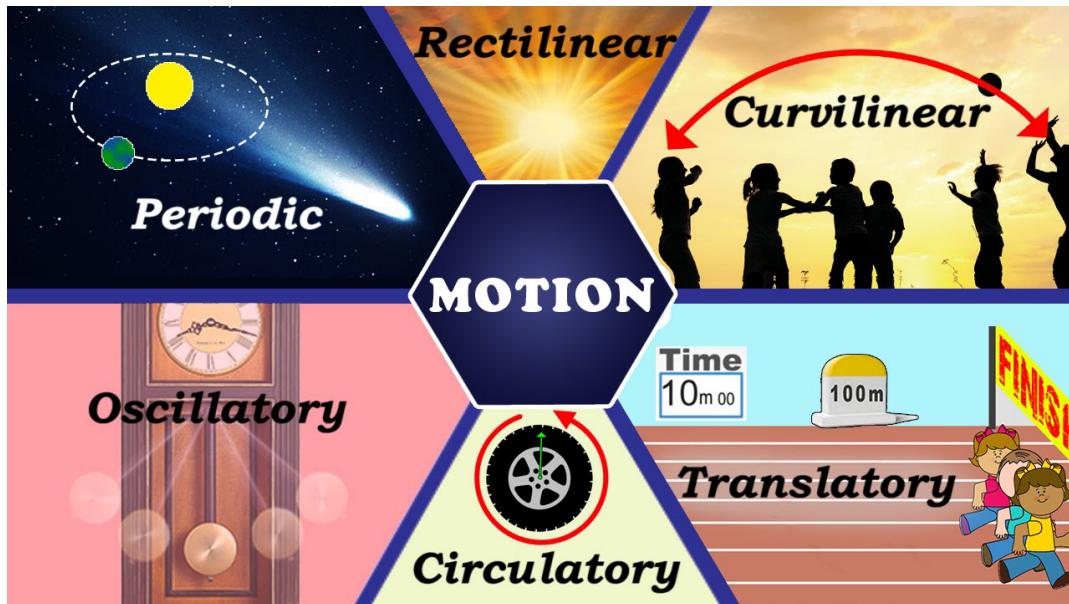


Chapter 2

গতি (Motion)



❖ প্রসঙ্গ বিন্দু কাকে বলে ?

এ মহাবিশ্বে কোন বস্তুর অবস্থান, গতি, স্থিতি সুনির্দিষ্ট ভাবে নির্ণয়ের জন্য যে বিন্দুটিকে স্থির ধরে নেওয়া হয় তাকে প্রসঙ্গ বিন্দু (Reference Point) বলে।

or, যে বিন্দুর সাপেক্ষে কোনো বস্তুর অবস্থান নির্ণয় করা হয় তাকে প্রসঙ্গ বিন্দু বলে।

❖ প্রসঙ্গ কাঠামো কাকে বলে ?

প্রসঙ্গ বিন্দুটি যে কাঠামোর অংশ তাকে প্রসঙ্গ কাঠামো (Reference Frame) বলে।

❖ রাশি কাকে বলে? রাশি কত প্রকার ও কি কি?

❖ মৌলিক ও লঙ্ঘ রাশি কি?

- **মৌলিক রাশি:** যে সকল রাশি স্বাধীন বা নিরপেক্ষ এবং যেগুলো অন্য রাশির উপর নির্ভর করে না, বরং অন্যান্য রাশি এদের উপর নির্ভর করে তাদেরকে মৌলিক রাশি বলে। যেমন- সময়, তাপমাত্রা, তড়িৎ প্রবাহ, দীপন ক্ষমতা, কোন বস্তুর দৈর্ঘ্য, ভর ইত্যাদি।
- **লঙ্ঘ রাশি:** যে সকল রাশি মৌলিক রাশির উপর নির্ভর করে বা মৌলিক রাশি থেকে লাভকরা যায়, তাদেরকে লঙ্ঘ রাশি বলে। যেমন-কাজ, বল, বিভব, বেগ, কোন বস্তুর আয়তন ইত্যাদি।

❖ স্কেলার রাশি ও ভেক্টর রাশি কি?

- **ভেক্টর রাশি:** যেসব ভৌত রাশিকে সম্পূর্ণরূপে প্রকাশ করার জন্য মান ও দিক উভয়ের প্রয়োজন হয় তাকে ভেক্টর রাশি বলে। যেমন- সরণ, ওজন, বেগ, ভ্রমণ, বল, তড়িৎ প্রাবল্য ইত্যাদি হল ভেক্টর রাশি।
- **স্কেলার রাশি:** যে সকল ভৌত রাশিকে শুধু মান দিয়ে সম্পূর্ণরূপে প্রকাশ করা যায়, দিক নির্দেশের প্রয়োজন হয় না তাদেরকে স্কেলার রাশি বলে। যেমন- দৈর্ঘ্য, ভর, দ্রুতি, কাজ, তড়িৎ বিভব ইত্যাদি স্কেলার রাশির উদাহরণ।

❖ গতি/স্থিতি কি ?

সময়ের পরিবর্তনের সাথে পারিপার্শ্বিকের সাপেক্ষে যখন কোনো বস্তুর অবস্থানের পরিবর্তন ঘটে না তখন তাকে স্থিতি বলে।

- ❖ পরম গতি কি?
পরম স্থিতিশীল কোনো বস্তুর সাপেক্ষে কোনো বস্তুর গতিকে পরম গতি বলে।
- ❖ সরলরৈখিক গতি কাকে বলে ?
- ❖ ঘূর্ণন গতি কি?
- ❖ চলন গতি কি?
- ❖ পর্যায়বৃত্ত গতি কাকে বলে?
- ❖ সরল স্পন্দন গতি(SHM) কাকে বলে ?
- ❖ দূরত্ব কাকে বলে ?
যেকোনো দিকে বস্তুর অবস্থানে পরিবর্তনকে দূরত্ব (Distance) বলে।
or, সময়ের সাথে কোন বস্তুর অবস্থানের পরিবর্তনকে দূরত্ব বলে।
- ❖ সরণ কাকে বলে ?
নির্দিষ্ট দিকে বস্তুর অবস্থানের পরিবর্তনকে সরণ (Displacement) বলে।
or, কোনো বস্তুর আদি অবস্থান থেকে শেষ অবস্থান পর্যন্ত সরলরৈখিক দূরত্বকে সরণ বলে।
- ❖ দ্রুতি কাকে বলে ?
কোনো বস্তু একক সময়ে যে দ্রুত অতিক্রম করে তাকে দ্রুতি (Speed) বলে।
- ❖ গড়দ্রুতি কি?
গড় দ্রুতি হলো কোনো নির্দিষ্ট সময়ে অতিক্রান্ত মোট দূরত্বকে উক্ত সময় দ্বারা ভাগ করলে গড় দ্রুতি পাওয়া যায়।
$$\text{গড় দ্রুতি} = \frac{\text{মোট দূরত্ব}}{\text{মোট সময়}}$$
- ❖ বেগ কি?
'একটি নির্দিষ্ট দিকে' একক সময়ে কোন বস্তু যে দূরত্ব অতিক্রম করে তাকে বেগ (Velocity) বলে।
or, বস্তুর সরণের হারকে বেগ বলে।
- ❖ তাৎক্ষণিক বেগ কাকে বলে?
কোনো বস্তুর যেকোনো মুহূর্তের বেগকে তাৎক্ষণিক (Instantaneous Velocity) বেগ বলে।
or, সময়ের ব্যবধান শূন্যের কাছাকাছি হলে বস্তুর সরণের হারকে তাৎক্ষণিক বেগ বলে।
- ❖ সমবেগ কাকে বলে ?
যদি কোনো বস্তুর বেগের মান ও দিক অপরিবর্তিত থাকে তাহলে সেই বস্তুর বেগকে সুষম বেগ বা সমবেগ বলে।
- ❖ গড়বেগ কাকে বলে ?
কোন বস্তুর মোট সরণকে মোট সময় দিয়ে ভাগ করলে যে বেগ পাওয়া যায় তাকে গড়বেগ বলে।
- ❖ কখন তাৎক্ষণিক বেগ ও গড়বেগ সমান হবে ?
কোনো বস্তু সমবেগে গতিশীল হলে।
- ❖ অসমবেগ কাকে বলে ?
কোন বস্তুর গতিকালে যদি তার বেগের মান বা দিক বা উভয়ই পরিবর্তিত হয় তাহলে সেই বেগকে অসম বেগ বলে।
- ❖ ত্বরণ কাকে বলে ?
সময়ের সাথে কোনো বস্তুর বেগের পরিবর্তনের হারকে ত্বরণ (Acceleration) বলে।
or, কোনো বস্তুর বেগ বৃদ্ধির হারকে ত্বরণ বলে।

❖ মন্দন কাকে বলে ?

কোনো বস্তুর বেগ হ্রাসের হারকে মন্দন (Deceleration) বলে।

❖ সমত্বরণ কাকে বলে ?

কোনো বস্তুর বেগ যদি নির্দিষ্ট দিকে সব সময় একই হারে বাঢ়তে থাকে তাহলে তাকে সমত্বরণ বা সুষম ত্বরণ বলে।

► মৌলিক রাশি প্রতীক, একক ও মাত্রাঃ

| রাশি | প্রতীক | SI একক | মাত্রা |
|---------------------------------------|--------|-----------------|----------|
| দৈর্ঘ্য (Length) | l | মিটার(m) | L |
| ভর (Mass) | m | কিলোগ্রাম(kg) | M |
| সময় (Time) | t | সেকেন্ড(s) | T |
| তাপমাত্রা (Temperature) | T | কেলভিন (K) | Θ |
| তড়িৎপ্রবাহ (Electric Current) | I | অ্যাম্পিয়ার(A) | I |
| পদার্থের পরিমাণ (Amount of Substance) | n | মোল(mol) | N |
| দীপন তীব্রতা (Luminous Intensity) | I_v | ক্যান্ডেলা(cd) | J |

অনুধাবনমূলক প্রশ্নঃ

❖ পরম নয় কোন গতি পরম নয় কোন স্থিতি। সকল গতিই আপেক্ষিক সকল স্থিতিই আপেক্ষিক- ব্যাখ্যা করো।

কোনো বস্তু প্রকৃতপক্ষে স্থির না গতিশীল তা নির্ভর করে প্রসঙ্গ বস্তুর উপর। প্রসঙ্গ বস্তু যদি প্রকৃতপক্ষে স্থির হয় তাহলে তার সাপেক্ষে যে বস্তু স্থিতিশীল রয়েছে সেটিও প্রকৃতপক্ষে স্থির। একে পরম স্থিতি বলে। পরম স্থিতিশীল প্রসঙ্গ বস্তুর সাপেক্ষে কোনো বস্তুর গতিকে পরম গতি বলে। কিন্তু এ মহাবিশ্বে এমন কোনো প্রসঙ্গ বস্তু পাওয়া সম্ভব নয়, যা প্রকৃতপক্ষে স্থির রয়েছে। কারণ পৃথিবী প্রতিনিয়ত সূর্যের চারদিকে ঘূরছে, সূর্যও তার গ্রহ, উপগ্রহ নিয়ে ছায়াপথে গতিশীল। কাজেই আমরা যখন কোনো বস্তুকে স্থিতিশীল বা গতিশীল বলি তা আমরা কোনো আপাত স্থিতিশীল বস্তুর সাপেক্ষে বলে থাকি। কাজেই আমরা বলতে পারি, এ মহাবিশ্বে সকল স্থিতিই আপেক্ষিক সকল গতিই আপেক্ষিক। কোনো গতিই পরম নয়, পরম নয় কোনো স্থিতিই।

❖ আঁকাবাঁকা পথে সুষম দ্রুতিতে চলে সম্ভব হলেও সমবেগে চলা অসম্ভব ব্যাখ্যা কর।

আঁকাবাঁকা পথে সুষম দ্রুতিতে চলা সম্ভব হলেও সমবেগে চলা সম্ভব নয়, কারণ সুষম দ্রুতির জন্য শুধু গতির মান বা সংখ্যা স্থির থাকা দরকার। তবে সমবেগের ক্ষেত্রে বেগের মানের সাথে সাথে দিকও একই থাকতে হয়। কারণ বেগ একটি ভেক্টর রাশি,

যার মান ও দিক রয়েছে। আঁকা বাঁকা পথে চলার সময় প্রতিক্ষণে গতির দিক পরিবর্তিত হয়, ফলে বেগ কখনোই স্থির থাকে না।

❖ সরণ বস্তুর গতিপথের উপর নির্ভর করে না-ব্যাখ্যা কর।

নির্দিষ্ট সময়ে নির্দিষ্ট দিকে পারিপার্শ্বিকের সাপেক্ষে বস্তুর অবস্থানের পরিবর্তনকে সরণ বলে। সরণ হলো একটি ভেস্টের রাশি। আদি অবস্থান ও শেষ অবস্থানের মধ্যবর্তী সরলরৈখিক দূরত্বই হলো সরণ। অর্থাৎ বস্তু কোন পথে আদি অবস্থান থেকে শেষ অবস্থানে পৌছালো তার সাথে সরণের সম্পর্ক নেই। এজন্য সরণ বস্তুর গতিপথের উপর নির্ভর করে না।

❖ তোমার বাড়ি থেকে স্কুলে যাওয়ার দূরত্ব ও সরণ ভিন্ন হওয়ার কারণ কি?

কোনো দিকে অবস্থানের পরিবর্তনকে দূরত্ব বলে। অপর দিকে নির্দিষ্ট দিকে বস্তুর পারিপার্শ্বিকের সাপেক্ষে অবস্থানের পরিবর্তনকে সরণ বলে। বস্তুর আদি অবস্থান ও শেষ অবস্থানের সরণিতে দূরত্বই হচ্ছে সরণ। আমার বাসা থেকে বিদ্যালয়ে যাওয়ার জন্য একাধিক পথে একাধিক দূরত্ব থাকতে পারে কিন্তু সরণ একটিই। যেখানে দূরত্ব হচ্ছে স্কুলার রাশি এবং সরণ ভেস্টের রাশি।

❖ উপরের দিকে নিষ্কিপ্ত কোন বস্তুর উত্থান এবং পতনকাল সমান কেন?

u বেগে নিষ্কিপ্ত এবং g অভিকর্ষজ ত্বরণবিশিষ্ট, বস্তুর উত্থান ও পতনের সময়,

$$t_1 = t_2 = u/g$$

এখানে, নিষ্কেপের সময় u বেগে নিষ্কেপ করা হয়, কিন্তু অভিকর্ষজ ত্বরণের জন্য বেগের মান প্রতি সেকেন্ডে 9.8 ms^{-1} হারে কমে এক সময় শূন্য হয়। অপর দিকে, পতনের ক্ষেত্রে বেগের মান প্রতি সেকেন্ডে 9.8 ms^{-1} হারে বাঢ়তে থাকে এবং নিষ্কেপণ বেগের সমান বেগে ভূমিতে পতিত হয়। তাই উভয়ক্ষেত্রে একই সময় লাগে।

❖ সমবেগ হলোই সমন্বয় নিশ্চিত হয় কিন্তু সমন্বয় নিশ্চিত হয় না কেন?

আমরা জানি, বেগ একটি ভেস্টের রাশি। ফলে এর মান ও দিক উভয়ই আছে। সুতরাং কোনো গতিশীল বস্তুর বেগের মান ও দিক অপরিবর্তিত থাকলে সেই বস্তুর বেগকে সুষম বেগ বলে। যেমন, বৃত্তাকার পথে চলমান বস্তুর বেগের মান অপরিবর্তিত থাকলেও বেগের দিক প্রতিনিয়ত পরিবর্তিত হয়। ফলে বেগ সুষম হয় না। অর্থাৎ সমবেগ হলে সমন্বয় নিশ্চিত হয় কিন্তু সমন্বয় নিশ্চিত হলোই সমবেগ নিশ্চিত হয় না।

❖ ভর হচ্ছে জড়তার পরিমাপক - ব্যাখ্যা কর।

কোনো বস্তু যে অবস্থায় আছে তিরকাল সে অবস্থায় থাকতে চাওয়ার যে প্রবণতা বা ধর্ম তাকে জড়তা বলে। কোনো বস্তুর জড়তা এর ভরের উপর নির্ভর করে। যে বস্তুর ভর বেশি তার জড়তা বেশি। আর যে বস্তুর ভর কম তার জড়তাও কম।

দুটি ভিন্ন ভরের দুটি বস্তু নিয়ে বস্তুদ্বয়কে স্থির অবস্থা থেকে গতিশীল করতে চিহ্নিত ভারী বস্তুর ক্ষেত্রে বেশি বল দরকার হবে। একইভাবে বস্তুদ্বয় যদি গতিশীল থাকে তবে তাদেরকে থামানোর ক্ষেত্রে ভারী বস্তুর ক্ষেত্রে বেশি বল প্রয়োগ করতে হবে। অর্থাৎ ভরই হচ্ছে এর জড়তার পরিমাপক।

❖ শক্তি রূপান্তরের কারণে পরিবেশের উপর বিরুদ্ধ প্রভাব পড়ছে-ব্যাখ্যা করো।

শক্তির রূপান্তরে পরিবেশের উপর প্রভাবের সবচেয়ে বড় উদাহরণ হচ্ছে ফসিল জ্বালানি বা তেল, গ্যাস এবং কয়লা। এই তিনটিতেই কার্বনের পরিমাণ অনেক বেশি এবং এগুলো পুড়িয়ে যখন তাপ শক্তি তৈরি হয় তখন কার্বন ডাইঅক্সাইড গ্যাস তৈরি হয়। যেটি একটি গ্রিন হাউস গ্যাস। অর্থাৎ এই গ্যাস পৃথিবীতে তাপকে ধরে রাখতে পারে এবং এ কারণে পৃথিবীর তাপমাত্রা ধীরে ধীরে বেড়ে যাচ্ছে যেটি বৈশ্বিক উষ্ণতা নামে পরিচিত। এই বৈশ্বিক উষ্ণতার কারণে মেরু অঞ্চলের বরফ গলে গিয়ে সমৃদ্ধ পৃষ্ঠের উচ্চতা বেড়ে যাচ্ছে। সে কারণে পৃথিবীর যেসব দেশের নিষ্পাঞ্চল প্লাবিত হবে এবং কৃষি জমি লবণাক্ত হয়ে পরিবেশের উপর ক্ষতিকর প্রভাব ফেলবে তার মাঝে বাংলাদেশ একটি। অতএব, শক্তির রূপান্তরের কারণে পরিবেশের উপর বিরুদ্ধ প্রভাব পড়ছে।

❖ কোন বস্তুর গড়বেগ শূন্য হলেও গড় দ্রুতি শূন্য না হতে পারে- ব্যাখ্যা কর।

❖ পৃথিবীর সকল স্থানে কোনো বস্তুর ওজন সমান হবে কি?

পৃথিবীর সকল স্থানে একটি নির্দিষ্ট বস্তুর ওজন সমান হবে না। পৃথিবী সম্পূর্ণ গোলাকার না হওয়ায় পৃথিবীর ব্যাসার্ধ R সব জায়গায় সমান নয়।

আমরা জানি, অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = GM/R^2$ যেখানে, $R =$ পৃথিবীর ব্যাসার্ধ। অর্থাৎ পৃথিবীর কেন্দ্র থেকে যে দেশ যত দূরে বা

কাছে, তার জন্য R-এর মান তত বেশি বা কম। যার ফলে g এর মানও কম বা বেশি হয়। আবার ওজন, $W = mg$ যা g-এর উপর নির্ভরশীল। তাই g-এর মান পরিবর্তনের সাথে সাথে ওজনও কম বেশি হয়।

- ❖ সমন্বিতে চলমান বস্তুর সরণ শূন্য হয় কেন?
- ❖ সমন্বিতে চলমান বস্তুর কিভাবে ত্বরণ থাকতে পারে?
- ❖ সকল ধরনের বেগের পরিবর্তন সুষম ত্বরণ হবে কি-ব্যাখ্যা কর।

না, সকল ধরনের বেগের পরিবর্তন সুষম ত্বরণ হবে না। সুষম ত্বরণ তখনই হয় যখন কোনো বস্তুর বেগ সময়ের সাথে সমান হারে পরিবর্তিত হয়, অর্থাৎ ত্বরণের মান এবং দিক উভয়ই স্থির থাকে। সকল ধরনের বেগের পরিবর্তনে ত্বরণের মান ও দিক স্থির থাকে না বলে সব ধরনের বেগের পরিবর্তন সুষম ত্বরণ হবে না।

- ❖ সূর্যকে ঘিরে হালিল ধূমকেতুর গতি একটি পর্যাবৃত্ত গতি- ব্যাখ্যা কর।

কোনো গতিশীল বস্তুকণার গতি যদি এমন হয় যে, এটি এর গতির পথে কোনো নিদিষ্ট বিন্দুকে নিদিষ্ট সময় পরপর একই দিক থেকে অতিক্রম করে, তাহলে সেই গতিকে পর্যায়বৃত্ত গতি বলে। হালিল ধূমকেতু সূর্যকে একটি নিদিষ্ট সময় পরপর উপবৃত্তাকার পথে একই দিক থেকে পরিভ্রমণ করে এবং প্রতি ৭৬ বছর পর একটি পূর্ণ ঘূর্ণন সম্পন্ন করে। তাই সূর্যকে কেন্দ্র করে হালিল ধূমকেতুর গতি পর্যায়বৃত্ত গতি।

- ❖ কম্পনশীল সুর শলাকার গতি স্পন্দন গতি - ব্যাখ্যা কর।

পর্যাবৃত্ত গতিসম্পন্ন কোনো কণা যদি পর্যায়কালের অর্ধেক সময় একদিকে চলে বাকি অর্ধেক সময় পূর্ব গতির বিপরীত দিকে চলে, তবে তার গতিকে স্পন্দন গতি বলে। সুরশলাকা, তার গতিপথের মধ্যবিন্দু হতে উভয় দিকে সরণের জন্য সমান সময় নেয় এবং দিক প্রথম দিকের বিপরীত হয়।

সুতরাং বলা যায়, কম্পনশীল সুরশলাকার গতি স্পন্দন গতি।

- ❖ সকল স্পন্দন গতিই পর্যাবৃত্ত গতি কিন্তু সকল পর্যাবৃত্ত গতি স্পন্দন গতি নয় - ব্যাখ্যা কর।

যে গতি একটি নিদিষ্ট সময়ের ব্যবধানে পুনরাবৃত্ত হয় তাকে পর্যাবৃত্ত গতি বলে। কোনো পর্যাবৃত্ত গতিসম্পন্ন বস্তুকণার গতি তখনই সরল স্পন্দন গতি হয় যখন বস্তুকণার ত্বরণ সাম্যাবস্থান থেকে বস্তুকণাটির সরণের সমানুপাতিক এবং সর্বদাই সাম্যাবস্থান অভিমুখী হয়। সুতরাং সরল স্পন্দন গতি এক বিশেষ ধরনের পর্যাবৃত্ত গতি। কিন্তু সব পর্যাবৃত্ত গতি সরল স্পন্দন গতির বিশেষ শর্তগুলো মেনে চলে না। তাই সব পর্যাবৃত্ত গতি সরল স্পন্দন গতি হতে পারে না। যেমন- ঘড়ির কাঁটার গতি বা সূর্যের চারদিকে পৃথিবীর গতি হলো পর্যাবৃত্ত গতি, কিন্তু সরল, স্পন্দন গতি নয়। তাই বলা যায়, সকল সরল স্পন্দন গতিই পর্যাবৃত্ত গতি কিন্তু সকল পর্যাবৃত্ত গতি সরল স্পন্দন গতি নয়।

- ❖ সমআয়তনেরও একটি পাথর ও তুলা একই উচ্চতা থেকে ফেলে দিলে কোনটি আগে মাটিতে পড়বে?

পড়ন্ত বস্তুর ক্ষেত্রে কোন বস্তুটি আগে পড়বে তা নির্ভর করে বাতাসের বাধার পরিমাণের উপর। বস্তুর ক্ষেত্রফল বেশি হলে তার উপর বাতাসের উর্ধ্বমুখী বল বা বাধার পরিমাণ বেশি হয় এবং ক্ষেত্রফল কম হলে বাধার পরিমাণ কম হয়। তুলার আয়তন ও ক্ষেত্রফল বেশি এবং পাথরের আয়তন ও ক্ষেত্রফল কম হয়। এজন্য তুলায় বাধা বেশি হওয়ায় এর গতি কমে যায় এবং পাথরে বাধা কম হওয়ায় এর গতি তুলনামূলক বেশি থাকে। ফলে পাথর তুলার আগে মাটি স্পর্শ করবে।

- ❖ মুক্তভাবে পড়ন্ত বস্তুর সরণ পরিবর্তনের হার একই থাকে না কেন?

আমরা জানি, কোনো বস্তু মুক্তভাবে নিচের দিকে পড়তে থাকলে বস্তুটির উপর অভিকর্ষজ ত্বরণ ক্রিয়া করে। আর, অভিকর্ষজ বলের প্রভাবে পড়ন্ত বস্তুর সরণ পরিবর্তনের হার অর্থাৎ বেগ বৃদ্ধির হারই হলো অভিকর্ষজ ত্বরণ। এখান থেকে এটা স্পষ্ট যে, স্থির অবস্থা থেকে কোনো বস্তু নিচের দিকে পড়তে থাকলে, এর সরণ পরিবর্তনের হার অর্থাৎ বেগ বৃদ্ধি পায়। পড়ন্ত বস্তুর ২য় সূত্রেও উল্লেখ করা হয়েছে, বিনা বাধায় পড়ন্ত বস্তুর বেগ, সময়ের সমানুপাতিক। অর্থাৎ সময় বাড়লে বেগ বৃদ্ধি পায়।

অতএব, আমরা বলতে পারি যে, স্থির অবস্থা থেকে কোনো বস্তু মুক্তভাবে নিচে পড়তে থাকলে এর সরণ পরিবর্তনের হার অর্থাৎ বেগ একই থাকে না বরং বৃদ্ধি পায়।।

- ❖ অভিকর্ষজ ত্বরণ সমত্বরণ কেন?

কোনো বস্তুর বেগ যদি নিদিষ্ট দিকে সব সময় একই হারে বাড়তে থাকে তাহলে সেই ত্বরণকে সুষম বা সমত্বরণ বলে। আবার, আমরা জানি অভিকর্ষ বলের প্রভাবে মুক্তভাবে পড়ন্ত কোনো বস্তুর বেগ বৃদ্ধির হারকে অভিকর্ষজ ত্বরণ বলে। পড়ন্ত বস্তু নিদিষ্ট

দিক অর্থাৎ নিচের দিকে যখন পড়ে তখন বেগ সবসময় একই হারে বাড়তে থাকে। অতএব, অভিকর্ষজ ত্বরণকে সমত্বরণ বলা যায়।

❖ নিষ্কিপ্ত বস্তুর ত্বরণ খণ্টাত্মক হয় কেন?

আমরা জানি, নিষ্কিপ্ত বস্তুর ক্ষেত্রে অভিকর্ষ বলের বিপরীতে বস্তুর সরণ ঘটে। ফলে সময়ের সাথে সাথে বস্তুর বেগ ত্বাস পেতে থাকে। খাড়াভাবে নিষ্কেপের ক্ষেত্রে এই বেগ ত্বাসের হার প্রতি সেকেন্ডে 9.8 ms^{-1} । আবার বেগ পরিবর্তনের হারকে ত্বরণ বলে। অর্থাৎ নিষ্কিপ্ত বস্তুর ত্বরণ খণ্টাত্মক হয়। এর ফলে বস্তুটি সর্বোচ্চ উচ্চতায় উঠে আবার ভূমিতে ফিরে আসে।

❖ গতিশীল বস্তুর দূরত্ব কখনও শূন্য হয় না কিন্তু সরণ শূন্য হতে পারে?

আমরা জানি, সরণ হচ্ছে নির্দিষ্ট দিকে বস্তুর অতিক্রান্ত দূরত্ব। এটিও বস্তুর আদি ও শেষ অবস্থানের মধ্যে রৈখিক দূরত্ব নির্দেশ করে। ফলে সরণ বস্তুর গতিপথের উপর নির্ভর করে না। অন্যদিকে দূরত্ব হচ্ছে বস্তুর অতিক্রান্ত পথের দৈর্ঘ্য। এটি গতিপথের উপর নির্ভর করে। এ কারণে বস্তু বৃত্তাকার পথে সম্পূর্ণ পথ ঘুরে পুরো অবস্থানে আসলে এর সরণ। শূন্য হয়। কিন্তু এর দূরত্ব হয় বৃত্তাকার পথের পরিধি। তাই বলা যায়, গতিশীল বস্তুর অতিক্রান্ত দূরত্ব শূন্য হয় না কিন্তু সরণ শূন্য হতে পারে।

❖ চলন গতি ও ঘূর্ণন গতির মধ্যে দুটি পার্থক্য লিখ।

| চলন গতি | ঘূর্ণন গতি |
|--|---|
| ১. চলন গতিসম্পন্ন বস্তুর প্রত্যেকটি কণা একই দিকে। সমান সময়ে সমান দূরত্ব অতিক্রম করে। | ১. ঘূর্ণন গতিসম্পন্ন বস্তু কোনো বিন্দু বা অক্ষকে কেন্দ্র করে ঘুরতে থাকে। |
| ২. চলন গতিসম্পন্ন বস্তু তার গতিপথের কোনো বিন্দুকে একই দিক থেকে বার বার অতিক্রম করে না। | ২. ঘূর্ণন গতিসম্পন্ন বস্তু তার গতিপথের কোনো বিন্দুকে একইদিক থেকে বার বার অতিক্রম করে। |

❖ বৃত্তাকার পথে ঘূর্ণায়মান কোন বস্তুর দ্রুতির পরিবর্তন না হলেও ত্বরণ থাকে কেন ?

বৃত্তাকার পথে সমন্বিতভাবে গতিশীল বস্তুর বেগের মানের কোনো পরিবর্তন হয় না, কিন্তু বেগের দিকের পরিবর্তন হয়। তাই দিকের পরিবর্তন হয় বলে বস্তুর ত্বরণ থাকে।

❖ বৃত্তাকার পথে কোনো বস্তু সমবেগে চলতে পারে কি না? ব্যাখ্যা কর।

১০. বৃত্তাকার পথে ঘূর্ণায়মান কোন বস্তুর দ্রুতির পরিবর্তন না হলেও বেগের পরিবর্তন হয় কেন ?

আমরা জানি, বেগের পরিবর্তনের হারকে ত্বরণ বলে। যেহেতু বেগের মান ও দিক উভয়ই আছে। সেক্ষেত্রে বেগের মান সমান হলেও দিক ক্রমাগত পরিবর্তন হয়। আর দিকের পরিবর্তন হলে বেগেরও পরিবর্তন হয়। তাই বৃত্তাকার পথে সমন্বিতভাবে ঘূর্ণায়মান কোন বস্তুর দ্রুতির পরিবর্তন না হলেও বেগের পরিবর্তন হয়। অর্থাৎ এক্ষেত্রে সমবেগে চলা সম্ভব নয়।

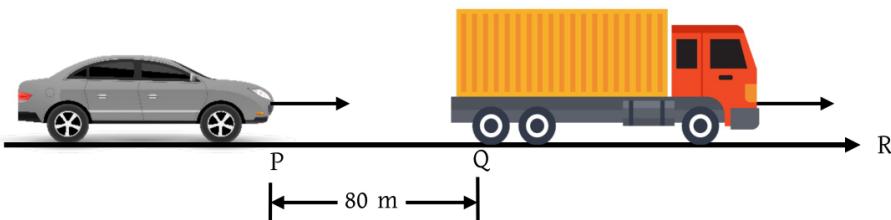
❖ গতির সমীকরণঃ

| গতির সমীকরণ | পড়ত বস্তুর ক্ষেত্রে | নিষ্কিপ্ত বস্তুর ক্ষেত্রে |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| $v = u + at$ | $v = u + gt$ | $v = u - gt$ |
| $v^2 = u^2 + 2as$ | $v^2 = u^2 + 2gh$ | $v^2 = u^2 - 2gh$ |
| $s = ut + \frac{1}{2}at^2$ | $s = ut + \frac{1}{2}gt^2$ | $s = ut - \frac{1}{2}gt^2$ |
| $s = \frac{(v+u)}{2}t$ | $s = \frac{(v+u)}{2}t$ | $s = \frac{(v+u)}{2}t$ |

- সমবেগের ক্ষেত্রে: $S = vt$
- t - তম সেকেন্ডে অতিক্রান্ত দূরত্ব: $S_t = u + \frac{1}{2} a(2t-1)$
- উপান ও পতনকাল, $t_1=t_2 = \frac{u}{g}$

Mathematical Problems:

- একটি গাড়ির বেগ 5ms^{-1} থেকে সুষম ভাবে বৃদ্ধি পেয়ে 10s পরে 36ms^{-1} হয়। গাড়িটির স্থরণ বের কর।
- একটি বস্তু স্থির অবস্থান থেকে 5ms^{-2} বেগে চলতে শুরু করল। 3s পর বস্তুটির বেগ কত হবে?
- একটি বস্তু 6ms^{-1} বেগে চলতে শুরু করল এবং 3s পর 5ms^{-2} স্থরণ প্রাপ্ত হয়। বস্তুটির অতিক্রান্ত দূরত্ব কত?
- একটি বল 20 ms^{-1} সমবেগে গতিশীল থাকলে 3s এ এটি কত দূরত্ব অতিক্রম করবে তা নির্ণয় কর।
- একটি বস্তু স্থির অবস্থা থেকে যাত্রা শুরু করে 10s এ 36m দূরত্ব অতিক্রম করে। স্থরণ কত?
- 30ms^{-1} বেগে চলত একটি ট্রাক 50m দূরে একটি ভ্যানকে দেখে ব্রেক চেপে দিল। এতে ট্রাকটি ভ্যানের সামনে এসে থেমে গেল। ট্রাকটি কত স্থরণে এসে থেমেছিল?
- একটি ট্রেনের স্থরণ 50ms^{-2} । শুরুতে 30ms^{-1} বেগে যাত্রা শুরু করলে 2.3km দূরত্ব অতিক্রম করার পরে বেগ কত হবে?
- 18km/h বেগে চলতে শুরু করা একটি বাইকের স্থরণ 10min পরে 15ms^{-2} হয়। বাইকটির বেগ কত?
- একটি হরিণ একটি বাঘ থেকে 15m দূরে ছিল। বাঘ হরিণটিকে ধরার জন্য 2ms^{-2} সুষম স্থরণে দৌড়াতে লাগল। হরিণটি 20ms^{-1} সুষম বেগে দৌড়াতে থাকলে-
 - কখন বাঘ ও হরিণের বেগ সমান হবে?
 - বাঘ হরিণকে কখন এবং কোথায় ধরতে পারবে?
- একটি দেয়ালের পুরত্ব 50 cm । রানি তার বলুক হতে 5g ভরের একটি গুলি 200 ms^{-1} বেগে ছুড়ল। এতে গুলিটি দেয়ালের মধ্যে 28cm প্রবেশ করে গতিবেগ অর্ধেক হয়ে গেল। রানির গুলিটির অতিক্রান্ত মোট দূরত্ব নির্ণয় কর।
- ভূমি ত্যাগ করার পূর্বে স্থির অবস্থান হতে একটি বিমান 10 ms^{-2} বেগে 2km চলে। রানওয়ে অতিক্রম করতে বিমানটির কত সময় লাগবে?
- 50 km/h বেগে চলত একজন গাড়ির চালক 100m দূরে একজন পথ্যাত্রীকে দেখে সাথে সাথে ব্রেক চেপে দিলেন। এতে গাড়িটি পথচারীর 10m দূরে সামনে এসে থেমে গেল।
 - ব্রেক চাপার পর গাড়িটি থামতে কত সময় লেগেছিল?
 - গাড়িটি থামতে আরও 0.5 সেকেন্ড সময় বেশি লাগলে কী ঘটত গাণিতিক যুক্তিসহ লিখ।
- একটি রাইফেলের গুলি একটি তক্ষাকে ভেদ করতে পারে। যদি গুলির বেগ 8 গুণ করা হয়, তবে অনুরূপ কয়টি তক্ষা ভেদ করতে পারবে?



14.

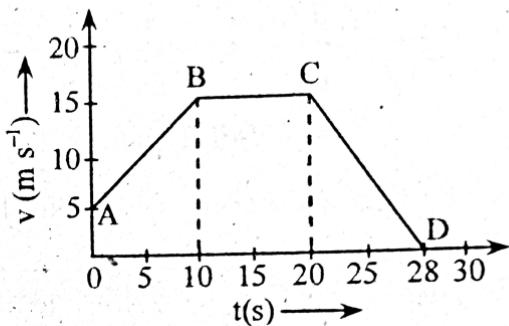
P অবস্থান থেকে একটি প্রাইভেট কার 21 ms^{-1} সমবেগে এবং Q অবস্থান থেকে অপর একটি ট্রাক স্থির অবস্থান হতে 2ms^{-2} স্থরণে একই

দিকে চলছে।

- ট্রাকটির 20 তম সেকেন্ডে অতিক্রান্ত দূরত্ব নির্ণয় কর।
- চলার পথে প্রাইভেট কার ও ট্রাকটি পরস্পরকে কতবার অতিক্রম করবে? গাণিতিক যুক্তি সহ বিশ্লেষণ কর।

15. 1000 kg ভরের দুইটি ট্রাক 6ms^{-1} ও 7ms^{-1} বেগে যাত্রা শুরু করে একই সময়ে পৌছাল। ট্রাক দুইটির স্বরণ যথাক্রমে 5ms^{-2} ও 3ms^{-2} । ট্রাক দুইটি কত সময়ে গন্তব্যস্থলে পৌঁছল?

16. একটি 1000 kg ভরের গাড়ির পতিপথের লেখচিত্র-



- AB অংশের স্বরণ নির্ণয় কর।
- গাড়িটির মোট অতিক্রান্ত দূরত্ব নির্ণয় কর।
- CD অংশে কি বল প্রয়োগ করার ফলে গাড়িটিকে D বিন্দুতে থামানো সম্ভব হয়েছিল?

17. একটি ট্রেন স্থির অবস্থান থেকে যাত্রা শুরু করে 5ms^{-2} সমস্বরণে 118 m দূরত্ব অতিক্রম করে। ট্রেনটি 40 m এর পর থেকে 4ms^{-2} স্বরণে গমন করলে সময়ের পরিমাণ নির্ণয় কর।

18. একটি গাড়ি স্থিরাবস্থান হতে যাত্রা শুরু করে 6s সময় পর্যন্ত 2ms^{-2} সুষম স্বরণে চলার পর 1min সমন্বিতে চলে।

- সুষম স্বরণে বস্তুটি কর্তৃক অতিক্রান্ত দূরত্ব নির্ণয় কর।
- যদি বস্তুটি উদ্দীপকের সম্পূর্ণ দূরত্ব 2ms^{-2} সুষম স্বরণে অতিক্রম করত তবে মোট কত সময় লাগত?

19. সাকিব 30 ms^{-1} বেগে একটি ক্রিকেট বল খাড়া উপরের দিকে ছুড়ে মারল। অপরদিকে একজন ফিল্ডার 40m দূর থেকে 2ms^{-2} স্বরণে স্থির অবস্থান থেকে বলটিকে ধরার জন্য দৌড় শুরু করল।

- বলটির সর্বোচ্চ উচ্চতা নির্ণয় কর।
- ভূমিতে পতিত হওয়ার পূর্ব মুহূর্তে ফিল্ডার বলটিকে ধরতে পারবে কী না গাণিতিকভাবে দেখাও।

20. একটি বস্তু A-কে 120m উঁচু থেকে ফেলে দেয়া হলো। একই সময় অপর একটি বস্তুকে 19.6ms^{-1} বেগে খাড়া উপরের দিকে নিষ্কেপ করা হলো।

- 1.8s পর A বস্তুটির বেগ নির্ণয় কর।
- A বস্তুটি কত বেগে ভূমিতে আঘাত করবে?
- ভূমি ছাড়া কি বস্তুদ্বয় মিলিত হবে? উত্তরের স্বপক্ষে যুক্তি দাও।

21. একটি টেনিস বল মাঠে সুষম মন্দনসহ চলতে শুরু করল। প্রথম 3 s পর্যন্ত বলটি 40 cm s^{-1} গড় বেগে চলল এবং পরবর্তী 5 s পর্যন্ত এর বেগ হলো 20 cms^{-1} । টেনিস বলটিকে 50 m s^{-1} বেগে খাড়াভাবে উপরের দিকে নিষ্কেপ করা হলো।

- টেনিস বলটির আদিবেগ ও ভ্রমণ নির্ণয় কর।
- টেনিস বলটির সর্বোচ্চ উচ্চতায় উঠতে এবং ভূমিতে পতিত হতে সময়ের প্রয়োজন কিনা- গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর।

22.

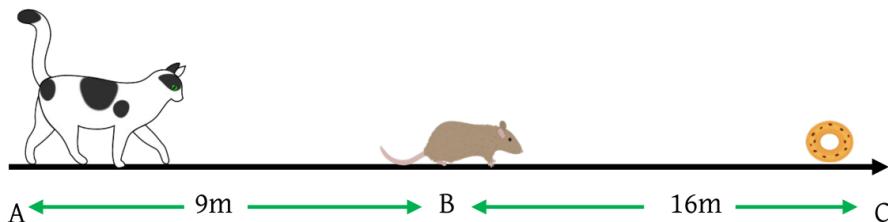
| | | | | | | | |
|--------------------------|---|----|----|----|----|----|----|
| বেগ (ms^{-1}) | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 |
| সময় (t) | 0 | 4 | 8 | 12 | 16 | 20 | 24 |

- ৬ষ্ঠ সেকেন্ডে অতিক্রান্ত দূরত্ব নির্ণয় কর।
- প্রদত্ত তথ্যের আলোকে লেখচিত্র অঙ্কন কর এবং ঢাল(slope) নির্ণয় কর।

23. 54 kmh^{-1} বেগে চলন্ত একটি গাড়ির চালক ব্রেক চাপায় গাড়িটি 4 s -এ থেমে গেল। আবার 18 kmh^{-1} বেগে চলন্ত অপর একটি গাড়ির চালক ধীরে ধীরে ব্রেক চাপায় গাড়িটি 8 s -এ থামল।

- ১ম গাড়িটি 444 m দৈর্ঘ্যের একটি সেতু 30 s -এ সমন্বিতভাবে অতিক্রম করলে গাড়িটির দৈর্ঘ্য নির্ণয় করো।
- ব্রেক চাপার পর কোন গাড়িটি বেশি দূরত্ব অতিক্রম করবে? গাণিতিক বিশ্লেষণ করো।

24. C অবস্থানে রাখিত রুটি সংগ্রহ করার জন্য একটি ইঁদুর B অবস্থান হতে 0.4 ms^{-1} সমবেগে চলছে। A অবস্থানে বসে থাকা একটি বিড়াল ইঁদুরকে লক্ষ করল এবং ইঁদুরটির আগেই রুটিটি সংগ্রহ করার জন্য 0.02 ms^{-2} সমন্বরণে একই রাস্তা বরাবর ছুটতে থাকল।



- অবস্থানে পৌঁছাতে বিড়ালটির কত বেগ প্রাপ্ত হতে হবে?
- বিড়ালটি পৌঁছানোর পূর্বেই ইঁদুরটির পক্ষে রুটিটি সংগ্রহ করা সম্ভব হবে কি-না তা গাণিতিক বিশ্লেষণ করে মতামত দাও।

25. একজন অন্ধব্যক্তি রাস্তা করার জন্য ফুটপাতে দাঁড়িয়ে ছিলো। একটি গাড়ি 36 kmh^{-1} সমবেগে আসতে দেখে চায়ের দোকানে দাঁড়িয়ে থাকা শফিক ৮০ মিটার দূর থেকে 2 ms^{-2} সমন্বরণে দৌড় দিয়ে অন্ধব্যক্তিকে ধরতে যায়। উক্ত সময়ের মধ্যে অন্ধব্যক্তি শফিকের থেকে আরও ১ মিটার সরে গেছে।

- গাড়িটি ১০ মিটার যেতে কত সময় লাগবে? নির্ণয় কর।
- অন্ধব্যক্তি থেকে গাড়িটি ১০০ মিটার দূরে থাকলে শফিক গাড়িটি আসার পূর্বে অন্ধব্যক্তির কাছে পৌঁছাবে কিনা? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর।

26.

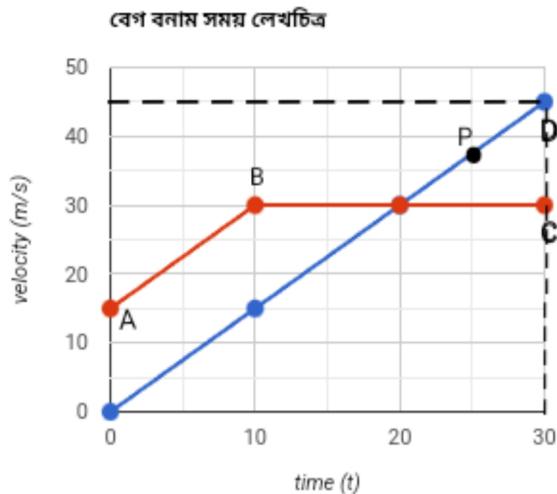
DB-16

| | | | | | | | |
|----------|---|---|----|----|----|----|----|
| সময় (s) | 0 | 8 | 16 | 24 | 32 | 40 | 48 |
|----------|---|---|----|----|----|----|----|

| | | | | | | | |
|--------------------------|---|---|---|---|---|---|---|
| বেগ (ms^{-1}) | 0 | 4 | 8 | 8 | 8 | 4 | 0 |
|--------------------------|---|---|---|---|---|---|---|

- গাড়িটির প্রথম 32s এ অতিক্রান্ত দূরত্ব নির্ণয় কর।
- উদ্দীপকের তথ্যের আলোকে লেখচিত্র অঙ্কন কর এবং এর বিভিন্ন অংশের বেগের প্রকৃতি বিশ্লেষণ কর।

27. চিত্রে OD এবং ABC যথাক্রমে একটি গাড়ি ও একটি মোটর সাইকেলের বেগ নির্দেশ করে। P বিন্দুতে একটি লাইটপোস্ট আছে।



- গাড়িটি লাইটপোস্টটি কত বেগে অতিক্রম করবে ?
- 30s এ গাড়ি ও মোটর সাইকেলের অতিক্রান্ত দূরত্ব সমান হবে কি? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো।

RB-24

28. It's Me

"Never let your mind dominate your conscience "

[MD. IMRAN ISLAM]

Updated: March 10, 2025