তৃতীয় অধ্যায় : পদার্থ : গঠন ও ধর্ম

তরল ও বায়ুর চাপ

তরল ও গ্যাসীয় পদার্থ যেহেতু প্রবাহিত হয় তাই তাদের প্রবাহী (fluid) বলা হয়। কঠিন পদার্থকে যেখানে রাখা হয় সেখানেই থাকে এবং যেহেতু তার ওজন আছে, তাই সেটি তলের ওপর চাপ দেয়। আবার প্রবাহিত হওয়ার প্রবণতা থাকায় তরল এবং গ্যাস শুধু নীচের দিকেইনয়, সব দিকেই চাপ দেয়।

বাস্তব অভিজ্ঞতা

একটি ছিদ্রযুক্ত লম্বা পাত্র জলপূর্ণ করলে ছিদ্র দিয়ে জল সবেগে বেরিয়ে যায়। আঙ্গুল দিয়ে সেই ছিদ্র চেপে ধরলে জলের চাপ অনুভব করা যায়। **কোনো তলের একক ক্ষেত্রফলে লম্বভাবে প্রযুক্ত বলকে চাপ বলে।**

অর্থাৎ, চাপ (P) = $\frac{\text{লম্বভাবে প্রযুক্ত বল}}{\text{ক্ষেত্রফল}} = \frac{F}{A}$

সমগ্রতলের উপর লম্বভাবে প্রযুক্ত বলকে **ঘাত** বলে।

অর্থাৎ, **ঘাত (F)** = P × A = **চাপ** × **ক্ষেত্রফল**।

বলের একক দ্বারা ঘাত পরিমাপ করা হয়। প্রবাহীর ক্ষেত্রে, এই ধারণাটি ব্যবহার করলে বলা যায়- ক্ষেত্রফলের ওপর প্রযুক্ত ঘাত = তরলের ওজন, অর্থাৎ, F = w অর্থাৎ, তরলস্তম্ভের তলদেশে চাপ (P) = w/A

চাপের CGS একক : dyne/cm^2; **SI একক:** newton/m^2, $pascal\ (pa)$

ঘাতের CGS একক: dyne; **SI একক** : newton

চাপের মাত্রা-সংকেত : $[ML^{-1}T^{-2}]$;

ঘাতের মাত্রা সংকেত : $[MLT^{-2}]$

চাপ ও ঘাতের মাত্রা বলের সাহায্যে প্রকাশ করা হয় বলে বল ও ঘাতের মাত্রা-সংকেত এবং মাত্রা একই হয়।

তরলের মধ্যে কোনো বিন্দুতে চাপের পরিমাণ

যদি একটি পাত্রে S-ঘনত্বের তরল রাখা হয় তবে তরলের পৃষ্ঠ থেকে h গভীরতায় X বিন্দুতে তরলের চাপ হবে-

X-বিন্দুর চারিদিকে একটি ক্ষুদ্র বৃত্তাকার অনুভূমিক তলের A-এর ওপর লম্বভাবে একটি তরলস্তম্ভ RQPS কল্পনা করলে, ওই কল্পিত তরলস্তম্ভের ওজন A ক্ষেত্রফলের ওপর লম্বভাবে প্রযুক্ত বল (বা ঘাত), F।

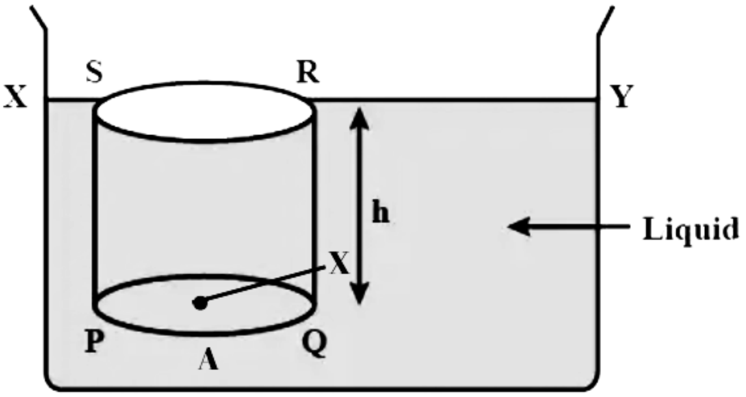
RQPS তরলস্তম্ভের ওজন =

ভর × g (g = অভিকর্ষজ ত্বরণ) = আয়তন × ঘনত্ব × g = (A × h) × S × g

∴ X বিন্দুতে তরলের চাপ = একক ক্ষেত্রফলে ক্রিয়াশীল বল =

$F/A = AhSg/A = hSg$

অর্থাৎ, তরলের ভেতরের কোনো বিন্দুতে তরলের চাপ = গভীরতা × ঘনত্ব × অভিকর্ষজ ত্বরণ



এ থেকে বলা যায়- একটি নির্দিষ্ট অবস্থানে (g ধ্রুবক), এবং

1. যখন একই ঘনত্বের তরল স্থির তখন তরলের ভিতরে কোনো বিন্দুতে **চাপ ∝ গভীরতা (h)**
2. যখন বিভিন্ন ঘনত্বের তরল নেওয়া হয়, এবং গভীরতা (h) স্থির থাকে, তখন যে তরলের ঘনত্ব যত বেশি, তার চাপ তত বেশি হবে অর্থাৎ **চাপ ∝ ঘনত্ব (d)**।

নদী বাঁধের অথবা নদীর স্তম্ভের অভ্যন্তরে নীচের দিকটা চওড়া করা হয় কেন :

গভীরতা বাড়ার সাথে সাথে তরলের চাপ বৃদ্ধি পায়। বাঁধ বা স্তম্ভের তলদেশে জলের গভীরতা বেশি, এমনকি পার্শ্বচাপও বেশি। সেই অত্যাধিক চাপ যাতে সহ্য করতে

পারে এবং ভেঙে না যায়, সেজন্য বাঁধের নিচের দিকের বেধ বেশি করা হয়।

তরলের চাপের বৈশিষ্ট্য বা, প্রকৃতি :

- স্থির তরলের মধ্যে কোনো বিন্দুতে চাপ এবং ওই বিন্দুর গভীরতা সমানুপাতিক হয়।
- স্থির তরলের ভেতরের যে কোনো বিন্দুতে তরল সব দিকেই সমান চাপ প্রয়োগ করে।
- স্থির তরলের অভ্যন্তরীণ কোনো অনুভূমিক তলের সব বিন্দু গুলিতেই তরলের চাপ সমান হয়।
- পাত্রের আকৃতির ওপর তরল মধ্যস্থ কোনো বিন্দুতে তরলের চাপ নির্ভর করেনা।
- তরলের ঘনত্ব এবং তরল-মধ্যবর্তী কোনো বিন্দুতে চাপ সমানুপাতিক হয়।
- পাত্রের দেয়ালের উপর তরল লম্বভাবে চাপ দেয়।

বায়ুচাপ ও ব্যারোমিটার

পৃথিবীকে চারিদিক থেকে ঘিরে রাখা গ্যাসীয় আবরণকে **বায়ুমণ্ডল** বলা হয়। এই আবরণ বিস্তৃতি সঠিক বলা না গেলেও, 400 কিলোমিটার ধরে নেওয়া হয়। যেহেতু পৃথিবীর আকর্ষণ শক্তির জন্য বায়ুর অণুগুলি মহাশূন্যে যেতে পারে না তাই পৃথিবী পৃষ্ঠের নিকটতম বায়ুস্তর ঘন, এবং যত উপরে যাওয়া হয়, বায়ুস্তর তত লঘু হয়। উপরের স্তরগুলির ওজনের জন্য ভূপৃষ্ঠের সংলগ্ন সবথেকে নিচের বায়ুস্তরে একটি চাপ পড়ে। একক ক্ষেত্রফল বিশিষ্ট ভূমির ওপর বায়ুমণ্ডলের উর্ধ্বসীমা পর্যন্ত যে বায়ুস্তম্ভ রয়েছে, তার ওজনকে বায়ুচাপ বলা হয়।

বায়ুমণ্ডলের চাপ

- কোনো বিন্দুকে ঘিরে কল্পিত একক ক্ষেত্রফলের ওপর বায়ুমণ্ডল তার ওজনের জন্য লম্বভাবে যে বল প্রয়োগ করে, তাকে ঐ স্থানের বায়ুমণ্ডলের চাপ বলে।
- বায়ু সবদিকেই চাপ দেয়। ইতালীয় বিজ্ঞানী টরিসেলি বায়ুচাপ মাপার উপায় উদ্ভাবন করেছিলেন। বায়ুমণ্ডলীয় চাপ প্রায় 76 সেমি উচ্চ পারদস্তম্ভের চাপের

সমান তা টরিসেলির পরীক্ষা থেকে জানা যায়।

- 1 m (100 সেমি) লম্বা এবং একটি 1 cm^2 প্রস্থচ্ছেদ বিশিষ্ট, এক মুখ খোলা পারদপূর্ণ কাঁচের নলকে একটি পারদপাত্রে উলটোভাবে দাঁড় করালে দেখা যাবে বায়ুচাপ পারদস্তম্ভকে প্রায় 76 সেমি উঁচুতে ধরে রাখে।
- বায়ুচাপ বাড়লে বা কমলে পারদস্তম্ভের উচ্চতার বৃদ্ধি বা হ্রাস ঘটে। এই উচ্চতা বায়ুচাপ নির্দেশ করে।
- টরিসেলির পরীক্ষায় পারদস্তম্ভের উপরে নলের খালি স্থানকে **টরিসেলির শূন্যস্থান** বলে। এখানে সামান্য পারদ বাষ্প থাকে, যার চাপ নগণ্য। নলটা কাত করলে টরিসেলির শূন্যস্থানের আয়তন কমে, তবে পারদ স্তম্ভের উল্লম্ব উচ্চতা একই থাকে।

বায়ুমণ্ডলের প্রমান চাপ : সমুদ্রপৃষ্ঠে 45° অক্ষাংশে, 0°C উষ্ণতায় 76 cm উচ্চতা বিশিষ্ট পারদস্তম্ভ যে চাপ দেয়, সেই চাপকেই বায়ুমণ্ডলীয় চাপ বা 1 atm বলে।

বায়ুচাপ = একক ক্ষেত্রফলে পারদস্তম্ভের ওজন।

SI-তে প্রমান বায়ুচাপ (P) =

$1.013 \times 10^5 N/m^2 = 1.013 \times 10^5 Pa\, [1\, Pa = 1 N/m^2$

CGS-এ 1 atm =

$[(76\, cm \times 1 cm^2) \times 13.6\, g\, cm^{-3} \times 980\, cm\, s^{-2}]\, per\, cm^2$

$= 1.013 \times 10^6 dyne/cm^2$

ব্যারোমিটার: বায়ুর চাপ যে যন্ত্রের সাহায্যে মাপা হয় তাকে ব্যারোমিটার বলে। পরীক্ষাগারে, ফর্টিনের (Fortin's) ব্যারোমিটারের ব্যবহার হয়। টরিসেলির কিছু পরীক্ষা পদ্ধতি পরিবর্তন করে এই ব্যারোমিটার তৈরি করা হয়েছে।

চাপ নির্ণয় :

1. পারদস্তম্ভ উচ্চতা (h cm) নির্ণয় করা হয় মূল স্কেলের পাঠ ও ভার্নিয়ার স্কেলের পাঠ থেকে
2. চার্ট থেকে ঘরের উষ্ণতায় পারদের ঘনত্ব জানা যায়।

যদি এই ঘনত্ব হল d g/cm^3 হয় তবে,

∴ বায়ুর চাপ (P) হবে : hdg dyne/cm^2 (g = ওই স্থানের অভিকর্ষজ ত্বরণ)।

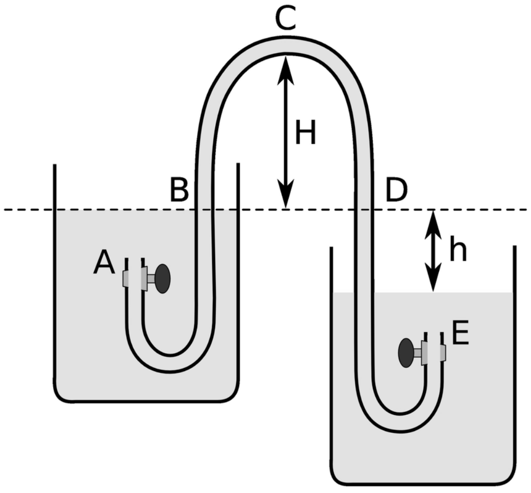
বায়ুর চাপের মান থেকে আবহাওয়ার প্রাথমিক পূর্বাভাস :

ব্যারোমিটারের পারদস্তম্ভের উচ্চতা -

- ব্যারোমিটারের পারদস্তম্ভের উচ্চতা ক্রমাগত হ্রাস পেলে বাতাসে জলীয় বাষ্পের পরিমাণ বাড়ে। কারণ, জলীয় বাষ্প বাতাসের চেয়ে হালকা হয়। অর্থাৎ সেই মুহূর্তে বৃষ্টির সম্ভাবনা থাকে।
- ব্যারোমিটারের পারদস্তম্ভের উচ্চতা দ্রুত কমতে থাকলে, বায়ুর চাপও দ্রুত কমবে। অর্থাৎ, নিম্নচাপ সৃষ্টি হবে এবং উচ্চচাপযুক্ত অঞ্চলে থেকে বাতাস ওই জায়গায় ছুটে যাবে। ঝড়, ঘূর্ণিঝড় বা অন্যান্য দূর্যোগপূর্ণ আবহাওয়ার সম্ভাবনা রয়েছে।
- ব্যারোমিটারের পারদস্তম্ভের উচ্চতা ধীরে ধীরে বাড়তে থাকে তবে বায়ুরচাপ ক্রমশ বাড়বে, অর্থাৎ বাতাসে জলীয় বাষ্পের পরিমাণ কমবে। অর্থাৎ, আবহাওয়া সম্ভবত শুষ্ক এবং স্বাভাবিক হবে।
- যদি ব্যারোমিটারের পারদস্তম্ভের উচ্চতা দ্রুত উপরে উঠতে থাকে তবে বাতাসে জলীয় বাষ্পের পরিমাণ দ্রুত কমবে। অর্থাৎ বৃষ্টি শীঘ্রই থেমে যাবে এবং সাময়িক ভাবে আকাশ পরিষ্কার হয়ে যাবে।

সাইফন (Siphon) : সাইফন হল একটি উল্টানো U-আকৃতির নল যার দুটি খোলা মুখ এবং অসম বাহু রয়েছে। এটি একটি পাত্রে থাকা তরলকে একটি উচ্চ স্থান থেকে নীচে রাখা অন্য পাত্রে (বিপরীত দিকে নয়) নড়াচড়া ছাড়াই পরিবহন

করে। এই পদ্ধতিটি **সাইফন পদ্ধতি** হিসাবে পরিচিত।



একটি কেরোসিন-ভর্তি রাবার বা প্লাস্টিকের নল দুটি প্রান্তে আঙুল দিয়ে বন্ধ করা হয় এবং একটি প্রান্ত একটি বিশাল তেল পূর্ণ পাত্রে ডুবানো হয়। অন্য প্রান্তটি যে পাত্র থেকে তেল নেওয়া হবে সেখানে রাখা হয়। তারপর আঙুল তুলে নিলে স্বাভাবিকভাবেই তেল বেরিয়ে আসবে। এই প্রক্রিয়াটি চলতে থাকবে যতক্ষণ ওই ছোট নল তরলে নিমজ্জিত থাকবে।

সাইফন-ক্রিয়ার শর্ত :

1. তরল বাতাসের চাপে নলের মধ্যে ওঠে, তাই-
    - ছোট বাহুর উল্লম্ব উচ্চতা ব্যারোমিটারের উচ্চতার চেয়ে কম হওয়া উচিত। অন্যথায়, সাইফন কাজ করবে না; উদাহরণস্বরূপ, জলের ক্ষেত্রে h_1 এর মান 34 ফুট-এর চেয়ে বেশি হলে, সাইফন কাজ করবে না।
    - বায়ু নেই এমন স্থানে সাইফন কাজ করে না।
2. দুটি পাত্রের তরল-পৃষ্ঠের উচ্চতা ভিন্ন না হলে সাইফন কাজ করে না।
3. যদি সাইফনের ছোট বাহুতে একটি ছিদ্র থাকে, তবে এটি দিয়ে বাতাস প্রবেশ করবে এবং তরলকে উপরে উঠতে বাধা দেবে। তবে, বড়ো বাহুর যে অংশ উপরের পাত্রের তরল পৃষ্ঠের নীচে থাকে সেখানে ছিদ্র থাকলে সাইফন ক্রিয়া চলতে থাকবে। যদিও তরল-প্রবাহের হার কিছুটা কমবে।

আর্কিমিডিসের নীতি (Archimedes’ Principle)

বাস্তব অভিজ্ঞতা ও প্লবতা : যখন কোনো বস্তু সম্পূর্ণ বা আংশিকভাবে নিমজ্জিত থাকে তখন সেই বস্তুর উপর তরল যে ঊর্ধ্বঘাত প্রয়োগ করে তাকে প্লবতা বলা হয়।

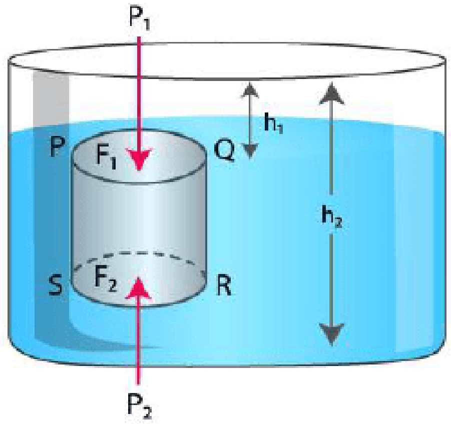
যেমন-

- জলে একটি বড় কাঠের গুঁড়ি টেনে আনা বেশ সহজ।
- জলের বালতি কুয়োর জলে ডুবে থাকা পর্যন্ত টেনে তোলা সহজ, তবে এটি পরে ভারী হয়ে যায়।

নিমজ্জিত বস্তুর উপর জলের উর্ধ্বঘাতের প্রভাবের কারণে জিনিসটির ওজন কমে গেছে বলে মনে হয়। জল থেকে কোনো বস্তু সরিয়ে নিলে তার ওজন বেড়ে যায়।

- ঊর্ধ্বঘাত বস্তুর ওজনজনিত নিম্নগামী বলের একাংশকে প্রশমিত করে বলে বস্তু হালকা বলে মনে হয়। ফলস্বরূপ, **বস্তুর আপাত ওজন** = **প্রকৃত ওজন - তরল (বা গ্যাসের) প্লবতা।** প্লবতা যত বেশি হবে বস্তু তত হালকা মনে হবে। অন্য কথায়, ওজনের আপাত-হ্রাসও বেশি হবে।

ধরা যাক, PQRS বেলনটি d ঘনত্বের একটি তরলে নিমজ্জিত। সমস্ত পৃষ্ঠে তরল লম্বভাবে ঘাত প্রয়োগ করবে। তারা পরস্পরকে প্রশমিত করে কারণ বিপরীত পার্শ্বতলগুলোর ঘাত সমান এবং বিপরীতমুখী। অর্থাৎ, দুজোড়া পার্শ্বতলে তরল দ্বারা প্রয়োগ করা মোট ঘাত শূন্য। PQ এবং RS তলের গভীরতা সমান নয়। ফলস্বরূপ, অসমান ঘাত ক্রিয়া করবে।



PQ পৃষ্ঠতল নিম্নমুখী ঘাত = চাপ × ক্ষেত্রফল =$h_1$dg . A এবং

RS পৃষ্ঠের উপর ঊর্ধ্বমুখী ঘাত = $h_2$dg . A।

যেহেতু $h_2 > h_1$, তাই বস্তুর উপর প্রযুক্ত মোট ঊর্ধ্বমুখী ঘাত (বা, প্লবতা)

$= h_2 dg.\ A - h_1 dg.$

A = $(h_2 - h_1)$ dgA = Vdg = সম-আয়তনের তরলের ওজন।

প্লবতা কোনো কোনো ক্ষেত্রে প্লবক বল (buoyant force) নামেও পরিচিত।