প্যারালাল TEXT

(For HSC & Pre-Admission)

পদার্থবিজ্ঞান প্রথম পত্র

অধ্যায়-০৮: পর্যাবৃত্ত গতি

সার্বিক ব্যবস্থাপনায়
উদ্ভাস ফিজিক্স টিম

প্রচ্ছদ
মোঃ রাকিব হোসেন

অক্ষর বিন্যাস
জায়েদ, হৃদয় ও শাওন

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
প্রথম প্রকাশ: জানুয়ারি, ২০২৩ ইং
সর্বশেষ সংস্করণ: অক্টোবর, ২০২৩ ইং

অনলাইন পরিবেশক
rokomari.com

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।

প্রিয় শিক্ষার্থী বন্ধুরা,

তোমরা শিক্ষা জীবনের একটি গুরুত্বপূর্ণ ধাপে পদার্পণ করেছো। মাধ্যমিকের পড়াশুনা থেকে উচ্চ মাধ্যমিকের পড়াশুনার ধাঁচ ভিন্ন এবং ব্যাপক। মাধ্যমিক পর্যন্ত যেখানে 'বোর্ড বই'-ই ছিল সব, সেখানে উচ্চ-মাধ্যমিকে বিষয়ভিত্তিক নির্দিষ্ট কোন বই নেই। কিন্তু বাজারে বোর্ড অনুমোদিত বিভিন্ন লেখকের অনেক বই পাওয়া যায়। একারণেই শিক্ষার্থীরা পাঠ্যবই বাছাইয়ের ক্ষেত্রে দ্বিধায় ভোগে। এছাড়া, মাধ্যমিকের তুলনায় উচ্চ-মাধ্যমিকে সিলেবাস বিশাল হওয়া সত্ত্বেও প্রস্তুতির জন্য খুবই কম সময় পাওয়া যায়। জীবনের অন্যতম গুরুত্বপূর্ণ এই ধাপের শুরুতেই দ্বিধা-দ্বন্দ্ব থেকে মুক্তি দিতে আমাদের এই Parallel Text। উচ্চ মাধ্যমিক পর্যায়ে শিক্ষার্থীদের হতাশার একটি মুখ্য কারণ থাকে পাঠ্যবইয়ের তাত্ত্বিক আলোচনা বুঝতে না পারা। এজন্য শিক্ষার্থীদের মাঝে বুঝে বুঝে পড়ার প্রতি অনীহা তৈরি হয়। তারই ফলস্বরূপ শিক্ষার্থীরা HSC ও বিশ্ববিদ্যালয় ভর্তি পরীক্ষায় ভালো ফলাফল করতে ব্যর্থ হয়।

তোমাদের লেখাপড়াকে আরও সহজ ও প্রাণবন্ত করে তোলার বিষয়টি মাথায় রেখে আমাদের Parallel Text বইগুলো সাজানো হয়েছে সহজ-সাবলীল ভাষায়, অসংখ্য বাস্তব উদাহরণ, গল্প, কার্টুন আর চিত্র দিয়ে। প্রতিটি টপিক নিয়ে আলোচনার পরেই রয়েছে গাণিতিক উদাহরণ; যা টপিকের বাস্তব প্রয়োগ এবং গাণিতিক সমস্যা সমাধান সম্পর্কে ধারণা দেয়ার পাশাপাশি পরবর্তী টপিকগুলো বুঝতেও সাহায্য করবে। তোমাদের বোঝার সুবিধার জন্য গুরুত্বপূর্ণ সংজ্ঞা, বৈশিষ্ট্য, পার্থক্য ইত্যাদি নির্দেশকের মাধ্যমে আলাদা করা হয়েছে। এছাড়াও যেসব বিষয়ে সাধারণত ভুল হয়, সেসব বিষয় 'সতর্কতা' এর মাধ্যমে দেখানো হয়েছে।

তবে শুধু বুঝতে পারাটাই কিন্তু যথেষ্ট নয়, তার পাশাপাশি দরকার পর্যাপ্ত অনুশীলন। আর এই বিষয়টি আরও সহজ করতে প্রতিটি অধ্যায়ের কয়েকটি টপিক শেষে যুক্ত করা হয়েছে 'টপিকভিত্তিক বিগত বছরের প্রশ্ন ও সমাধান'। যার মধ্যে রয়েছে বিগত বোর্ড পরীক্ষার প্রশ্নের পাশাপাশি বুয়েট, রুয়েট, কুয়েট, চুয়েট, মেডিকেল ও ঢাকা বিশ্ববিদ্যালয়সহ বিভিন্ন বিশ্ববিদ্যালয়ের ভর্তি পরীক্ষার প্রশ্ন ও সমাধান। এভাবে ধাপে ধাপে অনুশীলন করার ফলে তোমরা বোর্ড পরীক্ষার শতভাগ প্রস্তুতির পাশাপাশি ভর্তি পরীক্ষার প্রস্তুতিও নিতে পারবে এখন থেকেই। এছাড়াও অধ্যায় শেষে রয়েছে 'গুরুত্বপূর্ণ প্র্যাক্টিস প্রবলেম' ও 'গাণিতিক সমস্যাবলি' যা অনুশীলনের মাধ্যমে তোমাদের প্রস্তুতি পূর্ণাঙ্গ হবে।

আশা করছি, আমাদের এই Parallel Text একই সাথে উচ্চ মাধ্যমিকে তোমাদের বেসিক গঠনে সহায়তা করে HSC পরীক্ষায় A+ নিশ্চিত করবে এবং ভবিষ্যতে বিশ্ববিদ্যালয় ভর্তি যুদ্ধের জন্য প্রস্তুত রাখবে।

তোমাদের সার্বিক সাফল্য ও উজ্জ্বল ভবিষ্যত কামনায়-

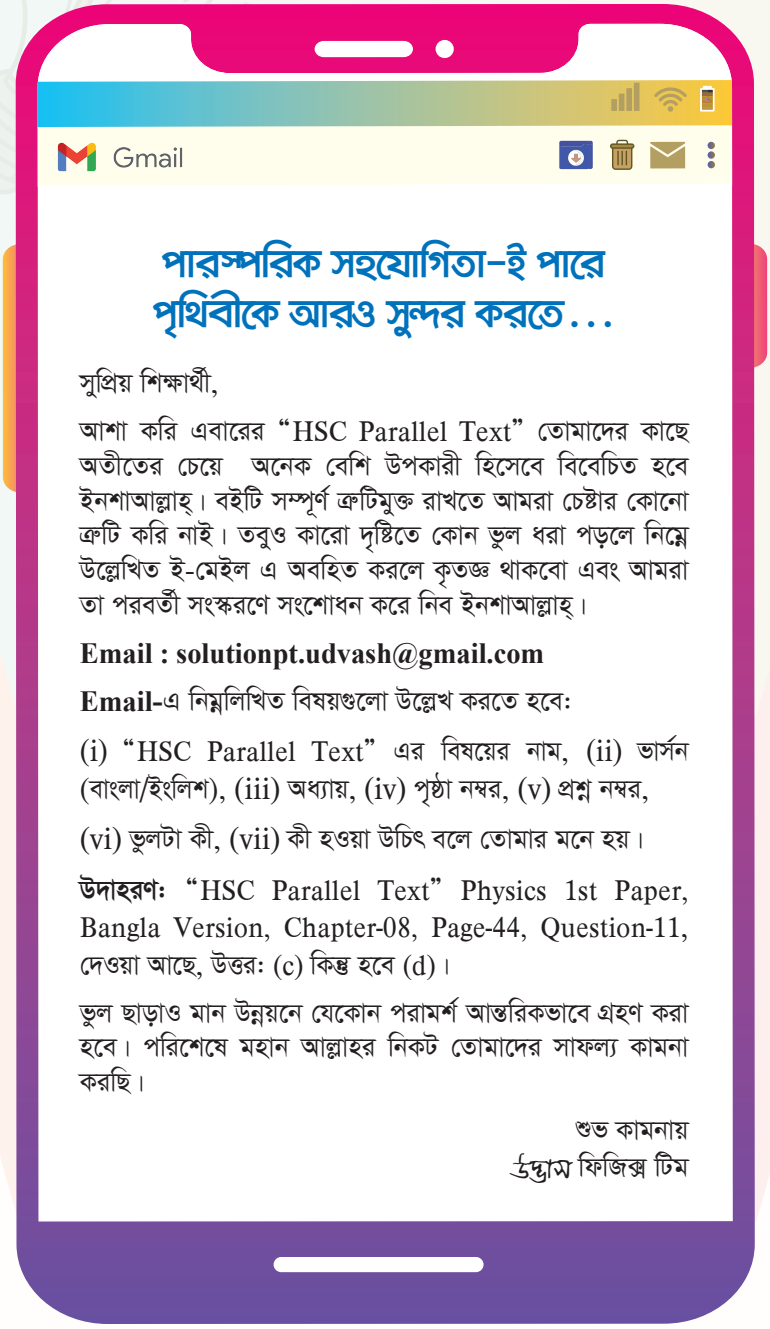
উদ্ভাস ফিজিক্স টিম

সূচিপত্র

পদার্থবিজ্ঞান প্রথম পত্র

অধ্যায়-০৮: পর্যাবৃত্ত গতি

ক্র.নং	বিষয়বস্তু	পৃষ্ঠা
০১	পর্যাবৃত্তি	০১
০২	স্পন্দন গতি	০৩
০৩	সরল ছন্দিত স্পন্দন গতি	০৪
০৪	সরল ছন্দিত স্পন্দন গতির অন্তরক সমীকরণ	০৮
০৫	**টপিক ভিত্তিক বিগত বছরের প্রশ্ন ও সমাধান**	১৫
০৬	সরল ছন্দিত স্পন্দন গতির সরণ, বেগ ও ত্বরণের সম্পর্ক	১৯
০৭	সরল ছন্দিত স্পন্দন গতির লেখচিত্র	২৩
০৮	সরল ছন্দিত গতির সাথে বৃত্তাকার গতির সম্পর্ক	২৫
০৯	**টপিক ভিত্তিক বিগত বছরের প্রশ্ন ও সমাধান**	২৮
১০	সরল ছন্দিত স্পন্দনের সাথে সংশ্লিষ্ট বস্তুর শক্তি	৩৪
১১	সরল ছন্দিত স্পন্দন গতির প্রয়োগ	৩৮
১২	**টপিক ভিত্তিক বিগত বছরের প্রশ্ন ও সমাধান**	৪৩
১৩	সরল দোলকের গতি	৫০
১৪	সরল দোলকের দোলনকালের সূত্রের খণ্ডায়ন	৫২
১৫	সরল দোলকের ব্যবহার	৫৩
১৬	**টপিক ভিত্তিক বিগত বছরের প্রশ্ন ও সমাধান**	৫৭
১৭	একত্রে সব গুরুত্বপূর্ণ সূত্র	৬৭
১৮	**গুরুত্বপূর্ণ প্র্যাক্‌টিস প্রবলেম**	৬৮
১৯	গাণিতিক সমস্যাবলি	৭৫



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

সুপ্রিয় শিক্ষার্থী,

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

Email : solutionpt.udvash@gmail.com

Email-এ নিম্নলিখিত বিষয়গুলো উল্লেখ করতে হবে:

(i) "HSC Parallel Text" এর বিষয়ের নাম, (ii) ভার্সন (বাংলা/ইংলিশ), (iii) অধ্যায়, (iv) পৃষ্ঠা নম্বর, (v) প্রশ্ন নম্বর,

(vi) ভুলটা কী, (vii) কী হওয়া উচিৎ বলে তোমার মনে হয়।

উদাহরণ: "HSC Parallel Text" Physics 1st Paper, Bangla Version, Chapter-08, Page-44, Question-11, দেওয়া আছে, উত্তর: (c) কিন্তু হবে (d)।

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

শুভ কামনায়
উদ্ভাস ফিজিক্স টিম

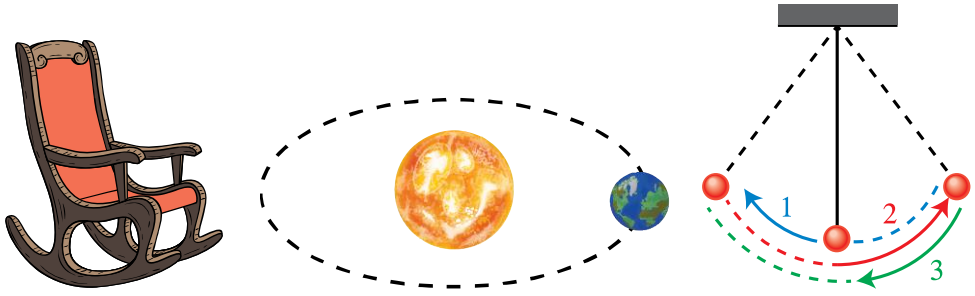
অধ্যায় ০৮

পর্যাবৃত্ত গতি

শামীম আর তার ছোট বোন শ্রাবণী পার্কে খেলছিলো। শ্রাবণী দোলনায় বসে ছিল, আর শামীম দোল দিচ্ছিলো। দোলনাটি সামনে পেছনে দুলছিলো। এভাবে দোলনা আপনা-আপনিই সামনে পেছনে গতিশীল থাকতে পারে, এমন গতি নিয়ে শামীম বেশ আগ্রহ বোধ করলো। গতিবিদ্যার জ্ঞান থেকে সে জানে এই ধরনের গতিকে পর্যাবৃত্ত গতি বলে। শামীম এবার দোলনার দোলনের সময় মাপার চেষ্টা করলো। সে একটু জোরে দোল দেওয়ার চেষ্টা করলো। খেয়াল করে দেখলো, জোরে দোল দেওয়া হোক বা আস্তে, দোলনাটি প্রায় একই সময়ে ওর কাছে ফেরত আসছে। এই ব্যাপারটি শামীমকে বেশ কৌতূহলী করে তুললো! শিক্ষার্থী বন্ধুরা, তোমাদেরও কি এই গতির ব্যাপারে কৌতূহল হচ্ছে? এই অধ্যায়ে আমরা পর্যাবৃত্ত গতির বিভিন্ন বৈশিষ্ট্য ও ধর্ম নিয়ে আলোচনা করবো। পর্যাবৃত্ত গতির জগতে তোমাদের স্বাগতম!

পর্যাবৃত্তি

পদার্থবিজ্ঞানে আমরা আমাদের চারপাশে থাকা বিভিন্ন বস্তুর গতি নিয়ে পর্যালোচনা করেছি, গতির কারণ হিসেবে বল নিয়ে আলোচনা করেছি, দুটি বস্তুর মধ্যে ক্রিয়াশীল বল নিয়ে আমরা জেনেছি। পদার্থবিজ্ঞানের যাত্রার এ পর্যায়ে আমরা বিশেষ এক প্রকার গতি সম্পর্কে জানবো।



(a) (b) (c)

Fig 8.01

আমাদের চারপাশে বিভিন্ন প্রকারের বস্তু বিভিন্ন ধরনের গতিতে চলমান। আমাদের এ পর্যন্ত অর্জিত জ্ঞান দিয়ে আমরা অনেক ধরনের গতিই ব্যাখ্যা করতে পারি। মনে করো তোমার সামনে একটি রকিং চেয়ার আছে, চেয়ারটি সামনে-পিছনে দুলছে **Fig 8.01 (a)** বা সূর্যের চারদিকে পৃথিবীর ঘূর্ণন **Fig 8.01 (b)** বিবেচনা করি, এই দুই ধরনের গতির ক্ষেত্রে একটি বিশেষ বৈশিষ্ট্য আছে। তোমরা কি ধরতে পারছো বৈশিষ্ট্যটি কি?

দুই ক্ষেত্রেই, যে বস্তুটি গতিশীল সে তার গতিপথের একটি বিন্দুকে বারবার অতিক্রম করছে। প্রতিক্ষেত্রে বস্তুটি একই সময় পরপর আবার আগের জায়গায় ফিরে আসে। এক্ষেত্রে শুধু আগের জায়গায় ফিরে আসলেই হয় না বরং একই দিক দিয়ে ফিরে আসতে হয়। তখনই কেবল একটি পর্যায় পূর্ণ হয়। যেমন **Fig 8.01(c)** তে একটি পেন্ডুলাম তার যাত্রাপথের মাঝের বিন্দু থেকে বাম দিকে গিয়ে আবার ফেরত আসার সময় ডান দিকে আসে। এক্ষেত্রে মাঝের বিন্দুতে ফেরত আসলেও দিক উল্টো হওয়ায় তখন একটি পর্যায় পূর্ণ হয়েছে এমনটি বলা যাবে না। বরং আবার বাম দিক দিয়ে মাঝের বিন্দুতে ফেরত আসলে তখনই কেবল পর্যায় পূর্ণ হবে। এই ধরনের গতিকে বলা হয় পর্যাবৃত্ত গতি বা পর্যাবৃত্তি।

সূর্যের চারপাশে পৃথিবীর ঘোরা, প্রতি বছর 10 নভেম্বর বিজ্ঞান দিবস পালন করা, ঘড়ির কাঁটা নির্দিষ্ট সময় পরপর একটি নির্দিষ্ট দাগ অতিক্রম করা, ফ্যানের পাখার গতি কিংবা সেলাই মেশিনের সুঁইয়ের গতি-এসব ঘটনার মধ্যেও একটা সাদৃশ্য রয়েছে আর তা হল 'পুনরাবৃত্তি'; যাকে আমরা পদার্থবিজ্ঞানের ভাষায় 'পর্যাবৃত্তি' বলি। আর যে সময় পরপর এই পুনরাবৃত্তি ঘটে তাকে ঐ গতির পর্যায়কাল বলে। যেমন: পৃথিবী সূর্যের চারিদিকে 365 দিনে ঘুরে আসে, তোমার ঘড়ির মিনিটের কাঁটা 1 ঘণ্টা পর পর ঘুরে আসে । এই 365 দিন ও 1 ঘণ্টা হলো যথাক্রমে পৃথিবীর বার্ষিক গতি ও ঘড়ির মিনিটের কাঁটার পর্যায়কাল।

পর্যাবৃত্ত গতি: কোনো গতিশীল কণার গতি যদি এমন হয় যে, এটি তার গতিপথে কোনো নির্দিষ্ট বিন্দুকে নির্দিষ্ট সময় পর পর একই দিক থেকে অতিক্রম করে, তাহলে সেই গতিকে পর্যাবৃত্ত গতি বলে।
পর্যায়কাল: যে নির্দিষ্ট সময় পর পর কোনো পর্যাবৃত্ত গতির পুনরাবৃত্তি হয় তাকে ঐ গতির পর্যায়কাল বলে।

পর্যাবৃত্তি বা পর্যাবৃত্ত গতির ঘটনা দুইভাবে ঘটতে পারে- "স্থানিক পর্যাবৃত্তি" ও "কালিক পর্যাবৃত্তি।" চলো আমরা এই দুই প্রকার পর্যাবৃত্তি সম্পর্কে জানার চেষ্টা করি।

স্থানিক পর্যাবৃত্তি

ধরা যাক, একটি রাস্তার ধারে ঠিক 5m পরপর গাছ লাগানো রয়েছে **(Fig 8.02)** আর তুমি এই রাস্তা ধরে হেঁটে যাচ্ছো। এই রাস্তা দিয়ে যাওয়ার সময় প্রতি 5m পরপর তুমি একই প্যাটার্নের পুনরাবৃত্তি দেখতে পাবে। নির্দিষ্ট দূরত্ব পরপর যেকোনো ঘটনার পুনরাবৃত্তিই হচ্ছে স্থানিক পর্যাবৃত্তি।

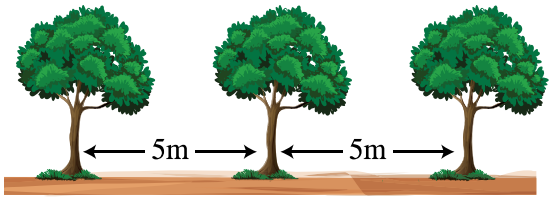


Fig 8.02

স্থানিক পর্যাবৃত্তি: কোনো ঘটনা বা বিন্যাসের যদি নির্দিষ্ট দূরত্ব পরপর নিয়মিতভাবে পুনরাবৃত্তি ঘটে তাহলে তাকে স্থানিক পর্যবৃত্তি বলে।

স্থানিক পর্যাবৃত্তি হচ্ছে মূলত স্থানের পর্যাবৃত্তি। রাস্তার উপর নির্দিষ্ট দূরত্ব পরপর দেয়া দাগ, কঠিন পদার্থের কেলাসের অণু, পদ্মা সেতুতে 150m পরপর থাকা পিলার-এসবই স্থানিক পর্যাবৃত্তির উদাহরণ।

কালিক পর্যাবৃত্তি

পর্যাবৃত্তির ঘটনা যদি স্থানের সাপেক্ষে না ঘটে সময়ের সাপেক্ষে ঘটে, তবে তাকে কালিক পর্যাবৃত্তি বলে। ঘড়ির কাঁটার কথা যদি আমরা বিবেচনা করি, এটি নির্দিষ্ট সময় পর পর একই সময় দেখাচ্ছে। ঘড়ির ঘণ্টার কাঁটা যদি 1 দাগে থাকে, তাহলে দেখা যাবে বারো ঘণ্টা পর কাঁটাটি আবার 1 দাগেই চলে এসেছে। অর্থাৎ, নির্দিষ্ট সময় পর পর ঘড়ির কাঁটা একই সময় দেখাচ্ছে। এই ঘটনাই হচ্ছে কালিক পর্যাবৃত্তি। এক্ষেত্রে, সময়ের সাপেক্ষে বিভিন্ন রাশির পুনরাবৃত্তি হয়। 365 দিন পর পৃথিবীর সূর্যের চারিদিকে ঘুরে আসা, নির্দিষ্ট কৌণিক বেগে ঘুরতে থাকা ফ্যান, পেন্ডুলামের দোলন-এসবই কালিক পর্যাবৃত্তির উদাহরণ।

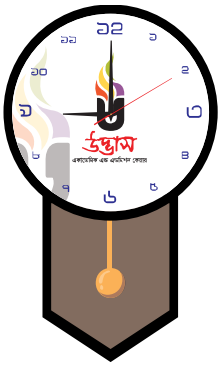


Fig 8.03

কালিক পর্যাবৃত্তি: কোনো রাশির মান বা ফাংশনের মান যদি এমন হয় যে, এটি নির্দিষ্ট সময় পর পর একই মান প্রাপ্ত হয়, তাকে কালিক পর্যাবৃত্তি বলে।

পর্যাবৃত্ত গতির বৈশিষ্ট্য

আমরা বিভিন্ন ধরনের পর্যাবৃত্ত গতি সম্পর্কে ধারণা লাভ করলাম। পর্যাবৃত্ত গতি সম্পর্কে ধারণা লাভ করতে গিয়ে আমরা বেশ কিছু বৈশিষ্ট্য সম্পর্কে জেনেছি। সেগুলো হলো-

(i) পর্যাবৃত্ত গতিতে থাকা বস্তু গতিপথের কোনো নির্দিষ্ট বিন্দুকে বারবার অতিক্রম করে।

(ii) নির্দিষ্ট বিন্দুকে একই দিক দিয়ে একই সময় পর পর অতিক্রম করে।

(iii) পর্যাবৃত্ত গতির গতিপথ কোনো নির্দিষ্ট আকৃতিবিশিষ্ট হওয়া আবশ্যক নয়। এক্ষেত্রে যেকোনো ধরনের আকৃতিবিশিষ্ট গতিপথ হতে পারে। যেমন: বৃত্তাকার, সরলরৈখিক, ত্রিভুজাকার বা যেকোনো অনিয়ত আকৃতিবিশিষ্ট।

স্পন্দন গতি

পর্যাবৃত্ত গতি সম্পর্কে আমরা জেনেছি, নির্দিষ্ট একটি বিন্দুকে একই দিক থেকে এবং একই সময় পর পর অতিক্রম করলেই সেটি পর্যাবৃত্ত গতি। পর্যাবৃত্ত গতির বিভিন্ন ধরনের উদাহরণ আমরা দেখেছি। ঘড়ির কাঁটার গতি, সূর্যের চারদিকে পৃথিবীর গতি, স্প্রিংয়ের সাথে যুক্ত একটি বস্তুর গতি, ইত্যাদি সবই পর্যাবৃত্ত গতি।

কিন্তু সবগুলোর গতির গতিপথ কিন্তু এক রকম নয়। সূর্যের চারপাশে পৃথিবীর গতির কথা যদি চিন্তা করি, সেটি কিন্তু সবসময় একই দিক বরাবর ঘুরছে। কিন্তু, পেন্ডুলামের গতির কথা যদি বিবেচনা করি **(Fig 8.04)**, তাহলে দেখবো, গতির অর্ধেক সময় পেন্ডুলাম এক দিকে থাকে, বাকি অর্ধেক সময় তার উল্টোদিকে থাকে। এই ধরনের গতিগুলোকে আমরা আলাদা একটি নাম দেই, সেটি হচ্ছে "স্পন্দন গতি"। স্পন্দন গতি হচ্ছে পর্যাবৃত্ত গতিরই একটি বিশেষ প্রকার।

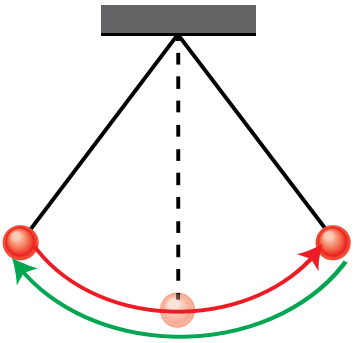


Fig 8.04

স্পন্দন গতি: পর্যাবৃত্ত গতি সম্পন্ন কোনো বস্তু যদি পর্যায়কালের অর্ধেক সময় কোনো নির্দিষ্ট দিকে এবং বাকি অর্ধেক সময় একই পথে তার বিপরীত দিকে চলে তবে তার গতিকে স্পন্দন গতি বলে।

আমাদের বাস্তব জীবনে স্পন্দন গতির সবথেকে পরিচিত উদাহরণ হচ্ছে দোলনা। দোলনা সবসময় সামনে পিছনে পর্যায়ক্রমিকভাবে দুলতে থাকে। এটিই হচ্ছে স্পন্দন গতি। উদাহরণ হিসেবে আরও বলা যায় পেন্ডুলামের গতি, কম্পনশীল সুরশলাকা ও গিটারের তারের গতি। সেলাই মেশিনের সুঁইয়ের কথাও যদি আমরা চিন্তা করি, সেটি কিন্তু পর্যায়ক্রমিকভাবে উপরে-নিচে গতিশীল। তাহলে, এটিও এক প্রকার স্পন্দন গতি।

পর্যাবৃত্ত গতির ক্ষেত্রে আমরা জেনেছি একটি বিন্দুকে একই দিক থেকে বারবার অতিক্রম করতে হবে। কিন্তু স্পন্দন গতির ক্ষেত্রে তো পরস্পর বিপরীত দিক থেকে অতিক্রম করছে। তাহলে এটি কিভাবে পর্যাবৃত্ত গতি হচ্ছে?

মনে করি, একটি পেন্ডুলাম এমনভাবে দুলছে যেন এর গতিতে কেউ বাধার সৃষ্টি করতে না পারে। **(Fig 8.05)** তখন পেন্ডুলামটিকে A থেকে B অবস্থানে যেতে 1s লাগে ধরে নেই। একইভাবে, A থেকে C তে যেতেও 1s লাগে। পেন্ডুলাম যদি B থেকে যাত্রা শুরু করে, 1s পর সেটি A তে ফেরত আসবে। A বিন্দুকে বাম দিক থেকে অতিক্রম করবে। আরও 1s পর সেটি C তে যাবে। আরও 1s পর সেটি আবার A বিন্দুতে ফেরত আসবে। এবার A বিন্দুকে ডান দিক থেকে অতিক্রম করবে। তাহলে, A বিন্দুটিকে তো একেকবার একেকদিক থেকে অতিক্রম করছে। তোমাদের মনে হতে পারে স্পন্দন গতি কী পর্যাবৃত্ত গতির বৈশিষ্ট্যগুলো মেনে চলছে কীনা। একটু খেয়াল করে যদি দেখো, A বিন্দুকে ডান দিক থেকে অতিক্রম করার 4s পর পর এটি আবার A বিন্দুকে ডান দিক থেকেই অতিক্রম করতে থাকবে। একইভাবে, B বিন্দু থেকে যদি যাত্রা শুরু করে, প্রতি 4s পর পর পেন্ডুলামটি B বিন্দুতেই ফেরত আসবে একই দিক থেকে। অর্থাৎ, নির্দিষ্ট সময় পর পর একই বিন্দুকে একই দিক থেকে অতিক্রম করছে। অতএব, গতিটি পর্যাবৃত্ত গতির শর্ত মানছে। তাই এটিকে পর্যাবৃত্ত গতিও বলা যায়।

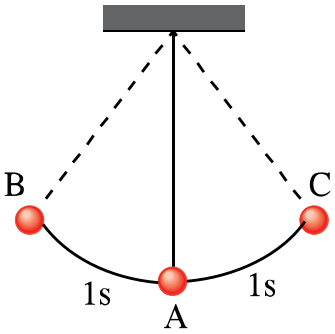


Fig 8.05

এখন এই (i) নং সূত্রটিতে সমানুপাতিক চিহ্নের বদলে আমরা নতুন একটি ধ্রুবক নিয়ে এসেছি k; যেটি হলো স্প্রিং ধ্রুবক। এটি স্প্রিং এর উপাদান ও আকার-আকৃতির উপর নির্ভর করে। নির্দিষ্ট কিছু শর্তে একই স্প্রিং-এ ধ্রুবক সবসময় একই থাকে। কিন্তু ভিন্ন বৈশিষ্ট্যের স্প্রিং-এ স্প্রিং ধ্রুবক ভিন্ন হয়।

(i) নং সূত্রটিতে F হচ্ছে এজেন্টের প্রয়োগকৃত বল বা আমি যদি স্প্রিংকে প্রসারিত কিংবা সংকুচিত করতে চাই তখন আমার দ্বারা প্রয়োগকৃত বল। তাহলে, আমি যদি F বল স্প্রিংকে প্রয়োগ করি, স্প্রিং আমার হাতে কত বল প্রয়োগ করবে? নিউটনের তৃতীয় সূত্রানুযায়ী তোমরা বুঝতেই পারছো, সমান মানের একটা বল বিপরীত দিকে প্রয়োগ করবে। তাহলে স্প্রিং এর প্রয়োগকৃত বল, $\boxed{F_s = -kx}$

স্প্রিং এর এই বলটিই স্প্রিংকে নিজের আগের জায়গায় ফেরত নিয়ে যেতে চায়, একারণে এটির নাম দেওয়া হয় প্রত্যয়নী বল।

সংকোচন বা প্রসারণ দুই ক্ষেত্রেই কিভাবে একই সূত্র মেনে চলে, এবার সেটি আমরা দেখবো।

একটি স্প্রিংকে প্রসারিত করলে

রাকিবের কাছে একটা স্প্রিং ছিল, সে সেটিকে টেনে লম্বা করার চেষ্টা করলো। স্প্রিং এর মাথায় একটি বস্তু লাগানো ছিল, সেটি ধরে সে টান দিল। স্প্রিং এর উপর রাকিবের প্রয়োগকৃত বল F_a এবং রাকিবের হাতের উপর স্প্রিং এর প্রয়োগকৃত বল F_s হলে, নিচের **Fig 8.08** এর মত হবে বলগুলোর দিক।

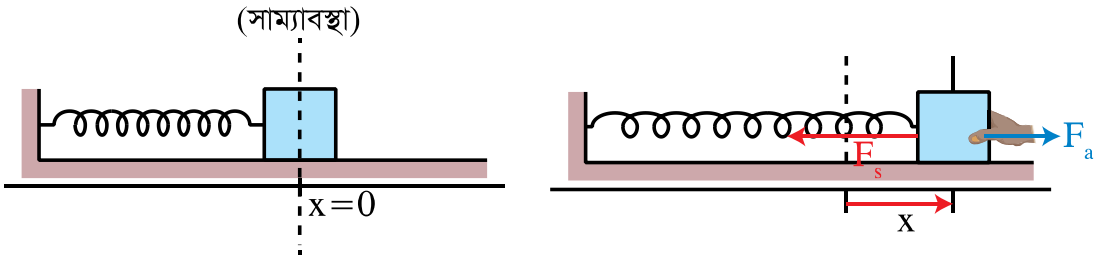


Fig 8.08

তাহলে, রাকিব যেদিকে বল প্রয়োগ করছে, সরণও সেদিকেই ঘটছে। রাকিবের প্রয়োগকৃত বল, $\vec{F}_a = k\vec{x}$

কিন্তু স্প্রিং এর ক্ষেত্রে, বল এবং সরণ একটা আরেকটার বিপরীত দিকে। তাই স্প্রিং এর প্রয়োগকৃত বল, $\vec{F}_s = -k\vec{x}$

একটি স্প্রিংকে সংকুচিত করলে

রাকিব যদি এবার স্প্রিংটিকে সংকুচিত করতে চায়, তাহলে বলের দিকগুলো নিচের **Fig 8.09** এর মত হবে।

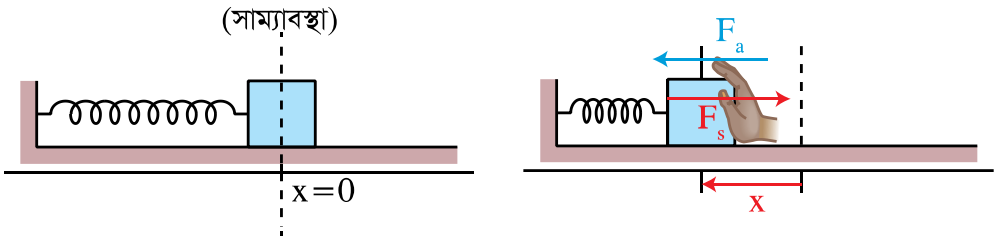


Fig 8.09

এবারও কিন্তু রাকিবের বল যেদিকে, বাক্সটার সরণও একই দিকে। তাই, $\vec{F}_a = k\vec{x}$

কিন্তু স্প্রিং এর বল যেদিকে, বাক্সের সরণ তার উল্টোদিকে। তাই, $\vec{F}_s = -k\vec{x}$

দুটি ঘটনা থেকে আমরা বুঝতে পারি যে, প্রসারণ ও সংকোচন উভয়ক্ষেত্রেই প্রত্যয়নী বল সরণের সমানুপাতিক এবং এটি ক্রিয়া করে সরণের বিপরীত দিকে।

সতর্কতা!

আদর্শ স্প্রিংয়ের ক্ষেত্রে, স্প্রিংটিকে সর্বদা স্থিতিস্থাপক ধরে নেওয়া হয়। তাই, আদর্শ স্প্রিংয়ে সবসময়ই হুকের সূত্র প্রযোজ্য হয়। কিন্তু, বাস্তব স্প্রিংয়ের ক্ষেত্রে সবসময় স্প্রিং স্থিতিস্থাপক আচরণ করে না। প্রযুক্ত বলের মান একটি নির্দিষ্ট সীমার বাইরে গেলে স্প্রিং আর স্থিতিস্থাপক ধর্ম দেখায় না। তাই, বাস্তব স্প্রিংয়ে বল সরণের সমানুপাতিক -আমরা দেখতে পাব শুধুমাত্র স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে।

স্প্রিং ধ্রুবক

রাকিব যদি স্প্রিংকে সাম্যাবস্থান থেকে x পরিমাণ সংকুচিত/প্রসারিত করতে F পরিমাণ বল প্রয়োগ করে তাহলে,

$$F = kx$$

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

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।

Fig 8.10

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

মাত্রা ও একক:

স্প্রিং ধ্রুবকের একক Nm^{-1} এবং এর মাত্রা $[MT^{-2}]$।

জেনে রাখো

স্প্রিং ধ্রুবক বেশকিছু বিষয়ের উপর নির্ভর করে। যেমন:

(i) স্প্রিংয়ের উপাদান: স্প্রিং কোন উপাদান দিয়ে তৈরি, সেটির উপর নির্ভর করে স্প্রিং ধ্রুবক কত হবে। যেমন, একটি রাবারের স্প্রিংয়ের তুলনায় ইস্পাতের স্প্রিং অবশ্যই বেশি দৃঢ় এবং এটিকে সংকুচিত-প্রসারিত করতে বলের পরিমাণও বেশি লাগবে।

(ii) তারের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল: যে তার দিয়ে স্প্রিংটি বানানো হয়েছে, সেটি বেশি পুরু হলে স্প্রিং বেশি দৃঢ় হয়। সরু তারের স্প্রিং বেশ নমনীয়।

(iii) একক দৈর্ঘ্যে পাকের সংখ্যা: স্প্রিংয়ের প্রতি একক দৈর্ঘ্যে পাকের সংখ্যা কম থাকলে স্প্রিংটি নমনীয় হয়, স্প্রিং ধ্রুবক কম হয়। অপরদিকে, পাক সংখ্যা বেশি থাকলে স্প্রিং দৃঢ় হয়। স্প্রিং ধ্রুবক বেশি হয়।

(iv) পাকের ব্যাসার্ধ: পাকের ব্যাসার্ধ কমালে স্প্রিং দৃঢ় হয়, স্প্রিং ধ্রুবক বাড়ে। বিপরীতভাবে, পাকের ব্যাসার্ধ বাড়ালে স্প্রিং ধ্রুবক কমে।

(v) তারের দৈর্ঘ্য: যে তারটি দিয়ে স্প্রিং বানানো হয়েছে, সেটির দৈর্ঘ্য যত বাড়ে, স্প্রিং ধ্রুবক তত কমে। তারের দৈর্ঘ্য কম হলে স্প্রিং ধ্রুবক বাড়বে। এক্ষেত্রে একক দৈর্ঘ্যে পাকের সংখ্যাও প্রভাব ফেলে।

কম্পাঙ্ক, পর্যায়কাল ও কৌণিক কম্পাঙ্কের মধ্যবর্তী সম্পর্ক

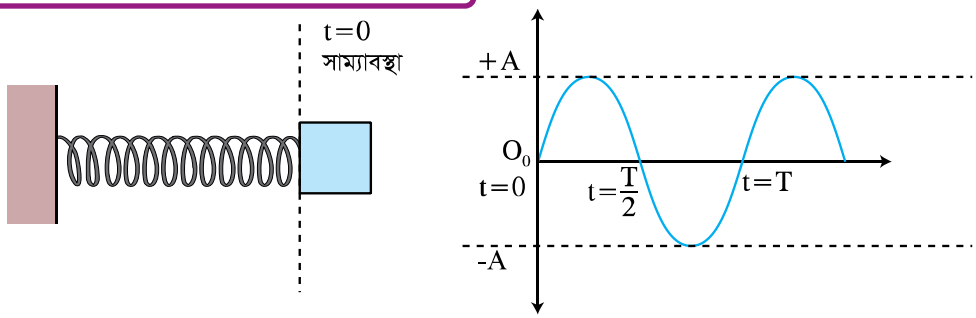


Fig 8.14

আবার, **(Fig 8.14)** থেকে আমরা দেখতে পাচ্ছি, বস্তুটি সম্পূর্ণ পথ একবার ঘুরে আসলে একটি পূর্ণ স্পন্দন হয় এবং এক্ষেত্রে দশার পরিবর্তন হয় 2π পরিমাণ। আবার, এই পূর্ণ স্পন্দনে সময় লাগে T পরিমাণ অর্থাৎ পর্যায়কাল পরিমাণ। সুতরাং আমরা বলতে পারি,

কৌণিক কম্পাঙ্ক, $\boxed{\omega = \frac{2\pi}{T}}$

আবার যেহেতু, $f = \frac{1}{T}$

সুতরাং আমরা বলতে পারি, কৌণিক কম্পাঙ্ক, $\boxed{\omega = 2\pi f}$

আবার, সরল ছন্দিত স্পন্দনের ব্যবকলনীয় সমীকরণ $\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{k}{m}x = 0$ এবং $\frac{d^2x}{dt^2} + \omega^2 x = 0$ সমীকরণ সমীকৃত করে পাই,

$$\boxed{\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}}$$

একইভাবে, $\omega = \frac{2\pi}{T}$ সম্পর্ক থেকে আমরা পাই,

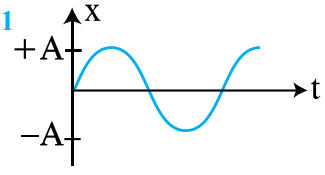
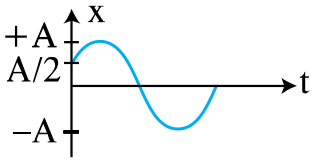
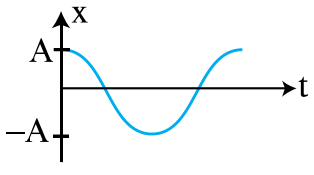
$\boxed{T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}}$ এবং $\boxed{f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}}$

আদি দশা

ধরা যাক, একটি আদর্শ স্প্রিং A পরিমাণ বিস্তার নিয়ে সরল ছন্দিত স্পন্দন গতিতে দুলছে। আমরা একটি নির্দিষ্ট সময় থেকে এই গতিকে পর্যবেক্ষণ শুরু করতে চাই। যে মুহূর্ত থেকে পর্যবেক্ষণ শুরু করা হয়, সেই সময়কে আমরা বলি $t = 0$। $t = 0$ সময়ে গতির দশাকে আদি দশা বলা হয়।

আদি দশা: যাত্রা শুরু করার মুহূর্তে সরল দোলন গতি সম্পন্ন কোনো কণার যে দশা থাকে তাকে আদি দশা বলে।

এই আদি দশাকে radian এককে δ কোণের মাধ্যমে প্রকাশ করা হয়। ব্যাপারটি আমরা কয়েকটি উদাহরণ এর মাধ্যমে বোঝার চেষ্টা করব।

Case-01	Case-02	Case-03
 **Fig: (i)**	 **Fig: (ii)**	 **Fig: (iii)**
যখন $t = 0$ তখন $x = 0$ এক্ষেত্রে পর্যবেক্ষণের শুরুতে বস্তুটি সাম্যাবস্থায় ছিল **(Fig-i)** আমরা জানি, $x = A\sin(\omega t + \delta)$ তাহলে, $0 = A\sin(\omega \times 0 + \delta)$ $\sin\delta = 0 = \sin 0°$ $\therefore \delta = 0$ অর্থাৎ, এক্ষেত্রে আদিদশা, $\delta = 0$ রেডিয়ান	যখন $t = 0$ তখন $x = A/2$ এক্ষেত্রে পর্যবেক্ষণের শুরুতে বস্তুটি বিস্তারের ঠিক মাঝামাঝি ছিল। **(Fig-ii)** তাহলে, $x = A\sin(\omega t + \delta)$ বা, $\frac{A}{2} = A\sin(\omega \times 0 + \delta)$ $\Rightarrow \sin\delta = \frac{1}{2} = \sin\frac{\pi}{6}$ $\therefore \delta = \frac{\pi}{6}$ রেডিয়ান $(30°)$	যখন $t = 0$, তখন $\delta = A$ অর্থাৎ, পর্যবেক্ষণের শুরুতে বস্তুটি সর্বোচ্চ বিস্তারে ছিল **(Fig-iii)** তাহলে, $x = A\sin(\omega t + \delta)$ $A = A\sin(\omega \times 0 + \delta)$ $\sin\delta = 1 = \sin\frac{\pi}{2}$ $\therefore \delta = \frac{\pi}{2}$ রেডিয়ান $(90°)$

উদাহরণ-০৪: সরল ছন্দিত গতি সম্পন্ন একটি কণার গতির সমীকরণ $y = 10\sin(\omega t + \delta)$ সেন্টিমিটার, পর্যায়কাল **30 sec** এবং আদি সরণ **0.05 m** হলে কণাটির **(i)** কৌণিক কম্পাঙ্ক **(ii)** আদি দশা নির্ণয় কর।

সমাধান:

আমরা জানি,

কৌণিক কম্পাঙ্ক, $\omega = \frac{2\pi}{T}$

বা, $\omega = \frac{2\times3.14}{30}$

$= 0.21\ \text{rads}^{-1}$

আবার, আদি সরণ 0.05 m বলতে বোঝাচ্ছে, যখন সরণ গণনা শুরু করা হয় অর্থাৎ $t = 0$ সময়ে সরণ হয় 0.05 m।

$\therefore y = 10\sin(\omega t + \delta)$

বা, $5 = 10\sin(\omega \times 0 + \delta)$

বা, $\sin\delta = \frac{5}{10} = 0.5$

বা, $\delta = \sin^{-1}(0.5) = \frac{\pi}{6} = 30°$

$\therefore$ কৌণিক কম্পাঙ্ক $0.21\ \text{rads}^{-1}$ এবং আদি দশা $30°$ **(Ans.)**

এখানে,

কৌণিক কম্পাঙ্ক, ω =?

পর্যায়কাল, $T = 30s$

সরণ, $y = 0.05m$

$= 5cm$

যখন, $t = 0$, তখন

আদি দশা, δ =?

টপিক ভিত্তিক বিগত বছরের প্রশ্ন ও সমাধান

- পর্যাবৃত্তি
- স্পন্দন গতি
- সরল ছন্দিত স্পন্দন গতি
- আদর্শ স্প্রিং এ যুক্ত বস্তুর গতি
- সরল ছন্দিত স্পন্দন গতির শর্ত
- সরল ছন্দিত স্পন্দনের অন্তরক সমীকরণের সমাধান
- সরল ছন্দিত স্পন্দন গতি সংক্রান্ত রাশি

বোর্ড MCQ ও সমাধান

01. সরল ছন্দিত স্পন্দনবিশিষ্ট কোনো কণার বার বার স্পন্দিত হবার কারণ- **[DB'23][Ans: c]**

(i) স্থিতি জড়তা (ii) গতি জড়তা

(iii) প্রত্যয়নী বল

নিচের কোনটি সঠিক?

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

02. সরল ছন্দিত গতিসম্পন্ন কোনো কণার ত্বরণ ও এর সরণের মধ্যে সম্পর্ক হলো– **[Ctg.B'23] [Ans: c]**

(a) ব্যস্তানুপাতিক (b) বর্গের ব্যস্তানুপাতিক

(c) সমানুপাতিক (d) বর্গের সমানুপাতিক

নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং পরবর্তী দুটি প্রশ্নের উত্তর দাও:

0.01 kg ভরের একটি বস্তু কণা সরলরেখা বরাবর সরল দোলন গতিতে দুলছে। এর দোলনকাল 2sec, বিস্তার 0.1m এবং সরণ 0.02 m।

03. দোলকটির বল ধ্রুবক কত? **[Ctg.B'23]**

(a) $0.0465\ \text{Nm}^{-1}$ (b) $0.0314\ \text{Nm}^{-1}$

(c) $0.09854\ \text{Nm}^{-1}$ (d) $0.3944\ \text{Nm}^{-1}$

সমাধান: (c); বল ধ্রুবক, $k = \omega^2 m = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 m$

$= \left(\frac{2\pi}{2}\right)^2 \times 0.01 = 0.09854\ \text{Nm}^{-1}$

04. $\frac{2d^2y}{dt^2} + 50y = 0$ সমীকরণ অনুযায়ী একটি কণা সরল ছন্দিত গতিতে দুলছে। কণাটির পর্যায়কাল কত? **[JB'23]**

(a) 0.02 sec (b) 0.796 sec

(c) 1.25 sec (d) 5 sec

সমাধান: (c); $2\frac{d^2y}{dt^2} + 50y = 0 \Rightarrow \frac{d^2y}{dt^2} + 25y = 0$

একে, $\frac{d^2y}{dt^2} + \omega^2 x = 0$ এর সাথে তুলনা করে পাই,

$\omega^2 = 25 \Rightarrow \omega = 5 \Rightarrow \frac{2\pi}{T} = 5 \Rightarrow T = \frac{2\pi}{5} = 1.25$ sec

05. নিচের কোনটি সরল ছন্দিত স্পন্দন? **[CB'23] [Ans: c]**

(a) সূর্যের চারদিকে পৃথিবীর গতি

(b) ঘড়ির কাঁটার শীর্ষ বিন্দুর গতি

(c) কম্পনশীল সুর শলাকার বাহুর গতি

(d) যেকোনো বিস্তারে সরল দোলকের গতি

06. একটি সরলছন্দিত কণার গতির সমীকরণ, **[MB'23]**

$x = 10\sin(6\pi t + 2\pi)$ কণাটির কম্পাঙ্ক কত?

(a) 1.5 Hz (b) 3 Hz (c) 6 Hz (d) 40 Hz

➲ প্রয়োগ ও উচ্চতর দক্ষতামূলক প্রশ্ন:

43. সরল ছন্দিত স্পন্দনে স্পন্দনশীল 0.5kg ভরের কণা সাম্যাবস্থান হতে 0.015m টেনে ছেড়ে দিলে এটি 0.12m বিস্তারে দুলে। এটির ব্যবকলনীয় সমীকরণ নিম্নরূপ:

$\frac{d^2x}{dt^2} + 4\pi^2 x = 0$ [CB'21]

(গ) কণার দশা ধ্রুবক বের কর। ৩

উত্তর

গ. $x = A\sin(\omega t + \delta)$

$\Rightarrow 0.015 = 0.12\sin(0 + \delta)$

$\Rightarrow \delta = \sin^{-1}\frac{0.015}{0.12}$

$\Rightarrow \delta = 7.181°$

এখানে,

$m = 0.5\ kg$

$A = 0.12m$

$x = 0.015m$

$t = 0s$

$\delta = 0.1253$ রেডিয়ান

$\therefore$ দশা ধ্রুবক $\delta = 0.1253$ রেডিয়ান

এডমিশন লিখিত প্রশ্ন ও সমাধান

44. $\frac{d^2x}{dt^2} + 9x = 0$ সমীকরণ থেকে কৌণিক কম্পাঙ্কের মান নির্ণয় কর। [BUTEX'18-19]

সমাধান: $\frac{d^2x}{dt^2} + 9x = 0 \Rightarrow \frac{d^2x}{dt^2} = -3^2x$

$\frac{d^2x}{dt^2} = -\omega^2 x$ এর সাথে তুলনা করে পাই,

$\omega = 3rads^{-1}$ **(Ans.)**

নিজে করো

০১। রফিক একটি স্প্রিংকে কিছু পরিমাণ টেনে ছেড়ে দিলো। সে হিসাব নিকাশ করে দেখছো স্প্রিংটি $5\frac{d^2x}{dt^2} + 80x = 0$ সমীকরণ মেনে চলছে। স্প্রিয়ের স্পন্দনের কম্পাঙ্ক ও পর্যায়কাল কত? **[Ans: 0.64 Hz, 1.57 s]**

০২। সরল ছন্দিত স্পন্দনে স্পন্দিত কোনো স্প্রিঙের দোলনকার পরিমাপ করা হলো। স্টপওয়াচ দিয়ে পরিমাপ করে দেখা গেল, 10বার দোলন দিতে স্প্রিয়ের 35s সময় লাগলো। স্প্রিংটির অন্তরক সমীকরণ কি নির্ণয় করা সম্ভব। সম্ভব হলে সেটি নির্ণয় করে দেখাও।

[Ans: $\frac{d^2x}{dt^2} + 3.24x = 0$]

০৩। একটি স্প্রিংকে 5cm টেনে ছেড়ে দেওয়া হলো। এরপর স্টপওয়াচ দিয়ে সময় পরিমাপ করা হলো। দোলনকাল পাওয়া গেল 5s। স্টপওয়াচে যখন সময় 8s তখন যদি স্প্রিয়ের সরণ 2cm হয় তবে আদি দশা কত? **[Ans: $-9.66\ rad$]**

০৪। একটি স্প্রিংকে যখন 5cm প্রসারিত করা হয়, তখন 100N বল প্রয়োগ করতে হয়। স্প্রিংটির সাথে 50g ভরের একটি বস্তু লাগিয়ে সেটিকে 8cm বিস্তারে স্পন্দিত করা হলো। স্পন্দনের পর্যায়কাল কত? স্পন্দনের অন্তরক সমীকরণটি লিখ।

[Ans: $0.031\ s, \frac{d^2x}{dt^2} + 40000x = 0$]

০৫। রাহাত তার খেলনা গাড়িটিকে একটি স্প্রিয়ের মাথায় সংযুক্ত করলো। গাড়িটির ভর ছিল 200g। এরপর সে গাড়িটিকে টেনে ছেড়ে দিলে গাড়িটি এক জায়গা থেকে স্প্রিয়ের গতিপথ ঘুরে আবার ঐ জায়গাতে ফেরত আসতে 5s লাগায়। স্প্রিংটির স্প্রিং ধ্রুবক কত?

[Ans: $0.31\ Nm^{-1}$]

সরল ছন্দিত স্পন্দন গতির সরণ, বেগ ও ত্বরণের সম্পর্ক

আমরা জানি, সরল ছন্দিত স্পন্দনের গতি সমীকরণ, $x = A\sin(\omega t + \delta)$

এই সমীকরণটি হচ্ছে সাধারণ সমীকরণ। এটি যেকোনো ক্ষেত্রে প্রযোজ্য।

আমরা জানি, যেকোনো ধরনের সরণের সমীকরণ জানলে আমরা সেটিকে অন্তরীকরণ করে বেগের সমীকরণ পেতে পারি। আবার বেগের সমীকরণকে অন্তরীকরণ করে ত্বরণের সমীকরণ পাবো। এই কাজটাই আমরা এখন করবো।

$x = A\sin(\omega t + \delta)$ হচ্ছে যেকোনো মুহূর্তে কণার সরণের সমীকরণ। তাহলে কণার বেগের সমীকরণ,

$v = \frac{dx}{dt} = \frac{d}{dt}A\sin(\omega t + \delta)$

$= \omega A\cos(\omega t + \delta)$

বৃত্তাকার গতিতে আদি দশা

আগের ঘটনায় আমরা সরণ X-অক্ষ থেকে শুরু হয়েছে বিবেচনা করেছিলাম। কিন্তু যদি যেকোনো অবস্থান P থেকে শুরু করে t সময় পর Q অবস্থানে গিয়ে থামে, তাহলে সেটি হবে **Fig 8.22** এর মতন। তাহলে ∠POQ হবে কৌণিক সরণ ωt। X-অক্ষের সাথে কাঠির আদি অবস্থানের জন্য আমরা কোণ ধরে নেই δ। তাহলে X-অক্ষের সাথে Q অবস্থানের মোট কোণ হয় ωt + δ।

তাহলে আমরা বলতে পারি, এইক্ষেত্রে ছায়ার সরণ হবে,

$$x = A\sin(\omega t + \delta)$$

এখানে, δ হচ্ছে আদি অবস্থানের জন্য কোণ। এই কোণকে বলা হয় আদি দশা।

আদি দশা জানা থাকলে, আমরা আদি সরণ সম্পর্কে জানতে পারি, আবার যেকোনো সময়ে সরণ সম্পর্কেও জানতে পারি। আবার, সরণকে অন্তরীকরণ করে সেখান থেকে বেগ ও ত্বরণ সম্পর্কে জানতে পারি। এই কারণে বলা হয় যে, দশা সম্পর্কে জানতে পারলে আমরা গতির সামগ্রিক অবস্থা সম্পর্কে জানতে পারি।

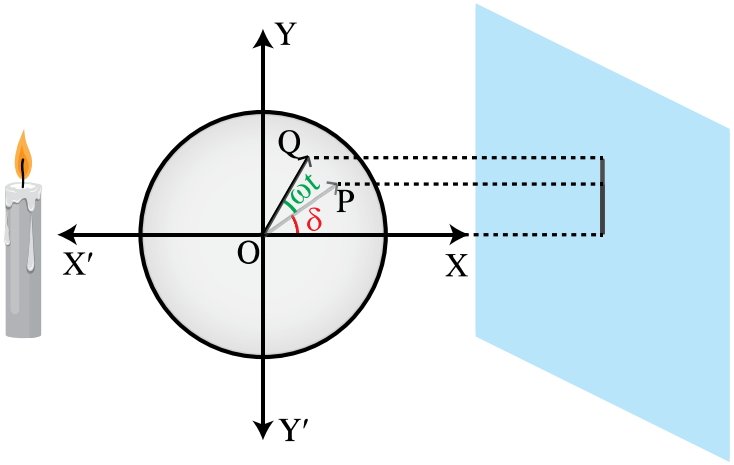


Fig 8.22

বৃত্তাকার গতিতে বেগ

মনে করি, কাঠির প্রান্তবিন্দুর রৈখিক বেগ v_t।

তাহলে, $v_t = A\omega$ [ব্যাসার্ধ× কৌণিক বেগ]

এই বেগের Y-অক্ষ বরাবর উপাংশই হবে ছায়ার বেগ।

∴ ছায়ার বেগ, $v = v_t \cos\theta$ **(Fig 8.23)**

$= A\omega\cos\omega t$

∴ ছায়ার বেগ, $v = \omega A\cos\omega t$; যেটি আমরা সরণকে অন্তরীকরণ করেও পাওয়া যায় দেখেছিলাম।

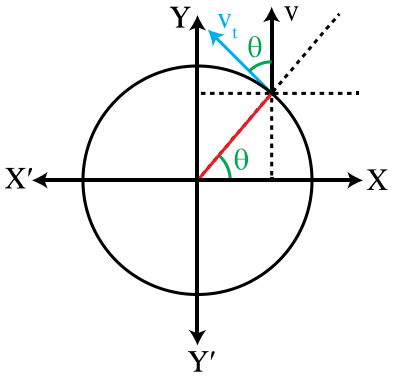


Fig 8.23

বৃত্তাকার গতিতে ত্বরণ

বৃত্তাকার গতিতে সরল ছন্দিত গতির বেগের মত ত্বরণের রাশিও নির্ণয় করা যায়।

কাঠিটি সমকৌণিক বেগে ঘোরায় এটিতে কোনো রৈখিক ত্বরণ নেই। শুধু আছে কেন্দ্রমুখী ত্বরণ, যা কেন্দ্র বরাবর গতিশীল।

সুতরাং, কেন্দ্রমুখী বল, $F_c = \omega^2 A$

ছায়ার ত্বরণ যদি নির্ণয় করতে যাই, তাহলে সেটি হবে কেন্দ্রমুখী ত্বরণের Y-অক্ষ বরাবর উপাংশ। তাহলে **Fig 8.24** থেকে, ছায়ার ত্বরণ, $a = -\omega^2 A\sin\omega t$ [Y-অক্ষ বরাবর ঋণাত্মক দিকে কাজ করায় ঋণাত্মক চিহ্ন নেওয়া হয়েছে।]

বা, $a = -\omega^2 A\sin\omega t$

এটিও আমরা অন্তরীকরণের মাধ্যমেই পেয়েছিলাম।

তাহলে আমরা বলতে পারি, বৃত্তাকার গতির সাথে সরল ছন্দিত গতির সরাসরি সম্পর্ক বিদ্যমান।

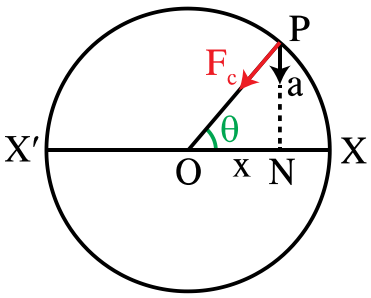


Fig 8.24

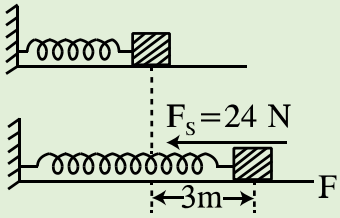
পরিবর্তিত বল ধ্রুবক = k′ হলে, $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k'}}$

$\Rightarrow k' = \frac{4\pi^2 m}{(T')^2} = \frac{4\times\pi^2\times1.2\times10^{-2}}{(2.007)^2}\ Nm^{-1}$

$= 0.1176\ Nm^{-1}$

$\therefore$ বিস্তারে প্রত্যয়নী বল, $F' = k'A = 6\times10^{-3}N$

সুতরাং, 53760 m উচ্চতায় নিলে প্রত্যয়নী বল কমবে।

72. 

নিচের চিত্রে অতি নগণ্য ভরের একটি স্প্রিংকে অনুভূমিক মসৃণ টেবিলের উপর রেখে এক প্রান্ত দৃঢ় অবলম্বনে আটকিয়ে অপর প্রান্তে 3.5 kg ভর যুক্ত করা হয়েছে। বস্তুটিকে সাম্যাবস্থান হতে 3m সরণ ঘটালে স্প্রিংটিতে 24N প্রত্যয়নী বল ক্রিয়া করে। [BB'21]

(গ) প্রসারিত অবস্থা হতে ছেড়ে দিলে স্প্রিংটি কত কম্পাঙ্কে স্পন্দিত হবে? ৩

(ঘ) স্প্রিং এ সংযুক্ত ভরের কীরূপ পরিবর্তন করলে স্প্রিংটি সেকেন্ড দোলকে পরিণত হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

উত্তর

গ. $x = 3m, F_s = 24N \therefore k = \frac{24}{3}\ Nm^{-1} = 8\ Nm^{-1}$

$k = m\omega^2 \Rightarrow 8 = 3.5\times(2\pi f)^2 \Rightarrow f = 0.24062\ Hz$

ঘ. স্প্রিংটির পর্যায়কাল, $t = \frac{1}{f} = \frac{1}{0.24062}s = 4.15594s$

সেকেন্ড দোলক হতে হলে, পর্যায়কাল T = 2s

$T = \frac{2\pi}{\omega} \Rightarrow T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \Rightarrow 2 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{8}} \Rightarrow \frac{1}{\pi^2} = \frac{m}{8}$

$\Rightarrow m = \frac{8}{\pi^2}kg = 0.811\ kg$

$\therefore$ ভর কমাতে হবে $= (3.5 - 0.811)\ kg$

$= 2.689\ kg$ (**Ans.**)

নিজে করো

০১। জারিফ একটি লম্বা দড়ি নিয়ে সেটির মাথায় 10g ভরের একটি বস্তু বেঁধে ঝুলিয়ে দিল। এরপর বলটিকে হালকা টেনে ছেড়ে দিলে বলটি এক প্রান্ত থেকে অন্য প্রান্তে যেতে 0.46s লাগায়। দড়িটির দৈর্ঘ্য কত ছিল? **[Ans:21 cm]**

০২। মনীষ শেরপা তার বাসায় একটি 1m দীর্ঘ সেকেন্ড দোলক ব্যবহার করে সময় পরিমাপ করতো। সেই দোলকটি নিয়ে পাহাড়ের চূড়ায় ওঠার কারণে অভিকর্ষজ ত্বরণ কমে যায়। ঘড়িটি ঠিকঠাক সময় দেওয়ার জন্য দৈর্ঘ্য কমিয়ে 0.75m করা হলো। মনীষের বাসায় এবং পাহাড়ের চূড়ায় অভিকর্ষজ ত্বরণের অনুপাত কত? **[Ans: 4:3]**

০৩। তানজিমাদের বাসা নিরক্ষীয় অঞ্চলের একটি শহরে, যেখানে অভিকর্ষজ ত্বরণের মান 9.79 ms^{-2}। তার বাসায় 200 kg ভরের একটি দোলনাতে বসে সে দোল খাচ্ছিল, যেটি 8s পর্যায়কালে দুলছিল। সর্বোচ্চ বিস্তার 50cm হলে, সর্বোচ্চ বিস্তারে বিভবশক্তি এবং সাম্যাবস্থায় বেগের মান কত? তানজিমার বিড়ালটি যদি এসে ওর কোলে বসে, তাহলে কি দোলনার দোলনকালের পরিবর্তন হবে? **[Ans: 15.49 J, 0.392 ms^{-1}, দোলনকালের পরিবর্তন হবে না কারণ দোলনকাল ভারের উপর নির্ভরশীল নয়]**

০৪। নাফিসের কাছে একটি সেকেন্ড দোলক আছে, যার দৈর্ঘ্য 0.5m। দোলকটি ভূ-পৃষ্ঠে সঠিকভাবে দোলন দেয় না। কিন্তু একটি খনিতে নিয়ে গেলে, এবং পাহাড়ের উপর নিয়ে গেলে সঠিকভাবে দোলন দেয়। খনির গভীরতা এবং পাহাড়ের উচ্চতা নির্ণয় কর। **[Ans: 3180.41 km , 2617.57 km]**

০৫। কোনো খনির অভ্যন্তরে একটি সরল দোলক মিনিটে 13 টি দোলন দেয়। দোলকের দৈর্ঘ্য 1.2m হলে, খনির গভীরতা কত? **[Ans: 4950.2 km]**

একত্রে সব গুরুত্বপূর্ণ সূত্র

- স্প্রিং এর ক্ষেত্রে প্রত্যয়নী বল, $F = -kx$; k = বলধ্রুবক, x = সাম্যাবস্থান থেকে সরণ
- সরল ছন্দিত স্পন্দনের ক্ষেত্রে-

(i) কণার যে কোন মুহূর্তে গতির সমীকরণ: $x = A\sin(\omega t + \delta)$

[A = বিস্তার, ω = কৌণিক বেগ, δ = আদি দশা (এটি একটি কোণ), t = সময়, y বা x = কণার সরণ]

বি.দ্র: $(\omega t + \delta)$ অবশ্যই রেডিয়ান এককে।

(ii) কৌণিক বেগ বা কম্পাঙ্ক, $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$; [k= বলধ্রুবক, m = কণার ভর]

(iii) দোলনকাল, $T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$; [উলম্ব/ অনুভূমিক যেকোনো স্প্রিং এর জন্য]

(iv) কম্পাঙ্ক, $f = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}$

(v) কণার বেগ, $v = \frac{dx}{dt} = \omega A\cos(\omega t + \delta) = \omega\sqrt{A^2 - x^2}$

(vi) কণার ত্বরণ, $a = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2} = -\omega^2 A\sin(\omega t + \delta) = -\omega^2 x$

(vii) গতিশক্তি, $E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m\omega^2(A^2 - x^2) = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2\cos^2(\omega t + \delta)$

(viii) বিভব/স্থিতি শক্তি, $E_p = \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}m\omega^2 x^2 = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2\sin^2(\omega t + \delta)$

(ix) মোট শক্তি, $E = E_k + E_p = \frac{1}{2}kA^2 = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2$

(x) কণার সর্বোচ্চ বেগ, $v_{max} = \omega A = A\sqrt{\frac{k}{m}}$

(xi) কণার সর্বোচ্চ ত্বরণ, $a_{max} = -\omega^2 A$

- **উল্লম্ব স্প্রিং:** উল্লম্বভাবে ঝুলানো স্প্রিং এর সাথে m ভরের বস্তু ঝুলানো হলে যদি স্প্রিংটির e পরিমাণ দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি ঘটে, $mg = ke\ ;\ e = \frac{mg}{k}$
- উল্লম্ব স্প্রিং এর দোলন কাল, $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} = 2\pi\sqrt{\frac{e}{g}}$
- **সরল দোলক:** সরল দোলকের কৌণিক বিস্তার 4° এর কম হলে, $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$, L = কার্যকর দৈর্ঘ্য; সেকেন্ড দোলকের ক্ষেত্রে, T = 2 sec
- একটি সেকেন্ড দোলক দিনে x sec ধীরে বা দ্রুত চললে পরিবর্তিত দোলনকাল, $T' = \frac{2\times 86400}{86400 \mp x}$

গুরুত্বপূর্ণ প্র্যাক্টিস প্রবলেম

MCQ

০১। একটি সরল দোলকের ববের ভর 5 gm এবং কার্যকর দৈর্ঘ্য 13 cm। ববটিকে সাম্যবিন্দুগামী উল্লম্ব রেখা থেকে 5 cm দূরে টেনে ছেড়ে দেয়া হলে, [Ctg.B'23]

(i) সাম্যবিন্দু অতিক্রম কালে গতিশক্তি 4.9×10^{-4}J

(ii) ব্যবস্থাটি শক্তির সংরক্ষণশীল নীতি মেনে চলে

(iii) ববের ত্বরণ সরণের সমানুপাতিক

নিচের কোনটি সঠিক?

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

নিচের উদ্দীপকের আলোকে পরবর্তী দুইটি প্রশ্নের উত্তর দাও:

সরল দোলগতি সম্পন্ন একটি কণার সরণ, $x = \sqrt{3}\sin 2\pi t$ মিটার।

০২। কণার স্পন্দনের পর্যায়কাল কত? [SB'23]

(a) 0.5 sec (b) 0.75 sec (c) 1 sec (d) 2 sec

০৩। 1 m দূরে কণার গতিশক্তি ও বিভবশক্তির অনুপাত কত? [SB'23]

(a) 1: 2 (b) 2: 1 (c) $1:\sqrt{3}$ (d) $\sqrt{3}:1$

০৪। সরলদোলকের ক্ষেত্রে সর্বোচ্চ কৌণিক বিস্তার হবে– [SB'22; CB'22]

(a) 1° (b) 4° (c) 30° (d) 40°

০৫। সরল ছন্দিত স্পন্দন সম্পন্ন কোনো কণার সরণ সর্বোচ্চ হবে যখন – [JB'22]

(i) বেগ সর্বনিম্ন (ii) ত্বরণ সর্বোচ্চ

(iii) বল সর্বোচ্চ

নিচের কোনটি সঠিক?

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

০৬। একটি স্প্রিং-এ 500 N বল প্রয়োগ করায় স্প্রিংটি 10 cm প্রসারিত হয়। স্প্রিংটিতে 20 kg ভরের একটি বোঝা খাড়া নিচের দিকে ঝুলিয়ে দেওয়া হলে স্প্রিংটির স্থিতিশক্তি কত? [Din.B'22]

(a) 0.04 J (b) 1.90 J (c) 3.80 J (d) 98 J

নিচের উদ্দীপকের আলোকে পরবর্তী দুইটি প্রশ্নের উত্তর দাও:

সরল ছন্দিত গতিতে দোলনরত একটি কণার সর্বোচ্চ বেগ ও সর্বোচ্চ ত্বরণের মান যথাক্রমে 15 cms^{-1} ও 30 cms^{-2}।

০৭। উদ্দীপকের কণাটির পর্যায়কাল কত? [Din.B'22]

(a) 0.785 s (b) 1.57 s (c) 3.14 s (d) 6.28 s

০৮। উদ্দীপকে দোলনরত কণার– [Din.B'22]

(i) বিস্তার 7.5 cm

(ii) সর্বোচ্চ বিস্তারে গতিশক্তি শূন্য

(iii) সাম্যাবস্থানে বিভবশক্তি সর্বোচ্চ

নিচের কোনটি সঠিক?

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

গাণিতিক সমস্যাবলি

০১। যখন 1kg আদর্শ ভর একটি চলমান প্লাটফর্মের উপর রাখা হয় তখন তার স্পন্দনের হার 125 vib min^{-1}। অজানা ভরের জন্য স্পন্দনের হার 243 vib min^{-1} হবে? চলমান প্লাটফর্মের ভর অগ্রাহ্য কর। **[Ans: 0.2646kg]**

০২। একটি সেকেন্ড দোলক ঘড়ি পাহাড়ের পাদদেশে ঠিক সময় দেয় কিন্তু পাহাড়ের চূড়ায় উঠালে 2 ঘণ্টায় 8 সেকেন্ড সময়ের পার্থক্য দেখায়। পৃথিবীর ব্যাস 12800 km হলে-

(i) পাহাড়ের উচ্চতা নির্ণয় কর। **[Ans: 7119.02 m]**

(ii) পাহাড়ের চূড়ায় সঠিকভাবে কাজ করতে হলে দোলকের দৈর্ঘ্য কত % পরিবর্তন করতে হবে?

[Ans: দৈর্ঘ্য 0.222% হ্রাস করতে হবে]

০৩। একটি লিফটের ছাদ থেকে একটি সরল দোলক ঝুলানো আছে। লিফট চলার সময় এই দোলকের দোলনকাল লিফটের স্থির অবস্থার তুলনায় যদি অর্ধেক হয়, তবে লিফটের ত্বরণের দিক ও মান নির্ণয় কর। **[Ans: $29.4 ms^{-2}$]**

০৪। সরল ছন্দিত স্পন্দনরত একটি কণার পর্যায়কাল 4s এবং বিস্তার 4m। সাম্যবস্থান অতিক্রম করার কত সময় পরে কণাটির শক্তির অর্ধেক স্থিতিশক্তি এবং বাকি অর্ধেক গতিশক্তি হবে? **[Ans: 0.5 s]**

০৫। সরল ছন্দিত গতিসম্পন্ন একটি কণার গতির সমীকরণ $y = 10\sin(\omega t + \delta)$cm. পর্যায়কাল 30s এবং আদি সরণ 0.05m হলে কণাটির –

(i) কৌণিক কম্পাঙ্ক **[Ans: 0.21 rad s^{-1}]**

(ii) আদি দশা নির্ণয় করো। **[Ans: 30°]**

০৬। একটি সেকেন্ড দোলক পাহাড়ের পাদদেশে সঠিক সময় দেয়। একে পাহাড়ের চূড়ায় নিয়ে গেলে দিনে 14s Slow হয়ে যায়। পাহাড়ের উচ্চতা নির্ণয় করো। **[Ans: 1.04 km]**

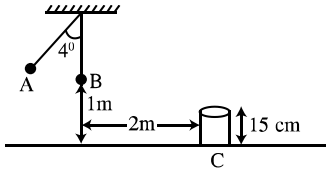
০৭। একটি সেকেন্ড দোলকের দৈর্ঘ্য শৈত্যের ফলে হ্রাস পেল। এর ফলে দোলনকাল এমন হল যে দোলকটি দিন 10s ফাস্ট যায়। পরিবর্তিত দোলনকাল কত? **[Ans: 1.99 s]**

০৮। একটি স্প্রিং-এ একটি বস্তু ঝুলানো হল, ফলে স্প্রিংটি কিঞ্চিৎ লম্বা হল। এরপর এটিকে 6cm টেনে ছেড়ে দেয়া হল। বস্তুটির সর্বোচ্চ গতিশক্তি 9.6×10^{-2}J হলে স্প্রিং ধ্রুবক কত? বস্তুটির গতির কম্পাংক 3Hz হলে এর ভর কত? **[Ans: 0.15kg]**

০৯। একটি সরল দোলকের দোলনকাল 50% বাড়াতে এর কার্যকরী দৈর্ঘ্য কীরূপ পরিবর্তন করতে হবে? **[Ans: 125% বাড়াতে হবে]**

১০। একটি বস্তু কণা সরল ছন্দিত গতির পর্যায়কাল 0.002 s এবং বিস্তার 0.006m । কণাটির গরিষ্ঠ বেগ এবং গতিপথের মধ্য অবস্থান হতে 0.0025m দূরের ত্বরণ নির্ণয় করো। **[Ans: $a = 2.4675 \times 10^4 ms^{-2}$, $18.84\ ms^{-1}$]**

১১। 1 cm ব্যাস ও 100 g ভরবিশিষ্ট একটি বব অবলম্বন হতে 99.5 cm সুতা দিয়ে ভূমি হতে 1m উচ্চতায় ঝুলানো হলো। ববটিকে টেনে A অবস্থান হতে ছেড়ে দেয়া হলো। ববের সাম্যাবস্থান হতে 2m অনুভূমিক দূরত্বে ভূমিতে C অবস্থানে একটি ঝুড়ি রাখা আছে।



(a) ববটির সর্বোচ্চ কৌণিক বেগ নির্ণয় করো। **[Ans: 0.2185 $rads^{-1}$]**

(b) সাম্যাবস্থান অতিক্রম করার সময় হঠাৎ সুতা ছিঁড়ে গেলে ববটির ঝুড়িতে পড়ার সম্ভাবনা গাণিতিকভাবে যাচাই করো।

[Ans: ঝুড়িতে পড়ার সম্ভাবনা নেই]

১২। দুটি সরল দোলগতির সমীকরণ হলো $y_1 = 10\sin\left(4\pi t + \frac{\pi}{4}\right)$ এবং $y_2 = 5\left(\sin 3\pi t + \sqrt{3}\cos 3\pi t\right)$। এদের বিস্তারের অনুপাত কত? **[Ans: 1:1]**

১৩। একটি ভরহীন আদর্শ স্প্রিং এর নিম্ন প্রান্তে M ভর ঝুলালে পর্যায়কাল যা হয়, অতিরিক্ত আরও m ভর ঝুলালে পর্যায়কাল তার n গুণ হয়। M ও m এর অনুপাত নির্ণয় করো। **[Ans: $1:(n^2-1)$]**

১৪। একটি ওজন মাপার স্প্রিং নিক্তির উপর দাঁড়ানোর পর ভালোভাবে লক্ষ করলে দেখা যায় যে, সাম্যাবস্থায় আসার পূর্বে নিক্তির কাঁটা সাম্যাবস্থার দু'পাশে কয়েকবার দোল খায়। দোলন কাল 0.5 সেকেন্ড হলে এবং তোমার ভর 60 kg হলে, নিক্তির স্প্রিং এর বল ধ্রুবক কত? **[Ans: $9.474 \times 10^{-3} Nm^{-1}$]**

১৫। একটি গাড়ি 6 ms^{-2} ত্বরণে গতিশীল। গাড়িটির সিলিং হতে একটি সেকেন্ড দোলক ঝুলানো আছে। গাড়ির অভ্যন্তরে দোলকটির দোলনকাল কত হবে? **[Ans: 1.847 s]**

এখন, $\alpha = \frac{L_{-5} - L_{20}}{L_{20}\Delta\theta}$

বা, $L_{-5} - L_{20} = \alpha\Delta\theta L_{20}$

বা, $L_{-5} - L_{20} = 23 \times 10^{-6} \times (-25K) \times L_{20}$

বা, $L_{-5} = (1 - 5.75 \times 10^{-4})L_{20}$

বা, $L_{-5} = 0.999425\ L_{20}$

এখানে, অ্যালুমিনিয়ামের দৈর্ঘ্য প্রসারাঙ্ক,
$\alpha = 23 \times 10^{-6}K^{-1}$
তাপমাত্রার পরিবর্তন $\Delta\theta = (-5° - 20°)K = -25\ K$
$20°C$ তাপমাত্রায় দোলনকাল, $T_{20} = 1s$

এবার, (ii) ÷ (i) করে, $\frac{T_{-5°}}{T_{20°}} = \sqrt{\frac{L_{-5}}{L_{20}}}$ বা, $T_{-5°} = \left(\sqrt{\frac{0.99945\ L_{20}}{L_{20}}}\right) \times 1s \therefore T_{-5°} = 0.9997\ s$

সুতরাং, $-5°C$ তাপমাত্রায় পেন্ডুলামটি প্রতি সেকেন্ডে $(1 - 0.9997)s = 0.0003\ s$ লাভ করে

Ans: প্রতি ঘন্টায় $1.018\ s$ সময় লাভ করবে।

২২। সমাধান: $x = A\sin(\omega t + \delta)$ ... ... (i) এবং ∴ দ্রুতি, $v = \omega A\cos(\omega t + \delta)$ ... ... (ii)

এবং ত্বরণ, $a = -\omega^2 A\sin(\omega t + \delta)$ ... ... (iii); দেওয়া আছে, $x = 0.6\ m$ হলে, $a = -8.4\ ms^{-2}$

(iii) হতে পাই, $-8.4 = -\omega^2 x \Rightarrow -8.4 = -\omega^2 \times 0.6 \therefore \omega = \sqrt{14}$

আবার, আমরা জানি, যেকোন অবস্থানে দ্রুতি, $v = \omega\sqrt{A^2 - x^2} \Rightarrow 2.2 = \sqrt{14}\sqrt{A^2 - 0.6^2} \Rightarrow 4.84 = 14(A^2 - 0.36)$

$\Rightarrow A = 0.84\ m \therefore$ বস্তুটি আরও $(0.84 - 0.60)m$

বা, $0.24\ m$ সামনে এগিয়ে থেমে যাবে ও বামে চলতে শুরু করবে। **Ans:** $0.24\ m$

২৩। সমাধান: আমরা জানি, $|\vec{F}| = kx \Rightarrow F\sin\theta = kx$; [হেলানো তল বরাবর উপাংশ]

$\Rightarrow 14\sin 40° = 120x \Rightarrow x = 0.075$

∴ হেলানো তলটির ওপর থেকে সাম্যাবস্থা, $(0.450 + 0.075)m = 0.525\ m$ দূরে। **(Ans.)**

আবার, ব্লকটির ভর, $m = \frac{14}{9.8} = 1.43\ kg \therefore \omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{120}{1.43}} = 9.16\ rad\ s^{-1}$

আবার, পর্যায়কাল, $T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\times(3.1416\ rad)}{9.16\ rad\ s^{-1}} = 0.686\ s \therefore T = 0.686\ s$ **(Ans.)**

২৪। সমাধান: **(a)** $\frac{k}{m} = \omega^2 \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{100}{2}} = 5\sqrt{2}\ rads^{-1}$

$v_1 = \omega\sqrt{A^2 - x_1^2}$ ... ... (i) এবং $v_2 = \omega\sqrt{A^2 - x_2^2}$ ... ... (ii)

(ii) $\Rightarrow 3.415 = 5\sqrt{2}\sqrt{A^2 - 0.129^2} \Rightarrow A = 0.5\ m$

এখন, $x_2 = A\sin(\omega t_2 + \delta) \Rightarrow 0.129 = 0.5\sin(5\sqrt{2} \times 1 + \delta) \therefore \delta = -6.81 rad$

$\therefore x_1 = A\sin(\omega t_1 + \delta) = 0.5\sin(0 - 6.81) = -0.25m$ **(Ans.)**

$\therefore v_1 = \omega\sqrt{A^2 - x_1^2} = 5\sqrt{2}\sqrt{0.5^2 - (-0.25)^2} = 3.06\ ms^{-1}$ **(Ans.)**

(b) 'a' হতে, বিস্তার, $A = 0.5\ m$; কৌণিক কম্পাঙ্ক, $\omega = 5\sqrt{2} rad/s$ এবং আদি দশা, $\delta = -6.81 rad$

∴ সাধারণ সমীকরণ, $x = A\sin(\omega t + \delta) \Rightarrow x = 0.5\sin(5\sqrt{2}t - 6.81)m$ **(Ans.)**

২৫। সমাধান: অপসারিত জলের আয়তন $= 200\ cm^3$

∴ অপসারিত জলের ভর $= 200\ g \therefore$ কাঠের ব্লকের ভর $= 200\ g$

ধরা যাক, ব্লকটিকে জলের মধ্যে $x\ cm$ ডুবিয়ে ছেড়ে দেওয়া হল।

∴ ঊর্ধ্বমূখী প্রত্যায়ন বল, $F = A \times hpg = -10 \times x(1)g = -10xg$ [x ও F বিপরীতে কাজ করছে]

∴ ব্লকের ত্বরণ, $a = \frac{F}{m} = \frac{10xg}{200} = -\frac{g}{20}x = -\omega^2 x \therefore \omega^2 = \frac{g}{20} \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{g}{20}}$

∴ ব্লকের কম্পনের দোলনকাল, $T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{20}{g}} = 2\pi\sqrt{\frac{20}{980}} = \frac{2\pi}{7} = \frac{2\times3.14}{7} = \frac{6.28}{7} = 0.897\ s$

গভীর দৃষ্টিতে দেখলে একটি সফল দিনের পেছনে অসংখ্য পরিশ্রমী দিন দেখতে পাবে। — *Steve Jobs*