প্যারালাল TEXT

(For HSC & Pre-Admission)

পদার্থবিজ্ঞান প্রথম পত্র

তৃতীয় অধ্যায়: গতিবিদ্যা

সার্বিক ব্যবস্থাপনায়
উদ্ভাস ফিজিক্স টিম

প্রচ্ছদ
মোঃ রাকিব হোসেন

অক্ষর বিন্যাস
জায়েদ, মিঠুন ও হৃদয়

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: আগস্ট, ২০২৩ ইং

অনলাইন পরিবেশক
rokomari.com

Fixed Price
১৫০/-
(একশত পঞ্চাশ টাকা মাত্র)

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 ভর্তিযুদ্ধের জন্য প্রস্তুত রাখবে।

তোমাদের সার্বিক সাফল্য ও উজ্জ্বল ভবিষ্যত কামনায়-

উদ্ভাস ফিজিক্স টিম

সূচিপত্র

পদার্থবিজ্ঞান প্রথম পত্র

তৃতীয় অধ্যায়: গতিবিদ্যা

Gmail

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 নেব ইনশাআল্লাহ্।

Email : solutionpt.udvash@gmail.com

Email-এ নিম্নলিখিত বিষয়গুলো উল্লেখ করতে হবে:

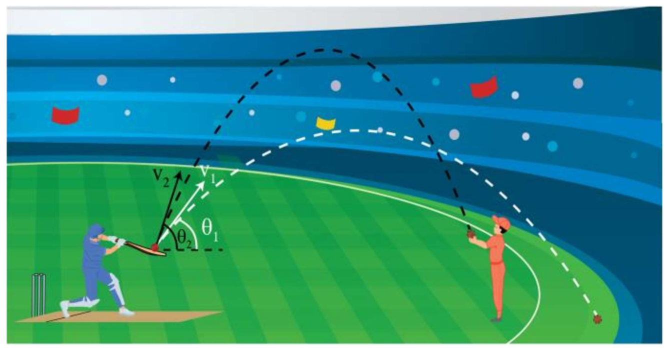
(i) “HSC Parallel Text” এর বিষয়ের নাম, (ii) ভার্সন (বাংলা/ইংলিশ), (iii) অধ্যায়ের নাম, (iv) পৃষ্ঠা নম্বর, (v) প্রশ্ন নম্বর, (vi) ভুলটা কী, (vii) কী হওয়া উচিৎ বলে তোমার মনে হয়।

উদাহরণ: “HSC Parallel Text” Physics 1st Paper, Bangla Version, Chapter-03, Page-55, Question-15, 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 ০৩
গতিবিদ্যা



পড়ন্ত বিকেল। বাসাইলভোগ গ্রামের স্কুল মাঠকে ঘিরে তখন টানটান উত্তেজনা। একদল স্কুল পড়ুয়ার মাঝে চলছে ক্রিকেট খেলার লড়াই। শেষ ওভারে দরকার ১৯ রান। ক্রিজে দলের সেরা ব্যাটসম্যান মাসুম। বিপক্ষ দলের বোলার আসীরের করা প্রথম ৫ বলে তুলে নিলো ১৪ রান। শেষ বলে দরকার ৫ রান। আসীরের করা শেষ বলে আত্মবিশ্বাসী মাসুম সজোরে ব্যাট চালাল। ব্যাটে-বলে হলোও দারুণ! কিন্তু বল যতটা না দূরত্ব অতিক্রম করোলো তার চেয়ে বেশি উচ্চতায় উঠল। অনেক উপরে উঠে যাওয়া বল দুর্দান্ত দক্ষতায় বাউন্ডারি লাইনে লুফে নিলো দীপ। ক্যাচ আউট! মাসুম হতাশ। এর চেয়ে কম জোরে ব্যাট চালিয়েও সে অনায়াসে ছক্কা হাঁকায়। কেন যে এমন হলো!!! তোমরা জেনে অবাক হবে যে, স্কুল পড়ুয়া মাসুম কলেজে উঠে "গতিবিদ্যা" অধ্যায়টি পড়ে তার সেই সজোরে মারা শটটি ছক্কা না হওয়ার কারণ খুঁজে পেয়েছিলো।

একটি বিমানকে উড়াল দেওয়ার সময় কাঙ্ক্ষিত বেগ অর্জন করতে হলে রানওয়ে বরাবর কতটুকু দূরত্ব যেতে হবে? ক্রিকেট খেলায় ক্রিকেট বলকে কীভাবে ব্যাট দ্বারা আঘাত করলে তা সবচেয়ে বেশি দূরত্ব অতিক্রম করবে? হাত ফসকে গ্লাস নিচে পড়ে গেলে সেটি ভাঙ্গার আগেই ধরার জন্য কত সময় পাওয়া যাবে? এসকল প্রশ্নের উত্তর পাওয়ার জন্য আমাদেরকে পদার্থবিজ্ঞানের একটি শাখার সাথে পরিচিত হতে হবে, এর নাম গতিবিদ্যা। গতিবিদ্যা পদার্থবিজ্ঞানের অন্যতম বিস্তৃত শাখা। এই অধ্যায়ে আমরা সমতলে বিভিন্ন বস্তুর গতি বিষয়ক রাশিগুলো নিয়ে আলোচনা করব। গতিপথের উপর ভিত্তি করে গতি তিন ধরনের হতে পারে যথা-একমাত্রিক, দ্বিমাত্রিক ও ত্রিমাত্রিক গতি। এ অধ্যায়ে আমরা গতি সংক্রান্ত বিভিন্ন সমীকরণ, এদের ব্যবহার ও প্রয়োগ সম্পর্কে বিস্তারিতভাবে জানব।

প্রসঙ্গ কাঠামো

মনে করা যাক, একটি রশির দুই প্রান্ত দুটি গাছের সাথে বাঁধা। একটি পাখি রশির উপর অবস্থান করছে **Fig 3.01** তোমাকে বলা হলো পাখিটির অবস্থান নির্ণয় করতে। পাখির অবস্থান নির্ণয়ের জন্য শুধুমাত্র এই তথ্য যথেষ্ট নয়। আমাদেরকে আরও তথ্য জানতে হবে। যেমন: তোমাকে আরও বলা হল বামপাশের গাছটি হতে 3m দূরে পাখিটি অবস্থান করছে। এবার আমরা সম্পূর্ণভাবে পাখিটির অবস্থান নির্ণয় করতে পারি। আমরা বলব, বামপাশের গাছ হতে রশি বরাবর 3m সামনে আগালে সেটাই হবে পাখিটির অবস্থান।

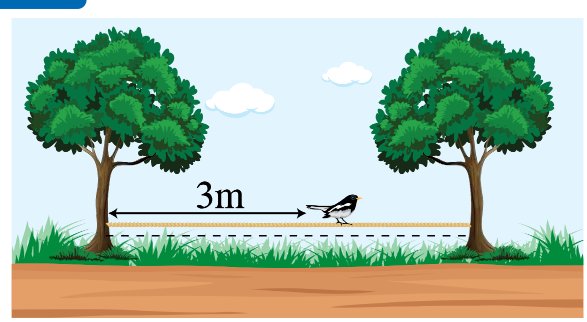


Fig 3.01

অর্থাৎ, আমরা সর্বদা কোনো একটি বস্তুর সাপেক্ষে অন্যান্য বস্তুর অবস্থান নির্ণয় করতে পারি। আমাদের সুবিধামত কোনো একটি বিন্দুর অবস্থান শূন্য ধরে নিয়ে তার সাপেক্ষে অন্যান্য বস্তুর অবস্থান নির্ণয় করি। এই নির্দিষ্ট বিন্দুকে আমরা বলি প্রসঙ্গ কাঠামে মূলবিন্দু। যেমন: পাখিটির অবস্থান নির্ণয়ের সময় বামপাশের গাছটি হল আমাদের প্রসঙ্গ কাঠামো।

এটি হল একমাত্রিক স্থানাঙ্ক ব্যবস্থায় অবস্থান নির্ণয়ের উদাহরণ।

এবার মনে করো, শাফিন একটি ফুটবল নিয়ে মাঠের মধ্যে দৌঁড়াচ্ছে **Fig 3.02**। তোমাকে বলা হল শাফিনের অবস্থান নির্ণয় করতে। এখানেও আমাদেরকে একটি বিন্দুকে নির্দিষ্ট করে নিয়ে তার সাপেক্ষে অবস্থান নির্ণয় করতে হবে। ধরা যাক, সেই বিন্দুটি হল মাঠের একদম মাঝখানের বিন্দু। এই বিন্দু থেকে মাঠের দৈর্ঘ্য বরাবর 15 m ডানে ও প্রস্থ বরাবর 5 m উপরে গেলে শাফিনের অবস্থান পাওয়া যাবে।

অর্থাৎ, মাঠের মাঝখানের বিন্দুটির অবস্থানকে মূলবিন্দু $(0, 0)$ ধরে নিলে শাফিনের অবস্থান হবে $(15, 5)$।

এক্ষেত্রে অবস্থান নির্ণয়ের জন্য আমাদেরকে দুটি অক্ষের সাহায্য নিতে হচ্ছে। তাই একে আমরা বলব দ্বিমাত্রিক স্থানাঙ্ক ব্যবস্থায় প্রসঙ্গ কাঠামোর উদাহরণ।

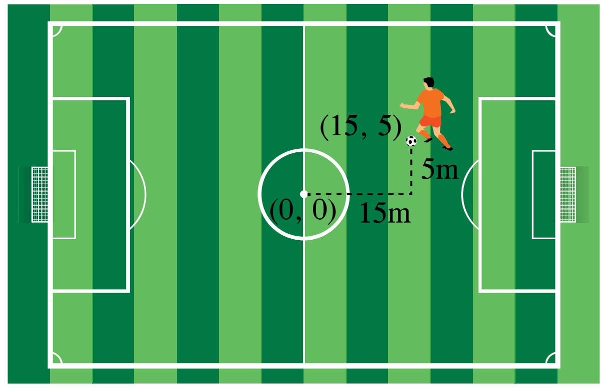


Fig 3.02

এবার মনে কর, শাফিন গোলপোস্টের উদ্দেশ্যে ফুটবল কিক করলো **Fig 3.03**। এবার ফুটবলটির অবস্থান কীভাবে নির্ণয় করা যায়? এবার দৈর্ঘ্য ও প্রস্থের পাশাপাশি আমাদেরকে আরও একটি অক্ষের সাহায্য নিতে হবে, তা হল উচ্চতা। শাফিনের অবস্থানকে আমরা প্রসঙ্গ কাঠামোর মূলবিন্দু ধরলে তার 5 m সামনে, 2 m ডানপাশে ও 3 m উপরে গেলে ফুটবলটির অবস্থান পাওয়া যাবে। অর্থাৎ, ফুটবলটির অবস্থান $(5, 2, 3)$।

এটি হল ত্রিমাত্রিক স্থানাঙ্ক ব্যবস্থায় প্রসঙ্গ কাঠামোর উদাহরণ।

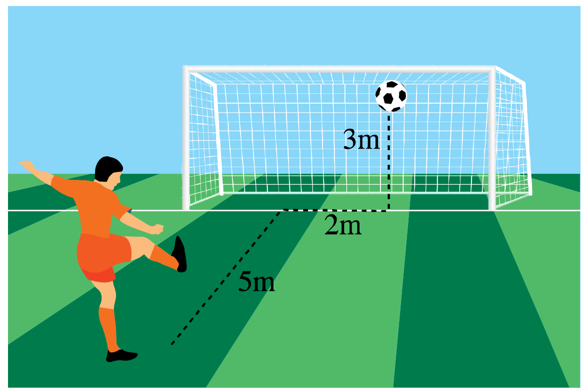


Fig 3.03

প্রসঙ্গ কাঠামো: বস্তুর অবস্থান বা গতি বর্ণনার জন্য যে স্থানাঙ্ক ব্যবস্থা গ্রহণ করা হয় তাকে প্রসঙ্গ কাঠামো বলে।

স্থিতি ও গতি

ধর, তুমি বাসে করে ঢাকা যাচ্ছো। রাস্তায় দাঁড়িয়ে থাকা একজন ব্যক্তি কী দেখবে? নিশ্চয়ই দেখবে যে তুমি সামনে এগিয়ে যাচ্ছো, তাই না? আবার বাসে তোমার সাথে বসা আরেকজন কী দেখবে? সে দেখবে যে তুমি তোমার নির্ধারিত আসনে বসে আছো। এমন মনে হচ্ছে না যে, রাস্তার ধারে দাঁড়িয়ে থাকা মানুষটার সাপেক্ষে তুমি গতিশীল কিন্তু বাসের মধ্যে বসা অন্য যাত্রীর সাপেক্ষে সেই তুমিই আবার স্থির? একেক জনের কাছে তোমার গতীয় অবস্থান একেকরকম, আসলেও তাই! অর্থাৎ স্থিতি বা গতি, সবই আপেক্ষিক। আমরা সর্বদা একটি প্রসঙ্গ কাঠামো নির্ধারণ করে তারপর ঐ কাঠামোর সাপেক্ষে অন্য কোনো বস্তুর গতি বা স্থিতি বর্ণনা করে থাকি।

যদি প্রসঙ্গ কাঠামোর সাপেক্ষে সময়ের সাথে কোনো বস্তুর অবস্থানের পরিবর্তন না ঘটে তবে তাকে স্থিতি বা বস্তুটি স্থির আছে বলা যায়।

গতি: প্রসঙ্গ কাঠামোর সাপেক্ষে সময়ের সাথে কোনো বস্তুর অবস্থানের পরিবর্তনকে গতি বলে।
স্থিতি: প্রসঙ্গ কাঠামোর সাপেক্ষে সময়ের সাথে কোনো বস্তুর অবস্থানের পরিবর্তন না ঘটলে তাকে স্থিতি বলে।

আমরা গতির সংজ্ঞায় একটি ব্যাপার খেয়াল করবো- 'প্রসঙ্গ কাঠামো'। গতি বর্ণনা করার জন্য প্রসঙ্গ কাঠামো খুবই গুরুত্বপূর্ণ। এটি ছাড়া স্থিতি বা গতি কোনো অর্থই প্রকাশ করে না। মহাবিশ্বে সত্যিকার অর্থেই স্থির এমন কোনো প্রসঙ্গ কাঠামো নেই। তাই এই মহাবিশ্বের কোনো গতি বা স্থিতিই পরম নয়। অর্থাৎ "সকল গতিই আপেক্ষিক, সকল স্থিতিই আপেক্ষিক"।

দূরত্ব ও সরণ

মনে কর, তুমি একটি পার্কের রাস্তা দিয়ে হাঁটছো। পার্কের রাস্তাটি দেখতে **Fig 3.04** এর মতো। তুমি রাস্তার A বিন্দু থেকে যাত্রা শুরু করে B বিন্দু হয়ে C বিন্দুতে পৌঁছালে। তোমাকে যতটুকু পথ অতিক্রম করতে হয়েছে সেই পথের দৈর্ঘ্যই হল তোমার অতিক্রান্ত দূরত্ব। এখানে দৈর্ঘ্য মাপার ক্ষেত্রে দিক-এর কোনো গুরুত্ব নেই। তাই দূরত্ব একটি স্কেলার রাশি। এইক্ষেত্রে দূরত্বের মান হবে $AB + BC$।

তাহলে সরণ কী? সরণ একটি ভেক্টর রাশি। সরণ বলতে বোঝায় বস্তু কতটুকু সরেছে। তোমার যাত্রাপথের আদি ও শেষ বিন্দুকে যদি একটি সরলরেখা দ্বারা যুক্ত করা হয়, তাহলে আদিবিন্দু হতে শেষবিন্দু পর্যন্ত সরলরেখার দৈর্ঘ্য হবে সরণের মান। আর সরণের দিক হবে আদিবিন্দু হতে শেষবিন্দুর দিকে। তোমার ক্ষেত্রে সরণের মান হল AC আর দিক হল A থেকে C বিন্দুর দিকে। একমাত্রিক গতির ক্ষেত্রে কোনো বস্তুর সরণ হবে মূলবিন্দুর সাপেক্ষে শেষ অবস্থান ও আদি অবস্থানের বিয়োগফল। দ্বিমাত্রিক বা ত্রিমাত্রিক গতির ক্ষেত্রে আমাদেরকে ভেক্টরের সাহায্য নিতে হবে। **Fig 3.04** এর ক্ষেত্রে সরণের মান হবে AC বাহুর দৈর্ঘ্য।

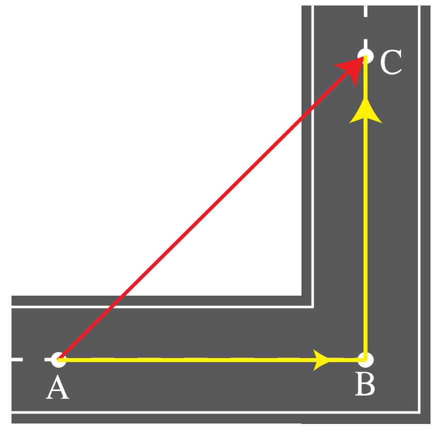


Fig 3.04

মনে কর, একটি বস্তু ত্রিমাত্রিক স্থানাঙ্ক ব্যবস্থার A বিন্দু হতে B বিন্দুতে গেল। তাহলে বস্তুটির সরণ হবে $\overrightarrow{AB}$। এখানে, A বিন্দু বা আদিবিন্দুর অবস্থান ভেক্টর $\overrightarrow{OA}$ এবং পাদবিন্দু B এর অবস্থান ভেক্টর $\overrightarrow{OB}$। ভেক্টর যোগের ত্রিভুজ সূত্রানুসারে, ΔOAB এ

$\overrightarrow{OA} + \overrightarrow{AB} = \overrightarrow{OB} \Rightarrow \overrightarrow{AB} = \overrightarrow{OB} - \overrightarrow{OA}$ **Fig 3.05**। এর মানে কী বুঝতে পারছো? সরণ হল অবস্থান ভেক্টরের পরিবর্তন।

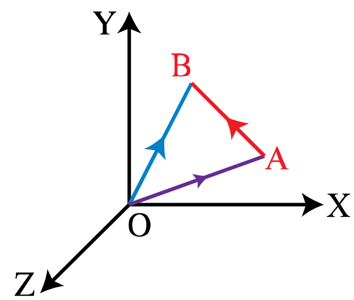
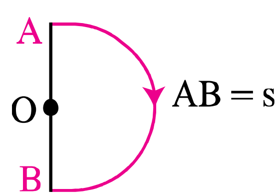


Fig 3.05

অবস্থান ভেক্টর: প্রসঙ্গ কাঠামোর মূলবিন্দুর সাপেক্ষে কোনো বিন্দুর অবস্থান যে ভেক্টরের সাহায্যে নির্দেশ করা হয় তাকে অবস্থান ভেক্টর বলে।
সরণ: কোনো গতিশীল বস্তু নির্দিষ্ট দিকে যে দূরত্ব অতিক্রম করে তাকে ঐ বস্তুর সরণ বলে।
দূরত্ব: কোনো বস্তুর অতিক্রান্ত পথের দৈর্ঘ্যকে দূরত্ব বলে।

দূরত্ব ও সরণের একক ও মাত্রা: SI পদ্ধতিতে দূরত্ব ও সরণের একক ও মাত্রা একই। একক হল মিটার (m) এবং মাত্রা হল [L]।

উদাহরণ-০১: **মাঠে একটি 40m ব্যাসার্ধের অর্ধ বৃত্তাকার ট্র্যাক আছে। এক দৌড়বিদ ট্র্যাকের এক প্রান্ত থেকে দৌড় শুরু করে অপর প্রান্তে পৌঁছালো। দৌড়বিদের অতিক্রান্ত দূরত্ব ও সরণ নির্ণয় কর।**



সমাধান: দৌড়বিদ দ্বারা অতিক্রান্ত দূরত্ব ট্র্যাকের দৈর্ঘ্যের সমান।

∴ অতিক্রান্ত দূরত্ব, $d = \frac{2\pi R}{2}$

$= \pi \times 40$ m

$= 125.664$ m

আবার, দৌড়বিদের সরণ অর্ধবৃত্তাকার ট্র্যাকের ব্যাসের সমান। যা দুটি প্রান্তকে সংযুক্ত করে।

∴ সরণ, $s = 2R$

$= 2 \times 40$m

$= 80$m

এবং সরণের দিক হল শুরুর প্রান্ত থেকে শেষ প্রান্তের দিকে। এবার আরেকটি উদাহরণ খেয়াল করা যাক।

মনে কর, তুমি একটি মাঠের একটি কর্ণার থেকে দৌড় শুরু করে পুরো মাঠ ঘুরে আবার একই কর্ণারে ফিরে আসলে। তোমার সরণ কত হবে? অবিশ্বাস্য হলেও সত্যি যে, তোমার সরণ শূন্য (0) হবে। কেননা, দৌড় শুরুর আদিবিন্দু ও শেষবিন্দু একই। তাই সরণের সংজ্ঞানুযায়ী, তোমার সরণ হবে শূন্য।

কোনো বস্তুর অবস্থান ভেক্টর দ্বারা বস্তুটি প্রসঙ্গ কাঠামোর মূলবিন্দু হতে কোন দিকে কত দূরে অবস্থিত, সে সম্পর্কে জানা যায়। সরণ থেকে জানা যায় বস্তুটি কোনদিকে কত দূরত্বে যাচ্ছে। এখন আমরা আরও দুটি রাশি সম্পর্কে জানব-বেগ ও দ্রুতি। দ্রুতি থেকে আমরা জানতে পারি, কোনো বস্তু প্রতি একক সময়ে কতটুকু দূরত্ব অতিক্রম করে। আর বেগ থেকে জানতে পারি, প্রতি একক সময়ে কতটুকু সরণ হচ্ছে। বেগ ও দ্রুতি দুই ধরনের হয় যথা: গড়বেগ, গড়দ্রুতি এবং তাৎক্ষণিক বেগ, তাৎক্ষণিক দ্রুতি। এ সম্পর্কে এখন আমরা বিস্তারিত জানব।

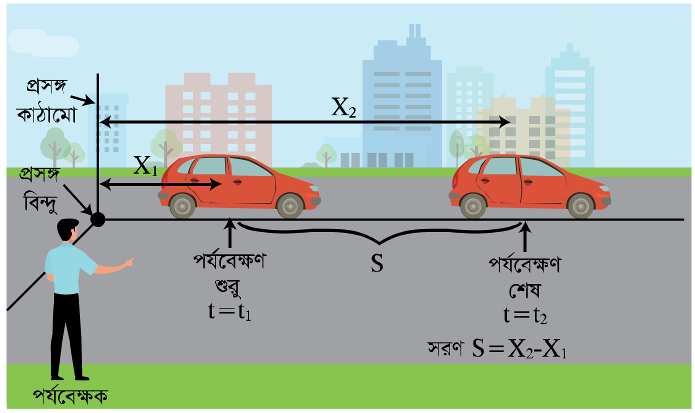


Fig 3.06

গড়বেগ ও গড় দ্রুতি

মনে কর, তুমি একটি দৌড় প্রতিযোগিতায় অংশ নেবে। এই প্রতিযোগিতার ট্র্যাকটি হল ACB **Fig 3.07**। t_1 সময়ে A বিন্দু থেকে দৌড় শুরু করে ACB পথে t_2 সময়ে B বিন্দুতে পৌঁছালো। এখন তোমাকে যদি তোমার দ্রুতি বের করতে বলি তখন তুমি কী করবে? দ্রুতি হল কোনো বস্তুর দূরত্ব অতিক্রম করার হার। তাহলে তোমার দ্রুতি কত হবে?

এক্ষেত্রে, তোমার গড় দ্রুতি হল $= \frac{\text{ACB পথের দূরত্ব}}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$

কিন্তু এবার যদি একই ঘটনায় তোমার বেগ বের করতে বলি তখন কী করতে হবে?

এবার কিন্তু ব্যাপারটি দ্রুতি বের করার মতো সহজ না। দ্রুতি হচ্ছে কোনো বস্তুর অতিক্রান্ত দূরত্বের সাথে সম্পর্কিত। কিন্তু বেগ অতিক্রান্ত দূরত্বের সাথে সম্পর্কিত না। বেগ হল কোনো বস্তুর সরণের সাথে সম্পর্কিত।

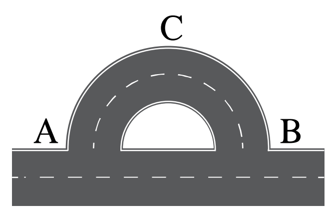


Fig 3.07

অর্থাৎ, উপরের ঘটনায় তোমার বেগ হবে $= \frac{\text{তোমার সরণ}}{\text{প্রয়োজনীয় সময়}}$।

উপরের ঘটনায়, তোমার অতিক্রান্ত দূরত্ব ও সরণ কিন্তু সমান নয়। তোমার অতিক্রান্ত দূরত্ব হচ্ছে ACB কিন্তু এই ঘটনায় তোমার সরণ হবে AB। অর্থাৎ, তোমার গড়বেগ $= \frac{\text{AB পথের দূরত্ব}}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta s}{\Delta t}$

তাহলে আমরা বলতে পারি, গড় দ্রুতি $= \frac{\text{মোট দূরত্ব}}{\text{মোট অতিক্রান্ত সময়}}$ এবং গড়বেগ $= \frac{\text{মোট সরণ}}{\text{মোট অতিক্রান্ত সময়}}$

গড়বেগ: যেকোনো সময় ব্যবধানে কোনো বস্তুর প্রতি একক সময়ে যে গড় সরণ ঘটে তাকে ঐ সময় ব্যবধানে বস্তুটির গড়বেগ বলে।
গড় দ্রুতি: যেকোনো সময় ব্যবধানে কোনো বস্তু প্রতি একক সময়ে যে গড় দূরত্ব অতিক্রম করে তাকে ঐ সময় ব্যবধানে বস্তুটির গড় দ্রুতি বলে।

বেগ ও দ্রুতির একক ও মাত্রা: SI পদ্ধতিতে বেগ ও দ্রুতির একক ও মাত্রা একই। একক হল ms^{-1} এবং মাত্রা হল $[LT^{-1}]$।

লক্ষণীয়: বেগ ও দ্রুতি হল দুটি ভিন্ন রাশি। বেগ হল ভেক্টর রাশি। কারণ বেগকে প্রকাশ করার জন্য মান ও দিক উভয়ই প্রয়োজন হয়। কিন্তু দ্রুতি একটি স্কেলার রাশি। দ্রুতিকে শুধু মান দ্বারাই প্রকাশ করা যায়।

উদাহরণ-০২: জিসান সাইকেল দিয়ে বাসা থেকে স্কুলে $\mathbf{10ms^{-1}}$ বেগে এবং স্কুল থেকে খেলার মাঠে সমান সময়ে $\mathbf{15ms^{-1}}$ বেগে যায়। তার গড় দ্রুতি কত?

সমাধান: $\longleftarrow S_1 \longrightarrow \longleftarrow S_2 \longrightarrow$

বাসা থেকে স্কুলে যাওয়ার দূরত্ব s_1 এবং স্কুল থেকে মাঠের দূরত্ব s_2।

তাহলে, $s_1 = v_1 t$ এবং $s_2 = v_2 t$ [$\because$ উভয় ক্ষেত্রেই সমান সময় লেগেছে]

$\therefore$ মোট সময় লেগেছে $= t + t = 2t$

তাহলে, গড় দ্রুতি $\overline{v}$ হলে, $\overline{v} = \frac{s_1+s_2}{2t}$

$$= \frac{v_1t+v_2t}{2t}$$

$$\therefore \overline{v} = \frac{v_1+v_2}{2}$$

$$= \frac{10+15}{2}$$

$$= 12.5\ ms^{-1}$$

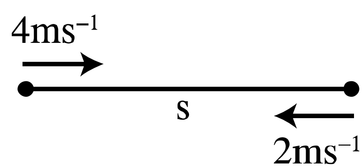
উদাহরণ-০৩: নাজমুল মতিঝিল থেকে মালিবাগ $4ms^{-1}$ বেগে আসলো এবং $2ms^{-1}$ বেগে আবার মালিবাগ থেকে মতিঝিল ফিরে গেলো। তার গড় দ্রুতি এবং গড়বেগ কত?

সমাধান: মোট দূরত্ব, $d = 2s$

এবং মোট সময়, $t = t_1 + t_2$

$$= \frac{s}{v_1} + \frac{s}{v_2}$$

$\therefore$ গড় দ্রুতি, $\frac{d}{t} = \frac{2s}{\frac{s}{v_1}+\frac{s}{v_2}}$



$$= \frac{2v_1v_2}{v_1+v_2}$$

$$= \frac{2\times4\times2}{4+2}$$

$$= 2.67\ ms^{-1}$$

এবং গড়বেগ $= \frac{\text{মোট সরণ}}{\text{মোট সময়}} = \frac{0}{t} = 0\ ms^{-1}$

তাৎক্ষণিক বেগ ও তাৎক্ষণিক দ্রুতি

একটি ব্যাপার খেয়াল কর। পূর্ববর্তী উদাহরণে তুমি যখন দৌড় প্রতিযোগিতায় অংশ নিয়েছিলে তখন কিন্তু প্রতিযোগিতার পুরোটা সময় তোমার বেগ বা দ্রুতি সমান ছিল না। কিন্তু তবুও আমরা পুরোটা সময়কে একত্রে হিসেব করে একটি বেগ বা দ্রুতি বের করেছি।

এই যে বেগ বা দ্রুতি পেলাম তা হল প্রতিযোগিতার পুরোটা সময়ে ভিন্ন ভিন্ন বেগ বা দ্রুতির গড়। অর্থাৎ, ঐ বেগ বা দ্রুতিটি হল তোমার গড়বেগ বা গড় দ্রুতি।

এখন মনে কর, একটি গাড়ি স্থির অবস্থান থেকে সরলপথে চলতে শুরু করেছে, যার বিভিন্ন মুহূর্তে অবস্থানকে আমরা $x = t^2$ সমীকরণ দ্বারা প্রকাশ করতে পারি। চলো গাড়িটির বিভিন্ন মুহূর্তে যাত্রা শুরুর স্থান হতে সরণ কেমন হবে, তা দেখে নিই।

t(s)	0	1	2	3	4	5
x(m)	0	1	4	9	16	25

প্রথম 5s-এ গাড়িটির গড়বেগ, $v_{avg} = \frac{x_5-x_0}{t_5-t_0}$

$$= \frac{25-0}{5-0}$$

$$= 5\ ms^{-1}$$

$0s - 1s$ সময়ের মধ্যে গাড়িটির গড়বেগ, $v_{0-1} = \frac{x_1 - x_0}{t_1 - t_0}$

$$= \frac{1-0}{1-0}$$

$$= 1\ ms^{-1}$$

$1s - 2s$ সময়ের মধ্যে গাড়িটির গড়বেগ, $v_{1-2} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}$

$$= \frac{4-1}{2-1}$$

$$= 3\ ms^{-1}$$

আমরা দেখতেই পাচ্ছি যে গাড়িটির বিভিন্ন সময়কালের গড়বেগ ভিন্ন ভিন্ন। অর্থাৎ, গাড়িটির বেগ প্রতিনিয়ত পরিবর্তিত হচ্ছে। এখন যদি তোমাকে ঠিক 4s মুহূর্তে গাড়িটির বেগ কত, তা জিজ্ঞেস করা হয়, তাহলে কী করবে?

তুমি হয়তো এভাবে করতে পারো, $v = \frac{x_4 - x_0}{t_4 - t_0}$

$$= \frac{16-0}{4-0}$$

$$= 4\ ms^{-1}$$

কিন্তু এটি ভুল! আমরা আগেই বলেছি, গাড়িটির বেগ প্রতি মুহূর্তে পরিবর্তিত হচ্ছে। আমরা যেটা নির্ণয় করেছি সেটা হল 0s থেকে 4s- সময়কালের মধ্যে গাড়িটির যতগুলো বেগ ছিল, সবগুলো বেগের গড়মান। কিন্তু আমরা চাই ঠিক 4s- মুহূর্তে গাড়িটির বেগ। এই বেগটিই হল তাৎক্ষণিক বেগ। চলো আমরা 4s ও 4s- এর খুবই কাছাকাছি কোনো একটি সময় ব্যবধানের গড়বেগ নির্ণয় করি।

t_i	t_f	$x_i = t_i^2$	$x_f = t_f^2$	$v = \frac{x_f - x_i}{t_f - t_i}$
4	4.01	16	16.0801	8.01
4	4.001	16	16.008001	8.001
4	4.0001	16	16.00080001	8.0001

খেয়াল কর, 4s ও 4.01s- সময় ব্যবধানে গড়বেগ $8.01\ ms^{-1}$। 4s ও 4.001s- সময় ব্যবধানে গড়বেগ $8.001\ ms^{-1}$। 4s ও 4.0001s- সময় ব্যবধানে গড়বেগ $8.0001\ ms^{-1}$। তুমি বুঝতেই পারছো, t_f কে আমরা যতই t_i এর কাছাকাছি নিয়ে আসছি, গড়বেগের মান ততই একটি নির্দিষ্ট সংখ্যার কাছাকাছি চলে আসছে (সংখ্যাটি যে 8, তা তোমরা নিশ্চয়ই বুঝে ফেলেছো)। এভাবে আমরা যদি t_f কে t_i এর কাছাকাছি আনতে থাকি (ধরে নাও অসীম সংখ্যক বার) যেন $(t_f - t_i) \to 0$ বা শূন্যের খুবই কাছাকাছি হয় বা অতি ক্ষুদ্র হয়, তাহলে বেগের মানও একটি নির্দিষ্ট মানের খুবই কাছাকাছি হবে। বেগের এই নির্দিষ্ট মানটিকেই আমরা গাড়িটির ঐ মুহূর্তের তাৎক্ষণিক বেগ বলতে পারি।

গাড়িটির t সময়ে সরণ, $x_t = t^2$

তারপর ক্ষুদ্রাতিক্ষুদ্র dt সময় ধরে চললে $(t + dt)$ সময়ে সরণ, $x_{t+dt} = (t + dt)^2$

$\therefore$ ক্ষুদ্রাতিক্ষুদ্র dt সময় ব্যবধানে বেগ $= \frac{x_{t+dt} - x_t}{(t+dt) - t}$

$$= \frac{(t+dt)^2 - t^2}{dt}$$

$$= \frac{t^2 + 2t.dt + (dt)^2 - t^2}{dt}$$

$$= 2t + dt$$

dt খুবই ক্ষুদ্র হওয়ায় $(dt \to 0)$ এর মান বেগের মানে প্রভাব ফেলে না। তাই একে উপেক্ষা করে বলা যায় বেগের মান $= 2t$। $t = 4s$ হলে বেগের মান $= (2 \times 4) = 8\ ms^{-1}$; যা আমাদের পূর্বে নির্ণয় করা মানের সাথে মিলে যায়। এই মানটিই হল আমাদের কাঙ্খিত তাৎক্ষণিক বেগ। আসলে আমরা এখানে মূলত ক্যালকুলাসের ধারণা ব্যবহার করেছি। এ সম্পর্কে আমরা উচ্চতর গণিতে বিস্তারিতভাবে জানব।

গাণিতিকভাবে, Δt সময়ে কোনো বস্তুর সরণ Δs হলে, তাৎক্ষণিক বেগ, $v = \lim\limits_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{dx}{dt}$।

অর্থাৎ, সময়ের সাপেক্ষে সরণের অন্তরজই হল তাৎক্ষণিক বেগ। আমরা ভেক্টর ক্যালকুলাসে অন্তরজ সম্পর্কে প্রাথমিক ধারণা পেয়েছি। বিপরীতভাবে, বেগের যোগজীকরণ করলে সরণ পাওয়া যাবে। অর্থাৎ সরণ, $s = \int v\, dt$

তাৎক্ষণিক বেগ: সময় ব্যবধান শূন্যের কাছাকাছি হলে সময়ের সাথে বস্তুর সরণের হারকে তাৎক্ষণিক বেগ বলে।

এখন থেকে অন্যকিছু না বলে দিলে বেগ বলতে তাৎক্ষণিক বেগকেই বুঝবো। আর সরণের স্থানে দূরত্ব বিবেচনা করলে যেটা পাওয়া যাবে তা হল তাৎক্ষণিক দ্রুতি।

তাৎক্ষণিক দ্রুতি: সময় ব্যবধান শূন্যের কাছাকাছি হলে সময়ের সাথে বস্তুর অতিক্রান্ত দূরত্বের হারকে তাৎক্ষণিক দ্রুতি বলে।

উদাহরণ-০৪: **একটি বস্তুকণা x-অক্ষ বরাবর চলছে এবং মূলবিন্দু থেকে এর সরণ $x = 8t - 3t^2$ সমীকরণটি মেনে চলে। এখানে, x ও t যথাক্রমে মিটার ও সেকেন্ড এককে প্রকাশিত। (i) $t = 0$ থেকে $t = 1$ সেকেন্ডের মধ্যে কণাটির গড়বেগ নির্ণয় কর। (ii) $t = 1$ সেকেন্ড সময়ে কণাটির তাৎক্ষণিক বেগ কত?**

সমাধান:

(i) এখানে, $x = 8t - 3t^2$

যখন $t = 0$ সেকেন্ড; $x = x_1 = 8 \times 0 - 3 \times (0)^2 = 0$ মি.। এটি হচ্ছে আদি অবস্থান, প্রসঙ্গ কাঠামো সাপেক্ষে।

যখন $t = 1$ সেকেন্ড; $x = x_2 = 8 \times 1 - 3 \times (1)^2 = 5$ মি.। এটি হচ্ছে শেষ অবস্থান।

$\therefore$ সরণ $= x_2 - x_1 = 5 - 0 = 5$ মি.

মোট সময় $= 1 - 0 = 1$ সে.

$\therefore$ গড়বেগ $= \frac{\text{সরণ}}{\text{মোট সময়}} = \frac{5}{1} = 5$ মি./সে.

(ii) এখানে, $x = 8t - 3t^2 \therefore \frac{dx}{dt} = 8 - 6t \Rightarrow v = 8 - 6t$

$\therefore t = 1$ সেকেন্ড সময়ে কণার তাৎক্ষণিক বেগ, $v = 8 - 6 \times 1 = 2$ মি./সে.

ত্বরণ

তুমি তো বাসে চড়েছো, তাই না? বাস যখন কোন স্থান হতে যাত্রা শুরু করে অন্য কোনো স্থানে থামে, এই পুরোটা পথে কি বাসের বেগের মান সমান থাকে? উত্তর হল, না সমান থাকে না। যখন বাস চলা শুরু করে তখন যেমন ধীরে ধীরে বেগ বৃদ্ধি পায়। তেমনি বাস যখন কোথাও থামতে চায়, তখন কিন্তু হঠাৎ বাসটি থেমে যায় না। বাস থামার স্থানের একটু আগেই ড্রাইভার ব্রেক চাপে। তারপর ধীরে ধীরে বেগ কমে নির্ধারিত স্থানের আগেই বাস থেমে যায়।

এই সময়ের সাথে সাথে যে বেগ বাড়ার বা কমার ঘটনা, এর সাথে সম্পর্কিত রাশিটিই হল ত্বরণ। আমরা এখন ত্বরণ নিয়ে জানব

ত্বরণ হল সময়ের সাথে কোনো বস্তুর বেগ পরিবর্তনের হার। অর্থাৎ, ত্বরণ $= \frac{\text{বেগের পরিবর্তন}}{\text{সময়}}$

অর্থাৎ, যদি কোনো বস্তু A স্থান থেকে t_1 সময়ে v_1 বেগে চলা শুরু করে B অবস্থানে t_2 সময়ে পৌঁছে v_2 বেগ অর্জন করে,

তাহলে ত্বরণ, $a_{avg} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$

এক্ষেত্রে A ও B স্থানের মধ্যে Δt সময় ব্যবধানে আমরা যে ত্বরণ বের করেছি, এটি হল গড় ত্বরণ।

এবার আমি তোমার কাছে যেকোনো মুহূর্তের ত্বরণ জানতে চাই।

তাৎক্ষণিক বেগ বের করার সময় আমরা সময় ব্যবধান শূন্যের কাছাকাছি ধরেছিলাম। এখানেও আমরা ঠিক একই কাজ করে তাৎক্ষণিক ত্বরণ নির্ণয় করব।

সময় ব্যবধান Δt শূন্যের কাছাকাছি হলে, প্রাপ্ত ত্বরণকে আমরা একটি নির্দিষ্ট মুহূর্তের ত্বরণ বলতে পারি **Fig 3.08**। গাণিতিকভাবে,

একটি নির্দিষ্ট মুহূর্তের তাৎক্ষণিক ত্বরণ, $a = \lim\limits_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{dv}{dt}$

অর্থাৎ, সময়ের সাপেক্ষে বেগের অন্তরজই হল তাৎক্ষণিক ত্বরণ।

বিপরীতভাবে, ত্বরণের যোগজীকরণ করলে বেগ পাওয়া যাবে। অর্থাৎ বেগ, $v = \int a dt$

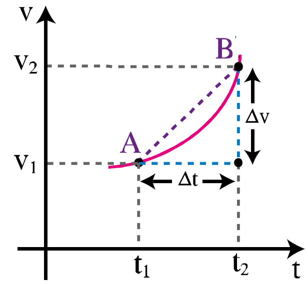


Fig 3.08

তাৎক্ষণিক ত্বরণ: সময় ব্যবধান শূন্যের কাছাকাছি হলে সময়ের সাথে বস্তুর বেগের পরিবর্তনের হারকে তাৎক্ষণিক ত্বরণ বলে।

আমরা ত্বরণ কি তা জানলাম এবং বাসের বেগ কিভাবে বৃদ্ধি পাচ্ছিলো তা বুঝলাম। এবার আসো আমরা অন্য একটি ঘটনা খেয়াল করি। বাস যখন থেমে যায় তখন কী হয়?

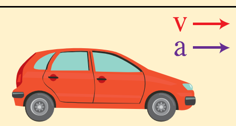
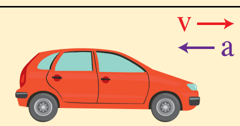
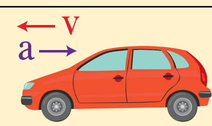
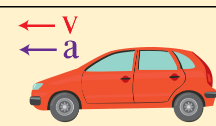
বাস থামার ক্ষেত্রে ক্রমাগত বাসের বেগ হ্রাস পেতে থাকে। যা বাসের চলা শুরু করার সম্পূর্ণ বিপরীত। আর এই যে ক্রমাগত বেগ হ্রাস পায়, এই ব্যাপারটিকে মন্দন বলা হয়। সময়ের সাথে কোনো বস্তুর বেগ হ্রাসের হারকে মন্দন বলে। অর্থাৎ, মন্দন হল এক প্রকার ত্বরণই, শুধুমাত্র দিক বিপরীত।

ত্বরণ হল বেগের পরিবর্তনের হার। ত্বরণের দিক হল বেগ যেদিকে বৃদ্ধি পায় সেদিকে। তোমরা জানো, সরণ, বেগ, ত্বরণ এগুলো ভেক্টর রাশি। একমাত্রিক গতির ক্ষেত্রে এসকল ভেক্টর রাশি ব্যবহার করা খুবই সহজ। আমরা নির্দিষ্ট একটি দিককে ধনাত্মক ধরে নিই। যেসকল ভেক্টর রাশির দিক এই নির্দিষ্ট দিকের সাথে মিলে যাবে, সেসকল রাশির মানকে আমরা ধনাত্মক ধরি। আর যেসকল রাশির দিক তার বিপরীত দিকে, সেসকল রাশির মান আমরা ঋণাত্মক ধরি। অর্থাৎ একমাত্রিক গতির ক্ষেত্রে $(+)$ ও $(-)$ দিয়ে আমরা দিক নির্দেশ করি। বেগ আর ত্বরণ যদি একই দিকে হয় তাহলে বেগের মান বাড়ে। আর বেগ ও ত্বরণ বিপরীত দিকে হলে বেগের মান কমে। এটিকেই মন্দন বলে। চলো আমরা Case study করে বিষয়টি সম্পর্কে পরিষ্কার ধারণা নিই। নিচের case গুলোতে আমরা $+x$-অক্ষ বরাবর ভেক্টর রাশিগুলোকে (যেমন: সরণ, বেগ, ত্বরণ ইত্যাদি) পজিটিভ এবং $-x$ অক্ষ বরাবর নেগেটিভ ধরবো।

জেনে রাখো

তুমি চাইলে $+X$ অক্ষ বরাবর ভেক্টরের $(-)$ দিক এবং $-X$ অক্ষ বরাবর $(+)$ দিক ধরে নিতে পারো, এতে কোনো সমস্যা নেই। আমরা, এই অধ্যায় জুড়ে $+X$ বরাবর ক্রিয়াশীল ভেক্টরকে $(+)$ এবং $-X$ অক্ষ বরাবর ক্রিয়াশীল ভেক্টরকে $(-)$ ধরবো।

মনে কর, একটি গাড়ি x-অক্ষ বরাবর চলছে। একটি নির্দিষ্ট মুহূর্তে গাড়িটির বেগ v ও ত্বরণ a।

Case-01	**Case-02**	**Case-03**	**Case-04**
বেগ ধনাত্মক, ত্বরণ ধনাত্মক	বেগ ধনাত্মক, ত্বরণ ঋণাত্মক	বেগ ঋণাত্মক, ত্বরণ ধনাত্মক	বেগ ঋণাত্মক, ত্বরণ ঋণাত্মক
			
গাড়িটির বেগ $+x$-অক্ষ বরাবর ও ত্বরণও $+x$-অক্ষ বরাবর, তাই বস্তুটির বেগ ক্রমাগত বাড়তে থাকবে।	গাড়িটির বেগ $+x$-অক্ষ বরাবর কিন্তু ত্বরণ $-x$-অক্ষ বরাবর হলে সময়ের সাথে গাড়ির বেগের মান কমতে থাকবে। অর্থাৎ, গাড়ির মন্দন ঘটবে।	গাড়িটির বেগ $-x$-অক্ষ বরাবর এবং ত্বরণ $+x$-অক্ষ বরাবর হলে গাড়ির বেগের দিক ও ত্বরণের দিক বিপরীত হয়, তাই সময়ের সাথে বেগ কমতে থাকবে এবং মন্দন ঘটবে।	গাড়ির বেগ $-x$-অক্ষ বরাবর এবং ত্বরণও $-x$-অক্ষ বরাবর। অর্থাৎ, বেগের দিক ও ত্বরণের দিক একই হওয়ায় সময়ের সাথে বস্তুটির বেগ বাড়তে থাকবে।