DAILY ASSAM

তাপগতিবিজ্ঞান
THERMODYNAMICS

উদ্দেশ্য (Objectives)

এই অধ্যায়টো অধ্যয়ন কৰি তলত দিয়া বিষয়সমূহ সম্বন্ধে সবিশেষ জানিব পাৰিবা—

- তন্ত্ৰ, পাৰিপাৰ্শ্বিক আদি ৰাশিৰ ব্যাখ্যা
- মুক্ত, আবদ্ধ আৰু অন্তৰিত তন্ত্ৰৰ পাৰ্থক্য
- অন্তৰ্নিহিত শক্তি, কাৰ্য আৰু তাপৰ ব্যাখ্যা
- তাপগতিবিজ্ঞানৰ প্ৰথম সূত্ৰৰ বৰ্ণনা আৰু তাৰ গাণিতিক প্ৰকাশ
- ৰাসায়নিক তন্ত্ৰ এটাত কাৰ্য আৰু তাপ হিচাপে হোৱা শক্তি পৰিৱৰ্তনৰ গণনা
- U, H অৱস্থা ফলনৰ ব্যাখ্যা
- ΔU আৰু ΔH ৰ মান পৰীক্ষাৰদ্বাৰা নিৰ্ণয় প্ৰণালী
- প্ৰমাণ অৱস্থাত ΔH ৰ সংজ্ঞা
- বিভিন্ন বিক্ৰিয়াৰ বাবে এনথালপিৰ পৰিৱৰ্তন নিৰ্ণয়
- হেছৰ স্থিৰ তাপ সংকলনৰ সূত্ৰ আৰু ইয়াৰ প্ৰয়োগ
- প্ৰসাৰী আৰু অন্তঃসাৰী ধৰ্মৰ পাৰ্থক্য
- স্বতঃস্ফূৰ্ত আৰু অস্বতঃস্ফূৰ্ত প্ৰক্ৰিয়াৰ সংজ্ঞা
- তাপগতীয় অৱস্থা ফলন হিচাপে এনট্ৰপিৰ ব্যাখ্যা আৰু স্বতঃস্ফূৰ্ততা সংক্ৰান্তত ইয়াৰ প্ৰয়োগ
- গীবছৰ শক্তিৰ পৰিৱৰ্তন (ΔG) ৰ ব্যাখ্যা
- ΔG আৰু স্বতঃস্ফূৰ্ততা, ΔG আৰু সাম্য ধ্ৰুৱকৰ মাজৰ সম্পৰ্ক স্থাপন।

> "*It is the only physical theory of universal content concerning which I am convinced that, within the framework of the applicability of its basic concepts, it will never be overthrown.*"
>
> *Albert Einstein*

বায়ুৰ পৰিৱেশত মিথেন, ৰন্ধন গেছ বা কয়লা আদিৰ দৰে ইন্ধনৰ দহন ঘটিলে ৰাসায়নিক বিক্ৰিয়া সংঘটিত হয়। এই বিক্ৰিয়াত ইন্ধনৰ অণুত সঞ্চিত ৰাসায়নিক শক্তি তাপ শক্তিলৈ ৰূপান্তৰিত হয়। ইঞ্জিনৰ ভিতৰত ইন্ধনৰ দহন ঘটাই ৰাসায়নিক শক্তিক যান্ত্ৰিক শক্তিলৈও ৰূপান্তৰিত কৰিব পাৰি। আকৌ শুষ্ক কোষৰ (dry cell) দৰে গেলভেনিক কোষত (Galvanic cell) ৰাসায়নিক শক্তি বৈদ্যুতিক শক্তিলৈও পৰিৱৰ্তিত হয়। অৰ্থাৎ, শক্তিৰ বিভিন্ন ৰূপৰ মাজত এক আন্তঃসম্পৰ্ক আছে। কিছুমান নিৰ্দিষ্ট চৰ্তসাপেক্ষে এবিধ শক্তিৰ পৰা আন এবিধ শক্তিলৈ ৰূপান্তৰ ঘটোৱা সম্ভৱ। এই শক্তি ৰূপান্তৰৰ অধ্যয়নেই হ'ল তাপগতি বিজ্ঞানৰ মূল ভেঁটি। স্থূলতন্ত্ৰৰ (য'ত অসংখ্য অণু থাকে) শক্তিৰ পৰিৱৰ্তনৰ লগত পৰমাণু তাপগতি বিজ্ঞানৰ সূত্ৰসমূহ জড়িত। এটা পাত্ৰত থকা পানী, চিলিণ্ডাৰত থকা গেছ ইত্যাদি স্থূলতন্ত্ৰৰ উদাহৰণ হ'ব পাৰে। তাপগতি বিজ্ঞানৰ সূত্ৰসমূহ অতি কম সংখ্যক অণু-পৰমাণুযুক্ত সূক্ষ্ম তন্ত্ৰৰ শক্তি পৰিৱৰ্তনৰ সৈতে জড়িত নহয়। শক্তি পৰিৱৰ্তন কেনেকৈ বা কি হাৰত হয় সেই বিষয়েও তাপগতি বিজ্ঞান নিমাত। কিন্তু পৰিৱৰ্তন ঘটা তন্ত্ৰ এটাৰ প্ৰাৰম্ভিক আৰু অন্তিম অৱস্থাৰ ওপৰত তাপগতি বিজ্ঞানৰ মূল ভেঁটি প্ৰতিষ্ঠিত। এটা তন্ত্ৰ সাম্যাৱস্থাত থাকিলে বা এটা সাম্যাৱস্থাৰপৰা আন এটা সাম্যাৱস্থালৈ গতি কৰিলে তাপগতিবিজ্ঞানৰ সূত্ৰসমূহ প্ৰযোজ্য হয়। এটা তন্ত্ৰ সাম্যাৱস্থাত থাকিলে চকুৰে পৰ্যবেক্ষণ কৰিব পৰা তন্ত্ৰৰ ধৰ্মসমূহ (যেনে— চাপ,

DAILY ASSAM

উষ্ণতা আদি) সময়ৰ সৈতে পৰিৱৰ্তন নহয়। এই অধ্যায়ত আমি তাপগতি বিজ্ঞানৰ জৰিয়তে নিম্নলিখিত প্ৰশ্নৰ সমাধান পাবলৈ চেষ্টা কৰিম—

- ৰাসায়নিক বিক্ৰিয়া/প্ৰক্ৰিয়াত হোৱা শক্তিৰ পৰিৱৰ্তন আমি কেনেকৈ নিৰ্ণয় কৰিম? কি চৰ্ত সাপেক্ষে এই বিক্ৰিয়া/প্ৰক্ৰিয়া সংঘটিত হয়?
- ৰাসায়নিক বিক্ৰিয়া/প্ৰক্ৰিয়াক কিহে চালিত কৰে?
- ৰাসায়নিক বিক্ৰিয়া এটা কিমান পৰ্যন্ত সংঘটিত হ'ব পাৰে?

6.1 তাপগতিবিজ্ঞানীয় ৰাশিসমূহ (THERMODYNAMIC TERMS)

এই অধ্যায়ত আমি ৰাসায়নিক বিক্ৰিয়া আৰু এই বিক্ৰিয়াৰ লগত জড়িত শক্তি পৰিৱৰ্তন সম্পৰ্কে অধ্যয়ন কৰিম। এই অধ্যয়নৰ বাবে কিছুমান তাপগতি বিজ্ঞানীয় ৰাশিৰ সংজ্ঞা জনাটো প্ৰয়োজন। এই সংজ্ঞাসমূহ তলত আলোচনা কৰা হৈছে।

6.1.1 তন্ত্ৰ আৰু পাৰিপাৰ্শ্বিক (The System and the Surroundings)

বিশ্বব্ৰহ্মাণ্ডৰ যিটো অংশ নিৰীক্ষণৰ বাবে লোৱা হয় তাপগতি বিজ্ঞানত সেই অংশটোক তন্ত্ৰ বুলি কোৱা হয়। তন্ত্ৰটোৰ বাহিৰে বিশ্বব্ৰহ্মাণ্ডৰ বাকী সকলো অংশই হ'ল পাৰিপাৰ্শ্বিক। আন কথাত পাৰিপাৰ্শ্বিকত তন্ত্ৰটোৰ বাহিৰে বিশ্বব্ৰহ্মাণ্ডৰ সকলো অংশ আছে। তন্ত্ৰ আৰু পাৰিপাৰ্শ্বিক লগ লাগি বিশ্বব্ৰহ্মাণ্ড হোৱা বুলি ধৰি লোৱা হয়; অৰ্থাৎ

বিশ্বব্ৰহ্মাণ্ড = তন্ত্ৰ + পাৰিপাৰ্শ্বিক

চিত্ৰ 6.1 তন্ত্ৰ আৰু পাৰিপাৰ্শ্বিক

তন্ত্ৰটোক বাদ দি বিশ্বব্ৰহ্মাণ্ডৰ যি বাকী অংশ থাকে সেই অংশৰ সকলোতে তন্ত্ৰটোত হোৱা পৰিৱৰ্তনৰ প্ৰভাৱ নপৰে। সেয়ে, ব্যৱহাৰিক ক্ষেত্ৰত তন্ত্ৰটোৰ সৈতে বিশ্বব্ৰহ্মাণ্ডৰ যি অংশই শক্তি বা পদাৰ্থ আদান-প্ৰদান কৰে সেই অংশহে পাৰিপাৰ্শ্বিক হ'ব। প্ৰকৃততে তন্ত্ৰটোৰ ওচৰৰ অংশই পাৰিপাৰ্শ্বিক হিচাপে কাম কৰে। উদাহৰণ হিচাপে, এটা বিকাৰত A আৰু B পদাৰ্থ দুটা লৈ সিহঁতৰ মাজত বিক্ৰিয়া হ'বলৈ দিলে বিক্ৰিয়ক মিশ্ৰণটোৰে সৈতে বিকাৰটোক তন্ত্ৰ বুলি কোৱা হয় আৰু বিকাৰ থকা কোঠালীটো পাৰিপাৰ্শ্বিক বোলা হয়।

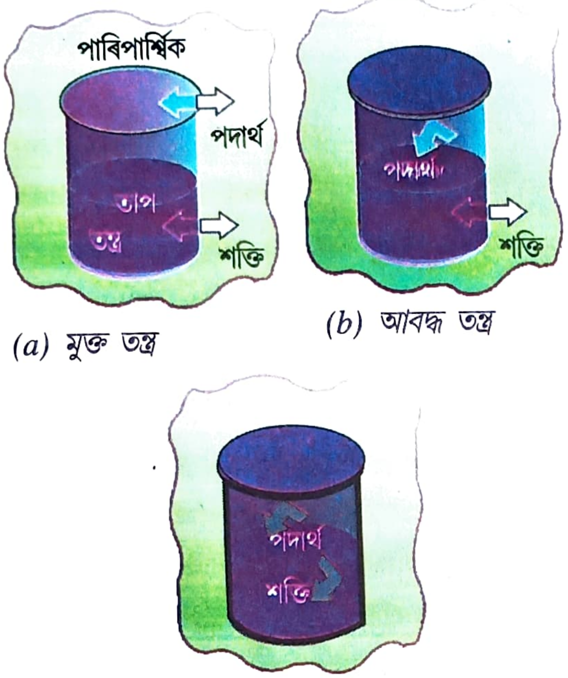
ভৌতিক আৱৰণৰদ্বাৰা তন্ত্ৰ এটা নিৰ্দেশিত কৰিব পাৰি। ভৌতিক আৱৰণ হ'ব পাৰে এটা বিকাৰ বা পৰীক্ষা নলী; নাইবা, কাৰ্টেছীয় (Cartesian) স্থানাংকৰ সহায়ত কোনো স্থানত নিৰ্দিষ্ট আয়তন নিৰ্ধাৰিত কৰিও তন্ত্ৰটো চিহ্নিত কৰিব পাৰি। তন্ত্ৰটো পাৰিপাৰ্শ্বিকৰপৰা কোনো বেৰৰদ্বাৰা পৃথক হৈ থকা বুলি বিবেচনা কৰা হয়। এই বেৰ বাস্তৱ বা কাল্পনিক হ'ব পাৰে। যি বেৰে তন্ত্ৰটোক পাৰিপাৰ্শ্বিকৰপৰা পৃথক কৰে তাক **আৱৰণ বা সীমা** (boundary) বোলে। এই সীমা এনেদৰে বিবেচনা কৰা হয় যাতে তন্ত্ৰটোৰপৰা বা তন্ত্ৰটোলৈ বিকিৰিত শক্তি আৰু সঞ্চালিত পদাৰ্থৰ গতি নিয়ন্ত্ৰণ আৰু নিৰীক্ষণ কৰিব পাৰি।

6.1.2 তন্ত্ৰৰ প্ৰকাৰ (Types of System)

তন্ত্ৰৰ সৈতে পাৰিপাৰ্শ্বিকৰ শক্তি আৰু পদাৰ্থৰ আদান-প্ৰদানৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰি তন্ত্ৰক কেবাটাও ভাগত ভগাব পাৰি। তলত এইবোৰ আলোচনা কৰা হ'ল—

1. মুক্ত তন্ত্ৰ (Open System)

তন্ত্ৰ আৰু পাৰিপাৰ্শ্বিকৰ মাজত শক্তি আৰু পদাৰ্থ দুয়োবিধৰে আদান-প্ৰদান সম্ভৱ হ'লে তেনে তন্ত্ৰক মুক্ত তন্ত্ৰ বুলি



(a) মুক্ত তন্ত্ৰ   *(b) আবদ্ধ তন্ত্ৰ*

(c) অন্তৰিত তন্ত্ৰ

***চিত্ৰ 6.2** মুক্ত তন্ত্ৰ, আবদ্ধ তন্ত্ৰ আৰু অন্তৰিত তন্ত্ৰ*

কোৰা হয় [চিত্ৰ 6.2 (a)]। উদাহৰণ স্বৰূপে, বিকাৰ এটাত ঢাকনি নলগোৱাকৈ ৰখা পদাৰ্থখিনি বিকাৰটোৰে সৈতে এটা মুক্ত তন্ত্ৰ হ'ব। অকল বিক্ৰিয়কখিনি তন্ত্ৰ হিচাপে বিবেচনা কৰিলে বিকাৰটো পাৰিপাৰ্শ্বিক হ'ব। এনে ক্ষেত্ৰত পাৰিপাৰ্শ্বিক আৰু তন্ত্ৰটোৰ সীমা হ'ব বিকাৰ আৰু বিক্ৰিয়কক আগুৰি থকা এটা কাল্পনিক পৃষ্ঠ।

2. আবদ্ধ তন্ত্ৰ *(Closed System)*

যি তন্ত্ৰই পাৰিপাৰ্শ্বিকৰ সৈতে পদাৰ্থৰ আদান-প্ৰদান কৰিব নোৱাৰে, কিন্তু শক্তিৰ আদান-প্ৰদান কৰিব পাৰে সেয়াই হ'ল আবদ্ধ তন্ত্ৰ [চিত্ৰ 6.2 (b)]। পৰিবাহী পদাৰ্থৰে নিৰ্মিত বন্ধ পাত্ৰ এটাত বিক্ৰিয়ক ৰাখিলে এটা আবদ্ধ তন্ত্ৰ পোৱা যাব।

3. অন্তৰিত তন্ত্ৰ *(Isolated System)*

অন্তৰিত তন্ত্ৰত পাৰিপাৰ্শ্বিকৰ সৈতে শক্তি আৰু পদাৰ্থ কোনোটোৰে আদান-প্ৰদান নহয় [চিত্ৰ 6.1(c)]। উদাহৰণ হিচাপে থাৰ্মʼফ্লাস্কত ৰখা বিক্ৰিয়ক, বা, যি কোনো অপৰিবাহী পদাৰ্থৰে নিৰ্মিত পাত্ৰৰ ভিতৰত ৰখা বিক্ৰিয়ক হ'ল অন্তৰিত তন্ত্ৰ।

6.1.3 তন্ত্ৰৰ অৱস্থা (The State of the System)

ৰসায়নত দৰকাৰী তাপগতীয় গণনাৰ বাবে তন্ত্ৰ এটাৰ চাপ (p), আয়তন (V), উষ্ণতা (T) আৰু সংযুক্তি সংখ্যাগতভাৱে উল্লেখ কৰাটো প্ৰয়োজনীয়। তন্ত্ৰটোত হোৱা পৰিৱৰ্তনৰ আগৰ আৰু পিছৰ দুয়োটা অৱস্থাতে এই ৰাশিবোৰৰ মান জনাটো দৰকাৰ। পদাৰ্থবিজ্ঞানৰ বলবিদ্যাত তোমালোকে পাইছা যে কোনো এক মূহুৰ্তত তন্ত্ৰ এটাৰ অৱস্থা বৰ্ণনা কৰিবলৈ তন্ত্ৰটোত থকা প্ৰত্যেকটো ভৰ-বিন্দুৰ অৱস্থান আৰু গতি জানিব লাগে। তাপগতি বিজ্ঞানত তন্ত্ৰটো এটা বেলেগ অথচ সহজ ধাৰণাৰে ব্যাখ্যা কৰা হয়। এই ক্ষেত্ৰত তন্ত্ৰটোৰ জুখিব পৰা ধৰ্মসমূহৰ গড়হে বিবেচনা কৰা হয়; প্ৰতিটো কণাৰ গতি সম্বন্ধে সবিশেষ জ্ঞান নাথাকিলেও হয়। তাপগতি বিজ্ঞানীয় তন্ত্ৰৰ অৱস্থা কিছুমান **অৱস্থা ফলন** (state functions) বা **অৱস্থা চলক** ৰাশিৰ (state variables) দ্বাৰা প্ৰকাশ কৰা হয়।

তন্ত্ৰ এটাৰ জুখিব পৰা ধৰ্মসমূহৰদ্বাৰা তন্ত্ৰটো নিৰ্দেশ কৰা হয়। গেছ তন্ত্ৰ এটাৰ অৱস্থা ব্যাখ্যা কৰিবলৈ গেছটোৰ চাপ (p), আয়তন (V), উষ্ণতা (T), পৰিমাণ (n) আদি উল্লেখ কৰা হয়। p, V, T আদি ৰাশিবোৰ হ'ল **অৱস্থা ফলন** (state functions) বা **অৱস্থা চলক ৰাশি** (state variables)। এই ৰাশিসমূহৰ মান তন্ত্ৰটোৰ অৱস্থাটোৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে; কিন্তু তন্ত্ৰটোৱে অৱস্থাটোলৈ কেনেকৈ আহিল তাৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ নকৰে। তন্ত্ৰ এটাৰ অৱস্থা সম্পূৰ্ণকৈ বুজাবলৈ তন্ত্ৰটোৰ আটাইবোৰ ধৰ্ম উল্লেখ নকৰিলেও হয়; কিয়নো কেইটামান ধৰ্মহে স্বতন্ত্ৰভাৱে পৰিৱৰ্তন কৰিব পাৰি। কিমানটা ধৰ্ম এনেদৰে

স্বতন্ত্ৰভাৱে পৰিৱৰ্তন কৰিব পাৰি সেইটো নিৰ্ভৰ কৰে তন্ত্ৰটোৰ প্ৰকৃতিৰ ওপৰত। সামগ্ৰিকভাৱে বিবেচনা কৰি জুখিব পৰা ধৰ্মকেইটাৰ (এইবোৰক স্থূল ধৰ্ম বুলিও ক'ব পাৰি) ভিতৰত যিকেইটা ধৰ্ম তন্ত্ৰটো ব্যাখ্যা কৰিবৰ বাবে যথেষ্ট সেই ধৰ্মকেইটা স্থিৰ ৰাখিলে তন্ত্ৰটোৰ বাকী ধৰ্মসমূহ স্বতঃস্ফূৰ্তভাৱে স্থিৰ হয়। উদাহৰণ স্বৰূপে, নিৰ্দিষ্ট পৰিমাণৰ গেছ এটাৰ আয়তন আৰু উষ্ণতা স্থিৰ ৰাখিলে গেছটোৰ চাপ স্থিৰ হ'ব।

পাৰিপাৰ্শ্বিকৰ অৱস্থা সম্পূৰ্ণকৈ নিৰ্দিষ্ট কৰা অসম্ভৱ। তাপগতি বিজ্ঞানত পাৰিপাৰ্শ্বিকৰ অৱস্থা সম্পূৰ্ণকৈ নিৰ্দিষ্ট কৰাৰ প্ৰয়োজনো নহয়।

6.1.4 অৱস্থা ফলন হিচাপে অন্তৰ্নিহিত শক্তি (The Internal Energy as a State Function)

ৰাসায়নিক তন্ত্ৰ এটাই শক্তি লাভ কৰা বা হেৰুওৱা পৰিঘটনাবোৰ আলোচনা কৰিবলৈ এটা ৰাশিৰ প্ৰয়োজন হয়, যিয়ে তন্ত্ৰটোৰ মুঠ শক্তি নিৰ্দেশ কৰে। থকা কণাবোৰৰ গতি শক্তি আৰু স্থিতি শক্তিৰ সমষ্টিয়েই হ'ল মুঠ শক্তি, অৰ্থাৎ অন্তৰ্নিহিত শক্তি। তাপগতি বিজ্ঞানত এই মুঠ শক্তিকে অন্তৰ্নিহিত শক্তি (internal energy, U) বুলি কোৱা হয়। যি কোনো বস্তুৰেই অন্তৰ্নিহিত শক্তি থাকে। তলত উল্লেখ কৰা প্ৰক্ৰিয়াসমূহৰ যি কোনো এটা সংঘটিত হ'লেও তন্ত্ৰৰ অন্তৰ্নিহিত শক্তিৰ পৰিৱৰ্তন ঘটে—

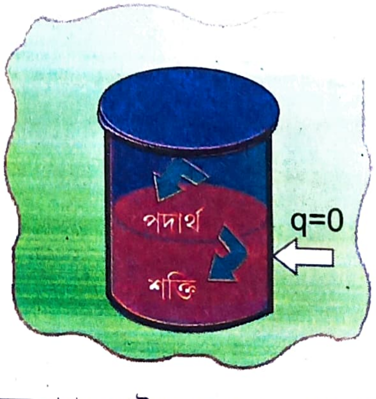
- তন্ত্ৰটোৱে তাপ নিৰ্গত কৰিলে বা গ্ৰহণ কৰিলে
- তন্ত্ৰটোৱে কাৰ্য কৰিলে বা তন্ত্ৰটোৰ ওপৰত কাৰ্য সম্পাদন কৰিলে
- তন্ত্ৰটোলৈ বা তন্ত্ৰটোৰপৰা পদাৰ্থৰ আদান-প্ৰদান ঘটিলে।

এই কথাকেইটাৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰি তন্ত্ৰসমূহৰ শ্ৰেণীবিভাজন কৰা হয়। এই বিষয়ে ওপৰৰ অনুচ্ছেদ 6.1.2ত পঢ়ি আহিছা।

(a) কাৰ্য (Work)

কাৰ্য সম্পাদনৰ ফলত হোৱা অন্তৰ্নিহিত শক্তিৰ পৰিৱৰ্তনৰ কথা আমি প্ৰথমতে আলোচনা কৰিম। এটা থাৰ্মফ্লাস্ক বা এটা অন্তৰিত বিকাৰত থকা পানী লোৱা হ'ল। ইয়াত এই পানীখিনিয়ে হ'ল তন্ত্ৰ। থাৰ্মফ্লাস্ক বা বিকাৰটো অন্তৰিত হোৱা বাবে তন্ত্ৰটোৰপৰা পাৰিপাৰ্শ্বিকলৈ বা পাৰিপাৰ্শ্বিকৰপৰা তন্ত্ৰলৈ তাপৰ আদান-প্ৰদান নহ'ব। এনেকুৱা তন্ত্ৰক **ৰুদ্ধতাপ তন্ত্ৰ** (adiabatic system) বোলে। এনেকুৱা তন্ত্ৰৰ অৱস্থা যি প্ৰক্ৰিয়াৰদ্বাৰা পৰিৱৰ্তন হয় সেই প্ৰক্ৰিয়াক **ৰুদ্ধতাপ প্ৰক্ৰিয়া** (adiabatic process) বোলে। অৰ্থাৎ ৰুদ্ধতাপ প্ৰক্ৰিয়া সংঘটিত হওঁতে তন্ত্ৰ আৰু পাৰিপাৰ্শ্বিকৰ মাজত তাপৰ আদান-প্ৰদান নহয়। এই ক্ষেত্ৰত তন্ত্ৰ আৰু পাৰিপাৰ্শ্বিকৰ মাজত থকা বেৰখনক **ৰুদ্ধতাপ বেৰ** (adiabatic wall) বোলে [চিত্ৰ 6.3]।

ধৰা, পানীৰ এই তন্ত্ৰটোৰ ওপৰত কাৰ্য সম্পাদন কৰি ইয়াৰ অন্তৰ্নিহিত শক্তিৰ পৰিৱৰ্তন কৰা হৈছে। ধৰা হ'ল, তন্ত্ৰটোৰ প্ৰাৰম্ভিক অৱস্থা A আৰু এই অৱস্থাত ইয়াৰ উষ্ণতা T_A । এই A অৱস্থাত তন্ত্ৰটোৰ অন্তৰ্নিহিত শক্তি U_A (ধৰা হ'ল)। এতিয়া তন্ত্ৰটোৰ অৱস্থা আমি দুই প্ৰকাৰে পৰিৱৰ্তন কৰিব পাৰোঁ—



চিত্ৰ 6.3 ৰুদ্ধতাপ তন্ত্ৰ। ইয়াত তন্ত্ৰ আৰু পাৰিপাৰ্শ্বিকৰ মাজত তাপৰ আদান-প্ৰদান নঘটে।

প্ৰাৰম্ভিক আৰু অন্তিম অৱস্থাৰ মাজত উষ্ণতাৰ পাৰ্থক্য সৃষ্টি কৰা কথা আলোচনা কৰিছিলোঁ। ধৰা, এইবাৰো ঠিক সিমানেই উষ্ণতাৰ পাৰ্থক্য সৃষ্টি কৰা হৈছে। কিন্তু এইবাৰ ৰুদ্ধতাপ বিকাৰৰ সলনি তাপ-পৰিবাহী পদাৰ্থৰে নিৰ্মিত পাত্ৰত পানীখিনি লোৱা হৈছে। এই তাপ-পৰিবাহী বেৰৰ মাজেৰে তাপৰ আদান-প্ৰদানৰদ্বাৰা উষ্ণতাৰ পাৰ্থক্যৰ সৃষ্টি কৰা হৈছে। (চিত্ৰ 6.4)।

তাপ পৰিবাহী পদাৰ্থৰে (যেনে, কপাৰ) নিৰ্মিত পাত্ৰটোত থকা পানীৰ (তন্ত্ৰৰ) প্ৰাৰম্ভিক উষ্ণতা T_A ধৰা হ'ল। এই পাত্ৰটো T_B উষ্ণতাত থকা এটা ডাঙৰ পানীৰ চৌবাচ্চাত ডুবাই ৰখা হ'ল। পাত্ৰটোত থকা পানীয়ে (অৰ্থাৎ তন্ত্ৰটোৱে) গ্ৰহণ কৰা তাপ (q) উষ্ণতাৰ পাৰ্থক্য $(T_B - T_A)$ হিচাপে জুখিব পাৰি। ইয়াত আয়তন স্থিৰ থকা বাবে কাৰ্য সম্পাদন হোৱা নাই। এই ক্ষেত্ৰত অন্তৰ্নিহিত শক্তিৰ পাৰ্থক্য, $\Delta U = q$ হ'ব।

পাৰিপাৰ্শ্বিকৰপৰা তন্ত্ৰলৈ তাপ সঞ্চালিত হ'লে q ধনাত্মক হয় আৰু তন্ত্ৰৰপৰা তাপ পাৰিপাৰ্শ্বিকলৈ সঞ্চালিত হ'লে q ঋণাত্মক হয়।

(c) *সাধাৰণ ক্ষেত্ৰত (The general case)*

কাৰ্য সম্পাদন আৰু তাপৰ আদান-প্ৰদান দুয়োটাৰদ্বাৰা তন্ত্ৰৰ অৱস্থাৰ পৰিৱৰ্তন ঘটালে অন্তৰ্নিহিত শক্তিৰ পৰিৱৰ্তন তলত দিয়া ধৰণে লিখা হয় —

$$\Delta U = q + w \qquad (6.1)$$

তন্ত্ৰৰ অৱস্থাৰ পৰিৱৰ্তন কেনেকৈ সাধন কৰা হয় তাৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰি q আৰু w ৰ পৰিৱৰ্তন হ'ব পাৰে। কিন্তু $q + w = \Delta U$ ৰ মান অৱস্থাৰ প্ৰাৰম্ভিক আৰু অন্তিম অৱস্থাৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে; অৱস্থাৰ পৰিৱৰ্তন কেনেকৈ কৰা হ'ল তাৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ নকৰে। তাপ বা কাৰ্য হিচাপে শক্তিৰ আদান-প্ৰদান নহ'লে (অৰ্থাৎ অন্তৰিত তন্ত্ৰৰ ক্ষেত্ৰত), $w = 0$ আৰু $q = 0$ হ'ব। ফলস্বৰূপে $\Delta U = 0$ হ'ব।

সমীকৰণ 6.1 হ'ল **তাপগতি বিজ্ঞানৰ প্ৰথম সূত্ৰৰ** (First Law of Thermodynamics) গাণিতিক প্ৰকাশ। এই সূত্ৰটি তলত দিয়া ধৰণে লিখিব পাৰি—

অন্তৰিত তন্ত্ৰ এটাৰ শক্তি সদায় স্থিৰ থাকে।

এই সূত্ৰটোক শক্তিৰ সংৰক্ষণশীলতাৰ সূত্ৰ (law of conservation of energy) বুলিও কোৱা হয়; অৰ্থাৎ **'শক্তিৰ সৃষ্টি বা বিনাশ নঘটে'**— এই সূত্ৰটো আৰু ওপৰৰ সূত্ৰটো মৌলিকভাৱে একে।

দ্ৰষ্টব্য ঃ তন্ত্ৰৰ তাপগতি বিজ্ঞানীয় ৰাশি (যেনে, শক্তি) আৰু যান্ত্ৰিক ধৰ্মৰ (যেনে, আয়তন) মাজত যথেষ্ট পাৰ্থক্য আছে। তন্ত্ৰ এটাৰ আয়তনৰ স্পষ্ট বা পৰম মান নিৰ্দিষ্টকৈ পাব পাৰোঁ; কিন্তু অন্তৰ্নিহিত শক্তিৰ পৰম মান পাব নোৱাৰোঁ। তন্ত্ৰটোৰ অন্তৰ্নিহিত শক্তিৰ [বা, যি কোনো তাপগতি বিজ্ঞানীয় ৰাশি এনথালপি (H), গীবছৰ শক্তি (G) আদিৰ] পৰিৱৰ্তনহে (অৰ্থাৎ ΔU) জুখিব পাৰি।

উদাহৰণ 6.1

তলত উল্লেখ কৰা ক্ষেত্ৰত তন্ত্ৰ এটাৰ অন্তৰ্নিহিত শক্তিৰ পৰিৱৰ্তন প্ৰকাশ কৰা-

(i) তন্ত্ৰটোৰ ওপৰত কাৰ্য সম্পাদন কৰা হৈছে ; ই পাৰিপাৰ্শ্বিকৰপৰা কোনো তাপ গ্ৰহণ কৰিব পৰা নাই। তন্ত্ৰটোৰ বেৰখনৰ প্ৰকৃতি কি?

(ii) তন্ত্ৰটোৰ ওপৰত কোনো কাৰ্য সম্পাদন কৰা হোৱা নাই; কিন্তু তন্ত্ৰটোৱে পাৰিপাৰ্শ্বিকলৈ q পৰিমাণৰ তাপ সঞ্চালিত কৰিছে। তন্ত্ৰটোৰ বেৰখনৰ প্ৰকৃতি কি?

(iii) তন্ত্ৰটোৱে w পৰিমাণৰ কাৰ্য সম্পাদন কৰিছে আৰু q পৰিমাণৰ তাপ তন্ত্ৰটোক দিয়া হৈছে। এই ক্ষেত্ৰত তন্ত্ৰটো কোন প্ৰকাৰৰ হ'ব?

সমাধান

(i) $\Delta U = w_{ad}$, বেৰখন ৰুদ্ধতাপ বেৰ হ'ব।

(ii) $\Delta U = q$, তাপ পৰিবাহী বেৰ।

(iii) $\Delta U = q - w$, আবদ্ধ তন্ত্ৰ

6.2 প্ৰয়োগ (APPLICATIONS)

বহুতো ৰাসায়নিক বিক্ৰিয়াত গেছ উৎপন্ন হয় আৰু ইয়াৰ সহায়ত যান্ত্ৰিক কাৰ্য সম্পাদন কৰিব পৰা যায়। আন কিছুমান বিক্ৰিয়াত তাপ উৎপন্ন হয়। ৰাসায়নিক বিক্ৰিয়াত হোৱা এনে ধৰণৰ পৰিৱৰ্তন পৰিমাণ হিচাপত জোখা প্ৰয়োজন। লগতে এই পৰিমাণৰ সৈতে অন্তৰ্নিহিত শক্তিৰ পৰিৱৰ্তনৰ সম্পৰ্ক উলিওৱাটোও গুৰুত্বপূৰ্ণ। তলত আমি এই সম্বন্ধে আলোচনা কৰিম।

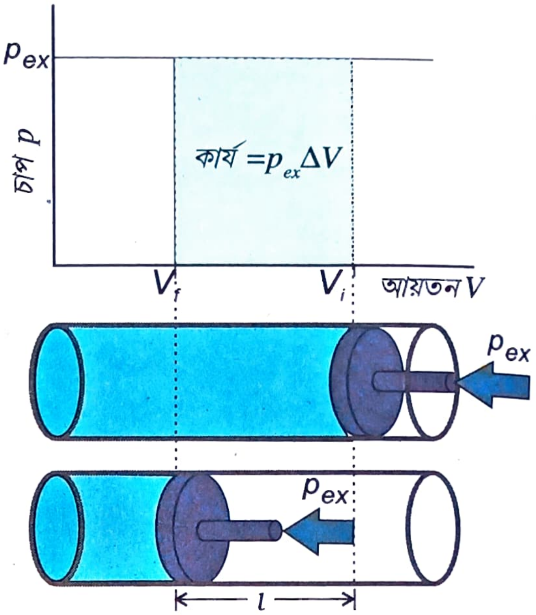
6.2.1 কাৰ্য (Work)

তন্ত্ৰ এটাই কেনে ধৰণৰ কাৰ্য সম্পাদন কৰিব পাৰে প্ৰথমতে আমি সেই সম্পৰ্কে আলোচনা কৰিম। অৱশ্যে এই ক্ষেত্ৰত যান্ত্ৰিক কাৰ্য, অৰ্থাৎ চাপ-আয়তন কাৰ্য (pressure-volume work) বিবেচনা কৰা হ'ব।

চাপ-আয়তন কাৰ্য কেনেদৰে সম্পাদিত হয় সেই বিষয়ে এতিয়া আলোচনা কৰিম। ইয়াৰ বাবে ঘৰ্ষণবিহীন পিষ্টনযুক্ত এটা চিলিণ্ডাৰত এক ম'ল আদৰ্শ গেছ লোৱা হ'ল। গেছটোৰ আয়তন V_i আৰু চাপ p বুলি ধৰা হ'ল। আকৌ ধৰা হ'ল, পিষ্টনটোৰ-দ্বাৰা p_{ex} পৰিমাণৰ চাপ গেছটোৰ ওপৰত প্ৰয়োগ কৰা হৈছে। p_{ex} যদি pতকৈ ডাঙৰ হয় তেন্তে পিষ্টনটো ভিতৰলৈ সোমাই যাব। ইয়াৰ ফলত গেছটোৰ আয়তন কমিব যদিও চাপ (p) বাঢ়িব। যেতিয়া p_{ex} ৰ মান p ৰ সমান হ'ব তেতিয়া এটা স্থানত পিষ্টনটো ৰৈ যাব। এই পৰিৱৰ্তনখিনি এটা খাপতে সমাধা কৰা হ'ল। ধৰা হ'ল, গেছটোৰ অন্তিম আয়তন V_f। গেছটোৰ সংকোচনৰ ফলত পিষ্টনটোৱে l দূৰত্ব অতিক্ৰম কৰিলে আৰু পিষ্টনটোৰ কালি A [চিত্ৰ 6.5 (a)] হ'লে

আয়তনৰ পৰিৱৰ্তন $= l \times A = \Delta V = (V_f - V_i)$

আমি জানো যে, চাপ $= \dfrac{\text{বল}}{\text{কালি}}$



চিত্ৰ 6.5 (a) একেটা খাপতে p_{ex} স্থিৰ চাপ প্ৰয়োগ কৰি চিলিণ্ডাৰত থকা আদৰ্শ গেছৰ সংকোচন ঘটাবলৈ সম্পাদন কৰা কাৰ্য ইষৎ কলা বৰণৰ কালিৰে বুজোৱা হৈছে

গতিকে পিষ্টনটোৰ ওপৰত প্ৰযুক্ত বল $= p_{ex} . A$

পিষ্টনটোৰ স্থান পৰিৱৰ্তনৰ বাবে তন্ত্ৰটোৰ ওপৰত w কাৰ্য সম্পাদন কৰা বুলি ধৰিলে

$$w = \text{বল} \times \text{দূৰত্ব} = -p_{ex} . A . l$$

$$= -p_{ex}(V_f - V_i) \qquad (6.2)$$

এই সমীকৰণত wৰ মান ধনাত্মক হিচাপে ৰাখিবলৈ সোঁপিনে ঋণাত্মক চিন বহুওৱা হয়। ইয়াৰদ্বাৰা সংকোচনত যে তন্ত্ৰটোৰ ওপৰত কাৰ্য সম্পাদন কৰা হৈছে তাকে বুজোৱা হৈছে। ইয়াত $(V_f - V_i)$ ঋণাত্মক আৰু এই ঋণাত্মক সংখ্যাৰে ঋণাত্মকক পূৰণ কৰিলে ধনাত্মক ৰাশি পোৱা যায়। গতিকে এই ক্ষেত্ৰত সম্পাদন কৰা কাৰ্য ধনাত্মক হ'ব।

সংকোচনৰ প্ৰতিটো পৰ্যায়ত চাপ যদি স্থিৰ নাথাকে আৰু কেবাটাও সীমিত খাপত পৰিৱৰ্তন ঘটে, তেন্তে গেছটোৰ ওপৰত কৰা মুঠ কাৰ্য প্ৰতিটো খাপতে

সম্পাদন হোৱা কাৰ্যৰ যোগফলৰ সমান। এই মুঠ কাৰ্যৰ মান $-\Sigma p\Delta V$ হ'ব [চিত্ৰ 6.5 (b)]

যদি চাপ স্থিৰ নহয়, কিন্তু প্ৰক্ৰিয়াটো সংঘটিত হওঁতে এই চাপ গেছটোৰ চাপতকৈ সদায় সূক্ষ্মাতিসূক্ষ্ম হিচাপত বেছি হয় তেতিয়া সংকোচনৰ প্ৰতিটো স্তৰত গেছটোৰ ওপৰত কৰা কাৰ্য তলত উল্লেখ কৰা সম্পৰ্কটোৰে প্ৰকাশ কৰা হয়—

$$w = -\int_{V_i}^{V_f} p_{ex}\, dV \qquad (6.3)$$

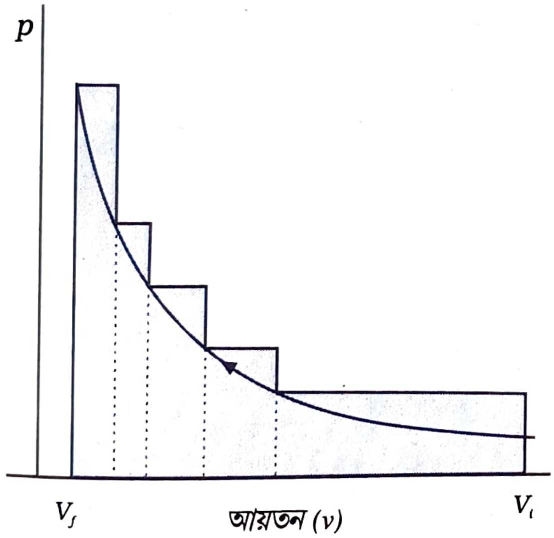
ইয়াত সংকোচনৰ প্ৰতিটো খাপ বা স্তৰতে p_{ex}ৰ মান $p_{in}+dp$ [Fig 6.5(c)]। একে অৱস্থাত প্ৰসাৰণ প্ৰক্ৰিয়াৰ বাবে বাহ্যিক চাপ তন্ত্ৰটোৰ (গেছটোৰ) চাপতকৈ dp পৰিমাণৰ কম হ'ব ; অৰ্থাৎ $p_{ex}= (p_{in} - dp)$।এনেকুৱা প্ৰক্ৰিয়াবোৰক **প্ৰত্যাৱৰ্তী প্ৰক্ৰিয়া** (reversible process) বোলে।

যদি এটা প্ৰক্ৰিয়াৰ পৰিৱৰ্তন এনেভাৱে কৰা হয় যাতে যি কোনো মুহূৰ্ততে সূক্ষ্মাতিসূক্ষ্ম পৰিৱৰ্তনৰদ্বাৰাই প্ৰক্ৰিয়াটো প্ৰত্যাৱৰ্তন কৰিব পৰা যায় তেন্তে প্ৰক্ৰিয়াটোক প্ৰত্যাৱৰ্তী বুলি কোৱা হয়। তন্ত্ৰ আৰু পাৰিপাৰ্শ্বিকৰ মাজত যাতে সদায় এটা সাম্যাৱস্থা থাকে তাৰ বাবে প্ৰত্যাৱৰ্তী প্ৰক্ৰিয়া অতি মন্থৰভাৱে কিছুমান সাম্যৰ মাজেৰে সংঘটিত হয়। যিবোৰ প্ৰক্ৰিয়া এনেদৰে সংঘটিত নহয় তেনেবোৰ প্ৰক্ৰিয়াক অপ্ৰত্যাৱৰ্তী প্ৰক্ৰিয়া (irreversible process) **বোলে।**

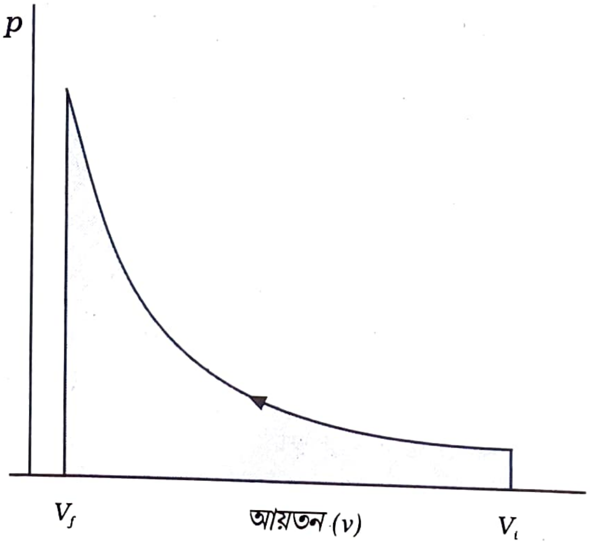
তন্ত্ৰটোৰ আভ্যন্তৰীণ চাপৰ (internal pressure) সৈতে থকা কাৰ্যৰ সম্পৰ্ক স্থাপন কৰিব পাৰিলে ৰসায়নত পোৱা বহুতো তাপগতি বিজ্ঞানীয় সমস্যাৰ সমাধান সহজ হয়। প্ৰত্যাৱৰ্তী প্ৰক্ৰিয়াৰ ক্ষেত্ৰত এই সম্পৰ্কটো তলত উল্লেখ কৰা হ'ল—

$$w_{rev} = -\int_{V_i}^{V_f} p_{ex} dV = -\int_{V_i}^{V_f} (p_{in} \pm dp) dV$$

ইয়াত $dp \times dv$ ৰাশিটোৰ মান বহুত কম হোৱা বাবে



চিত্ৰ6.5 (b) প্ৰাৰম্ভিক আয়তন V_iৰপৰা অন্তিম আয়তন V_f লৈ গেছটো সংকুচিত হওঁতে চাপ স্থিৰ নাথাকিলে আৰু প্ৰক্ৰিয়াটো সীমিত সংখ্যক খাপত হ'লে pV লেখ কেনেকুৱা হ'ব সেইটো দেখুওৱা হৈছে। ইযৎ ক'লা বৰণৰ কালিৰে এই কাৰ্যৰ পৰিমাণ বুজোৱা হৈছে।



চিত্ৰ6.5 (c) সংকোচনৰ সময়ত আয়তন V_i ৰপৰা V_f হওঁতে চাপ স্থিৰ নাথাকিলে আৰু অসীম সংখ্যক খাপত হ'লে pV লেখ কেনেকুৱা হ'ব সেইটো দেখুওৱা হৈছে। ইষৎ ক'লা বৰণৰ পৰিসীমাৰে এই কাৰ্যৰ পৰিমাণ দেখুওৱা হৈছে।

তাক উপেক্ষা কৰিব পাৰি। অৰ্থাৎ

$$w_{rev} = -\int_{V_i}^{V_f} p_{in}\, dV \qquad (6.4)$$

গেছটোৰ চাপ (p_{in}, যাক এতিয়াৰপৰা p হিচাপে লিখা হ'ব) গেছ সমীকৰণৰ সহায়ত আয়তন আৰু উষ্ণতা হিচাপে প্ৰকাশ কৰিব পাৰি। n ম'ল আদৰ্শ গেছৰ বাবে

$$pV = nRT$$

বা, $p = \frac{nRT}{V}$

গতিকে স্থিৰ উষ্ণতাত অৰ্থাৎ সমোষ্ণী প্ৰক্ৰিয়াৰ (isothermal process) বাবে

$$w_{rev} = -\int_{V_i}^{V_f} nRT\frac{dV}{V} = -nRT\,\text{In}\frac{V_f}{V_i}$$

$$= -2.303\, nRT \log\frac{V_f}{V_i} \qquad (6.5)$$

মুক্ত প্ৰসাৰণ *(Free expansion)*ঃ এটা গেছৰ বায়ুশূন্য পৰিৱেশত ঘটা প্ৰসাৰণকে মুক্ত প্ৰসাৰণ বোলে। অৰ্থাৎ গেছটোৰ প্ৰসাৰণ শূন্য চাপৰ ($p_{ex} = 0$) বিপৰীতে হ'লে তাক মুক্ত প্ৰসাৰণ বোলা হয়। প্ৰক্ৰিয়াটো প্ৰত্যাৱৰ্তীয়েই হওঁক বা অপ্ৰত্যাৱৰ্তীয়েই হওঁক, আদৰ্শ গেছৰ মুক্ত প্ৰসাৰণ ঘটিলে কোনো কাৰ্য সম্পাদিত নহয় (সমীকৰণ 6.2 আৰু 6.3)।

প্ৰক্ৰিয়াৰ প্ৰকাৰৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰি সমীকৰণ 6.1ক বিভিন্ন প্ৰকাৰে লিখিব পাৰি।

সমীকৰণ 6.1 ত w ৰ সলনি $-p_{ex}\Delta V$ (সমীকৰণ 6.2) বহুৱালে আমি পাওঁ,

$$\Delta U = q - p_{ex}\Delta V$$

প্ৰক্ৰিয়াটো স্থিৰ আয়তনত সম্পন্ন কৰিলে $\Delta V = 0$ হ'ব তেনেক্ষত্ৰত

$$\Delta U = q_V$$

q_v ত থকা পদাংক V-এ স্থিৰ আয়তন নিৰ্দেশ কৰিছেঃ অৰ্থাৎ q_V হ'ল স্থিৰ আয়তনত তাপৰ পৰিবৰ্তন।

আদৰ্শ গেছৰ সমোষ্ণী আৰু মুক্ত প্ৰসাৰণ (Isothermal and free expansion of an ideal gas)

বায়ুশূন্য অৱস্থাৰ বিপৰীতে গেছ এটাৰ সমোষ্ণী (T = ধ্ৰুৱক) প্ৰসাৰণৰ ক্ষেত্ৰত

$w = 0$ যিহেতু $p_{ex} = 0$

গতিকে বিজ্ঞানী জুলে পৰীক্ষাৰদ্বাৰা প্ৰমাণ কৰিছিল যে এই ক্ষেত্ৰত $q = 0$; গতিকে $\Delta U = 0$ হ'ব।

সমোষ্ণী প্ৰত্যাৱৰ্তী পৰিৱৰ্তনৰ বাবে সমীকৰণ 6.1ক (অৰ্থাৎ $\Delta U = q + w$) তলত দিয়া ধৰণে প্ৰকাশ কৰিব পাৰি—

1. সমোষ্ণী অপ্ৰত্যাৱৰ্তী প্ৰক্ৰিয়াৰ বাবে
   $q = -w = p_{ex}(V_f - V_i)$
2. সমোষ্ণী প্ৰত্যাৱৰ্তী প্ৰক্ৰিয়াৰ বাবে
   $$q = -w = nRT\,\text{ln}\frac{V_f}{V_i}$$
   $$= 2.303\, nRT \log\frac{V_f}{V_i}$$
3. ৰুদ্ধতাপীয় পৰিৱৰ্তনৰ বাবে, $q = 0$
   $\therefore\ \Delta U = w_{ad}$

উদাহৰণ 6.2

10 atm চাপত থকা 2 লিটাৰ আদৰ্শ গেছৰ আয়তন বায়ুশূন্য চাপৰ বিপৰীতে সমোষ্ণী অৱস্থাত 10 লিটাৰলৈ প্ৰসাৰণ ঘটোৱা হ'ল। তন্ত্ৰটোৱে কিমান তাপ শোষণ কৰিব আৰু প্ৰসাৰণৰ বাবে কিমান কাৰ্য সম্পাদিত হ'ব?

সমাধান

আমি জানোঁ যে $q = -w = p_{ex}(V_f - V_i)$

ইয়াত $p_{ex} = 0$

$V_f = 10\text{L}$

$V_i = 2\text{L}$

গতিকে $q = -w = 0 \times 8 = 0$

এই ক্ষেত্রত কোনো কার্য সম্পাদিত নহয় ; বা তন্ত্রটোৱে তাপ শোষণ নকৰে।

উদাহৰণ 6.3

ওপৰৰ 6.2 উদাহৰণত থকা গেছটো যদি বায়ুশূন্য অৱস্থাৰ বিপৰীতে প্ৰসাৰণৰ সলনি বাহ্যিক চাপ 1 atm চাপৰ বিপৰীত প্ৰসাৰণ ঘটোৱা হয় তেন্তে কাৰ্য সম্পাদন আৰু তন্ত্ৰটোৱে কৰা তাপ শোষণ কিমান হ'ব?

সমাধান

আমি জানোঁ যে $q = -w = p_{ex}(V_f - V_i)$

$= 1 \times 8 = 8L\ atm$

উদাহৰণ 6.4

ওপৰৰ উদাহৰণত 10 L আয়তনলৈ প্ৰত্যাৱৰ্তী হিচাপে প্ৰসাৰ কৰিলে কাৰ্য সম্পাদন কিমান হ'ব?

আমি জানোঁ, $q = -w = nRT \times 2.303 \log \frac{V_2}{V_1}$

ইয়াত $nRT = pV = 10\ \text{atm} \times 2\ \text{L}$
$= 20\ \text{atm L}$

$q = -w = 2.303 \times 20\ \text{L atm} \log \frac{10}{2}$

$= 16.1$

6.2.2 এনথালপি, H (Enthalpy, H)

(a) এটা প্ৰয়োজনীয় নতুন অৱস্থা ফলন (A useful new state function)

আমি জানোঁ যে স্থিৰ আয়তনত শোষিত বা বিকিৰিত তাপ অন্তৰ্নিহিত শক্তিৰ পৰিৱৰ্তনৰ সমান;

অৰ্থাৎ $q_V = \Delta U$

কিন্তু বেছি ভাগ ৰাসায়নিক বিক্ৰিয়া স্থিৰ আয়তনৰ পৰিবৰ্তে স্থিৰ বায়ুমণ্ডলীয় চাপত ফ্লাস্ক বা পৰীক্ষানলীত সংঘটিত কৰা হয়। এনেকুৱা অৱস্থাৰ বাবে প্ৰযোজ্য হোৱাকৈ এটা নতুন অৱস্থা ফলনৰ সংজ্ঞা নিৰূপণ কৰা প্ৰয়োজন। স্থিৰ চাপত সমীকৰণ 6.1ক আমি তলত দিয়া ধৰণে লিখিব পাৰোঁ—

$$\Delta U = q_p - p\Delta V$$

ইয়াত q_p হ'ল তন্ত্ৰটোৱে শোষিত কৰা তাপ আৰু $-p\Delta V$ হ'ল তন্ত্ৰটোৱে সম্পাদন কৰা কাৰ্য।

প্ৰাৰম্ভিক অৱস্থা বুজাবলৈ পদাংক 1 আৰু অন্তিম অৱস্থাৰ বাবে পদাংক 2 লিখিলে ওপৰৰ সমীকৰণটো হ'ব

$$U_2 - U_1 = q_p - p\ V_2 - V_1$$

বা, $$q_p = (U_2 + pV_2) - (U_1 + pV_1) \qquad (6.6)$$

সমীকৰণ 6.6ৰপৰা আমি এনথালপি নামৰ (*H*, গ্ৰীক শব্দ *Enthalpien* অৰ্থাৎ গৰম কৰা বা তাপ সম্ভাৰ) এটা নতুন তাপগতীয় ফলনৰ সংজ্ঞা দিব পাৰোঁ-

$$H = U + pV \qquad (6.7)$$

গতিকে সমীকৰণ 6.6 ৰ পৰা আমি পাওঁ,

$$q_p = H_2 - H_1 = \Delta H$$

q হ'ল পথ ফলন; যদিও q_p অৱস্থা ফলন; কিয়নো এনথালপি হ'ল অৱস্থা ফলন। এনথালপি (*H*) নিৰ্ভৰ কৰে *U*, *p* আৰু *V* ৰ ওপৰত। এইকেইটা হ'ল অৱস্থা ফলন। গতিকে ΔH ৰ মানো পথৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ নকৰে।

স্থিৰ চাপত সীমিত পৰিৱৰ্তনৰ বাবে সমীকৰণ 6.7 ক তলত দিয়া ধৰণে লিখিব পাৰি—

$$\Delta H = \Delta U + \Delta pV$$

বা, $$\Delta H = \Delta U + p\Delta V \quad (\because p = \text{ধ্ৰুৱক}) \qquad (6.8)$$

মন কৰিবা, স্থিৰ চাপত তন্ত্ৰটোৱে তাপ শোষণ বা বিকিৰণ কৰিলে প্ৰকৃততে আমি তন্ত্ৰটোৰ এনথালপি পৰিৱৰ্তন পাব পাৰোঁ। আন কথাত স্থিৰ চাপত তাপৰ শোষণ বা বিকিৰণ এনথালপি পৰিৱৰ্তনৰ সমান; অৰ্থাৎ

$$\Delta H = q_p$$

তাপ উৎপন্ন হোৱা বিক্ৰিয়া অৰ্থাৎ তাপবৰ্জী বিক্ৰিয়াৰ (endothermic reaction) **বাবে** ΔH **ৰ মান**

ঋণাত্মক। আনহাতে তাপ শোষণ কৰা বিক্ৰিয়া অৰ্থাৎ তাপগ্ৰাহী বিক্ৰিয়াৰ (exothermic reaction) বাবে ΔH ৰ মান ধনাত্মক হয়।

স্থিৰ আয়তনত ($\Delta V = 0$), $\Delta U = q_V$

গতিকে সমীকৰণ 6.8 ৰপৰা

$$\Delta H = \Delta U = q_V$$

কঠিন আৰু জুলীয়া অৱস্থাৰ তন্ত্ৰৰ বাবে সাধাৰণতে ΔH আৰু ΔU ৰ মাজত বিশেষ পাৰ্থক্য নাথাকে; কিয়নো তাপৰ সৈতে কঠিন আৰু জুলীয়া পদাৰ্থৰ আয়তনৰ পৰিৱৰ্তন গেছৰ তুলনাত যথেষ্ট কম হয়। কিন্তু গেছীয় পদাৰ্থৰ তন্ত্ৰৰ ক্ষেত্ৰত ΔH আৰু ΔU ৰ মাজৰ পাৰ্থক্য তাৎপৰ্যপূৰ্ণ হয়। স্থিৰ চাপ আৰু উষ্ণতাত থকা গেছীয় তন্ত্ৰ এটাৰ বিক্ৰিয়াৰ আগতে মুঠ আয়তন V_A আৰু মুঠ ম'ল n_A হলে আদৰ্শ গেছৰ সমীকৰণ ব্যৱহাৰ কৰি আমি পাওঁ,

$$pV_A = n_A RT$$

বিক্ৰয়াৰ অন্তত যদি তন্ত্ৰটোৰ মুঠ আয়তন V_B আৰু মুঠ ম'ল n_B হয়, তেন্তে আমি পাম,

$$pV_B = n_B RT$$

গতিকে

$$pV_B - pV_A = n_B RT - n_A RT = (n_B - n_A)RT$$

বা, $p(V_B - V_A) = (n_B - n_A)RT$

বা, $p\Delta V = \Delta n_g RT$ (6.9)

ইয়াত Δn_g হ'ল গেছীয়বিক্ৰিয়াজাত পদাৰ্থ আৰু বিক্ৰিয়কৰ ম'লৰ পাৰ্থক্য।

সমীকৰণ 6.9ৰ পৰা $p\Delta V$ৰ মান সমীকৰণ 6.8ত বহুৱালে আমি পাম,

$$\Delta H = \Delta U + \Delta n_g RT \quad (6.10)$$

সমীকৰণ 6.10ৰ সহায়ত ΔH বা ΔU ৰ মান গণনা কৰিব পাৰি।

উদাহৰণ 6.5

ধৰা, পানীৰ বাষ্পই আদৰ্শ গেছৰ আচৰণ দেখুৱায় বুলি ধৰি লোৱা হয় 1 bar চাপত আৰু 100^0 C উষ্ণতাত 1 mol পানীৰ বাষ্পীভৱনৰ ম'লাৰ এনথালপিৰ পৰিৱৰ্তনৰ মান 41 kJ mol^{-1} হ'লে, অন্তৰ্নিহিত শক্তিৰ পৰিৱৰ্তন গণনা কৰা—

(i) 1 bar চাপত আৰু 100^0 C উষ্ণতাত 1mol পানী বাষ্পীভূত কৰা হৈছে।

(ii) 1 mol পানী বৰফলৈ পৰিৱৰ্তন কৰা হৈছে।

সমাধান

(i) পানীৰ বাষ্পীভৱন প্ৰক্ৰিয়াটো হ'ব

$$H_2O(l) \rightarrow H_2O(g)$$

এতিয়া আমি জানোঁ যে

$$\Delta H = \Delta U + \Delta n_g RT$$

বা, $\Delta U = \Delta H - \Delta n_g RT$

এই সমীকৰণত ৰাশিবোৰৰ মান বহুৱালে

$$\Delta U = 41.00 \text{ kJ mol}^{-1} - 1 \times 8.314 \text{ J mol}^{-1} \text{K} \times 373 \text{ K}$$
$$= 41.00 \text{ kJ mol}^{-1} - 3.096 \text{ kJ mol}^{-1}$$
$$= 37.904 \text{ kJ mol}^{-1}$$

(ii) এই ক্ষেত্ৰত প্ৰক্ৰিয়াটো এনেদৰে লিখিব পাৰোঁ—

$$H_2O(l) \rightarrow H_2O(s)$$

যিহেতু এই প্ৰক্ৰিয়াত আয়তনৰ পৰিৱৰ্তন গণ্য হ'ব সেইবাবে আমি $p\Delta V = \Delta n_g RT = 0$ লিখিব পাৰোঁ; অৰ্থাৎ

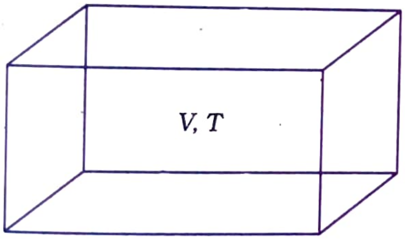
$\Delta H = \Delta U$, গতিকে $\Delta U = 41.00 \text{ kJ mol}^{-1}$

(b) প্ৰসাৰী আৰু অন্তঃসাৰী ধৰ্ম (Extensive and Intensive Properties)

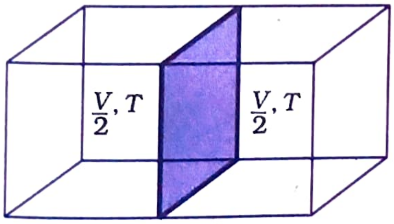
তন্ত্ৰত থকা পদাৰ্থৰ পৰিমাণ বা আকাৰৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰা ধৰ্মসমূহক প্ৰসাৰী ধৰ্ম বোলে। আকৌ পদাৰ্থৰ

পৰিমাণ বা আকাৰৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ নকৰা ধৰ্মসমূহক অন্তঃসাৰী ধৰ্ম বোলে। প্ৰসাৰী ধৰ্মৰ উদাহৰণ হ'ল— ভৰ, আয়তন, অন্তৰ্নিহিত শক্তি, এনথালপি, তাপধাৰিতা ইত্যাদি। অন্তঃসাৰী ধৰ্মৰ উদাহৰণ হ'ল— উষ্ণতা, চাপ, ঘনত্ব ইত্যাদি।কোনো এক প্ৰসাৰী ধৰ্মক প্ৰতি ম'ল হিচাপত প্ৰকাশ কৰিলে অন্তঃসাৰী ধৰ্ম হয়। যদি χ এটা প্ৰসাৰী ধৰ্ম হয়, তেন্তে $\frac{\chi}{n}$ (n পদাৰ্থৰ ম'ল) ৰাশিৰ মান পৰিমাণৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ নকৰে। $\frac{\chi}{n}$ ক χ_m ৰদ্বাৰা বুজোৱা হয় আৰু χ_m এটা অন্তঃসাৰী ধৰ্ম। তেনেদৰে ম'লাৰ আয়তন (V_m), ম'লাৰ তাপধাৰিতা (C_m) আদিও অন্তঃসাৰী ধৰ্ম।

প্ৰসাৰী আৰু অন্তঃসাৰী ধৰ্মৰ মাজৰ পাৰ্থক্য তলত দিয়া ধৰণে দেখুৱাব পাৰি। চিত্ৰ 6.6. (a)ত দেখুওৱাৰ দৰে T উষ্ণতাত V আয়তনৰ পাত্ৰ এটাত থকা গেছৰ কথা বিবেচনা কৰা হ'ল। এতিয়া পাত্ৰটো দুভাগত এনেদৰে ভগোৱা হ'ল যাতে দুয়োপিনে সমান আয়তন থাকে [চিত্ৰ 6.6. (b)]। গতিকে প্ৰতিটো অংশৰে আয়তন $\frac{V}{2}$ হ'ব। কিন্তু দুয়োটা অংশৰে উষ্ণতা একে (T) থাকিব। ইয়াৰপৰা এইটো স্পষ্ট যে আয়তন হ'ল প্ৰসাৰী ধৰ্ম, আৰু উষ্ণতা অন্তঃসাৰী ধৰ্ম।



চিত্ৰ 6.6 (a) T উষ্ণতাত V আয়তনত এবিধ গেছ



চিত্ৰ 6.6 (b) পাত্ৰটো দুটা সমান অংশত ভগোৱা হ'ল।

(c) তাপধাৰিতা (Heat Capacity)

তন্ত্ৰ এটাই পাৰিপাৰ্শ্বিকৰপৰা তাপ শোষণ কৰিলে তন্ত্ৰটোৰ উষ্ণতা বৃদ্ধি হয়। উষ্ণতা বৃদ্ধি শোষিত তাপৰ সমানুপাতিক—

$$q = \text{গুণাংক } \times \Delta T$$

গুণাংকৰ মান তন্ত্ৰটোৰ আকাৰ, সংযুক্তি আৰু প্ৰকৃতিৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে। ওপৰৰ সম্পৰ্কটো নিম্নোক্ত ধৰণে লিখিব পাৰি

$$q = C \times \Delta T$$

গুণাংক C ক তাপধাৰিতা বোলে। তাপধাৰিতা জনা থাকিলে উষ্ণতা বৃদ্ধি জুখি তন্ত্ৰটোলৈ সঞ্চালিত হোৱা তাপ জুখিব পাৰি।

C ৰ মান বেছি হ'লে প্ৰয়োগ কৰা তাপৰ ফলত অতি কম পৰিমাণৰ উষ্ণতা বৃদ্ধি হয়। উদাহৰণ স্বৰূপে, পানীৰ তাপধাৰিতা অতি বেছি; সেইবাবে ইয়াৰ উষ্ণতা বৃদ্ধিৰ বাবে বেছি শক্তিৰ দৰকাৰ।

তাপধাৰিতা (C) পদাৰ্থৰ পৰিমাণৰ সমানুপাতিক। কোনো এবিধ পদাৰ্থৰ ম'লাৰ তাপধাৰিতা (অৰ্থাৎ $C_m = \frac{C}{n}$) হ'ল পদাৰ্থটোৰ এক ম'লৰ তাপধাৰিতা। অৰ্থাৎ, এক ম'ল পদাৰ্থৰ উষ্ণতা এক ডিগ্ৰী চেলছিয়াছ বা এক কেলভিন বৃদ্ধি কৰিবলৈ দৰকাৰ হোৱা তাপৰ পৰিমাণকে পদাৰ্থটোৰ ম'লাৰ তাপধাৰিতা (molar heat capacity) বোলে। আনহাতে এবিধ পদাৰ্থৰ এক গ্ৰাম ভৰৰ উষ্ণতা এক ডিগ্ৰী চেলছিয়াছ বা এক কেলভিন বৃদ্ধিৰ বাবে দৰকাৰ হোৱা তাপৰ পৰিমাণকে আপেক্ষিক তাপ (specific heat) বা বিশিষ্ট তাপধাৰিতা বোলে। কোনো এবিধ পদাৰ্থৰ উষ্ণতা বৃদ্ধিৰ বাবে দৰকাৰ হোৱা তাপৰ মান (q) পাবলৈ আমি পদাৰ্থটোৰ আপেক্ষিক তাপক (C) তাৰ ভৰ (m) আৰু উষ্ণতা বৃদ্ধিৰে ΔT পূৰণ কৰিব লাগে—

$$q = C \times m \times \Delta T \qquad (6.11)$$

(d) আদৰ্শ গেছৰ C_p আৰু C_v ৰ মাজৰ সম্পৰ্ক (The relationship between C_p and C_v for an ideal gas)

তাপধাৰিতাক স্থিৰ আয়তনত C_V হিচাপে আৰু স্থিৰ চাপত C_p হিচাপে লিখা হয়। এই দুটা ৰাশিৰ মাজত সম্পৰ্ক তলত নিৰ্ণয় কৰা হ'ল—

স্থিৰ আয়তনত তাপ, $q_V = C_V\Delta T = \Delta U$

স্থিৰ চাপত তাপ, $q_p = C_p\Delta T = \Delta H$

এবিধ আদৰ্শ গেছৰ এক ম'লৰ বাবে C_p আৰু C_V ৰ মাজৰ পাৰ্থক্য উলিয়াবৰ বাবে আমি প্ৰথমে ΔH আৰু ΔU ৰ মাজৰ সম্পৰ্কটো বিবেচনা কৰিম—

$$\Delta H = \Delta U + \Delta(PV)$$

বা, $\Delta H = \Delta U + \Delta(RT)$

বা, $\Delta H = \Delta U + R\Delta T$ (6.12)

সমীকৰণ 6.12 ত ΔH আৰু ΔU ৰ মান বহুৱালে

$$C_p\Delta T = C_V\Delta T + R\Delta T$$

বা, $C_p = C_V + R$

বা, $C_p - C_V = R$ (6.13)

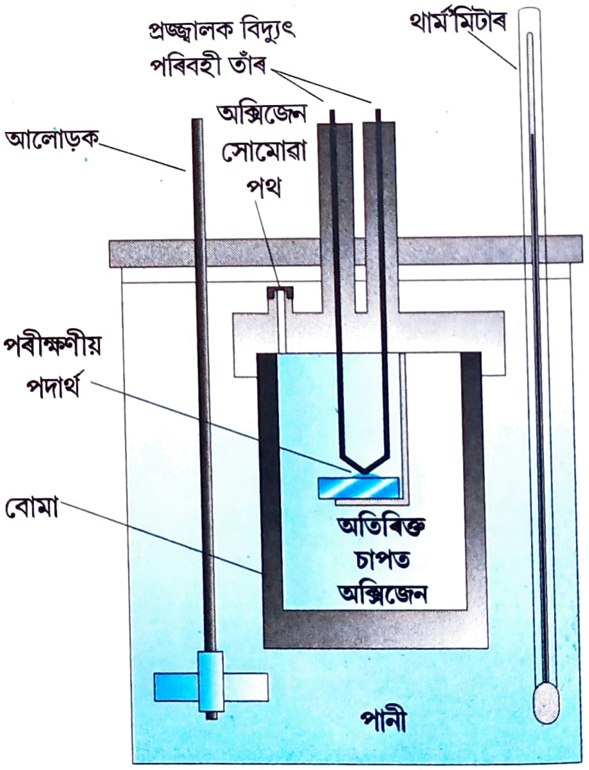
6.3 ΔU আৰু ΔH ৰ মান নিৰ্ণয়— কেলৰিমিতি (MEASUREMENT OF ΔU AND ΔH: CALORIMETRY)

ৰাসায়নিক বা ভৌতিক প্ৰক্ৰিয়াসমূহত হোৱা শক্তিৰ পৰিৱৰ্তন জুখিবলৈ যি পৰীক্ষামূলক পদ্ধতি ব্যৱহাৰ কৰা হয় তাক কেলৰিমেট্ৰি বা কেলৰিমিতি বোলা হয়। যিটো পাত্ৰত পদ্ধতিটো সম্পন্ন কৰা হয় তাক কেলৰিমিটাৰ বোলে। কেলৰিমিটাৰটো এবিধ জুলীয়া পদাৰ্থৰ নিৰ্দ্দিষ্ট আয়তনত ডুবাই ৰখা হয়। এই জুলীয়া পদাৰ্থটো আৰু কেলৰিমিটাৰৰ তাপধাৰিতা জনা থাকিলে ৰাসায়নিক প্ৰক্ৰিয়াটোত হোৱা উষ্ণতাৰ পাৰ্থক্যৰপৰা উৎপন্ন হোৱা বা শোষিত হোৱা তাপ নিৰ্ণয় কৰিব পাৰি। দুটা অৱস্থাত এই তাপ নিৰ্ণয় কৰিব পাৰি-

1. স্থিৰ আয়তনত (q_V) আৰু
2. স্থিৰ চাপত (q_p)

(a) ΔU নিৰ্ণয় (ΔU measurement)

স্থিৰ আয়তনত ৰাসায়নিক বিক্ৰিয়াত হোৱা তাপৰ পৰিৱৰ্তন বোমা কেলৰিমিটাৰত (bomb calorimeter) জোখা হয় (চিত্ৰ 6.7)। ইয়াৰ বাবে এটা তীখাৰ পাত্ৰ (যাক বোমা বুলি কোৱা হয়) পানীত ডুবাই ৰখা হয়। এই পাত্ৰটোৰ ভিতৰতে বিশুদ্ধ অক্সিজেনৰ পৰিৱেশত দাহ্য পদাৰ্থ এটাৰ দহন ঘটোৱা হয়। সামগ্ৰিকভাৱে সঁজুলিটোক কেলৰিমিটাৰ বোলে। বিক্ৰিয়াত (দহন কাৰ্যত) উৎপন্ন হোৱা তাপ যাতে পাৰিপাৰ্শ্বিকলৈ সঞ্চালিত নহয় তাৰ বাবে তীখাৰ পাত্ৰটো পানীত ডুবাই ৰখা হয় । বিক্ৰিয়াত উৎপন্ন হোৱা তাপ তীখাৰ পাত্ৰটো ডুবাই ৰখা পানীলৈ সঞ্চালিত হয়। তাৰ ফলত হোৱা পানীৰ উষ্ণতা বৃদ্ধি থাৰ্মমিটাৰেৰে জোখা হয়। বোমা কেলৰিমিটাৰটো যিহেতু সম্পূৰ্ণৰূপে বন্ধ থাকে গতিকে ইয়াৰ আয়তনৰ পৰিৱৰ্তন নহয় আৰু বিক্ৰিয়াত পৰিৱৰ্তন হোৱা শক্তি স্থিৰ আয়তনত জোখাটো সম্ভৱ

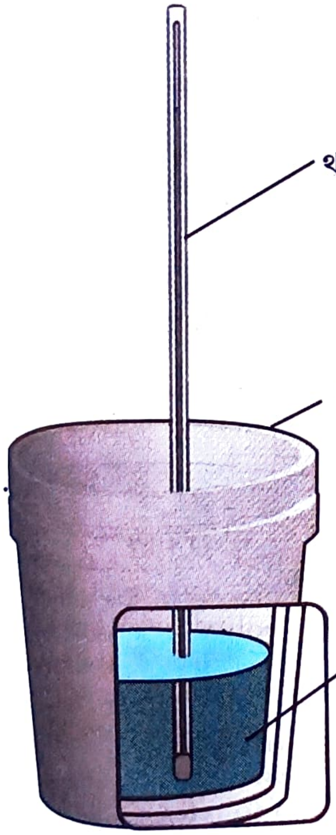


চিত্ৰ 6.7 বোমা কেলৰিমিটাৰ

হয়। এই ক্ষেত্ৰত কোনো কাৰ্যও সম্পাদিত নহয় (বিক্ৰিয়াটো স্থিৰ আয়তনত হোৱা বাবে)। আনকি বিক্ৰিয়াত গেছ উৎপন্ন হ'লেও প্ৰক্ৰিয়াটোত কোনো কাৰ্য সম্পাদিত নহয়। বিক্ৰিয়াটো সম্পূৰ্ণ হোৱাৰ পিছত কেলৰিমিটাৰৰ তাপৰ পৰিৱৰ্তন জুখি আৰু কেলৰিমিটাৰৰ তাপধাৰিতা সমীকৰণ 6.11ত বহুৱাই q_V ৰ মান নিৰ্ণয় কৰা হয়।

(b) ΔH নিৰ্ণয় (ΔH measurements)

স্থিৰ চাপত (সাধাৰণ বায়ুমণ্ডলীয় চাপত) বিক্ৰিয়াত হোৱা তাপৰ পৰিৱৰ্তন চিত্ৰ 6.8ত দেখুওৱা কেলৰিমিটাৰত জোখা হয়। আমি জানোঁ যে $\Delta H = q_p$ (স্থিৰ চাপত); গতিকে স্থিৰ চাপত শোষিত বা উৎপাদিত তাপক (q_p) বিক্ৰিয়া তাপ *(heat of reaction)* বা বিক্ৰিয়া এনথালপি *(enthalpy of reaction, $\Delta_r H$)* বুলিও কোৱা হয়।



চিত্ৰ 6.8 স্থিৰ চাপত (বায়ুমণ্ডলীয় চাপ) তাপ পৰিবৰ্তন জোখা কেলৰিমিটাৰ

তাপবৰ্জী বিক্ৰিয়া এটাত যি তাপ উৎপন্ন হয় সেই তাপ পাৰিপাৰ্শ্বিকলৈ সঞ্চালিত হয়। গতিকে এই ক্ষেত্ৰত q_p ঋনাত্মক হয় আৰু $\Delta_r H$ ও ঋণাত্মক হয়। একেদৰে তাপগ্ৰাহী বিক্ৰিয়া এটাত তাপ শোষিত হোৱা বাবে q_p ধনাত্মক হ'ব আৰু $\Delta_r H$ও ধনাত্মক হ'ব।

উদাহৰণ 6.6

298 K উষ্ণতা আৰু এক বায়ুমণ্ডলীয় চাপত 1 g গ্ৰেফাইট অতিৰিক্ত বায়ুৰ পৰিৱেশত বোমা কেলৰিমিটাৰ এটাত দহন কৰা হ'ল। এই ক্ষেত্ৰত বিক্ৰিয়াটো হ'ল

C (গ্ৰেফাইট) + $O_2(g) \rightarrow CO_2(g)$

বিক্ৰিয়াত কেলৰিমিটাৰৰ উষ্ণতা 298 K ৰপৰা বাঢ়ি 299 K হ'ল। কেলৰিমিটাৰৰ তাপধাৰিতা 20.7 kJ K^{-1} হ'লে উপৰিউক্ত বিক্ৰিয়াটোৰ বাবে 298 K উষ্ণতা আৰু এক বায়ুমণ্ডলীয় চাপত এনথালপি পৰিৱৰ্তন কিমান হ'ব?

সমাধান

উৎপন্ন তাপ q আৰু কেলৰিমিটাৰৰ তাপধাৰিতা C_V হ'লে কেলৰিমিটাৰে শোষণ কৰা তাপৰ পৰিমাণ হ'ব

$$q = C_V \times \Delta T$$

বিক্ৰিয়া উৎপন্ন হোৱা তাপৰ মান একে হ'লেও ই ঋণাত্মক হ'ব কিয়নো তন্ত্ৰটোৱে (বিক্ৰিয়া-মিশ্ৰই) উৎপন্ন কৰা তাপখিনি কেলৰিমিটাৰে গ্ৰহণ কৰিব।

$$q = -C_V \times \Delta T$$
$$= -20.7 \text{ kJ / K} \times (299 - 298) \text{ K}$$
$$= -20.7 \text{ KJ}$$

(ঋণাত্মক চিনটোৱে বিক্ৰিয়াটো তাপবৰ্জী হোৱা বুজায়)

গতিকে 1 g গ্ৰেফাইটৰ দহনৰ বাবে $\Delta U = -20.7$ kJ

এক ম'ল গ্ৰেফাইটৰ দহনৰ বাবে ΔU হ'ব—

$$= \frac{12.0 \text{ g mol}^{-1} \times (-20.7 \text{ kJ})}{1\text{g}}$$
$$= -2.48 \times 10^2 \text{ kJ mol}^{-1}$$

এই ক্ষেত্ৰত $\Delta n_g = 0$ হোৱা বাবে

$\Delta H = \Delta U = -2.48 \times 10^2$ kJ mol^{-1}

6.4 বিক্ৰিয়াৰ এনথালপি পৰিৱৰ্তন - $\Delta_r H$ বিক্ৰিয়া এনথালপি (ENTHALPY CHANGE, $\Delta_r H$ OF A REACTION --REACTION ENTHALPY)

ৰাসায়নিক বিক্ৰিয়াত বিক্ৰিয়ক বিক্ৰিয়াজাত পদাৰ্থলৈ ৰূপান্তৰিত হয়—

বিক্ৰিয়ক ⟶ বিক্ৰিয়াজাত পদাৰ্থ

বিক্ৰিয়া এটাত হোৱা এনথালপি পৰিৱৰ্তনকে বিক্ৰিয়া এনথালপি বোলে। ৰাসায়নিক বিক্ৰিয়া এটাত হোৱা এনথালপি পৰিৱৰ্তনক $\Delta_r H$ চিহ্নৰে বুজোৱা হয়।

$\Delta_r H$ = (বিক্ৰিয়াজাত পদাৰ্থসমূহৰ এনথালপিৰ যোগফল) - (বিক্ৰিয়কসমূহৰ এনথালপিৰ যোগফল)

$$= \Sigma a_i H_{\text{বিক্ৰিয়াজাত পদাৰ্থ}} - \Sigma b_i H_{\text{বিক্ৰিয়ক}} \qquad (6.4)$$

ইয়াত Σ (চিগমা) চিহ্নই যোগফল বুজাইছে। a_i আৰু b_iএ সমতুলিত বিক্ৰিয়াত ক্ৰমে বিক্ৰিয়াজাত আৰু বিক্ৰিয়কৰ ষ্টয়কিঅ'মিতিয় গুণাংক বুজাইছে। উদাহৰণ হিচাপে,

$CH_4(g) + 2O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2O(l)$

বিক্ৰিয়াৰ বাবে

$$\Delta_r H = \Sigma a_i H_{\text{বিক্ৰিয়াজাত পদাৰ্থ}} - \Sigma b_i H_{\text{বিক্ৰিয়ক}}$$

$$= [H_m(CO_2, g) + 2H_m(H_2O, l)] - [H_m(CH_4, g) + 2H_m(O_2\, g)]$$

ইয়াত H_m হ'ল ম'লাৰ এনথালপি।

ৰাসায়নিক বিক্ৰিয়াৰ বাবে এনথালপি পৰিৱৰ্তন এটা অতি উপযোগী ৰাশি। উদ্যোগ ক্ষেত্ৰত প্ৰয়োগ হোৱা কোনো ৰাসায়নিক বিক্ৰিয়াক স্থিৰ উষ্ণতাত ৰাখিবলৈ কিমানখিনি তাপৰ প্ৰয়োজন হ'ব সেয়া জনাৰ বাবে এনথালপি পৰিৱৰ্তনৰ জ্ঞান নিতান্তই আৱশ্যকীয়। উষ্ণতাৰ ওপৰত সাম্য ধ্ৰুৱকৰ নিৰ্ভৰশীলতা গণনা কৰিবলৈও এনথালপি পৰিৱৰ্তন জনাটো দৰকাৰ।

(a) বিক্ৰিয়াৰ প্ৰমাণ এনথালপি (*Standard enthalpy of reaction*)

এটা বিক্ৰিয়া কি পৰিৱেশত সংঘটিত কৰা হৈছে তাৰ ওপৰত বিক্ৰিয়া এনথালপিৰ মান নিৰ্ভৰ কৰে। এই কাৰণে বিক্ৰিয়াৰ বাবে প্ৰমাণ অৱস্থা এটা নিৰ্দিষ্ট কৰাটো প্ৰয়োজন। বিক্ৰিয়া এটাত ভাগ লোৱা আটাইবোৰ বিক্ৰিয়ক প্ৰমাণ অৱস্থাত থাকিলে বিক্ৰিয়াটোত হোৱা এনথালপি পৰিৱৰ্তনকে বিক্ৰিয়াটোৰ প্ৰমাণ এনথালপি বুলি কোৱা হয়।

পদাৰ্থৰ প্ৰমাণ অৱস্থা হ'ল 1bar চাপত নিৰ্দিষ্ট উষ্ণতাত পদাৰ্থটোৰ বিশুদ্ধ ৰূপ। উদাহৰণ হিচাপে, 298 K উষ্ণতাত জুলীয়া ইথানলৰ প্ৰমাণ অৱস্থা হ'ল 1 bar চাপত থকা বিশুদ্ধ জুলীয়া ইথানল। 500K উষ্ণতাত কঠিন অৱস্থাত থকা আয়ৰনৰ প্ৰমাণ অৱস্থা হ'ল 1 bar চাপত থকা বিশুদ্ধ আইৰন। সাধাৰণতে এই সংক্ৰান্তীয় তথ্যসমূহ 298 K উষ্ণতাত লোৱা হয়।

ΔHত শীৰ্ষাংক হিচাপে '$\ominus$' ব্যৱহাৰ কৰি (অৰ্থাৎ $\Delta H^\ominus$ হিচাপে) প্ৰমাণ অৱস্থা বুজোৱা হয়।

(b) প্ৰাৱস্থা ৰূপান্তৰত এনথালপি পৰিৱৰ্তন (*Enthalpy change during phase transformations*)

প্ৰাৱস্থা ৰূপান্তৰতো শক্তি পৰিৱৰ্তন হয়। উদাহৰণ হিচাপে, বৰফ গলিবলৈ তাপৰ দৰকাৰ হয়। সাধাৰণতে বৰফৰ এই গলন স্থিৰ চাপত (বায়ুমণ্ডলীয় চাপত) সংঘটিত হয় আৰু প্ৰাৱস্থা পৰিৱৰ্তনৰ সময়ত উষ্ণতা স্থিৰ থাকে (273 K উষ্ণতাত)।

$$H_2O(s) \rightarrow H_2O(l); \Delta_{fus}H^\ominus = 6.00 \text{ kJ mol}^{-1}$$

ইয়াত $\Delta_{fus}H^\ominus$ হ'ল প্ৰমাণ অৱস্থাত গলন এনথালপি। পানী গোট মাৰিলে এই প্ৰক্ৰিয়াটো ওলোটাকৈ সংঘটিত হয়। ফলত এই ক্ষেত্ৰত একে পৰিমাণৰ তাপ পাৰিপাৰ্শ্বিকলৈ সঞ্চালিত হয়।

প্ৰমাণ অৱস্থাত এক ম'ল গোটা পদাৰ্থ ইয়াৰ গলনাংকত জুলীয়া অৱস্থালৈ পৰিৱৰ্তিত হওঁতে যি পৰিমাণৰ এনথালপি পৰিৱৰ্তন হয় তাকে পদাৰ্থটোৰ প্ৰমাণ গলন এনথালপি *(standard enthalpy of fusion)* **বা, ম'লাৰ গলন এনথালপি** *(molar enthalpy of fusion,* $\Delta_{fus}H^{\ominus}$**)বোলে।**

গোটা পদাৰ্থৰ গলন প্ৰক্ৰিয়া তাপগ্ৰাহী হয়। সেয়ে সকলো গলন এনথালপি ধনাত্মক। আনহাতে পানীৰ বাষ্পীভৱনতো তাপৰ দৰকাৰ হয়।

পানীৰ উতলাংকত (T_b = 373 K) আৰু স্থিৰ চাপত $H_2O(l) \rightarrow H_2O(g)$; বিক্ৰিয়াটোৰ ক্ষেত্ৰত $\Delta_{vap}H^{\ominus}$ = 140.79 kJ mol^{-1} ইয়াত $\Delta_{vap}H^{\ominus}$ হ'ল পানীৰ প্ৰমাণ বাষ্পীভৱন এনথালপি।

প্ৰমাণ চাপত এটা জুলীয়া পদাৰ্থৰ এক ম'ল ইয়াৰ উতলাংকত জুলীয়া অৱস্থাৰপৰা বাষ্পীয় অৱস্থালৈ পৰিৱৰ্তিত হওঁতে যি এনথালপি পৰিৱৰ্তন হয় তাক প্ৰমাণ বাষ্পীভৱন এনথালপি *(standard enthalpy of fusion)* **বা, ম'লাৰ বাষ্পীভৱন এনথালপি** *(molar enthalpy of vaporization)* **বোলে।**

উৰ্ধপাতন হ'ল গোটা পদাৰ্থ এটা জুলীয়া অৱস্থালৈ ৰূপান্তৰিত নহৈ পোনে পোনে বাষ্পীয় অৱস্থালৈ পৰিৱৰ্তন হোৱা প্ৰক্ৰিয়া। 195 K উষ্ণতাত গোটা কাৰ্বন ডাইঅক্সাইড বা 'শুকান বৰফ'ৰ উৰ্ধপাতন হয় আৰু এই ক্ষেত্ৰত ম'লাৰ এনথালপি পৰিৱৰ্তন $\Delta_{sub}H^{\ominus}$ ৰ মান হয় 25.2 kJ mol^{-1}।

প্ৰমাণ চাপত (1bar) কোনো এটা গোটা পদাৰ্থৰ এক ম'ল স্থিৰ উষ্ণতাত সম্পূৰ্ণভাৱে বাষ্পীয় অৱস্থালৈ পৰিৱৰ্তন কৰোতে যি পৰিমাণৰ এনথালপি পৰিৱৰ্তন হয় তাক প্ৰমাণ উৰ্ধপাতন এনথালপি (standard enthalpy of sublimation, $\Delta_{sub}H^{\ominus}$) **বোলে।**

প্ৰাৱস্থা পৰিৱৰ্তন হোৱা পদাৰ্থটোৰ আন্তঃআণৱিক ক্ৰিয়াৰ প্ৰাবল্যৰ ওপৰত এনথালপি পৰিৱৰ্তনৰ মান নিৰ্ভৰ কৰে। উদাহৰণ হিচাপে, পানীৰ অণুৰ মাজত থকা তীব্ৰ হাইড্ৰ'জেন বান্ধনিয়ে পানীৰ অণুবোৰক জুলীয়া অৱস্থাত একত্ৰিত কৰি ধৰি ৰাখে। এচিটʼনৰ দৰে জৈৱ যৌগসমূহত আন্তঃআণৱিক দ্বিমেৰু-দ্বিমেৰু আন্তঃক্ৰিয়া তুলনামূলকভাৱে বহুত দুৰ্বল। গতিকে এক ম'ল পানী

তালিকা 6.1 প্ৰমাণ গলন আৰু বাষ্পীভৱন এনথালপি পৰিৱৰ্তন

পদাৰ্থ	T_f/K	$\Delta_{fus}H^{\ominus}$/(kJ mol^{-1})	T_b/K	$\Delta_{vap}H^{\ominus}$/(kJ mol^{-1})
N_2	63.15	0.72	77.35	5.59
NH_3	195.40	5.65	239.73	23.35
HCl	159.0	1.992	188.0	16.15
CO	68.0	6.836	82.0	6.04
CH_3COCH_3	177.8	5.72	329.4	29.1
CCl_4	250.16	2.5	349.69	30.0
H_2O	273.15	6.01	373.15	40.79
NaCl	1081.0	28.8	1665.0	170.0
C_6H_6	278.65	9.83	353.25	30.8

T_f আৰু T_b হ'ল ক্ৰমে গলনাংক আৰু উতলাংক

বাষ্পীভৱন কৰিবলৈ যিমান তাপৰ দৰকাৰ তাতকৈ এক ম'ল এচিটো'ন বাষ্পীভৱন কৰিবলৈ কম তাপৰ দৰকাৰ হ'ব। তালিকা 6.1ত কিছুমান পদাৰ্থৰ প্ৰমাণ গলন আৰু প্ৰমাণ বাষ্পীভৱন এনথালপি পৰিৱৰ্তনৰ মান দিয়া হৈছে।

উদাহৰণ 6.7

সাতোঁৰবিদ এজনে সাঁতুৰি পানীৰপৰা উঠি অহাৰ লগে লগে তেওঁৰ গাটো 18 g পানীৰ আৱৰণেৰে ঢাকিলে 298 K উষ্ণতাত এই পানীখিনি সম্পূৰ্ণৰূপে বাষ্পীভৱন কৰিবলৈ কিমান তাপৰ প্ৰয়োজন হ'ব? 100^0 C উষ্ণতাত বাষ্পীভৱনৰ বাবে অন্তৰ্নিহিত শক্তিৰ পৰিৱৰ্তন নিৰ্ণয় কৰা। 373 K উষ্ণতাত পানীৰ $\Delta_{Vap}H^{\ominus} = 40.66\ kJ\ mol^{-1}$।

সমাধান

প্ৰদত্ত বাষ্পীভৱন প্ৰক্ৰিয়াটো হ'ল

$$18\ g\ H_2O\ (l) \xrightarrow{\text{বাষ্পীভৱন}} 18\ g\ H_2O\ (g)$$

18 g H_2O (l) ত থকা পানীৰ পৰিমাণ

$$= \frac{18\ g}{18\ g\ mol^{-1}} = 1\ mol$$

$$\Delta_{vap}U = \Delta_{vap}H^{\ominus} - p\Delta V = \Delta_{vap}H^{\ominus} - \Delta n_g RT$$

(জুলীয়া বাষ্পই আদৰ্শ গেছৰ আচৰণ দেখুৱায় বুলি ধৰা হৈছে)

বা $\Delta_{vap}U = \Delta_{vap}H^{\ominus} - \Delta n_g RT$

$$= 40.66\ kJ\ mol^{-1} - 1\ mol \times 8.314 \times 10^{-3}\ kJ\ mol^{-1}K^{-1} \times 373\ K$$

গতিকে $\Delta_{vap}U^{\ominus} = 40.66\ kJ\ mol^{-1} - 3.10\ kJ\ mol^{-1}$

$$= 37.56\ kJ\ mol^{-1}$$

(c) *প্ৰমাণ সংগঠন এনথালপি* *(Standard enthalpy of formation)*

প্ৰমাণ অৱস্থাত কোনো এবিধ যৌগৰ আটাইতকৈ সুস্থিৰ সমুচ্চয়ন অৱস্থাত (ইয়াক নিৰ্দেশক অৱস্থাও বোলে) থকা মৌলসমূহৰপৰা যৌগটোৰ উৎপন্ন হওঁতে যি তাপৰ পৰিৱৰ্তন হয় তাক প্ৰমাণ ম'লাৰ সংগঠন এনথালপি বোলে। ইয়াক $\Delta_f H^{\ominus}$ চিহ্নৰদ্বাৰা বুজোৱা হয়। ইয়াৰ পদাংক fএ প্ৰমাণ অৱস্থাত আটাইতকৈ সুস্থিৰ সমুচ্চয়ন অৱস্থাত থকা মৌলসমূহৰপৰা যৌগটোৰ এক ম'ল উৎপন্ন হোৱা কথাটো বুজাইছে।

মৌল এটাৰ নিৰ্দেশক অৱস্থাটো হ'ল 25°C উষ্ণতা আৰু 1bar চাপত মৌলটোৰ আটাইতকৈ সুস্থিৰ সমুচ্চয়ন অৱস্থা। উদাহৰণ হিচাপে, ডাইহাইড্ৰ'জেনৰ নিৰ্দেশক অৱস্থা H_2 গেছ হ'ব। তেনেদৰে ডাইঅক্সিজেন, কাৰ্বন আৰু ছালফাৰৰ নিৰ্দেশক অৱস্থা যথাক্ৰমে O_2 গেছ, C (গ্ৰেফাইট) আৰু S (ৰম্বিক)। প্ৰমাণ ম'লাৰ সংগঠন এনথালপিৰ সৈতে কিছুমান বিক্ৰিয়া তলত দিয়া হ'ল—

$$H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow H_2O(l);$$
$$\Delta_f H^{\ominus} = -285.8\ kJ\ mol^{-1}$$

$$C\ (\text{গ্ৰেফাইট}, s) + 2H_2(g) \rightarrow CH_4(g);$$
$$\Delta_f H^{\ominus} = -74\ kJ\ mol^{-1}$$

$$2C\ (\text{গ্ৰেফাইট}, s) + 3H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow C_2H_5OH(l);$$
$$\Delta_f H^{\ominus} = -277.7\ kJ/mol^{-1}$$

দৰাচলতে এক বিশেষ চৰ্ত সাপেক্ষে প্ৰমাণ ম'লাৰ সংগঠন এনথালপিয়েই ($\Delta_f H^{\ominus}$) হ'ল প্ৰমাণ বিক্ৰিয়া এনথালপি ($\Delta_f H^{\ominus}$)। এইক্ষেত্ৰত ওপৰৰ বিক্ৰিয়া তিনিটাত দেখুওৱাৰ দৰে পানী, মিথেন আৰু ইথানলৰ প্ৰত্যেকৰ এক ম'লকৈ এইবোৰৰ উপাদান মৌলসমূহৰপৰা গঠন হৈছে। আনহাতে

$$CaO + CO_2(g) \rightarrow CaCO_3(s);$$
$$\Delta_f H^{\ominus} = -178.3\ kJ/mol^{-1}$$

এই তাপবৰ্জী বিক্ৰিয়াটোৰ এনথালপিৰ পৰিৱৰ্তন কেলছিয়াম কাৰ্বনেটৰ সংগঠন এনথালপি নহয়। এই বিক্ৰিয়াটোত কেলছিয়াম কাৰ্বনেট ইয়াৰ উপাদান মৌলসমূহৰপৰা প্ৰস্তুত হোৱা নাই; অন্য যৌগৰপৰাহে প্ৰস্তুত হৈছে। আকৌ তলত উল্লেখ কৰা এনথালপি পৰিৱৰ্তন HBr(g)ৰ প্ৰমাণ সংগঠন এনথালপি ($\Delta_f H^{\ominus}$) নহয়-

$$H_2(g) + Br_2(g) \rightarrow 2HBr(g)$$

$$\Delta_f H^\ominus = -72.8\,kJ\,mol^{-1}$$

ইয়াত উপাদান মৌলসমূহৰপৰা HBr(g) উৎপন্ন হৈছে যদিও যৌগটোৰ এক ম'লৰ ঠাইত দুই ম'ল উৎপন্ন হৈছে। গতিকে $\Delta_r H^\ominus = 2\Delta_f H^\ominus$

সেইবাবে সমতুলিত সমীকৰণৰ সহগবোৰক 2ৰে হৰণ কৰি HBr(g)ৰ সংগঠন এনথালপিৰ বাবে সমীকৰণটো লিখা হয়—

$$\frac{1}{2}H_2(g) + \frac{1}{2}Br_2(g) \rightarrow HBr(g)$$

$$\Delta_f H^\ominus = -36.4\,kJ\,mol^{-1}$$

কিছুমান পদাৰ্থৰ প্ৰমাণ সংগঠন এনথালপি তালিকা 6.2ত দিয়া হৈছে।

সাধাৰণতে নিৰ্দেশক অৱস্থাত, অৰ্থাৎ আটাইতকৈ সুস্থিৰ সমুচ্চয়ন অৱস্থাত মৌল এটাৰ প্ৰমাণ সংগঠন এনথালপি ($\Delta_f H^\ominus$) শূন্য বুলি ধৰা হয়।

ধৰা, কেলছিয়াম কাৰ্বনেটৰ বিয়োজন ঘটাই চূণ আৰু

তালিকা 6.2 কিছুমান নিৰ্বাচিত পদাৰ্থৰ 298K উষ্ণতাত প্ৰমাণ ম'লাৰ সংগঠন এনথালপি

পদাৰ্থ	$\Delta_f H^\ominus$/ (kJ mol^{-1})	পদাৰ্থ	$\Delta_f H^\ominus$/(kJ mol^{-1})
$Al_2O_3(s)$	-1675.7	HI(g)	+26.48
$BaCO_3(s)$	-1216.3	KCl(s)	-436.75
$Br_2(l)$	0	KBr(s)	-393.8
$Br_2(g)$	+30.91	MgO(s)	-601.70
$CaCO_3(s)$	-1206.92	$Mg(OH)_2(s)$	-924.54
C (diamond)	+1.89	NaF(s)	-573.65
C (graphite)	0	NaCl(s)	-411.15
CaO(s)	- 635.09	NaBr(s)	-361.06
$CH_4(g)$	-74.81	NaI(s)	-287.78
$C_2H_4(g)$	52.26	$NH_3(g)$	-46.11
$CH_3OH(l)$	-238.86	NO(g)	+ 90.25
$C_2H_5OH(l)$	-277.69	$NO_2(g)$	+33.18
$C_6H_6(l)$	+ 49.0	$PCl_3(l)$	-319.70
CO(g)	-110.53	$PCl_5(s)$	-443.5
$CO_2(g)$	-393.51	$SiO_2(s)$ (quartz)	-910.94
$C_2H_6(g)$	-84.68	$SnCl_2(s)$	-325.1
$Cl_2(g)$	0	$SnCl_4(l)$	-511.3
$C_3H_8(g)$	-103.85	$SO_2(g)$	-296.83
n−$C_4H_{10}(g)$	-126.15	$SO_3(g)$	-395.72
HgS(s) red	-58.2	$SiH_4(g)$	+ 34
$H_2(g)$	0	$SiCl_4(g)$	-657.0
$H_2O(g)$	-241.82	C(g)	+716.68
$H_2O(l)$	-285.83	H(g)	+217.97
HF(g)	-271.1	Cl(g)	+121.68
HCl(g)	-92.31	$Fe_2O_3(s)$	−824.2
HBr(g)	-36.40		

কাৰ্বন ডাইঅক্সাইড পাবলৈ কিমান তাপ লাগে নিৰ্ণয় কৰিব লাগে। এই ক্ষেত্ৰত সকলোবোৰ পদাৰ্থ প্ৰমাণ অৱস্থাত থকা বুলি ধৰা হয়। বিক্ৰিয়াটো হ'ব—

$$CaCO_3(s) \rightarrow CaO(s) + CO_2(g);\ \Delta_r H^\ominus = ?$$

প্ৰমাণ সংগঠন এনথালপি ব্যৱহাৰ কৰি বিক্ৰিয়া এনথালপি নিৰ্ণয় কৰিব পৰা যাব। এনথালপি পৰিৱৰ্তন গণনাৰ বাবে তলত দিয়া সাধাৰণ সম্পৰ্কটো ব্যৱহাৰ কৰিব পাৰি—

$$\Delta_r H^\ominus = \sum_i a_i \Delta_f H^\ominus \text{ বিক্ৰিয়াজাত পদাৰ্থ } - \sum_i b_i \Delta_f H^\ominus \text{ বিক্ৰিয়ক} \quad (6.15)$$

ইয়াত a আৰু b সমতুলিত সমীকৰণৰ বিক্ৰিয়াজাত পদাৰ্থসমূহৰ আৰু বিক্ৰিয়কৰ সহগ। ওপৰত সম্পৰ্কটো কেলছিয়াম কাৰ্বনেটৰ বিযোজনৰ ক্ষেত্ৰত প্ৰয়োগ কৰিলে (a আৰু b ৰ মান 1) আমি পাম-

$$\Delta_r H^\ominus = \Delta_f H^\ominus[CaO(s)] + \Delta_f H^\ominus[CO_2(g)] - \Delta_f H^\ominus[CaCO_3(s)]$$

$$= 1(-635.1\ \text{kJ mol}^{-1}) + 1(-393.5\ \text{kJ mol}^{-1}) - 1(-1206.9\ \text{kJ mol}^{-1})$$

$$= 178.3\ \text{kJ mol}^{-1}$$

গতিকে 1 mol কেলছিয়াম কাৰ্বনেটৰ বিযোজনৰ বাবে 178.3 kJ তাপৰ দৰকাৰ। ই এটা তাপগ্ৰাহী প্ৰক্ৰিয়া।

(d) তাপ ৰাসায়নিক সমীকৰণ (Thermochemical equations)

সমতুলিত ৰাসায়নিক সমীকৰণ এটাৰ লগতে বিক্ৰিয়াটোত উদ্ভৱ হোৱা বা শোষণ হোৱা তাপৰ পৰিমাণ ($\Delta_r H$) দিয়া থাকিলে সেই সমীকৰণক তাপৰাসায়নিক সমীকৰণ বোলে। সমীকৰণত পদাৰ্থবোৰৰ ভৌতিক অৱস্থাসমূহ নিৰ্দেশ কৰিবলৈ জুলীয়া অৱস্থাৰ বাবে l, কঠিনৰ বাবে s, গেছৰ বাবে g আৰু জলীয় দ্ৰৱৰ বাবে aq পদাৰ্থটোৰ সংকেতৰ পাছত বন্ধনিৰ ভিতৰত লিখা হয়। উদাহৰণ হিচাপে—

$$C_2H_5OH(l) + 3O_2(g) \rightarrow 2CO_2(g) + 3H_2O(l):\quad \Delta_r H^\ominus = -1367\ \text{kJ mol}^{-1}$$

ওপৰৰ বিক্ৰিয়াত স্থিৰ উষ্ণতা আৰু চাপত জুলীয়া ইথানলৰ দহন কাৰ্য দেখুওৱা হৈছে। ইয়াত এনথালপি পৰিৱৰ্তন ঋণাত্মক; অৰ্থাৎ এই বিক্ৰিয়াটো তাপবৰ্জী।

এনেধৰণৰ সমীকৰণ লিখোতে তলত দিয়া সাধাৰণ নিয়মবোৰ মনত ৰাখিব লাগে—

1. সমতুলিত তাপৰাসায়নিক সমীকৰণত সহগবোৰে বিক্ৰিয়াত জড়িত বিক্ৰিয়ক আৰু বিক্ৰিয়াজাত পদাৰ্থসমূহৰ ম'ল বুজায় (সিহঁতৰ অণুৰ সংখ্যা নহয়)।
2. $\Delta_r H^\ominus$ৰ মান সমীকৰণত উল্লেখ থকা পদাৰ্থসমূহৰ ম'লৰ হিচাপত লিখা হয়। সেয়েহে প্ৰমাণ এনথালপি পৰিৱৰ্তন $\Delta_r H^\ominus$ ৰ একক kJ mol^{-1} হ'ব।
3. বিক্ৰিয়াত তাপ উৎপন্ন হ'লে $\Delta_r H^\ominus$ ঋণাত্মক আৰু তাপ শোষিত হ'লে $\Delta_r H^\ominus$ ধনাত্মক হয়।
4. বিক্ৰিয়া এটাত সকলোবোৰ পদাৰ্থ সাধাৰণতে প্ৰমাণ অৱস্থাত থকা বুলি ধৰা হয়।

তলত উল্লেখ কৰা বিক্ৰিয়াটোৰ ক্ষেত্ৰত বিক্ৰিয়া তাপ গণনা কৰি দেখুওৱা হ'ল —

$$Fe_2O_3(s) + 3H_2(g) \rightarrow 2Fe(s) + 3H_2O(l),$$

তালিকা 6.2 ত উল্লেখ কৰা প্ৰমাণ সংগঠনৰ এনথালপিৰ ($\Delta_r H^\ominus$) মানৰ পৰা আমি পাওঁ—

$\Delta_f H^\ominus(H_2O, l) = -285.83$ kJ mol^{-1};

$\Delta_f H^\ominus(Fe_2O_3, s) = -824.2$ kJ mol^{-1};

আৰু $\Delta_f H^\ominus(Fe, s) = 0$

$\Delta_f H^\ominus(H_2, g) = 0$ (যিহেতু মৌলৰ সংগঠন এনথালপি 0 বুলি ধৰা হয়)

গতিকে,

$$\Delta_r H_1^\ominus = 3(-285.83\ \text{kJ mol}^{-1}) - 1(-824.2\ \text{kJ mol}^{-1})$$

$$= (-857.5 + 824.2)\ \text{kJ mol}^{-1}$$

$$= -33.3\ \text{kJ mol}^{-1}$$

এই গণনাত সহগবোৰ পূৰ্ণ সংখ্যা আৰু এইবোৰ নিজ নিজ ষ্টয়কিঅ'মেট্ৰীয় সহগৰ সমান। $\Delta_r H^{\ominus}$ৰ একক হ'ল kJ mol^{-1}। উপৰিউক্ত বিক্ৰিয়াটো আমি যেনিবা তলত দিয়া ধৰণে সমতুলিত কৰিছোঁ—

$$\frac{1}{2}Fe_2O_3(s)+\frac{3}{2}H_2(g) \rightarrow Fe(s)+\frac{3}{2}H_2O(l)$$

এই বিক্ৰিয়াটোৰ বাবে $\Delta_r H^{\ominus}$ ৰ মান হ'ব

$$\Delta_r H_2^{\ominus} = \frac{3}{2}(-285.83\ kJ\ mol^{-1})$$

$$-\frac{1}{2}(-824.2\ kJ\ mol^{-1})$$

$$=(-428.7+412.1)\ kJ\ mol^{-1}$$

$$=-16.6\ kJ\ mol^{-1} = 1/2\,\Delta_r H_1^{\ominus}$$

ইয়াৰপৰা বুজা যায় যে এনথালপি এটা প্ৰসাৰী ধৰ্ম।

5. কোনো এক ৰাসায়নিক বিক্ৰিয়াৰ বিপৰীতমুখী বিক্ৰিয়াটোৰ বাবে $\Delta_r H^{\ominus}$ৰ মানো বিপৰীত হ'ব।

$$N_2(g)+3H_2(g) \rightarrow 2NH_3(g);$$
$$\Delta_r H^{\ominus} = -91.8\ kJ\ mol^{-1}$$

$$2NH_3(g) \rightarrow N_2(g)+3H_2(g);$$
$$\Delta_r H^{\ominus} = +91.8\ kJ\ mol^{-1}$$

(e) হেছৰ স্থিৰ সংকলন সূত্ৰ
(Hess's law of constant heat of summation)

আমি জানোঁ যে এনথালপি এটা অৱস্থা ফলন। সেয়ে প্ৰক্ৰিয়া এটা কেনেকৈ সংঘটিত কৰা হয় তাৰ ওপৰত এনথালপি পৰিৱৰ্তন নিৰ্ভৰ নকৰে; (অৰ্থাৎ সংঘটিত কৰা পথৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ নকৰে) ই প্ৰাৰম্ভিক অৱস্থা (বিক্ৰিয়ক) আৰু অন্তিম অৱস্থাৰ (বিক্ৰিয়াজাত পদাৰ্থ) ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে। অৰ্থাৎ এটা বিক্ৰিয়া এটা খাপতে কৰা হওঁক বা একাধিক খাপতে কৰা হওঁক এনথালপি পৰিৱৰ্তন একেই থাকিব। ইয়াকে আমি হেছৰ সূত্ৰ হিচাপে তলত উল্লেখ কৰা ধৰণে লিখিব পাৰোঁ—

এটা বিক্ৰিয়া কেবাটাও খাপত সংঘটিত হ'লে এই মধ্যৱৰ্তী বিক্ৰিয়াসমূহৰ প্ৰমাণ এনথালপিৰ যোগফল একে উষ্ণতাত মূল (সামগ্ৰিক) বিক্ৰিয়াটোৰ প্ৰমাণ বিক্ৰিয়া এনথালপিৰ সমান হয়।

তলত দিয়া উদাহৰণৰপৰা আমি হেছৰ সূত্ৰৰ তাৎপৰ্য বুজি পাম।

$$C\ (\text{গ্ৰেফাইট, s}) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow CO(g); \Delta_r H^{\ominus} = ?$$

ধৰা, এই বিক্ৰিয়াটোৰ বিক্ৰিয়া এনথালপিৰ ($\Delta_r H$) মান নিৰ্ণয় কৰিব লাগে।

বিক্ৰিয়াটোত প্ৰধানকৈ CO উৎপন্ন হ'লেও কিছুপৰিমাণে CO_2ও উৎপন্ন হয়। গতিকে প্ৰত্যক্ষভাৱে বিক্ৰিয়াটোৰ এনথালপি পৰিৱৰ্তন জুখিব নোৱাৰোঁ। কিন্তু যদি এই বিক্ৰিয়াত থকা পদাৰ্থসমূহ জড়িত আন কিছুমান বিক্ৰিয়া পাব পাৰোঁ তেন্তে আমি এই বিক্ৰিয়াটোৰ এনথালপি পৰিৱৰ্তন গণনা কৰি উলিয়াব পাৰোঁ।

এতিয়া নিম্নোক্ত বিক্ৰিয়াসমূহ বিবেচনা কৰা—

$$C\ (\text{গ্ৰেফাইট, s}) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g);$$
$$\Delta_r H^{\ominus} = -393.5\ kJ\ mol^{-1} \quad (i)$$

$$CO(g)+\frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow CO_2(g);$$
$$\Delta_r H^{\ominus} = -283.0\ kJ\ mol^{-1} \quad (ii)$$

এই দুটা বিক্ৰিয়াৰপৰা আমি আমাৰ প্ৰয়োজনীয় বিক্ৰিয়াটো পাব পাৰোঁ। ইয়াৰ বাবে সোঁপিনে 1 ম'ল CO পাবলৈ (ii) নং বিক্ৰিয়াটো ওলোটাই লিখা। এনেদৰে প্ৰাপ্ত বিক্ৰিয়াৰ $\Delta_r H^{\ominus}$ মান ধনাত্মক হ'ব (অৰ্থাৎ তাপ শোষিত হ'ব)।

$$CO_2(g) \rightarrow CO(g)+\frac{1}{2}O_2(g);$$
$$\Delta_r H^{\ominus} = +283.0\ kJ\ mol^{-1} \quad (iii)$$

সমীকৰণ (i) আৰু (iii) যোগ কৰিলে প্ৰয়োজনীয় বিক্ৰিয়াটো পোৱা যায়—

C (গ্ৰেফাইট, s)$+\frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow CO(g)$;

ইয়াৰ বাবে $\Delta_r H^\ominus = (-393.5+283.0)$

$= -110.5$ kJ mol^{-1}

সাধাৰণভাৱে নিম্নোক্ত বিক্ৰিয়াটো বিবেচনা কৰা—

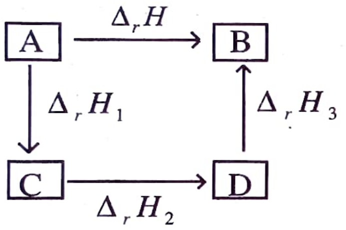
$$A \rightarrow B$$

ধৰা, এই বিক্ৰিয়াটো একেটা খাপত সংঘটিত হ'লে এনথালপি পৰিৱৰ্তন $\Delta_r H$ হয়। আকৌ ধৰা, একে বিক্ৰিয়াজাত পদাৰ্থ (B) উৎপন্ন কৰিবলৈ বিক্ৰিয়াটো কেবাটাও খাপৰ জৰিয়তে সংঘটিত হ'ব পাৰে। এনে খাপকেইটাত যদি এনথালপি পৰিৱৰ্তন

$\Delta_r H_3$....., হয়, তেন্তে

$$\Delta_r H = \Delta_r H_1 + \Delta_r H_2 + \Delta_r H_3 \ldots \qquad (6.16)$$

এই সম্বন্ধটো তলত দিয়া ধৰণে প্ৰকাশ কৰিব পাৰি—



6.5 বিভিন্ন প্ৰকাৰৰ বিক্ৰিয়াৰ এনথালপি (ENTHALPY FOR DIFFERENT TYPES OF REACTIONS)

বিভিন্ন প্ৰকাৰৰ বিক্ৰিয়াৰ বিভিন্ন প্ৰকাৰৰ বিক্ৰিয়া এনথালপি বিবেচনা কৰা হৈছে।

(a) প্ৰমাণ দহন এনথালপি ($\Delta_c H^\ominus$) (Standard enthalpy of combustion, $\Delta_c H^\ominus$)

দহন বিক্ৰিয়াসমূহ সাধাৰণতে তাপবৰ্জী হয়। উদ্যোগ, ৰকেট উৎক্ষেপন বিজ্ঞান আৰু মানুহৰ দৈনন্দিন জীৱনতো এই বিক্ৰিয়াসমূহৰ প্ৰয়োজন আছে। কোনো পদাৰ্থৰ এক ম'ল (বা এক একক পৰিমাণ) অতিৰিক্ত অক্সিজেনৰ পৰিৱেশত সম্পূৰ্ণৰূপে দাহিত হ'লে আৰু বিক্ৰিয়ক আৰু বিক্ৰিয়াজাত পদাৰ্থসমূহ নিৰ্দেশিত প্ৰমাণ অৱস্থাত থাকিলে যি এনথালপি পৰিৱৰ্তন হয় তাক প্ৰমাণ দহন এনথালপি বোলে।

ৰন্ধন গেছৰ ছিলিণ্ডাৰত প্ৰধানকৈ বিউটেন (C_4H_{10}) গেছ থাকে। এক ম'ল বিউটেন গেছৰ সম্পূৰ্ণ দহন ঘটিলে 2658 kJ তাপ উৎপন্ন হয়। এই দহন বিক্ৰিয়াৰ বাবে তাপৰাসায়নিক সমীকৰণটো তলত দিয়া ধৰণে লিখিব পাৰি—

$$C_4H_{10}(g) + \frac{13}{2}O_2(g) \rightarrow 4CO_2(g) + 5H_2O(l);$$

$$\Delta_c H^\ominus = -2658.0 \text{ kJ mol}^{-1}$$

একেদৰে গ্লুক'জৰ দহনৰ ফলত 2802.0 kJ mol^{-1} তাপ উৎপন্ন হয়। এই ক্ষেত্ৰত সমীকৰণটো হ'ব—

$$C_6H_{12}O_6(g) + 6O_2(g) \rightarrow 6CO_2(g) + 6H_2O(l);$$

$$\Delta_c H^\ominus = -2802.0 \text{ kJ mol}^{-1}$$

এই প্ৰক্ৰিয়াৰ দ্বাৰা আমাৰ দেহে আমি খোৱা খাদ্যৰপৰা শক্তি উৎপন্ন কৰে। অৱশ্যে এই ক্ষেত্ৰত উৎসেচকৰ (enzyme) উপস্থিতিত কিছুমান জটিল বিক্ৰিয়াৰ অন্তত বিক্ৰিয়াজাত পদাৰ্থসমূহ উৎপন্ন হয়।

উদাহৰণ 6.8

298 K উষ্ণতাত আৰু 1 atm চাপত এক ম'ল বেনজিন দহন কৰা হ'ল। দহনত $CO_2(g)$ আৰু $H_2O(l)$ উৎপন্ন হ'ল আৰু 3267.0 kJ তাপ নিৰ্গত হ'ল। বেনজিনৰ প্ৰমাণ সংগঠন এনথালপি $\Delta_f H^\ominus$ নিৰ্ণয় কৰা। $CO_2(g)$ আৰু $H_2O(l)$ ৰ প্ৰমাণ সংগঠন এনথালপি হ'ল যথাক্ৰমে -393.5 kJ mol^{-1} আৰু -285.83 kJ mol^{-1} ।

সমাধান

বেনজিনৰ সংগঠন বিক্ৰিয়াটো তলত দিয়া ধৰণে লিখিব পাৰি—

6 C (গ্ৰেফাইট) $+ 3H_2(g) \rightarrow C_6H_6(l)$;

$\Delta_f H^\ominus = ?...$ (i)

1 ম'ল বেনজিনৰ দহন এনথালপি দিয়া আছে ; সমীকৰণটো হ'ল,

$$C_6H_6\,(l) + \frac{15}{2}O_2 \rightarrow 6CO_2\,(g) + 3H_2O\,(l);$$

$$\Delta_c H^\ominus = -3267 kJ\ mol^{-1} \quad (ii)$$

1 ম'ল CO_2 আৰু 1 ম'ল $H_2O(l)$ সংগঠন এনথালপি দিয়া আছে; সমীকৰণ দুটা হ'ল,

$$+O_2\,(g) \rightarrow CO_2\,(g);$$

$$\Delta_f H^\ominus = -393.5 kJ\ mol^{-1} \quad (iii)$$

$$H_2\,(g) + \frac{1}{2}O_2\,(g) \rightarrow H_2O\,(l);$$

$$\Delta_f H^\ominus = -285.83 kJ\ mol^{-1} \quad (iv)$$

(iii) নং সমীকৰণক 6 ৰে আৰু (iv) ক 3 ৰে পূৰণ কৰি আমি পাওঁ—

$$6\,C\,(\text{গ্ৰেফাইট}) + 6O_2\,(g) \rightarrow 6CO_2\,(g);$$

$$\Delta_f H^\ominus = -2361 kJ\ mol^{-1}$$

$$3H_2\,(g) + \frac{3}{2}O_2\,(g) \rightarrow 3H_2O\,(l);$$

$$\Delta_f H^\ominus = -857.49 kJ\ mol^{-1}$$

এই সমীকৰণ দুটা যোগ কৰিলে—

$$6\,C\,(\text{গ্ৰেফাইট}) + 3H_2\,(g) + \frac{15}{2}O_2\,(g) \rightarrow 6CO_2\,(g) + 3H_2O\,(l);$$

$$\Delta_f H^\ominus = -3218.49 kJ\ mol^{-1} ... \quad (v)$$

সমীকৰণ (ii) ক ওলোটাই লিখিলে

$$6CO_2\,(g) + 3H_2O\,(l) \rightarrow C_6H_6\,(l) + \frac{15}{2}O_2;$$

$$\Delta_f H^\ominus = 3267.0 kJ\ mol^{-1} ... \quad (vi)$$

সমীকৰণ (v) আৰু (vi) ক যোগ কৰি এতিয়া আমি পাম

$$6\,C\,(\text{গ্ৰেফাইট}) + 3H_2\,(g) \rightarrow C_6H_6\,(l);$$

$$\Delta_f H^\ominus = 48.51 kJ\ mol^{-1}$$

(b) পৰমাণুকৰণ এনথালপি (Enthalpy of atomization, $\Delta_a H^\ominus$)

ডাইহাইড্ৰ'জেনৰ পৰমাণুকৰণকে আমি উদাহৰণ হিচাপে ল'ব পাৰোঁ—

$$H_2(g) \rightarrow 2H(g)$$

ইয়াত ডাইহাইড্ৰ'জেনৰ H-H বান্ধনিবোৰ ভাঙি H পৰমাণু উৎপন্ন হৈছে। এই প্ৰক্ৰিয়াত হোৱা এনথালপি পৰিৱৰ্তনক ডাইহাইড্ৰ'জেনৰ পৰমাণুকৰণ এনথালপি ($\Delta_a H^\ominus$) বোলা হয়।

প্ৰমাণ অৱস্থাত কোনো পদাৰ্থৰ এক ম'ল বান্ধনিৰ সম্পূৰ্ণৰূপে বিভংগন ঘটাই গেছীয় পৰমাণুলৈ পৰিৱৰ্তন কৰোঁতে যি পৰিমাণৰ এনথালপি পৰিৱৰ্তন হয় সেয়াই হ'ল এনথালপি।

ওপৰত উল্লেখ কৰা ডাইহাইড্ৰ'জেনৰ দৰে দ্বিপৰমাণুক অণুৰ কাৰণে পৰমাণুকৰণ এনথালপি আৰু বান্ধনি বিযোজন এনথালপি একে। $CH_4(g)$ ৰ পৰমাণুকৰণ বিক্ৰিয়া আৰু পৰমাণুকৰণ এনথালপি হ'ব

$$CH_4(g) \rightarrow C(g) + 4H(g);\ \Delta_a H^\ominus = 1665\ kJ\ mol^{-1}$$

ওপৰৰ বিক্ৰিয়াৰ বিক্ৰিয়াজাত পদাৰ্থবোৰ হ'ল কাৰ্বন আৰু হাইড্ৰ'জেনৰ গেছীয় পৰমাণু। তলত আন এটা উদাহৰণ দিয়া হ'ল—

$$Na(s) \rightarrow Na(g);\ \Delta_a H^\ominus = 108.4\ kJ\ mol^{-1}$$

এই ক্ষেত্ৰত পৰমাণুকৰণ এনথালপি আৰু উৰ্ধপাতন এনথালপি একে।

(c) বান্ধনি এনথালপি (Bond enthalpy, $\Delta_{bond}H^\ominus$)

ৰাসায়নিক বিক্ৰিয়াত বান্ধনিৰ বিভংগন আৰু সৃষ্টি হয়। বান্ধনিৰ বিভংগনৰ বাবে শক্তিৰ প্ৰয়োজন হয়। আনহাতে বান্ধনি গঠনৰ বা সৃষ্টিৰ ফলত শক্তি নিৰ্গত হয়। বিক্ৰিয়া তাপৰ সৈতে এই বান্ধনি বিভংগন বা সৃষ্টিৰ লগত জড়িত শক্তিৰ পৰিৱৰ্তনৰ সম্পৰ্ক প্ৰতিষ্ঠা কৰিব পাৰি। তাপ-ৰসায়নত ৰাসায়নিক বান্ধনিৰ সৈতে জড়িত এনথালপি পৰিৱৰ্তনৰ ক্ষেত্ৰত দুটা ৰাশি ব্যৱহাৰ কৰা হয়—

(i) বান্ধনি বিযোজন এনথালপি (bond dissociation enthalpy)

(ii) গড় বান্ধনি এনথালপি (mean bond enthalpy) তলত দ্বিপাৰমাণৱিক আৰু বহুপাৰমাণৱিক অণুৰ বাবে এই ৰাশি দুটা সম্পৰ্কে আলোচনা কৰা হ'ল।

দ্বিপাৰমাণৱিক অণু (Diatomic molecules) **:** এক ম'ল ডাইহাইড্ৰ'জেন গেছৰ (H_2) বান্ধনিসমূহৰ বিভংগন প্ৰক্ৰিয়া তলত দিয়া ধৰণে প্ৰকাশ কৰা হয়—

$$H_2(g) \rightarrow 2H(g) ;\ \Delta_{H-H}H^{\ominus} = 435.0 \text{ kJ mol}^{-1}$$

এই প্ৰক্ৰিয়াত হোৱা এনথালপি পৰিৱৰ্তনৰ সৈতে H–H বান্ধনিৰ বিযোজন এনথালপি একে। কোনো গেছীয় সহযোজী যৌগৰ এক ম'ল সহযোজী বান্ধনি ভাঙি গেছীয় বিক্ৰিয়াজাত পদাৰ্থ উৎপন্ন কৰিলে যি এনথালপিৰ পৰিৱৰ্তন হয় তাকে বান্ধনি বিযোজন এনথালপি বোলে। ডাইহাইড্ৰ'জেনৰ বান্ধনি বিযোজন এনথালপি আৰু ইয়াৰ পৰমাণুকৰণ এনথালপি একে। অৱশ্যে এই কথাটো প্ৰতিটো দ্বিপাৰমাণৱিক অণুৰ ক্ষেত্ৰত প্ৰযোজ্য। উদাহৰণ হিচাপে তলত Cl_2 আৰু O_2ৰ বিযোজন দেখুওৱা হৈছে।

$$Cl_2(g) \rightarrow 2Cl(g) ;\ \Delta_{Cl-Cl}H^{\ominus} = 242 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$O_2(g) \rightarrow 2O(g) ;\ \Delta_{O=O}H^{\ominus} = 428 \text{ kJ mol}^{-1}$$

বহুপাৰমাণৱিক অণুৰ ক্ষেত্ৰত একেটা অণুৰ ভিতৰতে বেলেগ বেলেগ বান্ধনিৰ বাবে বান্ধনি বিযোজন এনথালপি বেলেগ বেলেগ।

***বহুপাৰমাণৱিক অণু** (Polyatomic molecules)*ঃ CH_4ৰ দৰে বহুপাৰমাণৱিক অণুৰ ক্ষেত্ৰত এতিয়া আমি বান্ধনি এনথালপি আৰু বান্ধনি বিযোজন এনথালপিৰ বিষয়ে

তালিকা 6.3 (a) কিছুমান এক বান্ধনিৰ গড় বান্ধনি এনথালপি (298 K উষ্ণতাত kJ mol⁻¹ এককত)

H	C	N	O	F	Si	P	S	Cl	Br	I	
435.8	414	389	464	569	293	318	339	431	368	297	H
	347	293	351	439	289	264	259	330	276	238	C
		159	201	272	-	209	-	201	243	-	N
			138	184	368	351	-	205	-	201	O
				155	540	490	327	255	197	-	F
					176	213	226	360	289	213	Si
						213	230	331	272	213	P
							213	251	213	-	S
								243	218	209	Cl
									192	180	Br
										151	I

তালিকা 6.3 (b) বহু বান্ধনিযুক্ত অণুৰ গড় বান্ধনি এনথালপি (298 K উষ্ণতাত kJ mol⁻¹ এককত)

N = N	418	C = C	611	O = O 498
N ≡ N	946	C ≡ C	837	
C = N	615	C = O	741	
C ≡ N	891	C ≡ O	1070	

* *বান্ধনি বিযোজন এনথালপি আৰু গড় বান্ধনি এনথালপিৰ সংকেত একে।*

** *যদি আমি বান্ধনি সংগঠন এনথালপি, $\Delta_f H^{\ominus}_{bond}$ ৰাশিটো ব্যৱহাৰ কৰোঁ তেনেহ'লে*

$\Delta_r H^{\ominus} = \Sigma \Delta_f H^{\ominus}$ *বিক্ৰিয়াজাত পদাৰ্থৰ বান্ধনি* $- \Sigma \Delta H^{\ominus}$ *বিক্ৰিয়কৰ বান্ধনি*

আলোচনা কৰিম। সামগ্ৰিকভাৱে মিথেনৰ পৰমাণুকৰণৰ বাবে তাপৰাসায়নিক বিক্ৰিয়াটো হ'ব—

$CH_4(g) \rightarrow C(g) + 4H(g);$

$$\Delta_a H^\ominus = 1665 \text{ kJ mol}^{-1}$$

মিথেনত চাৰিওটা C-H বান্ধনিৰ বান্ধনি দৈৰ্ঘ আৰু বান্ধনি শক্তি একে। কিন্তু এটা এটাকৈ C-H বান্ধনিবোৰ বিযোজন কৰিবলৈ দৰকাৰ হোৱা শক্তিৰ পৰিমাণ ভিন ভিন হয়।

$CH_4(g) \rightarrow CH_3(g) + H(g); \Delta_{bond}H^\ominus = +427 \text{ kJ mol}^{-1}$

$CH_3(g) \rightarrow CH_2(g) + H(g); \Delta_{bond}H^\ominus = +439 \text{ kJ mol}^{-1}$

$CH_2(g) \rightarrow CH(g) + H(g); \Delta_{bond}H^\ominus = +452 \text{ kJ mol}^{-1}$

$CH(g) \rightarrow C(g) + H(g); \Delta_{bond}H^\ominus = +347 \text{ kJ mol}^{-1}$

গতিকে

$CH_4(g) \rightarrow C(g) + 4H(g); \Delta_a H^\ominus = 1665 \text{ kJ mol}^{-1}$

এই ক্ষেত্ৰত C-H বান্ধনিৰ গড় বান্ধনি এনথালপি বিবেচনা কৰা হয়। এই ক্ষেত্ৰত $\Delta_{C-H}H^\ominus$ তলত দিয়া ধৰণে গণনা কৰা হয়—

$$\Delta_{C-H}H^\ominus = ¼(\Delta_a H^\ominus) = ¼(1665) \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$= 416 \text{ kJ mol}^{-1}$$

মিথেনৰ ক্ষেত্ৰত গড় C-H বান্ধনি এনথালপি হ'ল 416 kJ mol^{-1}। যৌগভেদে এই গড় C-H বান্ধনি এনথালপি সামান্য পৰিমাণে বেলেগ বেলেগ হ'লেও (যেনে, $CH_3CH_2Cl CH_3NO_2$ আদি যৌগত) লেখত লবলগীয়া নহয়। হেছৰ সূত্ৰ প্ৰয়োগ কৰি বান্ধনি এনথালপি গণনা কৰিব পাৰি। তালিকা 6.3ত কিছুমান একবান্ধনি আৰু বহুবান্ধনিৰ বান্ধনি এনথালপিৰ মান দিয়া হৈছে। বান্ধনি এনথালপি অতি গুৰুত্বপূৰ্ণ ৰাশি। কাৰণ ৰাসায়নিক বিক্ৰিয়া এটাত কিছুমান বান্ধনিৰ বিভংগন আৰু আন কিছুমান বান্ধনি গঠন হয়। এই বিভংগন আৰু গঠন হোৱা বান্ধনিবোৰৰ বান্ধনি এনথালপিৰ মান জানিলে গেছীয় বিক্ৰিয়া এটাৰ বিক্ৰিয়া এনথালপিৰ মান গণনা কৰি উলিয়াব পাৰি। বিক্ৰিয়া এটাৰ প্ৰমাণ বিক্ৰিয়া এনথালপি ($\Delta_r H^\ominus$) আৰু বিক্ৰিয়াটোৰ গেছীয় অৱস্থাত থকা বিক্ৰিয়ক আৰু বিক্ৰিয়াজাত পদাৰ্থসমূহৰ বান্ধনি এনথালপিৰ সম্পৰ্ক হ'ল—

$\Delta_r H^\ominus = \Sigma$ বিক্ৰিয়কসমূহৰ বান্ধনি এনথালপি

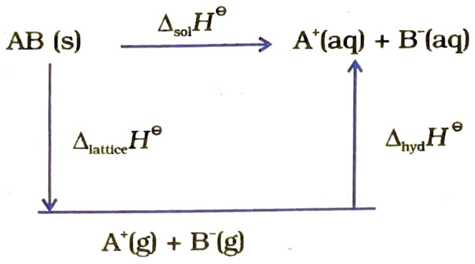
$- \Sigma$ বিক্ৰিয়াজাত পদাৰ্থসমূহৰ বান্ধনি এনথালপি (6.17)

যিবিলাক বিক্ৰিয়াৰ বাবে $\Delta_f H^\ominus$ৰ মান পোৱা নাযায়, বিশেষকৈ সেইবোৰ বিক্ৰিয়াৰ বাবে এই সম্বন্ধটো (সমীকৰণ 6.17) অতি উপযোগী। বিক্ৰিয়ক অণুবোৰৰ বান্ধনিবোৰ বিযোজন কৰিবলৈ দৰকাৰ হোৱা শক্তিৰপৰা আৰু বিক্ৰিয়াজাত অণুবোৰৰ বান্ধনিবোৰ বিযোজন কৰিবলৈ দৰকাৰ হোৱাৰ শক্তি বিয়োগ কৰিলে বিক্ৰিয়াটোৰ মুঠ এনথালপি পৰিৱৰ্তনৰ মান পাব পাৰি। বিক্ৰিয়া এনথালপি আৰু বান্ধনি এনথালপিৰ মাজৰ এইটো আসন্ন সম্বন্ধহে; বিক্ৰিয়ক আৰু বিক্ৰিয়াজাত পদাৰ্থসমূহ গেছীয় অৱস্থাত থাকিলেহে এই সম্বন্ধটো প্ৰযোজ্য হয়।

(d) দ্ৰৱ এনথালপি (*Enthalpy of solution*, $\Delta_{sol}H^\ominus$)

নিৰ্দিষ্ট পৰিমাণৰ দ্ৰাৱকত কোনো পদাৰ্থৰ এক ম'ল দ্ৰৱীভূত কৰিলে যি এনথালপি পৰিৱৰ্তন হয় তাক দ্ৰৱ এনথালপি বোলে। অসীমিত পৰিমাণৰ দ্ৰাৱকত পদাৰ্থটো দ্ৰৱীভূত কৰিলে হোৱা এনথালপি পৰিৱৰ্তনেই হ'ল অসীম লঘুতাত দ্ৰৱ এনথালপি (enthalpy of solution at infinite dilution)। এনে দ্ৰৱত আয়নসমূহৰ (বা দ্ৰাব্যৰ কণাসমূহৰ) মাজত আন্তঃক্ৰিয়া নগন্য হয়।

কোনো এক দ্ৰাৱকত এবিধ আয়নীয় যৌগ দ্ৰৱীভূত কৰিলে যৌগবিধৰ আয়নসমূহে ক্ৰিষ্টেল লেটিছৰ বন্ধনযুক্ত অৱস্থাৰপৰা ওলাই আহে আৰু দ্ৰৱত এই আয়নবোৰ অধিক মুক্ত হৈ পৰে। একে সময়তে এই আয়নবোৰৰ দ্ৰাৱকযোজন (solvation ; পানী যদি দ্ৰাৱক হয় তেনেহ'লে জলযোজন, hydration) ঘটে। AB(s) ধৰণৰ আয়নীয় যৌগ এটাৰ ক্ষেত্ৰত এই পৰিঘটনাসমূহ তলত দেখুওৱা হৈছে—



$AB(s)$ পদাৰ্থটোৰ লেটিছ এনথালপি ($\Delta_{lattice}H^{\ominus}$) আৰু আয়নবোৰৰ জলযোজন এনথালপিৰ $\Delta_{hyd}H^{\ominus}$ সহায়ত যৌগটোৰ পানীত দ্ৰৱ এনথালপি গণনা কৰিব পাৰি—

$$\Delta_{sol}H^{\ominus} = \Delta_{lattice}H^{\ominus} + \Delta_{hyd}H^{\ominus}$$

বেছিভাগ আয়নীয় যৌগৰ বাবে $\Delta_{sol}H^{\ominus}$ ৰাশিটো ধনাত্মক আৰু বিযোজন বিক্ৰিয়াটো তাপগ্ৰাহী হয়। সেয়ে উষ্ণতা বঢ়ালে বেছিভাগ লৱণৰ পানীত দ্ৰৱনীয়তা বাঢ়ি যায়। লেটিছ এনথালপি যদি অতি বেছি হয় তেন্তে যৌগটো দ্ৰৱীভূত নহ'বও পাৰে। এইবাবে বহুতো ফ্লু'ৰাইড যৌগৰ দ্ৰৱনীয়তা অনুৰূপ ক্ল'ৰাইড যৌগতকৈ কম। বান্ধনি শক্তি (বা বান্ধনি এনথালপি) আৰু লেটিছ শক্তিৰ (লেটিছ এনথালপি) তালিকাৰপৰা এনথালপি পৰিৱৰ্তনৰ মানসমূহ গণনা কৰিব পাৰি।

লেটিছ এনথালপি (Latice Enthalpy)

এবিধ আয়নীয় যৌগৰ এক ম'ল গেছীয় আয়নলৈ বিযোজিত হ'লে যি এনথালপি পৰিৱৰ্তন হয় তাকে যৌগটোৰ লেটিছ এনথালপি বোলে।

$$Na^+Cl^-(s) \rightarrow Na^+(g) + Cl^-(g);$$

$$\Delta_{lattice}H^{\ominus} = +788 \text{ kJ mol}^{-1}$$

পৰীক্ষাৰদ্বাৰা লেটিছ এনথালপি নিৰ্ণয় কৰা সম্ভৱ নহয়। এনথালপি চিত্ৰ বা বৰ্ন-হেবাৰ চক্ৰৰ সহায়ত পৰোক্ষ-ভাৱে লেটিছ এনথালপি নিৰ্ণয় কৰিব পাৰি।

তলত দিয়া প্ৰক্ৰিয়াৰদ্বাৰা $NaCl(s)$ৰ লেটিছ এনথালপি নিৰ্ণয় কৰিব পাৰি—

1. $Na(s) \rightarrow Na(g)$

ছ'ডিয়াম ধাতুৰ উৰ্ধপাতন এনথালপি $\Delta_{sub}H^{\ominus} = 108.4 \text{ kJ mol}^{-1}$

2. $Na(g) \rightarrow Na^+(g) + e^{-1}(g)$

ছ'ডিয়াম পৰমাণুৰ আয়নীকৰণ এনথালপি, $\Delta_i H^{\ominus} = 496 \text{ kJ mol}^{-1}$

3. $\frac{1}{2}Cl_2 \rightarrow Cl(g)$

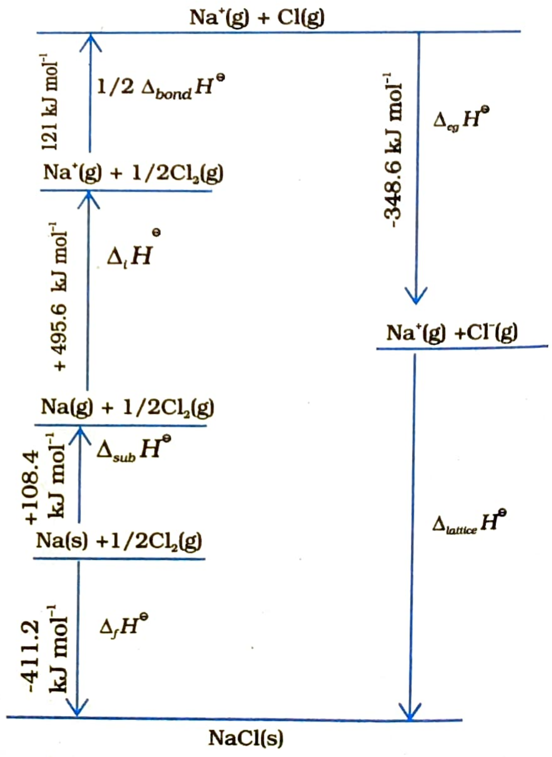
ক্ল'ৰিনৰ বিযোজন এনথালপি বান্ধনি বিযোজন এনথালপিৰ আধা। গতিকে

$$\frac{1}{2}\Delta_{bond}H^{\ominus} = 121 \text{ kJ mol}^{-1}$$

4. $Cl(g) + e^{-1}(g) \rightarrow Cl^-(g)$

ক্ল'ৰিন পৰমাণুৰ ইলেকট্ৰন গ্ৰহণ এনথালপি, $\Delta_{eg}H^{\ominus} = -348.6 \text{ kJ mol}^{-1}$

আয়নীয়কৰণ এনথালপি আৰু ইলেকট্ৰন গ্ৰহণ এনথালপিৰ বিষয়ে তোমালোকে অধ্যায় 3 ত পাই আহিছা। তাপগতিবিজ্ঞানৰপৰাই এই দুটা ৰাশি



চিত্ৰ 6.9 ঃ NaClৰ লেটিছ এনথালপিৰ বাবে এনথালপি চিত্ৰ

লোৱা হৈছে। দৰাচলতে আয়নীকৰণ শক্তি আৰু ইলেকট্ৰন আসক্তি ৰাশি এইদুটা যথাক্রমে আয়নীকৰণ এনথালপি আৰু ইলেকট্ৰন গ্ৰহণ এনথালপিৰ ঠাইত ব্যৱহৃত হৈ আহিছে।

আয়নীকৰণ শক্তি আৰু ইলেকট্ৰন আসক্তি (Ionisation Energy and Electron Affinity)

প্ৰকৃততে এই দুটা ৰাশিৰ সংজ্ঞা পৰম শূন্য অৱস্থাত দিয়া হয়। বাকী যি কোনো উষ্ণতাত বিক্রিয়ক আৰু বিক্রিয়াজাত পদাৰ্থৰ তাপধাৰিতাও বিবেচনা কৰিব লাগিব।

$M(g) \rightarrow M^+(g) + e^-$ (আয়নীয়কৰণ)

$M(g) + e^- \rightarrow M^-(g)$ (ইলেকট্ৰন গ্ৰহণ)

এই দুটা প্ৰক্ৰিয়াৰ বাবে T উষ্ণতাত

$$\Delta_r H^\ominus(T) = \Delta_r H^\ominus(0) + \int_0^T \Delta_r C_p^\ominus dT$$

ওপৰৰ বিক্রিয়াত প্ৰতিটো পদাৰ্থৰ C_p ৰ মান হ'ল $\frac{5}{2}R\,(C_v = \frac{3}{2}R)$

গতিকে, $\Delta_r C_p^\ominus = +\frac{5}{2}R$ (আয়নীয়কৰণৰ বাবে)

$\Delta_r C_p^\ominus = -\frac{5}{2}R$ (ইলেকট্ৰন গ্ৰহণৰ বাবে)

সেইবাবে

$\Delta_r H^\ominus$ (আয়নীয়কৰণ এনথালপি)

$= E_0$ (আয়নীয়কৰন শক্তি $+\frac{5}{2}RT$

$\Delta_r H^\ominus$ (ইলেকট্ৰন গ্ৰহণ এনথালপি)

$= -A$ (ইলেকট্ৰন আসক্তি) $-\frac{5}{2}RT$

5. $Na^+(g) + Cl^-(g) \rightarrow Na^+Cl^-(s)$

এই প্ৰক্ৰিয়াসমূহৰ অনুক্রম চিত্ৰ 6.9 ত দেখুওৱা হৈছে। এই চিত্ৰটোক বৰ্ন-হেবাৰ চক্র (Born-Haber cycle) বোলে। এই চক্রটোৰ তাৎপৰ্য হৈছে গোটেই চক্রটোৰ বাবে এনথালপি পৰিবৰ্তনৰ যোগফল শূন্য হয়।

হেছৰ সূত্ৰ প্ৰয়োগ কৰি আমি পাওঁ—

$\Delta_{lattice} H^\ominus = (411.2 + 108.4 + 121 + 496 - 348.6)$ kJ

বা, $\Delta_{lattice} H^\ominus = +788$ kJ

$NaCl(s) \rightarrow Na^+(g) + Cl^-(g)$ বিক্রিয়াৰ বাবে অন্তৰ্নিহিত শক্তিৰ মান $2RT$ পৰিমাণে কম হয় (যিহেতু $\Delta n_g = 2$) আৰু ইয়াৰ মান + 783 kJ mol^{-1} হ'ব।

এতিয়া $\Delta_{sol} H^\ominus = \Delta_{lattice} H^\ominus + \Delta_{hyd} H^\ominus$

সম্বন্ধটোৰপৰা দ্ৰৱ এনথালপি নিৰ্ণয় কৰিবলৈ লেটিছ এনথালপিৰ মান প্ৰয়োগ কৰিব পাৰি।

NaCl(s) ৰ এক ম'লৰ বাবে

লেটিছ এনথালপি = +788 kJ mol^{-1}

আৰু $\Delta_{hyd} H^\ominus = -784$ kJ mol^{-1} (তথ্যৰপৰা)

গতিকে,

$$\Delta_{sol} H^\ominus = +788 \text{ kJ mol}^{-1} - 784 \text{ kJ mol}^{-1} = +4 \text{ kJ mol}^{-1}$$

NaCl(s) দ্ৰৱীভূত হেৱাৰ ফলত অতি কম পৰিমাণে তাপৰ পৰিৱৰ্তন হয়।

6.6 স্বতঃস্ফূৰ্ততা (SPONTANEITY)

তাপগতিবিজ্ঞানৰ প্ৰথম সূত্ৰৰপৰা আমি তন্ত্ৰ এটাই গ্ৰহণ কৰা তাপ আৰু তন্ত্ৰটোৱে সম্পাদন কৰা বা তন্ত্ৰটোৰ ওপৰত সম্পাদন হোৱা কাৰ্যৰ মাজত এটা সম্বন্ধ পাওঁ। এই সূত্ৰই তাপৰ সোঁতৰ দিশৰ ওপৰত কোনো বাধা আৰোপ নকৰে। কিন্তু তাপৰ সোঁত একমুখী; ই উচ্চ উষ্ণতাৰপৰা নিম্ন উষ্ণতাৰ পিনে সদায় গতি কৰে। প্ৰকৃততে ৰাসায়নিকেই হওঁক বা ভৌতিকেই হওঁক সকলো প্ৰাকৃতিক প্ৰক্ৰিয়াই স্বতঃস্ফূৰ্তভাৱে অকল এটা দিশত গতি কৰে। উদাহৰণ হিচাপে সম্ভৱপৰ সকলো আয়তনলৈ গেছৰ প্ৰসাৰণ, কাৰ্বনৰ দহনৰ ফলত কাৰ্বন ডাইঅক্সাইডৰ উৎপাদন ইত্যাদিৰ কথা আঙুলিয়াব পাৰি।

তাপ নিজে নিজে কেতিয়াও চেঁচা বস্তুৰপৰা গৰম

বস্তুলৈ গতি নকৰে। এটা পাত্ৰত থকা গেছ নিজে কেতিয়াও পাত্ৰটোৰ এটা কোণত গৈ থূপ নাখায়; বা কাৰ্বন ডাইঅক্সাইডৰপৰা নিজে নিজে কেতিয়াও কাৰ্বন আৰু ডাইঅক্সিজেন উৎপন্ন নহয়। সেয়েহে ওপৰৰ দফাত উনুকিওৱা স্বতঃস্ফূৰ্ত প্ৰক্ৰিয়াবোৰ একমুখী। গতিকে আমি এতিয়া প্ৰশ্ন কৰিব পাৰোঁ- "কিহৰ বাবে যি কোনো এটা প্ৰক্ৰিয়া স্বতঃস্ফূৰ্তভাবে সংঘটিত হয়?" "এই স্বত:স্ফূৰ্ত পৰিৱৰ্তনৰ দিশ কিহে নিৰ্দেশ কৰে?" এই অনুচ্ছেদত আমি এনেকুৱা প্ৰশ্নৰ উত্তৰ পাবলৈ চেষ্টা কৰিম; অৰ্থাৎ কি চৰ্তসাপেক্ষে এটা প্ৰক্ৰিয়া স্বত:স্ফূৰ্ত হ'ব সেই বিষয়ে আলোচনা কৰিম।

প্ৰথমতে আমি স্বতঃস্ফূৰ্ত বিক্ৰিয়া বা পৰিৱৰ্তন মানে কি সেইটো বুজিবলৈ চেষ্টা কৰিম। আমাৰ সাধাৰণ পৰ্য্যবেক্ষণৰপৰাই আমি ক'ব পাৰোঁ যে যদি দুটা বিক্ৰিয়ক ইটোৱে সিটোৰ সংস্পৰ্শলৈ অহাৰ লগে লগে বিক্ৰিয়া সংঘটিত হয় তেনেহ'লে বিক্ৰিয়াটো স্বতঃস্ফূৰ্ত হ'ব। উদাহৰণ স্বৰূপে, হাইড্ৰ'জেন আৰু অক্সিজেনৰ মাজৰ বিক্ৰিয়াৰ কথা বিবেচনা কৰিব পাৰি। দুয়োটা গেছৰ মাজত বিক্ৰিয়া সংঘটিত হয় যদিও এই বিক্ৰিয়াৰ গতিবেগ অত্যন্ত মন্থৰ। সাধাৰণ উষ্ণতাত এই দুবিধ গেছ মিহলাই থৈ দিলে বহু বছৰ পিছতো কোনো মনিব পৰা পৰিৱৰ্তন লক্ষ্য কৰা নাযায়। তথাপি এই বিক্ৰিয়াটো এটা স্বতস্ফূৰ্ত বিক্ৰিয়া। ইয়াৰপৰা আমি এইটোকে বুজিলোঁ যে স্বতঃস্ফূৰ্ত মানে হ'ল 'বাহ্যিক কাৰকৰ সহায় অবিপহনে সংঘটিত হ'ব পৰা সামৰ্থ।' কিন্তু প্ৰক্ৰিয়া বা বিক্ৰিয়া এটাৰ গতিবেগ সম্বন্ধে ইয়াৰ পৰা একো ধাৰণা কৰিব নোৱাৰি। স্বতঃস্ফূৰ্ত বিক্ৰিয়া বা প্ৰক্ৰিয়া এটাৰ আন এটা বৈশিষ্ট হ'ল যে ই নিজাববীয়াকৈ আগৰ অৱস্থালৈ প্ৰত্যাবৰ্তন নকৰে। এই কথাখিনি আমি চমুকৈ তলত দিয়া ধৰণে লিখিব পাৰোঁ—

স্বতঃস্ফূৰ্ত প্ৰক্ৰিয়া এটা অপ্ৰত্যাৱৰ্তী প্ৰক্ৰিয়া আৰু ইয়াক বাহ্যিক কাৰকৰ দ্বাৰাইহে প্ৰত্যাৱৰ্তন কৰিব পাৰি।

(a) এনথালপি হ্ৰাস স্বতঃস্ফূৰ্ততাৰ চৰ্তনে?
(Is decrease in enthalpy a criterion for spontaneity)

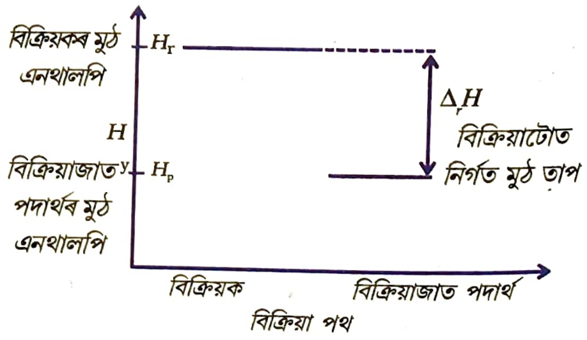
ওখ ঠাইৰপৰা পানী তললৈ বৈ অহা বা ওপৰৰপৰা আহি শিল মাটিত পৰা আদি হ'ল স্বত:স্ফূৰ্ত প্ৰক্ৰিয়াৰ উদাহৰণ। ওখ ঠাইত থকা পানীখিনি বা ওপৰত থকা শিলগুটিটোৰ স্থিতি শক্তি বেছি; তলত কম। সেইবাবে আমি ক'ব পাৰো যে স্বত:স্ফূৰ্ত প্ৰক্ৰিয়াত শক্তি হ্ৰাস পায়। একেদৰে তাপবৰ্জী বিক্ৰিয়াও স্বতঃস্ফূৰ্ত হ'ব; কিয়নো তাপবৰ্জী বিক্ৰিয়াত বিক্ৰিয়ক বিক্ৰিয়াজাত পদাৰ্থলৈ ৰূপান্তৰিত হওঁতে শক্তি হ্ৰাস হয়। উদাহৰণ হিচাপে

$$\frac{1}{2}N_2(g) + \frac{3}{2}H_2(g) = NH_3(g);$$
$$\Delta_r H^\ominus = -46\ \text{kJ mol}^{-1}$$

$$\frac{1}{2}H_2(g) + \frac{1}{2}Cl_2(g) = HCl(g);$$
$$\Delta_r H^\ominus = -92.32\ \text{kJ mol}^{-1}$$

$$H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow H_2O(l);$$
$$\Delta_r H^\ominus = -285.8\ \text{kJ mol}^{-1}$$

তাপবৰ্জী বিক্ৰিয়াত বিক্ৰিয়কৰপৰা বিক্ৰিয়াজাত পদাৰ্থ উৎপন্ন হওঁতে হোৱা এনথালপি হ্ৰাস চিত্ৰ 6.10 (a) ৰ সহায়েৰে দেখুৱাব পাৰি।



চিত্ৰ 6.10 (a) *তাপবৰ্জী বিক্ৰিয়াৰ এনথালপি চিত্ৰ*

এনেদৰে বিবেচনা কৰিলে ৰাসায়নিক বিক্ৰিয়াৰ ক্ষেত্ৰত শক্তিৰ হ্ৰাসেই বিক্ৰিয়াটো চলাই নিয়াৰ মূল কাৰণ যেন লাগে। কিন্তু তলত উল্লেখ কৰা বিক্ৰিয়া দুটালৈ মন কৰাচোন—

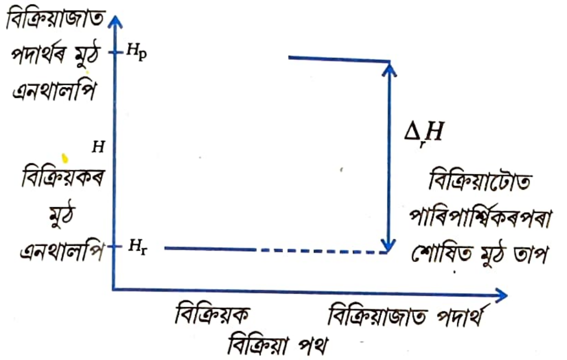
$$\frac{1}{2}N_2(g) + O_2(g) \rightarrow NO_2(g);$$

$$\Delta_r H^\ominus = +332 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$C\ (\text{গ্ৰেফাইট, s}) + 2S(l) \rightarrow CS_2(l);$$

$$\Delta_r H^\ominus = +128.5 \text{ kJ mol}^{-1}$$

এই বিক্ৰিয়াবোৰ তাপগ্ৰাহী, কিন্তু স্বতঃস্ফূৰ্ত। এইবোৰত হোৱা এনথালপি বৃদ্ধি চিত্ৰ 6.10 (b)ত দেখুওৱা হৈছে।



চিত্ৰ 6.10 (b) তাপগ্ৰাহী বিক্ৰিয়াৰ এনথালপি চিত্ৰ

গতিকে দেখা গ'ল যে এনথালপি স্বতঃস্ফূৰ্ততাৰ চৰ্ত কেতিয়াও হ'ব নোৱাৰে;. ই সহায়ক হ'ব পাৰে। তেনেহলে স্বত:স্ফূৰ্ত প্ৰক্ৰিয়া এটা কিহৰ বাবে এক নিৰ্দিষ্ট দিশত সংঘটিত হয়?

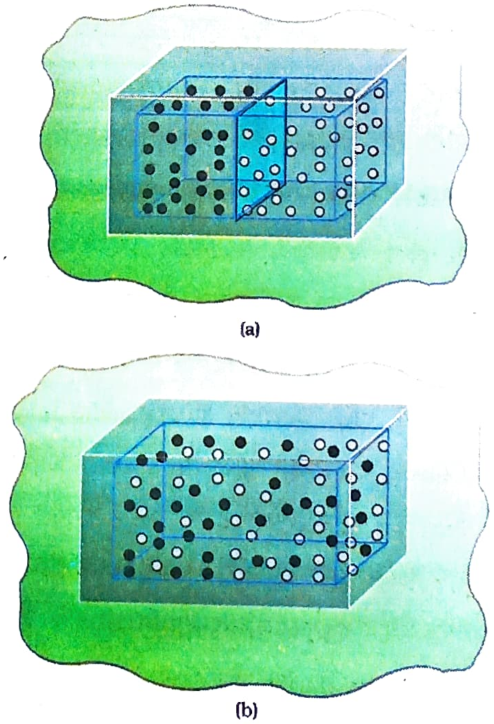
(b) এনট্ৰপি আৰু স্বতঃস্ফূৰ্ততা (Entropy and spontaneity)

ধৰা, এনেকুৱা এটা স্বত:স্ফূৰ্ত বিক্ৰিয়া আছে যাৰ ক্ষেত্ৰত $\Delta H = 0$; অৰ্থাৎ বিক্ৰিয়াটোত এনথালপি পৰিৱৰ্তন নহয়।

পাৰিপাৰ্শ্বিকৰপৰা সম্পূৰ্ণৰূপে অন্তৰিত এটা আবদ্ধ পাত্ৰত দুটা গেছৰ পৰস্পৰলৈ ব্যাপন বিবেচনা কৰা হ'ল (চিত্ৰ 6.11)। ধৰা হ'ল, গেছ দুটা A আৰু B। চিত্ৰত গেছ A আৰু গেছ B ক যথাক্ৰমে ক'লা আৰু বগা ফুটেৰে বুজোৱা হৈছে। গেছ দুটাক এখন বেৰেৰে পৃথক কৰি ৰখা হৈছে। (চিত্ৰ 6.11(a))। এই বেৰখন গুচাই দিলে গেছ দুটাৰ পৰস্পৰৰ মাজত ব্যাপন ঘটিব আৰু কিছু সময় পিছতে ব্যাপন সম্পূৰ্ণ হ'ব। (চিত্ৰ 6.11(b)।

এতিয়া আমি প্ৰক্ৰিয়াটো পৰীক্ষা কৰিম। মাজৰ বেৰখন গুচাই দিয়াৰ আগতে বাওঁপিনৰ কোঠালী-টোৰপৰা যদি গেছৰ অণু এটা লওঁ তেন্তে সেই অণু নিশ্চিতভাৱেই গেছ Aৰ হ'ব। একেদৰে যদি সোঁপিনৰ কোঠালীৰপৰা অণু এটা লওঁ তেনেহ'লে নিশ্চিতভাৱেই সেইটো গেছ B ৰ অণু হ'ব। কিন্তু মাজৰ বেৰখন গুচাই দিয়াৰ পিছত (অৰ্থাৎ ব্যাপন হোৱাৰ পিছত) পাত্ৰটোৰপৰা গেছৰ অণু এটা ল'লে অণুটো গেছ A ৰ হ'বনে গেছ B ৰ হ'ব সঠিককৈ ক'ব পৰা নেযায়। অৰ্থাৎ আমি ক'ব পাৰোঁ যে ব্যাপনৰ পিছত তন্ত্ৰটো বেছি বিশৃংখল হৈছে আৰু সেইবাবে সঠিককৈ জনা কঠিন হৈছে।

ওপৰৰ কথাখিনিৰ ওপৰত ভিত্তি কৰি আমি এতিয়া এটা নতুন প্ৰকল্প উপস্থাপন কৰিম। সেয়া হ'ল— এটা



চিত্ৰ 6.11 দুটা গেছৰ ব্যাপন

অন্তৰিত তন্ত্ৰৰ শক্তি বেছি বিশৃংখল হোৱাৰ প্ৰৱণতা থাকে। এইটো এটা স্বতঃস্ফূৰ্তৰ চৰ্ত হ'ব পাৰে।

এই ক্ষেত্ৰত আন এটা তাপগতিবিজ্ঞানীয় ফলন উপস্থাপন কৰিব পাৰি। সেইটো হ'ল **এনট্ৰপি** (এনট্ৰপিক S আখৰেৰে বুজোৱা হয়)। ওপৰত উল্লেখ কৰা বিশৃংখলতাই হ'ল এনট্ৰপিৰ প্ৰকাশ। তন্ত্ৰ এটাৰ বিশৃংখলতাৰ জোখ হ'ল এনট্ৰপি। অন্তৰিত তন্ত্ৰ এটাত যিমানেই বিশৃংখলতা বেছি হয় সিমানেই এনট্ৰপি বেছি হয়। ৰাসায়নিক বিক্ৰিয়াৰ ক্ষেত্ৰত বিক্ৰিয়কত থকা আয়ন বা পৰমাণুবোৰৰ এটা সজ্জাৰপৰা আন এটা সজ্জালৈ (বিক্ৰিয়াজাত পদাৰ্থত) ৰূপান্তৰিত হোৱাৰ ফলতে এনট্ৰপিৰ পৰিৱৰ্তন হয়। বিক্ৰিয়াজাত পদাৰ্থসমূহৰ গঠন যদি বিক্ৰিয়কসমূহৰ গঠনতকৈ বেছি বিশৃংখল হয় তেনেহ'লে এনট্ৰপি বৃদ্ধি হয়। বিক্ৰিয়াত ভাগ লোৱা পদাৰ্থসমূহৰ গঠন অধ্যয়ন কৰি ৰাসায়নিক বিক্ৰিয়াত হোৱা এনট্ৰপি পৰিৱৰ্তন গুণগতভাৱে নিৰ্ণয় কৰিব পাৰি। এটা পদাৰ্থৰ ক্ৰিষ্টেলীয় অৱস্থাত এনট্ৰপি আটাইতকৈ কম ; কিয়নো এই অৱস্থাত পৰমাণু বা অণু বা আয়নবোৰ আটাইতকৈ সুশৃংখলিতভাৱে থাকে। আনহাতে গেছীয় অৱস্থাত এনট্ৰপি আটাইতকৈ বেছি।

আমি এতিয়া এনট্ৰপিৰ মান নিৰ্ণয় সম্পৰ্কে আলোচনা কৰিম। বিশৃংখল মাত্ৰা বা অণুবোৰৰ মাজত শক্তিৰ বিশৃংখল বিতৰণ গণনা কৰিবলৈ পৰিসাংখ্যিক পদ্ধতি এটা আছে। এই বিষয়ে ইয়াত আমি আলোচনা নকৰো। আন এটা উপায় হ'ল, এনট্ৰপিক তাপগতি বিজ্ঞানৰ ধাৰণাৰে বিবেচনা কৰা আৰু প্ৰক্ৰিয়াত নিৰ্গত বা শোষিত হোৱা তাপৰ সৈতে ইয়াক সম্পৰ্কিত কৰা। আন আন তাপগতিবিজ্ঞানীয় ধৰ্মৰ (যেনে, অন্তৰ্নিহিত শক্তি U, এনথালপি H) দৰে এনট্ৰপিও এটা অৱস্থা ফলন আৰু প্ৰক্ৰিয়া সম্পন্ন কৰা পথৰ ওপৰত এনট্ৰপি পৰিবৰ্তনৰ ΔS মান নিৰ্ভৰ নকৰে।

তন্ত্ৰ এটালৈ তাপ প্ৰদান কৰিলে তন্ত্ৰটোত থকা অণুসমূহৰ গতি বৃদ্ধি হয়। ফলত তন্ত্ৰটোৰ বিশৃংখলতাও বৃদ্ধি হয়। গতিকে আমি ক'ব পাৰোঁ যে **তাপে(q) তন্ত্ৰটোৰ বিশৃংখলতা বৃদ্ধি কৰাত প্ৰভাৱ পেলায়।** তেনেহ'লে q আৰু ΔS একে বুলি ভাবিব পাৰো নেকি ? কিন্তু অভিজ্ঞতাৰপৰা আমি জানোঁ যে যি উষ্ণতাত তাপ চালিত হয় তাৰ ওপৰতো তাপৰ বিতৰণ নিৰ্ভৰ কৰে। উচ্চ উষ্ণতাত তন্ত্ৰৰ বিশৃংখলতা বেছি ; নিম্ন উষ্ণতাত কম। গতিকে **উষ্ণতা তন্ত্ৰটোৰ কণাবোৰৰ গড় বিশৃংখল গতিৰ জোখ হ'ব**। নিম্ন উষ্ণতাত থকা তন্ত্ৰ এটাক তাপ দিলে তন্ত্ৰটোৰ বিশৃংখলতা বেছিকৈ বাঢ়ে। আনহাতে বেছি উষ্ণতাত একে পৰিমাণৰ তাপে তুলনামূলকভাৱে কম বিশৃংখলতাৰ সৃষ্টি কৰে। অৰ্থাৎ এনট্ৰপি পৰিৱৰ্তন উষ্ণতাৰ ব্যস্তানুপাতিক। প্ৰত্যাৱৰ্তী বিক্ৰিয়াৰ বাবে ΔS, q আৰু T ৰ সম্পৰ্ক তলত দিয়া হ'ল—

$$\Delta S = \frac{q_{rev}}{T} \quad (6.18)$$

স্বতঃস্ফূৰ্ত প্ৰক্ৰিয়া এটাৰ তন্ত্ৰ আৰু পাৰিপাৰ্শ্বিকৰ মুঠ এনট্ৰপি পৰিবৰ্তন (ΔS_{total})হ'ব

$$\Delta S_{total} = \Delta S_{system} + \Delta S_{surr} > 0 \quad (6.19)$$

এটা তন্ত্ৰ সাম্য অৱস্থাত থাকিলে এনট্ৰপি সৰ্বাধিক আৰু এনট্ৰপি পৰিৱৰ্তন শূন্য হ'ব ($\Delta S = 0$)। স্বতঃস্ফূৰ্ত প্ৰক্ৰিয়াত মুঠ এনট্ৰপি বৃদ্ধি হৈ সৰ্বাধিক মান প্ৰাপ্ত হয় । যিহেতু এনট্ৰপি এটা অৱস্থা ফলন, গতিকে প্ৰত্যাৱৰ্তী প্ৰক্ৰিয়া এটাৰ এনট্ৰপি পৰিৱৰ্তন তলত দিয়া সম্পৰ্কটোৰ পৰা গণনা কৰিব পাৰি—

$$\Delta S_{sys} = \frac{q_{sys,\,rev}}{T}$$

এটা আদৰ্শ গেছৰ প্ৰত্যাৱৰ্তী আৰু অপ্ৰত্যাৱৰ্তী প্ৰসাৰণৰ বাবে সমোষ্ণী অৱস্থাত $\Delta U = 0$ হয়। কিন্তু ΔS_{total} (অৰ্থাৎ $\Delta S_{sys} + \Delta S_{surr}$) অপ্ৰত্যাৱৰ্তী প্ৰক্ৰিয়াৰ বাবে

শূন্য নহয়। ΔU ৰ মান প্ৰক্ৰিয়াটো প্ৰত্যাৱৰ্তী হোৱা-নোহোৱাৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ নকৰে; কিন্তু ΔS_{total} ৰ ক্ষেত্ৰত এই কথাটো সত্য নহয়।

উদাহৰণ 6.9

তলত দিয়া প্ৰক্ৰিয়াসমূহৰ কোনটো ক্ষেত্ৰত এনট্ৰপি বাঢ়িব আৰু কোনটো ক্ষেত্ৰত কমিব ?

(i) জুলীয়া পদাৰ্থ এটা কঠিন অৱস্থাপ্ৰাপ্ত হ'লে

(ii) ক্ৰিষ্টেলীয় কঠিন পদাৰ্থ এটাৰ উষ্ণতা 0 Kৰপৰা 115 K লৈ বৃদ্ধি কৰিলে

(iii) $2NaHCO_3(s) \rightarrow Na_2CO_3(s)+CO_2(g)+ + H_2O(g)$

(iv) $H_2(g) \rightarrow 2H(g)$

সমাধান

(i) কঠিন অৱস্থা প্ৰাপ্ত হ'লে অণুবোৰ শৃংখলিত হয়। ফলত এনট্ৰপি কমে।

(ii) 0 K উষ্ণতাত কণাবোৰ স্থবিৰ হয়; গতিকে এনট্ৰপি নিম্নতম হয়। 115 Kলৈ উষ্ণতা বৃদ্ধি কৰিলে কণাবোৰে নিজৰ সাম্য অৱস্থানত দুলিবলৈ ধৰে আৰু তন্ত্ৰটো বেছি বিশৃংখলিত হয়। গতিকে এনট্ৰপি বাঢ়ে।

(iii) $NaHCO_3$; কঠিন পদাৰ্থ হ'ল গেছ বা জুলীয়া পদাৰ্থতকৈ তুলনামূলকভাৱে ইয়াৰ এনট্ৰপি কম। $NaHCO_3$ৰপৰা এই বিক্ৰিয়াত এটা কঠিন আৰু দুটা গেছ উৎপন্ন হৈছে। গতিকে এই ক্ষেত্ৰত এনট্ৰপি বাঢ়িব।

(iv) ইয়াত এটা অণুৰপৰা দুটা পৰমাণু উৎপন্ন হৈছে। গতিকে মুঠ কণাৰ সংখ্যা বাঢ়িছে আৰু ফলত বিশৃংখলতা বাঢ়িব। দুই ম'ল হাইড্ৰ'জেন পৰমাণুৰ এনট্ৰপি এক ম'ল হাইড্ৰ'জেন অণুতকৈ বেছি।

উদাহৰণ 6.10

298 K উষ্ণতাত আইৰনৰ জাৰণ বিক্ৰিয়াৰ ফলত এনট্ৰপি পৰিৱৰ্তন হয় $-549.4\ J\ K^{-1}\ mol^{-1}$। বিক্ৰিয়াটো হ'ল

$$4Fe(s)+3O_2(g) \rightarrow 2Fe_2O_3(s)$$

এই বিক্ৰিয়াত এনট্ৰপি হ্ৰাস হোৱা স্বত্তেও বিক্ৰিয়াটো স্বতঃস্ফূৰ্ত কিয়? (এই বিক্ৰিয়াৰ বাবে $\Delta_r H^\ominus$ৰ মান $-1648\times10^3\ J\ mol^{-1}$)

সমাধান

বিক্ৰিয়া এটা স্বতঃস্ফূৰ্ত হ'ব নে নহয় সেয়া মুঠ এনট্ৰপি পৰিৱৰ্তনৰপৰা ΔS_{total} (অৰ্থাৎ, $\Delta S_{sys}+\Delta S_{surr}$) জানিব পাৰি। ΔS_{total} ধনাত্মক হ'লেহে বিক্ৰিয়াটো স্বতঃস্ফূৰ্ত হয় হ'ব। ΔS_{surr} ৰ মান নিৰ্ণয় কৰিবলৈ হ'লে পাৰিপাৰ্শ্বিকে শোষণ কৰা তাপ জানিব লাগিব। এই তাপ $-\Delta_r H^\ominus$ ৰ সমান হ'ব।

গতিকে T উষ্ণতাত পাৰিপাৰ্শ্বিকৰ এনট্ৰপি পৰিৱৰ্তন হ'ব

$$\Delta S_{surr} = -\frac{\Delta_r H^\ominus}{T} \quad (\text{স্থিৰ চাপত})$$

$$= -\frac{(-1648\times10^3\ J\ mol^{-1})}{298\ K}$$

$$= 5530\ JK^{-1}\ mol^{-1}$$

গতিকে বিক্ৰিয়াটোৰ বাবে মুঠ এনট্ৰপি পৰিৱৰ্তন হ'ব

$$\Delta S_{total} = 5530\ J\ K^{-1}\ mol^{-1} + (-549.4\ J\ K^{-1}\ mol^{-1})$$

$$= 4980.6\ JK^{-1}\ mol^{-1}$$

দেখা গ'ল যে বিক্ৰিয়াটো স্বতঃস্ফূৰ্ত হ'ব।

(c) গীবছ শক্তি আৰু স্বতঃস্ফূৰ্ততা

(Gibbs energy and spontaneity)

ইতিমধ্যে আমি পাই আহিছোঁ যে মুঠ এনট্ৰপি পৰিৱৰ্তনে (ΔS_{total}) প্ৰক্ৰিয়া এটা স্বতঃস্ফূৰ্ত হ'বনে নহয় সেইটো

নিৰ্ধাৰণ কৰে। স্বতঃস্ফূৰ্ত প্ৰক্ৰিয়াৰ ক্ষেত্ৰত ΔS_{total} ৰ মান ধনাত্মক হ'ব লাগিব; অথবা আমি ক'ব পাৰো যে ΔS_{total} ৰ মান ধনাত্মক হ'লেহে এটা প্ৰক্ৰিয়া স্বতঃস্ফূৰ্ত হয়। কিন্তু বেছিভাগ প্ৰক্ৰিয়াত ΔS_{total}ৰ মান জানিব পৰা নাযায় বাবে ΔS_{total}ৰ মানো জনা নাযায়। বেছিভাগ ৰাসায়নিক বিক্ৰিয়াতে এনথালপি আৰু এনট্ৰপি দুয়োটাৰ পৰিৱৰ্তন হয়। আগৰ অনুচ্ছেদত পাই আহিছোঁ যে তন্ত্ৰ এটাৰ এনথালপি পৰিবৰ্তনে এটা বিক্ৰিয়া স্বতঃস্ফূৰ্ত হ'বনে নে নহয় সেয়া নিৰ্দেশ নকৰে। ΔS_{sys}ৰ মানেও স্বতঃস্ফূৰ্ততা নিৰ্দেশ নকৰে। আকৌ ΔS_{total}ৰ মানে স্বতঃস্ফূৰ্ততা নিৰ্দেশ কৰে যদিও বেছিভাগ ক্ষেত্ৰতে ইয়াৰ মান জানিব নোৱাৰি।

সেই কাৰণে আমি এটা নতুন তাপগতি বিজ্ঞানীয় ফলনৰ অৱতাৰণা কৰিম। এই ফলনটো হ'ল গীবছ শক্তি (Gibbs energy) বা গীবছ ফলন (Gibbs function, G)।

$$G = H - TS \qquad (6.20)$$

গীবছ ফলন এটা প্ৰসাৰী ধৰ্ম আৰু অৱস্থা ফলন। তন্ত্ৰ এটাৰ গীবছৰ শক্তিৰ পৰিৱৰ্তন (ΔG_{sys}) তলত দিয়া ধৰণে লিখিব পাৰি—

$$\Delta G_{sys} = \Delta H_{sys} - T\Delta S_{sys} - S_{sys}\Delta T$$

স্থিৰ উষ্ণতাত,

$$\therefore \Delta G_{sys} = \Delta H_{sys} - T\Delta S_{sys} \qquad 6.21(a)$$

সাধাৰণতে পদাংক 'system' উহ্য ৰখা হয় আৰু সমীকৰণটো তলত দিয়া ধৰণে লিখা হয়।

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S \qquad 6.21(b)$$

অৰ্থাৎ, গীবছ শক্তিৰ পৰিৱৰ্তন

= এনথালপি পৰিৱৰ্তন – উষ্ণতা × এনট্ৰপি পৰিৱৰ্তন

এই সমীকৰণটোক গীবছৰ সমীকৰণ (Gibbs equation) বোলে। ৰসায়নত এই সমীকৰণটো অতি গুৰুত্বপূৰ্ণ। এই সমীকৰণত স্বতঃস্ফূৰ্ততাক শক্তি (ΔH হিচাপে) আৰু এনট্ৰপিৰ (ΔS, বিশৃংখলতাৰ জোখ হিচাপে) আধাৰত বিবেচনা কৰা হৈছে। শক্তিৰ এককেই ΔGৰ একক ; কিয়নো ΔH আৰু $T\Delta S$ ৰ এককো শক্তিৰ এককৰ সৈতে একে ($T\Delta S = K \times JK^{-1} = J$)

বিক্ৰিয়াৰ স্বতঃস্ফূৰ্ততাৰ লগত ΔG কেনেভাৱে জড়িত সেই বিষয়ে তলত আলোচনা কৰা হৈছে।

আমি জানো যে $\Delta S_{total} = \Delta S_{sys} + \Delta S_{surr}$

তন্ত্ৰটো পাৰিপাৰ্শ্বিকৰ সৈতে যদি তাপীয় সাম্যত থাকে তেনেহ'লে তন্ত্ৰ আৰু পাৰিপাৰ্শ্বিকৰ উষ্ণতা একে হয়। এনে অৱস্থাত পাৰিপাৰ্শ্বিকৰ এনথালপি বৃদ্ধি তন্ত্ৰৰ এনথালপি হ্ৰাসৰ সমান হয়।

গতিকে পাৰিপাৰ্শ্বিকৰ এনট্ৰপি পৰিৱৰ্তন হ'ব—

$$\Delta S_{surr} = \frac{\Delta H_{sur}}{T} = -\frac{\Delta H_{sys}}{T}$$

$$\Delta S_{total} = \Delta S_{sys} + \left(-\frac{\Delta H_{sys}}{T}\right)$$

স্বতঃস্ফূৰ্ত প্ৰক্ৰিয়াৰ বাবে $\Delta S_{total} > 0$; গতিকে

$$\Delta S_{total} = \Delta S_{sys} - \frac{\Delta H_{sys}}{T} > 0$$

বা, $(T\Delta S_{sys} - \Delta H_{sys}) > 0$

অৰ্থাৎ, $-(\Delta H_{sys} - T\Delta S_{sys}) > 0$

ওপৰৰ সমীকৰণ 6.21 (b) প্ৰয়োগ কৰিলে

$-\Delta G > 0$

বা, $\Delta G_{sys} = \Delta H_{sys} - T\Delta S_{sys} < 0$

বা, $\Delta G = \Delta H - T\Delta S < 0 \qquad (6.22)$

(পদাংক সাধাৰণতে লিখা নহয়)

ΔH_{sys} হ'ল বিক্ৰিয়াৰ এনথালপি পৰিৱৰ্তন আৰু $T\Delta S_{sys}$ হ'ল উপযোগী কাৰ্য সম্পাদনৰ বাবে উপলব্ধ নোহোৱা শক্তি। (তন্ত্ৰৰ এনট্ৰপি পৰিবৰ্তনৰ বাবে প্ৰয়োজন হোৱা শক্তি)। গতিকে ΔG হ'ল উপযোগী কাৰ্য সম্পাদনৰ বাবে উপলব্ধ মুঠ শক্তি অৰ্থাৎ ই **মুক্ত শক্তিৰ** (free energy) জোখ। সেই কাৰণে ইয়াক বিক্ৰিয়াৰ মুক্ত শক্তি বুলিও কোৱা হয়। ΔG ৰ মানৰপৰা স্থিৰ চাপ আৰু উষ্ণতাত প্ৰক্ৰিয়াৰ স্বতঃস্ফূৰ্ততাৰ চৰ্ত আমি পাব পাৰোঁ—

(i) যদি ΔG ঋণাত্মক হয় ($\Delta G < 0$) তেনেহ'লে প্ৰক্ৰিয়াটো স্বতঃস্ফূৰ্ত হ'ব।

(ii) যদি ΔG ধনাত্মক হয় ($\Delta G > 0$) তেনেহ'লে প্ৰক্ৰিয়াটো স্বতঃস্ফূৰ্ত নহয়, অৰ্থাৎ অস্বতঃস্ফূৰ্ত (non-spontaneous) হ'ব।

দ্ৰষ্টব্য : এটা বিক্ৰিয়াৰ যদি এনথালপি পৰিৱৰ্তন আৰু

এনট্ৰপি পৰিৱৰ্তন ধনাত্মক হয়, তেনেহ'লে বিক্ৰিয়াটো স্বতঃস্ফূৰ্ত হ'ব যদিহে $T\Delta S$ ৰ পৰম মান ΔHৰ মানতকৈ যথেষ্ট বেছি হয়। দুই প্ৰকাৰে এনেকুৱা অৱস্থা হ'ব পাৰে—

(a) তন্ত্ৰটোৰ ধনাত্মক এনট্ৰপি পৰিৱৰ্তনৰ মান কম হয়; তেনে ক্ষেত্ৰত উষ্ণতা (T) যথেষ্ট বেছি হ'ব লাগিব।

(b) ধনাত্মক এনট্ৰপি পৰিৱৰ্তন বহুত বেছি এই ক্ষেত্ৰত উষ্ণতা (T) কম হ'ব লাগিব।

ইয়াৰে প্ৰথম চৰ্তটোৰ বাবে বেছিভাগ ৰাসায়নিক বিক্ৰিয়া উচ্চ উষ্ণতাত সংঘটিত কৰা হয়। তালিকা 6.4ত স্বতঃস্ফূৰ্ততাৰ ওপৰত উষ্ণতাৰ প্ৰভাৱ কেনেকুৱা হ'ব সেইটো দেখুওৱা হৈছে।

6.7 গীবছ শক্তিৰ পৰিৱৰ্তন আৰু সাম্য (GIBBS ENERGY CHANGE AND EQUILIBRIUM)

ওপৰৰ অনুচ্ছেদত আমি পাইছোঁ যে ৰাসায়নিক বিক্ৰিয়া এটাত হোৱা মুক্ত শক্তিৰ পৰিৱৰ্তনে (ΔG, ধনাত্মক বা ঋণাত্মক মান) নিম্নোক্ত দুটা দিশৰ ধাৰণা দিব পাৰে—

(i) বিক্ৰিয়াটোৰ স্বতস্ফূৰ্ততা, আৰু

(ii) বিক্ৰিয়াটোৰপৰা পাব পৰা উপযোগী কাৰ্য।

ওপৰৰ এই আলোচনা অপ্ৰত্যাৱৰ্তী প্ৰক্ৰিয়াৰ ক্ষেত্ৰতহে। এতিয়া আমি প্ৰত্যাৱৰ্তী প্ৰক্ৰিয়াৰ ক্ষেত্ৰত মুক্ত শক্তিৰ পৰিৱৰ্তন সম্পৰ্কে আলোচনা কৰিম। তাপগতিবিজ্ঞানৰ ভাষাত প্ৰত্যাৱৰ্তী প্ৰক্ৰিয়া হ'ল এনে এক প্ৰক্ৰিয়া য'ত প্ৰতিটো মুহূৰ্ততে তন্ত্ৰটো আৰু তাৰ পাৰিপাৰ্শ্বিকৰ মাজত সাম্যাৱস্থা অটুট থাকে। এককেদৰে গতিশীল সাম্য বজাই ৰাখি বিক্ৰিয়া এটা একে সময়তে দুয়োটা দিশত (সন্মুখী আৰু বিপৰীতমুখী) চলি থাকিলে বিক্ৰিয়াটো প্ৰত্যাৱৰ্তী বুলি বিবেচনা কৰা হয়। ইয়াৰ অৰ্থ হ'ল, মুক্ত শক্তি হ্ৰাস হৈ দুয়োটা দিশতে বিক্ৰিয়াটো গতি কৰিব। কিন্তু দুয়োটা দিশতে মুক্ত শক্তি হ্ৰাস হোৱাটো অসম্ভৱ। এই অৱস্থাটো সম্ভৱ হ'ব পাৰে যদিহে সাম্যাৱস্থাত তন্ত্ৰটোৰ মুক্ত শক্তি নিম্নতম হয়। কিয়নো মুক্ত শক্তি নিম্নতম নহ'লে তন্ত্ৰটোৰ মুক্ত শক্তি যিপিনে গতি কৰিলে কমে সেইদিশতহে বিক্ৰিয়াটো স্বতঃস্ফূৰ্তভাৱে সংঘটিত হ'ব। গতিকে $A+B \rightleftharpoons C+D$ এই সাম্যাৱস্থাৰ বাবে চৰ্তটো হ'ল

$$\Delta_r G = 0$$

বিক্ৰিয়ক আৰু বিক্ৰিয়াজাত পদাৰ্থসমূহ প্ৰমাণ অৱস্থাত থাকিলে বিক্ৰিয়া এটাৰ গীবছ শক্তি পৰিৱৰ্তন ($\Delta_r G^\ominus$) আৰু বিক্ৰিয়াটোৰ সাম্যধ্ৰুৱকৰ (K) মাজত সম্পৰ্ক হ'ব—

$$\Delta_r G^\ominus + RT \ln K = 0$$

বা, $\Delta_r G^\ominus = -RT \ln K$

বা, $\Delta_r G^\ominus = -2.303\, RT \log K$ (6.23)

গতিকে আমি লিখিব পাৰোঁ

$$\Delta_r G^\ominus = \Delta_r H^\ominus - T\Delta S^\ominus = -RT \ln K \qquad (6.24)$$

কোনো এটা বিক্ৰিয়াত যদি অত্যধিক পৰিমাণে তাপ শোষিত হয় তেন্তে বিক্ৰিয়াটোৰ বাবে $\Delta_r H^\ominus$ ৰ মান বেছি আৰু ধনাত্মক হয়। এই ক্ষেত্ৰত সাম্য ধ্ৰুৱক K ৰ মান 1তকৈ বহুত সৰু হয় আৰু বিক্ৰিয়াত উৎপাদিত পদাৰ্থৰ পৰিমাণ যথেষ্ট কম হয়। তাপবৰ্জী বিক্ৰিয়াৰ ক্ষেত্ৰত $\Delta_r H^\ominus$ৰ মান বেছি আৰু ঋণাত্মক হয়। ফলত $\Delta_r G^\ominus$ৰ মানো বেছি আৰু ঋণাত্মক হয়। এই ক্ষেত্ৰত Kৰ মান 1তকৈবহুত ডাঙৰ হয়। অৰ্থাৎ বেছি পৰিমাণে তাপবৰ্জী বিক্ৰিয়াৰ ক্ষেত্ৰত যিহেতু K ৰ মান ডাঙৰ হয়, গতিকে বিক্ৰিয়াটো প্ৰায় সম্পূৰ্ণ হোৱাৰ দিশত গতি কৰে। $\Delta_r G^\ominus$ৰ মান $\Delta_r S^\ominus$ৰ ওপৰতো নিৰ্ভৰ কৰে। গতিকে $\Delta_r S^\ominus$ ৰ মান ধনাত্মক নে ঋণাত্মক তাৰ ওপৰতো Kৰ মান নিৰ্ভৰ কৰিব; অৰ্থাৎ বিক্ৰিয়াটো কিমান দূৰ সম্পূৰ্ণ হ'ব সেইটো নিৰ্ভৰ কৰিব।

সমীকৰণ 6.24 প্ৰয়োগ কৰি

(i) বিক্ৰিয়া এটাৰ $\Delta H^\ominus$আৰু $\Delta S^\ominus$ ৰ মানৰপৰা $\Delta G^\ominus$ ৰ মান গণনা কৰিব পাৰি। ইয়াৰ সহায়ত যি কোনো উষ্ণতাত বিক্ৰিয়াটোৰ সাম্য ধ্ৰুৱকৰ (K) মান নিৰ্ণয়

কৰি লাভজনকভাবে বিক্রিয়াজাত পদাৰ্থ উৎপাদনৰ পথ উলিয়াব পাৰি।

(ii) আনহাতে পৰীক্ষাগাৰত K ৰ মান প্ৰত্যক্ষভাৱে নিৰ্ণয় কৰিলে আন যিকোনো উষ্ণতাত $\Delta G^\ominus$ৰ মান নিৰ্ণয় কৰিব পাৰি।

উদাহৰণ 6.11

অক্সিজেনৰপৰা অ'জন উৎপন্ন হোৱা বিক্রিয়াটো হ'ল

$$\frac{3}{2}O_2(g) \rightarrow O_3(g)$$

298 K উষ্ণতাত এই বিক্রিয়াৰ বাবে যদি বিক্রিয়াটো $K_p = 2.47 \times 10^{-29}$ হ'লে $\Delta_r G^\ominus$ৰ মান নিৰ্ণয় কৰা

সমাধান

আমি জানো যে

$\Delta_r G^\ominus = -2.303\ RT \log K_p$

আৰু $R = 8.314\ JK^{-1}\ mol^{-1}$

গতিকে

$$\Delta_r G^\ominus = -2.303(8.314\ J\ K^{-1} mol^{-1}) \times (298\ K) \times (\log 2.47 \times 10^{-29})$$

$$= 163000\ J\ mol^{-1}$$

$$= 163\ kJ\ mol^{-1}$$

উদাহৰণ 6.12

298 K উষ্ণতাত তলত দিয়া বিক্রিয়াটোৰ বাবে সাম্য ধ্ৰুৱকৰ মান নিৰ্ণয় কৰা—

$$2NH_3(g) + CO_2(g) \rightleftharpoons NH_2CONH_2(aq) + H_2O(l)$$

একে উষ্ণতাত বিক্রিয়াটোৰ $\Delta_r G^\ominus$ ৰ মান -13.6 kJ mol^{-1}

সমাধান

আমি জানো

$$\log K = \frac{-\Delta_r G^\ominus}{2.303\ RT}$$

$$= \frac{(-13.6 \times 10^3\ J\ mol^{-1})}{2.303(8.314\ JK^{-1}\ mol^{-1})(298K)}$$

$$= 2.38$$

গতিকে, $K = \text{antilog } 2.38 = 2.4 \times 10^2$

উদাহৰণ 6.13

6.13^{0}C উষ্ণতাত ডাইনাইট্ৰ'জেন টেট্ৰ'ক্সাইড পঞ্চাশ শতাংশ বিয়োজিত হয়। এই উষ্ণতাত আৰু এক বায়ুমণ্ডলীয় চাপত প্ৰমাণ মুক্ত শক্তি পৰিবৰ্তন গণনা কৰা।

তালিকা **6.4** বিক্রিয়াৰ স্বতঃস্ফূৰ্ততাৰ ওপৰত উষ্ণতাৰ প্ৰভাৱ

$\Delta_r H^\ominus$	$\Delta_1 S^\ominus$		বিৱৰণ
–	+	–	সকলো উষ্ণতাত বিক্রিয়াটো স্বতঃস্ফূৰ্ত
–	–	– (নিম্ন উষ্ণতাত)	নিম্ন উষ্ণতাত বিক্রিয়াটো স্বতঃস্ফূৰ্ত
–	–	+ (উচ্চ উষ্ণতাত)	উচ্চ উষ্ণতাত বিক্রিয়াটো অস্বতঃস্ফূৰ্ত
+	+	+ (নিম্ন উষ্ণতাত)	নিম্ন উষ্ণতাত বিক্রিয়াটো অস্বতঃস্ফূৰ্ত
+	+	– (উচ্চ উষ্ণতাত)	উচ্চ উষ্ণতাত বিক্রিয়াটো স্বতঃস্ফূৰ্ত
+	–	+ (সকলো উষ্ণতাত)	সকলো উষ্ণতাত বিক্রিয়াটো অস্বতঃস্ফূৰ্ত

* *উচ্চ উষ্ণতা বা নিম্ন উষ্ণতা কথাটো আপেক্ষিক। এটা বিক্রিয়াৰ বাবে উচ্চ উষ্ণতা মানে সাধাৰণ উষ্ণতাও (25^{0}C) হ'ব পাৰে।*

DAILY ASSAM

সমাধান

বিক্ৰিয়াটো হ'ল $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g)$

দুয়োটা পদাৰ্থৰ ম'ল ভগ্নাংশ হ'ব

$$x_{N_2O_4} = \frac{1-0.5}{1+0.5}\ ; \qquad x_{NO_2} = \frac{2\times 0.5}{1+0.5}$$

গতিকে

$$p_{N_2O_4} = \frac{0.5}{0.5}\times 1\text{ atm} \text{ আৰু } p_{NO_2} = \frac{1}{1.5}\times 1\text{ atm}$$

সাম্য ধ্ৰুৱক, $K_p = \frac{(p_{NO_2})^2}{p_{N_2O_4}} = \frac{1.5}{(1.5)^2\ (0.5)}$

$= 1.33$ atm

যিহেতু $\Delta_r G^\ominus = -RT\ln K_P$

$$\Delta_r G^\ominus = (-8.314\ \text{J K}^{-1}\text{mol}^{-1})(333\text{K}) \times (2.303)\times(0.1239)$$

$= -763.8$ kJ mol^{-1}

সাৰাংশ

তাপগতিবিজ্ঞান ৰাসায়নিক বা ভৌতিক প্ৰক্ৰিয়াসমূহত হোৱা শক্তি পৰিৱৰ্তনৰ সৈতে জড়িত। এই বিজ্ঞানে এইবোৰ পৰিবৰ্তন সংখ্যাগতভাৱে নিৰূপণ কৰাত সহায় কৰাৰ উপৰিও কিছুমান অতি দৰকাৰী তথ্যৰ উমান দিয়ে। ইয়াৰ বাবে বিশ্বব্ৰহ্মাণ্ডক দুটা ভাগত ভগাই লোৱা হয়— এটা হ'ল তন্ত্ৰ আৰু আনটো হ'ল পাৰিপাৰ্শ্বিক। একোটা ৰাসায়নিক বা ভৌতিক প্ৰক্ৰিয়াত তাপৰ (q) উদ্ভৱ বা শোষণ হ'ব পাৰে। এই তাপৰ এটা অংশ আকৌ কাৰ্যলৈ (w) ৰূপান্তৰিত হ'ব পাৰে। এই ৰাশিবোৰৰ মাজৰ সম্পৰ্ক **তাপগতি বিজ্ঞানৰ প্ৰথম সূত্ৰ**ৰদ্বাৰা এনেদৰে লিখিব পাৰি $\Delta U = q + w$; ইয়াত ΔU হ'ল অন্তৰ্নিহিত শক্তিৰ পৰিৱৰ্তন। ΔU তন্ত্ৰৰ প্ৰাৰম্ভিক আৰু অন্তিম অৱস্থাৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে; গতিকে ই এটা অৱস্থা ফলন। কিন্তু q আৰু w পথৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে, গতিকে এই দুটা অৱস্থা ফলন নহয়; পথ ফলনহে। যেতিয়া তন্ত্ৰ এটালৈ শক্তি সঞ্চালিত কৰা হয় তেতিয়া q আৰু w ৰাশি দুটা ধনাত্মক হয়। এটা তন্ত্ৰৰপৰা আন এটা তন্ত্ৰলৈ তাপ সঞ্চালিত হ'লে উষ্ণতাৰ পৰিবৰ্তন হয় আৰু এই তাপৰ পৰিবৰ্তন আমি জুখিব পাৰোঁ। উষ্ণতাৰ পৰিৱৰ্তনৰ মান পদাৰ্থ এটাৰ তাপধাৰিতাৰ (C) ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে। গতিকে গ্ৰহণ বা শোষণ হোৱা তাপৰ পৰিমাণ হ'ব $q = C\Delta T$। আকৌ গেছৰ সম্প্ৰসাৰনৰ বাবে সম্পাদিত কাৰ্য $w = -p_{ex}dV$ ৰ সহায়ত পাব পাৰি। প্ৰত্যাৱৰ্তী প্ৰক্ৰিয়াত অতি নগণ্য আয়তন পৰিৱৰ্তনৰ বাবে $p_{ex} = p$ হয় আৰু সম্পাদিত কাৰ্য $w_{rev} = -p\ dV$ হ'ব। এই ক্ষেত্ৰত গেছ সমীকৰণ $pV = nRT$ প্ৰয়োগ কৰিব পাৰি।

স্থিৰ আয়তনত $w = 0$; গতিকে $\Delta U = q_V$ অৰ্থাৎ স্থিৰ আয়তনত অন্তৰ্নিহিত শক্তিৰ পৰিৱৰ্তন তাপৰ পৰিৱৰ্তন সমান হয়। কিন্তু ৰসায়নত সাধাৰণতে স্থিৰ চাপতহে প্ৰক্ৰিয়া বা বিক্ৰিয়া সংঘটিত কৰা হয়। ইয়াৰ বাবে আন এটা অৱস্থা ফলনৰ অৱতাৰণাৰ প্ৰয়োজন হৈ পৰে। এই ফলনটো হ'ল **এনথালপি**। এনথালপি পৰিৱৰ্তন, $\Delta H = \Delta U + \Delta n_g RT$ স্থিৰ চাপত তাপৰ পৰিবৰ্তনৰ পৰা প্ৰত্যক্ষভাৱে নিৰ্ণয় কৰিব পাৰি, $(\Delta H = q_p)$ এনথালপি পৰিৱৰ্তন বিভিন্ন প্ৰকাৰৰ। প্ৰাৱস্থাৰ পৰিৱৰ্তন (যেনে— গলন, বাষ্পীভৱন আৰু

DAILY ASSAM

উৎক্ষেপন) স্থিৰ উষ্ণতাত সংঘটিত হয় আৰু এইবোৰ প্ৰক্ৰিয়াত সদায় এনথালপি পৰিৱৰ্তন ধনাত্মক হয়। সংগঠন এনথালপি, দহন এনথালপি বা আন আন এনথালপি পৰিবৰ্তন হেছৰ সূত্ৰৰ সহায়ত নিৰ্ণয় কৰিব পাৰি। বিক্ৰিয়া এটাৰ এনথালপি পৰিৱৰ্তন তলত দিয়া সম্পৰ্কটোৰ পৰা উলিয়াব পাৰি—

$$\sum_i (a_i \Delta_f H \text{ বিক্ৰিয়াজাত পদাৰ্থ}) - \sum_i (b_i \Delta_f H \text{ বিক্ৰিয়ক})$$

গেছীয় অৱস্থাত

$$\Delta_r H^\ominus = \sum \text{ বিক্ৰিয়কৰ বান্ধনি এনথালপি } - \sum \text{ বিক্ৰিয়াজাত পদাৰ্থৰ বান্ধনি এনথালপি}$$

ৰাসায়নিক বিক্ৰিয়া এটা কোন দিশত গতি কৰিব সেইটো তাপগতি বিজ্ঞানৰ প্ৰথম সূত্ৰৰপৰা জানিব পৰা নাযায়। অৰ্থাৎ বিক্ৰিয়া এটাৰ চালক শক্তি কি সেইটো প্ৰথম সূত্ৰৰপৰা আমি গম পাব নোৱাৰো। অন্তৰিত তন্ত্ৰৰ বাবে $\Delta U = 0$। আন এটা অৱস্থা ফলনৰ কথা এই ক্ষেত্ৰত বিবেচনা কৰা হয়। এইটো হ'ল এনট্ৰপি, S। এনট্ৰপি হ'ল বিশৃংখলতাৰ জোখ। স্বতঃস্ফূৰ্ত প্ৰক্ৰিয়াৰ বাবে এনট্ৰপি পৰিৱৰ্তন ধনাত্মক। গতিকে অন্তৰিত তন্ত্ৰৰ বাবে $\Delta U = 0$ আৰু $\Delta S > 0$। গতিকে এনট্ৰপি পৰিৱৰ্তনৰপৰা স্বতঃস্ফূৰ্ত প্ৰক্ৰিয়া এটা চিনাক্ত কৰিব পাৰি ; কিন্তু শক্তি পৰিৱৰ্তনৰপৰা নোৱাৰি। তলত দিয়া সমীকৰণৰপৰা এনট্ৰপি পৰিৱৰ্তন নিৰ্ণয় কৰিব পাৰি—

$\Delta S = \frac{q_{rev}}{T}$ (প্ৰত্যাৱৰ্তী প্ৰক্ৰিয়াৰ বাবে)। $\frac{q_{rev}}{T}$ এটা অৱস্থা ফলন।

ৰাসায়নিক বিক্ৰিয়াসমূহ সাধাৰণতে স্থিৰ চাপত সংঘটিত কৰা হয়। সেয়ে আন এটা অৱস্থা ফলনৰ সংজ্ঞা আমি দিব লগা হয়। সেয়া হ'ল গীবছৰ শক্তি, G। এনট্ৰপি আৰু এনথালপিৰ সৈতে G ৰ সম্পৰ্ক হ'ল

$$\Delta_r G = \Delta_r H - T\,\Delta_r S$$

স্বতঃস্ফূৰ্ত পৰিৱৰ্তনৰ বাবে $\Delta G_{sys} < 0$ আৰু সাম্যৱাস্থাৰ বাবে $\Delta G_{sys} = 0$

সাম্য ধ্ৰুৱক আৰু প্ৰমাণ গীবছ শক্তিৰ পৰিৱৰ্তনৰ মাজত সম্পৰ্কটো হ'ল—

$$\Delta_r G^\ominus = -RT \ln K$$

$\Delta_r G^\ominus$ জনা থাকিলে এই সমীকৰণটোৰ সহায়ত K ৰ মান নিৰ্ণয় কৰিব পাৰি। আনহাতে $\Delta_r G^\ominus = \Delta_r H^\ominus - T\Delta_r S^\ominus$ সমীকৰণৰপৰা $\Delta_r G^\ominus$ ৰপৰা মান নিৰ্ণয় কৰিব পাৰি। সমীকৰণটোত উষ্ণতাৰ (T) এক বিশেষ তাৎপৰ্য আছে। ধনাত্মক এনট্ৰপিযুক্ত বিক্ৰিয়া নিম্ন উষ্ণতাত স্বতঃস্ফূৰ্ত নহ'লেও উচ্চ উষ্ণতাত স্বতঃস্ফূৰ্ত হ'ব পাৰে।

DAILY ASSAM

অনুশীলনী

6.1 শুদ্ধ উত্তৰটো বাচি উলিওৱা—

তাপগতি বিজ্ঞানীয় অৱস্থা ফলন হ'ল এটা ৰাশি

(i) যাৰ সহায়ত তাপ পৰিৱৰ্তন নিৰ্ণয় কৰা হয়।

(ii) যাৰ মান পথৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ নকৰে।

(iii) যাৰ সহায়ত চাপ-আয়তন কাৰ্য নিৰ্ণয় কৰা হয়।

(iv) যাৰ মান অকল উষ্ণতাৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে।

6.2 ৰূদ্ধতাপ অৱস্থাত প্ৰক্ৰিয়া এটা সম্পন্ন কৰিবলৈ চৰ্ত হ'ল—

(i) $\Delta T = 0$ (ii) $\Delta p = 0$ (iii) $q = 0$ (iv) $w = 0$

6.3 প্ৰমাণ অৱস্থাত সকলো মৌলৰ এনথালপি

(i) এক (ii) শূন্য

(iii) <0 (iv) বেলেগ বেলেগ মৌলৰ বাবে বেলেগ বেলেগ

6.4 মিথেনৰ দহনৰ বাবে $\Delta U^\ominus$ ৰ মান $-X$ kJ mol^{-1} ৰ $\Delta H^\ominus$ মান হ'ব—

(i) $\Delta U^\ominus$ (ii) $>\Delta U^\ominus$ (iii) $<\Delta U^\ominus$ (iv) 0

6.5 মিথেন, গ্ৰেফাইট আৰু ডাইহাইড্ৰ'জেনৰ দহন এনথালপি যথাক্ৰমে -890.3 kJ mol^{-1}, -393.5 kJ mol^{-1} আৰু -285.8 kJ mol^{-1}। $CH_4(g)$ ৰ সংগঠন এনথালপি হ'ব

(i) -74.8 kJ mol^{-1} (ii) -52.27 kJ mol^{-1}

(iii) $+74.8$ kJ mol^{-1} (iv) $+52.26$ kJ mol^{-1}

6.6 বিক্ৰিয়াটোৰ $A + B \rightarrow C + D + q$ এনট্ৰপি ধনাত্মক হ'লে বিক্ৰিয়াটো

(i) উচ্চ উষ্ণতাত সম্ভৱ (ii) অকল নিম্ন উষ্ণতাত সম্ভৱ

(iii) কোনো উষ্ণতাতে সম্ভৱ নহয় (iv) যি কোনো উষ্ণতাতে সম্ভৱ

6.7 এটা প্ৰক্ৰিয়াত তন্ত্ৰ এটাই 701 J তাপ শোষণ কৰি 394 J কাৰ্য সম্পাদন কৰে। তন্ত্ৰটোৰ অন্তৰ্নিহিত শক্তিৰ পৰিৱৰ্তন কিমান হ'ব?

6.8 এটা বোমা কেলৰিমিটাৰত চায়েনামাইডৰ (NH_2CN (s)) সৈতে ডাইঅক্সিজেনৰ 298 K উষ্ণতাত বিক্ৰিয়া হ'বলৈ দিয়াত ΔU ৰ মান -742.7 kJ mol^{-1} পোৱা গ'ল। এই উষ্ণতা বিক্ৰিয়াটোৰ এনথালপি পৰিৱৰ্তন কিমান হ'ব? বিক্ৰিয়াটো হ'ল

$$NH_2CN(g) + \frac{3}{2}O_2(g) \rightarrow N_2(g) + CO_2(g) + H_2O(l)$$

6.9 এলুমিনিয়ামৰ ম'লাৰ তাপধাৰিতা 24 J $mol^{-1}K^{-1}$ হ'লে 60.0 g এলুমিনিয়ামৰ উষ্ণতা 35^0C ৰ পৰা 55^0C লৈ বৃদ্ধি কৰিবলৈ কিমান kJ তাপ দৰকাৰ হ'ব নিৰ্ণয় কৰা।

DAILY ASSAM

6.10 10.0^0C উষ্ণতাত থকা 1.0 mol পানী -10.0^0C উষ্ণতাৰ বৰফলৈ পৰিৱৰ্তিত কৰিলে এনথালপি পৰিৱৰ্তন কিমান হ'ব? $\Delta_{fus}H = 6.03\ \text{kJ mol}^{-1}$ (0^0C উষ্ণতাত)

$$C_p[H_2O(l)] = 75.3\ \text{J mol}^{-1}\text{K}^{-1}$$

$$C_p[H_2O(s)] = 36.8\ \text{J mol}^{-1}\text{K}^{-1}$$

6.11 কাৰ্বনৰ দহন ঘটাই CO_2(g) লৈ ৰূপান্তৰিত কৰোতে কাৰ্বনৰ দহন এনথালপি -393.5 kJ mol^{-1} হ'লে কাৰ্বন আৰু ডাইঅক্সিজেনৰপৰা 35.2g CO_2(g) উৎপন্ন কৰোতে উৎপন্ন হোৱা তাপ গণনা কৰা।

6.12 CO(g), CO_2(g), N_2O(g) আৰু N_2O_4 ৰ সংগঠন এনথালপি যথাক্রমে -110, -393, 81 আৰু 9.7 kJ mol^{-1} তলত দিয়া বিক্রিয়াটোৰ বাবে $\Delta_r H$ নিৰ্ণয় কৰা—

$$N_2O_4(g) + 3CO(g) \rightarrow N_2O(g) + 3CO_2(g)$$

6.13 দিয়া আছে যে

$$N_2(g) + 3H_2(g) \rightarrow 2NH_3(g)\ \Delta_r H^\ominus = -92.4\ \text{kJ mol}^{-1}$$

NH_3 গেছৰ প্ৰমাণ সংগঠন এনথালপি কিমান হ'ব?

6.14 তলত দিয়া তথ্যসমূহৰপৰা CH_3OH(l) ৰ প্ৰমাণ সংগঠন এনথালপি নিৰ্ণয় কৰা —

$$CH_3OH(l) + \frac{3}{2}O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2O(l)\ ;\ \Delta_r H^\ominus = -726\ \text{kJ mol}^{-1}$$

$$C(\text{গ্ৰেফাইট}) + O_2(g) - CO_2(g); \Delta_c H^\ominus = -393\ \text{kJ mol}^{-1}$$

$$H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow H_2O(l);\ \Delta_f H^\ominus = -286\ \text{kJ mol}^{-1}$$

6.15 তলত দিয়া প্ৰক্ৰিয়াটোৰ বাবে এনথালপি পৰিৱৰ্তন নিৰ্ণয় কৰা—

$$CCl_4(g) \rightarrow C(g) + 4Cl(g)$$

লগতে CCl_4(g) ত $C-Cl$ বান্ধনি এনথালপিও গননা কৰা। দিয়া আছে যে—

$$\Delta_{vap}H^\ominus(CCl_4) = 30.5\ \text{kJ mol}^{-1}$$

$$\Delta_f H^\ominus(CCl_4) = -135.5\ \text{kJ mol}^{-1}$$

$$\Delta_a H^\ominus(C) = 715.0\ \text{kJ mol}^{-1}$$

$$\Delta_a H^\ominus(Cl_2) = 242.0\ \text{kJ mol}^{-1}$$

6.16 অন্তৰিত তন্ত্ৰৰ বাবে $\Delta U = 0$ হ'লে ΔS কিমান হ'ব?

DAILY ASSAM

6.17 $2A + B \rightarrow C$ বিক্রিয়াটোৰ বাবে 298K উষ্ণতাত $\Delta H = 400 \text{ kJ mol}^{-1}$ আৰু $\Delta S = 0.2 \text{ kJ K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$। ΔS আৰু ΔH ৰ মান স্থিৰ বুলি বিবেচনা কৰিলে কিমান উষ্ণতাত এই বিক্রিয়াটো স্বতঃস্ফূৰ্ত হ'ব?

6.18 $2Cl(g) \rightarrow Cl_2(g)$ বিক্রিয়াৰ বাবে ΔH আৰু ΔS ধনাত্মক হ'বনে ঋণাত্মক হ'ব?

6.19 $2A(g) + B(g) \rightarrow 2D(g)$ বিক্রিয়াৰ বাবে $\Delta U^{\ominus} = -10.5 \text{ kJ}$ আৰু $\Delta S^{\ominus} = -44.1 \text{ J K}^{-1}$ বিক্রিয়াটোৰ বাবে $\Delta G^{\ominus}$ নিৰ্ণয় কৰা। বিক্রিয়াটো স্বতঃস্ফূৰ্ত হ'বনে?

6.20 এটা বিক্রিয়াৰ সাম্য ধ্ৰুৱকৰ মান 10 হ'লে $\Delta G^{\ominus}$ ৰ মান কিমান?

$(R = 8.314 \text{ JK}^{-1} \text{ mol}^{-1}, T = 300\text{K}$

6.21 তাপগতি বিজ্ঞানৰ ধাৰণাৰপৰা NO(g) ৰ সুস্থিৰতাৰ ওপৰত মন্তব্য দাঙি ধৰা।

দিয়া আছে $\frac{1}{2}N_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow NO(g)$; $\Delta_r H^{\ominus} = 90 \text{ kJ mol}^{-1}$

$NO(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow NO_2(g)$; $\Delta_r H^{\ominus} = -74 \text{ kJ mol}^{-1}$

6.22 প্ৰমাণ অৱস্থাত 1.00 mol H_2O গঠন কৰোতে হোৱা পাৰিপাৰ্শ্বিকৰ এনট্ৰপি পৰিৱৰ্তন নিৰ্ণয় কৰা দিয়া আছে, $\Delta_r H^{\ominus} = -286 \text{ kJ mol}^{-1}$ ।