DAILY ASSAM

পদাৰ্থৰ অৱস্থা
STATES OF MATTER

উদ্দেশ্য (Objectives)

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

- কণাবোৰৰ তাপীয় শক্তি আৰু আন্তঃ-আণৱিক বলৰ মাজত থকা সাম্যৰ ভিত্তিত পদাৰ্থৰ বিভিন্ন অৱস্থাৰ অস্তিত্বৰ ব্যাখ্যা।
- আদৰ্শ গেছৰ আচৰণ নিৰ্ধাৰণ কৰা গেছৰ সূত্ৰসমূহ
- ব্যৱহাৰিক ক্ষেত্ৰত গেছৰ সূত্ৰসমূহৰ প্ৰয়োগ
- বাস্তৱ গেছৰ আচৰণ
- গেছৰ জুলীয়াকৰণৰ বাবে বিভিন্ন প্ৰয়োজনীয় চৰ্তসমূহ
- গেছীয় আৰু জুলীয়া অৱস্থাৰ অবিচ্ছিন্নতাৰ উপলব্ধি
- আন্তঃআণৱিক আকৰ্ষণৰ ভিত্তিত জুলীয়া পদাৰ্থৰ ধৰ্মসমূহৰ ব্যাখ্যা।

The snowflake falls, yet lays not long
Its feath'ry grasp on Mother Earth
Ere Sun returns it to the vapors Whence it came,
Or to waters tumbling down the rocky slope.

Rod O' Connor

পাতনি (Introduction)

আগৰ অধ্যায়ত পৰমাণুৰ আকাৰ, আয়নীকৰণ এনথালপি, ইলেকট্ৰনীয় আধানৰ ঘনত্ব (electronic charge density), অণুৰ আকৃতি, ধ্ৰুৱীয়তা (polarity) আদিৰ বিষয়ে আলোচনা কৰা হৈছে। এইবোৰ হ'ল স্বাধীনভাৱে থকা একোটা কণাৰ ধৰ্ম। কিন্তু কোনো এক ৰাসায়নিক তন্ত্ৰৰ প্ৰায়বোৰ পৰ্য্যবেক্ষণীয় ধৰ্মই হ'ল পদাৰ্থৰ সামূহিক ধৰ্ম। বহু সংখ্যক পৰমাণু, অণু বা আয়নৰ সমষ্টিৰ ধৰ্মই হ'ল সামূহিক ধৰ্ম। উদাহৰণ স্বৰূপে পানী (অসংখ্য অণুৰ সমষ্টি) উতলাব পাৰি; কিন্তু পানীৰ এটা অণু উতলোৱাৰ প্ৰশ্নই নুঠে। পানীৰে কোনো বস্তু তিয়াব পাৰি, কিন্তু পানীৰ এটা অণুৰে তিয়াব নোৱাৰে। পানীক কঠিন অৱস্থাত (বৰফ), জুলীয়া অৱস্থাত (পানী) আৰু গেছীয় অৱস্থাত (বাষ্প) পোৱা যায়। বৰফ, পানী আৰু জলীয় বাষ্পৰ ভৌতিক ধৰ্মৰ যথেষ্ট পাৰ্থক্য আছে। কিন্তু এই তিনিওটা অৱস্থাতে পানীৰ ৰাসায়নিক সংযুক্তি একে; অৰ্থাৎ H_2O। পানীৰ তিনিওটা অৱস্থাৰ বৈশিষ্ট্য ইয়াৰ অণুবোৰৰ শক্তি আৰু অণুবোৰে কেনেদৰে লগ লাগে তাৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে। আন পদাৰ্থৰ ক্ষেত্ৰতো এই কথাখিনি প্ৰযোজ্য।

পদাৰ্থৰ ভৌতিক অৱস্থাৰ পৰিৱৰ্তনৰ সৈতে পদাৰ্থটোৰ ৰাসায়নিক ধৰ্মৰ কোনো পৰিৱৰ্তন নহয়; অৱশ্যে ৰাসায়নিক বিক্ৰিয়াৰ

বেগ পদাৰ্থৰ অৱস্থাৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে। বহু ক্ষেত্ৰত পৰীক্ষালব্ধ তথ্যসমূহ ব্যাখ্যা কৰিবলৈ পদাৰ্থৰ অৱস্থাৰ বিষয়ে সম্যক জ্ঞান থকা প্ৰয়োজন। সেয়ে পদাৰ্থৰ বিভিন্ন অৱস্থা নিৰ্ধাৰণ কৰা সূত্ৰসমূহৰ বিষয়ে জনাটো আৱশ্যক। এই অধ্যায়ত আমি পদাৰ্থৰ গেছীয় আৰু জুলীয়া অৱস্থাৰ বিভিন্ন ধৰ্মৰ বিষয়ে আলোচনা কৰিম। ইয়াৰ বাবে নিম্নোক্ত কথাখিনি জনা প্ৰয়োজন হ'ব–

(i) আন্তঃআণৱিক বলৰ প্ৰকৃতি

(ii) আণৱিক আন্তঃক্ৰিয়া(molecular interaction)

(iii) কণাবোৰৰ বেগৰ ওপৰত তাপীয় শক্তিৰ প্ৰভাৱ।

5.1 আন্তঃআণৱিক বল (INTERMOLECULAR FORCES)

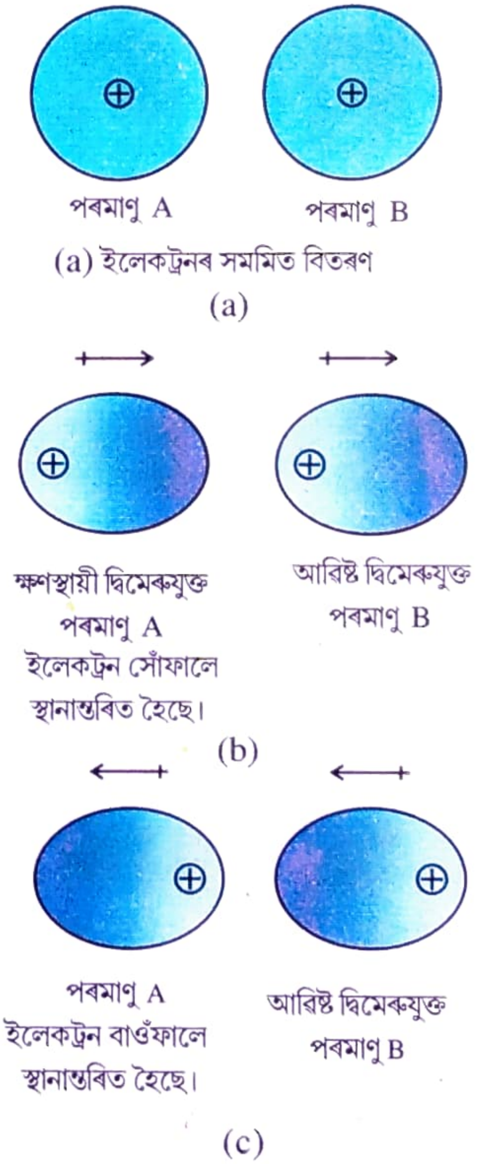
পৰস্পৰ ক্ৰিয়া কৰা পৰমাণু আৰু অণুৰ মাজত থকা আৰ্কষণ বা বিকৰ্ষণ বলকে **আন্তঃআণৱিক বল** বোলে। দুটা পৰস্পৰ বিপৰীতধৰ্মী আয়নৰ মাজত থকা স্থিতিবৈদ্যুতিক বল (electrostatic force, অৰ্থাৎ আয়নীয় বান্ধনি) নাইবা অণু এটাত থকা পৰমাণুৰ মাজৰ সহযোজী বান্ধনি আন্তঃআণৱিক বলৰ অন্তৰ্গত নহয়।

আন্তঃআণৱিক আকৰ্ষণ বলক **ভেন ডাৰ ৱালছ্ বল** (van der Walls forces) বোলা হয়। হলেণ্ডৰ বিজ্ঞানী জোহান ভেন ডাৰ ৱালছ্‌ৰ (1837-1923) সন্মানাৰ্থে এই বলৰ নাম ভেন ডাৰ ৱালছ্ বল ৰখা হৈছে। তেখেতে আদৰ্শ আচৰণৰপৰা বাস্তৱ গেছৰ আচৰণৰ বিচ্যুতিৰ কাৰণ এই বলৰদ্বাৰা ব্যাখ্যা কৰিছিল। এই বিষয়ে 5.8 অনুচ্ছেদত আমি আলোচনা কৰিম। ভেন ডাৰ ৱালছ্ বলৰ মান বিভিন্ন হ'ব পাৰে। বিস্তাৰণ বল (dispersion forces), দ্বিমেৰু-দ্বিমেৰুবল (dipole-dipole forces), দ্বিমেৰু-আৱিষ্ট দ্বিমেৰু বল (dipole-induced dipole forces) আদি ভেন ডাৰ ৱালছ বলৰ অন্তৰ্গত। হাইড্ৰ'জেন বান্ধনি একপ্ৰকাৰ তীব্ৰ দ্বিমেৰু-দ্বিমেৰু ক্ৰিয়া। যিহেতু মাত্ৰ কিছুমান মৌলইহে হাইড্ৰ'জেন বান্ধনিত ভাগ লয়, সেয়ে ইয়াক পৃথকভাৱে অধ্যায় 4ত আলোচনা কৰা হৈছে।

উল্লেখযোগ্য যে আয়ন আৰু দ্বিমেৰুৰ মাজত থকা আয়ন-দ্বিমেৰু বল (ion-dipole forces) ভেন ডাৰ ৱালছ্ বলৰ অন্তৰ্গত নহয়। গেছীয় সূত্ৰসমূহ আলোচনা কৰাৰ আগতে আমি বিভিন্ন প্ৰকাৰৰ ভেন ডাৰ ৱালছ্ বলৰ বিষয়ে আলোচনা কৰিম।

5.1.1 বিস্তাৰণ বল বা লণ্ডন বল (Dispersion Forces or London Forces)

পৰমাণু বা অধ্ৰুৱীয় অণুসমূহ বৈদ্যুতিকভাৱে সুষম। ইলেকট্ৰনবোৰ সমমিতভাৱে বিস্তাৰিত হৈ থকাৰ ফলত



চিত্ৰ 5.1 পৰমাণুৰ মাজৰ বিস্তাৰণ বল বা লণ্ডন বল

DAILY ASSAM

এইবোৰত দ্বিমেৰু ভ্ৰামকৰ (dipole moment) সৃষ্টি নহয়। কিন্তু এনে অধ্ৰুৱীয় পৰমাণু বা অণুত ক্ষণস্থায়ী দ্বিমেৰু সৃষ্টি হ'ব পাৰে। ইয়াৰ ব্যাখ্যা তলত দিয়া ধৰণে দিব পাৰি।

ধৰা A আৰু B দুটা ওচৰা-উচৰিকৈ থকা পৰমাণু (চিত্ৰ 5.1a)। দুয়োটা পৰমাণুৰে যেনিবা সমমিত (symmetrical) হৈ আছে ; অৰ্থাৎগোলকাকাৰ হৈ আছে। কোনো কাৰণত যি কোনো এটা পৰমাণুৰ (ধৰা A) ইলেকট্ৰনখিনি এফালে স্থানান্তৰিত হ'ব পাৰে। ইয়াৰ ফলত A পৰমাণুটোৱে অতি কম সময়ৰ বাবে দ্বিমেৰুৰ ধৰ্ম লাভ কৰে। A পৰমাণুটোৰ এনে ক্ষণস্থায়ী দ্বিমেৰুৰ প্ৰভাৱত B পৰমাণুটোৰ ইলেকট্ৰনখিনিও স্থানান্তৰিত হয়। ফলত B পৰমাণুটোতো আৱিষ্ট দ্বিমেৰুৰ সৃষ্টি হয়।

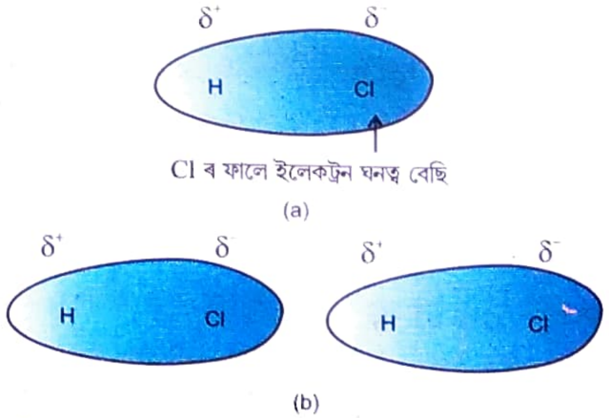
এইদৰে দ্বিমেৰু সৃষ্টি হোৱা বাবে A আৰু B পৰমাণু দুটা পৰস্পৰ আৰ্কষিত হয়। একেদৰে অণুবোৰৰ মাজতো এনে ক্ষণস্থায়ী আৱিষ্ট দ্বিমেৰুৰ (induced dipole) সৃষ্টি হ'ব পাৰে। পৰমাণু বা অণুৰ মাজত থকা এনে আকৰ্ষণৰ বিষয়ে জাৰ্মান পদাৰ্থ বিজ্ঞানী ফ্ৰিট্জ লণ্ডনে (Fritz London) প্ৰথমে মত দাঙি ধৰিছিল। সেই বাবে দুটা ক্ষণস্থায়ী দ্বিমেৰুৰ মাজত সৃষ্টি হোৱা আকৰ্ষণ বলক **লণ্ডন বল** কোৱা হয়। ইয়াক **বিস্তাৰণ বলো** (dispersion force) বোলে।

বিস্তাৰণ বলৰদ্বাৰা আৰ্কষিত কণা দুটাৰ মাজৰ দূৰত্ব r হ'লে, এই আন্তঃক্ৰিয়াৰ সৈতে জড়িত শক্তি $1/r^6$ ৰ সমানুপাতিক। কম দূৰত্বৰ (~500 pm) ক্ষেত্ৰত এনে বল প্ৰযোজ্য হয় আৰু ইয়াৰ মান কণা দুটাৰ ধ্ৰুৱীয়তাৰ (polarisability) ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে।

5.1.2 দ্বিমেৰু-দ্বিমেৰু বল (Dipole-Dipole Force)

স্থায়ী দ্বিমেৰুযুক্ত অণুবোৰৰ মাজত দ্বিমেৰু-দ্বিমেৰু বল দেখা যায়। দ্বিমেৰুৰ দুয়োটা মূৰত আংশিক আধান থাকে। আংশিক আধান বুজাবলৈ δ আখৰটো (delta, গ্ৰীক আখৰ) ব্যৱহাৰ কৰা হয়। এই আংশিক আধানৰ মান ইলেকট্ৰন এটাৰ আধানতকৈ (1.6×10^{-19}C) কম। এনে ধ্ৰুৱীয় অণুৰ ওচৰত থকা আন অণুৰ সৈতে আন্তঃক্ৰিয়া হয়। চিত্ৰ 5.2 (a)ত দ্বিমেৰুযুক্ত হাইড্ৰ'জেন ক্ল'ৰাইড অণুৰ ইলেকট্ৰনৰ বিতৰণ দেখুওৱা হৈছে। চিত্ৰ 5.2 (b)ত দুটা HCl অণুৰ মাজত থকা দ্বিমেৰু-দ্বিমেৰু আন্তঃক্ৰিয়া (dipole-dipole interaction) দেখুওৱা হৈছে। এনে ক্ৰিয়াত আংশিক আধানে ভাগ লয় কাৰণে দ্বিমেৰু-দ্বিমেৰু ক্ৰিয়া আয়ন-আয়ন ক্ৰিয়াতকৈ দুৰ্বল হয়। কিন্তু লণ্ডন বলতকৈ দ্বিমেৰু-দ্বিমেৰু বল বেছি শক্তিশালী।

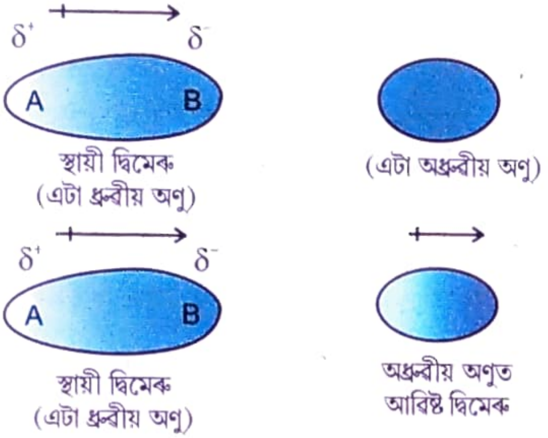
দুটা দ্বিমেৰুৰ মাজৰ দূৰত্ব বাঢ়িলে সিহঁতৰ মাজৰ আকৰ্ষণী বল কমে। স্থিৰ ধ্ৰুৱীয় অণুৰ (যেনে কঠিন পদাৰ্থৰ ক্ষেত্ৰত) ক্ষেত্ৰত দ্বিমেৰু-দ্বিমেৰু আন্তঃক্ৰিয়াৰ শক্তি $1/r^3$ ৰ সমানুপাতিক। ঘূৰ্ণীয়মান (rotating) ধ্ৰুৱীয় অণুৰ ক্ষেত্ৰত এই শক্তি $1/r^6$ ৰ সমানুপাতিক। ইয়াত r হ'ল ধ্ৰুৱীয় অণু দুটাৰ মাজৰ দূৰত্ব। দ্বিমেৰু-দ্বিমেৰু ক্ৰিয়াৰ উপৰিও ধ্ৰুৱীয় অণুবোৰ লণ্ডন বলৰদ্বাৰাও আকৰ্ষিত হ'ব পাৰে। এইদৰে ধ্ৰুৱীয় অণুবোৰৰ ক্ষেত্ৰত মুঠ আন্তঃআণৱিক বলৰ মান বৃদ্ধি পায়।



চিত্ৰ 5.2 (a) ধ্ৰুৱীয় HCl অণুত ইলেকট্ৰনৰ বিতৰণ (b) HCl অণুৰ মাজত দ্বিমেৰু-দ্বিমেৰু আন্তঃক্ৰিয়া

5.1.3 দ্বিমেৰু-আৱিষ্ট দ্বিমেৰু বল (Dipole-Induced Dipole forces)

স্থায়ী দ্বিমেৰুযুক্ত ধ্ৰুৱীয় অণু আৰু অধ্ৰুৱীয় অণুৰ মাজত এই বলৰ সৃষ্টি হয়। স্থায়ী দ্বিমেৰুযুক্ত অণুবোৰে বৈদ্যুতিকভাৱে প্ৰশম অণুৰ ইলেকট্ৰনৰ বিচ্যুতি ঘটাই আৱিষ্ট দ্বিমেৰু সৃষ্টি কৰে (চিত্ৰ 5.3)। এইদৰে সৃষ্টি হোৱা



চিত্ৰ 5.3 স্থায়ী দ্বিমেৰু আৰু আৱিষ্ট দ্বিমেৰুৰ আন্তঃক্ৰিয়া

আৱিষ্ট দ্বিমেৰুৰ সৈতে স্থায়ী দ্বিমেৰুৰ মাজৰ ক্ৰিয়াৰ লগত জড়িত শক্তি $\frac{1}{r^6}$ ৰ সমানুপাতিক (r হ'ল অণু দুটাৰ মাজৰ দূৰত্ব)। আৱিষ্ট দ্বিমেৰু ভ্ৰামকৰ (induced dipole moment) মান স্থায়ী দ্বিমেৰুযুক্ত অণুৰ দ্বিমেৰু ভ্ৰামক আৰু প্ৰশম অণুটোৰ ধ্ৰুৱীয়তাৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে। অধ্যায় 4ত আমি পাই আহিছোঁ যে আকাৰত ডাঙৰ অণুবোৰক সহজে ধ্ৰুৱীয় কৰিব পাৰি। ধ্ৰুৱীয়তাৰ মান বৃদ্ধি হ'লে অণু দুটাৰ মাজত হোৱা আৰ্কষণ বলো বৃদ্ধি হয়। এই ক্ষেত্ৰতো বিস্তাৰণ বলে দ্বিমেৰু-আৱিষ্ট দ্বিমেৰু বলৰ সৈতে একেলগে ক্ৰিয়া কৰে।

5.1.4 হাইড্ৰ'জেন বান্ধনি (Hydrogen bond)

হাইড্ৰ'জেন বান্ধনি দ্বিমেৰু-দ্বিমেৰু ক্ৰিয়াৰ এটা বিশেষ ৰূপ। অধ্যায় 4ত এই বিষয়ে বিশেষভাবে আলোচনা কৰা হৈছে। হাইড্ৰ'জেন বান্ধনি সাধাৰণতে অতি ধ্ৰুৱীয় N–H, O–H বা H–F বান্ধনিত দেখা যায়। হাইড্ৰ'জেন বান্ধনি সাধাৰণতে N, O আৰু F ৰ ক্ষেত্ৰত বিবেচনা কৰা হয়; কিন্তু P, S আৰু Cl-ৰ লগতো ই গঠন হ'ব পাৰে। হাইড্ৰ'জেন বান্ধনিৰ শক্তিৰ মান 10 ৰ পৰা 100 kJ mol^{-1} ৰ ভিতৰত থাকে। এই শক্তিৰ মান উল্লেখযোগ্য হোৱা বাবে প্ৰ'টিন, নিউক্লিক এছিড আদিৰ দৰে বহু অণুৰ গঠন আৰু ধৰ্মত H-বান্ধনিয়ে এক গুৰুত্বপূৰ্ণ ভূমিকা লয়। H-বান্ধনিত ভাগ লোৱা এটা অণুৰ বিদ্যুৎঋণাত্মক পৰমাণুটোৰ একাকী যুগ্ম ইলেকট্ৰন (lone pain electron) আৰু আনটো অণুৰ H-পৰমাণুৰ মাজত ক্ৰিয়া কৰা কুলম্বীয় আকৰ্ষণৰদ্বাৰা H-বান্ধনিৰ তীব্ৰতা নিৰ্ণয় কৰা হয়। তলত H-বান্ধনিৰ গঠন দেখুওৱা হৈছে—

$$\overset{\delta+}{H}-\overset{\delta-}{F} \cdots\cdots \overset{\delta+}{H}-\overset{\delta-}{F}$$

এতিয়ালৈকে আমি আন্তঃআণৱিক আকৰ্ষণ বলৰ কথা আলোচনা কৰিলোঁ। অণুবোৰৰ মাজত বিকৰ্ষণ বলো আছে। দুটা অণু পৰস্পৰ ওচৰ চাপিলে অণু দুটাৰ ইলেকট্ৰনৰ মাজত আৰু নিউক্লিয়াছৰ মাজত বিকৰ্ষণ বল থাকে। অণুবোৰৰ মাজৰ দূৰত্ব যিমানেই কম হয় বিকৰ্ষণ বলো সিমানেই বাঢ়ে। ইয়াৰ বাবেই কঠিন বা তৰল পদাৰ্থৰ সংকোচন ঘটোৱা অতি টান। কঠিন বা তৰল পদাৰ্থত অণুবোৰ ওচৰা-ওচৰিকৈ থাকে। কঠিন বা জুলীয়া পদাৰ্থ সংকোচন কৰিবলৈ বিচাৰিলে বিকৰ্ষণ বল বৃদ্ধি হৈ সংকোচনত বাধা দিয়ে।

5.2 তাপীয় শক্তি (THERMAL ENERGY)

উষ্ণতাৰ বাবে এবিধ পদাৰ্থৰ যিখিনি শক্তি থাকে সেয়াই হ'ল পদাৰ্থবিধৰ তাপীয় শক্তি। অথবা ইয়াক পৰমাণু আৰু অণুবোৰৰ গতিৰ ফলত সৃষ্টি হোৱা শক্তি বুলিবও পাৰি। তাপীয় শক্তি পদাৰ্থ এটাৰ উষ্ণতাৰ সমানুপাতিক; অৰ্থাৎ উষ্ণতা বাঢ়িলে তাপীয় শক্তি বাঢ়ে, উষ্ণতা কমিলে অণুবোৰৰ তাপীয় শক্তি কমে।

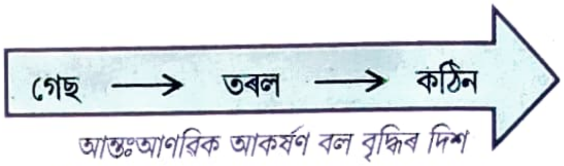
DAILY ASSAM

পদাৰ্থটোৰ কণাবোৰৰ গড় গতিশক্তিৰ জোখেই হ'ল তাপীয় শক্তি। তাপীয় শক্তিৰ বাবেই কণাবোৰে গতি লাভ কৰে। কণাবোৰৰ এই গতিক **তাপীয় গতি** (thermal motion) বোলা হয়।

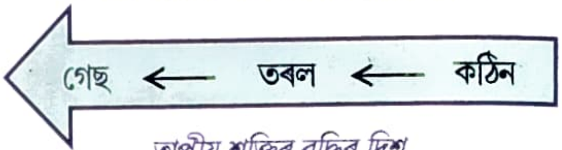
5.3 আন্তঃআণৱিক আকৰ্ষণ বল আৰু তাপীয় শক্তি (INTERMOLECULAR FORCES vs THERMAL INTERACTIONS)

আমি পাই অহা পদাৰ্থৰ অৱস্থা তিনিটা আচলতে দুটা বিপৰীত পৰিঘটনাৰ সামগ্ৰিক ফল। তাৰে এটা হ'ল পদাৰ্থৰ অণুবোৰৰ মাজৰ আকৰ্ষণ বল। আকৰ্ষণ বলে অণুবোৰক ওচৰা-ওচৰিকৈ ধৰি ৰাখিবলৈ চেষ্টা কৰে। আনটো পৰিঘটনা হ'ল তাপীয় শক্তি, যিয়ে অণুবোৰক পৰস্পৰ দূৰলৈ ঠেলি দিবলৈ প্ৰয়াস কৰে। এই দুটা পৰস্পৰ বিৰোধী ঘটনাৰ সাম্যৰ ফলতেই আমি কঠিন, তৰল বা গেছীয় অৱস্থা পাওঁ।

গেছৰ অণুবোৰৰ মাজত আকৰ্ষণী (আন্তঃআণৱিক বল) বল অতি কম। সেইবাবে সাধাৰণ অৱস্থাত গেছৰ অণুবোৰে লগ লাগি জুলীয়া বা কঠিন অৱস্থাৰ সৃষ্টি কৰিব নোৱাৰে। চাপ প্ৰয়োগ কৰি গেছক সংকুচিত কৰিব পাৰি। সংকুচিত অৱস্থাত গেছৰ অণুবোৰে পৰস্পৰৰ অতি ওচৰ চাপি আহিব পাৰে। তথাপি এনে সংকোচনৰ বাবে গেছ এটা জুলীয়া অৱস্থাপ্ৰাপ্ত নহয়। সংকোচনৰ লগে লগে উষ্ণতা কমাই তাপীয় শক্তি হ্ৰাস কৰিলে গেছীয় পদাৰ্থ এটা সহজে জুলীয়া অৱস্থালৈ পৰিবৰ্তিত হ'ব পাৰে। অণুবোৰৰ তাপীয় শক্তিৰ মান আন্তঃআণৱিক বলতকৈ বেছি হ'লে পোৱা যায়। আনহাতে কঠিন অৱস্থাত আন্তঃআণৱিক বলৰ মান তাপীয় শক্তিতকৈ বেছি হয়। তলত এটা পদাৰ্থৰ তিনিওটা অৱস্থাৰ ক্ষেত্ৰত আন্তঃআণৱিক বল আৰু তাপীয় শক্তিৰ ভূমিকা দেখুওৱা হৈছে—



আন্তঃআণৱিক আকৰ্ষণ বল বৃদ্ধিৰ দিশ



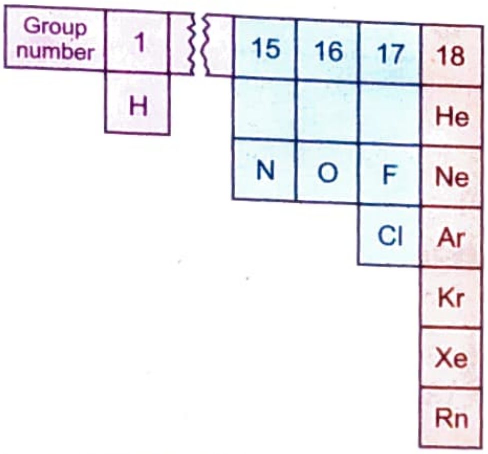
তাপীয় শক্তিৰ বৃদ্ধিৰ দিশ

ওপৰৰ কথাখিনিৰপৰা আমি পদাৰ্থৰ তিনিওটা অৱস্থাৰ অস্তিত্বৰ কাৰণ জানিব পাৰিলোঁ। এতিয়া আমি গেছীয় আৰু জুলীয়া অৱস্থাৰ ধৰ্ম সম্বন্ধে বিশদভাৱে আলোচনা কৰিম। লগতে যিবোৰ সূত্ৰই গেছীয় আৰু জুলীয়া অৱস্থাৰ আচৰণ নিৰ্দেশ কৰে সেইবোৰ সূত্ৰ আলোচনা কৰিম। কঠিন অৱস্থাৰ বিষয়ে দ্বাদশ শ্ৰেণীত আলোচনা কৰা হ'ব।

5.4 গেছীয় অৱস্থা (THE GASEOUS STATE)

গেছীয় অৱস্থা হৈছে পদাৰ্থৰ আটাইতকৈ সৰল, কিন্তু গুৰুত্বপূৰ্ণ অৱস্থা। আমি সকলোৱে বায়ুৰ সাগৰত ডুব গৈ আছো। এই বায়ু হ'ল বিভিন্ন গেছৰ মিশ্ৰ। বায়ুৰ আটাইতকৈ নিম্ন স্তৰত আমি বাস কৰোঁ। এই স্তৰটোক ট্ৰপ'স্ফিয়াৰ (troposphere) বোলা হয়। এই বায়ুস্তৰটো পৃথিৱীৰ মাধ্যাকৰ্ষণ বলৰদ্বাৰা আকৰ্ষিত হৈ থাকে। জীৱৰ বাবে এই স্তৰটোৰ গুৰুত্ব অপৰিসীম। ই ক্ষতিকাৰক বিকিৰণৰপৰা আমাক ৰক্ষা কৰে। এই স্তৰৰ মূল উপাদান হ'ল ডাইঅক্সিজেন, ডাইনাইট্ৰ'জেন, কাৰ্বন ডাইঅক্সাইড, জলীয় বাষ্প আদি।

যিবোৰ পদাৰ্থ স্বাভাৱিক উষ্ণতা আৰু চাপত গেছীয় অৱস্থাত থাকে সেইবোৰৰ বৈশিষ্ট্য সম্বন্ধে আমি প্ৰথমে আলোচনা কৰিম। পৰ্যাবৃত্ত তালিকাখন অধ্যয়ন কৰিলে দেখা যায় যে সাধাৰণ উষ্ণতা আৰু চাপত মাত্ৰ 11টা মৌল গেছীয় অৱস্থাত থাকে (চিত্ৰ 5.4)।



চিত্ৰ 5.4 সাধাৰণতে গেছীয় অৱস্থাত থকা 11 টা মৌল

গেছীয় পদাৰ্থসমূহে প্ৰদৰ্শন কৰা উল্লেখযোগ্য বৈশিষ্ট-সমূহ হ'ল—

- গেছবোৰৰ সংকোচনশীলতা অতি বেছি।
- গেছে তাৰ চাৰিওফালে সমান পৰিমাণৰ চাপ দি থাকে।
- কঠিন বা তৰল পদাৰ্থৰ তুলনাত গেছীয় পদাৰ্থৰ ঘনত্ব যথেষ্ট কম।
- গেছৰ নিৰ্দিষ্ট আয়তন আৰু আকৃতি নাথাকে; ই গোটেই পাত্ৰটোৰ আয়তন অধিকাৰ কৰে আৰু পাত্ৰটোৰ আকৃতি লয়।
- যান্ত্ৰিক সাহায্য অবিহনেই দুই বা ততোধিক গেছ যিকোনো অনুপাতত মিহলি হৈ সমসত্ব মিশ্ৰ উৎপন্ন কৰে।

বিভিন্ন পৰীক্ষা-নিৰীক্ষাৰদ্বাৰা দেখা গৈছে যে গেছৰ এনে সৰল আচৰণৰ কাৰণ হ'ল গেছৰ অণুবোৰৰ মাজত থকা দুৰ্বল আন্তঃআণৱিক বল। গেছৰ বিভিন্ন পৰীক্ষালব্ধ সূত্ৰসমূহৰদ্বাৰা এই আচৰণ ব্যাখ্যা কৰিব পাৰি। এই সূত্ৰসমূহ হ'ল গেছৰ পৰিমাপনযোগ্য কিছুমান ধৰ্মৰ মাজত থকা পাৰস্পৰিক সম্পৰ্ক। এই ধৰ্মবোৰ হ'ল— চাপ, আয়তন, উষ্ণতা আৰু পৰিমাণ। এই প্ৰতিটো ধৰ্ম পৰিৱৰ্তনশীল আৰু এটা আনটোৰ ওপৰত নিৰ্ভৰশীল। এই নিৰ্ভৰশীলতাৰ ওপৰত ভিত্তি কৰি গেছসূত্ৰসমূহ আৱিষ্কৃত হৈছে।

5.5 গেছ সূত্ৰসমূহ (THE GAS LAWS)

গেছৰ ভৌতিক ধৰ্মৰ ওপৰত কেইবা শতিকা জুৰি বিভিন্ন পৰীক্ষা-নিৰীক্ষা চলি আহিছে। এই পৰীক্ষাৰপৰা পোৱা সূত্ৰসমূহৰ বিষয়ে এতিয়া আমি আলোচনা কৰিম। 1662 চনত এংলো-আইৰিছ বিজ্ঞানী **ৰবাৰ্ট বয়েলে** (Robert Boyle) পোন প্ৰথমে গেছৰ আয়তন আৰু চাপৰ মাজত সম্বন্ধ স্থাপন কৰে। ফ্ৰান্সৰ পদাৰ্থবিদ **জে এ চাৰ্লছ** (J A Charles, 1787) আৰু **জে এল গে' লুছাকে** (J L Gay Lussac, 1802) বেলুনৰ বাবে পাতল গেছৰ অনুসন্ধান কৰিবলৈ গৈ গেছৰ আয়তন আৰু উষ্ণতাৰ সম্পৰ্ক স্থাপন কৰে। পাছত **অমিডিঅ' এভ'গ্ৰেড্ৰ'** (Amedeo Avogadro) আৰু অন্যান্য বিজ্ঞানীয়ে গেছৰ আন আন সূত্ৰসমূহ আগবঢ়ায়।

5.5.1 বয়লৰ সূত্ৰ ঃ চাপ-আয়তনৰ সম্পৰ্ক (Boyle's Law : Pressure-Volume Relationship)

ৰবাৰ্ট বয়লে বিভিন্ন পৰীক্ষা-নিৰীক্ষাৰদ্বাৰা এইটো সাব্যস্ত কৰে যে স্থিৰ উষ্ণতাত কোনো নিৰ্দিষ্ট পৰিমাণৰ (অৰ্থাৎ, mol, n) গেছৰ চাপ তাৰ আয়তনৰ সৈতে ব্যস্তানুপাতিক-ভাৱে পৰিৱৰ্তিত হয়। ইয়াকে **বয়লৰ সূত্ৰ** বোলে। গাণিতিক ৰূপত

$$p \propto \frac{1}{V} \quad (T \text{ আৰু } n \text{ ধ্ৰুৱক}) \tag{5.1}$$

$$\Rightarrow p = k_1 \frac{1}{V} \tag{5.2}$$

য'ত k_1 হ'ল সমানুপাতিক ধ্ৰুৱক। ইয়াৰ মান গেছটোৰ পৰিমাণ, উষ্ণতা আৰু p আৰু V ৰ এককৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে। 5.2 নং সমীকৰণৰপৰা আমি পাওঁ—

$$pV = k_1 \tag{5.3}$$

অৰ্থাৎ **বয়লৰ সূত্ৰ** মতে, স্থিৰ উষ্ণতাত কোনো নিৰ্দিষ্ট পৰিমাণৰ গেছৰ চাপ আৰু আয়তনৰ গুণফল এটা ধ্ৰুৱক। যদি স্থিৰ উষ্ণতাত (T) কোনো নিৰ্দিষ্ট পৰিমাণৰ গেছৰ আয়তন p_1 চাপত V_1 আৰু p_2 চাপত আয়তন V_2 হয়,

তেনেহ'লে বয়লৰ সূত্ৰ অনুসৰি

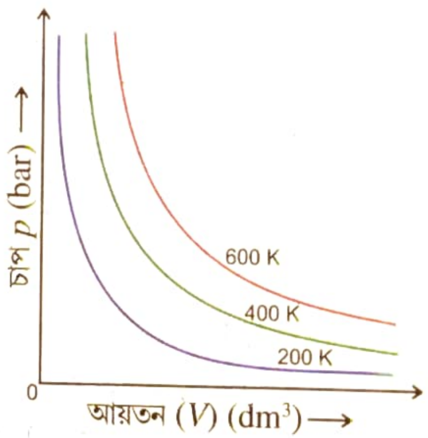
$$p_1V_1 = p_2V_2 = k \text{ (ধ্ৰুৱক)} \quad (5.4)$$

$$\Rightarrow \quad \frac{p_1}{p_2} = \frac{V_2}{V_1} \quad (5.5)$$

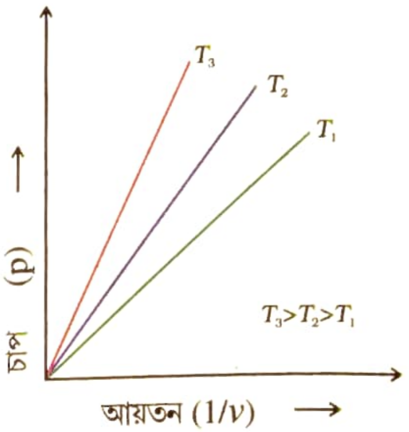
বয়লৰ সূত্ৰৰ লেখ চিত্ৰ

(Graphical Representation of Boyle's Law)

সাধাৰণতে দুই ধৰণৰ লেখৰ সহায়ত বয়লৰ সূত্ৰ প্ৰকাশ কৰা হয় (চিত্ৰ 5.5)। বিভিন্ন উষ্ণতাত সমীকৰণ 5.3 ব্যৱহাৰ কৰি পোৱা লেখডাল চিত্ৰ 5.5(a)ত দেখুওৱা হৈছে। কোনো নিৰ্দিষ্ট উষ্ণতাত নিৰ্দিষ্ট পৰিমাণৰ গেছৰ বাবে চাপৰ (p) বিপৰীতে আয়তনৰ (V) লেখডাল আয়তাকৃতিৰ পৰাবৃত্ত (rectangular hyperbola) হয়। উষ্ণতা ভেদে k_1 ৰ মান বেলেগ বেলেগ হয়। সেইবাবে



চিত্ৰ 5.5(a) বিভিন্ন উষ্ণতাত চাপ pৰ বিপৰীতে আয়তনৰ (V) লেখ



চিত্ৰ 5.5 (b) বিভিন্ন উষ্ণতাত pৰ বিপৰীতে $\frac{1}{V}$ ৰ লেখ

আন এক নিৰ্দিষ্ট উষ্ণতাত p ৰ বিপৰীতে V ৰ মানবোৰ বহুৱালে আন এটা আয়তাকাৰ পৰাবৃত্ত পোৱা যাব। স্থিৰ উষ্ণতাত $p–V$ লেখচিত্ৰবোৰক **সমতাপক ৰেখা** (isotherm) **বোলা হয়।** উচ্চ উষ্ণতাত পোৱা সমতাপক ৰেখাবোৰৰ স্থান নিম্ন উষ্ণতাত পোৱা সমতাপক ৰেখাৰ ওপৰত হয়। লক্ষ্য কৰিলে দেখা যাব যে চাপ দুগুণ কৰিলে আয়তন আধা হয়। তালিকা 5.1ত 300 K উষ্ণতাত 0.09 ম'ল CO_2 গেছৰ আয়তনৰ ওপৰত চাপৰ প্ৰভাৱ দেখুওৱা হৈছে।

চিত্ৰ 5.5 (b)ত pৰ বিপৰীতে $\frac{1}{V}$ বহুৱাই পোৱা লেখ দেখুওৱা হৈছে। বিভিন্ন উষ্ণতাত পোৱা লেখবোৰৰ প্ৰতিডালেই হ'ল মূলবিন্দুৰ মাজেদি যোৱা সৰল ৰেখা। কিন্তু মনত ৰাখিবা, অতি উচ্চ চাপত গেছসমূহে বয়লৰ

তালিকা 5.1 300 K উষ্ণতাত 0.09 ম'ল CO_2 গেছৰ আয়তনৰ ওপৰত চাপৰ প্ৰভাৱ।

চাপ /10^4 Pa	আয়তন /10^{-3}m^3	$(1/V)$/m^3	$pV/10^2$ Pa m^3
2.0	112.0	8.90	22.40
2.5	89.2	11.2	22.30
3.5	64.2	15.6	22.47
4.0	56.3	17.7	22.50
6.0	37.4	26.7	22.44
8.0	28.1	35.6	22.48
10.0	22.4	44.6	22.40

সূত্ৰ মানি নচলে। তেনে ক্ষেত্ৰত লেখডাল সৰলৰেখা নহ'ব।

বয়লৰ পৰীক্ষাৰদ্বাৰা এইটো প্ৰমাণিত হৈছে যে গেছবোৰৰ সংকোচনশীলতা অতি বেছি। কোনো নিৰ্দিষ্ট পৰিমাণৰ গেছ সংকুচিত কৰিলে গেছটোৰ ঘনত্ব বাঢ়ে। কাৰণ সংকোচনৰ ফলত আয়তন কম হয় যদিও অণুৰ সংখ্যা একে থাকে। বয়লৰ সূত্ৰ ব্যৱহাৰ কৰি গেছৰ চাপ আৰু ঘনত্বৰ মাজত এটা সম্বন্ধ স্থাপন কৰিব পাৰি।

সংজ্ঞামতে, ঘনত্ব (d), ভৰ (m) আৰু আয়তনৰ (V) মাজৰ সম্পৰ্ক হ'ল

$$d = \frac{m}{V}$$

বয়লৰ সূত্ৰৰপৰা (সমীকৰণ 5.3) আমি পাওঁ

$$V = \frac{k_1}{p}$$

$$\therefore \quad d = \frac{m}{k_1 / p} = \frac{m}{k_1} p = k'p$$

(ভৰ ধ্ৰুৱক হ'লে $\frac{m}{k_1} = k'$ ধ্ৰুৱক হ'ব)

$$\therefore d \propto p$$

অৰ্থাৎ স্থিৰ উষ্ণতাত নিৰ্দিষ্ট পৰিমাণৰ গেছৰ চাপ গেছটোৰ ঘনত্বৰ সমানুপাতিক।

উদাহৰণ 5.1

সাধাৰণ উষ্ণতাত বেলুন এটাত হাইড্ৰ'জেন গেছ ভৰোৱা হৈছে। গেছটোৰ চাপ 0.2 bar তকৈ বেছি হ'লে বেলুনটো ফাটি যায়। যদি 1 bar চাপত বেলুনটোৰ আয়তন 2.27 L হয়, তেন্তে কিমান আয়তনলৈ বেলুনটো প্ৰসাৰিত কৰিব পৰা যাব?

সমাধান

দিয়া আছে, $p_1 = 1$ bar $\quad V_1 = 2.27$ L

আৰু $p_2 = 0.2$ bar

আয়তন V_2ৰ মান উলিয়াব লাগে।

বয়লৰ সূত্ৰ অনুসৰি, $p_1V_1 = p_2V_2$

গতিকে $V_2 = \frac{p_1V_1}{p_2}$

$$\Rightarrow \quad V_2 = \frac{1\,\text{bar} \times 2.27\ \text{L}}{0.2\ \text{bar}} = 11.35\ \text{L}$$

যিহেতু, বেলুনটো 0.2 bar ত ফাটি যায়, সেয়ে বেলুনটোৰ আয়তন 11.35 L তকৈ কম হ'ব লাগিব।

5.5.2 চাৰ্লছৰ সূত্ৰঃ উষ্ণতা-আয়তন সম্বন্ধ (Charles' Law : Temperature Volume Relationship)

চাৰ্লছ (Charles) আৰু গে' লুছাকে (Gay Lussac) বেলুনৰ বাবে পাতল গেছৰ অনুসন্ধান কৰিবলৈ গৈ পৃথক পৃথক ভাবে বিভিন্ন পৰীক্ষা-নিৰীক্ষা কৰিছিল। তেওঁলোকৰ পৰীক্ষাসমূহত এইটো লক্ষ্য কৰা গৈছিল যে নিৰ্দিষ্ট পৰিমাণৰ কোনো গেছৰ চাপ অপৰিবৰ্তিত ৰাখি উষ্ণতা বৃদ্ধি কৰিলে গেছটোৰ আয়তন বৃদ্ধি হয়; উষ্ণতা হ্ৰাস কৰিলে আয়তন হ্ৰাস হয়।

চাৰ্লছ আৰু গে' লুছাকে লক্ষ্য কৰিছিল যে স্থিৰ চাপত কোনো নিৰ্দিষ্ট পৰিমাণৰ গেছৰ উষ্ণতা 1° C বৃদ্ধি কৰিলে গেছটোৰ আয়তন 0° C উষ্ণতাৰ আয়তনৰ $\frac{1}{273.15}$ অংশ বৃদ্ধি হয়।

স্থিৰ চাপত নিদিষ্ট পৰিমাণৰ গেছ এটাৰ কথা বিবেচনা কৰা। ধৰা, 0° C আৰু t° C উষ্ণতাত গেছটোৰ আয়তন ক্ৰমে V_0 আৰু V_t হয়, গতিকে চাৰ্লছৰ সূত্ৰ অনুসৰি

$$V_t = V_0 + \frac{t}{273.15} V_0$$

$$\Rightarrow V_t = V_0 \left(1 + \frac{t}{273.15}\right)$$

DAILY ASSAM

$$V_t = V_0\left(\frac{273.15+t}{273.15}\right) \qquad (5.6)$$

ব্ৰিটিছ বিজ্ঞানী লৰ্ড **কেলভিনে** (Lord Kelvin)- 273.15°C ক শূন্য ডিগ্ৰী বুলি ধৰি এক নতুন উষ্ণতা-মাপক স্কেল উদ্ভাৱন কৰে। তেওঁৰ এই স্কেলক **কেলভিন উষ্ণতা স্কেল** (Kelvin temperature scale) বা **পৰম উষ্ণতা স্কেল** (Absolute temperature scale) বোলা হয়। চেলছিয়াছ উষ্ণতাৰ সৈতে 273.15 যোগ কৰিলে কেলভিন উষ্ণতা পোৱা যায়। অৰ্থাৎ কেলভিন স্কেলমতে,

t° C উষ্ণতা = (273.15 + t) K, আৰু

গতিকে 0°C উষ্ণতা = (273.15 + 0) = 273.15 K

এতিয়া যদি (273.15+ t) K উষ্ণতাক T_t আৰু 273.15 K উষ্ণতাক T_0 ৰে চিহ্নিত কৰা হয়, তেন্তে সমীকৰণ 5.6ৰ পৰা পাম—

$$V_t = V_0\left(\frac{T_t}{T_0}\right)$$

$$\Rightarrow \frac{V_t}{V_0} = \frac{T_t}{T_0} \qquad (5.7)$$

সাধাৰণভাৱে সমীকৰণটো এনেদৰে লিখিব পাৰি—

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1} \qquad (5.8)$$

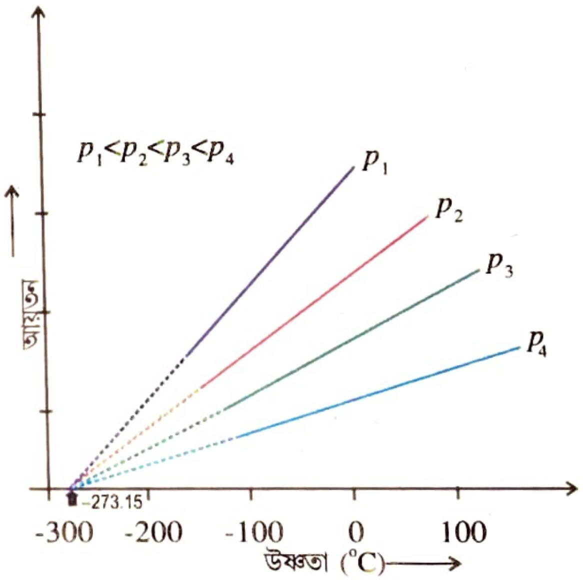
$$\Rightarrow \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

$$\Rightarrow \frac{V}{T} = \text{ধ্ৰুৱক} = k_2 \qquad (5.9)$$

$$\Rightarrow V = k_2 T \quad \text{অৰ্থাৎ,} \quad V \propto T \qquad (5.10)$$

ধ্ৰুৱক k_2ৰ মান গেছটোৰ চাপ, ইয়াৰ পৰিমাণ আৰু আয়তনৰ এককৰ ওপৰত ভিত্তি কৰি নিৰ্ধাৰণ কৰা হয়। সমীকৰণ 5.10 হ'ল চাৰ্লছৰ সূত্ৰৰ গাণিতিক প্ৰকাশ। এই সমীকৰণটোৰপৰা বিকল্পভাৱে চাৰ্লছৰ সূত্ৰ এনেদৰে দিব পাৰি— **"স্থিৰ চাপত নিৰ্দিষ্ট পৰিমাণৰ কোনো গেছৰ আয়তন গেছটোৰ পৰম উষ্ণতাৰ সমানুপাতিক"।**

চাৰ্লছৰ সূত্ৰ অনুসৰি V ৰ (y-অক্ষত) বিপৰীতে t ৰ (x-অক্ষত) মানবোৰ বহুৱালে চাপ ভেদে বেলেগ বেলেগ সৰল ৰেখা পোৱা যায়। এই সৰলৰেখাবোৰ শূন্য আয়তনৰ ফালে বঢ়াই দিলে – 273.15°C উষ্ণতাত x-অক্ষক ছেদ কৰে। বেলেগ বেলেগ চাপত পোৱা ৰেখাবোৰৰ প্ৰৱণতা (slope) বেলেগ বেলেগ হোৱা স্বত্বেও শূন্য আয়তনত আটাইবোৰ ৰেখা – 273.15°C উষ্ণতাত (x-অক্ষত) মিলিত হয়। (চিত্ৰ 5.6)।



চিত্ৰ 5.6 আয়তনৰ বিপৰীতে উষ্ণতা (°C) লেখ

স্থিৰ চাপত এইদৰে পোৱা প্ৰতিডাল সৰলৰেখাক **সমচাপী ৰেখা** (isobar) বোলা হয়।

সমীকৰণ (5.6) ত t = – 273.15 °C বহুৱালে গেছটোৰ আয়তন শূন্য হ'ব।

$$V_{-273.15} = V_0\left(\frac{273.15-273.15}{273.15}\right) = 0$$

অৰ্থাৎ – 273.15°C উষ্ণতাত গেছীয় আয়তন শূন্য হ'ব;

গেছবিধ গেছ হিচাপে নাথাকিব। প্ৰকৃততে এনে নিম্ন উষ্ণতা পোৱাৰ বহু আগতেই সকলোবিধ গেছীয় পদাৰ্থ জুলীয়া হৈ শেষত কঠিন অৱস্থা পায়। এতিয়ালৈকে $-273.15^\circ C$ উষ্ণতাত উপনীত হ'ব পৰা নাই। গতিকে যি কাল্পনিক উষ্ণতাত গেছৰ আয়তন শূন্য হ'ব বুলি ধৰা হয়, তাক **পৰম শূন্য** (absolute zero)বোলা হয়।

সকলো গেছে নিম্ন চাপ আৰু উচ্চ উষ্ণতাত চাৰ্লছৰ সূত্ৰ মানি চলে।

উদাহৰণ 5.2

প্ৰশান্ত মহাসাগৰত থকা জাহাজ এখনত $23.4^\circ C$ উষ্ণতাত বেলুন এটাত 2 L বায়ু ভৰোৱা হ'ল। জাহাজখন ভাৰত মহাসাগৰলৈ অহাত উষ্ণতা $26.1^\circ C$ হ'লগৈ। এই উষ্ণতাত বেলুনটোৰ আয়তন কিমান হ'ব?

সমাধান

ইয়াত

$V_1 = 2\text{ L}$ $\qquad V_2 = ?$

$T_1 = (273+23.4)\text{ K} = 296.4\text{ K}$ $\qquad T_2 = (273+26.1)\text{K} = 299.1\text{ K}$

চাৰ্লছৰ সূত্ৰ মতে,

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

$$\Rightarrow V_2 = \frac{V_1 T_2}{T_1}$$

$$\Rightarrow V_2 = \frac{2\text{ L} \times 299.1\text{ K}}{296.4\text{ K}}$$

$$= 2.018\text{ L}$$

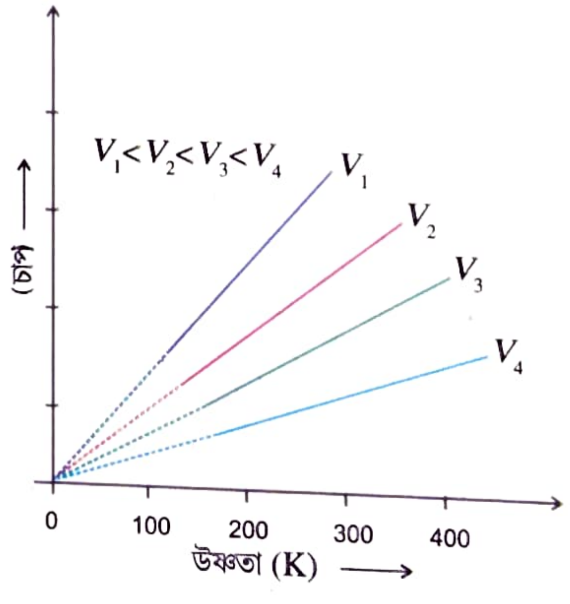
5.5.3 গে' লুছাকৰ সূত্ৰ, চাপ-উষ্ণতা সম্পৰ্ক (Gay Lussac's Law, Pressure-Temperature Relationship)

মটৰগাড়ীৰ চকাত সম্পূৰ্ণকৈ বায়ু ভৰোৱাৰ পাছত চকাটোৰ ভিতৰত চাপ সাধাৰণ অৱস্থাত প্ৰায় স্থিৰে থাকে। কিন্তু গ্ৰীষ্ম কালৰ গৰমত গাড়ীৰ টায়াৰৰ চাপ যথেষ্ট বাঢ়ি যোৱা দেখা যায়। এই অৱস্থাত বায়ুৰ চাপ নিয়ন্ত্ৰন নকৰিলে টায়াৰ ফাটি যোৱাৰ সম্ভাৱনা থাকে। আকৌ শীত কালত টায়াৰৰ চাপ কমি যায়। অৰ্থাৎ দেখা যায় যে উষ্ণতাৰ সৈতে বায়ুৰ চাপৰ সম্বন্ধ আছে। গেছৰ চাপ আৰু উষ্ণতাৰ সম্বন্ধ প্ৰথমে **যোছেফ লুইছ গে লুছাকে** (Joseph Lewis Gay Lussac) আগবঢ়ায় আৰু এই সম্বন্ধক **গে লুছাকৰ সূত্ৰ** বোলা হয়। এই সূত্ৰমতে, **স্থিৰ আয়তনত নিৰ্দিষ্ট পৰিমাণৰ গেছৰ চাপ ইয়াৰ উষ্ণতাৰ সমানুপাতিক**। গাণিতিকভাৱে—

$$p \propto T \quad (V, n \text{ ধ্ৰুৱক})$$

$$\Rightarrow p/T = \text{ধ্ৰুৱক} = k_3$$

বয়লৰ সূত্ৰ আৰু চাৰ্লছৰ সূত্ৰৰপৰা এই সম্বন্ধটো উপপাদন কৰিব পাৰি। স্থিৰ ম'লাৰ আয়তনত চাপৰ বিপৰীতে উষ্ণতা বহুৱাই পোৱা লেখ চিত্ৰ 5.7ত দেখুওৱা হৈছে। এই লেখক **আইছ'ক'ৰ (isochore)** বোলা হয়।



চিত্ৰ 5.7 p –T লেখ (isochore)

5.5.4 এভ'গেড্ৰ'ৰ সূত্ৰ (আয়তন-পৰিমাণ সম্বন্ধ) Avogadro's Law (Volume-Amount Relationship)

1811 চনত ইটালীৰ বিজ্ঞানী অমিডিঅ' এভ'গেড্ৰ'ই (Amedeo Avogadro) ডেল্টনৰ পাৰমাণৱিক সূত্ৰ আৰু গে'লুছাকৰ **গেছ-আয়তন সূত্ৰ**ৰ (অধ্যায় 1) মাজত এটা সমন্বয় স্থাপন কৰিবলৈ চেষ্টা কৰিছিল। এই চেষ্টাৰ ফলত এভ'গেড্ৰ'ৰ সূত্ৰৰ সূচনা হয়। এই সূত্ৰমতে, **একে উষ্ণতা আৰু চাপত থকা সম আয়তনৰ সকলো গেছীয় পদাৰ্থতে সমান সংখ্যক অণু থাকে**। অৰ্থাৎ উষ্ণতা আৰু চাপ স্থিৰ থাকিলে গেছৰ আয়তন গেছখিনিত থকা গেছৰ পৰিমাণ, অৰ্থাৎ ম'লৰ সমানুপাতিক। গাণিতিকভাৱে,

$V \propto n$, য'ত n হ'ল গেছৰ ম'ল।

$$\Rightarrow V = k_4 n \qquad (5.11)$$

এক ম'ল গেছত থকা অণুৰ সংখ্যা হ'ল 6.022×10^{23}; এই সংখ্যাটোক **এভ'গেড্ৰ'ৰ সংখ্যা** (Avogadro's number) বোলা হয়। (অধ্যায় 1ৰ 1.8 অনুচ্ছেদ চোৱা)।

যিহেতু গেছৰ আয়তন ম'লৰ সমানুপাতিক সেয়ে প্ৰমাণ **উষ্ণতা আৰু চাপত (STP *) যিকোনো গেছৰ 1 molৰ আয়তন একে হ'ব। প্ৰমাণ উষ্ণতা (standard temperature) হ'ল 273.15 K (0°C) উষ্ণতা আৰু প্ৰমাণ চাপ (standard pressure) হ'ল 1 bar (10^5 Pa)। এই মান দুটা যথাক্ৰমে পানীৰ হিমাংক আৰু সমুদ্ৰ পৃষ্ঠত বায়ুৰ চাপৰ প্ৰায় সমান। STP ত এটা আদৰ্শ গেছ বা আদৰ্শ গেছ মিশ্ৰ এটাৰ ম'লাৰ আয়তন 22.71098 L mol⁻¹ হয়।** কিছুমান গেছৰ STP ত ম'লাৰ আয়তন তালিকা 5.2 ত দিয়া হ'ল।

তালিকা 5.2 273.15 K উষ্ণতা আৰু 1bar চাপত (STPত) কিছুমান গেছৰ ম'লাৰ আয়তন।

গেছ	ম'লাৰ আয়তন (L mol^{-1})
আৰ্গন (Ar)	22.37
কাৰ্বন ডাইঅক্সাইড (CO_2)	22.54
ডাইনাইট্ৰ'জেন (N_2)	22.69
ডাইঅক্সিজেন (O_2)	22.69
ডাইহাইড্ৰ'জেন (H_2)	22.72
আদৰ্শ গেছ	22.71

কোনো এটা গেছৰ এক নিৰ্দিষ্ট ভৰত কিমান ম'ল আছে সেয়া তলত দিয়া ধৰণে গণনা কৰিব পাৰি—

$$n = \frac{m}{M} \qquad (5.12)$$

ইয়াত m হ'ল গেছটোৰ ভৰ আৰু M হ'ল ম'লাৰ ভৰ। গতিকে সমীকৰণ (5.11)ৰ পৰা পাওঁ

$$V = k_4 \frac{m}{M} \qquad (5.13)$$

$$\Rightarrow M = k_4 \frac{m}{V} = k_4 d \qquad (5.14)$$

ইয়াত d হ'ল গেছটোৰ ঘনত্ব। সমীকৰণ (5.14) ৰপৰা আমি পাওঁ যে, গেছৰ ঘনত্ব গেছটোৰ ম'লাৰ ভৰৰ সমানুপাতিক।

যিবোৰ গেছীয় পদাৰ্থই সকলো উষ্ণতা আৰু চাপত বয়লৰ সূত্ৰ, চাৰ্লছৰ সূত্ৰ আৰু এভ'গেড্ৰ'ৰ সূত্ৰ মানি চলে সেইবোৰক **আদৰ্শ গেছ (ideal gas)** বোলা হয়। প্ৰকৃততে আদৰ্শ গেছৰ কোনো অস্তিত্ব নাই; ই কাল্পনিক। আদৰ্শ গেছৰ ক্ষেত্ৰত গেছৰ অণুবোৰৰ মাজত আকৰ্ষণ বল নাথাকে বুলি ধৰা হয়। প্ৰকৃতিত

* *আগেয়ে 0°C উষ্ণতাকে প্ৰমাণ উষ্ণতা (normal temperature) আৰু 1 atm (বা, 101.325 kPa) চাপক প্ৰমাণ চাপ (normal pressure) হিচাপে লোৱা হৈছিল। STP ৰ সংজ্ঞা মতে, প্ৰমাণ উষ্ণতা হ'ল 0°C (237.15 K)। কিন্তু চাপ হ'লে 1 bar --ইয়াৰ মান 1 atm তকৈ সামান্য কম। STP ত 1 mol গেছৰ আয়তন 22.413996 L । কিছুমান বৈজ্ঞানিক কাৰ্য্য SATP (Standard Ambient Temperature and Pressure) অৱস্থাত কৰা হয়। SATP অৱস্থাত উষ্ণতা হ'ল 298.15 K আৰু চাপ হ'ল 1 bar (10^5 Pa)। SATP ত এক ম'ল আদৰ্শ গেছৰ আয়তন 24.789 L mol^{-1}।*

পোৱা সাধাৰণ গেছবোৰক **বাস্তৱ গেছ (real gas)** বোলা হয়। বাস্তৱ গেছে কিছুমান বিশেষ চৰ্ত সাপেক্ষেহে উপৰিউক্ত নীতিসমূহ মানি চলে। অতি কম চাপ আৰু উচ্চ উষ্ণতাত বাস্তৱ গেছসমূহে আদৰ্শ আচৰণ প্ৰদৰ্শন কৰে; আনক্ষেত্ৰত আদৰ্শ গেছৰ ধৰ্ম দেখুৱায়। বাস্তৱ গেছবোৰে আদৰ্শ গেছৰ আচৰণৰপৰা বিচ্যুতি প্ৰদৰ্শন কৰাৰ কাৰণ অনুচ্ছেদত (5.8) আলোচনা কৰা হৈছে।

5.6 আদৰ্শ গেছ সমীকৰণ (IDEAL GAS EQUATION)

বয়লৰ সূত্ৰ, চাৰ্লছৰ সূত্ৰ আৰু এভ'গেড্ৰ'ৰ সূত্ৰৰ একত্ৰিকৰণৰদ্বাৰা আদৰ্শ গেছৰ বাবে এটা সাধাৰণ সমীকৰণ উপপাদন কৰিব পাৰি। এই সাধাৰণ সমীকৰণটোক **আদৰ্শ গেছ সমীকৰণ** বোলা হয়।

T আৰু n ধ্ৰুৱক হ'লে, $V \propto \frac{1}{p}$ **(বয়লৰ সূত্ৰ)**

p আৰু n ধ্ৰুৱক হ'লে, $V \propto T$ **(চাৰ্লছৰ সূত্ৰ)**

p আৰু T ধ্ৰুৱক হ'লে, $V \propto n$ **(এভ'গেড্ৰৰ সূত্ৰ)**

ওপৰৰ তিনিওটা সূত্ৰক একত্ৰিকৰণ কৰিলে আমি পাম

$$V \propto \frac{nT}{p} \tag{5.15}$$

$$\Rightarrow V = R\frac{nT}{p} \tag{5.16}$$

ইয়াত R হ'ল সমানুপাতিক ধ্ৰুৱক। সমীকৰণটোৰ পুনৰ্বিন্যাস কৰিলে আমি পাওঁ—

$$pV = n\,RT \tag{5.17}$$

$$\Rightarrow \mathrm{R} = \frac{pV}{nT} \tag{5.18}$$

সকলো গেছৰ বাবে ধ্ৰুৱক R ৰ মান একে থাকে। সেয়ে ইয়াক **সাৰ্বজনীন গেছ ধ্ৰুৱক** (universal gas constant) বোলা হয়। সমীকৰণ 5.17ক **আদৰ্শ গেছ সমীকৰণ** বোলা হয়।

সমীকৰণ 5.18 ৰপৰা দেখা যায় যে সাৰ্বজনীন গেছ ধ্ৰুৱক Rৰ মান p, V আৰু T ৰ এককৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে। সমীকৰণটোৰ যি কোনো তিনিটা চলকৰ (variable) মান জনা থাকিলে চতুৰ্থটো গণনা কৰা সম্ভৱ। স্থিৰ চাপ আৰু উষ্ণতাত কোনো নিৰ্দিষ্ট পৰিমাণৰ গেছৰ কথা বিবেচনা কৰিলে n, R, T আৰু p ধ্ৰুৱক হয়। অৰ্থাৎ

$$V = \frac{nRT}{p} = \text{ধ্ৰুৱক}$$

সেয়ে সমীকৰণ 5.18 ৰ পৰা আমি সাব্যস্ত কৰিব পাৰো যে স্থিৰ উষ্ণতা আৰু চাপত যিকোনো গেছৰ n ম'লৰ আয়তন একে হয়। প্ৰ.উ.চা.ত (STP) (273.15 K উষ্ণতা আৰু 1 bar চাপত) সকলো আদৰ্শ গেছৰ এক ম'লৰ আয়তন 22.710981 L mol^{-1}। এই তথ্য ব্যৱহাৰ কৰি আদৰ্শ গেছৰ R ৰ মান তলত দিয়া ধৰণে গণনা কৰিব পাৰি।

$$R = \frac{pV}{nT}$$

$$= \frac{10^5\,\mathrm{Pa} \times 22.71 \times 10^{-3}\,\mathrm{m^3}}{1\,\mathrm{mol} \times 273.15\,\mathrm{K}}$$

$$= 8.314\ \mathrm{Pa\,m^3\,K^{-1}\,mol^{-1}}$$

$$= 8.314 \times 10^{-2}\ \mathrm{bar\,L\,K^{-1}\,mol^{-1}}$$

$$(\because 1\,\mathrm{Pa} = 10^{-5}\,\mathrm{bar},\ 1\mathrm{m^3} = 10^3\,\mathrm{L})$$

বা, $R = 8.314\ \mathrm{J\,K^{-1}\,mol^{-1}}$

$(\because 1\,\mathrm{Pa} = 1\,\mathrm{N\,m^{-2}}$ আৰু $\mathrm{Pa\,m^3} = \mathrm{Nm} = \mathrm{J})$

প্ৰ.উ.চাৰ পুৰণি মানবোৰ (0°C আৰু 1 atm) ল'লে Rৰ মান $8.20578 \times 10^{-2}\ \mathrm{L\,atm\,K^{-1}\,mol^{-1}}$ হ'ব।

আদৰ্শ গেছ সমীকৰণটো গেছৰ চাৰিটা চলকৰ (p, V, n আৰু T) সমীকৰণ। ই যি কোনো গেছৰ অৱস্থা ব্যাখ্যা কৰে। সেয়ে ইয়াক **অৱস্থাৰ সমীকৰণ** (equation of state) বুলিও কোৱা হয়।

ধৰা, V_1 আয়তনত এটা নিৰ্দিষ্ট পৰিমাণৰ গেছৰ

চাপ p_1 আৰু উষ্ণতা T_1। এতিয়া চাপ পৰিবৰ্তন কৰি p_2 আৰু উষ্ণতা পৰিৱৰ্তন কৰি T_2 কৰা হ'ল। ইয়াৰ ফলত আয়তন V_2 হ'লে

$$\frac{p_1V_1}{T_1} = nR \text{ আৰু } \frac{p_2V_2}{T_2} = nR$$

$$\frac{p_1V_1}{T_1} = \frac{p_2V_2}{T_2} \qquad (5.19)$$

এই সমীকৰণটোক (5.19) **সংযুক্ত গেছ সমীকৰণ** (combined gas law) বোলা হয়। এই সমীকৰণটোৰ যি কোনো পাঁচটা ৰাশিৰ মান জনা থাকিলে ষষ্ঠ ৰাশিটোৰ মান গণনা কৰিব পাৰি।

উদাহৰণ 5.3

25°C উষ্ণতা আৰু 760 mm চাপত এটা গেছৰ আয়তন 600 mL। গেছখিনি এটা নিৰ্দিষ্ট উচ্চতালৈ নিয়া হ'ল য'ত উষ্ণতা 10°C। এই উষ্ণতাত গেছখিনিৰ আয়তন 640 mL হলে গেছটোৰ চাপ কিমান হ'ব?

সমাধান

প্ৰশ্নমতে

$p_1 = 760$ mm Hg, $V_1 = 600$ mL

$T_1 = (25+273)$ K = 298 K

$V_2 = 640$ mL $T_2 = (10 + 273)$ K = 283 K

সংযুক্ত গেছ সমীকৰণ অনুসৰি

$$\frac{p_1V_1}{T_1} = \frac{p_2V_2}{T_2}$$

$$\Rightarrow p_2 = \frac{p_1V_1T_2}{T_1V_2}$$

$$\Rightarrow p_2 = \frac{(760 \text{ mm Hg}) \times (600 \text{ mL}) \times (283 \text{ K})}{(298 \text{ K}) \times (640 \text{ mL})}$$

$$= 676.6 \text{ mm Hg}$$

5.6.1 গেছীয় পদাৰ্থৰ ঘনত্ব আৰু ম'লাৰ ভৰ (Density and Molar Mass of a Gaseous Substance)

আদৰ্শ গেছ সমীকৰণটোৰ (5.17) পুনৰ্বিন্যাস কৰিলে আমি পাওঁ

$$\frac{n}{V} = \frac{p}{RT}$$

আকৌ, $n = \frac{m}{M}$

$$\therefore \frac{m}{MV} = \frac{p}{RT} \qquad (5.20)$$

$$\Rightarrow \frac{d}{M} = \frac{p}{RT} \text{ [ইয়াত, } d = \text{ঘনত্ব} = \frac{m}{V}] \qquad (5.21)$$

$$\text{বা, } M = \frac{d\,RT}{p} \qquad (5.22)$$

ওপৰৰ সমীকৰণটো ব্যৱহাৰ কৰি গেছীয় পদাৰ্থৰ আণৱিক ভৰ গণনা কৰিব পাৰি।

5.6.2 ডেল্টনৰ আংশিক চাপৰ সূত্ৰ (Dalton's Law of Partial Pressure)

এই সূত্ৰটো 1801 চনত বিজ্ঞানী জন ডেল্টনে (John Dalton) আগবঢ়াইছিল। এই সূত্ৰমতে, **'স্থিৰ উষ্ণতাত পৰস্পৰ বিক্ৰিয়া নকৰা দুই বা ততোধিক গেছৰ মিশ্ৰ এটাৰ মুঠ চাপ মিশ্ৰটোত থকা গেছকেইটাৰ আংশিক চাপৰ যোগফলৰ সমান**। বিভিন্ন গেছৰ মিশ্ৰৰ প্ৰতিটো গেছকে একে উষ্ণতাত মিশ্ৰটোৰ সমান আয়তনত পৃথকভাৱে ৰাখিলে গেছটোৱে যিমান চাপ দিয়ে তাকে সেই উপাদান গেছটোৰ **আংশিক চাপ** (partial pressure) বোলে। গাণিতিকভাৱে ডেল্টনৰ আংশিক চাপৰ সূত্ৰটো তলত দিয়া ধৰণে প্ৰকাশ কৰিব পাৰি—

$p_{Total} = p_1+p_2+p_3+......$ (স্থিৰ T আৰু V) (5.23)

ইয়াত p_{Total} হ'ল গেছ মিশ্ৰটোৰ মুঠ চাপ, আৰু p_1, p_2, p_3 আদি উপাদান গেছবোৰৰ আংশিক চাপ।

পানীৰ সৈতে বিক্ৰিয়া নকৰা আৰু বায়ুতকৈ পাতল কিছুমান গেছ সাধাৰণতে পৰীক্ষাগাৰত পানীৰ নিম্ন অপসৰণৰদ্বাৰা সংগ্ৰহ কৰা হয়। পানীৰ নিম্ন অপসৰণৰ দ্বাৰা সংগ্ৰহ কৰা গেছসমূহ সদায় আৰ্দ্ৰ হয়; অৰ্থাৎ গেছসমূহৰ সৈতে জলীয় বাষ্প মিহলি হৈ থাকে। সেয়েহে শুকান গেছটোৰ চাপ পাবলৈ হ'লে আৰ্দ্ৰ গেছৰ মুঠ চাপৰপৰা সেই উষ্ণতাত জলীয় বাষ্পৰ চাপ বিয়োগ কৰিব লাগিব। আৰ্দ্ৰ গেছত থকা সংপৃক্ত জলীয় বাষ্পৰ আংশিক চাপক **জলীয় বাষ্পৰ চাপ** (aqueous tension) বোলে। গতিকে

$p_{Dry\ gas} = p_{Total}$ – জলীয় বাষ্পৰ চাপ

বিভিন্ন উষ্ণতাত জলীয় বাষ্পৰ চাপ তালিকা 5.3ত সন্নিবিষ্ট কৰা হৈছে।

তালিকা 5.3 বিভিন্ন উষ্ণতাত জলীয় বাষ্পৰ চাপ

উষ্ণতা/K	চাপ (bar)	উষ্ণতা/K	চাপ / bar
273.15	0.0060	295.15	0.0260
283.15	0.0121	297.15	0.02095
288.15	0.0168	299.15	0.0331
291.15	0.0204	301.15	0.0372
293.15	0.0230	303.15	0.0418

ম'ল ভগ্নাংশৰ ভিত্তিত আংশিক চাপ (Partial pressure in terms of mole fraction)

ধৰা, T উষ্ণতা আৰু p চাপত V আয়তনৰ পাত্ৰ এটাত তিনিবিধ গেছৰ একা মিশ্ৰ আছে। গেছ তিনিবিধ যেনিবা A, B আৰু C। ধৰা, মিশ্ৰটোত A গেছৰ n_1 mol, B গেছৰ n_2 mol আৰু C গেছৰ n_3 mol আছে। A, B আৰু C গেছৰ আংশিক চাপ ক্ৰমে p_1, p_2 আৰু p_3 হ'লে—

$$p_1 = \frac{n_1RT}{V} \quad (5.25)$$

$$p_2 = \frac{n_2RT}{V} \quad (5.26)$$

$$p_3 = \frac{n_3RT}{V} \quad (5.27)$$

ডেল্টনৰ আংশিক চাপৰ সূত্ৰ মতে,

$$p_{Total} = p_1 + p_2 + p_3$$

$$= n_1\frac{RT}{V} + n_2\frac{RT}{V} + n_3\frac{RT}{V}$$

$$= (n_1 + n_2 + n_3)\frac{RT}{V} \quad (5.28)$$

এতিয়া p_1 ক p_{Total} ৰে হৰণ কৰিলে

$$\frac{p_1}{p_{Total}} = \left(\frac{n_1}{n_1+n_2+n_3}\right)\frac{RTV}{RTV}$$

$$= \frac{n_1}{n_1+n_2+n_3}$$

$$= \frac{n_1}{n} = x_1$$

ইয়াত $n = n_1+ n_2+ n_3$ = মুঠ ম'ল

আৰু x_1 হ'ল Aগেছৰ ম'ল ভগ্নাংশ।

অৰ্থাৎ, $p_1 = x_1\, p_{Total}$

একে দৰে, $p_2 = x_2\, p_{Total}$

$p_3 = x_3\, p_{Total}$

সাধাৰণভাৱে,

$$p_i = x_i\, p_{Total} \quad (5.29)$$

ইয়াত p_i আৰু x_i হ'ল ক্ৰমে i-তম গেছটোৰ আংশিক চাপ আৰু ম'ল ভগ্নাংশ। গতিকে গেছীয় মিশ্ৰৰ কোনো এটা উপাদানৰ আংশিক চাপ গেছটোৰ ম'ল ভগ্নাংশ আৰু মুঠ চাপৰ পূৰণফলৰ সমান। সমীকৰণ 5.29 ব্যৱহাৰ কৰি মুঠ চাপ আৰু কোনো উপাদান গেছৰ ম'ল ভগ্নাংশৰ মানৰপৰা উপাদান গেছটোৰ আংশিক চাপ নিৰ্ণয় কৰিব পাৰি।

উদাহৰণ 5.4

নিয়ন আৰু ডাইঅক্সিজেনৰ মিশ্ৰ এটাত 70.6 g ডাইঅক্সিজেন আৰু 167.5 g নিয়ন আছে। গেছ মিশ্ৰটোৰ মুঠ চাপ 25 bar। মিশ্ৰটোত ডাইঅক্সিজেন আৰু নিয়নৰ আংশিক চাপ নিৰ্ণয় কৰা।

সমাধান

ডাইঅক্সিজেনৰ পৰিমাণ $= \frac{70.6 \text{ g}}{32 \text{ g mol}^{-1}} = 2.21 \text{ mol}$

নিয়নৰ পৰিমাণ $= \frac{167.5 \text{ g}}{20 \text{ g mol}^{-1}} = 8.375 \text{ mol}$

ডাইঅক্সিজেনৰ ম'ল ভগ্নাংশ

$$= \frac{2.21 \text{ mol}}{(2.21 + 8.375) \text{ mol}}$$

$$= \frac{2.21}{10.585} = 0.21$$

নিয়নৰ ম'ল ভগ্নাংশ $= \frac{2.21}{2.21 + 8.375} = 0.79$

আমি জানো,

আংশিক চাপ = মুঠ চাপ × ম'ল ভগ্নাংশ

⇒ ডাইঅক্সিজেনৰ আংশিক চাপ $= 25 \text{ bar} \times 0.21$

$= 5.25 \text{ bar}$

নিয়নৰ আংশিক চাপ $= 25 \text{ bar} \times 0.79$

$= 19.75 \text{ bar}$

5.7 গেছৰ গতিজ আণৱিক তত্ত্ব (KINETIC MOLECULAR THEORY OF GASES)

আমি এতিয়ালৈকে গেছৰ সূত্ৰসমূহৰ (বয়লৰ সূত্ৰ, চাৰ্লছৰ সূত্ৰ আদি) বিষয়ে আলোচনা কৰিলো। এই সূত্ৰসমূহ হ'ল কিছুমান পৰীক্ষালব্ধ তথ্যৰ সংক্ষিপ্ত উক্তি। বিজ্ঞানত সদায়ে কিছুমান পৰীক্ষা সম্পাদন কৰা হয়। এনেকুৱা পৰীক্ষাৰ জৰিয়তে বিভিন্ন অৱস্থাত তন্ত্ৰ এটাই কেনেকুৱা আচৰণ দেখুৱায় সেয়া আমি জানিব পাৰো। কিন্তু তন্ত্ৰটোৱে দেখুওৱা আচৰণৰ কাৰণনো কি? উদাহৰণ স্বৰূপে, আমি জানো চাপ দিলে গেছৰ আয়তন কমে। ইয়াৰ কাৰণ কি? চাপ দিলে আণৱিক স্তৰতনো কেনেকুৱা পৰিবৰ্তন ঘটে? ইয়াৰ ব্যাখ্যা দিবলৈ এটা তত্ত্বৰ অৱতাৰণা কৰা হৈছে। এই তত্ত্বটোৱে হ'ল গেছৰ গতিজ আণৱিক তত্ত্ব। গেছৰ গতিজ আণৱিক তত্ত্ব কিছুমান স্বীকাৰ্য্যৰ সমষ্টি। এই তত্ত্বৰ প্ৰধান স্বীকাৰ্য্যবোৰ তলত দিয়া হ'ল—

- এটা গেছীয় পদাৰ্থ একে ভৰৰ অসংখ্য ক্ষুদ্ৰ ক্ষুদ্ৰ কণাৰে (অণু বা পৰমাণু) গঠিত। কণাবোৰ অতি ক্ষুদ্ৰ আৰু সিহঁতৰ মাজৰ দূৰত্ব অতি বেছি। সেইবাবে কণাবোৰৰ প্ৰকৃত আয়তন কণাবোৰৰ মাজৰ খালী আয়তনৰ তুলনাত নগন্য হয়। সেয়ে গেছৰ কণাবোৰক আয়তন বিহীন বিন্দু ভৰ (point mass) হিচাপে গণ্য কৰা যায়। এই ধাৰণাৰে গেছৰ সংকোচনশীলতা ধৰ্মৰ ব্যাখ্যা সহজে দিব পৰা যায়।
- সাধাৰণ চাপ আৰু উষ্ণতাত গেছৰ অণুবোৰৰ মাজত কোনো প্ৰকাৰৰ আকৰ্ষণ বল নাথাকে। ফলত গেছটোৱে প্ৰসাৰিত হৈ পাত্ৰৰ আটাইখিনি আয়তন অধিকাৰ কৰিব পাৰে।
- গেছৰ অণুবোৰে সদায় যেনি-তেনি গতি কৰি থাকে। যদি অণুবোৰে গতিশীল নহৈ স্থিৰ হ'লহেতেন, তেনেহলে গেছৰ নিৰ্দিষ্ট আকৃতি থাকিলহেতেন। কিন্তু এনে হোৱা দেখা নাযায়।
- অণুবোৰ সম্ভৱপৰ সকলো দিশত সৰলৰেখাত গতি কৰি থাকে। এনেদৰে গতি কৰোতে অণুবোৰে নিজৰ সৈতে আৰু পাত্ৰৰ বেৰৰ সৈতে খুন্দা খায়। পাত্ৰৰ বেৰৰ সৈতে অণুবোৰৰ সংঘৰ্ষৰ ফলত চাপৰ সৃষ্টি হয়।
- গেছৰ অণুসমূহৰ এই সংঘৰ্ষবোৰ সম্পূৰ্ণ স্থিতিস্থাপক

(elastic)। ইয়াৰ অৰ্থ হ'ল, সংঘৰ্ষৰ আগত আৰু পাছত অণুবোৰৰ মুঠ শক্তি একে থাকে। যিবোৰ অণুৰ মাজত সংঘৰ্ষ হয়, সিবোৰৰ মাজত শক্তিৰ বিনিময় হ'ব পাৰে; অৰ্থাৎ গাইগুটীয়াভাবে অণুৰ শক্তিৰ পৰিবৰ্তন হ'ব পাৰে। কিন্তু সিহতৰ মুঠ শক্তি একে থাকে। সংঘৰ্ষত যদি অণুবোৰৰ গতিশক্তি হ্ৰাস হ'লহেতেন তেনেহ'লে অণুবোৰৰ গতি ক্ৰমশঃ নোহোৱা হ'লহেতেন আৰু সৰ্বশেষত অণুবোৰ বৈ গ'লহেতেন।

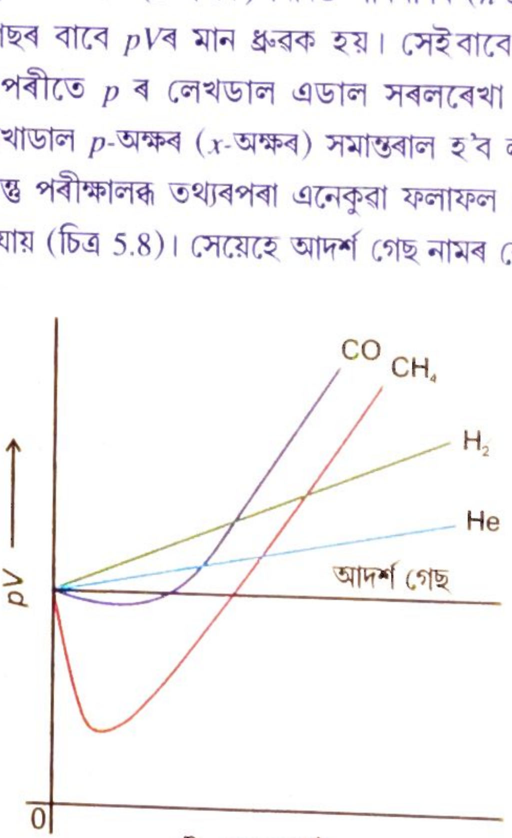
- কোনো এটা নিৰ্দিষ্ট সময়ত গেছৰ বিভিন্ন কণাৰ বেগ বিভিন্ন হয়; ফলত ইহঁতৰ গতিশক্তিও বিভিন্ন হয়। অণুবোৰৰ মাজত সংঘৰ্ষ হৈ থকা বাবে ইহঁতৰ গতিবেগ বেলেগ হোৱা স্বাভাবিক। কণাবোৰৰ প্ৰাৰম্ভিক বেগ একে বুলি ধৰিলেও সংঘৰ্ষৰ পাছত ইহঁতৰ বেগৰ পৰিৱৰ্তন ঘটিবই। কিন্তু অণুবোৰৰ নিজস্ব বেগৰ পৰিৱৰ্তন ঘটিলেও স্থিৰ উষ্ণতাত বেগৰ বিতৰণ স্থিৰ থাকে।

- অণু এটাৰ বেগৰ পৰিৱৰ্তন হোৱাৰ লগে লগে ইয়াৰ গতিশক্তিৰো পৰিৱৰ্তন হ'ব। সেইবাবে আমি অণুৰ গড় গতিশক্তিৰ কথা বিবেচনা কৰো। গেছৰ গতিজ আণৱিক তত্ত্ব অনুসৰি গেছৰ অণুৰ গড় গতিশক্তি গেছটোৰ পৰম উষ্ণতাৰ সমানুপাতিক। আগতে আমি পাই আহিছো যে আয়তন স্থিৰ ৰাখি গেছৰ উষ্ণতা বঢ়ালে গেছৰ চাপ বাঢ়ে। ইয়াৰ ব্যাখ্যা তলত দিয়া ধৰণে দিব পাৰি। গেছ এটা তপতালে কণাবোৰৰ গতিশক্তি বাঢ়ে আৰু পাত্ৰৰ বেৰৰ সৈতে অণুবোৰৰ সংঘৰ্ষৰ তীব্ৰতা বৃদ্ধি হয়; ফলত চাপ বৃদ্ধি হয়।

গেছৰ গতিতত্ত্বৰপৰা গেছৰ সূত্ৰসমূহ উপপাদন কৰা সম্ভৱ। তদুপৰি গেছৰ গতিতত্ত্বৰ ভিত্তিত কৰা বিভিন্ন গণনাৰ ফলৰ সৈতে পৰীক্ষালব্ধ ফলৰ মিল দেখা যায়।

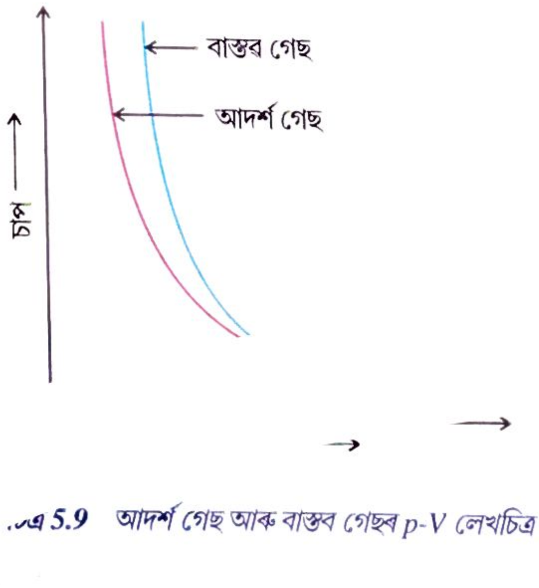
5.8 বাস্তৱ গেছৰ আচৰণ ঃ আদৰ্শ গেছৰ আচৰণৰ পৰা বিচ্যুতি (BEHAVIOUR OF REAL GAS : DEVIATION FROM IDEAL GAS BEHAVIOUR)

গেছৰ আণৱিক গতিজ তত্ত্বত সন্নিবিষ্ট কথাখিনিয়েই হ'ল গেছৰ আৰ্হি (model)। এই আৰ্হিয়ে গেছ সম্বন্ধীয় পৰীক্ষালব্ধ তথ্য সমৰ্থন কৰে। আমি ইতিমধ্যে পাই আহিছো যে আদৰ্শ গেছ সমীকৰণটো হ'ল $pV = nRT$; যি গেছে এই সমীকৰণটো মানি চলে সেয়াই হ'ল আদৰ্শ গেছ। প্ৰকৃততে কিন্তু কোনো গেছে সকলো অৱস্থাতে এই সমীকৰণটো মানি নচলে। pV-ৰ বিপৰীতে p ৰ লেখৰপৰা ইয়াৰ প্ৰমাণ পোৱা যায়। আমি পাইছো যে স্থিৰ উষ্ণতাত (T ধ্ৰুৱক) নিৰ্দিষ্ট পৰিমাণৰ (n ধ্ৰুৱক) গেছৰ বাবে pVৰ মান ধ্ৰুৱক হয়। সেইবাবে pVৰ বিপৰীতে p ৰ লেখডাল এডাল সৰলৰেখা আৰু ৰেখাডাল p-অক্ষৰ (x-অক্ষৰ) সমান্তৰাল হ'ব লাগে। কিন্তু পৰীক্ষালব্ধ তথ্যৰপৰা এনেকুৱা ফলাফল পোৱা নাযায় (চিত্ৰ 5.8)। সেয়েহে আদৰ্শ গেছ নামৰ কোনো



চিত্ৰ 5.8 বাস্তৱ গেছ আৰু আদৰ্শ গেছৰ pV লেখচিত্ৰ

গেছ নাই; সকলো গেছেই হ'ল বাস্তৱ গেছ। চিত্ৰ 5.8ৰ পৰা এইটো স্পষ্ট যে স্থিৰ উষ্ণতাত বাস্তৱ গেছৰ (He, H_2, CH_4, CO আদি) বাবে pV ধ্ৰুৱক নহয়; আদৰ্শ আচৰণৰপৰা যথেষ্ট বিচ্যুতি পৰিলক্ষিত হয়। এই ক্ষেত্ৰত দুই ধৰণৰ লেখ পোৱা যায়। হাইড্ৰ'জেন (H_2) আৰু হিলিয়ামৰ (He) ক্ষেত্ৰত দেখা যায় যে চাপৰ বৃদ্ধিৰ সৈতে pV ৰ মান ক্ৰমে বৃদ্ধি হয়। মিথেন (CH_4), কাৰ্বন মনক্সাইড (CO) আদিৰ ক্ষেত্ৰত চাপ বঢ়াৰ লগে লগে pV ৰ মান আদৰ্শ গেছৰ pV ৰ মানতকৈ প্ৰথমে কমে; পাছত ইয়াৰ মান বাঢ়ি আদৰ্শ গেছৰ pV ৰ মানক অতিক্ৰম কৰে। গেছৰ আয়তনৰ বিপৰীতে চাপৰ লেখ (p-V লেখ) আঁকিলেও আদৰ্শ আচৰণৰপৰা বিচ্যুতি স্পষ্ট হয় (চিত্ৰ 5.9)। পৰীক্ষাৰদ্বাৰা বিভিন্ন চাপৰ কোনো এক গেছৰ আয়তন শুদ্ধকৈ জুখি p-V লেখ আঁকিব পাৰি। এই লেখডাল বাস্তৱ গেছৰ বাবে হ'ব। আনহাতে বয়লৰ সূত্ৰ ব্যৱহাৰ কৰি বিভিন্ন চাপত আয়তন গণনা কৰিব পাৰি। গণনা কৰি পোৱা আয়তনৰ বিপৰীতে চাপৰ লেখডালে আদৰ্শ গেছৰ ধৰ্ম নিৰ্দেশ কৰিব। পৰীক্ষালব্ধ p-V লেখডাল গণনা কৰি পোৱা p-V লেখৰ সৈতে মিলি যাব লাগিছিল। কিন্তু দেখা যায় যে উচ্চ চাপত লেখ দুডালৰ মাজত পাৰ্থক্য বেছি ; নিম্ন চাপত কম।



.এ 5.9 আদৰ্শ গেছ আৰু বাস্তৱ গেছৰ p-V লেখচিত্ৰ

বাস্তৱ গেছে সকলো অৱস্থাতে বয়লৰ সূত্ৰ, চাৰ্লছৰ সূত্ৰ আৰু এভ'গেড্ৰ'ৰ সূত্ৰ মানি নচলে। এইখিনিতে দুটা প্ৰশ্নৰ উদয় হয়—

(i) গেছসমূহে আদৰ্শ আচৰণৰপৰা বিচ্যুতি প্ৰদৰ্শন কৰাৰ কাৰণ কি?

(ii) কি চৰ্ত সাপেক্ষে গেছসমূহে এই বিচ্যুতি প্ৰদৰ্শন কৰে?

এই প্ৰশ্ন দুটাৰ উত্তৰ পাবলৈ গেছৰ গতিজ তত্ত্বৰ স্বীকাৰ্য্যসমূহ পুণৰ বিবেচনা কৰিব লাগিব। ইয়াৰে দুটা স্বীকাৰ্য ত্ৰুটিপূৰ্ণ বুলি চিহ্নিত কৰিব পাৰি; অৰ্থাৎ দুটা স্বীকাৰ্য বাস্তৱ গেছৰ বাবে প্ৰযোজ্য নহয়। এই স্বীকাৰ্য দুটা হ'ল—

(a) গেছৰ অণুবোৰৰ মাজত কোনো আকৰ্ষণ বল নাই।

(b) গেছৰ আয়তনৰ তুলনাত গেছটোৰ অণুবোৰৰ আয়তন নগণ্য।

স্বীকাৰ্য্য (a) শুদ্ধ হোৱাহেতেন গেছ জুলীয়া অৱস্থালৈ নিব পৰা নগ'লহেতেন। কিন্তু আমি জানো যে চেঁচা আৰু সংকুচিত কৰি গেছক জুলীয়া অৱস্থাপ্ৰাপ্ত কৰিব পাৰি। অৱশ্যে উৎপন্ন হোৱা জুলীয়া পদাৰ্থক আৰু সংকুচিত কৰা অতিশয় কঠিন। কাৰণ তৰল অৱস্থাত অণুবোৰৰ মাজত বিকৰ্ষণ বল তুলনামূলকভাৱে বেছি হয়। স্বীকাৰ্য্য (b)ক শুদ্ধ বুলি ধৰিলে পৰীক্ষালব্ধ তথ্যৰ ভিত্তিত পোৱা p-V লেখ (বাস্তৱ গেছ) আৰু বয়লৰ সূত্ৰ ব্যৱহাৰ কৰি পোৱা লেখ (আদৰ্শ গেছ) একে হ'লহেতেন।

... অণুবোৰে

পৰস্পৰৰ ওচৰ চাপে। ফলত অণুবোৰৰ মাজত আকৰ্ষণ বল বাঢ়ে। সেইকাৰণে পাত্ৰৰ বেৰ অভিমুখে গৈ থকা অণুক পিচফালৰ অণুবোৰে জোৰেৰে আকৰ্ষণ কৰে।

ফলস্বৰূপে এই অণুৱে পাত্ৰৰ বেৰত কম জোৰে খুন্দা মাৰে বাবে গেছৰ চাপ কম হয়। গেছৰ অণুবোৰৰ মাজত আকৰ্ষণ নাথাকিলে (আদৰ্শ গেছে) অণুবোৰে পাত্ৰৰ বেৰত জোৰেৰে খুন্দা মাৰিলেহেতেন। ফলস্বৰূপে চাপো বেছি হ'লহেতেন। বাস্তৱ গেছৰ অণুবোৰৰ মাজত আকৰ্ষণ আছে ; কিন্তু আদৰ্শ গেছৰ অণুৰ মাজত আকৰ্ষণ নাই। সেইবাবে আদৰ্শ গেছৰ চাপ বাস্তৱ গেছৰ চাপতকৈ বেছি হ'ব। যিহেতু পৰীক্ষাৰদ্বাৰা জোখা চাপেই হ'ল বাস্তৱ গেছৰ চাপ, সেয়েহে

$$p_{\text{আদৰ্শ}} = \underset{\text{পৰীক্ষালব্ধ চাপ}}{p_{\text{বাস্তৱ}}} + \underset{\text{চাপ সংশোধনী ৰাশি}}{a\frac{n^2}{V^2}} \qquad (5.30)$$

ইয়াত $a\frac{n^2}{V^2}$ হ'ল চাপ সংশোধনী ৰাশি আৰু 'a' হ'ল ধ্ৰুৱক।

উচ্চ চাপত অণুবোৰ একেবাৰে ওচৰ চাপি আহিলে সিহঁতৰ মাজৰ বিকৰ্ষণো গুৰুত্বপূৰ্ণ হয়। বিকৰ্ষণ বল হ্ৰস্ব-পৰিসৰৰ (short range) বাবে অণুবোৰ পৰস্পৰৰ অতি ওচৰ চাপি আহিলেহে বিকৰ্ষণৰ গুৰুত্ব বাঢ়ে। এই বিকৰ্ষণৰ বাবে অণুবোৰে অভেদ্য গোলকৰ দৰে আচৰণ কৰে।

আদৰ্শ গেছৰ অণুবোৰৰ আয়তন নগণ্য বুলি বিবেচনা কৰা হৈছে। সেইবাবে পাত্ৰটোৰ গোটেইখিনি আয়তনতে (V) অণুবোৰে মুক্তভাবে বিচৰণ কৰিব পাৰে। কিন্তু অণুবোৰৰ আয়তন থকা বাবে ইহঁতে V আয়তনত মুক্তভাবে বিচৰণ কৰিব নোৱাৰে। ইহঁতৰ বাবে $V - nb$ আয়তনহে উপলব্ধ হ'ব। ইয়াত nb হ'ল মোটামুটিভাবে অণুবোৰৰ আয়তন আৰু 'b' এটা ধ্ৰুৱক।

আদৰ্শ গেছৰ বৈশিষ্ট মানি চলিবলৈ ওপৰত দিয়া ধৰণে চাপ আৰু আয়তন সংশোধন কৰা হৈছে। এতিয়া আদৰ্শ গেছ সমীকৰণত (5.17) চাপ আৰু আয়তন সংশোধনী ৰাশি সন্নিবিষ্ট কৰিলে, আমি পাম —

$$\left(p + \frac{an^2}{V^2}\right)(V - nb) = nRT \qquad (5.31)$$

এই সমীকৰণটোক **ভেন ডাৰ ৱালছ সমীকৰণ** (van der Waals equation) বোলা হয়। এই সমীকৰণত a আৰু b ধ্ৰুৱক দুটাক **ভেন ডাৰ ৱালছ ধ্ৰুৱক** বোলা হয়। ধ্ৰুৱক a হ'ল আন্তঃআণৱিক আকৰ্ষণ বলৰজোখ। অৰ্থাৎ a ৰ মান যিমানেই বেছি হয় আন্তঃআণৱিক আকৰ্ষণ বলো সিমানেই বেছি হয়। ইয়াৰ মান চাপ আৰু উষ্ণতাৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ নকৰে। বেলেগ বেলেগ গেছৰ বাবে a আৰু b ৰ মানো বেলেগ বেলেগ হয়।

ভেন ডাৰ ৱালছৰ সমীকৰণত থকা $\frac{an^2}{V^2}$ ৰাশিটোৱে চাপ বুজায়; অৰ্থাৎ

$$\frac{an^2}{V^2} = \text{চাপ}$$

$$\text{বা, } a = \text{চাপ} \times \frac{V^2}{n^2}$$

গতিকে আন্তৰ্জাতিক পদ্ধতিত a ৰ একক Pa m^6 mol^{-2} বা N m^4 mol^{-2} হ'ব।

চাপক atm আৰু আয়তনক L লিটাৰ হিচাপে লিখিলে a ৰ একক atm L^2 mol^{-2} হ'ব।

আকৌ ধ্ৰুৱক b ক কাৰ্যকৰী আয়তন (effective volume) বোলা হয়। সমীকৰণটোত nb এ আয়তন বুজায়; অৰ্থাৎ

$$nb = \text{আয়তন}$$

$$\text{বা, } b = \text{আয়তন} / n$$

গতিকে b ৰ SI একক m^3 mol^{-1} হ'ব। আয়তনক L এককত লিখিলে b ৰ একক L mol^{-1} হ'ব।

অতি নিম্ন চাপত গেছৰ আয়তন (V) অতি বাঢ়ি যায়, এই অৱস্থাত nb ৰ মান V ৰ তুলনাত নগণ্য হয়। ফলত ভেন ডাৰ ৱালছৰ সমীকৰণটো হ'ব-

$$\left(p + \frac{an^2}{V^2}\right) V = nRT$$

বা, $$pV + \frac{an^2}{V} = nRT$$

বা, $$pV = nRT - \frac{an^2}{V}$$

এতিয়া চাপ যিমানেই বাঢ়িব V সিমানেই কমিব, ফলত $\frac{an^2}{V}$ ৰ মান বাঢ়িব। অৰ্থাৎ p ৰ মান বঢ়াৰ লগে লগে pV ৰ মান কমে। ইয়াৰ পৰা 5.8 নং চিত্ৰত CO, CH_4 আদি বাস্তৱ গেছৰ চাপৰ বৃদ্ধিৰ সৈতে pV ৰ মানৰ প্ৰাথমিক হ্ৰাসৰ ব্যাখ্যা পোৱা যায়।

আকৌ অধিক চাপত V ৰ মান কমি যায় যদিও p ৰ অধিক মানৰ তুলনাত $\frac{an^2}{V^2}$ ৰ মান নগন্য হয়। এই ক্ষেত্ৰত ভেন ডাৰ ৱালছ সমীকৰণটো হ'ব—

$$P(V - nb) = nRT$$

বা, $$PV = nRT + npb$$

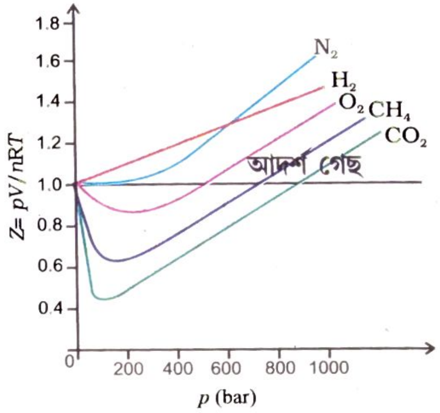
অৰ্থাৎ $pV > nRT$

অধিক চাপত pV ৰ মান বাঢ়ে বাবে CO, CH_4 আদি গেছৰ ক্ষেত্ৰত pV ৰ এটা নিম্ন মান পোৱাৰ পাছত বাঢ়ি যোৱা দেখা যায়।

অতি কম উষ্ণতাত আন্তঃআণৱিক আকৰ্ষণ বলৰ প্ৰভাৱ গুৰুত্বপূৰ্ণ হয়। নিম্ন উষ্ণতাত অণুবোৰৰ গড় গতি বেগ কম হয় বাবে ইহঁত আকৰ্ষণ বলৰদ্বাৰা আৱদ্ধ হৈ পৰে। ইয়াৰ বাবে নিম্ন উষ্ণতাত আদৰ্শ গেছৰ আচৰণৰ পৰা বাস্তৱ গেছ বিচ্যুত হয়। উচ্চ উষ্ণতা আৰু অতি কম চাপত আন্তঃআণৱিক বল নগণ্য হয়। তেনে অৱস্থাত বাস্তৱ গেছে আদৰ্শ আচৰণ দেখুৱায়।

সংকোচনশীলতা গুণাংক (Compressibility factor)

সংকোচনশীলতা গুণাংকৰ সহায়ত বাস্তৱ গেছৰ আদৰ্শ আচৰণপৰা বিচ্যুতিৰ পৰিমাণ জোখা হয়। কোনো গেছৰ **সংকোচনশীলতা গুণাংক** (compressibility factor, Z) হ'ল pV আৰু nRT ৰ অনুপাত; অৰ্থাৎ



***চিত্ৰ 5.10** কিছুমান গেছৰ সংকোচনশীলতা গুণাংক*

$$Z = \frac{pV}{nRT} \qquad (5.32)$$

আদৰ্শ গেছৰ বাবে যিকোনো উষ্ণতা আৰু চাপত $Z = 1$ (কাৰণ আদৰ্শ গেছৰ বাবে $pV = nRT$)। কিছুমান গেছৰ বাবে p ৰ বিপৰীতে Z ৰ মান বহুৱাই পোৱা লেখ চিত্ৰ 5.10ত দিয়া হ'ল। আদৰ্শ গেছৰ বাবে এই লেখডাল x অক্ষৰ সমান্তৰাল হয় ($Z = 1$)। Z ৰ মান 1তকৈ বেলেগ হ'লে গেছটোৱে আদৰ্শ আচৰণৰপৰা বিচ্যুত হোৱা বুলি ধৰা হয়। অতি কম চাপত সকলো গেছৰ বাবে $Z=1$ হয়। ইয়াৰ অৰ্থ এই যে অতি কম চাপত সকলো গেছে আদৰ্শ আচৰণ দেখুৱায়। উচ্চ চাপত সকলো গেছৰ Z ৰ মান 1তকৈ বেছি হয় ($Z>1$)। মধ্যবৰ্তী চাপত বেছিভাগ গেছৰ বাবে $Z<1$ হয়। গতিকে ক'ব পাৰি যে **গেছৰ আয়তন অতি বেছি হ'লে, অৰ্থাৎ অণুবোৰৰ আয়তন গেছটোৰ মুঠ আয়তনৰ তুলনাত নগন্য হ'লে গেছটোৱে আদৰ্শ আচৰণ দেখুৱায়। অৰ্থাৎ অতি নিম্ন চাপত সকলো গেছে আদৰ্শ আচৰণ দেখুৱায়।** কিমানখিনি চাপলৈ গেছ

এটাই আদৰ্শ আচৰণ দেখুৱাব সেইটো নিৰ্ভৰ কৰে গেছটোৰ প্ৰকৃতি আৰু উষ্ণতাৰ ওপৰত। দেখা যায় যে কোনো এবিধ গেছে এক নিৰ্দিষ্ট উষ্ণতাত চাপৰ এক ক্ষুদ্ৰ পৰিসৰত আদৰ্শ আচৰণ দেখুৱায়। যি উষ্ণতাত এক ক্ষুদ্ৰ চাপৰ পৰিসৰত এবিধ বাস্তৱ গেছে আদৰ্শ আচৰণ দেখুৱায় সেই উষ্ণতাক **'বয়ল উষ্ণতা' বা 'বয়ল বিন্দু'** (Boyle temperature or Boyle point) বোলা হয়। বয়ল বিন্দুৰ ওপৰৰ উষ্ণতাত Z ৰ মান 1তকৈ বেছি হয় আৰু আদৰ্শ আচৰণৰপৰা বিচ্যুতি ধনাত্মক হয়। এই অৱস্থাত আন্তঃআণৱিক আকৰ্ষণ অতি কম হয়। বয়ল বিন্দুৰ তলৰ উষ্ণতাত বাস্তৱ গেছৰ Z ৰ মান প্ৰথমে কমি যায় আৰু এটা নিম্ন মান পোৱাৰ পাছত চাপ বৃদ্ধি কৰিলে Z ৰ মান ক্ৰমান্বয়ে বাঢ়িবলৈ ধৰে। অৰ্থাৎ দেখা গ'ল যে নিম্ন চাপ আৰু উচ্চ উষ্ণতাত এবিধ বাস্তৱ গেছে আদৰ্শ আচৰণ দেখুৱায়।

Zৰ তাৎপৰ্য

বাস্তৱ গেছৰ বাবে

$$Z = \frac{pV_{\text{বাস্তৱ}}}{nRT} \qquad (5.33)$$

গেছটোৱে যদি আদৰ্শ আচৰণ দেখুৱায় তেন্তে,

$$V_{\text{আদৰ্শ}} = \frac{nRT}{p}$$

$\frac{nRT}{p}$ ৰ মান সমীকৰণ 5.33 ত বহুৱাই পাওঁ

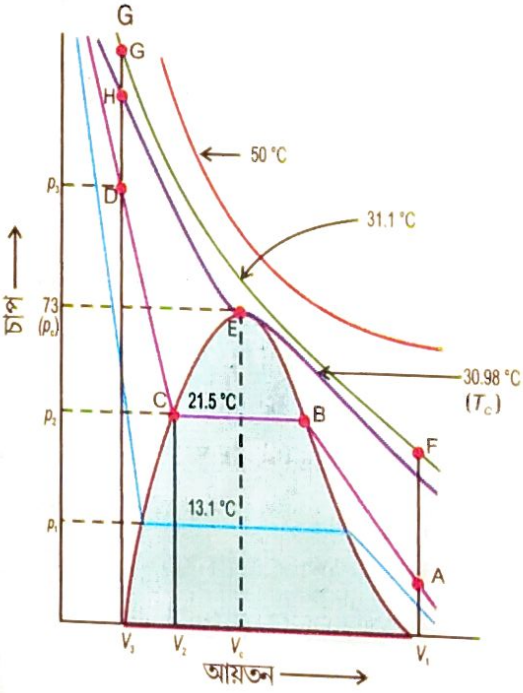
$$Z = \frac{V_{\text{বাস্তৱ}}}{V_{\text{আদৰ্শ}}} \qquad (5.34)$$

গতিকে নিৰ্দিষ্ট চাপ আৰু উষ্ণতাত কোনো এবিধ গেছে আদৰ্শ আচৰণ দেখুৱালে সেই অৱস্থাত ম'লাৰ আয়তন, আৰু একে চাপ আৰু উষ্ণতাত গেছটোৰ প্ৰকৃত ম'লাৰ আয়তনৰ মাজৰ অনুপাতটোৱেই হ'ল গেছটোৰ সংকোচনশীলতা গুণাংক।

এতিয়ালৈকে আমি গেছৰ ধৰ্ম সম্পৰ্কে আলোচনা কৰিলো। তলৰ অনুচ্ছেদবোৰত আমি পাম যে গেছীয় অৱস্থা আৰু জুলীয়া অৱস্থাৰ মাজত আচলতে বিশেষ পাৰ্থক্য নাই। জুলীয়া অৱস্থা হ'ল অতি কম আয়তন আৰু অতি বেছি আন্তঃআণৱিক আকৰ্ষণযুক্ত ক্ষেত্ৰলৈ গেছীয় প্ৰাৱস্থাৰ ধাৰাবাহিক ৰূপ। গেছৰ সমতাপকৰ সহায়ত জুলীয়াকৰণ ইয়াৰ ব্যাখ্যা কেনেকৈ দিয়া হয় সেই বিষয়েও আমি আলোচনা কৰিম।

5.9 গেছৰ জুলীয়াকৰণ (LIQUIFACTION OF GASES)

কম উষ্ণতাত উচ্চ চাপ প্ৰয়োগ কৰি বাস্তৱ গেছক জুলীয়া অৱস্থালৈ ৰূপান্তৰ কৰিব পাৰি। কিছুমান গেছ (যেনে জলীয় বাষ্প, এম'নিয়া আদি) সাধাৰণ উষ্ণতাত চাপ প্ৰয়োগ কৰিলেই জুলীয়া অৱস্থাপ্ৰাপ্ত হয়। আন কিছুমান গেছৰ ক্ষেত্ৰত দেখা যায় যে যিমানেই উচ্চ চাপ প্ৰয়োগ কৰা নহওক কিয়, এটা নিৰ্দিষ্ট উষ্ণতাৰ ওপৰত ইহঁতক জুলীয়া অৱস্থালৈ পৰিৱৰ্তন কৰা সম্ভৱ নহয়। থমাছ এণ্ড্ৰুজ (Thomas Andrews) নামৰ বিজ্ঞানী এজনে কাৰ্বন ডাই-



চিত্ৰ 5.11 *বিভিন্ন উষ্ণতাত CO_2 গেছৰ সমতাপক।*

অক্সাইডৰ চাপ-আয়তন-উষ্ণতাৰ মাজৰ সম্বন্ধ সম্পৰ্কে অধ্যয়ন চলাইছিল। স্থিৰ উষ্ণতাত বিভিন্ন চাপত তেওঁ কাৰ্বন ডাইঅক্সাইডৰ আয়তন জুখি লেখ আঁকিছিল। স্থিৰ উষ্ণতাত চাপৰ বিপৰীতে আয়তনৰ এই লেখকে সমতাপক (isotherm) বোলা হয় (চিত্ৰ 5.11)। পিচত পৰীক্ষাৰ সহায়ত দেখা গৈছে যে সকলো বাস্তৱ গেছে কাৰ্বন ডাইঅক্সাইডৰ নিচিনাই আচৰণ দেখুৱায়। সমতাপক ৰেখাবোৰ লক্ষ্য কৰিলে দেখা যায় যে উচ্চ উষ্ণতাত লেখডাল আদৰ্শ গেছৰ দৰে হয়। এই অৱস্থাত উচ্চ চাপ প্ৰয়োগ কৰিও গেছবিধক জুলীয়া অৱস্থালৈ নিব পৰা সম্ভৱ নহয়। নিম্ন উষ্ণতাত সমতাপকবোৰৰ আকৃতিৰ পৰিৱৰ্তন হয় আৰু আদৰ্শ আচৰণৰপৰা বিচ্যুত হয়। উদাহৰণ স্বৰূপে ABCD সমতাপকডালৰ ক্ষেত্ৰত দেখা যায় যে চাপৰ বৃদ্ধিৰ লগে লগে গেছৰ আয়তন হ্ৰাস হ'বলৈ ধৰে (AB অংশ)। ইয়াৰ পাছত গেছৰ ওপৰত চাপ ক্ৰমশঃ বৃদ্ধি কৰি থাকিলে এটা নিৰ্দিষ্ট চাপত (B ৰ পাছত) আয়তন দ্ৰুত হ্ৰাস পায় (BC অংশ)। লেখৰ BC অংশই (আয়তন অক্ষৰ সমান্তৰাল অংশ) প্ৰকৃততে গেছৰ জুলীয়াকৰণ প্ৰক্ৰিয়া সূচায়। এই অংশত পদাৰ্থৰ জুলীয়া আৰু গেছীয় অৱস্থা দুটা সাম্য অৱস্থাত থাকে। BC অংশৰ C বিন্দুত জুলীয়াকৰণ সম্পূৰ্ণ হোৱা বুলি ধৰা হয়। ইয়াৰ পিছত চাপ বৃদ্ধি কৰিলেও আয়তনৰ বিশেষ কোনো পৰিবৰ্তন নহয়, কাৰণ জুলীয়া অৱস্থাৰ ওপৰত চাপৰ প্ৰভাৱ অতি কম। ABCD লেখডাল 21.5°C উষ্ণতাত সমতাপক। ইয়াৰ তলৰ সমতাপকত (ধৰা হ'ল 13.1°C উষ্ণতাত) সমান্তৰাল অংশৰ (BC) দৈৰ্ঘ্য বৃদ্ধি হয়। উষ্ণতা ক্ৰমশঃ বৃদ্ধি কৰি থাকিলে দেখা যায় যে 30.98 °C উষ্ণতাত সমতাপকৰ সমান্তৰাল অংশ এটা বিন্দুত (E) পাৰিণত হয়। উষ্ণতা পুনৰ বৃদ্ধি কৰিলে সমতাপকৰ সমান্তৰাল অংশৰ অস্তিত্বই নাথাকে; অৰ্থাৎ 30.98°Cৰ ওপৰৰ উষ্ণতাত যিমানেই চাপ প্ৰয়োগ কৰা নহওক কিয় গেছটোক জুলীয়া অৱস্থালৈ পৰিবৰ্তন কৰা সম্ভৱ নহয়। 30.98°C উষ্ণতাক CO_2 গেছৰ **ক্ৰান্তিক উষ্ণতা** (critical temperature) বোলা হয়। ক্ৰান্তিক উষ্ণতাক T_C চিনেৰে চিহ্নিত কৰা হয়। কাৰ্বন ডাই-অক্সাইডক জুলীয়া অৱস্থাত পাব পৰা এইটোৱে সৰ্বোচ্চ উষ্ণতা। এই উষ্ণতাৰ ওপৰত কাৰ্বন ডাইঅক্সাইডক অকল গেছীয় অৱস্থাতহে পোৱা যায়।

যি উষ্ণতাৰ ওপৰৰ উষ্ণতাত কোনো এটা গেছক চাপ প্ৰয়োগ কৰি জুলীয়া অৱস্থালৈ পৰিৱৰ্তিত কৰিব নোৱাৰি, তাকে গেছটোৰ **ক্ৰান্তিক উষ্ণতা** (critical temperature)বোলা হয়। কোনো গেছৰ ক্ৰান্তিক উষ্ণতাত গেছক জুলীয়া অৱস্থালৈ পৰিৱৰ্তন কৰিবলৈ প্ৰয়োজন হোৱা নিম্নতম চাপক **ক্ৰান্তিক চাপ** (critical presure, p_c)বোলা হয়। ক্ৰান্তিক উষ্ণতা আৰু ক্ৰান্তিক চাপত এক ম'ল গেছৰ আয়তনক **ক্ৰান্তিক আয়তন** (critical volume, V_C) বোলা হয়।

আন বাস্তৱ গেছবোৰৰ সমতাপী সংকোচন CO_2 গেছৰ দৰেই হোৱা দেখা যায়। ওপৰৰ আলোচনাৰপৰা এইটো স্পষ্ট যে গেছৰ জুলীয়াকৰণৰ বাবে গেছবিধক তাৰ ক্ৰান্তিক উষ্ণতাৰ তলৰ উষ্ণতালৈ চেঁচা কৰিব লাগিব। স্থায়ী গেছসমূহৰ (permanent gas, যিবোৰ গেছৰ Zৰ বিচ্যুতি সদায় ধনাত্মক, অৰ্থাৎ $Z>1$) জুলীয়াকৰণ কৰিবলৈ চেঁচা কৰাৰ উপৰিও যথেষ্ট চাপ প্ৰয়োগ কৰি সংকুচিত কৰিব লাগিব। সংকুচিত কৰিলে অণুবোৰে পৰস্পৰ ওচৰ চাপে আৰু চেঁচা কৰিলে ইহঁতৰ গতি কমে। ফলত বৰ্ধিত আন্তঃআণৱিক আকৰ্ষণ বলে ধীৰ গতিৰ অণুবোৰক পৰস্পৰ ওচৰা-ওচৰিকৈ ধৰি ৰাখে আৰু গেছটোৱে জুলীয়া অৱস্থা পায়।

আমি ইতিমধ্যে পাই আহিছো যে চিত্ৰ 5.11ত দিয়া সমতাপকৰ অনুভূমিক অংশই (যেনে, BC অংশ) গেছৰ জুলীয়াকৰণ নিৰ্দেশ কৰে। তেতিয়া গেছীয় আৰু জুলীয়া অৱস্থাৰ মাজত সাম্য প্ৰতিষ্ঠিত হয়। কিন্তু একে প্ৰাৰস্থাত থাকিও গেছীয় অৱস্থাৰপৰা জুলীয়া অৱস্থালৈ

নাইবা জুলীয়া অৱস্থাৰপৰা গেছীয় অৱস্থালৈ পৰিৱৰ্তন কৰা সম্ভৱ। উদাহৰণ স্বৰূপে, চিত্ৰ 5.11 ত দেখুৱাৰ দৰে উষ্ণতা বৃদ্ধি কৰি আমি Aৰ পৰা F বিন্দুলৈ যাব পাৰোঁ। পাছত উষ্ণতা স্থিৰে ৰাখি গেছটোক সংকুচিত কৰি (অৰ্থাৎ চাপ বঢ়াই) G বিন্দুলৈ যাব পাৰোঁ (31.1°C উষ্ণতাৰ সমতাপক অনুসৰি)। তাৰ পাছত উষ্ণতা কমাই পোনে পোনে D বিন্দুলৈ যাব পাৰোঁ। ক্ৰান্তিক উষ্ণতাত থকা সমতাপকৰ H বিন্দু অতিক্ৰম কৰাৰ লগে লগে গেছটো জুলীয়া হৈ পৰিব। এনে পৰিবৰ্তনত গেছ-জুলীয়া সাম্য অৱস্থা অতিক্ৰম কৰাৰ প্ৰয়োজন নহয়। ক্ৰান্তিক উষ্ণতাত অৱস্থাৰ এনে পৰিবৰ্তন ঘটালে পদাৰ্থটো সদায় এটা প্ৰাৱস্থাতেই থাকিব।

এইদৰে গেছীয় অৱস্থা আৰু জুলীয়া অৱস্থাৰ মাজত এটা অবিচ্ছিন্নতা দেখা যায়। এই অবিচ্ছিন্নতা বুজাবলৈ গেছ নাইবা জুলীয়া পদাৰ্থক **তৰল** (fluid) বোলা হয়। সেইকাৰণে জুলীয়া পদাৰ্থ এটাক ঘনীভূত গেছ হিচাপে বিবেচনা কৰা হয়। ক্ৰান্তিক উষ্ণতাৰ তলৰ উষ্ণতাত চিত্ৰ 5.11ত দেখুওৱা গম্বুজৰ ভিতৰত থকা চাপ আৰু আয়তনত জুলীয়া আৰু গেছীয় অৱস্থাৰ পাৰ্থক্য স্পষ্ট হৈ পৰে। তেতিয়া গেছীয় আৰু জুলীয়া অৱস্থা দুটা সাম্য অৱস্থাত থাকে আৰু দুয়োটা অৱস্থাৰ সীমাৰেখা স্পষ্ট। ক্ৰান্তিক উষ্ণতাত জুলীয়া পদাৰ্থ বোধাতীতভাৱে আৰু অবিচ্ছিন্নভাৱে গেছীয় অৱস্থালৈ যায় আৰু দুয়োটা অৱস্থাৰ সীমাৰেখা অদৃশ্য হয় (5.10.1 অনুচ্ছেদ)। ক্ৰান্তিক উষ্ণতাৰ তলত গেছক চাপ প্ৰয়োগ কৰি জুলীয়া অৱস্থালৈ পৰিবৰ্তিত কৰিব পাৰি আৰু এই গেছক পদাৰ্থবোৰৰ **বাষ্প (vapour)** বোলা হয়। যেনে, ক্ৰান্তিক উষ্ণতাৰ তলত CO_2 গেছক CO_2ৰ বাষ্প বোলা হয়। তালিকা 5.4ত কিছুমান পদাৰ্থৰ ক্ৰান্তিক ধ্ৰুৱকৰ মান দিয়া হৈছে।

তালিকা 5.4 কিছুমান পদাৰ্থৰ ক্ৰান্তিক ধ্ৰুৱক

পদাৰ্থ	T_c/K	p_c/bar	V_c/dm^3 mol^{-1}
H_2	33.2	12.97	0.0650
He	5.3	2.29	0.0577
N_2	126.0	33.9	0.0900
O_2	154.3	50.4	0.0744
CO_2	304.10	73.9	0.0956
H_2O	647.1	220.6	0.0450
NH_3	405.5	113.0	0.0723

উদাহৰণ 5.5

গেছীয় কণাৰ মাজত থকা আন্তঃআণৱিক বলৰ মানৰ ভিত্তিত গেছসমূহৰ বৈশিষ্টমূলক ক্ৰান্তিক উষ্ণতা থাকে। এম'নিয়া আৰু কাৰ্বন ডাইঅক্সাইডৰ ক্ৰান্তিক উষ্ণতা ক্ৰমে 405.5 K আৰু 304.10 K। 500 K উষ্ণতাৰপৰা ক্ৰান্তিক উষ্ণতালৈ চেঁচা কৰিলে কোনটো গেছে আগতে জুলীয়া অৱস্থা পাব?

সমাধান

এম'নিয়া গেছে প্ৰথমে জুলীয়া অৱস্থা পাব; কাৰণ ইয়াৰ ক্ৰান্তিক উষ্ণতা বেছি। চেচাঁ কৰিলে CO_2ৰ ক্ৰান্তিক উষ্ণতা পোৱাৰ আগতেই এম'নিয়াৰ ক্ৰান্তিক উষ্ণতা পোৱা যাব।

5.10 জুলীয়া অৱস্থা (LIQUID STATE)

গেছীয় অৱস্থাতকৈ জুলীয়া অৱস্থাত আন্তঃআণৱিক আকৰ্ষণ বল অধিক তীব্ৰ হয়। জুলীয়া অৱস্থাত অণুবোৰ অতি ওচৰা-ওচৰিকৈ থকা বাবে সিহঁতৰ মাজত খালী ঠাই অতি কম থাকে। সেই বাবে গেছীয় অৱস্থা-তকৈ জুলীয়া পদাৰ্থৰ ঘনত্ব বেছি হয়।

জুলীয়া অৱস্থাত অণুবোৰৰ মাজত আকৰ্ষণ বল

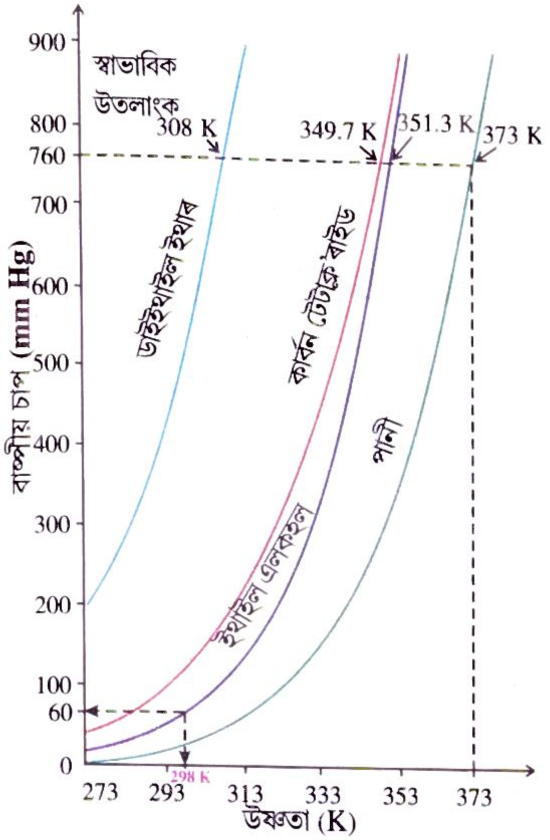
বেছি বাবে অণুবোৰে পৰস্পৰৰপৰা আঁতৰি নাযায়। সেই কাৰণে জুলীয়া অৱস্থাৰ নিৰ্দিষ্ট আয়তন থাকে। তথাপিও কিন্তু জুলীয়া অৱস্থাত অণুবোৰৰ ইটোৰে সিটোক অতিক্ৰমি সহজে গতি কৰিব পাৰে। সেই কাৰণে ই তাক ৰখা পাত্ৰৰ আকৃতি ধাৰণ কৰে আৰু ইয়াক ঢালি দিব পাৰি।পৰৱৰ্তী অনুচ্ছেদবোৰত আমি জুলীয়া পদাৰ্থৰ কেইটামান ভৌতিক ধৰ্ম সম্বন্ধে আলোচনা কৰিম। এই ধৰ্মকেইটা হ'ল- বাষ্পীয় চাপ, পৃষ্ঠ টান আৰু সান্দ্ৰতা।

5.10.1 বাষ্পীয় চাপ (Vapour Pressure)

বায়ুশূন্য পাত্ৰ এটাত আংশিকভাৱে পূৰ্ণ হোৱাকৈ কোনো এটা জুলীয়া পদাৰ্থ ৰাখিলে পদাৰ্থটোৰ কিছু অংশ বাষ্পীভূত হয়। এই বাষ্পৰ অণুবোৰে জুলীয়া পদাৰ্থটোৰ ওপৰত থকা খালী ঠাই পূৰ্ণ কৰে। জমা হোৱা বাষ্পই যি চাপ দিয়ে তাকে বাষ্পীয় চাপ বোলে। জুলীয়া পদাৰ্থটো পাত্ৰটোত ৰখাৰ লগে লগে বাষ্পীভৱন আৰম্ভ হয়। বাষ্পৰ অণুৰ সংখ্যা বঢ়াৰ লগে লগে বাষ্পীয় চাপো বাঢ়ি যায় যদিও কিছু সময় পাছত ইয়াৰ মান স্থিৰ হয়। এই অৱস্থাত জুলীয়া অৱস্থা আৰু বাষ্পৰ মাজত সাম্য স্থাপন হয়। এই সাম্য অৱস্থাত বাষ্পীয় চাপক **সংপৃক্ত বাষ্পীয় চাপ** (saturated vapour pressure) বা **সাম্য বাষ্পীয় চাপ** (equilibrium vapour pressure) বোলা হয়। উষ্ণতা বাঢ়িলে বাষ্পীভৱন বাঢ়ে বাবে বাষ্পীয় চাপো বেছি হয়। সেয়ে বাষ্পীয় চাপ প্ৰকাশ কৰাৰ সময়ত উষ্ণতা উল্লেখ কৰা প্ৰয়োজন।

মুক্ত পাত্ৰত কোনো জুলীয়া পদাৰ্থ তপতালে প্ৰথমে ইয়াৰ পৃষ্ঠৰপৰা বাষ্পীভৱন হ'বলৈ ধৰে। সেই অৱস্থাত বাষ্পীয় চাপ কম থাকে। উষ্ণতা পুনৰ বঢ়ালে বাষ্পীয় চাপো বাঢ়ে আৰু এক নিৰ্দিষ্ট উষ্ণতাত জুলীয়া পদাৰ্থটোৰ বাষ্পীয় চাপ বাহ্যিক চাপৰ (external pressure) সমান হয়। তেতিয়া জুলীয়া পদাৰ্থটোৰ সকলো অংশৰপৰা বাষ্পীভৱন হয় আৰু এই বাষ্প পাৰিপাৰ্শ্বিকলৈ প্ৰসাৰিত হয়। এনেদৰে জুলীয়া পদাৰ্থটোৰ সকলো অংশৰপৰা মুক্তভাৱে বাষ্পীভৱন হোৱা অৱস্থাটোকে **উতলন** (boiling) বোলা হয়। গতিকে আমি ক'ব পাৰো যে জুলীয়া পদাৰ্থটোৰ বাষ্পীয় চাপ বাহ্যিক চাপৰ সমান হ'লে জুলীয়া পদাৰ্থটো উতলে। যি উষ্ণতাত জুলীয়া পদাৰ্থৰ বাষ্পীয় চাপ বাহ্যিক চাপৰ সমান হয়, তাকে সেই চাপত জুলীয়া পদাৰ্থটোৰ **উতলাংক** (boiling point) বোলে। বিভিন্ন উষ্ণতাত কিছুমান জুলীয়া পদাৰ্থৰ বাষ্পীয় চাপ চিত্ৰ 5.12ত দেখুওৱা হৈছে। বাহ্যিক চাপ প্ৰমাণ বায়ুমণ্ডলীয় চাপৰ (1atm) সমান হ'লে উতলাংকক **স্বাভাৱিক উতলাংক** (normal boiling point)বোলে। যদি বাহ্যিক চাপ 1 bar হয়, তেন্তে উতলাংকক **প্ৰমাণ উতলাংক** (standard boiling point) বোলে। স্বাভাৱিক উতলাংকতকৈ প্ৰমাণ উতলাংকৰ মান সামান্য কম হয়, কাৰণ 1 atm চাপতকৈ 1 bar চাপ সামান্য কম। পানীৰ স্বাভাৱিক উতলাংক 100 °C (373 K) আৰু ইয়াৰ প্ৰমাণ উতলাংক 99.6 °C (372.6 K)।

আমি দেখিলো যে জুলীয়া পদাৰ্থৰ উতলাংক বায়ুৰ চাপৰ (বাহ্যিক চাপৰ) ওপৰত নিৰ্ভৰশীল। চাপ বাঢ়িলে পদাৰ্থটোৰ উতলাংক বেছি হয় আৰু চাপ কমিলে উতলাংক কম হয়। ভূপৃষ্ঠৰপৰা যিমান ওপৰলৈ যোৱা যায় বায়ুৰ চাপ সিমানেই কম হয়। পৰ্বতৰ ওপৰত বায়ুৰ চাপ কম বাবে পানী 100° C তকৈ কম উষ্ণতাত উতলে। ফলত পাৰ্বত্য অঞ্চলত খাদ্য বস্তু সিজিবলৈ বেছি সময় লাগে। সেই বাবে পাৰ্বত্য অঞ্চলত ৰন্ধন কাৰ্য্যৰ বাবে প্ৰেছাৰ কুকাৰ ব্যৱহাৰ কৰা হয়। প্ৰেছাৰ কুকাৰত কৃত্ৰিম উপায়ে চাপ বৃদ্ধি কৰি পানীৰ উতলাংক 100°Cতকৈ বেছি কৰা হয়। এই অধিক উষ্ণতাত খাদ্যদ্ৰব্য কম সময়ত সিজে। চিকিৎসালয়ত



চিত্ৰ 5.12 *কিছুমান জুলীয়া পদাৰ্থৰ বাষ্পীয় চাপৰ বিপৰীতে উষ্ণতাৰ লেখ।*

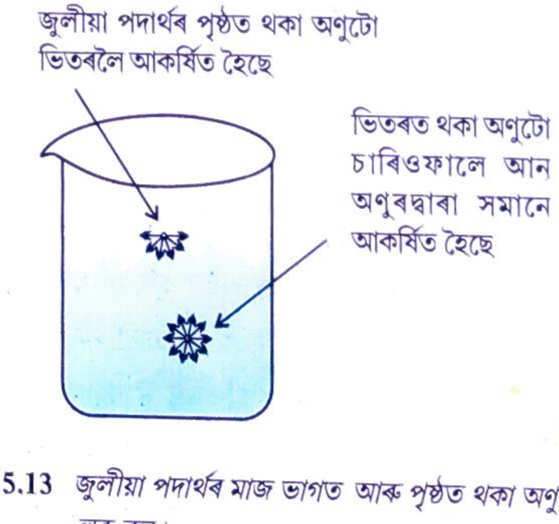
অস্ত্ৰোপচাৰৰ বাবে ব্যৱহৃত সা-সৰঞ্জামবোৰো অট'ক্লেভৰ ভিতৰত উতলা পানীত বীজাণুমুক্ত কৰা হয়। ইয়াতো 100°Cতকৈ বেছি উষ্ণতাত পানী উতলে ; কাৰণ অট'ক্লেভৰ ভিতৰতো চাপ স্বাভাৱিক বায়ুৰ চাপতকৈ বেছি হয়।

আৱদ্ধ পাত্ৰৰ ভিতৰত জুলীয়া পদাৰ্থ এটা ৰাখি তপতালে ই নুতলে। অবিৰামভাৱে তপতালে বাষ্পীয় চাপ বাঢ়ে। বাষ্পৰ ঘনত্বতকৈ জুলীয়া পদাৰ্থৰ ঘনত্ব বেছি হোৱাৰ ফলত প্ৰথমতে বাষ্প আৰু জুলীয়া অৱস্থাৰ মাজত থকা সীমাৰেখা স্পষ্ট ভাবে দেখা যায়। উষ্ণতা আৰু বঢ়াই থাকিলে বাষ্পৰ অণুৰ সংখ্যাও বাঢ়ি যায় আৰু ফলস্বৰূপে বাষ্পৰ ঘনত্ব ক্ৰমে বৃদ্ধি হয়। একে সময়তে জুলীয়া প্ৰাৱস্থাৰো আয়তন বাঢ়ে আৰু ঘনত্ব কমে। যেতিয়া জুলীয়া প্ৰাৱস্থা আৰু বাষ্পৰ ঘনত্ব সমান হয়, তেতিয়া এই দুটা অৱস্থাৰ মাজত থকা সীমাৰেখা নোহোৱা হয়। যি উষ্ণতাত এই অৱস্থাৰ সৃষ্টি হয় তাকে **ক্ৰান্তিক উষ্ণতা** (5.9 অনুচ্ছেদ) বোলা হয়।

5.10.2 পৃষ্ঠটান (Surface Tension)

আমি সকলোৱে জানো যে জুলীয়া পদাৰ্থক যি পাত্ৰত ৰখা হয় ই তাৰে আকৃতি ধাৰণ কৰে।তোমালোকে নিশ্চয় মন কৰিছা যে অলপমান পানী মজিয়াত ঢালি দিলে পানীখিনি বিয়পি পৰে। কিন্তু অলপমান মাৰ্কাৰি মজিয়াত পৰিলে সৰু সৰু টোপাল হৈ ছিটিকি যায়। ইয়াৰ কাৰণ কি বাৰু? তেনেদৰে নদীৰ পানীৰ তলত থকা মাটিৰ কণাবোৰ পৃথক হৈ থাকে; কিন্তু পানীৰ ওপৰলৈ অনাৰ লগে লগে সিহঁত লগ লাগে। কিয় এনে হয়? কৈশিক নলী (capillary tube) এডালেৰে জুলীয়া পদাৰ্থ এটাক চুই দিলেই পদাৰ্থটো নলীডালত ওপৰলৈ উঠি আহে, বা তললৈ নামি যায়—ইয়াৰ কাৰণেইবা কি? এনেকুৱা আটাইবোৰ পৰিঘটনাৰ মূলতে হ'ল জুলীয়া পদাৰ্থৰ এটা বিশেষ ধৰ্ম । এই ধৰ্মটোক **পৃষ্ঠ টান** (surface tension) বোলা হয়।

এবিধ জুলীয়া পদাৰ্থৰ মাজভাগত থকা অণু এটাৰ কথা



চিত্ৰ 5.13 *জুলীয়া পদাৰ্থৰ মাজ ভাগত আৰু পৃষ্ঠত থকা অণুৰ লব্ধ বল।*

ভাবাচোন। এই অণুটোক ইয়াৰ চাৰিওফালে থকা আন অণুসমূহে সমানে আকৰ্ষণ কৰে। ফলত অণুটোৰ ওপৰত কোনো লব্ধ বল নাথাকে (চিত্ৰ 5.13)। কিন্তু পৃষ্ঠত থকা অণু এটাৰ কথা সুকীয়া। ইয়াৰ তলফালে অণু আছে; কিন্তু ওপৰফালে নাই। সেইকাৰণে পৃষ্ঠত থকা অণুৱে জুলীয়া পদাৰ্থটোৰ ভিতৰলৈ আকৰ্ষণ বল অনুভৱ কৰে। জুলীয়া পদাৰ্থৰ পৃষ্ঠত থকা অণুবোৰে পদাৰ্থটোৰ ভিতৰলৈ আকৰ্ষণ বল অনুভৱ কৰি থকা বাবে সিহঁতৰ শক্তি বেছি। আনহাতে মাজভাগত থকা অণুৰ ক্ষেত্ৰত লব্ধ আকৰ্ষণ বল নথকা বাবে সিহঁতৰ শক্তি কম। সেই কাৰণে পৃষ্ঠত থকা অণুৱে ভিতৰলৈ আহি শক্তি কম কৰিব বিচাৰে। অৰ্থাৎ জুলীয়া পদাৰ্থৰ পৃষ্ঠই সদায় ন্যূনতম সংখ্যক অণু ৰাখিব বিচাৰে। সেয়েহে জুলীয়া পদাৰ্থই তাৰ পৃষ্ঠভাগৰ কালি কমাব খোজে। পৃষ্ঠভাগৰ কালি বঢ়াবলৈ হ'লে জুলীয়া পদাৰ্থৰ অন্তৰ্ভাগৰপৰা অণু পৃষ্ঠলৈ আনিব লাগিব। তাৰ বাবে শক্তি প্ৰয়োগ কৰিব লাগিব। অণুবোৰক বাহিৰলৈ টানি আনি জুলীয়া পদাৰ্থৰ পৃষ্ঠৰ কালি এক একক বৃদ্ধি কৰিবলৈ যি পৰিমাণৰ শক্তিৰ প্ৰয়োজন হয় তাকে **পৃষ্ঠ শক্তি** (surface energy) বোলে। ইয়াৰ একক হ'ল J m^{-2}। জুলীয়া পদাৰ্থৰ পৃষ্ঠৰ লম্ব দিশত প্ৰতি একক দৈৰ্ঘ্যত ক্ৰিয়া কৰা বলক **পৃষ্ঠ টান** (surface tension) বোলে। ইয়াক γ (গামা) আখৰেৰে সুচোৱা হয়। ইয়াৰ SI একক হ'ল N m^{-1} (বা kg s^{-2})।

কোনো এটা তন্ত্ৰৰ শক্তি কম হ'লেহে ই সুস্থিৰ হয়। জুলীয়া পদাৰ্থৰ পৃষ্ঠ কালি ন্যূনতম হ'লে, অৰ্থাৎ পৃষ্ঠত ন্যূনতম সংখ্যক অণু থাকিলে শক্তি কম হয়। যিহেতু নিৰ্দিষ্ট আয়তনযুক্ত আকৃতিৰ ভিতৰত গোলকৰ পৃষ্ঠ কালি ন্যূনতম, সেয়ে মাৰ্কাৰি বা আন জুলীয়া পদাৰ্থৰ টোপাল গোলকাকৃতিৰ হয়। কাঁচৰ তীক্ষ্ণ দাঁতি (sharp edge) গৰম কৰিলে মসৃণ হয়। উত্তপ্ত কৰিলে কাঁচ জুলীয়া হয় আৰু পৃষ্ঠটানৰ বাবে জুলীয়া কাঁচৰ পৃষ্ঠ গোলকাকৃতিৰ হয়। ফলত গোট মাৰিলে তীক্ষ্ণ দাঁতি মসৃণ হয়। ইয়াক **কাঁচৰ অগ্নি নিমজকৰণ** (fire polishing) বোলা হয়।

পৃষ্ঠ টানৰ বাবেই জুলীয়া পদাৰ্থ কৈশিক নলীয়েদি ওপৰলৈ উঠে (পাৰাৰ ক্ষেত্ৰত তললৈ নামে)। জুলীয়া পদাৰ্থই কিছুমান কঠিন পৃষ্ঠৰ ওপৰত পাতল চামনি ৰূপে বিস্তৃত হয়। ইয়াৰ ফলত কঠিন পদাৰ্থটো জুলীয়া পদাৰ্থটোত ভিজে (যেনে, পানীত কিছুমান বস্তু ভিজে)। ভিজা বালিৰ কণিকাবোৰ লগ লাগি থাকে; কাৰণ ইহঁতৰ মাজত থকা পানীৰ পাতল চামনিৰ পৃষ্ঠ কালি কমি যায়। পৃষ্ঠ টানৰ বাবে জুলীয়া পদাৰ্থৰ পৃষ্ঠৰ বিস্তাৰ ঘটে। সমতল কঠিন পৃষ্ঠত জুলীয়া পদাৰ্থৰ টোপাল (পানীৰ টোপাল) কিছু চেপেটা হোৱা দেখা যায়। মাধ্যাকৰ্ষণৰ বাবে এনে হয়। কিন্তু মাধ্যাকৰ্ষণৰ প্ৰভাৱ মুক্ত স্থানত টোপালবোৰ সম্পূৰ্ণ গোলাকাকৃতিৰ হয়।

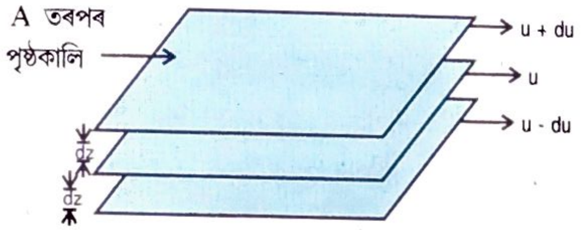
আন্তঃআণৱিক আকৰ্ষণৰ ওপৰত পৃষ্ঠ টানৰ মান নিৰ্ভৰ কৰে। আকৰ্ষণ বল বেছি হ'লে পৃষ্ঠ টানো বেছি হয়। উষ্ণতাৰ বৃদ্ধিৰ লগে লগে অণুৰ গড় গতিশক্তি বৃদ্ধি হয় বাবে আন্তঃআণৱিক আকৰ্ষণ বলৰ প্ৰভাৱ কমে। সেয়েহে উষ্ণতা বাঢ়িলে পৃষ্ঠ টানৰ মান কমে। চাবোন, অপমাৰ্জক, টুথপেষ্ট আদি দ্ৰব্য দ্ৰৱীভূত কৰিলে জুলীয়া পদাৰ্থৰ পৃষ্ঠ টান কমে। এইবোৰক **পৃষ্ঠ সক্ৰিয় দ্ৰব্য** বোলা হয়।

5.10.3 সান্দ্ৰতা (Viscosity)

সান্দ্ৰতা হ'ল জুলীয়া পদাৰ্থৰ আন এটা উল্লেখযোগ্য ধৰ্ম। বৈ যোৱাটো জুলীয়া পদাৰ্থৰ এটা সাধাৰণ ধৰ্ম। সান্দ্ৰতা হ'ল জুলীয়া পদাৰ্থটো বৈ যোৱাত নিজে দিব পৰা বাধাৰ জোখ। বৈ থকা জুলীয়া পদাৰ্থটোৰ ভিতৰৰ তৰপবোৰৰ (layers) মাজত ঘৰ্ষণৰ (friction) সৃষ্টি হয়। এই আভ্যন্তৰীন ঘৰ্ষণৰ বাবে জুলীয়া পদাৰ্থটোৱে বৈ যোৱাত

বাধা পায়। সান্দ্ৰতা বেছি হ'লে পদাৰ্থটোৰ বৈ যোৱা ক্ষমতা কম হয় আৰু সান্দ্ৰতা কম হ'লে এই ক্ষমতা বেছি হয়। উদাহৰণ স্বৰূপে, পানী সহজে বৈ যাব পাৰে, কিন্তু গ্লিচাৰল নোৱাৰে। গতিকে পানীৰ সান্দ্ৰতা গ্লিচাৰলতকৈ কম।

দৃঢ় পৃষ্ঠ এটাৰ ওপৰেদি বৈ যোৱা জুলীয়া পদাৰ্থৰ যিটো তৰপ পৃষ্ঠটোত লাগি থাকে সেই তৰপটোত থকা অণুবোৰ স্থিৰে থাকে। এই তৰপটোৰপৰা দূৰত্ব বঢ়াৰ লগে লগে ওপৰৰ তৰপবোৰৰ বেগ ক্ৰমান্বয়ে বাঢ়ি যায়। মুঠতে স্থিৰ তৰপটোৰপৰা আঁতৰি অহাৰ লগে লগে আন তৰপবোৰৰ বেগৰ এক নিয়মিত পৰিবৰ্তন হয়। এটা তৰপৰপৰা পিচৰ তৰপটোলৈ বেগৰ এনে নিয়মিত ক্ৰমপৰিবৰ্তন যুক্ত প্ৰৱাহকে তৰপীয়া প্ৰৱাহ (laminar flow) বোলা হয়। এনে প্ৰৱাহত তুমি বৈ থকা জুলীয়া পদাৰ্থটোৰ এটা তৰপ যদি বিবেচনা কৰা তেনেহলে



চিত্ৰ 5.14 *তৰপীয়া প্ৰৱাহত বেগৰ ক্ৰম পৰিবৰ্তন*

ইয়াৰ ঠিক ওপৰৰ তৰপটোৱে ইয়াৰ বেগ বঢ়ালে, ঠিক তলৰ তৰপটোৱে বেগ কমাব (চিত্ৰ 5.14)।

ধৰা হ'ল, dz দূৰত্বত থকা জুলীয়া পদাৰ্থৰ দুটা তৰপৰ মাজৰ বেগৰ পাৰ্থক্য হ'ল du। এই ক্ষেত্ৰত বেগ প্ৰৱণতা (velocity gradient) $\frac{du}{dz}$ ৰে প্ৰকাশ কৰা হয়। তৰপবোৰৰ বেগ অক্ষুন্ন ৰাখিবলৈ বলৰ (F) প্ৰয়োজন হয়। প্ৰয়োজন হোৱা বল তৰপ দুটা সংস্পৰ্শত থকা কালিৰ (*area of contact, A*) সমানুপাতিক;

অৰ্থাৎ $F \propto A$

তাৰোপৰি প্ৰয়োজন হোৱা বল বেগ প্ৰৱণতাৰ সমানুপাতিক;

অৰ্থাৎ, $F \propto \frac{du}{dz}$

গতিকে, $F \propto A\ \frac{du}{dz}$

$$F = \eta A\ \frac{du}{dz}$$

বা, $\eta = \frac{F}{A}\ \frac{du}{dz}$

ইয়াত η হ'ল সমানুপাতিক ধ্ৰুৱক; ইয়াক **সান্দ্ৰতা গুণাংক** (coefficient of viscosity) বা চমুকৈ **সান্দ্ৰতা** বোলা হয়।

$A = 1\ cm^2$, $dz = 1$ cm আৰু $du = 1\ cm\ s^{-1}$ হ'লে,

$\eta = F\ dyne\ cm^{-2}\ s$ হ'ব।

গতিকে CGS পদ্ধতিত সান্দ্ৰতা গুণাংকৰ (বা, সান্দ্ৰতাৰ) একক dyne cm^{-2} s হ'ব। সান্দ্ৰতা গুণাংকৰ CGS একক poise (বিজ্ঞানী Louise Poiseuille ৰ নাম অনুসৰি) বোলা হয়। অৰ্থাৎ,

1 poise = 1dyne cm^{-2} s

একেদৰে $A = 1\ m^2$, $dz = 1$m আৰু $du = 1m\ s^{-1}$ হ'লে $\eta = F\ Nm^{-2}\ s = F$ Pa s হ'ব।

অৰ্থাৎ সান্দ্ৰতা গুণাংকৰ SI একক N m^{-2}s বা Pa s হ'ব। ওপৰৰ তথ্যখিনি ব্যৱহাৰ কৰি আমি সান্দ্ৰতা গুণাংকৰ (বা, সান্দ্ৰতাৰ) সংজ্ঞা দিব পাৰো। **জুলীয়া পদাৰ্থ এবিধৰ একক ক্ষেত্ৰফলৰ দুটা নিকটবৰ্তী তৰপৰ মাজত একক বেগ প্ৰৱণতা প্ৰবৰ্তাই ৰাখিবলৈ প্ৰয়োজন হোৱা বলকে সান্দ্ৰতা গুণাংক বা সান্দ্ৰতা বোলা হয়।**

অথবা, **জুলীয়া পদাৰ্থ এবিধৰ পৰস্পৰ একক দূৰত্বত থকা একক ক্ষেত্ৰফলৰ দুটা তৰপৰ মাজত একক বেগৰ**

পাৰ্থক্য প্ৰবৰ্তাই ৰাখিবলৈ প্ৰয়োজন হোৱা বলকে সান্দ্ৰতা গুণাংক বা সান্দ্ৰতা বোলে।

এতিয়া,

$$1 \text{ poise} = 1 \text{ dyne cm}^{-2} \text{ s}$$
$$= 1 \text{ g cm}^{-1} \text{ s}^{-1} = 10^{-1} \text{ kg m}^{-1}\text{s}^{-1}$$
$$1 \text{ Pa s} = 1 \text{ N m}^{-2}\text{s}$$
$$= 1 \text{ kg m}^{-1} \text{ s}^{-1}$$
$$= 1000 \text{ g} \times 10^{-2} \text{ cm}^{-1}\times 1 \text{ s}^{-1}$$
$$= 10 \text{ g cm}^{-1} \text{ s}^{-1}$$
$$= 10 \text{ poise}$$

এয়ে হ'ল সান্দ্ৰতাৰ CGS আৰু SI এককৰ মাজৰ সম্বন্ধ।

সান্দ্ৰতা বেছি হ'লে জুলীয়া পদাৰ্থৰ বৈ যোৱা বেগ কম হয়। হাইড্ৰ'জেন বান্ধনি আৰু ভেন ডাৰ ৱালছ বলে সান্দ্ৰতা বৃদ্ধি কৰে। অধিক হাইড্ৰ'জেন বান্ধনি থকাৰ বাবে গ্লিচাৰল অতি সান্দ্ৰ আৰু ইয়াৰ বৈ যোৱা বেগ অপেক্ষাকৃত কম হয়। কাঁচ অতি সান্দ্ৰ পদাৰ্থ; ইয়াৰ সান্দ্ৰতা ইমান বেছি যে ইয়াৰ বহুতো ধৰ্ম কঠিন পদাৰ্থৰ দৰে। তথাপিও কাঁচৰ বৈ যোৱা ধৰ্ম থকাটো প্ৰমাণ কৰিব পাৰি। বহু পুৰণি ঘৰৰ দুৱাৰ খিৰিকিত থকা এখন কাঁচৰ ওপৰফাল আৰু তলফালৰ বেধ জুখিলে দেখা যায় যে ওপৰফালে বেধ কম, তলফালে বেছি। কাঁচৰ বৈ যোৱা ধৰ্মৰ বাবে এনেকুৱা হয়।

উষ্ণতাৰ বৃদ্ধিৰ লগে লগে অণুবোৰৰ গতিশক্তি বৃদ্ধি হয় বাবে আন্তঃআণৱিক আকৰ্ষণ বলৰ প্ৰভাৱ কমে। সেয়েহে উষ্ণতাৰ বৃদ্ধিৰ লগে লগে তৰলৰ সান্দ্ৰতা কমে।

সাৰাংশ

পদাৰ্থৰ কণাবোৰৰ মাজত আন্তঃআণৱিক আকৰ্ষণ বল থাকে। এই আকৰ্ষণ বল স্থিতিবৈদ্যুতিক বল নাইবা সহযোজী বান্ধনিৰ সৈতে একে নহয়। আন্তঃআণৱিক আকৰ্ষণ বল আৰু তাপীয় শক্তিৰ প্ৰতিযোগিতাৰ ফলত পদাৰ্থৰ বিভিন্ন অৱস্থা দেখা যায়। কঠিন, জুলীয়া আৰু গেছীয় পদাৰ্থৰ ধৰ্ম সেই পদাৰ্থত থকা কণাবোৰৰ সমূহীয়া ধৰ্ম। অৱস্থাৰ পৰিৱৰ্তনত ভৌতিক ধৰ্মৰ পৰিৱৰ্তন হয় যদিও ৰাসায়নিক ধৰ্মৰ পৰিৱৰ্তন নহয়।

গেছীয় পদাৰ্থৰ প্ৰধান পৰিমাপণযোগ্য ধৰ্মবোৰ হ'ল— ভৰ, আয়তন, চাপ আৰু উষ্ণতা। এই ধৰ্মবোৰৰ মাজত থকা সম্পৰ্ক **বয়লৰ সূত্ৰ, চাৰ্লছৰ সূত্ৰ** আৰু **এভ'গেড্ৰৰ সূত্ৰ**ৰ পৰা পোৱা যায়। **বয়লৰ সূত্ৰ**মতে, স্থিৰ উষ্ণতাত কোনো নিৰ্দিষ্ট পৰিমাণৰ গেছৰ আয়তন, গেছটোৰ চাপৰ ব্যস্তানুপতিক, অৰ্থাৎ $pV =$ ধ্ৰুৱক। **চাৰ্লছৰ সূত্ৰ** হ'ল স্থিৰ চাপত গেছৰ আয়তন আৰু উষ্ণতাৰ সম্পৰ্ক। এই সূত্ৰমতে স্থিৰ চাপত নিৰ্দিষ্ট পৰিমাণৰ গেছৰ আয়তন পৰম উষ্ণতাৰ সমানুপাতিক $(V \propto T)$। নিৰ্দিষ্ট ভৰৰ গেছৰ আয়তন V_1 পৰিবৰ্তিত হৈ V_2, চাপ P_1 পৰিবৰ্তিত হৈ P_2 আৰু উষ্ণতা T_1 পৰিবৰ্তিত হৈ T_2 হ'লে বয়ল আৰু চাৰ্লছৰ মিলন সূত্ৰ মতে

$$\frac{p_1V_1}{T_1} = \frac{p_2V_2}{T_2}\text{।}$$

এভ'গেড্ৰৰ সূত্ৰটো হ'ল, একে চাপ আৰু উষ্ণতাত সকলো গেছৰ একে আয়তনত একে সংখ্যক অণু থাকে যিবোৰ গেছে $pV = nRT$ সমীকৰণটো মানি চলে, সেইবোৰ গেছক **আদৰ্শ গেছ** বোলে। ইয়াত R হ' সাৰ্বজনীন গেছ ধ্ৰুৱক। ইয়াৰ মান গেছৰ আয়তন, চাপ আৰু উষ্ণতাৰ এককৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে। পৰস্প

ৰাসায়নিকভাৱে বিক্ৰিয়া নকৰা দুই বা ততোধিক গেছৰ মিশ্ৰক যদি স্থিৰ উষ্ণতাত নিৰ্দিষ্ট আয়তনৰ পাত্ৰত ৰখা হয়, তেতিয়া গেছ মিশ্ৰটোৰ মুঠ চাপ, উপাদান গেছবোৰৰ প্ৰতিটোৰ আংশিক চাপৰ যোগফলৰ সমান। ইয়াকে **ডেল্টনৰ আংশিক চাপৰ সূত্ৰ** বোলে।

গাণিতিকভাৱে, $p = p_1 + p_2 + p_3 + \ldots$ ।

আংশিক চাপ আৰু ম'ল ভগ্নাংশৰ সম্পৰ্ক হ'ল—

গেছমিশ্ৰৰ কোনো উপাদানৰ আংশিক চাপ = মিশ্ৰগেছৰ মুঠ চাপ × উপাদান গেছটোৰ আংশিক চাপ।

বাস্তৱ গেছৰ আচৰণৰ ব্যাখ্যা ভেন ডাৰ ৱালছৰ সমীকৰণৰুপৰা পোৱা যায়। এই সমীকৰণটো হ'ল

$$\left(p + \frac{an^2}{V^2}\right)(V - nb) = nRT$$

গেছৰ ক্ষেত্ৰত উচ্চ চাপ আৰু নিম্ন উষ্ণতাত আন্তঃআণৱিক বলৰ প্ৰভাৱ যথেষ্ট হয়। কাৰণ তেতিয়া অণুবোৰ পৰস্পৰৰ যথেষ্ট ওচৰলৈ আহে। উপযুক্ত চাপ আৰু উষ্ণতা প্ৰয়োগ কৰি গেছক তৰলীকৃত কৰিব পাৰি। জুলীয়া অৱস্থাটো কম আয়তন আৰু তীব্ৰ আন্তঃআণৱিক বলযুক্ত গেছীয় অৱস্থা মাথোন।

অনুশীলনী

5.1 30°C উষ্ণতাত 1 bar চাপত থকা 500 dm^3 আয়তনৰ বায়ুক 200 dm^3 আয়তনলৈ সংকুচিত কৰিবলৈ ন্যূনতম কিমান চাপৰ প্ৰয়োজন হ'ব?

5.2 35°C উষ্ণতা আৰু 1.2 bar চাপত 120 mL আয়তনৰ পাত্ৰত নিৰ্দিষ্ট পৰিমাণৰ গেছ লোৱা হ'ল। গেছখিনিক 35°C উষ্ণতাত থকা 180 mL আয়তনৰ আন এটা পাত্ৰলৈ স্থানান্তৰ কৰা হ'লে গেছটোৰ চাপ কিমান হ'ব?

5.3 অৱস্থাৰ সমীকৰণ $pV = nRT$ ব্যৱহাৰ কৰি দেখুওৱা যে কোনো নিৰ্দিষ্ট উষ্ণতাত কোনো এটা গেছৰ ঘনত্ব (d) গেছটোৰ চাপৰ (p) সমানুপাতিক।

5.4 0°C উষ্ণতাত 2 bar চাপত থকা কোনো এটা গেছীয় অক্সাইডৰ ঘনত্ব, 5 bar চাপত থকা ডাইনাইট্ৰ'জেনৰ ঘনত্বৰ সৈতে একে। অক্সাইডটোৰ আণৱিক ভৰ কিমান হ'ব?

5.5 27°C উষ্ণতাত 1 g আদৰ্শ গেছ Aৰ চাপ 2 bar পোৱা হ'ল। একে উষ্ণতাত একেটা ফ্লাস্কত আন এটা আদৰ্শ গেছ Bৰ 2 g ভৰাই লোৱাত চাপ 3 bar হ'ল। দুয়োটা গেছৰ আণৱিক ভৰৰ মাজত থকা সম্পৰ্কটো নিৰ্ণয় কৰা।

5.6 নলা চাফ কৰা, ড্ৰেইনেক্স নামৰ দ্ৰব্যটোত থকা সামান্য পৰিমাণ এলুমিনিয়ামে কষ্টিক ছ'ডাৰ সৈতে বিক্ৰিয়া কৰি ডাইহাইড্ৰ'জেন উৎপন্ন কৰে। 0.15g এলুমিনিয়াম বিক্ৰিয়াত ভাগ ল'লে 20°C উষ্ণতা আৰু 1 bar চাপত কিমান আয়তনৰ ডাইহাইড্ৰ'জেন উৎপন্ন হয়?

5.7 27°C উষ্ণতাত 9 dm^3 আয়তনৰ ফ্লাস্ক এটাত থকা 3.2 g মিথেন আৰু 4.4 g কাৰ্বন ডাইঅক্সাইডৰ মিশ্ৰই কিমান চাপ দিব?

5.8 27°C উষ্ণতাত থকা 1 L আয়তনৰ পাত্ৰ এটাত 0.8 bar চাপত থকা 0.5 L H_2 আৰু 0.7 bar চাপত থকা 2.0 L ডাইঅক্সিজেন গেছ লোৱা হ'ল। গেছ মিশ্ৰটোৰ চাপ কিমান হ'ব?

5.9 27°C উষ্ণতা আৰু 2 bar চাপত থকা গেছ এটাৰ ঘনত্ব 5.46 g/m^3 হ'লে STP ত গেছটোৰ ঘনত্ব কিমান হ'ব?

5.10 546°C উষ্ণতা আৰু 0.1 bar চাপত 34.05 mL ফছফৰাছ বাষ্পৰ ভৰ 0.0625 g হ'লে ফছফৰাছৰ আণৱিক ভৰ গণনা কৰা?

5.11 এজন ছাত্ৰই 27°C উষ্ণতাত ফ্লাস্ক এটাত বিক্রিয়কৰ মিশ্ৰ লবলৈ পাহৰি ফ্লাস্কটো গৰম কৰাৰ বাবে বাৰ্ণাৰৰ ওপৰত থৈ দিলে। কিছু সময়ৰ পাছত তেওঁ তেওঁৰ ভুল উপলব্ধি কৰিলে আৰু পাইৰ'মিটাৰ ব্যৱহাৰ কৰি ফ্লাস্কৰ উষ্ণতা 447°C দেখা পালে। ফ্লাস্কৰ পৰা কিমান অংশ বায়ু ওলাই গৈছে গণনা কৰা।

5.12 3.32 bar চাপত 4.0 mol গেছৰ আয়তন 5 dm^3 হ'লে গেছটোৰ উষ্ণতা গণনা কৰা।
($R = 0.083$ bar dm^3 K^{-1} mol^{-1})

5.13 1.4 g ডাইনাইট্ৰ'জেনত থকা ইলেকট্ৰনৰ মুঠ সংখ্যা গণনা কৰা।

5.14 যদি প্রতি ছেকেণ্ডত 10^{10} সংখ্যক শস্যদানা বিতৰণ কৰা হয়, তেন্তে এভ'গেড্ৰৰ সংখ্যাৰ সমান শস্য দানা বিতৰণ কৰিবলৈ কিমান সময়ৰ প্ৰয়োজন হ'ব?

5.15 1 dm^3 আয়তনৰ পাত্ৰত 8 g ডাইঅক্সিজেন আৰু 4 g ডাইহাইড্ৰ'জেন আৱদ্ধ কৰি ৰাখিলে মিশ্ৰটোৰ মুঠ চাপ কিমান হ'ব? ($R = 0.083$ bar dm^3 K^{-1} mol^{-1})

5.16 অপসাৰিত বায়ু আৰু বেলুনৰ ভৰৰ পাৰ্থক্যক 'পে লোড' (pay load) বোলা হয়। 10 m ব্যাসাৰ্ধ আৰু 100kg ভৰৰ বেলুন এটাত 1.66 bar চাপ আৰু 27°C উষ্ণতাত হিলিয়ামেৰে পূৰ্ণ কৰিলে 'পে লোড' কিমান হ'ব গণনা কৰা। (বায়ুৰ ঘনত্ব =1.2 kg m^{-3} আৰু $R = 0.083$ bar L K^{-1} mol^{-1})

5.17 31.1°C আৰু 1bar চাপত 8.8 g CO_2ৰ আয়তন গণনা কৰা। ($R = 0.083$bar L K^{-1} mol^{-1})

5.18 একে চাপত 17°C উষ্ণতাত 0.184 g ডাইহাইড্ৰ'জেনৰ আয়তনৰ সৈতে 90° C উষ্ণতাত 2.9 g কোনো গেছৰ আয়তন একে হয়। গেছটোৰ ম'লাৰ ভৰ কিমান?

5.19 1 bar চাপত ডাইহাইড্ৰ'জেন আৰু ডাইঅক্সিজেনৰ মিশ্ৰ এটাত ভৰ হিচাপে 20% ডাইহাইড্ৰ'জেন আছে। ডাইহাইড্ৰ'জেনৰ আংশিক চাপ গণনা কৰা।

5.20 pV^2T^2/n ৰাশিটোৰ SI একক কি হ'ব?

5.21 চাৰ্লছৰ সূত্ৰৰ আধাৰত সম্ভাব্য সৰ্বনিম্ন উষ্ণতা $-273^{\circ}C$ কিয় হয় ব্যাখ্যা কৰা।

5.22 কাৰ্বন ডাইঅক্সাইড আৰু মিথেনৰ ক্ৰান্তিক উষ্ণতা ক্ৰমে $31.1^{\circ}C$ আৰু $81.9^{\circ}C$ । কোনটো গেছত আন্তঃআণৱিক বল বেছি আৰু কিয় বেছি?

5.23 ভেন ডাৰ ৱালছৰ ধ্ৰুৱকসমূহৰ তাৎপৰ্য্য ব্যাখ্যা কৰা।

5.24 দুটা বাস্তৱ গেছৰ b ৰ মান একে কিন্তু a ৰ মান বেলেগ বেলেগ। প্ৰতিটো গেছৰ 1 mol লোৱা হ'ল। কোনটো গেছৰ আয়তন আনটোতকৈ বেছি হ'ব?

5.25 আদৰ্শ গেছৰ মিশ্ৰ এটাক 4.22 K উষ্ণতালৈ চেঁচা কৰি গেছবোৰৰ এটা মিশ্ৰ জুলীয়া দ্ৰৱ পোৱা গ'ল। — এই উক্তিটো শুদ্ধ নে? যুক্তি দৰ্শাই ব্যাখ্যা কৰা।

5.26 বাস্তৱ গেছ এটাৰ অৱস্থাৰ সমীকৰণ হ'ল $p\,(V-b) = RT$, গেছটোক তৰললৈ পৰিণত কৰিব পাৰিবা নে?

5.27 $32^{0}C$ উষ্ণতাত চাপ প্ৰয়োগ কৰিও CO_2 গেছৰ জুলীয়াকৰণ কৰা সম্ভৱ নহয় কিয় ব্যাখ্যা কৰা।

5.28 সাধাৰণ উষ্ণতাত HCl (g) আৰু NH_3(g) ৰ মিশ্ৰৰ ক্ষেত্ৰত ডেল্টনৰ আংশিক চাপৰ সূত্ৰ প্ৰযোজ্য নহয় কিয়?

5.29 আদৰ্শ গেছ সমীকৰণ $pV = n\mathrm{R}T$ স্থাপন কৰা। SI এককত R ৰ মান নিৰ্ণয় কৰা।

5.30 বাস্তৱ গেছবোৰে আদৰ্শ আচৰণৰূপৰা বিচ্যুতি দেখুওৱাৰ কাৰণ কি?

5.31 গেছৰ সংকোচনশীলতা গুণাংক কাক বোলে? ইয়াৰ তাৎপৰ্য্য আলোচনা কৰা।

5.32 উতলাংক কাক বোলে? স্বাভাৱিক উতলাংক আৰু প্ৰমাণ উতলাংকৰ মাজত পাৰ্থক্য কি?

5.33 জুলীয়া পদাৰ্থৰ পৃষ্ঠ টানৰ সংজ্ঞা দিয়া। ইয়াৰ SI একক আৰু মাত্ৰা উল্লেখ কৰা।

5.34 জুলীয়া পদাৰ্থৰ সান্দ্ৰতাৰ সংজ্ঞা দিয়া।

5.35 সান্দ্ৰতা গুণাংক কাক বোলে? ইয়াৰ SI আৰু CGS একক উল্লেখ কৰি এই দুটা এককৰ মাজৰ সম্পৰ্কটো স্থাপন কৰা।

5.36 কাৰণ দৰ্শোৱা

(a) মাৰ্কাৰিৰ টোপাল গোলাকাৰ।

(b) অতি নিম্ন চাপত গেছে আদৰ্শ আচৰণ দেখুৱায়।

(c) গ্লিচাৰলৰ সান্দ্ৰতা ইথানলতকৈ বেছি।