স্বাগতম

হাইড্রোলিক্স (২৬৪৫৬)

৫ ম পর্ব সিভিল টেকনোলজি, ২০২২ প্রবিধান

উপস্থাপনায়:

কাউসার রাকিব।

(খন্ডকালীন শিক্ষক)

মোবাইল: ০১৫৫১৮০৯১৬৫

ময়মনসিংহ পলিটেকনিক ইন্সটিটিউট।

মাসকান্দা, ময়মনসিংহ

অধ্যায়-০১

প্রবাহী এবং তার ধর্ম

১.১ প্রবাহী, তরল, গ্যাস, প্রবাহী বল বিজ্ঞান ও হাইড্রোলিক্স -এর সংজ্ঞা।

১.২ প্রবাহী, তরল, এবং গ্যাসের তুলনামূলক আলোচনা।

১.৩ প্রবাহীর ঘনত্ব, আপেক্ষিক ওৎনু এর সংঞ্জা।

১.৪ হাইড্রোলিক্স এর প্রয়োগ ক্ষেত্র।

১.১ প্রবাহী, তরল, গ্যাস, প্রবাহী বল বিজ্ঞান ও হাইড্রোলিক্স -এর সংজ্ঞা।

(ক) প্রবাহী (Fluid) : যে সকল পদার্থ (তরল ও বায়বীয়) এক স্থান হতে অন্য স্থানে প্রবাহিত হতে পারে তাদেরকে প্রবাহী (Fluid) বলে। যেমন- পানি, তেল, পারদ, গ্যাস, বাষ্প ইত্যাদি।

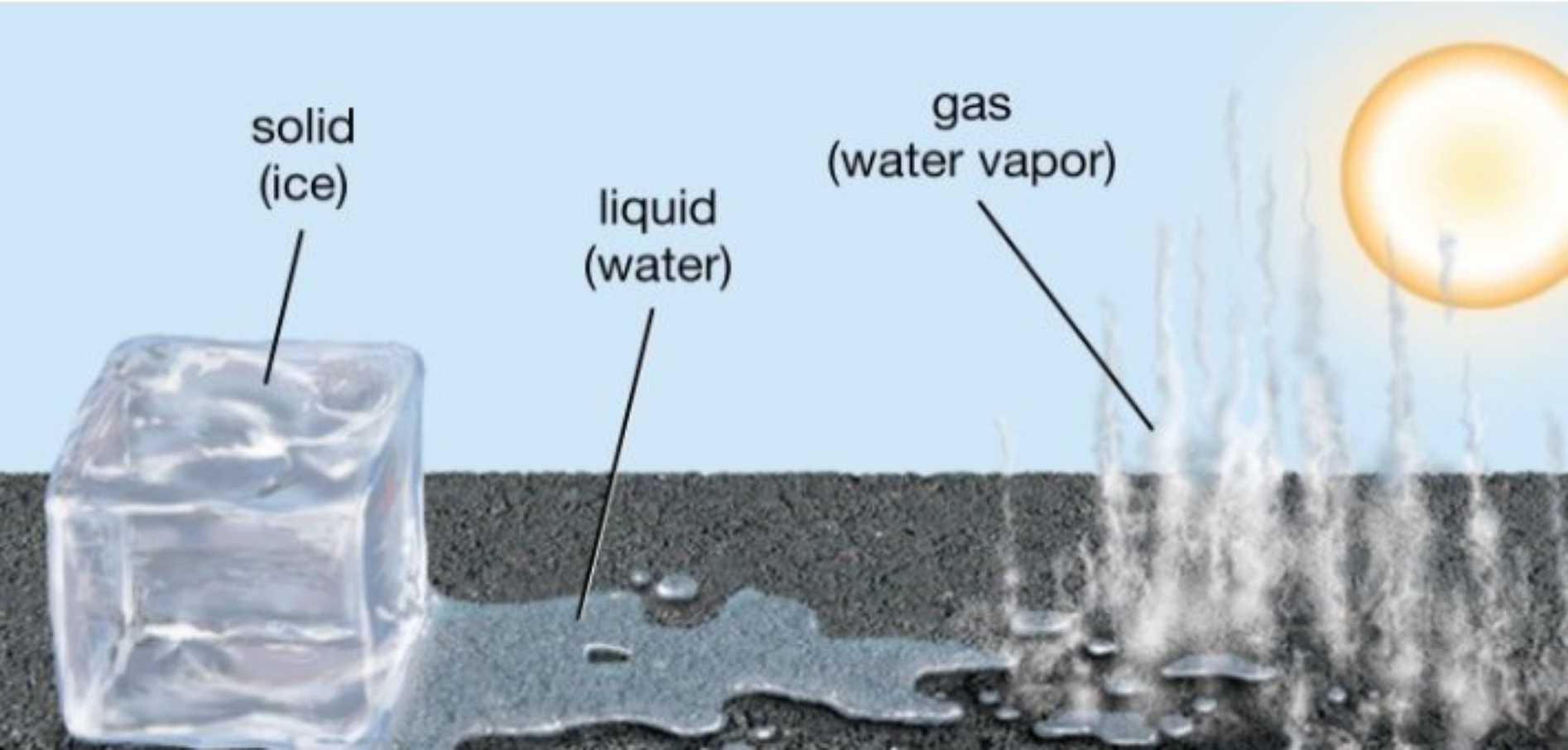
প্রবাহী প্রধানত দুই প্রকার। যথা-

(i)তরল (Liquid) ও

(ii) গ্যাস (Gas)।

(খ) তরল (Liquid) : যখন কিছু কিছু পদার্থের উপর তাপ প্রয়োগ করা হয় তখন তা তরল অবস্থায় রূপান্তরিত হয়। আবার ত
সরিয়ে নিলে কঠিন অবস্থায় রূপান্তরিত হয়। যেমন- পানিকে শূন্য (০°) তাপমাত্রায় আনলে বা তার থেকে নিচে নামালে পা
বরফে রূপান্তরিত হয়। যখন এর তাপমাত্রা বেড়ে 0° সেন্ট্রিগ্রেডে উন্নীত হয় তখন আবার তা তরল আকার ধারণ করে। পা
নির্দিষ্ট আয়তন ও ওজন আছে। কিন্তু কোন আকার নেই। যে পাত্রে রাখা হয় তখন সেই পাত্রের আকার ধারণ করে এবং এ
সংকোচন করা যায় না।

(গ) গ্যাস (Gas) : পানিকে তাপ প্রয়োগ করে 100° সে. তাপমাত্রায় উন্নীত করলে তা গ্যাসে রূপান্তরিত হয় এবং বাষ্প আকা
উড়ে যায়। গ্যাসের কোন নির্দিষ্ট আকার বা আয়তন নেই। শুধু নির্দিষ্ট ওজন আছে।

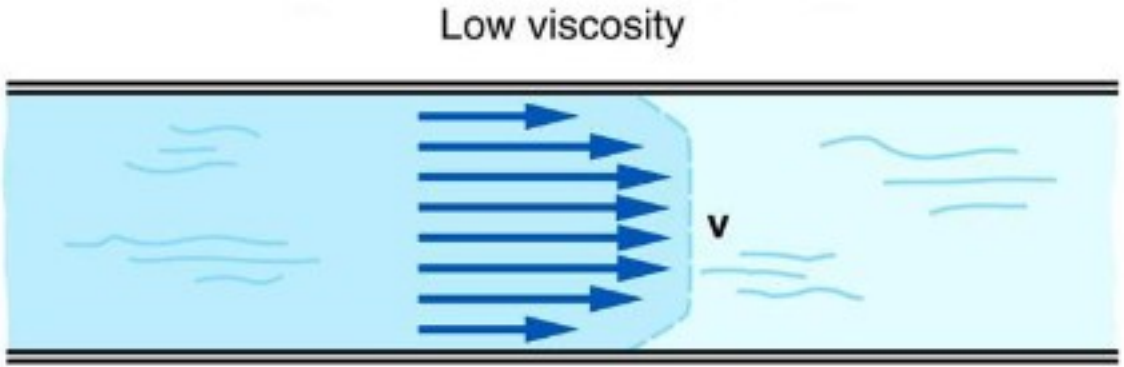


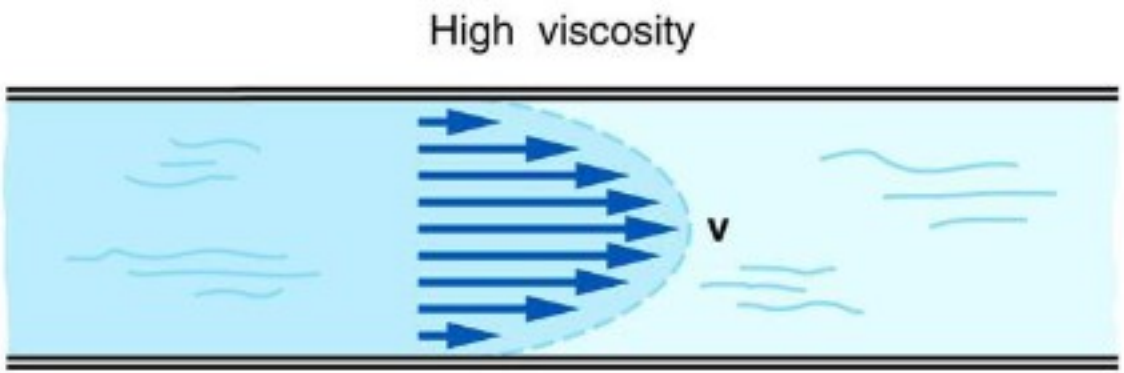
(ঘ) প্রবাহীর বল বিজ্ঞান (Fluid Mechanics) : ইঞ্জিনিয়ারিং বিজ্ঞানের যে শাখা প্রবাহীর স্থিতি ও গতি অবস্থায় বিভিন্ন ধর্ম নি
আলোচনা করে তা প্রবাহীর বল বিজ্ঞান (Fluid Mechanics) নামে পরিচিত।

(ঙ) হাইড্রলিক্স (Hydraulics) : প্রবাহী বল বিজ্ঞানের যে অংশটি শুধুমাত্র তরল পদার্থ নিয়ে আলোচনা করে তাকে হাইড্রো-মেকানিক্স (Hydromechanics) বলে। যখন হাইড্রোমেকানিক্স ইঞ্জিনিয়ারিং সমস্যা সমাধানে প্রয়োগ করা হয়, তখন এর নাম হাইড্রলিক্স। একে অন্যভাবেও বলা যায়, যেমন- হাইড্রোমেকানিক্স-এর যে অংশ শুধুমাত্র পানি নিয়ে আলোচনা করে, তাকে হাইড্রলিক্স বলে।

(চ) প্রকৃত প্রবাহী (Real Fluid) : যে সকল পদার্থের সান্দ্রতা, পৃষ্টটান এবং সংকোচনশীলতা গুণ বিদ্যমান এবং প্রবাহের সময় পরিমাণ বাঁধার সৃষ্টি করে তাদেরকে প্রকৃত প্রবাহী বলে। প্রকৌশল বিজ্ঞানে এই সমস্ত সান্দ্রাতা পূর্ণ প্রকৃত প্রবাহী নিয়ে আলো করা হয় এবং প্রকৃতিতে এর প্রাপ্যতা প্রচুর ।

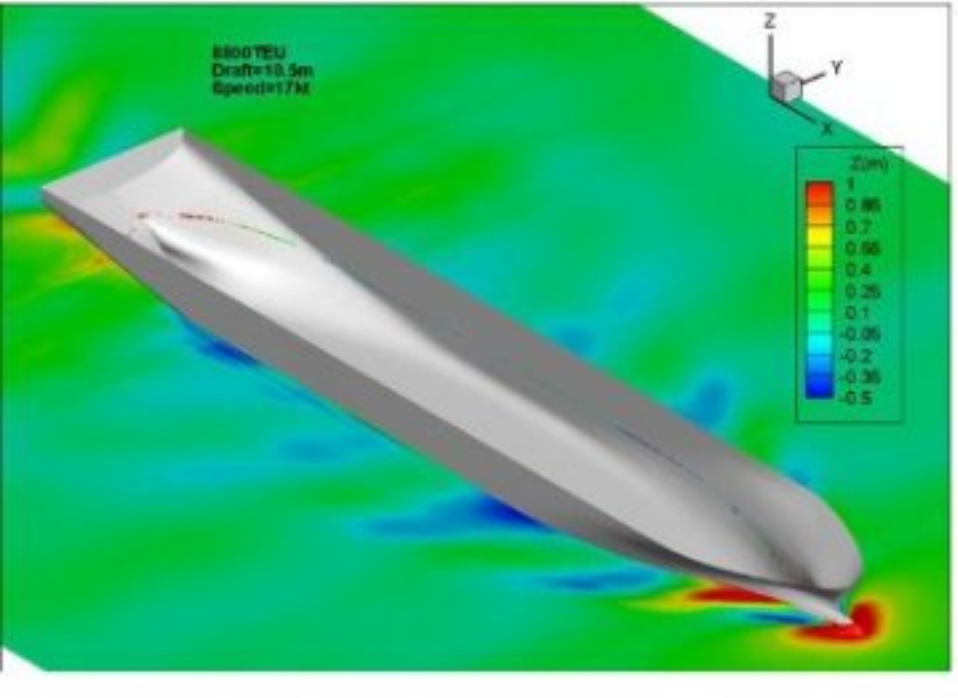
(ছ) আদর্শ প্রবাহী (Ideal Fluid) : যে সমস্ত প্রবাহীর কোন সান্দ্রতা নেই তাদেরকে আদর্শ প্রবাহী (Ideal fluid) বলে । কিন্তু বাস্ত
জাতীয় সান্দ্রতা বিহীন কোন প্রবাহী নেই। কিন্তু প্রবাহী যাদের অতি সমান্য পরিমাণ সান্দ্রতা আছে। তাদেরকে আদর্শ প্রবাহী ব
যেতে পারে।

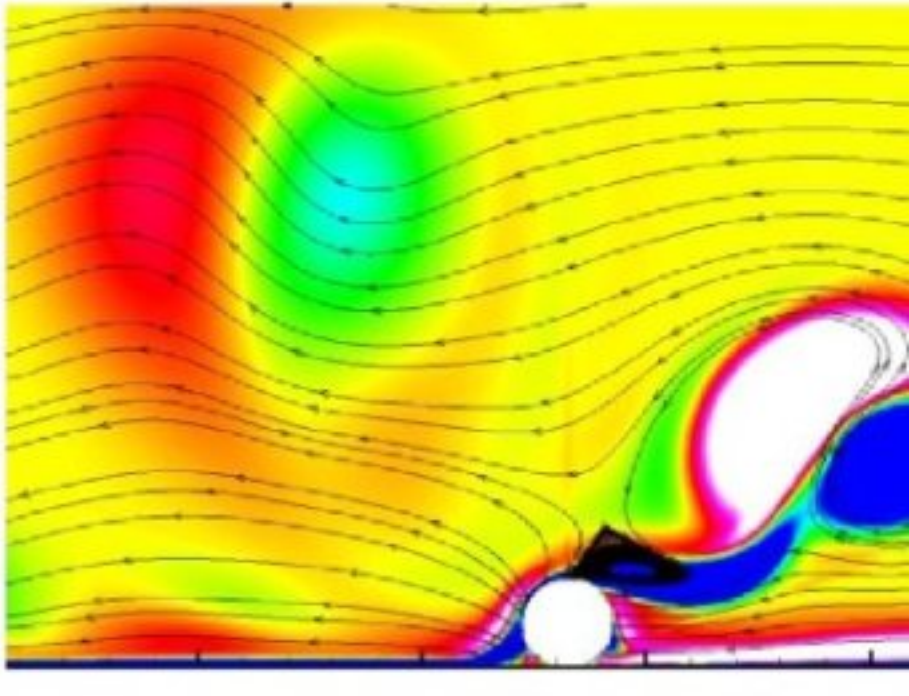




(ঙ) হাইড্রকাইনেমেট্রিক্স (Hydrokinematics) : হাইড্রমেকানিক্সের যে অংশ গতি সৃষ্টিকারী বলের উল্লেখ ছাড়া তরলের গতি আলোচনা করে তাকে হাইড্রকাইনেমেটিক্স বলে।

(ঝ) হাইড্রডিনামিক্স (Hydrodynamics) : হাইড্রমেকানিক্স এর যে অংশ আদর্শ ও ব্যবহারিক তরলের বেগ, তরল এবং বেগ ও
সৃষ্টিকারী বলের আলোচনা করে তাকে হাইড্রডিনামিক্স বলে ।





১.২ প্রবাহী, তরল, এবং গ্যাসের তুলনামূলক আলোচনা।

প্রবাহী, তরল ও গ্যাসীয় অবস্থার কিছু গুণগত পার্থক্য আছে যা নিচে প্রদত্ত হলো। একে প্রবাহের বৈশিষ্ট্যও বল চলে।

প্রবাহী	তরল	গ্যাস
(ক) সব প্রবাহমান পদার্থকে প্রবাহী বলে।	(ক) তরলজাতীয় পদার্থকে তরল বলে।	(ক) গ্যাসীয় পদার্থকে গ্যাস বলে।
(খ) প্রবাহী সংকোচনশীল ও অসংকোচনশীল উভয় ধরনের হয়।	(খ) তরল অসংকোচনশীল পদার্থ।	(খ) গ্যাস সংকোচনশীল পদার্থ।
(গ) প্রবাহীকে হ্যান্ডলিং-এর জন্য পাম্প এবং কম্প্রেসর ব্যবহার হয়।	(গ) তরল পদার্থ হ্যান্ডলিং-এর জন্য পাম্প ব্যবহার হয়।	(গ) গ্যাস হ্যান্ডলিং এর জন্য কম্প্রে ব্যবহার হয়।
(ঘ) ফ্লুইড (Fluid) মেকানিক্স এর ক্ষেত্রে প্রবাহী (Fluid) শব্দটি অধিক ব্যবহৃত হয়।	(ঘ) হাইড্রোলিক-এর ক্ষেত্রে তরল (Liquid) শব্দটি অধিক ব্যবহৃত হয়।	(ঘ) নিউমেটিক ক্ষেত্রে বাতাস (Air) শ ব্যবহৃত হয়।
(ঙ) প্রবাহীর সম্প্রসারণ সহগ কমবেশি উভয় ধরনের হয়।	(ঙ) তরলের সম্প্রসারণ সহগ কম হয়।	(ঙ) গ্যাস বা বাতাসের সম্প্রসারণ স বেশি হয়।
(চ) প্রবাহীর উদাহরণ- পানি, তেল,গ্যাস, বাষ্প এবং বাতাস ইত্যাদি।	(চ) তরলের উদাহরণ- পানি, তেল পারদ, অ্যাসিড, লুব অয়েল ইত্যাদি।	(চ) গ্যাসের উদাহরণ- বিভিন্ন ধরনের গ্যাস (CO, CO2, SO2) বাষ্প এবং বাতা ইত্যাদি।

 # প্রবাহী তরল এবং গ্যাস চিহ্নিতকরণ (Identify fluid, liquid and gas) :

পদার্থের ধরন	চিহ্নিতকরণ
১। প্রবাহী (Fluid)	১। সব প্রবাহমান পদার্থ প্রবাহীর অন্তর্ভুক্ত। যেমন- পানি, তেল, পারদ, অ্যাসিড, তরল জ্বালানি, হাইড্রোলিক অয়েল, বিভিন্ন ধরনের গ্যাস, বাষ্প এবং বাতাস।
২। তরল (Liquid)	২। সব তরলজাতীয় পদার্থ তরলের অন্তর্ভুক্ত। যেমন- পানি, তেল, পারদ, অ্যাসিড, তরল জ্বালানি হাইড্রোলিক অয়েল, দুধ এবং পানীয় দ্রব্য।
৩। গ্যাস (Gas)	৩। সব গ্যাস/বায়বীয় জাতীয় পদার্থ গ্যাসের অন্তর্ভুক্ত। যেমন- বিভিন্ন ধরনের গ্যাস (CO, CO 2 SO Freon, NH3) বাষ্প এবং বাতাস।

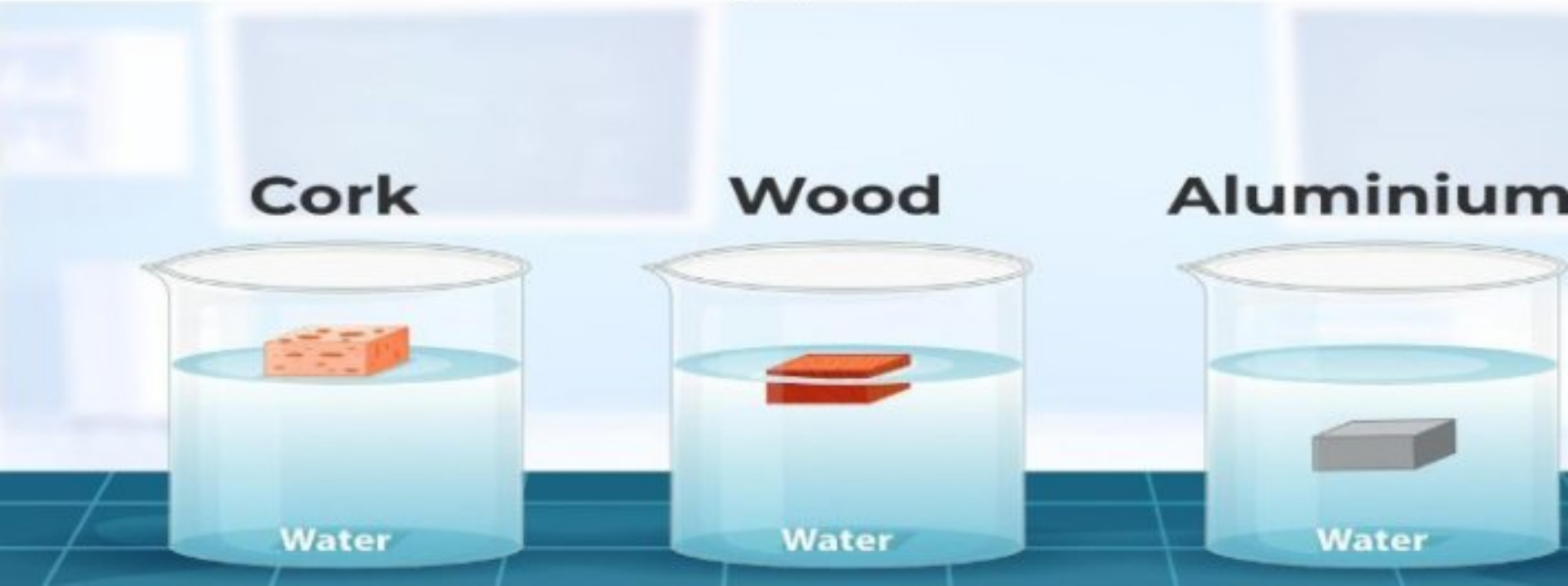
 # তরল এবং গ্যাসের মধ্যে পার্থক্যগুলো নিম্নে উল্লেখ করা হলো-

তরল (Liquid)	গ্যাস (Gas)
(ক) তরলের মুক্ততল থাকে।	(ক) গ্যাসের কোন মুক্ততল থাকে না।
(খ) তরলের সম্প্রসারণ সহগ খুবই কম।	(খ) গ্যাসের সম্প্রসারণ সহগ খুব বেশি।
(গ) তরল অসংকোচনশীল পদার্থ।	(গ) গ্যাস সংকোচনশীল পদার্থ।
(ঘ) তাপমাত্রার পরিবর্তনে অবস্থার তেমন পরিবর্তন হয় না।	(ঘ) তাপমাত্রার পরিবর্তনের অবস্থার পরিবর্তন ঘটে।
(ঙ) নির্দিষ্ট ভরের তরল পদার্থ একটি পাত্রের নির্দিষ্ট আয়তন	(ঙ) নির্দিষ্ট ভরের গ্যাস পাত্রের সকল স্থান দখল করে।

১.৩ প্রবাহীর ঘনত্ব, আপেক্ষিক এর সংজ্ঞা।

(১) ঘনত্ব (Density) : আদর্শ চাপ ও তাপমাত্রায় একক আয়তনের ভরকে ঘনত্ব বলে। 4°c তাপমাত্রায় পানির ঘনত্ব সবচেয়ে এবং এর মানে 1gm/cm3 বা 0.001 kg/cm3, বা 1000 kg/m3 । একে ρ (rho) দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

পানির জন্য, ρ = 1gm/cm3 (C. G. S)
= 0.001 kg/cm 3 (C. G. S)
= 1000 kg/m3 (M. K. S)

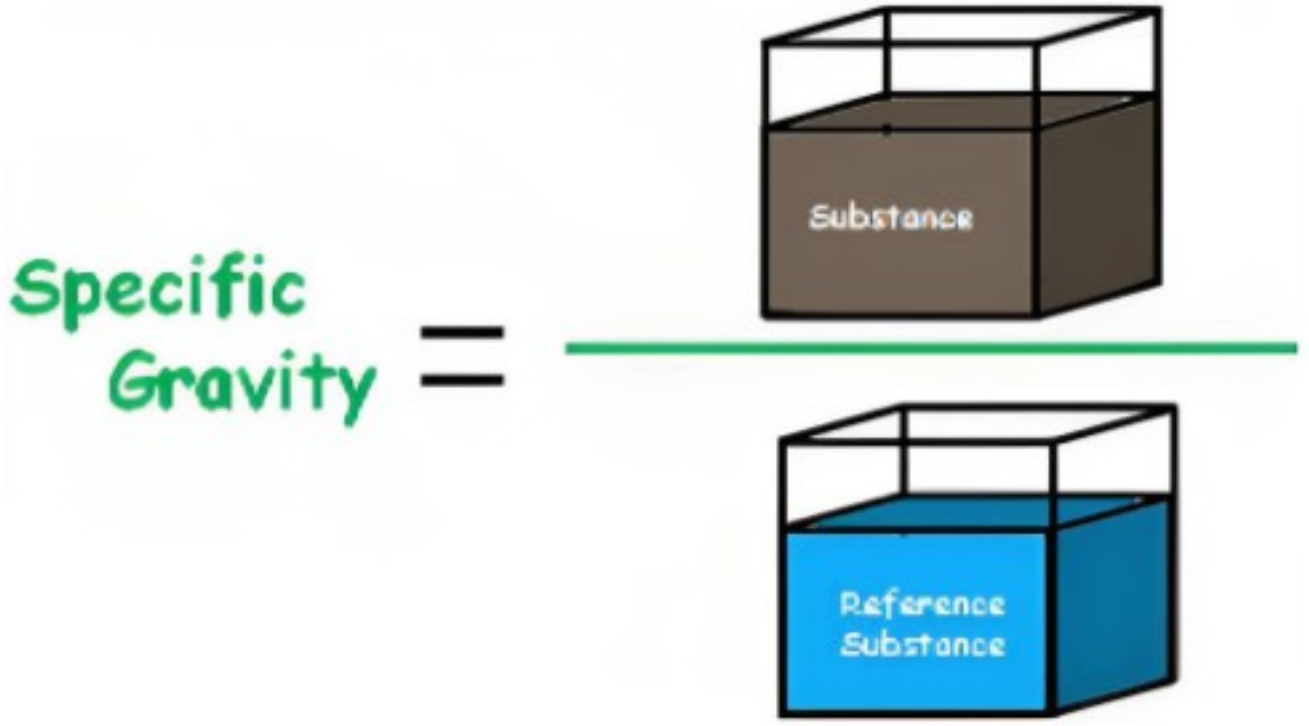


(২) আপেক্ষিক গুরুত্ব (Specific Gravity) : কোন বস্তুর ওজন এবং 4°C তাপমাত্রায় তার সমআয়তন বিশুদ্ধ পানির ওজনের অনুপাতকে ঐ বস্তুর আপেক্ষিক গুরুত্ব বলা হয়। একে s দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

$$\text{আপেক্ষিক গুরুত্ব} = \frac{\text{তরলের ওজন বা ঘনত্ব}}{\text{সমান আয়তনের পানির ওজন বা ঘনত্ব}}$$

Note :

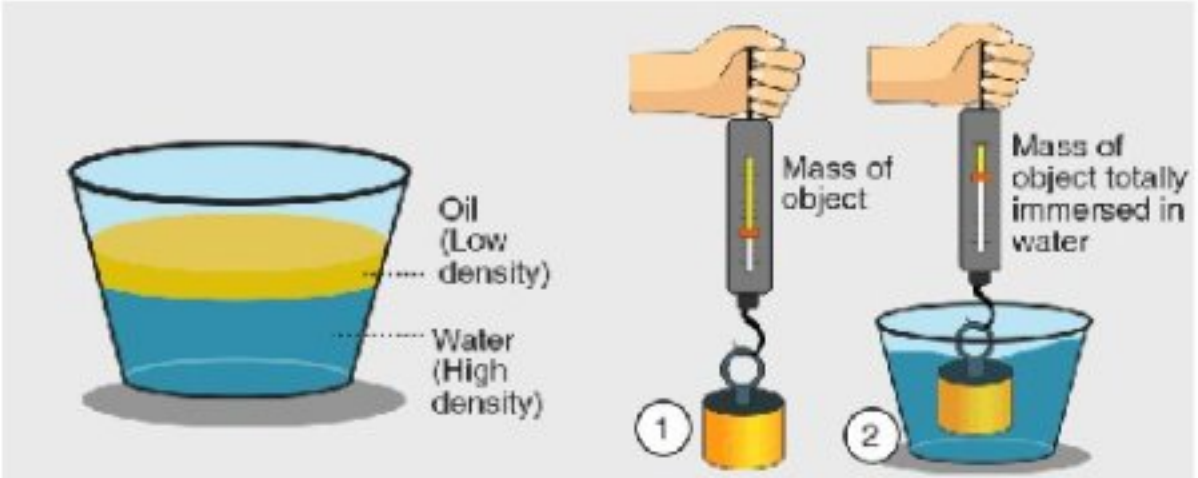
* পানির আপেক্ষিক গুরুত্ব = 1
* পারদের আপেক্ষিক গুরুত্ব = 13.6



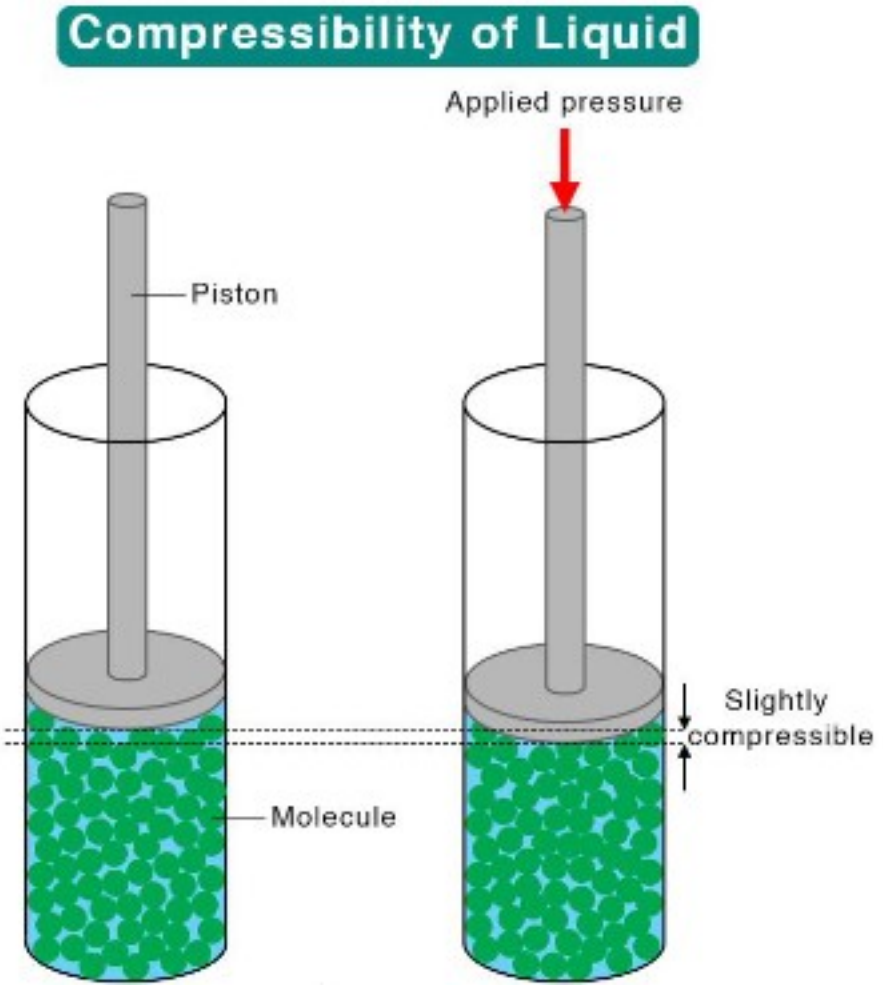
(৩) আপেক্ষিক ওজন বা আপেক্ষিক ঘনত্ব (Specific Weight or Specific Density) : আদর্শ চাপ ও তাপমাত্রায় একক আয়তন ওজনকে আপেক্ষিক ওজন বলে। একে আপেক্ষিক ঘনত্ব বলা হয়। একে w দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

w = 1gm /cm3 (C.G.S)
= 1000kg/m3 (M.K.S) 9.81 KN/m3
= 9.81 × 10-3 KN / cm 3

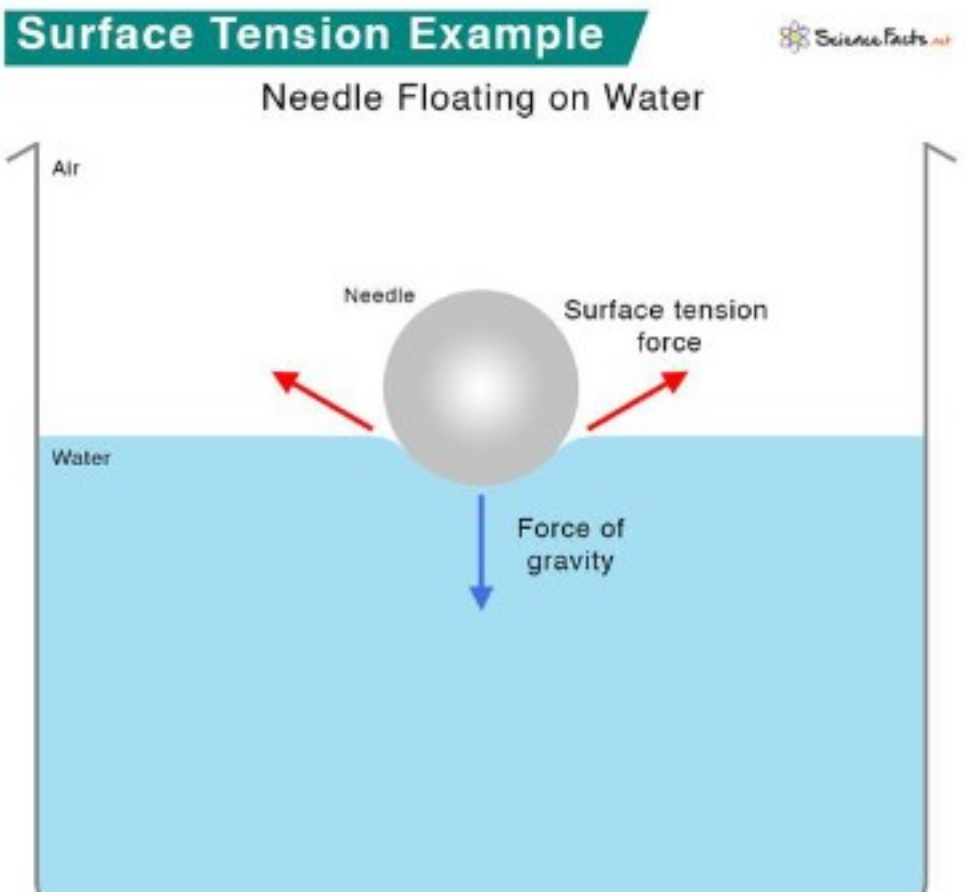
Note তরলের ক্ষেত্রে
1 kg = 1 liter.
1 m3 = 1000 liter
=1000 kg



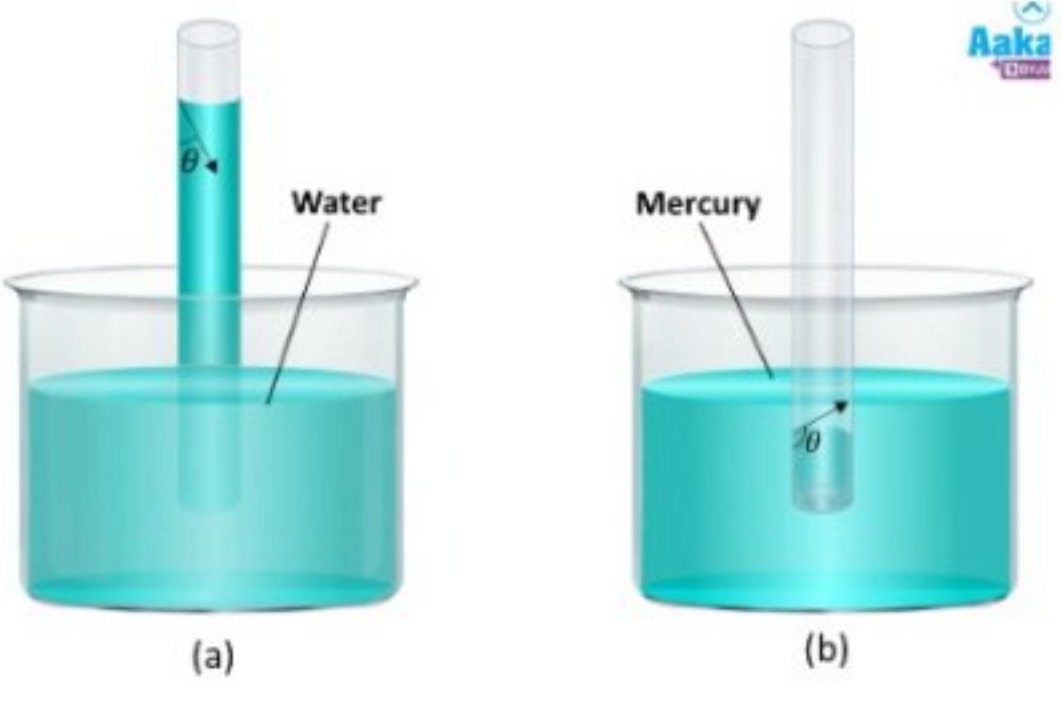
(৪) সংকোচনশীলতা (Compressibility) : চাপ বৃদ্ধির কারণে তরলের আয়তন পরিবর্তিত হলে তাকে ঐ তরলের সংকোচনশী
বলে। চাপ পরিবর্তনে পানির আয়তন পরিবর্তন খুবই নগণ্য বলে ব্যবহারিক ক্ষেত্রে একে উপেক্ষা করা হয়।



(৫) পৃষ্ঠটান (Surface Tension) : ভিন্ন ঘনত্বের দুটি তরল পদার্থ অথবা একটি তরল পদার্থ ও একটি বায়বীয় পদার্থ পরস্পর পরস্পরের সংস্পর্শে থাকলে স্পর্শ তলটি একটি বক্র রেখা সৃষ্টি করে, যা মেনিসকাস (Meniscus) নামে পরিচিত। আ আকর্ষণের ফলেই উক্ত বক্ররেখা বা তলের সৃষ্টি হয়। তলটি একটি ইলাস্টিক স্কিনের (elastic skin) ন্যায় কাজ করে এবং এর উ দিকে টান থাকে। এ টান বা টেনশনই পৃষ্ঠটান হিসেবে পরিচিত।

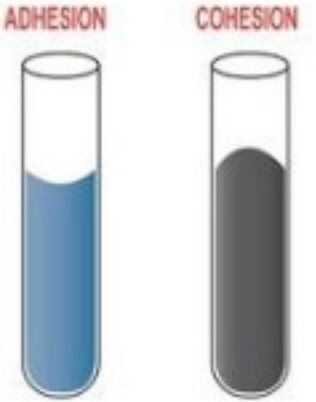


(৬) কৈশিকতা (Capillarity) : ছোট ব্যাসের কোন টিউবকে পানিতে খাড়াভাবে ডুবালে টিউবের ভেতরে পানি খানিকটা বেশ
উপরে ওঠে এবং অবতল আকার ধারণ করে। Cohesion (আসঞ্জন)-এর চাইতে Adhesion (সংযুক্তি) বেশি হওয়ায় এরূপ হয়।
আবার,একই টিউব পারদের ভেতর ডুবালে উত্তল আকার ধারণ করে এবং তল কিছুটা নিচে চলে যায়। এ ক্ষেত্রে Cohesion-এ
চেয়ে Adhesion কম হওয়ায় এরূপ ঘটে।ছোট ব্যাসের টিউবে পানির এ উপরে ওঠার ঘটনাকে পানির কৈশিকতা (Capillarity)



(৭) সান্দ্রতা (Viscosity) : তরল পদার্থের অণুসমূহের মধ্যে পারস্পরিক আকর্ষণ থাকার কারণে-এর যে কোন স্তরে শিয়ার পীড়
(Shear Stress) প্রতিরোধ করার ক্ষমতা থাকে। তরলের দুটি তলে অনুভূত শিয়ার পীড়ন প্রতিরোধের ক্ষমতাকে এর সান্দ্রতা বলে
সান্দ্রতা কোন প্রবাহীর হার নিয়ন্ত্রণ করে।

(৮) এডহেসান (Adhesion) : দুইটি ভিন্ন পদার্থের অণুর পারস্পরিক আকর্ষণকে এডহেসান বলে।
(৯) কোহেসান (Cohesion) : একই পদার্থের অণুর পারস্পরিক আকর্ষণকে কোহেসান বলে।



adhesion > cohesion

adhesion = cohesion

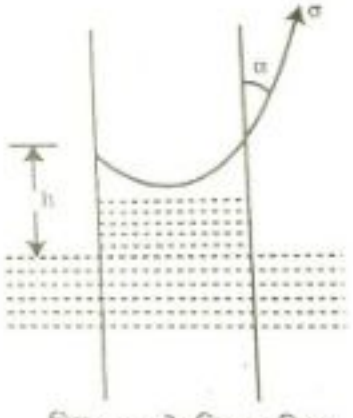
adhesion > cohesion

#প্রমাণ কর যে, কৈশিকতা প্রতিক্রিয়া, $h = \frac{4\sigma\cos\alpha}{\omega d}$

অথবা, তরলের কৈশিকতা নির্ণয়ের সূত্রটি নোটেশনসহ প্রমাণ কর।

সমাধান :-

মনে করি, h = ক্যাপিলারি আরোহণ উচ্চতা বা ক্যাপিলারি প্রভাব (মিটার)
d = ক্যাপিলারি টিউবের ব্যাস। (মিটার)
a = পানির সংস্পর্শ কোণ (ডিগ্রি)
σ = ক্যাপিলারি টিউবের পরিধির একক দৈর্ঘ্যে পৃষ্ঠটান (kg/m)
ω = পানির আপেক্ষিক ওজন (kg/m³).



চিত্র : ১.২ কৈশিকতা ক্রিয়া

পানি তলের উপরে পানি স্তম্ভের ওজন $= \omega h \times \frac{\pi}{4} d^2$ .....(i)
পৃষ্ঠটানের খাড়া উপাংশ $= \sigma\cos\alpha \times \pi d$ ..... (ii)

(অনুভূমিক উপাংশ চারিদিকে বিপরীত উপাংশ দ্বারা অপসারিত হবে)
সমীকরণ (i) এবং (ii) হতে পাই

$$\omega h \times \frac{\pi d^2}{4} = \sigma\cos\alpha \times \pi d$$

বা, $h = \frac{\sigma\cos\alpha \times \pi d \times 4}{\omega \times d^2 \times \pi}$ (Note পৃষ্ঠটান যদি T ধরা হয় তাহলে সূত্রটি হবে, $h = \frac{4T\cos\alpha}{\omega d}$)

$\therefore h = \frac{4\sigma\cos\alpha}{\omega d}$ (প্রমাণিত)

উদাহরণ-১। একটি পদার্থের ভর 4 gm এবং ঐ স্থানে মধ্যাকর্ষণজনিত ত্বরণ 981 cm/sce 2 ও হলে এর ও বের কর। [বাকাশিবো : '০৭]

সমাধান :

দেয়া আছে,
পদার্থের ভর $m = 4$ gm
ত্বরণ $g = 981$ cm / sce^2
ওজন $W = ?$

আমরা জানি, $W = mg$

$= 4 \times 981 = 3924$ gm.

$= \frac{3924}{1000}$ ডাইন

$= 3.924$ ডাইন (Ans)

উদাহরণ-৪। 5 mm ব্যাসের একটি কাচনল কোন নির্দিষ্ট তরলে ডুবানোর পর দেখা গেল এর ক্যাপিলারি উচ্চতা 12 এবং সংস্পর্শ কোণ 100, 110°C তাপমাত্রায় বায়ুর সংস্পর্শে উক্ত তরলের পৃষ্ঠটান 0.0055 kg/m হলে তরলটির আপেক্ষিক ওজন নির্ণয় কর। [বাকাশিবো : '১৩]

সমাধান :

দেয়া আছে,

d = 5 mm = 0.005 m

h = 12 mm = 0.012m,

$\alpha = 10^{\circ}$; $\sigma = 0.0055\text{Kg/m.}$,

$\omega = ?$

আমরা জানি,

$$h = \frac{4\sigma\cos\alpha}{\omega d}$$

$$\Rightarrow \omega = \frac{4\sigma\cos\alpha}{h \times d}$$

$$= \frac{4 \times 0.0055\cos 10^{\circ}}{0.012 \times 0.005}$$

$$\therefore \omega = 361.10\text{Kg/m}^3 \text{ (Ans)}$$

উদাহরণ-৭। 0.5 cm ব্যাসের একটি কাচনলের কৈশিকতা ক্রিয়া নির্ণয় কর। যখন পানির পৃষ্টটান 7.46 x 103 kg/m স্পর্শ কোণ 40°. [বাকাশিবো : '০৭(R)]

সমাধান :

দেয়া আছে,

d = 0.5 cm= 0.005m

σ = 7.46 x 103 kg/m.

α = 40°

ω = 1000 kg/m3.

কৈশিকতা ক্রিয়া, h = ?

আমরা জানি, কৈশিকতা ক্রিয়া ,$h = \frac{4\sigma\cos\alpha}{\omega d}$

$$= \frac{4 \times 7.46 \times 10^{-3} \cos 40^{\circ}}{1000 \times 0.005}$$
$$= 0.0046 \text{ m}$$
$$= 4.6 \text{ mm (Ans)}$$

উদাহরণ-৮। একটি তরলের মাঝে 10 mm ব্যাসের একটি কাচ-নলকে খাড়াভাবে আংশিক ডুবালে ক্যাপিলারি উচ্চতা 15 mm পাওয়া গেল। তরলের স্পর্শ কোণ 85° এবং প্রতি ঘনমিটার তরলের ওজন 1 kg। হলে তার পৃষ্ঠটান কত? [বাকাশিবো : '১৩(R)]

সমাধান :

দেওয়া আছে,

$d = 10mm = 0.01m$

$h = 15mm = 0.015m$

$\alpha = 85°$

$\omega = 1200\ kg/m3$

পৃষ্ঠটান, $\sigma = ?$

আমরা জানি,

$$h = \frac{4\sigma\cos\alpha}{\omega d}$$

$$\sigma = \frac{\omega dh}{4\cos\alpha}$$

$$= \frac{1200\times0.01\times0.015}{4\cos 85°}$$

$$= 0.5163\ kg/m\ (Ans)$$

Thank you

for your attention!

অধ্যায়-০২

প্রবাহীর চাপ

স্বাগতম

২.১ চাপের তীব্রতা।

২.২ প্রেসার হেড/ স্ট্যাটিক হেড।

২.৩ তরলের মুক্ততল, বায়মন্ডলীয় চাপ, গেজ চাপ, ভ্যাকুয়াম চাপ এবং পরম চাপ।

২.৪ পানিপূর্ণ পাত্রের সাহায্যে চাপের তীব্রতা ও মোট চাপ নির্ণয়।

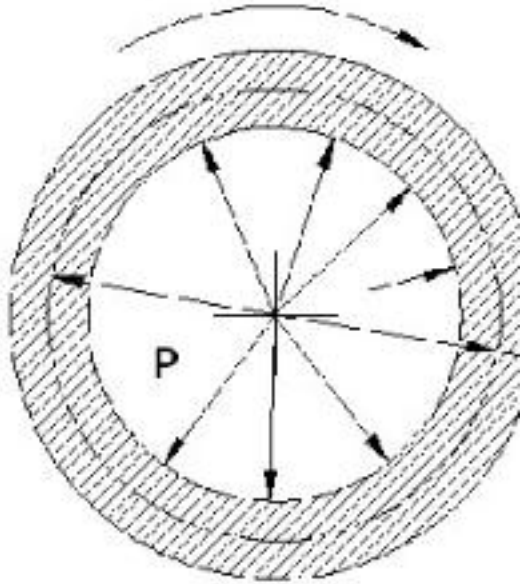
২.৫ হাইড্রোলিক র‍্যাম এবং প্লাঞ্জার।

২.৬ হাইড্রোলিক র‍্যামের কার্যপ্রণালি।

২.৭ র‍্যামের উত্তোলন ক্ষমতা নির্ণয়।

২.১ চাপের তীব্রতা।

কোনো পাত্রে কোন তরল পদার্থ রাখলে ঐ তরল পদার্থ পাত্রের তলদেশে ও সকল পার্শ্বে সকল বিন্দুতে চাপ প্রয়োগ করে। তরলের অভ্যন্তরে একক ক্ষেত্রের উপর প্রযুক্ত এ চাপকে চাপের তীব্রতা বলে। মূলত চাপ ও চাপের তীব্রতা একই। মোট চাপ হলো কোন তলের মোট ক্ষেত্রফলের উপর যে চাপ কাজ করে এবং একক ক্ষেত্রের উপর যে চাপ কাজ করে তাকে চাপের তীব্রতা বলে। চাপের তীব্রতাকে দ্বারা প্রকাশ করা হয়।



চাপের তীব্রতা, $p = \frac{\text{মোট চাপ (P)}}{\text{ক্ষেত্রফল (A)}}$

$$p = \frac{P}{A}$$

মোট চাপ P = চাপের তীব্রতা × ক্ষেত্রফল।

চাপের তীব্রতার ধর্ম (Properties of Intensity of Pressure) : চাপের তীব্রতার ধর্মসমূহ নিম্নরূপ :

(১) তরলের সকল বিন্দুতে চাপের তীব্রতা সমান।
(২) চাপের তীব্রতা তরলের উচ্চতা বা গভীরতার সমানুপাতিক।
(৩) যেকোন তরল পদার্থের উপরিতলে চাপের তীব্রতা শূন্য এবং তলদেশে সর্বাধিক। (৪) তরল পদার্থের একই অনুভূমিক সরলরেখায় সকল বিন্দুতে চাপের তীব্রতা সমান।

২.১.১ প্রবাহী স্থির অবস্থায় চাপের তীব্রতা।

আমরা জানি, তরল পদার্থ তার নিজস্ব ওজনের কারণে কোন পাত্রে রাখলে সেই পাত্রের গায়ে এবং পাত্রের তলদেশে চাপ প্র
করে এবং চাপের পরিমাণ গভীরতা বৃদ্ধির সাথে বৃদ্ধি পায়। সমান গভীরতায় যেকোন বিন্দুতে চাপ সমান এবং মুক্ত তলে চাপ
পরিমাণ শূন্য। স্থির অবস্থায় তরল উহার স্পর্শ তলের উপর লম্বভাবে চাপ প্রয়োগ করে।
তরল পদার্থধারী পাত্রের যেকোনো গভীরতা H, চাপের তীব্রতার পরিমাণ H কেজি এবং ফ্রি সারফেসে চাপের পরিমান শূন্য (০
কেজি।

মনে করি,
H = তরলের গভীরতা
ω = তরলের আপেক্ষিক ওজন
পাত্রের তরলের আয়তন = A × H
পাত্রের তরলের ওজন = A x H x ω

: চাপের তীব্রতা (Intensity of Pressure); $P = \frac{\text{তরলের ওজন}}{\text{পাত্রের তলদেশের ক্ষেত্রফল}}$

$$= \frac{\omega AH}{A} = \omega H \cdot Kg/m^2$$

২.১.২ প্যাসকেল এর সূত্র।

কোনো আবদ্ধ স্থির তরলের যেকোন অংশে চাপ প্রয়োগ করলে সে চাপ অপরিবর্তিত থেকে তরল পদার্থের মধ্য দিয়ে চারদিকে সমানভাবে সঞ্চালিত হয় এবং তরল সংলগ্ন পাত্রের উপর লম্বভাবে ক্রিয়া করে।

প্রমাণ : চিত্রানুযায়ী ABC সমকোণী ত্রিভুজ বিবেচনা করি যার উপর সকল দিক থেকে প্রবাহীর চাপ কাজ করছে।

মনে করি,

P_x = খাড়া তলে ক্রিয়াশীল অনুভূমিক চাপ।

P_z = হেলান তলের কর্ণের (Diagonal) উপর চাপ

P_y = অনুভূমিক তলে ক্রিয়াশীল উল্লম্ব চাপ।

যেহেতু সকল চাপের ফলে বস্তুটি সাম্যবস্থায় আছে, অতএব বলগুলোকে অনুভূমিকভাবে বিশ্লেষণ করে পাই,

$H = 0 \Rightarrow (+)$

$\Sigma H = 0 \rightarrow (+)$ $\quad \sin\alpha = \frac{\dots}{BC}$

$P_x \cdot AC - (P_z \cdot BC)\sin\alpha = 0$ $\quad \therefore BC\sin\alpha = AC$

$P_x \cdot AC = P_z \cdot BC \cdot \sin\alpha$

$P_x \cdot AC = P_z \cdot AC$

$P_x = P_z \dots\dots\dots\dots (i)$ $\quad \therefore \cos\alpha = \frac{\dots}{BC}$

$\Sigma V = 0 \uparrow (+)$ $\quad BC\cos\alpha = AB$

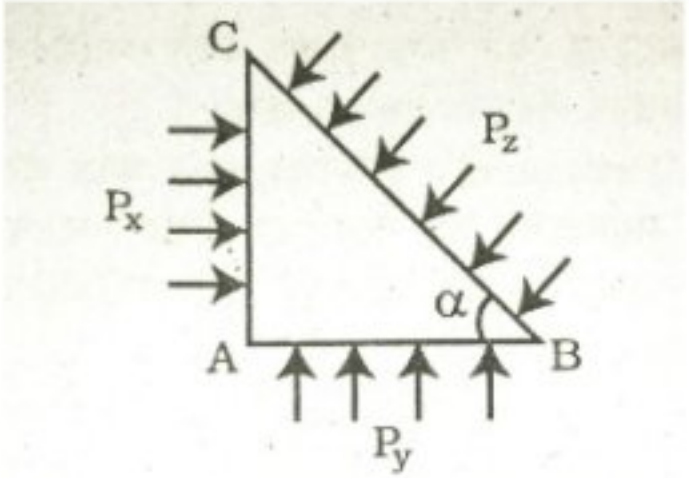
$P_y \cdot AB - P_z \cdot BC \cdot \cos\alpha = 0$

$P_y \cdot AB = P_z \cdot BC \cdot \cos\alpha$

$P_y \cdot AB = P_z \cdot AB$

$P_y = P_z \dots\dots\dots\dots (ii)$

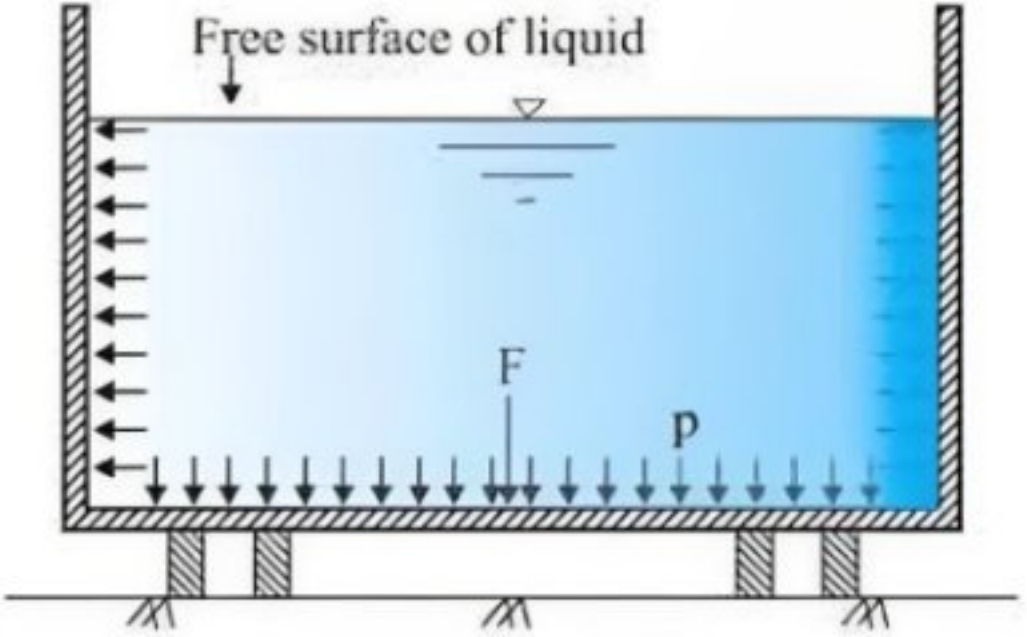
চিত্র-২.১ : প্যাসকেলের সূত্রের প্রয়োগ।



সমীকরণ (i) এবং (ii) হতে পাই $P_x = P_y = P_z$ (প্রমাণিত)।

২.২ প্রেসার হেড/ স্ট্যাটিক হেড।

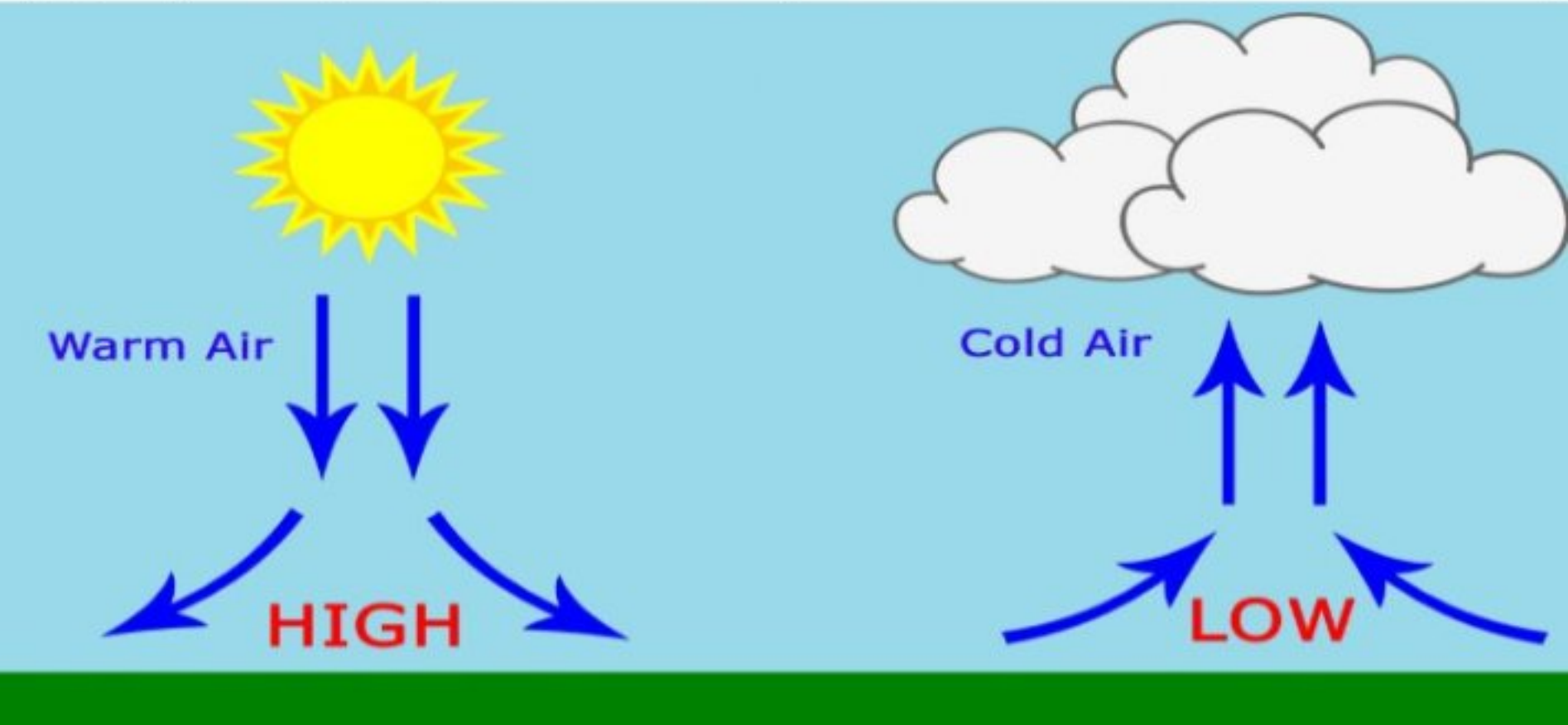
তরল পদার্থের অভ্যন্তরে যেকোনো বিন্দুতে চাপের পরিমাণ ঐ বিন্দু হতে তরলের মুক্ততল পর্যন্ত খাড়া উচ্চতার উপর নির্ভর
এ জন্য চাপকে যেকোন বিন্দুতে মুক্ততল পর্যন্ত খাড়া গভীরতা দিয়ে প্রকাশ করা হয়। সুতরাং তরল পদার্থের অভ্যন্তরে যেকে
বিন্দু হতে ফ্রী সারফেস পর্যন্ত খাড়া উচ্চতা বা গভীরতাকে ঐ বিন্দুতে তরলের চাপজনিত উচ্চতা বা ষ্টাটিক প্রেসার হেড বলে
একে H দিয়ে প্রকাশ করা হয়।



২.৩ তরলের মুক্ততল, বায়মন্ডলীয় চাপ, গেজ চাপ, ভ্যাকুয়াম চাপ এবং পরম চাপ।

(১) তরলের মুক্ততল (Free Surface of Lequid) : যে তরল পদার্থের উপরিতলে কোন চাপই থাকে না, প্রকৃত অর্থে ঐ উপরিতলকেই তরল পদার্থের ফ্রী সারফেস বা মুক্ত তল বলে। কিন্তু দেখা যায় যে, প্রত্যেক তরল পদার্থের উপরিতলের উপর না কিছু চাপ থাকে। বাস্তবক্ষেত্রে কোন পাত্রে রক্ষিত তরল পদার্থের উপরিতল যা পাত্রের ঢাকনা স্পর্শ করে না। তাকে তরল পদার্থের ফ্রী সারফেস বা তরল পদার্থের মুক্ততল বলে।

(২) বায়ুমণ্ডলীর চাপ (Atmospheric Pressure) : বাতাসের ওজন আছে এবং এ ওজনের কারণেই এটা ভূ-পৃষ্ঠে চাপ প্রয়োগ ক
বাতাসের এ চাপকে বায়ুমণ্ডলের চাপ বলে। যে যন্ত্রের সাহায্যে বায়ুমণ্ডলের চাপ নির্ণয় করা হয় তাকে ব্যারোমিটার বলে। সমু
পৃষ্ঠদেশে বায়ুমণ্ডলের গড় চাপ প্রতি বর্গ সেন্টিমিটারে 1.03 kg. যা পানির 10.3 মিটার ও পারদের 76 সে. মি. উচ্চতার সমতু



(৩) গেজ চাপ (Gauge Pressure) : চাপ পরিমাপ করার যন্ত্রকে প্রেসার গেজ এবং প্রেসার গেজ হতে প্রাপ্ত রিডিং (Reading)-
গেজ প্রেসার বলে। গেজ প্রেসার বায়ুমণ্ডলীয় প্রেসার অপেক্ষা বেশি অথবা কম হতে পারে। বেশি হলে ঐ গেজ প্রেসারকে
পজিটিভ গেজ প্রেসার এবং কম হলে ঐ গেজ প্রেসারকে নেগেটিভ গেজ প্রেসার বা ভ্যাকুয়াম প্রেসার (Vacuum Pressure) ব

(৪) **ভ্যাকুয়াম চাপ** (Vacuum Pressure): যে যন্ত্রের সাহায্যে বায়ু চাপ অপেক্ষা কম প্রবাহী চাপ পরিমাপ করা হয় তাকে ভ্যাকু
গেজ বলে। যদি তরলের গেজ চাপ বায়ুমণ্ডলীয় চাপের চেয়ে কম হয়, তবে ঐ ধরনের চাপকে শূন্য চাপ বা ভ্যাকুয়াম চাপ ব

(৫) পরম চাপ (Absolute Pressure) : আদর্শ বায়ুর চাপ ও গেজ চাপের বীজগাণিতিক যোগফলকে পরম চাপ বলে। পরম চা
বায়ুমণ্ডলের চাপ + গেজ চাপ
পরম চাপ = বায়ুমণ্ডলের চাপ ভ্যাকুয়াম চাপ ।

Note :
যদি কোন প্রেসার গেজের পাঠ 0.50kg/cm2 হয় তাহলে,
পরম চাপ = বায়ুমণ্ডলীর চাপ + গেজ চাপ = 1.03 + 0.50 = 1.53 kg/cm2.

বায়ুমণ্ডলের গড় চাপ পারদ স্তম্ভের 76 সেন্টিমিটারের সমতুল্য বর্ণনা কর :

এক মিটার লম্বা একটি কাচনল নিই। যার এক মুখ বন্ধ এবং অপর মুখটি খোলা। এবার নলটি পারদে পূর্ণ করে খোলা মুখ বন্ধ অবস্থায় একটি পারদ পাত্রে ডুবাই। দেখা যাবে যে, নলের পারদ কিছুটা নেমে (চিত্র : ২.২) নলের ভিতর পাত্রের পারদের মুক্ত হতে h উচ্চতায় স্থির থাকবে। এ h উচ্চতা মাপলে 76 সে.মি. পাওয়া যাবে। অর্থাৎ বায়ুমণ্ডলের বাতাসের যে চাপ পারদ পাত্রে প্রয়োগ করেছে সে চাপের জন্য কাচনলের ভিতর পারদস্তম্ভ 76 সে.মি. উচ্চতায় স্থির অবস্থায় আছে। অতএব, 76 সে.মি. পারদস্তম্ভ বলতে বুঝায় ঐ স্থানে বাতাসের চাপ 76 সে.মি. যা পারদের উচ্চতায় সমান। সাধারণত পারদ স্তম্ভের উচ্চতা বায়ুচ কমা ও বাড়ার উপরে নির্ভর করে।

মনে করি,

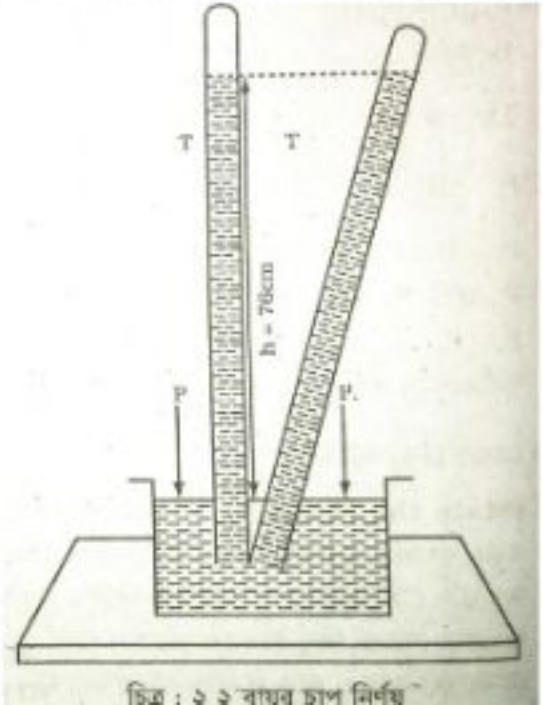
h = পারদস্তম্ভের উচ্চতা
S = পারদের আপেক্ষিক গুরুত্ব
p = বায়ুর চাপ
ω = পানির আপেক্ষিক ওজন

আমরা জানি,

$$h = \frac{P}{\omega \times S}$$

$$h = \frac{1.033}{0.001 \times 13.6}$$

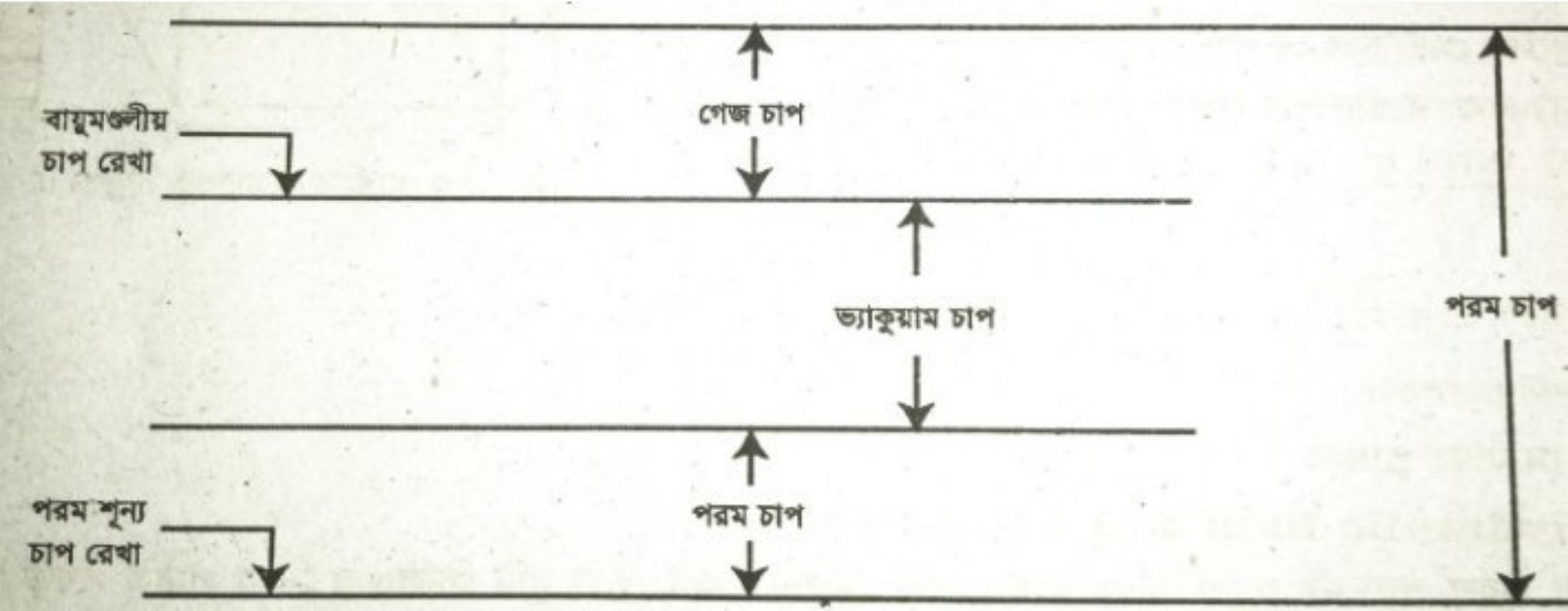
= 75.96 বা 76 সে. মি.



চিত্র : ২.২ বায়ুর চাপ নির্ণয়

২.৩.১ পরম চাপ, বায়মন্ডলীয় চাপ, গেজ চাপ এবং ভ্যাকুয়াম চাপের সম্পর্ক।

আমরা জানি,
পরম চাপ = গেজ চাপ + বায়ুর চাপ
পরম চাপ = বায়ুর চাপ – ভ্যাকুয়াম চাপ
পরম চাপ, বায়মণ্ডলীয় চাপ, গেজ চাপ, ভ্যাকুয়াম চাপের সম্পর্ক নিম্নরূপ :



২.৪ পানিপূর্ণ পাত্রের সাহায্যে চাপের তীব্রতা ও মোট চাপ নির্ণয়।

আমরা জানি প্রতি একক ক্ষেত্রের উপর যে চাপ কাজ করে তাকে চাপের তীব্রতা (Intensity of Pressure) বলে। তলের সম্পূর্ণ ক্ষে উপর যে চাপ কাজ করে তাকে মোট চাপ বলে।

তরল পদার্থের ওজনের কারণে তরল ধারণকারী তলের উপর চাপ সৃষ্টি হয়ে থাকে। তরল পদার্থের গভীরতা বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে এ চাপও বৃদ্ধি **মনে কর,**

পাশের অঙ্কিত পাত্রটি তরল পদার্থ দিয়ে পূর্ণ। পাত্রটির উচ্চতা H সে. মি. দৈর্ঘ্য 1 সে. মি. প্রস্থ 1 সে. মি.। পাত্রটির তলের ক্ষেত্রফল A = 1 × 1cm2 উক্ত পাত্রের 1 ঘন সে.মি.। উচ্চতায় পানির আয়তন V = 1 × 1 × 1 = 1 ঘন সে.মি.। মনে করি, এই একক আয়তনের তরলের ওজন W কেজি।

... H উচ্চতায় ঐ তরলের ওজন = WH

যেহেতু ,পাত্রের তলদেশের ক্ষেত্রফল 1 বর্গ সে.মি. সেহেতু তলদেশে চাপের তীব্রতা উক্ত পাত্রের মোট তরলের ওজনের সমান অর্থাৎ WH ে সে.মি.2

∴ পাত্রের তলদেশে চাপের তীব্রতা p = WH kg/cm 2

উক্ত সূত্রকে নিম্নলিখিতভাবে দেখানো যায় :

W = তরলের আপেক্ষিক ওজন, কেজি / সে.মি.

H = তরলের উচ্চতা, সে.মি.

A = পাত্রের তলদেশের ক্ষেত্রফল, সে.মি.

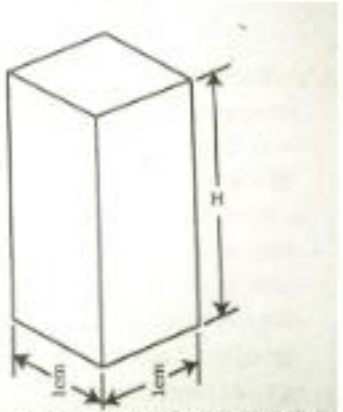
পাত্রে তরলের আয়তন = A x H

∴ পাত্রের তরলের মোট ওজন = A × H × W

∴ চাপের তীব্রতা, $p = \frac{\text{পাত্রের তরলের ওজন}}{\text{পাত্রের তলদেশের ক্ষেত্রফল}}$

$= \frac{WAH}{A} = WH$ কেজি/সে.মি.

∴ $H = \frac{p}{W}$ সে.মি.



চিত্র : ২.৪ পাত্রের তলদেশে চাপের তীব্রতা ও মোট চাপ নির্ণয়

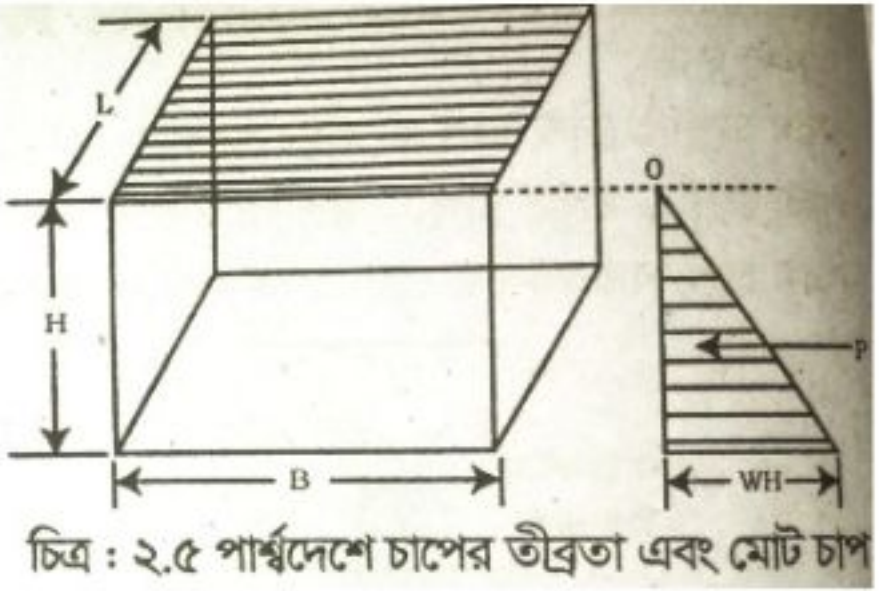
যেহেতু তরল পদার্থের অভ্যন্তরে যেকোন বিন্দুতে চাপের পরিমাণ ঐ বিন্দু হতে মুক্ততল পর্যন্ত উচ্চতার উপর নির্ভর করে, সে কারণে মুক্ত

২.৪.১ পানি দিয়ে পূর্ণ পাত্রের পার্শ্ব/তলদেশের মোট চাপ নির্ণয়।

আমরা জানি,
তরল পদার্থের অভ্যন্তরে যেকোন বিন্দুতে তরলের চাপ সবদিকে সমান এবং এই চাপ পাত্রের পার্শ্বদেশের সব দিকে সমভাবে কাজ করে। পানির চাপের তীব্রতা পাত্রের তলদেশে সবচেয়ে বেশি অর্থাৎ $p = WH$ এর সমান এবং ফ্রী সারফেসে চাপ শুন্য (০ সুতরাং কোন পাত্রের পার্শ্ব দেশে তরলের মোট চাপ = পার্শ্ব দেশে গড় চাপ (চাপের তীব্রতা) এবং পার্শ্বদেশের ক্ষেত্রফলের গুণফলের সমান।

$$\therefore \text{গড়চাপ } p = \frac{WH + 0}{2}$$
$$= \frac{WH}{2}$$

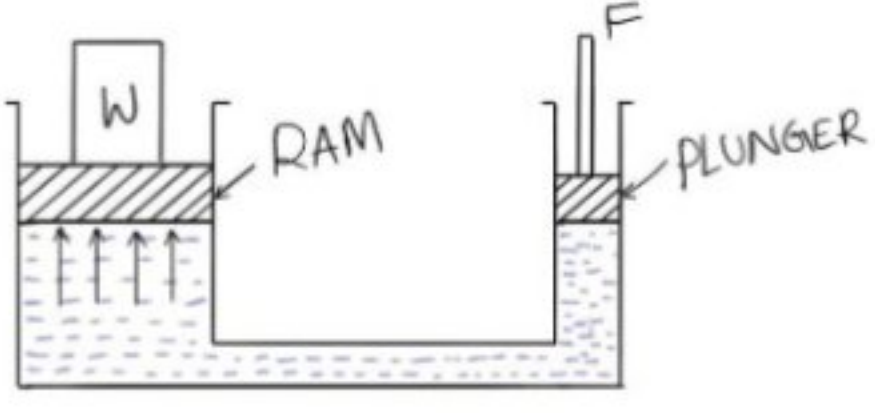
পার্শ্বদেশে মোট চাপ, $P = \frac{WH}{2}$
A = পার্শ্বদেশের ক্ষেত্রফল।

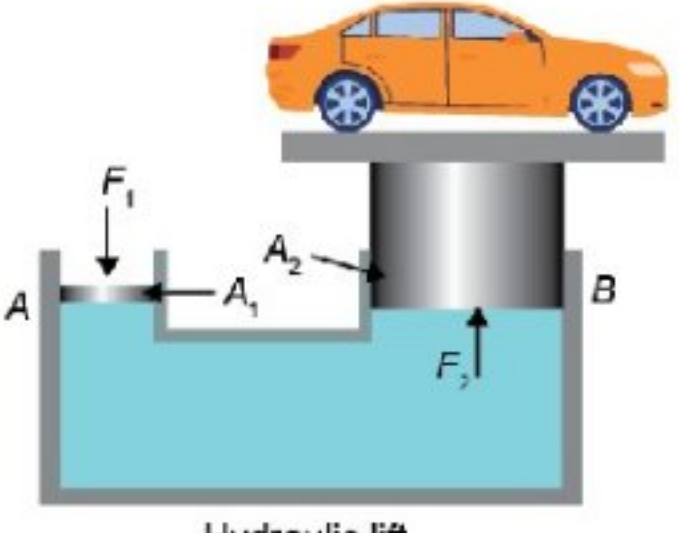


চিত্র : ২.৫ পার্শ্বদেশে চাপের তীব্রতা এবং মোট চাপ

২.৫ হাইড্রোলিক র‍্যাম এবং প্লাঞ্জার।

হাইড্রোলিক প্রেস তরল পদার্থের চাপে পরিচালিত একটি মেশিন। এই প্রেস দুটি সিলিন্ডার নিয়ে গঠিত। বড় সিলিন্ডারটিতে এ
র‍্যাম (Ram) এবং ছোট সিলিন্ডারটিতে প্রযুক্ত বলের চাপ প্রয়োগ করার জন্য ব্যবহৃত দণ্ডটিই হলো প্লাঞ্জার (Plunger) প্লাজারে
উপর প্রযুক্ত বল নিম্নমুখী ক্রিয়া করে।
হাইড্রোলিক র‍্যাম একটি স্বয়ংক্রিয় মেশিন যা অল্প পরিমাণ পানি অধিক উচ্চতায় উঠাতে পারে। যেখানে অল্প উচ্চতায় অধি
পরিমাণ পানি পাওয়া যায়।

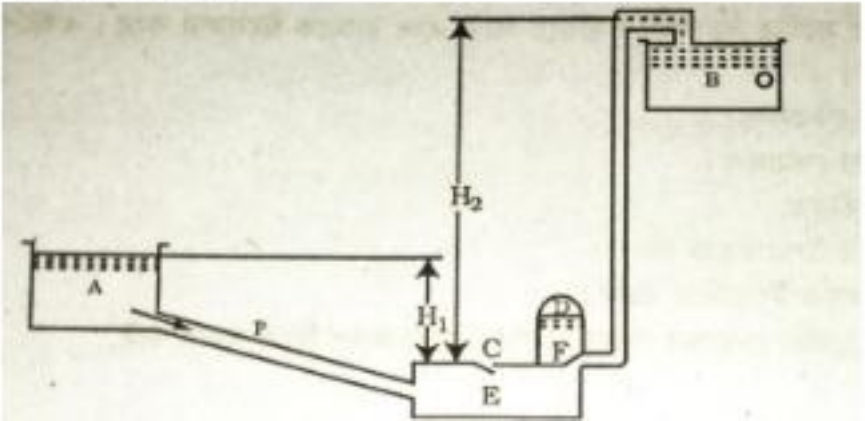




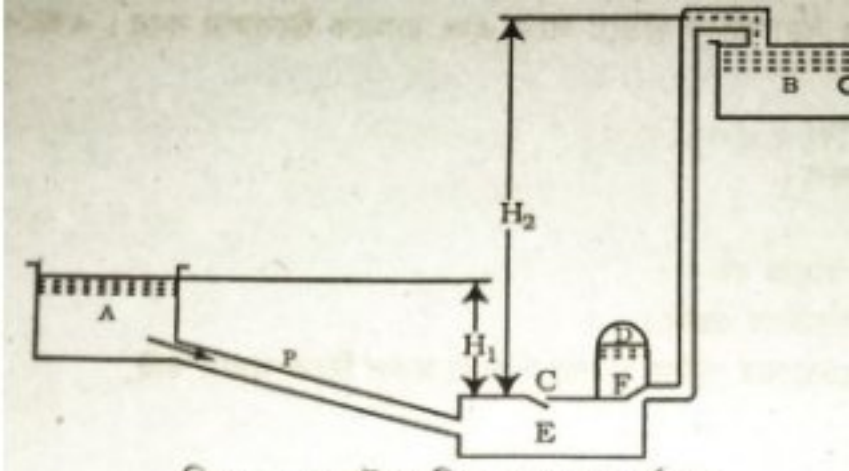
Hydraulic lift

২.৬ হাইড্রোলিক র‍্যামের কার্যপ্রণালি।

নিচের চিত্রে একটি হাইড্রোলিক র‍্যামমের ডায়াগ্রাম (Diagramatic view) দেখান হয়েছে। এখানে A স্থানে h, উচ্চতায় পানির উ
দেখানো হয়েছে। হাইড্রোলিক র‍্যামমের সাহায্যে H উচ্চতায় B ট্যাংকে অল্প পরিমাণ পানি উত্তোলন করা যাবে। A ট্যাঙ্কের প
পাইপ P দিয়ে প্রবাহিত হয়ে E চেম্বারে যায়। এখানে ওয়েস্ট ভালভ (Waste valve) V খুলে পানি E চেম্বারে প্রবেশ করতে থাকে।
অতঃপর P পাইপে পানির গতি বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয় এং ওয়েস্ট ভাল্ট V তে ডায়নামিক চাপ বৃদ্ধি পায় যতক্ষণ না ঢাকনার ওজন হা
চাপ বেশি হয়। চাপ বেশি হলে Valve হঠাৎ বন্ধ হয়ে যাওয়ায় পানি সংগ্রহ বেশি হবে এবং চেম্বারে পানির স্থির অবস্থার সৃষ্টি হ
এতে চেম্বার E তে পানির চাপ পাবে এবং চাপ বৃদ্ধির কারণে ভাল্ব F উপরের দিকে উঠে যাওয়ায় এয়ার ভেসেল D তে কিছু পা
প্রবেশ করবে যা ভেসেলের বাতাসকে সংকুচিত করবে। ফলে এর চাপ বৃদ্ধি পাবে। এর ভেসেলের চাপ বৃদ্ধির কারণে ভাল্ব F ব
হবে এবং পানির চাপ বৃদ্ধি হয় Q পাইপ দিয়ে B ট্যাংকে প্রবেশ করবে।যখন E চেম্বারে পানির মোমেন্টাম থাকবে না তখন ও
ভাল্ব V খুলে গিয়ে A ট্যাংকে হতে পুনরায় পানি প্রবেশ করবে। এভাবে অনবরত A ট্যাঙ্ক পানি E চেম্বারে প্রবেশ করে চাপ বৃদ্ধি
পরবর্তীতে B ট্যাংকে পানির প্রবাহ অব্যাহত থাকবে।



মনে করি,
W_a = A ট্যাঙ্ক হতে E চেম্বারে প্রবাহিত পানির ওজন
W_b =চেম্বার E হতে ট্যাঙ্ক B তে প্রবেশকৃত পানির ওজন
h_1 = ট্যাঙ্ক A এবং চেম্বার E এর পানির উচ্চতার পার্থক্য
h_2 = চেম্বার E এবং ট্যাঙ্ক B পানির উচ্চতার পার্থক্য
ট্যাঙ্ক A কর্তৃক সরবরাহকৃত পানির শক্তি = $W_a h_1$ ..... (i)
ট্যাঙ্ক B তে প্রবেশকৃত পানির শক্তি = $W_b h_2$ ..... (ii)
(i) নং এবং (ii) নং সমীকরণ হতে পাই,
$W_a h_1 = W_b h_2$
$\therefore W_b = \frac{W_a h_1}{h_2}$ .....(iii)



চিত্র : ২.৭ হাইড্রোলিক র‍্যামের কার্যক্রম

যদি সররাহকৃত পানির কিছু অপচয় ধরা হয় তবে র‍্যামের কর্মক্ষমতা (বা D অববোষণ ক্ষমতা নামে পারাচত)

$$\therefore \eta = \frac{W_a h_1}{W_b h_2} \text{ বা } \eta = \frac{Q_b h_2}{Q_a h_1}$$

র‍্যামের র‍্যাকিং কর্মক্ষমতা, $\eta = \frac{W_b(h_2 - h_1)}{W_a h_2}$ বা , $\eta = \frac{Q_b h_2}{Q_a h_1}$

[এক্ষেত্রে পানি প্রাথমিক উচ্চতা h1 এবং উত্তেলিত উচ্চতা (h2 - h1) বিবেচনা করা হয়।]

২.৬.১ হাইড্রোলিক প্রেসের কার্যনীতি।

যে সকল মেশিন তরল পদার্থের চাপে পরিচালিত হয়ে থাকে তাকে হাইড্রোলিক মেশিন বলে। হাইড্রোলিক প্রেস বা র‍্যাম একটি হাইড্রোলিক মেশিন। সুতরাং হাইড্রোলিক র‍্যাম এমন একটি মেশিন যার সাহায্যে অতি অল্প বল প্রয়োগে অধিক পরিমাণ ওজন উত্তোলন করা বা অধিক চাপ কোনো বস্তুকে সংকোচন করা হয়। এটা সাধারণত কোন বস্তু উত্তোলন করা, পাট, সূতা, তুলা ইত্যাদি জিনিসকে সংকুচিত করার কাজে ব্যবহৃত হয়।

পানি বা তরল আছে এমন পাত্র বা চেম্বারের দুই পাশে দুটি সিলিন্ডার স্থাপন করে তরল দ্বারা উভয় সিলিন্ডারের মধ্য সংযোগ রক্ষা করা হয়। বড় সিলিন্ডারে একটি (Ram) এবং ছোট সিলিন্ডারে একটি প্রাঞ্জার থাকে। প্রাঞ্জারের উপর নিম্নচাপ প্রয়োগ করলে এই চাপ তরলের সর্বোত্র সমানভাবে ছড়িয়ে পড়ে এবং র‍্যামকে উত্তো করে। এভাবে র‍্যামের উপর স্থাপিত অধিক
লোড উত্তোলন সম্ভব হয়।
মনে করি, A = র‍্যামের ক্ষেত্রফল।
a = প্রাঞ্জারের ক্ষেত্রফল।
p = চাপের তীব্রতা
P = প্রাঞ্জারের উপর প্রযুক্ত বল।
W = র‍্যাম কর্তৃক উত্তোলিত ওজন।
যেহেতু প্যাসকেলের সূত্রানুযায়ী চেম্বারের পানির চাপের তীব্রতা সকল দিকে সমান তাই,
$P = p \times a$
বা, $p = \frac{P}{a}$.....(i)
এবং $W = P \times A$
$p = \frac{W}{A}$.....(ii)
সমীকরণ (i) ও (ii) হতে পাই,
$\frac{P}{a} = \frac{W}{A}$
বা, $W = P \times \frac{A}{a}$.....(iii)
বা, $P = W \times \frac{a}{A}$.....(iv)
যদি হাইড্রোলিক র‍্যামের বিভিন্ন অপচয় ধরা না হয় তবে এর যান্ত্রিক দক্ষতা,
$\eta = \frac{\frac{W}{A}}{\frac{P}{a}} = \frac{W}{P} \times \frac{a}{A}$..... (v)

যান্ত্রিক সুবিধা (Mechanical Advantage) : হাইড্রোলিক প্রেস কর্তৃক উত্তোলিত ওজন এবং প্রাঞ্জার কর্তৃক প্রয়োগকৃত বলের অনুপাতকে হাইড্রোলিক র‍্যামের য উত্তোলিত ওজন W সুবিধা বলে। অর্থাৎ যান্ত্রিক সুবিধা প্রযুক্ত বল $P = \frac{W}{P}$
হাইড্রোলিক প্রেসের হাতলের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধির মাধ্যমে যান্ত্রিক সুবিধা বৃদ্ধি করা যায়।অনুপাতকে হাতলের সুবিধা বা লিভারেজ বলে। অর্থাৎ হাতলের সুবিধা= $\frac{L}{l}$

২.৭ র‍্যামের উত্তোলন ক্ষমতা নির্ণয়।

উদাহরণ। ১ একটি হাইড্রোলিক র‍্যামে ব্যবহৃত পানির হেড 3m এবং কার্যকরী নির্গমন হেড 30m. যদি পানির উত্তো
এবং ওয়েস্টের অনুপাত 1 : 30 হয় তবে র‍্যামের ক্ষমতা নির্ণয় কর।

<u>সমাধান :</u>

দেওয়া আছে,

$h_1 = 3$ m;

$$h_2 = 30 \text{ m}, \frac{\text{উত্তোলিত পানি}}{\text{সরবরাহ পানি}} = \frac{1}{30}$$

ধরি, উত্তোলিত পানির পরিমাণ $Q_b = 1 \text{ m}^3$

$\therefore$ সরবরাহকৃচ পানির পরিমাণ $Q_a = 1 + 30 = 31 \text{ m}^3$

(i) অবশোষণ ক্ষমতা $\eta = \frac{Q_b h_2}{Q_a h_1} = \frac{1\times30}{31\times3} = 0.322$ (Ans)

(ii) র‍্যাংকিং কর্মদক্ষতা, $\eta = \frac{Q_b(h_2-h_1)}{Q_a h_1} = \frac{1(30-3)}{31\times3} = 0.2903 = 29.03\%$ (Ans)

Thank you

for your attention!

অধ্যায়-০৩

প্রবাহীর চাপ মাপার কলাকৌশল

৩.১ সংজ্ঞা : পিজোমিটার, ম্যানোমিটার, ডিফারেনশিয়াল ম্যানোমিটার এবং ইনভার্টেড ডিফারেনশিয়াল ম্যানোমিটার

৩.২ প্রবাহীর চাপ পরিমাপক যন্ত্রেও ব্যবহার ও সুবিধা

৩.৩ চাপ পরিমাপে/নির্ণয়ে পিজোমিটারের ব্যবহার।

৩.৪ সরল ম্যানোমিটারের সাহায্যে চাপ নির্ণয়।

৩.৫ ডিফারেনশিয়াল ম্যানোমিটারের সাহায্যে দুটি পাইপের চাপের পার্থক্য নির্ণয়।

৩.৬ উল্টানো ডিফারেনশিয়াল ম্যানোমিটারের সাহায্যে পাইপের দুটি বিন্দুর চাপের পার্থক্য নির্ণয়।

৩.১ সংজ্ঞা : পিজোমিটার, ম্যানোমিটার, ডিফারেনশিয়াল ম্যানোমিটার এবং ইনভার্টেড ডিফারেনশিয়াল ম্যানোমিটার।

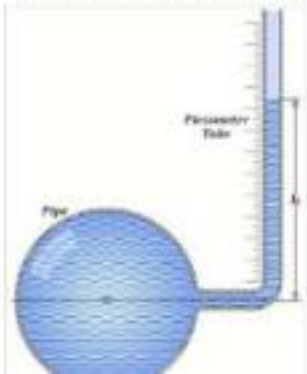
পিজোমিটার টিউব (Piezometer Tube) : এটা একটি সহজ ধরনের প্রেসার গেজ বা চাপমান যন্ত্র যা তরল পদার্থ পূর্ণ পাইপ অথবা পাত্রের চাপ মাপার জন্য ব্যবহার করা হয়।

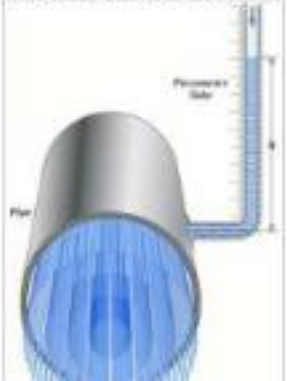
এটা একটি কাচনল যার এক প্রান্ত বায়ুমণ্ডলের দিকে খোলা থাকে এবং অপর প্রান্তে পাইপ বা পাত্রের সঙ্গে খাড়া করে এমন সংযুক্ত করা হয় যাতে নলের প্রান্ত পাইপ বা পাত্রের ভিতরে তরল পদার্থের তল অতিক্রম না করে। তরল পদার্থ নলের ভিতরে উচ্চতা পর্যন্ত উঠবে তা পাইপ বা পাত্রের তরল পদার্থের চাপের সমতুল্য স্টেটিক হেডের সমান। পিজোমিটার টিউব দিয়ে প্রেসার নির্ণয় করা হয়, কিন্তু এর সাহায্যে নেগেটিভ প্রেসার নির্ণয় করা অসুবিধাজনক। কারণ নেগেটিভ প্রেসার মাপার সময় বাতাস টিউবের মধ্যে প্রবেশ করে, ফলে প্রেসার নির্ণয়ে অসুবিধার সৃষ্টি হয়।

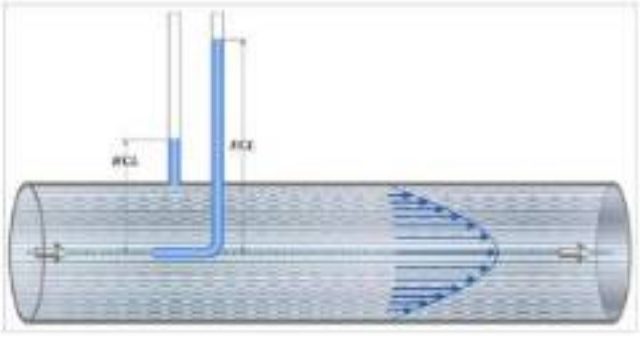
মনে করি, পাইপের কেন্দ্রে চাপ = P.

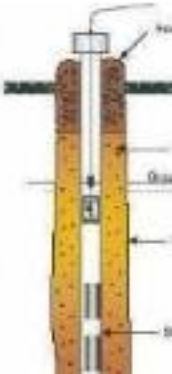
$\therefore P = \omega H$ এবং $P = -\omega H$

হালকা তরল পদার্থ বেশি প্রেসারে মাপতে হলে লম্বা টিউবের প্রয়োজন হয়। পিজোমিটার ব্যবহার ফলে সেক্ষেত্রে অসুবিধাজ তাছাড়া যেহেতু গ্যাসের ফ্রী সারফেস নেই, সে জন্য পিজোমিটারের সাহায্যে গ্যাসের প্রেসার মাপা যায় না।





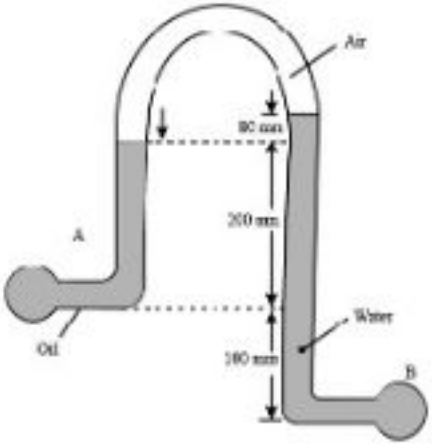




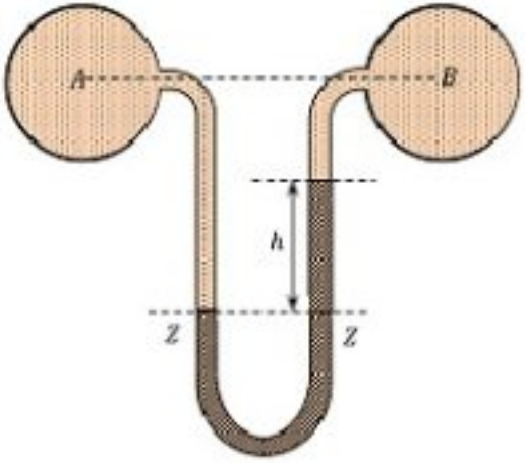
ম্যানোমিটার (Manometer) : ম্যানোমিটার হলো পিজোমিটার টিউবের উন্নত রূপ। এটি তরলের চাপ পরিমাপে ব্যবহৃত হয়। ম্যানোমিটার উচ্চচাপ এবং নেগেটিভ চাপ বা ভ্যাকুয়াম চাপ নির্ণয়ে ব্যবহৃত হয়। গঠনের দিক হতে এটি ∪ আকৃতির যার এক প্রান্ত বাতাসের দিকে খোলা থাকে এবং অপর প্রান্ত পাইপের সাথে সংযুক্ত থাকে। ∪ আকৃতির সাধারণ ম্যানোমিটারের ভিতর তরল ব্যবহৃত হয় তা হলো পারদ যা পানি অপেক্ষা 13.6 গুণ ভারি।

ম্যানোমিটার চার প্রকার। যথা-

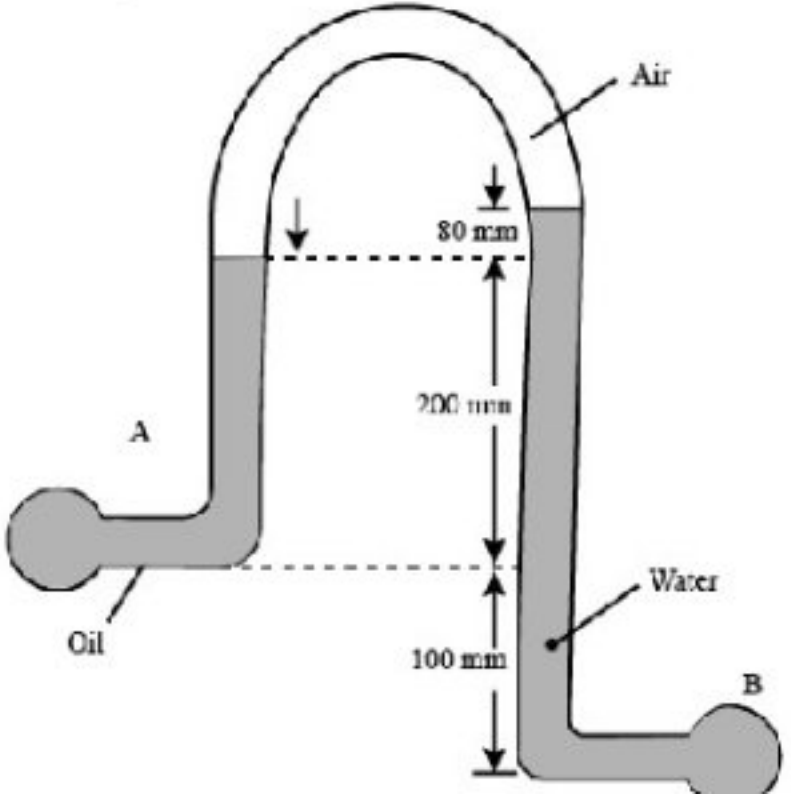
(1)ইউ-টিউব বা সরল ম্যানোমিটার,
(2) ডিফারেনশিয়াল ম্যানোমিটার
(3) ইনভার্টেড ডিফারেনশিয়াল ম্যানোমিটার,
(4) মাইক্রো-ম্যানোমিটার।



ডিফারেনশিয়াল ম্যানোমিটার (Differential Manometer) : ডিফারেনশিয়াল ম্যানোমিটার দিয়ে একই পাইপের দুই বিন্দুর
অথবা দুইটি ভিন্ন পাইপের মধ্যে চাপের পার্থক্য নির্ণয় করা যায়। একটি পাইপের চাপের পরিমাণ জানা থাকলে অন্য পাইপে
চাপের পরিমাণ জানতে সাহায্যে করে। যে দুই পাইপের মধ্যে চাপের পার্থক্য নির্ণয় করতে হবে u নলের দুই প্রান্তকে সে দুই
পাইপে সংযুক্ত করা হয়। ডিফারেনশিয়াল ম্যানোমিটার ভারি তরল পদার্থ ধারী একটি u নল দিয়ে গঠিত।



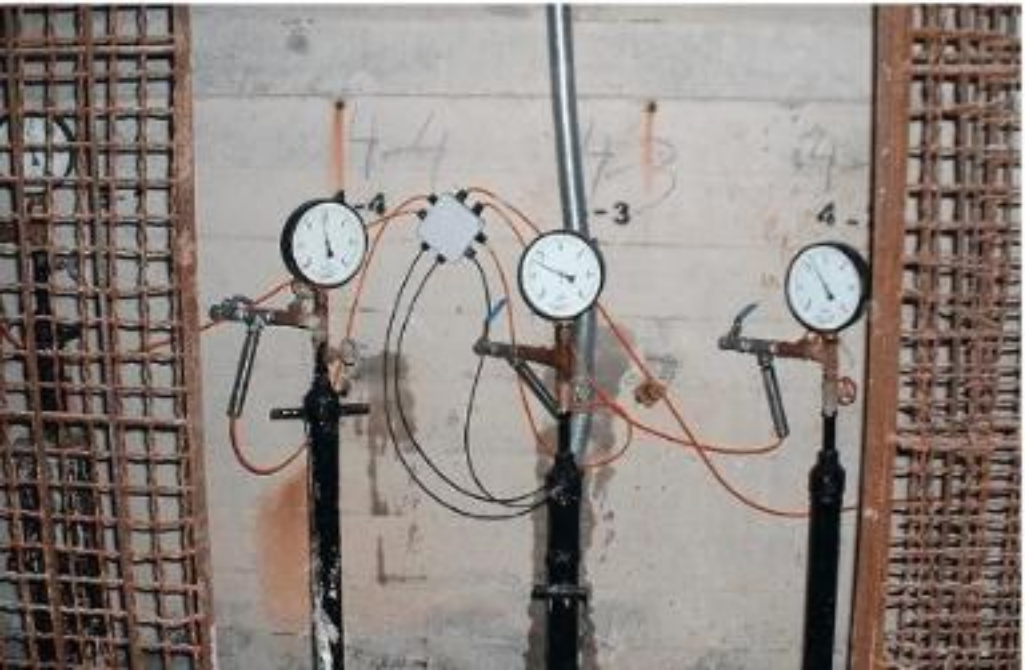
ইনভার্টেড ডিফারেনশিয়াল ম্যানোমিটার (Inverted Differential Manometer) : যে দুটি চাপের পার্থক্য নির্ণয় করতে হবে ইনভার্টেড ডিফারেনশিয়াল ম্যানোমিটার ∪ টিউবকে উক্ত দুটি বিন্দুতে সংযোগ করতে হবে।এটা বিশেষ ধরনের ডিফারেনশি ম্যানোমিটার যাতে ∪ টিউবকে উল্টো (inverted) অবস্থায় ব্যবহার করা হয়। উল্টানো ∪ টিউবের এ প্রকার চাপমান যন্ত্র দ্বারা সূক্ষ্মভাবে নিম্নচাপের পার্থক্য নির্ণয় করা হয়। ইনভার্টেড ডিফারেনশিয়াল ম্যানোমিটারের ∪ টিউবে হালকা তরল ব্যবহৃত হয় যাতে উল্টানো অবস্থায় তরলটি উপরে বাঁকা অংশে ভাসে ।



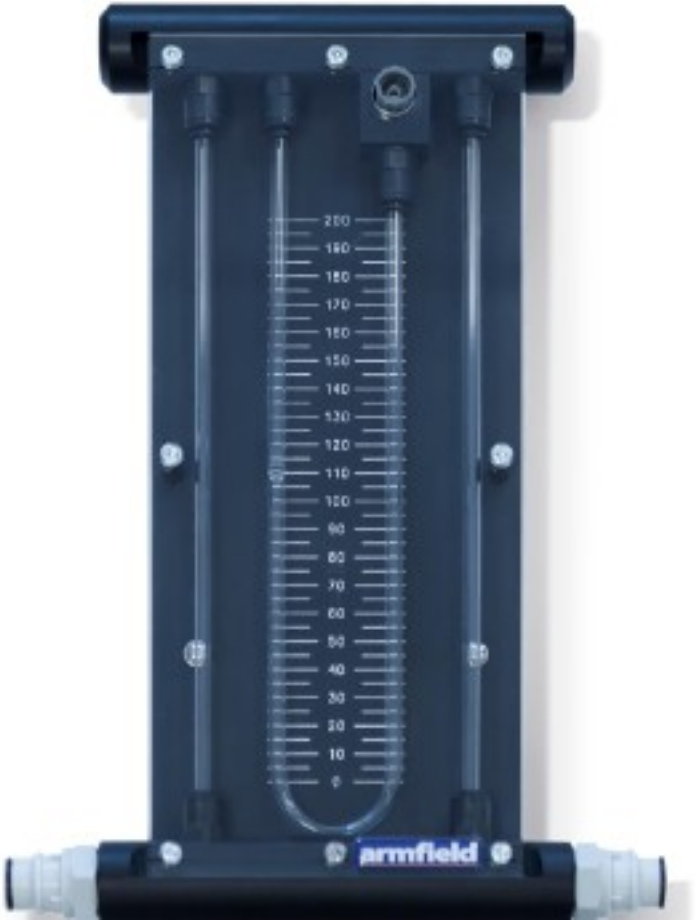
৩.২ প্রবাহীর চাপ পরিমাপক যন্ত্রেও ব্যবহার ও অসুবিধা।

প্রবাহীর চাপ পরিমাপক যন্ত্রের ব্যবহার ও অসুবিধাসমূহ নিম্নে বর্ণিত হলো :

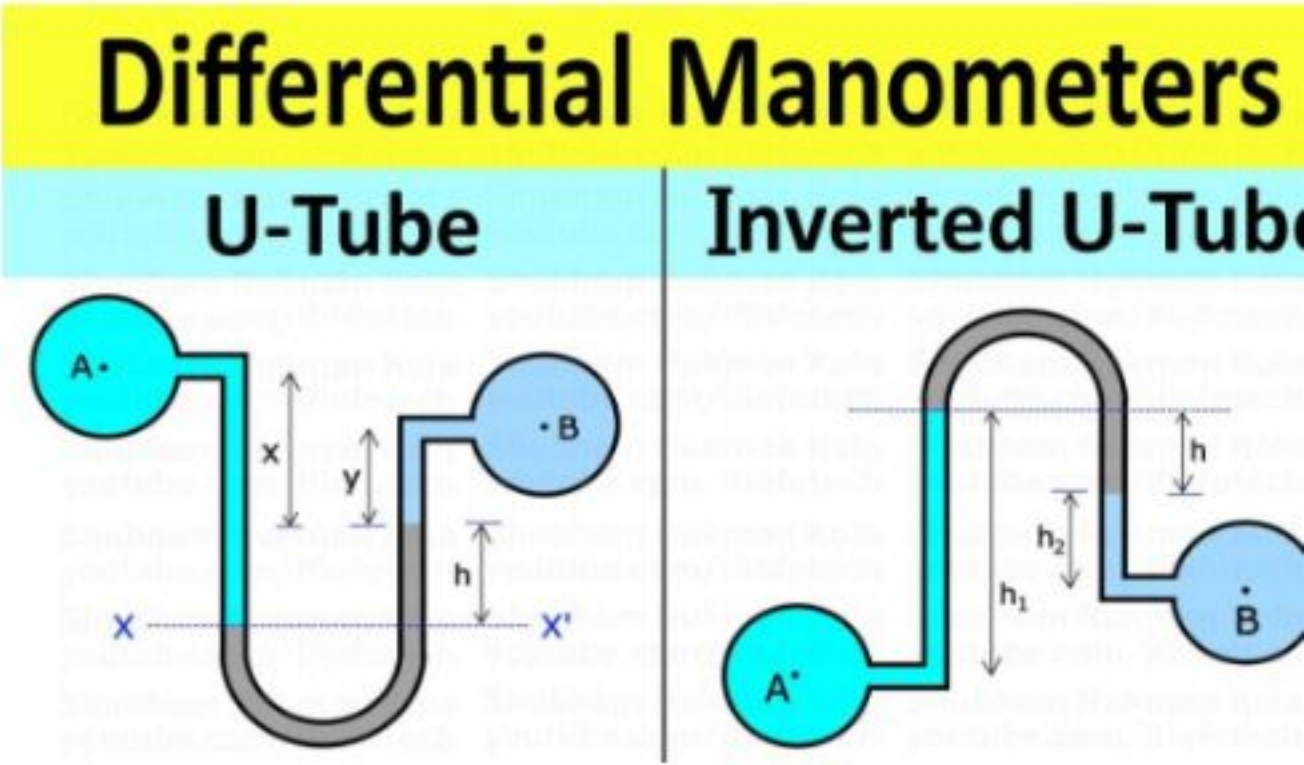
(i)**পিজোমিটার :** এটা মডারেট প্রেসার নির্ণয়ের জন্য ব্যবহৃত হয়। পিজোমিটার দিয়ে নেগেটিভ চাপ মাপা অসুবিধা। কারণ টিউবের ভিতর বাতাস প্রবেশ করলে চাপ নিরূপণ খুবই অসুবিধা হয়।



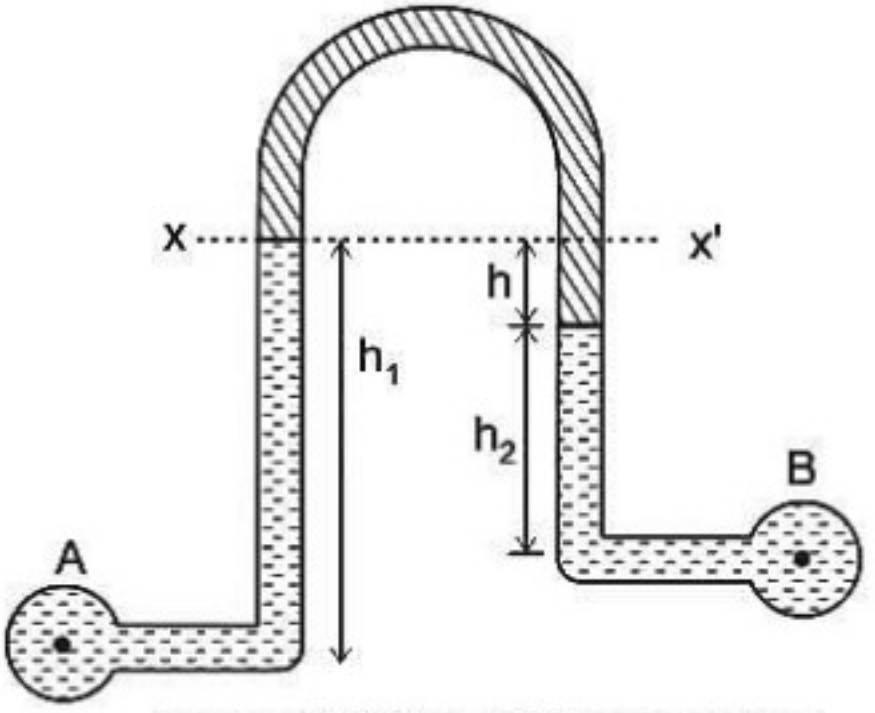
(ii) ইউ-টিউব বা সরল ম্যানোমিটার : এটা পজেটিভ ও নেগেটিভ প্রেসার মাপার জন্য ব্যবহৃত হয়। সাধারণত পিজোমিটা
টিউব হতে অধিক চাপ নির্ণয়ের জন্য এটি ব্যবহৃত হয়।



(iii) ডিফারেনশিয়াল ম্যানোমিটার : এটা একই পাইপের দু বিন্দুর চাপের পার্থক্য নির্ণয়ের জন্য ব্যবহৃত হয়। তা ছাড়া দুটি পাইপের চাপ মাপার জন্যও এটি ব্যবহৃত হয়ে থাকে। একটি বিন্দুর চাপ জানা থাকলে বা একটি পাইপের চাপ জানা থাকলে বিন্দু বা পাইপের চাপ জানতে এটি সাহায্য করে।



(iv) **ইনভার্টেড ডিফারেনশিয়াল ম্যানোমিটার :** এটা অল্প চাপ সঠিকভাবে নিরূপণের জন্য ব্যবহৃত হয়।



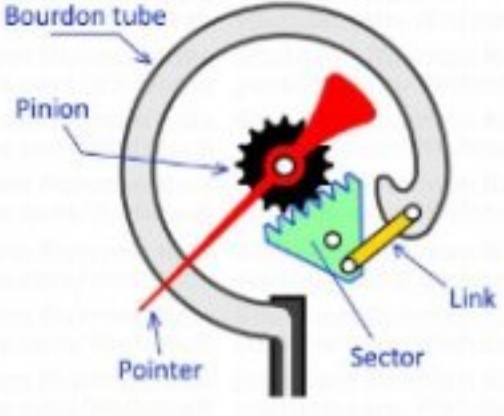
Inverted differential manometer

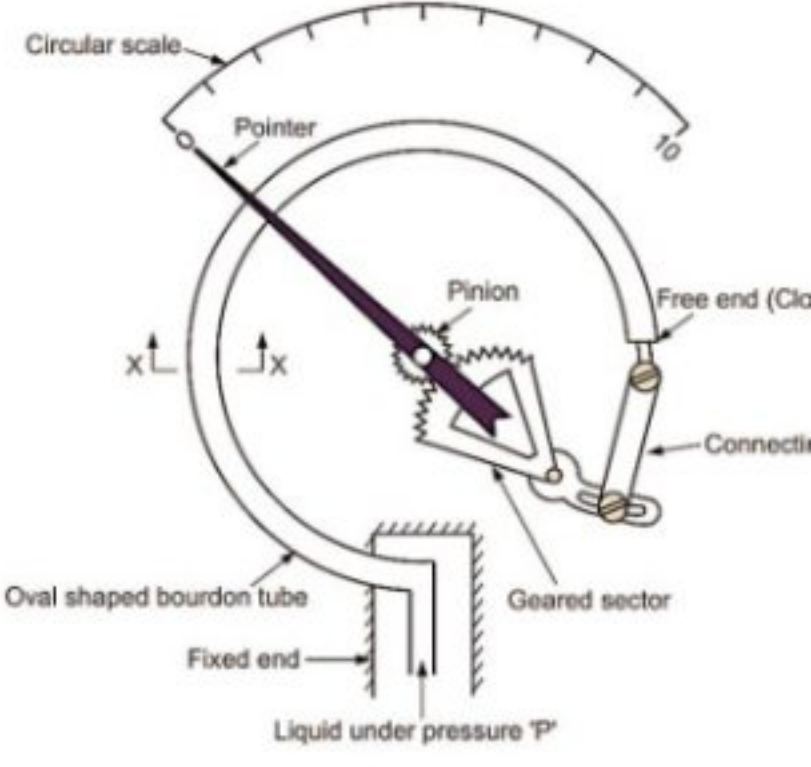
(v) **মাইক্রোম্যানোমিটার :** এর সাহায্যে নিম্নমানের চাপ মাপা হয়। যেখানে সূক্ষ্ম ও সঠিক চাপ মাপের গুরুত্ব বেশি সেখানে
ধরনের ম্যানোমিটার ব্যবহৃত হয়ে থাকে।

(vi) **অয়েল প্রেসার গেজ :** বায়ুমণ্ডলের চাপ কম বা বায়বীয় পদার্থের চাপ কম হলে এটা নিরূপণের জন্য সাধারণত অয়েল ব্যবহৃত হয়ে থাকে।

(vii) **বার্ডন টিউব প্রেসার গেজ :** বায়ুমণ্ডলীয় চাপ হতে কম বা বেশি চাপ এর মাধ্যমে মাপা হয় ।

Bourdon Tube Pressure Gauge





(viii) **ডায়াফ্রাম প্রেসার গেজ :** যেখানে বার্ডন টিউব দিয়ে কম চাপ নির্ণয় করা যায় না, সেখানে ডায়াফ্রাম প্রেসার গেজ ব্য
হয়ে থাকে ।

(ix) ডেড ওয়েট প্রেসার গেজ : এটি সূক্ষ্মভাবে চাপ মাপার জন্য ব্যবহার করা হয়। তাছাড়া পরীক্ষাগারে বিভিন্ন চাপমান য
ক্যালিব্রেশনের জন্য বিশেষভাবে ব্যবহৃত হয়ে থাকে ।

৩.২.১ প্রেসার মেজারমেন্ট পদ্ধতি।

 # নিম্নে প্রেসার মেজারমেন্ট বা চাপ পরিমাপ পদ্ধতি বর্ণিত হলো :

(ক) পিজোমিটার টিউব:
(১) প্রথমে যে ফ্লুইডের প্রেসার হেড নির্ণয় করতে হবে তার পাইপের সাথে পিজোমিটার টিউব সংযুক্ত করি। কোন error থা
ঝাকুনি দিয়ে সঠিক করি
(২) যাতে সংযোগস্থল লিক না করে সেজন্য ভালোভাবে টাইট করি ।
(৩) P = ωH সূত্র ব্যবহার করে H এর মান নির্ণয় করতে হয়।

(খ) ডিফারেনশিয়াল ম্যানোমিটার :
(1) প্রথমে দেখতে হবে U টিউবে পারদ কমন সারফেসে আছে কিনা? না থাকলে কমন সারফেসে আনতে হবে।
(2) (২) যে দুটি বিন্দু বা পাইপের চাপের পার্থক্য নির্ণয় করতে হবে তা এমনভাবে সংযোগ করতে হবে যাতে লিক না করে।
(3) (৩) ha - hB = hS2 - hS 1 সূত্র দিয়ে চাপের পার্থক্য নির্ণয় করতে হবে।

(গ) বার্ডন টিউব প্রেসার গেজ :
(১) প্রথমে গেজটি ঠিক আছে কিনা তা ভিজুয়ালি চেক করতে হবে।
(২) তারপর কোন error আছে কিনা দেখতে হবে। যদি থাকে সঠিককরণ নবের সাহায্যে কাঁটাকে 0 শূন্য পজিশনে আনতে হ
(৩) তারপর ওটাকে যে বিন্দু বা পাইপের চাপ নির্ণয় করতে হবে তা অ্যাডজাস্টেবল রেঞ্চের সাহায্যে ভালোভাবে সংযোগ কর
হবে। ডায়াল হতে পাঠ নিতে হবে।

৩.৩ চাপ পরিমাপে/নির্ণয়ে পিজোমিটারের ব্যবহার।

মনে করি,
পিজোমিটারকে প্রবাহী প্রবাহমান অবস্থায় একটি পাইপের সাথে সংযোগ করি।
মনে করি,

পাইপের কেন্দ্রের চাপ = P. কেজি/ সে. মি^{2}

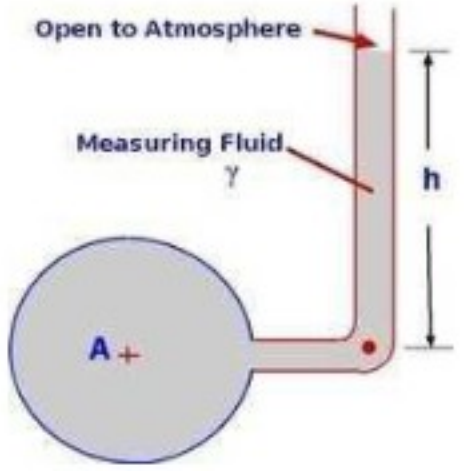
পানির আপেক্ষিক ওজন = ω কেজি/ সে. মি^{3}

স্টেটিক প্রেসার হেড = h সে. মি.

$\therefore P = \omega h$

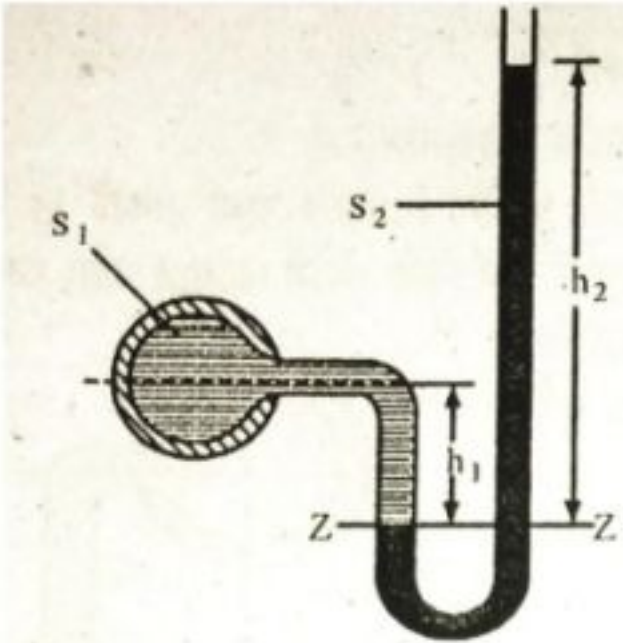
$\therefore h = \frac{\omega}{p}$ সে. মি. (পানির উচ্চতায়)

নোট : পিজোমিটার শুধুমাত্র পজেটিভ (+ve) চাপ নির্ণয়ের জন্য ব্যবহৃত হয়।

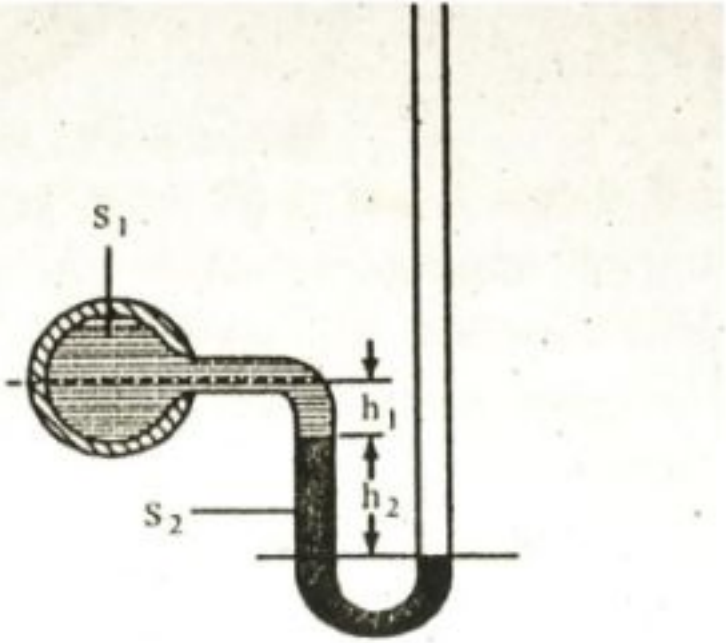


৩.৪ সরল ম্যানোমিটারের সাহায্যে চাপ নির্ণয়।

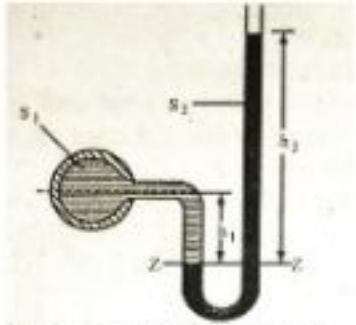
সরল ম্যানোমিটার হলো পিজোমিটার টিউবের একটু উন্নত রূপ। এটা উচ্চচাপ এবং নেগেটিভ চাপ বা ভ্যাকুয়াম চাপ নির্ণয়ে ব্যবহৃত হয়। গঠনের দিক হতে এটা ∪ আকৃতির যার এক প্রান্ত বাতাসের দিকে খোলা থাকে এবং অপর প্রান্তকে গেজ পয়েন্ট বিন্দুতে অন্য তরলের চাপ মাপতে হবে) যুক্ত করা হয়। ∪ আকৃতির সাধারণ ম্যানোমিটারের ভিতর যে তরল ব্যবহৃত হয় তা হ পারদ (Mercury) যা পানি অপেক্ষা 13.6 গুণ ভারি।



চিত্র– ৩.৩ (ক) পজিটিভ প্রেসার



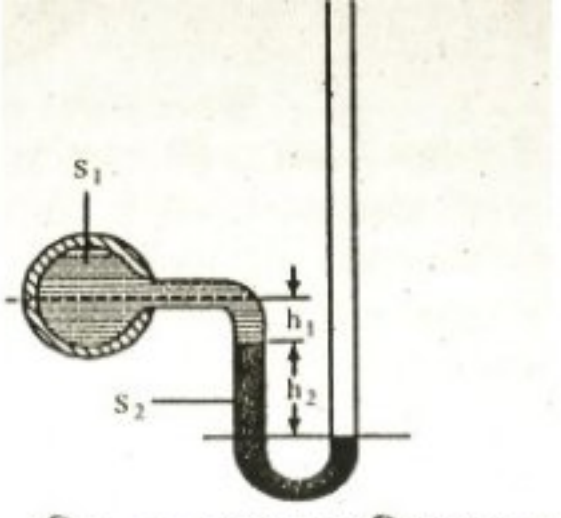
চিত্র– ৩.৩ (খ) নেগেটিভ প্রেসার



চিত্র- ৩.৩ (ক) পজিটিভ প্রেসার

(ক) পজিটিভ চাপ : চিত্রে কালো অংশ পারদ এবং সাদা অংশ অন্য তরল যার চাপ মাপা দরকার। হালকা তরল এবং ভারি তরলের মিলন স্তর (meeting surface) বরাবর তলকে সাধারণ তল (Common Surface) বা ডেটাম লাইন (Datum line) বলে।
ধরি,
h_1 = বামের বাহুতে ডেটাম লাইনের উপরে হালকা তরলের উচ্চতা (cm)
h_2 = ডাইনের বাহুতে ডেটাম লাইনের উপরে ভারি তরলের উচ্চতা (cm)
h পানির প্রেসার হেড হিসেবে প্রকাশিত পাইপের তরলের চাপ (cm)
S_1 = হালকা তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব
S_2 = ভারি তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব
এ কথা সত্য যে, ডেটাম লাইন বা সাধারণ তলের উপরে বামের এবং ডাইনের বাহুতে চাপ সমান হবে।
এখন ডেটাম লাইনের উপরে বামের বাহুতে চাপ, = h + $S_1 h_1$ cm (পানিস্তম্ভ) .....(i)
একইভাবে ডেটাম লাইনের উপরে ডানের বাহুতে চাপ, = $S_2 h_2$ cm (পানিস্তম্ভ)..... (ii)

আমরা জানি, বামের বাহুতে চাপ = ডানের বাহুর চাপ, h + $S_1 h_1 = S_2 h_2$
বা, h = ($S_2 h_2$ - $S_1 h_1$) cm পানিস্তম্ভ।.....(iii)



চিত্র– ৩.৩ (খ) নেগেটিভ প্রেসার

(খ) নেগেটিভ চাপ (Negative Pressure) : পাইপের চাপ পারদ অপেক্ষাও কম হলে পাইপে ∪ টিউব সংযোগের সাথে সাথেই পারদকে উপর দিকে টেনে নিবে। তখন সাধারণ তল (Common surface) বা ডেটাম লাইন ডানের (খ) নং চিত্রের অনুরূপ হ এক্ষেত্রে বামের বাহুতে চাপ, $h + S_1 h_1 + S_2 h_2$.....(iv)
Z - Z এর উপরে ডানের বাহুতে চাপ, 0..... (v)

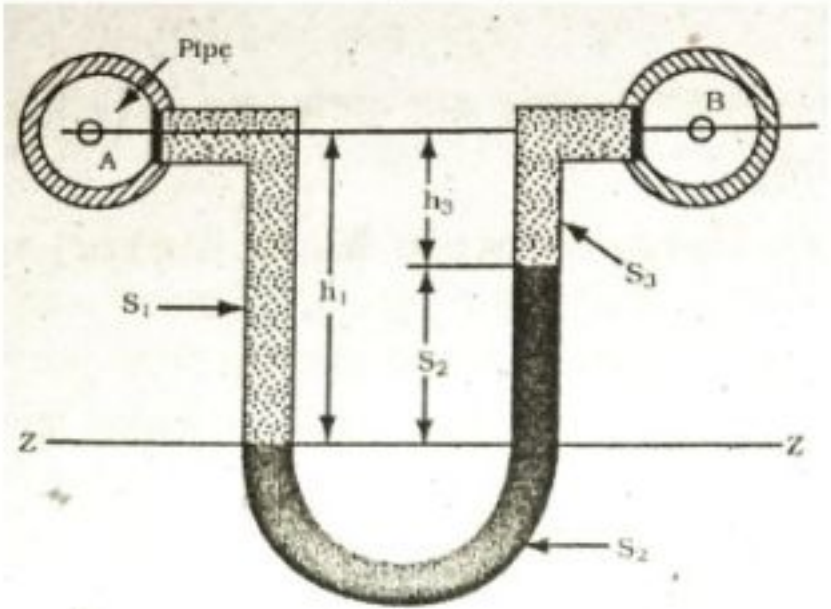
$\therefore h + S_1 h_1 + S_2 h_2 = 0$
$\therefore h = - S_1 h_1 - S_2 h_2$
$= - (S_1 h_1 + S_2 h_2)$.....(vi)

(vi) সমীকরণের সাহায্যে তরলের নেগেটিভ চাপ নির্ণয় করা যায়।

৩.৫ ডিফারেনশিয়াল ম্যানোমিটারের সাহায্যে দুটি পাইপের চাপের পার্থক্য নির্ণয়।

**যে ম্যানোমিটারের সাহায্যে একই পাইপের দুটি বিন্দুতে কিংবা দুটি ভিন্ন পাইপের মধ্যে চাপ পার্থক্য নির্ণয় করা য
তাকে
ডিফারেনশিয়াল ম্যানোমিটার বলে।**

ভারি তরলবাহী একটি U টিউব দ্বারা ডিফারেনশিয়াল ম্যানোমিটার গঠিত। এর U আকৃতির দুই প্রান্তকে দুই দিকে দুটি বিন্দুর স
বা দুটি পাইপের সাথে যুক্ত করা হয় যাদের মধ্যকার চাপ পার্থক্য নির্ণয় করা দরকার। U টিউবের দুই প্রান্ত একই লেভেলে (চি
কিংবা ভিন্ন লেভেলে (চিত্র-খ) হতে পারে। যখন সমান লেভেল' (চিত্র-ক) :-



মনে করি, একই উচ্চতায় অবস্থিত A এবং B দুটি পাইপ, যাদের চাপের পার্থক্য নির্ণয়ের জন্য একটি U কাচের নল ব্যবহার করা হয়েছে। চিত্রানুযায়ী A পাইপের চাপ বেশি থাকার জন্য ম্যানোমিটার তরল বাম বাহুতে নিচের দিকে নেমে এসেছে এবং ডান বাহুতে উপরের দিকে উ । ধরি, বাম বাহুতে হালকা তরল এবং ভারী তরলের মিলন তল বরাবর Z - Z সাধারণ তল বা ডেটাম বলে। A এবং B একই পাইপের দুটি বিন্দু প্রবাহিত তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব S1 S3 হবে। যদি ম্যানোমিটার তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব S2 হয় তখন A এবং B বিন্দুর চাপের পার্থক্য :

ধরি, A এবং B পাইপের চাপ পানির উচ্চতায় যথাক্রমে h_A এবং h_B.

Z – Z তল বরাবর বাম বাহুর চাপ = ডান বাহুর চাপ

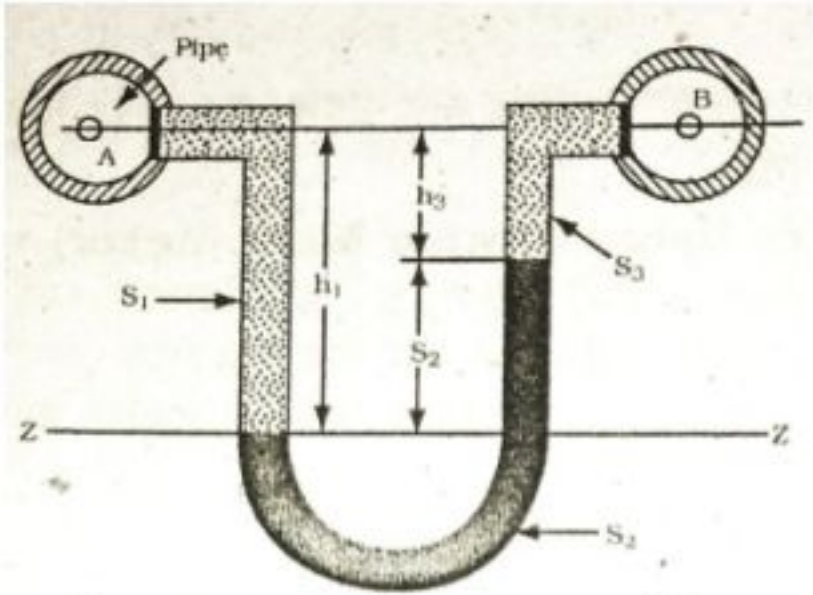
$$h_A + h_1\ S_1 = h_B + h_2\ S_2 + h_3\ S_3 [h_1 = h_2 + h_3]$$

বা, $(h_A - h_B) = h_2 S_2 + h_3 S_3 - h_1 S_1 [S_1 = S_3]$

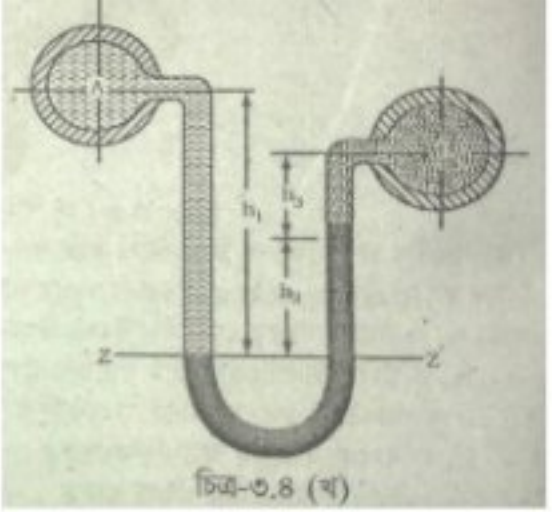
$$= h_2\ S_2 + h_3\ S_1 - (h_2 + h_3) S_1$$

$$= h_2\ S_2 + h_3\ S_1 - h_2\ S_1 - h_3\ S_1$$

$$= h_2 (S_2 - S_1)$$ পানির উচ্চতায়।



চিত্র-৩.৪ (ক) পার্থক্যমূলক ম্যানোমিটার



চিত্র-৩.৪ (খ)

যখন লেভেল ভিন্ন (খ-চিত্র) :

কোন কোন সময় A এবং B পাইপ একই সমতলে না থেকে দুটি সমতলে বা ভিন্ন উচ্চতায় অবস্থান করলে চিত্র (খ) হতে পাওয়া যাবে। A পাই চাপ বেশি বিধায় ম্যানোমিটার তরল বাম বাহুতে নিচের দিকে ঠেলে দিয়েছে এবং ডান বাহুতে উপরের দিকে উঠে এসেছে। বাম বাহুর হালক এবং ভারী তরলে মিলন তল বরবার ডেটাম তল Z - Z কল্পনা করি।

h1 = ডেটাম হতে বাম বাহুর তরলের উচ্চতা, সেমি

S1 = ডেটাম হতে বাম বাহুর তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব (A পাইপের)

hA = A পাইপের চাপ, তরলের উচ্চতায়, cm

h2 = ভারি তরলের উচ্চতার পার্থক্য, cm একেই ম্যানোমিটারের পাঠ বলে।

S2 = ভারি তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব (ম্যানোমিটার তরলের)।

hB = B পাইপের তরলের চাপ, তরলে উচ্চতায়, সেমি

h3 = পাইপ হতে ডান বাহুতে তরলের উচ্চতা, সেমি

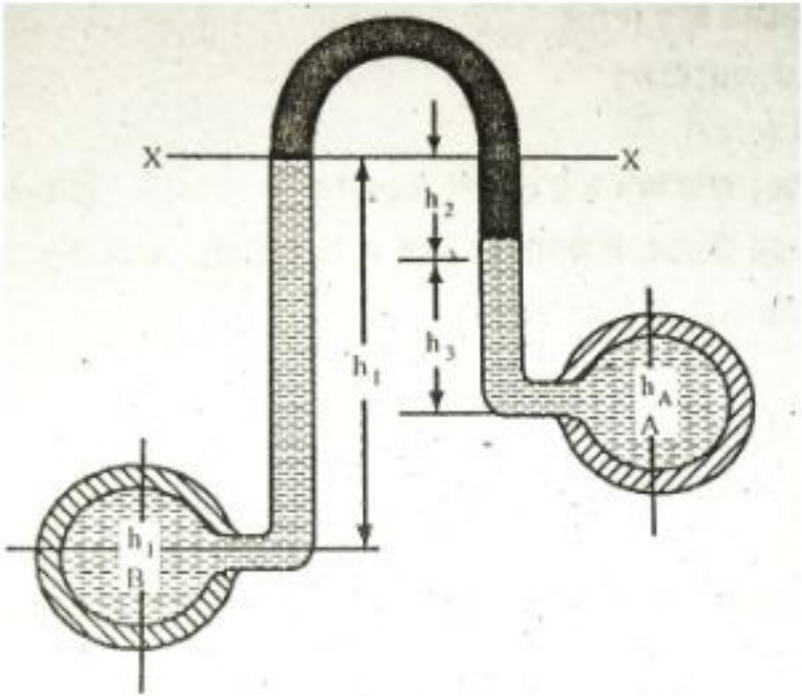
S3 = ডান বাহুতে তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব (B পাইপের)

আমরা জানি, $Z - Z$ তল বরাবর বাম বাহুর চাপ = ডান বাহুর চাপ

বা, $h_A + h_1 S_1 = h_B + h_2 S_2 + h_3 S_3$ পানির উচ্চতায়

৩.৬ উল্টানো ডিফারেনশিয়াল ম্যানোমিটারের সাহায্যে পাইপের দুটি বিন্দুর চাপের পার্থক্য নির্ণয়।

যে দুটি চাপের পার্থক্য নির্ণয় করতে হবে ইনভার্টেড ডিফারেনশিয়াল ম্যানোমিটার ∪ টিউবকে উক্ত দুটি বিন্দুতে সংযোগ কর হবে। এটা বিশেষ ধরনের ডিফারেনশিয়াল ম্যানোমিটার যাতে ∪ টিউবকে উল্টো (inverted) অবস্থায় ব্যবহার করা হয়। উল্টা টিউবের এ প্রকার চাপমান যন্ত্র দ্বারা অতি সূক্ষ্মভাবে নিম্নচাপের পার্থক্য নির্ণয় করা হয়। ইনভার্টেড ডিফারেনশিয়াল ম্যানোমিটারের ∪ টিউবে হালকা তরল ব্যবহৃত হয় যাতে উল্টানো অবস্থায় তরলটি উপরে বাঁকা অংশে ভাসে।



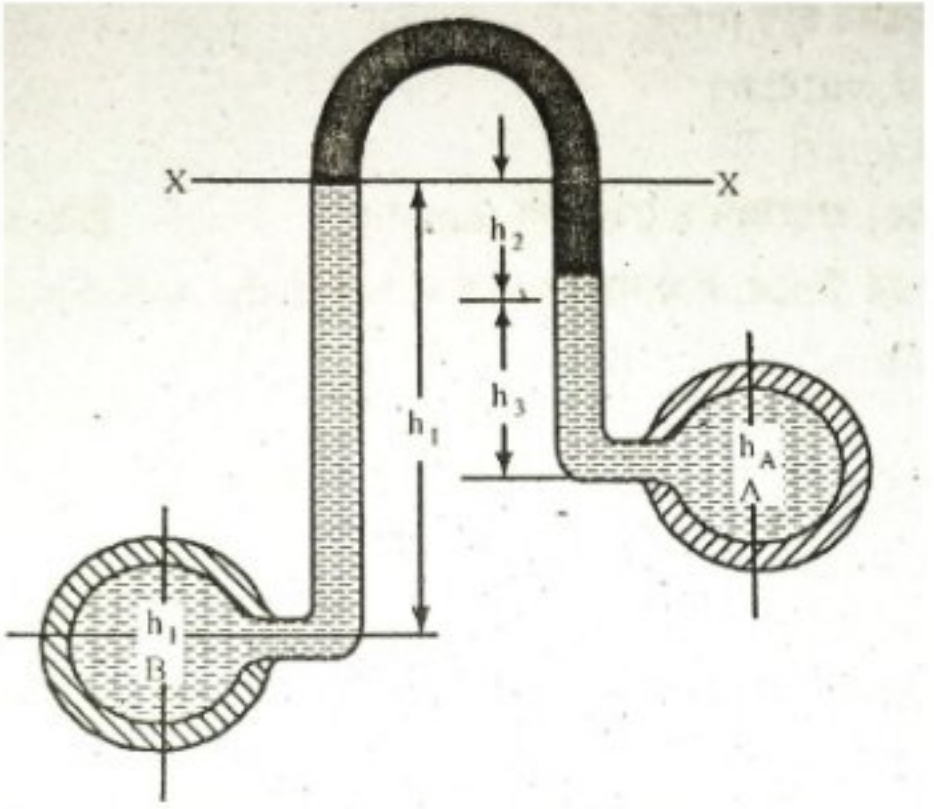
এখানে, h1 = বাম বাহুতে তরলের উচ্চতা (cm)
h2 = ম্যানোমিটারের পাঠ অথবা ডান ও বাম বাহুর লেভেল পার্থক্য (cm)
h3 = ডেটাম লাইনের নিচে ডান বাহুতে তরলের উচ্চতা (cm)
ha = A পাইপের ভেতর চাপ (cm).
hB = B পাইপের ভেতর চাপ (cm)
S1 = বাম বাহুর তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব
S2 = হালকা তরলের আপেক্ষিক গুরত্ব
S3 = ডান বাহুর তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব
আমরা জানি, ডেটাম লাইনের নিচে বাম বাহুর চাপ, ডান বাহুর চাপের সমান

$$\text{বাম বাহুতে চাপ} = h_A - S_1 h_1$$

$$\text{ডান বাহুতে চাপ} = h_B - S_2 h_2 - S_3 h_3$$

$$\therefore h_A - S_1 h_1 = h_B - S_2 h_2 - S_3 h_3$$

$$\text{বা, } h_A - h_B = S_1 h_1 - S_2 h_2 - S_3 h_3$$



চিত্র-৩.৫ : উল্টানো ডিফারেনশিয়াল ম্যানোমিটার

Thank you

for your attention!

অধ্যায়-০৪

ডুবন্ত তলের মোট চাপ ও চাপের কেন্দ্র

৪.১ মোট চাপ ও চাপের কেন্দ্র।

৪.২ ডুবন্ত হেলানো তলের মোট চাপ নির্ণয়।

৪.৩ খাড়াভাবে ডুবন্ত তলে মোট চাট।

৪.৪ তরলে ডুবন্ত হেলানো তলের চাপ কেন্দ্র নির্ণয়।

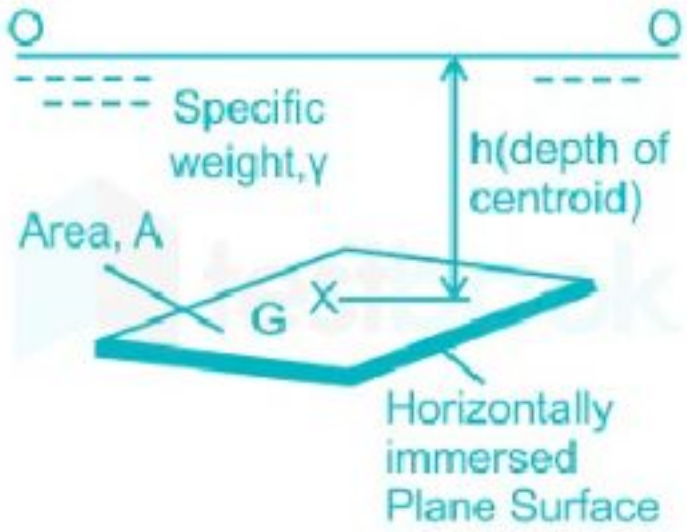
৪.৫ এবং ৪.৬ ডুবন্ত খাড়াভাবে মোট চাপ ও কেন্দ্র নির্ণয় সংক্রান্ত সমাধানকৃত সমস্যাবলি।

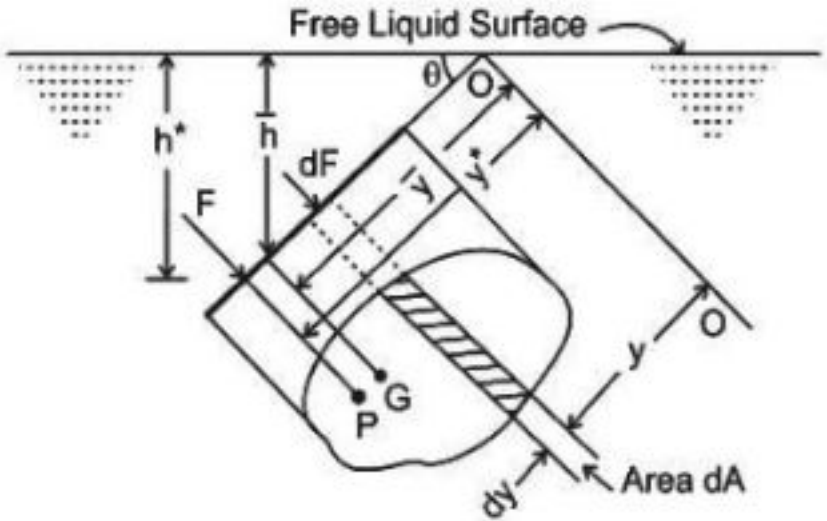
স্বাগতম

৪.১ মোট চাপ ও চাপের কেন্দ্র।

(ক) মোট চাপ (Total Pressure) : পানি বা কোন তরলে ডুবানো অবস্থায় বস্তু তুলের উপর তরল কর্তৃক প্রদত্ত সবটুকু চাপকে
সঙ্গে মোট চাপ বলে। মোট চাপ এবং ডুবানো তলের ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র অংশ a_1, a_2, a_3.......... এর উপর একক চাপ P হলে মোট চা
$P = Pa_1 + Pa_2 + Pa_3$.......... হবে।

(খ) চাপের কেন্দ্র (Centre of Pressure) : আমরা জানি, তরলের চাপ তার গভীরতা বৃদ্ধির সাথে বৃদ্ধি পায়। খাড়াভাবে নিমজ্জি
কোন বস্তু তলের নিচের পাশের চাপ উপরের চাপের চেয়ে বেশি। এতে বুঝা যায়, নিশ্চয়ই লব্ধি চাপ নিচের দিকে কোন এক
দিয়ে কাজ করে। যে বিন্দু দিয়ে লব্ধি চাপ কাজ করে ঐ বিন্দুতে চাপের কেন্দ্র বা চাপকেন্দ্র বলে।





৪.১.১ অনুভূমিকভাবে তলের উপর মোট চাপ।

কোন বস্তু তলের মধ্যে আনুভূমিকভাবে ডুবানো হলে উক্ত আনুভূমিক তলের উপর তরলের মোট চাপ, $P = \omega A\bar{x}$

মনে করি, = তরলের আপেক্ষিক ওজন (kg/cm^3)

A = ডুবানো তলের ক্ষেত্রফল, (cm^2)

$\bar{x}$ = পানির মুক্ততল হতে ডুবানো তলের গভীরতা, (cm)

যেহেতু,

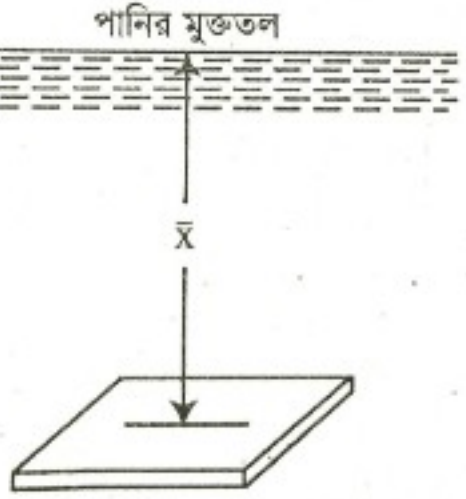
প্রতিটি বিন্দুতে একই গভীরতার কারণে চাপ সমান।

তরলের উপর মোট চাপ = চাপের তীব্রতা × তরলের ক্ষেত্রফল

$P = \rho \times A$

$= \omega\bar{x}A$

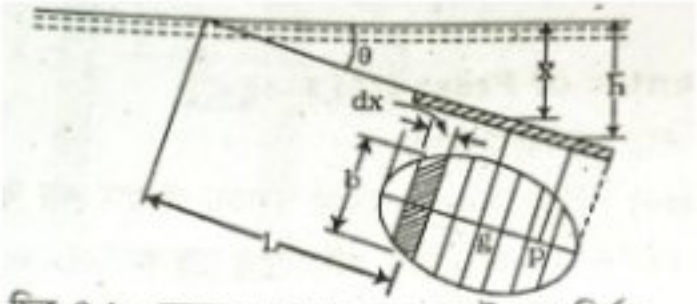
$= \omega A\bar{x}$ (প্রমাণিত)



৪.২ ডুবন্ত হেলানো তলের মোট চাপ নির্ণয়।

তরলে হেলানোভাবে নিমজ্জিত তলে মোট চাপ নির্ণয়ের সূত্রটি অনুভূমিকভাবে কিংবা খাড়াভাবে নিমর্জিত তলের মোট চাপ নির্ণয়ে ব্যবহৃত সূত্র একই।
যদি কোন তল হেলানো অবস্থায় কোন তরলে ডুবানো থাকে, তবে মোট চাপ P নিম্নোক্ত সূত্র হতে পাওয়া যায়,

$P = wA\bar{x}$
মনে করি,
w = তরলের ওজন
A = তলের ক্ষেত্রফল
$\bar{x}$ = তরলের মুক্ত তল হতে হেলানো তলের ভারকেন্দ্রের গভীরতা।

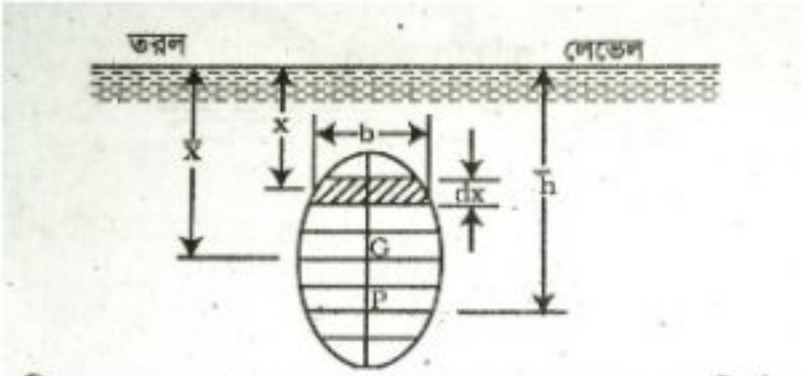


চিত্র-৪.২ : ডুবন্ত হেলানো তলের মোট চাপ নির্ণয়

প্রমাণ : চিত্রে একটি নিমজ্জিত এবং θ কোণে হেলানো তলকে অভিক্ষেপ (Projection) আকারে দেখানো হয়েছে। O বিন্দু হতে L দূরে b চওড়া dx পুরু একটি অংশ (Strip) বিবেচনা করি।
ক্ষুদ্র অংশের মোট চাপ, $P = \rho \times$ ক্ষেত্রফল
$= \rho \times bdx$ [চাপের তীব্রতা $p = wL \sin\theta$]
$= (wL. \sin\theta)(b.dx)$
সুতরাং সমস্ত তলের উপর মোট চাপ,
$P = \int wL \sin\theta(b.dx)$
$= w \sin\theta \int Lb.dx$
কিন্তু ($\int L\,b.dx$ = মুক্ততল হতে তলের ক্ষেত্রফলের মোমেন্ট $= \frac{A\bar{x}}{\sin\theta}$)
$\therefore P = w \sin\theta \times \frac{A\bar{x}}{\sin\theta}$

৪.৩ খাড়াভাবে ডুবন্ত তলে মোট চাট।

কোন তরলের মধ্যে খাড়াভাবে কোন বস্তুতল নিমজ্জিত থাকলে বস্তুর খাড়া তলে তরল কর্তৃক মোট চাপ
$P = \omega Ax$



চিত্র-৪.৩ : সাড়াভাবে ডুবানো তলের চাপ কেন্দ্র নির্ণয়

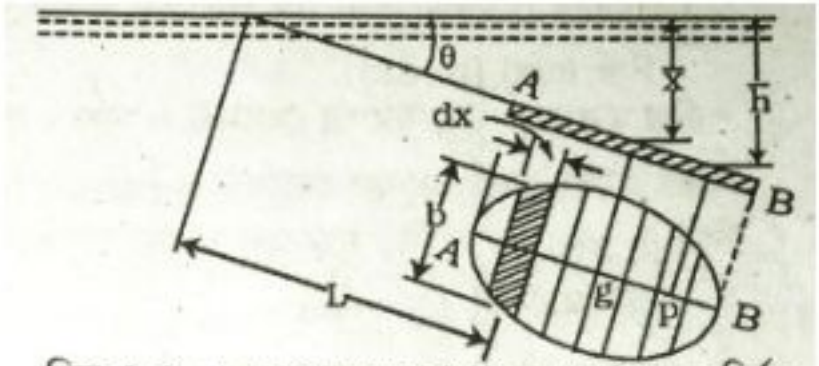
মনে করি,
ω = পানির আপেক্ষিক ওজন
A = তলের ক্ষেত্রফল
x = পানির মুক্ততল হতে ডুবানো তলের ভারকেন্দ্রের গভীরতা।
তরলের পদার্থের উপরিতল হতে x গভীরতায় b প্রস্থ বিশিষ্ট dx পুরু একটি ক্ষুদ্র খণ্ডের বিবেচনা করি।
ক্ষুদ্র খণ্ডের উপর চাপের তীব্রতা = ωx.
ক্ষুদ্র খণ্ডটির ক্ষেত্রফল = b. dx
∴ ক্ষুদ্র খণ্ডটির উপর মোট চাপ, P = চাপের তীব্রতা × ক্ষেত্রফল
$= \omega x \times b.dx$

∴ তলের উপর মোট চাপ, $P = \int \omega x.\ b\ dx = w \int x \times b.dx.$

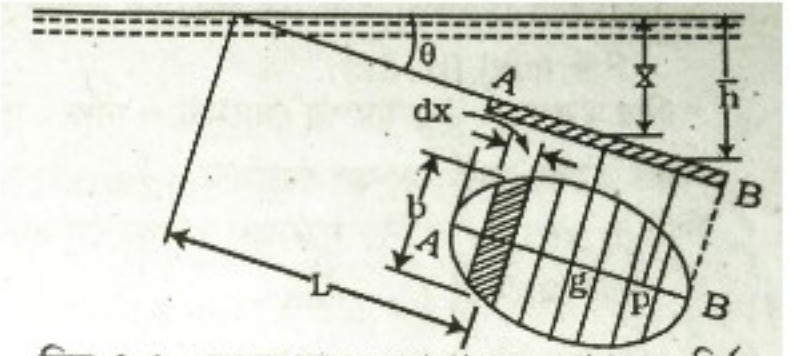
কিন্তু $\int x.\ b\ dx$ = তলের মুক্ত তল বরাবর তরলের ক্ষেত্রফলের মোমেন্ট = $A\bar{x}$

৪.৪ তরলে ডুবন্ত হেলানো তলের চাপ কেন্দ্র নির্ণয়।

নির্দিষ্ট কোণে হেলানো অবস্থায় কোন তল তরলে ডুবানো থাকলে চাপ কেন্দ্রের অবস্থান : h
মনে করি, C = চাপ কেন্দ্র
h = পানির মুক্ত তল হতে চাপ কেন্দ্রের গভীরতা
x = ভারকেন্দ্রের গভীরতা
w = তরল পদার্থের আপেক্ষিক ওজন
A = তলের ক্ষেত্রফল।
Ic = ভারকেন্দ্র বরাবর নিমজ্জিত তরলে জড়তার ভ্রামক।
প্রমাণ : উপরে চিত্রে একটি নিমজ্জিত এবং O কোণে হেলানো তল AB
কে অভিক্ষেপ (Projection) করে দেখানো হয়েছে।
তরলের মুক্ত তল x গভীরতায় b চওড়া এবং dx পুরুত্বের একটি ক্ষুদ্র অংশ বা ফালি বিবেচনা করি।
উক্ত ফালির উপর চাপের তীব্রতা, P = wX, sin θ
ক্ষুদ্র অংশের মোট চাপ P = p x ক্ষেত্রফল
P = (wx sin θ) (b. dx)
=px bdx



চিত্র-৪.৪ : তরলে ডুবন্ত হেলানো তলের চাপকেন্দ্র নির্ণয়



চিত্র-৪.৪ : তরলে ডুবন্ত হেলানো তলের চাপকেন্দ্র নির্ণয়

পানির মুক্ততলে উক্ত চাপের মোমেন্ট = চাপ × দূরত্ব = (wx sin θ) × (bdx). x

সমস্ত তলের মোট অনুরূপ মোমেন্ট = $\int (wx^2) \sin\theta\ (b\ .\ dx) = w \sin\theta \int bx^2\ .\ dx$

কিন্তু jb.x2dx = পানির মুক্ত তল বরাবর ক্ষেত্রফলের দ্বিতীয় মোমেন্ট বা জড়তা ভ্রামক (MI) = I_0

∴ মোট মোমেন্ট, M = wsin θ I_0

পানির মুক্ত তল বরাবর লব্ধি চাপের দ্বিতীয় মোমেন্ট = $\frac{P\bar{h}}{\sin\theta}$

(a) এবং (b) সমীকরণ দুটির পরস্পর সমান।

$\therefore \frac{P\bar{h}}{\sin\theta} = w\sin\theta\ I_0$

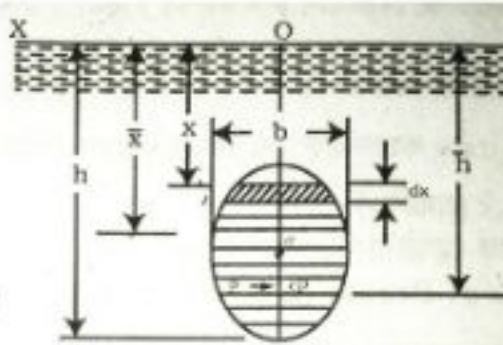
বা, $\bar{h} = \frac{w\sin^2\theta\ I_0}{P} = \frac{w\sin^2\theta\ I_0}{wAx} = \frac{\sin^2\theta\ I_0}{Ax}$

কিন্তু ,সমান্তরাল অক্ষের উপপাদ্য হতে আমরা জানি, $I_o = I_G + \frac{Ax^2}{\sin^2\theta}$, যেখানে I_G = মোমেন্ট অব ইনারশিয়া

∴ (c) নং সমীকরণ হতে পাই, $\bar{h} = (I_o + \frac{Ax^2}{\sin^2\theta}) \times \frac{\sin^2\theta}{Ax}$

$\therefore \bar{h} = \frac{I_0 \sin^2\theta}{Ax} + x$ (প্রমাণিত)

৪.৪.১ ডুবন্ত খাড়াতলের চাপকেন্দ্র নির্ণয়।



চিত্র-৪.৫ : খাড়াতলের চাপকেন্দ্র নির্ণয়

মনে করি,
C = চাপ কেন্দ্র
$\bar{h}$ = পানির মুক্ত তল হতে চাপ কেন্দ্রের গভীরতা
$\bar{x}$ = ভারকেন্দ্রের গভীরতা
ω = তরল পদার্থের আপেক্ষিক ওজন
A = তলের ক্ষেত্রফল।
তরলের মুক্ততল
x গভীরতায় b চওড়া এবং dx পুরুত্বের একটি ক্ষুদ্র অংশ বা ফালি বিবেচনা করি। ফালির উপর চাপ,

$P = (\omega x)(b.\, dx)$

পানির মুক্ততলে উক্ত চাপের মোমেন্ট = চাপ × দূরুত্ব = $(\omega x^2) \times (b.dx)$

সমস্ত তলের মোট অনুরূপ মোমেন্ট = $\int (\omega x^2)(b : dx) = \omega \int bx^2.\, dx$

কিন্তু $\int bx^2.\, dx$ পানির মুক্ত তল বরাবর ক্ষেত্রফলের দ্বিতীয় মোমেন্ট বা জড়তা ভ্রমক (MI) = I_o

∴ মোট মোমেন্ট, $M = \omega I_o$ .....(i)

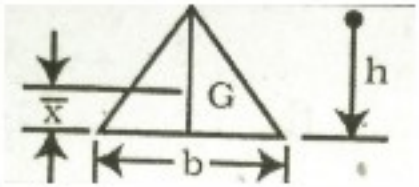
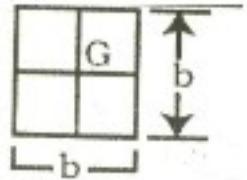
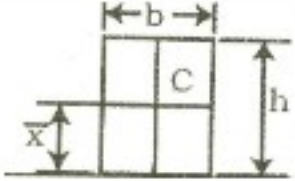
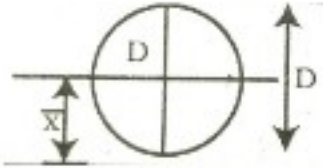
পানির মুক্ততল বরাবর লব্ধি চাপের দ্বিতীয় মোমেন্ট = $P\bar{h}$ .....(ii)

(i) এবং (ii) সমীকরণ দুটি পরস্পর সমান।

$$P\bar{h} = \omega I_o \text{ বা } \bar{h} = \frac{\omega I_o}{p} = \frac{\omega I_o}{\omega A\bar{x}} = \frac{I_g}{A\bar{x}}$$

কিন্তু সমান্তরাল অক্ষের উপপাদ্য হতে আমরা জানি, $I_o = I_G + A\bar{x}^2$, যেখানে I_G = মোফেন্ট অব ইন

∴ (iii) নং সমীকরণ হতে পাই, $\bar{h} = \frac{I_G + A\bar{x}^2}{A\bar{x}} = \frac{I_G}{A\bar{x}} + \bar{x}$ (প্রমাণিত)

	C. G হতে ভূমি ভরকেন্দ্র	I_G এর সমীকরণ	ক্ষেত্রফল
	$\bar{x} = \frac{h}{3}$	$\frac{bh^3}{36}$	$\frac{1}{2} \times h \times h$
	$\bar{x} = \frac{b}{2}$	$\frac{b^4}{12}$	b^2
	$\bar{x} = \frac{h}{2}$	$\frac{bh^3}{12}$	bh
	$\bar{x} = \frac{D}{2}$	$\frac{\pi D^4}{64}$	$\frac{\pi D^2}{4}$
	$\bar{x} = \frac{D-d}{2}$	$\frac{\pi}{64}(D^4 - d^4)$	$\frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)$

এ অধ্যায়ের প্রয়োজনীয় সূত্রাবলি

* মোট চাপ $p = \omega A\bar{x}$

* চাপকেন্দ্রের অবস্থান $\bar{h} = \frac{I_G}{A\bar{x}} + \bar{x}$

* হেলানো তলের ক্ষেত্রে চাপকেন্দ্র $\bar{h} = \frac{I_G \sin^2\theta}{A\bar{x}} - \bar{x}$

* শীর্ষ থেকে ভূমির দিকে = $\frac{2}{3}h$

* ভূমি থেকে শীর্ষর দিকে = $\frac{1}{3}h$

এখানে,

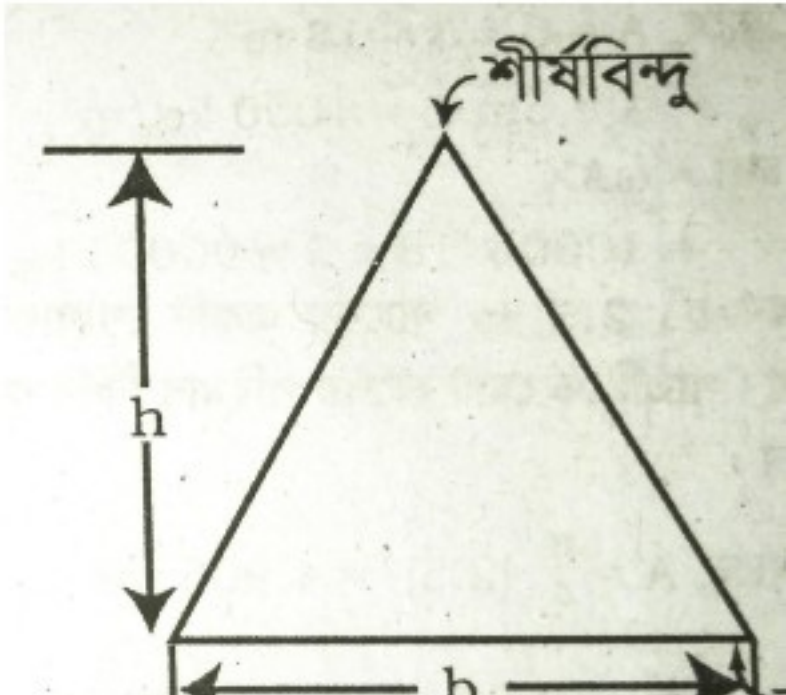
ω = পানির আপেক্ষিক ওজন

jh A = তলের ক্ষেত্রফল

$\bar{x}$ = ভারকেন্দ্রের গভীরতা

$\bar{h}$ = চাপকেন্দ্রের গভীরতা

I_G = মোমেন্ট অব ইনারশিয়া



Thank you

for your attention!

অধ্যায়-০৫

প্লবতা

৫.১ প্লবতা ও প্লবতার কেন্দ্র।

৫.২ মেটাসেন্টার এবং মেটাসেন্ট্রিক উচ্চতার ব্যাখ্যা।

৫.৩ ভাসমান বস্তু ও সাম্যবস্থার শর্তাবলি।

৫.৪ মেটাসেন্ট্রিক উচ্চতার পরীক্ষামূলক নিরূপন।

৫.০.১ আর্কিমিডিসের সূত্র।

কোন বস্তুকে (কঠিন) স্থির তরল কিংবা অন্য কোন বায়বীয় পদার্থে সম্পূর্ণ বা আংশিকভাবে নিমজ্জিত করলে এটা কিছু পরিমাণ ওজন হারা মনে হয় এবং ঐ আপত ওজন হ্রাসের পরিমাণ অপসারিত তরল বা বায়বীয় পদার্থের ওজনের সমান।

মনে করি,

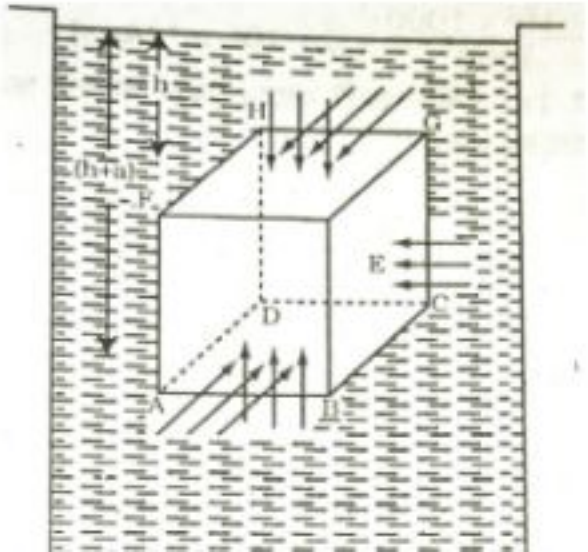
একটি বস্তুর বাতাসের ওজন = W_1

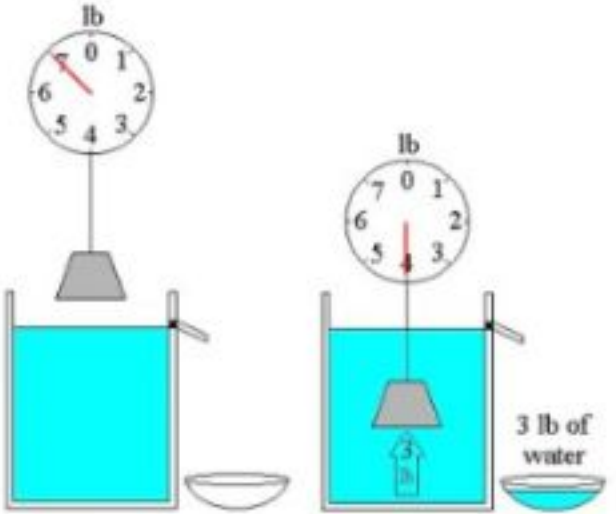
পানিতে ওজন বস্তুর ওজন = W_2

∴ বস্তুর পানিতে আপাত ওজন হ্রাসের পরিমাণ = বস্তুর বাতাসে ওজন – বস্তুর পানিতে ওজন = (W_1-W_2)

আর্কিমিডিসের সূত্র অনুসারে এটাই বস্তু দিয়ে অপসারিত সমআয়তনের পানির ওজনের সমান।

সূত্রটির গাণিতিক প্রক্রিয়া বিশ্লেষণ : একটি পাত্রে কিছু পরিমাণ তরল পদার্থ নেই। মনে করি, ABCDEFGH কঠিন পদার্থের ঘনক এবং এর বাহুর দৈর্ঘ্য = a





এখন ঘনকটিকে তরল পদার্থে এমনভাবে নিমজ্জিত করি যাতে ঘনকের উপরিতল EFGH অনুভূমিকভাবে তরল তল হতে h গভীরতায় থাকে। এমতবস্থায় ঘনকের ছয়টি তলে প্রত্যেকটি তলেই তরল পদার্থের চাপ পড়বে। এর চারদিকে বিপরীত তলে উপর চাপ সমান এবং বিপরীত বলে একটি অপরটির ক্রিয়াকে নষ্ট করবে। ABCD তলের উপর উর্ধ্বমুখী বল ঘনকের উপর ক্রিয়া করবে এবং নিম্নমুখী বল অপেক্ষা উর্ধ্বমুখী বল বেশি হবে। এই অতিরিক্ত উর্ধ্বমুখী বল ঘনকের উপর ক্রিয়া করবে এবং তা ঘনকটিকে ভাসিয়ে রাখার জন্য কাজ করবে। এই অতিরিক্ত উর্ধ্বমুখী বলই প্লবতা।

হিসাব :

EFGH তলের উপর মোট বল = EFGH তলের ক্ষেত্রফল × তলে তরলের চাপ

= EFGH তলের ক্ষেত্রফল × তরলের গভীরতা × তরলের ঘনত্ব × অভিকর্ষীয় ত্বরণ = a^2 hpg

অনুরূপভাবে, ABCD তলের উপর মোট বল = a^2 (h+a) pg.

ঘনকের উপর লব্ধি ঊর্ধ্বগামী বল, = a^2(h + a) pg - a^2hρg

= a^2hρg + a^3hρg - a^2hρg

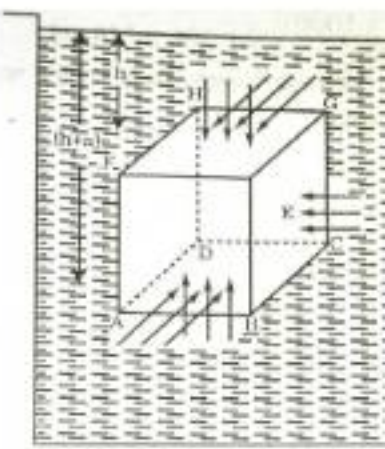
= a^3hρg

কিন্তু a^3 হলো ঘনকের আয়তন এবং $a^3\rho$ হলো সমআয়তন তরল পদার্থের ভর।

মনে করি এ ভর = m.

∴ ঘনকের উপর মোট ঊর্ধ্বমুখী বল = mg = সমআয়তনের তরলের ওজন = প্লবতা। এটা তরলের নিমজ্জিত যে কোন আকৃতি বস্তুর ক্ষেত্রে প্রযোজ্য।

সুতরাং স্থির তরলে নিমজ্জিত কোন বস্তুর উপর মোট ঊর্ধ্বমুখী বল বা প্লবতা বস্তুর সমআয়তনের তরল পদার্থের ওজনের স বস্তুর প্রকৃত ওজন W গ্রাম ও তরলে নিমজ্জিত অবস্থায় বস্তুর ওজন W_1gm হলে, W-W_1= Vρ.



চিত্র : ৫.১

৫.১ প্লবতা ও প্লবতার কেন্দ্র।

(১) প্লবতা (Buoyancy) : তরলের ভেতর সম্পূর্ণ বা আংশিক নিমজ্জিত বস্তুকে তরল কর্তৃক প্রদত্ত ঊর্ধ্বচাপকে প্লবতা বলে। ব
উপর তরলের প্লবতা বা ঊর্ধ্বচাপ বস্তু কর্তৃক অপসারিত তরলের ওজনের সমান।

(২) প্লবতার কেন্দ্র (Centre of buoyancy) : সম্পূর্ণ বা আংশিক নিমজ্জিত বস্তু তলে প্রবাহীর ঊর্ধ্বচাপ বা প্লবতা যে বিন্দু দিয়ে
করে তাকে প্লবতার কেন্দ্র বলে। এ বিন্দু বস্তু কর্তৃক অপসারিত প্রবাহীর ভারকেন্দ্র দিয়ে অতিক্রম করে। সহজ কথায়, নিমজ্জি
ক্ষেত্রের কেন্দ্রই প্লবতার কেন্দ্র।

উদাহরণ-১। মংলা বন্দরে একটি ভাসমান জাহাজ কর্তৃক অপসারিত পানির আয়তন 3000 m3। এক ঘনমিটার পানির ওজ
1000 kg হলে জাহাজটির ওজন নির্ণয় কর এবং বিশুদ্ধ পানিতে এই অপসারণের আয়তন কত?

সমাধান :
আমরা জানি,

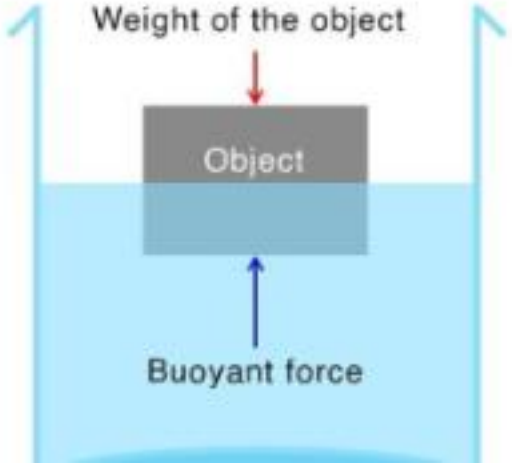
$$\text{অপসারিত পানির আয়তন} = \frac{\text{জাহাজের ওজন}}{\text{পানির ঘনত্ব}}$$

∴ জাহাজের ওজন = অপসারিত পানির আয়তন × পানির ঘনত্ব
= অপসারিত পানির ওজন।

$$W = 3000 \times 1000 = 3 \times 10^6 \text{ kg (Ans)}$$

$$\text{অপসারিত বিশুদ্ধ পানির আয়তন} = \frac{3 \times 10^6 \times 1000}{1000}$$

$$= 3 \times 10^6 \text{ m3 (Ans)}$$



উদাহরণ-৩। 5মি. x 3 মি. × 1.25 মি. আয়তনবিশিষ্ট একখন্ড তক্তা অনুভূমিকভাবে পানিতে ভাসছে। কাঠে ঘনত্ব 950 কেজি/মি° হলে তক্তা দিয়ে অপসারিত পানির আয়তন কত? [বাকাশিবো : '১৮]

সমাধান :

কাঠের পরিমাণ = 5m x 3m x 1.25m

কাঠের ঘনত্ব P = 950kg/m3

অপসারিত পানির আয়তন = ?

.: কাঠের আয়তন = $5 \times 3 \times 1.25\, m^3$

$= 18.75 m^3$

কাঠের ওজন = কাঠের আয়তন x ঘনত্ব

= 18.75 x 950

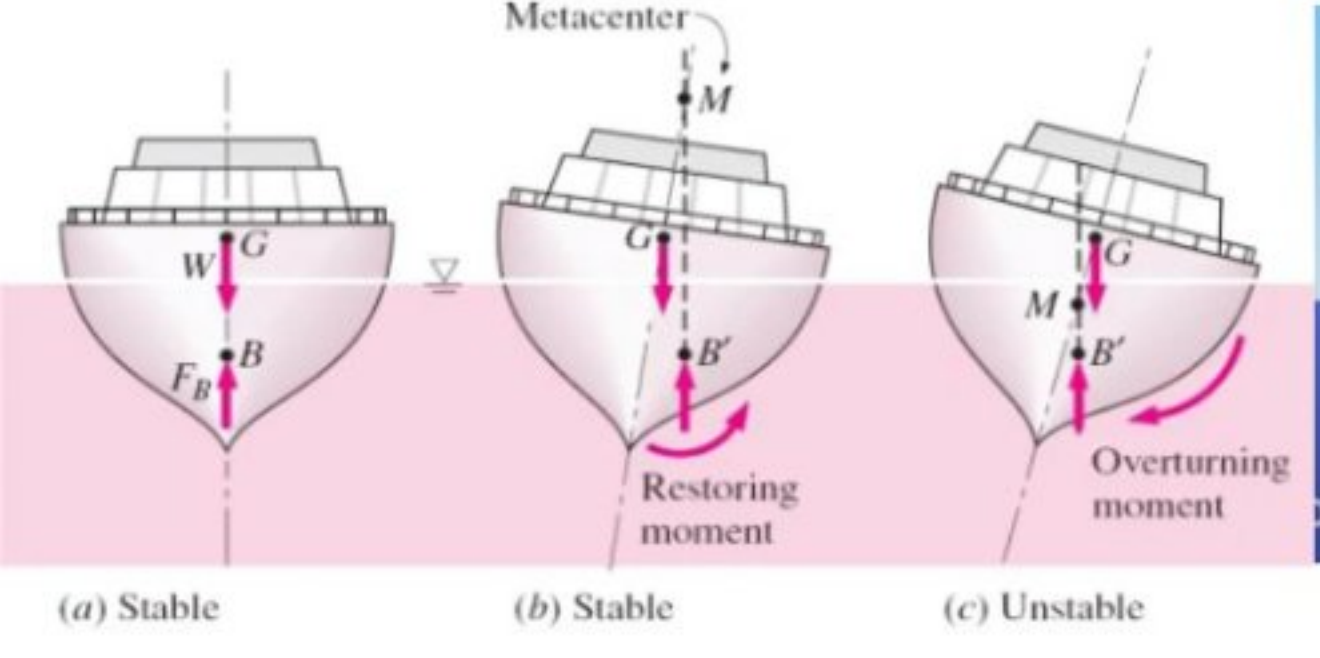
= 17812.5 kg

.: অপসারিত পানির আয়তন = $\frac{\text{কাঠের ওজন}}{\text{পানির ঘনত্ব}}$

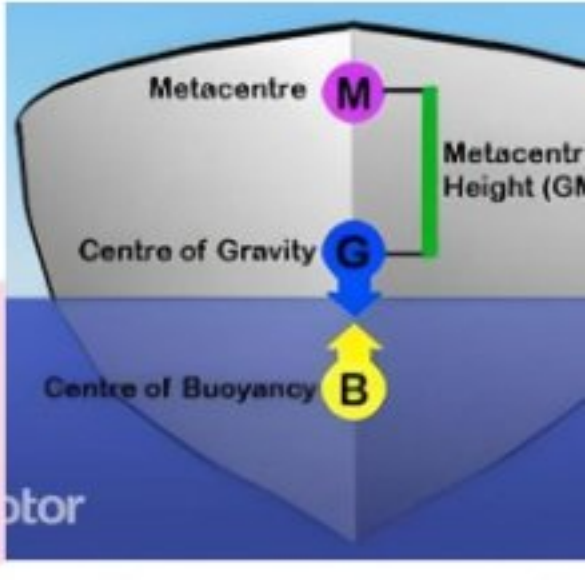
$= \frac{17812.5}{1000} = 17.81\, m^3$ Ans.

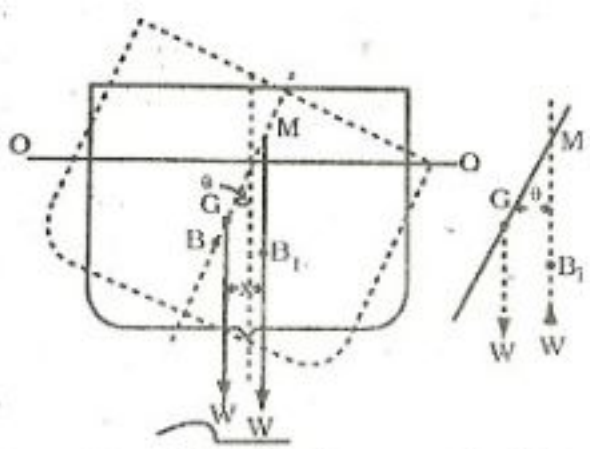
৫.২ মেটাসেন্টার এবং মেটাসেন্ট্রিক উচ্চতার ব্যাখ্যা।

মেটাসেন্টার ও মেটাসেন্ট্রিক উচ্চতা : তরল পদার্থে ভাসমান কোন বস্তুর একটি ক্ষুদ্র কৌণিক স্থানচ্যুতি ঘটালে বস্তুটি এক
নির্দিষ্ট বিন্দুকে কেন্দ্র করে দুলতে আরম্ভ করে। যে বিন্দুতে কেন্দ্র করে বস্তুটি দুলতে আরম্ভ করে ঐ বিন্দুকে মেটাসেন্টার বলে



(a) Stable (b) Stable (c) Unstable





চিত্র : ৫.২ (ক) (খ) মেটাসেন্টার এবং মেটাসেন্ট্রিক হাইট

চিত্রে ,একটি ভাসমান জাহাজ বুঝানো হয়েছে, G তার সেন্টার অভ গ্রাভিটি এবং B সেন্টার অভ বয়ানসি। অদৃশ্য লাইন দিয়ে জাহাজটির স্থানচ্যুতির পর অবস্থান দেখানো হয়েছে। যে কোণে এর স্থানচ্যুতি ঘটেছে তা হলো θ।

মনে করি,

B_1 = স্থানচ্যুতির পর অর্থাৎ জাহাজটি কাত হবার পরে সেন্টার অভ বা প্লবতা।

G = কাত হবার পরে সেন্টার অভ গ্রাভিটি অবস্থান

W = জাহাজটির ওজন।

এখন, B_1 এর মধ্য দিয়ে একটি খাড়া লাইন অঙ্কন করলে ওটা জাহাজটির সেন্টার লাইনকে M বিন্দুতে ছেদ করবে। উক্ত ছেদ বিন্দুকে (M) মেটাসেন্টার বলে।

কোন ভাসমান বস্তুর সেন্টার অভ গ্রাভিটি ও মেটাসেন্টারের মধ্যবর্তী দূরত্বকে মেটাসেন্ট্রিক উচ্চতা (Meta centric height) বলে। চিত্রে GM হলো মেটাসেন্ট্রিক উচ্চতা। এর স্থিরতার পরিমাপ প্রকাশ করে অর্থাৎ কোন ভাসমান বস্তুর মেটাসেন্ট্রিক উচ্চতা। এর স্থিরতার পরিমাপ প্রকাশ করে অর্থাৎ কোন ভাসমান বস্তুর মেটাসেন্ট্রিক উচ্চতা যত বেশি হবে ওর স্থিরতাও তত

৫.৩ ভাসমান বস্তু ও সাম্যবস্থার শর্তাবলি।

ভাসমান কোন বস্তু তরল পদার্থে স্থির অবস্থায় থাকলে বস্তুটিতে ভার বা বলের সমতা আছে বলে ধরা হয়। ভাসমান বস্তুর বলের শর্ত তিনটি। যথা-
(ক) স্থির সাম্যাবস্থা (Stable Equilbrum),
(খ) অস্থির সাম্যাবস্থা (Unstable Equilibrium) ও
(গ) নিরপেক্ষ সাম্যাবস্থা (Neutral Equilibrium).

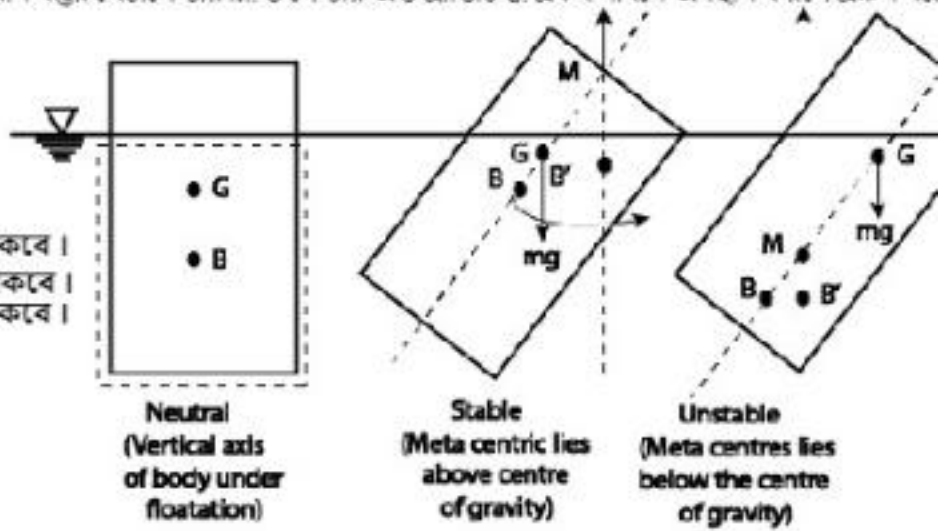
(ক) স্থির সাম্যাবস্থা (Stable Equilibrium) : কোন বস্তুর একটি ক্ষুদ্র কৌণিক স্থানচ্যুতি ঘটালে যদি বস্তুটি তার পূর্ব অবস্থানে ফিরে আসে তাহলে বস্তুটি স্থির সাম্য আছে বলে ধরা হয়। ভাসমান বস্তুর মেটাসেন্টার M, সেন্টার অভ গ্রাভিটি G এর উপরে অবস্থান করলে এরূপ ঘটে থাকে।

(খ) অস্থির সাম্যাবস্থা : (Unstable Equilibrium) : কোন বস্তুর একটি ক্ষুদ্র স্থানচ্যুতি ঘটালে যদি বস্তুটি তার পূর্বাবস্থানে ফিরে না এসে বরং আরো কাত হয়ে বা তাহলে বস্তুটি অস্থির সাম্যাবস্থায় আছে বলে ধরা হবে। ভাসমান বস্তুর মেটাসেন্টার M, সেন্টার অভ গ্রাভিটি G এর নিচে অবস্থান করলে এরূপ ঘটে।

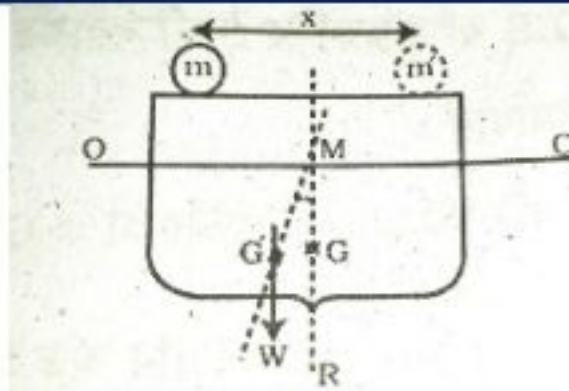
(গ) নিরপেক্ষ সাম্যাবস্থা (Neutral Equilibrium) : কোন বস্তুর একটি ক্ষুদ্র কৌণিক স্থানচ্যুতি ঘটালে যদি বস্তুটি একটি নতুন অবস্থান দখল করে এবং উক্ত অবস্থ থাকে তাহলে বস্তুটি নিরপেক্ষ সাম্যাবস্থায় আছে বলে ধরা হয়। ভাসমান বস্তুর মেটাসেন্টার M. ও সেন্টার অভ গ্রাভিটি G. একই লাইনে অবস্থান করলে এরূপ ঘটে

ভাসমান বস্তুর শর্তসমূহ :

(ক) M এর অবস্থান G এর উপরে হলে বস্তু স্থির সাম্যাবস্থায় থাকবে।
(খ) M এর অবস্থান G এর নিচে হলে বস্তু অস্থির সাম্যাবস্থায় থাকবে।
(গ) M এবং G একই বিন্দুতে হলে বস্তু নিরপেক্ষ সাম্যাবস্থায় থাকবে।



৫.৪ মেটাসেন্ট্রিক উচ্চতার পরীক্ষামূলক নিরূপন।



চিত্র : ৫·৬

মনে করি,
m = ভাসমান ওজন
x ভাসমান ওজনটিকে যে দূরত্বে সরানো হয়
w = জাহাজ বা ভাসমান বস্তুর ওজন।
θ = জাহাজ বা ভাসমান বস্তুর স্থানচ্যুতির কোণ।
মনে করি, জাহাজটির ওজন w সেন্টার অভ গ্রাভিটি G এবং জাহাজটির এক পাশে একটি চলনযোগ্য জানা ওজন m রাখা হয়েছে।

লম্বা রশি দিয়ে ঝুলানো একটি দোলক (পেন্ডুলাম) জাহাজে স্থাপন করা হয়েছে এবং স্থির অবস্থায় ওটা ভরের অবস্থান চিহ্নিত করা হয়েছে। করি, দোলকটির দৈর্ঘ্য L অতঃপর ওজনকে m ধরে জাহাজের x দূরত্বে সরানো হয়েছে এবং m এর নতুন অবস্থানকে m' দিয়ে বুঝানো হয়েছে ফলে জাহাটি এর মেটাসেন্টার M বিন্দুতে একটি ক্ষুদ্রতম কোণ (θ) দুলতে আরম্ভ করবে। যেহেতু তখনো দোলকটি জাহাজের ভিতর খাড়া থাকবে। সুতরাং দোলককে স্পষ্ট প্রতিসরণ হতে কোণ θ এর পরিমাণ বের করা যাবে।
লম্বা রশি দিয়ে ঝুলানো একটি দোলক পেন্ডুলাম
মনে করি, দোলন ওজনের স্পষ্ট অনুভূমিক স্থানচ্যুতি = y

$$\therefore \tan\theta = \frac{y}{L}$$

উপরের চিত্রে M বিন্দুতে W দিয়ে সৃষ্ট মোমেন্ট একই বিন্দুতে ভ্রাম্যমান m দিয়ে সৃষ্ট মোমেন্টের সমান।
অথবা, W x GM $\tan\theta$ = mx

$$\therefore GM = \frac{mx}{W\tan\theta}$$

(প্রমাণিত)

Thank you

for your attention!

অধ্যায়-০৬

প্রবাহীর প্রবাহ নীতি

৬.১ বিভিন্ন প্রকার ফ্লুইড প্রবাহের সংজ্ঞা।

৬.২ নির্গমন ও নির্গমনের ব্যাখ্যা।

৬.৩ প্রবাহের ধারাবাহিক সমীকরণ।

৬.৪ প্রবাহীর হেড ও মোট হেড, প্রেসার হেড, গতিজনিত উচ্চতা।

৬.১ বিভিন্ন প্রকার ফ্লুইড প্রবাহের সংজ্ঞা।

বিভিন্ন প্রকার প্রবাহ (Various types of flow) : প্রবাহ প্রধানত ১৩ প্রকার। যথা—

(১) সুষম প্রবাহ (Uniform flow),

(২) অসম প্রবাহ (Non-uniform flow),

(৩) সুশৃঙ্খল প্রবাহ (Stream line flow),

(৪) বিশৃঙ্খল প্রবাহ (Turbulent flow),

(৫) শান্ত প্রবাহ (Steady flow),

(৬) অশান্ত প্রবাহ (Unsteady flow),

(৭) সংকোচনশীল প্রবাহ (Compressible flow),

(৮) অসংকোচনশীল প্রবাহ (Incompressible flow),

(৯) ঘূর্ণন প্রবাহ (Rotational flow),

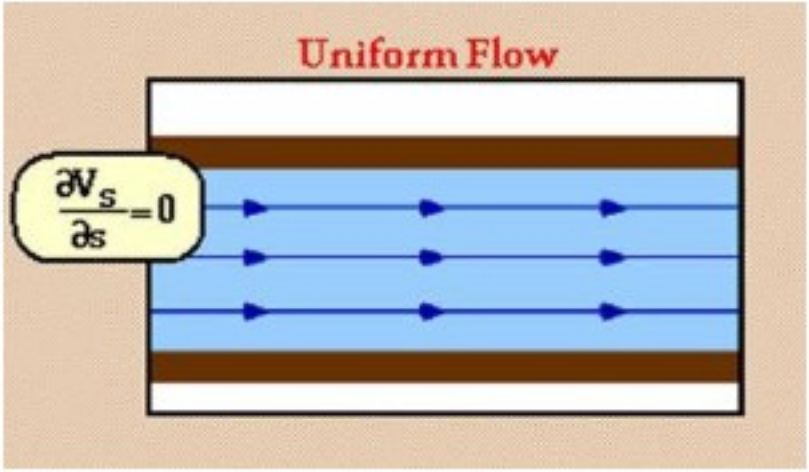
(১০) অঘূর্ণন প্রবাহ (Irrotattional flow),

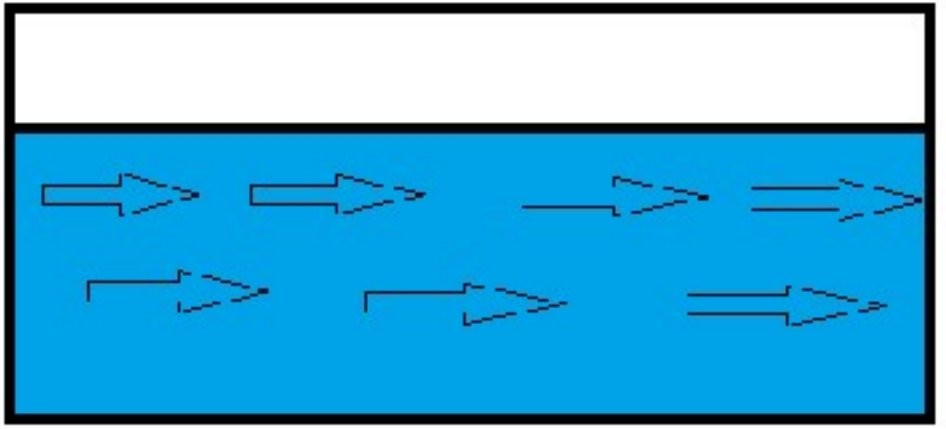
(১১) একমাত্রিক প্রবাহ (One dimensional flow),

(১২) দ্বিমাত্রিক প্রবাহ (Two dimensional flow),

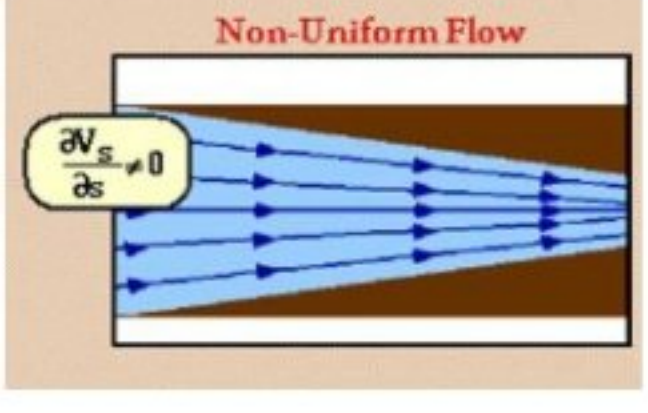
(১৩) ত্রিমাত্রিক প্রবাহ (Three dimemsional flow)

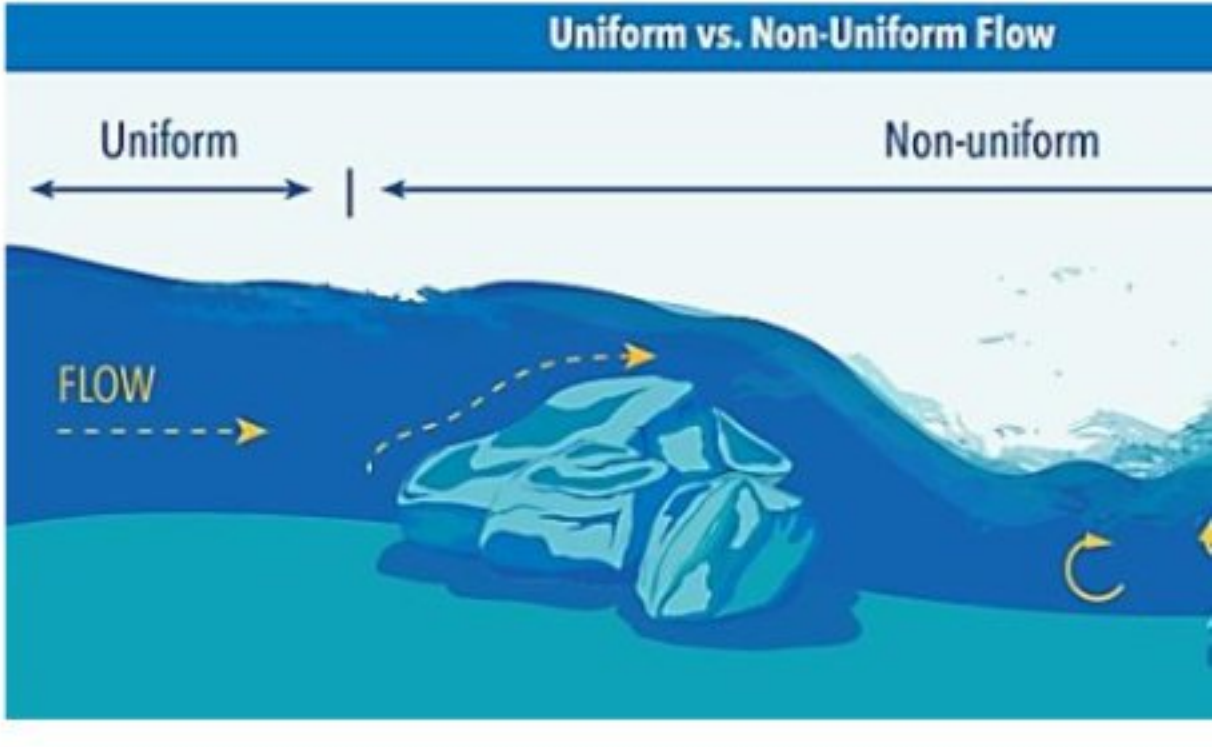
(১) <u>সুষম প্রবাহ (Uniform flow):</u> প্রবাহের সময় তরলের সকল অংশে বেগ ও প্রবাহের সমান থাকলে ঐ প্রবাহকে
সুষম প্রবাহ বলে।



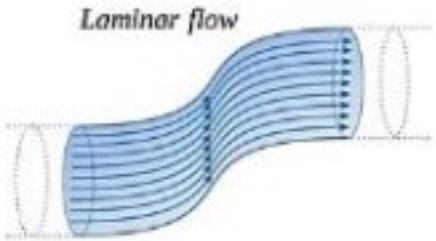


(২) অসম প্রবাহ (Non-uniform flow): সকল অংশে বেগ ও প্রবাহের পরিমাণ তথা নির্গমন অসমান হলে তাকে অ
প্রবাহ বলে।



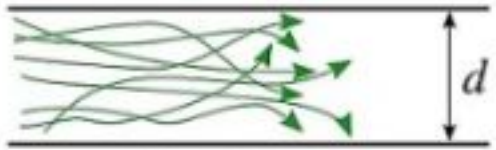


(৩) সুশৃঙ্খল প্রবাহ (Stream line flow): প্রবাহের সময় তরলের অণুগুলো যদি সরলপথে চলে তবে এ প্রকার প্রবাহকে সুশৃঙ্খল প্রবাহ বলে ।

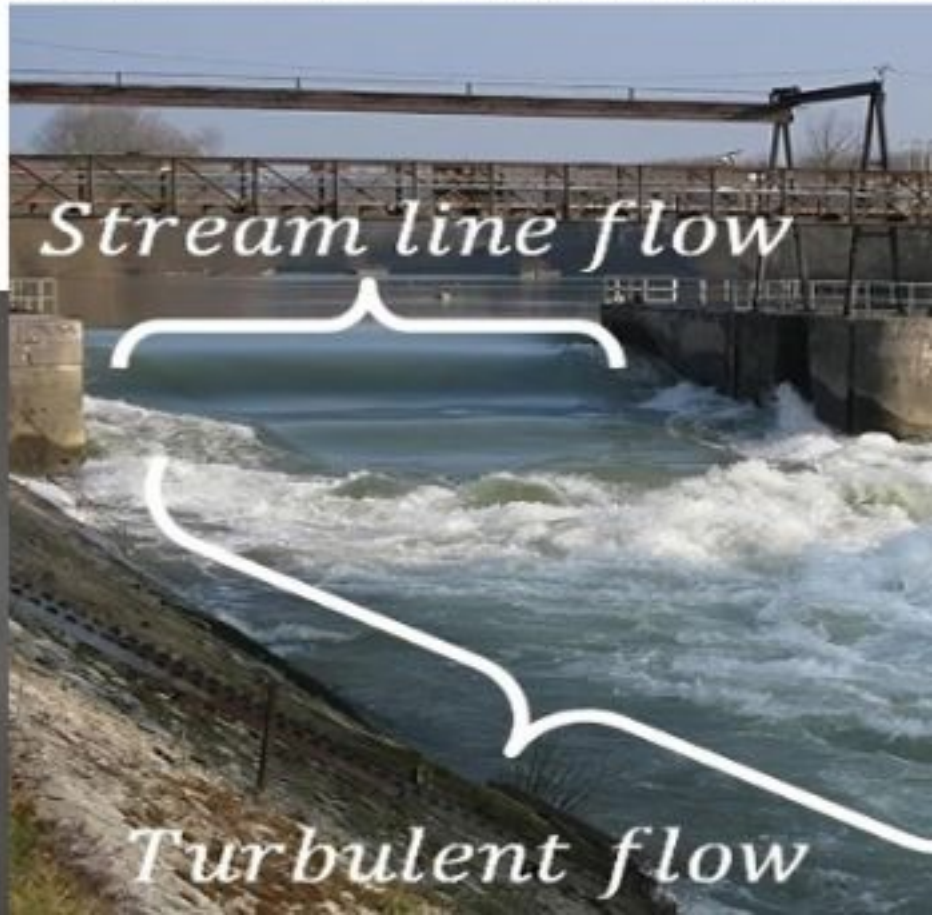


(a) Laminar Flow

(৪) বিশৃঙ্খল প্রবাহ (Turbulent flow): অণুগুলো এলোমেলোভাবে বক্রপথে চললে ঐ প্রবাহকে বিশৃঙ্খল প্রবাহ

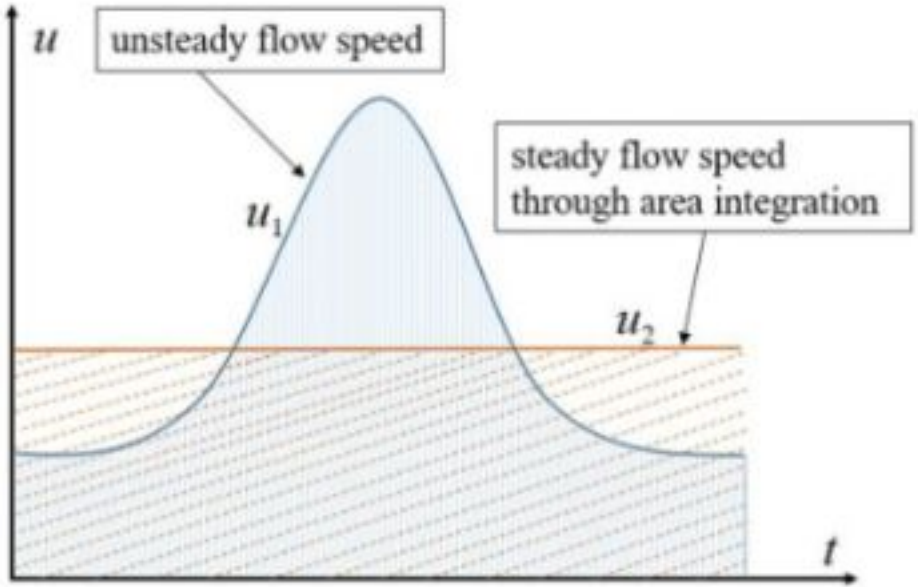


(b) Turbulent Flow

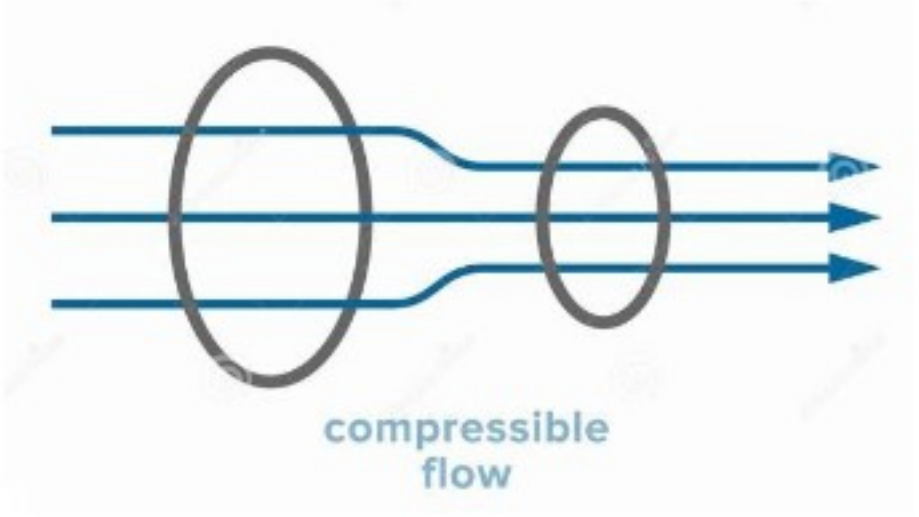


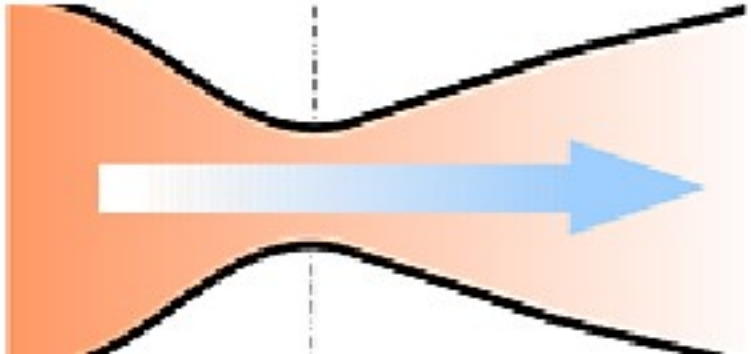
(৫) শান্ত প্রবাহ (Steady flow):কোন প্রবাহে প্রতি সেকেন্ডে নির্গমন (প্রবাহের পরিমাণ) সমান থাকলে তাকে শান্ত প্রবাহ বলে।

(৬) অশান্ত প্রবাহ (Unsteady flow):প্রবাহ সমান না থাকলে তাকে অশান্ত প্রবাহ বলে।

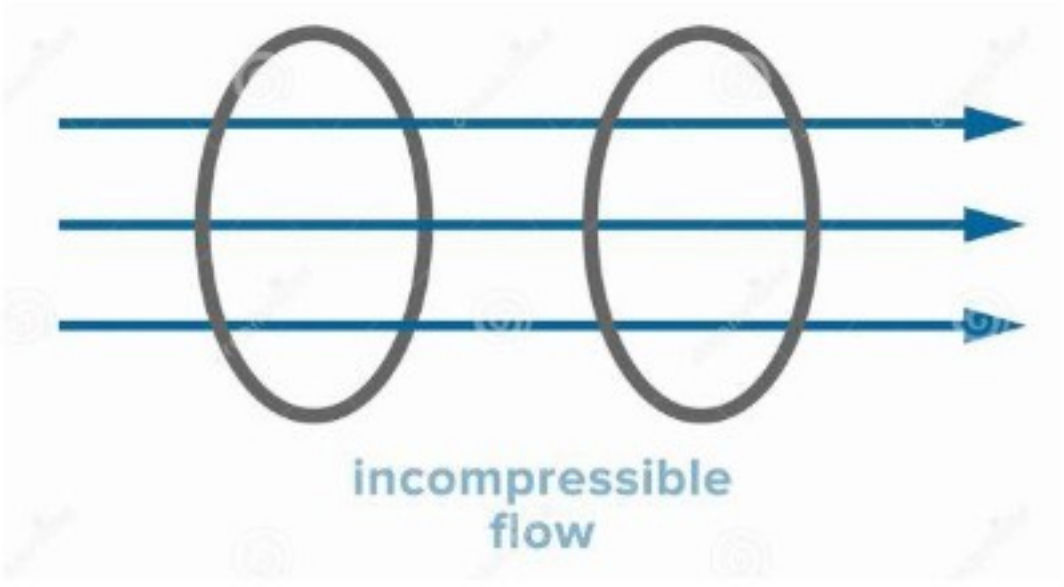


(৭) সংকোচনশীল প্রবাহ (Compressible flow): প্রবাহের সময় প্রবাহীর আয়তন ও ঘনত্ব পরিবর্তিত হলে ঐ প্রব
সংকোচনশীল প্রবাহ বলে।





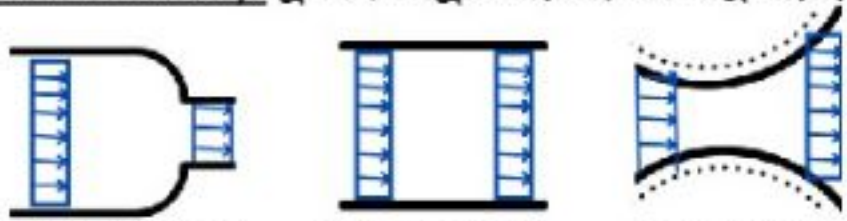
(৮) অসংকোচনশীল প্রবাহ (Incompressible flow): প্রবাহ পরিবর্তিত না হলে তাকে অসংকোচনশীল প্রবাহ বলে
সকল তরলের প্রবাহকে অসংকোচনশীল প্রবাহ হিসেবে গন্য করা হয় ।



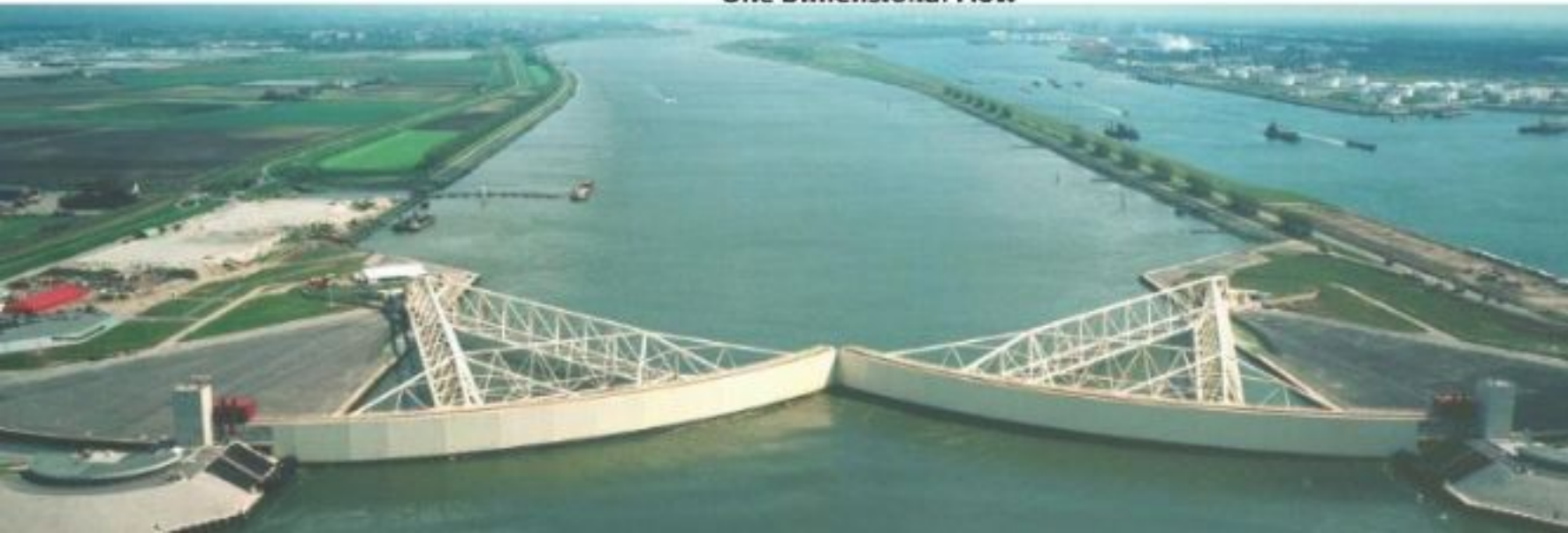
(৯) ঘূর্ণন প্রবাহ (Rotational flow): প্রবাহের সময় প্রবাহীর কণাসমূহ নির্দিষ্ট অক্ষের চতুর্দিকে আবর্তিত হতে থাক
ঐ প্রবাহকে ঘূর্ণন প্রবাহ বলে।

(১০) অঘূর্ণন প্রবাহ (Irrotattional flow): প্রবাহ আবর্তিত না হয়ে প্রবাহিত হলে তাকে অঘূর্ণন প্রবাহ বলে।

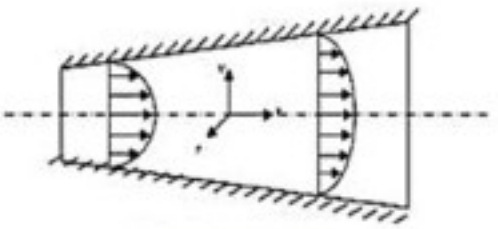
(১১) একমাত্রিক প্রবাহ (One dimensional flow): প্রবাহিত স্রোতধারা একটিমাত্র ধারায় চলতে থাকলে তাকে এক
মাত্রিক প্রবাহ বলে।



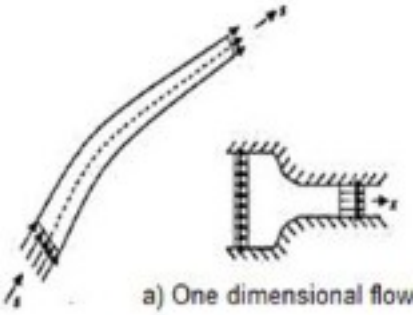
One Dimensional Flow



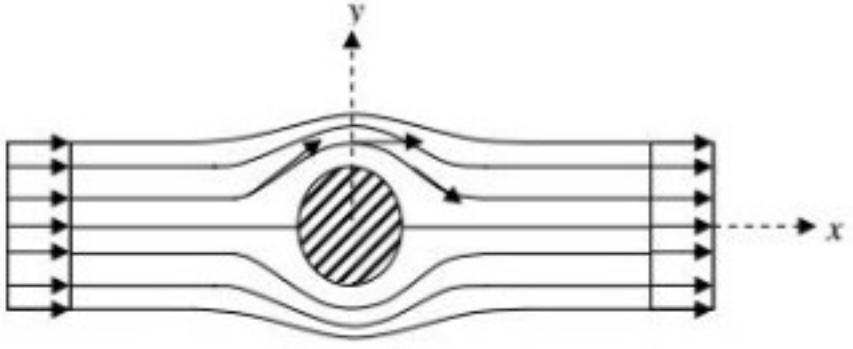
(১২) দ্বিমাত্রিক প্রবাহ (Two dimensional flow): দুটি একমাত্রিক প্রবাহ পরস্পর লম্বভাবে মিলিত হলে তাকে দ্বিমাত্রিক প্রবাহ বলে।

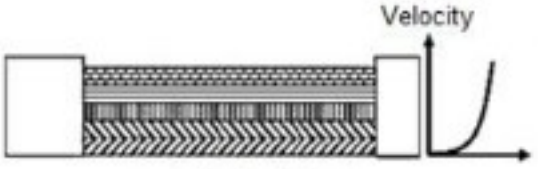


c) Three dimensional flow

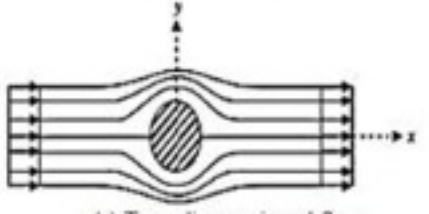


a) One dimensional flow

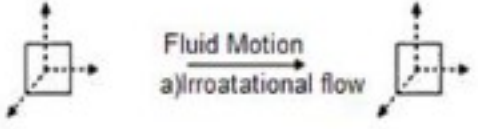


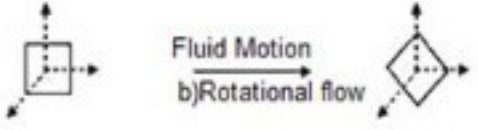


Laminar flow



b) Two dimensional flow





(১৩) ত্রিমাত্রিক প্রবাহ (Three dimemsional flow): যে প্রবাহের স্রোতধারা তিন দিক হতে পরস্পর লম্বভাবে মিলি
হয়ে প্রবাহিত হয় তাকে ত্রিমাত্রিক প্রবাহ বলে ।

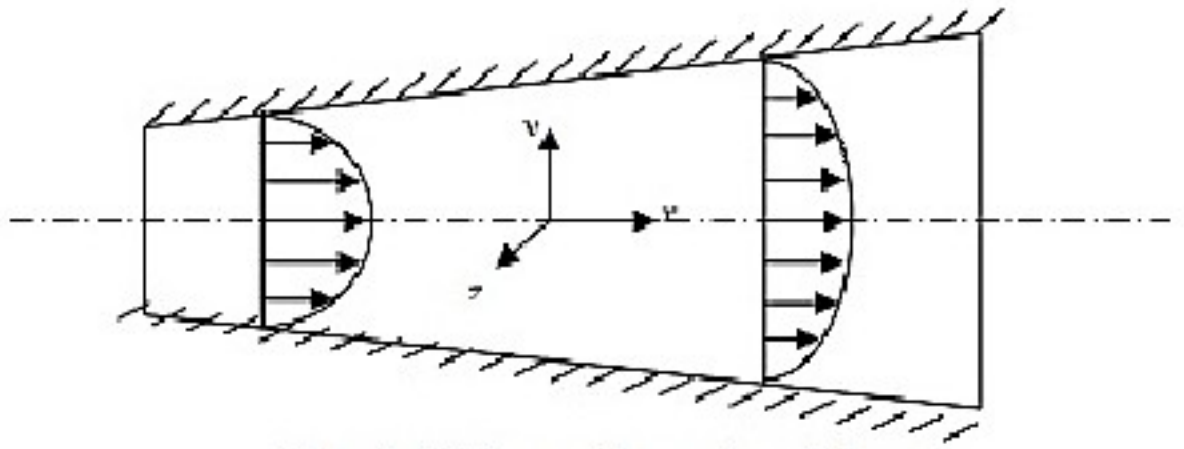


Fig. 4 c) Three dimensional flow

রিনোল্ডের নাম্বার (Reynold's Number) : প্রফেসর রিনোল্ড দেখান যে, সংকেট বেগ ইনার্শিয়া ফোর্স এবং ভিসকাস ফোর্স এ সম্পর্ক দিয়ে নিয়ন্ত্রিত হয়। তিনি এ দুয়ের অনুপাত হতে একটি মাত্রাবিহীন সংখ্যা উদ্ভাবন করেন যা রিনোল্ড নাম্বার নামে পরিচিত।

রিনোল্ড নাম্বার, $R_N = \frac{\text{ইনার্শিয়া ফোর্স}}{\text{ভিসকাস ফোর্স}}$

বা, $R_N = \frac{\rho V^2}{\frac{m^2}{d}}$

$= \frac{\rho v d}{\mu}$

$= \frac{v d}{\mu}$

$= \frac{\text{তরলের গড় বেগ} \times \text{পাইপের ব্যাস}}{\text{তরলের কাইনেটিক ভিসকোসিটি}}$

$\therefore R_N = \frac{Vd}{\mu} = \frac{\frac{\text{দৈর্ঘ্য}}{\text{সময়}} \times \text{দৈর্ঘ্য}}{\frac{\text{দৈর্ঘ্য}}{\text{সময়}}} = \frac{\frac{L^2}{T}}{\frac{L^2}{T}} = 1$

এখানে,

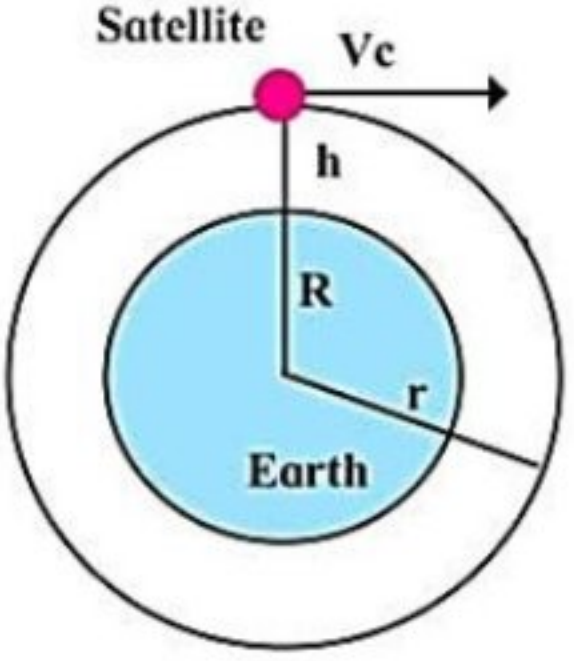
ρ = তরলের ঘনত্ব, kg/m3.

v = তরলের বেগ, m/sec

D = পাইপের ব্যাস, মিটার

μ = তরলের সান্দ্রতা, kg/m-sec

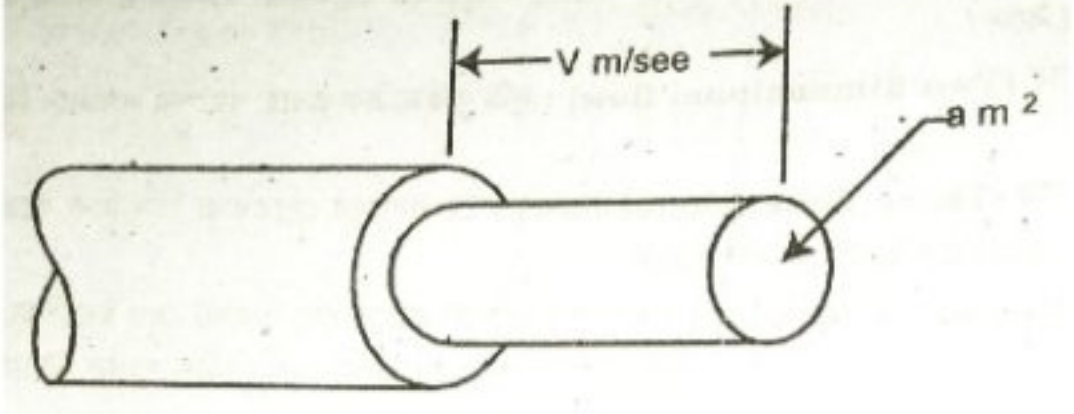
রিনোল্ড নাম্বার 2000-এর কম হলে প্রবাহটি হবে লেমিনার এবং সংখ্যাটি যদি 2000 থেকে 4000 এর মধ্যে হয় তবে প্রবাহটি
লেমিনার বা টারবুলেন্ট কোনোটাই হয় না। কিন্তু সংখ্যাটি 4000-এর ঊর্ধ্বে হলে প্রবাহের প্রকৃতি
টারবুলেন্ট (অবাধ্য) হয়।
2000 রিনোল্ড নাম্বারের ক্রিটিক্যাল ভেলোসিটিকে লোয়ার ক্রিটিক্যাল ভেলোসিটি বলে এবং 2400 রিনোল্ড নাম্বারের ক্রিটিক
ভেলোসিটিকে হায়ার ক্রিটিক্যাল ভেলোসিটি বলে। সর্বনিম্ন যে বেগে লেমিনার প্রবাহ টারবুলেন্ট প্রবাহে পরিণত হয় তাকে স
বেগ বা ক্রিটিক্যাল ভেলোসিটি বলে ।



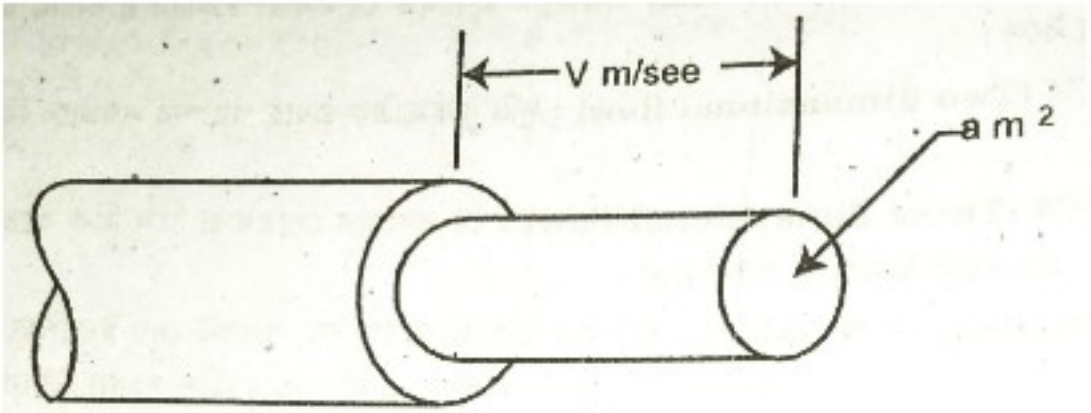
৬.২ নির্গমন ও নির্গমনের ব্যাখ্যা।

নির্গমনের হার (Rate of Discharge) : কোন পাইপ বা চ্যানেলের (Channel) একটি সেকশন দিয়ে প্রতি সেকেন্ডে যে পরিমাণ প্রবাহিত হয়, তাকে প্রবাহের হার বা নির্গমন হার (Rate of Discharge), সংক্ষেপে নির্গমন (Discharge) বলে। একে Q দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

মনে করি,
a =পাইপের প্রস্থচ্ছেদীয় ক্ষেত্রফল
v = তরলের গড় বেগ
Q = নির্গমন
Q = ক্ষেত্রফল × গড় বেগ



চিত্র-৬.৫ : প্রবাহের ডিসচার্জ



চিত্র-৬.৫ : প্রবাহের ডিসচার্জ

মনে করি, a বর্গ মিটার প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল বিশিষ্ট একটি পাইপের মধ্যে দিয়ে প্রতি সেকেন্ডে v মিটার বেগে তরল পূর্ণ অব
প্রবাহিত হচ্ছে। চিত্র হতে দেখা যায় যে, প্রতি সেকেন্ডে v মিটার দীর্ঘ, a বর্গ মিটার প্রস্থচ্ছেদে বিশিষ্ট সিলিন্ডার আকৃতির তরল
নির্গত হচ্ছে।

সুতরাং প্রবাহিত তরলের নির্গমনের পরিমাণ = তাত্ত্বিক সিলিন্ডারের আয়তন

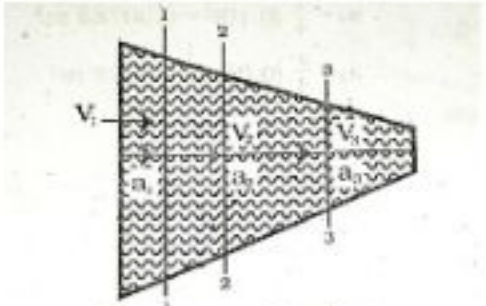
$\therefore Q$ = ক্ষেত্রফল × গড় বেগ

$= av$

$Q = av\ m^3 / scc$

৬.৩ প্রবাহের ধারাবাহিক সমীকরণ।

কোন পাইপ বা চ্যানেলের ভেতর দিয়ে অসংকোচনশীল পাইপের সকল সেকশনে সমান থাকে। একে প্রবাহের ধারাবাহিক সমীকরণ বলে। তরলের প্রবাহের ক্ষেত্রে এটাই প্রথম এবং মৌলিক সমীকরণ।
মনে করি, ৬.৬ নং চিত্রের ক্রমশ পরিবর্তনশীল একটি পাইপ দিয়ে তরল পদার্থ অবিরত প্রবাহিত হচ্ছে।

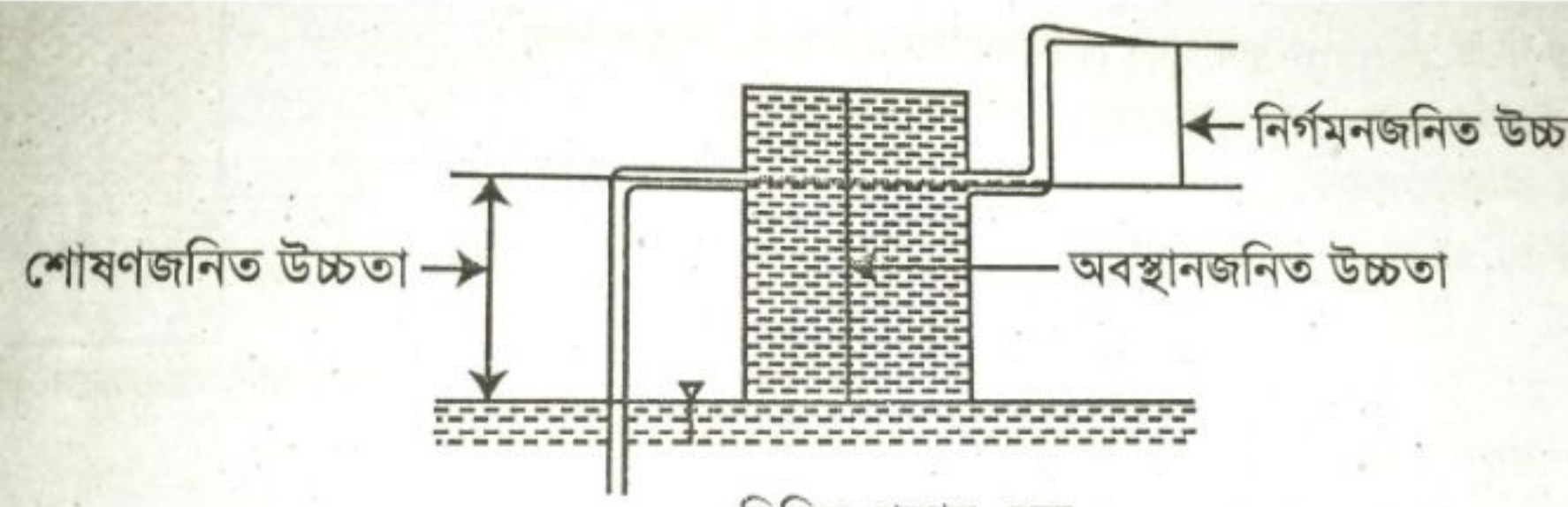


চিত্র : ৬.৬ ধারাবাহিক সমীকরণ

এর তিনটি সেকশন। যথা : a1, a2 ও a3.
a1 = পাইপের 1 - 1 সেকশনের ক্ষেত্রফল
V1 = পাইপের 1 - 1 সেকশনে তরলের বেগ।
একইভাবে, a2, V2 এবং a3 ও v3 যথাক্রমে 2 - 2 এবং 3 - 3 সেকশনের ক্ষেত্রফল এবং বেগ।
তিনটি সেকশনে পৃথকভাবে প্রবাহিত মোট তরলের পরিমাণ যথাক্রমে,
Q1 = a_1 a_1
Q2 = a_2 a_2 এবং
Q 3 = a_3 a_3
কিন্তু বস্তুর নিত্যতা সূত্র (Law of Conservation of Matter) অনুসারে আমরা জানি, 1 - 1, 2 – 2 এবং 3 - 3 এ তিনটি সেকশনে প্রতিটিতে প্রবাহিত তরলের পরিমাণ সমান।
Q1 = Q2 = Q3
$a_1 a_1 = a_2 a_2 = a_3 a_3$ (প্রমাণিত)

৬.৪ প্রবাহীর হেড ও মোট হেড, প্রেসার হেড, গতিজনিত উচ্চতা।

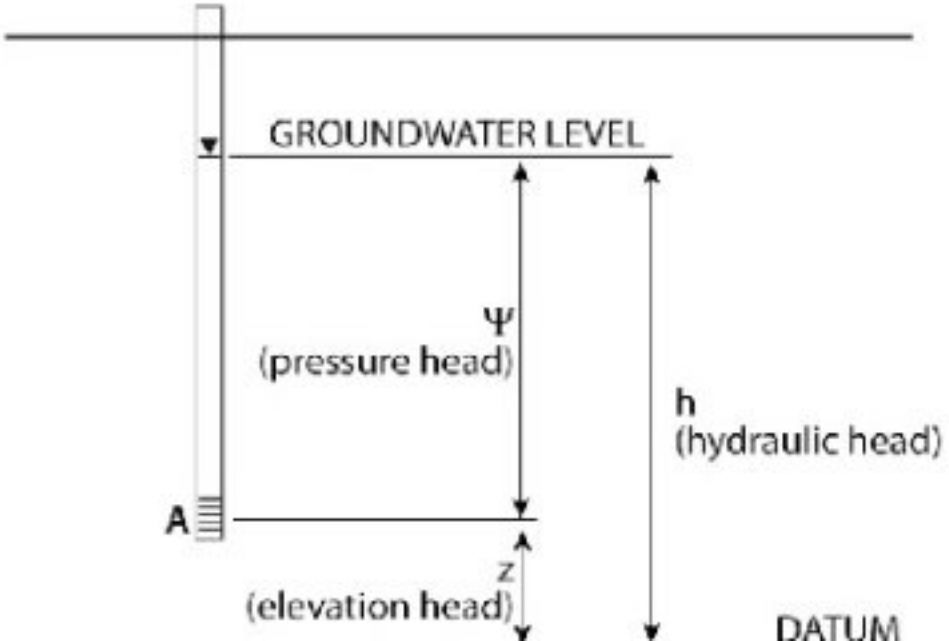
প্রবাহীর হেড (Head of Lquid) : প্রবাহীর স্থিতিশক্তি বা গতিশক্তির সমতুল্য তরল স্তম্ভের উচ্চতাকে হেড (Head) বলে। একে দ্বারা প্রকাশ করা হয়। তরলের হেড অবস্থানজনিত কারণেই স্তম্ভ (Column) আকার ধারণ করে। ফলে এর নিজস্ব ওজন ও চা কাজ করে থাকে।



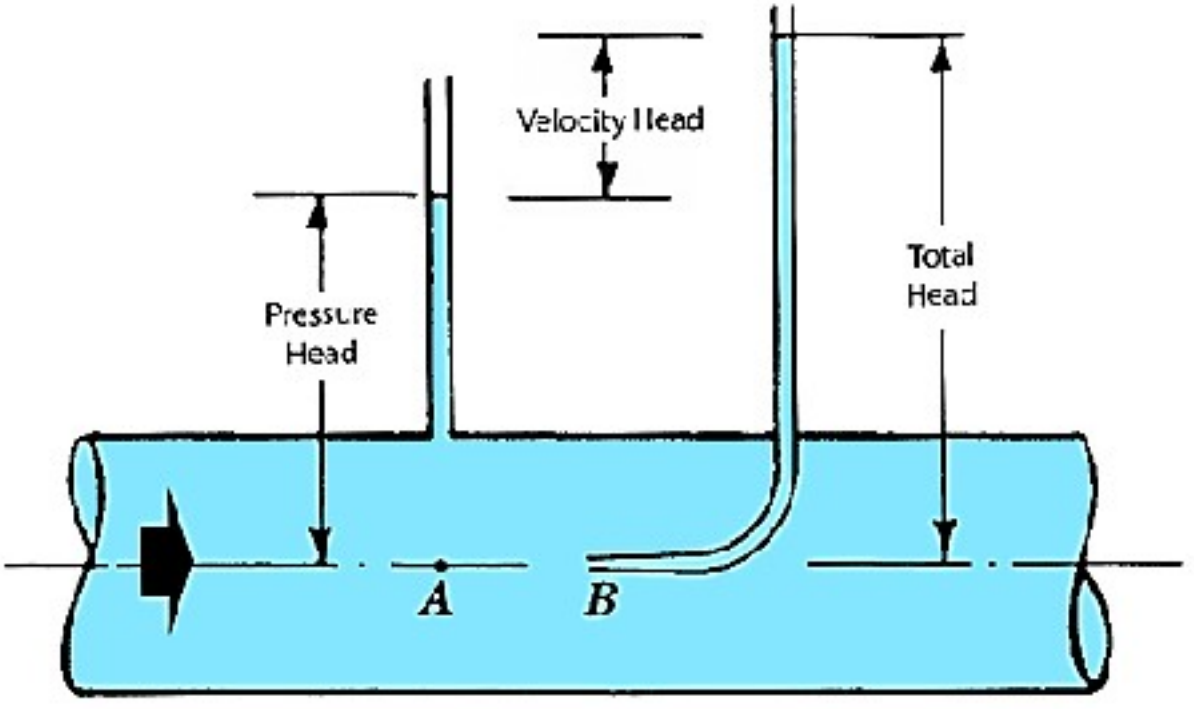
চিত্র-৬.৯ : প্রবাহীর হেড

হেডের প্রকারভেদ (Types of Head) : **নিম্নে বিভিন্ন প্রকার হেডের বর্ণনা প্রদত্ত হলো :**

(ক) ডেটাম লাইন এবং অবস্থানজনিত উচ্চতা বা ডেটাম হেড বা পটেনশিয়াল হেড (Datum Line and Datum Head (Z) / potential Head) : শূন্য লেভেল (Zero Level) হিসেবে বিবেচিত যেকোন কাল্পনিক লাইন যেখান হতে তরলের অবস্থ নির্ণয় বা পরিমাপ করা হয় তাকে প্রবাহীর ডেটাম লাইন বলে। ডেটাম লাইন হতে তরল কণার অবস্থান পর্যন্ত লম্ব দূরত্বকে ে হেড (Datum head) বলে। একে Potential Head-ও বলা হয়।



(খ) গতিজনিত উচ্চতা বা কাইনেটিক হেড (Velocity Head or Kinetic Head) : তরল যখন নির্দিষ্ট বেগে প্রবাহিত হতে থাকে তখন ডেটাম লাইন হতে তরলের উচ্চতাকে গতিজনিত উচ্চতা বা কাইনেটিক হেড বলে। তরলের গতিশক্তিকে কাইনেটিক হেড হিসেবে প্রকাশ করা হয়। তরলের বেগ v হলে কাইনেটিক হেড $H = \frac{v^2}{2g}$

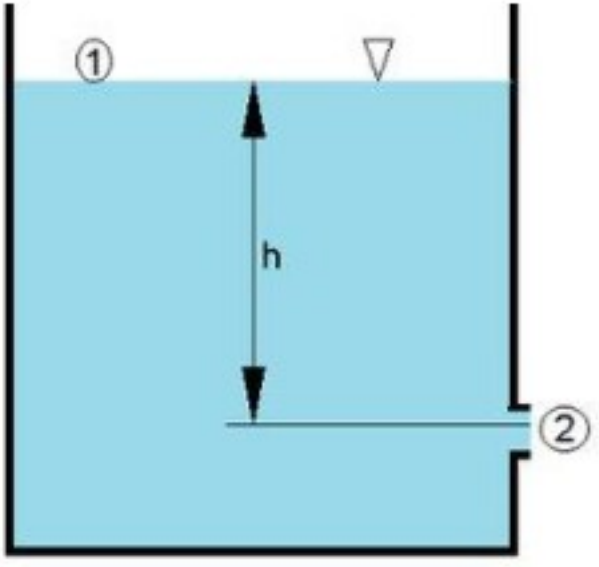


(গ) প্রেসার হেড (Pressure Head) : তরল পদার্থের অভ্যন্তরে যেকোন বিন্দু হতে তরলের উপরিতল পর্যন্ত খাড়া উচ্চতা বা গভীরতাকে প্রেসার হেড (Pressure Head) বলে। একে H দ্বারা প্রকাশ করা হয় এবং একক মিটার অথবা সেন্টিমিটার। Pressure Head. $H = \frac{p}{\omega}$

এখানে,

P = চাপের তীব্রতা

ω = আপেক্ষিক ওজন



(ঘ) মোট হেড (Total Head) : তরল পদার্থের যেকোন কণার ডেটাম হেড, কাইনেটিক হেড এবং প্রেসার হেডের যোগফলকে মোট হেড (Total head) বলে।

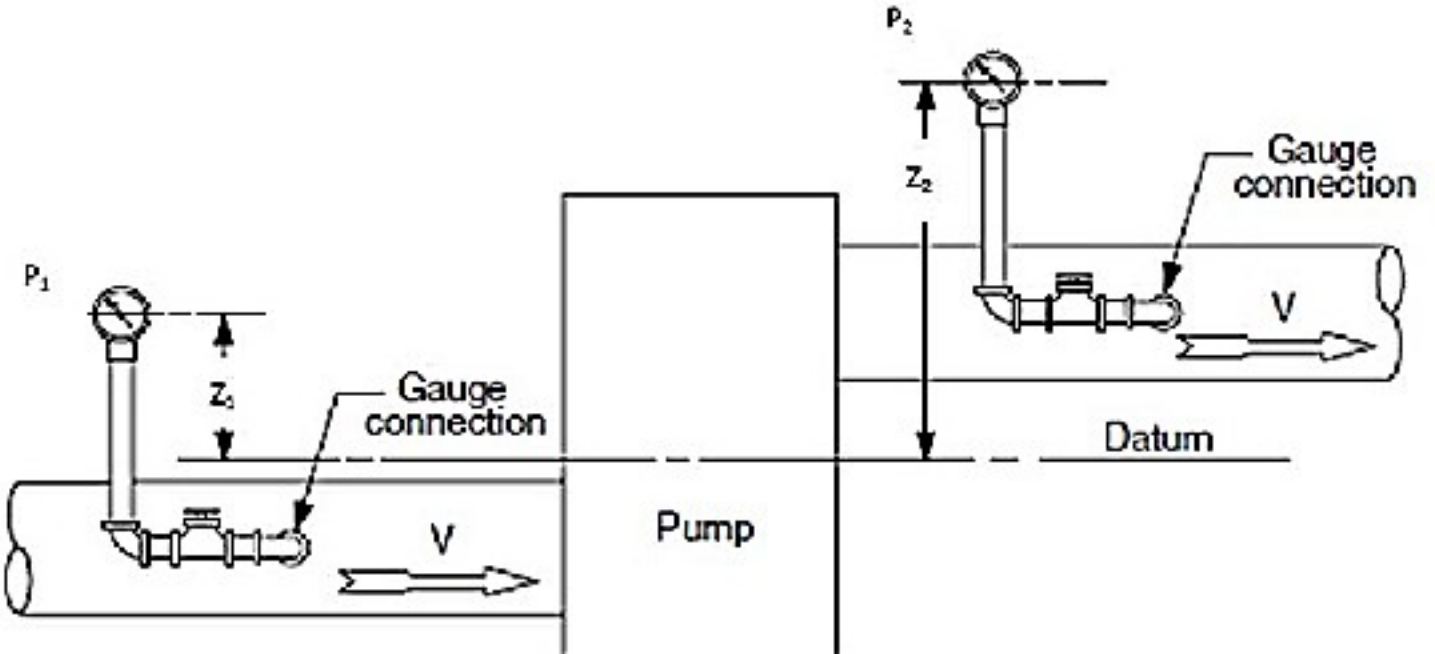
মোট হেড $H = Z + \frac{P}{\omega} + \frac{V^2}{2g}$

এখানে,

Z = ডেটাম হেড বা পটেনশিয়াল হেড

$\frac{P}{\omega}$ প্রেসার হেড

$\frac{V^2}{2g}$ = কাইনেটিক হেড



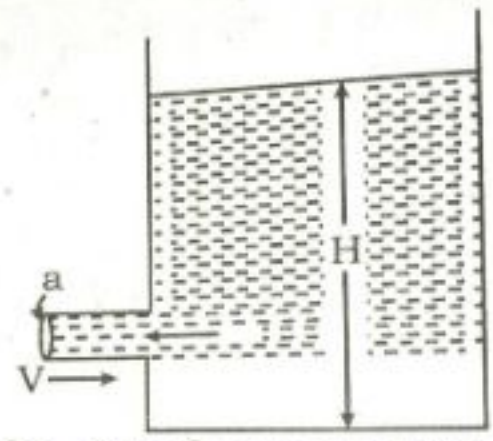
(ঙ) সেন্ট্রিফিউগাল হেড (Centrifugal Head) : পানি প্রবাহপথে ঘূর্ণন গতির সম্মুখীন হলে কেন্দ্রাতিক বলের প্রভাবে প্রভাবে সৃষ্ট হেডকে সেন্ট্রিফিউগাল হেড বলে।

যদি ঘূর্ণনের কারণে r1 ব্যাসার্ধে তরলের বেগ v1 এবং r2 ব্যাসার্ধে বেগ v2 হয় (r2 > r1) তবে সেন্ট্রিফিউগাল হেড

$$\frac{P}{\omega} = \frac{V^2}{2g} = \frac{V_1^2}{2g}$$

কোন বড় পাত্রে চিকন পাইপ দিয়ে kg/cm2 ধ্রুব চাপে পানি প্রবেশ করিয়ে,
তা পানি দ্বারা পূর্ণ করলে চাপ অতিক্রমে কাজ সম্পাদন হয়।
মনে করি, বড় পাত্রে kg/cm2 ধ্রুব চাপে H মিটার উচ্চতায় চিকন পাইপ দিয়ে
পানি প্রবেশ করানো হচ্ছে। যার ক্ষেত্রফল a বর্গমিটার এবং পানির গতিবেগ (Velocity) v মিটার/সেকেন্ড।
উক্ত পাইপ দিয়ে প্রতি সেকেন্ডে বড় পাত্রে পানি প্রবেশ করাতে কাজের পরিমাণ।
∴ কৃত কাজ = বল × প্রতি সেকেন্ডে অতিক্রান্ত দূরত্ব
=Pa x v কেজি-মিটার
= ω Hav
= ω av x H
= w H কেজি-মিটার।
∴ কৃত কাজ = WH কেজি-মিটার।

W = প্রতি সেকেন্ডে প্রবেশ করানো পানির ওজন।
H = প্রেসার হেড।



চিত্র : চাপ অতিক্রমে কাজ সম্পাদন

Thank you

for your attention!

অধ্যায়-০৭

বার্নৌলির সূত্রের ধারণা

৭.১ বার্নৌলির সূত্র বর্ণনা।

৭.২ বার্নৌলির সূত্রের প্রমাণ।

৭.৩ ভেনচুরি মিটার ও পিটট টিউবের বর্ণনা।

৭.৪ ভেনচুনি মিটারের সাহায্যে পাইপের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত বেগ ও নির্গমন নির্ণয়।

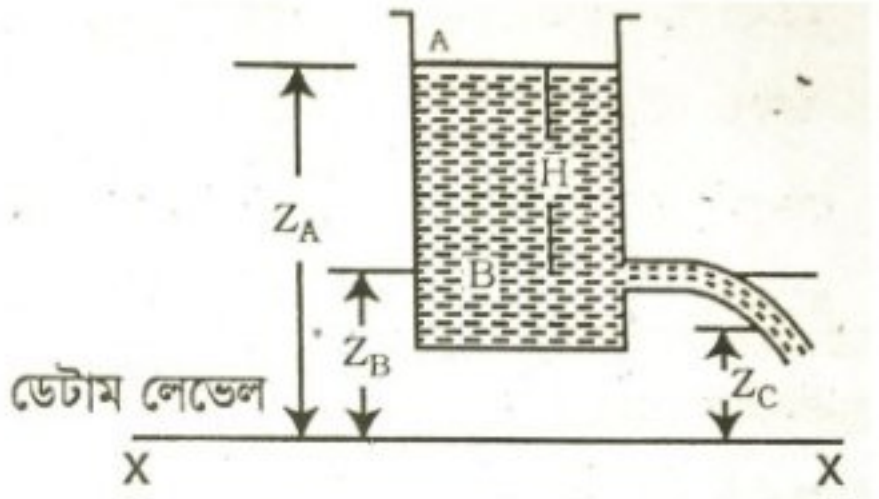
৭.৫ পিটট টিউবের সাহায্যে বেগ ও নির্গমন নির্ণয়।

৭.১ বার্নোলির সূত্র বর্ণনা।

অবিশ্রান্ত (Continuous) ধারায় প্রবাহমান কোন খাঁটি অসংকোচনীয় (incompressible) তরল পদার্থ এক বিন্দু হতে অন্য বিন্দুতে স্থানান্তরিত হ
সময় তার প্রবাহপথের প্রত্যেক বিন্দুতে প্রত্যেক কণার মোট (Total) হেড সমান হবে। এটাই বার্নোলির সূত্র নামে পরিচিত। এটা এই ধারণার
প্রতিষ্ঠিত যে, তরলের প্রবাহপথে ঘর্ষণের জন্য কোন হেডের অপচয় (Headloss) হয় না।

মনে করি ৭.১ নং চিত্রে প্রদর্শিত ট্যাংকের পাশে অবস্থিত অরিফিস দিয়ে H মিটার স্টেটিক হেডে প্রতি সেকেন্ডে V মিটার গতিবেগে পানি প্র
হচ্ছে। X - X, ডেটাম লাইন। চিত্রে প্রদর্শিত বিন্দুদ্বয়, A, B ও C তে বর্নোলির সূত্র প্রয়োগ করে,

A তে টোটাল হেড = B তে টোটাল = C তে টোটাল হেড

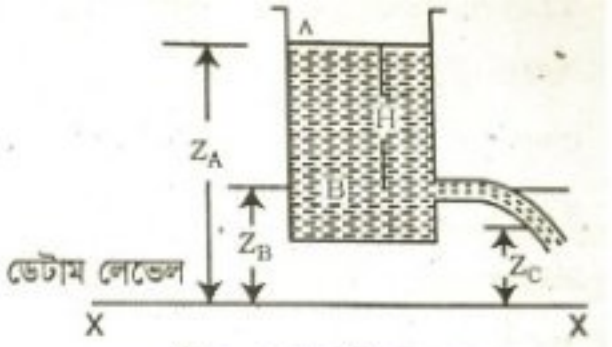


চিত্র : ৭.১ ডেটাম হেড

$$Z_A + \frac{P_A}{\omega} + \frac{v_A^2}{2g} = Z_B + \frac{P_B}{\omega} + \frac{v_B^2}{2g} = Z_C + \frac{P_C}{\omega} + \frac{v_C^2}{2g}$$

$$H + 0 + 0 = 0 + \frac{P_B}{\omega} + 0 = 0 + 0 + \frac{v_C^2}{2g}$$

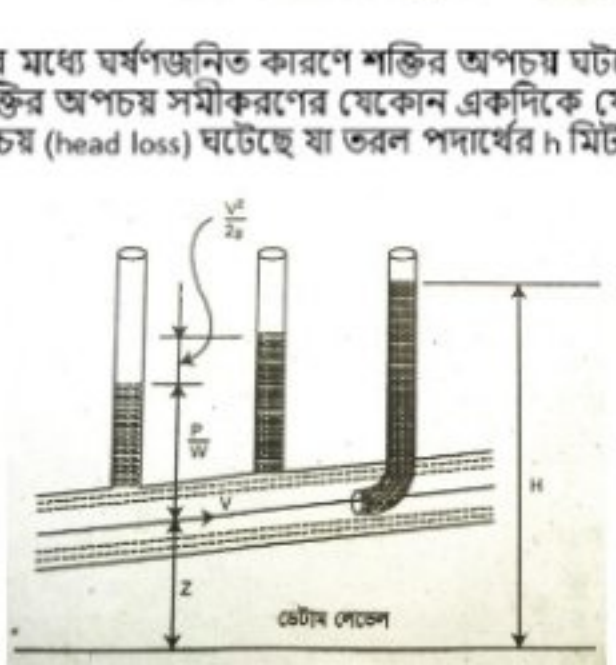
বা, $H = \frac{P_B}{W} = \frac{v_C^2}{2g}$

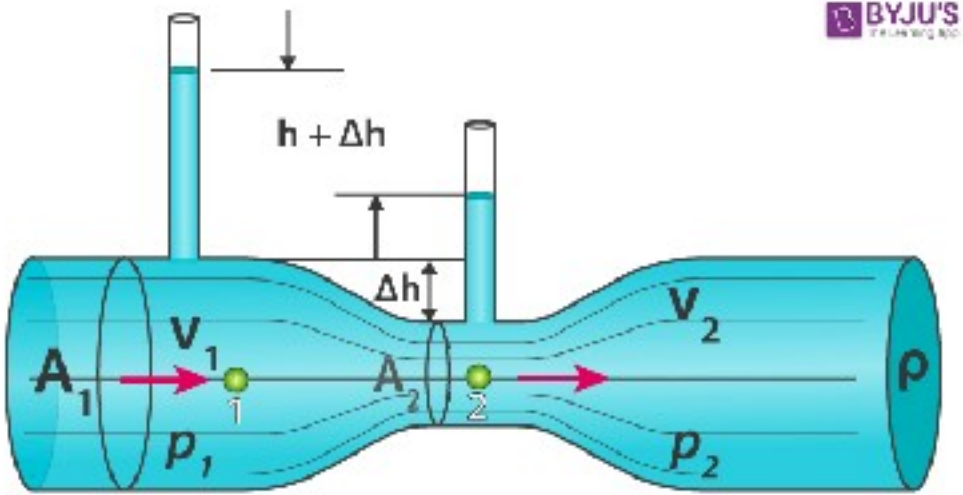


চিত্র : ৭.১ ডেটাম হেড

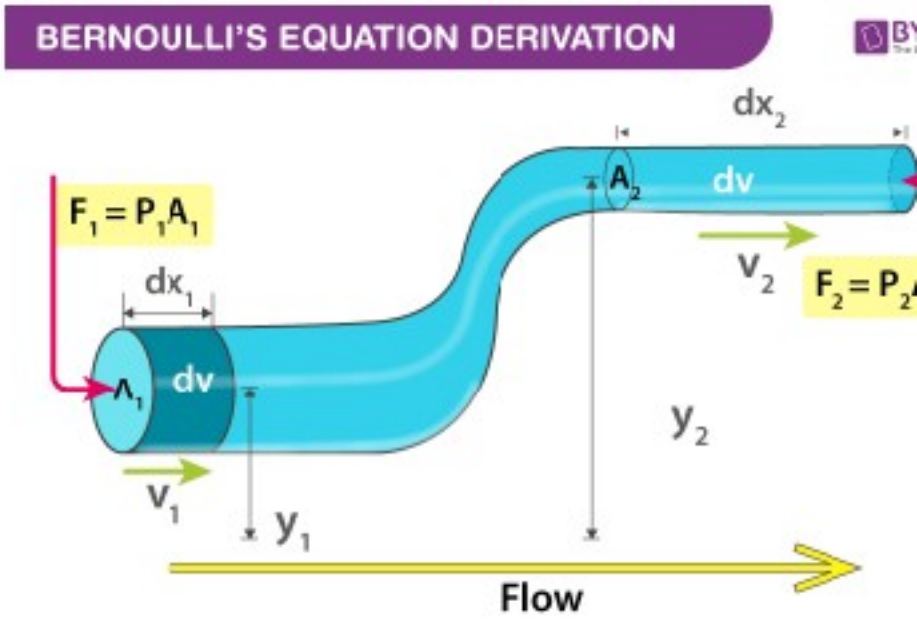
এখানে একটি বিষয় উল্লেখযোগ্য যে, বাস্তবে বিন্দু তিনটির মধ্যে ঘর্ষণজনিত কারণে শক্তির অপচয় ঘটতে পারে। উপরোক্ত সূত্রে এই ঘর্ষণজ
শক্তির অপচয় হিসাবে ধরা হয় নি। এ ধরণের যেকোন শক্তির অপচয় সমীকরণের যেকোন একদিকে যোগ অথবা বিয়োগ করতে হবে।
উদাহরণস্বরূপ, মনে করি B ও C বিন্দুর মধ্যে হেডের অপচয় (head loss) ঘটেছে যা তরল পদার্থের h মিটারের সমান হেড। এমতাবস্থায় B তে
হেড = C তে মোট হেড + শক্তির অপচয়।

অর্থাৎ $Z_B + \frac{P_B}{\omega} + \frac{v_B^2}{2g} = Z_C + \frac{P_C}{\omega} + \frac{v_C^2}{2g} + h$





h + Δh
Δh
A1
v1
p1
1
A2
2
v2
p2
ρ



BERNOULLI'S EQUATION DERIVATION
dx2
A2
dv
F1 = P1A1
v2
F2 = P2
dx1
A1
dv
y2
v1
y1
Flow

৭.২ বার্নোলির সূত্রের প্রমাণ।

মনে করি, চিত্রে প্রদর্শিত ট্যাপাড পাইপটির মধ্য দিয়ে তরল পদার্থ পাইপপূর্ণ অবস্থায় চাপের মধ্যে প্রবাহিত হচ্ছে। A-A G B-B সেকশন দুটির মাঝের তরলের আয়তন বিবেচনা করি।

মনে করি,

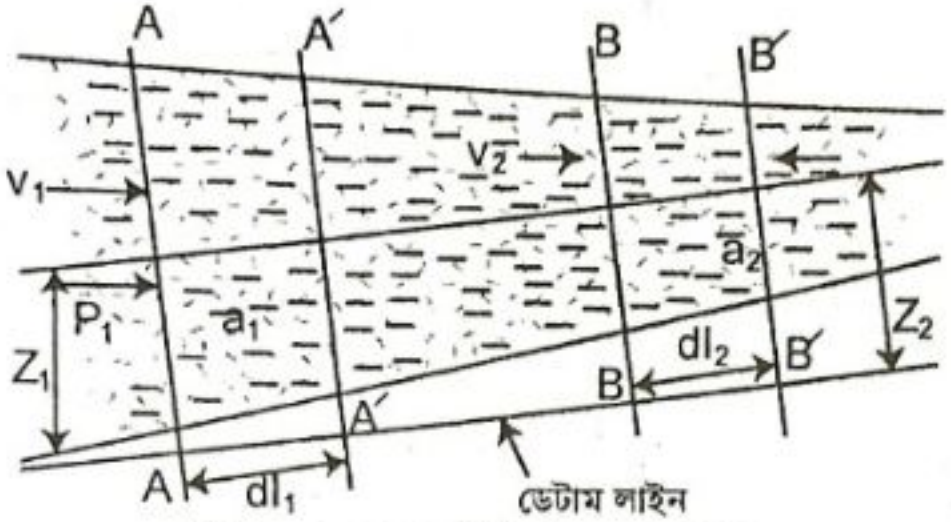
Z_1 = ডেটাম লাইন হতে AA' সেকশনের কেন্দ্রের উচ্চতা (অবস্থানজনিত)।

P_1 = A A সেকশনের চাপ,

V_1 = A A সেকশনের বেগ,

a_1 = সেকশনের ক্ষেত্রফল,

একইভাবে Z_2 , P_2 , V_2 এবং a_2 যথাক্রমে BB' সেকশনের অবস্থানজনিত উচ্চতা, চাপ, বেগ এবং ক্ষেত্রফল।



চিত্র : ৭.৩ বার্নোলির সূত্রের প্রমাণ

মনে করি চিত্রানুযায়ী AA এবং BB সেকশনের তরল যথাক্রমে dl এবং db দূরত্ব অতিক্রম করে A'A' এবং B'B' সেকশনে স্থানান্তরীত হয়েছে। W = AA এবং A'A' সেকশনদ্বয়ের মধ্যকার তরলের ওজন, কেজি, যেহেতু পাইপের মধ্যে দিয়ে তরল অবিচলিত (Steady) ধারায় প্রবাহিত হচ্ছে সুতরাং প্রবাহের ধারাবাহিকতার সূত্র হতে পাই,

$$W = \omega a_1\, dl_1 = \omega a_2\, dl_2$$

বা, $\frac{W}{\omega} = a_1\, dl_1 = a_2\, dl_2$

AA সেকশন হতে A'A সেকশন পর্যন্ত তরল প্রবাহিত হতে চাপ দিয়ে কাজের পরিমাণ = বল × সরণ

$$= P_1 a_1 \times dl_1 [\because \text{বল} = \text{চাপ} \times \text{ক্ষেত্রফল}]$$

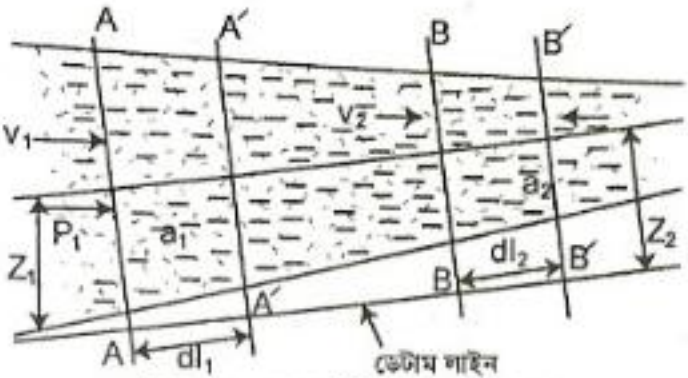
[একইভাবে BB অবস্থান হতে B'B' অবস্থানে তরল প্রবাহিত হতে চাপ দিয়ে কাজের পরিমাণ $= -P_2 a_2 dl_2$ নেগেটিভ চিহ্ন ব্যবহৃত হওয়ার কারণ যে, P_2 এর দিক P_1 এর বিপরীত। অবশ্য $P_2 a_2$ প্রতি ক্রিয়া বল হিসেবে কাজ করে তাই নেগেটিভ বল হিসেবে দেখানো হয়েছে।]

চাপ দিয়ে মোট কৃতকাজ

$$= P_1 a_1\, dl_1 + (-P_2 a_2\, dl_2)$$
$$= P_1 a_1\, dl_1 - P_2 a_2\, dl_2$$
$$= P_1 a_1\, dl_1 - P_2 a_1\, dl_1 \quad [\because a_1\, dl_1 = a_2\, dl_2]$$
$$= a_1\, dl_1 (P_1 - P_2)$$
$$= \frac{W(P_1 - P_2)}{\omega}$$

হারানো স্থিতিশক্তি $= mgh_1 - mgh_2 \left[\because W = mg, m = \frac{W}{g}\right]$

$$= \frac{W}{g} \cdot gZ_1 - \frac{W}{g} \cdot gZ_2$$
$$= WZ_1 - WZ_2$$
$$= W(Z_1 - Z_2)$$



চিত্র : ৭.৩ বার্নোলির সূত্রের প্রমাণ

গতিশক্তির লাভ $= \frac{1}{2}mv_2{}^2 - \frac{1}{2}mv_1{}^2$

$= \frac{Wv_2{}^2}{2g} - \frac{Wv_1{}^2}{2g} = \frac{W}{2g}(v_2{}^2 - v_1{}^2)$

হারানো স্থিতি শক্তি + চাপ দিয়ে কৃতকাজ = গতিশক্তির লাভ

$$\therefore W(Z_1 - Z_2) + \frac{W(P_1 - P_2)}{\omega} = \frac{W}{2g}(v_2^2 - v_1^2)$$

$$\therefore Z_1 - Z_2 + \frac{P_1}{\omega} - \frac{P_2}{\omega} = \frac{V_2^2}{2g} - \frac{V_1^2}{2g}$$

$$\therefore Z_1 + \frac{P_1}{\omega} + \frac{V_1{}^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\omega} + \frac{V_2^2}{2g}$$ (প্রমাণিত)।

বার্নোলির সূত্রের সীমাবদ্ধতা:

বার্নোলির তত্ত্ব বা সমীকরণ কতগুলো ধারণার উপর প্রতিষ্ঠিত, যা বাস্তবে খুব কমই সম্ভব। সুতরাং বার্নোলীর তত্ত্বের সীমাবদ্ধতাগুলো নিচে প্রদত্ত হলো।

(১) প্রত্যেক সেকশনে তরলের বেগ সুষম (Uniform) ধরা হয়েছে বাস্তবে এটি সুষম নয়।

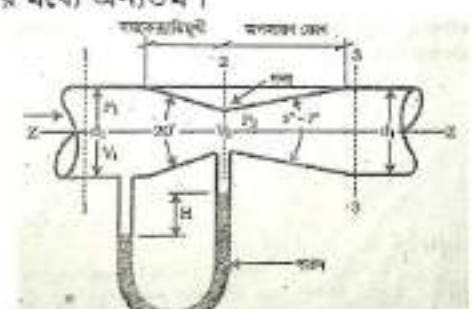
(২) এ সূত্রে সকল প্রকার অপচয় অগ্রাহ্য করা হয়েছে কিন্তু বাস্তবে অপচয় আছে।

(৩) গ্রাভিটেশনাল ফোর্স ব্যতীত বাকি অন্যান্য বাইরের ফোর্স অগ্রাহ্য করা হয়েছে। কিন্তু বাস্তবে পানি প্রবাহের জন্য পাম্পের

৭.৩ ভেনচুরি মিটার ও পিটট টিউবের বর্ণনা।

(১) ভেনচুরি মিটারের বর্ণনা : (Description of the Construction of Verturi Meter)

কোন পাইপের ভিতর দিয়ে প্রবাহিত তরল নির্গমনের পরিমাণ নির্ণয়ের জন্য যে যন্ত্র ব্যবহৃত হয় তাকে ভেনচুরি মিটার বলে। সকল যন্ত্রের সাহায্যে বার্নোলির সূত্র প্রয়োগ হয়ে থাকে, ভেনচুরি মিটার তার মধ্যে অন্যতম।



চিত্র : ৭.৪ ভেনচুরি মিটারের গঠন

ভেনচুরি মিটার তিনটি প্রধান অংশ নিয়ে গঠিত। যথা : (i) কেন্দ্রমুখী কোণ, (ii) থ্রোট ও (iii) কেন্দ্রাভিমুখী কোণ। ভেনচুরি মিট দু'প্রান্তের ব্যাস প্রবাহী পাইপের ব্যাসের সমান এবং মিটারটি উভয় দিক হতে সরু হয়ে মাঝখানের দিক থ্রটের সৃষ্টি করেছে। পাইপ সংলগ্ন ভেনচুরি মিটারের প্রথম ভাগকে কেন্দ্রমুখী কোণ বলা হয়। প্রস্থচ্ছেদ ক্ষেত্রফল ক্রমশ কমতে কমতে থ্রটে সর্ব পর্যায়ে পৌছবে (20° কোণ) মিটারটির ক্ষেত্রফল হ্রাস পাওয়ার ফলে প্রবাহের বেগ বৃদ্ধি পায় এবং চাপ হ্রাস পায়। কিন্তু উভয় ক্ষেত্রে শক্তি সমান বিধায় মিটারে প্রশস্ত পাইপ সংলগ্ন প্রান্তও থ্রটে বার্নোলির সূত্রের প্রয়োগের মাধ্যমে তরল পদার্থের পরিমা নির্ণয় করা হয়। ভেনচুরি মিটারে শেষ অংশ থ্রটের পর কেন্দ্রমুখী কোণ ক্রমশ বিস্তৃত হয়ে নির্গমন পাইপের সাথে মিলেছে। কেন্দ্রাভিমুখী কোণ-এর দৈর্ঘ্য কেন্দ্রমুখী কোণ অপেক্ষা 3 গুণ বা 4 গুণ বেশি হয়ে থাকে। ভেনচুরি মিটারের প্রশস্ত প্রান্ত ও থ্র পিজোমিটার অথবা একটি ইউ টিউব ম্যানোমিটার দিয়ে সংযুক্ত করে চাপের পার্থক্য নির্ণয় করা হয়। থ্রটে বেগ বৃদ্ধি পায় ও হ্রাস পায়। প্রশস্ত পাইপ প্রান্তে ও থ্রটের মোট শক্তির পরিমাণ বার্নোলির সূত্র প্রয়োগে তরল প্রবাহের পরিমাণ হিসাবে করা যা

ভেনচুরি মিটারের সাহায্যে নির্গমন ও গতিবেগ নির্ণয় : মনে করি,

H = পিজোমিটার টিউবের চাপজনিত উচ্চতার পার্থক্য (m)

a_1 = প্রশস্ত প্রান্তের ক্ষেত্রফল (m2)

a_2 = থ্রটের ক্ষেত্রফল (2)

Q = নির্গমনের পরিমাণ (m3 / sec)

V_1 = প্রশস্ত প্রান্তে তরল পদার্থের বেগ (m/sec)

V_2 = থ্রটের তরল পদার্থের বেগ (m/sec)

আমরা জানি, $Q = a_1 v_1 = a_2 v_2$

$$\therefore v_1 = \frac{v_2 a_2}{a_1}$$

$$\frac{P_1}{W} + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{P_2}{W} + \frac{V_2^2}{2g}$$

বা, $\frac{P_1}{W} - \frac{P_2}{W} = \frac{V_2^2}{2g} - \frac{V_1^2}{2g}$ .....(i)

বা, $\frac{P_1}{W} - \frac{P_2}{W} = \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g}$ .....(ii)

v_1 এর মান সমীকরণ (i) বসাই,

$$\frac{P_1}{W} - \frac{P_2}{W} = \frac{v_2^2}{2g} - \frac{\left(\frac{v_2 a_2}{a_1}\right)^2}{2g}$$

$$= \frac{v_2^2}{2g}\left(1 - \frac{a_2^2}{a_1^2}\right) \quad v_1 = \frac{v_2 a_2}{a_1}$$

$$= \frac{v_2^2}{2g}\left(\frac{a_1^2 - a_2^2}{a_1^2}\right)$$

$$H = \frac{v_2^2}{2g}\left(\frac{a_1^2 - a_2^2}{a_1^2}\right)$$

$${v_2}^2 = 2gH\left(\frac{a_1^2}{a_1^2 - a_2^2}\right)$$

$$v_2 = \frac{a_1}{\sqrt{a_1^2 - a_2^2}}\sqrt{2gH}$$

$$Q = a_2 v_2$$

$$= a_2 \frac{a_1}{\sqrt{a_1^2 - a_2}}\sqrt{2g} \cdot \sqrt{H}$$

$$= \frac{a_1 a_2}{\sqrt{{a_1}^2 - a_2^2}}\sqrt{2g} \cdot \sqrt{H}$$

কিন্তু $\frac{a_1 a_2}{\sqrt{a_1^2 - a^2}}\sqrt{2\,g}$ সমীকরণের অংশটি ভেনচুরি মিটারের জন্য ধ্রুবক। একে C দিয়ে প্রকাশ করা হয়।

$$\therefore Q = C\sqrt{H} \text{ (প্রমাণিত)}$$

ভেনচুরি মিটারের সুবিধা এবং অসুবিধাগুলো ঃ

সুবিধা :

(i)লসের মান কম থাকার কারণে নির্গমন সহগের মান বেশি থাকে। অনুকুল পরিবেশে এ মান প্রায় একক (Unity) হয়ে থাকে

(ii) বড় আকারের পাইপের নির্গমন পরিমাপের জন্য ব্যবহৃত হয়।

(iii) অধিক নির্গমনের ক্ষেত্রে ব্যবহৃত হয়।

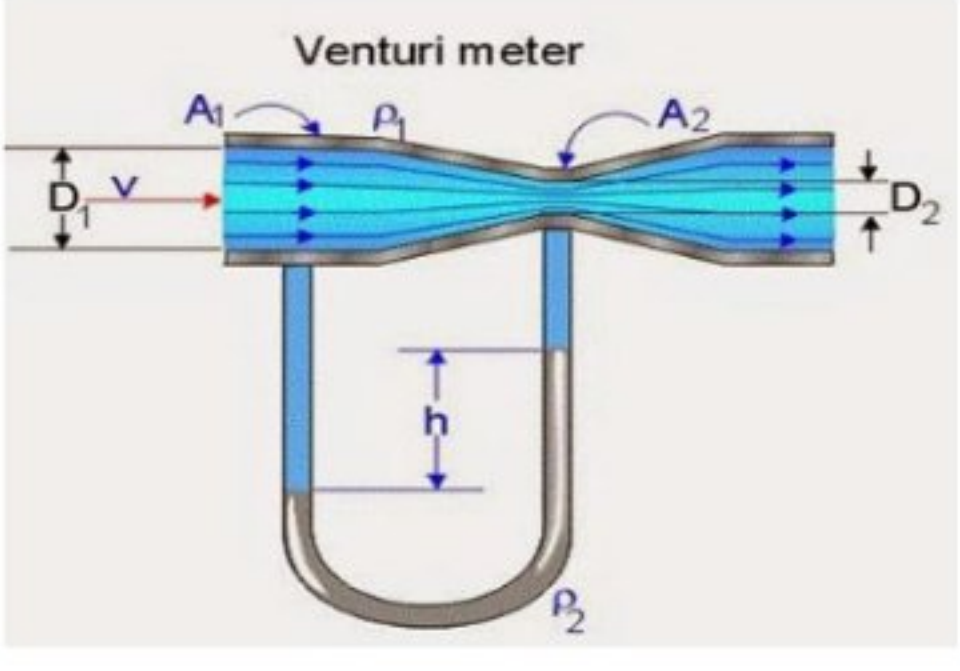
অসুবিধা :

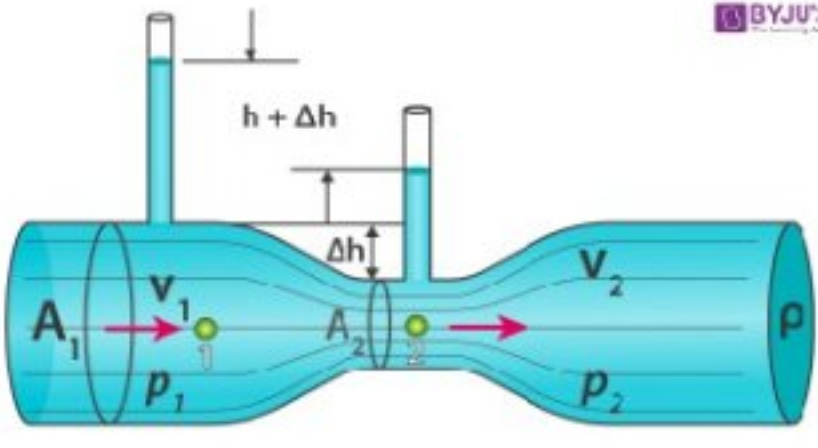
(i) অপসারী কোণ (angle of divergent) এর মান কম হওয়ার কারণে ভেনচুরি মিটার বেশি লম্বা হয় এবং যেখানে স্থান সীমিত সেখানে স্থাপন করা যায় না।

(ii) এর দাম বেশি এবং পরিবর্তন খরচ ও বেশি।

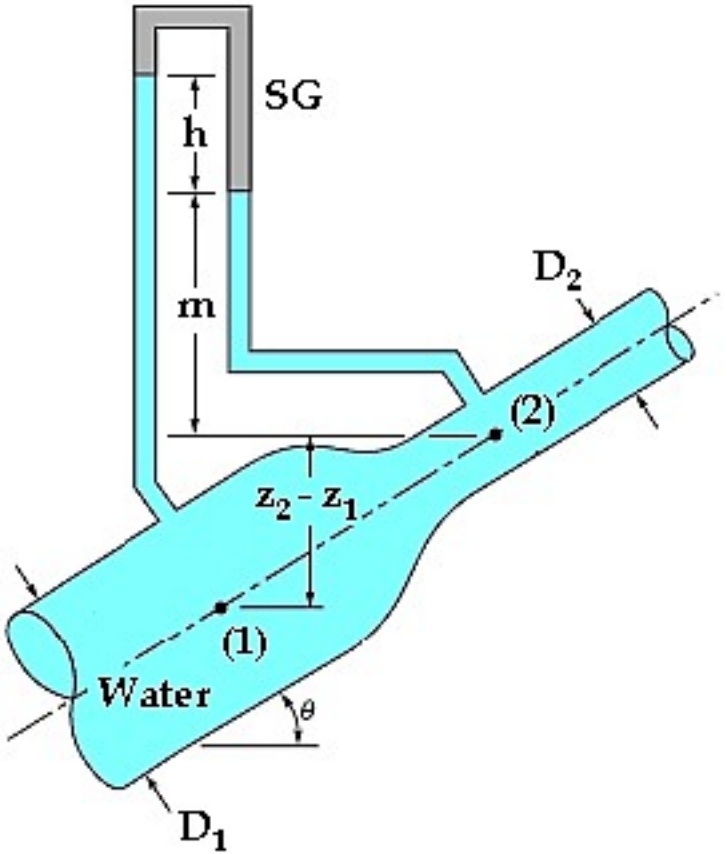
ভেনচুরি ভ্যাকুয়াম : যদি ভেনচুরি মিটারের মধ্যে দিয়ে তরল পদার্থ বায়ুমণ্ডলে নির্গমন হয় তাহলে থ্রটে চাপ অবশ্যই বায়ুমণ্ডলীর চাপের চেয়ে কম হবে। তাই থ্রটে শূন্য চাপের সৃষ্টি হয়। এ শূন্য চাপকে ভেনচুরি ভ্যাকুয়াম বলে।

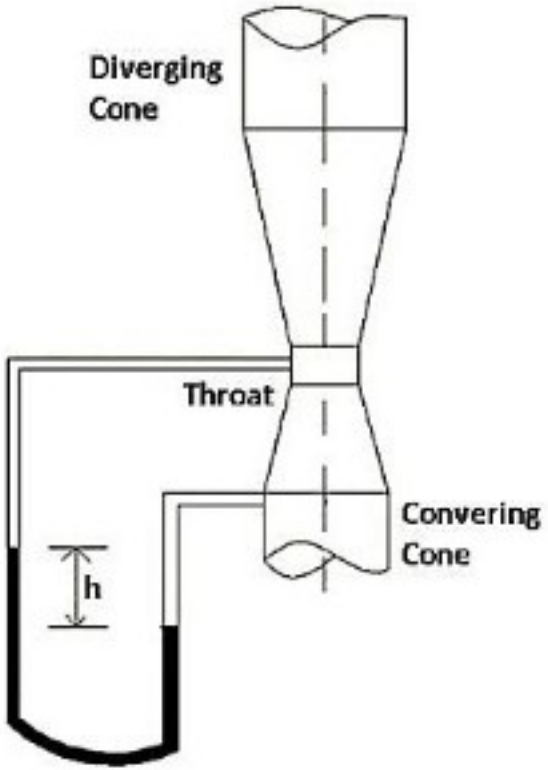
ভেনচুরি হেড : প্রত্যেক ভেনচুরি মিটারের সাথে U tube বা Piezometer tube সংযোগ করা হয়। পাইপ দিয়ে প্রবাহিত তরলের পরিমাণ নির্ণয়ে ভেনচুরি মিটার পাইপের সাথে সংযোগ করলে U টিউব বা পিজোমিটার টিউবের উভয় বাহুর মধ্যে চাপের পার্থক্যকে ভেনচুরি হেড বলে এবং একে h বা H দ্বারা প্রকাশ করা হয়।





হেলানো ভেনচুরি মিটার (Inclind Venturimeter):



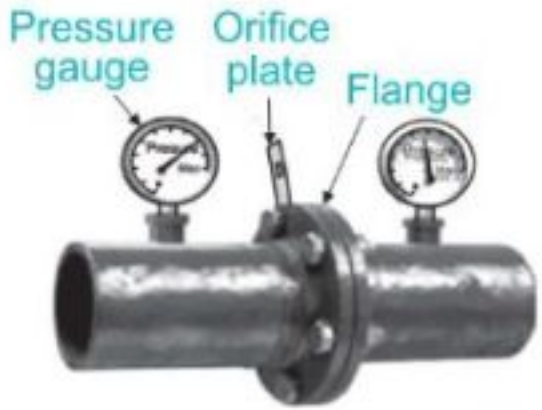


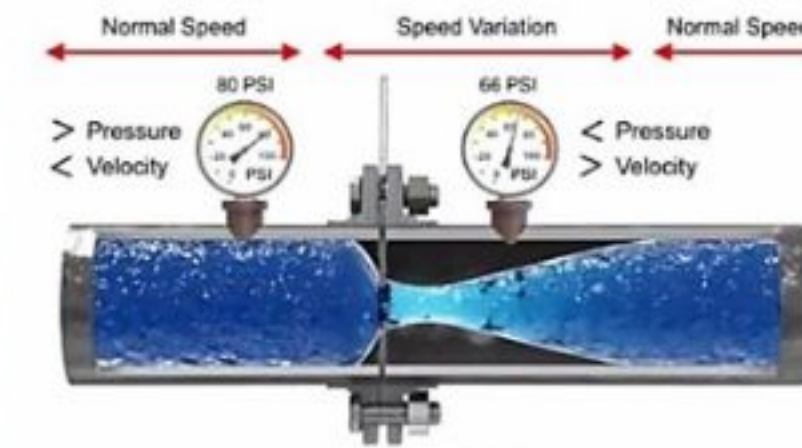
Vertical Venturimeter

পিটট টিউবের:

Inner
Pitot tube
Outer
static tube
Inlet
for Pitot
tube
Inlets for static tube

অরিফিস মিটার:-





$$Q = K\sqrt{\Delta P}$$

Q = Flow Rate

K = A Constant Determined by the Orifice Size and Type of Lic

অরিফিস মিটারের সুবিধা এবং অসুবিধা (Merits & demerits of orifice meter) :

অরিফিস মিটারের সুবিধা এবং অসুবিধাগুলো নিম্নে উল্লেখ করা হলো-

সুবিধা (Merits) :

১। এটি ভেনচুরি মিটারের চেয়ে দামে সস্তা।

২। এর গঠন খুবই সহজ।

৩। এটি স্থাপনে কম জায়গায় প্রয়োজন হয়।

অসুবিধা (Demerits) :

১। অধিক নির্গমনের ক্ষেত্র ব্যবহার করা যায় না।

২। এর ব্যবহার খুবই সীমিত।

৩। হেড লস বেশি, ফলে নির্গমন সহগের মান কম।

Thank you

for your attention!

অধ্যায়-০৮

অরিফিস এবং মাউথ পিসের মধ্য দিয়ে প্রবাহ

৮.১ অরিফিস, ওয়াটার জেট, ভেনা-কন্ট্রাক্টা।

৮.২ সংকোচন সহগ, বেগের সহগ, নির্গমন সহগ এবং বাধার সহগ এর অর্থ।

৮.৩ সংকোচনের সহগ (Cc), বেগের সহগ (Cv) এবং নির্গমনের সহগের (Cd) মধ্যকার সম্পর্ক

৮.৪ আয়তাকার ও অর্ধগোলাকার পাত্র হতে অরিফিসের মাধ্যমে খালি করার সময় নির্ণয়।

৮.৫ মাউথপিসের সংজ্ঞা।

৮.৬ মাউথপিসের কাজ।

৮.৭ বাহ্যিক ও আভ্যন্তরীণ মাউথপিস।

৮.১ অরিফিস, ওয়াটার জেট, ভেনা-কন্ট্রাক্টা।

তরল দ্বারা পূর্ণ কোন পাত্রের গায়ে বা তলায় যদি একটি ছিদ্র রাখা হয়, যাতে তরল ঐ ছিদ্র পথে বের হয়ে আসতে পারে; তবে ঐ ছিদ্রকে Orifice বলে।

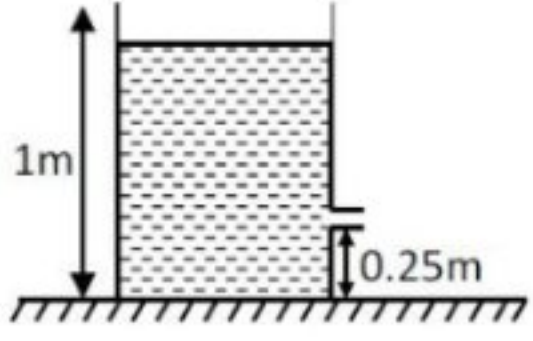
অরিফিসের প্রকারভেদ (Types of Orifices) : অরিফিসের প্রকারভেদ নিম্নে প্রদত্ত হলো :

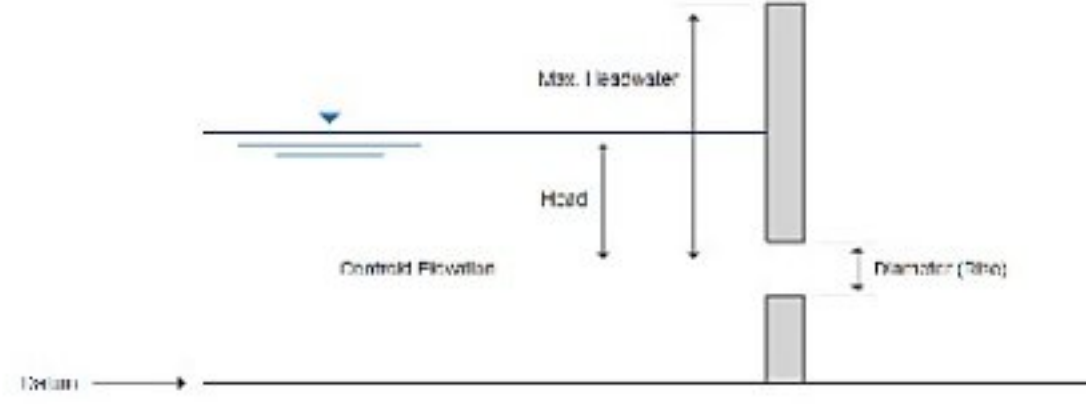
(ক) আকার অনুসারে (According to Size)

(১) ছোট অরিফিস (Small Orifice).

(২) বড় অরিফিস (Large Orifice).

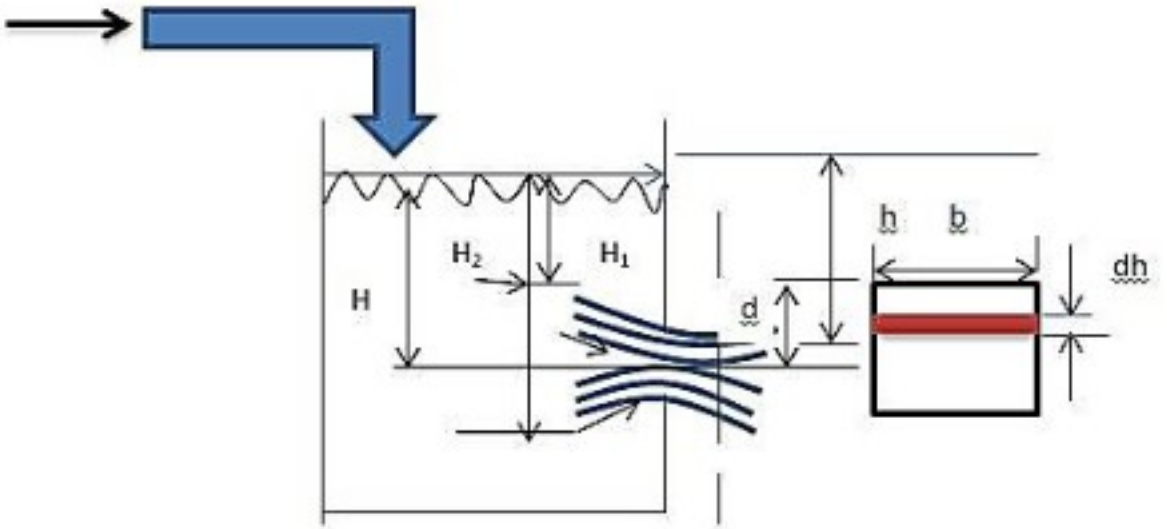
(১) ছোট অরিফিস (Small Orifice):-





Orifice Profile

(২) বড় অরিফিস (Large Orifice).

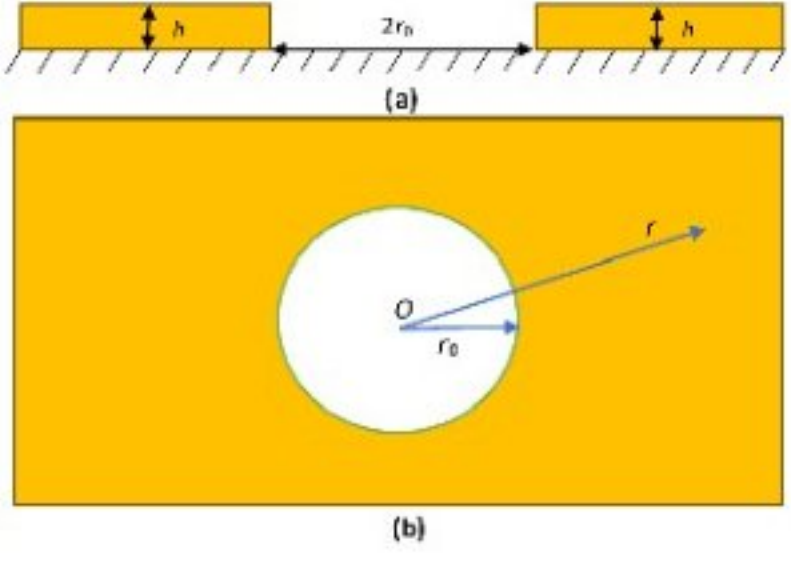


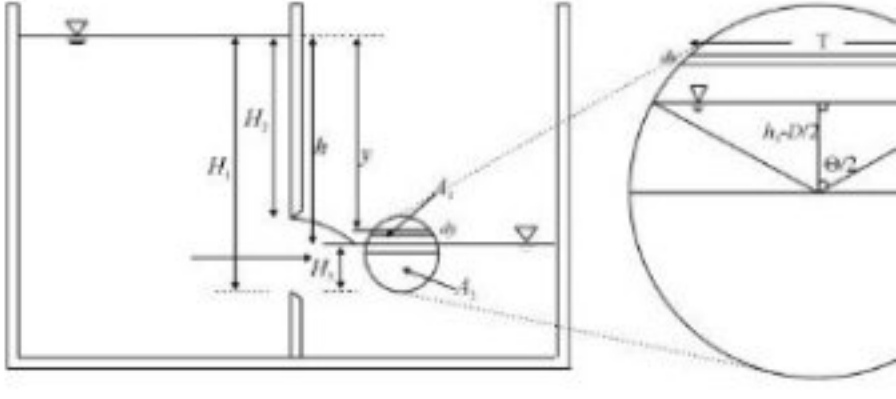
Large Rectangular Orifice

(খ) আকৃতি অনুসারে (According to Shape) :

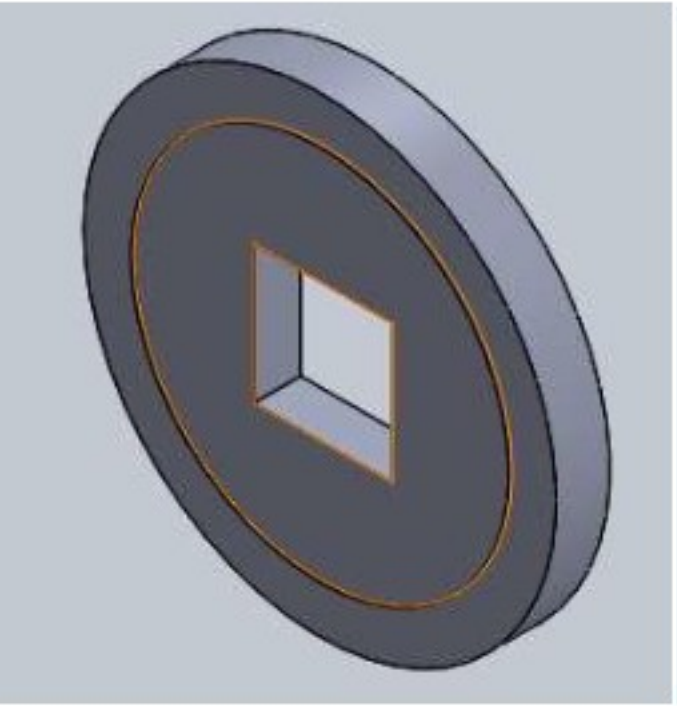
(১) বৃত্তাকার অরিফিস (Circular Orifice),
(২) আয়তকার অরিফিস (Rectangular Orifice),
(৩) ত্রিভুজাকার অরিফিস (Triangular Orifice).

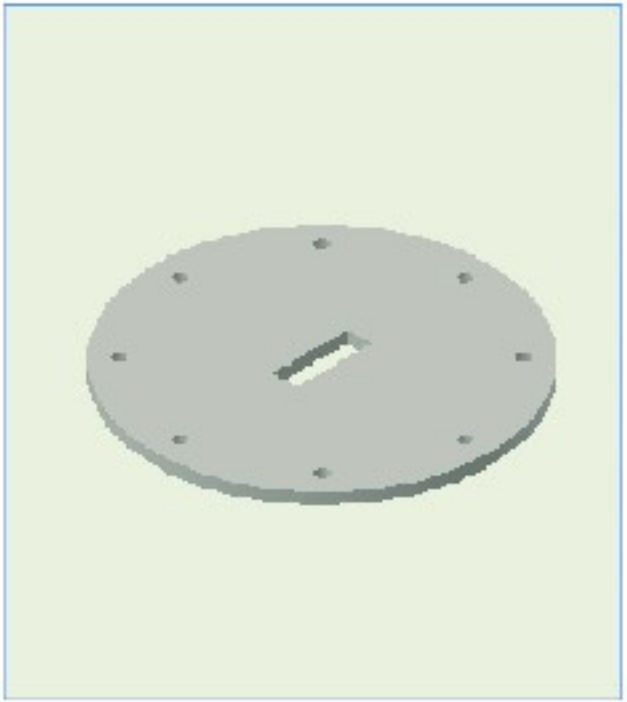
(১) বৃত্তাকার অরিফিস (Circular Orifice):

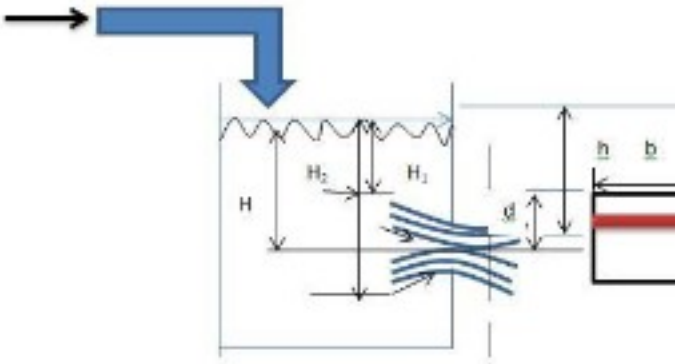




(২) আয়তকার অরিফিস (Rectangular Orifice):

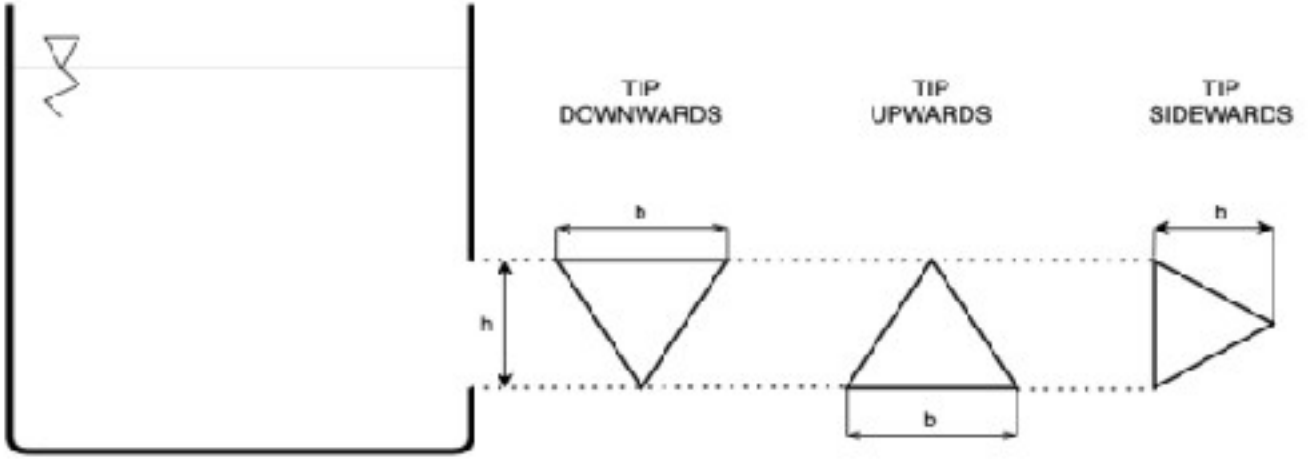


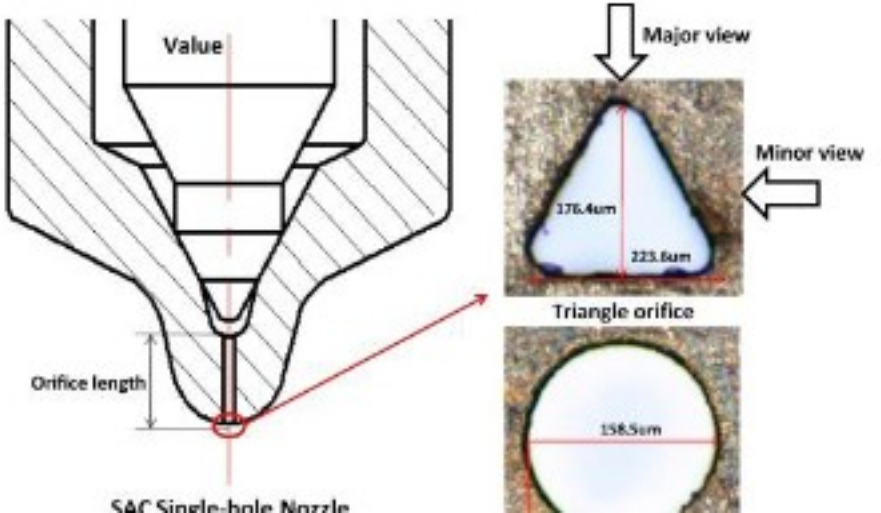




Large Rectangular Orifice

(৩) ত্রিভুজাকার অরিফিস (Triangular Orifice):

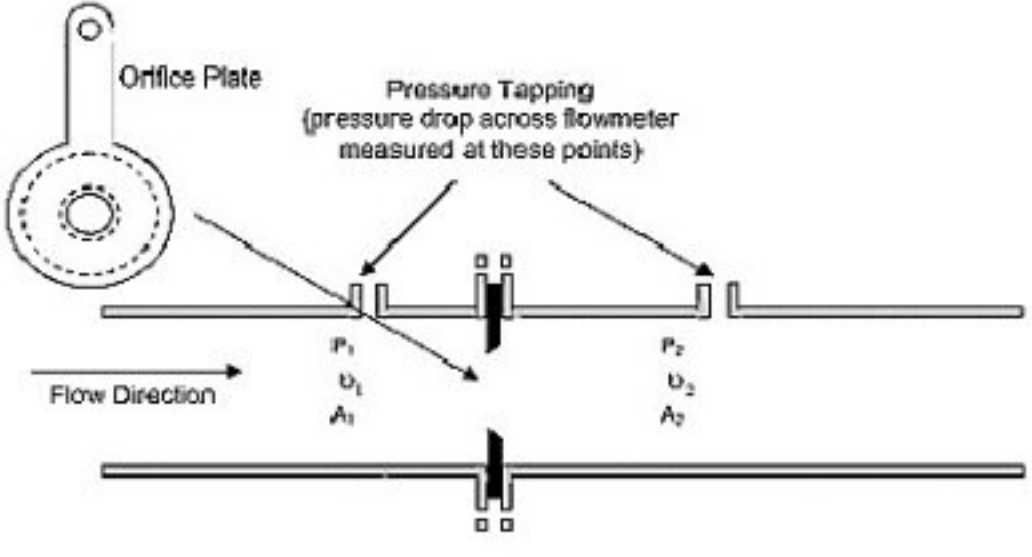


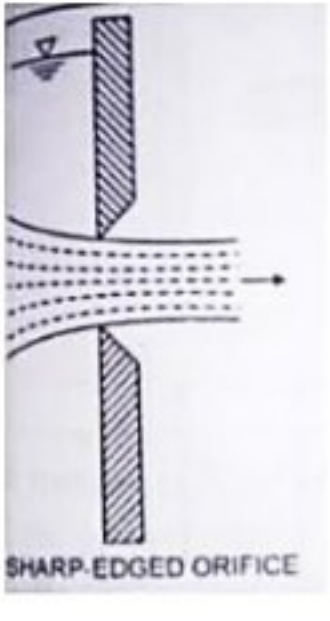


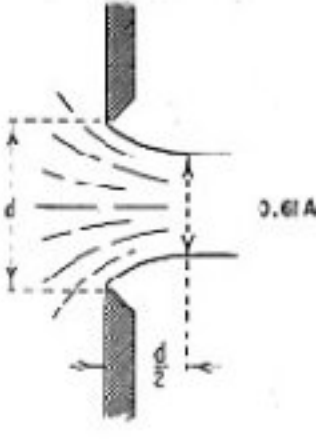
(গ) প্রান্তের আকৃতি মোতাবেক (According to Sharp of Edge)

(১) ধারাল প্রান্তের অরিফিস (Sharp Edged Orifice),
(২) বর্গাকার প্রান্তের অরিফিস (Square Edged Orifice),
(৩) ঘণ্টামুখী প্রান্তের অরিফিস (Bell-mouthed Orifice).

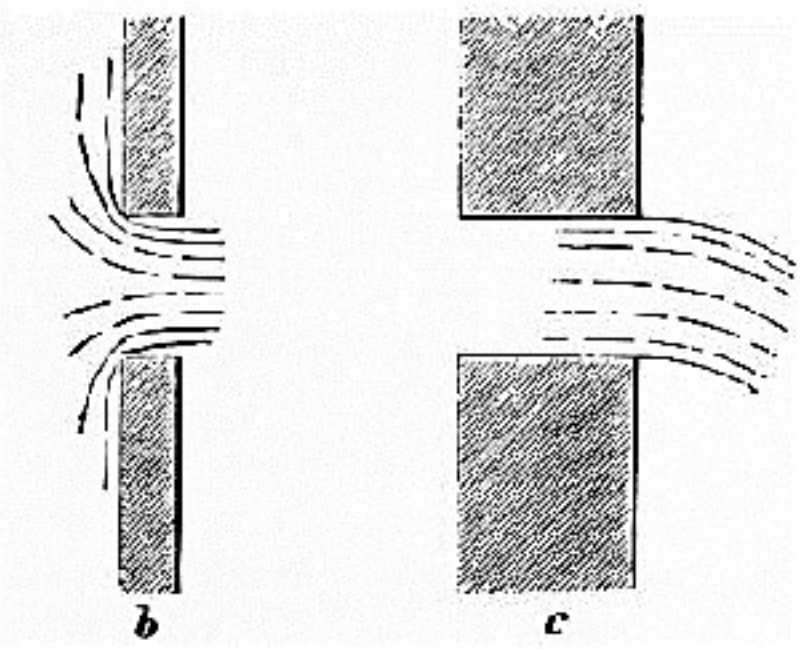
(১) ধারাল প্রান্তের অরিফিস (Sharp Edged Orifice):



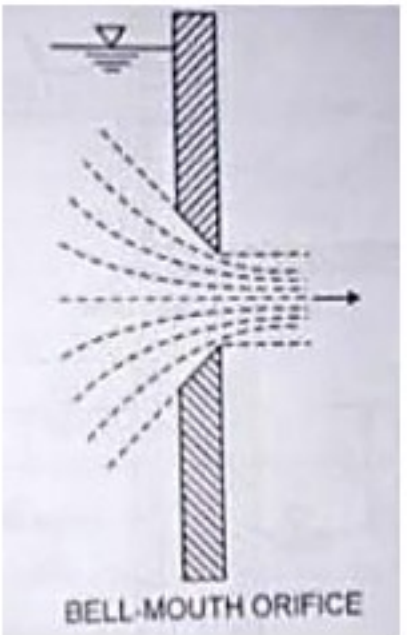


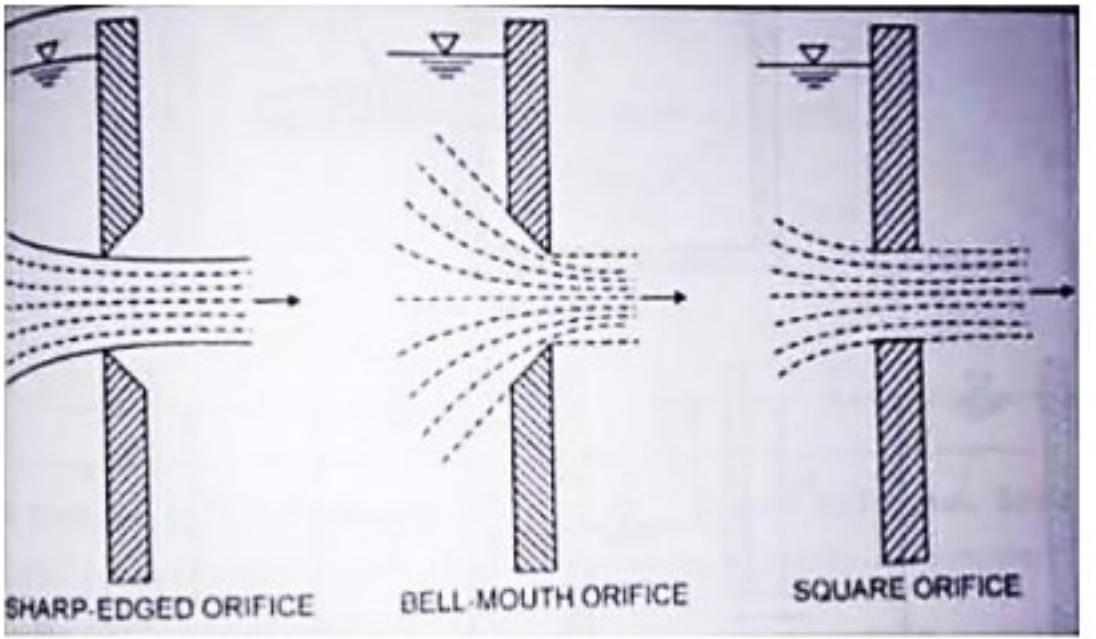


(২) বর্গাকার প্রান্তের অরিফিস (Square Edged Orifice):



(৩) ঘণ্টামুখী প্রান্তের অরিফিস (Bell-mouthed Orifice):

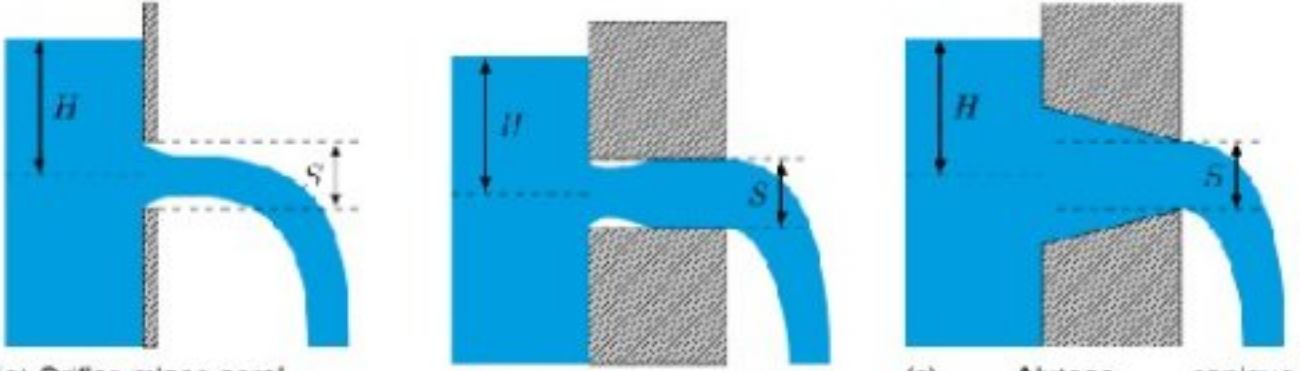




(ঘ) প্রবাহের প্রকৃতি অনুসারে (According to Nature of Discharge Through Orifice) :

(১) মুক্ত অরিফিস (Free orifice),
(২) সম্পূর্ণ নিমজ্জিত অরিফিস (fully drowned or submerged orifice),
(৩) আংশিক নিমজ্জিত অরিফিস (Partially submerged orifice).

(১) মুক্ত অরিফিস (Free orifice):



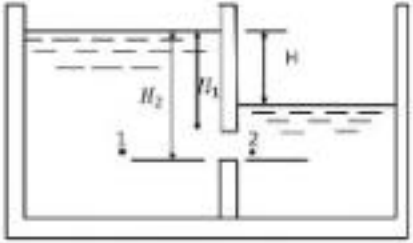
(a) Orifice mince paroi $C_d = 0.6$

(b) Ajutage $C_d = 0.8$

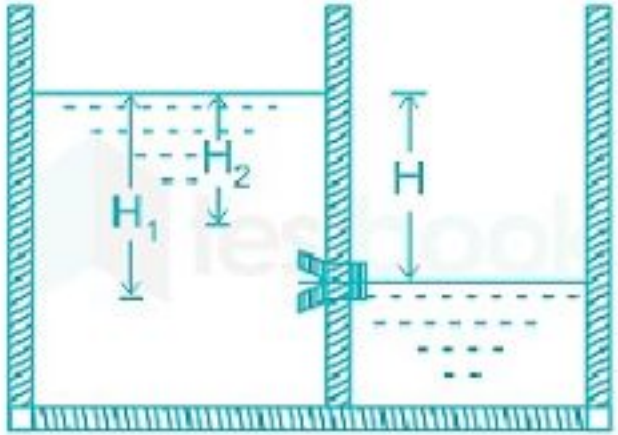
(c) Ajutage conique convergent $C_d = 0.97$

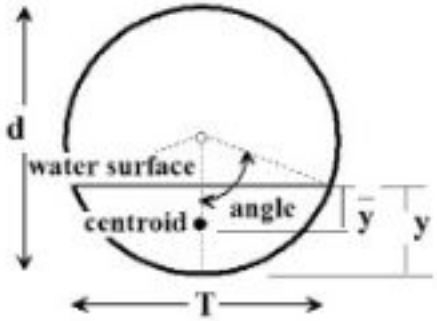
FIGURE 5.12 – Schémas explicatifs des écoulements à travers des orifices ou ajutages dénoyés

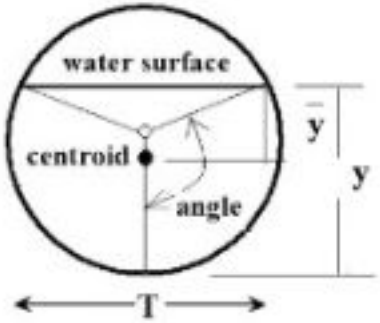
(২) সম্পূর্ণ নিমজ্জিত অরিফিস (fully drowned or submerged orifice):



(৩) আংশিক নিমজ্জিত অরিফিস (Partially submerged orifice):







৮.২ সংকোচন সহগ, বেগের সহগ, নির্গমন সহগ এবং বাধার সহগ এর অর্থ।

(১) বেগের সহগ (Co-eff, of Velocity) (C C_v)

গড়মান, (Average value) $C_v = 0.97$

(২) সংকোচন সহগ (Co-eff, of Contraction) (C_c)

গড়মান , $C_c = 0.64$

(৩) নির্গমন সহগ (Co-eff. of Discharge) (C_d)

গড়মান, $C_d = 0.62$

(৪) প্রতিরোধ সহগ, (Co-eff. of Resistance) (C_r)

(১) বেগের সহগ (Co-eff. of Velocity) (Cv) : তাত্ত্বিক বেগের সাথে ভেনা-কন্ট্রাকটাতে জেট-এর প্রকৃত বেগের অনুপাতকে বেগের সহগ বলে

$$\text{বেগের সহগ} = \frac{\text{ভেনাকন্ট্রক্টাতে প্রকৃত বেগ}}{\text{তাত্ত্বিক বেগ :}}$$

$$C_v = \frac{V_{ac}}{V_{th}} = \frac{V_{ac}}{\sqrt{2gh}}$$

$$\therefore V_{ac} = C_v\sqrt{2gh}$$

এখানে h = ভেনা-কন্ট্রাকটাতে পানির হেড।

C_v এর মান অরিফিসের আকৃতি এবং পানির হেড-এর উপর নির্ভর করে।

এর মান 0.95 হতে 0.995 পর্যন্ত হয়। গড়মান = 0.97

(২) সংকোচন সহগ (Co-eff. of Contraction) (Cc) : অরিফিসের ক্ষেত্রফলের সাথে ভেনা-কন্ট্রাক্টাতে জেট-এর ক্ষেত্রফলের অনুপাতকে সংকে
সহগ বলে।

$$C_c = \frac{\text{ভেনা-কন্ট্রাকটাতে প্রকৃত ক্ষেত্রফল}}{\text{অরিফিসের ক্ষেত্রফল}}$$

$$= \frac{a_{ac}}{a_{th}} = \frac{\text{ভেনা-কন্ট্রাকটাতে জেটের ক্ষেত্রফল}}{\text{অরিফিসের ক্ষেত্রফল}}$$

C_c এর মান তরলের হেড, অরিফিসের আকৃতি এবং আকার অনুসারে সামান্য পরিবর্তন হয়। C_c এর গড়মান 0.64 ।

(৩) নির্গমন সহগ (Co-eff. of Discharge) (C_d) : তাত্ত্বিক নির্গমনের সাথে প্রকৃত নির্গমনের অনুপাতকে নির্গমন সহগ বলে। প্রকৃত নির্গমণ সহ
বলে ।

$$C_d = \frac{\text{প্রকৃত নির্গমণ}}{\text{তাত্ত্বিক নির্গমণ}}$$

$$\therefore C_d = \frac{Q_{ac}}{Q_{th}}$$

C_d এর গড় মান $C_d = 0.62$

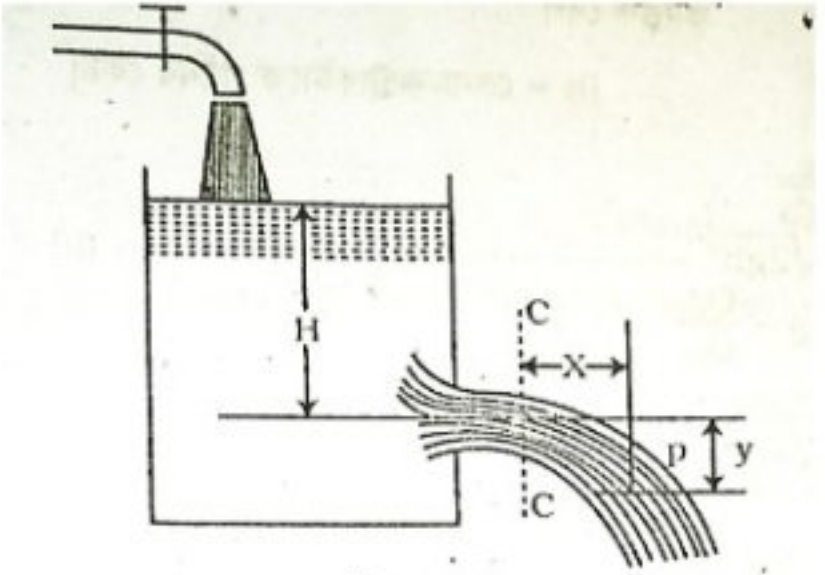
(৪) প্রতিরোধ সহগ (Co-eff. of Resistance) (C C_r) : প্রকৃত গতিশক্তি (K.E) এর সাথে অরিফিসের হারানো গতিশক্তির অনুপাতকে প্রতিরোধ সহগ

$$C_r = \frac{\text{অরিফিসের হারানো গতিশক্তি}}{\text{প্রকৃত গতিশকিতি}} \times \frac{\text{অরিফিসের হেড লস}}{\text{পানির হেড}}$$

$$= \frac{\text{তাত্ত্বিক গতিশক্তি - প্রকৃত গুতিশক্তি}}{\text{প্রকৃত গতিশক্তি}} = \frac{\frac{V_{h^2}}{2g} - \frac{V_a{}^2}{2g}}{\frac{V_a{}^2}{2g}} = \frac{V_{th^2} - V_a{}^2}{V_a{}^2}$$

$$= \left(\frac{V_{th}}{V_a}\right)^2 - 1 = \frac{1}{C_c{}^2} - 1 = \left(\frac{C_c}{C_d}\right)^2 - 1 = \frac{C_c^2 - C_d^2}{C_d^2}$$

চিত্রানুযায়ী H = ট্যাংকের পানির ধ্রুব উচ্চতা।
x = C - C ও P-এর মধ্যে অনুভূমিক দূরত্ব
y = C - C ও P-এর মধ্যে খাড়া দূরত্ব
মনে করি, জেটের জন্য অনুভূমিক দূরত্ব x এবং এ দূরত্বের জন্য খাড়া পতন y দূরত্ব অতিক্রম করতে t সময় লাগে।



চিত্র : ৮.১

গতির সমীকরণ হতে, $x = v \times t \therefore t = \frac{x}{v}$ .....(i)

$$y = \frac{1}{2}gt^2 \text{.....(ii)}$$

(ii) নং সমীকরণ t এর মান বসিয়ে পাই,

$$y = \frac{1}{2} \times g \times \left(\frac{x}{v}\right)^2 = \frac{gx^2}{2v^2}$$

বা, $V^2 = \frac{gx^2}{2y}$

$$\therefore V = \sqrt{\frac{gx^2}{2y}}$$

কিন্তু $C_v = \frac{V}{V_{th}}$ এবং $V_{th} = \sqrt{2gH}$

$$\therefore C_v = \frac{\sqrt{\frac{gx^2}{2y}}}{\sqrt{2gH}} = \sqrt{\frac{gx^2}{2y} \times \frac{1}{2gH}} = \sqrt{\frac{x^2}{4yH}}$$ (প্রমাণিত)।

৮.৩ সংকোচনের সহগ (Cc), বেগের সহগ (Cv) এবং নির্গমনের সহগের (Cd) মধ্যকার সম্পর্ক।

সমাধান:

সংজ্ঞানুযায়ী নির্গমন সহগ, $(Cd) = \frac{\text{প্রকৃত নির্গমন}}{\text{তাত্ত্বিক নির্গমন}} = \frac{Q_{ac}}{Q_{th}}$

$$= \frac{\text{প্রকৃত বেগ} \times \text{প্রকৃত ক্ষেত্রফল}}{\text{তাত্ত্বিক বেগ} \times \text{তাত্ত্বিক ক্ষেত্রফল}} = \frac{V_{ac} \times a_{ac}}{V_{th} \times a_{th}}$$

$$= \frac{\text{প্রকৃত বেগ}}{\text{তাত্ত্বিক বেগ}} \times \frac{\text{প্রকৃত ক্ষেত্রফল}}{\text{তাত্ত্বিক ক্ষেত্রফল}} = \frac{V_{ac}}{V_{th}} \times \frac{a_{ac}}{a_{th}} = C_v \times C_c$$

$$\therefore C_d = C_v \times C_c \text{ (প্রমাণিত)}$$

অথবা, আমরা জানি, সংকোচনের সহগ $(C_c) = \dfrac{\text{ভেনা-কন্দ্র্ঠ্ঠাতে প্রকৃত ক্ষেত্রফল}}{\text{অরিফিসের ক্ষেত্রফল}}$

$$\therefore C_c = \frac{a_{ac}}{a}$$

ব◌া, $a_{ac} = aC_c$

আবার, বেগের সহগ $(C_v) = \dfrac{\text{ভেনা-কন্ট্রাক্টাতে প্রকৃত বেগ}}{\text{তাত্ত্বিক বেগ}}$

$$\therefore C_v = \frac{V_{ac}}{V_{th}}$$

[h = ভেনা-কন্ট্রাকটাতে পানির হেড]

ব◌া, $C_v = \dfrac{V_{ac}}{\sqrt{2gh}}$

$$\therefore V_{ac} = C_v\sqrt{2gh}$$

আমরা জানি, নির্গমন সহগ $(C_d) = \frac{Q_{ac}}{Q_{th}}$

$$\therefore C_d = \frac{V_{ac} \times a_{ac}}{a \times \sqrt{2gh}}$$

∴ সমীকরণ (i) ও (ii) ন◌ং হতে পাই

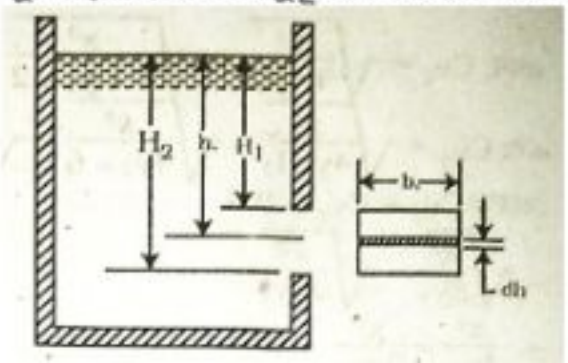
$$= \frac{C_v\sqrt{2gh} \times a \times C_c}{a \times \sqrt{2gh}}$$

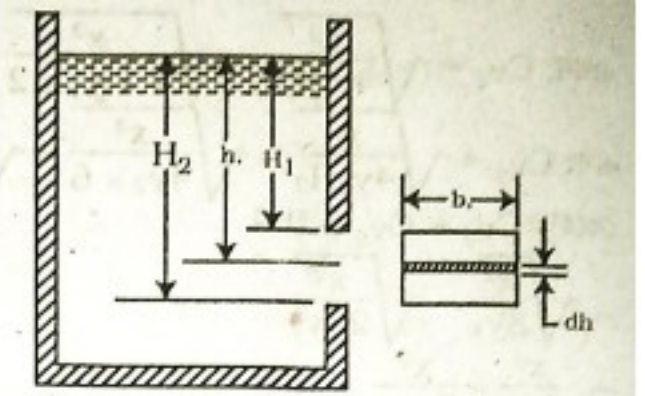
$C_d = C_v \times C_c$ (প্রমাণিত)

৮.৩.১ বৃহৎ খাড়া আয়তাকার অরিফিস দিয়ে নির্গমন

তরল পদার্থ হতে প্রাপ্য উচ্চতা (Head) অরিফিসের উচ্চতার পাঁচ গুণ অপেক্ষা কম হলে উক্ত অরিফিসকে বৃহৎ অরিফিস হি বিবেচনা করা হয়। যেহেতু কোন অরিফিস দিয়ে প্রবাহমান তরল পদার্থের গতিবেগ উক্ত তরল পদার্থ হতে প্রাপ্য হেডের উপ নির্ভরশীল। কাজেই একটি বৃহৎ অরিফিস দিয়ে তরল পদার্থ প্রবাহিত হবার সময় অরিফিসের উচ্চতা বরাবর হেডের পরিবর্ত কারণে তরল পদার্থের কণাসমূহের গতিবেগ একই রকম থাকবে না।

মনে করি, উপরের চিত্রে টাংকের এক পাশে অবস্থিত একটি বৃহৎ আয়তাকার অরিফিস দিয়ে তরল পদার্থ নির্গত হচ্ছে।
H_1 = অরিফিসের উপরে কিনারা হতে তরল পদার্থের উচ্চতা।
H_2 = অরিফিসের নিচের কিনারা হতে তরল পদার্থের উচ্চতা।
b = অরিফিসের প্রস্থ।
Cd = নির্গমন সহগ।
পানির উপরিতল হতে h গভীরতায় dh পুরুত্বের একটি অনুভূমিক খণ্ডের কথা চিন্তা করি।
খণ্ডটির ক্ষেত্রফল = b.dh.





চিত্র-৮.৩ : আয়তাকার অরিফিস

খণ্ডটির মধ্যে দিয়ে পানির তাত্ত্বিক বেগ = $\sqrt{2gh}$

খণ্ডটির মধ্য দিয়ে নির্গমন = Ca.× ক্ষেত্রফল × তাত্ত্বিক গতিবেগ

= Cd × b.dh. $\sqrt{2gh}$

.:অরিফিসের মধ্যে দিয়ে মোট নির্গমন

$$Q = C_d \cdot b \cdot \sqrt{2g} \int_{H_1}^{H_2} \sqrt{h} \cdot dh$$

$$= C_d \cdot b \cdot \sqrt{2g} \left[\frac{h^{3/2}}{3/2}\right]_{H_1}^{H_2}$$

$$= \frac{2}{3} C_d b \sqrt{2g} \left[h^{3/2}\right]_{H_1}^{H_2}$$

$$= \frac{2}{3} C_d b \sqrt{2g} \left(H_2^{3/2} - H_1^{3/2}\right)$$ (প্রমাণিত)

৮.৪ আয়তাকার ও অর্ধগোলাকার পাত্র হতে অরিফিসের মাধ্যমে খালি করার সময় নির্ণয়।

প্রমাণ : মনে করি, A = পাত্রের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফ
a = অরিফিসের ক্ষেত্রফল
H_1 : = পানির প্রাথমিক উচ্চতা
H_2 = পানির শেষ উচ্চতা
T = পানির উচ্চতা H1 হতে H2 -তে আসতে প্রয়োজনীয় সময় (সেকেন্ড)
∴ T সময়ে অরিফিস দিয়ে প্রবাহিত পানির আয়তন = ক্ষেত্রফল × উচ্চতা।

$$= A(H_1 - H_2)$$

পানির প্রাথমিক তাত্ত্বিক বেগ = $\sqrt{2gH_1}$
∴ প্রাথ্যমিক প্রবাহ-হার = $C_d a\sqrt{2gH_1}$
চড়ান্ত প্রবাহ হার = $C_d \cdot a\sqrt{2gH_2}$
গড় প্রবাহের

$$\text{হার} = \frac{C_d \cdot a\sqrt{2gH_1} + C_d \cdot a\sqrt{2gH_2}}{2}$$

$$= \frac{1}{2} \cdot Cda^2\, g\left(\sqrt{H_1} + \sqrt{H_2}\right)$$

প্রবাহের মোট সময়, $T = \frac{\text{প্রবাহিত পানির আয়তন}}{\text{গড় প্রবাহ হার}}$

$$\therefore \text{যা, } T = \frac{A(H_1 - H_2)}{\frac{1}{2}C_d \cdot a\sqrt{2g}\left(\sqrt{H_1} + \sqrt{H_2}\right)}$$

$$\therefore T = \frac{2\,A\left(\sqrt{H_1} - \sqrt{H_2}\right)}{C_d \cdot a\sqrt{2\,g}} \text{ (প্রমাণিত)}$$

৮.৫ মাউথপিসের সংজ্ঞা।

পানি বা তরল পদার্থ বের হওয়ার ছিদ্রপথে বা অরিফিসের সাথে যখন কোন খোলামুখ বিশিষ্ট পাইপ সংযুক্ত করা হয় যার দৈঘ
সাধারণত অরিফিসের ব্যাসের দ্বিগুণ বা তিন গুণ হয়, তখন ঐ পাইপকে মাউথপিস বলে। এটা ব্যবহারে নির্গমন সহগ বৃদ্ধি
ফলে নির্গমনের পরিমাণও বেড়ে যায়।

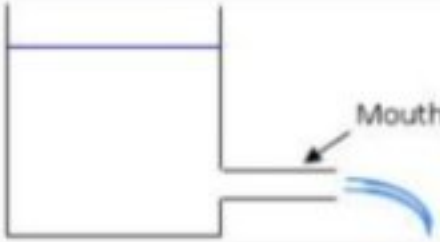
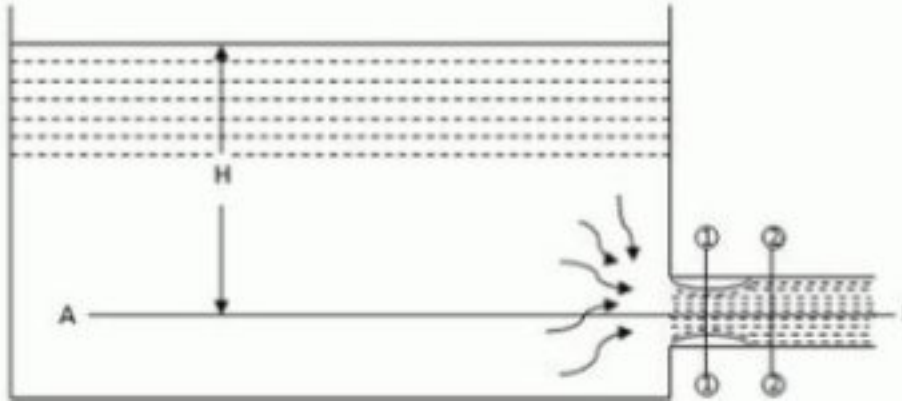


Fig. 21.1 Mouthpiece



৮.৬ মাউথপিসের কাজ।

কোন অরিফিস দিয়ে কী পরিমাণ তরল নির্গত হবে তা নির্ভর করে নির্গমন সহগের উপর। মাউথপিসের কাজ হলো নির্গমন
করা। অরিফিস দিয়ে যে তরল পদার্থ বের হয় তা মূলত খুবই কম। কারণ নির্গমনের সহগের মান কম হয় বলে নির্গমনের প
কম হয়ে থাকে। তাই বিজ্ঞানীগণ অরিফিস দিয়ে নির্গমনের পরিমাণ বৃদ্ধির জন্য গবেষণা চালাতে থাকে। সর্বশেষে বিজ্ঞানীগ
সিদ্ধান্তে উপনীত হন যে, "যদি কোন অরিফিসের নির্গমনের পরিমাণ কম হয় তাহলে কম দৈর্ঘ্যের একটি পাইপ অরফিসের
সংযুক্ত করা হলে, নির্গমনের পরিমাণ বৃদ্ধি পাবে এবং সাথে সাথে নির্গমন সহগের মানও বৃদ্ধি পাবে

অরিফিস ও মাউথপিসের মধ্যে পার্থক্য : বৃদ্ধি পাবে এবং সাথে সাথে নির্গমন সহগের মানও বৃদ্ধি পাবে।

অরিফিস	মাউথপিস
(১) অরিফিস একটা ছিদ্র বিশেষ।	(১) মাউথপিস একটা কম দৈর্ঘ্যের পাইপ বিশেষ।
(২) অরিফিস পাত্রের গায়ে থাকে।	(২) মাউথপিস পাত্রের গায়ের বাইরে বা ভিতরে সংযুক্ত থাকে।
(৩) নির্গমনের পরিমাণ কম হয়।	(৩) নির্গমনের পরিমাণ বেশি হয়।
(৪) নির্গমনের সহগ কম।	(৪) নির্গমনের সহগ বেশি।
(৫) অরিফিস তীক্ষ্ণ ধার বিশিষ্ট হয়।	(৫) মাউথপিস ধার তীক্ষ্ণ হয় না তবে এর দৈর্ঘ্য কমপক্ষে ব্যাসের দ্বিগুণ

মাউথপিসের প্রকারভেদ : -

মাউথপিসের প্রকারভেদ নিম্নরূপ :

(ক) অবস্থান অনুসারে :

(১) আভ্যান্তরীণ মাউথপিস (Internal Mouthpiece),

(২) বাহ্যিক বা অনাভ্যন্তরীণ মাউথপিস (External Mouthpiece).

(খ) আকার অনুসারে :

(১) নলাকৃতি মাউথপিস (Cylinderical Mouthpiece),

(২) অভিসারী মাউথপিস (Convergent Mouthpiece),

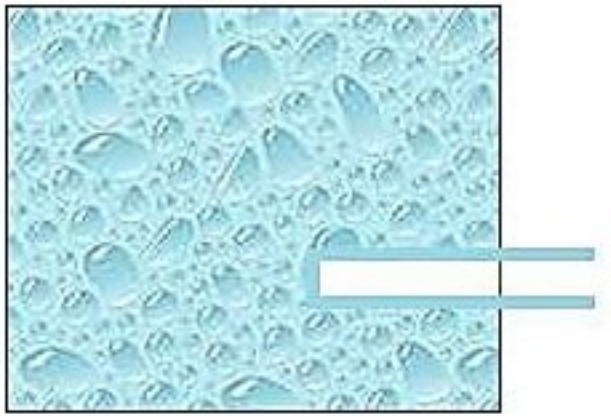
(৩) অভিসারী অপসারী মাউথপিস (Convergent Divergent Mouthpiece).

(গ) নির্গমনের প্রকৃতি অনুসারে :

(১) পূর্ণ প্রবাহ মাউথপিস (Running Full Mouthpiece),

(২) মুক্ত প্রবাহ মাউথপিস (Running Free Mouthpiece).

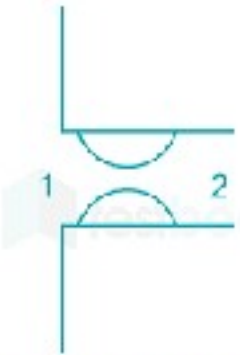
(১) আভ্যান্তরীণ মাউথপিস (Internal Mouthpiece):



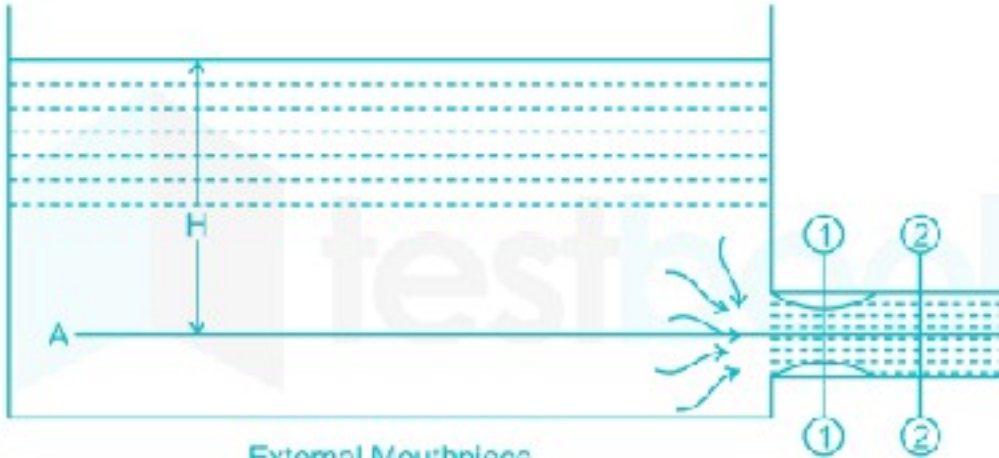
(B)

(২) বাহ্যিক বা অনাভ্যন্তরীণ মাউথপিস (External Mouthpiece):

(A)

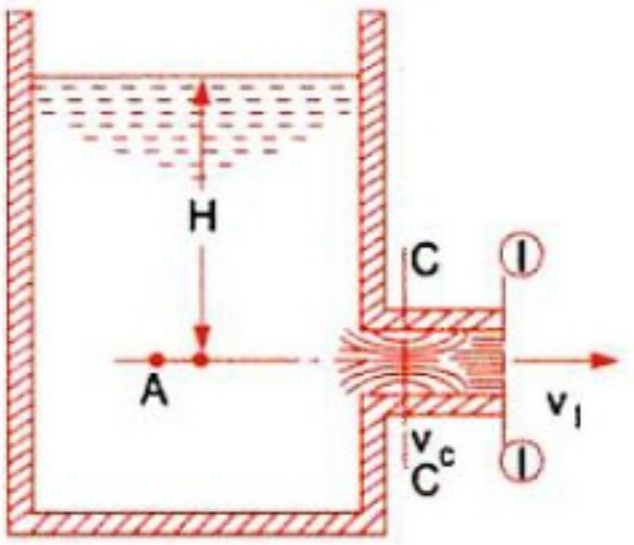


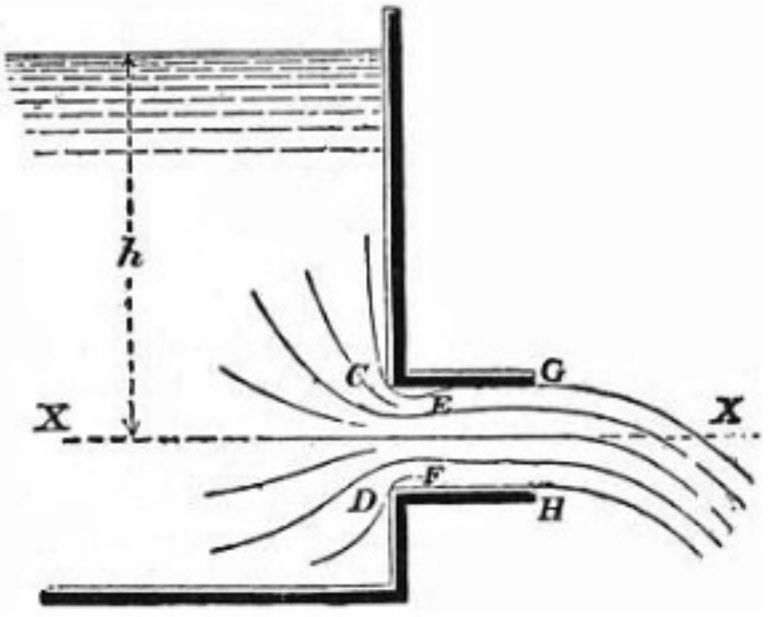
External mouthpiece



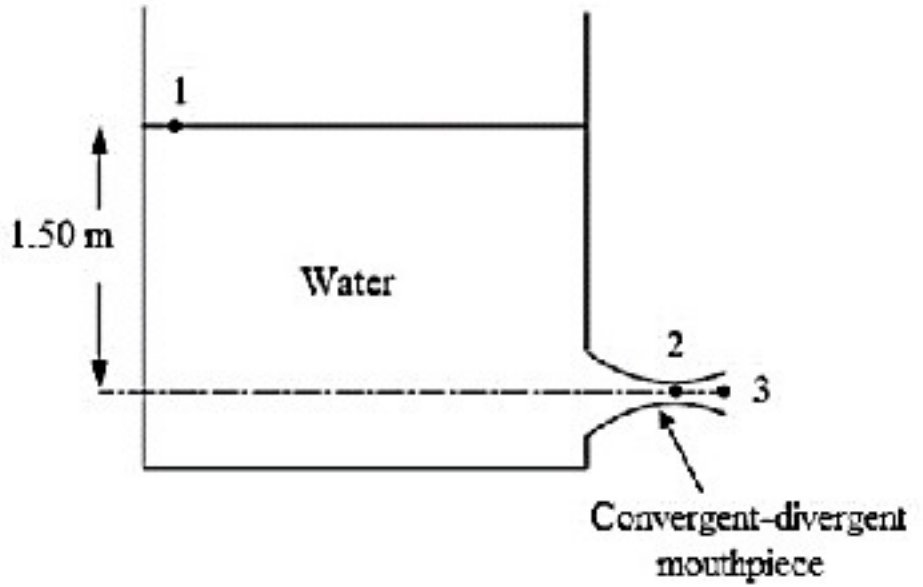
External Mouthpiece

(১) নলাকৃতি মাউথপিস (Cylinderical Mouthpiece):



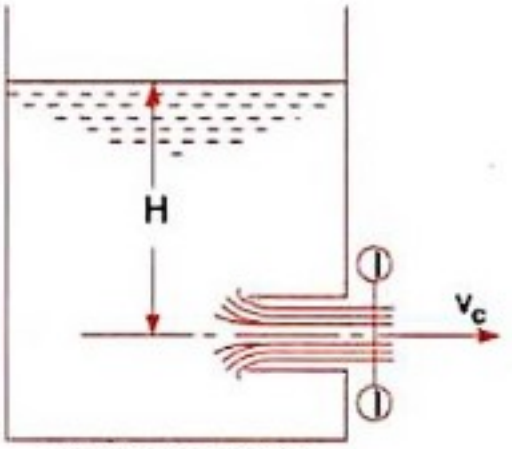


(৩) অভিসারী অপসারী মাউথপিস (Convergent Divergent Mouthpiece):

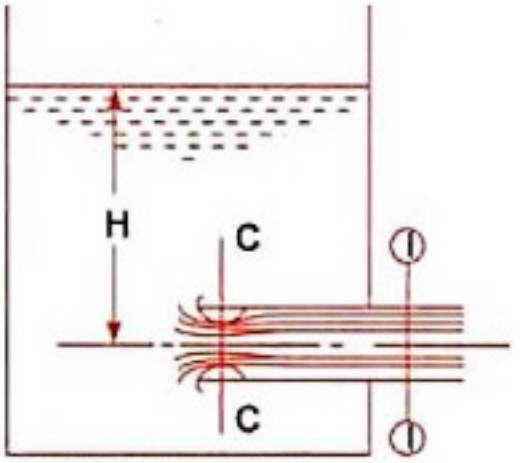


(১) পূর্ণ প্রবাহ মাউথপিস (Running Full Mouthpiece),

(২) মুক্ত প্রবাহ মাউথপিস (Running Free Mouthpiece).



RUNNING FREE



RUNNING FULL

Thank you

for your attention!

অধ্যায়-০৯

তরল প্রবাহীর হেড লস

৯.১ প্রবাহিত প্রবাহীর হেড লস।

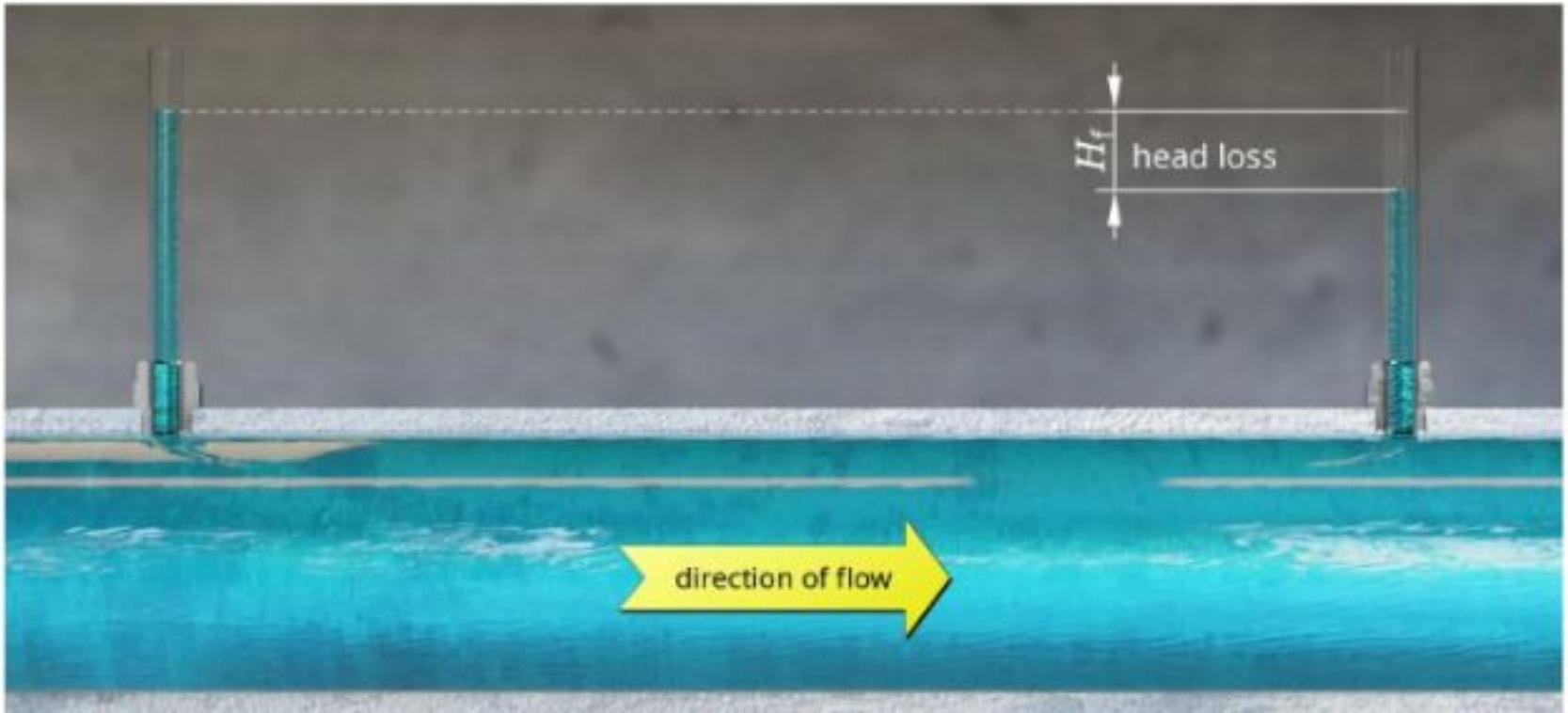
৯.২ বিভিন্ন প্রকারের হেড লস।

৯.৩ হেড লসের সূত্র অবলম্বনে হেড লস নির্ণয়।

স্বাগতম

৯.১ প্রবাহিত প্রবাহীর হেড লস।

তরল পদার্থ পাইপ বা সর্বদা সরলপথ দিয়ে প্রবাহিত হলে এর নিজস্ব সান্দ্রতা (Viscosity) ছাড়া অন্য কোন কারণে বাধার সম্মুখী হতো না। কিন্তু বাস্তবক্ষেত্রে এরূপ সম্ভব নয়। সেজন্য প্রবাহমান তরলের গতিপথ, ঘর্ষণ, ব্যাস, দিক পরিবর্তন, বাধাজনিত ক যে শক্তির অপচয় ঘটে, তাই-ই হেড লস এবং একে তরল পদার্থের Velocity head-এর মাধ্যমে প্রকাশ করা হয়।



৯.২ বিভিন্ন প্রকারের হেড লস।

(ক) ঘর্ষণজনিত হেড লস (Head loss due to friction) : $h_f = \frac{4fLv2}{2gd}$

(খ) হঠাৎ প্রসারণজনিত হেড লস (Head loss due to sudden enlargement) : $h_c = \frac{(v_1 - v_2)^2}{2g}$

(গ) হঠাৎ সংকোচনের জন্য হেড লস (Head loss due to sudden contaction) : $h_c = \frac{0.375v^2}{2g}$

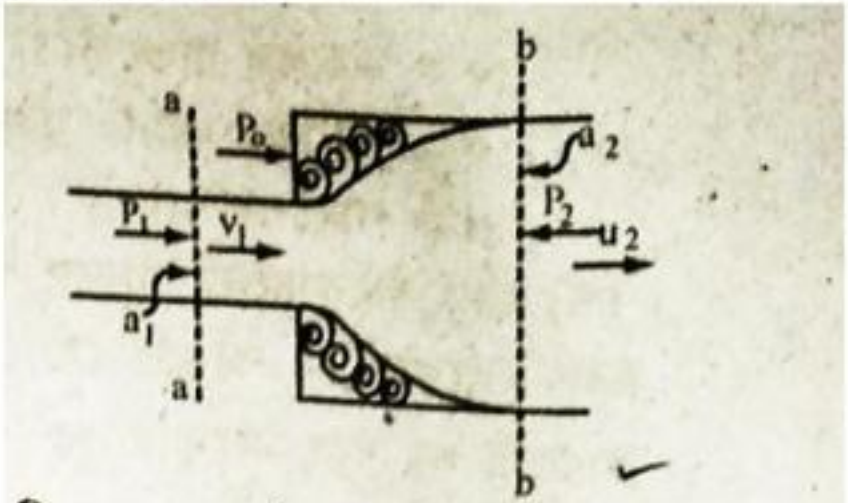
(ঘ) বেন্ড ও এলবো-এর জন্য হেড লস (Head loss due to bends and elbows) : $h_{b/e} = \frac{kv^2}{2g} = \frac{0.5v^2}{2g}$

(ঙ) পাইপের প্রবেশমুখে হেড লস (Head loss at the entrance to pipe) : $h_{en} = \frac{0.5v^2}{2g}$

(চ) পাইপ হতে বের হওয়ার পথে হেড লস (Loss of the head at exit from pipe) : $h_{ex} = \frac{v^2}{2g}$

(ছ) প্রতিবন্ধকতার জন্য হেড লস (Head loss due to obstraction) : $h_0 = \frac{v^2}{2g}\left[\frac{A}{(A-a)c_c} - 1\right]^2$

(ক) হঠাৎ প্রসারণের কারণে শক্তির অপচয় (Loss of Head Due to Sudden Enlargement) মনে করি, a, ক্ষেত্রফল বিশিষ্ট কোন পাইপের মধ্যে দিয়ে তরল পদার্থ ধারাবাহিকভাবে প্রবাহিত হচ্ছে যার বেগ v। এবং চাপ Pi । এ পাইপটির ব্যাস হঠাৎ বেড়ে ক্ষেত্রফল ao হল এবং প্রবাহের বেগ ও চাপ যথাক্রমে v2 ও P2 তে উপনীত হলো। নিচের চিত্র হতে স্পষ্ট বুঝা যায় যে, a – a সেকশন হতে b - b সেকশনে তরল পদার্থ প্রবাহিত হবার সময় এর কোণায় (corner) ইডি (eddy) বা পশ্চাৎ প্রবাহের সৃষ্টি হয়ে এ ইডি বা পশ্চাৎ স্রোত সৃষ্টির ফলেই হেড লস বা শক্তির অপচয় ঘটে থাকে। মনে করি, এ পশ্চাৎ স্রোত সৃষ্ট (কোণার ক্ষেত্রফ (a2 - ai) এবং চাপ প্রতি বর্গ সেন্টিমিটারে P, প্রয়োগ করে। চিত্র : ৯.১ হঠাৎ পাইপের ব্যাস বৃদ্ধি পরীক্ষা দ্বারা পাওয়া গিয়েছে P1 এ অনুমতি সত্যের উপর ভিত্তি করে হঠাৎ সম্প্রসারণের কারণে হেড লসের সূত্র পাওয়া যায়। পুনরায় a - a এবং b - b এর প্রবাহিত তরল পদার্থের ভরবেগ সম্পর্কের কথা চিন্তা করি। উক্ত প্রবাহিত তরল পদার্থের প্রতি সেকেন্ডে ভর বেগ পরিবর্তনের যে লব্ধি বল (Resultant force) কাজ করছে তা হলো-



চিত্র : ৯.১ হঠাৎ পাইপের ব্যাস বৃদ্ধি

$= P_2a_2 - P_1a_1 - P_0(a_2 - a_1)$
$= P_2a_2 - P_1a_1 - P_1(a_2 - a_1)$ [$\because P_0 = P_1$ ধরে করি]
$= P_2a_2 - P_1a_1 - P_1a_2 + P_1a_1$

তরল পদার্থের উক্ত ডরের উপরি প্রতি সেকেন্ডে মোমেন্টামের (Momentum) পরিবর্তন $= \frac{\omega a_1 V_1^2}{g} - \frac{\omega a_2 V_2^2}{g}$ [$a_1 V_1 = a_2 V_2$]

$\therefore$ প্রতি সেকেন্ডে $\wedge$ মোমেন্টামের পরিবর্তন $= \frac{\omega a_1 V_2 V_1}{g} - \frac{\omega a_2 V_2^2}{g}$

$$= \omega a_2\left(\frac{V_2 V_1}{g} - \frac{V_2^2}{g}\right)$$

আমরা জানি, রোট বল প্রতি সেকেন্ডে মোমেন্টামের পরিবর্তনের সমান,

$$\therefore a_2(P_2 - P_1) = \omega a_2\left(\frac{V_2 V_1}{g} - \frac{V_2^2}{g}\right)$$

অথবা, $\frac{P_2}{\omega} - \frac{P_1}{\omega} = \frac{V_2 V_1}{g} - \frac{V_2^2}{g}$

মনে করি, হঠাৎ ব্যাস বৃদ্ধির ফলে শক্তির অপচয় = he

এখন পাইপের $a - a$ এবং $b - b$ লেকশনে বার্নৌলির সূত্র প্রয়োগ করে পাই,

$$\frac{P_1}{\omega} + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\omega} + \frac{V_2^2}{2g} + h_c$$

$$\frac{P_2}{\omega} - \frac{P_1}{\omega} = \frac{V_1^2}{2g} - \frac{V_2^2}{2g} - h_c$$

$\therefore$ দেখা যাচ্ছে যে সমীকরণ (1) ও সমীকরণ (2) পরস্পর সমান।

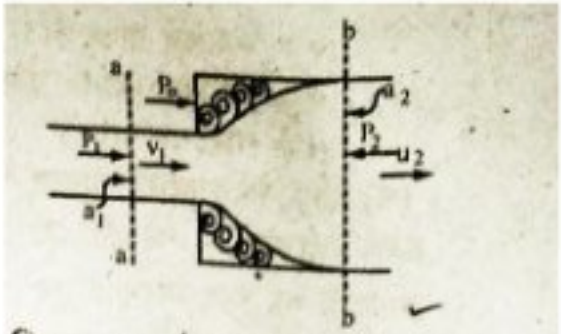
$$\therefore \frac{v_2 v_1}{g} - \frac{v_2^2}{g} = \frac{v_1^2}{2g} - \frac{v_2^2}{2g} - h_c$$

$$\therefore h_c = \frac{v_1^2}{2g} - \frac{v_2^2}{2g} - \frac{v_1 v_2}{g} + \frac{v_2^2}{g}$$

$$\therefore h_c = \frac{v_1^2 - v_2^2 - 2v_2v_1 + 2v_2^2}{2g}$$

$$\therefore h_e = \frac{v_1^2 + v_2^2 - 2v_2v_1}{2g}$$

$$\therefore h_c = \frac{h_1}{\frac{(v_1 - v_2)^2}{2g}}$$ (প্রমাণিত)



চিত্র : ৯.১ হঠাৎ পাইপের ব্যাস বৃদ্ধি

Thank you

for your attention!

অধ্যায়-১০

পাইপের মধ্য দিয়ে ঘর্ষণ ও প্রবাহ

১০.১	পাউপের ভিতর দিয়ে তরলের প্রবাহের ঘর্ষণব্যাখ্যা।
১০.২	চেজির সূত্রের সাহায্যে পাইপের ঘষর্ণজনিত হেড লস নির্ণয়।
১০.৩	ডার্সিস সূত্রের সাহায্যে পাইপের ঘর্ষণজনিত হেড লস নির্ণয়।
১০.৪ ও ১০.৫	চেজির ও ডার্সিও সূত্র ব্যবহার করে পাইপের ঘর্ষণজনিত বাধা নির্ণয়।

১০.১ পাউপের ভিতর দিয়ে তরলের প্রবাহের ঘর্ষণব্যাখ্যা।

পাইপ লাইনে ঘর্ষণ (Friction in Pipes) : পাইপ দিয়ে যেকোন ফ্লুইড প্রবাহিত হবার সময় ঘর্ষণজনিত বাঁধার সম্মুখীন হয়। ঘর্ষণজনিত বাধা (ক) প্রবাহের গতিবেগ, (খ) ভিজা তলের ক্ষেত্রফল (গ) তলের প্রকৃতি (ঘ) তরলের ঘনত্ব (ঙ) ঘর্ষণের সহগ-এ উপর নির্ভরশীল। খুব দীর্ঘ পাইপের ক্ষেত্রে ঘর্ষণজনিত বাধা এত বেশি যে তুলনামূলক দৃষ্টিতে অন্যান্য বাধা একেবারে নগণ্য ফ্লুইডের প্রায় মোট শক্তি উক্ত বাঁধার জন্যই ব্যয় হয়ে থাকে। এ ঘর্ষণজনিত বাঁধার জন্য যে শক্তির অপচয় ঘটে তাকে ফ্লুই মিটারে প্রকাশ করা হয় এবং এটা ঘর্ষণজনিত হেড লস নামে পরিচিত।

টোটাল এনার্জি লাইন (Total Energy Line) : পাইপ দিয়ে প্রবাহমান পানির প্রেসার হেড, ভেলোসিটি হেডকে পাইপের সেন্টা লাইনের উপর খাড়া অর্ডিনেট হিসেবে অঙ্কন করে সবগুলো অর্ডিনেটের শীর্ষ বিন্দু যোগ করলে যে সরল ঢালরেখা পাওয়া য তাকে টোটাল এনার্জি লাইন বলে।

হাইড্রোলিক গড় গভীরতা (Hydraulic Mean Depth) : পাইপের প্রবাহ মান অংশের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফলকে ভিজাতলের পরিসীমা দিয়ে ভাগ করলে যে মান পাওয়া যায় একে হাইড্রোলিক গড় গভীরতা বলে। একে m দিয়ে প্রকাশ করা হয়।

Thank you

for your attention!

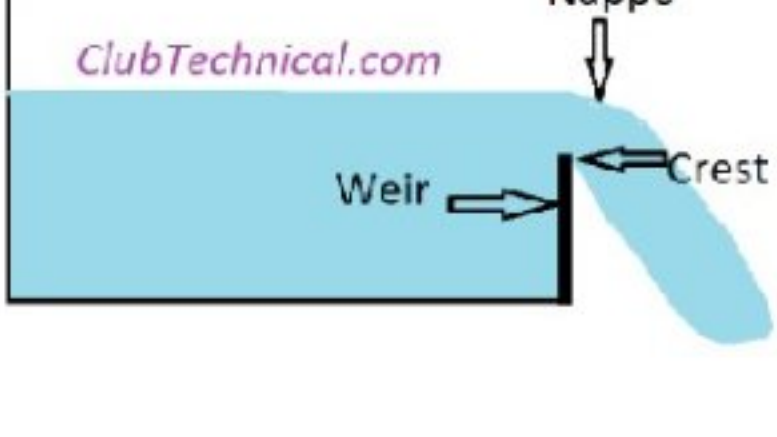
অধ্যায়-১১

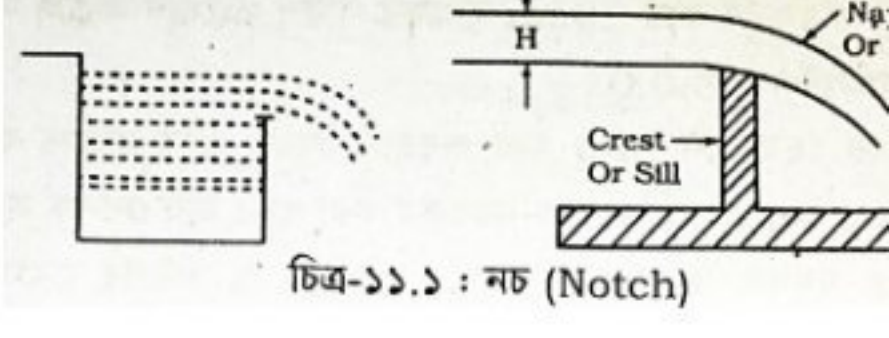
নচ দিয়ে প্রবাহ

১১.১	নচ।
১১.২	বিভিন্ন প্রকারের নচ, যেমন- আয়তাকার নচ, ভি-নচ এবং ট্রাপিজয়ডাল আকৃতি নচ।
১১.৩	আয়তাকার নচ,অপেক্ষা ভি-নচ ত্রিভুজকৃতির নচের সুবিধা।
১১.৪	আয়তাকার নচ, ত্রিভুজাকার নচ এবং ট্রাপিজয়ডাল নচ দিয়ে নির্গমনের পরিমাণ নির্ণয়।
১১.৫, ১১.৬ এবং ১১.৭	আয়তাকার ত্রিভুজাকার এবং ট্রাপিজয়ডাল নচের সূত্র ব্যবহার কওে নির্গমন নির্ণয়।

১১.১ নচ।

ইংরেজি Notch শব্দের অর্থ খাঁজ বা সংকীর্ণ পথ। কোন পাত্র বা জলাধারের এক পাশে পানির লেভেলে পানি প্রবাহের সংকীর্ণ বা অরিফিসকে নচ বলে।





চিত্র-১১.১ : নচ (Notch)

চিত্রে পানিভর্তি একটি পাত্র দেখা যাচ্ছে যার নচ দিয়ে পানি গড়িয়ে বের হচ্ছে। নচের উপরের তল বা কিনারাকে সিল (Sill) ব ক্রেস্ট (Crest) (চূড়া) বলে এবং নচের ভিতর দিয়ে পাতলা চাদরের মতো যে পানির স্তর প্রবাহিত হয় তাকে ন্যাপ (Nape) অথব ভেইন (Vein) (শিরা) বলে। তরলের নির্গমন পরিমাপের জন্য নচ ব্যবহৃত হয়।

১১.২ বিভিন্ন প্রকারের নচ, যেমন- আয়তাকার নচ, ভি-নচ এবং ট্রাপিজয়ডাল আকৃতি নচ।

বিভিন্ন প্রকারের নচ নিম্নরূপ :

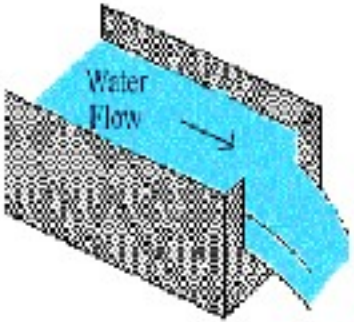
(ক) আয়তাকার নচ (Rectrangular notch),

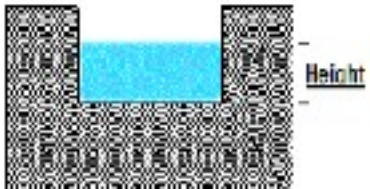
(খ) ত্রিভুজ আকৃতি বা ভি-নচ (Triangular or V-notch),

(গ) ট্রাপিজয়ডাল নচ (Trapezoidal notch),

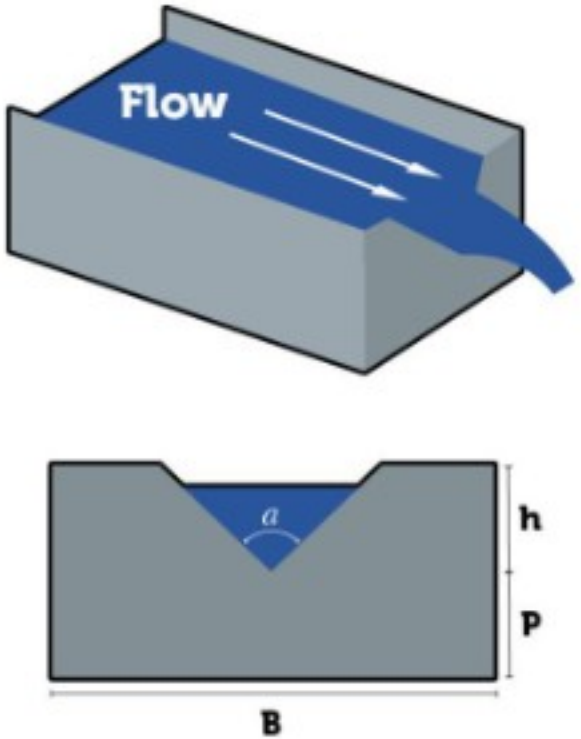
(ঘ) স্টেপড নচ (Stepped notch)।

(ক) আয়তাকার নচ (Rectrangular notch),





(খ) ত্রিভুজ আকৃতি বা ভি-নচ (Triangular or V-notch):



(গ) ট্রাপিজয়ডাল নচ (Trapezoidal notch):

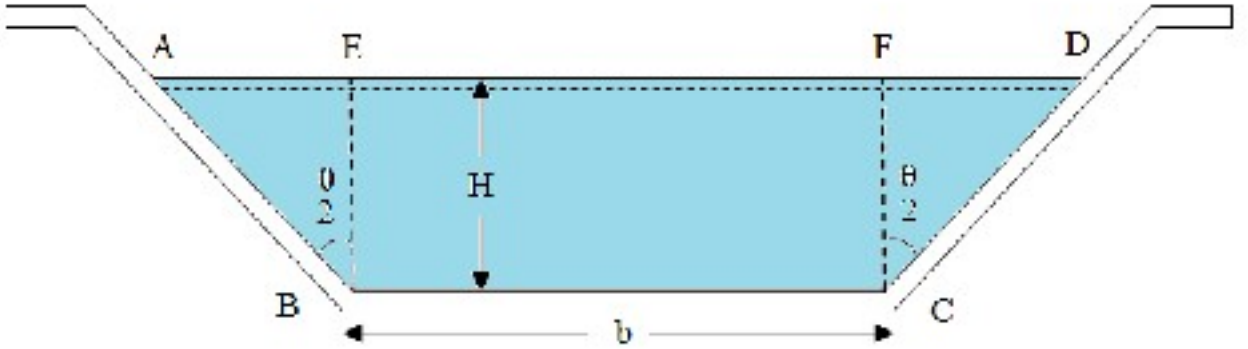
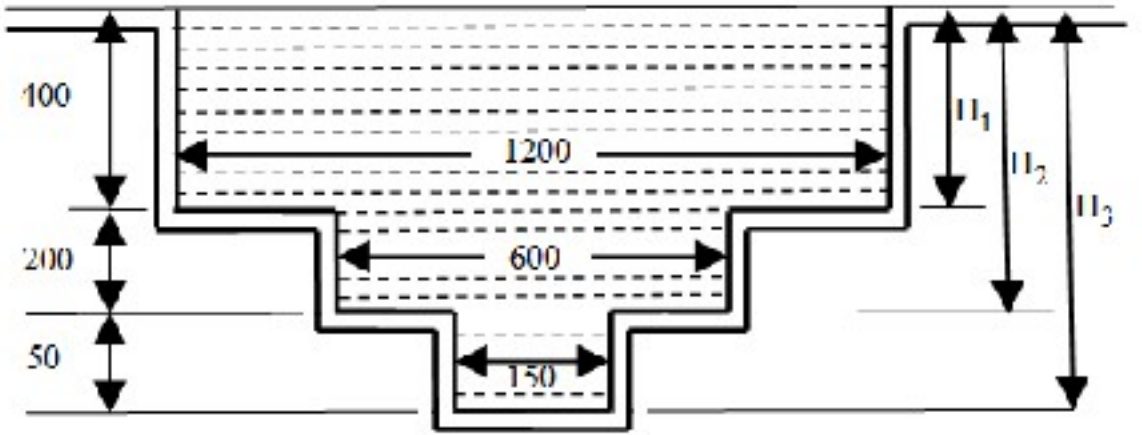


Fig : Trapezoidal Notch

(ঘ) স্টেপড নচ (Stepped notch):



১১.৩ আয়তাকার নচ ,অপেক্ষা ভি-নচ ত্রিভুজকৃতির নচের সুবিধা।

(১) নির্গমনের পরিমাণ নির্ণয় করার জন্য ত্রিভুজ আকৃতি নচ দিয়ে প্রবাহমান তরল পদার্থের গভীরতা একমাত্র পাঠই যথেষ্ট।

(২) যদি ত্রিভুজাকৃতি নচের কোণ 90° হয় তবে সূত্রটি মনে রাখা খুব সুবিধাজনক।

(৩) অল্প পরিমাণ নির্গমনের ক্ষেত্রে আয়তাকার নচ অপেক্ষা ভি-নচ দিয়ে অনেক সঠিক ফলাফল পা যায়।

(৪) একই ভি-নচ দিয়ে বিভিন্ন রকমের প্রবাহের পরিমাণ সঠিকভাবে নির্ণয় করা যায়।

Thank you

for your attention!

অধ্যায়-১২

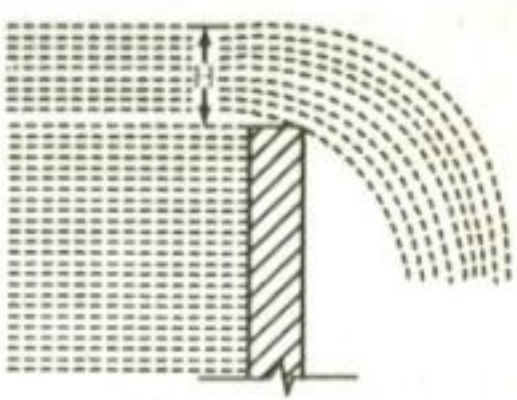
উইয়ারের মধ্য দিয়ে তরলের প্রবাহ নীতি

১২.১	উইয়ারের সংজ্ঞা।
১২.২	নচ ও উইয়ারের মধ্যে পার্থক্য।
১২.৩	আয়তাকার উইয়ারের জন্য ফ্রান্সিস-এর সূত্র।
১২.৪	আয়তাকার উইয়ারের জন্য বেজিন-এর সূত্র।
১২.৫ ও ১২.৬	ফ্রান্সিস ও বেজিন-এর সূত্র ব্যবহার করে আয়তাকার উইয়ার নির্গমন নির্ণয়।

স্বাগতম

১২.১ উইয়ারের সংজ্ঞা।

নদী বা খালের আড়াআড়ি কংক্রিট অথবা ম্যাশনারি দ্বারা নির্মিত এমন একটি বাঁধ, যার উজান পাশের অতিরিক্ত পানি সমস্ত দৈর্ঘ্যের উপর ভাটির পাশে গড়িয়ে পড়তে পারে এমন একটি কাঠামোকে উইয়ার ভাঙলে বাঁধ বলে। বাঁধের ক্ষেত্রে অতিরিক্ত পানির কিছুটা অংশ স্পিল ও উপর দিয়ে প্রবাহিত হয় কিন্তু উইয়ারে সমস্ত দৈর্ঘ্যের উপর দিয়ে অতিরিক্ত পানি প্রবাহিত হয়ে থাকে। উইয়ার নদী বা খালের নির্গমনের পরি নির্ণয়ের জন্য ব্যবহৃত হয়ে থাকে । নচের তুলনায় উইয়ার বড় আকারের হয়।
তাই বড় আকারের নচকে সাধারণত উইয়ার বলে। কোন খাল বা নদীর আড়াআড়ি নির্মিত বাঁধের উপরে পানির প্রবাহের পরিমাণ নির্ণয় ও নিয়ন্ত্রণের কাজে ব্যাপকভাবে উইয়ার ব্যবহৃত হয়।
তাত্ত্বিকভাবে সাধারণত আয়তাকার উইয়ার এবং আয়তাকার নচ-এর মধ্যে কোন পার্থক্য নেই। তাই কখনো ছোট নচের ক্ষেত্রেও উইয়ার কখ ব্যবহৃত হয়।



চিত্র-১২.১ : উইয়ার

নচ ও উইয়ারের মধ্যে একমাত্র পার্থক্য হলো, নচ আকারে ছোট কিন্তু উইয়ার আকারে বড়। এছাড়া নচ সাধারণত একটি পা

উইয়ারের প্রকারভেদ নিম্নরূপ :

(১) আকৃতি অনুসারে (According to Shape) উইয়ার দুই প্রকার। যথা-

(ক) আয়তাকার উইয়ার (Rectangular weir) ও

(খ) সিপোলিটি উইয়ার (Cippoletti weir)।

(২) সিল বা ক্রেস্ট-এর চওড়ার ভিত্তিতে (Depending upon the width of sill or crest) দুই প্রকার । যথা—

(ক) সংকীর্ণ ক্রেস্টের উইয়ার (Narrow crested weir) ও

(খ) প্রশস্ত ক্রেস্টের উইয়ার (Broad crested weir)।

(৩) নির্গমনের প্রকার অনুসারে (According to Type of Discharge) দুই প্রকার। যথা-

(ক) মুক্ত নির্গমন উইয়ার (Free discharge weir) ও

(খ) ডুবন্ত উইয়ার (Drowned or submerged weir)।

(৪) উইয়ারের ক্রেস্ট-এর গঠন অনুসারে (Based upon type of crest) দুই প্রকার। যথা—

(ক) ধারাল ক্রেস্ট বিশিষ্ট উইয়ার (Sharp crested weir) ও

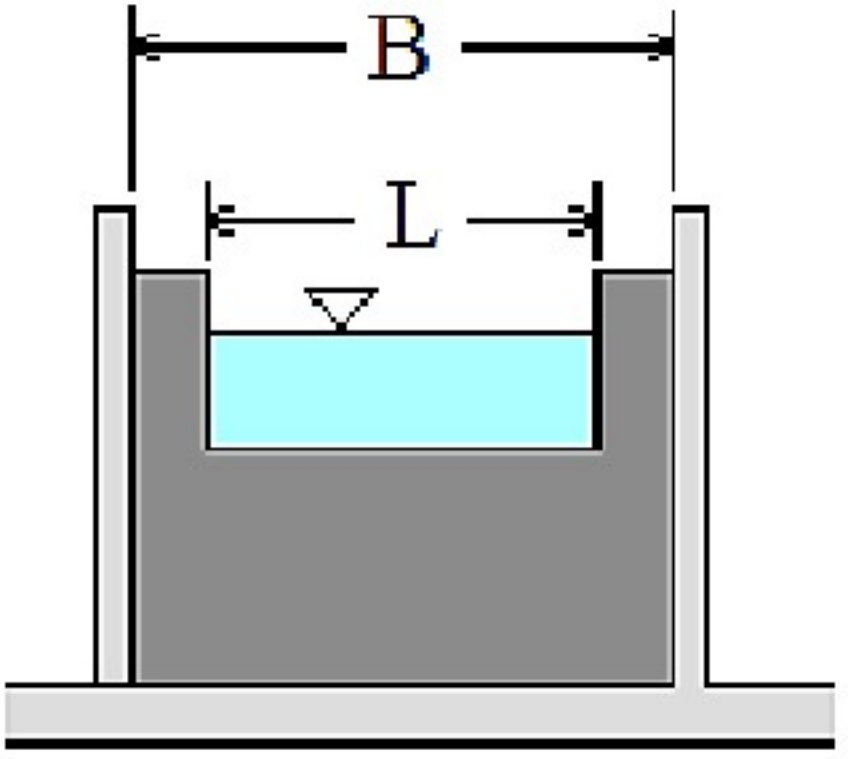
(খ) ওগি উইয়ার (Ogee weir)।

(৫) প্রান্তের সংকোচন অনুসারে (According to end contraction) দুই প্রকার। যথা—

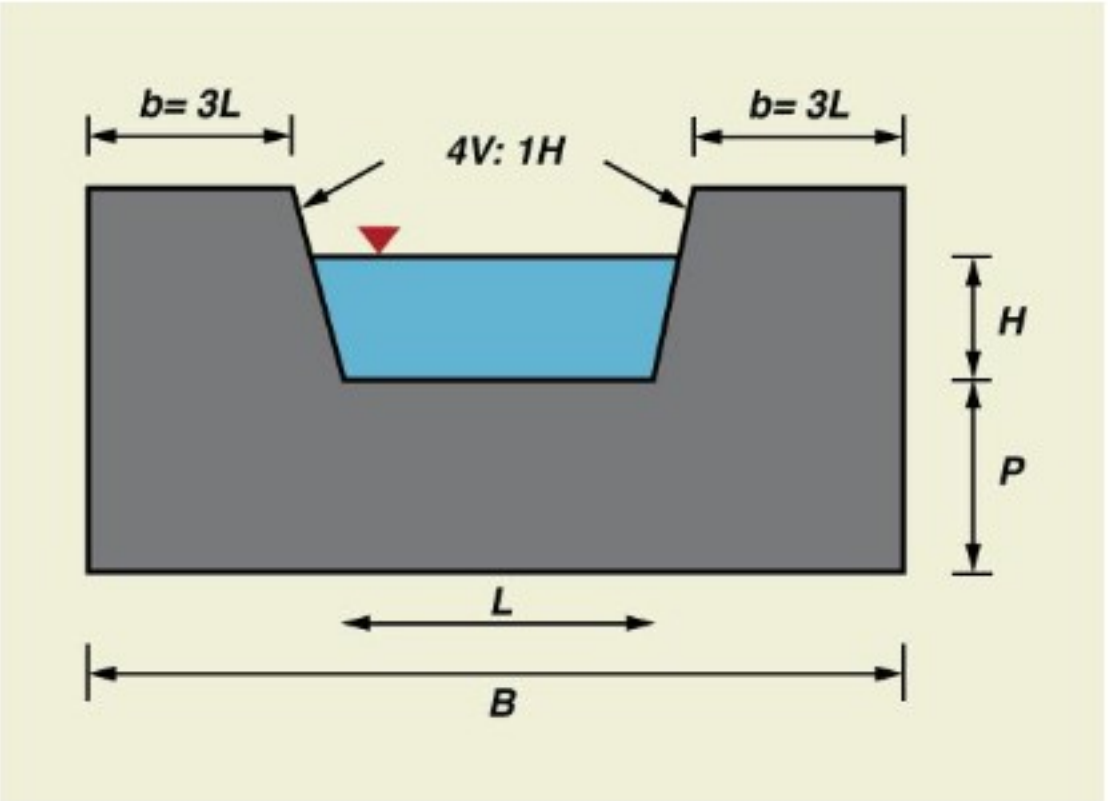
(ক) সংনমিত উইয়ার (Suppressed weir) ও

(খ) সংকুচিত প্রান্তবিশিষ্ট উইয়ার।

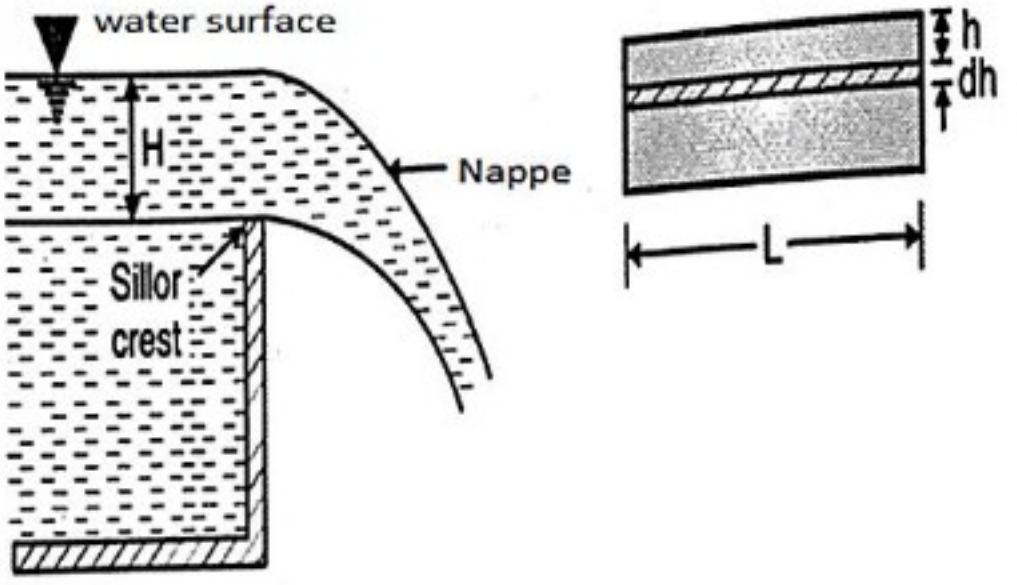
(ক) আয়তাকার উইয়ার (Rectangular weir):



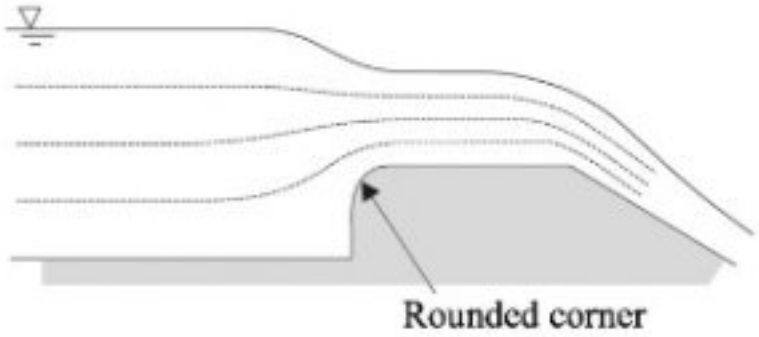
(খ) সিপোলিটি উইয়ার (Cippoletti weir):



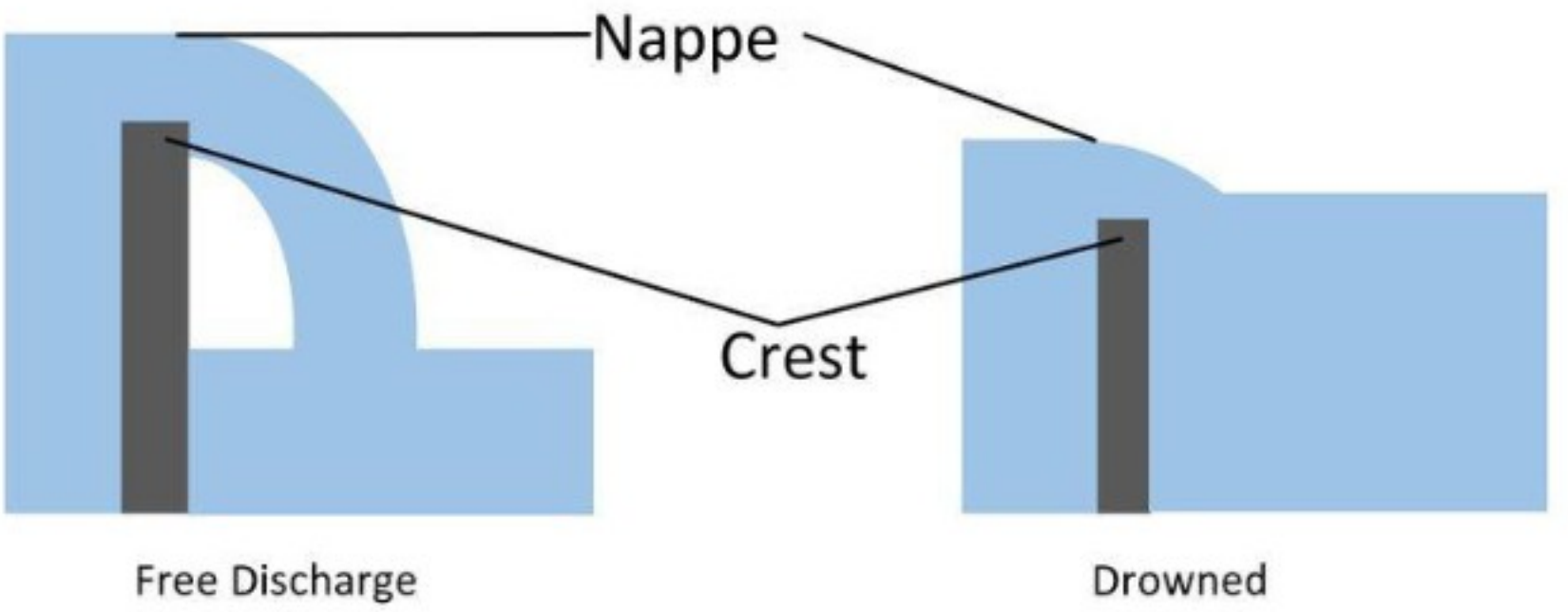
(ক) সংকীর্ণ ক্রেস্টের উইয়ার (Narrow crested weir):



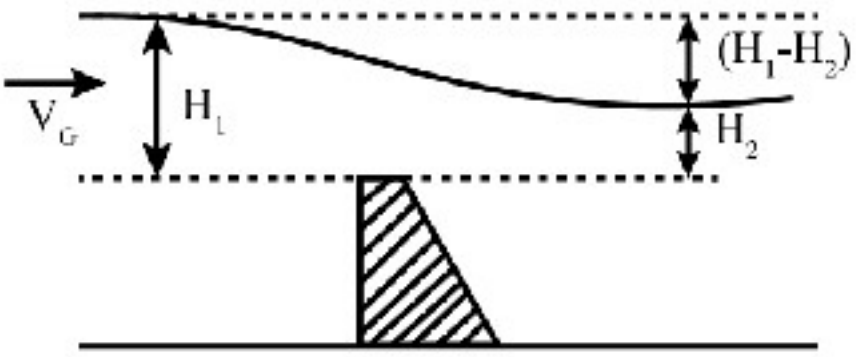
(খ) প্রশস্ত ক্রেস্টের উইয়ার (Broad crested weir):



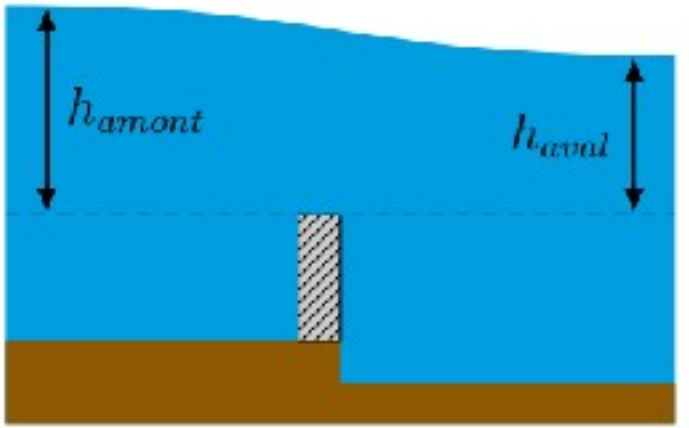
(ক) মুক্ত নির্গমন উইয়ার (Free discharge weir):



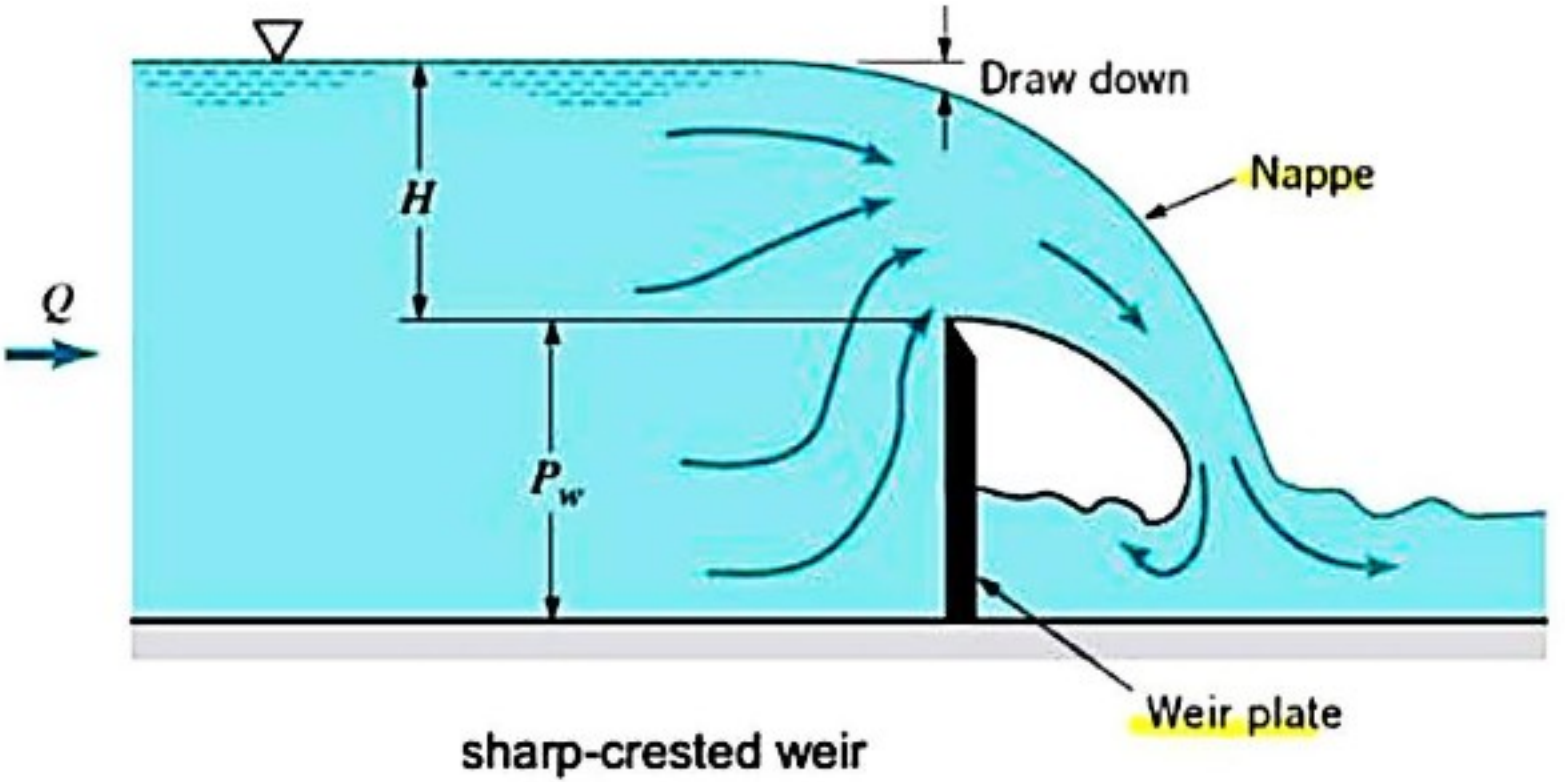
(খ) ডুবন্ত উইয়ার (Drowned or submerged weir):



Submerged weir

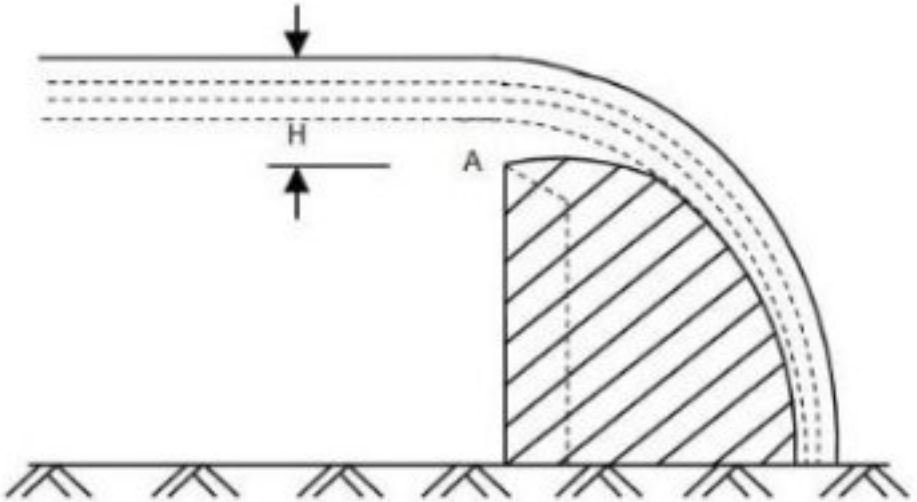


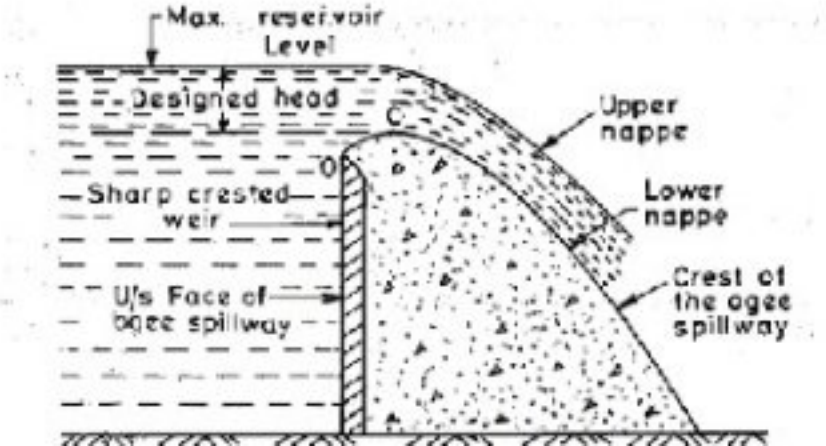
(ক) ধারাল ক্রেস্ট বিশিষ্ট উইয়ার (Sharp crested weir):



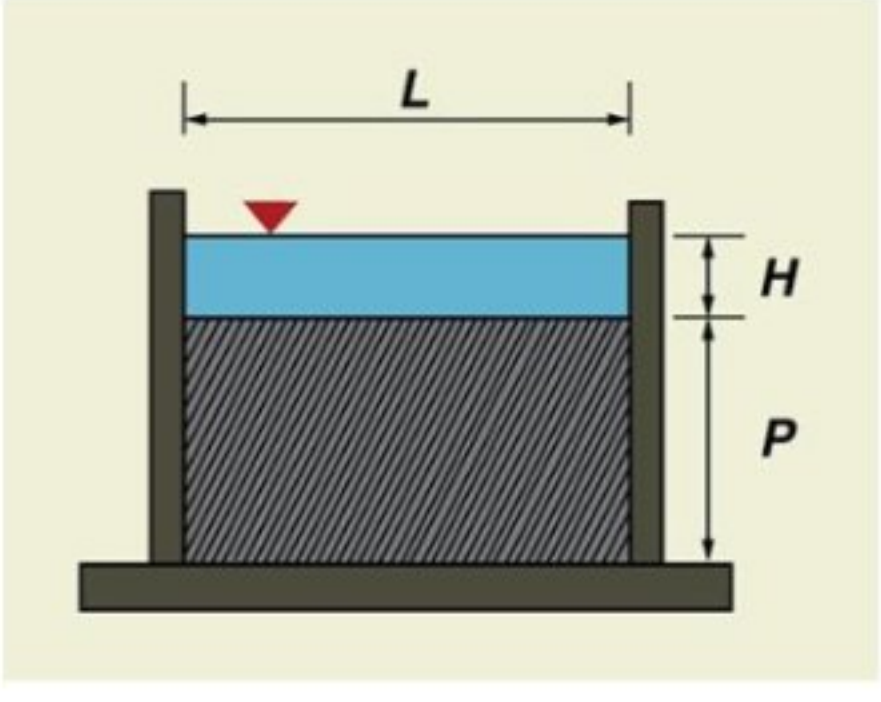
sharp-crested weir

(খ) ওগি উইয়ার (Ogee weir):





(ক) সংনমিত উইয়ার (Suppressed weir):



Thank you

for your attention!

অধ্যায়-১৩

খোলা চ্যানেল দিয়ে তরলের প্রবাহ

১৩.১ খোলা চ্যানেল, ভেজা পরিসীমা, হাইড্রোলিক ব্যাসার্ধ, স্বাভাবিক বা শান্ত এবং বিশৃঙ্খল প্রবাহ, রিনোল্ডের নাম্বার হাইড্রোলিক জাম্প, ক্রিটিক্যাল ডেপথ, সংকট বেগ ক্রিটিক্যাল ভেলোসিটি এবং হাইড্রোলিক ঢালের বর্ণনা।

১৩.২ বিভিন্ন প্রকারের খোলা নালা।

১৩.৩ চ্যাজির সূত্রের সাহায্যে খোলা চ্যানেলের প্রবাহ নির্ণয়।

১৩.৪ ম্যানিংস-এর সূত্রের সাহায্যে খোলা চ্যানেলের প্রবাহ নির্ণয়।

১৩.৫ আয়তাকার চ্যানেল সেকশনের সর্বাপেক্ষা উপযোগী বা মিতব্যয়ী শর্ত।

১৩.৬ কারেন্ট মিটার ও ফ্লোট এর ব্যবহার।

১৩.৭ কারন্টে মিটার এবং ফ্লোট এবং মাধ্যমে প্রবাহের গতিবেগ পরিমাণ।