দ্বিতীয় অধ্যায়

গতি

গুরুত্বপূর্ণ সৃজনশীল প্রশ্ন ও সমাধান

প্রশ্ন –১ ▸ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

রাজীবরা সপরিবারে সিলেটের জাফলং বেড়াতে যাবার জন্য একটি মাইক্রোবাসে রওনা হলো। সে যাত্রার শুরু থেকে সিলেট যাওয়া পর্যন্ত প্রতি 5 min পর পর গাড়ির স্পিডোমিটার থেকে বেগের মান তথা দ্রুতি লিখে নিল। বেগের মান পেল যথাক্রমে প্রতি ঘণ্টায় 18, 36, 54, 54, 54, 36 ও 18 কিলোমিটার।

ক. তাৎক্ষণিক দ্রুতি কী?

খ. বৃত্তাকার পথে গতিশীল কোনো বস্তুর ত্বরণ ব্যাখ্যা কর।

গ. প্রথম ৫ মিনিটে গাড়িটির অতিক্রান্ত দূরত্ব নির্ণয় কর।

ঘ. সংগৃহীত উপাত্ত দিয়ে বেগ–সময় লেখচিত্র অঙ্কন করে তা ব্যাখ্যা কর?

▸◂ ১নং প্রশ্নের উত্তর ▸◂

ক. কোনো গতিশীল বস্তুর কোনো একটি বিশেষ মুহূর্তের দ্রুতিকে বস্তুটির প্রকৃত দ্রুতি বা তাৎক্ষণিক দ্রুতি বলে।

খ. সময়ের সাথে বৃত্তাকার পথে গতিশীল কোনো বস্তুর বেগের পরিবর্তনের হারকে কৌণিক ত্বরণ বলে।

কৌণিক ত্বরণ α দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

t সময়ে কোনো বস্তুর কৌণিক বেগের পরিবর্তন w হলে, কৌণিক ত্বরণ, $\alpha = \frac{w}{t}$ এখানে $w = \frac{\theta}{t}$.

গ. এখানে, প্রথম 5 min পর বেগ, $v = 18 \text{ km h}^{-1}$

$$= \frac{18 \times 1000}{60 \times 60} \text{ ms}^{-1}$$

$$= 5 \text{ m s}^{-1}$$

সময়, $t = 5 \text{ min} = 5 \times 60 \text{ s} = 300 \text{ s}$

আদিবেগ, $u = 0$

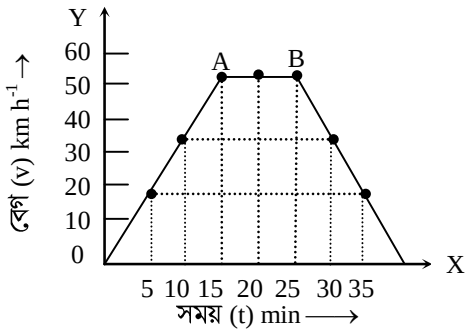
প্রথম 5 মিনিটে অতিক্রান্ত দূরত্ব, s = ?

$$s = \left(\frac{u + v}{2}\right) t = \frac{0 + 5ms^{-1}}{2} \times 300s = 750\ m$$

সুতরাং, প্রথম 5 মিনিটে গাড়িটি 750 m দূরত্ব অতিক্রম করে।

ঘ. ছক কাগজের X অক্ষ বরাবর সময় (t) এবং Y অক্ষ বরাবর বেগ (v) স্থাপন করে যে লেখ পাওয়া যায় তাকে বেগ–সময় লেখচিত্র বলা হয়।

উদ্দীপক হতে প্রথম 5, 10, 15, 20, 25, 30 ও 35 min–এ বেগ যথাক্রমে 18, 36, 54, 54, 54, 36 ও $18 kmh^{-1}$। তাহলে X অক্ষে min এককে সময় এবং Y অক্ষে $km\ h^{-1}$ এককে বেগ বিবেচনা করে XY তলে (5, 18), (10, 36), (15, 54), (20, 54), (25, 54), (30, 36) ও (35, 18) বিন্দুগুলো স্থাপন করি।



লেখচিত্র হতে দেখা যায়, মাইক্রোবাসটি প্রথমে স্থির অবস্থান অর্থাৎ O বিন্দু থেকে যাত্রা শুরু করে এবং লেখচিত্রের A বিন্দু পর্যন্ত সমত্বরণে চলে। এরপর ত্বরণ শূন্য হয়ে যায় এবং B বিন্দু পর্যন্ত সুষম বেগে চলে। এরপর মন্দন সৃষ্টি হয়। ফলে মাইক্রোবাসটির বেগ আস্তে আস্তে কমতে থাকে।

অতএব, লেখচিত্র থেকে খুব সহজেই ত্বরণ, অর্থাৎ সময়ের সাথে বেগের পরিবর্তনের হার নির্ণয় করা যায়।

প্রশ্ন –২ ▶ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

হাত দিয়ে একটা কলম ধরে রাখ। কিছুক্ষণ পর তোমার হাতে ধরে থাকা কলমটিকে এদিক সেদিক নাড়তে থাক।

ক. স্থিতি কাকে বলে? ১

খ. এদিক সেদিক নাড়তে থাকা কলমটির অবস্থান পরিবর্তনের ঘটনাকে কী বলে? ২

গ. তোমার সাপেক্ষে কলমের গতির অবস্থা ব্যাখ্যা কর। ৩

ঘ. কলমটির স্থিতি বা গতি সম্পূর্ণই আপেক্ষিক– বিশ্লেষণ কর। ৪

২নং প্রশ্নের উত্তর

ক. সময়ের পরিবর্তনের সাথে পরিপার্শ্বের সাপেক্ষে যখন কোনো বস্তুর অবস্থানের পরিবর্তন ঘটে না তখন ঐ বস্তুকে স্থিতিশীল বা স্থির বস্তু বলে। আর এই অবস্থান অপরিবর্তিত থাকাকে বলে স্থিতি।

খ. আমার হাতে থাকা কলমটি যখন এদিক সেদিক নাড়তে থাকি তখন কলমটির আশপাশের প্রত্যেকটি বস্তু থেকে কলমের দূরত্ব এবং দিক ক্রমাগত পরিবর্তন হচ্ছে। সময়ের সাথে কলমটির অবস্থানের পরিবর্তন হচ্ছে। তাহলে বলতে পারি সময়ের পরিবর্তনের সাথে পরিপার্শ্বের সাপেক্ষে কলমটির অবস্থানের পরিবর্তন ঘটে আর অবস্থানের এ পরিবর্তনের ঘটনাকে বলে গতি।

গ. আমরা জানি, দুটি বস্তুর মধ্যকার আপেক্ষিক অবস্থানের পরিবর্তন না হলে একটিকে অপরটির সাপেক্ষে স্থির বা স্থিতিশীল বিবেচনা করা হয়। এ বিবেচনায়, আমি যখন কলমটি হাতে ধরেছিলাম তখন এটি আমার সাপেক্ষে স্থির ছিল।

অপরদিকে, দুটি বস্তুর মধ্যকার আপেক্ষিক অবস্থানের পরিবর্তন হলে একটিকে অপরটির সাপেক্ষে গতিশীল বলে বিবেচনা করা হয়। তাই যখন হাতে ধরে থাকা কলমটিকে যতক্ষণই এদিক সেদিক নাড়তে থাকি ততক্ষণই কলমটি আমার সাপেক্ষে গতিশীল ছিল। নাড়ানোর সময় কলমের গতি স্পন্দন গতি হওয়ায় কিছুক্ষণ পরপর অতি সামান্য সময়ের জন্য কলমটি আমার সাপেক্ষে স্থির অবস্থানে আসে।

ঘ. কলমের স্থিতি বা গতি বিবেচনা করা হয়েছিল আমার সাপেক্ষে। তাই এক্ষেত্রে কলমের গতির অবস্থা সম্পূর্ণই আপেক্ষিক। কিন্তু প্রকৃতপক্ষে আমার অবস্থান স্থির নয়। যদি স্থির থাকতাম তাহলে কলমের স্থিতি বা গতিকে পরম স্থিতি বা পরম গতি বলা হতো।

বিবেচ্য স্থিতি বা গতির ক্ষেত্রে আমি নিজেই প্রসঙ্গ বস্তু বা ব্যক্তি। এ মহাবিশ্বে এমন কোনো প্রসঙ্গ বস্তু পাওয়া সম্ভব নয় যা প্রকৃতপক্ষে স্থির রয়েছে। কারণ পৃথিবী প্রতিনিয়ত সূর্যের চারদিকে ঘুরছে, সূর্যও তার গ্রহ, উপগ্রহ নিয়ে ছায়াপথে ঘুরছে। আমার অবস্থান পৃথিবী পৃষ্ঠে অবস্থিত হওয়ায় পৃথিবীর সাথে সাথে আমিও ঘুরছি।

সুতরাং উদ্দীপকে বিবেচ্য গতির প্রসঙ্গ বস্তু স্থির নয়, বরং গতিশীল। তাই আমার সাপেক্ষে কলমের স্থিতি বা গতি সম্পূর্ণই আপেক্ষিক, পরম নয়।

প্রশ্ন –৩ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

একটি গাড়ি ঢালু রাস্তা বরাবর নিচে নামছে। কোনো এক মুহূর্তে (সময় $t = 0$) হতে শুরু করে পাঁচ সেকেন্ড পর পর এর বেগের পাঠ নিচের সারণি আকারে দেওয়া হলো।

সময় (s)	বেগ (kmh^{-1})	বেগ (ms^{-1})
0	0	0

5	9	2·5
10	18	5·0
15	27	7·5
20	36	10·0
25	45	12·5
30	54	15·0

[কাজ : পৃষ্ঠা–৪৩]

ক. ত্বরণের একক কী? ১

খ. সুষম ত্বরণের ক্ষেত্রে বেগ বনাম সময় লেখ থেকে কীভাবে ত্বরণ পাওয়া যায় ব্যাখ্যা কর। ২

গ. তোমার পছন্দমতো সুবিধাজনক একক নিয়ে উদ্দীপকের সারণিতে বর্ণিত গতির জন্য বেগ–সময় লেখচিত্রটি অঙ্কন কর। ৩

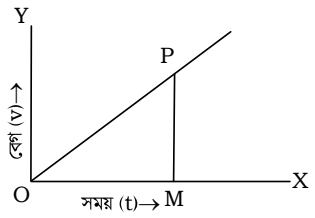
ঘ. লেখচিত্র থেকে 12 সেকেন্ডের সময় গাড়িটির বেগ ও ত্বরণ বের কর। ৪

৩নং প্রশ্নের উত্তর

ক. ত্বরণের একক ms^{-2}।

খ. সুষম ত্বরণের ক্ষেত্রে বেগ বনাম সময় লেখ একটি মূল বিন্দুগামী সরলরেখা হয়। এ সরলরেখার ঢাল বস্তুর ত্বরণ নির্দেশ করে।

চিত্রে P সরলরেখার ওপর যেকোনো বিন্দু।

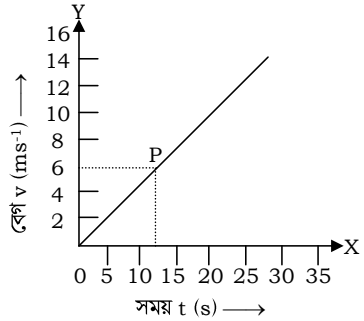


এখানে,

PM ⊥ OX অক্ষ।

$\therefore$ সরলরেখার ঢাল = $\frac{PM}{OM}$ = বস্তুর ত্বরণ।

গ. ছক কাগজের ক্ষুদ্রতম বর্গের বাহুর দৈর্ঘ্যকে একক ধরে X অক্ষ বরাবর সময় এবং Y অক্ষ বরাবর বেগের মানসমূহ বসিয়ে লেখটি অঙ্কন করা হলো।



ঘ. লেখচিত্রে সময় অক্ষ বরাবর $t = 12s$ মুহূর্তকাল নির্দেশক বিন্দুটির ওপর লম্ব আঁকি, তা লেখটিকে P বিন্দুতে ছেদ করে। P হতে 'বেগ' অক্ষের ওপর লম্ব টানলে সংশ্লিষ্ট বেগ $6ms^{-1}$ পাওয়া যায়। সুতরাং 12 সেকেন্ডের সময় গাড়িটির বেগ $6ms^{-1}$। এভাবে বিভিন্ন সময়ে গাড়িটির বেগ বিভিন্ন ছিল অর্থাৎ, গাড়িটি অসম বেগে নিচে নামছিল।

আমরা জানি, ত্বরণ হলো সময়ের সাপেক্ষে বেগের পরিবর্তনের হার। বেগ–সময় লেখের যেকোনো বিন্দুতে ঢাল নির্ণয় করলে প্রাপ্ত মান উক্ত বিন্দুতে ত্বরণ নির্দেশ করে।

সুতরাং 12 সেকেন্ডের ত্বরণ = $\frac{\text{বেগের পরিবর্তন}}{\text{সময় ব্যবধান}}$

$$= \frac{6\ ms^{-1}}{12\ s} = 0{\cdot}5\ ms^{-2}$$

অতএব, লেখটি মূলবিন্দুগামী সরলরেখা বলে এক্ষেত্রে ত্বরণ সুষম।

প্রশ্ন –৪ ▶ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

সিফাত 4m দৈর্ঘ্যের একটি তক্তার একপ্রান্তে কিছু ইট দিয়ে ঢালু করল। ঢালু তক্তাটির উপরের প্রান্তে একটি মার্বেল ধরে ছেড়ে দেওয়ার সাথে সাথে থামা ঘড়ি চালু করল। মার্বেলটি যখন তক্তা বেয়ে ভূমিতে আঘাত করে তখন থামা ঘড়িটি বন্ধ করে দিল। এভাবে বিভিন্ন ত্বরণে অতিক্রান্ত একই দূরত্বের জন্য সময় নির্ণয় করে প্রতিক্ষেত্রে গড় দ্রুতি নির্ণয় করল।

ক. দ্রুতি কী? ১

খ. বেগ ও ত্বরণের মধ্যে পার্থক্য লেখ। ২

গ. থামা ঘড়ির পাঠ 4s হলে গড় দ্রুতি এবং ত্বরণ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. তক্তাটির উঁচু প্রান্তের নিচে আরও ইট দিয়ে অধিকতর ঢালু করা হলে থামা ঘড়ির পাঠের কী পরিবর্তন হয় তা বিশ্লেষণ কর। ৪

৪নং প্রশ্নের উত্তর

ক. সময়ের সাথে কোনো বস্তুর অবস্থানের পরিবর্তনের হারকে দ্রুতি বলে।

খ. বেগ ও ত্বরণের মধ্যে পার্থক্য নিম্নরূপ :

বেগ	ত্বরণ
১.নির্দিষ্ট দিকে কোনো বস্তুর সরণের হারকে বেগ বলে।	১. কোনো বস্তুর বেগ বৃদ্ধির হারকে ত্বরণ বলে।
২.বেগের সমীকরণ হলো : $v = \frac{s}{t}$	২.ত্বরণের সমীকরণ হলো : $a = \frac{v - u}{t}$
৩. এর মাত্রা $[LT^{-1}]$	৩. এর মাত্রা $[LT^{-2}]$

গ. দেওয়া আছে, তক্তার দৈর্ঘ্য = অতিক্রান্ত দূরত্ব, $s = 4m$

প্রয়োজনীয় সময়, $t = 4s$

$\therefore$ গড় দ্রুতি $= \frac{\text{দূরত্ব}}{\text{সময়}}$

$$= \frac{4m}{4s} = 1\ ms^{-1}$$

আমরা জানি,

$$s = ut + \frac{1}{2}at^2$$

বা, $s = \frac{1}{2}at^2$ [$\because$ আদিবেগ $u = 0$]

বা, $2s = at^2$

বা, $a = \frac{2s}{t^2}$

বা, $a = \frac{2 \times 4m}{(4s)^2}$

বা, $a = \frac{2 \times 4m}{16s^2} = 0{\cdot}5\ ms^{-2}$

$\therefore\ a = 0{\cdot}5\ ms^{-2}$

ঘ. এখানে মার্বেলটির যে ত্বরণ হয় তা মূলত অভিকর্ষের কারণে ঘটে। তক্তাটি যত বেশি ঢালু করা হবে, এটি তত মুক্তভাবে নেমে আসার প্রয়াস পাবে। সুতরাং সেক্ষেত্রে ত্বরণের মান $0.5\ ms^{-2}$ অপেক্ষা বেশি হবে।

ধরি, তক্তার এরূপ কোনো একটি আনতি বা ঢালুতার জন্য ত্বরণের মান $1ms^{-2}$ অর্থাৎ $a' = 1ms^{-2}$।

আমরা জানি,

$s = ut' + \frac{1}{2} a' t'^2$

$= 0{\cdot}t' + \frac{1}{2} a' t'^2$ [∵ আদিবেগ = 0]

বা, $t'^2 = \frac{2s}{a'}$

বা, $t'^2 = \frac{2s}{a'} = \frac{2 \times 4m}{1ms^{-2}}$

বা, $t'^2 = 8s^2$

$\therefore\ t' = 2{\cdot}828s$

এই সময় হলো থামা ঘড়ির পাঠ। উদ্দীপক মতে, পূর্বে থামা ঘড়ির পাঠ ছিল 4s।

সুতরাং দেখা যাচ্ছে তক্তাটি অধিকতর ঢালু করা হলে থামা ঘড়ির পাঠ হ্রাস পাবে। তক্তাটি যত বেশি ঢালু করা হবে, থামা ঘড়ির পাঠ তত হ্রাস পাবে।

প্রশ্ন –৫ ▸ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

হাসান সাহেব বাসা থেকে গাড়ি নিয়ে অফিসের দিকে রওয়ানা করলেন। বাসা থেকে অফিসের দূরত্ব 3km। স্থির অবস্থান থেকে সুষম ত্বরণে চলে গাড়িটি প্রথম কিলোমিটার 4 মিনিটে অতিক্রম করল।

ক. সুষম মন্দনের ক্ষেত্রে বেগ বনাম সময় লেখচিত্র আঁক। ১

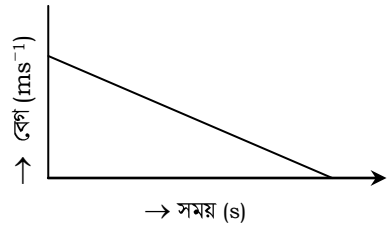
খ. পড়ন্ত বস্তুর সূত্রগুলো লেখ। ২

গ. হাসান সাহেবের অফিসে পৌঁছতে প্রয়োজনীয় সময় নির্ণয় কর। ৩

ঘ. 6 মিনিটে হাসান সাহেব মোট দূরত্বের 66.67% অতিক্রম করে। উদ্দীপকের আলোকে গাণিতিক বিশ্লেষণ করে উক্তিটির সত্যতা যাচাই কর। ৪

▸◂ ৫ নং প্রশ্নের উত্তর ▸◂

ক. সুষম মন্দনের ক্ষেত্রে বনাম বেগ সময় লেখচিত্র নিচে অঙ্কন করা হলো :



খ. পড়ন্ত বস্তুর সূত্রগুলো নিচে উল্লেখ করা হলো :

প্রথম সূত্র : স্থির অবস্থান ও একই উচ্চতা থেকে বিনা বাধায় পড়ন্ত বস্তু সমান সময়ে সমান পথ অতিক্রম করে।

দ্বিতীয় সূত্র : স্থির অবস্থান থেকে বিনা বাধায় পড়ন্ত বস্তুর নির্দিষ্ট সময়ে (t) প্রাপ্ত বেগ (v) ঐ সময়ের সমানুপাতিক। অর্থাৎ $v \propto t$।

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

গ. এখানে, ১ম 1 কিলোমিটার অতিক্রমের ক্ষেত্রে

গাড়ির আদিবেগ, $u = 0 ms^{-1}$

অতিক্রান্ত দূরত্ব, $s = 1 km = 1000 m$

সময়, $t = 4 min = (4 \times 60) s = 240 s$

গাড়িটির ত্বরণ = a

আমরা জানি,

$$s = ut + \frac{1}{2}at^2$$

বা, $1000m = 0 \times 240 s + \frac{1}{2} \times a \times (240s)^2$

বা, $a = \frac{1000m \times 2}{(240 s)^2}$

$= 3{\cdot}47 \times 10^{-2} ms^{-2}$

অফিসের দূরত্ব, $s_1 = 3 km = 3000 m$

এখন, অফিসে পৌঁছতে প্রয়োজনীয় সময় t_1 হলে,

$$s_1 = ut_1 + \frac{1}{2}at_1^2$$

বা, $3000\ m = 0 \times t_1 + \frac{1}{2} \times 3{\cdot}47 \times 10^{-2} ms^{-2} \times t_1^2$

বা, $t_1^2 = \frac{3000 m \times 2}{3{\cdot}47 \times 10^{-2} ms^{-2}} = 172910 s^2$

$\therefore t_1 = 415{\cdot}82 s = 6{\cdot}93 min$

অতএব, প্রয়োজনীয় সময় 6·93 min

ঘ. এখানে, মোট দূরত্ব, $s = 3 km = 3000 m$

গাড়ির সুষম ত্বরণ, $a = 3{\cdot}47 \times 10^{-2} ms^{-2}$ ['গ' থেকে]

এখন, $t = 6 min = 6 \times 60 s = 360 s$

অতিক্রান্ত দূরত্ব s_1 হলে,

$$s_1 = 0 \times t_1 + \frac{1}{2} \times a \times t_1^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 3{\cdot}47 \times 10^{-2}\,ms^{-2} \times (360s)^2$$

$$= 2248{\cdot}56\ m$$

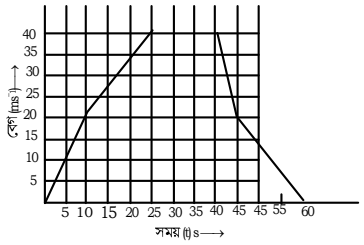
এখন, মোট দূরত্বের $66{\cdot}67\% = \frac{3000\ m \times 66{\cdot}67}{100}$

$$= 2000{\cdot}1\ m$$

এখানে, $s_1 > 2000{\cdot}1\ m$

উপরিউক্ত গাণিতিক বিশ্লেষণ থেকে বলা যায়, 6 মিনিটে হাসান সাহেব মোট দূরত্বের 66·67% এর চেয়ে কিছুটা বেশি পথ অতিক্রম করে।

প্রশ্ন –৬ ▶ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :



উপরের গ্রাফটি লক্ষ কর। কোনো একটি গাড়ির বেগ বনাম সময় লেখ দেখানো হলো :

ক. সুষম ত্বরণের একটি উদাহরণ লেখ। ১

খ. সমবেগে চলমান বস্তুর ত্বরণ কত হবে– ব্যাখ্যা কর। ২

গ. উদ্দীপকের গাড়িটি কখন সমবেগে চলবে? এ সময় গাড়িটি কত দূরত্ব অতিক্রম করবে? ৩

ঘ. উদ্দীপকের গাড়িটির বিভিন্ন অবস্থায় ত্বরণ কিরূপ হবে– গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে দেখাও। ৪

৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. সুষম ত্বরণের একটি উদাহরণ হলো অভিকর্ষের প্রভাবে মুক্তভাবে পড়ন্ত বস্তুর ত্বরণ।

খ. বস্তুর অসম বেগের পরিবর্তনের হারকে ত্বরণ বলে।

ত্বরণের সংজ্ঞানুসারে দেখা যায়, কোনো বস্তু অসমবেগে চলমান থাকলেই সেই বস্তুর ত্বরণ হবে। কারণ অসমবেগে চলমান বস্তুর বেগের পরিবর্তন ঘটে। সুষমবেগ বা সমবেগে চলমান কোনো বস্তুর বেগের কোনো পরিবর্তন হয় না। কারণ এ অবস্থায় বস্তু একই বেগে চলতে থাকে। তাই বেগের কোনো পরিবর্তন হয় না এবং ত্বরণও থাকে না।

অর্থাৎ সমবেগে চলমান বস্তুর ত্বরণ থাকে না।

গ. উদ্দীপকের গাড়িটি যাত্রা শুরুর 25 s পর থেকে 40 s পর্যন্ত সমবেগে চলবে।

$\therefore$ সমবেগ, $v = \frac{30 + 35 + 40}{3}\ ms^{-1}$

$= \frac{105}{3}\ ms^{-1} = 35\ ms^{-1}$

সময়, $t = (40 - 25)\ s = 15\ s$

অতিক্রান্ত দূরত্ব, $s = ?$

আমরা জানি, $s = vt$

$= 35\ ms^{-1} \times 15\ s = 525\ m$

অতএব, গাড়িটির অতিক্রান্ত দূরত্ব 525 m।

ঘ. উদ্দীপকের গাড়িটির প্রথম 25 সেকেন্ডের জন্য,

আদিবেগ, $u_1 = 0\ ms^{-1}$

শেষবেগ, $v_1 = 35\ ms^{-1}$

সময়, $t_1 = 25\ s$

$\therefore$ ত্বরণ $a_1 = \dfrac{v_1 - u_1}{t_1}$

$= \dfrac{35\ ms^{-1} - 0\ ms^{-1}}{25\ s}$

$\therefore\ a_1 = 1.4\ ms^{-2}$

25 সেকেন্ড থেকে 40 সেকেন্ড অর্থাৎ (40 – 25) = 15 সেকেন্ডের জন্য,

আদিবেগ, $u_2 = 35\ ms^{-1}$

শেষবেগ, $v_2 = 35\ ms^{-1}$

সময়, $t_2 = 15\ s$

$\therefore$ ত্বরণ $a_2 = \dfrac{v_2 - u_2}{t_2} = \dfrac{35ms^{-1} - 35ms^{-1}}{15\ s}$

$\therefore\ a_2 = 0\ ms^{-2}$

40 s থেকে 45 s অর্থাৎ (45 – 40) = 5 সেকেন্ডের জন্য,

আদিবেগ, $u_3 = 35\ ms^{-1}$

শেষবেগ, $v_3 = 20\ ms^{-1}$

সময়, $t_3 = 5\ s$

$\therefore$ ত্বরণ $a_3 = \dfrac{v_3 - u_3}{t_3} = \dfrac{20\ ms^{-1} - 35\ ms^{-1}}{5\ s}$

$\therefore\ a_3 = -3\ ms^{-2}$

আবার, 45 সেকেন্ড থেকে 60 সেকেন্ড অর্থাৎ শেষ

(60 – 45) = 15 সেকেন্ডের জন্য,

আদিবেগ, $u_4 = 20\ ms^{-1}$

শেষবেগ, $v_4 = 0\ ms^{-1}$

সময়, $t_4 = 15\ s$

$\therefore$ ত্বরণ $a_4 = \dfrac{v_4 - u_4}{t_4} = \dfrac{0\ ms^{-1} - 20\ ms^{-1}}{15\ s}$

$\therefore\ a_4 = -1{\cdot}33\ ms^{-2}$

অতএব, গাড়িটির প্রথম 25 সেকেন্ডে ত্বরণ $1{\cdot}4 ms^{-2}$, তার পরবর্তী 15 সেকেন্ডে ত্বরণ শূন্য, এর পরবর্তী 5 সেকেন্ডে ত্বরণ $-3\ ms^{-2}$ এবং শেষ 15 সেকেন্ডে ত্বরণ $-1{\cdot}33 ms^{-2}$।

প্রশ্ন –৭ ▶ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

একটি লরি 72 kmh^{-1} বেগ নিয়ে চলছে। লরিটি একটি স্থির মোটরসাইকেল আরোহীকে অতিক্রম করার সময় মোটরসাইকেল আরোহী 4 ms^{-2} ত্বরণ নিয়ে একটি দিকে যাত্রা করে।

ক. পড়ন্ত বস্তুর ২য় সূত্রটি লেখ। ১

খ. দ্রুতির একক কিভাবে বের করা যায়? ২

গ. কত সময় পর মটর সাইকেল আরোহী লরিটিকে অতিক্রম করবে? ৩

ঘ. দূরত্ব–সময় লেখচিত্রের সাহায্যে মোটরসাইকেল আরোহীর লরিকে অতিক্রম করার ঘটনা ব্যাখ্যা কর। ৪

▶◀ ৭ নং প্রশ্নের উত্তর ▶◀

ক. পড়ন্ত বস্তুর ২য় সূত্রটি হলো– স্থির অবস্থান থেকে বিনা বাধায় পড়ন্ত বস্তু নির্দিষ্ট সময়ে যে দূরত্ব (h) অতিক্রম করে তা ঐ সময়ের (t) বর্গের সমানুপাতিক অর্থাৎ $h \propto t^2$।

খ. সময়ের সাথে কোনো বস্তুর অবস্থানের পরিবর্তনের হারকে দ্রুতি বলে।

দূরত্বের একককে সময়ের একক দিয়ে ভাগ করলে দ্রুতির একক পাওয়া যায়।

দূরত্বের একক মিটার (m) এবং সময়ের একক সেকেন্ড (s) হওয়ায় দ্রুতির একক মিটার (m)/ সেকেন্ড (s) বা ms^{-1}।

গ. দেওয়া আছে,

লরির বেগ, $v = 72 kmh^{-1}$

$$= \frac{72 \times 1000}{60 \times 60} ms^{-1}$$

$= 20\ ms^{-1}$

মোটরসাইকেলের আদিবেগ, $u = 0$

মোটরসাইকেলের ত্বরণ, $a = 4ms^{-2}$

ধরি, t সময় পর মোটরসাইকেলটি লরিটিকে অতিক্রম করবে।

$\therefore$ লরির অতিক্রান্ত দূরত্ব, $S_1 = vt$

এবং মোটরসাইকেলের অতিক্রান্ত দূরত্ব, $S_2 = ut + \frac{1}{2} at^2$

$$= 0 \times t + \frac{1}{2} at^2$$

$$= \frac{1}{2}at^2$$

প্রশ্নানুসারে, $S_1 = S_2$

বা, $vt = \frac{1}{2} at^2$

বা, $20t = \frac{1}{2} \times 4ms^{-2} \times t^2$

বা, $20 = 2t$

বা, $t = \frac{20}{2}$

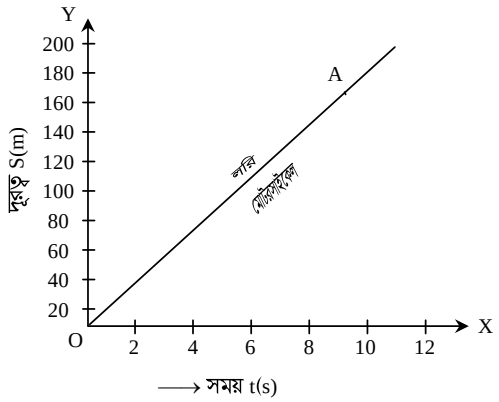
$\therefore t = 10s$

অতএব, 10s সময় পর মোটরসাইকেলটি লরিটিকে অতিক্রম করবে।

ঘ. মোটরসাইকেলটি যাত্রা শুরুর 10s পরে লরিকে অতিক্রম করে। এই সময়ে লরির অতিক্রান্ত দূরত্ব,

$S_1 = 20\ ms^{-1} \times 10\ s = 200m$

অতএব লরিটিও 10 s সময়ে 200 m দূরত্ব অতিক্রম করবে।



এখানে X অক্ষ বরাবর সময় ও Y অক্ষ বরাবর দূরত্ব নিয়ে লেখচিত্র অঙ্কন করলে দেখা যায়, লরিটি O অবস্থান থেকে 10 s সময়ে 200 m অতিক্রম করে A বিন্দু পৌঁছায়। মোটরসাইকেলটিও একই সময়ে $4ms^{-2}$ সুষম ত্বরণে সমান দূরত্ব অতিক্রম করে A বিন্দুতে লরিটিকে অতিক্রম করে।

প্রশ্ন –৮ ▶ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

আনততলে একটি ইস্পাতের বল গড়িয়ে চলার সময় একজন ছাত্র নিচের ছক অনুযায়ী 1 সেকেন্ড পর পর দ্রুতি নির্ণয় করল।

সেকেন্ড	0·00	1·00	2·00	3·00
ms^{-1} এ দ্রুতি	0·00	0·60	1·20	1·80

ক. গড় ত্বরণ কাকে বলে? ১

খ. ছক থেকে কিভাবে বোঝা যায় ত্বরণ ধ্রুবক? ব্যাখ্যা কর। ২

গ. বস্তুটির মোট অতিক্রান্ত দূরত্ব নির্ণয় কর। ৩

ঘ. 'স্থির অবস্থান থেকে সমত্বরণে বস্তুর যেকোনো সময়ের বেগ বস্তুর অতিক্রান্ত দূরত্বের বর্গমূলের সমানুপাতিক।' গাণিতিকভাবে কথাটির যথার্থতা বিশ্লেষণ কর। ৪

▸◂ ৮ নং প্রশ্নের উত্তর ▸◂

ক. কোনো একটি গতিশীল বস্তুর বেগের বৃদ্ধি এবং ঐ বৃদ্ধির জন্য ব্যয়িত সময়ের ভাগফলকে গড় ত্বরণ বলে।

খ. ত্বরণ যদি সবসময় ধ্রুব থাকে তখন তাকে সমত্বরণ বলে।

প্রদত্ত ডাটা হতে দেখা যায় একই দিকে বস্তুর বেগ প্রতি সেকেন্ডে সমানভাবে বৃদ্ধি পাচ্ছে ১ম সেকেন্ডে শূন্য হতে $0{\cdot}60\ ms^{-1}$ বৃদ্ধি পেয়েছে। ২য় সেকেন্ডে $(1{\cdot}20 - 0{\cdot}60)\ ms^{-1} = 0{\cdot}60\ ms^{-1}$ বৃদ্ধি পেয়েছে। তৃতীয় সেকেন্ডে $(1{\cdot}80 - 1{\cdot}20)\ ms^{-1} = 0{\cdot}60\ ms^{-1}$ বৃদ্ধি পেয়েছে। অতএব বস্তুটি সমত্বরণে চলছে, যার মান $0{\cdot}60\ ms^{-2}$।

গ. প্রদত্ত ডাটা থেকে,

বস্তুর আদিবেগ, $u = 0\ ms^{-1}$

শেষবেগ, $v = 1{\cdot}8\ ms^{-1}$

মোট অতিক্রান্ত সময়, $t = 3s$

বস্তুটির ত্বরণ, $a = ?$

অতিক্রান্ত দূরত্ব, $s = ?$

আমরা জানি, $v = u + at$

বা, $1{\cdot}8\ ms^{-1} = 0 + a \times 3s$

বা, $a = \frac{1{\cdot}8\ ms^{-1}}{3}$

$\therefore a = 0{\cdot}60\ ms^{-2}$

মোট অতিক্রান্ত দূরত্ব, $s = ut + \frac{1}{2}at^2$

বা, $s = 0 \times t + \frac{1}{2} \times 0{\cdot}60\ ms^{-2} \times (3s)^2$

$\therefore \quad s = 2{\cdot}7m$

ঘ. মনে করি, কোনো বস্তু u আদিবেগ নিয়ে a সুষম ত্বরণে t সময় ধরে চলে v শেষবেগ প্রাপ্ত হয়। এই সময়ে বস্তুটি s দূরত্ব অতিক্রম করে অর্থাৎ বস্তুটির সরণ হয় s, তাহলে বস্তুর গড়বেগ $\overline{v}$ হবে।

$$\bar{v} = \frac{s}{t}$$

বা, $s = \bar{v}\ t$ .....(i)

আবার, বস্তুটি সুষম ত্বরণে চলে বলে তার গড়বেগ হবে আদিবেগ ও শেষবেগের গাণিতিক গড়ের সমান।

অর্থাৎ $\bar{v} = \frac{u + v}{2}$.....(ii)

(i) নং সমীকরণে $\bar{v}$ –এর মান বসিয়ে পাই,

$$s = \left(\frac{u + v}{2}\right) t$$ .....(iii)

আবার, সময়ের সাথে অসম বেগের পরিবর্তনের হারকে ত্বরণ বলে।

অর্থাৎ $a = \frac{v - u}{t}$ বা, $t = \frac{v - u}{a}$

t এর মান (iii) নং সমীকরণে বসিয়ে পাই,

$$s = \left(\frac{u + v}{2}\right) \times \left(\frac{v - u}{a}\right)$$

বা, $s = \frac{v^2 - u^2}{2a}$

বা, $v^2 - u^2 = 2as$

$\therefore\ v^2 = u^2 + 2as$ ..... (iv)

এটিই সরণ, ত্বরণ ও শেষবেগের সম্পর্ক।

বিশেষ ক্ষেত্রে যখন বস্তুটি স্থির অবস্থান থেকে সমত্বরণে চলবে অর্থাৎ আদিবেগ শূন্য হবে।

(iv) নং সমীকরণে $u = 0$ বসিয়ে পাই,

$v^2 = 2as$ .....(v)

যেহেতু সুষম ত্বরণে বস্তুটি চলছে তাই ত্বরণ a ধ্রুব সেক্ষেত্রে

(v) নং সমীকরণ দাঁড়ায়

$v^2 \propto s$

$v \propto \sqrt{s}$

অর্থাৎ স্থির অবস্থান থেকে সমত্বরণে চলমান বস্তুর যেকোনো সময়ের বেগ বস্তু কর্তৃক অতিক্রান্ত দূরত্বের বর্গমূলের সমানুপাতিক।

প্রশ্ন –৯ ▶ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

স্থিরাবস্থা হতে একটি গাড়ির অতিক্রান্ত দূরত্ব নিচের ছকে দেখানো হলো :

সময় (s)	**0**	**1**	**2**	**3**
দূরত্ব (m)	**0**	**1**	**4**	**9**

?

ক. জড়তা কী? ১

খ. সমবেগে চলমান বস্তুর ত্বরণ থাকে কী? ব্যাখ্যা কর। ২

গ. 1s পর বস্তুর বেগ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উপরিউক্ত তথ্যের ভিত্তিতে দেখাও যে, গাড়িটি সুষম ত্বরণে চলে। ৪

◀◀ ৯ নং প্রশ্নের উত্তর ▶▶

ক. কোনো বস্তু যে অবস্থায় আছে সেই অবস্থায় থাকতে চাওয়ার যে প্রবণতা তাই বস্তুর জড়তা।

খ. যদি কোনো বস্তু নির্দিষ্ট দিকে সমান সময়ে সমান দূরত্ব অতিক্রম করে তাহলে বস্তুর বেগকে সুষমবেগ বলে। আবার বেগের পরিবর্তনের হারকে ত্বরণ বলে। অর্থাৎ ত্বরণ হয় অসমবেগের ক্ষেত্রে। কারণ অসমবেগের ক্ষেত্রে বেগের পরিবর্তন ঘটে কিন্তু সুষম বেগের ক্ষেত্রে বেগের কোনো পরিবর্তন ঘটে না। তাই এক্ষেত্রে কোনো ত্বরণ থাকে না। যেমন– শব্দের বেগ, আলোর বেগ প্রভৃতি সুষমবেগে চলে, তাই এদের কোনো ত্বরণ নেই।

গ. আমরা জানি,

এখানে,

আদিবেগ, $u = 0ms^{-1}$

সময়, $t = 1s$

অতিক্রান্ত দূরত্ব, $s = 1\ m$

শেষবেগ, $v = ?$

আমরা জানি,

$$s = ut + \frac{1}{2}at^2$$

বা, $1m = 0 \times 1 + \frac{1}{2} \times a \times (1s)^2$

$\therefore\ a = 2\ ms^{-2}$

আবার, $v = u + at$

$= 0 + 2\ ms^{-2} \times 1\ s = 2\ ms^{-1}$

নির্ণেয় বেগ $2ms^{-1}$।

ঘ. 'গ' নং থেকে পাই, ১ম সেকেন্ডে গাড়িটির ত্বরণ, $a_1 = 2\ ms^{-2}$ এখন, দ্বিতীয় সেকেন্ড গাড়িটির ত্বরণ a_2 হলে,

$s_2 = ut_2 + \frac{1}{2}at^2$

বা, $4m = 0 \times 2s + \frac{1}{2} \times a_2 \times (2s)^2$

বা, $4m = \frac{1}{2}a_2.\ 4s^2$

বা, $a_2 = \frac{4m \times 2}{4s^2}$

$\therefore\ a_2 = 2ms^{-2}$

এখানে,

অতিক্রান্ত দূরত্ব, $s_2 = 2ms^{-2}$

সময়, $t_2 = 2s$

অতিক্রান্ত দূরত্ব, $s = 1\ m$

আবার, তৃতীয় সেকেন্ডে গাড়িটির ত্বরণ a_3 হলে,

$$s_3 = ut_3 + \frac{1}{2}a_3 t_3^3$$

বা, $9m = 0 \times 3s \times t_2 + \frac{1}{2}a_3 (3s)^2$ | $s_3 = 9m$, $t_3 = 3s$

বা, $9m = \frac{1}{2} \times a_3 \times 9s^2$

বা, $a_3 = \frac{9m \times 2}{9s^2}$

$\therefore a_3 = 2\ ms^{-2}$

এখানে, $a_1 = a_2 = a_3$

অতএব, গাড়িটি সুষম ত্বরণে চলে।

প্রশ্ন –১০ ▶ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

ঢাকার জিরো পয়েন্ট থেকে রংপুরগামী একটি বাস প্রথমে উত্তর দিক বরাবর এবং এর কিছুক্ষণ পর পশ্চিম দিক বরাবর চলে। এ সময়ে বাসটির দ্রুতি অপরিবর্তিত রাখা হয়। এক্ষেত্রে বাসটির বেগেরও কোনো পরিবর্তন হয় না। কিন্তু বাসটি ঢাকা থেকে রংপুর আসার পথে অনেক আঁকাবাঁকা ও বন্ধুর পথ দিয়ে চলে। ফলে বাসটির বেগের পরিবর্তন হয়।

ক. দ্রুতি কী? ১

খ. দ্রুতি ও বেগের মধ্যে পার্থক্য লেখ। ২

গ. বাসটির বেগ 20 ms^{-1} থেকে সুষমভাবে বৃদ্ধি পেয়ে 5 sec পরে 30 ms^{-1} হয়। বাসটির ত্বরণ বের কর। ৩

ঘ. সমদ্রুতি ও সমবেগ সম্পন্ন একটি বাসের বেগ ও দ্রুতি সমান হতে পারে না– আলোচনা কর। ৪

১০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. সময়ের সাথে কোনো বস্তুর যেকোনো দিকে অবস্থান পরিবর্তনের হারকে দ্রুতি বলে।

খ. দ্রুতি ও বেগের পার্থক্য :

দ্রুতি	বেগ
১. সরল বা বক্রপথে সময়ের সাথে বস্তুর অবস্থানের পরিবর্তনের হারকে দ্রুতি বলে।	১. সময়ের সাথে বস্তুর সরণের হারকে বেগ বলে।
২. দ্রুতি স্কেলার রাশি।	২. বেগ ভেক্টর রাশি।
৩. শুধু মানের পরিবর্তন হলে দ্রুতির পরিবর্তন হয়।	৩. শুধু মানের কিংবা শুধু দিকের অথবা উভয়ের পরিবর্তন হলে বেগের পরিবর্তন হয়।
৪. বস্তুর বেগের মানই দ্রুতি।	৪. নির্দিষ্ট দিকে দ্রুতিই বেগ।

গ. এখানে,

আদিবেগ, u = $20\ ms^{-1}$

শেষবেগ, v = $30\ ms^{-1}$

সময়, t = 5 s

ত্বরণ, a = ?

আমরা জানি,

ত্বরণ, $a = \frac{v - u}{t}$

$= \frac{30\ ms^{-1} - 20\ ms^{-1}}{5s}$

$= \frac{10\ ms^{-1}}{5s} = 2\ ms^{-2}$

সুতরাং বাসটির ত্বরণ $2\ ms^{-2}$।

ঘ. দ্রুতি একটি স্কেলার রাশি। এর শুধু মান আছে। দ্রুতির মান সবসময় একই থাকলে তাকে বলা হয় সমদ্রুতি সম্পন্ন। সমদ্রুতি সম্পন্ন কোনো কণার গতির অভিমুখ পরিবর্তিত হতে পারে। পক্ষান্তরে বেগ একটি ভেক্টর রাশি যার মান ও দিক দুই-ই আছে। ফলে কোনো কণার সমদ্রুতি সম্পন্ন হলেও তার গতির দিক পরিবর্তিত হলেই তার বেগ অসম হবে। যেমন : কোনো বস্তু বা কণা সমদ্রুতিতে বৃত্তাকার পথে আবর্তন করলে বৃত্তের প্রতিটি বিন্দুতে তার বেগের অভিমুখ ঐ বিন্দুতে অঙ্কিত বৃত্তের স্পর্শক বরাবর ক্রিয়া করে। বিভিন্ন বিন্দুতে স্পর্শকের অভিমুখ পৃথক হয় অর্থাৎ গতিবেগ অসম হয়। আবার বেগ একটি ভেক্টর রাশি। ফলে বেগের মান ও দিক উভয়ই অপরিবর্তিত থাকলে বলা যায় বস্তু বা কণাটি সমবেগ সম্পন্ন। কাজেই বেগের মান ও দিক অপরিবর্তিত থাকলে দ্রুতির মানও অপরিবর্তিত থাকবে।

তাই সমবেগ সম্পন্ন একটি বাসের দ্রুতি সমান হতে পারে না।

প্রশ্ন–১১ ▶ নিচের উদ্দীপকটি পড়ে প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

20 kg এবং 8 kg ভরের দুটি স্থির বস্তুর ওপর একই বল ক্রিয়া করলে প্রথমটির $4\ ms^{-1}$ ত্বরণ সৃষ্টি করে।

? ক. ত্বরণের মাত্রা লেখ। ১

খ. বায়ুপূর্ণ স্থানে পাখি উড়তে পারে কিন্তু বায়ুশূন্য স্থানে উড়তে পারে না কেন? ২

গ. দ্বিতীয় বস্তুটির ত্বরণ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. 10 s সময় পর্যন্ত বস্তু দুটির বেগ বনাম সময় এর তুলনামূলক লেখচিত্র অঙ্কন কর।(10 s-এ প্রাপ্ত বেগের হিসাবসহ) ৪

১১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. ত্বরণের মাত্রা $[LT^{-2}]$।

খ. আমরা জানি, কোনো বস্তুকে উপর থেকে ছেড়ে দিলে অভিকর্ষের প্রভাবে ভূমিতে পৌঁছায়। বায়ুপূর্ণ স্থানে পাখি উড়তে পারে কারণ পাখির ডানা কর্তৃক অপসারিত বায়ুর ভরবেগের সমান ও বিপরীতমুখী একটি ভরবেগের সৃষ্টি হয় তাই পাখি সামনের দিকে যায়। কিন্তু বায়ুশূন্য স্থানে বাতাসের কোনো বাধা না থাকায় পাখি উড়তে পারে না এবং মাটিতে পড়ে যায়।

গ. দেওয়া আছে,

১ম বস্তুর ভর, $m_1 = 20\ kg$

১ম বস্তুর ত্বরণ, $a_1 = 4\ ms^{-2}$

২য় বস্তুর ভর, $m_2 = 8\ kg$

২য় বস্তুর ত্বরণ, $a_2 = ?$

উভয় বস্তুর উপর ক্রিয়াশীল বল = F

আমরা জানি,

১ম বস্তুর ক্ষেত্রে, $F = m_1a_1$ .....(i)

২য় বস্তুর ক্ষেত্রে, $F = m_2a_2$ .....(ii)

সমীকরণ (i) ও (ii) হতে পাই;

$m_1a_1 = m_2a_2$

বা, $20\ kg \times 4\ ms^{-2} = 8\ kg \times a_2$

বা, $a_2 = \frac{20\ kg \times 4\ ms^{-2}}{8\ kg}$

$\therefore\ a_2 = 10\ ms^{-2}$

অতএব, ২য় বস্তুর ত্বরণ $10\ ms^{-2}$।

ঘ. দেওয়া আছে,

১ম বস্তুর ভর, $m_1 = 20\ kg$

১ম বস্তুর ত্বরণ, $a_1 = 4\ ms^{-2}$

১ম বস্তুর আদিবেগ, $u_1 = 0$

সময়, $t = 10\ s$

এখন, $v_1 = u_1 + a_1t$

$= 0 + 4\ ms^{-2} \times 10s$

$\therefore\ v_1 = 40\ ms^{-1}$

আবার, ২য় বস্তুর ভর, $m_2 = 8\ kg$

২য় বস্তুর ত্বরণ, $a_2 = 10\ ms^{-2}$ [‘গ’ থেকে]

সময়, $t = 10\ s$

আদিবেগ, $u_2 = 0$

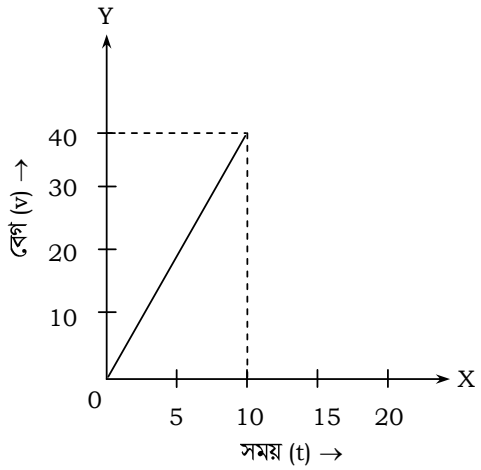
এখন, $v_2 = u_2 + a_2t$

$= 0 + 10\ ms^{-2} \times 10\ s$

$= 100\ ms^{-1}$

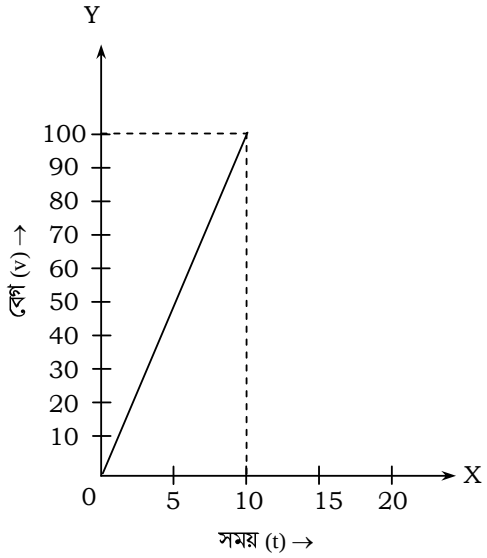
$\therefore\ v_2 = 100\ ms^{-1}$

ছক কাগজে X-অক্ষ বরাবর সময় (t) এবং Y-অক্ষ বরাবর বেগ (v) স্থাপন করি।



লেখচিত্র : ১ম বস্তুর ক্ষেত্রে বেগ (v) বনাম সময় (t)

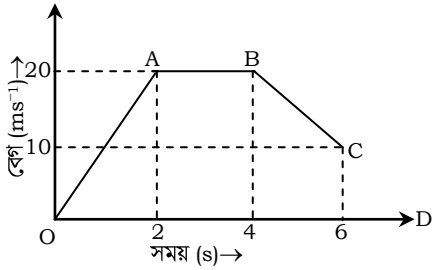
আবার,



লেখচিত্র : ২য় বস্তুর ক্ষেত্রে বেগ (v) বনাম সময় (t)

প্রশ্ন –১২ ▶ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

নিচের বেগ বনাম সময় লেখচিত্রটি একটি বস্তুর 6s এর গতি নির্দেশ করে।



ক. অভিকর্ষ কী? ১

খ. 4s ও 6s-এর মধ্যবর্তী সময়ে বস্তুটির গতি ব্যাখ্যা কর। ২

গ. প্রথম 4s-এ বস্তুর অতিক্রান্ত দূরত্ব নির্ণয় কর। ৩

ঘ. বেগ বনাম সময় লেখচিত্র এবং সময় অক্ষের মধ্যবর্তী ক্ষেত্রফল দ্বারা কোন রাশির মান নির্ণয় করা সম্ভব বিশ্লেষণ কর। ৪

১২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. কোনো বস্তুর উপর পৃথিবীর আকর্ষণকে অভিকর্ষ বলে।

খ. 4s সময়ে বস্তুটির বেগ $20ms^{-1}$ থেকে কমতে শুরু করে এবং 6s সময়ে বস্তুটির বেগ $10ms^{-1}$ এ নেমে আসে।

গ. এখানে, OA অংশে, বস্তুর আদিবেগ, $u = 0\ ms^{-1}$

বস্তুর শেষবেগ, $v = 20\ ms^{-1}$

সময়, $t = 2\ s$

অতিক্রান্ত দূরত্ব, $s = ?$

এখন, ত্বরণ a হলে, $a = \frac{v - u}{t}$

$$= \frac{20ms^{-1} - 0ms^{-1}}{2s}$$

$$= 10\ ms^{-2}$$

আমরা জানি, $s = ut + \frac{1}{2}at^2$

$$= 0 \times t + \frac{1}{2} \times 10\ ms^{-2} \times (2s)^2$$

$$= 20m$$

∴ প্রথম 2 সেকেন্ডে অতিক্রান্ত দূরত্ব 20m।

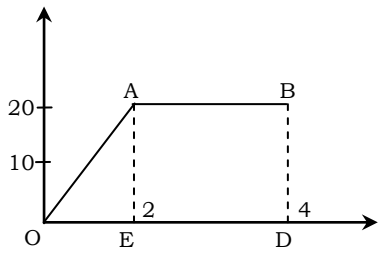
আবার,

পরবর্তী 2 সেকেন্ডে অতিক্রান্ত দূরত্ব = $(20 \times 2)m = 40m$

∴ প্রথম 4 সেকেন্ডে অতিক্রান্ত দূরত্ব = $(20 + 40)m = 60m$

ঘ. বেগ বনাম সময় লেখচিত্র এবং সময় অক্ষের মধ্যবর্তী ক্ষেত্রফল দ্বারা বস্তুর অতিক্রান্ত দূরত্ব নির্ণয় করা সম্ভব।

এখানে, প্রথম 4 সেকেন্ডের জন্য বেগ বনাম সময় লেখচিত্র OAB, যা সময় অক্ষের সাথে OABDE পঞ্চভুজ গঠন করে।



এখানে, OABDE পঞ্চভুজের ক্ষেত্রফল = ΔOAE এর ক্ষেত্রফল + ABDE আয়তক্ষেত্রের ক্ষেত্রফল

ΔOAE এর ক্ষেত্রফল $= \frac{1}{2} \times OE \times AE$

$$= \frac{1}{2} \times 2\ m \times 20\ m$$

$$= 20\ m^2$$

ABDE আয়তক্ষেত্রের ক্ষেত্রফল = AE × DE

$$= 20\ m \times 2\ m$$

$$= 40m^2$$

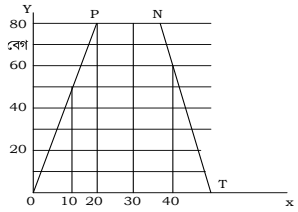
∴ OABDE পঞ্চভুজের ক্ষেত্রফল = $(20 + 40)\ m^2 = 60m^2$।

'গ' নং থেকে পাই, প্রথম 4 সেকেন্ডে বস্তুটির অতিক্রান্ত দূরত্ব 60m।

অতএব, বেগ বনাম সময় লেখচিত্র এবং সময় অক্ষের মধ্যবর্তী ক্ষেত্রফল দ্বারা বস্তুর অতিক্রান্ত দূরত্ব নির্ণয় করা সম্ভব।

প্রশ্ন –১৩ ▸ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

7×10^5 kg ভরের গতিশীল একটি কারের বেগ বনাম সময় লেখচিত্র দেখানো হলো। লেখচিত্র হতে নিচের প্রশ্নগুলোর উত্তর লেখ।



ক. বেগ বনাম সময় লেখ কাকে বলে? ১

খ. লেখচিত্রের PN অংশে কারের বেগ ব্যাখ্যা কর। ২

গ. 10s পর কারটির অতিক্রান্ত দূরত্ব নির্ণয় কর। ৩

ঘ. লেখচিত্রের OP এবং NT অংশে কারের ত্বরণের পরিবর্তনের হারের প্রকৃতি বিশ্লেষণ কর। ৪

▸◂ ১৩ নং প্রশ্নের উত্তর ▸◂

ক. X অক্ষ বরাবর সময় (t) এবং Y অক্ষ বরাবর বেগ (v) স্থাপন করলে যে লেখ পাওয়া যায় তাকে বেগ বনাম সময় লেখ বলা হয়।

খ. লেখচিত্রে PN অংশের ক্ষেত্রে

প্রথমবিন্দু P তে কারের বেগ $80 ms^{-1}$

শেষবিন্দু N তে কারের বেগ $80 ms^{-1}$।

∴ PN অংশে কারের বেগের কোনো পরিবর্তন হয়নি অর্থাৎ PN রেখা বরাবর কারটি সুষম বেগে চলছে।

গ. উদ্দীপকে, সময়, $t = 10s$

$10s$ পর বেগ, $v = 50ms^{-1}$

আদিবেগ, $u = 0$

ত্বরণ, $a = ?$

অতিক্রান্ত দূরত্ব, $s = ?$

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

আমরা জানি, $\frac{50ms^{-1} - 0}{10s}$

$$= 5ms^{-2}$$

আবার, $s = ut + \frac{1}{2} at^2$

$$= 0 \times 10s + \frac{1}{2} \times 5ms^{-2} \times (10s)^2 = 250m$$

∴ $10s$ পর অতিক্রান্ত দূরত্ব $250m$।

ঘ. লেখচিত্রের OP এবং NT অংশে কারের তুলনায় ত্বরণের পরিবর্তনের হারের প্রকৃতি নিচে বিশ্লেষণ করা হলো :

লেখচিত্রে OP অংশের ক্ষেত্রে,

O বিন্দুতে কারের আদিবেগ $u = 0ms^{-1}$

P বিন্দুতে কারের শেষবেগ $v = 80ms^{-1}$

মোট অতিক্রান্ত সময়

$t = (15 - 0)s = 15s$

∴ OP অংশে ত্বরণ $= \frac{v - u}{t}$

$$= \frac{80 - 0}{15}$$

$$= 5.33 \text{ ms}^{-2}$$

ত্বরণের মান হতে বুঝা যাচ্ছে যেহেতু OP অংশে বেগ সময়ের সাথে বৃদ্ধি পেয়েছে তাই ত্বরণ ধনাত্মক।

লেখচিত্রে NT অংশের ক্ষেত্রে,

N বিন্দুতে কারের আদিবেগ $u = 80\text{ms}^{-1}$

T বিন্দুতে কারের শেষ বেগ $v = 0\text{ms}^{-1}$

মোট অতিক্রান্ত সময়

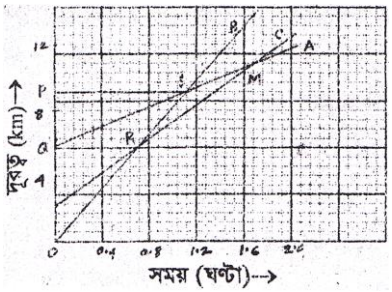
$t = (50 - 35)\text{s} = 15\text{s}$

$\therefore$ NT অংশে ত্বরণ $= \frac{v - u}{t} = \frac{0 - 80}{15}$

$$= -5.33 \text{ ms}^{-2}$$

এখন ঋণাত্মক চিহ্ন দ্বারা ত্বরণের প্রকৃতিকে বোঝানো হয়েছে। অর্থাৎ NT অংশে কারের ঋণাত্মক ত্বরণ তথা মন্দন ঘটেছে।

প্রশ্ন–১৪ ▶ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :



ক. অভিকর্ষজ ত্বরণ কী? ১

খ. উদাহরণসহ চলনগতির সংজ্ঞা লেখ। ২

গ. B, A-কে অতিক্রমকালে C কত দূরত্ব অতিক্রম করবে? ৩

ঘ. তিনটির মধ্যে কোনটি দ্রুত অতিক্রম করছে গাণিতিক বিশ্লেষণ কর। ৪

▸◂ ১৪ নং প্রশ্নের উত্তর ▸◂

ক. অভিকর্ষ বলের প্রভাবে ভূপৃষ্ঠে মুক্তভাবে পড়ন্ত কোনো বস্তুর বেগ বৃদ্ধির হারকে অভিকর্ষজ ত্বরণ বলে।

খ. কোনো বস্তু যদি এমনভাবে চলতে থাকে যাতে করে বস্তুর সকল কণা একটি সময়ে একই দিকে সমান দূরত্ব অতিক্রম করে তাহলে ঐ গতিকে চলন গতি বলে।

উদাহরণস্বরূপ, একখানা বইকে ঘুরতে না দিয়ে ঠেলে টেবিলের একপ্রান্ত থেকে অন্যপ্রান্তে নিয়ে গেলে এই গতি চলন গতি হবে।

কারণ, বইয়ের প্রতিটি কণা সমান সময়ে একই দিকে সমান দূরত্ব অতিক্রম করবে।

গ. উদ্দীপক থেকে পাই, B, A কে অতিক্রম করে s বিন্দুতে গ্রাফটি লক্ষ করলে পাওয়া যায় x অক্ষে প্রতি 5 ক্ষুদ্র বর্গ = 0·4 একক অর্থাৎ, 5 ক্ষুদ্র বর্গ = 0·4 h

এখন s বিন্দুটির ভুজ 14

অর্থাৎ, B, A কে অতিক্রম করতে সময় নেয় = $\left(\frac{14}{5} \times 0{\cdot}4\right)$ h

$= 1{\cdot}12$ h

আবার, y অক্ষে প্রতি 7 বর্গ = 4 km

$\therefore$ এর আদি বিন্দু = $\frac{4}{7} \times 4$ km = $\frac{16}{7}$ km দূরে

সুতরাং উক্ত সময়ে C এর অতিক্রান্ত দূরত্ব হবে,

$= \left(8 - \frac{16}{7}\right)$ km $= 5{\cdot}71$ km

নির্ণেয় দূরত্ব 5·71 km।

ঘ. এখানে, A এর আদি বিন্দু Q

Q বিন্দুর কোটি = $\frac{11 \times 4}{7} = \frac{44}{7}$

আবার, t = 1·8 h পরে A অবস্থান বিন্দুর কোটি = $\frac{20{\cdot}5 \times 4}{7} = \frac{82}{7}$

$\therefore$ উক্ত সময়ে A-এর অতিক্রান্ত দূরত্ব = $\left(\frac{82}{7} - \frac{44}{7}\right)$ km

$$= \frac{38}{7} \text{ km}$$

$\therefore$ A এর বেগ, $V_A = \frac{38}{7 \times 1{\cdot}8} \text{ kmh}^{-1}$

$= 3{\cdot}02 \text{ kmh}^{-1}$

অনুরূপভাবে, 1·12 ঘণ্টা সময়ে B-এর অতিক্রান্ত দূরত্ব

$= \frac{16 \times 4}{7} \text{ km}$

$= \frac{64}{7} \text{ km}$

$\therefore$ B এর বেগ, $V_B = \frac{64}{7 \times 1{\cdot}12} \text{ kmh}^{-1}$

$= 8{\cdot}16 \text{ kmh}^{-1}$

1·12 সময়ে C এর অতিক্রান্ত দূরত্ব 5·71 km ['গ' হতে]

$\therefore$ C এর বেগ, $V_C = \frac{5{\cdot}71}{1{\cdot}12} \text{ kmh}^{-1}$

$= 5{\cdot}09 \text{ kmh}^{-1}$

এখানে, $V_B > V_C > V_A$

উপরিউক্ত গাণিতিক বিশ্লেষণ থেকে বলা যায় যে, B দ্রুত অতিক্রম করছে।

প্রশ্ন–১৫ ▶ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

রাহুল 2 মিনিটে 500 m এবং রুমি 5 মিনিটে 750 m দূরত্ব অতিক্রম করে। তারা উভয়ই সমদ্রুতিতে সরলরেখায় চলে।

ক. সুষমবেগের একটি প্রাকৃতিক উদাহরণ দাও। ১

খ. পড়ন্ত বস্তুর ১ম সূত্র ব্যাখ্যা কর। ২

গ. উপরোক্ত তথ্য থেকে সর্বনিম্ন দ্রুতি নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উভয় ব্যক্তির জন্য 5 সেকেন্ডে ব্যবধানে ডাটা নির্ণয় করে তা লেখচিত্রে বসিয়ে, লেখচিত্রের ঢাল বিশ্লেষণ করে রাতুল ও রুমির গতি সম্পর্কে মতামত দাও। ৪

১৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. সুষমবেগের একটি প্রাকৃতিক উদাহরণ হলো শব্দের বেগ।

খ. **প্রথম সূত্র :** স্থির অবস্থান ও একই উচ্চতা থেকে বিনাবাধায় পড়ন্ত বস্তু সমান সময়ে সমান পথ অতিক্রম করে।

এ সূত্রানুসারে স্থির অবস্থান থেকে কোনো বস্তু ছেড়ে দিলে তা বিনাবাধায় মাটিতে পড়তে যে সময় লাগে তা বস্তুর ভর, আকৃতি বা আয়তনের ওপর নির্ভর করে না। বিভিন্ন ভর, আকার ও আয়তনের বস্তুকে যদি একই উচ্চতা থেকে ছেড়ে দেওয়া হয় এবং এগুলো যদি বিনাবাধায় মুক্তভাবে পড়তে দেয়া হয় তাহলে সবগুলোই একই সময়ে মাটিতে পৌঁছবে।

গ. এখানে, রাহুলের অতিক্রান্ত দূরত্ব, $s_1 = 500\ m$

রাহুলের ব্যয়িত সময়, $t_1 = 2\ min$

$= 2 \times 60\ s$

$= 120\ s$

রাহুলের দ্রুতি, $v_1 = \frac{s_1}{t_1}$

$= \frac{500\ m}{120\ s} = 4{\cdot}167\ ms^{-1}$

আবার, রুমির অতিক্রান্ত দূরত্ব, $s_2 = 750\ m$

ব্যয়িত সময়, $t_2 = 5\ min$

$= 5 \times 60\ s$

$= 300\ s$

রুমির দ্রুতি, $v_2 = \frac{s_2}{t_2}$

$$= \frac{750\ \text{m}}{300\ \text{s}}$$

$$= 2{\cdot}5\ \text{ms}^{-1}$$

এখানে, $v_2 < v_1$

অর্থাৎ সর্বনিম্ন দ্রুতি $2{\cdot}5\ \text{ms}^{-1}$।

ঘ. 'গ' নং থেকে পাই, রাহুল ও রুমি যথাক্রমে $4{\cdot}167\ \text{ms}^{-1}$ ও $2{\cdot}5\ \text{ms}^{-1}$ সমবেগে চলে। এখন 5 সেকেন্ডে সময় ব্যবধানে এদের অতিক্রান্ত দূরত্বের ডাটা তৈরি করি :

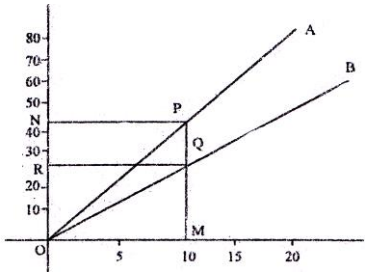
সময় (s)	0	5	10	15	20
রাহুলের অতিক্রান্ত দূরত্ব (m)	0	20·83	41·67	62·5	83·33
রুমির অতিক্রান্ত দূরত্ব (m)	0	12·5	25	37·5	50

এখন, লেখচিত্রে x অক্ষ বরাবর সময় এবং y অক্ষ বরাবর অতিক্রান্ত দূরত্ব বসিয়ে রাহুলের জন্য OA এবং রুমির জন্য OB সরলরেখা পাই।

এখন, OA সরলরেখার ঢাল $= \frac{\text{PM}}{\text{OM}}$

$$= \frac{41{\cdot}67\ \text{m}}{10\ \text{s}}$$

$$= 4{\cdot}167\ \text{ms}^{-1}$$



আবার, OB সরলরেখার ঢাল $= \frac{\text{QM}}{\text{OM}}$

$$= \frac{25\ \text{m}}{10\ \text{s}} = 2{\cdot}5\ \text{ms}^{-1}$$

এখানে, ঢালদ্বয় যথাক্রমে রাহুল ও রুমির সমবেগ প্রকাশ করে।

প্রশ্ন–১৬ ▶ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

একটি বস্তুকে 196 m/s বেগে খাড়া উপরের দিকে নিক্ষেপ করা হলো।

ক. পর্যাবৃত্ত গতি কাকে বলে? ১

খ. "সমবেগে চলমান বস্তুর ত্বরণ থাকে না"– ব্যাখ্যা কর। ২

গ. কত সময় পর বস্তুটির বেগ শূন্য হবে? ৩

ঘ. বস্তুটি 1·8 km উঠতে পারবে কিনা তা গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা কর। ৪

◀◀ ১৬ নং প্রশ্নের উত্তর ▶▶

ক. কোনো গতিশীল বস্তুকণার গতি যদি এমন হয় যে, এটি এর গতিপথে কোনো নির্দিষ্ট বিন্দুকে নির্দিষ্ট সময় পর পর একই দিক থেকে অতিক্রম করে তাহলে সেই গতিকে পর্যাবৃত্ত গতি বলে।

খ. বেগের পরিবর্তনের হারকে ত্বরণ বলা হয়। অর্থাৎ কোনো বস্তুর ভিন্ন ভিন্ন সময়ে বেগের মান ভিন্ন হলে বেগের পরিবর্তন থেকে ত্বরণ নির্ণয় করা যায়। কিন্তু বস্তু যদি স্থির থাকে বা সমদ্রুতিতে চলতে থাকে তবে বস্তুর বেগের কোনো পরিবর্তন ঘটে না। ফলে বেগের পরিবর্তন শূন্য তখন এর হার অর্থাৎ একক সময়ে পরিবর্তন বের করলেও এর মান হবে শূন্য। ত্বরণ যেহেতু বেগের পরিবর্তনের হার তাই ত্বরণের মানও শূন্য হবে।

গ. এখানে, বস্তুটির আদিবেগ, $u = 196\ ms^{-1}$

শেষবেগ, $v = 0$

অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9{\cdot}8\ ms^{-1}$

প্রয়োজনীয় সময়, $t = ?$

আমরা জানি, $v = u - gt$

বা, $t = \frac{u - v}{g}$

$= \frac{196\ ms^{-1}}{9{\cdot}8\ ms^{-2}} = 20\ s$

অতএব, 20 s পর বস্তুটির বেগ শূন্য হবে।

ঘ. ধরি, বস্তুটি সর্বোচ্চ H উচ্চতায় উঠবে।

এখন, সর্বোচ্চ উচ্চতায় বেগ, $v = 0$

অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9{\cdot}8\ ms^{-2}$

প্রয়োজনীয় সময়, $t = 20\ s$ ['গ' নং থেকে]

$$\therefore H = ut - \frac{1}{2}gt^2$$

$$= 196\ ms^{-1} \times 20\ s - \frac{1}{2} \times 9{\cdot}8\ ms^{-2} \times (20\ s)^2$$

$$= 3920\ m - 1960\ m$$

$$= 1960\ m$$

$$= 1{\cdot}96\ km > 1{\cdot}8\ km$$

অতএব, বস্তুটি 1·8 km উঠতে পারবে।

প্রশ্ন–১৭ ▶ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

একটি বিমান $360\ kmh^{-1}$ বেগে বিমান বন্দরে অবতরণ করছে। বিমানটি মাটি স্পর্শ করার 20 s পর তার নির্ধারিত স্থানে থেমে যায়। বিমানটির অবতরণ পথে 660 m দূরে একটি অ্যাম্বুলেন্স রাখা আছে।

ক. g-এর আদর্শ মান কত? ১

খ. ক্রিয়া–প্রতিক্রিয়া বল ব্যাখ্যা কর। ২

গ. বিমানটি অবতরণকালে ত্বরণ কত? ৩

ঘ. বিমানটি নিরাপদে অবতরণ করতে পারবে কি? গাণিতিক বিশ্লেষণ দাও। ৪

▶◀ ১৮ নং প্রশ্নের উত্তর ▶◀

ক. g-এর আদর্শ মান $9.80665\ ms^{-2}$।

খ. ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়া বল সবসময়ই দুটি ভিন্ন বস্তুর উপর ক্রিয়া করে, কখনোই একই বস্তুর উপর ক্রিয়া করে না।

প্রতিক্রিয়া বলটি ততক্ষণই থাকবে যতক্ষণ পর্যন্ত ক্রিয়া বলটি থাকবে। ক্রিয়া থেমে গেলে প্রতিক্রিয়াও থেমে যাবে। ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়া বল বস্তুগুলোর সাম্যাবস্থায় বা গতিশীল অবস্থায় থাকা বা একে অপরের সংস্পর্শে থাকা বা না থাকার উপর নির্ভরশীল নয় বরং সর্বত্রই থাকে।

গ. উদ্দীপক হতে,

বিমানটির আদিবেগ,

$$u = 360 \text{ kmh}^{-1}$$

$$= \frac{360 \times 1000 \text{ m}}{3600 \text{ s}}$$

$$= 100 \text{ ms}^{-1}$$

শেষবেগ, $v = 0$

সময়, $t = 20 \text{ s}$

অবতরণকালে বিমানটির ত্বরণ, $a = ?$

আমরা জানি,

$$v = u + a\,t$$

বা, $$a = \frac{v - u}{t}$$

$$= \frac{0 - 100 \text{ ms}^{-1}}{20 \text{ s}}$$

$$= -5 \text{ ms}^{-2}$$

সুতরাং অবতরণকালে বিমানটির ত্বরণ -5 ms^{-2}।

ঘ. বিমানটি নিরাপদে অবতরণ করতে পারবে কিনা তা নিচে গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করা হলো :

উদ্দীপক অনুসারে,

বিমানটির আদিবেগ, $u = 100 \text{ ms}^{-1}$

সময় $t = 20 \text{ s}$

'গ' থেকে ত্বরণ, $a = -5 \text{ ms}^{-2}$

অতিক্রান্ত দূরত্ব, $s = ?$

আমরা জানি, $s = ut + \frac{1}{2} t^2$

$$= 100\ ms^{-1} \times 20\ s + \frac{1}{2}(-5\ ms^{-2}) \times (20\ s)^2$$

$$= 2000\ m - 1000\ m$$

$$= 1000\ m$$

অর্থাৎ বিমানটি মাটি স্পর্শ করার 20 s পর 1000 m দূরত্ব অতিক্রম করবে। কিন্তু 660 m দূরে অ্যাম্বুলেন্স থাকায় বিমানটি অ্যাম্বুলেন্সকে আঘাত করবে। ফলে দুর্ঘটনার সৃষ্টি হবে।

অতএব, উপরের আলোচনা হতে বলা যায় বিমানটি নিরাপদে অবতরণ করতে পারবে না।

প্রশ্ন–১৯ ▶ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

একটি বাস স্থিরাবস্থা থেকে $2\ ms^{-2}$ ত্বরণে চলতে শুরু করল। এক ব্যক্তি এ বাস থেকে 8 m দূরে আছে। তিনি সর্বোচ্চ $6\ ms^{-1}$ বেগে দৌড়াতে পারেন।

ক. চলন গতি কাকে বলে? ১

খ. মেরু অঞ্চলে অভিকর্ষজ ত্বরণ g-এর মান সবচেয়ে বেশি কেন? ২

গ. একই সাথে চলতে শুরু করায় 6s পর তাদের মধ্যবর্তী দূরত্ব নির্ণয় কর। ৩

ঘ. তিনি যদি বাস থেকে 10 m পেছনে থাকতেন, তবে কি তিনি বাস ধরতে সক্ষম হতেন? গাণিতকভাবে তোমার মতামত ব্যক্ত কর। ৪

▶◀ ১৯ নং প্রশ্নের উত্তর ▶◀

ক. কোনো বস্তু যদি এমনভাবে চলতে থাকে যাতে করে বস্তুর সকল কণা একই সময়ে একইদিকে সমান দূরত্ব অতিক্রম করে তাহলে ঐ গতিকে চলন গতি বলে।

খ. পৃথিবী সম্পূর্ণ গোলাকার নয়, মেরু অঞ্চল একটুখানি চাপা তাই পৃথিবীর ব্যাসার্ধ R-এর এখানে মান সবচেয়ে কম। অভিকর্ষজ ত্বরণ g, পৃথিবীর ব্যাসার্ধ R-এর উপর নির্ভর করে।

আমরা জানি, R-এর মান বেশি হলে g এর মান কমে এবং R এর মান কম হলে g-এর মান বেড়ে যায়।

যেহেতু মেরু অঞ্চলে R-এর মান সবচেয়ে কম তাই মেরু অঞ্চলে অভিকর্ষজ ত্বরণ g-এর মান সবচেয়ে বেশি এবং এ মান $9{\cdot}83217\ ms^{-2}$।

গ. এখানে,

আদিবেগ, $u = 0$

সময়, $t = 6\ s$

ত্বরণ, $a = 2\ ms^{-2}$

বাস কর্তৃক অতিক্রান্ত দূরত্ব,

$$s_1 = ut + \frac{1}{2}at^2$$

$$= 0\ ms^{-1} \times 6\ s + \frac{1}{2} \times 2\ ms^{-2} \times (6\ s)^2$$

$$= 36\ m$$

আবার, বেগ, $v = 6\ ms^{-1}$

$t = 6\ s$

ব্যক্তি কর্তৃক অতিক্রান্ত দূরত্ব,

$$s_2 = vt$$

$$= 6\ ms^{-1} \times 6\ s$$

$$= 36\ m$$

যেহেতু লোকটি বাস হতে 8 m দূরে আছেন।

সুতরাং লোকটির প্রাথমিক অবস্থান থেকে বাসের দূরত্ব

$$= s_1 + 8\ m$$

$$= (36 + 8)\ m$$

$$= 44\ m$$

$\therefore$ বাস এবং লোকটির মধ্যবর্তী দূরত্ব $= (44 - 36)\ m$

$$= 8m$$

ঘ. ধরি, বাসটি চলার t সময় পর লোকটি বাস ধরতে সক্ষম হন।

এখানে,

ত্বরণ, $a = 2\ ms^{-2}$

t সময়ে বাস কর্তৃক অতিক্রান্ত দূরত্ব,

$$s = ut + \frac{1}{2}at^2$$

$$= 0 + \frac{1}{2} \times 2t^2$$

$\therefore s = t^2$ .....(i)

বাস ধরতে হলে ঐ ব্যক্তিকে t সময়ে (s + 10) m দূরত্ব অতিক্রম করতে হবে।

সেক্ষেত্রে,

বেগ, $v = 6\ ms^{-1}$

$\therefore s + 10 = vt$

বা, $s + 10 = 6t$ .....(ii)

(ii) নং হতে (i) সমীকরণ বিয়োগ করে পাই,

$10 = 6t - t^2$

বা, $t^2 - 6t + 10 = 0$ .....(iii)

t এর মান বাস্তব হলে লোকটি বাস ধরতে পারবেন।

(iii) নং সমীকরণ অনুসারে t এর মান বাস্তব হবে যদি এর নিশ্চায়ক $D \geq 0$ হয়।

(iii) নং সমীকরণের নিশ্চায়ক, $D = (-6)^2 - 4 \cdot 1 \cdot 10$

$= 36 - 40 = -4$

$\therefore$ t এর মান বাস্তব নয়।

সুতরাং লোকটি বাসের 10 m পেছনে থাকলে বাস ধরতে পারতেন না।

প্রশ্ন–২০ ▶ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

একটি গাড়ির ঢালু রাস্তা বরাবর নিচে নামার ক্ষেত্রে শুরু থেকে 5 সেকেন্ড পরপর এর বেগের পাঠ নেওয়া হলো এবং নিচে তা সারণী আকারে দেওয়া হলো :

সময় (s)	বেগ (ms^{-1})
0	0
5	2·5
10	5·0

15	7·5
20	10·0
25	12·5
30	15·0

?

ক. কোন অঞ্চলে g-এর মান সবচেয়ে বেশি? ১

খ. দ্রুতি ও বেগের মধ্যে দুটি পার্থক্য লেখ। ২

গ. প্রদত্ত উপাত্ত ব্যবহার করে তোমার খাতায় বেগ–সময় লেখচিত্রটি অঙ্কন কর। ৩

ঘ. গাড়িটি সুষম বেগে নয় বরং সুষম ত্বরণসহকারে নিচে নামছিল"– লেখচিত্র থেকে 10 ও 15 সেকেন্ডের সময় বেগ এবং শুরু থেকে ঐ সময়দ্বয়ের জন্য ত্বরণ নির্ণয় করে উক্তিটির পক্ষে যুক্তি দাও। ৪

২০ নং প্রশ্নের উত্তর

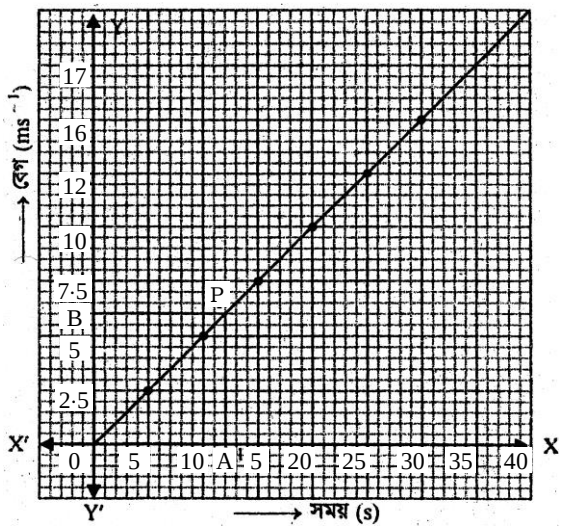
ক. মেরু অঞ্চলে g-এর মান সবচেয়ে বেশি।

খ. দ্রুতি ও বেগের মধ্যে দুটি পার্থক্য নিম্নরূপ :

দ্রুতি	বেগ
১. কোনো মুহূর্তকে ঘিরে অতি ক্ষুদ্র সময় ব্যবধানে সময়ের সাথে বস্তুর দূরত্বের	১. কোনো মুহূর্তকে ঘিরে অতি ক্ষুদ্র সময় ব্যবধানে সময়ের সাথে বস্তুর সরণের

পরিবর্তনের হারকে ঐ মুহূর্তের দ্রুতি বলে।	হারকে ঐ মুহূর্তের বেগ বলে।
২. দ্রুতি স্কেলার রাশি।	২. বেগ ভেক্টর রাশি।

গ.



ছক কাগজে X অক্ষ বরাবর ক্ষুদ্র 1 বর্গ = 1 একক এবং Y অক্ষ বরাবর ক্ষুদ্র 2 বর্গ = 1 একক ধরে X অক্ষে সময় (s) এবং (Y) অক্ষে বেগ (ms^{-1}) নিয়ে লেখচিত্রটি অঙ্কন করি। লেখচিত্রটি একটি মূলবিন্দুগামী সরলরেখা।

ঘ. লেখচিত্র হতে পাই, 10 সেকেন্ডের সময় বেগ 5 ms^{-1} এবং 15 সেকেন্ডের সময় বেগ 7·5 ms^{-1}।

প্রারম্ভিক বেগ, $u = 0\ ms^{-1}$

10 s পর বেগ, $v_1 = 5\ ms^{-1}$

15 s পর বেগ, $v_2 = 7{\cdot}5\ ms^{-1}$

আমরা জানি,

10 s সময়ের জন্য,

$v_1 = u + at$

বা, $a = \frac{v_1 - u}{t}$

$= \frac{5 - 0}{10}\ ms^{-1} = \frac{5}{10}\ ms^{-1} = 0{\cdot}5\ ms^{-2}$

15 s সময়ের জন্য,

$v_2 = u + at$

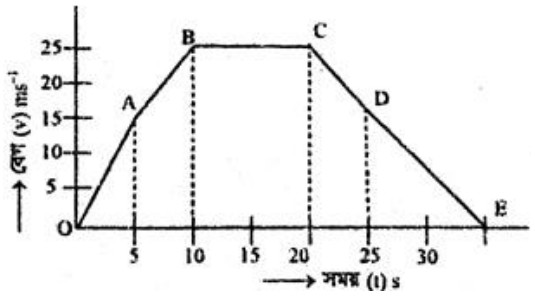
বা, $a = \frac{v_2 - u}{t}$

$= \frac{(7{\cdot}5 - 0)\ ms^{-1}}{15\ s}$

$= \frac{7{\cdot}5}{15}\ ms^{-2} = 0{\cdot}5\ ms^{-2}$

অতএব, উপরিউক্ত গাণিতিক বিশ্লেষণ হতে আমরা পাই, গাড়িটি সমত্বরণে চলছিল, সমবেগে নয়।

প্রশ্ন–২১ ▶ নিচের লেখচিত্রটি লক্ষ কর এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :



ক. প্রতিক্রিয়া কতক্ষণ কাজ করে? ১

খ. একটি বস্তু বৃত্তাকার পথে সম্পূর্ণ একবার ঘুরে আসলে এর সরণ কত হবে? ২

গ. উদ্দীপকের গাড়িটি সমবেগে চলার সময় কত দূরত্ব অতিক্রম করবে নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকের গাড়িটির ত্বরণ লেখচিত্রের বিভিন্ন অবস্থায় কীরূপ হবে? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা কর। ৪

২১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. ক্রিয়াবল যতক্ষণ থাকে প্রতিক্রিয়া বল ততক্ষণ পর্যন্ত কাজ করে।

খ. নির্দিষ্ট দিকে পারিপার্শ্বিকের সাপেক্ষে অবস্থানের পরিবর্তনকে সরণ বলে। কোনো বস্তুর আদি অবস্থান ও শেষ অবস্থানের মধ্যবর্তী ন্যূনতম দূরত্ব অর্থাৎ সরলরৈখিক দূরত্বই হচ্ছে সরণের মান এবং সরণের দিক হচ্ছে বস্তুর আদি অবস্থান থেকে শেষ অবস্থানের দিকে। এখন, একটি বস্তু বৃত্তাকার পথে সম্পূর্ণ একবার ঘুরে আসলে বস্তুটি আদি অবস্থানে চলে আসে। ফলে বস্তুর আদি ও শেষ অবস্থানের মধ্যবর্তী দূরত্ব শূন্য হয়। তাই সরণের মান শূন্য হবে।

গ. উদ্দীপকে গাড়িটি 10 s থেকে 20 s পর্যন্ত সমবেগ 25 ms^{-1} এ চলে।

এখানে,

সমবেগ, $v = 25\ ms^{-1}$

সময়, $t = (20 - 10)\ s = 10\ s$

অতিক্রান্ত দূরত্ব, $s = ?$

$s = vt$

$= (25 \times 10)\ m$

$= 250\ m$

নির্ণেয় অতিক্রান্ত দূরত্ব 250 m।

ঘ. উদ্দীপক থেকে দেখা যায়, গাড়িটি O বিন্দু হতে যাত্রা আরম্ভ করে। প্রারম্ভিক অবস্থায় গাড়িটির বেগ শূন্য। গাড়িটি প্রথম 5 s এ 15 ms^{-1} বেগে একটি নির্দিষ্ট ত্বরণে চলে।

5 s পর বেগ হয় 15 ms^{-1}।

সুতরাং আদিবেগ, $u = 0\ ms^{-1}$

শেষবেগ, $v = 15\ ms^{-1}$

ত্বরণ, $a = ?$

সময়, $t = 5\ s$

আমরা জানি,

$v = u + at$

বা, $at = v - u$

বা, $a = \left(\frac{v - u}{t}\right)$

$= \left(\frac{15 - 0}{5}\right) ms^{-2} = 3\ ms^{-2}$

অর্থাৎ A বিন্দুতে গাড়িটির ত্বরণ $3\ ms^{-2}$।

আবার, গাড়িটি A বিন্দু হতে B বিন্দুতে গেলে,

অতিক্রান্ত সময়, $t = (10 - 5)\ s = 5\ s$

আদিবেগ, $u = 15\ ms^{-1}$,

শেষবেগ, $v = 25\ ms^{-1}$

$\therefore$ ত্বরণ, $a = \left(\frac{v - u}{t}\right)$

$= \left(\frac{25 - 15}{5}\right) ms^{-2} = 2\ ms^{-2}$

অর্থাৎ A বিন্দু হতে B বিন্দুতে ত্বরণ হ্রাস পেয়েছে। আবার, B বিন্দু হতে C বিন্দুতে গাড়িটি সমবেগে চলায় গাড়িটির ত্বরণ শূন্য।

আবার,

গাড়িটি C বিন্দু হতে D বিন্দুতে গেলে,

গাড়িটির আদিবেগ, $u = 25\ ms^{-1}$,

শেষবেগ, $v = 15\ ms^{-1}$

সময়, $t = (25 - 20)\ s = 5\ s$

$\therefore$ ত্বরণ, $a = \left(\frac{v - u}{t}\right)$

$= \left(\frac{15 - 25}{5}\right) ms^{-2}$

$= -2\ ms^{-2}$

অর্থাৎ গাড়িটি C বিন্দু হতে D বিন্দুতে গেলে মন্দন হবে $2\ ms^{-2}$।

আবার,

D বিন্দু থেকে E বিন্দুতে গেলে,

আদিবেগ, $u = 15\ ms^{-1}$

শেষবেগ, $v = 0\ ms^{-1}$,

সময়, $t = (35 - 25)\ s = 10\ s$

$\therefore$ ত্বরণ, $a = \left(\frac{v - u}{t}\right)$

$= \left(\frac{0 - 15}{10}\right) ms^{-2}$

$= -1{\cdot}5\ ms^{-2}$

$\therefore$ D হতে E বিন্দুতে গাড়িটির মন্দন $1{\cdot}5\ ms^{-2}$।

$\therefore$ উদ্দীপকের আলোকে আমরা বলতে পারি, গাড়িটি O বিন্দু হতে A বিন্দুতে $3\ ms^{-2}$ ত্বরণে, A বিন্দু হতে B বিন্দু হতে B বিন্দুতে $2\ ms^{-2}$ ত্বরণে, B হতে C বিন্দুতে ত্বরণহীন অবস্থায়, C হতে D বিন্দুতে $2\ ms^{-2}$ মন্দনে এবং D হতে E বিন্দুতে $1{\cdot}5\ ms^{-2}$ মন্দনে চলবে।

প্রশ্ন–২২ ▶ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

15 kg ভরের একটি বস্তু $2{\cdot}5\ ms^{-1}$ বেগে চলছিল। এর উপর 300 N এর একটি বল প্রয়োগ করায় t সময় পরে বস্তুটির গতিবেগ $60\ ms^{-1}$ এ পৌঁছায়।

ক. পর্যাবৃত্ত গতির একটি উদাহরণ লেখ। ১

খ. বেগ কোন ধরনের রাশি ব্যাখ্যা কর। ২

গ. t এর মান কত? ৩

ঘ. 300 N এর পরিবর্তে কোনো বল প্রয়োগ না করলে বস্তুর গতির পরিবর্তন ব্যাখ্যা কর। ৪

▶◀ ২২ নং প্রশ্নের উত্তর ▶◀

ক. পর্যাবৃত্ত গতির একটি উদাহরণ হলো– সরল দোলকের গতি।

খ. সময়ের সাথে কোনো বস্তুর সরণের হারকে বেগ বলে। অর্থাৎ বস্তু নির্দিষ্ট দিকে একক সময়ে যে পথ অতিক্রম করে তাই বেগ।

বেগের মান ও দিক উভয়ই আছে। সুতরাং বেগ একটি ভেক্টর বা দিক রাশি।

গ. উদ্দীপক হতে,

বস্তুর ভর, $m = 15\ kg$

আদিবেগ, $u = 2{\cdot}5\ ms^{-1}$

প্রযুক্ত বল, $F = 300\ N$

শেষবেগ, $v = 60\ ms^{-1}$

সময়, $t = ?$

আমরা জানি,

$$F = ma$$

বা, $$F = m\frac{v - u}{t}$$

বা, $$t = \frac{m(v - u)}{F}$$

$$= \frac{15\ kg \times (60\ ms^{-1} - 2{\cdot}5\ ms^{-1})}{300\ N}$$

$$= \frac{862{\cdot}5\ Ns}{300\ N}$$

$$= 2{\cdot}875\ s$$

অতএব, t এর মান $2{\cdot}875\ s$।

ঘ. 300 N এর পরিবর্তে কোনো বল প্রয়োগ না করলে বস্তুর গতির কোনো পরিবর্তন ঘটবে না। নিচে এটি ব্যাখ্যা করা হলো :

নিউটনের গতি বিষয়ক দ্বিতীয় সূত্র হতে আমরা জানি,

$$F = ma$$

বা, $$F = m \cdot \frac{v - u}{t}$$

বা, $Ft = m(v - u)$

উদ্দীপকে উল্লিখিত,

বস্তুর আদিবেগ, $u = 2{\cdot}5\ m\ s^{-1}$

যদি 300 N বল প্রয়োগ করা না হয় তবে $F = 0$ হবে।

$\therefore\ 0 \times t = m\ (v - u)$

বা, $0 = m(v - u)$

বা, $v - u = 0$

বা, $v = u$

$\therefore\ v = 2{\cdot}5\ ms^{-1}$

সুতরাং 300 N বল প্রযুক্ত না হলে বস্তুর বেগের কোনো পরিবর্তন হবে না। অর্থাৎ বস্তুর আদিবেগ যে $2{\cdot}5\ ms^{-1}$ ছিল শেষবেগও $2{\cdot}5\ ms^{-1}$ ই হবে। ফলে বস্তুটি সুষম বেগে চলতে থাকবে।

অতএব, উপরের আলোচনা হতে বলা যায় যে, কোনো বাহ্যিক বল প্রয়োগ না করলে বস্তুটি পূর্বে যে গতিতে ছিল ঐ গতিতেই থাকবে।

প্রশ্ন–২৩ ▶ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

স্থির অবস্থান হতে একটি বস্তু যাত্রা শুরু করে প্রথম সেকেন্ডে এক মিটার দূরত্ব অতিক্রম করে। বস্তুটি প্রথম চার সেকেন্ডে সমত্বরণে চলার পর সমবেগে চলতে শুরু করে।

ক. অভিকর্ষজ ত্বরণের মাত্রা লেখ। ১

খ. ধনাত্মক ত্বরণ বলতে কী বোঝায়? ২

গ. বস্তুটির ত্বরণ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকের বস্তুটি প্রথম চার সেকেন্ডে যে দূরত্ব অতিক্রম করে তার দ্বিগুণ সময়ে অর্থাৎ প্রথম থেকে আট সেকেন্ডে কি তার তিনগুণ দূরত্ব অতিক্রম করবে? গাণিতিক যুক্তিসহ মতামত দাও। ৪

▶◀ ২৩ নং প্রশ্নের উত্তর ▶◀

ক. অভিকর্ষজ ত্বরণের মাত্রা হলো $[LT^{-2}]$।

খ. সময়ের সাথে কোনো বস্তুর অসম বেগ বৃদ্ধির হারকে ধনাত্মক ত্বরণ বলে। কোনো বস্তুর আদিবেগ u এবং t সময় পরে শেষবেগ v হলে,

t সময় পর বেগের পরিবর্তন = $v - u$

একক সময়ে বেগের পরিবর্তন = $\frac{v - u}{t}$

$\therefore$ বেগের পরিবর্তনের হার অর্থাৎ ত্বরণ, $a = \frac{v - u}{t} = \frac{\text{বেগের পরিবর্তন}}{\text{সময়}}$

এক্ষেত্রে বেগের পরিবর্তন যদি ধনাত্মক হয় অর্থাৎ বেগ যদি বৃদ্ধি পায় তবে ত্বরণ হবে ধনাত্মক ত্বরণ।

গ. উদ্দীপক হতে পাই,

সময়, $t = 1\ s$

দূরত্ব, $s = 1\ m$

আদিবেগ, $u = 0$

বস্তুটির ত্বরণ, $a = ?$

আমরা জানি,

$$s = ut + \frac{1}{2}at^2$$

বা, $1\ m = 0 \times 1\ s + \frac{1}{2} \times a \times (1\ s)^2$

বা, $1\ m = \frac{a}{2} \times (1\ s)^2$

$\therefore a = \frac{2\ m}{1\ s^2} = 2\ ms^{-2}$

সুতরাং বস্তুটির ত্বরণ $2\ ms^{-2}$।

ঘ. উদ্দীপকের বস্তুটি প্রথম চার সেকেন্ডের অতিক্রান্ত দূরত্বের দ্বিগুণ সময়ে তিনগুণ হবে প্রথম আট সেকেন্ড অতিক্রান্ত দূরত্বের সমান।

নিচে গাণিতিক যুক্তিসহ আমার মতামত উপস্থাপন করা হলো :

‘গ’ নং হতে পাই, বস্তুটির ত্বরণ, $a = 2\ ms^{-2}$

বস্তুটি প্রথম চার সেকেন্ড সুষম ত্বরণে চলে।

ধরি, প্রথম চার সেকেন্ড অতিক্রান্ত দূরত্ব = s_1

এক্ষেত্রে, আদিবেগ, $u = 0$

সময়, $t = 4\ s$

আমরা জানি, $s_1 = ut + \frac{1}{2}at^2$

$$= 0 \times 4\ s + \frac{1}{2}(2\ ms^{-2}) \times (4\ s)^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 2\ ms^{-2} \times 16\ s^2$$

$$= 16\ m$$

বস্তুটির শেষবেগ v হলে,

$v = u + at$

$= 0 + 2\ ms^{-2} \times 4\ s$

$= 8\ ms^{-1}$

পরবর্তী চার সেকেন্ডে বস্তুটি সমবেগে চলে।

ধরি, পরবর্তী চার সেকেন্ডে অতিক্রান্ত দূরত্ব = s_2

আমরা জানি,

সুষম বেগের ক্ষেত্রে,

$s_2 = vt$

$= 8\ ms^{-1} \times 4\ s\ [\because t = 4\ s]$

$= 32\ m$

মোট অতিক্রান্ত দূরত্ব, $s = s_1 + s_2$

$= 16\ m + 32\ m$

$= 48\ m$

$= 3 \times 16\ m = 3\ s_1$

অতএব উপরের গাণিতিক বিশ্লেষণ হতে বলা যায় বস্তুটির প্রথম আট সেকেন্ডের দূরত্ব প্রথম চার সেকেন্ডে অতিক্রান্ত দূরত্বের তিনগুণ।

প্রশ্ন–২৪ ▶ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

একটি গাড়ি স্থির অবস্থান থেকে যাত্রা শুরু করে $5\ ms^{-2}$ সমত্বরণে $118\ m$ দূরত্ব অতিক্রম করে।

ক. সুষম বেগের একটি প্রাকৃতিক উদাহরণ লেখ। ১

খ. অভিকর্ষজ ত্বরণকে সমত্বরণ বলা যায় কেন? ২

গ. গাড়িটির শেষ বেগ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. গাড়িটি $40\ m$ পর থেকে বাকি পথ $4\ ms^{-2}$ ত্বরণে গমন করলে সময়ের পরিমাণ গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

▶◀ ২৪ নং প্রশ্নের উত্তর ▶◀

ক. সুষম বেগের একটি প্রাকৃতিক উদাহরণ হলো শব্দের বেগ।

খ. অভিকর্ষ বলের প্রভাবে ভূপৃষ্ঠে মুক্তভাবে পড়ন্ত কোনো বস্তুর বেগ বৃদ্ধির হারকে অভিকর্ষজ ত্বরণ বলে। অভিকর্ষজ ত্বরণের সংজ্ঞা থেকে দেখা যায় যে, পড়ন্ত বস্তু নির্দিষ্ট দিক অর্থাৎ নিচের দিকে যখন পড়ে তখন বেগ সবসময় একই হারে বাড়তে থাকে। অতএব, অভিকর্ষজ ত্বরণকে সমত্বরণ বলা যায়।

গ. উদ্দীপক হতে পাই,

গাড়িটির আদিবেগ, $u = 0$

ত্বরণ, $a = 5\ m\ s^{-2}$

দূরত্ব, $s = 118\ m$

শেষবেগ, $v = ?$

আমরা জানি,

$v^2 = u^2 + 2as$

$= (0)^2 + 2 \times 5\ ms^{-2} \times 118\ m$

$= 1180\ m^2s^{-2}$

$\therefore$ $v = 34{\cdot}35\ ms^{-1}$

সুতরাং গাড়িটির শেষবেগ $34{\cdot}35\ m\ s^{-1}$।

ঘ. গাড়িটি 40 m পর থেকে $4\ m\ s^{-2}$ ত্বরণে গমন করলে মোট সময়ের পরিমাণ নিচে গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করা হলো :

গাড়িটি প্রথম 40 m দূরত্ব $5\ m\ s^{-2}$ ত্বরণে অতিক্রম করে এবং বাকি (118 – 40) m = 78 m দূরত্ব $4\ m\ s^{-2}$ ত্বরণে অতিক্রম করেছে।

এখানে,

আদিবেগ, $u = 0$

দূরত্ব, $s = 40\ m$

ত্বরণ, $a = 5\ m\ s^{-2}$

শেষবেগ, $v = ?$

আমরা জানি,

$v^2 = u^2 + 2as$

$= 0^2 + 2 \times 5\ m\ s^{-2} \times 40\ m$

$= 400\ m^2\ s^{-2}$

$\therefore$ $v = 20\ ms^{-1}$

আবার,

ধরি, 40 m পর থেকে বাকি 78 m দূরত্ব অতিক্রমের সময় t।

এখানে,

আদিবেগ, $u = 20\ m\ s^{-1}$

ত্বরণ, $a = 4\ m\ s^{-2}$

দূরত্ব, $s = 78\ m$

সময়, $t = ?$

আমরা জানি,

$$s = ut + \frac{1}{2}at^2$$

বা, $78 = 20\ t + \frac{1}{2} \times 4t^2$

বা, $2t^2 + 20t - 78 = 0$

বা, $t^2 + 10t - 39 = 0$

বা, $t^2 + 13t - 3t - 39 = 0$

বা, $t(t + 13) - 3(t + 13) = 0$

বা, $(t + 13)\ (t - 3) = 0$

হয়, $t + 13 = 0$ অথবা, $t - 3 = 0$

কিন্তু $t \neq -13$ $\therefore\ t = 3$ যেহেতু, সময় ঋণাত্মক হতে পারে না।

$\therefore$ গাড়িটি 40 m পর থেকে বাকি পথ 4 m s^{-2} ত্বরণে গমন করলে 3s সময় লাগবে।