + I_3^-$ গতিবেগ = $k[H_2O_2][I^-]$

(iii) $CH_3CHO\ (g) \rightarrow CH_4\ (g) + CO(g)$ গতিবেগ = $k\,[CH_3CHO]^{3/2}$

(iv) $C_2H_5Cl\ (g) \rightarrow C_2H_4\ (g) + HCl\ (g)$ গতিবেগ = $k\,[C_2H_5Cl]$

4.2 $2A + B \rightarrow A_2B$ বিক্ৰিয়াটোৰ গতিবেগ $k = [A]\ [B]^2$
বিক্ৰিয়াটোৰ গতি ধ্ৰুৱকৰ (k) মান $2.0 \times 10^{-6}\ mol^{-2}\ L^{-2}\ s^{-1}$, $[A] = 0.1\ mol\ L^{-1}$ আৰু $[B] = 0.2\ mol\ L^{-1}$ হ'লে প্ৰাৰম্ভিক গতিবেগ নিৰ্ণয় কৰা। আকৌ A-ৰ গাঢ়তা কমি $0.6\ mol\ L^{-1}$ হ'লে গতিবেগ কিমান হ'ব?

4.3 প্লেটিনাম পৃষ্ঠৰ ওপৰত NH_3 ৰ বিযোজন বিক্ৰিয়াটো শূন্য ক্ৰমৰ। বিক্ৰিয়াটোৰ গতি ধ্ৰুৱকৰ (k) মান $2.5 \times 10^{-4}\ mol\ L^{-1}\ s^{-1}$ হ'লে N_2 আৰু H_2 ৰ উৎপাদনৰ গতিবেগ নিৰ্ণয় কৰা।

4.4 ডাইমিথাইল ইথাৰৰ (CH_3OCH_3) বিযোজনৰ ফলত CH_4, H_2 আৰু CO উৎপন্ন হয়। বিক্ৰিয়াটোৰ গতিবেগ $= k\ [CH_3OCH_3]^{3/2}$
আবদ্ধ পাত্ৰত চাপৰ বৃদ্ধিৰ পৰিমাণ নিৰ্ণয় কৰি বিক্ৰিয়াটোৰ বিষয়ে অধ্যয়ন কৰিব পৰা যায়। সেইবাবে বিক্ৰিয়াটোৰ গতিবেগ ডাইমিথাইল ইথাৰৰ আংশিক চাপ হিচাপেও প্ৰকাশ কৰিব পাৰি—

$$\text{গতিবেগ} = k\ (p_{CH_3OCH_3})^{3/2}$$

চাপক bar আৰু সময়ক মিনিট এককত প্ৰকাশ কৰিলে বিক্ৰিয়াটোৰ গতিবেগ আৰু গতি ধ্ৰুৱকৰ একক ঠাৰৰ কৰা।

4.5 ৰাসায়নিক বিক্ৰিয়াৰ গতিবেগক প্ৰভাবান্বিত কৰা কাৰকসমূহ উল্লেখ কৰা।

4.6 এটা বিক্ৰিয়ক সাপেক্ষে বিক্ৰিয়া এটা দ্বিতীয় ক্ৰমৰ। নিম্নোক্ত চৰ্ত সাপেক্ষে বিক্ৰিয়াটোৰ গতিবেগ কেনেদৰে প্ৰভাবান্বিত হ'ব—

(i) বিক্ৰিয়কৰ গাঢ়তা দুগুণ বঢ়ালে

(ii) বিক্ৰিয়কৰ গাঢ়তা কমাই আধা কৰিলে।

4.7 বিক্ৰিয়াৰ গতি ধ্ৰুৱকৰ ওপৰত উষ্ণতাৰ প্ৰভাৱ কেনেকুৱা? গতি ধ্ৰুৱকৰ ওপৰত উষ্ণতাৰ প্ৰভাৱ মাত্ৰাত্মকভাৱে কেনেদৰে প্ৰকাশ কৰিবা?

4.8 জলীয় মাধ্যমত এবিধ এষ্টাৰৰ জলবিশ্লেষণ এটা ছিউড' প্ৰথম ক্ৰমৰ বিক্ৰিয়া। এই বিক্ৰিয়াটোত নিম্নোক্ত তথ্যখিনি পোৱা গৈছে—

t (s)	0	30	60	90
[এষ্টাৰ] mol L^{-1}	0.55	0.31	0.17	0.085

(i) 30 s ৰ পৰা 60 s সময়ৰ ভিতৰত বিক্রিয়াটোৰ গড় গতিবেগ গণনা কৰা।

(ii) এষ্টাৰৰ জলবিশ্লেষণৰ ক্ষেত্ৰত ছিউড' প্ৰথম ক্ৰমৰ বিক্রিয়াটোৰ গতি ধ্ৰুৱকৰ মান নিৰ্ণয় কৰা।

4.9 এটা বিক্রিয়া A বিক্রিয়ক সাপেক্ষে প্ৰথম ক্ৰমৰ আৰু বিক্রিয়ক B সাপেক্ষে দ্বিতীয় ক্ৰমৰ।

(i) বিক্রিয়াটোৰ গতিবেগৰ অৱকলজ সমীকৰণ লিখা।

(ii) B ৰ গাঢ়তা তিনিগুণ বঢ়ালে গতিবেগ কেনেদৰে সলনি হ'ব?

(iii) A আৰু B প্ৰত্যেকৰে গাঢ়তা দুগুণ বঢ়ালে বিক্রিয়াটোৰ গতিবেগ কেনেদৰে প্ৰভাৱান্বিত হ'ব?

4.10 A আৰু B ৰ মাজত সংঘটিত হোৱা বিক্রিয়া এটাৰ ক্ষেত্ৰত বিক্রিয়ক দুটাৰ বিভিন্ন প্ৰাৰম্ভিক গাঢ়তা লৈ বিক্রিয়াটোৰ প্ৰাৰম্ভিক গতিবেগ তলত উল্লেখ কৰা ধৰণে পোৱা গৈছে—

A (mol L^{-1})	0.20	0.20	0.40
B (mol L^{-1})	0.30	0.10	0.05
r_0 (mol $L^{-1}s^{-1}$)	5.07×10^{-5}	5.07×10^{-5}	1.43×10^{-4}

A আৰু B সাপেক্ষে ক্ৰম নিৰ্ণয় কৰা।

4.11 $2A + B \rightarrow C + D$ বিক্রিয়াটোৰ ক্ষেত্ৰত নিম্নোক্ত তথ্য পোৱা গৈছে—

পৰীক্ষা	[A] (mol L^{-1})	[B] (mol L^{-1})	D উৎপন্ন হোৱাৰ প্ৰাৰম্ভিক গতিবেগ (mol L^{-1} min^{-1})
I	0.1	0.1	6.0×10^{-3}
II	0.3	0.2	7.2×10^{-2}
III	0.3	0.4	2.88×10^{-1}
IV	0.4	0.1	2.40×10^{-2}

বিক্রিয়াটোৰ গতি সূত্ৰ আৰু গতি ধ্ৰুৱক নিৰ্ণয় কৰা।

4.12 A আৰু B ৰ মাজত সংঘটিত হোৱা বিক্রিয়াটো A সাপেক্ষে প্ৰথম ক্ৰমৰ; কিন্তু B সাপেক্ষে শূন্য ক্ৰমৰ। এই তথ্য ব্যৱহাৰ কৰি নিম্নোক্ত তালিকাত থকা খালী ঠাই পূৰ্ণ কৰা —

পৰীক্ষা	[A] (mol L^{-1})	[B] (mol L^{-1})	প্ৰাৰম্ভিক গতিবেগ (mol L^{-1} min^{-1})
I	0.1	0.1	2.0×10^{-2}
II	–	0.2	4.0×10^{-2}
III	0.4	0.4	–
IV	–	0.2	2.0×10^{-2}

4.13 প্ৰথম ক্ৰমৰ বিক্রিয়া তিনিটাৰ গতি ধ্ৰুৱকৰ মান তলত দিয়া হৈছে। প্ৰতিটোৰ ক্ষেত্ৰত অৰ্ধ-জীৱন কাল গণনা কৰা।

(i) 200 s^{-1} (ii) 2 min^{-1} (iii) 4 $years^{-1}$

4.14 ^{14}C ৰ তেজস্ক্ৰিয় বিভংগনৰ অৰ্ধ-জীৱন কাল 5730 বছৰ। কাঠযুক্ত প্ৰত্নতাত্ত্বিক নমুনা এটাত গছডাল জীয়াই থাকোতে যিমান ^{14}C আছিল বৰ্তমান তাৰে 80% থকাৰ প্ৰমাণ পোৱা গৈছে। নমুনাটোৰ বয়স গণনা কৰা।

4.15 N_2O_5 ৰ বিযোজন নিম্নোক্ত ধৰণে হয়—

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

318 K উষ্ণতাত গেছীয় প্ৰাৰস্থাত সংঘটিত হোৱা এই বিক্ৰিয়াটোৰ ক্ষেত্ৰত তলত উল্লেখ কৰা তথ্যখিনি পোৱা গৈছে—

t (s)	0	400	800	1200	1600	2000	2400	2800	3200
$10^2 \times [N_2O_5]$ (mol L^{-1})	1.63	1.36	1.14	0.93	0.78	0.64	0.53	0.43	0.35

(i) t ৰ বিপৰীতে $[N_2O_5]$ ৰ লেখ আঁকা।

(ii) লেখৰপৰা বিক্ৰিয়াটোৰ অৰ্ধ-জীৱন কাল নিৰ্ণয় কৰা।

(iii) t ৰ বিপৰীতে $\log [N_2O_5]$ ৰ লেখ আঁকা।

(iv) বিক্ৰিয়াটোৰ গতি সূত্ৰ নিৰ্ণয় কৰা।

(v) বিক্ৰিয়াটোৰ গতি ধ্ৰুৱকৰ মান গণনা কৰা।

(vi) গতি ধ্ৰুৱকৰ মানৰপৰা অৰ্ধ-জীৱন কালৰ মান গণনা কৰা আৰু (ii) ত পোৱা মানৰ সৈতে মিলাই চোৱা।

4.16 প্ৰথম ক্ৰমৰ বিক্ৰিয়া এটাৰ গতি ধ্ৰুৱকৰ মান 60 s^{-1} হ'লে কিমান সময়ত বিক্ৰিয়কৰ প্ৰাৰম্ভিক গাঢ়তা কমি $1/16$ অংশ বাকী ৰ'ব গণনা কৰা।

4.17 নিউক্লীয় বিস্ফোৰণত উৎপন্ন হোৱা ^{90}Sr ৰ অৰ্ধ-জীৱন কাল 28.1 বছৰ। নতুনকৈ জন্মা কেঁচুৱা এটাৰ হাড়ত 1 μg ^{60}Sr শোষিত হ'লে 10 বছৰ আৰু 60 বছৰ পিচত ইয়াৰ কিমানখিনি বাকী ৰ'ব?

4.18 প্ৰথম ক্ৰমৰ বিক্ৰিয়া এটাৰ ক্ষেত্ৰত দেখুওৱা যে বিক্ৰিয়াটো 99.9% সম্পূৰ্ণ হওঁতে প্ৰয়োজনীয় সময় 90% সম্পূৰ্ণ হওঁতে প্ৰয়োজন হোৱা সময়ৰ দুগুণ।

4.19 প্ৰথম ক্ৰমৰ বিক্ৰিয়া এটাৰ 40% সম্পূৰ্ণ হওঁতে সময় লাগে 40 মিনিট। বিক্ৰিয়াটোৰ অৰ্ধ-জীৱন কাল গণনা কৰা।

4.20 543 K উষ্ণতাত এজ'আইছ'প্ৰপেন বিযোজিত হৈ হেক্সেন আৰু নাইট্ৰ'জেন উৎপন্ন হোৱা বিক্ৰিয়াটোৰ ক্ষেত্ৰত নিম্নোক্ত তথ্যখিনি পোৱা গৈছে—

t (s)	p (mm of Hg)
0	35.0
360	54.0
720	63.0

বিক্ৰিয়াটোৰ গতি ধ্ৰুৱক গণনা কৰা।

4.21 SO_2Cl_2 ৰ তাপীয় বিযোজন নিম্নোক্ত ধৰণে হয়—

$$SO_2Cl_2 (g) \rightarrow SO_2 (g) + Cl_2 (g)$$

স্থিৰ আয়তনত SO_2Cl_2 ৰ বিযোজন হ'ল প্ৰথম ক্ৰমৰ বিক্ৰিয়া। এই বিক্ৰিয়াটোৰ ক্ষেত্ৰত নিম্নোক্ত তথ্য পোৱা গৈছে—

পৰীক্ষা	সময় (s)	মুঠ চাপ (atm)
1	0	0.5
2	100	0.6

মুঠ চাপ 0.65 atm হ'লে বিক্ৰিয়াটোৰ গতিবেগ গণনা কৰা।

4.22 N_2O_5 ৰ বিযোজন বিক্ৰিয়াৰ ক্ষেত্ৰত বিভিন্ন উষ্ণতাত গতি ধ্ৰুৱকৰ মান তলত দিয়া হৈছে—

$T^0 (C)$	0	20	40	60	80
$10^5 \times k$ (s^{-1})	0.0787	1.70	25.7	178	2140

ln k আৰু $\frac{1}{T}$ ৰ মাজত এডাল লেখ আকা। ইয়াৰ সহায়ত A আৰু E_a ৰ মান নিৰ্ণয় কৰা। 30^0 C আৰু 50^0 C উষ্ণতাত গতি ধ্ৰুৱকৰ মান নিৰ্ণয় কৰা।

4.23 546 K উষ্ণতাত হাইড্ৰ'কাৰ্বনৰ বিযোজন বিক্ৰিয়াৰ গতি ধ্ৰুৱকৰ মান 2.418×10^{-5} s^{-1}; বিক্ৰিয়াটোৰ সক্ৰিয়ন শক্তি 179.9 kJ mol^{-1} হ'লে কম্পনাংক গুণাংকৰ মান গণনা কৰা।

4.24 $$A \rightarrow \text{বিক্ৰিয়াজাত পদাৰ্থ}$$

এই বিক্ৰিয়াটোৰ গতি ধ্ৰুৱকৰ মান 2.0×10^{-2} s^{-1} আৰু Aৰ প্ৰাৰম্ভিক গাঢ়তা 1.0 mol L^{-1} হ'লে 100 s পাছত A ৰ গাঢ়তা কিমান হ'ব গণনা কৰা।

4.25 এছিড দ্ৰৱত চুক্ৰ'জৰ বিযোজন ঘটি গ্লুক'জ আৰু ফ্ৰুক্ট'জ উৎপন্ন হোৱা বিক্ৰিয়াটো প্ৰথম ক্ৰমৰ। বিক্ৰিয়াটোৰ অৰ্ধ-জীৱন কাল 3 ঘণ্টা হ'লে 8 ঘণ্টা পাছত চুক্ৰ'জৰ কিমান অংশ বাকী ৰ'ব গণনা কৰা।

4.26 হাইড্ৰ'কাৰ্বনৰ বিযোজনৰ ক্ষেত্ৰত নিম্নোক্ত সম্বন্ধটো প্ৰযোজ্য হয়—

$$k = (4.5 \times 10^{11} s^{-1})\ e^{-28000 K/T}$$

বিক্ৰিয়াটোৰ সক্ৰিয়ন শক্তি গণনা কৰা।

4.27 H_2O_2 ৰ বিযোজন এটা প্ৰথম ক্ৰমৰ বিক্ৰিয়া। বিক্ৰিয়াটোৰ গতি ধ্ৰুৱকৰ মান হ'ল

$$\log k = 14.34 - 1.25 \times 10^4 K/T$$

বিক্ৰিয়াটোৰ সক্ৰিয়ন শক্তি গণনা কৰা। কিমান উষ্ণতাত বিক্ৰিয়াটোৰ অৰ্ধ-জীৱন কাল 256 মিনিট হ'ব?

4.28 বিক্রিয়ক Aৰপৰা বিক্রিয়াজাত পদাৰ্থ উৎপন্ন হোৱা বিক্রিয়াটোৰ গতি ধ্রুৱকৰ মান 10^0 C উষ্ণতাত 4.5×10^3 s^{-1} আৰু সক্রিয়ন শক্তি 60 kJ mol^{-1} হ'লে কিমান উষ্ণতাত গতি ধ্রুৱকৰ মান 1.5×10^4 s^{-1} হ'ব?

4.29 298 K উষ্ণতাত প্ৰথম ক্রমৰ বিক্রিয়া এটাৰ 10% সম্পূৰ্ণ হওঁতে প্ৰয়োজন হোৱা সময় 308 K উষ্ণতাত বিক্রিয়াটোৰ 25% সম্পূৰ্ণ হওঁতে প্ৰয়োজন হোৱা সময়ৰ সমান। বিক্রিয়াটোৰ *A* ৰ মান 4×10^{10} হ'লে 318 K উষ্ণতাত গতি ধ্রুৱক আৰু সক্রিয়ন শক্তি গণনা কৰা।

4.30 293 K ৰপৰা 313 K লৈ উষ্ণতা বঢ়ালে বিক্রিয়া এটাৰ গতিবেগ চাৰি গুণ বাঢ়ে। বিক্রিয়াটোৰ সক্রিয়ন শক্তি গণনা কৰা (বিক্রিয়াটোৰ সক্রিয়ন শক্তি উষ্ণতাৰ সৈতে পৰিবৰ্তিত নহয় বুলি ধৰা)।

কিছুমান পাঠস্থ প্ৰশ্নৰ উত্তৰ

DAILY ASSAM

4.1 $r_{av} = 6.66 \times 10^{-6}$ M s^{-1}

4.2 বিক্রিয়াটোৰ গতিবেগ = A ৰ বিলুপ্তিৰ হাৰ

= 0.005 mol L^{-1} min^{-1}

4.3 বিক্রিয়াটোৰ ক্রম 2.5

4.4 X → Y

গতিবেগ = $k\,[X]^2$

গতিবেগ 9 গুণ বাঢ়িব।

4.5 t = 444 s

4.6 1.925×10^{-4} s^{-1}

4.8 E_a = 26.43 kJ mol^{-1}

4.9 1.462×10^{-19}