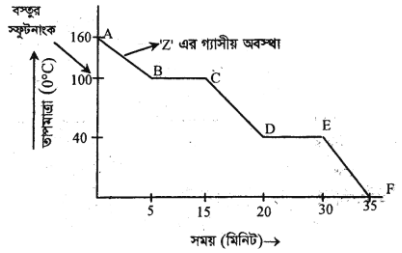
## দ্বিতীয় অধ্যায়

# পদার্থের অবস্থা

# States of Matter

## অনুশীলনীর সৃজনশীল প্রশ্ন ও উত্তর

### নিচের লেখচিত্রটি দেখে প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও




চিত্র : z এর শীতলীকরণ বক্ররেখা

ক. শুষ্ক বরফ কী?

খ. শীতলীকরণ বক্ররেখা বলতে কী বোঝ?

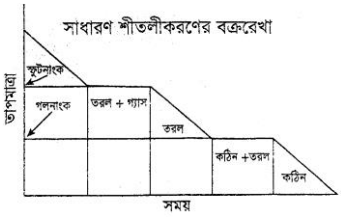
গ. উপরিউক্ত লেখচিত্রের B — C ও D — E অবস্থানে বস্তুর তাপমাত্রার সম্পর্ক ব্যাখ্যা কর।

ঘ. আয়োডিন বাষ্পের শীতলীকরণ বক্ররেখা ও Z-এর শীতলীকরণ বক্ররেখা একই হবে কিনা— বিশ্লেষণ কর।

### প্রশ্নের উত্তর

ক. কঠিন $CO_2$-কে শুষ্ক বরফ বা dry icc বলে।

খ. গ্যাস–তরল–কঠিন পদার্থে পরিণত করার সময় তাপমাত্রার বিপরীতে সময়ের যে লেখচিত্র পাওয়া যায় তাকে শীতলীকরণ বক্ররেখা বলে।



গ. B — C রেখা, যা Z পদার্থের গ্যাসীয় ও তরল অবস্থা নির্দেশ করে অর্থাৎ, এই অবস্থায় Z গ্যাসীয় পদার্থ সম্পূর্ণ তরলে পরিণত না হওয়া পর্যন্ত তাপ কমালেও তাপমাত্রা স্থির থাকে। কারণ, স্বাভাবিক চাপে যে তাপমাত্রায় কোনো তরল পদার্থ গ্যাসীয় অবস্থাপ্রাপ্ত হয় তাকে স্ফুটনাংক বলে। আবার একই তাপমাত্রায় ঐ গ্যাসীয় পদার্থ তরলে পরিণত হয়। গ্যাসীয় পদার্থ সম্পূর্ণ তরলে পরিণত না হওয়া পর্যন্ত তাপমাত্রা স্থির থাকে।

আবার D — E রেখা যা ' Z ' পদার্থের তরল ও কঠিন অবস্থা নির্দেশ করে। অর্থাৎ এই অবস্থায় Z তরল পদার্থ সম্পূর্ণ কঠিনে পরিণত না হওয়া পর্যন্ত তাপ কমালেও তাপমাত্রা কমবে না, তাপমাত্রা স্থির থাকবে। কারণ, স্বাভাবিক চাপে যে তাপমাত্রায় কোনো কঠিন পদার্থ তরলে পরিণত হয় তাকে গলনাংক বলে। আবার ঠিক একই তাপমাত্রায় ঐ তরল পদার্থ কঠিনে পরিণত হয়। অর্থাৎ গলনাঙ্ক ও হিমাঙ্কের তাপমাত্রা একই। তরল পদার্থ সম্পূর্ণ কঠিনে পরিণত না হওয়া পর্যন্ত তাপ কমালেও তাপমাত্রা কমবে না, স্থির থাকবে।

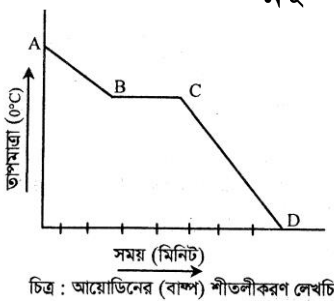
ঘ. আয়োডিন বাষ্পের শীতলীকরণ বক্ররেখা ও Z-এর শীতলীকরণ বক্ররেখা একই হবে না।

কিছু কিছু পদার্থ আছে যা তাপ দিলে কঠিন থেকে তরলে পরিণত না হয়ে বাষ্পে পরিণত হয় আবার ঠিক একই তাপমাত্রায় ওই পদার্থ বাষ্প থেকে সরাসরি কঠিন পদার্থে পরিণত হয়।

আয়োডিন তেমনি একটি পদার্থ যা কঠিন থেকে সরাসরি বাষ্প ও বাষ্প থেকে কঠিনে পরিণত হয়।

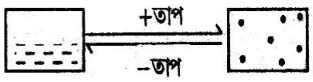
উপরিউক্ত 'Z' এর শীতলীকরণ লেখচিত্র থেকে দেখা যায় 'Z' পদার্থটি প্রথমে গ্যাসীয় অবস্থা থেকে তরল অবস্থা তারপর তরল অবস্থা থেকে কঠিন অবস্থাপ্রাপ্ত হয়।

কিন্তু আয়োডিন বাষ্পের লেখচিত্র উপরিউক্ত চিত্র থেকে একটু ভিন্ন হবে যেখানে তরল রেখাটি থাকবে না। আয়োডিন বাষ্পের শীতলীকরণ রেখাটি নিম্নরূপ :



চিত্র : আয়োডিনের (বাষ্প) শীতলীকরণ লেখচিত্র

**নিচের লেখচিত্রটি দেখে প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও**



ক. নিঃসরণ কী?

খ. মরিচা তৈরির রাসায়নিক সমীকরণটি লেখ।

গ. উদ্দীপকের চিত্রের ক্ষেত্রে তাপীয় ও শীতলকরণ বক্র রেখা কেমন হতে পারে তা ব্যাখ্যা কর

ঘ. উদ্দীপকের পদার্থের পরিবর্তে বরফ নিলে লেখচিত্রে দুটি রেখা বেশি পাওয়া যাবে বিশ্লেষণ কর।

## প্রশ্নের উত্তর

ক. সরু ছিদ্রপথে কোনো গ্যাসের অণুসমূহের উচ্চচাপ থেকে নিম্নচাপ অঞ্চলে বেরিয়ে আসার প্রক্রিয়া হলো নিঃসরণ।

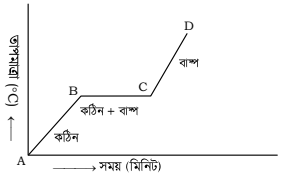
খ. মরিচা তৈরির রাসায়নিক সমীকরণটি হলো :

$$4Fe\ (s) + 6H_2O\ (l) + 3O_2\ (g) \longrightarrow 4\ Fe\ (OH)_3(s)$$

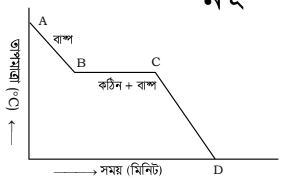
$$2Fe\ (OH)_3\ (s) \xrightarrow{-H_2O} Fe_2O_3.nH_2O(s)$$

(মরিচা)

গ. উদ্দীপকের চিত্রে পদার্থের ঊর্ধ্বপাতন অবস্থা দেখানো হয়েছে। এমন কিছু পদার্থ আছে যেমন– ন্যাপথালিন, আয়োডিন, কর্পূর, কঠিন $CO_2$ ইত্যাদি পদার্থ তাপ পেলে কঠিন থেকে সরাসরি গ্যাসীয় অবস্থা প্রাপ্ত হয় এবং শীতলীকরণে গ্যাসীয় অবস্থা থেকে কঠিনে রূপান্তরিত হয়। এ অবস্থাকে ঊর্ধ্বপাতন বলা হয়। এক্ষেত্রে তাপীয় ও শীতলকরণ বক্ররেখা নিম্নরূপ হবে–




চিত্র : তাপীয় বক্ররেখা

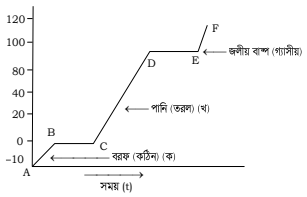



চিত্র : শীতলীকরণের বক্ররেখা

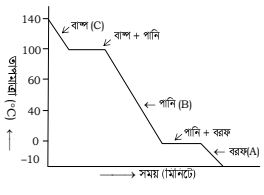
ঘ. উদ্দীপকের পদার্থের পরিবর্তে বরফ নিলে পদার্থের তিন অবস্থার রূপান্তর ঘটে।

বরফ পদার্থের একটি অবস্থা মাত্র। বরফে তাপ দিলে তা পানিতে পরিণত হয়। $100°C$ তাপমাত্রায় পানি জলীয় বাষ্পে রূপান্তরিত হয়। আবার, জলীয় বাষ্পকে ঠাণ্ডা করলে পানিতে পরিণত হয়। আরো ঠাণ্ডা করলে বরফে পরিণত হয়। এভাবে তাপমাত্রার পরিবর্তন করে পদার্থের এক অবস্থা থেকে অন্য অবস্থায় রূপান্তর করা যায়।

বরফ $\underset{\text{তাপমাত্রা আরো হ্রাস}}{\overset{\text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি}}{\rightleftharpoons}}$ পানি $\underset{\text{তাপমাত্রা হ্রাস}}{\overset{\text{তাপমাত্রা আরো বৃদ্ধি}}{\rightleftharpoons}}$ জলীয় বাষ্প উদ্দীপক পদার্থে তাপের পরিবর্তনে দুই অবস্থার রূপান্তর ঘটে–কঠিন ও গ্যাস। এর পরিবর্তে বরফ নিলে পদার্থের তিন অবস্থার রূপান্তর ঘটে। তাই লেখচিত্রে দুটি রেখা বেশি পাওয়া যাবে।

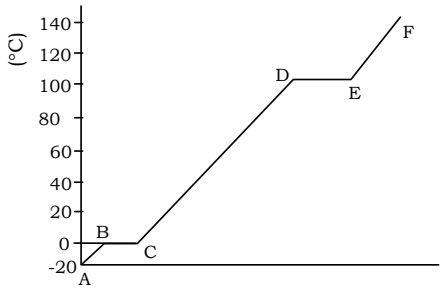


চিত্র : তাপীয় বক্ররেখা



চিত্র : শীতলীকরণের বক্ররেখা

## নিচের লেখচিত্রটি দেখে প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও




ক. ব্লিচ কী?

খ. জৈব যৌগের অসম্পৃক্ততা কীভাবে নির্ণয় করা হয়?

গ. B–C ও D–E অবস্থায় তাপ প্রদান করা সত্ত্বেও তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায় না কেন? ব্যাখ্যা কর।

ঘ. একই পদার্থের গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক ভিন্ন ভিন্ন হওয়ার কারণ কী বলে তুমি মনে কর।

## প্রশ্নের উত্তর

ক. ব্লিচ হল এক ধরনের পরিষ্কারক এবং জীবাণুনাশক।

খ. জারণ বিক্রিয়ার মাধ্যমে জৈব যৌগের অসম্পৃক্ততা নির্ণয় করা যায়।

যেমন– ইথিন একটি অসম্পৃক্ত জৈব যৌগ। ইথিনকে লঘু জলীয় পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্বারা জারিত করলে গ্লাইকল উৎপন্ন হয়। এই বিক্রিয়ায় লঘু জলীয় পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের গোলাপী বা বেগুনী বর্ণ বিনষ্ট হয়।

$$H_2C{=}CH_2\,(g) + KMnO_4(aq) \xrightarrow{H_2O} CH_2(OH){-}CH_2(OH)\,(\ell)$$

গ. B–C ও D–E অবস্থায় সুপ্ততাপ বিরাজ করে বলে এ অবস্থায় তাপ প্রদান করা সত্ত্বেও তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায় না।

পদার্থ যখন তার ভৌত অবস্থা পরিবর্তন করে তখন তাপের প্রয়োজন হয়। তাই বাইরে থেকে যখন কোন বস্তুকে উত্তপ্ত করা হয় তখন সংশ্লিষ্ট বস্তু তার ভৌত অবস্থা পরিবর্তনে তাপ গ্রহণ করে থাকে, আর তাই এ সময় তাপমাত্রা স্থির থাকে। ভৌত অবস্থা পরিবর্তনের এ তাপকে সুপ্ততাপ বলা হয়।

উদ্দীপকের লেখচিত্রে সময়ের সাথে তাপমাত্রার পরিবর্তন (বৃদ্ধি) দেখানো হয়েছে। তার মানে তাপমাত্রা বাড়ার সাথে সাথে পদার্থের ভৌত অবস্থারও পরিবর্তন হচ্ছে, B-C বরাবর তাপমাত্রা স্থির থাকার অর্থ হলো B বিন্দুতে বস্তু গলতে শুরু করেছে এবং B-C বরাবর গলন সমাপ্ত হয়েছে। অনুরূপভাবে D-E বরাবর বস্তুর তরল অবস্থা হতে বাষ্পীয় অবস্থায় রূপান্তর ঘটেছে। তাই উভয় অবস্থায় তাপমাত্রা স্থির রয়েছে।

তাই B-C বরাবর সমস্ত বরফ গলে শেষ না হওয়া পর্যন্ত তাপমাত্রার কোনো পরিবর্তন হবে না। এক্ষেত্রে প্রয়োগকৃত তাপ বরফ থেকে তরলে পরিণত হতে ব্যয় হয়।

আবার, D-E বরাবর সমস্ত পানি বাষ্পে পরিণত না হওয়া পর্যন্ত তাপমাত্রার কোনো পরিবর্তন হয় না। এক্ষেত্রে প্রয়োগকৃত তাপ তরল থেকে বাষ্পে পরিণত হতে ব্যয় হয়।

তাই এ অবস্থায় তাপ প্রয়োগেও তাপমাত্রার কোনো পরিবর্তন হয় না।

ঘ. যে তাপমাত্রায় কোন কঠিন পদার্থ তরলে পরিণত হয় সেই তাপমাত্রাকে সেই পদার্থের গলনাঙ্ক বলে।

আবার, যে তাপমাত্রায় কোন তরল পদার্থ গ্যাসীয় অবস্থা প্রাপ্ত হয় তাকে সেই পদার্থের স্ফুটনাংক বলে।

অর্থাৎ একই পদার্থের গলনাংক ও স্ফুটনাংক ভিন্ন ভিন্ন হয়। কারণ কঠিন পদার্থকে তাপ প্রয়োগ করলে কঠিন পদার্থের মধ্যকার বন্ধন ভাঙতে শুরু করে এবং ঐ পদার্থটি তরলে পরিণত হয়, অর্থাৎ পদার্থটির ক্ষেত্রে একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় পদার্থটি গলবে। এই নির্দিষ্ট তাপমাত্রাটিই এর গলনাংক। কিন্তু তরল থেকে পদাথটি বাষ্পে পরিণত করতে হলে ঐ তরল পদার্থটিকে আরও অধিক তাপ প্রয়োগ করতে হবে, ফলে সংযোজিত তাপমাত্রায় পদার্থটির মধ্যকার আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বল হ্রাস পাবে এবং একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় তরল পদার্থটি বাষ্পে পরিণত হবে।

যেমন– বরফ $0^{\circ}C$ তাপমাত্রায় গলতে শুরু করে। যতক্ষণ পর্যন্ত তাপমাত্রা $100^{\circ}C$ না হয় ততক্ষণ ইহা বাষ্পে পরিণত হয় না। তাই, একই পদার্থের গলনাংক ও স্ফুটনাংক ভিন্ন ভিন্ন হয়।

## নিচের লেখচিত্রটি দেখে প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও

ক্লান্ত লাভলি স্কুল থেকে এসে পানি চাইলে তার মা ঠান্ডা পানি আনতে গেলেন। তিনি ফ্রিজে পানি রাখতে গিয়ে ভুল করে ডিপ ফ্রিজে রেখে দিয়েছিলেন। ফলে তা বরফে পরিণত হয়ে যায়। তিনি বের করে এই বরফ বাইরে রেখে দিলেন। কিছুক্ষণ পর তা পানিতে পরিণত হলো। কিন্তু ঐ ঠান্ডা পানি খেলে ঠান্ডা লাগতে পারে ভেবে তা গরম করতে গিয়ে বাষ্পে পরিণত করে ফেললেন। লাভলি তার মাকে বলল, “মা, ক্লাসে স্যার বলেছিলেন আন্তঃআণবিক শক্তিই পানির এ তিন অবস্থার কারণ।”

ক. আন্তঃআণবিক শক্তি বলতে কী বুঝ?

খ. পদার্থের তিন অবস্থার মধ্যে দুটি পার্থক্য উল্লেখ কর।

গ. লাভলির মা পদার্থের বিভিন্ন অবস্থার যে পরিবর্তন ঘটালেন তা ব্যাখ্যা কর।

ঘ. কোনো পদার্থ কীভাবে কঠিন থেকে তরলে ও তরল থেকে গ্যাসীয় অবস্থার রূপান্তর হয়–তা উদ্দীপকের

## প্রশ্নের উত্তর

ক. কোনো নির্দিষ্ট পদার্থের অণুসমূহ যে শক্তি দ্বারা পরস্পরকে আকর্ষণ করে, তাকে ঐ পদার্থের আন্তঃআণবিক শক্তি বলা হয়।

খ. **পদার্থের তিন অবস্থার মধ্যে দুটি পার্থক্য :**

| কঠিন পদার্থ | তরল পদার্থ | গ্যাসীয় পদার্থ |
|---|---|---|
| ১. কঠিন অবস্থায় পদার্থের আকার ও আয়তন নির্দিষ্ট। | ১. তরল অবস্থায় পদার্থের আয়তন নির্দিষ্ট। | ১. গ্যাসীয় অবস্থায় পদার্থের আয়তন নির্দিষ্ট নয়। |
| ২. নির্দিষ্ট আকার ও আকৃতি আছে। | ২. নির্দিষ্ট আকার ও আকৃতি নেই। পাত্রের আকার ও আকৃতি ধারণ করে। | ২. নির্দিষ্ট আকার ও আকৃতি নেই। পাত্রের আকার ধারণ করে। |

গ. লাভলির মা তাপ প্রয়োগের মাধ্যমে পদার্থের বিভিন্ন অবস্থার পরিবর্তন ঘটালেন।

বরফ, পানি ও জলীয়বাষ্প একই পদার্থের তিনটি ভিন্ন রূপ। সাধারণ তাপমাত্রায় পানি একটি তরল পদার্থ। পানি $0^\circ$ সে. তাপমাত্রায় বরফ। বরফকে তাপ প্রয়োগ করলে তা পানিতে পরিণত হয়। পানিকে তাপ দিলে তা আবার $100^\circ$ সে. তাপমাত্রায় ফুটে জলীয়বাষ্পে পরিণত হয়।

বরফ ⇌ (তাপ প্রয়োগ / তাপ অপসারণ) পানি ⇌ (তাপ প্রয়োগ / তাপ অপসারণ) জলীয় বাষ্প

লাভলির মা ফ্রিজ থেকে যে পানি বের করলেন তা হলো বরফ যা পানির কঠিনরূপ। ফ্রিজ থেকে বাইরে রাখায় বরফ তাপ পেয়ে গলে তরল পানিতে পরিণত হয়। এই পানিকে আবার গরম করার জন্য তাপ দেয়াতে তা জলীয়বাষ্পে পরিণত হয় তা পানির বায়বীয় রূপ। এভাবে তিনি তাপ প্রয়োগের মাধ্যমে পানির অবস্থার পরিবর্তন ঘটালেন।

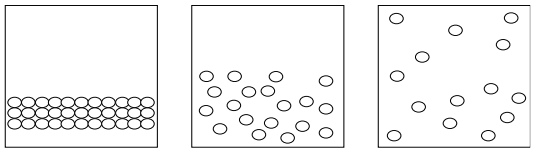
ঘ. তাপ প্রয়োগ করলে পদার্থের অণুগুলোর গতিশক্তি বৃদ্ধি পায়, ফলে অণুগুলোর মধ্যে দূরত্ব বৃদ্ধি পায়। এর ফলে আন্তঃকণা আকর্ষণ শক্তি হ্রাস পায়। পদার্থ যে সকল ছোট ছোট কণার সমন্বয়ে গঠিত, সে কণাগুলো যেকোনো তাপমাত্রায় নড়াচড়া বা চলাফেরা করতে পারে। ছোট ছোট কণাগুলোর নড়াচড়া বা চলাফেরার ফলে পদার্থ এক ধরনের শক্তি লাভ করে। পদার্থের এ শক্তিকে গতিশক্তি বলে। তাপ প্রয়োগের ফলে ছোট ছোট কণাগুলোর চলাফেরার গতি বৃদ্ধি পায় এবং সাথে সাথে গতিশক্তিও বৃদ্ধি পায়।

অন্যদিকে, আন্তঃকণা আকর্ষণ শক্তির প্রভাবে বস্তুর ক্ষুদ্রতম কণাগুলো একে অপরের সাথে আবদ্ধ থাকে। এ শক্তি অধিক হলে বস্তুর ভৌত অবস্থা কঠিন হয়। যেমন উদ্দীপকে লাভলিদের ফ্রিজে রাখা বরফের আন্তঃআণবিক আকর্ষণ শক্তি। অপেক্ষাকৃত কম হলে তরল যেমন পানি এবং আরও কম হলে গ্যাসীয় অবস্থায় থাকে যেমন উদ্দীপকের জলীয়বাষ্প। অর্থাৎ পদার্থের আন্তঃকণা আকর্ষণ শক্তি ও গতিশক্তি পরস্পর বিপরীতধর্মী।

**চিত্র :** কঠিন, তরল ও গ্যাসীয় অবস্থায় পদার্থের কণা

এখন কোনো পদার্থে তাপ প্রয়োগ করা হলে একদিকে ছোট ছোট কণাগুলোর দূরত্ব কিছুটা বৃদ্ধি পায়। ফলে আন্তঃকণা আকর্ষণ শক্তি হ্রাস পায়। অন্যদিকে কণাগুলোর ছোটাছুটি বৃদ্ধি পায় বলে গতিশক্তিও বৃদ্ধি পায়। এর ফলে পদার্থ কঠিন থেকে তরল এবং তরল থেকে গ্যাসীয় অবস্থায় রূপান্তরিত হয়।

## নিচের লেখচিত্রটি দেখে প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও




ক. তরল পদার্থ কাকে বলে?

খ. $H_2S$ ও $CO_2$ এর মধ্যে কোনটির ব্যাপনের হার বেশি?

গ. আয়োডিনকে তাপ দিলে উদ্দীপকের কী চিত্র পাওয়া যাবে–ব্যাখ্যা কর।

ঘ. উদ্দীপকের ক, খ ও গ এর আন্তঃআণবিক শক্তির তুলনামূলক বিবরণ দাও।

## প্রশ্নের উত্তর

ক. যেসব পদার্থের নির্দিষ্ট আয়তন আছে কিন্তু আকার নেই, যখন যে পাত্রে রাখা হয় সে পাত্রের আকার ধারণ করে, তাদের তরল পদার্থ বলে।

খ. $H_2S$ এর ব্যাপনের হার বেশি।

ব্যাপনের হার বস্তুর ভর ও ঘনত্বের ওপর নির্ভরশীল। বস্তুর ভর বেশি হলে ব্যাপনের হার কমে যায়।

$H_2S$ এর আণবিক ভর = $(1 \times 2) + 32 = 34$

এবং $CO_2$ এর আণবিক ভর = $12 + (16 \times 2) = 44$

যেহেতু, $H_2S$ এর ভর $CO_2$ এর ভরের চেয়ে কম সেহেতু $H_2S$ এর ব্যাপনের হার বেশি হবে।

গ. উদ্দীপকের উল্লিখিত চিত্রের (ক) কঠিন, (খ) তরল এবং (গ) গ্যাসীয়। আমরা জানি, একই পদার্থ তাপমাত্রার ওপর ভিত্তি করে তিনটি ভৌত অবস্থায় থাকতে পারে। আর কিছু পদার্থ আছে যাদের উত্তপ্ত করলে সরাসরি তরল না হয়ে গ্যাসীয় অবস্থায় চলে যায়। এ ধরনের পদার্থকে উদ্বায়ী যৌগ বলে। উদ্বায়ী যৌগের তরল অবস্থা নেই। এখন উদ্দীপকের চিত্রে আয়োডিন ব্যবহার করলে (খ)–অবস্থা পাওয়া যাবে না। কারণ–আয়োডিন ঊর্ধ্বপাতিত যৌগ বলে এর তরল অবস্থা নেই। তাই (ক) ও (গ) দুটি চিত্র পাওয়া যাবে।

আয়োডিনের ক্ষেত্রে, কঠিন $\underset{\text{তাপ হ্রাস}}{\overset{\text{তাপ বৃদ্ধি}}{\rightleftharpoons}}$ গ্যাসীয়

ঘ. উদ্দীপকে পদার্থের তিনটি ভৌত অবস্থা দেখানো হয়েছে। যথা– কঠিন (ক), তরল (খ) এবং গ্যাসীয় (গ)।

আমরা জানি, তাপমাত্রার ওপর ভিত্তি করে একই পদার্থ তিনটি ভৌত অবস্থায় থাকতে পারে। সাধারণত কঠিনকে তাপ দিলে তরল এবং তরলকে পুনরায় তাপ দিলে গ্যাসে পরিণত হয়।

$$\text{কঠিন} \xrightarrow{\triangle} \text{তরল} \xrightarrow{\triangle} \text{গ্যাস}$$

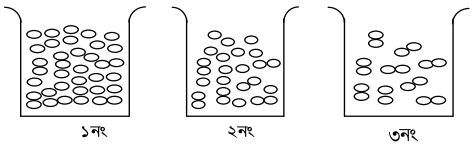
কঠিন অবস্থায় কণাগুলোর আন্তঃকণা আকর্ষণ বল বেশি থাকায় কণাগুলোর গতিশক্তি কম। তরল অবস্থায় কণাগুলোর তা মাঝামাঝি কিন্তু গ্যাসীয় অবস্থায় কণাগুলোর আন্তঃকণা আকর্ষণ বল সবচেয়ে কম আর গতিশক্তি সবচেয়ে বেশি।

সুতরাং আন্তঃকণা শক্তির ক্রম হলো–

(ক) কঠিন অবস্থা > (খ) তরল অবস্থা > (গ) গ্যাসীয় অবস্থা

অর্থাৎ ক (কঠিন) অবস্থায় আন্তঃআণবিক আকর্ষণ শক্তি সবচেয়ে বেশি থাকে। খ (তরল) অবস্থায় আন্তঃআণবিক আকর্ষণ শক্তি কঠিনের চেয়ে কম। গ্যাসীয় অবস্থায় আন্তঃআণবিক আকর্ষণ শক্তি সবচেয়েকম।

## নিচের লেখচিত্রটি দেখে প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও




ক. কণার গতিতত্ত্ব কী?

খ. জলীয়বাষ্পকে যখন ঘনীভবন করা হয়, তখন কণাসমূহের ক্ষেত্রে কী ঘটে?

গ. উদ্দীপকের চিত্রসমূহের মধ্যে কোনটির আন্তঃআণবিক শক্তি সবচেয়ে বেশি এবং কেন?

ঘ. ১, ২ ও ৩ নম্বর চিত্রের অণুসমূহের ভিন্ন ভিন্নভাবে উপস্থাপনের কারণ কী?

## প্রশ্নের উত্তর

ক. যে তত্ত্বের মাধ্যমে কণাসমূহ কীভাবে কঠিন, তরল ও গ্যাসীয় অবস্থায় গতিশীল থাকে তা জানা যায় তাকে কণার গতিতত্ত্ব বলে।

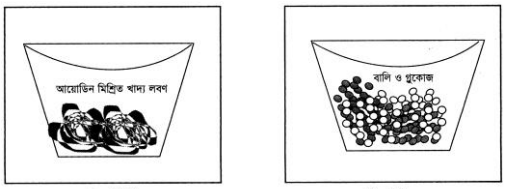
খ. জলীয়বাষ্পকে যখন ঘনীভবন করা হয়, তখন কণাসমূহের তাপ নির্গত হয়।
পানি থেকে জলীয়বাষ্প তৈরি হওয়ার সময় পানির কণাসমূহ বাষ্পীভবনের যে সুপ্ততাপ গ্রহণ করে, জলীয়বাষ্প থেকে ঘনীভবনের মাধ্যমে আবার তরলে পরিণত হওয়ার সময় কণাসমূহ সেই তাপ নির্গত করে। অর্থাৎ জলীয়বাষ্পকে ঘনীভবন করলে পরিপার্শ্বে শক্তি (তাপশক্তি) নির্গত করে।

গ. ১, ২ ও ৩ নং চিত্র যথাক্রমে পদার্থের কঠিন, তরল ও বায়বীয় পদার্থের আন্তঃআণবিক দূরত্ব নির্দেশ করে। ১নং চিত্র অর্থাৎ কঠিন পদার্থের আন্তঃআণবিক শক্তি সবচেয়ে বেশি।
এতে অণুগুলো পরস্পরের খুব কাছাকাছি অবস্থান করে এবং নড়াচড়া করলেও স্থানান্তরিত হতে পারে না। অণুগুলোর মধ্যে আন্তঃআণবিক দূরত্ব সবচেয়ে কম।
উপর্যুক্ত আলোচনা থেকে দেখা যায়, ১নং চিত্রের আন্তঃআণবিক দূরত্ব কম। কিন্তু ২ ও ৩নং চিত্রের আন্তঃআণবিক দূরত্ব তুলনামূলকভাবে বেশি। আন্তঃআণবিক দূরত্ব যত বেশি হবে আন্তঃআণবিক শক্তি তত কমে যাবে। তাই বলা যায়, ১নং চিত্রের মধ্যে আন্তঃআণবিক শক্তি সবচেয়ে বেশি।

ঘ. পদার্থ কঠিন, তরল অথবা গ্যাসীয় হওয়ার কারণে বুঝানোর জন্যই ১, ২ ও ৩ নং চিত্রের অণুসমূহ ভিন্ন ভিন্নভাবে উপস্থাপন করা হয়েছে।
প্রত্যেক পদার্থ অসংখ্য ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র কণা দিয়ে তৈরি। পদার্থের যে ক্ষুদ্রতম কণা স্বাধীনভাবে থাকে এবং যার মধ্যে পদার্থের সমস্ত ধর্ম বজায় থাকে তাকে অণু বলে। এ অণুগুলো পরস্পরের সঙ্গে নিরেটভাবে লেগে থাকে না। এদের মধ্যে অতি সামান্য দূরত্ব বা ফাঁক আছে। এ দূরত্ব বা ফাঁককে আন্তঃআণবিক দূরত্ব বলে। অণুগুলোর নির্দিষ্ট ভর আছে এবং এরা পরস্পরকে আকর্ষণ করে। এ আকর্ষণকে আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বলে।
অণুগুলোর মধ্যে আন্তঃআণবিক দূরত্ব যত কম হয়, আকর্ষণ বল তত বেশি হয়। আবার এ দূরত্ব যত বেশি হয় আকর্ষণ বল তত কম হয়। কঠিন পদার্থের আকর্ষণ বল সবচেয়ে বেশি। তরলের আকর্ষণ বল মাঝামাঝি। আর গ্যাসীয় পদার্থের আকর্ষণ বল সবচেয়ে কম। তাছাড়া পদার্থের অণুগুলো

স্থির থাকে না– সবসময় কাঁপতে থাকে। এ কম্পনের জন্য অণুগুলোর মধ্যে পরস্পরের কাছ থেকে দূরে সরে যাওয়ার একটি সাধারণ প্রবণতা থাকে।
এজন্য ১নং, ২নং ও ৩নং চিত্রের অণুসমূহ ভিন্নভাবে উপস্থাপিত হয়েছে।

## নিচের চিত্র দেখে প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও



ক- পাত্র খ- পাত্র

ক. ব্যাপন কাকে বলে?
খ. বডি স্প্রেতে ব্যাপন বা নিঃসরণের কোনটি আগে ঘটে?
গ. তাপমাত্রা বাড়াতে থাকলে উদ্দীপকের কোন পদার্থটি সবার আগে বাষ্পীভূত হবে? কারণ ব্যাখ্যা কর।
ঘ. ক–পাত্রের উপাদান ও খ–পাত্রের উপাদানগুলোকে পৃথকীকরণে একই পদ্ধতির ব্যবহার সম্ভব কিনা–যুক্তিসহ ব্যাখ্যা কর।

## প্রশ্নের উত্তর

ক. কোনো মাধ্যমে কঠিন, তরল বা গ্যাসীয় বস্তুর স্বতঃস্ফূর্ত ও সমভাবে পরিব্যাপ্ত হওয়ার প্রক্রিয়াকে ব্যাপন বলে।

খ. বডি স্প্রেতে নিঃসরণ আগে ঘটে।
বডি স্প্রেতে বিদ্যমান উপাদানগুলোর চাপ ভেতর ও বাইরে সমান নয়। বডি স্প্রের ভেতরে চাপ বেশি থাকে। চাপ দিলে সরু ছিদ্রপথে যখন গ্যাসের অণুসমূহ উচ্চচাপ থেকে নিম্নচাপ অঞ্চলে বেরিয়ে আসে, তখন নিঃসরণ ঘটে। এরপর এর মধ্যে থাকা উপাদান চারপাশে স্বতঃস্ফূর্তভাবে ছড়িয়ে পড়ে অর্থাৎ পরে ব্যাপন হয়।

গ. উদ্দীপকের ক–পাত্রে আয়োডিন মিশ্রিত খাদ্য লবণ এবং খ–পাত্রে বালি ও গ্লুকোজের মিশ্রণ বিদ্যমান। তাপমাত্রা বাড়তে থাকলে উদ্দীপকে বিদ্যমান উপাদানগুলোর মধ্যে আয়োডিন সবার আগে বাষ্পীভূত হবে।
যদি কোনো কঠিন পদার্থকে তাপ দিলে তা তরলে পরিণত না হয়ে সরাসরি বাষ্পে এবং ঠান্ডা করলে তরলে রূপান্তরিত না হয়ে সরাসরি কঠিন পদার্থে পরিণত হয়, তাকে ঊর্ধ্বপাতন বলে।
উপাদানগুলোর মধ্যে খাদ্য লবণ, বালি ও গ্লুকোজকে তাপ দিলে সেগুলো প্রথমে তরলে পরিণত

হবে। আরও তাপ দিলে বাষ্পে পরিণত হবে। কিন্তু আয়োডিনকে তাপ দিলে তা সরাসরি বাষ্পে রূপান্তরিত হয়। কারণ আয়োডিনের ঊর্ধ্বপাতন ঘটে।

উপর্যুক্ত আলোচনা থেকে দেখা যায়, লবণ, বালি ও গ্লুকোজকে তাপ দিলে সেগুলো সরাসরি বাষ্পে পরিণত হয় না। কিন্তু আয়োডিনের ঊর্ধ্বপাতন ঘটে বলে তা সরাসরি বাষ্পে পরিণত হয়। তাই বলা যায় তাপ বাড়াতে থাকলে সবার আগে বাষ্পীভূত হবে আয়োডিন।

ঘ. ক–পাত্রের উপাদান ও খ–পাত্রের উপাদানগুলোকে একই পদ্ধতি ব্যবহারের মাধ্যমে পৃথক করা সম্ভব নয়।

ক–পাত্রে আয়োডিন ও খাদ্য লবণের মিশ্রণকে ঊর্ধ্বপাতন পদ্ধতিতে এবং খ–পাত্রের বালি ও গ্লুকোজের মিশ্রণকে পরিস্রাবণ ও বাষ্পীভবন পদ্ধতিতে পৃথক করতে হবেফলে ক–পাত্রে তাপ দিলে আয়োডিন ঊর্ধ্বপাতিত হয়। এভাবে আয়োডিন ও খাদ্য লবণের মিশ্রণকে ঊর্ধ্বপাতন পদ্ধতিতে পৃথক করা হয়। ঊর্ধ্বপাতন প্রক্রিয়া–

$$\text{কঠিন} \underset{\text{শীতল}}{\overset{\text{তাপ}}{\rightleftharpoons}} \text{বাষ্প} \underset{\text{তাপ}}{\overset{\text{শীতল}}{\rightleftharpoons}} \text{কঠিন}$$

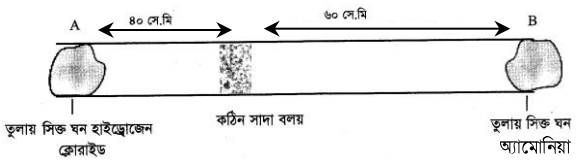
উদ্দীপকে খ–পাত্রে গ্লুকোজ ও বালির মিশ্রণ আছে। যাদের কোনোটাই উদ্বায়ী নয়।

তাই ক–পাত্রের উপাদানগুলোর মতো ঊর্দ্ধপাতন পদ্ধতিতে বালি ও গ্লুকোজ পৃথক করা যায় না। এই মিশ্রণকে পরিস্রাবণ ও বাষ্পীভবন পদ্ধতিতে পৃথক করা হয়। বালি পানিতে অদ্রবণীয়। তাই গ্লুকোজ ও বালির মিশ্রণকে বিকারে নিয়ে পানি মিশ্রিত করে গ্লাস রড দিয়ে নেড়ে বালির সাথে মিশ্রিত গ্লুকোজকে সম্পূর্ণরূপে পানিতে দ্রবীভূত করা হয়। অতঃপর, অপর একটি বিকারে ফিল্টারপেপার সজ্জিত ফানেলে গ্লুকোজ ও বালির মিশ্রণকে পৃথক করা হয়। ফিল্টার পেপারে থাকা বালি আলাদা করে নেওয়া হয়। পরিস্রুত দ্রবণকে বাষ্পীভবন করা হলে পানি বাষ্পাকারে উড়ে যায় এবং পরিস্রুতরূপে পাত্রে কঠিন গ্লুকোজের কেলাস অবশেষরূপে পাওয়া যায়। এভাবে পরিস্রাবণ ও বাষ্পীভবন পদ্ধতিতে গ্লুকোজ ও বালির মিশ্রণকে পৃথক করা হয়। এ ক্ষেত্রে

$$\text{কঠিন} \underset{\text{তাপ হ্রাস}}{\overset{\text{তাপ বৃদ্ধি}}{\rightleftharpoons}} \text{তরল} \underset{\text{তাপ হ্রাস}}{\overset{\text{তাপ বৃদ্ধি}}{\rightleftharpoons}} \text{বাষ্প}$$

অতএব ক–পাত্রের উপাদানগুলো ও খ–পাত্রের উপাদানগুলো পৃথিকীকরণে পৃথক পদ্ধতি ব্যবহার করা হয়। একই পদ্ধতি ব্যবহার সম্ভব নয়।

## নিচের চিত্র দেখে প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও




ক. নিঃসরণ কী?

খ. একই পদার্থের গলনাংক ও স্ফুটনাংক ভিন্ন কেন?

গ. উদ্দীপকের প্রক্রিয়াটি কোন ধরনের পরিবর্তন– ব্যাখ্যা কর।

ঘ. উৎপন্ন সাদা ধোঁয়া A প্রান্তের কাছাকাছি উৎপন্ন হওয়ার যৌক্তিক কারণ ব্যাখ্যা কর।

## প্রশ্নের উত্তর

ক. সরু ছিদ্রপথে কোনো গ্যাসের অণুসমূহের উচ্চচাপ থেকে নিম্নচাপ অঞ্চলে বেরিয়ে আসার প্রক্রিয়াকে নিঃসরণ বলে।

খ. তাপমাত্রার তারতম্যের কারণে একই পদার্থের গলনাংক ও স্ফুটনাংক ভিন্ন হয়।

যে তাপমাত্রায় কোনো কঠিন পদার্থ তরলে পরিণত হয়, তাকে ঐ পদার্থটির গলনাংক বলে। আর, যে তাপমাত্রায় কোনো তরল পদার্থ গ্যাসীয় পদার্থে পরিণত হয়, তাকে ঐ পদার্থটির স্ফুটনাংক বলে। তাপ প্রয়োগে কঠিন পদার্থ প্রথমে তরলে পরিণত হয়, আরও তাপ প্রয়োগে গ্যাসীয় পদার্থে পরিণত হয়। যে তাপমাত্রায় কোনো কঠিন পদার্থ তরলে পরিণত হয় সে তাপমাত্রায় কোনো তরল পদার্থ গ্যাসীয় পদার্থে পরিণত হয় না। আরও বেশি তাপমাত্রা প্রয়োজন।

গ. উদ্দীপকের প্রক্রিয়াটি একটি রাসায়নিক পরিবর্তন।

যে পরিবর্তনে পদার্থের অণুসমূহের উপাদান ও অণুর গঠনে স্থায়ী পরিবর্তন ঘটে এবং পদার্থসমূহ নিজেদের ধর্ম হারিয়ে সম্পূর্ণ নতুন ধর্মবিশিষ্ট অন্য পদার্থে পরিণত হয়, তাকে রাসায়নিক পরিবর্তন বলে। প্রতিটি রাসায়নিক বিক্রিয়াতেই রাসায়নিক পরিবর্তন সংঘটিত হয়।

উদ্দীপকে এসিড ($HCl$), ক্ষারক ($NH_3$)-এর সাথে বিক্রিয়া করে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের ($NH_4Cl$) সাদা ধোঁয়া সৃষ্টি করেছে।

$NH_3 + HCl = NH_4Cl$ (সাদা ধোঁয়া)

এখানে $NH_3$ ও $HCl$ অণুসমূহ নিজেদের ধর্ম হারিয়ে সম্পূর্ণ নতুন ধর্মবিশিষ্ট $NH_4Cl$ যৌগে পরিণত হয়েছে। তাই উক্ত বিক্রিয়ায় যে পরিবর্তন হয়েছে, তা একটি রাসায়নিক পরিবর্তন।

ঘ. উৎপন্ন সাদা ধোঁয়া A প্রান্তের কাছাকাছি উৎপন্ন হয়েছে। এর যৌক্তিক কারণ ব্যাপনের সাহায্যে ব্যাখ্যা করা যায়।

ব্যাপনের হার বস্তুর ভর ও ঘনত্বের উপর নির্ভরশীল। যে বস্তুর ভর ও ঘনত্ব যত বেশি তার ব্যাপনের হার তত কম।

$HCl$ এর আণবিক ভর = $1+ 35.5 = 36.5$

$NH_3$ এর আণবিক ভর = $14+1\times3 =17$

যেহেতু $HCl$ এর আণবিক ভর $NH_3$ এর চেয়ে বেশি, তাই $HCl$ এর ব্যাপনের হার কম হবে। $HCl$ এর ব্যাপন $NH_3$ এর চেয়ে কম হওয়ায় $HCl$ কম দূরত্ব অতিক্রম করেছে। অপরদিকে, $NH_3$ এর ব্যাপন বেশি হওয়ায় বেশি দূরত্ব অতিক্রম করেছে। তাই কঠিন সাদা বলয় $HCl$ এর কাছে, কিন্তু $NH_3$ থেকে দূরে উৎপন্ন হয়েছে।

## নিচের চিত্র দেখে প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও

(i) মোম + $O_{2(g)} \longrightarrow$ A + B + শক্তি

(ii) $H_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow$ B + শক্তি

ক. স্ফুটনাঙ্ক কী?

খ. আয়োডিনকে তাপ দিলে সরাসরি বাষ্পে পরিণত হয় কেন?

গ. 0°C তাপমাত্রায় B যৌগের ভৌত অবস্থার কিরূপ পরিবর্তন ঘটে ব্যাখ্যা কর।

ঘ. (i) নং–এ ভৌত ও রাসায়নিক কিন্তু (ii) নং–এ শুধু রাসায়নিক পরিবর্তন হয়–বিশ্লেষণ কর।

## প্রশ্নের উত্তর

ক. স্বাভাবিক চাপে (1atm) যে তাপমাত্রায় কোনো তরল পদার্থ গ্যাসীয় অবস্থা প্রাপ্ত হয় সেই তাপমাত্রাকে সেই পদার্থের স্ফুটনাঙ্ক বলে।

খ. আয়োডিন একটি ঊর্ধ্বপাতনযোগ্য পদার্থ হওয়ায় এটিকে তাপ দিলে সরাসরি বাষ্পে পরিণত হয়।
যে সকল কঠিন পদার্থকে তাপ দিলে তা সরাসরি গ্যাসে পরিণত হয় এবং শীতল করলে সরাসরি কঠিন হয় তাদেরকে উদ্বায়ী পদার্থ বলে। আয়োডিন এমনই একটি উদ্বায়ী পদার্থ। এজন্য আয়োডিনকে তাপ দিলে এটি কঠিন থেকে সরাসরি গ্যাসীয় অবস্থায় রূপান্তরিত হয় এবং শীতলীকরণে গ্যাসীয় অবস্থা থেকে কঠিনে পরিণত হয়।

গ. উদ্দীপকে উল্লেখিত B যোগটি হলো পানি যেটি সাধারণত তরল অবস্থায় থাকে। 0°C তাপমাত্রায় পানি বরফে অর্থাৎ কঠিন অবস্থায় রূপান্তরিত হয়।
তাপ কমানো হলে পদার্থের অণুগুলোর গতিশক্তি হ্রাস পায়, ফলে অণুগুলোর মধ্যে দূরত্ব হ্রাস পায়। এর ফলে আন্তঃকনা আকর্ষণশক্তি বৃদ্ধি পায়। পদার্থ যে সকল ছোট ছোট কণার সমন্বয়ে গঠিত। তারা যেকোনো তাপমাত্রায় নড়াচড়া বা চলাফেরা করতে পারে। ছোট ছোট কণাগুলোর নড়াচড়া বা চলাফেরার ফলে পদার্থ এক ধরনের গতিশক্তি লাভ করে। তাপ অপসারণের ফলে ছোট ছোট কণাগুলোর চলাচলের গতি হ্রাস পায়।
আবার, আন্তঃকণা আকর্ষণশক্তির প্রভাবে বস্তুর ক্ষুদ্রতম কণাগুলো একে অপরের সাথে দৃঢ়ভাবে আবদ্ধ থাকে। এ শক্তি যখন বেশি হয় তখন বস্তুর ভৌত অবস্থা কঠিন হয়। এজন্য উদ্দীপকে 0°C তাপমাত্রায় পানির অনুসমূহের আন্তঃকণা আকর্ষণশক্তি সর্বাধিক হয়। ফলে, 0°C তাপমাত্রায় পানি বরফে পরিণত হয়। এরূপে 0°C তাপমাত্রায় B যৌগের ভৌত অবস্থার পরিবর্তন ঘটে।

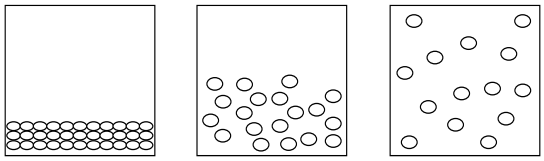
ঘ. যে পরিবর্তনের ফলে পদার্থের শুধু বাহ্যিক আকার বা অবস্থার পরিবর্তন হয় কিন্তু তা কোনো নতুন পদার্থে পরিণত হয় না, তাকে ভৌত বা অবস্থানগত পরিবর্তন বলে। আবার, যে পরিবর্তনে বস্তুর রাসায়নিক গঠনের পরিবর্তন হয় তাকে রাসায়নিক পরিবর্তন বলে।
উদ্দীপকের (i) নং বিক্রিয়াটিতে মোমবাতির দহন ঘটে। একটি মোমবাতি জ্বলার সময় উত্তাপে মোমের কিছু অংশ গলে যায়। এক্ষেত্রে, ভৌত পরিবর্তন সংঘটিত হয়। কিন্তু, অধিকাংশ মোম বাতাসের অক্সিজেনের সাথে বিক্রিয়া করে কার্বন ডাইঅক্সাইড ও জলীয়বাষ্প তৈরি করে। শেষোক্ত

দুইটি বস্তু মোম ও অক্সিজেন থেকে সম্পূর্ণ পৃথক। সুতরাং মোমবাতির দহন একটি রাসায়নিক পরিবর্তন। অর্থাৎ মোমবাতির দহনে ভৌত ও রাসায়নিক উভয় পরিবর্তন সংঘটিত হয়।

আবার, উদ্দীপকের (ii) নং বিক্রিয়াটিতে হাইড্রোজেন ($H_2$) এবং অক্সিজেন ($O_2$) পরস্পরের সাথে যুক্ত হয়ে সম্পূর্ণ নতুন ধরনের পদার্থ পানি ($H_2O$) উৎপন্ন করে। এক্ষেত্রে, বস্তুর অণুর গঠনের পরিবর্তন হয়ে সম্পূর্ণ নতুন অণুর সৃষ্টি হয় এবং রাসায়নিক সংযুতির পরিবর্তন হয়। সুতরাং, এক্ষেত্রে শুধুমাত্র রাসায়নিক পরিবর্তন হয়।

পরিশেষে বলা যায় যে, উদ্দীপকের (i) নং এ ভৌত ও রাসায়নিক কিন্তু (ii) নং এ শুধু রাসায়নিক পরিবর্তন সংঘটিত হয়।

## নিচের চিত্র দেখে প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও




ক. শীতলীকরণ কী?

খ. মোমবাতির জ্বলনে পদার্থের অবস্থার পরিবর্তন ব্যাখ্যা কর।

গ. A, B ও C অবস্থার পরিবর্তনে পানির শীতলীকরণের বক্ররেখা প্রদর্শন করে যে অবস্থা অপরিবর্তনশীল তা ব্যাখ্যা কর।

ঘ. উদ্দীপকের বিভিন্ন অবস্থার আন্তঃআণবিক শক্তির ক্রম বিশ্লেষণ কর।

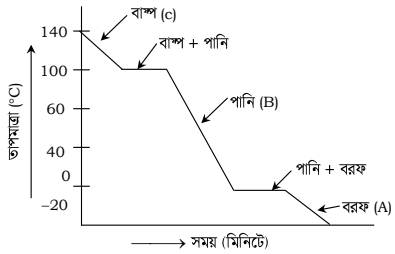
## প্রশ্নের উত্তর

ক. যে প্রক্রিয়ায় তাপ অপসারণ করে গ্যাসকে তরলে ও তরলকে কঠিনে পরিণত করা হয়, তাকে শীতলীকরণ বলা হয়।

খ. মোমবাতি যখন জ্বলতে থাকে তখন পদার্থের তিনটি অবস্থাই একসাথে দেখা যায়।

মোম গলতে শুরু করলে সুতার অগ্রভাগের মোম গ্যাসীয় অবস্থা প্রাপ্ত হয়। এই গ্যাসটি জ্বলতে থাকে। জ্বলনের ফলে তাপে মোম গলতে থাকে। এভাবে মোম তরল অবস্থা প্রাপ্ত হয়। আবার নিচের দিকে যেখানে তাপ পৌঁছেনি সেখানে মোম গলে না বলে কঠিন অবস্থায় থাকে। অর্থাৎ মোমবাতির জ্বলনে পদার্থের তিনটি অবস্থারই পরিবর্তন ঘটে।

গ. উদ্দীপকে পানির তিনটি ভৌত অবস্থা দেখানো হয়েছে। A, B এবং C অবস্থা হলো যথাক্রমে কঠিন, তরল এবং বায়বীয়। পানির শীতলীকরণ বক্ররেখাটি হলো–




পানির শীতলীকরণ বক্ররেখা থেকে দেখা যাচ্ছে, (বাষ্প + পানি) এবং (পানি + বরফ) অংশের রেখাদ্বয় সময়ের সাথে অপরিবর্তনশীল। অর্থাৎ $100°C$ ও $0°C$ অবস্থায় তাপ দিলেও তাপমাত্রার পরিবর্তন হয় না।

(বাষ্প + পানি) পানির স্ফুটনাংক $100°C$ নির্দেশ করেছে। এই অবস্থায় সকল বাষ্প সুপ্ততাপ বর্জন করে একই তাপমাত্রার পানিতে পরিণত হয়। যতক্ষণ পর্যন্ত সকল বাষ্প তরল পানিতে পরিণত না হয় ততক্ষণ পর্যন্ত তাপমাত্রা স্থির থাকে।

(পানি + বরফ) পানির গলনাংক $0°C$ নির্দেশ করে। এই অবস্থায় একই তাপমাত্রার পানি সুপ্ততাপ বর্জন করে একই তাপমাত্রার বরফে পরিণত হয়। যতক্ষণ পর্যন্ত পানি জমে বরফে পরিণত না হয় ততক্ষণ পর্যন্ত তাপমাত্রা স্থির থাকে।

ঘ. উদ্দীপকের বিভিন্ন অবস্থায় আন্তঃআণবিক শক্তির ক্রম তাদের আন্তঃআণবিক আকর্ষণের সাহায্যে বিশ্লেষণ করা যায়।

আমরা জানি, তাপমাত্রার পার্থক্যের উপর ভিত্তি করে একটি পদার্থ তিনটি ভৌত অবস্থায় থাকতে পারে। কারণ, তাপমাত্রা পরিবর্তন করলে বস্তুর আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বলও পরিবর্তন হয়। কঠিন বস্তুর আন্তঃআণবিক শক্তি সবচেয়ে বেশি, গ্যাসীয় বস্তুর সবচেয়ে কম আর তরল বস্তুর কঠিন এবং গ্যাসীয় বস্তুর মাঝামাঝি। কঠিন বস্তুকে উত্তপ্ত করলে আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বল কমে যাওয়ায় তা তরলে পরিণত হয়। একে আরো উত্তপ্ত করলে তা গ্যাসে পরিণত হয়। এ অবস্থায় আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বল সবচেয়ে কম।

তাহলে উদ্দীপকের বরফে (A-অবস্থা) আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বল সবচেয়ে বেশি, পানিতে (B-অবস্থা) বরফের চেয়ে কম এবং জলীয় বাষ্প (C-অবস্থা) সবচেয়ে কম।

সুতরাং উদ্দীপকের বিভিন্ন অবস্থার আন্তঃআণবিক শক্তির ক্রম নিম্নরূপ :

A - অবস্থা > B- অবস্থা > C- অবস্থা

অর্থাৎ বরফ > পানি > জলীয় বাষ্প

**নিচের সমীকরণটি লক্ষ কর এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও**

$$H_2O(s) \underset{-\text{তাপ}}{\overset{+\text{তাপ}}{\rightleftharpoons}} H_2O(l) \underset{-\text{তাপ}}{\overset{+\text{তাপ}}{\rightleftharpoons}} H_2O(g)$$

ক অবস্থা খ অবস্থা গ অবস্থা

ক. সিএনজি কী? ১

খ. তাপমাত্রা বাড়ালে ব্যাপনের হার বাড়ে কেন? ২

গ. উদ্দীপকের ক, খ ও গ এ তিন অবস্থায় পদার্থের গতিশীলতা ব্যাখ্যা কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকের বিভিন্ন অবস্থায় তাপ প্রদানের বক্ররেখা এঁকে এর অবস্থাসমূহ ব্যাখ্যা কর। ৪

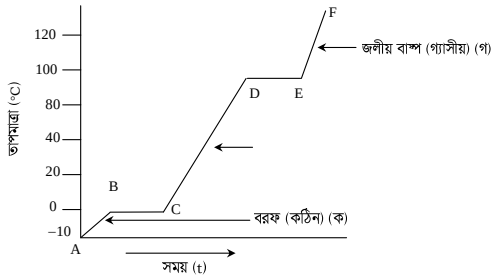
## প্রশ্নের উত্তর

ক. প্রাকৃতিক গ্যাসকে অধিক চাপ প্রয়োগে সংকুচিত করে যে জ্বালানি তৈরি করা হয়, তাকে সি এন জি বলে।

খ. তাপমাত্রা বাড়ালে আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বল কমে যায় বলে ব্যাপনের হার বাড়ে।
কোনো বস্তুর ব্যাপনের হার তার আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বলের ওপর নির্ভরশীল। তাপমাত্রা কম হলে আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বেশি হয় এবং ব্যাপনের হার কম হয়। তাপমাত্রা বাড়ালে বস্তুর আন্তঃকণা আকর্ষণ বল কমে যায় বলে কণাগুলো বেশি করে ছড়িয়ে পড়ে। ফলে তাপমাত্রা বাড়ালে ব্যাপন বৃদ্ধি পায়।

গ. উদ্দীপকের ক নং চিত্রে অণুসমূহ খুব সন্নিকটে অবস্থান করে। তাই ক নং চিত্রটি বরফ (কঠিন)। খ নং চিত্রে অণুসমূহ পরস্পরের থেকে একটু দূরে অবস্থান করে। তাই এটি পানি (তরল)। গ নং চিত্রে অণুসমূহ পরস্পর থেকে অনেক দূরে অবস্থান করে। তাই এটি জলীয়বাষ্প (গ্যাসীয়)।
কণাসমূহ যত তাপ অর্জন করে তাদের গতিশক্তি তত বৃদ্ধি পেতে থাকে, এভাবে গতিশক্তি বৃদ্ধি পাওয়ায় আন্তঃআণবিক দূরত্ব বৃদ্ধি পায় ও আন্তঃআণবিক বল হ্রাস পায়। ফলে পদার্থটি কঠিন থেকে তরল এবং আরো তাপ প্রয়োগে তরল থেকে গ্যাসে পরিণত হয়।
অর্থাৎ কণার গতিশক্তি যত বৃদ্ধি পেতে থাকে পদার্থ তত কঠিন থেকে তরলে এবং তরল থেকে গ্যাসে পরিণত হওয়ার প্রবণতা বাড়তে থাকবে।

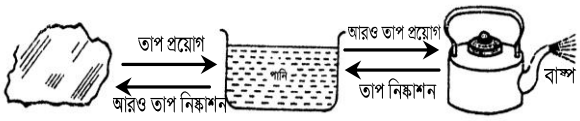
ঘ. উদ্দীপকে পানির তিনটি ভৌত অবস্থা দেখানো হয়েছে। ক, খ এবং গ অবস্থা হলো যথাক্রমে কঠিন, তরল এবং গ্যাসীয় অবস্থা। বরফের গলনাঙ্ক $0°C$ ও পানির স্ফুটনাঙ্ক $100°C$। এক্ষেত্রে তাপ প্রদানের বক্ররেখা নিচে অঙ্কিত হলো :




অঙ্কিত বক্ররেখা থেকে দেখা যাচ্ছে যে, $-10°C$ তাপমাত্রার বরফকে তাপ প্রয়োগ করলে তাপমাত্রা বেড়ে তা $0°C$ তাপমাত্রার বরফে (ক) পরিণত হয়। এরপর তাপ প্রদান করলে তাপমাত্রা না বেড়ে অবস্থার পরিবর্তনের জন্য গলনের আপেক্ষিক সুপ্ততাপ গ্রহণ করে $0°C$ তাপমাত্রার বরফ থেকে $0°C$ তাপমাত্রার পানিতে (খ) পরিণত হয়। এরপর আরও তাপ প্রদান করলে পানির তাপমাত্রা

বাড়তে থাকে। পানির তাপমাত্রা 100°C হলে, সেটি বাষ্পীভবনের আপেক্ষিক সুপ্ততাপ গ্রহণ করে 100°C তাপমাত্রার বাষ্পে (গ) পরিণত হয়। এরপর আরও তাপ প্রদান করলে 100°C তাপমাত্রার জলীয়বাষ্প থেকে 120°C তাপমাত্রার জলীয়বাষ্পে পরিণত করা হয়।

## নিচের চিত্র দেখে প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও




ক. পদার্থের রূপান্তর কাকে বলে?

খ. পদার্থের এক অবস্থা থেকে অন্য অবস্থায় কীভাবে রূপান্তর হয়?

গ. তাপ প্রয়োগে উদ্দীপকের চিত্রের গলনাংক ও স্ফুটনাংক কি একই হয়?

ঘ. আয়োডিন অথবা কাঠ দিয়ে পদার্থের তিনটি অবস্থান পরিবর্তন করা সম্ভব নয়– কারণ দর্শাও।

## প্রশ্নের উত্তর

ক. কোনো পদার্থের এক অবস্থা থেকে অন্য অবস্থায় পরিবর্তিত হওয়ার ঘটনাকে পদার্থের রূপান্তর বলে।

খ. তাপ প্রয়োগে পদার্থের এক অবস্থা থেকে অন্য অবস্থায় রূপান্তর হয়।

তাপ প্রয়োগে কঠিন পদার্থ প্রথমে তরল এবং পরে গ্যাসীয় অবস্থায় পরিবর্তিত হয়। আবার তাপ নিষ্কাশনে গ্যাসীয় পদার্থ প্রথমে তরল এবং পরে কঠিন অবস্থায় রূপান্তরিত হয়। পদার্থের যে কোনো অবস্থান্তরের সময় তাপ প্রয়োগ বা নিষ্কাশন করতে হয়।

গ. উদ্দীপকের চিত্রের গলনাংক ও স্ফুটনাংক ভিন্ন হয়। চিত্রে পানির তিন অবস্থার রূপান্তর দেখানো হয়েছে।

1 atm চাপে 0°C তাপমাত্রায় বরফ গলে পানিতে পরিণত হয়। সুতরাং, বরফের গলনাংক 0°C।

আর, 1 atm চাপে 100°C তাপমাত্রায় পানি ফুটে জলীয়বাষ্পে পরিণত হয়। সুতরাং, পানির স্ফুটনাংক 100°C।

সুতরাং, তাপ প্রয়োগে উদ্দীপকের চিত্রের গলনাংক ও স্ফুটনাংক এক নয়।

ঘ. আয়োডিন ও কাঠ বিশেষ ধরনের পদার্থ বলে এগুলো দিয়ে পদার্থের তিনটি অবস্থায় পরিবর্তন করা সম্ভব নয়।

আয়োডিনের ক্ষেত্রে পদার্থের রূপান্তরের সাধারণ নিয়মের ব্যতিক্রম দেখা যায়। আয়োডিনের উপর তাপ প্রয়োগ করলে এটি তরলে পরিণত না হয়ে সরাসরি গ্যাসীয় অবস্থায় পরিণত হয়। আবার ঠান্ডা করলে এটি গ্যাসীয় অবস্থা থেকে সরাসরি কঠিন অবস্থায় আসে। পদার্থের এ ধরনের পরিবর্তনকে ঊর্ধ্বপাতন বলে।

আবার, কাঠ, কাগজ, কয়লা প্রভৃতি কঠিন পদার্থের ওপর তাপ প্রয়োগ করলে এদের অবস্থার পরিবর্তন ঘটে না– এসব পদার্থের রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটে, ফলে নতুন পদার্থ উৎপন্ন হয়।

সুতরাং, পানি বা মোমের মতো পদার্থ নয় বলে আয়োডিন অথবা কাঠ দিয়ে পদার্থের তিনটি অবস্থার পরিবর্তন করা সম্ভব নয়।

## নিচের উদ্দীপক দুটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও

**ঘটনা–১ :** রান্নার চুলার প্রেসার কুকার থেকে সজোরে গ্যাস বের হচ্ছে।

**ঘটনা–২ :** বেডরুমে ড্রেসিং টেবিলের সামনে সেন্ট ব্যবহারের সময় সেন্টের মুখ খোলায় সেন্টের সুগন্ধি রুমে ছড়িয়ে পড়ল।

ক. গলনাংক কী? ১

খ. কঠিন $CO_2$-কে উত্তপ্ত করলে কী ঘটবে? ২

গ. ঘটনা–১ এবং ঘটনা–২ এর মধ্যে পার্থক্য নির্ণয় কর। ৩

ঘ. ঘটনা–২-এ পর্যবেক্ষণকৃত ভৌত অবস্থানগুলোর মধ্যে কোনটিতে আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বল বেশি এবং কেন? যুক্তি বিশ্লেষণ কর।

## প্রশ্নের উত্তর

ক. স্বাভাবিক চাপে (1 atm) যে তাপমাত্রায় কোনো কঠিন পদার্থ তরলে পরিণত হয় সেই তাপমাত্রাকে ঐ পদার্থের গলনাঙ্ক বলে।

খ. কঠিন $CO_2$ কে উত্তপ্ত করলে তা সরাসরি বাষ্পে পরিণত হয়।
কঠিন $CO_2$ একটি উদ্বায়ী যৌগ। একে উচ্চচাপে রেখে সরুপথে হঠাৎ বের হতে দিলে তা সরাসরি কঠিন পদার্থে পরিণত হয়। এ ধরনের কঠিন $CO_2$-কে শুষ্ক বরফ বা dry ice বলে। এ $CO_2$–কে উত্তপ্ত করলে তা তরলে পরিণত না হয়ে সরাসরি বাষ্পীয় অবস্থায় চলে যায়।

গ. উদ্দীপকে বর্ণিত ঘটনা–১ এ গ্যাসের নিঃসরণ এবং ঘটনা–২–এ ব্যাপন ঘটেছে। ব্যাপন ও নিঃসরণের মধ্যে পার্থক্য হলো :

| ব্যাপন | নিঃসরণ |
|---|---|
| ১. কোনো মাধ্যমে কঠিন, তরল বা গ্যাসীয় বস্তুর স্বতঃস্ফূর্ত ও সমভাবে পরিব্যাপ্ত হওয়ার প্রক্রিয়াকে ব্যাপন বলে। | ১. সরু ছিদ্র পথে কোনো গ্যাসের অণুসমূহের উচ্চচাপ অঞ্চল থেকে নিম্নচাপ অঞ্চলে বেরিয়ে আসার প্রক্রিয়াকে নিঃসরণ বলে। |

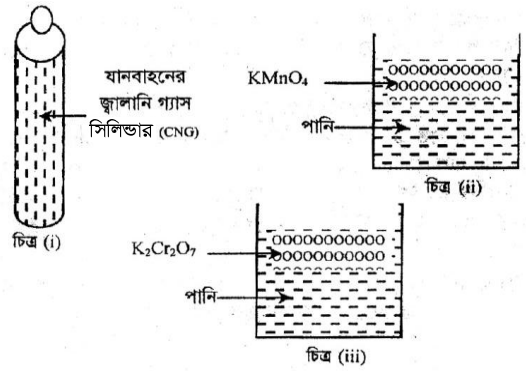
| | |
|---|---|
| ২. এটি স্বতঃস্ফূর্ত ও মন্থর প্রক্রিয়া। | ২. এটি অধিক চাপের প্রভাবে দ্রুত প্রক্রিয়া। |
| ৩. এক্ষেত্রে গ্যাসপাত্রের ভেতরে ও বাইরে বায়ুচাপ সমান থাকে। | ৩. গ্যাসপাত্রের ভেতরের চাপ বাইরের থেকে অনেক বেশি থাকে। |
| ৪. দীর্ঘ সময় স্থায়ী হয়। | ৪. স্থায়িত্ব কম হয়। |

ঘ. ঘটনা–২–এ বর্ণিত সেন্টের বোতলে আবদ্ধ অণুগুলোর আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বল তুলনামূলকভাবে বেশি।

সেন্টের বোতলের অণুগুলোকে উচ্চচাপে তরল অবস্থায় রাখা আছে। সেন্টে ব্যবহৃত পদার্থগুলো উদ্বায়ী পদার্থ তাই এরা সুযোগ পেলে উড়ে যেতে চায়। তরল অবস্থায় গ্যাসীয় অবস্থার চেয়ে আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বল বেশি থাকে। সেন্টের অণুগুলো যখন বোতলের মুখ দিয়ে বের হয়ে দ্রুত চারদিকে ছড়িয়ে পড়ছিল, তখন মূলত সেন্টের অণুগুলোর ব্যাপন ঘটেছিল।

ব্যাপন স্বতঃস্ফূর্ত ও সমভাবে ঘটে বলে রুমের সর্বত্র সেন্টের অণুগুলো বোতল থেকে বের হয়ে বায়বীয় অবস্থায় রয়েছে, তাই ঐ অবস্থায় অণুগুলোর মধ্যে আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বল অনেক কম থাকবে। সুতরাং, সেন্টের অণুগুলোর বোতলে তরল অবস্থায় আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বল, রুমের মধ্যে ছড়িয়ে থাকা বায়বীয় অবস্থার আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বল অপেক্ষা বেশি।

## নিচের চিত্র দেখে প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও




ক. পদার্থের কোন অবস্থায় অণুসমূহ সবচেয়ে কাছাকাছি অবস্থান করে?

খ. অবস্থাভেদে পদার্থের আন্তঃআণবিক শক্তি ব্যাখ্যা কর।

গ. কোন প্রক্রিয়ায় চিত্র (i) নং এর ক্ষেত্রে গ্যাস বের হয় ব্যাখ্যা কর।

ঘ. চিত্র (ii) ও চিত্র (iii) নং এর মধ্যে কোনটিতে ব্যাপন হার বেশি হবে বলে তুমি মনে কর– মতামত দাও।

## প্রশ্নের উত্তর

ক. পদার্থের কঠিন অবস্থায় অণুসমূহ সবচেয়ে কাছাকাছি অবস্থান করে।

খ. পদার্থের অণুসমূহের মধ্যে বিদ্যমান আকর্ষণকে আন্তঃআণবিক শক্তি বলে। কঠিন অবস্থায় পদার্থের অণুসমূহ কাছাকাছি অবস্থান করে বলে আন্তঃআণবিক শক্তি সবচেয়ে বেশি থাকে। গ্যাসীয় অবস্থায় পদার্থের অণুগুলোর মধ্যে দূরত্ব সবচেয়ে বেশি বলে আন্তঃআণবিক শক্তিও সবচেয়ে কম থাকে। তরল অবস্থায় আন্তঃআণবিক শক্তি কঠিন ও বায়বীয় অবস্থার মাঝামাঝি থাকে।

গ. চিত্র (i) নং এর ক্ষেত্রে গ্যাস বের হয় নিঃসরণ প্রক্রিয়ায়।

সরু ছিদ্রপথে কোনো গ্যাসের অণুসমূহের উচ্চচাপ থেকে নিম্নচাপ অঞ্চলে বেরিয়ে আসার প্রক্রিয়াকে নিঃসরণ বলে।

চিত্র (i) নং সিলিন্ডারে উচ্চচাপে জ্বালানি গ্যাস CNG রাখা হয়েছে। যখন সিলিন্ডারের মুখ খোলা হয় তখন উক্ত গ্যাস উচ্চচাপ অঞ্চল থেকে নিম্নচাপ অঞ্চলে সজোরে বেরিয়ে আসে। একে নিঃসরণ বলে। অর্থাৎ চিত্র (i) নং এর সিলিন্ডার থেকে নিঃসরণ প্রক্রিয়ায় গ্যাস বের হবে।

ঘ. আমি মনে করি চিত্র (ii) এর ব্যাপন হার বেশি হবে।

কোনো মাধ্যমে কঠিন, তরল বা গ্যাসীয় বস্তুর স্বতঃস্ফূর্ত ও সমভাবে পরিব্যাপ্ত হওয়ার প্রক্রিয়াকে ব্যাপন বলে।

কোনো কঠিন পদার্থের ব্যাপন হার ঐ পদার্থের তথা ঐ যৌগের আণবিক ভরের ওপর নির্ভরশীল। যৌগের আণবিক ভর বেশি হলে ব্যাপন হার কম হবে।

চিত্র (ii) নং এর পদার্থ হলো $KMnO_4$

$KMnO_4$ এর আণবিক ভর = $39 + 55 + (16 \times 4) = 158$

চিত্র : (iii) নং এর পদার্থ হলো– $K_2Cr_2O_7$.

$K_2Cr_2O_7$-এর আণবিক ভর = $(39 \times 2) + (52 \times 2) + (16 \times 7)$ = 294

আণবিক ভর তুলনা করলে দেখা যায় $K_2Cr_2O_7$ এর ভরের থেকে $KMnO_4$ এর ভর কম। সুতরাং চিত্র (ii) নং এর পদার্থ তথা $KMnO_4$ এর ব্যাপন হার বেশি হবে বলে আমি মনে করি।

## নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও

দুটি টেস্টটিউবে একই পরিমাণ পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট রাখা হলো। দুটো টেস্টটিউবেই সমপরিমাণ পানি যোগ করে একটি টেস্টটিউবকে (২নং) গরম পানির বিকারে রাখা হলো। ১নং টেস্টটিউবটিকে কক্ষ তাপমাত্রায় রাখা হলো।

ক. কোন তত্ত্ব হতে বিভিন্ন অবস্থায় কণার গতি বিষয়ে জানা যায়?

খ. কণার গতিশক্তি ও পদার্থের অবস্থার সম্পর্ক ব্যাখ্যা কর।

গ. টেস্টটিউব ১নং এর ক্ষেত্রে পরিলক্ষিত পর্যবেক্ষণসমূহ ব্যাখ্যা কর।
ঘ. ২নং টেস্টটিউবের ব্যাপনের সাথে ১নং টেস্টটিউবের ব্যাপন প্রক্রিয়া পর্যালোচনা কর।

## প্রশ্নের উত্তর

ক. কণার গতিতত্ত্ব থেকে বিভিন্ন অবস্থায় কণার গতি বিষয়ে জানা যায়।

খ. কণাসমূহ যত তাপ অর্জন করে তাদের গতিশক্তি তত বৃদ্ধি পেতে থাকে, এভাবে গতিশক্তি বৃদ্ধি পাওয়ায় আন্তঃআণবিক দূরত্ব বৃদ্ধি পায় ও আন্তঃআণবিক বল হ্রাস পায়। ফলে পদার্থটি কঠিন থেকে তরলে এবং আরও তাপ প্রয়োগে তরল থেকে গ্যাসে পরিণত হয়। অর্থাৎ, কণার গতিশক্তি যত বৃদ্ধি পেতে থাকে পদার্থ তত কঠিন থেকে তরল হয়ে গ্যাসে পরিণত হতে থাকবে।

গ. ১নং টেস্টটিউবটি পর্যবেক্ষণ করলে দেখা যায়, পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট পানিতে আস্তে আস্তে দ্রবীভূত হচ্ছে।

পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের হালকা বেগুনি রং টেস্টটিউবের তলা থেকে উপরের দিকে ছড়িয়ে পড়ছে। কিছুক্ষণ পর টেস্টটিউবের পুরো পানি হালকা বেগুনি রং ধারণ করছে। ব্যাপনের কারণে এটি ঘটেছে। কেননা, পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট উচ্চ ঘনমাত্রার অঞ্চল থেকে নিম্ন ঘনমাত্রার অঞ্চলে ব্যাপিত হয়েছে।

সমগ্র টেস্টটিউবে পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের ব্যাপন প্রক্রিয়া সম্পন্ন হওয়ার প্রেক্ষিতে দ্রবণের সব পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের ঘনমাত্রা একই হয়ে গেছে।

ঘ. ১ ও ২ নং টেস্টটিউবের ব্যাপন প্রক্রিয়া পর্যবেক্ষণ করলে দেখা যায়, কক্ষতাপমাত্রায় রাখা টেস্টটিউবটির ব্যাপন সম্পন্ন হতে সময় বেশি লেগেছে। অপরদিকে, গরম পানির বীকারে রাখা ২নং টেস্টটিউবটির ব্যাপন প্রক্রিয়ায় সময় লেগেছে অপেক্ষাকৃতভাবে কম।

এক্ষেত্রে সমগ্র টেস্টটিউবে কণাসমূহ ছড়িয়ে পড়ার হার ছিল বেশি। সুতরাং, এটা বলার অপেক্ষা রাখে না যে, ব্যাপন প্রক্রিয়ার সাথে তাপমাত্রার প্রত্যক্ষ সম্পর্ক বিদ্যমান।

তাপমাত্রা বৃদ্ধি করলে অণুর গতিশক্তি বৃদ্ধি পায় এবং এদের বিক্ষিপ্ত চলন ও সংঘর্ষ বৃদ্ধি পায়। ফলে, ব্যাপন প্রক্রিয়াও ত্বরান্বিত হয়।

## নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও

দুটি টেস্টটিউবের একটিতে কক্ষ তাপমাত্রায় ও অন্যটিতে অধিক তাপমাত্রায় পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের কয়েকটি দানা রাখা হয়। এরপর পর্যবেক্ষণ করা হলো।

ক. CNG এর পূর্ণরূপ কী?
খ. ব্যাপন ও নিঃসরণ কী?
গ. উদ্দীপকের কোন টেস্টটিউবের ব্যাপন হার বেশি? – ব্যাখ্যা কর।

ঘ. উদ্দীপকের যৌগটি পরিবর্তে চিনি ব্যবহার করলে ব্যাপন হারে কী পরিবর্তন হবে?–বিশ্লেষণ কর।

## প্রশ্নের উত্তর

ক. CNG এর পূর্ণরূপ হলো Compressed Natural Gas বা সংকুচিত প্রাকৃতিক গ্যাস।

খ. কোনো মাধ্যমে কঠিন, তরল বা গ্যাসীয় বস্তুর স্বতঃস্ফূর্ত ও সমভাবে পরিব্যাপ্ত হওয়ার প্রক্রিয়াকে ব্যাপন বলে।

সরু ছিদ্রপথে কোনো গ্যাসের অণুসমূহের উচ্চচাপ অঞ্চল থেকে নিম্নচাপ অঞ্চলে বেরিয়ে আসার প্রক্রিয়াকে নিঃসরণ বলে।

গ. উদ্দীপকের কক্ষতাপমাত্রায় রাখা টেস্টটিউবের চেয়ে অধিক তাপমাত্রায় রাখা টেস্টটিউবের পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের ব্যাপন হার বেশি।

একক সময়ে কোনো মাধ্যমে কঠিন, তরল বা গ্যাসীয় বস্তু যতটুকু জায়গা জুড়ে স্বতঃস্ফূর্তভাবে ছড়িয়ে পড়ে তাকে ওই বস্তুর ব্যাপন হার বলে। কোনো বস্তুর ব্যাপন হার তার ভর ও আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বলের ওপর নির্ভরশীল। আন্তঃআণবিক আকর্ষণ কম হলে ব্যাপনের হার বেশি হয় আর আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বল বেশি হলে ব্যাপনের হার কম হয়। তাপমাত্রা বাড়ালে আন্তঃকণার আকর্ষণ বল কমে যায় বলে অধিক তাপমাত্রার টেস্টটিউবের ব্যাপন হার অপেক্ষাকৃত কম হয়।

অতএব, উদ্দীপকের যে টেস্টটিউবে অধিক তাপমাত্রায় পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট রাখা হয়েছে তার ব্যাপন হার বেশি।

ঘ. উদ্দীপকের যৌগটি হলো পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট। এর পরিবর্তে চিনি ব্যবহার করলে ব্যাপন হার কমে যাবে।

পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট অণুসমূহের আকার ছোট থাকে এবং ভরও কম। ফলে অণুসমূহের আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বলও কম হয়। আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বল কম বলে এর ব্যাপনের হার বেশি। অপরদিকে চিনির অণুর আকার পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট অপেক্ষা বড় বলে এর ভরও বেশি হয়। ফলে আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বলও বেশি হয়। আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বল বেশি হলে তার ব্যাপন হার কম হয়।

তাই বলা যায়, উদ্দীপকের যৌগটির পরিবর্তে চিনি ব্যবহার করলে ব্যাপনের হার পূর্বের তুলনায় কমে যাবে।