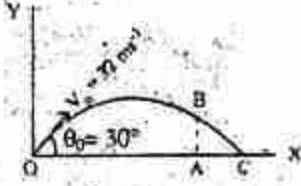


অধ্যায়-৩: গতিবিদ্যা

প্রশ্ন ১ দুই বন্ধু সুমন ও রানী দেখলো যে, ভূ-পৃষ্ঠস্থ O বিন্দু হতে একটি বস্তুকে 32 m.s^{-1} বেগে 30° কোণে নিক্ষেপ করায় 85 m দূরে অবস্থিত 2 m উচ্চ AB দেয়ালের উপর দিয়ে বস্তুটি ভূ-পৃষ্ঠে পতিত হয়।



- ক. মহাকর্ষীয় বিভব কাকে বলে? ১
খ. বল কীভাবে ক্রিয়াশীল থাকলে একটি বস্তু সমদ্রুতিতে গতিশীল থাকবে তা ব্যাখ্যা কর। ২
গ. O বিন্দু হতে নিক্ষেপণের 1.2 s সময় পরে নিষ্কিপ্ত বস্তুটির বেগ নির্ণয় কর। ৩
ঘ. উদ্দীপক অনুসারে নিক্ষেপণ কোণের সর্বনিম্ন কি পরিবর্তন করলে প্রাসটি AB দেয়ালে বাধা পাবে? গাণিতিক বিশ্লেষণসহ মতামত দাও। ৪

১নং প্রশ্নের উত্তর

ক অসীম দূরত্ব থেকে একক ভরের কোনো বস্তুকে মহাকর্ষীয় ক্ষেত্রের কোনো বিন্দুতে আনতে মহাকর্ষীয় বল দ্বারা সম্পন্ন কাজের পরিমাণকে ঐ বিন্দুর মহাকর্ষীয় বিভব বলে।

খ বস্তুর বেগের দিকের সাথে বল সর্বদা সমকোণে ক্রিয়াশীল থাকলে বস্তু সমদ্রুতিতে গতিশীল থাকবে। কারণ এক্ষেত্রে বল দ্বারা কৃত কাজ শূন্য হবে। ফলে কাজ-শক্তি উপপাদ্য অনুসারে বস্তুর গতিশক্তি তথা দ্রুতি ধ্রুব থাকবে। যেমন- কেন্দ্রমুখী বলের ক্রিয়ায় বস্তু সমদ্রুতিতে চলতে থাকে।

গ দেওয়া আছে,

$$\begin{aligned} \text{নিষ্কিপণ কোণ, } \theta_0 &= 30^\circ \\ \text{আদিবেগ, } v_0 &= 32 \text{ m.s}^{-1} \\ \text{সময়, } t &= 1.2 \text{ s} \end{aligned}$$

1.2 সেকেন্ড পরে নিষ্কিপ্ত বস্তুটির বেগ, $\vec{v} = ?$

আমরা জানি, বেগের অনুভূমিক উপাংশ

$$v_x = v_0 \cos \theta_0 = 32 \times \cos(30^\circ) \text{ m.s}^{-1} = 16\sqrt{3} \text{ m.s}^{-1}$$

এবং উল্লম্ব উপাংশ

$$v_y = v_0 \sin \theta_0 - gt = \{32 \times \sin(30^\circ) - 9.8 \times 1.2\} \text{ m.s}^{-1} = 4.24 \text{ m.s}^{-1}$$

$$\begin{aligned} \therefore \text{বেগের মান, } |\vec{v}| &= \sqrt{v_x^2 + v_y^2} \\ &= \sqrt{(16\sqrt{3})^2 + (4.24)^2} \text{ m.s}^{-1} \\ &= 28.035 \text{ m.s}^{-1} \text{ (Ans.)} \end{aligned}$$

ধরি, বেগের দিক = θ (অনুভূমিকের সাথে)

আমরা জানি,

$$\tan \theta = \frac{v_y}{v_x}$$

$$\text{বা, } \tan \theta = \frac{4.24}{16\sqrt{3}}$$

$$\begin{aligned} \text{বা, } \theta &= \tan^{-1} \left(\frac{4.24}{16\sqrt{3}} \right) \\ &= 8.698^\circ \text{ (Ans.)} \end{aligned}$$

ঘ উদ্দীপক হতে পাই,

$$\text{নিষ্কিপণ বেগ, } v_0 = 32 \text{ m.s}^{-1}$$

$$\text{নিষ্কিপণ কোণ, } \theta_0 = 30^\circ$$

$$\text{AB দেয়ালের দূরত্ব, } x = 85 \text{ m}$$

$$\text{AB দেয়ালের উচ্চতা, } y = 2 \text{ m}$$

মনে করি, বস্তুটিকে θ কোণে নিক্ষেপ করলে বস্তুটি ঠিক AB দেয়ালের উপর দিয়ে চলে যায়।

আমরা জানি,

$$y = (\tan \theta)x - \frac{g}{2(v_0 \cos \theta)^2} x^2$$

$$\text{বা, } 2 = \tan \theta \times 85 - \frac{9.8}{2(32 \cos \theta)^2} (85)^2$$

$$\text{বা, } 2 = \tan \theta \times 85 - \frac{34.573}{\cos^2 \theta}$$

$$\text{বা, } 2 = \tan \theta \times 85 - \sec^2 \theta (34.573)$$

$$\text{বা, } 2 = \tan \theta \times 85 - 34.573 (1 + \tan^2 \theta)$$

$$\text{বা, } 2 = \tan \theta \times 85 - 34.573 - 34.573 \tan^2 \theta$$

$$\text{বা, } 34.573 \tan^2 \theta - 85 \tan \theta + 36.573 = 0$$

$$\theta = 62.24^\circ \text{ অথবা, } \theta = 29.07^\circ$$

অতএব, নিষ্কিপণ কোণ সর্বনিম্ন $(30^\circ - 29.07^\circ) = 0.93^\circ$ কমালে প্রাসটি AB দেয়ালে বাধা পাবে।

প্রশ্ন ২ বাংলাদেশ-জিম্বাবুয়ের মধ্যকার মিরপুর টেস্টে সাকিব একটি বলকে ব্যাটের সাহায্যে আঘাত করায় বলটি 45° কোণে এবং 20 ms^{-1} বেগে বোলারের উপর দিয়ে মাঠের বাহিরে যেতে শুরু করে। মধ্য মাঠ থেকে একজন ফিল্ডার দৌড়াতে শুরু করলেন। ফিল্ডারটি বলের লাইনে পৌছানোর আগেই সেটি ছক্কাতে পরিণত হয়। মাঠের ভিতর বলটির অতিক্রান্ত দূরত্ব 35 m, ঢাকায় $g = 9.8 \text{ ms}^{-2}$ ।

(ঢা. বো. ২০১৭)

ক. স্থিতিস্থাপকতা কাকে বলে? ১

খ. খাড়া উপরে নিষ্কিপ্ত বস্তুর অনুভূমিক দূরত্ব শূন্য হয় কেন — ব্যাখ্যা কর। ২

গ. উদ্দীপকের বলটি সর্বাধিক কত উচ্চতায় উঠবে? ৩

ঘ. উদ্দীপকের ফিল্ডার উর্ধ্বে লাফ দিয়ে 3m উচ্চতায় বল ধরতে পারেন। তিনি যদি সময় মত বলের লাইনে পৌছতে পারতেন তাহলে তিনি বলটি ক্যাচ নিতে সমর্থ হতেন কি? উপরের সপক্ষে গাণিতিক বিশ্লেষণ দাও। ৪

২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক পদার্থ তার যে ধর্মের জন্য বল প্রয়োগে তার গঠনের পরিবর্তনে বাধা দেয় এবং প্রযুক্ত বল অপসারিত হলে তা পূর্বের গঠন ফিরে পায় তাকে স্থিতিস্থাপকতা বলে।

খ খাড়া উপরে নিষ্কিপ্ত বস্তুর ক্ষেত্রে অনুভূমিক দিকে নিষ্কিপণ বেগের উপাংশ শূন্য। তাই নিষ্কিপ্ত বস্তুর অনুভূমিক দূরত্বও শূন্য হয়।

গ দেওয়া আছে, নিষ্কিপণ বেগ, $v_0 = 20 \text{ m.s}^{-1}$

$$\text{নিষ্কিপণ কোণ, } \theta_0 = 45^\circ$$

$$\text{অভিকর্ষজ ত্বরণ, } g = 9.8 \text{ m.s}^{-2}$$

বের করতে হবে, সর্বাধিক উচ্চতা, $y_{\max} = ?$

$$\text{আমরা জানি, } y_{\max} = \frac{v_0^2 \sin^2 \theta_0}{2g} = \frac{(20 \text{ m.s}^{-1})^2 (\sin 45^\circ)^2}{2 \times 9.8 \text{ m.s}^{-2}} = 10.2 \text{ m (Ans.)}$$

যা মনে করি, বলটি 35 m অনুভূমিক দূরত্ব অতিক্রম করার মুহূর্তে ভূমি হতে y উচ্চতায় থাকবে। এ দূরত্ব অতিক্রমে t সময় লাগলে,

$$x = v_0 \cos \theta_0 \times t$$

$$\therefore t = \frac{x}{v_0 \cos \theta_0} = \frac{35 \text{ m}}{20 \text{ m.s}^{-1} \times \cos 45^\circ} = 2.475 \text{ sec}$$

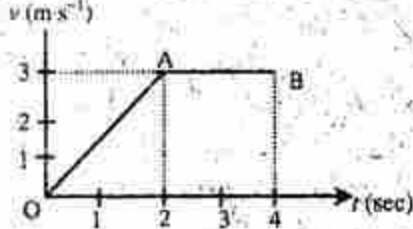
$$\therefore y = v_0 \sin \theta_0 \times t - \frac{1}{2} g t^2$$

$$= 20 \sin 45^\circ \times 2.475 - \frac{1}{2} \times 9.8 \times (2.475)^2$$

$$= 4.986 \text{ m} > 3 \text{ m}$$

সুতরাং ঐ ফিল্ডার ক্যাচ নিতে সমর্থ হতেন না।

প্রশ্ন ৩ নিচে বেগ বনাম সময়ের লেখচিত্র দেখানো হলো:-



রা. বো. ২০১৭/

- স্পর্শীয় ত্বরণ কাকে বলে? ১
- ভিন্ন ভিন্ন উচ্চতা থেকে পড়ন্ত বস্তুর অভিকর্ষীয় ত্বরণ সুসম থাকে না- ব্যাখ্যা কর। ২
- উদ্দীপক অনুসারে বস্তুর OA অংশের ত্বরণ নির্ণয় কর। ৩
- উদ্দীপকের লেখচিত্র অনুসারে বস্তুর OA এবং AB অংশের দূরত্ব এক না ভিন্ন গাণিতিকভাবে যাচাই কর। ৪

৩নং প্রশ্নের উত্তর

ক বৃত্তাকার গতিপথের স্পর্শক বরাবর বস্তুর বেগ বৃদ্ধির হারকে স্পর্শীয় ত্বরণ বলে।

খ ভূপৃষ্ঠ হতে h উচ্চতায় কোন স্থানে অভিকর্ষজ ত্বরণ g' হলে,

$$g' = \left(\frac{R}{R+h} \right)^2 g$$

যেখানে, R = পৃথিবীর ব্যাসার্ধ, g = ভূ পৃষ্ঠে অভিকর্ষজ ত্বরণ। এখানে দেখা যায় যে, উচ্চতা h বৃদ্ধির সাথে সাথে অভিকর্ষজ ত্বরণ g' এর মান হ্রাস পায় এবং h কমার সাথে সাথে অভিকর্ষজ ত্বরণ বৃদ্ধি পেয়ে থাকে। তাই ভিন্ন ভিন্ন উচ্চতা থেকে পড়ন্ত বস্তুর ক্ষেত্রে অভিকর্ষজ ত্বরণের মান আস্তে আস্তে বাড়তে থাকে তথা সুসম থাকে না।

গ চিত্র হতে, OA অংশের ক্ষেত্রে বস্তুর,

$$\text{আদিবেগ, } v_0 = 0$$

$$\text{শেষবেগ, } v = 3 \text{ m.s}^{-1}$$

$$\text{সময়কাল, } \Delta t = 2 - 0 = 2 \text{ s}$$

বের করতে হবে, ত্বরণ, a = ?

আমরা জানি,

$$a = \frac{v - v_0}{\Delta t}$$

$$= \frac{3 - 0}{2}$$

$$= 1.5 \text{ m.s}^{-2} \text{ (Ans.)}$$

ঘ 'গ' অংশ হতে পাই,

$$\text{OA অংশের, ত্বরণ, } a = 1.5 \text{ m.s}^{-2}$$

$$\text{আদিবেগ, } v_0 = 0$$

$$\text{শেষবেগ, } v_1 = 3 \text{ m.s}^{-1}$$

$$\text{সময়কাল, } t_1 = 2 \text{ s}$$

OA অংশের দূরত্ব s₁ হলে,

$$s_1 = v_0 t_1 + \frac{1}{2} a t_1^2$$

$$= 0 \times 2 + \frac{1}{2} \times 1.5 \times (2)^2$$

$$= 3 \text{ m}$$

আবার,

$$\text{AB অংশের বেগ, } v_2 = 3 \text{ m.s}^{-1}$$

$$\text{AB অংশের সময়কাল, } t_2 = 4 - 2 = 2 \text{ s}$$

\therefore AB অংশের দূরত্ব s₂ হলো,

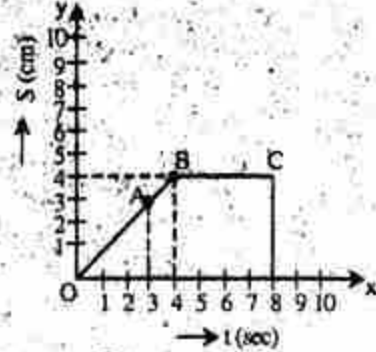
$$s_2 = v_2 t_2$$

$$= 3 \times 2 = 6 \text{ m}$$

অর্থাৎ, s₁ = s₂

অর্থাৎ, লেখচিত্র অনুসারে OA এবং AB অংশের দূরত্ব ভিন্ন।

প্রশ্ন ৪ একটি বস্তুর সরণ (s) বনাম সময় (t)-এর লেখচিত্র দেখানো হলো:



চিত্র: s-t লেখচিত্র

রা. বো. ২০১৬/

- পীচ কাকে বলে? ১
- দোলায়মান সেকেন্ড দোলক কোনো শব্দ উৎপন্ন করে না কেন? ২
- লেখচিত্রের AB অংশে বস্তুর ত্বরণের মান নির্ণয় কর। ৩
- লেখচিত্রের BC রেখাটি বস্তুর সমবেগ না স্থিরাবস্থা নির্দেশ করবে? গাণিতিকভাবে যাচাই কর। ৪

৪নং প্রশ্নের উত্তর

ক স্কুগজ বা স্ফেরোমিটারের বৃত্তাকার স্কেল একবার ঘুরালে তা রৈখিক স্কেল বরাবর যে দূরত্ব অতিক্রম করে তাকে ঐ যন্ত্রের পীচ বলে।

খ সেকেন্ড দোলকের দোলনকাল, T = 2 s

$$\text{এর কম্পাঙ্ক, } f \text{ হলে, } f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2 \text{ s}} = 0.5 \text{ Hz}$$

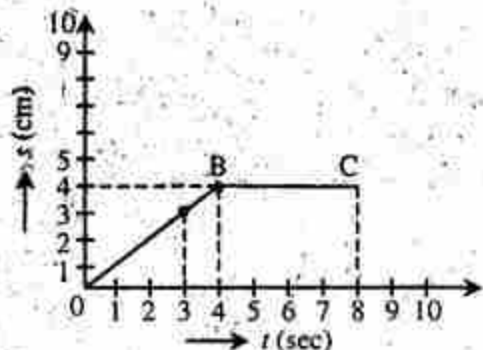
মানুষের শ্রাব্যতার ন্যূনতম সীমা 20 Hz. অর্থাৎ কোনো শব্দের কম্পাঙ্ক 20 Hz এর চেয়ে কম হলে তা মানুষ শুনতে পাবে না। সেকেন্ড দোলকের কম্পাঙ্ক 20 Hz এর চেয়ে অনেক কম হওয়ায়, সেকেন্ড দোলক কর্তৃক উৎপন্ন শব্দ মানুষ শুনতে পায় না। এ কারণে মনে হয়, সেকেন্ড দোলক কোনো শব্দ উৎপন্ন করে না।

গ প্রদত্ত লেখচিত্রে x অক্ষ বরাবর সময় এবং y অক্ষ বরাবর সরণ দেখানো হয়েছে। এখানে AB রেখাটি একটি মূলবিন্দুগামী সরলরেখা যার ঢাল ঐ বস্তুর বেগ নির্দেশ করে।

$$\therefore \text{বেগ, } v = \frac{ds}{dt} = \frac{4 \text{ cm} - 3 \text{ cm}}{4 \text{ s} - 3 \text{ s}} = 1 \text{ cm.s}^{-1}$$

যেহেতু AB রেখাটি একটি সরলরেখা এবং এক্ষেত্রে বেগ ধ্রুবক তাই বস্তুর কোনো ত্বরণ থাকবে না। অর্থাৎ AB অংশে বস্তুর ত্বরণ শূন্য। (Ans.)

ঘ



উদ্দীপকে লেখচিত্রে y অক্ষ বরাবর সরণ এবং x অক্ষ বরাবর সময়। O থেকে B পর্যন্ত প্রতি 1 s এ সরণ 1 cm। কিন্তু B থেকে C বিন্দুতে সময়ের সাথে সরণ পরিবর্তিত হয়না। তাই BC স্থিরাবস্থা নির্দেশ করে।

প্রশ্ন ৫ গোলকরক্ষকের 80 m সামনে থেকে একজন ফুটবল খেলোয়াড় অনুভূমিকের সাথে 30° কোণে 25 ms^{-1} বেগে বল কিক করে। একই সময়ে গোলকিপার বলটি ধরার জন্য বলের দিকে 10 ms^{-1} সমবেগে দৌড়ে যায়। $[g = 9.8 \text{ ms}^{-2}]$

- ক. কৌণিক ভরবেগ কাকে বলে? ১
খ. মহাকর্ষীয় ক্ষেত্রে দূরত্বের সাপেক্ষে মহাকর্ষীয় বিভবের পরিবর্তন ব্যাখ্যা কর। ২
গ. কিক করার 0.5 সে. পরে বলের বেগ কত? ৩
ঘ. বলটি ভূমিতে পড়ার আগে গোলকিপার বলটি ধরতে পারবে কিনা — গাণিতিক বিশ্লেষণ করে মতামত দাও। ৪

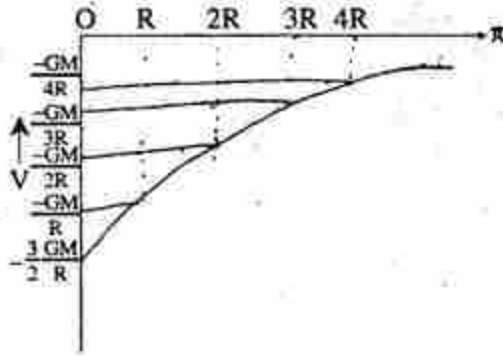
৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক ঘূর্ণায়মান বস্তুর ঘূর্ণন অক্ষের সাপেক্ষে ঘূর্ণন জড়তা বা জড়তার ভ্রামক ও কৌণিক বেগের গুণফলকে ঐ অক্ষের সাপেক্ষে ঘূর্ণায়মান বস্তুর কৌণিক ভরবেগ বলে।

খ আমরা জানি, R ব্যাসার্ধ ও M ভরের কোনো বস্তু থেকে r ($r \geq R$) দূরত্বে কোনো বিন্দুতে মহাকর্ষ বিভব,

$$V = -\frac{GM}{r}$$

সূত্রাং দূরত্ব বৃদ্ধির সাথে V এর মান দূরত্বের ব্যস্তানুপাতে কমতে থাকবে কিন্তু বিভব ঋণাত্মক হওয়ায় V এর মান বাড়তে থাকে এবং অসীম দূরত্বে মহাকর্ষ বিভব শূন্য। দূরত্বের সাথে মহাকর্ষ বিভবের পরিবর্তন নিচের লেখচিত্রের সাহায্যে দেখানো যায়—



গ দেওয়া আছে,

নিষ্ক্ষেপণ বেগ, $v_0 = 25 \text{ m.s}^{-1}$

নিষ্ক্ষেপণ কোণ, $\theta_0 = 30^\circ$

কিক করার $t = 0.5 \text{ sec}$ পর অনুভূমিক বেগ, $v_x = v_{0x} = v_0 \cos \theta_0$

$$= 25 \text{ m.s}^{-1} \times \cos 30^\circ = 21.65 \text{ m.s}^{-1}$$

এবং উল্লম্ব বেগ, $v_y = v_0 \sin \theta_0 - gt$

$$= 25 \text{ m.s}^{-1} \times \sin 30^\circ - 9.8 \text{ m.s}^{-2} \times 0.5 \text{ sec}$$

$$= 7.6 \text{ m.s}^{-1}$$

\therefore কিক করার 0.5 sec পরে বলের বেগের মান, $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$

$$= \sqrt{21.65^2 + 7.6^2} \text{ m.s}^{-1} = 22.94 \text{ m.s}^{-1} \text{ Ans.}$$

মনে করি, বলের বেগের দিক অনুভূমিকের সাথে θ কোণ উৎপন্ন করে।

$$\therefore \tan \theta = \frac{v_y}{v_x} = \frac{7.6}{21.65} = 0.351039$$

$$\therefore \theta = \tan^{-1}(0.351039) = 19.45^\circ$$

\therefore 0.5s পর বলটির বেগের মান 22.94 m.s^{-1} এবং এই বেগের দিক হবে অনুভূমিকের সাথে 19.45° কোণ করে উপরের দিকে। (Ans.)

ঘ বলটির অনুভূমিক পাল্লা, $R = \frac{v_0^2 \sin 2\theta}{g} = \frac{(25 \text{ m.s}^{-1})^2 \sin(2 \times 30^\circ)}{9.8 \text{ m.s}^{-2}}$

$$= 55.23 \text{ m}$$

এবং বিচরণকাল, $T = \frac{2v_0 \sin \theta}{g} = \frac{2 \times 25 \text{ m.s}^{-1} \times \sin 30^\circ}{9.8 \text{ m.s}^{-2}} = 2.55 \text{ sec}$

\therefore এই সময়ে গোলকিপার কর্তৃক অতিক্রান্ত দূরত্ব $= 2.55 \text{ sec} \times 10 \text{ m.s}^{-1}$

$$= 25.5 \text{ m}$$

গোলপোস্ট থেকে বলটির পতন বিন্দুর দূরত্ব $= 80 \text{ m} - 55.23 \text{ m}$

$$= 24.77 \text{ m}$$

যেহেতু গোলকিপার বলটি ভূমিতে পতিত হওয়ার আগেই এসেছিল, তাই গোলকিপার বলটি ধরতে পারবে।

প্রশ্ন ৬ একজন ফুটবল খেলোয়াড় গোলপোস্টের 25 m সামনে হতে ভূমির সাথে 20° কোণে এবং 20 m.s^{-1} বেগে ফুটবলকে কিক করে। গোলপোস্টের উচ্চতা 2 m।

(দি. বো. ২০১৭)

- ক. প্রাস কাকে বলে? ১
খ. পড়ন্ত বস্তুর উপর অভিকর্ষজ বল কর্তৃক কৃতকাজ ধনাত্মক—ব্যাখ্যা কর। ২
গ. 1 sec পর বলটির বেগ নির্ণয় কর। ৩
ঘ. উক্ত বল হতে গোল হওয়ার সম্ভাবনা গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে যাচাই কর। ৪

৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো বস্তুকে অনুভূমিকের সাথে তির্যকভাবে নিষ্ক্ষেপ করা হলে তাকে প্রাস বলে।

খ অভিকর্ষ বল কর্তৃক কৃতকাজের ক্ষেত্রে প্রযুক্ত বল ও সরণ একই দিকে হয় বলে অভিকর্ষ বল কর্তৃক কৃতকাজ ধনাত্মক হয়। আমরা জানি, যদি বল প্রয়োগের ফলে বলের প্রয়োগ বিন্দু বলের দিকে সরে যায় বা বলের দিকে সরণের উপাংশ থাকে, তাহলে সেই বল ও বলের দিকে সরণের উপাংশের গুণফলকে ধনাত্মক কাজ বলে। একটি বস্তু উপর থেকে মাটিতে ফেলে দিলে বস্তুটি অভিকর্ষ বলের দিকে পড়বে। এক্ষেত্রে প্রযুক্ত বল তথা বস্তুর ওজন $m\vec{g}$ এবং সরণ \vec{s} এর দিক একই তথা নিচের দিকে হয়। ফলে অভিকর্ষ বল কর্তৃক কৃতকাজ ধনাত্মক হয়।

গ ১(গ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: 19.026 ms^{-1} অনুভূমিকে সাথে 8.95° কোণে নিচের দিকে।

ঘ উদ্দীপক হতে পাই,

অনুভূমিক দূরত্ব, $x = 25 \text{ m}$

প্রক্ষেপণ কোণ, $\theta_0 = 20^\circ$

প্রক্ষেপণ বেগ, $v_0 = 20 \text{ m.s}^{-1}$

গোল পোস্টের উচ্চতা, $h = 2 \text{ m}$

অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8 \text{ m.s}^{-2}$

উল্লম্ব উচ্চতা, $y = ?$

আমরা জানি,

$$y = x \tan \theta_0 - \frac{gx^2}{2(v_0 \cos \theta_0)^2}$$

$$= 25 \tan 20^\circ - \frac{9.8 \times (25)^2}{2(20 \cos 20^\circ)^2}$$

$$= 9.099 - 8.67$$

$$= 0.429 \text{ m}$$

যেহেতু গোল পোস্টের অবস্থানে ফুটবলটির উচ্চতা গোলপোস্টের উচ্চতা থেকে কম সেহেতু গোল রক্ষক বলটি ধরতে না পারলে গোল হওয়ার সম্ভাবনা রয়েছে।

প্রশ্ন ৭ ফিফা ফুটবল ওয়ার্ল্ড কাপ কোয়ালিফায়িং ম্যাচে বাংলাদেশ-তাজিকিস্তানের মধ্যকার খেলায় বাংলাদেশ টিমের 'জাহিদ হাসান এমিলি' তাজিকিস্তানের গোলপোস্টের 35m সামনে থেকে বলে কিক করলেন। বলটি ভূমির সাথে 45° কোণে 20 ms^{-1} বেগে গোল পোস্টের দিকে উড়ে গেল। কিকের অবস্থান হতে 4m দূরে তাজিকিস্তানের 2 জন খেলোয়াড় বলটিকে প্রতিরোধ করার জন্য দাঁড়িয়েছিল। গোলরক্ষক গোলপোস্টের যে প্রান্তে দাঁড়িয়েছিল বলটি তার বিপরীত প্রান্ত দিয়ে পোস্টের দিকে ধেয়ে গেল। গোলপোস্টের উচ্চতা 2.4m।

(দি. বো. ২০১৬)

- ক. অভিকর্ষ কেন্দ্র কাকে বলে? ১
খ. রকেটের বেগ মুক্তিবৈগন্য কেন? ২
গ. প্রতিরোধকারী খেলোয়াড়ের মাথার উপরে উড়ন্ত বলটির বেগ কত? নির্ণয় কর। ৩
ঘ. এমিলির কিক হতে গোল হবে কিনা—গাণিতিক বিশ্লেষণ কর। ৪

৭নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো বস্তুর উপর পৃথিবীর আকর্ষণ বলের লম্বি যে বিন্দুতে ক্রিয়া করে তাকে বস্তুটির অভিকর্ষ কেন্দ্র বা ভার কেন্দ্র বলে।

খ কোনো বস্তুকে সর্বনিম্ন যে বেগে খাড়া উপরের দিকে নিক্ষেপ করলে তা আর পৃথিবীতে ফিরে আসে না তাকে মুক্তি বেগ বলে। মুক্তি বেগের ক্ষেত্রে বেগ দিয়ে ছেড়ে দেয়া হয়। এতে আর কোনো প্রকার শক্তি সরবরাহের প্রয়োজন হয় না। কিন্তু রকেট নিক্ষেপের ক্ষেত্রে সব সময়ই জ্বালানী ব্যবহার করে শক্তি সরবরাহ করা হয়। তাই রকেট নিক্ষেপের জন্য মুক্তি বেগ দেয়ার প্রয়োজন হয় না।

গ দেয়া আছে,

নিক্ষেপন বেগ, $v_0 = 20 \text{ m.s}^{-1}$

নিক্ষেপন কোণ, $\theta_0 = 45^\circ$

নিক্ষেপন বেগের অনুভূমিক উপাংশ, $v_{x0} = 20 \cos 45^\circ = 14.14 \text{ m.s}^{-1}$

নিক্ষেপন বেগের উল্লম্ব উপাংশ, $v_{y0} = 20 \sin 45^\circ = 14.14 \text{ m.s}^{-1}$

যেহেতু অনুভূমিক বরাবর ত্বরণ শূন্য তাই যে কোনো সময় অনুভূমিক বেগ, $v_x = v_{x0} = 14.14 \text{ m.s}^{-1}$

নিক্ষেপনের স্থান থেকে প্রতিরোধকারী খেলোয়াড়ের দূরত্ব, $x = 4 \text{ m}$

এ দূরত্ব অতিক্রম করতে প্রয়োজনীয় সময়,

$$t = \frac{x}{v_{x0}} = \frac{4 \text{ m}}{14.14 \text{ m.s}^{-1}} = 0.283 \text{ s}$$

t সময় পর বেগের উল্লম্ব উপাংশ,

$$v_y = v_{y0} - gt = 14.14 - 9.8 \times 0.283 = 11.37 \text{ m.s}^{-1}$$

সুতরাং t সময় পর বা প্রতিরোধকারী খেলোয়াড়ের মাথার উপর বলটির

$$\text{বেগ, } v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{14.14^2 + 11.37^2} = 17.75 \text{ m.s}^{-1} \text{ (Ans.)}$$

ঘ দেয়া আছে,

নিক্ষেপন বেগ, $v_0 = 20 \text{ m.s}^{-1}$

নিক্ষেপন কোণ, $\theta_0 = 45^\circ$

নিক্ষেপনের স্থান থেকে প্রতিরোধকারী গোল পোস্টের দূরত্ব, $x = 35 \text{ m}$

প্রাসের চলরেখার সমীকরণ অনুসারে

$$y = (\tan \theta_0)x - \frac{g}{2(v_0 \cos \theta_0)^2} x^2$$

$$= (\tan 45^\circ) \times 35 - \frac{9.8}{2 \times (14.14)^2} (35)^2$$

$$= 35 - 30 = 5 \text{ m}$$

অর্থাৎ গোল পোস্টের অবস্থানে বলটির উচ্চতা হবে 5 m উপরে। কিন্তু গোল পোস্টের উচ্চতা 2.4 m। সুতরাং বলা যায় এমিলির শট থেকে গোল হওয়ার কোনো সম্ভাবনা নেই।

প্রশ্ন ৮ একটি ফুটবল প্রশিক্ষণকালে দুজন খেলোয়াড় উভয়ই 10 m.s^{-1} বেগে যথাক্রমে 30° এবং 60° কোণে ফুটবল কিক করলেন। একজন গোলকিপার বল দুটিকে মাটিতে পড়বার ঠিক আগে মুহূর্তে ধরবার জন্য দাড়িয়েছিলেন।

[ক. বো. ২০১৭/]

ক. কেন্দ্রমুখী ত্বরণ কী?

১

খ. ঘূর্ণনশীল কণার ক্ষেত্রে রৈখিক বেগ ও কৌণিক বেগ পরস্পরের সাথে লম্ব— ব্যাখ্যা কর।

২

গ. ১ম খেলোয়াড়ের ক্ষেত্রে 1sec পরে বলটির বেগের মান কত?

৩

ঘ. গোলকিপার স্থান পরিবর্তন না করে ভিন্ন সময়ে বল দুটি ধরতে সক্ষম হবে-এর সত্যতা গাণিতিকভাবে যাচাই কর।

৪

৮নং প্রশ্নের উত্তর

ক সমকৌণিক বেগে গতিশীল কণার একটি রৈখিক ত্বরণ সর্বদা কেন্দ্রের দিকে ক্রিয়া করে। একে কেন্দ্রমুখী ত্বরণ বলে।

খ বৃত্তাকার পথে ঘূর্ণনশীল কোনো কণার রৈখিক বেগ \vec{v} এর দিক হবে বৃত্তের স্পর্শক বরাবর অর্থাৎ বৃত্ত পথের তলে। কিন্তু বৃত্তাকার পথে ঘূর্ণনশীল কোনো কণার কৌণিক বেগ $\vec{\omega}$ এর দিক হবে বৃত্ত পথের

তলের উপর লম্ব। সুতরাং বৃত্তাকার পথে ঘূর্ণনশীল কোনো কণার রৈখিক বেগ \vec{v} এবং কৌণিক বেগ $\vec{\omega}$ সর্বদা পরস্পরের উপর লম্ব।

গ ১(গ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। উত্তর: 9.9 ms^{-1} ।

ঘ উদ্দীপক হতে পাই,

১ম ও ২য় খেলোয়াড়ের বলের আদিবেগ, $v_0 = 10 \text{ m.s}^{-1}$

১ম খেলোয়াড়ের নিক্ষেপণ, $\theta_1 = 30^\circ$ কোণ

২য় খেলোয়াড়ের নিক্ষেপণ, $\theta_2 = 60^\circ$ কোণ

জানা আছে, অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8 \text{ m.s}^{-1}$

১ম খেলোয়াড়ের বলটির অনুভূমিক পাল্লা,

$$R_1 = \frac{v_0^2 \sin 2\theta_1}{g} = \frac{(10)^2 \times \sin (2 \times 30)}{9.8} = 8.837 \text{ m}$$

২য় খেলোয়াড়ের বলটির অনুভূমিক পাল্লা,

$$R_2 = \frac{v_0^2 \sin 2\theta_2}{g} = \frac{(10)^2 \times \sin (2 \times 60)}{9.8} = 8.837 \text{ m}$$

প্রথম বলটির উড্ডয়নকাল, $T_1 = \frac{2v_0 \sin \theta_1}{g}$

$$= \frac{2 \times 10 \times \sin 30^\circ}{9.8} \text{ s} = 1.02 \text{ s}$$

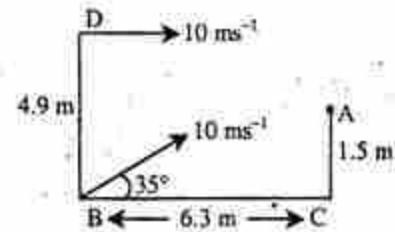
দ্বিতীয় বলটির উড্ডয়নকাল, $T_2 = \frac{2v_0 \sin \theta_2}{g}$

$$= \frac{2 \times 10 \times \sin 60^\circ}{9.8} = 1.767 \text{ s}$$

গাণিতিক বিশ্লেষণ থেকে দেখা যায়, $R_1 = R_2$ কিন্তু $T_1 \neq T_2$

অতএব, গোলকিপার স্থান পরিবর্তন না করে ভিন্ন সময়ে বল দুটি ধরতে সক্ষম হবে।

প্রশ্ন ৯



A বিন্দুতে আঘাত করার জন্য B ও D বিন্দুতে অবস্থানরত দুই বন্ধু একই সময়ে চিত্রের ন্যায় ঢিল নিক্ষেপ করে। [$g = 9.8 \text{ ms}^{-2}$] [ক. বো. ২০১৬/]

ক. মুক্তি বেগ কাকে বলে?

১

খ. স্প্রিংযুক্ত খেলনা গাড়িকে পেছন দিকে টেনে ছেড়ে দিলে গাড়িটি সামনের দিকে অগ্রসর হয় কেন? ব্যাখ্যা কর।

২

গ. B বিন্দুতে অবস্থানরত বন্ধুর নিক্ষিপ্ত ঢিলটির 0.2s পর বেগ কত হিসাব কর।

৩

ঘ. কোন বন্ধুর নিক্ষিপ্ত ঢিলটি A বিন্দুকে আগে স্পর্শ করবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর।

৪

৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক সর্বনিম্ন যে বেগে কোনো বস্তু খাড়া ওপরের দিকে নিক্ষিপ্ত হলে তা আর পৃথিবীতে ফিরে আসে না সেই বেগকে মুক্তি বেগ বলে।

খ স্প্রিংযুক্ত খেলনা গাড়িকে যখন পেছন দিকে টানা হয় তখন স্প্রিং এর বিপরীতে বল প্রয়োগ করে কাজ করা হয়। এই কাজ স্প্রিং এ স্থিতিশক্তিরূপে সঞ্চিত থাকে। গাড়িটিকে যখন ছেড়ে দেওয়া হয়, তখন এই স্থিতিশক্তি গতিশক্তিতে রূপান্তরিত হয়ে গাড়িটিকে সামনের দিকে এগিয়ে নিয়ে যায়।

গ ১(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: 9.0197 ms^{-1} ; অনুভূমিকের সাথে 24.75° কোণে উপরের দিকে।

ঘ B থেকে নিষ্ক্ষিপ্ত টিলের ক্ষেত্রে

নিষ্ক্ষেপন বেগ, $v_0 = 10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

নিষ্ক্ষেপন কোণ, $\theta_0 = 35^\circ$

নিষ্ক্ষেপন বেগের উল্লম্ব উপাংশ, $v_{y0} = 10\sin 35^\circ = 5.736 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

নিষ্ক্ষেপন বেগের অনুভূমিক উপাংশ, $v_x = v_{x0} = 10\cos 35^\circ = 8.19 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

সুতরাং অনুভূমিক 6.3 m দূরত্ব অতিক্রম করতে প্রয়োজনীয় সময়,

$$t = \frac{6.3}{8.19} = 0.77 \text{ s}$$

এ সময় উল্লম্ব সরণ, $y = v_{y0}t - \frac{1}{2}gt^2 = 5.736 \times 0.77 - \frac{1}{2} \times 9.8 \times 0.77^2 = 4.4 - 2.9 = 1.5 \text{ m}$

সুতরাং B থেকে নিষ্ক্ষিপ্ত টিলটি A বিন্দু দিয়ে যাবে।

D থেকে নিষ্ক্ষিপ্ত টিলের ক্ষেত্রে

টিলটির আদি অবস্থান, $y_0 = 4.9 \text{ m}$

আদি বেগ = যে কোনো সময়ের বেগ, $v_x = v_{x0} = 10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

সুতরাং অনুভূমিক 6.3 m দূরত্ব অতিক্রম করতে প্রয়োজনীয় সময়,

$$t = \frac{6.3}{10} = 0.63 \text{ s}$$

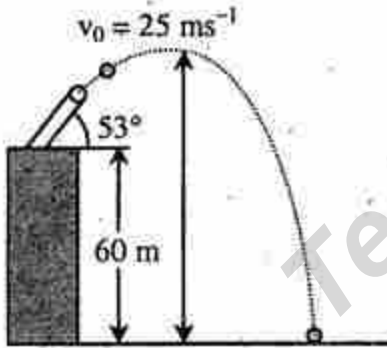
এ সময় টিলটির অবস্থান হবে,

$$y = y_0 - \frac{1}{2}gt^2 = 4.9 - \frac{1}{2} \times 9.8 \times 0.63^2 = 2.96 \text{ m}$$

সুতরাং D থেকে নিষ্ক্ষিপ্ত টিলটি A বিন্দু দিয়ে যাবে না।

BA অনুভূমিক দূরত্ব অতিক্রম করতে D থেকে নিষ্ক্ষিপ্ত টিলটির সময় কম লাগে কিন্তু এ টিলটি A বিন্দুকে স্পর্শ করবে না।

প্রশ্ন ১০ 60m উচ্চতাবিশিষ্ট একটি পাহাড়ের চূড়া হতে একটি কামানের গুলি 25 ms^{-1} বেগে অনুভূমিকের সাথে 53° কোণে ছোড়া হচ্ছে (চিত্র-২)।



কি. বো. ২০১৫/

ক. স্প্রিং ধ্রুবক কাকে বলে? ১

খ. একটি বড় বৃষ্টির ফোঁটা ভেঙ্গে অনেকগুলো ছোট ফোঁটায় পরিণত করলে তাপমাত্রার কি পরিবর্তন হবে — ব্যাখ্যা কর। ২

গ. কামানের গুলিটি ভূমি হতে সর্বোচ্চ কত উচ্চতায় উঠবে? ৩

ঘ. পাহাড়ের চূড়া হতে উদ্দীপকে বর্ণিত গুলির অনুরূপ একটি কামানের গুলি একই সময় একই বেগে অনুভূমিক বরাবর নিষ্ক্ষেপ করা হলে, কোনটি আগে মাটিতে আঘাত করবে? গাণিতিক বিশ্লেষণ কর। ৪

১০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো স্প্রিংকে এর সাম্যাবস্থা হতে 1 m প্রসারিত বা সংকুচিত করতে যে পরিমাণ বল প্রয়োগ করতে হয়, তাকে স্প্রিং ধ্রুবক বলে।

খ একটি বড় বৃষ্টির ফোঁটা ভেঙ্গে অনেকগুলো ছোট ফোঁটায় পরিণত করলে পৃষ্ঠের মোট ক্ষেত্রফল বৃদ্ধি পায়। পৃষ্ঠতন্ত্রের দ্রুণ এক্ষেত্রে কিছু শক্তির দরকার হয়। বৃহৎ পানির ফোঁটা হতে এ শক্তি শোষণ করা হয় বিধায় এক্ষেত্রে তাপমাত্রার হ্রাস ঘটবে।

গ আমরা জানি,

$$v_y^2 = v_{y0}^2 - 2g(y - y_0)$$

এখানে, বন্দুকের উচ্চতা, $y_0 = 60 \text{ m}$

এবং $v_{y0} = v_0 \sin \theta_0 = 25 \times \sin 53^\circ = 25 \times 0.7986 = 19.96 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

সর্বাধিক উচ্চতায় বেগের উল্লম্ব উপাংশ শূন্য অর্থাৎ যখন $y = y_{\text{max}}$

$v_y = 0$

সুতরাং

$$0 = (19.96)^2 - 2 \times 9.8(y_{\text{max}} - 60)$$

$$\text{বা, } 19.6(y_{\text{max}} - 60) = 398.6$$

$$\text{বা, } (y_{\text{max}} - 60) = 20.34$$

$$\therefore y_{\text{max}} = 80.34$$

সুতরাং সর্বাধিক উচ্চতা 80.34 m (Ans.)

ঘ ধরা যাক, বন্দুক ও কামানের গুলি ভূমিতে পড়তে যথাক্রমে t_1 ও t_2 সময় লাগবে।

এখানে,

বন্দুক ও কামানের উচ্চতা, $y_0 = 60 \text{ m}$

$$y = 0$$

[যেহেতু গুলি ভূমিতে পড়ে]

বন্দুকের গুলির ক্ষেত্রে,

$$v_{y0} = v_0 \sin \theta_0 = 25 \times \sin 53^\circ = 25 \times 0.7986 = 19.96 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$$

সুতরাং

$$y = y_0 + v_{y0}t_1 - \frac{1}{2}gt_1^2$$

$$\text{বা, } 0 = 60 + 19.96 \times t_1 - \frac{1}{2} \times 9.8 \times t_1^2$$

$$\text{বা, } 4.9 t_1^2 - 19.96 \times t_1 - 60 = 0$$

$$\therefore t_1 = \frac{19.96 \pm \sqrt{19.96^2 - 4 \times 4.9 \times (-60)}}{2 \times 4.9}$$

$$= \frac{19.96 \pm \sqrt{398.4 + 1176}}{2 \times 4.9} = \frac{19.96 \pm 39.68}{2 \times 4.9}$$

$$= 6.08 \text{ s or } -2.01 \text{ s}$$

কিন্তু ঋণাত্মক মান গ্রহণযোগ্য নয়। সুতরাং $t_1 = 6.08 \text{ s}$

কামানের গুলির ক্ষেত্রে,

$$v_{y0} = v_0 \sin \theta_0 = 25 \times \sin 0^\circ = 0$$

সুতরাং,

$$y = y_0 + v_{y0}t_2 - \frac{1}{2}gt_2^2$$

$$\text{বা, } 0 = 60 + 0 - \frac{1}{2} \times 9.8 \times t_2^2$$

$$\text{বা, } 4.9 t_2^2 = 60$$

$$\text{বা, } t_2^2 = 12.245$$

$$\therefore t_2 = 3.5 \text{ s}$$

যেহেতু, $t_1 > t_2$

সুতরাং কামানের গুলি আগে মাটিতে আঘাত করবে।

প্রশ্ন ১১ নিচের ছকে 10 gm ভরের একটি গতিশীল কণার সময়ের সাপেক্ষে বেগ ও সরণ দেখানো হল:

$t (\text{s})$	0	2	4	6	8	10
$v (\text{m}\cdot\text{s}^{-1})$	2	6	10	14	18	22
$s (\text{m})$	0	8	24	48	80	120

কি. বো. ২০১৭/

ক. এক মোলের সংজ্ঞা দাও। ১

খ. প্রদত্ত ছক ব্যবহার করে v বনাম t লেখচিত্র অংকন করে বেগ সম্পর্কে মতামত দাও। ২

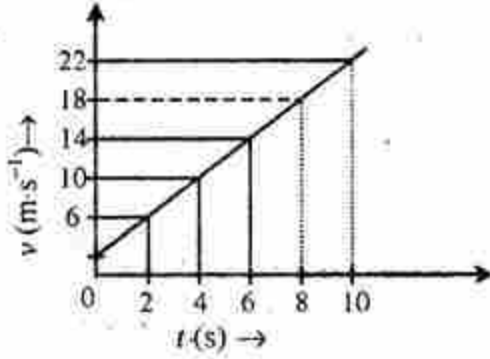
গ. উদ্দীপকের কণাটির নবম সেকেন্ডে অতিক্রান্ত দূরত্ব নির্ণয় কর। ৩

ঘ. কণাটির ৬ সেকেন্ডে সম্পাদিত কাজ এবং ৬ তম সেকেন্ডে সম্পাদিত কাজ একই কিনা বিশ্লেষণপূর্বক মতামত দাও। ৪

১১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. যে পরিমাণ পদার্থে 0.012 kg কার্বন-12 তে অবস্থিত পরমাণুর সমান সংখ্যক প্রাথমিক ইউনিট থাকে তাকে এক মোল বলে।

খ. প্রদত্ত ছক ব্যবহার করে, v বনাম t লেখচিত্রটি নিম্নে অঙ্কন করা হলো।



অঙ্কিত লেখচিত্র অনুসারে, কণাটির আদিবেগ 2 m/s । এরপর সময়ের সাথে সাথে কণাটির বেগ সুসমভাবে বৃদ্ধি পেয়েছে, অর্থাৎ কণাটি সুসম ত্বরণে গতিশীল।

গ. প্রদত্ত ছক হতে পাই,

আদিবেগ, $v_0 = 2 \text{ m/s}$

2 সেকেন্ড পর বেগ, $v = 6 \text{ m/s}$

∴ ত্বরণ, $a = \frac{v - v_0}{t} = \frac{6 - 2}{2} \text{ m/s}^2 = 2 \text{ m/s}^2$

9 সেকেন্ডে অতিক্রান্ত দূরত্ব,

$$S = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 = (2 \text{ m/s})(9 \text{ s}) + \frac{1}{2} (2 \text{ m/s}^2)(9 \text{ s})^2$$

$$= 18 \text{ m} + 81 \text{ m} = 99 \text{ m}$$

নবম সেকেন্ডে অতিক্রান্ত দূরত্ব = 9 সেকেন্ডে অতিক্রান্ত দূরত্ব - 8

সেকেন্ডে অতিক্রান্ত দূরত্ব = $99 \text{ m} - 80 \text{ m} = 19 \text{ m}$ (Ans.)

ঘ. দেওয়া আছে, আদিবেগ, $v_0 = 2 \text{ m/s}$

ভর, $m = 10 \text{ gm} = 10 \times 10^{-3} \text{ kg}$

6 সেকেন্ডে অতিক্রান্ত দূরত্ব, $S_6 = 48 \text{ m}$

'গ' অংশ হতে পাই, ত্বরণ, $a = 2 \text{ m/s}^2$

5 সেকেন্ডে অতিক্রান্ত দূরত্ব,

$$S_5 = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 = (2 \text{ m/s})(5 \text{ s}) + \frac{1}{2} (2 \text{ m/s}^2)(5 \text{ s})^2$$

$$= 10 \text{ m} + 25 \text{ m} = 35 \text{ m}$$

6 তম সেকেন্ডে অতিক্রান্ত দূরত্ব, $S_{6th} = 6$ সেকেন্ডে অতিক্রান্ত দূরত্ব - 5

সেকেন্ডে অতিক্রান্ত দূরত্ব = $48 \text{ m} - 35 \text{ m} = 13 \text{ m}$ (Ans.)

6 সেকেন্ডে সম্পাদিত কাজ, $W_6 = m a S_6$

$$= 10 \times 10^{-3} \text{ kg} \times 2 \text{ m/s}^2 \times 48 \text{ m}$$

$$= 0.96 \text{ J}$$

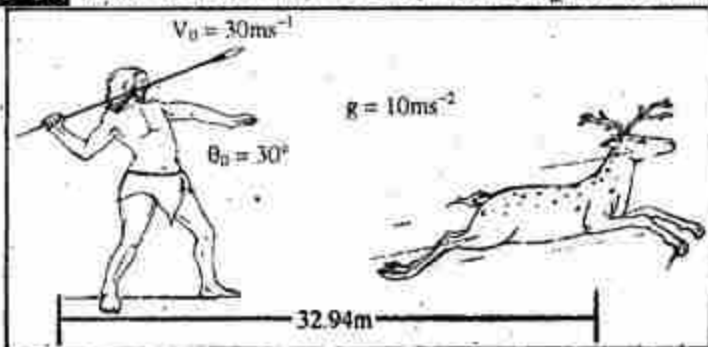
6 তম সেকেন্ডে সম্পাদিত কাজ, $W_{6th} = m a S_{6th}$

$$= 10 \times 10^{-3} \text{ kg} \times 2 \text{ m/s}^2 \times 13 \text{ m}$$

$$= 0.26 \text{ J}$$

গাণিতিক বিশ্লেষণ থেকে দেখা যায় $W_6 \neq W_{6th}$ অর্থাৎ কণাটির 6 সেকেন্ডে সম্পাদিত কাজ এবং 6 তম সেকেন্ডে সম্পাদিত কাজ সমান নয়।

প্রশ্ন 12 চিত্রটি ভালভাবে লক্ষ্য কর এবং নিচের প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও:



শিকারী যখন বর্শাটি নিক্ষেপ করেন হরিণটি ওখন স্থিরবস্থা থেকে 10 m/s^2 সমত্বরণে PQ বরাবর দৌড়াতে থাকে।

ক. ভেক্টর অপারেটর কী?

১

খ. বলের একককে মৌলিক এককের মাধ্যমে প্রকাশ কর।

২

গ. উদ্দীপকে বর্শাটি এর নিক্ষেপণ বিন্দু হতে সর্বাধিক কত উচ্চতায় উঠবে?

৩

ঘ. বর্শাটি কি হরিণকে আঘাত করবে? তোমার উত্তরের সপক্ষে গাণিতিক যুক্তি উপস্থাপন কর।

৪

১২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. যে গাণিতিক চিহ্নের দ্বারা একটি ভেক্টর রাশিকে অন্য একটি স্কেলার বা ভেক্টর রাশিতে রূপান্তর করা যায় বা কোনো পরিবর্তনশীল ভেক্টর রাশির ব্যাখ্যা দেয়া যায় তাকে ভেক্টর অপারেটর বলে।

$$\text{খ. বল} = \text{ভর} \times \text{ত্বরণ} = \text{ভর} \times \frac{\text{সরণ}}{\text{সময়}}$$

$$\therefore \text{নিউটন (বলের একক)} = \text{কেজি} \times \frac{\text{মিটার}}{\text{সময়}^2} = \text{কেজি} \times \text{মিটার/সে.}^2$$

$$\text{বা, } N = \text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$$

গ. দেওয়া আছে,

বর্শাটির নিক্ষেপণ বেগ, $v_0 = 30 \text{ m/s}$

বর্শাটির নিক্ষেপণ কোণ, $\theta_0 = 30^\circ$

অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 10 \text{ m/s}^2$

বের করতে হবে, সর্বাধিক উচ্চতা, $y_{\text{max}} = ?$

$$\text{আমরা জানি, } y_{\text{max}} = \frac{v_0^2 \sin^2 \theta_0}{2g} = \frac{(30 \text{ m/s})^2 \times (\sin 30^\circ)^2}{2 \times 10 \text{ m/s}^2} = 11.25 \text{ m (Ans.)}$$

$$\text{ঘ. বর্শার অনুভূমিক পাল্লা, } R = \frac{v_0^2 \sin 2\theta_0}{g} = \frac{(30 \text{ m/s})^2 \sin(2 \times 30^\circ)}{10 \text{ m/s}^2}$$

$$= 77.94 \text{ m}$$

$$\text{এবং বর্শার উড্ডয়ন কাল, } T = \frac{2v_0 \sin \theta_0}{g} = \frac{2 \times 30 \text{ m/s} \times \sin 30^\circ}{10 \text{ m/s}^2}$$

$$= 3 \text{ s}$$

3 s পর শিকারী থেকে হরিণের দূরত্ব,

$$x = x_0 + v_{x0} t + \frac{1}{2} a t^2 = 32.94 \text{ m} + \frac{1}{2} \times 10 \text{ m/s}^2 \times (3 \text{ s})^2$$

$$= 32.94 \text{ m} + 45 \text{ m} = 77.94 \text{ m}$$

সুতরাং বর্শাটি হরিণকে আঘাত করবে।

প্রশ্ন 13 দুটি গাড়ি A ও B যথাক্রমে $v_A = 0$ এবং $v_B = 22.5 \text{ m/s}$ বেগে যাত্রা শুরু করে 1ম 15 sec যথাক্রমে $a_A = 1 \text{ m/s}^2$ এবং $a_B = -1 \text{ m/s}^2$ ত্বরণে চলে। পরবর্তীতে গাড়ি দুটি আরো 15 sec সমবেগে চলমান ছিল।

(সি. বো. ২০১৭)

ক. তাৎক্ষণিক বেগ কাকে বলে?

১

খ. প্রাসের গতি পথের সর্বোচ্চ বিন্দুতে বেগ সর্বাপেক্ষা কম হয় কেন? ব্যাখ্যা কর।

২

গ. যাত্রা শুরুর কত সময় পর গাড়ি দুটির বেগ সমান হবে?

৩

ঘ. কোন গাড়িটি অধিকতর দূরত্ব অতিক্রম করবে? গাণিতিক বিশ্লেষণপূর্বক মন্তব্য কর।

৪

১৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. সময়ের ব্যবধান শূন্যের কাছাকাছি হলে বস্তুর সরণের হারকে তাৎক্ষণিক বেগ বলে।

খ. আমরা জানি, অনুভূমিক দিকে কোনো ত্বরণ না থাকায় প্রাসের অনুভূমিক বেগ অপরিবর্তিত থাকে, কিন্তু অভিকর্ষজ ত্বরণের কারণে উল্লম্ব বেগের উল্লম্ব উপাংশ পরিবর্তিত হয়। প্রাসের সর্বোচ্চ বিন্দুতে বেগের শুধু অনুভূমিক উপাংশ থাকে, উল্লম্ব উপাংশ শূন্য হয়। ফলে এ বিন্দুতে লম্বি বেগ অনুভূমিক উপাংশের সমান হয়। কিন্তু অন্য যে কোনো বিন্দুতে বেগের অনুভূমিক ও উল্লম্ব উপাংশ থাকে। ফলে লম্বি বেগের মান বেগের অনুভূমিক উপাংশ অপেক্ষা বড় হয়। তাই সর্বোচ্চ বিন্দুতে প্রাসের বেগ সর্বাপেক্ষা কম হয়।

(সি. বো. ২০১৮)

গ দেওয়া আছে, $v_A = 0 \text{ m.s}^{-1}$

$$v_B = 22.5 \text{ m.s}^{-1}$$

$$a_A = 1 \text{ m.s}^{-2}$$

$$a_B = -1 \text{ m.s}^{-2}$$

মনে করি, t সময় পরে উভয় গাড়ির বেগ v হবে। A গাড়ির ক্ষেত্রে

$$v = v_A + a_A t = 0 + 1 \times t$$

$$\therefore v = t$$

B গাড়ির ক্ষেত্রে

$$v = v_B + a_B t = 22.5 + (-1)t$$

$$\therefore v = 22.5 - t$$

সুতরাং $t = 22.5 - t$

$$\text{বা, } t + t = 22.5$$

$$\text{বা, } 2t = 22.5$$

$$\therefore t = \frac{22.5}{2} = 11.25 \text{ sec}$$

যাত্রা শুরুর 11.25 sec পর গাড়ি দুটির বেগ সমান হবে। (Ans.)

ঘ 1ম 15 sec এ A গাড়িটির অতিক্রান্ত দূরত্ব,

$$S_{A1} = v_A t + \frac{1}{2} a_A t^2 = 0 \times 15 + \frac{1}{2} \times (1) \times (15)^2$$

$$= 112.5 \text{ m}$$

15 sec পরে A গাড়িটির বেগ

$$v'_A = v_A + a_A t$$

$$= 0 + (1) \times 15 = 15 \text{ m.s}^{-1}$$

২য় 15 sec এ A গাড়িটির অতিক্রান্ত দূরত্ব

$$S_{A2} = v'_A t = 15 \times 15$$

$$= 225 \text{ m}$$

$$\text{A গাড়িটির মোট অতিক্রান্ত দূরত্ব, } S_A = S_{A1} + S_{A2}$$

$$= 112.5 + 225$$

$$= 337.5 \text{ m}$$

1ম 15 sec এ B গাড়িটির অতিক্রান্ত দূরত্ব

$$S_{B1} = v_B t + \frac{1}{2} a_B t^2 = 22.5 \times 15 + \frac{1}{2} (-1) (15)^2$$

$$= 225 \text{ m}$$

15 sec পরে B গাড়িটির বেগ

$$v'_B = v_B + a_B t = 22.5 + (-1) \times 15$$

$$= 7.5 \text{ m.s}^{-1}$$

২য় 15 sec এ B গাড়িটির অতিক্রান্ত দূরত্ব

$$S_{B2} = v'_B t = 7.5 \times 15$$

$$= 112.5 \text{ m}$$

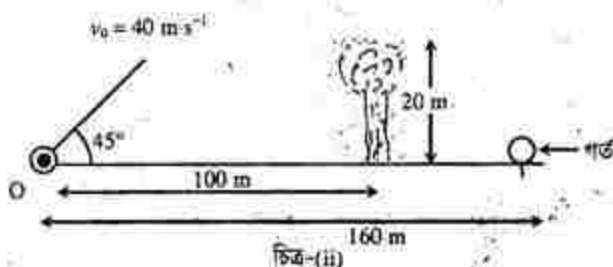
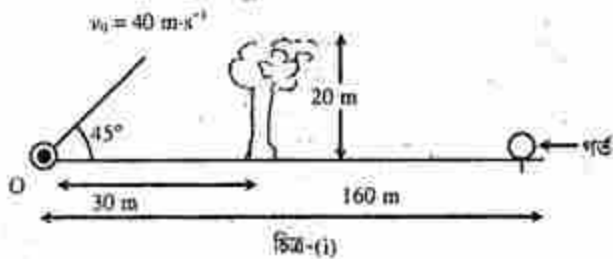
$$\therefore \text{B গাড়িটির মোট অতিক্রান্ত দূরত্ব } S_B = S_{B1} + S_{B2}$$

$$\therefore S_B = 225 + 112.5$$

$$= 337.5 \text{ m}$$

গাণিতিক বিশ্লেষণ থেকে দেখা যায়, $S_A = S_B$; অর্থাৎ উভয় গাড়ী উক্ত সময়ে সমান দূরত্ব অতিক্রম করবে।

প্রশ্ন ১৪ একজন গলফ খেলোয়ার চিত্র (i) ও চিত্র (ii) পরিস্থিতিতে বল গর্তে ফেলার জন্য O বিন্দু থেকে বলকে আঘাত করে।



ক. মহাকর্ষীয় প্রাবল্য কাকে বলে? ১

খ. কোনো বস্তুর কৌণিক ত্বরণ 3 rad.s^{-2} বলতে কী বোঝ? ২

গ. 2 সেকেন্ড পর বলের বেগ কত? ৩

ঘ. উদ্দীপকের কোন চিত্রের বলটি গর্তে পড়বে—গাণিতিক বিশ্লেষণপূর্বক মন্তব্য করো। ৪

১৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক মহাকর্ষীয় ক্ষেত্রের কোনো বিন্দুতে একক ভরের একটি বস্তু স্থাপন করলে তার ওপর যে মহাকর্ষীয় বল ক্রিয়া করে তাকে ঐ বিন্দুর মহাকর্ষীয় প্রাবল্য বলে।

খ সময়ের সাপেক্ষে বস্তুর কৌণিক বেগের বৃদ্ধির হারকে কৌণিক ত্বরণ বলে। কোনো বস্তুর কৌণিক ত্বরণ 3 rad.s^{-2} বলতে বোঝায় আবর্তনরত বস্তুটির প্রতি সেকেন্ডে কৌণিক বেগের পরিবর্তন হয় 3 rad.s^{-1} ।

গ ১(গ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: 29.587 ms^{-1} ; অনুভূমিকের সাথে 17.068° কোণে উপরের দিকে।

ঘ দেওয়া আছে,

$$\text{প্রক্ষেপন বেগ, } v_0 = 40 \text{ m.s}^{-1}$$

$$\text{প্রক্ষেপন কোণ, } \theta_0 = 45^\circ$$

$$\text{অভিকর্ষজ ত্বরণ, } g = 9.8 \text{ m.s}^{-2}$$

সুতরাং, গলফ বলটির পাল্লা (উভয় ক্ষেত্রে),

$$R = \frac{v_0^2 \sin 2\theta_0}{g} = \frac{(40)^2 \times \sin 90^\circ}{9.8}$$

$$= 163.27 \text{ m} > 160 \text{ m}$$

যেহেতু $R > 160 \text{ m}$, সেহেতু কোনো ক্ষেত্রেই বলটির গর্তে পড়ার সম্ভাবনা নেই।

বি.দ্র. যদি $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$ বিবেচনা করা হয়, তবে বলটির পাল্লা,

$$R = \frac{v_0^2 \sin 2\theta_0}{g} = \frac{(40)^2 \times \sin 90^\circ}{10} = 160 \text{ m}$$

অর্থাৎ এই ক্ষেত্রে বলটির রেঞ্জ গর্তের দূরত্বের সমান।

চিত্র (i) এর ক্ষেত্রে $x = 30 \text{ m}$ দূরে উন্নয়ন দূরত্ব,

$$y = x \tan \theta_0 - \frac{g x^2}{2 v_0^2 \cos^2 \theta_0}$$

$$= 30 \tan 45^\circ - \frac{10 \times (30)^2}{2 \times 40^2 \times \cos^2 45^\circ}$$

$$= 24.375 \text{ m} > 20 \text{ m}, \text{ অর্থাৎ বলটি গর্তে পড়বে।}$$

চিত্র (ii) এ $x = 100 \text{ m}$ দূরে উন্নয়ন দূরত্ব,

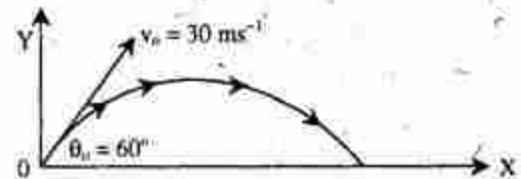
$$y = 100 \tan 45^\circ - \frac{10 \times (100)^2}{2 \times 40^2 \times \cos^2 45^\circ}$$

$$= 37.5 \text{ m} > 20 \text{ m}$$

অর্থাৎ বলটি গর্তে পড়বে।

অতএব, অভিকর্ষজ ত্বরণ 10 m.s^{-2} বিবেচনা করলে উভয় বলই গর্তে পড়বে।

প্রশ্ন ১৫



/ঘ. বো. ২০১৬/

ক. গড় বেগ কাকে বলে? ১

খ. কাঁচে গুলি করলে ছিদ্র হয় কিন্তু ঢিল ছুড়লে কাচ চূর্ণবিচূর্ণ হয়। — ব্যাখ্যা কর। ২

গ. প্রাসটির পাল্লা নির্ণয় কর। ৩

ঘ. প্রাসটির নিক্ষেপণ বিন্দু থেকে x -অক্ষ বরাবর 20 m দূরে 25 m উঁচু দেয়াল অতিক্রম করতে পারবে কী? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে তোমার মতামত দাও। ৪

১৫নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে কোনো সময় ব্যবধানে কোনো বস্তুর মোট সরণকে ঐ সময় ব্যবধান দিয়ে ভাগ করলে যে রাশি পাওয়া যায় তাকেই বস্তুর গড় বেগ বলে।

খ ঘাত বলের তারতম্যের কারণে কাঁচে গুলি করলে ছিদ্র হয় কিন্তু টিল ছুড়লে কাঁচ চূর্ণ বিচূর্ণ হয়। খুব কম সময়ের জন্য ঘাত বল প্রযুক্ত হয়। কাঁচে গুলি করলে গুলি কর্তৃক প্রযুক্ত বল F , কাঁচের ভরবেগ পরিবর্তন করে। যে সময় ধরে কাঁচ গুলির সংস্পর্শে থাকে সে সময়ে গুলি কর্তৃক প্রযুক্ত বল অন্যান্য বলের তুলনায় অনেক বড় হয় এবং গুলিটি কাঁচ ছিদ্র করে বের হয়ে যায়। কিন্তু টিল এর ভরবেগ এবং ক্রিয়াকাল বেশি হওয়ায় কাঁচে প্রযুক্ত বল চারদিকে ছড়িয়ে গিয়ে কাঁচকে চূর্ণ বিচূর্ণ করে।

গ এখানে, নিষ্ক্ষেপণ বেগ, $v_0 = 30 \text{ m.s}^{-1}$
নিষ্ক্ষেপণ কোণ, $\theta_0 = 60^\circ$
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8 \text{ m.s}^{-2}$
পাল্লা, $R = ?$

আমরা জানি অনুভূমিক পাল্লা,

$$R = \frac{v_0^2 \sin 2\theta_0}{g}$$

$$= \frac{(30)^2 \times \sin(2 \times 60^\circ)}{9.8}$$

$$= 79.53 \text{ m (Ans.)}$$

ঘ এখানে, নিষ্ক্ষেপণ বেগ, $v_0 = 30 \text{ m.s}^{-1}$
নিষ্ক্ষেপণ কোণ, $\theta_0 = 60^\circ$
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8 \text{ m.s}^{-2}$
দেয়ালের উচ্চতা, $h = 25 \text{ m}$
অনুভূমিক দূরত্ব, $x = 20 \text{ m}$

ধরি, উন্নয়ন দূরত্ব = y

আমরা জানি,

$$y = x \tan \theta_0 - \frac{gx^2}{2(v_0 \cos \theta_0)^2}$$

$$= 20 \tan 60^\circ - \frac{9.8 \times (20)^2}{2(30 \cos 60^\circ)^2}$$

$$= 34.64 - 8.71$$

$$= 25.93 \text{ m}$$

যেহেতু $y > h$, সেহেতু প্রাসটি দেয়াল অতিক্রম করতে পারবে।

প্রশ্ন ১৬ 750 ms^{-1} বেগে একটি বুলেট রাইফেল থেকে নির্গত হল। রাইফেলের নলের দৈর্ঘ্য 0.6 m ।

- তাত্ক্ষণিক বেগ কাকে বলে? ১
- একজন অ্যাথলেট লং জাম্প দেয়ার পূর্বে বেহ কিছুদূর দৌড় দেন কেন? ২
- বুলেটের গড় ত্বরণ কত? ৩
- যদি বুলেটটি একটি প্রাস হয় তবে দেখাও যে ভিন্ন ভিন্ন কোণে একই বেগে নিষ্ক্ষেপিত বস্তুর অতিক্রান্ত দূরত্ব একই থাকবে। ৪

১৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক সময়ের ব্যবধান শূন্যের কাছাকাছি হলে বস্তুর সরণের হারকে এর তাত্ক্ষণিক বেগ বলে।

খ একজন অ্যাথলেট লং জাম্প দেয়ার পূর্বে বেশ কিছুদূর দৌড় দেন। এর উদ্দেশ্য হলো, গতিজড়তা অর্জন করা যার দরুন সে জাম্প দেয়ার পর বেশ খানিকটা দূরত্ব অতিক্রম করতে সক্ষম হবেন।

গ দেওয়া আছে,

$$\text{বুলেটের আদিবেগ, } v_0 = 0 \text{ m.s}^{-1}$$

$$\text{শেষ বেগ, } v = 750 \text{ m.s}^{-1}$$

$$\text{সরণ, } s = 0.6 \text{ m}$$

বের করতে হবে, গড় ত্বরণ, $a = ?$

আমরা জানি, $v^2 = v_0^2 + 2as$

$$\text{বা, } 2as = v^2 - v_0^2$$

$$\therefore a = \frac{v^2 - v_0^2}{2s} = \frac{(750 \text{ m.s}^{-1})^2 - (0 \text{ m.s}^{-1})^2}{2 \times 0.6 \text{ m}} = 468750 \text{ m.s}^{-2} \text{ (Ans.)}$$

ঘ আমরা জানি, অনুভূমিক পাল্লা, $R = \frac{v_0^2 \sin 2\theta_0}{g}$

সমীকরণ থেকে দেখা যায় g ধ্রুব এবং আদি বেগের মান v_0 ধ্রুব থাকলে অনুভূমিক পাল্লা নিষ্ক্ষেপ কোণ θ_0 এর উপর নির্ভর করে। $\sin 2\theta_0$ এর সর্বোচ্চ মান $+1$, সুতরাং R সর্বাধিক হবে, যখন $\sin 2\theta_0 = 1$ হবে।

$$\text{বা, } 2\theta_0 = 90^\circ \text{ হবে}$$

$$\text{বা, } \theta_0 = 45^\circ \text{ হবে}$$

সুতরাং, নির্দিষ্ট বেগে নিষ্ক্ষেপ একটি বস্তু সর্বাধিক অনুভূমিক দূরত্ব অতিক্রম করবে যখন তা অনুভূমিকের সাথে 45° কোণে নিষ্ক্ষেপ হবে। 45° অপেক্ষা কম বা বেশি কোণে নিষ্ক্ষেপ হলে উভয় ক্ষেত্রে অনুভূমিক পাল্লা কমতে থাকবে। সুতরাং 45° অপেক্ষা কম ও বেশি জোড়া জোড়া পূরক কোণ থাকবে যাতে অনুভূমিক পাল্লা একই হবে। আমরা জানি,

$$\sin 2\theta_0 = \sin(180^\circ - 2\theta_0) = \sin 2(90^\circ - \theta_0)$$

অর্থাৎ একই বেগে θ_0 এবং $90^\circ - \theta_0$ এর জন্য, যেমন 40° ও $90^\circ - 40^\circ = 50^\circ$ কোণে নিষ্ক্ষেপিত বস্তুর অনুভূমিক পাল্লা একই হবে।

প্রশ্ন ১৭ ভারত বনাম বাংলাদেশের ক্রিকেট ম্যাচে ব্যাটসম্যান বিরাট কোহলীর দিকে সাকিব আল-হাসান বল করলেন। 20 ms^{-1} বেগে এবং 30° কোণে ব্যাটসম্যান বলটিকে আঘাত করল। ব্যাটসম্যান হতে 60 m দূরে থাকা রুবেল 8 ms^{-1} বেগে দৌড়ে বলটিকে ক্যাচ ধরার জন্য অগ্রসর হলো।

(ব. বো. ২০১৬)

- ক্ষমতা কাকে বলে? ১
- সকল সরল ছন্দিত স্পন্দনই পর্যায়বৃত্ত স্পন্দন কিন্তু সকল পর্যায়বৃত্ত স্পন্দন সরল ছন্দিত স্পন্দন নয় — ব্যাখ্যা কর। ২
- বলটি কত সময় শূন্য অবস্থান করবে? ৩
- রুবেলের পক্ষে ক্যাচটি ধরা সম্ভব কি? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে সিদ্ধান্ত দাও। ৪

১৭নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো উৎস কর্তৃক একক সময়ে কৃত কাজকে তার ক্ষমতা বলে।

খ পর্যায়বৃত্ত স্পন্দন সরল পথে ও বৃত্তাকার পথে হতে পারে। সরলপথে স্পন্দন হলে তাকে সরল ছন্দিত স্পন্দন বলে। যেমন সিলিংফ্যান ও সরলদোলক উভয়ের গতি পর্যায়বৃত্ত স্পন্দন হলেও সিলিং ফ্যানের গতি বৃত্তাকার বলে এটি সরল ছন্দিত স্পন্দন নয়। সুতরাং বলা যায়, সকল সরল ছন্দিত স্পন্দনই পর্যায়বৃত্ত স্পন্দন কিন্তু সকল পর্যায়বৃত্ত স্পন্দন সরল ছন্দিত স্পন্দন নয়।

গ দেওয়া আছে, আদিবেগ, $v_0 = 20 \text{ m.s}^{-1}$

$$\text{নিষ্ক্ষেপণ কোণ, } \theta_0 = 30^\circ$$

$$\text{অভিকর্ষজ ত্বরণ, } g = 9.8 \text{ m.s}^{-2}$$

বলটি যে সময় শূন্যে থাকবে তা তার বিচরণ কাল, T এর সমান হবে। আমরা জানি,

$$\text{বিচরণকাল, } T = \frac{2v_0 \sin \theta_0}{g}$$

$$= \frac{2 \times 20 \times \sin 30^\circ}{9.8}$$

$$= 2.04 \text{ sec (Ans.)}$$

ঘ দেওয়া আছে, রুবেল ব্যাটসম্যান হতে 60 m দূরে রয়েছে। ক্যাচ ধরার জন্য রুবেলকে অবশ্যই বলটি ভূমি স্পর্শ করার পূর্বে বলটির পাল্লার মধ্যে পৌছাতে হবে।

আমরা জানি, পাল্লা, $R = \frac{v_0^2}{g} \sin 2\theta$

$$= \frac{20^2}{9.8} \times \sin (2 \times 30^\circ)$$

$$= \frac{20^2}{9.8} \times \sin 60^\circ$$

$$= 35.35 \text{ m}$$

আবার, যেহেতু বলটির বিচরণ কাল 2.04 sec তাই ক্যাচ ধরতে হলে বুবেলকে 2.04 sec এর মধ্যে (60 - 35.35) বা, 24.65 দূরত্ব অতিক্রম করতে হবে।

দেওয়া আছে, বুবেলের বেগ, $v_R = 8 \text{ m.s}^{-1}$

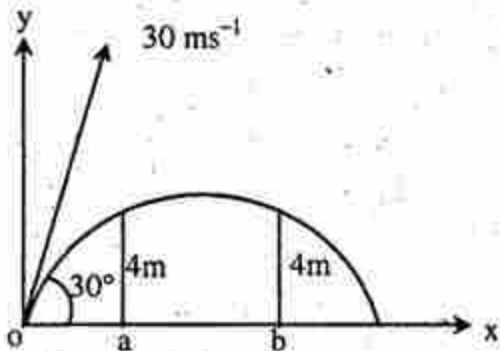
তাহলে, 2.04 sec এ তার অতিক্রান্ত দূরত্ব d হলে,

$$d = 8 \times 2.04 \text{ sec}$$

$$= 16.32 \text{ m}$$

দেখা যাচ্ছে যে, বলটি ভূমি স্পর্শ করার পূর্বে বুবেল বলটির অবস্থানে পৌছাতে পারবে না। তাই বলা যায়, বুবেলের পক্ষে ক্যাচটি ধরা সম্ভব নয়।

প্রশ্ন ১৮



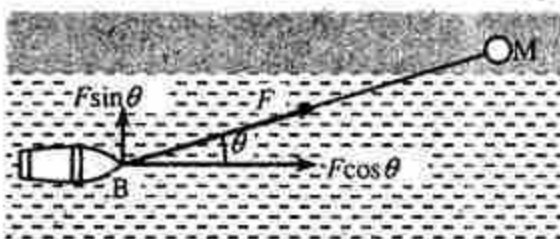
উপরের চিত্রে একটি প্রাসের গতি দেখানো হলো। [$g = 10 \text{ ms}^{-2}$]

- ক. সরণ ভেক্টর কাকে বলে? ১
- খ. গুল টানার ফলে নৌকা সামনের দিকে কীভাবে এগিয়ে চলে ব্যাখ্যা কর। ২
- গ. প্রাসটির সর্বাধিক উচ্চতা হিসাব কর। ৩
- ঘ. প্রাসটির অনুভূমিক পাল্লা এবং ab অংশের দৈর্ঘ্য গাণিতিক বিশ্লেষণের সাহায্যে তুলনা কর। ৪

১৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. যখন কোনো বস্তু এক অবস্থান থেকে অন্য কোনো অবস্থানে গমন করে তখন আদি অবস্থানকে পাদবিন্দু এবং শেষ অবস্থানকে শীর্ষ বিন্দু বিবেচনা করে যে ভেক্টর পাওয়া যায় তাকে সরণ ভেক্টর বলে।

খ. ধরা যাক, নৌকার B বিন্দুতে গুল বেধে এক ব্যক্তি BM বরাবর F বলে টানছে। এ বল দুটি উপাংশে বিভক্ত



হবে। একটি উপাংশ $F \sin \theta$, যা নৌকাকে কুলের দিকে নিয়ে যেতে থাকবে। কিন্তু মাঝি নদীর স্রোতকে ব্যবহার করে বৈঠার সাহায্যে বিপরীত দিকে একটি বল উৎপন্ন করে যা $F \sin \theta$ অংশটিকে প্রশমিত করবে। অপর উপাংশ $F \cos \theta$, যা নৌকাকে সামনের দিকে নিয়ে যাবে।

গ. দেওয়া আছে,

$$\text{নিষ্ক্ষেপণ বেগ, } v_0 = 30 \text{ m.s}^{-1}$$

$$\text{নিষ্ক্ষেপণ কোণ, } \theta_0 = 30^\circ$$

$$\text{অভিকর্ষজ ত্বরণ, } g = 10 \text{ m.s}^{-2}$$

বের করতে হবে, সর্বাধিক উচ্চতা, $y_{\max} = ?$

আমরা জানি, $y_{\max} = \frac{v_0^2 \sin^2 \theta_0}{2g}$

$$= \frac{(30 \text{ m.s}^{-1})^2 \times (\sin 30^\circ)^2}{2 \times 10 \text{ m.s}^{-2}}$$

$$= 11.25 \text{ m (Ans.)}$$

ঘ. অনুভূমিক পাল্লা, $R = \frac{v_0^2 \sin 2\theta_0}{g}$

$$= \frac{(30 \text{ m.s}^{-1})^2 \sin (2 \times 30^\circ)}{10 \text{ m.s}^{-2}}$$

$$= 77.94 \text{ m}$$

নিষ্ক্ষেপণের t সময় পরে প্রাসটি $y = 4 \text{ m}$ উচ্চতায় আসলে,

$$y = v_0 \sin \theta_0 t - \frac{1}{2} g t^2$$

বা, $4 = 30 \sin 30^\circ t - \frac{1}{2} \times 10 t^2$ [এককসমূহ উহ্য রেখে]

বা, $5t^2 - 15t + 4 = 0$

$$\therefore t = \frac{15 \pm \sqrt{15^2 - 4 \times 5 \times 4}}{2 \times 5} = \frac{15 \pm \sqrt{225 - 80}}{10}$$

$$= \frac{15 \pm \sqrt{145}}{10} = \frac{15 \pm 12.04}{10} = 0.296 \text{ s or } 2.704 \text{ s}$$

বস্তুটি $t_1 = 0.296 \text{ s}$ সময়ে a বরাবর এবং $t_2 = 2.704 \text{ s}$ সময়ে b বরাবর উপরে অবস্থান করবে। সুতরাং ab দূরত্ব অতিক্রম করতে প্রয়োজনীয় সময় $\Delta t = (2.704 - 0.296) \text{ s} = 2.408 \text{ s}$

সুতরাং ab অংশের দৈর্ঘ্য = বেগের অনুভূমিক উপাংশ \times সময়

$$= 30 \cos 30^\circ \times 2.408 = 30 \times 0.8660254 \times 2.408$$

$$= 62.56 \text{ m}$$

সুতরাং $R : ab = 77.94 : 62.56$

প্রশ্ন ১৯ ভারত বনাম বাংলাদেশ ক্রিকেট ম্যাচে ব্যাটসম্যান 15 ms^{-1} বেগে অনুভূমিকের সাথে 45° কোণে বলকে আঘাত করেন। ব্যাটসম্যান থেকে 60m দূরে দাঁড়ালে সাকিব বলটি ধরার জন্য 9 ms^{-1} সমবেগে দৌড় দেন।

[রাজশাহী ক্যাডেট কলেজ]

- ক. সমত্বরণ কী? ১
- খ. পড়ন্ত বস্তুর তৃতীয় সূত্র ব্যাখ্যা করো। ২
- গ. বলটির উড্ডয়নকাল নির্ণয় করো। ৩
- ঘ. সাকিব কী বলটি ধরতে পারবেন— উদ্দীপকের আলোকে ব্যাখ্যা করো। ৪

১৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. কোনো নির্দিষ্ট দিকে সময়ের সাথে কোনো বস্তুর বেগ বৃদ্ধির হার সর্বদা সমান থাকলে এই বেগ বৃদ্ধির হারকে সমত্বরণ বলে।

খ. পড়ন্ত বস্তুর তৃতীয় সূত্র হলো— মুক্তভাবে পড়ন্ত কোনো বস্তু নির্দিষ্ট সময়ে যে উচ্চতা অতিক্রম করে তা ঐ সময়ের বর্গের সমানুপাতিক। অর্থাৎ একটি পড়ন্ত বস্তু $t_1, t_2, t_3 \dots$ সময়ে যথাক্রমে $h_1, h_2, h_3 \dots$ উচ্চতায় নেমে আসলে পড়ন্ত বস্তুর ওয় সূত্রানুসারে,

$$\frac{h_1}{t_1^2} = \frac{h_2}{t_2^2} = \frac{h_3}{t_3^2} = \dots = \text{ধ্রুবক}$$

গ. দেওয়া আছে,

$$\text{নিষ্ক্ষেপণ বেগ, } v_0 = 15 \text{ ms}^{-1}$$

$$\text{নিষ্ক্ষেপণ কোণ, } \theta_0 = 45^\circ$$

জানা আছে,

$$\text{অভিকর্ষজ ত্বরণ, } g = 9.8 \text{ ms}^{-2}$$

বের করতে হবে, উড্ডয়নকাল, $T = ?$

আমরা জানি, $T = \frac{2v_0 \sin \theta_0}{g}$

$$= \frac{2 \times 15 \text{ ms}^{-1} \times \sin 45^\circ}{9.8 \text{ ms}^{-2}} = 2.165 \text{ sec. (Ans.)}$$

ঘ এখানে,

নিষ্ক্ষেপণ বেগ, $v_0 = 15 \text{ ms}^{-1}$

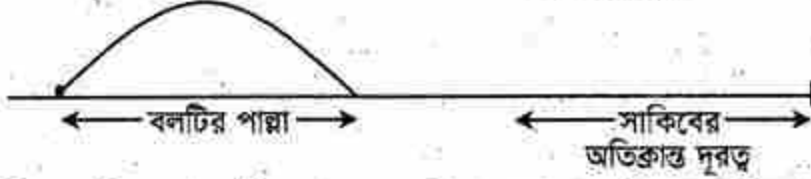
এবং নিষ্ক্ষেপণ কোণ, $\theta_0 = 45^\circ$

\therefore পাল্লা, $R = \frac{v_0^2 \sin 2\theta_0}{g} = \frac{(15)^2 \sin(2 \times 45^\circ)}{9.8} = 22.96 \text{ m}$

'গ' হতে পাই, $T = 2.165 \text{ sec}$.

সাকিবের বেগ, $v = 9 \text{ ms}^{-1}$

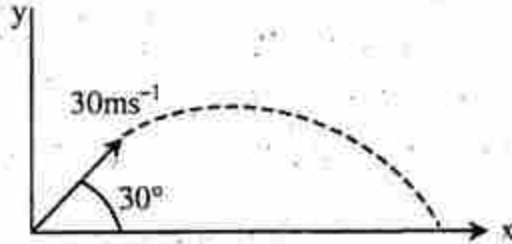
\therefore উড্ডয়নকালে সাকিবের অতিক্রান্ত দূরত্ব, $S = vT$
 $= 9 \text{ ms}^{-1} \times 2.165 \text{ sec}$
 $= 19.485 \text{ m}$



ফিল্ডার হিসেবে বলটি ধরার জন্য উড্ডয়নকালে সাকিবের অতিক্রান্ত দূরত্ব হওয়া উচিত ছিল = ব্যাটসম্যান হতে সাকিবের আদি দূরত্ব - বলটির পাল্লা = $60 \text{ m} - 22.96 \text{ m} = 37.04 \text{ m}$

অথচ সাকিবের প্রকৃত অতিক্রান্ত দূরত্ব (19.485m) তা হতে অনেক কম, তাই সাকিব বলটি ধরতে পারবে না।

প্রশ্ন ২০



[গুরুত্বপূর্ণ গার্লস ক্যাডেট কলেজ]

- ক. আসঞ্জন বল কাকে বলে? ১
- খ. মহাকর্ষ বল একটি সংরক্ষণশীল বল— ব্যাখ্যা করো। ২
- গ. প্রাসটির অনুভূমিক পাল্লা নির্ণয় করো। ৩
- ঘ. ছোঁড়ার স্থান হতে 10m দূরে 20m উচ্চতার একটি দেয়ালকে উদ্দীপকের প্রাসটি অতিক্রম করতে পারবে কি? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে তোমার মতামত দাও। ৪

২০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক দুটি ভিন্ন পদার্থের অনুসমূহ পরস্পরকে যে বলে আকর্ষণ করে তাকে আসঞ্জন বল বলে।

খ মহাকর্ষ বলের ক্ষেত্রে (Field) কোনো বস্তুকে এক অবস্থান হতে অপর অবস্থানে স্থানান্তর করতে মহাকর্ষ বল দ্বারা কৃতকাজ বস্তুর গতিপথের ওপর নির্ভর করে না, কেবল বস্তুর আদি ও শেষ অবস্থানের ওপর নির্ভর করে। ঐ ক্ষেত্রে বস্তুকে যেকোনো পথে ঘুরিয়ে আদি অবস্থানে আনা হলে মহাকর্ষ বল কর্তৃক সম্পাদিত কাজ শূন্য হয়। একারণেই মহাকর্ষ বল সংরক্ষণশীল বল।

গ ১৫(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। উত্তর: 79.53°

ঘ ১৫(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: অতিক্রম করতে পারবে না।

প্রশ্ন ২১ 1 kg ভরের একটি বস্তু 96 ms^{-1} বেগে ঝাড়া উপরের দিকে নিষ্ক্ষেপ করা হলো। [গুরুত্বপূর্ণ গার্লস ক্যাডেট কলেজ, রংপুর]

- ক. নিউটনের দ্বিতীয় সূত্রটি বিবৃত করো। ১
- খ. "একটি দৃঢ় বস্তুর কৌণিক ভরবেগ $20 \text{ kgm}^2\text{s}^{-1}$ "— এটি বলতে কী বোঝায়? ২
- গ. বস্তুর সর্বোচ্চ উচ্চতা কত হবে? ৩
- ঘ. "3s ও 16.6s পর বস্তুর বেগ একই হবে, শুধুমাত্র দিক ভিন্ন হবে।"— গাণিতিক বিশ্লেষণসহ উক্তিটির সত্যতা যাচাই করো। ৪

২১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো বস্তুর ভরবেগের পরিবর্তনের হার প্রযুক্ত বলের সমানুপাতিক এবং বল যেকোনো ক্রিয়া করে ভরবেগের পরিবর্তনও সেদিকে ঘটে।

খ একটি দৃঢ় বস্তুর কৌণিক ভরবেগ বলতে বোঝায় যে তার জড়তার ভ্রামক ও কৌণিক বেগের গুণফল $20 \text{ kgm}^2\text{s}^{-1}$ ।

অন্যভাবে বলা যায় যে, দৃঢ় বস্তুর কৌণিক ত্বরণ 1 rad s^{-2} পরিবর্তন করতে হলে এতে 20 N.m টর্ক প্রয়োগ করতে হবে।

গ সর্বোচ্চ উচ্চতা,

দেওয়া আছে,

বস্তুর আদিবেগ, $u = 96 \text{ ms}^{-1}$

$$H = \frac{u^2}{2g}$$

$$= \frac{96^2}{2 \times 9.8}$$

$$= 470.2 \text{ m (Ans.)}$$

ঘ বস্তুর আদিবেগ, $u = 96 \text{ ms}^{-1}$

\therefore 3s পর বস্তুর বেগ, $v_1 = u - gt$
 $= 96 - 9.8 \times 3$
 $= 66.6 \text{ ms}^{-1}$

17s পর বস্তুর বেগ, $v_2 = u - gt$
 $= 96 - 9.8 \times 16.6$
 $= -66.68$

অতএব, 3s ও 16.6s পর বস্তুর বেগ একই, শুধুমাত্র দিক বিপরীত।

প্রশ্ন ২২ গোলরক্ষক থেকে 80m সামনে অবস্থিত ফুটবলার 25 ms^{-1} বেগে এবং ভূমির সাথে 30° কোণ করে ফুটবলটি লাথি মারল। ঐ একই সময়ে গোলরক্ষক 10 ms^{-1} সমবেগে ফুটবলটির দিকে দৌড় দিল। ($g = 9.8 \text{ ms}^{-2}$) [কেন্দ্রী গার্লস ক্যাডেট কলেজ]

- ক. অনুভূমিক পাল্লা কি? ১
- খ. কৌণিক ভরবেগ ব্যাখ্যা কর। ২
- গ. লাথি মারার 0.5s পর বলটির বেগ বের কর। ৩
- ঘ. বলটি মাটিতে পড়ার আগে গোলরক্ষক কি বলটি ধরতে পারবে। গাণিতিকভাবে তোমার মতামত দাও। ৪

২২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক অনুভূমিকের সাথে তীর্থকভাবে নিষ্ক্ষিপ্ত কোন বস্তু আদি উচ্চতায় ফিরে আসতে সে সময় লাগে, সেই সময়ে তা যে অনুভূমিক দূরত্ব অতিক্রম করে তাকে অনুভূমিক পাল্লা বলে।

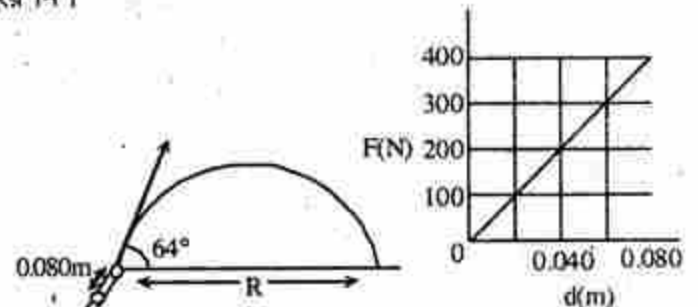
খ কৌণিক ভরবেগ, $\vec{L} = \vec{r} \times \vec{P}$; এখানে \vec{r} হলো ব্যাসার্ধ ভেক্টর এবং \vec{P} হলো রৈখিক ভরবেগ।

কৌণিক ভরবেগের দিক $\vec{r} \times \vec{P}$ এর দিকে। একটি ডানহাতি স্ক্রুকে \vec{r} ও \vec{P} এর সমতলে লম্বভাবে স্থাপন করে \vec{r} থেকে \vec{P} এর দিকে ক্ষুদ্রতর কোনে ঘুরালে যেকোনো অগ্রসর হয়, তাই হলো কৌণিক ভরবেগের দিক।

গ ৫ (গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

ঘ ৫ (ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

প্রশ্ন ২৩ একটি উৎক্ষেপণ নলের স্প্রিং এর ওপর 0.06 kg ভরের ইস্পাতের গোলককে চেপে 0.08 m পরিমাণ নামানো হলো। এতে করে স্প্রিং-এ বলের মান শূন্য হতে বেড়ে 400 N হলো, নলের মধ্য দিয়ে গোলকটিকে নামানোর ফলে (চিহ্ন দ্রষ্টব্য) ধরে নাও, তাপজনিত কোনো ক্ষয় হয় নি।



[কেন্দ্রী গার্লস ক্যাডেট কলেজ, চট্টগ্রাম]

- ক. প্রাসের উড্ডয়নকাল কী? ১
খ. কেন্দ্রমুখী ত্বরণ বলতে কী বোঝ? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. গোলকটিকে এরপর ছেড়ে দেয়া হলো। নল ছেড়ে যাওয়ার মুহূর্তে এর গতিবেগ কত হবে? ৩
ঘ. উদ্দীপক অনুসারে, গোলকের অনুভূমিক পাল্লা কখনোই 45m অতিক্রম করে না। সেটা করতে কী ধরনের পরিবর্তন প্রয়োজন? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

২৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. প্রাসের নিক্ষেপের পর আবার ভূ-পৃষ্ঠে ফিরে আসতে যে সময় লাগে তাকে প্রাসের উড্ডয়নকাল বলে।

খ. বৃত্তাকার পথে ঘূর্ণনশীল কোন বস্তু বৃত্তের কেন্দ্রে বরাবর যে ত্বরণ লাভ করে, তাই কেন্দ্রমুখী ত্বরণ। বৃত্তপথে ঘূর্ণনরত বস্তুর বেগের মান ও দিক অথবা কেবল দিক সময়ের সাথে সাথে পরিবর্তিত হয়। অর্থাৎ বৃত্তাকার গতির সাথে সর্বদা ত্বরণ জড়িত। এই ত্বরণ বস্তুর কৌণিক ভরবেগের কোন পরিবর্তন ঘটায় না। বরং একে বৃত্তাকার পথে ধরে রাখে। এই বলের প্রভাবেই বৃত্তপথে ঘূর্ণনশীল বস্তু ঘূর্ণনজনিত কেন্দ্রবিমুখী বলের প্রভাবে ছিটকে পড়ে না।

গ. দেওয়া আছে,

স্প্রিং-এর সংকোচন, $x = 0.080\text{m}$

স্প্রিং-এ অনুভূত সর্বোচ্চ বল, $F_{\max} = 400\text{N}$

গোলকের ভর, $m = 0.06\text{kg}$

বের করতে হবে, গোলকের সর্বোচ্চ গতিবেগ, $v_{\max} = ?$

$$\begin{aligned}\therefore \text{স্প্রিং-এ সঞ্চিত বিভবশক্তি, } E_p &= \frac{1}{2} kx^2 \\ &= \frac{1}{2} F \cdot x \\ &= \frac{1}{2} \times 400 \times 0.08\text{J} \\ &= 16\text{J}\end{aligned}$$

এই শক্তিই গোলকের গতিশক্তিরূপে দেখা দিবে।

$$\text{সুতরাং, } \frac{1}{2} mv_{\max}^2 = 16\text{J}$$

$$\text{বা, } v_{\max} = \frac{2 \times 16\text{J}}{m}$$

$$\therefore v_{\max} = \sqrt{\frac{32\text{J}}{m}} = \sqrt{\frac{32\text{J}}{0.06\text{kg}}} = 23.1\text{ms}^{-1} \text{ (Ans.)}$$

ঘ. নিক্ষেপণের পর গোলকটি প্রাস হিসেবে আচরণ করবে।

এক্ষেত্রে, নিক্ষেপণ বেগ, $v_0 = 23.1\text{ms}^{-1}$

নিক্ষেপণ কোণ, $\theta_0 = 64^\circ$

জানা আছে, অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8\text{ms}^{-2}$

তাহলে, গোলকটির পাল্লা হবে,

$$\begin{aligned}R &= \frac{v_0^2 \sin 2\theta_0}{g} \\ &= \frac{(23.1\text{ms}^{-1})^2 \sin(2 \times 64^\circ)}{9.8\text{ms}^{-2}} = 42.9\text{m} < 45\text{m}\end{aligned}$$

সুতরাং, উদ্দীপক অনুসারে গোলকের পাল্লা কখনোই 45m অতিক্রম করে না। তবে নিক্ষেপণ কোণকে আরেকটু কমালে পাল্লা 45m এর বেশি হওয়া সম্ভব। কারণ $\theta_0 = 45^\circ$ হলে পাল্লা সর্বোচ্চ মানের হয়।

মনে করি, নিক্ষেপণ কোণ θ_0' হলে পাল্লা $R' = 45\text{m}$ হবে।

$$\begin{aligned}\text{তাহলে, } R' &= \frac{v_0^2 \sin(2\theta_0')}{g} \\ \text{বা, } 45 &= \frac{(23.1)^2 \times \sin(2\theta_0')}{9.8}\end{aligned}$$

$$\text{বা, } \sin(2\theta_0') = \frac{45 \times 9.8}{(23.1)^2} = 0.8264$$

$$\text{বা, } 2\theta_0' = \sin^{-1}(0.8264) = 55.73^\circ$$

$$\therefore \theta_0' = 27.87^\circ$$

সুতরাং নিক্ষেপণ কোণ 27.87° এর বেশি বা $(90^\circ - 27.87^\circ) = 62.13^\circ$ এর কম হলে পাল্লা 45m এর চেয়ে বেশি হবে।

প্রশ্ন ২৪ একটি মেয়ে ঘরের শেলফে বল ছুড়ে মারল। শেলফ থেকে মেয়েটির অনুভূতিক দূরত্ব 5m এবং শেলফের উচ্চতা 2m। মেয়েটি $u\text{ms}^{-1}$ বেগে এবং 30° কোণে বলটি ছুড়ে মারলে এটি শেলফের ঠিক প্রান্তে (মেয়েটির দিকের প্রান্ত) পড়ে। [বিশিষ্ট ক্যাডেট কলেজ, বরিশাল]

ক. তাৎক্ষণিক দ্রুতি কী? ১

খ. সংক্ষেপে প্রসঙ্গ কাঠামো ব্যাখ্যা করো। ২

গ. বলটির আদিবেগ নির্ণয় করো যদি উড্ডয়নকাল $5/u\cos 30^\circ$ হয়। ৩

ঘ. মেয়েটি যদি শেলফের উপর রাখা 20 cm উঁচু ঝড়িতে বলটি ফেলতে চায় তবে কত বেগে বলটিকে নিক্ষেপ করতে হবে— বিশ্লেষণ করো। ৪

২৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. কোনো গতিশীল বস্তুর কোনো বিশেষ মুহূর্তের দ্রুতি অর্থাৎ ক্ষুদ্র সময় ব্যবধানে কোনো নির্দিষ্ট সময়ে অবস্থানের পরিবর্তনের হারকে তাৎক্ষণিক দ্রুতি বলে।

খ. কোনো বস্তুর গতির বর্ণনার জন্য ত্রিমাত্রিক স্থানে যে সুনির্দিষ্ট স্থানাঙ্ক ব্যবস্থা বিবেচনা করা হয় এবং যার সাপেক্ষে বস্তুটির গতি বর্ণনা করা হয় তাকে প্রসঙ্গ কাঠামো বলে। অর্থাৎ আমরা যেসব ত্রিমাত্রিক কাঠামোর সাথে তুলনা করে অন্য কোনো বস্তুর অবস্থান, স্থিতি ও গতি নির্ণয় করি তাই প্রসঙ্গ কাঠামো।

গ. উড্ডয়নকাল T হলে,

$$T = \frac{2u \sin \theta_0}{g}$$

$$\therefore \frac{5}{u \cos 30^\circ} = \frac{2u \sin 30^\circ}{g}$$

$$\text{বা, } 2u^2 \sin 30^\circ \cos 30^\circ = 5 \times g$$

$$\text{বা, } u^2 = \frac{5 \times 9.8}{\sin 60^\circ} [\because 2 \sin \theta \cdot \cos \theta = \sin 2\theta]$$

$$\text{বা, } u = 7.52\text{ms}^{-1} \text{ (Ans.)}$$

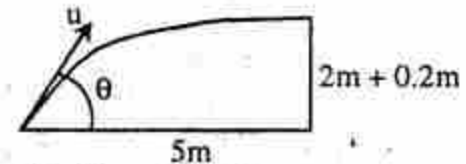
এখানে,

$$\text{উড্ডয়নকাল, } T = \frac{5}{u \cos 30^\circ}$$

$$\text{আদিবেগ} = u\text{ms}^{-1}$$

$$\text{নিক্ষেপ কোণ, } \theta_0 = 30^\circ$$

ঘ.



‘গ’ হতে প্রাপ্ত বলটির নিক্ষেপণ কোণ, $\theta = 30^\circ$

শেলফের অনুভূতিক দূরত্ব, $x = 5\text{m}$

ধরা যাক, u বেগে বলটিকে নিক্ষেপ করলে মেয়েটি বলটিকে $y = (2 + 0.2)\text{m}$ বা, 2.2m উচ্চতার ঝড়িতে ফেলতে পারবে।

$$\therefore y = x \tan \theta - \frac{gx^2}{2u^2 \cos^2 \theta}$$

$$\text{বা, } \frac{gx^2}{2u^2 \cos^2 \theta} = x \tan \theta - y$$

$$\text{বা, } 2u^2 \cos^2 \theta = \frac{gx^2}{x \tan \theta - y}$$

$$\text{বা, } u^2 = \frac{gx^2}{2 \cos^2 \theta (x \tan \theta - y)}$$

$$= \frac{9.8 \times (5)^2}{2 \cos^2 30^\circ (5 \tan 30^\circ - 2.2)}$$

$$= 237.83$$

$$\therefore u = 15.42 \text{ ms}^{-1}$$

অতএব, মেয়েটি যদি 15.42 ms^{-1} বেগে বলটিকে নিক্ষেপ করে তবে সে বলটিকে বুড়িতে ফেলতে পারবে।

প্রশ্ন ২৫ ব্রাজিল বনাম আর্জেন্টিনা ফুটবল ম্যাচ চলছে। মেসি ফাঁকা গোলপোস্ট পেয়ে 10m দূর থেকে 35° কোণে বলকে গোলপোস্টে কিক করলো। গোলকিপার দৌড়ে এসে বল ধরার চেষ্টা করলো।

[রাজউক উত্তরা মডেল কলেজ, ঢাকা]

- ক. জড়তার ভ্রামক কী? ১
খ. চলন্ত বাস থেকে নামা বিপজ্জনক কেন? ব্যাখ্যা কর। ২
গ. বলটি 13ms^{-1} বেগে কিক করা হলে 1s পরে বেগ কত হবে? ৩
ঘ. গোলপোস্টের উচ্চতা 2.5m হলে কোনো গোল হবে কী? গাণিতিক বিশ্লেষণ কর। ৪

২৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো অক্ষের সাপেক্ষে ঘূর্ণনরত কোনো বস্তুর যে ধর্ম এর ঘূর্ণনগতির পরিবর্তনে বাধা দেয়, তাই বস্তুর জড়তার ভ্রামক। ঘূর্ণনশীল বস্তুর উপরে একক কৌণিক ত্বরণ সৃষ্টি করতে চাইলে যে পরিমাণ টর্ক প্রয়োগ করতে হয়, তাই বস্তুর জড়তার ভ্রামক।

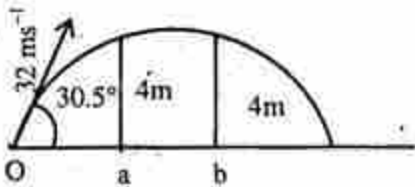
খ গতির কারণে যে জড়তা কাজ করে তা হলো গতি জড়তা। চলন্ত বাসে থাকা যাত্রী বসে বা দাঁড়িয়ে থাকলেও বাসের গতির কারণে যাত্রীও গতিশীল থাকে। একারণে যেমন চলন্ত বাস হঠাৎ থেমে গেলে গতিজড়তার কারণে বাসের যাত্রী সামনের দিকে ঝুঁকে পড়ে তেমনি চলন্ত বাস থেকে নামতে গেলে গতি জড়তার কারণে নামার পর যাত্রীর শরীর সামনের দিকে হেলে পড়ে। এজন্য দৃষ্টটনা ঘটতে পারে। অনেক সময় চলন্ত বাস থেকে নামার পর যাত্রীর শরীরের উপরের অংশ সামনে হেলে পরার কারণে ডিগবাজি খেয়ে ছোট ছোটে পারে এবং মারাত্মক দৃষ্টটনা ঘটতে পারে।

গ ১(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: 11ms^{-1} , -12.45° কোণে

ঘ ৬(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

প্রশ্ন ২৬



উপরের চিত্রে প্রাসের গতি দেখানো হলো। $g = 9.8 \text{ ms}^{-2}$

[ডিকারুননিসা নূন স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা]

- ক. অবস্থান ভেক্টরের সংজ্ঞা দাও। ১
খ. অভিকর্ষ বল সংরক্ষণশীল বল ব্যাখ্যা কর। ২
গ. প্রাসের সর্বাধিক উচ্চতা কত? ৩
ঘ. প্রাসের ab দৈর্ঘ্যের মান নির্ণয় কর। ৪

২৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক প্রসঙ্গ কাঠামোর মূল বিন্দুর সাপেক্ষে কোনো বিন্দুর অবস্থান যে ভেক্টরের সাহায্যে নির্ণয় বা নির্দেশ করা হয় তাকে অবস্থান ভেক্টর বলে।

খ মহাকর্ষ বলের ক্ষেত্রে (Field) কোনো বস্তুকে এক অবস্থান হতে অপর অবস্থানে স্থানান্তর করতে মহাকর্ষ বল দ্বারা কৃতকাজ বস্তুর

গতিপথের ওপর নির্ভর করে না, কেবল বস্তুর আদি ও শেষ অবস্থানের ওপর নির্ভর করে। ঐ ক্ষেত্রে বস্তুকে যেকোনো পথে ঘুরিয়ে আদি অবস্থানে আনা হলে মহাকর্ষ বল কর্তৃক সম্পাদিত কাজ শূন্য হয়। একারণেই মহাকর্ষ বল সংরক্ষণশীল বল।

গ ১৮(গ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। উত্তর: 13.46 m ।

ঘ ১৮(ঘ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। উত্তর: 76.71 m ।

প্রশ্ন ২৭ সালেহা খেলতে গিয়ে মাঠে 15 kg ভরের একটি পাথর পেলে। সে মাঠ থেকে বের করার জন্য 21 N বল প্রয়োগ করে পাথরটি টানতে লাগলো। 5 sec পর মালিহা এসে 9 N বল প্রয়োগ করে সালেহাকে সাহায্য করলো। দু'জন মিলে 5 sec পর পাথরটি মাঠ থেকে বের করতে পারলো।

[আইডিয়াল স্কুল এন্ড কলেজ, মতিঝিল, ঢাকা]

উদ্দীপকটি পড় এবং নীচের প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও:

- ক. ভেক্টর ক্ষেত্র কাকে বলে? ১
খ. একটি ভেক্টরের কোন উপাংশের মান ভেক্টরটির মানের চেয়ে বড় হতে পারে কি না? ব্যাখ্যা কর। ২
গ. উদ্দীপকের পাথরটির শেষ বেগ কত ছিল? ৩
ঘ. পাথরটির গতি $v-t$ লেখচিত্র উপস্থাপন করে প্রাপ্ত লেখ থেকে মোট দূরত্ব পাওয়া যায় কিনা দেখাও। ৪

২৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক ক্ষেত্রের সাথে সংশ্লিষ্ট রাশিগুলো যদি ভেক্টর হয় তবে ঐ ক্ষেত্রকে ভেক্টর ক্ষেত্র বলে।

খ একটি ভেক্টরের কোন উপাংশের মান ভেক্টরটির মানের চেয়ে বড় হোঁট বা সমান সবই হতে পারে। এই পরিমাণ নির্ভর করে উপাংশগুলোর মধ্যবর্তী কোণের মানের উপরে। যদি R এর উপাংশগুলো যথাক্রমে P ও Q হয় এবং \vec{Q} , \vec{R} এবং \vec{P} এর মধ্যবর্তী কোণ যথাক্রমে α ও β হয় তবে, সমান্তরিক সূত্র থেকে আমরা জানি,

$$P = \frac{\sin \beta}{\sin(\alpha + \beta)} R$$

যদি $\alpha + \beta \leq 90^\circ$ অর্থাৎ সূক্ষ্মকোণ হয়, তবে $\sin(\alpha + \beta) > \sin \beta$ হবে;

অর্থাৎ সূক্ষ্মকোণ হয়, তবে $\sin(\alpha + \beta) > \sin \beta$ হবে;

তাই P সর্বদা R এর থেকে ছোট হবে। আবার, $\alpha + \beta = \pi - \beta$ হলে,

$$\sin \beta = \sin(\alpha + \beta)$$

তখন $P = R$ হবে,

আবার, $\alpha + \beta > \pi - \beta$ হলে,

$$\sin(\alpha + \beta) < \sin \beta$$

তখন $P > R$ হবে।

অতএব, উপাংশসমূহের মধ্যবর্তী কোণ ও তাদের মানের অনুপাত অনুসারে এদের মান মূল ভেক্টরের মানের বেশি বা কম বা সমান হতে পারে।

গ

$$\text{ত্বরণ, } a_1 = \frac{F}{m}$$

$$= \frac{21}{15}$$

$$= 1.4 \text{ ms}^{-2}$$

$$\text{এখন বেগ, } v_1 = v_0 + a_1 t_1$$

$$= 0 + 1.4 \times 5$$

$$= 7 \text{ ms}^{-1}$$

$$5\text{s পর ত্বরণ, } a_2 = \frac{F_2}{m} = \frac{30}{15} = 2 \text{ ms}^{-2}$$

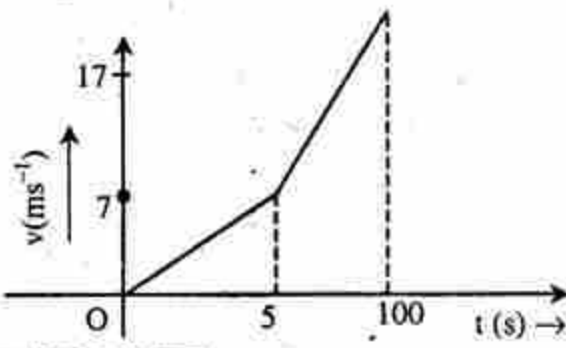
$$\text{শেষবেগ, } v_2 = v_1 + a_2 t_2$$

$$= 7 + 2 \times 5$$

$$= 7 + 10$$

$$= 17 \text{ ms}^{-1} \text{ (Ans.)}$$

এখানে,
প্রথম ক্ষেত্রে বল, $F = 21 \text{ N}$
 5 sec পর বল
 $F_2 = (21 + 9) \text{ N} = 30 \text{ N}$
সময়, $t_1 = 5 \text{ sec}$
সময়, $t_2 = 5 \text{ sec}$
ভর, $m = 15 \text{ kg}$



‘গ’ থেকে প্রাপ্ত তথ্য হতে,
১ম 5sec এ বেগ 7 ms^{-1}
এবং শেষ 5 sec এ বেগ $= 17 \text{ ms}^{-1}$

১ম 5sec এর ক্ষেত্রফল, $A_1 = \frac{1}{2} \times 5 \times 7$
 $= 17.5 \text{ m}$

শেষ 5 sec এর জন্য ট্রাপিজিয়ামের ক্ষেত্রফল, $A_2 = \frac{1}{2} \times (7 + 17) \times 5$
 $= 60 \text{ m}$

মোট ক্ষেত্রফল, $A = (17.5 + 60) \text{ m} = 77.5 \text{ m}$

∴ পাথটির গতি $v-t$ লেখচিত্র উপস্থাপন করে প্রাপ্ত লেখ থেকে মোট দূরত্ব পাওয়া যাবে।

প্রশ্ন ২৬ কোন এক ড্রাইভার 1000 kg ভরের একটি মোটরগাড়ি চালাচ্ছিল। গাড়িটি বাক নিয়ে 30 ms^{-1} বেগে সমতল রাস্তায় উঠে দেখতে পেল 31 m দূরে রাস্তার উপর একটি ট্রাক থামানো। ড্রাইভার সঙ্গে সঙ্গে ব্রেক চাপল।

[হলি ক্রস কলেজ, ঢাকা]

- কৌণিক বেগ কাকে বলে? ১
- একটি হাত ঘড়ির সেকেন্ডের কাঁটা মিনিটের কাঁটা অপেক্ষা বেশি কাঁপে কি?—ব্যাখ্যা কর। ২
- ড্রাইভার থেমে থাকা ট্রাক থেকে 3 m আগে গাড়িটি থামাতে চাইলে প্রয়োজনীয় মন্দন কত হবে? ৩
- ড্রাইভার ব্রেক প্রয়োগে 15000 N মন্দনকারী বল প্রয়োগ করে দুর্ঘটনা এড়াতে পারবে কি—গাণিতিক যুক্তিসহ তোমার মতামত ব্যাখ্যা কর। ৪

২৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো বস্তু প্রতি একক সময়ে যে কৌণিক সরণ অতিক্রম করে তাকে কৌণিক বেগ বলে।

খ আপাত দৃষ্টিতে হাত ঘড়ির সেকেন্ডের কাঁটা মিনিটের কাঁটা অপেক্ষা বেশি কাঁপে মনে হলেও প্রকৃতপক্ষে দুটো কাঁটাই সমান সংখ্যক বার কাঁপে। সেকেন্ডের কাঁটার প্রত্যেকবার কম্পনের সাথে মিনিটের কাঁটাও অত্যন্ত ক্ষুদ্র কোণে কাঁপে। অর্থাৎ সেকেন্ডের কাঁটাটি যদি মিনিটে 60 টি বিক্ষেপ দেয় তাহলে মিনিটের কাঁটাও ঠিক 60 টি বিক্ষেপ দেবে। কিন্তু মিনিটের কাঁটার বিক্ষেপ কোণ অত্যন্ত ক্ষুদ্র হওয়ায় তা ঠিক বুঝা যায় না।

গ দেওয়া আছে,

মোটর গাড়ির আদিবেগ, $v_0 = 30 \text{ ms}^{-1}$

শেষ বেগ, $v = 0$

অতিক্রান্ত দূরত্ব, $s = 31 - 3 = 28 \text{ m}$

বের করতে হবে, মন্দন, $a = ?$

আমরা জানি,

$$v^2 = v_0^2 - 2as$$

$$\text{বা, } a = \frac{30^2}{2 \times 28}$$

$$\therefore a = 16.07 \text{ ms}^{-2} \text{ (Ans.)}$$

ঘ উদ্দীপক অনুসারে,

গাড়িটির ভর, $m = 1000 \text{ kg}$

মন্দনকারী বল, $F = 15000 \text{ N}$

আদিবেগ, $v_0 = 30 \text{ ms}^{-1}$

শেষ বেগ, $v = 0$

গাড়ি থেকে ট্রাকের দূরত্ব, $s = 31 \text{ m}$

ধরি, অতিক্রান্ত দূরত্ব, $= s'$

আমরা জানি,

$$v^2 = v_0^2 - 2as'$$

$$\text{বা, } 0^2 = 30^2 - 2 \frac{15000}{1000} \times s'$$

$$\text{বা, } s' = \frac{30^2}{30}$$

$$\therefore s' = 30 \text{ m}$$

যেহেতু, গাড়ির অতিক্রান্ত দূরত্ব, $s' <$ ট্রাক ও গাড়ির মধ্যবর্তী দূরত্ব, s সুতরাং গাড়িটি দুর্ঘটনা এড়াতে পারবে।

প্রশ্ন ২৯ একটি ফুটবল প্রতিযোগীতায় গোলপোস্টের 6 m সামনে থেকে অনুভূমিকের সাথে 40° কোণে 10 ms^{-1} বেগে বলকে কিক করা হলো। গোলপোস্টের উচ্চতা ছিল 2.5 m ।

[ঢাকা রেসিডেন্সিয়াল মডেল কলেজ]

- ক. টর্ক কী? ১
- খ. বৃত্তাকার পথে সমদ্রুতিতে গতিশীল বস্তুর ত্বরণ থাকবে কীনা ব্যাখ্যা কর। ২
- গ. 0.7 সেকেন্ড পর ফুটবলের বেগ নির্ণয় কর। ৩
- ঘ. গোল হওয়ার সম্ভাবনা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

২৯ নং প্রশ্নের উত্তর

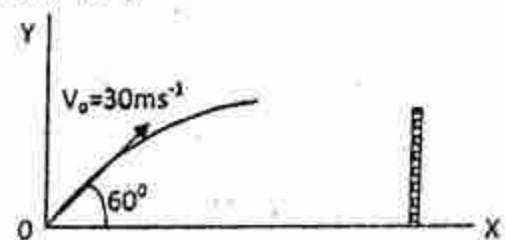
ক যা কোন অধুর্গনশীল বস্তুতে ঘূর্ণন সৃষ্টি করে বা ঘূর্ণায়মান বস্তুর কৌণিক বেগের পরিবর্তন করে তাকে টর্ক বলে।

খ আমরা জানি, বেগের পরিবর্তন ঘটে শুধু এর মান বা দিক বা উভয়ের পরিবর্তনের দ্বারা। সুতরাং, কোনো বস্তুর বেগের মানের (দ্রুতি) পরিবর্তন না ঘটলে ও এর দিকের পরিবর্তন ঘটলে বেগের পরিবর্তন ঘটে। বেগের পরিবর্তন ($\Delta \vec{v}$) অশূন্য হলে ত্বরণের সংজ্ঞানুসারে $\left(\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} \right)$ ত্বরণের অশূন্য মান থাকে। তাই সমদ্রুতিতে বৃত্তাকার পথে চলমান বস্তুর ত্বরণ থাকে। এটি অন্যভাবেও ব্যাখ্যা করা যায়, বৃত্তপথে ঘূর্ণরত কোনো বস্তুর ওপর বৃত্তের কেন্দ্রের দিকে সর্বদা কেন্দ্রমুখী বল ক্রিয়া করে। উক্ত বলের দরুন বস্তুটিতে ত্বরণ ঘটে থাকে।

গ ১ (গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।
উত্তর : 7.672 ms^{-1} ; অনুভূমিকের সাথে 3.23° কোণে নিচের দিকে।

ঘ ৬ (ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।
উত্তর : গোল হওয়ার সম্ভাবনা আছে।

প্রশ্ন ৩০ চিত্রটি লক্ষ কর। নিক্ষেপন বিন্দু থেকে 20 m দূরে 25 m উঁচু একটি দেয়াল অবস্থিত।



[বীরশ্রেষ্ঠ নূর মোহাম্মদ পাবলিক কলেজ]

- ক. কৌণিক ভরবেগ কাকে বলে? ১
- খ. রাবারের চেয়ে ইস্পাত বেশি স্থিতিস্থাপক কেন? ব্যাখ্যা করো। ২
- গ. 1.2 s সময়ে প্রাসটির বেগ নির্ণয় করো। ৩
- ঘ. প্রাসটি কি দেয়ালটিকে অতিক্রম করতে পারবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৩০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক ঘূর্ণায়মান বস্তুর ঘূর্ণন অক্ষের সাপেক্ষে ঘূর্ণন জড়তা ও কৌণিক বেগের গুণফলকে ঐ অক্ষের সাপেক্ষে ঘূর্ণায়মান বস্তুর কৌণিক ভরবেগ বলে।

খ নির্দিষ্ট আকারের রাবারের টুকরাতে সামান্য বিকৃতি ঘটাতে যে বল প্রয়োগ করতে হয়। সম আকারের ইস্পাতের টুকরাতে একই বিকৃতি ঘটাতে অনেক বেশি বল প্রয়োগ করতে হয়। অর্থাৎ রাবারের তুলনায় ইস্পাতের স্থিতিস্থাপক গুণাঙ্ক বেশি বলে ইস্পাত বেশি স্থিতিস্থাপক।

গ

প্রাসের বেগের অনুভূমিক উপাংশ,

$$v_x = v_0 \cos \theta_0 \\ = 30 \times \cos 60^\circ \\ = 15 \text{ ms}^{-1}$$

এখানে,

প্রাসের আদি বেগ,

$$v_0 = 30 \text{ ms}^{-1}$$

নিষ্ক্ষেপন কোণ, $\theta_0 = 60^\circ$

সময়, $t = 1.2 \text{ s}$

উল্লম্ব উপাংশ

$$v_y = v_0 \sin \theta_0 - gt \\ = 30 \times \frac{\sqrt{3}}{2} - (9.8 \times 1.2) \\ = 14.22 \text{ ms}^{-1}$$

$$\therefore \text{বেগ, } v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} \\ = \sqrt{(15)^2 + (14.22)^2} \\ = 20.67 \text{ ms}^{-1}$$

ঘ

প্রাসটি অনুভূমিক বরাবর 20m দূরত্ব অতিক্রম করার পর যদি ভূমি থেকে 25m উচ্চতায় থাকে তবে দেয়াল অতিক্রম করতে পারবে।

এখানে,

প্রাসের আদিবেগ

$$v_0 = 30 \text{ ms}^{-1}$$

নিষ্ক্ষেপ কোণ,

$$\theta_0 = 60^\circ$$

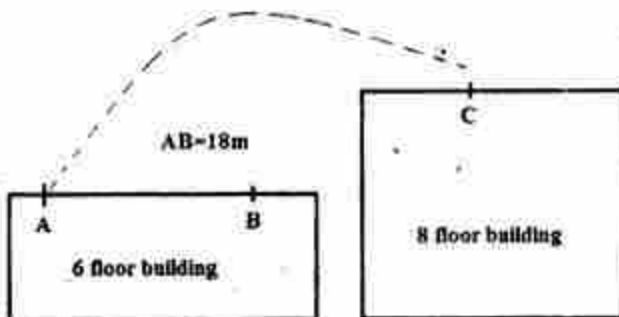
অনুভূমিক দূরত্ব,

$$x = 20 \text{ m}$$

$$\therefore y = x \tan \theta_0 - \frac{gx^2}{2v_0^2 \cos^2 \theta_0} \\ = 20 \times \tan 60^\circ - \frac{9.8 \times (20)^2}{2 \times (30)^2 \times (\cos 60^\circ)^2} \\ = 20\sqrt{3} - \frac{3920}{450} \\ = 25.93 \text{ m}$$

যা 25m অপেক্ষা বেশি। অর্থাৎ প্রাসটি দেয়াল অতিক্রম করতে পারবে।

প্রশ্ন ৩১ পুরাতন ঢাকার ছাদে T20 ক্রিকেট খেলায় ঈশান 22 m/s বেগে ও 55° কোণে A হতে একটি বলকে C বিন্দুতে থাকা একজন ফিল্ডারের দিকে মারল। প্রতি তলার উচ্চতা 3 m এবং পিচের দৈর্ঘ্য AB = 18m, B হতে C বিন্দুর আনুভূমিক দূরত্ব 35 m।



[আদমজী ক্যান্টনমেন্ট কলেজ, ঢাকা]

ক. অবস্থান ভেক্টর কাকে বলে?

১

খ. সমত্বরণের ক্ষেত্রে $v-t$ গ্রাফ অঙ্কন কর এবং ত্বরণ নির্ণয়ের পদ্ধতি ব্যাখ্যা কর।

২

গ. যখন বলটি B বিন্দুকে অতিক্রম করে তখন বলটির উচ্চতা কত?

৩

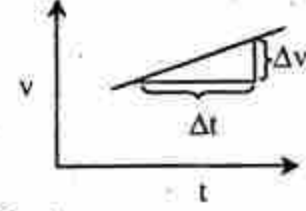
ঘ. C বিন্দুতে থাকা খেলোয়াড়টি বল ধরতে পারবে কি? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা কর।

৪

৩১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক প্রসঙ্গ কাঠামোর মূল বিন্দুর সাপেক্ষে কোনো বিন্দুর অবস্থান যে ভেক্টরের সাহায্যে নির্ণয় বা নির্দেশ করা হয় তাকে অবস্থান ভেক্টর বলে।

খ সমত্বরণে গতিশীল বস্তুর ক্ষেত্রে বেগ বনাম সময় লেখচিত্রটি নিম্নরূপ—



$$\text{এর ঢাল} = \frac{\text{বেগের পরিবর্তন}}{\text{সময়ের পরিবর্তন}} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

যেহেতু সময়ের সাপেক্ষে বেগের পরিবর্তনই ত্বরণ।

\therefore বেগ বনাম সময়ের ঢালই হলো এর ত্বরণ।

$$\therefore \text{ত্বরণ, } a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

গ ভূমি হতে 6 তলা বিল্ডিংয়ের উচ্চতা = $6 \times 3 = 18 \text{ m}$

এখন, ভূমি হতে B বিন্দুকে অতিক্রম করার সময় বলের উচ্চতা y হলে,

$$y - 18 = (\tan \theta_0)x - \frac{g}{2v_0^2 \cos^2 \theta_0} x^2 \\ = (\tan 55^\circ) \times 18 - \frac{9.81}{2 \times (22)^2 \times (\cos 55^\circ)^2} \times (18)^2 \\ = 15.73$$

$$\therefore y = 15.73 + 18 \\ = 33.73 \text{ m (Ans.)}$$

এখানে,

পিচের দৈর্ঘ্য, AB

$$= x = 18 \text{ m}$$

নিষ্ক্ষেপ কোণ,

$$\theta_0 = 55^\circ$$

আদিবেগ, $v_0 =$

$$22 \text{ ms}^{-1}$$

ঘ C বিন্দুতে খেলোয়াড়টি বলটি ধরতে পারবে যদি C বিন্দুতে বলটির উচ্চতা ভূমি থেকে অন্তত 8 তলা বিল্ডিংটির উচ্চতার সমান কিংবা বেশি, কিন্তু এতটা বেশি নয় যে, খেলোয়াড়টির মাথার ওপর দিয়ে চলে যায়।

এখন, AC = 18 + 35 = 53m অনুভূমিক দূরত্বে C বিন্দুতে ভূমি হতে

$$\text{বলটির উচ্চতা } y \text{ হলে, } y - 18 = (\tan \theta_0)x - \frac{g}{2v_0^2 \cos^2 \theta_0} x^2 \\ = (\tan 55^\circ) \times 53 - \frac{9.81}{2 \times (22)^2 \times (\cos 55^\circ)^2} \times (53)^2 \\ = -10.84$$

$$\therefore y = -10.84 + 18$$

$$= 7.16 \text{ m}$$

অর্থাৎ C বিন্দুতে বলটির ভূমি হতে উচ্চতা 7.16m যা 8 তলা বিল্ডিংয়ের উচ্চতা $8 \times 3 = 24 \text{ m}$ হতে কম ফলে বলটি যাওয়ার পথে 8 তলা বিল্ডিংয়ের সাথে ধাক্কা লেগে যাবে ফলে C বিন্দুতে ফিল্ডারের নিকট পৌঁছাবে না।

প্রশ্ন ৩২ রনি 50 m উঁচু বিল্ডিং-এর ছাদ হতে একটি মার্বেল ছেড়ে দিল। মার্বেলটি নরম কাদামাটির মধ্যে 3cm প্রবেশ করার পর 50% বেগ হারায়। এরপর কাদামাটির মধ্যে এটি আরও কিছুদূর প্রবেশ করে থেমে গেল।

[হিনজিনিয়ারিং ইন্সটিটিউট কলেজ, ঢাকা]

ক. কৌণিক ভরবেগ কাকে বলে?

১

খ. নিজ অক্ষের চারদিকে ঘূর্ণায়মান কোনো ব্যক্তির জড়তার ভ্রামক অর্ধেক হলে কৌণিক গতি দ্বিগুণ হয়— এর তাৎপর্য লিখ।

২

গ. মার্বেলটি কাদামাটি স্পর্শ করার মুহূর্তে মার্বেলটির বেগ কত ছিল?

৩

ঘ. কাদামাটির মধ্যে মার্বেলটির বেগ বনাম অতিক্রান্ত দূরত্বের লেখচিত্র অঙ্কন কর এবং মার্বেলটি কাদামাটির মধ্যে আর কতটুকু প্রবেশ করবে গাণিতিকভাবে দেখাও।

৪

৩২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. ঘূর্ণায়মান বস্তুর ঘূর্ণন অক্ষের সাপেক্ষে ঘূর্ণন জড়তা ও কৌণিক বেগের গুণফলকে ঐ অক্ষের সাপেক্ষে ঘূর্ণায়মান বস্তুর কৌণিক ভরবেগ বলে।

খ. কৌণিক ভরবেগের সংরক্ষণশীলতার সূত্রানুসারে,

$$L_1 = L_2$$

$$\text{বা, } I_1 \omega_1 = I_2 \omega_2$$

$$\text{বা, } \frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{I_1}{I_2}$$

$$\text{এখন, } I_2 = \frac{I_1}{2} \text{ হলে}$$

$$\therefore \frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{I_1}{\frac{I_1}{2}} = 2$$

$$\text{বা, } \omega_2 = 2\omega_1$$

অর্থাৎ জড়তার ভ্রামক অর্ধেক হলে কৌণিক গতি দ্বিগুণ হবে।

গ. কাদামাটি স্পর্শ করার মুহূর্তে বেগ v হলে,

$$v^2 = u^2 + 2gh$$

$$\text{বা, } v = \sqrt{u^2 + 2gh}$$

$$= 31.32 \text{ ms}^{-1} \text{ (Ans.)}$$

এখানে,

অতিক্রান্ত উচ্চতা, $h = 50 \text{ m}$

আদি বেগ, $u = 0 \text{ ms}^{-1}$

অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8 \text{ ms}^{-2}$

ঘ. কাদামাটির মধ্যে মার্বেলের বেগ বনাম সরণ সম্পর্ক: $v^2 = v_0^2 + 2as$
 $v_0 = 31.32 \text{ m/s}$
 $a = \text{ত্বরণ}$

$$s_1 = 3 \text{ cm হলে, } v = \frac{50}{100} v_0 = \frac{v_0}{2}$$

$$\therefore E_k = \frac{1}{2} mv^2 = \frac{1}{4} E_{k0}$$

$$\therefore F \cdot S = E_{k0} - E_k = \frac{3}{4} E_{k0}$$

$$\text{বা, } F \left(\frac{4}{3} s_1 \right) = E_{k0} - 0$$

$$\therefore \text{মোট সরণ, } s_2 = \frac{4}{3} s_1$$

$$= \frac{4}{3} \times 3 \text{ cm}$$

$$= 4 \text{ cm}$$

$$\therefore a = \frac{v^2 - v_0^2}{2s_2}$$

$$= \frac{0 - (31.32)^2}{2 \times 4 \times 10^{-2}}$$

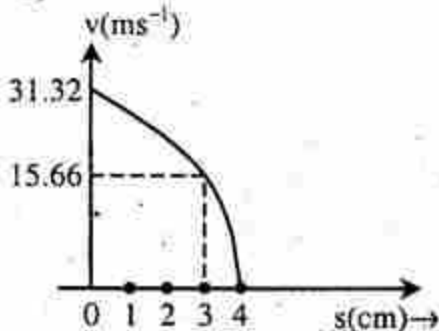
$$= -12261.78 \text{ m/s}^2$$

$$\therefore v^2 = 31.32^2 - 2 \times 12261.78$$

$$v^2 = 980.95 - 24523.50$$

$$\text{বা, } v^2 = -24523.50(s - 0.04)$$

বা, $y^2 = -a(x - b)$ ধরনের সমীকরণ। যার লেখচিত্র নিম্নরূপ:



মার্বেলটি কাদামাটির মধ্যে আরও $(s_2 - s_1) = (4 - 3) \text{ cm}$

$= 1 \text{ cm}$ প্রবেশ করবে।

প্রশ্ন ৩৩ 490 m উচ্চ কেন্দ্র টাওয়ার এর ছাদ থেকে একটি লোক 40 ms^{-1} অনুভূমিক বেগে বুলেট ছুঁড়ল। একই সময় অপর একটি লোক একই উচ্চতা হতে একটি বুলেট স্থির অবস্থা হতে নিচে ফেলে দিল। বাতাসের বাধা উপেক্ষা করে।

[ইনজিনিয়ারিং ইন্সটিটিউট কলেজ, ঢাকা]

ক. কেন্দ্রমুখী বলের সংজ্ঞা দাও।

১

খ. 'সুষম রৈখিক গতিতে ত্বরণ থাকে না, কিন্তু বৃত্তাকার গতিতে ত্বরণ থাকে' - ব্যাখ্যা কর।

২

গ. প্রথম বুলেটে কর্তৃক অতিক্রান্ত অনুভূমিক দূরত্ব নির্ণয় কর।

৩

ঘ. কোন বুলেটটি আগে ভূমিতে আঘাত করবে? উত্তরের স্বপক্ষে যুক্তি দাও।

৪

৩৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. যখন কোনো বস্তু একটি বৃত্তাকার পথে ঘুরতে থাকে তখন ঐ বস্তুর কেন্দ্র অভিমুখে যে নিট বল ক্রিয়া করে বস্তুটিকে বৃত্তাকার পথে গতিশীল রাখে তাকে কেন্দ্রমুখী বল বলে।

খ. সুষম রৈখিক গতিতে বেগের পরিবর্তন শূন্য হওয়ায় ত্বরণ থাকে না। কিন্তু সুষম বৃত্তাকার গতিতে বেগ সর্বদা বৃত্তাকার পথের যেকোন বিন্দুতে স্পর্শক বরাবর ক্রিয়া করে। এজন্য বেগের মান এক হলেও দিক সর্বদা পরিবর্তনশীল হওয়ায় বেগের পরিবর্তনের মান শূন্য হয় না। এজন্য সুষম বৃত্তাকার গতিতে ত্বরণ থাকে।

গ. এখানে,

আদিবেগ, $v_0 = 40 \text{ ms}^{-1}$

উচ্চতা, $H = 490 \text{ m}$

অনুভূমিকভাবে বুলেট ছোঁড়ার ক্ষেত্রে,

অতিক্রান্ত অনুভূমিক দূরত্ব, $x = v_0 t$

আবার, অতিক্রান্ত উল্লম্ব দূরত্ব, $H = \frac{1}{2} g t^2$

$$\text{বা, } t = \sqrt{\frac{2H}{g}}$$

$$\therefore x = v_0 \times \sqrt{\frac{2H}{g}}$$

$$\text{বা, } x = 40 \times \sqrt{\frac{2 \times 490}{9.8}} = 400 \text{ m (Ans.)}$$

ঘ. ১ম ঘটনার ক্ষেত্রে যেহেতু $\theta = 0$,

১ম ঘটনার ক্ষেত্রে ভূমিতে আঘাত করার সময় t_1 হলে,

$$\text{উল্লম্ব দূরত্ব, } y = u \sin \theta t_1 + \frac{1}{2} g t_1^2$$

$$= u \sin 0^\circ \times t_1 + \frac{1}{2} g t_1^2$$

$$= \frac{1}{2} g t_1^2$$

$$\therefore t_1 = \sqrt{\frac{2y}{g}}$$

২য় ঘটনার ক্ষেত্রে, আদিবেগ, $u = 0$

২য় ঘটনার ক্ষেত্রে ভূমিতে আঘাত করার সময় t_2 হলে

$$\text{উল্লম্ব দূরত্ব, } y = u \times t_2 + \frac{1}{2} g t_2^2$$

$$= 0 \times t_2 + \frac{1}{2} g t_2^2$$

$$= \frac{1}{2} g t_2^2$$

$$\therefore t_2 = \sqrt{\frac{2y}{g}}$$

সুতরাং, দেখা যাচ্ছে $t_1 = t_2$

সুতরাং উভয় বুলেট একই সময়ে ভূমিতে আঘাত করবে।

প্রশ্ন ৩৪ জনি 500m দূরে। টি বস্তুকে আঘাত করার জন্য অনুভূমিকের সাথে θ কোণে গুলি করল। যদি বন্দুক হতে গুলি বের হওয়ার মুহূর্তে বস্তুটি 50ms^{-1} বেগে ঝাড়া উপরের দিকে নিক্ষেপ করা হল। গুলিটি 5s পর বস্তুটিকে আঘাত করল।

(এস ও এস হারমান মাইনার কলেজ, ঢাকা)

- ক. জড় প্রসঙ্গ কাঠামো কি? ১
- খ. কোন বস্তুর গতি বা স্থিতি সবসময়ই আপেক্ষিক, ব্যাখ্যা করো। ২
- গ. উদ্দীপকের বস্তুটি 5s পর কত উচ্চতায় উঠবে নির্ণয় করো। ৩
- ঘ. উদ্দীপকের θ এর মান কত হলে গুলিটি বস্তুটিকে আঘাত করতে পারবে, নির্ণয় করো। ৪

৩৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক পরস্পরের সাপেক্ষে ধ্রুব বেগে গতিশীল যে সব প্রসঙ্গ কাঠামোতে নিউটনের গতিসূত্র অর্জন করা যায় তাদেরকে জড় প্রসঙ্গ কাঠামো বলে।

খ কোনো বস্তু স্থির না সচল তা বোঝার জন্য আমরা কোনো স্থির বস্তুর সাথে তুলনা করে থাকি। যেহেতু এ মহাবিশ্বের পরম স্থিতিশীল কোনো বস্তু পাওয়া যায় না তাই আমাদেরকে কোনো বস্তুর গতি অপর গতিশীল বস্তুর গতির সাথে তুলনা করে বুঝতে হয়। তাই বলা যায়, এ মহাবিশ্বে সকল গতিই আপেক্ষিক। পাশাপাশি থেমে থাকা দুটি ট্রেনের একটি চলতে শুরু করলে গতিশীল ট্রেনের যাত্রীর কাছে মনে হবে যেন পাশের ট্রেনটি বিপরীত দিকে চলতে শুরু করেছে। আসলে ট্রেন দুটির মধ্যবর্তী পারস্পরিক গতির জন্য এরূপ মনে হয়। চলমান যাত্রীর সাপেক্ষে থেমে থাকা গাড়ির এই মনে হওয়া গতিই হচ্ছে আপেক্ষিক গতি। সুতরাং আমরা বলতে পারি, দুটি চলমান বস্তুর একটির সাপেক্ষে অপরটির গতিকে আপেক্ষিক গতি বলে এবং পৃথিবীর সব বস্তুর গতি বা স্থিতি সবসময় আপেক্ষিক।

গ

t sec পর উচ্চতা h হলে,

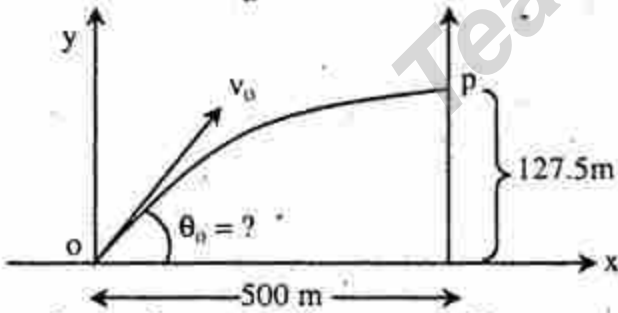
$$h = v_0 t - \frac{1}{2} g t^2$$

$$= 50 \times 5 - \frac{1}{2} \times 9.8 \times 5^2$$

$$= 127.5 \text{ m (Ans.)}$$

এখানে,
বস্তুর আদিবেগ, $v_0 = 50 \text{ ms}^{-1}$
সময়, $t = 5 \text{ s}$
উচ্চতা, $h = ?$

ঘ উদ্দীপক হতে প্রাপ্ত তথ্যানুসারে চিত্র



5 sec পর গুলি অনুভূমিক বরাবর 500m দূরত্ব অতিক্রম করবে।

$$\therefore x = v_0 \cos \theta_0 t$$

$$\text{বা, } 500 = v_0 \cos \theta_0 t \times 5$$

$$\text{বা, } v_0 \cos \theta_0 = 100 \dots \dots \dots (i)$$

আবার, 5 sec উল্লম্ব অবস্থায় 127.5 m উচ্চতায় থাকে।

$$\therefore y = v_0 \sin \theta_0 t - \frac{1}{2} g t^2$$

$$\text{বা, } 127.5 = v_0 \sin \theta_0 \times 5 - \frac{1}{2} \times 9.8 \times 5^2$$

$$\text{বা, } 250 = v_0 \sin \theta_0 \times 5$$

$$\text{বা, } v_0 \sin \theta_0 = 50 \dots \dots \dots (ii)$$

(ii) + (i) করে পাই,

$$\tan \theta_0 = \frac{1}{2}$$

$$\text{বা, } \theta_0 = 26.57^\circ \text{ (Ans.)}$$

প্রশ্ন ৩৫ আনুভূমিকের সাথে 30° কোণে হেলানো রাস্তার মধ্য দিয়ে 1600 kg ভরের একটি গাড়ি 15 ms^{-1} বেগে চলার সময় ব্রেক চেপে 50 m দূরত্বে থামানো হলো।

(সাতার ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা)

- ক. ঘাত বল কী? ১
- খ. দেখাও যে, স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষে সমান ভরের দুটি বস্তু বেগের বিনিময় হয়। ২
- গ. 30 m দূরত্ব অতিক্রমের পর গাড়িটির বেগের মান কত হবে? ৩
- ঘ. গাড়িটির ব্রেকজনিত বলের মান নির্ণয় করো। ৪

৩৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক খুব অল্প সময়ের জন্য খুব বড় মানের যে বল কোন বস্তুর উপর প্রযুক্ত হয় তাকে ঘাত বল বলে।

খ দুটি সমান ভরের স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষের ক্ষেত্রে আমরা পাই,

$$mu_1 + mu_2 = mv_1 + mv_2$$

$$\text{বা, } u_1 - v_1 = v_2 - u_2 \dots \dots \dots (1)$$

$$\text{এবং } \frac{1}{2} mu_1^2 + \frac{1}{2} mu_2^2 = \frac{1}{2} mv_1^2 + \frac{1}{2} mv_2^2$$

$$\text{এবং } u_1^2 - v_1^2 = v_2^2 - u_2^2 \dots \dots \dots (2)$$

সমীকরণ (2) কে (1) দ্বারা ভাগ করে

$$u_1 + v_1 = v_2 + u_2 \dots \dots \dots (3)$$

সমীকরণ (1) ও (3) যোগ করে

$$2u_1 = 2v_2$$

$$\text{বা, } v_2 = u_1$$

সমীকরণ (1) ও (3) বিয়োগ করে

$$2u_2 = 2v_1$$

$$\text{বা, } v_1 = u_2$$

সুতরাং সমান ভরের দুটি বস্তুর স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষে বস্তুদ্বয় পরস্পর বেগ বিনিময় করে।

গ কাজ শক্তি উপপাদ্য হতে,

কৃত কাজ = গতিশক্তির পরিবর্তন

বা, ব্রেক কর্তৃক প্রযুক্ত বল \times সরণ

= গতিশক্তির পরিবর্তন

$$\text{বা, } F \times s_1 = \frac{1}{2} m (v^2 - v_0^2)$$

$$F = \frac{m(0 - v_0^2)}{2s_1} [\because v = 0]$$

$$= \frac{-1600 \times (15)^2}{2 \times 50}$$

$$= -3600 \text{ N}$$

ঋণাত্মক চিহ্ন বাধাদানকারী বল বোঝাচ্ছে।

আবার,

$$F \times s = \frac{1}{2} m (v^2 - v_0^2)$$

$$\text{বা, } -3600 \times 30 = \frac{1600}{2} (v^2 - 15^2)$$

$$\text{বা, } -108000 = 800 v^2 - 180000$$

$$\text{বা, } v = 9.49 \text{ ms}^{-1} \text{ (Ans.)}$$

ঘ কাজ শক্তি উপপাদ্য হতে,

ব্রেক কর্তৃক প্রযুক্ত বল \times সরণ

= গতিশক্তির পরিবর্তন

$$\text{বা, } F \times s = \frac{1}{2} m (v^2 - v_0^2)$$

$$\text{বা, } F = \frac{-1600 \times (0^2 - 15^2)}{2 \times 50}$$

$$\text{বা, } F = -3600 \text{ N}$$

ঋণাত্মক চিহ্ন বাধাদানকারী বল বোঝাচ্ছে।

\therefore ব্রেকজনিত বলের মান 3600 N।

এখানে, সমগ্রপথের ক্ষেত্রে,

গাড়ির ভর, $m = 1600 \text{ kg}$

কোণ, $\theta = 30^\circ$

আদি বেগ, $v_0 = 15 \text{ ms}^{-1}$

দূরত্ব, $s_1 = 50 \text{ m}$

শেষ বেগ, $v = 0$

30m দূরত্ব অতিক্রম

করার পর বেগ, v হলে,

দূরত্ব, $s_2 = 30 \text{ m}$

শেষ বেগ, $v = ?$

এখানে,

গাড়ির ভর, $m = 1600 \text{ kg}$

কোণ, $\theta = 30^\circ$

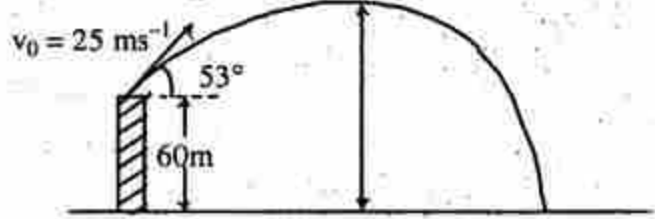
বেগ, $v_0 = 15 \text{ ms}^{-1}$

দূরত্ব, $s = 50 \text{ m}$

শেষ বেগ, $v = 0$

প্রযুক্ত বল, $F = ?$

প্রশ্ন ৩৬ 60m উচ্চতা বিশিষ্ট একটি পাহাড়ের চূড়া হতে একটি কামানের গুলি 25 ms^{-1} বেগে অনুভূমিকের সাথে 53° কোণে ছোঁড়া হচ্ছে।



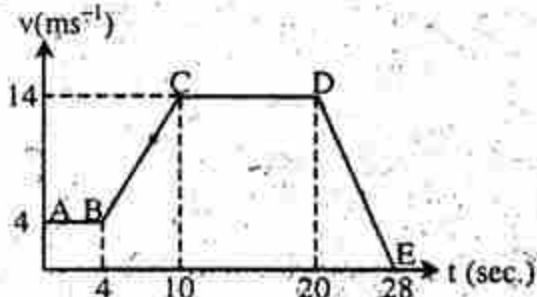
[ঘাটাইল ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ]

- ক. স্প্রিং ধুবক কাকে বলে? ১
খ. একটি বড় বৃষ্টির ফোঁটা ভেঙ্গে অনেকগুলো ছোট ফোঁটায় পরিণত করলে তাপমাত্রার কী পরিবর্তন হবে ব্যাখ্যা করো। ২
গ. কামানের গুলিটি ভূমি হতে সর্বোচ্চ কত উচ্চতায় উঠবে? ৩
ঘ. পাহাড়ের চূড়া হতে উদ্ভীপকে বর্ণিত গুলির অনুবৃত্ত একটি কামানের গুলি একই সময় একই বলে অনুভূমিক বরাবর নিক্ষেপ করা হলে, কোনটি আগে মাটিতে আঘাত করবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৩৬ নং প্রশ্নের উত্তর

১০ নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দুইটি।

প্রশ্ন ৩৭ নিচের চিত্রে একটি গাড়ির সময় বনাম বেগ এর লেখচিত্র দেখানো হল:



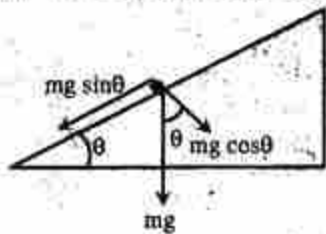
[মাইলস্টোন কলেজ]

- ক. টর্ক কাকে বলে? ১
খ. ঢালু পথে পাহাড়ে উঠতে কষ্ট হয় কেন? ব্যাখ্যা কর। ২
গ. DE অংশে গাড়িটির ত্বরণ নির্ণয় কর। ৩
ঘ. প্রথম 14 সেকেন্ডে অতিক্রান্ত দূরত্ব গাড়িটির মোট অতিক্রান্ত দূরত্বের অর্ধেক হবে কি? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা কর। ৪

৩৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যা কোন অঘর্ষণশীল বস্তুতে ঘূর্ণন সৃষ্টি করে বা ঘূর্ণায়মান বস্তুর কৌণিক বেগের পরিবর্তন করে তাকে টর্ক বলে।

খ



যখন কোনো ব্যক্তি ঢালু পথে পাহাড় উঠতে চায়, তখন ঢালু পথটি চিত্রের ন্যায় অনুভূমিকের সাথে θ কোণে আনত থাকে। এ সময় ঐ ব্যক্তির ওজনের দুটি উপাংশ থাকে যার একটি ঐ তলের খাড়া নিচের দিকে, অন্যটি পাহাড়ে উঠার সময় তার ঠিক বিপরীতে। ফলে ঐ ব্যক্তিকে পাহাড়ে উঠার জন্য হাঁটার পাশাপাশি ঐ বলের বিরুদ্ধেও কাজ করতে হয়। এ কারণে ঢালু পথে পাহাড়ে উঠার সময় কষ্ট হয়।

গ লেখের DE অংশ সরলরেখা বলে গাড়িটির বেগ সমমন্দনে হ্রাস পায়।

∴ গাড়িটির ত্বরণ, a হলে,

$$v = u + at$$

$$\text{বা, } a = \frac{v - u}{t}$$

$$= \frac{0 - 14}{8}$$

$$= -1.75 \text{ ms}^{-2} \text{ (Ans.)}$$

এখানে,

আদিবেগ, $u = 14 \text{ ms}^{-1}$

শেষ বেগ, $v = 0 \text{ ms}^{-1}$

সময়, $t = 8 \text{ sec}$

খ লেখের AB অংশে গাড়িটি 4sec ধরে 4 ms^{-1} সমবেগে যায়।

এ সময় গাড়িটির অতিক্রান্ত দূরত্ব, $S_{AB} = 4 \times 4 = 16 \text{ m}$ লেখের BC অংশে গাড়িটি সমত্বরণে S_{BC} দূরত্ব গেলে

$$S_{BC} = \left(\frac{u + v}{2} \right) t$$

$$= \left(\frac{14 + 4}{2} \right) \times 6$$

$$= 54 \text{ m}$$

এখানে,

আদিবেগ, $u = 4 \text{ ms}^{-1}$

শেষ বেগ, $v = 14 \text{ ms}^{-1}$

সময়, $t = 6 \text{ sec}$

লেখের CD অংশে গাড়িটি সমবেগে যায় বলে, C হতে 4 sec-এ যাবে,

$$S_{CD_1} = 14 \times 4$$

$$= 56 \text{ m}$$

$$\therefore \text{প্রথম 14 সেকেন্ডে অতিক্রান্ত দূরত্ব, } S_1 = S_{AB} + S_{BC} + S_{CD_1}$$

$$= 16 + 54 + 56$$

$$= 126 \text{ m}$$

আবার, CD অংশে বাকি 6 sec এ অতিক্রম করে, $S_{CD_2} = 6 \times 14$

$$= 84 \text{ m}$$

DE অংশে সমমন্দনে S_{DE} দূরত্ব গেলে,

$$S_{DE} = \left(\frac{u + v}{2} \right) t$$

$$= \left(\frac{14 + 0}{2} \right) \times 8$$

$$= 56 \text{ m}$$

এখানে,

আদিবেগ, $u = 14 \text{ ms}^{-1}$

শেষ বেগ, $v = 0 \text{ ms}^{-1}$

সময়, $t = 8 \text{ sec}$

$$\therefore \text{শেষ 14 sec এ অতিক্রান্ত দূরত্ব, } S_2 = S_{CD_2} + S_{DE}$$

$$= 84 + 56$$

$$= 140 \text{ m}$$

$$\therefore \text{মোট অতিক্রান্ত দূরত্ব, } S = S_1 + S_2$$

$$= 126 + 140$$

$$= 266 \text{ m}$$

$$\therefore \text{মোট দূরত্বের অধিক দূরত্ব, } \frac{S}{2} = \frac{266}{2} = 133 > S_1$$

অর্থাৎ প্রথম 14 সেকেন্ড অতিক্রান্ত দূরত্ব মোট দূরত্বের অর্ধেক নয়।

প্রশ্ন ৩৮ একজন লোক 20m উঁচু একটি দালানের ছাদ থেকে অনুভূমিকের সাথে 30° কোণে 40 ms^{-1} বেগে একটি বুলেট ছুঁড়ল। একই সময়ে আর একটি বুলেট একই উচ্চতা থেকে নিচে ফেলে দিল।

[আজিমপুর গভর্নমেন্ট পার্লস স্কুল এন্ড কলেজ]

- ক. কেন্দ্রমুখী ত্বরণ কাকে বলে? ১
খ. ঘর্ষণ বল একটি অসংরক্ষণশীল বল— ব্যাখ্যা করো। ২
গ. প্রথম বুলেটটি কর্তৃক অতিক্রান্ত অনুভূমিক দূরত্ব নির্ণয় করো। ৩
ঘ. যদি প্রথম বুলেটটি অনুভূমিকভাবে ছোঁড়া হতো তাহলে কোন বুলেটটি আগে ভূমিতে আঘাত করত? উত্তরের স্বপক্ষে গাণিতিক যুক্তি দাও। ৪

৩৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক বৃত্তাকার পথে ঘূর্ণায়মান কোন বস্তুর কেন্দ্র বরাবর যে ত্বরণ কাজ করে তাকে কেন্দ্রমুখী ত্বরণ বলে।

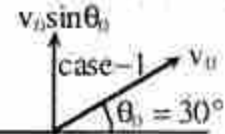
খ আমরা জানি, ঘর্ষণ বল সর্বদা গতির বিপরীতে ক্রিয়া করে। তাই একটি পূর্ণচক্রের প্রতিটি অংশে ঘর্ষণ বল দ্বারা কৃতকাজ ঋণাত্মক। ফলে একটি পূর্ণচক্রে ঘর্ষণ বল দ্বারা সম্পাদিত কাজের পরিমাণ কখনও শূন্য হতে পারে না। এজন্য ঘর্ষণ বল একটি অসংরক্ষণশীল বল।

গ দেওয়া আছে, প্রথম বুলেটের ক্ষেত্রে, নিক্ষেপণ কোণ, $\theta_0 = 30^\circ$

নিক্ষেপণ বেগ, $v_0 = 40 \text{ ms}^{-1}$

আদি উচ্চতা, $h = 20 \text{ m}$

অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8 \text{ ms}^{-2}$



Case-1:

উপরের দিক ঋণাত্মক ধরে (+) পাই,

$$-h = +v_0 \sin \theta_0 t_1 - \frac{1}{2} g t_1^2 \quad [\because g \text{ নিচের দিকে}]$$

$$\text{বা, } -20 = 40 \sin 30^\circ t_1 - 4.9 t_1^2$$

$$\text{বা, } 4.9 t_1^2 - 20 t_1 - 20 = 0$$

$$\text{বা, } t_1 = \frac{-(-20) \pm \sqrt{(-20)^2 - 4 \times 4.9 \times (-20)}}{2 \times 4.9}$$

$$\text{বা, } t_1 = 4.9125 \text{ s বা } t_1 = 0.831 \text{ (অগ্রহণযোগ্য)}$$

$$\therefore \text{ অনুভূমিক দূরত্ব, } x_1 = v_0 \cos \theta_0 \times t_1 \\ = 40 \times \cos 30^\circ \times 4.9125 \\ = 170.174 \text{ m (Ans.)}$$

ঘ ১ম বুলেটের ক্ষেত্রে,

$$h = v_0 \sin \theta_0 t + \frac{1}{2} g t^2 \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{এখানে,} \\ v_0 = 40 \text{ ms}^{-1} \\ \theta = 0^\circ \end{array} \right.$$

$$\Rightarrow 20 = 40 \times \sin 0^\circ \times t + \frac{1}{2} g t^2$$

$$\Rightarrow t = \sqrt{\frac{20}{4.9}} = 2.02 \text{ s}$$

দ্বিতীয় বুলেটটি প্রাস নয়, এটি উল্লম্ব বরাবর মুক্তভাবে পতনশীল বস্তু।

দ্বিতীয় বুলেটের আদিবেগ, $v_{0y} = 0 \text{ m/s}$

জানা আছে, অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8 \text{ m/s}^2$

দ্বিতীয় বুলেটটি ভূমিতে আঘাতের পূর্বে t' সময়কাল ধরে পতিত হলে,

$$h = v_0 t' + \frac{1}{2} g t'^2$$

$$\text{বা, } 20 = 0 \cdot t' + \frac{1}{2} \times 9.8 t'^2$$

$$\text{বা, } 4.9 t'^2 = 20$$

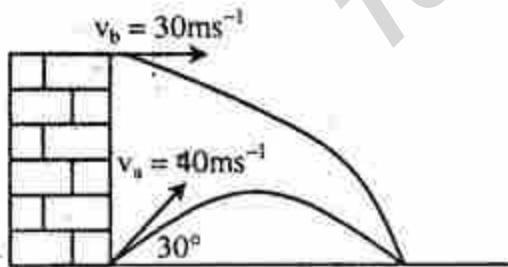
$$\text{বা, } t' = \sqrt{\frac{20}{4.9}} = 2.02 \text{ sec}$$

লক্ষ করি, ১ম বুলেটটির বিচরণকালও 2.02 sec।

সুতরাং, উভয় বুলেট একই সাথে ভূমিতে আঘাত করবে।

এরূপ হওয়ার কারণ হলো ১ম বুলেটটি প্রাস হলেও উল্লম্ব বরাবর এর আদি বেগের উপাংশ শূন্য। অর্থাৎ উল্লম্ব বরাবর এর গতি বিবেচনা করা হলে তা মুক্তভাবে পতনশীল বস্তুর সমতুল্য হবে।

প্রশ্ন ৭৯



a প্রাসটি ভূমির সাথে 30° কোণে এবং b প্রাসটি অনুভূমিকভাবে একটি দেয়ালের উপর থেকে নিক্ষেপ করা হয়েছে। [ঢাকা সিটি কলেজ]

ক. রাস্তার ব্যাংকিং কী? ১

খ. ক্যাচ ধরার সময় ফিস্তার হাত পেছনে টেনে নেয় কেন— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. a প্রাস সর্বোচ্চ কত উচ্চতায় উঠবে নির্ণয় করো। ৩

ঘ. দেয়ালের উচ্চতা কত হলে দুটি প্রাসের অনুভূমিক দূরত্ব সমান হবে— গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে দেখাও। ৪

৩৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক বৃত্তাকার পথে গাড়ি টার্ন নেয়ার জন্য কেন্দ্রমুখী বলের প্রয়োজন। এই বলের যোগান দেওয়ার জন্য প্রতিটি বাকের রাস্তার বাইরের দিক ভেতরের দিকের চেয়ে কিছুটা উঁচু করা হয়। অর্থাৎ রাস্তাটি বাকের কেন্দ্রের দিকে একটু ঢালু করা থাকে। একে রাস্তার 'ব্যাংকিং' বলে।

খ $F = ma$ সূত্রানুসারে, ত্বরণ কম হলে প্রযুক্ত বল কম হবে। বেগের পরিবর্তন ধ্রুব হলে, এই পরিবর্তনে যত বেশি সময় নেয়া হবে, ত্বরণের মান তত কম হবে। তাই ক্রিকেট খেলায় ক্যাচ ধরার সময় খেলোয়াড় হাতটাকে পিছনে টেনে নেয়, যাতে বেগের নির্দিষ্ট পরিবর্তনে (যেমন 5 ms^{-1} হতে 0 ms^{-1}) বেশি সময় লাগে। ফলে, ত্বরণ এবং প্রতিক্রিয়া বল কম মানের হয়।

গ ২(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। উত্তর: 20.41 m।

ঘ a প্রাসের অনুভূমিক পাল্লা, R হলে,

$$R = \frac{v_a^2 \sin 2\theta_0}{g} \\ = \frac{40^2 \times \sin(2 \times 30^\circ)}{9.8} \\ = 141.4 \text{ m}$$

এখানে, আদিবেগ, $v_a = 40 \text{ ms}^{-1}$ নিক্ষেপণ কোণ, $\theta_0 = 30^\circ$

b প্রাসের আদিবেগের অনুভূমিক উপাংশ $v_x = v_a \cos 0^\circ = v_a = 30 \text{ ms}^{-1}$

b প্রাসের R অনুভূমিক দূরত্ব অতিক্রম করতে t সময় লাগলে,

$R = v_x t$, যেহেতু অনুভূমিক বরাবর ত্বরণ শূন্য।

$$\therefore t = \frac{R}{v_x} \\ = \frac{R}{v_a} \\ = \frac{141.4}{30} \\ = 4.713 \text{ sec}$$

b প্রাসের আদিবেগের উল্লম্ব উপাংশ v_{0y} হলে, $v_{0y} = v_a \sin 0^\circ = 0$

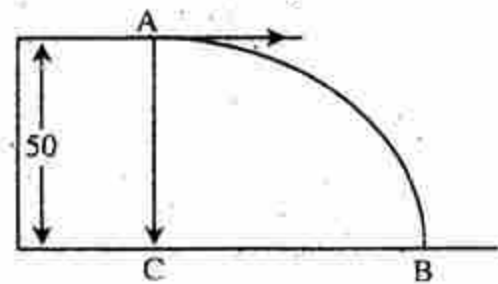
\therefore যদি b প্রাসটিকে 141.4m অনুভূমিক দূরত্ব অতিক্রম করতে হয়, তবে দেয়ালের উচ্চতা যদি, h হতে হয়,

$$h = v_{0y} t + \frac{1}{2} g t^2 \\ = 0 + \frac{1}{2} \times 9.8 \times 4.713^2 \\ = 108.84 \text{ m}$$

এখানে, সময়, $t = 4.713 \text{ sec}$

অতএব, দেয়ালের উচ্চতা 108.84m হলে প্রাসদ্বয় সমান অনুভূমিক দূরত্ব অতিক্রম করবে।

প্রশ্ন ৮০ চিত্রটি লক্ষ করো এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও:



জনি বাড়ির ছাদ A হতে 250g ভরের কোন বল 10 ms^{-1} বেগে অনুভূমিকের সমান্তরালে নিক্ষেপ করে। জনির বন্ধু গণি একই সময়ে 130g ভরের অপর একটি বল বাড়ির ছাদ A হতে খাড়া নিচে ফেলে দেয়। [কুমিল্লা সরকারি কলেজ, কুমিল্লা]

ক. তাৎক্ষণিক ত্বরণ কী? ১

খ. ত্বরণ একমাত্রিক হলেও বেগ দ্বিমাত্রিক হতে পারে কী— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. কার বলটি ভূমিতে আগে পড়বে? গাণিতিক যুক্তি দাও। ৩

ঘ. জনির নিক্ষিপ্ত বলের গতিপথ কেমন হবে তা গাণিতিক যুক্তির মাধ্যমে তোমার মতামত দাও। ৪

৮০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো গতিশীল বস্তুর কোনো বিশেষ মুহূর্তে ক্ষুদ্রাতিক্ষুদ্র সময় ব্যবধানে বেগের পরিবর্তনের হারকে ঐ বিশেষ মুহূর্তের তাৎক্ষণিক ত্বরণ বলে।

ব। প্রাসের মধ্যে একই সাথে বেগের অনুভূমিক ও উল্লম্ব উপাংশ থাকে। প্রাসের বেগের শুধু উল্লম্ব উপাংশ সময়ের সাথে পরিবর্তিত কিন্তু অনুভূমিক উপাংশের পরিবর্তন হয় না। তাই এর ত্বরণ শুধু উল্লম্ব দিকে কাজ করে এবং অনুভূমিক বরাবর ত্বরণ শূন্য হয়। তাই বেগ দ্বিমাত্রিক হলেও ত্বরণ একমাত্রিক।

গ। জনির বলের ভূমিতে পড়তে t_1 সময় লাগলে,

$$h = v_{y0} t_1 + \frac{1}{2} g t_1^2$$

$$\text{বা, } h = v_0 \sin \theta_0 t_1 + \frac{1}{2} g t_1^2$$

$$\text{বা, } h = 10 \times 0 \times t_1 + \frac{1}{2} g t_1^2$$

$$\therefore t_1 = \sqrt{\frac{2h}{g}} \\ = \sqrt{\frac{2 \times 50}{9.8}} \\ = 3.2 \text{ sec}$$

গণির ছোঁড়া খাড়া বলটি ভূমিতে পড়তে t_2 সময় লাগলে,

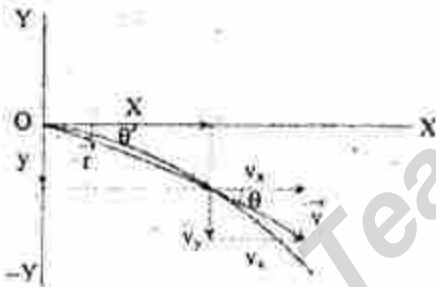
$$h = 0 \times t + \frac{1}{2} g t_2^2$$

$$\text{বা, } t_2 = \sqrt{\frac{2h}{g}} \\ = \sqrt{\frac{2 \times 50}{9.8}} \\ = 3.2 \text{ sec}$$

$$\therefore t_1 = t_2$$

অতএব, বল দুইটির ভর ভিন্ন হলেও, অভিকর্ষজ ত্বরণ ভরের ওপর নির্ভর করে না এবং দুইটি বলেরই উল্লম্ব বেগ শূন্য বলে বলদ্বয় একই সাথে ভূমিতে পড়বে। (Ans.)

ঘ



অনুভূমিকের সমান্তরালে নিষ্ফিষ্ট কোনো বস্তুর আদিবেগ, v_0 হলে

অনুভূমিক বরাবর আদিবেগের উপাংশ, $v_{x0} = v_0 \cos \theta^\circ$

$$= v_0$$

ও উল্লম্ব " " " " $v_{y0} = v_0 \cos \theta^\circ$

$$= 0$$

t সময়ে প্রাসটি x দূরত্ব অতিক্রম করলে,

$$x = v_{x0} t = v_0 t$$

$$\text{বা, } t = \frac{x}{v_0}$$

আবার, t সময়ে বস্তুটি y উচ্চতা অতিক্রম করলে,

$$y = v_{y0} t + \frac{1}{2} g t^2$$

$$\text{বা, } y = 0 \times t + \frac{1}{2} g t^2$$

$$\text{বা, } y = \frac{1}{2} g t^2$$

$$\text{বা, } y = \frac{1}{2} g \left(\frac{x}{v_0} \right)^2$$

$$\therefore y = \frac{g}{2v_0^2} x^2$$

এ সমীকরণ যে কোনো মুহূর্তে x ও y এর সম্পর্ক নির্দেশ করে। এই সমীকরণই হল অনুভূমিকভাবে নিষ্ফিষ্ট বস্তুর চলরেখার সমীকরণ।

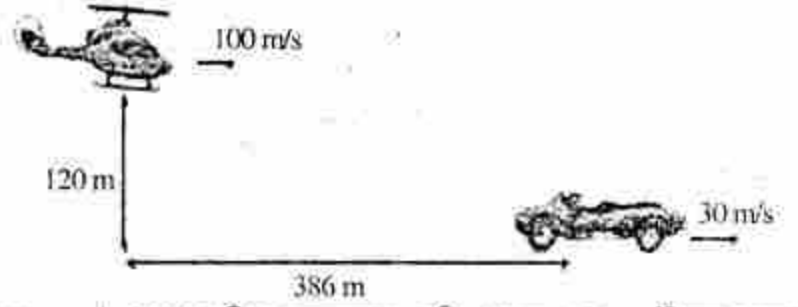
এখানে g ও v_0 ধ্রুবক বলে $\frac{g}{2v_0^2} = c$ লিখলে,

$$y = cx^2$$

যা একটি পরাবৃত্তের সমীকরণ।

অতএব, অনুভূমিকভাবে নিষ্ফিষ্ট বস্তুর চলরেখা হচ্ছে একটি পরাবৃত্ত।

প্রশ্ন ৪১



100 ms^{-1} বেগে ভূমির সমান্তরাল ভূমি থেকে 120m উচ্চতায় চলন্ত হেলিকপ্টার থেকে একজন দক্ষ Stunt-man চিত্র মোতাবেক 30 ms^{-1} বেগে চলমান গাড়িতে আরোহণের জন্য লাফ দিল। হেলিকপ্টারের একটি পাখার দৈর্ঘ্য 10m প্রস্থ 1m এবং ভর 30 কেজি।

[সরকারি সিটি কলেজ, চট্টগ্রাম]

ক. অনুভূমিক পাল্লা কাকে বলে?

১

খ. অগ্নি নির্বাপনের সময় পানির হোস পাইপ ধরে রাখা কষ্টকর কেন? ব্যাখ্যা করো।

২

গ. পাখার জড়তার ভ্রামক কত?

৩

ঘ. দক্ষ Stunt-man গাড়িতে আরোহণ করতে পারবে কিনা যুক্তি সহ ব্যাখ্যা করো।

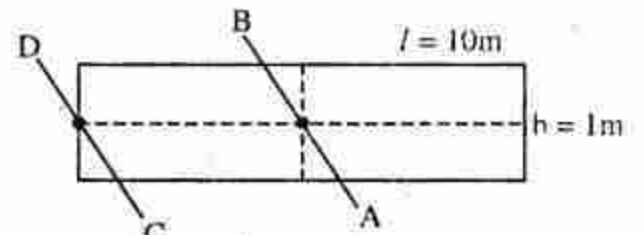
৪

৪১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. অনুভূমিকের সাথে তীর্থকভাবে নিষ্ফিষ্ট কোন বস্তু পুনরায় ভূমিতে ফিরে আসতে যে সময় লাগে, সেই সময়ে তা যে অনুভূমিক দূরত্ব অতিক্রম করে তাকে অনুভূমিক পাল্লা বলে।

খ. যখন অগ্নিনির্বাপনের পানির হোস পাইপ হাতে পানি বের হয়, তখন সেই পানির একটি ভরবেগ থাকে। তখন পাইপসহ পানির বলের ভরবেগ সংরক্ষিত থাকার জন্য হোস পাইপ বিপরীত দিকে একটি ভর বেগ লাভ করে। ফলে নিদ্রিষ্ট স্থানে ধরে রাখার জন্য কর্মীদের এই বলের বিরুদ্ধে পেশিশক্তি প্রয়োগ করতে হয়। এ কারণে পানির হোস পাইপ ধরে রাখা কষ্টকর।

গ



পাখার ভরকেন্দ্রগামী ও পৃষ্ঠের অভিলম্বভাবে গমনকারী অক্ষ, AB এর সাপেক্ষে জড়তার ভ্রামক I_{AB} হলে,

$$I_{AB} = \frac{M}{12} (l^2 + b^2)$$

$$= \frac{30}{12} (10^2 + 1^2)$$

$$= 252.5 \text{ Kg m}^2$$

এখানে,

পাখার প্রস্থ, $b = 1\text{m}$

পাখার দৈর্ঘ্য, $l = 10\text{m}$

পাখার ভর, $M = 30\text{kg}$

ঘ. stunt-man এর ভূমিতে পড়তে t সময় লাগলে,

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

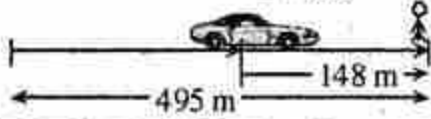
$$\text{বা, } t = \sqrt{\frac{2h}{g}} \\ = \sqrt{\frac{2 \times 120}{9.8}} \\ = 4.95 \text{ s}$$

এই t সময়ে stunt-man অনুভূমিক বরাবর x দূরত্ব অতিক্রম করলে,

$$\begin{aligned} x &= v_{x0} t \\ &= v_0 \cos 0^\circ \times t \\ &= 100 \times 1 \times 4.95 \\ &= 495 \text{ m} \end{aligned}$$

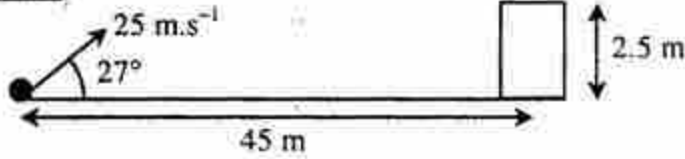
উক্ত t সময়ে গাড়ি s অতিক্রম করলে,

$$\begin{aligned} s &= vt \\ &= 30 \times 4.95 \\ &= 148.5 \end{aligned}$$



stunt man লাফ দেওয়ার স্থান হতে 495 m দূরে গিয়ে পড়ে। ঐ সময়ে গাড়িটি 148 m এগিয়ে আসে। তাই stunt man গাড়িতে আরোহণ করতে পারবে না।

প্রশ্ন 82



ফাঁকা গোলপোস্ট পেয়ে মেসি চিত্রের ন্যায় কিক করে।

[ক্যান্টনমেন্ট কলেজ, যশোর]

- পরম শূন্য তাপমাত্রা কাকে বলে? ১
- চাঁদে গেলে তোমার ভর ও ওজনের কেমন পরিবর্তন লক্ষ করবে? ব্যাখ্যা কর। ২
- বলটি সর্বোচ্চ কত উচ্চতায় উঠে ছিল তা নির্ণয় কর। ৩
- মেসি বলটি কিক করার আগ পর্যন্ত কোনো গোল না হলে খেলায় ফলাফল কি হয়েছিল বিশ্লেষণ কর। ৪

82 নং প্রশ্নের উত্তর

ক স্থির চাপে কোনো গ্যাসের আয়তন যে তাপমাত্রায় তদ্বীয়াভাবে শূন্য হয় সেই তাপমাত্রাকে পরম শূন্য তাপমাত্রা বলা হয়।

খ ভর হলো কোনো বস্তুতে উপস্থিত মোট পদার্থের পরিমাণ। একারণে পৃথিবী থেকে চাঁদে গেলেও ভরের কোনো পরিবর্তন হবে না। কেননা বস্তুতে মোট পদার্থের পরিমাণের পরিবর্তন হবে না। অন্যদিকে ওজন অভিকর্ষজ ত্বরণের উপর নির্ভরশীল। অভিকর্ষজ ত্বরণ পরিবর্তিত হলে ওজন পরিবর্তিত হবে। চাঁদের পৃষ্ঠে অভিকর্ষজ ত্বরণ, পৃথিবীর পৃষ্ঠের অভিকর্ষজ ত্বরণের $\frac{1}{6}$ গুণ।

একারণে পৃথিবী থেকে চাঁদে গেলে, ওজন = ভর \times অভিকর্ষজ ত্বরণ সূত্রানুসারে, ওজনও $\frac{1}{6}$ গুণ হবে।

গ ২(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। উত্তর: 6.57 m.

ঘ ৬(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: 45m দূরত্বে y এর মান হবে 2.93m যা গোলপোস্টের উচ্চতা 2.5 m এর চেয়ে বেশি। অতএব, কিকটিতে গোল হবে না। খেলার ফলাফল হবে ড্র।

প্রশ্ন 83 বাংলাদেশ বনাম দক্ষিণ আফ্রিকা ক্রিকেট খেলায় বাংলাদেশের খেলোয়ার নাসির ব্যাট দ্বারা বলটিকে 20 ms^{-1} বেগে 60° কোণে আঘাত করল। নাসির হতে 60m দূরত্ব দাঁড়িয়ে থাকা দক্ষিণ আফ্রিকার খেলোয়াড় হাশিম আমলা ক্যাচটি ধরার জন্য 10 ms^{-1} দৌড় দিল।

[সরকারি বেগম রোকেয়া কলেজ, রংপুর]

- মহাকর্ষ ধ্রুবক কী? ১
- প্রাসের সর্বোচ্চ বিন্দুতে গতিশক্তি শূন্য নয় কেন? ব্যাখ্যা কর। ২
- নাসির হতে 4m দূরে বলটির বেগ কত হবে তা নির্ণয় কর। ৩
- হাশিম আমলা ক্যাচটি লুফে নিতে পারবে কিনা-গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে মতামত দাও। ৪

83 নং প্রশ্নের উত্তর

ক একক ভর বিশিষ্ট দুটি বস্তু কণা একক দূরত্ব থেকে যে পরিমাণ বল দ্বারা পরস্পরকে আকর্ষণ করে তার সংখ্যাগত মানকে মহাকর্ষীয় ধ্রুবক বলে।

খ গতিশক্তি = $\frac{1}{2} \times \text{ভর} \times (\text{বেগ})^2$ সুতরাং, গতিশক্তি শূন্য হতে হলে বস্তুর বেগ শূন্য হতে হবে। কেননা, ভর শূন্য হতে পারে না। প্রাসের গতিপথের যেকোনো বিন্দুতে বেগের দুটি উপাংশ থাকে, অনুভূমিক ও উল্লম্ব উপাংশ। অনুভূমিক উপাংশ ধ্রুবমানের হয় এবং কখনো শূন্য হয় না। উল্লম্ব উপাংশ ক্রমাগত পরিবর্তিত হয় এবং সর্বোচ্চ বিন্দুতে শূন্য হয়। সুতরাং সর্বোচ্চ বিন্দুতে বেগের উল্লম্ব উপাংশ শূন্য হলেও অনুভূমিক উপাংশ থাকে। অর্থাৎ সর্বোচ্চ বিন্দুতে প্রাসের বেগ শূন্য নয়। অতএব, প্রাসের সর্বোচ্চ বিন্দুতে গতিশক্তিও শূন্য নয়।

গ ৭(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। উত্তর: 16.72 ms^{-1} .

ঘ ১৭(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: $R + vt = 70.6 > 60 \text{ m}$; তাই হাশিম আমলা বলটি লুফতে পারবে।

প্রশ্ন 88 শেখ ফজিলাতুন্নেসা সরকারি মহিলা কলেজের বার্ষিক ক্রিড়া প্রতিযোগিতা ফুটবল খেলার সময় উর্মি ভূমির সাথে 30° কোণে এবং 8 ms^{-1} বেগে ফুটবলটি কিক করেই আবার কিক করার জন্য 4 ms^{-1} সমবেগে বলটির দিকে দৌড়ে গেল, $[g = 9.8 \text{ ms}^{-2}]$

[শেখ ফজিলাতুন্নেসা সরকারি মহিলা কলেজ, গোপালগঞ্জ]

- তাৎক্ষণিক বেগ কাকে বলে? ১
- ঘূর্ণনশীল কণার ক্ষেত্রে রৈখিক বেগ ও কৌণিক বেগ পরস্পরের সাথে লম্ব ব্যাখ্যা কর। ২
- $\frac{1}{2} s$ পর ফুটবলটির বেগ কত? ৩
- উদ্ভীপক হতে উর্মি পুনরায় বলটি কিক করতে পেরেছিল কি-না গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

88 নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো গতিশীল বস্তুর কোনো বিশেষ মুহূর্তের বেগকে ঐ মুহূর্তের তাৎক্ষণিক বেগ বলে। ক্ষুদ্রাতিক্ষুদ্র সময়ের ব্যবধানে সরণের হার দ্বারা তাৎক্ষণিক বেগ নির্ণয় করা হয়।

খ বৃত্তাকার পথে ঘূর্ণনশীল কোনো কণার রৈখিক বেগ \vec{v} এর দিক হবে বৃত্তের স্পর্শক বরাবর অর্থাৎ বৃত্ত পথের তলে। কিন্তু বৃত্তাকার পথে ঘূর্ণনশীল কোনো কণার রৈখিক বেগ $\vec{\omega}$ এর দিক হবে বৃত্ত পথের তলের উপর লম্ব। সুতরাং বৃত্তাকার পথে ঘূর্ণনশীল কোনো কণার রৈখিক বেগ \vec{v} এবং কৌণিক বেগ $\vec{\omega}$ সর্বদা পরস্পরের উপর লম্ব।

গ ৫(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: বেগের মান 6.986 ms^{-1} এবং বেগের দিক অনুভূমিকের সাথে 7.4° কোণ করে নিচের দিকে।

ঘ ৫(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: উর্মি পুনরায় মাটিতে পড়ার পূর্বে বলটি কিক করতে পারেনি।

প্রশ্ন 89 একটি গাড়ির পিছনের গ্লাস ছাদের সাথে 35° কোণে হেলানো। গাড়িটি 20 ms^{-1} বেগে চলছে। হঠাৎ 10 ms^{-1} বেগে বৃষ্টি শুরু হলে গাড়ির চালক একই বেগে একই দিকে গাড়ি চালাতে থাকে।

[গুরুদাস সরকারি কলেজ, কিশোরগঞ্জ]

- সরলস্থানিত স্পন্দন কাকে বলে? ১
- স্পন্দনরত কণার মোট শক্তি উহার সরণের উপর নির্ভর করে না কেন? ২
- গাড়ির সামনের গ্লাসে বৃষ্টি কত বেগে পড়বে? ৩
- বর্ণিত গাড়িটির পিছনের গ্লাস বৃষ্টিতে ডিজবে কিনা গাণিতিক যুক্তিসহ লিখ। ৪

ক কোনো দোলনরত কণার ত্বরণ সাম্যাবস্থান থেকে সরণের সমানুপাতিক ও সব সময় সাম্যাবস্থানের অভিমুখী হলে ঐ কণার গতিকে সরল ছন্দিত গতি বলে।

খ স্পন্দনরত কণার উপর প্রত্যয়নী বল সংরক্ষণশীল। তাই উহার মোট শক্তি সর্বদা সমান থাকে। সাম্যাবস্থান থেকে সরণের মান বৃদ্ধি পাওয়ার সাথে সাথে এর বিভব শক্তি বাড়ে এবং গতিশক্তি কমে। তাই মোট শক্তি সমান থাকে।

গাণিতিকভাবে দেখানো যায়, x সরণে

$$\begin{aligned} \text{মোট শক্তি, } E &= \frac{1}{2} m \omega^2 x^2 + \frac{1}{2} m v^2 \\ &= \frac{1}{2} m \omega^2 x^2 + \frac{1}{2} m (\omega \sqrt{a^2 - x^2})^2 \\ &= \frac{1}{2} m \omega^2 x^2 + \frac{1}{2} m \omega^2 (a^2 - x^2) \\ &= \frac{1}{2} m \omega^2 a^2; \text{ যেখানে } x \text{ অনুপস্থিত} \end{aligned}$$

অতএব, সরল ছন্দিত স্পন্দনে স্পন্দনরত কণা মোট শক্তি সরণের উপর নির্ভর করে না।

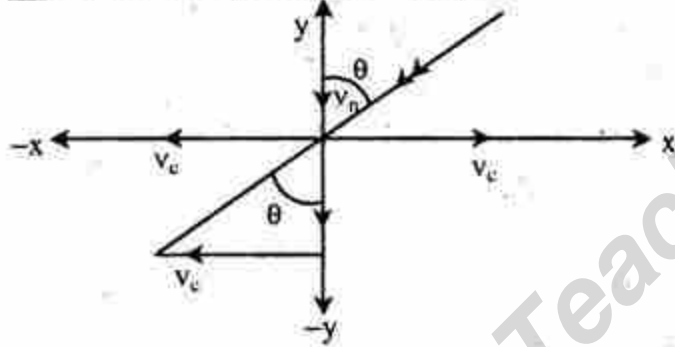
গ

বৃষ্টি এবং গাড়ির মধ্যবর্তী কোণ, $\theta = 90^\circ$
সুতরাং গাড়ীর সাপেক্ষে বৃষ্টির আপেক্ষিক বেগ,

$$\begin{aligned} v &= \sqrt{v_r^2 + v_c^2} \\ &= \sqrt{(10)^2 + (20)^2} \\ &= 22.36 \text{ ms}^{-1} \text{ (Ans.)} \end{aligned}$$

এখানে,
গাড়ির বেগ, $v_c = 20 \text{ ms}^{-1}$
বৃষ্টির বেগ, $v_r = 10 \text{ ms}^{-1}$
গাড়ির সামনের গ্লাসে
বৃষ্টির বেগ, $v = ?$

ঘ উদ্দীপক হতে প্রাপ্ত তথ্য হতে মতে চিত্র :



$$\tan \theta = \frac{v_r}{v_c}$$

$$\text{বা, } \tan \theta = \frac{20}{10}$$

$$\therefore \theta = 63.43^\circ$$

এখানে,
 $v_c = 20 \text{ ms}^{-1}$
 $v_r = 10 \text{ ms}^{-1}$

কিন্তু পিছনের কাঁচ উল্লম্বের সাথে 35° কোণ করে আছে। অর্থাৎ অণুভূমিকের সাথে $(90^\circ - 35^\circ) = 55^\circ$ কোণ অপেক্ষা বেশি কোণে বৃষ্টি পড়ছে। অর্থাৎ পিছনের কাঁচ ভিজবে না।

প্রশ্ন ৮৬ করিম ও রহিম দুই বন্ধু। রহিম বাজার থেকে একটি টেবিল কিনে আনলো। করিম টেবিলটির উচ্চতা ধারণা করল 1m। এজন্য তারা একটি পরীক্ষার ব্যবস্থা করল। তারা একটি মার্বেলকে 1 ms^{-1} বেগে গড়াতে গড়াতে মাটিতে পড়তে দিল। মার্বেলটি টেবিল থেকে 0.5 m দূরে গিয়ে মাটিতে পড়লো।

(আব্দুল উম্মিন শাহ শিশু নিকেতন স্কুল ও কলেজ, গাইবান্ধা)

- ক. সম্মেলন কী? ১
- খ. তরঙ্গের প্রাবল্যের সাথে মাধ্যমের বেগের সম্পর্ক— ব্যাখ্যা করো। ২
- গ. উদ্দীপকের মার্বেলটির বেগে কোন বস্তুকে উপরের দিকে নিক্ষেপ করলে সর্বাধিক অনুভূমিক পাল্লা কত হবে? ৩
- ঘ. টেবিলের উচ্চতা সম্পর্কে করিমের ধারণা সঠিক ছিল কী? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে তোমার মতামত দাও। ৪

ক উপসূত্রগুলোর কম্পাঙ্ক যদি মূল সুরের কম্পাঙ্কের সরল গুণিতক হয়, তাহলে সেই সকল উপসুরকে সম্মেলন বলে।

খ তরঙ্গ সঞ্চারনের পথে মাধ্যমের কোনো বিন্দুর চারদিকে A ক্ষেত্রফলের মধ্য দিয়ে। সময়ে যদি লম্বভাবে E পরিমাণ শক্তি প্রবাহিত হয়, তাহলে একক ক্ষেত্রফলের মধ্য দিয়ে একক সময়ে লম্বভাবে প্রবাহিত শক্তি তথা ঐ বিন্দুতে তরঙ্গের প্রাবল্য বা তীব্রতা I হবে।

$$I = \frac{E}{At}$$

$$\text{বা, } I = \frac{EL}{ALt} \quad [L = \text{মাধ্যমের একটি অংশের দৈর্ঘ্য}]$$

$$= \frac{EL}{Vt} \quad [V = AL \text{ মাধ্যমের একটি অংশের আয়তন}]$$

$$= \frac{Ev}{V} \quad [v = \frac{L}{t} = \text{তরঙ্গের বেগ}]$$

$$\therefore I \propto v$$

সুতরাং, তরঙ্গের প্রাবল্য মাধ্যমের বেগের সাথে সমানুপাতিকভাবে সম্পর্কযুক্ত।

গ

v_0 আদিবেগে একটি বস্তুকে নিক্ষেপ করলে তার আনুভূমিক পাল্লা,
 $R = \frac{v_0^2 \sin 2\theta_0}{g}$

এখানে,
মার্বেলটির বেগ, $v_0 = 1 \text{ ms}^{-1}$
সর্বাধিক আণুভূমিক পাল্লা, $R_{\max} = ?$

সর্বাধিক আনুভূমিক পাল্লার জন্য $\sin 2\theta_0 = 1$, অর্থাৎ $\theta_0 = 45^\circ$

$$\begin{aligned} \therefore R_{\max} &= \frac{v_0^2}{g} \\ &= \frac{1^2}{9.8} \\ &= 0.102 \text{ m (Ans.)} \end{aligned}$$

ঘ

অনুভূমিকভাবে অতিক্রান্ত দূরত্ব x হলে,

$$x = v_0 \cos \theta_0 t + \frac{1}{2} a_x t^2$$

$$\text{বা, } x = v_0 \cos \theta_0 t$$

$$\text{বা, } t = \frac{0.5}{1 \times \cos 0^\circ}$$

$$= \frac{0.5}{1 \times 1}$$

$$= 0.5 \text{ sec}$$

এখানে,
টেবিলের উপর মার্বেলের বেগ, $v_0 = 0^\circ$
অনুভূমিকের সাথে উৎপন্ন কোণ, $\theta_0 = 0^\circ$
অনুভূমিকভাবে অতিক্রান্ত দূরত্ব, $x = 0.5 \text{ m}$
উচ্চতা, $h = ?$
অভিকর্ষজ ত্বরণের অনুভূমিক উপাংশ $a_x = 0$

এখন, মার্বেলটি h উচ্চতা থেকে পতিত হলে,

$$h = v_0 \sin \theta_0 t + \frac{1}{2} g t^2$$

$$\text{বা, } h = 1 \times 0 \times t + \frac{1}{2} \times 9.8 \times (0.5)^2$$

$$\text{বা, } h = 0 + 1.225$$

$$\therefore h = 1.225 \text{ m}$$

টেবিলের উচ্চতা সম্পর্কে করিমের উক্ত ধারণা ভুল ছিল।

প্রশ্ন ৮৭ একজন ব্যাটসম্যান একটি বলকে ভূমির সাথে 30° কোণে আঘাত করায় বলটি 30 ms^{-1} বেগে বাউন্সারির দিকে ছুটে থাকে। ব্যাটসম্যান থেকে বাউন্সারির দূরত্ব ছিলো 80m. খেলাটি জেতার জন্য ব্যাটিং দলের ঐ বলে 5 রান দরকার।

(চট্টগ্রাম ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক কলেজ, চট্টগ্রাম)

- ক. আপেক্ষিক বেগ কাকে বলে? ১
খ. কেন্দ্রমুখী ত্বরণের ভেক্টর রূপ আলোচনা করো। ২
গ. বলটির বিচরণকাল নির্ণয় করো। ৩
ঘ. ব্যাটিং দল খেলাটি জিততে পারবে কি না-গাণিতিক ব্যাখ্যা দাও। ৪

৪৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. একটি গতিশীল বস্তুর সাপেক্ষে অপর গতিশীল বস্তুর বেগকে আপেক্ষিক বেগ বলে।

খ. কেন্দ্রমুখী ত্বরণের রাশিমালা, $a = \frac{v^2}{r} = \omega^2 r$ ।

এই সমীকরণকে ভেক্টররূপে লিখলে পাই, $\vec{a} = -\omega^2 \vec{r} = -\frac{v^2}{r} \vec{r}$

এখানে ঋণাত্মক চিহ্ন থেকে দেখা যায়, কেন্দ্রমুখী ত্বরণের দিক ব্যাসার্ধ ভেক্টর তথা অবস্থান ভেক্টরের বিপরীত দিকে অর্থাৎ ব্যাসার্ধ বরাবর কেন্দ্রের দিকে।

গ. ১৭(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। উত্তর: 3.06s.

ঘ.

খেলা জেতার জন্য বলটিকে বাউন্ডারির বাইরে গিয়ে পড়তে হবে। অর্থাৎ বলের অনুভূমিক পাল্লা, $R > 80$ m হতে হবে।

এখানে,
বাউন্ডারির দূরত্ব, $R_1 = 80$ m
বলের বেগ, $v_0 = 30 \text{ ms}^{-1}$
উৎপন্ন কোণ, $\theta_0 = 30^\circ$

$$\begin{aligned} \text{এখন, } R &= \frac{v_0^2 \sin 2\theta_0}{g} \\ &= \frac{(30)^2 \times \sin 60^\circ}{9.8} \\ &= 79.53 \text{ m} \end{aligned}$$

অর্থাৎ বলটি চার হতে পারে। কিন্তু জিততে গেলে ৫ রান দরকার। অর্থাৎ ব্যাটিং দল জিতবে না।

প্রশ্ন ▶ ৪৮ বাংলাদেশ-দক্ষিণ আফ্রিকা ক্রিকেট খেলায় সাকিব-আল-হাসান 20m দূর হতে 10 ms^{-1} বেগে 30° কোণে উইকেটের পাশে দাঁড়ানো শূন্যস্থানের রহিমের নিকট বল পাঠালো। ঠিক তখনই দক্ষিণ আফ্রিকার ব্যাটসম্যান হাশিম আমলা 15 ms^{-1} বেগে 21m দূরে নন স্ট্রাইকিং প্রান্ত থেকে দৌড় শুরু করল।

(নিউ পডঃ ডিগ্রি কলেজ, রাজশাহী)

- ক. সুষম বৃত্তীয় গতি কাকে বলে? ১
খ. সর্বাধিক উচ্চতায় প্রাসের ত্বরণ-ব্যাখ্যা করো। ২
গ. উদ্দীপকের বলটির সর্বোচ্চ উচ্চতা নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপকের হাশিম আমলা আউট হওয়ার সম্ভাবনা- গাণিতিক যুক্তিসহ ব্যাখ্যা করো। ৪

৪৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. বৃত্তাকার পথে গতিশীল কোন বস্তুর বেগের মান যদি সময়ের সাথে পরিবর্তিত না হয় তবে বস্তুর এ গতিকে সুষম বৃত্তীয় গতি বলে।

খ. প্রাসের গতির ক্ষেত্রে বস্তুটির উপর শুধুমাত্র অভিকর্ষজ ত্বরণ ঝাড়া নিচের দিকে ক্রিয়া করে। এক্ষেত্রে কোনো অনুভূমিক ত্বরণ ক্রিয়া করে না।

প্রাসের সর্বোচ্চ বিন্দুতে বেগের উল্লম্ব উপাংশের মান হ্রাস পেয়ে শূন্য (০) হয় কিন্তু অভিকর্ষজ ত্বরণের মান স্থির থাকে। অপরদিকে অনুভূমিক ত্বরণের মান শূন্য। অর্থাৎ সর্বোচ্চ বিন্দুতে ক্রিয়ারত ত্বরণ এর মান $-g$ এর সমান।

গ.

$$\begin{aligned} \text{প্রাসের সর্বোচ্চ উচ্চতা,} \\ H &= \frac{v_0^2 \sin^2 \theta_0}{2g} \\ &= \frac{(10)^2 \times (\sin 30^\circ)^2}{2 \times 9.8} \\ &= 1.28 \text{ m (Ans.)} \end{aligned}$$

এখানে,
আদিবেগ, $v_0 = 10 \text{ ms}^{-1}$
নিষ্ক্ষেপ কোণ, $\theta_0 = 30^\circ$
সর্বোচ্চ উচ্চতা, $H = ?$

ঘ.

হাশিম আমলা আউট হবেন যদি তিনি উইকেটে পৌছনের পূর্বে বল পৌছায়। বলের 20m দূরত্ব অতিক্রম করতে প্রয়োজনীয় সময় t_1
 $x = v_0 \cos \theta_0 t_1$
বা, $t_1 = \frac{x}{v_0 \cos \theta_0}$
 $= \frac{20}{10 \times \cos 30^\circ}$
 $= 2.31 \text{ s}$

হাশিম আমলা বেগ,
 $v = 15 \text{ ms}^{-1}$
উইকেটের দূরত্ব, $s = 24 \text{ m}$
বলের বেগ, $v_0 = 10 \text{ m}$
বল থেকে উইকেটের দূরত্ব,
 $x = 20 \text{ m}$
নিষ্ক্ষেপ কোণ, $\theta_0 = 30^\circ$

হাশিম আমলা সমবেগে দৌড়ান, তার সময় t_2 হলে

$$\begin{aligned} s &= vt_2 \\ \text{বা, } t_2 &= \frac{s}{v} = \frac{24}{15} = 1.6 \text{ s} \end{aligned}$$

অর্থাৎ হাশিম আমলা আউট হবেন না।

প্রশ্ন ▶ ৪৯ দিনাজপুর বড় মাঠের দিকে অনুভূমিকভাবে 360 kmh^{-1} বেগে গতিশীল একটি উড়োজাহাজের চালক বড় মাঠের কেন্দ্রে একটি বাস ফেলতে চাইলেন। কিন্তু তিনি কি যেন ভেবে কেন্দ্র থেকে 632 m দূরে থাকতেই বাসটি ফেললেন। বাসটি ফেলার সময় প্লেনটি ভূমি থেকে 196 m উচ্চতা দিয়ে উড়ে যাচ্ছিল।

(দিনাজপুর সরকারি কলেজ, দিনাজপুর)

- ক. প্রাস কাকে বলে? ১
খ. প্রাসের সর্বোচ্চ উচ্চতায় বেগ শূন্য হয় কী?—ব্যাখ্যা করো। ২
গ. বস্তুটি কত সময় পরে ভূমিতে পতিত হয়েছিল? ৩
ঘ. বস্তুটি বড় মাঠের কেন্দ্রে পড়েছিল কি না- গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৪৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. অভিকর্ষের প্রভাবে শূন্য স্থানে ভূমির সাথে তীর্থকভাবে উপরের দিকে নিষ্ক্ষিপ্ত বস্তুকে প্রক্ষিপ্ত বস্তু বা প্রাস বলে।

খ. সর্বাধিক উচ্চতায় প্রাসের বেগের উল্লম্ব ও অনুভূমিক উপাংশ যথাক্রমে v_y ও v_x হলে, বেগ, $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$
সর্বাধিক উচ্চতায় উঠার সময়, $t = \frac{v_0 \sin \theta_0}{g}$
 $\therefore v_y = v_0 \sin \theta_0 - g \times t = v_0 \sin \theta_0 - \frac{v_0 \sin \theta_0}{g} \times g = 0$
 \therefore দেখা যাচ্ছে সর্বাধিক উচ্চতায় বেগের উল্লম্ব উপাংশ শূন্য হয়, শুধু v_x উপাংশ কার্যকর থাকে।

আবার, $\tan \theta = \frac{v_y}{v_x}$ হওয়ায় $\theta = 0^\circ$ হবে।

অর্থাৎ সর্বাধিক উচ্চতায় প্রাসের বেগ আদিবেগের অনুভূমিক উপাংশের সমান হবে এবং ভূমির সমান্তরালে কাজ করবে।

গ.

বাসটি অনুভূমিকের সাথে 0° কোণ করে পতিত হলে,
 $y = v_0 \sin \theta_0 t + \frac{1}{2} gt^2$
বা, $y = 0 + \frac{1}{2} gt^2$

এখানে,
উড়োজাহাজের অনুভূমিক বেগ,
 $v_0 = 360 \text{ kmh}^{-1}$
 $= \frac{360 \times 1000}{3600} \text{ ms}^{-1}$
 $= 100 \text{ ms}^{-1}$

$$\begin{aligned} \text{বা, } t &= \sqrt{\frac{2y}{g}} \\ &= \sqrt{\frac{2 \times 196}{9.8}} \\ &= 6.32 \text{ s (Ans.)} \end{aligned}$$

ভূমিতে পতিত হতে
সময়, $t = ?$
উচ্চতা, $y = 196 \text{ m}$

ঘ 'গ' হতে পাই, বস্তুটির ভূমিতে পতিত হতে সময় $t = 6.32 \text{ sec}$
এখন, এই সময়ে বলটির ভূমি বরাবর অতিক্রান্ত দূরত্ব x হলে,

$$x = v_0 \cos \theta_0 t + \frac{1}{2} a_x t^2$$

$$\text{বা, } x = v_0 \cos \theta_0 t + 0$$

$$\text{বা, } x = 100 \times \cos 0^\circ \times 6.32$$

$$\therefore x = 632 \text{ m}$$

অর্থাৎ বাক্সটি বড় মাঠের কেন্দ্রে পড়েছিল।

প্রশ্ন ৫০ 30 ms^{-1} গতিবেগে 45° নিষ্ক্ষেপণ কোণে একটি বস্তুকে ভূ-পৃষ্ঠ হতে শূন্যে নিষ্ক্ষেপ করা হলো।

(বৃন্দাবন সরকারি কলেজ, হবিগঞ্জ)

ক. অভিকর্ষ কেন্দ্র কাকে বলে?

১

খ. কোন বস্তুর কৌণিক ত্বরণ 3 rads^{-2} বলতে কী বুঝ?

২

গ. প্রাসটির পাল্লা কত হবে?

৩

ঘ. দেখাও যে, যাত্রা শেষে প্রাসটি 30 ms^{-1} বেগে ভূ-পৃষ্ঠকে আঘাত করে।

৪

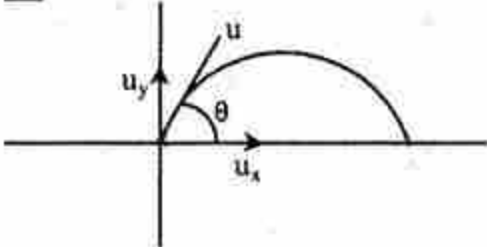
৫০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক একটি বস্তুকে যেভাবেই রাখা হোক না কেন বস্তুর ভেতরে অবস্থিত যে বিন্দুর মধ্য দিয়ে মোট ওজন ক্রিয়া করে সেই বিন্দুকে বস্তুর অভিকর্ষ কেন্দ্র বলে।

খ কোনো বস্তুর কৌণিক ত্বরণ 3 rads^{-2} বলতে বুঝায় এর কৌণিক বেগ প্রতি সেকেন্ডে 3 rads^{-1} পরিমাণ বৃদ্ধি পাচ্ছে।

গ ১৫(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। উত্তর: 91.83 ms^{-1} ।

ঘ



$$u_x = u \cos 45^\circ = \frac{30}{\sqrt{2}} = 15\sqrt{2} \text{ m/s}$$

$$u_y = u \sin 45^\circ = \frac{30}{\sqrt{2}} = 15\sqrt{2} \text{ m/s}$$

শেষ বেগ

$$\begin{aligned} v_x &= u_x + a_x T \\ &= 15\sqrt{2} + 0 \cdot t \\ &= 15\sqrt{2} \text{ m/s} \end{aligned}$$

উল্লম্ব বরাবর মোট সরণ, $h = 0$

$$\therefore v_y^2 = u_y^2 + 2g \times 0 = u_y^2$$

$$\therefore v_y = u_y = 15\sqrt{2} \text{ m/s}$$

$$\begin{aligned} \therefore v &= \sqrt{v_x^2 + v_y^2} \\ &= \sqrt{(15\sqrt{2})^2 + (15\sqrt{2})^2} \\ &= 30 \text{ m/s (দেখানো হলো)} \end{aligned}$$

দেয়া আছে,
আদিবেগ, $u = 30 \text{ m/s}$
নিষ্ক্ষেপণ কোণ, $\theta = 45^\circ$

এখানে,
 $T = \text{বিচরণকাল}$

প্রশ্ন ৫১ বাংলাদেশ ভারত ক্রিকেট ম্যাচ। ভারতীয় বোলার জাহিরের ছোড়া বলে সাকিব আল হাসান ব্যাট দিয়ে 25 মি/সে বেগে আঘাত করেন। সাকিবের প্রান্ত থেকে সীমানার দূরত্ব 50 মিটার । সীমান্তে কোহলি ফিল্ডিং করছেন যিনি সর্বাধিক 2 মিটার উঁচু বল ক্যাচ নিতে পারেন।

(পিরোজপুর সরকারি মহিলা কলেজ, পিরোজপুর)

ক. স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ কাকে বলে?

১

খ. পৃষ্ঠটান ও পৃষ্ঠশক্তি এক নয় ব্যাখ্যা করো।

২

গ. উদ্ভীপক থেকে বলটির সর্বাধিক পাল্লা নির্ণয় করো।

৩

ঘ. সাকিব আল হাসান সর্বনিম্ন কত কোণে ব্যাট দ্বারা বলকে আঘাত করলে তা কোহলি ধরতে ব্যর্থ হবেন— গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো।

৪

৫১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে ধাক্কা বা সংঘর্ষে থাকে বস্তুসমূহের মোট গতিশক্তি সংরক্ষিত হয় তাকে স্থিতিস্থাপক ধাক্কা বলে।

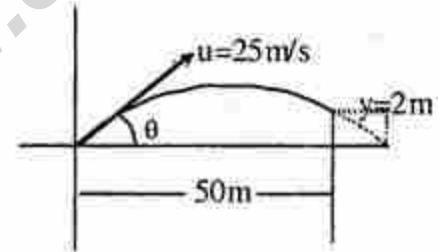
খ তরলের পৃষ্ঠটান হচ্ছে তরল পৃষ্ঠে একটি কল্পিত রেখার প্রতি একক দৈর্ঘ্যে রেখার উপর লম্ব তরল পৃষ্ঠের স্পর্শক বরাবর ক্রিয়াশীল বল। আর তরলের পৃষ্ঠ শক্তি হচ্ছে তরল পৃষ্ঠের একক ক্ষেত্রফলে সঞ্চিত পৃষ্ঠটানজনিত বিভব শক্তি। তাই পৃষ্ঠটান সংখ্যাগতভাবে পৃষ্ঠশক্তির সমান হলেও তারা এক নয়।

গ সর্বাধিক পাল্লা হয়, যখন $\theta = 45^\circ$

$$\begin{aligned} \therefore R_{\max} &= \frac{u^2 \sin 90^\circ}{g} \\ &= \frac{25^2}{9.8} \\ &= 63.78 \text{ (Ans.)} \end{aligned}$$

দেয়া আছে,
আদিবেগ, $u = 25 \text{ m/s}$

ঘ



ধরি, θ কোণে মারলে বলটি কোন রকম কোহলির উপর দিয়ে চলে যায়।

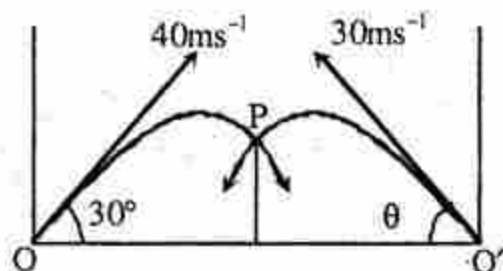
$$\begin{aligned} y &= x \tan \theta - \frac{g}{2(u \cos \theta)^2} x^2 \\ \Rightarrow 2 &= 50 \tan \theta - \frac{9.8}{2 \times 25^2 \times \cos^2 \theta} 50^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow 2 &= 50 \tan \theta - 19.6 \sec^2 \theta \\ &= 50 \tan \theta - 19.6 (1 + \tan^2 \theta) \\ &= 50 \tan \theta - 19.6 + 19.6 \tan^2 \theta \\ \Rightarrow 19.6 \tan^2 \theta + 50 \tan \theta - 21.6 &= 0 \\ \therefore \tan \theta &= 0.3764, -2.9275 \end{aligned}$$

$$\therefore \theta = 20.63^\circ \text{ এবং } 108.85^\circ \text{ (গ্রহণযোগ্য নয়)}$$

$\therefore \theta = 20.63^\circ$ -এর চেয়ে বেশি বড় কোণে মারলে কোহলি ধরতে পারবে না।

প্রশ্ন ৫২



উপরের চিত্রে দুটি প্রাসের গতি প্রকৃতি দেখানো হলো। একটি প্রাস O বিন্দু হতে এবং অপরটি O' বিন্দু হতে নিক্ষেপ করা হয়েছে।

(বাংলাদেশ নৌবাহিনী স্কুল এন্ড কলেজ, খুলনা)

- ক. কেন্দ্রমুখী ত্বরণ কাকে বলে? ১
 খ. সর্বোচ্চ উচ্চতায় প্রাসের গতিবেগ কত মাত্রিক? ব্যাখ্যা কর। ২
 গ. O বিন্দু থেকে নিষ্ক্ষিপ্ত প্রাসের সর্বাধিক উচ্চতা কত? ৩
 ঘ. উদ্দীপকের কোন প্রাসটির অনুভূমিক পাল্লা বেশি হবে? গাণিতিক বিশ্লেষণ দাও। উভয় প্রাস একই সময়ে P বিন্দুতে অবস্থান করে। ৪

৫২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক বৃত্তাকার পথে ঘূর্ণায়মান কোন বস্তুর কেন্দ্র বরাবর যে ত্বরণ কাজ করে তাকে কেন্দ্রমুখী ত্বরণ বলে।

খ প্রাসের তাৎক্ষণিক বেগের অনুভূমিক উপাংশ (v_x) ধ্রুবমানের এবং উল্লম্ব উপাংশ (v_y) সর্বদা পরিবর্তনশীল। এর তাৎক্ষণিক বেগের মান, $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$; v_x = ধ্রুবক হওয়ায়, v = ন্যূনতম মানের হবে যখন v_y এর মান ন্যূনতম হয়। v_y এর মান ন্যূনতম হয় তখন প্রাসটি এর গতিপথের সর্বোচ্চ বিন্দুতে, ঐ মুহূর্তে v_y এর মান 0। সুতরাং, সর্বোচ্চ উচ্চতায় প্রাসের গতিবেগ একমাত্রিক।

গ সর্বাধিক উচ্চতা,

$$H = \frac{v_0^2 \sin^2 \theta}{2g}$$

$$= \frac{(40)^2 \times (\sin 30^\circ)^2}{2 \times 9.8}$$

$$= 20.41 \text{ m (Ans.)}$$

এখানে,
 প্রাসের আদিবেগ,
 $v_0 = 40 \text{ ms}^{-1}$
 নিষ্ক্ষিপ্ত কোণ, $\theta_1 = 30^\circ$
 সর্বাধিক উচ্চতা, $H = ?$

ঘ যদি একই বিন্দু P তে থাকে তাহলে এদের P বিন্দুতে উচ্চতা সমান হবে।

O বিন্দু থেকে নিষ্ক্ষিপ্ত বস্তুর জন্য

$$y_P = v_{01} \sin \theta_{01} t - \frac{1}{2} g t^2$$

O' বিন্দু থেকে নিষ্ক্ষিপ্ত বস্তুর জন্য

$$y_P = v_{02} \sin \theta_{02} t - \frac{1}{2} g t^2$$

এখন,

$$v_{01} \sin \theta_{01} t - \frac{1}{2} g t^2 = v_{02} \sin \theta_{02} t - \frac{1}{2} g t^2$$

$$\text{বা, } v_{01} \sin \theta_{01} t = v_{02} \sin \theta_{02} t$$

$$\text{বা, } \sin \theta_{02} = \frac{v_{01} \sin \theta_{01}}{v_{02}}$$

$$\therefore \theta_{02} = 41.81^\circ$$

এখন O বিন্দু থেকে নিষ্ক্ষিপ্ত বস্তুর পাল্লা,

$$R_1 = \frac{v_{01}^2 \sin 2\theta_{01}}{g}$$

$$= \frac{(40)^2 \times \sin 60^\circ}{9.8}$$

$$= 141.39 \text{ m}$$

O' বিন্দু থেকে নিষ্ক্ষিপ্ত বস্তুর পাল্লা,

$$R_2 = \frac{v_{02}^2 \sin 2\theta_{02}}{g}$$

$$= \frac{(30)^2 \times \sin 83.62^\circ}{9.8}$$

$$= 91.27 \text{ m}$$

দেওয়া আছে, $R_1 > R_2$

অতএব, O বিন্দু থেকে নিষ্ক্ষিপ্ত প্রাসের অনুভূমিক পাল্লা বেশি হবে।

প্রশ্ন ৫৩ 100m উচ্চতা বিশিষ্ট একটি দালানের ছাদের প্রান্ত হতে একটি বস্তুকে 30m/s বেগে আনুভূমিকভাবে এবং অন্য একটি বস্তুকে একই সময়ে একই বেগে এবং ভূমির সাথে 30° কোণে নিক্ষেপ করা হল।

[কাদিরাবাদ ক্যান্টনমেন্ট স্যাপার কলেজ, নারায়ণ]

- ক. তাৎক্ষণিক বেগ কাকে বলে? ১
 খ. বৃত্তাকার পথে সুষম গতিতে চললেও ত্বরণ থাকে কেন? ২
 গ. দ্বিতীয় বস্তুর 2 sec. এর বেগ কত হবে? ৩
 ঘ. বস্তু দুটি ভূমিতে একই সময়ে আঘাত হানবে কী? গাণিতিক বিশ্লেষণ দাও। ৪

৫৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো গতিশীল বস্তুর কোনো বিশেষ মুহূর্তের বেগকে ঐ মুহূর্তের তাৎক্ষণিক বেগ বলে। ক্ষুদ্রাতিক্ষুদ্র সময়ের ব্যবধানে সরণের হার দ্বারা তাৎক্ষণিক বেগ নির্ণয় করা হয়।

খ কোনো বস্তুর বৃত্তাকার পথে সমবেগে চলা সম্ভব নয়। কারণ যদি গতিশীল কোনো বস্তুর বেগের মান ও দিক অপরিবর্তিত থাকে তাহলে বস্তুটি বেগ সমবেগ হবে। অর্থাৎ বেগের মান অথবা দিক যেকোনো একটির পরিবর্তন হলেই বস্তুটি আর সমবেগে চলে না। এখন বৃত্তাকার পথে চলার সময় বস্তুটি অনবরত দিক পরিবর্তন করতে থাকে। ফলে বেগের মান সমান থাকলেও সমবেগ থাকে না। তাই বৃত্তাকার পথে বস্তুটির পক্ষে সমবেগে চলা সম্ভব নয়।

গ ১(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। উত্তর: 35.84 ms⁻¹

ঘ অনুভূমিকের সাথে নিষ্ক্ষিপ্ত বস্তুর জন্য,

$$h = v_0 \sin \theta t_1 + \frac{1}{2} g t_1^2$$

$$\text{বা, } 100 = 0 \times t_1 + \frac{1}{2} \times 9.8 \times t_1^2$$

$$\text{বা, } 4.9 t_1^2 = 100$$

$$\therefore t_1 = 4.52 \text{ sec.}$$

আবার,

$$h = -v_0 \sin \theta t_2 + \frac{1}{2} g t_2^2$$

$$\text{বা, } 100 = -15 t_2 + 4.9 t_2^2$$

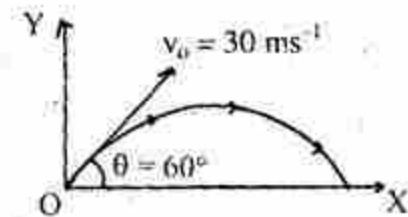
$$\text{বা, } 4.9 t_2^2 - 15 t_2 - 100 = 0$$

$$\text{বা, } t_2 = -3.24 \text{ (গ্রহণযোগ্য নয়)}$$

$$\text{বা, } t_2 = +6.30$$

যেহেতু $t_2 \neq t_1$ তাই একি সময়ে বস্তু দুটি মাটিতে পড়বে না।

প্রশ্ন ৫৪



[বি এ এর শাহীন কলেজ, চট্টগ্রাম]

- ক. আপেক্ষিক বেগ কী? ১
 খ. প্রাসের গতিপথের সর্বোচ্চ বিন্দুতে গতিশক্তি শূন্য কিনা? ব্যাখ্যা করো। ২
 গ. প্রাসটির পাল্লা নির্ণয় করো। ৩
 ঘ. প্রাসটির নিক্ষেপন বিন্দু থেকে X-অক্ষ বরাবর 20 m দূরে 25 m উঁচু দেয়াল অতিক্রম করতে পারবে কী? গাণিতিক বিশ্লেষণ দাও। ৪

৫৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক একটি বস্তুর সাপেক্ষে অপর বস্তুর বেগকে আপেক্ষিক বেগ বলে।

খ প্রাসের গতিপথের সর্বোচ্চ বিন্দুতে গতিশক্তি: প্রাসের গতিপথের সর্বোচ্চ বিন্দুতে আদিবেগের উল্লম্ব উপাংশ শূন্য হয়ে যায়। সমীকরণের সাহায্যে আমরা পাই, $v_y = v_0 \sin \theta - g t$ এবং গতিপথের সর্বোচ্চ

বিন্দুতে $v_y = 0$ । কিন্তু আদিবেগের অনুভূমিক উপাংশের উপর কাজ করে না বলে এর বেগ সর্বদা ধ্রুব থাকে এবং সময়ের সাথে পরিবর্তন হয় না। অর্থাৎ সর্বোচ্চ অবস্থানে $v_x = v_0 \cos \theta_0$ বেগ থাকবে। অর্থাৎ এই বেগের দরুন তার গতিশক্তিও থাকবে। এর মান হবে, $E_k = \frac{1}{2} mv_x^2$

গ ১৫(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ ১৫(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ৫৫ একটি বিস্তীর্ণ প্রান্তরে পরস্পর একটি নির্দিষ্ট কোণে থাকা দুটি পথ ধরে দুটি গাড়ি যথাক্রমে $(4\hat{i} + 3\hat{j})\text{ms}^{-1}$ এবং $(\hat{i} - 7\hat{j})\text{ms}^{-1}$ বেগ নিয়ে চলছে।

[মহাপুর শহীদ স্মৃতি উচ্চ মাধ্যমিক বিদ্যালয়, টাঙ্গাইল]

- মুক্তিবেগ কী? ১
- কৃত্রিম উপগ্রহ ও ভূস্থির উপগ্রহের মধ্যে পার্থক্য কী? ২
- ১ম গাড়ির চালক দ্বিতীয় গাড়িকে কত মানের বেগে চলতে দেখবে? ৩
- রাস্তা দুটির অন্তর্ভুক্ত কোণ বরাবর ১ম গাড়ির চালক ২য় গাড়িটিকে চলতে দেখবে কি-না তা গাণিতিকভাবে যাচাই করে। ৪

৫৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক সর্বাপেক্ষা কম যে বেগে কোনো বস্তুকে খাড়া উপরের দিকে নিক্ষেপ করলে তা আর পৃথিবীতে ফিরে আসে না সেই বেগকে মুক্তিবেগ বলে।

খ ভূ-স্থির উপগ্রহ আসলে এক প্রকার কৃত্রিম উপগ্রহ। শুধু কৃত্রিম উপগ্রহ বললে পৃথিবীর চতুর্দিকে এর আবর্তনকাল অনির্দিষ্ট, এটি নির্ভর করবে ভূপৃষ্ঠ হতে কত উচ্চতায় এটিকে স্থাপন করা হচ্ছে তার ওপর। কিন্তু ভূ-স্থির উপগ্রহের পর্যায়কাল ও আবর্তনের দিক সুনির্দিষ্ট (24 hr), তাই ভূপৃষ্ঠ থেকে সুনির্দিষ্ট উচ্চতায় একে স্থাপন করতে হয়।

গ দেওয়া আছে, প্রথম গাড়ির গতিবেগ, $\vec{u} = (4\hat{i} + 3\hat{j})\text{ms}^{-1}$
দ্বিতীয় গাড়ির গতিবেগ, $\vec{v} = (\hat{i} - 7\hat{j})\text{ms}^{-1}$
১ম গাড়ির চালক নিজের গাড়ির সম্মুখবর্তী গতিবেগের কারণে তার চারপাশের সবকিছুর মধ্যে $-\vec{u}$ বেগ প্রত্যক্ষ করবে।

উপরন্তু, ২য় গাড়ির নিজস্ব বেগ (\vec{v}) রয়েছে।

সুতরাং ১ম গাড়ির সাপেক্ষে ২য় গাড়ির বেগ,

$$\begin{aligned}\vec{w} &= (-\vec{u}) + \vec{v} \\ &= \vec{v} - \vec{u} \\ &= (\hat{i} - 7\hat{j})\text{ms}^{-1} - (4\hat{i} + 3\hat{j})\text{ms}^{-1} \\ &= (-3\hat{i} - 10\hat{j})\text{ms}^{-1}\end{aligned}$$

এই আপেক্ষিক বেগের মান $= \sqrt{(-3)^2 + (-10)^2}$
 $= 10.44\text{ms}^{-1}$

সুতরাং উক্ত বেগ সময়ের সাথে বাড়তে থাকবে।

ঘ রাস্তা দুটির অন্তর্ভুক্ত কোণ θ হলে,

$$\begin{aligned}\vec{u} \cdot \vec{v} &= uv \cos \theta \\ \text{বা, } \cos \theta &= \frac{\vec{u} \cdot \vec{v}}{uv} = \frac{4t \times t + 3t \times (-7t)}{\sqrt{(4t)^2 + (3t)^2} \sqrt{t^2 + (-7t)^2}} \\ &= \frac{4t^2 - 21t^2}{5t \times 5t\sqrt{2}} = \frac{-17}{25\sqrt{2}} \\ \therefore \theta &= \cos^{-1}\left(-\frac{17}{25\sqrt{2}}\right) = 118.74^\circ\end{aligned}$$

১ম গাড়ির বেগের (\vec{u}) সাথে আপেক্ষিক বেগের (\vec{w}) অন্তর্ভুক্ত কোণ θ' হলে,

$$\begin{aligned}\vec{u} \cdot \vec{w} &= uw \cos \theta' \\ \text{বা, } \cos \theta' &= \frac{\vec{u} \cdot \vec{w}}{uw} = \frac{4t \times (-3t) + 3t \times (-10t)}{5t \times \sqrt{(-3t)^2 + (-10t)^2}}\end{aligned}$$

$$= \frac{-12t^2 - 30t^2}{5t \times 10.44t} = -0.8046$$

$$\therefore \theta' = \cos^{-1}(-0.8046) = 143.6^\circ$$

লক্ষ্য করি, $143.6^\circ > 118.74^\circ$

বা, $\theta' > \theta$

সুতরাং, রাস্তা দুটির অন্তর্ভুক্ত কোণ বরাবর ১ম গাড়ির চালক ২য় গাড়িটিকে চলতে দেখবে না।

প্রশ্ন ৫৬ A এবং B বার্ষিক ক্রীড়া প্রতিযোগিতায় শটপুট নিক্ষেপ ইভেন্টে উভয়েই 15ms^{-1} বেগে লৌহ গোলক নিক্ষেপ করে। A অনুভূমিকের সাথে 40° এবং B 45° কোণে নিক্ষেপ করে।

[ক্যান্টনমেন্ট গার্লস স্কুল এন্ড কলেজ, সৈয়দপুর]

- প্রক্ষেপক কী? ১
- কেন্দ্রমুখী ত্বরণ বলতে কী বোঝ? ২
- A এর নিক্ষেপ গোলক কত উচ্চতায় উঠবে? ৩
- A ও B এর মধ্যে কে বিজয়ী হবে? গাণিতিক বিশ্লেষণ করে মতামত দাও। ৪

৫৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোন বস্তুকে অনুভূমিকের সাথে তির্যকভাবে কোন স্থানে নিক্ষেপ করা হলে তাকে প্রাস বা প্রক্ষেপক বলে।

খ বৃত্তাকার পথে ঘূর্ণায়মান কোন বস্তুর বেগের মান ও দিক ক্রমাগত পরিবর্তিত হতে থাকে। অর্থাৎ ত্বরণ হয়। বৃত্তাকার পথে ঘূর্ণায়মান কোন বস্তুর কেন্দ্র বরাবর এই ত্বরণ কাজ করে বলে একে কেন্দ্রমুখী ত্বরণ বলে।

$$\text{কেন্দ্রমুখী ত্বরণের রাশিমালা, } a = \frac{v^2}{r} = \omega^2 r.$$

এই সমীকরণকে ভেক্টররূপে লিখলে পাই, $\vec{a} = -\omega^2 \vec{r} = -\frac{v^2}{r^2} \vec{r}$

এখানে, ঋণাত্মক চিহ্ন থেকে দেখা যায় কেন্দ্রমুখী ত্বরণের দিক ব্যাসার্ধ ভেক্টর তথা অবস্থান ভেক্টরের বিপরীত দিকে অর্থাৎ ব্যাসার্ধ বরাবর কেন্দ্রের দিকে।

গ ২(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। উত্তর: 4.7431 m

ঘ A এর ক্ষেত্রে,

$$\begin{aligned}R_1 &= \frac{v_0^2 \sin 2\theta_1}{g} \\ &= \frac{15^2 \times \sin(2 \times 40^\circ)}{9.8}\end{aligned}$$

$$\therefore R_1 = 22.61 \text{ m}$$

B এর ক্ষেত্রে,

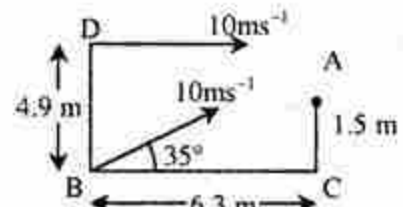
$$\begin{aligned}R_2 &= \frac{v_0^2 \sin 2\theta_2}{g} \\ &= \frac{15^2 \times \sin(2 \times 45^\circ)}{9.8}\end{aligned}$$

$$\therefore R_2 = 22.96 \text{ m}$$

যেহেতু, $R_2 > R_1$

সেহেতু A ও B এর মধ্যে B বিজয়ী হবে।

প্রশ্ন ৫৭



A বিন্দুতে আঘাত করার জন্য B ও D বিন্দুতে অবস্থানরত দুই বন্ধু একই সময়ে চিত্রের ন্যায় টিল নিক্ষেপ করে। [$g = 9.8\text{ms}^{-2}$]

[ডঃ আব্দুর রাজ্জাক মিউনিসিপ্যাল কলেজ, যশোর]

- ক. কেন্দ্রমুখী ত্বরণ কী? ১
খ. বৃষ্টির ফোঁটা চলন্ত গাড়ির সামনের কাঁচকে ভিজায় কিন্তু পিছনের কাঁচকে ভিজায় না কেন? ২
গ. B বিন্দুতে অবস্থানরত বন্ধুর নিক্ষিপ্ত টিলটির 0.3s পর বেগ কত হিসাব কর। ৩
ঘ. উদ্দীপকের আলোকে কোন বন্ধু বিজয়ী হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

৫৭ নং প্রশ্নের উত্তর

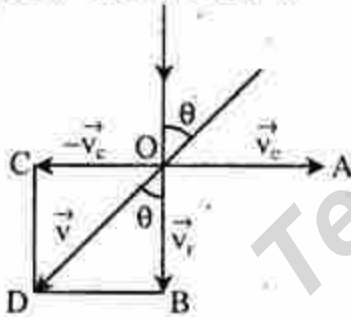
ক. বৃত্তাকার পথে ঘূর্ণায়মান কোন বস্তুর কেন্দ্র বরাবর যে ত্বরণ কাজ করে তাকে কেন্দ্রমুখী ত্বরণ বলে।

খ. ধরা কাজ, O বিন্দুতে একটি গাড়ি OA বরাবর \vec{v}_0 বেগে গতিশীল (চিত্র)। ঐ স্থানে বৃষ্টি ঝাড়া নিচের দিকে OB বরাবর \vec{v}_r বেগে পড়ছে। এখন আপেক্ষিক বেগের সংজ্ঞানুসারে গাড়ির সাপেক্ষে বৃষ্টির বেগ $\vec{v} = \vec{v}_r - \vec{v}_0$ ।

সামান্তরিকের সূত্রের সাহায্যে \vec{v} নির্ণয় করতে হলে OA রেখাকে পেছন দিকে OC পর্যন্ত বর্ধিত করা হলো যেন OA = OC হয়। তাহলে OC নির্দেশ করবে $-\vec{v}_0$ এর মান ও দিক।

এবার OCDB সামান্তরিকটি পূর্ণ করে ভেক্টরের সামান্তরিকের সূত্র প্রয়োগ করলে OD কর্ণই হবে \vec{v}_r ও $-\vec{v}_0$ এর লব্ধি \vec{v} এর মান ও দিক। অর্থাৎ OD কর্ণ গাড়ির সাপেক্ষে বৃষ্টির বেগের মান ও দিক নির্দেশ করবে।

সূত্রাং আপেক্ষিক বেগের কারণে গতিশীল গাড়ি তথা গাড়ির আরোহীরা দেখবেন বৃষ্টি ঝাড়া নিচের দিকে না পড়ে উল্লম্বের সাথে অনুভূমিকের দিকে θ কোণ করে তির্যকভাবে আসছে। ফলে গাড়ির সামনের কাঁচে বৃষ্টি তির্যকভাবে পড়বে এবং কাঁচকে ভিজাবে। কিন্তু পেছনের কাঁচের সামনে গাড়ির ছাদ থাকায় বৃষ্টি তির্যকভাবে ছাদে পড়বে, কাঁচে পড়তে পারবে না। ফলে পেছনের কাঁচকে ভিজাবে না।

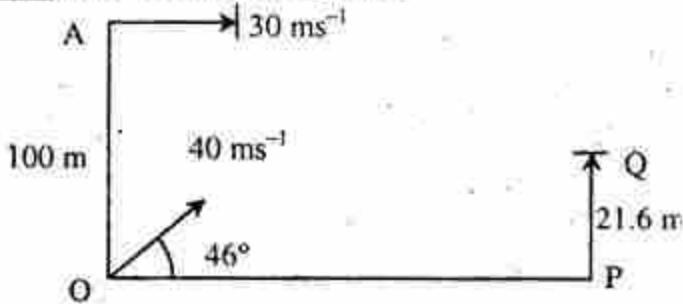


গ. ১(গ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: 8.73 ms^{-1} ; $\theta = 20.34^\circ$

ঘ. ৯(ঘ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ৫৮ চিত্রটি পর্যবেক্ষণ করে উত্তর দাও:



Q বিন্দুতে আঘাত করার জন্য O এবং A বিন্দুদ্বয় থেকে দুজন বন্ধু চিত্রের ন্যায় টিল ছোঁড়ে।

[জালালাবাদ ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ, সিলেট]

- ক. কেন্দ্রমুখী ত্বরণ কাকে বলে? ১
খ. ঘড়ির মিনিটের কাঁটার ওপর অবস্থিত সকল বিন্দুর কৌণিক বেগ সমান হবে কি? ব্যাখ্যা কর। ২

গ. উদ্দীপকের O বিন্দু থেকে নিক্ষিপ্ত টিলের 1 sec পর দিক নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকের কোন বস্তুর টিল Q বিন্দুকে আগে আঘাত করবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

৫৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. সমকৌণিক বেগে গতিশীল কণার একটি রৈখিক ত্বরণ সর্বদা কেন্দ্রের দিকে ক্রিয়া করে। একে কেন্দ্রমুখী ত্বরণ বলে।

খ. ঘড়ির মিনিটের কাঁটার প্রতিটি কণা ঘূর্ণন অক্ষের সাপেক্ষে সমান সময়ে সমান কোণ উৎপন্ন করে অর্থাৎ সমান সময়ে সমান কৌণিক দূরত্ব অতিক্রম করে। তাই প্রতিটি কণার কৌণিক বেগ একই থাকে।

গ. ১(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: ভূমির সাথে 34.32° ।

ঘ. ৯(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

প্রশ্ন ৫৯ বাংলাদেশ ও ভারতের মধ্যকার T-20 ম্যাচে সাক্ষির বলকে আঘাত করায় 45° কোণে এবং 20 ms^{-1} বেগে বোলারের উপর দিয়ে মাঠের বাহিরে যেতে শুরু করে। মধ্য মাঠ থেকে বিরাট কোহলি দৌড়াতে শুরু করলেন। কোহলি বলের লাইনে পৌছানোর আগেই সেটি ছক্কায় পরিণত হলো। টিভি-স্ক্রিনে দেখা গেল ছক্কার দূরত্ব তথা মাঠের ভিতরে বলটি 35m অতিক্রম করেছে।

[এম সি কলেজ, সিলেট]

ক. কেন্দ্রমুখী ত্বরণ কাকে বলে? ১

খ. সমবেগে গতিশীল বস্তুর গড়বেগ ও তাৎক্ষণিক বেগ একই থাকে কেন? ২

গ. উদ্দীপকের বলটি সর্বাধিক কত উচ্চতায় উঠেছিল? ৩

ঘ. বিরাট কোহলি লাফ দিয়ে 5m উচ্চতায় বল ধরতে পারেন। কোহলি যদি সময় মত বলের লাইনে পৌছাইতে পারত তাহলে সে বলটি ক্যাচ নিতে সমর্থ হত কি? উত্তরের সপক্ষে গাণিতিক বিশ্লেষণ দাও। ৪

৫৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. বৃত্তাকার পথে ঘূর্ণায়মান কোন বস্তুর বৃত্তের কেন্দ্র বরাবর যে ত্বরণ কাজ করে তাকে কেন্দ্রমুখী ত্বরণ বলে।

খ. সমবেগের ক্ষেত্রে বস্তু সমান সময়ে সমান সরণ অতিক্রম করে। তাই বৃহৎ সময় ব্যবধানে সরণ ও সময়ের অনুপাত যা হয় অতি ক্ষুদ্র সময় ব্যবধানে সরণ ও সময়ের অনুপাত তা-ই হয়। কারণ গড়বেগ, $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$

এবং তাৎক্ষণিক বেগ, $v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta s}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \bar{v}$ (অতি ক্ষুদ্র সময় ব্যবধানে গড় বেগের সীমান্তিক মানই হলো তাৎক্ষণিক বেগ)। একারণে সমবেগে গতিশীল বস্তুর গড়বেগ ও তাৎক্ষণিক বেগ একই থাকে।

গ. ২(গ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। উত্তর: 10.2m

ঘ. ২(ঘ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: বিরাট কোহলি ক্যাচটি ধরতে সমর্থ হতেন না।

প্রশ্ন ৬০ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও:

লিওনেল মেসি একটি স্থির বলকে 11 ms^{-1} বেগে অনুভূমিকের সাথে 37° কোণে গোলপোস্টের 5m দূর হতে কিক করলেন। গোলবারটির উচ্চতা ছিল 2.5m। বাতাসের বাধা উপেক্ষণীয়।

[কক্সবাজার সরকারি মহিলা কলেজ]

ক. কেন্দ্রমুখী বল কী? ১

খ. ভূমির সাথে তীর্যকভাবে নিক্ষিপ্ত বস্তুর অনুভূমিক বরাবর ত্বরণ থাকে না কেন? ২

গ. উদ্দীপক অনুসারে বলটি সর্বোচ্চ কত উচ্চতায় উঠবে? ৩

ঘ. উদ্দীপক অনুসারে গোল হওয়ার সম্ভাবনা যাচাই কর। ৪

৬০ নং প্রশ্নের উত্তর

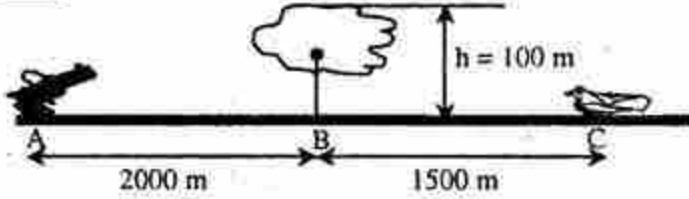
ক যখন কোনো বস্তু একটি বৃত্তাকার পথে ঘুরতে থাকে তখন ঐ বৃত্তের কেন্দ্রে অভিমুখে যে নিট বল ক্রিয়া করে বস্তুটিকে বৃত্তাকার পথে গতিশীল রাখে তাকে কেন্দ্রমুখী বল বলে।

খ ভূমি হতে তীর্যকভাবে নিষ্ক্ষিপ্ত বস্তুর ক্ষেত্রে কেবলমাত্র উল্লম্ব দিক বরাবর ত্বরণ থাকে কেননা অভিকর্ষজ ত্বরণ খাড়া নিচের দিকে ক্রিয়া করে। অন্যদিকে অভিকর্ষজ ত্বরণ 'g' এর অনুভূমিক বরাবর কোন উপাংশ থাকে না বলে ভূমি হতে তীর্যকভাবে নিষ্ক্ষিপ্ত বস্তুর অনুভূমিক ত্বরণ থাকে না।

গ ২(গ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। উত্তর: 2.24 m

ঘ ৬(ঘ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। উত্তর: গোল হয়েছিলো।

প্রশ্ন ৬১



চিত্রে A অবস্থান থেকে একজন লোক তার বন্দুক থেকে 40° কোণে 200m/s বেগে একটি গুলি ছুড়ল। B অবস্থানে একটি গাছ এবং C অবস্থানে একটি পাখী স্থির অবস্থায় আছে। [কুমিল্লা সরকারি সিটি কলেজ]

- প্রাস কাকে বলে? ১
- উল্লম্বভাবে নিষ্ক্ষিপ্ত বস্তুর গতিপথের সর্বোচ্চ বিন্দুতে বেগ সর্বাপেক্ষা কম হয় কেন ব্যাখ্যা কর। ২
- বন্দুক থেকে নিষ্ক্ষিপ্ত গুলিটি গাছের শীর্ষ থেকে সর্বোচ্চ কত উপরে উঠবে? ৩
- বন্দুকের গুলির আঘাত থেকে কি পাখিটি রক্ষা পাবে বিশ্লেষণপূর্বক মতামত দাও। ৪

৬১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক অভিকর্ষের প্রভাবে শূন্য স্থানে ভূমির সাথে তীর্যকভাবে উপরের দিকে নিষ্ক্ষিপ্ত বস্তুকে প্রক্ষিপ্ত বস্তু বা প্রাস বলে।

খ আমরা জানি, অনুভূমিক দিকে কোনো ত্বরণ না থাকায় প্রাসের অনুভূমিক বেগ অপরিবর্তিত থাকে, কিন্তু অভিকর্ষজ ত্বরণের কারণে বেগের উল্লম্ব উপাংশ পরিবর্তিত হয়। প্রাসের সর্বোচ্চ বিন্দুতে বেগের শুধু অনুভূমিক উপাংশ থাকে, উল্লম্ব উপাংশ শূন্য হয়। ফলে এ বিন্দুতে লম্বি বেগ অনুভূমিক উপাংশের সমান হয়। কিন্তু অন্য যে কোনো বিন্দুতে বেগের অনুভূমিক ও উল্লম্ব উভয় উপাংশ থাকে। ফলে লম্বি বেগের মান বেগের অনুভূমিক উপাংশ অপেক্ষা বড় হয়। তাই সর্বোচ্চ বিন্দুতে প্রাসের বেগ সর্বাপেক্ষা কম হয়।

গ এখানে, নিষ্ক্ষেপণ কোণ, $\theta_0 = 40^\circ$

আদিবেগ, $v_0 = 200\text{ ms}^{-1}$

অনুভূমিক দূরত্ব, $x = 2000\text{ m}$

গুলিটি গাছের অবস্থানে ভূমি হতে y উচ্চতায় থাকলে,

$$y = (\tan\theta_0)x - \left(\frac{g}{2v_0^2 \cos^2\theta_0}\right)x^2$$

$$= (\tan 40^\circ) \times 2000 - \frac{9.81}{2 \times 200^2 \times (\cos 40^\circ)^2} \times (2000)^2$$

$$= 1678.2 - 835.86$$

$$= 842.34\text{ m.}$$

\therefore গুলিটি গাছের $(842.24 - 100)$ বা 742.34m উপর দিয়ে যাবে।

(Ans.)

ঘ গুলিটির অনুভূমিক পাল্লা R হলে,

$$R = \frac{v_0^2 \sin 2\theta_0}{g}$$

$$= \frac{200^2 \times \sin(80^\circ)}{9.81}$$

$$= 4015.5\text{ m}$$

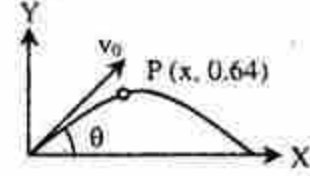
এখানে,

আদিবেগ, $v_0 = 200\text{ ms}^{-1}$

নিষ্ক্ষেপণ কোণ, $\theta_0 = 40^\circ$

কিন্তু পাখিটি বসে আছে A হতে তথা গুলি ছোঁড়ার স্থান হতে $(2000 + 1500) = 3500\text{ m}$ দূরে। ফলে গুলিটি পাখির গায়ে লাগবে না। অর্থাৎ পাখিটি রক্ষা পাবে।

প্রশ্ন ৬২



[বান্দরবান সরকারি কলেজ]

- আপেক্ষিক গতি বলতে কি বুঝ? ১
- ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়া সমান ও বিপরীতমুখী বল হলেও সাম্য প্রতিষ্ঠা করে না-ব্যাখ্যা কর। ২
- উদ্দীপকের বস্তুকে কত কোণে নিষ্ক্ষেপ করলে অনুভূমিক পাল্লা সর্বোচ্চ উচ্চতার সমান হবে? ৩
- উদ্দীপক থেকে সর্বাধিক অনুভূমিক পাল্লার হিসেবে P বিন্দুতে x স্থানাঙ্ক নির্ণয় করা যাবে কি? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

৬২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক একটি বস্তুর সাপেক্ষে অপর বস্তুর গতিকে আপেক্ষিক গতি বলে।

খ ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়া সমান ও বিপরীতমুখী বল হলেও সাম্য প্রতিষ্ঠা করে না, কারণ ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়া বল দুটি ভিন্ন বস্তুর উপর ক্রিয়া করে। লম্বি বল শুধু একক বস্তুর উপর বা একক সিস্টেমের উপর ক্রিয়ারত বলগুলো হতে হিসেব করা যায়। একটি সিস্টেমের উপর সমান ও বিপরীতমুখী বলের লম্বি শূন্য হবে অর্থাৎ সিস্টেমের ত্বরণ শূন্য হবে। কিন্তু নিউটনের ৩য় সূত্রের ক্রিয়া প্রতিক্রিয়া বল দুটি ভিন্ন বস্তুর উপর ক্রিয়া করে। ফলে এরা সমান ও বিপরীতমুখী হলেও লম্বি শূন্য হবে না অর্থাৎ সাম্য প্রতিষ্ঠা হবে না।

গ মনে করি, নিষ্ক্ষেপণ v_0 এবং নিষ্ক্ষেপণ কোণ θ_0 । যেহেতু অনুভূমিক পাল্লা = সর্বোচ্চ উচ্চতা

$$\text{বা, } \frac{v_0^2 \sin 2\theta_0}{g} = \frac{v_0^2 \sin^2\theta_0}{2g}$$

$$\text{বা, } \sin 2\theta_0 = \frac{\sin^2\theta_0}{2}$$

$$\text{বা, } 2\sin\theta_0 \cos\theta_0 = \frac{\sin^2\theta_0}{2}$$

$$\text{বা, } 4\cos\theta_0 = \sin\theta_0$$

$$\text{বা, } \tan\theta_0 = 4$$

$$\therefore \theta_0 = \tan^{-1} 4 = 75.96^\circ$$

সুতরাং, উদ্দীপকের বস্তুটিকে 75.96° কোণে নিষ্ক্ষেপ করলে প্রাসের অনুভূমিক পাল্লা = সর্বোচ্চ উচ্চতা, H হবে।

ঘ এখানে,

নিষ্ক্ষেপণ কোণ = θ

নিষ্ক্ষেপণ বেগ = v_0

P এর স্থানাঙ্ক = $(x, 0.64)$

অনুভূমিক পাল্লা R হলে, $R = \frac{v_0^2 \sin^2\theta}{g}$

R সর্বোচ্চ হবে যদি, $\sin 2\theta = 1$ অর্থাৎ $\theta = 45^\circ$ হয়।

$$\therefore R_{\max} = \frac{v_0^2}{g}$$

$$\therefore v_0^2 = g \times R_{\max}$$

P বিন্দুর স্থানাঙ্ক হতে পাই, P বিন্দুতে, $y = 0.64$

$$\therefore y = x \tan \theta - \frac{gx^2}{2v_0^2 \cos^2 \theta}$$

$$\text{বা, } 0.64 = x \tan 45^\circ - \frac{gx^2}{2 \times g \times R_{\max} \times (\cos^2 45^\circ)}$$

$$\text{বা, } 0.64 = x - \frac{x^2}{2 \times R_{\max} \times \frac{1}{2}}$$

$$\text{বা, } 0.64 = x - \frac{x^2}{R_{\max}}$$

$$\text{বা, } 0.64 R_{\max} = x R_{\max} - x^2$$

$$\text{বা, } x^2 - x R_{\max} + 0.64 R_{\max} = 0$$

$$\therefore x = \frac{R_{\max} \pm \sqrt{R_{\max}^2 - 2.56 R_{\max}}}{2}$$

অতএব, উদ্দীপক হতে সর্বাধিক অনুভূমিক পাল্লার হিসেবে P বিন্দুতে x স্থানাঙ্ক নির্ণয় করা যাবে।

প্রশ্ন ৬৩ ভারত ও বাংলাদেশের মধ্যে একটি প্রীতি ফুটবল ম্যাচ চলছিল। ফুটবলটি বাংলাদেশের গোলপোস্টের সামনে ছিল। প্রিতম ও সাক্ষির ফুটবলের উপর কিক করায় উহা গোলবারের একপাশ দিয়ে বাহিরে চলে যায় এবং ভারত একটি নিশ্চিত গোল থেকে বঞ্চিত হয়। বাংলাদেশের সাক্ষির 7N এবং ভারতের প্রিতম 5N বল দ্বারা কিক করেছিল। তারা 60° কোণে দৌড়ে এসে একই সাথে 2.33 kg ভরের ফুটবলের উপর কিক করেছিল।

(লক্ষীপুর সরকারী কলেজ)

- তাৎক্ষণিক ত্বরণ কী? ১
- ভরবেগের পরিবর্তন বলের ক্রিয়া অভিমুখে সংঘটিত হয় কী? ব্যাখ্যা কর। ২
- কিক করার পর বলটির যে ত্বরণ হয় তা নির্ণয় করো। ৩
- কি কি শর্তে প্রিতমের পক্ষে গোলটি করা সম্ভব ছিল? উপযুক্ত যুক্তি সহকারে বিশ্লেষণ করো। ৪

৬৩ নং প্রশ্নের উত্তর

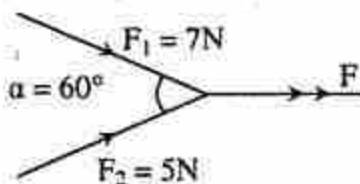
ক কোনো গতিশীল বস্তুর কোনো বিশেষ মুহূর্তে ক্ষুদ্রাতিক্ষুদ্র সময় ব্যবধানে বেগের পরিবর্তনের হারকে ঐ বিশেষ মুহূর্তের তাৎক্ষণিক ত্বরণ বলে।

খ নিউটনের দ্বিতীয় সূত্র হতে পাই,

$$\begin{aligned} \vec{F} &= m \vec{a} \\ &= m \frac{d\vec{v}}{dt} \\ &= \frac{d}{dt} (m \vec{v}) \\ &= \frac{d\vec{p}}{dt} \end{aligned}$$

অতএব ভরবেগের পরিবর্তন বলের ক্রিয়ার দিকে হয়।

গ



বলটির ওপর $F_1 = 7N$ ও $F_2 = 5N$ বলদ্বয় 60° কোণে ক্রিয়া করলে এর লব্ধিবেগ, F হলে,

$$\begin{aligned} F &= \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2 \cos \alpha} \\ &= \sqrt{7^2 + 5^2 + 2 \times 7 \times 5 \times \cos 60^\circ} \\ &= 10.44 N \end{aligned}$$

বলটির ত্বরণ, a হলে,

$$F = ma$$

$$\text{বা, } a = \frac{F}{m}$$

$$= \frac{10.44}{2.33}$$

$$\therefore a = 4.48 \text{ ms}^{-2} \text{ (Ans.)}$$

এখানে,

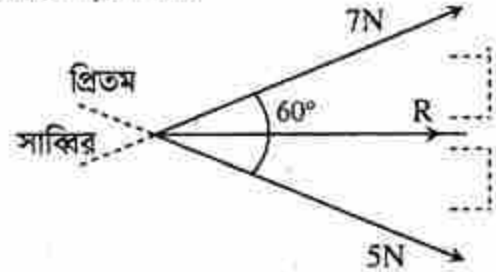
বলটির ভর, $m = 2.33 \text{ kg}$

ঘ ভেক্টর যোগের সামান্তরিক সূত্রানুযায়ী একই বিন্দুতে ক্রিয়ারত দুটি ভেক্টরের লব্ধি বড় মানের ভেক্টরটি যেকোনো ঐ দিকে বেশি হলে থাকে।

এখানে ধরি, সাক্ষির প্রযুক্ত বল, $P = 7N$

এবং প্রিতমের প্রযুক্ত বল, $Q = 5N$

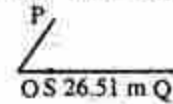
এদের মধ্যবর্তী কোণ, $\theta = 60^\circ$



এখানে দুজন এক সাথে কিক করার পরে বল পোস্টের এক পাশ দিয়ে চলে যায়। এখন গোলপোস্টটি যদি সাক্ষির যে পাশ হতে দৌড়িয়ে আসছিল সে পাশে থাকে তবে প্রিতম 5N হতে বেশি বল প্রয়োগে কিক করলে গোল হওয়ার সম্ভাবনা থাকবে। কারণ এক্ষেত্রে বলদ্বয়ের লব্ধি প্রিতম কর্তৃক বলের দিকে হলে যাবে এবং গোল হবে।

আবার, প্রিতম যে পাশ হতে দৌড়িয়ে আসছিল সে পাশেই যদি গোলপোস্ট থাকে তবে সাক্ষির কর্তৃক বল 7N অপেক্ষা বেশি হলে গোল হবার সম্ভাবনা থাকবে।

প্রশ্ন ৬৪ বাবলু O বিন্দু হতে একটি বস্তুকে 30 ms^{-1} বেগে অনুভূমিকের সাথে θ কোণে নিক্ষেপ করল। বস্তুটি 79.53 m দূরে Q বিন্দুতে ভূমি স্পর্শ করে। ভূমি হতে P বিন্দুর উচ্চতা 35 m, বাবলুর ধারণা বস্তুটি P বিন্দুর নিচ দিয়ে গমন করে।



(সরকারি আজিজুল হক কলেজ, বগুড়া)

- সুষম বৃত্তীয় গতি কাকে বলে? ১
- পরিমাপের সকল যন্ত্রে পিছট ত্রুটি থাকবে না— ব্যাখ্যা করো। ২
- নিক্ষেপন কোণের মান কত ছিল? ৩
- বাবলুর ধারণা সঠিক ছিল কিনা? গাণিতিকভাবে যাচাই করো। ৪

৬৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক সমদ্রুতিতে বৃত্তাকার পথে ঘূর্ণায়মান কণার গতি হলো সুষম বৃত্তীয় গতি।

খ নাট-স্ক্রু নীতির উপর ভিত্তি করে যেসব যন্ত্র তৈরী তাদের ক্ষেত্রে পিছট ত্রুটি দেখা যায় সে সব যন্ত্রে নতুন অবস্থায় স্ক্রু ভাল থাকলে প্রতিবার সামনে বা পিছনে ঘুরালে সরণ সুষম হয়। কিন্তু দীর্ঘদিন ব্যবহারের পর বা স্ক্রু ঢিলা হয়ে গেলে সামনে বা পিছনে ঘুরালে সরণ সুষম হয় না। স্ক্রু ভিত্তিক যন্ত্র সমূহের এই ত্রুটিকে পিছট ত্রুটি বলে। অর্থাৎ নাট স্ক্রু ভিত্তিক যন্ত্রেই কেবল পিছট ত্রুটি পাওয়া যায় অন্য কোনো পরিমাপ যন্ত্রে পিছট ত্রুটি থাকে না।

গ

$$R = \frac{v_0^2 \sin 2\theta}{g}$$

$$\begin{aligned} \text{বা, } \sin 2\theta &= \frac{gR}{v_0^2} \\ &= \frac{9.8 \times 79.53}{(30)^2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{বা, } 2\theta &= 60^\circ \\ \therefore \theta &= 30^\circ \text{ (Ans.)} \end{aligned}$$

এখানে,

নিক্ষেপণ বেগ, $v_0 = 30 \text{ ms}^{-1}$
পাল্লা, $R = 79.53 \text{ m}$

ঘ

$$y = x \tan \theta - \frac{gx^2}{2v_0^2 \cos^2 \theta}$$

$$= 26.51 \times \tan 30^\circ - \frac{9.8 \times (26.51)^2}{2 \times 30^2 \times \cos^2 30^\circ}$$

$$= 10.2 \text{ m}$$

$\therefore y < y_0$

সুতরাং O বিন্দু হতে 26.51m দূরে বস্তুটি P বিন্দুর নিচে অবস্থান করবে অর্থাৎ বস্তুটি নিষ্ক্ষেপের পর P বিন্দুর নিচে দিয়ে গমন করবে।

অতএব, বাবলুর ধারণা সঠিক ছিল।

প্রশ্ন ৬৫ 100 m লম্বা ও ভূমির সাথে 80° কোণে হেলানো একটি টাওয়ারের শীর্ষ হতে একজন সুপারম্যান অনুভূমিকের সাথে 45° কোণে লাফ দিয়ে পার্শ্ববর্তী 50m উঁচু অন্য একটি টাওয়ারের শীর্ষে গেল, এর জন্য সময় লাগল 4s। প্রথম টাওয়ারটি দ্বিতীয়টির দিকে হেলানো।

ব্রাহ্মণবাড়িয়া সরকারি কলেজ, ব্রাহ্মণবাড়িয়া

- ধুব ত্বরণ কী? ১
- বেগ ও ত্বরণের দিক কী ভিন্ন হতে পারে, ব্যাখ্যা করো। ২
- প্রথম টাওয়ার থেকে সুপারম্যান সর্বাধিক কত উচ্চতায় উঠবে? ৩
- উদ্দীপকের তথ্য হতে টাওয়ার দুটির পাদবিন্দুর মধ্যবর্তী দূরত্ব নির্ণয় করা সম্ভব কিনা গাণিতিকভাবে দেখাও। ৪

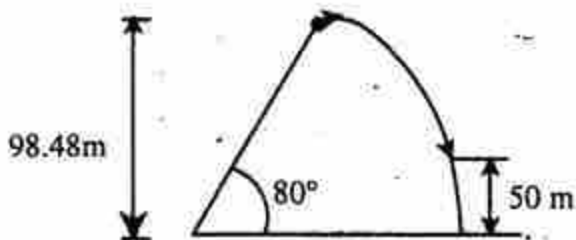
৬৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো নির্দিষ্ট দিকে সময়ের সাথে কোনো বস্তুর বেগ বৃদ্ধির হার সর্বদা সমান থাকলে এই বেগ বৃদ্ধির হারকে ধুব ত্বরণ বলে।

খ বেগ ও ত্বরণের দিক ভিন্ন হতে পারে।

ব্যাখ্যা: বেগ ও ত্বরণ উভয়ই ভেক্টর রাশি। নির্দিষ্ট দিকে সময়ের সাথে বেগের পরিবর্তনই ত্বরণ। সরলরৈখিক গতির ক্ষেত্রে বস্তুর বেগ ও ত্বরণ একই রেখায় থাকে। ধনাত্মক ত্বরণের ক্ষেত্রে বেগের দিক ও ত্বরণের দিক এক হলেও ঋণাত্মক ত্বরণ বা মন্দনের দিক পরস্পর বিপরীত। আবার সমতলীয় বা ত্রিমাত্রিক গতির ক্ষেত্রে বেগ ও ত্বরণের দিক ভিন্ন হয়। যেমন: তীর্থকভাবে নিক্ষেপ্ত প্রাসের বেগ প্রাসের সঞ্চারপথ পরাবৃত্তের বিভিন্ন বিন্দুতে অংকিত স্পর্শক বরাবর। কিন্তু ত্বরণ সর্বদা নিম্নমুখী। আবার সুষম বৃত্তীয় গতির ক্ষেত্রে বেগের দিক বৃত্তের স্পর্শক বরাবর হলেও ত্বরণ সর্বদা বৃত্তের কেন্দ্র বরাবর। অতএব, বেগ ও ত্বরণের দিক ভিন্ন হতে পারে।

গ



ভূমির সাথে 80° কোণে 100m লম্বা টাওয়ারটির শীর্ষের উচ্চতা $= 100 \sin 80^\circ = 98.48 \text{ m}$

এ টাওয়ারের শীর্ষকে মূলবিন্দু ও খাড়া উপর দিক ধনাত্মক ধরে সুপারম্যানের উল্লম্ব সরণ, $y = -98.48 - (-50) = -48.48 \text{ m}$

\therefore সুপারম্যানের আদিবেগ v_0 হলে,

$$y = v_{y0}t - \frac{1}{2}gt^2$$

$$\text{বা, } y = (v_0 \sin \theta_0)t - \frac{1}{2}gt^2$$

$$\text{বা, } v_0 = \frac{1}{t \sin \theta_0} \times (y + \frac{1}{2}gt^2)$$

$$= \frac{1}{4 \times \sin(45^\circ)} \times (-48.48 + \frac{1}{2} \times 9.81 \times 4^2)$$

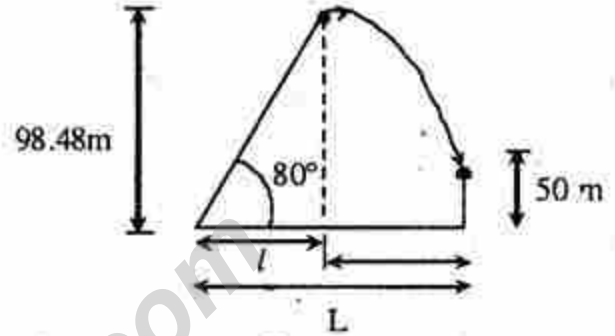
$$= 10.61 \text{ ms}^{-1}$$

সুপারম্যানের সর্বাধিক উল্লম্ব সরণ H হলে,

$$H = \frac{v_0^2}{2g}$$

$$= \frac{10.61^2}{2 \times 9.81} = 5.74 \text{ m (Ans.)}$$

ঘ



'গ' হতে পাই, সুপারম্যানের আদিবেগ, $v_0 = 10.61 \text{ ms}^{-1}$

\therefore সুপারম্যানের অনুভূমিক সরণ x হলে,

$$x = v_{x0}t$$

$$= v_0 \cos \theta_0 t$$

$$= 10.61 \times \cos(45^\circ) \times 4$$

$$= 30 \text{ m}$$

প্রথম টাওয়ারের পাদবিন্দু হতে সুপারম্যানের লাফ দেওয়ার বিন্দুর অনুভূমিক দূরত্ব, $l = 100 \cos 80^\circ$

$$= 17.37 \text{ m}$$

\therefore প্রথম টাওয়ারের পাদবিন্দু হতে দ্বিতীয় টাওয়ার পাদবিন্দুর দূরত্ব,

$$L = l + x = 17.37 + 30$$

$$= 47.37 \text{ m}$$

অতএব, উদ্দীপকে তথ্য হতে টাওয়ারদ্বয়ের পাদবিন্দুর দূরত্ব নির্ণয় সম্ভব এবং তা 47.37 m।

এখানে,

সময়, $t = 4 \text{ s}$

নিষ্ক্ষেপণ কোণ,

$\theta_0 = 45^\circ$

পদার্থবিজ্ঞান

তৃতীয় অধ্যায় : গতিবিদ্যা

৮১. একটি প্রাসকে E গতিশক্তিতে 45° কোণে নিক্ষেপ করা হলো। সর্বোচ্চ বিন্দুতে স্থিতিশক্তি কত? (জান) / কুমিল্লা ভিক্টোরিয়া সরকারি কলেজ, কুমিল্লা/

- (ক) 0 (খ) E
(গ) $\frac{E}{2}$ (ঘ) $\frac{E}{4}$

৮২. একটি গতিশীল বস্তুর সরণের সমীকরণ $x = (4t^2 + 3t)m$, 2sec পর বস্তুটির বেগ কত?

- (ক) $3 ms^{-1}$ (খ) $8 ms^{-1}$
(গ) $11 ms^{-1}$ (ঘ) $19 ms^{-1}$

৮৩. দ্বিমাত্রিক বস্তুর উদাহরণ কোনটি? (জান)

- (ক) একখন্ড লম্বা সুতা (খ) ইট
(গ) সিলিন্ডার (ঘ) পাতলা কাগজ

৮৪. $s = \frac{1}{2}t^3 + 2t$ সূত্রানুসারে একটি বস্তু সরলরেখা বরাবর গতিশীল, 4s সময়ে বস্তুটির বেগ কত? (প্রয়োগ)

- (ক) 46 একক (খ) 34 একক
(গ) 28 একক (ঘ) 26 একক

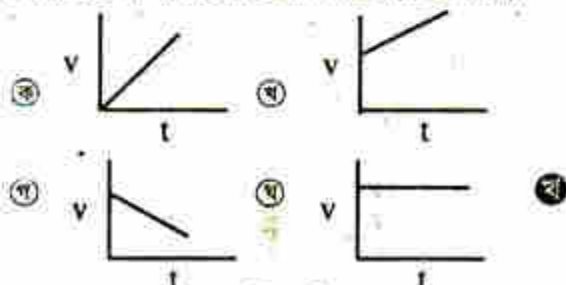
৮৫. একটি রাইফেলের গুলি নির্দিষ্ট পুরুত্বের একটি তক্তা ভেদ করতে পারে। ঐরূপ 16টি তক্তা ভেদ করতে হলে এর বেগ কতগুণ হতে হবে? (প্রয়োগ)

- (ক) দ্বিগুণ (খ) তিনগুণ
(গ) চারগুণ (ঘ) পাঁচগুণ

৮৬. a সমত্বরণের ক্ষেত্রে $\int_{v_0}^v dv = \int_0^t a dt$ সমাকলনের ফলাফল কোনটি হবে? (প্রয়োগ)

- (ক) $v = v_0 - at$ (খ) $v_0 = v + at$
(গ) $v = v_0 + at$ (ঘ) $s = v_0 t + \frac{1}{2} a^2$

৮৭. $v = u + at$ এই সমীকরণটি নিচের কোন লেখচিত্রটিকে সঠিকভাবে প্রকাশ করে? (উচ্চতর দক্ষতা)



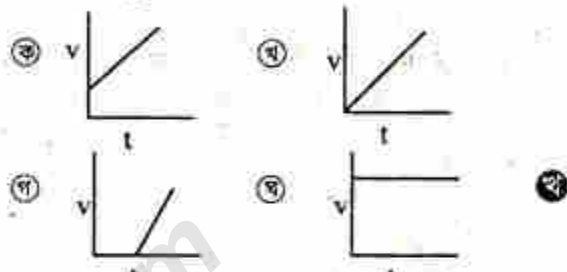
৮৮. সুবম ত্বরণসম্পন্ন একটি গাড়ি ২য় সেকেন্ডে 10 m ও ৩য় সেকেন্ডে 20 m দূরত্ব অতিক্রম করলে গাড়িটির ত্বরণ কত? (প্রয়োগ)

- (ক) $10 m/sec^2$ (খ) $20 m/sec^2$
(গ) $30 m/sec^2$ (ঘ) $40 m/sec^2$

৮৯. 200m দীর্ঘ একটি ট্রেন $36 kmh^{-1}$ বেগে চলে 600m দীর্ঘ একটি ব্রিজ অতিক্রম করে। ব্রিজটি অতিক্রম করতে ট্রেনের কত সময় লাগবে? (প্রয়োগ)

- (ক) 80s (খ) 100s
(গ) 120s (ঘ) 140s

৯০. কোন লেখচিত্রটি স্থির অবস্থান হতে সমত্বরণে গতিশীল বস্তুর চলার পথ নির্দেশ করে?



৯১. স্থির অবস্থান থেকে একটি বস্তু 1 সেকেন্ড h দূরত্ব অতিক্রম করল, 3 সেকেন্ডে বস্তুটির অতিক্রান্ত দূরত্ব কত? (প্রয়োগ) / চার্মড পুলিশ ব্যাটালিয়ন পাবলিক স্কুল ও কলেজ, বাগুড়া/

- (ক) 8h (খ) 6h
(গ) 9h (ঘ) 3h

৯২. পড়ন্ত বস্তুর সূত্রগুলো বিজ্ঞানী গ্যালিলিও কত খ্রিস্টাব্দে আবিষ্কার করেন? (জান)

- (ক) 1589 (খ) 1689
(গ) 1789 (ঘ) 1889

৯৩. অনুভূমিক রেখা বরাবর প্রাসের ত্বরণ কত? (অনুমান)

- (ক) 0 (খ) g
(গ) -g (ঘ) g/2

৯৪. প্রাসের গতিপথের যে কোনো বিন্দুতে ত্বরণের অনুভূমিক উপাংশ—(অনুমান)

- (ক) শূন্য (খ) g
(গ) $\frac{g}{2}$ (ঘ) -g

৯৫. সর্বাধিক পাল্লার জন্য প্রাসকে অনুভূমিকের সাথে কত কোণে নিক্ষেপ করতে হবে? (অনুমান)

- (ক) 30° (খ) 45°
(গ) 60° (ঘ) 90°

৯৬. কোনো প্রাসকে নিক্ষেপণের কত সময় পর এটি প্রসঙ্গতলে ফিরে আসবে? (জান)

- (ক) $\frac{v_0 \sin \theta_0}{g}$ (খ) $\frac{v_0 \cos \theta_0}{g}$
(গ) $\frac{2v_0 \sin \theta_0}{g}$ (ঘ) $\frac{2v_0 \cos \theta_0}{g}$

৯৭. এক টুকরা পাথরকে খাড়াভাবে 98 m/sec বেগে উপরের নিক্ষেপ করা হলো। উপরে উঠতে পাথরটির কত সময় লাগবে? (প্রয়োগ)

- (ক) 1 sec (খ) 10 sec
(গ) 20 sec (ঘ) 30 sec

৯৮. নিক্ষেপন কোণ কত হলে পাল্লার সর্বনিম্ন হবে? (প্রয়োগ)

- (ক) 30° (খ) 45°
(গ) 90° (ঘ) 60°

৯৯. একজন লোক 49 ms^{-1} বেগে একটি বল খাড়া উপরের দিকে নিক্ষেপ করে। বলটি সর্বোচ্চ কত উপরে উঠবে? (প্রয়োগ)

- (ক) 117.55 m (খ) 120 m
(গ) 122.5 m (ঘ) 125 m

১০০. v_0 গতিতে উর্ধ্বাধিকৃত বস্তুর সর্বাধিক উচ্চতায় পৌছতে অতিবাহিত সময় কত? (প্রয়োগ)

- (ক) $t = \frac{2v_0}{g}$ (খ) $t = \frac{v_0}{g}$
(গ) $t = \frac{v_0}{g}$ (ঘ) $t = \frac{\sqrt{v_0}}{g}$

১০১. বৃত্তাকার পথে 72 kmh^{-1} সমদ্রুতিতে চলমান কোনো গাড়ির কেন্দ্রমুখী ত্বরণ 1 ms^{-2} হলে বৃত্তাকার পথের ব্যাসার্ধ কত? (প্রয়োগ)

- (ক) 100m (খ) 200m
(গ) 300 m (ঘ) 400 m

১০২. এক রেডিয়ান সমান প্রায় কত? (প্রয়োগ)

- (ক) 10° (খ) 50.3°
(গ) 120° (ঘ) 57.3°

১০৩. একটি বস্তুর প্রথম 4s এর গড় বেগ 30 cms^{-1} এবং পরবর্তী 4s এর গড়বেগ 10 cms^{-1} । বস্তুটি সমমন্দনে গতিশীল থাকলে এর—

- i. আদিবেগ 40 cms^{-1}
ii. প্রথম 8s-এর গড়বেগ 20 cms^{-1}
iii. ত্বরণ -5 cms^{-2}

নিচের কোনটি সঠিক?

- (ক) i ও ii (খ) i ও iii
(গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

১০৪. ত্বরণ ক্ষেত্র— (প্রয়োগ)

- i. এর ঐকক মিটার/সময়^২
ii. এর মাত্রা LT^{-2}
iii. একটি অদিক রাশি

নিচের কোনটি সঠিক?

- (ক) i (খ) i ও ii
(গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

১০৫. কোনো বস্তুর অবস্থান x কে সময় t এর অপেক্ষকরূপে $x = 18\text{m} + (12\text{ms}^{-1})t + (1.2\text{ms}^{-2})t^2$ সমীকরণ দ্বারা প্রকাশ করতে।

(1.2ms⁻²) t² সমীকরণ দ্বারা প্রকাশ করতে।
বস্তুর ত্বরণের মান— (প্রয়োগ)

- i. ধুব
ii. -2.4 ms^{-2}
iii. x এর ওপর নির্ভর করে না

নিচের কোনটি সঠিক?

- (ক) i ও ii (খ) i ও iii
(গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

১০৬. দুটি— (অনুধাবন)

- i. হলো বস্তু একক সময়ে যে দূরত্ব অতিক্রম করে
ii. স্কেলার রাশি
iii. পরিমাপের জন্য স্পিডোমিটার ব্যবহার করা হয়

নিচের কোনটি সঠিক?

- (ক) i ও ii (খ) i ও iii
(গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

১০৭. $s = s_0 + vt$ সমীকরণ হতে বুঝা যায় : x বনাম t লেখা একটি সরলরেখা। এক্ষেত্রে— (প্রয়োগ)

- i. আদি দূরত্ব শূন্য হলে, সরলরেখাটি মূলবিন্দুগামী হয়
ii. Y অক্ষের ছেদক অংশ = s_0
iii. সরলরেখাটির ঢাল = v

নিচের কোনটি সঠিক?

- (ক) i ও ii (খ) i ও iii
(গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

১০৮. সমত্বরণের ক্ষেত্রে v বনাম t লেখা একটি সরলরেখা। এক্ষেত্রে— (প্রয়োগ)

- i. আদিবেগ শূন্য হলে, সরলরেখাটি মূলবিন্দুগামী
ii. Y অক্ষের ছেদক অংশ = v_0
iii. সরলরেখাটির ঢাল = ত্বরণ, a

নিচের কোনটি সঠিক?

- (ক) i ও ii (খ) i ও iii
(গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

১০৯. প্রাসের উদাহরণ হলো— (অনুধাবন)

- i. শূন্যে নিক্ষিপ্ত ফুটবল
ii. অনুভূমিকের সাথে নির্দিষ্ট কোণ করে নিক্ষিপ্ত ক্রিকেট বল
iii. নিক্ষিপ্ত ফেপগাম

নিচের কোনটি সঠিক?

- (ক) i ও ii (খ) i ও iii
(গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

১১০. প্রাসের গতির নিক্ষেপণ— (অনুধাবন)

- i. বিন্দুকে মূল বিন্দু ধরা হয়
ii. বিন্দুগামী অনুভূমিক অক্ষকে X অক্ষ ধরা হয়
iii. বিন্দুগামী উন্নয় অক্ষকে Y অক্ষ ধরা হয়

নিচের কোনটি সঠিক?

- ক i ও ii খ i ও iii
গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii

১১১. প্রাসের আদিবেগের— (উচ্চতর দক্ষতা)

- i. অনুভূমিক উপাংশ, $v_{x0} = v_0 \cos \theta_0$
ii. উল্লম্ব উপাংশ, $v_{y0} = v_0 \sin \theta_0$
iii. অনুভূমিক উপাংশ ও উল্লম্ব উপাংশের ভেক্টর যোগফল এর মানের সমান

নিচের কোনটি সঠিক?

- ক i ও ii খ i ও iii
গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii

১১২. প্রাসের নিক্ষেপণ বেগের— (উচ্চতর দক্ষতা)

- i. অনুভূমিক উপাংশের মান সময়ের সাথে পরিবর্তিত হয় না
ii. উল্লম্ব উপাংশের মান সময়ের সাথে পরিবর্তিত হয়
iii. সার্বিক মান সময়ের সাথে পরিবর্তিত হয়

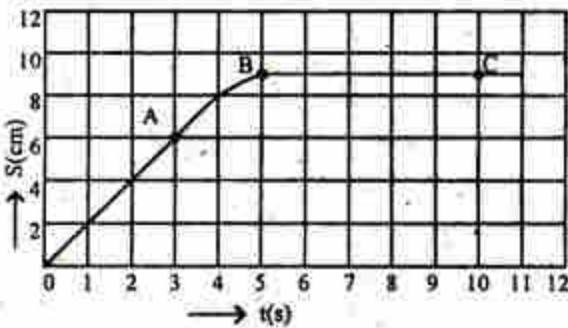
- ক i ও ii খ i ও iii
গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii

১১৩. একটি বস্তুকে 70 ms^{-1} বেগে এবং 44.427° নিক্ষেপণ কোণে শূন্য নিক্ষেপ করা হলে বস্তুটি 117.6 m উচ্চতায় থাকবে— (প্রয়োগ)

- i. 4 sec সময়ে ii. 5 sec সময়ে
iii. 6 sec সময়ে

- ক i ও ii খ i ও iii
গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii

উদীপকটি পড়ে ১১৪ ও ১১৫ নং প্রশ্নের উত্তর দাও :
একটি বস্তুর সরণ (s) বনাম সময় (t) লেখচিত্র নিম্নে প্রদর্শিত হলো :



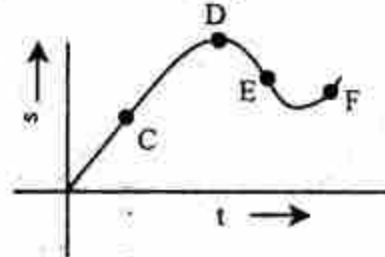
১১৪. লেখচিত্রের A বিন্দুতে বস্তুটির বেগ কত? (প্রয়োগ)

- ক 2 cms^{-1} খ 3 cms^{-1}
গ 6 cms^{-1} ঘ 18 cms^{-1}

১১৫. লেখচিত্রের BC রেখা অনুযায়ী বস্তুটির গতি

হচ্ছে? (সিলেট বোর্ড - ২০১৫)

- ক সমবেগ খ সমত্বরণ
গ সমমন্দন ঘ স্থিরাবস্থা



চিত্রটি একটি গতিশীল বস্তুকণার সরণ-সময় লেখচিত্র প্রকাশ করছে। লেখচিত্রটি লক্ষ্য কর এবং ১১৬ ও ১১৭ নং প্রশ্নের উত্তর দাও :

১১৬. কোন বিন্দুতে বস্তুকণাটির তাৎক্ষণিক বেগের মান ঋণাত্মক হবে? (অনুধাবন)

রাজশাহী সরকারি সিটি কলেজ, রাজশাহী

- ক C খ D
গ E ঘ F

১১৭. C বিন্দুর দূরত্ব 6 m । C বিন্দুতে যেতে প্রয়োজনীয় সময় 2 sec এবং D বিন্দুতে যেতে সময় 4 sec হলে C এবং D এর মধ্যবর্তী দূরত্ব কত?

(প্রয়োগ) রাজশাহী সরকারি সিটি কলেজ, রাজশাহী

- ক 24 m খ 18 m
গ 12 m ঘ 6 m



উপরের উদীপক হতে ১১৮ ও ১১৯ নং প্রশ্নের উত্তর দাও :

১১৮. একটি ঘড়ির মিনিটের কাঁটার কৌণিক বেগ হবে—

- i. $\omega = \frac{2\pi}{f}$ ii. $\omega = 2\pi f$
iii. $\omega = \frac{2\pi}{T}$

নিচের কোনটি সঠিক?

- ক i ও ii খ i ও iii
গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii

১১৯. মিনিটের কাঁটাটির পর্যায়কাল $T = 1 \text{ h} = 3600 \text{ s}$. এর কৌণিক বেগ কত হবে?

- ক $1.047 \times 10^{-4} \text{ ms}^{-1}$ খ $1.74 \times 10^{-3} \text{ rads}^{-1}$
গ 3600 ms^{-1} ঘ $3600 \pi \text{ ms}^{-1}$