নৱম অধ্যায়

গোটা বস্তুৰ যান্ত্ৰিক ধৰ্ম
(Mechanical Properties of Solids)

9.1 আগকথা

9.2 গোটা পদাৰ্থৰ স্থিতিস্থাপক ধৰ্ম

9.3 প্ৰতিচাপ আৰু বিকৃতি

9.4 হুকৰ সূত্ৰ

9.5 প্ৰতিচাপ-বিকৃতি লেখ

9.6 স্থিতিস্থাপক গুণাংক

9.7 পদাৰ্থৰ স্থিতিস্থাপক ধৰ্মৰ প্ৰয়োগ

সাৰাংশ

মন কৰিবলগীয়া

অনুশীলনী

অতিৰিক্ত অনুশীলনী

9.1 আগকথা (Introduction)

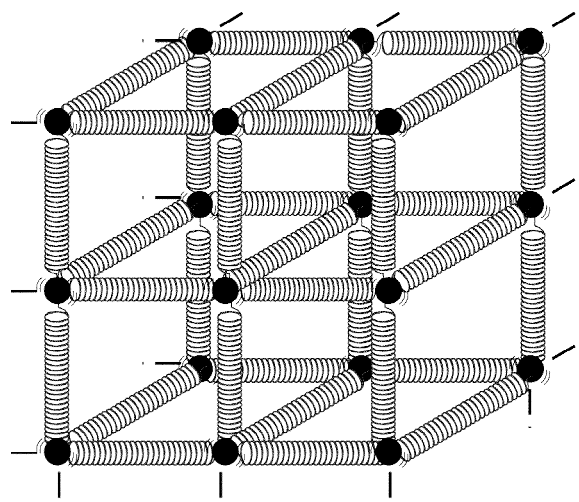
সপ্তম অধ্যায়ত আমি বস্তুৰ ঘূৰ্ণন সম্পৰ্কে অধ্যয়ন কৰিছিলোঁ। তাত আমি শিকিছিলোঁ যে বস্তুটোত ভৰ কিদৰে সিঁচৰিত হৈ থাকে তাৰ ওপৰত ঘূৰ্ণন গতি নিৰ্ভৰ কৰে। পিছে সেই অধ্যায়ত কেইটামান অতি সৰল গঠনৰ দৃঢ় বস্তুৰ কথাহে আলোচনা কৰা হৈছিল। দৃঢ় বস্তু (rigid body) বুলিলে এক নিৰ্দ্দিষ্ট আকাৰ আৰু গঠন থকা টান গোটা বস্তুকেই বুজোৱা হয়। কিন্তু আমি জানোঁ যে বাস্তৱ ক্ষেত্ৰত সকলো বস্তুকেই প্ৰসাৰিত, সংকুচিত অথবা ভাঁজ লগাব পাৰি। আনকি, পৰ্যাপ্ত পৰিমাণৰ বল প্ৰয়োগ কৰি অতি দৃঢ় তীখাৰ দণ্ড এডালৰ আকৃতিও পৰিৱৰ্তন কৰিব পাৰি। ইয়াৰ অৰ্থ এইটোৱেই যে, গোটা বস্তুবোৰ আচলতে সম্পূৰ্ণ দৃঢ় (perfectly rigid) নহয়।

গোটা বস্তুৰ এক নিৰ্দ্দিষ্ট আকাৰ আৰু আকৃতি থাকে। এই আকাৰ আৰু আকৃতি সলনি কৰিবলৈ বাহ্যিক বলৰ প্ৰয়োজন। স্প্ৰিং এডালৰ দুয়োমূৰে ধৰি মৃদুভাৱে টানিলে তাৰ দৈৰ্ঘ্য সামান্যভাৱে বৃদ্ধি পায়। আকৌ প্ৰয়োগ কৰা বল এৰি দিলেই স্প্ৰিংডালে পূৰ্বৰ আকাৰ আৰু আকৃতিলৈ উভটি আহে। প্ৰযুক্ত বল প্ৰত্যাহাৰ কৰিলে যি ধৰ্মৰ কাৰণে বস্তুৱে তাৰ পূৰ্বৰ আকাৰ আৰু আকৃতি ঘূৰাই পায় সেই ধৰ্মকে পদাৰ্থৰ স্থিতিস্থাপকতা (elasticity) বোলা হয়। আকাৰ আৰু আকৃতিৰ পৰিৱৰ্তনটোক কোৱা হয় স্থিতিস্থাপক বিকৃতি (elastic deformation)। কিন্তু তুমি যদি পুটিং (গ্লাচত লগোৱা) অথবা বোকা জাতীয় বস্তুৰ ওপৰত বল প্ৰয়োগ কৰা তেনেহ'লে দেখিবা যে সেই জাতীয় বস্তুৱে পূৰ্বৰ আকৃতিলৈ ঘূৰি অহাৰ কোনো চেষ্টাই নকৰে আৰু সিহঁতৰ আকৃতিৰ পৰিৱৰ্তন স্থায়ী হৈ ৰয়। এই জাতীয় পদাৰ্থক প্লাষ্টিক (plactic) আৰু পদাৰ্থৰ এই ধৰ্মটোক নমনীয়তা (plasticity) বুলি কোৱা হয়। ওপৰত উল্লেখ কৰা পুটিং আৰু বোকা প্ৰায় আদৰ্শ প্লাষ্টিক।

অভিযান্ত্রিক চানেকি (engineering design) প্রস্তুতিত পদাৰ্থৰ স্থিতিস্থাপক ধৰ্মৰ এক গুৰুত্বপূৰ্ণ ভূমিকা আছে। উদাহৰণস্বৰূপে অট্টালিকা, দলং, যান-বাহন ইত্যাদি সাজিবৰ সময়ত চানেকি প্রস্তুত কৰোঁতে বিভিন্ন সামগ্ৰী যেনে— তীখা, কংক্রিট, ৰছী ইত্যাদিৰ স্থিতিস্থাপক ধৰ্মৰ জ্ঞান থকাটো নিতান্তই প্রয়োজন। এইক্ষেত্ৰত আমাৰ মনত সততে কিছুমান প্রশ্নৰ উদয় হয়— এনেকুৱা এখন উৰা জাহাজৰ চানেকি বনাব নোৱাৰিনে যিখন খুব পাতল অথচ মজবুত হ'ব? পাতল অথচ মজবুত কৃত্রিম ভৰি এখনৰ পৰিকল্পনা আমি কৰিব নোৱাৰোনে? অথবা ৰে'ল-লাইনটো সদায় কিয় ⌶ আকৃতিৰ? হাতৰ পৰা পকা মজিয়াত পৰিলে আয়নাৰ গিলাচটো ভাঙি যায় কিন্তু ষ্টিলৰ গিলাচটো নাভাঙে কিয়? এনেকুৱা অনেক প্রশ্নই নিশ্চয় তোমালোকৰ মনত থুপ খাই আছে। এইবোৰ প্রশ্নৰ উত্তৰ পাবলৈ আমি প্রথমতে জানিব লাগিব বল প্রয়োগে গোটা বস্তুৰ বিকৃতি কিদৰে কৰে। আমি এই অধ্যায়ত গোটা পদাৰ্থৰ স্থিতিস্থাপক আৰু যান্ত্রিক ধৰ্মৰ বিষয়ে আলোচনা কৰিম। এই অধ্যয়নে তোমালোকক ওপৰত উল্লিখিত বহুতো প্রশ্নৰ উত্তৰৰ সন্ধান দিব।

9.2 কঠিন পদাৰ্থৰ স্থিতিস্থাপক ধৰ্ম (Elastic Behaviour of Solids)

আমি জানো যে কঠিন বা গোটা পদাৰ্থৰ প্ৰত্যেকটো পৰমাণু অথবা অণুৰ চাৰিওফালে আৰু পৰমাণু অথবা অণু থাকে। আন্তঃআনবিক (intermolecular) অথবা আন্তঃপাৰমাণবিক (interatomic) বলৰ দ্বাৰা বান্ধোন খাই এই অণু পৰমাণুবোৰ এক স্থিৰ সাম্য (stable equilibrium) অৱস্থাত থাকে। গোটা বস্তু এটাৰ যেতিয়া বিকৃতি হয়, তেতিয়া অণু অথবা পৰমাণুবোৰৰ সাম্য অৱস্থাৰ পৰা স্থানান্তৰ ঘটে; ফলত আন্তঃআণবিক (বা আন্তঃপাৰমাণবিক) দূৰত্বৰো পৰিৱৰ্তন হয়। বিকৃতি বল (deforming force) প্ৰত্যাহাৰ কৰাৰ লগে লগেই আন্তঃপাৰমাণবিক বলে অণু-পৰমাণুবোৰক পুনৰ আগৰ স্থানলৈ ওভতাই নিয়ে। গতিকে বস্তুটোৱে আকৌ আগৰ আকাৰ বা আকৃতি লাভ কৰে। পদাৰ্থৰ এই স্থিতিস্থাপক ধৰ্ম চিত্ৰ 9.1 ত দেখুওৱা এক স্প্ৰিং-বলযুক্ত মডেলৰ (spring-ball model) সহায়ত সহজতে বুজিব পাৰি। এই মডেলত বলবোৰ পৰমাণু আৰু স্প্ৰিংবোৰ আন্তঃপাৰমাণবিক বল বুজাবলৈ ব্যৱহাৰ কৰা হৈছে।



চিত্ৰ 9.1 *কঠিন বস্তুৰ স্থিতিস্থাপক ধৰ্ম বুজাবলৈ ব্যৱহাৰ কৰা স্প্ৰিং-বল মডেল।*

স্প্ৰিং-বলৰ এই নিকায়টোত যিকোনো এটা বল যদি তুমি স্থানান্তৰ কৰিব খোজা, তেনেহ'লে স্প্ৰিংবোৰে বলটোক আকৌ আগৰ অৱস্থানলৈ আনিব চেষ্টা কৰিব। গতিকে গোটা পদাৰ্থৰ স্থিতিস্থাপক ধৰ্ম সিহঁতৰ পাৰমাণবিক ধৰ্মৰ সহায়ত ব্যাখ্যা কৰিব পাৰি। ইংৰাজ পদাৰ্থবিদ ৰবাৰ্ট হুকে (Robert Hooke, 1635-1703 AD) স্প্ৰিঙৰ ওপৰত বহুতো পৰীক্ষা-নিৰীক্ষা কৰি দেখিছিল যে, স্প্ৰিং এডালৰ দৈৰ্ঘ্যৰ পৰিৱৰ্তন তাৰ ওপৰত প্ৰযুক্ত বলৰ সমানুপাতিক। 1676 চনত তেওঁ বৰ্তমান 'হুকৰ সূত্ৰ' (Hooke's law) নামে জনাজাত স্থিতিস্থাপকতাৰ সূত্ৰ আগবঢ়াইছিল। আমি 9.4 খণ্ডত এই সূত্ৰৰ বিষয়ে আলোচনা কৰিম। বিজ্ঞানৰ ইতিহাসত জোখ-মাখ সম্পৰ্কীয় প্ৰথম আৱিস্কৃত সূত্ৰসমূহৰ ভিতৰত বয়লৰ সূত্ৰৰ (Boyle's law) লগতে হুকৰ সূত্ৰও অন্যতম। বিভিন্ন প্ৰকাৰৰ ভৰ বা বলৰ প্ৰভাৱত পদাৰ্থৰ আচৰণ কেনেকুৱা হয়— এই বিষয়ৰ জ্ঞান অভিযান্ত্রিক চানেকি প্রস্তুতিৰ দৃষ্টিকোণৰ পৰা অতি গুৰুত্বপূৰ্ণ।

9.3 প্ৰতিচাপ আৰু বিকৃতি (Stress and Strain)

আমি জানিলোঁ যে কোনো এটা বস্তুৰ ওপৰত যদি এনেভাবে বল প্ৰয়োগ কৰা হয় যে বস্তুটো স্থিৰ সাম্য (static equilibrium) অৱস্থাত থাকে, তেতিয়া বস্তুটোৰ বিকৃতি ঘটে। এই বিকৃতিৰ পৰিমাণ নির্ভৰ কৰে প্ৰযুক্ত বলৰ মান আৰু পদার্থটোৰ ধৰ্মৰ ওপৰত। বহুতো পদার্থৰ ক্ষেত্ৰত এই বিকৃতি দৃষ্টিগোচৰ নহ'বও পাৰে, কিন্তু সেইবুলি বিকৃতি হোৱা নাই বুলি আমি ক'ব নোৱাৰো। বল প্ৰয়োগ কৰিলে বিকৃতি হ'বই। প্ৰযুক্ত বলৰ ফলত বস্তুটোৰ যেতিয়া বিকৃতি ঘটে তেতিয়া বস্তুটোৰ ভিতৰত এক প্ৰত্যানয়ন বল বা পুনৰুদ্ধাৰী বলৰ (restoring force) সৃষ্টি হয়। এই প্ৰত্যানয়ন বলৰ মান প্ৰযুক্ত বিকৃতিকাৰী বলৰ (deforming force) সমান কিন্তু বিপৰীতমুখী। *প্ৰতি একক কালিৰ ওপৰত সৃষ্টি হোৱা প্ৰত্যায়ন বলকে* ***প্ৰতিচাপ*** *(stress) বোলা হয়*। গতিকে প্ৰয়োগ কৰা বলক যদি F আৰু যিমান কালিৰ ওপৰত বল প্ৰয়োগ কৰা হৈছে তাক A ৰে বুজোৱা হয়, তেনেহ'লে—

$$\text{প্ৰতিচাপৰ মান} = F/A \qquad (9.1)$$

প্ৰতিচাপৰ এছ. আই (S.I) একক $N\,m^{-2}$।

$1N\,m^{-2}$ ক পাস্কেল (pascal) বুলিও কোৱা হয় আৰু ইয়াক চমুকৈ লিখা হয় 'Pa' বুলি। গতিকে $1N\,m^{-2} = 1Pa$। ইয়াৰ মাত্ৰিক প্ৰকাশ ৰাশি (dimensional formula) হ'ল $[ML^{-1}T^{-2}]$।

বাহ্যিক বলে ক্ৰিয়া কৰিলে বস্তু এটাৰ আকৃতি তিনি ধৰণে সলনি হ'ব পাৰে। চিত্ৰ 9.2ত এই তিনিওটা দেখুওৱা হৈছে। চিত্ৰ 9.2(a)ত দুটা সমান আৰু বিপৰীতমুখী বলৰ দ্বাৰা এটা গোটা চুঙা টানি দীঘল কৰা দেখুওৱা হৈছে। বল দুটা প্ৰয়োগ কৰা হৈছে চুঙাটোৰ প্ৰস্থচ্ছেদৰ লম্বভাৱে তাৰ দৈৰ্ঘ্যৰ দিশত। এইক্ষেত্ৰত চুঙাটোৰ ভিতৰত সৃষ্টি হোৱা প্ৰতিচাপক **দৈৰ্ঘ্য-প্ৰসাৰণ প্ৰতিচাপ** (tensile stress) বুলি কোৱা হয়। বাহ্যিক বল প্ৰয়োগৰ দ্বাৰা যদি চুঙাটোৰ দৈৰ্ঘ্য সংকুচিত কৰা হয় তেতিয়া সৃষ্টি হোৱা প্ৰতিচাপক **সংকোচন প্ৰতিচাপ** (compressive stress) বোলা হয়। দৈৰ্ঘ্য প্ৰসাৰণ অথবা দৈৰ্ঘ্য সংকোচন প্ৰতিচাপক একেলগে **অনুদৈৰ্ঘ্য প্ৰতিচাপ** (longitudinal stress) বুলিও কোৱা হয়।

প্ৰসাৰণ অথবা সংকোচন দুয়োটা ক্ষেত্ৰতে চুঙাটোৰ দৈৰ্ঘ্যৰ পৰিৱৰ্তন ঘটে। দৈৰ্ঘ্যৰ পৰিৱৰ্তন যদি 'ΔL' আৰু আদি দৈৰ্ঘ্য 'L' হয়, তেনেহ'লে ΔL আৰু Lৰ অনুপাতক **অনুদৈৰ্ঘ্য বিকৃতি** (longitudinal strain) বোলা হয়। গতিকে,

$$\text{অনুদৈৰ্ঘ্য বিকৃতি} = \frac{\Delta L}{L} \qquad (9.2)$$

চিত্ৰ 9.2 (b)ত দুটা বিপৰীতমুখী সমান বল চুঙাটোৰ দুয়োমূৰে প্ৰস্থচ্ছেদৰ স্পৰ্শকৰ দিশত প্ৰয়োগ কৰা দেখুওৱা হৈছে। এনেভাবে বল প্ৰয়োগ কৰিলে চুঙাটোৰ ওপৰ আৰু তলৰ পৃষ্ঠ দুখনৰ চিত্ৰত দেখুওৱা ধৰণে এক আপেক্ষিক স্থানান্তৰ ঘটে। এনেক্ষেত্ৰতো বস্তুটোৰ ভিতৰত এক প্ৰতিচাপৰ সৃষ্টি হয়। এনেভাবে পৃষ্ঠ এটাৰ স্পৰ্শকৰ দিশত প্ৰয়োগ কৰা বলৰ কাৰণে প্ৰতি একক কালিৰ ওপৰত সৃষ্টি হোৱা প্ৰত্যানয়ন বলক স্পৰ্শকীয় বা **ৰূপ প্ৰতিচাপ** (tangential or shearing) বোলা হয়।

স্পৰ্শকীয় বলৰ ফলত চুঙাটোৰ দুয়োমূৰৰ পৃষ্ঠ দুখনৰ আপেক্ষিক স্থানান্তৰ যদি Δx হয় আৰু চুঙাটোৰ দৈৰ্ঘ্য 'L' তেনেহ'লে 'Δx' আৰু 'L' ৰ অনুপাতক ৰূপ বিকৃতি (shearing strain) বুলি কোৱা হয়। গতিকে,

$$\textbf{ৰূপ বিকৃতি} = \frac{\Delta x}{L} = \tan\theta \qquad (9.3)$$

ইয়াত θ হৈছে পূৰ্বৰ উলম্ব অৱস্থাৰ পৰা চুঙাটোৰ কৌণিক সৰণ। সাধাৰণতে এই কৌণিক সৰণ 'θ'ৰ মান খুব কম হয়। 'θ' খুব সৰু হ'লে $\tan\theta$ আৰু θ ৰ মান প্ৰায় সমান হয়। (উদাহৰণ স্বৰূপে, যদি $\theta = 10^0$ হয়, তেতিয়া $\tan\theta$ আৰু θ ৰ মাজৰ পাৰ্থক্য মাত্ৰ 1%)। মাত্ৰ মনত ৰাখিব লাগিব যে $\tan\theta = \theta$ বুলি লিখোঁতে 'θ'ৰ মান ৰেডিয়ানত প্ৰকাশ কৰিব লাগিব। গতিকে

ৰবাৰ্ট হুক (Robert Hooke)
(1635-1703 AD)

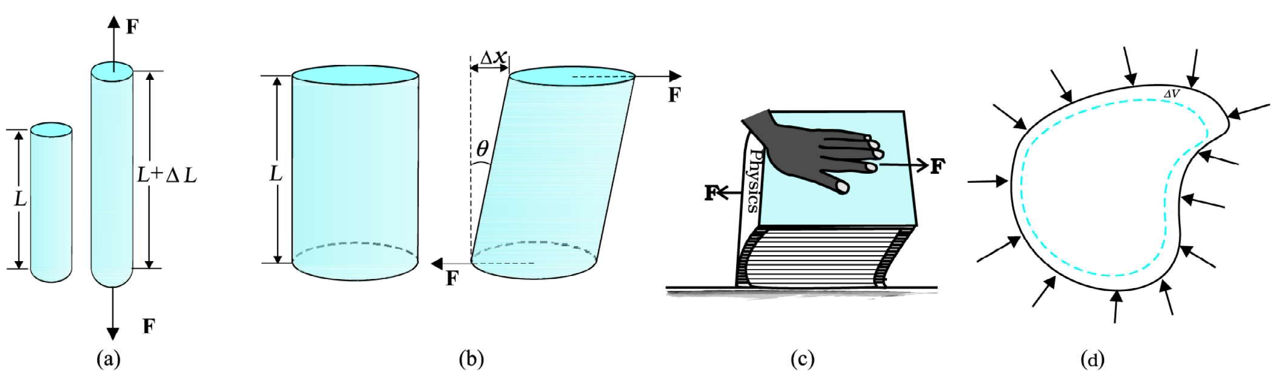
ইংলেণ্ডৰ ৱাইট দ্বীপৰ (মূল ভূখণ্ডৰ পৰা 3-4 কিঃ মিঃ আঁতৰত ইংলিচ প্ৰণালীত থকা সৰু দ্বীপ) ফ্ৰেচৱাটাৰ নামৰ ঠাইত 1635 চনৰ 18 জুলাইত ৰবাৰ্ট হুকৰ জন্ম হৈছিল। সোঁতৰ শতিকাৰ ইংলেণ্ডৰ তীক্ষ্ণধী আৰু বহুমুখী প্ৰতিভাৰ অধিকাৰী বিজ্ঞানীসকলৰ মাজত ৰবাৰ্ট হুকো আছিল এজন। অক্সফ'ৰ্ড বিশ্ববিদ্যালয়ত শিক্ষাগ্ৰহণ কৰিছিল যদিও শিক্ষা সাং নকৰাকৈয়ে তেওঁ বিশ্ববিদ্যালয় এৰিছিল। তথাপিও তেওঁ আবিস্কাৰক, যন্ত্ৰ-নিৰ্মাতা আৰু অট্টালিকাৰ চানেকি প্ৰস্তুত কৰোঁতা হিচাবে বিৰল প্ৰতিভাৰ চিনাকি দিছিল। বয়লীয় বায়ু পাম্প (Boylean air pump) নিৰ্মাণত তেওঁ ৰবাৰ্ট বয়লৰ সহকাৰী হিচাবে কাম কৰিছিল। নৱস্থাপিত ৰয়েল ছ'চাইটিৰ পৰীক্ষাসমূহৰ কিউৰেটৰ (Curator of experiments) হিচাবে 1662 চনত হুকে নিযুক্তি পাইছিল। ইয়াৰ পিছত 1665 চনত হুকে গ্ৰিচাম কলেজত জ্যামিতিৰ অধ্যাপক হিচাবে যোগদান কৰে। ইয়াতেই তেওঁ জ্যোৰ্তি-বৈজ্ঞানিক নিৰীক্ষণৰ কাম আৰম্ভ কৰে। নিজে নিৰ্মাণ কৰি উলিওৱা গ্ৰেগৰিয়ান নভোবীক্ষণ যন্ত্ৰৰ সহায়ত ট্ৰেপেজিয়াৰ তাৰকালানিৰ পঞ্চম নক্ষত্ৰটো আৰু অৰিয়ন তাৰকামণ্ডলীত (orion constel-lation) এক নক্ষত্ৰপুঞ্জ আবিস্কাৰ কৰিছিল। বৃহস্পতি গ্ৰহৰ নিজ অক্ষত আৱৰ্তনৰ কথা তেঁৱেই প্ৰথম উনুকিয়াইছিল, তেওঁ প্ৰস্তুত কৰা মংগল গ্ৰহৰ পুংখানুপুংখ নক্সাৰ ওপৰত ভিত্তি কৰিয়েই উনৈশ শতিকাত ইয়াৰ ঘূৰ্ণনৰ হাৰ নিৰ্ণয় কৰা হৈছিল। গ্ৰহৰ গতি বিষয়ক বিপৰীত বৰ্গৰ সূত্ৰও তেৱেঁই উত্থাপন কৰিছিল, যাৰ সঠিক ৰূপ নিউটনে পিছত প্ৰদান কৰে। তেওঁ ৰয়েল ছ'চাইটিৰ সভ্য নিৰ্বাচিত হৈছিল আৰু 1667 চনৰ পৰা 1682 চনলৈ এই ছ'চাইটিৰ সচিবৰূপেও কাৰ্যনিৰ্বাহ কৰিছিল। পৰ্যবেক্ষণ প্ৰাপ্ত তথ্যসমূহ তেওঁ **'মাইক্ৰগ্ৰাফিয়া'** (Micrographia) নামৰ গ্ৰন্থত লিপিবদ্ধ কৰিছিল, ইয়াতেই তেওঁ পোহৰৰ তৰংগ তত্ত্বৰ কথা উনুকিয়াইছিল আৰু কুহিলা বা কৰ্কৰ (কৰ্ক নামৰ এবিধ গছৰ বাকলি) ওপৰত কৰা গৱেষণাৰ পৰা জীৱ বিজ্ঞানত পোনপ্ৰথমে 'কোষ' (Cell) শব্দটো ব্যৱহাৰ কৰিছিল।

পদাৰ্থ বিজ্ঞানীসকলৰ মাজত ৰবাৰ্ট হুক সুপৰিচিত স্থিতিস্থাপকতা সূত্ৰৰ আবিস্কাৰক হিচাবে। তেওঁৰ এই সূত্ৰ লেটিন ভাষাত প্ৰকাশ কৰা হয় এনেদৰে— Ut tensio, sic vis (ইয়াৰ অৰ্থ the distortion, so the force অৰ্থাৎ বিকৃতি হ'লে বল থাকিব) প্ৰতিচাপ আৰু বিকৃতি অধ্যয়নৰ জৰিয়তে পদাৰ্থৰ স্থিতিস্থাপক ধৰ্মৰ জ্ঞান আহৰণৰ মূল ভেটি এই সূত্ৰই ৰচনা কৰিছিল।

ৰূপ বিকৃতিৰ সমীকৰণটো (সমীঃ 9.3) আমি এনেদৰে লিখিব পাৰো—

ৰূপ বিকৃতি, $\tan\theta = \theta$ (9.4)

মোটা কিতাপ এখনৰ ওপৰত হাতেৰে হেঁচা দি আনুভূমিক দিশত যদি ঠেলি দিয়া তেতিয়া দেখিবা যে কিতাপখনৰ আকৃতিৰ পৰিৱৰ্তন হৈছে। ৰূপ বিকৃতি প্ৰত্যক্ষ কৰিব পৰা এইটো এটা সদায় দেখি থকা ঘটনা। 9.2 (c) চিত্ৰত ইয়াক দেখুওৱা হৈছে।



চিত্ৰ 9.2 *(a) দৈৰ্ঘ্য প্ৰসাৰণ প্ৰতিচাপত থকা চুঙাকৃতিৰ বস্তুৰ ΔL দৈৰ্ঘ্য প্ৰসাৰণ হৈছে (b) চুঙা এটাত ক্ৰিয়া কৰা ৰূপ প্ৰতিচাপৰ কাৰণে হোৱা বিকৃতি θ (c) বস্তু এটাৰ ওপৰত প্ৰয়োগ কৰা ৰূপ প্ৰতিচাপ (d) বস্তু এটাৰ ওপৰত কেউ দিশৰ পৰা প্ৰয়োগ কৰা লম্ব প্ৰতিচাপ (হাইড্ৰ'লিক প্ৰেছ)। বস্তুটোৰ আয়তন বিকৃতি $\Delta V/V$, কিন্তু আকৃতিৰ কোনো পৰিৱৰ্তন নহয়।*

চিত্ৰ 9.2 (d)ত এটা গোটা বস্তু তৰলৰ ভিতৰত উচ্চ চাপৰ প্ৰভাৱত ৰখা দেখুওৱা হৈছে। তৰলৰ চাপে বস্তুটোৰ পৃষ্ঠৰ ওপৰত চাৰিওফালৰ পৰা সমভাৱে ক্ৰিয়া কৰি তাক সংকুচিত কৰিছে। এই চাপে বস্তুটো পৃষ্ঠভাগৰ প্ৰত্যেকটো বিন্দুতে লম্বভাৱে ক্ৰিয়া কৰে। এনেভাৱে তৰলৰ চাপে সংকোচন ঘটোৱা অৱস্থাটোক জলীয় সংকোচন (hydraulic compression) বুলি কোৱা হয়। জলীয় সংকোচনত বস্তুটোৰ আকৃতিৰ কোনো পৰিৱৰ্তন নোহোৱাকৈ আয়তন কমি যায়।

সংকুচিত অৱস্থাত বস্তুটোৰ ভিতৰত এক অন্তৰ্বৰ্তী পুনৰুদ্ধাৰ বলৰ (internal restoring force) সৃষ্টি হয়। এই বল তৰলটোৱে প্ৰয়োগ কৰা বলৰ সমান আৰু বিপৰীত। এই পুনৰুদ্ধাৰিত বলৰ কাৰণেই তৰলৰ পৰা উলিয়াই নিলে বস্তুটোৱে আগৰ আকাৰ লাভ কৰে। প্ৰতি একক কালিৰ ওপৰত ক্ৰিয়া কৰা পুনৰুদ্ধাৰিত বলক **জলীয় প্ৰতিচাপ** (hydraulic stress) বোলা হয়। ইয়াৰ মান আৰু তৰলটোৱে প্ৰয়োগ কৰা জলীয় চাপৰ মান সমান।

জলীয় চাপৰ ফলত সৃষ্টি হোৱা বিকৃতিয়েই হ'ল আয়তন বিকৃতি। যদি আয়তনৰ পৰিৱৰ্তন 'ΔV' আৰু আদি আয়তন 'V' হয় তেনেহ'লে 'ΔV' আৰু 'V' ৰ অনুপাতেই আয়তন বিকৃত। অৰ্থাৎ

$$\text{আয়তন বিকৃতি (volume strain)} = \frac{\Delta V}{V} \quad (9.5)$$

বিকৃতি যিহেতু এটা ৰাশিৰ পৰিৱৰ্তন আৰু তাৰ আদি মানৰ অনুপাত, সেয়েহে ইয়াৰ কোনো একক বা মাত্ৰা নাই।

9.4 হুকৰ সূত্ৰ (Hookes Law)

চিত্ৰ 9.3ত দেখুওৱা ধৰণে বেলেগ বেলেগ অৱস্থাত প্ৰতিচাপ আৰু বিকৃতিৰ প্ৰকাৰ বেলেগ বেলেগ। বিকৃতিৰ (deformation) মান ক্ষুদ্ৰ হ'লে প্ৰতিচাপ আৰু বিকৃতি সমানুপাতিক হয়। এই সম্বন্ধটো হুকৰ সূত্ৰ নামে জনাজাত। গতিকে,

প্ৰতিচাপ $\propto$ বিকৃতি

$$\text{বা প্ৰতিচাপ} = K \times \text{বিকৃতি} \quad (9.6)$$

সমীকৰণ (9.6)ত K হ'ল এটা সমানুপাতিক ধ্ৰুৱক। ইয়াক স্থিতিস্থাপক গুণাংক (modulus of elasticity) বুলি কোৱা হয়।

হুকৰ সূত্ৰটো এটা পৰীক্ষালব্ধ সূত্ৰ। বেছিভাগ পদাৰ্থৰ ক্ষেত্ৰতে এই সূত্ৰৰ যথাৰ্থতা প্ৰতিপন্ন হৈছে। কিন্তু এনেকুৱা পদাৰ্থও বহুত আছে যিবোৰে এই সমানুপাতিক সম্বন্ধটো মানি নচলে।

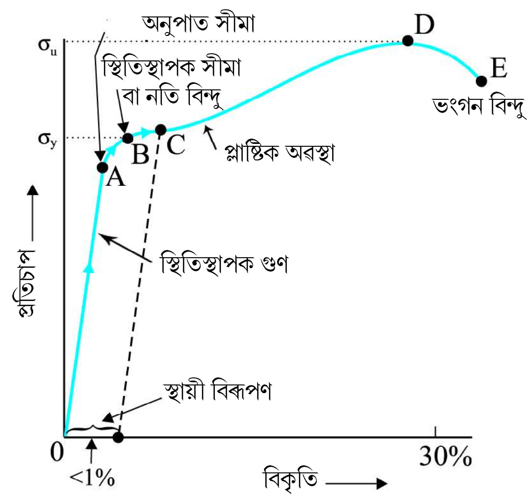
9.5 প্ৰতিচাপ-বিকৃতি লেখ (Stress-Strain Curve)

দৈৰ্ঘ্য প্ৰসাৰণ প্ৰতিচাপত (tensile stress) থকা কোনো এক নিৰ্দ্দিষ্ট পদাৰ্থৰ ক্ষেত্ৰত পৰীক্ষাৰ দ্বাৰা প্ৰতিচাপ আৰু বিকৃতিৰ মাজৰ সম্বন্ধ নিৰ্ধাৰণ কৰিব পাৰি। পদাৰ্থৰ প্ৰসাৰণ ধৰ্ম অধ্যয়নৰ এক প্ৰামাণিক পৰীক্ষা হ'ল ভাৰ প্ৰয়োগৰ দ্বাৰ পৰীক্ষণীয় পদাৰ্থটোৰ এটা চুঙা অথবা এডাল তাঁৰৰ দৈৰ্ঘ্য প্ৰসাৰণ ঘটোৱা। সাধাৰণতে তাঁৰডালৰ এটা মূৰ এটা দৃঢ় বস্তুত স্থিৰ কৰি উলম্বভাবে ওলোমাই ৰখা হয় আৰু আনটো মূৰত ভাৰ প্ৰয়োগ কৰা হয়। ভাৰ ক্ৰমান্বয়ে বঢ়াই গৈ থাকিলে তাঁৰডালৰ দৈৰ্ঘ্যও বাঢ়ি গৈ থাকিব। প্ৰতিবাৰতে প্ৰয়োগ কৰা ভাৰ আৰু ইয়াৰ ফলত সৃষ্টি হোৱা দৈৰ্ঘ্য প্ৰসাৰণ টুকি ৰাখিব লাগে। প্ৰয়োগ কৰা ভাৰক তাঁৰডালৰ প্ৰস্থচ্ছেদেৰে হৰণ কৰিলে প্ৰতিচাপৰ মান আৰু দৈৰ্ঘ্য প্ৰসাৰণক তাঁৰডালৰ আদি দৈৰ্ঘ্যৰে হৰণ কৰিলে আমি দৈৰ্ঘ্য প্ৰসাৰণ বিকৃতি পাম। বিকৃতিক X-অক্ষত আৰু প্ৰতিচাপক Y- অক্ষত বহুৱাই অংকন কৰা লেখডালেই পদাৰ্থটোৰ কাৰণে প্ৰতিচাপ-বিকৃতি লেখ। ধাতুৰ তাঁৰ এডালৰ কাৰণে পোৱা তেনেকুৱা লেখ এডাল 9.3 চিত্ৰত দেখুওৱা হৈছে। সংকোচন আৰু ৰূপ প্ৰতিচাপৰ ক্ষেত্ৰতো

অনুৰূপ লেখ দেখা যায়। বেলেগ বেলেগ পদাৰ্থৰ কাৰণে প্ৰতিচাপ-বিকৃতি লেখো বেলেগ বেলেগ হয়। প্ৰযুক্ত ভাৰ ক্ৰমান্বয়ে বঢ়াই গৈ থাকিলে পদাৰ্থ এটাৰ বিকৃতি কিদৰে হয় সেই বিষয়ে আমি এই লেখৰ সহায়ত জানিব পাৰোঁ। 9.3 চিত্ৰত আমি দেখিছোঁ যে O আৰু A বিন্দুৰ মাজত লেখডাল ঋজু অৰ্থাৎ বিকৃতি আৰু প্ৰতিচাপ সমানুপাতিক। এই খণ্ডত প্ৰতিচাপ-বিকৃতিয়ে হুকৰ সূত্ৰ মানি চলে। যেতিয়ালৈকে প্ৰতিচাপ-বিকৃতি এই সৰল ৰেখাখণ্ডৰ ভিতৰত থাকে তেতিয়ালৈকে বাহ্যিক বল পৰিহাৰ কৰিলেই বস্তুটোৱে আদি অৱস্থাৰ আকাৰ-আকৃতি ঘূৰাই পায়। এই খণ্ডৰ ভিতৰত বস্তুটোৰ আচৰণ স্থিতিস্থাপক।

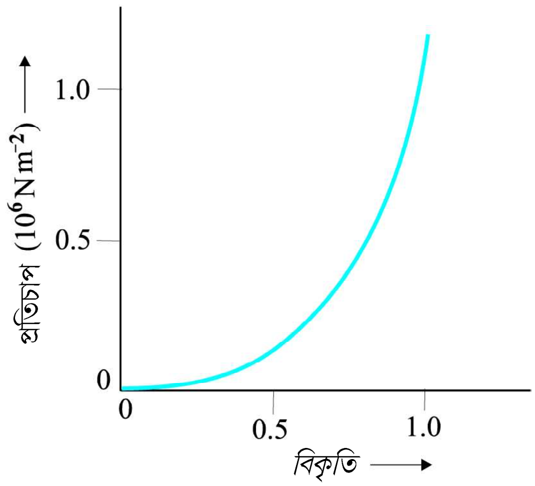
A আৰু B বিন্দুৰ মাজৰ অংশত প্ৰতিচাপ আৰু বিকৃতি সমানুপাতিক নহয়। তথাপি ইয়াৰ ভিতৰত থাকিলেও প্ৰযুক্ত বল পৰিহাৰ কৰিলে বস্তুটোৱে আদি অৱস্থা ঘূৰাই পায়। লেখডালত B বিন্দুক নতিবিন্দু (yield point) অথবা স্থিতিস্থাপক সীমা (elastic limit) আৰু তাৰ লগত সংগত প্ৰতিচাপক পদাৰ্থটোৰ নতি-কাঠিন্য (yield strength σ_y) বুলি কোৱা হয়। মনত ৰাখিবা যে, স্থিতিস্থাপক সীমাৰ মান বুলিলে আমি নতি-কাঠিন্য (σ_y) কেই বুজাওঁ।

ইয়াৰ পিছতো যদি ভাৰ আৰু বঢ়োৱা হয় তেনেহ'লে প্ৰতিচাপে নতি-কাঠিন্যক অতিক্ৰম কৰিব আৰু প্ৰতিচাপৰ অলপ বৃদ্ধিতেই বিকৃতিৰ খৰতকীয়া বৃদ্ধি ঘটিব। B আৰু D বিন্দুৰ মাজৰ লেখচোৱাই পদাৰ্থটোৰ এনেকুৱা পৰিৱৰ্তনকে বুজাইছে। B আৰু D ৰ মাজৰ যিকোনো এটা বিন্দু Cতে যদি প্ৰযুক্ত ভাৰ পৰিহাৰ কৰা হয় তেতিয়া বস্তুটো আকৌ আদি অৱস্থালৈ ঘূৰি নাহে। এই অৱস্থাত প্ৰতিচাপ শূন্য হ'লেও বিকৃতি শূন্য নহয়, অৰ্থাৎ বস্তুটোৱে এটা স্থায়ী বিকৃতি (permanent strain) লাভ কৰে। এনেকুৱা বিকৃতিক প্লাষ্টিক বিকৃতি (plastic deformation) আৰু লেখডালত D বিন্দুৱে সূচোৱা প্ৰতিচাপক পদাৰ্থটোৰ অন্তিম তনন শক্তি (ultimate tensile strength, S_u) বোলা হয়। ইয়াৰ পিছত ভাৰ হ্ৰাস কৰিলেও বিকৃতি বাঢ়িয়েই থাকে আৰু এটা সময়ত E বিন্দুত তাঁৰডাল চিঙি যায়। যদি ভঙ্গন বিন্দু E আৰু অন্তিম তনন শক্তিৰ বিন্দু D ওচৰাওচৰিকৈ থাকে তেতিয়া পদাৰ্থটোক ভংগুৰ (brittle) বুলি কোৱা হয়। যদি বিন্দু দুটা (E আৰু D) আঁতৰত থাকে তেতিয়া কোৱা হয় পদাৰ্থটো নমনীয় (ductile)।



চিত্ৰ 9.3 *এবিধ ধাতুৰ কাৰণে নিদৰ্শন-স্বৰূপ (typical) প্ৰতিচাপ-বিকৃতি লেখ।*

আগতেই উল্লেখ কৰা হৈছে যে ভিন ভিন পদাৰ্থৰ প্ৰতিচাপ-বিকৃতিৰ আচৰণ ভিন ভিন। উদাহৰণ স্বৰূপে, ৰবৰ এডাল আদি দৈৰ্ঘ্যৰ কে'বাগুণলৈকে টানি দীঘল কৰি এৰি দিলেও আদি অৱস্থালৈ ঘূৰি আহে। মানৱ দেহৰ হৃৎপিণ্ডত থকা মহাধমনীৰ প্ৰত্যাস্থ কলাৰ (elastic tissue of aorta) প্ৰতিচাপ বিকৃতিৰ লেখ 9.4 চিত্ৰত দেখুওৱা হৈছে। ভালদৰে মন কৰিলে দেখিবা যে ইয়াত স্থিতিস্থাপক অঞ্চল যদিও বহু বিস্তৃত তথাপি হুকৰ সূত্ৰ মানি চলা অংশ নিচেই কম। দ্বিতীয়তে, ইয়াত কোনো সুনিৰ্দ্দিষ্ট প্লাষ্টিক অঞ্চল নাই। ৰবৰ, প্ৰত্যাস্থ কলা জাতীয় যিবোৰ পদাৰ্থক টানৰ দ্বাৰা বহু পৰিমাণে



চিত্ৰ 9.4 *মহাধমনীৰ প্ৰত্যাস্থ কলাৰ প্ৰতিচাপ-বিকৃতি লেখ। মহাধমনী হ'ল হৃৎপিণ্ডৰ পৰা তেজ কঢ়িয়াই নিয়া ডাঙৰ নলী।*

বিকৃত কৰিব পাৰি সেইবোৰ পদাৰ্থক ইলাষ্টমাৰ (elastomers) বুলি কোৱা হয়।

9.6 স্থিতিস্থাপক গুণাংক (Elastic Moduli)

প্ৰতিচাপ-বিকৃতি লেখৰ সমানুপাতিক অংশৰ (চিত্ৰ 9.3ত OA অংশ) ভূমিকা অভিযান্ত্ৰিক ৰূপাংকনত (structural and manufacturing engineering design) অতি গুৰুত্বপূৰ্ণ। স্থিতিস্থাপক গুণাংক অৰ্থাৎ প্ৰতিচাপ আৰু বিকৃতিৰ অনুপাত পদাৰ্থৰ এক বৈশিষ্ট্যসূচক ধৰ্ম (characteristic property)।

9.6.1 ইয়ঙৰ গুণাংক (Young's modulus)

পৰীক্ষাৰ পৰা দেখা গৈছে যে কোনো এক নিৰ্দ্দিষ্ট পদাৰ্থৰ কাৰণে একে দৈৰ্ঘ্য-প্ৰসাৰণ প্ৰতিচাপ (tensile stress) বা দৈৰ্ঘ্য সংকোচন প্ৰতিচাপৰ (compressive stress) বাবে সৃষ্টি হোৱা বিকৃতিৰ মান একে। দৈৰ্ঘ্য-প্ৰসাৰণ প্ৰতিচাপ (σ) (অথবা দৈৰ্ঘ্য সংকোচন প্ৰতিচাপ) আৰু অনুদৈৰ্ঘ্য বিকৃতিৰ (ε) অনুপাতক **ইয়ঙৰ গুণাংক** (Young's modulus) বোলা হয় আৰু ইয়াক 'Y' চিহ্নৰে বুজোৱা হয়। গতিকে,

$$Y = \frac{\sigma}{\varepsilon} \tag{9.7}$$

সমীকৰণ 9.1 (σ ৰ বাবে) আৰু সমীকৰণ 9.2 (ε ৰ বাবে) 9.7 সমীকৰণত ব্যৱহাৰ কৰি আমি পাওঁ

$$Y = \frac{\left(F/A\right)}{\left(\Delta L/L\right)} = \frac{F \times L}{A \times \Delta L} \tag{9.8}$$

বিকৃতি যিহেতু এটা মাত্ৰাবিহীন ৰাশি, গতিকে ইয়ঙৰ গুণাংকৰ একক প্ৰতিচাপৰ এককৰ সৈতে একে। অৰ্থাৎ ইয়ঙৰ গুণাংকৰ একক N m^{-2} বা Pascal (Pa)। তালিকা 9.1 ত কিছুমান পদাৰ্থৰ ইয়ঙৰ গুণাংক, স্থিতিস্থাপক সীমা আৰু তনন শক্তি দেখুওৱা হৈছে।

তালিকা 9.1 কেইবিধমান পদাৰ্থৰ কাৰণে ইয়ঙৰ গুণাংক, স্থিতিস্থাপক সীমা আৰু নতিকাঠিন্য

পদাৰ্থ	ইয়ঙৰ গুণাংক $\times 10^9$ Nm^{-2}	স্থিতিস্থাপক সীমা $\times 10^7$ Nm^{-2}	তনন শক্তি $\times 10^7$ Nm^{-2}
এলুমিনিয়াম	70	18	20
তাম	120	20	40
লোহা (কেচা)	190	17	33
তীখা	200	30	50
হাড় (দৈৰ্ঘ্য প্ৰসাৰণ)	16		12
(দৈৰ্ঘ্য সংকোচন)	9		12

তালিকা 9.1 খন ভালদৰে মন কৰিলে দেখিবা যে ধাতুৰ ইয়ঙৰ গুণাংকৰ মান বেছি। গতিকে এনেবোৰ পদাৰ্থৰ দৈৰ্ঘ্যৰ সামান্য সলনি কৰিবলৈও বেছি ডাঙৰ বলৰ প্ৰয়োজন হয়। উদাহৰণ হিচাপে $0.1 cm^2$ প্ৰস্থচ্ছেদৰ এডাল মিহি তীখাৰ তাঁৰৰ দৈৰ্ঘ্য 0.1% বৃদ্ধি কৰিবলৈ 2000N বলৰ প্ৰয়োজন হয়। আকৌ একে প্ৰস্থচ্ছেদৰ ($0.1 cm^2$) এলুমিনিয়াম, পিতল আৰু তামৰ তিনিডাল ভিন্ন তাঁৰত সমপৰিমাণৰ (অৰ্থাৎ 0.1%) বিকৃতি কৰিবৰ কাৰণে প্ৰয়োজন হোৱা বলৰ পৰিমাণ হ'ল ক্ৰমে 690N, 900N আৰু 1100N । একে প্ৰস্থচ্ছেদৰ তাঁৰত সমপৰিমাণৰ বিকৃতি কৰিবৰ কাৰণে তীখাত যিহেতু বেছি বলৰ প্ৰয়োজন সেই কাৰণে তীখা হ'ল এলুমিনিয়াম, পিতল আৰু তামতকৈ বেছি স্থিতিস্থাপক। সেই কাৰণেই বেছি দৃঢ়তাৰ প্ৰয়োজন হোৱা গধুৰ যন্ত্ৰপাতিত (heavy duty machinery) আৰু গঠনত (structural design) তীখাৰ ব্যৱহাৰ কৰা হয়। কাঠ, হাড়, কংক্ৰিট আৰু গ্লাচৰ ইয়ঙৰ গুণাংক তুলনামূলকভাবে বহুতো কম।

▶উদাহৰণ 9.1 নিৰ্মাণ দ্ৰব্য হিচাবে ব্যৱহৃত তীখাৰ দণ্ড এডালৰ ব্যাসাৰ্ধ 10mm আৰু দৈৰ্ঘ্য 1.0m। 100kN বল এটাই অনুদৈৰ্ঘ্য দিশত ক্ৰিয়া কৰি দণ্ডডালৰ প্ৰসাৰণ ঘটাইছে। এতিয়া (a) প্ৰতিচাপ (b) দৈৰ্ঘ্য প্ৰসাৰণ আৰু (c) বিকৃতিৰ পৰিমাণ নিৰ্ণয় কৰা। নিৰ্মাণ দ্ৰব্য তীখাৰ ইয়ঙৰ গুণাংক = $2.0 \times 10^{11}\ N m^{-2}$।

উত্তৰ ঃ ধৰি লোৱা হ'ল যে দণ্ডডাল এমূৰে দৃঢ়ভাবে বান্ধি আনটো মূৰত অনুদৈৰ্ঘ্যভাবে F বল প্ৰয়োগ কৰা হ'ল। 'r' যদি ব্যাসাৰ্ধ হয়, দণ্ডডালৰ প্ৰস্থচ্ছেদ হ'ব

$A = \pi r^2 = 3.14 \times (10^{-2} m)^2 = 3.14 \times 10^{-4} m^2$

(a) গতিকে দণ্ডডালত সৃষ্টি হোৱা প্ৰতিচাপ

$$\text{প্ৰতিচাপ} = \frac{F}{A} = \frac{F}{\pi r^2}$$

$$= \frac{100 \times 10^3 N}{3.14 \times (10^{-2} m)^2}$$

$$= 3.18 \times 10^8\ N\ m^{-2}$$

(b) সমীকৰণ (9.8) ৰ পৰা দৈৰ্ঘ্য প্ৰসাৰণ 'ΔL'

$$\Delta L = \frac{(F/A)L}{Y}$$

$$= \frac{(3.18 \times 10^8\ N\ m^{-2})(1m)}{2 \times 10^{11}\ N\ m^{-2}}$$

$$= 1.59 \times 10^{-3}\ m$$

$$= 1.59\ mm$$

(c) $\text{অনুদৈৰ্ঘ্য বিকৃতি} = \frac{\Delta L}{L}$

$$= \frac{(1.59 \times 10^{-3} m)}{1 m}$$

$$= 1.59 \times 10^{-3}$$ ◀

▶উদাহৰণ 9.2 2.2m দৈৰ্ঘ্যৰ তামৰ তাঁৰ এডালৰ আৰু 1.6m দৈৰ্ঘ্যৰ তীখাৰ তাঁৰ এডালৰ প্ৰত্যেকৰে ব্যাস 3.0mm। তাঁৰ দুডালৰ দুটা মূৰ সংযোগ কৰি একেটা ভাৰেৰে টনাত মুঠতে 0.7mm দৈৰ্ঘ্যৰ প্ৰসাৰণ ঘটিল। এতিয়া প্ৰয়োগ কৰা ভাৰৰ মান নিৰ্ণয় কৰা।

উত্তৰ ঃ ব্যাস একে হোৱা কাৰণে তাঁৰ দুডালৰ প্ৰস্থচ্ছেদ (A) একে। দুয়োৰে ওপৰত যিহেতু একেটা ভাৰকে (W) প্ৰয়োগ কৰা হৈছে, গতিকে তাম আৰু তীখাৰ দুয়োডাল তাঁৰৰ দৈৰ্ঘ্য প্ৰসাৰণ প্ৰতিচাপো একে সমান হ'ব। সমীকৰণ (9.7) ৰ পৰা আমি জানোঁ

প্ৰতিচাপ = বিকৃতি × ইয়ঙৰ গুণাংক

$$\text{গতিকে, প্ৰতিচাপ} = \frac{W}{A}$$

$$= Y_c \times (\Delta L_c / L_c) = Y_s \times (\Delta L_s / L_s)$$

ইয়াত পদাংক (Subscript) c আৰু s এ ক্রমে তাম (copper) আৰু তীখাক (steel) বুজাইছে।

$\therefore$ ওপৰৰ সমীকৰণটোৰ পৰা,

$$\left(\frac{\Delta L_c}{\Delta L_s}\right)=\left(\frac{Y_s}{Y_c}\right)\times\left(\frac{L_c}{L_s}\right)$$

দিয়া আছে $L_c = 2.2\text{m}$, $L_s = 1.6\text{m}$

তালিকা (9.1)ৰ পৰা

$Y_c = 1.1 \times 10^{11}$ N.m^{-2}, $Y_s = 2.0 \times 10^{11}$ Nm^{-2}.

গতিকে,

$$\left(\frac{\Delta L_C}{\Delta L_S}\right)=\left(\frac{2.0\times10^{11}}{1.1\times10^{11}}\right)\times\left(\frac{2.2}{1.6}\right)$$

$$= 2.5$$

আনহাতে মুঠ দৈৰ্ঘ্য প্ৰসাৰণ দিয়া আছে,

$$\Delta L_c + \Delta L_s = 7.0 \times 10^{-4} \text{ m}$$

ওপৰৰ সমীকৰণ দুটা সমাধান কৰি আমি পাওঁ

$$\Delta L_c = 5.0 \times 10^{-4} \text{ m}$$

আৰু $\Delta L_s = 2.0 \times 10^{-4}$ m.

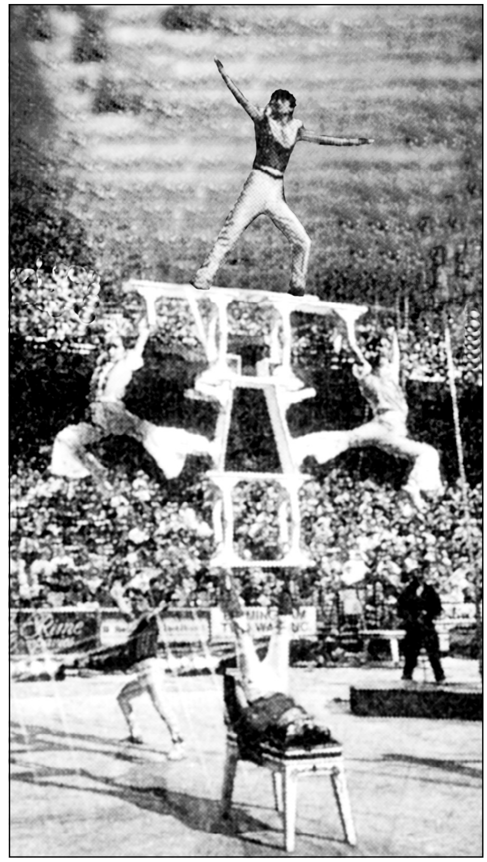
গতিকে প্ৰয়োগ কৰা ভাৰ

$W = (A \times Y_c \times \Delta L_c)/L_c$

$= [(\pi(1.5 \times 10^{-3})^2 \times [(5.0 \times 10^{-4} \times 1.1\times10^{11})/2.2]$

$= 1.8 \times 10^2$ N ◀

▶**উদাহৰণ 9.3** চাৰ্কাচত দেখুওৱা মানৱ-পিৰামিডৰ গোটেই গোটটোৰ সমুদায় ভাৰ একেবাৰে ভূমিত পিঠি দি শুই থকা মানুহজনৰ ভৰি দুখনৰ ওপৰত পৰে। (চিত্ৰ 9.5 লৈ মন কৰা)। খেলা দেখুওৱা আটাইকেইজন মানুহৰ, তেওঁলোকে ব্যৱহাৰ কৰা টেবুল, ফলক ইত্যাদিৰ সমুদায় ওজন 280kg। পিৰামিডৰ ভূমিত থকা মানুহজনৰ ওজন 60kg। এইজন খেলুৱৈৰ উৰুৰ হাড়ৰ দৈৰ্ঘ্য 50cm আৰু কাৰ্যকৰী ব্যাসাৰ্ধ 2.0cm। এই ওপৰঞ্চি ভাৰৰ ফলত পিৰামিডৰ ভূমিত থকা খেলুৱৈজনৰ উৰুৰ হাড়ৰ প্ৰত্যেকৰে কিমান সংকোচন হ'ব নিৰ্ণয় কৰা।



চিত্ৰ 9.5 *চাৰ্কাচত দেখুওৱা মানৱ পিৰামিড।*

উত্তৰ ঃ টেবুল, ফলক ইত্যাদিৰ সৈতে আটাইকেইজন খেলুৱৈৰ মুঠ ওজন = 280kg।

পিৰামিডৰ ভূমিত শুই থকা খেলুৱৈজনৰ ওজন = 60kg।

$\therefore$ ভূমিত শুই থকাজনে বহন কৰা ভৰ

$= 280\text{kg} - 60\text{kg}$

$= 220\text{kg}$

$\therefore$ গতিকে বহন কৰা ভাৰ $= 220\text{kg} \times 9.8 \text{ m/s}^2$

$= 2156$ N

প্ৰত্যেকডাল হাড়ে বহন কৰা ভাৰ $=\frac{1}{2}2156N$

$= 1078$ N

তালিকা 9.1 ৰ পৰা হাড়ৰ ইয়ঙৰ গুণাংক (সংকোচন)

$$Y = 9.0 \times 10^9 \text{ Nm}^{-2}$$

হাড়ৰ দৈৰ্ঘ্য L = 0.5m

হাড়ৰ ব্যাসাৰ্ধ r = 2.0cm = 2.0×10^{-2}m

∴ হাড়ৰ প্ৰস্থচ্ছেদৰ কালি, A $= \pi r^2$

$$= \pi(2.0 \times 10^{-2}\text{m})^2$$

$$= 1.26 \times 10^{-3}\text{m}^2$$

সমীকৰণ (9.8) ৰ পৰা প্ৰত্যেকডাল হাড়ৰ সংকোচন

$$\Delta L = \frac{(F \times L)}{(Y \times A)}$$

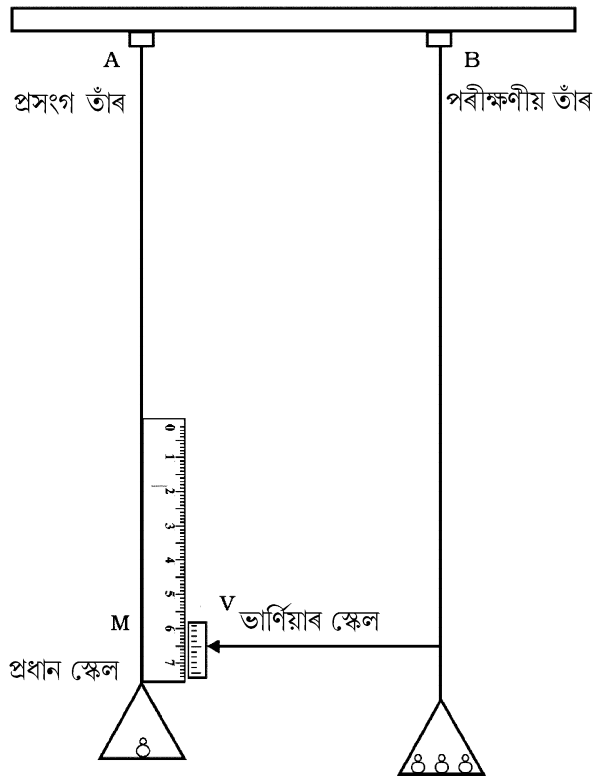
$$= \left(\frac{1078 \times 0.5}{9.0 \times 10^9 \times 1.26 \times 10^{-3}}\right) \text{m}$$

$$= 4.75 \times 10^{-3} \text{ cm}$$

গতিকে সংকোচন অতি ক্ষুদ্ৰ। হাড়ৰ আংশিক সংকোচন হ'ব $\frac{\Delta L}{L} = 0.00095$ বা 0.00095%।

9.6.2 তাঁৰ এডালৰ পদাৰ্থৰ ইয়ঙৰ গুণাংক নিৰ্ণয় (Determination of Young's Modulus of the Material of a wire)

টান প্ৰয়োগৰ জৰিয়তে তাঁৰ এডালৰ পদাৰ্থৰ ইয়ঙৰ গুণাংক নিৰ্ণয়ৰ পৰীক্ষা এটাৰ সজ্জা চিত্ৰ 9.6 ত দেখুওৱা হৈছে। পৰীক্ষাটোত এক স্থিৰ আৰু দৃঢ় অৱলম্বনৰ পৰা একে দৈৰ্ঘ্য আৰু ব্যাসাৰ্ধৰ দুডাল তাঁৰ একেলগে সমান্তৰালকৈ ওলোমাই ৰখা হয়। ইয়াৰে এডাল (চিত্ৰত A) প্ৰসংগ তাঁৰ আৰু আনডাল (চিত্ৰত B) পৰীক্ষণীয় তাঁৰ। প্ৰসংগ তাঁৰডালত এপাত মিলিমিটাৰ স্কেল M আৰু ভাৰ দিবৰ বাবে এখন তজ্জু থাকে। পৰীক্ষণীয় তাঁৰডাল সুষম প্ৰস্থচ্ছেদৰ আৰু ইয়াতো এখন তজ্জু থাকে। এই তাঁৰডালৰ মূৰত এডাল কাটাৰ লগত ভাৰ্নিয়াৰ স্কেল এপাত সংযোগ কৰা



চিত্ৰ 9.6 *তাঁৰ এডালৰ পদাৰ্থৰ ইয়ঙৰ গুণাংক নিৰ্ণয় পৰীক্ষাৰ ব্যৱস্থা*

থাকে। পৰীক্ষণীয় তাঁৰ ডালত ভাৰ প্ৰয়োগ কৰিলে (পাতখনত দগা দি) হোৱা দৈৰ্ঘ্য প্ৰসাৰণ ভাৰ্নিয়াৰ স্কেলডালৰ সহায়ত জোখা হয়। কোঠাৰ উষ্ণতাৰ পৰিৱৰ্তনৰ কাৰণে পৰীক্ষণীয় তাঁৰডালৰ দৈৰ্ঘ্যৰ বঢ়া-টুটা হ'ব পাৰে, কিন্তু প্ৰসংগ তাঁৰডালতো সমপৰিমাণৰ বঢ়া-টুটা হৈ ইয়াক উপশম কৰে। ফলত উষ্ণতাৰ পৰিৱৰ্তনে কৰা দৈৰ্ঘ্যৰ সংকোচন তথা প্ৰসাৰণে পৰীক্ষাটোত প্ৰভাৱ নেপেলায়। (উষ্ণতাই দৈৰ্ঘ্যত কিদৰে প্ৰভাৱ পেলায় সেই বিষয়ে আমি একাদশ অধ্যায়ত বিশদভাৱে আলোচনা কৰিম।)

পৰীক্ষাৰ আদিতে প্ৰসংগ আৰু পৰীক্ষণীয় দুয়োডাল তাঁৰতে নিম্নমানৰ ভাৰ প্ৰয়োগ কৰি তাঁৰ দুডাল পোন কৰি ৰখা হয় আৰু ভাৰ্নিয়াৰৰ পাঠ লোৱা হয়। পৰীক্ষণীয় তাঁৰডালত ক্ৰমান্বয়ে ভাৰ বঢ়াই প্ৰতিবাৰতে আকৌ ভাৰ্নিয়াৰৰ পাঠ লোৱা হয়। ভাৰ্নিয়াৰৰ এই দুই

পাঠৰ ব্যৱধানেই তাঁৰডালৰ দৈৰ্ঘ্য প্ৰসাৰণৰ মান। ধৰা, r আৰু L ক্ৰমে পৰীক্ষণীয় তাঁৰডালৰ প্ৰাৰম্ভিক ব্যাসাৰ্ধ আৰু দৈৰ্ঘ্য। গতিকে প্ৰস্থচ্ছেদ হ'ব $A = \pi r^2$। যদি 'M' ভৰৰ প্ৰয়োগে 'ΔL' দৈৰ্ঘ্য প্ৰসাৰণ ঘটায় তেতিয়া প্ৰয়োগ কৰা বল F হ'ব $F = mg$ য'ত g মাধ্যাকৰ্ষণিক ত্বৰণ। গতিকে সমীঃ (9.7) ৰ পৰা ইয়ঙৰ গুণাংকৰ ৰাশি হ'ব

$$Y = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

$$= \frac{Mg}{\pi r^2} \cdot \frac{L}{\Delta L}$$

$$= \frac{(Mg \times L)}{(\pi r^2 \times \Delta L)} \qquad (9.9)$$

9.6.3 বিৰূপন গুণাংক (Shear Modulus)

ৰূপ প্ৰতিচাপ আৰু ৰূপ বিকৃতিৰ অনুপাতক পদাৰ্থৰ **বিৰূপন গুণাংক বা দৃঢ়তা গুণাংক** (Shear modulus or rigidity modulus) বোলা হয়। এই গুণাংকক 'G' প্ৰতীকেৰে বুজোৱা হয়।

$$\therefore \text{ বিৰূপন গুণাংক, } G = \frac{\text{ৰূপ প্ৰতিচাপ } (\sigma_s)}{\text{ৰূপ বিকৃতি}}$$

বা $$G = \frac{\left(\frac{F}{A}\right)}{\left(\frac{\Delta x}{L}\right)} = \frac{(F \times L)}{(A \times \Delta x)} \qquad (9.10)$$

ঠিক সেইদৰে সমীঃ (9.4) ৰ পৰা

$$G = \frac{\left(\frac{F}{A}\right)}{\theta} = \frac{F}{A \times \theta} \qquad (9.11)$$

ৰূপ প্ৰতিচাপকো আমি তলত দিয়া ধৰণে প্ৰকাশ কৰিব পাৰো।

$$\sigma_s = G \times \theta \qquad (9.12)$$

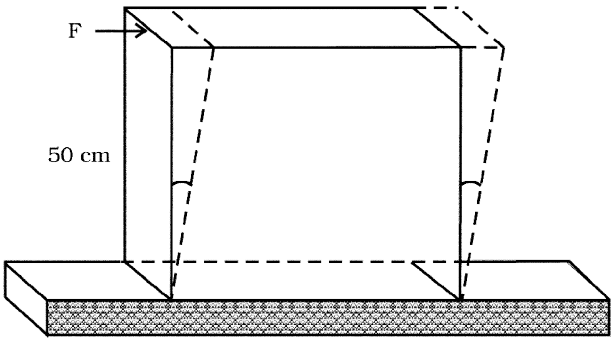
বিৰূপন গুণাংকৰ এচ আই একক Nm^{-2} বা Pa। সহজলভ্য কিছুমান পদাৰ্থৰ বিৰূপন গুণাংক তালিকা (9.2) ত দিয়া হৈছে। তালিকা 9.1 আৰু 9.2 তুলনা কৰিলে দেখিবা যে বিৰূপন গুণাংক সাধাৰণতে ইয়ঙৰ গুণাংকতকৈ কম। বেছিভাগ পদাৰ্থৰ ক্ষেত্ৰত $G = \frac{Y}{3}$, অৰ্থাৎ বিৰূপণ গুণাংক ইয়ঙৰ গুণাংকৰ তিনিভাগৰ এভাগ।

তালিকা 9.2 ঃ কেইবিধমান সহজলভ্য পদাৰ্থৰ বিৰূপন গুণাংক (G)

পদাৰ্থ	বিৰূপন গুণাংক G ($10^9 Nm^{-2}$ or GPa)
এলুমিনিয়াম	25
পিতল	36
তাম	42
গ্লাচ	23
লো	70
সীহ	5.6
নিকেল	77
তীখা	84
টাংষ্টেন	150
কাঠ	10

▶**উদাহৰণ 9.4** 50cm বাহুবিশিষ্ট বৰ্গক্ষেত্ৰাকাৰ আৰু 10cm ডাঠ সীহৰ পাত এখনৰ এটা পৃষ্ঠ (ঠেক পৃষ্ঠটো) চিত্ৰ 9.7ত দেখুওৱা ধৰণে মজিয়াত কপকপীয়াকৈ ৰিপিট লগাই থোৱা আছে। এতিয়া ওপৰৰ ঠেক পৃষ্ঠত 9.0×10^4N মানৰ এক বল স্পৰ্শকৰ দিশত প্ৰয়োগ কৰিলে পৃষ্ঠখনৰ সৰণ কিমান হ'ব।

উত্তৰ ঃ চিত্ৰ 9.7 ত দেখুওৱা ধৰণে সীহৰ পাতখনৰ ঠেক পৃষ্ঠ এখন মজিয়াত ৰিপিট লগাই কপকপীয়াকৈ ৰাখি ওপৰৰ পৃষ্ঠত স্পৰ্শকৰ দিশত বল প্ৰয়োগ কৰা হৈছে। বল প্ৰয়োগ কৰা পৃষ্ঠৰ কালি



চিত্ৰ 9.7

$A = 50\text{cm} \times 10\text{cm}$

$= 0.5\text{m} \times 0.1\text{m}$

$= 0.05\text{m}^2$

গতিকে, প্ৰতিচাপ $= (9.4 \times 10^4\text{N}/0.05\text{m}^2)$

$= 1.80 \times 10^6\ \text{Nm}^{-2}$

আমি জানো যে,

ৰূপ বিকৃতি $= \left(\dfrac{\Delta x}{L}\right) = \dfrac{\text{প্ৰতিচাপ}}{G}$

গতিকে সৰণ $\Delta x = \dfrac{\text{প্ৰতিচাপ} \times L}{G}$

$= \dfrac{(1.8 \times 10^6\text{Nm}^{-2} \times 0.5\text{m}}{(5.6 \times 10^9\text{Nm}^{-2})}$

$= 1.6 \times 10^{-4}\text{m}$

$= 0.16\ \text{mm}$

9.6.4 আয়তন গুণাংক (Bulk Modulus)

অনুচ্ছেদ 9.3 ত আমি পাইছোঁ যে কোনো এটা বস্তু তৰলত ডুবাই দিলে তৰলটোৱে বস্তুটোৰ পৃষ্ঠত এক জলীয় চাপ (hydraulic prssure) প্ৰয়োগ কৰে আৰু ইয়াৰ কাৰণে এক জলীয় প্ৰতিচাপৰো সৃষ্টি হয়। জলীয় চাপে আয়তনৰ সংকোচন কৰি যি বিকৃতিৰ সৃষ্টি কৰে তাক আয়তন বিকৃতি (volume strain) বোলা হয়। (সমীকৰণ 9.5 দ্ৰষ্টব্য) জলীয় প্ৰতিচাপ (p) আৰু আয়তন বিকৃতিৰ অনুপাতক ($\Delta V/V$) **আয়তন গুণাংক** বোলে (Bulk modulus)। ইয়াক 'B' চিহ্নৰ দ্বাৰা বুজোৱা হয়।

$$\therefore \quad B = -\,p/(\Delta V/V) \qquad (9.13)$$

সমীকৰণ (9.13) ত থকা বিয়োগ চিহ্ন (-)টোৱে বুজাইছে যে চাপ বৃদ্ধি কৰিলে বস্তু এটাৰ আয়তন কমে। অৰ্থাৎ p যদি ধনাত্মক হয় তেতিয়া ΔV ঋণাত্মক হ'ব, যাতে সাম্য অৱস্থাত বস্তু এটাৰ আয়তন গুণাংক 'B' সদায় ধনাত্মক হয়। আয়তন গুণাংকৰ এছ আই একক চাপৰ এককৰ সৈতে একে, অৰ্থাৎ Nm^{-2} বা Pa। কিছুমান সহজলভ্য পদাৰ্থৰ আয়তন গুণাংকৰ তালিকা 9.3 ত দেখুওৱা হৈছে।

আয়তন গুণাংকৰ প্ৰতিক্ৰম (reciprocal) ৰাশিটোক সংকোচন গুণাংক বা **সংনমনীয়তা** (compressibility) বোলে। ইয়াক 'K' ৰ দ্বাৰা বুজোৱা হয়। সংনমনীয়তাৰ সংজ্ঞা আমি এনেদৰে দিব পাৰো—

তালিকা 9.3 ঃ কিছুমান সহজলভ্য পদাৰ্থৰ আয়তন গুণাংক (B)

পদাৰ্থ (গোটা)	B(10^9Nm^{-2} বা GPa)
এলুমিনিয়াম	72
পিতল	61
তাম	140
গ্লাচ	37
লো	100
নিকেল	260
তীখা (জুলীয়া)	160
পানী	2.2
ইথানল	0.9
কাৰ্বন-ডাই-ছালফাইড	1.56
গ্লিচাৰিণ	4.76
পাৰা (গেছ)	2.5
বায়ু (STPত থকা)	1.0×10^{-4}

তালিকা 9.4 ঃ প্ৰতিচাপ, বিকৃতি আৰু বিভিন্ন প্ৰকাৰৰ স্থিতিস্থাপক গুণাংক।

প্ৰতিচাপৰ ধৰণ	প্ৰতিচাপ	বিকৃতি	পৰিৱৰ্তন		স্থিতিস্থাপক গুণাংক	গুণাংকৰ নাম	পদাৰ্থৰ অৱস্থা
			আকাৰ	আয়তন			
দৈৰ্ঘ্য প্ৰসাৰণ বা সংকোচন	দুটা সমান আৰু বিপৰীতমুখী বলে দুখন মুখামুখি পৃষ্ঠৰ ওপৰত লম্বভাৱে ক্ৰিয়া কৰে $\sigma = \frac{F}{A}$	বলৰ সমান্তৰাল দিশত দৈৰ্ঘ্য প্ৰসাৰণ বা দৈৰ্ঘ্য সংকোচন বিকৃতি $\left(\frac{\Delta L}{L}\right)$	হয়	নহয়	$Y = \frac{F \times L}{A \times \Delta L}$	ইয়ঙৰ গুণাংক	গোটা
স্পৰ্শকীয় বা বিৰূপন	দুটা সমান আৰু বিপৰীত বলে দুখন মুখামুখি পৃষ্ঠৰ সমান্তৰালভাৱে কাম কৰে। বস্তুটোৰ ওপৰত লব্ধ বল আৰু লব্ধ বলভ্ৰামকৰ মান সকলো অৱস্থাতে শূন্য $\sigma_s = \frac{F}{A}$	কেৱল ৰূপ বিকৃতি θ	হয়	নহয়	$G = \frac{F \times \theta}{A}$	বিৰূপণ গুণাংক	গোটা
জলীয়	পৃষ্ঠৰ প্ৰত্যেক বিন্দুতে বলে লম্বভাৱে ক্ৰিয়া কৰে। প্ৰতি একক কালিৰ ওপৰত বল (অৰ্থাৎ চাপ) প্ৰত্যেক ঠাইতে একে।	আয়তন বিকৃতি $\left(\frac{\Delta V}{V}\right)$	নহয়	হয়	$B = -\frac{-p}{\left(\Delta V/V\right)}$	আয়তন গুণাংক	গোটা, জুলীয়া আৰু গেছীয়

প্ৰতি একক চাপৰ পৰিৱৰ্তনৰ কাৰণে আয়তনৰ আংশিক পৰিৱৰ্তনেই সংনমনীয়তা। গতিকে

$$K = \frac{1}{B} = -\frac{(\Delta V/V)}{p} \qquad (9.14)$$

তালিকা 9.3 ত দিয়া তথ্যৰ পৰা মন কৰা যে গোটা বস্তুৰ আয়তন গুণাংক তৰলতকৈ বহুত বেছি আৰু একেদৰে তৰলৰ আয়তন গুণাংক গেছৰ (বায়ু) আয়তন গুণাংতকৈ বহু বেছি। গতিকে গোটা পদাৰ্থ আটাইতকৈ কম আৰু গেছীয় পদাৰ্থ আটাইতকৈ বেছি সংনমনীয়। গোটা পদাৰ্থতকৈ গেছীয় পদাৰ্থ প্ৰায় এক মিলিয়ন (10লাখ) গুণে বেছি সংনমনীয়। গেছৰ সংনমনীয়তা বহু বেছি আৰু ইয়াৰ মান চাপ আৰু উষ্ণতাৰ লগত সলনি হয়। সংনমনীয়তাৰ মান কম বা বেছি হোৱাৰ কাৰণ হ'ল পদাৰ্থটোৰ অণু পৰমাণুৰ মাজৰ বান্ধোন বলৰ মান কম বা বেছি। গোটা পদাৰ্থৰ পৰমাণুবোৰ নিকটবৰ্তী পৰমাণুৰ লগত খুব দৃঢ়ভাৱে বান্ধ খাই থাকে; সেই কাৰণে গোটা পদাৰ্থৰ সংনমনীয়তা খুব কম। জুলীয়া পদাৰ্থৰ

অণুবোৰো নিকটৱৰ্তী অণুবোৰৰ লগত বান্ধ খাই থাকে, কিন্তু এই বান্ধোন গোটা পদাৰ্থৰ তুলনাত কম। আনহাতে গেছীয় পদাৰ্থৰ অণুবোৰৰ মাজত এই বান্ধোন একেবাৰে নগণ্য।

তালিকা 9.4ত বিভিন্ন ধৰণৰ প্ৰতিচাপ, বিকৃতি, স্থিতিস্থাপক গুণাংক আৰু সেইবোৰৰ প্ৰযোজ্য পদাৰ্থৰ বিভিন্ন অৱস্থা দেখুওৱা হৈছে।

> ▶**উদাহৰণ 9.5** ভাৰত মহাসাগৰৰ গড় গভীৰতা প্ৰায় 3000m। পানীৰ আয়তন গুণাংক যদি $2.2 \times 10^9 Nm^{-2}$ হয়, তেনেহ'লে মহাসাগৰৰ তলিত পানীৰ আংশিক সংকোচন $\left(\frac{\Delta V}{V}\right)$ ৰ মান নিৰ্ণয় কৰা। (দিয়া আছে $g = 10ms^{-2}$)

উত্তৰ ঃ 3000 m উচ্চতাৰ পানীৰ স্তম্ভ এটাই তলিৰ তৰপত প্ৰয়োগ কৰা চাপ

$$p = h\rho g$$
$$= 3000 \text{ m} \times 1000 \text{ kg m}^{-3} \times 10 \text{ m s}^{-2}$$
$$= 3 \times 10^7 \text{ kg m}^{-1} \text{ s}^{-2}$$
$$= 3 \times 10^7 \text{ N m}^{-2}$$

গতিকে আংশিক সংকোচন $\left(\frac{\Delta V}{V}\right)$ৰ মান

$$= \left(\frac{\Delta V}{V}\right) = \frac{\text{প্ৰতিচাপ}}{B}$$

$$= \frac{3 \times 10^7 \text{ Nm}^{-2}}{2.2 \times 10^9 \text{ Nm}}$$

$$= 1.36 \times 10^{-2} \text{ বা } 1.36\%$$

9.7 পদাৰ্থৰ স্থিতিস্থাপক আচৰণৰ প্ৰয়োগ (Applications of Elastic Behaviour of Materials)

আমাৰ দৈনন্দিন জীৱনত পদাৰ্থৰ স্থিতিস্থাপক ধৰ্মৰ এক গুৰুত্বপূৰ্ণ ভূমিকা আছে। সকলো ধৰণৰ অভিযান্ত্ৰিক চানেকিৰ বাবেই পদাৰ্থৰ স্থিতিস্থাপক ধৰ্মৰ সূক্ষ্ম জ্ঞান অপৰিহাৰ্য। উদাহৰণ স্বৰূপে, ঘৰ এটাৰ চানেকি প্ৰস্তুত কৰোঁতে খুঁটা, ধাম (beam), অৱলম্বন ইত্যাদিৰ গঠনৰ পৰিকল্পনাত ব্যৱহাৰ কৰিবলগা সামগ্ৰীৰ কাঠিন্যৰ জ্ঞান অতীৱ প্ৰয়োজন। দলঙৰ ওপৰত পাৰি দিয়া চতি বিলাকৰ প্ৰস্থচ্ছেদৰ আকাৰ I ৰ দৰে কিয়, কেতিয়াবা বাৰু ভাবি চাইছানে? অথবা পাহাৰ এখন বা বালিৰ ঢিপ এটাৰ আকাৰ কিয় পিৰামিডৰ নিচিনা? এই অধ্যায়ত এতিয়ালৈকে যিবোৰ ধাৰণাৰ সৈতে আমাৰ চিনাকি হ'ল সেইবোৰৰ ওপৰত ভিত্তি কৰিয়েই প্ৰতিষ্ঠিত হৈছে গঠনাত্মক অভিযান্ত্ৰিক বিদ্যা (structural engineering)। ইয়াৰ অধ্যয়নৰ পৰাই আমি ওপৰত উল্লেখ কৰা প্ৰশ্নসমূহৰ উত্তৰ পাম।

গধুৰ বস্তু এঠাইৰ পৰা আন এঠাইলৈ নিবলৈ বা মাটিৰ পৰা উঠাবলৈ ক্ৰেন ব্যৱহাৰ কৰা তোমালোকে নিশ্চয় দেখিছা। এই ক্ৰেনত এডাল মোটা ধাতুৰ ৰছী থাকে যিডালৰ মূৰত পৰিবহণ অথবা উত্তোলন কৰিবলগীয়া গধুৰ বোজাবোৰ গাঠি দিয়া হয়। চকৰী আৰু মটৰৰ (pulley and motors) সহায়ত এই ৰছীডালত উৰ্ধমুখী টান প্ৰয়োগ কৰা হয়। ধৰা, আমি এনেকুৱা এখন ক্ৰেন সাজিব খুজিছো যিখনৰ উত্তোলন ক্ষমতা 10 টন বা 10 মেট্ৰিকটন (1 মেট্ৰিকটন = 1000kg)। এই ৰছীডালৰ উপাদান যদি তীখা হয় তেনেহ'লে ৰছীডাল কিমান মোটা কৰিব লাগিব? আমি এইটো নিশ্চিত কৰিব লাগিব যাতে প্ৰযুক্ত ভাৰে ৰছীডালৰ স্থায়ী বিকৃতি নঘটায়। গতিকে ইয়াৰ প্ৰসাৰণ স্থিতিস্থাপক সীমাৰ ভিতৰত থাকিব লাগিব। মৃদু তীখাৰ (mild steel) নতি কাঠিন্যৰ মান (S_y) প্ৰায় 300×10^6 Nm^{-2} (তালিকা 9.1ৰ পৰা) গতিকে ৰছীডালৰ প্ৰস্থচ্ছেদৰ (A) নিম্নতম মান হ'ব লাগিব

$$A \geq \frac{W}{S_y} = \frac{Mg}{S_y}$$

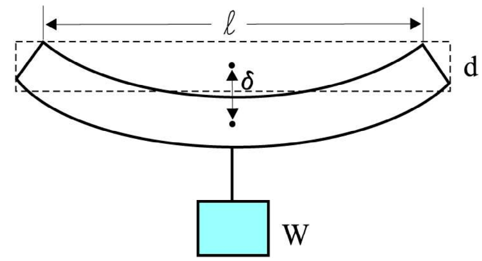
$$= \frac{(10^4 \text{ kg} \times 10 \text{ ms}^{-2})}{(300 \times 10^6 \text{ Nm}^{-2})}$$

$$= 3.3 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

গতিকে তাঁৰডাল যদি বৃত্তীয় প্ৰস্থচ্ছেদৰ হয় তেনেহ'লে ব্যাসাৰ্ধ হ'ব লাগিব 1 cm। সাধাৰণতে এই ক্ষেত্ৰত নিৰাপদ পৰিসীমা (margin of safety) বহু বেছিকৈ ৰখা হয় (উত্তোলন ক্ষমতাৰ প্ৰায় দহ গুণ)। অৰ্থাৎ উত্তোলন ক্ষমতাতকৈ তাঁৰডালে সৰ্বোচ্চ 10 গুণ ভাৰ বহন কৰিব পৰা কৰি ৰখা হয়। গতিকে এই ক্ষেত্ৰত প্ৰায় 3 cm ব্যাসাৰ্ধৰ মোটা ৰছীহে ব্যৱহাৰ কৰিব লাগিব। কিন্তু ইমান ব্যাসাৰ্ধৰ মোটা ৰছীডাল ধাতুৰ মোটা দণ্ড এডালৰ দৰেই হ'ব। সেই কাৰণে সৰু সৰু তাঁৰ বেনীৰ দৰে গুঠি গুঠি এনেকুৱা ৰছী বনোৱা হয়। এনেকুৱা ৰছী নমনীয় অথচ দৃঢ় হয় আৰু প্ৰস্তুত কৰিবলৈও সহজ।

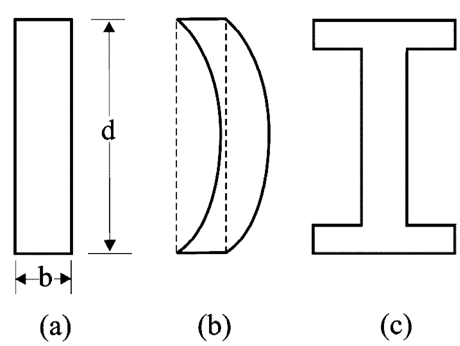
দলং এখনৰ চানেকিও এনেভাৱে প্ৰস্তুত কৰা হয় যাতে যান-বাহনৰ ভাৰ, বতাহৰ প্ৰচণ্ড খুন্দা আৰু নিজৰ ভাৰ দলংখনে সহজতে সহ্য কৰিব পাৰে। একেদৰে নতুন অট্টালিকা এটাৰ চানেকিতো স্তম্ভ, ধাম বা বিম ইত্যাদি অপৰিহাৰ্য অংগ। দুয়ো ক্ষেত্ৰতে প্ৰধান বিচাৰ্যৰ বিষয় হ'ল ভাৰৰ হেঁচাত ধাম এডাল কেনেকৈ ভাঁজ নোখোৱাকৈ ৰাখিব পাৰি। ভাৰৰ হেঁচাত ধামডাল খুব বেছি ভাঁজ খাব বা ভাঙি যাব নালাগিব। দুয়োমূৰে অৱলম্বন থকা আৰু মধ্য বিন্দুত বোজা দিয়া চতি এডালৰ কথাকেই বিবেচনা কৰা (চিত্ৰ 9.8)। যদি চতিডালৰ দৈৰ্ঘ্য l, প্ৰস্থ b আৰু বেধ d হয়, তেনেহ'লে মধ্যবিন্দুত W ভাৰ প্ৰয়োগ কৰিলে ইয়াৰ তললৈ অৱনমনৰ পৰিমাণ হ'ব,

$$\delta = \frac{Wl^3}{4bd^3Y} \quad (9.16)$$



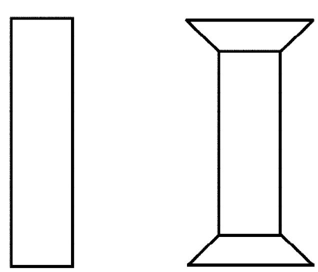
চিত্ৰ 9.8 *দুয়োমূৰে অৱলম্বন থকা আৰু সোঁমাজত ভাৰ প্ৰয়োগ কৰা এডাল চতি।*

এই অধ্যায়ত আহৰণ কৰা শিক্ষা আৰু কলন গণিতৰ (calculus) সামান্য জ্ঞান ব্যৱহাৰ কৰিয়ে ওপৰৰ সমীকৰণটো (সমীকৰণ 9.16) উলিয়াব পাৰি। মন কৰা যে সমীকৰণ (9.16)ত Y সোঁফালে তলত আছে। গতিকে এক নিৰ্দ্দিষ্ট ভাৰৰ (W ধ্ৰুৱক) কাৰণে চতিডালৰ ভাঁজ কম হ'ব লাগিলে এনেকুৱা পদাৰ্থ ব্যৱহাৰ কৰিব লাগিব যাৰ ইয়ঙৰ গুণাংক Y বেছি। আকৌ কোনো এক নিৰ্দ্দিষ্ট পদাৰ্থৰ (মানে Y ধ্ৰুৱক) কাৰণে অৱনমন δ কমাবলৈ পুতল 'b' বঢ়োৱাতকৈ বেধ 'd' বঢ়োৱাতো বেছি কাৰ্যকৰী। কাৰণ বেধৰ ক্ষেত্ৰত $\delta \alpha \frac{1}{d^3}$ কিন্তু পুতলৰ ক্ষেত্ৰত $\delta \alpha \frac{1}{b}$। অৱশ্যে δ কমাবলৈ চতিডালৰ দৈৰ্ঘ্য 'l' যিমান পাৰি সিমান কম হ'ব লাগে।



চিত্ৰ 9.9 *চতি বা বিমৰ বেলেগ বেলেগ আকৃতিৰ প্ৰস্থচ্ছেদ। (a) আয়তক্ষেত্ৰীয় প্ৰস্থচ্ছেদৰ বিম (b) দোঁ খাই যোৱা (buckling) পাতল বিম এডাল (c) সাধাৰণতে ব্যৱহাৰ কৰা বেছি বোজা বহন কৰিব পৰা বিমৰ আকৃতি।*

কিন্তু বেছি বেধৰ চতি দলঙত ব্যৱহাৰ কৰিলেও সেইবোৰ চিত্ৰ 9.9 (b) ত দেখুওৱা ধৰণে ভাঁজ খাব পাৰে; কাৰণ যান-বাহনৰ ভাৰ সকলো সময়তে সঠিক ঠাইত পেলাই ৰখাটো সম্ভৱ নহয়। এইদৰে ভাঁজ খোৱাটোক দো-খোৱা বা বাকলিং (buckling) বোলা হয়। এই দো-খোৱা ভাঁজ ৰোধ কৰিবৰ কাৰণে চিত্ৰ 9.9 (c) ত দেখুওৱা ধৰণৰ প্ৰস্থচ্ছেদৰ বিম ব্যৱহাৰ কৰা হয়। এনেকুৱা বিমৰ বোজা পৰা অংশৰ কালিও বেছি আৰু বেধ বেছি কাৰণে ইয়াৰ ভাঁজো নালাগে। আকাৰ এনেকুৱা হোৱা কাৰণে ইয়াৰ ভৰ কম হয়, অথচ জোৰ একেই থাকে। আনহাতে ভৰ কম কাৰণে খৰচো কমি যায়। দলং আৰু অট্টালিকা নিৰ্মাণত খুঁটা বা স্তম্ভৰ ব্যৱহাৰ এটা মূল বিষয়। চিত্ৰ 9.10(a)ত দুয়োমূৰ ঘূৰণীয়া আকাৰৰ এটা স্তম্ভ আৰু 9.10(b) ত দুয়োমূৰ বহল (distributed) এটা স্তম্ভ দেখুওৱা হৈছে। 9.10(b) ত দেখুওৱা স্তম্ভৰ 9.10(a)ত দেখুওৱা স্তম্ভতকৈ ভাৰ বহন কৰিব পৰা ক্ষমতা বেছি। দলং অথবা অট্টালিকা এটাৰ পৰিকল্পনা কৰোঁতে বহু কথাই বিচাৰ কৰাৰ প্ৰয়োজন হৈ পৰে। কেনেকুৱা পৰিৱেশ বা অৱস্থাৰ লগত ই মোকাবিলা কৰিব লাগিব, জীৱনকাল কিমান, ব্যৱহৃত সামগ্ৰীৰ বিশ্বাস যোগ্যতা কেনেকুৱা আৰু নিৰ্মাণ ব্যয় কিমান ইত্যাদি অনেক কথাই পৰিকল্পনাত বিবেচনা কৰিব লগা হয়।



চিত্ৰ 9.10 *বেলেগ বেলেগ আকৃতিৰ স্তম্ভ বা খুঁটা (a) ঘূৰণীয়া মূৰৰ স্তম্ভ (b) দুই মূৰ বহল স্তম্ভ।*

ভূপৃষ্ঠৰ ওপৰত পৰ্বতৰ সৰ্বোচ্চ উচ্চতা কিয় ~10km. এই প্ৰশ্নৰ উত্তৰো শিলাখণ্ডৰ স্থিতিস্থাপক ধৰ্মৰ পৰাই দিব পাৰি। ভূমিৰ ওপৰত পৰ্বতৰ যি চাপ পৰে সেই চাপ সুষম নহয়, ইয়াৰ ফলত ভূমিত থকা শিলাখণ্ডত এক ৰূপ প্ৰতিচাপৰ সৃষ্টি হয়। এই ৰূপ প্ৰতিচাপৰ কাৰণে ভূমিভাগৰ শিলাখণ্ড প্ৰৱাহিত হ'ব পাৰে। যি ৰূপ প্ৰতিচাপৰ কাৰণে শিলাখণ্ডৰ প্ৰৱাহ আৰম্ভ হ'ব পাৰে তাক সংকট ৰূপ প্ৰতিচাপ (critical shearing stress) বোলা হয়। ভূমিভাগৰ ওপৰত পৰ্বতৰ সমুদায় ওজনৰ কাৰণে সৃষ্টি হোৱা ৰূপ প্ৰতিচাপ সংকট ৰূপ প্ৰতিচাপতকৈ কম হ'ব লাগিব।

পৰ্বত এখনৰ উচ্চতা যদি h আৰু ইয়াৰ গড় ঘনত্ব 'ρ' হয়, তেনেহ'লে ভূমিৰ প্ৰতি একক কালিৰ ওপৰত পৰা চাপ হ'ব $h\rho g$। ইয়াত 'g' হৈছে মাধ্যাকৰ্ষণিক ত্বৰণ। পৰ্বতৰ তলিত থকা পদাৰ্থৰ ওপৰত এই বলৰ প্ৰভাৱ উলম্বভাৱে পৰে কিন্তু ইয়াৰ পাৰ্শ্ব অঞ্চল এই বলৰ প্ৰভাৱৰ পৰা মুক্ত হৈ থাকে। গতিকে এই চাপে অকল আয়তন সংকোচনকাৰী চাপ হিচাবে কাম নকৰে; ই প্ৰায় $h\rho g$ পৰিমাণৰ এক ৰূপ প্ৰতিচাপৰো সৃষ্টি কৰে। এতিয়া এক সাধাৰণ শিলাখণ্ডৰ স্থিতিস্থাপক সীমা $30 \times 10^7\ \text{N m}^{-2}$ আৰু পৰ্বতৰ গড় ঘনত্ব $30\times 10^3 \text{kg m}^{-3}$ $h\rho g$ ক স্থিতিস্থাপক সীমা $30 \times 10^7\ \text{N m}^{-2}$ ৰ লগত সমীকৰণ কৰি আমি পাওঁ,

$$h\rho g = 30 \times 10^7\ \text{N m}^{-2}.$$

$$h = \frac{30 \times 10^7\ \text{N m}^{-2}}{\rho g}$$

বা $$h = \frac{30\times10^7\ \text{Nm}^{-2}}{30\times10^3\ \text{kgm}^{-3}\times10\text{ms}^{-2}}$$

$$= 10^3\text{m} = 10 \text{ km}$$

(ইয়াত সহজ সমাধানৰ বাবে g ৰ মান 10ms^{-2} ধৰা হৈছে।)

এই উচ্চতা এভাৰেষ্ট শৃংগৰ উচ্চতাতকৈও বেছি।

সাৰাংশ

1. প্ৰতিচাপ হৈছে প্ৰতি একক কালিৰ ওপৰত প্ৰত্যায়ন বল আৰু বিকৃতি হৈছে মাত্ৰাৰ (দৈৰ্ঘ্য, আয়তন, আকৃতি) আংশিক পৰিৱৰ্তন। সাধাৰণতে প্ৰতিচাপ তিনি প্ৰকাৰৰ (a) দৈৰ্ঘ্য-প্ৰসাৰণ প্ৰতিচাপ (tensile stress)— এই প্ৰতিচাপ দৈৰ্ঘ্য প্ৰসাৰণত সৃষ্টি হয় আৰু দৈৰ্ঘ্য সংকোচন প্ৰতিচাপ (compressive stress) — এই প্ৰতিচাপ দৈৰ্ঘ্য সংকোচনত সৃষ্টি হয়। (b) ৰূপ প্ৰতিচাপ আৰু (c) জলীয় প্ৰতিচাপ।
2. কম বিকৃতিৰ কাৰণে বহুতো পদাৰ্থৰ ক্ষেত্ৰত প্ৰতিচাপ আৰু বিকৃতি সমানুপাতিক। ইয়াক হুকৰ সূত্ৰ বুলি জনা যায়। সমানুপাতিক ধ্ৰুৱকটোক কোৱা হয় স্থিতিস্থাপক গুণাংক বুলি। বিকৃতিকাৰী বলৰ ক্ৰিয়াত পদাৰ্থৰ স্থিতিস্থাপক ধৰ্ম তিনিবিধ স্থিতিস্থাপক গুণাংকৰ সহায়ত ব্যাখ্যা কৰা হয়। এই তিনিবিধ গুণাংক হ'ল— ইয়ঙৰ গুণাংক, বিৰূপন গুণাংক আৰু আয়তন গুণাংক।
   'ইলাষ্টমাৰ' নামৰ এক শ্ৰেণী গোটা পদাৰ্থই হুকৰ সূত্ৰ মানি নচলে।
3. যেতিয়া বস্তু এটা টান বা সংকোচন বলৰ প্ৰভাৱত থাকে তেতিয়া হুকৰ সূত্ৰৰ গঠন এনেকুৱা
   $$\frac{F}{A} = Y\frac{\Delta L}{L}$$
   ইয়াত $\left(\frac{\Delta L}{L}\right)$ হৈছে দৈৰ্ঘ্য প্ৰসাৰণ বা দৈৰ্ঘ্য সংকোচন বিকৃতি, F হৈছে বিকৃতিকাৰী প্ৰযুক্ত বলৰ মান, A হৈছে F বলে লম্বভাৱে ক্ৰিয়া কৰা প্ৰস্থচ্ছেদৰ কালি আৰু Y হ'ল পদাৰ্থটোৰ ইয়ঙৰ গুণাংক। প্ৰতিচাপ হ'ল $\frac{F}{A}$।
4. এটা গোটা বস্তুৰ (ধৰা, ঘনক বা চুঙা) ওপৰ আৰু তলৰ পৃষ্ঠৰ সমান্তৰালভাৱে বিপৰীত দিশত এক বলযুগ্মই ক্ৰিয়া কৰিলে তলৰ পৃষ্ঠৰ সাপেক্ষে ওপৰৰ পৃষ্ঠখনৰ একাষলৈ এক তীৰ্যক সৰণ ঘটে। আনুভূমিক দিশত হোৱা ওপৰ পৃষ্ঠৰ এই সৰণ 'ΔL' আৰু পৃষ্ঠ দুখনৰ মাজৰ দূৰত্ব 'L' পৰস্পৰ লম্ব। এনেকুৱা বিকৃতিক ৰূপ বিকৃতি আৰু ইয়াৰ সংলগ্ন প্ৰতিচাপক ৰূপ প্ৰতিচাপ বোলে। এনেকুৱা প্ৰতিচাপ কেৱল গোটা বস্তুৰ ক্ষেত্ৰতহে সম্ভৱ।
   এই প্ৰকাৰৰ বিকৃতিৰ ক্ষেত্ৰত হুকৰ সূত্ৰৰ গঠন এনেকুৱা—
   $$\frac{F}{A} = G \times \frac{\Delta L}{L}$$
   ইয়াত 'ΔL' হ'ল প্ৰযুক্ত বল F ৰ দিশত বস্তুটোৰ ওপৰ পৃষ্ঠৰ সৰণ আৰু G বিৰূপন গুণাংক।
5. চৌপাশে আগুৰি থকা তৰলৰ কাৰণে বস্তু এটাৰ যেতিয়া জলীয় সংকোচন ঘটে, তেতিয়া হুকৰ সূত্ৰই এনেকুৱা ৰূপ লয়
   $$p = B\left(\frac{\Delta V}{V}\right)$$
   ইয়াত p হৈছে তৰলটোৱে বস্তুটোৰ ওপৰত প্ৰয়োগ কৰা চাপ (জলীয় প্ৰতিচাপ), $\frac{\Delta V}{V}$ (আয়তন বিকৃতি) হৈছে p চাপৰ কাৰণে বস্তুটোৰ আয়তনৰ আংশিক পৰিৱৰ্তনৰ মান আৰু B হ'ল আয়তন গুণাংক।

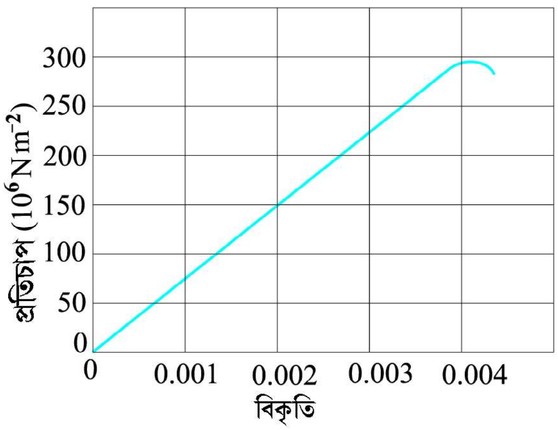
মন কৰিবলগীয়া

1. ঘৰৰ চিলিঙৰ পৰা ওলোমাই ৰখা তাঁৰ এডালৰ আনটো মূৰত যেতিয়া এক ভাৰ (F) প্ৰয়োগ কৰি টনা হয়, তেতিয়া চিলিং খনেও ভাৰ Fৰ সমান কিন্তু উৰ্ধমুখী দিশত তাঁৰডালৰ ওপৰত এক বল প্ৰয়োগ কৰে। তৎসত্বেও, তাঁৰডালৰ যিকোনো প্ৰস্থচ্ছেদ Aৰ ওপৰত প্ৰয়োগ হোৱা টানৰ মান Fহে, $2F$ নহয়। গতিকে প্ৰতি একক কালিৰ ওপৰত টানৰ পৰিমাণ অৰ্থাৎ দৈৰ্ঘ্য-প্ৰসাৰণ প্ৰতিচাপ হ'ল $\frac{F}{A}$।
2. প্ৰতিচাপ-বিকৃতি লেখৰ অকল ঋজু অংশতহে হুকৰ সূত্ৰ প্ৰযোজ্য।
3. ইয়ঙৰ গুণাংক আৰু বিৰূপন (ৰূপ) গুণাংক অকল গোটা বস্তুৰ ক্ষেত্ৰতহে প্ৰযোজ্য, কাৰণ অকল গোটা বস্তুৰহে দৈৰ্ঘ্য আৰু আকৃতি আছে।
4. আয়তন গুণাংক গোটা, জুলীয়া আৰু গেচীয় তিনিওবিধ বস্তুৰ ক্ষেত্ৰতেই প্ৰযোজ্য। আয়তন গুণাংকই নিৰ্দ্দেশ কৰা কথাটো হ'ল কোনো এটা বস্তুৰ প্ৰত্যেকটো অংশই সুষম প্ৰতিচাপৰ প্ৰভাৱত থাকিলে আকৃতিৰ পৰিৱৰ্তন নোহোৱাকৈ বস্তুটোৰ আয়তনৰ পৰিৱৰ্তন ঘটে।
5. সংকৰ ধাতু (alloy) আৰু ইলাষ্টমাৰতকৈ (elastomers) ধাতুৰ ইয়ঙৰ গুণাংকৰ মান বেছি। ইয়ঙৰ গুণাংকৰ মান ডাঙৰ হ'লে পদাৰ্থ এটাৰ দৈৰ্ঘ্যৰ সামান্য সলনি কৰিবলৈ ডাঙৰ বলৰ প্ৰয়োজন হয়।
6. দৈনন্দিন জীৱনত যিবোৰ পদাৰ্থক সহজে টানি দীঘল কৰিব পাৰি সেইবোৰক আমি সাধাৰণতে বেছি স্থিতিস্থাপক বুলি ভাবো কিন্তু এইটো ভ্ৰান্ত ধাৰণা। দৰাচলতে এক নিৰ্দ্দিষ্ট ভাৰৰ কাৰণে যিবোৰ পদাৰ্থৰ দৈৰ্ঘ্য প্ৰসাৰণ কম হয় সেইবোৰহে বেছি স্থিতিস্থাপক।
7. সাধাৰণতে কোনো এটা দিশত প্ৰযুক্ত বিকৃতিকাৰী বলে অন্য এটা দিশতো বিকৃতি ঘটাব পাৰে। এনেকুৱা ক্ষেত্ৰত প্ৰতিচাপ আৰু বিকৃতিৰ মাজৰ সম্পৰ্ক এটা মাথোন স্থিতিস্থাপক গুণাংকৰ দ্বাৰা প্ৰকাশ কৰিব নোৱাৰি। উদাহৰণ স্বৰূপে, তাঁৰ এডালৰ অনুদৈৰ্ঘ্য বিকৃতি হ'লে অনুপ্ৰস্থ দিশতো (প্ৰস্থচ্ছেদৰ ব্যাসাৰ্ধৰ) সামান্য পৰিৱৰ্তন ঘটে। এইটো বুজাবলৈ আমাক পইচনৰ অনুপাত (Poisson's ratio) নামৰ আন এটা স্থিতিস্থাপক গুণাংকৰ প্ৰয়োজন হয়।
8. প্ৰতিচাপ ভেক্টৰ ৰাশি নহয়, কাৰণ বলৰ নিচিনাকৈ প্ৰতিচাপৰ লগত কোনো এক নিৰ্দ্দিষ্ট দিশ সংযুক্ত কৰিব নোৱাৰি। কিন্তু কোনো এটা বস্তুৰ এক নিৰ্দ্দিষ্ট স্থানত প্ৰয়োগ কৰা বলৰ এক নিৰ্দ্দিষ্ট দিশ থাকে।

অনুশীলনী

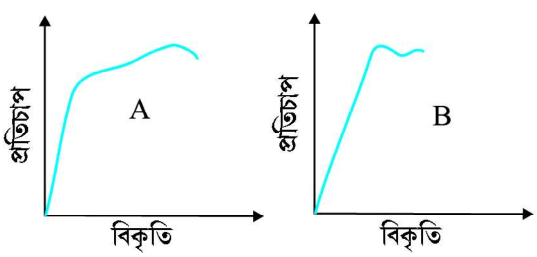
9.1 এক নিৰ্দ্দিষ্ট ভাৰৰ কাৰণে 4.7m দৈৰ্ঘ্য আৰু $3.0 \times 10^{-5} m^2$ প্ৰস্থচ্ছেদৰ তীখাৰ তাঁৰ এডালৰ দৈৰ্ঘ্য প্ৰসাৰণ আৰু 35m দৈৰ্ঘ্য আৰু $4.0 \times 10^{-5} m^2$প্ৰস্থচ্ছেদৰ তামৰ তাঁৰ এডালৰ দৈৰ্ঘ্য প্ৰসাৰণৰ সৈতে একে হ'লে তীখা আৰু তামৰ ইয়ঙৰ গুণাংকৰ অনুপাত কিমান?

9.2 এক নিৰ্দ্দিষ্ট পদাৰ্থৰ কাৰণে চিত্ৰ 9.11 ত প্ৰতিচাপ-বিকৃতি লেখ দেখুওৱা হৈছে। লেখৰ পৰা পদাৰ্থটোৰ (a) ইয়ঙৰ গুণাংক আৰু (b) নাতিশুদ্ধ (approximate) নতিকাঠিন্যৰ মান নিৰ্ণয় কৰা।



চিত্ৰ 9.11

9.3 দুটা বেলেগ বেলেগ পদাৰ্থ A আৰু B ৰ কাৰণে চিত্ৰ 9.12ত প্ৰতিচাপ-বিকৃতিৰ লেখ দেখুওৱা হৈছে।



চিত্ৰ 9.12

লেখ দুডাল একেটা স্কেলতে অঁকা হৈছে।

(a) কোনটো পদাৰ্থৰ ইয়ঙৰ গুণাংকৰ মান বেছি?

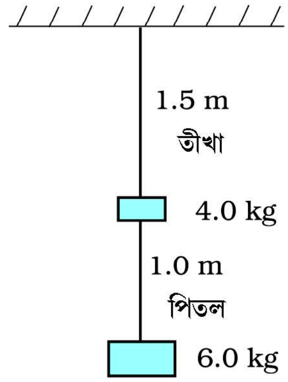
(b) দুয়োটাৰ ভিতৰত কোনটো পদাৰ্থ বেছি মজবুত?

9.4 তলৰ উক্তি দুটা মনোযোগ দি পঢ়া আৰু সঁচা নে মিছা যুক্তি সহকাৰে বিৱৰণ দিয়া

(a) তীখাতকৈ ৰবৰৰ ইয়ঙৰ গুণাংকৰ মান বেছি।

(b) কুণ্ডলী এটাৰ দৈৰ্ঘ্য-প্ৰসাৰণ তাৰ বিৰূপন গুণাংকই নিৰ্ণয় কৰে।

9.5 একে ব্যাসৰ (0.25cm) এডাল তীখা আৰু আনডাল পিতলৰ তাঁৰৰ ওপৰত চিত্ৰ 9.13ত দেখুওৱা ধৰণে ভাৰ ওলোমাই ৰখা হৈছে। ভাৰ প্ৰয়োগ নকৰা অৱস্থাত তীখাৰ তাঁৰখণ্ডৰ দৈৰ্ঘ্য 1.5m আৰু পিতলৰ খণ্ডৰ দৈৰ্ঘ্য 1.0m। তীখা আৰু পিতলৰ এই তাঁৰ দুডালত হোৱা দৈৰ্ঘ্য প্ৰসাৰণৰ মান হিচাপ কৰি উলিওৱা।



চিত্ৰ 9.13

9.6 এলুমিনিয়ামৰ ঘনক এটাৰ বাহুৰ দৈৰ্ঘ্য 10cm। ঘনকটোৰ এটা পৃষ্ঠ থিয় দেৱাল এখনত দৃঢ়ভাৱে শালি থোৱা আছে। বিপৰীত পৃষ্ঠখনৰ পৰা 100kg ভৰৰ বস্তু এটা ওলোমাই থোৱা হৈছে। এলুমিনিয়ামৰ বিৰূপন গুণাংকৰ মান 25G Pa। ভৰ ওলোমাই থোৱা পৃষ্ঠখনৰ উলম্ব দিশত কিমান বিক্ষেপন ঘটিছে?

9.7 হুবহু একে চাৰিটা চুঙাকৃতিৰ ফোপোলা স্তম্ভই 50,000kg ওজনৰ ডাঙৰ গাঁথনি এটাৰ ভাৰ বহন কৰিছে। প্ৰত্যেকটো স্তম্ভৰে অন্তঃ আৰু বহিঃব্যাসাৰ্ধ ক্ৰমে 30cm আৰু 60cm। বোজাৰ ভাৰ সুষমভাৱে পৰা বুলি ধৰি লৈ প্ৰত্যেকটো স্তম্ভৰ সংকোচন বিকৃতিৰ (compressional strain) মান হিচাব কৰা।

9.8 15.2mm × 19.1mm ৰ আয়তক্ষেত্ৰীয় প্ৰস্থচ্ছেদৰ তামৰ টুকুৰা এটাৰ ওপৰত 44,5000N বল প্ৰয়োগ কৰি টানি বিকৃতি ঘটোৱা হৈছে। বিকৃতিৰ পৰিমাণ হিচাব কৰি উলিওৱা।

9.9 1.5cm ব্যাসাৰ্ধৰ তীখাৰ মোটা তাঁৰ এডালৰ সহায়ত এখন চেয়াৰ-লিফ্‌ট বৰফৰ ওপৰত স্কি খেলা অঞ্চল এটাত ওলমি আছে। যদি প্ৰতিচাপৰ সৰ্বোচ্চ মান $10^8 Nm^{-2}$ তকৈ কমত থাকিব লাগে, তেনেহ'লে তাঁৰডালে সৰ্বোচ্চ কিমান ভাৰ বহন কৰিব পাৰিব?

9.10 প্ৰত্যেকৰে 2.0m দৈৰ্ঘ্যৰ তিনিডাল তাঁৰৰ সহায়ত 15kg ভৰৰ দৃঢ় দণ্ড এডাল সমমিতিভাৱে ওলোমাই থোৱা হৈছে। দুই মূৰৰ তাঁৰ দুডাল তামেৰে আৰু মাজৰডাল লোৰে নিৰ্মিত। যদি প্ৰত্যেকডাল তাঁৰৰ ওপৰত সমপৰিমাণৰ টান পৰিব লাগে, তেনেহ'লে সিহঁতৰ ব্যাসৰ অনুপাত নিৰ্ণয় কৰা।

9.11 নটনা অৱস্থাত 1.0mদৈৰ্ঘ্যৰ তীখাৰ তাঁৰ এডালৰ মূৰত 14kg ভৰৰ বস্তু এটা বান্ধি উলম্ব বৃত্তীয় পথ এটাত এনেভাৱে ঘূৰোৱা হৈছে যাতে বৃত্তৰ নিম্নতম বিন্দুত কৌনিক বেগ 2rev/s হয়। তাঁৰডালৰ প্ৰস্থচ্ছেদৰ কালি $0.065 cm^2$। যেতিয়া বস্তুটো বৃত্তটোৰ সৰ্বনিম্ন বিন্দুত থাকে তেতিয়া তাঁৰডালত হোৱা দৈৰ্ঘ্য প্ৰসাৰণৰ মান নিৰ্ণয় কৰা।

9.12 তলত দিয়া তথ্যসমূহৰ পৰা পানীৰ আয়তন গুণাংকৰ মান নিৰ্ণয় কৰা। আদি আয়তন = 100.0 litre, চাপৰ বৃদ্ধি = 100.0 *atm* (1 *atm* = 1.013×10^5 Pa), অন্তিম আয়তন = 100.5 litre। পানীৰ আয়তন গুণাংকক

বায়ুৰ (স্থিৰ উষ্ণতাত) আয়তন গুণাংকৰ লগত তুলনা কৰা। এই অনুপাতটো কিয় ইমান ডাঙৰ তাক সহজ ভাষাত ব্যাখ্যা কৰা।

9.13 পানীৰ তলৰ যি গভীৰতাত চাপ 80.0 *atm* সেই গভীৰতাত পানীৰ ঘনত্ব কিমান? দিয়া আছে যে জলপৃষ্ঠৰ পানীৰ ঘনত্ব 1.03×10^3 kg m^{-3}।

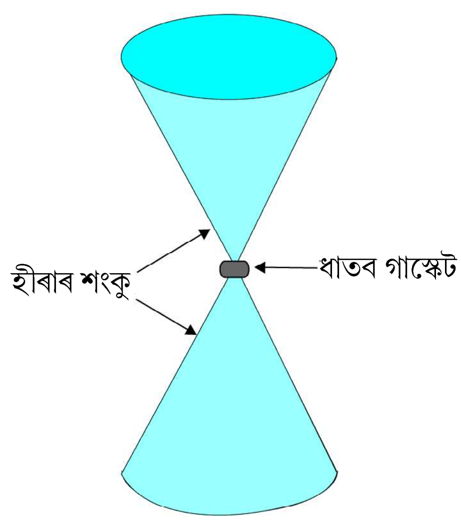
9.14 কাঁচৰ চেপেটা টুকুৰা এটাৰ ওপৰত 10 *atm* জলীয় চাপ প্ৰয়োগ কৰিলে তাৰ আয়তনৰ আংশিক পৰিৱৰ্তনৰ মান নিৰ্ণয় কৰা।

9.15 10 cm দাঁতিৰ তামৰ ঘনক এটাৰ ওপৰত 7.0×10^6 Pa পৰিমাণৰ জলীয় চাপ প্ৰয়োগ কৰিলে আয়তনৰ কিমান সংকোচন ঘটিব ঠাৱৰ কৰা।

9.16 চাপ কিমান বঢ়ালে 1 লিটাৰ পানীৰ আয়তন 0.10% সকোচন কৰিব পৰা যাব?

অতিৰিক্ত অনুশীলনী

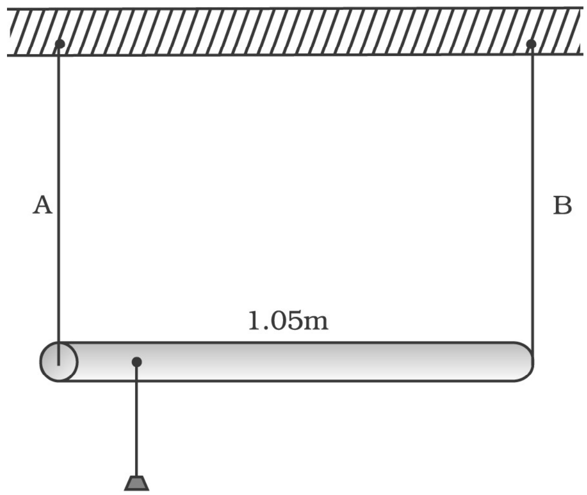
9.17 খুব উচ্চ চাপত পদাৰ্থৰ আচৰণ অনুসন্ধান কৰিবলৈ হীৰাৰ এক-স্ফটিকৰ (single crystal) পৰা নিৰ্মিত আৰু চিত্ৰ 9.14 ত দেখুওৱা শংকু আকৃতিৰ এক সৰঞ্জাম ব্যৱহাৰ কৰা হয়। ইয়াক নিয়ৰি বা এনভিল বুলি কোৱা হয়। ইয়াৰ ঠেক মূৰটোৰ চেপেতা পৃষ্ঠৰ ব্যাস 0.5 mm। বহল মূৰ দুটাত 50,000 N পৰিমাণৰ সংকোচনকাৰী বল প্ৰয়োগ কৰিলে সৰঞ্জামটোৰ ঠেক মূৰৰ শীৰ্ষস্থানত প্ৰয়োগ হোৱা চাপৰ মান কিমান?



চিত্ৰ 9.14

9.18 1.05 m দৈৰ্ঘ্যৰ আৰু নগণ্য ভৰৰ এডাল দণ্ড দুয়োমূৰে দুডাল সমদৈৰ্ঘ্যৰ তাঁৰেৰে চিত্ৰ 9.15ত দেখুওৱা ধৰণে ওলোমাই থোৱা হৈছে। এডাল তাঁৰ (তাঁৰ A) তীখাৰ আৰু আনডাল তাঁৰ (তাঁৰ B) এলুমিনিয়ামৰ। তাঁৰ Aআৰু B ৰ প্ৰস্থচ্ছেদৰ কালি ক্ৰমে 1.0 mm^2 আৰু 2.0 mm^2। এতিয়া দণ্ডডালৰ কোন কোন স্থানত ‘m’ ভৰৰ বস্তু এটা

ওলোমাই দিলে তীখা আৰু এলুমিনিয়াম দুয়োডাল তাঁৰতে (a) সমান প্ৰতিচাপ আৰু (b) সমান বিকৃতিৰ সৃষ্টি হ'ব?



চিত্ৰ 9.15

9.19 1.0m দৈৰ্ঘ্যৰ আৰু $0.50 \times 10^{-2}\,cm^2$ প্ৰস্থচ্ছেদৰ এডাল তীখাৰ তাঁৰ দুটা স্তম্ভৰ মাজত স্থিতিস্থাপক সীমাৰ ভিতৰত আনুভূমিক দিশত টানি ৰখা হৈছে। তাঁৰডালৰ মধ্যবিন্দুৰ পৰা 100g ভৰৰ বস্তু এটা ওলোমাই ৰখা হৈছে। তাঁৰডালৰ মধ্যবিন্দুটোৰ অৱনমনৰ মান নিৰ্ণয় কৰা।

9.20 ধাতুৰ দুখন পাত ইখনৰ ওপৰত সিখন থৈ দুয়ো মূৰে চাৰিটা ৰিপিট গজাল মাৰি এখন কৰা হৈছে। প্ৰত্যেকটো গজালৰ ব্যাস 6.0mm। ৰিপিট গজালৰ প্ৰত্যেকটোৰে মূৰত যদি কৃন্তন প্ৰতিচাপৰ মান 6.9×10^7 Paতকৈ বেছি হ'ব নোৱাৰে তেনেহ'লে গজালি থোৱা পাতখনে সৰ্বোচ্চ কিমান টান (বল) প্ৰয়োগ কৰিব পাৰিব? ধৰি লোৱা যে প্ৰত্যেকটো ৰিপিট গজালে একচতুৰ্থাংশ ভাৰ (অৰ্থাৎ টান বল) বহন কৰে।

9.21 প্ৰশান্ত মহাসাগৰৰ গৰ্ভত মেৰিনা (Merina trench) নামৰ এক খাদ আছে। সমুদ্ৰ পৃষ্ঠৰ পৰা এই খাদৰ গভীৰতা এঠাইত প্ৰায় 11km। খাদৰ তলিত পানীৰ চাপ প্ৰায় 1.1×10^8 Pa। $0.32\,m^3$ আদি আয়তনৰ তীখাৰ বল এটা মহাসাগৰত ডুবাই দিওতে একেবাৰে মেৰিনা খাদৰ তলি পালেগৈ। বলটো যেতিয়া একেবাৰে তলি পায়গৈ, তেতিয়া ইয়াৰ আয়তনৰ কিমান পৰিৱৰ্তন হ'ব?