গতিবিদ্যা (রৈখিক গতি)

প্রশ্নঃ- (১) সংজ্ঞা লিখঃ- (i) স্থিতি (ii) গতি (iii) আপেক্ষিক স্থিতি (iv) আপেক্ষিক গতি (v) পরম স্থিতি (vi) পরম গতি (vii) চলন গতি (viii) ঘূর্ণন গতি (ix) জটিল গতি (x) পর্যায় বৃত্ত গতি (xi) দোলন গতি।

(i) স্থিতিঃ- সময়ের সাথে ও পারিপার্শ্বিকের সাপেক্ষে যখন কোন বস্তু অবস্থানের পরিবর্তন না ঘটায় তখন ঐ বস্তুকে স্থির বস্তু বলে। আর স্থির বস্তুর অবস্থা কে স্থিতি বলে। যেমন-ঘরবাড়ী, গাছপালা ইত্যাদির অবস্থা।

: (ii) গতি - সময়ের সাথে ও পারিপার্শ্বিকের সাপেক্ষে যখন কোন বস্তু অবস্থানের পরিবর্তন ঘটায় তখন ঐ বস্তুকে গতিশীল বস্তু বলে। আর গতিশীল বস্তুর এই অবস্থানের পরিবর্তন ঘটার ঘটনাকে গতি বলে। যেমন-চলন্ত গাড়ী, চলন্ত বিমান ইত্যাদি গতিশীল বস্তু।

(iii) আপেক্ষিক স্থিতিঃ- কোন প্রসঙ্গ কাঠামোর সাপেক্ষে বস্তুর স্থিতিকে আপেক্ষিক স্থিতি বলে। যেমন- চলন্ত গাড়ীর যাত্রী পারিপার্শ্বিকের সাপেক্ষে গতিশীল হলেও গাড়ীর সাপেক্ষে আপেক্ষিক স্থিতিতে থাকে।

(iv) আপেক্ষিক গতিঃ- কোন প্রসঙ্গ কাঠামোর সাপেক্ষে বস্তুর গতিকে আপেক্ষিক গতি বলে। যেমন-চলন্ত গাড়ীর যাত্রী গাড়ীর সাপেক্ষে স্থিতিকে থাকলেও পারিপাশ্বির্কের সাপেক্ষে আপেক্ষিক গতিতে থাকে।

(v) পরম স্থিতিঃ- গতির সম্পূর্ণ অভাবকে অর্থাৎ সম্পূর্ণ স্থির কোন প্রসঙ্গ কাঠামোর সাপেক্ষে বস্তুর স্থিতিকে পরম স্থিতি বলে। বাস্তবে পরম স্থিতি বলতে কিছুই নেই।

(vi) পরম গতিঃ- সম্পূর্ণ স্থির কোন প্রসঙ্গ কাঠামোর সাপেক্ষে বস্তুর গতিকে পরম গতি বলে। বাস্তবে পরম গতি বলেও কিছু নেই।

(vii) চলন গতিঃ- যখন কোন বস্তু এমনভাবে চলতে থাকে যে, বস্তুর প্রতিটি কণা সমান সময়ে সমান দূরত্ব অতিক্রম করে তখন উহার এই গতিকে চলন গতি বলে। চলন গতি দুই প্রকার। যথা:-সরল চলন গতি এবং বক্রচলন গতি। উদাহরণ স্বরূপ বলা যায় সোজা রেলপথের উপর রেলগাড়ীর বগির গতি সরল চলন গতি এবং আঁকাবাঁকা রেলপথে রেলগাড়ীর বগির গতি বক্র গতি।

(viii) ঘূর্ণন গতিঃ- যদি কোন বস্তুকণা কোন বিন্দু বা অক্ষকে কেন্দ্র করে উহার চতুর্দিকে বৃত্তাকার পথে ঘুরে তাহলে বস্তুকণার ঐ গতিকে ঘূর্ণন গতি বলে। যেমন বৈদ্যুতিক পাখার গতি।

(ix) জটিল গতিঃ- যদি কোন বস্তু একই সময়ে চলন ও ঘূর্ণন গতিতে চলতে থাকে তাহলে ঐ গতিকে চলন-ঘূর্ণন গতি বা জটিল গতি বলে। যেমন-চলন্ত গাড়ীর চাকার গতি, ঘূর্ণায়মান লাটিমের গতি ইত্যাদি।

(x) পর্যায় বৃত্ত গতিঃ- যদি কোন বস্তু একটি নির্দিষ্ট সময় পরপর একই পথ পরিভ্রমন করে একই দিকে চলতে থাকে তাহলে ঐ বস্তুর গতিকে পর্যায়বৃত্ত গতি বলে। পথটি একবার পরিভ্রমন করতে যে সময় নেয় তাকে পর্যায়কাল বলে। যেমন-ঘড়ির কাটার গতি, সূর্যের চারদিকে পৃথিবীর গতি ইত্যাদি পর্যায়বৃত্ত গতি।

(xi) দোলন গতিঃ- যদি কোন বস্তুর গতি একটি নির্দিষ্ট সময় পরপর বিপরীতমুখী হয় বা এদিক-ওদিক দোল দেয়, তবে বস্তুর এই গতিকে দোলগতি বলে। যেমন-দেয়াল ঘড়ির দোলকের গতি, সরল দোলকের ববের গতি ইত্যাদি।

প্রশ্নঃ- (২):- পরম স্থিতি ও পরম গতি অস্তিত্বহীন – ব্যাখ্যা কর।

অথবা:- সকল স্থিতিই আপেক্ষিক স্থিতি এবং সকল গতিই আপেক্ষিক গতি ব্যাখ্যা কর।

উত্তরঃ- কোন বস্তু স্থিতিশীল না গতিশীল তা বোঝার জন্য বস্তুর আশেপাশের একটা স্থির প্রসঙ্গ কাঠামো বা স্থির বস্তুকে লওয়া হয়। কোন প্রসঙ্গ বস্তু যদি পরম স্থিতিতে থাকে তবে তার সাপেক্ষে স্থির বস্তুর অবস্থাকে পরম স্থিতি এবং গতিশীল বস্তুর গতিকে পরম গতি বলা হয়। কিন্তু বাস্তবে কোন প্রসঙ্গ বস্তুকে পরম স্থিতিতে পাওয়া যাবে না, কারণ মহাবিশ্বের সব কিছুই গতিশীল। উদাহরণ স্বরূপ:- পৃথিবী সূর্যের চারদিকে ঘুরছে আবার সূর্যও তার গ্রহ-উপগ্রহ নিয়ে নভোমন্ডলের চারদিকে ঘুরছে। যেহেতু কোন প্রসঙ্গ বস্তুই পরম স্থিতিশীল নয়, অতএব কোন স্থিতিই পরম স্থিতি নয় এবং কোন গতিই পরম গতি নয়। অর্থ্যাৎ সকল স্থিতিই আপেক্ষিক স্থিতি এবং সকল গতিই আপেক্ষিক গতি।

প্রশ্নঃ- (৩) সংজ্ঞা লিখঃ- (i) সরন (ii) দ্রুতি (iii) বেগ (iv) গড়বেগ (v) তাৎক্ষনিক বেগ (vi) ত্বরন (vii) মন্দন।

(i) **সরনঃ-** নির্দিষ্ট দিকে বস্তুর স্থান পরিবর্তনকে উহার সরন বলে। বস্তুর আদি অবস্থান ও বর্তমান অবস্থানের মধ্যবর্তী ন্যূনতম দূরত্ব দ্বারা রৈখিক সরন পরিমাপ করা হয়। সরনের একক-সে.মি, মিটার ও ফুট।

(ii) দ্রুতিঃ- সরল বা বক্রপথে বস্তু একক সময়ে যে দূরত্ব অতিক্রম করে তাকে দ্রুতি বলে। যদি একটি বস্তু যে কোন দিকে t সময়ে s দূরত্ব অতিক্রম করে, তবে দ্রুতি $= \frac{s}{t}$ । দ্রুতির একক (মিটার/সে.)।

(iii) বেগঃ- নির্দিষ্ট দিকে বস্তু একক সময়ে যে দূরত্ব অতিক্রম করে তাকে বেগ বলে। নির্দিষ্ট দিকে t সময়ে একটি বস্তু যদি s দূরত্ব অতিক্রম করে, তবে, বেগ $= \frac{s}{t}$ । সি.জি.এস, এম.কে.এম ও এফ.পি.এস পদ্ধতিতে বেগের একক যথাক্রমে, সে.মি./সে., মিটার/সে. এবং ফুট/সে.।

(iv) গড়বেগঃ- একটি নির্দিষ্ট দিকে বস্তু কর্তৃক মোট অতিক্রান্ত দূরত্বকে মোট সময় দিয়ে ভাগ করলে যে বেগ পাওয়া যায় তাকে গড়বেগ বলে। কোন বস্তু যদি সমবেগে চলে তাহলে বস্তুটির বেগ ও গড়বেগ একই হয়। গড়বেগ কে $\bar{v}$ দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

(v) তাৎক্ষনিক বেগ:- অতি অল্প সময়ে বস্তুর যে সরণ হয় তাকে ঐ সময় দিয়ে ভাগ করলে যে বেগ পাওয়া যায় তাকে বলা হয় প্রকৃত বেগ। আর গতিশীল বস্তুর যে কোন মুহূর্তের প্রকৃত বেগকে তাৎক্ষণিক বেগ বলে।

(vi) ত্বরন:- সময়ের সাথে বস্তুর বেগ যদি বাড়তে থাকে, তাহলে একক সময়ের বেগ বৃদ্ধিকে ত্বরণ বলে। যদি একটি বস্তুর আদিবেগ = u এবং t সময় পর শেষবেগ = v হয় তাহলে ত্বরণ = $\frac{v-u}{t}$ । এম.কে.এস পদ্ধতিতে ত্বরণের একক – মিটার/সে.২ $(m\bar{s}^2)$ ।

প্রশ্ন:- গতির সমীকরণ কয়টি ও কি কি?

উত্তর:- গতির সমীকরণ পাঁচটি। নিম্নে সমীকরণগুলো প্রদান করা হল।

(i) সমবেগে t সময়ে অতিক্রান্ত দূরত্বের সমীকরণ: $s = vt$

(ii) সমত্বরণে t সময়ে শেষ বেগের সমীকরণ: $v = u + at$

(iii) সমত্বরণে t সময়ে অতিক্রান্ত দূরত্বের সমীকরণ: $s = ut + \frac{1}{2}at^2$

(iv) সমত্বরণে বস্তুর শেষবেগ, আদিবেগ ও অতিক্রান্ত দূরত্বের মধ্যে সম্পর্ক: $v^2 = u^2 + 2as$

(v) সমত্বরণে, t তম সেকেন্ডে বস্তুর অতিক্রান্ত দূরত্বের সমীকরণ: $s_t = u + \frac{1}{2}a(2t-1)$

[বি.দ্র:- বস্তু যদি সম-ত্বরণে না চলে, সম-মন্দনে চলে তাহলে উপরোক্ত সমীকরণগুলোতে '+' চিহ্নের স্থলে '-' চিহ্ন ব্যবহৃত হবে।]

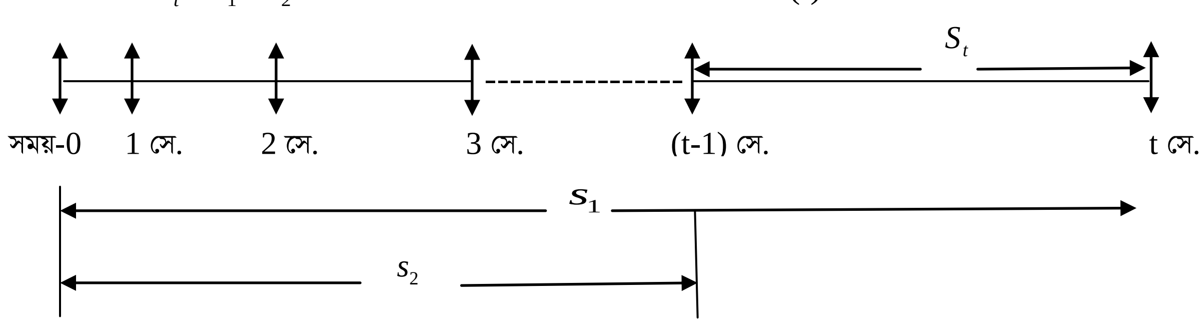
প্রশ্ন:- (৪):- প্রমাণ কর যে, $s_t = u + \frac{1}{2}a(2t-1)$**, যেখানে প্রতীকগুলো প্রচলিত অর্থ বহন করে।**

অথবা:- সম-ত্বরণে t তম সেকেন্ডে বস্তুর অতিক্রান্ত দূরত্বের সমীকরণ প্রতিপাদন কর।

উত্তর:- মনেকরি, একটি বস্তুর আদিবেগ $= u$, সমত্বরণ $= a$ এবং t সময় পর শেষবেগ $= v$ । বস্তু কর্তৃক t তম সেকেন্ডে অতিক্রান্ত দূরত্বের রাশিমালা বের করতে হবে।

ধরি, t তম সময়ে বস্তু কর্তৃক অতিক্রান্ত দূরত্ব $= s_t$ । এই দূরত্ব হবে বস্তু কর্তৃক t সেকেন্ডে অতিক্রান্ত দূরত্ব হতে $(t-1)$ সেকেন্ডে অতিক্রান্ত দূরত্বের বিয়োগফল। অর্থাৎ বস্তু যদি t সেকেন্ডে $= s_1$ দূরত্ব এবং $(t-1)$ সেকেন্ডে $= s_2$ দূরত্ব অতিক্রম করে তাহলে আমরা পাই,

$$s_t = s_1 - s_2 \quad \text{...(1)}$$



যেহেতু আদিবেগ $= u$, সমত্বরণ $= a$, অতএব, বস্তু কর্তৃক t সেকেন্ডে অতিক্রান্ত দূরত্ব,

$$s_1 = ut + \frac{1}{2}at^2 \quad \text{...(2)}$$

এবং (t-1) সেকেন্ডে অতিক্রান্ত দূরত্ব,

$$s_2 = u(t-1) + \frac{1}{2}a(t-1)^2 \quad \text{..(3)}$$

এখন সমীকরণ (2) ও (3) হতে s_1 ও s_2 এর মান সমীকরণ (1) -এ বসাই,

$$s_t = ut + \frac{1}{2}at^2 - \{u(t-1) + \frac{1}{2}a(t-1)^2\}$$

বা, $s_t = ut + \frac{1}{2}at^2 - u(t-1) - \frac{1}{2}a(t^2 - 2t + 1)$

বা, $s_t = \cancel{ut} + \cancel{\frac{1}{2}at^2} - \cancel{ut} + u - \cancel{\frac{1}{2}at^2} + at - \frac{1}{2}a$

বা, $s_t = u + at - \frac{1}{2}a$

বা, $s_t = u + \frac{1}{2}a(2t-1)$ ....(4) **(প্রমাণিত)**

[বি.দ্রঃ- বস্তুটির আদিবেগ $u=0$ হলে, $s_t=\frac{1}{2}a(2t-1)$ আবার, বস্তুটি সমত্বরণে না চলে সম-মন্দনে চললে, আমরা পাই $s_t=u-\frac{1}{2}a(2t-1)$]

প্রশ্নঃ- (৫):- ক্যালকুলাসের সাহায্যে প্রমাণ কর যেঃ- (i) v = u+at **(ii)** $ut+\frac{1}{2}at^2$ **এবং (iii)** $v^2=\mu^2+2as$ **যেখানে প্রতীকগুলো প্রচলিত অর্থ বহন করে।**

(i) সমত্বরণে গতিশীল বস্তুর শেষ বেগের সমীকরণ $(v=u+at)$ঃ মনেকরি, একটি বস্তুর আদিবেগ $=u,$ সমত্বরণ $=a$ এবং t সময় পর শেষবেগ = v।

যেহেতু, t সময় পর বস্তুটির শেষবেগ = v

$\therefore$ t+dt ,, ,, ,, ,, = v+dv

এখানে, dt ও dv যথাক্রমে অতি অল্প সময় ও অতি অল্প বেগের বৃদ্ধি। অতএব, প্রকৃত ত্বরণের সংজ্ঞানুসারে আমরা পাই,

$$a=\frac{dv}{dt}$$

বা, $dv=adt$

উভয় পক্ষে সমাকলন করে পাই,

$$\int dv=\int adt$$

বা, $v=a\int dt$

বা, $v=at+c$ ....(1)

এখানে, c একটি সমাকলন ধ্রুবক। যখন $t=0$ ছিল তখন v = u

$\therefore$ আমরা পাই,

$$u=o+c \qquad \therefore c=u$$

c এর মান সমীকরণ (1) এ বসাইয়া পাই,

$v=u+at$ .... (2) (প্রমাণিত)

(ii) **সমত্বরণে t সময়ে গতিশীল বস্তুর অতিক্রান্ত দূরত্বের সমীকরণ ঃ-**

মনেকরি একটি বস্তুর আদিবেগ $=u$, সমত্বরণ $=a$, t সময় পর বস্তু কর্তৃক অতিক্রান্ত্ম দূরত্ব $=s$ এবং শেষবেগ $=v$ ।

যেহেতু, t সময়ে বস্তুটি অতিক্রম করে $=s$ দূরত্ব

$\therefore$ $t+dt$,, ,, ,, ,, $=s+ds$

এখানে, dt ও ds যথাক্রমে অতি অল্প সময় ও অতি অল্প দূরত্ব।

এখন, প্রকৃত বেগের সংজ্ঞানুসারে আমরা পাই,

$$v=\frac{ds}{dt}$$

বা, $u+at=\frac{ds}{dt}$

বা, $ds=udt+atdt$

উভয় পক্ষে সমাকলন করে আমরা পাই, →

$$\int ds=\int udt+\int atdt$$

বা, $s=u\int dt+a\int tdt$

বা, $s=ut+a\frac{t^{1+1}}{1+1}+c$

বা, $s=ut+\frac{1}{2}at^2+c$ ....(1)

এখানে, c একটি সমাকলন ধ্রুবক। যখন $t=0$ তখন $s=0$

অতএব, সমীকরণ (1) থেকে পাই,

$$0=0+0+c \qquad \therefore c=0$$

c এর মান (1) -এ বসাই, $s=ut+\frac{1}{2}at^2$ .... (2) **(প্রমাণিত)**

$iii)$ **সমত্বরণে বস্তুর শেষবেগ, আদিবেগ ও অতিক্রান্ত দূরত্বের মধ্যে সম্পর্ক ঃ** $(v^2=u^2+2as)$ঃ মনেকরি, একটি বস্তুর আদিবেগ $=u$, সমত্বরণ $=a$ । t সময় পর বস্তু কর্তৃক অতিক্রান্ত্ম দূরত্ব $=s$ এবং শেষবেগ $=v$ ।

যেহেতু, বস্তুটি t সময়ে অতিক্রম করে $= s$ দূরত্ব

$\therefore$,, $t + dt$,, ,, ,, $= s + ds$,,

এখানে, dt ও ds যথাক্রমে অতি অল্প সময় ও অতি অল্প দূরত্ব।

অতএব, প্রকৃত বেগ,

$$v = \frac{ds}{dt} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(1)$$

এখানে, dt ও dv যথাক্রমে অতি অল্প সময় ও অতি অল্প বেগের বৃদ্ধি।

অতএব, প্রকৃত ত্বরণ,

$$a = \frac{dv}{dt}$$

বা, $a = \frac{dv}{ds} \times \frac{ds}{dt}$ (1) থেকে মান বসাইয়া

বা, $a = \frac{dv}{ds} v$

বা, $vdv = ads$

উভয় পক্ষে সমাকলন করিয়া আমরা পাই,

$\int vdv = \int ads$ বা, $\frac{v^{1+1}}{1+1} = a\int ds$

বা, $\frac{v^2}{2} = as + c \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(2)$

এখানে, c একটি সমাকলন ধ্রুবক। যখন, $s = 0$ তখন $v = u$ ।

অতএব, (2) থেকে পাই, $\frac{u^2}{2} = 0 + c$ $\therefore c = \frac{u^2}{2}$

এখন, c এর মান (2) -এ বসাইয়া পাই,

$$v^2 = u^2 + 2as \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(3)$$ **(প্রমাণিত)**

প্রশ্ন: (৬):- ক্যালকুলাসের সাহায্যে নিম্নের সমীকরণগুলো প্রতিপাদন করঃ

$(i) v_x = v_{xo}t + a_x t$ $(ii) x = x_o + v_{xo}t + \frac{1}{2}a_x t^2$ $(iii) v_x{}^2 = v_{xo}{}^2 + 2a_x(x - x_o)$

$(i) v_x = v_{xo} + a_x t$ **(৫)** নং প্রশ্নের (i) -এর অনুরূপ। আদিবেগ u এর স্থলে ধরি v_{xo}, শেষবেগ v-এর স্থলে v_x ত্বরণ a -এর স্থলে a_x ।

$(ii) x = x_o + v_{xo}t + \frac{1}{2}a_x t^2$

মনেকরি, একটি বস্তু x অক্ষ বরাবর a_x সমত্বরণে গতিশীল। বস্তুটি x অক্ষের উপর x_o অবস্থান থেকে যাত্রা শুরু করে এবং t সময় পর x অবস্থানে যায়। ধরি x_o অবস্থানে বস্তুটির আদিবেগ = v_{xo} এবং x অবস্থানে শেষবেগ $= v_x$ ।

O —— v_{xo} —— a_x —— v_x —— X

x_o x

$t = o$ $t = t$

ত্বরণের সংজ্ঞা থেকে আমরা পাই,

$$a_x = \frac{v_x - v_{xo}}{t}$$

বা, $v_x - v_{xo} = a_x t$

$\therefore v_x = v_{xo} + a_x t \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(1)$

আবার, প্রকৃত বেগের সংজ্ঞা থেকে পাই, $v_x = \frac{dx}{dt}$ । অতএব (1) নং সমীকরণ থেকে পাই,

$$\frac{dx}{dt} = v_{xo} + a_x t$$

বা, $dx = v_{xo}dt + a_x tdt \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(2)$

সমীকরণ (2) এর উভয়পক্ষে সমাকলন করি। যেখানে সরণের সীমা x_o থেকে x এবং সময়ের সীমা o থেকে t ।

$$\int_{x_o}^{x} dx = \int_o^t v_{x_o} dt + \int_o^t a_x tdt$$

বা, $[x]_{x_o}^{x} = v_{x_o}\int_o^t dt + a_x \int_o^t tdt$

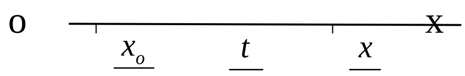
$$\text{বা, } [x-x_o]=v_{x_o}[t]_o^t+a_x[\frac{t^2}{2}]_o^t$$

$$\text{বা, } x-x_o=v_{x_o}[t-o]+\frac{1}{2}a_x[t^2-o]$$

$$\therefore x=x_o+v_{x_o}t+\frac{1}{2}a_xt^2 \qquad \textbf{(প্রমাণিত)}$$

(iii) প্রমাণ কর যে, $v_x^2=v_{x_o}^2+2a_x(x-x_o)$ ।

উত্তর: মনেকরি একটি বস্তু x অক্ষ বরাবর গতিশীল। বস্তুটি x_o অবস্থান থেকে যাত্রা শুরু করে t সময় পর x অবস্থানে পৌঁছিল।



আবার ধরি, x_o ও x অবস্থানে বস্তুটির বেগ যথাক্রমে v_{x_o} ও v_x এবং সমত্বরণ $=a_x$ ।

এখন, প্রকৃত বেগের সংজ্ঞানুসারে পাই, $v_x=\frac{dx}{dt}$................(1)

এবং প্রকৃত ত্বরণের সংজ্ঞানুসারে, $a_x=\frac{dv_x}{dt}$

$$\text{বা, } a_x=\frac{dv_x}{dx}\times\frac{dx}{dt}$$

$$\text{বা, } a_x=\frac{dv_x}{dx}v_x$$

$$\therefore v_xdv_x=a_xdx\text{...................(2)}$$

সমীকরণ (2) এর উভয় পক্ষে সমাকলন করি। যখন সরন $=x_o$ তখন বেগ $=v_{x_o}$ এবং যখন সরন $=x$ তখন বেগ $=v_x$

$$\therefore \int_{v_{x_o}}^{v_x}v_xdv_x=\int_{x_o}^{x}a_xdx$$

$$\text{বা, } \left[\frac{v_x^{1+1}}{1+1}\right]_{v_{x_o}}^{v_x}=a_x\int_{x_o}^{x}dx$$

$$\text{বা, } \left[\frac{v_x^2}{2}\right]_{v_{x_o}}^{v_x}=a_x[x]_{x_o}^{x}$$

$$\text{বা, } \left[\frac{v_x^{\ 2}}{2}-\frac{v_{x_o}^{\ 2}}{2}\right]=a_x[x-x_o]$$

$$\text{বা, } \frac{v_x^{\ 2}-v_{x_o}^{\ 2}}{2}=a_x\ [x-x_o]$$

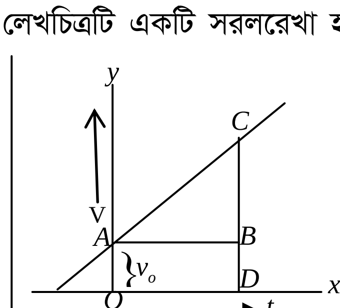
$$\therefore v_x^{\ 2}-v^2_{x_o}=2a_x(x-x_o)$$

$$\text{বা, } v_x^{\ 2}=v_{x_o}^2+2a_x(x-x_o)\text{.....................(3)} \qquad \textbf{(প্রমাণিত)}$$

প্রশ্ন:- (৭):- সমত্বরণ গতির ক্ষেত্রে 'বেগ বনাম সময়' (v~t) লেখচিত্র অংকন কর। এরূপ লেখচিত্র থেকে $s=v_o t+\frac{1}{2}at^2$ সমীকরণটি প্রমাণ কর। যেখানে প্রতীকগুলো প্রচলিত অর্থ বহন করে।

উত্তর:- আমরা জানি, সমত্বরনে t সময়ে বস্তুর শেষ বেগের সমীকরণ, $v=v_o+at$ ।

এখানে, $v=$শেষবেগ, $v_o=$আদিবেগ যাহা ধ্রুবক, $a=$সমত্বরন এবং $t=$ সময়। অতএব, সমীকরণটিতে উপাদান দুটি, যথা v ও t ।t কে x অক্ষে এবং v কে y অক্ষে স্থাপন করলে লেখচিত্রটি একটি সরলরেখা হবে এবং y অক্ষের ছেদাংশ হবে v_o । চিত্র (১)। আবার, বস্তুটির আদিবেগ $v_o=o$ হলে লেখচিত্রটি মূলবিন্দুগামী সরলরেখা হবে।



চিত্র: (১)

লেখচিত্র হতে $s=v_ot+\frac{1}{2}at^2$ সমীকরণ

প্রতিপাদন:লেখচিত্র থেকে দেখা যাচ্ছে,

$OA =$ আদিবেগ $= v_o$, $OD = AB =$ সময় $= t$ ।

ত্বরন $a = AC$ রেখার ঢাল

$$\therefore a = \frac{CB}{AB} = \frac{CB}{t}$$

চিত্র থেকে দেখা যায়, $CD \perp OX$ এবং $AB \perp CD$ ।

এখন, দূরত্ব,

$S = OACD$ ক্ষেত্রের ক্ষেত্রফল

$= OABD$ আয়তক্ষেত্রের ক্ষেত্রফল $+ ABC$ ত্রিভুজের ক্ষেত্রফল

$$= OA \times OD + \frac{1}{2} \times AB \times CB$$

$$= V_o t + \frac{1}{2} \times AB^2 \frac{CB}{AB}$$

$$S = V_o t + \frac{1}{2} at^2 ....(1)$$ **(প্রমাণিত)**

প্রশ্নঃ- (৮)ঃ- পড়ন্ত বস্তুর সূত্রগুলো বর্ণনা কর।

উত্তরঃ- পড়ন্ত বস্তুর তিনটি সূত্র আছে। নিম্নে সূত্রগুলো বর্ণনা করা হলোঃ-

(i) **প্রথম সূত্রঃ-** "একই উচ্চতা ও স্থির অবস্থান থেকে বিনা বাধায় সকল পড়ন্ত বস্তু সমান সময়ে সমান পথ অতিক্রম করে।"

(ii) **দ্বিতীয় সূত্রঃ-** "স্থির অবস্থান থেকে বিনা বাধায় পড়ন্ত বস্তুর নির্দিষ্ট সময়ে প্রান্ত বেগ ঐ সময়ের সমানুপাতিক।" অর্থাৎ $V \alpha\ t$ ।

(iii) **তৃতীয় সূত্রঃ-** "স্থির অবস্থান থেকে বিনা বাধায় পড়ন্ত বস্তু নির্দিষ্ট সময়ে যে দূরত্ব অতিক্রম করে, তা ঐ সময়ের বর্গের সমানুপাতিক।" অর্থাৎ $H \alpha\ t^2$ ।

প্রশ্নঃ- (৮)ঃ- u বেগে খাড়া উপরের দিকে নিক্ষিপ্ত বস্তুর ক্ষেত্রে নিম্নোক্ত রাশি সমূহ নির্ণেয় কর।

(i) সর্বাধিক উচ্চতা (ii) সর্বাধিক উচ্চতায় পৌঁছিতে সময় (iii) উড্ডয়ন কাল বা উত্থান ও পতনের সময় (iv) ভূমিতে পৌঁছার সময় বেগ।

উত্তরঃ- (i) সর্বাধিক উচ্চতাঃ- ধরি, একটি বস্তুকে u আদিবেগে খাড়া উপরের দিকে নিক্ষেপ করা হল। উপরের দিকে উঠার সময় বস্তুর অভিকর্ষজ ত্বরণ = - g। h উচ্চতায় উঠার পর যদি শেষবেগ = v হয় তাহলে আমরা পাই,

$$v^2 = u^2 - 2gh$$

যদি সর্বাধিক উচ্চতা $= H$ হয় তাহলে H উচ্চতায় শেষবেগ $V = O$ হবে।

$$\therefore O = \mu^2 - 2gH$$

বা, $2gH = U^2$

$$\therefore H = \frac{U^2}{2g} ....(1)$$

(ii) **সর্বাধিক উচ্চতায় পৌঁছিতে সময় ঃ** ধরি, একটি বস্তুকে μ আদি বেগে খাড়া উপরের দিকে নিক্ষেপ করা হল। তাহলে বস্তুটির উপর অভিকর্ষজ ত্বরণ $= -g$ । যদি t সময় পর বস্তুর শেষবেগ $= V$ হয় তাহলে আমরা পাই,

$$v = u - gt$$

যদি t সময়েই বস্তুটি সর্বাধিক উচ্চতায় পৌঁছে তাহলে শেষবেগ $v = o$ হবে।

$$\therefore o = u - gt$$

$$\therefore gt = u$$

$$\therefore t = \frac{u}{g} ....(1)$$

(iii) **উড্ডয়ন কাল বা উত্থান ও পতনের সময় ঃ** আমরা জানি, কোন বস্তুকে খাড়া উপরের দিকে নিক্ষেপ করা হলে বস্তুটি সর্বাধিক উচ্চতায় যেয়ে আবার ভূমিতে ফিরে আসতে মোট যে সময় নেয় তাকে উড্ডয়নকাল বলে। ইহাকে T দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

বস্তুটিকে u আদিবেগে উপরের দিকে নিক্ষেপ করা হলে, t সময় পর বস্তুটি যদি h উচ্চতায় পৌঁছে তাহলে আমরা পাই,

$$h = ut - \frac{1}{2} gt^2 ....(1)$$

যেহেতু T সময় পর বস্তুটি আবার ভূমিতে ফিরে আসে সেহেতু $t = T$ হলে $h = o$ হবে। অতএব (1) হতে পাই,

$$o = uT - \frac{1}{2} gT^2$$

বা, $\frac{1}{2} gT^2 = uT$

বা, $\frac{1}{2}gT = u$

বা, $gT = 2u$

$\therefore T = \frac{2u}{g}$...(2)

সমীকরণ (2)-ই উড্ডয়ন কালের রাশিমালা।

(iv) **ভূমিতে পৌঁছার সময় বেগ ঃ** মনেকরি, একটি বস্তুকে u আদিবেগে খাড়া উপরের দিকে নিক্ষেপ করা হল। যদি অভিকর্ষজ ত্বরণ $= g$ হয় এবং বস্তুটি h উচ্চতায় পৌঁছার পর যদি শেষবেগ $= v$ হয় তাহলে আমরা পাই,

$v^2 = u^2 - 2gh$.....................................(1)

বস্তুটি সর্বাধিক উচ্চতায় পৌঁছিয়া আবার ভূমিতে ফিরে আসিলে উহার উচ্চতা $h = o$ । অতএব সমীকরণ (1) থেকে পাই,

$v^2 = u^2 - 2g.o$

বা, $v^2 = u^2$

$\therefore\ v = u$

অর্থাৎ, বস্তুটিকে যে বেগে উপরের দিকে নিক্ষেপ করা হবে ভূমিতে পতনের সময় ঠিক সেই বেগই প্রাপ্ত হবে।

প্রশ্ন : (৯) :- $s_t = u + \frac{1}{2}a(2t-1)$ **সমীকরণে একক বা মাত্রাজনিত কিছু ত্রুটি আছে। ত্রুটিটা কি?**

উত্তর : $s_t = u + \frac{1}{2}a(2t-1)$ সমীকরণটির ডান পার্শ্বের রাশি s_t এর অর্থ t তম সেকেন্ডে অতিক্রান্ত দূরত্ব। অতএব, s_t এর মাত্রা হল $[L]$ এবং একক হল সে.মি., মিটার বা ফুট।

এখন সমীকরণটির ডান পার্শ্বের রাশিগুলো থেকে s_t এর মাত্রা পর্যালোচনা করি।

s_t এর মাত্রা $= LT^{-1} + LT^{-2}(T)$

$= LT^{-1} + LT^{-1}$

$= [LT^{-1}]$ ইহা বেগের মাত্রা সমীকরণ।

সুতরাং দেখা যাচ্ছে, দৈর্ঘ্যের মাত্রার পরিবর্তে পাওয়া যাচ্ছে বেগের মাত্রা এবং দৈর্ঘ্যের এককের পরিবর্তে পাওয়া যাচ্ছে বেগের একক। ইহাই সমীকরণটির একক বা মাত্রাজনিত ত্রুটি।

"সমস্যাবলী"-"রৈখিক গতি"

সমস্যা:(১):- একটি গাড়ী স্থিরাবস্থা থেকে সমত্বরণে যাত্রা শুরু করল। 3sec. **পর গাড়ীটি** $9ms^{-1}$ **বেগ প্রাপ্ত হল। গাড়ীটির ত্বরণ ও উক্ত সময়ের দূরত্ব নির্ণয় কর।** [এখানে, $u = 0, t = 3\text{sec.}, v = 9ms^{-1}$ । $a = ?, s = ?$ । $v = u + at$ এবং $s = ut + \frac{1}{2}at^2$ সূত্রদ্বয় ব্যবহার কর] উঃ $3ms^{-2}$ ও $13.5m$ ।

সমস্যা:(২):- একটি বস্তু স্থিরাবস্থা হতে $4ms^{-2}$ **সমত্বরণে যাত্রা শুরু করল।** 6 **সেকেন্ড পর বস্তুটির গড়বেগ নির্ণয় কর এবং উক্ত সময়ে অতিক্রান্ত দূরত্ব নির্ণয় কর।**

[এখানে, $u = o, a = 4ms^{-2}, t = 6\text{sec.}, \bar{v} = \frac{u+v}{2}; s = \bar{v}t$ । উঃ $12ms^{-1}$ ও $72m$ ।

সমস্যা:(৩):– একটি ট্রেন ঘন্টায় $60km$ **বেগে চলা অবস্থায় ব্রেক কষে এতে** $50cms^{-2}$ **মন্দন সৃষ্টি করা হল। ট্রেনটি কতক্ষণ পর থেমে যাবে? উক্ত সময়ে কত দূরত্ব অতিক্রম করবে?** উঃ 33.34sec. এবং $277.89m$ ।

সমস্যা:(৪):– একটি বস্তু $3ms^{-2}$ **সমত্বরণে চলছে। এর আদিবেগ**$10ms^{-1}$ । **বস্তুটি যখন** $60m.$ **পথ অতিক্রম করবে তখন এর বেগ কত হবে?** উঃ $21.45ms^{-1}$ ।[এখানে, $a = 3ms^2, u = 10ms^{-1}, s = 60m,$ শেষবেগ $v = ? v^2 = u^2 + 2as$ ব্যবহার কর]

সমস্যা:(৫):– একটি স্থির বস্তু$5ms^{-2}$ **সমত্বরণে চলা শুরু করল। কত দূরত্ব অতিক্রম করার পর উহার বেগ**$25ms^{-1}$ **হবে?** [সমস্যা (৪)-এর অনুরূপ] উঃ $62.5m$ ।

সমস্যা:(৬):– একটি ট্রেন $20ms^{-1}$ **বেগে চলছিল। ব্রেক কষায় এটি সম-মন্দনে চলে** $0.3km$ **দূরত্বে গিয়ে থেমে যায়। গাড়ীটির মন্দন কত?** উঃ $0.67ms^{-2}$ ।

সমস্যা:(৭):– একটি বস্তু সমত্বরণে চলে চতুর্থ সেকেন্ডে $64.m$ **এবং সপ্তম সেকেন্ডে** $76m.$ **দূরত্ব অতিক্রম করে। বস্তুটির আদিবেগ ও ত্বরণ কত? বস্তুটি দশম সেকেন্ডে কত দূরত্ব অতিক্রম করবে?** উঃ $u = 50m\bar{s}^1, a = 4m\bar{s}^2, s_{10} = 88m.$ ।

[এখানে, $s_4 = 64m., s_7 = 76m.$ $u = ? a = ? s_{10} = ?$ । $s_t = u + \frac{1}{2}a(2t-1)$ সমীকরণ অনুসারে

$s_4 = u + \frac{1}{2}a(2\times4-1)$ বা, $64 = u + \frac{7a}{2}$ বা, $2u + 7a = 128$.....................(1)

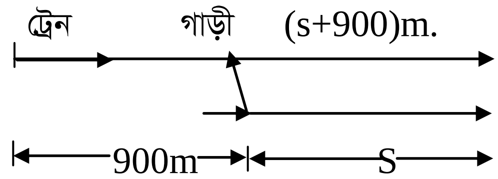
আবার, $s_7 = u + \frac{1}{2}a(2\times7-1)$ বা, $76 = u + \frac{13a}{2}$ বা, $2u + 13a = 152$..................(2)

(2) থেকে (1) বিয়োগ কর তাহলে a পাওয়া যাবে। অত:পর $s_{10} = u + \frac{1}{2}a(2\times10-1)$ ।

সমস্যা:(৮):– একটি ট্রেন নির্দিষ্ট বেগে গতিশীল থাকা অবস্থায় ব্রেক কষে সম-মন্দন সৃষ্টি করা হলো। ট্রেনটি তৃতীয় সেকেন্ডে $55m.$ **এবং পঞ্চম সেকেন্ডে** $51m.$ **দূরত্ব অতিক্রম করে। ট্রেনটি অষ্টম সেকেন্ডে কত দূরত্ব যাবে।** উ: $45m.$ ।

[সমস্যা (৭) এর অনুরূপ। তবে মন্দনের সূত্র ব্যবহার করতে হবে।]

সমস্যা:(৯):– একটি ট্রেন স্থির অবস্থান থেকে $6m\bar{s}^2$ **সমত্বরণে চলতে আরম্ভ করল। একই সময়ে একটি গাড়ী** $900m$ **সামনের কোন স্থান থেকে** $60m\bar{s}^1$ **সমবেগে ট্রেনের সমান্তরালে চলা শুরু করল।** (i) **গাড়ীটি কত পথ গেলে ট্রেনটি গাড়ীটি কে অতিক্রম করবে?** (ii) **গাড়ীটিকে অতিক্রমের সময় ট্রেন কর্তৃক অতিক্রান্ত দূরত্ব কত?**



এখানে ট্রেনের আদিবেগ, $u = o$

,, সমত্বরণ, $a = 6m\bar{s}^2$

গাড়ীর সমবেগ, $v = 60m\bar{s}^1$

(i) ধরি, t সময় পর ট্রেনটি গাড়ীটিকে পিছনে ফেলবে এবং এই সময়ে গাড়ী কর্তৃক অতিক্রান্ত দূরত্ব $= s$ । অতএব ট্রেন কর্তৃক অতিক্রান্ত দূরত্ব $= (s+900)m$ ।

এখন, গাড়ীর ক্ষেত্রে পাই, $s = vt$ বা, $s = 60t$..........................(1)

ট্রেনের ক্ষেত্রে পাই, $s + 900 = ut + \frac{1}{2}at^2$

বা, $s + 900 = o + \frac{1}{2} \times 6t^2$

বা, $60t + 900 = 3t^2$ [(1) থেকে s এর মান বসাইয়া]

বা, $t^2 - 20t - 300 = 0$

বা, $t^2 - 30t + 10t - 300 = 0$

বা, $t(t-30) + 10(t-30) = 0$

বা, $(t-30)(t+10) = 0$

বা, $t = 30\sec$ অথবা $t = -10\sec.$

$t = -10\sec$ গ্রহণযোগ্য নয়। অতএব ট্রেনটি $30\sec.$ পর গাড়ীটিকে পিছনে ফেলে। t এর মান সমীকরণ এ (1) বসাই, $s = 60 \times 30 = 1800m$ । $\therefore$ গাড়ীটি যখন $1800m$ দূরত্ব অতিক্রম করবে তখন ট্রেনটি গাড়ীটিকে অতিক্রম করবে। (উ:)

(ii) গাড়ী কর্তৃক অতিক্রান্ত দূরত্ব $= (s+900) = 1800 + 900 = 2700m.$

$\therefore$ ট্রেনটি $2700m$ দূরত্ব অতিক্রমের পর গাড়ীটিকে পিছনে ফেলবে। (উ:)

সমস্যা: (১০): $6m\bar{s}^2$ **সুষম ত্বরণে চলন্ত কোন জাহাজ একটি স্থির জেলে নৌকাকে অতিক্রম করার** $20\sec.$ **পর জাহাজ ও নৌকার মধ্যবর্তী দূরত্ব** $3km.$ **। নৌকাটিকে অতিক্রম করার সময়ে জাহাজটির বেগ কত ছিল?** উ: $90m\bar{s}^1$ ।

[এখানে, $s = 3000m, a = 6m\bar{s}^2, t = 20\sec. u = ? s = ut + \frac{1}{2}at$ ব্যবহার কর]

সমস্যা: (১১):- $20m\bar{s}^1$ **বেগে গতিশীল একটি বস্তুর বেগ প্রতি সেকেন্ডে** $3m\bar{s}^1$ **হারে হ্রাস পায়। থেমে যাবার আগে বস্তুটি কত দূরত্ব অতিক্রম করবে?** উ: $66.67m.$

সমস্যা: (১২):- $50kg$ **ভরের এক ব্যক্তি** $950kg$ **ভরের একটি গাড়ী স্থিরাবস্থান থেকে প্রথম** $10\sec.$ **সমত্বরণে চালাল। অত:পর** $10\min.$ **সমবেগে চালানোর পর ব্রেক চেপে** $5\sec.$ **সময়ের মধ্যে গাড়ী থামাল। যাত্রা শুরুর** $2\sec.$ **পর গাড়ীর বেগ** $4m\bar{s}^1$ **হলে গাড়ী কর্তৃক মোট অতিক্রান্ত দূরত্ব কত?**

ধরি, সমত্বরণে অতিক্রান্ত দূরত্ব $= S_3$, সমবেগে অতিক্রান্ত দূরত্ব $= s_2$, সম মন্দনে অতিক্রান্ত দূরত্ব $= s_3$

তাহলে মোট অতিক্রান্ত দূরত্ব,

$s = s_1 + s_2 + s_3$........................(1)

সমত্বরণ a হলে প্রথম 2 সেকেন্ড পর শেষবেগ,

$v = u + at$

বা, $4 = o + 2a$

$\therefore$ $a = 2m\bar{s}^2$

$\therefore$ $s_1 = (ut_1 + \frac{1}{2}at^2{}_1) = o + \frac{1}{2}.2.(10)^2 = 100m$

আদিবেগ, $u = o$

সমত্বরণে চলার সময়, $t_1 = 10\sec.$

সমবেগে চলার সময়, $t_2 = 10\min.$ $= 600\sec.$

থামাতে বা সমমন্দনে চলার সময়, $t_3 = 5\sec.$

যাত্রা শুরুর $2\sec.$ পর গাড়ীর শেষবেগ, $v = 4m\bar{s}^1$

প্রথম হতে মোট অতিক্রান্ত দূরত্ব $s = ?$

$10\sec.$ পর শেষবেগই হবে পরবর্তী সময়ের সমবেগ।

ধরি, এই শেষবেগ $= v_1$ ।

$\therefore$ $v_1 = u + at_1$

বা, $v_1 = o + 2 \times 10 = 20m\bar{s}^1$

v_1 সমবেগে $600\sec.$ এ অতিক্রান্ত দূরত্ব, $s_2 = v_1 t_2 = 20 \times 600 = 12000m.$

আবার, এই v_1 বেগ হবে সমমন্দনে চলার আদি বেগ। এক্ষেত্রে শেষবেগ $v = o$, সমমন্দন a_1 হলে আমরা পাই,

$$v = v_1 - a_1 t_3$$

বা, $o = 20 - 5a_1$

$\therefore \quad a_1 = 4ms^{-2}$ ।

$$\therefore \quad s_3 = v_1 t_3 - \frac{1}{2} a_1 t_3^2 = 20 \times 5 - \frac{1}{2}.4.(5)^2 = 100 - 50 = 50m.$$

এখন (1) থেকে পাই, $s = 100 + 12000 + 50 = 12150m = 12.15km.$ (উঃ)

সমস্যা : (১৩) :- একটি বন্দুকের গুলি কোন দেয়ালের মধ্যে 3cm প্রবেশ করার পর $\frac{4}{5}$ অংশ বেগ হারায়। উহা আর কতদূর প্রবেশ করবে?

এখানে, ১ম ক্ষেত্রে সরন, $s_1 = 3cm$

২য় ক্ষেত্রে সরন, $s_2 = ?$

ধরি, উভয় ক্ষেত্রে সম-মন্দন $= a$

১ম ক্ষেত্রে পাই, $v_1^2 = u_1^2 - 2as_1$

বা, $\left(\frac{u_1}{5}\right)^2 = u_1^2 - 2a.3$

বা, $6a = u_1 - \frac{u_1^2}{25} = \frac{24u_1^2}{25}$

$$\therefore a = \frac{24u_1^2}{25 \times 6} = \frac{4u_1^2}{25}$$

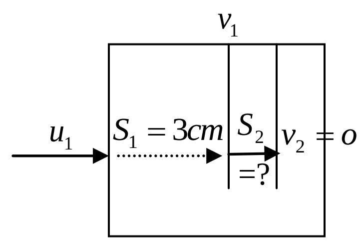
২য় ক্ষেত্রে পাই,

$$v_2^2 = u_2^2 - 2as_2$$

বা, $o = \frac{u_1^2}{25} - 2.\frac{4u_1^2}{25} s_2$

বা, $\frac{8u_1^2}{25} s_2 = \frac{u_1^2}{25}$

$$\therefore s_2 = \frac{u_1^2}{25} \times \frac{25}{8u_1^2} = \frac{1}{8} cm \text{ (Ans.)}$$



ধরি, ১ম ক্ষেত্রে আদিবেগ $= u_1$

$\therefore$ ১ম ক্ষেত্রে শেষবেগ,

$v_1 = u_1 - u_1$ এর $\frac{4}{5}$

$= u_1 - \frac{4u_1}{5} = \frac{u_1}{5}$

দ্বিতীয় ক্ষেত্রে আদিবেগ = ১ম ক্ষেত্রের শেষবেগ $= \frac{u_1}{5} = u_2$

২য় ক্ষেত্রে শেষবেগ $v_2 = 0$

সমস্যা : (১৪) :- একটি লক্ষ্যস্থলে গুলি ছোড়া হল। 0.06 m. ভেদ করার পর গুলিটির বেগ অর্ধেক হয়ে গেল। গুলিটি আর কতদূর ভেদ করে যাবে? উঃ .02 m.

সমস্যা : (১৫) :- একটি বন্দুকের গুলি কোন দেয়ালের মধ্যে 2cm প্রবেশ করার পর এক তৃতীয়াংশ বেগ হারায়। উহা আর কতদূর প্রবেশ করবে? উঃ 1.6 cm

সমস্যা : (১৬) :- $100ms^{-1}$ বেগে চলনন্ত একটি বুলেট 1m পুরু একটি বালির স্তুপ ভেদ করে বেরিয়ে আসার সময় $40ms^{-1}$ বেগ প্রাপ্ত হয়। বুলেটটিকে সম্পূর্ণ থামিয়ে দিতে কত পুরু বালির স্তুপ প্রয়োজন?

[সমস্যা ১৩ বা ১৪ এর মত। s' বের করে s এর সাথে যোগ কর।

সমস্যা : (১৭) :- একটি লক্ষ্য বস্তুর a মিটার ভেদ করার পর একটি বন্দুকের গুলি তার আদিবেগের $\frac{1}{n}$ অংশ বেগ হারায়। গুলিটি আর কতদূর ভেদ করবে? উঃ $\frac{a(n-1)^2}{(2n-1)}$ [নিজে কর]

সমস্যা : (১৮) :- একটি বস্তু $50m$ উচ্চতা হতে অভিকর্ষের টানে মুক্তভাবে কাদা মাটির উপর পড়ল। $3m$ কাদা ভেদ করার পড় বস্তুটি অর্ধেক বেগ হারায়। বস্তুটি কাদার গভীরে আর কত দূরত্ব যাবে? উঃ $1m$

[সংকেত : $v^2 = u^2 + 2gh$ ব্যবহার করে v নির্ণয় কর। নির্ণীত v হবে কাদা মাটির উপর পড়ার মুহূর্তের আদিবেগ u । এরপর সমস্যা (১৪)-এর অনুরূপ]

সমস্যা : (১৯) :- একটি বস্তু সমত্বরণে প্রথম 8sec. এ $320m$ এবং পরবর্তী 8sec. এ $480m$ পথ অতিক্রম করে। আদিবেগ ও ত্বরণ নির্ণয় কর। বস্তুটি প্রথম হতে দেড় মিনিটে কত দূরত্ব অতিক্রম করবে?

১ম ক্ষেত্রে পাই, $s_1 = ut_1 + \frac{1}{2} at_1^2$

বা, $320 = 8u + 32a$

$\therefore u + a = 40$......................(1)

এখানে, $t_1 = 8sec.$

$s_1 = 320m.$

১ম ও ২য় ক্ষেত্র মিলে মোট সময়

২য় ক্ষেত্রে পাই, $s_2 = ut_2 + \frac{1}{2}at_2^2$

বা, $800 = 16u + 128a$

$\therefore u + 8a = 50$......................(2)

$(2)-(1)$ করিয়া পাই, $a = 2.5ms^{-2}$ $(Ans.)$

a এর মান 1 এ বসাইয়া পাই,

$u = 30ms^{-1}$ $(Ans.)$

এখন, ১ম হতে দেড় মিনিটে অতিক্রান্ত দূরত্ব,

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

$= 30\times 90 + \frac{1}{2}\times 2.5\times 8100$

$= 2700 + 10125$

$= 12825m$ $(Ans.)$

$t_2 = (8+8) = 16\text{sec.}$

১ম ও ২য় ক্ষেত্র মিলে মোট দূরত্ব

$s_2 = (320+480)$

$= 800m.$

$u = ?,\quad a = ?$

তৃতীয় ক্ষেত্রে সর্বমোট সময়

$t = 1.5\text{min.}$

$= 1.5\times 60$

$= 90\text{sec.}$

সর্বমোট দূরত্ব $S = ?$

সমস্যা : (২০) :- সমত্বরণে চলমান একটি বস্তুর প্রথম পাঁচ সেকেন্ডের গড়বেগ $35ms^{-1}$ **এবং পরবর্তী পাঁচ সেকেন্ডের গড়বেগ** $85ms^{-1}$ **হলে আদিবেগ ও ত্বরণ কত?** উ: $u = 30ms^{-1}, a = 10ms^{-2}$ ।

[সংকেত : ১ম 5sec. এর অতিক্রান্ত দূরত্ব $s_1 = \bar{v}_1 t_1 = (35\times 5) = 175m$ । আবার ২য় 5sec. এর অতিক্রান্ত দূরত্ব $s_2 = \bar{v}_2 t_2 = (85\times 5) = 425m$ । অতএব প্রথম হতে $(5+5) = 10\text{sec.}$ এ অতিক্রান্ত দূরত্ব $= s = (175+425) = 600m.$ । এখন সমস্যা ১৯-এর মত $s_1 = ut_1 + \frac{1}{2}at_1^2$ এবং $s = ut + \frac{1}{2}at^2$ প্রয়োগ কর]

সমস্যা : (২১) :-একটি বস্তুকে $196ms^{-1}$ **বেগে খাড়া উপরের দিকে নিক্ষেপ করা হলো।** $(i)20\text{sec.}$ **পর বস্তুটির বেগ কত?** (ii) **সর্বাধিক উচ্চতায় উঠতে কত সময় লাগবে?** (iii)**সর্বাধিক উচ্চতা হতে ভূমিতে পড়তে কত সময় লাগবে?** (iv) **উপরে উঠে আবার ভূমিতে পৌঁছিতে কত সময় লাগবে? (উড্ডয়ন কাল)** (v) **সর্বাধিক উচ্চতা কত?** (vi) **বস্তুটির পক্ষে** $2km$ **উপরে উঠা কি সম্ভব?**

উ: $(i)0, (ii)20\text{sec.}, (iii)20\text{sec.}, (iv)40\text{sec.}, (v)1960m. (vi)$ না।

সমস্যা : (২২) :- একটি বস্তুকে খাড়া উপরের দিকে $100ms^{-1}$ **বেগে নিক্ষেপ করা হলো। বস্তুটি যখন** $300m$ **উঁচুতে থাকবে তখন এর বেগ কত হবে?** উ: $\pm 64.2ms^{-1}$ ।

[সংকেত : $v^2 = u^2 - 2gh$ সূত্র ব্যবহার কর]

সমস্যা : (২৩) :- একটি বস্তুকে $98ms^{-1}$ **বেগে খাড়া উপরের দিকে নিক্ষেপ করা হলো দেখাও যে,** 3sec. **ও** 17sec. **পর বস্তুর বেগ সমান কিন্তু বিপরীতমুখী হবে।**

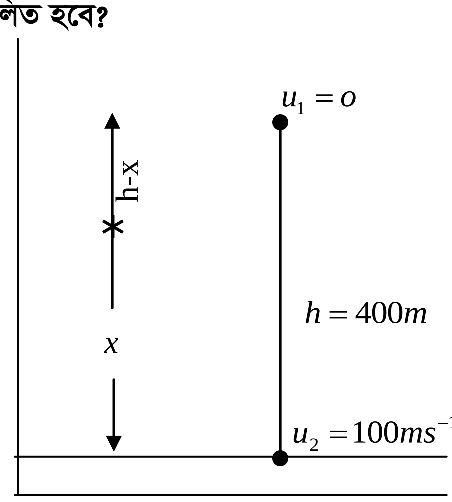
[সংকেত : $u = 98ms^{-1}, t_1 = 3\text{sec.}, t_2 = 17\text{sec.}, g = 9.8ms^{-2}$ । $v_1 = u - gt_1$ ব্যবহার করলে, $v_1 = 68.6ms^{-1}$ (উপরের দিকে) এবং $v_2 = u - gt_2$ ব্যবহার কর $v_2 = -68.6ms^{-1}$ (নিচের দিকে)]

সমস্যা : (২৪) :- ঊর্ধ্বগামী একটি বেলুন হতে একটি বস্তু ছেড়ে দেয়া হলো। বস্তুটি ফেলার সময় বেলুনটি ভূমি থেকে $1764m$ **উপরে ছিল। বস্তুটি ছেড়ে দেয়ার** 20sec. **পর ভূমিতে পৌঁছায়। বস্তুটি ছেড়ে দেয়ার সময় বেলুনের ঊর্ধ্বমুখী বেগ কত ছিল?** উ: $9.8ms^{-1}$ ।

[সংকেত : বেলুনের উচ্চতা বা বস্তুর উচ্চতা $h = 1764m, t = 20\text{sec.}, g = 9.8ms^{-2}$ বেলুনের ঊর্ধ্বমুখী বেগ বা বস্তুর আদিবেগ $u = ?$ । এখানে $h = ut + \frac{1}{2}gt^2$ সূত্র ব্যবহার করতে হবে। তবে $u = -u$ ধরতে হবে। কারণ ছেড়ে দেওয়ার মুহূর্তে বস্তুটির আদিবেগ ঊর্ধ্বমুখী ছিল, অতপর নিচের দিকে পড়েছে।]

সমস্যা : (২৫) :- $400m.$ **উচ্চতা হতে একটি বস্তু ফেলে দেয়া হলো। একই সময় অন্য একটি বস্তুকে** $100ms^{-1}$ **বেগে খাড়া উপরের দিকে নিক্ষেপ করা হলো। বস্তুদ্বয় কখন এবং কত উচ্চতায় পরস্পর মিলিত হবে?**

[সংকেত : ১ম বস্তুর আদিবেগ $u_1 = 0$, ২য় বস্তুর আদিবেগ, $u_2 = 100ms^{-1}$ । অভিকর্ষজ ত্বরণ $g = 9.8ms^{-2}$ । ধরি বস্তুদ্বয় t সময় পর ভূমি থেকে x উচ্চতায় পরস্পর মিলিত হবে। তাহলে ১ম বস্তুর সমত্বরণে সরণ হবে $= (h-x)m$ বা $(400-x)m$ এবং ২য় বস্তুর সম মন্দনে উপরের দিকে সরণ $= x$ ।



১ম বস্তুর ক্ষেত্রে পাই, $h - x = u_1 t + \frac{1}{2}gt^2$

বা, $400 - x = \frac{1}{2}gt^2$...........................(1)

২য় বস্তুর ক্ষেত্রে পাই, $x = u_2 t - \frac{1}{2} g t^2$

বা, $x = 100t - \frac{1}{2} g t^2$.......................(2)

(2) হতে x এর মান (1) এ বসাইলে $t = 4\text{sec.}$ পাওয়া যাবে। t এর মান (2) এ বসালে $x = 321.6m$ পাওয়া যাবে।
উঃ 4sec. পর $321.6m$ উচ্চতায়।

সমস্যা : (২৬) :- $s = \frac{1}{3} t^3 + 3t$ **সূত্রানুসারে একটি বস্তু সরল রেখায় চলছে।** 2sec. **পর বস্তুটির বেগ ও ত্বরণ নির্ণয় কর।**

উঃ $7ms^{-1}$ এবং $4ms^{-2}$ ।

সমস্যা : (২৭) :- সমত্বরণে গতিশীল বস্তুর t **সময় পর সরণ** $s = v_\circ t + \frac{1}{2} a t^2$ **হলে বস্তুটির শেষবেগ নির্ণয় কর।** [সংকেতঃ $v = \frac{ds}{dt}$ ব্যবহার কর। উঃ $v = v_\circ + at$ ।

সমস্যা : (২৮) :- একটি বস্তু স্থির অবস্থান থেকে যাত্রা শুরু করে প্রথম সেকেন্ডে $1m$ **দূরত্ব অতিক্রম করে। পরবর্তী** $1m$ **দূরত্ব অতিক্রম করতে কত সময় লাগবে?** উঃ 0.41sec.

[সংকেত : $u_1 = 0, s_1 = 1m$, ২য় ক্ষেত্রে সরণ $s_2 = 1m,$ সময় $t_2 = ?$ ১ম ক্ষেত্রে সময় $t_1 = 1\text{sec.}$ $s_1 = u_1 t_1 + \frac{1}{2} a t^2{}_1$ থেকে a নির্ণয় কর। অতঃপর $v_1 = u_1 + a t_1$ থেকে v_1 বের কর। v_1 হবে ২য় ক্ষেত্রের আদিবেগ $= u_2$ । এখন, $s_2 = u_2 t_2 + \frac{1}{2} a t^2{}_2$ থেকে t_2 বের কর]

সমস্যা : (২৯) :- একটি ট্রেন স্থির অবস্থান হতে $10ms^{-2}$ **সমত্বরণে চলতে আরম্ভ করল। একই সময় একটি গাড়ী** $100ms^{-1}$ **সমবেগে ট্রেনের সমান্তরালে একই স্থান থেকে যাত্রা শুরু করল। ট্রেনটি গাড়ীটিকে কখন পিছনে ফেলবে?** উঃ 20sec. পর।

সমস্যা : (৩০) :- $64m$ **উঁচু কোন স্থান থেকে** $5kg$ **ভরের একটি পাথর ছেড়ে দেয়া হলে** (i) **ভূমিতে পৌঁছিতে কত সময় লাগবে?** (ii) **ভূমিতে স্পর্শ করার সময় বেগ কত হবে?**

উঃ 3.61sec. এবং $35.38ms^{-1}$ ।

সমস্যা : (৩১) :- একটি বস্তুকে $98ms^{-1}$ **বেগে খাড়া উপরের দিকে নিক্ষেপ করলে প্রথম ও বিশতম সেকেন্ডে অতিক্রান্ত দূরত্ব নির্ণয় কর।** $h_t = u - \frac{1}{2} g(2t - 1)$ **সূত্র ব্যবহার কর।** উঃ $93.1m$ (উপরের দিকে) ও $93.1m$ (নিচের দিকে)।