ইউনিট ২
গতি
MOTION

ভূমিকা

এমন কিছু আছে কি যা স্থির? নড়া চড়া করে না? চারিদিকে তাকান, দেখবেন ছুটন্ত গাড়ী, চলন্ত সাইকেল, বাস, ট্রাক। আপনি হাটছেন, চলছেন, কথা বলছেন আপনার অঙ্গ প্রত্যঙ্গ, পেশীগুলো নড়াচড়া করছে। যখন চুপচাপ বসে আছেন এমন কি ঘুমিয়ে আছেন তখনও আপনার বুকের মধ্যে হৃদপিন্ড নামের যন্ত্রটি ঢিপ ঢিপ করে উঠছে আর নামছে। দেহের মধ্যে বয়ে চলছে রক্ত প্রবাহ। শ্বাসযন্ত্র, ফুসফুস, হৃদপিন্ড, আরও আরও অঙ্গসমূহ কাজ করেই চলছে। ভাবছেন পড়ার টেবিলটাতো স্থির, তাই কি? যে পৃথিবীর উপর আমরা দাঁড়িয়ে আছ, সেই পৃথিবীটাইতো অবিরাম ঘুরছে। তা হলে টেবিলটাও ঘুরছে পৃথিবীর সাথে সাথে। একইভাবে গাছ পালা, গ্রাম শহর কিছুই থেমে নেই। সবই গতিশীল। আসলে এ বিশ্বে কোন বস্তুই স্থির নয়। সব বস্তুই গতিশীল। এর পরেও আমরা স্থিতি এবং গতির কথা বলি। আসুন এ ইউনিটে আমরা স্থিতি এবং গতি সম্পর্কীয় বিভিন্ন বিষয়ে জেনে নেই।

পাঠ-১ স্থিতি ও গতি (Rest and Motion)

উদ্দেশ্য

এই পাঠের শেষে আপনি -

১. স্থিতি ও গতি কী তা ব্যাখ্যা করতে পারবেন।

২. বিভিন্ন প্রকার গতির বর্ণনা ও তুলনা করতে পারবেন।

২.১.১ স্থিতি ও গতি (Rest and Motion)

স্থিতি ও গতি

আপনার হাতের ঘড়িটির কাঁটা আছে কি? একটু ঘড়িটি দেখুন। কাঁটাগুলো সরে সরে যাচ্ছে কি? কি বলবেন ঘড়িটি চলছে? না থেমে আছে? কিভাবে বুঝলে? হ্যাঁ কাঁটাগুলো যদি কিছুক্ষণ পর পর ভিন্ন ভিন্ন জায়গায় যায় তা হলেই বুঝা যাবে ঘড়িটি চলছে। তা না হলে ঘড়িটি থেমে আছে। সময়ের পরিবর্তনের সাথে পারিপার্শ্বিকের সাপেক্ষে যদি বস্তুর অবস্থানের পরিবর্তন ঘটে তা হলে বস্তুটিকে বলা হয় গতিশীল। আর বস্তুর এ অবস্থাকে বলা হয় গতি। বিপরীতভাবে বস্তুটি যদি সময়ের সাথে স্থান পরিবর্তন না করে তা হলে পারিপার্শ্বিকের সাপেক্ষে বস্তুটি স্থির। আর বস্তুর এই অবস্থাই হচ্ছে স্থিতি। বিশ্বে একেবারে স্থিতিশীল বলে কোন বস্তু নাই কারণ বিশ্ব নিজেই গতিশীল, পৃথিবী, সূর্য, গ্রহ নক্ষত্র সবই গতিশীল।

আমরা পৃথিবী পৃষ্ঠে বাস করি। এর পৃষ্ঠের বাড়িঘর, গাছপালা অন্যান্য বাড়িঘর ও গাছপালার সাপেক্ষে স্থির। কিন্তু পৃথিবী তার নিজ অক্ষকে কেন্দ্র করে ঘুরছে। পৃথিবীর সাথে এর পৃষ্ঠের উপর অবস্থিত সব কিছুই একই গতিতে গতিশীল। পৃথিবী আবার সূর্যকে কেন্দ্র করে ঘুরছে এবং সৌর জগতের অন্যান্য গ্রহগুলোও সূর্যকে কেন্দ্র করে ঘুরছে। সূর্যও আপন অক্ষকে কেন্দ্র করে ঘুরছে। প্রকৃতপক্ষে এই মহাবিশ্বে কোন কিছুই স্থির নয়। তাই পরম স্থিতি বলে কিছু নেই। সকল স্থিতিই আপেক্ষিক। আবার, পরম স্থির বস্তুর সাপেক্ষে কোন বস্তুর গতিকে ধরা হয় পরম গতি। যেহেতু পরম স্থিতি বলে কিছু নেই, কাজেই পরম গতি বলেও কিছু নেই। সকল গতিই আপেক্ষিক।

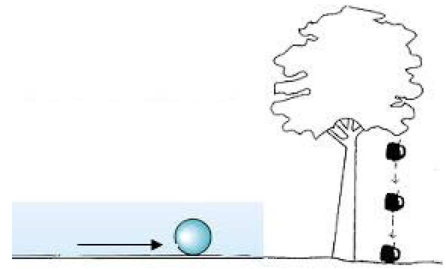
২.১.২ গতির প্রকারভেদ (Types of motion)

সময়ের পরিবর্তনের সাথে পারিপার্শ্বিকের সাপেক্ষে বস্তুর অবস্থান পরিবর্তন হলো গতি। কিন্তু এই অবস্থান পরিবর্তনের ধরন সব ক্ষেত্রে এক নয়। বস্তু বা ব্যক্তি কখনও সেজা পথে, কখনও আঁকা বাঁকা পথে, কখনও ঘোরা পথে চলে। কখনও একই যায়গায় থেকে ঘুরতে বা দুলতে থাকে।

এসব আলাদা আলাদা ধরন বা বৈশিষ্ট্যের জন্য গতিকে বিভিন্ন নামে অভিহিত করা হয়।

সরল রৈখিক গতি

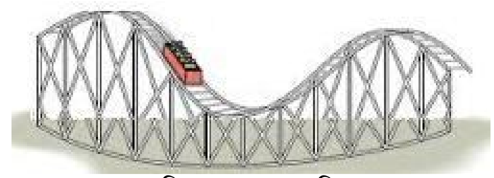
মসৃণ মেঝের উপর গড়িয়ে দেওয়া মার্বেলের গতি, উপর থেকে ছেড়ে দেওয়া বস্তুর পৃথিবীর আকর্ষণে মাটিতে পড়ার গতি– রৈখিক গতি (চিত্র ২.১)। অর্থাৎ যখন কোন বস্তু সরল রেখা বরাবর চলে তখন বস্তুর ঐ গতিকে সরল রৈখিক গতি বলে।



চিত্র ঃ ২.১ রৈখিক গতি

বক্র রৈখিক গতি

আঁকাবাঁকা পথে হেটে যাওয়া, সাইকেলের গতি, রিক্সার গতি, মোটর গাড়ির গতি ইত্যাদি বক্র রৈখিক গতি (চিত্র ২.২)। অর্থাৎ কোন গতিশীল বস্তুর গতিপথ যদি বাঁকা হয়, বক্র রেখা বরাবর হয় তখন বস্তুটির গতিকে বক্র রৈখিক গতি বলে।



চিত্র ঃ ২.২ বক্র গতি

ঘূর্ণন গতি

চলন্ত সাইকেল বা রিক্সার চাকার গতি, বৈদ্যুতিক পাখার গতি, পৃথিবীর নিজ অক্ষে আবর্তনের গতি, লাটিমের গতি ইত্যাদি ঘূর্ণন গতি (চিত্র ২.৩)। অর্থাৎ কোন বিন্দু বা অক্ষকে কেন্দ্র করে যখন কোন বস্তু ঘুরতে থাকে তাতে বস্তুটির যে গতি হয় তাকে ঘূর্ণন গতি বলে।

চিত্র ঃ ২.৩ ঘূর্ণন গতি

পর্যায় গতি

কোন গতিশীল বস্তুর গতি যদি এমন হয় যে, এটি এর গতি পথের কোন নির্দিষ্ট বিন্দুকে নির্দিষ্ট সময় পর পর একই দিক থেকে অতিক্রম করে তা হলে সেই গতিকে পর্যায় গতি বলে। যেমন বৈদ্যুতিক পাখার গতি, ঘড়ির কাঁটার গতি, গ্রামফোন রেকর্ডের গতি ইত্যাদি। আবার ঘড়ির পেন্ডুলামের গতি, দোলকের দোলন গতি, ইঞ্জিনের মধ্যে পিস্টনের সামনে পেছনের গতিও পর্যায় গতি (চিত্র ২.৪)।

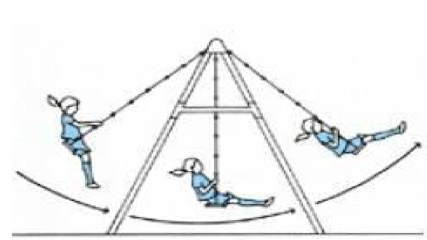
চিত্র ঃ ২.৪ পর্যায় গতি

ঘূর্ণন গতি, দোলন গতি আলাদা আলাদা ধরণের পর্যায় গতি। পরবর্তি শ্রেণিতে এ সম্পর্কে বিস্তারিত জানবেন।

দোলন গতি

একটি সরু সুতার এক প্রান্তের সাথে একটি ছোট পাথরের টুকরো বেঁধে সুতার অন্য প্রান্ত একটি টেবিলের প্রান্তের সাথে বেঁধে ঝুলিয়ে দিন। এখন পাথরটির এক প্রান্ত সামান্য পরিমাণ টেনে ছেড়ে দিন। পাথরটি দুলতে থাকবে এবং নির্দিষ্ট সময় পর পর পাথরটির গতির দিক পরিবর্তিত হবে। পাথরটির এ ধরনের গতি দোলন গতি।

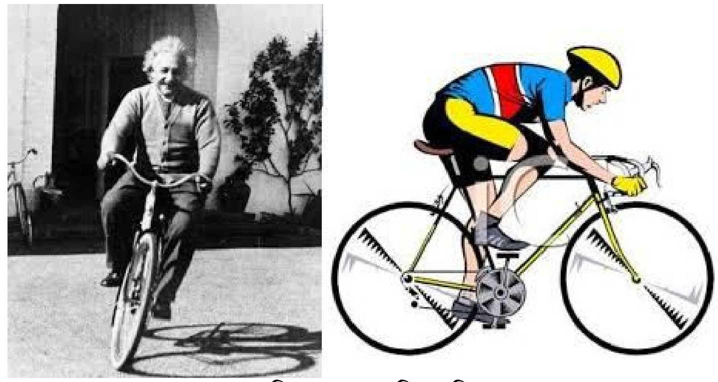
ঘড়ির দোলকের গতি, দোলনার গতি ইত্যাদি দোলন গতি (চিত্র ২.৫)। অর্থাৎ, কোন গতিশীল বস্তু গতির অর্ধেক সময় এক দিকে এবং বাকী অর্ধেক সময় বিপরীত দিকে যায় এবং নির্দিষ্ট সময় পর পর তার গতি পথের কোন বিন্দুকে একই দিক দিয়ে অতিক্রম করলে যে গতি হয় তাকে দোলন গতি বলে। দোলন গতি বিশেষ ধরনের পর্যাবৃত্ত গতি। একে স্পন্দন গতিও বলে।



চিত্র ঃ ২.৫ দোলন গতি।

জটিল গতি

যখন কোন গতিশীল বস্তুতে একই সাথে একাধিক ধরনের গতি বর্তমান থাকে তখন তার গতিকে যৌগিক গতি বা জটিল গতি বলে। যেমন রাস্তায় চলন্ত সাইকেল বা রিক্সার চাকার ঘূর্ণন গতির সাথে সরল ও বক্র পথে রৈখিক গতিও থাকে তাই এই চলন্ত চাকার গতি যৌগিক বা জটিল গতি (চিত্র ২.৬)।



চিত্র ঃ ২.৬ জটিল গতি

সার-সংক্ষেপঃ

স্থিতি ঃ পারিপার্শ্বিকের সাপেক্ষে সময়ের সাথে যদি কোন বস্তুর অবস্থান পরিবর্তন না হয় তা হলে বস্তুটি স্থিতিশীল এবং এই অবস্থাকে বলা হয় স্থিতি। সকল স্থিতি আপেক্ষিক।

গতিঃ সময়ের পরিবর্তনের সাথে পারিপার্শ্বিকের সাপেক্ষে যদি বস্তুর অবস্থানের পরিবর্তন ঘটে তা হলে বস্তুটিকে বলা হয় গতিশীল। আর এ অবস্থাকে বলা হয় গতি। সকল গতি আপেক্ষিক।

পর্যায় গতিঃ কোন গতিশীল বস্তুর গতি যদি এমন হয় যে, এটি এর গতি পথের কোন নির্দিষ্ট বিন্দুকে নির্দিষ্ট সময় পর পর একই দিক থেকে অতিক্রম করে তা হলে সেই গতিকে পর্যায় গতি বলে।

জটিল গতি ঃ যখন কোন গতিশীল বস্তুতে একই সাথে একাধিক ধরনের গতি বর্তমান থাকে তখন তার গতিকে যৌগিক গতি বা জটিল গতি বলে।

পাঠোত্তর মূল্যায়ন-২.১

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (✓) চিহ্ন দিন।

১। পর্যাবৃত্ত গতি কেমন?

(ক) বৃত্তাকার (খ) উপবৃত্তাকার
(গ) সরল রৈখিক (ঘ) উপরের সবগুলো

২। আপনি বাসে চড়ে খুলনা থেকে চট্টগাম গেলেন। আপনার গতিটি কেমন হবে ?

(ক) বক্র রৈখিক গতি (খ) সরল রৈখিক
(গ) ঘূর্ণন গতি (ঘ) কোন গতি নাই

পাঠ-২ গতি সংক্রান্ত বিভিন্ন রাশি (Motion related quantities)

উদ্দেশ্য

এই পাঠের শেষে আপনি -

১. স্কেলার রাশি ও ভেক্টর রাশি কী তা ব্যাখ্যা করতে পারবেন।

২. গতি সংক্রান্ত বিভিন্ন রাশি বর্ণনা ও ব্যাখ্যা করতে পারবেন।

২.২.১ স্কেলার রাশি ও ভেক্টররাশি (Scalar and vector quantities)

কে লম্বায় বড়? আপনি না আপনার বন্ধু। কোনটি বেশি ভারি একটি ফুটবল না একটি ক্রিকেট বল? কোন পথটি দীর্ঘ আপনার বাড়ী থেকে বাজার না পোস্ট অফিস? এধরনের প্রশ্নের উত্তর দিতে হলে মাপজোকের প্রয়োজন। কোন কিছুর পরিমাণ জানতে বা তুলনা করতে হলে তার পরিমাপ করতে হয়। যা কিছু পরিমাপ করতে হয় তাই রাশি। এক কথায় বলতে হয় ভৌত জগতে যা কিছু পরিমাপযোগ্য তাদের রাশি বলে। প্রত্যেকটি রাশির একটি মান বা আদর্শ পরিমাণ থাকে এবং একটি একক থাকে। মানটি একটি সংখ্যা। যেমন টেবিলটি ২ মিটার লম্বা। এখানে ২ সংখ্যাটি পরিমাণ এবং মিটার একক বুঝায়। এ থেকে আমরা বুঝতে পারি আদর্শ দৈর্ঘ্যের পরিমাপ ১ মিটার, আর টেবিলটির দৈর্ঘ্য তার ২গুণ। আবার একটি তরমুজের ভর ৬ কেজি– বললে আমরা বুঝি ভরের আদর্শ ১ কেজি, তরমুজটির ভর তার ৬ গুণ।

কিন্তু ভৌত জগতের কিছু কিছু রাশি আছে যা কেবল মান দিয়ে সম্পূর্ণরূপে প্রকাশ করা যায় না। এদের প্রকাশের জন্য মানের সাথে দিকের উল্লেখ প্রয়োজন। যেমন আমরা যখন বলি 'একটি গাড়ি ২৫ কিলোমিটার বেগে চলছে', তাহলে আমরা বুঝি গাড়ীটির বেগের মান ঘন্টায় ২৫ কিলোমিটার কিন্তু গাড়ীটি কোন দিকে যাচ্ছে তা বুঝি না। কিন্তু গাড়িটির প্রকৃত অবস্থা জানতে হলে সেটি কোন দিকে যাচ্ছে তা জানা দরকার। এজন্য গাড়ীর গতির দিক বা বেগের দিক উল্লেখ প্রয়োজন। সুতরাং কিছু কিছু রাশি সম্পূর্ণভাবে প্রকাশের জন্য মানের সাথে দিকেরও উল্লেখ করতে হয়। দিক উল্লেখের বিষয়টি বিবেচনা করে বস্তু জগতের সকল রাশিকে দু' ভাগে ভাগ করা হয়েছে। তা হলো:

১. অদিক রাশি বা স্কেলার রাশি

২. দিক রাশি বা ভেক্টর রাশি।

স্কেলার রাশি ঃ যে সকল ভৌত রাশি প্রকাশের জন্য শুধু মান অর্থাৎ সংখ্যা ও একক ব্যবহার করা হয় তাদের স্কেলার রাশি বলে। এদের দিক থাকে না বলে অদিক রাশিও বলা হয়। যেমন বস্তুর ভর, দৈর্ঘ্য, কাজ, ক্ষমতা, শক্তি, ঘনত্ব, তাপমাত্রা ইত্যাদি।

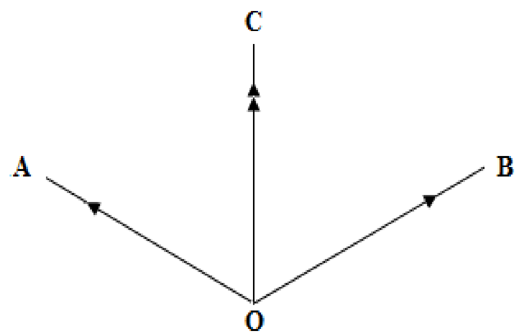
ভেক্টর রাশি ঃ যে সকল ভৌত রাশি প্রকাশের জন্য মান (অর্থাৎ সংখ্যা ও একক) এবং দিক উভয়ই উল্লেখ করা হয় তাদের ভেক্টর রাশি বলে। দিক উল্লেখ থাকে বলে এদের দিক রাশিও বলা হয়। যেমন বস্তুর সরণ, বেগ, ত্বরণ, বল, ওজন ইত্যাদি।

নিচের টেবিলে কয়েকটি স্কেলার ও ভেক্টর রাশির নাম সংকেত ও উদাহরণ ও মাত্রা উল্লেখ করা হলো।

		স্কেলার রাশি				**ভেক্টর রাশি**	
নাম	সংকেত	উদাহরণ	মাত্রা	নাম	সংকেত	উদাহরণ	মাত্রা
দূরত্ব	d	20 m	L	সরণ	S	20 m	L
সময়	t	10 s	T	বেগ	**V**	40 ms^{-1}	LT^{-1}
ভর	m	kg	M	বল	**F**	200 N	MLT^{-2}
দ্রুতি	v	40 ms^{-1}	LT^{-1}	ত্বরণ	a	32ms^{-2}	LT^{-2}

শক্তি	*E*	50 J	ML^2T^{-2}	ভর-বেগ	mv	$Kgms^{-1}$	MLT^{-1}

ভেক্টর রাশি লিখে বা এঁকে বুঝানোর জন্য কিছু বিশেষ চিহ্ন ব্যবহার করা হয়। লিখে প্রকাশের সময় কোন রাশির সংকেতের উপরে বা নিচে তীর চিহ্ন দিয়ে ভেক্টর রাশির দিক নির্দেশ করা হয় যেমন; $\vec{A}$, $\vec{B}$, $\vec{C}$ অথবা , $\underline{A}$, $\underline{B}$, $\underline{C}$ ইত্যাদি। আবার অনেক সময় তীর চিহ্নের বদলে কেবল বার (–) চিহ্নও ব্যবহৃত হয় যেমন, $\bar{A}$, $\bar{B}$, $\bar{C}$ ইত্যাদি। ছাপার ক্ষেত্রে তীর চিহ্ন অথবা বার চিহ্নের বদলে মোটা হরফ (Bold letter) ব্যবহার করা হয় যেমন, **A, B, C** ইত্যাদি। চিত্রে ভেক্টর রাশির দিক নির্দেশের জন্য নির্দিষ্ট দিকে তীর চিহ্ন দেয়া হয়। চিত্র ২.৭ দেখানো হয়েছে। O বিন্দুতে দুটি বল OA এবং OB বরাবর একই সঙ্গে কাজ করছে। তীর চিহ্ন দিয়ে এদের দিক এবং রেখা দুটির দৈর্ঘ্য দিয়ে বল দুটির মানের অনুপাত বুঝানো হয়েছে। দুটি বলের পরিবর্তেতে একটি বল সৃষ্টি হবে। তার দিক হবে OC বরাবর এবং মান হবে OC এর দৈর্ঘ্যের আনুপাতিক। এক বলে লব্ধি ভেক্টর। চিত্রে লব্ধি ভেক্টরটিকে একই রেখায় দুটি তীর চিহ্ন দিয়ে দেখানো হয়েছে।



$$\vec{OA} + \vec{OB} = \vec{OC}$$

চিত্র ঃ ২.৭ ভেক্টরের জ্যামিতিক চিত্র

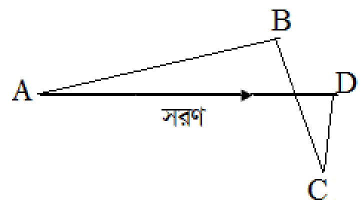
চিত্র ঃ ২.৮ দোনের সাহায্যে পানি সেচের দৃশ্য

একাধিক স্কেলার রাশি যোগ বিযোগ সাধারণ গণিতের নিয়মে করা হয়। কিন্তু একাধিক ভেক্টর রাশির যোগ বিয়োগ সাধারণ গণিতের নিয়মে করা সম্ভব নয়। একটি উদাহরণ দেয়া যায়। চিত্র ২.৮ দেখুন। এটি গ্রাম বাংলার ক্ষেতে পানি সেচের সনাতন দৃশ্য। একটি পানি ভর্তি দোন দুদিকে দড়ি বেঁধে দুজন কৃষক টানছেন। তারা পরস্পর প্রায় সমকোণে দাঁড়ান। দোনটি কৃষকদের দুজনের কারও দিকে না যেয়ে মাঝামাঝি দিয়ে যাচ্ছে। এর উপর কৃত বল দুজনের প্রযুক্ত মোট বল থেকে কম হবে। যা হোক এধরণের যোগ সাধারণ গণিতের নিয়মে করা যাবে না। এ জন্য বিশেষ গণিত বা ভেক্টর গণিত ব্যবহার করা হয়।এসম্পর্কে উচ্চতর শ্রেণিতে জানতে পারবেন।

২.২.২ গতি সংক্রান্ত বিভিন্ন রাশি (Different quantities related to motion)

দূরত্ব ও সরণ

দুটি বিন্দু দু যায়গায় হলে এদের মধ্যের পথের দৈর্ঘ্যকে আমরা বলি দূরত্ব। একটি বিন্দু থেকে কোন বস্তু অন্য একটি বিন্দুতে সরে গেলে আমরা বলে বস্তুটির সরণ হয়েছে। কিন্তু দূরত্ব আর সরণ এক নয়। ধরা যাক আপনি আপনার বাড়ী থেকে সোজা পূর্ব দিকে 4 km গেলেন এর পর সোজা পশ্চিম দিকে 3 km গেলেন। আপনি মোট 7 km দূরত্ব অতিক্রম করলেন। কিন্তু আপনি আপনার বাড়ী থেকে কত টুকু সরেছেন? 7 km কি? না আপনি মাত্র 1 km সরেছেন। অতিক্রান্ত দূরত্ব 7 km হলেও আপনার সরণ 1 km। তাই দূরত্ব হচ্ছে প্রকৃত অতিক্রান্ত পথের পরিমাণ বা দৈর্ঘ্য। সরণ হচ্ছে নির্দিষ্ট দিকে অবস্থান পরিবর্তনের পরিমাণ। উপরের উদাহরণে অতিক্রান্ত দূরত্ব 7 km, কিন্তু সরণ 1 km পূর্ব দিকে। সরণ ভেক্টর বা দিক রাশির দিক আছে। দূরত্বের দিক নাই। এটি স্কেলার বা অদিক রাশি।



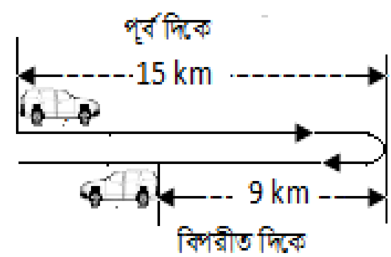
চিত্র ঃ ২.৯ সরণ AD

২.৯ চিত্রে একজন মানুষ A বিন্দু থেকে B, C বিন্দু হয়ে D বিন্দুতে পৌঁছেছেন। অতএব A থেকে D পর্যন্ত তার অতিক্রান্ত দূরত্ব হবে A থেকে B (AB), B থেকে C (BC) এবং C থেকে D (CD) দূরত্বের যোগফল। কিন্তু মানুষটির সরণ হবে, A থেকে D এর দিকে, A থেকে D পর্যন্ত সরল রৈখিক দূরত্ব AD ।

কোন বস্তুর আদি অবস্থান ও শেষ অবস্থানের মধ্যবর্তী ন্যূনতম দূরত্ব বা কোন নির্দিষ্ট দিকে গতিশীল বস্তুর সোজা বা সরল রৈখিক দূরত্ব সরণের মান নির্দেশ করে। সরণের মানই হল দূরত্ব এবং নির্দিষ্ট দিকের দূরত্বই হল সরণ। সরণকে ব্যাখ্যার ক্ষেত্রে এর মান ও দিক দুটোই গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা রাখে। এদের যে কোন একটির অথবা উভয়ের পরিবর্তনে সরণের পরিবর্তন হয়। দূরত্ব বা সরণ পরিমাপের আন্তর্জাতিক একক হল মিটার (m)। ব্যবহারিক ক্ষেত্রে অনেক সময় কিলোমিটার (km) ব্যবহার করা হয়। কিন্তু সরণ প্রকাশে দূরত্বের এককের সঙ্গে দিক উল্লেখ করতে হয়। যেমন আগের উদাহরণে বলা হয়েছে সরণ 1 km পূর্ব দিকে।

গাণিতিক উদাহরণ ২.১

একটি মোটরকার পূর্ব দিকে 15 km যাওয়ার পর U-টার্নের মাধ্যমে বিপরীত দিকে ফিরে আরও 9 km দূরত্ব অতিক্রম করে। এর (ক) মোট অতিক্রান্ত দূরত্ব ও (খ) সরণ কত?



চিত্র ঃ ২.১০

সমাধান:

(ক) মোট অতিক্রান্ত দূরত্ব = (15 +9) km = 24 km

খ) সরণ = (15 - 9) km = 6 km (পূর্ব দিকে)।

দ্রুতি ও বেগ

দ্রুতিঃ ধরা যাক, কোন বস্তু 30 সেকেন্ড সময়ে 60 মিটার দূরত্ব অতিক্রম করল। তাহলে সময়ের সাথে দূরত্ব পরিবর্তনের হার $\frac{60}{30}$ মিটার বা 2 মিটার। এ অবস্থায় আমরা বলে থাকি দ্রুতি 2 মিটার/সেকেন্ড। দ্রুতি বলতে কোন বস্তু কত দ্রুত চলছে তা বোঝানো হয়। একক সময়ে বস্তুর অতিক্রান্ত দূরত্বকে দ্রুতি বলে। অর্থাৎ সময়ের সাথে দূরত্বের পরিবর্তনের হারই হল দ্রুতি।

$$\text{অতএব, দ্রুতি} = \frac{\text{মোট অতিক্রান্ত দূরত্ব}}{\text{মোট সময়}}$$

প্রতীকের সাহায্যে, $v = \frac{d}{t}$, এখানে, v = দ্রুতি, d = অতিক্রান্ত দূরত্ব এবং t সময়।

দ্রুতি পরিমাপের একক হল মিটার/সেকেন্ড (m/s বা ms^{-1})।

বাস্তবে কোন বস্তুই বা বেশির ভাগ বস্তুই সারা পথ একই দ্রুতিতে গতিশীল হয় না। এ কারণে গতি বিশ্লেষণে গড় দ্রুতির বিষয় বিবেচনা করা হয়। গতিশীল বস্তুর মোট অতিক্রান্ত দূরত্বকে মোট সময় দিয়ে ভাগ করলে গড় দ্রুতি পাওয়া যায়।

$$\text{অতএব, গড় দ্রুতি} = \frac{\text{মোট অতিক্রান্ত দূরত্ব}}{\text{মোট সময়}}$$

প্রতীকের সাহায্যে, $\bar{v} = \frac{d}{t}$ যেখানে, গড় দ্রুতি = $\bar{v}$, মোট অতিক্রান্ত দূরত্ব = d এবং মোট সময় = t ।

বেগঃ দ্রুতি শুধুমাত্র বস্তুর অবস্থান পরিবর্তনের হার নির্দেশ করে, কিন্তু বস্তুর অবস্থানের পরিবর্তন কোন দিকে ঘটছে তা নির্দেশ করে না। বেগ অবস্থানের পরিবর্তন কোন দিকে ঘটছে তা নির্দেশ করে। এ কারণে নির্দিষ্ট দিকে বস্তুর দ্রুতিকেই বেগ বলে। আবার নির্দিষ্ট দিকে বস্তুর অবস্থান পরিবর্তনকে সরণ বলে। সুতরাং সময়ের সাথে কোন বস্তুর সরণের হারকে বেগ বলে অর্থাৎ বস্তু নির্দিষ্ট দিকে একক সময়ে যে দূরত্ব অতিক্রম করে তাই বেগ।

অতএব, বেগ $= \frac{\text{সরণ}}{\text{সময়}}$

প্রতীকের সাহায্যে, $\mathrm{V} = \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{t}}$, এখানে, V = বেগ, সরণ = d এবং মোট সময় = t ।

আবার, গড় বেগ $= \frac{\text{মোট সরণ}}{\text{মোট সময়}}$

প্রতীকের সাহায্যে, গড় বেগ, $\bar{v} = \frac{\mathbf{d}}{\mathbf{t}}$, যেখানে $\bar{v}$ = গড় বেগ, $\mathbf{d}$ = মোট সরণ এবং t = মোট সময়।

বেগের মান অথবা দিকের পরিবর্তনের কিংবা এক সাথে উভয়েরই পরিবর্তনে বেগের পরিবর্তন হয়। বেগ পরিমাপের একক মিটার/সেকেন্ড ($\mathrm{m/s}$ বা $\mathrm{ms^{-1}}$)। ব্যবহারিক ক্ষেত্রে অনেক সময় বেগ বা দ্রুতিকে কিলোমিটার/ঘণ্টা ($\mathrm{km/h}$ বা $\mathrm{kmh^{-1}}$) একককে প্রকাশ করা হয়।

গাণিতিক উদাহরণ ২.২
একজন দৌড়বিদ 9.8s সময়ে 100m দূরত্ব অতিক্রম করলে তার গড় দ্রুতি কত?

সমাধানঃ দেয়া আছে, মোট অতিক্রান্ত দূরত্ব, $d = 100\mathrm{m}$
মোট সময়, $t = 9.8\mathrm{s}$
গড় দ্রুতি $\bar{v} = ?$

গড় দ্রুতি, $\bar{v} = \frac{d}{t} = \frac{100\mathrm{m}}{9.8\mathrm{s}} = 10.2\mathrm{ms^{-1}}$

উত্তরঃ $10.2\mathrm{ms^{-1}}$

ত্বরণ ও মন্দন

কোন গতিশীল বস্তুর বেগের মান যদি ক্রমাগত বৃদ্ধি পেতে থাকে তখন বস্তুটি ত্বারিত হয়েছে বলা হয়। গতিশীল বস্তুর বেগের মান অথবা দিক কিংবা উভয়ের পরিবর্তন হলে বস্তু ত্বরণ হয়। সময়ের সাথে বেগ বৃদ্ধির হারকে ত্বরণ বলে।

অতএব, ত্বরণ $= \frac{\text{বেগ বৃদ্ধির পরিমাণ}}{\text{প্রয়োজনীয় সময়}}$ । প্রতীকের সাহায্যে, $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v\text{-}u}{t}$

এখানে, a = ত্বরণ, Δv = বেগ বৃদ্ধির পরিমাণ $(v - u)$, v = শেষ বেগ, u = আদি বেগ
এবং $\Delta t = t$ = সময়ের ব্যবধান।

সময়ের সাথে বেগ বৃদ্ধির হার সব সময় সমান হলে তাকে সমত্বরণ বলে। পক্ষান্তরে বেগ বৃদ্ধির হার সমান না হলে তাকে অসমত্বরণ বলে।

মন্দন

চলন্ত বাইসাইকেল বা মোটর কারের ব্রেক কষলে এদের গতি ক্রমশ:হ্রাস পেতে থাকে। তখন এদের গতি মন্দীভূত হয়েছে বলা হয়। যদি সময়ের সাথে বস্তুর বেগ হ্রাস পায় তাহলে একে মন্দন বলে। মন্দন আসলে ঋণাত্মক ত্বরণ। অতএব সময়ের সাথে বেগ হ্রাসের হারকে মন্দন বলে।

অতএব, মন্দন $= \dfrac{\text{বেগ হ্রাসের পরিমাণ}}{\text{প্রয়োজনীয় সময়}}$

প্রতীকের সাহায্যে, $-a = \dfrac{\Delta v}{\Delta t}$

এখানে, $-a$ = মন্দন বা ঋণ-ত্বরণ, Δv = বেগের হ্রাস $(u\text{-}v)$, v = শেষ বেগ, u = আদি বেগ
এবং $\Delta t = t =$ সময়ের ব্যবধান।

বেগের মতই ত্বরণের দিক রয়েছে এবং এই দিকের পরিবর্তন হলে ত্বরণের পরিবর্তন হয়। ত্বরণ পরিমাপের একক হলো মিটার/সেকেন্ড^2 m/s^2 বা ms^{-2}

গাণিতিক উদাহরণ২.৩। একটি গাড়ির বেগ 20s এ $12ms^{-1}$ থেকে বৃদ্ধি পেয়ে $52ms^{-1}$ হলো। গাড়ির ত্বরণ কত?

সমাধান:

আমরা জানি, $a = \dfrac{\Delta v}{\Delta t} = \dfrac{40ms^{-1}}{20s} = 2ms^{-2}$

উত্তর: $2ms^{-2}$।

এখানে,
বেগের পরিবর্তন, $\Delta v = (52\text{-}12)\ ms^{-1} = 40ms^{-1}$
সময় ব্যবধান, $\Delta t = t = 20\ s$
ত্বরণ, a =?

গাণিতিক উদাহরণ ২.৪। একটি গাড়ি $20\ ms^{-1}$ সুষম বেগে চলছিল। ব্রেক কষে একে $5s$ -এ থামনো হল। গাড়ির মন্দন কত?

সমাধান:

আমরা জানি,

মন্দন, $a = \dfrac{\Delta v}{\Delta t} = \dfrac{20\,ms^{-1}}{5s} = 4\,ms^{-2}$

উত্তর: $4\ ms^{-1}$ ।

এখানে,
বেগের পরিবর্তন, $\Delta v = (20-0)\ ms^{-1} = 20\ ms^{-1}$
সময় ব্যবধান, $\Delta t = t = 5s$
মন্দন, a =?

সার-সংক্ষেপ

ভেক্টর রাশি ঃ যে সকল ভৌত রাশি প্রকাশের জন্য মান (অর্থাৎ সংখ্যা ও একক) এবং দিক উভয়ই উল্লেখ করা হয় তাদের ভেক্টর রাশি বলে।

সরণ ঃ সরণ হচ্ছে বরাবর বা নির্দিষ্ট দিকে অবস্থান পরিবর্তনের পরিমাণ। সরণ একটি ভেক্টর রাশি। এর একক মিটার (m)|

ত্বরণ ঃ সময়ের সাথে বেগ বৃদ্ধির হারকে ত্বরণ বলে। গাণিতিকভাবে, t = সময়ে বস্তুর আদিবেগ u থেকে Δv পরিমাণ বৃদ্ধি পেয়ে v হলে ঐ বস্তুর ত্বরণ, $a = \dfrac{\Delta v}{\Delta t} = \dfrac{v - u}{t}$

ত্বরণ পরিমাপের একক হলো মিটার/সেকেন্ড^2 (m/s^2 বা ms^{-2})। এটি একটি ভেক্টর রাশি।

পাঠোত্তর মূল্যায়ন -২.২

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (√) চিহ্ন দিন।

১। কোনটি ভেক্টর রাশির উদাহরণ ?

(ক) সরণ (খ) ভর (গ) দ্রুতি (ঘ) শক্তি

২। একটি গাড়ি $20ms^{-1}$ বেগে চলছিল। 25 সেকেন্ড পরে এর বেগ $70ms^{-1}$ হলো। গাড়িটির ত্বরণ কত ?

(ক) $2ms^{-1}$ (খ) $20ms^{-2}$ (গ) $50ms^{-2}$ (ঘ) $2ms^{-2}$

পাঠ-৩ গতির সমীকরণসমূহ (Equations of Motion)

উদ্দেশ্য

এই পাঠের শেষে আপনি -

১. রাশিমালার পারস্পরিক সম্পর্ক বিশ্লেষণ করে গতির সমীকরণসমূহ প্রতিপাদন করতে পারবেন।

২. গতির সমীকরণ ব্যবহার করে বিভিন্ন সমস্যার সমাধান করতে পারবেন।

২.৩.১ গতির সমীকরণসমূহ প্রতিপাদন (Deriving the Equations of Motion)

আগের অনুচ্ছেদের উদাহরণগুলিতে কতগুলো সহজ সূত্র দিয়ে আমরা কয়েকটি গাণিকিতক সমস্যার সমাধান করেছি। গতি সংক্রান্ত এ থেকে আরও একটু জটিল সমস্যা সমাধানের জন্য কয়েকটি সমীকরণ ব্যবহার করা হয়। সমীকরণগুলো মূলতঃ আদিবেগ, শেষ বেগ, অতিক্রান্ত সময়, সরণ এবং ত্বরণ এই পাঁচটি রাশি দ্বারা গঠিত। এদের বলা হয় গতির সমীকরণ। আসুন আমরা সূত্রগুলি তৈরি করি এবং এর প্রয়োগ করে সমস্যার সমাধান করি।

ধরা যাক কোন বস্তু u আদি বেগ নিয়ে a সুষম ত্বরণে চলে t সময়ে নির্দিষ্ট দিকে s দূরত্ব অতিক্রম করল, এবং এর শেষ বেগ হলো v । অর্থাৎ সুষম ত্বরণে নির্দিষ্ট দিকে গতিশীল বস্তুটির,

আদি বেগ $= u$

শেষ বেগ $= v$

সুষম ত্বরণ $= a$

সময় $= t$

সরণ $= s$

অনুচ্ছেদ ২.২.২ থেকে আমরা জেনেছি বেগের পরিবর্তনের হারকে (বৃদ্ধি/হ্রাস) ত্বরণ বলে। অতএব ত্বরণ

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v-u}{t}$$

$$\therefore \; v = u + a\,t \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (২.১)$$

আবার আমরা জানি, গড় বেগ = $\frac{\text{মোট সরণ}}{\text{মোট সময়}}$

$$\therefore \; \frac{u+v}{2} = \frac{s}{t}$$

বা, $s = \frac{u+v}{2} \times t$ ……………………………………………… (২.২)

$$= \frac{u+(u+at)}{2} \times t = \frac{(2u+at)t}{2} = \frac{2ut}{2} + \frac{at^2}{2}$$

বা, $s = ut + \frac{1}{2}at^2$ ……………………………………………… (২.৩)

২.১ সমীকরণটির উভয় পক্ষের বর্গ করলে পাওয়া যাবে–

$$v^2 = (u+at)^2 = u^2 + 2uat + a^2t^2$$
$$= u^2 + 2a(ut + \frac{1}{2}at^2)$$
$$= u^2 + 2as \quad [\because \quad s = ut + \frac{1}{2}at^2]$$

$\therefore \quad v^2 = u^2 + 2as$ …………………………………… (২.৪)

গাণিতিক উদাহরণ-২.৫। 300 ms^{-1} বেগে গতিশীল একটি গাড়ী 300 m দূরে একটি স্টেশনে থামাতে হলে কত মন্দন দিতে হবে ? ট্রেনটি কত সময় পরে থামবে ?

সমাধানঃ

আমরা জানি,

$$v^2 = u^2 - 2as$$

বা, $2as = u^2 - v^2$

বা, $a = \frac{u^2 - v^2}{2s}$

$$= \frac{(300\text{ms}^{-1})^2 - 0}{2 \times 300\text{ m}} = \frac{90000}{2 \times 300}\text{ms}^{-2}$$

$= 150$ ms^{-2}

এখানে,
আদি বেগ, u = 300 ms^{-1}
শেষ বেগ, v = 0ms^{-1}
অতিক্রান্ত দূরত্ব, s = 300m
সময়, t = ?
মন্দন, a = ?

মন্দন, $a = \frac{u-v}{t}$

$\therefore \ t = \frac{u-v}{a} = \frac{300\ \text{ms}^{-1} - 0}{150\ \text{ms}^{-2}} = 2s$

উত্তর ঃ মন্দন 150 ms^{-2} ; সময় 2s

গতির সমীকরসমূহ ঃ

আদি বেগ u, শেষ বেগ v, সুষম ত্বরণ a, সময় t এবং সরণ s হলে–

$v = u + a\,t$ ……………………………………………… (২.১)

$s = \frac{u+v}{2} \times t$ ……………………………………………… (২.২)

$s = ut + \frac{1}{2}at^2$ ……………………………………………… (২.৩)

$v^2 = u^2 + 2as$ ……………………………………………… (২.৪)

পাঠোত্তর মূল্যায়ন-২.৩

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (√) চিহ্ন দিন।

১। আদি বেগ, u শেষ বেগ, v, সুষম ত্বরণ, a সময় t হলে−মন্দন নির্ণয়ের জন্য কোন সূত্রটি প্রযোজ্য ?

(ক) $v = u + a\,t$ (খ) $v = u - a\,t$

(গ) $s = ut - \frac{1}{2}\,at^2$ (ঘ) $v^2 = u^2 - 2as$

২। 9 mh^{-1} সুষম বেগে চলন্ত একজন সাইকেল আরোহী এক টানা সাইকেল চালিয়ে ঘোরা পথে 300s এ আগের যায়গায় ফিরে এলো। পথের দৈর্ঘ 5km হলে আরোহীর শেষ বেগ কত হবে ?

(ক) 0 ms^{-1} (খ) 9ms^{-1}

(গ) 9 kms^{-1} (গ) উত্তর দেয়া সম্ভব নয়

পাঠ-৪ পড়ন্ত বস্তুর গতি (Motion of Falling Bodies)

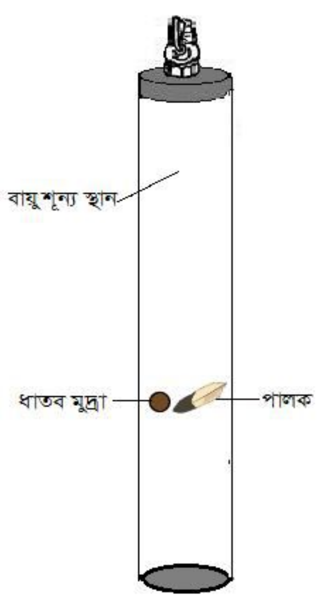
উদ্দেশ্য

এই পাঠের শেষে আপনি

১. মুক্তভাবে পড়ন্ত বস্তুর গতি ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
২. মুক্তভাবে পড়ন্ত বস্তুর গতি সম্পর্কিত সূত্রগুলো বর্ণনা করতে পারবেন।
৩. মুক্তভাবে পড়ন্ত বস্তুর ক্ষেত্রে গতির সমীকরণগুলো লিখতে পারবেন।

২.৪.১ মুক্তভাবে পড়ন্ত বস্তুর ত্বরণ, g

উপর থেকে একটি ধাতব মুদ্রা (এক টাকা বা দু'টাকার একটি মুদ্রা) এবং একটি পাখির পালক এক সঙ্গে ছেড়ে দিন। অভিকর্ষের প্রভাবে অর্থাৎ পৃথিবীর আকর্ষণে দুটি বস্তুই মাটিতে পড়বে। হয়তো দেখা যাবে ধাতব মুদ্রাটি আগে পড়বে, আর হালকা পাখির পালকটি আঁকাবাঁকা পথে ভাসতে ভাসতে একটু দেরিতে মাটিতে পৌঁছাবে।



চিত্র ঃ ২.১১

কিন্তু পাশের ২.১১নং চিত্রে দেখানে হয়েছে একটি বায়ু শূন্য নলের মধ্যে এক সাথে ছেড়ে দেয়া মুদ্রা এবং পালক এক সাথেই মাটিতে বা নলের তল দেশে পড়ছে। এদের উপর বাতাসের কোন বাধা বা প্রভাব নেই; কাজ করছে কেবল পৃথিবীর আকর্ষণ বল। এই বলের প্রভাবে বস্তু দুটির নিম্নমুখী ত্বরণ হচ্ছে।

বস্তু দুটি যখন ছেড়ে দেয়া হয় এদের ওপর কোন বল প্রয়োগ করা হয় নাই, তখন এদের বেগ ছিল শূন্য। যতই নিচে পড়ছে এদের বেগ বাড়ছে। এর কারণ পৃথিবীর আকর্ষণ জনিত ত্বরণ। একে বলা হয় মুক্তভাবে পড়ন্ত বস্তুর ত্বরণ বা অভিকর্ষজ ত্বরণ। পৃথিবী পৃষ্ঠের কাছাকাছি সব বস্তুর উপর এই ত্বরণের মান সমান।

g দিয়ে এই ত্বরণকে দিয়ে প্রকাশ করা হয়। এর মান পৃথিবী পৃষ্ঠে বিভিন্ন স্থানে সামান্য তারতম্য হয়, কারণ পৃথিবীর সর্বত্র আকর্ষণ বল সমান নয়। এই মানের পরিবর্তন 1% থেকেও কম। মোটামুটিভাবে পৃথিবী পৃষ্ঠে তথা ভূ-পৃষ্ঠে g-এর মান প্রায় 10 ms^{-2}। ভূ-পৃষ্ঠ থেকে যতই উপরে ওঠা যায় g-এর মান ততই কমতে থাকে। ভূ-পৃষ্ঠের বিভিন্ন স্থানে g-এর মান বিভিন্ন বলে 45° অক্ষাংশে সমুদ্র সমতলে g-এর মানকে আদর্শ ধরা হয়। এই আদর্শ মান হচ্ছে 9.80656 ms^{-2}। হিসেবের সুবিধার জন্য আদর্শ মান ধরা হয় 9.81 ms^{-2}।

২.৪.২ পড়ন্ত বস্তুর সূত্রসমূহ

আগের অনুচ্ছেদে আমরা জেনেছি কোন বস্তুকে উপর থেকে ছেড়ে দিলে অভিকর্ষের প্রভাবে মাটিতে পড়ে। বাতাসের বা অন্য কোন বাধা দ্বারা প্রভাবিত না হয়ে কেবল অভিকর্ষের প্রভাবে পড়ন্ত বস্তুকে বলা হয় মুক্তভাবে পড়ন্ত বস্তু। ষোড়শ শতাব্দীতে ইটালীর বিখ্যাত গণিতবিদ ও বিজ্ঞানী গ্যালেলিও গ্যালিলাই পড়ন্ত বস্তু সম্পর্কে তিনটি সূত্র দেন এই সূত্রগুলোকে পড়ন্ত বস্তুর সূত্র বলা হয়। এগুলি এখন সর্বজন গৃহীত সূত্র। সূত্রগুলো হলো–

প্রথম সূত্রঃ স্থির অবস্থান এবং একই উচ্চতা থেকে বিনা বাধায় বা মুক্তভাবে পড়ন্ত সকল বস্তু সমান সময়ে সমান পথ অতিক্রম করে।

দ্বিতীয় সূত্রঃ স্থির অবস্থান থেকে বিনা বাধায় পড়ন্ত বস্তু নির্দিষ্ট সময়ে প্রাপ্ত বেগ ঐ সময়ের সমানুপাতিক। অর্থাৎ বস্তু t সময়ে v বেগ প্রাপ্ত হলে, $v \propto t$ ।

তৃতীয় সূত্র ঃ স্থির অবস্থান থেকে বিনা বাধায় পড়ন্ত বস্তু নির্দিষ্ট সময়ে যে দূরত্ব অতিক্রম করে তা ঐ সময়ের বর্গের সমানুপাতিক। অর্থাৎ t সময়ে বস্তু h দূরত্ব অতিক্রম করলে, $h \propto t^2$ ।

২.৪.৩ পড়ন্ত বস্তুর গতির সমীকরণ

মুক্তভাবে পড়ন্ত বস্তুর উপর কোন বল প্রয়োগ করা হয় না, তাই যখন কোন বস্তুকে নির্দিষ্ট উচ্চতা থেকে ছেড়ে দেয়া হয় তখন এর কোন বেগ থাকে না। অর্থাৎ মুক্তভাবে পড়ন্ত বস্তুর আদি বেগ $u = 0$। বস্তুটিকে মুক্ত করার সাথে সাথে এর উপর পৃথিবীর আকর্ষণ জনিত বলের প্রভাবে অভিকর্ষজ ত্বরণ, g কার্যকর হয়। ফলে বস্তুটির বেগ সৃষ্টি হয় এবং বেগ বৃদ্ধি পেতে থাকে । ধরা যাক পড়ন্ত অবস্থায় বস্তুটি t সময়ে h দূরত্ব অতিক্রম করল। তা হলে ত্বরণের সংজ্ঞা অনুসারে,

$$g = \frac{v-u}{t}$$

$$= \frac{v} {t} \quad \text{[এক্ষেত্রে আদি বেগ, } u = 0 \text{]}$$

$$\text{বা, } v = gt \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{(২.৫)}$$

আবার এক্ষেত্রে অতিক্রান্ত দূরত্ব, $h = \dfrac{\text{আদি বেগ } (u) + \text{ শেষ বেগ } (v)}{2} \times \text{ সময় } (t)$

$$h = \frac{u+v}{2} \times t = \frac{0+v}{2} \times t \quad \text{[এক্ষেত্রে আদি বেগ, } u = 0 \text{]}$$

$$\text{বা , } h = \frac{1}{2} vt \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{(২.৬)}$$

$$\text{বা, } h = \frac{1}{2}(gt) \times t \quad [\because\ v = gt \text{ সমীকরণ ২.৫ থেকে]}$$

$$\therefore\ h = \frac{1}{2} g t^2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{(২.৭)}$$

(২.৫) নং সমীকরণের উভয় পক্ষকে বর্গ করলে,

$$v^2 = g^2t^2 = 2g \times \frac{1}{2}gt^2 = 2gh \qquad [\because \ h = \frac{1}{2}gt^2 \ ]$$

বা, $v^2 = 2gh$ ... ... (২.৮)

লক্ষ্য করুন, অনুচ্ছেদ ২.৩.১ এ বর্ণিত গতির সাধারণ সমীকরণসমূহে u স্থলে 0, a স্থলে g এবং s স্থলে h বসিয়ে অতি সহজে মুক্তভাবে পড়ন্ত বস্তুর গতির সমীকরণগুলো পাওয়া যায়।

গতির সাধারণ সমীকরণ	u স্থলে 0, a স্থলে g এবং s স্থলে h বসিয়ে	পড়ন্ত বস্তুর গতির সমীকরণ
$v = u + a\,t$ .. .... (২.১)	$v = 0 + g\,t$	$v = gt$ .... (২.৫)
$s = \frac{u+v}{2} \times t$,.. .... (২.২)	$h = \frac{0+v}{2} \times t$	$h = \frac{1}{2}vt$ .... (২.৬)
$s = ut + \frac{1}{2}at^2$ ..... (২.৩)	$h = 0.t + \frac{1}{2}gt^2$	$h = \frac{1}{2}gt^2$ .... (২.৭)
$v^2 = u^2 + 2as$ ..... (২.8)	$v^2 = 0^2 + 2gh$	$v^2 = 2gh$ ... . (২.৮)

গাণিতিক উদাহরণ ২.৬। 250 মিটার উচ্চতায় উড়ন্ত একটি হেলিকপ্টার থেকে এক বস্তা চাল ফেলে দিলে এটি কত বেগে ভূ-পৃষ্ঠে আঘাত হানবে ? [g-এর মান 9.80 ms^{-2} ধরে হিসাব করুন]

সমাধান ঃ

আমরা জানি, পড়ন্ত বস্তুর ক্ষেত্রে,

$$v^2 = 2gh$$

$$\therefore v^2 = 2 \times 9.80 ms^{-2} \times 250 m$$

$$v^2 = 4900 m^2s^{-2}$$

$$v = \sqrt{4900 m^2s^{-2}}$$

$$= 700 ms^{-1}$$

উত্তর ঃ বেগ $700 ms^{-1}$

দেওয়া আছে,
আদিবেগ, $u = 0\ ms^{-1}$
উচ্চতা, $h = 250$ m
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.80\ ms^{-2}$
শেষ বেগ, v = ?

বিকল্প সূত্র ঃ $v^2 = u^2 + 2as$ প্রয়োগ করেও সমস্যাটি সমাধান করা যায় । সেক্ষেত্রে u স্থলে 0, a স্থলে g এবং s স্থলে h বসাতে হবে।

সার-সংক্ষেপ:

অভিকর্ষজ ত্বরণ, g ঃ মুক্তভাবে পড়ন্ত বস্তুর ত্বরণকে অভিকর্ষজ ত্বরণ বলা হয় একে g দ্বারা প্রকাশ করা হয়। g-এর আদর্শ মান $9.81\ ms^{-2}$।

পড়ন্ত বস্তুর প্রথম সূত্রঃ স্থির অবস্থান এবং একই উচ্চতা থেকে মুক্তভাবে পড়ন্ত সকল বস্তু সমান সময়ে সমান পথ অতিক্রম করে।

পড়ন্ত বস্তুর দ্বিতীয় সূত্রঃ স্থির অবস্থান থেকে মুক্তভাবে পড়ন্ত বস্তুর নির্দিষ্ট সময়ে প্রাপ্ত বেগ ঐ সময়ের সমানুপাতিক। [t সময়ে বেগ v হলে, $v \propto t$]

পড়ন্ত বস্তুর তৃতীয় সূত্র ঃ স্থির অবস্থান থেকে মুক্তভাবে পড়ন্ত বস্তু নির্দিষ্ট সময়ে যে দূরত্ব অতিক্রম করে তা ঐ সময়ের বর্গের সমানুপাতিক। [t সময়ে h দূরত্ব অতিক্রম করলে, $h \propto t^2$]

[t সময়ে বস্তু h দূরত্ব অতিক্রম করলে, $\mathrm{h} \propto \mathrm{t}^{2}$]

পাঠোত্তর মূল্যায়ন -২.৪

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (√) চিহ্ন দিন।

১। পৃথিবী পৃষ্ঠে g-এর মান সর্বত্র−

(ক) সমান　　(খ) সমান নয়

(গ) $9.80656\ ms^{-2}$　　(ঘ) প্রায় $10\ ms^{-2}$

২। চলন্ত হেলিকপ্টার থেকে একটি ক্রিকেট বল বাইরে ফেলে দেয়ার ঠিক 10 সেকেন্ড পরে এটি ভূ-পৃষ্ঠে পতিত হলো। এটির আদি বেগ শূন্য হলে শেষ বেগ কত হবে?

(ক) $0ms^{-1}$　　(খ) $10 \times g\ ms^{-1}$

(গ) $98\ kms^{-1}$　　(ঘ) $98.1\ kms^{-1}$

৩। সমুদ্র সমতলে g-এর আদর্শ মানকে কত ধরা হয়?

(ক) $45°$ অক্ষাংশে $9.80656\ ms^{-2}$　　(খ) $40°$ অক্ষাংশে $9.81ms^{-2}$

(গ) $40°$ অক্ষাংশে $9.80656\ ms^{-2}$　　(গ) $45°$ অক্ষাংশে $98.1\ kms^{-1}$

পাঠ-৫ গতি ও লেখচিত্র (Motion and Graph)

উদ্দেশ্য

এই পাঠের শেষে আপনি -

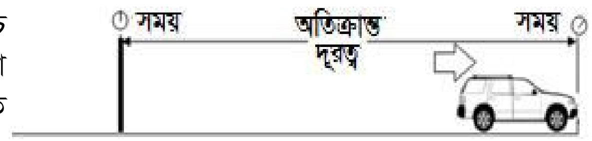
১. দূরত্ব বনাম সময় লেখচিত্র অংকন করতে পারবেন।

২. দূরত্ব বনাম সময় লেখচিত্র থেকে বেগ নির্ণয় করতে পারবেন।

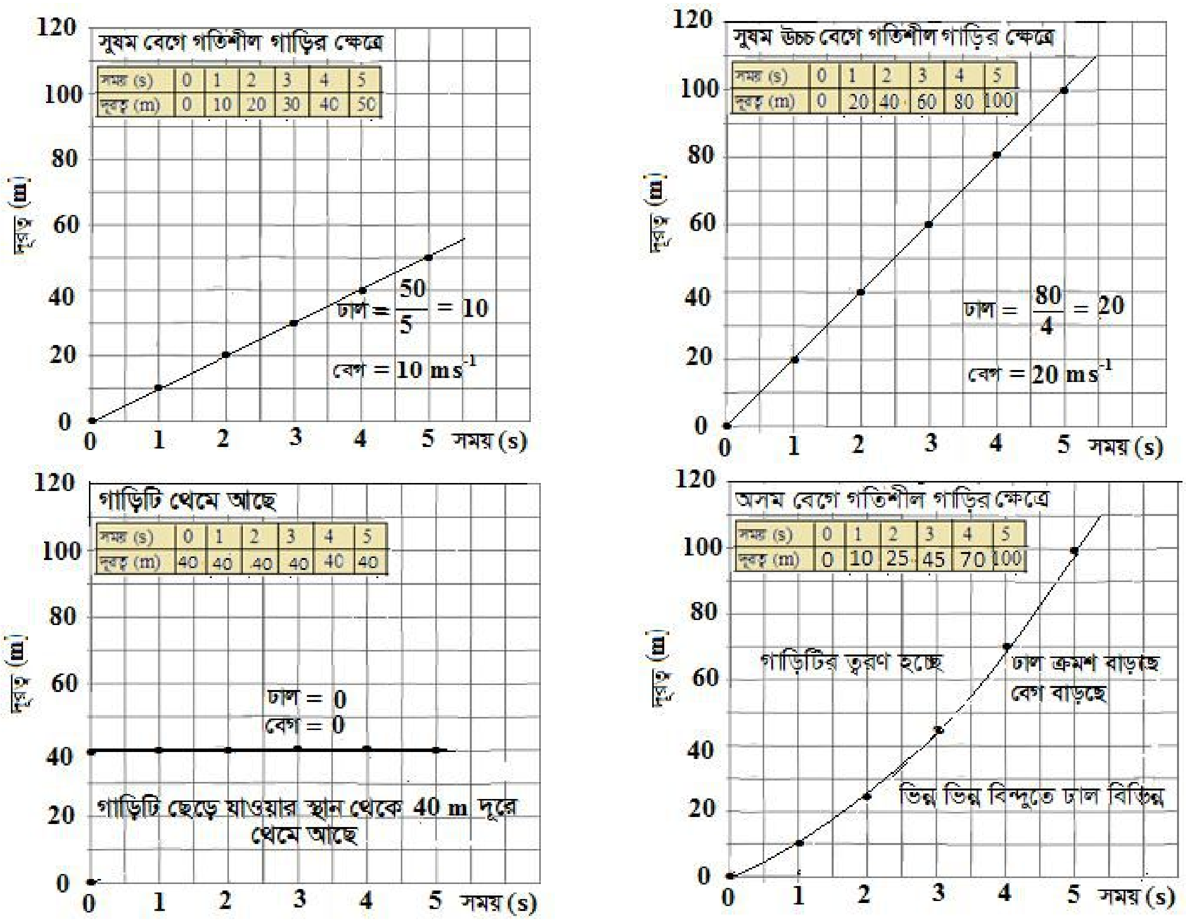
৩. বেগ বনাম সময় লেখচিত্র অংকন করতে পারবেন।

৪. বেগ বনাম সময় লেখচিত্র থেকে ত্বরণ নির্ণয় করতে পারবেন।

২.৫.১ দূরত্ব বনাম সময় লেখচিত্র (Displacement-Time Graph)



গতিশীল বস্তুর গতি বিশ্লেষণে লেখচিত্র ব্যবহার করা যায়। নিচে দেখান হয়েছে একটি গাড়ী একটি নির্দিষ্ট স্থান থেকে সরল রেখা বরাবর চলছে। ঐ স্থান থেকে প্রতি সেকেন্ডে গাড়িটির দূরত্ব পরিমাপ নেয়া হলো। এবার গ্রাফ কাগজে X- অক্ষ বরাবর সময় এবং Y- অক্ষ বরাবর দূরত্ব নিয়ে লেখচিত্র আঁকলে বিভিন্ন রকমের তথ্য পাওয়া যাবে। ২.১২ নং চিত্রে এরূপ কয়েকটি লেখচিত্র দেখানো হলো।



চিত্র ঃ ২. ১২ বিভিন্ন রকমের দূরত্ব-সময় লেখচিত্র।

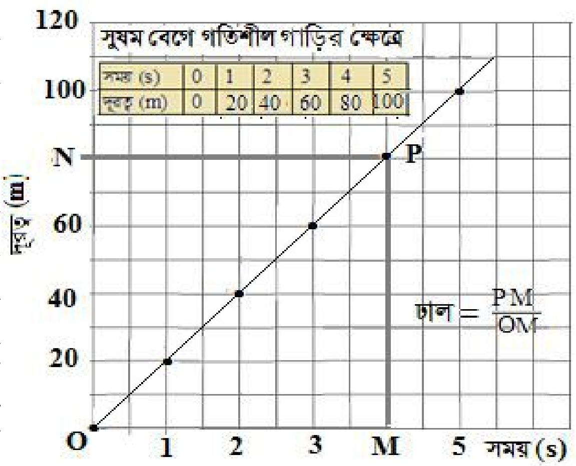
২.৫.২ দূরত্ব বনাম সময় লেখচিত্র থেকে দ্রুতি ও বেগ নির্ণয়

(Determining Speed and Velocity from Displacement -Time Graph)

২.১৩ এ বর্ণিত লেখচিত্র থেকে গতিশীল বস্তুর দ্রুতি বা বেগ নির্ণয় করা যায়। অতিক্রান্ত দূরত্বে দিক নির্দিষ্ট থাকলে বেগ আর দিক উল্লেখ না থাকলে দ্রুতি নির্ণিত হয় উভয় ক্ষেত্রে একই পদ্ধতি প্রয়োগ করতে হয়। আসুন আমরা সুষম এবং অসম গতিতে গতিশীল বস্তুর দূরত্ব-সময় লেখ থেকে কীভাবে দ্রুতি বা বেগ নির্ণয় করতে হয় তা শিখে নেই। নিচের দূরত্ব-সময় লেখ চিত্রটি লক্ষ্য করুন। এই লেখ চিত্র (চিত্র ২.১৩) থেকে যে কোন সময়ের অতিক্রান্ত দূরত্ব বের করা যাবে।

এজন্য আমাদের X-অক্ষের উপর সময় নির্দেশকারী যে কোন একটি বিন্দু চিহ্নিত করতে হবে। ধরা যাক 4s নির্দেশকারী বিন্দুটিকে (M) চিহ্নিত করা হলো। এই বিন্দু থেকে X-অক্ষের উপর একটি লম্ব বা Y-অক্ষের সমান্তরাল একটি রেখা টানুন। (চিত্র ২.১৩)।

ধরা যাক যাক রেখাটি MP, লেখ চিত্রটিকে P বিন্দুতে ছেদ করলো। এখন P বিন্দু থেকে Y-অক্ষের উপর লম্ব টানুন। এটি Y-অক্ষের N বিন্দুতে ছেদ করল।এই বিন্দুর দূরত্ব (ON) দেখে নিন। এটি 4s-এর অতিক্রান্ত দূরত্ব এখানে 80m। দেখা যাচ্ছে গাড়িটি এ সময়ে 80m মিটার দূরত্ব অতিক্রম করেছে সুতরাং লেখ চিত্র থেকে যে কোন সময় t = OM এর জন্য অতিক্রান্ত দূরত্ব s = ON হবে।

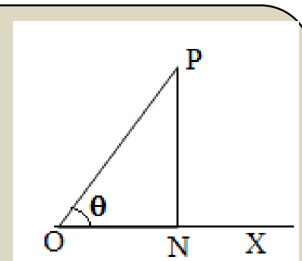


চিত্র ঃ ২.১৩ লেখচিত্র থেকে দ্রুতি বা বেগ নির্ণয়

$\therefore$ বেগ $= \dfrac{\text{দূরত্ব}}{\text{সময়}} = \dfrac{PM}{OM} = \dfrac{ON}{OM}$; এখানে $\dfrac{PM}{OM}$ কে OP রেখার ঢাল (slope) বলে।

X -অক্ষের সাথে একটি রেখা কতটুকু ঢালু বা কাত তার পরিমাপকে বলা হয় ঐ রেখার ঢাল। X-অক্ষের উপর রেখাটির কোন বিন্দু থেকে একটি লম্ব আঁকলে একটি সমকোণী ত্রিভুজ উৎপন্ন হয় (চিত্র ২.১৪)। চিত্রে OX -অক্ষের উপর OP রেখাটি X -অক্ষের সাথে θ ডিগ্রী কোণ উৎপন্ন করেছে। P বিন্দু থেকে OX-এর উপর লম্ব PN । এক্ষেত্রে $\tan\theta$ এর মান বা পরিমাণকে বলা হয় OP রেখার ঢাল। θ-এর মান যত বড় হয় $\tan\theta$ তথা ঢাল তত বেশি হয়।

আমরা জানি, $\tan\theta = \dfrac{PN}{ON}$ । এই অনুপাতটি OP রেখার ঢাল (slope)।

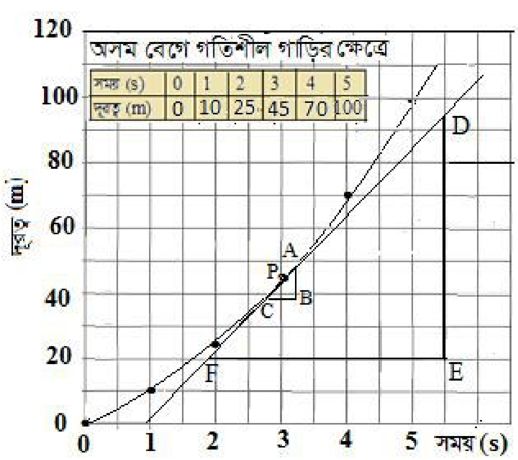


চিত্র ২.১৪

অসম বেগের ক্ষেত্রে ঃ

অসম বেগে গতিশীল বস্তুর ক্ষেত্রে লেখ চিত্রটি সরল রৈখিক হয় না বরং বক্র রৈখিক হয়। চিত্র ২.১২-এর শেষের চিত্রটিতে এ ধরণের গতির লেখ দেখানো হয়েছে। যেহেতু এক্ষেত্রে বস্তু সমান সময়ে সমান দূরত্ব অতিক্রম করে না তাই এটি বক্র রেখা।

ধরা যাক কোন এক বিশেষ মুহূর্তে বস্তুটির বেগ বের করতে হবে, যাকে বক্র রেখাটিতে P বিন্দু দিয়ে নির্দেশ করা হয়েছে। P বিন্দুতে বেগ নির্ণয়ের জন্য আমাদের বক্র রেখার ঐ বিন্দুতে একটি স্পর্শক আঁকতে হবে (চিত্র ২.১৫)। (অর্থাৎ P বিন্দুর মধ্য দিয়ে এমন একটি সরল রেখা যা কেবল বক্র রেখাটিকে একটিমাত্র বিন্দুতে স্পর্শ করে।)



চিত্র - ২.১৫

এই স্পর্শকের অতি ক্ষুদ্র অংশকে অতিভূজ নিয়ে এমনভাবে একটি ক্ষুদ্র সমকোণী ত্রিভুজ অঙ্কন করতে হবে যেন অতিভূজটি বক্ররেখার একাংশের সাথে কার্যত মিলে যায়। ২.১৫ নং চিত্রে $\triangle ABC$ -কে দেখানো হয়েছে। তা হলে P বিন্দুতে বেগ হবে ঐ বিন্দু দিয়ে বিবেচিত AC স্পর্শকের ঢাল অর্থাৎ

$$\text{বেগ} = \frac{\text{AB দ্বারা নির্দেশিত দূরত্ব}}{\text{BC দ্বারা নির্দেশিত সময় ব্যবধান}}$$

$$\text{বা, } v = \frac{AB}{BC}$$

ব্যবহারিক ক্ষেত্রে এতো ছোট ত্রিভুজ বিবেচনা করে তার বাহুর পরিমাপ নেয়া বেশ মুশকিল। তাই আমরা P বিন্দুতে অঙ্কিত স্পর্শকটি বড় করে নিয়ে ত্রিভুজ ABC –এর সদৃশ কিন্তু অপেক্ষাকৃত সুবিধাজনক সাইজের ত্রিভুজ DEF আঁকি (চিত্র ২.১৫)। ত্রিভুজ ABC এবং ত্রিভুজ DEF সদৃশ বলে $\frac{AB}{BC} = \frac{DE}{EF}$

অতএব, $v = \frac{DE}{EF}$; কিন্তু এটি স্পর্শক DF -এর ঢাল।

সুতরাং P বিন্দুতে বেগ হবে ঐ বিন্দু দিয়ে বিবেচিত স্পর্শকের ঢাল।

২.৫.৩ বেগ বনাম সময় লেখচিত্র থেকে ত্বরণ নির্ণয়

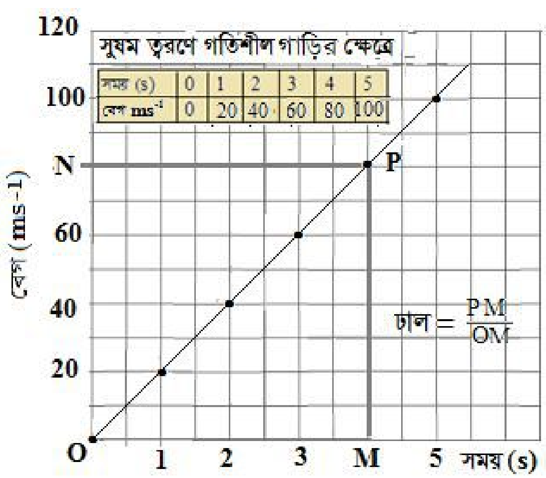
(Determining acceleration from Velocity -Time Graph)

গ্রাফ কাগজে X- অক্ষ বরাবর সময় এবং Y- অক্ষ বরাবর বেগ নিয়ে লেখচিত্র আঁকলে বিভিন্ন রকমের তথ্য পাওয়া যাবে। এদের বেগ বনাম সময় লেখচিত্র বলা হয়। এই লেখচিত্র থেকে সহজে যে কোন মুহূর্তের ত্বরণ অর্থাৎ সময়ের সাথে বেগের পরিবর্তনের হার নির্ণয় করা যায়। আসুন আমরা সুষম ত্বরণের ক্ষেত্রে বেগ-সময় লেখচিত্র থেকে কী ভাবে ত্বরণ নির্ণয় করতে হবে তা শিখে নেই।

একটি বস্তু সুষম ত্বরণে চললে সমান সময়ে তার বেগ সমান পরিমাণে বৃদ্ধি হবে। চিত্রে (২.১৬) একটি সুষম ত্বরণে গতিশীল গাড়ির বেগ-সময় লেখচিত্র দেখানো হয়েছে। এটি একটি সরল রেখা। এই রেখার উপর যে কোন বিন্দু P নেই। P বিন্দু থেকে X-অক্ষের উপর PM লম্ব টানি। তা হলে যে কোন সময় OM -এর জন্য বেগের পরিবর্তন হবে PM।

$$\text{সুতরাং, ত্বরণ} = \frac{\text{বেগের পরিবর্তন}}{\text{সময়ের ব্যবধান}} = \frac{PM}{OM}$$

কিন্তু, $\frac{PM}{OM}$ হচ্ছে OP -এর ঢাল।



চিত্র ২.১৬

সুতরাং বেগ-সময় লেখচিত্রের যে কোন বিন্দুতে অঙ্কিত স্পর্শকের ঢাল ঐ বিন্দুতে ত্বরণ নির্দেশ করে।

সার-সংক্ষেপ:

দূরত্ব বনাম সময় লেখচিত্র ঃ গ্রাফ কাগজে X- অক্ষ বরাবর সময় এবং Y- অক্ষ বরাবর দূরত্ব নিয়ে লেখচিত্র আঁকলে তাকে সময়-দূরত্ব লেখচিত্র বলে। এই লেখচিত্র থেকে বস্তুর গতি সংক্রান্ত বিভিন্ন তথ্য পাওয়া যায়। দ্রুতি এবং বেগ নির্ণয় করা যায়। লেখচিত্রের কোন বিন্দুতে বস্তুর বেগ ঐ বিন্দু দিয়ে অঙ্কিত স্পর্শকের ঢাল।

বেগ বনাম সময় লেখচিত্র ঃ গ্রাফ কাগজে X- অক্ষ বরাবর সময় এবং Y- অক্ষ বরাবর বেগ নিয়ে লেখচিত্র আঁকলে তাকে বেগ-সময় লেখচিত্র বলে। এই লেখচিত্র থেকে বস্তুর বেগ সংক্রান্ত বিভিন্ন তথ্য পাওয়া যায় এবং যে কোন মুহূর্তের বস্তুর ত্বরণ নির্ণয় করা যায়। লেখচিত্রের কোন বিন্দুতে বস্তুর বেগ ঐ বিন্দু দিয়ে অঙ্কিত স্পর্শকের ঢাল।

পাঠোত্তর মূল্যায়ন -২.৫

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (√) চিহ্ন দিন।

১। দূরত্ব-সময় লেখটি কখন X- অক্ষের সমান্তরাল হয় ?

(ক) যখন বেগ বাড়তে থাকে — (খ) যখন বেগ কমতে থাকে
(গ) যখন বেগ অপরিবর্তিত থাকে — (ঘ) যখন বস্তু স্থির অবস্থায় থাকে

২। বেগ-সময় লেখটি কখন X- অক্ষের সমান্তরাল হয় ?

(ক) যখন বেগ বাড়তে থাকে — (খ) যখন বেগ কমতে থাকে
(গ) যখন বেগ অপরিবর্তিত থাকে — (ঘ) যখন বস্তু স্থির অবস্থায় থাকে

৩। বেগ-সময় লেখটি X- অক্ষের সাথে 45° কোণ করে অবস্থান করলে কী বুঝায় ?

(ক) বস্তুটি সুষম ত্বরণে চলছে — (খ) বস্তুটি সম বেগে চলছে
(গ) বস্তুটি স্থির অবস্থায় আছে — (ঘ) বস্তুটির বেগ অপরিবর্তিত থাকছে

পাঠ-৬ ঃ ব্যবহারিক-৩ : একটি ঢালু তক্তার উপরে মার্বেল গড়িয়ে পড়তে দিয়ে গড় দ্রুতি নির্ণয়

To determine the average speed of a sliding marble

উদ্দেশ্য

এই পাঠের শেষে আপনি -

১. বিভিন্ন ত্বরণে অতিক্রান্ত একই দূরত্বের জন্য সময় নির্ণয় করে গড় দ্রুতি নির্ণয় করবেন।

যন্ত্রপাতি ঃ একটি ১ থেকে ১.৫ মিটার লম্বা মসৃণ তক্তা, মিটার স্কেল, মার্বেল, থামা ঘড়ি, ইটের টুকরো।

কাজের ধারা ঃ

১. মিটার স্কেলের সাহায্যে তক্তাটির দৈর্ঘ্য মাপুন, এবং ছকে লিখে রাখুন।

২. তক্তাটিকে মেঝের উপর শুইয়ে দিয়ে এক প্রান্তের তলায় একটি ইট বা কয়েক খানি বই দিয়ে ৬/৭ সেন্টিমিটার পরিমাণে উঁচু করে দিন, যাতে তক্তার পিঠটি ঢালু হয়।

চিত্র- ২.১৭

৩. বাম হাতে মার্বেলটি নিয়ে তক্তার উপরের প্রান্তে ধরুন। ডান হাতে থামা ঘড়িটি নিন। একই সাথে মার্বেলটি ছেড়ে দিন এবং থামা ঘড়িটি চালু করুন। মর্বেলটির উপর নজর রাখুন। এটি তক্তার উপর দিয়ে গড়িয়ে মাটিতে পড়ার মুহূর্তে থামা ঘড়িটি বন্ধ করুন।

৪. থামা ঘড়ি থেকে সময় দেখে নিন। মার্বেলটি তক্তার উপর প্রান্ত থেকে নিচের প্রান্তে আসতে এই সময় লেগেছে। সময়ের পাঠ ছকে লিখুন।

৫. তক্তার দৈর্ঘ্যকে সময় দিয়ে ভাগ করুন মার্বেল টির দ্রুতি পাওয়া যাবে।

৬. ৩, ৪ ও ৫ নং ধারা তিনটি আরও দুবার অনুসরণ করে আরও দুবার মার্বেলের দ্রুতি নির্ণয় করুন।

৭. প্রাপ্ত দ্রুতিগুলির গড় নির্ণয় করুন।

৮. তক্তার উঁচু প্রান্তের উচ্চতা বাড়িয়ে কমিয়ে আলাদা আলাদা ভাবে আরও দুই বার গড় দ্রুতি নির্ণয় করুন।

পরীক্ষা প্রাপ্ত ডেটা ও ফলাফলের ছক

তক্তার প্রান্তের উচ্চতা (cm)	পাঠ সংখ্যা	অতিক্রান্ত দূরত্ব বা তক্তার দৈর্ঘ্য (m)	সময় (s)	দ্রুতি m/s	গড় দ্রুতি m/s
	১				
	২				
	৩				
	১				
	২				
	৩				
	১				
	২				
	৩				

৯. গড় দ্রুতি পরিবর্তনের কারণ পর্যালোচনা করুন। তক্তার প্রান্তের উচ্চতার সাথে দ্রুতি পরিবর্তনের সম্পর্ক আছে কী? কেন ব্যাখ্যা করুন।

পাঠ ৭ঃ (ব্যবহারিক-৪) ঃ নানাবিধ কার্যμমের মাধ্যমে বিভিন্ন প্রকার গতির মডেল প্রদর্শন

উদ্দেশ্য

এই পাঠের শেষে আপনি -

১. শিক্ষার্থীদের ভূমিকাভিনয়ের মাধ্যমে রৈখিক, বৃত্তাকার ও স্পন্দন গতির মডের প্রদর্শন করে তাদের মধ্যে পার্থক্য নির্ণয় করতে পারবেন।

যন্ত্রপাতি ও উপকরণ : লম্বা দড়ি, চকের গুড়ো বা গুড়ো চুন। (কয়েকজন শিক্ষার্থী)

কাজের ধারা :

১. স্কুলের মাঠে বা আশে পাশের কোন খেলার মাঠে সোজা লম্বা করে চকের গুড়োর দাগ দিন। অথবা সোজা করে একগাছা লম্বা দড়ি বিছান।

২. এখন সোজা দড়ির বা দাগের পাশ দিয়ে দৌড়ে অপর প্রান্তে যান।

৩. মাঠের যে কোন যায়গায় একটি চিহ্ন দিন। সেই চিহ্নের উপর একজন দাঁড়ান। এর পর অন্য একজন বাম হাত দিয়ে শক্ত করে তার ডান হাত ধরুন। তৃতীয় জন বাম হাত দিয়ে দ্বিতীয় জনের ডান হাত ধরুন। এভাবে μমান্বয়ে কয়েকজন হাত ধরা ধরি করে দাঁড়ান। একটা সোজা বা লম্বা শিকলের মতো তৈরি হবে।

৪. এখন এই শিকলের বাইরের কেউ কোন ইশারা করলে বা শব্দ সৃষ্টি করলে প্রথমজন যায়গায় দাঁড়িয়ে ঘুরবেন, এবং প্রথম জনকে কেন্দ্র করে হাত ধরে রেখে এমন ভাবে সবাই আস্তে আস্তে দৌড়াবেন যাতে শিকল না ভাঙে বা এলো মেলো না হয়।

৫. মাঠের এক পাশে কয়েক মিটার (ধরা যাক দশ মিটার) লম্বা এক গাছি দড়ি সোজা করে বিছান। দড়ির দুই প্রান্তে দুজন এবং দড়ির ঠিক মাঝখানে একজন দাঁড়ান। এখন বাকিরা একজন একজন করে প্রথম জনের কাছ থেকে যাত্রা শুরু করে একই গতিতেব হেটে দড়ির অপর প্রান্তে দ্বিতীয় জনের কাছে পৌঁছান। তাকে কেবল স্পর্শ করে, না থেমে আবার প্রথম জনের কাছে ফিরে আসুন। প্রথম জনকে স্পর্শ করে, না থেমে আবার দ্বিতীয় জনের কাছে যান। না থেমে এরূপ কয়েক বার করুন।

৬. ধারা -২ এ উল্লিখিত গতির জ্বশিষ্ট্যগুলো খাতায় লিখুন। এটি জ্বখিক গতি। এটি জ্বখিক গতি হওয়ার কারণ ব্যাখ্যা করুন।

৭. ধারা -৪ এ উল্লিখিত গতির জ্বশিষ্ট্যগুলো খাতায় লিখুন। এখানে প্রত্যেকের গতি বৃত্তাকর গতি এবং পর্যাবৃত্ত গতি । এটি বৃত্তাকার ও পর্যাবৃত্ত গতি হওয়ার কারণ ব্যাখ্যা করুন।

৮. ধারা -৫ এ উল্লিখিত গতির জ্বশিষ্ট্যগুলো খাতায় লিখুন। এক্ষেত্রে প্রত্যেককের গতি পর্যাবৃত্ত গতি এবং স্পন্দন গতি। এই গতি পর্যাবৃত্ত ও স্পন্দন গতি হওয়ার কারণ ব্যাখ্যা করুন।

৯. এই অনুসন্ধানের মাধ্যমে প্রাপ্ত বিভিনড়ব গতির তুলনা করুন। এদের মধ্যের পার্থক্যগুলি লিখুন।

পাঠ-৮ ঃ ব্যবহারিক-৫ : ১০০ বা ২০০ মিটার দৌড়ে দৌড়বিদের গড় দ্রুতি নির্ণয় এবং লেখচিত্রে তা বিশ্লেষণ

Demonestration of Speed of a Runner and analysis of record in graph

উদ্দেশ্য

এই পাঠের শেষে আপনি -

১. বিভিন্ন সময়ের অতিক্রান্ত দূরত্ব নির্ণয় করে গড় দ্রুতি নির্ণয় করতে পারবেন।

২. দূরত্ব বনাম সময় লেখচিত্র অঙ্কন করে যে কোন সময়ের তাৎক্ষণিক দ্রুতি নির্ণয় করতে পারবেন।

যন্ত্রপাতি বা উপকরণ ঃ ৪/৫ জন বন্ধু বা সাহায্যকারী, মেজারিং টেপ (অভাবে দর্জির ফিতা), লম্বা দড়ি, মাটিতে পোঁতা যায় এমন ৪/৫টুকরো কাঠি, ৪ থেকে ৬টি থামা ঘড়ি (অভাবে থামা ঘড়ি আছে এমন মোবাইল ফোন সেট)।

কাজের ধারা ঃ

১. আপনার আসে পাশে খেলার মাঠ বা দৌড়ানোর উপযোগী একটি রাস্তা বেছে নিন।

২. সাহায্যকারীদের মধ্য থেকে একজনকে দৌড়বিদ হিসাবে বেছে নিন। আপনিসহ বাকী সবাই টাইম রেকর্ডিং এর কাজ করবেন।

৩. দৌড় শুরুর স্থান ঠিক করুন। মাটিতে দাগ দিয়ে বা একটি কাঠি পুঁতে স্থানটি চিহ্নিত করুন।এবং দৌড়বিদকে ঐ স্থানে দৌড় শুরুর জন্য প্রস্তুত থাকতে বলুন।

৪. মেজারিং টেপ দিয়ে, শুরুর স্থান থেকে ২৫ মিটার দূরে দূরে স্থান চিহ্নিত করুন (মাটিতে দাগ দিয়ে বা কাঠি পুঁতে)।

৫. থামা ঘড়ি বা থামা ঘড়ি মোডে মোবাইল সেট করে এক এক জন সাহায্যকারীকে চিহ্নিত স্থানগুলিতে দাঁড় করিয়ে দিন।

৬. আপনি সর্বশেষ চিহ্নিত স্থানে থাকুন।

৭. সকলকে নির্দেশ দিন। আপনি বাঁশিতে ফুঁ দিলে দৌড়বিদ দৌড় শুরু করবেন এবং প্রত্যেক সাহায্যকারীসহ আপনি নিজের থামা ঘড়ি চালু করবেন। প্রত্যেক সহযোগী দৌড়বিদ তার নির্ধারিত চিহ্ন অতিক্রম করার মুহূর্তে নিজ নিজ থামা ঘড়ি বন্ধ করবেন।

৮. সকলে প্রস্তুত হলে আপনি বাঁশিতে ফুঁ দিন এবং সাথে সাথে থামা ঘড়ি চালু করুন। দৌড়বিদ গন্তব্যে পৌঁছানোর সাথে সাথে থামা ঘড়ি বন্ধ করুন।

৯. প্রত্যেক সহযোগির কাছ থেকে দৌড়বিদের অতিক্রান্ত দূরত্ব এবং ঐ দূরত্ব অতিক্রমের প্রয়োজনীয় সময় জেনে নিন। ছকে রেকর্ড করুন।

১০. ছক থেকে দৌড়বিদের গড় দ্রুতি নির্ণয় করুন।

১১. **লেখচিত্র অংকন ঃ** একটি ছক কাগজ নিন। সুবিধা মতো একক নিয়ে ছক কাগজের X- অক্ষের দিকে সময়(t) এবং Y- অক্ষের দিকে দূরত্ব (d) স্থাপন করে একটি লেখ চিত্র আঁকুন। পাঠ ২.৫.১ এর দূরত্ব বনাম সময় লেখচিত্র অনুসরণ করুন। লেখচিত্র থেকে দৌড়বিদের গতি বিশ্লেষণ করুন। লেখ চিত্র থেকে নির্দিষ্ট মুহূর্তের তাৎক্ষণিক দ্রুতি ও গড় দ্রুতি নির্ণয় করুন।

পরীক্ষণের ডেটা সংগ্রহ ছক

পাঠ	পর্যবেক্ষক সাহায্যকারী	অতিক্রান্ত দূরত্ব (m)	অতিক্রমের সময় (s)	দ্রুতি $= \frac{\text{দূরত্ব}}{\text{সময়}}$ (ms^{-1})	গড় দ্রুতি
১					
২					
৩					
৪					
৫					

সতর্কতা ও আলোচনা ঃ

১. পরীক্ষণ শুরুর আগে আপনি এবং সাহায্যকারী সবাই থামা ঘড়ি চালু ও বন্ধ করার প্রক্রিয়াটি ভাল ভাবে রপ্ত করে নিন।

২. এক জন দৌড়বিদের বদলে আলদা আলাদাভাবে কয়েক জনের দৌড়ের রেকর্ড নিয়ে পরীক্ষাটির পুনরাবৃত্তি করতে পারেন।

৩. দৌড়ের বদলে হেঁটেও পরীক্ষণটির পুনরাবৃত্তি করতে পারেন।

৪. পরীক্ষণকালে মাটিতে কোন কাঠি পুঁতে থাকলে পরীক্ষা শেষে তা তুলে ফেলতে ভুলবেন না।

চূড়ান্ত মূল্যায়ন-২

ক. সাধারণ বহু নির্বাচনী প্রশ্নঃ

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (√) চিহ্ন দিন।

১. আপনি প্লেনে চড়ে ঢাকা থেকে সিংগাপুর গেলেন। আপনার গতিটি কেমন হবে?

(ক) বক্র রৈখিক গতি (খ) সরল রৈখিক

(গ) ঘূর্ণন গতি (ঘ) উপবৃত্তাকার

২. একটি কিশোরী পার্কের দেলনায় দুলছে এটি কোন ধরণের গতি?

(ক) রৈখিক গতি (খ) পর্যাবৃত্ত গতি

(গ) ঘূর্ণনগতি (ঘ) অর্ধবৃত্তাকার গতি

খ. বহুপদী সমাপ্তিসূচক বহুনির্বাচনী প্রশ্ন ঃ

১। একজন দৌড়বিদ 20 সেকেন্ড 100 m দূরত্ব অতিক্রম করলে -

১. তার আদি বেগ শূন্য হবে।

২. তার শেষ বেগ শূন্য হবে।

৩. তার গড় বেগ হবে $5ms^{-1}$ ।

কোনটি সঠিক? ক) i ও ii খ) ii ও iii গ) iii ও i ঘ) i, ii ও iii

গ. অভিন্ন তথ্য ভিত্তিক বহু নির্বাচনী প্রশ্ন ঃ

অয়ন তার একজন অসুস্থ আত্মীয়কে দেখতে বাসা থেকে একটি মোটর সাইকেলে 3 কিলোমিটার দূরে একটি হাসপাতালে গেলেন। সেখানে 10 মিনিট থেকে 1 কিলোমিটার দূরে একটি বাজারে গেলেন এবং 15 মিনিট ধরে বাজার করে বাসায় ফিরলেন।

১। অয়নের বাসা, হাসপাতাল এবং বাজার একই রাস্তায় হলে তার বাসা থেকে বাজারের দূরত্ব কত হবে ?

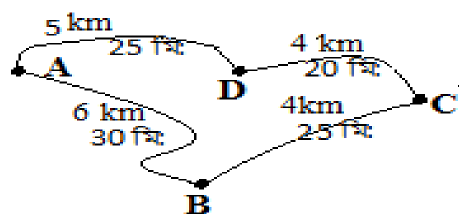
(ক) 3 কিলোমিটার (খ) 4 কিলোমিটার
(গ) 2 কিলোমিটারের বেশি (ঘ) 2 অথবা 4 কিলোমিটার

২। অয়নের মোটর সাইকেলের গড় দ্রুতি $60kms^{-1}$ হলে বাসা থেকে বাজার পৌঁছাতে তার কত সময় লাগবে?

(ক) 4 মিনিট (খ) 14 মিনিট
(গ) 25মিনিট (ঘ) 29 মিনিট

ঘ. সৃজনশীল প্রশ্ন ঃ

(১) চিত্রে দেখানো হয়েছে একজন সাইকেল আরোহী A নামক স্থান থেকে শুরু করে শহরের বিভিন্ন রাস্তায় সাইকেল চালিয়ে B, C ও D স্থান হয়ে আবার A স্থানে ফিরে এসেছেন। চিত্রটি দেখে উত্তর দিন।



চিত্র ২. ১৮

(ক) দ্রুতির সংজ্ঞা দিন।
(খ) সরণ ও অতিক্রান্ত দূরত্বের মধ্যে পার্থক্য কী?
(গ) সাইকেল আরোহীর গড় দ্রুতি নির্ণয় করুন।
(ঘ) চিত্র অনুযায়ী সাইকেল আরোহীর সরণ ও বেগ নির্ণয় করুন। এক্ষেত্রে দ্রুতি ও বেগের মধ্যে কোন পার্থক্য আছে কী ? কেন ? ব্যাখ্যা করুন।

বহুনির্বাচনী প্রশ্নসমূহের উত্তরমালা

পাঠোত্তর মূল্যায়ন ২.১ ঃ ১। (ঘ) ২। (ক)
পাঠোত্তর মূল্যায়ন ২.২ ঃ ১। (ক) ২। (ঘ)
পাঠোত্তর মূল্যায়ন ২.৩ ঃ ১। (খ) ২। (খ)
পাঠোত্তর মূল্যায়ন ২.৪ ঃ ১। (খ) ২। (খ) ৩। (ক)
পাঠোত্তর মূল্যায়ন ২.৫ ঃ ১। (ঘ) ২। (গ) ৩। (ক)

চূড়ান্ত মূল্যায়ন ২

ক. সাধারণ বহু নির্বাচনী প্রশ্নঃ ১। (ঘ) ২। (খ)
খ. বহুপদী সমাপ্তিসূচক বহুনির্বাচনী প্রশ্ন ঃ ১। (গ)
গ. অভিন্ন তথ্য ভিত্তিক বহু নির্বাচনী প্রশ্ন ঃ ১।(ঘ) ২।(খ)
ঘ. সৃজনশীল প্রশ্ন ঃ-১
(ক) অনুচ্ছেদ ২.২.২ (খ) অনুচ্ছেদ ২.২.২ (গ) গড় দ্রুতি $3.67\ ms^{-1}$ (প্রায়)
(ঘ) সরণ 0, বেগ 0; নিজে ব্যাখ্যা করুন। টিউটরের সহায়তা নিন।