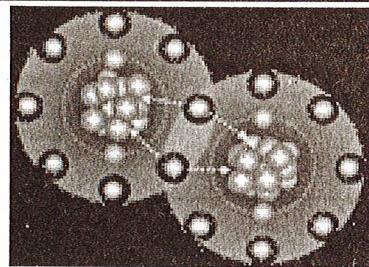


৭

পদার্থের গাঠনিক ধর্ম

STRUCTURAL PROPERTIES OF MATTER



পদার্থের কিছু সাধারণ ধর্ম রয়েছে যা পদার্থের তিনটি অবস্থাতেই পরিলক্ষিত হয়। এ রকম একটি ধর্ম হলো স্থিতিস্থাপকতা। যেসব পদার্থ প্রবাহিত হয় এদের বলা হয় প্রবাহী পদার্থ বা ফ্লুইড। তরল পদার্থ ও গ্যাস হলো ফ্লুইড। এ ছাড়া প্রবাহী পদার্থের আরও কিছু ধর্ম আছে, এদের মধ্যে উল্লেখযোগ্য তরল পদার্থের পৃষ্ঠাটান ও সান্দ্রতা। এ অধ্যায়ে আমরা আন্তঃআণবিক আকর্ষণ ও বিকর্ষণ বল, পদার্থের তিন অবস্থা, পদার্থের বন্ধন, স্থিতিস্থাপকতা, পৃষ্ঠাটান ও সান্দ্রতা নিয়ে আলোচনা করবো।

প্রধান শব্দসমূহ :

আন্তঃআণবিক বল, স্থিতিস্থাপকতা, স্থিতিস্থাপক সীমা, পূর্ণ স্থিতিস্থাপক বস্তু, নমনীয় বস্তু, পূর্ণ দৃঢ় বস্তু, বিকৃতি, পীড়ন, অসহ বল, অসহ পীড়ন, স্থিতিস্থাপক গুণাঙ্ক, ইয়ং গুণাঙ্ক, আয়তন গুণাঙ্ক, দৃঢ়তার গুণাঙ্ক, পয়সনের অনুপাত, সান্দ্রতা, সান্দ্রতা সহগ, পৃষ্ঠাটান, সংস্কর্তি বল, আসঞ্জন বল, পৃষ্ঠাকৃতি, স্পর্শ কোণ।

এ অধ্যায় পাঠ শেষে শিক্ষার্থীরা—

ক্রমিক নং	শিখন ফল	অনুচ্ছেদ
১	পদার্থের আন্তঃআণবিক বলের প্রকৃতি ব্যাখ্যা করতে পারবে।	৭.১
২	পদার্থের বিভিন্ন প্রকার বন্ধন ব্যাখ্যা করতে পারবে।	৭.৩
৩	আন্তঃআণবিক বলের আলোকে পদার্থের স্থিতিস্থাপক আচরণ ব্যাখ্যা করতে পারবে।	৭.৫
৪	স্থিতিস্থাপকতা সম্পর্কিত রাশিমালা ব্যাখ্যা করতে পারবে।	৭.৪, ৭.৬
৫	ভুকের সূত্র ব্যাখ্যা করতে পারবে।	৭.৭
৬	লেখচিত্রের সাহায্যে পীড়ন-বিকৃতি সম্পর্ক ব্যাখ্যা করতে পারবে।	৭.৮
৭	স্থিতিস্থাপক গুণাঙ্ক ব্যাখ্যা করতে পারবে।	৭.৯
৮	পয়সনের অনুপাত ব্যাখ্যা করতে পারবে।	৭.১০
৯	ব্যবহারিক :	৭.১২
	○ ভার্নিয়ার পদ্ধতি ব্যবহার করে ইয়ং এর স্থিতিস্থাপক গুণাঙ্ক নির্ণয় করতে পারবে।	
১০	প্রবাহীর প্রবাহ ব্যাখ্যা করতে পারবে।	৭.১৩
১১	প্রাণিক বেগ ব্যাখ্যা করতে পারবে।	৭.১৮

ক্রমিক নং	শিখন ফল	অনুচ্ছেদ
১২	সান্দুতা ও সান্দুতা গুণাঙ্ক ব্যাখ্যা করতে পারবে।	৭.১৪, ৭.১৬
১৩	ঘর্ষণ ও সান্দুতার সম্পর্ক ব্যাখ্যা করতে পারবে।	৭.১৫
১৪	তরলে পতনশীল বস্তুর ক্ষেত্রে স্টোকস্-এর সূত্র ব্যাখ্যা করতে পারবে।	৭.১৭
১৫	পৃষ্ঠটান ব্যাখ্যা করতে পারবে।	৭.২০, ৭.২১
১৬	পৃষ্ঠশক্তি ব্যাখ্যা করতে পারবে।	৭.২২
১৭	সংস্কৃতি বল ও আসঙ্গন বল ব্যাখ্যা করতে পারবে।	৭.২১
১৮	স্পর্শ কোণ ব্যাখ্যা করতে পারবে।	৭.২৩
১৯	পৃষ্ঠটানের কয়েকটি ঘটনা বর্ণনা করতে পারবে।	৭.২৪

৭.১। পদার্থের আন্তঃআণবিক বল

Intermolecular Forces of Matter

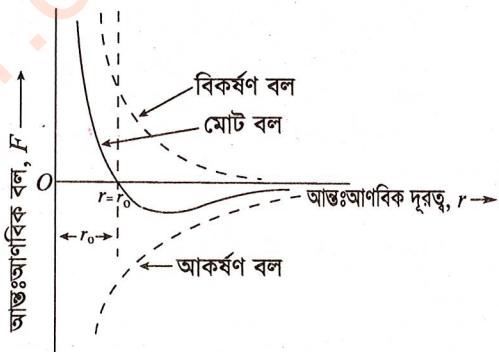
পদার্থ অণু ও পরমাণু দিয়ে গড়া। বিভিন্ন পরমাণুর মধ্যে ক্রিয়াশীল বলের জন্য গঠিত হয় অণু আর বিভিন্ন অণুর মধ্যে ক্রিয়াশীল বলের জন্য গঠিত হয় পদার্থ। অণুগুলোর পরম্পরের মধ্যে যে বল ক্রিয়া করে তাকে বলা হয় আন্তঃআণবিক বল। এ আন্তঃআণবিক বল সৃষ্টি হয় দুটি শক্তির দরুন—

(ক) পারিপার্শ্বিক অণুগুলোর ক্রিয়া প্রতিক্রিয়ার ফলে সৃষ্টি বিভব শক্তি।

(খ) অণুগুলোর তাপীয় শক্তি যা প্রকৃতপক্ষে অণুগুলোর গতিশক্তি। এ শক্তি বস্তুর উষ্ণতার উপর নির্ভরশীল।

অণুগুলোর মধ্যকার দূরত্ব r -এর পরিবর্তনের সাথে আন্তঃআণবিক বলের পরিবর্তন ঘটে। এ পরিবর্তনের প্রকৃতি ৭.১ চিত্রে দেখানো হলো। আন্তঃআণবিক দূরত্ব যত বেশি হবে অর্থাৎ r যত বৃক্ষি পাবে আন্তঃআণবিক বল তত আকর্ষণধর্মী হবে। আন্তঃআণবিক দূরত্ব r যত কম হবে আন্তঃআণবিক বল তত বিকর্ষণধর্মী হবে। স্বাভাবিক অবস্থায় আকর্ষণ ও বিকর্ষণ বল

পরম্পরাকে নিয়ির করে ফলে নিট বল শূন্য হয়। এ অবস্থায় $r = r_0$ । এখানে r_0 সাম্যাবস্থায় আন্তঃআণবিক দূরত্ব বা সুস্থিতি দূরত্ব (equilibrium distance)।



চিত্র : ৭.১

৭.২। পদার্থের তিন অবস্থা : কঠিন, তরল ও বায়বীয়

States of Matter : Solid, Liquid and Gas

আমরা জানি যে, পদার্থ সাধারণত তিন অবস্থায় থাকে— কঠিন, তরল ও বায়বীয় অবস্থা। আন্তঃআণবিক দূরত্ব ও বল দিয়ে এ অবস্থার বর্ণনা করা যেতে পারে। আমরা জানি যে, যখন আন্তঃআণবিক দূরত্ব $r = r_0$ তখন নিট বল শূন্য, তখন অণুগুলো সাম্যাবস্থায় অবস্থান করে। এ সাম্যাবস্থায় অণুগুলো একটি নিয়মিত ডিমাত্রিক বিন্যাসে সজ্জিত থাকে যাদের বলা হয় কেলাস। অণু বা আয়নগুলো দ্বারা দখল করা অবস্থানকে বলা হয় ল্যাটিস বিন্দু। সামান্য টেনে অণুগুলোকে যখন এদের পরম্পর থেকে কিছুটা দূরে নেওয়া হয় অর্থাৎ যখন $r > r_0$, তখন অণুগুলোর মধ্যে আকর্ষণ বল কাজ করে। অণুগুলোকে যদি কিছু ঠেলে আরও কাছাকাছি আনা হয় অর্থাৎ যদি $r < r_0$ হয়, একটি বিকর্ষণ বল কাজ করে। এভাবে কোনো অণুকে যদি এর সাম্যাবস্থা থেকে সরানো হয় তাহলে এটা এর গড় অবস্থানকে ঘিরে স্পন্দিত হতে থাকবে। কঠিন পদার্থে এরকম অবস্থা

থাকে। কঠিন পদার্থে অণুগুলো থাকে প্রায় সাম্যাবস্থার দূরত্বে। স্পন্দনের বিস্তার খুব কম হয় ফলে অণুগুলো এদের অবস্থানে আবদ্ধ থাকে। কঠিন পদার্থের নির্দিষ্ট আকার কেন থাকে তাৰ ব্যাখ্যা এ থেকে পাওয়া যায়। সুতৰাং বলা যায় যে,

- ১। কঠিন পদার্থে অণুগুলো খুব কাছাকাছি থাকে এবং সুদৃঢ় বিন্যাসে সজ্জিত থাকে।
- ২। কঠিন পদার্থে অণুগুলো এদের গড় অবস্থানকে ঘিরে স্পন্দিত হয়।
- ৩। কঠিন পদার্থে অণুগুলোর মধ্যবর্তী বল প্রবল।
- ৪। কঠিন পদার্থের নির্দিষ্ট আকার আছে।

তরল পদার্থ : তরল পদার্থে অণুগুলোর মধ্যবর্তী গড় দূরত্ব কঠিন পদার্থের চেয়ে কিছুটা বেশি। এদের মধ্যে আকর্ষণ বল দুর্বল এবং অণুগুলো মুক্তভাবে তরল পদার্থের সর্বত্র ঘুরে বেড়াতে পারে। ফলে তরল পদার্থের আকার পরিবর্তিত হয় এবং যে পাত্রে রাখা হয় তাৰ আকার ধারণ করে।

বায়বীয় পদার্থ : বায়বীয় পদার্থ বা গ্যাসের বেলাতে অণুগুলোর আকৃতির তুলনায় এদের মধ্যবর্তী দূরত্ব খুব বেশি অর্থাৎ $r >> r_0$ । ফলে আস্তঞ্চাণবিক বল খুব দুর্বল বা নগণ্য। এ পদার্থের অণুগুলো ইতস্তত বিক্ষিপ্ত গতিতে থাকে। অণুগুলোর কোনো নির্দিষ্ট বিন্যাস থাকে না। অণুগুলো পরম্পরের সাথে এবং ধারক পাত্রের দেয়ালের সাথে স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ ঘটায়। সংঘর্ষের সময় ছাড়া অণুগুলোর মধ্যবর্তী বল নগণ্য।

৭.৩। পদার্থের বন্ধন

Bonds of Matter

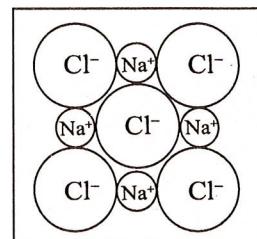
আমরা জানি যে, সকল পদার্থেই অণু গঠিত হয় বন্ধন গঠনের মাধ্যমে। মৌল যখন পারমাণবিক অবস্থায় থাকে, তখন তা অস্থিতিশীল অবস্থায় থাকে। ফলে এর জন্য বিপুল বিভব শক্তির প্রয়োজন হয়। কিন্তু বন্ধন দ্বারা গঠিত অণুতে পরমাণু স্থিতিশীল অবস্থায় থাকে, তখন এর বিভব শক্তি থাকে খুবই কম। সুতৰাং পরমাণুগুলোর সংযোগের ফলে যখন ব্যবস্থার বিভব শক্তিহাস পায় পরমাণুগুলোর মধ্যে তখন বন্ধন বা রাসায়নিক বন্ধন গঠিত হয়।

বন্ধন বিভিন্ন প্রকার হতে পারে; যেমন—

- ১। আয়নিক বন্ধন (Ionic Bond),
- ২। সমযোজী বন্ধন (Covalent Bond),
- ৩। ধাতব বন্ধন (Metallic Bond) এবং
- ৪। ভ্যানডার ওয়ালস বন্ধন (Vander Waals Bond)

আয়নিক বন্ধন

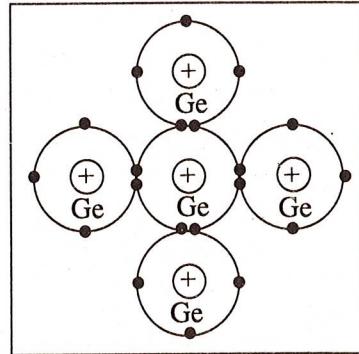
আমরা জানি যে, কোনো কঠিন পদার্থে অণু বা আয়নগুলো যে অবস্থান দখল করে থাকে, তাকে বলা হয় ল্যাটিস বিন্দু। আয়নিক বন্ধনে ধনাত্মক ও ঋণাত্মক আয়ন ল্যাটিস বিন্দু দখল করে থাকে। এসব আয়নের মধ্যকার স্থির তড়িৎ আকর্ষণ আয়নিক বা তড়িৎযোজী বন্ধন তৈরি করে। এ আকর্ষণ বল খুবই প্রবল। সুতৰাং এ বন্ধনে তৈরি পদার্থ খুবই শক্ত এবং এদের গলনাঙ্গও বেশ বেশি। এসব পদার্থের তড়িৎ পরিবাহিতা খুব কম। আয়নিক বন্ধন দ্বারা যে পদার্থ তৈরি হয় তাদের বলা হয় আয়নিক কঠিন পদার্থ। আয়নিক বন্ধন কখনো দুটি অধাতু পরমাণু বা দুটি ধাতু পরমাণুর মধ্যে গঠিত হয় না। দুটি বিপরীতধর্মী মৌল যেমন- ধাতু ও অধাতুর মধ্যে সৃষ্টি আয়নিক বন্ধন দ্বারা যোগ গঠিত হয়। এ ধরনের যোগ হলো সোডিয়াম ক্লোরাইড। সোডিয়াম ও ক্লোরিনের পরমাণু সমন্বয়ে সোডিয়াম ক্লোরাইড গঠিত হয়। ৭.২ চিত্রে সোডিয়াম ক্লোরাইডের আয়নিক বন্ধন দেখানো হয়েছে।



চিত্র-৭.২

সময়োজী বন্ধন

একই বা ভিন্ন দুটি অধাতুর পরমাণুর মধ্যে সময়োজী বন্ধন গঠিত হয়। পারিপার্শ্বিক পরমাণুগুলো পরম্পরের সাথে ইলেকট্রন শেয়ার করে। এই বন্ধন তৈরি করে। এ রকম সময়োজী বন্ধন কোনো স্থানে বিস্তৃত হয়ে কঠিন পদার্থের বৃহৎ কাঠামো তৈরি করে। সিলিকন ইত্যাদি সময়োজী কঠিন পদার্থের উদাহরণ। হীরক গঠনে প্রতিটি কার্বন পরমাণু পারিপার্শ্বিক চারটি কার্বন পরমাণুর সাথে বন্ধন তৈরি করে। এরা যথেষ্ট শক্ত, উচ্চ গলনাক্ষবিশিষ্ট এবং তড়িৎ কুপরিবাহী। ৭.৩ চিত্রে জামেনিয়ামের সময়োজী বন্ধন দেখানো হয়েছে।



চিত্র-৭.৩

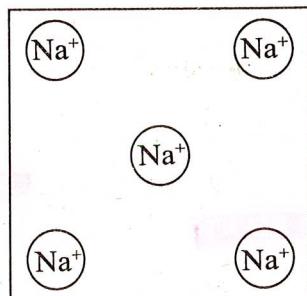
পরমাণুতে একটিমাত্র ইলেকট্রন থাকায় হাইড্রোজেন পরমাণু সাধারণ সময়োজী বন্ধনে অংশ নিয়ে থাকে। দুটো হাইড্রোজেন পরমাণু একটি করে ইলেকট্রন প্রদান করে একটি ইলেকট্রন যুগল সময়োজী বন্ধন গঠনের মাধ্যমে হাইড্রোজেন অণুর সৃষ্টি করে। সাধারণভাবে সময়োজী বন্ধন দ্বারা গঠিত যৌগ তড়িৎ দ্বিমেরুর ন্যায় আচরণ করে। এরকম কয়েকটি দ্বিমেরু স্থির বৈদ্যুতিক আকর্ষণের ফলে এরা বন্ধনে আবদ্ধ হয়। এসব দ্বিমেরু বন্ধনে হাইড্রোজেনের তড়িৎ ঝণাঝকতা খুব কম হওয়ায় ধনাত্মক প্রান্ত হিসেবে কাজ করে। যখন এরূপ দ্বিমেরুসমূহ পরম্পরের কাছে আসে তখন একটি অণুর হাইড্রোজেন প্রান্ত অন্য অণুর ঝণাঝক প্রান্তের দিকে বিশেষভাবে আকর্ষিত হয়ে বন্ধন গঠন করে। স্থির তড়িতের মধ্যকার কুলম্ব বলের কারণে সৃষ্টি এ বন্ধনকে **হাইড্রোজেন বন্ধন** বলে।

হাইড্রোজেন ফ্লোরাইড, হাইড্রোজেন সায়ানাইড, অ্যামোনিয়াম ফ্লোরাইড, বরফ (H_2O) ইত্যাদি হাইড্রোজেন বন্ধন কেলাসের উদাহরণ। সময়োজী অণুর সময়োজী বন্ধন অপেক্ষা হাইড্রোজেন বন্ধন অনেক দুর্বল তাই একে সত্যিকার অর্থে রাসায়নিক বন্ধন বলা যায় না।

ধাতব বন্ধন

কোনো ধাতুর মধ্যে যে আকর্ষণ বল পরমাণুগুলোকে পরম্পরের সাথে আটকে রাখে তাকে ধাতব বন্ধন বলা হয়। ধাতুতে ল্যাটিস বিন্দুতে ধনাত্মক আয়ন থাকে। এ আয়ন উপাদানিক পরমাণু থেকে এক বা একাধিক ইলেকট্রনকে আলাদা করে তৈরি হয়। এসব ইলেকট্রন অত্যন্ত সচল এবং ধাতব কঠিন পদার্থের সর্বত্র গ্যাসের অণুর মতো ঘুরে বেড়ায়। এ ইলেকট্রনগুলো কোনো পরমাণুর থাকে না বরং সমগ্র বস্তুখণ্ডের অংশ হয়ে যায়। ধাতুতে পরমাণুগুলো ইলেকট্রন হারিয়ে ধনাত্মক আধানে আহিত আয়নে রূপান্তরিত হয় এবং একটি ত্রিমাত্রিক ল্যাটিসে বিন্যস্ত হয়। এ যেন ইলেকট্রনের সমুদ্রে ডুবস্ত ধাতব আয়ন।

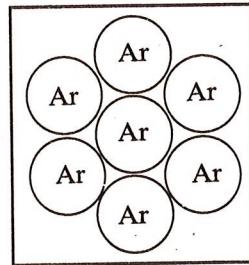
মুক্ত ইলেকট্রন থাকার কারণে ধাতু তড়িৎ সুপরিবাহী। ৭.৪ চিত্রে সোডিয়ামের ধাতব বন্ধন দেখানো হয়েছে।



চিত্র-৭.৪

ভ্যানডার ওয়ালস বন্ধন

এ বন্ধন দ্বারা আণবিক কঠিন পদার্থ তৈরি হয়। পরমাণুগুলোর মধ্যে সমযোজী বন্ধনের মাধ্যমে এ ধরনের কঠিন পদার্থ তৈরি হয়। অণুগুলোর মধ্যে বন্ধন নির্ভর করে অণুগুলো পোলার (Polar) বা অ-পোলার (non-polar) কিনা তার উপর। কোনো অণুর ঝণাঝক আধানের কেন্দ্র যদি ধনাঝক আধানের সাথে সমাপ্তিত হয় তাহলে অণুটিকে বলা হয় অ-পোলার। সকল নিষ্ক্রিয় গ্যাস, হাইড্রোজেন, নাইট্রোজেন, কার্বন ডাই অক্সাইডের অক্সিজেন অণুগুলো এ ধরনের অণু। অন্যথায়, অণুটিকে বলা হয় পোলার অণু। পানি, অ্যামোনিয়া, সালফার ডাই অক্সাইডের অণু হলো পোলার অণু। পোলার অণুগুলোর মধ্যকার বন্ধনকে বলা হয় দ্বিপোল-দ্বিপোল বন্ধন। অ-পোলার অণুগুলোর মধ্যকার বন্ধনকে বলা হয় ভ্যানডার ওয়ালস বন্ধন। ৭.৫ চিত্রে আর্গন কেলাসের ভ্যানডার ওয়ালস বন্ধন দেখানো হয়েছে। যে বল ভ্যানডার ওয়ালস বন্ধন সৃষ্টি করে তাকে ভ্যানডার ওয়ালস বলও বলা হয়।



চিত্র-৭.৫

আণবিক কঠিন পদার্থ সাধারণত নরম এবং নিম্ন গলনাঙ্গবিশিষ্ট হয়। এরা তড়িৎ কুপরিবাহী।

৭.৪। স্থিতিস্থাপকতা

Elasticity

করে দেখো : এক খঙ্গ রবারের ফিতা নাও। একে দুই দিক থেকে টানা। এরপর টান ছেড়ে দাও। টানার ফলে রবারটি চিকন ও লম্বা হচ্ছে। টান ছেড়ে দিলে পূর্বের অবস্থায় ফিরে আসছে।

এরকম ঘটছে কারণ কোনো বস্তুর উপর বাইরে থেকে বল প্রয়োগ করলে যদি বস্তুটি গতিশীল না হয় তাহলে এর বিভিন্ন অংশের মধ্যে আপেক্ষিক সরণ হয় বা বলা যেতে পারে অণুগুলোর মধ্যবর্তী দূরত্বের পরিবর্তন ঘটে, ফলে বস্তুটির আকার বা আয়তন বা উভয়ের পরিবর্তন হয়। এ অবস্থায় বস্তুর ভেতরের আন্তঃআণবিক বল এ পরিবর্তনকে বাধা দিতে চেষ্টা করে। ফলে বল প্রয়োগ বন্ধ করলে বস্তু আবার আগের অবস্থা ফিরে পায়। পদার্থের এ ধর্মের নাম স্থিতিস্থাপকতা।

স্থিতিস্থাপকতা : বল প্রয়োগে যদি কোনো বস্তুর আকার বা আয়তন বা উভয়ের পরিবর্তন ঘটে অর্থাৎ বস্তু বিকৃত হয় তাহলে প্রযুক্ত বল সরিয়ে নিলে যে ধর্মের ফলে বিকৃত বস্তু আগের আকার ও আয়তন ফিরে পায় তাকে স্থিতিস্থাপকতা বলে।

যে বস্তুর বাধা দেওয়ার ক্ষমতা বেশি তার স্থিতিস্থাপকতাও বেশি হবে। লোহা ও রবারের মধ্যে বাধা দেওয়ার ক্ষমতা লোহার বেশি তাই লোহা রবারের চেয়ে বেশি স্থিতিস্থাপক।

পূর্ণ স্থিতিস্থাপক বস্তু : বাহ্যিক বল অপসারিত হলে যদি বিকৃত বস্তু ঠিক আগের আকার ও আয়তন ফিরে পায় তাহলে এই বস্তুকে পূর্ণ স্থিতিস্থাপক বস্তু বলে।

স্থিতিস্থাপক সীমা : বস্তুর স্থিতিস্থাপকতা গুণের জন্য বাহ্যিক বল অপসারিত হলে বিকৃত বস্তু ঠিক আগের আকার বা আয়তন ফিরে পায়। কিন্তু বস্তুর এ আকার বা আয়তন পুনঃপ্রাপ্তির ক্ষমতা অসীম নয়। পরীক্ষা করে দেখা গেছে প্রত্যেক বস্তুই বাহ্যিক বলের একটি নির্দিষ্ট সীমা পর্যন্ত পূর্ণ স্থিতিস্থাপক বস্তুর ন্যায় আচরণ করে। এই সীমাকে স্থিতিস্থাপক সীমা বলা হয়।

সংজ্ঞা : যে মানের বল পর্যন্ত কোনো বস্তু পূর্ণ স্থিতিস্থাপক থাকে অর্থাৎ সর্বাপেক্ষা বেশি যে বল প্রয়োগ করে বল অপসারণ করলে বস্তুটি পূর্বাবস্থায় ফিরে যায় তাকে স্থিতিস্থাপক সীমা বলে।

নমনীয় বস্তু : কোনো বস্তুর উপর বাহ্যিক বল প্রয়োগ করে তাকে বিকৃত করলে যদি বল অপসারণের পর বস্তুটি এই বিকৃত অবস্থা পুরোপুরি বজায় রাখে তাহলে বস্তুটিকে নমনীয় বা পূর্ণ প্লাষ্টিক বস্তু বলা হয়।

পূর্ণ দৃঢ় বস্তু : বাইরে থেকে যেকোনো পরিমাণ বল প্রয়োগের ফলে কোনো বস্তুৰ যদি আকারের কোনো পরিবর্তন না ঘটে তাহলে বস্তুটিকে পূর্ণ দৃঢ় বস্তু বলা হয়। পূর্ণ দৃঢ় বস্তু বাস্তবে পাওয়া যায় না।

বিকৃতি (Strain) : কোনো বস্তু যদি পূর্ণ দৃঢ় না হয় তাহলে বাইরে থেকে বল প্রয়োগের ফলে বস্তুটিৰ বিভিন্ন অংশেৰ মধ্যে আপেক্ষিক সৱণ হয়; ফলে বস্তুটিৰ আকাৰ বা আয়তনেৰ পরিবৰ্তন হয়। বস্তুৰ এ অবস্থাকে রূপবিকৃতি (Deformation) বলে এবং বস্তুটি বিকৃত হয়েছে বলা হয়। আনুপাতিক রূপবিকৃতি বা রূপবিকৃতিৰ হাৰকে বিকৃতি বলে।

সংজ্ঞা : বাইরে থেকে বল প্রয়োগেৰ ফলে কোনো বস্তুৰ একক মাত্ৰায় যে রূপবিকৃতি বা পরিবৰ্তন হয় তাকে বিকৃতি বলে।

ব্যাখ্যা : কোনো বস্তুৰ আদিমাত্ৰা A এবং বল প্রয়োগেৰ ফলে মাত্ৰা B হলে মাত্ৰার পরিবৰ্তন হবে $B \sim A$ ।

$$\text{সূতৰাং বিকৃতি} = \frac{B - A}{A} \quad \dots \quad (7.1)$$

বিকৃতি একটি ক্ষেত্ৰীয় রাশি।

মাত্ৰা ও একক : যেহেতু বিকৃতি একই প্ৰকাৰ দুটি রাশিৰ অনুপাত তাই এৰ কোনো মাত্ৰা ও একক নেই।

বিকৃতিৰ তাৎপৰ্য : কোনো বস্তুৰ বিকৃতি 0.002 বলতে বোঝায় বস্তুৰ একক মাত্ৰার পরিবৰ্তন হয়েছে 0.002 একক।

পীড়ন (Stress) : কোনো বস্তুকে বিকৃত কৰা হলে এই বিকৃতি প্ৰতিৱেচকভাৱে কৰাৰ জন্য বস্তুৰ স্থিতিস্থাপকতা ধৰ্মেৰ জন্য বস্তুৰ ভেতৰ একটি প্ৰতিৱেচক বলেৰ উত্তৰ হয়। এই বল বস্তুকে পূৰ্বাবস্থায় ফিরিয়ে নিতে চায়। একক ক্ষেত্ৰফলে লম্বভাৱে যে প্ৰতিৱেচক বলেৰ উত্তৰ হয় তাই হচ্ছে পীড়ন।

সংজ্ঞা : বাইরে থেকে বল প্রয়োগেৰ ফলে কোনো বস্তুৰ আকাৰ বা দৈৰ্ঘ্য বা আয়তনেৰ পরিবৰ্তন ঘটলে স্থিতিস্থাপকতাৰ জন্য বস্তুৰ ভেতৰ থেকে এই বলকে বাধাদানকাৰী একটি বলেৰ উত্তৰ হয়। বস্তুৰ একক ক্ষেত্ৰফলেৰ উপৰ লম্বভাৱে উত্তৰ এই বিকৃতি প্ৰতিৱেচককাৰী বলেৰ মানকে পীড়ন বলে।

ব্যাখ্যা : যেহেতু প্ৰযুক্ত বল ও প্ৰতিৱেচককাৰী বল পৰম্পৰাৰ সমান সেজন্য প্ৰযুক্ত বল দ্বাৰাই প্ৰতিৱেচককাৰী বলেৰ পৰিমাপ কৰা হয়। অতএব পীড়নেৰ মান হচ্ছে একক ক্ষেত্ৰফলেৰ উপৰ লম্বভাৱে প্ৰযুক্ত বিকৃতি সৃষ্টিকাৰী বলেৰ মানেৰ সমান। অৰ্থাৎ,

$$\text{পীড়ন} = \frac{\text{প্ৰতিৱেচককাৰী বল}}{\text{ক্ষেত্ৰফল}} = \frac{\text{প্ৰযুক্ত বল}}{\text{ক্ষেত্ৰফল}}$$

A ক্ষেত্ৰফলবিশিষ্ট কোনো বস্তুতে লম্বভাৱে F বল প্রয়োগ কৰা হলে,

$$\text{পীড়ন} = \frac{F}{A} \quad \dots \quad (7.2)$$

পীড়ন একটি ক্ষেত্ৰীয় রাশি।

মাত্ৰা ও একক : পীড়নেৰ মাত্ৰা হবে,

$$\text{পীড়ন} = \frac{\text{বল}}{\text{ক্ষেত্ৰফল}} \quad \text{এৰ মাত্ৰা অৰ্থাৎ } \text{ML}^{-1} \text{T}^{-2}$$

পীড়নেৰ একক N m^{-2} বা, Pa (প্যাসকেল)।

তাৎপৰ্য : কোনো বস্তুৰ পীড়ন $5 \times 10^5 \text{ N m}^{-2}$ বলতে বোঝায় বস্তুৰ প্ৰতি 1 m^2 ক্ষেত্ৰফলেৰ উপৰ লম্বভাৱে বিকৃতি প্ৰতিৱেচককাৰী বলেৰ মান $5 \times 10^5 \text{ N}$ ।

বিকৃতি সৃষ্টি কৰতে প্ৰতি 1 m^2 ক্ষেত্ৰফলেৰ উপৰ লম্বভাৱে প্ৰযুক্ত বলেৰ মানও তাই।

অসহ বল বা ভাৱ : স্থিতিস্থাপক সীমাৰ বাইৱে বল প্রয়োগ কৰা হলে বল অপসাৱণ কৰাৰ পৰি বস্তুটি আৱ পূৰ্বাবস্থায় সম্পূৰ্ণ ফিরে আসে না। প্ৰযুক্ত বলেৰ মান আৱো বেশি হলে বস্তুটি ছিঁড়ে বা ভেঙ্গে যায়। সবচেয়ে কম যে বল প্রয়োগ কৰলে বস্তুটি ছিঁড়ে বা ভেঙ্গে যায় তাকে অসহ বল বলে। অসহ বলকে অসহ ভাৱ বা ওজনও বলা হয়।

সংজ্ঞা : সর্বাপেক্ষা কম যে বলের ক্রিয়ায় কোনো বস্তু ছিঁড়ে বা ভেঙে যায় তাকে অসহ বল বলে।

অসহ পীড়ন : অসহ বলের জন্য যে পীড়ন হয় তাই অসহ পীড়ন।

সংজ্ঞা : প্রতি একক ক্ষেত্রফলের উপর লম্বভাবে প্রযুক্ত সর্বাপেক্ষা কম যে বলের ক্রিয়ায় কোনো বস্তু ছিঁড়ে বা ভেঙে যায় তাকে অসহ পীড়ন বলে।

$$\therefore \text{অসহ পীড়ন} = \frac{\text{অসহ বল}}{\text{ক্ষেত্রফল}} \quad \dots \quad (7.3)$$

তাৎপর্য : তামার অসহ পীড়ন $3.5 \times 10^8 \text{ N m}^{-2}$ বলতে বোঝায় তামার তৈরি কোনো বস্তুর প্রতি বর্গমিটার ক্ষেত্রফলের উপর ন্যূনতম $3.5 \times 10^8 \text{ N}$ বল লম্বভাবে প্রয়োগ করলে বস্তুটি ছিঁড়ে বা ভেঙে যাবে।

৭.৫। পদার্থের স্থিতিস্থাপক ধর্ম ও আন্তঃআণবিক বল

Elastic Properties of Matter and Intermolecular Forces

পদার্থের আণবিক গড়ন বিবেচনা করলে এর স্থিতিস্থাপক ধর্ম সহজে বোঝা যায়। আমরা জানি যে, সকল পদার্থের অণুগুলোর মধ্যে আন্তঃআণবিক বল ক্রিয়া করে। কঠিন পদার্থের অণুগুলোর মধ্যে ক্রিয়াশীল এ বলকে সংস্কি বল (cohesive force) বলে। এটা জানা গেছে যে, স্বাভাবিক অবস্থায় কেলাসের অণুগুলো নিম্নতম বিভিন্ন শক্তি অবস্থানে অবস্থান করে থাকে। এ অবস্থা এদের সাম্যাবস্থা। এরকম অবস্থানে কোনো অণুর উপর ক্রিয়াশীল নিট আন্তঃআণবিক বল শূন্য। অণুগুলোর মধ্যকার দূরত্ব পরিবর্তনের সাথে আন্তঃআণবিক বলের পরিবর্তন ঘটে।

আণবিক দূরত্ব যত বেশি হবে, আন্তঃআণবিক বল তত বেশি আকর্ষণধর্মী হবে এবং আন্তঃআণবিক দূরত্ব যত কম হবে আন্তঃআণবিক বল তত বেশি বিকর্ষণধর্মী হবে। স্বাভাবিক অবস্থায় আকর্ষণ ও বিকর্ষণ বল পরম্পরাকে নিষ্ক্রিয় করে ফলে নিট বল হয় শূন্য।

কোনো বস্তুতে দৈর্ঘ্য বা টান পীড়ন প্রয়োগ করা হলে অণুগুলোর মধ্যবর্তী আন্তঃআণবিক দূরত্ব বৃদ্ধি পায় ফলে অণুগুলো আকর্ষণ বল অনুভব করে বা পরম্পরার দিকে আকৃষ্ট হয়। বহিস্থ বল সরিয়ে নিলে আকর্ষণ বলের প্রভাবে অণুগুলো তাদের সাম্যাবস্থানে ফিরে আসে। অপরদিকে দেখা যায় যে, বহিস্থ বল প্রয়োগে কোনো বস্তুকে যদি সন্তুচিত করা হয় তাহলে আন্তঃআণবিক দূরত্ব হ্রাস পায় ফলে তাদের মধ্যে বিকর্ষণ বলের উচ্চরণ ঘটে। বহিস্থ বল সরিয়ে নিলে বিকর্ষণ বল অণুগুলোকে পুনরায় তাদের সাম্যাবস্থায় ফিরিয়ে আনে। কোনো নির্দিষ্ট টান বলের জন্য কোনো স্বতন্ত্র অণুর কী পরিমাণ সরণ ঘটবে তা আন্তঃআণবিক বলের স্বল্পতার উপর নির্ভর করে। আন্তঃআণবিক বল যত বেশি স্বল্প হবে অণুগুলোর সরণ তত কম হবে। এ রকম অবস্থায় কোনো নির্দিষ্ট পীড়নের দরকার আনুযায়ীক বিকৃতি কম হবে বলে স্থিতিস্থাপক গুণাঙ্কের মান বেশি হবে।

৭.৬। বিভিন্ন প্রকার বিকৃতি ও পীড়ন

Different Types of Strain and Stress

আমরা ৭.৪ অনুচ্ছেদে বিকৃতি ও পীড়ন নিয়ে বিস্তারিত আলোচনা করেছি। পরিবর্তনের প্রকৃতির উপর নির্ভর করে বিকৃতি ও পীড়ন তিনি রকমের হতে পারে।

(ক) দৈর্ঘ্য বা টান বিকৃতি ও দৈর্ঘ্য বা টান পীড়ন (Longitudinal or Tensile Strain and Longitudinal or Tensile Stress)

দৈর্ঘ্য বিকৃতি : কোনো বস্তুর উপর বাইরে থেকে বল প্রয়োগের ফলে যদি এর দৈর্ঘ্যের পরিবর্তন ঘটে তাহলে একক দৈর্ঘ্যের পরিবর্তনকে দৈর্ঘ্য বিকৃতি বলে।

ব্যাখ্যা : L দৈর্ঘ্যের কোনো বস্তুর উপর দৈর্ঘ্য বরাবর বল প্রয়োগ করলে যদি এর দৈর্ঘ্যের পরিবর্তন / হয় (চিত্র : ৭.৬),

$$\text{তাহলে দৈর্ঘ্য বিকৃতি} = \frac{l}{L} \quad \dots \quad (7.4)$$

দৈর্ঘ্য পীড়ন : দৈর্ঘ্য বিকৃতি প্রতিরোধ করার জন্য বস্তুর একক ক্ষেত্রফলে লম্বভাবে যে প্রতিরোধ বলের সূষ্টি হয় অর্থাৎ দৈর্ঘ্য বিকৃতি ঘটাতে বস্তুর একক ক্ষেত্রফলের উপর দৈর্ঘ্য বরাবর যে বল প্রযুক্ত হয় তাকে দৈর্ঘ্য পীড়ন বলে।

ব্যাখ্যা : দৈর্ঘ্য বিকৃতি ঘটাতে যদি কোনো বস্তুর দৈর্ঘ্য বরাবর A প্রস্তুতে ক্ষেত্রফলের উপর F বল লম্বভাবে প্রয়োগ করতে হয়, তাহলে দৈর্ঘ্য পীড়ন $= \frac{F}{A}$

তারের নিচের প্রান্তে যদি M ভরের বস্তু ঝুলিয়ে বল প্রয়োগ করা হয়, তাহলে $F = Mg$ এবং তারের ব্যাসার্ধ r হলে $A = \pi r^2$

$$\text{সূতরাং দৈর্ঘ্য পীড়ন} = \frac{F}{A} = \frac{Mg}{\pi r^2} \quad \dots \quad \dots \quad (7.5)$$

(খ) আয়তন বিকৃতি ও আয়তন পীড়ন

Volume or Bulk Strain and Volume or Bulk Stress

আয়তন বিকৃতি : বাইরে থেকে বল প্রয়োগের ফলে যদি কোনো বস্তুর আকারের পরিবর্তন না হয়ে শুধু আয়তনের পরিবর্তন হয় তাহলে একক আয়তনের পরিবর্তনকে আয়তন বিকৃতি বলে।

ব্যাখ্যা : V আয়তনের কোনো বস্তুর উপর বল প্রয়োগের ফলে যদি এর আয়তন v পরিমাণ কমে যায় (চিত্র ৭.৭) তাহলে

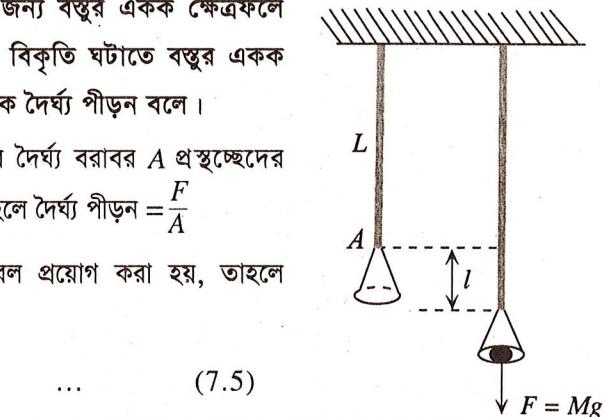
$$\text{আয়তন বিকৃতি} = \frac{v}{V}$$

আয়তন পীড়ন : আয়তন বিকৃতি প্রতিরোধ করার জন্য বস্তুর একক ক্ষেত্রফলে লম্বভাবে যে প্রতিরোধ বলের সূষ্টি হয় অর্থাৎ আয়তন বিকৃতি ঘটাতে বস্তুর একক ক্ষেত্রফলের উপর লম্বভাবে যে বল প্রযুক্ত হয় তাকে আয়তন পীড়ন বলে।

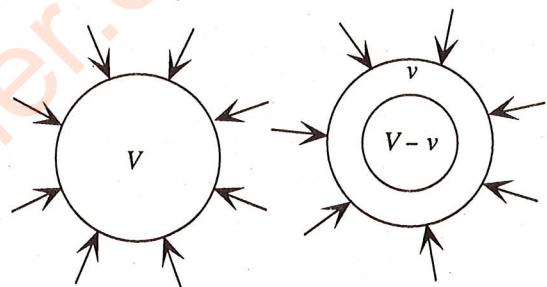
ব্যাখ্যা : আয়তন বিকৃতি ঘটাতে যদি কোনো বস্তুর A ক্ষেত্রফলের উপর F বল লম্বভাবে প্রয়োগ করতে হয় তাহলে আয়তন পীড়ন $= \frac{F}{A}$.

(গ) আকার বা ব্যবর্তন বা মোচড় বিকৃতি ও আকার বা ব্যবর্তন বা মোচড় পীড়ন (Shearing Strain and Shearing Stress) :

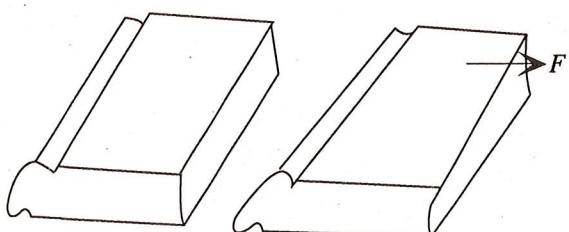
একখানি বইয়ের উপরের পৃষ্ঠে করতল স্থাপন করে যদি আমরা অনুভূমিকভাবে F বল প্রয়োগ করি তাহলে বইখানির আয়তনের কোনো পরিবর্তন না হলেও আকৃতি বদলে যাবে (চিত্র : ৭.৮)। বস্তুর আকৃতির এ ধরনের পরিবর্তনকে ব্যবর্তন বলে।



চিত্র : ৭.৬



চিত্র : ৭.৭



চিত্র : ৭.৮

ব্যবর্তন বিকৃতি : ধরা যাক, ৭.৯ চিত্রে রাবারের তৈরি একটি পুরু আয়তাকার ইলকটির ভূমি আঠার সাহায্যে একটি টেবিলের উপর অনুভূমিকভাবে শক্ত করে আটকানো আছে। এখন আমরা যদি ইলকটির উপরের পৃষ্ঠে স্পর্শক বরাবর অর্থাৎ অনুভূমিকভাবে বল প্রয়োগ করি তাহলে ইলকটির আকৃতির পরিবর্তন হবে কিন্তু আয়তনের কোনো পরিবর্তন হবে না। আয়তাকার বস্তুটি সামান্যরক বস্তুতে পরিবর্তিত হবে (চিত্র : ৭.৯) বা আমরা বলতে পারি ইলকটির উল্লম্ব তল θ কোণে মোচড় খেয়েছে। নিচের স্থির তলের অভিলম্ব CD এই যে θ কোণে (রেডিয়ান এককে) ঘুরে গেল, এই কোণকে বলা হয় আকার বা ব্যবর্তন বা মোচড় বিকৃতি। এই কোণটিকে ব্যবর্তন কোণও বলে।

সংজ্ঞা : একক দূরত্বে অবস্থিত দুই তলের মধ্যবর্তী আপেক্ষিক সরণকে ব্যবর্তন বা মোচড় বিকৃতি বলে।

ব্যাখ্যা : বল প্রয়োগের ফলে কোনো আয়তাকার বস্তুর নিচের তলের সাপেক্ষে CD দূরত্বে অবস্থিত উপরের তলের আপেক্ষিক সরণ CC' হলে (চিত্র ৭.৯)

$$\text{মোচড় বিকৃতি} = \frac{CC'}{CD}$$

$$\text{কিন্তু } \frac{CC'}{CD} = \tan \theta$$

$$\text{ব্যবর্তন কোণ } \theta \text{ খুব ছোট হওয়ায় ব্যবর্তন বিকৃতি } \theta \text{ (রেডিয়ান)} = \tan \theta = \frac{CC'}{CD}$$

ব্যবর্তন পীড়ন : ব্যবর্তন বিকৃতি প্রতিরোধ করার জন্য একক ক্ষেত্রফলে যে প্রতিরোধ বলের সূষ্ঠি হয় অর্থাৎ ব্যবর্তন বিকৃতি ঘটাতে একক ক্ষেত্রফলের উপর যে স্পর্শকীয় বল প্রযুক্ত হয় তাকে ব্যবর্তন পীড়ন বলে।

ব্যাখ্যা : ব্যবর্তন বিকৃতি ঘটাতে যদি A ক্ষেত্রফলের উপর স্পর্শকীয় F বল লম্বভাবে প্রযুক্ত হয় তাহলে

$$\text{ব্যবর্তন পীড়ন} = \frac{F}{A}$$

৭.৭। ছকের সূত্র

Hooke's Law

রবার্ট হক পরীক্ষার সাহায্যে দেখান যে, স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে কোনো বস্তুর বিকৃতি প্রযুক্ত বলের সমানুপাতিক। পরীক্ষালক্ষ এ ফলকে রবার্ট হক সূত্রের আকারে উপস্থাপিত করেন।

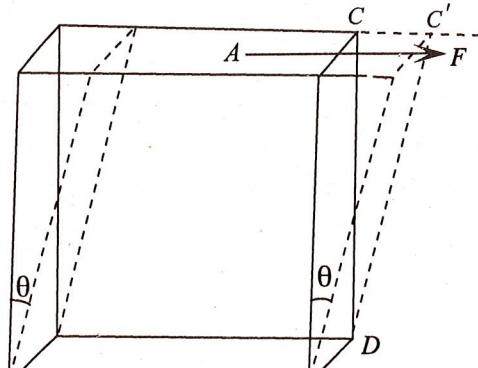
বিবৃতি : স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে বস্তুর পীড়ন এর বিকৃতির সমানুপাতিক।

$$\text{অর্থাৎ পীড়ন} \propto \text{বিকৃতি।}$$

$$\text{বা, পীড়ন} = \text{ক্রিবক} \times \text{বিকৃতি}$$

$$\text{বা, } \frac{\text{পীড়ন}}{\text{বিকৃতি}} = \text{ক্রিবক} \quad \dots \quad \dots \quad (7.6)$$

১৮য়েল সোসাইটির প্রতিষ্ঠাতা রবার্ট হক একজন অত্যন্ত প্রতিভাবান পদার্থবিদ ছিলেন। পদার্থবিদ্যায় বহু আবিষ্কারের পেছনে তাঁর যথেষ্ট অবদান থাকা সত্ত্বেও মেশিন ভাগ ক্ষেত্রেই তিনি উপযুক্ত স্থীকৃতি পাননি। সে সময়ে আবার বিজ্ঞানীদেরকে নিজের আবিষ্কার নিয়ে সতর্ক থাকতে হতো-অন্য কেউ হয়তো বিষয়টা জেনে নিয়ে নিজের নামে চালিয়ে দেবেন এই ভয়ে। এ ধরনের ঘটনা যাতে না ঘটতে পারে সেজন্য রবার্ট হক ১৬৭৬ সালে প্রথম তাঁর সূত্রটি একটি ধার্ধার আকারে পত্রিকায় প্রকাশ করেন। ধার্ধাটি ছিল এরূপ : ‘cciiinosstuv’ অক্ষরগুলোকে একটু এদিক-ওদিক করে সাজাতে পারলে এর একটা অর্থবহ সমাধান পাওয়া যায়। দীর্ঘ আঠার বছর পর রবার্ট হক অক্ষরগুলো পুনর্বর্নিয়াস করে একটি ল্যাটিন বাক্য দ্বারা ধার্ধাটির সমাধান প্রকাশ করেন : Ut tensio, sic vis (As the extension, so is the force—অর্থাৎ সম্প্রসারণ প্রযুক্ত বলের সমানুপাতিক)।



চিত্র : ৭.৯

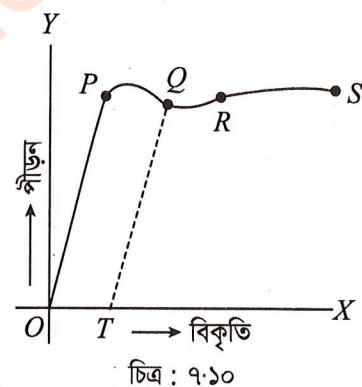
এ ধূর্ঘবকের মান বস্তুর উপাদান এবং এককের পদ্ধতির উপর নির্ভর করে। একে বস্তুর উপাদানের স্থিতিস্থাপক গুণাঙ্ক বা মানাঙ্ক (modulus of elasticity) বা স্থিতিস্থাপক ধূর্ঘবক (elastic constant) বলে।

ব্যাখ্যা : কোনো বস্তুতে বল প্রয়োগ করলে তার বিকৃতি ঘটে। বল স্থিতিস্থাপক সীমা অতিক্রম না করলে হকের সূত্রানুসারে কোনো বস্তুর বিকৃতি যত বেশি হবে, পীড়নও তত বেশি হবে। অর্থাৎ বিকৃতি প্রতিরোধকারী বলের মানও তত বেশি হবে। যেহেতু পীড়ন একক ক্ষেত্রফলে লম্বভাবে প্রযুক্ত বল দ্বারা পরিমাপ করা হয়। সুতরাং বলা যায়, একক ক্ষেত্রফলের উপর প্রযুক্ত বল যত বেশি হবে বস্তুটি তত বেশি বিকৃত হবে অর্থাৎ তার দৈর্ঘ্য, আয়তন বা আকার তত বেশি পরিবর্তিত হবে। একক ক্ষেত্রফলে প্রযুক্ত বল দিগ্নণ করলে বিকৃতি দিগ্নণ হবে, একক ক্ষেত্রফলে প্রযুক্ত বল তিনগুণ করলে বিকৃতিও তিনগুণ হবে।

৭.৮। পীড়ন-বিকৃতি লেখচিত্র Stress-Strain Curve

এ লেখচিত্র থেকে যেকোনো প্রসারণশীল তারের আচরণ সম্পর্কে ধারণা করা যায়। একটি তারের একপ্রান্ত একটি দৃঢ় অবলম্বনে আটকে অপর প্রান্তে কিছু ওজন ঝুলিয়ে পরীক্ষা করলে দেখা যাবে যে, ওজনের পরিমাণ বাড়ালে তারের দৈর্ঘ্যও বেড়ে যায়। বস্তুর একক ক্ষেত্রফলের উপর ক্রিয়াশীল বল হচ্ছে পীড়ন। বলের ক্রিয়ায় বস্তুর একক মাত্রার পরিবর্তন হচ্ছে বিকৃতি। এখন পীড়ন ও বিকৃতির লেখচিত্র অঙ্কন করলে ৭.১০ চিত্রের মতো একটি রেখা পাওয়া যাবে।

লেখচিত্রটি O থেকে P বিন্দু পর্যন্ত একটি সরলরেখা, অর্থাৎ P বিন্দু পর্যন্ত তারের পীড়ন বিকৃতির সমানুপাতিক অর্থাৎ তারটি হকের সূত্র মেনে চলে। ঐ বিন্দুয়ের মধ্যে যেকোনো অবস্থান থেকে ভার সরিয়ে নিলে বস্তুটি তার আগের অবস্থায় ফিরে আসবে। সুতরাং ঐ বিন্দুয়ের মধ্যে বস্তু পূর্ণ স্থিতিস্থাপকরূপে আচরণ করে এবং P বিন্দু বস্তুর স্থিতিস্থাপক সীমা নির্দেশ করে।



স্থিতিস্থাপক সীমা অতিক্রম করে তার চাপালে দেখা যাবে লেখ নিচের দিকে বাঁক নিচ্ছে। এ শর্ময়ে যেকোনো মুহূর্তে (চিত্রে Q বিন্দু) তার অপসারণ করে নিলেও তারটি আর আগের অবস্থায় ফিরে আসে না। তখন ভার-সম্প্রসারণ চিত্রে QT হয়। অর্থাৎ তারে একটি স্থায়ী বিকৃতি OT থেকে যায়। ভার আরো বৃদ্ধি করলে ভার-সম্প্রসারণ লেখ অনিয়মিতভাবে ওঠা-মামা করে এবং তারের কোনো কোনো জায়গা সরঁ হয়ে পড়ে। R পর্যন্ত এরকম চলে। R বিন্দুকে নতি বিন্দু (yield point) বলে। এরপর ভার আরো বাড়ালে তারের বিভিন্ন জায়গা আরো সরঁ হতে থাকে এবং কোনো এক জায়গা থেকে তার ছিঁড়ে যায় (চিত্রে S বিন্দু)। S বিন্দুকে সহন সীমা বলে। প্রতি একক ক্ষেত্রফলে ন্যূনতম যে বল লম্বভাবে প্রযুক্ত হলে তারটি ছিঁড়ে যায় তাকে ঐ তারের অসহ পীড়ন বলে। কোনো তারের অসহ পীড়নকে তারের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল দিয়ে গুণ করলে অসহ ভার বা অসহ বল পাওয়া যায়।

স্থিতিস্থাপক ক্লান্তি (Elastic Fatigue) : কোনো তারের উপর ক্রমাগত পীড়নের ত্বাস-বৃদ্ধি করলে বস্তুর স্থিতিস্থাপকতা ত্বাস পায়। এর ফলে বল অপসারণের সাথে সাথে বস্তু আগের অবস্থা ফিরে পায় না কিছুটা দেরী হয়। বস্তুর এই অবস্থাকে স্থিতিস্থাপক ক্লান্তি (elastic fatigue) বলে। তখন অসহ ভারের চেয়ে কম ভারে এমনকি স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যেই তারটি ছিঁড়ে যেতে পারে।

৭.৯। স্থিতিস্থাপকতার বিভিন্ন গুণাঙ্ক

Elastic Moduli

হুকের সূত্র থেকে আমরা পাই, স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে কোনো বস্তুর পীড়ন ও বিকৃতির অনুপাত একটি ধ্রুব সংখ্যা। এ ধ্রুবকই বস্তুর উপাদানের স্থিতিস্থাপক গুণাঙ্ক।

সংজ্ঞা : স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে কোনো বস্তুর পীড়ন ও বিকৃতির অনুপাত একটি ধ্রুব সংখ্যা।

এ ধ্রুব সংখ্যাকে বস্তুর উপাদানের স্থিতিস্থাপক গুণাঙ্ক বলে।

$$\therefore \text{স্থিতিস্থাপক গুণাঙ্ক}, E = \frac{\text{পীড়ন}}{\text{বিকৃতি}}$$

রাশি : পীড়ন ও বিকৃতি ক্ষেত্রের রাশি বলে স্থিতিস্থাপক গুণাঙ্ক একটি ক্ষেত্রের রাশি।

মাত্রা : যেহেতু বিকৃতির কোনো মাত্রা নেই, সূতরাং স্থিতিস্থাপক গুণাঙ্কের মাত্রা হবে পীড়নের মাত্রা

$$\text{অর্থাৎ } \frac{\text{বল}}{\text{ক্ষেত্রফল}} \text{ এর মাত্রা অর্থাৎ } ML^{-1}T^{-2}$$

একক : যেহেতু বিকৃতির কোনো একক নেই, সূতরাং স্থিতিস্থাপক গুণাঙ্কের একক হবে পীড়নের একক অর্থাৎ, $N m^{-2}$ বা, Pa।

বিকৃতি ও পীড়নের বিভিন্নতার জন্য স্থিতিস্থাপকতার গুণাঙ্ক বিভিন্ন রকমের হয়।

১. ইয়ং গুণাঙ্ক বা দৈর্ঘ্য গুণাঙ্ক (Young's modulus), Y

সংজ্ঞা : স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে বস্তুর দৈর্ঘ্য পীড়ন ও দৈর্ঘ্য বিকৃতির অনুপাত একটি ধ্রুব সংখ্যা। গাই ধ্রুব সংখ্যাকে বস্তুর উপাদানের দৈর্ঘ্য গুণাঙ্ক বা ইয়ং গুণাঙ্ক বলে।

একে Y দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

$$\text{ইয়ং গুণাঙ্ক}, Y = \frac{\text{দৈর্ঘ্য পীড়ন}}{\text{দৈর্ঘ্য বিকৃতি}} \dots \quad (7.7)$$

ইয়ং গুণাঙ্কের মান : A প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল ও L দৈর্ঘ্যবিশিষ্ট একটি তার কোনো দৃঢ় অবলম্বন থেকে ঝুলিয়ে (চিত্র : ৭.১১) যদি তারটির নিচের প্রান্তে লম্বভাবে F বল প্রয়োগ করা হয় তাহলে তারের দৈর্ঘ্য কিছুটা বৃদ্ধি পাবে। তারের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি / হলে,

$$\text{দৈর্ঘ্য বিকৃতি} = \frac{\text{দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি}}{\text{আদি দৈর্ঘ্য}} = \frac{l}{L}$$

$$\text{এবং দৈর্ঘ্য পীড়ন} = \frac{F}{A}$$

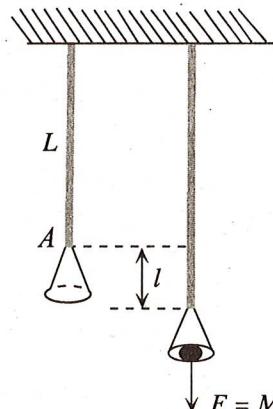
$$\text{সূতরাং } Y = \frac{F}{\frac{A}{l}} = \frac{FL}{Al} \dots \quad (7.8)$$

যদি তারের নিচের প্রান্তে M ভর ঝুলানো হয় তাহলে, $F = Mg$, এখানে g = অভিকর্ষজ ত্বরণ। আবার তারটির ব্যাসার্ধ যদি r হয় তাহলে $A = \pi r^2$ । সেক্ষেত্রে,

$$Y = \frac{MgL}{\pi r^2 l} \dots \quad (7.9)$$

যদি $A = 1$ একক এবং $l = L$ হয়, তবে (7.8) সমীকরণ অনুসারে $F = Y$ হয়।

সূতরাং একক প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফলবিশিষ্ট কোনো তারের দৈর্ঘ্য বরাবর যে বল প্রয়োগ করলে দৈর্ঘ্য বিকৃতি একক হয় অর্থাৎ তারটির দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি আদি দৈর্ঘ্যের সমান হয় তাই ইয়ং গুণাঙ্ক।



চিত্র : ৭.১১

Y -এর মাত্রা ও একক : যেহেতু বিকৃতিৰ কোনো মাত্রা নেই, সুতৰাং Y -এর মাত্রা পীড়নেৰ মাত্রাৰ অনুৰূপ হবে অৰ্থাৎ $ML^{-1} T^{-2}$ এবং এসআই পদ্ধতিতে এৱে একক $N m^{-2}$ or Pa ।

তাৰ্গত্য : ইম্পাতেৰ ইয়ং গুণাক্ষ $2 \times 10^{11} N m^{-2}$ বলতে বোৰায় $1 m^2$ প্ৰস্থচ্ছেদেৰ ক্ষেত্ৰফলবিশিষ্ট ইম্পাতেৰ দণ্ডেৰ দৈৰ্ঘ্য বৰাবৰ $3 \times 10^{11} N$ বল প্ৰয়োগ কৰা হলে এৱে দৈৰ্ঘ্য বৃদ্ধি আদি দৈৰ্ঘ্যেৰ সমান হবে।

২. আয়তন গুণাক্ষ (Bulk modulus), B

সংজ্ঞা : স্থিতিস্থাপক সীমাৰ মধ্যে বস্তুৰ আয়তন পীড়ন ও আয়তন বিকৃতিৰ অনুপাত একটি ধৰ্মৰ সংখ্যা। এ ধৰ্মৰ সংখ্যাকে বস্তুৰ উপাদানেৰ আয়তন গুণাক্ষ বলে।

আয়তন গুণাক্ষকে B দ্বাৰা প্ৰকাশ কৰা হয়। অৰ্থাৎ

$$\text{আয়তন গুণাক্ষ}, B = \frac{\text{আয়তন পীড়ন}}{\text{আয়তন বিকৃতি}}$$

মান : যদি V আয়তনেৰ কোনো বস্তুৰ উপৰ চাৰ দিক থেকে লম্বভাৱে F বল প্ৰয়োগ কৰা হয় (চিত্ৰ ৭.৭) এবং তাতে যদি বস্তুৰ আয়তন v হৰাস পায়, তাহলে আয়তন বিকৃতি $= v/V$ । যদি বস্তুটিৰ পৃষ্ঠেৰ ক্ষেত্ৰফল A হয় তাহলে

$$\text{আয়তন পীড়ন} = F/A$$

$$\text{সুতৰাং } B = \frac{F/A}{v/V} = \frac{FV}{Av} \quad \dots \quad \dots \quad (7.10)$$

$$\text{বা, } B = \frac{pV}{v} \quad \left[\because \frac{F}{A} = চাপ, p \right] \quad \dots \quad \dots \quad (7.11)$$

কঠিন, তৱল বা গ্যাস সবাৱাই আয়তন থাকায় আয়তন গুণাক্ষ পদাৰ্থেৰ একটি সাধাৱণ বৈশিষ্ট্য।

মাত্রা ও একক : আয়তন গুণাক্ষেৰ মাত্রা ও একক ইয়ং-এৰ গুণাক্ষেৰ মাত্রা ও এককেৰ অনুৰূপ।

তাৰ্গত্য : পাৱদেৰ আয়তন গুণাক্ষ $2.8 \times 10^{10} N m^{-2}$ বলতে বোৰায় যে পাৱদেৰ একক আয়তন বিকৃতি সৃষ্টি কৰতে এৱে প্ৰতি $1 m^2$ ক্ষেত্ৰফলেৰ ওপৰ $2.8 \times 10^{10} N$ বল প্ৰয়োগ কৰতে হয়।

সংন্ময়তা (Compressibility) : স্থিতিস্থাপক সীমাৰ মধ্যে আয়তন বিকৃতি ও আয়তন পীড়নেৰ অনুপাতকে সংন্ময়তা বলে।

$$\text{অৰ্থাৎ, সংন্ময়তা} = \frac{\text{আয়তন বিকৃতি}}{\text{আয়তন পীড়ন}} = \frac{1}{\text{আয়তন পীড়ন}} = \frac{1}{\text{আয়তন গুণাক্ষ}} = \frac{1}{B}$$

অৰ্থাৎ সংন্ময়তা হচ্ছে আয়তন গুণাক্ষেৰ বিপৰীত রাশি। আয়তন গুণাক্ষকে তাই কখনো কখনো অসংন্ময়তা (incompressibility) বলা হয়।

৩. দৃঢ়তাৰ গুণাক্ষ বা ব্যৱৰ্তন গুণাক্ষ (Modulus of Rigidity), n

সংজ্ঞা : স্থিতিস্থাপক সীমাৰ মধ্যে বস্তুৰ ব্যৱৰ্তন বা আকাৰ পীড়ন ও ব্যৱৰ্তন বা আকাৰ বিকৃতিৰ অনুপাত একটি ধৰ্মৰ সংখ্যা। এই ধৰ্মৰ সংখ্যাকে বস্তুৰ উপাদানেৰ দৃঢ়তাৰ গুণাক্ষ বলে।

দৃঢ়তাৰ গুণাক্ষকে n দ্বাৰা প্ৰকাশ কৰা হয়।

মান : কোনো বস্তুৰ পৃষ্ঠে স্পৰ্শক বৰাবৰ বল প্ৰয়োগ কৰাৰ ফলে যদি ব্যৱৰ্তন কোণ θ উৎপন্ন হয় এবং ঐ পৃষ্ঠেৰ ক্ষেত্ৰফল A হয় (চিত্ৰ : ৭.৯) তাহলে

$$\text{দৃঢ়তাৰ গুণাক্ষ}, n = \frac{\text{ব্যৱৰ্তন পীড়ন}}{\text{ব্যৱৰ্তন বিকৃতি}} = \frac{F/A}{\theta}$$

$$\text{বা, } n = \frac{F}{A\theta} \quad \dots \quad \dots \quad (7.12)$$

এখন, $\theta = 1$ একক এবং $A = 1$ একক হলে, $F = n$ হয়

অর্থাৎ ১ রেডিয়ান ব্যবর্তন কোণ সৃষ্টি করতে বস্তুর পৃষ্ঠের প্রতি একক ক্ষেত্রফলের উপর যতটা স্পর্শকীয় বল প্রয়োগ করতে হয় তাই ঐ বস্তুর দৃঢ়তার গুণাঙ্ক।

যেহেতু শুধু কঠিন পদার্থেরই নির্দিষ্ট আকার থাকে, সেজন্য দৃঢ়তার গুণাঙ্ক শুধু কঠিন পদার্থেরই বৈশিষ্ট্য।

মাত্রা ও একক : দৃঢ়তার গুণাঙ্কের মাত্রা ও একক ইয়ং-এর গুণাঙ্কে মাত্রা ও এককের অনুরূপ।

তাৎপর্য : অ্যালুমিনিয়ামের দৃঢ়তার গুণাঙ্ক $2.6 \times 10^{10} \text{ N m}^{-2}$ বলতে আমরা বুঝি যে, একটি অ্যালুমিনিয়ামের ঘনকের আকৃতি পরিবর্তন করে ১ রেডিয়ান কোণ উৎপন্ন করতে ঐ ঘনকের পৃষ্ঠের প্রতি একক বর্গমিটার ক্ষেত্রফলের উপর $2.6 \times 10^{10} \text{ N}$ স্পর্শকীয় বল প্রয়োগ করতে হবে।

৭.১০। পয়সনের অনুপাত

Poisson's Ratio

যখন কোনো তারের দৈর্ঘ্য বরাবর বল প্রয়োগ করা হয় তখন তারের দৈর্ঘ্য কিছুটা বেড়ে যায় কিন্তু সঙ্গে সঙ্গে তারের ব্যাস কিছু কমে যায় বা তার সরু হয়ে যায় (চিত্র : ৭.১২)। প্রস্তরের দিকে যে বিকৃতি হয় তাকে পার্শ্ব বিকৃতি বলে। কোনো বস্তুর দৈর্ঘ্য বিকৃতি ঘটলে পার্শ্ব বিকৃতও ঘটে। বৈজ্ঞানিক সাইমন পয়সন দেখান যে, স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে পার্শ্ব বিকৃতি দৈর্ঘ্য বিকৃতির সমানুপাতিক।

সংজ্ঞা : স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে বস্তুর পার্শ্ব বিকৃতি ও দৈর্ঘ্য বিকৃতির অনুপাত একটি ত্রুটি সংখ্যা। এ ত্রুটি সংখ্যাকে বস্তুর উপাদানের পয়সনের অনুপাত বলে। পয়সনের অনুপাতকে σ দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

$$\text{পয়সনের অনুপাত}, \sigma = \frac{\text{পার্শ্ব বিকৃতি}}{\text{দৈর্ঘ্য বিকৃতি}}$$

মান : বৃত্তাকার প্রস্তুতে বিশিষ্ট কোনো তারের দৈর্ঘ্য L ও ব্যাস D হলে এবং বাহ্যিক বলের প্রভাবে এর দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি I হলে ও ব্যাস d পরিমাণ কমে গেলে,

$$\text{দৈর্ঘ্য বিকৃতি} = I/L \text{ এবং পার্শ্ব বিকৃতি} = d/D$$

$$\therefore \text{পয়সনের অনুপাত}, \sigma = \frac{d/D}{I/L} = \frac{dL}{DI} \quad \dots \quad (7.13)$$

ব্যাসের পরিবর্তে ব্যাসার্ধ দিয়েও পয়সনের অনুপাতকে প্রকাশ করা যেতে পারে।

ধরা যাক, তারের আদি দৈর্ঘ্য L এবং ব্যাসার্ধ r । বাহ্যিক বলের প্রভাবে এর দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি ΔL এবং ব্যাসার্ধের হ্রাস Δr হলে

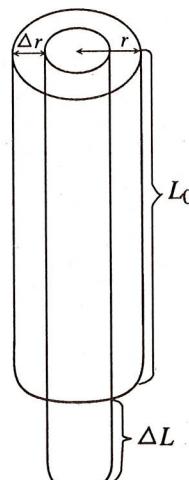
$$\text{দৈর্ঘ্য বিকৃতি} = \frac{\Delta L}{L_0}$$

$$\text{পার্শ্ব বিকৃতি} = \frac{\Delta r}{r}$$

$$\therefore \sigma = -\frac{\frac{\Delta r}{r}}{\frac{\Delta L}{L_0}} = -\frac{\Delta r L_0}{r \Delta L} \quad \dots \quad (7.14)$$

এখানে খণ্ডিক চিহ্ন দ্বারা বোঝানো হচ্ছে যে, ΔL ধনাত্মক হলে Δr খণ্ডিক হবে এবং ΔL খণ্ডিক হলে Δr ধনাত্মক হবে। অর্থাৎ বল প্রয়োগে দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি পেলে ব্যাসার্ধ হ্রাস পাবে আর দৈর্ঘ্য হ্রাস পেলে ব্যাসার্ধ বৃদ্ধি পাবে।

মাত্রা ও একক : বিকৃতি একই জাতীয় দুটি রাশির অনুপাত বলে বিকৃতির মাত্রা ও একক নেই। পয়সনের অনুপাত দুটি বিকৃতির অনুপাত বলে পয়সনের অনুপাতের কোনো মাত্রা ও একক নেই।



চিত্র : ৭.১২

তাৎপৰ্য : অ্যালুমিনিয়ামের পয়সনের অনুপাত 0.35 বলতে বোৰায় অ্যালুমিনিয়ামের দৈৰ্ঘ্য বৰাবৰ স্থিতিস্থাপক সীমাৰ মধ্যে বল প্ৰয়োগ কৰলে পাৰ্শ্ব বিকৃতি ও দৈৰ্ঘ্য বিকৃতিৰ অনুপাত সব সময় 0.35 হয়।

তাৎক্ষণ্যভাৱে দেখানো যায় যে, পয়সনেৰ অনুপাতেৰ মান -1 এৰ চেয়ে কম এবং $+\frac{1}{2}$ এৰ চেয়ে বেশি হতে পাৰে না, অৰ্থাৎ $-1 \leq \sigma \leq \frac{1}{2}$ । বাস্তবে পয়সনেৰ অনুপাত কেবলমাত্ৰ তখনই খণ্ডাক হওয়া সম্ভব যখন দৈৰ্ঘ্য প্ৰসাৱণেৰ ফলে বস্তুৰ ব্যাস বৃদ্ধি পায় অৰ্থাৎ পাৰ্শ্বীয় প্ৰসাৱণ ঘটে। কিন্তু বাস্তবে তা অসম্ভব তাই ব্যবহাৱিক ক্ষেত্ৰে পয়সনেৰ অনুপাতেৰ মান খণ্ডাক হওয়া সম্ভব নয়। বেশিৰ ভাগ ধাতব পদাৰ্থেৰ ক্ষেত্ৰে এ মান সাধাৱণত 0.3 হয়ে থাকে। ধাতব পদাৰ্থেৰ ক্ষেত্ৰে তাই পয়সনেৰ অনুপাতেৰ সীমা ধৰা হয় $0 \leq \sigma \leq \frac{1}{2}$ ।

৭.১১। ইস্পাত রবাৱেৰ চেয়ে বেশি স্থিতিস্থাপক

Steel is more Elastic than Rubber

এক টুকুৱো রবাৱেৰ ফিতে টানলে সহজেই বেড়ে যায়, কিন্তু একটি ইস্পাতেৰ তাৰ টানলে তা সহজে বাঢ়ে না। একই প্ৰস্থচ্ছেদেৰ ক্ষেত্ৰফল ও দৈৰ্ঘ্যবিশিষ্ট দুটি ভিন্ন বস্তুৰ মধ্যে যে বস্তুতে যত বেশি প্ৰতিৱেধ বলেৰ সৃষ্টি হয় সেই বস্তুৰ স্থিতিস্থাপকতা তত বেশি। প্ৰতিৱেধ বল প্ৰযুক্ত বলেৰ সমান বলে নিৰ্দিষ্ট বিকৃতি সৃষ্টি কৰতে যে বস্তুতে যত বেশি বল প্ৰয়োগ কৰতে হয় তাকে তত বেশি স্থিতিস্থাপক বলা হয়। এ হিসাবে দেখা যায় যে, একই দৈৰ্ঘ্য ও প্ৰস্থচ্ছেদেৰ ক্ষেত্ৰফল বিশিষ্ট রবাৱ ও ইস্পাতেৰ তাৰে সমান দৈৰ্ঘ্য বৃদ্ধি কৰতে রবাৱেৰ তুলনায় ইস্পাতেৰ তাৰে বল প্ৰয়োগ কৰতে হয় অনেক বেশি। এজন্য রবাৱেৰ তুলনায় ইস্পাতেৰ স্থিতিস্থাপকতা অনেক বেশি।

স্থিতিস্থাপক গুণাঙ্ক ও পয়সনেৰ অনুপাতেৰ তালিকা

	পদাৰ্থ	ইয়ং গুণাঙ্ক 10^{10} N m^{-2}	আয়তন গুণাঙ্ক 10^{10} N m^{-2}	দৃঢ়তাৰ গুণাঙ্ক 10^{10} N m^{-2}	পয়সনেৰ অনুপাত
১.	ইস্পাত	20	17	8.4	0.33
২.	লোহা (পেটা)	20	17	8.0	0.28
৩.	নিকেল	20	16	7.9	0.31
৪.	তামা	13	14	4.8	0.34
৫.	লোহা (চালাই)	11.5	90	4.6	0.24
৬.	পিতল (60% তামা)	10	11	3.5	0.33
৭.	অ্যালুমিনিয়াম	7.0	7.7	2.6	0.35
৮.	কাচ	6.0	3.7	3.1	0.18—0.3
৯.	সীসা	1.6	4.6	0.56	0.44
১০.	পারদ		2.8		
১১.	হিসারিন		0.40		
১২.	পানি		0.21		
১৩.	পেট্ৰোলিয়াম		0.14		
১৪.	ইথাইল অ্যালকোহল		0.11		

সম্প্রসারিত কর্মকাণ্ড

তারের সম্প্রসারণে কৃতকাজ বা স্থিতিস্থাপক বিভব শক্তির রাশিমালা বের কর।

বাইরে থেকে বল প্রয়োগ করে কোনো বস্তুকে বিকৃত করলে কিছু কাজ করতে হয় এবং ঐ কাজ বস্তুতে বিভব শক্তির পেশ সঞ্চিত থাকে। আবার বাহ্যিক বল অপসারিত হলে বস্তু তার আগের আকার ফিরে পায় এবং ঐ শক্তি তাপশক্তিতে রূপান্তরিত হয়।

মোট কৃতকাজ বা বিভব বা স্থিতি শক্তি

ধরা যাক, L দৈর্ঘ্য ও A প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফলবিশিষ্ট একটি তারকে দৃঢ় অবলম্বন থেকে ঝুলানো হয়েছে। মনে করি, এই তারে F বল প্রয়োগ করার ফলে এর দৈর্ঘ্য dl পরিমাণ বৃদ্ধি পেল। সুতরাং

তারে সঞ্চিত বিভব শক্তির পরিবর্তন বা কৃতকাজ হবে = বল \times দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি

$$\therefore \text{কৃতকাজ } dW = F dl$$

এই সমীকরণকে $l = 0$ থেকে $l = l$ এই সীমার মধ্যে সমাকলন করে সঞ্চিত মোট বিভব শক্তি বা কৃতকাজ পাই,

$$W = \int_0^l F dl \quad \dots \quad \dots \quad (7.15)$$

যেহেতু গুণাঙ্ক থেকে আমরা জানি যে,

$$Y = \frac{FL}{Al}$$

যেখানে L তারের মোট দৈর্ঘ্য, A প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল এবং l দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি, F বল।

$$\therefore F = \frac{YAl}{L}$$

এখন (7.15) সমীকরণে F এর মান বসালে,

$$\begin{aligned} W &= \int_0^l \frac{YAl}{L} dl = \frac{YA}{L} \int_0^l ld l = \frac{YA}{L} \left[\frac{l^2}{2} \right]_0^l \\ &= \frac{YA}{L} \frac{l^2}{2} \\ \therefore W &= \frac{1}{2} \frac{YAl^2}{L} \quad \dots \quad (7.16) \end{aligned}$$

এই কাজই তারের মধ্যে স্থিতিস্থাপক বিভব হিসেবে সঞ্চিত থাকে।

একক আয়তনে সঞ্চিত বিভব শক্তি

কিন্তু তারের মোট আয়তন, V = প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল \times দৈর্ঘ্য = AL

$$\begin{aligned} \therefore \text{একক আয়তনে সঞ্চিত বিভব শক্তি বা কৃতকাজ } U &= \frac{W}{V} \\ &= \frac{1}{2} \frac{YAl^2}{L} / AL \\ &= \frac{1}{2} \frac{Yl}{L} \frac{l}{L} = \frac{1}{2} \frac{Yl^2}{L^2} \quad \dots \quad (7.17) \end{aligned}$$

$$\therefore U = \frac{1}{2} \text{পীড়ন} \times \text{বিকৃতি}$$

$$\text{কারণ } \text{পীড়ন} = \frac{F}{A} = \frac{Yl}{L} \text{ এবং } \text{বিকৃতি} = \frac{l}{L}.$$

৭.১২। ব্যবহারিক Practical ইয়ং গুণাঙ্ক নির্ণয়

ভার্নিয়ার যন্ত্রের বর্ণনা : যে পদার্থের ইয়ং গুণাঙ্ক নির্ণয় করতে হবে সেই পদার্থের একই বাসের দুটি তার AB ও CD -কে একটি দৃঢ় অবলম্বন থেকে ঝুলানো হলো (চিত্র : ৭.১৩)। AB পরীক্ষাধীন তার এবং CD সহায়ক তার। CD তারের সাথে মিলিমিটারে দাগাঙ্কিত একটি প্রধান ক্লে এবং AB তারের সাথে একটি ভার্নিয়ার ক্লে এমনভাবে আটকানো আছে যাতে ভার্নিয়ার ক্লেটি প্রধান ক্লের গা বেয়ে বাধাইনভাবে ওঠা-নামা করতে পারে। CD তারের ক্লেলের নিচে একটি ছুক লাগানো আছে। এ ছুকের সাথে একটি ওজন ঝুলিয়ে CD তারটি টান টান করে রাখা হয়। AB তারের ছুকেও একটি স্থির ওজন (dead load) চাপিয়ে একে টান টান করে রাখা হয়।

পরীক্ষণের নাম	ভার্নিয়ার পদ্ধতিতে তারের উপাদানের ইয়ং
পরিয়ড : ২	গুণাঙ্ক নির্ণয়

মূল তত্ত্ব : স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে বস্তুর দৈর্ঘ্য পীড়ন ও দৈর্ঘ্য বিকৃতির অনুপাত একটি ফ্রেসৎখ্য। এ ফ্রেসৎখ্যকে বস্তুর উপাদানের ইয়ং গুণাঙ্ক Y বলে।

$$\text{আমরা জানি, } Y = \frac{F/A}{L} = \frac{FL}{Al} \quad \dots \quad (1)$$

এখানে, F = প্রযুক্ত বল, L = তারের আদি দৈর্ঘ্য, A = তারের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল এবং l = দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি।

যদি তারের মুক্তপ্রাণ্তে M ভর ঝুলানো হয় এবং অভিকর্ষীয় ত্বরণ g হয়, তাহলে প্রযুক্ত বল, $F = Mg$ । আবার তারটি যদি বৃত্তাকার প্রস্থচ্ছেদ বিশিষ্ট হয় এবং তারের ব্যাসার্ধ যদি r হয় তাহলে প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল, $A = \pi r^2$ ।

$$\text{সেক্ষেত্রে, } Y = \frac{MgL}{\pi r^2 l} \quad \dots \quad (2)$$

(2) সমীকরণের ডান দিকের রাশিগুলোর মান বসিয়ে Y নির্ণয় করা হয়।

যন্ত্রপাতি

ভার্নিয়ারের পদ্ধতিতে ইয়ং গুণাঙ্ক নির্ণয়ের যন্ত্র, স্ক্রু গেজ, মিটার ক্লে, প্রয়োজনীয় ভর।

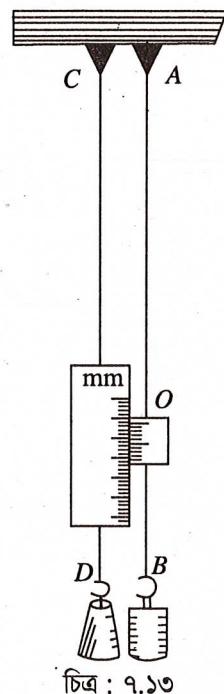
কাজের ধারা

১। একটি মিটার ক্লেলের সাহায্যে পরীক্ষাধীন তারের ঝুলন বিন্দু থেকে ভার্নিয়ার ক্লেলের শূন্য দাগ পর্যন্ত দৈর্ঘ্য L পরিমাপ করা হয়।

২। প্রথমে ভার্নিয়ার ফ্রেক নির্ণয় করে প্রধান ক্লে পাঠ ও ভার্নিয়ার ক্লে পাঠ দেখে নেওয়া হয়। এটি হচ্ছে আদি পাঠ।

৩। AB তারের ছুকে $\frac{1}{2} \text{ kg}$ ভর ঝুলানো হয়। ফলে AB তারের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি হওয়ায় ভার্নিয়ার ক্লেটি নিচে নেমে যায়। এ অবস্থায় প্রধান ক্লে পাঠ ও ভার্নিয়ার ক্লে পাঠ দেখে নেওয়া হয়। এ পাঠ ও আদি পাঠের পার্থক্যই $\frac{1}{2} \text{ kg}$ ভরের জন্য দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি।

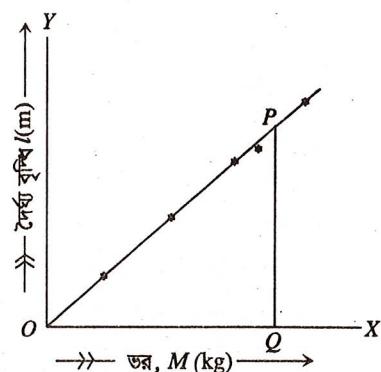
৪। এভাবে ক্রমাগতে $\frac{1}{2} \text{ kg}$ করে ভর বৃদ্ধি করে প্রতি ক্লেটে প্রধান ক্লে ও ভার্নিয়ার ক্লেলের পাঠ নেওয়া হয়। প্রতিবারই প্রাপ্ত পাঠ থেকে আদি পাঠ বিয়োগ করে প্রদত্ত মোট ভরের জন্য দৈর্ঘ্যবৃদ্ধি নির্ণয় করা হলো।



চিত্র : ৭.১৩

৫। এরপর একটি একটি করে $\frac{1}{2}$ kg ভর নামিয়ে প্রত্যেকবার পাঠ নেওয়া হয়। এতে করে দৈর্ঘ্য হ্রাস পাবে। ফলে প্রত্যেক ভরের জন্য দুটি করে পাঠ পাওয়া যাবে। একটি ভর বৃদ্ধির সময় এবং অন্যটি ভর হ্রাসের সময়। এ দুই পাঠের গড় থেকে সংশ্লিষ্ট ভরের জন্য দৈর্ঘ্য সম্প্রসারণ পাওয়া যাবে।

৬। এবার X -অক্ষ বরাবর তর M এবং Y -অক্ষ বরাবর দৈর্ঘ্যবৃদ্ধি l নিয়ে লেখচিত্র অঙ্কন করলে মূল বিন্দুগামী সরল রেখা পাওয়া যাবে। (চিত্র : ৭.১৪) এ লেখের উপর যেকোনো একটি বিন্দু P নেওয়া হয়। P থেকে OX রেখার উপর PQ লম্ব টানলে $OQ = M$ ভরের জন্য $PQ = l$ দৈর্ঘ্য বজায় পাওয়া যায়।



চিত্র : ১.১৮

ପ୍ରୟବେକ୍ଷଣ ଓ ସମ୍ବିଦ୍ଧାନ

১. ক্লু গেজের লঘিষ্ঠ গণন, $L.C. = \dots\dots\dots\dots\dots$ m
 ২. তারের আদি দৈর্ঘ্য, $L = \dots\dots\dots\dots\dots$ m
 ৩. অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = \dots\dots\dots\dots\dots$ m s^{-2}
 ৪. আদি পাঠ, $R_0 =$ অধান ক্ষেল পাঠ + ভার্নিয়ার ক্ষেল পাঠ = $\dots\dots\dots\dots\dots$ m

ତାରେର ସାମାଧି ନିର୍ଣ୍ଣୟର ଛକ

ତାରେର ଦୈର୍ଘ୍ୟବୃଦ୍ଧି ନିର୍ଣ୍ଣୟର ଛକ

হিসাব :

$$Y = \frac{MgL}{\pi r^2 l} = \dots\dots\dots\dots\dots N m^{-2}$$

ফলাফল :

$$Y = \dots\dots\dots\dots\dots N m^{-2}$$

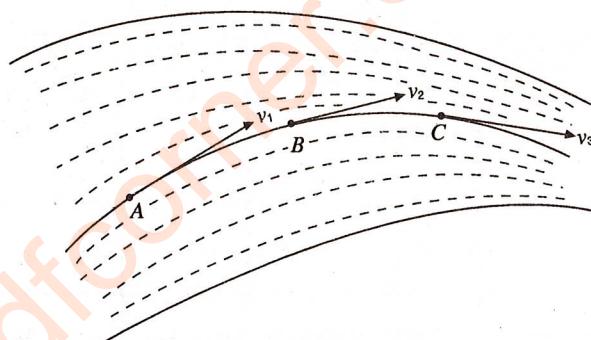
সর্তকর্তা :

- ১। তার দুটি একই পদার্থের এবং একই দৈর্ঘ্যের হওয়া প্রয়োজন।
- ২। প্রথমে কিছু ভর চাপিয়ে তার দুটিকে টান টান করে নিতে হয়।
- ৩। পরীক্ষণীয় তারের ব্যাস নির্গয়ের সময় একই সাথে সোজা এবং আড়াআড়ি এই দুভাবে পাঠ নেওয়া হয়।
- ৪। পিছট ক্রটি পরিহার করে স্কু গেজকে একই দিকে ঘুরিয়ে পাঠ নেওয়া হয়।
- ৫। অসহ ওজনের অর্দেকের বেশি ওজন চাপানো হয় না।

৭.১৩। প্রবাহীর প্রবাহ

Flow of Fluids

যে সকল পদার্থ প্রবাহিত হয় তাদের প্রবাহী পদার্থ বা ফ্লুয়িড (fluid) বলে। তরল পদার্থ ও গ্যাসকে একত্রে বলা হয় প্রবাহী।



চিত্র ৭.১৫ ক : ধারারেখ বা শান্ত প্রবাহ।

স্রোতরেখ বা ধারারেখ প্রবাহ (Streamline flow)

মনে করা যাক, ABC পথ বরাবর কোনো তরল পদার্থ প্রবাহিত হচ্ছে (চিত্র : ৭.১৫ক)। ধরা যাক যে, তরল পদার্থের কোনো কণা \vec{v}_1 , \vec{v}_2 এবং \vec{v}_3 বেগ নিয়ে যথাক্রমে A , B ও C বিন্দু অতিক্রম করছে। প্রবাহটি যদি ধারারেখ হয় তাহলে কোনো নতুন কণা A বিন্দুতে পৌছালে এর বেগ \vec{v}_1 এর সমান হবে। এ বেগের অভিমুখ হবে A বিন্দুতে অক্ষিত ABC পথের স্পর্শকের অভিমুখে। কোনো কণা B তে পৌছালে এর বেগ হবে \vec{v}_2 । এই বেগ \vec{v}_1 এর সমান হতে পারে আবার নাও হতে পারে। একইভাবে C বিন্দু অতিক্রমকারী সকল কণার বেগ হবে \vec{v}_3 । সূতরাং বলা যায় যে, প্রবাহিত হওয়ার সময় তরল পদার্থের সকল কণা যদি একই বেগ নিয়ে এর অঘবর্তী কণার পথ অনুসরণ করে তাহলে সে প্রবাহকে ধারারেখ প্রবাহ বা স্রোতরেখ প্রবাহ বা শান্ত প্রবাহ বলে। ধারারেখ প্রবাহের বেলায় কোনো নির্দিষ্ট বিন্দু অতিক্রমকারী সকল কণার ঐ বিন্দুতে বেগ একই বা সমান থাকে। কিন্তু কণাগুলোর বেগ এদের পথের বিভিন্ন বিন্দুতে পৃথক হতে পারে আবার নাও হতে পারে। ধারারেখ হলে গতিপথের যেকোনো বিন্দুতে অক্ষিত স্পর্শক ঐ বিন্দুতে তরলের প্রবাহের অভিমুখ বা দিক নির্দেশ করে। ধারারেখ সরল বা বক্র হতে পারে।

একগুচ্ছ ধারা রেখকে একত্রে প্রবাহ নল বা প্রবাহ বলে।

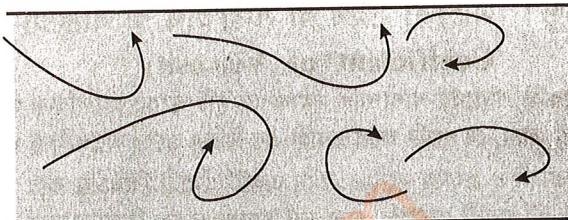
বিক্ষিপ্ত প্রবাহ (Turbulent flow)

এটা দেখা গেছে যে, কোনো তরল পদার্থ ধারারেখ প্রবাহিত হয় যদি এর বেগ ত্রাস্তি বেগ নামক একটি সীমান্তিক বেগের চেয়ে কম হয়। কোনো তরল পদার্থের বেগ যদি এর ত্রাস্তি বেগের চেয়ে বেশি হয় তাহলে তরল পদার্থের কণার পথ ও বেগ প্রতিনিয়ত এলোমেলোভাবে পরিবর্তিত হয় ফলে কণাগুলো আঁকাবাঁকা পথে প্রবাহিত হয়। এতে প্রবাহী এর সকল নিয়মানুবর্তিতা হারিয়ে ফেলে। এ ধরনের প্রবাহকে বিক্ষিপ্ত বা অনিয়ত বা অশান্ত প্রবাহ বলে (চিত্র: ৭.১৫খ)। এ ধরনের গতিতে যেকোনো বিন্দুতে তরল পদার্থের কণার বেগের মান ও দিক উভয়ই সময়ের সাথে পরিবর্তিত হয়।

অধ্যাপক অসবৰ্ন রেনল্ডস (Prof. Osborne Reynolds) সর্বপ্রথম প্রমাণ করেন যে, কোনো তরলের ত্রাস্তিবেগ নির্ভর করে তরলের সান্দ্রতাক্ষ (η), তরলের ঘনত্ব (ρ) এবং যে নল দিয়ে তরল প্রবাহিত হচ্ছে তার ব্যাসার্ধের (r) উপর। তিনি হিসাব করে দেখান যে,

$$\text{ত্রাস্তিবেগ}, v_c \propto \frac{\eta}{\rho r}$$

$$\text{বা}, v_c = R_e \frac{\eta}{\rho r} \dots \quad (7.18)$$



চিত্র ৭.১৫খ : বিক্ষিপ্ত বা অশান্ত প্রবাহ

এখানে, R_e = রেনল্ডস-এর সংখ্যা = একটি প্রশংসক। এই প্রশংসকের মানের উপর নির্ভর করে তরলের প্রবাহ ধারারেখ প্রবাহ হবে না বিক্ষিপ্ত প্রবাহ হবে। $R_e < 2000$ হলে অর্থাৎ রেনল্ডস-এর সংখ্যা 2000-এর কম হলে তরল প্রবাহ ধারারেখ প্রবাহ হবে। আর R_e এর মান 2000 থেকে 3000 এর মধ্যে হলে বুবতে হবে তরল প্রবাহ ধারারেখ থেকে বিক্ষিপ্ত প্রবাহে রূপান্তরিত হচ্ছে। R_e এর মান 3000 এর উপরে হলে প্রবাহ পুরোপুরি বিক্ষিপ্ত প্রবাহে পরিণত হবে।

৭.১৪। সান্দ্রতা

Viscosity

আমরা জানি, যে সকল পদার্থ প্রবাহিত হয় তাদের প্রবাহী পদার্থ বলে। কোনো প্রবাহী প্রবাহিত হওয়ার ক্ষেত্রে কেমন বাধাগ্রস্ত বা রোধী (resistive) তার পরিমাপই হলো ঐ পদার্থের সান্দ্রতা। প্রবাহিত হওয়ার ক্ষেত্রে মধু পানির চেয়ে বেশি রোধী তাই মধু পানির তুলনায় অধিক সান্দ্র। প্রবাহীর সান্দ্রতা দুটি কঠিন পদার্থের মধ্যবর্তী ঘর্ষণের সদৃশ। প্রবাহীর নির্দিষ্ট কোনো আকার নেই। কারণ তাদের আন্তঃআণবিক বল খুবই নগণ্য। কোনো অনুভূমিক তলের উপর দিয়ে প্রবাহিত কোনো প্রবাহীকে কতগুলো স্তরে স্তরে বিভক্ত বলে কল্পনা করলে তল সংলগ্ন স্তরটি তলের সাপেক্ষে স্থির থাকে বাকি স্তরগুলো থাকে গতিশীল। তল থেকে যে স্তরের দূরত্ব যত বেশি সে স্তরের আপেক্ষিক বেগ তত বেশি।

প্রবাহের সময় প্রবাহীর একটি স্তর এর সন্নিহিত স্তরের সাথে ঘর্ষণের সৃষ্টি করে এবং এ স্তরের আপেক্ষিক গতিকে বাধা দেয়। তাতে বিভিন্ন স্তর বিভিন্ন বেগে প্রবাহিত হয়। প্রবাহীর এ বিভিন্ন স্তরের ঘর্ষণকেই সান্দ্রতা বলা হয়।

সংজ্ঞা : যে ধর্মের দরূরুন কোনো প্রবাহীর বিভিন্ন স্তরের আপেক্ষিক গতিতে বাধার সৃষ্টি হয় তাকে এই প্রবাহীর সান্দ্রতা বলে।

৭.১৫। ঘর্ষণ ও সান্দ্রতা

Friction and Viscosity

ঘর্ষণ যেমন দুটি কঠিন পদার্থের অপেক্ষিক গতিকে বাধা দেয়, সান্দ্রতা তেমনি প্রবাহীর দুটি স্তরের আপেক্ষিক গতিতে বাধা দেয় এবং গতি ব্যাহত করতে চেষ্টা করে। সান্দ্রতাকে তাই অস্তু ঘর্ষণও বলা হয়। স্থির প্রবাহীর বেলায় সান্দ্রতা বল

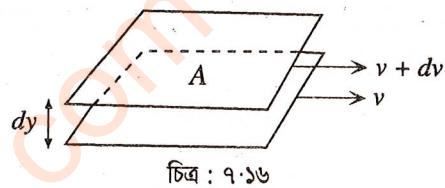
ক্রিয়া করে না, প্রবাহী গতিশীল হলেই সান্ততা বল ক্রিয়া করে। ঘর্ষণ বল ও সান্ততা বলের মধ্যে পার্থক্য হলো ঘর্ষণ বলের মান স্পর্শতলের ক্ষেত্রফলের উপর নির্ভর করে না, সান্ততা বলের মান প্রবাহীর স্তরদ্বয়ের ক্ষেত্রফলের উপর নির্ভর করে। এ ছাড়াও, সান্ততা বল প্রবাহীর স্তরদ্বয়ের বেগ ও স্থির তল থেকে এর দূরত্বের উপর নির্ভর করে। বিভিন্ন তরলের সান্ততা বিভিন্ন রকম। তেল, দুধ ও আলকাতরার মধ্যে আলকাতরার সান্ততা সবচেয়ে বেশি; আমরা পূর্বেই বলেছি পানির তুলনায় মধুর সান্ততা বেশি।

৭.১৬। সান্ততা সহগ বা সান্ততাঙ্ক বা সান্ততা গুণাঙ্ক

Coefficient of Viscosity

প্রবাহী পদার্থের পাশাপাশি সমান্তরাল দুটি স্তরের আপেক্ষিক গতির দরকান স্ট্র ঘর্ষণ বলের জন্য সান্ত প্রভাব দেখা দেয়। আমরা জানি, যে ধর্মের ফলে প্রবাহী এর বিভিন্ন স্তরের আপেক্ষিক গতিকে বাধা দেয় তাকে ঐ প্রবাহীর সান্ততা বলে।

স্তরায়িত প্রবাহে রয়েছে এমন একটি প্রবাহী বিবেচনা করা যাক। এই প্রবাহী পদার্থের এমন দুটি সমান্তরাল স্তর বিবেচনা করা যাক, যাদের প্রত্যেকের ক্ষেত্রফল A এবং এরা পরস্পর থেকে dy দূরত্বে রয়েছে (চিত্র : ৭.১৬)। এই স্তর দুটির বেগ যথাক্রমে v এবং $v + dv$ । তাহলে দূরত্বের সাপেক্ষে বেগের অন্তরক হলো $\frac{dv}{dy}$ । একে বেগের নতি (velocity gradient) বলে।



চিত্র : ৭.১৬

প্রবাহী স্তর দুটির মধ্যে বেগের পার্থক্য থাকায় প্রবাহীর সান্ততার জন্য তাদের মধ্যে প্রবাহের বিপরীত দিকে একটি বল ক্রিয়া করে। এ বলের মান সম্পর্কে নিউটন একটি সূত্র দিয়েছেন। এটি সান্ততা সংক্রান্ত নিউটনের সূত্র নামে পরিচিত।

নিউটনের সূত্র : প্রবাহীর দুটি স্তরের মধ্যে আপেক্ষিক বেগ থাকলে প্রবাহের বিপরীত দিকে যে স্পর্শকীয় সান্ত বল ক্রিয়া করে নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় তার মান (F) প্রবাহীর স্তরদ্বয়ের ক্ষেত্রফল (A) এবং তাদের মধ্যকার বেগের নতি $(\frac{dv}{dy})$ -এর সমানুপাতিক।

$$\text{অর্থাৎ } F \propto A \frac{dv}{dy}$$

$$\text{বা, } F = \eta A \frac{dv}{dy}$$

... (7.19)

এখানে η হলো একটি সমানুপাতিক ধ্রুবক। এর মান প্রবাহীর প্রকৃতি এবং তাপমাত্রার উপর নির্ভর করে। একে নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় প্রবাহীর সান্ততা গুণাঙ্ক বা সান্ততা সহগ বলা হয়।

$$(7.19) \text{ সমীকরণ থেকে দেখা যায় যে, } A = 1 \text{ একক এবং } \frac{dv}{dy} = 1 \text{ একক হলে}$$

$$F = \eta \times 1 \times 1$$

$$\text{অর্থাৎ } \eta = F \text{ হয়। এ থেকে বলা যায় যে,$$

সংজ্ঞা : নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় প্রবাহীর দুটি স্তরের মধ্যে বেগের নতি একক রাখতে (অর্থাৎ একক দূরত্বে অবস্থিত দুটি স্তরের মধ্যে একক আপেক্ষিক বেগ বজায় রাখতে) প্রবাহী স্তরের প্রতি একক ক্ষেত্রফলে যে স্পর্শকীয় বলের প্রয়োজন হয় তাকে ঐ তাপমাত্রায় ঐ প্রবাহীর সান্ততা গুণাঙ্ক বা সান্ততা সহগ বলে।

সান্ততা সহগ প্রবাহীর সান্ততার পরিমাপ বিশেষ। কোনো প্রবাহীর সান্ততা সহগ বলতে প্রবাহীটি যে সান্ত প্রভাব প্রদর্শন করে তার পরিমাপকে বোঝায়। সান্ততা সহগ যত বেশি প্রবাহীটি তত সান্ত। কম্ফ তাপমাত্রায় পিসারিনের সান্ততা সহগ পানির চেয়ে 10^3 গুণ বেশি। নিউটনের সূত্র তথা (7.19) সমীকরণ সকল গ্যাসের জন্য এবং অনেক তরলের জন্য খাটে। যে সব তরলের জন্য এই সূত্র খাটে তাদের বলা হয় নিউটনীয় তরল। পানি একটি নিউটনীয় তরল। অ-নিউটনীয় তরলের

জন্য η এর কোনো ধ্রুব মান নেই। অক্তৃপক্ষে, এসব তরলের সান্দ্রতা সহগ নেই। এরকম একটি তরল হলো তেল রং (oil paint)।

η এর মাত্রা ও একক

(7.19) সমীকরণ থেকে দেখা যায়,

$$\eta = \frac{F}{A \frac{dv}{dy}}$$

$$\text{বা, } \eta = \frac{\text{বল}}{\text{ক্ষেত্রফল} \times \frac{\text{বেগ}}{\text{দূরত্ব}}}$$

সুতরাং η এর মাত্রা হবে উপরিউক্ত সমীকরণের ডানপাশের রাশিগুলোর মাত্রা অর্থাৎ

$$[\eta] = \frac{MLT^{-2}}{L^2 LT^{-1}} = ML^{-1} T^{-1}$$

(7.19) সমীকরণ থেকে পুনরায় পাওয়া যায়,

$$\eta = \frac{F}{A \frac{dv}{dy}}$$

এই সমীকরণের ডানপাশের রাশিগুলোর একক বসালে η এর এস আই একক পাওয়া যায়। এ একক হলো

$$\frac{N}{m^2 \frac{m s^{-1}}{m}}$$

অর্থাৎ $N s m^{-2}$ বা, Pas

বিজ্ঞানী পয়সুলীর নামানুসারে সান্দ্রতাকের আর একটি একক হচ্ছে পয়েস (poise) $1 N s m^{-2} = 10$ poise।

তাপর্য : পানির সান্দ্রতা সহগ $10^{-3} N s m^{-2}$ বলতে বোঝায় $1 m^2$ ক্ষেত্রফলবিশিষ্ট পানির দুটি স্তর পরম্পর থেকে $1 m$ দূরত্বে অবস্থিত হলে এদের তেতর $1 m s^{-1}$ আপেক্ষিক বেগ বজায় রাখতে $10^{-3} N$ বলের প্রয়োজন হয়।

তাপমাত্রা, চাপ ও সান্দ্রতা

তরল ও বায়বীয় পদার্থের সান্দ্রতার উপর তাপমাত্রা ও চাপ উভয়ের প্রভাবে ভিন্নতা রয়েছে। তাই আমরা তরল ও গ্যাসের জন্য তাপমাত্রার প্রভাব বা চাপের প্রভাব পৃথক পৃথকভাবে আলোচনা করব।

সান্দ্রতার উপর তাপমাত্রার প্রভাব

(ক) তরলের সান্দ্রতা : বিভিন্ন পরীক্ষা থেকে তরলের সান্দ্রতার উপর তাপমাত্রার প্রভাব পাওয়া যায়। দেখা গেছে যে, $10^\circ C$ তাপমাত্রায় পানির সান্দ্রতা সহগের যে মান পাওয়া যায়, $80^\circ C$ তাপমাত্রায় সে মান হয় এক-তৃতীয়াংশ। কিন্তু তরলের সান্দ্রতা সহগের সাথে তাপমাত্রার সম্পর্কে কোনো সঠিক সূত্র পাওয়া যায়নি। বিভিন্ন বিজ্ঞানী বিভিন্ন সূত্রে দিয়েছেন।

তাপমাত্রার সাথে সান্দ্রতা সহগের সম্পর্কসূচক একটি সমীকরণ হলো :

$$\log \eta = A + \frac{B}{T} \quad \dots \quad \dots \quad (7.20)$$

এখানে η হলো তরলের সান্দ্রতা সহগ, T তরলের কেলভিন তাপমাত্রা এবং A ও B ধ্রুবক।

(খ) গ্যাসের সান্দ্রতা : তাপমাত্রা বৃদ্ধির সাথে সাথে গ্যাসের সান্দ্রতা বৃদ্ধি পায়। গ্যাসের সান্দ্রতা সহগ তার কেলভিন তাপমাত্রার বর্গমূলের সমানুপাতিক।

$$\therefore \eta \propto \sqrt{T} \quad \dots \quad (7.21)$$

তাপমাত্রা বৃদ্ধি : তরল ও গ্যাসের সান্দ্রতা হ্রাস বৃদ্ধির বৈপরীত্য

আমরা জানি যে, তাপমাত্রা বৃদ্ধির সাথে তরলের সান্দ্রতা হ্রাস পায়। 10°C তাপমাত্রায় পানির যে সান্দ্রতা 80°C তাপমাত্রায় তা কমে এক-তৃতীয়াংশ হয়ে যায়; কিন্তু অপরদিকে তাপমাত্রা বৃদ্ধির সাথে গ্যাসের সান্দ্রতা বৃদ্ধি পায়। কেন এই বৈপরীত্য?

আমরা জানি যে, তরল ও গ্যাস উভয়ই অণু দিয়ে গড়। আণবিক তত্ত্ব থেকে আমরা তাই তরল ও গ্যাসের সান্দ্রতা বৃদ্ধি ও হ্রাসের বৈপরীত্য ব্যাখ্যা করতে পারি।

তাপমাত্রা বৃদ্ধি পেলে তরলের অণুগুলো তাপ থেকে শক্তি গ্রহণ করে বেশি শক্তি পায় এবং এদের গতি বেড়ে যায়। এতে অণুগুলোর গড় মুক্ত পথ বৃদ্ধি পায় ফলে এদের মধ্যে ঘর্ষণ কম হয়। গড় মুক্ত পথ বৃদ্ধির ফলে তরলের স্তরের আপেক্ষিক বাধা কমে যায়। ফলে তরলের সান্দ্রতা হ্রাস পায়।

অপরদিকে গ্যাসের অণুগুলো থাকে তরলের তুলনায় অনেক আলগাভাবে বাঁধা। এরা সব সময় এলোমেলো গতিতে থাকে। তাপমাত্রা বৃদ্ধির ফলে এদের ইতস্তত গতি অত্যন্ত বেড়ে যায়। ধীর গতির স্তরের কিছু অণু দ্রুত গতির স্তরে যায়। ফলে দ্রুতগতি স্তরের অণুগুলোর গড় দ্রুতি হ্রাস পায়। আবার এই ইতস্তত গতির ফলে দ্রুত গতি স্তরের কিছু অণু ধীর গতির স্তরে চলে যায়। এতে ধীর গতি স্তরের অণুগুলোর গড় দ্রুতি বৃদ্ধি পায়। এর ফলে দুই স্তরের মধ্যকার আপেক্ষিক গতি হ্রাস পায় তথা সান্দ্রতা বৃদ্ধি পায়।

সান্দ্রতার উপর চাপের প্রভাব

(ক) তরলের সান্দ্রতা : চাপ বৃদ্ধির সাথে তরলের সান্দ্রতা বৃদ্ধি পায়। খনিজ তেলের ক্ষেত্রে সান্দ্রতার উপর চাপের প্রভাব খুবই লক্ষ্যণীয়।

(খ) গ্যাসের সান্দ্রতা : বিজ্ঞানী ম্যাক্সওয়েল গ্যাসের গতিতন্ত্রের উপর ভিত্তি করে বলেন যে, গ্যাসের সান্দ্রতার উপর চাপের কোনো প্রভাব নেই এবং একথা চাপের বিস্তৃত পাল্লার ক্ষেত্রে প্রযোজ্য। তবে নিম্নচাপের ক্ষেত্রে এর কিছুটা ব্যতিক্রম লক্ষ্য করা যায়।

৭.১৭। স্টোকসের সূত্র

Stokes' Law

কোনো সান্দ্র মাধ্যম (তরল বা গ্যাস) দিয়ে যদি কোনো বস্তু গতিশীল হয় তাহলে এটি এর স্পর্শে থাকা প্রবাহী পদার্থের স্তরগুলোকে টেনে নিয়ে যেতে থাকে। এতে প্রবাহীর বিভিন্ন স্তরের মধ্যে আপেক্ষিক গতির সৃষ্টি হয়। ফলে গতিশীল বস্তুটির উপর একটি সান্দ্র বল কাজ করে। এ বল বস্তুর গতিকে মন্ত্রণ করতে চায়।

স্টোক্স প্রমাণ করেন যে, r ব্যাসার্ধের কোনো গোলক η সান্দ্রতার তরলের ভেতর দিয়ে চলার সময় v বেগ প্রাপ্ত হলে তরলের সান্দ্রতার জন্য গোলকের গতিকে বাধাদানকারী বল F হবে,

$$F = 6 \pi r \eta v \quad \dots \quad (7.22)$$

অর্থাৎ এ বল প্রবাহীর সান্দ্রতাক্ষের সমানুপাতিক, গোলকের বেগের সমানুপাতিক এবং গোলকের ব্যাসার্ধের সমানুপাতিক। এ বল গোলকটি যে দিকে গতিশীল তার বিপরীত দিকে ক্রিয়া করবে। একে স্টোকসের সূত্র বলে।

কোনো বস্তু যদি অভিকর্ষের প্রভাবে কোনো তরলের মধ্য দিয়ে পতিত হয়, তাহলেও স্টোকসের সূত্র (7.22) প্রযোজ্য হয়। তখন η হয় তরলের সান্দ্রতাক্ষ।

উল্লেখযোগ্য যে স্টোকসের সূত্র শুধু অসীম বিস্তৃতির (infinite extent) প্রবাহীর বেলায় খাটে। যদি গোলকটি অত্যন্ত দ্রুত চলতে থাকে এবং এর ফলে প্রবাহীর প্রবাহ স্থোতরেখা গতি না হয় তাহলে এ সূত্র ভালো খাটবে না।

৭.১৮। অন্ত্যবেগ বা প্রাণ্তিক বেগ Terminal Velocity

স্টোক্সের সূত্র থেকে এটা স্পষ্ট যে, কোনো বস্তুর উপর বাধাদানকারী বল এর বেগের সমানুপাতিক। যদি $v = 0$ হয়, $F = 0$ এবং v বাড়লে F বাড়ে। এ থেকে বলা যায় যে, কোনো সান্ত্বিনী দিয়ে যদি কোনো গোলক অভিকর্ষের প্রভাবে পতিত হয় তাহলে আদিতে অভিকর্ষজ ত্বরণের জন্য এর বেগ বৃদ্ধি পেতে থাকে কিন্তু যুগপৎভাবে এর উপর বাধাদানকারী বল F বৃদ্ধি পায় ফলে বস্তুটির নিট ত্বরণ শূন্য হয়। বস্তুটি তখন ধ্রুব বেগ নিয়ে পতিত হতে থাকে। এই বেগকে বলা হয় অন্ত্যবেগ বা প্রাণ্তিক বেগ। যেমন বায়ুর ভিতর দিয়ে শিলার পতন, নদীর বা সমুদ্রের পানিতে ভারী কঠিন বস্তুর পতনে একই ঘটনা ঘটে। এগুলোর পড়ার সময় এক সময় নিট ত্বরণ শূন্য হয় এবং সমবেগে পড়তে থাকে।

অন্ত্য বেগ v এর জন্য আমরা একটি রাশিমালা প্রতিপাদন করতে চাই।

মনে করা যাক, কোনো সান্ত্বিনী তরলের ভেতর একটি গোলক পতিত হচ্ছে (চিত্র : ৭.১৭)। গোলকের উপর ক্রিয়াশীল বল হলো

(ক) নিম্নমুখী বল তথা গোলকের ওজন W

(খ) উর্ধ্বমুখী বল তথা প্লবতা U এবং

(গ) উর্ধ্বমুখী বাধাদানকারী বল তথা সান্ত্বিনী পশ্চাণ্টান F ।

আদিতে নিম্নমুখী বল W উর্ধ্বমুখী বল $U + F$ এর চেয়ে বড়। ফলে গোলকটির নিম্নমুখী ত্বরণ থাকে। গোলকটির বেগ বৃদ্ধির সাথে সান্ত্বিনী পশ্চাণ্টানও বৃদ্ধি পায়, ফলে $U + F$ এক সময় W এর সমান হয়। তখন গোলকটি নিচের দিকে চলতে থাকে এবং এর উপর নিট বল কাজ করে না এবং এর বেগ একটি ধ্রুব সর্বোচ্চ মান লাভ করে, একে বলা হয় অন্ত্য বেগ v ।

এখন

গোলকের ভর m , বাসার্ধ r , আয়তন V এবং উপাদানের ঘনত্ব ρ_s হলে, এর ওজন

$$W = mg = V\rho_s g = \frac{4}{3} \pi r^3 \rho_s g$$

তরলের ঘনত্ব ρ_f হলে, প্লবতা

$U =$ অপসারিত তরলের ওজন

$$= V\rho_f g = \frac{4}{3} \pi r^3 \rho_f g$$

প্রবাহীর সান্ত্বিনী সহগ η হলে, স্টোক্সের সূত্রানুসারে সান্ত্বিনী পশ্চাণ্টান

$$F = 6\pi r \eta v$$

গোলকটি অন্ত্যবেগ প্রাপ্ত হলে

$$F + U = W$$

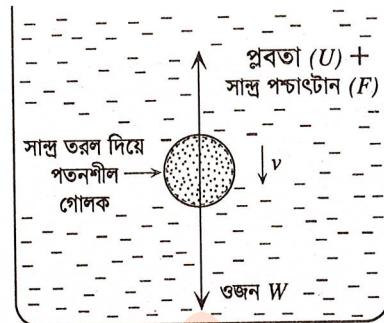
$$\text{বা, } 6\pi r \eta v + \frac{4}{3} \pi r^3 \rho_f g = \frac{4}{3} \pi r^3 \rho_s g$$

$$\text{বা, } 6\pi r \eta v = \frac{4}{3} \pi r^3 g (\rho_s - \rho_f)$$

$$\text{বা, } v = \frac{2r^2 (\rho_s - \rho_f) g}{9\eta} \quad \dots \quad (7.23)$$

অনেক সময় আমরা দেখতে পাই পানির মধ্যে বায়ুর বুদবুদ উপরে ওঠে। এক্ষেত্রে অন্ত্য বেগের সমীকরণ হলো

$$v = \frac{2r^2 (\rho_f - \rho_s) g}{9\eta}$$



চিত্র : ৭.১৭

যেখানে $p_f =$ পানির ঘনত্ব একৎ $p_s =$ বায়ুর বুদবুদের ঘনত্ব

যেহেতু বায়ু বুদবুদের ঘনত্ব p_s পানির ঘনত্বের তুলনায় অনেক কম ($p_s < < p_f$), তাই p_s কে উপেক্ষা করে উপরিউক্ত সমীকরণকে বায়ু বুদবুদের জন্য লেখা যায়,

$$\nu = \frac{2r^2 p_f g}{9\eta} \quad \dots \quad (7.24)$$

সম্প্রসাৰিত কাৰণ : তৰলেৱ চেয়ে হালকা গোলকেৱ জন্য প্ৰাণ্তিক বেগেৱ রাশিমালা নিৰ্ণয় কৰ।

যদি গোলকটিৱ ঘনত্ব p_s তৰলেৱ ঘনত্ব p_f এৰ চেয়ে কম হয় অৰ্থাৎ গোলকটি হালকা হয়, তাহলে সেটি প্ৰবতা U এৰ জন্য নিট উৎৰ্ধৰণীকী বল লাভ কৰবে এবং উপৰে ভেসে উঠবে। এক্ষেত্ৰে সান্দ্ৰ পশ্চাত্তান F নিচেৱ দিকে ক্ৰিয়া কৰবে। ফলে গোলকটি প্ৰাণ্তিক বেগ ν প্ৰাপ্ত হলে,

$$F + W = U$$

$$\text{বা, } 6\pi r\gamma v + \frac{4}{3}\pi r^3 p_s g = \frac{4}{3}\pi r^3 p_f g$$

$$\text{বা, } 6\pi r\gamma v = \frac{4}{3}\pi r^3 (p_f - p_s) g$$

$$\therefore \nu = \frac{2r^2(p_f - p_s) g}{9\eta}$$

৭.১৯। সান্দ্ৰতা সংক্রান্ত ঘটনাবলি

Few Phenomena regarding Viscosity

১। শীতল পানিৰ চেয়ে গৰম পানিৰ গতি দ্রুততর হয়। এৰ কাৰণ তৰলেৱ প্ৰবাহগতি নিৰ্ভৰ কৰে এৰ সান্দ্ৰতা ধৰ্মেৰ উপৰ। যে তৰলেৱ সান্দ্ৰতা যত কম তাৰ দ্রুতি তত বেশি। পানিকে উত্তপ্ত কৰা হলে এৰ সান্দ্ৰতা সহগত্বাস পায়, ফলে এৰ গতি দ্রুততর হয়।

২। অবাধভাৱে পতনশীল বৃষ্টিৰ ফোঁটা পতনেৱ সময় এৰ বেগ বৃদ্ধি পেয়ে উচ্চ বেগ প্ৰাপ্ত হওয়াৰ কথা, কিন্তু তা হয় না। এৰ কাৰণ হলো বৃষ্টিৰ ফোঁটা যখন বায়ুমণ্ডলেৱ ভেতৰ দিয়ে পড়তে থাকে অভিকৰ্মেৱ কাৰণে এৰ বেগ বৃদ্ধি পেতে থাকে এবং সান্দ্ৰতাৰ কাৰণে এৰ উপৰ বায়ুমণ্ডলেৱ বাধাদানকাৰী বলও বৃদ্ধি পেতে থাকে। এক সময় ফোঁটাটিৰ নিট তুৱণ শূন্য হয়। ফোঁটাটি তখন প্ৰবৰ্বেগ নিয়ে পড়তে থাকে। এ বেগকে অন্ত্য বেগ বা প্ৰাণ্তিক বেগ বলে।

সুতৰাৎ অন্ত্য বেগ প্ৰাণ্তিক কাৰণে অবাধভাৱে পতনশীল বৃষ্টিৰ ফোঁটা উচ্চ বেগ প্ৰাপ্ত হয় না।

৭.২০। পৃষ্ঠটান

Surface Tension

পৃষ্ঠটান তৰল পদাৰ্থেৰ একটি ধৰ্ম।

কৰে দেখো : একটি পাত্ৰে পানি নাও। পানি স্থিৰ হলে একটি টিস্যু পেপারেৱ উপৰ একটি সুই বা ৱেড রেখে পানিৰ পৃষ্ঠে সাবধানে রাখো।

টিস্যু পেপার ভিজে পানিতে ডুবে যাবে। কিন্তু সুই বা ৱেড ভেসে থাকবে। পানিৰ পৃষ্ঠে কোনো ৱেড বা সুইকে খুব সাবধানে রাখলে দেখা যায় ৱেড বা সুইটি পানিতে ভাসছে এবং যেখানে ৱেড বা সুইটি পানিৰ তল স্পৰ্শ কৰেছে সেখানে পানি পৃষ্ঠ সামান্য অবনমিত হয়। ৱেড বা সুইয়েৱ পদাৰ্থেৱ ঘনত্ব পানিৰ ঘনত্বেৱ চেয়ে অনেক গুণ বেশি হওয়া সত্ত্বেও এৱা পানিতে ভাসে। অনেক সময় পোকামাকড়কে পানিৰ উপৰ দিয়ে হেঁটে যেতে দেখা যায়। মনে হয়, পানিৰ উপৰ যেন একটি পাতলা পৰ্দা রয়েছে এবং এই পৰ্দাৰ উপৰ দিয়ে পোকামাকড় চলাফেৱা কৰছে। ভালো কৰে লক্ষ্য কৰলে দেখা যায় যে, যেখানে পোকামাকড়ৰ পা পড়ছে সেখানে পানিৰ পৃষ্ঠ একটু দেবে যাচ্ছে। কোনো কঠিন পৃষ্ঠেৰ উপৰ তৰল পদাৰ্থ পড়লে দেখা যায় যে, তৰলটি পৃষ্ঠেৰ সৰ্বত্র ছড়িয়ে না পড়ে ফোঁটাৰ আকাৰ ধাৰণ কৰতে চায়। স্বল্প আয়তনেৱ তৰল পদাৰ্থ সৰ্বদাই গোলকেৱ আকৃতি গ্ৰহণ কৰে। এজন্যই বৃষ্টিৰ ফোঁটা, শিশিৰ বিন্দু, পারদ বিন্দু ইত্যাদিৰ আকৃতি গোলাকাৰ, কেননা নিৰ্দিষ্ট আয়তনেৰ

তরলের মুক্ত তলের ক্ষেত্রফল গোলক আকৃতিতে সর্বনিম্ন হয়। সুতরাং দেখা যায়, তরলবিন্দু আগমন থেকেই এমন জ্যামিতিক আকার গ্রহণ করে যেখানে ক্ষেত্রফল সর্বাপেক্ষা কম হয়। এসব ঘটনা থেকে এটা বোঝা যায় যে, তরলের পৃষ্ঠা বা মুক্ততল টান স্থিতিস্থাপক পর্দার মতো আচরণ করে এবং ক্ষেত্রফল সঙ্কুচিত হতে চায়।

পৃষ্ঠটান তরলের এমন একটি ধর্ম যার দরুণ নিশ্চল তরলের মুক্তপৃষ্ঠা টান টান স্থিতিস্থাপক পর্দার মতো আচরণ করে তরলের পৃষ্ঠাতলের ন্যূনতম ক্ষেত্রফল বজায় রাখতে চায়।

তরলের মুক্ত পৃষ্ঠা বরাবর সর্বদাই একটি টান আছে, তরল পৃষ্ঠের এই টান থেকেই পৃষ্ঠটানের সংজ্ঞা দেওয়া হয়।

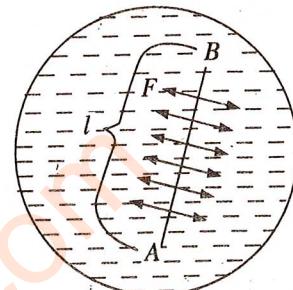
সংজ্ঞা : কোনো তরল পৃষ্ঠের উপর যদি একটি রেখা কল্পনা করা হয় তবে ঐ রেখার প্রতি একক দৈর্ঘ্যে রেখার সাথে লম্বভাবে এবং পৃষ্ঠের স্পর্শকরূপে রেখার উভয় পাশে যে বল ক্রিয়া করে তাকে ঐ তরলের পৃষ্ঠটান বলে।

ব্যাখ্যা : কোনো তরলের পৃষ্ঠের উপর l দৈর্ঘ্যের AB রেখার সাথে লম্বভাবে এবং পৃষ্ঠের স্পর্শকরূপে রেখার উভয় পাশে F বল ক্রিয়া করলে (চিত্র : ৭.১৮), পৃষ্ঠটান T হবে,

$$T = \frac{F}{l} \quad \dots \quad \dots \quad (7.25)$$

মাত্রা ও একক : পৃষ্ঠটানের মাত্রা হচ্ছে $\frac{\text{বল}}{\text{দৈর্ঘ্য}}$ এর মাত্রা অর্থাৎ MT^{-2}
এবং একক হচ্ছে $\frac{N}{m}$ বা, $N m^{-1}$ ।

তাৎপর্য : পানির পৃষ্ঠটান $72 \times 10^{-3} N m^{-1}$ বলতে বোঝায় পানি পৃষ্ঠে 1 m দীর্ঘ একটি রেখা কল্পনা করলে ঐ রেখার সাথে লম্বভাবে এবং পৃষ্ঠের স্পর্শকরূপে রেখার উভয় পাশে $72 \times 10^{-3} N$ বল ক্রিয়া করে।



চিত্র : ৭.১৮

৭.২১। পৃষ্ঠটানের আণবিক তত্ত্ব

Molecular Theory of Surface Tension

পৃষ্ঠটান একটি আণবিক ঘটনা। তাই আণবিক তত্ত্বের সাহায্যে এর ব্যাখ্যা দেওয়া যায়। বিজ্ঞানী ল্যাপ্লাস সর্বপ্রথম আণবিক তত্ত্বের সাহায্যে পৃষ্ঠটানের ব্যাখ্যা দেন।

আন্তঃআণবিক বল দুরকর্ম :

(১) সংসক্রিত বল (cohesive force) ও

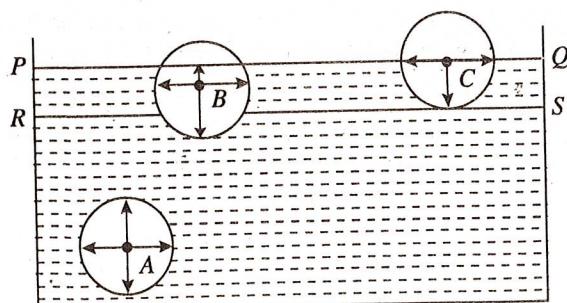
(২) আসঙ্গন বল (adhesive force)

১। **সংসক্রিত বল :** একই পদার্থের বিভিন্ন অণুর মধ্যে পারম্পরিক আকর্ষণ বলকে সংসক্রিত বল বলা হয়। কাছাকাছি অবস্থিত অণুসমূহের আকর্ষণ বল বেশি এবং দূরত্ব বৃদ্ধির সাথে এ আকর্ষণ বল কমতে থাকে।

২। **আসঙ্গন বল :** বিভিন্ন পদার্থের অণুর ভেতর পারম্পরিক আকর্ষণ বলকে আসঙ্গন বল বলা হয়।

একটি কাচের প্লাসে যদি কিছু পানি নেওয়া হয়, তাহলে পানির দুটি অণুর মধ্যে বা কাচের দুটি অণুর মধ্যে যে আকর্ষণ বল সেটি হচ্ছে সংসক্রিত বল। আর একটি পানির অণু এবং একটি কাচের অণুর মধ্যবর্তী আকর্ষণ বল হচ্ছে আসঙ্গন বল।

দুটি অণুর মধ্যে সংসক্রিত বল সর্বোচ্চ যে দূরত্ব পর্যন্ত অনুভূত হয় বা সক্রিয় থাকে তাকে আণবিক আকর্ষণের পাল্লা বলে। আণবিক আকর্ষণের পাল্লা প্রায় $10^{-10} m$ । কোনো অণুকে কেন্দ্র করে এর আণবিক আকর্ষণের পাল্লার সমান ব্যাসার্ধ নিয়ে কোনো গোলক



চিত্র : ৭.১৯

কল্পনা করলে ঐ গোলককে ঐ অণুর প্রভাব গোলক বা পাল্লা গোলক বলে। কেন্দ্রের অণুটি এর প্রভাব গোলকের মধ্যস্থ অণুগুলো দ্বারাই প্রভাবিত হয়, প্রভাব গোলকের বাইরের কোনো অণু দ্বারা প্রভাবিত হয় না, এর অর্থ হলো যে, প্রভাব গোলকের বাইরের কোনো অণুর সাথে এই অণুর সংস্করি বল নেই বললেই চলে।

মনে করা যাক, ৭.১৯ চিত্রে A, B, C. কোনো তরলের তিনটি অণু। A অণুটি রয়েছে তরলের গভীরে, তাই এর আণবিক আকর্ষণের প্রভাব গোলকটি তরলের ভেতরে রয়েছে। এ অণুটি এর প্রভাব গোলকের ভেতরকার সকল অণু দ্বারা চতুর্দিকে সমানভাবে আকৃষ্ট হচ্ছে। সুতরাং এর উপর সংস্করি বলের লক্ষ শূন্য। অর্থাৎ এর উপর মোট কোনো সংস্করি বল দ্রিয়া করছে না। তাই এ অণুটি যে অবস্থায় আছে, সেই অবস্থায়ই থাকবে।

B অণুটি তরলের এমন জায়গায় রয়েছে যে, এর প্রভাব গোলকের কিছুটা অংশ তরলের বাইরে রয়েছে। এ প্রভাব গোলকের উপরের অংশে তরলের যত সংখ্যক অণু থাকবে নিচের অংশে তার চেয়ে বেশি সংখ্যক অণু থাকবে। এর ফলে B অণুর উপর নিম্নমুখী সংস্করি বল উর্ধ্বমুখী সংস্করি বলের চেয়ে বেশি হবে। ফলে B অণুটি একটি নিম্নমুখী লক্ষ বল অনুভব করবে।

C অণুটি তরল পদার্থের মুক্ত তলে অবস্থিত। এর প্রভাব গোলকের উপরের অর্ধাংশ তরলের বাইরে এবং নিচের অর্ধাংশ তরলের ভেতর রয়েছে। সুতরাং উপরের অংশে ক্রিয়াশীল কোনো সংস্করি বল নেই, শুধু অণুটির উপর নিম্নমুখী সংস্করি বল ক্রিয়াশীল। কাজেই এ ক্ষেত্রে C অণুটি সর্বাধিক নিম্নমুখী বল দ্বারা আকর্ষিত হবে। সুতরাং ভিন্ন ভিন্ন অবস্থানে অবস্থিত অণু তিনিটির মধ্যে C অণুরই নিচের দিকে যাওয়ার প্রবণতা হবে সবচেয়ে বেশি।

এবার তরলের মুক্ত তল PQ থেকে আণবিক পাল্লার সমান দূরত্বে যদি একটি সমান্তরাল তল RS কল্পনা করা হয়, তবে PQ এবং RS এর ভেতর অবস্থিত সকল অণু সংস্করি বলের দরুন নিম্নমুখী টান অনুভব করবে। এ নিম্নমুখী টানের মান RS তল থেকে যতই উপরের মুক্ত তলের দিকে যাওয়া যাবে, ততই বাড়তে থাকবে এবং মুক্ত তলে এর মান হবে সর্বাধিক।

এখন কোনো অণুকে তরলের ভেতর থেকে RS তলের উপরে আনতে নিম্নমুখী সংস্করি বলের বিরুদ্ধে কাজ করতে হবে এবং এই কাজ অণুটির বিভব শক্তি বৃদ্ধি করবে। সুতরাং RS তলের নিচে অবস্থিত অণুগুলোর তুলনায় উপরের অণুগুলোর বিভব শক্তি বেশি। কিন্তু আমরা জানি, সকল বস্তুই সর্বনিম্ন বিভব শক্তিতে আসতে চায়। এখন RS তল থেকে মুক্ত তল PQ পর্যন্ত যতগুলো অণু আছে, তাদের বিভব শক্তি সর্বনিম্ন করতে হলে মুক্ত পৃষ্ঠের ক্ষেত্রফল হ্রাস করতে হবে। কাজেই তরলের মুক্ত পৃষ্ঠ সর্বদা তার ক্ষেত্রফল হ্রাস করতে চেষ্টা করে এবং সঙ্কুচিত হতে চায়, ফলে মুক্ত পৃষ্ঠটি একটি টান টান স্থিতিস্থাপক পর্দার ন্যায় আচরণ করে এবং টান অবস্থায় থাকে। এ টান তরলের পৃষ্ঠের স্পর্শক বরাবর দ্রিয়া করে। তরল পৃষ্ঠে একটি রেখা কল্পনা করলে এ টান ঐ রেখার সাথে লম্ব হয়। রেখার প্রতি একক দৈর্ঘ্যে উদ্ভৃত এ টানই পৃষ্ঠটান।

৭.২২। পৃষ্ঠশক্তি

Surface Energy

তরলের মুক্ততল বা উপরিপৃষ্ঠ টানা স্থিতিস্থাপক পর্দার ন্যায় আচরণ করে এবং সঙ্কুচিত হয়ে ন্যূনতম ক্ষেত্রফলে পৌছতে চায়। তরল পদার্থের মুক্ততলকে যদি টেনে প্রসারিত করতে হয় তাহলে এর পৃষ্ঠটানের বিরুদ্ধে কাজ সম্পন্ন করতে হয়। এ কাজ তরল পৃষ্ঠে বিভব শক্তি হিসেবে সংশ্লিষ্ট থাকে। তাপমাত্রা স্থির রেখে তরল পদার্থের মুক্ত তলের ক্ষেত্রফল একক পরিমাণ বৃদ্ধি করতে পৃষ্ঠটানের বিরুদ্ধে যে কাজ সম্পন্ন করতে হয় তাই পৃষ্ঠশক্তির পরিমাপক।

সংজ্ঞা : সমোক্ষ অবস্থায় কোনো তরলের মুক্ততলের একক ক্ষেত্রফল বৃদ্ধির জন্য সম্পন্ন কাজের পরিমাণ তথা মুক্ততলের একক ক্ষেত্রফলে সংশ্লিষ্ট বিভব শক্তিকেই তরলের পৃষ্ঠশক্তি বলে।

ব্যাখ্যা : কোনো তরলের মুক্ত তলের ক্ষেত্রফল ΔA পরিমাণ বৃদ্ধি করতে যদি W পরিমাণ কাজ সম্পন্ন হয়, তাহলে পৃষ্ঠশক্তি,

$$E = \frac{W}{\Delta A} \quad \dots \quad (7.26)$$

পৃষ্ঠশক্তির মাত্রা হবে $\frac{\text{কাজ}}{\text{ক্ষেত্রফল}}$ এর মাত্রা, অর্থাৎ MT^{-2}

সুতরাং দেখা যাচ্ছে পৃষ্ঠশক্তির মাত্রা ও পৃষ্ঠটানের মাত্রা একই।

কাজের একককে ক্ষেত্রফলের একক দিয়ে ভাগ করলে পৃষ্ঠশক্তির একক পাওয়া যায়। সুতরাং এর একক হচ্ছে $\frac{J}{m^2}$ বা, $J m^{-2}$ । কিন্তু $J m^{-2}$ হচ্ছে $N mm^{-2}$ বা, $N m^{-1}$ । সুতরাং দেখা যাচ্ছে, পৃষ্ঠশক্তির একক আর পৃষ্ঠটানের একক একই।

আসলে কোনো তরলের পৃষ্ঠশক্তি আর পৃষ্ঠটান একই।

পৃষ্ঠশক্তি ও পৃষ্ঠটানের সম্পর্ক : মনে করি, $ABCD$ একটি তারের ফ্রেম। এর BC বাহুটি AB ও DC বাহু বরাবর অবাধে চলাচল করতে পারে (চিত্র : ৭.২০)। তারটিকে সাবান পানিতে ডুবিয়ে তুলে আনলে এর মাঝখানে একটি পাতলা পর্দা আটকে থাকবে। এ পর্দা পৃষ্ঠটানের জন্য ফ্রেমের প্রত্যেক বাহুকে তেতরের দিকে টানতে থাকে। কিন্তু BC বাহু ছাড়া অপর বাহুগুলো আটকানো থাকায় সেগুলো স্থির থাকবে। এর ফলে পৃষ্ঠটানের জন্য BC বাহুটি AD বাহুর দিকে অথসর হবে। সুতরাং BC বাহুকে এর নিজ স্থানে রাখার জন্য বিপরীত দিকে বল প্রয়োগ করতে হবে।

BC বাহুর দৈর্ঘ্য l এবং তরলের পৃষ্ঠটান T হলে, BC তারের উপর AD এর দিকে মোট বল হবে,

$F = l \times T + l \times T = 2l \times T$ (কেননা পর্দার উপরে এবং নিচে দুটি পৃষ্ঠ আছে এবং উভয়েরই পৃষ্ঠটান T)। সুতরাং BC বাহুকে এর অবস্থানে স্থির রাখতে হলে এর উপর পৃষ্ঠটানের বিপরীতমুখী যে বল প্রয়োগ করতে হবে তার মান $F = 2lT$ । এখন BC তারকে ক্ষুদ্র দ্রব্য b সরিয়ে $B'C'$ অবস্থানে আনতে সম্পাদিত কাজ হবে,

$$W = Fb$$

$$\text{বা, } W = 2lTb$$

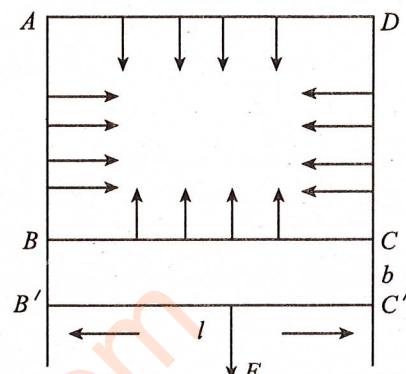
এর ফলে পর্দার উপর এবং নিচ উভয় পৃষ্ঠের প্রতিটির ক্ষেত্রফল lb পরিমাণ করে বৃদ্ধি পাবে। সুতরাং $ABCD$ পর্দার মোট ক্ষেত্রফল বৃদ্ধি হবে $\Delta A = 2lb$ ।

∴ পৃষ্ঠটানের বিরণে প্রতি একক ক্ষেত্রফল বৃদ্ধিতে কৃতকাজ বা পৃষ্ঠশক্তি,

$$E = \frac{W}{\Delta A} = \frac{2lTb}{2lb} = T$$

এ শক্তি পৃষ্ঠে সঞ্চিত হবে।

সুতরাং কোনো তরলের পৃষ্ঠশক্তি তার পৃষ্ঠটানের সমান।



চিত্র : ৭.২০

সম্প্রসারিত কর্মকাণ্ড

পৃষ্ঠ ক্ষেত্রফলের পরিবর্তনে কৃতকাজ : তরলের পৃষ্ঠ ক্ষেত্রফলের পরিবর্তন করতে কাজ করতে হয় এবং পৃষ্ঠ ক্ষেত্রফল বৃদ্ধি করতে হলে (যেমন কোনো বড় তরল ফোঁটাকে ভেঙ্গে অনেকগুলো সমআয়তন ক্ষুদ্র ফোঁটায় পরিণত করা) শক্তি সরবরাহ করতে হয় ফলে তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায় আর পৃষ্ঠ ক্ষেত্রফল কমিয়ে সঞ্চুচিত করতে হলে (যেমন অনেক ক্ষুদ্র ফোঁটা একত্রিত করে বড় ফোঁটায় রূপান্তরিত করা) শক্তি বের করে নিতে হয় ফলে তাপমাত্রা হ্রাস পায়। এ শক্তির পরিমাণ সম্পাদিত কাজের সমান।

$$\text{সম্পাদিত কাজ} = \text{প্রয়োজনীয় বা নির্গত শক্তি}$$

$$= \text{পৃষ্ঠ ক্ষেত্রফলের পরিবর্তন} \times \text{পৃষ্ঠশক্তি}$$

$$= \text{পৃষ্ঠ ক্ষেত্রফলের পরিবর্তন} \times \text{পৃষ্ঠটান}$$

$$\therefore \text{প্রয়োজনীয় শক্তি} = \text{পৃষ্ঠ ক্ষেত্রফলের প্রসারণ} \times \text{পৃষ্ঠটান}$$

$$\text{নির্গত শক্তি} = \text{পৃষ্ঠ ক্ষেত্রফলের সংকোচন} \times \text{পৃষ্ঠটান}$$

পৃষ্ঠ ক্ষেত্রফলের প্রসারণ বা সংকোচন ΔA এবং পৃষ্ঠটান T হলে সম্পাদিত কাজ

$$W = \Delta A \times T \quad \dots \quad (7.27)$$

কোনো বৃহৎ তরল ফোঁটাকে ভেঙে N সংখ্যক সমআয়তন শুद্ধ ফোঁটায় পরিণত করলে ও এদের মোট আয়তন বড় ফোঁটার আয়তনের সমান হবে। সুতরাং বড় ফোঁটার আয়তন = $N \times$ ছোট ফোঁটার আয়তন।

$$\text{বা, } \frac{4}{3} \pi R^3 = N \times \frac{4}{3} \pi r^3$$

এখানে, R ও r যথাক্রমে বৃহৎ ও ছোট ফোঁটার ব্যাসার্ধ।

বড় ফোঁটার পৃষ্ঠের ক্ষেত্রফল $4\pi R^2$

এবং প্রতিটি ছোট ফোঁটার পৃষ্ঠের ক্ষেত্রফল $4\pi r^2$

এবং N সংখ্যক শুদ্ধ ফোঁটার পৃষ্ঠের ক্ষেত্রফল = $N \times 4\pi r^2$

$$\therefore \text{পৃষ্ঠ ক্ষেত্রফলের প্রসারণ, } \Delta A = N \times 4\pi r^2 - 4\pi R^2 = 4\pi (Nr^2 - R^2)$$

আর, N সংখ্যক শুদ্ধ ফোঁটা (প্রতিটির ব্যাসার্ধ r) একত্রিত করে একটি বড় ফোঁটা (ব্যাসার্ধ R) করলে পৃষ্ঠ ক্ষেত্রফলের সংকোচন,

$$\Delta A = N \times 4\pi r^2 - 4\pi R^2$$

$$= 4\pi (Nr^2 - R^2)$$

সুতরাং প্রয়োজনীয় বা নির্গত শক্তি

$$W = \text{পৃষ্ঠ ক্ষেত্রফলের পরিবর্তন} \times \text{পৃষ্ঠটান}$$

$$= \Delta A \times T$$

$$\text{বা, } W = 4\pi (Nr^2 - R^2) T \quad \dots \quad (7.28)$$

উল্লেখ্য যে, নিরেট গোলক যেমন পানির ফোঁটার ক্ষেত্রে সম্পাদিত কাজের হিসাব (7.28) সমীকরণের সাহায্যে নির্ণয় করা যায় কিন্তু ফাঁপা বুদ্বুদ যেমন সাবানের ফেনার বুদ্বুদের দুটি পৃষ্ঠ থাকে। সেক্ষেত্রে পৃষ্ঠ ক্ষেত্রফলের প্রসারণ,

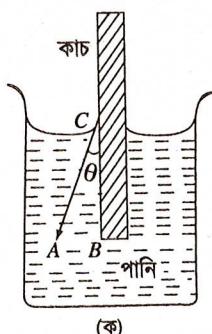
$$\Delta A = 2 \times 4\pi \times (r_2^2 - r_1^2) \text{। সুতরাং ফাঁপা বুদ্বুদের প্রসারণের ফলে সম্পাদিত কাজ,}$$

$$W = \Delta A \times T = 2 \times 4\pi (r_2^2 - r_1^2) T \quad \dots \quad (7.29)$$

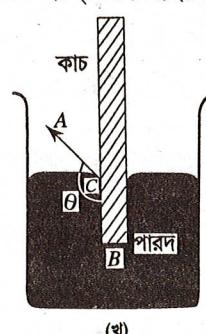
৭.২৩। স্পর্শ কোণ

Angle of Contact

কোনো কঠিন পদার্থকে কোনো তরলে ডুবালে দেখা যায় যে, তরল পদার্থ যেখানে কঠিন পদার্থটিকে স্পর্শ করে সেখানে তরল পদার্থের মুক্ততল বা উপরিতল অন্যান্য জায়গার মতো অনুভূমিক হয় না বরং তরলের মুক্ত তল হয় বেঁকে খানিকটা উপর ওঠে যায় অথবা খানিকটা নিচে নেমে যায়। দেখা গেছে, যে সকল তরল কঠিন পদার্থকে ভিজায় যেমন (পানি ও কাচ) সেক্ষেত্রে তরলতল খানিকটা উপর ওঠে যায় (চিত্র : ৭.২১ক)। পক্ষান্তরে যে সকল তরল কঠিন পদার্থকে ভিজায় না যেমন (পারদ ও কাচ) তাদের ক্ষেত্রে তরলতল খানিকটা নিচে নেমে যায় বা অবনমিত হয় (চিত্র : ৭.২১খ)।



(ক)



(খ)

চিত্র : ৭.২১

কঠিন ও তরলের স্পর্শ বিন্দু C থেকে বক্র তরল তলে স্পর্শক CA টানলে ঐ স্পর্শক কঠিনের পৃষ্ঠা CB -এর সাথে তরলের ভেতরে যে কোণ উৎপন্ন করে তাই স্পর্শ কোণ। ৭.২১ চিত্রে θ হচ্ছে স্পর্শ কোণ।

সংজ্ঞা : কঠিন ও তরলের স্পর্শ বিন্দু থেকে বক্র তরল তলে অঙ্কিত স্পর্শক কঠিন পদার্থের সাথে তরলের ভেতরে যে কোণ উৎপন্ন করে তাকে উক্ত কঠিন ও তরলের মধ্যকার স্পর্শ কোণ বলে।

সাধারণত: যে সব তরলের ঘনত্ব কঠিন পদার্থের ঘনত্বের চেয়ে কম সেসব তরল পদার্থ সাধারণত কঠিন পদার্থকে ভেজায় এবং তাদের বেলায় স্পর্শ কোণ সূক্ষ্ম কোণ হয় অর্থাৎ 90° এর কম হয়। কাচ ও বিশুদ্ধ পানির বেলায় স্পর্শ কোণের মান প্রায় 8° । রূপা ও বিশুদ্ধ পানির মধ্যকার স্পর্শ কোণ প্রায় 90° । যে সব তরল পদার্থের ঘনত্ব কঠিন পদার্থের ঘনত্বের চেয়ে বেশি সেসব তরল পদার্থ সাধারণত কঠিন পদার্থকে ভেজায় না এবং তাদের বেলায় স্পর্শ কোণ স্থুল কোণ অর্থাৎ 90° এর চেয়ে বেশি হয়। কাচ ও বিশুদ্ধ পারদের বেলায় স্পর্শ কোণের মান প্রায় 139° ।

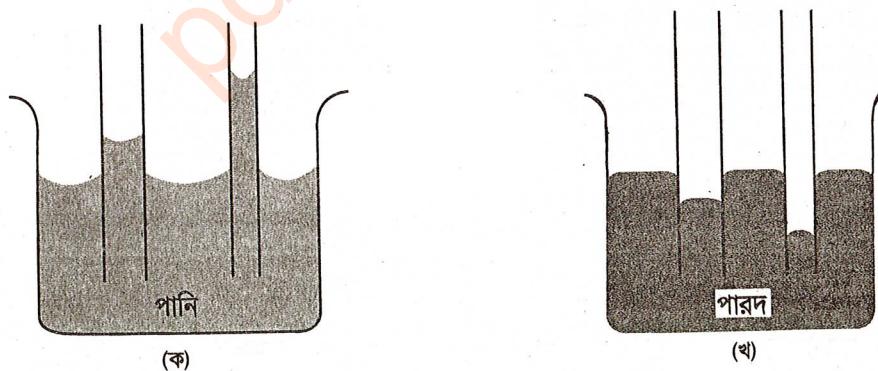
স্পর্শ কোণ নিম্নোক্ত বিষয়গুলোর উপর নির্ভর করে

১. কঠিন ও তরলের প্রকৃতির উপর।
২. তরলের মুক্ততলের উপরস্থ মাধ্যমের উপর। যেমন পারদের উপর বায়ু থাকলে পারদ ও কাচের স্পর্শ কোণ যা হবে পারদের উপর পানি থাকলে স্পর্শ কোণ তা থেকে আলাদা হবে।
৩. কঠিন ও তরল পদার্থের বিশুদ্ধতার উপর। তরল যদি বিশুদ্ধ না হয় বা কঠিন পদার্থের পৃষ্ঠে কোনো কিছু থাকলে স্পর্শ কোণ পরিবর্তিত হয়ে যায়। বিশুদ্ধ পানি ও পরিষ্কার কাচের মধ্যকার স্পর্শ কোণ প্রায় শূন্য। কিন্তু কাচে সামান্য পরিমাণেও তৈলাক্ত পদার্থ থাকলে স্পর্শ কোণের মান বৃদ্ধি পায়।

কৈশিকতা

Capillarity

অতি সূক্ষ্ম ও সুষম ছিদ্রবিশিষ্ট নলকে কৈশিক নল (capillary tube) বলে। কোনো কৈশিক কাচ নলের এক প্রান্ত তরলের মধ্যে খাড়া করে ঢুবালে নলের ভেতর কিছু তরল তরলের মুক্ত তল থেকে উপরে ওঠে যায় বা নিচে নেমে আসে। যেসব তরল (যেমন পানি) কাচ নলকে ভিজিয়ে দেয় তাদের বেলায় নলের ভেতরকার তরলের তল (চিত্র : ৭.২২ক)



চিত্র : ৭.২২

পাত্রের তরলের মুক্ততলের চেয়ে উপরে ওঠে যায় অর্থাৎ তরলের উর্ধ্বারোহণ বা অধিক্ষেপ হয়। যেসব তরল (যেমন পারদ) কাচ নলকে ভিজায় না তাদের বেলায় কাচ নলের ভেতরকার তরল স্তুপের উপরিতল পাত্রের তরলের (চিত্র : ৭.২২খ)

মুক্ততলের চেয়ে নিচে নেমে আসে অর্থাৎ তরলের অবনমন বা অবক্ষেপ হয়। কৈশিক নলে তরলের এরকম অধিক্ষেপ বা অবক্ষেপকে কৈশিকতা বলে। তরলের পৃষ্ঠানের জন্য এরূপ হয়ে থাকে। অধিক্ষেপের বেলায় নলের ভেতর তরলের উপরিতল অবতল থাকে এবং অবক্ষেপের বেলায় নলের ভেতর তরলের উপরিতল উত্তল থাকে।

আসঙ্গন ও সংস্কি বলের আপেক্ষিক মানের ওপর নির্ভর করে নলের ভেতরকার তরলের উপরিতলের বক্রতা কেমন হবে। আসঙ্গন বা সংস্কি বলের মান কর্তটা হবে তা তরল ও কঠিন পদার্থের প্রকৃতির ওপর নির্ভর করে। যে তরল পদার্থ কঠিন পদার্থকে ভিজিয়ে দেয় (যেমন পানি ও কাচ) তার আসঙ্গন বল, যে তরল পদার্থ কঠিন পদার্থকে ভেজায় না (যেমন পারদ ও কাচ) তার আসঙ্গন বলের চেয়ে অনেক বেশি। আবার পানির সংস্কি বল পারদের সংস্কি বলের চেয়ে অনেক কম।

দেখে গেছে,

(i) সংস্কি বল = $\sqrt{2} \times$ আসঙ্গন বল হলে কৈশিক নলে তরলের অবক্ষেপ বা অধিক্ষেপ হয় না, তরলের মুক্ত তল অনুভূমিক থাকে এবং স্পর্শ কোণ শূন্য অর্থাৎ $\theta = 0^\circ$ হয়।

(ii) সংস্কি বল > $\sqrt{2} \times$ আসঙ্গন বল হলে কৈশিক নলে তরলের অবক্ষেপ হয়, তরলের মুক্ততল উত্তল হয় এবং স্পর্শ কোণ শূল কোণ অর্থাৎ $\theta > 90^\circ$ হয়।

(iii) সংস্কি বল < $\sqrt{2} \times$ আসঙ্গন বল হলে কৈশিক নলে তরলের অধিক্ষেপ হয়, তরলের মুক্ততল অবতল হয় এবং স্পর্শ কোণ সূক্ষ্ম কোণ অর্থাৎ $\theta < 90^\circ$ হয়।

সম্প্রসারিত কর্মকাণ্ড : একটি কৈশিক নলে পানি যে উচ্চতা পর্যন্ত উঠতে পারে তার রাশিমালা নির্ণয় কর।

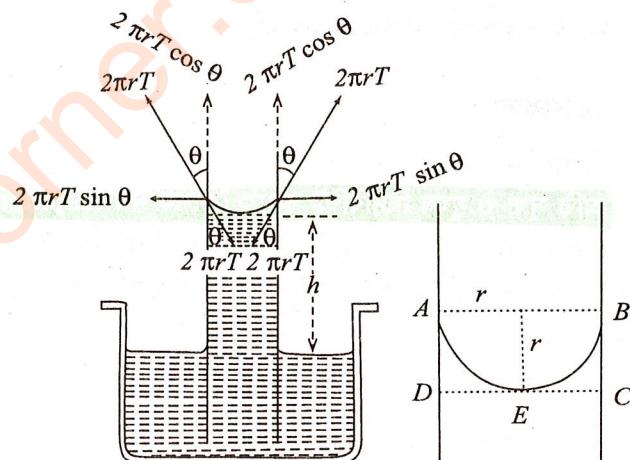
একটি কৈশিক নলকে পানি বা ঐ জাতীয় কোনো তরলের (যা নলকে ভিজায়) ভেতর খাড়াভাবে ডুবিয়ে রাখলে দেখা যায় যে, নলের মধ্যে তরল খানিকটা ওপরে ওঠে এবং তরল তল অবতল আকার ধারণ করে।

ধরা যাক, তরল ও কঠিনের স্পর্শকোণ = θ (চিত্র : ৭.২৩), তরল তল যেখানে নলের মধ্যে নলকে স্পর্শ করেছে সেখানে নলের ব্যাসার্ধ = r

নলের বাইরের তরল তল থেকে নলের ভেতরের তরলের নিম্ন প্রান্ত পর্যন্ত উচ্চতা = h

তরলের ঘনত্ব = ρ

এবং তরলের পৃষ্ঠান = T



চিত্র : ৭.২৩

নলের ভেতরের দেয়াল এবং তরলের স্পর্শ বিন্দু হতে বক্র তরল তলে স্পর্শক বরাবর পৃষ্ঠান T ভেতরের দিকে ক্রিয়া করবে। কৈশিক নলের ব্যাসার্ধ r হলে পরিধি হবে $2\pi r$ অর্থাৎ নলের ভেতরের দেয়ালে পানির স্পর্শরেখার দৈর্ঘ্য হবে $2\pi r$ । ফলে পৃষ্ঠানের জন্য নলের দেয়াল স্পর্শক বরাবর ভেতরের দিকে $2\pi r T$ বল অনুভব করবে। নিউটনের তৃতীয় গতি সূত্রানুযায়ী দেয়ালও তরলের ওপর এর বিপরীতে বাইরের দিকে সমান বল $2\pi r T$ প্রয়োগ করবে। এ বল $2\pi r T$ কে দুটি লম্ব উপাংশে বিভাজিত করলে খাড়া ওপরের দিকে $2\pi r T \cos \theta$ এবং এর সাথে লম্বভাবে অনুভূমিক বরাবর বাইরের দিকে $2\pi r T \sin \theta$ পাওয়া যায় (চিত্র : ৭.২৩)। নলের ব্যাসের বিপরীত দিকে ক্রিয়া করায় বল $2\pi r T \sin \theta$ উপাংশগুলো জোড়ায় জোড়ায় পরস্পরের ক্রিয়া নাকচ করে দেবে।

অতএব তরলের ওপর মোট উর্ধ্বমুখী বল হবে $2\pi r T \cos \theta$ ।

যেহেতু এই উর্ধমুখী বলের প্রভাবে তরল স্তর কৈশিক নলের মধ্যে উপরে উঠতে থাকে সুতরাং যখন তরল স্তরের ওজন এই উর্ধমুখী বলের সমান হয় তখন সাম্যাবস্থা সৃষ্টি হয় অর্থাৎ নলের মধ্যে তরল স্তর স্থির হয়ে যায়। এই অবস্থায় নলের বাইরের তরল তল হতে তরল স্তরের নিম্নপ্রান্ত পর্যন্ত উচ্চতা h হলে এই তরল স্তরের আয়তন হবে $\pi r^2 h$ এবং তরলের বক্র অংশের আয়তন v এর সমষ্টির সমান। অর্থাৎ নলের মধ্যস্থিত তরল স্তরের মোট আয়তন = $\pi r^2 h + v$ এবং এই তরলের ওজন = $(\pi r^2 h + v) \rho g$

অতএব সাম্যাবস্থায়,

$$2\pi r T \cos \theta = (\pi r^2 h + v) \rho g$$

$$\therefore T = \frac{(\pi r^2 h + v) \rho g}{2\pi r \cos \theta} \quad \dots \quad (7.30)$$

এখন, $v = ABCD$ সিলিন্ডারের আয়তন - AEB অর্ধগোলকের আয়তন

$$= \pi r^2 \cdot r - \frac{1}{2} \times \frac{4}{3} \pi r^3 = \pi r^3 - \frac{2}{3} \pi r^3 = \frac{1}{3} \pi r^3$$

$$T = \frac{\left(\pi r^2 h + \frac{1}{3} \pi r^3 \right) \rho g}{2\pi r \cos \theta} = \frac{\pi r^2 \left(h + \frac{r}{3} \right) \rho g}{2\pi r \cos \theta} \quad \dots \quad (7.31)$$

$$\therefore T = \frac{r \left(h + \frac{r}{3} \right) \rho g}{2 \cos \theta} \quad \dots \quad \dots$$

এখন কৈশিক নলাটি যদি সরু হয় অর্থাৎ r এর মান খুবই কম হয়, তাহলে h -এর তুলনায় $\frac{r}{3}$ কে উপেক্ষা করা যায়।

$$T = \frac{rh\rho g}{2 \cos \theta} \quad \dots \quad \dots \quad (7.32)$$

$$\text{বা, } h = 2 \frac{T \cos \theta}{r \rho g} \quad \dots \quad \dots \quad (7.33)$$

বিশুদ্ধ পানি ও পরিষ্কার কাচের মধ্যকার স্পর্শকোণ প্রায় 0° হওয়ায় $\cos \theta \approx 1$ ধরা হয়।

সে ক্ষেত্রে পৃষ্ঠাটান

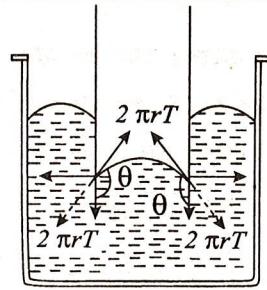
$$\therefore T = \frac{rh\rho g}{2} \quad \dots \quad \dots \quad (7.34)$$

∴ কৈশিক নলে পানি যে উচ্চতা পর্যন্ত উঠবে অর্থাৎ

$$h = \frac{2T}{r \rho g} \quad \dots \quad \dots \quad (7.35)$$

সম্প্রসারিত কর্মকাণ্ড : পারদের মধ্যে একটি কৈশিক নল ডুবালে পারদ কাচ নলের মধ্যে নিচে নেমে যায় কেন ?

(৭.২৪) চিত্রে ব্যাসার্ধের একটি কৈশিক নলকে পারদে (যে তরল কাচ ভেজায় না) ডুবানো হয়েছে। এ ক্ষেত্রে স্পর্শ কোণ স্থূল কোণ অর্থাৎ $90^\circ > \theta > 180^\circ$ । নলের ভেতরের পারদ খানিকটা নিচে নেমে উভল আকার ধারণ করে। ফলে পৃষ্ঠটানের জন্য নলের দেয়াল স্পর্শক বরাবর ভেতরের দিকে $2\pi rT$ বল অনুভব করবে। নিউটনের ত্রুটীয় গতিসূত্র অনুযায়ী দেয়ালও তরলের উপর এর বিপরীতে বাইরের দিকে সমান বল $2\pi rT$ প্রয়োগ করবে। (৭.২৪) চিত্র থেকে দেখা যায় যে, প্রতিক্রিয়া বলের খাড়া উর্ধমুখী কোনো উপাংশ নেই, আছে খাড়া নিম্নমুখী উপাংশ। এই নিম্নমুখী বলের ক্রিয়ায় কাচ নলে পারদ নিচের দিকে খানিকটা নেমে যায়।



চিত্র : ৭.২৪

তরলের তাপমাত্রা স্থির থাকলে T , θ এবং p -ও স্থির থাকে। সে ক্ষেত্রে (৭.৩৩) সমীকরণকে লেখা যায়,

$$h = \frac{K}{r} \text{ এখানে, } K = \frac{2T \cos \theta}{\rho g} = \text{ধ্রুবক।}$$

$$\text{সুতরাং } h \propto \frac{1}{r} \quad \dots \quad \dots \quad (7.36)$$

অর্থাৎ কৈশিক নলে কোনো তরলের অধিক্ষেপ অথবা অবক্ষেপ নলের ব্যাসার্ধের ব্যস্তানুপাতিক। এটি জুরিনের সূত্র (Jurin's Law) নামে পরিচিত।

কর্মকাণ্ড : কৈশিক নলে পানি উপরে ওঠে আর পারদ নিচে নামে কেন ?

স্পর্শ কোণ সূক্ষ্মকোণ অর্থাৎ 90° এর চেয়ে ছোট হলে $\cos \theta$ ধনাত্মক হয়। ফলে (৭.৩৩) সমীকরণ অনুসারে h ধনাত্মক হয়। অর্থাৎ কৈশিক নলে এক্ষেত্রে তরল উপরে ওঠে।

আবার স্পর্শ কোণ স্থূল কোণ অর্থাৎ 90° এর চেয়ে বড় হলে $\cos \theta$ ঋণাত্মক হয়। ফলে (৭.৩৩) সমীকরণ অনুসারে h ঋণাত্মক হয়। অর্থাৎ এক্ষেত্রে তরল নিচে নামে।

এ কারণেই কৈশিক নল পানিতে ডুবালে পানি নল বেয়ে উপরে ওঠে এবং পারদে ডুবালে পারদ নল বেয়ে নিচে নেমে যায়।

৭.২৪। পৃষ্ঠটান সম্পর্কিত কয়েকটি ঘটনা

Some Phenomena Related to Surface Tension

১। **পানির উপর দিয়ে পোকামাকড় হাঁটা :** অনেক সময় দেখা যায় যে, পানির উপর দিয়ে মশা, মাছি বা অন্য কোনো পোকামাকড় হাঁটছে। এদের পা পানিতে ডুবে যাচ্ছে না। মনে হয় পানির উপর যেন একটি পাতলা পর্দা রয়েছে এবং এই পর্দার উপর দিয়ে পোকামাকড় চলাফেরা করছে। ভালো করে লক্ষ্য করলে বোঝা যায় যে, যেখানে পোকামাকড়ের পা পড়ছে, সেখানে পানির পৃষ্ঠ একটু অবনমিত হচ্ছে। এটা সম্ভব হয় পানির পৃষ্ঠটানের কারণে। পৃষ্ঠটানের দরুণ পানি বা যেকোনো তরলের পৃষ্ঠ বা মুক্তল টানা স্থিতিস্থাপক পর্দার মতো আচরণ করে এবং ক্ষেত্রফল সঞ্চুচিত হতে চায়।

২। **সাবানের ফেনা :** সাবান পানির পৃষ্ঠটান কমিয়ে দেয়। সাবানের দ্রবণের পৃষ্ঠটান পানির পৃষ্ঠটানের চেয়ে কম। সুতরাং এক ফোঁটা সাবানের দ্রবণ পানির ফোঁটার চেয়ে বেশি পৃষ্ঠতল বা ক্ষেত্র দখল করে। সুতরাং এটা কাপড়ের বেশি এলাকা ভিজিয়ে দেয়। সুতরাং সাবানের দ্রবণ কাপড়ের যেসব সূক্ষ্ম ছিদ্র পথে প্রবেশ করে সেখানে পানি প্রবেশ করতে পারে না। ফলে সাবানের দ্রবণে কাপড় থেকে ময়লা বের করে আনতে পারে। সুতরাং সাবানের দ্রবণ পানির চেয়ে উভয়ে কাপড় পরিষ্কার করতে পারে। সাবানের দ্রবণকে গরম করলে পানির পৃষ্ঠটান আরো কমে যায় ফলে কাপড় আরো বেশি পরিষ্কার হয়।

৩। **গাছে পানির পরিবহন :** উদ্ভিদ বা গাছের গোড়ায় পানি দিলে সে পানি গাছের ডালপালা ও পাতায় পৌছে যায়। এর কারণ হলো : **পানির পৃষ্ঠটানের কারণে গাছের কাণ্ডে অসংখ্য কৈশিক নলের ভিতর দিয়ে পানি উপরের দিকে উঠে এবং গাছের ডালপালা ও পাতায় পৌছায়।** এ প্রক্রিয়ায় অসমোসীয় (osmotic) চাপেরও আংশিক ভূমিকা থাকে।

৪। **তরলের পৃষ্ঠে সুই ভেসে থাকা :** পৃষ্ঠটান নিয়ে আলোচনার সময় আমরা বলেছি যে, কোনো সুইকে একটি টিস্যু পেপারের উপরে রেখে পানির মুক্ততলে রাখলে টিস্যু পেপার ভিজে ডুবে যায় কিন্তু সুইটি ভাসতে থাকে। এর কারণ হলো-পানিতে যেখানে সুইটি রয়েছে তার নিচে পানির পৃষ্ঠ কিছুটা অবনমিত হচ্ছে। ফলে পৃষ্ঠের ঐ স্থানটা অনুভূমিক থাকে না বরং পৃষ্ঠটানের জন্য এ বল অবনমিত পানি পৃষ্ঠের সাথে ত্বরিকভাবে শ্পর্শক বরাবর ক্রিয়া করে। **পৃষ্ঠটানজনিত এ ত্বরিকভাবে ক্রিয়াশীল বলের উল্লম্ব উপাংশ সুই-এর ওজনকে প্রশমিত করে,** ফলে সুইটি না ডুবে সাম্যাবস্থায় ভেসে থাকে।

৫। **ছাতার কাপড় :** ছাতার কাপড় বা তাবুর কাপড় বা রেইন কোটের কাপড়ে খুব সূক্ষ্ম ছিদ্র থাকে যার মধ্য দিয়ে বাতাস প্রবেশ করতে পারে কিন্তু বৃষ্টির পানির ফোঁটা প্রবেশ করতে পারে না— কাপড়ের উপর দিয়ে গড়িয়ে পড়ে যায়।

৬। **পানি কচুপাতাকে ভিজায় না কিন্তু আমপাতাকে ভিজায় :** কঠিন ও তরলের মধ্যকার শ্পর্শ কোণ অর্থাৎ 90° এর চেয়ে কম হলে তরল পদার্থ এ কঠিন পদার্থকে ভেজাবে। আর যদি শ্পর্শকোণ স্তুলকোণ অর্থাৎ 90° এর চেয়ে বেশি হয় তাহলে তরল পদার্থ কঠিন পদার্থকে ভেজাবে না। কচুপাতা ও পানির মধ্যকার শ্পর্শকোণ 90° এর চেয়ে বেশি হওয়ায় পানি কচু পাতাকে ভেজাতে পারে না। পক্ষান্তরে আম পাতা ও পানির মধ্যকার শ্পর্শকোণ সূক্ষ্মকোণ হওয়ায় পানি আম পাতাকে ভেজায়।

৭। **কোন পরিষ্কার কাচপৃষ্ঠে পানি ছড়িয়ে পড়ে, কিন্তু পারদ ফোঁটার আকার ধারণ করে :** আমরা জানি যে, পানির সাথে কাচের শ্পর্শ কোণ সূক্ষ্ম কোণ ও পানির সাথে পারদের শ্পর্শ কোণ স্তুল কোণ। এ ঘটনা পৃষ্ঠটানের কারণেই ঘটে থাকে। কাচের সাথে শ্পর্শ কোণ 0 এর মান স্তুল কোণে রাখার জন্য পারদকে ফোঁটার আকার ধারণ করতে হয় এবং কাচের সাথে শ্পর্শ কোণ সূক্ষ্ম করার জন্য পানিকে ছড়িয়ে পড়তে হয়।

৮। **অশান্ত সমুদ্রকে শান্ত করা :** তরলের পৃষ্ঠটান ধর্ম ব্যবহার করে অশান্ত সমুদ্রকে অনেকটা শান্ত করা যায়। সমুদ্রে খুব চেউ থাকলে অনেক সময় তেল ঢেলে দেয়া হয় শান্ত করার জন্য। বাতাস জোরে প্রবাহিত হওয়ার সময় পানির ওপর ভাসমান তেল টেট-এর সাথে সামনের দিকে অগ্রসর হয় এবং পেছনে পরিষ্কার পানি থেকে যায়। পরিষ্কার পানির পৃষ্ঠটান তেল মিশ্রিত পানির চেয়ে বেশি হওয়ায় সামনের দিকের চেয়ে পেছনের দিকের পৃষ্ঠটান বেশি হয়। এ বর্ধিত পৃষ্ঠটান পেছনের দিকে বড় চেউ সৃষ্টিতে হঠাতে বাধা দেয়, ফলে সমুদ্র শান্ত হয়ে যায়।

সার-সংক্ষেপ

আন্তঃআণবিক বল : পদার্থের অগুঙ্গলোর পরম্পরের মধ্যে যে বল ক্রিয়া করে তাকে আন্তঃআণবিক বল বলে।

স্থিতিস্থাপকতা : বাইরে থেকে প্রযুক্ত বল সরিয়ে নিলে যে ধর্মের ফলে বিকৃত বস্তু আগের আকার ও আয়তন ফিরে পায় তাকে স্থিতিস্থাপকতা বলে।

স্থিতিস্থাপক সীমা : যে মানের বল পর্যন্ত কোনো বস্তু পূর্ণ স্থিতিস্থাপক থাকে অর্থাৎ সর্বাপেক্ষা বেশি যে বল প্রয়োগ করে বল অপসারণ করলে বস্তুটি পূর্ববস্থায় ফিরে আসে তাকে স্থিতিস্থাপক সীমা বলে।

পূর্ণ স্থিতিস্থাপক বস্তু : বাহ্যিক বল অপসারিত হলে যদি বিকৃত বস্তু ঠিক আগের আকার ও আয়তন ফিরে পায় তাহলে এই বস্তুকে পূর্ণ স্থিতিস্থাপক বস্তু বলে।

নমনীয় বস্তু : কোনো বস্তুর উপর বাহ্যিক বল প্রয়োগ করে তাকে বিকৃত করলে যদি বল অপসারণের পর বস্তুটি এই বিকৃত অবস্থা পুরোপুরি বজায় রাখে তাহলে বস্তুটিকে নমনীয় বস্তু বা পূর্ণ প্লাষ্টিক বস্তু বলে।

পূর্ণ দৃঢ় বস্তু : বাইরে থেকে যেকোনো পরিমাণ বল প্রয়োগের ফলে কোনো বস্তুর যদি আকারের কোনো পরিবর্তন না ঘটে তাহলে বস্তুটিকে পূর্ণ দৃঢ় বস্তু বলা হয়।

বিকৃতি : বাইরে থেকে বল প্রয়োগের ফলে কোনো বস্তুর একক মাত্রায় যে পরিবর্তন হয় তাকে বিকৃতি বলে।

পীড়ন : বাইরে থেকে বল প্রয়োগের ফলে কোনো বস্তুর আকার বা দৈর্ঘ্য বা আয়তনের পরিবর্তন ঘটলে স্থিতিস্থাপকতার জন্য বস্তুর ভেতর থেকে এই বলকে বাধাদানকারী একটি বলের উভ্রব হয়। বস্তুর একক ক্ষেত্রফলের উপর লম্বভাবে উভ্রত এই প্রতিরোধকারী বলের মানকে পীড়ন বলে।

অসহ বল : সর্বাপেক্ষা কম যে বলের ক্রিয়ায় কোনো বস্তু ছিঁড়ে বা ভেঙে যায় তাকে অসহ বল বলে।

অসহ পীড়ন : প্রতি একক ক্ষেত্রফলের উপর লম্বভাবে প্রযুক্ত সর্বাপেক্ষা কম যে বলের ক্রিয়ায় কোনো বস্তু ছিঁড়ে বা ভেঙে যায় তাকে অসহ পীড়ন বলে।

স্থিতিস্থাপক গুণাঙ্ক : স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে কোনো বস্তুর পীড়ন ও বিকৃতির অনুপাতকে ঐ বস্তুর উপাদানের স্থিতিস্থাপক গুণাঙ্ক বলে।

ইয়ৎ গুণাঙ্ক : স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে বস্তুর দৈর্ঘ্য পীড়ন ও দৈর্ঘ্য বিকৃতির অনুপাত একটি ধ্রুব সংখ্যাকে বস্তুর উপাদানের ইয়ৎ গুণাঙ্ক বলে।

$$Y = \frac{\text{দৈর্ঘ্য পীড়ন}}{\text{দৈর্ঘ্য বিকৃতি}} = \frac{FL}{Al} = \frac{mgL}{\pi r^2 l}$$

আয়তন গুণাঙ্ক : স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে বস্তুর আয়তন পীড়ন ও আয়তন বিকৃতির অনুপাত একটি ধ্রুব সংখ্যাকে বস্তুর উপাদানের আয়তন গুণাঙ্ক বলে।

$$B = \frac{\text{আয়তন পীড়ন}}{\text{আয়তন বিকৃতি}} = \frac{FV}{Av} = \frac{pV}{v}$$

দৃঢ়তার গুণাঙ্ক : স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে বস্তুর ব্যবর্তন পীড়ন ও ব্যবর্তন বিকৃতির অনুপাত একটি ধ্রুব সংখ্যাকে বস্তুর উপাদানের দৃঢ়তার গুণাঙ্ক বলে।

$$n = \frac{\text{ব্যবর্তন পীড়ন}}{\text{ব্যবর্তন বিকৃতি}} = \frac{F}{A\theta}$$

পয়সনের অনুপাত : স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে বস্তুর পার্শ্ব বিকৃতি ও দৈর্ঘ্য বিকৃতির অনুপাত একটি ধ্রুব সংখ্যাকে বস্তুর উপাদানের পয়সনের অনুপাত বলে।

$$\sigma = \frac{\text{পার্শ্ব বিকৃতি}}{\text{দৈর্ঘ্য বিকৃতি}} = \frac{dL}{Dl} = - \frac{\Delta r L_0}{r \Delta L}$$

সান্দ্রতা : যে ধর্মের দরুন কোনো প্রবাহী এর বিভিন্ন স্তরের আপেক্ষিক গতিকে বাধা দেয় তাকে ঐ প্রবাহীর সান্দ্রতা বলে।

সান্দ্রতা সহগ : নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় প্রবাহীর দুটি স্তরের মধ্যে বেগের নতি একক বজায় রাখতে (অর্থাৎ একক দূরত্বে অবস্থিত দুটি স্তরের মধ্যে একক আপেক্ষিক বেগ বজায় রাখতে) প্রবাহী স্তরের প্রতি একক ক্ষেত্রফলে যে স্পর্শকীয় বলের প্রয়োজন হয় তাকে ঐ তাপমাত্রায় ঐ প্রবাহীর সান্দ্রতা সহগ বলে।

পৃষ্ঠাটান : কোনো তরল পৃষ্ঠের উপর যদি একটি রেখা কলনা করা হয় তবে ঐ রেখার প্রতি একক দৈর্ঘ্যে রেখার সাথে লম্বভাবে এবং পৃষ্ঠের স্পর্শকরূপে রেখার উভয় পাশে যে বল ক্রিয়া করে তাকে ঐ তরলের পৃষ্ঠাটান বলে।

সংস্কৃতি বল : একই পদার্থের বিভিন্ন অণুর মধ্যে পারম্পরিক আকর্ষণ বলকে সংস্কৃতি বল বলা হয়।

আসঙ্গন বল : বিভিন্ন পদার্থের অণুর ভেতর পারম্পরিক আকর্ষণ বলকে আসঙ্গন বল বলা হয়।

পৃষ্ঠশক্তি : সমোষ্ণ অবস্থায় কোনো তরলের মুক্ত তলের একক ক্ষেত্রফল বৃদ্ধির জন্য সম্পন্ন কাজের পরিমাণ তথা মুক্ত তলের একক ক্ষেত্রফলে সঞ্চিত বিভব শক্তিকেই পৃষ্ঠশক্তি বলে।

স্পর্শ কোণ : কঠিন ও তরলের স্পর্শ বিন্দু থেকে বক্র তরল তলে অক্ষিত স্পর্শক কঠিন পদার্থের সাথে তরলের ভিতরে যে কোণ উৎপন্ন করে তাকে উক্ত কঠিন ও তরলের মধ্যকার স্পর্শ কোণ বলে।

সমস্যা সমাধানের প্রয়োজনীয় সমীকরণসমূহ

ক্রমিক নং	সমীকরণ নং	সমীকরণ	অনুচ্ছেদ
১	7.8	$Y = \frac{FL}{Al}$	৭.৯
২	7.9	$Y = \frac{MgL}{\pi r^2 l}$	৭.৯
৩	7.11	$B = \frac{pV}{v}$	৭.৯
৪	7.12	$n = \frac{F}{A\theta}$	৭.৯
৫	7.13	$\sigma = \frac{dL}{Dl}$	৭.১০
৬	7.14	$\sigma = -\frac{\Delta r}{r} \frac{Lo_o}{\Delta L}$	৭.১০
৭	7.16	$W = \frac{1}{2} \cdot \frac{YAl^2}{L}$	৭.১১
৮	7.17	$U = \frac{1}{2} \frac{Yl^2}{L^2}$	৭.১১
৯	7.19	$F = \eta A \frac{dv}{dy}$	৭.১৬
১০	7.22	$F = 6\pi\eta v$	৭.১৭
১১	7.23	$v = \frac{2r^2 (\rho_s - \rho_f)g}{9\eta}$	৭.১৮
১২	7.25	$T = \frac{F}{l}$	৭.২০
১৩	7.27	$W = \Delta AT$	৭.২২
১৪	7.28	$W = 4\pi (Nr^2 - R^2)T$	৭.২২
১৫	7.32	$T = \frac{rh\pi g}{2 \cos \theta}$	৭.২৩
১৬	7.34	$T = \frac{rh\pi g}{2}$	৭.২৩

গাণিতিক উদাহরণ

সেট I

[সাধারণ সমস্যাবলি]

গাণিতিক উদাহরণ ৭.১। 1 m দৈর্ঘ্য এবং 5×10^{-4} m ব্যাসবিশিষ্ট একটি ইঞ্চাতের তারে 19.6 N বল প্রয়োগ করলে এটি বৃক্ষি পেয়ে 1.02 m হয়। তারের ইয়ং গুণাঙ্ক বের কর।

আমরা জানি,

$$Y = \frac{FL}{Al} = \frac{FL}{\pi r^2 l}$$

$$= \frac{19.6 \text{ N} \times 1 \text{ m}}{\pi \times (2.5 \times 10^{-4} \text{ m})^2 \times 0.02 \text{ m}}$$

$$= 4.99 \times 10^9 \text{ N m}^{-2}$$

উ: $4.99 \times 10^9 \text{ N m}^{-2}$

এখানে,

তারের আদি দৈর্ঘ্য, $L = 1 \text{ m}$

তারের দৈর্ঘ্য বৃক্ষি, $l = 1.02 \text{ m} - 1 \text{ m} = 0.02 \text{ m}$

বল, $F = 19.6 \text{ N}$

তারের ব্যাসার্ধ, $r = \frac{5 \times 10^{-4} \text{ m}}{2} = 2.5 \times 10^{-4} \text{ m}$

ইয়ং গুণাঙ্ক, $Y = ?$

গাণিতিক উদাহরণ ৭.২। 1 m দৈর্ঘ্য 1 বর্গ মিলিমিটার প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফলবিশিষ্ট একটি ইঞ্চাতের তারের দৈর্ঘ্য 10% বৃক্ষি করতে হলে কত বল প্রয়োগ করতে হবে? ইঞ্চাতের ইয়ং গুণাঙ্ক $2 \times 10^{11} \text{ N m}^{-2}$

[দি. বো. ২০১৬]

আমরা জানি,

$$Y = \frac{FL}{Al}$$

$$F = \frac{Y Al}{L}$$

$$= \frac{2 \times 10^{11} \text{ N m}^{-2} \times 10^{-6} \text{ m}^2 \times 1 \text{ m}}{1 \text{ m} \times 10}$$

$$= 2 \times 10^4 \text{ N}$$

উ: $2 \times 10^4 \text{ N}$

এখানে,

ধরি, তারের আদি দৈর্ঘ্য, $L = 1 \text{ m}$

তারের দৈর্ঘ্য বৃক্ষি, $l = 10\% L = \frac{10 L}{100} = \frac{1 \text{ m}}{10}$

প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল, $A = 1 \text{ mm}^2 = 10^{-6} \text{ m}^2$

ইয়ং গুণাঙ্ক, $Y = 2 \times 10^{11} \text{ N m}^{-2}$

বল, $F = ?$

গাণিতিক উদাহরণ ৭.৩। একটি ইঞ্চাতের তারের দৈর্ঘ্য 2 m, প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল 1 mm²। তারটির প্রাপ্তে 20 N বল প্রয়োগ করলে এর দৈর্ঘ্য বৃক্ষি নির্ণয় কর। [$Y = 2 \times 10^{11} \text{ N m}^{-2}$] [কু. বো. ২০০০; য. বো. ২০১০]

আমরা জানি,

$$Y = \frac{FL}{Al}$$

$$\therefore l = \frac{FL}{AY}$$

$$= \frac{20 \text{ N} \times 2 \text{ m}}{10^{-6} \text{ m}^2 \times 2 \times 10^{11} \text{ N m}^{-2}}$$

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

উ: $2 \times 10^{-4} \text{ m}$

এখানে,

তারটির আদি দৈর্ঘ্য, $L = 2 \text{ m}$

তারের দৈর্ঘ্য বৃক্ষি, $l = ?$

প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল, $A = 1 \text{ mm}^2 = 10^{-6} \text{ m}^2$

প্রযুক্ত বল, $F = 20 \text{ N}$

ইয়ং গুণাঙ্ক, $Y = 2 \times 10^{11} \text{ N m}^{-2}$

গাণিতিক উদাহরণ ৭.৪। 2 m দীর্ঘ ও 1 mm ব্যাসের একটি তারের দৈর্ঘ্য বৃক্ষি 0.05 cm হলে তারটির ব্যাস কতটুকু হ্রাস পাবে? (পয়সনের অনুপাত $\sigma = 0.25$)।

[চ. বো. ২০১০]

আমরা জানি,

$$\sigma = \frac{dL}{Dl} \quad \therefore d = \frac{\sigma Dl}{L}$$

এখানে,

তারের আদি দৈর্ঘ্য, $L = 2 \text{ m}$

তারের আদি ব্যাস, $D = 1 \text{ mm} = 1 \times 10^{-3} \text{ m}$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{0.25 \times 1 \times 10^{-3} \text{ m} \times 0.05 \times 10^{-2} \text{ m}}{2 \text{ m}} \\
 &= 6.25 \times 10^{-8} \text{ m} \\
 \text{উ: } &6.25 \times 10^{-8} \text{ m.}
 \end{aligned}$$

দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি, $l = 0.05 \text{ cm} = 0.05 \times 10^{-2} \text{ m}$
পয়সনের অনুপাত, $\sigma = 0.25$

ব্যাসের হাস, $d = ?$

গাণিতিক উদাহরণ ৭.৫ : 1m^2 ক্ষেত্রফলবিশিষ্ট এবং 8 mm পুরুষের স্টীল প্লেটের নিচের পৃষ্ঠা দৃঢ় অবস্থানে আটকিয়ে উপরের পৃষ্ঠার বল প্রয়োগ করে ব্যবর্তন তৈরি করা হলো। স্টীলের ব্যবর্তন গুণাঙ্ক $8 \times 10^{10} \text{ N m}^{-2}$ ।

(ক) উদ্ধীপকে উল্লিখিত প্লেটের ব্যবর্তন বিকৃতি 0.3 হলে কত বল প্রয়োগ করতে হবে?

(খ) প্লেটকে 8.5 N s m^{-2} সান্দুতার সহগের তরলের 2 mm পুরুষ স্তরের উপর স্থাপন করে 500 m s^{-1} বেগে গতিশীল করতে সমান বল প্রয়োগ করতে হবে কী? মতামত দাও। [ব.বো. ২০১৭]

(ক) আমরা জানি,

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{F}{A\theta} \\
 \therefore F &= n A \theta \\
 &= 8 \times 10^{10} \text{ N m}^{-2} \times 1 \text{ m}^2 \times 0.3 \\
 &= 2.4 \times 10^{10} \text{ N}
 \end{aligned}$$

এখানে,

স্টীল প্লেটের ক্ষেত্রফল, $A = 1 \text{ m}^2$

ব্যবর্তন বিকৃতি, $\theta = 0.3$

ব্যবর্তন গুণাঙ্ক, $n = 8 \times 10^{10} \text{ N m}^{-2}$

প্রযুক্ত বল, $F = ?$

(খ) আমরা জানি,

$$\begin{aligned}
 F &= \eta A \frac{dv}{dy} \\
 &= 8.5 \text{ N s m}^{-2} \times 1 \text{ m}^2 \times 2.5 \times 10^5 \text{ s}^{-1} \\
 &= 2.125 \times 10^6 \text{ N}
 \end{aligned}$$

এখানে,

স্টীল প্লেটের ক্ষেত্রফল, $A = 1 \text{ m}^2$

তরলের সান্দুতা সহগ, $\eta = 8.5 \text{ N s m}^{-2}$

বেগের নতি, $\frac{dv}{dy} = \frac{500 \text{ m s}^{-1}}{2 \times 10^{-3} \text{ m}} = 2.5 \times 10^5 \text{ s}^{-1}$

বল, $F = ?$

অতএব প্লেটিকে গতিশীল করতে সমান বল প্রয়োগ করতে হবে না।

উ: (ক) $2.4 \times 10^{10} \text{ N}$; (খ) $2.125 \times 10^6 \text{ N}$ -বল প্রয়োগ করতে হবে অর্থাৎ সমান বল প্রয়োগ করতে হবে না।

গাণিতিক উদাহরণ ৭.৬। 200 mm ব্যাসার্ধের একটি ধাতব গোলক একটি তরলের মধ্য দিয়ে $2.1 \times 10^{-2} \text{ m s}^{-1}$ প্রাপ্ত বেগে পড়ছে। তরলের সান্দুতাঙ্ক $0.003 \text{ kg m}^{-1} \text{ s}^{-1}$ । তরলের সান্দু বল নির্ণয় কর।

[সি. বো. ২০০২; ব. বো. ২০০৭]

আমরা জানি,

$$\begin{aligned}
 F &= 6\pi r\eta v \\
 &= 6 \times \pi \times 0.2 \text{ m} \times 0.003 \text{ kg m}^{-1} \text{ s}^{-1} \\
 &\quad \times 2.1 \times 10^{-2} \text{ m s}^{-1} \\
 &= 2.375 \times 10^{-4} \text{ N}
 \end{aligned}$$

উ: $2.375 \times 10^{-4} \text{ N}$

গাণিতিক উদাহরণ ৭.৭। পানির উপরিতলে আলতোভাবে রাখা 3 cm দীর্ঘ একটি সুইকে টেনে তুলতে সর্বাধিক যে বলের প্রয়োজন হয় তা নির্ণয় কর। পানির পৃষ্ঠাটান $72 \times 10^{-3} \text{ N m}^{-1}$ ।

যেহেতু সূচটির দুই পাশেই পানি আছে সুতরাং দুই পাশেই পৃষ্ঠাটানের জন্য বল প্রযুক্ত হয়।

$$\begin{aligned}
 \therefore \text{মোট বল}, F &= T \times l + T \times l = 2Tl \\
 &= 2 \times 72 \times 10^{-3} \text{ N m}^{-1} \times 3 \times 10^{-2} \text{ m} \\
 &= 4.32 \times 10^{-3} \text{ N}
 \end{aligned}$$

উ: $4.32 \times 10^{-3} \text{ N}$

এখানে,

ব্যাসার্ধ, $r = 200 \text{ mm}$

$= 0.2 \text{ m}$

বেগ, $v = 2.1 \times 10^{-2} \text{ m s}^{-1}$

সান্দুতাঙ্ক, $\eta = 0.003 \text{ kg m}^{-1} \text{ s}^{-1}$

সান্দু বল, $F = ?$

এখানে,

সুইকের দৈর্ঘ্য, $l = 3 \text{ cm} = 3 \times 10^{-2} \text{ m}$

পানির পৃষ্ঠাটান, $T = 72 \times 10^{-3} \text{ N m}^{-1}$

বল, $F = ?$

গাণিতিক উদাহৰণ ৭.৮। একটি তাৰেৱ ওজন নগণ্য ধৰে একে 25°C তাপমাত্ৰার পানিৰ উপৰিতল থেকে 0.5 m লম্বা একটি অনুভূমিক তাৰকে টেনে তুলতে তাৰেৱ ওজনসহ সৰ্বাধিক $72.8 \times 10^{-3}\text{ N}$ বলেৱ প্ৰযুক্ত হয়। পানিৰ পৃষ্ঠাটান কত? [য. বো. ২০১৬]

যেহেতু তাৰটিৰ দুই পাশেই পানি আছে, সুতৰাং দুই পাশেই পৃষ্ঠাটানেৱ জন্য বল প্ৰযুক্ত হয়, ফলে তাৰেৱ মোট $2l$ দৈৰ্ঘ্যেৰ উপৰ বল ক্ৰিয়া কৰে।

$$\therefore T = \frac{F}{2l} = \frac{72.8 \times 10^{-3}\text{ N}}{2 \times 0.5\text{ m}} \\ = 72.8 \times 10^{-3}\text{ N m}^{-1}$$

উ: $72.8 \times 10^{-3}\text{ N m}^{-1}$

গাণিতিক উদাহৰণ ৭.৯। 2 mm ব্যাসেৱ একটি পানিৰ গোলককে ভেঙে দশ লক্ষ সমআয়তন ক্ষুদ্ৰ ফোঁটা তৈৰি কৰলে কী পৰিমাণ কাজ সম্পন্ন হবে? [পানিৰ পৃষ্ঠাটান = $72 \times 10^{-3}\text{ N m}^{-1}$] [য. বো. ২০০৮; চ. বো. ২০০৩]

আমৰা জানি, ক্ষেত্ৰফলেৱ পৰিবৰ্তন ΔA হলো,

$$W = \Delta A T \\ = 4\pi (Nr^2 - R^2) T$$

এখন, সকল ক্ষুদ্ৰ ফোঁটাৰ মিলিত আয়তন = বড় ফোঁটাৰ আয়তন

$$10^6 \times \frac{4}{3} \pi r^3 = \frac{4}{3} \pi R^3$$

$$\therefore R = 10^2 r$$

$$\therefore r = \frac{R}{100} = \frac{10^{-3}\text{ m}}{100} = 10^{-5}\text{ m}$$

$$\therefore W = 4 \times \pi \times [10^6 \times (10^{-5}\text{ m})^2 - (10^{-3}\text{ m})^2] \times 72 \times 10^{-3}\text{ N m}^{-1} \\ = 8.95 \times 10^{-5}\text{ J}$$

উ: $8.95 \times 10^{-5}\text{ J}$.

গাণিতিক উদাহৰণ ৭.১০। একটি সাৰানেৱ বুদ্বুদেৱ ব্যাসাৰ্ধ 0.01 m থেকে বাঢ়িয়ে 0.1 m কৰা হয়। এই প্ৰক্ৰিয়াৰ কী পৰিমাণ কাজ সম্পন্ন হলো? (সাৰান দ্রবণেৱ পৃষ্ঠাটান = $26 \times 10^{-3}\text{ N m}^{-1}$)

আমৰা জানি, ক্ষেত্ৰফলেৱ পৰিবৰ্তন ΔA হলো

$$W = \Delta A T$$

কিন্তু বুদ্বুদেৱ দুটি পৃষ্ঠা থাকে,

সুতৰাং ক্ষেত্ৰফলেৱ বৃদ্ধি,

$$\Delta A = 2 \times [4\pi(r_2^2 - r_1^2)] \\ = 8 \times \pi \times [(10^{-1}\text{ m})^2 - (10^{-2}\text{ m})^2] \\ = 248.7 \times 10^{-3}\text{ m}^2$$

এখন, সম্পাদিত কাজ,

$$W = \Delta A \times T \\ = 248.7 \times 10^{-3}\text{ m}^2 \times 26 \times 10^{-3}\text{ N m}^{-1} \\ = 6.47 \times 10^{-3}\text{ J}$$

উ: $6.47 \times 10^{-3}\text{ J}$.

এখনে,

বড় ফোঁটাৰ ব্যাসাৰ্ধ, $R = 10^{-3}\text{ m}$

এবং ছোট ফোঁটাৰ ব্যাসাৰ্ধ, $r = ?$

পৃষ্ঠাটান, $T = 72 \times 10^{-3}\text{ N m}^{-1}$

সম্পাদিত কাজ, $W = ?$

ফোঁটাৰ সংখ্যা, $N = 10^6$

এখনে,

বৰ্ধিত ব্যাসাৰ্ধ, $r_2 = 0.1\text{ m} = 10^{-1}\text{ m}$

আদি ব্যাসাৰ্ধ, $r_1 = 0.01\text{ m} = 10^{-2}\text{ m}$

পৃষ্ঠাটান, $T = 26 \times 10^{-3}\text{ N m}^{-1}$

সম্পাদিত কাজ, $W = ?$

গাণিতিক উদাহরণ ৭.১১। একটি কৈশিক নলের ব্যাসার্ধ 0.1 mm । একে $60 \times 10^{-3} \text{ N m}^{-1}$ পৃষ্ঠটান এবং 800 kg m^{-3} ঘনত্বের তেলে ডুবালে কৈশিক নলে কত উচ্চতায় তেল উঠবে। স্পর্শ কোণ 20° ।

আমরা জানি,

$$T = \frac{h \rho g r}{2 \cos \theta}$$

$$\therefore h = \frac{2T \cos \theta}{\rho g r}$$

$$\therefore h = \frac{2 \times 60 \times 10^{-3} \text{ N m}^{-1} \times \cos 20^\circ}{800 \text{ kg m}^{-3} \times 9.8 \text{ m s}^{-2} \times 10^{-4} \text{ m}} \\ = 0.1438 \text{ m}$$

উ: 0.1438 m .

এখানে,

$$\text{পৃষ্ঠটান}, T = 60 \times 10^{-3} \text{ N m}^{-1}$$

$$\text{তেলের ঘনত্ব}, \rho = 800 \text{ kg m}^{-3}$$

$$\text{স্পর্শ কোণ}, \theta = 20^\circ$$

$$\text{কৈশিক নলের ব্যাসার্ধ}, r = 0.1 \text{ mm} = 10^{-4} \text{ m}$$

$$\text{অভিকর্ষজ ত্বরণ}, g = 9.8 \text{ m s}^{-2}$$

$$\text{উচ্চতা}, h = ?$$

সেট II

[সাম্প্রতিক বোর্ড পরীক্ষা ও বিভিন্ন বিশ্ববিদ্যালয়ের ভর্তি পরীক্ষায় সমিবেশিত সমস্যাবলি]

গাণিতিক উদাহরণ ৭.১২। কোনো পারদের ব্যারোমিটারের নলের ব্যাস 4 mm । পৃষ্ঠানের জন্য এর মধ্যে কী পরিমাণ ত্রুটি সংযুক্ত হবে? কাচের সাথে পারদের স্পর্শ-কোণ 140° , পারদের পৃষ্ঠটান $465 \times 10^{-3} \text{ N m}^{-1}$, পারদের ঘনত্ব $13.6 \times 10^3 \text{ kg m}^{-3}$ ।

[রা. বি. ২০১২-২০১৩]

ধরা যাক, কৈশিক নলে পারদের উত্থান h

আমরা জানি,

$$T = \frac{h \rho g r}{2 \cos \theta}$$

$$\text{সুতরাং } h = \frac{2T \cos \theta}{r \rho g}$$

$$\therefore h = \frac{2 \times 465 \times 10^{-3} \text{ N m}^{-1} \times \cos 140^\circ}{2 \times 10^{-3} \text{ m} \times 13.6 \times 10^3 \text{ kg m}^{-3} \times 9.8 \text{ m s}^{-2}} \\ = -2.67 \times 10^{-3} \text{ m} \\ = -0.267 \text{ cm}$$

বিয়োগ চিহ্ন থেকে বোঝা যায় যে, নলের ভেতরে পারদের অবক্ষেপ ঘটেছে অর্ধাং নিচে নেমে গেছে। সুতরাং ব্যারোমিটারটি প্রকৃত পাঠের চেয়ে 0.267 cm কম পাঠ দেবে।

গাণিতিক উদাহরণ ৭.১৩। 5 cm ব্যাসার্ধের বুদবুদ সৃষ্টি করতে কৃতকাজ কত? পৃষ্ঠটান, $T = 3 \times 10^{-12} \text{ N m}^{-1}$ ।

[ব. বো. ২০১৬]

আমরা জানি,

$$\text{ক্ষেত্রফলের পরিবর্তন } \Delta A \text{ হলে } W = \Delta A T$$

কিন্তু বুদবুদের দুটি পৃষ্ঠ থাকে, সুতরাং ক্ষেত্রফলের বৃদ্ধি

$$\Delta A = 2 \times [4\pi (r_2^2 - r_1^2)]$$

$$= 8 \times \pi \times [(0.05)^2 - 0] \\ = 0.0628 \text{ m}^2$$

অতএব কৃতকাজ,

$$W = \Delta A \times T = 0.0628 \text{ m}^2 \times 3 \times 10^{-12} \text{ N m}^{-1} \\ = 1.88 \times 10^{-3} \text{ J}$$

উ: $1.88 \times 10^{-3} \text{ J}$

এখানে,

$$\text{পারদের পৃষ্ঠটান}, T = 3 \times 10^{-12} \text{ N m}^{-1}$$

$$\text{স্পর্শ কোণ}, \theta = 140^\circ$$

$$\text{নলের ব্যাসার্ধ}, r = \frac{4}{2} \text{ mm} = 2 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$\text{পারদের ঘনত্ব}, \rho = 13.6 \times 10^3 \text{ kg m}^{-3}$$

$$\text{অভিকর্ষজ ত্বরণ}, g = 9.8 \text{ m s}^{-2}$$

$$\text{উচ্চতা}, h = ?$$

এখানে,

$$\text{বর্ধিত ব্যাসার্ধ}, r_2 = 5 \text{ cm} = 0.05 \text{ m}$$

$$\text{আদি ব্যাসার্ধ}, r_1 = 0$$

$$\text{পৃষ্ঠটান}, T = 3 \times 10^{-12} \text{ N m}^{-1}$$

$$\text{কৃতকাজ}, W = ?$$

গাণিতিক উদাহৰণ ৭.১৪। দুটি তাৰেৱ দৈৰ্ঘ্য সমান কিন্তু ব্যাস যথাক্রমে 2 mm ও 5 mm । তাৰ দুটিকে সমান বলে টানলে প্ৰথমটিৰ দৈৰ্ঘ্য বৃদ্ধি দ্বিতীয়টিৰ তিন গুণ হয়। প্ৰথম তাৰেৱ পয়সনেৱ অনুপাত 0.5 ।

(ক) যখন প্ৰথম তাৰেৱ দৈৰ্ঘ্য 10% বৃদ্ধি কৰা হয় তখন এৱ ব্যাসাৰ্ধ কতটুকু হোস পাৰে ?

(খ) উদ্বিপক্ষেৱ তাৰ দুটিৰ মধ্যে কোনটি বেশি স্থিতিস্থাপক? গাণিতিক বিশ্লেষণেৱ সাহায্যে তোমাৰ মতামত ব্যক্ত কৰ। [ঢ. বো. ২০১৫]

(ক) আমৰা জানি,

$$\sigma = \frac{d_1 L}{D l}$$

$$\therefore d_1 = \frac{\sigma_1 D_1 l_1}{L} = \frac{0.5 \times 2 \times 10^{-3} \text{ m} \times L}{L \times 10} = 1 \times 10^{-4} \text{ m}$$

$$\therefore r_1 = \frac{1 \times 10^{-4} \text{ m}}{2} = 5 \times 10^{-5} \text{ m}$$

এখানে,

প্ৰথম তাৰেৱ দৈৰ্ঘ্য, $L_1 = L$

প্ৰথম তাৰেৱ ব্যাস, $D_1 = 2 \text{ mm} = 2 \times 10^{-3} \text{ m}$

প্ৰথম তাৰেৱ দৈৰ্ঘ্য বৃদ্ধি, $l_1 = \frac{L}{10}$

প্ৰথম তাৰেৱ পয়সনেৱ অনুপাত, $\sigma_1 = 0.5$

প্ৰথম তাৰেৱ ব্যাসাৰ্ধ হোস d_1

প্ৰথম তাৰেৱ ব্যাসাৰ্ধ হোস, $r_1 = \frac{d_1}{2} = ?$

(খ) আমৰা জানি, তাৰেৱ উপাদানেৱ ইয়ৎ গুণাঙ্ক

$$Y = \frac{FL}{\pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 l}$$

প্ৰথম তাৰেৱ ক্ষেত্ৰে, ইয়ৎ গুণাঙ্ক

$$Y_1 = \frac{FL}{\pi \left(\frac{D_1}{2}\right)^2 l_1} = \frac{4FL}{\pi D_1^2 \times 3l}$$

দ্বিতীয় তাৰেৱ ক্ষেত্ৰে, ইয়ৎ গুণাঙ্ক

$$Y_2 = \frac{FL}{\pi \left(\frac{D_2}{2}\right)^2 l_2} = \frac{4FL}{\pi D_2^2 \times l}$$

$$\therefore \frac{Y_1}{Y_2} = \frac{4F \times L}{\pi D_1^2 \times 3l} \times \frac{\pi D_2^2 l}{4F \times L}$$

$$= \frac{D_2^2}{3D_1^2} = \frac{(5 \times 10^{-3} \text{ m})^2}{3 \times (2 \times 10^{-3} \text{ m})^2} = 2.08$$

বা, $Y_1 = 2.08 Y_2$

$\therefore Y_1, Y_2$ এৱ চেয়ে বড় সূতৰাং প্ৰথম তাৰটি দ্বিতীয় তাৰেৱ চেয়ে বেশি স্থিতিস্থাপক।

উ: (ক) $5 \times 10^{-5} \text{ m}$; (খ) প্ৰথম তাৰ বেশি স্থিতিস্থাপক।

গাণিতিক উদাহরণ ৭.১৫। রতন 0.1 kg ভরের একটি বস্তুকে 0.50 m দৈর্ঘ্যবিশিষ্ট তারে বেঁধে বৃত্তাকার পথে ঘূরাচ্ছে এবং ধারণা করল ঘূর্ণন সংখ্যা 600 rpm , তারের প্রস্তুচ্ছেদের ক্ষেত্রফল 10^{-6} m^2 এবং অসহ পীড়ন $4.8 \times 10^7 \text{ N m}^{-2}$ । তারের উপাদানের ইয়ং গুণাঙ্ক $2 \times 10^{11} \text{ N m}^{-2}$ ।

(ক) উদ্বীপকে উল্লেখিত তারটিকে বস্তু সমেত ঝুলিয়ে দেওয়া হলে তারের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি নির্ণয় কর।

(খ) রতনের ঘূর্ণন সংখ্যার ধারণার সত্যতা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। [কু. বো. ২০১৬]

(ক) আমরা জানি,

$$\begin{aligned}\therefore Y &= \frac{MgL}{Al} \\ \therefore l &= \frac{MgL}{AY} \\ &= \frac{0.1 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m s}^{-2} \times 0.5 \text{ m}}{10^{-6} \text{ m}^2 \times 2 \times 10^{11} \text{ N m}^{-2}} \\ &= 2.45 \times 10^{-6} \text{ m} \\ &= 2.45 \times 10^{-3} \text{ mm}\end{aligned}$$

(খ) আবার,

কেন্দ্রস্থু বল, $F = m\omega^2 r$

$$\begin{aligned}\therefore \omega &= \sqrt{\frac{F}{mr}} = \sqrt{\frac{48 \text{ N}}{0.1 \text{ kg} \times 0.50 \text{ m}}} = 30.98 \text{ rad s}^{-1} = \frac{30.98}{2\pi} \text{ rev} \times (60) \text{ min}^{-1} \\ &= 295.87 \text{ rev min}^{-1} \approx 296 \text{ rpm}\end{aligned}$$

উ : (ক) $2.45 \times 10^{-3} \text{ mm}$; (খ) 296 rpm অর্থাৎ রতনের প্রাণ ঘূর্ণন সংখ্যা তার ধারণার চেয়ে কম। সুতরাং তার ধারণা সঠিক ছিল না।

গাণিতিক উদাহরণ ৭.১৬। সমান দৈর্ঘ্যের তিনটি তারের ব্যাস যথাক্রমে 1 mm , 2 mm এবং 3 mm । তার তিনটিতে সমান বল $5 \times 10^3 \text{ N}$ প্রয়োগের ফলে এদের দৈর্ঘ্যের বৃদ্ধি যথাক্রমে 5% , 2% এবং 1% হলো।

(ক) প্রথম তারটির একক আয়তনে স্থিতিস্থাপক শক্তি নির্ণয় কর।

(খ) উদ্বীপকে কোন তারটির স্থিতিস্থাপক সীমা সবচেয়ে বেশি? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে তোমার মতামত দাও। [জ. বো. ২০১৬]

(ক) আমরা জানি,

$$\text{একক আয়তনে স্থিতিশক্তি}, U = \frac{1}{2} \frac{Yl^2}{L^2}$$

$$\text{আবার, ইয়ং গুণাঙ্ক}, Y = \frac{FL}{\pi r^2 l}$$

$$\begin{aligned}Y_1 &= \frac{5 \times 10^3 \text{ N} \times L \times 20}{3.14 \times (0.5 \times 10^{-3} \text{ m})^2 \times L} \\ &= 1.27 \times 10^{11} \text{ N m}^{-2} \\ \therefore U_1 &= \frac{1}{2} \times \frac{1.27 \times 10^{11} \text{ N m}^{-2} \times (L/20)^2}{L^4} \\ &= 1.589 \times 10^8 \text{ J m}^{-3}\end{aligned}$$

এখানে,

তারের দৈর্ঘ্য, $L = 0.50 \text{ m}$

বুলানো ভর, $m = 0.1 \text{ kg}$

তারের প্রস্তুচ্ছেদের ক্ষেত্রফল, $A = 10^{-6} \text{ m}^2$

$$\text{অসহ পীড়ন}, \frac{F}{A} = 4.8 \times 10^7 \text{ N m}^{-2}$$

$$\begin{aligned}\therefore \text{অসহ বল}, F &= 4.8 \times 10^7 \text{ N m}^{-2} \times 10^{-6} \text{ m}^2 \\ &= 48 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\text{ইয়ং গুণাঙ্ক}, Y = 2 \times 10^{11} \text{ N m}^{-2}$$

দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি, $l = ?$

কৌণিক বেগ, $\omega = ?$

প্রথম তারের ব্যাস, $d_1 = 1 \text{ mm}$
 \therefore প্রথম তারের ব্যাসার্ধ, $r_1 = 0.5 \times 10^{-3} \text{ m}$
 তারের দৈর্ঘ্য, $L_1 = L_2 = L_3 = L$
 প্রথম তারের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি, $l_1 = \frac{L}{20}$
 প্রযুক্ত বল, $F = 5 \times 10^3 \text{ N}$
 প্রথম তারের ইয়ং গুণাঙ্ক, $Y_1 = ?$
 সঞ্চিত শক্তি, $U_1 = ?$

(খ) যে তাৰ বেশি স্থিতিস্থাপক অৰ্থাৎ যে তাৱেৱ উপাদানেৰ স্থিতিস্থাপকতাৰ গুণাঙ্ক বেশি সেই তাৱেৱ স্থিতিস্থাপক সীমা বেশি হবে।

$$\begin{aligned} Y_2 &= \frac{FL}{\pi r_2^2 l_2} \\ &= \frac{5 \times 10^3 \text{ N} \times L \times 50}{\pi \times (1 \times 10^{-3} \text{ m})^2 \times L} \\ &= 7.96 \times 10^{10} \text{ N m}^{-2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y_3 &= \frac{FL}{\pi r_3^2 l_3} \\ &= \frac{5 \times 10^3 \text{ N} \times L \times 100}{\pi \times (1.5 \times 10^{-3} \text{ m})^2 \times L} \\ &= 7.08 \times 10^{10} \text{ N m}^{-2} \end{aligned}$$

$$\therefore Y_1 > Y_2 > Y_3$$

সুতৰাং প্ৰথম তাৱেৱ স্থিতিস্থাপক সীমা বেশি।

উ: (ক) $1.59 \times 10^8 \text{ J m}$; (খ) প্ৰথম তাৱেৱ স্থিতিস্থাপক সীমা বেশি।

গাণিতিক উদাহৰণ ৭.১৭। রিমি পৱৰিষ্ঠা কৰে দেখলো যে, 4 mm ব্যাসেৰ একটি লোহার গোলক কেৱোসিন তেলে $4 \times 10^{-2} \text{ m s}^{-1}$ প্ৰান্ত বেগ নিয়ে পড়ে। রিমিৰ ধাৰণা হলো কেৱোসিন অপেক্ষা গ্ৰিসারিনে গোলকটিৰ প্ৰান্তবেগ বেশি হবে। লোহার ঘনত্ব 7800 kg m^{-3} , কেৱোসিনেৰ ঘনত্ব 800 kg m^{-3} , গ্ৰিসারিনেৰ ঘনত্ব 1250 kg m^{-3} , গ্ৰিসারিনেৰ সান্দ্ৰতাৰ্ক্ষ 1.6 N m s^{-2} ।

(ক) সান্দ্ৰ বল নিৰ্ণয় কৰ।

(খ) উদীগকেৱ তথ্যেৰ ভিত্তিতে রিমিৰ ধাৰণা সঠিক কি না তা গাণিতিক বিশ্লেষণেৰ মাধ্যমে মতামত দাও।

[সি. বো. ২০১৬]

(ক) আমৰা জানি,

$$\text{সান্দ্ৰবল}, F = 6 \pi r \eta_1 v_1$$

$$\text{কেৱোসিনেৰ সান্দ্ৰতাৰ্ক্ষ}, \eta_1 = \frac{2r^2(\rho - \rho_1)g}{9v_1}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{2 \times (2 \times 10^{-3} \text{ m})^2 \times (7800 \text{ kg m}^{-3} - 800 \text{ kg m}^{-3}) \times 9.8 \text{ m s}^{-2}}{9 \times 4 \times 10^{-2} \text{ m s}^{-1}} \\ &= 1.52 \text{ N m s}^{-2} \end{aligned}$$

$$\therefore \text{কেৱোসিনেৰ সান্দ্ৰবল}, F = 6 \times \pi \times 2 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$\begin{aligned} &\times 1.52 \text{ N m s}^{-2} \times 4 \times 10^{-2} \text{ m s}^{-1} \\ &= 2.3 \times 10^{-3} \text{ N} \end{aligned}$$

(খ) আমৰা জানি,

$$\text{গ্ৰিসারিনে প্ৰান্ত বেগ}, v_2 = \frac{2r^2(\rho - \rho_2)g}{9 \eta_2}$$

দ্বিতীয় তাৱেৱ ব্যাস, $d_2 = 2 \text{ mm}$

দ্বিতীয় তাৱেৱ ব্যাসাৰ্ধ, $r_2 = 1 \times 10^{-3} \text{ m}$

দ্বিতীয় তাৱেৱ দৈৰ্ঘ্য বৃক্ষি, $l_2 = \frac{L}{50}$

তৃতীয় তাৱেৱ ব্যাস, $d_3 = 3 \text{ mm}$

তৃতীয় তাৱেৱ ব্যাসাৰ্ধ, $r_3 = 1.5 \times 10^{-3} \text{ m}$

দ্বিতীয় তাৱেৱ দৈৰ্ঘ্য বৃক্ষি, $l_3 = \frac{L}{100}$

দ্বিতীয় তাৱেৱ ইয়ং গুণাঙ্ক, $Y_2 = ?$

তৃতীয় তাৱেৱ ইয়ং গুণাঙ্ক, $Y_3 = ?$

এখানে,

$$\text{গোলকেৱ ব্যাসাৰ্ধ}, r = \frac{4 \text{ mm}}{2} = 2 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$\text{কেৱোসিনে প্ৰান্ত বেগ}, v_1 = 4 \times 10^{-2} \text{ m s}^{-1}$$

$$\text{কেৱোসিনেৰ সান্দ্ৰতাৰ্ক্ষ}, \eta_1 = ?$$

$$\text{লোহার ঘনত্ব}, \rho = 7800 \text{ kg m}^{-3}$$

$$\text{কেৱোসিনেৰ ঘনত্ব}, \rho_1 = 800 \text{ kg m}^{-3}$$

$$\text{সান্দ্ৰবল}, F = ?$$

গ্ৰিসারিনেৰ ঘনত্ব, $\rho_2 = 1250 \text{ kg m}^{-3}$

গ্ৰিসারিনেৰ সান্দ্ৰতাৰ্ক্ষ, $\eta_2 = 1.6 \text{ N m s}^{-2}$

গ্ৰিসারিনে প্ৰান্ত বেগ, $v_2 = ?$

$$= \frac{2 \times (2 \times 10^{-3} \text{ m})^2 \times (7800 \text{ kg m}^{-3} - 1250 \text{ kg m}^{-3}) \times 9.8 \text{ m s}^{-2}}{9 \times 1.6 \text{ N m s}^{-2}}$$

$$= 0.0356 \text{ m s}^{-1}$$

$$= 3.56 \times 10^{-2} \text{ m s}^{-1}$$

গাণিতিক বিশ্লেষণে দেখা যায় যে, পিসারিনে প্রান্তবেগ কেরোসিনে প্রান্ত বেগের চেয়ে কম। সুতরাং রিমির ধারণা ভুল ছিল।

উ: (ক) $2.3 \times 10^{-3} \text{ N}$; (খ) রিমির ধারণা ভুল।

গাণিতিক উদাহরণ ৭.১৮। তমালিকা ভিন্ন ব্যাসের একই পদার্থের দুটি ধাতব গোলক তার্পিন তেলের মধ্যে ছেড়ে দিল। গোলক দুটি প্রান্তিক বেগে তার্পিন তেলের তলায় গিয়ে পড়ল। বড় গোলকটি প্রান্তিক বেগে 3 সেকেন্ডে 21 cm পথ অতিক্রম করে। ধাতব পদার্থের ঘনত্ব $4 \times 10^3 \text{ kg m}^{-3}$, তেলের ঘনত্ব $8.9 \times 10^2 \text{ kg m}^{-3}$ এবং বড় গোলকের ব্যাস 6 cm । [তার্পিন তেলের সান্দুতাঙ্ক $1.5 \times 10^{-2} \text{ Pa s}$]।

(ক) প্রান্তিক বেগের সময় বড় গোলকটির প্রযুক্ত সান্দুবল নির্ণয় কর।

(খ) ছোট গোলকের ব্যাসার্ধ 2 cm হলে, কোন গোলকটি আগে নিচে পতিত হবে? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে সিদ্ধান্ত দাও। [ব. বো. ২০১৬]

(ক) আমরা জানি,

$$\text{সান্দুবল}, F = 6\pi r \eta v$$

$$F_1 = 6 \times \pi \times 3 \times 10^{-2} \text{ m} \times 1.5 \times 10^{-2} \text{ Pa s} \times 7 \times 10^{-2} \text{ m s}^{-1}$$

$$= 5.93 \times 10^{-4} \text{ N}$$

এখানে,

$$\text{বড় গোলকের ব্যাসার্ধ}, r_1 = \frac{6 \text{ cm}}{2} = 3 \times 10^{-2} \text{ m}$$

বড় গোলকের প্রান্তিক বেগ,

$$v_1 = \frac{21 \text{ cm}}{3 \text{ s}} = 7 \text{ cm s}^{-1}$$

$$= 7 \times 10^{-2} \text{ m s}^{-1}$$

$$\text{তেলের সান্দুতাঙ্ক}, \eta = 1.5 \times 10^{-2} \text{ Pa s}$$

সান্দুবল, $F_1 = ?$

(খ) তার্পিন তেলে যে গোলকের প্রান্তিক বেগ বেশি সেটি আগে নিচে পতিত হবে।

ছোট গোলকের প্রান্তিক বেগ v_2 এবং ব্যাসার্ধ r_2 হলে,

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{r_1^2}{r_2^2}$$

$$v_2 = \frac{r_2^2}{r_1^2} v_1$$

$$= \frac{(2 \times 10^{-2} \text{ m})^2 \times 7 \times 10^{-2} \text{ m s}^{-1}}{(3 \times 10^{-2} \text{ m})^2}$$

$$= 0.031 \text{ m s}^{-1} = 3.1 \text{ cm s}^{-1}$$

যেহেতু বড় গোলকের প্রান্তিক বেগ ছোট গোলকের চেয়ে বেশি, সুতরাং বড় গোলকটি আগে নিচে পতিত হবে।

উ: (ক) $5.93 \times 10^{-4} \text{ N}$; (খ) বড় গোলক।

এখানে,

$$r_1 = 3 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$r_2 = 2 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$v_1 = 7 \times 10^{-2} \text{ m s}^{-1}$$

$$v_2 = ?$$

গাণিতিক উদাহরণ ৭.১৯। 0.2 mm ব্যাসার্ধের একটি কৈশিক নলকে প্রথম ও দ্বিতীয় তরলে ডুবালে যথাক্রমে 4° ও 140° স্পর্শ কোণ তৈরি হয়। প্রথম ও দ্বিতীয় তরলের পৃষ্ঠাটান যথাক্রমে $72 \times 10^{-3} \text{ N m}^{-1}$ এবং $465 \times 10^{-3} \text{ N m}^{-1}$ ।

- (ক) কৈশিক নলে যে পরিমাণ প্রথম তরল উপরে উঠে তা বের কর।
 (খ) উদ্দীপকের কৈশিক নলে তরলের উত্থান না পতন বেশি হবে? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে মতামত দাও।

[রা. বো. ২০১৬]

(ক) আমরা জানি,

$$\text{প্রথম তরলের পৃষ্ঠাটান}, T_1 = \frac{r h_1 \rho_1 g}{2 \cos \theta_1}$$

$$\text{কিন্তু ঘনত্ব}, \rho_1 = \frac{\text{ভর}}{\text{আয়তন}} = \frac{m_1}{V_1}$$

$$\therefore T_1 = \frac{r h_1 m_1 g}{2 V_1 \cos \theta_1}$$

আবার কৈশিক নলে তরলের আয়তন, $V_1 = \pi r^2 h_1$

$$\therefore T_1 = \frac{r h_1 m_1 g}{2 \pi r^2 h_1 \cos \theta_1} = \frac{m_1 g}{2 \pi r \cos \theta_1}$$

$$\therefore m_1 = \frac{2 \pi r T_1 \cos \theta_1}{g}$$

$$= \frac{2 \times \pi \times 0.2 \times 10^{-3} \text{ m} \times 72 \times 10^{-3} \text{ N m}^{-1} \times \cos 4^\circ}{9.8 \text{ m s}^{-2}}$$

$$= 9.2 \times 10^{-6} \text{ kg}$$

- (খ) উদ্দীপকে প্রদত্ত স্পর্শ কোণ ও পৃষ্ঠাটানের মান থেকে প্রতীয়মান হয় যে, প্রথম তরলটি পানি এবং দ্বিতীয় তরলটি পারদ।

আমরা জানি,

$$h = \frac{2T \cos \theta}{\rho g}$$

$$\therefore h_1 = \frac{2 \times 72 \times 10^{-3} \text{ N m}^{-1} \times \cos 4^\circ}{0.2 \times 10^{-3} \text{ m} \times 1000 \text{ kg m}^{-3} \times 9.8 \text{ m s}^{-2}}$$

$$= 0.073 \text{ m}$$

$$h_2 = \frac{2 \times 465 \times 10^{-3} \text{ N m}^{-1} \times \cos 140^\circ}{0.2 \times 10^{-3} \text{ m} \times 13596 \text{ kg m}^{-3} \times 9.8 \text{ m s}^{-2}}$$

$$= -0.00267 \text{ m}$$

$\therefore |h_1| > |h_2|$ সূতরাং কৈশিক নলে পানির উত্থান বেশি হবে।

উ: (ক) $9.2 \times 10^{-6} \text{ kg}$; (খ) উত্থান বেশি হবে।

এখানে,

নলের ব্যাসার্ধ, $r = 0.2 \text{ mm} = 0.2 \times 10^{-3} \text{ m}$

প্রথম তরলের পৃষ্ঠাটান, $T_1 = 72 \times 10^{-3} \text{ N m}^{-1}$

প্রথম তরলের স্পর্শ কোণ, $\theta_1 = 4^\circ$

অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8 \text{ m s}^{-2}$

দ্বিতীয় তরলের পৃষ্ঠাটান, $T_2 = 465 \times 10^{-3} \text{ N m}^{-1}$

দ্বিতীয় তরলের স্পর্শ কোণ, $\theta_2 = 140^\circ$

নলে প্রথম তরলের ভর, $m_1 = ?$

সূতরাং,

প্রথম তরলের ঘনত্ব, $\rho_1 = 1000 \text{ kg m}^{-3}$

দ্বিতীয় তরলের ঘনত্ব, $\rho_2 = 13596 \text{ kg m}^{-3}$

প্রথম তরলের উত্থান, $h_1 = ?$

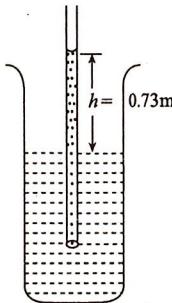
দ্বিতীয় তরলের পতন, $h_2 = ?$

গাণিতিক উদাহরণ ৭.২০। চিত্রে পানিপূর্ণ বীকারে ডুবানো কৈশিক নলে ব্যাস 0.04 mm ।

(ক) উদ্বীগকের আলোকে পানির তলটান নির্ণয় কর।

(খ) কৈশিক নলের ব্যাসার্ধের কী পরিবর্তনে পানির উচ্চতা 0.80 m হবে নির্ণয়পূর্বক কারণ বিশ্লেষণ কর।

[চ. বো. ২০১৬]



(ক) আমরা জানি,

$$\begin{aligned} T &= \frac{rh\rho g}{2} \\ &= \frac{0.02 \times 10^{-3} \text{ m} \times 0.73 \text{ m} \times 1000 \text{ kg m}^{-3} \times 9.8 \text{ m s}^{-2}}{2} \\ &= 0.0715 \text{ N m}^{-1} \\ &= 72 \times 10^{-3} \text{ N m}^{-1} \end{aligned}$$

এখানে,

$$\text{নলের ব্যাসার্ধ}, r = 0.02 \text{ mm} = 0.02 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$\text{তরল স্তরের উচ্চতা}, h = 0.73 \text{ m}$$

$$\text{পানির ঘনত্ব}, \rho = 1000 \text{ kg m}^{-3}$$

$$\text{অভিকর্ষণ ত্বরণ}, g = 9.8 \text{ m s}^{-2}$$

$$\text{পানির তলটান}, T = ?$$

$$\begin{aligned} (\text{খ}) r_2 &= \frac{2T}{h_2 \rho g} = \frac{2 \times 72 \times 10^{-3} \text{ N m}^{-1}}{0.80 \text{ m} \times 1000 \text{ kg m}^{-3} \times 9.8 \text{ m s}^{-2}} \\ &= 1.825 \times 10^{-5} \text{ m} = 0.018 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\therefore \Delta r = 0.02 \text{ mm} - 0.018 \text{ mm} = 0.002 \text{ mm}$$

$$= 0.002 \text{ mm}$$

$$\text{তরল স্তরের উচ্চতা}, h_2 = 0.80 \text{ m}$$

$$\text{নলের ব্যাসার্ধ}, r_2 = ?$$

$$\Delta r = r_1 - r_2 = ?$$

কৈশিক নলের ব্যাসার্ধ 0.002 mm কমাতে হবে।

কৈশিক নলের মধ্যে তরল পদার্থের উচ্চতা নলের ব্যাসার্ধের ব্যস্তানুপাতিক অর্থাৎ ব্যাসার্ধ হ্রাস পেলে তরল স্তরের উচ্চতা বৃদ্ধি পায়।

উ: (ক) $72 \times 10^{-3} \text{ N m}^{-1}$; (খ) 0.002 mm কমাতে হবে।

গাণিতিক উদাহরণ ৭.২১। একই আকারের দশটি পানির ফেঁটার একত্রিত হয়ে একটি বড় ফেঁটায় পরিণত হলো। প্রতিটি ফেঁটার ব্যাস $5 \times 10^{-7} \text{ m}$ । পানির পৃষ্ঠটান $72 \times 10^{-3} \text{ N m}^{-1}$ ।

(ক) উদ্বীগকের বড় ফেঁটার ব্যাস নির্ণয় কর।

(খ) উদ্বীগকের ঘটনায় পানির তাপমাত্রার কোনো পরিবর্তন হবে কিনা—গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর।

[দি. বো. ২০১৭]

(ক) আমরা জানি, 10 টি ছেট ফেঁটার মোট আয়তন

একটি বড় ফেঁটার আয়তনের সমান।

$$10 \times \frac{4}{6} \pi d^3 = \frac{1}{6} \pi D^3$$

$$\text{বা, } D^3 = 10 \times d^3$$

$$\therefore D = [10 \times (5 \times 10^{-7} \text{ m})^3]^{\frac{1}{3}}$$

এখানে,

$$\text{ছেট ফেঁটার ব্যাসার্ধ}, d = 5 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$\text{ফেঁটার সংখ্যা}, N = 10$$

$$\text{বড় ফেঁটার ব্যাস, } D = ?$$

$$= 1.077 \times 10^{-6} \text{ m}$$

(খ) আমরা জানি, ছেট ফেঁটাগুলো একত্রিত হয়ে বড় ফেঁটায় পরিণত হওয়ার ফলে কৃতকাজ

$$\begin{aligned} W &= 4 \pi (Nr^2 - R^2) \times T \\ &= 4 \pi \times [10 \times (2.5 \times 10^{-7} \text{ m})^2 \\ &\quad - (5.386 \times 10^{-7} \text{ m})^2] \times 72 \times 10^{-3} \text{ N m}^{-1} \\ &= 3.03 \times 10^{-13} \text{ J} \end{aligned}$$

এই কাজের ফলে উৎপন্ন চাপ H হলে এবং তার ফলে পানির তাপমাত্রা বৃদ্ধি $\Delta\theta$ হলে $H = ms \Delta\theta$

$$\text{বা, } \Delta\theta = \frac{H}{ms}$$

এখানে, m = পানির ভর এবং s = পানির আগেক্ষিক তাপ $= 4200 \text{ J kg K}^{-1}$

পানির ঘনত্ব ρ এবং আয়তন V হলে,

$$\begin{aligned} m &= \rho V = \rho \times \frac{4}{3} \pi R^3 \\ &= 100 \text{ kg m}^{-3} \times \frac{4}{3} \pi \times (5.386 \times 10^{-7})^3 \\ &= 6.544 \times 10^{-16} \text{ kg} \\ \text{সূতরাং, } \Delta\theta &= \frac{3.03 \times 10^{-13} \text{ J}}{6.544 \times 10^{-16} \text{ kg} \times 4200 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}} \\ &= 0.11 \text{ K} \\ &= 0.11 \text{ }^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

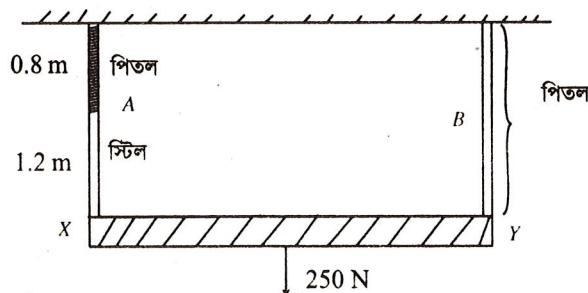
অর্থাৎ উদ্দীপকের ঘটনায় পানির তাপমাত্রা 0.11 K বা $0.11 \text{ }^{\circ}\text{C}$ বৃদ্ধি পাবে।

উ. (ক) $1.077 \times 10^{-6} \text{ m}$; (খ) পানির তাপমাত্রা 0.11 K বা, $0.11 \text{ }^{\circ}\text{C}$ বৃদ্ধি পাবে।

গাণিতিক উদাহরণ ৭.২২। একটি 250 N ওজনের ভারী সুষম ধাতব বার XY সমান দৈর্ঘ্যের দুটি তার A ও B দ্বারা অনুভূমিক তলে ঝুঁকানো আছে। যা চিত্রে দেখানো হয়েছে (অসম্পূর্ণ অবস্থা)। প্রতিটি তারের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল $2.5 \times 10^{-7} \text{ m}^2$; B তারের দৈর্ঘ্য বিকৃতি 2.5×10^{-4} , A তারের 0.8 m পিতলের বাকি 1.2 m স্টিলের।

স্টিলের ইয়েৎ-এর গুণাঙ্ক $= 2 \times 10^{11} \text{ Pa}$

পিতলের ইয়েৎ-এর গুণাঙ্ক $= 1 \times 10^{11} \text{ Pa}$



(ক) B তারের একক আয়তনে সঞ্চিত শক্তি নির্ণয় কর।

(খ) বারের কোন প্রান্ত বেশি নিচু হবে? যাচাই কর।

[য. বো. ২০১৭]

এখানে,

$$\begin{aligned} \text{ছেট ফেঁটার ব্যাসার্ধ, } r &= \frac{5 \times 10^{-7} \text{ m}}{2} \\ &= 2.5 \times 10^{-7} \text{ m} \end{aligned}$$

ছেট ফেঁটার সংখ্যা, $N = 10$

$$\begin{aligned} \text{পানির পৃষ্ঠটান, } T &= 72 \times 10^{-3} \text{ N m}^{-1} \\ \text{বড় ফেঁটার ব্যাসার্ধ, } R &= \frac{1.077 \times 10^{-6} \text{ m}}{2} \\ &= 5.386 \times 10^{-7} \text{ m} \end{aligned}$$

(ক) আমরা জানি, একক আয়তনে সঞ্চিত শক্তি

$$\begin{aligned} U &= \frac{1}{2} Y \times \left(\frac{l}{L}\right)^2 \\ &= \frac{1}{2} \times 1 \times 10^{11} \text{ N m}^{-2} \times (2.5 \times 10^{-4})^2 \\ &= 3125 \text{ J} \end{aligned}$$

(খ) আমরা জানি, $Y_1 = \frac{Fl_1}{Al_1}$

$$\text{বা, } l_1 = \frac{FL_1}{AY_1} \\ = \frac{250 \text{ N} \times 0.8 \text{ m}}{2.5 \times 10^{-7} \text{ m}^2 \times 1 \times 10^{11} \text{ N m}^{-2}} \\ = 8 \times 10^{-3} \text{ m}$$

আবার, $l_1 = \frac{FL_2}{AY_2}$

$$= \frac{250 \text{ N} \times 1.2 \text{ m}}{2.5 \times 10^{-7} \text{ m}^2 \times 2 \times 10^{11} \text{ N m}^{-2}} \\ = 6 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$\therefore A \text{ তারের মোট দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি, } l_A = l_1 + l_2 \\ = 8 \times 10^{-3} \text{ m} + 6 \times 10^{-3} \text{ m} \\ = 14 \times 10^{-3} \text{ m}$$

B তারের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি l_B হলে,

$$l_B = \frac{FL}{AY_2} \\ = \frac{250 \text{ N} \times 2 \text{ m}}{2.5 \times 10^{-7} \text{ m}^2 \times 1 \times 10^{11} \text{ N m}^{-2}} \\ = 20 \times 10^{-3} \text{ m}$$

এখনে, $l_B > l_A$

∴ বারের Y প্রান্ত বেশি নিচু হবে।

উ: (ক) 3125 J; (খ) Y প্রান্ত বেশি নিচু হবে।

গাণিতিক উদাহরণ ৭.২৩। দৃঢ় অবলম্বন হতে 1 m দৈর্ঘ্যের একই উপাদানের দুটি তারের প্রত্যেকটির মূল্যপাত্রে 0.05 kg ভর ঝুলানো হলো। তারগুলোর ব্যাস যথাক্রমে 2 mm ও 4 mm (ইয়ং এর গুণাক্ষ = $2 \times 10^{11} \text{ N m}^{-2}$)।

(ক) প্রথম তারটির একক আয়তনে স্থিতিশক্তি নির্ণয় কর।

(খ) ভরসহ প্রত্যেকটি ঝুলানো তার সরল দোলকের ন্যায় আচরণ করলে কোনটি ধীরে চলছে? গাণিতিক বিশ্লেষণসহ ব্যাখ্যা কর।

(ক) আমরা জানি,

$$\text{স্থিতিশক্তি, } U = \frac{1}{2} \frac{Yl^2}{L^2}$$

আবার, তারের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি,

$$l = \frac{FL}{\pi r^2 Y} \\ = \frac{0.49 \text{ N} \times 1 \text{ m}}{\pi \times (1 \times 10^{-3} \text{ m})^2 \times 2 \times 10^{11} \text{ N m}^{-2}}$$

এখনে,

B তারের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল, $A = 2.5 \times 10^{-7} \text{ m}^2$

$$B$$
 তারের ইয়ং-এর গুণাক্ষ, $Y = 1 \times 10^{11} \text{ Pa} \\ = 1 \times 10^{11} \text{ N m}^{-2}$

$$B$$
 তারের বিকৃতি, $\frac{l}{L} = 2.5 \times 10^{-4}$

$$B$$
 তারের একক আয়তনে সঞ্চিত শক্তি, $U = ?$

এখনে,

প্রত্যেক তারের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল, $A = 2.5 \times 10^{-7} \text{ m}^2$

বল, $F = 250 \text{ N}$

$$B$$
 তারের দৈর্ঘ্য বিকৃতি, $\frac{l}{L} = 2.5 \times 10^{-4}$

$$A$$
 তারের পিতল অংশের দৈর্ঘ্য, $L_1 = 0.8 \text{ m}$

$$A$$
 তারের স্টিলের অংশের দৈর্ঘ্য, $L_2 = 1.2 \text{ m}$

$$\text{পিতলের ইয়ং গুণাক্ষ, } Y_1 = 1 \times 10^{11} \text{ Pa} \\ = 1 \times 10^{11} \text{ N m}^{-2}$$

$$\text{স্টিলের তারের ইয়ং গুণাক্ষ, } Y_2 = 2 \times 10^{11} \text{ N m}^{-2}$$

$$B$$
 তারের দৈর্ঘ্য, $L = 2 \text{ m}$

$$A$$
 তারের পিতল অংশের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি, $l_1 = ?$

$$A$$
 তারের স্টিলের অংশের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি, $l_2 = ?$

$$= 7.8 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$\therefore U = \frac{\frac{1}{2} \times 2 \times 10^{11} \text{ N m}^{-2} \times (7.8 \times 10^{-7} \text{ m})^2}{(1 \text{ m})^2}$$

$$= 0.06084 \text{ J}$$

(খ) 'ক' অংশ থেকে প্রথম তারের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি

$$l_1 = 7.8 \times 10^{-7} \text{ m}$$

দ্বিতীয় তারের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি,

$$l_2 = \frac{FL}{\pi r^2 Y} = \frac{0.49 \times 1 \text{ m}}{\pi \times (2 \times 10^{-3} \text{ m})^2 \times 2 \times 10^{11} \text{ N m}^{-2}}$$

$$= 1.95 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$\text{এখনে, } l_1 > l_2$$

আমরা জানি, সরল দোলকের দোলনকাল, T দোলকের কার্যকর দৈর্ঘ্যের বর্গমূলের সমানুপাতিক অর্থাৎ $T \propto \sqrt{L}$ ।

সুতরাং যে দোলকের কার্যকর দৈর্ঘ্য বেশি তার দোলনকাল বেশি হবে অর্থাৎ সেটি ধীরে চলবে। যেহেতু প্রথম তারের দৈর্ঘ্যবৃদ্ধি দ্বিতীয় তারের চেয়ে বেশি হচ্ছে। সুতরাং তার দুটি দোলকের ন্যায় আচরণ কালে প্রথম তারটি ধীরে চলবে।

উ: (ক) 0.06084 J; (খ) প্রথম তারটি ধীরে চলবে।

গাণিতিক উদাহরণ-৭.২৪। 2 m দৈর্ঘ্য এবং 1 mm² প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল বিশিষ্ট তারকে টেনে 0.1 mm প্রসারিত করা হলো। যদি তারের উপাদানের ইয়ং গুণাঙ্ক $2 \times 10^{11} \text{ N m}^{-2}$ হয়, তবে তারটি প্রসারিত করতে কাজের পরিমাণ কী হবে?

[রা. বো. ২০১২]

আমরা জানি,

$$W = \frac{1}{2} \frac{YA l^2}{L}$$

$$= \frac{1}{2} \times \frac{2 \times 10^{11} \text{ N m}^{-2} \times 10^{-6} \text{ m}^2 \times (10^{-4} \text{ m})^2}{2 \text{ m}}$$

$$= 5 \times 10^{-4} \text{ J}$$

উ: $5 \times 10^{-4} \text{ J}$

গাণিতিক উদাহরণ-৭.২৫। 2 m দীর্ঘ এবং 1 mm ব্যাসবিশিষ্ট তারকে 10 N ভার থয়োগে টানা হলো। কৃত কাজের পরিমাণ নির্ণয় কর। $Y = 2 \times 10^{11} \text{ N m}^{-2}$ ।

[দি. বো. ২০১১]

আমরা জানি,

$$W = \frac{1}{2} \frac{Y\pi r^2 l^2}{L}$$

আবার আমরা জানি,

$$Y = \frac{FL}{\pi r^2 l}$$

$$\text{বা, } l = \frac{FL}{\pi r^2 Y}$$

এখনে,

তারের দৈর্ঘ্য, $L = 2 \text{ m}$

$$\text{তারের ব্যাসার্ধ, } r = \frac{1 \text{ mm}}{2} = 0.5 \times 10^{-3} \text{ m}$$

বল, $F = 10 \text{ N}$

$$\text{ইয়ং গুণাঙ্ক, } Y = 2 \times 10^{11} \text{ N m}^{-2}$$

কৃতকাজ, $W = ?$

$$= \frac{10 \text{ N} \times 2 \text{ m}}{\pi \times (0.5 \times 10^{-3} \text{ m})^2 \times 2 \times 10^{11} \text{ N m}^{-2}} = 1.27 \times 10^{-4} \text{ m}$$

$$\therefore W = \frac{1}{2} \times \frac{2 \times 10^{11} \text{ N m}^{-2} \times \pi \times (0.5 \times 10^{-3} \text{ m})^2 \times (1.27 \times 10^{-4} \text{ m})^2}{2 \text{ m}}$$

$$\text{বা, } W = 6.33 \times 10^{-4} \text{ J}$$

$$\text{উ: } 6.33 \times 10^{-4} \text{ J}$$

গাণিতিক উদাহরণ-৭.২৬। একটি অ্যালুমিনিয়াম ঘনকের (cube) প্রতি বাহুর (side) দৈর্ঘ্য 10 cm । এর ওপর 100 N ব্যবর্তন বল প্রযুক্ত হলো। ঘনকের ওপরের পৃষ্ঠার নিচের পৃষ্ঠার সাপেক্ষে 0.01 cm সরে গেল। ব্যবর্তন পীড়ন, ব্যবর্তন বিকার ও ব্যবর্তন গুণাঙ্ক বের কর।

আমরা জানি,

$$\begin{aligned} \text{ব্যবর্তন পীড়ন} &= \frac{\text{প্রযুক্ত বল}}{\text{পৃষ্ঠার ফ্রেক্ট্রফল}} \\ &= \frac{F}{A} = \frac{100 \text{ N}}{10^{-2} \text{ m}^2} \\ &= 10^4 \text{ N m}^{-2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ব্যবর্তন বিকার}, \theta &= \frac{\text{সরণ}}{\text{ঘনকের বাহ}} = \frac{x}{L} \\ &= \frac{0.01 \times 10^{-2} \text{ m}}{0.1} = 1 \times 10^{-3} \end{aligned}$$

$$\therefore \text{ব্যবর্তন গুণাঙ্ক}, n = \frac{\text{ব্যবর্তন পীড়ন}}{\text{ব্যবর্তন বিকার}}$$

$$\therefore n = \frac{10^4 \text{ N m}^{-2}}{10^{-3}} = 10^7 \text{ N m}^{-2}$$

উ: 10^4 N m^{-2} ; 1×10^{-3} ; 10^7 N m^{-2}

গাণিতিক উদাহরণ-৭.২৭। $2 \times 10^8 \text{ N m}^{-2}$ চাপে সীসার ঘনত্ব কত হবে ?

[সীসার স্বাভাবিক ঘনত্ব $\rho = 11.4 \text{ g cm}^{-3}$ এবং সীসার আয়তন গুণাঙ্ক $0.80 \times 10^{10} \text{ N m}^{-2}$]

আমরা জানি,

$$\text{আয়তন গুণাঙ্ক}, B = \frac{Vp}{v}$$

$$\begin{aligned} \text{বা}, \frac{V}{v} &= \frac{B}{p} \\ &= \frac{0.80 \times 10^{10} \text{ N m}^{-2}}{2 \times 10^8 \text{ N m}^{-2}} = 40 \end{aligned}$$

$$\therefore v = \frac{V}{40}$$

ধরা যাক, চাপ প্রয়োগের ফলে সীসার নতুন আয়তন হলো V' এবং নতুন ঘনত্ব হলো ρ'

চাপ প্রদানের পূর্বে সীসার ভর = চাপ প্রদানের পর সীসার ভর

$$V\rho = V'\rho' \text{ বা, } \rho' = \frac{V\rho}{V'}$$

$$\text{কিন্তু } V' = V - v = V - \frac{V}{40} = \frac{39V}{40}$$

$$\text{সূতরাং } \rho' = \frac{V\rho}{\frac{39}{40}V} \quad \text{বা, } \rho' = \frac{40\rho}{39}$$

$$\therefore \rho' = \frac{40 \times 11.4 \times 10^3 \text{ kg m}^{-3}}{39} = 11.692 \times 10^3 \text{ kg m}^{-3}$$

$$\text{উ: } 11.692 \times 10^3 \text{ kg m}^{-3}$$

এখানে

$$\text{বল, } F = 100 \text{ N}$$

$$\text{দৈর্ঘ্য, } L = 10 \text{ cm} = 0.1 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{ফ্রেক্ট্রফল, } A &= L \times L = 0.1 \text{ m} \times 0.1 \text{ m} \\ &= 10^{-2} \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{সরণ, } x = 0.01 \text{ cm}$$

$$= 0.01 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$\text{ব্যবর্তন পীড়ন} = ?$$

$$\text{ব্যবর্তন বিকার, } \theta = ?$$

$$\text{ব্যবর্তন গুণাঙ্ক, } \eta = ?$$

এখানে,

$$\text{আয়তন গুণাঙ্ক, } B = 0.80 \times 10^{10} \text{ N m}^{-2}$$

$$\text{চাপ, } p = 2 \times 10^8 \text{ N m}^{-2}$$

$$\text{ঘনত্ব, } \rho = 11.4 \text{ g cm}^{-3} = 11.4 \times 10^3 \text{ kg m}^{-3}$$

গণিতিক উদাহরণ-৭.২৮। 10^{-6} m ব্যাসবিশিষ্ট 2500 টি পানির ক্ষুদ্র ফেঁটা মিলে একটি বড় ফেঁটা তৈরি করল। এতে নির্গত শক্তির পরিমাণ নির্ণয় কর। [পানির পৃষ্ঠান $72 \times 10^{-3} \text{ N m}^{-1}$] [ব. বো. ২০০১]

আমরা জানি, ক্ষেত্রফলের পরিবর্তন ΔA হলে,

$$W = \Delta A \times T \\ = 4\pi (Nr^2 - R^2)T$$

এখন,

$$2500 \times \frac{4}{3}\pi r^3 = \frac{4}{3}\pi R^3$$

বা, $R^3 = 2500 r^3$

$$\therefore R = 13.57r$$

$$= 13.57 \times 0.5 \times 10^{-6} \text{ m}$$

$$= 6.785 \times 10^{-6} \text{ m}$$

$$\therefore W = 4\pi [2500 \times (0.5 \times 10^{-6} \text{ m})^2 - (6.785 \times 10^{-6} \text{ m})^2] \times 72 \times 10^{-3} \text{ N}$$

$$= 5.24 \times 10^{-10} \text{ J}$$

$$\text{উৎপত্তি}: 5.24 \times 10^{-10} \text{ J}$$

গণিতিক উদাহরণ-৭.২৯। পানির তেতর দিয়ে 10^{-5} m ব্যাসার্ধের একটি বায়ু বুদবুদ উঠছে। পানির সান্ততাঙ্ক $10^{-3} \text{ N s m}^{-2}$ এবং ঘনত্ব 10^3 kg m^{-3} । পানির ঘনত্বের তুলনায় বায়ুর ঘনত্ব অগ্রাহ্য করে বুদবুদটির উর্ধমুখী বেগ বের কর।

আমরা জানি, পানির মধ্যে বায়ু বুদবুদের উর্ধমুখী বেগের জন্য,

সান্তু বল = উর্ধমুখী লক্ষি বল

বা, $F = \text{অপসারিত পানির ওজন} - \text{বুদবুদের ওজন}$

$$6\pi\eta rv = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho g - \frac{4}{3}\pi r^3 p_a g$$

$$6\pi\eta rv = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho g \quad [\because \text{বায়ুর ঘনত্ব}, p_a \text{ নগণ্য}]$$

$$\text{সূতরাং } v = \frac{2r^2 \rho g}{9\eta}$$

$$v = \frac{2 \times (10^{-5} \text{ m})^2 \times 10^3 \text{ kg m}^{-3} \times 9.8 \text{ m s}^{-2}}{9 \times 10^{-3} \text{ N s m}^{-2}}$$

$$= 2.18 \times 10^{-4} \text{ m s}^{-1}$$

$$\text{উৎপত্তি}: 2.18 \times 10^{-4} \text{ m s}^{-1}.$$

গণিতিক উদাহরণ-৭.৩০। পানির একটি ফেঁটা বায়ুর মধ্য দিয়ে পতিত হচ্ছে। ফেঁটাটির অন্ত্যবেগ $1.2 \times 10^{-2} \text{ m s}^{-1}$ এবং বায়ুর জন্য $\eta = 1.8 \times 10^{-5} \text{ N s m}^{-2}$ হলে পানির ফেঁটাটির ব্যাস কত? [ব. বো. ২০০৭]

আমরা জানি, ফেঁটার ব্যাসার্ধ r হলে,

$$v = \frac{2r^2 (\rho_s - \rho_f)g}{9\eta}$$

$$\text{বা, } = \sqrt{\frac{9\eta v}{2(\rho_s - \rho_f)g}}$$

এখনে,

$$\text{ক্ষুদ্র ফেঁটার ব্যাসার্ধ}, r = \frac{1 \times 10^{-6} \text{ m}}{2} = 0.5 \times 10^{-6} \text{ m}$$

$$\text{পৃষ্ঠান}, T = 72 \times 10^{-3} \text{ N m}^{-1}$$

$$\text{ফেঁটার সংখ্যা}, N = 2500$$

$$\text{বৃহৎ ফেঁটার ব্যাসার্ধ}, R = ?$$

$$\text{নির্গত শক্তি}, W = ?$$

এখনে,

$$\text{ব্যাসার্ধ}, r = 10^{-5} \text{ m}$$

$$\text{পানির ঘনত্ব}, \rho = 10^3 \text{ kg m}^{-3}$$

$$\text{অভিকর্ষজ ত্বরণ}, g = 9.8 \text{ m s}^{-2}$$

$$\text{সান্ততা সহগ}, \eta = 10^{-5} \text{ N s m}^{-2}$$

$$\text{উর্ধমুখী বেগ}, v = ?$$

এখনে,

$$\text{অন্ত্যবেগ}, v = 1.2 \times 10^{-2} \text{ m s}^{-1}$$

$$\text{সান্ততা সহগ}, \eta = 1.8 \times 10^{-5} \text{ N s m}^{-2}$$

$$\text{অভিকর্ষজ ত্বরণ}, g = 9.8 \text{ m s}^{-2}$$

$$\text{পানির ঘনত্ব}, \rho_s = 10^3 \text{ kg m}^{-3}$$

$$= \sqrt{\frac{9 \times 1.8 \times 10^{-5} \text{ N s m}^{-2} \times 1.2 \times 10^{-2} \text{ m s}^{-1}}{2(10^3 \text{ kg m}^{-3} - 1.21 \text{ kg m}^{-3}) \times 9.8 \text{ m s}^{-2}}} \quad \left| \begin{array}{l} \text{বায়ুর ঘনত্ব, } \rho_f = 1.21 \text{ kg m}^{-3} \\ \text{বাস, } d = ? \end{array} \right.$$

$$= 9.97 \times 10^{-6} \text{ m}$$

$$\therefore d = 2r = 1.99 \times 10^{-5} \text{ m}$$

$$\text{উ: } 1.99 \times 10^{-5} \text{ m.}$$

গাণিতিক উদাহরণ-৭.৩১। ছয় পা বিশিষ্ট 3.0×10^{-3} g ভরের একটি পোকা পানির উপরিতলে দাঁড়িয়ে থাকতে পারে। ছয়টি পা সমান ভর বহন করলে এবং পোকার পায়ের তলা 2.0×10^{-5} m ব্যাসার্ধের গোলক আকৃতির হলে, পানির সাথে পোকার পায়ের স্পর্শ কোণ কত হবে?

[পানির পৃষ্ঠাটান 7.2×10^{-2} N m⁻¹, $g = 9.8 \text{ m s}^{-2}$]

[বুয়েট ২০০৭-২০০৮]

আমরা জানি, সাম্যাবস্থায়

$$T \cos \theta \times 2\pi r = mg$$

$$\text{বা, } \cos \theta = \frac{mg}{T \times 2\pi r}$$

$$\text{বা, } \cos \theta = \frac{5 \times 10^{-7} \text{ kg} \times 9.8 \text{ m s}^{-2}}{7.2 \times 10^{-2} \text{ N m}^{-1} \times 2 \times \pi \times 2 \times 10^{-5} \text{ m}}$$

$$\text{বা, } \cos \theta = 0.54157$$

$$\therefore \theta = 57.2^\circ$$

$$\text{উ: } 57.2^\circ$$

এখানে,

$$\text{পোকার ভর, } M = 3.0 \times 10^{-3} \text{ g}$$

$$= 3.0 \times 10^{-6} \text{ kg}$$

$$\text{পোকার এক পায়ের ভর, } m = \frac{M}{6}$$

$$= \frac{3.0 \times 10^{-6} \text{ kg}}{6} = 5 \times 10^{-7} \text{ kg}$$

$$\text{পায়ের তলার বক্রতার ব্যাসার্ধ, } r = 2 \times 10^{-5} \text{ m}$$

$$\text{পানির পৃষ্ঠাটান, } T = 7.2 \times 10^{-2} \text{ N m}^{-1}$$

$$\text{অভিকর্মজ ত্বরণ, } g = 9.8 \text{ m s}^{-2}$$

$$\text{স্পর্শকোণ, } \theta = ?$$

গাণিতিক উদাহরণ-৭.৩২। 2 mm ব্যাসের একটি ইস্পাতের তার 20° তাপমাত্রায় দুটি বিন্দুর মধ্যে টান টান অবস্থায় রাখা আছে। যদি তাপমাত্রা 10°C এ নেমে আসে তাহলে তারটির মধ্যে কত টেনশন (বল) তৈরি হবে বের কর। (ইস্পাতের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি গুণাক = $1.1 \times 10^{-5}/^\circ\text{C}$ এবং তারটির ইয়ৎ-এর গুণাক = $2.1 \times 10^{11} \text{ N m}^{-2}$)

[বুয়েট ২০১৩-২০১৪]

আমরা জানি,

$$\text{তারের আদি দৈর্ঘ্য } L, \text{ দৈর্ঘ্য পরিবর্তন } l \text{ হলে, } \alpha = \frac{l}{L \Delta \theta}$$

$$\therefore l = L \alpha \Delta \theta$$

আবার আমরা জানি, তারের প্রস্তুচ্ছেদের ক্ষেত্রফল A হলে

$$Y = \frac{FL}{Al}$$

$$\text{বা, } F = \frac{YA l}{L} = \frac{Y\pi r^2 l}{L}$$

$$= \frac{Y\pi r^2 L \alpha \Delta \theta}{L}$$

$$= Y\pi r^2 \alpha \Delta \theta$$

$$= 2.1 \times 10^{11} \text{ N m}^{-2} \times \pi \times (10^{-3} \text{ m})^2 \times 1.1 \times 10^{-5} \text{ C}^{-1} \times 10^\circ\text{C}$$

$$= 72.53 \text{ N}$$

$$\text{উ: } 72.53 \text{ N}$$

এখানে,

$$\text{তারের ব্যাস, } d = 2 \text{ mm}$$

$$\text{তারের ব্যাসার্ধ, } r = 1 \text{ mm} = 10^{-3} \text{ m}$$

$$\text{তাপমাত্রার পরিবর্তন, } \Delta \theta = 20^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C}$$

$$= 10^\circ\text{C}$$

$$\text{দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি গুণাক} = \text{দৈর্ঘ্য প্রসারাক,}$$

$$\alpha = 1.1 \times 10^{-5}/^\circ\text{C}$$

$$\text{ইয়ৎ গুণাক } Y = 2.1 \times 10^{11} \text{ N m}^{-2}$$

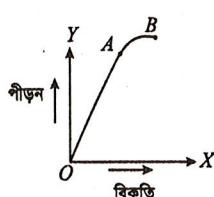
$$\text{বল, } F = ?$$

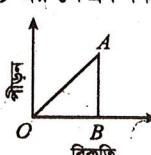
অনুশীলনী

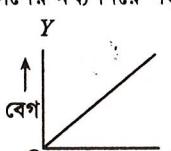
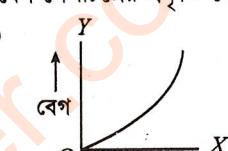
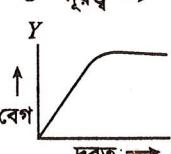
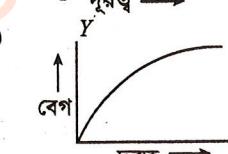
ক-বিভাগ : বহুনির্বাচনি প্রশ্ন (MCQ)

সঠিক/সর্বোৎকৃষ্ট উত্তরের বৃত্ত (◎) ডাকাট কর :

- ১। স্থিতিশাপক সীমা হচ্ছে—
 (ক) প্রযুক্ত বল সরিয়ে নিলে যে ধর্মের জন্য বিকৃত বস্তু আগের আকার ও আয়তন ফিরে পায়
 (খ) বাইরে থেকে বল প্রয়োগের ফলে কোনো বস্তুর একক মাত্রায় যে পরিবর্তন হয়
 (গ) যে মানের বল পর্যন্ত কোনো বস্তু পূর্ণ স্থিতিশাপক থাকে
 (ঘ) সর্বাপেক্ষা কম যে বলের ক্রিয়ায় কোনো বস্তু ছিঁড়ে বা ভেঙে যায়
- ২। ইয়ং এর গুণাক্ষের মাত্রা সমীকরণ— [জ. বি. ২০১৭-২০১৮; চ. বি. ২০১৬-২০১৭; ঢ. বো. ২০১৬]
 (ক) $[Y] = [ML^{-2} T^{-1}]$ (খ) $[Y] = [ML^{-1} T^{-1}]$
 (গ) $[Y] = [ML^{-1} T^{-2}]$ (ঘ) $[Y] = [M^{-1} L^{-1} T^{-1}]$
- ৩। এসআই পদ্ধতিতে পীড়নের একক কোনটি ?
 (ক) $N m^{-1}$ (খ) $N m$
 (গ) $N m^{-2}$ (ঘ) $\frac{m}{N}$
- ৪। অসহ বল কোনটি ?
 (ক) বস্তুর একক ক্ষেত্রফলের উপর লম্বভাবে উদ্ভৃত বল
 (খ) বাইরে থেকে বল প্রয়োগের ফলে কোনো বস্তুর যে পরিবর্তন হয়
 (গ) সর্বাপেক্ষা কম যে বলের ক্রিয়ায় বস্তু ছিঁড়ে বা ভেঙে যায়
 (ঘ) সর্বাপেক্ষা বেশি যে বল প্রয়োগ করে বল অপসারণ করলে বস্তুটি পূর্বাবস্থায় ফিরে যায়
- ৫। পীড়নের মাত্রা কোনটি ? [ই. বি. ২০১৭-২০১৮; কু. বি. ২০১৬-২০১৭; কু. বো. ২০১৫]
 (ক) MLT^{-2} (খ) $ML^{-2}T$
 (গ) $ML^{-1}T^{-2}$ (ঘ) $M^{-1}LT^{-2}$
- ৬। A ক্ষেত্রফলবিশিষ্ট কোনো বস্তুতে লম্বভাবে F বল প্রয়োগ করা হলে,
 (ক) পীড়ন $= \frac{A}{F}$ (খ) পীড়ন $= F \times A$
 (গ) পীড়ন $= \frac{F}{A}$ (ঘ) পীড়ন $= AF^{-1}$
- ৭। L দৈর্ঘ্যের কোনো বস্তুর উপর দৈর্ঘ্য বরাবর বল প্রয়োগ করলে যদি এর দৈর্ঘ্যের পরিবর্তন / হয় তাহলে দৈর্ঘ্য বিকৃতি কোনটি ?
 (ক) $\frac{l}{L}$ (খ) $\frac{L}{l}$
 (গ) $\frac{l}{A}$ (ঘ) $L \times l^2$
- ৮।



- চিত্রের পীড়ন এবং বিকৃতির মধ্যেকার লেখচিত্রে OA রেখার ঢাল কি নির্দেশ করে? [কু. বো. ২০১৬]
- (ক) নতি বিদ্যুৎ (খ) ইয়ং এর শুণাক্ষ
 (গ) ভঙ্গুর বিদ্যুৎ (ঘ) স্থায়ী বিকৃতি
- ৯। পয়সনের অনুপাত হচ্ছে স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে—
 (ক) দৈর্ঘ্য পীড়ন ও দৈর্ঘ্য বিকৃতির অনুপাত
 (খ) আয়তন পীড়ন ও আয়তন বিকৃতির অনুপাত
 (গ) ব্যবর্তন পীড়ন ও ব্যবর্তন বিকৃতির অনুপাত
 (ঘ) পার্শ্ব বিকৃতি ও দৈর্ঘ্য বিকৃতির অনুপাত
- ১০। নিচের কোন রাশিটির কোনো মাত্রা নেই?
 (ক) ইয়ং শুণাক্ষ (খ) আয়তন শুণাক্ষ
 (গ) দৃতির শুণাক্ষ (ঘ) পয়সনের অনুপাত
- ১১। নিচের কোনটির স্থিতিস্থাপকতা সর্বাপেক্ষা বেশি? [দি. বো. ২০১৫]
 (ক) ইস্পাত (খ) রবার
 (গ) তামা (ঘ) সোনা
- ১২। 10^8 N m^{-2} পীড়নের প্রয়োগ 1 m দীর্ঘ একটি তারের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি পেল 10^{-3} m । তারটির ইয়ং শুণাক্ষ কত?
 (ক) 10^5 N m^{-2} (খ) $10^{-11} \text{ N m}^{-2}$
 (গ) 10^{11} N m^{-2} (ঘ) 10^{-5} N m^{-2}
- ১৩। নিচের কোনটি স্থিতিস্থাপকতার জন্য সঠিক সমীকরণ?
 (ক) $Y = \frac{P}{V}$ (খ) $B = \frac{dL}{DL}$
 (গ) $n = \frac{F}{A\theta}$ (ঘ) $\sigma = \frac{MgL}{\pi r^2 l}$
- ১৪। পয়েস (poise) কীসের একক? [দি. বো. ২০১৭]
 (ক) ইয়ং শুণাক্ষ (খ) সংন্ম্যতা
 (গ) পৃষ্ঠান (ঘ) সান্তুতা শুণাক্ষ
- ১৫। চিত্রে বিকৃতি বনাম পীড়ন লেখচিত্রের ΔOAB এর ক্ষেত্রফল নির্দেশ করে— [দি. বো. ২০১৬]
- 
- (ক) ইয�়ং শুণাক্ষ (খ) সর্বমোট কৃতকাজ
 (গ) একক আয়তনের বিভব শক্তি (ঘ) পয়সনের অনুপাত
- ১৬। পৃষ্ঠানের মাত্রা কোনটি?
 (ক) $ML^{\circ}T^{-2}$ (খ) $M^2L^{\circ}T^{-2}$
 (গ) $M^{-2}L^2T^2$ (ঘ) $M^{\circ}L^2T^{-2}$
- ১৭। পৃষ্ঠানের একক কোনটি? [ব. বো. ২০১৫]
 (ক) $N \text{ m}$ (খ) $N \text{ m}^{-1}$
 (গ) $N \text{ m}^2$ (ঘ) $\frac{m}{N}$

- | | | | |
|-----|---|--|---------------|
| ১৪। | সংস্করি বল হচ্ছে— | | |
| (ক) | বিভিন্ন পদার্থের অণুর মধ্যে পারম্পরিক আকর্ষণ বল | <input type="radio"/> | |
| (খ) | একই পদার্থের বিভিন্ন অণুর মধ্যে পারম্পরিক আকর্ষণ বল | <input type="radio"/> | |
| (গ) | একই পদার্থের বিভিন্ন অণুর মধ্যে পারম্পরিক বিকর্ষণ বল | <input type="radio"/> | |
| (ঘ) | বিভিন্ন পদার্থের অণুর মধ্যে পারম্পরিক বিকর্ষণ বল | <input type="radio"/> | |
| ১৯। | আসঞ্জন বল হচ্ছে— | | [চ. বো. ২০১৯] |
| (ক) | একই পদার্থের বিভিন্ন অণুর মধ্যে পারম্পরিক আকর্ষণ বল | <input type="radio"/> | |
| (খ) | বিভিন্ন পদার্থের অণুর ভেতর পারম্পরিক বিকর্ষণ বল | <input type="radio"/> | |
| (গ) | একই পদার্থের বিভিন্ন অণুর মধ্যে পারম্পরিক বিকর্ষণ বল | <input type="radio"/> | |
| (ঘ) | বিভিন্ন পদার্থের অণুর ভেতর পারম্পরিক আকর্ষণ বল | <input type="radio"/> | |
| ২০। | বৃষ্টির একটি বড় ফেঁটা ভেঙ্গে অনেকগুলো ছোট ফেঁটায় পরিণত হলে ফেঁটাগুলোর সর্বমোট— | | [ঢ. বো. ২০১৬] |
| (ক) | ক্ষেত্রফল হ্রাস পায় | <input type="radio"/> | |
| (খ) | ক্ষেত্রফল বৃদ্ধি পায় | <input type="radio"/> | |
| (গ) | আয়তন হ্রাস পায় | <input type="radio"/> | |
| (ঘ) | ক্ষেত্রফল অপরিবর্তিত থাকে | <input type="radio"/> | |
| ২১। | বৃষ্টির ফেঁটা বাতাসের মধ্য দিয়ে পড়তে থাকলে দূরত্ব বনাম বেগ লেখচিত্রের প্রকৃতি কোনটি ? | | [ব. বো. ২০১৬] |
| (ক) |  | <input type="radio"/> | |
| (খ) |  | <input type="radio"/> | |
| (গ) |  | <input type="radio"/> | |
| (ঘ) |  | <input type="radio"/> | |
| ২২। | নিচের কোনটি পৃষ্ঠশক্তির একক ? | | [ঢ. বো. ২০১৬] |
| (ক) | $N\ m$ | <input type="radio"/> | |
| (খ) | $N^{-1}\ m$ | <input type="radio"/> | |
| (গ) | $N\ m^{-2}$ | <input type="radio"/> | |
| (ঘ) | $N\ m^{-1}$ | <input type="radio"/> | |
| ২৩। | যে সব তরল পদার্থ কাচ ভিজায় তাদের ক্ষেত্রে স্পর্শ কোণ— | | |
| (ক) | প্রায় 90° | <input type="radio"/> | |
| (খ) | প্রায় 0° | <input type="radio"/> | |
| (গ) | 90° -এর চেয়ে বড় | <input type="radio"/> | |
| (ঘ) | 90° -এর চেয়ে ছোট | <input type="radio"/> | |
| ২৪। | আয়তন গুণাঙ্কের বিপরীত রাশি কোনটি ? | | [চ. বো. ২০১৬] |
| (ক) | পয়সনের অনুপাত | <input type="radio"/> | |
| (খ) | ইয়ৎ গুণাঙ্ক | <input type="radio"/> | |
| (গ) | সংন্ম্যতা | <input type="radio"/> | |
| (ঘ) | দৃঢ়তার গুণাঙ্ক | <input type="radio"/> | |
| ২৫। | সান্দ্রতা সহগের মাত্রা কোনটি ? | [বুয়েট ২০১১-২০১২; কুয়েট ২০০৭-২০০৮; জা. বি. ২০১৭-২০১৮;
রা. বি. ২০১৮-২০১৫; চ. বো. ২০১৮-২০১৫, ২০১৭; রা. বো. ২০১৫, ২০১৭; ব. বো. ২০১৭; সি. বো. ২০১৯] | |
| (ক) | MLT^{-1} | <input type="radio"/> | |
| (খ) | $ML^{-1}T$ | <input type="radio"/> | |
| (গ) | $ML^{-1}T^{-1}$ | <input type="radio"/> | |
| (ঘ) | $M^{-1}LT$ | <input type="radio"/> | |
| ২৬। | গ্যাসের সান্দ্রতা সহগ-এর ক্লেভিন বা পরম তাপমাত্রার— | | |
| (ক) | সমানুপাতিক | <input type="radio"/> | |
| (খ) | ব্যক্তানুপাতিক | <input type="radio"/> | |
| (গ) | বর্গমূলের সমানুপাতিক | <input type="radio"/> | |
| (ঘ) | বর্গমূলের ব্যক্তানুপাতিক | <input type="radio"/> | |

২৭। যেসব তরল পদার্থ কাচ ভিজায় না তাদের ক্ষেত্রে স্পর্শ কোণ— [মেরিন একাডেমি ২০১৫-২০১৬; দি. বো. ২০১৫;
রা. বো. ২০১৯]

- | | | | |
|---|-----------------------|---|-----------------------|
| (ক) প্রায় 90° | <input type="radio"/> | (খ) প্রায় 0° | <input type="radio"/> |
| (গ) 90° -এর চেয়ে বড় | <input type="radio"/> | (ঘ) 90° -এর চেয়ে ছোট | <input type="radio"/> |
| ২৮। কাচ ও বিশুদ্ধ পারদের বেলায় স্পর্শ কোণের মান— | | [বুয়েট ২০০৭-২০০৮; সি.কৃ.বি. ২০১৭-২০১৮] | |
| (ক) 0° | <input type="radio"/> | (খ) প্রায় 139° | <input type="radio"/> |
| (গ) 90° | <input type="radio"/> | (ঘ) 8° | <input type="radio"/> |

২৯। 100g ভরের একটি বস্তু পানির মধ্যে পড়ায় তার উপর ক্রিয়ারত প্লবতা 0.981 N হলে সান্ত বল হবে—
[ব. বো. ২০১৭]

- | | | | |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| (ক) 9.81 N | <input type="radio"/> | (খ) 0.981 N | <input type="radio"/> |
| (গ) 1.962 N | <input type="radio"/> | (ঘ) 0 | <input type="radio"/> |

৩০। যখন পানিতে কিছু ডিটারজেন্ট মেশানা হয় তখন এর পৃষ্ঠান— [রা. বি. ২০১৫-২০১৬; দি. বো. ২০১৫]

- | | | | |
|---------------------|-----------------------|--------------------------------------|-----------------------|
| (ক) অপরিবর্তিত থাকে | <input type="radio"/> | (খ) বৃদ্ধি পায় | <input type="radio"/> |
| (গ) হাস পায় | <input type="radio"/> | (ঘ) হাসও পেতে পারে বৃদ্ধিও পেতে পারে | <input type="radio"/> |

৩১। পদার্থের আন্তঃআণবিক বলের বেলায় নিচের কোন উক্তিটি সঠিক ?
(ক) অগুঙ্গলোর মধ্যকার দূরত্ব r এর পরিবর্তনের সাথে আন্তঃআণবিক বলের পরিবর্তন ঘটে
(খ) যত বৃদ্ধি পায় আন্তঃআণবিক বল তত আকর্ষণধর্মী হয়
(গ) r যত হাস পায় আন্তঃআণবিক বল তত বিকর্ষণধর্মী হয়
(ঘ) উপরের সবকটি উক্তি সঠিক

৩২। নিচের কোনটি কঠিন পদার্থের বৈশিষ্ট্য নয় ?
(ক) কঠিন পদার্থের অগুঙ্গলো খুব কাছাকাছি থাকে
(খ) কঠিন পদার্থের অগুঙ্গলো এদের গড় অবস্থানকে ঘিরে স্পন্দিত হয়
(গ) কঠিন পদার্থের অগুঙ্গলোর মধ্যবর্তী বল তত প্রবল নয়
(ঘ) কঠিন পদার্থের নির্দিষ্ট আকার থাকে

৩৩। অ-পোলার অগুঙ্গলোর মধ্যকার বন্ধনকে কী বলে ?
(ক) আয়নিক বন্ধন
 | (খ) সমযোজী বন্ধন | |

(গ) দ্বিপোল-দ্বিপোল
 | (ঘ) ভ্যানডার ওয়ালস বন্ধন | |

৩৪। পানির অগুর মধ্যকার বন্ধনকে কী বলে ?
(ক) আয়নিক বন্ধন
 | (খ) সমযোজী বন্ধন | |

(গ) দ্বিপোল-দ্বিপোল বন্ধন
 | (ঘ) ধাতব বন্ধন | |

৩৫। স্থিতিস্থাপকতার সীমার মধ্যে আকার পীড়ন ও আকার বিকৃতির অনুপাত হচ্ছে—
(ক) ইয়ং-এর গুণাঙ্ক
 | (খ) আয়তন গুণাঙ্ক | |

(গ) দৃঢ়তার গুণাঙ্ক
 | (ঘ) পয়সনের অনুপাত | |

৩৬। কোনো পদার্থের অগুঙ্গলোর মধ্যে নিট বল শূন্য হয় যখন— [দ. বো. ২০১৫; চ. বো. ২০১৫]
(ক) $r = r_0$ | (খ) $r < r_0$ | |

(গ) $r > r_0$ | (ঘ) $r >> r_0$ | |

৩৭। কোনটির ক্ষেত্রে ভ্যানডার ওয়ালস বল বিদ্যমান ?
(ক) সোডিয়াম ও ক্লোরিন পরমাণুর বন্ধন
 | (খ) অক্সিজেন অণুর বন্ধন | |

(গ) সিলিকন পরমাণুর বন্ধন
 | (ঘ) তামার পরমাণুর বন্ধন | |

- ৩৮। প্রভাব গোলকের ব্যাসার্ধ কোনটি ? [রা. বো. ২০১৫]
- (ক) 10^{-15} m
 - (গ) 10^{-9} m
- ৩৯। নিচের কোন সম্পর্কটি টোকস এর সূত্র ? [মেরিন একাডেমি ২০১৭-২০১৮; কু. বো. ২০১৫]
- (ক) $F \propto \eta \pi r v$
 - (গ) $F \propto \pi \eta v$
- ৪০। সন্তুতা শুণাক্ষের একক কোনটি ? [কু. বো. ২০১৫; দা. বো. ২০১৬]
- (ক) rad s^{-1}
 - (গ) N s m^{-2}
- ৪১। পানির পৃষ্ঠটান কোনটি ? [কু. বো. ২০১৫]
- (ক) $7.35 \times 10^{-3} \text{ N m}^{-1}$
 - (গ) $550 \times 10^{-3} \text{ N m}^{-1}$
- ৪২। রংপো ও বিশুদ্ধ পানির মধ্যকার স্পর্শকোণ (প্রায়) কত ? [কু. বো. ২০১৫]
- (ক) 0°
 - (গ) 90°
- ৪৩। নিচের কোন পদার্থের সান্তুতা সবচেয়ে বেশি ? [সি. বো. ২০১৫; রা. বো. ২০১৬]
- (ক) তেল
 - (গ) মধু
- ৪৪। কোনো তরলের পৃষ্ঠশক্তি সংখ্যাগতভাবে পৃষ্ঠটানের— [দি. বো. ২০১৫]
- (ক) অর্ধেক
 - (গ) দ্বিগুণ
- ৪৫। তরল ও কঠিন পদার্থের মধ্যকার স্পর্শকোণ নিচের কোনটি হলে তরল পদার্থ, কঠিন পদার্থকে ভিজাবে না ? [রা. বো. ২০১৫; রা. বো. ২০১৬]
- (ক) 0°
 - (গ) 60°
- ৪৬। পয়সনের অনুপাতের মান কোনটি ? [অভিন্ন প্রশ্ন ২০১৪]
- (ক) $-\frac{1}{2} < \sigma < 1$
 - (গ) $\frac{1}{2} < \sigma < 1$
- ৪৭। তিনটি বিবৃতি দেওয়া হলো—
- সর্বাপেক্ষা কম ফেবলের ক্রিয়ায় বস্তু ছিড়ে যায় বা ভেঙে যায় তাকে অসহ বল বলে
 - বিভিন্ন পদার্থের অগুর মধ্যে পারস্পরিক আকর্ষণ বলের নাম সংস্কৃত বল
 - তরলের মুক্ততলের একক ক্ষেত্রফলে সঞ্চিত বিভব শক্তিকে বলা হয় তরলের পৃষ্ঠশক্তি
- নিচের কোনটি সঠিক ?
- (ক) i ও ii
 - (গ) ii ও iii

৪৮। তিনটি সমীকরণ হলো (এখানে সংকেতগুলো প্রচলিত অর্থ বহন করে) —

$$(i) Y = \frac{MgL}{\pi r^2 l} \quad (ii) F = 6\pi r\eta v \quad (iii) v = \frac{2r^2(\rho_s - \rho_f)g}{9\eta}$$

নিচের কোনটি সঠিক ?

- (ক) i ও iii
(গ) ii ও iii

- (খ) i ও ii
 (ঘ) i, ii ও iii

-

৪৯। তিনটি সূত্রের গাণিতিক রূপ —

$$(i) ছকের সূত্র : পীড়ন \propto বিকৃতি \quad (ii) সান্দ্রতা সংক্রান্ত নিউটনের সূত্র : F \propto A \frac{dv}{dy}$$

$$(iii) স্টোক্সের সূত্র : F = 6\pi r\eta$$

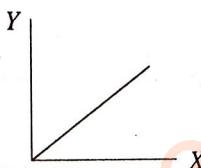
নিচের কোনটি সঠিক ?

- (ক) i ও iii
(গ) ii ও iii

- (খ) i ও ii
 (ঘ) i, ii ও iii

-

৫০।



একজন ছাত্র কোনো ধাতব তারের ইয়ংগুলুক নির্গয়ের জন্য পাঠ নিয়ে উপরের লেখচিত্রটি আঁকল। কিন্তু সে X ও Y অক্ষে কী থাকবে তা লিখতে ভুলে গেল। X এবং Y-অক্ষে যথাক্রমে কী থাকলে ভুল বলা যাবে না ?

- (i) ঝুলানো ওজন ও দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি
(ii) প্রযুক্ত পীড়ন ও দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি
(iii) প্রযুক্ত পীড়ন ও উৎপন্ন বিকৃতি

নিচের কোনটি সঠিক ?

- (ক) i ও ii
(গ) i, ii ও iii

- (খ) ii ও iii
 (ঘ) i ও iii

[দি. বো. ২০১৫]

৫১। পানির পৃষ্ঠাটান্হাস পায় —

- (i) তাপমাত্রাহাস পেলে (ii) তাপমাত্রা বৃদ্ধি পেলে (iii) সাবানের ফেনা মিশালে

নিচের কোনটি সঠিক ?

- (ক) i ও ii
(গ) ii ও iii

- (খ) i ও iii
 (ঘ) i, ii ও iii

[দি. বো. ২০১৫]

৫২। একটি কৈশিক নলকে পিসারিনে ডুবালে —

- (i) কাচ ও পিসারিনের স্পর্শ কোণ সূক্ষ্ম কোণ হয়
(ii) তরল পৃষ্ঠ অবতল আকার ধারণ করে
(iii) কাচ ও পিসারিনের স্পর্শ কোণ স্থুল কোণ হয়

নিচের কোনটি সঠিক ?

- (ক) i ও ii
(গ) ii ও iii

- (খ) i ও iii
 (ঘ) i, ii ও iii

-

৫৩। অভিন্ন একক ও মাত্রার জোড়া হচ্ছে—

- (i) কাজ ও পৃষ্ঠশক্তি (ii) পৃষ্ঠটান ও পৃষ্ঠশক্তি (iii) অনুভূমিক পাল্লা ও সরণ
নিচের কোনটি সঠিক ?

(ক) i ও ii

(খ) i ও iii

[সি. বো. ২০১৫]

(গ) ii ও iii

(ঘ) i, ii ও iii

৫৪। স্পৰ্শকোণ 120° হলে কৈশিক নলে তরল—

- (i) উপরে উঠবে (ii) নিচে নামবে (iii) অপৱিবৰ্তিত থাকবে
নিচের কোনটি সঠিক ?

(ক) i

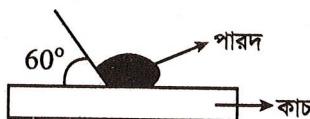
(খ) ii

(গ) i ও iii

(ঘ) ii ও iii

৫৫। চিত্রানুসূরে—

[ট. বো. ২০১৬]



- (i) সংস্কতি বল > আসঙ্গন বল (ii) আসঙ্গন বল > সংস্কতি বল (iii) 60° হলো স্পৰ্শ কোণ
নিচের কোনটি সঠিক ?

(ক) i

(খ) i ও iii

(গ) i ও ii

(ঘ) ii ও iii

সমান দৈর্ঘ্যের তিনটি তার A, B এবং C-এ একই মানের পীড়ন $5 \times 10^{12} \text{ N m}^{-2}$ প্রয়োগের ফলে দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি
যথাক্রমে 5%, 2% এবং 1% হলে (৫৬) ও (৫৭) নং প্রশ্নের উত্তর দাও :

[ব. বো. ২০১৫]

৫৬। B তারের বিকৃতি—

(ক) 2

(খ) 0.2

(গ) 0.02

(ঘ) 0.002

৫৭। A, B ও C তারের ইয়ং গুণাঙ্ক যথাক্রমে Y_A , Y_B এবং Y_C হলে—

নিচের কোনটি সঠিক ?

(ক) $Y_A > Y_C > Y_B$

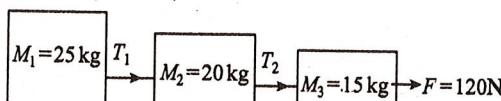
(খ) $Y_A < Y_B < Y_C$

(গ) $Y_A > Y_B > Y_C$

(ঘ) $Y_B < Y_A < Y_C$

নিচের উদ্ধীপকটি পড় এবং ৫৮ ও ৫৯ নং প্রশ্নের উত্তর দাও :

[রা. বো. ২০১৬]



উপরের চিত্রে অনুভূমিক মসৃণ তলে একই সরলরেখা বৰাবৰ তিনটি বস্তু উপেক্ষণীয় ভৱের দুটি তার দ্বাৰা পৰম্পৰ যুক্ত
আছে এবং বল প্রয়োগে টানা হচ্ছে।

৫৮। সৃষ্টি ভৱণের মান—

(ক) 2 m s^{-2}

(খ) 4.8 m s^{-2}

(গ) 6 m s^{-2}

(ঘ) 8 m s^{-2}

৫৯। T_1 ও T_2 এর অনুপাত—

- (ক) 5 : 4 ○ (খ) 4 : 5 ○
 (গ) 5 : 9 ○ (ঘ) 9 : 5 ○

৬০। কাচ ও পারদের স্পর্শ কোণ θ হবে—

- (ক) $0 < \theta < 90^\circ$ ○ (খ) $90^\circ < \theta < 180^\circ$ ○
 (গ) $\theta = 90^\circ$ ○ (ঘ) $\theta = 180^\circ$ ○

৬১। কপূরের পানিতে নাচা বা 'Dancing of Camphor on water' পদার্থের কোন ধর্মের জন্য ঘটে ?

[বুয়েট ২০১৩–২০১৪]

[খ. বি. ২০০৭–২০০৮]

- (ক) তলটান ○ (খ) সান্দ্রতা ○
 (গ) স্থিতিস্থাপকতা ○ (ঘ) পরিবাহিতা ○

৬২। কোন ধর্মের কারণে পানির ফেঁটা গোলাকৃতি হয় ? [রংয়েট ২০১৪–২০১৫; বুয়েট ২০০৯–২০১০, ২০১২–২০১৩;
 ঢ. বো.. ২০১৯]

- (ক) সান্দ্রতা ○ (খ) স্থিতিস্থাপকতা ○
 (গ) পৃষ্ঠটান ○ (ঘ) কৈশিকতা ○

৬৩। । দৈর্ঘ্যের একটি বর্গাকার কাঠামোকে সাবানের পানিতে ডুবানো হলো । যখন কাঠামোটিকে বাইরে আনা হলো তখন
 তার উপর একটি সাবানের ফিল্ম পাওয়া যায় । সাবানের দ্রবণের পৃষ্ঠটান T হলে কাঠামোটির উপর বলের মান হবে—

[বুয়েট ২০১৩–২০১৪]

- (ক) $8Tl$ ○ (খ) $4Tl$ ○
 (গ) $10 Tl$ ○ (ঘ) $12 Tl$ ○

৬৪। যদি স্পর্শ কোণ 90° এর কম হয়, তবে তরলের পৃষ্ঠ কেমন হবে ? [ডেন্টাল কলেজ ২০১৭–২০১৮]

- (ক) অবতল ○ (খ) উত্তল ○
 (গ) সমতলাবতল ○ (ঘ) সমতলোত্তল ○

৬৫। প্রতিটি 10^{-4} m ব্যাসাবিশিষ্ট পানির 1000 টি ক্ষুদ্র ফেঁটা মিলে একটি বৃহৎ ফেঁটা তৈরি করল । বৃহৎ ফেঁটার ব্যাসার্ধ
 কত ? [রংয়েট ২০১৩–২০১৪; চুয়েট ২০১০–২০১১]

- (ক) 10^{-2} m ○ (খ) $\frac{1}{10} \text{ m}$ ○
 (গ) $5 \times 10^{-4} \text{ m}$ ○ (ঘ) কোনোটিই নয় ○

৬৬। পানির উপরিতলে রাখা 0.05 m দীর্ঘ একটি সুচকে টেনে তুললে সর্বাধিক যে বলের প্রয়োজন—

- (পানির পৃষ্ঠটান = $72 \times 10^{-3} \text{ N m}^{-1}$) [বুয়েট ২০০৮–২০০৯]

- (ক) $7.2 \times 10^{-3} \text{ N}$ ○ (খ) $3.6 \times 10^{-3} \text{ N}$ ○
 (গ) $1.4 \times 10^{-3} \text{ N}$ ○ (ঘ) $7.2 \times 10^{-4} \text{ N}$ ○

৬৭। পানির উপর একটি ইস্পাতের ডেড ভেসে থাকার কারণ— [শা. বি. প্র. বি. ২০০৮–২০০৯]

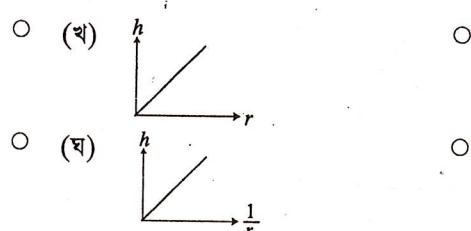
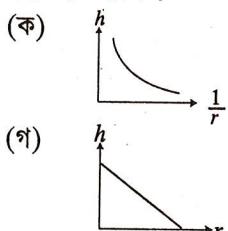
- (ক) পানির পৃষ্ঠটান ○ (খ) পানির উর্ধ্বচাপ ○
 (গ) পানির ঘনত্ব ইস্পাতের ঘনত্বের চেয়ে কম হওয়ার কারণে ○ (ঘ) পানির সান্দ্রতার কারণে ○

৬৮। সমুদ্রের পানিতে (ঘনত্ব 1.025 g/cc) একটি ট্যাংকারে 10% পানির উপরে থাকে । ট্যাংকারটিকে ডেড সীতে

- (ঘনত্ব 1.3 g/cc) ভাসানো হলে কত শতাংশ পানির উপর থাকবে ? [শা. বি. প্র. বি. ২০০৮–২০০৯]

- (ক) 12.7% ○ (খ) 15% ○
 (গ) 29% ○ (ঘ) 45% ○

৬৯। কোনো নির্দিষ্ট স্থানে কৈশিক নলে উথিত পানির উচ্চতা (h) ও কৈশিক নলের ব্যাসার্ধ (r) এর মধ্যে নিম্নের কোন লেখচিত্রটি সঠিক?



৭০। একটি তারের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল 1 mm^2 এবং অসহ ভর 40 kg । তারের অসহ পীড়ন— [অভিন্ন প্রশ্ন ২০১৮]

- (ক) $4 \times 10^{-6} \text{ N m}^{-2}$ ○ (খ) $3.92 \times 10^{-4} \text{ N m}^{-2}$ ○
 (গ) $4 \times 10^7 \text{ N m}^{-2}$ ○ (ঘ) $3.92 \times 10^8 \text{ N m}^{-2}$ ○

৭১। ইয়ং-এর গুণাঙ্ক নিচের কোনটি?

- (ক) $Y = \frac{\text{দৈর্ঘ্য পীড়ন}}{\text{দৈর্ঘ্য বিকৃতি}}$ ○ (খ) $Y = \frac{\text{আয়তন পীড়ন}}{\text{আয়তন বিকৃতি}}$ ○
 (গ) $Y = \frac{\text{কৃতন পীড়ন}}{\text{কৃতন বিকৃতি}}$ ○ (ঘ) $Y = \frac{\text{কৃতন পীড়ন}}{\text{দৈর্ঘ্য বিকৃতি}}$ ○

[সি. বো. ২০১৭]

৭২। একটি আদর্শ দৃঢ় বস্তুর জন্য ইয়ং-এর গুণাঙ্ক—

- (ক) ০ ○ (খ) ∞ ○
 (গ) ১ ○ (ঘ) -1 ○

[দি. বো. ২০১৭]

৭৩। স্থিতিস্থাপকতার সীমার মধ্যে কোনটি সব সময় প্রৱক্ত থাকে?

- i. $\frac{\text{পীড়ন}}{\text{বিকৃতি}}$ ii. $\frac{\text{পার্শ্ব বিকৃতি}}{\text{দৈর্ঘ্য বিকৃতি}}$ iii. $\frac{\text{বল}}{\text{ক্ষেত্রফল}}$

[অভিন্ন প্রশ্ন ২০১৮]

নিচের কোনটি সঠিক?

- (ক) i ও ii ○ (খ) i ও iii ○
 (গ) ii ও iii ○ (ঘ) i, ii ও iii ○

[ব. বো. ২০১৭]

৭৪। তরলের পৃষ্ঠাটান নির্ভর করে—

- i. কৈশিক নলের ব্যাসার্ধ ii. সংস্কৃতি বল iii. তরলের ঘনত্ব
 নিচের কোনটি সঠিক?

- (ক) i ও ii ○ (খ) i ও iii ○
 (গ) ii ও iii ○ (ঘ) i, ii ও iii ○

৭৫। 50 km উঁচু থেকে পড়ান্ত দুটি শিলাপিণ্ডের ব্যাসার্ধের অনুপাত $1 : 2$ । শিলাপিণ্ড দুইটির অন্তবেগের অনুপাত হবে—

[বুয়েট ২০১৩-২০১৪]

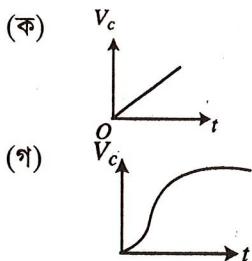
- (ক) $1 : 9$ ○ (খ) $9 : 1$ ○
 (গ) $4 : 1$ ○ (ঘ) $1 : 4$ ○

[ব. বো. ২০১৭]

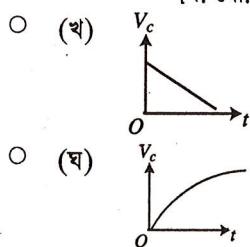
৭৬। কোনটি পদার্থের সাধারণ ধর্ম?

- (ক) পৃষ্ঠশক্তি ○ (খ) সান্দ্রতা ○
 (গ) স্থিতিস্থাপকতা ○ (ঘ) পৃষ্ঠটান ○

৭৭। তরলের মধ্যে পড়স্ত কোনো বস্তুর অন্ত্যবেগ বনাম সময় লেখচিত্র অঙ্কন করা হয়েছে। কোন লেখচিত্রটি সঠিক?



(ক)



(খ)

(গ)

(ঘ)

[য. বো. ২০১৭; দি. বো. ২০১৭]

৭৮। 3×10^{-3} m ব্যাসার্দের একটি গোলক কোনো তরলের ভিতর দিয়ে $3 \times 10^{-2} \text{ m s}^{-1}$ প্রাপ্ত বেগে পড়ছে। ঐ তরলের সান্দুতাঙ্ক $1.5 \times 10^{-3} \text{ N s m}^{-2}$ হলে সান্দু বল কত?

[কুয়েট ২০০৭-২০০৮]

(ক) $3.54 \times 10^{-6} \text{ N}$

(খ) $3.54 \times 10^{-5} \text{ N}$

(গ) $2.54 \times 10^{-6} \text{ N}$

(ঘ) $2.54 \times 10^{-3} \text{ N}$

নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং ৭৯ নং ও ৮০ নং প্রশ্নের উত্তর দাও:

100 cm দীর্ঘ এবং $1 \times 10^{-2} \text{ cm}^2$ প্রস্থচ্ছেদ বিশিষ্ট একটি তারের ইয়ং-এর গুণাঙ্ক $1.24 \times 10^{11} \text{ N m}^{-2}$ । একে টেনে 0.2 cm বৃদ্ধি করা হলো।

[চ. বো. ২০১৭]

৭৯। কতটুকু কাজ সম্পন্ন হবে?

(ক) 0.114 J

(খ) 0.124 J

(গ) 0.248 J

(ঘ) 0.288 J

৮০। এক্ষেত্রে—

i. বিকৃতি 0.002 ii. পীড়ন $= 2 \times 10^8 \text{ N m}^{-2}$ iii. পীড়ন \propto বিকৃতি

নিচের কোনটি সঠিক?

(ক) i ও ii

(খ) i ও iii

(গ) ii ও iii

(ঘ) i, ii ও iii

৮১। কোনো সান্দু প্রবাহীতে M ভরের সীসার গোলকের অন্ত্যবেগ V । $64M$ ভরের অন্য একটি সীসার গোলকের একই সান্দু প্রবাহীতে অন্ত্যবেগ কত হবে?

[বুয়েট ২০০৭-২০০৮]

(ক) V

(খ) $4V$

(গ) $8V$

(ঘ) $16V$

৮২। গাছের গোড়ায় বালি জমে থাকলে গাছ মরে যায়, কারণ—

[খ. বি. ২০১২-২০১৩]

(ক) বালি অধিক পানি ধরে রাখে

(খ) বালি কৈশিক নলের কাজ করতে পারে না, ফলে

(গ) বালি অধিক উত্পন্ন হয়

(ঘ) পানি ধরে রাখতে পারে না, শুষ্ক থাকে

(ঘ) বালি বাতাসের বল সহ্য করতে পারে না

৮৩। একটি কৈশিক নলের ব্যাস 0.2 mm । একে $7.2 \times 10^{-2} \text{ N m}^{-2}$ পৃষ্ঠটান এবং 10^3 kg m^{-3} ঘনত্বের পানিতে ডুবালে নলের কত m উচ্চতায় পানি উঠবে?

[শা. বি.প্র.বি. ২০১৬-২০১৭]

(ক) 0.45

(খ) 0.35

(গ) 0.25

(ঘ) 0.15

৮৪। পয়সনের অনুপাতের মান নিচের কোনটির সমান হতে পারে না?

[বুয়েট ২০১৪-২০১৫]

(ক) 0.01

(খ) 0.1

(গ) 0.4

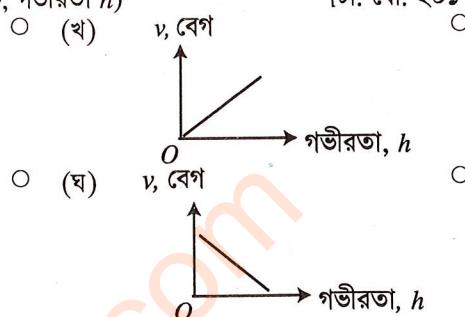
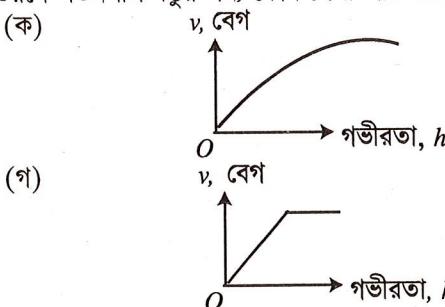
(ঘ) 0.6

- ৮৫। বায়ুর সংস্পর্শে 20°C তাপমাত্রায় পানির তলটান কত হবে ? [বা. ক. বি. ২০১৪-২০১৫]
- (ক) 735 dyne/cm ○ (খ) 73.5 dyne/cm ○
 (গ) 73 N m ○ (ঘ) 7.35 N m ○
- ৮৬। 30 cm দীর্ঘ, $31 \times 10^{-2} \text{ cm}^2$ প্রস্তুচ্ছেদ বিশিষ্ট একটি তারের ইয়ং এর গুণাঙ্ক $1.5 \times 10^{11} \text{ N m}^{-2}$ । একে টেনে 0.1 cm বৃদ্ধি করতে হলে কতটুকু কাজ সম্পন্ন হবে ? [জা. বি. ২০১৪-২০১৫]
- (ক) 7.75 J ○ (খ) 0.2 J ○
 (গ) 0.15 J ○ (ঘ) 0.22 J ○
- ৮৭। 1 m দীর্ঘ 1mm ব্যাসের একটি তারের দৈর্ঘ্য 0.05 cm বৃদ্ধি করা হলে তারটির ব্যাস হাস পাবে (পয়সনের অনুপাত $\beta = 0.25$) [বুয়েট ২০১৩-২০১৪]
- (ক) $1.25 \times 10^{-7} \text{ m}$ ○ (খ) $1.25 \times 10^{-7} \text{ cm}$ ○
 (গ) $1.25 \times 10^7 \text{ m}$ ○ (ঘ) $1.25 \times 10^{-7} \text{ mm}$ ○
- ৮৮। একই উপাদানে তৈরি 2m তারের দৈর্ঘ্য 1m তারের দৈর্ঘ্যের দিগ্নে কিন্তু ব্যাসার্ধ 1m তারের অর্ধেক হলে ও সমান তারে প্রয়োগ করলে 2m তার ও 1m তারের দৈর্ঘ্য প্রসারণের অনুপাত কত ? [চ. বি. ২০০১-২০০২]
- (ক) same ○ (খ) 2 ○
 (গ) $\frac{1}{2}$ ○ (ঘ) 8 ○
- ৮৯। $1.5 \times 10^6 \text{ g}$ ভরের একটি লিফট একটি ইস্পাতের তারের সাহায্যে ঝুলানো আছে। এটি উঠার সময় সর্বোচ্চ ত্বরণ 1.2 m s^{-2} এবং অসহ পীড়ন $3.0 \times 10^8 \text{ N m}^{-2}$ হলে তারের সর্বনিম্ন ব্যাসার্ধ কত ? [চুয়েট ২০১৩-২০১৪]
- (ক) $4.33 \times 10^{-3} \text{ m}$ ○ (খ) $4.19 \times 10^{-3} \text{ m}$ ○
 (গ) $3.7 \times 10^{-3} \text{ m}$ ○ (ঘ) কোনোটিই নয় ○
- ৯০। 1 mm^2 প্রস্তুচ্ছেদ বিশিষ্ট একটি ইস্পাতের তারের দৈর্ঘ্য 5% বৃদ্ধি করতে যে পরিমাণ বল প্রয়োগ করতে হবে—
(ইস্পাতের তারের ইয়ং গুণাঙ্ক $= 2 \times 10^{11} \text{ N m}^{-2}$) [চ. বি. ২০১২-২০১৩]
- (ক) 12000 N ○ (খ) 10000 N ○
 (গ) 11360 N ○ (ঘ) None ○
- ৯১। l দৈর্ঘ্য ও r ব্যাসার্ধের একটি তারে উপাদানের ইয়ং গুণাঙ্ক Y । তারের দৈর্ঘ্য $\frac{l}{2}$ এবং ব্যাসার্ধ $\frac{r}{2}$ করা হলে ইয়ং গুণাঙ্ক কত হবে ? [চ. বি. ২০১৪-২০১৫]
- (ক) $\frac{Y}{2}$ ○ (খ) Y ○
 (গ) $2Y$ ○ (ঘ) $4Y$ ○
- ৯২। চক ও বোর্ডের অণুর আকর্ষণ বল— [খ. বি. ২০১৬-২০১৭]
- (ক) অভিকর্ষ বল ○ (খ) সান্দ্রবল ○
 (গ) সংস্কি বল ○ (ঘ) আসঞ্জন বল ○
- ৯৩। যদি p এবং b যথাক্রমে পীড়ন ও বিকৃতির মান হয়, তবে এদের মধ্যে সঠিক সম্পর্ক হলো— [জা. বি. ২০১০-২০১১]
- (ক) $p = b$ ○ (খ) $p \propto b$ ○
 (গ) $p \propto \frac{1}{b}$ ○ (ঘ) $p \propto \frac{1}{2\pi} b$ ○
- ৯৪। একটি সাবানের বুদ্বুদকে 1 cm ব্যাস হতে ধীরে ধীরে আকৃতি বৃদ্ধি করে 10 cm ব্যাসে পরিণত করা হলো। কৃতকার্যের পরিমাণ নির্ণয় কর। (সাবান পানির পৃষ্ঠটান $= 25 \times 10^{-3} \text{ N m}^{-1}$) [কুয়েট ২০১১-২০১২]
- (ক) $1.555 \times 10^{-3} \text{ J}$ ○ (খ) $1.555 \times 10^{-4} \text{ J}$ ○
 (গ) $1.550 \times 10^{-3} \text{ J}$ ○ (ঘ) $1.550 \times 10^{-2} \text{ J}$ ○

- ৯৫। একটি সাবানের বুদবুদ (পৃষ্ঠান 30 dyne/cm) ব্যাসার্ধ 2 cm। বুদবুদের ব্যাসার্ধ দিগুণ করার জন্য কাজের পরিমাণ
হবে— [কুয়েট ২০০৬-২০০৭]

[କୁଣ୍ଡଳେ ୨୦୦୬-୨୦୦୭]

৯৭। তরলে পতনশীল বস্তুর জন্য কোন লেখাচ্ছাত্র সঠিক? (বেগ v, গভীরতা h) [টি. বো. ২০১১]



- ৯৮। 0.2 mm ব্যাসবিশিষ্ট পানির 1000 ক্ষেত্র ফেঁটা মিলে একটি বৃহৎ ফেঁটা তৈরি করে। বৃহৎ ফেঁটাটি তৈরি করতে নির্গত শক্তি নির্ণয় কর। (পানির পৃষ্ঠান = $72 \times 10^{-3} \text{ N m}^{-1}$)। [কুরেট ২০১৩-২০১৪]

[কুয়েট ২০১৩-২০১৪]

৯৯। দুটি ভিন্ন প্রস্তুতিদের তারের ইয়-এর স্থিতিস্থাপক গুণাঙ্ক একই। তার দুটি—

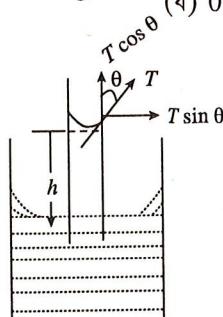
- (ক) ভিন্ন দৈর্ঘ্যের
 (গ) একই উপাদানের

(খ) ভিন্ন উপাদানের
 (ঘ) যেকোনোটি হতে পারে

১০০। একই ধাতুর তৈরি দুটি গোলক যাদের একটির ব্যাসার্ধ অন্যটির দ্বিগুণ। গোলক দুটকে তরল পদাথে পূর্ণ একটা লম্বা
জারের ভেতর দিয়ে পড়তে দেয়া হলে, ছোটটির তুলনায় বড়টির টার্মিনাল গতি— [বিয়েট ২০১১-২০১২]

- | | | |
|----------------------------------|---|-----------------|
| ১০১। তাপমাত্রা বৃদ্ধি পেলে তলচন— | ○ | জ. ব. ২০১৫-২০১৬ |
| (ক) বৃদ্ধি পায় | ○ | (খ) শূন্য হয় |
| (গ) ক্ষেত্র পায় | ○ | (স) স্থির থাকে |

(গ) হাস পায়ি (ঘ) তুর বাকে
 ১০২। একটি কৈশিক নলের ব্যাসার্ধ 0.1 cm । একে $50 \times 10^{-3}\text{ N m}^{-1}$ পৃষ্ঠান এবং 1000 kg m^{-3} ঘনত্বের তেলে
 ডুবাল কৈশিক নলে কত উচ্চতায় তেল উঠবে? (স্পর্শ কোণ = 20°)। [কার্যটা $2010-2021$]



চিৰে r ব্যসাৰ্ধের একটি কাচেৰ কৈশিক নল বিশুদ্ধ পানিতে ডুবালে তা পানিতে h উচ্চতায় উঠে। পৱে 2 r ব্যসাৰ্ধের উপৰ একটি কৈশিক নল পানিতে ডুবানো হলো।

উদীপকেৰ আলোকে ১০৩ ও ১০৪ নং প্ৰশ্নৰ উত্তৰ দাও।

[মাদ্রাসা বোর্ড ২০১৮]

১০৩। যে উচ্চতায় দ্বিতীয় ক্ষেত্ৰে পানি উঠবে তা হলো—

- (ক) $\frac{h}{2}$ ○ (খ) h ○
 (গ) $2h$ ○ (ঘ) $3h$ ○

১০৪। ১ম ক্ষেত্ৰে পৃষ্ঠটান T_1 ও দ্বিতীয় ক্ষেত্ৰে পৃষ্ঠটান T_2 হলে কোন সম্পৰ্কটি সঠিক?

- (ক) $T_2 > T_1$ ○ (খ) $T_2 < T_1$ ○
 (গ) $T_1 = T_2$ ○ (ঘ) $2T_1 = T_2$ ○

১০৫। নিচেৰ কোনটি সঠিক?

- (ক) $U = \frac{1}{2} \frac{l}{L} Y$ ○ (খ) $U = \frac{1}{2} \frac{YAl^2}{L} / AL$ ○
 (গ) $U = \frac{1}{2} Al$ ○ (ঘ) $U = \frac{1}{2} \frac{Al}{L}$ ○

১০৬। কোনো তাৱকে কেটে সমান দুই টুকুৰা কৰা হলো। এতে তাৱেৰ অসহভাৱ হবে—

- [জ. বি. ২০১৭-২০১৮]
- (ক) পূৰ্বেৰ অৰ্দ্ধেক ○ (খ) পূৰ্বেৰ সমান ○
 (গ) পূৰ্বেৰ দিগন্ধ ○ (ঘ) পূৰ্বেৰ এক-চতুৰ্থাংশ ○

১০৭। আয়তন গুণাক্ষেৰ অন্য নাম কী?

- (ক) অসংন্ম্যতা ○ (খ) সংন্ম্যতা ○
 (গ) কাৰ্টিন্যে গুণাক্ষ ○ (ঘ) ইয়-এৰ গুণাক্ষ ○

১০৮। অভিন্ন একক ও মাত্ৰার জোড় হচ্ছে—

i. কাজ ও পৃষ্ঠশক্তি ii. পৃষ্ঠটান ও পৃষ্ঠশক্তি iii. অনুভূমিক পাল্লা ও সৱণ

- নিচেৰ কোনটি সঠিক?
 (ক) i ও ii ○ (খ) i ও iii ○
 (গ) ii ও iii ○ (ঘ) i, ii ও iii ○

বহুনিৰ্বাচনি প্ৰশ্নাবলীৰ উত্তৰমালা

১।(গ)	২।(গ)	৩।(গ)	৪।(গ)	৫।(গ)	৬।(গ)	৭।(ক)	৮।(খ)	৯।(ঘ)	১০।(ঘ)
১১।(ক)	১২।(গ)	১৩।(গ)	১৪।(ঘ)	১৫।(গ)	১৬।(ক)	১৭।(খ)	১৮।(খ)	১৯।(ঘ)	২০।(খ)
২১।(গ)	২২।(ঘ)	২৩।(ঘ)	২৪।(গ)	২৫।(গ)	২৬।(গ)	২৭।(গ)	২৮।(খ)	২৯।(খ)	৩০।(গ)
৩১।(ঘ)	৩২।(গ)	৩৩।(ঘ)	৩৪।(গ)	৩৫।(গ)	৩৬।(ক)	৩৭।(খ)	৩৮।(খ)	৩৯।(ঘ)	৪০।(গ)
৪১।(খ)	৪২।(গ)	৪৩।(গ)	৪৪।(খ)	৪৫।(ঘ)	৪৬।(খ)	৪৭।(খ)	৪৮।(ঘ)	৪৯।(খ)	৫০।(গ)
৫১।(গ)	৫২।(ক)	৫৩।(গ)	৫৪।(খ)	৫৫।(ক)	৫৬।(গ)	৫৭।(খ)	৫৮।(ক)	৫৯।(ঘ)	৬০।(খ)
৬১।(ক)	৬২।(গ)	৬৩।(ক)	৬৪।(ক)	৬৫।(গ)	৬৬।(ক)	৬৭।(ক)	৬৮।(গ)	৬৯।(ঘ)	৭০।(ঘ)
৭১।(ক)	৭২।(খ)	৭৩।(ক)	৭৪।(গ)	৭৫।(ঘ)	৭৬।(গ)	৭৭।(ঘ)	৭৮।(গ)	৭৯।(গ)	৮০।(ঘ)
৮১।(ঘ)	৮২।(খ)	৮৩।(ঘ)	৮৪।(ঘ)	৮৫।(ক)	৮৬।(ক)	৮৭।(ক)	৮৮।(ঘ)	৮৯।(খ)	৯০।(খ)
৯১।(খ)	৯২।(ঘ)	৯৩।(খ)	৯৪।(ক)	৯৫।(ঘ)	৯৬।(গ)	৯৭।(গ)	৯৮।(গ)	৯৯।(গ)	১০০।(গ)
১০১।(গ)	১০২।(ক)	১০৩।(ক)	১০৪।(ঘ)	১০৫।(খ)	১০৬।(খ)	১০৭।(ক)	১০৮।(ঘ)		

খ-বিভাগ : সূজনশীল প্রশ্ন (CQ)

- ১। কোনো বস্তুকে বাইরে থেকে বল প্রয়োগ করলে যদি বস্তুটি গতিশীল না হয় তাহলেও এর বিভিন্ন অংশের মধ্যে আপেক্ষিক সরণ হয়। বলা যেতে পারে, বস্তুর অণুগুলোর মধ্যবর্তী দূরত্বের পরিবর্তন ঘটে; ফলে বস্তুটির আকার বা আকৃতির পরিবর্তন ঘটে। এই অবস্থায় বস্তুর আন্তঃআণবিক বল এই পরিবর্তনকে বাধা দিতে চেষ্টা করে। ফলে বল প্রয়োগ বন্ধ করলে বস্তু আবার আগের অবস্থা ফিরে পায়।

নিচের প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

ক. পদার্থের উপরিউভ ধর্মকে কী বলে ?

খ. রবার লোহার চেয়ে বেশি স্থিতিস্থাপক—ব্যাখ্যা কর।

গ. ১ বর্গমিলিমিটার প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল বিশিষ্ট একটি ইস্পাতের তারের দৈর্ঘ্য 5% বৃদ্ধি করতে হলে কত বল প্রয়োগ করতে হবে ? ইস্পাতের ইয়ৎ গুণাঙ্ক $2 \times 10^{11} \text{ N m}^{-2}$

ঘ. উদীপকে বর্ণিত ঘটনা কেন ঘটে, আন্তঃআণবিক বলের ধারণা থেকে এর পক্ষে যুক্তি দাও।

- ২। মিতা এক মিটার লম্বা একটি রাবার ও ইস্পাতের তারকে দুটি দৃঢ় অবলম্বন থেকে আটকিয়ে তার দুটির নিচের প্রান্তে সমান ভরের দুটি ভারী বস্তু ঝুলিয়ে টান টান করে করলো। সে দেখলো ইস্পাতের তুলনায় রাবারের তারটি অনেক বেশি লম্বা হয়েছে। বস্তু দুটি অপসারণের পর দেখো গেল তার দুটি আগের দৈর্ঘ্য ফিরে আসে। মিতু এখন বস্তু দুটিকে ইস্পাতের তারের সাথে যুক্ত করলো। সে দেখলো তারটি আগের চেয়ে অনেক বেশি লম্বা হয়েছে। বস্তু দুটি অপসারণ করে দেখলো তারটির দৈর্ঘ্য আর এক মিটার হলো না। এরপর ভারী বস্তু দুটি রাবারের তারে সংযুক্ত করলে তারটি ছিঁড়েই গেল।

নিচের প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

ক. স্থিতিস্থাপকতা কী ?

খ. ইস্পাত রাবারের চেয়ে বেশি স্থিতিস্থাপক—ব্যাখ্যা কর।

গ. আন্তঃআণবিক বলের সাহায্যে তার দুটির পূর্বের অবস্থায় ফিরে আসা ব্যাখ্যা কর।

ঘ. একই ভরের বস্তু দুটি ইস্পাতের তারটিতে সংযুক্ত করলে বল অপসারণে পূর্বের অবস্থায় ফিরে না যাওয়া এবং রাবারের তারটির ছিঁড়ে যাওয়ার কারণ যথাযথ যুক্তিস্থাপক বিশ্লেষণ কর।

- ৩। একটি তারকে দৃঢ় অবলম্বন থেকে ঝুলিয়ে মুক্ত প্রান্তে ভার প্রয়োগ ক্রমে ক্রমে বৃদ্ধি করলে বিভিন্ন তারের জন্য মাত্রার পরিবর্তন হচ্ছে বিকৃতি। তারের বিভিন্ন সম্প্রসারণ পাওয়া যায়। একক ক্ষেত্রফলের প্রযুক্ত ভারই হচ্ছে পীড়ন। বলের ত্রিয়ায় বস্তুর বিকৃতি X -অক্ষের এবং পীড়নকে Y -অক্ষের দিকে বসিয়ে লেখচিত্র আঁকলে তাকে পীড়ন-বিকৃতি লেখচিত্রে বলা হয়।

নিচের প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

ক. স্থিতিস্থাপকতা কী ?

খ. ইস্পাত রাবারের চেয়ে বেশি স্থিতিস্থাপক—ব্যাখ্যা কর।

গ. আন্তঃআণবিক বলের সাহায্যে পদার্থের স্থিতিস্থাপক ধর্ম ব্যাখ্যা কর।

ঘ. পীড়ন-বিকৃতি লেখচিত্র থেকে পদার্থের স্থিতিস্থাপক আচরণ বিশ্লেষণ কর।

- ৪। বকুল 0.3 m লম্বা এবং 10^{-6} m^2 প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফলবিশিষ্ট তারের এক প্রান্তে 10 kg ভরের একটি বস্তুকে বেঁধে বৃত্তাকার পথে ঘূরাচ্ছে। তারটির উপাদানের অসহ পীড়ন $4.8 \times 10^7 \text{ N m}^{-2}$ ।

নিচের প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

ক. অসহ পীড়ন কী ?

খ. হকের সূত্রটি বর্ণনা কর।

গ. উদীপকে উল্লেখিত তারের অসহ বল কত ?

ঘ. বকুল বস্তুটিকে সর্বনিম্ন কর বেগে ঘূরালে তারটি ছিঁড়ে যাবে ?

- ৫। দুটি তারের দৈর্ঘ্য সমান কিন্তু ব্যাস যথাক্রমে 1 mm ও 3 mm । উভয়কে সমান বল দ্বারা টানলে প্রথমটির দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি দ্বিতীয়টির চারগুণ হয়। প্রথম তারের উপাদানের ইয়ং গুণাঙ্ক $2.0 \times 10^{11}\text{ N m}^{-2}$ ।
 নিচের প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :
 ক. বিকৃতির একক কী ?
 খ. পয়সনের অনুপাতের কোনো মাত্রা ও একক নেই কেন ?
 গ. প্রথম তারটির দৈর্ঘ্য 5% বৃদ্ধি করতে প্রযুক্ত পীড়ন নির্ণয় কর।
 ঘ. গাণিতিক বিশ্লেষণের সাহায্যে তার দুটির মধ্যে কোনটি বেশি স্থিতিস্থাপক তা নির্ণয় কর।
- ৬। একটি ধাতব গোলকের উপর $3 \times 10^6\text{ N m}^{-2}$ আয়তন পীড়ন প্রয়োগ করলে 0.4 আয়তন বিকৃতি হয়।
 নিচের প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :
 ক. স্থিতিস্থাপকতার আয়তন গুণাঙ্ক কী ?
 খ. ছকের সূত্রটি ব্যাখ্যা কর।
 গ. উদ্বীপকে উচ্চোখিত গোলকের উপাদানের আয়তন গুণাঙ্ক কত ? উক্ত গোলকের উপর $8 \times 10^6\text{ N m}^{-2}$ আয়তন পীড়ন প্রযুক্ত হলে আয়তন বিকৃতি কত হবে ?
 ঘ. উদ্বীপকের আলোকে পদার্থের আস্তংজ্ঞানবিক বল ও স্থিতিস্থাপক গুণাঙ্কের সম্পর্ক ব্যাখ্যা কর।
- ৭। তারের সাহায্যে ঝুলানো দোলনায় লোক বসলে তারের দৈর্ঘ্য 1 m থেকে বৃদ্ধি পেয়ে 1.01 m হয়। দেখা যায় এতে তারের ব্যাস হ্রাস পায়।
 নিচের প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :
 ক. পূর্ণ স্থিতিস্থাপক বস্তু কী ?
 খ. অসহ পীড়ন বলতে কী বুঝ ?
 গ. পয়সনের অনুপাত 0.2 হলে দোলনার তারের ব্যাস কতটুকু হ্রাস পায় ?
 ঘ. স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে তারের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি পেয়ে 1.5 গুণ হলে ব্যাসার্দে কীরূপ পরিবর্তন আসবে—বিশ্লেষণ কর।
- ৮। দুটি একই রকম পাত্রে সমপরিমাণ পানি ও সমপরিমাণ মধু নিয়ে তা যদি ঢালা যায় তাহলে দেখা যায় যে, পানি ঢালা সহজ আর মধু মেন পড়ছে না। বিজ্ঞানীরা বলেন, প্রবাহিত হওয়ার ক্ষেত্রে মধু পানির চেয়ে বেশি রোধী, তাই পানির তুলনায় মধু বেশি সান্দ্ৰ।
 নিচের প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :
 ক. সান্দ্ৰতা কী ?
 খ. সান্দ্ৰতা সংক্রান্ত নিউটনের সূত্র ব্যাখ্যা করে সান্দ্ৰতা সহগ বা সান্দ্ৰতাক্ষ ব্যাখ্যা কর।
 গ. 0.01 বর্গমিটার ক্ষেত্রফলবিশিষ্ট একটি পাত 2 mm পুরু গিসারিনের একটি স্তরের উপর রাখা হয়েছে। পাতটিকে 0.05 m s^{-1} বেগে চালনা করতে 0.4 N অনুভূমিক বলের প্রয়োজন হলে, সান্দ্ৰতা গুণাঙ্কের মান নির্ণয় কর।
 ঘ. কী কারণে পানি মধুর চেয়ে দ্রুত প্রবাহিত হয় ? পানি ও মধুর পাত্রের চাপ বৃদ্ধি করা হলে সান্দ্ৰতায় কী প্রভাব পড়বে ?
 পাত্র দুটির তাপমাত্রা বাড়ালে পানি ও মধুর সান্দ্ৰতা পরিবর্তিত হবে কি, হলে কেন ?
- ৯। 10^3 kg m^{-3} ঘনত্বের তরলের ভিতর দিয়ে $5 \times 10^{-4}\text{ m}$ ব্যাসার্দের একটি বায়ু বুদবুদ উপরে উঠছে। বুদবুদটির উর্ধ্বমুখী বেগ $5.45 \times 10^{-5}\text{ m s}^{-1}$ এবং লোহার ঘনত্ব $7.8 \times 10^3\text{ kg m}^{-3}$ ।
 নিচের প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :
 ক. সান্দ্ৰতা গুণাঙ্ক কাকে বলে ?
 খ. সান্দ্ৰতা সংক্রান্ত নিউটনের সূত্রটি বর্ণনা কর।
 গ. উদ্বীপকের তরলের সান্দ্ৰতা গুণাঙ্ক নির্ণয় কর।
 ঘ. গাণিতিক বিশ্লেষণের সাহায্যে দেখা যে, তরলের ভিতর দিয়ে বায়ু বুদবুদ উপরে উঠলেও একই ব্যাসার্দের লোহার গোলক ঐ তরলের ভিতর দিয়ে নিচে পড়বে ?

- ১০। দুটি লোহার নিরেট গোলকের ব্যাসার্ধ যথাক্রমে 2 mm এবং 3 mm । গোলকদ্বয় একই সময় তরলভর্তি একটি লোহা নলের মধ্যে ছেড়ে দেয়া হলো। ছোট গোলকটি অস্থিবেগে প্রাণ্শ হওয়ার পর 20 cm অতিক্রম করতে সময় নিল 2.9 s । তরলের ঘনত্ব ও সান্দ্রতা গুণাঙ্ক যথাক্রমে $1.26 \times 10^3\text{ kg m}^{-3}$ ও 0.83 N s m^{-2} । লোহার ঘনত্ব $7.8 \times 10^3\text{ kg m}^{-3}$ ।

নিচের প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

ক. সান্দ্রতা কাকে বলে ?

খ. পতনশীল গোলক সান্দ্র তরলের মধ্যে ধ্রুব বেগ প্রাণ্শ হয় কেন ?

গ. অস্থিবেগে প্রাণ্শ হওয়ার পর ছোট গোলকটির উপর সান্দ্রতাজনিত বল নির্ণয় কর।

ঘ. গাণিতিক বিশ্লেষণের সাহায্যে দেখাও কোন গোলকটি আগে নলের নিচে পৌছাবে ?

- ১১। ফায়েজা ও রাফিজা পুকুর পাড়ে একটি মাঠে বসে খেলছিল। ফায়েজা হাঁটা রাফিজাকে বলল, দেখ দেখ রাফিজা পানির উপর দিয়ে কী বড় বড় মশা হেঁটে বেড়াচ্ছে। রাফিজা ও ফায়েজা একটু অবাকই হলো, পানির উপর দিয়ে আবার হাঁটা যায় নাকি ? কিন্তু তারা অবাক বিশ্বে দেখল, সত্যিই মশা পানির উপর দিয়ে হেঁটে বেড়াচ্ছে। মনে হল পানির উপর যেন একটি পাতলা পর্দা টান টান হয়ে আছে এবং তার উপর দিয়ে মশা হেঁটে যাচ্ছে।

নিচের প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

ক. পৃষ্ঠটান কী ?

খ. স্পর্শ কোণ ব্যাখ্যা কর।

গ. আণবিক তত্ত্ব থেকে পৃষ্ঠটানের ব্যাখ্যা দাও।

ঘ. মশা পানির উপর হাঁটতে পারছে কেন ? যুক্তি দাও। কারণসহ এরকম আরও দুটি ঘটনার ব্যাখ্যা দাও।

- ১২। একটি ক্রটিপূর্ণ পানির কল দিয়ে $4 \times 10^{-7}\text{ m}$ ব্যাসের ফোঁটা ফোঁটা পানি পড়ছিল। এরকম 27 টি পানির ফোঁটা মিলে একটি বড় ফোঁটা তৈরি হলো। পানির পৃষ্ঠটান $72 \times 10^{-3}\text{ N m}^{-1}$ ।

নিচের প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

ক. পৃষ্ঠটানের একক ও মাত্রা লিখ।

খ. সুই এর ঘনত্ব পানির চেয়ে বেশি হওয়া সত্ত্বেও তা পানিতে ভাসতে পারে কেন ?

গ. বড় পানির ফোঁটার ব্যাস কত হবে নির্ণয় কর।

ঘ. গাণিতিক বিশ্লেষণ এবং যথাযথ যুক্তির সাহায্যে দেখাও যে, উদীপকে উল্লেখিত ঘটনায় পানির তাপমাত্রা বৃদ্ধি পাবে।

- ১৩। ল্যাপ্লাস আণবিক তত্ত্বের সাহায্যে তরলের পৃষ্ঠটানের ব্যাখ্যা প্রদান করেন। নিচের চিত্রে A, B ও C তিনটি তরলের অগুকে প্রভাব গোলকসহ দেখানো হয়েছে। PQ তরল পৃষ্ঠ।

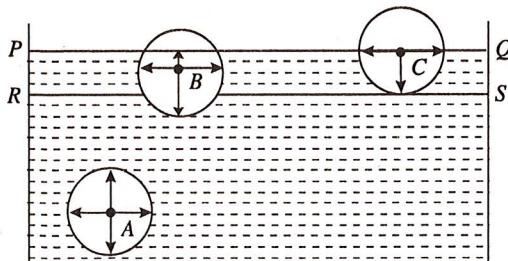
নিচের প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

ক. স্পর্শ কোণ কী ?

খ. গাছের গোড়ায় পানি দিলে সে পানি গাছের ডাল পালায় কীভাবে পৌছায় ?

গ. উদীপকের চিত্রে কোন অগুটির নিচের দিকে যাওয়ার প্রবণতা বেশি—ব্যাখ্যা কর।

ঘ. উদীপকের চিত্রের আলোকে ল্যাপ্লাসের তত্ত্বের সাহায্যে তরলের পৃষ্ঠটান ব্যাখ্যা কর।



- ১৪। পৃষ্ঠটান তরলের একটি সাধারণ ধর্ম। পানির পৃষ্ঠটান $72 \times 10^{-3}\text{ N m}^{-1}$ ।

নিচের প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

ক. স্পর্শ কোণ কাকে বলে ?

খ. অভিকর্মের প্রভাবে পতনশীল বৃষ্টির ফোঁটা উচ্চ বেগ প্রাণ্শ হয় না কেন ?

গ. 1 mm ব্যাসার্ধের একটি বড় বৃষ্টির ফোঁটা ভূ-পৃষ্ঠে আপত্তি হয়ে দশ লক্ষ ক্ষুদ্র পানির ফোঁটায় পরিণত হলো। এতে সম্পাদিত কাজের পরিমাণ নির্ণয় কর।

ঘ. সাবান গোলা পানি সাধারণ পানির চেয়ে বেশি ভালোভাবে কাপড় পরিষ্কার করতে পারে—পৃষ্ঠটানের আলোকে এই ঘটনা ব্যাখ্যা কর।

গ-বিভাগ : সাধারণ প্রশ্ন

- ১। আন্তঃআণবিক বল কাকে বলে ?
- ২। পদার্থের আন্তঃআণবিক বলের প্রকৃতি ব্যাখ্যা কর।
- ৩। আণবিক দূরত্বের পরিবর্তনে আন্তঃআণবিক বলের কিন্তু পরিবর্তন ঘটে ? [সি. বো. ২০১৯]
- ৪। সাম্যাবস্থার তুলনায় আন্তঃআণবিক দূরত্ব বেশি হলে অনগুলো আকর্ষণ না বিকর্ষণ বল লাভ করে—ব্যাখ্যা দাও। [কু. বো. ২০১৯]
- ৫। পদার্থের বন্ধন কত প্রকার ও কী কী ব্যাখ্যা করে বোঝাও।
- ৬। বন্ধনশক্তি কাকে বলে ? [সি. বো. ২০১৯]
- ৭। স্থিতিস্থাপকতা কাকে বলে ? [ঢ. বো. ২০১৫]
- ৮। স্থিতিস্থাপক বলের সংজ্ঞা দাও। [ঢ. বো. ২০১৯]
- ৯। বিকৃতি কাকে বলে ? [রা. বো. ২০১৯]
- ১০। পীড়ন কাকে বলে ? [ঢ. বো. ২০১৭; ব. বো. ২০১৬]
- ১১। আন্তঃআণবিক বলের আলোকে পদার্থের স্থিতিস্থাপক আচরণ ব্যাখ্যা কর।
- ১২। কঠিন বস্তুর আন্তঃআণবিক বলই স্থিতিস্থাপকতার কারণ—ব্যাখ্যা কর। [অভিন্ন প্রশ্ন (খ সেট) ২০১৮]
- ১৩। পীড়ন-বিকৃতি লেখচিত্রের সাহায্যে কঠিন পদার্থের স্থিতিস্থাপক আচরণ ব্যাখ্যা কর।
- ১৪। স্থিতিস্থাপক সীমা বলতে কী বোঝায় ? [কু. বো. ২০১৭; সি. বো. ২০১৭; ব. বো. ২০১৯]
- ১৫। নমনীয় বস্তু কী ?
- ১৬। পূর্ণস্থিতিস্থাপক বস্তু কাকে বলে ?
- ১৭। পূর্ণ দৃঢ় বস্তু কাকে বলে ?
- ১৮। স্থিতিস্থাপক ক্লান্তি কাকে বলে ? [য. বো. ২০১৭; চ. বো. ২০১৭; দি. বো. ২০১৯]
- ১৯। একটি বস্তুর স্থিতিস্থাপক ক্লান্তি সৃষ্টি হওয়ার কারণ ব্যাখ্যা কর। [অভিন্ন প্রশ্ন (ক সেট) ২০১৮]
- ২০। স্থিতিস্থাপক সীমা ও স্থিতিস্থাপক ক্লান্তির মধ্যে প্রধান পার্থক্য কী ? [ঢ. বো. ২০১৭]
- ২১। বিকৃতির কোনো মাত্রা ও একক নেই কেন ?
- ২২। অসহ পীড়ন কাকে বলে ?
- ২৩। কৃতন বিকৃতি কী ? [কু. বো. ২০১৯]
- ২৪। পিতলের অসহ পীড়ন $3 \times 10^8 \text{ N m}^{-2}$ বলতে কী বোঝায় ?
- ২৫। ছকের সূত্রটি বিবৃত কর। [য. বো. ২০১৬]
- ২৬। ইঞ্জিনের ইয়ং গুণাঙ্ক $2 \times 10^{11} \text{ N m}^{-2}$ বলতে কী বোঝায় ? [য. বো. ২০১৬]
- ২৭। সীসার আয়তন গুণাঙ্ক $1.6 \times 10^{10} \text{ N m}^{-2}$ বলতে কী বোঝায় ?
- ২৮। সংন্ম্যতা কী ? [ঢ. বো. ২০১৯; কু. বো. ২০১৯]
- ২৯। স্থিতিস্থাপক গুণাঙ্ক কাকে বলে ? বিভিন্ন প্রকার স্থিতিস্থাপক গুণাঙ্কের সংজ্ঞা দাও।
- ৩০। একটি মোটা ও একটি ইঞ্জিনের তারের ইয়ং এর গুণাঙ্ক সমান হবে কিনা ব্যাখ্যা কর।
- ৩১। পয়সনের অনুপাত কাকে বলে ? [দি. বো. ২০১৯]
- ৩২। পয়সনের অনুপাত, $\sigma = -\frac{L_0}{r} \frac{\Delta r}{\Delta L}$; এ সূত্রটি ব্যাখ্যা কর।
- ৩৩। দেখাও যে, পয়সনের অনুপাতে কোনো মাত্রা বা একক নেই।
- ৩৪। পয়সনের অনুপাত ধনাত্মক বলতে কী বোঝায় ? [দি. বো. ২০১৯]

- ৩৫। স্থিতিষ্ঠাপক সীমার মধ্যে পয়সনের অনুপাত প্রযুক্ত পীড়নের উপর নির্ভর করে না কেন ? [অভিন্ন প্রশ্ন (খ সেট) ২০১৮]
- ৩৬। তারের প্রসারণে বিভব শক্তি সঞ্চিত হয়—ব্যাখ্যা কর। [কু. বো. ২০১৭]
- ৩৭। স্প্রিং তৈরিতে উপাদান হিসেবে তামা ও উষ্পাতের মধ্যে কোনটি বেশি পার্থক্য ?—ব্যাখ্যা কর। [মাদ্রাসা বোর্ড ২০১৯]
- ৩৮। স্নোত্রেখা প্রবাহ কাকে বলে ?
- ৩৯। বিক্ষিষ্ট প্রবাহ কাকে বলে ?
- ৪০। প্রবাহীর সান্ত্বনা বলতে কী বোঝায় ? [ঢ. বো. ২০১৭; দি. বো. ২০১৬, ২০১৭; অভিন্ন প্রশ্ন (ক সেট) ২০১৮]
- ৪১। সান্ত্বনা কেন প্রবাহী পদার্থে সৃষ্টি হয় ? ব্যাখ্যা কর। [রা. বো. ২০১৬]
- ৪২। সান্ত্বনা সংক্রান্ত নিউটনের সূত্রটি বর্ণনা কর এবং স্থান থেকে সান্ত্বনা সহগের সংজ্ঞা দাও।
- ৪৩। সান্ত্বনা সহগ কাকে বলে ? [অভিন্ন প্রশ্ন (খ সেট) ২০১৮; চ. বো. ২০১৯]
- ৪৪। সান্ত্বনা সহগের একক কী ?
- ৪৫। ঘর্ষণের সাথে সান্ত্বনার সম্পর্ক কী ?
- ৪৬। সান্ত্বনা সহগের মাত্রা সমীকরণ লিখ। [য. বো. ২০১৭]
- ৪৭। তরলে পতনশীল বস্তুর ক্ষেত্রে স্টোকসের সূত্র ব্যাখ্যা কর।
- ৪৮। প্রাণিক বেগের সংজ্ঞা দাও। [চ. বো. ২০১৫; কু. বো. ২০১৬; মাদ্রাসা বোর্ড ২০১৯]
- ৪৯। অবাধভাবে পতনশীল বৃষ্টির ফোঁটা উচ্চ বেগ থাণ্ড হয় না কেন ? [দি. বো. ২০১৭]
- ৫০। পতনশীল বৃষ্টির ফোঁটা ধ্রুববেগে পড়ে কেন ? ব্যাখ্যা কর। [চ. বো. ২০১৭]
- ৫১। সান্ত্বনার মধ্য দিয়ে ধাতব গোলক পতিত হলে বেগ বনাম সময় লেখচিত্রের প্রকৃতি কিরণ ? [য. বো. ২০১৯]
- ৫২। বৃষ্টির ফোঁটা গোলাকার আকার ধারণ করে কেন ? [সি. বো. ২০১৬; ব. বো. ২০১৬; অভিন্ন প্রশ্ন (ক সেট) ২০১৮]
- ৫৩। পৃষ্ঠাটান কাকে বলে ? [চ. বো. ২০১৬; মাদ্রাসা বোর্ড ২০১৫; ব. বা. ২০১৯]
- ৫৪। আণবিক পাল্লা ও প্রভাব গোলক বলতে কী বোঝায় ?
- ৫৫। ল্যাপ্লাসের তত্ত্ব বা আণবিক ধারণা থেকে পৃষ্ঠাটানের ব্যাখ্যা দাও।
- ৫৬। সংস্কৃতি বল কাকে বলে ? [কু. বো. ২০১৯; রা. বো. ২০১৬]
- ৫৭। আসঙ্গেন বল কাকে বলে ?
- ৫৮। পৃষ্ঠাস্কৃতি কী ? [ব. বো. ২০১৫ অভিন্ন প্রশ্ন (ক সেট) ২০১৮]
- ৫৯। পৃষ্ঠাস্কৃতি ও পৃষ্ঠাটানের মধ্যে সম্পর্ক কী ?
- ৬০। একটি বড় বৃষ্টির ফোঁটা ভেঙ্গে অনেকগুলো ছোট ফোঁটায় পরিণত করলে তাপমাত্রার কী পরিবর্তন হবে—ব্যাখ্যা
[কু. বো. ২০১৫]
- ৬১। স্পর্শ কোণ কাকে বলে ? [কু. বো. ২০১৫; সি. বো. ২০১৫; ঢ. বো. ২০১৬]
- ৬২। বৃষ্টির ফোঁটা কচুপাতাকে ভিজায় না অথচ আম পাতাকে ভিজায় কেন ? ব্যাখ্যা কর। [সি. বো. ২০১৫]
- ৬৩। তরলের ঘনত্বের সাথে স্পর্শ কোণের সম্পর্ক ব্যাখ্যা কর। [কু. বো. ২০১৯]
- ৬৪। কাচপৃষ্ঠে সম্পরিমাণ তেল ও হিসারিন রাখলে কোনটি বেশি জায়গা জুড়ে থাকবে ? ব্যাখ্যা কর। [চ. বো. ২০১৯]
- ৬৫। কৈশিকতা কাকে বলে ? [রা. বো. ২০১৯]
- ৬৬। জুরিনের সূচোটি বিবৃত কর।
- ৬৭। কাচের তৈরি কৈশিক নলের মধ্য দিয়ে পানির উপরে উঠার কারণ ব্যাখ্যা কর। [ঢ. বো. ২০১৭]
- ৬৮। কৈশিক নলে পারদের অবনমন হয় কেন ? ব্যাখ্যা কর। [ব. বো. ২০১৯]
- ৬৯। কাচে তৈলাক্ত পদার্থ লাগালে স্পর্শকোণ বৃদ্ধি পায়—ব্যাখ্যা কর। [চ. বো. ২০১৬]
- ৭০। শিশির নলে তরলের উত্থান বা পতনের কারণ ব্যাখ্যা কর। [চ. বো. ২০১৭]
- ৭১। ছাতার কাপড়ে ছিদ্র থাকা সত্ত্বেও বৃষ্টির পানি ভেতরে প্রবেশ করে না কেন—ব্যাখ্যা কর। [দি. বো. ২০১৬]
- ৭২। শীতল পানি থেকে গরম পানির গতি দ্রুততর কেন ? ব্যাখ্যা দাও। [ঢ. বো. ২০১৯]

ঘ-বিভাগ : গাণিতিক সমস্যা

সেট I

[সাধারণ সমস্যাবলি]

- ১। 0.4 cm ব্যাসবিশিষ্ট একটি তারে 25 kg এর একটি বস্তু ঝুলিয়ে দেয়া হলো। তারের 1m দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি পেয়ে 1.02 m হলো। তারের বিকৃতি, পীড়ন ও ইয়ং গুণাঙ্ক বের কর। [উ: $0.02, 1.95 \times 10^7 \text{ N m}^{-2}, 9.75 \times 10^8 \text{ N m}^{-2}$]
- ২। 3 m দৈর্ঘ্যের একটি তারের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল 4 mm^2 । এতে 10 kg ভার ঝুলানো হলে (ক) পীড়ন (খ) বিকৃতি ও (গ) দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি বের কর। [$Y = 1.96 \times 10^{11} \text{ N m}^{-2}$]
[উ: (ক) $2.45 \times 10^7 \text{ N m}^{-2}$, (খ) 1.25×10^{-4} (গ) $3.75 \times 10^{-4} \text{ m}$]
- ৩। 3 m লম্বা এবং 1 cm^2 প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফলবিশিষ্ট একটি তারের দৈর্ঘ্য বরাবর $8.5 \times 10^3 \text{ N}$ বল প্রয়োগ করা হলে এর দৈর্ঘ্য 0.2 cm বাড়ে। তারের উপাদানের ইয়ং-এর গুণাঙ্ক $9.0 \times 10^{10} \text{ N m}^{-2}$ । তারটির দৈর্ঘ্য 5% বৃদ্ধি করতে হলে কত বল প্রয়োগ করতে হবে ?
[উ: $1.275 \times 10^{11} \text{ N m}^{-2}$]
- ৪। $5.0 \times 10^{-4} \text{ m}$ ব্যাসের একটি তারের উপাদানের ইয়ং-এর গুণাঙ্ক $9.0 \times 10^{10} \text{ N m}^{-2}$ । তারটির দৈর্ঘ্য 5% বৃদ্ধি করতে হলে কত বল প্রয়োগ করতে হবে ?
[উ: 883.125 N] [চ. বো. ২০০৮]
- ৫। $1 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফলবিশিষ্ট একটি ইস্পাতের তারে কত বল প্রয়োগ করলে এর দৈর্ঘ্য দ্বিগুণ হবে ?
[উ: $2 \times 10^{11} \text{ N m}^{-2}$] [রা. বো. ২০০১; ব. বো. ২০০৪]
- ৬। একটি তারের উপাদানের ইয়ং গুণাঙ্ক $2 \times 10^{11} \text{ N m}^{-2}$ । তারটির দৈর্ঘ্য 15% বৃদ্ধি করতে হলে প্রযুক্ত পীড়ন নির্ণয় কর।
[উ: $3 \times 10^{10} \text{ N m}^{-2}$] [কু. বো. ২০০২; ব. বো. ২০০৭]
- ৭। ইস্পাতের ইয়ং গুণাঙ্ক $2 \times 10^{11} \text{ N m}^{-2}$ । 5 m দীর্ঘ 2 mm ব্যাসবিশিষ্ট ইস্পাতের তারের 2.5 cm দৈর্ঘ্য বৃদ্ধির জন্য কত ভর ঝুলাতে হবে ?
[উ: 320.4 kg]
- ৮। 2 m দীর্ঘ ঝুলন্ত একটি তারের নিচের প্রান্তে 8 kg ভর ঝুলালে এর দৈর্ঘ্য 0.5 mm বাড়ে। তারের উপাদানের ইয়ং গুণাঙ্ক $2 \times 10^{11} \text{ N m}^{-2}$ হলে তারে প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল নির্ণয় কর।
[উ: $1.568 \times 10^{-6} \text{ m}^2$]
- ৯। 6 m দীর্ঘ এবং 1 mm^2 প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফলবিশিষ্ট একটি খাড়া তারের প্রান্তে 20 kg এর একটি ভর ঝুলিয়ে দেয়া হলো। তারের উপাদানের ইয়ং গুণাঙ্ক $2.35 \times 10^{11} \text{ N m}^{-2}$ হলে তারটি কতটুকু বৃদ্ধি পাবে ?
[উ: 5 mm] [য. বো. ২০০১]
- ১০। 1 m দীর্ঘ কোনো তারের ব্যাস 5 mm তারের দৈর্ঘ্য বরাবর একটি বল প্রয়োগ করায় এর ব্যাস 0.01 mm হাস পায় এবং দৈর্ঘ্য 2 cm বৃদ্ধি পায়। পয়সনের অনুপাত নির্ণয় কর।
[উ: 0.1] [কু. বো. ২০১২; ব. বো. ২০১২; চ. বো. ২০১৫]
- ১১। 1 m লম্বা ও 1 mm ব্যাসের একটি তারের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি 0.025 cm হলে তারটির ব্যাস কতটুকুহাস পাবে ? তারের উপাদানের পয়সনের অনুপাত $= 0.1$ ।
[উ: $2.5 \times 10^{-8} \text{ m}$] [রা. বো. ২০১৬]
- ১২। একটি তারে 0.01 দৈর্ঘ্য বিকৃতিতে পার্শ্ব বিকৃতি 0.0024 হলে, তারের উপাদানের পয়সনের অনুপাত কত ?
[উ: 0.24] [সি. বো. ২০১৫]
- ১৩। 0.01 বর্গমিটার ক্ষেত্রফলবিশিষ্ট একটি পাত 2 mm পুরু গ্রিসারিনের একটি স্তরের উপর রাখা হয়েছে। পাতটিকে 0.05 m s^{-1} বেগে চালনা করতে 0.4 N অনুভূমিক বলের প্রয়োজন হলে সান্দুতা গুণাঙ্কের মান নির্ণয় কর।
[উ: 1.6 N s m^{-2}] [খ. বি. ২০১৭-২০১৮; কু. বো. ২০০৭; য. বো. ২০১২; চ. বো. ২০১১]
- ১৪। কোনো ধাতব পাতের ক্ষেত্রফল $2 \times 10^{-2} \text{ m}^2$ । একে $1.5 \times 10^{-3} \text{ m}$ পুরু তেলের আন্তরণের উপর দিয়ে $4.5 \times 10^{-2} \text{ m s}^{-1}$ বেগে নিয়ে যেতে কত বল প্রয়োজন হবে ? তেলের সান্দুতা সহগ 2 N s m^{-2} ।
[উ: 1.2 N]
- ১৫। $2 \times 10^{-4} \text{ m}$ ব্যাসার্ধের একটি লোহার বল তার্পিন তেলের ভেতর দিয়ে $4 \times 10^{-2} \text{ m s}^{-1}$ প্রান্ত বেগ নিয়ে পড়ছে। যদি লোহা ও তার্পিন তেলের ঘনত্ব যথাক্রমে $7.8 \times 10^3 \text{ kg m}^{-3}$ এবং $0.87 \times 10^3 \text{ kg m}^{-3}$ হয়, তবে তার্পিন তেলের সান্দুতাঙ্ক নির্ণয় কর।
[উ: $15.092 \times 10^{-3} \text{ N s m}^{-2}$] [ঢ. বো. ২০০৭]
- ১৬। পানির উপরিতলে রাখা 0.75 m দীর্ঘ এক খণ্ড তারকে টেনে তুলতে $10.9 \times 10^{-2} \text{ N}$ বল প্রয়োজন হয়। পানির পৃষ্ঠাটান কত ?
[উ: $72.66 \times 10^{-3} \text{ N m}^{-1}$]

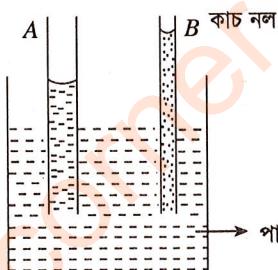
- ১৭। একটি পানির ফেঁটার ব্যাস $2 \times 10^{-3} \text{ m}$ । একে ভেঙে 10^9 টি সমআয়তনের পানির ক্ষুদ্র ফেঁটা তৈরি করতে কী পরিমাণ শক্তি প্রয়োজন হবে? পানির পৃষ্ঠাটান $72 \times 10^{-3} \text{ N m}^{-1}$ । [উ: $9.034 \times 10^{-4} \text{ J}$] [রা. বো. ২০১২]
- ১৮। 1 cm ব্যাসার্ধের একটি পারদ ফেঁটাকে এক মিলিয়ন সমআয়তন ফেঁটায় বিভক্ত করা হলো। এতে কী পরিমাণ কাজ সম্পাদিত হলো? পারদের পৃষ্ঠাটান $550 \times 10^{-3} \text{ N m}^{-1}$ । [উ: $68.39 \times 10^{-3} \text{ J}$]
- ১৯। 10^{-4} m ব্যাসার্ধের একটি পানিবিন্দু 125 টি বিন্দুতে বিভক্ত হলে পৃষ্ঠাক্ষি বৃদ্ধি নির্ণয় কর। পানির পৃষ্ঠাটান $7.2 \times 10^{-2} \text{ N m}^{-1}$ । [উ: $36.17 \times 10^{-9} \text{ J}$] [সি. বো. ২০০৭]

সেট II

[সাম্প্রতিক বোর্ড পরীক্ষায় ও বিভিন্ন বিশ্ববিদ্যালয়ের ভর্তি পরীক্ষায় সন্তুষ্টিপূর্ণ সমস্যাবলি]

- ২০। একটি পরীক্ষাগারে দুটি কক্ষ। কক্ষ দুটিতে দুটি তার ঝুলানো আছে। প্রথম কক্ষের কক্ষ তাপমাত্রা 2°C এবং দ্বিতীয় কক্ষের কক্ষ তাপমাত্রা 50°C । দ্বিতীয় তারটি প্রথম তার অপেক্ষা মোটা। প্রথম তারের দৈর্ঘ্য 1m এবং ব্যাস 5 mm ; 3 kg ভর ঝুলানোর ফলে দৈর্ঘ্য হলো 1 cm এবং ব্যাস 0.01 mm । আবার দ্বিতীয় তারের দৈর্ঘ্য 3 m ব্যাস 15 mm । সমভর দেওয়ায় দৈর্ঘ্য হলো 3 cm এবং ব্যাস 0.03 mm ।
 (ক) প্রথম ও দ্বিতীয় তারের পয়সনের অনুপাতের তুলনা কর।
 (খ) তার দুটির মধ্যে কোনটির অসহ ভার বেশি বলে তুমি মনে কর? মতামত ব্যক্ত কর।
- [উ: (ক) তারদুয়ৱের পয়সনের অনুপাত একই অর্থাৎ 0.2 ;
 (খ) দ্বিতীয় তারের অসহ ভার প্রথম তারের অসহ ভারের 9 গুণ।] [দি. বো. ২০১৫]

২১।



ওপরের চিত্রে প্রদর্শিত A নলের ব্যাস 0.8 মি. মি. এবং B নলের ব্যাস 0.4 মি. মি.। পানির স্পর্শ কোণ 2° , পৃষ্ঠাটান $72 \times 10^{-3} \text{ N m}^{-1}$ ।

- (ক) B নলের পানির উচ্চতা বের কর।
 (খ) নল দুটিতে পানির উচ্চতার তারতম্যের কারণ বিশ্লেষণ কর।

[উ: (ক) 0.57 ; (খ) h এর সাথে r এর সম্পর্ক নির্ণয় করে দেখাতে হবে $\therefore r_A > r_B \therefore h_B > h_A$ অর্থাৎ যে নলের ব্যাসার্ধ কম সে নলে তরলের উচ্চতা বেশি হবে।] [সি. বো. ২০১৫]

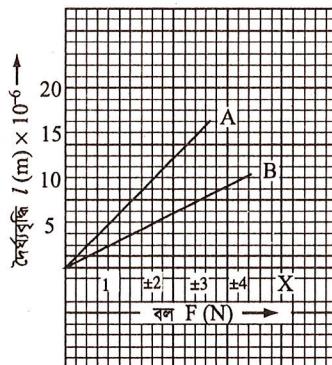
২২। A ও B দুটি তারের বিভিন্ন রাশির মান নিম্নের ছকে প্রদান করা হলো:

তার	দৈর্ঘ্য $L(\text{m})$	ব্যাসার্ধ $r(\text{mm})$	বল $F(\text{N})$	দৈর্ঘ্য প্রসারণ $l(\text{mm})$	ব্যাসের হ্রাস $d(\text{mm})$
A	0.80	0.5	5	7	0.005
B	0.75	0.6	6	8	0.01

- (ক) A তারের পয়সনের অনুপাত হিসাব কর।
 (খ) A ও B তারটির মধ্যে কোনটি বেশি স্থিতিস্থাপক—গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর।
- [উ: (ক) 0.57 ; (খ) A তারের জন্য ইয়েৎ গুণাঙ্ক $Y_A = 7.27 \times 10^8 \text{ N m}^{-2}$ এবং B তারের জন্য $Y_B = 4.97 \times 10^8 \text{ N m}^{-2}$ $\therefore Y_A > Y_B \therefore A$ তারটি বেশি স্থিতিস্থাপক]

[ব. বো. ২০১৫]

- ২৩। চিত্র অনুসারে A তারের আদি দৈর্ঘ্য 1 m এবং প্রস্তুচ্ছেদের ক্ষেত্রফল 1 m m^2 । অপরদিকে 2 m দৈর্ঘ্যের B তারের উপাদানের ইয়ং-এর গুণাক $1.2 \times 10^{11}\text{ N m}^{-2}$ । তার দুটির একটি অপেক্ষাকৃত মোটা এবং অপরটি অধিক স্থিতিস্থাপক। প্রযুক্ত বলের সাথে তার দুটির দৈর্ঘ্যবৃদ্ধির লেখচিত্র চিত্রে প্রদর্শিত হয়েছে। A ও B দুটি তারের একটি দিয়ে বড় একটি বোঝাকে বেঁধে অপর তারটি দিয়ে তা টেনে নিয়ে যাওয়া হলো।



- (ক) A তারটির উপাদানের ইয়ং এর গুণাক নির্ণয় কর।
 (খ) তার দুটির কোনটিকে কোন কাজে ব্যবহার করা উপযোগী তা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণের মাধ্যমে মতামত দাও।

[উ: (ক) $2 \times 10^{11}\text{ N m}^{-2}$;

(খ) A তারের প্রস্তুচ্ছেদের ক্ষেত্রফল $1 \times 10^{-6}\text{ m}^2$ এবং B তারের প্রস্তুচ্ছেদের ক্ষেত্রফল $6.67 \times 10^{-6}\text{ m}^2$ ।
 A তারের ইয়ং গুণাক $= 2 \times 10^{11}\text{ N m}^{-2}$ এবং B তারের ইয়ং গুণাক $= 1.2 \times 10^{11}\text{ N m}^{-2}$ । \therefore A তার অপেক্ষা B তার মোটা এবং B তার অপেক্ষা A তারের স্থিতিস্থাপকতা বেশি। সুতরাং বোঝাটি বাঁধতে B তার এবং টেনে নেওয়ার জন্য A তার ব্যবহার করা উপযোগী।]

[টা. বো. ২০১৭]

- ২৪। A ও B দুটি তরল পদার্থ যাদের ঘনত্ব যথাক্রমে 1000 kg m^{-3} ও 800 kg m^{-3} । প্রথমে A তরল হতে 0.1 m দৈর্ঘ্যের তারকে অনুভূমিকভাবে উপরে উঠানো হলো। পরে 4 mm ব্যাসার্দের ও $7.8 \times 10^3\text{ kg m}^{-3}$ ঘনত্বের একটি লোহার গোলককে A ও B উভয় তরলে ছেড়ে দিয়ে দেখা গেল তাদের প্রাপ্তবেগ যথাক্রমে $2.3 \times 10^2\text{ m s}^{-1}$ ও $4 \times 10^2\text{ m s}^{-1}$ [A তরলের প্রষ্টাবন $72 \times 10^{-2}\text{ N m}^{-1}$ এবং $g = 9.8\text{ m s}^{-2}$.]

(ক) উদ্ধীপকের তারটিকে উঠানোর সময় প্রযুক্ত বল এর মান হিসাব কর।

(খ) উদ্ধীপকের কোন তরলটি বেশি সান্দ্র-গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে উত্তরের পক্ষে যুক্তি দাও।

[উ: (ক) $14.4 \times 10^{-3}\text{ N}$; (খ) A তরলের সান্দ্রতাঙ্ক, $\eta_A = 1.004 \times 10^{-3}\text{ N s m}^{-2}$ এবং B তরলের সান্দ্রতাঙ্ক, $\eta_B = 6.1 \times 10^{-4}\text{ N s m}^{-2}$ । $\therefore \eta_A > \eta_B$ \therefore A তরল B তরল অপেক্ষা অধিক সান্দ্র।]

[কু. বো. ২০১৭]

- ২৫। ইতি তার পদার্থবিজ্ঞান ল্যাবে 100 cm লম্বা ও 4 mm^2 প্রস্তুচ্ছেদের একটি তারের নিচ প্রান্তে ভার ঝুলিয়ে এর দৈর্ঘ্য পরিবর্তন ও পার্শ্ব পরিবর্তনের পাঠ নিল এবং তার বান্ধবী বিথীকে বলল যে তার পরীক্ষায় দৈর্ঘ্য পরিবর্তন ও পার্শ্ব পরিবর্তন যথাক্রমে 5% ও 6% পাওয়া গেছে। এটা শুনে বিথী বলল, হতে পারে না। তোমার উপাস্ত সংগ্রহে ভুল হয়েছে। (তারের ইয়ং-এর গুণাক $Y = 2 \times 10^{11}\text{ N/m}^2$)

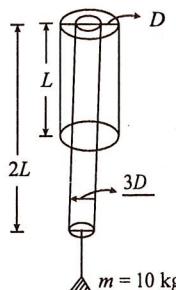
(ক) উদ্ধীপকে বর্ণিত তারটির দৈর্ঘ্য 10 mm বৃদ্ধি করতে কত ভার চাপতে হবে?

(খ) বিথীর উক্তির যথার্থতা গাণিতিকভাবে যাচাই কর।

[উ: (ক) 8000 N ; (খ) উদ্ধীপকে প্রদত্ত পাঠ অনুযায়ী পয়সনের অনুপাত পাওয়া যায় 1.2 কিন্তু বাস্তবে পয়সনের অনুপাতের মান -1 ও $\frac{1}{2}$ এর মধ্যে থাকার কথা। সুতরাং ইতির নেওয়ার পাঠে ভুল ছিল। অর্থাৎ বিথীর উক্তি যথার্থ ছিল।]

[রা. বো. ২০১৭]

২৬।



কটি তারে 10 kg ভর ঝুলানোর ফলে এর দৈর্ঘ্য দ্বিগুণ ও ব্যাস তিন-চতুর্থাংশ হয়।

উপাদান	Y -এর মান
অ্যালুমিনিয়াম	$7 \times 10^{10} \text{ N m}^{-2}$
লোহা	$11.5 \times 10^{10} \text{ N m}^{-2}$
তামা	$13 \times 10^{10} \text{ N m}^{-2}$
ইস্পাত	$20 \times 10^{10} \text{ N m}^{-2}$

(ক) উদীপকের তারের পয়সনের অনুপাতের মান নির্ণয় কর।

(খ) তারের ব্যাস $D = 4.22 \times 10^{-2} \text{ mm}$ হলে উদীপকের তথ্য মতে এটি কোন পদার্থের তৈরি, গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে মতামত দাও।

[উ: (ক) 0.25; (খ) তারটির ইয়ং এর গুণাঙ্ক, $Y = 7 \times 10^{10} \text{ N m}^{-2}$. অতএব উদীপকের তথ্যমতে এটি অ্যালুমিনিয়ামের তৈরি।] [সি. বো. ২০১৭]

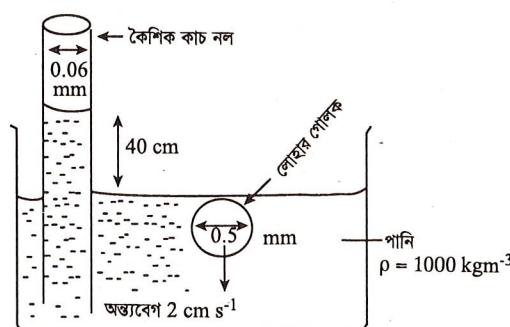
২৭। 2 mm ও 4 mm ব্যাসের ও অভিন্ন দৈর্ঘ্যের দুটি তার একটি দৃঢ় অবলম্বন হতে বোঝানো হলো। তার দুটিতে অভিন্ন ওজন প্রয়োগ করার ফলে দ্বিতীয় তারটির দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি প্রথমটির দৈর্ঘ্য বৃদ্ধির এক-তৃতীয়াংশ হলো। দ্বিতীয় তারটির পয়সনের অনুপাত 0.4।

(ক) দ্বিতীয় তারটির দৈর্ঘ্য 5% বৃদ্ধি করা হলে ব্যাসার্ধ কতটুকু হ্রাস পাবে নির্ণয় কর।

(খ) উদীপকের তার দুটির মধ্যে কোনটি বেশি স্থিতিস্থাপক তা গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে নির্ণয় কর।

[উ: (ক) $4 \times 10^{-3} \text{ m}$ হ্রাস পাবে; (খ) প্রথম তারের ইয়ং গুণাঙ্ক Y_1 , দ্বিতীয় তারের ইয়ং এর গুণাঙ্ক Y_2 এর 1.33 গুণ। অর্থাৎ $Y_1 > Y_2$, অতএব প্রথম তারটি বেশি স্থিতিস্থাপক।] [চ. বো. ২০১৭]

২৮। তাজিন পরীক্ষাগারে পানির সান্দু বল ও পানির বিশুদ্ধতা নির্ণয়ের জন্য নিচের চিত্রানুযায়ী পরীক্ষা সম্পাদন করে।



(ক) লোহার গোলকের উপর পানির সান্দু বল নির্ণয় কর। [পানির সান্দুতা গুণাঙ্ক $3 \times 10^{-3} \text{ N s m}^{-2}$]

(খ) পরীক্ষাগারে ব্যবহৃত পানি বিশুদ্ধ কিনা—পরীক্ষালক্ষ ফলাফল বিশ্লেষণ করে সিদ্ধান্ত দাও। [উল্লেখ্য বিশুদ্ধ পানির পৃষ্ঠটান $72 \times 10^{-3} \text{ N m}^{-1}$]

উ: (ক) $2.827 \times 10^{-7} \text{ N}$; (খ) পরীক্ষাগারে ব্যবহৃত পানির পৃষ্ঠটান $58.5 \times 10^{-8} \text{ N m}^{-1}$ কিন্তু বিশুদ্ধ পানির পৃষ্ঠটান $72 \times 10^{-3} \text{ N m}^{-1}$ । সুতরাং পরীক্ষাগারে ব্যবহৃত পানি বিশুদ্ধ নয়।]

[অভিন্ন প্রশ্ন (খ সেট) ২০১৮]

২৯। ৫ m দৈর্ঘ্য এবং 1 mm ব্যাসের তারে 100 kg ভর চাপালে দৈর্ঘ্য 0.3 mm প্রসারিত হয়। তারটির সঞ্চিত শক্তির পরিমাণ কত ?
[উ: 0.147 J] [কুয়েট ২০১৬-২০১৭]

৩০। ৫ m দৈর্ঘ্য এবং 1 mm ব্যাসবিশিষ্ট তারে 25 kg ভর ঝুলানোর ফলে দৈর্ঘ্য 0.1 mm প্রসারিত হলে তারটির সঞ্চিত শক্তির পরিমাণ নির্ণয় কর।
[উ: 0.01225 J] [বুয়েট ২০১৪-২০১৫]

৩১। ঘনকের বাহুর দৈর্ঘ্য 6 cm এবং $Y = 2 \times 10^{11} \text{ N m}^{-2}$ হলে, 5 kg ভর ঘনকের নিচের তলের মাঝে বরাবর ঝুলালে আয়তন গুণাঙ্ক বের কর।
[উ: $6.66 \times 10^{10} \text{ N m}^{-2}$] [বুয়েট ২০১৫-২০১৬]

৩২। 2 m দৈর্ঘ্য এবং 1 mm² প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফলবিশিষ্ট একটি তারকে টেনে 0.1 mm প্রসারিত করতে প্রয়োজনীয় কাজের পরিমাণ কত ?
[উ: $5 \times 10^{-4} \text{ J}$] [কুয়েট ২০১৫-২০১৬]

৩৩। একটি তারের $Y = 20 \times 10^{11} \text{ N m}^{-2}$ । তারটির দৈর্ঘ্য 15% বৃদ্ধি করতে প্রযুক্ত পীড়ন কত ?
[উ: $3 \times 10^{-11} \text{ N m}^{-2}$] [মা. ভা. বি. প্র. বি. ২০১৫-২০১৬]

৩৪। 1 বর্গ সে. মি প্রস্থচ্ছেদ বিশিষ্ট একটি তারে কত বল প্রয়োগ করা হলে এর দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি আদি দৈর্ঘ্যের সমান হবে ?
($Y = 2 \times 10^{11} \text{ N m}^{-2}$)
[উ: $2 \times 10^{-7} \text{ N}$] [মা. ভা. বি. প্র. বি. ২০১৬-২০১৭]

৩৫। একটি তারের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল $1 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ । তারের দৈর্ঘ্য 10% বৃদ্ধি করার জন্য $2 \times 10^6 \text{ N}$ বল প্রয়োগ করা হলে তারের উপাদানের ইয়ং-এর গুণাঙ্ক কত হবে ?
[উ: $2 \times 10^{-11} \text{ N m}^{-2}$] [জা. বি. ২০১৫-২০১৬]

৩৬। একটি দেয়াল হতে 4.8 cm ব্যাসার্থের একটি অ্যালুমিনিয়ামের দণ্ড অনুভূমিকভাবে 5.3 cm প্রক্ষেপিত আছে। দণ্ডটির শেষ প্রান্তে 1200 kg ভরের একটি বস্তু ঝুলানো হলো। অ্যালুমিনিয়ামের ব্যবর্তন-গুণাঙ্ক $3 \times 10^{10} \text{ N m}^{-2}$ । দণ্ডটির ভরকে উপেক্ষা করে (a) দণ্ডটির ব্যবর্তন পীড়ন এবং (b) দণ্ডটির প্রান্তে উল্লম্ব বিচ্ছিন্ন নির্ণয় কর।
[উ: (a) $6.5 \times 10^6 \text{ N m}^{-2}$ (b) $1.148 \times 10^{-3} \text{ cm}$] [বুয়েট ২০১৬-২০১৭]

৩৭। $1 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল বিশিষ্ট একটি ইস্পাতের তারে কত বল প্রয়োগ করলে দৈর্ঘ্য দ্বিগুণ হবে ?
($Y = 2 \times 10^{-11} \text{ N m}^{-2}$)
[উ: $7 \times 10^{-2} \text{ N}$] [জা. বি. ২০১৬-২০১৭]

৩৮। সমান দৈর্ঘ্যে দুটি ইস্পাতের তারের ব্যাস যথাক্রমে 1.0 mm ও 2.0 mm। তার দুটিকে যথাক্রমে 40 N ও 80 N বল দ্বারা টানা হলে, এদের প্রসারণের অনুপাত নির্ণয় কর।
[উ: 1:1] [বুয়েট ২০০৮-২০০৯]

৩৯। একটি পদার্থের দুটি তার A এবং B এর দৈর্ঘ্যের অনুপাত 1:2 এবং ব্যাসের অনুপাত 2:1। যদি একই বল দ্বারা তার দুটিকে টানা হয়, তখন A এবং B এর দৈর্ঘ্য বৃদ্ধির অনুপাত কী হবে ?
[উ: 1:8] [বুয়েট ২০০৬-২০০৭]

৪০। একটি তারের দৈর্ঘ্য বরাবর বল প্রয়োগ করা হলে এর দৈর্ঘ্য 10% বৃদ্ধি পায় এবং ব্যাস 5% হ্রাস পায়। পয়সনের অনুপাত কত ?
[উ: 0.5] [পা.বি.প্র.বি. ২০১৫-২০১৬]

৪১। কোনো ধাতুর ইয়ং-এর গুণাঙ্ক $1 \times 10^{11} \text{ N m}^{-2}$ এবং দৈর্ঘ্যপীড়ন $1.96 \times 10^6 \text{ N m}^{-2}$ । ধাতুটির দৈর্ঘ্য বিকৃতি ঘটলে ধাতুটির প্রতি ঘনমিটারে সর্বোচ্চ কী পরিমাণ স্থিতিশক্তি সঞ্চিত হতে পারে ?
[উ: 9.208 J] [বুয়েট ২০০২-২০০৩]

৪২। $2 \times 10^8 \text{ N m}^{-2}$ চাপে সীসার ঘনত্ব কত হবে ? সীসার স্বাভাবিক ঘনত্ব $p = 11.4 \text{ g cm}^{-3}$ এবং সীসার আয়তন গুণাঙ্ক $0.80 \times 10^{10} \text{ N m}^{-2}$ ।
[উ: 11.685 g cm^{-3}] [বুয়েট ২০০৮-২০০৯; কুয়েট ২০০৩-২০০৪]

- ৪৩। 1 mm^2 প্রস্তুচ্ছেদ বিশিষ্ট একটি ইঞ্জিনের তারের দৈর্ঘ্য 6% বৃদ্ধি করতে কত বল প্রয়োগ করতে হবে ?
 [ইঞ্জিনের $Y = 2 \times 10^{11} \text{ N m}^{-2}$] [উ: $1.2 \times 10^4 \text{ N}$] [মা. ভা. বি. প্র. বি. ২০১৫-২০১৬]
- ৪৪। একটি তারের 0.01 দৈর্ঘ্য বিকৃতিতে পার্শ্ববিকৃতি 0.004 হলে পরের উপাদানের পয়সনের অনুপাত কত ?
 [উ: 0.4] [কু. বি. ২০১৬-২০১৭]
- ৪৫। পারদের আয়তন গুণাক $2.2 \times 10^{10} \text{ N m}^{-2}$ । এক লিটার পারদের আয়তন $2 \times 10^6 \text{ m}^{-2}$ হ্রাস করতে (i) কী পরিমাণ কাজ করতে হবে ? (ii) পারদে কী পরিমাণ স্থিতিশক্তি সঞ্চিত হবে ?
 [উ: (i) 44 J; (ii) 44 J]
 [রুয়েট ২০০৬-২০০৭]
- ৪৬। 1 m লম্বা ও 1 mm ব্যাসের একটি তারের এক প্রান্তে 80 N এর একটি ওজন ঝুলাতে হবে। যদি এক্ষেত্রে 1 mm এর বেশি দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি ঘটণায়ে না হয়, তাহলে তামার তার ব্যবহার করা যাবে কি ? [তামার ইয়ং গুণাক = $13 \times 10^{10} \text{ N m}^{-2}$] [উ: এক্ষেত্রে তামার তারের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি হবে 0.6 mm, সুতরাং তামার তার ব্যবহার করা যাবে।] [রুয়েট ২০০৮-২০০৫]
- ৪৭। বল প্রয়োগের ফলে একটি তারের দৈর্ঘ্য 1% পরিবর্তন হলে এর ব্যাস শতকরা কতভাগ পরিবর্তন হবে ?
 [পয়সনের অনুপাত 0.2]
 [উ: 0.2%] [রুয়েট ২০১২-২০১৩]
- ৪৮। দুটি তারের প্রত্যেকটির দৈর্ঘ্য 3 m এবং এদের ইয়ং-এর গুণাক যথাক্রমে $1.6 \times 10^{11} \text{ N m}^{-2}$ এবং $1.8 \times 10^{11} \text{ N m}^{-2}$ । তার দুটির দৈর্ঘ্য বরাবর সমান বল প্রয়োগ হলে দেখা যায় দ্বিতীয়টি প্রথমটির দিগুণ প্রসারিত হয়েছে। তার দুটির ব্যাসার্ধের অনুপাত নির্ণয় কর।
 [উ: 3 : 2] [রুয়েট ২০০৬-২০০৭]
- ৪৯। কোনো তারের দৈর্ঘ্য 3 m এবং ভর 20 g / 50 N টানে এর দৈর্ঘ্য 1 mm বাড়ে। ইয়ং এর গুণাক নির্ণয় কর। তারের ঘনত্ব $7.5 \times 10^3 \text{ kg m}^{-3}$ ।
 [উ: $1.69 \times 10^{11} \text{ N m}^{-2}$] [রুয়েট ২০০৭-২০০৮]
- ৫০। সমান দৈর্ঘ্যের দুটি ডিল্ল পদার্থের তারের দৈর্ঘ্য বরাবর বল প্রয়োগ করা হলো। ফলে দ্বিতীয় তারটি প্রথমটির 2.5 গুণ প্রসারিত হলো। তার দুটির ইয়ং এর গুণাক যথাক্রমে $1.8 \times 10^{11} \text{ N m}^{-2}$ ও $1.6 \times 10^{11} \text{ N m}^{-2}$ । এদের ব্যাসের অনুপাত নির্ণয় কর।
 [উ: 1.4907 : 1] [রুয়েট ২০১১-২০১২]
- ৫১। 50 km উঁচু থেকে পড়স্ত দুটি শিলাপিণ্ড দুটির অন্ত্যবেগের অনুপাত 1 : 2। শিলাপিণ্ড দুটির অন্ত্যবেগের অনুপাত কত ?
 [উ: 1 : 4] [রুয়েট ২০১৩-২০১৪]
- ৫২। 2 mm^2 প্রস্তুচ্ছেদের একটি তারের সাথে 15 kg ভর ঝুলানো আছে। ভর ঝুলানো অবস্থায় তারটির দৈর্ঘ্য 4 m। তারের উপাদানের ইয়ং-এর গুণাক $1.3 \times 10^{10} \text{ N m}^{-2}$ । ভরটি সরিয়ে নিলে তারটির দৈর্ঘ্য কী পরিমাণ সঞ্চালিত হবে ?
 [উ: 0.0225 m] [রুয়েট ২০০৮-২০০৯]
- ৫৩। 1 mm^2 প্রস্তুচ্ছেদের ক্ষেত্রফলবিশিষ্ট একটি তারের ইয়ং এর গুণাক $2 \times 10^{11} \text{ N m}^{-2}$ । তারটিতে কত বল প্রয়োগ করলে এর দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি আদি দৈর্ঘ্যের 10% হবে ?
 [উ: $2 \times 10^4 \text{ N}$] [রা. বি. ২০১৬-২০১৭]
- ৫৪। 1m দীর্ঘ কোনো তারের ব্যাস 5 mm। তারের দৈর্ঘ্য বরাবর একটি বল প্রয়োগ করায় এর ব্যাস 0.01 mm হ্রাস পায় এবং দৈর্ঘ্য 2 cm বৃদ্ধি পায়। পয়সনের অনুপাত কত হবে ?
 [উ: 0.1] [মা. ভা. বি. প্র. বি. ২০১৬-২০১৭]
- ৫৫। প্রতিটি 1 mm ব্যাসার্ধের আটটি বৃষ্টির ফোঁটা 5 cm s^{-1} প্রাণ্তিক বেগ পতনশীল। যদি আটটি ফোঁটা একত্রিত হয়ে একটি বড় ফোঁটায় পরিণত হয় তাহলে নির্গত শক্তির পরিমাণ নির্ণয় কর। (দেওয়া আছে পানির পৃষ্ঠাটান = $7.4 \times 10^{-2} \text{ N m}^{-1}$)
 [উ: $3.72 \times 10^{-6} \text{ J}$] [রুয়েট ২০১৬-২০১৭]
- ৫৬। পানির উপরিতলে পানির ঘনত্ব $1.03 \times 10^3 \text{ kg m}^{-3}$ হলে 800 atm চাপ গভীরতায় পানির ঘনত্ব কত হবে ?
 [দেওয়া আছে পানির সংনম্যতা = $45.8 \times 10^{-11} \text{ Pa}^{-1}$ এবং 1 atm = $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$]
 [উ: 1069.7 kg m^{-3}] [রুয়েট ২০১৬-২০১৭]
- ৫৭। 8টি সমান মাপের পানির ফোঁটা (ব্যাসার্ধ 5×10^{-4} মিটার) একত্র করে একটি বড় ফোঁটা তৈরি করলে কত শক্তি নির্গত হবে ? মনে কর পানির পৃষ্ঠাটান $7.2 \times 10^{-2} \text{ N m}^{-1}$ ।
 [উ: $9.043 \times 10^{-7} \text{ J}$] [চুয়েট ২০০৫-২০০৬]

- ৫৮। $0.17 \times 10^{-2} \text{ m}$ ব্যাসার্ধবিশিষ্ট 25টি পানির ক্ষুদ্র ফেঁটা মিলে একটি বড় ফেঁটা তৈরি করলো। এতে নির্গত শক্তির পরিমাণ নির্ণয় কর। [পানির পৃষ্ঠটান $= 7.2 \times 10^{-3} \text{ N m}^{-1}$] [উ: $4.3 \times 10^{-6} \text{ J}$] [কুয়েট ২০০৭–২০০৮]
- ৫৯। $0.5 \times 10^{-3} \text{ m}$ ব্যাসার্ধের একটি কৈশিক কাচল পারদে ডুবালে নলের মধ্যে পারদের অবনমন $6.753 \times 10^{-3} \text{ m}$ হয়। কাচের সাথে পারদের স্পর্শ কোণ কত? [উ: $118 \times 6^\circ$] [কুয়েট ২০১৬–২০১৭]
- ৬০। একটি সাবানের বুদবুদকে 1 cm ব্যাস হতে ধীরে ধীরে আকৃতি বৃদ্ধি করে 10 cm ব্যাসে পরিণত করা হলো। কৃতকাজ কত হবে? (সাবানের পানির পৃষ্ঠটান $25 \times 10^{-3} \text{ N m}^{-1}$) [উ: $1.55 \times 10^{-3} \text{ J}$] [বুয়েট ২০১১–২০১২; কুয়েট ২০১১–২০১২]
- ৬১। 2 cm ব্যাসার্ধের একটি সাবানের বুদবুদকে 3 cm ব্যাসার্ধের বুদবুদে পরিণত করতে কাজের পরিমাণ নির্ণয় কর। বুদবুদের পৃষ্ঠটান $7.2 \times 10^{-2} \text{ N m}^{-1}$ । [উ: $9.043 \times 10^{-7} \text{ J}$] [চুয়েট ২০০৮–২০০৫]
- ৬২। কোনো তরলের ফেঁটায় তলশক্তি U । উক্ত ফেঁটা থেকে 1000টি একই রকমের ফেঁটা তৈরি করা হলো। সবকটি ফেঁটার মোট তলশক্তি কত হবে? [উ: $10 U$] [বুটেক্স ২০১৬–২০১৭]
- ৬৩। একটি সাবান পানির পৃষ্ঠটান $3 \times 10^{-2} \text{ N m}^{-1}$ । একটি সাবান পানির বুদবুদের বাইরে ও ভিতরের চাপের পার্থক্য 4 N m^{-1} হলে বুদবুদটির ব্যাসার্ধ কত? [উ: $3 \times 10^{-2} \text{ m}$] [জা. বি. ২০১৫–২০১৬]
- ৬৪। 28°C তাপমাত্রায় পানির উপরিতল থেকে 0.5 m দীর্ঘ তারকে অনুভূমিকভাবে সর্বাধিক $7.3 \times 10^{-3} \text{ N}$ হলে উঠানো গেলে পানির পৃষ্ঠটান কত? [উ: $7.3 \times 10^{-3} \text{ N m}^{-1}$] [মা. ভা. বি. প্র. বি. ২০১৬–২০১৭]
- ৬৫। 20°C তাপমাত্রায় পানির উপরিতল হতে 0.5 m দীর্ঘ একটি অনুভূমিক তারকে টেনে তুলতে যে সর্বাধিক বলের প্রয়োজন হয় তার মান $7.28 \times 10^{-3} \text{ N}$ । পানির পৃষ্ঠটান বের কর। (তারের ওজন নগণ্য)। [উ: $7.28 \times 10^{-3} \text{ N m}^{-1}$] [জা. বি. ২০১৬–২০১৭]
- ৬৬। $1.34 \times 10^{-4} \text{ kg}$ ভর এবং $4.4 \times 10^{-3} \text{ m}$ ব্যাসবিশিষ্ট একটি কাচের বল $0.943 \times 10^{-4} \text{ kg m}^{-3}$ ঘনত্ব বিশিষ্ট তেলের মধ্য দিয়ে সুষম বেগে 6.4 s সময়ে 0.381 m নিচে পড়ে। তেলের সান্দুতা সহগের মান কত? [উ: $0.365 \text{ kg m}^{-1}s^{-1}$] [বুয়েট ২০১৪–২০১৫]
- ৬৭। একটি কৈশিক নলের ব্যাসার্ধ 0.1 cm । একে $50 \times 10^{-3} \text{ N m}^{-1}$ পৃষ্ঠটান এবং 100 kg m^{-3} ঘনত্বের তেলে ডুবালে কৈশিক নলে কত উচ্চতায় তেল উঠবে? [স্পর্শ কোণ = 20°] [উ: 9.588 cm] [কুয়েট ২০১০–২০১১]
- ৬৮। 3.0 mm এবং 6.0 mm ব্যাসবিশিষ্ট দুটি কৈশিক নলকে একটি পানির পাত্রে খাড়াভাবে আংশিক ডুবিয়ে রাখলে নল দুটির ভিতর দিয়ে পানি উপরে উঠে যে দুটি তরল অবতল তেলের সৃষ্টি করে সেই তেল দুটির মধ্যে উচ্চতার পার্থক্য কত? (পরীক্ষাকালীন তাপমাত্রায় পানির পৃষ্ঠটান $7.3 \times 10^{-2} \text{ N m}^{-1}$, স্পর্শকোণ শূন্য এবং পানির আপেক্ষিক ঘনত্ব $1 \times 10^3 \text{ kg m}^{-3}$) [উ: $4.966 \times 10^{-3} \text{ m}$] [বুয়েট ২০০৫–২০০৬]
- ৬৯। একটি বৃষ্টির ফেঁটা 30 m s^{-1} প্রাতিক বেগে বায়ুর মধ্য দিয়ে পড়ছে। পানির ঘনত্ব = 10^3 kg m^{-3} এবং পানির সাপেক্ষে বায়ুর ঘনত্ব = $= 1.3 \times 10^{-3}$ । বায়ুর সান্দুতা গুণাঙ্ক যদি $1.8 \times 10^{-5} \text{ SI}$ একক হয় তবে বৃষ্টির ফেঁটাটির ব্যাসার্ধ নির্ণয় কর। [উ: $4.983 \times 10^{-4} \text{ m}$] [বুয়েট ২০০২–২০০৩]
- ৭০। $4 \times 10^{-4} \text{ m}$ ব্যাসার্ধের একটি সীসা গোলক গ্লিসারিনের ভিতর দিয়ে $6.5 \times 10^{-3} \text{ m s}^{-1}$ প্রাত্যবেগ নিয়ে পড়ছে। সীসার ও গ্লিসারিনের ঘনত্ব যথাক্রমে $11.37 \times 10^3 \text{ kg m}^{-3}$, $1.26 \times 10^3 \text{ kg m}^{-3}$ হলে গ্লিসারিনের সান্দুতা ক্ষেত্রে নির্ণয় কর। [উ: 0.542 N s m^{-2}] [কুয়েট ২০০৩–২০০৮]
- ৭১। পানির ফেঁটা বায়ুর মধ্য দিয়ে 1.2 cm s^{-1} অন্ত্যবেগে পতিত হলে ফেঁটাটির ব্যাসার্ধ নির্ণয় কর। দেওয়া আছে, বাতাসের সান্দুতা সহগ = $1.8 \times 10^{-4} \text{ N s m}^{-2}$ এবং বাতাসের ঘনত্ব = $1.21 \times 10^{-3} \text{ g/cc}$ । [উ: $9.97 \times 10^{-6} \text{ m}$] [কুয়েট ২০০১–২০০২]
- ৭২। একটি তারের এক প্রান্তে 10 kg ভরের একটি বস্তুকে বেঁধে বৃত্তাকার পথে ঘুরানো হচ্ছে। তারটি 0.3 m লম্বা এবং প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল 10^{-6} m^2 । তারটি যে পদার্থে তৈরি তার অসহ পীড়ন $4.8 \times 10^7 \text{ N m}^{-2}$ । বস্তুটিকে সর্বোচ্চ কত কৌণিক বেগে ঘোরানো যেতে পারে নির্ণয় কর। [উ: 4 rad s^{-1}]

- ৭৩। 0.2 mm ব্যাসের একটি কৈশিক নলে পানির আবাহন নির্ণয় কর। পানির পৃষ্ঠটান $72 \times 10^{-3} \text{ N m}^{-1}$ ও ঘনত্ব 10^3 kg m^{-3} । [উ: $14.694 \times 10^{-2} \text{ m}$] [ঢ. বো. ২০০৬; রা. বো. ২০০৭; য. বো. ২০০৩; চ. বো. ২০০৯]
- ৭৪। $0.8 \times 10^{-3} \text{ m}$ ব্যাসার্ধের একটি কৈশিক কাচনল পারদে ডুবালে নলের মধ্যে পারদের অবনমন $6.753 \times 10^{-3} \text{ m}$ হয়। কাচের সাথে পারদের স্পর্শকোণ কত? পারদের পৃষ্ঠটান $4.7 \times 10^{-1} \text{ N m}^{-1}$ এবং ঘনত্ব $13.6 \times 10^3 \text{ kg m}^{-3}$ । [উ: 140°] [ঢ. বো. ২০১১; সি. বো. ২০০৩]
- ৭৫। একটি বায়ু বুদবুদের ব্যাসার্ধ $5 \times 10^{-4} \text{ m}$ । এটি 0.15 N s m^{-2} সান্ততা সহগ বিশিষ্ট একটি তরলের মধ্যে দিয়ে উপরের দিকে উঠলে এর অন্ত্যবেগ কত? তরলটির ঘনত্ব 900 kg m^{-3} । তরলের তুলনায় বায়ুর ঘনত্ব উপেক্ষা কর। [উ: $3.27 \times 10^{-3} \text{ m s}^{-1}$]
- ৭৬। কোনো তরলের ভেতর দিয়ে $5 \times 10^{-6} \text{ m}$ ব্যাসার্ধের একটি বায়ু বুদবুদ উঠছে। বুদবুদটির উর্ধ্বমুখী বেগ $5.45 \times 10^{-5} \text{ m s}^{-1}$ । তরলের ঘনত্ব 10^3 kg m^{-3} হলে তরলের সান্ততা সহগ কত? [উ: $10^{-3} \text{ N s m}^{-2}$]
- ৭৭। দুটি নির্দিষ্ট প্রান্ত বিন্দুর মধ্যবর্তী 50 মিটার লম্বা একটি অ্যালুমিনিয়াম তারের মধ্যে শীতকালে টানা বল 100 kN । শীত ও গ্রীষ্মকালের মধ্যে পারিপার্শ্বিক তাপমাত্রা ব্যবধান 20°C । যদি তারের ব্যাসার্ধ 1 cm , উপাদানের তাপীয় দৈর্ঘ্য প্রসারাঙ্ক $20 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ এবং ইয়ং এর গুণাঙ্ক $1.1 \times 10^7 \text{ N m}^{-2}$ হয় তবে গ্রীষ্মকালে তারের মধ্যে সৃষ্টি বলের পরিমাণ নির্ণয় কর। [উ: 13816 N] [চুয়েট ২০০৮–২০০৫]
- ৭৮। 130 cm দীর্ঘ এবং 1.1 mm ব্যাসের একটি ইস্পাতের তারকে 830°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করে তারের দুই প্রান্ত দৃঢ় বন্ধনীর সাথে একপ আঁটকিয়ে দেয়া হলো যেন তারটি দুপাশে টানা অবস্থায় থাকে। তারটি ঠাণ্ডা হয়ে 20°C -এ নেমে আসলে তারে কী পরিমাণ টান সৃষ্টি হবে? [ইস্পাতের ইয়ং গুণাঙ্ক, $Y = 200 \times 10^9 \text{ N m}^{-2}$, প্রসারাঙ্ক, $\alpha = 11 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$] [উ: 1693 N] [বুয়েট ২০০৩–২০০৮]
- ৭৯। তার্পিন তেলের পৃষ্ঠটান $27 \times 10^{-3} \text{ N/m}$ এবং ঘনত্ব $0.87 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ । যদি $5.8 \times 10^{-5} \text{ m}$ ব্যাসের একটি কৈশিক নলের সাথে স্পর্শ কোণ 22° হয়, তবে নলটিতে তার্পিন তেল কত উচ্চতায় উঠবে নির্ণয় কর। [উ: 0.202 m] [কুয়েট ২০১৭–২০১৮]
- ৮০। একটি স্টিল তারের উপর 10 N বল প্রয়োগে তারের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি হয় 0.1 mm । বলের পরিবর্তন করার ফলে একই দৈর্ঘ্যের এবং দিগ্নে ব্যাসার্ধের অন্য একটি তারে সমপরিমাণ দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি ঘটে।
 (ক) উদ্বীপকের প্রথম তারের দৈর্ঘ্য বিকৃতিতে কৃতকাজ নির্ণয় কর।
 (খ) উদ্বীপকে উল্লিখিত বলের পরিবর্তনের পরিমাণ গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর।
 [উ: (ক) $5 \times 10^{-4} \text{ J}$; (খ) বল 30 N বৃদ্ধি করতে হবে] [ব. বো. ২০১৯]
- ৮১। একটি দৃঢ় অবলম্বন হতে 200 cm দৈর্ঘ্য ও 1 mm প্রস্থচ্ছেদবিশিষ্ট দুটি ভিন্ন উপাদানের তার A ও B বুলিয়ে তারঘয়ের নিচে 10 kg করে ভর বুলানো হলো। ফলে A তারটির দৈর্ঘ্য 7% ও B তারটির দৈর্ঘ্য 8% বৃদ্ধি পেল। $g = 9.8 \text{ m/s}^2$
 (গ) B তারটির একক আয়তনের বিভিন্ন শক্তি কত?
 (ঘ) সমান বল প্রয়োগে বস্তুর দৈর্ঘ্য বৃদ্ধির সাথে ইয়ং-এর গুণাঙ্কের মধ্যে সম্পর্ক উদ্বীপকের আলোকে গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর।
 [উ: (ক) $3.92 \times 10^6 \text{ J}$; (খ) A তারের ইয়ং গুণাঙ্ক $1.4 \times 10^9 \text{ N m}^{-2}$; B তারের ইয়ং গুণাঙ্ক $1.22 \times 10^9 \text{ N m}^{-2}$ অর্থাৎ যে তারের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি বেশি সেই তারের ইয়ং গুণাঙ্ক কম এবং যে তারের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি কম তার ইয়ং গুণাঙ্ক বেশি।] [ঢ. বো. ২০১৯]