SSC-2026

প্যারালাল TEXT

পদার্থবিজ্ঞান

সার্বিক ব্যবস্থাপনায়
উদ্ভাস ফিজিক্স টিম

অনুপ্রেরণা ও সহযোগিতায়
মাহমুদুল হাসান সোহাগ
মুহাম্মদ আবুল হাসান লিটন

কৃতজ্ঞতা
উদ্ভাস-উন্মেষ-উত্তরণ
শিক্ষা পরিবারের সকল সদস্য

প্রকাশনায়
উদ্ভাস একাডেমিক এন্ড এডমিশন কেয়ার

প্রকাশকাল
সর্বশেষ সংস্করণ: জানুয়ারি, ২০২৫ ইং

কপিরাইট © উদ্ভাস

সমস্ত অধিকার সংরক্ষিত। এই বইয়ের কোনো অংশই প্রতিষ্ঠানের লিখিত অনুমতি ব্যতীত ফটোকপি, রেকর্ডিং, বৈদ্যুতিক বা যান্ত্রিক পদ্ধতিসহ কোনো উপায়ে পুনরুৎপাদন বা প্রতিলিপি, বিতরণ বা প্রেরণ করা যাবে না। এই শর্ত লঙ্ঘিত হলে উপযুক্ত আইনি ব্যবস্থা গ্রহণ করা হবে।

উৎসর্গ

জনমের লালসা আমিত্ব হারাবো
দশের কৃপাভরে তাহারে খুঁজিব!

মায়ের স্বপ্ন ছিল ছেলেটি ডাক্তার হবে, বাবা বলতো অবশ্যই ইঞ্জিনিয়ার। মা-বাবার এই মধুর দ্বন্দ্বের মাঝে ছোট্ট একটু জায়গায় ছেলেটি তার স্বপ্নের প্রশস্থতা বাড়াতে লাগলো। যে বয়সটা তার সব থেকে মূল্যবান-সেই তারুণ্যে এসে ছেলেটি পূরণ করতে পারেনি কারও স্বপ্নই; না বাবার, না মায়ের, না স্রোতের, না সময়ের! ছেলেটি বিশ্বাস করতো ব্যক্তিগত নয় সামগ্রিক কল্যাণেই আসতে পারে সত্যিকারের সফলতা সর্বোপরি শান্তি।

সাধুবাদ, স্রোতের বিপরীতে ক্রমাগতই যুদ্ধ করতে থাকা সকল দলছুট 'তরুণ উদ্যোক্তাদের'...

তোমাকে তুমি তাহাদের মাঝে খুঁজিয়া পাইবে!

সূচিপত্র

শর্ট সিলেবাস

ক্র.নং	অধ্যায়	পৃষ্ঠা
০১	অধ্যায়-০১ : ভৌত রাশি এবং তাদের পরিমাপ	০১-২৯
০২	অধ্যায়-০২ : গতি	৩০-৮২
০৩	অধ্যায়-০৩ : বল	৮৩-১২৯
০৪	অধ্যায়-০৪ : কাজ, ক্ষমতা ও শক্তি	১৩০-১৭৩
০৫	অধ্যায়-০৭ : তরঙ্গ ও শব্দ	১৭৪-২০৮
০৬	অধ্যায়-০৮ : আলোর প্রতিফলন	২০৯-২৪২
০৭	অধ্যায়-১০ : স্থির বিদ্যুৎ	২৪৩-২৭৬

Gmail

পারস্পরিক সহযোগিতা-ই পারে পৃথিবীকে আরও সুন্দর করতে...

সুপ্রিয় শিক্ষার্থী,

আশা করি, 'Parallel Text' তোমাদের কাছে অনেক বেশি উপকারী হিসেবে বিবেচিত হবে ইনশাআল্লাহ্। বইটি সম্পূর্ণ ত্রুটিমুক্ত রাখতে আমরা চেষ্টার কোনো ত্রুটি করি নাই। তবুও কারো দৃষ্টিতে কোনো ভুল ধরা পড়লে নিম্নে উল্লেখিত ই-মেইল এ অবহিত করলে কৃতজ্ঞ থাকব এবং আমরা তা পরবর্তী সংস্করণে সংশোধন করে নিব ইনশাআল্লাহ্।

Email : solutionpt.udvash@gmail.com

Email-এ নিম্নলিখিত বিষয়গুলো উল্লেখ করতে হবে:

(i) 'Parallel Text' এর বিষয়ের নাম, (ii) ভার্সন (বাংলা/ইংলিশ), (iii) অধ্যায়ের নাম, (iv) পৃষ্ঠা নম্বর, (v) প্রশ্ন নম্বর, (vi) ভুলটা কী, (vii) কী হওয়া উচিৎ বলে তোমার মনে হয়।

উদাহরণ: 'Parallel Text দশম শ্রেণি' পদার্থবিজ্ঞান, অধ্যায়-০১, বাংলা ভার্সন, পৃষ্ঠা নম্বর-১৩, প্রশ্ন নম্বর-২০, দেওয়া আছে, উত্তর: 'তড়িৎ প্রবাহ' কিন্তু হবে 'তড়িৎ আধান'।

ভুল ছাড়াও মান উন্নয়নে যেকোনো পরামর্শ আন্তরিকভাবে গ্রহণ করা হবে। পরিশেষে মহান আল্লাহ্র নিকট তোমাদের সাফল্য কামনা করছি।

শুভ কামনায়

উদ্ভাস ফিজিক্স টিম

অধ্যায় ০৭

তরঙ্গ ও শব্দ

সূচনা

আমরা প্রায় সময়ই পুকুরের স্থির পানিতে গাছের পাতা পড়তে দেখি কিংবা বাচ্চাদের পানিতে ঢিল ছুড়তে দেখি। একটু খেয়াল করলেই আমরা দেখতে পাবো, স্থির পানির যেখানে পাতা বা ঢিল আঘাত করেছে সেখান থেকে এক রকম আলোড়ন তৈরি হয়। মোটকথা, পাতা বা ঢিলের আঘাতের কারণে স্থির পানিতে ঢেউয়ের সৃষ্টি। আর এই ঢেউকেই আমরা বিজ্ঞানের ভাষায় তরঙ্গ বলে থাকি। শুধু পুকুরের পানিতে না আমরা যে শব্দ শুনি, তাও কিন্তু তরঙ্গের মাধ্যমেই আমাদের কানে আসে।

দৈনন্দিন জীবনে আমরা নানা ধরনের তরঙ্গের দেখা পাই। যেমন: শব্দ তরঙ্গ, পানির তরঙ্গ, টানা তারের তরঙ্গ, স্প্রিং-এ সৃষ্ট তরঙ্গ প্রভৃতি। কাজেই, তরঙ্গের প্রকৃতি এবং এর গতি সম্পর্কে আমাদের স্পষ্ট ধারণা থাকা আবশ্যক। এই অধ্যায়ে আমরা শব্দ ও তরঙ্গ নিয়ে বিশদ আলোচনা করবো যার মধ্যে শব্দ, শব্দের বেগ, শব্দের প্রতিধ্বনি, শব্দের ব্যবহার এবং দূষণ অন্তর্ভুক্ত।

7.1 সরল স্পন্দন গতি

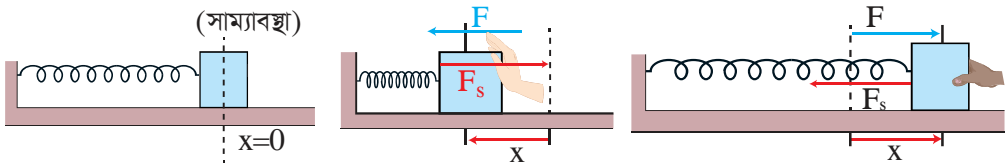


Fig 7.01

একটি স্প্রিংয়ের এক প্রান্ত **Fig 7.01** এর মতো করে দেয়ালে বেঁধে এর অপর প্রান্তে m ভরের একটি বস্তু বেঁধে যদি রেখে দেয়া হয় তাহলে ভরটি একটি জায়গায় স্থির হয়ে থাকবে। এটি হলো স্প্রিংয়ের সাম্যাবস্থা। সাম্যাবস্থা বলতে বুঝায়, স্প্রিংটির উপর প্রযুক্ত সকল বলের লব্ধি বা সমষ্টি শূন্য। একারণেই স্প্রিংটি নিউটনের প্রথম সূত্রানুসারে স্থির হয়ে থাকে। এখন স্প্রিংটিকে টেনে প্রসারিত করার জন্য F বল প্রদান করা হলে স্প্রিংটি বলের দিকে x পরিমাণ প্রসারিত হয়। বাস্তব অভিজ্ঞতা থেকে আমরা জানি, স্প্রিং যত বেশি প্রসারিত করতে চাইবো তত বেশি বল প্রয়োজন হবে। অর্থাৎ, F এবং x পরস্পরের সমানুপাতিক।

$\therefore F \propto x$

$\Rightarrow F = kx$

সাম্যাবস্থা থেকে x পরিমাণ সংকোচনের ক্ষেত্রেও ঘটনাটি একইরকম।

এখানে,

F = বাইরের এজেন্ট কর্তৃক প্রযুক্ত বল

x = সাম্যাবস্থা থেকে প্রসারণ বা সংকোচন

k = স্প্রিংয়ের স্প্রিং ধ্রুবক।

আমরা যখন স্প্রিংকে F বল প্রয়োগ করি, স্প্রিংটিও আমাদের হাতের উপর বিপরীত দিকে একটি বল প্রয়োগ করে, যাকে আমরা স্প্রিং বল বা প্রত্যয়নী বল বলে থাকি এবং চিত্রে এই বলটিকে F_s দ্বারা প্রকাশ করা হয়েছে। F_s বলটি স্প্রিংটিকে তার সাম্যবাস্থার দিকে ফিরিয়ে নিতে চায়। নিউটনের তৃতীয় সূত্রানুযায়ী এজেন্টের বল $F = kx$ হলে,

স্প্রিংটির এই F_s বল হবে F এর সমান ও বিপরীতমুখী। $\therefore \boxed{F_s = -kx}$

এই সূত্রটিকেই বলা হয় হুকের সূত্র। মনে রাখবে, এই সূত্রে F_s এর দিক হল বস্তু থেকে সাম্যাবস্থার দিকে। আর x হল সাম্যাবস্থান থেকে বস্তুর দিকে সরণ। উভয়ের দিক পরস্পরের বিপরীত হওয়ায় (−) চিহ্ন দেওয়া হয়েছে।

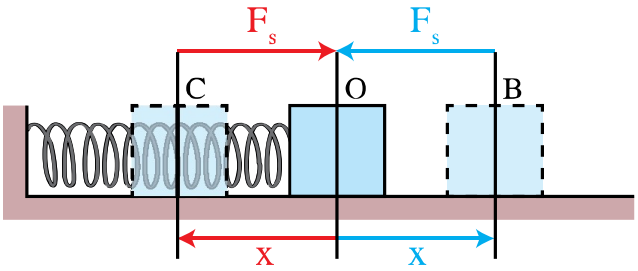


Fig 7.02

স্প্রিংটিকে সাম্যাবস্থা থেকে ডান দিকে A পরিমাণ প্রসারিত করলে বামদিকে(সাম্যাবস্থার দিকে) একটি প্রত্যয়নী বল তৈরি হবে। A পরিমাণ প্রসারিত করে যদি বস্তুটিকে ছেড়ে দেয়া হয়, তাহলে এই প্রত্যয়নী বল F_s বস্তুটিকে সাম্যাবস্থার দিকে নিয়ে যায়। সাম্যাবস্থায় O বিন্দুতে পৌঁছানোর পর বস্তুটি থেমে যেতে পারে না, বরং বস্তুটি গতি জড়তার কারণে O বিন্দু থেকে আরও বামে সরে যায় অর্থাৎ সংকুচিত হয়। কোনোভাবে শক্তি ক্ষয় না হলে, স্প্রিংটিকে যতটুকু প্রসারিত করা হয়, স্প্রিংটি F_s বলের প্রভাবে ততটুকুই সংকুচিত হয়। সংকুচিত হলে F_s বলটি কাজ করে ডানদিকে অর্থাৎ সাম্যাবস্থার দিকে। এতে করে স্প্রিংটি আবার ডানে সাম্যাবস্থার দিকে গতিশীল হয় কিন্তু আবারও গতি জড়তার কারণে সাম্যাবস্থায় থামতে পারে না বরং সাম্যাবস্থা পার হয়ে ডানে চলে আসে এবং A পরিমাণ প্রসারিত হয় এবং এভাবে সাম্যাবস্থা থেকে ডানে-বামে দুলতে থাকে। এই গতির নাম সরল স্পন্দন গতি।

সংজ্ঞা

সরল স্পন্দন গতি: যে স্পন্দন গতি হুকের সূত্র $F_s = -kx$ মেনে চলে তাকে সরল স্পন্দন গতি বলে। স্প্রিংয়ের গতি একটি সরল স্পন্দন গতি। অথবা, সরল স্পন্দন গতি হলো বিশেষ ধরনের পর্যায়বৃত্ত গতি। এই গতির বেলায় একটি নির্দিষ্ট বিন্দুর দুই পাশে বস্তুটি স্পন্দিত হয়, অর্থাৎ পর্যায়কালের অর্ধেক সময় একদিকে এবং অর্ধেক সময় একই পথে তার বিপরীত দিকে গতিশীল হয়। এই গতি হুকের সূত্র মেনে চলে।

জেনে রাখো

একটি স্প্রিংকে সাম্যাবস্থান থেকে x পরিমাণ সংকুচিত/প্রসারিত করতে বাহ্যিকভাবে F পরিমাণ বল প্রয়োগ করা হলে,

$$F = kx$$
$$\Rightarrow k = \frac{F}{x}$$

এখানে, $x = 1$ (একক পরিমাণ) হলে, $F = k$

এই সমীকরণ থেকে আমরা স্প্রিং ধ্রুবককে সংজ্ঞায়িত করতে পারি।

স্প্রিং ধ্রুবক: কোনো স্প্রিংকে একক পরিমাণ সংকুচিত বা প্রসারিত করতে যে পরিমাণ বল প্রয়োগ করতে হয় তাকে স্প্রিং ধ্রুবক বলে।

একক: স্প্রিং ধ্রুবকের একক $= \frac{\text{F এর একক}}{\text{x এর একক}} = \text{Nm}^{-1}$

কোনো একটি স্প্রিংয়ের স্প্রিং ধ্রুবক (k) এর মান যত বেশি হবে সেটিকে সংকুচিত বা প্রসারিত করতে ততই বেশি কষ্ট হবে। কষ্ট হবে বলতে বেশি বল প্রয়োগ করতে হবে বুঝানো হয়েছে।

Fig 7.03

বিপরীতভাবে এটাও বলা যায় যে, কোনো একটি স্প্রিংয়ের k এর মান কম হলে সেটিকে কম বল প্রয়োগ করেই সংকুচিত বা প্রসারিত করা যাবে।

উদাহরণ-০১: একটি স্প্রিংয়ে **50 N** বল প্রয়োগ করা হলে স্প্রিংটি সাম্যাবস্থা থেকে **50 cm** প্রসারিত হয়।

(i) স্প্রিংটির স্প্রিং ধ্রুবক নির্ণয় করো।

(ii) স্প্রিংটিতে কত বল প্রয়োগ করলে সাম্যাবস্থা থেকে **30 cm** সংকুচিত হবে?

(iii) স্প্রিংটিতে **85 N** বল প্রয়োগ করলে সাম্যাবস্থা থেকে কতটুকু প্রসারিত হবে?

সমাধান:

(i) দেওয়া আছে,
প্রযুক্ত বল, $F = 50$ N এবং সাম্যাবস্থা থেকে সরণ, $x = 50$ cm $= 0.5$ m
$\therefore$ স্প্রিং ধ্রুবক k হলে, $F = kx$

$$\Rightarrow k = \frac{F}{x} = \frac{50}{0.5}$$
$$= 100 \text{ Nm}^{-1}$$

(ii) সাম্যাবস্থা থেকে সরণ, $x = 30$ cm
$= 0.3$ m
$\therefore F = kx = 100 \times 0.3 = 30$ N
অতএব, 30 N বল প্রয়োগ করতে হবে।

(iii) প্রযুক্ত বল, $F = 85$ N
$\therefore F = kx$

$$\Rightarrow x = \frac{F}{k}$$
$$= \frac{85}{100} = 0.85 \text{ m} = 85 \text{ cm}$$

অতএব, সাম্যাবস্থা থেকে 85 cm প্রসারিত হবে।

সরল ছন্দিত স্পন্দনের কিছু গুরুত্বপূর্ণ রাশি

সংজ্ঞা

পূর্ণ স্পন্দন: সরল ছন্দিত স্পন্দনরত কোনো কণা যে স্থান থেকে গতি শুরু করেছিল, সেই স্থানেই যদি আবার ফেরত আসে, তবে সেই ঘটনাকে একটি পূর্ণ স্পন্দন বলে।

পর্যায়কাল: সরল ছন্দিত স্পন্দনে গতিশীল বস্তুকণার সম্পূর্ণ একটি স্পন্দন সম্পন্ন করতে যে সময় লাগে তাকে পর্যায়কাল বলে। পর্যায়কালকে T দ্বারা প্রকাশ করা হয়। পর্যায়কালের একক সেকেন্ড (s)।

কম্পাঙ্ক: সরল ছন্দিত স্পন্দনে গতিশীল বস্তুকণা একক সময়ে যতগুলো পূর্ণ স্পন্দন সম্পন্ন করে, তাকে কম্পাঙ্ক বলে। কম্পাঙ্ককে f দ্বারা প্রকাশ করা হয়। কম্পাঙ্কের একক হার্টজ বা Hz। কোনো বস্তুর কম্পাঙ্ক 100 Hz বলতে বুঝায়, বস্তুটি প্রতি সেকেন্ডে 100 বার কম্পিত হয়।

বিস্তার: সরল ছন্দিত স্পন্দনে সাম্যাবস্থা থেকে একদিকে বস্তুকণার সর্বোচ্চ সরণকে বিস্তার বলে।

দশা: সরল ছন্দিত স্পন্দনে কোনো নির্দিষ্ট মুহূর্তে কণাটি সাম্যাবস্থা থেকে কোনো একটি দূরত্বে একদিকে ধাবমান থাকে, এই অবস্থাটিই তার দশা। অর্থাৎ, সরল ছন্দিত স্পন্দনরত কণার গতির সামগ্রিক অবস্থাই হলো দশা।

পর্যায়কাল T এর সাথে কম্পাঙ্ক f এর সম্পর্ক:
T সেকেন্ডে পূর্ণ স্পন্দন হয় 1টি
$\therefore$ 1 সেকেন্ডে পূর্ণ স্পন্দন হয় $\frac{1}{T}$ টি

$$\therefore \boxed{f = \frac{1}{T}}$$

T এর একক s। অতএব, f এর একক Hz হলে, $1 \text{ Hz} = 1 \text{ s}^{-1}$

স্প্রিংয়ের দোলন

একটি স্প্রিংয়ের এক প্রান্ত সিলিং এ বেঁধে অপর প্রান্তে একটি m ভরের বস্তু ঝুলিয়ে দিলে এটি e পরিমাণ প্রসারিত হয়ে স্থির হয়ে থাকে। একে বলা হয় সাম্যাবস্থা। অর্থাৎ, এই অবস্থায় স্প্রিংটির উপর ক্রিয়াশীল সকল বলের লব্ধি শূন্য। এখানে স্প্রিংয়ে সংযুক্ত বস্তুর ভর m হলে নিচের দিকে ক্রিয়াশীল অভিকর্ষ বল mg এবং mg এর বিপরীত দিকে স্প্রিংয়ের মধ্যে উদ্ভূত প্রত্যয়নী বল $F_s = ke$ [শুধুমাত্র মান বিবেচনা করা হলো, তাই (−) চিহ্ন দেওয়া হয়নি]। এখন স্প্রিং যেহেতু সাম্যাবস্থায় আছে,
তাই mg অবশ্যই F_s এর সমান হবে।

$$\therefore \boxed{mg = ke}$$

[বি:দ্র: ছবিতে x পরিমাণ টেনে ছেড়ে দেওয়া হয়েছে তাই বিস্তার এক্ষেত্রে x]

এই সাম্যাবস্থা থেকে যদি বস্তুটিকে একটু টেনে ছেড়ে দেওয়া হয়, তাহলে পূর্বের মতোই প্রত্যয়নী বলের কারণে স্প্রিংটি সাম্যবস্থার দুইপাশে অর্থাৎ উপরে-নিচে একটি নির্দিষ্ট বিস্তারে দুলতে থাকে। স্প্রিংটিকে a পরিমাণ টানা হলে, দোলনের বিস্তার a হবে।

স্প্রিংয়ে সংযুক্ত বস্তুর ভর m এবং স্প্রিং ধ্রুবক k হলে,

স্প্রিংটির দোলনকাল,

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

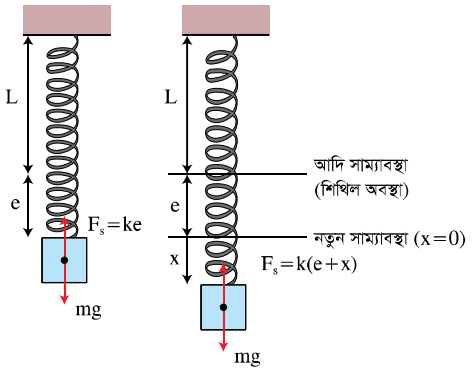


Fig 7.04

সূত্রের তাৎপর্য:

স্প্রিংয়ে যত বেশি ভর ঝুলানো হবে, স্প্রিংটির পর্যায়কাল বা দোলনকাল বেড়ে যাবে ($T \propto \sqrt{m}$), অর্থাৎ স্প্রিংটি ধীরে দুলবে। আবার, স্প্রিংয়ের স্প্রিং ধ্রুবক যত বেশি হবে, স্প্রিংয়ের পর্যায়কাল কমে যাবে ($T \propto \frac{1}{\sqrt{k}}$), এবং স্প্রিংটি দ্রুত দুলবে। আরেকটি বিষয় লক্ষ রাখা দরকার, খেয়াল করো আমরা স্প্রিংকে যতটুকু টেনে ছেড়ে দিয়েছি অর্থাৎ দোলনের বিস্তার রাশিটি দোলনকাল নির্ণয়ের সূত্রে অনুপস্থিত। অর্থাৎ স্প্রিংয়ের দোলনকাল এর বিস্তারের উপর নির্ভরশীল নয়। তাই, বিস্তার কম-বেশি করা হলেও দোলনকাল একই থাকে।

জেনে রাখো

স্প্রিংয়ের দোলনকালের $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ সূত্রটি উলম্ব তলে রাখা স্প্রিং (উপর থেকে ঝুলিয়ে দেওয়া) এর উপর যেভাবে প্রযোজ্য, একইভাবে আনুভূমিক তলে রাখা (টেবিলের উপর বা ভূমিতে রাখা) স্প্রিংয়ের উপরও একইভাবে প্রযোজ্য।

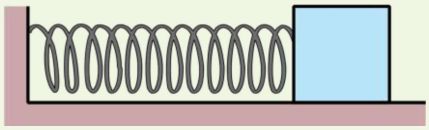


Fig 7.05

উদাহরণ-০২: 10 Nm^{-1} স্প্রিং ধ্রুবক বিশিষ্ট একটি স্প্রিং এর এক প্রান্তে 2 kg ভর ঝুলানো হলো। স্প্রিংটির দোলনকাল ও কম্পাঙ্ক নির্ণয় করো।

সমাধান: দেওয়া আছে, ঝুলানো ভর, $m = 2$ kg

স্প্রিং ধ্রুবক, $k = 10\ Nm^{-1}$

$\therefore$ দোলনকাল, $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} = 2\pi\sqrt{\frac{2}{10}} = 2.81$ s

এবং কম্পাঙ্ক, $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2.81} = 0.356$ Hz

সরল দোলক বা পেন্ডুলাম

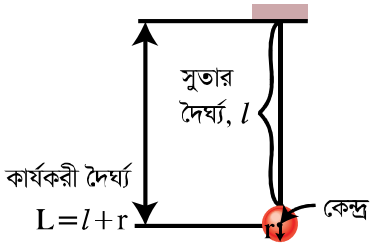


Fig 7.06

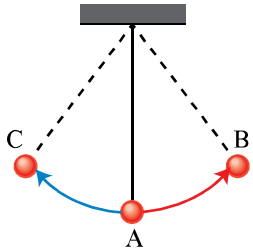


Fig 7.07

ববটি (সুতার সাথে ঝুলানো ভর) স্বাভাবিকভাবে যে অবস্থানে স্থির হয়ে থাকে তাকে বলা হয় সাম্যাবস্থা। সাম্যাবস্থা থেকে ববটিকে একপাশে একটু টেনে ছেড়ে দিলে, ববটি সরল স্পন্দন গতিতে দুলতে থাকে।

এখানে, সরল দোলকের কার্যকরী দৈর্ঘ্য L এবং অভিকর্ষজ ত্বরণ g হলে দোলনের পর্যায়কাল হবে,

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$$

এই সূত্রে, L = দোলকের কার্যকরী দৈর্ঘ্য = সুতার শুরু থেকে ববের কেন্দ্র পর্যন্ত দৈর্ঘ্য = সুতার দৈর্ঘ্য + ববের ব্যাসার্ধ। তবে গাণিতিক সমস্যায় যদি ব্যাসার্ধ সম্পর্কে কিছু বলা না থাকে, তাহলে প্রশ্নে উল্লিখিত দৈর্ঘ্যকেই কার্যকরী দৈর্ঘ্য হিসেবে ধরে নিতে হবে।

সূত্রের তাৎপর্য:

সরল দোলকের কার্যকরী দৈর্ঘ্য L বেশি হলে, দোলনকাল T বেশি হবে $(T \propto \sqrt{L})$ এবং দোলকটি ধীরে দুলবে। আবার অভিকর্ষজ ত্বরণের মান যত বেশি হবে, দোলনের জন্য প্রয়োজনীয় বলও তত বেশি হবে, ফলে দোলকটি দ্রুত দুলবে অর্থাৎ, দোলনকাল কমে যাবে $(T \propto \frac{1}{\sqrt{g}})$। দোলনকালের সূত্রে ববের ভর এবং কতটুকু টেনে ছেড়ে দেওয়া হয়েছে অর্থাৎ বিস্তার অনুপস্থিত। তাই বলা যায়, সরল দোলকের দোলনকাল ববের ভর এবং বিস্তারের উপর নির্ভর করে না।

জেনে রাখো

যে দোলকের দোলনকাল 2 s, তাকে সেকেন্ড দোলক বলে। সেকেন্ড দোলকের ববটি প্রতি সেকেন্ডে একপাশ থেকে অন্য পাশে যায়। পেন্ডুলাম ঘড়িতে সেকেন্ড দোলক ব্যবহৃত হয়।

উদাহরণ-০৩: একটি পেন্ডুলামের কার্যকরী দৈর্ঘ্য 1.5 m হলে দোলনকাল নির্ণয় করো। ধরে নাও, অভিকর্ষজ ত্বরণ $9.8\ ms^{-2}$।

সমাধান: দেওয়া আছে, কার্যকরী দৈর্ঘ্য, $L = 1.5\ m$

অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8\ ms^{-2}$

$\therefore$ দোলনকাল, $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} = 2\pi\sqrt{\frac{1.5}{9.8}} = 2.458\ s$

উদাহরণ-০৪: কোনো স্থানে অভিকর্ষজ ত্বরণ $9.8\ ms^{-2}$ হলে, ঐ স্থানে একটি সেকেন্ড দোলকের দৈর্ঘ্য নির্ণয় করো।

সমাধান: দেওয়া আছে, অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8\ ms^{-2}$

আমরা জানি, সেকেন্ড দোলকের পর্যায়কাল, $T = 2\ s$

সরল দোলকের পর্যায়কাল, $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$

$$\therefore T^2 = \frac{4\pi^2 L}{g}$$

$$\Rightarrow L = \frac{gT^2}{4\pi^2}$$

$$= \frac{9.8\times 2^2}{4\pi^2} = 0.993\ m$$

টপিকভিত্তিক বিগত বছরের প্রশ্ন ও সমাধান

■ সরল স্পন্দন গতি

বোর্ড MCQ ও সমাধান

01. 1 m লম্বা একটি সুতায় 30 gm ভরের একটি ইটের টুকরো ঝুলিয়ে দিলে দোলনকাল কত হবে? [ব. বো.'২৪]

(a) 1 s (b) 2 s (c) 2.5 s (d) 3 s ⓑ

সমাধান: আমরা জানি,

দোলনকাল, $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} = 2\pi \times \sqrt{\frac{1}{9.8}} = 2.007\ s \approx 2\ s$

02. নিচের কোন সম্পর্কটি সঠিক? [দি. বো', ম. বো., ২৪]

(a) $g = 4\pi^2\frac{T^2}{L}$ (b) $L = 4\pi\frac{g}{T^2}$

(c) $T = 2\pi\sqrt{\frac{g}{L}}$ (d) $g = 4\pi^2\frac{L}{T^2}$ ⓓ

03. $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$; এখানে T → দোলনকাল, l = সুতার দৈর্ঘ্য, g = মাধ্যাকর্ষণজনিত ত্বরণ। উদ্দীপকের দোলনকাল T কখন বেশি হবে? [রা. বো.'২২]

(i) পেন্ডুলামের ভর বৃদ্ধি পেলে

(ii) সুতার দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি পেলে

(iii) g এর মান কমলে

নিচের কোনটি সঠিক?

(a) i, ii (b) ii, iii (c) i, iii (d) i, ii, iii ⓑ

সমাধান: $T \propto \sqrt{l}$ এবং $T \propto \frac{1}{\sqrt{g}}$

04. তরঙ্গের কোনো কণার পর্যায়কাল বেশি হলে কী ঘটবে? [ম. বো.'২২; কু. বো.'২০]

(a) কম্পাঙ্ক কমে যাবে (b) কম্পাঙ্ক বেড়ে যাবে

(c) কম্পাঙ্ক থেমে যাবে (d) কম্পাঙ্ক সমান থাকবে ⓐ

05. স্পন্দনরত কণার গতির সামগ্রিক অবস্থাকে কী বলে? [চ.বো.'১৯]

(a) দশা (b) বিস্তার
(c) পর্যায়কাল (d) কম্পাঙ্ক ⓐ

বোর্ড সৃজনশীল প্রশ্ন ও সমাধান

➲ জ্ঞানমূলক প্রশ্ন:

06. বিস্তার কাকে বলে? [সি. বো., দি. বো.'২৩, ঢা. বো.'২২; সকল বোর্ড'১৮, কু. বো., ব. বো.'১৭]

উত্তর: সরল ছন্দিত স্পন্দনে সাম্যাবস্থা থেকে একদিকে বস্তুকণার সর্বোচ্চ সরণকে বিস্তার বলে।

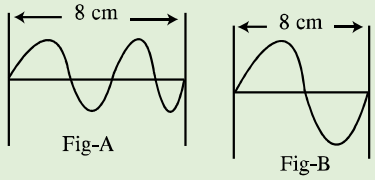
07. পর্যায়কাল কাকে বলে? [ঢা. বো.'১৯]

উত্তর: সরল ছন্দিত স্পন্দনে গতিশীল বস্তুকণার সম্পূর্ণ একটি স্পন্দন সম্পন্ন করতে যে সময় লাগে তাকে পর্যায়কাল বলে। পর্যায়কালকে T দ্বারা প্রকাশ করা হয়। পর্যায়কালের একক সেকেন্ড (s)।

➲ প্রয়োগ ও উচ্চতর দক্ষতামূলক প্রশ্ন:

08. দৃশ্যকল্প-১: একটি সরল দোলক, P এর সুতার দৈর্ঘ্য 99 cm। দোলকটিকে $9.8\ ms^{-2}$ অভিকর্ষজ ত্বরণ সম্পন্ন স্থানে দুলতে দেয়া হলো।

দৃশ্যকল্প-২: কোনো মাধ্যমে সঞ্চালিত দুটি উৎস কর্তৃক সৃষ্ট তরঙ্গ নিচে আলোকপাত করা হলো: [ঢা. বো.'২৩]



(গ) দৃশ্যকল্প-১ এর P এর দোলনকাল নির্ণয় কর। ৩

(গ) উত্তর: এখানে, সুতার দৈর্ঘ্য = কার্যকরী দৈর্ঘ্য,
$L = 99\ cm = 0.99\ m$ [∴ এখানে ববের ব্যাসার্ধ দেয়া নাই, তাই সুতার দৈর্ঘ্যই কার্যকারী দৈর্ঘ্য বলে বিবেচিত হবে। ধরে নেওয়া যায় ববটি বিন্দু বস্তু] অভিকর্ষজ ত্বরণ,
$g = 9.8\ ms^{-2}$; দোলনকাল, T =?
দৃশ্যকল্প-১ হতে, দোলনকাল,

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$$

$$= 2 \times 3.1416\sqrt{\frac{0.99}{9.8}} = 1.997\ s\ \textbf{(Ans.)}$$

7.2 তরঙ্গ

মনে করো, তুমি একটি দড়ির একপ্রান্ত খুটিতে বেঁধে অপর প্রান্ত ধরে ক্রমাগত উপর নিচ করছো। নিশ্চয়ই তুমি চিত্রের মতো অবস্থা দেখতে পাবে। দড়িতে তরঙ্গ তৈরি করার জন্য ক্রমাগতভাবে তোমাকে এক প্রান্ত ধরে উপর নিচে করতে হয়েছে। কোনো ঘটনা বারবার ঘটাকে পর্যায়বৃত্ততা বলে। তাহলে, এই ক্রমাগত উঠানামাকে আমরা পর্যায়ক্রমিক আন্দোলন বলতে পারি।

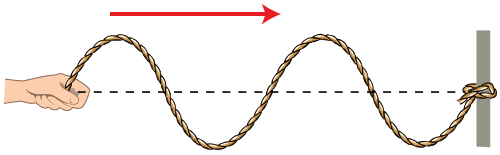


Fig 7.08

আবার, যে ঢেউগুলো তৈরি হচ্ছে এবং সামনে এগিয়ে যাচ্ছে, এই সামনে এগিয়ে যাওয়ার জন্য নিশ্চয়ই শক্তি প্রয়োজন। দড়িতে এই শক্তি সরবরাহ করছ তুমি। তুমি হাত দিয়ে যে শক্তি প্রয়োগ করছো, তা এই দড়িতে ঢেউ তৈরি করতে করতে সামনে এগিয়ে যাচ্ছে। তাহলে আমরা বলতে পারি, তরঙ্গের মাধ্যমে আসলে শক্তির স্থানান্তর হয়।
একটু চিন্তা করে বলো তো, ঢেউগুলো সামনে এগিয়ে গেলেও, দড়িটা কি সামনে এগিয়ে যায়?

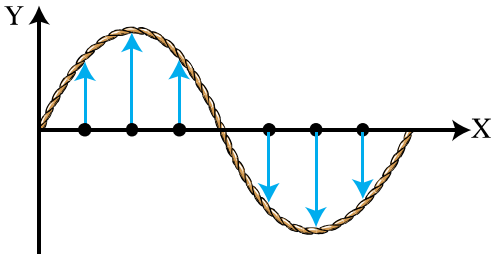


Fig 7.09

না, তা হয় না। দড়ির প্রতিটি কণা শুধু উপর নিচ হতে থাকে, হতে হতেই উৎপন্ন ঢেউগুলো সামনে এগিয়ে যায়। তাহলে, এই যে বৈশিষ্ট্যগুলো আমরা দেখলাম, সামগ্রিকভাবে আমরা এই বৈশিষ্ট্যগুলোকেই একত্রে তরঙ্গ বলি।
তুমি যদি শুধু একবার দড়ি ধরে উপর-নিচ করো, তাহলে কেবলমাত্র একটি ঢেউ সৃষ্টি হবে। একে বলা হয় একক আন্দোলনে সৃষ্ট তরঙ্গ। আর ক্রমাগত উপর-নিচ করতে থাকলে ঢেউ সৃষ্টি হতেই থাকবে এবং সামনে আগাতে থাকবে। একে বলা হয় তরঙ্গদল। সাধারণত তরঙ্গ বলতে এরূপ পর্যাবৃত্ত তরঙ্গদলকেই বুঝায়।
অর্থাৎ, যে পর্যায়বৃত্ত আলোড়নের মাধ্যমে কণাগুলোর পর্যাবৃত্ত কম্পনের সাহায্যে মাধ্যমের মধ্য দিয়ে অগ্রসর হয়ে একস্থান থেকে অন্যস্থানে শক্তি সঞ্চালিত করে, কিন্তু মাধ্যমের কণাগুলোকে স্থায়ীভাবে করে না, তাই হলো তরঙ্গ।

সংজ্ঞা

তরঙ্গ: কোনো একটি রাশির মানের বিচ্যুতি বা আন্দোলন যদি সময়ের সাথে স্থানান্তরিত হয়, তবে সেই বিচ্যুতি বা আন্দোলনকে বলা হয় তরঙ্গ।
তরঙ্গদল: পরপর আন্দোলনের পুনরাবৃত্তিতে সৃষ্ট তরঙ্গকে তরঙ্গদল বলে।

➲ গুরুত্বপূর্ণ তথ্যাবলি:

➢ **তরঙ্গের বাস্তব কিছু উদাহরণ:**
- স্থির পানিতে ঢিল ছুঁড়লে পানিস্তরের উত্থান-পতন তৈরি হওয়া পানির তরঙ্গ।
- ঘরে জ্বালানো বাতি থেকে আলো ছড়িয়ে পড়া আলোক তরঙ্গ।
- টানটান করে রাখা দড়ির মাঝে আড়াআড়িভাবে ঝাঁকুনি দিলে তৈরি হওয়া তরঙ্গ।

➢ তরঙ্গ একস্থান থেকে অন্যস্থানে শক্তি সঞ্চালন করে।
➢ তরঙ্গ যখন একটি মাধ্যমের মধ্য দিয়ে সঞ্চালিত হয়, তখন মাধ্যমের প্রতিটি কণা সরল ছন্দিত গতিতে আন্দোলিত হয়।
➢ সরল ছন্দিত গতির মাঝে তরঙ্গ নেই, কিন্তু তরঙ্গের উপরস্থিত প্রত্যেকটি কণার গতি সরল ছন্দিত গতি।
➢ এখন পর্যন্ত আলোচিত তরঙ্গ সঞ্চালনের জন্য মাধ্যমের প্রয়োজন হয়। এই ধরনের তরঙ্গের নাম যান্ত্রিক তরঙ্গ।
➢ এমনও তরঙ্গ রয়েছে যা সঞ্চালনের জন্য মাধ্যমের প্রয়োজন হয় না। যেমন: বিদ্যুৎচুম্বকীয় বা তড়িৎচুম্বকীয় তরঙ্গ।
➢ আলোর তরঙ্গ, গামা রশ্মি, মাইক্রোওয়েভ ইত্যাদি তড়িৎচুম্বকীয় তরঙ্গ।

সংজ্ঞা

যান্ত্রিক তরঙ্গ: যেসব তরঙ্গ প্রবাহের জন্য বায়বীয়, তরল বা কঠিন কোনো মাধ্যমের প্রয়োজন হয়, তাদের যান্ত্রিক তরঙ্গ বলে।
বিদ্যুৎচুম্বকীয়/তড়িৎচুম্বকীয় তরঙ্গ: যে তরঙ্গে বৈদ্যুতিক ক্ষেত্র ও চৌম্বকক্ষেত্রের পর্যাবৃত্ত আন্দোলন স্থানান্তরিত হয়, তাকে বিদ্যুৎচুম্বকীয়/তড়িৎচুম্বকীয় তরঙ্গ বলে। তড়িৎচুম্বকীয় তরঙ্গ মাধ্যম ছাড়াই সঞ্চালিত হয়।

7.2.1 তরঙ্গের বৈশিষ্ট্য

➢ যান্ত্রিক তরঙ্গের জন্য মাধ্যম প্রয়োজন। শব্দ একটি যান্ত্রিক তরঙ্গ। এক্ষেত্রে বাতাস হলো মাধ্যম।
➢ তরঙ্গ সঞ্চালনের সময় মাধ্যমের কণাগুলো নিজ অবস্থানে থেকে স্পন্দিত হয়, কিন্তু কণাগুলো তরঙ্গের প্রবাহের দিকে সরে যায় না।
➢ তরঙ্গের মাধ্যমে শক্তি প্রবাহিত হয়। গাণিতিকভাবে, তরঙ্গের শক্তি এর বিস্তারের বর্গের সমানুপাতিক। বিস্তার দ্বিগুণ বা তিনগুণ হলে শক্তি যথাক্রমে 2^2 = চারগুণ ও 3^2 = নয়গুণ হয়।
➢ তরঙ্গের একটি বেগ থাকে, যা মাধ্যমের প্রকৃতির উপর নির্ভর করে। বাতাসে ও পানিতে শব্দের বেগ যথাক্রমে $330\ ms^{-1}$ ও $1493\ ms^{-1}$।
➢ তরঙ্গের প্রতিফলন এবং প্রতিসরণ হয়।
➢ তরঙ্গের অন্যতম গুরুত্বপূর্ণ বৈশিষ্ট্য হলো তরঙ্গের উপরিপাতন।

সংজ্ঞা

তরঙ্গের প্রতিফলন: এক মাধ্যম থেকে অন্য মাধ্যমে যাবার সময় তরঙ্গের খানিকটা বা সবটা প্রথম মাধ্যমে ফিরে আসার ঘটনাকে প্রতিফলন বলে।
তরঙ্গের প্রতিসরণ: এক মাধ্যম থেকে অন্য মাধ্যমে তরঙ্গের প্রবেশ করার ঘটনাকে প্রতিসরণ বলে।
তরঙ্গের উপরিপাতন: একাধিক তরঙ্গ একে অপরের উপর আপতিত হলে, সেই ঘটনাকে তরঙ্গের উপরিপাতন বলে।

➢ উপরিপাতনের ফলে দুইটি তরঙ্গ যোগ হয়ে লব্ধি তরঙ্গ সৃষ্টি হয়। দুইটি তরঙ্গ উপরিপাতিত হলে, একটি তরঙ্গ অপর তরঙ্গটির বিস্তার বাড়িয়ে দিতে পারে, আবার একটি অপরটিকে ধ্বংস করে দিতে পারে।

Exclusive

উপরিপাতন দুই ধরনের হয়।

(i) যখন দুটি তরঙ্গ সমদশায় মিলিত হয়, তখন লব্ধি হিসেবে আরও বড় বিস্তারের তরঙ্গ তৈরি হয় **(Fig: 7.10)** (দশা সম্পর্কে পরে আলোচনা করা হয়েছে)। সমদশা বলতে বুঝানো হয়েছে, আপতিত প্রথম তরঙ্গের মান যখন ধনাত্মক, দ্বিতীয় তরঙ্গের মানও তখন ধনাত্মক। আবার, আপতিত প্রথম তরঙ্গের মান যখন ঋণাত্মক, দ্বিতীয় তরঙ্গের মানও তখন ঋণাত্মক।

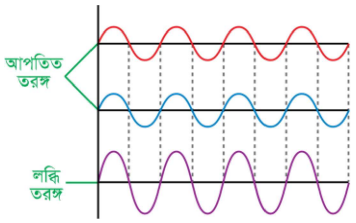


Fig 7.10

(ii) যখন দুটি তরঙ্গ বিপরীত দশায় মিলিত হয়, তখন লব্ধি হিসেবে কম বিস্তারের (বা কখনো শূন্য বিস্তার) তরঙ্গ তৈরি হয় **(Fig: 7.11)**। বিপরীত দশা বলতে বুঝানো হয়েছে, আপতিত প্রথম তরঙ্গের মান যখন ধনাত্মক, দ্বিতীয় তরঙ্গের মান তখন ঋণাত্মক। আবার, আপতিত প্রথম তরঙ্গের মান যখন ঋণাত্মক, দ্বিতীয় তরঙ্গের মান তখন ধ নাত্মক।

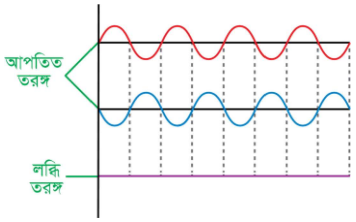


Fig 7.11

7.2.2 তরঙ্গের প্রকারভেদ

- মাধ্যমের কণার সংকোচন-প্রসারণ এর মাধ্যমে যেমন তরঙ্গ সঞ্চালিত হতে পারে আবার মাধ্যমের কণার উপর নিচে আন্দোলনের মাধ্যমেও সঞ্চালিত হতে পারে।
- মাধ্যমের কণার আন্দোলনের প্রকৃতি অনুসারে তরঙ্গ দুই প্রকার। যথা: **(i)** অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গ, **(ii)** অনুপ্রস্থ তরঙ্গ

জেনে রাখো

➲ **তরঙ্গের প্রকারভেদ:**

- **অনুদৈর্ঘ্য বা লম্বিক তরঙ্গ:**

যে তরঙ্গ মাধ্যমের কণাগুলোর কম্পনের বা সংকোচন-প্রসারণের দিকের সাথে সমান্তরালে অগ্রসর হয়, অর্থাৎ তরঙ্গের বেগ ও মাধ্যমের কম্পনের দিক একই, তাকে অনুদৈর্ঘ্য বা লম্বিক তরঙ্গ বলে। চিত্রে স্প্রিং এর মধ্যে অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গ দেখানো হলো। একটি সংকোচন ও একটি প্রসারণ নিয়ে এর একটি তরঙ্গদৈর্ঘ্য গঠিত হয়।

Fig 7.12

- **অনুপ্রস্থ তরঙ্গ বা আড় তরঙ্গ:**

যে তরঙ্গ মাধ্যমের কণাগুলোর কম্পনের বা ওঠানামার দিকের সাথে লম্বভাবে বা সমকোণে অগ্রসর হয়, অর্থাৎ মাধ্যমের কম্পনের দিক তরঙ্গের বেগের সাথে লম্ব, সেই তরঙ্গকে অনুপ্রস্থ বা আড় তরঙ্গ বলে। এখানে, একটি তরঙ্গচূড়া ও একটি তরঙ্গখাঁজ বা তরঙ্গপাদ নিয়ে একটি তরঙ্গদৈর্ঘ্য গঠিত হয়। আবার, পরপর দুইটি তরঙ্গচূড়া বা দুইটি তরঙ্গখাঁজের মধ্যবর্তী দূরত্বকেও তরঙ্গদৈর্ঘ্য বলা হয়। তরঙ্গচূড়া বলতে তরঙ্গের সবচেয়ে উঁচু অবস্থান বা চূড়াকে বোঝায়, যা তোমরা

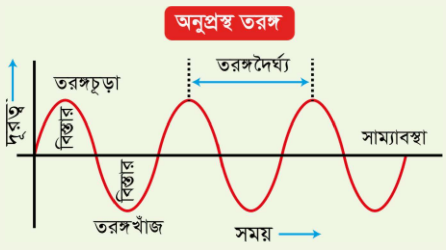


Fig 7.13

Fig 7.13 তে দেখতে পাচ্ছো। আর তরঙ্গখাঁজ বা তরঙ্গপাদ বলতে তরঙ্গের সবচেয়ে নিচু অবস্থানকে বোঝায়।

- অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গের উদাহরণ: শব্দ, স্প্রিংয়ের তরঙ্গ ইত্যাদি।
- অনুপ্রস্থ তরঙ্গের উদাহরণ: পানির তরঙ্গ, টানা তারের তরঙ্গ, আলো, তড়িৎচুম্বকীয় তরঙ্গ ইত্যাদি।