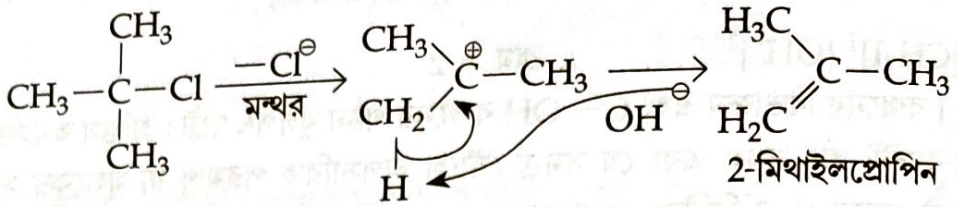
3.6 অপনয়ন বিক্রিয়ার ক্রিয়াকৌশল (Mechanism of Elimination Reaction)

অপনয়ন বিক্রিয়া মোটামুটিভাবে তিনভাগে সংগঠিত হতে পারে—

① E1 ক্রিয়াকৌশল (Elimination Unimolecular), ② E2 ক্রিয়াকৌশল (Elimination Bimolecular) ও ③ E1cB ক্রিয়াকৌশল (Elimination Unimolecular Conjugate Base)।

❶ **E1 ক্রিয়াকৌশল :** এই পদ্ধতিতে বিক্রিয়াকালে বিক্রিয়াটি দুটি ধাপে সম্পন্ন হয়। প্রথম ধাপে একটি σ-বন্ধন ভেঙে গিয়ে

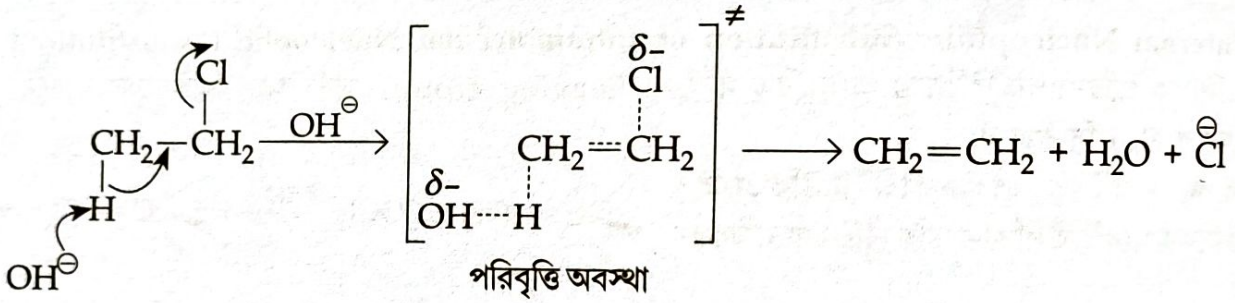
কার্বোক্যাটায়ন গঠিত হয় এবং পরবর্তী পর্যায়ে ক্ষারের উপস্থিতিতে আম্লিক 'H' অপসারিত হয়ে দ্বিবন্ধন সৃষ্টি করে। এক্ষেত্রে প্রথম ধাপটি মন্থর হওয়ায় ওই ধাপই বিক্রিয়াটির গতি-নির্ধারক ধাপ এবং ওই ধাপে কেবলমাত্র সাবস্ট্রেট অণু বর্তমান তাই বিক্রিয়ার ক্রম = 1। অ্যালকোহলীয় KOH-এর উপস্থিতিতে *t*-বিউটাইল ক্লোরাইড থেকে 2-মিথাইলপ্রোপিন উৎপন্ন হওয়ার পদ্ধতি E1 ক্রিয়াকৌশল অনুযায়ী হয়।



∴ বিক্রিয়ার হার ∝ $[(CH_3)_3CCl]^1$ ∴ ক্রম = 1

❷ **E2 ক্রিয়াকৌশল :** এই পদ্ধতিতে পরমাণু বা মূলকের অপসারণ এবং ক্ষার দ্বারা আম্লিক 'H'-এর অপসারণ যুগপৎ ঘটে। যেহেতু এক্ষেত্রে সাবস্ট্রেট অণু এবং ক্ষার উভয়েই অংশগ্রহণ করে, তাই এই ক্রিয়াকৌশলকে E2 ক্রিয়াকৌশল (Elimination bimolecular) বলে।

অ্যালকোহলীয় KOH-এর সঙ্গে ইথাইল ক্লোরাইডের বিক্রিয়ায় ইথিলিন প্রস্তুতি E2 ক্রিয়াকৌশল অনুযায়ী হয়। নীচে ক্রিয়াকৌশল বর্ণনা করা হল।



E2 ক্রিয়াকৌশল আবার দু-ভাবে হতে পারে—**Anti এবং Syn অপনয়ন (Anti elimination & Syn elimination)**। এই দুটি পদ্ধতি সাবস্ট্রেট অণুর conformation দ্বারা নিয়ন্ত্রিত। এই অপনয়ন বিক্রিয়া পদ্ধতি দ্রাবকের ধ্রুবীয়তার উপর এবং সাবস্ট্রেট অণুর গঠনের উপর নির্ভর করে।

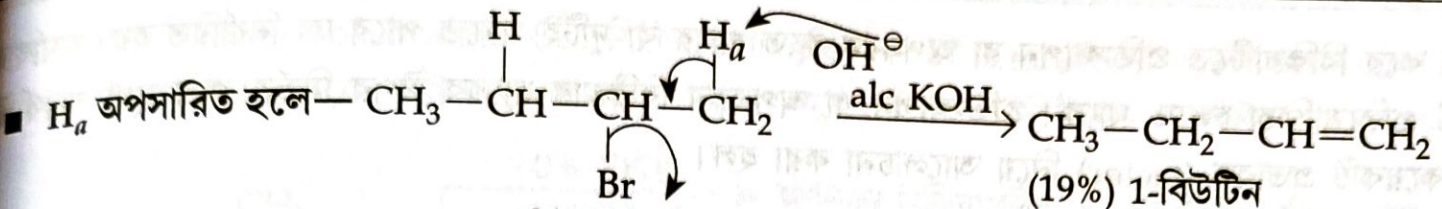
E2 অপনয়ন বিক্রিয়ার সাহায্যে অ্যালকিন প্রস্তুত করার সময় অপসারিত পরমাণু বা মূলকের (leaving gr) প্রকৃতির উপর নির্ভর করে, সেটজেফ্ (Saytzeff) এবং হফম্যান (Hofmann) অপনয়ন পদ্ধতি অনুসৃত হয়।

সেটজেফ্ এবং হফম্যান অপনয়ন পদ্ধতি [Saytzeff and Hofmann elimination]

সেটজেফ্ অপনয়ন পদ্ধতি অনুযায়ী অপসারিত মূলক বা পরমাণু যদি প্রশম (neutral) হয় [অপসারিত মূলক = হ্যালোজেন (F, Cl, Br, I);—OH ইত্যাদি] তবে এই পদ্ধতিকে **সেটজেফ্ অপনয়ন পদ্ধতি** বলে এবং এই পদ্ধতির মাধ্যমে সর্বাধিক প্রতিস্থাপিত অ্যালকিন উৎপন্ন হয়। আবার অপসারিত মূলক যদি আধানবিশিষ্ট হয়, যেমন কোয়াটারনারি অ্যামোনিয়াম লবণ, তবে বিক্রিয়ায় ন্যূনতম প্রতিস্থাপিত অ্যালকিন সর্বাধিক পরিমাণে উৎপন্ন হয়। একে **হফম্যান অপনয়ন পদ্ধতি** বলে। অ্যালকিল হ্যালাইডের অপনয়ন কালে যদি বৃহদাকার ক্ষার, যেমন টারসিয়ারি বিউটাইল অ্যালকক্সাইড $[(CH_3)_3CO^{\ominus}K^{\oplus}]$ ব্যবহৃত হয় তবে হফম্যান অপনয়ন পদ্ধতি অনুসৃত হয়। নীচে দুটি পদ্ধতি উদাহরণসহ আলোচনা করা হল।

■ **সেটজেফ্ পদ্ধতির ক্রিয়াকৌশল :** 2-ব্রোমোবিউটেনের ক্ষেত্রে দুটি α'H (H_a এবং H_b) বর্তমান। কিন্তু সেটজেফ্ নিয়ম অনুযায়ী যে কার্বন পরমাণুতে সর্বাপেক্ষা কমসংখ্যক 'H' পরমাণু যুক্ত থাকে সেই কার্বন থেকে সহজেই 'H' পরমাণু অপসারিত হয়ে সর্বাধিক প্রতিস্থাপনযোগ্য অ্যালকিন (2-বিউটিন) প্রস্তুত হয়।

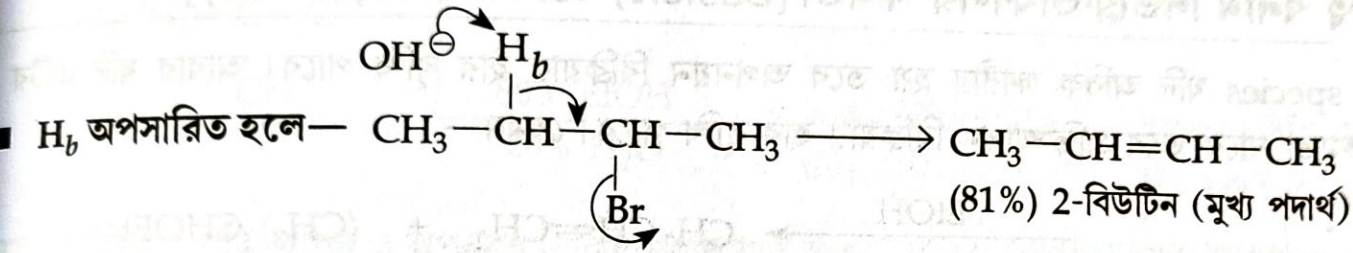
■ H_a অপসারিত হলে—



2-ব্রোমোবিউটেন

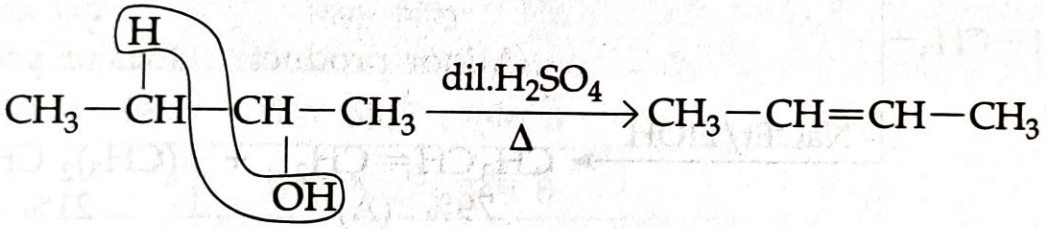
(19%) 1-বিউটিন

■ H_b অপসারিত হলে—

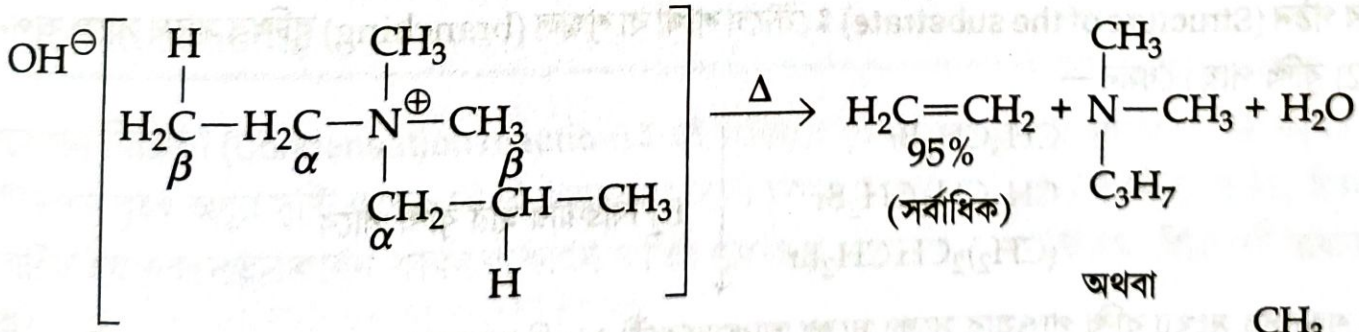


(81%) 2-বিউটিন (মুখ্য পদার্থ)

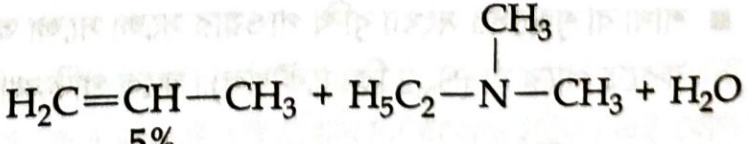
একইভাবে 2-বিউটানলের নিরুদনে 2-বিউটিন গঠিত হয়।



■ **হফম্যান পদ্ধতির ক্রিয়াকৌশল ঃ** কোয়াটারনারি অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইডকে উত্তপ্ত করলে β অপনয়ন ঘটে এবং একইসঙ্গে $N-C$ বন্ধনের বিভাজনে অ্যালকিন প্রস্তুত হয়। হাইড্রক্সিলমূলক, $\beta-H$-এর সঙ্গে বিক্রিয়া করে জল হিসেবে নির্গত হয়। হফম্যান বিক্রিয়ায় দুটি অ্যালকিন প্রস্তুতির সম্ভাবনা থাকলে ন্যূনতম প্রতিস্থাপিত অ্যালকিনই সর্বাধিক সম্ভাব্য অ্যালকিন হয়।

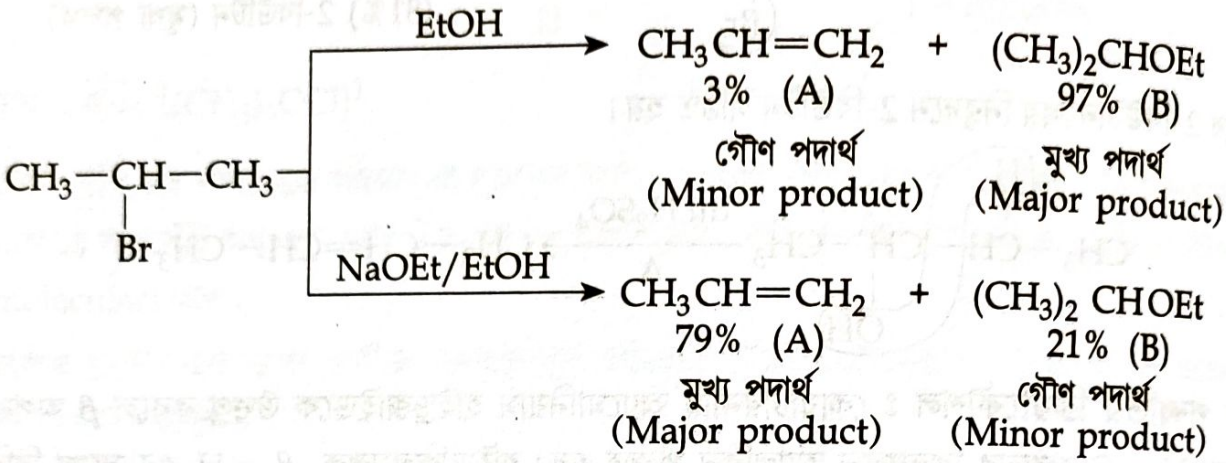


অথবা



ক্ষারকত্ব বনাম নিউক্লিওফিলিয় ক্ষমতা [Basicity vs. Nucleophilicity]

আক্রমণকারী species যদি অধিক ক্ষারীয় হয় তবে অপনয়ন বিক্রিয়ার হার বৃদ্ধি পাবে। আবার যদি এটির অধিক নিউক্লিওফিলীয় ক্ষমতা থাকে তবে প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ার হার বৃদ্ধি পাবে। যেমন—

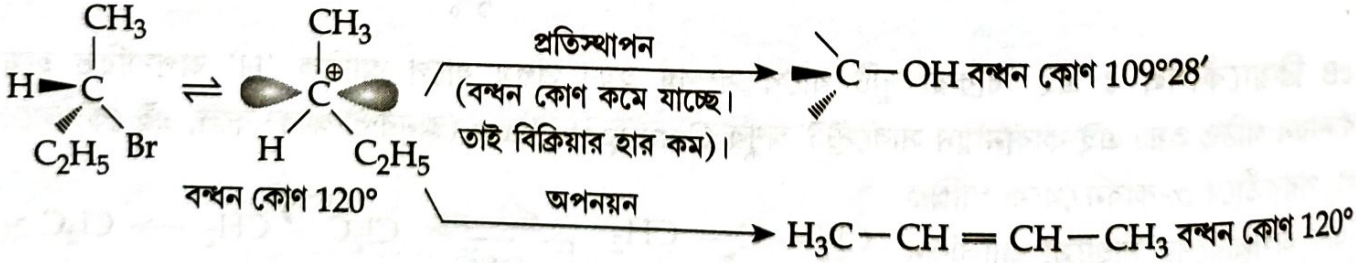


NaOEt-এর উপস্থিতিতে EtOH-এর ক্ষারীয় ধর্ম বেশি হওয়ায়, এক্ষেত্রে অপনয়ন বিক্রিয়ার হার বৃদ্ধি পাবে। তাই প্রোপিন মুখ্য পদার্থ হিসেবে (79%) উৎপন্ন হয়।

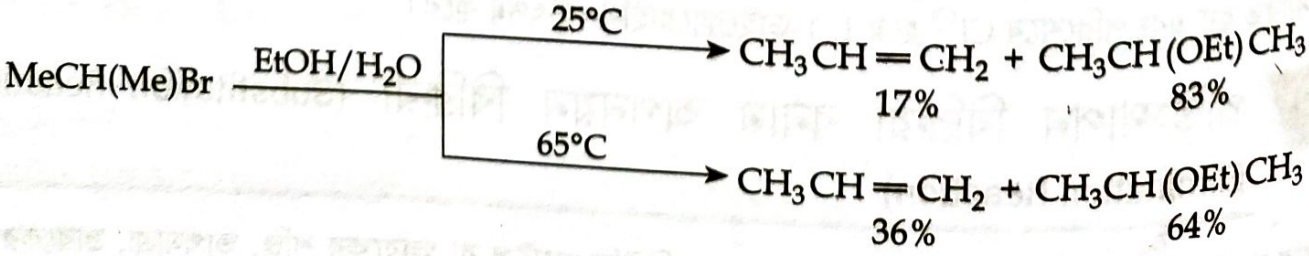
■ **যৌগের গঠন (Structure of the substrate) :** যৌগে শাখা বা শৃঙ্খল (branching) বৃদ্ধির সাথে সাথে অপনয়ন বিক্রিয়ার হার (E2) বৃদ্ধি পায়। যেমন—

CH_3CH_2Br
$CH_3CH_2CH_2Br$
$(CH_2)_2CHCH_2Br$
↓ E_2 বিক্রিয়ার হার বৃদ্ধি পাবে

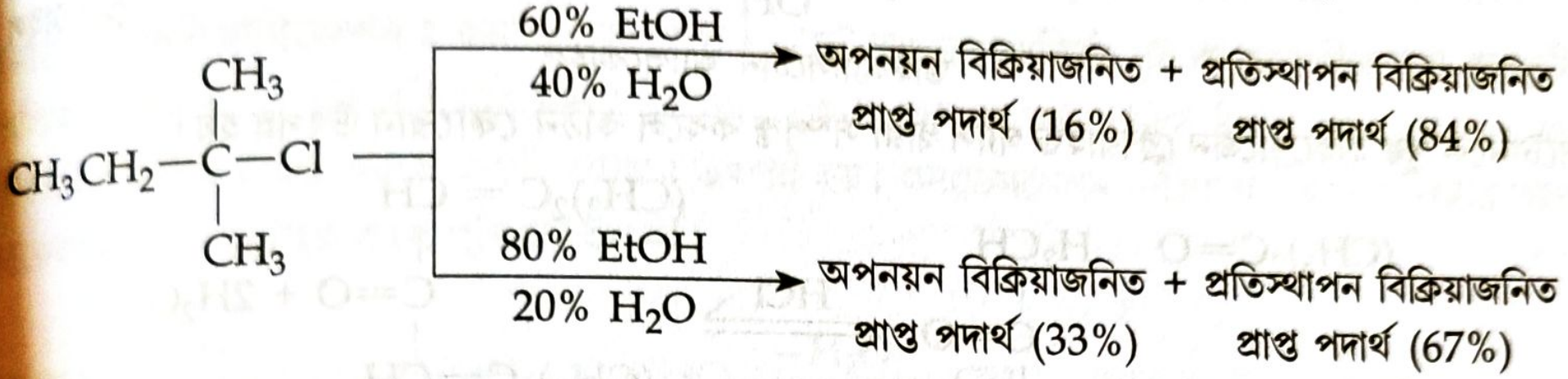
■ শাখা বা শৃঙ্খলের সংখ্যা বৃদ্ধি পাওয়ার সঙ্গে সঙ্গে আক্রমণকারী $Nu^{\ominus}$ সহজে leaving group সম্বলিত 'C'-কে আক্রমণ করতে পারে না (S_N2 ক্রিয়াকৌশল)। ফলে প্রতিস্থাপনের বিক্রিয়ার হার হ্রাস পায় এবং অপনয়নের হার বৃদ্ধি পায়।



■ **তাপমাত্রা (Temperature) :** যেহেতু প্রতিস্থাপনের তুলনায় বেশি সংখ্যক পরমাণু বা সংলগ্ন বন্ধন অপনয়ন বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে, তাই অধিক পরিমাণ thermal শক্তি ব্যবহৃত হয়। তাই তাপমাত্রা বৃদ্ধি করলে অপনয়ন বিক্রিয়ার হার বৃদ্ধি পাবে। যেমন—



• **দ্রাবকের প্রকৃতি (Nature of solvent) :** S_N2 বিক্রিয়ার পরিবৃত্তি অবস্থায় (Transition state) আধান E2 বিক্রিয়ার চেয়ে অধিক পরিমাণে বিন্যস্ত থাকে। তাই দ্রাবকের ধ্রুবীয়তা হ্রাস পেলে প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ার হার বৃদ্ধি পাবে। যেমন—



নীচের তালিকায় প্রতিস্থাপন ও অপনয়ন বিক্রিয়াগুলির হার বৃদ্ধির জন্য উপযুক্ত শর্তসমূহ উল্লেখ করা হল :

	যৌগের গঠন	$Nu^{\ominus}$ অথবা $\ddot{B}$	Leaving group-এর প্রকৃতি	দ্রাবকের প্রকৃতি
S_N1	3° অথবা স্থায়ী সংস্পন্দন	উত্তম $Nu^{\ominus}$; দুর্বল $\ddot{B}$	উপযুক্ত	শক্তিশালী পোলার
S_N2	1°	উত্তম $Nu^{\ominus}$; দুর্বল $\ddot{B}$	উপযুক্ত	পোলার aprotic
E1	3° অথবা স্থায়ী স্পন্দন	দুর্বল $\ddot{B}$	উপযুক্ত	শক্তিশালী পোলার
E2	3°	দুর্বল $Nu^{\ominus}$ এবং শক্তিশালী $\ddot{B}$	উপযুক্ত	পোলার aprotic