

ষষ্ঠ অধ্যায়

বস্তুর উপর তাপের প্রভাব

গুরুত্বপূর্ণ সৃজনশীল প্রশ্ন ও সমাধান

প্রশ্ন -১ > নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

দুটি বৈদ্যুতিক খুঁটির মধ্যবর্তী দূরত্ব 30 m। খুঁটি দুইটির সাথে 30.001 m দৈর্ঘ্যের তামার তার যেদিন সংযোগ দেওয়া হয় ঐদিন বায়ুর তাপমাত্রা ছিল 30°C। তামার দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ $16.7 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ । শীতকালে যেদিন বায়ুর তাপমাত্রা 4°C হলো সেদিন তারটি ছিঁড়ে গেল।

ক. পানির ত্রৈধবিন্দুর সংজ্ঞা দাও।

খ. দুটি বস্তুর তাপ সমান হলেও এদের তাপমাত্রা ভিন্ন হতে পারে কি? ব্যাখ্যা কর।

? গ. বায়ুর তাপমাত্রাকে ফারেনহাইট স্কেলে প্রকাশ কর।

ঘ. তারটি ছিঁড়ে যাবার কারণ গাণিতিক যুক্তিসহ ব্যাখ্যা কর।

>< ১নং প্রশ্নের উত্তর ><

ক. যে নির্দিষ্ট তাপমাত্রা ও চাপে পানি তিনটি অবস্থাতেই অর্থাৎ বরফ, পানি এবং জলীয় বাষ্পরূপে সহাবস্থান করতে পারে তাকে পানির ত্রৈধবিন্দু বলে।

খ. দুটি বস্তুর তাপ সমান হলেও তাদের তাপমাত্রা ভিন্ন হতে পারে। কারণ বস্তুর তাপমাত্রা তাদের তাপের পরিমাণের ওপর নির্ভর করে না, নির্ভর করে বস্তুর তাপীয় অবস্থার ওপর। একই উপাদানের কিন্তু ভিন্ন আকারের দুটি বস্তুর তাপের পরিমাণ সমান হলে ক্ষুদ্রতর বস্তুটির তাপমাত্রা বেশি হবে।

গ. সেলসিয়াস ও ফারেনহাইট স্কেল তাপমাত্রা পরিমাপের দুটি স্কেল, যাদের মৌলিক ব্যবধান এবং যেকোনো তাপমাত্রা ও নিম্ন স্থিরাজ্জের পার্থক্যের অনুপাত সবসময় সমান।

এখানে,

সেলসিয়াসে বায়ুর তাপমাত্রা, $C = 30^\circ\text{C}$

ফারেনহাইটে বায়ুর তাপমাত্রা, $F = ?$

আমরা জানি,

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

$$\text{বা, } 9C = 5(F - 32)$$

$$\text{বা, } 9C = 5F - 160$$

$$\text{বা, } 5F = 9C + 160$$

$$\text{বা, } F = \frac{9C + 160}{5}$$

$$\text{বা, } F = \frac{9 \times 30 + 160}{5}$$

$$\text{বা, } F = \frac{270 + 160}{5}$$

$$\therefore F = \frac{430}{5} = 86$$

\therefore বায়ুর তাপমাত্রা ফারেনহাইট স্কেলে 86°F ।

ঘ. উদ্দীপক হতে, তারের আদি দৈর্ঘ্য, $l_1 = 30.001 \text{ m}$

তারের শেষ দৈর্ঘ্য, $l_2 = ?$

আদি তাপমাত্রা, $\theta_1 = 30^\circ\text{C}$

পরিবর্তিত তাপমাত্রা, $\theta_2 = 4^\circ\text{C}$

\therefore তাপমাত্রার পার্থক্য, $(\theta_1 - \theta_2) = (30^\circ\text{C} - 4^\circ\text{C}) = 26 \text{ K}$

তারের দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ, $\alpha = 16.7 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$

আমরা জানি, $\alpha = \frac{l_1 - l_2}{l_1(\theta_1 - \theta_2)}$

$$\text{বা, } l_1 - l_2 = \alpha l_1(\theta_1 - \theta_2)$$

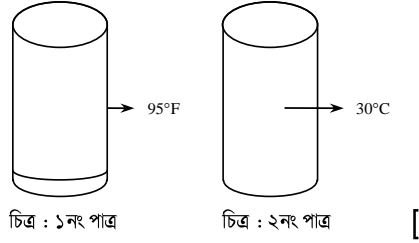
$$\text{বা, } l_2 = l_1 - \alpha l_1(\theta_1 - \theta_2)$$

$$= (30.001 - 16.7 \times 10^{-6} \times 30.001 \times 26) \text{ m}$$

$$= 29.988 \text{ m}$$

দেখা যাচ্ছে, শীতকালে তাপমাত্রা কমে যাওয়ায় তারের দৈর্ঘ্য হ্রাস পেয়ে হয় 29.988 m যা বৈদ্যুতিক খুঁটির মধ্যবর্তী দূরত্ব 30 m অপেক্ষা কম। তাই তারটি ছিঁড়ে গিয়েছে।

প্রশ্ন -২ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :



ক. পদার্থের প্লাজমা অবস্থা কাকে বলে? ১

খ. তামার আপেক্ষিক তাপ $400 \text{ J kg}^{-1}\text{K}^{-1}$ বলতে কী বোঝায়? ২

গ. ১নং পাত্রের তরলের তাপমাত্রা
কেলভিন স্কেলে
কত? ৩

?

ঘ. ২য় পাত্রের তরলের তাপমাত্রা 10°F
বৃদ্ধি করে দুই পাত্রের তরল তাপীয়
সংস্পর্শে আনলে তাপ সম্বলনের
ক্ষেত্রে কী ঘটবে তা বিশ্লেষণ কর। ৪

২নং প্রশ্নের উত্তর

ক. পদার্থের চতুর্থ অবস্থার নাম প্লাজমা। এই প্লাজমা হলো অতি উচ্চ তাপমাত্রায় আয়নিত গ্যাস।

খ. তামার আপেক্ষিক তাপ $400 \text{ J kg}^{-1}\text{K}^{-1}$ বলতে বোঝায়—

i. 1 kg তামার তাপমাত্রা 1 K বাড়াতে 400 J তাপের প্রয়োজন।

ii. 1 kg ভরের তামার তাপধারণ ক্ষমতা 400 J

গ. উদ্দীপকের ১নং পাত্রের

ফারেনহাইট স্কেলে তাপমাত্রা, $F = 95^\circ \text{ K}$

কেলভিন স্কেলে তাপমাত্রা, $K = ?$

আমরা জানি, $\frac{F-32}{180} = \frac{K-273}{5}$

বা, $\frac{95-32}{180} = \frac{K-273}{5}$

বা, $\frac{63}{180} = \frac{K-273}{5}$

বা, $180(K-273) = 63 \times 5$

$$\text{বা, } K - 273 = \frac{63 \times 5}{180}$$

$$\text{বা, } K - 273 = 1.75$$

$$\text{বা, } K = 1.75 + 273$$

$$\therefore K = 274.75$$

অতএব, ১নং পাত্রে তরলের তাপমাত্রা 274.75K

ঘ. উদ্দীপক চিত্রের ২নং পাত্রে তরলের সেনসিয়াস স্কেলে তাপমাত্রা $C = 30^\circ C$

আমরা জানি,

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

$$\text{বা, } \frac{30}{5} = \frac{F - 32}{9}$$

$$\text{বা, } 6 = \frac{F - 32}{9}$$

$$\text{বা, } F - 32 = 54$$

$$\text{বা, } F = 54 + 32$$

$$\therefore F = 86$$

যদি ২নং পাত্রে তরলের তাপমাত্রা $10^\circ F$ বৃদ্ধি করা হয় তবে ২নং পাত্রে তরলের তাপমাত্রা হবে $= 86^\circ F + 10^\circ F = 96^\circ F$ এবং উদ্দীপক চিত্রের ১নং পাত্রে তরলের তাপমাত্রা $= 95^\circ F$

আমরা জানি, ভিন্ন ভিন্ন তাপমাত্রার দুইটি বস্তুর মধ্যে তাপীয় সংযোগ স্থাপন করলে উষ্ণতর বস্তু থেকে শীতলতর বস্তুতে তাপ প্রবাহিত হয় যতক্ষণ না উভয়ের তাপমাত্রা সমান হয়। যে বস্তুর তাপমাত্রা বেশি সে তাপ হারায় আর যে বস্তুর তাপমাত্রা কম সে তাপ গ্রহণ করে।

যেহেতু ১নং পাত্রে তরলের তাপমাত্রা ২নং পাত্রে তরলের তাপমাত্রা অপেক্ষা কম সেহেতু ২নং পাত্রে তরল তাপ হারাবে এবং ১নং পাত্রে তরল সেই তাপ গ্রহণ করবে। উভয় পাত্রে তরলের তাপমাত্রা সমান না হওয়া পর্যন্ত তাপের এই আদান-প্রদান অব্যাহত থাকবে।

প্রশ্ন - ৩ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

একটি রেললাইনে 200m দৈর্ঘ্যের লোহার পাত ব্যবহৃত হয়েছে। দুইটি পাতের মধ্যে 4 সে.মি. ফাঁকা রাখা হয়েছে। তাপমাত্রা স্বাভাবিকের চেয়ে $10^\circ C$ বেড়ে গেল। লোহার দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ $11.5 \times 10^{-6} K^{-1}$.

[

ক. হুকের সূত্রটি লেখ।

১

?

খ. একটি পানিপূর্ণ পাত্রে একটি ডিম ছেড়ে দিলে ডিমটি ডুবে যাবে।

কিন্তু পাত্রটিতে পরিমাণমত লবণ
মিশ্রিত করে ডিমটি ছেড়ে দিলে ভেসে
উঠবে কেন? ব্যাখ্যা কর। ২

গ. লোহার পাতের দৈর্ঘ্য প্রসারণ নির্ণয়
কর। ৩

ঘ. তাপমাত্রা 15°C বেড়ে গেলে রেল
লাইনটির উপর কী প্রভাব পড়বে?
গাণিতিকভাবে ইহার ফলাফল বিশ্লেষণ
কর। ৪

▶◀ ৩নং প্রশ্নের উত্তর ▶◀

ক. হুকের সূত্রটি হলো—

স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে পীড়ন বিকৃতির সমানুপাতিক।

খ. কোনো বস্তু পানিতে ভাসবে না ডুববে তা নির্ভর করে বস্তুটির ঘনত্বের ওপর। যদি বস্তুর ঘনত্ব পানির ঘনত্বের চেয়ে বেশি হয় তাহলে বস্তুটি পানিতে ডুবে যাবে এবং কম হলে অর্থাৎ পানির ঘনত্ব বেশি হলে বস্তুটি পানিতে ভাসবে।

ডিমের ঘনত্ব পানির ঘনত্ব থেকে বেশি তাই পানিতে ডিম ছেড়ে দিলে ডিমটি ডুবে যাবে।

আবার পাত্রটিতে পরিমাণমতো লবণ মিশ্রিত করলে পানির ঘনত্ব ডিমের তুলনায় বেড়ে যায়, তাই ডিম ভেসে উঠবে।

গ. দেওয়া আছে,

লোহার পাতের আদি দৈর্ঘ্য, $l_0 = 200 \text{ m}$

লোহার দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ, $\alpha = 11.5 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$

তাপমাত্রা বৃদ্ধি, $\Delta\theta = 10^{\circ}\text{C} = 10\text{K}$

লোহার পাতের দৈর্ঘ্য প্রসারণ, $\Delta l = ?$

আমরা জানি,

$$\Delta l = \alpha l_0 \Delta\theta$$

$$= 11.5 \times 10^{-6} \text{K}^{-1} \times 200 \text{ m} \times 10 \text{ K}$$

$$= 0.023 \text{ m}$$

অতএব, লোহার পাতের দৈর্ঘ্য প্রসারণ 0.023 m

ঘ. দেওয়া আছে,

লোহার পাতের আদি দৈর্ঘ্য, $l_0 = 200 \text{ m}$

লোহার দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ, $\alpha = 11.5 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$

তাপমাত্রা বৃদ্ধি, $\Delta\theta = 15^\circ\text{C} = 15\text{K}$

দৈর্ঘ্য প্রসারণ, $\Delta l = ?$

আমরা জানি,

$$\Delta l = \alpha l_0 \Delta\theta$$

$$= 11.5 \times 10^{-6} \text{K}^{-1} \times 200 \text{ m} \times 15\text{K}$$

$$= 0.0345 \text{ m}$$

$$= 3.45 \text{ cm}$$

অর্থাৎ, রেল লাইনের প্রতিটি পাত 3.45 cm বেড়ে যায়। কিন্তু দুটি পাতের মধ্যে 4 cm ফাঁকা রাখা হয়েছে। এ কারণে রেললাইনের পাতগুলো বেঁকে যাবে না। ফলে রেললাইন ট্রেন চলাচলের জন্য নিরাপদ।

প্রশ্ন -৪ ▶ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

36.89°C তাপমাত্রায় একটি দণ্ডের দৈর্ঘ্য 100m। তাপমাত্রা বৃদ্ধি পেয়ে 66.89°C হওয়ায় এর দৈর্ঘ্য 100.033m হয়। [কু. বো. '১৫]

ক. বরফ বিন্দু কাকে বলে? ১

খ. রেললাইনে যেখানে দুইটি লোহার বার
মিলিত হয় সেখানে ফাঁক থাকে কেন?

২

গ. সেলসিয়াস স্কেলে তাপমাত্রা

?

36.89°C হলে ঐ তাপমাত্রা

ফারেনহাইট স্কেলে কত হবে নির্ণয়

কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকের দণ্ডটি কিসের তৈরি?

গাণিতিক যুক্তিসহ মতামত দাও। ৪

▶◀ ৪নং প্রশ্নের উত্তর ▶◀

ক. প্রমাণ চাপে যে তাপমাত্রায় বিশুদ্ধ বরফ গলে পানি হয় অথবা বিশুদ্ধ পানি জমে বরফ হয় তাকে নিম্নস্থিরাঙ্ক বলে। একে হিমাঙ্ক বা বরফ বিন্দু বলে।

খ. সূর্যের তাপে কিংবা যখন ট্রেন চলে তখন চাকার ঘর্ষণের ফলে উৎপন্ন তাপে রেললাইন প্রসারিত হয়। রেললাইনের দুটি রেলের সংযোগস্থলে তাই ফাঁকা রাখা হয়, যাতে রেললাইন প্রসারণের জন্য যথেষ্ট জায়গা পায়। এরূপ ফাঁকা না রাখলে এ প্রসারণের ফলে লাইন বেঁকে গিয়ে মারাত্মক দুর্ঘটনা ঘটার সম্ভাবনা থাকে।

গ. দেওয়া আছে,

সেলসিয়াস স্কেলে তাপমাত্রা, $C = 36.89^\circ\text{C}$

ফারেনহাইট স্কেলে তাপমাত্রা, $F = ?$

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

বা, $\frac{36.89}{5} = \frac{A - 32}{9}$

বা, $5(A - 32) = 36.89 \times 9$

বা, $A - 32 = \frac{36.89 \times 9}{5}$

বা, $F - 32 = 66.4$

বা, $F = 66.4 + 32$

$\therefore F = 98.4$

অতএব, ফারেনহাইট স্কেলে তাপমাত্রা 98.4°F

ঘ. উদ্দীপক অনুসারে, দণ্ডটির আদি দৈর্ঘ্য, $l_0 = 100 \text{ m}$

দণ্ডটির চূড়ান্ত দৈর্ঘ্য, $l_1 = 100.033 \text{ m}$

দণ্ডটির দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি, $\Delta l = l_1 - l_0 = 100.033 \text{ m} - 100 \text{ m}$
 $= 0.033 \text{ m}$

তাপমাত্রা বৃদ্ধি, $\Delta\theta = 66.89^\circ\text{C} - 36.89^\circ\text{C}$

$= 30^\circ\text{C}$

$= 30\text{K}$

দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ, $\alpha = ?$

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

$= \frac{0.033 \text{ m}}{100 \text{ m} \times 30 \text{ K}}$

$= 1.1 \times 10^{-5} \text{K}^{-1}$

$= 11 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$

আমরা জানি, ইস্পাতের দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ $11 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$ যা উদ্দীপকের দণ্ডটির দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগের সমান। অতএব উদ্দীপকের দণ্ডটি ইস্পাতের।

প্রশ্ন - ৫ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

2 m দৈর্ঘ্যের একটি লোহার দণ্ডে তাপ দিয়ে তার তাপমাত্রা 10°C বৃদ্ধি করা হলো। এতে দণ্ডের দৈর্ঘ্য সামান্য বৃদ্ধি পেল। লোহা ও তামার দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ যথাক্রমে $11.6 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$ এবং $16.7 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$ ।

[চ. বো. '১৫]

ক. পুনঃশিলীভবন কী? ১

খ. রূপার আপেক্ষিক তাপ 230 Jkg^{-1}

K^{-1} বলতে কী বোঝায়? ২

?

গ. বর্ধিত তাপমাত্রা ফারেনহাইট স্কেলে
কত হবে তা নির্ণয় কর। ৩

ঘ. যদি দণ্ডটি তামার হতো তবে তার
দৈর্ঘ্য প্রসারণ কি একই হতো?

গাণিতিক যুক্তিসহ বিশ্লেষণ কর। ৪

▶◀ ওনং প্রশ্নের উত্তর ▶◀

ক. চাপ প্রয়োগের ফলে কঠিন বস্তুর গলে যাওয়া এবং চাপ অপসারণে তা আবার কঠিনে পরিণত হওয়াকে পুনঃশিলীভবন বলে।

খ. রূপার আপেক্ষিক তাপ $230 \text{ JKg}^{-1}\text{K}^{-1}$ বলতে বোঝায়—

1 kg ভরের রূপার তাপমাত্রা 1 K বাড়াতে 230 J তাপের প্রয়োজন এবং 1 kg ভরের রূপার তাপধারণ ক্ষমতা 230 JK^{-1} ।

গ. দেওয়া আছে,

সেলসিয়াস স্কেলে বর্ধিত তাপমাত্রা, $C = 10^\circ\text{C}$

ফারেনহাইট স্কেলে বর্ধিত তাপমাত্রা, $F = ?$

আমরা জানি,

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

$$\text{বা, } \frac{10}{5} = \frac{F - 32}{9}$$

$$\text{বা, } F - 32 = 18$$

$$\text{বা, } F = 32 + 18$$

$$\therefore F = 50^\circ\text{F}$$

অতএব, ফারেনহাইট স্কেলে বর্ধিত তাপমাত্রা 50°F ।

ঘ. উদ্দীপক হতে পাই,

$$\text{লোহার দণ্ডের আদি দৈর্ঘ্য, } l_1 = 2\text{m}$$

$$\text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি, } \Delta\theta = 10^\circ\text{C} = 10 \text{ K}$$

$$\text{লোহার দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ, } \alpha_1 = 11.6 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$$

$$\text{তামার দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ, } \alpha_2 = 16.7 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$$

$$\text{তামার দণ্ডের আদি দৈর্ঘ্য, } l_2 = 2\text{m}$$

$$\text{লোহার দণ্ডের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি} = \Delta l_1$$

$$\text{তামার দণ্ডের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি} = \Delta l_2$$

আমরা জানি,

লোহার ক্ষেত্রে,

$$\alpha_1 = \frac{\Delta l_1}{l_1 \Delta \theta}$$

$$\text{বা, } \therefore \Delta l_1 = \alpha_1 l_1 \Delta \theta$$

$$= 11.6 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1} \times 2 \text{ m} \times 10 \text{ K}$$

$$\therefore \Delta l_1 = 2.32 \times 10^{-4} \text{ m}$$

আবার,

তামার দণ্ডের ক্ষেত্রে,

$$\alpha_2 = \frac{\Delta l_2}{l_2 \Delta \theta}$$

$$\text{বা, } \Delta l_2 = \alpha_2 l_2 \Delta \theta$$

$$= 16.7 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1} \times 2 \text{ m} \times 10 \text{ K}$$

$$\therefore \Delta l_2 = 3.34 \times 10^{-4} \text{ m}$$

$$\text{এখানে, } \Delta l_2 = \Delta l_1$$

অতএব, উপরিউক্ত গাণিতিক বিশ্লেষণে দেখা যায়, লোহার দণ্ডের চেয়ে তামার দণ্ডের দৈর্ঘ্য প্রসারণ ($3.34 \times 10^{-4} - 2.32 \times 10^{-4}$) m

বা, 1.02×10^{-4} m বেশি হবে।

প্রশ্ন - ৬ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

রাকিব A, B, C তিনটি পাত্রে নিয়ে A পাত্রে 5 kg এবং C পাত্রে 10kg পানি নিল। উভয় পাত্রে পানি কক্ষ তাপমাত্রায় (20°C) ছিল। এবার উভয় পাত্রে 1MJ তাপ প্রয়োগ করল। A পাত্রে অর্ধেক পানি এবং C পাত্রে অর্ধেক পানি B পাত্রে ঢালল। অতঃপর সে A পাত্রে তার ডান হাত এবং C পাত্রে বাম হাত ডুবাল। এক মিনিট পর হাত দুটি উঠিয়ে একসাথে দুই হাত B পাত্রে ডুবাল।

ক. তাপের একক কী? ১

খ. বাষ্পায়নে শীতলতার উদব হয় কেন—

?

ব্যাখ্যা কর। ২

গ. B পাত্রে পানির তাপমাত্রা নির্ণয় কর।

৩

ঘ. B পাত্রে এক সাথে দুই হাত ডুবানোর ফলে সে কিরূপ অনুভব করবে বলে তোমার ধারণা? মতামতের যৌক্তিকতা বিশ্লেষণ কর।

৪

▶◀ ৬নং প্রশ্নের উত্তর ▶◀

ক. এসআই পদ্ধতিতে তাপের একক হলো জুল (J)।

খ. বাষ্পায়নের সময় পদার্থ তরল হতে গ্যাসীয় অবস্থায় রূপান্তরিত হয়। এ রূপান্তরের জন্য প্রয়োজনীয় সুগুতাপ তরল সল্গু পাত্র বা বস্তু হতে গ্রহণ করা হয় বলে উক্ত পাত্র বা বস্তু বাষ্পায়নের ফলে শীতল হয়ে যায় বা শীতলতার উদব হয়।

গ. A পাত্র এবং C পাত্র হতে B পাত্রে যে পানি ঢালা হয়েছে তার আদি তাপমাত্রা ছিল 20°C এবং এই পানির মোট ভর,

$$m = \frac{5 \text{ kg}}{2} + \frac{8 \text{ kg}}{2} = 2.5 \text{ kg} + 4 \text{ kg} = 6.5 \text{ kg}$$

উভয় পাত্রের অর্ধেক পানি ঢালা হয়েছে বলে B পাত্রের পানিতে উদ্দীপকে বর্ণিত মোট তাপের অর্ধেক পরিমাণ প্রয়োগ করা হয়েছে।

অর্থাৎ B পাত্রের পানিতে প্রযুক্ত তাপ

$$Q = \frac{1 \text{ MJ} + 1 \text{ MJ}}{2} = 1 \text{ MJ} = 10^6 \text{ J}$$

পানির আপেক্ষিক তাপ, $S = 4200 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$

তাপমাত্রা বৃদ্ধি $\Delta\theta$ হলে,

আমরা জানি,

$$Q = mS \Delta\theta$$

$$\begin{aligned} \text{বা, } \Delta\theta &= \frac{Q}{mS} = \frac{10^6 \text{ J}}{6.5 \text{ kg} \times 4200 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}} \\ &= 36.63^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

তাপ প্রয়োগের আগে এই পানির তাপমাত্রা 20°C ছিল বলে তাপ প্রয়োগের পর এর চূড়ান্ত তাপমাত্রা তথা B পাত্রে মিশ্রিত পানির চূড়ান্ত তাপমাত্রা $= 20^{\circ}\text{C} + 36.63^{\circ}\text{C} = 56.63^{\circ}\text{C}$

\therefore B পাত্রের পানির তাপমাত্রা 56.63°C ।

ঘ. A পাত্রে শুরুতে 5 kg এবং C পাত্রে শুরুতে 8 kg পানি ছিল। উভয় পাত্রে $1\text{MJ} = 10^6\text{J}$ তাপ প্রয়োগ করলে,

$$\Delta\theta_A = \frac{Q}{m_A S}$$

[S = পানির আপেক্ষিক তাপ]

$$\begin{aligned} &= \frac{10^6\text{J}}{5\text{kg} \times 4200\text{Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}} \\ &= 47.6^\circ\text{C} \end{aligned}$$

এবং C পাত্রে পানির তাপমাত্রা বৃদ্ধি,

$$\Delta\theta_C = \frac{Q}{m_C S}$$

$$= \frac{10^6\text{J}}{8\text{kg} \times 4200\text{Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}} = 29.76^\circ\text{C}$$

যেহেতু পূর্বে উভয় পাত্রে তাপমাত্রা 20°C ছিল

সুতরাং তাপ প্রদানের পর A পাত্রে পানির তাপমাত্রা হয়েছিল

$$= 20^\circ\text{C} + 47.6^\circ\text{C} = 67.6^\circ\text{C}$$

এবং C পাত্রে পানির তাপমাত্রা হয়েছিল $= 20^\circ\text{C} + 29.76^\circ\text{C}$

$$= 49.76^\circ\text{C}$$

49.76°C মোটামুটি সহনীয় তাপমাত্রা হলেও 67.6°C হলো উচ্চমানের তাপমাত্রা। ফলে রাকিব যখন A পাত্রে তার ডান হাত ডুবিয়ে রেখেছিল, তখন তার তীব্র যন্ত্রণা হচ্ছিল। তাই সে উভয় হাত A ও C হতে বের করে যখন B পাত্রে ডুবা তখন বাম হাতের তুলনায় ডান হাতে বেশি স্বস্তি বা আরাম অনুভব করছিল। পক্ষান্তরে অপেক্ষাকৃত বেশি তাপমাত্রার পানিতে ডুবানোর ফলে বাম হাতের অস্বস্তি বা যন্ত্রণা তীব্রতর হবে।

প্রশ্ন -৭▶ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

পার্বতীপুরে দেশের একটি বিখ্যাত রেল জংশন অবস্থিত। সেখানকার শীতকালের রেকর্ডকৃত সর্বনিম্ন তাপমাত্রা 2°C । কেলভিন স্কেলে বিবেচনা করলে সেখানে গ্রীষ্মকালীন সর্বোচ্চ তাপমাত্রা শীতকালের সর্বনিম্ন তাপমাত্রার চেয়ে 13.82% বেশি। তদুপরি রেল লাইনের ওপর দিয়ে রেল যাওয়ার সময় কেলভিন স্কেলে লাইনের তাপমাত্রা 10% বৃদ্ধি পায়। লাইনের উপাদানের দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ $11 \times 10^{-6}\text{K}^{-1}$ ।

ক. দৈর্ঘ্য প্রসারণ কী? ১

? খ. পদার্থের অভ্যন্তরীণ শক্তি বলতে কী বোঝ? ২

গ. পার্বতীপুরে গ্রীষ্মকালীন সর্বোচ্চ
তাপমাত্রা ফারেনহাইট স্কেলে
কত? ৩

ঘ. উক্ত রেল জংশনে প্রতি 200 মিটার
লাইনে কতটুকু ফাঁক থাকা দরকার
তার গাণিতিক বিশ্লেষণ কর। ৪

▶◀ এনং প্রশ্নের উত্তর ▶◀

ক. কঠিন বস্তুতে তাপ প্রয়োগ করলে নির্দিষ্ট দিকে দৈর্ঘ্য বরাবর যে প্রসারণ হয় তাকে বস্তুটির দৈর্ঘ্য প্রসারণ বলে।
খ. পদার্থের অণুগুলো সর্বদা গতিশীল। কঠিন পদার্থের অণুগুলো একস্থান থেকে এদিক-ওদিক স্পন্দিত হয়। তরল
ও গ্যাসীয় পদার্থের অণুগুলো এলোমেলোভাবে ছোটাছুটি করে। অণুগুলোর এই গতির জন্য গতিশক্তির সঞ্চয়
হয়। অপর পদার্থের অণুগুলোর মধ্যকার ক্রিয়ারত আকর্ষণ-বিকর্ষণ বলের দ্বারা বিভব শক্তির উদ্ভব ঘটে। পদার্থের
অণুগুলোর গতিশক্তি ও বিভব শক্তির সমষ্টিতে অভ্যন্তরীণ শক্তি বলে।

গ. আমরা জানি,

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

$$\text{বা, } F - 32 = \frac{9}{5} (K - 273)$$

$$\text{বা, } F = \frac{9}{5} (K - 273) + 32$$

$$\text{বা, } F = \frac{9}{5} (313 - 273) + 32$$

$$= \frac{9}{5} \times 40 + 32$$

$$\therefore F = 104$$

অতএব, পার্বতীপুর গ্রীষ্মকালীন সর্বোচ্চ তাপমাত্রা ফারেনহাইট স্কেলে 104°F ।

ঘ. রেল লাইনের ওপর দিয়ে ট্রেন চলাচলের সময় লাইনের সম্ভাব্য সর্বোচ্চ তাপমাত্রা = $313\text{K} \times (100 + 10)\% = 344.3\text{K}$ যেহেতু ট্রেন চলাচল করছে না এরূপ শীতকালীন সময়ে লাইনের সর্বনিম্ন তাপমাত্রা হতে পারে 275K , তাই সর্বোচ্চ ও সর্বনিম্ন তাপমাত্রার মধ্যকার ব্যবধান,

$$\Delta\theta = 344.3\text{K} - 275\text{K} = 69.3\text{K}$$

প্রশ্নমতে, তাপমাত্রা বৃদ্ধির পর লাইনের বিবেচ্য অংশের দৈর্ঘ্য,

$$l_2 = 200\text{m}$$

দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ, $\alpha = 11 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$

সুতরাং আদি দৈর্ঘ্য l_1 হলে, $l_2 = l_1 (1 + \alpha \Delta\theta)$

$$\begin{aligned} \text{বা, } l_1 &= \frac{l_2}{1 + \alpha \Delta\theta} \\ &= \frac{200 \text{ m}}{1 + 11 \times 10^{-6} \text{K}^{-1} \times 69.3 \text{ K}} \\ &= 199.85 \text{ m} \end{aligned}$$

অতএব, প্রতি 200m লাইনে ফাঁক থাকতে হবে

$$\begin{aligned} &= l_2 - l_1 \\ &= 200\text{m} - 199.85\text{m} \\ &= 0.15 \text{ m} \\ &= 15 \text{ cm} \end{aligned}$$

অতএব, উক্ত রেল জংশনে 15 cm ফাঁক থাকা দরকার।

প্রশ্ন -৮ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

রিফাত একটি বাটিতে কিছু পানি নিয়ে ঘরের এক কোণে রেখে দিল। দুইদিন পর দেখল বাটির পানি কিছুটা কমে গেছে। এবার সে একটি পাত্রে কিছু পানি নিয়ে গরম করতে শুরু করল। কিছুক্ষণ পর পানি ফুটতে শুরু করল। তাপমাত্রা 100°C এ পৌঁছলে এরপর তা জলীয় বাষ্প রূপান্তরিত হওয়া শুরু করল। সুতরাং বোঝা গেল তরল যেকোনো তাপমাত্রায় বায়বীয় অবস্থায় যেতে পারে আবার স্ফুটনাঙ্কের তাপমাত্রায় ও বায়বীয় অবস্থায় যেতে পারে। রিফাত পানির স্ফুটনাঙ্ক নির্ণয়ের জন্য $4200 \text{ Jkg}^{-1} \text{K}^{-1}$ আপেক্ষিক তাপের 0°C তাপমাত্রার 200 gm পানি নিল।

ক. বাষ্পায়ন কী? ১

খ. আপেক্ষিক তাপ বলতে কী বোঝ? ২

গ. পাত্রের পানির তাপমাত্রা 100°C

করতে তাপের পরিমাণ নির্ণয়

কর। ৩

?

ঘ. উদ্দীপকের আলোকে রিফাতের বাটির

পানি কমে যাওয়ার কারণ ব্যাখ্যা কর।

►◀ চনং প্রশ্নের উত্তর ►◀

ক. যেকোনো তাপমাত্রায় তরলের শুধু উপরিতল থেকে ধীরে ধীরে বাষ্পে পরিণত হওয়ার প্রক্রিয়াকে বাষ্পায়ন বলে।

খ. 1kg ভরের বস্তুর তাপমাত্রা 1K বাড়াতে যে পরিমাণ তাপের প্রয়োজন হয় তাকে ওই বস্তুর উপাদানের আপেক্ষিক তাপ বলে। একে S দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

যেমন, কোনো বস্তুর তাপধারণ ক্ষমতা C, শোষিত তাপ Q, তাপমাত্রার পরিবর্তন $\Delta\theta$ এবং বস্তুর ভর m হলে,

$$\text{গাণিতিকভাবে আপেক্ষিক তাপ, } S = \frac{C}{m} = \frac{1}{m} \left(\frac{Q}{\Delta\theta} \right) = \frac{Q}{m\Delta\theta}$$

আপেক্ষিক তাপের একক $\text{Jkg}^{-1}\text{k}^{-1}$

গ. এখানে,

তাপমাত্রার পরিবর্তন,

$$\theta_2 - \theta_1 = 100^\circ\text{C} - 0^\circ\text{C} = 100^\circ\text{C} = 100 \text{ K}$$

আপেক্ষিক তাপ, $S = 4200 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$

$$\text{ভর, } m = 200 \text{ gm} = 0.2 \text{ kg}$$

প্রয়োজনীয় তাপ, $Q = ?$

$$\text{আমরা জানি, } Q = mS (\theta_2 - \theta_1)$$

$$= 0.2 \text{ kg} \times 4200 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1} \times 100 \text{ K}$$

$$= 84000 \text{ J}$$

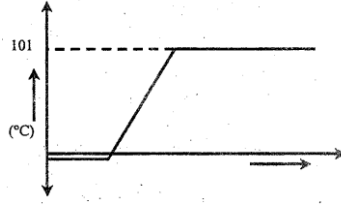
নির্ণেয় প্রয়োজনীয় তাপ 84000 J।

ঘ. ঘরের কোণে রাখা রিফাতের বাটির পানি স্বতঃবাষ্পীভবনের জন্য কমে যায়।

স্বতঃবাষ্পীভবন খুব ধীর পদ্ধতি। যেকোনো তাপমাত্রায় তরল পদার্থের উপরিতল থেকে ধীরে ধীরে বাষ্পে পরিণত হওয়ার পদ্ধতিকে স্বতঃবাষ্পীভবন বলে। স্বতঃবাষ্পীভবনের হার তরলের প্রকৃতির ওপর নির্ভর করে। এটি তরলের উপরিতল থেকে সংঘটিত হয়। এটি যেকোনো তাপমাত্রায় হতে পারে। তবে তাপমাত্রা বাড়ার সাথে সাথে স্বতঃবাষ্পীভবনের হার বাড়াতে থাকে। গরমকালে নদী ও পুকুরের পানি কমে যাওয়া, ভিজা কাপড় রোদে দিলে শুকিয়ে যাওয়া ইত্যাদি স্বতঃবাষ্পীভবনের জন্য হয়।

প্রশ্ন -৯► নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

মোস্তাক এক টুকরা বরফ নিয়ে তাতে তাপ প্রদান করতে থাকল এবং কিছুক্ষণ পরপর সংলগ্ন থার্মোমিটারের পাঠ নিতে থাকল। এতে সে নিম্নোক্ত তাপমাত্রা-সময় লেখ পেল।



ক. বরফের আপেক্ষিক তাপ কত? ১

খ. পদার্থের তাপধারণ ক্ষমতা বলতে কী বোঝ? ২

গ. পরীক্ষণীয় পদার্থের গলনাঙ্ক এবং স্ফুটনাঙ্কের ফারেনহাইট স্কেলের পাঠের পার্থক্য কত হবে নির্ণয় কর। ৩

ঘ. চাপ আরও বৃদ্ধি করা হলে উপরিউক্ত লেখ কিরূপ হবে তা বিশ্লেষণ কর। ৪

৯নং প্রশ্নের উত্তর

ক. বরফের আপেক্ষিক তাপ $2100 \text{ J kg}^{-1}\text{K}^{-1}$ ।

খ. কোনো বস্তুর তাপমাত্রা 1K বাড়াতে যে পরিমাণ তাপের প্রয়োজন হয় তাকে ঐ বস্তুর তাপধারণ ক্ষমতা বলে। তাপধারণ ক্ষমতা বস্তুর ভর এবং উপাদানের ওপর নির্ভরশীল। কোনো বস্তুর তাপমাত্রা $\Delta\theta$ বাড়াতে Q পরিমাণ

তাপ লাগলে 1K তাপমাত্রা বাড়াতে তাপ লাগে $= \frac{Q}{\Delta\theta}$ ।

সুতরাং এক্ষেত্রে তাপধারণ ক্ষমতা, $C = \frac{Q}{\Delta\theta}$ ।

গ. লেখচিত্র অনুসারে, প্রদত্ত অবস্থায় (চাপে) বরফের গলনাঙ্ক -2°C এবং স্ফুটনাঙ্ক 101°C আমরা জানি, সেলসিয়াস এবং ফারেনহাইট স্কেলের সম্পর্ক,

$$\frac{C}{100} = \frac{F - 32}{180}$$

$$F - 32 = \frac{180}{100} C$$

$$\therefore F = \frac{9}{5} C + 32$$

$$\text{সুতরাং ফারেনহাইট স্কেলে গলনাঙ্ক} = \frac{9}{5} \times (-2) + 32$$

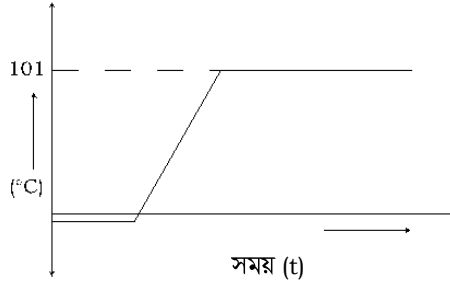
$$= -3.6 + 32$$

$$= 28.4^{\circ}\text{F}$$

$$\begin{aligned} \text{সুতরাং ফারেনহাইট স্কেলে স্ফুটনাঙ্ক} &= \frac{9}{5} (101) + 32 \\ &= 213.8^\circ\text{F} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{সুতরাং পরীক্ষণীয় পদার্থের গলনাঙ্ক এবং স্ফুটনাঙ্কের ফারেনহাইট স্কেলের পার্থক্য} &= (213.8 - 28.4)^\circ\text{F} \\ &= 185.4^\circ\text{F} \end{aligned}$$

ঘ. আমরা জানি, বরফ যখন গলে তখন আয়তনে হ্রাস পায়। তাই বরফের ওপর চাপ বৃদ্ধি করা হলে গলনাঙ্ক আরও কমে যাবে। এক্ষেত্রে পরিবর্তিত গলনাঙ্ক -4°C হতে পারে। আবার চাপ বৃদ্ধি করা হলে তরলের বাষ্পায়নের হার কমে যায়, সুতরাং স্ফুটনাঙ্ক বৃদ্ধি পাবে। তাই এক্ষেত্রে বর্ধিত চাপে পানির স্ফুটনাঙ্ক বেড়ে 103°C বা 104°C হতে পারে। সুতরাং চাপ আরও বৃদ্ধি করা হলে প্রাপ্ত তাপমাত্রা-সময় লেখ দেখতে নিম্নরূপ হবে :



প্রশ্ন - ১০ ▶ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

বিজ্ঞান স্যার ব্যবহারিক ক্লাসে তিনটি পাত্রে গ্লিসারিন, পানি ও তার্পিন তেল 50°C তাপমাত্রায় 400 g করে নিয়ে পাত্র তিনটিতে তাপ দিয়ে প্রত্যেকটির তাপমাত্রা 100°C -এ উন্নীত করলেন। উক্ত পদার্থ তিনটির আপেক্ষিক তাপ যথাক্রমে $4200 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$, $2350 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$ এবং $1800 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$ ।

ক. তাপধারণ ক্ষমতার একক কী? ১

খ. থার্মোমিটারে পারদ ব্যবহারের সুবিধাগুলো লেখ। ২

গ. পানি কর্তৃক শোষিত তাপের পরিমাণ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. গ্লিসারিন ও তার্পিন তেলের মধ্যে কোনটি বেশি তাপ শোষণ করবে— গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

ক. তাপধারণ ক্ষমতার একক JK^{-1} ।

খ. থার্মোমিটারে পারদ ব্যবহারের সুবিধাগুলো হলো—

- পারদ তাপ সুপরিবাহী ফলে এটি খুব দ্রুত তাপ সঞ্চালন করতে পারে।
- এটি উজ্জ্বল এবং অস্বচ্ছ পদার্থ, তাই কাচের মধ্য দিয়ে সহজেই দেখা যায়।
- পারদ কাচের গায়ে লেগে থাকে না।

গ. এখানে, পানির ভর, $m_l = 400 \text{ g} = \frac{400}{1000} \text{ kg} = 0.4 \text{ kg}$

পানির আপেক্ষিক তাপ $S_l = 4200 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$

পানি কর্তৃক শোষিত তাপ, $Q_l = ?$

আমরা জানি, $Q_l = m_l S_l \Delta\theta$

$$= 0.4 \text{ kg} \times 4200 \text{ Jkg}^{-1} \times 70 \text{ K}$$

$$= 117600 \text{ J}$$

অতএব, পানি কর্তৃক শোষিত তাপের পরিমাণ 117600 J।

ঘ. উদ্দীপক অনুসারে, গ্লিসারিন ও তর্পিন তেলের ভর যথাক্রমে

$$m_g = m_t = 0.4 \text{ kg}$$

গ্লিসারিনের আপেক্ষিক তাপ, $S_g = 2350 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$

তর্পিন তেলের আপেক্ষিক তাপ, $S_t = 1800 \text{ Jkg}^{-1} \text{K}^{-1}$

তাপমাত্রার পরিবর্তন, $\Delta\theta = 70 \text{ K}$

\therefore গ্লিসারিনের শোষিত তাপ, $Q_g = m_g S_g \Delta\theta$

$$= 0.4 \text{ kg} \times 2350 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1} \times 70 \text{ K}$$

$$= 65800 \text{ J}$$

তর্পিন তেলের শোষিত তাপ, $Q_t = m_t S_t \Delta\theta$

$$= 0.4 \text{ kg} \times 1800 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1} \times 70 \text{ K}$$

$$= 50400 \text{ J}$$

এখানে, $Q_g > Q_t$

অতএব, গ্লিসারিন ও তর্পিন তেলের মধ্যে গ্লিসারিন বেশি তাপ শোষণ করে।

প্রশ্ন-১১ ▶ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

120°C তাপমাত্রার 100 g ভরের একটি বস্তুকে 50 g ভরবিশিষ্ট একটি তামার পাত্রে 30°C এ পৌঁছায়।

তামার আপেক্ষিক তাপ $400 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$ ।



ক. আপেক্ষিক তাপ কাকে বলে?

১

- খ. খড়ের ছাদযুক্ত ঘর গরমকালে ঠাণ্ডা থাকার কারণ ব্যাখ্যা কর। ২
- গ. বস্তুটির আপেক্ষিক তাপ নির্ণয় কর। ৩

- ঘ. বস্তুটি যদি তামার তৈরি হতো তাহলে মিশ্রণের তাপমাত্রার ওপর কী ধরনের প্রভাব পড়ত? বিশ্লেষণ কর। ৪

▶◀ ১১নং প্রশ্নের উত্তর ▶◀

ক. 1 kg ভরের কোনো বস্তুর তাপমাত্রা 1K বাড়াতে যে পরিমাণ তাপের প্রয়োজন হয় তাকে ঐ বস্তুর উপাদানের আপেক্ষিক তাপ বলে।

খ. খড়ের ছাদযুক্ত ঘর গরমকালে ঠাণ্ডা থাকার কারণ খড়ের তাপ কুপরিবাহিতা।

খড় তাপের কুপরিবাহক। ছাদ খড়ের তৈরি হলে খড়ের মাঝে মাঝে অনেক ফাঁক থাকে যাতে বায়ু আবদ্ধ থাকে। বায়ু তাপের কুপরিবাহক বলে গরমের দিনে বাইরের তাপমাত্রা বেশি হলেও খড়ের মধ্য দিয়ে তাপ ভিতরে আসতে পারে না বলে ঘর ঠাণ্ডা মনে হয়।

গ. দেওয়া আছে,

$$\text{বস্তুর ভর} = 100 \text{ g} = 0.1 \text{ kg}$$

$$\text{তামার পাত্রের ভর} = 50 \text{ g} = 0.05 \text{ kg}$$

$$\text{তামার পাত্রের তাপমাত্রা বৃদ্ধি} = (30 - 20)^\circ \text{C} = 10^\circ \text{C} = 10 \text{ K}$$

$$\text{পানির ভর} = 30 \text{ g} = 0.3 \text{ kg}$$

$$\text{পানির তাপমাত্রা বৃদ্ধি} = (30 - 20)^\circ \text{C} = 10^\circ \text{C} = 10 \text{ K}$$

$$\text{তামার আপেক্ষিক তাপ} = 400 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$$

$$\text{পানির আপেক্ষিক তাপ} = 4200 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$$

$$\text{বস্তুটির আপেক্ষিক তাপ, } S = ?$$

এখানে, বস্তু তাপ বর্জন করে আর ক্যালরিমিটার ও এর মধ্যস্থিত পানি তাপ গ্রহণ করে।

যেহেতু গৃহীত বা বর্জিত তাপ = ভর \times আপেক্ষিক তাপ \times তাপমাত্রার পার্থক্য

$$\therefore \text{বস্তুর বর্জিত তাপ, } Q_1 = 0.1 \text{ kg} \times S \times 10 \text{ K}$$

$$\begin{aligned} \text{তামার পাত্রের গৃহীত তাপ, } Q_2 &= 0.05 \text{ kg} \times 400 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1} \times 10 \text{ K} \\ &= 200 \text{ J} \end{aligned}$$

$$\text{পানির গৃহীত তাপ, } Q_3 = 0.3 \text{ kg} \times 4200 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1} \times 10 \text{ K}$$

$$= 12600 \text{ J}$$

আমরা জানি, বর্জিত তাপ = গৃহীত তাপ

$$\text{বা, } Q_1 = Q_2 + Q_3$$

$$\text{বা, } 0.1 \text{ kg} \times S \times 90 \text{ K} = 200 \text{ J} + 12600 \text{ J}$$

$$\text{বা, } 9 \text{ kgK} \times S = 12800 \text{ J}$$

$$\therefore S = 1422.22 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$$

অতএব, বস্তুটির আপেক্ষিক তাপ $1422.22 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$

ঘ. বস্তুটি যদি তামার তৈরি হতো তাহলে মিশ্রণের তাপমাত্রার ওপর যে প্রভাব পড়বে তা নিচে বিশ্লেষণ করা হলো :

উদ্দীপক থেকে পাই, বস্তুটির ভর = $100 \text{ g} = 0.1 \text{ kg}$

$$\text{তাপমাত্রা} = 120^\circ \text{ C}$$

এখন মিশ্রণের চূড়ান্ত তাপমাত্রা $\theta^\circ \text{ C}$ হলে,

বস্তুটির তাপমাত্রা হ্রাস পাবে $(120 - \theta)^\circ \text{ C} = (120 - \theta) \text{ K}$

আবার বস্তুটি তামার হলে এর আপেক্ষিক তাপ হবে = $400 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$

\therefore বস্তুটি দ্বারা বর্জিত তাপ,

$$Q_1 = 0.1 \text{ kg} \times 400 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1} \times (120 - \theta) \text{ K}$$

পানির তাপমাত্রা বৃদ্ধি পাবে = $(\theta - 20)^\circ \text{ C} = (\theta - 20) \text{ K}$

\therefore পানির গৃহীত তাপ $Q_2 = 0.05 \text{ kg} \times 400 \text{ J kg}^{-1}\text{K}^{-1} \times (\theta - 20) \text{ K}$

এখন, $Q_1 = Q_2 + Q_3$

$$\text{বা, } 0.1 \times 400 \times (120 - \theta) = \{(0.3 \times 4200 \times (\theta - 20))\} +$$

$$\{0.05 \times 400 \times (\theta - 20)\}$$

$$\text{বা, } 4800 - 40\theta = 12600 - 25200 + 20\theta - 400$$

$$\text{বা, } -40\theta - 12600 - 20\theta = -25200 - 400 - 4800$$

$$\therefore \theta = 23^\circ \text{ C}$$

এখানে, $\theta < 30^\circ \text{ C}$

অতএব, উপরিউক্ত গাণিতিক বিশ্লেষণ থেকে বলা যায় যে, বস্তুটি তামার তৈরি হলে মিশ্রণের তাপমাত্রা কমে যেত।

প্রশ্ন -১২ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

করিম পরীক্ষাগারে 0° C তাপমাত্রায় 100 cm লম্বা একখণ্ড অ্যালুমিনিয়ামের পাতকে উত্তপ্ত করে 200° C এ উন্নীত করল। অতঃপর সে বর্ধিত অংশের দৈর্ঘ্য হিসাব করল। তরল পদার্থের ক্ষেত্রে সে জানে যে, প্রকৃত প্রসারণ তরলের আপাত প্রসারণ ও পাত্রের প্রসারণের যোগফলের সমান।

- ক. ফারেনহাইট স্কেলে সুস্থ মানুষের দেহের তাপমাত্রা কত? ১
- খ. উষ্ণতার পার্থক্যের ওপর তাপের প্রবাহ কীভাবে নির্ভর করে? ২
- গ. অ্যালুমিনিয়ামের দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ $23.8 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$ হয় তবে পাতটির দৈর্ঘ্য কত বৃদ্ধি পাবে নির্ণয় কর। ৩

- ঘ. তরল পদার্থের ক্ষেত্রে করিমের ধারণার যথার্থতা প্রমাণ কর। ৪

▶◀ ১২নং প্রশ্নের উত্তর ▶◀

ক. ফারেনহাইট স্কেলে সুস্থ মানুষের দেহের তাপমাত্রা 98°F ।

খ. এক বস্তু থেকে অন্য বস্তুতে তাপের প্রবাহ বস্তুদ্বয়ের তাপের পরিমাণের ওপর নির্ভর করে না, বরং বস্তুদ্বয়ের উষ্ণতার পার্থক্যের ওপর নির্ভর করে। বেশি উষ্ণতার বস্তু হতে তাপ নিম্ন উষ্ণতার বস্তুতে প্রবাহিত হয়। তাপ প্রবাহের ফলে বস্তুদ্বয়ের উষ্ণতার ব্যবধান কমতে কমতে এক সময় সমান হয়ে যায়। উষ্ণতা সমান হলে বস্তুদ্বয়ের মধ্যে তাপের প্রবাহ বন্ধ হয়ে যায়।

গ. দেওয়া আছে,

$$\text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি, } \Delta\theta = 200^\circ\text{C} - 0^\circ\text{C} = 200^\circ\text{C} = 200 \text{ K}$$

$$\text{আদি দৈর্ঘ্য, } l_0 = 100 \text{ cm} = 1 \text{ m}$$

$$\text{পাতটির দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি, } \Delta l = ?$$

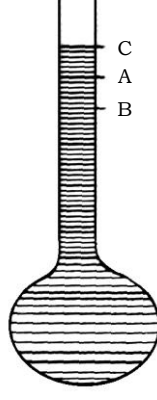
$$\text{আমরা জানি, } \alpha = \frac{\Delta l}{l_0 \Delta\theta}$$

$$\begin{aligned} \text{বা, } \Delta l &= \alpha \times l_0 \Delta\theta \\ &= 23.8 \times 10^{-6} \text{K}^{-1} \times 1 \text{ m} \times 200 \text{ K} \\ &= 0.00476 \text{ m} = 0.476 \text{ cm} \end{aligned}$$

অতএব, অ্যালুমিনিয়াম পাতের দৈর্ঘ্য 0.476 cm বৃদ্ধি পাবে।

ঘ. তরল পদার্থের ক্ষেত্রে করিমের ধারণা তরলের প্রকৃত প্রসারণ, আপাত প্রসারণ ও পাত্রের প্রসারণের যোগফলের সমান।

নিচে একটি পরীক্ষার সাহায্যে তরল পদার্থের প্রকৃত প্রসারণ ও আপাত প্রসারণের মধ্যে সম্পর্ক স্থাপন করা হলো :



একটি দাগ কাটা সরু নলবিশিষ্ট কাচের বাল্ব নিয়ে তার A দাগ পর্যন্ত কোনো তরল দ্বারা পূর্ণ করা হলো। এখন তরল স্তম্ভের দিকে লক্ষ রেখে বাল্বটিকে গরম করলে দেখা যাবে যে, তরলের উপরিতল A থেকে B দাগ পর্যন্ত নেমে আসে। তারপর আবার B দাগ থেকে শুরু করে A দাগ অতিক্রম করে C দাগ পর্যন্ত ওঠে। এর কারণ তাপ প্রয়োগে প্রথমে বাল্বটির আয়তন বৃদ্ধি পায়। যার জন্য তরল A থেকে B তে নেমে যায়। পরে তরল যেই গরম হয় সেই তার আয়তন বৃদ্ধি শুরু হয় এবং B থেকে C পর্যন্ত ওঠে। কঠিন পদার্থের চেয়ে তরলের প্রসারণ বেশি বিধায় এরূপ ঘটে। আপাত দৃষ্টিতে মনে হবে তরল প্রথমে A দাগ পর্যন্ত ছিল এবং সবশেষে C দাগে উঠেছে। তাই CA হলো আপাত প্রসারণ। CB হলো প্রকৃত প্রসারণ এবং AB হলো পাত্রের প্রসারণ।

চিত্র থেকে দেখা যায় যে, $CB = CA + AB$

অর্থাৎ প্রকৃত প্রসারণ = আপাত প্রসারণ + পাত্রের প্রসারণ

অতএব, উপরিউক্ত পরীক্ষা থেকে এটা প্রমাণিত হলো যে তরল পদার্থের ক্ষেত্রে করিমের ধারণাটি যথার্থ।

প্রশ্ন - ১৩ ▶ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

তাপ প্রয়োগের ফলে সকল প্রকার পদার্থের অণুর গতিশক্তি বৃদ্ধি পায়। এজন্য অণুগুলোর মধ্যবর্তী দূরত্ব বেড়ে যাওয়ার ফলে সকল পদার্থের প্রসারণ ঘটে। মনে কর, 0°C তাপমাত্রায় 1000 cm^3 আয়তনের একখণ্ড ইস্পাতকে 100°C তাপমাত্রা পর্যন্ত উত্তপ্ত করলে এর আয়তন 1003.3 cm^3 হয়।

ক. পদার্থের প্রসারণ কত প্রকার? ১

খ. কোন প্রসারণ দ্বারা কঠিন, তরল ও বায়বীয় পদার্থ শনাক্ত করা যাবে এবং

কেন? ২

গ. ইস্পাতের দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ কত? ৩

ঘ. কঠিন পদার্থের দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগের
মান দৈর্ঘ্যের এককের ওপর নির্ভর
করে না। ব্যাখ্যা কর।

8

▶◀ ১৩নং প্রশ্নের উত্তর ▶◀

ক. পদার্থের প্রসারণ তিন প্রকার।

খ. আয়তন প্রসারণ দ্বারা কঠিন, তরল ও বায়বীয় পদার্থকে শনাক্ত করা যায়।

কঠিন পদার্থের দৈর্ঘ্য, ক্ষেত্র ও আয়তন প্রসারণ নির্ণয় করা যায় কিন্তু তরল ও বায়বীয় পদার্থের শুধু আয়তন প্রসারণ নির্ণয় করা যায়।

গ. এখানে,

আদি আয়তন, $V_0 = 1000 \text{ cm}^3$

চূড়ান্ত আয়তন, $V_1 = 1003.3 \text{ cm}^3$

আয়তন বৃদ্ধি, $\Delta V = V_1 - V_0 = (1003.3 - 1000) \text{ cm}^3 = 3.3 \text{ cm}^3$

তাপমাত্রা বৃদ্ধি, $\Delta\theta = (100 - 0)^\circ\text{C} = 100 \text{ K}$.

ইম্পাতের দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ, $\alpha = ?$

আমরা জানি,

$$\gamma = \frac{\Delta V}{V_0 \Delta\theta}$$

$$\begin{aligned} \text{বা, } \gamma &= \frac{3.3 \text{ cm}^3}{100 \text{ cm}^3 \times 100 \text{ K}} \\ &= 3.3 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1} \end{aligned}$$

আবার আমরা পাই,

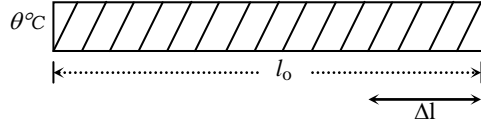
$$\gamma = 3\alpha$$

$$\begin{aligned} \therefore \alpha &= \frac{\gamma}{3} = \frac{3.3 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}}{3} \\ &= 1.1 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1} \\ &= 11 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1} \end{aligned}$$

\therefore ইম্পাতের দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ $11 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$

ঘ. তাপ প্রয়োগে বিভিন্ন কঠিন পদার্থের প্রসারণ বিভিন্ন হয়। পরীক্ষা করে দেখা গেছে তাপ প্রয়োগে একই কঠিন পদার্থের প্রসারণ বেশ সূক্ষ্ম হয় এবং ব্যবহারিক কাজকর্মের জন্য একটি ধাতব দণ্ডের দৈর্ঘ্য প্রসারণ এর আদি দৈর্ঘ্য এবং তাপমাত্রা বৃদ্ধির সমানুপাতিক হয়।

ধরা যাক, একটি ধাতব দণ্ডের আদি দৈর্ঘ্য l_0 । $\Delta\theta$ তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য এর দৈর্ঘ্য প্রসারণ Δl হলে



$$\Delta l \propto l_0 \Delta \theta$$

$$\text{বা, } \Delta l = \alpha l_0 \Delta \theta \dots\dots\dots (i)$$

এখানে, α একটি সমানুপাতিক ধ্রুবক। এর মান দণ্ডটির উপাদানের ওপর নির্ভর করে। একে কঠিন পদার্থের দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ বলা হয়।

(i) নং সমীকরণ থেকে দেখা যায় যে,

$$\alpha = \frac{\Delta l}{l_0 \Delta \theta} = \frac{\text{দৈর্ঘ্য প্রসারণ}}{\text{আদি দৈর্ঘ্য} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি}} \dots\dots\dots(ii)$$

এই সমীকরণে $l_0 = 1\text{m}$ এবং $\Delta\theta = 1\text{K}$ হলে

$\alpha = \Delta l$ হয়। এর থেকে দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগের নিম্নোক্ত সংজ্ঞা দেয়া হয়।

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

(ii) নং সমীকরণের ডান পাশের রাশিগুলোর একক বসিয়ে দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ এর একক পাওয়া যায়। এই সমীকরণ থেকে দেখা যায় এর একক প্রতি কেলভিন (K^{-1})।

অতএব, উপরিউক্ত আলোচনা থেকে এটা প্রমাণিত হয় যে, কঠিন পদার্থের দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগের মান দৈর্ঘ্যের এককের ওপর নির্ভর করে না।

প্রশ্ন – ১৪ ▶ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

দুইটি বৈদ্যুতিক খুঁটির মধ্যবর্তী দূরত্ব 30 m। খুঁটি দুইটির সাথে 30.01 m দৈর্ঘ্যের তামার তার যেদিন সংযোগ দেয়া হয় সেদিন ঐ স্থানের বায়ুর তাপমাত্রা ছিল 30°C । তামার দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ $16.7 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$ । শীতকালে যেদিন বায়ুর তাপমাত্রা 4°C হলো সেদিন তারটি ছিঁড়ে গেল।



- ক. জলীয় বাষ্পের আপেক্ষিক তাপ কত? ১
- খ. দুইটি বস্তুর তাপ সমান হলেও এদের তাপমাত্রা ভিন্ন হতে পারে কি? ব্যাখ্যা কর। ২
- গ. বায়ুর তাপমাত্রাকে ফারেনহাইট স্কেলে প্রকাশ কর। ৩

ঘ. তারটি ছিঁড়ে যাবার কারণ গাণিতিক

যুক্তিসহ ব্যাখ্যা কর।

৪

▶◀ ১৪নং প্রশ্নের উত্তর ▶◀

ক. জলীয় বাষ্পের আপেক্ষিক তাপ $2000 \text{ Jkg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ ।

খ. দুইটি বস্তুর তাপ সমান হলেও তাদের তাপমাত্রা ভিন্ন হতে পারে।

বস্তুর তাপমাত্রা তাদের তাপের পরিমাণের ওপর নির্ভর করে না, বরং তাপমাত্রা নির্ভর করে বস্তুর তাপীয় অবস্থার ওপর। একই উপাদানে তৈরি দুইটি ভিন্ন আকারের বস্তুর তাপের পরিমাণ সমান হলে অপেক্ষাকৃত ছোট বস্তুর তাপমাত্রা বেশি হবে।

গ. দেওয়া আছে,

সেলসিয়াস স্কেলে বায়ুর তাপমাত্রা, $C = 30^\circ\text{C}$

ফারেনহাইট স্কেলে বায়ুর তাপমাত্রা, $F = ?$

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

বা, $5(F - 32) = 9C$

বা, $5F - 160 = 9C$

বা, $5F = 9C + 160$

বা, $F = \frac{9C + 160}{5}$

$= \frac{9 \times 30 + 160}{5}$

$= \frac{270 + 160}{5}$

$= \frac{430}{5}$

$\therefore F = 86$

অতএব, ফারেনহাইট স্কেলে বায়ুর তাপমাত্রা 86°F

ঘ. এখানে,

তারের আদি দৈর্ঘ্য $l_1 = 30.01\text{m}$

তারের শেষ দৈর্ঘ্য $l_2 = ?$

$\theta_1 - \theta_2 = 30^\circ\text{C} - 4^\circ\text{C} = 26^\circ\text{C} = 26 \text{ K}$

তামার দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ, $\alpha = 16.7 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$

আমরা জানি,

$$\alpha = \frac{l_1 - l_2}{l_1 \Delta\theta}$$

$$\text{বা, } l_1 - l_2 = \alpha \times l_1 \Delta\theta$$

$$\text{বা, } l_2 = l_1 - \alpha l_1 \Delta\theta$$

$$= 30.01 \text{ m} - 16.7 \times 10^{-6} \text{ k}^{-1} \times 30.01 \text{ m} \times 26 \text{ K}$$

$$= 30.01 \text{ m} - 0.013 \text{ m}$$

$$= 29.997 \text{ m}$$

যেহেতু সংকোচনের পর তারের নতুন দৈর্ঘ্য 29.997m হয় যা খুঁটিদ্বয়ের দূরত্বের চেয়ে কম। তাই প্রচণ্ড টানের সৃষ্টি হয় এবং তারটি ছিঁড়ে যায়।

প্রশ্ন – ১৫ ▶ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

অবস্থার পরিবর্তন কীভাবে হয় তা দেখানোর জন্য ক্লাসে পদার্থবিজ্ঞানের শিক্ষক একটি পাত্রে কিছু বরফ নিয়ে তার তাপমাত্রা মাপলেন। প্রথম অবস্থায় তাপমাত্রা ছিল -5°C । তিনি যখন তাপ বাড়াতে থাকলেন তখন তাপমাত্রা সময়ের সাথে বাড়তে থাকল। তাপমাত্রা 0°C এ আসার পর কিছু সময়ের জন্য স্থির হয়ে গেল। সমস্ত বরফ গলে যাওয়ার পর দেখা গেল আবার তাপমাত্রা বাড়া শুরু করেছে। পরে শিক্ষক ছাত্রীদের ব্যাপারটা বুঝিয়ে দিলেন।

ক. গলন কী? ১

খ. বাষ্পায়ন ও স্ফুটনের মধ্যে তুলনা কর। ২

গ. উদ্দীপকে বর্ণিত ঘটনাটি ব্যাখ্যা কর। ৩

?

ঘ. ঘটনাটির তাপমাত্রা বনাম সময় লেখচিত্র ঐকে ব্যাখ্যা কর এবং তাপমাত্রা আরও বাড়ালে কী হতে পারে বলে তুমি মনে কর? ৪

▶◀ ১৫নং প্রশ্নের উত্তর ▶◀

ক. তাপ প্রয়োগে কঠিন পদার্থকে তরলে পরিণত করাকে গলন বলে।

খ. নিচে বাষ্পায়ন ও স্ফুটনের মধ্যে তুলনা করা হলো :

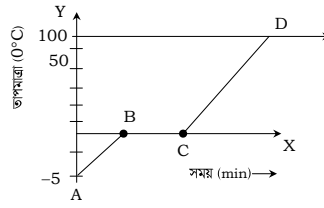
১. যেকোনো তাপমাত্রায় তরলের মুক্ততল থেকে ধীরে ধীরে বাষ্পে রূপান্তর হওয়াকে বাষ্পায়ন বলে এবং স্থির চাপে নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় তরলের সমস্ত স্তর হতে দ্রুত বাষ্পে রূপান্তরিত হওয়াকে স্ফুটন বলে।
২. বাষ্পায়ন যেকোনো তাপমাত্রায় ঘটে কিন্তু স্ফুটন কেবল নির্দিষ্ট তাপমাত্রা ও চাপে ঘটে।

৩. বাষ্পায়ন তরলের উপরিতলে ঘটে কিন্তু স্ফুটন তরলের সর্বত্র ঘটে।

গ. উদ্দীপকে সুপ্ততাপের ঘটনা বর্ণিত হয়েছে।

উদ্দীপক অনুযায়ী প্রথমে -5°C তাপমাত্রার বরফকে তাপ দেওয়ায় এর আন্তঃআণবিক বল কমে যেতে থাকে এবং 0°C তাপমাত্রায় এ আন্তঃআণবিক বল এত কমে যায় যে, অণুগুলো সীমিত আয়তনের মধ্যে মুক্তভাবে ঘোরাফেরা শুরু করে বলে এটি বরফ হতে পানিতে পরিণত হয়। আমরা জানি, যখন বরফ থেকে পানি হয় তখন তা সুপ্ততাপ গ্রহণ করে এবং সুপ্ততাপ বস্তুর তাপমাত্রা বৃদ্ধি বা হ্রাস করে না। তাই উদ্দীপকের পরীক্ষায় তাপমাত্রা 0°C । এ তাপমাত্রায় সমস্ত বরফ গলে পানিতে পরিণত না হওয়া পর্যন্ত তাপমাত্রা স্থির থাকে।

ঘ.



উদ্দীপক অনুযায়ী -5°C তাপমাত্রার বরফ A বিন্দু থেকে শুরু করে B বিন্দু পর্যন্ত তাপমাত্রা বেড়ে 0°C এ পরিণত হয়। এরপর 0°C তাপমাত্রার বরফ B বিন্দু থেকে C বিন্দু পর্যন্ত তাপমাত্রা স্থির থেকে 0°C তাপমাত্রার পানিতে পরিণত হয়।

এরপর তাপমাত্রা আরও বাড়াতে পানির তাপমাত্রা সরলরৈখিকভাবে 100°C পর্যন্ত বাড়বে। এরপর পানি বাষ্পে পরিণত হবে এবং সমস্ত পানি বাষ্পে পরিণত না হওয়া পর্যন্ত তাপমাত্রা স্থির থাকবে।

প্রশ্ন -১৬ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

আমরা জানি, তাপ প্রয়োগে কঠিন ও তরলের আয়তন প্রসারিত হয় কিন্তু বায়বীয় পদার্থে তাপ প্রয়োগ করলে এর আয়তন ও চাপ উভয়ই প্রসারিত হয়।

ক. গ্যাসের আয়তন প্রসারণ সহগ কাকে বলে? ১

খ. বায়বীয় পদার্থের ক্ষেত্রে আপাত প্রসারণ বিবেচনা করা হয় না কেন? ২

গ. 0°C তাপমাত্রায় কোনো গ্যাসের আয়তন 500 cm^3 হলে 100°C তাপমাত্রায় এর আয়তন কত হবে? (স্থির চাপে গ্যাসের আয়তন প্রসারণ সহগ 0.00366K^{-1}) ৩

ঘ. স্থির আয়তনে গ্যাসের চাপ প্রসারণ
সহগের মান চাপের এককের ওপর
নির্ভর করে না।

8

১৬নং প্রশ্নের উত্তর

ক. স্থির চাপে 0° তাপমাত্রার নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের 1m^3 আয়তনের তাপমাত্রা 1K বৃদ্ধি করলে ঐ গ্যাসের আয়তন যতটুকু বৃদ্ধি পায় তাকে স্থির চাপে গ্যাসের আয়তন প্রসারণ সহগ বলে।

খ. তরলের ন্যায় বায়বীয় পদার্থকেও কোনো পাত্রে রেখে তাপ প্রয়োগ করতে হয়। কিন্তু তাপমাত্রার পরিবর্তনের জন্য বায়বীয় পদার্থের প্রসারণ পাত্রের প্রসারণের চেয়ে অনেক গুণ বেশি হওয়ায় পাত্রের প্রসারণকে বিবেচনায় ধরা হয় না। এর ফলে বায়বীয় পদার্থের প্রকৃত প্রসারণের সাথে আপাত প্রসারণের কোনো পার্থক্য থাকে না। তাই বায়বীয় পদার্থের ক্ষেত্রে আপাত প্রসারণ বিবেচনা করা হয় না।

গ. এখানে,

$$0^\circ\text{C তাপমাত্রায় আয়তন, } V_0 = 500 \text{ cm}^3$$

$$\text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি, } \Delta\theta = (100 - 0)^\circ\text{C} = 100^\circ\text{C} = 100 \text{ K}$$

$$\text{স্থির চাপে গ্যাসের আয়তন প্রসারণ সহগ, } \gamma_p = 0.00366 \text{ K}^{-1}$$

$$\text{শেষ আয়তন, } V_\theta = ?$$

আমরা জানি,

$$V_\theta = V_0 (1 + \gamma_p \Delta\theta)$$

$$= 500 \text{ cm}^3 (1 + 0.00366 \text{ K}^{-1} \times 100 \text{ K})$$

$$= 500 (1 + .366) \text{ cm}^3$$

$$= 683 \text{ cm}^3$$

অতএব, আয়তন হবে 683 cm^3 ।

ঘ. পরীক্ষা করে দেখা গেছে, আয়তন স্থির রেখে নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি করলে এর চাপের প্রসারণ ঐ গ্যাসের 0°C তাপমাত্রার আদি চাপ এবং তাপমাত্রা বৃদ্ধির সমানুপাতিক। 0°C তাপমাত্রার নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের চাপ P_0 এবং আয়তন স্থির রেখে এর তাপমাত্রা $\Delta\theta$ বৃদ্ধি করলে এর চাপের প্রসারণ ΔP হলে,

$$\Delta P \propto P_0 \Delta\theta$$

$$\text{বা, } \Delta P = \gamma_v P_0 \Delta\theta \dots\dots\dots (i)$$

এখানে γ_v একটি সমানুপাতিক ধ্রুবক। একে স্থির আয়তনে গ্যাসের চাপ প্রসারণ সহগ বলা হয়।

$$\gamma_v = \frac{\Delta P}{P_0 \Delta\theta} = \frac{\text{চাপের প্রসারণ}}{\text{আদি চাপ} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি}} \dots\dots\dots (ii)$$

এই সমীকরণের $P_o = 1P_a$ এবং $\Delta\theta = 1K$ হলে $\gamma_v = \Delta P$ হয়। এর থেকে স্থির আয়তনের গ্যাসের চাপ প্রসারণ সহগের নিম্নোক্ত সংজ্ঞা লেখা যায়।

$0^\circ C$ তাপমাত্রার নির্দিষ্ট ভরের $1P_a$ চাপের কোনো গ্যাসের আয়তন স্থির রেখে এর তাপমাত্রা $1K$ বৃদ্ধি করলে ঐ গ্যাসের চাপ যতটুকু বৃদ্ধি পায় তাকে স্থির আয়তনে গ্যাসের চাপ প্রসারণ সহগ বলে।

সিদ্ধান্ত : (ii)নং সমীকরণের ডান পাশের রাশিগুলোর একক বসিয়ে স্থির আয়তনে গ্যাসের চাপ প্রসারণ-সহগের একক পাওয়া যায়। এই সমীকরণ থেকে দেখা যায় এর একক প্রতি কেলভিন (K^{-1})। স্থির আয়তনে গ্যাসের চাপ প্রসারণ সহগের মান চাপের এককের ওপর নির্ভর করে না।

প্রশ্ন-১৭ ▶ নিচের উদ্দীপকটি পড়ে প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

1 kg ভরের তামার পাত্রের দৈর্ঘ্য 50 cm প্রস্থ 30 cm এবং উচ্চতা 20 cm। তামার দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ $16.7 \times 10^{-6} K^{-1}$ এবং আপেক্ষিক তাপ $400 Jkg^{-1}K^{-1}$ ।

- ক. এক কেলভিন কী? ১
- খ. কোনো বস্তুর তাপধারণ ক্ষমতা কী কী বিষয়ের উপর নির্ভর করে? ২
- গ. $50^\circ C$ তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে পাত্রের আয়তন কত ঘন মিটার বৃদ্ধি পাবে? ৩
- ঘ. তামার পাত্রের তাপমাত্রা $20^\circ C$ বৃদ্ধি করতে যে তাপের প্রয়োজন সেই তাপ দিয়ে 500 g পানির ($40^\circ C$ তাপমাত্রার) তাপমাত্রা কতটুকু বৃদ্ধি ঘটানো যাবে? ৪

▶▶ ১৭নং প্রশ্নের উত্তর ▶▶

ক. পানির ত্রৈধবিন্দুর তাপমাত্রার $\frac{1}{273.16}$ ভাগকে এক কেলভিন (1K) বলে।

খ. কোনো বস্তুর তাপধারণ ক্ষমতা নিম্নলিখিত বিষয়গুলোর ওপর নির্ভর করে—

- বস্তুর ভরের ওপর
- বস্তুর উপাদানের ওপর এবং
- বস্তুর তাপমাত্রার পার্থক্যের ওপর।

গ. দেওয়া আছে,

তামার আদি দৈর্ঘ্য, $a = 50 \text{ cm} = 0.5 \text{ m}$

তামার আদি প্রস্থ, $b = 30 \text{ cm} = 0.3 \text{ m}$

তামার আদি উচ্চতা, $c = 20 \text{ cm} = 0.2 \text{ m}$

$$\begin{aligned}\therefore \text{তামার আদি আয়তন, } V_1 &= a \times b \times c \\ &= 0.5 \text{ m} \times 0.3 \text{ m} \times 0.2 \text{ m} \\ &= 0.03 \text{ m}^3\end{aligned}$$

তামার দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ, $\alpha = 16.7 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$

$$\begin{aligned}\therefore \text{আয়তন প্রসারণ সহগ, } \gamma &= 3\alpha = 3 \times 16.7 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1} \\ &= 50.1 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}\end{aligned}$$

তাপমাত্রা বৃদ্ধি, $\Delta\theta = 50^\circ \text{ C} = 50 \text{ K}$

আয়তন বৃদ্ধি, $\Delta V = ?$

আমরা জানি,

$$\gamma = \frac{\Delta V}{V_1\theta}$$

$$\begin{aligned}\text{বা, } \Delta V &= \gamma V_1 \Delta\theta \\ &= 50.1 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1} \times 0.03 \text{ m}^3 \times 50 \text{ K} \\ &= 7.515 \times 10^{-5} \text{ m}^3\end{aligned}$$

অতএব, পাত্রের আয়তন $7.515 \times 10^{-5} \text{ m}^3$ বৃদ্ধি পাবে।

ঘ. দেওয়া আছে,

তামার ভর, $m_c = 1 \text{ kg}$

তামার আপেক্ষিক তাপ, $S_c = 400 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$

তাপমাত্রা বৃদ্ধি, $\Delta\theta = 20^\circ \text{ C} = 20 \text{ K}$

\therefore তামার তাপমাত্রা 20° C বৃদ্ধি করতে প্রয়োজনীয় তাপ,

$$\begin{aligned}Q &= m_c S_c \Delta\theta \\ &= 1 \text{ kg} \times 400 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1} \times 20 \text{ K} \\ &= 8000 \text{ J}\end{aligned}$$

আবার, পানির ভর, $m_w = 500 \text{ g} = 0.5 \text{ kg}$

পানির আপেক্ষিক তাপ, $S_w = 4200 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$

পানির তাপমাত্রা বৃদ্ধি, $\Delta\theta = ?$

প্রশ্নমতে, $Q = m_w S_w \Delta\theta$

$$\begin{aligned}\text{বা, } \Delta\theta &= \frac{Q}{m_w S_w} \\ &= \frac{8000 \text{ J}}{0.5 \text{ kg} \times 4200 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}} \\ &= 3.81 \text{ K}\end{aligned}$$

অতএব, পানির তাপমাত্রা 3.81°C বৃদ্ধি ঘটানো যাবে।

প্রশ্ন-১৮ ▶ নিচের উদ্দীপকটি পড়ে প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

50 g ভরের কোনো বস্তুকে 20°C থেকে 120°C তাপমাত্রা উত্তপ্ত করা হলো। উত্তপ্ত এই বস্তুকে 50 g ভরের কোনো অ্যালুমিনিয়াম ক্যালরিমিটারে 20°C তাপমাত্রায় 0.15 kg পানির মধ্যে নিক্ষেপ করলে মিশ্রণের তাপমাত্রা 30°C পাওয়া গেল। অ্যালুমিনিয়ামের আপেক্ষিক তাপ $900 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$ এবং বস্তুর উপাদানের আপেক্ষিক তাপ $1500 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$ ।

ক. তাপধারণ ক্ষমতা কাকে বলে? ১

খ. চাপের জন্য গলনাঙ্কের কীরূপ পরিবর্তন ঘটে? ২

গ. বস্তুটিকে 120°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করতে প্রয়োজনীয় তাপের পরিমাণ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকের তথ্যগুলো তাপ পরিমাপের মূলনীতিকে সমর্থন করে কি? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

▶◀ ১৮নং প্রশ্নের উত্তর ▶◀

ক. কোনো বস্তুর তাপমাত্রা 1K বাড়াতে যে পরিমাণ তাপের প্রয়োজন হয় তাকে ঐ বস্তুর তাপধারণ ক্ষমতা বলে।

খ. পদার্থের উপর চাপের হ্রাস-বৃদ্ধির জন্য গলনাঙ্ক পরিবর্তিত হয়। চাপের জন্য গলনাঙ্ক পরিবর্তন দুইভাবে হতে পারে।

১. কঠিন থেকে তরলে রূপান্তরের সময় যেসব পদার্থের আয়তন হ্রাস পায় (যেমন বরফ), চাপ বাড়লে তাদের গলনাঙ্ক কমে যায় অর্থাৎ কম তাপমাত্রায় গলে।

২. কঠিন থেকে তরলে রূপান্তরের সময় যেসব পদার্থের আয়তন বেড়ে যায় (যেমন মোম), চাপ বাড়লে তাদের গলনাঙ্ক বেড়ে যায় অর্থাৎ বেশি তাপমাত্রায় গলে।

গ. দেওয়া আছে,

$$\text{বস্তুটির ভর, } m = 50 \text{ g} = 0.05 \text{ kg}$$

$$\text{আপেক্ষিক তাপ, } S = 1500 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$$

$$\text{আদি তাপমাত্রা, } \theta_1 = 20^{\circ}\text{C}$$

$$\text{চূড়ান্ত তাপমাত্রা, } \theta_2 = 120^{\circ}\text{C}$$

$$\text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি, } \Delta\theta = \theta_2 - \theta_1 = (120 - 20)^{\circ}\text{C}$$

$$= 100^{\circ}\text{C} = 100 \text{ K}$$

$$\text{প্রয়োজনীয় তাপ, } Q = ?$$

আমরা জানি,

$$Q = mS \Delta\theta$$

$$\text{বা, } Q = 0.05 \text{ kg} \times 1500 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1} \times 100 \text{ K}$$

$$\therefore Q = 7500 \text{ J}$$

অতএব, উদ্দীপকের বস্তুটিকে 120°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করতে প্রয়োজনীয় তাপের পরিমাণ 7500 J ।

ঘ. উদ্দীপকের মোট গৃহীত তাপ মোট বর্জিত তাপের সমান হলে, ঘটনাটি তাপ পরিমাপের মূলনীতিকে সমর্থন করবে।

গাণিতিক বিশ্লেষণ :

$$\text{বস্তুটির ভর, } m_1 = 50 \text{ g} = 0.05 \text{ kg}$$

$$\text{বস্তুটির উপাদানের আপেক্ষিক তাপ, } S_1 = 1500 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$$

$$\text{বস্তুর আদি তাপমাত্রা} = 120^\circ\text{C}$$

$$\text{মিশ্রণের চূড়ান্ত তাপমাত্রা} = 30^\circ\text{C}$$

$$\begin{aligned} \therefore \text{বস্তুর তাপমাত্রাহ্রাস পায়, } \Delta\theta_1 &= (120 - 30)^\circ\text{C} \\ &= 90^\circ\text{C} \\ &= 90 \text{ K} \end{aligned}$$

\therefore বস্তু দ্বারা বর্জিত তাপ,

$$Q_1 = m_1 S_1 \Delta\theta$$

$$\text{বা, } Q_1 = 0.05 \text{ kg} \times 1500 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1} \times 90 \text{ K}$$

$$\therefore Q_1 = 6750 \text{ J}$$

$$\text{আবার, ক্যালরিমিটারের ভর, } m_2 = 50 \text{ g} = 0.05 \text{ kg}$$

$$\text{ক্যালরিমিটারের উপাদানের আপেক্ষিক তাপ, } S_2 = 900 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$$

$$\text{ক্যালরিমিটারের প্রাথমিক তাপমাত্রা} = 20^\circ\text{C}$$

$$\text{ক্যালরিমিটারের চূড়ান্ত তাপমাত্রা} = 30^\circ\text{C}$$

$$\begin{aligned} \text{ক্যালরিমিটারের তাপমাত্রা বৃদ্ধি, } \Delta\theta_2 &= (30 - 20)^\circ\text{C} \\ &= 10^\circ\text{C} \\ &= 10 \text{ K} \end{aligned}$$

\therefore ক্যালরিমিটার কর্তৃক গৃহীত তাপ,

$$Q_2 = m_2 S_2 \Delta\theta_2$$

$$\text{বা, } Q_2 = 0.05 \text{ kg} \times 900 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1} \times 10 \text{ K}$$

$$\therefore Q_2 = 450 \text{ J}$$

$$\text{আবার, পানির ভর, } m_3 = 0.15 \text{ kg}$$

$$\text{পানির আপেক্ষিক তাপ, } S_3 = 4200 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$$

$$\text{পানির প্রাথমিক তাপমাত্রা} = 20^\circ\text{C}$$

$$\text{পানির চূড়ান্ত তাপমাত্রা} = 30^\circ\text{C}$$

$$\text{পানির তাপমাত্রা বৃদ্ধি, } \Delta\theta_3 = (30 - 20)^\circ\text{C}$$

$$= 10^\circ\text{C}$$

$$= 10\text{K}$$

∴ পানি কর্তৃক গৃহীত তাপ,

$$Q_3 = m_3 S_3 \Delta\theta_3$$

$$\text{বা, } Q_3 = 0.15 \text{ kg} \times 4200 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1} \times 10 \text{ K}$$

$$\text{বা, } Q_3 = 6300 \text{ J}$$

$$\therefore \text{মোট গৃহীত তাপ} = Q_2 + Q_3$$

$$= (450 + 6300) \text{ J}$$

$$= 6750 \text{ J}$$

$$\text{মোট বর্জিত তাপ, } Q_1 = 6750 \text{ J}$$

$$\therefore Q_1 = Q_2 + Q_3$$

$$\therefore \text{গৃহীত তাপ} = \text{বর্জিত তাপ}$$

অতএব, উদ্দীপকের ঘটনাটি তাপ পরিমাপের মূলনীতিকে সমর্থন করে।

প্রশ্ন - ১৯ ▶ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

অপর্ণা 1 cm ব্যাসার্ধের একটি তামার বলকে তাপ দিয়ে উহার তাপমাত্রা 50°C বৃদ্ধি করায় উহার আয়তন 4.1993 cm^3 এবং পৃষ্ঠের ক্ষেত্রফল 12.5874 cm^2 হলো।

ক. বাষ্পীভবন কী কী পদ্ধতিতে হতে

পারে? ১

খ. তাপ ও তাপমাত্রার দুইটি পার্থক্য লেখ।

২

?

গ. তামার বলটির তাপমাত্রা কত

ফারেনহাইট বৃদ্ধি করা

হয়েছিল? ৩

ঘ. উদ্দীপকের আলোকে ক্ষেত্র প্রসারণ
সহগ ও আয়তন প্রসারণ সহগ এর
মধ্যে সম্পর্ক স্থাপন কর।

৪

▶◀ ১৯নং প্রশ্নের উত্তর ▶◀

ক. বাষ্পীভবন বাষ্পায়ন ও স্ফুটন এই দুই পদ্ধতিতে হতে পারে।

খ. তাপ ও তাপমাত্রার দুইটি পার্থক্য নিচে উল্লেখ করা হলো :

তাপ	তাপমাত্রা
১.উষ্ণতার পার্থক্যের জন্য যে শক্তি এক বস্তু থেকে অন্য বস্তুতে প্রবাহিত হয় তাকে তাপ বলে।	১.তাপমাত্রা হচ্ছে কোনো বস্তুর তাপীয় অবস্থা যা নির্ধারণ করে ঐ বস্তুটি অন্য বস্তুর তাপীয় সংস্পর্শে এলে বস্তুটি তাপ হারাবে না গ্রহণ করবে।
২.তাপ পরিমাপের একক জুল, ক্যালরি ইত্যাদি।	২.তাপমাত্রা পরিমাপের একক কেলভিন, সেলসিয়াস, ফারেনহাইট ইত্যাদি।

গ. দেওয়া আছে,

সেলসিয়াস স্কেলে তাপমাত্রা, $C = 50^{\circ}\text{C}$

ফারেনহাইট স্কেলে তাপমাত্রা, $F = ?$

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

বা, $\frac{50}{5} = \frac{F - 32}{9}$

বা, $5(F - 32) = 50 \times 9$

বা, $F - 32 = \frac{50 \times 9}{5}$

বা, $F - 32 = 90$

বা, $F = 90 + 32$

$$\therefore F = 122$$

অতএব, ফারেনহাইট স্কেলে তাপমাত্রা বৃদ্ধির পরিমাণ 122°F ।

ঘ. দেওয়া আছে,

$$\text{তামার বলের ব্যাসার্ধ, } r = 1 \text{ cm} = 1 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$\text{ক্ষেত্র প্রসারণ সহগ} = \beta$$

$$\text{আয়তন প্রসারণ সহগ} = \gamma$$

$$\text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি, } \Delta\theta = 50^\circ\text{C} = 50 \text{ K}$$

বলের চূড়ান্ত আয়তন,

$$V_2 = 4.1993 \text{ cm}^3 = 4.1993 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

বলের চূড়ান্ত ক্ষেত্রফল,

$$A_2 = 12.5874 \text{ cm}^2 = 12.5874 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

তামার বলের পৃষ্ঠের ক্ষেত্রফল,

$$\begin{aligned} A_1 &= 4\pi r^2 = 4 \times 3.1416 \times (1 \times 10^{-2} \text{ m})^2 \\ &= 12.5664 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \end{aligned}$$

\therefore ক্ষেত্রফল বৃদ্ধি,

$$\begin{aligned} \Delta A &= 12.5874 \times 10^{-4} \text{ m}^2 - 12.5664 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \\ &= 2.1 \times 10^{-6} \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{তামার বলের আয়তন, } V_1 = \frac{4}{3} \pi r^3$$

$$= \frac{4}{3} \times 3.1416 \times (1 \times 10^{-2} \text{ m})^3$$

$$= 4.1888 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$\text{আয়তন বৃদ্ধি, } \Delta V = (4.1993 \times 10^{-6} - 4.1888 \times 10^{-6}) \text{ m}^3$$

$$= 1.05 \times 10^{-8} \text{ m}^3$$

$$\text{আমরা জানি, } \beta = \frac{\Delta A}{A_1 \times \Delta\theta}$$

$$= \frac{2.1 \times 10^{-6} \text{ m}^2}{12.5664 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \times 50 \text{ K}}$$

$$= 33.4 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$$

$$\text{আবার, } \gamma = \frac{\Delta V}{V_1 \times \Delta\theta} = \frac{1.05 \times 10^{-8}}{4.1888 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \times 50 \text{ K}}$$

$$= 50.1 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$$

$$\text{এখন, } \frac{\beta}{\gamma} = \frac{33.4 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}}{50.1 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}} = \frac{2}{3}$$

$$\therefore 3\beta = 2\gamma$$

অতএব, উপরের গাণিতিক বিশ্লেষণ হতে বলা যায় উদ্দীপকের আলোকে ক্ষেত্র প্রসারণ সহগের তিনগুণ আয়তন প্রসারণ সহগের দ্বিগুণের সমান।

প্রশ্ন -২০ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

একটি ধাতব পাতের দৈর্ঘ্য ও প্রস্থ যথাক্রমে 40 m ও 30 m।

ক. সুগুতাপ কী? ১

খ. বরফ গলনের সময় তাপমাত্রা পরিবর্তন হয় না কেন? ২

গ. ঐ ধাতুর তাপমাত্রা 30°C বৃদ্ধি করলে এর ক্ষেত্রফলের পরিবর্তন ঘটে 2 m^2 । ধাতুটির দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. ঐ ধাতুর আয়তন 2% বৃদ্ধি করতে কত তাপমাত্রা বৃদ্ধি করতে হবে? ৪

▶◀ ২০নং প্রশ্নের উত্তর ▶◀

ক. যে তাপ কোনো বস্তুর তাপমাত্রার পরিবর্তন না ঘটিয়ে শুধু অবস্থার পরিবর্তন ঘটায় তাকে সুগুতাপ বলে।

খ. আমরা জানি, বরফ গলনের সময় তাপমাত্রা 0°C এ স্থির থাকে। এ সময় তাপ দিলেও তাপমাত্রার কোনো পরিবর্তন হয় না। প্রদত্ত তাপ শক্তি বরফের মধ্যকার বন্ধন ভাঙতে ব্যয় হয়। এ কারণে বরফ গলনের সময় তাপমাত্রার কোনো পরিবর্তন হয় না।

গ. দেওয়া আছে,

$$\text{ধাতুটির দৈর্ঘ্য} = 40 \text{ m}$$

$$\text{প্রস্থ} = 30 \text{ m}$$

$$\therefore \text{ধাতুটির আদি ক্ষেত্রফল, } A_0 = 40 \text{ m} \times 30 \text{ m} \\ = 120 \text{ m}^2$$

$$\text{ক্ষেত্রফল বৃদ্ধি, } \Delta A = 2 \text{ m}^2$$

$$\text{তাপমাত্রা পরিবর্তন, } \Delta\theta = 30^\circ\text{C} = 30 \text{ K}$$

দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ, $\alpha = ?$

আমরা জানি,

$$\begin{aligned}\text{ক্ষেত্র প্রসারণ সহগ, } \beta &= \frac{\Delta A}{A_0 \Delta \theta} \\ &= \frac{2 \text{ m}^2}{1200 \text{ m}^2 \times 30 \text{ K}} \\ &= 5.56 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{আবার, দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ, } \alpha &= \frac{\beta}{2} \\ &= \frac{5.56 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}}{2} \\ &= 2.78 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}\end{aligned}$$

অতএব ধাতুটির দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ $2.78 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ ।

ঘ. ধাতুটির দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ, $\alpha = 2.78 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$

\therefore ধাতুটির আয়তন প্রসারণ সহগ

$$\begin{aligned}\gamma &= 3\alpha \\ &= 3 \times 2.78 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}\end{aligned}$$

এখন, ধরি, ধাতুটির আদি আয়তন, $V_0 = V$

\therefore ধাতুটির আয়তন বৃদ্ধি, $\Delta V = V$ এর 2%

$$\text{বা, } \Delta V = \frac{V \times 2}{100}$$

$$\therefore \Delta V = \frac{V}{50}$$

তাপমাত্রার পরিবর্তন, $\Delta \theta = ?$

$$\text{আমরা জানি, } \gamma = \frac{\Delta V}{V_0 \Delta \theta}$$

$$\text{বা, } \Delta \theta = \frac{\Delta V}{V_0 \gamma} = \frac{\frac{V}{50}}{V \times 8.33 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}}$$

$$\text{বা, } \Delta \theta = \frac{1}{50 \times 8.33 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}}$$

$$\therefore \Delta \theta = 240 \text{ K}$$

অতএব, উপরিউক্ত গাণিতিক বিশ্লেষণ থেকে পাই, ঐ ধাতুর আয়তন 2% বৃদ্ধি করতে হলে তাপমাত্রা 240 K বৃদ্ধি করতে হবে।

প্রশ্ন – ২১ ▶ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

সাকিব তার ছোট ভাই সোহেলের শরীরের তাপমাত্রা মাপার পর তার মাকে জানাল শরীরের তাপমাত্রা 38°C । সাকিবের মা তাকে চিকিৎসকদের ভাষায় শরীরের তাপমাত্রা প্রকাশ করতে বলেন।

ক. সুস্থ মানুষের দেহের তাপমাত্রা কত? ১

খ. তাপমাত্রার প্রতীক লেখার নিয়ম ব্যাখ্যা কর। ২

গ. চিকিৎসকদের ভাষায় সোহেলের শরীরের তাপমাত্রা

? কত? ৩

ঘ. কোন তাপমাত্রায় স্কেল দুটির পাঠের ব্যবধান 20° হবে গাণিতিক সমাধান দাও। ৪

▶◀ ২১নং প্রশ্নের উত্তর ▶◀

ক. সুস্থ মানুষের দেহের তাপমাত্রা 98.4°F ।

খ. সাধারণ তাপমাত্রা $^{\circ}\text{C}$ (ডিগ্রি সেলসিয়াস) এ পরিমাপ করা হলে একে θ দিয়ে এবং কেলভিনে পরিমাপ করা হলে T দিয়ে প্রকাশ করা হয়।

তাপমাত্রা পরিমাপের যন্ত্র থার্মোমিটারগুলো ডিগ্রি সেলসিয়াসে দাগাঙ্কিত থাকে এবং দুটি তাপমাত্রার পার্থক্য সেলসিয়াস স্কেল এবং কেলভিনে একই হয়, তাই ব্যবহারিক ক্ষেত্রে সাধারণত তাপমাত্রার প্রতীক θ -ই ব্যবহার করা হয়। কিন্তু যেসব সমীকরণ বা সূত্র কেবল তাপমাত্রার কেলভিন এককের জন্য প্রযোজ্য সেসব ক্ষেত্রে তাপমাত্রা লেখার জন্য T ব্যবহার করা হয়।

গ. ডাক্তারি থার্মোমিটার হলো ফারেনহাইট থার্মোমিটার।

এখানে,

সেলসিয়াস স্কেলে পাঠ, $C = 38^{\circ}\text{C}$

ডাক্তারি থার্মোমিটারে পাঠ, $F = ?$

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

$$\text{বা, } \frac{38}{5} = \frac{F - 32}{9}$$

$$\text{বা, } 5F - 160 = 342$$

$$\text{বা, } 5F = 342 + 160$$

$$\text{বা, } 5F = 502$$

$$\text{বা, } F = \frac{502}{5}$$

$$\therefore F = 100.4^\circ\text{F}$$

অতএব, সোহেলের শরীরের তাপমাত্রা 100.4

ঘ. উদ্দীপকে উল্লিখিত তাপমাত্রা পরিমাপের স্কেল দুটি সেলসিয়াস স্কেল এবং ডাক্তারি স্কেল বা ফারেনহাইট স্কেল।

যে তাপমাত্রায় এই দুই স্কেলে তাপমাত্রার ব্যবধান 20° হয় তা নিচে নির্ণয় করা হলো :

ধরি,

সেলসিয়াস স্কেলে

পাঠ,

$$C = x^\circ\text{C}$$

\therefore ফারেনহাইট

স্কেলে পাঠ,

$$F = (x \pm 20)^\circ\text{F}$$

আমরা জানি,

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

যখন $F = (x + 20)^\circ\text{F}$ তখন

$$\frac{x}{5} =$$

$$\frac{x + 20 - 32}{9}$$

$$\text{বা, } 9x = 5x + 100 - 160$$

$$\text{বা, } 4x = -60$$

$$\text{বা, } x = -\frac{60}{4}$$

$$\therefore x = -15^\circ\text{C}$$

২য় স্কেলে,

যখন $F = (x -$

$20)^\circ\text{F}$ তখন

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

$$\text{বা, } \frac{x}{5} =$$

$$\frac{x - 20 - 32}{9}$$

$$\text{বা, } \frac{x}{5} = \frac{x - 52}{9}$$

$$\text{বা, } 9x = 5x - 260$$

$$\text{বা, } 4x = -260$$

$$\text{বা, } x = \frac{-260}{4}$$

$$\therefore x = -65^\circ\text{C}$$

$$\text{এবং } F = (-65 - 20)^\circ\text{F}$$

$$= -85^\circ\text{F}$$

$$\text{এবং } F = (-15 + 20)^\circ\text{F বা } 5^\circ\text{F}$$

সুতরাং -15°C ও 5°F অথবা -65°C ও -85°F তাপমাত্রায় উক্ত স্কেল দুইটির তাপমাত্রার ব্যবধান 20° হয়।

প্রশ্ন -২২ ▶ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

গ্রীষ্মের ছুটিতে হিমেল ট্রেনে করে গ্রামের বাড়িতে যাচ্ছিল। প্রায় অর্ধেক দূরত্ব অতিক্রম করার পর ট্রেনটি হঠাৎ থেমে গেল। কৌতূহলী লোকজন নেমে দেখল যে, রেললাইনটি বেঁকে গেছে। হিমেল লোকজনের সাথে আলাপ করে জানতে পারল ওই দিনের তাপমাত্রা স্বাভাবিকের চেয়ে কিছুটা বৃদ্ধির কারণে 400 m দীর্ঘ লোহার লাইনটির দৈর্ঘ্য 9.2 cm বেড়ে সমস্যাটির সৃষ্টি হয়েছে।

ক. তাপ অপসারণে পদার্থের কী পরিবর্তন হয়? ১

খ. পিতলের আয়তন প্রসারণ সহগ $56.7 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ বলতে কী বোঝ? ২

গ. লোহার প্রসারণ সহগ $11.5 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ হলে ঐদিনের তাপমাত্রা স্বাভাবিকের চেয়ে কত বেড়েছিল? ৩

ঘ. রেল লাইনটির সংযোগের ক্ষেত্রে কোনো ত্রুটি ছিল কি না যুক্তিসহ বিশ্লেষণ কর। ৪

▶◀ ২২নং প্রশ্নের উত্তর ▶◀

ক. তাপ অপসারণে পদার্থের দৈর্ঘ্য, ক্ষেত্রফল এবং আয়তন কমে গিয়ে সংকুচিত হয়।

খ. আমরা জানি,

$$\text{আয়তন প্রসারণ সহগ, } \gamma = \frac{\text{আয়তন বৃদ্ধি}}{\text{আদি আয়তন} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি}}$$

$$\text{বা, } \gamma = \frac{V_2 - V_1}{V_1(\theta_2 - \theta_1)}$$

$$\text{বা, } V_0 = 1 \text{ m}^3 \text{ এবং } (\theta_2 - \theta_1) = 1 \text{ K হয়,}$$

$$\text{তবে } \gamma = (V_2 - V_1)$$

অর্থাৎ, পিতলের আয়তন প্রসারণ সহগ $56.7 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$ বলতে বোঝায় 1 m^3 আয়তনের পিতলের কোনো বস্তুর তাপমাত্রা 1 K বৃদ্ধি করলে এর আয়তন $56.7 \times 10^{-6} \text{m}^3$ বৃদ্ধি পায়।

গ. উদ্দীপক থেকে,

রেললাইনের আদি দৈর্ঘ্য, $l_1 = 400 \text{ m}$

দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি $l_2 - l_1 = 9.2 \text{ cm}$

$$= 9.2 \times 10^{-2} \text{ m}$$

লোহার দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ,

$$\alpha = 11.5 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$$

তাপমাত্রা বৃদ্ধি, $\theta_2 - \theta_1 = ?$

আমরা জানি,

$$\alpha = \frac{l_2 - l_1}{l_1(\theta_2 - \theta_1)}$$

$$\text{বা, } \alpha l_1 (\theta_2 - \theta_1) = l_2 - l_1$$

$$\text{বা, } (\theta_2 - \theta_1) = \frac{l_2 - l_1}{\alpha l_1}$$

$$= \frac{9.2 \times 10^{-2} \text{m}}{11.5 \times 10^{-6} \text{K}^{-1} \times 400 \text{ m}}$$
$$= 20 \text{K}$$
$$= 20^\circ \text{C}$$

অতএব, ওই দিনের তাপমাত্রা স্বাভাবিকের চেয়ে 20°C বেড়েছিল।

ঘ. আমরা জানি, তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে কঠিন পদার্থের প্রসারণ ঘটে এবং তাপ অপসারণ করলে পদার্থ সংকুচিত হয়।

পদার্থের এ প্রসারণ সবদিকে হয়। রেললাইনের ক্ষেত্রেও তাই ঘটেছে। কারণ রেল লাইনটির প্রসারণের জন্য প্রস্থ বরাবর ফাঁকা জায়গা যথেষ্ট ছিল কিন্তু দৈর্ঘ্য বরাবর প্রসারণের জন্য যথেষ্ট জায়গা ছিল না।

‘গ’ নং উত্তর থেকে আমরা জানতে পারি যে, ওই দিনের তাপমাত্রা স্বাভাবিকের চেয়ে 20°C বৃদ্ধি পেয়েছিল, এই 20°C তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে দুটি রেললাইনের মাঝে যতটুকু ফাঁকা জায়গা রাখার জন্য দরকার ছিল তার চেয়ে কম রেখেছিল। কারণ উদ্দীপক থেকে আমরা দেখি যে, রেললাইনটির দৈর্ঘ্য 9.2 cm বৃদ্ধিতেই তা বঁকে গিয়েছিল। তাহলে অবশ্যই ফাঁকা জায়গা 9.2 cm এর কম ছিল। এছাড়াও রেললাইনটি সংযোগ দেওয়ার সময় তাপমাত্রা বৃদ্ধিজনিত বিষয়টির হিসাবেও ভুল ছিল। কারণ হিসাবের সময় কর্তৃপক্ষ তাপমাত্রা বৃদ্ধির সীমাটি কম ধরেছিল যার ফলে দুর্ঘটনাটি ঘটেছে। কারণ হিসাবের সময় তাপমাত্রা বৃদ্ধির সীমা বাড়িয়ে ধরলে আর দুর্ঘটনা ঘটত না। যেমন তারা যদি তাপমাত্রা বৃদ্ধির সীমা $45^\circ - 50^\circ \text{C}$ এর মধ্যে হিসাব করত তাহলে প্রয়োজনীয় ফাঁকা জায়গার পরিমাণও বেশি রাখত এবং দুর্ঘটনা থেকে ট্রেনটি রক্ষা পেত।

অতএব, উপরিউক্ত আলোচনা থেকে আমরা নিশ্চিত হলাম যে, রেল লাইনটি সংযোগের ক্ষেত্রে অবশ্যই ত্রুটি ছিল, যার ফলে লাইনটি বেঁকে গেছে।

প্রশ্ন – ২৩ ▶ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

ক্রমিক নং	পদার্থের নাম	আপেক্ষিক তাপ (S), $\text{Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$
1	রুপা	230
2	সিসা	130
3	তামা	400
4	পানি	4200

ক. আপেক্ষিক তাপের একক কী? ১

খ. তাপ পরিমাপে আপেক্ষিক তাপ জানা
গুরুত্বপূর্ণ কেন? ২

গ. এক কেজি তামায় 4200 J তাপ
প্রদান করলে তাপমাত্রা কত বৃদ্ধি পাবে
বের
কর। ৩

ঘ. 4নং পদার্থটির আপেক্ষিক তাপ বেশি
হওয়ার গুরুত্ব আলোচনা কর। ৪

▶◀ ২৩নং প্রশ্নের উত্তর ▶◀

ক. আপেক্ষিক তাপের একক $\text{Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$ ।

খ. আপেক্ষিক তাপ বস্তুর উপাদানের নিজস্ব বৈশিষ্ট্য। তাই সমান ভরের বিভিন্ন বস্তুর একই পরিমাণ তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য বিভিন্ন পরিমাণ তাপ দরকার। তাই কেবল কোনো বস্তুর উপাদানের আপেক্ষিক তাপ জানা থাকলেই ওই বস্তুর নির্দিষ্ট পরিমাণের জন্য নির্দিষ্ট তাপমাত্রা বৃদ্ধি করতে প্রয়োজনীয় তাপ নির্ণয় করা সম্ভব।

গ. এখানে, গৃহীত তাপ, $Q = 4200 \text{ J}$

ভর, $m = 1 \text{ kg}$

আপেক্ষিক তাপ, $S = 400 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$

তাপমাত্রা বৃদ্ধি, $\Delta\theta = ?$

আমরা জানি,

$$Q = mS\Delta\theta$$

$$\text{বা, } \Delta\theta = \frac{Q}{mS}$$

$$\text{বা, } \Delta\theta = \frac{4200 \text{ J}}{1 \text{ kg} \times 400 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}}$$

$$\text{বা, } \Delta\theta = 10.5 \text{ K} = 10.5^\circ\text{C}$$

সুতরাং তাপমাত্রা বৃদ্ধি পাবে 10.5°C ।

ঘ. অন্যান্য পদার্থের তুলনায় 4 নং পদার্থটি অর্থাৎ পানির আপেক্ষিক তাপ $4200 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$ যা অন্য যেকোনো পদার্থের তুলনায় বেশি।

মাটির আপেক্ষিক তাপ প্রায় $800 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$ অর্থাৎ নির্দিষ্ট পরিমাণ মাটির তাপমাত্রা 1K বাড়াতে যে তাপের প্রয়োজন; সমপরিমাণ পানির তাপমাত্রা 1K বাড়াতে প্রায় পাঁচগুণ বেশি তাপ প্রয়োজন তেমনি 1K তাপমাত্রা হ্রাস করার জন্য মাটির চেয়ে পানিকে পাঁচগুণ বেশি তাপ বর্জন করতে হয়। এর ফলে স্থলভাগের তুলনায় সামুদ্রিক অঞ্চলের তাপমাত্রার পরিবর্তন ধীরে ধীরে হয়। এ কারণে মরুভূমির তুলনায় দ্বীপ অঞ্চলে তাপমাত্রার পার্থক্য কম হয়। আবার পানির উচ্চ আপেক্ষিক তাপের কারণে গাড়ির ইঞ্জিন ঠাণ্ডা রাখার জন্য তথা শীতলীকারক হিসেবে পানি ব্যবহার করা হয়।

অতএব, উপরিউক্ত আলোচনা থেকে দেখা যাচ্ছে যে, 4 নং পদার্থ অর্থাৎ পানির আপেক্ষিক তাপ বেশি হওয়ার গুরুত্ব অপরিসীম।

প্রশ্ন-২৪ ▶ নিচের উদ্দীপকটি পড়ে প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :



উপরের পাত্র তিনটিতে 90°C তাপমাত্রা পর্যন্ত তাপ দেয়া হলো। পানি, গ্লিসারিন এবং তারপিন তেলের আপেক্ষিক তাপ যথাক্রমে $4200 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$, $2350 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$ এবং $1800 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$ ।

ক. পানির ত্রৈধবিন্দু কাকে বলে? ১

খ. পাহাড়ের উপর রান্না করা
অসুবিধাজনক কেন? ২

? গ. তারপিন তেল কর্তৃক শোষিত তাপের
পরিমাণ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. একই পরিমাণ পানিকে সমপরিমাণ
উত্তপ্ত করতে অন্য দুটি তরলের চেয়ে

বেশি তাপের প্রয়োজন হয়েছে—

গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর।

8

▶◀ ২৪নং প্রশ্নের উত্তর ▶◀

ক. যে নির্দিষ্ট তাপমাত্রা ও চাপে পানি তিন অবস্থাতেই অর্থাৎ বরফ, পানি এবং জলীয় বাষ্পরূপে অবস্থান করে তাকে পানির ত্রৈধবিন্দু বলে।

খ. পানির স্ফুটনাঙ্ক বায়ুচাপের ওপর নির্ভরশীল। আবার বায়ুচাপ ভূপৃষ্ঠ থেকে উচ্চতার ওপর নির্ভরশীল। পাহাড়ের উপর বায়ুচাপ কম হওয়ায় পানির স্ফুটনাঙ্ক কমে যায় অর্থাৎ 100°C এর কম তাপমাত্রায় পানি ফুটতে শুরু করে। কিন্তু মাছ, মাংস, ডিম ইত্যাদি সিদ্ধ হবার জন্য যে তাপের প্রয়োজন, পানি কম তাপমাত্রায় বাষ্পীভূত হয় বলে মাছ, মাংস, ডিম পর্যাপ্ত তাপ পায় না। তাই পাহাড়ের উপর রান্না করা অসুবিধাজনক।

গ. দেওয়া আছে,

$$\text{তাপিনের ভর, } m = 500 \text{ g} = 0.5 \text{ kg}$$

$$\text{তাপমাত্রার পরিবর্তন, } \Delta\theta = 90^{\circ}\text{C} - 50^{\circ}\text{C} = 40^{\circ}\text{C} = 40 \text{ K}$$

$$\text{তাপিনের আপেক্ষিক তাপ, } S = 1800 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$$

$$\text{শোষিত তাপ, } Q = ?$$

$$\text{আমরা জানি, } S = \frac{Q}{m\Delta\theta}$$

$$\text{বা, } Q = mS\Delta\theta$$

$$= 0.5 \text{ kg} \times 1800 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1} \times 40 \text{ K}$$

$$\therefore Q = 36000 \text{ J}$$

অতএব, তাপিন কর্তৃক শোষিত তাপ 36000 J।

ঘ. দেওয়া আছে,

$$\text{পানির ভর, } m = 500 \text{ g}$$

$$= 0.5 \text{ kg}$$

$$\text{তাপমাত্রার পরিবর্তন, } \Delta\theta = 90^{\circ}\text{C} - 50^{\circ}\text{C} = 40^{\circ}\text{C} = 40 \text{ K}$$

$$\text{পানির আপেক্ষিক তাপ, } S = 4200 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$$

$$\text{শোষিত তাপ, } Q = ?$$

$$\text{আমরা জানি, } S = \frac{Q}{m\Delta\theta}$$

$$\text{বা, } Q = mS\Delta\theta$$

$$= 0.5 \text{ kg} \times 4200 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1} \times 40 \text{ K}$$

$$\therefore Q = 84000 \text{ J}$$

আবার, গ্লিসারিনের ভর, $m = 500 \text{ g} = 0.5 \text{ kg}$

তাপমাত্রার পরিবর্তন, $\Delta\theta = 90^\circ\text{C} - 50^\circ\text{C} = 40^\circ\text{C} = 40\text{K}$

শোষিত তাপ, $Q = ?$

আমরা জানি, $S = \frac{Q}{m\Delta\theta}$

বা, $Q = mS\Delta\theta$

$= 0.5\text{ kg} \times 2250\text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1} \times 40\text{ K}$

$= 47000\text{ J}$

‘গ’ নং থেকে পাই,

তাপিন কর্তৃক শোষিত তাপ 36000 J

উপরের গাণিতিক বিশ্লেষণ থেকে দেখা যায়—

500 g গ্লিসারিনকে 50°C থেকে 90°C তাপমাত্রায় উন্নীত করতে 47000 J তাপ শোষণ করতে হয় এবং

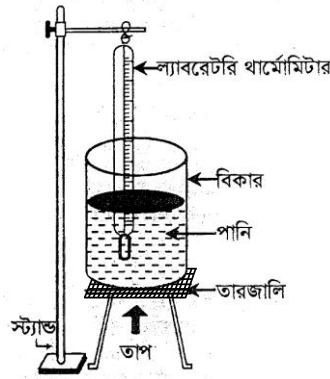
500 g তাপিনকে 50°C থেকে 90°C তাপমাত্রায় উন্নীত করতে 36000 J তাপ শোষণ করতে হয়।

গ্লিসারিন ও তাপিন কর্তৃক মোট শোষিত তাপের পরিমাণ $(47000\text{ J} + 36000\text{ J}) = 83000\text{ J}$ ।

অপরপক্ষে 500 g পানিকে 50°C থেকে 90°C তাপমাত্রায় উন্নীত করতে 84000 J তাপ শোষণ করতে হয়।

অতএব, একই পরিমাণ পানিকে সমপরিমাণ উত্তপ্ত করতে অন্য দুইটি তরলের চেয়ে বেশি তাপের প্রয়োজন হয়েছে।

প্রশ্ন - ২৫ ▶ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :



নাহিদ পানির স্ফুটনাঙ্ক নির্ণয়ের জন্য চিত্রানুযায়ী যন্ত্রপাতি নিয়ে $4200\text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$ আপেক্ষিক তাপের 0°C তাপমাত্রার 500 gm পানি নিল।

ক. স্ফুটন কী? ১

? খ. বরফ গলনের আপেক্ষিক সুপ্ততাপ

$3.36 \times 10^5\text{ Jkg}^{-1}$ বলতে কী

বোঝ? ২

গ. বিকারের পানির তাপমাত্রা 100°C
করতে তাপের পরিমাণ নির্ণয়
কর। ৩

ঘ. নাহিদ পরীক্ষাটি করে কী সিদ্ধান্তে
আসতে পারবে? বিশ্লেষণ কর। ৪

▶◀ ২৫নং প্রশ্নের উত্তর ▶◀

- ক. তাপ প্রয়োগে একটি নির্দিষ্ট উষ্ণতায় তরলের সমস্ত অংশ থেকে দ্রুত বাষ্পে পরিণত হওয়াকে স্ফুটন বলে।
- খ. বরফ গলনের আপেক্ষিক সুপ্ততাপ $3.36 \times 10^5 \text{ Jkg}^{-1}$ বলতে বোঝায় 0°C তাপমাত্রার 1 kg বরফকে 0°C তাপমাত্রার পানিতে পরিণত করতে $3.36 \times 10^5 \text{ J}$ তাপের প্রয়োজন হয়।
- গ. 0°C তাপমাত্রার 500 gm ভরের পানির তাপমাত্রা 100°C -এ উন্নীত করতে প্রয়োজনীয় তাপ হিসাব করতে হবে।

তাপমাত্রার পরিবর্তন, $\theta_2 - \theta_1 = 100^{\circ}\text{C} - 0^{\circ}\text{C} = 100^{\circ}\text{C} = 100 \text{ K}$

আপেক্ষিক তাপ, $S = 4200 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$

ভর, $m = 500 \text{ gm} = 0.5 \text{ kg}$

প্রয়োজনীয় তাপ, $Q = ?$

আমরা জানি, $Q = mS (\theta_2 - \theta_1)$

$$= 0.5 \text{ kg} \times 4200 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1} \times 100 \text{ K}$$

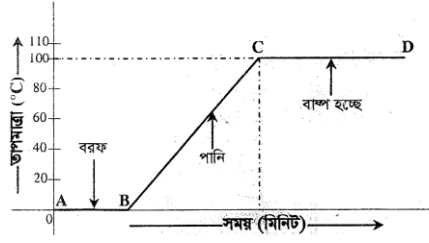
$$= 210000 \text{ J}$$

নির্ণেয় প্রয়োজনীয় তাপ 210000 J।

ঘ. নাহিদ একটি বিকারে 0°C তাপমাত্রার 500gm পানি নিয়ে থার্মোমিটারের পাঠ গ্রহণের মাধ্যমে স্ফুটনাঙ্ক নির্ণয় করে। নাহিদের পরীক্ষা পদ্ধতিটি নিচে বর্ণনা করা হলো :

১. বিকারে 0°C তাপমাত্রার 500 gm পানি নিই।
২. থার্মোমিটারকে পানির মধ্যে সতর্কতার সাথে স্থাপন করি যেন থার্মোমিটার বিকারের গায়ে স্পর্শ না করে।
৩. তাপ দেয়া শুরু করি এবং প্রতি মিনিটে তাপমাত্রা লিপিবদ্ধ করি।
৪. তাপমাত্রা 100°C হলে সময় অতিবাহিত হলেও তাপমাত্রা আর বাড়ছে না যদিও তাপ দেয়া হচ্ছে।
৫. তাপমাত্রা বনাম সময় লেখচিত্র আঁকি এবং লেখচিত্রটি থেকে পানির স্ফুটনাঙ্ক নির্ণয় করি।

গ্রাফ কাগজে X অক্ষ বরাবর সময় এবং Y অক্ষ বরাবর তাপমাত্রা বসিয়ে নিচের লেখচিত্র পাওয়া যায়—



পর্যবেক্ষণ :

1. গ্রাফের B বিন্দু 0°C তাপমাত্রার পানি। তাপমাত্রা বাড়াতে BC অংশে পানির তাপমাত্রা বেড়েছে।
2. CD অংশ অনুভূমিক। এখানে তাপ দিলেও তাপমাত্রা বাড়েনি। পানি বাষ্পে রূপান্তরিত হয়েছে। এ সময় তাপমাত্রা 100°C ছিল।

সিদ্ধান্ত : লেখচিত্রের CD অংশে তাপ দিলেও তাপমাত্রা বাড়েনি এবং পানি বাষ্পে রূপান্তরিত হয়েছে। সুতরাং পানির স্ফুটনাঙ্ক 100°C ।

প্রশ্ন-২৬ ▶ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

20°C তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য 100 m দীর্ঘ একটি লোহার রেললাইন বৃদ্ধি পেয়ে 100.0232 m হয়। যদি কোনো অঞ্চলের গড় তাপমাত্রার বৃদ্ধি 34°C হয় তবে একটি নিরাপদ রেললাইনের (লোহার) জন্য সংযোগস্থলে 3.94 cm ফাঁকা রাখা প্রয়োজন।

ক. তাপ প্রয়োগে কঠিন পদার্থের কী রকম পরিবর্তন হয়? ১

খ. ইস্পাতের দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ $11 \times 10^{-6}\text{ K}^{-1}$ বলতে কী বোঝায়? ২

গ. রেল লাইনটির উপাদানের দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকের গড় তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য দুই লাইনের সংযোগ স্থলে 3.94 cm ফাঁকা রাখা যুক্তিসঙ্গত কিনা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণের মাধ্যমে দেখাও। ৪

▶◀ ২৬নং প্রশ্নের উত্তর ▶◀

ক. তাপ প্রয়োগে কঠিন পদার্থের দৈর্ঘ্য, ক্ষেত্রফল ও আয়তন বৃদ্ধি পায়।

খ. 1m দৈর্ঘ্যের কোনো কঠিন পদার্থের দন্ডের তাপমাত্রা 1K বৃদ্ধির ফলে যতটুকু দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি পায় তাকে ঐ দন্ডের উপাদানের দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ বলে।

ইস্পাতের দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ $11 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ বলতে বোঝায় 1m দৈর্ঘ্য বিশিষ্ট কোনো ইস্পাতের দণ্ডের তাপমাত্রা 1K বৃদ্ধি করলে এর দৈর্ঘ্য $11 \times 10^{-6} \text{ m}$ বৃদ্ধি পায়।

গ. দেওয়া আছে,

রেললাইনের আদি দৈর্ঘ্য, $l_0 = 100 \text{ m}$

রেললাইনের চূড়ান্ত দৈর্ঘ্য, $l_1 = 100.0232 \text{ m}$

দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি, $\Delta l = (100.0232 - 100) \text{ m}$
 $= 0.0232 \text{ m}$

তাপমাত্রা বৃদ্ধি, $\Delta \theta = 20^\circ \text{C} = 20 \text{ K}$

লোহার দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ, $\alpha = ?$

$$\begin{aligned}\text{আমরা জানি, } \alpha &= \frac{\Delta l}{l_0 \Delta \theta} \\ &= \frac{0.0232 \text{ m}}{100 \text{ m} \times 20 \text{ K}} \\ &= 11.6 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}\end{aligned}$$

অতএব, লোহার দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ $11.6 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$

ঘ. তথ্যানুযায়ী,

রেল লাইনের আদি দৈর্ঘ্য, $l_0 = 100 \text{ m}$

তাপমাত্রা বৃদ্ধি $\Delta \theta = 34^\circ \text{C} = 34 \text{ K}$

লোহার দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ, $\alpha = 11.6 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ [‘গ’ হতে]

বৃদ্ধিপ্রাপ্ত রেললাইনের দৈর্ঘ্য, $\Delta l = ?$

$$\text{আমরা জানি, } \alpha = \frac{\Delta l}{l_0 \Delta \theta}$$

$$\text{বা, } 11.6 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1} = \frac{\Delta l}{100 \text{ m} \times 34 \text{ K}}$$

$$\text{বা, } \Delta l = 11.6 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1} \times 100 \text{ m} \times 34 \text{ K}$$

$$\text{বা, } \Delta l = 0.0394 \text{ m}$$

$$\therefore \Delta l = 3.94 \text{ cm}$$

অতএব, প্রতিটি লাইন 3.94 cm করে বৃদ্ধি পাবে। তাই দুই লাইনের সংযোগস্থলে $3.94 \text{ m} \times 2 = 7.88 \text{ cm}$ ফাঁক রাখতে হবে। ফাঁক এর চেয়ে কম হলে দুর্ঘটনা ঘটবে।

অতএব, উদ্দীপকের গড় তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য দুই লাইনের সংযোগস্থলে 3.94 cm ফাঁক রাখা যুক্তিযুক্ত নয়।

প্রশ্ন –২৭ ▶ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

30° C তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে 1 m দৈর্ঘ্যবিশিষ্ট রুপা, তামা ও লোহার ভরের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি নিম্নরূপ :

উপাদান	রুপা	তামা	লোহা
দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি (m)	0.000561	0.000510	0.000348

- ক. তাপ পরিমাপের মূলনীতি কী? ১
খ. আপেক্ষিক তাপ বলতে কী বোঝ? ২
গ. তামার দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ নির্ণয় কর। ৩

?

- ঘ. রুপা ও লোহার দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ তুলনা করে দেখাও যে, রুপার দৈর্ঘ্য সহগ লোহার দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগের 1.6 গুণ। ৪

▶◀ ২৭নং প্রশ্নের উত্তর ▶◀

ক. তাপ পরিমাপের মূলনীতি হলো, মোট বর্জিত তাপ = মোট গৃহীত তাপ।

খ. 1 kg ভরের বস্তুর তাপমাত্রা 1 K বাড়াতে যে পরিমাণ তাপের প্রয়োজন হয় তাকে ঐ বস্তুর আপেক্ষিক তাপ বলে।

আপেক্ষিক তাপকে S দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

গাণিতিকভাবে, কোনো বস্তুর তাপধারণ ক্ষমতা C, শোষিত তাপ Q, তাপমাত্রার পরিবর্তন $\Delta\theta$ এবং ভর m হলে,

$$\text{আপেক্ষিক তাপ, } S = \frac{C}{m} = \frac{1}{m} \left(\frac{Q}{\Delta\theta} \right) \quad [\because C = \frac{Q}{\Delta\theta}]$$
$$= \frac{Q}{m\Delta\theta}$$

গ. উদ্দীপক থেকে পাই,

তামার তারের আদি দৈর্ঘ্য, $l = 1 \text{ m}$

তাপমাত্রা বৃদ্ধি, $\Delta\theta = 30^\circ\text{C} = 30 \text{ K}$

দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি, $\Delta l = 0.000510 \text{ m}$

তামার তারের দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ, $\alpha = ?$

আমরা জানি,

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

$$\begin{aligned} \therefore \alpha &= \frac{0.000510 \text{ m}}{1 \text{ m} \times 30 \text{ K}} \\ &= 17 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1} \end{aligned}$$

অতএব, তামার দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ $17 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ ।

ঘ. উদ্দীপক থেকে পাই,

রুপা ও লোহার দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি যথাক্রমে

$$\Delta l_1 = 0.000561 \text{ m} \text{ ও } \Delta l_3 = 0.000348 \text{ m}$$

রুপা ও লোহার আদি দৈর্ঘ্য যথাক্রমে $l_1 = l_3 = 1 \text{ m}$

তাপমাত্রা বৃদ্ধি, $\Delta \theta = 30^\circ \text{C} = 30 \text{ K}$

রুপা ও লোহার দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ যথাক্রমে α_1 ও α_3 হলে

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= \frac{\Delta l_1}{l_1 \Delta \theta} = \frac{0.000561 \text{ m}}{1 \text{ m} \times 30 \text{ K}} \\ &= 18.7 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{আবার, } \alpha_3 &= \frac{\Delta l_3}{l_3 \Delta \theta} \\ &= \frac{0.000348 \text{ m}}{1 \text{ m} \times 30 \text{ K}} \\ &= 11.6 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1} \end{aligned}$$

$$\text{এখন, } \frac{\alpha_1}{\alpha_3} = \frac{18.7 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}}{11.6 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}}$$

$$\text{বা, } \frac{\alpha_1}{\alpha_3} = 1.6$$

$$\therefore \alpha_1 = 1.6 \alpha_3$$

অতএব, রুপার দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ লোহার দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগের 1.6 গুণ।

প্রশ্ন -২৮ ▶ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

30°C তাপমাত্রায় পারদের আয়তন 500 cm^3 । 850 g ভরের এবং 120°C তাপমাত্রার এক টুকরা অ্যালুমিনিয়াম পারদের মধ্যে নিক্ষেপ করা হলো। এতে পারদের আয়তন 0.035 cm^3 বৃদ্ধি পায়। পারদ ও

অ্যালুমিনিয়ামের আপেক্ষিক তাপ যথাক্রমে $140 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$ ও $896 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$ । পারদের ঘনত্ব ও আয়তন প্রসারণ সহগ যথাক্রমে

1300 kgm^{-3} এবং $1.45 \times 10^{-8}\text{K}^{-1}$ ।

- ক. তাপধারণ ক্ষমতা কাকে বলে? ১
খ. আপেক্ষিক সুগুতাপ বস্তুর তাপমাত্রা বৃদ্ধি করে না কেন? ২
গ. পারদের চূড়ান্ত তাপমাত্রা নির্ণয় কর। ৩

?

- ঘ. উক্ত উদ্দীপকটি তাপ পরিমাপের মূলনীতিকে সমর্থন করে কিনা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

▶▶ ২৮নং প্রশ্নের উত্তর ▶▶

ক. কোনো বস্তুর তাপমাত্রা 1 K বাড়াতে যে পরিমাণ তাপের প্রয়োজন হয় তাকে ঐ বস্তুর তাপধারণ ক্ষমতা বলে।
খ. কঠিন পদার্থের অণুগুলোর মধ্যকার প্রবল আকর্ষণের জন্য অণুগুলো নিয়মিতভাবে সাজানো থাকে। আকর্ষণ প্রবল হওয়ায় অণুগুলো স্থান ত্যাগ করতে পারে না, কিন্তু নিজ নিজ অবস্থানে থেকে দ্রুত কাঁপতে থাকে। ফলে, অণুগুলোর গতিশক্তি বেড়ে যায় যখন কঠিন পদার্থটি তরলে পরিণত হয়, তখন আর এদের নিয়মিত সজ্জা থাকে না। অণুগুলোর জ্যামিতিক সজ্জা ভেঙে ফেলতে শক্তির প্রয়োজন হয়। সুগুতাপই এ শক্তি সরবরাহ করে, তাই আপেক্ষিক সুগুতাপ পদার্থের তাপমাত্রা বাড়াতে পারে না।

গ. উদ্দীপক হতে,

পারদের প্রাথমিক তাপমাত্রা, $\theta_1 = 30^\circ\text{C} = (30 + 273)\text{K} = 303 \text{ K}$

পারদের প্রাথমিক আয়তন, $V_0 = 500 \text{ cm}^3 = 500 \times 10^{-6}\text{m}^3$

পারদের আয়তন বৃদ্ধি, $\Delta V = 0.035 \text{ cm}^3 = 3.5 \times 10^{-8}\text{m}^3$

পারদের আয়তন প্রসারণ সহগ, $\gamma = 1.45 \times 10^{-8}\text{K}^{-1}$

তাপমাত্রা বৃদ্ধি, $\Delta\theta = ?$

আমরা জানি,

$$\gamma = \frac{\Delta V}{V_0 \Delta\theta}$$

$$\text{বা, } \Delta\theta = \frac{\Delta V}{V_0 \Delta r}$$

$$= \frac{3.5 \times 10^{-8} \text{m}^3}{500 \times 10^{-6} \text{m}^3 \times 1.45 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}} = 48.3 \text{ K}$$

$$\begin{aligned} \therefore \text{পারদের চূড়ান্ত তাপমাত্রা} &= (303 + 48.3) \text{ K} \\ &= 351.3 \text{ K} \\ &= (351.3 - 273)^\circ \text{C} \\ &= 78.3^\circ \text{C} \end{aligned}$$

ঘ. উদ্দীপকটি তাপ পরিমাপের মূলনীতিকে সমর্থন করে কিনা তা নিচে গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করা হলো :
উদ্দীপক হতে,

$$\text{পারদের ঘনত্ব, } \rho = 13600 \text{ kgm}^{-3}$$

$$\text{পারদের আয়তন, } V = 500 \text{ cm}^3 = 500 \times 10^{-6} \text{m}^3$$

$$\text{পারদের আপেক্ষিক তাপ, } S_1 = 140 \text{ Jkg}^{-1} \text{K}^{-1}$$

$$\text{অ্যালুমিনিয়ামের ভর, } m_2 = 850 \text{ g} = 0.85 \text{ kg}$$

$$\text{আপেক্ষিক তাপ, } S_2 = 896 \text{ Jkg}^{-1} \text{K}^{-1}$$

অ্যালুমিনিয়ামের

$$\text{'গ' হতে পাই, মিশ্রণের তাপমাত্রা} = \text{পারদের চূড়ান্ত তাপমাত্রা} = 78^\circ \text{C}$$

$$\text{পারদের তাপমাত্রা বৃদ্ধি} = (78.3 - 30)^\circ \text{C} = 48.3^\circ \text{C} = 48.3 \text{ K}$$

$$\text{অ্যালুমিনিয়ামের তাপমাত্রা হ্রাস} = (120 - 78.3)^\circ \text{C} = 41.7^\circ \text{C} = 41.7 \text{ K}$$

$$\text{পারদের ভর, } m = \rho V = 13600 \text{ kgm}^{-3} \times 500 \times 10^{-6} \text{m}^3 = 6.8 \text{ kg}$$

পারদ কর্তৃক গৃহীত তাপ Q_1 হলে,

$$Q_1 = m_1 S_1 \Delta\theta = 6.8 \text{ kg} \times 140 \text{ Jkg}^{-1} \text{K}^{-1} \times 48.3 \text{ K} = 45981.6 \text{ J}$$

অ্যালুমিনিয়াম কর্তৃক বর্জিত তাপ Q_2 হলে,

$$Q_2 = m_2 S_2 \Delta\theta = 0.85 \text{ kg} \times 896 \text{ Jkg}^{-1} \text{K}^{-1} \times 41.7 \text{ K} = 31758.72 \text{ J}$$

এখানে, $Q_1 \neq Q_2$

উপরিউক্ত গাণিতিক বিশ্লেষণে দেখা যায়, যেহেতু গৃহীত তাপ এবং বর্জিত তাপের পরিমাণ সমান নয়। তাই উদ্দীপকটি তাপ পরিমাপের মূলনীতিকে সমর্থন করে না।

প্রশ্ন - ২৯ ▶ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

একটি রেল সেতুর উপর 2000 m দীর্ঘ রেললাইন এমনভাবে স্থাপিত যে 10°C তাপমাত্রায় রেললাইনের এক প্রান্তে 6.96 cm ফাঁকা রাখা আছে। লোহার রেলের উপর দিয়ে রেলগাড়ি যাওয়ায় এর তাপমাত্রা 40°C এ উন্নীত হয়।

- ক. পুনঃশিলীভবন কাকে বলে? ১
- খ. বাষ্পায়ন ও স্ফুটনের মধ্যে দুইটি পার্থক্য লেখ। ২
- গ. রেললাইনের দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ নির্ণয় কর। ৩

?

- ঘ. যদি রেললাইনের আয়তন প্রসারণ সহগ $3.48 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ হয় তবে ঐ তাপমাত্রায় ঐ লাইনে রেল চলাচল করতে পারবে কিনা গাণিতিকভাবে যুক্তি দাও। ৪

▶◀ ২৯নং প্রশ্নের উত্তর ▶◀

ক. চাপ দিয়ে কঠিন বস্তুকে তরলে পরিণত করে ও চাপ হ্রাস করে আবার কঠিন অবস্থায় আনাকে পুনঃশিলীভবন বলে।

খ. নিচে বাষ্পায়ন ও স্ফুটনের মধ্যে পার্থক্য দেওয়া হলো :

বাষ্পায়ন	স্ফুটন
১.যে প্রক্রিয়ায় কোনো তরল পদার্থ যেকোনো তাপমাত্রায় শুধু তার উপরিতল হতে ধীরে ধীরে বাষ্পে পরিণত হয়, তাকে বাষ্পায়ন বলে।	১.যে প্রক্রিয়ায় কোনো তরল পদার্থ স্থির চাপে একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় পৌঁছে এর সর্বত্র হতে দ্রুত বাষ্পে পরিণত হয়, তাকে স্ফুটন বলে।
২.বাষ্পায়নে তরল পদার্থ ধীরে ধীরে বাষ্পে পরিণত হয়।	২.স্ফুটনে তরল পদার্থ দ্রুত বাষ্পে পরিণত হয়।

গ. উদ্দীপক থেকে পাই,

রেল লাইনের আদি দৈর্ঘ্য, $l_1 = 2000 \text{ m}$

রেল লাইনের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি, $\Delta l = 6.96 \text{ cm} = 6.96 \times 10^{-2} \text{ m}$

তাপমাত্রা বৃদ্ধি, $\Delta\theta = (40 - 10)^\circ\text{C} = 30^\circ\text{C} = 30 \text{ K}$

দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ, $\alpha = ?$

আমরা জানি,

$$\begin{aligned}\alpha &= \frac{\Delta l}{l_1 \Delta\theta} \\ &= \frac{6.96 \times 10^{-2} \text{ m}}{2000 \text{ m} \times 30 \text{ K}} \\ &= 1.16 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}\end{aligned}$$

অতএব, রেল লাইনের দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ, $1.16 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ ।

ঘ. এখানে,

আয়তন প্রসারণ সহগ, $\gamma = 3.48 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$

$$\begin{aligned}\therefore \text{দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ, } \alpha &= \frac{\gamma}{3} \\ &= \frac{3.48 \times 10^{-6}}{3} \text{ K}^{-1} \\ &= 1.16 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}\end{aligned}$$

তাপমাত্রার পার্থক্য, $\Delta\theta = 30 \text{ K}$

আদি দৈর্ঘ্য, $l_1 = 2000 \text{ m}$

দৈর্ঘ্য প্রসারণ, $\Delta l = ?$

$$\text{আমরা জানি, } \alpha = \frac{\Delta l}{l_1 \Delta\theta}$$

$$\begin{aligned}\text{বা, } \Delta l &= \alpha l_1 \Delta\theta \\ &= 1.16 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1} \times 2000 \text{ m} \times 30 \text{ K} \\ &= 0.0696 \text{ m} = 6.96 \text{ cm}\end{aligned}$$

এখানে, $\Delta l = 6.96 \text{ cm}$ ।

অতএব, উপরিউক্ত গাণিতিক বিশ্লেষণ থেকে বলা যায়, ঐ তাপমাত্রায় রেল চলাচল করতে পারবে কারণ এতে প্রসারণের জন্য প্রয়োজনীয় ফাঁকা জায়গা থাকায় রেললাইন বেঁকে যাবে না।

প্রশ্ন -৩০ ▶ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

দুটি বৈদ্যুতিক খুঁটির মধ্যবর্তী দূরত্ব 30 m। খুঁটি দুটির সাথে 30.01 m দৈর্ঘ্যের তামার তার যেদিন সংযোগ দেওয়া হয় ঐ দিন বায়ুর তাপমাত্রা ছিল 30°C। তামার দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ $16.7 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ । শীতকালে যেদিন বায়ুর তাপমাত্রা 4°C হলো সেদিন তারটি ছিঁড়ে গেল।

ক. আপেক্ষিক তাপের মাত্রা কী? ১

খ. তরলের প্রকৃতির ওপর বাষ্পায়নের হার কীভাবে নির্ভর করে— ব্যাখ্যা কর। ২

গ. বায়ুর তাপমাত্রাকে ফারেনহাইট ও কেলভিন স্কেলে প্রকাশ কর। ৩

ঘ. তারটি ছিঁড়ে যাবার কারণ গাণিতিক যুক্তিসহ ব্যাখ্যা কর। ৪

▶◀ ৩০নং প্রশ্নের উত্তর ▶◀

ক. আপেক্ষিক তাপের মাত্রা $[\text{ML}^2\text{T}^{-2} \text{K}^{-1}]$ ।

খ. আমরা জানি, যেকোনো তাপমাত্রায় তরলের শুধু উপরিতল থেকে ধীরে ধীরে বাষ্প পরিণত হওয়ার প্রক্রিয়াকে বাষ্পায়ন বলে। বিভিন্ন তরলের বাষ্পায়নের হার বিভিন্ন। তরলের স্ফুটনাঙ্ক কম হলে বাষ্পায়নের হার বেশি হয়। উদাহরণস্বরূপ তরলের বাষ্পায়নের হার সর্বাধিক। যেমন : স্বাভাবিক চাপে পানির স্ফুটনাঙ্ক 100°C এবং ইথানলের স্ফুটনাঙ্ক 78°C। সুতরাং ইথানল পানি অপেক্ষা বেশি উদাহরণস্বরূপ বলে পানি অপেক্ষা ইথানলের উপরিতলে বাষ্পায়নের হার বেশি হবে।

গ. এখানে,

বস্তুর তাপমাত্রা, $C = 30^\circ\text{C}$

ফারেনহাইট স্কেলে তাপমাত্রা, $F = ?$

কেলভিন স্কেলে তাপমাত্রা, $K = ?$

আমরা জানি,

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

$$\text{বা, } 5(F - 32) = 9 \times C$$

$$\text{বা, } F - 32 = \frac{9 \times C}{5}$$

$$\begin{aligned}\text{বা, } F &= \frac{9 \times C}{5} + 32 \\ &= \frac{9 \times 30}{5} + 32 \\ &= \frac{270}{5} + 32 \\ &= 54 + 32 = 86\end{aligned}$$

$$\therefore F = 86$$

আবার,

$$\frac{C}{5} = \frac{K - 273}{5}$$

$$\text{বা, } C = K - 273$$

$$\text{বা, } K = C + 273 = 30 + 273 = 303$$

$$\therefore K = 303$$

অতএব, ফারেনহাইট ও কেলভিন স্কেলে তাপমাত্রা যথাক্রমে 86°F ও 303 K হবে।

ঘ. উদ্দীপক থেকে দেখা যায়,

সংযোগ দেওয়ার সময় তামার তারের দৈর্ঘ্য, $l_1 = 30.01\text{ m}$

বায়ুর তাপমাত্রা, $\theta_1 = 30^\circ\text{C}$

ছিঁড়ে যাওয়ার দিন বায়ুর তাপমাত্রা ছিল, $\theta_2 = 4^\circ\text{C}$

$$\therefore \text{তাপমাত্রার পরিবর্তন, } \Delta\theta = \theta_1 - \theta_2 = (30 - 4)^\circ\text{C} = 26^\circ\text{C} = 26\text{ K}$$

তামার দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ, $\alpha = 16.7 \times 10^{-6}\text{ K}^{-1}$

তাপমাত্রা কমায় তারের দৈর্ঘ্য সংকোচনের পরিমাণ, $\Delta l = ?$

আমরা জানি,

$$\alpha = \frac{\Delta l}{l_1 \Delta\theta}$$

$$\text{বা, } \Delta l = \alpha l_1 \Delta\theta$$

$$= 16.7 \times 10^{-6}\text{ K}^{-1} \times 30.01\text{ m} \times 26\text{ K}$$

$$= 0.01303\text{ m}$$

সংকোচনের ফলে তারটির দৈর্ঘ্য হয় $= (30.01 - 0.01303)\text{ m}$

$$= 29.997\text{ m}$$

উদ্দীপক হতে দেখা যায়, বৈদ্যুতিক খুঁটিদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব 30 m যা সংকুচিত তারের দৈর্ঘ্য অপেক্ষা বেশি। ফলে তারটি টান সহ্য করতে না পেরে ছিঁড়ে যায়।

প্রশ্ন -৩১ ▶ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

25°C তাপমাত্রার 4 cm ধারবিশিষ্ট তামার নিরেট ঘনককে তাপ দিয়ে এর তাপমাত্রা 65°C-এ উন্নীত করা হলে এর আয়তন হয় 64.0032064 cm³ অতঃপর উত্তপ্ত ঘনকটিকে 100 g ভরের তামার ক্যালরিমিটারে রাখা 20°C তাপমাত্রার 200 g পানিতে রাখা হলে মিশ্রণের তাপমাত্রা 29.27°C হলো। তামার আপেক্ষিক তাপ ও ঘনত্ব যথাক্রমে 400 Jkg⁻¹ K⁻¹ এবং 8920 kgm⁻³।

ক. তাপমাত্রার SI এককের সংজ্ঞা দাও। ১

খ. তাপ প্রয়োগে সাধারণত কঠিন পদার্থের তুলনায় তরল পদার্থের প্রসারণ বেশি হয় কেন? ২

গ. তামার ক্ষেত্র প্রসারণ সহগ নির্ণয় কর। ৩

?

ঘ. উদ্দীপকে ঘটনাটি তাপ পরিমাপের মূলনীতিকে সমর্থন করে কিনা? গাণিতিক বিশ্লেষণসহ মতামত দাও। ৪

▶◀ ৩১নং প্রশ্নের উত্তর ▶◀

ক. তাপমাত্রার SI একক হলো কেলভিন। পানির ত্রৈধবিন্দুর তাপমাত্রা $\frac{1}{273.16}$ ভাগকে 1 কেলভিন বা সংক্ষেপে

শুধু কেলভিন (K) বলে।

খ. আমরা জানি, কঠিন পদার্থের তুলনায় তরল পদার্থের মধ্যকার অণুসমূহের আন্তঃআণবিক বলের মান কম থাকে। ফলে সমপরিমাণ তাপ প্রয়োগের ফলে কঠিন পদার্থের তুলনায় তরল পদার্থের অণুসমূহ আন্তঃআণবিক বলকে অতিক্রম করে প্রসারিত হতে পারে। তাই তাপ প্রয়োগে কঠিন পদার্থের তুলনায় তরল পদার্থের প্রসারণ বেশি হয়।

গ. উদ্দীপক থেকে পাই,

$$\text{তামার আদি আয়তন, } V_1 = 4^3 \text{ cm}^3 = 64 \text{ cm}^3 = 64 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{তামার চূড়ান্ত আয়তন, } V_2 &= 64.0032064 \text{ cm}^3 \\ &= 64.0032064 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{আয়তনের পরিবর্তন, } \Delta V &= (64.0032064 \times 10^{-6} - 64 \times 10^{-6}) \text{ m}^3 \\ &= 3.2064 \times 10^{-9} \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\text{তাপমাত্রার পরিবর্তন, } \Delta \theta = (65 - 25)^\circ\text{C} = 40^\circ\text{C} = 40 \text{ K}$$

$$\text{তামার ক্ষেত্র প্রসারণ সহগ, } \beta = ?$$

আমরা জানি,

$$\begin{aligned}\gamma &= \frac{\Delta V}{V_1 \Delta \theta} \\ &= \frac{3.2064 \times 10^{-9} \text{ m}^3}{64 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \times 40 \text{ K}} \\ &= 1.2525 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\therefore \text{ক্ষেত্র প্রসারণ সহগ, } \beta &= \frac{2}{3} \gamma \\ &= \frac{2}{3} \times 1.2525 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1} \\ &= 8.35 \times 10^{-7} \text{ K}^{-1}\end{aligned}$$

অতএব, তামার ক্ষেত্র প্রসারণ সহগ $8.35 \times 10^{-7} \text{ K}^{-1}$ ।

$$\text{ঘ. এখানে, তামার টুকরার আয়তন, } V = 64 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$\text{তামার ঘনত্ব, } \rho = 8920 \text{ kgm}^{-3}$$

$$\begin{aligned}\therefore \text{তামার টুকরার ভর, } m_1 &= \rho V \\ &= 8920 \text{ kgm}^{-3} \times 64 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \\ &= 0.57088 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\Delta \theta_1 = (65 - 29.27)^\circ\text{C} = 35.73^\circ\text{C} = 35.73 \text{ K}$$

$$\text{ক্যালরিমিটারের ভর, } m_2 = 100 \text{ g} = 0.1 \text{ kg}$$

$$\text{তামার আপেক্ষিক তাপ, } S_1 = S_2 = 400 \text{ Jkg}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

$$\text{পানির ভর, } m_3 = 200 \text{ g} = 0.2 \text{ kg}$$

$$\text{পানির আপেক্ষিক তাপ, } S_3 = 4200 \text{ Jkg}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

$$\begin{aligned}\text{তামার টুকরার তাপমাত্রা হ্রাস, } \Delta \theta_2 &= \Delta \theta_3 \\ &= (29.27 - 20)^\circ\text{C} \\ &= 9.27^\circ\text{C} = 9.27 \text{ K}\end{aligned}$$

\therefore তামার টুকরা কর্তৃক বর্জিত তাপ,

$$Q = m_1 S_1 \Delta\theta_1$$

$$= 0.57088 \text{ kg} \times 400 \text{ Jkg}^{-1} \text{K}^{-1} \times 35.73 \text{ K}$$

$$= 8159.017 \text{ J}$$

ক্যালরিমিটার কর্তৃক গৃহীত তাপ,

$$Q_2 = m_2 S_2 \Delta\theta_2$$

$$= 0.1 \text{ kg} \times 400 \text{ Jkg}^{-1} \text{K}^{-1} \times 9.27 \text{ K}$$

$$= 370.8 \text{ J}$$

পানি কর্তৃক গৃহীত তাপ,

$$Q_3 = m_3 S_3 \Delta\theta_3$$

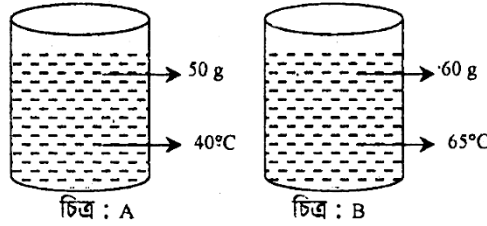
$$= 0.2 \text{ kg} \times 4200 \text{ Jkg}^{-1} \text{K}^{-1} \times 9.27 \text{ K}$$

$$= 7786.8 \text{ J}$$

$$\therefore \text{মোট গৃহীত তাপ} = Q_2 + Q_3 = 370.8 \text{ J} + 7786.8 \text{ J} = 8157.6 \text{ J}$$

এখানে, গৃহীত তাপের পরিমাণ বর্জিত তাপের তুলনায় সামান্য কম কারণ আমার টুকরা কর্তৃক বর্জিত তাপের সামান্য অংশ প্রসারণজনিত কাজে ব্যয় হয়। অতএব, গৃহীত তাপ \approx বর্জিত তাপ। সুতরাং উদ্দীপকের ঘটনাটি তাপ পরিমাপের মূলনীতিকে সমর্থন করে।

প্রশ্ন -৩২ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :



A ও B পাত্রের তরলের আপেক্ষিক তাপ যথাক্রমে $4200 \text{ Jkg}^{-1} \text{K}^{-1}$ এবং $800 \text{ Jkg}^{-1} \text{K}^{-1}$ ।

ক. থার্মোমিটারের মধ্যে কী ব্যবহার করা হয়? ১

খ. দুই টুকরো বরফ এক সঙ্গে নিয়ে চেপে ধরলে জোড়া লেগে যায় কেন? ২

? গ. A ও B পাত্রের তরলের তাপমাত্রার পার্থক্য ফারেনহাইট স্কেলে নির্ণয় কর।

ঘ. উভয় তরলের তাপমাত্রা 30°C বৃদ্ধি করলে কোন পাত্রে বেশি তাপ প্রয়োগ করতে হবে; গাণিতিক বিশ্লেষণ কর।

8

৷৷ ৩২নং প্রশ্নের উত্তর ৷৷

ক. থার্মোমিটারের মধ্যে তাপমাত্রিক পদার্থ ব্যবহার করা হয়।

খ. দুই টুকরো বরফকে চাপ দিলে স্পর্শতলের গলনাঙ্ক কমে যায় অর্থাৎ গলনাঙ্ক 0°C এর চেয়ে কমে যায়। কিন্তু স্পর্শতলের উষ্ণতা 0°C থাকে। তাই স্পর্শতলের বরফ গলে যায়। আবার, চাপ অপসারণ করলে গলনাঙ্ক পুনরায় 0°C হয় এবং স্পর্শতলের গলিত বরফ জমে বরফে পরিণত হয়। তাই দুই টুকরো বরফ এক সাথে চেপে ধরলে জোড়া লেগে যায়।

গ. A পাত্রের তরলের তাপমাত্রা, $\theta_1 = 40^{\circ}\text{C}$

B পাত্রের তরলের তাপমাত্রা, $\theta_2 = 65^{\circ}\text{C}$

$$\begin{aligned}\therefore \text{সেলসিয়াস স্কেলে তাপমাত্রার পার্থক্য, } C &= \theta_2 - \theta_1 \\ &= 65^{\circ}\text{C} - 40^{\circ}\text{C} = 25^{\circ}\text{C}\end{aligned}$$

আমরা জানি,

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

$$\text{বা, } (F - 32) \times 5 = C \times 9$$

$$\text{বা, } F - 32 = \frac{C \times 9}{5}$$

$$\text{বা, } F = \frac{C \times 9}{5} + 32 = \frac{25 \times 9}{5} + 32 = 45 + 32 = 77$$

$$\therefore F = 77$$

অর্থাৎ ফারেনহাইট স্কেলে তাপমাত্রার পার্থক্য 77°F ।

ঘ. এখানে, A পাত্রের ক্ষেত্রে—

$$\text{তরলের ভর, } m_1 = 50 \text{ g} = 0.05 \text{ kg}$$

$$\text{তরলের আপেক্ষিক তাপ, } S_1 = 4200 \text{ Jkg}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

$$\text{তাপমাত্রার ব্যবধান, } \Delta\theta = 30^{\circ}\text{C} = 30 \text{ K}$$

$$\text{প্রয়োজনীয় তাপ, } Q_1 = ?$$

$$\text{আমরা জানি, } Q_1 = m_1 S_1 \Delta\theta = 0.05 \text{ kg} \times 4200 \text{ Jkg}^{-1} \text{ K}^{-1} \times 30 \text{ K}$$

$$\therefore Q_1 = 6300 \text{ J}$$

আবার, B পাত্রের ক্ষেত্রে—

$$\text{তরলের ভর, } m_2 = 60 \text{ g} = 0.06 \text{ kg}$$

$$\text{তরলের আপেক্ষিক তাপ, } S_2 = 800 \text{ Jkg}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

$$\text{তাপমাত্রার ব্যবধান, } \Delta\theta = 30^\circ\text{C} = 30 \text{ K}$$

$$\text{প্রয়োজনীয় তাপ, } Q_2 = ?$$

আমরা জানি,

$$Q_2 = m_2 S_2 \Delta\theta = 0.06 \text{ kg} \times 800 \text{ Jkg}^{-1} \text{ K}^{-1} \times 30 \text{ K}$$

$$\therefore Q_2 = 1440 \text{ J}$$

উপরিক্ত গাণিতিক বিশ্লেষণে দেখা যাচ্ছে, $Q_1 > Q_2$

সুতরাং A পাত্রে বেশি তাপ প্রয়োগ করতে হবে।

প্রশ্ন-৩৩ ▶ নিচের উদ্দীপকটি পড়ে প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

5°C তাপমাত্রায় একটি লোহার রেল লাইনের দৈর্ঘ্য 100 m। সূর্যের তাপে ও রেলের চাকার ঘর্ষণে তাপমাত্রা 60°C বৃদ্ধি পায়। দুর্ঘটনা এড়াতে রেল লাইনে দুটি লোহার বারের মধ্যে ফাঁকা রাখা হয়। লোহার আয়তন প্রসারণ সহগ $34.8 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ ।

ক. পুনঃশিলীভবন কাকে বলে? ১

খ. ‘একক ভরের তাপধারণ ক্ষমতাই আপেক্ষিক তাপ’ ব্যাখ্যা কর। ২

গ. তথ্যে প্রদত্ত বর্ধিত তাপমাত্রা কেলভিন স্কেল ও ফারেনহাইট স্কেলে কত হবে? নির্ণয় কর। ৩

ঘ. দুর্ঘটনা এড়াতে উক্ত রেল লাইনের জন্য দুটি লোহার বারের মধ্যে কতটুকু ফাঁকা রাখতে হবে? গাণিতিক হিসাবসহ বিশ্লেষণ কর। ৪

▶◀ ৩৩নং প্রশ্নের উত্তর ▶◀

ক. চাপ প্রয়োগ করে কোনো কঠিন বস্তুকে তরলে পরিণত করা ও চাপ হ্রাস করে আবার কঠিন অবস্থায় আনাকে পুনঃশিলীভবন বলে।

খ. কোনো বস্তুর তাপমাত্রা 1K বাড়াতে যে পরিমাণ তাপের প্রয়োজন হয় তাকে ঐ বস্তুর তাপধারণ ক্ষমতা বলে।

আবার, 1kg ভরের কোনো বস্তুর তাপমাত্রা 1K বাড়াতে যে পরিমাণ তাপের প্রয়োজন হয় তাকে ঐ বস্তুর উপাদানের আপেক্ষিক তাপ বলে।

অর্থাৎ একক ভরের কোনো বস্তুর তাপধারণ ক্ষমতাই ঐ বস্তুর আপেক্ষিক তাপ।

গ. দেওয়া আছে,

বর্ধিত তাপমাত্রা, $C = 60^\circ\text{C}$

কেলভিন স্কেলে তাপমাত্রা, $K = ?$

ফারেনহাইট স্কেলে তাপমাত্রা, $F = ?$

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

বা, $\frac{60}{5} = \frac{F - 32}{9}$

বা, $F - 32 = 12 \times 9$

$\therefore F = 140$

আবার, $\frac{C}{5} = \frac{K - 273}{5}$

বা, $\frac{60}{5} = \frac{K - 273}{5}$

বা, $K - 273 = 12 \times 5$

বা, $K = 333$

অতএব, ফারেনহাইট স্কেলে তাপমাত্রা 140°F এবং কেলভিন স্কেলে তাপমাত্রা 333 K হবে।

ঘ. দেওয়া আছে,

রেল লাইনের আদি দৈর্ঘ্য, $d_1 = 100\text{ m}$

তাপমাত্রার বৃদ্ধি, $\Delta\theta = 60^\circ\text{C} = 60\text{ K}$

আয়তন প্রসারণ সহগ, $\gamma = 34.8 \times 10^{-6}\text{ K}^{-1}$

\therefore দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ, $\alpha = \frac{\gamma}{3}$

$$= \frac{34.8 \times 10^{-6}}{3}\text{ K}^{-1}$$

$$= 11.6 \times 10^{-6}\text{ K}^{-1}$$

এখন, দৈর্ঘ্য প্রসারণ Δl হলে,

$$\alpha = \frac{\Delta l}{l_1 \Delta\theta}$$

বা, $\Delta l = \alpha l_1 \Delta\theta$

$$= 11.6 \times 10^{-6}\text{ K}^{-1} \times 100\text{ m} \times 60\text{ K}$$

$$= 0.0696\text{ m}$$

অতএব, দুর্ঘটনা এড়াতে হলে দুটি লোহার বারের মধ্যে কমপক্ষে 0.0696 m ফাঁকা রাখতে হবে।

প্রশ্ন – ৩৪ ▶ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

6 m দৈর্ঘ্য ও 4 m প্রস্থ একটি লোহার আয়তাকার খণ্ডের তাপমাত্রা বৃদ্ধি করে 70°C করায় এর ক্ষেত্রফল 24.5 m² হলো। ঐ দিন বায়ুর তাপমাত্রা ছিল 40°C।

ক. দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ কী? ১

খ. শরীরে ঘাম নিয়ে ফ্যানের বাতাসে
বসলে বেশি ঠাণ্ডা অনুভব হয় কেন? ২

গ. উদ্দীপকের লোহার ক্ষেত্র প্রসারণ সহগ
কত? ৩

?

ঘ. উদ্দীপকের লোহার আয়তন 3% বৃদ্ধি
করতে কত তাপমাত্রা বৃদ্ধি করতে
হবে, বিশ্লেষণ কর। ৪

▶◀ ৩৪নং প্রশ্নের উত্তর ▶◀

ক. 1m দৈর্ঘ্যের কোনো কঠিন পদার্থের দণ্ডের তাপমাত্রা 1K বৃদ্ধির ফলে যতটুকু দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি পায় তাকে ঐ দণ্ডের উপাদানের দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ বলে।

খ. পাখার বাতাস শরীরের ঘাম দ্রুত বাষ্পায়নে সহায়তা করে। এ ঘাম বাষ্পীভূত হওয়ার সময় বাষ্পীভবনের জন্য প্রয়োজনীয় সুগুণতাপ শরীর থেকে সংগ্রহ করে। ফলে শরীর কিছু তাপ হারায়। এ তাপ হারানোর ফলে ঠাণ্ডা অনুভূত হয়। এজন্য দেহ থেকে ঘাম বের হলে পাখার বাতাস ঠাণ্ডা অনুভূত হয়।

গ. এখানে, লোহার দৈর্ঘ্য = 6 m, প্রস্থ = 4 m

$$\therefore \text{লোহার আদি ক্ষেত্রফল, } A_1 = 6 \text{ m} \times 4 \text{ m} = 24 \text{ m}^2$$

$$\text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি, } \Delta\theta = (70 - 40)^\circ\text{C} = 30^\circ\text{C} = 30 \text{ K}$$

চূড়ান্ত ক্ষেত্রফল, $A_2 = 24.5 \text{ m}^2$

\therefore ক্ষেত্র প্রসারণ সহগ, $\beta = ?$

$$\begin{aligned}\text{আমরা জানি, } \beta &= \frac{A_2 - A_1}{A_1 \Delta\theta} = \frac{24.5 \text{ m}^2 - 24 \text{ m}^2}{24 \text{ m}^2 \times 30 \text{ K}} \\ &= 69.44 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}\end{aligned}$$

অতএব, উদ্দীপকের লোহার ক্ষেত্র প্রসারণ সহগ $69.44 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ ।

ঘ. উদ্দীপকের লোহার ক্ষেত্র প্রসারণ সহগ,

$$\beta = 69.44 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1} \text{ [‘গ’ হতে]}$$

$$\begin{aligned}\therefore \text{আয়তন প্রসারণ সহগ, } \gamma &= \frac{2}{3} \times 69.44 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1} \\ &= 46.3 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}\end{aligned}$$

লোহার আদি আয়তন V_1 হলে, আয়তন বৃদ্ধি,

$$\Delta V = V \text{ এর } 3\% = \frac{3V}{100}$$

এখন, তাপমাত্রা বৃদ্ধি $\Delta\theta$ হলে,

$$\gamma = \frac{\Delta V}{V \Delta\theta}$$

$$\begin{aligned}\text{বা, } \Delta\theta &= \frac{\Delta V}{V \gamma} = \frac{\frac{3V}{100}}{V \times 46.3 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}} \\ &= 64.8 \text{ K} = 64.8^\circ\text{C}\end{aligned}$$

\therefore তাপমাত্রা বৃদ্ধি করতে হবে $= (64.8 - 40)^\circ\text{C} = 24.8^\circ\text{C}$ ।

প্রশ্ন -৩৫ ▶ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

0°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করার ফলে এর ক্ষেত্রফল 100 cm^2 । একে 100°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করার ফলে এর ক্ষেত্রফল 100.22 cm^2 হলো।

?

- ক. এক ক্যালরি সমান কত জুল? ১
- খ. পুরু কাচের গ্লাসে গরম পানি ঢাললে
গ্লাসটি ফেটে যায় কেন? ২
- গ. ইস্পাতের খণ্ডটির ক্ষেত্র প্রসারণ সহগ
নির্ণয়
কর। ৩
- ঘ. ইস্পাতের খণ্ডটির আদি উচ্চতা 10
cm হলে এর চূড়ান্ত আয়তন কত হবে
নির্ণয় কর। ৪

▶◀ ৩৫নং প্রশ্নের উত্তর ▶◀

ক. এক ক্যালরি সমান 4.2 জুল।

খ. পুরু কাচের গ্লাসে গরম পানি ঢাললে গ্লাসটি ফেটে যায়। কারণ— গ্লাসের মধ্যে গরম পানি ঢালার পর ঐ গ্লাসের ভেতরের অংশ গরমে প্রসারিত হয়, কিন্তু কাচ তাপের কুপরিবাহী হওয়ায় তাপ বাইরের অংশে সঞ্চারিত হতে পারে না। তাই গ্লাসের ভেতরের অংশ প্রসারিত হয় কিন্তু বাইরের অংশ প্রসারিত হতে পারে না। ফলে প্রসারণ বলের কারণে গ্লাসটি ফেটে যায়।

গ. দেওয়া আছে,

$$\text{ইস্পাতের খণ্ডটির আদি ক্ষেত্রফল, } A_0 = 100 \text{ cm}^2 = 100 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\text{চূড়ান্ত ক্ষেত্রফল, } A_1 = 100.22 \text{ cm}^2 = 100.22 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{ক্ষেত্রফল বৃদ্ধি } \Delta A &= (100.22 \times 10^{-4} - 100 \times 10^{-4}) \text{ m}^2 \\ &= 0.22 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{আদি তাপমাত্রা, } \theta_1 = 0^\circ\text{C}$$

$$\text{চূড়ান্ত তাপমাত্রা, } \theta_2 = 100^\circ\text{C}$$

$$\text{তাপমাত্রার পরিবর্তন, } \Delta\theta = \theta_2 - \theta_1 = (100 - 0)^\circ\text{C} = 100^\circ\text{C} = 100 \text{ K}$$

$$\text{ক্ষেত্র প্রসারণ সহগ, } \beta = ?$$

আমরা জানি, $\beta = \frac{\Delta A}{A_0 A \theta}$

বা, $\beta = \frac{0.22 \times 10^{-4} \text{ m}^2}{100 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \times 100 \text{ K}}$

$\therefore \beta = 22 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$

অতএব, ইস্পাত খণ্ডটির ক্ষেত্র প্রসারণ সহগ $22 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ ।

ঘ. দেওয়া আছে,

ইস্পাত খণ্ডটির আদি ক্ষেত্রফল, $A_0 = 100 \text{ cm}^2$

আদি উচ্চতা, $h_0 = 10 \text{ cm}$

ইস্পাত খণ্ডটির আদি আয়তন, $V_0 = A_0 h_0$

$$= 100 \text{ cm}^2 \times 10 \text{ cm}$$

$$= 1000 \text{ cm}^3$$

$$= 1 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

তাপমাত্রা বৃদ্ধি, $\Delta\theta = (100 - 0)^\circ\text{C} = 100 \text{ K}$

ইস্পাত খণ্ডটির চূড়ান্ত আয়তন, $V_1 = ?$

আয়তন বৃদ্ধি, $\Delta V = V_1 - V_0$

ইস্পাত খণ্ডটির ক্ষেত্রপ্রসারণ সহগ, $\beta = 22 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ [‘গ’ থেকে]

আমরা জানি,

$$2\gamma = 3\beta$$

বা, $\gamma = \frac{3 \times 22 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}}{2}$

বা, $\gamma = 33 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$

আবার, $\gamma = \frac{\Delta V}{V_0 \Delta\theta}$

বা, $\gamma V_0 \Delta\theta = \Delta V$

বা, $\gamma V_0 \Delta\theta = V_1 - V_0$

বা, $V_1 = V_0 + \gamma V_0 \Delta\theta$

$$\text{বা, } V_1 = V_0 (1 + \gamma \Delta\theta)$$

$$\text{বা, } V_1 = 1 \times 10^{-3} \text{ m}^3 (1 + 33 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1} \times 100 \text{ K})$$

$$\text{বা, } V_1 = 1.0033 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$\therefore V_1 = 1003.3 \text{ cm}^3$$

অতএব, ইম্পাতের খণ্ডটির আদি উচ্চতা 10 cm হলে এর চূড়ান্ত আয়তন হবে 1003.3 cm³।

প্রশ্ন - ৩৬ ▶ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

অম্লান দশম শ্রেণির শিক্ষার্থী, সে ব্যবহারিক ক্লাসে 400 g ভরের তামার পাত্রে রক্ষিত 30° C তাপমাত্রার 300 g পানিতে 0° C তাপমাত্রার বরফ মিশ্রিত করছিল। এক সময় দেখল পানিতে আর বরফ মিশ্রিত হচ্ছে না। মিশ্রণের তাপমাত্রা 0° C।

ক. বাষ্পায়ন কী? ১

খ. বাষ্পায়ন কোন কোন বিষয়ের ওপর নির্ভর করে? ২

গ. অম্লান কী পরিমাণ বরফ মিশ্রিত করতে পেরেছিল? ৩

ঘ. মিশ্রণকে তাপ দিয়ে বাষ্পে পরিণত করতে কী পরিমাণ তাপের প্রয়োজন? ৪

▶◀ ৩৬নং প্রশ্নের উত্তর ▶◀

ক. যেকোনো তাপমাত্রায় তরলের শুধু উপরিতল থেকে ধীরে ধীরে বাষ্পে পরিণত হওয়ার প্রক্রিয়াকে বাষ্পায়ন বলে।

খ. বাষ্পায়ন যেসব বিষয়ের ওপর নির্ভর করে সেগুলো হলো :

বায়ু প্রবাহ, তরলের উপরিতলের ক্ষেত্রফল, তরলের প্রকৃতি, তরল ও তরল সংলগ্ন বায়ুর উষ্ণতার, বায়ুর শুষ্কতা ইত্যাদি।

গ. এখানে, পানির ভর, $m_w = 300 \text{ g} = 0.3 \text{ kg}$

পানির আপেক্ষিক তাপ, $S_w = 4200 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$

তামার পাতের ভর, $m_c = 400 \text{ g} = 0.4 \text{ kg}$

তামার আপেক্ষিক তাপ, $S_c = 400 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$

পানির ও তামার পাতের তাপমাত্রা 30°C

মিশ্রণের তাপমাত্রা 0°C

বরফ গলনের আপেক্ষিক সূপ্ততাপ, $l_f = 336000 \text{ Jkg}^{-1}$

এখন, পানি কর্তৃক বর্জিত তাপ,

$$Q_w = 0.3 \text{ kg} \times 4200 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1} \times (30 - 0) \text{ K} \\ = 37800 \text{ J}$$

তামার পাত্র কর্তৃক বর্জিত তাপ,

$$Q_c = 0.4 \text{ kg} \times 400 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1} \times (30 - 0) \text{ K} \\ = 4800 \text{ J}$$

$$\text{বরফের ভর } m_1 \text{ হলে, } m_1 = \frac{Q_w + Q_c}{l_f}$$

$$\text{বা, } m_1 = \frac{Q_w + Q_c}{l_f} = \frac{37800 \text{ J} + 4800 \text{ J}}{336000 \text{ Jkg}^{-1}} \\ = 0.127 \text{ kg}$$

\therefore অল্পান 0.127 kg বরফ মিশ্রিত করতে পেরেছিল।

ঘ. এখন, মিশ্রণে মোট পানির পরিমাণ হবে,

$$m = (0.3 + 0.127) \text{ kg} = 0.427 \text{ kg}$$

0°C তাপমাত্রায় পানিকে 100°C তাপমাত্রায় পানিতে পরিণত করতে প্রয়োজনীয় তাপ,

$$Q_1 = 0.427 \text{ kg} \times 4200 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1} \times 100 \text{ K} \\ = 179340 \text{ J}$$

আবার, 100°C তাপমাত্রার পানিকে জলীয় বাষ্পে পরিণত করতে প্রয়োজনীয় তাপ,

$$Q_2 = 0.427 \text{ kg} \times 2268000 \text{ Jkg}^{-1} \\ = 968436 \text{ J}$$

\therefore মোট প্রয়োজনীয় তাপ, $Q = Q_1 + Q_2$

$$= (179340 + 968436) \text{ J}$$

$$= 1147776 \text{ J}$$

অতএব, মিশ্রণকে তাপ দিয়ে বাষ্পে পরিণত করতে 1147776 J তাপের প্রয়োজন।

প্রশ্ন-৩৭ ▶ নিচের উদ্দীপকটি পড়ে প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

0°C তাপমাত্রার একটি ইস্পাতের খণ্ডের ক্ষেত্রফল 100 cm²। একে 100°C তাপমাত্রা পর্যন্ত উত্তপ্ত করার ফলে এর ক্ষেত্রফল বৃদ্ধি পেয়ে 100.22 cm² হয়ে গেছে।

- ক. তাপমাত্রিক পদার্থ কাকে বলে? ১
- খ. তাপ প্রয়োগের ফলে কঠিন পদার্থের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি পায় কেন? ২
- গ. ইস্পাতের পাতটির ক্ষেত্র প্রসারণ সহগ নির্ণয় কর। ৩
- ঘ. ইস্পাতের পাতটির আদি উচ্চতা 10 cm হলে এর চূড়ান্ত আয়তন কত হবে নির্ণয় কর। ৪

▶◀ ৩৭নং প্রশ্নের উত্তর ▶◀

- ক. তাপমাত্রার তারতম্যের জন্য পদার্থের যে ধর্ম নিয়মিতভাবে পরিবর্তিত হয় এবং এই পরিবর্তন লক্ষ করে সহজ ও সূক্ষ্মভাবে তাপমাত্রা নিরূপণ করা যায় সেই ধর্মকেই পদার্থের তাপমাত্রিক ধর্ম বলে।
- খ. যখন কোনো বস্তু উত্তপ্ত হয়, তখন বস্তুটির প্রত্যেক অণুর তাপশক্তি তথা গতিশক্তি বৃদ্ধি পায়। তাপমাত্রা বৃদ্ধি পাবার ফলে কঠিন বস্তুর মধ্যে অণুগুলো যখন কাঁপতে থাকে তখন এই শক্তি নিয়ে ভিতর দিকে যতটা সরে আসতে পারে, বাইরের দিক তার চেয়ে বেশি সরে যেতে পারে। এর ফলে প্রত্যেক অণুর গড় সাম্যাবস্থান বাইরের দিকে সরে যায় এবং উক্ত বস্তুটির দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি পায়।

গ. দেওয়া আছে,

$$\text{ইস্পাতের খণ্ডটির আদি ক্ষেত্রফল, } A_0 = 100 \text{ cm}^2 = 100 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\text{চূড়ান্ত ক্ষেত্রফল, } A_1 = 100.22 \text{ cm}^2 = 100.22 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{ক্ষেত্রফল বৃদ্ধি, } \Delta A &= (100.22 \times 10^{-4} - 100 \times 10^{-4}) \text{ m}^2 \\ &= 0.22 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \end{aligned}$$

আদি তাপমাত্রা, $\theta_1 = 0^\circ\text{C}$

চূড়ান্ত তাপমাত্রা, $\theta_2 = 100^\circ\text{C}$

তাপমাত্রার পরিবর্তন, $\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1 = (100 - 0)^\circ\text{C}$
 $= 100^\circ\text{C} = 100\text{ K}$

ক্ষেত্র প্রসারণ সহগ, $\beta = ?$

আমরা জানি, $\beta = \frac{\Delta A}{A_0 \Delta\theta}$

$$\text{বা, } \beta = \frac{0.22 \times 10^{-4} \text{ m}^2}{100 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \times 100 \text{ K}}$$

$$\therefore \beta = 22 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$$

অতএব, ইস্পাত খণ্ডটির ক্ষেত্র প্রসারণ সহগ $22 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ ।

ঘ. দেওয়া আছে,

ইস্পাত খণ্ডটির আদি ক্ষেত্রফল, $A_0 = 10 \text{ cm}^2$

এবং আদি উচ্চতা = 10 cm

\therefore ইস্পাতের খণ্ডটির আদি আয়তন,

$$V_0 = 100 \text{ cm}^2 \times 10 \text{ cm}$$

$$\text{বা, } V_0 = 1000 \text{ cm}^3$$

$$\therefore V_0 = 1 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

তাপমাত্রা বৃদ্ধি, $\Delta\theta = (100 - 0)^\circ\text{C} = 100^\circ\text{C} = 100 \text{ K}$

ধরি, ইস্পাতের খণ্ডটির চূড়ান্ত আয়তন হবে V_1

\therefore আয়তন বৃদ্ধি, $\Delta V = V_1 - V_0$

‘গ’ নং হতে পাই, ইস্পাত খণ্ডটির ক্ষেত্র প্রসারণ সহগ,

$$\beta = 22 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$$

এখন, ইস্পাত খণ্ডটির আয়তন প্রসারণ সহগ γ হলে

আমরা জানি,

$$2 \gamma = 3\beta$$

$$\text{বা, } \gamma = \frac{3\beta}{2}$$

$$\text{বা, } \gamma = \frac{3 \times 22 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}}{2}$$

$$\therefore \gamma = 33 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$$

$$\text{আবার, } \gamma = \frac{\Delta V}{V_0 \Delta \theta}$$

$$\text{বা, } \gamma V_0 \Delta \theta = \Delta V$$

$$\text{বা, } \gamma V_0 \Delta \theta = V_1 - V_0$$

$$\text{বা, } V_1 = V_0 + \gamma V_0 \Delta \theta$$

$$\text{বা, } V_1 = V_0 (1 + \gamma \Delta \theta)$$

$$\text{বা, } V_1 = 1 \times 10^{-3} \text{ m}^3 (1 + 33 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1} \times 100 \text{ K})$$

$$\text{বা, } V_1 = 1.0033 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$\therefore V_1 = 1003.3 \text{ cm}^3$$

অতএব, ইস্পাতের খণ্ডটির আদি উচ্চতা 10 cm হলে এর চূড়ান্ত আয়তন হবে 1003.3 cm³।

প্রশ্ন -৩৮ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

4°C তাপমাত্রার 2 kg পানির মধ্যে 50°C তাপমাত্রার 0.5 kg ভরের তামার টুকরা ফেলা হলো।

পানি ও তামার আপেক্ষিক তাপ যথাক্রমে 4200 Jkg⁻¹ K⁻¹ ও 400 Jkg⁻¹ K⁻¹।

ক. তাপমাত্রা কাকে বলে? ১

খ. রূপার আপেক্ষিক তাপ 230 Jkg⁻¹

K⁻¹ বলতে কী বোঝ? ২

? গ. তামার তাপমাত্রাকে ফারেনহাইট স্কেলে প্রকাশ কর।

৩

ঘ. পানি ও তামার চূড়ান্ত তাপমাত্রা কীরূপ
হবে গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

▶◀ ৩৮নং প্রশ্নের উত্তর ▶◀

ক. যা কোনো বস্তুর এমন এক তাপীয় অবস্থা যা নির্ধারণ করে ঐ বস্তুটি অন্য বস্তুর তাপীয় সংস্পর্শে এলে তাপ হারাবে না গ্রহণ করবে, একে তাপমাত্রা বলে।

খ. কপারের আপেক্ষিক তাপ $230 \text{ Jkg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ বলতে বোঝায়—

i. 1 kg কপারের তাপমাত্রা 1 K বাড়াতে 230 J তাপের প্রয়োজন।

ii. 1 kg ভরের কপারের তাপধারণ ক্ষমতা 230 J।

গ. এখানে,

তামার তাপমাত্রা, $C = 50^\circ\text{C}$

ফারেনহাইটে তাপমাত্রা, $F = ?$

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

বা, $\frac{50}{5} = \frac{F - 32}{9}$

বা, $10 = \frac{F - 32}{9}$

বা, $F - 32 = 90$

$\therefore F = 122$

অতএব, তামার তাপমাত্রা ফারেনহাইটে 122°F ।

ঘ. এখানে, পানির ভর, $m_w = 2 \text{ kg}$

পানির আপেক্ষিক তাপ, $S_w = 4200 \text{ Jkg}^{-1} \text{ K}^{-1}$

তামার ভর, $m_c = 0.5 \text{ kg}$

তামার আপেক্ষিক তাপ, $S_c = 400 \text{ Jkg}^{-1} \text{ K}^{-1}$

এখন,

পানি ও তামার চূড়ান্ত তাপমাত্রা $\theta^\circ\text{C}$ হলে,

পানি কর্তৃক গৃহীত তাপ, $Q_w = m_w S_w (\theta - 4) \text{ J}$

এবং তামা কর্তৃক বর্জিত তাপ, $Q_c M_c S_c (50 - 4) \text{ J}$

আমরা জানি,

তাপ পরিমাপের মূলনীতি অনুযায়ী,

$$Q_w = Q_c$$

$$\text{বা, } m_w S_w (\theta - 4) = m_c S_c (50 - \theta)$$

$$\text{বা, } 2 \text{ kg} \times 4200 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1} \times (\theta - 4) \text{ K} = 0.5 \text{ kg} \\ \times 400 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1} \times (50 - \theta) \text{ K}$$

$$\text{বা, } 8400 \text{ JK}^{-1} \times (\theta - 4) \text{ K} = 200 \text{ JK}^{-1} \times (50 - \theta) \text{ K}$$

$$\text{বা, } (50 - \theta) = 42 (\theta - 4)$$

$$\text{বা, } 50 - \theta = 42\theta - 168$$

$$\text{বা, } 43\theta = 218$$

$$\therefore \theta = 5.07^\circ\text{C}$$

অতএব, পানি ও তামার চূড়ান্ত তাপমাত্রা 5.07°C ।

প্রশ্ন - ৩৯ ▶ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

একটি বৈদ্যুতিক লাইনের তার ছিঁড়ে যাওয়ার কারণে অনুসন্ধান করতে গিয়ে দেখা গেল যে, নির্মাণজনিত ত্রুটির কারণে এরূপ হয়েছে। ঐ সময়ে শীতকালে তাপমাত্রা 30°C হ্রাস পায়। এতে 500 m লম্বা তামার তারের দৈর্ঘ্য 25 cm হ্রাস পায় যা তার যতটুকু টিলা থাকার কথা ছিল তার চেয়ে কম। চুক্তিনামায় দেখা যায় যে, তাপমাত্রা 50°C হ্রাস পেলেও যেন তার ছিঁড়ে না যায় সে হিসাব করেই তার টানার কথা ছিল।

ক. বস্তুর অভ্যন্তরীণ শক্তি কখন বাড়ে? ১

?

খ. উত্তপ্ত বস্তুকে কোনো শীতল বস্তুর
সংস্পর্শে আনলে কী ঘটবে? ২

গ. তামার দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ নির্ণয় কর।

৩

ঘ. চুক্তি মোতাবেক তার কতটুকু টিলা
থাকার কথা ছিল? গাণিতিক
বিশ্লেষণের মাধ্যমে ব্যাখ্যা কর। ৪

▶◀ ৩৯নং প্রশ্নের উত্তর ▶◀

ক. কোনো বস্তুতে তাপীয় শক্তি প্রদান করলে অভ্যন্তরীণ শক্তি বাড়ে।

খ. কোনো উত্তপ্ত বস্তুকে শীতল বস্তুর সংস্পর্শে আনলে বস্তু দুইটির মধ্যে তাপের আদান-প্রদান ঘটবে।
এর ফলে শীতল বস্তুটি উত্তপ্ত বস্তুটি থেকে তাপ গ্রহণ করে উত্তপ্ত হবে। এক্ষেত্রে উত্তপ্ত বস্তুটি তাপ
হারাবে এবং শীতল বস্তুটি তাপ গ্রহণ করবে। উভয় বস্তুদ্বয়ের মধ্যে তাপমাত্রা সমান না হওয়া পর্যন্ত
এ প্রক্রিয়া চলতে থাকবে।

গ. উদ্দীপক থেকে পাই,

$$\text{তাপমাত্রার হ্রাস, } \Delta\theta = 30^\circ\text{C} = 30 \text{ K}$$

$$\text{আদি দৈর্ঘ্য, } l_1 = 500 \text{ m}$$

$$\text{দৈর্ঘ্য হ্রাস, } \Delta l = 25 \text{ cm} = 0.25 \text{ m}$$

$$\text{তামার দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ, } \alpha = ?$$

আমরা জানি,

$$\begin{aligned}\alpha &= \frac{\Delta l}{l_1 \Delta\theta} \\ &= \frac{0.25 \text{ m}}{500 \text{ m} \times 30 \text{ K}} \\ &= 1.67 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}\end{aligned}$$

অতএব, তামার দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ $1.67 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ ।

ঘ. এখানে, তাপমাত্রা হ্রাস, $\Delta\theta = 50^\circ\text{C} = 50\text{ K}$

আদি দৈর্ঘ্য, $l_1 = 500\text{ m}$

দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ, $\alpha = 1.67 \times 10^{-5}\text{ K}^{-1}$

দৈর্ঘ্য হ্রাস, $\Delta l = ?$

আমরা জানি,

$$\Delta l = \alpha l_1 \Delta\theta$$

$$= 1.67 \times 10^{-5}\text{ K}^{-1} \times 500\text{ m} \times 50\text{ K}$$

$$= 0.4175\text{ m} = 41.75\text{ cm}$$

অতএব, উপরিউক্ত গাণিতিক বিশ্লেষণে বলা যায়, চুক্তি অনুযায়ী তারটি 41.75 cm বা এর বেশি টিলা থাকার কথা ছিল।

প্রশ্ন - ৪০ ▶ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

একটি রেললাইনে 100 m দৈর্ঘ্যের লোহার পাত ব্যবহার করা হয়। দুটি পাতের মধ্যে 2 cm ফাঁকা রাখা হয়েছে। কোনো একদিন ঐ স্থানের তাপমাত্রা স্বাভাবিকের চেয়ে 10°C বেড়ে গেল। লোহার দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ $11.6 \times 10^{-6}\text{ K}^{-1}$ ।

ক. তাপধারণ ক্ষমতা কাকে বলে? ১

খ. হুকের সূত্রটি বিবৃতি ও ব্যাখ্যা কর। ২

গ. রেললাইনে ব্যবহৃত লোহার পাতের দৈর্ঘ্য প্রসারণ কত? নির্ণয় কর।

?

৩

ঘ. তাপমাত্রা 20°C বেড়ে গেলে ঐ

রেললাইনটি নিরাপদ কিনা তা

গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

▶◀ ৪০নং প্রশ্নের উত্তর ▶◀

ক. কোনো বস্তুর তাপমাত্রা 1 K বাড়াতে যে পরিমাণ তাপের প্রয়োজন হয় তাকে ঐ বস্তুর তাপধারণ ক্ষমতা বলে।

খ. বিজ্ঞানী রবার্ট হুক স্থিতিস্থাপকতার মূল সূত্রটি আবিষ্কার করেন। এ সূত্রানুসারে স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে পীড়ন বিকৃতির সমানুপাতিক।

গাণিতিকভাবে—

$$\text{পীড়ন} \propto \text{বিকৃতি}$$

$$\therefore \text{পীড়ন} = \text{ধুবক} \times \text{বিকৃতি}$$

$$\text{বা, } \frac{\text{পীড়ন}}{\text{বিকৃতি}} = \text{ধুবক}$$

এ ধুবকটিকে বস্তুর উপাদানের স্থিতিস্থাপক গুণাঙ্ক বলে।

গ. উদ্দীপক হতে পাই,

$$\text{লোহার পাতের আদি দৈর্ঘ্য, } l_0 = 100 \text{ m}$$

$$\text{দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ, } \alpha = 11.6 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$$

$$\text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি, } \Delta\theta = 10^\circ\text{C} = 10 \text{ K}$$

$$\text{দৈর্ঘ্য প্রসারণ, } \Delta l = \alpha l_0 \Delta\theta$$

$$= 11.6 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1} \times 100 \text{ m} \times 10 \text{ K}$$

$$= 0.0116 \text{ m}$$

অতএব, ব্যবহৃত লোহার পাতের দৈর্ঘ্য প্রসারণ 0.0116 m।

ঘ. উদ্দীপক হতে পাই,

$$\text{লোহার পাতের আদি দৈর্ঘ্য, } l_0 = 100 \text{ m}$$

$$\text{দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ, } \alpha = 11.6 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$$

$$\text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি, } \Delta\theta = 20^\circ\text{C} = 20 \text{ K}$$

$$\text{দৈর্ঘ্য প্রসারণ, } \Delta l = ?$$

আমরা জানি,

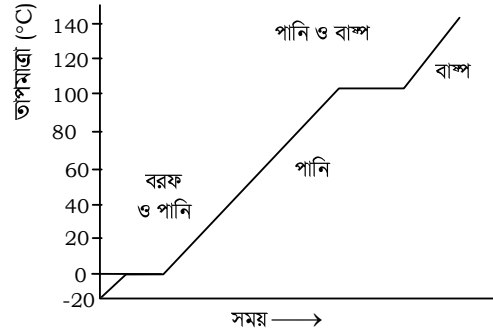
$$\Delta l = \alpha l_0 \Delta\theta$$

$$\begin{aligned}
&= 11.6 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1} \times 100 \text{ m} \times 20 \text{ K} \\
&= 0.023 \text{ m} \\
&= 2.3 \text{ cm}
\end{aligned}$$

অর্থাৎ, রেললাইনের প্রতিটি পাত 2.3 cm বেড়ে যায়। কিন্তু দুটি পাতের মধ্যে 2 cm ফাঁকা রাখা হয়েছে। এ কারণে রেললাইনের পাতগুলো বেঁকে যাবে। এতে কোনো ট্রেন চলাচল করলে তা দুর্ঘটনায় পড়বে। তাই রেললাইনটি নিরাপদ নয়।

প্রশ্ন - ৪১ ▶ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

1.5 kg ভরের এক টুকরা বরফকে তাপ প্রয়োগ করা হলো এবং এর অবস্থার পরিবর্তন নিচের লেখচিত্রে দেখানো হলো :



ক. সুগুতাপের সংজ্ঞা দাও। ১

খ. তামার দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ $16.7 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ বলতে কী বুঝ? ২

গ. পঞ্চম ধাপে পরিবর্তনের ক্ষেত্রে তাপের পরিমাণ নির্ণয় কর। ৩

?

ঘ. দেখাও যে দ্বিতীয় ও চতুর্থ ধাপে তাপমাত্রার পরিবর্তন অপরিবর্তিত থাকলেও প্রয়োজনীয় তাপের পরিমাণ সমান নয়। ৪

»« ৪১নং প্রশ্নের উত্তর »«

- ক. যে তাপ বস্তুর তাপমাত্রার পরিবর্তন না ঘটিয়ে অবস্থার পরিবর্তন ঘটায় সে তাপকেই সুগুতাপ বলে।
- খ. তামার দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ $16.7 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ বলতে বোঝায় 1 m দৈর্ঘ্যের তামার কোনো দণ্ডের তাপমাত্রা 1 K বৃদ্ধি করলে এর দৈর্ঘ্য $16.7 \times 10^{-6} \text{ m}$ বৃদ্ধি পায়।

গ. পঞ্চম ধাপে 100°C তাপমাত্রার জলীয় বাষ্প 140°C তাপমাত্রায় জলীয় বাষ্পে পরিণত হয়েছে।
এখানে,

জলীয় বাষ্পের ভর, $m = 1.5 \text{ kg}$

জলীয় বাষ্পের আপেক্ষিক তাপ, $S = 2000 \text{ Jkg}^{-1} \text{ K}^{-1}$

তাপমাত্রার পরিবর্তন, $\Delta\theta = (140 - 100)^{\circ}\text{C} = 40^{\circ}\text{C} = 40 \text{ K}$

প্রয়োজনীয় তাপ, $Q = ?$

আমরা জানি,

$$\begin{aligned} Q &= mS \Delta\theta \\ &= 1.5 \text{ kg} \times 2000 \text{ Jkg}^{-1} \text{ K}^{-1} \times 40 \text{ K} \\ &= 1.2 \times 10^5 \text{ J} \end{aligned}$$

অতএব, তাপের পরিমাণ $1.2 \times 10^5 \text{ J}$ ।

ঘ. উদ্দীপকের দ্বিতীয় ধাপে 0°C তাপমাত্রার বরফ 0°C তাপমাত্রার পানিতে পরিণত হয় এবং চতুর্থ ধাপে 100°C তাপমাত্রার পানি 100°C তাপমাত্রার জলীয় বাষ্পে পরিণত হয়। অর্থাৎ উভয় ধাপে তাপমাত্রার পরিবর্তন অপরিবর্তিত থাকে।

এখন, দ্বিতীয় ধাপে

বরফের ভর, $m_i = 1.5 \text{ kg}$

গলনের আপেক্ষিক সুপ্ততাপ, $L_f = 336000 \text{ Jkg}^{-1}$

$$\begin{aligned} \text{অতএব, প্রয়োজনীয় তাপ, } Q_2 &= m_i L_f \\ &= 1.5 \text{ kg} \times 336000 \text{ Jkg}^{-1} \\ &= 5.04 \times 10^5 \text{ J} \end{aligned}$$

আবার, চতুর্থ ধাপে পানির ভর, $m_w = 1.5 \text{ kg}$

বাষ্পীভবনের আপেক্ষিক সুপ্ততাপ $= 2268000 \text{ Jkg}^{-1}$

$$\begin{aligned} \therefore \text{প্রয়োজনীয় তাপ, } Q_4 &= 1.5 \text{ kg} \times 2268000 \text{ Jkg}^{-1} \\ &= 34.02 \times 10^5 \text{ J} \end{aligned}$$

এখানে, $Q_2 \neq Q_4$

অতএব, উপরিউক্ত গাণিতিক বিশ্লেষণ থেকে বলা যায়, তাপমাত্রা অপরিবর্তিত থাকলেও প্রয়োজনীয় তাপের পরিমাণ সমান নয়।

(দেখানো হলো)