ইউনিট ঃ ৬

বস্তুর উপর তাপের প্রভাব

EFFECT OF HEAT ON SUBSTANCE

ভূমিকা

আমরা রোদে দাঁড়ালে শরীর গরম হয়, কারণ শরীর সূর্য থেকে তাপ পায়। পাত্রে পানি নিয়ে উনানে উত্তপ্ত করলে বাষ্প উৎপন্ন হয়। উনানের আগুন তাপ দেয়। তাপ এক প্রকার শক্তি। তাপ শক্তির প্রভাব আমাদের জীবনে অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ। তাপের প্রভাবে বস্তুর অবস্থা পরিবর্তন হয়। পদার্থের আয়তনের পরিবর্তন হয়। বায়বীয় পদার্থের চাপ পরিবর্তন হয়। তাপের এসব প্রভাবকে কাজে লাগিয়ে আমরা আমাদের ব্যবহারিক ও দৈনন্দিন জীবনকে স্বচ্ছন্দ করে তুলি। এ ইউনিটটি তাপ, তাপমাত্রা, বস্তুর উপর তাপের প্রভাব, কঠিন, তরল, বায়বীয় পদার্থের প্রসারণ, বস্তুর অবস্থার পরিবর্তন, গলন, বাষ্পীভবন, গলন ও বাষ্পীভবনের উপর চাপের প্রভাব, এর প্রয়োগ ইত্যাদি সম্পর্কে বিস্তারিত ধারণা ও জ্ঞান অর্জনের সহায়ক হবে।

পাঠ-১ তাপমাত্রা ও তাপমাত্রার পরিমাপ (Heat and Measurement of Temparature)

উদ্দেশ্য

এই পাঠের শেষে আপনি

১. তাপ ও তাপমাত্রার ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
২. পদার্থের তাপমাত্রিক ধর্ম ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
৩. তাপমাত্রার বিভিন্ন স্কেল ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
৪. ফারেনহাইট, সেলসিয়াস ও কেলভিন স্কেলের মধ্যে সম্পর্ক স্থাপন করতে পারবেন।

৬.১.১ তাপ ও তাপমাত্রা (Heat and Temparature)

এক খন্ড বরফ হাতে নিলে আমরা ঠান্ডা অনুভব করি। ফুটন্ত পানিতে হাত দিলে অসহ্য গরম অনুভব করি। এই দুই অনুভূতির অভিজ্ঞতা থেকে আমরা বলি বরফে এমন কিছু নাই যার অভাবে ঠান্ডা এবং ফুটন্ত পানিতে এমন কিছু আছে যার প্রভাবে গরম অনুভূত হয়। এই অনুভূতির কারণই হচ্ছে তাপ। তাপ এক প্রকার শক্তি যার অভাবে ঠান্ডা এবং যার প্রভাবে বস্তু গরম হয়। এক সময় বিজ্ঞানীদের ধারণা ছিল তাপ ক্যালরিক নামে এক প্রকার সূক্ষ্ম তরল বা বায়বীয় পদার্থ। কোনো বস্তুতে ক্যালরিক কম হলে বস্তু ঠান্ডা এবং বেশি হলে বস্তু গরম হয়। ১৭৭৮ খ্রিঃ বিজ্ঞানী কাউন্ট রামফোর্ড আবিষ্কার করেন, পদার্থের মধ্যে অণুসমূহের গতির ফলই তাপ।

পদার্থের মধ্যে অণুগুলো সবসময়েই গতিশীল অবস্থায় থাকে। বাইরে থেকে অন্য কোনো শক্তি প্রয়োগ করলে এই গতি বৃদ্ধি পায়। তাই বস্তু গরম হয়। অর্থাৎ তাপ হলো বস্তুর বা পদার্থের অভ্যন্তরস্থ অণুসমূহের গতির সঙ্গে সম্পর্কিত এক প্রকার শক্তি যা ঠান্ডা ও গরমের অনুভূতি সৃষ্টি করে। তাপ শক্তি দ্বারা কাজ সম্পাদন হয়। এই শক্তিকে অন্য শক্তিতে রূপান্তর করা যায় আবার অন্য শক্তিও তাপ শক্তিতে রূপান্তরিত হয়। যেমন বৈদ্যুতিক বাতিতে বিদ্যুৎ শক্তিকে তাপ শক্তিতে এবং তাপ শক্তিকে আলোক শক্তিতে রূপান্তরিত হয়।

কোনো বস্তুকে তাপ দিতে থাকলে, যত তাপ দেয়া হয় তত বেশি গরম হয়। গরমের মাত্রা বুঝানোর জন্য ব্যবহার করা হয় উষ্ণতা বা তাপমাত্রা শব্দটি। দু'টি বস্তুকে পরস্পরের তাপীয় সংস্পর্শে আনলে এদের মধ্যে তাপের আদান প্রদান ঘটে। এই আদান প্রদান বস্তুর মধ্যে তাপের পরিমাণের ওপর নির্ভর করে না। নির্ভর করে বস্তুর তাপীয় অবস্থার উপর। বস্তু দুটির তাপীয় অবস্থা সমান না হওয়া পর্যন্ত তাপ একটি থেকে অন্যটিতে (গরমটি থেকে ঠান্ডাটিতে) প্রবাহিত হয়। বস্তুর এই তাপীয় অবস্থার নাম উষ্ণতা বা তাপমাত্রা।

তাপের সংজ্ঞা : তাপ হল বস্তুর বা পদার্থের অভ্যন্তরস্থ অণুসমূহের গতির সঙ্গে সম্পর্কিত এক প্রকার শক্তি যা ঠান্ডা ও গরমের অনুভূতি সৃষ্টি করে।

উষ্ণতা বা তাপমাত্রার সংজ্ঞা : তাপমাত্রা বা উষ্ণতা হল বস্তুর তাপীয় অবস্থা যা ঐ বস্তু থেকে অন্য বস্তুতে তাপ প্রবাহ নিয়ন্ত্রণ করে।

তাপের একক : তাপ শক্তির একটি রূপ। তাই শক্তি তথা কাজের এককই তাপের একক। তাপের SI একক জুল (J)। এক সময় তাপ পরিমাপের জন্য একক ধরা হতো ক্যালরি। 1 গ্রাম পানির তাপমাত্রা 1° C বাড়াতে বা কমাতে যতটা তাপের প্রয়োজন তাকে 1 ক্যালরি (Cal) ধরা হতো। 4.2 জুল যান্ত্রিক শক্তি 1 ক্যালরি তাপের সমতুল্য। তাই,

1 ক্যালরি = 4.2 জুল।

তাপমাত্রার একক : তাপমাত্রার SI একক কেলভিন। তবে তাপমাত্রার কেলভিন ছাড়াও বহুল প্রচলিত দুটি একক আছে। এগুলোর একটি হল সেলসিয়াস বা সেন্টিগ্রেড এবং অন্যটি ফারেনহাইট।

তাপ ও তাপমাত্রার পার্থক্য

তাপ	তাপমাত্রা
তাপ হলো বস্তুর বা পদার্থের অভ্যন্তরস্থ অণুসমূহের গতির সঙ্গে সম্পর্কিত এক প্রকার শক্তি যা ঠান্ডা ও গরমের অনুভূতি সৃষ্টি করে।	তাপমাত্রা বা উষ্ণতা হলো বস্তুর তাপীয় অবস্থা যা ঐ বস্তু থেকে অন্য বস্তুতে তাপ প্রবাহ নিয়ন্ত্রণ করে।
তাপের SI একক জুল (J)। তাপের অন্য একটি ব্যবহারিক একক ক্যালরি। এটি মেট্রিক পদ্ধতির একক। এখনো পুষ্টি বিজ্ঞানে ব্যবহৃত হয়।	তাপমাত্রা SI একক কেলভিন। এ ছাড়াও বহুল প্রচলিত দুটি একক হল সেলসিয়াস বা সেন্টিগ্রেড এবং ফারেনহাইট।
তাপ পরিমাপের যন্ত্র ক্যালরিমিটার।	তাপমাত্রা পরিমাপের যন্ত্র থার্মোমিটার।
তাপের প্রবাহ তাপের পরিমাণের ওপর নির্ভর করে না ।	তাপের প্রবাহ তাপমাত্রার ওপর নির্ভর করে।
দুটি বস্তুর তাপের পরিমাণ এক হলেও এদের তাপমাত্রার পরিমাণ ভিন্ন হতে পারে।	দুটি বস্তুর তাপমাত্রা এক হলেও এদের মধ্যে তাপের পরিমাণ ভিন্ন হতে পারে।

৬.১.২ পদার্থের তাপমাত্রিক ধর্ম (Thermometric Properties of Matter)

তাপ প্রয়োগ করলে বস্তুর কিছু কিছু ভৌত ধর্মের পরিবর্তন হয়। যেমন কোনো কোনো তরল পদার্থের আয়তন বাড়ে, ধাতব তারের বৈদ্যুতিক রোধ বাড়ে, বায়বীয় পদার্থের চাপ ও আয়তন বাড়ে। কোনো কোনো পদার্থের বর্ণ পরিবর্তন হয়। তাপ প্রয়োগে পদার্থের এইসব ভৌত ধর্মকে কাজে লাগিয়ে তাপের মাত্রা বা তাপমাত্রা পরিমাপ করা যায় এবং তাপমান যন্ত্র তৈরি হয়। যে সব পদার্থের এই সব ধর্ম বিবেচনা করে তাপমাপক যন্ত্র নির্মাণ করা হয় তাদের তাপমিতিক পদার্থ বলে। এবং তাপমাত্রা পরিমাপের জন্য পদার্থের যে সব ধর্ম কাজে লাগানো হয় ঐসব বৈশিষ্ট্যকে তাপমাত্রিক ধর্ম বলে।

তাপমাত্রার পরিবর্তনের সাথে তরল পদার্থের আয়তনের যে পরিবর্তন হয় তার উপর ভিত্তি করে যে তাপমাপক যন্ত্র বা থার্মোমিটার তৈরি হয় তাকে তরল থার্মোমিটার বলে। যেমন পারদ থার্মোমিটার, এলকোহল থার্মোমিটার। পারদ বা এলকোহলকে সুষম ব্যাসের বা প্রস্থচ্ছেদের একটি কাঁচ নলের মধ্যে রাখা হয়। এ অবস্থায় তরল স্তম্ভের আয়তন তাপমাত্রার সমানুপাতিক হয়। এক্ষেত্রে নলের মধ্যের তরল স্তম্ভের উচ্চতাকে বা দৈর্ঘ্যকে তাপমিতিক ধর্ম হিসাবে বিবেচনা করা হয়।

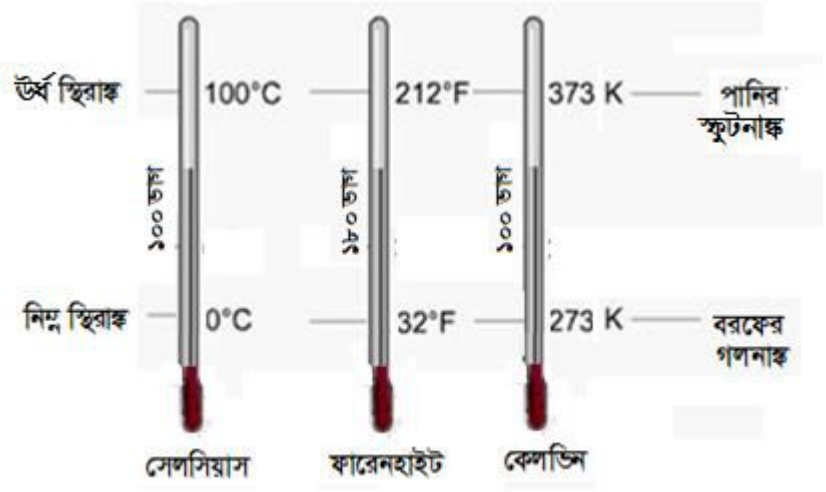
এভাবে কোনো কোনো পদার্থের গ্যাসের চাপ, কোন কোন পদার্থের বৈদ্যুতিক রোধ, কোনো কোনো বস্তুর তাপ বিকিরণ ধর্মকে বিবেচনা করেও তাপমান যন্ত্র বা থার্মোমিটার নির্মাণ করা হয়।

৬.১.৩ তাপমাত্রার বিভিন্ন স্কেল (Different Scales of Temperature)

কোনো বস্তুর তাপমাত্রা পরিমাপের জন্য নির্দিষ্ট স্কেল ও একক প্রয়োজন। তাপমাত্রার স্কেল নির্ধারণের জন্য দুটি তাপমাত্রাকে স্থির ধরে নেওয়া হয়েছে। এদের বলা হয় স্থিরাংক। বরফকে তাপ দিলে তাপমাত্রা বাড়তে থাকে। এক সময় নিদিষ্ট তাপমাত্রায় পৌঁছে বরফ গলতে শুরু করে এবং সমস্ত বরফ গলে পুরোটা পানি না হওয়া পর্যন্ত তাপমাত্রার কোন বৃদ্ধি বা পরিবর্তন হয় না। বিজ্ঞানীরা একে একটি স্থিরাঙ্ক নির্ধারণ করেছেন। আবার পানিকে তাপ দিতে থাকলে পানির তাপমাত্রা বাড়তে থাকে, কিন্তু এক সময় তাপমাত্রার বৃদ্ধি থেমে যায় পানি ফুটতে থাকে, এবং পানি বাষ্প হওয়া শুরু হয়। সমস্ত পানি বাষ্প না হওয়া পর্যন্ত ফুটন্ত পানির তাপমাত্রা অপরিবর্তিত থাকে। এটিকে বিজ্ঞানীরা আর একটি স্থিরাঙ্ক ধরেছেন। প্রথমটি নিম্ন স্থিরাঙ্ক পরেরটি ঊর্ধ্ব স্থিরাঙ্ক ।

অতএব প্রমাণ চাপে যে তাপমাত্রায় বরফ গলে পানি হয় তাকে নিম্ন স্থিরাঙ্ক বলে। এই তাপমাত্রায় পানি জমে বরফ হয় বলে একে হিমাঙ্ক বা বরফবিন্দুও বলে। অনুরূপভাবে প্রমাণ চাপে ফুটন্ত বিশুদ্ধ পানি যে তাপমাত্রায় জলীয় বাষ্পে পরিণত হয় তাকে ঊর্ধ্ব স্থিরাঙ্ক বলে। একে স্ফুটনাঙ্ক বা বাষ্প বিন্দুও বলে।

স্থির বিন্দু দুটির মধ্যবর্তী তাপমাত্রার ব্যবধানকে তাপমাত্রার স্কেলের মৌলিক ব্যবধান বলে। মৌলিক ব্যবধানকে নানা ভাবে ভাগ করে তাপমাত্রা পরিমাপের বিভিন্ন স্কেল তৈরি হয়েছে। তাপমাত্রা পরিমাপের বহুল প্রচলিত স্কেল তিনটি: সেলসিয়াস, ফারেনহাইট এবং কেলভিন।



চিত্র ঃ ৬.১ বিভিন্ন ধরনের তাপমাত্রার স্কেল

সেলসিয়াস স্কেলের নিম্ন স্থিরাঙ্ক 0 ডিগ্রী, ঊর্ধ্ব স্থিরাঙ্ক 100 ডিগ্রী ধরে মৌলিক ব্যবধানকে 100 ভাগে ভাগ করা হয় (চিত্র ৬.১)। প্রত্যেক ভাগকে 1 ডিগ্রী সেলসিয়াস (সংক্ষেপে 1°C) বলা হয়।

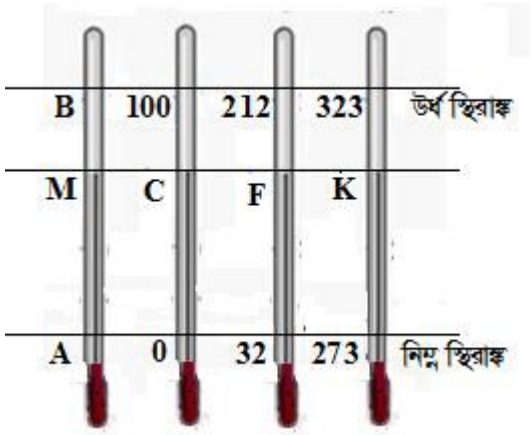
ফারেনহাইট স্কেলের নিম্ন স্থিরাঙ্ক 32 ডিগ্রী, ঊর্ধ্ব স্থিরাঙ্ক 212 ডিগ্রী ধরে মৌলিক ব্যবধানকে 180 ভাগে ভাগ করা হয় (চিত্র ৬.১)। প্রত্যেক ভাগকে 1 ডিগ্রী ফারনহাইট (সংক্ষেপে 1° F) বলা হয়।

কেলভিন স্কেলে নিম্ন স্থিরাঙ্ক 273 এবং ঊর্ধ স্থিরাঙ্ক 373 ধরে মৌলিক দৈর্ঘ্যকে 100 ভাগে ভাগ করা হয়েছে (চিত্র ৬.১)। প্রত্যেক ভাগকে 1 কেলভিন (সংক্ষেপে 1K) বলা হয়। এক্ষেত্রে ডিগ্রী বলা হয় না। কেলভিন স্কেলই তাপমাত্রা পরিমাপের আন্তর্জাতিক বা SI একক।

৬.১.৪ সেলসিয়াস, ফারেনহাইট ও কেলভিন স্কেলের সম্পর্ক
Relation among Celsius, Fahrenheit and Kelvin Scales

সেলসিয়াস, ফারেনহাইট ও কেলভিন স্কেলের সম্পর্ক নির্ণয়ের জন্য একটি থার্মোমিটার AB নেয়া হলো যার নিম্ন স্থিরাঙ্ক A এবং ঊর্ধ্ব স্থিরাঙ্ক B। এটিকে সেলসিয়াস, ফারেনহাইট ও কেলভিন থার্মোমিটারের পাশে এমনভাবে রাখা হলো যেন সবগুলোর নিম্ন স্থিরাঙ্ক এবং ঊর্ধ্ব স্থিরাঙ্ক দাগের একসাথে মিলে যায়। ধরা যাক, কোনো তাপমাত্রায় AB থার্মেমিটারের পারদ শীর্ষ যখন M অবস্থানে আসে তখন সেলসিয়াস, ফারেনহাইট ও কেলভিন স্কেলে যথাক্রমে C, F ও K বিন্দুতে আসে। অতএব আমরা লিখতে পারি,

$$\frac{MA}{BA}=\frac{C-0}{100-0}=\frac{F-32}{212-32}=\frac{K-273}{373-273}$$



চিত্র ঃ ৬.২ তাপমাত্রার স্কেলগুলোর মধ্যে সম্পর্ক

বা, $\frac{C}{100}=\frac{F-32}{180}=\frac{K-273}{100}$

বা, $\frac{C}{5}=\frac{F-32}{9}=\frac{K-273}{5}$

সেলসিয়াস ও ফারেনহাইট স্কেলের মধ্যে সম্পর্ক হলো–

$$\frac{C}{5}=\frac{F-32}{9}$$

বা, $F=\frac{9}{5}C+32$

গাণিতিক উদাহরণ ৬.১

একজন রুগীর দেহের তাপমাত্রা $104°F$ । সেলসিয়াস স্কেলে ঐ তাপমাত্র কত হবে ?

সমাধান ঃ আমরা জানি , $\frac{C}{5}=\frac{F-32}{9}$

বা, $\frac{C}{5}=\frac{104-32}{9}=\frac{72}{9}$

বা, $C=8\times5=40$

উত্তর ঃ $40°\,C$

দেওয়া আছে,

ফারেনহাইট স্কেলে তাপমাত্রা, $F = 104°F$

সেলসিয়াস তাপমাত্রা , C = ?

সার-সংক্ষেপঃ

তাপ ঃ এক প্রকার শক্তি। পদার্থের মধ্যে অণুসমূহের গতির ফলই তাপ, যা ঠান্ডা ও গরমের অনুভূতি সৃষ্টি করে। তাপের একক জুল।

তাপমাত্রা ঃ তাপমাত্রা বা উষ্ণতা হল বস্তুর তাপীয় অবস্থা যা ঐ বস্তু থেকে অন্য বস্তুতে তাপ প্রবাহ নিয়ন্ত্রণ করে। তাপমাত্রার SI একক কেলভিন, অন্য একক ডিগ্রী সেলসিয়াস ও ডিগ্রী ফারেনহাইট।

নিম্ন স্থিরাঙ্ক ঃ প্রমাণ চাপে যে তাপমাত্রায় বরফ গলে পানি হয় তা থার্মোমিটারের নিম্ন স্থিরাংক। একে হিমাঙ্ক বা বরফ বিন্দুও বলে।

ঊর্ধ্ব স্থিরাঙ্ক ঃ প্রমাণ চাপে যে তাপমাত্রায় ফুটন্ত বিশুদ্ধ পানি জলীয় বাষ্পে পরিণত হয় তা থার্মোমিটারের ঊর্ধ্ব স্থিরাঙ্ক। একে স্ফুটনাঙ্ক বা বাষ্প বিন্দুও বলে।

সেলসিয়াস, ফারেনহাইট ও কেলভিন স্কেলের সম্পর্ক ঃ $\frac{C}{5} = \frac{F-32}{9} = \frac{K-273}{5}$

পাঠোত্তর মূল্যায়ন ৬.১

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (✓) চিহ্ন দিন।

১। যে তাপমাত্রায় ফুটন্ত বিশুদ্ধ পানি জলীয় বাষ্পে পরিণত হয় তাকে কি বলে ?

(ক) নিম্ন স্থিরাঙ্ক (খ) হিমাঙ্ক
(গ) স্ফুটনাঙ্ক (ঘ) বরফ বিন্দু

২। থার্মোমিটারের নিম্ন স্থিরাঙ্ক কত ?

(ক) হিমাঙ্ক বা বাস্প বিন্দু (খ) পানি যে তাপমাত্রায় বরফ হয়
(গ) স্ফুটনাঙ্ক বা বরফ বিন্দু (ঘ) উপরের কোনটিই নয়

৩। কোনটি পদার্থের তাপমাত্রিক বৈশিষ্ট্য নয় ?

(ক) আয়তন (খ) চাপ
(গ) বৈদ্যুতির রোধ (ঘ) তাপমাত্রা

৪। তাপমাত্রা পরিমাপের আন্তর্জাতিক একক কোনটি ?

(ক) সেলসিয়াস (খ) ফারেনহাইট
(গ) কেলভিন (ঘ) ডিগ্রী সেলসিয়াস

৫। কেলভিন স্কেলে পানির জমাটাঙ্ক কত ?

(ক) 0°K (খ) 32 °K
(গ) 273 K (ঘ) - 273 K

পাঠ-২ কঠিন পদার্থের প্রসারণ (Expansion of solids)

উদ্দেশ্য

এই পাঠের শেষে আপনি

১. কঠিন পদার্থের দৈর্ঘ্য প্রসারণ ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
২. কঠিন পদার্থের ক্ষেত্র প্রসারণ ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
৩. কঠিন পদার্থের আয়তন প্রসারণ ব্যাখ্যা করতে পারবেন।

৬.২.১ কঠিন পদার্থের প্রসারণ (Expansion of Solids due to Heat)

আমরা জানি কোনো বস্তুতে তাপ প্রয়োগ করলে তার বিভিন্ন প্রভাব পরিলক্ষিত হয়, বিভিন্ন পরিবর্তন ঘটে। যেমন- তাপমাত্রার পরিবর্তন, আয়তন পরিবর্তন, অবস্থার পরিবর্তন, বায়বীয় পদার্থের ক্ষেত্রে চাপের পরিবর্তন, তড়িৎ পরিবাহী পদার্থের রোধের পরিবর্তন, চৌম্বক পদার্থের চৌম্বক ধর্মের পরিবর্তন ইত্যাদি।

সাধারণত তাপ প্রয়োগে পদার্থের আয়তন বৃদ্ধি পায় (দু'একটি ব্যতিক্রম ছাড়া)। তাপের প্রভাবে বস্তুর অনুগুলোর মধ্যের গতি শক্তি বৃদ্ধি পায়। ফলে এর অণুগুলোর গড় সাম্যাবস্থা বাইরের দিকে সরে যায় এবং বস্তু তাপের প্রভাবে সম্প্রসারিত হয়। এই প্রসারণ বস্তুর সব দিকে ঘটে বলে আমরা দেখি আয়তন বৃদ্ধি পায়।

বস্তুর আয়তনের তিনটি মাত্রা দৈর্ঘ্য, প্রস্থ ও উচ্চতা। তাই তাপের প্রভাবে কঠিন পদার্থের প্রসারণের ব্যাপারটি তিন দিকেই বিবেচনা করতে হয়। এবং তিন ভাবে এই বৃদ্ধি বা পরিবর্তন পরিমাপ করা হয়, তা হল,

১) দৈর্ঘ্যের প্রসারণ,
২) তলীয় বা ক্ষেত্রফলের প্রসারণ
৩) আয়তন প্রসারণ।

এক টুকরো লম্বা তার বা সরু রডকে তাপ দিলে তার আয়তন বাড়ে বটে কিন্তু এর দৈর্ঘ্যের তুলনায় প্রস্থ বা প্রস্থচ্ছেদের বৃদ্ধি এতই কম হয় যে তা তাৎপর্যপূর্ণ নয়। অত্যন্ত নগণ্য। এ ক্ষেত্রে কেবল দৈর্ঘ্যের প্রসারণ বিবেচনা করা হয়। আবার এক খন্ড টিনের পাতলা সিট বা পাতের কথা ভাবা যাক। যার দৈর্ঘ্য এবং প্রস্থ প্রায় সমান। কিন্তু উচ্চতা বা পুরুত্ব নগণ্য। এক্ষেত্রে দৈর্ঘ্য এবং প্রস্থ তথা ক্ষেত্রফল বা তলটির বৃদ্ধি বিবেচনার প্রয়োজন হয়। অনুরূপভাবে কোন কোন ক্ষেত্রে বস্তুর দৈর্ঘ্য, প্রস্থ, উচ্চতা তিনটি মাত্রার পরিবর্তনই তাৎপর্য পূর্ণ হয়ে ওঠে। সে সব ক্ষেত্রে আয়তন প্রসারণ গণনা করতে হয়।

তাপ প্রয়োগে সব পদার্থের প্রসারণ সমান হয় না। প্রসারণের পরিমাণ পদার্থের ভৌত ধর্মের একটি। পরীক্ষা করে দেখা গেছে বিভিন্ন কঠিন পদার্থের প্রসারণ বিভিন্ন। তাপ প্রয়োগে একই কঠিন পদার্থের সকল দিকেই সুষম প্রসারণ ঘটে এবং এই প্রসারণ বস্তুর আদি অবস্থা ও তাপমাত্রা বৃদ্ধির সামানুপাতিক।

যেমন একটি দন্ডের দৈর্ঘ্য l_0 একক। তাপমাত্রা $\Delta\theta$ পরিমাণ বৃদ্ধির জন্য এর দৈর্ঘ্য Δl পরিমাণ বৃদ্ধি পেল।

এক্ষেত্রে দেখা যায় $\Delta l \propto l_0 \times \Delta\theta$ । ['$\propto$' সামানুপাতিক চিহ্ন। পড়া হয় 'proportional to' বা 'সমানুপাতিক']।

৬.২.২ দৈর্ঘ্য প্রসারণ ও দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ বা গুণাঙ্ক (Coefficient of Linear expansion)

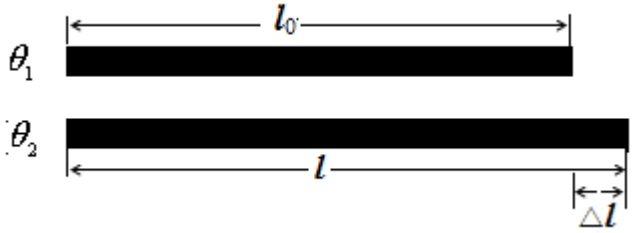
আগেই উল্লেখ করা হয়েছে, কোনো কোনো ক্ষেত্রে আমাদের কেবল দৈর্ঘ্যের প্রসারণ বিবেচনা করতে হয়। তাপ প্রয়োগে কঠিন বস্তুর দৈর্ঘ্যের সুষম প্রসারণ ঘটে এবং এই প্রসারণ বস্তুর আদি দৈর্ঘ্য ও তাপমাত্রা বৃদ্ধির গুণফলের সামানুপাতিক।

যেমন একটি দন্ডের দৈর্ঘ্য l_0 একক। তাপমাত্রা θ_1 থেকে $\Delta\theta$ বেড়ে θ_2 হল। তাপমাত্রার এই $\Delta\theta$ বৃদ্ধির জন্য এর দৈর্ঘ্য Δl পরিমাণ বৃদ্ধি পেল।

এক্ষেত্রে দেখা যায় $\Delta l \propto l_0 \times \Delta\theta$ ।

বা, $\Delta l = \alpha\, l_0 \times \Delta\theta$ ... ... (৬.১)

এখানে α একটি গ্রীক অক্ষর (উচ্চারণ আলফা), একটি সমানুপাতিক ধ্রুবক। এর মান দন্ডটির উপাদানের উপর নির্ভর করে। একে সংশ্লিষ্ট কঠিন পদার্থের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাংক বা দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ বলে। একে গ্রীক অক্ষর α (আলফা) দ্বারা প্রকাশ করা হয়।



চিত্র ঃ ৬.৩ দন্ডের দৈর্ঘ্য প্রসারণ

(৬.১) সমীকরণ থেকে দেখা যায় যে,

$$\alpha = \frac{\Delta l}{l_0 \Delta\theta} = \frac{\text{দৈর্ঘ্য প্রসারণ}}{\text{আদি দৈর্ঘ্য} \times \text{তাপমাত্রার বৃদ্ধি}} \quad \text{... ... . (৬.২)}$$

উপরের সমীকরণে দৈর্ঘ্য $l_0 = 1\text{m}$, তাপমাত্রার বৃদ্ধি $\Delta\theta = 1\text{K}$ ধরলে, সামানুপাতিক ধ্রুবক $\alpha = \Delta l$ হয়। এ থেকে দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্কের নিম্নরূপ সংজ্ঞা দেয়া হয়েছে।

1m দৈর্ঘ্যের কোনো কঠিন পদার্থের একটি দন্ডের তাপমাত্রা 1K বৃদ্ধি করলে ঐ দন্ডের দৈর্ঘ্য যতটুকু বৃদ্ধি পায় তাকে ঐ দন্ডের উপাদানের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক বলে।

এককঃ ৬.২ নং সমীকরণের ডান পাশের রাশিগুলোর একক বসিয়ে দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্কের একক পাওয়া যায়। এই একক হল K^{-1} বা প্রতি কেলভিন। লক্ষ্য করুন দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্কের মান দৈর্ঘ্যের এককের উপর নির্ভর করে না।

তাৎপর্য ঃ ইস্পাতের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক $11\times10^{-6}\ \text{K}^{-1}$ বলতে বুঝায় 1m দৈর্ঘ্যের একখন্ড ইস্পাত দন্ডের তাপমাত্রা 1K বাড়লে এর দৈর্ঘ্য $11\times10^{-6}\ \text{m}$ বাড়বে।

ধরা যাক θ_1 একক তাপমাত্রায় একটি দন্ডের দৈর্ঘ্য l_0 একক। দন্ডটিতে তাপ প্রয়োগে তাপমাত্রা বেড়ে θ_2 হল এবং দন্ডের দৈর্ঘ্য হল l । তাহলে ৬.২ সমীকরণটি হবে

$$\alpha = \frac{\Delta l}{l_0 \Delta\theta} = \frac{l - l_0}{l_0(\theta_2 - \theta_1)} = \frac{\text{চূড়ান্ত দৈর্ঘ্য - আদি দৈর্ঘ্য}}{\text{আদি দৈর্ঘ্য} \times (\text{চূড়ান্ত তাপমাত্রা - আদি তাপমাত্রা})} \quad \text{... (৬.৩)}$$

অতএব, দন্ডের চূড়ান্ত দৈর্ঘ্য $l = l_0\{1 + \alpha(\theta_2 - \theta_1)\}$

অথবা, $l = l_0(1 + \alpha\Delta\theta)$ ... ... (৬.৪)

৬.২.৩ তলীয় বা ক্ষেত্র প্রসারণ সহগ বা গুণাঙ্ক (Coefficient of surface expansion)

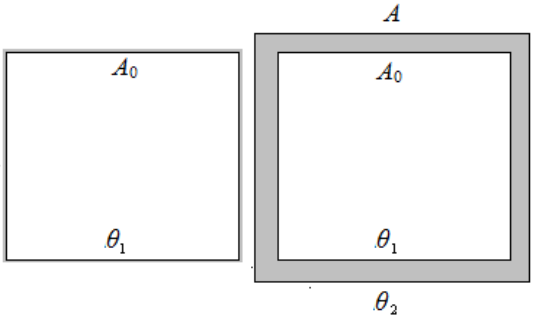
কোনো কোনো ক্ষেত্রে আমাদের কেবল তলীয় প্রসারণ বিবেচনা করতে হয়। তাপ প্রয়োগে কঠিন বস্তুর তল বা ক্ষেত্রের সুষম প্রসারণ ঘটে এবং এই ক্ষেত্র প্রসারণ বস্তু পৃষ্ঠের আদি ক্ষেত্রফল ও তাপমাত্রা বৃদ্ধির গুণফলের সমানুপাতিক।

যেমন একটি পাতের পৃষ্ঠের আদি ক্ষেত্রফল A_0 একক। এর তাপমাত্রা $\Delta\theta$ বৃদ্ধির জন্য ক্ষেত্রফল ΔA পরিমাণ বৃদ্ধি পেল, এবং চূড়ান্ত ক্ষেত্রফল হলো A একক।

এক্ষেত্রে দেখা যায় $\Delta A \propto A_0 \times \Delta\theta$

বা, $\Delta A = \beta A_0 \times \Delta\theta$ ... ... (৬.৫)

এখানে β একটি গ্রীক অক্ষর (উচ্চারণ বিটা), একটি সমানুপাতিক ধ্রুবক। এর মান পাতটির উপাদানের উপর নির্ভর করে। একে সংশ্লিষ্ট কঠিন পদার্থের তলীয় বা ক্ষেত্র প্রসারণ গুণাঙ্ক বা ক্ষেত্র প্রসারণ সহগ বলে। একে গ্রীক অক্ষর β (বিটা) দ্বারা প্রকাশ করা হয়।



চিত্র ঃ ৬.৪ পাতের ক্ষেত্র প্রসারণ

(৬.৫) সমীকরণ থেকে পাওয়া যায়,

$$\beta = \frac{\Delta A}{A_0 \Delta\theta} = \frac{\text{ক্ষেত্র প্রসারণ}}{\text{আদি ক্ষেত্রফল} \times \text{তাপমাত্রার বৃদ্ধি}} \quad \text{... ... . (৬.৬)}$$

উপরের সমীকরণে ক্ষেত্রফল $A_0 = 1\text{m}^2$, তাপমাত্রার বৃদ্ধি $\Delta\theta = 1\text{K}$ ধরলে, সামানুপাতিক ধ্রুবক, $\beta = \Delta A$ হয়। এ থেকে ক্ষেত্র প্রসারণ গুণাঙ্কের নিম্নরূপ সংজ্ঞা দেয়া হয়েছে।

1m^2 ক্ষেত্রফলের কোনো কঠিন পদার্থের একটি পাতের তাপমাত্রা 1K বৃদ্ধি করলে ঐ পাতের ক্ষেত্রফল যতটুকু বৃদ্ধি পায় তাকে ঐ পাতের বা ঐ কঠিন পদার্থের উপাদানের ক্ষেত্র বা তলীয় প্রসারণ গুণাঙ্ক বলে।

একক: ৬.৬ নং সমীকরণের ডান পাশের রাশিগুলোর একক বসিয়ে ক্ষেত্র প্রসারণ গুণাঙ্কের একক পাওয়া যায়। এই একক হল K^{-1} বা প্রতি কেলভিন। দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্কের মত ক্ষেত্র প্রসারণ গুণাঙ্কের মান ক্ষেত্রফলের মানের বা এককের উপর নির্ভর করে না।

তাৎপর্য ঃ ইস্পাতের ক্ষেত্র প্রসারণ গুণাঙ্ক $22\times10^{-6}\ \text{K}^{-1}$ বলতে বুঝায় 1m^2 ক্ষেত্রফলের এক টুকরো ইস্পাতের পাতের তাপমাত্রা 1K বাড়লে এর ক্ষেত্রফল $22\times10^{-6}\ \text{m}^2$ বাড়বে।

ধরা যাক θ_1 একক তাপমাত্রায় একটি তলের ক্ষেত্রফল A_0 একক। পাতটিতে তাপ প্রয়োগে তাপমাত্রা বেড়ে θ_2 হল এবং পাতের ক্ষেত্রফল হল A তাহলে ৬.৬ নং সমীকরণটি হবে

$$\beta = \frac{\Delta A}{A_0 \Delta\theta} = \frac{A - A_0}{A_0(\theta_2 - \theta_1)} = \frac{\text{চূড়ান্ত ক্ষেত্রফল - আদি ক্ষেত্রফল}}{\text{আদি ক্ষেত্রফল} \times (\text{চূড়ান্ত তাপমাত্রা - আদি তাপমাত্রা})} \quad \text{.....} \quad (৬.৭)$$

অতএব, পাতের চূড়ান্ত ক্ষেত্রফল $A = A_0\{1 + \beta\ (\theta_2 - \theta_1)\}$

অথবা, $A = A_0(1 + \beta\Delta\theta)$ ... ... (৬.৮)

৬.২.৪ আয়তন প্রসারণ সহগ : (Coefficient of Volume expansion)

কোনো কোনো ক্ষেত্রে আমাদের বস্তুর দৈর্ঘ্য, প্রস্থ, উচ্চতা বা আয়তন বিবেচনা করতে হয়। তাপ প্রয়োগে কঠিন বস্তুর আয়তনের সুষম প্রসারণ ঘটে এবং এই আয়তন প্রসারণ বস্তুর আদি আয়তন ও তাপমাত্রা বৃদ্ধির গুণফলের সামানুপাতিক।

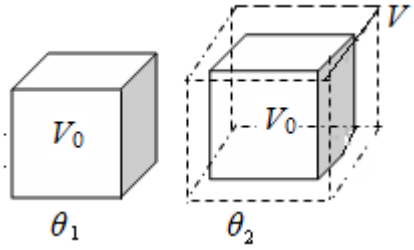
যেমন একটি খন্ডের আদি আয়তন V_0 একক। এর তাপমাত্রা $\Delta\theta$ বৃদ্ধির জন্য এর আয়তন ΔV পরিমাণ বৃদ্ধি পেল, এবং চূড়ান্ত আয়তন হল V একক।

এক্ষেত্রে দেখা যায় $\Delta V \propto V_0 \times \Delta\theta$ ।

বা, $\Delta V = \gamma V_0 \times \Delta\theta$ ... ... (৬.৯)

এখানে γ একটি গ্রীক অক্ষর (উচ্চারণ গামা), একটি সমানুপাতিক ধ্রুবক। এর মান খন্ডটির উপাদনের উপর নির্ভর করে। একে সংশ্লিষ্ট কঠিন পদার্থের আয়তন প্রসারণ গুণাঙ্ক বা আয়তন প্রসারণ সহগ বলে। একে গ্রীক অক্ষর γ (গামা) দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

(৬.৯) সমীকরণ থেকে দেখা যায় যে,



চিত্র ৬.৫ আয়তাকার কঠিন বস্তুর প্রসারণ

$$\gamma = \frac{\Delta V}{V_0 \Delta\theta} = \frac{\text{আয়তন প্রসারণ}}{\text{আদি আয়তন} \times \text{তাপমাত্রার বৃদ্ধি}}$$ ... ... (৬.১০)

উপরের সমীকরণে আয়তন $V_0 = 1\text{m}^3$, তাপমাত্রার বৃদ্ধি $\Delta\theta = 1\text{K}$ ধরলে, সামানুপাতিক ধ্রুবক $\gamma = \Delta V$ হয়। এ থেকে আয়তন প্রসারণ গুণাঙ্কের নিম্নরূপ সংজ্ঞা দেয়া হয়েছে।

1m^3 আয়তনের কোনো কঠিন পদার্থের একটি আয়তাকার খন্ডের তাপমাত্রা 1K বৃদ্ধি করলে ঐ খন্ডটির আয়তন যতটুকু বৃদ্ধি পায় তাকে ঐ পদার্থের উপাদানের আয়তন প্রসারণ গুণাঙ্ক বলে।

একক: ৬.১০ নং সমীকরণের ডান পাশের রাশিগুলোর একক বসিয়ে আয়তন প্রসারণ গুণাঙ্কের একক পাওয়া যায়। এই একক হল K^{-1} বা প্রতি কেলভিন। লক্ষ্য করুন দৈর্ঘ্য ও ক্ষেত্র প্রসারণ গুণাঙ্কের মত আয়তন প্রসারণ গুণাঙ্কের মান আয়তনের মানের বা এককের উপর নির্ভর করে না।

ইস্পাতের আয়তন প্রসারণ গুণাঙ্ক $33\times10^{-6}\ \text{K}^{-1}$ বলতে বুঝায় 1m^3 আয়তনের এক খন্ড ইস্পাতের তাপমাত্রা 1K বাড়লে এর আয়তন $33\times10^{-6}\ \text{m}^3$ বাড়বে।

ধরা যাক θ_1 একক তাপমাত্রায় একটি ধাতব খন্ডের আয়তন V_0 একক। খন্ডটিতে তাপ প্রয়োগে তাপমাত্রা বেড়ে θ_2 হল এবং খন্ডের আয়তন V, তাহলে ৬.১০ নং সমীকরণটি হবে

$$\gamma = \frac{\Delta V}{V_0 \Delta\theta} = \frac{V - V_0}{V_0(\theta_2 - \theta_1)} = \frac{\text{চূড়ান্ত আয়তন - আদি আয়তন}}{\text{আদি আয়তন} \times (\text{চূড়ান্ত তাপমাত্রা - আদি তাপমাত্রা})}$$ .... (৬.১১)

অতএব, বস্তুর চূড়ান্ত আয়তন $V = V_0\{1 + \gamma\ (\theta_2 - \theta_1)\}$

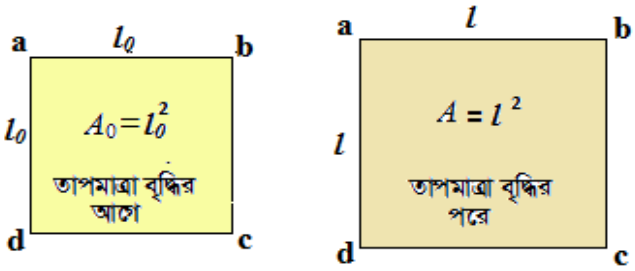
অথবা, $V = V_0(1 + \gamma\ \Delta\theta)$ ... ... (৬.১২)

৬.২.৫ দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক, ক্ষেত্র প্রসারণ গুণাঙ্ক এবং আয়তন প্রসারণ গুণাঙ্কের সম্পর্ক
(Relation among coefficients of linear, surface & volume expansion)

ধরা যাক abcd একটি বর্গাকার সুষম ধাতব পাত (চিত্র ৬.৬)। যার দৈর্ঘ্য ও প্রস্থ উভয় দিকে l_0 একক অতএব এর তলের ক্ষেত্রফল, $A_0 = l_0^2$ ।

পাতটির তাপমাত্রা $\Delta\theta$ K বৃদ্ধি করায় এর দৈর্ঘ্য প্রস্থ উভয় দিকে সমান পরিমাণ বৃদ্ধি পাবে। ধরা যাক বৃদ্ধি পেয়ে প্রত্যেক দিকে দৈর্ঘ্য হলো l এবং ক্ষেত্রফল হলো A, তাহলে নতুন ক্ষেত্রফল হবে , $A = l^2$ ।

৬.৬ নং চিত্রে অবস্থাটি দেখানো হলো।



চিত্র ঃ ৬.৬

সমীকরণ ৬.৪ থেকে -

$$l = l_0(1 + \alpha\Delta\theta)$$

$$l^2 = l_o^2\left(1 + \alpha\Delta\theta\right)^2 = l_0^2\left\{1 + 2\alpha\Delta\theta + \left(\alpha\Delta\theta\right)^2\right\}$$ [উভয় পক্ষের বর্গ করে]

এখন সমীকরণে $l^2 = A$ এবং $l_0^2 = A_0$ বসিয়ে এবং $(\alpha\Delta\theta)^2$ এর মান খুবই নগণ্য বলে বাদ দিলে পাওয়া যাবে,

$$A = A_0\{1 + 2\alpha\Delta\theta\} = A_0\left(1 + \beta\Delta\theta\right)$$ [যেহেতু, $A = A_0\left(1 + \beta\Delta\theta\right)$; সমীকরণ ৬.৮]

$$\therefore 2\alpha = \beta$$

বা, $\beta = 2\alpha$ ... ... (৬.১৩)

অর্থাৎ, ক্ষেত্র প্রসারণ গুণাঙ্ক দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্কের দ্বিগুণ।

একইভাবে সমীকরণ (৬.৪ এবং ৬.১২) থেকে প্রমাণ করা যায় আয়তন প্রসারণ গুণাঙ্ক দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্কের তিনগুণ।

অর্থাৎ $\gamma = 3\alpha$ ... ... (৬.১৪)

গাণিতিক উদাহরণ ৬.২

30°C তাপমাত্রায় একটি তামার তারের দৈর্ঘ্য 100m । 60°C তাপমাত্রায় এর দৈর্ঘ্য 100.05 m হলে তামার দৈর্ঘ্যর প্রসারণ গুণাঙ্ক নির্ণয় করুন।

সমাধান :

আমরা জানি $\alpha = \dfrac{\Delta l}{l_0\Delta\theta}$

$$= \frac{0.05\text{m}}{100\text{m} \times 30\text{K}}$$

$$= 16.666\times10^{-6}\ \text{K}^{-1}$$

উত্তর : $16.7\times10^{-6}\ \text{K}^{-1}$

এখানে,
আদি তাপমাত্রা, $\theta_1 = 30°\text{C}$
চূড়ান্ত তাপমাত্রা, $\theta_2 = 60°\text{C}$
তাপমাত্রার বৃদ্ধি, $\Delta\theta = (60\text{-}30)\ °\text{C} = 30\text{K}$
আদি দৈর্ঘ্য, $l_0 = 100$ m
চূড়ান্ত দৈর্ঘ্য, $l = 100.05$ m
দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি, $\Delta l = (100.05 - 100)\text{m} = .05\text{m}$
দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক, α = ?

গাণিতিক উদাহরণ ৬.৩

0°C তাপমাত্রায় একটি লোহার দন্ডের দৈর্ঘ্য 1m । 50°C তাপমাত্রায় এর দৈর্ঘ্য কত হবে? (লোহার দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক $11.6\times10^{-6}\ K^{-1}$)

সমাধান :

আমরা জানি

$$\alpha = \frac{(l - l_0)}{l_0 \Delta\theta}$$

বা, $l = l_0(1 + \alpha\Delta\theta)$

$= 1m\ (1+ 11.6\times10^{-6}\ K^{-1}\times50K)$

$= 1.0006m$

উত্তর : 1.0006m

এখানে,
আদি তাপমাত্রা, $\theta_1 = 0°C$
চূড়ান্ত তাপমাত্রা, $\theta_2 = 50°C$
তাপমাত্রার বৃদ্ধি, $\Delta\theta = (50\text{-}0)\ °C = 50K$
আদি দৈর্ঘ্য, $l_0 = 1\ m$
দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক, $\alpha = 11.6\times10^{-6}\ K^{-1}$
চূড়ান্ত দৈর্ঘ্য, $l = ?$

গাণিতিক উদাহরণ ৬.৪

একটি লোহার তৈরি নলের দৈর্ঘ্য 300 m (0°C তাপমাত্রায়) এর মধ্য দিয়ে জলীয় বাষ্প প্রবাহিত হতে থাকলে এর দৈর্ঘ্য কত বাড়বে? [লোহার দৈর্ঘ্য প্রসরাণ গুণাঙ্ক $11.6\times10^{-6}\ K^{-1}$]

সমাধান :

আমরা জানি,

$$\alpha = \frac{\Delta l}{l_0 \Delta\theta}$$

বা, $\Delta l = l_0\alpha\Delta\theta)$

$= 300m\times(11.6\times10^{-6}\ K^{-1})\times100K$

$= 0.0438m$

উত্তর : 0.044m

এখানে,

আদি তাপমাত্রা, $\theta_1 = 0°C$
চূড়ান্ত তাপমাত্রা, $\theta_2 = 100°C$
তাপমাত্রার বৃদ্ধি, $\Delta\theta = (100\text{-}0)\ °C = 100K$
আদি দৈর্ঘ্য, $l_0 = 300\ m$
দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক, $\alpha = 11.6\times10^{-6}\ K^{-1}$
দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি, $\Delta l = ?$

গাণিতিক উদাহরণ ৬.৫

একটি সীসার গুলির আয়তন 0°C উষ্ণতায় $2.5\ cm^3$ এবং 100°C উষ্ণতায় এর আয়তন $0.02\ cm^3$ পরিমাণ বৃদ্ধিপায়। সীসার দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক নির্ণয় করুন।

সমাধান :

আমরা জানি, আয়তন প্রসারণ গুণাঙ্ক

$$\gamma = 3\alpha$$

$$\therefore \alpha = \frac{1}{3}\gamma = \frac{1}{3}\times\frac{\Delta V}{V_0\Delta\theta}$$

বা, $\alpha = \frac{1}{3}\times\frac{0.02cm^3}{2.5cm^3\times100K}$

এখানে,
আদি তাপমাত্রা, $\theta_1 = 0°C$
চূড়ান্ত তাপমাত্রা, $\theta_2 = 100°C$
তাপমাত্রার বৃদ্ধি, $\Delta\theta = (100\text{-}0)\ °C = 100K$
আদি আয়তন, $V_0 = 2.5\ cm^3$
আয়তন বৃদ্ধি, $\Delta V = 0.02\ cm^3$
দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক, $\alpha = ?$

$$= \frac{1}{3} \times 0.00008 K^{-1}$$
$$= 2.6666666... \times 10^{-6} K^{-1}$$

উত্তর : $2.67 \times 10^{-5} K^{-1}$

সার-সংক্ষেপঃ

দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক ঃ $1m$ দৈর্ঘ্যের কোনো কঠিন পদার্থের একটি দন্ডের তাপমাত্রা $1K$ বৃদ্ধি করলে ঐ দন্ডের দৈর্ঘ্য যতটুকু বৃদ্ধি পায় তাকে ঐ দন্ডের উপাদানের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক বলে। এর একক K^{-1} বা প্রতি কেলভিন। এই মান দৈর্ঘ্যের এককের উপর নির্ভর করে না।

ক্ষেত্র প্রসারণ গুণাঙ্ক ঃ $1m^2$ ক্ষেত্রফলের কোনো কঠিন পদার্থের একটি পাতের তাপমাত্রা $1K$ বৃদ্ধি করলে ঐ পাতের ক্ষেত্রফল যতটুকু বৃদ্ধি পায় তাকে ঐ পাতের বা কঠিন পদার্থের উপাদানের ক্ষেত্র বা তলীয় প্রসারণ গুণাঙ্ক বলে। এর একক K^{-1} বা প্রতি কেলভিন। এই মান ক্ষেত্রফলের এককের উপর নির্ভর করে না।

আয়তন প্রসারণ গুণাঙ্ক ঃ $1m^3$ আয়তনের কোনো কঠিন পদার্থের একটি বস্তুর তাপমাত্রা $1K$ বৃদ্ধি করলে ঐ বস্তুর আয়তন যতটুকু বৃদ্ধি পায় তাকে ঐ বস্তুর বা কঠিন পদার্থের উপাদানের আয়তন প্রসারণ গুণাঙ্ক বলে। এর একক K^{-1} বা প্রতি কেলভিন। এই মান আয়তনের এককের উপর নির্ভর করে না।

পাঠোত্তর মূল্যায়ন -৬.২

সঠিক উত্তরের পাশে টিক ($\surd$) চিহ্ন দিন।

১। দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্কের একক কোনটি ?

(ক) প্রতি কেলভিন (খ) মিটার প্রতি কেলভিন
(গ) মিটার (ঘ) কেলভিন

২। দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক α, ক্ষেত্র প্রসারণ গুণাঙ্ক β এবং আয়তন প্রসারণ গুণাঙ্ক γ হলে নিচের কোন সম্পর্কটি সঠিক নয়?

(ক) $\beta = 2\alpha$ (খ) $\gamma = 3\alpha$
(গ) $\alpha = 2\beta$ (ঘ) $\beta = \frac{2}{3}\gamma$

৩। তাপ প্রয়োগে কোন পদার্থের প্রসারণ সব চেয়ে কম হয়?

(ক) কঠিন (খ) তরল
(গ) বায়বীয় (ঘ) বাষ্পীয়

৪। অ্যালুমিনিয়ামের আয়তন প্রসারণ গুণাঙ্ক $33 \times 10^{-6} K^{-1}$ হলে এর দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক কত?

(ক) $3.3 \times 10^{-6} K^{-1}$ (খ) $33 \times 10^{-5} K^{-1}$
(গ) $11 \times 10^{-6} K^{-1}$ (ঘ) $1.1 \times 10^{-6} K$

পাঠ-৩ তরল পদার্থের প্রসারণ (Expansion of Liquids)

উদ্দেশ্য

এই পাঠের শেষে আপনি

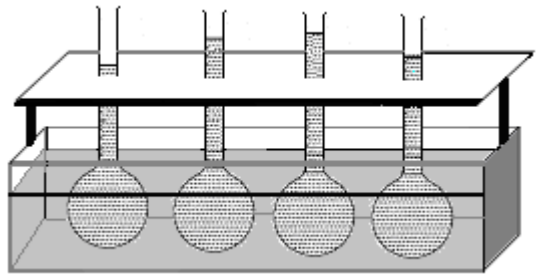
১. তরল পদার্থের আপাত ও প্রকৃত প্রসারণ ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
২. তরল পদার্থের আপাত ও প্রকৃত প্রসারণের মধ্যে সম্পর্ক স্থাপন করতে পারবেন।

৬.৩.১ তরল পদার্থের প্রসারণ (Expansion of Liquids due to Heat)

তাপ প্রয়োগে কঠিন পদার্থের মতো তরল পদার্থেরও প্রসারণ ঘটে। কঠিন পদার্থের সুনির্দিষ্ট আকার থাকায় এর বিভিন্ন প্রসারণ স্পষ্টভাবে প্রতিভাত হয়। এর দৈর্ঘ্য, ক্ষেত্রফল এবং আয়তনের প্রসারণ সম্পর্কে সুস্পষ্ট ধারণা সহজ হয়। কিন্তু তরল পদার্থের নির্দিষ্ট আয়তন থাকলেও আকার বা দৈর্ঘ্য নেই। যে পাত্রে রাখা হয় সেই পাত্রের আকার ধারণ করে। তাপের প্রভাবে তরল পদার্থের আয়তনের পরিবর্তনই কেবল প্রতীয়মান হয়। তাই তরল পদার্থের প্রসারণ বলতে এর আয়তনের প্রসারণকেই বুঝায়।

পরীক্ষা করে দেখা গেছে একই পরিমাণ তাপ প্রয়োগে সম আয়তনের কঠিন পদার্থের তুলনায় তরল পদার্থের আয়তনের প্রসারণ বেশি হয়। আবার একই পরিমাণ তাপে বিভিন্ন প্রকার তরলের প্রসারণের পরিমাণও সমান হয় না।

তাপে পদার্থের প্রসারণ পর্যবেক্ষণের জন্য ঐ পদার্থকে তাপ দিতে হয়। তরল পদার্থকে তাপ দিতে হলে কোনো না কোনো পাত্রে নিয়ে তাপ দিতে হয়। পাত্রগুলো একটু বিশেষ আকারের হলে প্রসারণ সুস্পষ্টভাবে পর্যবেক্ষণ করা যায়। পাত্রগুলো সরু লম্বা গলা বিশিষ্ট এবং নিচের দিকে বাল্‌ব বা গোলকাকৃতির হলে উত্তম হয়। চিত্র (৬.৭) এ ধরণের পাত্র দেখান হয়েছে।



একটি বড় পাত্রের মধ্যে সমান আকার ও আয়তনের কয়েকটি লম্বা গলা বিশিষ্ট বালবাকৃতির পাত্রে বিভিন্ন তরল পদার্থ দিয়ে একই উচ্চতা পর্যন্ত ভর্তি করে খাড়াভাবে দাঁড় করিয়ে দেয়া হয়েছে। বড় পাত্রটিতে গরম পানি ঢালা হয়েছে। এর ফলে প্রতিটি পাত্রের তাপমাত্রা একই হারে বৃদ্ধি পেয়েছে। তাপমাত্রা বৃদ্ধির ফলে তরল পদার্থ আয়তনে বৃদ্ধি পেয়ে নলের মধ্যে প্রবেশ করেছে। কিন্তু বিভিন্ন নলের মধ্যে তরলের উচ্চতা বিভিন্ন ।

চিত্র ঃ ৬.৭ বিভিন্ন পাত্রে বিভিন্ন তরলের প্রসারণ

এ থেকে বুঝা যায় সমান তাপে সমান আয়তনের বিভিন্ন তরল পদার্থের প্রসারণ সমান হয় না। তরল পদার্থকে যে পাত্রে নিয়ে তাপ দেয়া হয় ঐ পাত্রটি আগে উত্তপ্ত হয়। ফলে পাত্রটিরও প্রসারণ ঘটে।

তাই তরলের যে প্রসারণ দৃশ্যমান হয় তা তরলের প্রকৃত প্রসারণ নয়। অথচ পাত্রকে বাদ দিয়ে তরল পদার্থে তাপ প্রয়োগ সম্ভব নয়। এ জন্য পাত্রের প্রসারণ বিবেচনা করে তরলের প্রসারণ হিসেব করতে হয়। পাত্রের প্রসারণের উপর ভিত্তি করে তাই তরলের দুধরণের প্রসারণ পাওয়া যায়; তাহলো-

১. প্রকৃত প্রসারণ
২. আপাত প্রসারণ

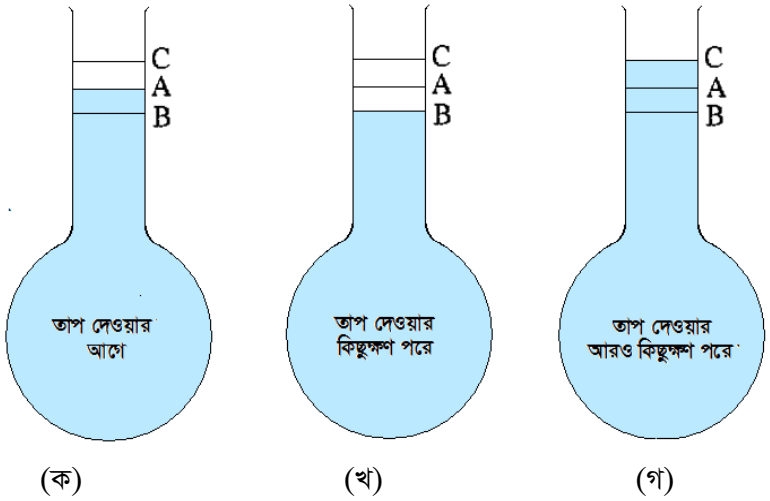
তরল পদার্থকে পাত্রে না রেখে উত্তপ্ত করা সম্ভব হলে তরলের যে প্রসারণ পাওয়া যাবে তাকে তরলের প্রকৃত প্রসারণ বলে। পাত্রে রেখে তরল পদার্থ উত্তপ্ত করা হয় বলে পাত্রের প্রসারণ বিয়োগ করে যে প্রসরাণ পাওয়া যায় তাই তরলের প্রকৃত প্রসারণ।

পাত্রের প্রসারণ বিবেচনা না করে আপাত দৃষ্টিতে পাত্রস্থ তরলের যে প্রসারণ দৃষ্ট হয় অর্থাৎ পাত্রের সাপেক্ষে তরলের যে প্রসারণ পাওয়া যায় তাকে তরলের আপাত প্রসারণ বলে।

৬.৩.২ প্রকৃত প্রসারণ ও আপাত প্রসারণের সম্পর্ক

(Relation between Real and Apparent Expansion of Liquids)

চিত্র ৬.৮ দেখুন। একটি সরু লম্বা গলা ফ্লাক্সে A দাগ পর্যন্ত পানি নেয়া হলো চিত্র [৬.৮(ক)]। এখন ফ্লাক্সে তাপ প্রয়োগ করা হলে প্রথমে ফ্লাক্সটি তাপ গ্রহণ করবে এবং ফ্লাক্সটি প্রসারিত হবে। তরলের আয়তন এ অবস্থায় বাড়বে না, তরলের উপরি তল পাত্রের গলায় A দাগ থেকে নিচে নেমে B দাগে আসবে। চিত্র [৬.৮(খ)] অর্থাৎ পাত্রটি AB পরিমাণ প্রসারিত হবে। পাত্র উত্তপ্ত হওয়ার পরে আর তাপ গ্রহণ করবে না ।



চিত্র ঃ ৬.৮ পাত্রের সাপেক্ষে তরলের প্রসারণ

পাত্র উত্তপ্ত হলে, এবার পানিতে তাপ সঞ্চারিত হবে। এবং এপর্যায়ে পানির উপরি তলের উচ্চতা বাড়বে। ধরা যাক চূড়ান্ত অবস্থায় পানির উপরি তলের অবস্থান হল C। তরল প্রসারিত হয়ে A দাগ অতিক্রম করে C দাগ পর্যন্ত উঠে এসেছে চিত্র ৬.৮(গ)। আপাত দৃষ্টিতে মনে হয় তরলের প্রসারণ A দাগ থেকে C দাগ পর্যন্ত। কিন্তু প্রকৃত পক্ষে তরলের উপরিতল B থেকে C দাগে পৌঁছেছে, অর্থাৎ তরলের প্রকৃত বৃদ্ধি ঘটে BC।

সুতরাং $BC = \Delta V_r$ = তরলের প্রকৃত প্রসারণ

$AC = \Delta V_a$ = তরলের আপাত প্রসারণ

$BA = \Delta V_g$ = পাত্রের প্রসারণ

চিত্র ৬.৮ লক্ষ্য করুন। তাহলে, আমরা পাই

$BC = AC + BA$ বা, $\Delta V_r = \Delta V_a + \Delta V_g$ ... ... (৬.১৫)

অর্থাৎ প্রকৃত প্রসারণ = আপাত প্রসারণ + পাত্রের প্রসারণ

তরল পদার্থ পাত্রের চেয়ে বেশি প্রসারিত হলে তবেই তরলের আপাত প্রসারণ দৃশ্যমান হয়। কিন্তু তরল পদার্থ থেকে পাত্রটি বেশি প্রসারিত হলে তরলের কোনো প্রসারণ তো দৃশ্যমান হবেই না উপরন্তু দেখা যাবে তরলটি তাপে আয়তন কমে সংকুচিত হয়ে গেছে। যদি তরল এবং পাত্র সম পরিমাণ বাড়ে তা হলে পাত্রের মধ্যে তরলের আয়তন অপরিবর্তিত থাকবে। এক্ষেত্রেও কোন আপাত প্রসারণ দেখা যাবে না।

৬.৩.৩ তরল পদার্থের প্রসারণ সহগ বা গুণাঙ্ক (Coefficient of Expansion of liquids)

যেহেতু তরল পদার্থের দু'ধরণের প্রসারণ বিবেচনা করা হয় তাই এর প্রসারণ গুণাঙ্কও দুই প্রকার। যথা- প্রকৃত প্রসারণ গুণাঙ্ক এবং আপাত প্রসারণ গুণাঙ্ক।

তরল পদার্থের প্রকৃত প্রসারণ গুণাঙ্ক, γ_r (Coefficient of Real Expansion of liquids)

ধরা যাক তাপমাত্রা $\Delta\theta$ বৃদ্ধির জন্য V_0 একক আয়তনের কোনো তরলের প্রকৃত প্রসারণ ΔV_r হল। এক্ষেত্রে দেখা যায়

$\Delta V_r \propto V_0 \times \Delta\theta$

বা, $\Delta V_r = \gamma_r V_0 \times \Delta\theta$ ... ... (৬.১৬)

এখানে γ_r একটি সমানুপাতিক ধ্রুবক। এর মান তরলের প্রকৃতির উপর নির্ভর করে। একে তরল পদার্থের প্রকৃত প্রসারণ গুণাঙ্ক বা প্রকৃত প্রসারণ সহগ বলে।

$$\gamma_r = \frac{\Delta V_r}{V_0 \Delta\theta} = \frac{\text{প্রকৃত প্রসারণ}}{\text{আদি আয়তন} \times \text{তাপমাত্রার বৃদ্ধি}} \text{... ... . (৬.১৭)}$$

উপরের সমীকরণে আয়তন $V_0 = 1\text{m}^3$, তাপমাত্রার বৃদ্ধি $\Delta\theta = 1\text{K}$ ধরলে, সামানুপাতিক ধ্রুবক

$\gamma_r = \Delta V_r$ হয়। এ থেকে আয়তন প্রসারণ গুণাঙ্কের নিম্নরূপ সংজ্ঞা দেয়া যায়।

1m^3 আয়তনের কোনো তরল পদার্থের তাপমাত্রা 1K বৃদ্ধি করলে ঐ তরল পদার্থের আয়তনের যে প্রকৃত প্রসারণ ঘটে তাকে ঐ তরল পদার্থের প্রকৃত প্রসারণ গুণাঙ্ক বলে। একে γ_r দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

একক: ৬.১৭ নং সমীকরণের ডান পাশের রাশিগুলোর একক বসিয়ে আয়তন প্রসারণ গুণাঙ্কের একক পাওয়া যায়। এই একক হল K^{-1} বা প্রতি কেলভিন। লক্ষ্য করুন কোন তরলের প্রসারণ গুণাঙ্কের মান আয়তনের মানের বা এককের উপর নির্ভর করে না।

তাৎপর্য ঃ পারদের প্রকৃত প্রসারণ গুণাঙ্ক $18\times10^{-5}\ \text{K}^{-1}$ বলতে বুঝায় 1m^3 আয়তনের পারদের তাপমাত্রা 1K বাড়লে এর আয়তন প্রকৃতপক্ষে $18\times10^{-5}\ \text{m}^3$ বাড়বে।

কোনো তরলের প্রকৃত প্রসারণ গুণাঙ্ক γ_r এবং V_0 আয়তনের এই তরলের তাপমাত্রা $\Delta\theta$ পরিমাণ বাড়ালে, এর চূড়ান্ত আয়তন হবে, $V = V_o + V_o\gamma_r\Delta\theta = V_o(1+\gamma_r\Delta\theta)$ ... ... (৬.১৮)

তরল পদার্থের আপাত প্রসারণ গুণাঙ্ক, γ_a (Coefficient of apparent Expansion)

একইভাবে দেখা গেছে কোনো নির্দিষ্ট তরল পদার্থের আপাত প্রসারণ ঐ তরল পদার্থের আদি আয়তন এবং তাপমাত্রা বৃদ্ধির সমানুপাতিক। অর্থাৎ, তাপমাত্রা $\Delta\theta$ বৃদ্ধির জন্য V_0 একক আয়তনের কোন তরলের আপাত প্রসারণ ΔV_a হলে,

$\Delta V_a \propto V_0 \times \Delta\theta$

বা, $\Delta V_a = \gamma_a V_0 \times \Delta\theta$ ... ... (৬.১৯)

এখানে γ_a একটি সমানুপাতিক ধ্রুবক। এর মান তরলের প্রকৃতি এবং পাত্রের উপাদানের উপর নির্ভর করে। একে পাত্রের উপাদানের সাপেক্ষে তরল পদার্থের আপাত প্রসারণ গুণাঙ্ক বা আপাত প্রসারণ সহগ বলে।

উপরের সমীকরণে আয়তন $V_0 = 1\text{m}^3$, তাপমাত্রার বৃদ্ধি $\Delta\theta = 1\text{K}$ ধরলে, সমানুপাতিক ধ্রুবক

$\gamma_a = \Delta V_a$ হয়। এ থেকে আয়তন প্রসারণ গুণাঙ্কের নিম্নোরূপ সংজ্ঞা দেয়া হয়েছে।

কোনো পাত্রে রাখা 1m^3 আয়তনের কোনো তরল পদার্থের তাপমাত্রা 1K বৃদ্ধি করলে ঐ পাত্রের সাপেক্ষে তরল পদার্থের আয়তনের যে প্রসারণ ঘটে তাকে ঐ তরল পদার্থের আপাত প্রসারণ গুণাঙ্ক বলে। একে γ_a দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

অতএব, গাণিতিকভাবে, তরলের আপাত প্রসারণ গুণাঙ্ক

$$\gamma_a = \frac{\Delta V_a}{V_0 \Delta\theta} = \frac{\text{আপাত প্রসারণ}}{\text{আদি আয়তন} \times \text{তাপমাত্রার বৃদ্ধি}} \quad \text{... ... . (৬.২০)}$$

একক : তরলের আপাত প্রসারণ গুণাঙ্কের একক হল K^{-1} বা প্রতি কেলভিন।

তাৎপর্য ঃ কাঁচের সাপেক্ষে পারদের আপাত প্রসারণ গুণাঙ্ক $15\times10^{-5}\ \text{K}^{-1}$ বলতে বুঝায় কাচের পাত্রে রাখা 1m^3 আয়তনের পারদের তাপমাত্রা 1K বাড়লে এর আয়তন আপাত দৃষ্টিতে $15\times10^{-5}\,\text{m}^3$ বাড়বে।

কোনো তরলের আপাত প্রসারণ গুণাঙ্ক γ_a এবং V_0 আয়তনের এই তরলের তাপমাত্রা $\Delta\theta$ পরিমাণ বাড়ালে, এর চূড়ান্ত আয়তন হবে, $V = V_o + V_o\gamma_a\Delta\theta = V_o(1+\gamma_a\Delta\theta)$ ... ... (৬.২১)

হিসাব করে দেখা গেছে, কোনো তরলের আপাত প্রসারণ গুণাঙ্কের সাথে পাত্রের উপাদানের আয়তন প্রসারণ গুণাঙ্ক যোগ করলে তরলের প্রকৃত প্রসারণ গুণাঙ্ক পাওয়া যায় । অর্থাৎ ,

প্রকৃত প্রসারণ গুণাঙ্ক = আপাত প্রসারণ গুণাঙ্ক + পাত্রের উপাদানের আয়তন প্রসারণ গুণাঙ্ক

বা, $\gamma_r = \gamma_a + \gamma_g$ [এখানে, γ_g = পাত্রের উপাদানের আয়তন প্রসারণ গুণাঙ্ক] ... ... (৬.২২)

সার-সংক্ষেপঃ

১. **তরল পদার্থের প্রকৃত প্রসারণ ঃ** তরল পদার্থকে পাত্রে না রেখে উত্তপ্ত করা সম্ভব হলে তরলের যে প্রসারণ পাওয়া যাবে তাকে তরলের প্রকৃত প্রসারণ বলে। পাত্রে রেখে তরল পদার্থ উত্তপ্ত করা হয় বলে পাত্রের প্রসারণ বিয়োগ করে যে প্রসরণ পাওয়া যায় তাই তরলের প্রকৃত প্রসারণ।
   প্রকৃত প্রসারণ = আপাত প্রসারণ + পাত্রের প্রসারণ।

২. **আপাত প্রসারণ ঃ** পাত্রের প্রসারণ বিবেচনা না করে আপাত দৃষ্টিতে পাত্রস্থ তরলের যে প্রসারণ দৃষ্ট হয় অর্থাৎ পাত্রের সাপেক্ষে তরলের যে প্রসারণ পাওয়া যায় তাকে তরলের আপাত প্রসারণ বলে।

৩. **তরল পদার্থের প্রকৃত প্রসারণ গুণাঙ্ক,** γ_r ঃ 1m^3 আয়তনের কোনো তরল পদার্থের তাপমাত্রা 1K বৃদ্ধি করলে ঐ তরল পদার্থের আয়তনের যে প্রকৃত প্রসারণ ঘটে তাকে ঐ তরল পদার্থের প্রকৃত প্রসারণ গুণাঙ্ক বলে।

৪. **তরল পদার্থের আপাত প্রসারণ গুণাঙ্ক,** γ_a ঃ কোনো পাত্রে রাখা 1m^3 আয়তনের কোনো তরল পদার্থের তাপমাত্রা 1K বৃদ্ধি করলে ঐ পাত্রের সাপেক্ষে তরল পদার্থের আয়তনের যে প্রসারণ ঘটে তাকে ঐ তরল পদার্থের আপাত প্রসারণ গুণাঙ্ক বলে।

৫. প্রকৃত প্রসারণ গুণাঙ্ক = আপাত প্রসারণ গুণাঙ্ক + পাত্রের উপাদানের আয়তন প্রসারণ গুণাঙ্ক
   বা, $\gamma_r = \gamma_a + \gamma_g$

৬. **তরল পদার্থের প্রসারণ গুণাঙ্কের একক ঃ** K^{-1} প্রতি কেলভিন।

পাঠোত্তর মূল্যায়ন -৬.৩

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (√) চিহ্ন দিন।

১। কোন ধরণের প্রসারণকে তরল পদার্থের প্রসারণ হিসাবে বিবচনা করা হয়?

(ক) দৈর্ঘ্য প্রসারণ (খ) তলীয় প্রসারণ

(গ) ক্ষেত্র প্রসারণ (ঘ) আয়তন প্রসারণ

২। প্রকৃত প্রসারণ গুণাঙ্ক = γ_r, আপাত প্রসারণ গুণাঙ্ক = γ_a এবং পাত্রের পদার্থের প্রসারণ গুণাঙ্ক = γ_g হলে নিচের কোন সমীকরণটি সঠিক?

(ক) $\gamma_r = \gamma_a + \gamma_g$ (খ) $\gamma_r = \gamma_a - \gamma_g$

(গ) $\gamma_a = \gamma_r + \gamma_g$ (ঘ) $\gamma_g = \gamma_a + \gamma_r$

৩। ΔV_r = তরলের প্রকৃত প্রসারণ, ΔV_a = তরলের আপাত প্রসারণ এবং ΔV_g = পাত্রের প্রসারণ হলে কোনটি সঠিক নয়।

(ক) $\Delta V_r = \Delta V_a + \Delta V_g$ (খ) $\Delta V_a = \Delta V_r - \Delta V_g$

(গ) $\Delta V_g = \Delta V_r - \Delta V_a$ (ঘ) $\Delta V_r = \Delta V_a - \Delta V_g$

পাঠ-৪ তাপ পরিমাপের নীতি (Principle of Calorimitry)

উদ্দেশ্য

এই পাঠের শেষে আপনি

১. বস্তুর তাপধারণ ক্ষমতা ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
২. পদার্থের আপেক্ষিক তাপ ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
৩. তাপ ধারণ ক্ষমতা ও আপেক্ষিক তাপের মধ্যে সম্পর্ক স্থাপন করতে পারবেন।
৪. তাপ পরিমাপের মূলনীতি ব্যাখ্যা করতে পারবেন।

৬.৪.১ তাপ ধারণ ক্ষমতা (Thermal Capacity)

একই সাইজের দুটি হাড়ি নিন। একটি হাড়িতে আধা লিটার এবং অন্য একটি হাড়িতে ৫-৬ লিটার পরিমাণ ফুটন্ত পানি নিয়ে পাশাপাশি বসিয়ে দিন। দেখবেন ৫-৬ মিনিটের মধ্যে প্রথম হাড়ির (আধা লিটার) পানি ঠান্ডা হয়ে গেছে। কিন্তু অন্য হাড়ির পানি বেশ গরম রয়েছে। এটি ঠান্ডা হতে ৩০-৪০ মিনিট সময় লাগবে। কারণ কি ? আপনি অবশ্য বলবেন অল্প পানির পাত্রটি বেশিক্ষণ তাপ ধরে রাখতে পারে নাই। বেশি পানির পাত্রটি বেশিক্ষণ বা বেশি পরিমাণ তাপ ধরে রেখেছে। আসলে সব পাত্রের বা পদার্থের তাপ ধরে রাখার ক্ষমতা সমান নয়। বস্তুর তাপ ধরে রাখার ক্ষমতাকে আমরা বলি তাপ ধারণ ক্ষমতা। এটি বস্তুর উপাদান এবং পরিমাণ তথা ভরের উপর নির্ভর করে।

কোন বস্তুর তাপাত্রা $1K$ বাড়াতে বা কমাতে যে পরিমাণ তাপের প্রয়োজন তাকে ঐ বস্তুর তাপধারণ ক্ষমতা বলে। কোন বস্তুর তাপ ধারণ ক্ষমতা $56\ JK^{-1}$ বলতে বুঝায় ঐ বস্তুর তাপমাত্রা $1K$ বাড়াতে 56 J তাপের প্রয়োজন। ধরা যাক কোন বস্তুর তাপমাত্রা $\Delta\theta$ বাড়াতে Q পরিমাণ তাপ লাগে। তাহলে ঐ বস্তুর তাপমাত্রা $1K$ বাড়াতে তাপের প্রয়োজন হবে, $\frac{Q}{\Delta\theta}$ জুল।

অতএব ঐ বস্তুটির তাপধারণ ক্ষমতা, $C = \frac{Q}{\Delta\theta}$ ... .(৬.২৩)

তাপধারণ ক্ষমতার একক JK^{-1}।

৬.৪.২ আপেক্ষিক তাপ (Specific Heat)

একই পদার্থের পরিমাণ বা ভর ভিন্ন হলে তাদের তাপধারণ ক্ষমতাও ভিন্ন হয়। যেমন আধা লিটার (0.5 kg) পানির তাপ ধারণ ক্ষমতা থেকে পাঁচ লিটার বা (5 kg) পানির তাপধারণ ক্ষমতা বেশি। সমান ভরের ভিন্ন ভিন্ন পদার্থের তাপধারণ ক্ষমতার তুলনা করতে হলে সব ক্ষেত্রে ভরের পরিমাণ নির্দিষ্ট করতে হয়। তাই এক্ষেত্রে একক ভর বা 1 kg ভরের বস্তুর তাপধারণ ক্ষমতা বিবেচনা করা হয়। তাই 1 kg ভরের কোন বস্তুর তাপমাত্রা 1K বাড়াতে যে পরিমাণ তাপের প্রয়োজন হয় তাকে ঐ বস্তুর উপাদানের আপেক্ষিক তাপ বলে। আপেক্ষিক তাপকে ইংরেজি s অক্ষর দ্বারা প্রকাশ করা হয়।
অতএব m ভরের বস্তুর তাপধারণ ক্ষমতা c হলে,

ঐ বস্তুর আপেক্ষিক তাপ, $s = \frac{C}{m} = \frac{Q}{\Delta\theta} \times \frac{1}{m} = \frac{Q}{m\Delta\theta}$ $\left[\because C = \frac{Q}{\Delta\theta} \right]$ .... (৬.২৪)

আপেক্ষিক তাপের একক, $Jkg^{-1}K^{-1}$।

সীসার আপেক্ষিক তাপ 130 $Jkg^{-1}K^{-1}$ বলতে বুঝায় 1kg সীসার তাপমাত্রা 1K বাড়াতে 130 J তাপের প্রয়োজন।

নিচের তালিকায় কয়েকটি পদার্থের আপেক্ষিক তাপের উল্লেখ করা হলো।

পদার্থ	আপেক্ষিক তাপ ($Jkg^{-1}K^{-1}$)	পদার্থ	আপেক্ষিক তাপ ($Jkg^{-1}K^{-1}$)
পানি	4200	বরফ	2100
জলীয় বাষ্প	2000	তামা	400
রূপা	230	সীসা	130
মাটি	800 থেকে1400	বায়ু	700থেকে 1000

৬.৪.৩ আপেক্ষিক তাপ ও তাপধারণ ক্ষমতার সম্পর্ক
(Relation between Specific Heat and Thermal Capacity)

আমরা জানি, কোনো বস্তুর তাপাত্রা 1K বাড়াতে বা কমাতে যে পরিমাণ তাপের প্রয়োজন তাকে ঐ বস্তুর তাপধারণ ক্ষমতা (C) বলে। এবং 1 kg ভরের কোনো বস্তুর তাপমাত্রা 1K বাড়াতে যে পরিমাণ তাপের প্রয়োজন হয় তাকে ঐ বস্তুর উপাদানের আপেক্ষিক তাপ বলে (s)।

অতএব, $s = \frac{C}{m}$

বা, $C = ms$

অর্থাৎ তাপধারণ ক্ষমতা = ভর × আপেক্ষিক তাপ

বা, আপেক্ষিক তাপ = $\frac{\text{তাপধারণ ক্ষমতা}}{\text{ভর}}$

৬.৪.৪ ক্যালরিমিতির মূলনীতি (Fundamental principle of calorimetry)

কক্ষ তাপমাত্রার একটি ধাতব পাত্রের মধ্যে খানিকটা ফুটন্ত পানি ঢেলে দিন। পাত্রটিকে হাত দিয়ে স্পর্শ করলে বুঝতে পারবেন পাত্রটি ধীরে ধীরে গরম হচ্ছে অন্যদিকে গরম পানি ক্রমেই ঠান্ডা হচ্ছে। অথবা একটি ধাতু দন্ডের একপ্রান্ত বেশ গরম করে এক গ্লাস ঠান্ডা পানির মধ্যে ডুবান, দেখবেন পানি গরম হয়ে উঠছে। কিন্তু ধাতু দন্ডের গরম প্রান্তটি ঠান্ডা হয়ে যাচ্ছে। কেন এমন হয়? ভিন্ন তাপমাত্রার দুটি বস্তুকে পরস্পরের সংস্পর্শে আনা হলে তাদের মধ্যে তাপের আদান প্রদান ঘটে। যে বস্তুটির তাপমাত্রা বেশি সেটি তাপ ছেড়ে দেয় বা বর্জন করে, আর যে বস্তুটির তাপমাত্রা কম সেটি তাপ নেয় বা গ্রহণ করে। দুটি বস্তুর তাপমাত্রা সমান না হওয়া পর্যন্ত তাপের এই আদান প্রদান বা গ্রহণ- বর্জন চলতে থাকে।

যদি তাপের এই আদান প্রদানের সময় অন্য কোনো ভাবে তাপ নষ্ট না হয়, তবে বেশি তাপমাত্রার বস্তুটি যে পরিমাণ তাপ বর্জন করবে কম তাপমাত্রার বস্তুটি ঠিক সেই পরিমাণ তাপ গ্রহণ করবে। অর্থাৎ মোট বর্জিত তাপ = মোট গৃহীত তাপ।

এই নীতিটি কাজে লাগিয়ে সহজেই তাপ শক্তির পরিমাণ পরিমাপ করা যায়। এ জন্য এটিকে তাপ পরিমাপের বা ক্যালরিমিতির মূল নীতি বলে অভিহিত করা হয়। বস্তুর দৈর্ঘ্য বা ভর মাপার জন্য সরাসরি যেমন পরিমাপক যন্ত্র বা স্কেল আছে, তাপ পরিমাপের জন্য এ ধরণের কোন ব্যবস্থা নেই। তাই তাপের পরিমাণ পরিমাপের জন্য এই নীতিটি কাজে লাগে। পরবর্তি অনুচ্ছেদগুলিতে কিভাবে এই নীতি ব্যবহার করে তাপ পরিমাপ করা যায় তা দেখনো হবে।

s আপেক্ষিক তাপের m ভরের একটি বস্তুতে Q তাপ প্রদান করায় তাপমাত্রা θ_1 থেকে বৃদ্ধি পেয়ে θ_2 হলে, বস্তুটি কর্তৃক গৃহীত তাপ, $Q = ms(\theta_2 - \theta_1)$ ... ... (৬.২৫)

আবার s আপেক্ষিক তাপের mভরের কোনো বস্তু থেকে Q পরিমাণ তাপ অপসারণ করলে যদি তাপমাত্রা θ_2 থেকে হ্রাস পেয়ে θ_1 হয় তাহলে বস্তুটি কর্তৃক বর্জিত তাপ, $Q = ms(\theta_1 - \theta_2)$ ... ... (৬.২৬)

গাণিতিক উদাহরণ ৬.৬

500 g ভরের এক টুকরো ধাতু খন্ডকে 100°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করে, একটি কাচ পাত্রে 15°C তাপমাত্রায় রক্ষিত 200 g পানির মধ্যে ডুবিয়ে দেয়া হলো। কিছুক্ষণের মধ্যে পানি এবং ধাতু খন্ডের চূড়ান্ত তাপমাত্রা হলো 21°C। ধাতব টুকরার আপেক্ষিক তাপ কত হবে? (এক্ষেত্রে পানির আপেক্ষিক তাপ, s = 4200 $Jkg^{-1}K^{-1}$ এবং কাচপাত্রের শোষিত তাপ নগণ্য)।

সমাধান ঃ

আমরা জানি ,

ধাতুর বর্জিত তাপ= $m_1 s_1 \triangle\theta = m_1 s_1 (\theta_1 - \theta_2)$

এবং পানির গৃহীত তাপ = $m_2 s \triangle\theta = m_2 s (\theta_2 - \theta)$

আবার, যেহেতু

বর্জিত তাপ = গৃহীত তাপ

$\therefore\ m_1 s_1 (\theta_1 - \theta_2) = m_2 s (\theta_2 - \theta)$

এখানে

ধাতু খন্ডের ভর, m_1 = 500 g = 0.5 kg

ধাতুর প্রাথমিক তাপমাত্রা $\theta_1 = 100°C$

পানির ভর, m_2 = 200 g = 0.2 kg

পানির প্রাথমিক তাপমাত্রা, $\theta = 15°C$

ধাতু ও পানির চূড়ান্ত তাপমাত্রা, $\theta_2 = 21°C$

পানির আপেক্ষিক তাপ, s = 4200 $Jkg^{-1}K^{-1}$

ধাতুর আপেক্ষিক তাপ, s_1 = ?

বা, $0.5\ kg \times s_1 \times (100°C - 21°C) = 0.2\ kg \times 4200\ Jkg^{-1}K^{-1} \times (21°C - 15°C)$

বা, $0.5\ kg \times s_1 \times (79\ K) = 0.2\ kg \times 4200\ Jkg^{-1}K^{-1} \times (6K)$

বা, $s_1 = \frac{0.2kg \times 4200\ Jkg^{-1}K^{-1} \times 6K}{0.5\ kg \times 79\ K} = \frac{5040}{39.5} Jkg^{-1}K^{-1} = 127.6\ Jkg^{-1}K^{-1}$

উত্তর ঃ 128 $Jkg^{-1}K^{-1}$

সার-সংক্ষেপঃ

তাপ ধারণ ক্ষমতা ঃ কোনো বস্তুর তাপমাত্রা 1K বাড়াতে বা কমাতে যে পরিমাণ তাপের প্রয়োজন তাকে ঐ বস্তুর তাপ ধারণ ক্ষমতা বলে। বস্তুর তাপমাত্রা $\Delta\theta$ বাড়াতে Q পরিমাণ তাপ লাগলে,

ঐ বস্তুর তাপধারণ ক্ষমতা, $C = \frac{Q}{\Delta\theta}$

তাপধারণ ক্ষমতার একক ঃ JK^{-1}।

আপেক্ষিক তাপ ঃ 1 kg ভরের কোনো বস্তুর তাপমাত্রা 1K বাড়াতে বা কমাতে যে পরিমাণ তাপের প্রয়োজন হয় তাকে ঐ বস্তুর উপাদানের আপেক্ষিক তাপ বলে। বস্তুর আপেক্ষিক তাপ $s = \frac{Q}{m\Delta\theta}$ ।

আপেক্ষিক তাপের একক ঃ $Jkg^{-1}K^{-1}$

সূত্র ঃ তাপধারণ ক্ষমতা = ভর × আপেক্ষিক তাপ, $C = ms$

তাপ পরিমাপের মূল নীতি ঃ বর্জিত তাপ = গৃহীত তাপ

বর্জিত বা গৃহীত তাপ, $Q = ms\Delta\theta$

পাঠোত্তর মূল্যায়ন -৬.৪

সঠিক উত্তরের পাশে টিক $(\surd)$ চিহ্ন দিন।

১। তাপধারণ ক্ষমতার একক কী ?

(ক) জুল (খ) কেলভিন প্রতি জুল

(গ) কেলভিন (ঘ) জুল প্রতি কেলভিন

২। একই উপাদানের (পদার্থের) তাপধারণ কম বেশি হয় -

(ক) বস্তুর ভরের তারতম্যের জন্য (খ) একই উপাদানের তাপধারণ ক্ষমতা কম বেশি হয় না

(গ) বস্তুর পদার্থের তারতম্যের জন্য (ঘ) কোনোটিই নয়

৩। 1 kg ভরের কোন বস্তুর তাপমাত্রা 1K বাড়াতে যে পরিমাণ তাপের প্রয়োজন হয় তা ঐ বস্তুর উপাদানের

(ক) তাপীয় একক (খ) তাপধারণ ক্ষমতা

(গ) তাপ বৃদ্ধির পরিমাণ (ঘ) আপেক্ষিক তাপ

৪। নিচের কোনটি বস্তুর আপেক্ষিক তাপ ?

(ক) ভর × আপেক্ষিক তাপ (খ) ভর × তাপধারণ ক্ষমতা

(গ) $\frac{\text{তাপধারণ ক্ষমতা}}{\text{ভর}}$ (ঘ) $\frac{\text{ভর}}{\text{তাপধারণ ক্ষমতা}}$

পাঠ-৫ অবস্থার পরিবর্তন (Change of state)

উদ্দেশ্য

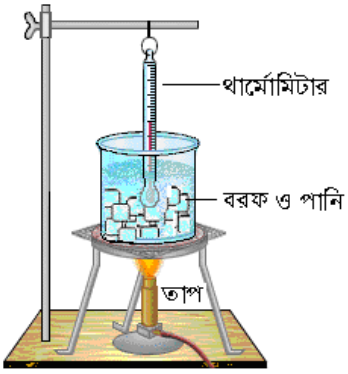
এই পাঠের শেষে আপনি

১. পদার্থের অবস্থার পরিবর্তনে তাপের প্রভাব ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
২. গলন, বাষ্পীভবন ও ঘনীভবন ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
৩. গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
৪. গলনাঙ্কের উপর চাপের প্রভাব ব্যাখ্যা করতে পারবেন।

৬.৫.১ তাপ প্রয়োগে বস্তুর অবস্থার পরিবর্তন (Change of state of matters due to Heat)

চিত্র ৬.৯ দেখুন, একটি বিকারে কয়েক টুকরো বরফ নিয়ে তার মধ্যে একটি থার্মোমিটার খাড়া করে বসানো হয়েছে এবং বিকারটিতে তাপ দেয়া হচ্ছে। লক্ষ্য করলে দেখবেন প্রতি সেকেন্ডে থার্মোমিটারের পাঠ অর্থাৎ তাপমাত্রা বাড়ছে।

আপনি প্রতি ১ মিনিট পরপর থার্মোমিটারের পাঠ রেকর্ড করতে থাকুন। দেখবেন তাপমাত্রা বাড়তে থাকবে। কিন্তু হঠাৎ একসময় দেখবেন তাপমাত্রার বৃদ্ধি থেমে গেছে। বিকারে তাপ প্রয়োগ অব্যাহত থাকলেও তাপমাত্রা আর বাড়বে না। কিন্তু দেখবেন বিকারের মধ্যের বরফ গলতে শুরু করবে।



চিত্র ঃ ৬.৯ বরফের গলন ও পানির স্ফুটন

যতক্ষণ সমস্ত বরফ গলা শেষ না হবে ততক্ষণ তাপমাত্রা স্থির থাকবে। হঠাৎ দেখবেন বরফ গলা শেষ হলেই তাপমাত্রা আবার বাড়তে শুরু করেছে। তখন পাত্রে কেবল তরল পানিই আছে। এবার দেখবেন তাপমাত্রা বেড়েই চলবে। কিন্তু না হঠাৎ একসময় দেখা যাবে থার্মোমিটারের পাঠ নিদিষ্ট বিন্দুতে এসে আবার স্থির হয়ে গেছে। আর তখনই পানি ফুটতে শুরু করবে। পানি ফুটা শেষ না হওয়া পর্যন্ত অর্থাৎ পাত্রের সমস্ত তরল পদার্থ বাষ্পীভূত না হওয়া পর্যন্ত তরলের তাপমাত্রা আর বাড়বে না। যখন পাত্রে পানি অবশিষ্ট থাকবে না কেবল বাষ্প থাকবে তখনই তাপমাত্রা বাড়তে শুরু করবে। (তক্ষুনি তাপ দেয়া বন্ধ করতে হবে। না হলে দুর্ঘটনার ঘটতে পারে।)

এভাবেই দেখা যায় তাপ প্রয়োগের সাথে বস্তুর অবস্থা পরিবর্তন ঘটে। আবার বিপরীত ভাবে পানির বাষ্পকে ঠান্ডা করতে থাকলে অর্থাৎ তাপ বের করে নিলে এক সময় তরল পানিতে রূপান্তরিত হয়।এবং তরল পানির তাপ বের করে নিতে থাকলে এক সময় তা কঠিন বরফে রূপান্তরিত হয়।

৬.৫.২ গলন, বাষ্পীভবন ও ঘনীভবন (Fusion, Vaporization and Condensation)

গলন ও গলনাঙ্ক ঃ কোনো বস্তুর কঠিন অবস্থা থেকে তরল অবস্থায় রূপান্তরিত হওয়ার প্রক্রিয়াকে গলন বলে। নির্দিষ্ট চাপে যে নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কঠিন পদার্থ গলে তরলে রূপান্তরিত হয় তাকে ঐ পদার্থের গলনাঙ্ক বলে। এক বায়ু মন্ডলীয় চাপে বরফের গলনাংক $0^{\circ}C$। সমস্ত পদার্থ না গলা পর্যন্ত তাপমাত্র অপরিবর্তিত থাকে।

বাষ্পীভবন ঃ কোনো বস্তুর তরল অবস্থা থেকে গ্যাসীয় অবস্থায় রূপান্তরিত হওয়ার প্রক্রিয়াকে বাষ্পীভবন বলে। বাষ্পীভবন দু ভাবে সংঘটিত হয়। (১) স্বতঃবাষ্পীভবন বা বাষ্পায়ন এবং (২) স্ফুটন।

স্বতঃবাষ্পীভবন বা বাষ্পায়ন ঃ লক্ষ্য করেছেন ভিজা কাপড় নেড়ে রাখলে কিছুক্ষণের মধ্যে শুকিয়ে যায়, পাকা মেঝের উপর খানিকটা পানি পড়লে তাও কিছুক্ষণের মধ্যে শুকিয়ে যায়।পানি কোথায় যায় ? বাষ্প হয়ে উড়ে যায়। কেরোসিনের

বোতলের মুখ খোলা রাখলে কেরসিন বাষ্প হয়ে উড়ে যায়। কোনো ক্ষেত্রে আমাদের অতিরিক্ত তাপ প্রয়োগ করতে হয় না। পরিবেশ থেকেই প্রয়োজনীয় তাপ সংগ্রহ করে তরল উপরিতল থেকে ধীরে ধীরে বাষ্পে পরিণত হয়। এই প্রক্রিয়াকে স্বতঃবাষ্পীভবন বা বাষ্পায়ন বলা হয়।

স্ফুটন ঃ তাপ প্রয়োগ করে নির্দিষ্ট চাপে যে নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কোনো তরল পদার্থের দ্রুত বাষ্পীভবন ঘটানোর প্রক্রিয়াকে স্ফুটন বলে। যে নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কোনো তরল পদার্থের স্ফুটন সংঘটিত হয় তাকে ঐ পদার্থের স্ফুটনাঙ্ক বলে। এক বায়ু মন্ডলীয় চাপে পানির স্ফুটনাঙ্ক $100°C$।

ঘনীভবন ঃ তাপমাত্রা কমিয়ে কোনো বায়বীয় বা গ্যাসীয় পদার্থকে তার তরল অবস্থায় রূপান্তরিত করার প্রক্রিয়াকে বলা হয় ঘনীভবন। কোনো বায়বীয় পদার্থের তাপ হ্রাস করে একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় এলে ঐ পদার্থের ঘনীভবন শুরু হয়। ঐ নির্দিষ্ট তাপমাত্রাটি মূলত ঐ পদার্থের স্ফুটনাঙ্ক। তাপ হ্রাস করার প্রক্রিয়া অব্যাহত রাখলে তাপমাত্রা স্ফুটনাঙ্কে অপরিবর্তিত থেকে ঘনীভবন চলতে থাকে। ঘনীভবন শেষ না হওয়া পর্যন্ত তরলের বা বায়বীয় পদার্থের তাপমাত্রা স্ফুটনাঙ্কে স্থির থাকে।

৬.৫.৩ গলনাঙ্কের উপর চাপের প্রভাব (Effect of pressure on Melting Point : Regelation)

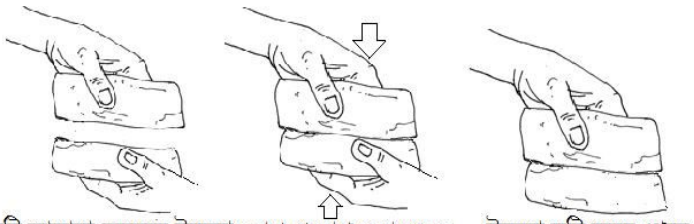
পদার্থের উপর চাপ গলনাঙ্ককে প্রভাবিত করে। চাপের জন্য গলনাঙ্ক দু' ভাবে প্রভাবিত হতে পারে।

(ক) কিছু কিছু পদার্থ কঠিন অবস্থা থেকে তরল অবস্থায় রূপান্তরের সময় আয়তন বৃদ্ধি পায় যেমন মোম, তামা ইত্যাদি। চাপ বাড়ালে ঐসব পদার্থের গলনাঙ্ক বেড়ে যায়। অর্থাৎ বেশি তাপমাত্রায় গলে। বর্ধিত চাপ পদার্থের আয়তন কমিয়ে দেয় ফলে গলনাঙ্ক বেড়ে যায়।

(খ) কিছু কিছু পদার্থ কঠিন অবস্থা থেকে তরল অবস্থায় রূপান্তরের সময় আয়তন হ্রাস পায় যেমন লোহা, বরফ, বিসমাথ ইত্যাদি। চাপ বাড়ালে ঐসব পদার্থের গলনাঙ্ক কমে যায়। অর্থাৎ এরা কম তাপমাত্রায় গলে। বর্ধিত চাপ পদার্থের আয়তন সংকোচনের সুবিধা করে দেয়। ফলে গলনাঙ্ক কমে যায়। পুনঃশিলীভবন আপনার পরিচিত গলনাঙ্কের উপর চাপের প্রভাবের একটি সুন্দর উদাহরণ।

পুন:শিলীভবন : (Regelation)

কয়েকটি বরফের ছোট ছোট টুকরো হাতের মুঠোতে নিয়ে জোরে চেপে ধরে ছেড়ে দিন। দেখবেন সবগুলো টুকরো কেমন জোড়া লেগে এক হয়ে গেছে (চিত্র ৬.১০)। এবার টুকরোগুলো আলাদা করার চেষ্টা করুন। না এদের আর আলাদা করা যাবে না। তবে ভেঙ্গে নতুন করে টুকরো করা যাবে। কিন্তু সেই টুকরোগুলো আগের মতো হবে না। টুকরোগুলো এভাবে জোড়া লেগে একটি টুকরো হওয়ার কারণ কখনও ভেবে দেখেছেন কি?



চিত্র ঃ ৬.১০

আমরা জানি বরফের গলনাঙ্ক $0°C$। অর্থাৎ পানি $0°C$ তাপমাত্রায় জমে বরফ হয় বা গলে পানি হয়। যখন বরফের টুকরোগুলোর উপর চাপ দেয়া হয় তখন টুকরোগুলোর সংযোগ স্থলের তাপমাত্রা $0°C$ থাকে কিন্তু গলনাঙ্ক $0°C$ এর নিচে নেমে যায়, ফলে ঐ এলাকার বরফ গলে যায়। অতঃপর এই চাপ অপসারণ করলে সংযোগ স্থলের গলনাঙ্ক আবার $0°C$ তে ফিরে আসে। ফলে সংযোগ স্থলের বরফ গলা পানি জমাট বেঁধে বরফের টুকরোগুলোকে জুড়ে দেয়।

এভাবে চাপ প্রয়োগ করে কঠিন বস্তুকে তরলে পরিণত করে আবার চাপ তুলে নিলেই এরা পুনরায় শিলায় বা কঠিন অবস্থায় ফিরে আসে (চিত্র ঃ ৬.১০)।

চাপ প্রয়োগের ফলে কঠিন বস্তুর গলে তরলে পরিণত হওয়া এবং চাপ প্রত্যাহারে আবার কঠিন অবস্থায় ফিরে আসার প্রক্রিয়াকে পুন:শিলীভবন বলে।

স্বাভাবিক চাপে বরফের গলনাঙ্ক $0°C$, কিন্তু বায়ুশূন্য স্থানে বরফের গলনাঙ্ক $0.0078°C$। সুতরাং এক বায়ু মন্ডলীয় চাপে অর্থাৎ 76 cm পারদ চাপের পরিবর্তনের জন্য বরফের গলনাঙ্ক $0.0078°C$ পরিবর্তিত হয়।

সার-সংক্ষেপঃ

গলন ও গলনাঙ্ক ঃ কোনো বস্তুর কঠিন অবস্থা থেকে তরল অবস্থায় রূপান্তরিত হওয়াকে গলন বলে। নির্দিষ্ট চাপে যে নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কঠিন পদার্থ গলে তরলে রূপান্তরিত হয় তাকে ঐ পদার্থের গলনাঙ্ক বলে। এক বায়ু মন্ডলীয় চাপে বরফের গলনাংক $0°C$।

স্ফুটন ও স্ফুটনাঙ্ক ঃ কোনো বস্তুর তরল অবস্থা থেকে গ্যাসীয় অবস্থায় রূপান্তরিত হওয়াকে স্ফুটন বলে। নির্দিষ্ট চাপে যে নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কোনো তরল পদার্থের স্ফুটন সংঘটিত হয় তাকে ঐ পদার্থের স্ফুটনাঙ্ক বলে। এক বায়ু মন্ডলীয় চাপে পানির স্ফুটনাঙ্ক $100°C$।

বাষ্পায়ন ঃ পরিবেশ থেকেই প্রয়োজনীয় তাপ সংগ্রহ করে উপরিতল থেকে তরল পদার্থের ধীরে ধীরে বাষ্পে পরিণত হওয়ার প্রক্রিয়াকে স্বতঃবাষ্পীভবন বা বাষ্পায়ন বলা হয়।

ঘনীভবন ঃ তাপমাত্রা কমিয়ে কোনো বায়বীয় বা গ্যাসীয় পদার্থকে তার তরল অবস্থায় রূপান্তরিত করার প্রক্রিয়াকে বলা হয় ঘনীভবন।

পুনঃশিলীভবন ঃ চাপ প্রয়োগের ফলে কঠিন বস্তুর গলে তরলে পরিণত হওয়া অতঃপর চাপ প্রত্যাহারে আবার কঠিন অবস্থায় ফিরে আসার প্রক্রিয়াকে পুন:শিলীভবন বলে।

পাঠোত্তর মূল্যায়ন - ৬.৫

সঠিক উত্তরের পাশে টিক $(\surd)$ চিহ্ন দিন।

১। কত চাপে পানির স্ফুটনাঙ্ক $100°C$ হবে ?

(ক) যে কোন চাপে (খ) এক বায়ুমন্ডলীয় চাপে

(গ) 1 প্যাসকেল চাপে (ঘ) 780 mm চাপে

২। বরফের টুকরোর উপর চাপ প্রয়োগ করলে এর গলনাঙ্কের কী হয় ?

(ক) বেড়ে যায় (খ) সর্বনিম্ন $0°C$ হয়

(গ) $0°C$ এর কম হয় (ঘ) অপরিবর্তিত থাকে

৩। কক্ষ তাপমাত্রায় পানির বাস্প হওয়া–প্রক্রিয়াটির নাম কী ?

(ক) বাষ্পায়ন (খ) স্ফুটন

(গ) ঘনীভবন (ঘ) গলন

পাঠ-৬ সুপ্ত তাপ (Latent Heat)

উদ্দেশ্য

এই পাঠের শেষে আপনি

১. গলনের সুপ্ত তাপ ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
২. বাষ্পীভবনের সুপ্ততাপ ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
৩. বাষ্পায়ন ও শীতলীকরণের কারণ ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
৪. বাষ্পায়নের উপর বিভিন্ন বিষয়ের প্রভাব বর্ণনা করতে পারবেন।

৬.৬.১ পদার্থের অবস্থা পরিবর্তনে সুপ্ততাপ (Latent Heat for Change of state of matter)

আমরা জেনেছি তাপ প্রয়োগ করলে পদার্থের তাপমাত্রা বাড়ে একথা সব সময় সত্য নয়। তাপ প্রয়োগ অব্যাহত থাকলেও বরফ গলা শুরু হয়ে সম্পূর্ণ বরফ পানি না হওয়া পর্যন্ত তাপমাত্রা বাড়ে না, গলনাঙ্কে (0°C) স্থির থাকে। এক্ষেত্রে প্রযুক্ত তাপ বরফের অবস্থা রূপান্তরে ব্যয় হয় তাই তাপমাত্রা বাড়ে না।

আবার একইভাবে পানির তাপমাত্রা স্ফুটনাঙ্কে (100°C) পৌঁছার পর সম্পূর্ণ পানি বাষ্পে রূপান্তরিত না হওয়া পর্যন্ত তাপমাত্রা স্ফুটনাঙ্কে স্থির থাকে। এক্ষেত্রে প্রযুক্ত তাপ পানির অবস্থা রূপান্তরে ব্যয় হয় তাই তাপমাত্রা বাড়ে না।

যে তাপ পদার্থের তাপমাত্রার পরিবর্তন না ঘটিয়ে কেবল অবস্থার পরিবর্তন ঘটায় তাকে ঐ পদার্থের অবস্থা পরিবর্তনের সুপ্ত তাপ বলে। এই সুপ্ত তাপ দুই পর্যায়ের : গলনের সুপ্ত তাপ এবং বাষ্পীভবনে সুপ্ত তাপ।

এই তাপ শক্তি পদার্থের তাপমাত্রা পরিবর্তন করে না, কিন্তু আন্তঃআণবিক বন্ধন শিথিল করে। এ কারণে কঠিন পদার্থের অণুগুলোর মধ্যের আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বল বা বন্ধন শিথিল হয়ে তরলে রূপান্তরিত হয়। আবার তরল অণুগুলোর আন্তঃআণবিক বন্ধন ছিন্ন করে গ্যাসীয় অবস্থায় রূপান্তরিত হয়। আসলে এই তাপ শক্তি বস্তুর অবস্থা রূপান্তরে ব্যয় হয়। এখানে কঠিন থেকে তরলে এবং তরল থেকে বায়বীয় অবস্থায় রূপান্তর হয়।

গলনের সুপ্ত তাপ (Latent Heat of Fussion)
তাপমাত্রার পরিবর্তন না ঘটিয়ে কোনো কঠিন পদার্থকে সম্পূর্ণরূপে তরলে রূপান্তরিত করতে যে পরিমাণ তাপের প্রয়োজন তাকে ঐ বস্তুর গলনের সুপ্ত তাপ বলে।

বাষ্পীভবনের সুপ্ত তাপ (Latent Heat of Vaporisation) তাপমাত্রার পরিবর্তন না ঘটিয়ে কোনো তরল পদার্থকে সম্পূর্ণরূপে গ্যাসীয় অবস্থায় রূপান্তরিত করতে যে পরিমাণ তাপের প্রয়োজন তাকে ঐ বস্তুর বাষ্পীভবনের সুপ্ত তাপ বলে।

৬.৬.২ বাষ্পায়ন ও শীতলীকরণ (Evaporation and cooling)

হাতের তালুটি চিৎ করে ধরে তার উপর কয়েক ফোঁটা স্পিরিট ফেলুন। কী অনুভব করছেন ? হাতের তালুটি বেশ ঠান্ডা লাগছে। লক্ষ্য করুন তালুর উপরের স্পিরিটের ফোঁটাগুলো বাতাসে মিলিয়ে গেছে? ভেবে দেখেছেন এক্ষেত্রে কী ঘটে? স্পিরিট বাষ্পায়ন বা স্বতঃবাষ্পীভবন প্রক্রিয়ায় বাষ্প হয়ে যায়। আমরা জানি তরল থেকে বাষ্প হওয়ার জন্য তরলের অনুগুলোর মধ্যে আন্তঃআণবিক বন্ধন মুক্তির প্রয়োজনীয় শক্তি দরকার। বাইরের থেকে তাপ প্রয়োগ করলে তরল এই শক্তি পায়। অবস্থা পরিবর্তনের এই শক্তিকে আমরা বাষ্পীভবনের সুপ্ত তাপ নামে অভিহিত করেছি। ভেবে দেখুন হাতের তালুর উপরের স্পিরিট বাষ্পীভবনের সুপ্ত তাপ কোথায় পায়? আপনার হাতের তালু থেকে। এজন্যই হাতের তালুর তাপ বেরিয়ে যায়। হাতের তালুর তাপ বেরিয়ে যাওয়ায় ফলে ঠান্ডা অনুভূত হয়।

শুধু স্পিরিট নয় পেট্রল, কেরোসিন নিয়ে পরীক্ষা করলেও একই ঘটনা পর্যবেক্ষণ করবেন। এমনকি পানি দিয়েও পরীক্ষা করতে পারেন। একটি ভিজা গামছা চিপড়ে নিয়ে তা দিয়ে গা মুছে বৈদ্যুতিক ফ্যানের বাতাসে দাঁড়ান। আপনার গায়ে লেগে থাকা সূক্ষ্ম জলকণাগুলোর বাষ্পায়ন ঘটবে। আপনি শরীরে ঠান্ডা অনুভব করবেন। ঘর্মাক্ত শরীরে ফ্যানের বাতাসে দাঁড়ালেও একই ঘটনা ঘটবে। এভাবে বাষ্পায়ন থেকে শীতলীকরণ সংঘটিত হয়।

বাষ্পায়ন থেকে শীতলীকরণের নীতিকে কাজে লাগিয়ে রিফ্রিজারেটর তৈরি করা হয়। গরমের দিনে মাটির কলসীতে পানি রেখে পানি ঠান্ডা করা হয়। মাটির কলসীর গায়ে অসংখ্য সূক্ষ্ম ছিদ্র পথে সর্বদা পানি চুঁইয়ে বাইরে আসে। ফলে কলসীর বাইরের গাটি সবসময়ই ভেজা থাকে। এই পানির কণা কলসীর গা এবং সংলগ্ন বাতাস থেকে প্রয়োজনীয় সুপ্ত তাপ সংগ্রহ করে বাষ্প হয়ে উড়ে যায়। কলসীর গা ক্রমশ ঠান্ডা হতে থাকে, ফলে কলসীর ভেতরের পানিও ঠান্ডা হয়। বাষ্পায়ন থেকে শীতলীকরণ প্রক্রিয়াটি আমাদের ব্যবহারিক জীবনে অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ।

৬.৬.৩ বাষ্পায়নের উপর বিভিন্ন বিষয়ের প্রভাব (Effects of various factors on evaporation)

পরিবেশ থেকে সুপ্ত তাপ সংগ্রহ করে কোনো তরল পদার্থের বাষ্পে পরিণত হওয়ার প্রক্রিয়াটি হলো বাষ্পায়ন। এ ক্ষেত্রে তরল পদার্থটিকে স্ফুটনাঙ্কে উত্তপ্ত করা হয় না। এটি একটি স্বতঃস্ফূর্ত ঘটনা। এজন্য প্রক্রিয়াটিকে স্বতঃবাষ্পভবনও বলা হয়। কিন্তু তরলের বাষ্পায়ন সাধারণত বেশ কয়েকটি ঘটনা বা বিষয় দ্বারা প্রভাবিত হয় সেগুলো হলো:

তরলের প্রকৃতি ঃ বিভিন্ন তরল পদার্থের বাষ্পায়নের হার বিভিন্ন। সাধারণত তরলের স্ফুটনাঙ্ক কম হলে বাষ্পায়ন হার বেশি হয়। উদ্বায়ী পদার্থের বাষ্পায়ন হার অত্যন্ত বেশি।

বায়ু প্রবাহ ঃ তরলের উপর বায়ু প্রবাহ বেশি হলে বাষ্পায়ন দ্রুত হয়।

তরলের উপর চাপ ঃ তরলের উপর বায়ু মন্ডলের চাপ বাড়লে বাষ্পায়ন হার কমে যায়। চাপ কমলে বাষ্পায়ন বৃদ্ধি পায়। শূন্য স্থানে বাষ্পায়নের হার সর্বাধিক।

তরলের উপরি তলের ক্ষেত্রফল ঃ বাষ্পায়ন কেবল উপরিতলে সংঘঠিত হয়। তরলের উপরিতলের ক্ষেত্রফল যত বেশি বিস্তৃত হবে বাষ্পায়ন তত বেশি হবে।

তরল তল সংলগ্ন বায়ু বা বাষ্পের তাপমাত্রা ঃ তাপমাত্রা বেশি হলে বাষ্পায়ন দ্রুত হয়।

তরল তল সংলগ্ন বায়ুর আর্দ্রতা ঃ বায়ুর আর্দ্রতা যত কম হয় তরলের বাষ্পায়ন তত দ্রুত হয়।

সার-সংক্ষেপ:

গলনের সুপ্ত তাপ ঃ তাপমাত্রার পরিবর্তন না ঘটিয়ে কোনো কঠিন পদার্থকে সম্পূর্ণরূপে তরলে রূপান্তরিত করতে যে পরিমাণ তাপের প্রয়োজন তাকে ঐ বস্তুর গলনের সুপ্ত তাপ বলে।

বাষ্পীভবনের সুপ্ত তাপ ঃ তাপমাত্রার পরিবর্তন না ঘটিয়ে কোনো তরল পদার্থকে সম্পূর্ণরূপে গ্যাসীয় অবস্থায় রূপান্তরিত করতে যে পরিমাণ তাপের প্রয়োজন তাকে ঐ বস্তুর বাষ্পীভবনের সুপ্ত তাপ বলে।

বাষ্পায়ন যে সব বিষয়ের উপর নির্ভর করে ঃ তরলের প্রকৃতি, বায়ু প্রবাহ, তরলের উপর চাপ, তরলের উপরি তলের ক্ষেত্রফল, তরল তল সংলগ্ন বায়ু বা বাষ্পের তাপমাত্রা, তরল তল সংলগ্ন বায়ুর আর্দ্রতা।

পাঠোত্তর মূল্যায়ন -৬.৬

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (√) চিহ্ন দিন।

১। অনেকে গরম চা প্লেটে ঢেলে ঠান্ডা করেন। এক্ষেতে কোন ঘটনাটি ঘটে?

(ক) শীতলীকরণ দ্রুত হয় (খ) বাষ্পায়ন হার কম হয়

(গ) চা পানে তৃপ্তি বেশি হয় (ঘ) দেখতে ভাল লাগে

২। বাষ্পায়ন কোন বিষয়টির উপর নির্ভর করে না ?
(ক) তরলের প্রকৃতি (খ) তরলের উপর বাতাসের চাপ
(গ) পদার্থের ঘনত্ব (ঘ) তরল তলের ক্ষেত্রফল

৩। নিচের কোন শ্রেণির বস্তুর বাষ্পায়ন হার বেশি ?
(ক) কঠিন (খ) তরল
(গ) উদ্বায়ী (ঘ) মিশ্রণ

পাঠ ৭ ঃ ব্যবহারিক –৯ বরফের গলনাঙ্ক নির্ণয় (Determining the Melting-Point of Ice)

উদ্দেশ্য

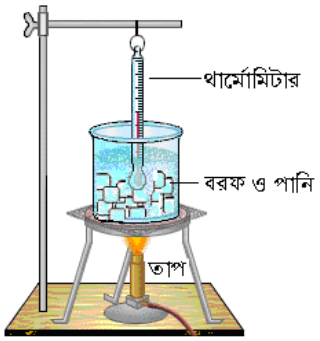
এই পাঠের শেষে আপনি–

১. বরফের গলনাঙ্ক নির্ণয় করতে পারবেন।
২. তাপমাত্রা বনাম সময় লেখ চিত্র অঙ্কন করে বরফের গলনাঙ্ক চিহ্নিত করতে পারবেন।

যন্ত্রপাতি ঃ বিকার, বার্নার বা স্পিরিট ল্যাম্প, থামা ঘড়ি, ক্লাম্প যুক্ত স্ট্যান্ড, ত্রিপদী স্ট্যান্ড, তার জালি, সেলসিয়াস থার্মোমিটার এবং কয়েক টুকরো বরফ।

কার্য প্রণালী ঃ

১. বিকারটি পরিষ্কার করে এর মধ্যে কয়েক টুকরো বরফ নিন। বরফ টুকরোর সাইজ বড় হলে টুকরোগুলো চূর্ণ করে নিন।
২. ত্রিপদী স্ট্যান্ডটির উপর তার জালিটি বসিয়ে তার উপর বরফ পূর্ণ বিকারটি বসান।
৩. বিকারের বরফ চূর্ণের মধ্যে থার্মোমিটারের পারদ কুন্ডটি ডুবিয়ে থার্মোমিটারটিকে ক্ল্যাম্পের সাহায্যে এমনভাবে খাড়া করে স্ট্যান্ডের সাহায্যে ঝুলিয়ে দিন যেন কুন্ডটি বরফের মধ্যে ডুবে থাকে, কিন্তু বিকারের গায়ে স্পর্শ না করে।



চিত্র ঃ ৬.১১

৪. বরফের তাপমাত্রা রেকর্ড করুন এবং তাপ প্রয়োগ শুরু করুন। বরফ গলতে শুরু করবে। সম্পূর্ণ বরফ গলে পানি হবার পরও তাপমাত্রার $20°C$ না হওয়া পর্যন্ত তাপ দিতে থাকুন।
৫. তাপমাত্রা $20°C$ বা তার উপরে হলে তাপ দেয়া বন্ধ করুন এবং বিকার ও পানি ঠান্ডা হতে দিন।
৬. একটি লেখ চিত্রের সুবিধামতো স্কেল নিয়ে X -অক্ষ বরাবর সময় (মিনিট) এবং Y-অক্ষ বরাবর তাপমাত্রা ($°C$) নিয়ে প্রাপ্ত রেকর্ডের লেখ চিত্রটি অঙ্কন করুন।
৭. পরীক্ষণ ডেটা এবং লেখ চিত্র থেকে গলনাংক মান নির্ণয় করুন।

পরীক্ষণ পর্যবেক্ষণ ডেটার ছক

সময়	0 মিঃ	১ম মিঃ	২য় মিঃ	৩য় মিঃ	৪র্থ মিঃ	৫ম মিঃ	৬ষ্ঠ মিঃ	৭ম মিঃ	.....	
তাপমাত্রা										

ফলাফল ও সিদ্ধান্ত

পর্যবেক্ষণ ডেটা থেকে প্রাপ্ত

বরফের গলনাঙ্ক ঃ ..... °C

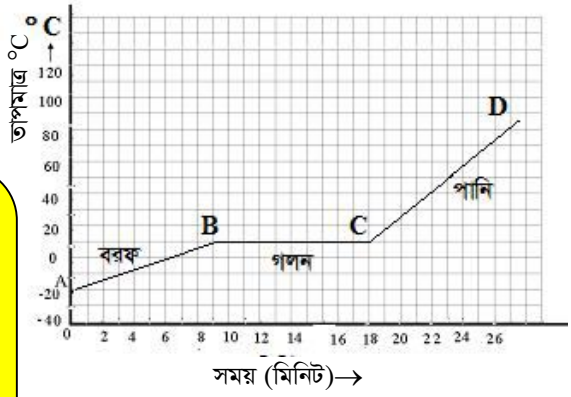
লেখ চিত্র থেকে প্রাপ্ত

বরফের গলনাঙ্কর ঃ ... . °C

সতর্কতা ঃ

- বিকারের বরফ চূর্ণের মধ্যে থার্মোমিটারের পারদ কুন্ডটি যেন সম্পূর্ণভাবে ডুবে থাকে
- তার জালির উপর না বসিয়ে সরাসরি বিকারে তাপ দেবেন না।

লেখ চিত্রের নমুনা



চিত্র ঃ ৬.১২ তাপমাত্রা বনাম সময় লেখ

পাঠ ৮ঃ ব্যবহারিক-১০ পানির স্ফুটনাঙ্ক নির্ণয় (To Determine the Boiling point of water)

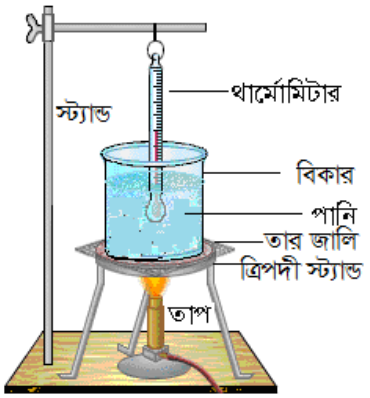
উদ্দেশ্য ঃ এই পাঠের শেষে আপনি

১. পানির স্ফুটনাঙ্ক নির্ণয় করতে পারবেন।
২. তাপমাত্রা বনাম সময় লেখ চিত্র অঙ্কন করে পানির স্ফুটনাঙ্ক চিহ্নিত করতে পারবেন।

যন্ত্রপাতি ঃ বিকার, বার্নার বা স্পিরিট ল্যাম্প, স্টপ ওয়াচ, ক্ল্যাম্প যুক্ত স্ট্যান্ড, ত্রিপদী স্ট্যান্ড ও তার জালি, সেলসিয়াস থার্মোমিটার এবং পানি।

কার্য প্রণালী ঃ

১. বিকারটি পরিষ্কার করে এর মধ্যে অর্ধেক পরিমাণ পানি নিন।
২. ত্রিপদী স্ট্যান্ডটির উপর তার জালিটি বসিয়ে তার উপর পানি পূর্ণ বিকারটি বসান।
৩. বিকারের পানির মধ্যে থার্মোমিটারের পারদ কুন্ডটি ডুবিয়ে থার্মেমিটারটিকে ক্ল্যাম্পের সাহায্যে এমনভাবে খাড়া করে স্ট্যান্ডের সাহায্যে ঝুলিয়ে দিন যেন কুন্ডটি পানির মধ্যে ডুবে, কিন্তু বিকারের গায়ে স্পর্শ না করে।
৪. পানির তাপমাত্রা রেকর্ড করুন এবং বিকারটিতে তাপ দিন।
৫. পানি গরম হতে শুরু করবে। প্রতি মিনিটে পানির তাপমাত্রা রেকর্ড করুন।



চিত্র ৬.১৩

৬. পানি ফুটতে শুরু করবে, পানি ফুটা শুরু হওয়ার পরেও ৭/৮ মিনিট ধরে তাপ দিতে থাকুন এবং প্রতি মিনিটে তাপমাত্রা রেকর্ড করুন। এরপর তাপ প্রয়োগ বন্ধ করে পানি ঠান্ডা হতে দিন।

৭. একটি লেখ চিত্রের সুবিধামতো স্কেল নিয়ে X -অক্ষ বরাবর সময় (মিনিট) এবং Y-অক্ষ বরাবর তাপমাত্রা (°C) নিয়ে প্রাপ্ত রেকর্ডের লেখ চিত্রটি অঙ্কন করুন।

৮. পরীক্ষণ ডেটা এবং লেখ চিত্র থেকে স্ফুটনাঙ্ক মান নির্ণয় করুন।

পরীক্ষণ পর্যবেক্ষণ ডেটার ছক

সময়	0 মিঃ	১ম মিঃ	২য় মিঃ	৩য় মিঃ	৪র্থ মিঃ	৫ম মিঃ	৬ষ্ঠ মিঃ	৭ম মিঃ	.....	
তাপমাত্রা										

ফলাফল ও সিদ্ধান্ত

পর্যবেক্ষণ ডেটা থেকে প্রাপ্ত

পানির স্ফুটনাঙ্ক ঃ ..... °C

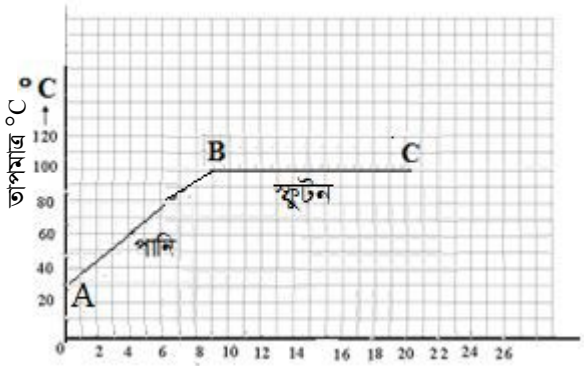
লেখ চিত্র থেকে প্রাপ্ত

পানির স্ফুটনাঙ্ক ঃ ... .°C

সতর্কতা ঃ

- বিকারের পানির মধ্যে থার্মোমিটারের পারদ কুন্ডটি যেন সম্পূর্ণভাবে ডুবে থাকে ।
- তারজালির উপর না বসিয়ে সরাসরি বিকারে তাপ দেবেন না।

লেখ চিত্রের নমুনা



চিত্র ঃ ৬.১৪ তাপমাত্রা বনাম সময় লেখ

চূড়ান্ত মূল্যায়ন- ৬

ক. সাধারণ বহুনির্বাচনী প্রশ্ন ঃ

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (√) চিহ্ন দিন।

১। থার্মোমিটারের ঊর্ধ স্থিরাঙ্ক কত ?

(ক) হিমাঙ্ক বা বাস্প বিন্দু
(খ) পানি যে তাপমাত্রায় ফুটতে থাকে
(গ) স্ফুটনাঙ্ক বা বরফ বিন্দু
(ঘ) পানি যে তাপমাত্রায় বাস্প হয়

২। তাপ পরিমাপের আন্তর্জাতিক একক কোনটি ?

(ক) সেলসিয়াস
(খ) কেলভিন
(গ) ক্যালরিমিটার
(ঘ) ফারেনহাইট

৩। ঊর্ধ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক α, ক্ষেত্র প্রসারণ গুণাঙ্ক β এবং আয়তন প্রসারণ গুণাঙ্ক γ হলে নিচের কোন সম্পর্কটি সঠিক?

(ক) $\alpha = 2\beta$
(খ) $\alpha = 3\ \gamma$
(গ) $\alpha = \beta = \gamma$
(ঘ) $\beta = \frac{2}{3}\ \gamma$

৪। তাপ প্রয়োগে নিচের কোন পদার্থের প্রসারণ সব চেয়ে বেশি হয়?

(ক) কঠিন
(খ) তরল
(গ) বায়বীয়
(ঘ) পদার্থের উপাদানের উপর নির্ভর করে

৫। প্রকৃত প্রসারণ গুণাঙ্ক = γ_r, আপাত প্রসারণ গুণাঙ্ক = γ_a এবং পাত্রের পদার্থের প্রসারণ গুণাঙ্ক = γ_g হলে নিচের কোন সমীকরণটি সঠিক নয় ?

(ক) $\gamma_r = \gamma_a + \gamma_g$ (খ) $\gamma_r = \gamma_a - \gamma_g$

(গ) $\gamma_a = \gamma_r - \gamma_g$ (ঘ) $\gamma_g = \gamma_r - \gamma_a$

খ. বহুপদী সমাপ্তিসূচক বহুনির্বাচনী প্রশ্ন ঃ

১। কোনো বস্তুর তাপ ধারণ ক্ষমতা নির্ভর করে বস্তুটির-

i. আপেক্ষিক তাপের উপর।
ii. ভরের উপর।
iii. তাপমাত্রার উপর।

নিচের কোনটি সঠিক?

ক) i ও ii খ) ii ও iii গ) iii ও i ঘ) i, ii ও iii

২। সুপ্ত তাপ মূলত দুটি কাজ করে, তা হলো–

i. বস্তুর তাপমাত্রার পরিবর্তন ঘটায়।
ii. বস্তুর অবস্থার পরিবর্তন ঘটায়।
iii. বস্তুর কণাগুলোর আন্তঃআনবিক বন্ধন শিথিল করে।

নিচের কোনটি সঠিক?

ক) i ও ii খ) ii ও iii গ) iii ও i ঘ) i, ii ও iii

গ. অভিন্ন তথ্য ভিত্তিক বহু নির্বাচনী প্রশ্ন ঃ

নিচের বক্সের তথ্যগুলি পড়ুন এবং ১-৪ নম্বর প্রশ্নের সঠিক উত্তরটিতে টিক দিন।

সুতপা স্কুলে যাওয়ার সময় দুধ খেতে যেয়ে দেখল দুধ ভীষণ গরম। মাকে বলল –'মা দুধ অনেক গরম, ঠান্ডা হতে সময় লাগবে। আমার দেরী হয়ে যাচ্ছে।' দুধ না খেয়েই সুতপা স্কুলে রওনা হচ্ছিল। মা তাড়াতাড়ি একটি বড় থালায় দুধ ঢেলে তার উপর হাত পাখা দিয়ে এক মিনিট বাতাস করলেন। এর পর আর একটি ঠান্ডা গ্লাসে দুধটুকু ঢেলে দিয়ে বললেন-'এবার খাও ঠান্ডা হয়ে গেছে'। সুতপা দেখল সত্যি দুধ বেশ ঠান্ডা হয়ে গেছে। সে অবাক হলো। দুধ খেয়ে স্কুলে চলল।

১। দুধ তাড়াতাড়ি ঠান্ডা হলো কোন প্রক্রিয়ায় ?

(ক) স্ফুটন (খ) বাষ্পায়ন
(গ) তাপন (ঘ) বিকিরণ

২। থালায় ঢালার জন্য দুধ দ্রুত শীতল হওয়ার কারণ কোনটি?

(ক) থালটি ঠান্ডা ছিল (খ) হাত পাখার বাতাস খুব ঠান্ডা ছিল
(গ) দুধ সুপ্ততাপ বর্জন করেছিল (ঘ) বাষ্পায়ন থেকে শীতলীকরণ ঘটেছে

৩। এ ক্ষেত্রে গরম দুধের তাপ কোন উপাদান দ্বারা শোষিত হয়েছে ?

(ক) থালাটির নির্মান পদার্থ (খ) দুধের থেকে উড়ে যাওয়া জলীয় বাষ্প
(গ) হাত পাখার নির্মাণ পদার্থ (ঘ) উপরের সব কিছু।

৪। থালায় না ঢেলে গ্লাসে রাখলে দুধ দেরিতে ঠান্ডা হতো। সেক্ষেত্রে কোন প্রক্রিয়ায় দুধ ঠান্ডা হতো ?

(ক) বিকিরণ (খ) পরিচলন
(গ) বাষ্পায়ন (ঘ) পরিবহন

ঘ. সৃজনশীল প্রশ্ন ঃ

১. নিচের বক্সের তথ্যগুলি পড়ুন

অয়ন স্কুলে যাওয়ার সময় দুধ খেতে যেয়ে দেখল দুধ ভীষণ গরম। মাকে বলল –'মা দুধ অনেক গরম, ঠান্ডা হতে সময় লাগবে। আমার দেরী হয়ে যাচ্ছে।' দুধ না খেয়েই অয়ন স্কুলে রওনা হচ্ছিল। মা তাড়াতাড়ি একটি বড় থালায় দুধ ঢেলে তার উপর হাত পাখা দিয়ে এক মিনিট বাতাস করলেন। এর পর আর একটি ঠান্ডা গ্লাসে দুধটুকু ঢেলে দিয়ে বললেন- 'এবার খাও ঠান্ডা হয়ে গেছে'। অয়ন দেখল সত্যি দুধ বেশ ঠান্ডা হয়ে গেছে। সে অবাক হলো। দুধ খেয়ে স্কুলে চলল।

ক. বাষ্পায়নের সংজ্ঞা দিন।

খ. বাষ্পায়ন ও স্ফুটনে মধ্যে পার্থক্য কী?

গ. বাষ্পায়ন থেকে কীভাবে শীতলতার উদ্ভব ঘটে বর্ণনা করুন।

ঘ. থালায় না ঢেলে আর কী ভাবে দুধ ঠান্ডা করা যেত ? সে ক্ষেত্রে সুবিধা অসুবিধাগুলো ব্যাখ্যা করুন।

বহুনির্বাচনী প্রশ্নসমূহের উত্তরমালা

পাঠোত্তর মূল্যায়ন ৬.১ ঃ	১। (গ)	২। (খ)	৩। (ঘ)	৪। (গ)	৫। (গ)
পাঠোত্তর মূল্যায়ন ৬.২ ঃ	১। (ক)	২। (গ)	৩। (ক)	৪। (গ)	
পাঠোত্তর মূল্যায়ন ৬.৩ ঃ	১। (ঘ)	২। (ক)	৩। (ঘ)		
পাঠোত্তর মূল্যায়ন ৬.৪ ঃ	১। (ঘ)	২। (ক)	৩। (ঘ)	৪। (গ)	
পাঠোত্তর মূল্যায়ন ৬.৫ ঃ	১। (খ)	২। (গ)	৩। (ক)		
পাঠোত্তর মূল্যায়ন ৬.৬ ঃ	১। (ক)	২। (গ)	৩। (ক)		

চূড়ান্ত মূল্যায়ন ৬

ক. সাধারণ বহুনির্বাচনী প্রশ্ন ঃ ১। (খ) ২। (গ) ৩। (ঘ) ৪। (গ) ৫। (খ)

খ. বহুপদী সমাপ্তিসূচক বহুনির্বাচনী প্রশ্ন ঃ ১। (ক) ২। (খ)

গ. অভিন্ন তথ্য ভিত্তিক বহু নির্বাচনী প্রশ্ন ঃ ১। (খ) ২। (ঘ) ৩। (খ) ৪। (গ)

ঘ. সৃজনশীল প্রশ্ন ঃ (ক) পাঠ ৬ এর সারসংক্ষেপ দেখুন

(খ) ৬.৫.২ পাঠ্যাংশে দেখুন

(গ) ৬.৬.২ পাঠ্যাংশের সাহায্য নিন

(ঘ) গ্লাসে রেখে দুধের মধ্যে বরফের দিয়ে অথবা বরফের মধ্যে গ্লাসটি ডুবিয়ে দুধকে দ্রুত ঠান্ডা করা যেত । অথবা গ্লাসটি টেবিলের উপর রেখে দিলেও দুধ ধীরে ধীরে ঠান্ডা হতো প্রত্যেক ক্ষেত্রের সুবিধা অসুবিধা আছে তা যুক্তি দিয়ে নিজে বর্ণনা ও ব্যাখ্যা করুন।