দশম অধ্যায়

তৰলৰ যান্ত্ৰিক ধৰ্ম

(Mechanical Properties of Fluids)

10.1 আগকথা

10.2 চাপ

10.3 ধাৰাৰৈখিক সূত্ৰ

10.4 বাৰ্ণৌলিৰ সূত্ৰ

10.5 সান্দ্ৰতা

10.6 ৰেন'ল্ড সংখ্যা

সাৰাংশ

মন কৰিবলগীয়া

অনুশীলনী

অতিৰিক্ত অনুশীলনী

পৰিশিষ্ট

9.1 আগকথা (Introduction)

এই অধ্যায়ত আমি জুলীয়া আৰু গেছীয় পদাৰ্থৰ কিছুমান সাধাৰণ ভৌতিক ধৰ্মৰ বিষয়ে আলোচনা কৰিম। জুলীয়া আৰু গেছীয় পদাৰ্থ বৈ যাব পাৰে, সেইকাৰণে ইহঁতক তৰল (fluids) বুলি কোৱা হয়। গোটা পদাৰ্থৰ লগত জুলীয়া আৰু গেছীয় পদাৰ্থৰ এইটো এটা মূল পাৰ্থক্য।

আমাৰ চৌপাশ তৰলৰে ভৰা। বায়ুমণ্ডলৰ আৱৰণে পৃথিৱী ঢাকি ৰাখিছে আৰু ভূ-পৃষ্ঠৰ দুই-তৃতীয়াংশ পানীৰে ভৰি আছে। পানী যে কেৱল আমাৰ অস্তিত্বৰ কাৰণেই দৰকাৰী তেনে নহয়; প্ৰত্যেকটো স্তন্য প্ৰাণীৰ দেহ বেছিভাগেই পানী। উদ্ভিদ আৰু জীৱজগতৰ প্ৰত্যেক প্ৰক্ৰিয়াৰে বাহক হৈছে তৰল। সেইকাৰণেই তৰলৰ ধৰ্ম আৰু আচৰণ জনাটো আমাৰ কাৰণে অতি গুৰুত্বপূৰ্ণ কথা।

গোটা বস্তুৰ লগত তৰলৰ পাৰ্থক্য কি? গেছীয় আৰু জুলীয়া বস্তুৰ মাজত সাদৃশ্যই বা কি? আমি জানোঁ যে, গোটা বস্তুৰ দৰে তৰলৰ কোনো নিজস্ব আকৃতি নাই। গোটা আৰু জুলীয়া পদাৰ্থৰ এক নিৰ্দ্দিষ্ট আয়তন আছে; আনহাতে গেছীয় পদাৰ্থই তাক ৰখা পাত্ৰটোৰ সম্পূৰ্ণ আয়তন অধিকাৰ কৰে। আমি আগৰ অধ্যায়ত পাই আহিছো যে চাপ প্ৰয়োগ কৰি গোটা বস্তুৰ আয়তনৰ পৰিৱৰ্তন কৰিব পাৰি। গোটা, জুলীয়া আৰু গেছীয় সকলো পদাৰ্থৰে আয়তন নিৰ্ভৰ কৰে তাৰ ওপৰত প্ৰয়োগ হোৱা চাপ বা প্ৰতিচাপৰ ওপৰত। গোটা বা জুলীয়া পদাৰ্থৰ আয়তন বুলিলে সাধাৰণতে আমি এক বায়ুমণ্ডলীয় চাপত যি আয়তন তাকে বুজো। বাহ্যিক চাপৰ পৰিৱৰ্তন হ'লে গোটা আৰু জুলীয়া পদাৰ্থৰ আয়তনৰ পৰিৱৰ্তন গেছীয় পদাৰ্থৰ আয়তনৰ পৰিৱৰ্তনৰ তুলনাত নগণ্য। গেছীয় পদাৰ্থৰ লগত গোটা আৰু জুলীয়া পদাৰ্থৰ এইটো এটা উল্লেখযোগ্য পাৰ্থক্য। অৰ্থাৎ গোটা আৰু জুলীয়া পদাৰ্থৰ সংকোচন গুণাংক (compressibility) গেছীয় পদাৰ্থৰ

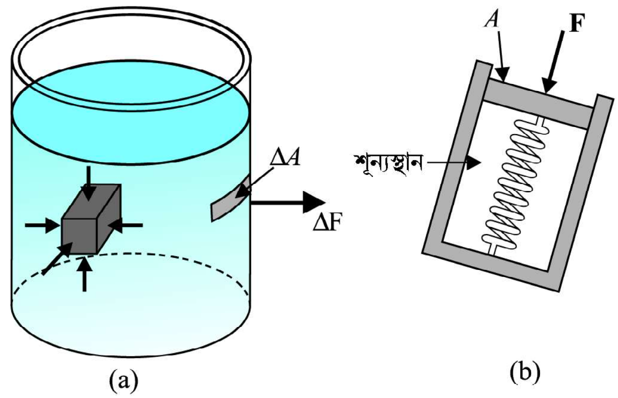
সংকোচন গুণাংকতকৈ বহুত কম।

ৰূপ প্ৰতিচাপে বস্তু এটাৰ আয়তন সলনি নকৰাকৈ আকাৰৰ পৰিৱৰ্তন ঘটায়। তৰলৰ এটা প্ৰধান ধৰ্ম হ'ল— আকৃতি পৰিৱৰ্তনকাৰী বাহ্যিক চাপ বা বলক প্ৰতিৰোধ কৰাৰ ক্ষমতা তৰলৰ কম। আকৃতি পৰিৱৰ্তনকাৰী খুব কম চাপৰ প্ৰভাৱতে তৰলৰ আকৃতিৰ পৰিৱৰ্তন হয়। তৰলৰ ৰূপ প্ৰতিচাপ গোটা পদাৰ্থৰ তুলনাত প্ৰায় দহ লাখ (এক মিলিয়ন) গুণে কম।

10.2 চাপ (Pressure)

জোঙা বেজী এটাৰে খুচিলে আমাৰ চালত বিন্ধা হৈ যায়। কিন্তু ভোটা বস্তু এটাৰে (যেনে ঃ ধৰা চামুচ এখনৰ পিছফালেৰে) একে সমান বলেৰে হেঁচিলে চালখনৰ একো নহয়। মানুহ এজনৰ বুকুৰ ওপৰত হাতী এটা যদি থিয় হয় তেনেহ'লে হাড়বোৰ ভাঙি চুৰমাৰ হ'ব। কিন্তু চাৰ্কাচত মানুহৰ ওপৰত হাতী উঠা খেলাত এনেকুৱা অঘটন নঘটে। চাৰ্কাচত দেখুওৱা এটা খেলত মানুহজনৰ বুকুৰ ওপত প্ৰথমে পাতল কিন্তু মজবুত কাঠৰ বহল টুকুৰা পাৰি তাৰ ওপৰত হাতীৰ ভৰি থ'ব দিয়া হয়। সদায় প্ৰত্যক্ষ কৰা এনেকুৱা বহুত ঘটনাই আমাক এটা বস্তু শিকায়— বল আৰু বল প্ৰয়োগ কৰা তলৰ কালি দুয়োটাই গুৰুত্বপূৰ্ণ। বল প্ৰয়োগ কৰা তলৰ কালি যিমানেই সৰু হ'ব সিমানেই বলৰ প্ৰভাৱ (impact) বেছি হ'ব। এই ধাৰণাটোকেই আমি চাপ (pressure) বুলি কওঁ।

কোনো এটা বস্তু স্থিৰ অৱস্থাত থকা তৰলত ডুবাই ৰাখিলে তৰলটোৱে বস্তুটোৰ পৃষ্ঠভাগৰ ওপৰত এটা বল প্ৰয়োগ কৰে। এই বল পৃষ্ঠখনৰ সকলো ঠাইতে লম্ব দিশত প্ৰয়োগ হয়। এই বল যদি লম্বদিশত নহ'লহেঁতেন তেনেহ'লে পৃষ্ঠখনৰ সমান্তৰালভাবে ইয়াৰ এটা উপাংশ থাকিলহেঁতেন আৰু নিউটনৰ তৃতীয় সূত্ৰ অনুসৰি পৃষ্ঠখনেও তাৰ সমান্তৰালভাবে তৰলটোৰ ওপৰত এটা বল প্ৰয়োগ কৰিলেহেঁতেন। এই বলৰ প্ৰভাৱত পৃষ্ঠখনৰ সমান্তৰালভাবে তৰলৰ এটা গতি থাকিলহেঁতেন। কিন্তু আমি ধৰি লৈছো যে তৰলটো স্থিৰ অৱস্থাত আছে; গতিকে তেনেকুৱা গতি থাকিব নোৱাৰে। গতিকে স্থিৰ অৱস্থাত থকা তৰলে তাৰ সংস্পৰ্শত থকা যিকোনো পৃষ্ঠৰ ওপৰত সদায় লম্বভাবে বল প্ৰয়োগ কৰে। চিত্ৰ 10.1 (a)ত এইটো দেখুওৱা হৈছে।



চিত্ৰ 10.1 *(a) এটা পাত্ৰত ৰখা তৰলে তাত ডুব গৈ থকা যিকোনো বস্তুৰ ওপৰত আৰু বেৰত সদায় লম্বভাবে বল প্ৰয়োগ কৰে।*
(b) চাপ জুখিবৰ কাৰণে এক আদৰ্শ সঁজুলি।

পৃষ্ঠৰ কোনো বিন্দুত তৰলে প্ৰয়োগ কৰা এই লম্ব বলৰ মান জুখিব পাৰি। চাপ জুখিব পৰা এক আৰ্হি স্বৰূপ সঁজুলি চিত্ৰ 10.1(b) ত দেখুওৱা হৈছে। ইয়াৰ গঠন অতি সাধাৰণ। বায়ুশূন্য প্ৰকোষ্ঠ এটাৰ ভিতৰত এডাল দাগ কটা স্প্ৰিঙৰ এটা মূৰ এটা পিষ্টনত আৰু আনটো মূৰ প্ৰকোষ্ঠৰ ভিতৰত লগোৱা থাকে। পিষ্টনটোৰ ওপৰত প্ৰয়োগ হোৱা বল স্প্ৰিংডালৰ দাগ চাই উলিয়াব পাৰি। সঁজুলিটো তৰলৰ ভিতৰত সুমুৱাই ৰখা হয়। এই অৱস্থাত তৰলটোৱে পিষ্টনটোৰ ওপৰত প্ৰয়োগ কৰা অৰ্ন্তমুখী বলক স্প্ৰিংডালে প্ৰয়োগ কৰা বৰ্হিমুখী বলে সন্তুলিত কৰে। গতিকে স্প্ৰিংডালত সৃষ্টি হোৱা বলেই তৰলে প্ৰয়োগ কৰা বলৰ মান হ'ব। যদি পিষ্টনটোৰ কালি A, তৰলে প্ৰয়োগ কৰা লম্ব বল F হয়, তেনেহ'লে প্ৰতি একক কালিৰ ওপৰত প্ৰয়োগ হোৱা লম্ব বলৰ মানেই **গড় চাপ** P_{av}।

অৰ্থাৎ

$$P_{av} = \frac{F}{A} \qquad (10.1)$$

নীতিগতভাৱে, পিষ্টনৰ প্ৰস্থচ্ছেদ আমি যিমান মন যায় সিমান সৰু বুলি ভাবিব পাৰোঁ। তেতিয়া সীমাৰ (limit) ধাৰণাৰ পৰা যিকোনো এটা বিন্দুত চাপৰ সংজ্ঞা এনেদৰে দিব পাৰি—

$$P = \lim_{\Delta A \to 0} \frac{\Delta F}{\Delta A} \qquad (10.2)$$

চাপ এটা স্কেলাৰ ৰাশি। সমীঃ (10.1) আৰু (10.2)ৰ লৱত বল F আছে, যিটো এটা ভেক্টৰ ৰাশি। গতিকে চাপকো ভেক্টৰ ৰাশি যেন লাগিব পাৰে, কিন্তু সেইটো নহয়। মনত ৰাখিবা যে, ইয়াত আচলতে F এ পৃষ্ঠখনৰ কালিৰ ওপৰত বলৰ লম্ব উপাংশকহে বুজাইছে। চাপৰ মাত্ৰা হৈছে $[ML^{-1}T^{-2}]$ । ইয়াৰ এছ আই একক Nm^{-2}। ব্লে’ পাচকেল (Blaise Pascal, 1623-1662) নামৰ এজন ফৰাচী বিজ্ঞানীয়ে তৰলৰ চাপৰ ওপৰত বিস্তৰ গৱেষণা কৰিছিল। তেওঁৰ সন্মানাৰ্থে চাপৰ এচ আই এককক (Nm^{-2}) এক পাচকেল (Pa) বুলি কোৱা হয়। আমি সাধাৰণতে ব্যৱহাৰ কৰা চাপৰ এটা একক হ’ল এক বায়ুমণ্ডলীয় চাপ (one atmospheric pressure, atm)। এক বায়ুমণ্ডলীয় চাপ (atm) মানে হ’ল সাগৰ পৃষ্ঠৰ ওপৰত বায়ুমণ্ডলে দিয়া চাপ। ইয়াৰ মান 1atm $= 1.013 \times 10^5$ Pa।

তৰলৰ ধৰ্ম অধ্যয়নত আন এটা অপৰিহাৰ্য ৰাশি হ’ল ইয়াৰ ঘনত্ব ρ m ভৰৰ আৰু V আয়তনৰ একে তৰলৰ ঘনত্ব হ’ল—

$$\rho = \frac{m}{V} \qquad (10.3)$$

ঘনত্বৰ মাত্ৰা $[ML^{-3}]$ আৰু ইয়াৰ এছ আই একক kgm^{-3}। ঘনত্ব এটা ধনাত্মক স্কেলাৰ ৰাশি। জুলীয়া পদাৰ্থ যিহেতু প্ৰায় অসংকোচনীয় সেয়েহে সকলো চাপতে ইয়াৰ ঘনত্ব প্ৰায় একে থাকে। আনহাতে গেছীয় পদাৰ্থৰ ক্ষেত্ৰত চাপৰ লগত ঘনত্বৰ পৰিৱৰ্তন বহু পৰিমাণে হয়।

4^oC (277K) উষ্ণতাত পানীৰ ঘনত্ব $1.0 \times 10^3 kg\,m^{-3}$। *কোনো এটা পদাৰ্থৰ আপেক্ষিক ঘনত্ব হ’ল পদাৰ্থটোৰ ঘনত্ব আৰু 4^oC উষ্ণতাৰ পানীৰ ঘনত্বৰ অনুপাত।* এইটো এটা মাত্ৰাহীন ধনাত্মক স্কেলাৰ ৰাশি। উদাহৰণ স্বৰূপে, এলুমিনিয়ামৰ আপেক্ষিক ঘনত্ব হ’ল 2.7। গতিকে ইয়াৰ ঘনত্ব $27 \times 10^3 kgm^{-3}$। তালিকা 10.1ত কেইটামান সাধাৰণ তৰলৰ ঘনত্ব দেখুওৱা হৈছে।

তালিকা 10.1 প্ৰমাণ উষ্ণতা আৰু চাপত (STP) কেইবিধমান সাধাৰণ তৰলৰ (প্ৰমাণ উষ্ণতা আৰু চাপ হ’ল 0^oC আৰু 1 atm চাপ) ঘনত্ব।

তৰল	$\rho(kgm^{-3})$
পানী	1.00×10^3
সাগৰীয় পানী	1.03×10^3
পাৰা	13.6×10^3
ইথাইল এলকহল	0.806×10^3
তেজ (whole blood)	1.06×10^3
বায়ু	1.29
অক্সিজেন	1.43
হাইড্ৰজেন	9×10^{-2}
আন্তঃনাক্ষত্ৰিক মহাকাশ (Inter stellar space)	$\approx 10^{-20}$

▶**উদাহৰণ 10.1** এজন মানুহৰ উৰুহাড় (femur) দুডালৰ প্ৰত্যেকৰে প্ৰস্থচ্ছেদৰ কালি $10.cm^2$। এই হাড় দুডালে মানুহজনৰ ওপৰ অংশৰ 40kg ভৰ বহন কৰে। উৰুহাড় দুডালৰ প্ৰত্যেকৰে ওপৰত পৰা গড় চাপৰ মান নিৰ্ণয় কৰা।

উত্তৰ ঃ উৰু হাড় দুডালৰ মুঠ কালি,

$$A = 2 \times 10 cm^2 = 20 \times 10^{-4} m^2।$$

সিহঁতৰ ওপৰত প্ৰয়োগ হোৱা বল

$$F = 40 \text{ kg wt} = 40 \times 10N = 400N$$

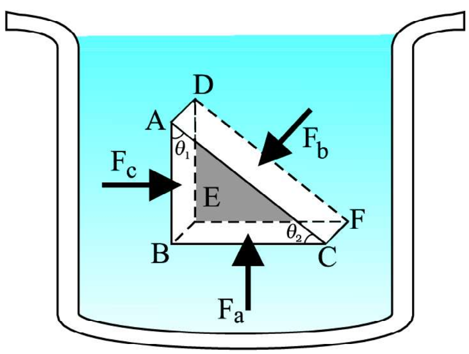
(ইয়াত $g = 10 m/s^2$ ধৰা হৈছে।)

এই বলে উলম্বভাৱে তলৰ ফালে ক্ৰিয়া কৰিছে। গতিকে উৰু হাড়ৰ ওপৰত এই বলে লম্বভাৱে ক্ৰিয়া কৰিছে। গতিকে গড় চাপ হ'ব,

$$P_{av} = \frac{F}{A} = 2 \times 10^5 \text{ N m}^{-2}$$

10.2.1 পাস্কেলৰ নীতি (Pascal's Law)

ব্লেইজ পাস্কেল (Blaise Pascal) নামৰ ফৰাচী বিজ্ঞানী এজনে পৰীক্ষাৰ পৰা পাইছিল যে স্থিৰ তৰল এটাৰ ভিতৰত একে গভীৰতাত থকা সকলো বিন্দুতে তৰলৰ চাপ একে। এটা অতি সৰল পদ্ধতিৰে আমি এই কথাটো প্ৰদৰ্শন কৰিব পাৰো।



চিত্ৰ 10.2 *পাস্কেলৰ নীতিৰ প্ৰমাণ। সুস্থিৰ অৱস্থাত থকা তৰলৰ অন্তৰ্ভাগৰ এটা অংশ হ'ল ABC-DEF এই অংশটো এটা সমকোণীয় প্ৰিজমৰ আকাৰত লোৱা হৈছে। তৰলৰ এই অংশটো ইমান সৰু যে ইয়াৰ ওপৰত থকা মাধ্যাকৰ্ষণিক বল উপেক্ষা কৰিব পাৰি। মাত্ৰ বুজিবৰ সুবিধাৰ কাৰণে এই প্ৰিজম আকাৰৰ তৰলৰ খণ্ডটো ডাঙৰ কৰি দেখুওৱা হৈছে।*

চিত্ৰ 10.2 ত স্থিৰ অৱস্থাত থকা তৰল এটাৰ ভিতৰৰ এটা অংশ দেখুওৱা হৈছে। ABC-DEF এই অংশটো এটা সমকোণীয় প্ৰিজমৰ (right angled prism) আকাৰত লোৱা হৈছে। নীতিগতভাৱে তৰলৰ এই প্ৰিজম খণ্ডটো ইমান সৰু যে ইয়াৰ প্ৰত্যেক অংশকে তৰল পৃষ্ঠৰ পৰা সমান গভীৰতাত থকা বুলি ধৰিব পাৰি। তেতিয়া হ'লে ইয়াৰ প্ৰত্যেক বিন্দুতে মাধ্যাকৰ্ষণৰ প্ৰভাৱ একে হ'ব। মাত্ৰ বুজিবৰ সুবিধাৰ কাৰণে এই প্ৰিজম খণ্ডটো ডাঙৰ কৰি দেখুওৱা হৈছে। এই অবয়ৱটোৰ (প্ৰিজম খণ্ডৰ) ওপৰত তৰলৰ বাকী অংশই বল প্ৰয়োগ কৰিব আৰু এই বলবোৰে প্ৰিজমটোৰ প্ৰত্যেক তলৰ ওপৰত লম্বভাৱে ক্ৰিয়া কৰিব। গতিকে যদি BEFC, ADFC আৰু ADEB পৃষ্ঠকেইখনৰ কালি ক্ৰমে A_a, A_b আৰু A_c হয় আৰু সিহঁতৰ ওপৰত লম্বভাৱে ক্ৰিয়া কৰা বল যথাক্ৰমে F_a, F_b আৰু F_c আৰু চাপ P_a, P_b আৰু P_c হয়, তেনেহ'লে চিত্ৰ 10.2 ৰ পৰা আমি পাওঁ, $F_b \sin\theta = F_c$ $F_b \cos\theta = F_a$ (সাম্য অৱস্থাৰ বাবে) $A_b \sin\theta = A_c$, $A_b \cos\theta = A_a$ (জ্যামিতিৰ পৰা)

গতিকে,

$$\frac{F_b}{A_b} = \frac{F_c}{A_c} = \frac{F_a}{A_a};$$

বা $$P_b = P_c = P_a \qquad (10.4)$$

অৰ্থাৎ স্থিৰ অৱস্থাত থকা এটা তৰলৰ কোনো বিন্দুত সকলো দিশতে চাপ একে। এইটোৱে আমাক এটা কথা আকৌ সোঁৱৰাই দিয়ে যে প্ৰতিচাপ যিদৰে এটা ভেক্টৰ নহয়, তেনেকৈয়ে চাপো ভেক্টৰ ৰাশি নহয়। চাপৰ লগত কোনো দিশ সংযুক্ত কৰিব নোৱাৰি। স্থিৰ অৱস্থাৰ তৰলটোৰ অন্তঃভাগত থকা অথবা তাৰ বেৰ হিচাবে থকা কোনো একক কালিৰ ওপৰত তৰলটোৱে সদায় লম্বভাৱে চাপ প্ৰয়োগ কৰে, সেই কালিৰ দিক্‌বিন্যাসৰ (orientation) ওপৰত চাপ নিৰ্ভৰ নকৰে।

এইবাৰ আনুভূমিক দিশত থকা আৰু সুষম প্ৰস্থচ্ছেদৰ দণ্ডৰ আকাৰৰ তৰলৰ এক অৱয়ৱ কল্পনা কৰা। দণ্ডৰ আকাৰৰ এই তৰলখিনি (বা তৰলৰ দণ্ডডাল) সাম্যাৱস্থাত আছে। দণ্ডডালৰ দুয়োমূৰত তৰলে প্ৰয়োগ কৰা বলে ইটোৱে সিটোক প্ৰশমিত কৰিছে; অৰ্থাৎ দুয়োমূৰত প্ৰয়োগ হোৱা চাপ সমান। ইয়াৰ পৰা আমি এইটো সিদ্ধান্ত কৰিব পাৰো যে, সুস্থিৰ অৱস্থাত থকা এটা তৰলৰ যিকোনো আনুভূমিক তলৰ

প্ৰত্যেকটো বিন্দুতে চাপৰ মান সমান। যদিহে আনুভূমিক তলৰ প্ৰত্যেক বিন্দুত চাপ একে নাথাকে, তেনেহ'লে বেলেগ বেলেগ বিন্দুৰ মাজত এক লব্ধ বল থাকিব আৰু ইয়াৰ ফলত তৰলটো স্থিৰে নাথাকি প্ৰৱাহিত হ'ব। গতিকে স্ৰোতহীন তৰল এটাৰ ভিতৰৰ এখন আনুভূমিক তলত থকা প্ৰত্যেক বিন্দুত চাপ সমান। চাপৰ পাৰ্থক্যৰ কাৰণে হোৱা বায়ুৰ প্ৰৱাহেই হ'ল বতাহ।

10.2.2 গভীৰতাৰ লগত চাপৰ পৰিৱৰ্তন (Variation of Pressure with Depths)

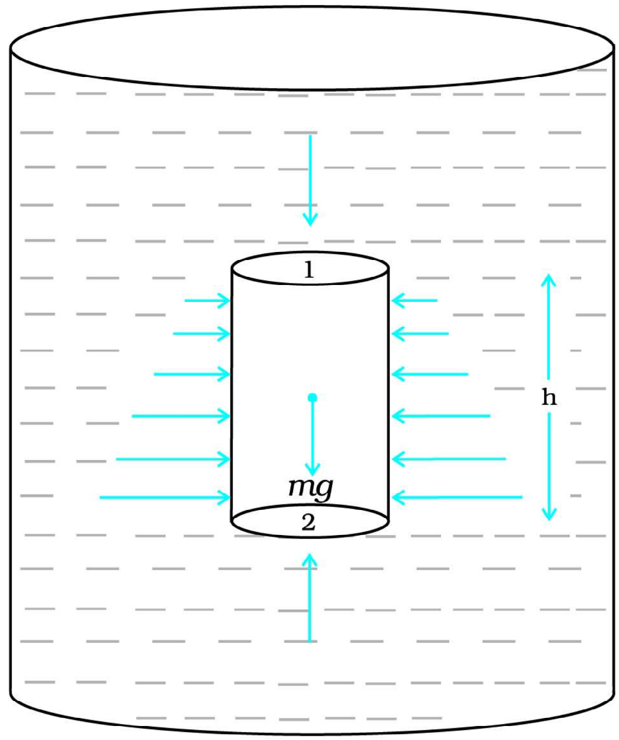
পাত্ৰ এটাত স্থিৰ অৱস্থাত থকা তৰল এটাৰ কথাকে ধৰা যাওক। চিত্ৰ 10.3 ত দেখুওৱা 1 নং বিন্দুটো 2নং বিন্দুতকৈ h উচ্চতাত আছে। 1নং আৰু 2নং বিন্দুত চাপ যথাক্ৰমে P_1আৰু P_2। এতিয়া A ভূমি-কালি (base area) বিশিষ্ট আৰু h উচ্চতাৰ এটা তৰলৰ চুঙাৰ কথা কল্পনা কৰা। তৰলৰ চুঙাটো যিহেতু সাম্যৱস্থাত স্থিৰে আছে গতিকে ইয়াৰ ওপৰত লব্ধ আনুভূমিক বল শূন্য হ'ব আৰু লব্ধ উলম্ব বলে চুঙাটোৰ ভাৰ বহন কৰিব। চুঙাটোৰ ওপৰমুখত তৰলটোৱে তললৈ প্ৰয়োগ কৰা বল P_1A আৰু তলৰ মুখত তৰলটোৱে ওপৰলৈ প্ৰয়োগ কৰা বল হ'ল P_2A। যদি চুঙাটোৰ তৰলখিনিৰ ওজন mg হয়, তেনেহ'লে—

$$(P_2 - P_1)A = mg \qquad (10.5)$$

যদি তৰলটোৰ ঘনত্ব ρ হয়, তেনেহ'লে $m = \rho V = \rho hA$। গতিকে সমীকৰণ (10.5)ৰ পৰা

$$P_2 - P_1 = \rho gh \qquad (10.6)$$

সমীকৰণ (10.6) ৰ পৰা দেখা যায় যে, দুটা বিন্দুৰ (1 আৰু 2) মাজৰ চাপৰ পাৰ্থক্য বিন্দু দুটাৰ মাজৰ উলম্ব দূৰত্ব h, তৰলৰ ভৰ ঘনত্ব ρ আৰু মাধ্যাকৰ্ষণিক ত্বৰণ 'g' ৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে। এতিয়া যদি আলোচিত 1 নং বিন্দুটো একেবাৰে তৰলৰ মুক্ত পৃষ্ঠত (ধৰি লোৱা



চিত্ৰ 10.3 *তৰলৰ ওপৰত মাধ্যাকৰ্ষণিক বলৰ প্ৰভাৱ। উলম্বভাৱে ৰখা চুঙাকৃতিৰ এক তৰল স্তম্ভৰ ওপৰত ক্ৰিয়া কৰা চাপৰ জৰিয়তে মাধ্যাকৰ্ষণৰ প্ৰভাৱ ব্যাখ্যা কৰা হৈছে।*

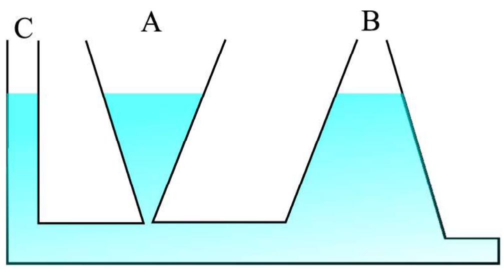
তৰলটো পানী) বুলি ধৰা হয় তেনেহ'লে আমি P_1 ৰ ঠাইত বায়ুমণ্ডলীয় চাপ P_a বুলি লিখিব পাৰো, কাৰণ তৰলটোৰ মুক্ত পৃষ্ঠত চাপ হৈছে বায়ুমণ্ডলীয় চাপ। এতিয়া P_2 ৰ সলনি P লিখিলে সমীকৰণ (10.6) ৰ নতুন ৰূপ হ'ব।

$$P = P_a + \rho gh \qquad (10.7)$$

গতিকে এটা জুলীয়া পদাৰ্থৰ মুক্ত পৃষ্ঠত যদি বায়ুমণ্ডলীয় চাপ থাকে, তেনেহ'লে পৃষ্ঠৰ পৰা 'h' গভীৰতাত চাপ বায়ুমণ্ডলীয় চাপতকৈ $h\rho g$ পৰিমাণে বেছি হ'ব। h গভীৰতাত থকা এটা বিন্দুত এই অতিৰিক্ত চাপক $(P - P_a)$ সেই বিন্দুটোৰ **গেজ-চাপ বা মাপক চাপ** (gauge pressure) বোলা হয়।

পৰম চাপ (absolute pressure) Pক প্ৰকাশ কৰা সমীকৰণটোত (সমীকৰণ 10.7) চুঙাটোৰ প্ৰস্থচ্ছেদৰ

(A) কোনো ভূমিকা নাই যিহেতু সমীকৰণটোত এই ৰাশিটো নাই। গতিকে তৰলৰ চাপৰ ক্ষেত্ৰত তৰল স্তম্ভৰ উচ্চতাহে (h) গুৰুত্বপূৰ্ণ কথা, পাত্ৰটোৰ প্ৰস্থচ্ছেদ বা ভূমিৰ কালি অথবা ইয়াৰ আকাৰৰ কোনো গুৰুত্ব নাই। একে গভীৰতাত থকা আনুভূমিক তলৰ প্ৰত্যেক বিন্দুতে তৰলৰ চাপ সমান। এই সিদ্ধান্তটো বুজিবৰ কাৰণে জলস্থৈতিক বিসংগতি (hydrostaic paradox) নামেৰে এটা সুন্দৰ উদাহৰণ আছে। চিত্ৰ 10.4 ত দেখুওৱা ধৰণে A, B, C তিনিটা বেলেগ বেলেগ আকাৰৰ পাত্ৰ বিবেচনা কৰা।



চিত্ৰ 10.4 *জলস্থিতি সাঁথৰৰ (hydrostatic paradox) চিত্ৰৰ সহায়ত ব্যাখ্যা। A, B, C তিনিটা পাত্ৰত বেলেগ বেলেগ পৰিমাণৰ জুলীয়া পদাৰ্থ আছে, কিন্তু তিনিওটাতে উচ্চতা একে।*

পাত্ৰকেইটাৰ তলৰ অংশ এডাল আনুভূমিক নলীৰ দ্বাৰা সংযোগ কৰা আছে। পাত্ৰকেইটাত পানী ঢালি দিলে দেখা যায় যে পানীৰ উচ্চতা প্ৰত্যেকটোতে সমান হয়, যদিওবা প্ৰত্যেকটো পাত্ৰতে মুঠ পানীৰ পৰিমাণ বেলেগ বেলেগ। ইয়াৰ কাৰণ হৈছে যে প্ৰত্যেকটো পাত্ৰৰ নিম্নভাগ একে আনুভূমিক তলত থকা কাৰণে পানীৰ চাপ প্ৰত্যেকতে একে।

> ▶**উদাহৰণ 10.2** হ্ৰদ এটাৰ জলপৃষ্ঠৰ পৰা 10m গভীৰতাত থকা সাঁতোৰবিদ এজনৰ ওপৰত চাপ কিমান?

উত্তৰ ঃ ইয়াত দিয়া আছে

h = 10m, ρ = 1000kg m^{-3} আৰু ধৰি লোৱা g = 10ms^{-2} গতিকে সমীকৰণ (10.7)ৰ পৰা

$$P = P_a + \rho gh$$
$$= 1.01 \times 10^5 \text{ Pa} + 1000 \text{ kg m}^{-3} \times 10 \text{ m s}^{-2} \times 10 \text{ m}$$
$$= 2.01 \times 10^5 \text{ Pa} \approx 2 \text{ atm}$$

মন কৰা যে, জলপৃষ্ঠত থকা চাপৰ তুলনাত এই চাপ প্ৰায় 100% বেছি। আকৌ গভীৰতা যদি 1 km হয় তেনেহ'লে চাপৰ বৃদ্ধি হ'ব 100 atm। এই প্ৰচণ্ড চাপ সহ্য কৰিব পৰাকৈ চাবমেৰিন প্ৰস্তুত কৰা হয়।

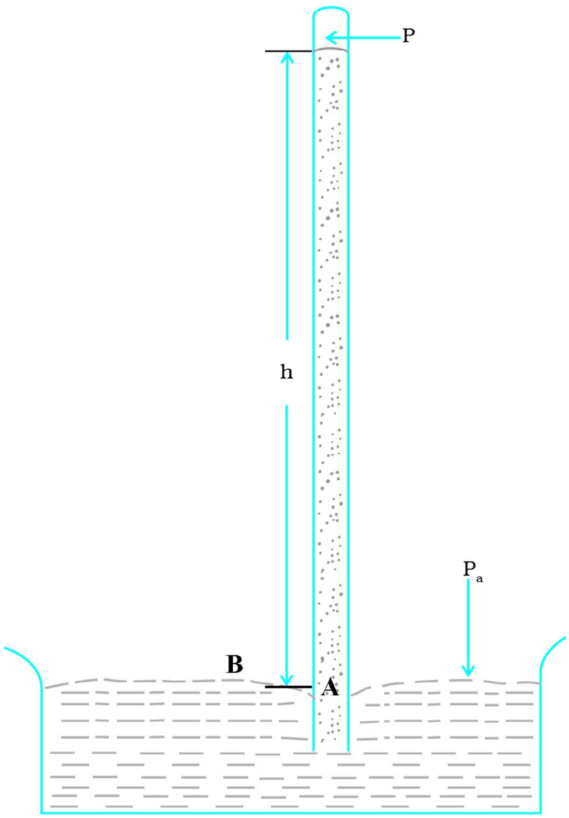
10.2.3 বায়ুমণ্ডলীয় চাপ আৰু মাপক বা গেজ চাপ (Atmospheric Pressure and Gauge Pressure)

কোনো এটা বিন্দুত বায়ুমণ্ডলীয় চাপ সেই বিন্দুটোৰ পৰা বায়ুমণ্ডলৰ শীৰ্ষলৈকে বিস্তৃত একক প্ৰস্থচ্ছেদৰ বায়ু স্তম্ভৰ ওজনৰ সমান। সমুদ্ৰপৃষ্ঠত ইয়াৰ মান 1.013 × 10^5 Pa (1atm)। ইটালীয় বিজ্ঞানী ইভানজেলিষ্টা টৰিচেলিয়ে (Evangelista Torricelli, 1608-1647) পোনপ্ৰথমে বায়ুমণ্ডলীয় চাপ জোখাৰ এটা উপায় উদ্ভাৱন কৰিছিল। এমুৰ বন্ধ দীঘল কাঁচৰ নলী এডালত পাৰা ভৰাই পাৰাভৰ্তি পাত্ৰ এটাত নলীডাল ওভতাই ৰাখিছিল (চিত্ৰ 10.5.a)। এই ব্যৱস্থাটোকে পাৰা বেৰোমিটাৰ (mercury barometer) বুলি কোৱা হয়। নলীৰ ভিতৰত পাৰাস্তম্ভৰ ওপৰৰ ঠাইখিনিত অকল পাৰাৰ বাষ্পহে থাকে। এই বাষ্পৰ চাপ P অতি নগণ্য, ইয়াক বাদ দিলেও আমাৰ বিশেষ একো ভুল নহয়। পাৰাস্তম্ভৰ ভিতৰত থকা বিন্দু A আৰু বাহিৰৰ পাৰা পৃষ্ঠত থকা বিন্দু B একেখন আনুভূমিক তলতে আছে। গোটেই পাৰাখিনি যিহেতু সুস্থিৰ অৱস্থাত আছে, গতিকে A আৰু B বিন্দুত চাপ সমান হ'ব। A বিন্দুত চাপ হৈছে 'h' পাৰাস্তম্ভৰ চাপৰ সমান অৰ্থাৎ ρgh। আনহাতে B বিন্দুত চাপ = বায়ুমণ্ডলীয় চাপ = P_a। গতিকে বায়ুমণ্ডলীয় চাপ,

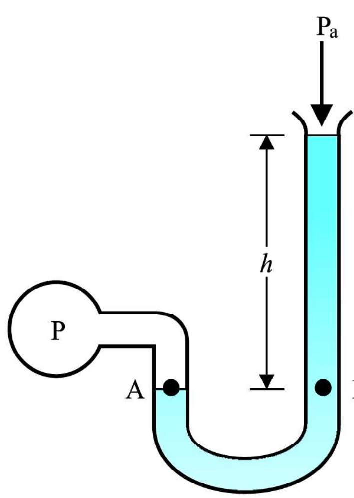
$$P_a = \rho gh \qquad (10.8)$$

ইয়াত ρ হৈছে পাৰাৰ ঘনত্ব আৰু h হ'ল নলীডালৰ ভিতৰত পাৰাস্তম্ভৰ উচ্চতা।

এই পৰীক্ষাটোৰ পৰা দেখা যায় যে সমুদ্ৰপৃষ্ঠত এক বায়ুমণ্ডলীয় চাপৰ (1 atm) কাৰণে বেৰোমিটাৰত পাৰাস্তম্ভৰ উচ্চতা প্ৰায় 76 cm হয়। সমীকৰণ (10.8)



(a) পাৰা বেৰ'মিটাৰ



(b) মুক্তনলীৰ মেন'মিটাৰ

চিত্ৰ 10.5 *চাপ জোখা দুটা বিভিন্ন আহিলা*

ত ρ ৰ মান বহুৱায়ো এই চাপৰ মান উলিয়াব পাৰি cm অথবা mm ত পাৰাস্তম্ভৰ উচ্চতা (cm or mm of Hg) প্ৰকাশ কৰি চাপ বুজোৱাটো এটা সাধাৰণ প্ৰচলিত নিয়ম। 1mm পাৰাস্তম্ভৰ সমতুল্য চাপক 1 torr (Torricelli ৰ সন্মানত) বোলা হয়।

1 torr = 133 Pa

মিঃ মিঃ পাৰাস্তম্ভৰ (mm of Hg) আৰু torr একক চিকিৎসা বিজ্ঞান আৰু শৰীৰ বিজ্ঞানত (Physiology) ব্যৱহাৰ কৰা হয়। বতৰ বিজ্ঞানত সাধাৰণতে ব্যৱহাৰ কৰা একক হ'ল বাৰ (bar) আৰু মিলিবাৰ (millibar)

1 bar = 10^5 Pa

চাপৰ পাৰ্থক্য জুখিবৰ কাৰণে ব্যৱহাৰ কৰা এক উল্লেখযোগ্য আহিলা হ'ল মুক্ত-নলী মেন'মিটাৰ (open-tube manometer)। ইয়াত এটা U আকাৰৰ নলীত জুলীয়া পদাৰ্থ ভৰোৱা থাকে। চাপৰ কম পাৰ্থক্য জুখিবৰ কাৰণে কম ঘনত্বৰ (যেনে তেল) জুলীয়া পদাৰ্থ আৰু বেছি পাৰ্থক্য জুখিবৰ কাৰণে বেছি ঘনত্বৰ (যেনে পাৰা) জুলীয়া পদাৰ্থ ব্যৱহাৰ কৰা হয়। নলীটোৰ এটা মূৰ বায়ুমণ্ডলত মুক্ত হৈ থাকে আৰু আনটো মূৰ চাপ জুখিবলগীয়া নিকায়টোৰ লগত সংযোগ কৰা থাকে (চিত্ৰ 10.5 (b))। চিত্ৰ 10.5 (b) ত দেখুওৱা A আৰু B বিন্দুত চাপ সমান, কাৰণ দুয়োটা বিন্দু একেখন আনুভূমিক তলত আছে। আনহাতে B বিন্দুত চাপ বায়ুমণ্ডলীয় চাপ P_a তকৈ $h\rho g$ (ρ = জুলীয়া পদাৰ্থটোৰ ঘনত্ব) পৰিমাণে বেছি। গতিকে পাত্ৰটোৰ ভিতৰত থকা গেছৰ চাপ P বায়ুমণ্ডলীয় চাপ P_a তকৈ $h\rho g$ পৰিমাণে বেছি। মেনোমিটাৰৰ সহায়ত সাধাৰণতে আমি সমীঃ (10.7) এ দিয়া মাপক-চাপ বা গেজ-চাপ '$P - P_a$' নিৰ্ধাৰণ কৰো। এই মাপক চাপ মেনোমিটাৰত থকা তৰল স্তম্ভৰ উচ্চতাৰ (h) সমানুপাতিক।

জুলীয়া পদাৰ্থ ধাৰণ কৰা U নলী এটাৰ দুয়ো বাহুত একে সমতলত থকা বিন্দুত চাপ সমান। চাপ আৰু উষ্ণতাৰ এক বিস্তৃত পৰিসৰত জুলীয়া পদাৰ্থৰ ঘনত্বৰ

তাৰতম্য অতি সামান্য হয়। সেয়েহে জুলীয়া পদাৰ্থৰ ঘনত্ব মোটামুটি ধ্ৰুৱক বুলি ধৰিব পাৰি। আনহাতে চাপ আৰু উষ্ণতাৰ পৰিৱৰ্তনৰ কাৰণে গেছৰ ঘনত্বৰ পৰিৱৰ্তন বহুলভাৱে ঘটে। সেয়েহে জুলীয়া পদাৰ্থক আমি মোটামুটি অসংকোচনীয় বুলি ধৰি লওঁ। গেছৰ ক্ষেত্ৰত এনেদৰে ধৰি ল'ব নোৱাৰি।

▶**উদাহৰণ 10.3** সমুদ্ৰপৃষ্ঠত বায়ুমণ্ডলৰ ঘনত্ব 1.29kg m^{-3}। ধৰি লোৱা যে এই ঘনত্ব উচ্চতাৰ লগত সলনি নহয়। তেনেহ'লে বায়ুমণ্ডলৰ উৰ্ধতম বিস্তৃতি কিমান হ'ব?

উত্তৰ ঃ আমি সমীঃ (10.7) ব্যৱহাৰ কৰিম। গতিকে

$\rho gh = 1.29 \text{ kg m}^{-3} \times 9.8 \text{ m s}^{-2} \times hm$

$= 1.101 \times 10^5 \text{ Pa}$

বা $h = \dfrac{1.01 \times 10^5}{1.29 \times 9.8} m$

$= 7989 \text{ m} \approx 8 \text{ km}$

প্ৰকৃততে, উচ্চতা বঢ়াৰ লগে লগে ঘনত্ব কমি যায়। একেদৰেই উচ্চতা বাঢ়িলে 'g'ৰ মানো কমি যায়। ক্ৰমশঃ হ্ৰাসমান চাপেৰে ভূপৃষ্ঠৰ পৰা প্ৰায় 100 km ওপৰলৈ বায়ুমণ্ডল বিস্তৃত হৈ আছে। আমি এই কথাটোও মনত ৰখা উচিত যে সমুদ্ৰপৃষ্ঠত বায়ুমণ্ডলীয় চাপ সদায় পাৰাস্তম্ভৰ 760mm উচ্চতাৰ সমতুল্য চাপৰ সমান নহয়। পাৰাস্তম্ভৰ উচ্চতা 10mm বা ততোধিক হ্ৰাসে ধুমুহাৰ আগজাননী দিয়ে।

▶**উদাহৰণ 10.4** মহাসাগৰৰ 1000m গভীৰতাত তলত দিয়া ৰাশি কেইটাৰ মান নিৰ্ণয় কৰা (a) পৰম চাপ (b) গেজ বা মাপক চাপ (c) এই গভীৰতাত থকা চাবমেৰিন এখনৰ 20cm × 20cm কালিৰ খিড়িকী এখনত পানীয়ে দিয়া মুঠ বল। চাবমেৰিনখনৰ ভিতৰৰ চাপ সমুদ্ৰপৃষ্ঠত বায়ুমণ্ডলীয় চাপৰ সমান কৰি ৰখা হৈছে। (দিয়া আছে, সমুদ্ৰ জলৰ ঘনত্ব 1.03×10^3 kg m^{-3}, $g = 10 ms^{-2}$)

উত্তৰ ঃ ইয়াত h = 1000 m আৰু $\rho = 1.03 \times 10^3$ kg m^{-3} (a) সমীকৰণ (10.6) ব্যৱহাৰ কৰি পৰম চাপ

$P = P_a + \rho gh$

$= 1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$

$+ 1.03 \times 10^3 \text{ kg m}^{-3} \times 10 \text{ m s}^{-2} \times 1000 \text{ m}$

$= 104.01 \times 10^5 \text{ Pa}$

$\approx 104 \text{ atm}$

(b) গেজ চাপ, $P - P_a = \rho gh = P_g$

$P_g = 1.03 \times 10^3 \text{ kg m}^{-3} \times 10 \text{ ms}^2 \times 1000 \text{ m}$

$= 103 \times 10^5 \text{ Pa}$

$\approx 103 \text{ atm}$

(c) চাবমেৰিনখনৰ বাহিৰফালে চাপ $P = P_a + \rho gh$ আৰু ভিতৰত চাপ P_a। গতিকে খিড়িকীখনত বাহিৰৰ পৰা চাপ হৈছে, গেজ-চাপ $P_g = \rho gh$। খিড়িকীখনৰ কালি A = 0.04m^2, গতিকে তাৰ ওপৰত পৰা মুঠ বল

$F = P_g A = 103 \times 10^5 \text{ Pa} \times 0.04 \text{ m}^2$

$= 4.12 \times 10^5 \text{ N}$

10.2.4 হাইড্ৰলিক বা জলচালিত যন্ত্ৰ (Hydraulic Machines)

পাত্ৰ এটাত আৱদ্ধ জুলীয়া পদাৰ্থৰ ওপৰত চাপৰ পৰিৱৰ্তন কৰিলে কি ঘটিব পাৰে আমি এতিয়া সেইটো বুজিবলৈ চেষ্টা কৰিম। পিষ্টনযুক্ত আৰু আনুভূমিক চুঙা এটাৰ কথাকে ধৰা। চুঙাটোত তিনিটা নলী উলম্বভাৱে বেলেগ বেলেগ ঠাইত সংযোগ কৰা আছে আৰু ভিতৰখন পানীৰে (যিকোনো জুলীয়া পদাৰ্থ) পূৰ্ণ হৈ আছে। উলম্বভাৱে থকা নলীকেইটাত জুলীয়া পদাৰ্থৰ উচ্চতাই আনুভূমিক চুঙাটোৰ ভিতৰত থকা চাপৰ মান নিৰ্দেশ কৰিব। অৱশ্যম্ভাৱীভাৱে নলীকেইটাত এই উচ্চতা সদায় একে পৰিমাণৰ হ'ব। এতিয়া যদি পিষ্টনটো ঠেলি দিয়া হয় তেনেহ'লে তিনিওটা নলীত পানী একে সমান ওপৰলৈ উঠিব।

ইয়াৰ পৰা বুজা যায় যে, চুঙাটোত চাপ বৃদ্ধি কৰিলে বৃদ্ধি হোৱা চাপ চাৰিওফালে সমভাৱে সঞ্চালিত হয়। গতিকে, আমি ক'ব পাৰো— **পাত্ৰত আৱদ্ধ তৰলৰ ওপৰত বাহ্যিক চাপ প্ৰয়োগ কৰিলে ইয়াৰ মানৰ**

কোনো পৰিৱৰ্তন নোহোৱাকৈ ই সকলো দিশত সমভাৱে ক্ৰিয়া কৰে। এই নীতিক তৰলৰ চাপ সঞ্চাৰণৰ পাস্কেলৰ নীতি (Pascal's law) **বুলি কোৱা হয়।** আমাৰ দৈনন্দিন জীৱনত এই নীতিৰ অনেক প্ৰয়োগ দেখিবলৈ পোৱা যায়।

হাইড্ৰলিক-লিফ্‌ট (hydraulic lift) আৰু হাইড্ৰলিক-ব্ৰেকৰ (hydraulic brake) দৰে বহুতো যান্ত্ৰিক সজুঁলিৰ মূল নীতি হৈছে পাস্কেলৰ সূত্ৰ। এই সজুঁলিবোৰত চাপৰ সঞ্চাৰণৰ কাৰণে তৰলক মাধ্যম হিচাবে লোৱা হয়। চিত্ৰ 10.6ত হাইড্ৰলিক-লিফ্‌টৰ এক অংকন দেখুওৱা হৈছে। ইয়াত জুলীয়া পদাৰ্থৰে (সাধাৰণতে পানী) পৰিপূৰ্ণ এক আৱদ্ধ পাত্ৰৰ দুফালে দুটা বেলেগ বেলেগ প্ৰস্থচ্ছেদৰ পিষ্টন লগোৱা থাকে। সৰু প্ৰস্থচ্ছেদৰ (A_1) পিষ্টনটোৰ ওপৰত F_1 বল প্ৰয়োগ কৰিলে তৰলৰ ওপৰত প্ৰযুক্ত চাপ হ'ব $P = \frac{F_1}{A_1}$। পাস্কেলৰ নীতিমতে এই চাপ সকলো দিশত সঞ্চাৰিত হ'ব আৰু ডাঙৰ পিষ্টনটোৰো ওপৰফালে এই চাপে ক্ৰিয়া কৰিব। ডাঙৰ পিষ্টনটোৰ প্ৰস্থচ্ছেদ যদি A_2 হয় তেনেহ'লে ইয়াৰ ওপৰত উৰ্ধমুখী বল হ'ব

$$F_2 = P \times A_2 = \frac{F_1 \times A_2}{A_1}$$

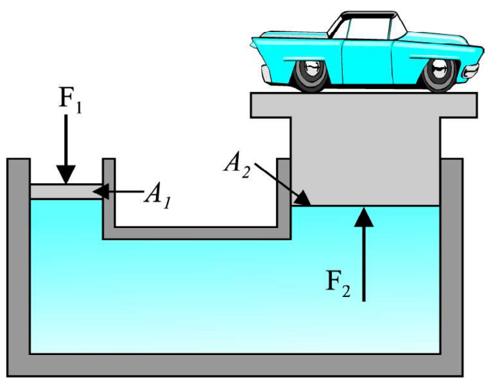
আৰ্কিমিডিচৰ সূত্ৰ (Archemedes' Principle)

তৰলত নিমজ্জিত কোনো বস্তুৰ ভাৰ তৰলে আংশিকভাৱে বহন কৰে। যেতিয়া কোনো এটা বস্তু আংশিকভাৱে বা সম্পূৰ্ণকৈ তৰলত ডুবাই দিয়া হয়, তেতিয়া তৰলৰ সংস্পৰ্শত থকা ইয়াৰ পৃষ্ঠত তৰলে চাপ প্ৰয়োগ কৰে। গভীৰতাৰ লগত যিহেতু তৰলৰ চাপ বাঢ়ি যায়, সেয়েহে ওপৰৰ পৃষ্ঠতকৈ তলৰ পৃষ্ঠত চাপ বেছি হয়। এই বলবোৰৰ লব্ধ বলে বস্তুটোৰ ওপৰত উৰ্ধমুখী দিশত ক্ৰিয়া কৰে। উৰ্ধমুখী এই লব্ধ বলক **প্লাৱিতা বল** (buoyant force) বোলা হয়। ধৰি লোৱা যে এটা চুঙাকৃতিৰ বস্তু তৰলত ডুবাই ৰখা হৈছে। চুঙাটোৰ তলফালে ক্ৰিয়া কৰা উৰ্ধমুখী বল ওপৰভাগত ক্ৰিয়া কৰা নিম্নমুখী বলতকৈ বেছি। তৰলটোৱে চুঙাটোৰ ওপৰত $(P_2 - P_1)A$ পৰিমাণৰ এক উৰ্ধমুখী লব্ধ বল বা প্লাৱিতা বল প্ৰয়োগ কৰিব। সমীঃ (10.5) ত আমি পাই আহিছো যে $(P_2 - P_1) A = \rho g h A$। এতিয়া 'hA' হৈছে বস্তুটোৰ আয়তন আৰু ρhA হৈছে বস্তুটোৰ সম আয়তনৰ তৰলৰ ভৰ। অৰ্থাৎ $(P_2 - P_1)A = mg$। গতিকে উৰ্ধমুখী প্লাৱিতা বল বস্তুটোৱে অপসাৰিত কৰা তৰলৰ ওজনৰ সমান।

উক্ত সিদ্ধান্তটো বস্তুটোৰ আকৃতিৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ নকৰে; কেৱল বুজিবৰ সুবিধাৰ্থে আমি চুঙা আকৃতিৰ বস্তুটো লৈছিলো। ওপৰত দিয়া সিদ্ধান্তটো আৰ্কিমিডিচৰ নীতি (Archemedes' principle) বুলি জনাজাত। সম্পূৰ্ণভাৱে নিমজ্জিত বস্তুৰ ক্ষেত্ৰত অপসাৰিত তৰলৰ আয়তন বস্তুটোৰ আয়তনৰ সমান। যদি নিমজ্জিত বস্তুটোৰ ঘনত্ব তৰলৰ ঘনত্বতকৈ বেছি হয় তেনেহ'লে বস্তুটোৰ ওজন প্লাৱিতা বলতকৈ বেছি হ'ব আৰু বস্তুটো তৰলত সম্পূৰ্ণভাৱে ডুব যাব। আনহাতে বস্তুটোৰ ঘনত্ব তৰলৰ ঘনত্বতকৈ কম হ'লে আংশিক ডুব গৈ বস্তুটো তৰলত ওপঙি থাকিব। আংশিক ডুব গৈ থকা বস্তু এটাৰ তৰলৰ ভিতৰত থকা অংশৰ আয়তন আমি এনেদৰে উলিয়াব পাৰো। ধৰা বস্তুটোৰ মুঠ আয়তন V_s আৰু তৰলত ডুব গৈ থকা অংশৰ আয়তন V_p। গতিকে অপসাৰিত তৰলৰ ওজন অথবা উৰ্ধমুখী বল হ'ব $\rho_f g V_p$ (ইয়াত ρ_f তৰলৰ ঘনত্ব)। যিহেতু বস্তুটো তৰলত ওপঙি আছে গতিকে এই উৰ্ধমুখী বল বস্তুটোৰ ওজনৰ ($\rho_s g V_s$) সমান হ'ব। অৰ্থাৎ $\rho_s g V_s = \rho_f g V_p$ অথবা $\rho_s/\rho_f = V_p/V_s$। ইয়াত ρ_s হৈছে বস্তুটোৰ ঘনত্ব। মনত ৰাখিবা যে ওপঙি থকা বস্তুৰ আপাত ওজন সদায় শূন্য।

সংক্ষিপ্তভাৱে এই নীতিটোৰ বক্তব্য হ'ল — 'সম্পূৰ্ণ বা আংশিকভাৱে তৰলত ডুব গৈ থকা বস্তু এটাই হেৰোৱা ওজন অপসাৰিত তৰলৰ ওজনৰ সমান।'

গতিকে পিষ্টনটোৱে তাৰ ওপৰত প্লেটফৰ্মত থকা (যেনেঃ মটৰ, ট্ৰাক ইত্যাদি) বস্তুৰ F_2 পৰিমাণৰ ভাৰ বহন কৰিব পাৰিব। A_1 পিষ্টনটোত প্ৰয়োগ কৰা বল (F_1) বঢ়া-টুটা কৰি ডাঙৰ পিষ্টনটোত থকা প্লেটফৰ্মখন উঠা-নমা কৰিব পাৰি। এই ব্যৱস্থাটোৰ ফলত প্ৰয়োগ কৰা বল $\frac{A_2}{A_1}$ গুণে বাঢ়ি যায়। এই ৰাশিটোক (A_2/A_1) হাইড্ৰলিক লিফ্‌টৰ যান্ত্ৰিক সুবিধা (mechanical advantage) বোলা হয়। তলত দিয়া উদাহৰণ কেইটাৰ পৰা এই কথাটো ভালদৰে প্ৰতীয়মান হ'ব।



চিত্ৰ 10.6 *হাইড্ৰলিক লিফ্‌টত ব্যৱহৃত নীতিৰ নিৰ্দেশাত্মক চিত্ৰৰ সহায়ত ব্যাখ্যা। গধুৰ বস্তু উত্তোলন কৰিবলৈ এই লিফ্‌ট ব্যৱহাৰ কৰা হয়।*

▶**উদাহৰণ 10.5** পানীৰে পৰিপূৰ্ণ আৰু নিকপ্‌কপীয়াকৈ বান্ধি ৰখা ৰাবাৰৰ টিউব এটাৰ লগত বেলেগ বেলেগ প্ৰস্থচ্ছেদৰ আৰু পানীৰে পূৰ্ণ দুটা চিৰিঞ্জ (বেজী নথকা) সংযোগ কৰা আছে। সৰু আৰু ডাঙৰ চিৰিঞ্জৰ পিষ্টন দুটাৰ ব্যাস ক্ৰমে 1.0 cm আৰু 3.0 cm। (a) সৰু পিষ্টনটোত যদি 10 N বল প্ৰয়োগ কৰা হয়, তেনেহ'লে ডাঙৰ পিষ্টনটোত ক্ৰিয়া কৰা বলৰ মান নিৰ্ণয় কৰা (b) সৰু পিষ্টনটো যদি 6.0 cm দূৰত্ব ঠেলি দিয়া হয় তেনেহ'লে ডাঙৰ পিষ্টনটো কিমান ওলাই আহিব।

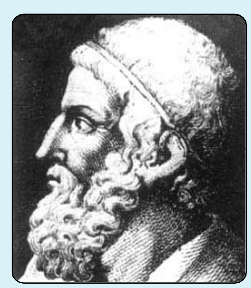
উত্তৰ ঃ (a) হ্ৰাস নোহোৱাকৈ যিহেতু চাপ কেউদিশে সঞ্চাৰিত হয়, গতিকে ডাঙৰ পিষ্টনটোৰ ওপৰত ক্ৰিয়া কৰা বল,

$$F_2 = \frac{A_2}{A_1}F_1 = \frac{\pi\left(3/2 \times 10^{-2}\,\mathrm{m}\right)^2}{\pi\left(1/2 \times 10^{-2}\,\mathrm{m}\right)^2} \times 10\,\mathrm{N}$$

$$= 90\ \mathrm{N}$$

(b) পানীক সম্পূৰ্ণ অসংকোচনীয় বুলি ধৰা হয়। গতিকে সৰু পিষ্টনটোৱে যিমান আয়তনৰ পানী ঠেলি পঠিয়াব সম আয়তনৰ পানী ডাঙৰ পিষ্টনটোৰ ভিতৰত

আৰ্কিমিডিচ (287–212 খ্ৰীষ্টপূৰ্ব)



গ্ৰীচ দেশত জন্মগ্ৰহণ কৰা আৰ্কিমিডিচ একেধাৰে এজন দাৰ্শনিক, গণিতজ্ঞ, বিজ্ঞানী আৰু অভিযন্তা আছিল। কেটেপাৰ আৱিস্কাৰ আৰ্কিমিডিচেই কৰিছিল। পুলী আৰু লিভাৰৰ (Pulley and lever) সমন্বয়ত গধুৰ বস্তুক নিয়ন্ত্ৰণ কৰাৰ এক কৌশলো তেঁৱেই উদ্ভাৱন কৰিছিল। তেওঁৰ স্থানীয় চহৰ চাইৰাকাচৰ (Syracuse) সেই সময়ত ৰজা আছিল দ্বিতীয় হিয়াৰ' (Hiero II)। ৰজা হিয়াৰ'ই তেওঁৰ সোণৰ মুকুটটো নিৰ্ভেজাল হয়নে নহয়, তাত কিবা সস্তীয়া ধাতুৰ মিশ্ৰণ আছে নেকি পৰীক্ষা কৰিবলৈ আৰ্কিমিডিচক অনুৰোধ কৰিছিল আৰু লগতে চৰ্ত দিছিল যে পৰীক্ষা কৰোতে মুকুটটোৰ কোনো ক্ষয়-ক্ষতি হ'ব নোৱাৰিব। বাথ-টাবত সোমাই স্নান কৰি থাকোতেই তেওঁৰ উপলব্ধি হ'ল যে পানীত ডুবাই দিলে সকলো বস্তুৱেই আংশকিভাৱে ওজন হেৰুৱায় পেলায়। এই উপলব্ধিয়ে তেওঁক ৰজাৰ সোণৰ মুকুটৰ সমস্যাৰ সমাধানৰ ইংগিত দিলে। কথিত আছে যে, আৰ্কিমিডিচে চাইৰাকাচৰ ৰাজপথলৈ 'ইউৰেকা, ইউৰেকা' (Eureka, euraka!) বুলি নগ্ন অৱস্থাতেই দৌৰি ওলাই গৈছিল। 'Eureka, euraka' (গ্ৰীক ভাষাৰ শব্দ) মানে হৈছে 'মই পালো, মই পালো' (I have found it, I have found it)

সোমাব। L_1 আৰু L_2 যদি ক্ৰমে সৰু আৰু ডাঙৰ পিষ্টনটোৰে অতিক্ৰম কৰা দূৰত্ব হয়, তেনেহ'লে

$$L_1 A_1 = L_2 A_2$$

বা $$L_2 = \frac{A_1}{A_2} L_1 = \frac{\pi\left(1/2 \times 10^{-2}\,\mathrm{m}\right)^2}{\pi\left(3/2 \times 10^{-2}\,\mathrm{m}\right)^2} \times 6 \times 10^{-2}\,\mathrm{m}$$

$$= 0.67 \times 10^{-2}\ \mathrm{m} = 0.67\ \mathrm{cm}$$

মন কৰা যে, দুয়োটা পিষ্টনৰ ওপৰতে একে সমান বায়ুমণ্ডলীয় চাপ পৰিছে, সেয়েহে বায়ুমণ্ডলীয় চাপ ধৰা হোৱা নাই।

▶**উদাহৰণ 10.6** সংকুচিত বায়ু ব্যৱহাৰ কৰা কাৰ-লিফ্‌ট (car lift) এখনৰ সৰু পিষ্টনটোৰ ব্যাসাৰ্ধ 5.0 cm। সংকুচিত বায়ুৱে পিষ্টনটোৰ ওপৰত F_1 বল প্ৰয়োগ কৰিছে। ইয়াৰ ফলত সৃষ্টি হোৱা চাপ সঞ্চাৰিত হৈছে 15 cm ব্যাসাৰ্ধৰ এটা দ্বিতীয় পিষ্টনলৈ। যদিহে উঠাবলগীয়া গাড়ীখনৰ ভৰ 1350 kg হয় তেনেহ'লে F_1 ৰ মান নিৰ্ণয় কৰা। এই কাম সম্পন্ন হ'বলৈ প্ৰয়োজন হোৱা চাপৰ মান কিমান? ($g = 9.8\,\mathrm{ms^{-2}}$)

উত্তৰ ঃ চাপ যিহেতু হ্ৰাস নোহোৱাকৈ কেউদিশে সঞ্চাৰিত হয়, গতিকে

$$F_1 = \frac{A_1}{A_2} F_2 = \frac{\pi\left(5 \times 10^{-2}\,\mathrm{m}\right)^2}{\pi\left(15 \times 10^{-2}\,\mathrm{m}\right)^2}\left(1350\ \mathrm{N} \times 9.8\ \mathrm{m\,s^{-2}}\right)$$

$$= 1470\ \mathrm{N}$$

$$\approx 1.5 \times 10^3\ \mathrm{N}$$

ইমানখিনি বল যোগান ধৰিবলৈ প্ৰয়োজন হোৱা বায়ুৰ চাপ হ'ব,

$$P = \frac{F_1}{A_1} = \frac{1.5 \times 10^3\,\mathrm{N}}{\pi\left(5 \times 10^{-2}\,m\right)^2} = 1.9 \times 10^5\,\mathrm{Pa}$$

এই চাপ বায়ুমণ্ডলীয় চাপৰ প্ৰায় দুগুণ।

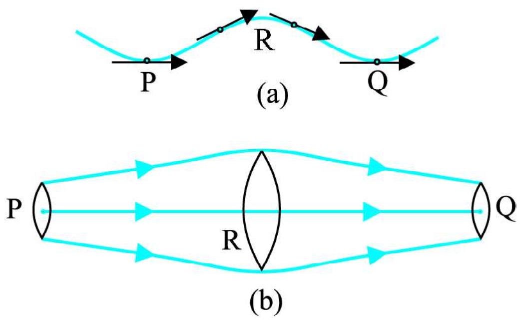
যান-বাহনত ব্যৱহাৰ কৰা হাইড্ৰলিক ব্ৰেকো (Hy-draulic brake) একেটা নীতিৰ ওপৰতে প্ৰতিষ্ঠিত। ভৰিৰে ব্ৰেক পেডেলত যেতিয়া সামান্য হেঁচা দিয়া হয় তেতিয়া চিলিণ্ডাৰত (master cylinder) থকা মূল পিষ্টনটো (master piston) হেঁচা খাই আগবাঢ়ে আৰু ইয়াৰ ফলত সৃষ্টি হোৱা চাপ ব্ৰেক অয়লৰ (brake oil) মাজেৰে সঞ্চালিত হৈ ডাঙৰ প্ৰস্থচ্ছেদৰ পিষ্টন এটাৰ ওপৰত ক্ৰিয়া কৰে। ইয়াৰ ফলত ডাঙৰ পিষ্টনটোৰ ওপৰত এটা ডাঙৰ বলৰ সৃষ্টি হয়, এই বলে ব্ৰেক-শ্বুৰ মূৰ দুটা প্ৰসাৰিত কৰি ব্ৰেক-লাইনিঙৰ (brake lining) ওপৰত হেঁচা দি চকাটোৰ ঘূৰ্ণনত বাধা দিয়ে। এইদৰেই পেডেলত প্ৰয়োগ কৰা সৰু বল এটাই চকাৰ ওপৰত ডাঙৰ মন্থৰণ বলৰ সৃষ্টি কৰে। হাইড্ৰলিক ব্ৰেকৰ এটা প্ৰধান সুবিধা হ'ল যে— পেডেলত হেঁচা দি সৃষ্টি কৰা চাপ গাড়ীখনৰ চাৰিওটা চকাৰ লগত সংলগ্ন চিলিণ্ডাৰলৈ সমভাৱে সঞ্চালিত হয়; ফলত চাৰিওটা চকাৰ ওপৰত সমান সমান মন্থৰণ বলে ক্ৰিয়া কৰে।

10.3 ধাৰাৰৈখিক গতি (Streamline Flow)

আমি এতিয়ালৈকে স্থিৰ অৰ্থাৎ গতিহীন তৰলৰ বিষয়ে অধ্যয়ন কৰিলো। তৰল গতিবিদ্যা (Fluid dynamics) হৈছে গতিত থকা তৰলৰ অধ্যয়ন। পানীৰ টেপ এটা লাহে লাহে খুলি দিলে প্ৰথমতে তাৰ পৰা পানী ধীৰ বা সাবলীলভাৱে পৰে, কিন্তু যেতিয়াই পানীৰ বেগ বাঢ়িবলৈ ধৰে তেতিয়াই এই সাবলীলতা নোহোৱা হয়। তৰলৰ গতিৰ বিষয়ে অধ্যয়ন কৰোঁতে আমি বিশেষভাৱে মনেযোগ দিয়া বিষয়টো হ'ল— এক নিৰ্দ্দিষ্ট স্থান আৰু সময়ত তৰলৰ কণাবোৰৰ গতিৰ কেনেকুৱা পৰিৱৰ্তন হয়। এক নিৰ্দ্দিষ্ট বিন্দুৰ মাজেৰে পাৰ হৈ যাওঁতে প্ৰতিটো তৰল কণাৰে যদি বেগ সেই বিন্দুত একে হয় তেনেহ'লে তৰলৰ এই প্ৰবাহক **স্থিৰ প্ৰবাহ** (steady flow) বোলা হয়। ইয়াৰ অৰ্থ এইটো নহয় যে বেলেগ বেলেগ বিন্দুত কণাবোৰৰ বেগ সমান হ'ব। এটা বিন্দুৰ পৰা আন এটা বিন্দুলৈ গতি কৰোঁতে কণা এটাৰ গতিবেগৰ সলনি হ'ব পাৰে। অৰ্থাৎ বেলেগ বেলেগ বিন্দুত একেটা কণাৰে

গতিবেগ বেলেগ বেলেগ হ'ব পাৰে। এটা নিৰ্দ্দিষ্ট বিন্দু অতিক্ৰম কৰি যাওঁতে আগৰ কণাটোৱে যি গতিবেগ লাভ কৰিছিল পিছৰ কণাটোৱেও তাত ঠিক একেটা গতিবেগকেই লাভ কৰিব। এই প্ৰবাহত প্ৰত্যেকটো কণাই এক মসৃণ পথেৰে গতি কৰে আৰু বিভিন্ন মসৃণ পথবোৰে ইটোৱে সিটোক কেতিয়াও কটাকটি নকৰে।

স্থিৰ প্ৰবাহত তৰলৰ কণা এটাই গতি কৰা পথটোক স্থিৰ-প্ৰবাহ ৰেখা বা ষ্ট্ৰিমলাইন (streamline) বোলা হয়।



চিত্ৰ 10.7 *স্থিৰ প্ৰবাহৰেখা বা ষ্ট্ৰিমলাইনৰ চিত্ৰ*
(a) তৰলৰ কণা এটাৰ গতিপথৰ চিত্ৰ।
(b) সুস্থিৰ প্ৰবাহ হৈ থকা এটা অঞ্চল।

প্ৰবাহৰেখাৰ যিকোনো বিন্দুত অংকন কৰা স্পৰ্শকে সেই বিন্দুত কণাটোৰ গতিবেগৰ দিশ নিৰ্দ্দেশ কৰে। চিত্ৰ 10.7 (a) ত কণা এটাৰ গতিপথ এডাল বক্ৰৰেখাৰে দেখুওৱা হৈছে। PQ ৰেখাডাল তৰলৰ গতিৰ এক স্থায়ী মানচিত্ৰৰ দৰে, কাৰণ তৰলখিনি কিদৰে বৈ যাব, ইয়েই নিৰ্দ্দেশ কৰে। দুডাল প্ৰবাহৰেখাই কেতিয়াও কটাকটি নকৰে কাৰণ তেনে কৰিলে কটাকটি কৰা বিন্দুত কণা এটাৰ একে সময়তে দুটা দিশত বেগ থাকিব যিটো স্থিৰ প্ৰবাহৰ ক্ষেত্ৰত অসম্ভৱ। গতিকে স্থিৰ প্ৰবাহৰ ক্ষেত্ৰত তৰলৰ কণাবিলাকৰ গতিপথৰ মানচিত্ৰও সময়ৰ লগত স্থিৰ হৈ থাকে। এতিয়া প্ৰশ্ন হয়, ঘন ঘনকৈ থকা প্ৰবাহ ৰেখাবোৰ আমি কিদৰে অংকন কৰিম? প্ৰত্যেক বোৱতী কণাৰে প্ৰবাহৰেখা আঁকিব লাগিলে নিৰৱচ্ছিন্ন প্ৰতিটো বিন্দুতে সমান্তৰাল অলেখ ৰেখাৰে আঁকা ঠাইডোখৰ ভৰি পৰিব। ধৰা, প্ৰৱাহিত তৰলটোত P, R আৰু Q [চিত্ৰ 10.7 (b)] তিনিটা বিন্দু আৰু এই বিন্দু তিনিটাত প্ৰবাহৰ দিশৰ লম্বভাৱে আমি তিনিখন তলৰ কথা কল্পনা কৰিছো। তলকেইখন এনেভাৱে লোৱা হৈছে যে একেখিনি প্ৰবাহৰেখাই তিনিওখনৰে পৰিসীমা চুই যায়। প্ৰবাহৰেখাই যিহেতু কটাকটি নকৰে, গতিকে তিনিওখন তলৰ মাজেৰে সমান সময়ত একে সমান তৰল কণা পাৰ হৈ যায়। ধৰা, P, R আৰু Q বিন্দুত তলকেইখনৰ প্ৰস্থচ্ছেদ ক্ৰমে A_p, A_R আৰু A_Q আৰু ইহঁতক অতিক্ৰম কৰোঁতে তৰল কণাৰ দ্ৰুতি ক্ৰমে v_p, v_R আৰু v_Q। তেতিয়া হ'লে Δt সময়ত P তলখন অতিক্ৰমে কৰা তৰলৰ ভৰ হ'ব $\Delta m_p = \rho_p A_p v_p \Delta t$। ঠিক একেদৰে A_R আৰু A_Q প্ৰস্থচ্ছেদৰ তল দুখন অতিক্ৰম কৰা তৰলৰ ভৰ হ'ব ক্ৰমে $\Delta m_R = \rho_R A_R v_R \Delta t$ আৰু $\Delta m_Q = \rho_Q A_Q v_Q \Delta t$। যিহেতু প্ৰত্যেকৰ মাজেৰে একে সমান তৰল পাৰ হৈ গৈছে, গতিকে

$$\Delta m_P = \Delta m_R = \Delta m_Q$$

বা $\rho_P A_P v_P \Delta t = \rho_R A_R v_R \Delta t = \rho_Q A_Q v_Q \Delta t$ (10.9)

তৰলটো যদি অসংকোচনীয় হয় তেনেহ'লে প্ৰত্যেক ঠাইতে ঘনত্ব একে থাকিব।

$$\rho_P = \rho_R = \rho_Q$$

গতিকে অসংকোচনীয় তৰলৰ ক্ষেত্ৰত সমীঃ (10.9) হ'ব

$$A_P v_P = A_R v_R = A_Q v_Q \quad (10.10)$$

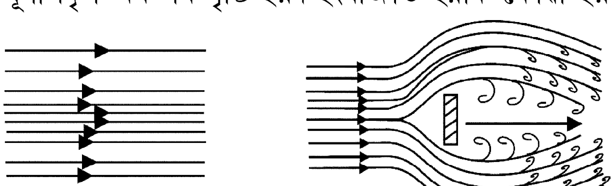
সমীকৰণ (10.10) ক **অবিচ্ছিন্নতাৰ সমীকৰণ** (Equation of continuity) বোলা হয় আৰু ই প্ৰকৃততে 'অসংকোচনীয় তৰলৰ প্ৰবাহত ভৰৰ সংৰক্ষণশীলতাৰ' এক ৰূপ। তলত দিয়া ধৰণে সমীকৰণ (10.10) ক আমি সৰলভাৱে লিখিব পাৰো—

$$Av = \text{ধ্ৰুৱক} \quad (10.11)$$

'Av' হৈছে প্ৰতি চেকেণ্ডত A প্ৰস্থচ্ছেদৰ মাজেৰে পাৰ হৈ যোৱা তৰলৰ আয়তন। ইয়াক আমি প্ৰবাহৰ হাৰ (flow rate) অথবা আয়তন অভিবাহ (volume flux) বুলি কওঁ। স্থিৰ প্ৰৱাহত প্ৰৱাহ হোৱা নলীটোৰ প্ৰত্যেক

ঠাইতে প্ৰৱাহৰ হাৰ (Av) ধ্ৰুৱক হৈ থাকে। গতিকে নলী এটাৰ ঠেক অংশত (প্ৰস্থচ্ছেদ A কম) য'ত প্ৰবাহৰেখাবোৰ ঘন ঘন তাত বেগ বাঢ়ি যায় আৰু পাতল অংশত (A বেছি) তৰলৰ বেগ কমি যায়। চিত্ৰ 10.7(b) ত $A_R > A_Q$। গতিকে $v_R < v_Q$। গতিকে R ৰ পৰা Q লৈ যাওঁতে তৰলৰ কণাবোৰৰ ত্বৰণ ঘটে। তৰলৰ প্ৰবাহত গতিবেগ আৰু চাপ ওতঃপ্ৰোতভাৱে জড়িত। গতিকে গতিবেগৰ পৰিৱৰ্তনৰ লগে লগে চাপৰো পৰিৱৰ্তন হয়। সেয়েহে অসম প্ৰস্থচ্ছেদৰ আনুভূমিক নলীটোৰ মাজেৰে যেতিয়া তৰল প্ৰৱাহিত হয়, নলীটোৰ বেলেগ বেলেগ অংশত চাপ আৰু গতিবেগ বেলেগ বেলেগ হয়।

তৰলৰ অতি কম বেগতহে স্থিৰ প্ৰবাহ পাব পাৰি। এক সৰ্বোচ্চ মানতকৈ দ্ৰুতি বেছি হ'লে প্ৰৱাহে স্থিৰ প্ৰবাহৰ গুণ হেৰুৱাই অশান্ত বা বিশৃংখল হৈ পৰে এনেকুৱা প্ৰবাহক **অশান্ত প্ৰবাহ বা অস্থিৰ প্ৰবাহ** (turbulence) বোলা হয়। দ্ৰুতিৰ যি সৰ্বোচ্চ মানলৈ তৰলৰ প্ৰবাহ স্থিৰ প্ৰবাহ হৈ থাকে তাকে তৰলটোৰ সংকট দ্ৰুতি (crirtical speed) বোলে। দ্ৰুতিৰ মানে সংকট দ্ৰুতিক অতিক্ৰম কৰিলেই স্থিৰ প্ৰবাহ অস্থিৰ প্ৰবাহলৈ ৰূপান্তৰিত হয়। এই ঘটনাৰ প্ৰত্যক্ষ উদাহৰণ আমি বহুত দেখিবলৈ পাওঁ। খৰস্ৰোতা জুৰি এটা যেতিয়া শিলত খুন্দা মাৰি ঠেক বাটেৰে যাবলগা হয় তেতিয়া প্ৰবাহ অস্থিৰ হৈ সেই ঠাইত এক ফেনময় ঘূৰ্ণীসদৃশ অঞ্চলৰ সৃষ্টি হয়। ইংৰাজীত ইয়াক কোৱা হয়



(a) (b)

চিত্ৰ 10.8 *(a) তৰল প্ৰবাহৰ কিছুমান স্থিৰ প্ৰবাহ ৰেখা। (b) প্ৰবাহৰ দিশৰ লগত লম্বভাৱে ৰখা চেপেটা পাত এচটাত বায়ুৰ জেট এটাই খুন্দা মাৰিছে। ফলত বায়ুত অস্থিৰ প্ৰবাহৰ (turbulent flow) সৃষ্টি হৈছে।*

'white water rapids' বুলি যাৰ অসমীয়া ৰূপান্তৰ হ'ব পাৰে 'ফেনিত পানীৰ কোবাল ধাৰ'।

চিত্ৰ 10.8 ত দুটা প্ৰতিনিধিস্বৰূপ প্ৰবাহৰ প্ৰবাহৰেখা দেখুওৱা হৈছে। চিত্ৰ 10.8 (a) ত একৰেখীয় প্ৰবাহৰ (laminar flow) প্ৰবাহ ৰেখা দেখুওৱা হৈছে। এই প্ৰবাহত প্ৰবাহৰ দ্ৰুতি বেলেগ বেলেগ ঠাইত বেলেগ বেলেগ হ'ব পাৰে কিন্তু প্ৰবাহৰ দিশ সকলো ঠাইতে একে। চিত্ৰ 10.8 (b) ত অস্থিৰ প্ৰবাহৰ (turbulent flow) ৰেখাংকন দেখুওৱা হৈছে।

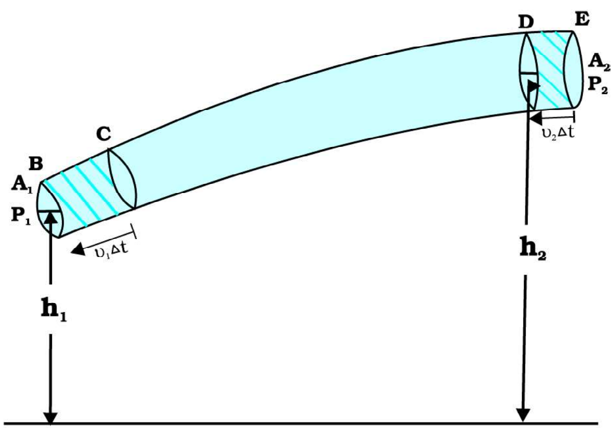
10.4 বাৰ্ণৌলিৰ নীতি বা সূত্ৰ (Bernoulli's Principle)

তৰলৰ প্ৰৱাহ এক জটিল পৰিঘটনা। কিন্তু তথাপিও শক্তিৰ সংৰক্ষণশীলতাৰ নীতি ব্যৱহাৰ কৰি স্থিৰ প্ৰবাহৰ কাৰণে কিছুমান দৰকাৰী সিদ্ধান্তত উপনীত হ'ব পাৰো।

অসম প্ৰস্থচ্ছেদৰ নলী এডালৰ মাজেৰে প্ৰৱাহিত হোৱা তৰল এটাৰ কথাকে ধৰা যাওক। চিত্ৰ 10.9ত দেখুওৱাৰ দৰে নলীডালৰ বেলেগ বেলেগ অংশ ভূমিৰ পৰা বেলেগ বেলেগ উচ্চতাত আছে আৰু এটা অসংকোচনীয় তৰলৰ নলীডালৰ মাজেৰে স্থিৰ প্ৰবাহ ঘটিছে। অবিচ্ছিন্নতাৰ সমীকৰণৰ (Equation of continuity) ফলস্বৰূপে নলীৰ ভিতৰত তৰলৰ দ্ৰুতিৰ পৰিৱৰ্তন হ'ব। দ্ৰুতিৰ পৰিৱৰ্তন ঘটাবলৈ অৰ্থাৎ ত্বৰণ সৃষ্টি কৰিবলৈ যি বলৰ প্ৰয়োজন সেই বলৰ উৎস হ'ল দুটা বিন্দুৰ মাজত থকা চাপৰ ব্যৱধান। বাৰ্ণৌলিৰ সমীকৰণে অসংকোচনীয় তৰল প্ৰৱাহিত এটা নলীৰ দুটা বিন্দুৰ মাজৰ চাপৰ পাৰ্থক্যৰ লগত দ্ৰুতিৰ পাৰ্থক্য (গতিশক্তিৰ পৰিৱৰ্তন) আৰু উচ্চতাৰ পাৰ্থক্যৰ (স্থিতি শক্তিৰ পৰিৱৰ্তন) সম্পৰ্ক গাণিতিক ভাষাত প্ৰকাশ কৰে। চুইচ পদাৰ্থ বিজ্ঞানী ডেনিয়েল বাৰ্ণৌলিয়ে (Daniel Bernoulli) এই সম্বন্ধটো 1738 চনত পূৰ্ণৰূপত প্ৰতিষ্ঠাপন কৰিছিল।

চিত্ৰ 10.9 ত দেখুওৱাৰ দৰে BC (নং 1) আৰু DE

(নং 2) অংশ দুটাত তৰলৰ গতিৰ কথা বিবেচনা কৰা হওঁক। ধৰা হ'ল আৰম্ভণিতে B আৰু D ৰ মাজত থকা তৰলখিনি এক ক্ষুদ্ৰ সময়ৰ ব্যৱধান Δt ত C আৰু Eৰ মাজলৈ আগুৱাই গ'ল। B বিন্দুত তৰলৰ দ্ৰুতি v_1 হ'লে Δt সময়ত অতিক্ৰম কৰা দূৰত্ব BC = $v_1\Delta t$। ঠিক একেদৰে একে সময়ত Δt ত Dৰ পৰা E লৈকে যাওঁতে অতিক্ৰম কৰা দূৰত্ব DE= $v_2\,\Delta t$। (Δt খুব সৰু হোৱা কাৰণে $v_1\Delta t$ ও খুব সৰু, গতিকে B আৰু C ৰ মাজত দ্ৰুতি একে বুলি ধৰা হৈছে। একে যুক্তিয়েই $v_2\Delta t$ দূৰত্বৰ ক্ষেত্ৰতো খাটে।) চিত্ৰত দেখুওৱাৰ দৰে দুয়োমূৰৰ A_1 আৰু A_2 কালিৰ ওপৰত তৰলৰ চাপ



চিত্ৰ 10.9 *অসম প্ৰস্থচ্ছেদৰ নলীৰ মাজেৰে এক আদৰ্শ তৰলৰ প্ৰবাহ দেখুওৱা হৈছে। $v_1\Delta t$ দৈৰ্ঘ্যৰ অংশত থকা তৰলখিনি Δt সময়ত $v_2\Delta t$ দৈৰ্ঘ্যৰ অংশটোলৈ বৈ গৈছে।*

ক্ৰমে P_1 আৰু P_2। বাওঁফালে BC মূৰত তৰলৰ ওপৰত কৰা কাৰ্য $W_1 = P_1A_1\ (v_1\Delta t) = P_1\Delta V$। অবিচ্ছিন্নতাৰ সমীকৰণৰ পৰা পোৱা যায় যে BC আৰু DE দুয়োটা অংশৰ মাজেৰে একে আয়তনৰ (ΔV) তৰলৰ প্ৰবাহ হয়। গতিকে DE মূৰত তৰলে কৰা কাৰ্য $W_2 = P_2A_2\ (v_2\Delta t) = P_2\Delta V$ অথবা তৰলৰ ওপৰত কৰা কাৰ্য $-P_2\Delta V$। গতিকে তৰলৰ ওপৰত কৰা মুঠ কাৰ্য

$$W_1 - W_2 = (P_1 - P_2)\ \Delta V$$

এই কাৰ্যৰ এটা অংশই তৰলখিনিৰ গতিশক্তিৰ আৰু আনটো অংশই মাধ্যাকৰ্ষণিক স্থিতি শক্তিৰ পৰিৱৰ্তন ঘটায়। তৰলৰ ঘনত্ব ρ আৰু Δt সময়ত নলীৰ মাজেৰে প্ৰবাহ হোৱা তৰলৰ ভৰ $\Delta m = \rho A_1 v_1 \Delta t = \rho\Delta V$ হয়, তেনেহ'লে মাধ্যাকৰ্ষণিক স্থিতি শক্তিৰ পৰিৱৰ্তন হ'ব

$$\Delta U = \rho g\Delta V\ (h_2 - h_1)$$

গতিশক্তিৰ পৰিৱৰ্তন হ'ব

$$\Delta K = \left(\frac{1}{2}\right)\rho\Delta V(v_2^2 - v_1^2)$$

এই ΔV আয়তনৰ তৰলত কাৰ্যশক্তিৰ উপপাদ্য (ষষ্ঠ অধ্যায়ত পাই অহা) ব্যৱহাৰ কৰি আমি পাওঁ—

$$(P_1 - P_2)\Delta V = \left(\frac{1}{2}\right)\rho\ \Delta V\,(v_2^2 - v_1^2) + \rho g\Delta V(h_2 - h_1)$$

দুয়োফালে ΔV ৰে হৰণ কৰিলে

$$(P_1 - P_2) = \left(\frac{1}{2}\right)\rho(v_2^2 - v_1^2) + \rho g\,(h_2 - h_1)$$

ডেনিয়েল বাৰ্ণ'লি (1700-1782)

ডেনিয়েল বাৰ্ণ'লি এজন চুইচ (Swiss) বিজ্ঞানী আৰু গণিতজ্ঞ আছিল। ফৰাচী অকাডেমীয়ে (French Academy) গণিত শাস্ত্ৰত আগবঢ়োৱা অৱদানৰ কাৰণে দিয়া পুৰস্কাৰ তেওঁ দহবাৰ লাভ কৰিবলৈ সক্ষম হৈছিল। দহবাৰ এই পুৰস্কাৰ লাভ কৰা বিৰল সন্মানৰ অধিকাৰী আৰু মাত্ৰ এজন গণিতজ্ঞহে আছে। তেওঁ হ'লে লিওনাৰ্ড অয়লাৰ (Leonard Euler)। বাৰ্ণ'লিয়ে চিকিৎসা শাস্ত্ৰও অধ্যয়ন কৰিছিল আৰু চুইজাৰলেণ্ডৰ বেচলত (Basle) কিছুদিনৰ কাৰণে শৰীৰ বিদ্যা (anatomy) আৰু উদ্ভিদ বিজ্ঞানৰ অধ্যাপক হিচাপে কাম কৰিছিল। তেওঁৰ উল্লেখযোগ্য আৰু সৰ্বজনবিদিত অৱদান হ'ল জল-গতি বিজ্ঞান (Hydrodynamics)। 'শক্তিৰ সংৰক্ষণ' এই এটা মাত্ৰ নীতিৰ আলমতে তেওঁ জল-গতি বিজ্ঞান বিষয়টো গঢ়ি তুলিছিল। তেওঁ অধ্যয়ন কৰা আৰু অৱদান আগবঢ়োৱা আন বিষয়সমূহ হ'ল— কলন গণিত, সম্ভাৱিতা (probability), কম্পিত তাঁৰৰ তত্ত্ব (theory of vibrating string) আৰু ব্যৱহাৰিক গণিত শাস্ত্ৰ। তেওঁক গাণিতিক পদাৰ্থ বিজ্ঞানৰ জনক বুলি কোৱা হয়।

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g h_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g h_2 \quad (10.12)$$

এইটোৱে **বাৰ্ণৌলিৰ সমীকৰণ** (Bernoulli's equation)। যিহেতু 1আৰু 2 স্থান নলীডালৰ যিকোনো ঠাইত হ'ব পাৰে গতিকে বাৰ্ণৌলিৰ সমীকৰণটো সাধাৰণতে লিখা হয় এইদৰে—

$$P + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho g h = \text{ধ্ৰুৱক} \quad (10.13)$$

বাৰ্ণৌলিৰ সমীকৰণৰ ভাষিত ৰূপ হ'ব ঃ *অসংকোচনীয় তৰলৰ স্থিৰ প্ৰৱাহ হ'লে প্ৰবাহ ৰেখাৰ যিকোনো বিন্দুত চাপ (P), প্ৰতি একক আয়তনৰ গতিশক্তি ($\frac{1}{2}\rho v^2$) আৰু একক আয়তনৰ মাধ্যাকৰ্ষণিক স্থিতি শক্তিৰ (ρgh) যোগফলৰ মান ধ্ৰুৱক।*

এইখিনিতে উল্লেখযোগ্য যে, আমি যেতিয়া শক্তিৰ সংৰক্ষণৰ নীতিৰ প্ৰয়োগ কৰিছিলো তেতিয়া ধৰি লৈছিলো যে ঘৰ্ষণৰ কাৰণে শক্তিৰ কোনো অপচয় নহয়। কিন্তু দৰাচলতে তৰলৰ প্ৰবাহত আভ্যন্তৰীণ ঘৰ্ষণৰ কাৰণে কিছু পৰিমাণৰ শক্তি অপচয় হয়। ইয়াৰ কাৰণ হ'ল প্ৰৱাহিত তৰলৰ বিভিন্ন তৰপবোৰৰ বেগ বেলেগ বেলেগ। এই তৰপবোৰে ইটোৱে সিটোৰ ওপৰত ঘৰ্ষণ বলৰ সৃষ্টি কৰাৰ ফলত শক্তি কিছু ক্ষয় হয়। তৰলৰ এই ধৰ্মটোক সান্দ্ৰতা (viscosity)বোলে। এই বিষয়ে পিছত 10.5 অনুচ্ছেদত বহলভাৱে আলোচনা কৰা হৈছে। তৰলটোৱে হেৰোৱা গতি শক্তিখিনি তাপ শক্তিলৈ ৰূপান্তৰিত হয়। গতিকে বাৰ্ণৌলিৰ সমীকৰণ প্ৰকৃতাৰ্থত কেৱল অসান্দ্ৰ (non-viscous) বা শূন্য সান্দ্ৰতাৰ (zero viscosity) তৰলৰ ক্ষেত্ৰতহে প্ৰযোজ্য। বাৰ্ণৌলি সমীকৰণ প্ৰয়োগৰ ক্ষেত্ৰত আন এটা সীমাবদ্ধতা হ'ল— তৰলটো অসংকোচনীয় হ'ব লাগিব, কাৰণ স্থিতিস্থাপক শক্তিৰ কথা ইয়াত বিবেচনা কৰা হোৱা নাই। তথাপিও বাস্তৱত এই নীতিৰ প্ৰয়োগ অনেক আৰু ই নিম্ন সান্দ্ৰতা গুণৰ অসংকোচনীয় তৰলৰ বহু পৰিঘটনাৰ ব্যাখ্যা আগবঢ়াব পাৰে। বাৰ্ণৌলিৰ সমীকৰণ অস্থিৰ বা অশান্ত প্ৰবাহৰ ক্ষেত্ৰতো প্ৰযোজ্য নহয় কিয়নো অস্থিৰ প্ৰবাহত বেগ আৰু চাপৰ সঘন বঢ়া-টুটা হৈ থাকে।

স্থিৰ অৱস্থাত থকা তৰলৰ প্ৰত্যেক ঠাইতে বেগ শূন্য। স্থিৰ তৰলৰ কাৰণে বাৰ্ণৌলিৰ সমীকৰণ হ'ব—

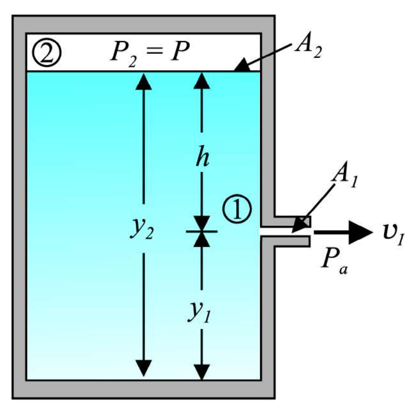
$$P_1 + \rho g h_1 = P_2 + \rho g h_2$$

বা $\quad (P_1 - P_2) = \rho g\,(h_2 - h_1)$

এই সমীকৰণটো সমীকৰণ (10.6)ৰ সৈতে অবিকল একে।

10.4.1 অভিবাহ দ্ৰুতি ঃ টৰিচেলিৰ নীতি (Speed of Efflux : Torricelli's Law)

অভিবাহ (efflux) শব্দটোৰ অৰ্থ হৈছে তৰলৰ বহিঃপ্ৰবাহ। টৰিচিলিয়ে প্ৰথম আৱিষ্কাৰ কৰিছিল যে— জুলীয়া বস্তুভৰ্তি মুক্ত টেংক এটাৰ গাত থকা ফুটাৰে ওলোৱা প্ৰবাহৰ প্ৰবাহ-দ্ৰুতিৰ প্ৰকাশ ৰাশি মুক্তভাৱে অধোগমিত বস্তুৰ দ্ৰুতিৰ প্ৰকাশ ৰাশিৰ সৈতে একেই। ধৰা হ'ল এটা টেংকত ρ ঘনত্বৰ এবিধ জুলীয়া পদাৰ্থ আছে আৰু তলিৰ পৰা y_1 উচ্চতাৰ টেংকৰ গাত এটা সৰু বিন্ধা আছে (চিত্ৰ 10.10)। তলিৰ পৰা জুলীয়া পদাৰ্থৰ পৃষ্ঠৰ উচ্চতা y_2 আৰু তাত থকা বায়ুৰ চাপ P। এতিয়া অবিচ্ছিন্নতাৰ সমীকৰণ (সমীকৰণ 10.10) ব্যৱহাৰ কৰি আমি পাওঁ—



চিত্ৰ 10.10 *টৰিচিলিৰ সূত্ৰ। পাত্ৰৰ গাত থকা বিন্ধাৰে নিৰ্গত তৰলৰ অভিবাহ দ্ৰুতি ৰ মান বাৰ্ণৌলিৰ সমীকৰণত প্ৰয়োগ কৰি পাব পাৰি। তৰলৰ ওপৰৰ পৃষ্ঠ বায়ুমণ্ডলত উন্মুক্ত হৈ থাকিলে অভিবাহ দ্ৰুতি হ'ব* $v_1 = \sqrt{2gh}$ ।

$$v_1 A_1 = v_2 A_2$$

বা $$v_2 = \left(\frac{A_1}{A_2}\right) v_1$$

টেংকটোৰ প্ৰস্থচ্ছেদৰ কালি A_2 যদি বিন্ধাটোৰ প্ৰস্থচ্ছেদতকৈ খুব বেছি ডাঙৰ হয় ($A_2 >> A_1$) তেতিয়া মুক্ত পৃষ্ঠত জুলীয়া পদাৰ্থখিনি প্ৰায় স্থিৰে থকা বুলি ধৰিব পাৰি, অৰ্থাৎ $v_2 = 0$। বিন্ধাটোৰ মুখত চাপ হৈছে বায়ুমণ্ডলীয় চাপ $P_1 = P_a$। এতিয়া 1 আৰু 2নং বিন্দুত বাৰ্ণৌলিৰ সমীকৰণ ব্যৱহাৰ কৰি সমীঃ (10.12) ৰ পৰা আমি পাওঁ

$$P_a + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g y_1 = P + \rho g y_2$$

$y_2 - y_1 = h$ ধৰি v_1ৰ কাৰণে ওপৰৰ সমীকৰণটো সমাধান কৰি আমি পাওঁ,

$$v_1 = \sqrt{2g\,h + \frac{2(P - P_a)}{\rho}} \qquad (10.14)$$

ওপৰৰ সমীকৰণটোৰ পৰা আমি দেখা পাওঁ যে, যেতিয়া $P >> P_a$ আৰু লগতে '$2gh$' ক নগণ্য বুলি ধৰিব পাৰি তেতিয়া $v_1 = \sqrt{\frac{2P}{\rho}}$; অৰ্থাৎ অভিবাহ দ্ৰুতিৰ মান টেংকত থকা চাপে (P) নিয়ন্ত্ৰণ কৰে। ৰকেট উৎক্ষেপনত এনেকুৱা এটা পৰিৱেশৰ সৃষ্টি কৰা হয়। আনহাতে টেংকৰ ওপৰভাগ যদি বায়ুমণ্ডলৰ লগত সংযুক্ত থাকে তেতিয়া $P = P_a$।

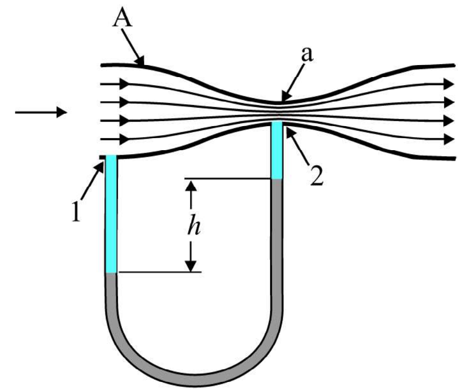
এইক্ষেত্ৰত অভিৱাহ দ্ৰুতি

$$v_1 = \sqrt{2gh} \qquad (10.15)$$

মন কৰা, মুক্তভাৱে অধোগমিত বস্তুৰ দ্ৰুতিৰ সমীকৰণো এইটোৱেই। সমীঃ (10.15) ক টৰিচেলিৰ সূত্ৰ (Torricellis Law) বুলি জনা যায়।

10.4.2 ভেঞ্চুৰিমিটাৰ (Venturi meter)

ভেঞ্চুৰিমিটাৰ এবিধ প্ৰবাহ মাপক কৌশল যাৰ সহায়ত অসংকোচনীয় তৰলৰ প্ৰবাহৰ দ্ৰুতি জুখিব পাৰি। চিত্ৰ (10.11)ত দেখুওৱা দৰে মাজভাগত সংকীৰ্ণ আৰু



চিত্ৰ 10.11 *ভেঞ্চুৰিমিটাৰৰ এক নিৰ্দেশাত্মক চিত্ৰ*

দুয়োফালে ডাঙৰ ব্যাসৰ এক নলীৰ দ্বাৰা ই গঠিত। U নলী আকাৰৰ এটা মেনোমিটাৰৰ এটা বাহু সংকীৰ্ণ অংশটোত আৰু আনটো বাহু বহল অংশত চিত্ৰত দেখুওৱা ধৰণে সংযোগ কৰা থাকে। ধৰা, মেনোমিটাৰত থকা তৰলৰ ঘনত্ব ρ_m। যদি নলীটোৰ বহল অংশৰ প্ৰস্থচ্ছেদ A আৰু তাত তৰলৰ বেগ v_1 আৰু সংকীৰ্ণ অংশত প্ৰস্থচ্ছেদ আৰু বেগ a আৰু v_2হয়, তেনেহ'লে অবিচ্ছিন্নতাৰ সমীকৰণৰ (সমীকৰণ 10.10) পৰা পাওঁ $v_2 = \frac{A}{a} v_1$। এতিয়া চিত্ৰত দেখুওৱা 1 নং আৰু 2নং বিন্দুত বাৰ্ণৌলিৰ সমীকৰণ ব্যৱহাৰ কৰিলে পোৱা যায়,

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 (A/a)^2$$

ইয়াৰ পৰা

$$P_1 - P_2 = \frac{1}{2}\rho v_1^2\left[\left(\frac{A}{a}\right)^2 - 1\right] \qquad (10.16)$$

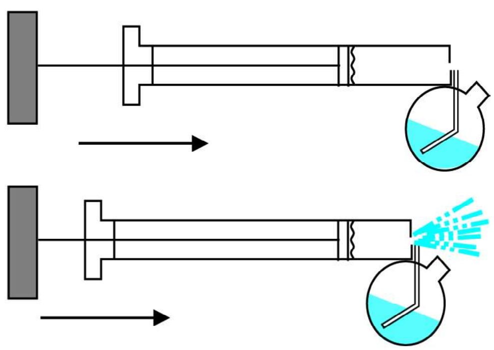
চাপৰ এই পাৰ্থক্যৰ কাৰণে সংকীৰ্ণ অংশটোত সংযোগ কৰা U টিউবৰ বাহুটোত ইটো বাহুৰ তুলনাত তৰল ওপৰলৈ উঠে। উচ্চতাৰ (h) পাৰ্থক্যৰ পৰা বহল আৰু ঠেক অংশত চাপৰ পাৰ্থক্য পাব পাৰি। গতিকে

$$P_1 - P_2 = \rho_m g h = \frac{1}{2}\rho v_1^2\left[\left(\frac{A}{a}\right)^2 - 1\right]$$

গতিকে ভেঞ্চুৰিমিটাৰৰ নলীটোৰ বহল ডিঙিটোত তৰলৰ দ্ৰুতি হ'ব

$$v_1 = \sqrt{\left(\frac{2\rho_m gh}{\rho}\right)}\left(\left(\frac{A}{a}\right)^2 - 1\right)^{-\frac{1}{2}} \quad (10.17)$$

ভেঞ্চুৰিমিটাৰৰ গঠনত ব্যৱহৃত নীতিটোৰ বহুতো ব্যৱহাৰিক প্রয়োগ আছে। অটোম'বাইলত থকা কাৰ্বুৰেটৰত (carburetor) এটা ভেঞ্চুৰি চেনেল (জোঙা নলী, nozzle) থাকে যাৰ মাজেৰে তীব্রগতিত বায়ুৰ প্রবাহ ঘটোৱা হয়। ইয়াৰ ফলত ন'জলৰ মুখত চাপ কমি যায় আৰু দহন চেম্বাৰে টেংকিৰ পৰা পেট্রোল (বা গেচোলিন) শুহি লৈ দহনৰ (combustion) কাৰণে সঠিক মাত্রাত ইন্ধন আৰু বায়ুৰ সংমিশ্রন ঘটায়। ফিল্টাৰ পাম্পৰ বা এচ্‌পিৰেটৰ, বুন্‌চেন্, এট' মাইজাৰ আৰু সুগন্ধি দ্রব্য বা কীটনাশক দৰৱ ছটিওৱা স্প্রেয়াৰতো একে নীতিয়েই প্রয়োগ কৰা হয়।



চিত্র 10.12 *স্প্রে পাম্প। স্প্রে কৰিবলগীয়া তৰল ৰখা পাত্রটোৰ ডিঙিৰ ক্ষুদ্র বিন্ধাৰ ওপৰেৰে এটা পিষ্টনৰ সহায়ত খুব বেগেৰে বায়ু পঠিয়ালে বিন্ধাটোৰ মুখত চাপ কমি যায় (বাৰ্ণলিৰ সূত্র দ্রষ্টব্য) আৰু ফলত তৰলটো ভিতৰৰ পৰা ওলাই আহে।*

▶**উদাহৰণ 10.7 তেজৰ বেগ (blood velocity) ঃ** এনাচ্‌থেচিয়াৰে বেহুচ কৰা কুকুৰ এটাৰ মহাধমনীত বৈ থকা তেজৰ সোঁতক পথচ্যুত কৰি ভেঞ্চুৰিমিটাৰ এটালৈ বোৱাই নিয়া হৈছে। মিটাৰটোৰ বহল অংশৰ প্রস্থচ্ছেদৰ কালি মহাধমনীৰ প্রস্থচ্ছেদৰ সৈতে একে, $A = 8\,mm^2$। ঠেক অংশটোৰ কালি হ'ল $a=4\,mm^2$। মহাধমনী আৰু মিটাৰৰ ঠেক অংশৰ চাপৰ পাৰ্থক্য হ'ল 24 Pa। ধমনীত তেজৰ সোঁতৰ দ্রুতি কিমান?

উত্তৰ ঃ তালিকা 10.1ৰ পৰা তেজৰ ঘনত্ব $100 \times 10^3\,kgm^{-3}$ ডাঙৰ আৰু সৰু অংশৰ কালিৰ অনুপাত $\left(\frac{A}{a}\right) = 2$। সমীকৰণ (10.17) ব্যৱহাৰ কৰি আমি পাওঁ

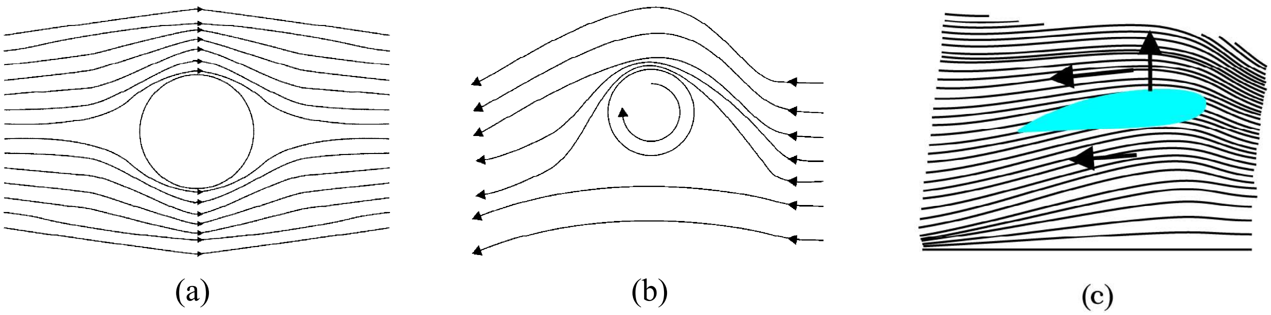
$$v_1 = \sqrt{\frac{2 \times 24\,Pa}{1060\,kg\,m^{-3} \times (2^2 - 1)}} = 0.125\,m\,s^{-1}$$

10.4.3 তেজৰ সোঁত আৰু হাৰ্ট এটেক (Blood flow and Heart Attack)

বাৰ্ণলিৰ নীতিৰ সহায়ত আমি ধমনীত তেজৰ সোঁতৰ বিষয়ে জানিব পাৰো। ধমনীৰ ভিতৰ বেৰত চৰ্বিজাতীয় পদাৰ্থ (plaque) জমা হোৱা কাৰণে ঠায়ে ঠায়ে ধমনীৰ পথ ঠেক হয়। এই সংকুচিত পথেৰে তেজৰ চলাচল অব্যাহত ৰাখিবলৈ হৃৎপিণ্ডই অতিৰিক্ত কাৰ্য কৰিব লগা হয়। সংকুচিত অংশত তেজৰ বেগ বৃদ্ধি পোৱাৰ (অবিচ্ছিন্নতাৰ সমীকৰণ চোৱা) ফলত তাত চাপ কমি যায়। তেতিয়া ধমনীৰ বাহিৰ বেৰত ক্রিয়া কৰি থকা চাপে সংকুচিত অংশক আৰু সংকুচিত কৰে অথবা বন্ধও কৰি দিব পাৰে। চিকিৎসা বিজ্ঞানত এই ঘটনাক ধমনীৰ হঠাতে কোঁচ খোৱা বা কলাপচ্ (collapse of the artery) বুলি কোৱা হয়। এই অৱস্থাত বন্ধ ধমনী খুলি তাৰ মাজেৰে তেজ পঠিয়াবলৈ হৃৎপিণ্ডই আৰু বেছি চাপৰ সৃষ্টি কৰিবলগা হয়। এইবাৰ খোল খোৱা ধমনীৰ মাজেৰে তেজ আৰু বেছি বেগত চলিবলৈ ধৰে, ফলত ধমনীৰ ভিতৰৰ চাপ আকৌ কমি যায় আৰু আগৰ ঘটনাৰ পুনৰাবৃত্তি ঘটি ধমনীৰ সংকুচিত অংশ পুনৰ কোঁচ খায়। এই ঘটনাৰ পুনৰাবৃত্তিয়ে হৃৎপিণ্ডৰ জটিলতা সৃষ্টি কৰে যাক আমি হাৰ্ট-এটেক্ (Heart attack) বুলি কওঁ।

10.4.4 গতিক উত্তোলন (Dynamic Lift)

বস্তু এটা তৰলৰ মাজেৰে গতি কৰাৰ কাৰণে ইয়াৰ ওপৰত যি বলৰ সৃষ্টি হয় সেই বলেই হ'ল গতিক উত্তোলন (dynamic lift)। উৰা জাহাজৰ পাখি, হাইড্রফয়ল (ঠিক পানীৰ ওপৰেৰে যোৱ জলযান) বা



চিত্ৰ 10.13 *(a) বৈ থকা গোলক এটাৰ কাষেৰে পাৰ হৈ যোৱা তৰলৰ প্ৰবাহ ৰেখা (b) ঘড়ীৰ কাঁটাৰ দিশত ঘূৰ্ণীয়মান গোলক এটাৰ কাষত প্ৰবাহ ৰেখা (c) বায়বফলক (airfoil) এচটাৰ কাষেৰে পাৰ হৈ যোৱা বায়ুৰ সোঁত।*

ঘূৰ্ণীয়মান বলৰ (spinning ball) ওপৰত এই বলে ক্ৰিয়া কৰে। ক্ৰিকেট, টেনিছ, বেছবল অথবা গল'ফ খেলাত আমি দেখিবলৈ পাওঁ যে ঘূৰ্ণন-গতিপ্ৰাপ্ত বল এটাই বায়ুৰ মাজেৰে গতি কৰোতে অধিবৃত্তাকাৰ পথৰ পৰা বলটোৰ বিচ্যুতি ঘটে।

এই বিচ্যুতি বাৰ্ণ'লিৰ নীতিৰ সহায়ত আংশিকভাৱে ব্যাখ্যা কৰিব পাৰি।

(i) **ঘূৰ্ণন নোহোৱাকৈ গতি কৰা বল (Ball moving without spin)** ঃ চিত্ৰ 10.13(a) ত ঘূৰ্ণন নোহোৱাকৈ তৰলৰ (বায়ু) মাজেৰে গতি কৰা বল এটাৰ প্ৰবাহৰেখা দেখুওৱা হৈছে। প্ৰবাহৰেখাবোৰ বলটোৰ দুয়োফালে সমমিতিভাৱে বিস্তৃত। বলটোৰ ওপৰ আৰু তলফালৰ অনুৰূপ বিন্দুবোৰত বায়ুৰ বেগ একে হোৱা কাৰণে চাপৰ পাৰ্থক্য শূন্য। গতিকে বায়ুৱে বলটোৰ ওপৰত ওপৰ বা তলফালে কোনো বল প্ৰয়োগ নকৰে।

(ii) **ঘূৰ্ণীয়মান বলৰ গতি (Ball moving with spin)** ঃ বল এটাই ঘূৰ্ণন গতি লাভ কৰিলে তাৰ গাত লাগি থকা বায়ুৰ তৰপেও ঘূৰ্ণন গতি পায়। বলটোৰ পিঠিখন যিমানেই বেছি খহটা হয় সিমানেই বেছি পৰিমাণৰ বায়ুৱে এই গতি লাভ কৰে। চিত্ৰ 10.13 (b) ত ঘূৰি ঘূৰি আগবঢ়া বল এটাৰ কাৰণে কাষৰ বায়ুৰ প্ৰবাহৰেখা দেখুওৱা হৈছে। বলটো সন্মুখৰ ফালে গতি কৰিছে, গতিকে বলটোৰ সাপেক্ষে বায়ুখিনি বিপৰীত দিশত গতি কৰা বুলি ধৰিব পাৰো। গতিকে বলটোৰ ওপৰভাগত বায়ুৰ আপেক্ষিক বেগ তলৰ ভাগতকৈ বেছি। ফলস্বৰূপে বলটোৰ ওপৰফালে প্ৰবাহ ৰেখাবোৰ ঘন ঘন হৈ জুম বান্ধিছে আৰু তলৰফালে পাতলি গৈছে। অৰ্থাৎ ওপৰ আৰু তলফালে বায়ুৰ বেগ বেলেগ হোৱা কাৰণে এটা চাপ পাৰ্থক্যৰ সৃষ্টি হয় আৰু ইয়াৰ ফলত বলটোৰ ওপৰত এক লব্ধ উৰ্ধমুখী বলে ক্ৰিয়া কৰে। ঘূৰ্ণনৰ ফলত সৃষ্টি হোৱা এই গতিক- উত্তোলনক **'মেগনাচ্ ক্ৰিয়া'** (Magnus effect) নামেৰেও জনা যায়।

(iii) **এয়াৰ'ফয়ল (বায়ুব-ফলক) অথবা আকাশীযানৰ পাখিৰ উত্তোলন (Aerofoil or lift on aircraft wing)** ঃ চিত্ৰ 10.13 (c) ত বায়ব-ফলক বা এয়াৰ'ফয়ল এটাৰ চিত্ৰ দেখুওৱা হৈছে। গোটা বস্তুৰ মাজেৰে আনুভূমিকভাৱে গতি কৰিলে ইয়াৰ ওপৰত উৰ্ধমুখী গতিক-উত্তোলন বলৰ সৃষ্টি হয়। উৰাজাহাজৰ ডেউকাৰ আকৃতিও চিত্ৰ 10.13(c)ত দেখুওৱা বায়ব-ফলকৰ দৰেই। বতাহৰ মাজেৰে গতি কৰোতে সোঁতৰ (বায়ুৰ) সাপেক্ষে বায়ুব-ফলকৰ দিক্‌বিন্যাস এনেকুৱাভাৱে থাকে যাতে ফলকৰ ওপৰভাগত প্ৰবাহ ৰেখাবোৰ ঘন আৰু তলফালে সেৰেঙা হয়। অৰ্থাৎ ওপৰফালে বায়ুৰ সোঁতৰ বেগ তলফালতকৈ বেছি হয়। বেগৰ পাৰ্থক্যৰ কাৰণে ওপৰ আৰু তলফালৰ মাজত যি চাপৰ পাৰ্থক্য হয়

সিয়ে ফলকৰ ওপৰত উৰ্ধমুখী দিশত এক লব্ধ বলৰ সৃষ্টি কৰি পাখি দুখনক গতিক-উত্তোলন প্ৰদান কৰে। এই উৰ্ধমুখী বলে উৰাজাহাজখনৰ ভাৰসাম্য বজাই ৰাখি শূন্যত ওপঙাই ৰাখে। এই কথাখিনি স্পষ্ট কৰিবলৈ তলত এটা উদাহৰণ দিয়া হ'ল।

▶**উদাহৰণ 10.8** সম্পূৰ্ণ বোজাই কৰা বয়িং এৰোপ্লেন এখনৰ মুঠ ভৰ 3.3×10^5 kg। ইয়াৰ ডেউকাৰ মুঠ কালি $500\,m^2$। প্লেনখনে আনুভূমিক দিশত 960 km/hr. দ্ৰুতিত উৰি আছে। (a) ডেউকা দুখনৰ ওপৰ আৰু তল পিঠিৰ মাজত থকা চাপৰ পাৰ্থক্য নিৰ্ণয় কৰা। (b) তলৰ পিঠিৰ তুলনাত ডেউকাৰ ওপৰ পিঠিত বায়ুৰ বেগৰ আংশিক বৃদ্ধিৰ মান নিৰ্ণয় কৰা। (বায়ুৰ ঘনত্ব $\rho=1.2\,kgm^{-3}$)

উত্তৰ ঃ (a) চাপৰ পাৰ্থক্যৰ কাৰণে হোৱা উৰ্ধমুখী বলে বয়িংখনৰ ভাৰসাম্য বজাই ৰাখে, অৰ্থাৎ উৰ্ধমুখী বল প্লেনখনৰ ওজনৰ সমান।

$$\Delta P \times A = 3.3 \times 10^5\ kg \times 9.8\ ms^{-2}$$

বা $$\Delta P = \frac{3.3\times10^5\,kg\times9.8\,ms^{-2}}{500\,m^2}$$

$$= 6.5 \times 10^3\ Nm^{-2}$$

(b) ডেউকাৰ ওপৰ আৰু তলফালৰ মাজত উচ্চতাৰ যি সামান্য পাৰ্থক্য আছে সেইটো আমি বাদ দিম। সমীকৰণ (10.12) ব্যৱহাৰ কৰি ওপৰ আৰু তল পিঠিৰ মাজত চাপৰ পাৰ্থক্য

$$\Delta P = \frac{\rho}{2}\left(v_2^2 - v_1^2\right)$$

ইয়াত v_2 আৰু v_1 ক্ৰমে ওপৰ আৰু তল পিঠিত বায়ুৰ দ্ৰুতি। ওপৰৰ সমীকৰণটোৰ পৰা

$$v_2 - v_1 = \frac{2\Delta P}{\rho\left(v_2+v_1\right)}$$

বায়ুৰ গড় বেগ

$$v_{av} = \frac{v_2+v_1}{2} = 960\,km/hr = 267\,m\,s^{-1}$$

ধৰি আমি পাওঁ,

$$\frac{\left(v_2 - v_1\right)}{v_{av}} = \frac{2\Delta P}{v_{av}\times\rho\left(v_2+v_1\right)}$$

$$= \frac{\Delta P}{\rho v_{av}^2}$$

$$= \frac{6.5\times10^3\,Nm^{-2}}{12\,kgm^{-3}\times267\,ms^{-1}}$$

$$\approx 0.08 = 8\%$$

গতিকে ডেউকাৰ ওপৰভাগত বায়ুৰ দ্ৰুতি তলভাগতকৈ 8% বেছি হ'ব লাগিব।

10.5 সান্দ্ৰতা (Viscosity)

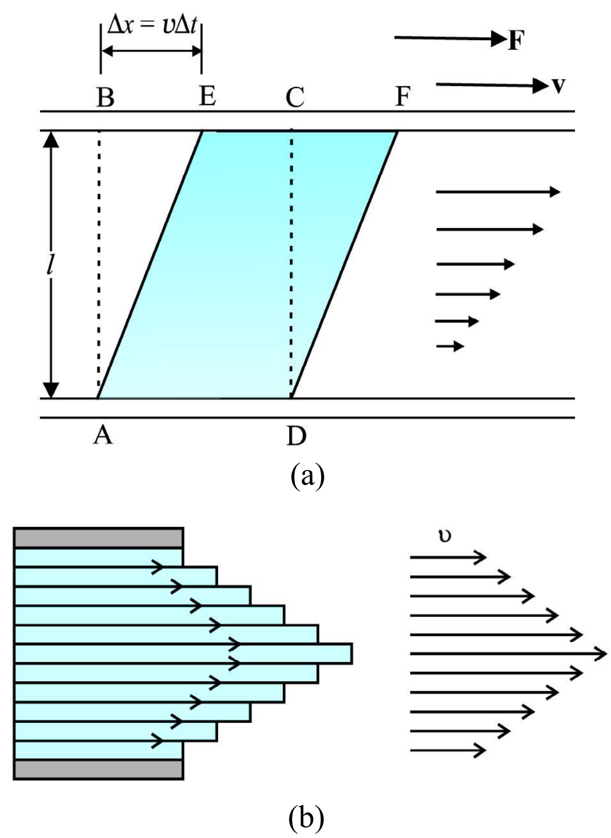
বেছিভাগ তৰলেই আদৰ্শ তৰলৰ ভিতৰত নপৰে আৰু বৈ যাওঁতে ইহঁত এক বাধাৰ সন্মুখীন হয়। তৰলে সন্মুখীন হোৱা এই বাধা আচলতে তৰপবোৰৰ মাজৰ আপেক্ষিক বেগৰ কাৰণে সৃষ্টি হোৱা এক আভ্যন্তৰীণ ঘৰ্ষণ। তৰলৰ এই আভ্যন্তৰীণ ঘৰ্ষণক **সান্দ্ৰতা** (viscosity) বোলা হয়। চিত্ৰ 10.14 (a) ত দুখন কাঁচৰ প্লেটৰ মাজত আবদ্ধ এক তৰল (যেনে ধৰা কোনো তেল) দেখুওৱা হৈছে। তলৰ প্লেটখন স্থিৰে ৰাখি ওপৰৰ প্লেটখন এক স্থিৰ বেগ $\vec{v}$ ৰে পিচলাই নিয়া হৈছে। তেলৰ সলনি যদি প্লেট দুখনৰ মাজত মৌ-জোল ৰখা হয় তেতিয়া কিন্তু ওপৰৰ প্লেটখন একেটা বেগ $\vec{v}$ ৰে নিবলৈ আগতকৈ বেছি বলৰ প্ৰয়োজন হ'ব। সেইকাৰণেই আমি কওঁ যে তেলতকৈ মৌৰ সান্দ্ৰতা বেছি। পৃষ্ঠ এখনত লাগি থকা তৰলৰ বেগ পৃষ্ঠখনৰ বেগৰ সৈতে একে। গতিকে ওপৰ পৃষ্ঠখনত লাগি থকা তৰলৰ তৰপটো $\vec{v}$ বেগেৰে গতি কৰিব আৰু স্থিৰ পৃষ্ঠত লাগি থকা তৰপটো স্থিৰ হৈ থাকিব। তলৰ পৰা যিমানে ওপৰলৈ যোৱা যায় তৰপবোৰৰ বেগ সুষমভাৱে বাঢ়ি যায়। যিকোনো এটা তৰপকে তাৰ ওপৰৰ তৰপটোৱে সন্মুখলৈ আৰু তলৰ তৰপটোৱে পিছফাললৈ টানে। ইয়াৰ ফলত তৰপবোৰৰ মাজত এক ঘৰ্ষণ বলৰ সৃষ্টি হয়। তৰলৰ এই ধৰণৰ প্ৰবাহক তৰপীয়া প্ৰৱাহ (laminar flow) বোলা হয়। তৰলৰ বিভিন্ন তৰপবোৰ

ইটোৰ ওপৰত সিটো পিচলি গতি কৰে। টেবুলৰ ওপৰত ৰখা ডাঙৰ কিতাপ এখনৰ ওপৰ পৃষ্ঠত আনুভূমিক বল প্ৰয়োগ কৰিলে পৃষ্ঠাবোৰ যিদৰে এটাৰ ওপৰত আনটো পিছলি যাব খোজে, তৰলৰ তৰপবোৰেও ঠিক একে ধৰণৰ গতি কৰে। নলী বা টিউব এটাৰ মাজেৰে যেতিয়া তৰলৰ প্ৰবাহ হয় তেতিয়া অক্ষত থকা তৰলৰ বেগ আটাইতকৈ বেছি হয়, অক্ষৰ পৰা যিমানে বেৰৰ ফালে যোৱা যায় সিমানে বেগ কমি নলীৰ বেৰত গৈ বেগ শূন্য হয়। চিত্ৰ 10.14 (b) ত নলীৰ মাজেৰে বৈ যোৱা জুলীয়া পদাৰ্থৰ বিভিন্ন তৰপৰ বেগ দেখুওৱা হৈছে। এই প্ৰবাহত অক্ষৰ সাপেক্ষে যিকোনো চুঙাকৃতিৰ পৃষ্ঠত (cylindrical surface) বেগৰ মান একে।

চিত্ৰ 10.14 (a) লৈ পুনৰ মন কৰা। ধৰা, কোনো এক সময়ত প্ৰৱাহিত জুলীয়া পদাৰ্থটোৰ এটা অংশৰ আকাৰ ABCD আৰু তৰপীয়া প্ৰবাহৰ কাৰণে এক ক্ষুদ্ৰ সময়ৰ (Δt) পিছত ইয়াৰ আকাৰ হ'লগৈ AEFD। এই সময়ছোৱাত ওপৰ পৃষ্ঠত লাগি থকা তৰপটোৱে পূৰ্বৰ অৱস্থাৰ পৰা (বা স্থিৰ তৰপটোৰ তুলনাত) $\Delta x = v\Delta t$ দূৰত্ব অতিক্ৰম কৰিব। গতিকে তৰলটোত সৃষ্টি হোৱা ৰূপ বিকৃতি হ'ব $\left(\frac{\Delta x}{l}\right)$। প্ৰৱাহিত তৰলৰ ক্ষেত্ৰত এই ৰূপ বিকৃতি সময়ৰ লগত বাঢ়ি যায়। কিন্তু পৰীক্ষাৰ পৰা দেখা গৈছে যে প্ৰৱাহিত তৰলৰ ক্ষেত্ৰত সৃষ্টি হোৱা প্ৰতিচাপ (stress) 'ৰূপ বিকৃতিৰ সলনিৰ হাৰ'ৰহে (rate of change of strain) সমানুপাতিক, গোটা বস্তুৰ দৰে ৰূপ বিকৃতিৰ (stress) সমানুপাতিক নহয়। অৰ্থাৎ প্ৰতিচাপ $\left(\frac{\Delta x}{l\Delta t}\right)$ বা $\frac{v}{l}$ৰ সমানুপাতিক। প্ৰতিচাপ আৰু ৰূপ বিকৃতিৰ হাৰৰ অনুপাতক তৰলৰ সান্দ্ৰতা গুণাংক (coefficient of viscosity) বোলা হয় আৰু গ্ৰীক আখৰ η ৰে (উচ্চাৰণ 'ইটা') ইয়াক বুজোৱা হয়। গতিকে

$$\eta = \frac{F/A}{v/l} = \frac{Fl}{vA} \qquad (10.18)$$

সান্দ্ৰতা গুণাংকৰ এছ আই একক হ'ল পয়চলি (Pl)। এক Poiseulli (Pl) হ'ল $1 \text{Nm}^{-2}\text{s}$ বা Pas। সান্দ্ৰতা গুণাংকৰ মাত্ৰা $[ML^{-1}T^{-1}]$। সাধাৰণতে পানী, এলক'হল আদিৰ দৰে পাতল জুলীয়াতকৈ আলকাতাৰা, তেজ, গ্লিচাৰিন জাতীয় ডাঠ জুলীয়া পদাৰ্থৰ সান্দ্ৰতা গুণাংক বেছি। সহজতে পোৱা কেইবিধমান তৰলৰ সান্দ্ৰতা গুণাংকৰ তালিকা 10.2ত দেখুওৱা হৈছে। সান্দ্ৰতাৰ সম্পৰ্কে পানী আৰু তেজৰ বিষয়ে তলত দিয়া দুটা তথ্যই তোমালোকৰ মনত নিশ্চয় কিছু কৌতুহল জন্মাব। প্ৰথমটো হ'ল, তালিকা 10.2ৰ মতে পানীতকৈ তেজ বেছি সান্দ্ৰ (more viscous)। দ্বিতীয়টো হ'ল, পানীৰ সাপেক্ষে তেজৰ

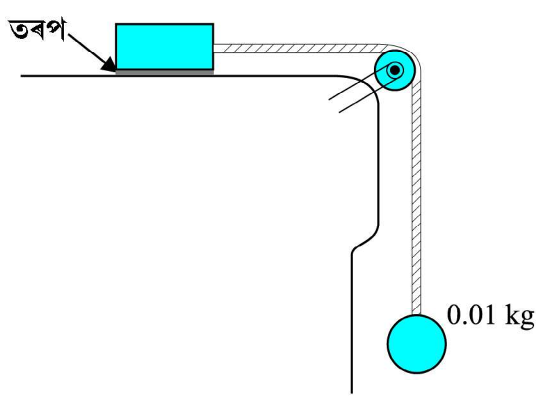


চিত্ৰ 10.14 *(a) দুখন সমান্তৰাল গ্লাচ প্লেটৰ মাজত আৱদ্ধ জুলীয়া পদাৰ্থৰ এটা তৰপ। তলৰ প্লেটখন স্থিৰ কৰি ৰখা হৈছে আৰু ওপৰৰ প্লেটখনে সোঁফাললৈ v বেগত গতি কৰিছে।*
(b) এটা নলীৰ মাজেৰে সান্দ্ৰ তৰলৰ প্ৰবাহত বেগৰ বণ্টন দেখুওৱা হৈছে।

আপেক্ষিক সান্দ্ৰতা অৰ্থাৎ (η/η_{water}) 0°C আৰু 37°C উষ্ণতাৰ ভিতৰত সদায় ধ্ৰুৱ হৈ থাকে।

উষ্ণতা বাঢ়িলে জুলীয়া পদাৰ্থৰ সান্দ্ৰতা কমে কিন্তু গেছীয় পদাৰ্থৰ সান্দ্ৰতা বৃদ্ধি পায়।

▶**উদাহৰণ 10.9** চিত্ৰ 10.15 ত দেখুওৱাৰ দৰে $0.10\,m^2$ কালিৰ ধাতুৰ টুকুৰা এটাক তাঁৰ এডালেৰে আদৰ্শ পুলি (আদৰ্শ মানে ভাৰবিহীন আৰু ঘৰ্ষণবিহীন) এটাৰ ওপৰেৰে 0.010 kg ভৰ এঠাৰ লগত সংযোগ কৰা হৈছে। ধাতুৰ টুকুৰাটো আৰু টেবুলৰ মাজত 0.30 mm ডাঠ জুলীয়া পদাৰ্থৰ তৰপ এটা আছে। ওলমি থকা ভৰটো এৰি দিলে দেখা যায় যে ধাতুৰ টুকুৰাটো $0.085\,ms^{-1}$। বেগত সোঁফাললৈ গতি কৰে। জুলীয়া পদাৰ্থটোৰ সান্দ্ৰতা গুণাংকৰ মান নিৰ্ণয় কৰা।



চিত্ৰ 10.15 *এটা জুলীয়া পদাৰ্থৰ সান্দ্ৰতা গুণাংক জোখাৰ এক পদ্ধতি।*

উত্তৰ ঃ তাঁৰডালে প্ৰয়োগ কৰা টানৰ কাৰণে ধাতুৰ টুকুৰাটো সোঁফাললৈ গতি কৰে। টান T ৰ মান ওলমি থকা বস্তুটোৰ ওজনৰ সমান। গতিকে জুলীয়া পদাৰ্থটোৰ ওপৰত সৃষ্টি হোৱা বিৰূপন বল (shear force) হ'ব,

$F = T = mg = 0.010\text{ kg} \times 9.8\text{ m s}^{-2} = 9.8\times10^{-2}\text{N}$

∴ জুলীয়া পদাৰ্থটোৰ ওপৰত ৰূপ প্ৰতিচাপ (shear stress)

$$= F/A = \frac{9.8\times10^{-2}\text{N}}{0.10\text{ m}^2}$$

$$\text{বিকৃতিৰ হাৰ} = \frac{v}{l} = \frac{0.085\,\text{ms}^{-1}}{0.30\times10^{-3}\text{ m}}$$

$$\therefore \eta = \frac{\text{প্ৰতিচাপ}}{\text{বিকৃতিৰ হাৰ}}$$

$$= \frac{(9.8\times10^{-2}N)(0.30\times10^{-3}m)}{(0.085\,m\,s^{-1})(0.10\,m^2)}$$

$$= 3.45\times10^{-3}\text{ Pa s}$$

তালিকা 10.2 কেইবিধমান তৰলৰ সান্দ্ৰতা গুণাংক

তৰল	উষ্ণতা (°C)	সান্দ্ৰতা গুণাংকা (mpl)
পানী	20	1.0
	100	0.3
তেজ	37	2.7
মেচিনত ব্যৱহৃত তেল	16	113
	38	34
গ্লিচাৰিন	20	830
মৌ	–	200
বায়ু	0	0.017
	40	0.019

10.5.1 ষ্ট'কৰ নীতি (Stokes' Law)

তৰলৰ মাজেৰে বস্তু এটা যেতিয়া তললৈ পৰে তেতিয়া বস্তুটোৰ গাত লাগি থকা তৰলৰ তৰপটোকো বস্তুটোৰে লগতে টানি নিয়ে। ইয়াৰ ফলত গাত লাগি থকা স্তৰটো আৰু চাৰিওকাষৰ তৰলৰ স্তৰবোৰৰ মাজত এক আপেক্ষিক বেগৰ সৃষ্টি হয় আৰু তেতিয়া বস্তুটোৰ ওপৰত এক মন্থৰণ বলে ক্ৰিয়া কৰে। সৰি পৰা বৰষুণৰ টোপাল আৰু দোলকৰ বব্‌টোৰ দোলন এই গতিৰ দুটা উদাহৰণ। সান্দ্ৰতা বল (viscous force) বস্তুটোৰ বেগৰ সমানুপাতিক আৰু ই সদায় গতিৰ বিপৰীত দিশত ক্ৰিয়া কৰে। সান্দ্ৰতা বল F তৰল মাধ্যমটোৰ সান্দ্ৰতা গুণাংক (η) আৰু গোলাকাৰ বস্তুৰ কাৰণে তাৰ ব্যাসাৰ্ধৰো (a) সমানুপাতিক। চাৰ জৰ্জ জি ষ্টকচ্ (Sir

George G. Stokes, 1819-1903) নামৰ ইংৰাজ বিজ্ঞানী এজনে গোলাকাৰ বস্তু এটা সান্দ্ৰ মাধ্যমৰ মাজেৰে গতি কৰিলে তাৰ ওপৰত ক্ৰিয়া কৰা বলৰ (F) প্ৰকাশ ৰাশি এটা তলত দিয়া দৰে নিৰ্ণয় কৰিছিল।

$$F = 6\pi\eta a v \qquad (10.19)$$

এইটোকে ষ্ট'কৰ সূত্ৰ (Stokes' Law) বুলি জনা যায়। আমি সূত্ৰটো গাণিতিকভাৱে স্থাপন কৰিববলৈ ইয়াত চেষ্টা নকৰো।

ষ্ট'কৰ সূত্ৰটো মন্থৰণ বল বেগৰ সমানুপাতিক হোৱাৰ এটা মনোগ্ৰাহী উদাহৰণ। সান্দ্ৰ মাধ্যমৰ মাজেৰে মুক্তভাৱে তললৈ পৰা বস্তুৰ গতিৰ বিষয়ে আমি এই সূত্ৰৰ পৰা বহু কথা জানিব পাৰো। বায়ুৰ মাজেৰে তললৈ পৰা বৰষুণৰ টোপাল এটাৰ কথাকে ধৰা যাওক। মাধ্যাকৰ্ষণৰ কাৰণে প্ৰথম অৱস্থাত টোপালটোৰ ত্বৰণ ঘটিব কিন্তু বেগ বঢ়াৰ লগে লগে মন্থৰণ বলো বাঢ়ি যাব। অৱশেষত যেতিয়া উৰ্ধমুখী প্লাবিতা বল আৰু সান্দ্ৰ বলৰ যোগফল টোপালটোৰ ওজনৰ সমান হয় তেতিয়া ইয়াৰ ওপৰত লব্ধবল শূন্য হ'ব। গতিকে ত্বৰণো শূন্য হ'ব। ইয়াৰ পিছত টোপালটো এক স্থিৰ বেগেৰে অধোগামী হ'ব। এই স্থিৰ বেগকে বস্তুটোৰ প্ৰান্তীয় বেগ (terminal velocity) বোলা হয়। যদি প্ৰান্তীয় বেগ v_t হয় তেনেহ'লে সাম্য অৱস্থা পাওঁতে

$$6\pi\eta a v_t = \frac{4\pi}{3} a^3 (\rho - \sigma) g$$

য'ত ρ আৰু σ ক্ৰমে গোলকটো (বস্তুটোৰ) আৰু সান্দ্ৰ মাধ্যমটোৰ (বায়ু) ঘনত্ব। ওপৰৰ সমীকৰণৰ পৰা আমি পাওঁ

$$v_t = \frac{2a^2(\rho - \sigma)g}{9\eta} \qquad (10.20)$$

সমীকৰণ (10.20)ৰ পৰা দেখা যায়, প্ৰান্তীয় বেগ গোলাকাৰ বস্তুটোৰ ব্যাসাৰ্ধৰ বৰ্গৰ সমানুপাতিক আৰু মাধ্যমটোৰ সান্দ্ৰতা গুণাংকৰ ব্যস্তানুপাতিক।

ষষ্ঠ অধ্যায়ত ইতিমধ্যে কৰি অহা উদাহৰণ 6.2 টো ইয়াত পুনৰ উত্থাপন কৰা হ'ল।

▶উদাহৰণ 10.10 20°C উষ্ণতাত পাত্ৰ এটাত ৰখা তেলৰ মাজেৰে অধোগামী হোৱা 20mm ব্যাসাৰ্ধৰ তামৰ বল এটাৰ প্ৰান্তীয় বেগ 6.5cms[1]। 20°C উষ্ণতাত তেলটোৰ সান্দ্ৰতা গুণাংক নিৰ্ণয় কৰা। তেল আৰু তামৰ ঘনত্ব হ'ল ক্ৰমে 1.5×10^3 kg m^{-3} আৰু 8.9×10^3 kg m^{-3}।

উত্তৰ ঃ আমাক দিয়া আছে

$v_t = 6.5 \times 10^{-2}$ ms^{-1}, $a = 2 \times 10^{-3}$ m, $g = 9.8$ ms^{-2}, $\rho = 8.9 \times 10^3$ kg m^{-3} আৰু $\sigma = 1.5 \times 10^3$ kg m^{-3}.

সমীকৰণ (10.20) ব্যৱহাৰ কৰি

$$\eta = \frac{2}{9} \times \frac{(2\times10^{-3})\,\text{m}^2 \times 9.8\,\text{m s}^{-2}}{6.5\times10^{-2}\,\text{m s}^{-1}} \times 7.4\times10^3\,\text{kg m}^{-3}$$

$$= 9.9 \times 10^{-1}\ \text{kg m}^{-1}\ \text{s}^{-1}$$

10.6 ৰেন'ল্ড সংখ্যা (Reynolds Number)

প্ৰবাহৰ বেগ বেছি হ'লে তৰলৰ গতি স্থিৰ বা তৰপীয়া হৈ নাথাকি ই আলোড়িত প্ৰবাহলৈ (turbulent flow) ৰূপান্তৰ হয়। অস্থিৰ প্ৰবাহত যিকোনো বিন্দুত তৰলৰ বেগ খুব ক্ষিপ্ৰ আৰু যাদৃচ্ছিকভাৱে সময়ৰ লগত সলনি হয়। এই প্ৰবাহত বৃত্তীয় গতিৰ কিছুমান পকনীয়া বা ঘূৰ্ণিৰো (eddies) সৃষ্টি হয়। তীব্ৰবেগী তৰলে গতিপথত বাধাৰ সন্মুখীন হ'লে অশান্ত প্ৰবাহৰ সৃষ্টি হয়। (চিত্ৰ 10.8(b) দ্ৰষ্টব্য) জ্বলন্ত কাঠৰ জুমুঠি এটাৰ পৰা ওলোৱা ধোঁৱাৰ কুণ্ডলী অথবা মহাসাগৰীয় সোঁত অশান্ত প্ৰবাহৰ উদাহৰণ। ৰাতিৰ আকাশত তৰাৰ চিকমিকনিৰ কাৰণো হ'ল বায়ুমণ্ডলৰ অশান্ত প্ৰবাহ। পানীৰ মাজেৰে নৌকা, গাড়ী আদিৰ গমনৰ ফলত পানীত যি গমন-চিহ্নৰ (wakes) সৃষ্টি হয় সেইবোৰো অশান্ত প্ৰৱাহ। গাড়ী, উৰাজাহাজ আদিৰ গতিয়ে গতিপথৰ কাষৰ বায়ুত অশান্ত প্ৰবাহৰ সৃষ্টি কৰে।

পৰীক্ষাৰ পৰা অচবৰ্ন ৰেন'ল্ড (Osborne Reynolds, 1842-1912) নামৰ বিজ্ঞানী এজনে দেখিছিল যে, কম

বেগত গতি কৰা সান্দ্ৰ মাধ্যমত অশান্ত প্ৰবাহ সৃষ্টি হোৱাৰ সম্ভাৱনা খুব কম। মাত্ৰাবিহীন এটা সংখ্যাৰ তেওঁ সংজ্ঞা দিছিল। এই সংখ্যাৰ মানে তৰলৰ কোনো প্ৰবাহ কেতিয়ালৈ স্থিৰ হৈ থাকিব বা কেতিয়া অশান্ত হ'ব তাৰ এটা মোটামুটি আভাষ দিব পাৰে। এই সংখ্যাটোকে ৰেনʼল্ড সংখ্যা (Reynolds number) R_e বোলা হয়। ইয়াৰ প্ৰকাশ ৰাশি হ'ল—

$$R_e = \frac{\rho v d}{\eta} \qquad (10.21)$$

ইয়াত ρ হ'ল তৰলৰ ঘনত্ব, v ইয়াৰ দ্ৰুতি, d হ'ল তৰল প্ৰৱাহিত হোৱা পাইপটোৰ আকাৰ (যেনে — ব্যাসাৰ্ধ) আৰু η হ'ল তৰলটোৰ সান্দ্ৰতা গুণাংক। R_e যিহেতু এটা মাত্ৰাবিহীন সংখ্যা, গতিকে সকলো পদ্ধতিতে ইয়াৰ মান একে। R_e ৰ মান 1000 ৰ কম হ'লে প্ৰবাহ স্থিৰ বা তৰপীয়া হৈ থাকে আৰু 2000ৰ ওপৰ হ'লে প্ৰবাহ আলোড়িত প্ৰবাহলৈ (turbulent) সলনি হয়। R_e ৰ মান 1000 আৰু 2000ৰ ভিতৰত থাকিলে প্ৰবাহ পূৰাপুৰিভাৱে স্থিৰ প্ৰৱাহো নহয় বা সম্পূৰ্ণভাৱে ইয়াক আলোড়িত প্ৰৱাহ বুলিও ক'ব নোৱাৰি। এই অঞ্চলত ($1000 < R_e < 2000$) প্ৰবাহ অসন্তুলিত (unstable) হৈ থাকে। R_eৰ যি মানত অস্থিৰ প্ৰবাহৰ আৰম্ভণি হয় (turbulence sets in) সেই মানক সংকট ৰেনʼল্ড সংখ্যা (critical Reynolds number) বোলা হয় আৰু জ্যামিতিকভাৱে সদৃশ সকলো প্ৰবাহৰ কাৰণে ইয়াৰ মান একে। উদাহৰণ হিচাপে পানী আৰু তেলৰ কথাকে ধৰা যাওক। পানী আৰু তেলৰ ঘনত্ব আৰু সান্দ্ৰতা বেলেগ বেলেগ। কিন্তু একে আকাৰ আৰু আকৃতিৰ বেলেগ বেলেগ নলীৰে যেতিয়া পানী আৰু তেল প্ৰবাহিত হয়, তেতিয়া দুয়ো ক্ষেত্ৰতে R_eৰ প্ৰায় একে সমান মানতে আলোড়িত প্ৰবাহৰ আৰম্ভণি হয়। এই তথ্যৰ আধাৰত কোনো বস্তুৰ কেউকাষে প্ৰয়োগশালাত তৰল প্ৰবাহৰ গতিবিধি অধ্যয়নৰ বাবে ইয়াৰ ক্ষুদ্ৰাকাৰ প্ৰতিৰূপ স্থাপন কৰিব পাৰো। জাহাজ, চাবমেৰিন, ৰেচিং কাৰ আৰু এৰোপ্লেন আদিৰ আৰ্হি প্ৰস্তুত কৰোতে এই লেবৰটৰী মডেলবোৰ বৰ সহায়ক হয়।

R_eক তলত দিয়া ধৰণেও প্ৰকাশ কৰিব পাৰি।

$$R_e = \frac{\rho v^2}{\left(\eta v/d\right)} = \frac{\rho A v^2}{\left(\eta A v/d\right)} \qquad (10.22)$$

$$= \frac{\text{জড় বল}}{\text{সান্দ্ৰতা বল}}$$

গতিকে R_e হৈছে জড় বল আৰু সান্দ্ৰতা বলৰ অনুপাত। ইয়াত জড়-বল মানে হৈছে প্ৰৱাহিত তৰলৰ ভৰ থকা কাৰণে সৃষ্টি হোৱা বল অথবা প্ৰবাহত পোৱা কোনো বাধাৰ কাৰণে হোৱা বল। তোমালোকে নিজে কৰি চাব পাৰা যে $\rho A v^2$ ৰ একক হৈছে kgm/s², যিটো বলৰ একক।

অস্থিৰ প্ৰবাহৰ ফলত গতিশক্তি ক্ষয় হৈ তাপ শক্তিলৈ ৰূপান্তৰ হয়। অস্থিৰ প্ৰবাহৰ প্ৰভাৱ ন্যূনতম কৰি ৰাখিবৰ কাৰণে যথাসম্ভৱ শুদ্ধভাৱে ৰেচিং কাৰ, এৰোপ্লেন আদি নিৰ্মাণ কৰা হয়। ভুল-শুদ্ধ নিৰ্ণয়ৰ পুনঃপুনঃ পৰীক্ষাৰ (experimentation and trial and error) দ্বাৰা এনেকুৱা যান-বাহনৰ আৰ্হি প্ৰস্তুত কৰা হয়। আনহাতে কেতিয়াবা আকৌ অস্থিৰ প্ৰবাহ (যেনে ধৰা, ঘৰ্ষণৰ কাৰণে হোৱা) আৱশ্যকীয়ও। আলোড়নে মিশ্ৰন প্ৰক্ৰিয়াত সহায় কৰে আৰু ভৰ, ভৰবেগ আৰু শক্তিৰ প্ৰবাহৰ হাৰ বৃদ্ধি কৰে। ৰান্ধনি ঘৰত ব্যৱহাৰ কৰা মিক্সাৰৰ ব্লেডকেইখনে আলোড়িত প্ৰবাহ সংঘটিত কৰি দুগ্ধ-মিশ্ৰন (milk shakes) অথবা কণী আদি খাদ্যদ্ৰব্যৰ উচিত সংমিশ্ৰন ঘটোৱাত সহায় কৰে।

▶**উদাহৰণ 10.11** 1.25 cm ব্যাসৰ পানীৰ টেপ এটাৰ পৰা নিৰ্গত পানীৰ প্ৰবাহৰ হাৰ 0.481/min। পানীৰ সান্দ্ৰতা গুণাংক 10^{-3} Pa s। কিছুসময় পিছত প্ৰবাহৰ হাৰ 3 L/min লৈ বৃদ্ধি পালে। দুয়োটা হাৰৰ কাৰণে প্ৰবাহৰ গুণগত মান নিৰ্ণয় কৰা।

উত্তৰ ঃ ধৰা হ’ল প্ৰবাহৰ দ্ৰুতি v আৰু টেপটোৰ ব্যাস d = 1.25 cm। প্ৰতি চেকেণ্ডত নিৰ্গত পানীৰ আয়তন

$$Q = \frac{v \times \pi d^2}{4}$$

বা $$v = \frac{4Q}{\pi d^2}$$

এইক্ষেত্ৰত ৰেন’ল্ড সংখ্যাৰ মান হ’ব

$$R_e = \frac{4\rho Q}{\pi d \eta}$$

$$= \frac{4 \times 10^3 \text{kg m}^{-3} \times Q}{3.14 \times 1.25 \times 10^{-2} \text{m} \times 10^{-3} \text{Pa s}}$$

$$= 1.019 \times 10^8 \text{ m}^{-3} \text{ s } Q$$

আৰম্ভণিতে প্ৰবাহৰ হাৰ

Q = 0.48 L/min = 8 cm^3/s = 8 × 10^{-6} m^3 s^{-1}

গতিকে

$$R_e = 815$$

এই সংখ্যা 1000 ৰ তলত, গতিকে আৰম্ভণিতে প্ৰবাহ স্থিৰ।

কিছু সময় পিছত

Q = 3 L/min = 50 cm^3/s = 5 × 10^{-5} m^3 s^{-1}

গতিকে

$$R_e = 5095$$

অৰ্থাৎ এইবাৰ প্ৰবাহ অস্থিৰ (turbulent) হ’ব। তুমি নিজে নিজেই গা-ধোৱা ঘৰত টেপ খুলি পৰীক্ষা কৰি চাব পাৰা কেতিয়ানো স্থিৰ প্ৰবাহ অস্থিৰ প্ৰবাহলৈ সলনি হয়।

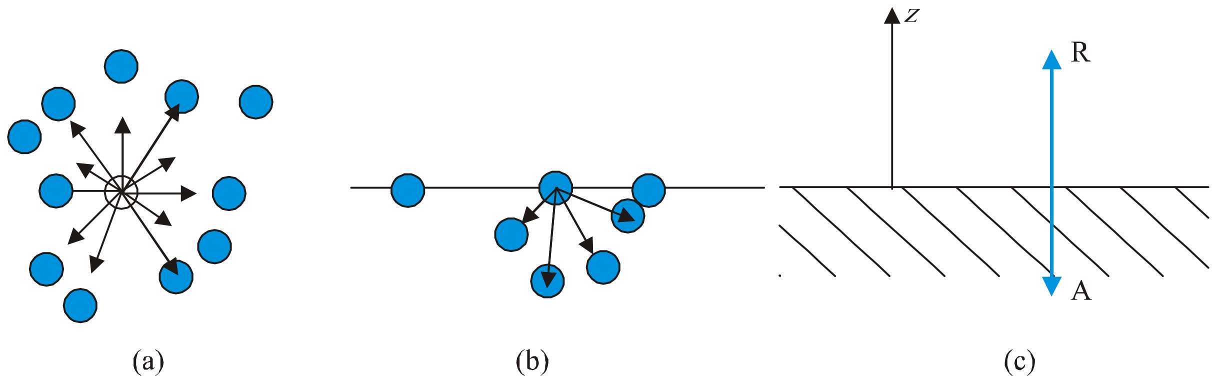
10.7 পৃষ্ঠটান (Surface Tension)

সদায় দেখা কেইটমান ঘটনাকে ধৰা। তোমালোকে নিশ্চয় মন কৰিছা যে পানী আৰু তেল কেতিয়াও লগ কৰিব নোৱাৰি, পানীয়ে আমাক তিতায় কিন্তু ই গাৰ ওপৰেৰে পিচলি নাযায়, গ্লাচত পাৰা লাগি নধৰে কিন্তু পানী লাগি ধৰে। মাধ্যাকৰ্ষিক বলৰ বিপৰীতে লেম্পৰ শলিতাৰে তেল ওপৰলৈ উঠে, পানী আৰু উদ্ভিদ ৰস শিপাৰ পৰা গছৰ পাত পৰ্যন্ত পায়গৈ। ছবি আঁকা তুলিকাৰ কেশবোৰ শুকান অৱস্থাত বা পানীত ডুবাই থোৱা অৱস্থাতো লগ নালাগে অথচ পানীৰ পৰা উঠাই আনিলেই মূৰটোৱে এক সুন্দৰ জোঙা আকৃতি লয়। এনেকুৱা অনেক ঘটনাৰ লগত জড়িত হৈ আছে জুলীয়া পদাৰ্থৰ মুক্ত পৃষ্ঠৰ এক বিশেষ ধৰ্ম। জুলীয়াৰ নিজস্ব কোনো আকৃতি নাই কিন্তু আয়তন আছে আৰু কোনো পাত্ৰত ৰাখিলে তাত ইয়াৰ এখন মুক্ত পৃষ্ঠৰ সৃষ্টি হয়। এই মুক্ত পৃষ্ঠত কিছু অতিৰিক্ত শক্তি সঞ্চিত হৈ থাকে। এই ঘটনাটোকেই জুলীয়া পদাৰ্থৰ পৃষ্ঠটান বুলি কোৱা হয়। পৃষ্ঠটান অকল জুলীয়া পদাৰ্থৰহে থাকে গেছৰ নাথাকে, কাৰণ গেছৰ কোনো মুক্তপৃষ্ঠ নাই। তলত আমি এই ঘটনাটোকে ভালদৰে বুজিবলৈ চেষ্টা কৰিম।

10.7.1 পৃষ্ঠশক্তি (Surface Energy)

জুলীয়া পদাৰ্থৰ অণুবোৰৰ মাজত আকৰ্ষণ থকা কাৰণেই ই সদায় একগোট হৈ থাকে। চিত্ৰ 10.16(a)ত দেখুওৱাৰ দৰে মুক্তপৃষ্ঠৰ পৰা ভালেখিনি তলত থকা অণু এটাৰ কথা ধৰা হওক, এই অণুটো তাৰ চাৰিওফালে থকা আন অনুবোৰৰ দ্বাৰা আকৰ্ষিত হৈছে। এই আকৰ্ষণৰ কাৰণে অণুটোৱে এক ঋণাত্মক স্থিতিশক্তি ধাৰণ কৰে আৰু এই স্থিতিশক্তিৰ মান নিৰ্ভৰ কৰে অণুটোৰ চাৰিওফালে থকা অণুৰ সংখ্যা আৰু সিহঁতৰ বণ্টনৰ ওপৰত। কিন্তু ভিতৰত থকা প্ৰত্যেকটো অণুৰে গড় স্থিতিশক্তি সমান। এই কথাখিনিৰ প্ৰমাণৰ কাৰণে এটা সাধাৰণ নিৰীক্ষণেই যথেষ্ট। কোনো জুলীয়া পদাৰ্থৰ বাষ্পীভৱন ঘটাই অণুবোৰৰ প্ৰত্যেককে ইটোৰ পৰা সিটোক পৃথক কৰিবলৈ বহুতো শক্তি খৰচ কৰিবলগীয়া হয়। পানীৰ কাৰণে এই মান প্ৰায় 40 kJ/mol।

এইবাৰ (চিত্ৰ 10.16.b) মুক্ত পৃষ্ঠত থকা এটা অণুৰ কথা বিবেচনা কৰা যাওঁক। এই অণুটোৰ অকল তলৰ ফালটোতহে জুলীয়া পদাৰ্থটোৰ অণু আছে, ওপৰ ফালটোত নাই। গতিকে এই অণুটোৰো কিছু ঋণাত্মক স্থিতিশক্তি থাকিব, কিন্তু ভিতৰত থকা অণুটোতকৈ (চিত্ৰ 10.16.a দ্ৰষ্টব্য) ইয়াৰ স্থিতিশক্তি কম। এই স্থিতিশক্তি ভিতৰৰ অণুটোৰ প্ৰায় আধা। গতিকে ভিতৰত থকা



চিত্র 10.16 *জুলীয়া পদার্থৰ অন্তৰ্ভাগ আৰু পৃষ্ঠত থকা অণুৰ ওপৰত ক্রিয়াশীল বলৰ নির্দেশাত্মক চিত্র। (a) অন্তৰ্ভাগত থকা অণু এটাৰ ওপৰত তাৰ চাৰিওফালৰ অণুৰে প্ৰয়োগ কৰা বল দেখুওৱা হৈছে। এই অণুটোৰ ওপৰত লব্ধ বল শূন্য। (b) জুলীয়া পদার্থৰ পৃষ্ঠত থকা অণু এটাৰ ওপৰত বাকীবোৰে ক্রিয়া কৰা বল দেখুওৱা হৈছে। এই অণুটোৰ ওপৰত জুলীয়া পদার্থৰ ভিতৰলৈ এক লব্ধ বল আছে। (c) আকর্ষণী (A) আৰু বিকর্ষণী (R) বলৰ ভাৰসাম্যতা।*

অণুবোৰৰ তুলনাত পৃষ্ঠত থকা অণুবোৰৰ স্থিতিশক্তি বেছি। অর্থাৎ ইয়াৰ কিছু অতিৰিক্ত শক্তি আছে (মন কৰা যে স্থিতিশক্তি ইয়াত ঋণাত্মক)। প্ৰকৃতিৰ সকলো বস্তুৰেই যিহেতু ন্যূনতম স্থিতিশক্তিত থাকিব বিচাৰে, সেইকাৰণে জুলীয়া পদার্থৰ মুক্ত পৃষ্ঠখনেও ন্যূনতম কালিত থাকিব বিচাৰে। আনহাতে পৃষ্ঠৰ কালি বঢ়াবলৈ শক্তিৰ প্ৰয়োজন হয়। এই ধাৰণাৰ সহায়তে জুলীয়া পদার্থৰ পৃষ্ঠজনিত বেছিভাগ পৰিঘটনাকেই ব্যাখ্যা কৰিব পাৰি।

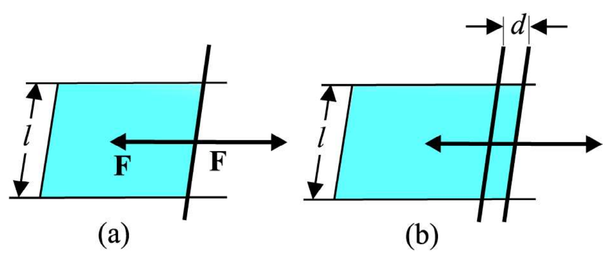
এতিয়া এটা প্ৰশ্ন হয়, পৃষ্ঠত এটা অণু ৰাখিবলৈ কিমান শক্তিৰ প্ৰয়োজন? এই শক্তি ভিতৰত থকা এটা অণু আঁতৰাবলৈ অর্থাৎ এটা অণুৰ বাষ্পীভৱন কৰাবলৈ প্ৰয়োজন হোৱা শক্তিৰ প্ৰায় অৰ্ধেক।

আমি ইমান সময়ে পৃষ্ঠ পৃষ্ঠ বুলি কৈ আহিছো, কিন্তু পৃষ্ঠ বুলিলে আমি আচলতে কি বুজো? জুলীয়া পদার্থৰ অণুবোৰ যিহেতু ভ্ৰাম্যমান, গতিকে জুলীয়া পদার্থৰ এক নিখুট মসৃণ (perfectly sharp) পৃষ্ঠ কেতিয়াও থাকিব নোৱাৰে। চিত্র 10.16 (c) ত দেখুওৱা Z অক্ষৰ দিশত অলপসংখ্যক আনৱিক দূৰত্ব যোৱাৰ পিছতেই জুলীয়া পদার্থৰ অণুৰ ঘনত্ব শূন্য হয়।

10.7.2 পৃষ্ঠশক্তি আৰু পৃষ্ঠটান (Surface Energy and Surface tension)

আমি পাই আহিলো যে জুলীয়া পদার্থৰ পৃষ্ঠৰ লগত কিছু অতিৰিক্ত শক্তি জড়িত হৈ থাকে। গতিকে ইয়াৰ আয়তন বা অন্যান্য ৰাশি স্থিৰে ৰাখি অধিক পৃষ্ঠ সৃষ্টি কৰিবলৈ (অর্থাৎ বিয়পাই দি পৃষ্ঠৰ কালি বঢ়াবলৈ) ওপৰঞ্চি শক্তিৰ প্ৰয়োজন হয়। কথাটো বুজিবৰ কাৰণে চিত্র 10.17 ত দেখুওৱাৰ দৰে এটা বাহু পিচলিব পৰা ফ্ৰেম এটাৰ মাজত আনুভূমিকভাৱে থকা তৰলৰ চামনি এখনৰ কথা বিবেচনা কৰা যাওক।

চিত্ৰত দেখুওৱা ধৰণে ধৰা পিচলিব পৰা বাহুটো d



চিত্র 10.17 *জুলীয়া পদার্থৰ চামনি এখন টনা দেখুওৱা হৈছে।*
(a) চামনিখনৰ সাম্য অৱস্থা
(b) চামনিখনৰ এটা মূৰে বল প্ৰয়োগ কৰি 'd' দূৰত্ব টানি তাৰ পৃষ্ঠৰ কালি বঢ়োৱা হৈছে।

দূৰত্ব টানি নিয়া হ'ল। ইয়াৰ ফলত পৃষ্ঠৰ কালি বাঢ়িব আৰু নিকায়টোৰ মুঠ শক্তিও বাঢ়িব। অৰ্থাৎ পৃষ্ঠ-কালি বঢ়াওতে এক আভ্যন্তৰীণ বলৰ বিৰুদ্ধে কাৰ্য কৰিব লগা হৈছে। ধৰা, এই আভ্যন্তৰীণ বল হ'ল $\vec{F}$ গতিকে ইয়াৰ বিৰুদ্ধে কৰা কাৰ্য হ'ব $\vec{F}.\vec{d} = Fd$। শক্তিৰ সংৰক্ষণৰ নীতিৰ পৰা এই কাৰ্য চামনিখনত অতিৰিক্ত শক্তি হিচাবে সঞ্চিত থাকিব। নতুনকৈ সৃষ্টি হোৱা পৃষ্ঠৰ কালি হ'ল $2d \times l$, ইয়াত 2 গুণকটো অহাৰ কাৰণ হ'ল এখন চামনিৰ দুয়োফালে দুখন মুক্তপৃষ্ঠ থাকে। যদি মুক্তপৃষ্ঠৰ প্ৰতি একক কালিৰ পৃষ্ঠশক্তি 'S' হয়, তেনেহ'লে নতুনকৈ সৃষ্টি হোৱা পৃষ্ঠত জমা হোৱা অতিৰিক্ত শক্তি হ'ব,

$$S \times (2dl) = \text{Fd} \quad (10.23)$$

বা $$S = \frac{Fd}{2dl} = \frac{F}{2l} \quad (10.24)$$

এই ৰাশিটোৱেই (S) হ'ল পৃষ্ঠটানৰ মান। ইয়াৰ মান জুলীয়া পদাৰ্থটোৰ মুক্তপৃষ্ঠৰ প্ৰতি একক কালিত জমা থকা পৃষ্ঠশক্তিৰ সমান আৰু লগতে পিচলা বাহুটোৰ প্ৰতি একক দৈৰ্ঘ্যৰ ওপৰত চামনিখনৰ এখন পৃষ্ঠই প্ৰয়োগ কৰা বলৰো সমান।

এতিয়ালৈকে আমি এটা জুলীয়া পদাৰ্থৰ পৃষ্ঠৰ বিষয়ে আলোচনা কৰি আহিছো। কিন্তু জুলীয়া পদাৰ্থ আৰু গোটা পদাৰ্থটোৰ পৃষ্ঠ দুখন লগ লাগি থাকে অথবা দুটা লগ নলগা (যেনে তেল আৰু পানী) জুলীয়া পদাৰ্থ একেলগে ৰাখিলে দুয়োটা জুলীয়া পদাৰ্থৰ পৃষ্ঠ দুখন সংস্পৰ্শত থাকে। গতিকে গোটা পদাৰ্থৰ সংস্পৰ্শত থকা অৱস্থাত বা জুলীয়া পদাৰ্থৰ সংস্পৰ্শত থকা অৱস্থাত জুলীয়া পদাৰ্থ এটাৰ পৃষ্ঠৰ কথাও বিবেচনা কৰিবলগা হয়। এইক্ষেত্ৰত পৃষ্ঠশক্তি নিৰ্ভৰ কৰিব সিহঁতৰ আন্তঃপৃষ্ঠৰ (interface) দুয়োফালে থকা পদাৰ্থৰ ধৰ্মৰ ওপৰত। উদাহৰণস্বৰূপে, অন্তৰাপৃষ্ঠৰ দুইফালে থকা অণুবোৰৰ মাজত যদি আকৰ্ষণ থাকে তেতিয়া পৃষ্ঠশক্তি কমি যায় আৰু যদি দুইফালৰ অণুবোৰৰ মাজত বিকৰ্ষণ হয় তেতিয়া পৃষ্ঠশক্তি বাঢ়ি যায়। গতিকে প্ৰকৃত পক্ষে পৃষ্ঠশক্তি হৈছে দুটা পদাৰ্থৰ মাজৰ অন্তৰাপৃষ্ঠৰ (interface) শক্তি আৰু সেয়েহে ই দুয়োটা পদাৰ্থৰ ওপৰতে নিৰ্ভৰ কৰে।

ওপৰত কৰা আলোচনাখিনিৰ পৰা আমি কৰিব পৰা সিদ্ধান্তসমূহ হ'ল ঃ

(i) পৃষ্ঠটান হৈছে এটা জুলীয়া পদাৰ্থ আৰু যিকোনো পদাৰ্থৰ মাজৰ আন্তঃপৃষ্ঠতলৰ (plane of the interface) প্ৰতি একক দৈৰ্ঘ্যত ক্ৰিয়া কৰা বল অথবা প্ৰতি একক কালিৰ পৃষ্ঠশক্তি। ইয়াক আমি অন্তৰ্ভাগত থকা অণুৰ তুলনাত থকা অণুৰ অতিৰিক্ত শক্তিও (প্ৰতি একক কালিত) বুলিব পাৰো।

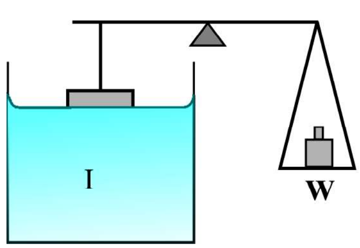
(ii) আন্তঃপৃষ্ঠৰ যিকোনো বিন্দুৰ মাজেৰে টনা এডাল সৰলৰেখাৰ কথা ভাবা। এই সৰলৰেখাৰ দুয়োফালে লম্বভাৱে আৰু আন্তঃপৃষ্ঠৰ সমতলত থকাকৈ প্ৰতি একক দৈৰ্ঘ্যত দুটা সমান আৰু বিপৰীত পৃষ্ঠটান বল 'S' এ ক্ৰিয়া কৰিছে। এই দুই সমান আৰু বিপৰীত বলৰ ক্ৰিয়াত সৰলৰেখাডাল সাম্যৱস্থাত থাকে আৰু কিছু সঠিকভাৱে বুজিবলৈ পৃষ্ঠভাগত এডাল সৰলৰেখাত এশাৰী অণু বা পৰমাণুৰ কথা বিবেচনা কৰা। এই শাৰী অণুৰ বাওঁফালে থকা অণুবোৰে শাৰীত থকা অণুবোৰক বাওঁফাললৈ আৰু সোঁফালৰ অণুবোৰে সোঁফাললৈ টানিব। গতিকে এই শাৰী অণু দুয়োফালৰ টানত সাম্যৱস্থাত থাকিব। যদি এই ৰেখাডাল পৃষ্ঠৰ একেবাৰে সীমাত (boundary) থাকে তেনেহ'লে অকল ভিতৰৰ পিনে প্ৰতি একক দৈৰ্ঘ্যত 'S' বলে ক্ৰিয়া কৰিব।

তালিকা 10.3ত কেইবিধমান (বেলেগ বেলেগ) জুলীয়া পদাৰ্থৰ পৃষ্ঠটানৰ মান দিয়া হৈছে। পৃষ্ঠটানৰ মান উষ্ণতাৰ ওপৰত নিৰ্ভৰশীল। সান্দ্ৰতাৰ দৰে, জুলীয়া পদাৰ্থৰ পৃষ্ঠটানৰ মানো উষ্ণতা বাঢ়িলে কমে।

তালিকা 10.3 সংলগ্ন উষ্ণতাত কেইবিধমান জুলীয়া পদাৰ্থৰ পৃষ্ঠটানৰ মান। লগতে বাষ্পীভৱনৰ তাপো (hearts of vaporisation) দেখুওৱা হৈছে।

জুলীয়া পদাৰ্থ	উষ্ণতা (^oC)	পৃষ্ঠটান (N/m)	বাষ্পী ভৱনৰ তাপ (kJ/mol)
হিলিয়াম	–270	0.000239	0.115
অক্সিজেন	–183	0.0132	7.1
ইথান'ল	20	0.0227	40.6
পানী	20	0.727	44.16
পাৰা	20	0.4355	63.2

কেতিয়াবা গোটা পদাৰ্থৰ পৃষ্ঠভাগত তৰল এটা লাগি ধৰে। যদি তৰল আৰু গোটা পদাৰ্থৰ পৃষ্ঠশক্তিৰ মান গোটা পদাৰ্থ-বায়ু আৰু তৰল-বায়ুৰ পৃষ্ঠশক্তিৰ মানৰ যোগফলতকৈ কম হয় তেতিয়া তৰলটো গোটা পদাৰ্থটোৰ পৃষ্ঠভাগত লাগি ধৰে। জুলীয়া পদাৰ্থৰ পৃষ্ঠ আৰু গোটা পদাৰ্থৰ পৃষ্ঠৰ মাজত যি আসক্তি বল (adhesion) আছে সেই বল আমি পৰীক্ষাৰ সহায়ত জুখিব পাৰো। চিত্ৰ 10.18 ত এই পৰীক্ষাৰ এটা নিৰ্দেশাত্মক চিত্ৰ দেখুওৱা হৈছে। এখন তুলাচনীৰ এটা বাহুত (চিত্ৰত বাওঁফালে) এখন গ্লাচৰ পাত উলম্বভাৱে ওলোমাই ৰখা হয়। ইয়াৰ তলত এটা পাত্ৰত তৰলটো ৰখা হয়। পাতখনৰ আনুভূমিক কাষটো ঠিক তৰলৰ ওপৰত স্পৰ্শ নকৰাকৈ ৰাখি প্ৰথমতে সোঁফালে দগা দি তুলাচনীখন সমতুল্য কৰা হয়। এতিয়া তৰলৰ পাত্ৰটো লাহে লাহে ওপৰলৈ দাঙি তৰলটোৱে কাঁচৰ পাতচটাৰ আনুভূমিক কাষটো স্পৰ্শ কৰিব দিয়া হয়। পৃষ্ঠটানৰ কাৰণে তৰলটোৱে



চিত্ৰ 10.18 *পৃষ্ঠটান নিৰ্ণয়ৰ পৰীক্ষা*

প্লেটখনক তলৰফালে টানিব আৰু তুলাচনীখনৰ সমতুল্য অৱস্থাটো বিঘ্নিত হ'ব। এতিয়া সোঁফালে অলপ অলপকৈ অতিৰিক্ত ওজন দিয়া হয় যাতে পাতখন তৰলপৃষ্ঠৰ সংস্পৰ্শৰ পৰা কোনোমতে এৰাই আহে।

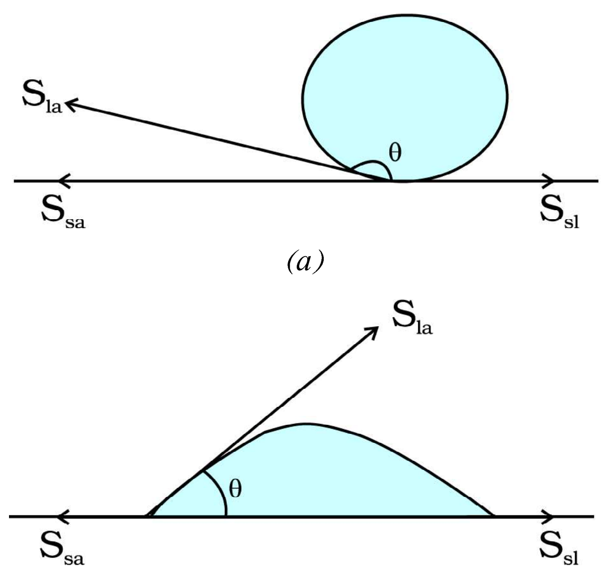
ধৰা প্ৰয়োজন হোৱা অতিৰিক্ত ওজন *W*। তেনেহ'লে সমীকৰণ (10.24) আৰু তাৰ সংলগ্ন আলোচনাৰ পৰা তৰল-বায়ুৰ অন্তৰাপৃষ্ঠৰ পৃষ্ঠটান হ'ব

$$S_{la} = \frac{W}{2l} = \frac{mg}{2l} \qquad (10.25)$$

ইয়াত '*m*' হ'ল অতিৰিক্ত দিবলগা 'ভৰ' আৰু '*l*' হ'ল পাতখনৰ তৰলত লাগি থকা কাষটোৰ দৈৰ্ঘ্য। ওপৰৰ সমীকৰণত S ৰ পদাংক (subscript) 'la' য়ে সূচাইছে যে জুলীয়া পদাৰ্থ আৰু বায়ুৰ (liquid-air) আন্তৰ পৃষ্ঠৰ পৃষ্ঠটান জোখা হৈছে।

10.7.3 সংস্পৰ্শ কোণ (Angle of contact)

বেলেগ এটা মাধ্যমৰ লগত সংস্পৰ্শত থকা জুলীয়া পদাৰ্থৰ পৃষ্ঠখন সংস্পৰ্শ-তলৰ (plane of contact)



চিত্ৰ 10.19 *আন্তৰাপৃষ্ঠৰ বেলেগ বেলেগ পৃষ্ঠটানৰ কাৰণে পানীৰ টোপাল এটাই বেলেগ বেলেগ আকৃতি লৈছে।*
(a) পদুমৰ পাতৰ ওপৰত পানীৰ টোপাল (b) পৰিষ্কাৰ প্লাষ্টিকৰ প্লেট এখনৰ ওপৰত পানীৰ টোপাল।

ওচৰত ভাঁজখোৱা হয়। জুলীয়া পদাৰ্থটোৰ পৃষ্ঠখনত সংস্পৰ্শ বিন্দুত অংকন কৰা স্পৰ্শকে জুলীয়া পদাৰ্থৰ অন্তৰ্ভাগত থকা গোটা পদাৰ্থৰ পৃষ্ঠৰ লগত কৰা কোণটোক স্পৰ্শক কোণ (angle of contact) বোলা হয়। ইয়াক ‘θ’ ৰ দ্বাৰা বুজোৱা হয়। জুলীয়া পদাৰ্থ এটা গোটা পদাৰ্থৰ পৃষ্ঠত বিয়পি যাব নে সৰু সৰু টোপালৰ সৃষ্টি কৰিব সেইটো নিৰ্ভৰ কৰে সংস্পৰ্শ কোণৰ (θ) মানৰ ওপৰত। উদাহৰণস্বৰূপে, পদুমৰ পাতৰ ওপৰত পানীয়ে সৰু সৰু টোপাল বান্ধে (চিত্ৰ 10.19(a)), আনহাতে পৰিষ্কাৰ প্লাষ্টিকৰ প্লেটত চিত্ৰ 10.19(b) ত দেখুওৱা ধৰণে বিয়পি যায়।

চিত্ৰ 10.19(a) আৰু (b)ত তিনিখন আন্তৰপৃষ্ঠ আছে। এইকেইখন হ’ল জুলীয়া পদাৰ্থ-বায়ু, গোটা পদাৰ্থ-বায়ু আৰু গোটা-জুলীয়া পদাৰ্থৰ মাজৰ অন্তঃপৃষ্ঠ। এই পৃষ্ঠকেইখনত ক্ৰিয়াশীল পৃষ্ঠটান ক্ৰমে S_{la}, S_{sa} আৰু S_{sl} ক চিত্ৰ 10.19ত দেখুওৱা হৈছে। তিনিওখন তলৰ সংস্পৰ্শ ৰেখাত এই মাধ্যম তিনিটাৰ পৃষ্ঠত ক্ৰিয়াশীল পৃষ্ঠটান বল সাম্য অৱস্থাত থাকিব লাগিব। চিত্ৰ 10.19 (b)ৰ পৰা সাম্য অৱস্থাৰ বিবেচনা কৰি আমি পাওঁ

$$S_{la}\cos\theta + S_{sl} = S_{sa} \qquad (10.26)$$

গতিকে যদি $S_{sl} > S_{sa}$ হয় তেনেহ’লে সংস্পৰ্শ কোণ (θ) স্থূলকোণ (obtuse angle) হ’ব আৰু যদি $S_{sl} < S_{sa}$ হয়, তেনেহ’লে সংস্পৰ্শ কোণটো সুক্ষ্ম (acute) হ’ব। চিত্ৰ 10.19 ৰ পৰা মন কৰা যে পানী-পদুম পাতৰ ক্ষেত্ৰত সংস্পৰ্শ কোণ স্থূল আৰু পানী-প্লাষ্টিক আন্তঃপৃষ্ঠৰ ক্ষেত্ৰত সংস্পৰ্শ কোণটো সুক্ষ্ম। যেতিয়া θ স্থুলকোণ হয় তেতিয়া জুলীয়া পদাৰ্থৰ অণুবোৰে ইটোৱে সিটোক প্ৰবলভাৱে আকৰ্ষণ কৰে, কিন্তু গোটা পদাৰ্থৰ অণুবোৰক দুৰ্বলভাৱে আকৰ্ষণ কৰে। গতিকে জুলীয়া আৰু গোটা পদাৰ্থৰ মাজৰ আন্তঃপৃষ্ঠৰ সৃষ্টি কৰিবলৈ প্ৰচুৰ শক্তিৰ প্ৰয়োজন হয়। সেয়েহে জুলীয়া পদাৰ্থটোৱে গোটা পদাৰ্থৰ পৃষ্ঠখন নিতিতায় অৰ্থাৎ গোটা-জুলীয়াৰ আন্তঃপৃষ্ঠৰ কালি যিমান পাৰি সিমান কমত থাকে। সেইকাৰণেই মমৰ আৱৰণ অথবা তেল ঘঁহা পৃষ্ঠ এখনত পানী বিয়পি নগৈ টোপাল বান্ধি থাকে। আনহাতে জুলীয়া পদাৰ্থৰ অণু আৰু গোটা পদাৰ্থৰ অণুৰ মাজৰ আকৰ্ষণ যদি বেছি হয় তেতিয়া S_{sl} ৰ মান হ্ৰাস পায়, গতিকে cosθ বাঢ়ে অৰ্থাৎ θৰ মান কমে। এইক্ষেত্ৰত সংস্পৰ্শ কোণ θ সুক্ষ্মকোণ হয়। গ্লাচ অথবা পৰিষ্কাৰ প্লাষ্টিকৰ ওপৰত পানী আৰু যিকোনো বস্তুৰ ওপৰত কেৰাচিন তেল ৰাখিলে এই ঘটনাটোৱেই ঘটে, অৰ্থাৎ θ সুক্ষ্মকোণ হয়, গতিকে জুলীয়া পদাৰ্থটো গোটা পদাৰ্থৰ পৃষ্ঠৰ ওপৰত বিয়পি যায়। চাবোন, ডিটাৰজেণ্ট আৰু তৰল ৰঙীণ কৰা ৰঞ্জক পদাৰ্থবোৰে আদ্ৰকৰ্তা (wetting agent) হিচাপে কাম কৰে। যেতিয়া এই পদাৰ্থবোৰ যোগ দিয়া হয় তেতিয়া সংস্পৰ্শ কোণৰ মান কমি যায়, গতিকে বেছি ভালকৈ তিয়াব পাৰে আৰু এই পদাৰ্থবোৰ কাপোৰ আদিৰ ভিতৰলৈ সোমাই যাব পাৰে। আনহাতে জলৰুদ্ধকৰ কাৰকবোৰে (water proofing agents) সম্পূৰ্ণ ওলোটাটো কৰে। জলৰুদ্ধকৰ কাৰকবোৰ যোগ দিলে সংস্পৰ্শ কোণৰ মান বাঢ়ি যায়, গতিকে সহজে পানীয়ে তিয়াই ভিতৰ সোমাব নোৱাৰে।

10.7.3 টোপাল আৰু বুদ্‌বুদ্ (Drops and Bubbles)

মাধ্যাকৰ্ষণৰ প্ৰভাৱ উপেক্ষা কৰিব পাৰিলে জুলীয়া পদাৰ্থৰ মুক্ত টোপাল আৰু বুদ্‌বুদবোৰে গোলাকাৰ আকৃতি ধাৰণ কৰে। এইটো পৃষ্ঠটানৰ এটা পৰিণতি। স্প্ৰে পাম্প এটাৰ পৰা উচ্চ বেগত নিৰ্গত হোৱা অতি ক্ষুদ্ৰ টোপালবোৰ আৰু চাবোন পানী ফুৰাই সৃষ্টি কৰা বুদ্‌বুদবোৰৰ আকৃতি গোলাকাৰ হোৱা তোমালোকে নিশ্চয় মন কৰিছা। কিহৰ কাৰণে টোপাল আৰু বুদ্‌বুদ্‌বোৰে গোলাকাৰ আকৃতি ধাৰণ কৰে? কিহে চাবোন পানীৰ বুদ্‌বুদ্‌বোৰ সুস্থিৰ কৰি ধৰি ৰাখে? এই প্ৰশ্নবোৰ নিশ্চয় তোমালোকৰ মনত উদয় হৈছে।

এই কথা তোমালোকক বহুবাৰ কোৱা হৈছে যে জুলীয়া পদাৰ্থ আৰু বায়ুৰ আন্তৰপৃষ্ঠত এক শক্তি জড়িত হৈ আছে। গতিকে এক নিৰ্দ্দিষ্ট আয়তনৰ কাৰণে নিম্নতম শক্তি জড়িত থকা পৃষ্ঠখনৰ কালি নিম্নতম হ'ব লাগিব। গোলক এটাৰ এই ধৰ্ম আছে, অৰ্থাৎ এক নিৰ্দ্দিষ্ট আয়তনৰ কাৰণে আমি যিমানবোৰ আকৃতিৰ কথা কল্পনা কৰিব পাৰো সেই সকলোবোৰৰ ভিতৰত গোলকৰ পৃষ্ঠ হৈছে নিম্নতম কালিৰ। গাণিতিকভাৱে এইটো প্ৰমাণ কৰা এই কিতাপৰ পৰিসৰৰ বাহিৰত। কিন্তু অন্ততঃ এটা গোলক আৰু এটা ঘনকৰ ক্ষেত্ৰত এইটো তোমালোকে প্ৰমাণ কৰি চাব পাৰা। দেখিবা যে একে আয়তনৰ এটা ঘনকৰ পৃষ্ঠৰ মুঠ কালিতকৈ এটা গোলকৰ পৃষ্ঠৰ কালি কম। গতিকে মাধ্যাকৰ্ষণ আৰু অন্যান্য বলৰ (যেনে- বায়ুৰ বাধা) যদি প্ৰভাৱ নাথাকে তেতিয়াহ'লে জুলীয়া পদাৰ্থৰ টোপালবোৰে গোলাকাৰ আকৃতি লয়।

পৃষ্ঠটানৰ আৰু এটা মনত লগা পৰিণতি হৈছে যে গোলাকাৰ টোপাল এটাৰ ভিতৰৰ চাপ বাহিৰৰ চাপতকৈ বেছি। এইক্ষেত্ৰত চিত্ৰ 10.20(a) লৈকে মন কৰা। ধৰা 'r' ব্যাসাৰ্ধৰ গোলাকাৰ টোপাল এটা স্থিৰ অৱস্থাত আছে। যদি ইয়াৰ ব্যাসাৰ্ধ 'Δr' পৰিমাণে বৃদ্ধি পায় তেতিয়াহ'লে বৃদ্ধি হোৱা পৃষ্ঠৰ কালিত জমা হোৱা অতিৰিক্ত পৃষ্ঠশক্তিৰ পৰিমাণ হ'ব

$$[4\pi(r + \Delta r)^2 - 4\pi r^2]\, S_{la} \approx 8\pi r\, \Delta r\, S_{la} \quad (10.27)$$

যিহেতু 'Δr' খুব সৰু গতিকে $(\Delta r)^2$ থকা ৰাশিটো আমি নগণ্য বুলি ওপৰৰ সমীকৰণটোত বাদ দিছো।

টোপালটো যিহেতু সাম্যৱস্থাত আছে, এই অতিৰিক্ত পৃষ্ঠশক্তিৰ যোগান ধৰে টোপালটোৰ বহিঃপৃষ্ঠ আৰু ভিতৰৰ পৃষ্ঠৰ মাজত থকা চাপৰ পাৰ্থক্যই কৰা কাৰ্যই। ভিতৰ আৰু বাহিৰৰ চাপৰ পাৰ্থক্য $(P_i - P_o)$ই টোপালটোৰ প্ৰসাৰণত কৰা কাৰ্যৰ পৰিমাণ হ'ল

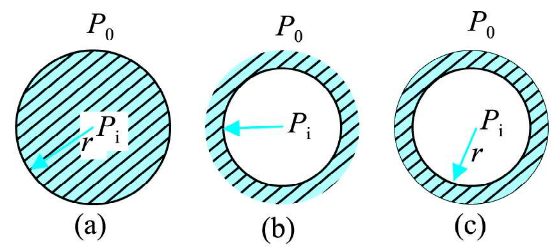
$$W = (P_i - P_o)\, 4\pi r^2 \Delta r \quad (10.28)$$

গতিকে সমীকৰণ (10.27) আৰু সমীকৰণ (10.28)ৰ সোঁহাতৰ ৰাশি দুটা সমান কৰি আমি পাওঁ,

$$(P_i - P_o) 4\pi r^2 \Delta r = 8\pi r \Delta r S_{la}$$

বা $$(P_i - P_o) = \frac{2S_{la}}{r} \quad (10.29)$$

ওপৰৰ সমীকৰণটোৱে (সমীকৰণ 10.29) এটা টোপালৰ ভিতৰ আৰু বাহিৰৰ পৃষ্ঠৰ মাজৰ চাপৰ পাৰ্থক্য বুজাইছে সাধাৰণতে এটা জুলীয়া পদাৰ্থ আৰু গেছৰ আন্তঃপৃষ্ঠৰ উত্তল ফালটোত ক্ৰিয়াশীল চাপ অৱতল ফালটোৰ চাপতকৈ বেছি। উদাহৰণ হিচাপে, চিত্ৰ 10.20 (b)ত এটা জুলীয়া পদাৰ্থৰ অন্তৰ্ভাগত থকা বায়ুৰ এটা বুদ্‌বুদ্ দেখুওৱা হৈছে। এই বুদ্‌বুদ্‌টোৰ ভিতৰৰ চাপ বাহিৰৰ চাপতকৈ বেছি।



চিত্ৰ 10.20 *(a) বায়ুত জুলীয়া পদাৰ্থৰ এটা টোপাল (b) জুলীয়া পদাৰ্থৰ ভিতৰত বায়ুৰ বুদবুদ আৰু (c) বায়ুত জুলীয়া পদাৰ্থৰ এটা বুদ্‌বুদ্।*

জুলীয়া পদাৰ্থৰ এটা টোপাল অথবা জুলীয়া পদাৰ্থৰ ভিতৰত থকা এটা বুদ্‌বুদ্‌তকৈ বায়ুত থকা এটা বুদ্‌বুদ্ বেলেগ। বায়ুত থকা বুদ্‌বুদ্ এটাৰ দুখন আন্তৰপৃষ্ঠ থাকে, এখন ভিতৰৰ ফালে আৰু আনখন বাহিৰত। গতিকে আন্তঃপৃষ্ঠৰ অতিৰিক্ত শক্তিৰ কথা বিবেচনা কৰোতে আমি সমীকৰণ (10.27)ত আৰু এটা 2 উৎপাদকৰে পূৰণ কৰিব লাগিব। ইয়াৰ পিছত ওপৰত কৰাৰ দৰে যুক্তি দি আমি পাওঁ

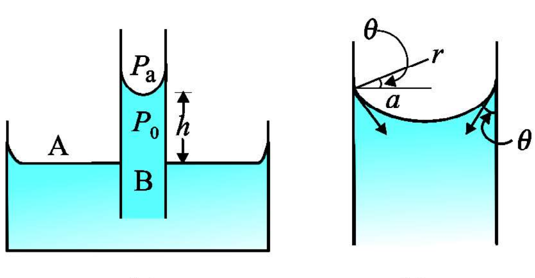
$$(P_i - P_o) = \frac{4S_{la}}{r} \quad (10.30)$$

অৰ্থাৎ বায়ুত থকা জুলীয়া পদাৰ্থৰ এটা বুদ্‌বুদৰ ভিতৰ আৰু বাহিৰৰ চাপৰ পাৰ্থক্য একে ব্যাসাৰ্ধৰ জুলীয়া

পদাৰ্থটোৰ এটা গোলাকাৰ টোপাল অথবা তাৰ ভিতৰত থকা এটা বুদ্ বুদ্ৰ চাপৰ পাৰ্থক্যতকৈ দুগুণ বেছি। চাবোন পানীৰ পৰা বায়ুত বুদ্‌বুদ্ সৃষ্টি কৰিবলৈ সম্ভৱতঃ এই কাৰণেই অলপ বেছি জোৰেৰে ফুঁৱাব লগা হয়। বুদ্‌বুদ্‌টোৰ ভিতৰত কিছু অতিৰিক্ত বায়ুৰ চাপৰ প্ৰয়োজন হয়।

10.7.5 কৈশিকতা বা কৈশিক আৰোহণ (Capillarity or Capillary rise)

এটা মূৰ পানীত ডুবাই দিলে ঠেক নলী এটাৰ মাজেৰে মাধ্যাকৰ্ষণিক বলৰ বিপৰীতে পানী ওপৰলৈ উঠি আহে— এইটো সকলোৰে জনা ঘটনা। জুলীয়া পদাৰ্থ-বায়ুৰ ভাঁজখোৰা অন্তৰাপৃষ্ঠৰ দুয়োফালে থকা চাপৰ পাৰ্থক্যৰ এটা পৰিণতি হৈছে ওপৰোক্ত ঘটনাটো। গ্ৰীক ভাষাত 'capilla' শব্দটোৰ অৰ্থ হৈছে চুলি; গতিকে নলীটোৰ ভিতৰতখন যদি চুলিৰ দৰে ক্ষীণ হয়, তেনেহ'লে পানীৰ এই আৰোহণ খুব বেছি হ'ব। চিত্ৰ 10.21 ত বৃত্তীয় প্ৰস্থচ্ছেদৰ (a ব্যাসাৰ্ধৰ) উলম্বকৈ ৰখা কৈশিক নলী এটাৰ এটা মূৰ খোলা পাত্ৰত থকা পানীত সুমুৱাই ৰখা দেখুওৱা হৈছে। **কাঁচ আৰু পানীৰ মাজৰ সংস্পৰ্শ কোনটো সুক্ষ্মকোণ হোৱা কাৰণে কৈশিক নলীটোত পানীৰ পৃষ্ঠখন অৱতল হ'ব। অৰ্থাৎ কৈশিক নলীত থকা পানীৰ পৃষ্ঠখনৰ দুয়োটা ফালৰ মাজত এক চাপৰ পাৰ্থক্য থাকিব।** এই চাপৰ পাৰ্থক্য হ'ল



চিত্ৰ 10.21 কৈশিক আৰোহণ (a) কৈশিক নলী এটাৰ এটা মূৰ পানীত ডুবাই দিয়াৰ চিত্ৰ। (b) ত (a) চিত্ৰটোক সংস্পৰ্শ অংশত ডাঙৰকৈ দেখুওৱা হৈছে।

(সমীকৰণ 10.29 ব্যৱহাৰ কৰি)

$$(P_i - P_o) = \frac{2S}{r} = \frac{2S}{a \sec\theta}$$

$$= \left(\frac{2S}{a}\right)\cos\theta \qquad (10.31)$$

গতিকে কৈশিক নলীত মেনিচ্‌কাচ বা দ্ৰৱতলৰ (বায়ু পানী অন্তৰাপৃষ্ঠ) ঠিক তলতে পানীৰ ভিতৰত চাপ বায়ুমণ্ডলীয় চাপতকৈ কম। চিত্ৰ 10.21 (a) ত দেখুওৱা A আৰু B বিন্দু দুটা বিবেচনা কৰা। বিন্দু দুটা একে আনুভূমিক তলত আছে, গতিকে বিন্দু দুটাত চাপ সমান। অৰ্থাৎ

$$P_B = P_A$$

বা $\quad P_0 + h\rho g = P_i = P_A$

বা $\quad P_i - P_0 = h\rho g \qquad (10.32)$

ইয়াত ρ হৈছে পানীৰ ঘনত্ব আৰু h হৈছে **কৈশিক আৰোহণ** (capillary rise), অৰ্থাৎ পাত্ৰটোৰ পানীৰ পৃষ্ঠৰ পৰা মেনিচ্‌কাচলৈকে কৈশিক নলীত আৰোহণ কৰা পানীস্তম্ভৰ উচ্চতা (চিত্ৰ 10.21চোৱা)। সমীঃ (10.31) আৰু সমীঃ (10.32) ব্যৱহাৰ কৰি আমি পাওঁ,

$$h\rho g = P_i - P_o = \left(\frac{2S\cos\theta}{a}\right) \qquad (10.33)$$

সমীকৰণ (10.29)ৰপৰা আমি দেখো যে পৃষ্ঠটান যদি শূন্য হয় (S = 0) তেনেহ'লে চাপৰ পাৰ্থক্য নাথাকিব আৰু সমীঃ (10.32)ৰ পৰা দেখিছো যে চাপৰ পাৰ্থক্য নাথাকিলে 'h' শূন্য হ'ব, অৰ্থাৎ কৈশিক আৰোহণ নহ'ব। অথবা সমীঃ (10.33)ৰ পৰাও দেখা যায় যে S যদি শূন্য হয় 'h'ও (কৈশিক আৰোহণ) শূন্য হ'ব। অৰ্থাৎ কৈশিক আৰোহণ পৃষ্ঠটানৰ কাৰণেই সম্ভৱ হৈছে। সমীঃ (10.33) ৰ পৰা দেখা যায় যে কৈশিক নলীৰ ব্যাসাৰ্ধ 'a' কম হ'লে 'h'ৰ মান বেছি হয়। সাধাৰণভাৱে মিহি কৈশিক নলীৰ কাৰণে 'h'ৰ মান কেই চেণ্টিমিটাৰমান মাথোন। উদাহৰণ স্বৰূপে, যদি a = 0.05 cm হয় তেনেহ'লে তালিকা 10.3ৰপৰা পানীৰ

পৃষ্ঠটানৰ মান ব্যৱহাৰ কৰি আমি পাওঁ,

$$h = \frac{2S}{\rho g a}$$

$$= \frac{2 \times (0.073\ \text{Nm}^{-1})}{(10^3\,\text{kg m}^{-3})(9.8\ \text{m s}^{-2})(5 \times 10^{-4}\,\text{m})}$$

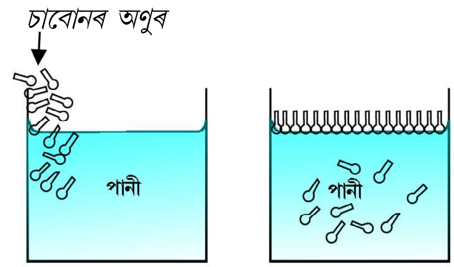
$$= 2.98 \times 10^{-2}\ \text{m}$$

$$= 2.98\ \text{cm}$$

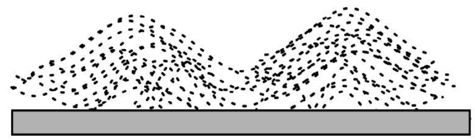
মন কৰা যে ওপৰৰ মানটো উলিয়াওতে আমি সমীঃ (10.33) ত $\cos\theta = 1$ ব্যৱহাৰ কৰিছো। কাৰণ পানী আৰু কাঁচৰ কাৰণে θৰ মান খুব কম আৰু সেয়েহে $\cos\theta$ প্ৰায় 1ৰ সমান বুলি ধৰিব পাৰি। যদি সংস্পৰ্শ কোণ θ স্থূল হয় তেনেহ'লে দ্ৰৱতল অৰ্থাৎ মেনিচ্‌কাচৰ আকৃতি উত্তল হ'ব। θ স্থূল হ'লে $\cos\theta$ ৰ মান ঋণাত্মক হ'ব। সমীকৰণ (10.33)ৰ পৰা আমি দেখা পাওঁ যে $\cos\theta$ ঋণাত্মক হ'লে 'h' ঋণাত্মক হ'ব লাগিব। এইক্ষেত্ৰত কৈশিক নলীৰ ভিতৰত জুলীয়া পদাৰ্থটো বাহিৰৰ পৃষ্ঠতকৈ তলত থাকিব। পাৰা-কাঁচৰ মাজৰ সংস্পৰ্শ কোণ স্থূল; সেইকাৰণে পাৰাত কৈশিক নলী এটাৰ এটা মূৰ সুমুৱাই দিলে নলীৰ ভিতৰত পাৰাৰ পৃষ্ঠ উত্তল হয় আৰু বাহিৰৰ মুক্ত পৃষ্ঠতকৈ তলত থাকে।

10.7.6 অপমাৰ্জক আৰু পৃষ্ঠটান (Detergents and surface Tension)

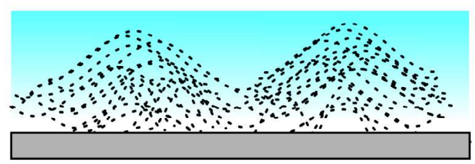
গ্ৰীজ (grease) আৰু তেলৰ দাগ লাগি লেতেৰা হোৱা কাপোৰ-কানি পৰিষ্কাৰ কৰিবলৈ আমি চাবোন অথবা অপমাৰ্জক (detergent) মিহলোৱা পানী ব্যৱহাৰ কৰো। সেই পানীত দাগ লগা কাপোৰবোৰ তিয়াই থৈ জোকাৰি বা থেকেচি দিলে দাগবোৰ নোহোৱা হয়। এই গোটেই প্ৰক্ৰিয়াটো আমি পৃষ্ঠটানৰ সহায়ত বুজিবৰ চেষ্টা কৰিম। অকল পানীৰে ধুলে স্নেহজাতীয় পদাৰ্থৰ দাগ নাযায়। ইয়াৰ কাৰণ হৈছে যে পানীয়ে স্নেহজাতীয় পদাৰ্থ সিক্ত কৰিব নোৱাৰে; অৰ্থাৎ পানী আৰু তেলজাতীয় পদাৰ্থৰ মাজৰ সংস্পৰ্শ কালি (area of contact) খুব কম।



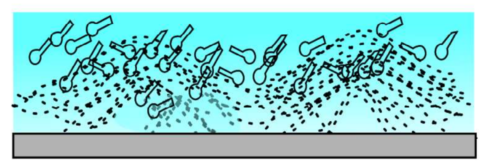
চাবোন বা অপমাৰ্জকৰ অণুৰ মূৰটো পানীৰ ফালে আকৰ্ষিত হৈছে।



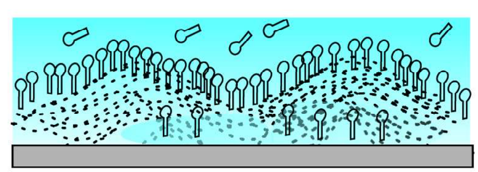
তৈলযুক্ত পদাৰ্থৰ কণাবোৰে কৰা দৌল (platter)



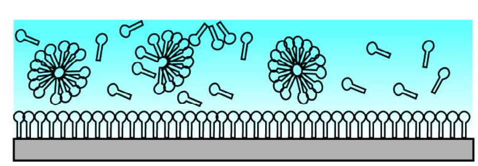
পানীত তিতোৱা হৈছে, কিন্তু ময়লাবোৰ আঁতৰি যোৱা নাই।



অপমাৰ্জক মিহলোৱা হৈছে, অপমাৰ্জকৰ অণুৰ তেলাল আৰু নিষ্ক্ৰিয় মূৰবোৰ (inter waxy ends) বেৰৰ ফালে আকৰ্ষিত হৈছে, ইয়াতেই পানীয়ে তেলাল ময়লাৰ লগত সংযোগ স্থাপন কৰিছে।



নিষ্ক্ৰিয় মূৰবোৰে ময়লাক আৱৰি ধৰিছে। এতিয়া এই দৌলবোৰ পানী মাৰি এৰাই দিব পাৰি।



চাবোন বা অপমাৰ্জকৰ অণুৱে আৱৰণ সৃষ্টি কৰি ময়লাবোৰ ওপঙাই ৰাখিছে।

চিত্ৰ 10.22 *অপমাৰ্জকৰ অণুবোৰে কৰা কাৰ্যৰ ভিত্তিত অপমাৰ্জকৰ ক্ৰিয়া।*

পানীয়ে যদি তেলজাতীয় পদাৰ্থক তিয়াব পাৰিলেহেঁতেন তেনেহ'লে পানীৰ সোঁতে কিছু পদাৰ্থ উটুৱাই লৈ গ'লহেঁতেন। অপমাৰ্জকৰ (detergent) সহায়ত পানীয়ে তেলজাতীয় পদাৰ্থ তিয়াই সেইবোৰ উটুৱাই নিব পৰা এক প্ৰক্ৰিয়া সম্ভৱপৰ কৰি তোলা হয়। অপমাৰ্জকৰ অণুবোৰ চুলিত মৰা কাঁটাৰ আকৃতিৰ। এই অণুবোৰৰ এটা মূৰ পানীৰ ফালে আৰু আনটো মূৰ গ্ৰীজ, তেল বা মম ইত্যাদি পদাৰ্থৰ দাগৰ ফালে আকৰ্ষিত হয়, ফলত তেল আৰু পানীৰ এখন আন্তঃপৃষ্ঠৰ সৃষ্টি হয়। এই গোটেই প্ৰক্ৰিয়া আৰু তাৰ শেষফল চিত্ৰ 10.22 ত কেইবাখনো ধাৰাবাহিক চিত্ৰৰ সহায়ত বৰ্ণনা কৰা হৈছে। সহজ ভাষাত ক'বলৈ গ'লে, পানীত অপমাৰ্জক মিহলালে অপমাৰ্জকৰ অণুবোৰে এটা মূৰে পানী আৰু আনটো মূৰে তৈলজাতীয় পদাৰ্থক আকৰ্ষণ কৰাৰ ফলত তেল আৰু পানীৰ মাজৰ পৃষ্ঠটান বহুত পৰিমাণে কমি যায়। শক্তিৰ ফালৰ পৰা আৰু কিছুমান আন্তঃপৃষ্ঠ গঠনো এইক্ষেত্ৰত সম্ভৱপৰ হৈ উঠে। যেনে ধৰা, ময়লাৰ কিছুমান সৰু সৰু পিণ্ডক অপমাৰ্জকৰ অণুৱে আৱৰি আছে আৰু তাৰ চাৰিওফালে পানীৰ অণুৱে আৱৰণৰ সৃষ্টি কৰিছে। তেতিয়া পানীৰ লগত তেল-ময়লাৰ এই পিণ্ডবোৰো আঁতৰি যায়। এনেধৰণৰ পৃষ্ঠ-সক্ৰিয় অপমাৰ্জক (surface active detergents) বা 'চাৰফেক্টেণ্ট' (surfactant) ব্যৱহাৰ কৰা প্ৰক্ৰিয়া অকল কাপোৰ-কানি পৰিষ্কাৰ কৰাতেই ব্যৱহাৰ নহয়, খনিৰ পৰা তেল খনিজাত আঁকৰ ইত্যাদি আহৰণ কৰাতো এই প্ৰক্ৰিয়া প্ৰয়োগ হয়।

▶**উদাহৰণ 10.12** 2.00 mm ব্যাসৰ এটা কৈশিক নলীৰ এটা মূৰ পাত্ৰত ৰখা পানীৰ পৃষ্ঠৰ পৰা 8.00 cm তললৈ ডুবাই দিয়া হৈছে। পানীত থকা মূৰটোত এটা অৰ্ধগোলাকাৰ বুদ্‌বুদ্ সৃষ্টিৰ কাৰণে নলীটোত কিমান চাপৰ প্ৰয়োজন হ'ব? পৰীক্ষাটো কৰা উষ্ণতাত পানীৰ পৃষ্ঠটান 7.30×10^{-2} Nm^{-1}। এক বায়ুমণ্ডলীয় চাপ = 1.01×10^5 Pa. পানীৰ ঘনত্ব = 1000 kg/m^3, g = 9.80 ms^{-2}। লগতে ওপৰঞ্চি চাপৰ (excess pressure) মানো নিৰ্ণয় কৰা।

উত্তৰ ঃ জুলীয়া পদাৰ্থৰ অন্তৰ্ভাগত থকা গেছৰ এটা বুদ্‌বুদ্‌ৰ ভিতৰত ওপৰঞ্চি চাপ হ'ল $\frac{2S}{r}$, য'ত 'S' য়ে জুলীয়া-গেছৰ আন্তঃপৃষ্ঠৰ পৃষ্ঠটান বুজাইছে। মন কৰা যে এই উদাহৰণটোত গেছ আৰু পানীৰ মাজত এখন মাথোন অন্তৰাপৃষ্ঠ আছে। (কিন্তু বায়ু বা গেছত থকা জুলীয়া পদাৰ্থৰ এটা বুদ্‌বুদ্ — যেনে বায়ুত ওপঙি ফুৰা চাবোনৰ বুদ্‌বুদ্‌ৰ ক্ষেত্ৰত কিন্তু আন্তৰপৃষ্ঠ দুখন, গতিকে ওপৰঞ্চি চাপ $\frac{4S}{r}$)। বুদ্‌বুদ্‌টোৰ ব্যাসাৰ্ধ হ'ল r। বুদ্‌বুদ্‌টোৰ বাহিৰত চাপ হৈছে বায়ুমণ্ডলীয় চাপ আৰু 8.00 cm উচ্চতাৰ পানীস্তম্ভই দিয়া চাপৰ যোগফলৰ সমান। গতিকে, বুদ্‌বুদ্‌ৰ বাহিৰত চাপ হ'ব

$$P_o = (1.01\times10^5\,\text{Pa} + 0.08\,\text{m}\times1000\,\text{kgm}^{-3}\times9.80\,\text{ms}^{-2})$$
$$= 1.01784 \times 10^5\ \text{Pa}$$

গতিকে বুদ্‌বুদ্‌ৰ ভিতৰৰ চাপ,

$$h = P_o + \frac{2S}{r}$$
$$= 1.01784\times10^5\,\text{Pa} + (2\times7.3\times10^{-2}\,\text{Pa m}/10^{-3}\text{m})$$
$$= (1.01784 + 0.00146) \times 10^5\ \text{Pa}$$
$$= 1.02 \times 10^5\ \text{Pa}$$

ইয়াত বুদ্‌বুদ্‌টো অৰ্ধগোলাকাৰ কাৰণে বুদ্‌বুদ্‌ৰ ব্যাসাৰ্ধ আৰু কৈশিক নলীৰ ব্যাসাৰ্ধ একে বুলি ধৰা হৈছে। (ইয়াত উত্তৰটো তিনিটা সাৰ্থক অংকলৈ (significant figure) ৰখা হৈছে।

গতিকে বুদ্‌বুদ্‌টোৰ ভিতৰত ওপৰঞ্চি চাপ হৈছে $P_i - P_o$ = 146 Pa।

সাৰাংশ

1. তৰলৰ মূল ধৰ্মটো হৈছে যে ই বৈ যাব পাৰে। আকৃতি সলনি কৰিব খুজিলে তৰলে কোনো বাধা নিদিয়ে। গতিকে পাত্ৰৰ আকৃতিয়ে তৰলৰ আকৃতি নিৰ্ধাৰণ কৰে।
2. জুলীয়া পদাৰ্থ অসংকোচনীয় আৰু ইয়াৰ এখন নিজস্ব মুক্তপৃষ্ঠ থাকে। গেছীয় পদাৰ্থ সংকোচনশীল; ই প্ৰসাৰিত হৈ পাব পৰা গোটেইখিনি আয়তন আগুৰি বিয়পি থাকে।
3. কোনো এক কালি 'A' ৰ ওপৰত তৰলে প্ৰয়োগ কৰা বল F হ'লে বল আৰু কালিৰ অনুপাতক গড় চাপ P_{av} বোলা হয়।

   গতিকে, $P_{av} = \frac{F}{A}$
4. চাপৰ একক হৈছে পাস্কেল (Pa)। Pa আৰু Nm^{-2} একে। চাপৰ অন্য কেইটামান ব্যৱহৃত একক হ'ল ঃ

   1 atm = 1.01×10^5 Pa

   1 bar = 10^5 Pa

   1 torr = 133 Pa = 0.133 kPa

   1 mm of Hg = 1 torr = 133 Pa
5. পাস্কেলৰ সূত্ৰ ঃ সুস্থিৰ অৱস্থাত থকা এটা তৰলৰ যিকোনো আনুভূমিক তলৰ প্ৰত্যেকটো বিন্দুতে চাপ একে। পাত্ৰত আৱদ্ধ তৰল এটাৰ ওপৰত বাহ্যিক চাপ প্ৰয়োগ কৰিলে, মানৰ হ্ৰাস নোহোৱাকৈ সেই চাপ সমভাৱে সকলো বিন্দুলৈ আৰু পাত্ৰৰ বেৰলৈ সঞ্চাৰিত হয়।
6. গভীৰতাৰ (h) লগত তৰলৰ চাপ পৰিৱৰ্তন হোৱাৰ প্ৰকাশ ৰাশি হ'ল

$$P = P_a + \rho g h$$

   য'ত ρ হৈছে তৰলৰ ঘনত্ব; ঘনত্বক ইয়াত আমি সুষম বুলি ধৰি লৈছো।
7. স্থিৰ প্ৰবাহত এটা অসম-প্ৰস্থচ্ছেদৰ নলীৰ প্ৰতিটো বিন্দুৰ মাজেৰে প্ৰতি চেকেণ্ডত পাৰ হৈ যোৱা অসংকোচনীয় তৰলৰ আয়তন সমান।

   অৰ্থাৎ vA = ধ্ৰুৱক, য'ত v হৈছে তৰলৰ বেগ আৰু A হৈছে প্ৰস্থচ্ছেদৰ কালি। এই সমীকৰণটো প্ৰকৃততে অসংকোচনীয় তৰলৰ প্ৰবাহৰ ক্ষেত্ৰত ভৰৰ সংৰক্ষণশীলতাৰ নীতি।
8. বাৰ্ণ'লিৰ সমীকৰণ ঃ অসংকোচনীয় তৰলৰ স্থিৰ প্ৰবাহ হ'লে প্ৰবাহৰেখাৰ যিকোনো বিন্দুত চাপ (P), প্ৰতি একক আয়তনৰ গতিশক্তি $\left(\frac{1}{2}\rho v^2\right)$ আৰু একক আয়তনৰ মাধ্যাকৰ্ষিক স্থিতিশক্তিৰ ($\rho g h$) যোগফলৰ মান ধ্ৰুৱক।

$$P + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho g h = \text{ধ্ৰুৱক।}$$

   বাৰ্ণ'লিৰ সমীকৰণ দৰাচলতে অসংকোচনীয় আৰু অসান্দ্ৰ তৰলৰ প্ৰবাহৰ ক্ষেত্ৰত শক্তিৰ সংৰক্ষণশীলতাৰ সূত্ৰ। বাস্তৱত এনেকুৱা কোনো তৰল পদাৰ্থ নাই যাৰ সান্দ্ৰতা শূন্য, গতিকে বাৰ্ণ'লিৰ সমীকৰণটো সম্পূৰ্ণৰূপে শুদ্ধ নহয়, ই আংশিকভাৱেহে শুদ্ধ। সান্দ্ৰতা হৈছে ঘৰ্ষণৰ দৰে আৰু ই

গতিশক্তিক তাপশক্তিলৈ ৰূপান্তৰ কৰে।

9. যদিওবা তৰলত ৰূপ-বিকৃতিৰ (shear strain) বাবে ৰূপ প্ৰতিচাপৰ (shear stress)প্ৰয়োজন নহয়, তথাপি ৰূপ প্ৰতিচাপ প্ৰয়োগ কৰিলে তৰলত ৰূপ বিকৃতি গঠন হ'বলৈ ধৰে আৰু এই ৰূপ বিকৃতি সময়ৰ লগত (কিছু সময়লৈ) বাঢ়ি থাকে। ৰূপ প্ৰতিচাপ আৰু ৰূপ-বিকৃতিৰ সলনিৰ হাৰৰ অনুপাতক তৰলটোৰ সান্দ্ৰতা গুণাংক (co-efficient of viscosity, η) বোলা হয়।

10. **ষ্টকৰ সূত্ৰ ঃ** 'a' ব্যাসাৰ্ধৰ এটা গোলকে $\vec{v}$ বেগেৰে η সান্দ্ৰতা গুণাংকৰ এটা তৰলৰ মাজেৰে গতি কৰিলে গোলকটোৰ ওপৰত ক্ৰিয়া কৰা সান্দ্ৰতা বল হ'ব $\vec{F} = 6\pi\eta a\vec{v}$।

11. তৰলৰ প্ৰবাহত অস্থিৰ-প্ৰবাহৰ (turbulence) আৰম্ভণি নিৰ্ধাৰণ কৰে 'ৰেন'ল্ড্ সংখ্যা' (Reynolds number) নামৰ এক মাত্ৰাবিহীন চলক ৰাশিয়ে। 'ৰেন'ল্ড্ সংখ্যা'ৰ প্ৰকাশ ৰাশি হ'ল

$$R_e = \frac{\rho v d}{\eta}$$

য'ত 'd' হ'ল প্ৰবাহৰ লগত জড়িত এক দৈৰ্ঘ্য আৰু বাকী প্ৰতীকবোৰে সদায় বুজোৱা ৰাশিবোৰকেই বুজাইছে।

12. এটা জুলীয়া পদাৰ্থ আৰু তাক আৱৰি থকা পৃষ্ঠখনৰ মাজৰ অন্তৰাপৃষ্ঠত প্ৰতি একক দৈৰ্ঘ্যত ক্ৰিয়া কৰা বলেই (অথবা একক কালিত থকা পৃষ্ঠশক্তি) পৃষ্ঠটান। জুলীয়া পদাৰ্থৰ অন্তৰ্ভাগত থকা অণুৰ তুলনাত অন্তৰাপৃষ্ঠত থকা অণুবোৰৰ ওপৰঞ্চি শক্তিয়েই আচলতে পৃষ্ঠশক্তি বা পৃষ্ঠটান।

মন কৰিবলগীয়া

1. চাপ এটা স্কেলাৰ ৰাশি। 'প্ৰতি একক কালিৰ ওপৰত বল' হিচাপে দিয়া চাপৰ সংজ্ঞাই চাপ এটা ভেক্টৰ ৰাশি বুলি আমাৰ মনত এটা ভুল ধাৰণাৰ সৃষ্টি কৰিব পাৰে। এই সংজ্ঞাত কালিৰ ওপৰত বলৰ লম্ব উপাংশকহে বুজোৱা হৈছে। কণা আৰু দৃঢ়বস্তুৰ বলবিদ্যাৰ লগত তৰলৰ বলবিদ্যাৰ এক মৌলিক পাৰ্থক্য আছে। তৰলৰ আলোচনাত এনেকুৱা ধৰ্মৰ কথা আহে যিবোৰ বেলেগ বেলেগ বিন্দুত বেলেগ বেলেগ হয়।

2. সাধাৰণতে এটা ধাৰণা হয় যে তৰলে পাত্ৰৰ বেৰত আৰু তৰলত ডুবাই ৰখা গোটা পদাৰ্থৰ গাতহে চাপ প্ৰয়োগ কৰে। কিন্তু সেইটো নহয়। তৰলৰ ভিতৰৰ প্ৰত্যেকটো বিন্দুতে চাপ থাকে। তৰলৰ যিকোনো এটা অংশ (যেনে চিত্ৰ 10.2ত দেখুওৱা ধৰণৰ) সাম্যৱস্থাত থাকে, কাৰণ সেই অংশৰ বিভিন্ন পৃষ্ঠত ক্ৰিয়া কৰা চাপবোৰ সমান আৰু বিপৰীত, অৰ্থাৎ মুঠ চাপ শূন্য।

3. চাপৰ প্ৰকাশ ৰাশিৰ সমীকৰণ

$$P = P_a + \rho g h$$

কেৱল অসংকোচনীয় তৰলৰ ক্ষেত্ৰতহে প্ৰযোজ্য। বাস্তৱ ক্ষেত্ৰত জুলীয়া পদাৰ্থবোৰ প্ৰায় অসংকোচনীয় কাৰণে জুলীয়া পদাৰ্থৰ ক্ষেত্ৰত এই সমীকৰণটো ভালদৰে প্ৰযোজ্য। জুলীয়া পদাৰ্থত একে উচ্চতা বা একে গভীৰতাত চাপ থাকে।

4. গেজ বা মাপক চাপ হৈছে প্ৰকৃত চাপ আৰু বায়ুমণ্ডলীয় চাপৰ পাৰ্থক্য ঃ

$$P - P_a = P_g$$

বহুতো চাপ জোখা আহিলাই কেৱল গেজ চাপহে জোখে। এইবোৰৰ ভিতৰত টায়াৰ চাপ মাপক (tyre pressure gauge) আৰু ৰক্তচাপ-মাপক (blood pressure gauge or sphygmomanometer) হ'ল দুটা উদাহৰণ।

5. স্থিৰ প্ৰবাহৰেখা বা ষ্ট্ৰিমলাইন হৈছে তৰল প্ৰবাহৰ এক মেপ বা মানচিত্ৰ। দুডাল স্থিৰ প্ৰবাহৰেখাই কেতিয়াও কটাকটি নকৰে, কাৰণ তেনে কৰিলে একেটা বিন্দুতেই তৰলৰ দুটা ভিন্ন গতিবেগ থাকিব লাগিব যিটো কেতিয়াও সম্ভৱ নহয়।

6. সান্দ্ৰ তৰলৰ (viscouse fluid) ক্ষেত্ৰত বাৰ্ণৌলিৰ সূত্ৰ প্ৰযোজ্য নহয়। সান্দ্ৰ তৰলৰ ক্ষেত্ৰত সান্দ্ৰ বলৰ বিৰুদ্ধে কৰিবলগীয়া কাৰ্যৰ কথাও বিবেচনা কৰিব লাগিব আৰু তেতিয়া সমীঃ (10.12)য়ে দিয়াতকৈ P_2 ৰ মান (চিত্ৰ 10.9 চোৱা) কম হয়।

7. উষ্ণতা বঢ়াৰ লগে লগে জুলীয়া পদাৰ্থৰ অণুবোৰ অধিক গতিশীল হয় আৰু সেইকাৰণে সান্দ্ৰতা গুণাংকৰ (η) মান কমি যায়। কিন্তু গেছৰ ক্ষেত্ৰত উষ্ণতা বৃদ্ধিয়ে অণুবোৰৰ যাদৃচ্ছিক গতি বৃদ্ধি কৰে আৰু সান্দ্ৰতা গুণাংকৰ (η) মানো বৃদ্ধি কৰে।

8. তলৰ প্ৰবাহৰ জ্যামিতিক আকৃতিৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰি ৰেন'ল্ড্ সংখ্যাৰ সংকট মান 1000 ৰ পৰা 10,000 ৰ ভিতৰত হ'লে প্ৰবাহ ক্ৰমান্বয়ে অস্থিৰ প্ৰবাহলৈ পৰিৱৰ্তন হ'বলৈ আৰম্ভ কৰে। বেছিভাগ ক্ষেত্ৰতে, $R_e < 1000$য়ে ধাৰাৰেখিত গতি, $1000 < R_e < 2000$য়ে অস্থিৰ প্ৰবাহ (unsteady flow) আৰু $R_e > 2000$য়ে অতি অস্থিৰ বা ঘূৰ্ণিময় প্ৰবাহক (turbulent flow) সূচনা কৰে।

9. জুলীয়া পদাৰ্থৰ অন্তৰ্ভাগত থকা অণুৰ তুলনাত পৃষ্ঠত থকা অণুৰ ওপৰঞ্চি স্থিতিশক্তিয়েই হৈছে পৃষ্ঠটানৰ কাৰণ। দুটা ভিন্ন পদাৰ্থৰ (দুটাৰ অন্ততঃ এটা তৰল হ'ব লাগিব) মাজৰ অন্তৰাপৃষ্ঠত তেনেকুৱা পৃষ্ঠশক্তি নিহিত থাকে। এইটো অকল এটা তৰলৰ ধৰ্ম নহয়।

ভৌতিক ৰাশি	প্ৰতীক	মাত্ৰা	একক	মন্তব্য
চাপ	P	$[ML^{-1}T^{-2}]$	পাস্কেল (Pa)	1 atm $= 1.013 \times 10^5$ Pa স্কেলাৰ
ঘনত্ব	ρ	$[ML^{-3}]$	$kg\,m^{-3}$	স্কেলাৰ
আপেক্ষিক গুৰুত্ব		No	No	$\frac{P_{sub}}{P_{water}}$, স্কেলাৰ
সান্দ্ৰতা গুণাংক	η	$[ML^{-1}T^{-1}]$	Pas বা পাইছেলি (Pl)	স্কেলাৰ
ৰেন'ল্ড্ সংখ্যা	R_e	No	No	$R_e = \frac{\rho v d}{\eta}$, স্কেলাৰ
পৃষ্ঠটান	S	$[MT^{-2}]$	NM^{-1}	স্কেলাৰ

অনুশীলনী

10.1 **কাৰণ দৰ্শোৱা**

(a) মানুহৰ ৰক্তচাপ মূৰতকৈ ভৰিত বেছি।

(b) বায়ুমণ্ডলৰ উচ্চতা 100 কিঃ মিঃ তকৈ অধিক হোৱা সত্বেও প্ৰায় 6 কিঃ মিঃ উচ্চতাতে বায়ুমণ্ডলীয় চাপ সমুদ্ৰপৃষ্ঠৰ তুলনাত প্ৰায় আধা হয়।

(c) বলক কালিৰে হৰণ কৰিলে চাপ পোৱা যায়, কিন্তু তথাপিও চাপ এটা স্কেলাৰ ৰাশি।

10.2 **কাৰণ দৰ্শোৱা**

(a) পাৰা আৰু কাঁচৰ মাজৰ সংস্পৰ্শ কোণটো স্থূল কোণ কিন্তু কাঁচ আৰু পানীৰ মাজৰ সংস্পৰ্শ কোণ সুক্ষ্ম।

(b) পৰিষ্কাৰ কাঁচৰ প্লেট এখনৰ ওপৰত পানী দিলে বিয়পি যায় কিন্তু পাৰাই টোপাল বান্ধে। (অথবা পানীয়ে গ্লাছক তিয়াই কিন্তু পাৰাই নিতিতায়।)

(c) জুলীয়া পদাৰ্থৰ পৃষ্ঠটান পৃষ্ঠৰ কালিৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ নকৰে।

(d) অপমাৰ্জক মিহলোৱা পানীৰ সংস্পৰ্শ কোণ কম হোৱা উচিত।

(e) কোনো বাহ্যিক বলে ক্ৰিয়া নকৰিলে জুলীয়া পদাৰ্থৰ টোপাল এটাৰ আকৃতি সদায় গোলাকাৰ হয়।

10.3 **কাষতে দিয়া সংশ্লিষ্ট তালিকাৰ পৰা শব্দ (এটা বা অধিক) ব্যৱহাৰ কৰি খালী ঠাই পূৰ কৰা।**

(a) জুলীয়া পদাৰ্থৰ পৃষ্ঠটান উষ্ণতাৰ লগত সাধাৰণতে ___ (বাঢ়ে/কমে)।

(b) উষ্ণতা বাঢ়িলে গেছীয় পদাৰ্থৰ সান্দ্ৰতা ___ কিন্তু জুলীয়া পদাৰ্থৰ সান্দ্ৰতা ____ (বাঢ়ে/কমে)।

(c) দৃঢ়তা গুণাংক থকা গোটা পদাৰ্থৰ ক্ষেত্ৰত প্ৰতিচাপ ___ ৰ সমানুপাতিক আৰু তৰলৰ ক্ষেত্ৰত প্ৰতিচাপ ___ ৰ সমানুপাতিক (ৰূপ বিকৃতি/ৰূপ বিকৃতিৰ হাৰ)।

(d) তৰলৰ স্থিৰ প্ৰবাহৰ ক্ষেত্ৰত সংকুচিত অংশত ___ ৰ কাৰণে দ্ৰুতি বৃদ্ধি পায়। (ভৰৰ সংৰক্ষণ/বাৰ্ণৌলিৰ সূত্ৰ)।

(e) উৰাজাহাজৰ আৰ্হি এখনৰ কাৰণে বায়ু সুৰংগত যিটো দ্ৰুতিত অস্থিৰ প্ৰবাহৰ আৰম্ভণি হয় সেই দ্ৰুতি প্ৰকৃত উৰাজাহাজৰ ক্ষেত্ৰত অস্থিৰ প্ৰৱাহ আৰম্ভণি হোৱা দ্ৰুতিতকৈ ___ (বেছি/কম)।

10.4 **কাৰণ দৰ্শোৱা—**

(a) কাগজৰ টুকুৰা এটা আনুভূমিকভাৱে ৰাখিবলৈ তুমি টুকুৰাটোৰ ওপৰেৰে ফুৱাব লাগে, তলেৰে নহয়।

(b) পানীৰ টেপ এটা আমি আঙুলিৰে বন্ধ কৰিব খুজিলে আঙুলিৰ ফাঁকেৰে কিছুমান তীব্ৰধাৰা নিৰ্গত হয়।

(c) ৰোগীক বেজী দিওতে ডাক্তৰে বুঢ়া আঙুলিৰে প্ৰয়োগ কৰা চাপতকৈ বেজীৰ নলীৰ আকাৰে প্ৰবাহৰ গতি অধিক ভালকৈ নিয়ন্ত্ৰণ কৰে।

(d) এটা পাত্ৰত থকা তৰল এটা সৰু বিন্ধাৰে বাহিৰ ওলাই আহিলে তাৰ বিপৰীত দিশত পাত্ৰটোৰ ওপৰত এটা বলে ক্ৰিয়া কৰে।

(e) ঘূৰ্ণীয়মান অৰ্থাৎ স্পিনিং (spinning) ক্ৰিকেট বল এটাৰ বায়ুত গতিপথ অধিবৃত্তাকাৰ (parabolic) নহয়।

10.5 ওখ গেৰোহাৰ চেণ্ডেল পিন্ধা 50 kg ওজনৰ ছোৱালী এজনীয়ে এটা গেৰোহাৰ ওপৰত নিজৰ ভাৰ সাম্য অৱস্থাত ৰাখিছে। চেণ্ডেলৰ গেৰোহাটো বৃত্তাকাৰ আৰু ইয়াৰ ব্যাস 1.0 cm। আনুভূমিক তলখনত গেৰোহাটোৰে প্ৰয়োগ কৰা চাপ কিমান?

10.6 টৰিচেলিয়ে বেৰোমিটাৰত পাৰা ব্যৱহাৰ কৰিছিল। পাস্কেলে ফৰাচী মদ ব্যৱহাৰ কৰি এই বেৰোমিটাৰৰ এটা প্ৰতিৰূপ নিৰ্মাণ কৰিছিল। ফৰাচী মদৰ ঘনত্ব যদি 984 kgm^{-3} হয়, তেনেহ'লে এই বেৰোমিটাৰত এক বায়ুমণ্ডলীয় চাপত মদৰ স্তম্ভৰ উচ্চতা কিমান হ'ব নিৰ্ণয় কৰা।

10.7 সমুদ্ৰত স্থাপন কৰিবলৈ নিৰ্মাণ কৰা এটা গৃহই বহন কৰিব পৰা সৰ্বোচ্চ প্ৰতিচাপ হ'ল 10^9 Pa। সমুদ্ৰতলিত এটা তেলখাদৰ ওপৰত এই গৃহটো বহুৱাবৰ কাৰণে উপযোগী হ'বনে? সমুদ্ৰৰ গভীৰতা প্ৰায় 3 km বুলি ধৰি লোৱা আৰু সাগৰীয় সোঁতৰ প্ৰভাৱ উপেক্ষা কৰা।

10.8 জলচালিত অট'মবাইল উত্তোলক (hydraulic automobile lift) এটাৰ আৰ্হি এনেভাৱে প্ৰস্তুত কৰা হৈছে যে ই সৰ্বোচ্চ 3000 kg ওজনৰ যান-বাহন উত্তোলন কৰিব পাৰে। যান-বাহন উঠোৱা পিষ্টনটোৰ প্ৰস্থচ্ছেদৰ কালি 425 cm^2। উত্তোলকটোৰ সৰু পিষ্টনটোৱে সৰ্বোচ্চ কিমান চাপ বহন কৰিব লাগিব?

10.9 এটা U নলীৰ এটা বাহুত পানী আৰু আনটো বাহুত মিথাইলযুক্ত স্পিৰিট মাজত পাৰাৰ দ্বাৰা পৃথক হৈ আছে। এটা বাহুত 10.0 cm পানীৰ স্তম্ভ আৰু আনটোত 12.5 cm স্পিৰিটৰ স্তম্ভৰে দুয়োটা বাহুত পাৰাৰ স্তম্ভ একেখন সমতলতে আছে। স্পিৰিটৰ আপেক্ষিক গুৰুত্ব কিমান?

10.10 আগৰ অনুশীলনীটোত (10.9) পানী আৰু স্পিৰিট থকা বাহু দুটাত যদি 15.0 cmকৈ আৰু পানী আৰু স্পিৰিট ঢালি দিয়া হয়, তেনেহ'লে বাহু দুটাত পাৰাস্তম্ভৰ উচ্চতাৰ কিমান পাৰ্থক্য হ'ব? (পাৰাৰ আপেক্ষিক গুৰুত্ব =13.6)

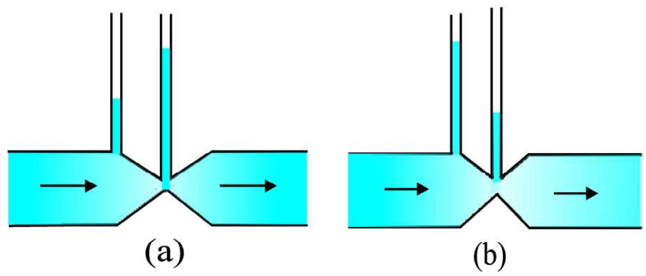
10.11 নদী এখনৰ খৰস্ৰোত অঞ্চলত পানীৰ প্ৰবাহ ব্যাখ্যা কৰিবলৈ বাৰ্ণ'লিৰ সমীকৰণ প্ৰয়োগ কৰিব পাৰিনে? ব্যাখ্যা কৰা।

10.12 বাৰ্ণ'লিৰ সমীকৰণৰ প্ৰয়োগ কৰোতে পৰম চাপৰ সলনি মাপক চাপ (gauge pressure) ব্যৱহাৰ কৰিলে কিবা ভুল হ'ব নেকি? কাৰণ দৰ্শোৱা।

10.13 1.5 m দৈৰ্ঘ্যৰ আৰু 1.0 cm ব্যাসাৰ্ধৰ নলী এটাৰ মাজেৰে গ্লিচাৰিণৰ স্থিৰ প্ৰবাহ হৈছে। এটা মূৰত প্ৰতি ছেকেণ্ডত জমা হোৱা গ্লিচাৰিণৰ পৰিমাণ যদি $4.0\times10^{-3} kgs^{-1}$ হয়, তেনেহ'লে নলীটোৰ দুয়োমূৰৰ মাজত চাপৰ পাৰ্থক্য কিমান? (গ্লিচাৰিণৰ ঘনত্ব = $1.3\times10^3 kgm^{-3}$ আৰু গ্লিচাৰিণৰ সান্দ্ৰতা গুণাংক = 0.83 Pas।) (লগতে নলীৰ মাজেৰে স্থিৰ প্ৰবাহ হোৱা বুলি কৰা ধাৰণাটো সঁচা নে মিছা সেইটোও প্ৰমাণ কৰি চাব পাৰা।)

10.14 বায়ু সুৰংগত কৰা উৰাজাহাজৰ আৰ্হি প্ৰস্তুতকৰণ পৰীক্ষা এটাত দেখা গ'ল যে ডেউকাৰ ওপৰ আৰু তল পৃষ্ঠৰে বলা বায়ুৰ দ্ৰুতি ক্ৰমান্বয়ে $70\,ms^{-1}$ আৰু $63\,ms^{-1}$। ডেউকাৰ কালি $2.5\,m^2$ হ'লে ইয়াৰ ওপৰত ক্ৰিয়া কৰা উত্তোলন বল কিমান হ'ব? বায়ুৰ ঘনত্ব $1.3\ kgm^{-3}$ বুলি ধৰি লোৱা।

10.15 চিত্ৰ 10.23(a) আৰু (b) য়ে অসান্দ্ৰ জুলীয়া পদাৰ্থ এটাৰ স্থিৰ প্ৰৱাহ নিৰ্দেশ কৰিছে। চিত্ৰ দুটাৰ ভিতৰত কোনটো অশুদ্ধ? কিয়।

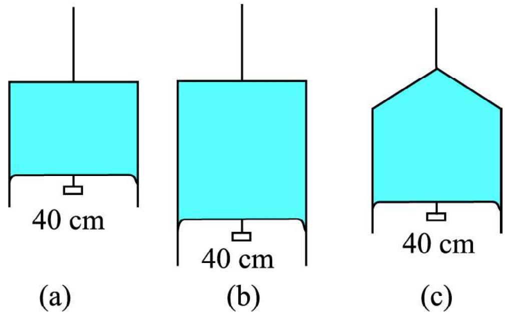


চিত্ৰ 10.23

10.16 স্প্ৰে পাম্প এটাৰ চুঙাটোৰ প্ৰস্থচ্ছেদ $8.0\ cm^2$। ইয়াৰ এটা মূৰত প্ৰত্যেকৰে 1.0 mm ব্যাসৰ 40 টা ক্ষুদ্ৰ বিন্ধা আছে। নলীটোৰ ভিতৰত যদি জুলীয়া পদাৰ্থটোৰ প্ৰবাহৰ দ্ৰুতি $1.5\ m\ min^{-1}$ হয়, তেনেহ'লে ক্ষুদ্ৰ বিন্ধাবোৰৰ মাজেৰে নিৰ্গত হোৱা জুলীয়া পদাৰ্থৰ দ্ৰুতি কিমান হ'ব?

10.17 U আকৃতিৰ তাঁৰ এডাল চাবোনৰ দ্ৰৱ এটাত ডুবাই আকৌ উঠাই অনা হ'ল। পাতল শ্লাইডাৰ (slider) আৰু তাঁৰডালৰ মাজত সৃষ্টি হোৱা চাবোনৰ চামনিখনে $1.5\times10^{-2}N$ ভাৰ (ইয়াত শ্লাইডাৰৰ ভাৰো সোমাই আছে) বহন কৰিব পাৰে। শ্লাইডাৰডালৰ দৈৰ্ঘ্য 30 cm। চামনিখনৰ পৃষ্ঠটান কিমান?

10.18 জুলীয়া পদাৰ্থৰ পাতল ফিল্ম এখনে $4.5\times10^{-2}N$ৰ সৰু ভাৰ এটা বহন কৰি থকা চিত্ৰ 10.24(a)ত দেখুওৱা হৈছে। একে উষ্ণতাত থকা একে জুলীয়া পদাৰ্থৰ দুখন ফিল্মে চিত্ৰ 10.24(b) আৰু 10.24(c) ত কিমান ভাৰ বহন কৰিব পাৰিব? ভৌতিক দিশৰ পৰা তোমাৰ উত্তৰৰ ব্যাখ্যা আগবঢ়োৱা।



চিত্ৰ 10.24

10.19 কোঠাৰ উষ্ণতাত থকা 3.00 mm ব্যাসাৰ্ধৰ পাৰাৰ টোপাল এটাৰ ভিতৰত চাপ কিমান? (কোঠাৰ উষ্ণতাত (20°C) পাৰাৰ পৃষ্ঠটান $4.65\times10^{-1}\,Nm^{-1}$, বায়ুমণ্ডলীয় চাপ $= 1.01\times10^5\,Pa$। টোপালটোৰ ভিতৰত ওপৰঞ্চি চাপৰ মানো উলিওৱা।

10.20 5.00 mm ব্যাসাৰ্ধৰ চাবোনৰ পানীৰ বুদ্‌বুদ্ এটাৰ ভিতৰত $20^{o}C$ উষ্ণতাত ওপৰঞ্চি চাপ কিমান? দিয়া আছে, $20^{o}C$ উষ্ণতাত চাবোনৰ দ্ৰবটোৰ পৃষ্ঠটান $2.50 \times 10^{-2} Nm^{-1}$। চাবোনৰ দ্ৰব থকা পাত্ৰ এটাৰ 40.0 cm গভীৰতাত একে ব্যাসাৰ্ধৰ এটা বায়ুৰ বুদ্‌বুদ্‌ৰ ভিতৰত চাপ কিমান? (চাবোনৰ দ্ৰবটোৰ আপেক্ষিক ঘনত্ব = 1.20 আৰু এক বায়ুমণ্ডলীয় চাপ = 1.01×10^{5} Pa)

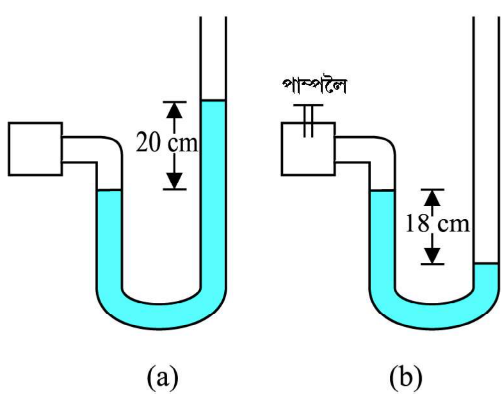
অতিৰিক্ত অনুশীলনী

10.21 $1.0 m^2$ কালিবিশিষ্ট বৰ্গক্ষেত্ৰাকাৰ ভূমিৰ পাত্ৰ এটা উলম্ব বেৰৰ মাজতে দুভাগ কৰা হৈছে। বেৰখনৰ তলিত 20 cm^2 কালিৰ এখন কজ্জা লগোৱা সৰু দুৱাৰ আছে। পাত্ৰটোৰ তলিৰ পৰা 4.0 m উচ্চতালৈ এটা ভাগত পানী আৰু আনটো ভাগত এচিডেৰে (আপেক্ষিক ঘনত্ব 1.7) পূৰ্ণ কৰা আছে। দৰ্জাখন বন্ধ কৰি ৰাখিবলৈ প্ৰয়োগ কৰিবলগীয়া বলৰ মান হিচাপ কৰি উলিওৱা।

10.22 চিত্ৰ 10.25 (a) ত দেখুওৱা ধৰণে বন্ধ পাত্ৰত থকা গেছ এটাৰ চাপ মেনোমিটাৰৰ সহায়ত জোখা হৈছে। পাম্পৰ সহায়ত বন্ধ পাত্ৰটোৰ পৰা কিছু গেছ উলিয়াই নিয়াত মেনোমিটাৰৰ পাঠ চিত্ৰ 10.25(b) ত দেখুওৱাৰ দৰে হৈছে। মেনোমিটাৰত ব্যৱহাৰ কৰা জুলীয়া পদাৰ্থটো হৈছে পাৰা আৰু এক বায়ুমণ্ডলীয় চাপ পাৰাস্তম্ভৰ 76 cm উচ্চতাৰ সমান।

(a) আৱদ্ধ পাত্ৰটোত থকা গেছৰ পৰম আৰু মাপক চাপ (a) আৰু (b) দুয়োটা ক্ষেত্ৰতে পাৰাস্তম্ভৰ উচ্চতা cm ত প্ৰকাশ কৰা।

(b) চিত্ৰ (b)ৰ মেনোমিটাৰটোৰ সোঁহাতৰ নলীটোত 13.6 cm পানীৰ স্তম্ভ ঢালি দিলে মেনোমিটাৰত তৰলৰ উচ্চতা কিদৰে সলনি হ'ব? (তোমালোকে জানা যে পানী আৰু পাৰা অমিশ্ৰণীয়। গেছৰ আয়তনৰ যি সামান্য সলনি হ'ব সেইটো উপেক্ষা কৰা।)



চিত্ৰ 10.25

10.23 বেলেগ বেলেগ আকৃতিৰ দুটা পাত্ৰৰ ভূমিৰ কালি সমান। এক নিৰ্দ্দিষ্ট সম উচ্চতালৈ পূৰ্ণ কৰিবৰ কাৰণে প্ৰথম পাত্ৰটোত দ্বিতীয় পাত্ৰটোতকৈ দুগুণ আয়তনৰ পানীৰ প্ৰয়োজন হয়। পাত্ৰ দুটাৰ ভূমিত

পানীয়ে প্ৰয়োগ কৰা বলৰ মান একেনে? যদি সেয়ে হয়, তেনেহ'লে একে উচ্চতালৈ পানীৰে পূৰ্ণ পাত্ৰ দুটাই ভাৰ জোখা স্কেলত বেলেগ বেলেগ পাঠ কিয় দেখুৱায়?

10.24 ৰক্ত সঞ্চাৰণ কৰিবৰ কাৰণে 2000 Pa মাপক চাপ থকা সিৰা এডালত বেজীটো সুমুৱাই ৰখা হৈছে। তেজৰ পাত্ৰটো কিমান ওপৰত ৰাখিলে সিৰাডালৰ ভিতৰত তেজ কোনোমতে সোমাব পাৰিব? [পূৰ্ণ ৰক্তৰ (whole blood) ঘনত্ব তালিকা 10.1 ৰ পৰা ব্যৱহাৰ কৰা।]

10.25 বাৰ্ণৌলিৰ সমীকৰণ ঠাৱৰ কৰোতে আমি নলীটোত তৰলৰ ওপৰত কৰা কাৰ্য তৰলৰ স্থিতিশক্তি আৰু গতিশক্তিৰ পৰিৱৰ্তনৰ লগত সমীকৰণ কৰিছিলো।

(a) 2×10^{-2} m ব্যাসৰ ধমনী এডালত ৰক্তপ্ৰবাহ ধাৰাৰেখিত হৈ থাকিবলৈ প্ৰবাহৰ সৰ্বোচ্চ গড় বেগ কিমান হ'ব লাগিব?

(b) তৰলৰ (তেজৰ) বেগ বাঢ়িব ধৰিলে অপচয়ী বলৰ (dissipative force) ভূমিকা অধিক গুৰুত্বপূৰ্ণ হয় নেকি। গুণভিত্তিক আলোচনা আগবঢ়োৱা।

10.26 (a) 2×10^{-3} m ব্যাসাৰ্ধৰ ধমনীত ৰক্তপ্ৰবাহ ধাৰাৰেখিত হৈ থাকিবলৈ প্ৰবাহৰ সৰ্বোচ্চ গড় বেগ কিমান হ'ব লাগিব?

(b) ইয়াৰ লগত সংগত প্ৰবাহৰ হাৰ কিমান?

(তেজৰ সান্দ্ৰতা গুণাংক = 2.084×10^{-3} Pa s)

10.27 আনুভূমিকভাৱে স্থিৰ দ্ৰুতিত উৰি থকা উৰাজাহাজ এখনৰ পাখি দুখনৰ প্ৰত্যেকৰে কালি 25 m^2। ডেউকাৰ ওপৰপৃষ্ঠ আৰু তলৰ পৃষ্ঠত বায়ুৰ দ্ৰুতি যদি ক্ৰমান্বয়ে 234 km/h আৰু 180 km/h হয়, তেনেহ'লে উৰাজাহাজখনৰ ভৰ নিৰ্ণয় কৰা। (বায়ুৰ ঘনত্ব 1 kg m^{-3} বুলি লোৱা)

10.28 মিলিকানৰ তেলৰ টোপাল পৰীক্ষাত 2.0×10^{-5} m ব্যাসাৰ্ধ আৰু 1.2×10^3 kg m^{-3} ঘনত্বৰ অনাহিত টোপাল এটাৰ প্ৰান্তীয় বেগ কিমান? পৰীক্ষাগাৰৰ উষ্ণতাত বায়ুৰ সান্দ্ৰতা গুণাংকৰ মান 1.8×10^{-5} Pas বুলি ধৰি লোৱা। সেই দ্ৰুতিত টোপালটোৰ ওপৰত সান্দ্ৰ বল কিমান? বায়ুৰ কাৰণে টোপালটোৰ ওপৰত ক্ৰিয়া কৰা প্লাবিতা বল উপেক্ষা কৰা।

10.29 ছ'ডা চূণযুক্ত গ্লাচৰ (soda lime glass) লগত পাৰাৰ সংস্পৰ্শ কোণ প্ৰায় 140^0 ৰ সমান। 1.00 mm ব্যাসাৰ্ধৰ গ্লাচৰ এটা ক্ষুদ্ৰ নলী পাৰা থকা পাত্ৰ এটাত ডুবাই দিয়া হ'ল। নলীটোৰ বাহিৰৰ পাৰা পৃষ্ঠৰ তুলনাত ভিতৰৰ পাৰাপৃষ্ঠ কিমান তললৈ সোমাই যাব? পৰীক্ষাটোৰ উষ্ণতাত পাৰাৰ পৃষ্ঠটান 0.465 N m^{-1}। পাৰাৰ ঘনত্ব = 13.6×10^3 kg m^{-3}।

10.30 3.00 mm আৰু 6.0 mm ব্যাসৰ দুটা ঠেক নলী সংযোগ কৰি দুয়োমূৰ খোলা এটা U নলী তৈয়াৰ কৰা হৈছে। U নলীটোত যদি পানী ভৰোৱা হয় তেনেহ'লে ইয়াৰ বাহু দুটাত পানীৰ উচ্চতাৰ পাৰ্থক্য কিমান হ'ব? পৰীক্ষা কৰা উষ্ণতাত পানীৰ পৃষ্ঠটান = 7.3×10^{-2} N m^{-1}। সংস্পৰ্শ কোণ শূন্য আৰু পানীৰ ঘনত্ব 1.0×10^3 kg m^{-3} বুলি গণ্য কৰা। ($g = 9.8$ m s^{-2})

কেলকুলেটৰ/কম্পিউটাৰভিত্তিক অনুশীলনী

10.31 (a) আমি জানো যে বায়ুৰ ঘনত্ব 'ρ' উচ্চতা 'y' ৰ লগত সলনি হয় এনেদৰে

$$\rho = \rho_o e^{-y/y_o}$$

য'ত $\rho_o = 1.25$ kg m^{-3} হৈছে সমুদ্ৰপৃষ্ঠত বায়ুৰ ঘনত্ব আৰু y_o এটা ধ্ৰুৱক।

ঘনত্বৰ এই তাৰতম্যক বায়ুমণ্ডলৰ সূত্ৰ বুলি জনা যায়। বায়ুমণ্ডলৰ উষ্ণতা স্থিৰ বুলি ধৰি লৈ এই সূত্ৰটো প্ৰতিষ্ঠা কৰা। 'g' ৰ মানো ধ্ৰুৱক বুলি গণ্য কৰা।

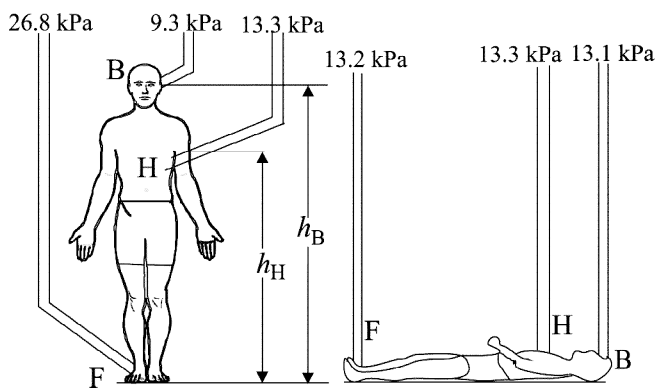
(b) 400 kg ওজনৰ বোজা এটা উঠাবলৈ 1425 m^3 আয়তনৰ হিলিয়াম বেলুন এটা ব্যৱহাৰ কৰা হৈছে। ওপৰলৈ আৰোহণ কৰোতে বেলুনটোৰ ব্যাসাৰ্ধ অপৰিৱৰ্তনীয় হৈ থাকে বুলি বিবেচনা কৰা। বেলুনটো কিমান ওপৰলৈ উঠিব?

[ধৰি লোৱা, $y_o = 8000$ m আৰু $\rho_{He} = 0.18$ kg m^{-3}]

পৰিশিষ্ট 10.1 ঃ ৰক্তচাপ মানে কি?

ক্ৰমবিৱৰ্তনৰ বুৰঞ্জীত এনেকুৱা এক সময় আহিছিল যেতিয়া জন্তুবোৰে দিনটোৰ বহুখিনি সময় উলম্ব অৱস্থাত কটাবলৈ আৰম্ভ কৰিছিল। ইয়াৰ ফলত পৰিসংচাৰী তন্ত্ৰত (circulatory system) বহুতো নতুন প্ৰভাৱ আহি পৰিছিল। দেহৰ একেবাৰে নিম্নাংশৰ পৰা হৃৎপিণ্ডলৈ ৰক্তবাহী সিৰাতন্ত্ৰৰ (venous system) বহুতো সংশোধন হৈছিল। তোমালোকৰ নিশ্চয় মনত আছে যে সিৰাবোৰ এনেকুৱা ৰক্তবাহী নলী যাৰ মাজেৰে তেজ হৃৎপিণ্ডলৈ উভটি আহে। মানুহ আৰু কিছুমান জন্তুৱে (যেনে— জিৰাফ) মাধ্যাকৰ্ষণিক বলৰ বিপৰীতে ৰক্ত প্ৰবাহৰ এই সমস্যা সমাধান কৰিব পৰাকৈ অভিযোজনা কৰি লৈছিল। কিন্তু সাপ, এন্দুৰ আৰু শহাপহু জাতীয় বহুতো প্ৰাণীৰ সিৰাতন্ত্ৰই মাধ্যাকৰ্ষণিক বলৰ বিপৰীতে হৃৎপিণ্ডলৈ তেজ পৰিবহণ কৰিবলৈ অক্ষম। এইবোৰ প্ৰাণীক উলম্বভাৱে ৰাখিলে কিছুসময়ৰ পিছতে মৃত্যুমুখত পৰিব।

চিত্ৰ 10.26ত মানৱ দেহৰ বিভিন্ন অংশত ধমনীৰ (arteries) ভিতৰৰ গড় চাপ দেখুওৱা হৈছে। তেজৰ সান্দ্ৰতা যিহেতু বহুত কম, গতিকে আমি বাৰ্ণৌলিৰ সমীকৰণ (সমীঃ 10.3) $P+\frac{1}{2}\rho v^2+\rho gy=$ ধ্ৰুৱক—



চিত্ৰ 10.26 *থিয় হৈ থকা আৰু শুই থকা অৱস্থাত মানৱ দেহৰ বিভিন্ন অংশত ধমনীৰ ৰক্তচাপৰ (মাপক চাপ, gauge pressure) নিৰ্দেশাত্মক চিত্ৰ। হৃৎপিণ্ডৰ এক স্পন্দনকালৰ গড় চাপ দেখুওৱা হৈছে।*

ব্যৱহাৰ কৰি চাপৰ এই মানবোৰ বুজিব পাৰো। তিনিওডাল ধমনীৰ ৰক্ত প্ৰবাহৰ দ্ৰুতি খুব কম ($\approx 0.1 ms^{-1}$) আৰু প্ৰায় স্থিৰ; গতিকে বাৰ্ণৌলিৰ সমীকৰণৰ গতিশক্তিৰ ৰাশিটো $\left(\frac{1}{2}\rho v^2\right)$ আমি উপেক্ষা কৰিব পাৰো। গতিকে মূৰ (P_B), হৃৎপিণ্ড (P_H) আৰু ভৰিৰ (P_F) মাপক চাপৰ সম্পৰ্ক হ'ল

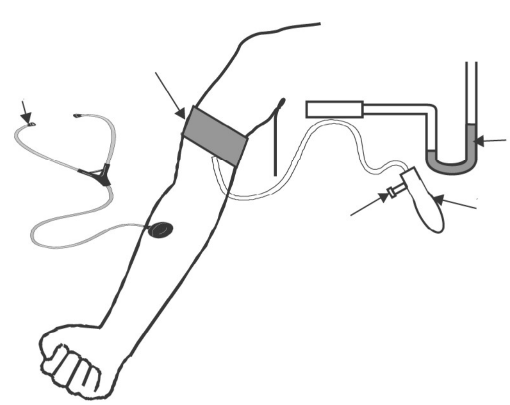
$P_F = P_H + \rho g h_H = P_B + \rho g h_B$ য'ত ρ হৈছে তেজৰ ঘনত্ব।

হৃৎপিণ্ড আৰু মূৰলৈকে সাধাৰণ উচ্চতা হৈছে ক্ৰমে $h_H = 1.3 m$ আৰু $h_B = 1.7 m$। তেজৰ ঘনত্ব $\rho = 1.06 \times 10^3 kg\ m^{-3}$ আৰু হৃৎপিণ্ডত চাপ $P_H = 13.3 k\ Pa$ ব্যৱহাৰ কৰি আমি পাওঁ $P_F = 26.8 k\ Pa$ (kilopascals) আৰু $P_B = 9.3$ kPa। গতিকে থিয় হৈ থকা অৱস্থাত মানৱ দেহৰ নিম্ন আৰু উৰ্ধ অংশত চাপৰ বহু তাৰতম্য থাকে,

কিন্তু শুই থকা অৱস্থাত প্ৰত্যেক অংশতে চাপ মোটামুটি একে। ইতিমধ্যে উল্লেখ কৰা হৈছে যে চিকিৎসাবিদ্যা আৰু শৰীৰবিদ্যাত সাধাৰণতে ব্যৱহাৰ কৰা চাপৰ একক হৈছে torr আৰু পাৰাৰ মিঃ মিঃ উচ্চতা (mm of Hg)। পাৰাৰ 1মিঃ মিঃ =1 torr = 0.133 kPa । গতিকে হৃৎপিণ্ডত গড় ৰক্তচাপ P_H = 13.3 kPa = পাৰাস্তম্ভৰ 100 mm (100 mm of Hg)।

মানৱ দেহ প্ৰকৃতিৰ এক বিস্ময়কৰ সৃষ্টি। দেহৰ নিম্ন অংশৰ সিৰাবোৰ কিছুমান ভাল্‌ভৰ দ্বাৰা সজ্জিত। তলৰ পৰা হৃৎপিণ্ডলৈ তেজৰ সোঁত ব'লে এই ভাল্‌ভবোৰ খোল খায় কিন্তু ওপৰৰ পৰা তললৈ তেজৰ সোঁত ব'ব খুজিলে এই ভাল্‌ভবোৰ বন্ধ হৈ যায়। উশাল লওঁতে হোৱা পাম্পিং ক্ৰিয়া (pumping action) আৰু খোজকাঢ়োতে হোৱা কংকালপেশীৰ (skeleta muscle) শিথিলতাৰ কাৰণে অন্ততঃ আংশিকভাৱে তেজ হৃৎপিণ্ডলৈ উভতি আহে। সাৱধান ভংগিত থিয় হৈ থকা সৈনিক কেতিয়াবা মূৰ্চ্ছা যোৱাৰ কাৰণো ইয়াৰ পৰাই ব্যাখ্যা কৰিব পাৰি; হৃৎপিণ্ডলৈ পৰ্যাপ্ত পৰিমাণৰ তেজ উভতি নোযোৱা কাৰণেই সৈনিকজন সংজ্ঞাহীন হৈ পৰে। কিছুসময় শুৱাই দিলে দেহৰ বিভিন্ন অংশত চাপ পুনৰ সমান হয় আৰু সৈনিকজনে তেতিয়া সংজ্ঞা ঘূৰাই পায়।

ছাইগ্‌ম'মেন'মিটাৰ (Sphygmomanometer) নামৰ এবিধ যন্ত্ৰৰ সহায়ত সাধাৰণতে মানৱ দেহৰ ৰক্তচাপ জোখা হয়। এইটো এটা ক্ষীপ্ৰ, বেদনাহীন আৰু হস্তক্ষেপহীন (non-invasive) পদ্ধতি যাৰ সহায়ত ডাক্তৰে ৰোগীৰ স্বাস্থ্যৰ বিষয়ে বিশ্বাসযোগ্য ধাৰণা কৰিব পাৰে। চিত্ৰ 10.27ত এই জোখা পদ্ধতিটো দেখুওৱা হৈছে। বাউসি ব্যৱহাৰ কৰাৰ দুটা কাৰণ আছে। প্ৰথম কাৰণ ঃ বাউসি আৰু হৃৎপিণ্ড প্ৰায় একেটা উচ্চতাত আছে আৰু সেইকাৰণে বাউসীত জোখা চাপৰ মান হৃৎপিণ্ডৰ চাপৰ প্ৰায় সমান। দ্বিতীয়তে, বাউসীত মাত্ৰ এডাল হাড় থকা কাৰণে তাৰ ধমনীডালক (ইয়াৰ নাম প্ৰগণ্ড ধমনী, brachial artery) সহজতে সংকুচিত কৰিব পাৰি। হাতৰ মনিবন্ধৰ ওপৰত আঙুলিৰে হেচি নাড়ীস্পন্দনৰ হাৰ আমি সকলোৱে হিচাপ কৰিছো। প্ৰত্যেকটো স্পন্দনৰ সময় এক ছেকেণ্ডতকৈ অলপ কম। প্ৰত্যেকটো স্পন্দনৰ সময়ছোৱাত হৃৎপিণ্ড আঅৰু পৰিসংচাৰী তন্ত্ৰত চাপ এবাৰ সৰ্বোচ্চ (চিষ্টলিক চাপ, systolic pressure) আৰু এবাৰ সৰ্বনিম্ন (ডায়েষ্টলিক চাপ diastolic pressure) হয়। হৃৎপিণ্ডই পাম্প কৰি তেজ পঠিওৱাৰ সময়ত চাপ সৰ্বোচ্চ অৰ্থাৎ চিষ্টলিক আৰু হৃৎপিণ্ড শিথিল হ'লে চাপ সৰ্বনিম্ন অৰ্থাৎ ডায়েষ্টলিক হয়। স্ফিগম'মেনমিটাৰে এই সৰ্বোচ্চ আৰু সৰ্বনিম্ন চাপৰ জোখ লয়। ইয়াৰ কাৰ্যকৰী নীতিটো হ'ল ঃ যথোপযুক্ত সংকোচন ঘটাই বাউসীৰ প্ৰগণ্ড ধমনীৰ (brachial artery) ৰক্তপ্ৰবাহ স্থিৰ প্ৰবাহৰ পৰা অস্থিৰ প্ৰবাহলৈ পৰিৱৰ্তন কৰিব পাৰি। অস্থিৰ প্ৰবাহ অপচয়ী আৰু ই সৃষ্টি কৰা শব্দ ষ্টেথ'স্কোপত (stethoscope) ধৰা পেলাব পাৰি।



চিত্ৰ 10.26 *ছাইগম'মেন'মিটাৰ আৰু ষ্টেথ'স্কোপৰ সহায়ত ৰক্তচাপ জোখাৰ প্ৰণালী।*

এটা মেন'মিটাৰ বা ডায়েলযুক্ত চাপ মাপক যন্ত্ৰৰ (dial pressure) সহায়ত বাউসীত মেৰাই লোৱা বায়ুভৰ্তি মোনা এটাৰ ভিতৰৰ মাপক চাপ জুখিব পাৰি। চিত্ৰ 10.27 লৈ চোৱা। প্ৰথমতে, প্ৰগণ্ড

ধমনীডাল বন্ধ নোহোৱা পৰ্যন্ত মোনাটোত চাপ বৃদ্ধি কৰা হয়। ইয়াৰ পিছত চাপ লাহে লাহে কমাই মোনাটোৰ তলতে ৰখা ষ্টেথ'স্কোপৰ সহায়ত প্ৰগণ্ড ধমনীত সৃষ্টি হোৱা শব্দ শুনিবলৈ চেষ্টা কৰা হয়। যেতিয়া চাপ চিষ্টলিক চাপৰ (সৰ্বোচ্চ) ঠিক তলত থাকে তেতিয়া ধমনীডাল অলপ সময়ৰ কাৰণে খোল খায়। এই সময়খিনিত অতি সংকীৰ্ণ ধমনীত ৰক্তপ্ৰবাহৰ বেগ বেছি হয় আৰু ফলত অস্থিৰ প্ৰবাহৰ সৃষ্টি হৈ শব্দৰ সৃষ্টি কৰে। এই শব্দই ষ্টেথ'স্কোপত এক টেপ্‌টেপ্ ধ্বনি (tapping sound) হিচাপে ধৰা দিয়ে। চাপ আৰু অধিক কমালে ধমনীডাল হৃৎপিণ্ডৰ স্পন্দনকালৰ বেছিভাগ সময় খোলা হৈ থাকে।

কিন্তু, ডায়েষ্টলিক চাপৰ (সৰ্বনিম্ন চাপ) সময়ছোৱাত ধমনীডাল বন্ধ হৈ থাকে। গতিকে টেপ্‌টেপ্ ধ্বনিৰ স্থিতিকাল দীঘলীয়া হয়। মোনাটোৰ ভিতৰৰ চাপ যেতিয়া ডায়েষ্টলিক চাপৰ সমান হয় তেতিয়া হৃৎপিণ্ডৰ স্পন্দনৰ সম্পূৰ্ণ চক্ৰৰ সময়ছোৱাত ধমনীডাল খোলা হৈ থাকে। ৰক্তপ্ৰবাহ কিন্তু এতিয়াও অস্থিৰ আৰু উশৃংখল হৈয়েই থাকে। কিন্তু ষ্টেথ'স্কোপত এইবাৰ টেপ্‌টেপ্ ধ্বনিৰ সলনি এটা স্থিৰ আৰু অবিচ্ছিন্ন হো-হোৱনি শুনিবলৈ পোৱা যায়।

ৰোগী এজনৰ ৰক্তচাপ চিষ্টলিক আৰু ডায়'ষ্টলিক চাপৰ অনুপাত অৰ্থাৎ চিষ্টলিক/ডায়'ষ্টলিক চাপ হিচাপে প্ৰকাশ কৰা হয়। বিশ্ৰাম অৱস্থাত থকা এজন স্বাস্থ্যবান প্ৰাপ্তবয়স্ক লোকৰ কাৰণে ৰক্তচাপ সাধাৰণতে পাৰাস্তম্ভৰ 120 mm/80 mm (120 torr/80 torr)। চাপ 140/90 ৰ ওপৰলৈ গ'লে ডাক্তৰৰ পৰামৰ্শ লোৱা উচিত। উচ্চ ৰক্তচাপে হৃৎপিণ্ড, বৃক্ক আৰু অন্যান্য অংগৰ গুৰুতৰ ক্ষতি সাধন কৰিব পাৰে আৰু সেয়েহে সদায় নিয়ন্ত্ৰণ কৰা উচিত।