একাদশ অধ্যায়

পদাৰ্থৰ তাপীয় ধৰ্ম
(Thermal Properties of Matter)

11.1 আগকথা

11.2 উষ্ণতা আৰু তাপ

11.3 উষ্ণতাৰ মাপ

11.4 আদৰ্শ গেছ সমীকৰণ আৰু পৰম উষ্ণতা

11.5 তাপীয় প্ৰসাৰণ

11.6 আপেক্ষিক তাপধৃতি

11.7 কেলৰিমিতি

11.8 অৱস্থাৰ পৰিৱৰ্তন

11.9 তাপৰ সঞ্চালন

11.10 নিউটনৰ শীতলীভৱন নীতি সাৰাংশ

সাৰাংশ

মন কৰিবলগীয়া

অনুশীলনী

11.1 আগকথা (Introduction)

তাপ আৰু উষ্ণতা সম্পৰ্কে আমাৰ সকলোৰে এটা সাধাৰণ ধাৰণা আছে। উষ্ণতাই কোনো বস্তু এটা কিমান 'গৰম' তাৰ আভাস দিয়ে। উতলি থকা পানীৰ কেটলি এটা, বৰফপূৰ্ণ পাত্ৰ এটাতকৈ গৰম। পদাৰ্থবিজ্ঞানত তাপ, উষ্ণতা আদিৰ সংজ্ঞা দিওঁতে সাৱধান হ'ব লগা হয়। এই অধ্যায়ত তাপনো কি, তাপ কেনেদৰে জোখা হয়, আৰু এটা বস্তুৰ পৰা আন এটা বস্তুলৈ কি কি বিভিন্ন প্ৰক্ৰিয়াৰে তাপ সঞ্চালিত হ'ব পাৰে সেই সম্পৰ্কে আলোচনা কৰা হ'ব। যথাসময়ত বুজিব পাৰিবা গৰুগাড়ীৰ কাঠৰ চকাটোৰ ওপৰত লগাবৰ উদ্দেশ্যে কমাৰে লোহাৰ আঁঙুঠিটো কিয় গৰম কৰি লয়; আৰু সূৰ্য অস্ত যোৱাৰ পাছত সমুদ্ৰৰ উপকূল অঞ্চলত বলা বতাহৰ দিশ কিয় বিপৰীতমুখী হয়। যথেষ্ট পৰিমাণে তাপৰ বিনিময় ঘটালেও পানী উতলা আৰু গোটমৰা সময়খিনিত পানীখিনিৰ উষ্ণতা কিয় বঢ়া-টুটা নহয় পিছত তাকো জানিব পাৰিবা।

11.2 উষ্ণতা আৰু তাপ (Temperature and Heat)

পদাৰ্থৰ তাপীয় ধৰ্ম অধ্যয়ন কৰিবলৈ হ'লে আমি উষ্ণতা আৰু তাপ কি জানি লোৱা দৰকাৰ। উষ্ণতাই বস্তু এটা কিমান গৰম বা ঠাণ্ডা তাক নিৰ্দেশ কৰে। এটা গৰম বাচনৰ উষ্ণতা বেছি, বৰফ এটুকুৰাৰ উষ্ণতা কম। এটা বস্তুতকৈ আন এটাৰ উষ্ণতা বেছি হ'লে প্ৰথমটোৰ তুলনাত দ্বিতীয়টো অধিক উত্তপ্ত বা অধিক গৰম বোলা হয়। ওখ আৰু চাপৰৰ নিচিনাকৈ গৰম আৰু ঠাণ্ডাও আপেক্ষিক কথা। চুই চাই আমি কোনো বস্তুৰ উষ্ণতা অনুভৱ কৰিব পাৰোঁ। অৱশ্যে উষ্ণতাৰ তেনে অনুভূত মাপ নিৰ্ভৰযোগ্য নহয়; তদুপৰি বৈজ্ঞানিক অধ্যয়নত অনুভূত পৰিসৰ তেনেই সীমাবদ্ধ।

অভিজ্ঞতাৰ পৰা জনা যায় যে হিম চেঁচা পানী এগিলাচ গৰমৰ দিনত এটা সময়ত গৰম হৈ উঠে। আনহাতে একে পৰিৱেশত গৰম চাহ একাপ ৰাখিলে সি ক্ৰমে চেঁচা হ'বলৈ ধৰে। এই কথাই কি বুজায়— কোনো বস্তু (প্ৰণালী বা নিকায়-system) পাৰিপাৰ্শ্বিকতকৈ বেলেগ উষ্ণতাত থাকিলে বস্তুটো আৰু পাৰিপাৰ্শ্বিকৰ মাজত তাপৰ সঞ্চালন ঘটে। যেতিয়ালৈকে পাৰিপাৰ্শ্বিক আৰু বস্তুটো উভয়ৰে উষ্ণতা একে হৈ নুঠে তেতিয়ালৈকে তেনে সঞ্চালন চলি থাকে। এচৰিয়া হিম-চেঁচা পানীৰ ক্ষেত্ৰত তাপ পাৰিপাৰ্শ্বিকৰ পৰা চৰিয়ালৈ প্ৰবাহিত হয়; আনহাতে গৰম চাহৰ ক্ষেত্ৰত তাপ প্ৰবাহিত হয় গৰম চাহৰ পৰা পাৰিপাৰ্শ্বিকলৈ। গতিকে ক'ব পাৰি যে **তাপ এবিধ শক্তি; উষ্ণতাৰ পাৰ্থক্যৰ ফলত দুটা (বা ততোধিক) প্ৰণালীৰ মাজত নতুবা এটা প্ৰণালী আৰু পাৰিপাৰ্শ্বিকৰ (surrounding) মাজত এই শক্তিৰ বিনিময় ঘটে**। তাপৰ এছ আই একক হৈছে জুল (J), আনহাতে উষ্ণতাৰ এছ আই একক হৈছে কেলভিন (K)। ডিগ্ৰি ছেলছিয়াছ (°C) হৈছে উষ্ণতাৰ মাপ বুজাবলৈ সচৰাচৰ ব্যৱহাৰ কৰা আন এক একক।

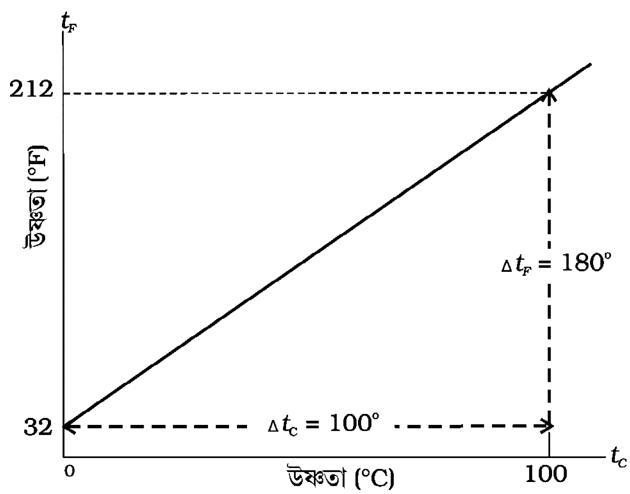
কোনো বস্তু গৰম কৰিলে তাৰ একাধিক পৰিৱৰ্তন হ'ব পাৰে— উষ্ণতা বাঢ়িব পাৰে, প্ৰসাৰণ ঘটিব পাৰে, নাইবা অৱস্থাৰ পৰিৱৰ্তন ঘটিব পাৰে। পাছৰ কেইটামান অনুচ্ছেদত বিভিন্ন বস্তুৰ ওপৰত তাপৰ প্ৰভাৱ সম্পৰ্কে আলোচনা কৰা হ'ব।

11.3 উষ্ণতাৰ মাপ (Measurement of Temperature)

উষ্ণতা জুখিবলৈ থাৰ্মমিটাৰ ব্যৱহাৰ কৰা হয়। উষ্ণতাৰ পৰিৱৰ্তন ঘটাৰ লগে লগে পদাৰ্থৰ বহুতো ভৌতিক ধৰ্মৰ পৰিৱৰ্তন ঘটে; থাৰ্মমিটাৰ তৈয়াৰ কৰোঁতে সেই পৰিৱৰ্তনসমূহৰ কোনোটোক ভিত্তি হিচাপে লোৱা হয়। সাধাৰণতে উষ্ণতাৰ সৈতে জুলীয়া পদাৰ্থৰ আয়তন পৰিৱৰ্তনৰ ওপৰত ভিত্তি কৰিয়ে থাৰ্মমিটাৰ সজা হয়। আমি দৈনন্দিন দেখি থকা থাৰ্মমিটাৰটোৱেই (কাঁচৰ নলীত জুলীয়া পদাৰ্থ ভৰোৱা) তাৰ প্ৰকৃষ্ট উদাহৰণ। এনে থাৰ্মমিটাৰৰ প্ৰায়ভাগতে পাৰা বা এলক'হল ব্যৱহাৰ কৰা হয়।

থাৰ্মমিটাৰে যাতে কোনো উষ্ণতাৰ সাংখ্যিক মান নিৰ্দেশ কৰিব পাৰে তাৰবাবে থাৰ্মমিটাৰসমূহ ক্ৰমাংকিত কৰা হয়। কোনো প্ৰমাণ স্কেল নিৰ্ধাৰণ কৰিবৰ উদ্দেশ্যে থাৰ্মমিটাৰত দুটা স্থিৰ বিন্দুৰ আৱশ্যক হয়। উষ্ণতাৰ পৰিৱৰ্তনৰ লগে লগে যিহেতু সকলো পদাৰ্থৰে ভৌতিক পৰিৱৰ্তন ঘটে, সেয়ে কোনো প্ৰসাৰণৰ জোখ নিৰূপণ কৰিবলৈ নিৰপেক্ষ প্ৰসংগ পোৱা সম্ভৱ নহয়। যি নহওঁক, আৱশ্যকীয় স্থিৰ বিন্দু দুটা সদায় একে উষ্ণতাতে ঘটি থকা দুটা ভৌতিক পৰিঘটনাকে ভিত্তি কৰি লোৱা হয় পানীৰ হিমাংক আৰু উতলাংক তেনে দুটা সুবিধাজনক স্থিৰ বিন্দু। এই বিন্দু দুটাই প্ৰমাণ বায়ুমণ্ডলীয় চাপত বিশুদ্ধ পানী কিমান উষ্ণতাত গোট মাৰে আৰু কিমান উষ্ণতাত উতলে তাক নিৰ্দেশ কৰে।

উষ্ণতা জুখিবলৈ আমাৰ পৰিচিত স্কেল দুটা হৈছে ফাৰেনহাইট (Fahrenheit) আৰু ছেলছিয়াছ (Celsius) স্কেল। ফাৰেনহাইট স্কেলত পানীৰ হিমাংক আৰু উতলাংকৰ মান ক্ৰমে 32 °F আৰু 212 °F আৰু



চিত্ৰ 11.1 *ফাৰেণহাইট উষ্ণতা (t_F) আৰু ছেলছিয়াছ উষ্ণতা (t_c)ৰ লেখ।*

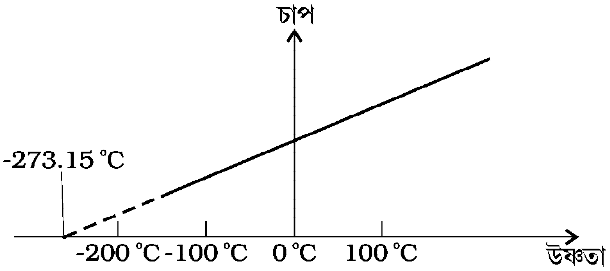
ছেলছিয়াছ স্কেলত সেই মান যথাক্ৰমে 0 °C আৰু 100 °C। ফাৰেনহাইট স্কেলৰ দুই স্থিৰ বিন্দুৰ মাজত 180টা ছেলছিয়াছ স্কেলৰ দুই স্থিৰ বিন্দুৰ মাজত 100টা সমান ভাগ কৰা থাকে।

11.1 চিত্ৰত ফাৰেনহাইট উষ্ণতা (t_F) আৰু ছেলছিয়াছ উষ্ণতাৰ (t_c) মাজৰ সম্বন্ধৰ এটা লেখ দেখুওৱা হৈছে। লেখটো এডাল সৰলৰেখা। ইয়াৰ সহায়ত এটা স্কেলৰ উষ্ণতাক আনটো স্কেলত প্ৰকাশ কৰিব পাৰি। সম্বন্ধটো এনেধৰণৰ—

$$\frac{t_F - 32}{180} = \frac{t_C}{100} \quad (11.1)$$

11.4 আদৰ্শ গেছ সমীকৰণ আৰু পৰম উষ্ণতা (Ideal Gas Equation and Absolute Temperature)

জুলীয়া পদাৰ্থভেদে প্ৰসাৰণৰ পৰিমাণো ভিন ভিন। সেয়েহে স্থিৰ বিন্দু দুটাৰ বাহিৰে অন্য উষ্ণতাত ভিন ভিন জুলীয়া পদাৰ্থ ব্যৱহাৰ কৰা থাৰ্মমিটাৰে ভিন ভিন পাঠ দেখুৱায়। আনহাতে গেছ থাৰ্মমিটাৰত যি গেছেই ব্যৱহাৰ কৰা নহওক কিয়, সি কোনো এক নিৰ্দিষ্ট উষ্ণতাৰ পাঠ একেই দেখুৱায়। পৰীক্ষাৰ পৰা দেখা গৈছে যে কম ঘনত্বৰ সকলো গেছৰ প্ৰসাৰণ একে ধৰণৰ। এক নিৰ্দিষ্ট ভৰৰ কোনো গেছৰ প্ৰকৃতি তিনিটা চলকৰাশিৰে জানিব পাৰি। সেইসমূহ হ'ল, চাপ (P), আয়তন (V) আৰু উষ্ণতা (T), য'ত $T = t + 273.15$ আৰু t হৈছে ছেলছিয়াছ স্কেলত উষ্ণতাৰ মাপ। *যেতিয়া উষ্ণতা একে ৰখা হয়, তেতিয়া এক নিৰ্দিষ্ট পৰিমাণৰ গেছৰ চাপ আৰু আয়তনৰ মাজত সম্বন্ধ হয় PV = ধ্ৰুৱক।* সম্বন্ধটো তাৰ আৱিষ্কাৰক ব্ৰিটিছ ৰসায়নবিদ ৰবাৰ্ট বয়লৰ (Robert Boyle, 1627-1691) নাম অনুসৰি 'বয়লৰ সূত্ৰ' নামে জনাজাত। আকৌ *চাপ যদি একে ৰখা হয়, তেন্তে এক নিৰ্দিষ্ট পৰিমাণৰ গেছৰ আয়তন আৰু তাৰ উষ্ণতাৰ মাজত সম্বন্ধ হয় $\frac{V}{T}$ = ধ্ৰুৱক।* ফৰাচী বিজ্ঞানী জেকুৰেছ চাৰ্লছৰ (Jacques Charles, 1747-1823) নামানুসৰি এই সম্বন্ধটোক চাৰ্লছৰ সূত্ৰ বোলা হয়। কম ঘনত্বৰ গেছসমূহে এই দুয়োটা সূত্ৰকে মানি চলে। দুয়োটা সম্বন্ধক লগ লগাই এটা সূত্ৰতে প্ৰকাশ কৰিব পাৰি।



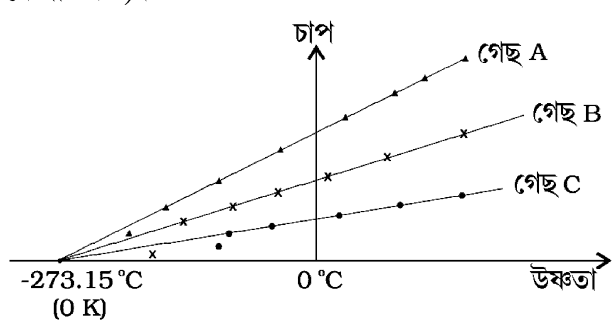
চিত্ৰ 11.2 *স্থিৰ আয়তনত নিম্ন ঘনত্বৰ গেছৰ চাপ উষ্ণতা লেখ।*

মন কৰিবা, যিহেতু এক নিৰ্দিষ্ট পৰিমাণৰ গেছৰ বাবে PV= ধ্ৰুৱক, আৰু $\frac{V}{T}$ ধ্ৰুৱক। গতিকে $\frac{PV}{T}$ ও ধ্ৰুৱক হ'ব লাগিব। এই সম্বন্ধটোক 'আদৰ্শ গেছ সূত্ৰ' বুলি কোৱা হয়। সূত্ৰটো যিকোনো লঘু গেছৰ যিকোনো পৰিমাণৰ ক্ষেত্ৰতে প্ৰযোজ্য। গতিকে সাধাৰণীকৰণ কৰি ইয়াক এনেদৰে লিখিব পাৰি।

$$\frac{PV}{T} = \mu R$$

বা $$PV = \mu RT \quad (11.2)$$

এই সূত্ৰটোক **আদৰ্শ গেছ সমীকৰণ** বোলা হয়। সমীকৰণটোত μ ৰে গেছখিনিত কিমানসংখ্যক ম'ল (mole) আছে তাক নিৰ্দেশ কৰে। R হৈছে সাৰ্বজনীন গেছ ধ্ৰুৱক। ইয়াৰ মান 8.31 J $mol^{-1}K^{-1}$ (জুল ম'ল$^{-1}$ কেলভিন$^{-1}$)।



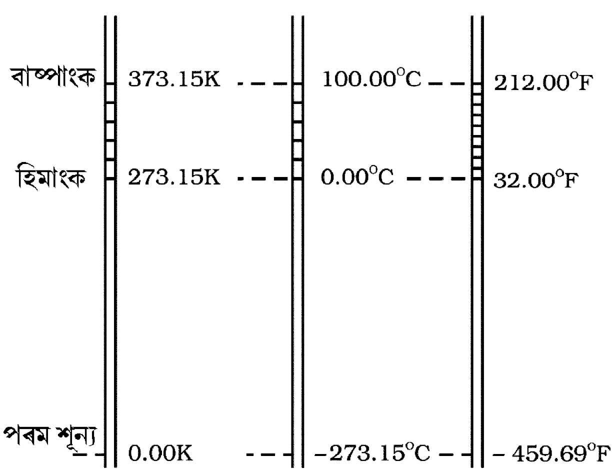
চিত্ৰ 11.3 *চাপ আৰু উষ্ণতাৰ লেখ। কম ঘনত্বৰ গেছৰ বাবে লেখডাল অক্ষলৈকে বঢ়ালে একে পৰম শূন্য উষ্ণতা দেখুৱায়।*

সমীকৰণ (11.2)ৰ পৰা দেখা যায় যে চাপ আৰু আয়তন উষ্ণতাৰ প্ৰত্যক্ষ সমানুপাতী, অৰ্থাৎ $PV \propto T$. এই সম্বন্ধটোৰ সহায়ত স্থিৰ আয়তন গেছ থাৰ্মমিটাৰত গেছ ব্যৱহাৰ কৰি উষ্ণতা জুখিব পাৰি। গেছৰ আয়তন স্থিৰে ৰাখিলে $P \propto T$ পোৱা যায়। গতিকে স্থিৰ আয়তন গেছ থাৰ্মমিটাৰত উষ্ণতাক চাপত প্ৰকাশ কৰা হয়। যদি চাপ বনাম উষ্ণতা লেখ অঁকা হয়, এডাল সৰলৰেখা পোৱা যাব (চিত্ৰ11.2)।

পিছে আদৰ্শ গেছ সূত্ৰ অনুসৰি যিবোৰ জোখ-মাখ কৰা হয়, কম উষ্ণতাত থকা বাস্তৱ গেছৰ ক্ষেত্ৰত সেইবোৰ ভালদৰে নিমিলে। অৱশ্যে এক বিস্তৃত উষ্ণতা পৰিসৰৰ ভিতৰত সম্বন্ধটো সৰল ৰৈখিক। এনেহে লাগে যেন গেছটো গেছ হিচাপেই থাকিলে উষ্ণতা কমি অহাৰ লগে লগে তাৰ চাপ শূন্য হৈ পৰিব।

চিত্ৰ 11.3ত দেখুওৱাৰ নিচিনাকৈ সৰলৰেখাডাল উষ্ণতাৰ অক্ষলৈকে বঢ়াই দিলে আদৰ্শ গেছৰ বাবে পৰম উষ্ণতাৰ নিম্নতম মান পোৱা যায়। সেই মান হৈছে— – 273.15 °C। ইয়াক **পৰম শূন্য উষ্ণতা** (absolute zero) বোলা হয়।

এই পৰম শূন্যক ভিত্তি হিচাপে লৈয়ে পৰম উষ্ণতা স্কেল প্ৰস্তুত কৰা হৈছে। ব্ৰিটিছ বিজ্ঞানী লৰ্ড কেলভিনৰ



চিত্ৰ 11.4 *কেলভিন, ছেলছিয়াছ আৰু ফাৰেণহাইটৰ স্কেলৰ তুলনা*

নামেৰে এই স্কেলক কেলভিন স্কেল বুলি কোৱা হয়। কেলভিন স্কেলত – 273.15 °Cক নিম্ন স্থিৰ বিন্দু বা শূন্যবিন্দু অৰ্থাৎ 0 কেলভিন বা 0K হিচাপে লোৱা হয় (চিত্ৰ 11.4)। কেলভিন স্কেলৰ একোটা ভাগৰ পৰিমাণ অৰ্থাৎ দুটা ওচৰা-ওচৰি দাগৰ মাজৰ ব্যৱধান যিমান, ছেলছিয়াছ স্কেলৰ এক ডিগ্ৰীৰ পৰিমাণো সিমান। সেয়ে এই দুই স্কেলৰ উষ্ণতাৰ মাজৰ সম্বন্ধ হৈছে

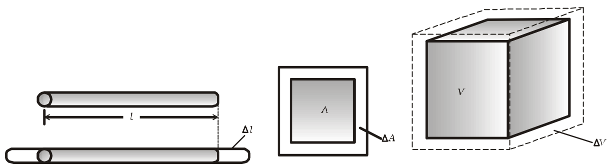
$$T = t_C + 273.15$$

11.5 তাপীয় প্ৰসাৰণ (Thermal Expansion)

কেতিয়াবা বটলৰ ধাতৱ সাঁফৰখন খুলিবলৈ বৰ টান হৈ পৰে যদি সাঁফৰখন যথেষ্ট টানকৈ লাগি থাকে। তেতিয়া গৰম পানীত সাঁফৰখন কিছুসময় ডুবাই ৰাখিলে তাক সহজে খুলিব পৰা যায়। গৰম পানীত ৰাখিলে তাপ পাই তাৰ প্ৰসাৰণ ঘটে আৰু তেতিয়া ই ঢিলা হৈ পৰে।

জুলীয়া পদাৰ্থৰ ক্ষেত্ৰত আমি বহুতেই হয়তো মন কৰিছোঁ, থাৰ্মমিটাৰ এটা সামান্য গৰম পানীত ডুবাই দিলে তাৰ পাৰাস্তম্ভ ওপৰলৈ উঠে। থাৰ্মমিটাৰটো তাৰপৰা উলিয়াই আনিলে পাৰাস্তম্ভ পুনৰ নামি আহে। গেছীয় পদাৰ্থৰ বেলিকা কি হয়— ঠাণ্ডা কোঠালি এটাত আংশিকভাৱে ফুলাই লোৱা বেলুন এটা যদি অলপ গৰম পানীত ৰখা হয়, তেন্তে ই পূৰাকৈ ফুলি উঠিব পাৰে। আনহাতে পূৰাকৈ ফুলি থকা বেলুন এটা ঠাণ্ডা পানীত ৰাখিলে তাৰ ভিতৰৰ বায়ুখিনি সংকুচিত হয় অৰ্থাৎ বেলুনটোৰ আয়তন কমে।

আমি সদায় দেখি থাকোঁ যে প্ৰায়বোৰ বস্তুৱেই তাপ পালে প্ৰসাৰিত হয় আৰু ঠাণ্ডা হ'লে সংকুচিত হয়। উষ্ণতাৰ পৰিৱৰ্তন ঘটিলে বস্তুবোৰৰ আকাৰৰ পৰিৱৰ্তন ঘটে। উষ্ণতা বৃদ্ধিৰ সৈতে কোনো বস্তুৰ আকাৰ বৃদ্ধি হোৱা পৰিঘটনাটোৱেই তাপীয় প্ৰসাৰণ। দীঘৰ প্ৰসাৰণক **দৈৰ্ঘ্য প্ৰসাৰণ বা ৰৈখিক প্ৰসাৰণ** (linear expansion), ক্ষেত্ৰৰ প্ৰসাৰণক **ক্ষেত্ৰ প্ৰসাৰণ** বা **পৃষ্ঠ প্ৰসাৰণ** (area or superficial expansion) আৰু



$\frac{\Delta l}{l} = \alpha_l \Delta T$ $\frac{\Delta A}{A} = 2\alpha_l \Delta T$ $\frac{\Delta V}{V} = 3\alpha_l \Delta T$

(a) দৈৰ্ঘ্য প্ৰসাৰণ (b) ক্ষেত্ৰ প্ৰসাৰণ (c) আয়তন প্ৰসাৰণ

চিত্ৰ 11.5 *(a) দৈৰ্ঘ্য প্ৰসাৰণ (b) ক্ষেত্ৰ প্ৰসাৰণ (c) আয়তন প্ৰসাৰণ*

আয়তনৰ প্ৰসাৰণক **আয়তন প্ৰসাৰণ** বা **ঘনকীয় প্ৰসাৰণ** (volume or cubical expansion) বোলা হয়। (চিত্ৰ 11.5)।

যদি বস্তুটো দীঘলীয়া দণ্ড এডালৰ ৰূপত থাকে, তেন্তে ধৰা হওক দণ্ডডালৰ দীঘ l। যেতিয়া দণ্ডডালৰ উষ্ণতাৰ সামান্য পৰিৱৰ্তন (ΔT) হয়, তেতিয়া দণ্ডডালৰ দীঘৰ আংশিক পৰিৱৰ্তন $\frac{\Delta l}{l}$, ΔTৰ সমানুপাতী হয়। অৰ্থাৎ

$$\frac{\Delta l}{l} = \alpha_1 \Delta T \qquad (11.4)$$

ইয়াত α_1 হৈছে **দৈৰ্ঘ্য প্ৰসাৰণ গুণাংক**। দণ্ডডালৰ পদাৰ্থৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰি দৈৰ্ঘ্য প্ৰসাৰণ গুণাংকৰ মান ভিন ভিন হয়। দৈৰ্ঘ্য প্ৰসাৰণ গুণাংক দণ্ডডালৰ পদাৰ্থৰ এক নিজা বৈশিষ্ট। তালিকা 11.1অত কেতবোৰ পদাৰ্থৰ দৈৰ্ঘ্য প্ৰসাৰণ গুণাংকৰ গড়মান দেখুওৱা হৈছে। সেইবোৰ 0°Cৰ পৰা 100°C উষ্ণতাৰ পৰিসৰৰ মাজত প্ৰযোজ্য। তালিকাৰ পৰা এটা কথা স্পষ্ট হৈ পৰিছে যে একে সমান উষ্ণতা বৃদ্ধি কৰিলে কাচতকৈ তাম প্ৰায় পাঁচ গুণ বেছিকৈ প্ৰসাৰিত হয়। সাধাৰণতে ধাতুসমূহৰ প্ৰসাৰণ বেছি, আৰু সেয়ে সেইবোৰৰ α_1ৰ মান তুলনামূলকভাৱে বেছি। একেদৰে, ΔT উষ্ণতাৰ পৰিৱৰ্তনত কোনো বস্তুৰ আয়তনৰ আংশিক পৰিৱৰ্তন $\frac{\Delta V}{V}$ৰ কথালৈ আহোঁহঁক। এইক্ষেত্ৰত আয়তন প্ৰসাৰণ গুণাংক (α_V) হ'ব।

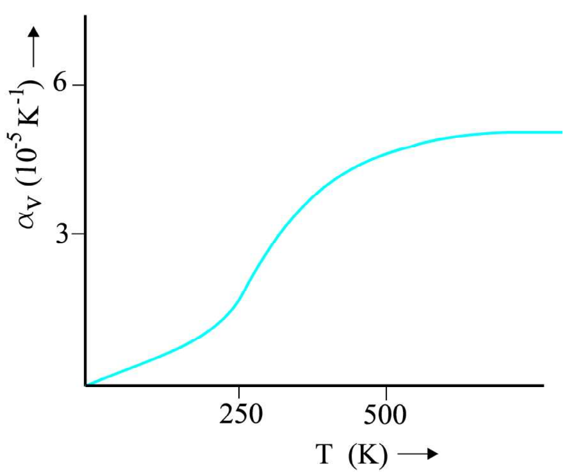
$$\alpha_V = \left(\frac{\Delta V}{V}\right)\frac{1}{\Delta T} \qquad (11.5)$$

ইয়াতো α_Vৰ মান বস্তুটোৰ পদাৰ্থৰ প্ৰকৃতিৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে। কিন্তু সি শুদ্ধভাৱে ধ্ৰুৱক নহয়, ই সাধাৰণতে উষ্ণতাৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে (চিত্ৰ 11.6)। দেখা যায় α_Vৰ মান বেছি উষ্ণতাতহে স্থিৰ হয়।

তালিকা 11.2ত 0°Cৰ পৰা 100°C উষ্ণতাৰ পৰিসীমাৰ ভিতৰত কেতবোৰ সহজলভ্য পদাৰ্থৰ আয়তন প্ৰসাৰণ গুণাংকৰ মান দেখুওৱা হৈছে। তালিকাৰ পৰা দেখা যায় যে এই পদাৰ্থসমূহৰ (কঠিন আৰু জুলীয়া) তাপীয় প্ৰসাৰণ কম। পাইৰেক্স কাচ আৰু ইনভাৰৰ (লো

তালিকা 11.1 কিছুমান পদাৰ্থৰ বৈখিক প্ৰসাৰণ গুণাংক

পদাৰ্থ	$\alpha_1 (10^{-5} K^{-1})$
এলুমিনিয়াম	2.5
পিতল	1.8
লো	1.2
তাম	1.7
ৰূপ	1.9
সোণ	1.4
কাচ (পাইৰেক্স)	0.32
সীহ	0.29



চিত্ৰ 11.6 *উষ্ণতাৰ ফলন হিচাপে তামৰ আয়তন প্ৰসাৰণ গুণাংক*

আৰু নিকেলৰ এবিধ বিশেষ সংকৰ ধাতু) আয়তন প্ৰসাৰণ গুণাংক লক্ষণীয়ভাৱে কম। লগতে দেখা যায়, ইথাইল এলক'হলৰ আয়তন প্ৰসাৰণ গুণাংক পাৰাতকৈ বেছি। সেয়ে, সমান উষ্ণতা বৃদ্ধি হ'লে পাৰাতকৈ ইথাইল এলক'হল বেছিকৈ প্ৰসাৰিত হয়।

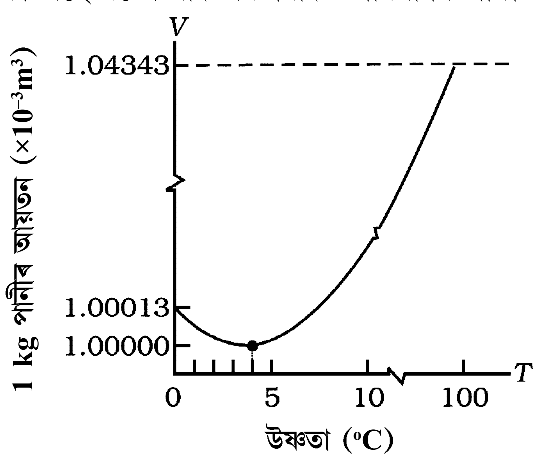
তালিকা 11.2 কিছুমান পদাৰ্থৰ আয়তন প্ৰসাৰণ গুণাংক

পদাৰ্থ	$\alpha_v (K^{-1})$
এলুমিনিয়াম	7×10^{-5}
পিতল	6×10^{-5}
লো	3.55×10^{-5}
পেৰাফিন	58.8×10^{-5}
কাচ (সাধাৰণ)	2.5×10^{-5}
কাচ (পাইৰেক্স)	1×10^{-5}
টান ৰবৰ	2.4×10^{-4}
ইনভাৰ	2×10^{-6}
পাৰা	18.2×10^{-5}
পানী	20.7×10^{-5}
এলক'হল (ইথাইল)	110×10^{-5}

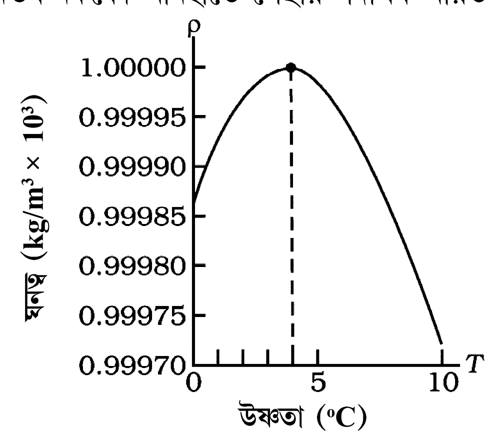
পানীৰ প্ৰসাৰণত এটা ব্যতিক্ৰম চকুত পৰে। 0°Cৰ পৰা 4°Cৰ ভিতৰত পানীৰ প্ৰসাৰণ ঘটাৰ পৰিৱৰ্তে সংকোচনহে ঘটে। যদি এক নিৰ্দিষ্ট পৰিমাণৰ পানী লৈ তাক স্বাভাৱিক উষ্ণতাৰ পৰা 4°C লৈ নমাই অনা হয়, দেখা যাব যে তাৰ আয়তন কমি আহে (চিত্ৰ 11.7a)। 4°C তকৈ কমাই আনিলে তাৰ আয়তন কমাৰ সলনি বাঢ়িহে যায় আৰু সেয়ে তাৰ ঘনত্ব কমে (চিত্ৰ 11.7b)।

ইয়াৰ পৰা বুজা যায় যে 4°Cত পানীৰ ঘনত্ব সৰ্বাধিক। পানীৰ এই ধৰ্মটোৰ এটা গুৰুত্বপূৰ্ণ পাৰিপাৰ্শ্বিক প্ৰভাৱ আছে ঃ হ্ৰদ, পুখুৰী আদি জলভাগৰ পৃষ্ঠ অংশ প্ৰথমতে গোট মাৰে। হ্ৰদৰ পানীৰ উষ্ণতা 4°Cৰ ফালে কমি আহি থাকোঁতে, পৃষ্ঠৰ পানীভাগে বায়ুমণ্ডললৈ শক্তি এৰি দি থাকে, ক্ৰমে গধুৰ হয় আৰু পৃষ্ঠৰ তললৈ যায়। তেতিয়া সেই পানীতকৈ তুলনামূলকভাৱে গৰম আৰু কম গধুৰ তলভাগৰ পানী ওপৰৰ ফাললৈ উঠি আহে। অৱশ্যে ওপৰ ভাগৰ পানীৰ উষ্ণতা 4°Cৰে তললৈ গ'লেই তাৰ ঘনত্ব কমে, ফলত সেই পানীভাগ ওপৰ পৃষ্ঠতে ৰয় আৰু তাতেই গোট মাৰে। পানীৰ এনে ধৰ্ম নথকা হ'লে হ্ৰদ, পুখুৰী আদিৰ পানী তলিৰ পৰা ওপৰ ভাগলৈকেই গোট মাৰিলেহেঁতেন, আৰু তেতিয়া পানীত থকা প্ৰায় ভাগ প্ৰাণী আৰু উদ্ভিদেই উচ্ছন্ন হ'লহেঁতেন।

সাধাৰণ উষ্ণতাত কঠিন আৰু জুলীয়া পদাৰ্থতকৈ গেছীয় পদাৰ্থৰ প্ৰসাৰণ বেছি। জুলীয়া পদাৰ্থৰ আয়তন প্ৰসাৰণ গুণাংক উষ্ণতাৰ পৰিৱৰ্তনৰ ওপৰত বিশেষ নিৰ্ভৰ নকৰে। আনহাতে গেছীয় পদাৰ্থৰ আয়তন প্ৰসাৰণ



(a)



(b)

চিত্ৰ 11.7 *পানীৰ তাপীয় প্ৰসাৰণ*

গুণাংক উষ্ণতাৰ পৰিৱৰ্তনৰ ওপৰত নিৰ্ভৰশীল। স্থিৰ চাপত কোনো আদৰ্শ গেছৰ আয়তন প্ৰসাৰণ গুণাংক আদৰ্শ গেছ সমীকৰণৰ পৰা এনেদৰে পাব পাৰি ঃ

$$PV = \mu RT$$

চাপ স্থিৰে ৰাখিলে,

$$P\Delta V = \mu R\Delta T$$

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{\Delta T}{T}$$

অৰ্থাৎ, আদৰ্শ গেছৰ ক্ষেত্ৰত,

$$\alpha_v = \frac{1}{T} \qquad (11.6)$$

0°C উষ্ণতাত $\alpha_v = 3.7 \times 10^{-3}\ K^{-1}$। এই মান কঠিন আৰু জুলীয়া পদাৰ্থৰ আয়তন প্ৰসাৰণ গুণাংকতকৈ বহুত বেছি। সমীকৰণ (11.6)ৰ পৰা দেখা যায় যে উষ্ণতা বাঢ়িলে α_vৰ মান কমে। কোঠালিৰ উষ্ণতাত আৰু স্থিৰ চাপত থকা গেছৰ বেলিকা α_vৰ মান প্ৰায় $3300 \times 10^{-6}\ K^{-1}$। এই মান তৰলৰ আয়তন প্ৰসাৰণ গুণাংকতকৈ কেইবাঘাতো বেছি।

আয়তন প্ৰসাৰণ গুণাংক (α_v) আৰু ৰৈখিক প্ৰসাৰণ গুণাংকৰ (α_1) মাজতে এটা সৰল সম্বন্ধ আছে। l দৈৰ্ঘ্যৰ ঘনক এটা লোৱা হ'ল। ধৰা হ'ল ঘনকটো সকলো দিশতে সমানে প্ৰসাৰিত হয়। তেতিয়া ΔT পৰিমাণে উষ্ণতা বৃদ্ধি হ'লে দৈৰ্ঘ্য প্ৰসাৰণ হ'ব

$$\Delta l = \alpha_1\, l\, \Delta T$$

গতিকে $\Delta V = (l+\Delta l)^3 - l^3 \simeq 3l^2\, \Delta l \qquad (11.7)$

lৰ তুলনাত Δlৰ মান যথেষ্ট কম। সেয়ে সমীকৰণ (11.7)ত $(\Delta l)^2$ আৰু $(\Delta l)^3$ পদ দুটা উপেক্ষা কৰা হৈছে।

গতিকে

$$\Delta V = \frac{3V\Delta l}{l} = 3V\alpha_l\, \Delta T \qquad (11.8)$$

ইয়াৰ পৰা $\alpha_v = 3\alpha_1 \qquad (11.9)$

এডাল দণ্ডৰ দুই মূৰ দৃঢ়ভাৱে স্থিৰে ৰাখি তাৰ প্ৰসাৰণ বন্ধ কৰিব বিচাৰিলে কি হ'ব? আবদ্ধ ৰখাৰ ফলত মূৰ দুটাই যি বাহ্যিক বল লাভ কৰিব তাৰবাবে দণ্ডডালৰ ওপৰত এটা সংকোচক বিকৃতিয়ে ক্ৰিয়া কৰিব। ইয়াৰ সৈতে জড়িত যি প্ৰতিচাপে দণ্ডডালৰ ওপৰত ক্ৰিয়া কৰিব তাক তাপীয় প্ৰতিচাপ (thermal stress) বোলা হয়। উদাহৰণস্বৰূপে ধৰা হওঁক, 5 মিঃ দীঘল আৰু 40 বৰ্গচেঃমিঃ প্ৰস্থচ্ছেদৰ এডাল তীখাৰ ছিৰি (rail) ওপৰত কোৱাৰ দৰে প্ৰসাৰিত হ'ব নোৱাৰাকৈ ৰাখি তাৰ উষ্ণতা 10°C বৃদ্ধি কৰা হ'ল। তীখাৰ দৈৰ্ঘ্য প্ৰসাৰণ গুণাংক হৈছে $\alpha_{1(\text{তীখা})} = 1.2\times10^{-5}\ K^{-1}$। গতিকে সংকোচক বিকৃতি হ'ব

$$\frac{\Delta l}{l} = \alpha_{1(\text{তীখা})}\, \Delta T$$

$$= 1.2 \times 10^{-5} \times 10$$

$$= 1.2 \times 10^{-4}$$

তীখাৰ ইয়ংৰ গুণাংক $Y_{(\text{তীখা})} = 2 \times 10^{11}\ N\ m^{-2}$। সেয়ে ছিৰিডালত উদ্ভৱ হোৱা তাপীয় প্ৰতিচাপ হ'ল

$$\frac{\Delta F}{A} = Y_{(\text{তীখা})}\left(\frac{\Delta l}{l}\right)$$

$$= 2.4 \times 10^{7}\ N\ m^{-2}$$

ইয়াৰ পৰা, বাহ্যিক বল

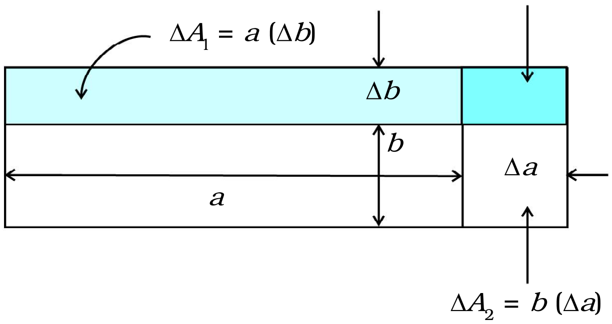
$$\Delta F = AY_{(\text{তীখা})}\left(\frac{\Delta l}{l}\right)$$

$$= 2.4 \times 10^{7} \times 40 \times 10^{-4} = 10^{5}\ N$$

এনেকুৱা দুডাল ছিৰিৰ বাহিৰ ফালৰ মূৰ দুটা দৃঢ়ভাৱে স্থিৰে ৰাখি ভিতৰফালৰ মূৰ দুটা পৰস্পৰ লগাই ৰাখিলে এইমানৰ বলে অনায়াসে ছিৰি দুটা ভাঁজ লগাই পেলাব পাৰে।

▶**উদাহৰণ 11.1** দেখুওৱা যে কঠিন পদাৰ্থৰ এটা আয়তাকাৰ পাতৰ ক্ষেত্ৰ প্ৰসাৰণ গুণাংক তাৰ ৰৈখিক প্ৰসাৰণ গুণাংকৰ (α_1) দুগুণ।

উত্তৰ ঃ



চিত্ৰ 11.8

ধৰা হ'ল, চিত্ৰ 11.8-ত দেখুওৱাৰ দৰে a দৈৰ্ঘ্য আৰু b প্ৰস্থবিশিষ্ট কঠিন পদাৰ্থৰ এটা আয়তাকাৰ পাত। যেতিয়া ΔT পৰিমাণৰ উষ্ণতা বাঢ়ে তেতিয়া a ৰ প্ৰসাৰণ হ'ল $\Delta a = \alpha_l a\Delta T$ আৰু bৰ প্ৰসাৰণ হ'ল $\Delta b = \alpha_l b\Delta T$ পৰিমাণে। চিত্ৰৰ পৰা, কালি বৃদ্ধিৰ পৰিমাণ হ'ব,

$$\Delta A\ =\ \Delta A_1 + \Delta A_2 + \Delta A_3$$

$$\Rightarrow \Delta A = a\ \Delta\ b + b\ \Delta\ a + (\Delta a)\ \ (\Delta b)$$

$$= a\alpha_l b\Delta\ T + b\alpha_l a\Delta T + \alpha_l^2 ab\ (\Delta T)^2$$

$$= \alpha_l ab\Delta T\ (2 + \alpha_l\Delta T)$$

$$= \alpha_l\ A\Delta T\ (2 + \alpha_l\Delta T)$$

α_1ৰ মান নিচেই কম— $10^{-5}K^{-1}$। সেয়ে সামান্য উষ্ণতা বৃদ্ধি $\Delta\ T$ৰ বাবে $\alpha_1\Delta\ T$ৰ মান উপেক্ষা কৰিব পাৰি।

$$\text{গতিকে, } \left(\frac{\Delta A}{A}\right)\frac{1}{\Delta T} \simeq 2\alpha_l$$

▶**উদাহৰণ 11.2** এজন কমাৰে গৰুগাড়ীৰ কাঠৰ চকা এটাৰ ওপৰত এটা লোৰ ঘূৰণীয়া পাটি দৃঢ় ভাৱে লগাব বিচাৰে। 27 °C উষ্ণতাত কাঠৰ চকাটোৰ বৰ্হিব্যাস 5.243 মিটাৰ আৰু লোৰ পাৰ্টিটোৰ ব্যাস 5.231 মিটাৰ। লোহাৰ পাৰ্টিটো কিমান উষ্ণতালৈ গৰম কৰিলে তাক কাঠৰ চকাটোৰ ওপৰত লগাব পাৰিব?

উত্তৰ ঃ দিয়া আছে

T_1 = 27 °C

L_{11} = 5.231 m

L_{12} = 5.243 m

গতিকে, $L_{12} = L_{11}\ [1 + \alpha_1 (T_2 - T_1)]$

$\Rightarrow$ 5.243m = 5.231 m $[1 + 1.20\times10^{-5}K^{-1}$ $(T_2 - 27\ °C)]$

নাইবা T_2 = 218 °C.

11.6 আপেক্ষিক তাপধৃতি (Specific Heat Capacity)

এটা পাত্ৰত অলপ পানী লৈ তাক বাৰ্ণাৰ এটাৰ ওপৰত ৰাখি গৰম কৰোঁহঁক। অলপ পাছতে দেখা যাব, পানীৰ পৰা বুৰবুৰণি ওলাইছে। উষ্ণতা বাঢ়ি যোৱাৰ লগে লগে পানীৰ কণিকাবোৰৰ গতিও বাঢ়ি যাব, আৰু এটা সময়ত পানীখিনি উতলিব। কোনো বস্তুৰ উষ্ণতা বৃদ্ধি কৰিবলৈ হ'লে কিমান তাপৰ প্ৰয়োজন সেয়ানো কি কি কাৰকৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে? ইয়াৰ সমিধানৰ উদ্দেশ্যে পোনতে এক নিৰ্দিষ্ট পৰিমাণৰ পানী লৈ তাৰ উষ্ণতা 20 °C. বঢ়াই দিয়া হ'ল, তাৰবাবে কিমান সময়ৰ প্ৰয়োজন হয় ষ্টপ ওৱাট্‌ছৰ সহায়ত নিৰূপণ কৰি লিখি লোৱা হ'ল। সেই একে পৰিমাণৰ পানীৰ উষ্ণতা 40 °C পৰিমাণে (একে বাৰ্ণাৰ ব্যৱহাৰ কৰি) বঢ়োৱা হ'ল আৰু এইবাৰো সময়ৰ জোখ লোৱা হ'ল। দেখা যাব যে এইবাৰ আগবাৰৰ দুগুণ সময় লাগিছে। গতিকে একে পৰিমাণৰ পানীৰ উষ্ণতা দুগুণ বৃদ্ধি কৰিবলৈ আগবাৰৰ দুগুণ তাপৰো প্ৰয়োজন হৈছে।

এইবাৰ দুগুণ পৰিমাণৰ পানী লৈ পূৰ্বৰ তাপন ব্যৱস্থাৰেই তাপৰ যোগান ধৰি তাৰ উষ্ণতা 20 °C বৃদ্ধি কৰা হ'ল। তেতিয়া দেখা যাব যে এইবাৰো প্ৰথমবাৰৰ তুলনাত দুগুণ সময়ৰে দৰকাৰ হৈছে।

পানীৰ সলনি যদি একে পৰিমাণৰ মিঠাতেল লৈ তাৰ উষ্ণতা 20 °C বৃদ্ধি কৰা হয় তেন্তে কি হ'ব? সময়

জুখিবলৈ একেটা ষ্টপ ওৱাট্‌ছ ব্যৱহাৰ কৰি দেখা যাব যে এইক্ষেত্ৰত পানীৰ তুলনাত কম সময় লাগিব। তাৰমানে সমান পৰিমাণৰ পানী আৰু মিঠাতেলৰ উষ্ণতা একে পৰিমাণে বৃদ্ধি কৰিবলৈ হ'লে পানীৰ তুলনাত মিঠাতেলক কম তাপৰহে প্ৰয়োজন হয়।

ওপৰৰ পৰ্যবেক্ষণসমূহৰ পৰা দেখা গ'ল যে কোনো পদাৰ্থ গৰম কৰিবলৈ হ'লে কি পৰিমাণে তাপৰ প্ৰয়োজন হয় সেয়া তিনিটা কাৰকৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে— পদাৰ্থবিধৰ ভৰ (m), তাৰ উষ্ণতা বৃদ্ধিৰ পৰিমাণ (Δ T) আৰু পদাৰ্থ বিধৰ প্ৰকৃতি। নিৰ্দিষ্ট পৰিমাণৰ তাপ শোষণ বা বৰ্জনৰ জৰিয়তে কোনো পৰিমাণৰ পদাৰ্থৰ উষ্ণতাৰ পৰিৱৰ্তন পদাৰ্থটোৰ তাপধৃতি (heat capacity)S নামৰ এটা ৰাশিৰে বুজিবলৈ সুবিধা হয়। পদাৰ্থৰ তাপধৃতিৰ সংজ্ঞা এনেদৰে দিব পাৰি

$$S = \frac{\Delta Q}{\Delta T} \qquad (11.10)$$

ইয়াত Δ Qৰে বস্তুটোৰ উষ্ণতা Tৰ পৰা $T + \Delta T$ লৈ সলনি কৰিবলৈ আৱশ্যক হোৱা তাপ বুজাইছে।

ওপৰৰ পৰা জনা গ'ল যে সমান ভৰৰ ভিন ভিন পদাৰ্থক যদি সমান পৰিমাণে তাপৰ যোগান ধৰা হয় তেন্তে প্ৰত্যেকৰে উষ্ণতা বৃদ্ধিৰ পৰিমাণ একে নহয়। ইয়াৰ পৰা স্পষ্ট হয় যে প্ৰত্যেক পদাৰ্থৰে একক পৰিমাণৰ ভৰৰ একক উষ্ণতাৰ পৰিৱৰ্তন ঘটাবলৈ হ'লে যি পৰিমাণৰ তাপ গ্ৰহণ বা বৰ্জন কৰাৰ প্ৰয়োজন হয় তাৰ এক নিৰ্দিষ্ট মান আছে। এই ৰাশিটোকে পদাৰ্থটোৰ **আপেক্ষিক তাপধৃতি** (specific heat capacity) বোলা হয়। m ভৰৰ পদাৰ্থই ΔQ পৰিমাণৰ তাপ গ্ৰহণ বা বৰ্জন কৰোঁতে যদি ΔT পৰিমাণে উষ্ণতাৰ পৰিৱৰ্তন ঘটে, তেন্তে তাৰ আপেক্ষিক তাপ ধৃতিৰ প্ৰকাশ ৰাশি হ'ব,

$$s = \frac{S}{m} = \frac{1}{m}\frac{\Delta Q}{\Delta T} \qquad (11.11)$$

অৱস্থাৰ পৰিৱৰ্তন নোহোৱাকৈ এক নিৰ্দিষ্ট ভৰৰ পদাৰ্থই কোনো পৰিমাণৰ তাপ গ্ৰহণ বা বৰ্জন কৰিলে উষ্ণতাৰ কেনে ধৰণৰ পৰিৱৰ্তন ঘটে তাক পদাৰ্থটোৰ আপেক্ষিক তাপধৃতিয়ে নিৰ্ধাৰণ কৰে। **কোনো পদাৰ্থৰ প্ৰতি একক ভৰে যি পৰিমাণৰ তাপ গ্ৰহণ বা বৰ্জন কৰিলে ইয়াৰ একক উষ্ণতাৰ পৰিৱৰ্তন হয় তাকে পদাৰ্থটোৰ আপেক্ষিক তাপধৃতি বোলে।** আপেক্ষিক তাপধৃতি পদাৰ্থৰ প্ৰকৃতি আৰু তাৰ উষ্ণতাৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে। এছ আই পদ্ধতিত ইয়াৰ একক হৈছে J kg^{-1} K^{-1}।

যদি ভৰক m in kgৰ সলনি μ molত বুজোৱা হয় তেন্তে প্ৰতিম'লত পদাৰ্থটোৰ তাপধৃতি এনেদৰে প্ৰকাশ কৰিব পাৰি—

$$C = \frac{S}{\mu} = \frac{1}{\mu}\frac{\Delta Q}{\Delta T} \qquad (11.12)$$

ইয়াত C হৈছে পদাৰ্থটোৰ ম'লাৰ আপেক্ষিক তাপধৃতি। Sৰ নিচিনাকৈ Cও পদাৰ্থটোৰ প্ৰকৃতি আৰু উষ্ণতাৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে। ইয়াৰ একক J mol^{-1} K^{-1}।

তালিকা 11.3 কোঠালিৰ উষ্ণতা আৰু বায়ুমণ্ডলীয় চাপত কেতবোৰ পদাৰ্থৰ আপেক্ষিক তাপধৃতি

পদাৰ্থ	আপেক্ষিক তাপধৃতি (J kg^{-1} K^{-1})
এলুমিনিয়াম	900.0
কাৰ্বন	506.5
তাম	386.4
সীহ	127.7
ৰূপ	236.1
টাংষ্টেন	134.4
পানী	4186.0
বৰফ	2060.0
কাঁচ	840.0
লো	450.0
কেৰাচিন	2118.0
খোৱা তেল	1965.0
পাৰা	140.0

গেছীয় পদাৰ্থৰ আপেক্ষিক তাপধৃতিৰ ক্ষেত্ৰত Cৰে সংজ্ঞা দিবলৈ হ'লে অতিৰিক্ত চৰ্তৰ আৱশ্যক হয়। গেছৰ বেলিকা হয় চাপ স্থিৰে ৰাখি, নতুবা আয়তন স্থিৰে ৰাখি তাপৰ আদান-প্ৰদান কৰিব পাৰি। গেছটোৰ চাপ স্থিৰে ৰাখি তাপৰ আদান-প্ৰদান কৰিলে **স্থিৰ চাপত গেছটোৰ ম'লাৰ আপেক্ষিক তাপধৃতি** (C_p) পোৱা যায়।

আকৌ যদি গেছটোৰ আয়তনহে স্থিৰে ৰাখি তাপৰ আদান-প্ৰদান কৰা হয় তেন্তে **স্থিৰ আয়তনত গেছটোৰ ম'লাৰ আপেক্ষিক তাপধৃতি** (C_V) নামৰ ৰাশিটো পোৱা যায়। দ্বাদশ শ্ৰেণীত এই সম্পৰ্কে বহলাই আলোচনা কৰা হ'ব। তালিকা 11.3ত সাধাৰণ উষ্ণতা আৰু বায়ুমণ্ডলীয় চাপত কেইবিধমান পদাৰ্থৰ পৰীক্ষালব্ধ আপেক্ষিক তাপধৃতি আৰু তালিকা 11.4ত কেইবিধমান গেছৰ ম'লাৰ আপেক্ষিক তাপধৃতি দেখুওৱা হৈছে। তালিকা 11.3ৰ পৰা দেখা যায় যে আন সকলো পদাৰ্থৰ তুলনাত পানীৰ আপেক্ষিক তাপধৃতি বেছি। সেইবাবেই পানীক যান-বাহনৰ ৰেডিয়েটৰত শীতলক হিচাপে আৰু গৰম পানীৰ বেগত উত্তাপক হিচাপে ব্যৱহাৰ কৰা হয়। আপেক্ষিক তাপধৃতি বেছি কাৰণেই পানীভাগ মাটিভাগতকৈ বহু বেছি লাহে লাহে গৰম হয়, ফলত সাগৰৰ জলভাগৰ পৰা স্থলভাগলৈ বোৱা বতাহ শীতল। এতিয়া সহজে কৈ দিব পাৰি কিয় মৰু অঞ্চলত দিনৰ ভাগত ভূ-পৃষ্ঠ সোনকালে গৰম হৈ উঠে আৰু ৰাতিৰ ভাগত কিয় সোনকালে ঠাণ্ডা হয়।

তালিকা 11.4 কেইবিধমান গেছৰ ম'লাৰ আপেক্ষিক তাপধৃতি

গেছ	C_p ($J\ mol^{-1}K^{-1}$)	C_v ($J\ mol^{-1}K^{-1}$)
হিলিয়াম (He)	20.8	12.5
হাইড্ৰ'জেন (H_2)	28.8	20.4
নাইট্ৰ'জেন (N_2)	29.1	20.8
অক্সিজেন (O_2)	29.4	21.1
কাৰ্বন-ডাই-অক্সাইড (CO_2)	37.0	28.5

11.7 কেল'ৰিমিতি (Calorimetry)

কোনো এটা প্ৰণালী বা নিকায় (system) আৰু তাৰ পাৰিপাৰ্শ্বিকৰ মাজত যদি তাপৰ আদান-প্ৰদান নঘটে তেন্তে প্ৰণালীটোক পৃথকীকৃত (isolated) প্ৰণালী বোলা হয়। এটা পৃথকীকৃত প্ৰণালীৰ ভিন ভিন অংশ যদি ভিন ভিন উষ্ণতাত থাকে, তেন্তে বেছি উষ্ণ অংশৰ পৰা কম উষ্ণ অংশলৈ তাপ সঞ্চালিত হয়। অধিক উষ্ণ অংশই যি পৰিমাণৰ তাপ বৰ্জন কৰে কম উষ্ণ অংশবোৰে ঠিক সেই পৰিমাণৰ তাপ গ্ৰহণ কৰে।

কেল'ৰিমিতিত তাপৰ জোখ-মাখ সম্পৰ্কে অধ্যয়ন কৰা হয়। যেতিয়া গৰম বস্তু এটা ঠাণ্ডা বস্তুৰ সংস্পৰ্শলৈ আহে তেতিয়া গৰম বস্তুটোৱে এৰি দিয়া তাপখিনি ঠাণ্ডা বস্তুৱে গ্ৰহণ কৰে। অৱশ্যে এইক্ষেত্ৰত অকণো তাপ পাৰিপাৰ্শ্বিকতালৈ নাযায় বুলি ধৰা হয়।

তাপ জুখিবৰ কাৰণে কেল'ৰিমিটাৰ নামৰ এটা বিশেষ সঁজুলি আছে। কেল'ৰিমিটাৰ হৈছে সাধাৰণতে এটা তাম বা এলুমিনিয়ামৰ পাত্ৰ আৰু তাৰ লগতে এডাল ঘোটনী। পাত্ৰটো এটা কাঠৰ বাকচসদৃশ আৱৰণৰ মাজত সোমাই থাকে। আৱৰণটোৰ ভিতৰত তাপৰ কুপৰিবাহী পদাৰ্থ যেনে গ্লাছউল ইত্যাদি থাকে। বাহিৰৰ এই কাঠৰ আৱৰণটোৱে ভিতৰৰ ধাতব পাত্ৰটোৰ পৰা তাপ ওলাই যোৱাৰ পৰিমাণ কমায়। বাহিৰৰ আৱৰণটোত এটা সৰু বিন্ধা থাকে। তাৰ মাজেদি কেল'ৰিমিটাৰটোৰ ভিতৰত এটা পাৰা থাৰ্ম'মিটাৰ সুমুৱাই ৰখা হয়। **গৃহীত তাপ = বৰ্জিত তাপ** নীতিৰে কেনেদৰে কঠিন পদাৰ্থৰ আপেক্ষিক তাপধৃতি নিৰূপণ কৰিব পাৰি তলত তাৰ এটা উদাহৰণ দিয়া হ'ল।

▶উদাহৰণ 11.3 0.047 kg ভৰৰ এটা এলুমিনিয়ামৰ গোলক কিছু সময় ধৰি এটা উতলি থকা পানীৰ পাত্ৰত ৰখা হ'ল যাতে তাৰ উষ্ণতা 100°C হয়। তাৰপাছত ইয়াক তৎক্ষণাত 20°C উষ্ণতাৰ 0.25 kg পানী থকা 0.14 kg ভৰৰ তামৰ কেলৰিমিটাৰ পানীৰ উষ্ণতা বাঢ়ি 23°C স্থিৰ উষ্ণতা লাভ কৰিলে। এলুমিনিয়ামৰ আপেক্ষিক তাপধৃতি হিচাপ কৰি উলিওৱা।

উত্তৰ ঃ সাম্যাৱস্থাত এলুমিনিয়ামৰ গোলকটোৱে বৰ্জন কৰা তাপ, পানী আৰু কেলৰিমিটাৰে গ্ৰহণ কৰা তাপৰ সমান।

গোলকটোৰ ভৰ (m_1) = 0.047 kg

গোলকটোৰ প্ৰাৰম্ভিক উষ্ণতা = 100 °C

অন্তিম উষ্ণতা = 23 °C

উষ্ণতাৰ পৰিৱৰ্তন $(\Delta T) = (100\ °C - 23\ °C)$

$= 77\ °C$

ধৰা হ'ল এলুমিনিয়ামৰ

আপেক্ষিক তাপধৃতি = s_{Al}

গোলকটোৱে বৰ্জন কৰা তাপ

$$m_1 s_{Al} \Delta T = 0.047 \text{kg} \times s_{Al} \times 77\ °C$$

পানীৰ ভৰ (m_2) = 0.25 kg

কেলৰিমিটাৰৰ ভৰ (m_3) = 0.14 kg

পানী আৰু কেলৰিমিটাৰৰ প্ৰাৰম্ভিক

উষ্ণতা = 20 °C

মিশ্ৰণটোৰ অন্তিম উষ্ণতা = 23 °C

উষ্ণতাৰ পৰিৱৰ্তন $(\Delta T_2) = 23\ °C - 20\ °C$

$= 3\ °C$

পানীৰ আপেক্ষিক তাপধৃতি (s_w)

$= 4.18\ C \times 10^3\ J\ kg^{-1}\ K^{-1}$

তামৰ কেলৰিমিটাৰৰ আপেক্ষিক তাপধৃতি

$= 0.386 \times 10^3\ J\ kg^{-1}\ K^{-1}$

পানী আৰু কেলৰিমিটাৰে গ্ৰহণ কৰা তাপ

$$= m_2\, s_w\, \Delta T_2 + m_3 s_{cu} \Delta T_2$$
$$= (m_2 s_w + m_3 s_{cu})\,(\Delta T_2)$$
$$= 0.25\ kg \times 4.18 \times 10^3\ J\ kg^{-1}\ K^{-1} + 0.14\ kg \times 0.386 \times 10^3 J\ kg^{-1} K^{-1})\ (23°C - 20°C)$$

সাম্যাৱস্থাত,

গোলকে বৰ্জন কৰা তাপ = পানীয়ে গ্ৰহণ কৰা তাপ + কেলৰিমিটাৰে গ্ৰহণ কৰা তাপ

গতিকে,

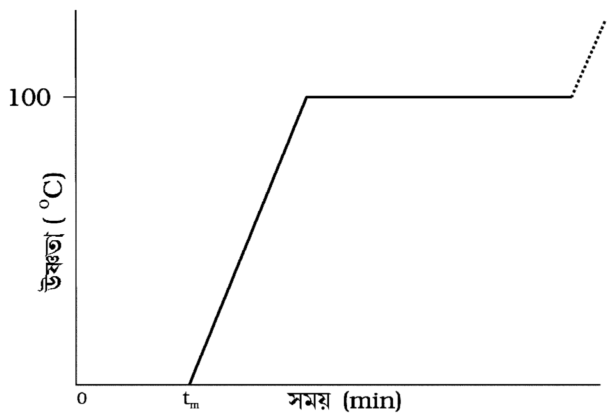
$$0.047\ kg \times s_{Al} \times 77\ °C$$
$$= (0.25\ kg \times 4.18 \times 10^3\ J\ kg^{-1}\ K^{-1} + 0.14\ kg \times 0.386 \times 10^3\ J\ kg^{-1}\ K^{-1}) \times (3\ °C)$$
$$\Rightarrow s_{Al} = 0.911 \times 10^3 J\ kg^{-1} K^{-1}$$
$$= 0.911\ kJ\ kg^{-1}\ K^{-1}$$

11.8 অৱস্থাৰ পৰিৱৰ্তন (Change of State)

পদাৰ্থবোৰ সাধাৰণতে তিনিটা অৱস্থাত থকা দেখা যায়— কঠিন, জুলীয়া আৰু গেছীয়। যদি কোনো পদাৰ্থ এইবোৰৰ এটাৰ পৰা আন এটা অৱস্থালৈ সলনি হয়, তেন্তে তাৰ অৱস্থাৰ পৰিৱৰ্তন হোৱা বুলি কোৱা হয়। কঠিনৰ পৰা জুলীয়ালৈ আৰু জুলীয়াৰ পৰা গেছীয়লৈ— এই দুই ধৰণৰ অৱস্থাৰ পৰিৱৰ্তন আমাৰ বেছিকৈ চকুত পৰে। অৱশ্যে বিপৰীত ক্ৰমবোৰো অৰ্থাৎ জুলীয়াৰ পৰা কঠিনলৈ আৰু গেছীয়ৰ পৰা জুলীয়া অৱস্থালৈ ঘটা পৰিৱৰ্তনো সমানে দেখা যায়। কোনো পদাৰ্থ আৰু তাৰ পাৰিপাৰ্শ্বিকৰ মাজত তাপৰ বিনিময় ঘটিলেহে এনে পৰিৱৰ্তন ঘটে। অৱস্থাৰ পৰিৱৰ্তন ঘটা প্ৰক্ৰিয়াটো অধ্যয়ন কৰিবলৈ আমি তলত বৰ্ণোৱা কাৰ্যটো কৰি চাওঁহঁক।

এটা বিকাৰত কেইটুকুৰামান বৰফ লোৱা হ'ল। বৰফৰ উষ্ণতা (0°C) টুকি ৰখা হ'ল। সুষমভাৱে তাপৰ যোগান ধৰিব পৰা কোনো তাপীয় উৎস এটাৰ ওপৰত বিকাৰটো ৰাখি তাক লাহে লাহে গৰম হ'বলৈ দিয়া

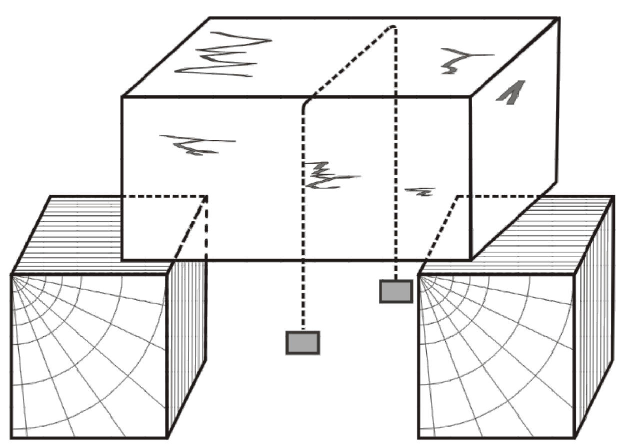
হ'ল। প্ৰতি মিনিটৰ মূৰে মূৰে উষ্ণতা চাই লিখি ৰখা হ'ল। এইখিনি কৰাৰ সময়ত মিশ্ৰণটো অনবৰত লৰাই থাকিব লাগিব।



চিত্ৰ 11.9 *তাপ দিয়াৰ ফলত বৰফৰ অৱস্থা পৰিৱৰ্তন দেখুওৱা উষ্ণতা-সময় লেখ।*

এতিয়া উষ্ণতা আৰু সময়ৰ এডাল লেখ আঁকিলে (চিত্ৰ 11.9) দেখা যাব যে যেতিয়ালৈকে বিকাৰটোত বৰফৰ টুকুৰা থাকিব, তেতিয়ালৈকে উষ্ণতাৰ কোনো পৰিৱৰ্তন নঘটে। প্ৰক্ৰিয়াটোত নিৰৱচ্ছিন্নভাৱে তাপৰ যোগান ধৰি থকা সত্বেও মিশ্ৰণটোৰ উষ্ণতা সলনি নহয়। ইয়াত যিখিনি তাপৰ যোগান ধৰা হৈছে সেই তাপে কঠিন পদাৰ্থক (বৰফ) জুলীয়া পদাৰ্থলৈ (পানী) ৰূপান্তৰ কৰিছে অৰ্থাৎ সি অৱস্থাৰ পৰিৱৰ্তন ঘটাইছে। কঠিন অৱস্থাৰ পৰা জুলীয়া অৱস্থালৈ ৰূপান্তৰ হোৱা পৰিঘটনাটোক গলন (melting) আৰু জুলীয়া অৱস্থাৰ পৰা কঠিন অৱস্থালৈ ৰূপান্তৰ হোৱাটোক **হিমীভৱন** (fusion) বোলা হয়। **কঠিনৰ পৰা জুলীয়া অৱস্থালৈ পৰিৱৰ্তন ঘটি থকা সময়ছোৱাত কঠিন আৰু জুলীয়া উভয় ভাগেই তাপীয় সাম্য অৱস্থাত একেলগে থাকে।** যি উষ্ণতাত এই দুয়োটা অৱস্থা তাপীয় সাম্য অৱস্থাত থাকে সেই উষ্ণতাই হৈছে পদাৰ্থটোৰ **গলনাংক** (melting point)। গলনাংক পদাৰ্থভেদে ভিন ভিন হয়। ই চাপৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে। প্ৰমাণ বায়ুমণ্ডলীয় চাপত কোনো পদাৰ্থৰ গলনাংকক **স্বাভাৱিক** (normal) **গলনাংক** বোলা হয়।

আমি তলৰ কাৰ্যটো কৰি চাওঁহঁক। তাৰ দ্বাৰা বৰফৰ গলন সম্পৰ্কে বুজিব পৰা যাব। চিত্ৰ 11.10 লৈ মন কৰা। তাত এডোখৰ বৰফ কোনো সমতলৰ পৰা কিছু ওখকৈ ৰখা হৈছে। ধাতুৰ তাঁৰ এডালৰ দুটা মূৰত প্ৰায় 5 Kg কৈ ওজনৰ কোনো বস্তু বান্ধি লৈ তাঁৰডাল চিত্ৰত দেখুওৱাৰ নিচিনাকৈ বৰফ ডোখৰৰ ওপৰত ৰখা হ'ল। কিছু সময় পাছত দেখা যাব যে তাঁৰডাল বৰফডোখৰৰ মাজেদি সুন্দৰকৈ পাৰ হৈ তলেদি ওলাই গৈছে, অথচ বৰফডোখৰ কাটি দুডোখৰ হৈ পৰা নাই— পূৰ্বৰ দৰেই থাকিল। এনে হোৱাৰ কাৰণনো কি? হেঁচা পাই তাঁৰডালৰ তলত থকা অংশৰ ওপৰত চাপ বাঢ়ে, ফলত সেই অংশৰ বৰফ কম উষ্ণতাতে গলে। তেতিয়া তাঁৰডাল তললৈ নামি যায়। লগে লগে তাৰ ওপৰৰ ফালত থকা পানীখিনি আকৌ গোট মাৰে। এনেদৰে তাঁৰডাল ক্ৰমে বৰফডোখৰৰ মাজেদি সৰকি যায়, কিন্তু সি দুফাল হৈ নপৰে। পানী পুনৰ গোট মাৰি হোৱা এই পৰিঘটনাটোক **পুনৰ্হিমীভৱন** (regelation) বোলা হয়। এই পৰিঘটনাৰ কাৰণেই বৰফৰ ওপৰত স্কেটিং খেলা সম্ভৱ হয়। কিয়নো বৰফৰ



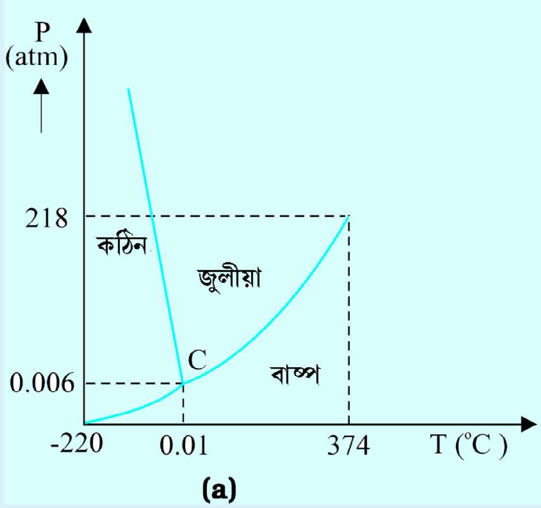
চিত্ৰ 11.10

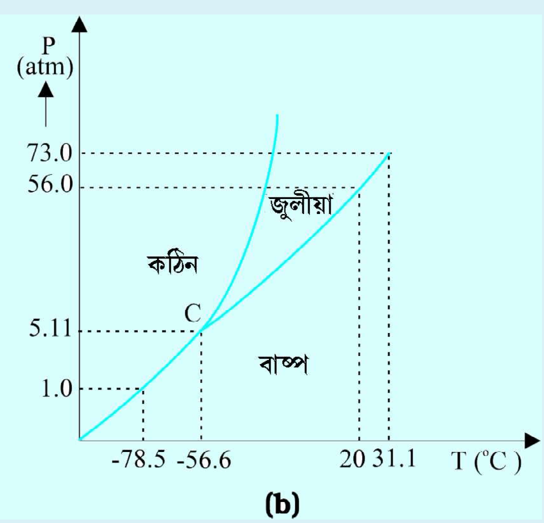
ওপৰত স্কেট দুডালে যি চাপ প্ৰয়োগ কৰে সেই চাপৰ ফলত সেই ঠাইত পানীৰ সৃষ্টি হয়। পানীখিনিয়ে স্কেট দুডাল পিচলি যাবলৈ সুবিধা দিয়ে।

বৰফ গলা প্ৰক্ৰিয়াটোত বৰফখিনি সম্পূৰ্ণৰূপে গলি গৈ পানীলৈ ৰূপান্তৰিত হোৱাৰ পাছতো যদি তাপৰ যোগান অব্যাহত ৰখা হয় তেন্তে কি হ'ব? তেতিয়া দেখা যাব যে পানীখিনিৰ উষ্ণতা ক্ৰমে বাঢ়িবলৈ ধৰিছে। এনেদৰে উষ্ণতা বাঢ়ি গৈ গৈ যেতিয়া 100 °Cৰ ওচৰ পাবগৈ তেতিয়া ই পুনৰ স্থিৰ হৈ পৰিব। তাৰপাছতো যদি তাপৰ যোগান ধৰি থকা হয় তেতিয়া উষ্ণতাৰ পৰিৱৰ্তন হোৱাৰ পৰিৱৰ্তে পানীখিনি জুলীয়াৰ পৰা বাষ্পীয় বা গেছীয় অৱস্থালৈ ৰূপান্তৰিত হ'বলৈ ধৰিব। কোনো পদাৰ্থ জুলীয়া অৱস্থাৰ পৰা বাষ্পীয় (বা গেছীয়) অৱস্থালৈ ৰূপান্তৰিত হোৱা ঘটনাটোক **বাষ্পীভৱন** (vaporisation) বোলা হয়। দেখা যায় যে জুলীয়া পদাৰ্থখিনি সম্পূৰ্ণৰূপে বাষ্পীয় অৱস্থালৈ ৰূপান্তৰ নোহোৱালৈকে তাৰ উষ্ণতা সলনি নহয়। অৰ্থাৎ জুলীয়াৰ পৰা বাষ্পীয় অৱস্থালৈ পৰিৱৰ্তন

ত্ৰিবিন্দু (Triple Point)

কোনো পদাৰ্থৰ অৱস্থাৰ পৰিৱৰ্তন ঘটা সময়ছোৱাত উষ্ণতা স্থিৰ থাকে। পদাৰ্থটোৰ উষ্ণতা T বনাম চাপ Pৰ যি লেখ তাক দশা চিত্ৰ বা প্ৰাৱস্থা চিত্ৰ (phase diagram) নতুবা চাপ উষ্ণতা চিত্ৰ বোলা হয়। তলৰ চিত্ৰত পানী আৰু CO_2ৰ দশা চিত্ৰ দেখুওৱা হৈছে। এনে দশাচিত্ৰই চাপ-উষ্ণতা সমতলক কঠিন অঞ্চল, জুলীয়া অঞ্চল আৰু বাষ্পীয় অঞ্চলত বিভক্ত কৰে। অঞ্চলসমূহ উৰ্ধ্বপাতন বক্ৰ (sublimation curve) (BO), হিমীভৱন বক্ৰ (fusion curve) (AO), আৰু বাষ্পীভৱন বক্ৰ (vaporisation curve) (CO)— এনেবোৰ বক্ৰেৰে ভাগ ভাগ কৰা আছে। উৰ্ধ্বপাতন বক্ৰৰ ওপৰত থকা বিন্দুবোৰে কঠিন আৰু বাষ্পীয় প্ৰাৱস্থা একেলগে থাকিব পৰা অৱস্থা সূচায়। সেইদৰে হিমীভৱন বক্ৰৰ ওপৰত থকা বিন্দুসমূহে কঠিন আৰু জুলীয়া প্ৰাৱস্থা আৰু বাষ্পীভৱন বক্ৰৰ ওপৰত থকা বিন্দুসমূহে জুলীয়া আৰু বাষ্পীয় অৱস্থা সূচায়। যি উষ্ণতা আৰু চাপত হিমীভৱন বক্ৰ, বাষ্পীভৱন বক্ৰ আৰু উৰ্ধ্বপাতন বক্ৰ লগ লাগে আৰু তিনিওটা প্ৰাৱস্থা একেলগে থাকে তাক পদাৰ্থটোৰ ত্ৰিবিন্দু (triple point) বোলা হয়। উদাহৰণস্বৰূপে পানীৰ ত্ৰিবিন্দু হৈছে 273.16 K আৰু 6.11×10^{-3} পাস্কেল।

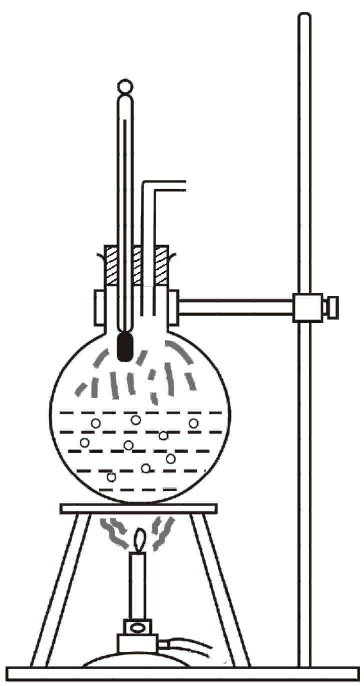




চাপ-উষ্ণতা দশা চিত্ৰ (স্কেল অনুসাৰে নহয়) (a) পানীৰ (b) CO_2ৰ

হোৱাৰ সময়ছোৱাত জুলীয়া আৰু বাষ্পীয় অৱস্থা একেলগে তাপীয় সাম্যত থাকে। যি উষ্ণতাত পদাৰ্থৰ জুলীয়া আৰু বাষ্পীয় দুয়োটা অৱস্থা একেলগে থাকে তাক পদাৰ্থটোৰ **উতলাংক** (boiling point) বোলা হয়। পানী উতলাৰ প্ৰক্ৰিয়াটো ভালদৰে বুজিবৰ কাৰণে আমি তলৰ কাৰ্যটো কৰি চাওঁ আহা।

চিত্ৰ 11.11ত দেখুওৱাৰ নিচিনাকৈ ঘূৰণীয়া তলি থকা এটা ফ্লাস্ক লৈ তাত আধাতকৈ বেছি অংশ পানী ভৰাই জ্বলি থকা বাৰ্ণাৰৰ ওপৰত ৰাখা। ফ্লাস্কটোৰ মুখত থকা সাঁফৰখনৰ মাজেদি এটা থাৰ্মমিটাৰ আৰু এটা ভাপ নিৰ্গম নলীও দৃঢ়ভাৱে সুমুৱাই দিয়া। ফ্লাস্কৰ পানী গৰম হৈ আহিবলৈ লোৱাৰ সময়ত দেখা যাব যে পানীৰ ভিতৰৰ পৰা নিচেই কণ কণ বুৰবুৰণি ক্ৰমে ওপৰলৈ উঠি আহিছে। সেইবোৰনো কি? সেয়া হৈছে পানীত দ্ৰৱীভূত হৈ থকা বায়ু। কিছু পাছত ফ্লাস্কটোৰ তলিভাগত জলীয় ভাপৰ বুৰবুৰণিৰ উৎপত্তি হ'ব আৰু সেইবোৰ পানীৰ পৃষ্ঠভাগৰ ওপৰলৈ গতি কৰিব।



চিত্ৰ 11.11 উতলন প্ৰক্ৰিয়া

পৃষ্ঠভাগৰ ওচৰৰ পানী তলৰ ফালৰ পানীৰ তুলনাত চেঁচা। ফলস্বৰূপে জলীয় ভাপৰ সেই বুৰবুৰণিবোৰ গোট মাৰি অদৃশ্য হৈ পৰিব। শেষত গৈ যেতিয়া গোটেই পানীখিনিৰ উষ্ণতা 100°C পাবগৈ, তেতিয়া জলীয় ভাপৰ বুৰবুৰণিবোৰ পানীৰ পৃষ্ঠভাগ পাব আৰু তেতিয়াই পানীখিনি উতলা বোলা হয়।

ভাপখিনি ফ্লাস্কটোৰ ভিতৰত দৃশ্যমান নহ'ব পাৰে, কিন্তু ফ্লাস্কৰ পৰা ওলাই যোৱাৰ পাছত ভাপখিনি গোটমাৰি পানীৰ ক্ষুদ্ৰাতিক্ষুদ্ৰ টোপালত পৰিণত হয়, আৰু তেতিয়া তাক কুঁৱলীৰ নিচিনা দেখা যায়।

এতিয়া যদি কেইছেকেণ্ডমানৰ বাবে ভাপ নিৰ্গম নলীটো বন্ধ কৰি ৰখা হয়, তেতিয়া ফ্লাস্কত চাপ বৃদ্ধি পাব। দেখা যাব যে সেই অৱস্থাত উতলন প্ৰক্ৰিয়া বন্ধ হৈ পৰিব। ইয়াৰ পাছত যদি অধিক তাপৰ যোগান ধৰা হয়, তেন্তে পানীখিনিৰ উষ্ণতা আগতকৈ বাঢ়িব (অৱশ্যে কিমান উষ্ণতা বাঢ়িব সি চাপবৃদ্ধিৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰিব) আৰু তেতিয়াহে উতলন প্ৰক্ৰিয়াটো পুনৰ আৰম্ভ হ'ব। এনেদৰে *চাপ বৃদ্ধি হ'লে জুলীয়া পদাৰ্থৰ উতলাংক বাঢ়ে।*

এইবাৰ বাৰ্ণাৰটো আঁতৰাই দি পানীখিনি প্ৰায় 80°C লৈ চেঁচা হ'বলৈ দিয়া। থাৰ্মমিটাৰ আৰু ভাপ নিৰ্গম নলীটোও গুচাই দিয়া। তাৰপাছত বায়ু নিৰুদ্ধ কৰ্কেৰে ফ্লাস্কটো বন্ধ কৰি লৈ তাক ষ্টেণ্ডৰ ওপৰত ওলোটামুৱাকৈ ৰাখা। ফ্লাস্কটোৰ ওপৰত এতিয়া বৰফ চেঁচা পানী লাহে লাহে ঢালি দিলে ফ্লাস্কৰ ভিতৰত থকা বাষ্প ঘনীভূত হ'ব, যাৰ ফলত ভিতৰত থকা পানীৰ ওপৰত চাপ হ্ৰাস পাব। চাপ হ্ৰাস পোৱাৰ ফলস্বৰূপে আগতকৈ কম উষ্ণতাতে পুনৰ উতলিবলৈ ধৰিব। ইনো কি বুজায়? ইয়াৰ পৰা বুজিব পাৰি, *চাপ কমিলে জুলীয়া পদাৰ্থৰ উতলাংক কমে।*

পাহাৰীয়া ঠাইত ৰন্ধা-বঢ়া কৰাত কিয় অসুবিধা হয় এই পৰিঘটনাটোৰে তাক ব্যাখ্যা কৰিব পাৰে। ভূ-পৃষ্ঠৰ বহু ওপৰ অঞ্চলত বায়ুমণ্ডলীয় চাপ কম; তেনে উচ্চতাত

সাগৰপৃষ্ঠৰ তুলনাত পানীৰ উতলাংকও কম হয়। কম উষ্ণতাত ৰান্ধিলে বস্তবোৰ ভালদৰে নিসিজে। ভালদৰে সিজিবলৈ হ'লে বেছি সময় তাপৰ যোগান ধৰি থাকিব লাগিব। আনহাতে আকৌ প্ৰেচাৰ কুকাৰৰ ভিতৰত চাপ বাঢ়ে কাৰণে তাত উতলাংকও বাঢ়ে। ফলত খাদ্য বস্তু তুলনামূলকভাৱে সোনকালে সিজে। প্ৰমাণ বায়ুমণ্ডলীয় চাপত কোনো পদাৰ্থৰ উতলাংকক তাৰ **স্বাভাৱিক উতলাংক** (normal boiling point) বোলা হয়।

মন কৰিব পাৰি যে সকলোবোৰ পদাৰ্থৰে কঠিন, জুলীয়া আৰু গেছীয়— এই তিনিওটা অৱস্থা চকুত নপৰে। কেইবিধমানৰ ক্ষেত্ৰত দেখা যায়; সেইবোৰ কঠিনৰ পৰা পোনে পোনে গেছীয় অৱস্থালৈ যায় তেনেদৰে আকৌ গেছীয় অৱস্থাৰ পৰাও কঠিন অৱস্থাপ্ৰাপ্ত হয়। জুলীয়া অৱস্থা প্ৰাপ্ত নোহোৱাকৈয়ে কোনো পদাৰ্থ কঠিনৰ পৰা গেছীয় অৱস্থাত পৰিণত হোৱা পৰিঘটনাটোক **উৰ্ধ্বপাতন** (sublimation) বোলা হয়। শুকান বৰফৰ (ই কাৰ্বন-ডাই-অক্সাইডৰ কঠিন অৱস্থা) উৰ্ধ্বপাতন ঘটে। আয়'ডিনৰ বেলিকাও একে কথা। এই পৰিঘটনাটো চলি থকা সময়ছোৱাত পদাৰ্থবিধ কঠিন আৰু গেছীয় দুয়োটাই একেলগে সাম্যাৱস্থাত থাকে।

11.8.1 লীন তাপ (Latent Heat)

11.8 অনুচ্ছেদত পঢ়িছা যে অৱস্থাৰ পৰিৱৰ্তন ঘটাৰ সময়ত কোনো বস্তু আৰু তাৰ পাৰিপাৰ্শ্বিকৰ মাজত এক নিৰ্দিষ্ট পৰিমাণৰ তাপৰ বিনিময় ঘটে। অৱস্থাৰ পৰিৱৰ্তন প্ৰক্ৰিয়াত কোনো পদাৰ্থৰ প্ৰতি একক ভৰ আৰু তাৰ পাৰিপাৰ্শ্বিকৰ মাজত যি পৰিমাণৰ তাপৰ বিনিময় ঘটে তাকে পদাৰ্থটোৰ সেই প্ৰক্ৰিয়াৰ লীন তাপ (Latent Heat) বোলা হয়। উদাহৰণস্বৰূপে যদি -10^oC উষ্ণতাত থকা এক নিৰ্দিষ্ট ভৰৰ বৰফক তাপৰ যোগান ধৰা হয়, তেন্তে পোনতে বৰফ টুকুৰাৰ উষ্ণতা বাঢ়ি গৈ তাৰ গলনাংক (0^oC) পাবগৈ। গলনাংক লাভ কৰাৰ পাছত অধিক তাপৰ যোগান ধৰিলেও বৰফটুকুৰাৰ উষ্ণতা বৃদ্ধি নহয়, বৰং ই গলিবলৈহে ল'ব। তেনেদৰে গোটেইখিনি বৰফ গলি পানী হোৱাৰ পাছতো যদি তাপ দি থকা হয় তেতিয়াহে সেই পানীৰ উষ্ণতা বাঢ়িবলৈ লয়।

পানী গেছীয় অৱস্থালৈ ৰূপান্তৰ হোৱা প্ৰক্ৰিয়াও একে ধৰণৰ। তাতো উতলাংকত পানীক তাপৰ যোগান ধৰি থাকিলেও উষ্ণতাৰ পৰিৱৰ্তন নঘটে, আনহাতে পানীখিনি উতলি উতলি বাষ্পলৈহে ৰূপান্তৰ হয়।

তালিকা 11.5 1 এক বায়ুমণ্ডলীয় চাপত বিভিন্ন পদাৰ্থৰ অৱস্থাৰ পৰিৱৰ্তন ঘটা উষ্ণতা আৰু লীন তাপ

পদাৰ্থ	গলনাংক (^oC)	লীন তাপ (L_f) ($10^5 J\ kg^{-1}$)	উতলাংক (^oC)	লীন তাপ (L_V) ($10^5 J\ kg^{-1}$)
ইথাইল এলক'হল	–114	1.0	78	8.5
সোণ	1063	0.645	2660	15.8
সীহ	328	0.25	1744	8.67
পাৰা	–39	0.12	357	2.7
নাইট্ৰ'জেন	–210	0.26	–196	2.0
অক্সিজেন	–219	0.14	–183	2.1
পানী	0	3.33	100	22.6

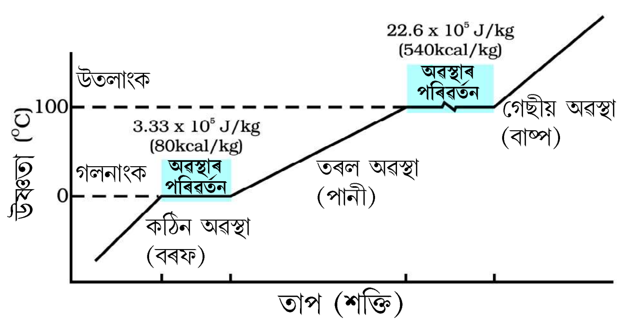
কোনো বস্তুৰ অৱস্থাৰ পৰিৱৰ্তন ঘটাৰ বাবে কিমান তাপ লাগিব সেয়া বস্তুটোৰ ভৰ আৰু প্ৰক্ৰিয়াটোৰ লীনতাপৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে। যদি (m) ভৰৰ বস্তু এটাৰ নিৰ্দিষ্ট স্থিৰ উষ্ণতাত অৱস্থাৰ পৰিৱৰ্তন ঘটে তেন্তে তাৰবাবে আৱশ্যক হোৱা তাপ ধৰা—

$$Q = m\,L$$

বা $$L = Q/m \qquad (11.13)$$

ইয়াত L হৈছে লীন তাপ। পদাৰ্থভেদে Lৰ মান ভিন ভিন। ইয়াৰ এছ আই একক J kg^{-1}। Lৰ মান চাপৰ ওপৰতো নিৰ্ভৰশীল। সাধাৰণতে তাৰ মান প্ৰমাণ বায়ুমণ্ডলীয় চাপতে দিয়া থাকে। কোনো পদাৰ্থ কঠিনৰ পৰা জুলীয়া অৱস্থালৈ ৰূপান্তৰ হ'বলৈ লগা লীন তাপক **গলনৰ লীন তাপ** (L_f) আৰু জুলীয়া অৱস্থাৰ পৰা গেছীয় অৱস্থালৈ ৰূপান্তৰ হ'বলৈ লগা লীন তাপক **বাষ্পীভৱনৰ লীনতাপ** (L_v) বোলা হয়। চিত্ৰ 11.12ত এক নিৰ্দিষ্ট ভৰৰ পানীৰ বাবে উষ্ণতা বনাম তাপৰ লেখ দেখুওৱা হৈছে। 11.5 তালিকাত কেতবোৰ পদাৰ্থৰ লীন তাপ, লগতে সিবোৰৰ গলনাংক আৰু উতলাংক দিয়া হৈছে।

চিত্ৰৰ পৰা স্পষ্ট হৈ পৰে যে অৱস্থাৰ পৰিৱৰ্তন ঘটা প্ৰক্ৰিয়াত তাপৰ যোগান ধৰাই হওক নতুবা তাৰ পৰা তাপ বাহিৰ কৰি নিয়াই হওক, বস্তুটোৰ উষ্ণতাৰ পৰিৱৰ্তন নঘটে। চিত্ৰ অনুসৰি আটাইবোৰ অৱস্থা-ৰেখাৰ নতি একে নহয়। ইয়াৰ পৰা বুজা যায় যে ভিন



চিত্ৰ 11.12 *বায়ুমণ্ডলীয় চাপত পানীৰ ক্ষেত্ৰত উষ্ণতা তাপৰ লেখ (স্কেল অনুসাৰে নহয়)*

ভিন অৱস্থাৰ আপেক্ষিক তাপধৃতি বেলেগ বেলেগ। পানীৰ ক্ষেত্ৰত, গলনৰ লীন তাপ $L_f = 3.33 \times 10^5$ J kg^{-1} আৰু বাষ্পীভৱন লীন তাপ $L_v = 22.6 \times 10^5$ J kg^{-1}। অৰ্থাৎ 0^oCতে থকা 1 kg বৰফ গলি 0^oCতে সম্পূৰ্ণকৈ পানীলৈ পৰিৱৰ্তন হ'বৰ বাবে 3.33×10^5 জুল তাপৰ আৱশ্যক হয় আৰু 100^oC উষ্ণতাত থকা 1 কিঃ গ্ৰাঃ পানী 100^oC বাষ্পলৈ ৰূপান্তৰ হ'বলৈ হ'লে 22.6×10^5 জুল তাপৰ আৱশ্যক হয়। ইয়াৰ পৰা স্পষ্টকৈ বুজিব পাৰি যে 100^oCতে থকা 1 kg উতলা পানীতকৈ 100^oCতে থকা 1 kg ভাপত 22.6×10^5 জুল পৰিমাণে বেছি তাপ থাকে। এইবাবেই উতলা পানীৰ তুলনাত ভাপে বেছিকৈ পোৰে।

▶উদাহৰণ 11.4 এটা পাত্ৰত 0^oCতে থকা 0.15 kg বৰফ 50^oCতে থকা 0.30 kg পানীৰ সৈতে মিহলি কৰিলে মিশ্ৰণটোৰ লব্ধ উষ্ণতা হয় 6.7^oC। বৰফৰ গলনৰ লীন তাপ হিচাপ কৰি উলিওৱা ($s_{পানী}$ = 4186 J kg^{-1} K^{-1})

সমাধান ঃ

পানীয়ে বৰ্জন কৰা তাপ

$= ms_w\,(\theta_f - \theta_i)_w$

$= (0.30\text{ kg})\,(4186\text{ J kg}^{-1}\text{ K}^{-1})(50.0\,^oC - 6.7\,^oC)$

$= 54376.14$ J

বৰফখিনি গলিবলৈ লগা তাপ

$= m_2 L_f = (0.15\text{ kg})\,L_f$

গলা বৰফপানীৰ উষ্ণতা লব্ধ উষ্ণতালৈ বৃদ্ধি কৰিবলৈ লগা তাপ

$= m_I s_w\,(\theta_f - \theta_i)_I$

$= (0.15\text{ kg})\,(4186\text{ J kg}^{-1}\text{ K}^{-1})\,(6.7\,^oC - 0\,^oC)$

$= 4206.93$ J

বৰ্জিত তাপ = গৃহীত তাপ

$54376.14\text{ J} = (0.15\text{ kg})\,L_f + 4206.93\text{ J}$

$L_f = 3.34 \times 10^5\text{ J kg}^{-1}$.

▶**উদাহৰণ 11.5** -12^oC উষ্ণতাত থকা 3 kg বৰফক বায়ু মণ্ডলীয় চাপত 100^oC উষ্ণতাৰ ভাপলৈ ৰূপান্তৰ কৰিবলৈ আৱশ্যক হোৱা তাপৰ পৰিমাণ নিৰ্ণয় কৰা। দিয়া আছে, বৰফৰ আপেক্ষিক তাপ ধৃতি = $2100\ J\ kg^{-1}\ K^{-1}$, পানীৰ আপেক্ষিক তাপধৃতি = $4186\ J\ kg^{-1}\ K^{-1}$, বৰফৰ গলনৰ লীন তাপ $3.35 \times 10^5\ J\ kg^{-1}$, ভাপৰ লীনতাপ = $2.256 \times 10^6\ J\ kg^{-1}$।

সমাধান ঃ দিয়া মতে, বৰফৰ ভৰ $m = 3$ kg

বৰফৰ আপেক্ষিক তাপধৃতি $s = 2100\ J\ kg^{-1}\ K^{-1}$

পানীৰ আপেক্ষিক তাপধৃতি $s_w = 4186\ J\ kg^{-1}\ K^{-1}$

বৰফৰ গলনৰ লীনতাপ $L_{f\ ice} = 3.35 \times 10^5\ J\ kg^{-1}$

ভাপৰ লীনতাপ $L_s = 2.256 \times 10^6\ J\ kg^{-1}$

এতিয়া ধৰাহ'ল,

Q = -12^oCত থকা 3 kg বৰফক 100^oCত থকা ভাপলৈ ৰূপান্তৰ কৰিবলৈ লগা তাপ

Q_1 = -12^oCত থকা বৰফখিনিক 0^oCত থকা বৰফলৈ ৰূপান্তৰ কৰিবলৈ লগা তাপ

$= m\ s_i\ \Delta T_1 = (3\ kg) \times (2100\ J\ kg^{-1}K^{-1}) \times [0-(-12)]^oC = 75600\ J$

Q_2 = 0^oCত থকা বৰফক 0^oCত থকা পানীলৈ ৰূপান্তৰ কৰিবলৈ লগা তাপ

$= m\ L_{f\ i} = (3\ kg)\ (3.35 \times 10^5\ J\ kg^{-1})$

$= 1005000\ J$

Q_3 = 0^oCত থকা পানীক 100^oCত থকা পানীলৈ ৰূপান্তৰ কৰিবলৈ লগা তাপ

$= ms_w\ \Delta T_2 = (3kg) \times (4186 J\ kg^{-1}\ K^{-1}) \times (100^oC)$

$= 1255800\ J$

Q_4 = 100^oCত থকা পানীক 100^oCত থকা ভাপলৈ ৰূপান্তৰ কৰিবলৈ লগা তাপ

$= m\ L_s = (3\ kg)\ (2.256 \times 10^6\ J\ kg^{-1})$

$= 6768000\ J$

এতিয়া $Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4$

$= 75600 J + 1005000 J + 1255800 J + 6768000 J$

$= 9.1 \times 10^6 J$

11.9 তাপৰ সঞ্চালন (Heat transfer)

তাপ হৈছে এবিধ শক্তি যি এটা প্ৰণালীৰ পৰা আন এটালৈ সঞ্চালিত হয়, অৰ্থাৎ গতি কৰে। উষ্ণতাৰ পাৰ্থক্যৰ ফলত ই আকৌ একেটা প্ৰণালীৰে এটা অংশৰ পৰা আন এটা অংশলৈ যাব পাৰে। তাপৰ সঞ্চালন তিনি প্ৰকাৰে ঘটিব পাৰে— পৰিবহণ (conduction), পৰিচলন (convection) আৰু বিকিৰণ (radiation) (চিত্ৰ 11.3)।

চিত্ৰ 11.13 *পৰিবহণ, পৰিচলন আৰু বিকিৰণ প্ৰক্ৰিয়াৰে তাপ যোগান*

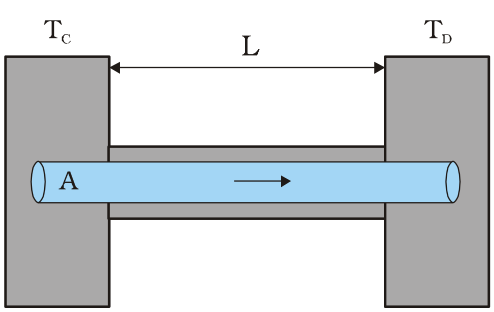
11.9.1 পৰিবহণ (Conduction)

তাপ সঞ্চালনৰ এই পদ্ধতিত, উষ্ণতাৰ পাৰ্থক্যৰ কাৰণে, কোনো বস্তুৰ এটা অংশৰ পৰা তাৰ নিকটতম অংশলৈ তাপ গতি কৰে। ধৰাহ'ল, ধাতৱ দণ্ড এডালৰ এটা মূৰ জুইৰ শিখাত ৰখা আছে। আনটো মূৰ অলপ পাছতে ইমান গৰম হৈ উঠিব যে তাক খালী হাতেৰে ধৰি থাকিব

পৰা নাযাব। এইক্ষেত্ৰত তাপ শক্তি পৰিবহণ পদ্ধতিৰে গৰম মূৰটোৰ পৰা দণ্ডডালৰ মাজেদি পাৰ হৈ গৈ আনটো মূৰ পাইছেগৈ। গেছীয় পদাৰ্থসমূহ তাপৰ কু-পৰিবাহী, আনহাতে জুলীয়া পদাৰ্থৰ তাপ পৰিবাহিতা কঠিনৰ তুলনাত কম, গেছীয়ৰ তুলনাত বেছি।

তাপ পৰিবাহিতানো কি? পৰিমাণগতভাৱে, এক নিৰ্দিষ্ট উষ্ণতাৰ পাৰ্থক্যত কোনো পদাৰ্থৰ মাজেদি প্ৰতি একক সময়ত যি পৰিমাণে তাপ প্ৰবাহিত হয় তাৰ সহায়ত পদাৰ্থটোৰ তাপ পৰিবাহিতা সম্পৰ্কে বুজিব পাৰি। ধৰা হ'ল L দৈৰ্ঘ্যৰ আৰু A সুষম প্ৰস্থচ্ছেদৰ ধাতৱ দণ্ড এডালৰ দুই মূৰ ভিন ভিন উষ্ণতাত আছে। তাকে কৰিবলৈ চিত্ৰ 11.14ত দেখুওৱাৰ দৰে দণ্ডডালৰ দুই মূৰ দুটা তাপৰ উৎসৰ সৈতে সংলগ্ন কৰি ৰাখিব পাৰি। ধৰা হ'ল, এটা উৎসৰ উষ্ণতা T_C আৰু আনটোৰ T_D। এইখিনিতে এটা বিশেষ সতৰ্কতা ল'ব লাগিব যাতে দণ্ডডালৰ গাটো যেন ঠিকভাৱে তাপ নিৰুদ্ধ কৰি ৰখা হয় আৰু দণ্ডডালৰ গাৰে পাৰিপাৰ্শ্বিকতাৰ সৈতে তাপৰ বিনিময় নঘটে।

কিছু সময়ৰ পাছত দণ্ডডালৰ মাজেদি তাপ সুস্থিৰভাৱে প্ৰবাহিত হ'বলৈ ল'ব আৰু ইয়াৰ উষ্ণতা এটা মূৰৰ পৰা আনটো মূৰলৈ অৰ্থাৎ T_Cৰ পৰা T_D লৈ সুষমভাৱে কমিব ($T_C > T_D$)। T_C উষ্ণতাত থকা উৎসটোৱে এক নিৰ্দিষ্ট হাৰত তাপৰ যোগান ধৰিব,



চিত্ৰ 11.14 *দুই মূৰ T_C আৰু T_D ($T_C > T_D$) উষ্ণতাত ৰাখোতে এডাল দণ্ডৰ মাজেৰে হোৱা পৰিবহণ পদ্ধতিৰে হোৱা তাপৰ সুস্থিৰ প্ৰবাহ*

সেই তাপ মাৰিডালৰ মাজেদি একে হাৰত বৈ গৈ T_D উষ্ণতাত থকা উৎসটো পাবগৈ। পৰীক্ষাৰ পৰা পোৱা যাব যে সুস্থিৰ অৱস্থাত তাপ প্ৰবাহিত হোৱাৰ হাৰ (অথবা, তাপ প্ৰবাহ) H উষ্ণতাৰ পাৰ্থক্য $T_C - T_D$ৰ সমানুপাতী, মাৰিডালৰ প্ৰস্থচ্ছেদৰ কালি Aৰ সমানুপাতী আৰু তাৰ দৈৰ্ঘ্যৰ ব্যস্তানুপাতী অৰ্থাৎ

$$H = KA\,\frac{T_C - T_D}{L} \qquad (11.14)$$

সমীকৰণটোত সমানুপাতিক ধ্ৰুৱক Kক পদাৰ্থবিধৰ **তাপ পৰিবাহিতা** বোলা হয়। কোনো পদাৰ্থৰ Kৰ মান যিমানে বেছি হয়, তাৰমাজেদি সিমান সহজতে তাপ প্ৰবাহিত হয়। Kৰ এছ আই একক হৈছে $J\,S^{-1}\,m^{-1}\,K^{-1}$ নতুবা $W\,m^{-1}\,K^{-1}$।

তালিকা 11.6ত কিছুমান পদাৰ্থৰ তাপ পৰিবাহিতাৰ মান সন্নিবিষ্ট কৰা হৈছে। উষ্ণতাৰ পৰিৱৰ্তনৰ সৈতে সেই মানবোৰৰ সামান্য পৰিৱৰ্তন ঘটিব পাৰে, কিন্তু সাধাৰণ উষ্ণতাৰ পৰিসৰৰ ভিতৰত সেইবোৰ ধ্ৰুৱক বুলিয়ে ধৰি ল'ব পাৰি।

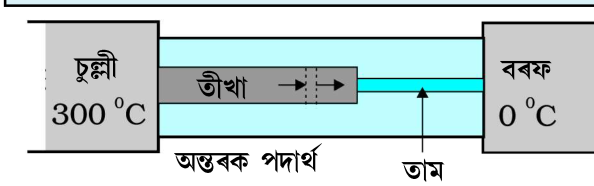
ধাতুসমূহ উত্তম পৰিবাহী, অৰ্থাৎ ধাতুৰ তাপ পৰিবাহিতাৰ মান তুলনামূলকভাৱে বেছি। আনহাতে কাঠ, গ্লাছউল আদি কেতবোৰ পদাৰ্থ তাপৰ কুপৰিবাহী (বা, তাপৰ উত্তম অন্তৰক (insulator), অৰ্থাৎ এইবোৰৰ তাপ পৰিবাহিতাৰ মান কম। তালিকাখনৰ পৰা এই কথা স্পষ্ট বুজা যায়। কিছুমান ৰন্ধা বাচনৰ তলিখনত তামৰ প্ৰলেপ এটা দিয়া হয়। তাৰ কাৰণনো কি? তাম তাপৰ উত্তম পৰিবাহী। তামৰ প্ৰলেপটোৱে পাত্ৰটোৰ তলিখনত তাপখিনি সুষমভাৱে বিয়পাই দিয়ে। ফলত ৰন্ধন কাৰ্য দ্ৰুত হৈ পৰে। আনহাতে প্লাষ্টিক ফ'ম তাপৰ কুপৰিবাহী। তাৰ ঘাই কাৰণ এই যে ফ'মৰ ভিতৰত বহু পৰিমাণে বায়ু সোমাই থাকে। গেছ তাপৰ কুপৰিবাহী তালিকা 11.6ত বায়ুৰ তাপ পৰিবাহিতা নিম্ন মান দেখিলেই সেই কথা প্ৰতীয়মান হৈ পৰে।

তালিকা 11.6 কেতবোৰ পদাৰ্থৰ তাপ পৰিবাহিতা

পদাৰ্থ	তাপ পৰিবাহিতা ($J\ s^{-1}\ m^{-1}\ K^{-1}$)
ধাতু	
ৰূপ	406
তাম	385
এলুমিনিয়াম	205
পিতল	109
তীখা	50.2
সীহ	34.7
পাৰা	8.3
অধাতু	
অন্তৰক ইটা	0.15
কংক্ৰিট	0.8
শৰীৰৰ চৰ্বি	0.20
ফেল্ট	0.04
কাঁচ	0.8
বৰফ	1.6
কাঁচ উল	0.04
কাঠ	0.12
পানী	0.8
গেছীয় পদাৰ্থ	
বায়ু	0.024
আৰ্গন	0.016
হাইড্ৰ'জেন	0.14

আন বহুতো ব্যৱহাৰত তাপ সঞ্চয় আৰু তাপৰ সঞ্চালন দুয়োটাই গুৰুত্বপূৰ্ণ। জহকালি কংক্ৰিটৰ চালৰ ঘৰবোৰ বাৰুকৈ গৰম হৈ উঠে। কিয়নো, ধাতুতকৈ বহুত কম হ'লেও কংক্ৰিটৰ তাপ পৰিবাহিতাও কম নহয়। সেইবাবে মানুহে সাধাৰণতে তেনে ঘৰৰ চিলিঙত মাটি বা ফ'মৰ এটা প্ৰলেপ সানি লয়। তেনে কৰিলে তাপ সঞ্চালন বাধাপ্ৰাপ্ত হয় আৰু সেয়ে ঘৰটো কিছু ঠাণ্ডা হৈ থাকে। কেতবোৰ ক্ষেত্ৰত আকৌ তাপৰ সঞ্চালন ঘটোৱাটোহে বেছি প্ৰয়োজনীয়। উদাহৰণ স্বৰূপে, নিউক্লীয় ৰিয়েক্টৰত যথোপযুক্ত তাপ সঞ্চালন ব্যৱস্থা নহ'লেই নচলে। কিয়নো নিউক্লীয় ৰিয়েক্টৰৰ কেন্দ্ৰভাগত ঘটা নিউক্লীয় বিযোজন প্ৰক্ৰিয়াত অতি কম সময়ৰ ভিতৰতে প্ৰচুৰ পৰিমাণে তাপ শক্তি নিৰ্গত হয়। দ্ৰুত তাপ সঞ্চালন ব্যৱস্থাই ৰিয়েক্টৰৰ কেন্দ্ৰভাগ তেনে প্ৰচণ্ড উত্তাপৰ পৰা ৰক্ষা কৰে।

▶**উদাহৰণ 11.6** চিত্ৰ 11.15ত দেখুওৱা প্ৰণালীটো যেতিয়া সুস্থিৰ অৱস্থাত থাকে, তেতিয়া তীখা-তামৰ সন্ধিস্থল উষ্ণতা কিমান হ'ব? দিয়া আছে, তীখাৰ দণ্ডডালৰ দীঘ = 15.0 cm; তামৰ দণ্ডদালৰ দীঘ 10.0 cm, চুল্লীৰ উষ্ণতা 300 °C, আনটো মূৰৰ উষ্ণতা 0 °C। তীখাৰ দণ্ডডালৰ প্ৰস্থচ্ছেদৰ কালি তামৰ দণ্ডডালৰ প্ৰস্থচ্ছেদৰ কালিৰ দুগুণ। তীখাৰ তাপ পৰিবাহিতা = 50.2 $J\ s^{-1}\ m^{-1} K^{-1}$ আৰু তামৰ তাপ পৰিবাহিতা = 385 $J\ s^{-1} m^{-1} K^{-1}$)।



চিত্ৰ 11.15

সমাধান ঃ তাপৰ কুপৰিবাহী পদাৰ্থৰে মেৰিয়াই ৰখা কাৰণে দণ্ডডালৰ দাঁতিৰ ফালেদি তাপৰ ক্ষতি হ্ৰাস পাইছে। তাপ অকল দণ্ড দুডালৰ দীঘৰ দিশতহে

প্ৰবাহিত হৈছে। দণ্ড দুডালৰ যিকোনো প্ৰস্থচ্ছেদ ধৰি লোৱা হওক। এফালে সুস্থিৰ অৱস্থাত সেই প্ৰস্থচ্ছেদৰ (element) মাজেদি যিমান তাপ সোমায়, ঠিক সিমান তাপেই আন ফালেদি ওলাই যায়। অন্যথাই কি হ'ব— অৱয়ৱটোত তাপৰ লাভ বা ক্ষতি সংঘটিত হ'ব যাৰ ফলত তাত সুস্থিৰ উষ্ণতা পোৱা নাযাব। মুঠতে, সুস্থিৰ অৱস্থাত তীখা-তামৰ যুটীয়া দণ্ডডালৰ প্ৰতিটো প্ৰস্থচ্ছেদৰ মাজেদি সমান হাৰত তাপ প্ৰবাহিত হ'ব। ধৰাহওঁক, সুস্থিৰ অৱস্থাত তীখা-তামৰ সন্ধিটোৰ উষ্ণতা T তেতিয়া

$$\frac{K_1 A_1 (300 - T)}{L_1} = \frac{K_2 A_2 (T - 0)}{L_2}$$

ইয়াত 1 আৰু 2-এ যথাক্ৰমে তীখা আৰু তামৰ দণ্ডক বুজাইছে। যেতিয়া $A_1 = 2A_2$, $L_1 = 15.0$ cm, $L_2 = 10.0$ cm, $K_1 = 50.2$ J s^{-1} m^{-1} K^{-1} আৰু $K_2 = 385$ J s^{-1} m^{-1} K^{-1} তেতিয়া

$$\frac{50.2 \times 2 (300 - T)}{15} = \frac{385 T}{10}$$

ইয়াৰ পৰা, $T = 44.4$ °C

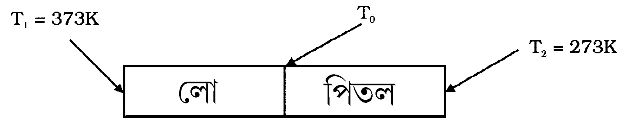
▶উদাহৰণ 11.7 চিত্ৰ 11.16ত দেখুওৱাৰ দৰে এডাল লোহাৰ মাৰি ($L_1 = 0.1$ m, $A_1 = 0.02$ m^2, $K_1 = 79$ W m^{-1} K^{-1}) আৰু এডাল পিতলৰ মাৰি ($L_2 = 0.1$ m, $A_2 = 0.02$ m^2, $K_2 = 109$ Wm^{-1} K^{-1}) জ্বলাই কৰি মূৰে মূৰে লগ লগাই ৰখা হৈছে। লোহাৰ আৰু পিতলৰ মাৰি দুডালৰ মুক্ত মূৰ দুটা যথাক্ৰমে 373 K আৰু 273 K উষ্ণতাত ৰখা হৈছে। তলৰ ক্ষেত্ৰসমূহৰ প্ৰকাশ ৰাশি উলিয়াই সেইবোৰৰ মান হিচাপ কৰি উলিওৱা ঃ

(i) মাৰি দুডালৰ সন্ধিটোৰ উষ্ণতা

(ii) যুগ্ম মাৰিডালৰ সমতুল্য তাপ পৰিবাহিতা, আৰু

(iii) যুগ্ম মাৰিডালৰ মাজেদি বোৱা তাপৰ প্ৰবাহ।

সমাধান ঃ



চিত্ৰ 11.16

প্ৰশ্নমতে $L_1 = L_2 = L = 0.1$ m, $A_1 = A_2 = A = 0.02$ m^2, $K_1 = 79$ W m^{-1} K^{-1}, $K_2 = 109$ W m^{-1} K^{-1}, $T_1 = 373$ K, আৰু $T_2 = 273$ K

এতিয়া সুস্থিৰ অৱস্থাত, লোহাৰ মাৰিডালৰ মাজেদি বোৱা তাপৰ প্ৰবাহ (H_1) আৰু পিতলৰ মাৰি ডালৰ মাজেদি বোৱা তাপৰ প্ৰবাহ (H_2) সমান।

গতিকে $H = H_1 = H_2$

$$= \frac{K_1 A_1 (T_1 - T_0)}{L_1}$$

$$= \frac{K_2 A_2 (T_0 - T_2)}{L_2}$$

দিয়া মতে $A_1 = A_2 = A$ আৰু $L_1 = L_2 = L$ হ'লে ওপৰৰ পৰা, $K_1 (T_1 - T_0) = K_2 (T_0 - T_2)$ হ'ব।

ইয়াৰ পৰা, মাৰি দুডালৰ সন্ধিটোৰ উষ্ণতা

$$T_0 = \frac{(K_1 T_1 + K_2 T_2)}{(K_1 + K_2)}$$

এই সম্বন্ধটো প্ৰয়োগ কৰি প্ৰতিডাল মাৰিৰ মাজেদি বোৱা তাপ প্ৰবাহ H হ'ব

$$H = \frac{K_1 A (T_1 - T_0)}{L}$$

$$= \frac{K_2 A (T_0 - T_2)}{L}$$

$$= \left(\frac{K_1 K_2}{K_1 + K_2}\right) \frac{A (T_1 - T_0)}{L}$$

$$= \frac{A (T_1 - T_2)}{L \left(\frac{1}{K_1} + \frac{1}{K_2}\right)}$$

এই সম্বন্ধসমূহ ব্যৱহাৰ কৰি $L_1 + L_2 = 2L$, দীঘৰ যুগ্ম মাৰিডালৰ মাজেদি বোৱা তাপ প্ৰৱাহ H' আৰু লগতে যুগ্ম মাৰিডালৰ সমতুল্য তাপ পৰিবাহিতা K' এনেদৰে পোৱা যায়

$$H' = \frac{K' \ A \ (T_1 - T_2)}{2 \ L} = H$$

$$K = \frac{2 \ K_1 \ K_2}{K_1 + K_2}$$

(i) $$T_0 = \frac{(K_1 T_1 + K_2 T_2)}{(K_1 + K_2)}$$

$$= \frac{(79 \, W \, m^{-1} K^{-1})(373 \, K) + (109 \, W \, m^{-1} K^{-1})(273 \, K)}{79 \, W \, m^{-1} K^{-1} + 109 \, W \, m^{-1} K^{-1}}$$

$$= 315 \ K$$

(ii) $$K' = \frac{2 K_1 \ K_2}{K_1 + K_2}$$

$$= \frac{2 \ (79 \, W \, m^{-1} \, K^{-1}) \ (109 \, W \, m^{-1} \, K^{-1})}{79 \, W \, m^{-1} \, K^{-1} + 109 \, W \, m^{-1} \, K^{-1}}$$

$$= 91.6 \ W \ m^{-1} \ K^{-1}$$

(iii) $$H' = H = \frac{K' \ A \ (T_1 - T_2)}{2 \ L}$$

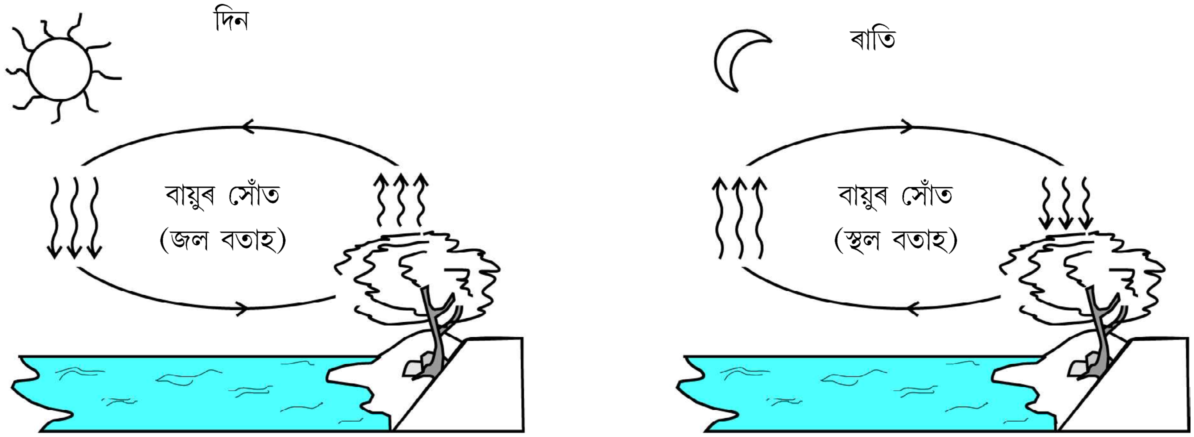
$$= \frac{(91.6 \, W \, m^{-1} \, K^{-1}) \ (0.02 \ m^2) \ (373 \, K - 273 \, K)}{2 \ (0.1 \ m)}$$

$$= 916.1 \ W$$

11.9.2 পৰিচলন (Convection)

তাপ সঞ্চালনৰ এই পদ্ধতিত পদাৰ্থৰ প্ৰকৃত চলনৰ দ্বাৰা তাপ এঠাইৰ পৰা আন ঠাইলৈ যায়। এই পদ্ধতি মাত্ৰ জুলীয়া আৰু গেছীয় পদাৰ্থৰ ক্ষেত্ৰতহে প্ৰযোজ্য। পৰিচলন স্বাভাৱিক হ'ব পাৰে, নতুবা আৰোপিতও (বা কৃত্ৰিমো) হ'ব পাৰে। স্বাভাৱিক পৰিচলনত মাধ্যাকৰ্ষণৰ ভূমিকা গুৰুত্বপূৰ্ণ। যেতিয়া কোনো তৰল পদাৰ্থৰ তলত তাপৰ উৎস ৰখা হয় তেতিয়া তলিৰ গৰম অংশ প্ৰসাৰিত হয়। ফলত তাৰ ঘনত্ব কমে। তেতিয়া প্লাৱিতাৰ গুণত সেই অংশৰ তৰলখিনি ওপৰলৈ উঠি যায় আৰু ওপৰৰ তুলনামূলকভাৱে ঠাণ্ডা আৰু গধুৰ তৰলখিনি তললৈ নামি আহি সেই ঠাই পূৰণ কৰেহি। এই তৰলখিনিও তাপ পাই গৰম হৈ উঠে আৰু ওপৰৰ ফাললৈ যায়। তেতিয়া তলৰ খালী হ'ব লগা ঠাইখিনি পুনৰ ওপৰৰ তুলনামূলকভাৱে ঠাণ্ডা তৰলে পূৰায়হি। প্ৰক্ৰিয়াটো এনেদৰে চলিয়ে থাকে। স্পষ্টতঃ তাপ সঞ্চালনৰ এই পদ্ধতিটো পৰিবহণতকৈ বেলেগ। পৰিচলনত তৰলৰ সকলো অংশই গতি লাভ কৰে। আৰোপিত পৰিচলনত পাম্পৰ সহায়ত বা আন কোনো উপায়ে পদাৰ্থখিনিক গতি লাভ কৰিবলৈ বাধ্য কৰোৱা হয়। আৰোপিত পৰিচলনৰ উদাহৰণ কেইটামান এনেধৰণৰ— ঘৰৰ আৰোপিত বায়ু তাপন পদ্ধতি (forced-air heating system), মানুহৰ তেজ চলাচল তন্ত্ৰ আৰু মটৰ গাড়ীৰ ইঞ্জিনৰ শীতলক ব্যৱস্থা। মানুহৰ শৰীৰত হৃদপিণ্ডই পাম্প হিচাপে কাম কৰি শৰীৰৰ বিভিন্ন অংশলৈ তেজ চলাচল কৰায়। এই প্ৰক্ৰিয়াত আৰোপিত পৰিচলন পদ্ধতিৰে তাপ সঞ্চালন কৰি শৰীৰৰ সকলো অংশৰ উষ্ণতা সুষম কৰি ৰাখে।

আমাৰ চিনাকি বহুতো পৰিঘটনা স্বাভাৱিক পৰিচলনৰ ফলতেই সৃষ্টি হয়। দিনত সূৰ্যৰ তাপ পাই পৃথিৱীৰ জলৰাশিৰ তুলনাত স্থলভাগ বেছি সহজে গৰম হৈ উঠে। ইয়াৰ কাৰণ দুটা ঃ প্ৰথমটো হৈছে, পানীৰ আপেক্ষিক তাপধৃতি মাটিতকৈ বেছি। দ্বিতীয়তে, জলভাগে যি তাপ শোষণ কৰে সি বিস্তীৰ্ণ জলৰাশিত বিয়পি পৰে। ফলত জলৰাশিৰ উষ্ণতা সহজে নাবাঢ়ে উষ্ম স্থলভাগৰ সংস্পৰ্শত থকা বায়ু পৰিবহণৰ দ্বাৰা গৰম হৈ উঠে। সেই গৰম বায়ুৰ প্ৰসাৰণ ঘটে আৰু তেতিয়া চাৰিওফালৰ আপেক্ষিকভাৱে ঠাণ্ডা বায়ুতকৈ তাৰ ঘনত্ব কমে। ফলত সেই গৰম, পাতল বায়ুভাগ ওপৰলৈ উঠি যায়



চিত্ৰ 11.17 *পৰিচলন চক্ৰ*

(এয়া বায়ু প্ৰবাহ) আৰু সেই ঠাই পূৰণ কৰিবলৈ তুলনামূলকভাৱে ঘন, চেঁচা বায়ু তালৈ বৈ আহে (এয়া বতাহ)। অৰ্থাৎ বিস্তীৰ্ণ জলভাগৰ পৰা স্থলভাগৰ পিনলৈ জলবতাহ (sea breeze) বয়। এনেদৰে স্থলভাগৰ গৰম বায়ু ওপৰলৈ উঠি আৰু জলভাগৰ পৰা আপেক্ষিকভাৱে চেঁচা বায়ু তললৈ নামি স্থলভাগৰ পিনে বৈ আহি এটা তাপ পৰিচলন চক্ৰ গঠন কৰে। এই চক্ৰটোৱে স্থলভাগৰ পৰা একাংশ তাপ আঁতৰাই লৈ গৈ থাকে।

ৰাতি স্থলভাগে জলভাগতকৈ বেছি খৰতকীয়াকৈ তাপ এৰি দিয়ে আৰু জলভাগৰ পৃষ্ঠ স্থলভাগতকৈ বেছি গৰম হৈ থাকে। তাৰ ফলত চক্ৰটো বিপৰীতমুখী হয়। সেয়ে ৰাতি স্থলভাগৰ পৰাহে জলভাগৰ পিনলৈ স্থল বতাহ (land breeze) বয় (চিত্ৰ 11.17)।

স্বাভাৱিক পৰিচলনৰ আনটো উদাহৰণ হৈছে উত্তৰ-পূব দিশৰ পৰা বিষুৱৰেখা বা নিৰক্ষৰেখাৰ ফাললৈ ভূ-পৃষ্ঠৰ ওপৰেদি স্থিৰভাৱে বৈ থকা বতাহ— যাক বাণিজ্য বতাহ বোলা হয়। তাৰ সম্ভাব্য ব্যাখ্যা এটা এনে ধৰণৰ— সূৰ্যৰ পৰা অহা তাপ নিৰক্ষ অঞ্চলে যিমান পায়, দুই মেৰু অঞ্চলে তাতকৈ কম পৰিমাণেহে পায়। সেইবাবে নিৰক্ষ অঞ্চলৰ বায়ু গৰম, দুই মেৰু অঞ্চলৰ ওপৰ বায়ুমণ্ডলৰ বায়ু চেঁচা। আন কোনো কাৰকৰ প্ৰভাৱ নাথাকিলে নিৰক্ষ অঞ্চলৰ ভূ-পৃষ্ঠৰ গৰম বায়ু ওপৰলৈ উঠি যাব, তাৰ পৰা দুই মেৰু অঞ্চলৰ ফাললৈ গতি কৰিব আৰু তাৰপাছত তললৈ নামি আহি পুনৰ নিৰক্ষ অঞ্চললৈ ঘূৰি আহিব। এনেদৰে এটা পৰিচলন প্ৰবাহ চলি থাকে। অৱশ্যে পৃথিৱীৰ আৱৰ্তন গতিয়ে এই পৰিচলন প্ৰবাহৰ ওপৰত প্ৰভাৱ পেলায়। ফলত নিৰক্ষ ৰেখাৰ নিকটৱৰ্তী অঞ্চলৰ বায়ু ঘণ্টাত 1600 কিঃ মিঃ বেগেৰে পূব দিশলৈ বয়, আনহাতে দুই মেৰু অঞ্চলৰ আশে-পাশে বায়ুৰ বেগ শূন্য। ফলত বায়ু মেৰু অঞ্চল দুটাৰ সলনি 30^{o} উত্তৰ অক্ষাংশলৈহে নামি আহে আৰু তাৰপাছত নিৰক্ষ অঞ্চললৈ উভতি আহে। এই বতাহেই **বাণিজ্য বতাহ** (trade wind)।

11.9.3 বিকিৰণ (Radiation)

পৰিবহণ আৰু পৰিচলন পদ্ধতিৰে তাপ সঞ্চালিত হ'বলৈ পদাৰ্থ মাধ্যমৰ আৱশ্যক। শূন্য-মাধ্যমত (vacuum) পৰস্পৰ ব্যৱধানত থকা কোনো দুটা বস্তুৰ মাজত এই দুই পদ্ধতিৰে তাপৰ আদান-প্ৰদান হ'ব

নোৱাৰে। আনহাতে সূৰ্যৰ পৰা পৃথিৱীখন ইমান দূৰত থকা সত্বেও পৃথিৱীয়ে অবিৰামভাৱে সূৰ্যৰ তাপ লাভ কৰি আছে। জুইৰ তাপ পাই তাৰ ওচৰৰ বায়ুত পৰিচলন প্ৰবাহ আৰম্ভ হোৱাৰ পূৰ্বেই আমি গৰম অনুভৱ কৰোঁ। অথচ বায়ু তাপৰ কুপৰিবাহী।

এয়া সম্ভৱ হৈছে তাপ সঞ্চালনৰ তৃতীয়টো পদ্ধতিৰ বাবে। তাপৰ বিকিৰণ বোলা এই পদ্ধতিটোৰ কাৰণে মাধ্যমৰ প্ৰয়োজন নাই। বিকিৰণ পদ্ধতিৰে বিদ্যুৎ চুম্বকীয় তৰংগৰ (electro magnetic wave) ৰূপত যি শক্তি বিকিৰিত হয় সেই শক্তিক বিকিৰিত শক্তি বা বিকীৰ্ণশক্তি বোলা হয়। বিদ্যুৎ চুম্বকীয় তৰংগত বৈদ্যুতিক আৰু চুম্বকীয় ক্ষেত্ৰ দুখন স্থান আৰু সময়ৰ সৈতে সলনা-সলনি হৈ থাকে। অন্যান্য তৰংগৰ লেখীয়াকৈ বিদ্যুৎ চুম্বকীয় তৰংগৰো তৰংগ দৈৰ্ঘ্য ভিন ভিন হ'ব পাৰে। শূন্য স্থান বা ভেকুৱামত ই পোহৰৰ সমানে অৰ্থাৎ $3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$ বেগত গতি কৰে। এইবোৰ কথা পিছত বিশদভাৱে জানিব পাৰিবা। এতিয়া মন কৰিবা যে বিকিৰণৰ বাবে মাধ্যমৰ প্ৰয়োজন নাই, আৰু ইয়াৰ বেগ পোহৰৰ বেগৰ সমান। সূৰ্যৰ পৰা পৃথিৱীলৈ এই পদ্ধতিৰেই ভেকুৱামৰ মাজেদি তাপ শক্তি আহি থাকে।

কঠিনেই হওঁক, জুলীয়াই হওক নতুবা গেছীয়ই হওক, সকলো পদাৰ্থৰ পৰাই বিকীৰ্ণ শক্তি নিৰ্গত হয়। **নিজৰ উষ্ণতাৰ গুণত কোনো বস্তুৱে নিৰ্গত কৰা বিদ্যুৎ চুম্বকীয় বিকিৰণক তাপীয় বিকিৰণ বোলা হয়**। ৰঙা হৈ উজলি থকা লো, ফিলামেণ্ট লেম্প— এইবোৰে কৰা বিকিৰণ তাপীয় বিকিৰণৰ উদাহৰণ।

তাপীয় বিকিৰণ আন বস্তুত গৈ পৰিলে তাৰ এভাগ প্ৰতিফলিত হয় আৰু এভাগ বস্তুটোৱে শোষণ কৰে। বস্তু এটাই তাৰ ওপৰত আপতিত হোৱা বিকিৰণৰ পৰা কিমান তাপ শোষণ কৰিব সি বস্তুটোৰ ৰঙৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে।

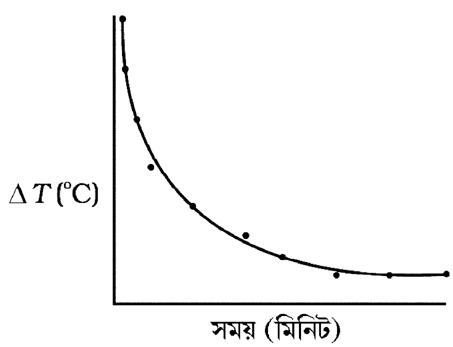
দেখা যায় যে পাতল ৰঙৰ বস্তুৰ তুলনাত ক'লা ৰঙৰ বস্তুৱে বেছি সহজে বিকীৰ্ণ তাপ শোষণ কৰে আৰু এৰিও দিয়ে। আমাৰ দৈনন্দিন জীৱনত এই কথাটোৰ ভালেমান ব্যৱহাৰিক প্ৰয়োগ আছে। জহকালি আমি বগা বা আন পাতল ৰঙৰ কাপোৰ পিন্ধো যাতে সেইবোৰে সূৰ্যৰ তাপ নিচেই কম পৰিমাণেহে শোষণ কৰে। আনহাতে শীতকালি আমি গাঢ় ৰঙৰ কাপোৰহে পিন্ধিব বিচাৰোঁ। তেনে কাপোৰে সূৰ্যৰ পৰা বেছি পৰিমাণে তাপ শোষণ কৰি আমাৰ শৰীৰ গৰম কৰি ৰাখে। খাদ্য বস্তু ৰান্ধিবলৈ ব্যৱহাৰ কৰা বাচন-বৰ্তনৰ তলিত ক'লা ৰং সনা হয়। তাকে কৰিলে বাচনবোৰে জুইৰ পৰা সৰ্বাধিক পৰিমাণে তাপ শুহি ল'ব পাৰে আৰু ৰন্ধন খৰতকীয়া হয়।

ডেৱাৰ ফ্লাস্ক বা থাৰ্মʼফ্লাস্কো এনেকুৱা এটা সঁজুলি য'ত ফ্লাস্কৰ ভিতৰত থকা বস্তু আৰু বাহিৰৰ মাজত তাপ চলাচল সৰ্বনিম্ন পৰিমাণৰ হয়। ডেৱাৰ ফ্লাস্কত দুখন বেৰযুক্ত এটা কাঁচৰ পাত্ৰ থাকে। পাত্ৰটোৰ ভিতৰ বেৰৰ ভিতৰ পিঠি আৰু বাহিৰ বেৰৰো ভিতৰপিঠিত ৰূপৰ প্ৰলেপ দিয়া হয়। ভিতৰৰ বেৰখনত গৰম বস্তুৱে নিৰ্গত কৰা তাপ বিকিৰণ প্ৰতিফলিত হৈ ফ্লাস্কৰ ভিতৰত থকা বস্তুৰ ওপৰতে পৰে। সেইদৰে বাহিৰৰ ফালৰ বেৰখনতো যদি কোনো বিকিৰণ আপতিত হয়হি, তেন্তে বেৰখনে তাক প্ৰতিফলিত কৰি পঠিয়ায়। বেৰ দুখনৰ মাজৰ ঠাইখিনি বায়ুশূন্য কৰি লোৱা হয় যাতে পৰিবহণ আৰু পৰিচলনৰ বাবে অতি কম পৰিমাণেহে তাপৰ অপচয় হয়। পাত্ৰটো এডোখৰ তাপৰ অন্তৰক পদাৰ্থৰ ওপৰত থিয়কৈ ৰখা থাকে। এনে ব্যৱস্থাৰ বাবে পাত্ৰটোত গৰম গাখীৰ আদিৰ নিচিনা বস্তু ঠাণ্ডা নোহোৱাকৈ বহু সময়লৈ ৰাখিব পাৰি। সেইদৰে বৰফ আদি ঠাণ্ডা বস্তুও ভালেমান পৰ গৰম নোহোৱাকৈ ৰাখিব পৰা যায়।

11.10 নিউটনৰ শীতলীভৱন নীতি (Newton's Law of Cooling)

গৰম পানী বা গাখীৰ এগিলাছ মুকলিকৈ ৰাখিলে লাহে লাহে ঠাণ্ডা হ'বলৈ ধৰে। এটা সময়ত সি পাৰিপাৰ্শ্বিকৰ সৈতে একে উষ্ণতা লাভ কৰে। কোনো বস্তুৱে পাৰিপাৰ্শ্বিকৰ সৈতে তাপ বিনিময় কৰি কেনেদৰে ঠাণ্ডা হয় সেই কথা অধ্যয়নৰ উদ্দেশ্যে আমি তলৰ কাৰ্যটো কৰি চাওঁহঁক।

ঘোটনীযুক্ত কেলৰিমিটাৰ এটাত 300 মিলি লিটাৰমান পানী লৈ তাক দুটা বিন্ধা থকা এখন ঢাকনিৰে ঢাকি ৰাখা। এটা বিন্ধাৰ মাজেদি এটা থাৰ্মমিটাৰ এনেদৰে সুমুৱাই দিয়া যাতে তাৰ বাল্‌বটো পানীত ডুবি থাকে। থাৰ্মমিটাৰটোৰ পাঠ (T_1)। T_1য়ে পাৰিপাৰ্শ্বিকৰ উষ্ণতা সূচাইছে। এতিয়া কেলৰিমিটাৰত থকা পানীখিনি তপতাই থাকিলে, যেতিয়া তাৰ উষ্ণতা বাঢ়ি গৈ T_1ত কৈ 40°C বেছি হয়গৈ তেতিয়া তাপৰ উৎসটো আঁতৰাই দিয়া। এটা ষ্টপ ওৱাট্‌ছ চলাই লৈ লগে লগে থাৰ্মমিটাৰৰ পাঠটো টুকি লোৱা। সেই সময়ৰ পৰা আৰম্ভ কৰি এক নিৰ্দিষ্ট সময়ৰ (ধৰাহ'ল, এক মিনিট) মূৰে মূৰে থাৰ্মমিটাৰৰ পাঠবোৰ (T_2) টুকি গৈ থাকা। (এই কাম কৰোঁতে আৰম্ভণিৰে পৰা ঘোটনীৰে পানীখিনি লাহে লাহে লৰাই গৈ থাকিব লাগিব) আৰু পানীখিনিৰ উষ্ণতা পাৰিপাৰ্শ্বিকতাতকৈ *50°C*, মান ওপৰত থকালৈকে এনেদৰে পাঠবোৰ লৈ



চিত্ৰ 11.18 *গৰম পানী সময়ৰ সৈতে চেঁচা হোৱাৰ লেখ*

থাকা। এতিয়া উষ্ণতাৰ পাৰ্থক্য $\Delta T = T_2 - T_1$ ৰ প্ৰতিটো মান Y অক্ষত আৰু সময় (t)X অক্ষত লৈ এটা লেখ আঁকিলে চিত্ৰ *11.18*ত দিয়াৰ নিচিনা এটা লেখ পাবা।

লেখৰ পৰা বুজিব পাৰি যে গৰমপানীখিনি ঠাণ্ডা হোৱাৰ হাৰ অৰ্থাৎ গৰম পানীখিনিৰ শীতলীভৱনৰ হাৰ পানীখিনি আৰু তাৰ পাৰিপাৰ্শ্বিকৰ উষ্ণতাৰ পাৰ্থক্যৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে। লেখ অনুসৰি পোনতে পানীখিনিৰ শীতলীভৱনৰ হাৰ বেছি, তাৰপাছত উষ্ণতা কমি আহিলে শীতলীভৱনৰ হাৰো কমে।

ওপৰৰ কাৰ্যৰ পৰা দেখা যায় যে গৰম বস্তুৱে বিকিৰণৰ ৰূপত পাৰিপাৰ্শ্বিকলৈ তাপ এৰি দিয়ে। তাপ ক্ষয়ৰ হাৰ বস্তুটো আৰু তাৰ পাৰিপাৰ্শ্বিকৰ মাজৰ উষ্ণতাৰ পাৰ্থক্যৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে। নিউটনেই পোনতে বস্তুৱে বৰ্জন কৰা তাপ আৰু বস্তুটোৰ উষ্ণতাৰ মাজৰ সম্বন্ধ পদ্ধতিগতভাৱে অধ্যয়ন কৰিছিল।

নিউটনৰ শীতলীভৱনৰ সূত্ৰ অনুসৰি কোনো বস্তুৱে বৰ্জন কৰা তাপৰ হাৰ $-\frac{dQ}{dt}$ পাৰিপাৰ্শ্বিকতাৰ লগত বস্তুটোৰ উষ্ণতাৰ পাৰ্থক্য ΔTৰ $(=T_2-T_1)$ৰ সমানুপাতী। অৱশ্যে উষ্ণতাৰ পাৰ্থক্য কম হ'লেহে সূত্ৰটো গ্ৰহণযোগ্য হয়। তদুপৰি, বিকিৰণৰ যোগেদি তাপ হ্ৰাসৰ পৰিমাণ বস্তুটোৰ পৃষ্ঠৰ প্ৰকৃতি আৰু পৃষ্ঠৰ কালিৰ ওপৰতো নিৰ্ভৰ কৰে। এতিয়া আমি লিখিব পাৰোঁ,

$$-\frac{dQ}{dt} = k(T_2 - T_1) \qquad (11.15)$$

ইয়াত k হৈছে এটা ধনাত্মক ধ্ৰুৱক। ইয়াৰ মান বস্তুটোৰ পৃষ্ঠভাগৰ প্ৰকৃতি আৰু কালিৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে। ধৰাহ'ল m ভৰৰ আৰু s আপেক্ষিক তাপধৃতিবিশিষ্ট বস্তু এটা T_2 উষ্ণতাত আছে। পাৰিপাৰ্শ্বিকৰ উষ্ণতা T_1। যদি dt সময়ৰ ভিতৰত বস্তুটোৰ উষ্ণতা নিচেই সামান্য dT_2 পৰিমাণে কমে

তেন্তে তাপ বৰ্জনৰ পৰিমাণ হ'ব

$$dQ = ms\ d\ T_2$$

$\therefore$ তাপ বৰ্জনৰ হাৰ $\frac{dQ}{dt} = ms\frac{dT_2}{dt}$ (11.16)

সমীকৰণ (11.15) আৰু (11.16)ৰ পৰা,

$$-ms\frac{dT_2}{dt} = k(T_2 - T_1)$$

$$\Rightarrow \frac{dT_2}{T_2 - T_1} = -\frac{k}{ms}dt = -K\,dt \quad (11.17)$$

য'ত $K = \frac{k}{ms}$

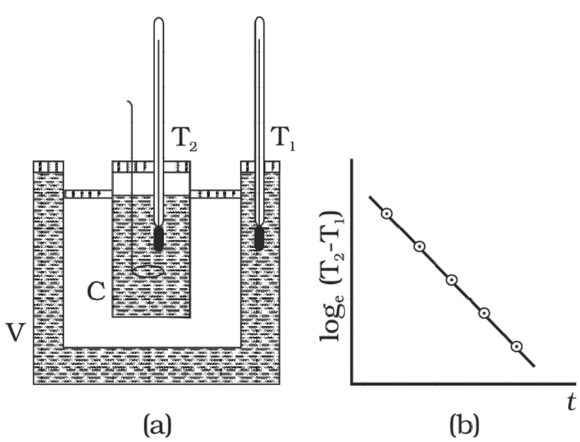
অনুকলন কৰি,

$$\log_e (T_2 - T_1) = -K\ t + c \quad (11.18)$$

$$\Rightarrow T_2 = T_1 + C' \ e^{-Kt};\ \text{য'ত}\ C' = e^c \quad (11.19)$$

সমীকৰণ 11.19ৰ সহায়ত কোনো বস্তু এক নিৰ্দিষ্ট উষ্ণতা পৰিসৰত চেঁচা হ'বলৈ কিমান সময় লাগে হিচাপ কৰি উলিয়াব পাৰি।

কম উষ্ণতাৰ পাৰ্থক্যত পৰিবহণ, পৰিচলন আৰু বিকিৰণ তিনিওটা প্ৰক্ৰিয়াৰ জৰিয়তে বস্তু এটাৰ শীতলীভৱন ঘটাৰ হাৰ বস্তুটো আৰু তাৰ পাৰিপাৰ্শ্বিকতাৰ মাজত থকা উষ্ণতাৰ পাৰ্থক্যৰ সমানুপাতিক। কোঠা এটাৰ ভিতৰত ৰেডিয়েটৰে তাপ বিকিৰণ কৰা, কোঠাৰ বেৰে তাপ বৰ্জন কৰা, বা মেজৰ ওপৰত থকা চাহ একাপ চেঁচা হোৱা এনেবোৰ কথাত এই সূত্ৰ মোটামুটিভাৱে প্ৰযোজ্য।



চিত্ৰ 11.19 *নিউটনৰ শীতলীকৰণ নীতি সত্যাপন*

চিত্ৰ 11.19 (a)ত দেখুওৱাৰ নিচিনাকৈ পৰীক্ষা সঁজুলি ব্যৱস্থাৰ সহায়ত নিউটনৰ শীতলীভৱন সূত্ৰটো প্ৰমাণ কৰিব পাৰি। ব্যৱস্থাটোত V হৈছে এটা দুই বেৰবিশিষ্ট পাত্ৰ, পাত্ৰটোৰ দুই বেৰৰ মাজভাগ পানীৰে পূৰোৱা থাকে। পাত্ৰটোৰ ভিতৰত C এটা তামৰ কেলৰিমিটাৰ, তাত গৰম পানী ৰখা হয়। কৰ্কৰ মাজেদি সুমুৱাই ৰখা থাৰ্মমিটাৰ দুটাৰ এটাই কেলৰিমিটাৰত থকা গৰম পানীৰ উষ্ণতা T_2 আৰু আনটোৱে পাত্ৰটোৰ দুই বেৰৰ মাজত থকা পানীৰ উষ্ণতা T_1 দেখুৱায়। কেলৰিমিটাৰত থকা গৰম পানীখিনিৰ উষ্ণতা সমান সময়ৰ অন্তৰে অন্তৰে টুকি ৰখা হয়। তথ্যবোৰৰ পৰা $\log_e (T_2 - T_1)$ আৰু সময় tৰ লেখ আঁকিলে এডাল সৰলৰেখা পোৱা যায়। চিত্ৰ 11.19 (b)ত দেখুওৱাৰ দৰে ৰেখাডালৰ নতি ঋণাত্মক। ই সমীকৰণ 11.18ৰ সত্যতা প্ৰতিপন্ন কৰে।

▶**উদাহৰণ 11.8** 20°C কোঠালিৰ উষ্ণতাৰ গৰম খাদ্যবস্তু ভৰা পাত্ৰ এটা 2 মিনিট সময়ৰ ভিতৰত 94°C ৰ পৰা 86°C লৈ চেঁচা হয়। পাত্ৰটো 71°Cৰ পৰা 69°C লৈ চেঁচা হ'বলৈ কিমান সময় লাগিব?

সমাধান 94°C আৰু 86°Cৰ গড় উষ্ণতা 90°C। ই কোঠালিৰ উষ্ণতাতকৈ 70°C বেছি। এনে অৱস্থাত পাত্ৰ 2 মিনিট সময়ৰ ভিতৰত 8°C পৰিমাণে পোৱা যাব,

$$\frac{\text{উষ্ণতাৰ পৰিৱৰ্তন}}{\text{সময়}} = K\Delta T$$

$$\frac{8\,°C}{2\ \text{min}} = K(70\,°C) \quad (ক)$$

69°C আৰু 71°Cৰ গড় 70°C; ই কোঠালিৰ

উষ্ণতাতকৈ 50 °C বেছি। Kৰ মান আগৰ ক্ষেত্ৰৰ Kৰ মানৰ সৈতে একে।

এতিয়া

$$\frac{2\,°C}{Time} = K\ (50\ °C) \qquad (খ)$$

(ক) ক (খ)ৰে হৰণ কৰিলে,

$$\frac{8\ °C/2\ min}{2\,°C/time} = \frac{K\ (70\,°C)}{K\ (50\,°C)}$$

$$= 42\ s$$

সাৰাংশ

1. তাপ হৈছে শক্তিৰ এটা ৰূপ। উষ্ণতাৰ পাৰ্থক্যৰ গুণত কোনো বস্তু আৰু তাৰ পাৰিপাৰ্শ্বিকতাৰ মাজত তাপৰ আদান-প্ৰদান ঘটে। বস্তুটো কিমান গৰম তাক উষ্ণতাৰ পৰিমাণৰ দ্বাৰা বুজিব পাৰি।

2. উষ্ণতা জুখিব পৰা সঁজুলিয়ে (থাৰ্মমিটাৰ) পদাৰ্থৰ এনে জুখিব পৰা ধৰ্ম ব্যৱহাৰ কৰে যি উষ্ণতাৰ সৈতে সলনি হয়। থাৰ্মমিটাৰ ভেদে উষ্ণতা জোখাৰ স্কেল ভিন ভিন। থাৰ্মমিটাৰ স্কেল তৈয়াৰ কৰিবলৈ দুটা স্থিৰ বিন্দু লৈ তাত উষ্ণতাৰ দুটা মান ধৰি লোৱা হয়। মান দুটাই স্কেলডালৰ মূল বিন্দু আৰু উষ্ণতাৰ এককৰ আকাৰ নিৰ্ধাৰণ কৰে।

3. ছেলছিয়াছ উষ্ণতা (t_C) আৰু ফাৰেনহাইট উষ্ণতাৰ (t_F) মাজত সম্বন্ধ হৈছে

$$t_F = \frac{9}{5} t_C + 32$$

4. চাপ (P), আয়তন (V) আৰু পৰম উষ্ণতাক (T) একে লগ কৰি বুজাব পৰা আদৰ্শ গেছ সমীকৰণটো হৈছে

$$PV = \mu RT$$

যʼত μ গেছখিনিত থকা মʼলৰ সংখ্যা আৰু R হৈছে সাৰ্বজনীন গেছ ধ্ৰুৱক।

5. পৰম উষ্ণতা স্কেলত শূন্যটো হৈছে উষ্ণতাৰ পৰমশূন্য— এই উষ্ণতাত প্ৰকৃতিৰ সকলো পদাৰ্থৰে অণুবোৰ নিম্নতম পৰিমাণে সক্ৰিয় হৈ থাকে। কেলভিন পৰম উষ্ণতা স্কেলৰ (T) এককৰ পৰিমাণ ছেলছিয়াছ স্কেলৰ (T_c) সৈতে একেই, মাত্ৰ মূলবিন্দু ভিন ভিন।

$$T_C = T - 273.15$$

6. ৰৈখিক প্ৰসাৰণ গুণাংক আৰু আয়তন প্ৰসাৰণ গুণাংকৰ মাজত সম্বন্ধ হৈছে

$$\frac{\Delta l}{l} = \alpha_l \Delta T$$

$$\frac{\Delta V}{V} = \alpha_V \Delta T$$

ইয়াত Δl আৰু ΔV য়ে উষ্ণতাৰ পৰিৱৰ্তন ΔT সাপেক্ষে l দৈৰ্ঘ্য আৰু V আয়তনৰ পৰিৱৰ্তনৰ পৰিমাণ বুজাইছে। সম্বন্ধটো হৈছে

$$\alpha_v = 3\alpha_l$$

7. কোনো পদাৰ্থৰ আপেক্ষিক তাপধৃতিৰ সংজ্ঞা এনেধৰণৰ—

$$s = \frac{1}{m}\frac{\Delta Q}{\Delta T}$$

m য়ে পদাৰ্থটোৰ ভৰ আৰু ΔQএ তাৰ ΔT উষ্ণতা পৰিৱৰ্তন কৰিবলৈ আৱশ্যক হোৱা তাপ বুজাইছে। পদাৰ্থৰ ম'লাৰ আপেক্ষিক তাপধৃতিৰ সংজ্ঞা,

$$C = \frac{1}{\mu}\frac{\Delta Q}{\Delta T}$$

য'ত μএ পদাৰ্থটোত থকা ম'লৰ সংখ্যা সূচাইছে।

8. গলনৰ লীন তাপ (L_f) হৈছে প্ৰতি একক ভৰৰ কঠিন পদাৰ্থক স্থিৰ উষ্ণতা আৰু চাপত জুলীয়া পদাৰ্থলৈ ৰূপান্তৰ কৰিবলৈ প্ৰয়োজন হোৱা তাপ। বাষ্পীভৱনৰ লীন তাপ (L_v) হৈছে প্ৰতি একক ভৰৰ জুলীয়া পদাৰ্থক স্থিৰ উষ্ণতা আৰু চাপত বাষ্পীয় অৱস্থালৈ ৰূপান্তৰ কৰিবলৈ আৱশ্যকীয় তাপ।

9. তাপ সঞ্চালনৰ তিনিটা পদ্ধতি হৈছে পৰিবহণ, পৰিচলন আৰু বিকিৰণ।

10. পৰিবহণত কোনো বস্তুৰ দুটা পৰস্পৰ নিকটৱৰ্তী অংশৰ মাজত তাপ প্ৰবাহিত হয় আণৱিক সংঘাতৰ জৰিয়তে— পদাৰ্থৰ প্ৰবাহ নঘটে।

L দৈৰ্ঘ্যৰ A সুযম প্ৰস্থচ্ছেদবিশিষ্ট মাৰি এডালৰ দুই মূৰ T_C আৰু T_D উষ্ণতাত ৰাখিলে তাৰ মাজেদি তাপ প্ৰবাহিত হোৱাৰ হাৰ হ'ব

$$H = K A \frac{T_C - T_D}{L}$$

K হৈছে মাৰিডালৰ পদাৰ্থৰ তাপ পৰিবাহিতা।

11. নিউটনৰ শীতলীভৱন সূত্ৰ অনুযায়ী কোনো বস্তুৰ শীতলীভৱনৰ হাৰ পাৰিপাৰ্শ্বিকতাতকৈ বস্তুটো কিমান বেছি উষ্ণতাত থাকে তাৰ সমানুপাতী।

$$\frac{dQ}{dt} = -k(T_2 - T_1)$$

য'ত T_1 পাৰিপাৰ্শ্বিক মাধ্যমৰ আৰু T_2 বস্তুটোৰ উষ্ণতা।

ৰাশি	প্ৰতীক	মাত্ৰা	একক	মন্তব্য
পদাৰ্থৰ পৰিমাণ	μ	[mol]	mol	
ছেলছিয়াছ উষ্ণতা	t_c	[K]	^oC	
কেলভিন পৰম উষ্ণতা	T	[K]	K	$t_C = T - 273.15$
দৈৰ্ঘ্য প্ৰসাৰণ গুণাংক	α_l	$[K^{-1}]$	K^{-1}	
আয়তন প্ৰসাৰণ গুণাংক	α_v	$[K^{-1}]$	K^{-1}	$\alpha_v = 3\alpha_l$
কোনো প্ৰণালীলৈ তাপৰ যোগান	ΔQ	$[ML^1T^{-2}]$	J	Q অৱস্থা সূচক চলক নহয়
আপেক্ষিক তাপধৃতি	s	$[L^2T^{-2}K^{-1}]$	$J\ kg^{-1}\ K^{-1}$	
তাপ পৰিবাহিতা	K	$[MLT^{-3}K^{-1}]$	$J\ s^{-1}\ K^{-1}$	H= –KA dt/dx

মন কৰিবলগীয়া

1. কেলভিন উষ্ণতা (T) আৰু ছেলছিয়াছ উষ্ণতাৰ (t_c) মাজৰ সম্বন্ধ $T = t_c + 273.15$ আৰু পানীৰ ত্ৰিবিন্দু $T = 273.16$ K দুটা সঠিক সম্বন্ধ (ধৰি লোৱা মতে)। এই অনুযায়ী বায়ুমণ্ডলীয় চাপত বৰফৰ গলনাংক আৰু পানীৰ উতলাংক যথাক্ৰমে 0 °C আৰু 100 °Cৰ অতি ওচৰত থাকে, কিন্তু সম্পূৰ্ণ সমান নহয়। পূৰ্বতে ছেলছিয়াছ স্কেলত এই স্থিৰ বিন্দু দুটা সঠিকভাৱেই 0 °C আৰু 100 °C (ধৰি লোৱা মতে) আছিল। কিন্তু বৰ্তমান স্থিৰ বিন্দু হিচাপে পানীৰ ত্ৰিবিন্দুহে মানি লোৱা হৈছে।
2. কোনো জুলীয়া পদাৰ্থ তাৰ বাষ্পৰ সৈতে সাম্যাৱস্থাত থাকিলে গোটেই প্ৰণালীটোৰে চাপ আৰু উষ্ণতা একে হয়। সাম্যাৱস্থাত থকা প্ৰাৱস্থা (phase) দুটাৰ ঘনত্বহে পৃথক হয়। কেইবাটাও প্ৰাৱস্থাবিশিষ্ট প্ৰণালী একোটাৰ ক্ষেত্ৰতো এই কথা প্ৰযোজ্য।
3. তাপৰ সঞ্চালন সদায় দুটা প্ৰণালীৰ মাজত উষ্ণতাৰ পাৰ্থক্য নতুবা একেটা প্ৰণালীৰে দুটা ভিন ভিন অংশৰ মাজত থকা উষ্ণতাৰ পাৰ্থক্যৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে। যদি কোনো শক্তিৰ সঞ্চালনৰ সৈতে উষ্ণতাৰ পাৰ্থক্যৰ কিবা প্ৰকাৰে সম্পৰ্ক নাথাকে তেন্তে সি তাপশক্তি হ'ব নোৱাৰে।
4. পৰিচলনত কোনো জুলীয়া পদাৰ্থৰ ভিন ভিন অংশৰ উষ্ণতা ভিন ভিন হ'লে তাৰ আয়তনৰ পৰিসৰৰ ভিতৰতে পদাৰ্থৰ প্ৰবাহ বয়। তপত দণ্ড এডাল পানী বৈ থকা টেপৰ তলত ৰাখিলে সি ঠাণ্ডা হয়। এইক্ষেত্ৰত দণ্ডৰ পৃষ্ঠভাগ আৰু টেপৰ পানীৰ মাজত সংঘটিত হোৱা পৰিবহণৰ যোগেদিহে দণ্ডডালে তাপ বৰ্জন কৰে, টেপৰ পানীত ঘটা পৰিচলন প্ৰক্ৰিয়াৰে নহয়।

অনুশীলনী

11.1 নিয়ন আৰু কাৰ্বন ডাই-অক্সাইডৰ ত্ৰিবিন্দু যথাক্ৰমে 24.57 K আৰু 216.55 K। এই দুই উষ্ণতাক ছেলছিয়াছ আৰু ফাৰেনহাইট স্কেলত প্ৰকাশ কৰা।

11.2 *A* আৰু *B* দুটা পৰম স্কেলত পানীৰ ত্ৰিবিন্দু যথাক্ৰমে 200 A আৰু 350 B ধৰি লোৱা হৈছে। T_A আৰু T_Bৰ মাজত সম্বন্ধ কি?

11.3 এটা থাৰ্মমিটাৰৰ বৈদ্যুতিক ৰোধ তলত দিয়া অনুযায়ী উষ্ণতাৰ সৈতে সলনি হয় ঃ

$R = R_o [1 + a (T - T_o)]$, থাৰ্মমিটাৰটোৰ ৰোধ পানীৰ ত্ৰিবিন্দুত (273.16 K), 101.6 Ω আৰু সীহৰ স্বাভাৱিক গলনাংকত (600.5 K) 165.5 Ω। যেতিয়া থাৰ্মমিটাৰটোৰ ৰোধ 123.4 Ω হয় তেতিয়া উষ্ণতা কিমান হ'ব?

11.4 তলৰ প্ৰশ্নবোৰৰ উত্তৰ দিয়া

(ক) আধুনিক উষ্ণতামিতিত (thermometry) পানীৰ ত্ৰিবিন্দু এক প্ৰামান্য স্থিৰবিন্দু। কাৰণ কি? পূৰ্বতে ছেলছিয়াছ স্কেলত ধৰি লোৱাৰ দৰে বৰফৰ গলনাংক আৰু পানীৰ উতলাংকক স্থিৰবিন্দু হিচাপে ল'লে কি অসুবিধা হয়?

(খ) ওপৰত উল্লেখ কৰাৰ দৰে পূৰ্বৰ ছেলছিয়াছ স্কেলত দুটা স্থিৰবিন্দু আছিল, সেইবোৰ আছিল ক্ৰমে 0 °C আৰু 100 °C। পৰম স্কেলত তাৰ এটা হৈছে পানীৰ ত্ৰিবিন্দু— কেলভিন পৰম স্কেলত যাক 273.16 C ধৰা হৈছে। কেলভিন স্কেলত আনটো স্থিৰ বিন্দু কি?

(গ) পৰম উষ্ণতা (*T*) আৰু ছেলছিয়াছ উষ্ণতাৰ (t_c) মাজত সম্বন্ধ হৈছে $t_c = T - 273.15$, এই সম্বন্ধটোত 273.16নলৈ 273.15 কিয় লোৱা হয়?

(ঘ) যদি কোনো পৰম স্কেলৰ একক মান ফাৰেণহাইট স্কেলৰ এককৰ মানৰ সমান হয় তেন্তে সেই স্কেলত পানীৰ ত্ৰিবিন্দু কি হ'ব?

11.5 *A* আৰু *B* দুটা আদৰ্শ গেছ থাৰ্মমিটাৰে যথাক্ৰমে অক্সিজেন আৰু হাইড্ৰ'জেন ব্যৱহাৰ কৰে। এই সন্দৰ্ভত তলৰ পৰ্যবেক্ষণসমূহ পোৱা যায় ঃ

উষ্ণতা	**চাপ (থাৰ্ম' A)**	**চাপ (থাৰ্ম' B)**
পানীৰ ত্ৰিবিন্দু	1.250×10^5 পাস্কেল	0.200×10^5 পাস্কেল
ছালফাৰৰ স্বাভাৱিক গলনাংক	1.797×10^5 পাস্কেল	0.287×10^5 পাস্কেল

(ক) থাৰ্মমিটাৰ *A* আৰু *B*য়ে দেখুওৱা মতে ছালফাৰৰ স্বাভাৱিক গলনাংকৰ পৰম উষ্ণতা কিমান?

(খ) থাৰ্মমিটাৰ A আৰু Bৰ উত্তৰৰ মাজত সামান্য প্ৰভেদ থকাৰ কাৰণ কি বুলি ভাবিব পাৰি? (থাৰ্মমিটাৰ দুটা ত্ৰুটিপূৰ্ণ নহয়)। পৰীক্ষাটোত আন কি পদ্ধতিৰ সহায়ত এই পাঠ দুটাৰ মাজত ব্যৱধান কমাব পৰা যাব?

11.6 1m দীঘল তীখাৰ ফিটা এডাল 27 °Cত শুদ্ধভাৱে ক্ৰমাংকিত কৰা হৈছে। 45.0 °C উষ্ণতাৰ এটা দিনত এই ফিটাডালেৰে তীখাৰ দণ্ড এডাল জোখোতে তাৰ দীঘ 63.0 cm পোৱা গ'ল। সেই দিনটোত দণ্ডডালৰ প্ৰকৃত দৈৰ্ঘ্য কিমান? 27 °C উষ্ণতাৰ দিন এটাত সেই একেডাল দণ্ডৰ দীঘ কিমান হ'ব? দিয়া আছে, তীখাৰ দৈৰ্ঘ্য প্ৰসাৰণ গুণাংক = $1.20 \times 10^{-5}\ K^{-1}$।

11.7 তীখাৰ ডাঙৰ চকা এটা একে পদাৰ্থৰে ধূৰা (shaft) এটাৰ ওপৰত লগাব লাগে। 27 °C উষ্ণতাত ধূৰাডালৰ বহিৰ্ব্যাস 8.70 cm আৰু চকাটোৰ ব্যাস 8.69 cm। শুকান বৰফ ব্যৱহাৰ কৰি ধূৰাটো ঠাণ্ডা কৰা হ'ল। ধূৰাটো কিমান উষ্ণতালৈ ঠাণ্ডা কৰিলে চকাটো তাৰ ওপৰত খাপ খাই পৰিব? ধৰাহওঁক, তীখাৰ দৈৰ্ঘ্য প্ৰসাৰণ গুণাংক $a_{\text{তীখা}} = 1.20 \times 10^{-5}\ K^{-1}$ আৰু উক্ত উষ্ণতা পৰিসৰৰ ভিতৰত এই মান ধ্ৰুৱক।

11.8 27 °C উষ্ণতাত থকা তামৰ পাত এটাত 4.24 cm ব্যাসৰ এটা বিন্ধা আছে। পাতটো 227 °C লৈ গৰম কৰিলে বিন্ধাটোৰ ব্যাসৰ পৰিৱৰ্তন কিমান হ'ব? তামৰ দৈৰ্ঘ্য প্ৰসাৰণ গুণাংক = $1.70 \times 10^{-5}\ K^{-1}$।

11.9 27 °C উষ্ণতাত থকা 1.8 মিটাৰ দীঘল পিতল তাঁৰ এডাল কোনো টান প্ৰয়োগ নকৰাকৈ দুডাল দৃঢ় ঠেকাৰ মাজত টনটনীয়াকৈ ৰখা হৈছে। তাঁৰডাল যদি –39 °C উষ্ণতালৈ নিয়া হয় তেন্তে তাঁৰ ডালৰ ওপৰত কি পৰিমাণৰ টান উদ্ভৱ হ'ব? তাঁৰডালৰ ব্যাস 2.0 mm। পিতলৰ দৈৰ্ঘ্য প্ৰসাৰণ গুণাংক = $2.0 \times 10^{-5}\ K^{-1}$, পিতলৰ ইয়ং গুণাংক = 0.91×10^{11} Pa।

11.10 40 °C উষ্ণতাত থকা 50 cm দীঘল আৰু 3.0 mm ব্যাসৰ এডাল পিতলৰ দণ্ড একে উষ্ণতাত থকা সমান দীঘ আৰু ব্যাসৰ তীখাৰ দণ্ড এডালৰ সৈতে জোৰা লগোৱা হৈছে। 250 °C উষ্ণতাত এই সংযুক্ত দণ্ডডালৰ দীঘৰ পৰিৱৰ্তন কিমান হ'ব? সংযোগস্থলত 'তাপীয় প্ৰতিচাপ' উদ্ভৱ হ'বনে? দণ্ডডালৰ দুটা মূৰ প্ৰসাৰিত হ'ব পৰাকৈ ৰখা আছে। দিয়া আছে, পিতলৰ দৈৰ্ঘ্য প্ৰসাৰণ গুণাংক = $2.0 \times 10^{-5}\ K^{-1}$ আৰু তীখাৰ = $1.2 \times 10^{-5}\ K^{-1}$।

11.11 গ্লিছাৰিণৰ আয়তন প্ৰসাৰণ গুণাংক $49 \times 10^{-5}\ K^{-1}$। 30 °C উষ্ণতা বৃদ্ধি কৰিলে তাৰ ঘনত্বৰ আংশিক পৰিৱৰ্তন কিমান হ'ব?

11.12 10 কিলোৱাট ক্ষমতাৰ এটা ড্ৰিলিং যন্ত্ৰৰ সহায়ত 8.0 কিলোগ্ৰাম ভৰৰ এলুমিনিয়াম টুকুৰা এটাত বিন্ধা এটা কৰা হ'ল। 50% ক্ষমতা যদি যন্ত্ৰটো উত্তাপিত কৰোঁতেই ব্যৱহাৰ হয়, নতুবা সেই পৰিমাপৰ ক্ষমতা পাৰিপাৰ্শ্বিকত হেৰাই যায়, তেন্তে 2.5 মিনিট সময় যন্ত্ৰটো চলাই থাকিলে এলুমিনিয়ামৰ টুকুৰাটোৰ উষ্ণতা কিমান বৃদ্ধি পাব? দিয়া আছে, এলুমিনিয়ামৰ আপেক্ষিক তাপ = $0.91\ J\ g^{-1}\ K^{-1}$।

11.13 2.5 কিলোগ্ৰাম ভৰৰ এডোখৰ তাম চুল্লী এটাত 500°C উষ্ণতালৈ গৰম কৰি এডোখৰ প্ৰকাণ্ড বৰফৰ ওপৰত ৰখা হ'ল। সৰ্বাধিক কিমান বৰফ গলিব? দিয়া আছে, তামৰ আপেক্ষিক তাপ = 0.39 J g^{-1} K^{-1}। বৰফৰ গলনৰ লীনতাপ = 335 J g^{-1}।

11.14 এবিধ ধাতুৰ আপেক্ষিক তাপ নিৰ্ণয়ৰ পৰীক্ষা এটাত 150°C উষ্ণতাত থকা ধাতুবিধৰ 0.20 কিলোগ্ৰাম ভৰৰ টুকুৰা এটা তামৰ কেলৰিমিটাৰ এটাত পেলাই দিয়া হ'ল। কেলৰিমিটাৰটোৰ জলসম 0.025 কিলোগ্ৰাম আৰু তাত 27°Cত থকা 150 cm^3 পৰিমাণৰ পানী আছে। মিশ্ৰণটোৰ অন্তিম উষ্ণতা 40°C। ধাতুবিধৰ আপেক্ষিক তাপ গণনা কৰি উলিওৱা। যদিহে বুজন পৰিমাণৰ তাপ পাৰিপাৰ্শ্বিকতালৈ যায় তেন্তে ধাতুবিধৰ প্ৰকৃত আপেক্ষিক তাপতকৈ উত্তৰটো কম নে বেছি পোৱা যাব?

11.15 তলত কোঠালিৰ উষ্ণতাত থকা কেইবিধমান চিনাকি গেছৰ ম'লাৰ আপেক্ষিক তাপৰ পৰ্যবেক্ষণৰ ফল দেখুওৱা হৈছে ঃ

গেছ	**ম'লাৰ আপেক্ষিক তাপ (C_V)** **(cal mo1^{-1} K^{-1})**
হাইড্ৰ'জেন	4.87
নাইট্ৰ'জেন	4.97
অক্সিজেন	5.02
নাইট্ৰিক অক্সাইড	4.99
কাৰ্বন মন'ক্সাইড	5.01
ক্ল'ৰিণ	6.17

এই গেছসমূহৰ পৰীক্ষালব্ধ ম'লাৰ আপেক্ষিক তাপ এক পাৰমাণৱিক গেছসমূহৰ আপেক্ষিক তাপতকৈ বহু বেলেগ। উদাহৰণস্বৰূপে, এক পাৰমাণৱিক গেছ এটাৰ ম'লাৰ আপেক্ষিক তাপ 2.92 কেলৰি $mol^{-1}K^{-1}$। এনে পাৰ্থক্যৰ কাৰণ ব্যাখ্যা কৰা। ক্ল'ৰিণৰ ম'লাৰ আপেক্ষিক তাপ আনবোৰৰ তুলনাত অলপ বেছি— ইয়াৰ পৰা কি সিদ্ধান্ত কৰিব পাৰি?

11.16 কাৰ্বন ডাই-অক্সাইডৰ চাপ-উষ্ণতা দশাচিত্ৰৰ ওপৰত ভিত্তি কৰি তলৰ প্ৰশ্নবোৰৰ উত্তৰ দিয়া—

ক) কি উষ্ণতা আৰু চাপত CO_2ৰ কঠিন, জুলীয়া আৰু বাষ্পীয়— এই তিনিওটা অৱস্থা একেলগে সাম্যাৱস্থাত থাকে?

খ) চাপ হ্ৰাস কৰিলে CO_2ৰ গলনাংক আৰু উতলাংকত কেনে পৰিৱৰ্তন ঘটে?

গ) CO_2ৰ সংকট উষ্ণতা আৰু চাপ কিমান? সিবোৰৰ তাৎপৰ্য কি?

ঘ) (i) $-70\,^{o}C$ আৰু 1 বায়ুমণ্ডল চাপত,

(ii) $-60\,^{o}C$ আৰু 10 বায়ুমণ্ডল চাপত,

(iii) $15\,^{o}C$ আৰু 56 বায়ুমণ্ডল চাপত CO_2 কঠিন নে জুলীয়া নে গেছীয় অৱস্থাত থাকে?

11.17 কাৰ্বন-ডাই-অক্সাইডৰ চাপ-উষ্ণতা দশাচিত্ৰৰ ওপৰত ভিত্তি কৰি তলৰ প্ৰশ্নবোৰৰ উত্তৰ দিয়া ঃ

ক) 1 বায়ুমণ্ডল চাপ আৰু $-60\,^{o}C$ উষ্ণতাত থকা CO_2ক সমোষ্ণীভাৱে সংপ্ৰেষিত কৰা হ'ল। ইয়াৰ জুলীয়া অৱস্থা পোৱা যাবনে?

খ) চাপ স্থিৰে ৰাখি 4 বায়ুমণ্ডল চাপত থকা CO_2ক কোঠালিৰ উষ্ণতাৰ পৰা ঠাণ্ডা কৰি আনিলে কি হ'ব?

গ) 10 বায়ুমণ্ডল চাপ আৰু $-65\,^{o}C$ উষ্ণতাত থকা এক নিৰ্দিষ্ট ভৰৰ কঠিন CO_2ৰ স্থিৰ চাপত কোঠালিৰ উষ্ণতালৈ গৰম কৰোঁতে কেনে ধৰণৰ পৰিৱৰ্তন হ'ব তাৰ গুণগত বৰ্ণনা দিয়া।

ঘ) এক নিৰ্দিষ্ট পৰিমাণৰ CO_2 গেছক $70\,^{o}C$ লৈ গৰম কৰা হ'ল আৰু সমোষ্ণীভাৱে সংপ্ৰেষিত কৰা হ'ল। ইয়াৰ ধৰ্মৰ কি কি পৰিৱৰ্তন দেখা যাব বুলি আশা কৰিব পাৰি?

11.18 101° ফাৰেণহাইট পৰিমাণে জ্বৰ উঠি থকা শিশু এটাক এণ্টিপাইৰিণ (জ্বৰ কমাই দিয়া দৰব) দিয়া হ'ল। তাৰ ফলত শিশুটোৰ দেহৰ পৰা ওলোৱা ঘামৰ বাষ্পীভৱনৰ হাৰ বৃদ্ধি পালে। যদি 20 মিনিট সময়ৰ ভিতৰত শিশুটোৰ জ্বৰ $98\,^{o}F$ লৈকে নামে, তেন্তে দৰৱ সেৱনৰ ফলত অতিৰিক্ত বাষ্পীভৱনৰ হাৰ গড়ে কিমান হ'ব? ধৰাহওঁক যে তাপ হেৰুওৱাৰ একমাত্ৰ কাৰণ হৈছে বাষ্পীয়ভৱন প্ৰক্ৰিয়া। — শিশুটোৰ ভৰ 30 kg। মানৱ শৰীৰৰ আপেক্ষিক তাপ মোটামুটিভাৱে পানীৰ আপেক্ষিক তাপৰ সৈতে একে। লগতে, সেই উষ্ণতাত পানীৰ বাষ্পীভৱনৰ লীন তাপ প্ৰায় 580 cal g^{-1}।

11.19 বিশেষকৈ জহকালি কম পৰিমাণৰ, ৰান্ধি লোৱা খাদ্য সামগ্ৰী সাঁচি ৰাখিবলৈ 'থাৰ্মক'ল' বৰফপাত্ৰ ব্যৱহাৰ কৰাটো সুলভ আৰু লগতে কাৰ্যদক্ষ পদ্ধতি। এটা 30 cm বাহুৰ ঘনকাকাৰ বৰফপাত্ৰৰ বেধ 5.0 cm যদি পাত্ৰটোত 4.0 kg বৰফ ৰখা হয়, 6 ঘণ্টা পাছত তাত কিমান পৰিমাণৰ বৰফ থাকিব? দিয়া আছে, বাহিৰৰ উষ্ণতা $45\,^{o}C$, থাৰ্মক'লৰ তাপ পৰিবাহিতা 0.01 J s^{-1} m^{-1} K^{-1} আৰু বৰফৰ গলনৰ লীনতাপ $= 335 \times 10^3$ J kg^{-1}।

11.20 পিতলৰ বয়লাৰ এটাৰ তলিখনৰ কালি 0.15 m^2 আৰু বেধ 1.0 cm. বয়লাৰটো যেতিয়া গেছষ্টোভ এটাৰ ওপৰত ৰখা হয় বয়লাৰটোৱে তেতিয়া 6.0 kg/min পানী উতলায়। শিখাটো বয়লাৰৰ যিটো অংশৰ সংস্পৰ্শত আছে, সেই অংশটোৰ উষ্ণতা নিৰূপণ কৰা। পিতলৰ তাপ পৰিবাহিতা গুণাংক = 109 J s^{-1} m^{-1} K^{-1}; পানীৰ বাষ্পীভৱনৰ লীনতাপ $= 2256 \times 10^3$ J kg^{-1}।

11.21 কাৰণবোৰ ব্যাখ্যা কৰা ঃ

ক) যি পদাৰ্থৰ প্ৰতিফলন ক্ষমতা (reflectivity) অধিক, সি কম তাপ নিৰ্গমণ কৰে

খ) জাৰৰ দিনত পিতলৰ চৰিয়া এটা কাঠৰ ট্ৰে এখনতকৈ বেছি ঠাণ্ডা লাগে

গ) আদৰ্শ কৃষ্ণবস্তু বিকিৰণৰ পৰিমাপ ল'বলৈ ক্ৰমাংকিত কৰা এটা আলোকীয় পাইৰ'মিটাৰে, (উচ্চমানৰ উষ্ণতা জুখিবলৈ ব্যৱহৃত) ৰঙাকৈ উত্তাপিত কৰি মুকলিত ৰখা এডোখৰ লোহাৰ উষ্ণতা যথেষ্ট কম দেখুৱায়, অথচ সেই একে টুকুৰা লোহা চুল্লীৰ ভিতৰত থাকিলে সঠিক উষ্ণতা প্ৰদৰ্শন কৰে।

ঘ) বায়ুমণ্ডলবিহীন পৃথিৱীখন বসবাসৰ অনুপযোগীকৈ চেঁচা হৈ পৰিব।

ঙ) অট্টালিকা এটা গৰমাই ৰখাত ভাপৰ পৰিচলনৰ ওপৰত ভিত্তি কৰা তাপন ব্যৱস্থাতকৈ গৰম পানীৰ পৰিচালনাৰ ওপৰত ভিত্তি কৰা ব্যৱস্থাৰ কাৰ্যদক্ষতা অধিক।

11.22 এটা বস্তু 5 মিনিট সময়ৰ ভিতৰত 80°Cৰ পৰা 50°Cলৈ ঠাণ্ডা হয়। বস্তুটো 60°Cৰ পৰা 30°C লৈ ঠাণ্ডা হ'বলৈ কিমান সময় লাগিব? পাৰিপাৰ্শ্বিকতাৰ উষ্ণতা হৈছে 20°C।