

বিষয়: পদার্থবিজ্ঞান

২য় অধ্যায় (গতি)



SSC-26 Premium Note (Short Question and CQ)

অধ্যায়-০২ (গতি)

জ্ঞানমূলক

১. প্রসঙ্গ কাঠামো কাকে বলে? [সি.বো-১৯]
উত্তর : যে দৃঢ় বস্তুর সাপেক্ষে কোনো বস্তুর গতি বর্ণনা করা হয় তাকে প্রসঙ্গ কাঠামো বলে।
২. স্থিতি কাকে বলে? [চা.বো-২২; ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ, রংপুর]
উত্তর : সময়ের পরিবর্তনের সাথে যখন কোনো বস্তুর পারিপার্শ্বিকের সাপেক্ষে স্থায়ী অবস্থানের পরিবর্তন ঘটে না তখন এর অবস্থাকে স্থিতি বলে।
৩. পর্যাবৃত্ত গতি কাকে বলে? [চা.বো-২০; রা.বো-২০; সি.বো-২১,২০; দি.বো-২৩; ম.বো-২৩,২১]
উত্তর : কোনো গতিশীল বস্তুকণার গতি যদি এমন হয় যে, এটি এর গতিপথে কোনো নির্দিষ্ট বিন্দুকে নির্দিষ্ট সময় পর পর একই দিক থেকে অতিক্রম করে তাহলে সেই গতিকে পর্যাবৃত্ত গতি বলে। এ গতি বৃত্তাকার, উপবৃত্তাকার বা সরলরেখিক হতে পারে।
৪. ঘূর্ণন গতি কাকে বলে? [রা.বো-২২; চ.বো-২১]
উত্তর : কোনো নির্দিষ্ট বিন্দু বা রেখাকে কেন্দ্র করে ঘূর্ণায়মান কোনো বস্তুর গতিকে ঘূর্ণন গতি বলে।
৫. চলন গতি কাকে বলে? [চা.বো-২১; ব.বো-২২]
উত্তর : কোনো বস্তু যদি এমনভাবে চলতে থাকে যাতে বস্তুর সকল কণা একই সময়ে একই দিকে সমান দূরত্ব অতিক্রম করে তাহলে ঐ গতিকে চলন গতি বলে।
৬. স্পন্দন গতি কাকে বলে? [চ.বো-২২,১৯; ব.বো-২৪]
উত্তর : পর্যাবৃত্ত গতিসম্পন্ন কোনো বস্তু যদি পর্যায়কালের অর্ধেক সময় কোনো নির্দিষ্ট দিকে এবং বাকি অর্ধেক সময় একই পথে তার বিপরীত দিকে চলে তবে ঐ বস্তুর গতিকে স্পন্দন গতি বলে।
৭. স্কেলার রাশি কাকে বলে? [জামালপুর জিলা স্কুল, জামালপুর]
উত্তর : যে সকল রাশির শুধুমাত্র মান আছে, দিক নেই তাদেরকে স্কেলার রাশি বলে।
৮. ভেক্টর রাশি কাকে বলে? [য.বো-২১; কু.বো-২১; দি.বো-১৫]
উত্তর : যেসব ভৌতরাশিকে সম্পূর্ণরূপে প্রকাশ করার জন্য মান ও দিক উভয়ের প্রয়োজন হয়, তাদেরকে ভেক্টর রাশি বলে।
৯. সরণ কোন ধরনের রাশি? [দি.বো-২০]
উত্তর : সরণ একটি ভেক্টর রাশি।
১০. সরণ কাকে বলে? [চা.বো-১৯; রা.বো-১৬; চ.বো-১৬; সি.বো-২৩; দি.বো-২৪,২০]
উত্তর : একটি নির্দিষ্ট দিকে গতিশীল বস্তুর আদি এবং শেষ অবস্থানের ন্যূনতম সরলরেখিক দূরত্বকে সরণ বলে।
১১. গড় বেগ কাকে বলে? [কু.বো-২৩; ব.বো-২৩]
উত্তর : কোনো গতিশীল বস্তু যদি নির্দিষ্ট দিকে সমান সময়ে সমান দূরত্ব অতিক্রম না করে, তবে তার অতিক্রান্ত মোট দূরত্বকে সময় দ্বারা ভাগ করে যে বেগ পাওয়া যায়, তাকে গড়বেগ বলে।
১২. দ্রুতি কী? [দি.বো-২১; ম.বো-২২]
উত্তর : দ্রুতি হচ্ছে সময়ের সাথে দূরত্বের পরিবর্তনের হার। অর্থাৎ কোনো বস্তুর একক সময়ে অতিক্রান্ত দূরত্বই দ্রুতি।
১৩. তাৎক্ষণিক দ্রুতি কাকে বলে? [কু.বো-২১; সি.বো-১৫; দি.বো-২৪]
উত্তর : গতিশীল কোনো বস্তুর কোনো একটি বিশেষ মুহূর্তের দ্রুতিকে তাৎক্ষণিক দ্রুতি বলে।
১৪. বেগ কাকে বলে? [য.বো-২৪; কু.বো-২২; ম.বো-২২; ফিফিউদ্দিন সরকার একাডেমী এন্ড কলেজ, টঙ্গী, গাজীপুর; সন্ধানী স্কুল এন্ড কলেজ, গাংনী, মোহেরপুর]
উত্তর : সময়ের সাথে কোনো বস্তুর সরণের হারকে বেগ বলে।
১৫. সুষ্ম বেগ কাকে বলে? [সি.বো-২২]
উত্তর : যদি গতিশীল কোনো বস্তুর বেগের মান ও দিক অপরিবর্তিত থাকে তাহলে বস্তুর সেই বেগকে সুষ্ম বেগ বলে।
১৬. ত্বরণ কাকে বলে? [রা.বো-২৪; য.বো-২০; চ.বো-২৪; সি.বো-১৭; দি.বো-২২,২১]
উত্তর : সময়ের পরিপ্রেক্ষিতে কোনো একটি বস্তুর বেগ বৃদ্ধির হারকে ত্বরণ বলে।
১৭. মন্দন কাকে বলে? [সকল.বো-১৮; য.বো-২৩; ব.বো-১৫; ম.বো-২১]
উত্তর : সময়ের সাথে বেগ হ্রাসের হারকে ঋণাত্মক ত্বরণ বা মন্দন বলা হয়।
১৮. সুষ্ম ত্বরণ কাকে বলে? [কু.বো-২৩; সি.বো-২৪]
উত্তর : কোনো বস্তুর বেগ যদি নির্দিষ্ট দিকে সবসময় একই হারে বাড়তে থাকে তাহলে সে ত্বরণকে সুষ্ম ত্বরণ বলে।
১৯. পড়ন্ত বস্তুর প্রথম সূত্রটি লেখ। [চ.বো-২১]
উত্তর : পড়ন্ত বস্তুর প্রথম সূত্রটি হলো- স্থির অবস্থান থেকে এবং একই উচ্চতা থেকে বিনা বাধায় পড়ন্ত সকল বস্তু সমান সময়ে সমান দূরত্ব অতিক্রম করে।
২০. পড়ন্ত বস্তুর ২য় সূত্রটি লেখ। [চা.বো-২৩,২১; সি.বো-২০]
উত্তর : পড়ন্ত বস্তুর ২য় সূত্রটি হলো- স্থির অবস্থান থেকে বিনা বাধায় মুক্তভাবে পড়ন্ত বস্তু নির্দিষ্ট সময়ে যে বেগ প্রাপ্ত হয় তা ঐ সময়ের সমানুপাতিক।
২১. পড়ন্ত বস্তুর তৃতীয় সূত্রটি বিবৃত কর। [য.বো-১৭; চ.বো-২৩,২০]

উত্তর : পড়ন্ত বস্তুর ওয় সূত্রটি হলো- স্থির অবস্থান থেকে বিনা বাধায় মুক্তভাবে পড়ন্ত বস্তু নির্দিষ্ট সময়ে যে দূরত্ব অতিক্রম করে তা ঐ সময়ের বর্গের সমানুপাতিক।

অনুধাবনমূলক

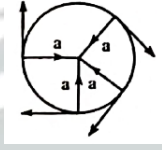
- ঘড়ির কাঁটার গতি পর্যায়বৃত্ত গতি না ঘূর্ণন গতি, ব্যাখ্যা কর। [চ.বো-২৪]
উত্তর : ঘড়ির কাঁটা তার গতিপথের নির্দিষ্ট কোনো বিন্দুকে নির্দিষ্ট সময় পরপর (60 s, 1 hour, 12 hours) একই দিক থেকে অতিক্রম করে। তাই ঘড়ির কাঁটার গতি পর্যায়বৃত্ত গতি। আবার, কোনো কিছু যদি একটি নির্দিষ্ট বিন্দুর সমদূরত্বে থেকে ঘুরতে থাকে তাহলে সেটাকে বলে ঘূর্ণন গতি। ঘড়ির কাঁটার ক্ষেত্রেও একটা নির্দিষ্ট বিন্দুকে কেন্দ্র করে ঘড়ির কাঁটাগুলো সমদূরত্বে থেকে ঘুরতে থাকে। ফলে ঘড়ির কাঁটার গতি ঘূর্ণন গতি। অর্থাৎ, ঘড়ির কাঁটার গতি যেমন ঘূর্ণন গতি তেমন পর্যায়বৃত্ত গতিও।
- সূর্যের চারদিকে পৃথিবীর গতি কোন ধরনের গতি? ব্যাখ্যা কর। [চ.বো-২৩]
উত্তর : সূর্যের চারদিকে পৃথিবীর গতি পর্যায়বৃত্ত গতি। নিচে এটি ব্যাখ্যা করা হলো-
কোনো গতিশীল বস্তুকণার গতি যদি এমন হয় যে, এটি এর গতিপথে কোনো নির্দিষ্ট বিন্দুকে নির্দিষ্ট সময় পরপর একই দিক থেকে অতিক্রম করে, তাহলে সেই গতিকে পর্যায়বৃত্ত গতি বলে। সূর্যের পৃথিবীর চারদিকে ঘুরার সময় কোনো নির্দিষ্ট বিন্দুকে নির্দিষ্ট সময় পরপর একই দিক থেকে অতিক্রম করে। উদাহরণস্বরূপ পৃথিবী প্রায়-৩৬৫ দিন পর পর সূর্যকে একই অবস্থানে একই দিক হতে অতিক্রম করে। তাই সূর্যের চারদিকে পৃথিবীর গতি পর্যায়বৃত্ত গতি।
- সকল সরল স্পন্দন গতি পর্যায়বৃত্ত গতি, কিন্তু সকল পর্যায়বৃত্ত গতি সরল স্পন্দন গতি নয়; ব্যাখ্যা কর। [চ.বো-২১; রা.বো-২০; য.বো-২৩; ম.বো-২১]
উত্তর : যে গতি একটি নির্দিষ্ট সময়ের ব্যবধানে পুনরাবৃত্ত হয় তাকে পর্যায়বৃত্ত গতি বলে। কোনো পর্যায়বৃত্ত গতিসম্পন্ন বস্তুকণার গতি তখনই সরল স্পন্দন হয় যখন বস্তুকণার ত্বরণ সাম্যাবস্থান থেকে বস্তুকণাটির সরণের সমানুপাতিক এবং সর্বদাই সাম্যাবস্থান অভিমুখী হয়। সুতরাং সরল স্পন্দন গতি এক বিশেষ ধরনের পর্যায়বৃত্ত গতি। কিন্তু সব পর্যায়বৃত্ত গতি সরল স্পন্দনের বিশেষ শর্তগুলো মেনে চলে না। তাই সব পর্যায়বৃত্ত গতি সরল স্পন্দন গতি হতে পারে না। যেমন- ঘড়ির কাঁটার গতি বা সূর্যের চারদিকে পৃথিবীর গতি হলো পর্যায়বৃত্ত গতি, কিন্তু সরল স্পন্দন গতি নয়। তাই বলা যায়, সকল সরল স্পন্দন গতিই পর্যায়বৃত্ত গতি কিন্তু সকল পর্যায়বৃত্ত গতিই সরল স্পন্দন গতি নয়।
- সরণ বস্তুর গতিপথের উপর নির্ভর করে না- ব্যাখ্যা কর। [ব.বো-২৪]
উত্তর : নির্দিষ্ট সময়ে নির্দিষ্ট দিকে পারিপার্শ্বিকের সাপেক্ষে বস্তুর অবস্থানের পরিবর্তনকে সরণ বলে। সরণ হলো একটি ভেক্টর রাশি। আদি অবস্থান ও শেষ অবস্থানের মধ্যবর্তী সরলরৈখিক দূরত্বই হলো সরণ। অর্থাৎ বস্তু কোন পথে আদি অবস্থান থেকে শেষ অবস্থানে পৌঁছালো তার সাথে সরণের সম্পর্ক নেই। এজন্য সরণ বস্তুর গতিপথের উপর নির্ভর করে না।
- সমদ্রুতিতে চলমান বস্তুর সরণ শূন্য হয় কেন? ব্যাখ্যা কর। [সি.বো-২২]
উত্তর : দ্রুতি হচ্ছে সময়ের সাথে দূরত্ব পরিবর্তনের হার। অর্থাৎ কোনো বস্তুর একক সময়ে অতিক্রান্ত দূরত্বই দ্রুতি। আবার দূরত্ব অতিক্রমের হার সবসময় সমান থাকলে তাকে সমদ্রুতি বলে। অর্থাৎ সমদ্রুতিতে চলমান বস্তু একক সময়ে সর্বদা সমান দূরত্ব অতিক্রম করে। তবে এক্ষেত্রে দিক নির্দিষ্ট নয়। অর্থাৎ সমদ্রুতিতে চলমান একটি বস্তু একটি নির্দিষ্ট সময়ে কোনো একদিকে গিয়ে আবার সমপরিমাণ সময় পূর্ব গতির বিপরীত দিকে গেলে তার আদি ও শেষ অবস্থান একই হবে। অর্থাৎ বস্তুর অবস্থানের কোনো পরিবর্তন হবে না। আবার আমরা জানি, কোনো বস্তুর আদি ও শেষ অবস্থানের মধ্যবর্তী লম্ব দূরত্বই বস্তুর সরণ। তাহলে উপরোক্ত ক্ষেত্রে সমদ্রুতিতে চলমান বস্তুর সরণ শূন্য হবে। তবে এছাড়া অন্য কোনো ক্ষেত্রে সমদ্রুতিতে চলমান বস্তুর সরণ শূন্য হবে না।
- গতিশীল বস্তুর অতিক্রান্ত দূরত্ব শূন্য হয় না কিন্তু সরণ শূন্য হতে পারে- ব্যাখ্যা কর। [কু.বো-২১; সি.বো-২০]
উত্তর : আমরা জানি, সরণ হচ্ছে নির্দিষ্ট দিকে বস্তুর অতিক্রান্ত দূরত্ব। এটি বস্তুর আদি ও শেষ অবস্থানের মধ্যে রৈখিক দূরত্ব নির্দেশ করে। ফলে সরণ বস্তুর গতিপথের উপর নির্ভর করে না। অন্যদিকে দূরত্ব হচ্ছে বস্তুর অতিক্রান্ত পথের দৈর্ঘ্য। এটি গতিপথের উপর নির্ভর করে। এ কারণে বস্তু বৃত্তাকার পথে সম্পূর্ণ পথ ঘুরে পূর্বের অবস্থানে আসলে এর সরণ শূন্য হয়। কিন্তু এর দূরত্ব হয় বৃত্তাকার পথের পরিধি।
- কোনো বস্তুর গড়বেগ শূন্য হলেও গড় দ্রুতি শূন্য নাও হতে পারে- ব্যাখ্যা কর। [ম.বো-২৪]
উত্তর : নির্দিষ্ট সময় ব্যবধানে কোনো বস্তু নির্দিষ্ট দিকে গড়ে একক সময়ে যে দূরত্ব অতিক্রম করে, তাই বস্তুর গড় বেগ। অন্যদিকে, নির্দিষ্ট সময় ব্যবধানে দূরত্বই তার গড় দ্রুতি।
একক সময়ে কোনো বস্তুর গড় অতিক্রান্ত বেগ একটি ভেক্টর রাশি বিধায় এটি ঋণাত্মক ও ধনাত্মক উভয়ই হতে পারে। ফলে নির্দিষ্ট সময় ব্যবধানে গড় বেগ শূন্য হতে পারে। কিন্তু দ্রুতি একটি অঋণাত্মক রাশি হওয়ায় একটি নির্দিষ্ট সময় পরিসরে বস্তুটি স্থির অবস্থানে না থাকলে এর মান কখনোই শূন্য হতে পারে না। তাই যে ক্ষেত্রে একটি বস্তুর গড় বেগ শূন্য হয়, সেক্ষেত্রে তার গড় দ্রুতি শূন্য নাও হতে পারে। উপরের চিত্রে ABCDA পথে বস্তুর লব্ধি সরণ শূন্য হওয়ায় গড় বেগ শূন্য, কিন্তু মোট অতিক্রান্ত দূরত্ব শূন্য না হওয়ায় এর গড় দ্রুতি শূন্য নয়।
- সিঁড়ি দিয়ে নামার সময় ক্লান্তি কম অনুভব হয়- ব্যাখ্যা কর। [দি.বো-২৩]
উত্তর : সিঁড়ি দিয়ে ছাদে উঠতে দেহের অভিকর্ষ বলের বিরুদ্ধে কাজ করতে হয়। ফলে অভিকর্ষ বলের বিপরীতে বল প্রয়োগ করে ছাদে উঠতে হয়। তাছাড়া ছাদে উঠার সময় প্রতিনিয়ত দেহে বিভবশক্তি জমা হতে থাকে। এ কারণে সিঁড়ি দিয়ে ছাদে উঠতে দেহের বেশি ক্লান্তি লাগে। কিন্তু নামার সময় দেহের কোনো বল প্রয়োগ করতে হয় না। এক্ষেত্রে অভিকর্ষ বল দ্বারাই কাজ সম্পাদিত হয়। তাছাড়া নামার সময় দেহের মধ্যে সঞ্চিত বিভবশক্তি কমতে থাকে। ফলে সিঁড়ি দিয়ে নামার সময় ক্লান্তি কম অনুভব হয়।
- সমবেগে হলেই সমদ্রুতি নিশ্চিত হয় কিন্তু সমদ্রুতি হলেই সমবেগ নিশ্চিত হয় না কেন- ব্যাখ্যা কর। [কু.বো-২২]
উত্তর : আমরা জানি, বেগ একটি ভেক্টর রাশি। ফলে এর মান ও দিক উভয়ই আছে। সুতরাং কোনো গতিশীল বস্তুর বেগের মান ও দিক অপরিবর্তিত থাকলে সেই বস্তুর বেগকে সুস্থম বেগ বলে। যেমন, বৃত্তাকার পথে চলমান বস্তুর বেগের মান অপরিবর্তিত থাকলেও বেগের দিক প্রতিনিয়ত পরিবর্তিত হয়। ফলে বেগ সুস্থম হয় না। অর্থাৎ সমবেগ হলে সমদ্রুতি নিশ্চিত হয় কিন্তু সমদ্রুতি হলেই সমবেগ নিশ্চিত হয় না।
- সকল ধরনের বেগের পরিবর্তনে সুস্থম ত্বরণ হবে কি? ব্যাখ্যা কর। [য.বো-২৪]

উত্তর : সকল ধরনের বেগের পরিবর্তনে সুসম ত্বরণ হবে না। বেগ সুসম হারে পরিবর্তন হলেই কেবল সুসম ত্বরণ হবে। বেগ যদি অসম হারে বৃদ্ধি বা হ্রাস পায় তবে যে ত্বরণ সৃষ্টি হবে সেটি হবে অসম ত্বরণ। যেমন প্রতি সেকেন্ডে 2 ms^{-1} হারে বেগ বৃদ্ধি পেলে 2 ms^{-2} সুসম ত্বরণ হবে। কিন্তু বস্তুর বেগ যদি 1 ms^{-1} বৃদ্ধি পায়, 2 ms^{-1} বৃদ্ধি পায় তবে এই বস্তুর ত্বরণ সুসম হবে না অসম ত্বরণ হবে।

১১. সমদ্রুতিতে চলমান বস্তুর কীভাবে ত্বরণ থাকতে পারে? ব্যাখ্যা কর। [রা.বো-২৩]

উত্তর : সমদ্রুতিতে সরলপথে চলমান বস্তুর বেগের মান ও দিক উভয়ই অপরিবর্তিত থাকে। তাই এক্ষেত্রে ত্বরণ থাকে না। তবে সমদ্রুতিতে বৃত্তাকার পথে ঘূর্ণনশীল বস্তুর ত্বরণ থাকে। কারণ যখন কোনো বস্তু সমদ্রুতিতে বৃত্তের পরিধি বরাবর ঘুরতে থাকে তখন ঐ বস্তুর গতিকে সুসম বৃত্তাকার গতি বলে। ঐরূপ গতিতে বস্তু সমদ্রুতিতে চলে বলে বস্তুর বেগের মানের কোনো পরিবর্তন হয় না। কিন্তু বেগের দিকের পরিবর্তন হয়। কেননা বৃত্তাকার পথের কোনো বিন্দুতে বেগের দিক বৃত্তের পরিধির উপর ঐ বিন্দুতে অঙ্কিত স্পর্শক বরাবর।

পরিধির বিভিন্ন বিন্দুতে স্পর্শকের অভিমুখ বিভিন্ন বলে বেগের দিক প্রতিনিয়ত পরিবর্তিত হচ্ছে, অর্থাৎ বেগেরও পরিবর্তন হচ্ছে অবিরত। সুতরাং বস্তুর ত্বরণ হচ্ছে। তাই সমদ্রুতিতে চলমান বস্তুর বৃত্তাকার পথে ত্বরণ থাকে।



১২. বস্তুর গতিবেগ শূন্য হলেও ত্বরণ শূন্য নাও হতে পারে- ব্যাখ্যা কর। [চ.বো-২৩]

উত্তর : বেগ একটি ভেক্টর রাশি। অর্থাৎ, বেগের মান ও দিক উভয়ই আছে। এই মান ও দিকের যেকোনো একটির পরিবর্তন ঘটলে ত্বরণ ঘটে। একটি পাথরকে সুতায় বেঁধে ঘোরাতে থাকলে সরণ শূন্য। ফলে, বেগ শূন্য কিন্তু দিক পরিবর্তনের কারণে ত্বরণ অশূন্য।

১৩. “বেগের পরিবর্তন না হলে ত্বরণ থাকে না”-ব্যাখ্যা কর। [ঢা.বো-১৫; সি.বো-২১]

উত্তর : আমরা জানি, বেগের পরিবর্তনের হার তথা একক সময়ে বেগের পরিবর্তনই ত্বরণ। যদি কোনো বস্তুর আদিবেগ u , শেষবেগ v এবং সময় t হয় তবে বস্তুর ত্বরণ, $a = \frac{v-u}{t}$ ।

কিন্তু বস্তুর শেষবেগ = আদিবেগ হলে অর্থাৎ $v = u$ হলে

$$\text{ত্বরণ, } a = \frac{u-u}{t} = \frac{0}{t} \therefore a = 0$$

অর্থাৎ বেগের পরিবর্তন না হলে বা সুসম বা সমবেগে যদি বস্তু চলতে থাকে তবে বস্তুর ত্বরণ থাকে না।

১৪. $s = ut + \frac{1}{2}at^2$ সমীকরণটির যথার্থতা যাচাই কর। [ব.বো-২৪]

উত্তর : প্রদত্ত সমীকরণ, $s = ut + \frac{1}{2}at^2$(i)

আমরা জানি, সরণ s এর মাত্রা L ; আদিবেগ u এর মাত্রা LT^{-1} ; সময় t এর মাত্রা T ; ত্বরণ a এর মাত্রা LT^{-2}

(i) নং সমীকরণ এর বামপক্ষ s এর মাত্রা L

(i) নং সমীকরণের ডানপক্ষের প্রথম পদ ut এর মাত্রা $LT^{-1} \times T = L$

(i) নং সমীকরণের ডানপক্ষের দ্বিতীয় পদ at^2 এর মাত্রা $LT^{-2} \times T^2 = L$

(i) নং সমীকরণ হতে দেখা যায় যে, প্রতিটি পদের মাত্রা L ।

সুতরাং, $s = ut + \frac{1}{2}at^2$ সমীকরণটি যথার্থ।

১৫. উপরের দিকে নিক্ষেপ্ত কোনো টিলের উত্থান ও পতনের সময় সমান কেন? ব্যাখ্যা কর। [য.বো-২২]

উত্তর : মনে করি টিলের নিক্ষেপণ বেগ,

$$u = 36 \text{ kmh}^{-1} = \frac{36 \times 1000 \text{ m}}{3600 \text{ s}} = 10 \text{ ms}^{-1}$$

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

$$\text{বস্তুর উত্থান ও পতনের সময়, } t_1 = t_2 = \frac{u}{g} = \frac{10 \text{ ms}^{-1}}{9.8 \text{ ms}^{-2}} = 1.0204 \text{ s}$$

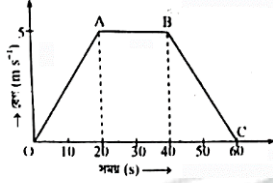
এখানে, নিক্ষেপের সময় আদিবেগ, $u = 10 \text{ ms}^{-1}$ বেগে নিক্ষেপ করা হয়, কিন্তু অভিকর্ষজ ত্বরণের জন্য বেগের মান প্রতি সেকেন্ডে 9.8 ms^{-1} হারে কমে এক সময় শূন্য হয়। অপর দিকে, পতনের ক্ষেত্রে বেগের মান প্রতি সেকেন্ডে 9.8 ms^{-1} হারে বাড়তে থাকে এবং নিক্ষেপণ বেগের সমান বেগে ভূমিতে পতিত হয়। তাই উভয়ক্ষেত্রে একই সময় লাগে।

১৬. নিক্ষেপ্ত বস্তুর বেগ ক্রমান্বয়ে হ্রাস পায় কেন? [সি.বো-২৩; দি.বো-২২]

উত্তর : আমরা জানি, নিক্ষেপ্ত বস্তুর ক্ষেত্রে অভিকর্ষ বলের বিপরীতে বস্তুর সরণ ঘটে। ফলে সময়ের সাথে সাথে বস্তুর বেগ হ্রাস পেতে থাকে। খাড়াভাবে নিক্ষেপের ক্ষেত্রে এই বেগ হ্রাসের হার প্রতি সেকেন্ডে 9.8 ms^{-1} । অর্থাৎ সময়ের সাথে বেগের পরিবর্তন ঘটে। এজন্যই উপরের দিকে নিক্ষেপ্ত বস্তুর বেগ ক্রমান্বয়ে হ্রাস পায়।

সজনশীল প্রশ্ন উত্তরসহ সমাধান

১. 100 kg ভরের একটি গাড়ির বেগ-সময় লেখচিত্র নিম্নরূপ:



[ঢাকা বোর্ড-২০২৪]

- (ক) গতি জড়তা কাকে বলে?
 (খ) বোতলের ছিপিতে খাঁজ কাটা থাকে কেন?
 (গ) প্রথম 30 সেকেন্ডে গাড়িটির অতিক্রান্ত দূরত্ব নির্ণয় কর।
 (ঘ) BC অংশে কী পরিমাণ বল প্রয়োগ করার ফলে গাড়িটি C বিন্দুতে থামানো সম্ভব হয়েছিল গাণিতিক বিশ্লেষণে নির্ণয় কর।

১ নং প্রশ্নের উত্তর

- (ক) গতিশীল বস্তুর চিরকাল সমবেগে গতিশীল থাকতে চাওয়ার যে প্রবণতা বা একই গতি অক্ষুণ্ণ রাখতে চাওয়ার যে ধর্ম তাকে গতি জড়তা বলে।
 (খ) বোতলের ছিপি মসৃণ হলে তাতে সৃষ্ট ঘর্ষণ বলের মান অনেক কম হতো। কিন্তু ছিপিতে খাঁজকাটা থাকায় হাত দিয়ে যখন ছিপি ঘুরানো হয় তখন হাতের তালু এবং ছিপির মধ্যে ঘর্ষণ বলের মান অনেক বেশি। ফলে সহজেই ছিপির মধ্যে ঘর্ষণ বলের মান অনেক বেশি হয়। ফলে সহজেই ছিপিকে খোলা যায়। অর্থাৎ বোতলের ছিপি এবং হাতের মধ্যে ঘর্ষণ বল সর্বোচ্চ করার জন্য বোতলের ছিপিতে খাঁজকাটা থাকে।
 (গ) লেখচিত্র হতে দেখা যাচ্ছে, গাড়িটি প্রথম 20 s সুস্থম ত্বরণে এবং পরের 10 s সুস্থম বেগে অতিক্রম করেছে।

সুস্থম ত্বরণের ক্ষেত্রে,
 আমরা জানি,

$$s_1 = \left(\frac{u+v}{2}\right) t_1$$

$$= \left(\frac{0+5}{2}\right) \times 20 = 50 \text{ m}$$

এখানে,
 আদিবেগ, $u = 0$
 শেষ বেগ, $v = 5 \text{ ms}^{-1}$
 সময়, $t_1 = 20 \text{ s}$
 দূরত্ব, $s_1 = ?$

সুস্থম বেগের ক্ষেত্রে, বেগ, $v = 5 \text{ ms}^{-1}$

সময়, $t_2 = 10 \text{ s}$

$$\therefore \text{দূরত্ব, } s_2 = vt_2 = 5 \times 10 = 50 \text{ m}$$

$$\therefore 30 \text{ s এ মোট অতিক্রান্ত দূরত্ব, } s = s_1 + s_2 = 50 \text{ m} + 50 \text{ m} = 100 \text{ m}$$

(ঘ) BC অংশের ক্ষেত্রে,

আমরা জানি,

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

$$= \frac{0-5}{20}$$

$$= -0.25 \text{ ms}^{-2}$$

এখানে,
 আদিবেগ, $u = 5 \text{ ms}^{-1}$
 শেষ বেগ, $v = 0 \text{ ms}^{-1}$
 সময়, $t = 60 \text{ s} - 40 \text{ s} = 20 \text{ s}$
 দূরত্ব, $a = ?$

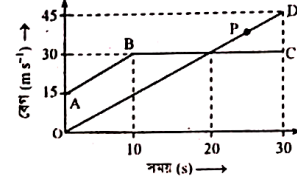
গাড়ির ভর, $m = 100 \text{ kg}$

$$\therefore \text{প্রয়োগকৃত বল, } F = ma = 100 \times (-0.25) = -25 \text{ N}$$

ঋণাত্মক চিহ্ন বাধাদানকারী বল নির্দেশ করে।

সুতরাং BC অংশে 25 N বল প্রয়োগ করে গাড়িটি C বিন্দুতে থামানো হয়েছিল।

২. নিচের চিত্রটি লক্ষ করে প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও:



চিত্রে OD এবং ABC যথাক্রমে একটি গাড়ি ও একটি মোটর সাইকেলের বেগ নির্দেশ করে। P বিন্দুতে একটি লাইটপোস্ট আছে।

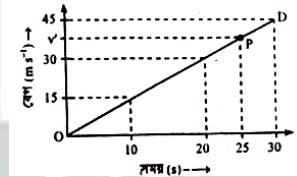
[রাজশাহী বোর্ড-২০২৪]

- (ক) ত্বরণ কাকে বলে?
 (খ) একটি গাছের গুড়িকে দড়ি দিয়ে টেনে নেয়ার চেয়ে ঠেলাগাড়িতে উঠিয়ে ঠেলে নেওয়া সহজ কেন?
 (গ) গাড়িটি লাইটপোস্টটি কত বেগে অতিক্রম করবে?
 (ঘ) 30 s এ গাড়ি ও মোটর সাইকেলের অতিক্রান্ত দূরত্ব সমান হবে কি? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর।

২ নং প্রশ্নের উত্তর

- (ক) সময়ের পরিপ্রেক্ষিতে কোনো একটি বস্তুর বেগ বৃদ্ধির হারকে ত্বরণ বলে।
 (খ) একটি গাছের গুড়িকে যদি আমরা দড়ি দিয়ে বেঁধে তল বরাবর টানি তাহলে তা তলের সাথে একটি ঘর্ষণ বল তৈরি করবে। আবার, ঐ গুড়িকে যদি ঠেলা গাড়িতে তুলে টেনে নেওয়া হয়, তাহলে ঠেলা গাড়ির চাকাও তল বরাবর এক ধরনের ঘর্ষণ বল উৎপন্ন করবে। যার মান দড়ি দিয়ে টানার থেকে কম। অর্থাৎ এক্ষেত্রে গাছের গুড়িটি টেনে নিয়ে আসা অধিকতর সহজ হবে। এজন্য আমরা বলতে পারি, একটি গাছের গুড়িকে দড়ি দিয়ে বেঁধে টেনে নেওয়ার চেয়ে ঠেলা গাড়িতে তুলে টেনে নেওয়া সহজ।

(গ)



এখানে, O বিন্দুতে গাড়িটির বেগ, $u = 0$

D বিন্দুটিতে গাড়ির বেগ, $v = 45 \text{ ms}^{-1}$

O থেকে D বিন্দুতে যেতে প্রয়োজনীয় সময়, $t = 30 \text{ s}$

\therefore গাড়িটির ত্বরণ a হলে,

$$v = u + at$$

$$\text{বা, } a = \frac{v-u}{t} = \frac{45 \text{ ms}^{-1} - 0}{30 \text{ s}} = 1.5 \text{ ms}^{-2}$$

আবার, P বিন্দুতে যেতে সময়, $t' = 25 \text{ s}$

\therefore P বিন্দুতে গাড়িটির বেগ v' হলে,

$$v' = u + at'$$

$$= 0 + 1.5 \text{ ms}^{-2} \times 25 \text{ s} = 37.5 \text{ ms}^{-1}$$

অতএব, গাড়িটি লাইটপোস্টটি 37.5 ms^{-1} বেগে অতিক্রম করবে।

(ঘ) গাড়ির ক্ষেত্রে;

অতিক্রান্ত দূরত্ব s_1 হলে,

$$s_1 = u_1 t + \frac{1}{2} a_1 t^2$$

$$= 0 \times t + \frac{1}{2} \times 1.5 \text{ ms}^{-2} \times (30 \text{ s})^2$$

$$= 0 + 675 \text{ m} = 675 \text{ m}$$

OD অংশের-

আদিবেগ, $u_1 = 0$

শেষবেগ, $v_1 = 45 \text{ ms}^{-1}$

ত্বরণ, $a_1 = 1.5 \text{ ms}^{-2}$

['গ' হতে]

সময়, $t = 30 \text{ s}$

মোটর সাইকেলের ক্ষেত্রে:

\therefore ত্বরণ,

AB অংশের-

আদিবেগ, $u_2 = 15 \text{ ms}^{-1}$

$$a_2 = \frac{v_2 - u_2}{t_1} = \frac{30 \text{ ms}^{-1} - 15 \text{ ms}^{-1}}{10 \text{ s}} = 1.5 \text{ ms}^{-2}$$

∴ AB অংশে অতিক্রান্ত দূরত্ব,

$$s_2 = u_2 t_1 + \frac{1}{2} a_2 t_1^2 = 0 \times t_1 + \frac{1}{2} \times 1.5 \text{ ms}^{-2} \times (10 \text{ s})^2 = 0 + 75 \text{ m} = 75 \text{ m}$$

BC অংশের-

সমবেগ, $v_2 = 30 \text{ ms}^{-1}$

সময়, $t_2 = (30 \text{ s} - 10 \text{ s}) = 20 \text{ s}$

∴ BC অংশে অতিক্রান্ত দূরত্ব,

$$s_3 = v_2 t_2 = 30 \text{ ms}^{-1} \times 20 \text{ s} = 600 \text{ m}$$

∴ মোটর সাইকেলের মোট অতিক্রান্ত দূরত্ব,

$$s_4 = s_2 + s_3 = 75 \text{ m} + 600 \text{ m} = 675 \text{ m}$$

এখানে, $s_1 = s_4$

অর্থাৎ গাড়ি ও মোটর সাইকেলের অতিক্রান্ত দূরত্ব সমান।

সুতরাং 30 s এ গাড়ি ও মোটর সাইকেলের অতিক্রান্ত দূরত্ব সমান হবে।

৩. একটি 2kg ভরের বস্তুর উপর থেকে নিচে পড়ার তথ্য ছকে লিপিবদ্ধ করা হলো:

| ভরবেগ (kgms ⁻¹) | 0 | 40 | 80 | 160 |
|--------------------------------|---|----|-----|-----|
| সরণ (m) | 0 | 25 | 100 | 400 |

[যশোর বোর্ড-২০২৪]

(ক) বেগ কাকে বলে?

(খ) সকল ধরণের বেগের পরিবর্তনে সুখম ত্বরণ হবে কি? ব্যাখ্যা কর।

(গ) বস্তুটির 25 m দূরত্ব অতিক্রমের সময় নির্ণয় কর।

(ঘ) উদ্দীপকের তথ্যাবলি ব্যবহার করে বেগ বনাম সময় লেখচিত্র অঙ্কন করে বিশ্লেষণ কর।

৩ নং প্রশ্নের উত্তর

(ক) সময়ের সাথে কোনো বস্তুর সরণের হারকে বেগ বলে।

(খ) সকল ধরণের বেগের পরিবর্তনে সুখম ত্বরণ হবে না। বেগ সুখম হারে পরিবর্তন হলেই কেবল সুখম ত্বরণ হবে। বেগ যদি অসম হারে বৃদ্ধি বা হ্রাস পায় তবে যে ত্বরণ সৃষ্টি হবে সেটি হবে অসম ত্বরণ। যেমন প্রতি সেকেন্ডে 2 ms⁻¹ হারে বেগ বৃদ্ধি পেলে 2 ms⁻² সুখম ত্বরণ হবে। কিন্তু বস্তুর বেগ যদি ১ম সেকেন্ডে 2ms⁻¹ বৃদ্ধি পায়, ২য় সেকেন্ডে 3 ms⁻² বৃদ্ধি পায় তবে এই বস্তুর ত্বরণ সুখম হবে না অসম ত্বরণ হবে।

(গ) এখানে, বস্তুর ভর, $m = 2 \text{ kg}$

অতিক্রান্ত দূরত্ব, $s = 25 \text{ m}$

বস্তুর আদি ভরবেগ = 0 kgms⁻¹

বস্তুর আদিবেগ, $u = 0 \text{ ms}^{-1}$

বস্তু 25 m অতিক্রম করার পর বেগ, $v = \frac{40 \text{ kgms}^{-1}}{2 \text{ kg}} = 20 \text{ ms}^{-1}$

বস্তুটির ত্বরণ, $a = ?$

সময়, $t = ?$

আমরা জানি,

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

$$\text{বা, } a = \frac{v^2 - u^2}{2s}$$

$$\text{বা, } a = \frac{(20 \text{ ms}^{-1})^2 - (0 \text{ ms}^{-1})^2}{2 \times 25 \text{ m}}$$

$$\therefore a = 8 \text{ ms}^{-2}$$

আবার,

$$s = ut + \frac{1}{2} at^2 = 0 + \frac{1}{2} at^2$$

$$\text{বা, } t^2 = \frac{2s}{a}$$

$$\text{বা, } t = \sqrt{\frac{2 \times 25 \text{ m}}{8 \text{ ms}^{-2}}}$$

$$\therefore t = 2.5 \text{ s}$$

অতএব, বস্তুটির 25 m দূরত্ব অতিক্রমের সময় 2.5 s.

(ঘ) এখানে, বস্তুর ভর, $m = 2 \text{ kg}$

'গ' হতে পাই, বস্তুর আদি বেগ, $u = 0 \text{ ms}^{-1}$

25 m অতিক্রমণকালে বেগ, $v_1 = 20 \text{ ms}^{-1}$

100 m দূরত্ব অতিক্রমণকালে বেগ,

$$v_2 = \frac{80 \text{ kgms}^{-1}}{2 \text{ kg}} = 40 \text{ ms}^{-1}$$

400 m দূরত্ব অতিক্রমণকালে বেগ,

$$v_3 = \frac{160 \text{ kgms}^{-1}}{2 \text{ kg}} = 80 \text{ ms}^{-1}$$

'গ' হতে পাই,

১ম 25 m দূরত্ব অতিক্রমণকালে ত্বরণ, $a_1 = 8 \text{ ms}^{-2}$

এবং সময়, $t_1 = 2.5 \text{ s}$

এখন, $v_2^2 = u^2 + 2a_2 s_2$

$$\text{বা, } a_2 = \frac{(40 \text{ ms}^{-1})^2 - (0 \text{ ms}^{-1})^2}{2 \times 100 \text{ m}} = 8 \text{ ms}^{-2}$$

100 m দূরত্ব অতিক্রম করতে সময় t_2 হলে,

$$s_2 = ut_2 + \frac{1}{2} a_2 t_2^2$$

$$\text{বা, } t_2 = \sqrt{\frac{2s_2}{a_2}} = \sqrt{\frac{2 \times 100 \text{ m}}{8 \text{ ms}^{-2}}} = 5 \text{ s}$$

আবার, $v_3^2 = u^2 + 2a_3 s_3$

$$\text{বা, } a_3 = \frac{(80 \text{ ms}^{-1})^2 - (0 \text{ ms}^{-1})^2}{2 \times 400 \text{ m}} = 8 \text{ ms}^{-2}$$

400 m দূরত্ব অতিক্রম করতে সময় t_3 হলে,

$$s_1 = ut_1 + \frac{1}{2} a_3 t_3^2$$

$$\text{বা, } t_3 = \sqrt{\frac{2 \times s_3}{a_3}} = \sqrt{\frac{2 \times 400 \text{ m}}{8 \text{ ms}^{-2}}} = 10 \text{ s}$$

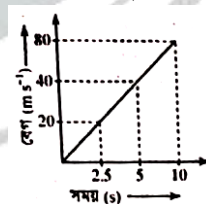
উপরের গাণিতিক বিশ্লেষণ হতে দেখা যায়, $a_1 = a_2 = a_3 = 8 \text{ ms}^{-2}$

অর্থাৎ বস্তুটি সমত্বরণে চলে।

সুতরাং বেগ এবং সময় এর ছকটি নিম্নরূপ হবে:

| বেগ (ms ⁻¹) | 0 | 20 | 40 | 80 |
|-------------------------|---|-----|----|----|
| সময় (s) | 0 | 2.5 | 5 | 10 |

বস্তুটির বেগ বনাম সময় লেখচিত্রটি নিম্নরূপ:



উদ্দীপকের বস্তুটি স্থির অবস্থা থেকে যাত্রা শুরু করে 8 ms⁻¹ হারে বেগ বৃদ্ধি করে 2.5 s, 5 s এবং 10 s পর যথাক্রমে 20 ms⁻¹, 40 ms⁻¹ এবং 80 ms⁻¹ বেগ প্রাপ্ত হয়।

৪. 'A' ও 'B' অবস্থানের দূরত্ব 1 কি.মি.। 'A' অবস্থান থেকে জনি 10 ms⁻¹ সমবেগে 'B' অবস্থানের দিকে রওয়ানা হলো। রনি একই স্থান থেকে একই সময়ে 15 ms⁻¹ বেগ ও 2 ms⁻¹ ত্বরণে একই

দিকে যাত্রা করলো। 'B' স্থানে পৌঁছে 30 সেকেন্ড অপেক্ষা করে রনি 5 ms^{-1} সমবেগে 'A' স্থান অভিমুখে রওয়ানা হলো।

[চট্টগ্রাম বোর্ড-২০২৪]

(ক) ত্বরণ কাকে বলে?

(খ) ঘড়ির কাঁটার গতি পর্যায়বৃত্ত গতি না ঘূর্ণন গতি, ব্যাখ্যা কর।

(গ) রনি কতক্ষণ পর 45 ms^{-1} বেগ লাভ করে, নির্ণয় কর।

(ঘ) উদ্দীপকের আলোকে জনি ও রনির দেখা হওয়া সম্ভব কিনা-গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর।

৪ নং প্রশ্নের উত্তর

- (ক) সময়ের পরিপ্রেক্ষিতে কোনো একটি বস্তুর বেগ বৃদ্ধির হারকে ত্বরণ বলে।
 (খ) ঘড়ির কাঁটা তার গতিপথের নির্দিষ্ট কোনো বিন্দুকে নির্দিষ্ট সময় পরপর (60 s, 1 hour, 12 hours) একই দিক থেকে অতিক্রম করে। তাই ঘড়ির কাঁটার গতি পর্যায়বৃত্ত গতি। আবার, কোনো কিছু যদি একটি নির্দিষ্ট বিন্দুর সমদূরত্বে থেকে ঘুরতে থাকে তাহলে সেটাকে বলে ঘূর্ণন গতি। ঘড়ির কাঁটার ক্ষেত্রেও একটা নির্দিষ্ট বিন্দুকে কেন্দ্র করে ঘড়ির কাঁটাগুলো সমদূরত্বে থেকে ঘুরতে থাকে। ফলে ঘড়ির কাঁটার গতি ঘূর্ণন গতি। অর্থাৎ ঘড়ির কাঁটার গতি যেমন ঘূর্ণন গতি তেমন পর্যায়বৃত্ত গতিও।

(গ) রনির জন্য,

আমরা জানি,

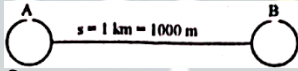
$$a = \frac{v-u}{t}$$

$$\text{বা, } \frac{n}{n-A} = 1$$

$$\text{বা, } 1 = \frac{45\text{ms}^{-1} - 15\text{ms}^{-1}}{2\text{ms}^{-2}} = 15\text{s}$$

অতএব, রনি যাত্রা শুরু 15 s পর 14 ms^{-1} বেগ প্রাপ্ত হবে।

(ঘ)



এখানে, প্রথমে রনির ক্ষেত্রে,

আদিবেগ, $u = 15 \text{ ms}^{-1}$; ত্বরণ, $a = 2 \text{ ms}^{-2}$

দূরত্ব, $AB = s = 1\text{km} = 1000 \text{ m}$

রনির B অবস্থানে পৌঁছাতে সময় t হলে, আমরা পাই,

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

$$\text{বা, } 1000 = 15t + \frac{1}{2} \times 2t^2$$

$$\text{বা, } t^2 + 15t - 1000 = 0$$

$$\text{বা, } t^2 + 40t - 25t - 1000 = 0$$

$$\text{বা, } t(t + 40) - 25(t + 40) = 0$$

$$\text{বা, } (t + 40)(t - 25) = 0$$

$$\text{হয়, } t + 40 = 0$$

$$\text{বা, } t = -40$$

ইহা গ্রহণযোগ্য নয়, কারণ সময়

কখনও ঋণাত্মক হতে পারে না।

রনির A থেকে B পর্যন্ত যেতে সময় 25 s। B অবস্থানে রনি বিশ্রাম নেয় 30 s।

অর্থাৎ রনির বিশ্রাম পর্যন্ত সময়, $t' = (25 + 30)\text{s} = 55 \text{ s}$

জনির সমবেগ, $v' = 10 \text{ ms}^{-1}$

রনির ক্ষেত্রে সময়, $t' = 55 \text{ s}$

উক্ত সময়ে জনির দূরত্ব, $s' = v't' = 10 \text{ ms}^{-1} \times 55\text{s} = 550 \text{ m}$

∴ শুরু থেকে 55 s পর রনি ও জনির মধ্যে অবশিষ্ট দূরত্ব

$$= 1000 \text{ m} - 550 \text{ m} = 450 \text{ m}$$

জনির সমবেগ, $v' = 10 \text{ ms}^{-1}$

ধরি, জনি 55 s পর $v' = 10 \text{ ms}^{-1}$ সমবেগে t_1 সময় পর x দূরত্ব অতিক্রম করে রনির সাথে দেখা হবে।

জনির

ক্ষেত্রে,

$$x = v't_1 =$$

$$10 t_1 \dots \dots \dots (1)$$

$$55 \text{ s পর রনির সমবেগ, } v_2 = 5 \text{ ms}^{-1}$$

অবশিষ্ট পথ $(450 \text{ m} - x)$

$$\text{আমরা পাই, } 450 - x = v_2 t_1$$

$$\text{বা, } 450 - 10t_1 = 5t_1$$

$$\text{বা, } 450 = 15 t_1$$

$$\text{বা, } t_1 = \frac{450}{15} = 30\text{s}$$

অতএব, যাত্রা শুরুর $(55 \text{ s} + 30 \text{ s}) = 85 \text{ s}$ পর তাদের দেখা হবে।

এক্ষেত্রে, A বিন্দু হতে, $s_2 = 10 \text{ ms}^{-1} \times 85\text{s} = 850 \text{ m}$

অতএব, উদ্দীপকের আলোকে জনি ও রনির দেখা হবে।

৫. 54 ms^{-1} বেগে চলন্ত একটি গাড়ির চালক ব্রেক চাপায় গাড়িটি 4s- এ থেমে গেল। আবার 18 kmh^{-1} বেগে চলন্ত অপর একটি গাড়ির চালক ধীরে ধীরে ব্রেক চাপায় গাড়িটি 8s- এ থামল।

[সিলেট বোর্ড-২০২৪]

(ক) সুষম ত্বরণ কাকে বলে?

(খ) কদমাক্ত রাস্তায় আমরা পিছলে যাই কেন? বুঝিয়ে লিখ।

(গ) 1ম গাড়িটি 444 m দৈর্ঘ্যের একটি সেতু 30 s এ সমদ্রুতিতে অতিক্রম করলে গাড়িটির দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর।

(ঘ) ব্রেক চাপার পর কোন গাড়িটি বেশি দূরত্ব অতিক্রম করবে? গাণিতিক বিশ্লেষণ কর।

৫ নং প্রশ্নের উত্তর

- (ক) কোনো বস্তুর বেগ যদি নির্দিষ্ট দিকে সবসময় একই হাড়ে বাড়তে থাকে তাহলে সে ত্বরণকে সুষম ত্বরণ বলে।

(খ) রাস্তায় হাঁটার সময় রাস্তা ও পায়ের তলার মধ্যে যে ঘর্ষণ বল তৈরি হয় তার জন্য আমরা চলতে পারি। কিন্তু রাস্তা কদমাক্ত হলে রাস্তা ও পায়ের তলার মধ্যকার ঘর্ষণ বল হ্রাস পায়। এর ফলে কদমাক্ত রাস্তায় আমরা পিছলে যাই।

(গ) এখানে, 1ম গাড়ির সমদ্রুতি,

$$v = 54 \text{ kmh}^{-1} = \frac{54 \times 1000}{3600} \text{ ms}^{-1} = 15 \text{ ms}^{-1}$$

সেতুর দৈর্ঘ্য, $d = 44 \text{ m}$

সময়, $t = 30 \text{ s}$

গাড়ির দৈর্ঘ্য, $L = ?$

সমদ্রুতিতে গাড়ির অতিক্রান্ত দূরত্ব s হলে,

$$s = vt = 15 \text{ ms}^{-1} \times 30\text{s} = 450 \text{ m}$$

$$\therefore \text{গাড়ির দৈর্ঘ্য, } L = s - d = 450 \text{ m} - 44 \text{ m} = 6 \text{ m}$$

অতএব, 1ম গাড়িটি 444 m দৈর্ঘ্যের সেতু 30 s এ সমদ্রুতিতে অতিক্রম করলে গাড়িটির দৈর্ঘ্য 6 m.

(ঘ) 1ম গাড়ির ক্ষেত্রে;

আমরা জানি,

$$s_1 = \left(\frac{u_1 + v_1}{2} \right) \times t_1 = \left(\frac{15\text{ms}^{-1} + 0}{2} \right) \times 4\text{s} = 30\text{m}$$

এখানে,

আদিবেগ,

$$u_1 = 54 \text{ kmh}^{-1} = 15 \text{ ms}^{-1}$$

শেষবেগ, $v_1 = 0$

সময়, $t_1 = 4\text{s}$

অতিক্রান্ত দূরত্ব, $s_1 = ?$

২য় গাড়ির ক্ষেত্রে:

$$\text{আদিবেগ, } u_2 = 18 \text{ kmh}^{-1} = \frac{18 \times 1000}{3600} \text{ ms}^{-1} = 5 \text{ ms}^{-1}$$

শেষবেগ, $v_2 = 0$

সময়, $t_2 = 8\text{s}$

অতিক্রান্ত দূরত্ব, $s_2 = ?$

আমরা জানি,

$$s_2 = \left(\frac{u_2+v_2}{2}\right) \times t_2 = \left(\frac{5\text{ms}^{-1}+0}{2}\right) \times 8\text{s} = 20\text{ m}$$

এখানে, $s_1 > s_2$

অর্থাৎ, ১ম গাড়িটি বেশি দূরত্ব অতিক্রম করবে।

সুতরাং, ব্রেক চাপার পর ১ম গাড়িটি বেশি দূরত্ব অতিক্রম করবে।

৬. নিচের ছকটি লক্ষ করে প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও:

| সময় (s) | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 |
|----------------------------|---|----|----|----|----|----|----|----|
| বেগ (ms ⁻¹) | 0 | 10 | 20 | 30 | 30 | 20 | 10 | 0 |

উদ্দীপকের সারণিতে একটি গাড়ির বিভিন্ন সময়ের বেগ দেওয়া হলো।

[বরিশাল বোর্ড-২০২৪]

(ক) স্পন্দন গতি কাকে বলে?

(খ) সরণ বস্তুর গতিপথের উপর নির্ভর করে না-ব্যখ্যা কর।

(গ) গাড়িটির ৬ষ্ঠ সেকেন্ডে অতিক্রান্ত দূরত্ব নির্ণয় কর।

(ঘ) উদ্দীপকের তথ্যের ভিত্তিতে ত্বরণ-সময় লেখচিত্র অঙ্কন করে গাড়িটির গতির প্রকৃতি বিশ্লেষণ কর।

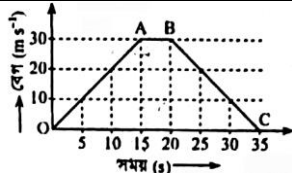
৬ নং প্রশ্নের উত্তর

(ক) পর্যায়বৃত্ত গতিসম্পন্ন কোনো বস্তু যদি পর্যায়কালের অর্ধেক সময় কোনো নির্দিষ্ট দিকে এবং বাকি অর্ধেক সময় একই পথে তার বিপরীত দিকে চলে তবে ঐ বস্তুর গতিকে স্পন্দন গতি বলে।

(খ) নির্দিষ্ট সময়ে নির্দিষ্ট দিকে পারিপার্শ্বিকের সাপেক্ষে বস্তুর অবস্থানের পরিবর্তনকে সরণ বলে। সরণ হলো একটি ভেক্টর রাশি। আদি অবস্থান ও শেষ অবস্থানের মধ্যবর্তী সরলরৈখিক দূরত্বই হলো সরণ। অর্থাৎ বস্তু কোন পথে আদি অবস্থান থেকে শেষ অবস্থানে পৌঁছালো তার সাথে সরণের সম্পর্ক নেই। এজন্য সরণ বস্তুর গতিপথের উপর নির্ভর করে না।

(গ)

| সময় (s) | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 |
|----------------------------|---|----|----|----|----|----|----|----|
| বেগ (ms ⁻¹) | 0 | 10 | 20 | 30 | 30 | 20 | 10 | 0 |



OA রেখা বা 0 s – 15s এর জন্য

আদিবেগ, $u = 0\text{ ms}^{-1}$ [O বিন্দুতে]

শেষবেগ, $v = 30\text{ ms}^{-1}$ [A বিন্দুতে]

সময়, $t = (15 - 0)\text{s} = 15\text{s}$

ত্বরণ, $a = ?$

$$\text{আমরা জানি, } u = \frac{v-u}{t} = \frac{30\text{ms}^{-1}-0\text{ms}^{-1}}{15\text{s}} = 2\text{ ms}^{-2}$$

গাড়িটি প্রথম থেকে 15 s পর্যন্ত সুসম ত্বরণে চলে যার মান 2 ms^{-2}

প্রথম থেকে $t_1 = 5\text{s}$ এর দূরত্ব,

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

$$= 0 \times t_1 + \frac{1}{2} \times 2\text{ms}^{-2} \times (5\text{s})^2 = 25\text{ m}$$

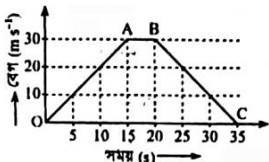
প্রথম থেকে $t_2 = 6\text{s}$ এর দূরত্ব,

$$s_2 = ut_2 + \frac{1}{2}at_2^2$$

$$= 0 \times t_2 + \frac{1}{2} \times 2\text{ms}^{-2} \times (6\text{s})^2 = 36\text{m}$$

অতএব, গাড়িটির ৬ষ্ঠ সেকেন্ডে দূরত্ব $= 36\text{m} - 25\text{m} = 11\text{m}$

(ঘ)

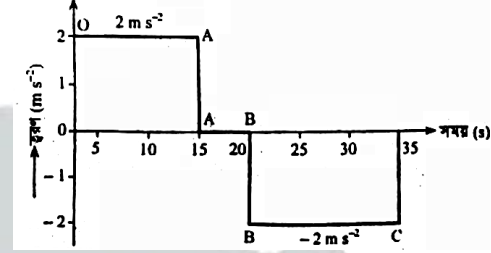


‘গ’ নং হতে পাই, OA বা প্রথম 15 s এর ত্বরণ, $a = 2\text{ ms}^{-2}$

AB বা 15 s থেকে 20 s এর জন্য ত্বরণ, $a' = \frac{v-v}{t_2} = 0\text{ ms}^{-2}$

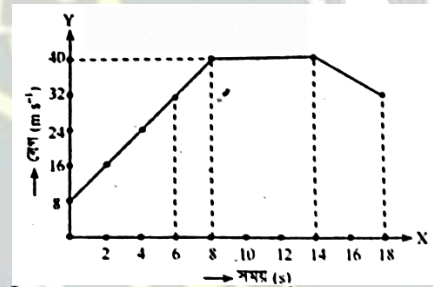
এবং BC বা 20 s থেকে 35 s এর জন্য ত্বরণ,

$$a'' = \frac{0\text{ms}^{-1}-30\text{ms}^{-1}}{(35\text{s}-20\text{s})} = -2\text{ ms}^{-2}$$



উক্ত অংশ থেকে বিশ্লেষণ করলে OA অংশে গাড়িটির বেগ সুসমভাবে বৃদ্ধি পায় যার ত্বরণ 2 ms^{-2} . AB অংশে সমবেগে চলে তাই ত্বরণ শূন্য এবং BC অংশে বেগের মান সুসমভাবে হ্রাস পেয়ে থেমে যায় যার ত্বরণ -2 ms^{-2} বা মন্দন 2 ms^{-2} ।

৭. নিচের চিত্রটি লক্ষ করে প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও:



একটি গতিশীল বস্তুর বেগ বনাম সময় লেখচিত্র দেখানো হলো।

[দিনাজপুর বোর্ড-২০২৪]

(ক) সরণ কাকে বলে?

(খ) মসৃণ রাস্তায় ব্রেক করলে চলন্ত গাড়ির চাকা পিছলিয়ে যায় কেন?

(গ) বস্তুর 6 সেকেন্ডে অতিক্রান্ত দূরত্ব নির্ণয় কর।

(ঘ) উদ্দীপকের লেখচিত্র থেকে স্বরণ-সময় লেখচিত্র অঙ্কন করে বস্তুর গতির প্রকৃতি বিশ্লেষণ কর।

৭ নং প্রশ্নের উত্তর

(ক) একটি নির্দিষ্ট দিকে গতিশীল বস্তুর আদি এবং শেষ অবস্থানের ন্যূনতম সরলরৈখিক দূরত্বকে সরণ বলে।

(খ) রাস্তায় গাড়ি চলার সময় রাস্তা ও গাড়ির চাকার মধ্যে যে ঘর্ষণ বল তৈরি হয় তার জন্য গাড়ি চলতে পারে। কিন্তু রাস্তা মসৃণ হলে রাস্তা ও গাড়ির চাকার মধ্যকার ঘর্ষণ বল হ্রাস পায়। এর ফলে মসৃণ রাস্তায় চলন্ত গাড়ি ব্রেক করলে গাড়ি সাথে সাথে না থেমে কিছুটা পিছলে যায়।

(গ) এখানে, বস্তুর আদিবেগ, $u = 0\text{ ms}^{-1}$

6 s পর শেষবেগ, $v = 32\text{ ms}^{-1}$

সময়, $t = 6\text{s}$

6 সেকেন্ডে অতিক্রান্ত দূরত্ব, $s = ?$

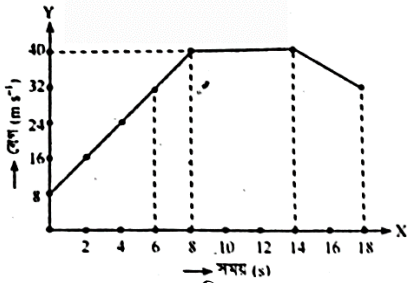
আমরা জানি,

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

$$= \left(\frac{0\text{ms}^{-1}+32\text{ms}^{-1}}{2}\right) \times 6\text{s} = 96\text{m}$$

অতএব, বস্তুর 6 সেকেন্ডে অতিক্রান্ত দূরত্ব 96 m.

(ঘ)



এখানে, AB অংশে বস্তুটি সমত্বরণে চলছে।

এই অংশে বস্তুটির ত্বরণ,

$$a_1 = \frac{v_1 - u_1}{t_1} = \frac{40 \text{ ms}^{-1} - 8 \text{ ms}^{-1}}{8 \text{ s}} = \frac{32 \text{ ms}^{-1}}{8 \text{ s}} = 4 \text{ ms}^{-2}$$

এখানে,
আদিবেগ, $u_1 = 8 \text{ ms}^{-1}$
শেষবেগ, $v_1 = 40 \text{ ms}^{-1}$
সময়, $t_1 = 8 \text{ s}$

BC অংশে বস্তুটি সমবেগে চলছে।

অর্থাৎ, এই অংশে বস্তুটির ত্বরণ, $u_2 = 0$

এবং CD অংশে বস্তুটি সমমন্দনে চলছে।

এখানে, C বিন্দুতে আদিবেগ, $u_2 = 40 \text{ ms}^{-1}$

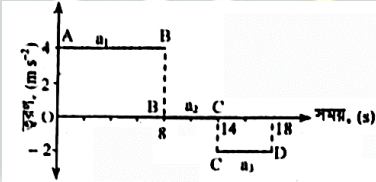
D বিন্দুতে শেষবেগ, $v_2 = 32 \text{ ms}^{-1}$

সময়, $t_1 = (18 \text{ s} - 14 \text{ s}) = 4 \text{ s}$

∴ এই অংশে বস্তুটির ত্বরণ,

$$u_1 = \frac{v_2 - u_2}{t_1} = \frac{32 \text{ ms}^{-1} - 40 \text{ ms}^{-1}}{4 \text{ s}} = \frac{-8 \text{ ms}^{-1}}{4 \text{ s}} = -2 \text{ ms}^{-2}$$

উদ্দীপকের লেখচিত্র হতে ত্বরণ-সময় লেখচিত্রটি হবে নিম্নরূপ:



এখানে, বস্তুটি প্রথম ৪ সেকেন্ডে AB অংশে 4 ms^{-2} সমত্বরণে চলছে। এরপর ৪ s থেকে ১৪ s পর্যন্ত ৬ s যাবত সমবেগে চলছে। তাই এই BC অংশে বস্তুটির ত্বরণ শূন্য এবং সর্বশেষ ১৪ s থেকে ১৮ s অর্থাৎ ৪ s যাবত 2 ms^{-2} সমমন্দনে চলছে।

৮. একটি গাড়ির সময়ের সাথে প্রাপ্ত বেগের সারণি নিম্নরূপ:

| সময় (s) | 0 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 |
|-------------------------|---|----|----|----|----|-----|-----|
| বেগ (ms ⁻¹) | 0 | 4 | 8 | 12 | 12 | 6 | 0 |

[ময়মনসিংহ বোর্ড-২০২৪]

(ক) পর্যায়বৃত্ত গতি কাকে বলে?

(খ) কোনো বস্তুর গড়বেগ শূন্য হলেও গড় দ্রুতি শূন্য নাও হতে পারে-ব্যাখ্যা কর।

(গ) গাড়িটি প্রথম ১ মিনিট ২০ সেকেন্ডে কত দূরত্ব অতিক্রম করবে নির্ণয় কর।

(ঘ) উদ্দীপকের তথ্যের ভিত্তিতে ত্বরণ-সময় লেখচিত্র এঁকে এর গাণিতিক বিশ্লেষণ দাও।

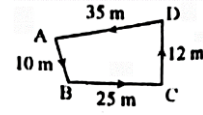
(ঙ) দৃশ্যকল্প-২ এ একই সময়ে 'P' অপেক্ষা 'Q' অধিকতর দূরত্ব অতিক্রম করতে পারবে কি? বিশ্লেষণের মাধ্যমে মতামত দাও।

১ নং প্রশ্নের উত্তর

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

(খ) নির্দিষ্ট সময় ব্যবধানে কোনো বস্তু নির্দিষ্ট দিকে গড়ে একক সময়ে যে দূরত্ব অতিক্রম করে, তাই বস্তুটির গড় বেগ। অন্যদিকে, নির্দিষ্ট সময়

ব্যবধানে একক সময়ে কোনো বস্তুর গড় অতিক্রান্ত দূরত্বই তার গড় দ্রুতি।



বেগ একটি ভেক্টর রাশি বিধায় এটি ঋণাত্মক ও ধনাত্মক উভয়ই হতে পারে। ফলে নির্দিষ্ট সময় ব্যবধানে গড় বেগ শূন্য হতে পারে। কিন্তু দ্রুতি একটি অঋণাত্মক রাশি হওয়ায় একটি নির্দিষ্ট সময় পরিসরে বস্তুটি স্থির অবস্থানে না থাকলে এর মান কখনোই শূন্য হতে পারে না। তাই যে ক্ষেত্রে একটি বস্তুর গড় বেগ শূন্য হয়, সেক্ষেত্রে তার গড় দ্রুতি শূন্য নাও হতে পারে।

উপরের চিত্রে ABCDA পথে বস্তুটির লক্কি সরণ শূন্য হওয়ায় গড় বেগ শূন্য, কিন্তু মোট অতিক্রান্ত দূরত্ব শূন্য না হওয়ায় এর গড় দ্রুতি শূন্য নয়।

(গ) ধরি, গাড়িটির প্রথম ১ মিনিট ২০ s এ অতিক্রান্ত দূরত্ব s উদ্দীপক অনুসারে, প্রথম ১ মিনিট পর্যন্ত গাড়িটি সমত্বরণে এবং পরের সুষম ত্বরণের ক্ষেত্রে,

$$s_1 = \left(\frac{u + v}{2} \right) t_1 = \frac{(0 + 12)}{2} \times 60 \text{ m} = 360 \text{ m}$$

এখানে,
সময়, $t_1 = 1 \text{ min} = 60 \text{ s}$
আদিবেগ, $u = 0 \text{ ms}^{-1}$
শেষবেগ, $v = 12 \text{ ms}^{-1}$
দূরত্ব, $s_1 = ?$
এখানে,
সময়, $t_1 = 20 \text{ s}$
বেগ, $v = 12 \text{ ms}^{-1}$
অতিক্রান্ত দূরত্ব, $s_2 = ?$

আবার, সমবেগের ক্ষেত্রে,

আমরা জানি,

$$s_2 = vt_2 = 12 \times 20 \text{ m} = 240 \text{ m}$$

∴ মোট অতিক্রান্ত দূরত্ব,

$$s = s_1 + s_2 = 360 \text{ m} + 240 \text{ m} = 600 \text{ m}$$

সুতরাং প্রথম ১ min ২০ s এ গাড়িটির অতিক্রান্ত দূরত্ব ৬০০ m.

(ঘ) উদ্দীপক অনুসারে, গাড়িটির ১ম ৬০ s সুষম ত্বরণে চলেছে।

সুষম ত্বরণের ক্ষেত্রে,

$$a_1 = \frac{v - u}{t_1} = \frac{12 - 0}{60} \text{ ms}^{-2} = 0.2 \text{ ms}^{-2}$$

এখানে,
আদিবেগ, $u = 0 \text{ ms}^{-1}$
শেষবেগ, $v = 12 \text{ ms}^{-1}$
সময়, $t_1 = 60 \text{ s}$
ত্বরণ, $a_1 = ?$

গাড়িটি পরবর্তী ২০ s সমবেগে চলেছে।

সমবেগের ক্ষেত্রে,

$$a_2 = \frac{v - v}{t_2} = \frac{12 - 12}{20} \text{ ms}^{-2} = 0 \text{ ms}^{-2}$$

এখানে,
বেগ, $v = 12 \text{ ms}^{-1}$
সময়, $t_2 = 20 \text{ s}$
ত্বরণ, $a_2 = ?$

পরবর্তী ৪০ s গাড়িটি সুষম মন্দনে চলেছে।

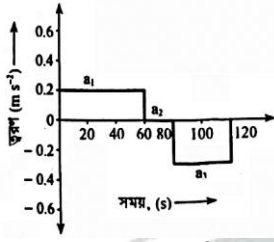
এ সময় ত্বরণ,

$$a_3 = \frac{v' - v}{t} = \frac{0 - 12}{40} \text{ ms}^{-2} = -0.3 \text{ ms}^{-2}$$

এখানে,
শেষবেগ, $v' = 0 \text{ ms}^{-1}$
আদিবেগ, $v = 12 \text{ ms}^{-1}$
সময়, $t_3 = 40 \text{ s}$

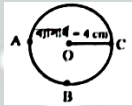
ত্বরণ, $a_3 = ?$

উপরের গাণিতিক বিশ্লেষণ থেকে প্রাপ্ত মান নিয়ে ত্বরণ-সময় লেখচিত্র অঙ্কন করলে লেখচিত্রটি নিম্নরূপ হবে।

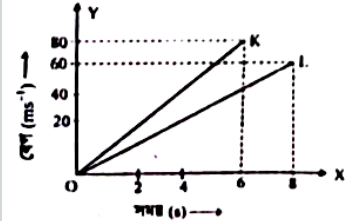


এখানে, প্রথম 60 s গাড়িটি 0.2 ms^{-2} ত্বরণে, পরবর্তী 20 s শূন্য (0) ত্বরণে এবং শেষ 40 s গাড়িটি 0.3 ms^{-2} মন্দনে চলে। তাই 0–60 s পর্যন্ত 0.2 ms^{-2} বরাবর সময় অক্ষের সমান্তরাল সরল রেখা। 60 s – 80 s পর্যন্ত x অক্ষগামী সরলরেখা এবং 80 s – 120 s পর্যন্ত -0.3 ms^{-2} বরাবর সময় অক্ষের সমান্তরাল সরলরেখা হবে।

৯. দৃশ্যকল্প-১:



একটি বস্তুকে ABC পথে A হতে C এ নিয়ে যাওয়া হলো।
দৃশ্যকল্প-২:



চিত্রে OK এবং OL যথাক্রমে P এবং Q গাড়ির বেগ-সময় লেখচিত্র নির্দেশ করে।

[ঢাকা বোর্ড-২০২৩]

- (ক) জড়তা কাকে বলে?
(খ) সূর্যের চারদিকে পৃথিবীর গতি কোন ধরনের গতি? ব্যাখ্যা করো।
(গ) দৃশ্যকল্প-১ থেকে দূরত্ব ও সরণের পার্থক্য নির্ণয় করো।
(ঘ) দৃশ্যকল্প-২ এ একই সময়ে 'P' অপেক্ষা 'Q' অধিকতর দূরত্ব অতিক্রম করতে পারবে কি? বিশ্লেষণের মাধ্যমে মতামত দাও।

৯ নং প্রশ্নের উত্তর

- (ক) বস্তু যে অবস্থায় আছে চিরকাল সে অবস্থা বজায় রাখতে চাওয়ার যে প্রবণতা বা সে অবস্থা বজায় রাখতে চাওয়ার যে ধর্ম তাকে জড়তা বলে।
(খ) কোনো গতিশীল বস্তুকণার গতি যদি এমন হয় যে, এটি এর গতি পথে কোনো নির্দিষ্ট বিন্দুকে নির্দিষ্ট সময় পর পর একই দিক থেকে অতিক্রম করে, তাহলে সেই গতিকে পর্যায়বৃত্ত গতি বলে। সূর্যের চারদিকে পৃথিবী কোনো নির্দিষ্ট বিন্দুকে নির্দিষ্ট সময় (পৃথিবীর বার্ষিক গতির সমান অর্থাৎ 365 দিন 6 ঘণ্টা) পরপর একই দিক থেকে অতিক্রম করে। সুতরাং, সূর্যের চারদিকে পৃথিবীর গতি পর্যায়বৃত্ত গতি।

(গ) দৃশ্যকল্প-১ থেকে

দূরত্ব = ABC অর্ধবৃত্তের দৈর্ঘ্য

$$= \frac{2\pi r}{2} = \pi r$$

$$= 3.1416 \times 10^{-2} \text{ m}$$

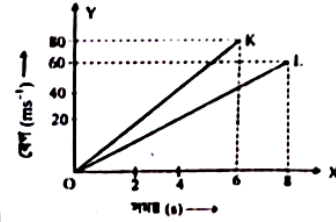
$$= 0.125664 \text{ m}$$

এখানে,
ABC পথের ব্যাসার্ধ,
 $r = 4 \text{ cm}$
বৃত্তের পরিধি $= 2\pi r$
এবং
অর্ধবৃত্তের পরিধি $\frac{2\pi r}{2}$

$$\text{সরণ} = \text{বৃত্তের ব্যাস}, AC = 2 \times \text{ব্যাসার্ধ} = 2 \times 4 \times 10^{-2} = 0.08 \text{ m}$$

$$\therefore \text{দূরত্ব ও সরণের পার্থক্য} = (0.125664 - 0.08) \text{ m} = 0.045664 \text{ m (Ans.)}$$

(ঘ)



চিত্রে OK অর্থাৎ OP গাড়ির ক্ষেত্রে আমরা পাই,

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

$$= \left(\frac{0+80}{2} \right) \times 6 = 240 \text{ m}$$

এখানে,

P গাড়ির জন্য,

আদিবেগ, $u = 0 \text{ ms}^{-1}$

6 s পরে বেগ,

$v = 80 \text{ ms}^{-1}$

সময়, $t = 6 \text{ s}$

সরণ, $s = ?$

আবার, OL অর্থাৎ Q গাড়ির ক্ষেত্রে আমরা পাই,

ত্বরণ,

$$= a = \frac{v_1 - u_1}{t_1}$$

$$= \frac{60 - 0}{8}$$

$$= 7.5 \text{ ms}^{-2}$$

এখানে,

Q গাড়ির জন্য,

আদিবেগ,

$u_1 =$

0 ms^{-1}

8 s পরে বেগ,

$v_1 = 60 \text{ ms}^{-1}$

সময়, $t_1 = 6 \text{ s}$

এখন, একই সময়ে অর্থাৎ 6s এ Q গাড়ি কতক অতিক্রান্ত দূরত্ব,

$$s_1 = u_1 + \frac{1}{2} at^2 = 0 \times 6 + \frac{1}{2} \times 7.5 \times 6^2 = 135 \text{ m}$$

$\therefore s > s_1$, অর্থাৎ একই সময়ে 'p' অপেক্ষা 'Q' অধিকতর দূরত্ব অতিক্রম করতে পারবে না।

১০. একটি গতিশীল গাড়ির গতিকালে ভিন্ন ভিন্ন সময়ের জন্য বেগের মান নিচের ছকে দেয়া হলো:

| বেগ (ms^{-1}) | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 |
|-----------------------------|---|----|----|----|----|----|----|
| সময় (s) | 0 | 4 | 8 | 12 | 16 | 20 | 24 |

[ময়মনসিংহ বোর্ড-২০২৩]

(ক) পর্যায়বৃত্ত গতি কাকে বলে?

(খ) বস্তুর ওজন পৃথিবীর বিভিন্ন স্থানে বিভিন্ন হয় কেন? ব্যাখ্যা করো।

(গ) 16 তম সেকেন্ডে গাড়িটির অতিক্রান্ত দূরত্ব নির্ণয় করো।

(ঘ) প্রদত্ত তথ্যের আলোকে লেখচিত্র অঙ্কন করো এবং এর ঢাল (slope) নির্ণয় করো।

১০ নং প্রশ্নের উত্তর

(ক) কোনো গতিশীল বস্তুর গতি যদি এমন হয় যে, এটি এর গতিপথের কোনো বিন্দুকে নির্দিষ্ট সময় পর পর একই দিক থেকে অতিক্রম করে তবে সেই গতিকে পর্যায়বৃত্ত গতি বলে।

(খ) পৃথিবীর বিভিন্ন স্থানে অভিকর্ষজ ত্বরণের মান বিভিন্ন বলে বস্তুর ওজন পৃথিবীর বিভিন্ন স্থানে বিভিন্ন হয়। সেহেতু পৃথিবী সম্পূর্ণ গোলাকার নয়, মেরু অঞ্চলে একটুখানি চাপা তাই পৃথিবীর ব্যাসার্ধ (R) ধ্রুবক নয়। মেরু অঞ্চলে পৃথিবীর ব্যাসার্ধ (R) সবচেয়ে কম বলে সেখানে g এর মান সবচেয়ে বেশি। ফলে সেখানে বস্তুর ওজনও বেশি। আবার বিষুব অঞ্চলে পৃথিবীর ব্যাসার্ধ (R) সবচেয়ে বেশি বলে g এর মান সবচেয়ে কম। এ কারণে বিষুব অঞ্চলে বস্তুর ওজনও সবচেয়ে কম। ব্যাসার্ধের এই তারতম্যের কারণে বস্তুর ওজন পৃথিবীর বিভিন্ন স্থানে বিভিন্ন হয়। এছাড়া উচ্চতার ক্রিয়া ও আঁহিক গতির ফলেও g এর মানের তারতম্য হওয়ার কারণে বস্তুর ওজনের তারতম্য হয়।

(গ) সারণি হতে প্রাপ্ত বেগের পরিবর্তনের হার বা ত্বরণ,

$$a = \frac{10-0}{4-0} = \frac{20-10}{8-4} \dots = \frac{60-50}{24-20} = \frac{10}{4} = 2.5 \text{ ms}^{-2}$$

অর্থাৎ গাড়িটি সমত্বরণে চলছে।

∴ ১ম ১৫ সেকেন্ডে অতিক্রান্ত দূরত্ব,

$$s_{15} = ut_{15} + \frac{1}{2}at_{15}^2 = 0 \times 15 + \frac{1}{2} \times 2.5 \times (15)^2 = 281.25 \text{ m}$$

এবং ১ম ১৬ সেকেন্ডে অতিক্রান্ত দূরত্ব,

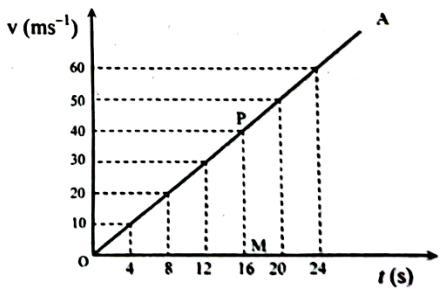
$$s_{16} = ut_{16} + \frac{1}{2}at_{16}^2 = 0 \times 16 + \frac{1}{2} \times 2.5 \times (16)^2 = 320 \text{ m}$$

∴ ১৬ তম সেকেন্ডে অতিক্রান্ত দূরত্ব $s_{16\text{th}} = s_{16} - s_{15}$

$$= 320 - 281.25$$

$$= 38.75 \text{ m} \quad (\text{Ans.})$$

(ঘ) উদ্দীপককে প্রদত্ত তথ্যের আলোকে নিচে বেগ - সময় লেখচিত্র অঙ্কন করা হলো:

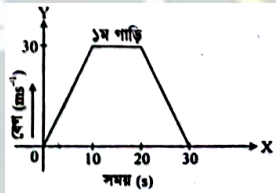


সময় (t) কে ভূজ এবং বেগ (v) কে কোটি ধরে অংকিত লেখচিত্র একটি মূলবিন্দুগামী সরলরেখা OA। এ রেখার উপর যে কোনো একটি বিন্দু P নিয়ে, P থেকে t অক্ষের উপর PM লম্ব টানা হলো।

এই লেখচিত্রের ঢাল = $\tan \theta = \frac{\text{লম্ব}}{\text{ভূমি}} = \frac{PM}{OM} = \frac{40}{16} = 2.5 \text{ ms}^{-2}$

উল্লেখ্য যে, এই ঢাল (2.5 ms^{-2}) বস্তুটির সমত্বরণ প্রকাশ করে।

১১.



২য় গাড়ির ৫ s পরপর বেগ দেখানো হলো:

| বেগ (s) | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 |
|-------------|---|---|----|----|----|----|----|----|----|
| সময় (ms⁻¹) | 0 | 2 | 4 | 6 | 6 | 6 | 4 | 2 | 0 |

[রাজশাহী বোর্ড-২০২৩]

(ক) ঘর্ষণ বল কাকে বলে?

(খ) সমদ্রুতিতে চলমান বস্তুর কীভাবে ত্বরণ থাকতে পারে? ব্যাখ্যা করো।

(গ) ২য় গাড়ি কর্তৃক মোট অতিক্রান্ত দূরত্ব নির্ণয় করো।

(ঘ) ১ম গাড়ির সম্পূর্ণ পথের গড়বেগ সর্বোচ্চ বেগের সমান হবে কি-না? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো।

১১ নং প্রশ্নের উত্তর

(ক) একটি বস্তু যখন অন্য কোনো বস্তুর সংস্পর্শে থেকে একটির উপর দিয়ে অপরটি চলতে চেষ্টা করে বা চলতে থাকে তখন বস্তুদ্বয়ের স্পর্শতলে গতির বিরুদ্ধে গতিকে বাধাদানকারী একটি বল কাজ করে। এই বলকে ঘর্ষণ বল বলে।

(খ) বেগ একটি ভেক্টর রাশি। মান অথবা দিক অথবা উভয়ের পরিবর্তনে বেগ পরিবর্তিত হয়। কোনো বস্তু সমদ্রুতিতে বক্রপথে গতিশীল হলে বেগের মান পরিবর্তিত না হলেও দিক পরিবর্তিত হয় তথা বেগের পরিবর্তন হয়। এ কারণে সমদ্রুতিতে চলমান বস্তুর ত্বরণ থাকতে পারে।

(গ) ২য় গাড়ির ০ থেকে ১৫ s সময়ে:

ত্বরণ,

$$a = \frac{v-u}{t_1} = \frac{6-0}{15} = 0.4 \text{ ms}^{-2}$$

∴ ঐ সময়ে অতিক্রান্ত দূরত্ব,

$$s_1 = ut_1 + \frac{1}{2}at_1^2 = 0 \times 15 + \frac{1}{2} \times 0.4 \times (15)^2 = 45 \text{ m}$$

১৫ থেকে ২৫ s সময়ে গাড়িটি 6 ms^{-1} সমবেগে চলে।

∴ সমবেগে সরণ,

$$s_2 = vt_2 = 6 \times 10 = 60 \text{ m}$$

আবার, ২৫ থেকে ৪০ s সময়ে বস্তু সমমন্দনে থাকে,

$$\therefore \text{ত্বরণ, } a = \frac{v-u}{t_3} = \frac{0-6}{15} = -0.4 \text{ ms}^{-2}$$

∴ সরণ,

$$\frac{1}{2} \times (-0.4) \times 15^2 = 90 - 45 = 45 \text{ m}$$

$$\therefore \text{মোট অতিক্রান্ত দূরত্ব, } s = s_1 + s_2 + s_3 = 45 + 60 + 45 = 150 \text{ m} \quad (\text{Ans.})$$

(ঘ) ১ম গাড়ির ক্ষেত্রে,

প্রথম ১০ s সমত্বরণে অতিক্রান্ত দূরত্ব,

$$s_1 = \frac{u+v}{2} \times t_1 = \frac{30+0}{2} \times 10 = 150 \text{ m}$$

২য় ১০ s সমবেগে অতিক্রান্ত দূরত্ব,

$$s_2 = vt_2 = 30 \times 10 = 300 \text{ m}$$

তৃতীয় ১০ s সমমন্দনে অতিক্রান্ত দূরত্ব,

$$s_3 = \frac{u+v}{2} \times t_3 = \frac{30+0}{2} \times 10 = 150 \text{ m}$$

$$\therefore \text{মোট অতিক্রান্ত দূরত্ব, } s = s_1 + s_2 + s_3 = 150 + 300 + 150 = 600 \text{ m}$$

$$\text{এবং মোট অতিক্রান্ত সময়, } t = t_1 + t_2 + t_3 = 10 + 10 + 10 = 30 \text{ s}$$

$$\therefore \text{গড়বেগ, } V_{\text{max}} = \frac{s}{t} = \frac{600}{30} = 20 \text{ ms}^{-1}$$

গ্রাফ হতে পাই,

$$\text{সর্বোচ্চ বেগ, } V_{\text{max}} = 30 \text{ ms}^{-1}$$

সুতরাং ১ম গাড়ির সম্পূর্ণ পথের গড়বেগ এবং সর্বোচ্চ বেগ সমান হবে না।

এখানে,

$$\text{আদিবেগ, } u = 0 \text{ ms}^{-1}$$

শেষ বেগ,

$$v = 6 \text{ ms}^{-1}$$

$$\text{সময়, } t_1 = 15 \text{ s}$$

এখানে,

$$\text{আদিবেগ, } v = 6 \text{ ms}^{-1}$$

$$\text{সময়, } t_2 = 25 - 15 = 10 \text{ s}$$

এখানে,

$$\text{আদিবেগ, } u = 6 \text{ ms}^{-1}$$

$$\text{শেষ বেগ, } v = 0 \text{ ms}^{-1}$$

$$\text{সময়, } t_3 = 40 - 25 = 15 \text{ s}$$

$$s_3 = ut_3 + \frac{1}{2}at_3^2 = 6 \times 15 + \frac{1}{2} \times (-0.4) \times 15^2$$

$$= 90 - 45 = 45 \text{ m}$$

$$\therefore \text{মোট অতিক্রান্ত দূরত্ব, } s = s_1 + s_2 + s_3 = 45 + 60 + 45 = 150 \text{ m} \quad (\text{Ans.})$$

এখানে,

$$\text{শেষ বেগ,}$$

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

$$\text{আদিবেগ, } u = 0 \text{ ms}^{-1}$$

$$\text{সময়, } t_1 = 10 \text{ s}$$

এখানে,

সমবেগ,

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

$$\text{সময়, } t_2 = 20 - 10 = 10 \text{ s}$$

এখানে,

$$\text{শেষ বেগ,}$$

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

$$\text{আদিবেগ, } u = 0 \text{ ms}^{-1}$$

$$\text{সময়, } t_1 = 10 \text{ s}$$

১২. একটি ফুটবলে আঘাত করার পর ফুটবলটি মাঠে সুস্থম মন্দনে গড়িয়ে 90 m দূরত্ব অতিক্রম করার পর বলটি থেমে যায় এবং গোলরক্ষক বলটি ধরে ফেলে। আঘাতের সময় বলটির বেগ ছিল 108 kmh^{-1} । [সংশোধিত]

[দিনাজপুর বোর্ড-২০২৩]

- (ক) পর্যায়বৃত্ত গতি কাকে বলে?
 (খ) সিঁড়ি দিয়ে নামার সময় ক্লান্তি কম অনুভব হয়- ব্যাখ্যা করো।
 (গ) গোলরক্ষক কত সময় পর বলকে ধরতে পারবে?
 (ঘ) বলটিকে একই বেগে উপরের দিকে নিক্ষেপ করা হলে, উপরের দিকে একই দূরত্ব উঠা সম্ভব হতো কিনা- গাণিতিকভাবে মতামত দাও।

১২ নং প্রশ্নের উত্তর

- (ক) কোনো গতিশীল বস্তুর গতি যদি এমন হয় যে এটি এর গতিপথের কোনো নির্দিষ্ট বিন্দুকে নির্দিষ্ট সময় পর পর একই দিক থেকে অতিক্রম করে তবে সেই গতিকে পর্যায়বৃত্ত গতি বলে।
 (খ) সিঁড়ি দিয়ে ওঠার সময় আমাদের কৃতকাজ অভিকর্ষজ বলের বিপরীত দিকে হয় যে কারণে অধিক বল প্রয়োগ করা লাগে। অন্যদিকে, সিঁড়ি দিয়ে নামার ক্ষেত্রে অভিকর্ষজ বলের দিকে কাজ হয়, তাই অপেক্ষাকৃত কম বল প্রয়োগ করা লাগে। এ কারণে সিঁড়ি দিয়ে নামার সময় ক্লান্তি কম অনুভব হয়।

- (গ) আমরা জানি,
 $v^2 = u^2 + 2as$
 বা, $0^2 = (30^2) + 2 \times a \times 90$
 বা, $2 \times a \times 90 = -(30^2)$
 বা, $a = -\frac{(30^2)}{2 \times 90}$
 $\therefore a = -5 \text{ ms}^{-2}$
 আবার, $a = \frac{v-u}{t}$
 বা, $t = \frac{v-u}{a} = \frac{0-30}{-5} = 6 \text{ s}$ (Ans.)

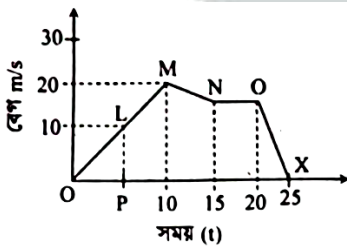
এখানে,
 আদিবেগ,
 $u = 108 \text{ kmh}^{-1}$
 $= \frac{108 \times 1000}{60 \times 60} = \text{ms}^{-1}$
 $= 30 \text{ ms}^{-1}$
 অতিক্রান্ত দূরত্ব, $s = 90 \text{ m}$
 শেষ বেগ, $v = 0 \text{ ms}^{-1}$
 সময়, $t = ?$

- (ঘ) আমরা জানি,
 $v^2 = u^2 - 2gh$
 বা, $0^2 = (30^2) - 2 \times 9.8 \times h$
 বা, $2 \times 9.8 \times h = (30^2)$
 বা, $h = -\frac{(30^2)}{2 \times 9.8}$
 $\therefore h = 4.5918 \text{ m} < 90 \text{ m}$

এখানে,
 আদিবেগ,
 $u = 108 \text{ kmh}^{-1}$
 $= \frac{108 \times 1000}{60 \times 60} = \text{ms}^{-1}$
 $= 30 \text{ ms}^{-1}$
 অতিক্রান্ত দূরত্ব,
 $s = 9.8 \text{ ms}^{-2}$
 শেষ বেগ, $v = 0 \text{ ms}^{-1}$
 সময়, $h = ?$

অতএব, একই বেগে ফুটবলটিকে খাড়া উপরের দিকে নিক্ষেপ করলে উদ্দীপকে উল্লেখিত দূরত্বের সমান দূরত্ব পর্যন্ত উপরের দিকে উঠা সম্ভব না।

১৩.



[কুমিল্লা বোর্ড-২০২৩]

- (ক) সুস্থম ত্বরণ কাকে বলে?
 (খ) বস্তুর সরণ তার গতিপথের উপর নির্ভর করে না-ব্যাখ্যা করো।
 (গ) উদ্দীপকের OP এর মান নির্ণয় করো।

(ঘ) একটি মোটর সাইকেল M বিন্দু থেকে X বিন্দুতে পৌঁছতে এর ত্বরণ কীরূপ পরিবর্তন হবে? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো।

১ নং প্রশ্নের উত্তর

- (ক) কোনো বস্তুর বেগ যদি নির্দিষ্ট দিকে সব সময় একই হারে বাড়তে থাকে তাহলে সেই বস্তুর ত্বরণকে সুস্থম ত্বরণ বলে।
 (খ) নির্দিষ্ট দিকে অবস্থান পরিবর্তনের হারই সরণ। সরণ হলো একটি ভেক্টর রাশি। আদি অবস্থান ও শেষ অবস্থানের মধ্যবর্তী সরণরৈখিক দূরত্বই হলো সরণ। অর্থাৎ, বস্তু এক বিন্দু থেকে অন্য বিন্দুতে যে পথেই যাক সরণ হবে বিন্দুদ্বয়ের মধ্যবর্তী ন্যূনতম দূরত্ব বা সরণরৈখিক দূরত্ব। এজন্য সরণ বস্তুর গতিপথের উপর নির্ভর করে না।
 (গ) লেখচিত্রে OM অংশ সমত্বরণ নির্দেশ করে। এক্ষেত্রে ত্বরণ a হলে,

$$a = \frac{v-u}{t} = \frac{20-0}{10} = 2 \text{ m/s}^2$$

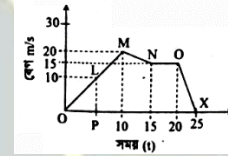
এখানে,
 আদিবেগ,
 $u = 0 \text{ m/s}$
 শেষ বেগ, $v = 20 \text{ ms}^{-1}$
 সময়, $t = 10 \text{ s}$

এখন, OL অংশে, শেষবেগ, $v' = 10 \text{ m/s}$ এবং সময়, $OP = t'$ হলে,

$$a = \frac{v'-u}{t'} \quad \text{বা, } t' = \frac{v'-u}{a} = \frac{10-0}{2} = 5 \text{ s}$$

$\therefore OP = 5 \text{ s}$ (Ans.)

(ঘ)



এখানে,

$$MN \text{ অংশে ত্বরণ, } a_{MN} = \frac{v_N - v_M}{t_N - t_M} = \frac{15-20}{15-10} = -1 \text{ m/s}^2$$

NO অংশে বেগের পরিবর্তন হয় না। তাই এক্ষেত্রে ত্বরণ, $a_{NO} = 0 \text{ ms}^{-2}$

আবার, OX অংশে ত্বরণ,

$$a_{OX} = \frac{v_X - v_O}{t_X - t_O} = \frac{0-15}{25-20} \text{ m/s}^2 = -3 \text{ m/s}^2$$

অর্থাৎ একটি মোটর সাইকেল M বিন্দু থেকে X বিন্দুতে পৌঁছতে MN অংশে ত্বরণ -1 ms^{-2} , NO অংশে 0 ms^{-2} এবং OX অংশে -3 ms^{-2} হবে।

১৪. এক ব্যক্তি বাড়ি থেকে যাত্রা করে মোটর সাইকেলে 40 cms^{-2} ত্বরণে 20 s চলার পর 5 min সমুদ্রতীরে চলে জেলা শহরে পৌঁছালো। আবার রিক্সায় 7.75 ms^{-1} বেগে বাড়ি ফিরে আসলো।

[সিলেট বোর্ড-২০২৩]

- (ক) সরণ কাকে বলে?
 (খ) বল প্রয়োগ না হলে বস্তুর বেগের পরিবর্তন শূন্য হবে-ব্যাখ্যা করো।
 (গ) সমত্বরণে অতিক্রান্ত দূরত্ব নির্ণয় করো।
 (ঘ) বাড়ি থেকে জেলা শহরে পৌঁছার সময় ও বাড়িতে ফিরে আসার সময়ে তুলনা করো।

১৪ নং প্রশ্নের উত্তর

- (ক) নির্দিষ্ট দিকে কোনো বস্তুর অবস্থানের পরিবর্তনকে সরণ বলে।

- (খ) নিউটনের গতির দ্বিতীয় সূত্র থেকে আমরা জানি,

$$\text{বল} = \text{ভর} \times \text{ত্বরণ}$$

অর্থাৎ নির্দিষ্ট ভরের কোনো বস্তুর জন্য ত্বরণ তথা বেগের পরিবর্তনের হার বলের সমানুপাতিক। বাহ্যিক বল ক্রিয়া না করলে অর্থাৎ বল শূন্য হলে, বেগের পরিবর্তনও শূন্য হবে, কারণ বস্তুর ভর কখনও শূন্য হতে পারে না। সুতরাং বাহ্যিক বল ক্রিয়া না করলে বস্তুর বেগের পরিবর্তন থাকে না। অর্থাৎ বেগের পরিবর্তন শূন্য হবে।

(গ) সমত্বরণে মোটরসাইকেল আরোহীর অতিক্রান্ত দূরত্ব,

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

$$= 0 \times 20 + \frac{1}{2} \times 0.4 \times (20)^2$$

$$= 80\text{m (Ans.)}$$

এখানে,
আদিবেগ,

$$u = 0 \text{ ms}^{-1}$$

ত্বরণ,

$$a = 40 \text{ cms}^{-2} =$$

$$0.4 \text{ ms}^{-2}$$

$$\text{সময়, } t = 20 \text{ s}$$

(ঘ) বাড়ি থেকে জেলা শহরে পৌছানোর সময়, $t = (20 + 5 \times 60)y = 320 \text{ s}$

সমত্বরণে মোটর সাইকেল আরোহীর অতিক্রান্ত দূরত্ব, $s_1 = 80 \text{ m}$ ('গ' হতে পাই)

20 s পর প্রাপ্ত বেগ,

$$v = u + at_1$$

$$= 0 + 0.4 \times 20$$

$$= 8 \text{ ms}^{-1}$$

এখানে,

আদিবেগ,

$$u = 0 \text{ ms}^{-1}$$

$$\text{ত্বরণ, } a = 0.4 \text{ ms}^{-2}$$

$$\text{সময়, } t_1 = 20 \text{ s}$$

সমদ্রুতিতে চলার সময়কাল, $t_2 = 5 \text{ min}$

$$= 5 \times 60 = 300 \text{ s}$$

∴ সমদ্রুতিতে অতিক্রান্ত দূরত্ব,

$$s_2 = vt_2 = 8 \times 300 = 2400 \text{ m}$$

∴ মোট অতিক্রান্ত দূরত্ব, $s = s_1 + s_2$

$$= 80 + 2400$$

$$= 2480 \text{ m}$$

∴ সমবেগে ফিরে আসার সময় t' হলে,

$$\therefore t' = \frac{s}{v'}$$

$$= \frac{2480}{7.75}$$

$$= 320 \text{ s}$$

$$\therefore t = t'$$

সুতরাং শহরে পৌছানোর সময় এবং বাড়ি ফিরে আসার সময় সমান।

১৫. 20 ms^{-1} আদিবেগে একটি ক্রিকেট বলকে মুকুল খাড়া উপরের দিকে ছুড়ে দিল। একই সময়ে নিশান 30 m দূরে থেকে 6 ms^{-1} সমবেগে ছুটে এসে বলটি ধরতে চেষ্টা করল।

[যশোর বোর্ড-২০২৩]

(ক) মন্দন কাকে বলে?

(খ) সকল সরল স্পন্দন গতি পর্যায়বৃত্ত গতি, কিন্তু সকল পর্যায়বৃত্ত গতি সরল স্পন্দন গতি নয়, ব্যাখ্যা করো।

(গ) বলটি সর্বোচ্চ কত উচ্চতায় উঠেছিল তা নির্ণয় করো।

(ঘ) নিশানের পক্ষে বলটি মাটিতে পড়ার পূর্বে ধরা সম্ভব কিনা, তা গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে মতামত দাও।

১৫ নং প্রশ্নের উত্তর

(ক) সময়ের সাথে কোনো বস্তুর বেগ-হ্রাসের হারকে মন্দন বলে।

(খ) কোনো গতিশীল বস্তুকণার গতি যদি এমন হয় যে, এটি এর গতিপথের কোনো নির্দিষ্ট বিন্দুকে নির্দিষ্ট সময় পরপর একই দিক থেকে অতিক্রম করে তবে সেই গতিকে পর্যায়বৃত্ত গতি বলে। অপরদিকে কোনো পর্যায়বৃত্ত গতিসম্পন্ন বস্তু যদি পর্যায়কালের অর্ধেক সময় কোনো নির্দিষ্ট দিকে এবং বাকি অর্ধেক সময় বিপরীত দিকে চলে তবে বস্তুর এরূপ গতিকে সরল স্পন্দন গতি বলে। অর্থাৎ স্পন্দন গতিতেও বস্তুটি কোনো নির্দিষ্ট বিন্দুকে নির্দিষ্ট সময় পরপরই অতিক্রম করছে যা পর্যায়বৃত্ত গতির অনুরূপ। অতএব, স্পন্দন গতি হলো বিশেষ ধরনের পর্যায়বৃত্ত গতি। তবে সকল পর্যায়বৃত্ত গতিসম্পন্ন কণা তার গতিপথের অর্ধেক সময় কোনো নির্দিষ্ট দিকে এবং বাকি অর্ধেক সময় বিপরীত দিকে চলে না। যেমন: ঘড়ির কাঁটার গতি। তাই বলা যায়, সকল সরল স্পন্দন গতি পর্যায়বৃত্ত গতি কিন্তু সকল পর্যায়বৃত্ত গতি স্পন্দন গতি নয়।

(গ) বলটির উপরের দিকে নিক্ষেপ করলে

সর্বোচ্চ উচ্চতায় বেগ,

$$v = 0 \text{ ms}^{-1}$$

এখানে,

নিক্ষেপণ বেগ,

$$u = 20 \text{ ms}^{-1}$$

অভিকর্ষজ ত্বরণ,

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

বলটির সর্বোচ্চ উচ্চতা, $h = ?$

এখন আমরা জানি,

নিষ্ফল বস্তুর ক্ষেত্রে,

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

$$\text{বা, } (0)^2 = (20)^2 - 2 \times 9.8 \times h$$

$$\text{বা, } 0 = 400 - 19.6 \times h$$

$$\text{বা, } h = \frac{400}{19.6}$$

$$= 20.408 \text{ m (Ans.)}$$

(ঘ) বলটি খাড়া উপরের দিকে নিক্ষেপ করার পর সর্বোচ্চ উচ্চতায় উঠে আবার ভূমিতে ফিরে আসা পর্যন্ত শূন্য থাকবে।

ধরা যাক, শূন্য থাকার সময় বা উড্ডয়নকাল $T \text{ s}$ এবং $T \text{ s}$ পর বলটির সরণ, $h = 0 \text{ m}$

এখানে, বলটির নিক্ষেপণ বেগ, $u = 20 \text{ ms}^{-1}$

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

আমরা জানি,

$$\text{বা, } h = uT - \frac{1}{2}gT^2$$

$$\text{বা, } 0 = uT - \frac{1}{2}gT^2$$

$$\text{বা, } 2ut = gT^2$$

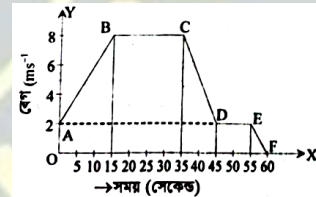
$$\text{বা, } T = \frac{2u}{g} = \frac{2 \times 20}{9.8} = 4.08 \text{ s}$$

এবং নিশানের সমবেগ, $v = 6 \text{ ms}^{-1}$

$$4.04 \text{ সময়ে নিশানের অতিক্রান্ত দূরত্ব, } s = vT = 6 \times 4.08 = 24.48 \text{ m}$$

যা 30 m অপেক্ষা কম। সুতরাং নিশান বলটি ধরতে পারবে না।

১৬. একটি গতিশীল বস্তুর বেগ বনাম সময় লেখচিত্র নিম্নরূপঃ



[বরিশাল বোর্ড-২০২৩]

(ক) মাত্রা কাকে বলে?

(খ) বৃত্তাকার পথে সমদ্রুতিতে ঘূর্ণায়মান সাইকেলের গতি পর্যায়বৃত্ত গতি-ব্যাখ্যা করো।

(গ) বস্তুর 10তম সেকেন্ড অতিক্রান্ত দূরত্ব নির্ণয় করো।

(ঘ) উদ্দীপকের লেখচিত্র হতে ত্বরণ-সময় লেখ অঙ্কন করে প্রকৃতি বিশ্লেষণ করো।

১৬ নং প্রশ্নের উত্তর

(ক) কোনো ভৌত রাশিতে উপস্থিত মৌলিক রাশিগুলোর সূচকই ঐ রাশিটির মাত্রা।

(খ) কোনো বস্তু যদি তার গতিকালে গতিপথের একটি নির্দিষ্ট বিন্দুকে নির্দিষ্ট সময় পরপর একই দিক দিয়ে অতিক্রম করে তবে সেই গতিকে পর্যায়বৃত্ত গতি বলে। সাইকেল এর চাকা সমদ্রুতিতে ঘুরতে থাকলে একটি নির্দিষ্ট সময় পর সমান পরিমাণ পথ অতিক্রম করবে এবং তার গতিপথের কোনো নির্দিষ্ট বিন্দুকে নির্দিষ্ট সময় পরপর একই দিক থেকে অতিক্রম করবে। তাই, এই গতিকে পর্যায়বৃত্ত গতি বলা যায়।

(গ) আমরা জানি,

$$\text{ত্বরণ, } a = \frac{v-u}{t}$$

এখানে,

$$\text{বা, } a = \frac{8-2}{15} = 0.4 \text{ ms}^{-2}$$

আদিবেগ,
 $u = 2 \text{ ms}^{-1}$
 15 s এর গতিবেগ,
 $v = 8 \text{ ms}^{-1}$
 সময়, $t = 15 \text{ s}$

এখন,

10 s এ অতিক্রান্ত দূরত্ব,

$$s_2 = ut_2 + \frac{1}{2}at_2^2$$

$$= 2 \times 9 + \frac{1}{2} \times 0.4 \times (9)^2$$

$$= 34.2 \text{ m}$$

সুতরাং, 10 তম সেকেন্ডে অতিক্রান্ত দূরত্ব।

$$s_{10\text{th}} = s_1 - s_2 = 40 - 34.2 = 5.8 \text{ m (Ans.)}$$

(ঘ) 'গ' হতে পাই AB অংশের ত্বরণ, $a_1 = 0.4 \text{ ms}^{-2}$

BC অংশে বস্তুর বেগের কোনো পরিবর্তন নেই।

সুতরাং, ত্বরণ $a_2 = 0 \text{ ms}^{-2}$

CD অংশের ক্ষেত্রে,

আমরা জানি,

$$\text{ত্বরণ, } a_3 = \frac{v-u}{t}$$

$$= \frac{2-8}{10}$$

$$= -0.6 \text{ ms}^{-2}$$

এখানে,
 $t_2 = 9 \text{ s}$

এখানে,
 আদিবেগ,
 $u = 28 \text{ ms}^{-1}$
 শেষ বেগ,
 $v = 2 \text{ ms}^{-1}$
 সময়,
 $t = (45 - 35) = 10 \text{ s}$
 ত্বরণ, $a_3 = ?$

DE অংশের বেগ প্রব সূতরাং, $a_4 = 0 \text{ ms}^{-2}$

EF অংশের ক্ষেত্রে,

আমরা জানি,

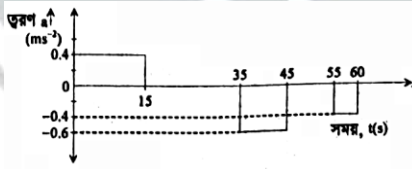
$$\text{ত্বরণ, } a_5 = \frac{v-u}{t}$$

$$= \frac{0-2}{5}$$

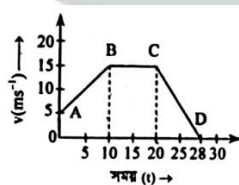
$$= -0.4 \text{ ms}^{-2}$$

এখানে,
 আদিবেগ,
 $u = 2 \text{ ms}^{-1}$
 শেষ বেগ,
 $v = 0 \text{ ms}^{-1}$
 সময়,
 $t = (60 - 55) = 5 \text{ s}$
 ত্বরণ, $a_5 = ?$

তাহলে উদ্দীপকের লেখচিত্র অনুযায়ী ত্বরণ-সময় লেখ নিম্নরূপ:



১৭. একটি গাড়ির গতিপথের লেখচিত্র নিম্নরূপঃ



[ঢাকা বোর্ড-২০২২]

(ক) স্থিতি কাকে বলে?

(খ) “সরণ বস্তুর গতিপথের উপর নির্ভর করে না”-ব্যাখ্যা করো।

(গ) AB অংশের ত্বরণ নির্ণয় করো।

(ঘ) গাড়িটির মোট অতিক্রান্ত দূরত্ব নির্ণয় করো।

১৭ নং প্রশ্নের উত্তর

(ক) সময়ের পরিবর্তনের সাথে যখন কোনো বস্তুর পারিপার্শ্বিকের সাপেক্ষে নিজ অবস্থানের পরিবর্তন গটে না তখন এর অবস্থাকে স্থিতি বলে।
 (খ) নির্দিষ্ট দিকে পারিপার্শ্বিকের সাপেক্ষে অবস্থান পরিবর্তনই সরণ। সরণ হলো একটি ভেক্টর রাশি। কোনো বস্তুর আদি অবস্থান ও শেষ অবস্থানের মধ্যবর্তী ন্যূনতম দূরত্ব অর্থাৎ সরলরেখিক দূরত্বই হলো সরণ। এজন্য সরণ বস্তুর গতিপথের উপর নির্ভর করে না।

(গ) AB অংশের ত্বরণ a হলে,

$$a = \frac{v-u}{t} = \frac{15-5}{10}$$

$$= 1 \text{ ms}^{-2} \quad (\text{Ans.})$$

এখানে,
 AB অংশের ক্ষেত্রে,
 আদিবেগ, $u = A$ বিন্দুতে বেগ
 $= 5 \text{ ms}^{-1}$
 শেষ বেগ, $v = B$ বিন্দুতে বেগ
 $= 15 \text{ ms}^{-1}$
 সময়, $t = 10 \text{ s}$

(ঘ) উদ্দীপকের লেখচিত্র হতে পাই, আদিবেগ, $u = 5 \text{ m/s}$

10 s পরে বেগ, $v = 15 \text{ m/s}$

উক্ত লেখচিত্র থেকে দেখা যায়, প্রথম 10 s সমত্বরণে, পরবর্তী 10 s সমবেগে ($v = 15 \text{ m/s}$) চলে এবং শেষ 8 s সমমন্দনে চলে থেমে যায়।

আমরা জানি,

$$s_1 = \frac{u+v}{2} t_1$$

$$= \frac{5+15}{2} \times 10 = 100 \text{ m}$$

প্রথম $t_1 = 10 \text{ sec}$ এর জন্য
 $u = 5 \text{ m/s}$
 $v = 15 \text{ m/s}$

$$s_2 = vt_2$$

$$= 15 \text{ m/s} \times 10 \text{ s}$$

$$= 150 \text{ m}$$

এখানে,
 সময়, $t_2 = 10 \text{ s}$
 বেগ, $v = 15 \text{ ms}^{-1}$

$$s_3 = \frac{u+v}{2} t_3$$

$$= \frac{15+0}{2} \times 8$$

$$= 60 \text{ m}$$

এখানে,
 আদিবেগ, $u = 15 \text{ ms}^{-1}$
 শেষ বেগ, $v = 0$
 সময়, $t_3 = 8 \text{ s}$

∴ গাড়িটির মোট অতিক্রান্ত দূরত্ব,

$$s = s_1 + s_2 + s_3$$

$$= 100 + 150 + 60$$

$$= 310 \text{ m (Ans.)}$$

১৮. একজন বোলার অনুশীলনের জন্য একটি বালক 180 km/h বেগে খাড়া উপরের দিকে ছুড়ে মারলেন। বলটি সর্বোচ্চ উচ্চতায় উঠে নিচে নামার ক্ষেত্রে সময় ও বেগের ছক নিম্নরূপঃ

| সময় (s) | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-------------------------|---|-----|------|------|------|----|
| বেগ (ms ⁻¹) | 0 | 9.8 | 19.6 | 29.4 | 39.2 | 49 |

[ময়মনসিংহ বোর্ড-২০২২]

(ক) দ্রুতি কাকে বলে?

(খ) সূর্যকে ঘিরে হ্যালির ধুমকেতুর গতি একটি পর্যায়বৃত্ত গতি-ব্যাখ্যা করো।

(গ) বলটি ভূ-পৃষ্ঠ হতে সর্বোচ্চ কত উচ্চতায় উঠেছিল নির্ণয় করো।

(ঘ) ত্বরণ-সময় লেখের সাহায্যে দেখাও যে, মাধ্যাকর্ষণজনিত ত্বরণ এর প্রভাবে বলটি নিচে পড়ার ক্ষেত্রে সমত্বরণের এক চমকপ্রদ উদাহরণ সৃষ্টি হয়েছে।

১৮ নং প্রশ্নের উত্তর

(ক) কোনো বস্তুর একক সময়ে যে কোনো দিকে অতিক্রান্ত দূরত্বকে দ্রুতি বলে।

(খ) কোনো গতিশীল বস্তুকণার গতি যদি এমন হয় যে, এটি এর গতিপথে কোনো নির্দিষ্ট বিন্দুকে নির্দিষ্ট সময় পরপর একই দিক থেকে অতিক্রম

করে, তাহলে সেই গতিকে পর্যায়বৃত্ত গতি বলে। হ্যালির ধুমকেতু সূর্যকে কেন্দ্র করে একই দিক থেকে প্রদক্ষিণ করে। অর্থাৎ হ্যালির ধুমকেতু একটি নির্দিষ্ট বিন্দুকে নির্দিষ্ট সময় পর পর একই দিক হতে অতিক্রম করে। তাই সূর্যের চারিদিকে হ্যালির ধুমকেতুর গতি পর্যায়বৃত্ত গতি।

(গ) আমরা জানি,

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

$$\text{বা, } 0^2 = (50)^2 - 2 \times 9.8 \times h.$$

$$\text{বা, } 0^2 = 2500 - 19.6h$$

$$\text{বা, } 19.6h = 2500$$

$$\text{বা, } h = \frac{2500}{19.6}$$

$$\therefore h = 127.55\text{m (Ans.)}$$

এখানে,
আদিবেগ,
 $u = 180 \text{ km/h}$
 $= \frac{180 \times 1000}{60 \times 60} \text{ ms}^{-1} = 50 \text{ ms}^{-1}$
অভিকর্ষজ ত্বরণ,
 $g = 9.8 \text{ ms}^{-2}$
সর্বোচ্চ উচ্চতায় বেগ,
 $v = 0 \text{ ms}^{-1}$
সর্বোচ্চ উচ্চতা, $h = ?$

(ঘ) প্রদত্ত বেগ সময় সারণিটি নিম্নরূপ:

| সময় t(s) | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-----------------------------|---|-----|------|------|------|----|
| বেগ v(ms ⁻¹) | 0 | 9.8 | 19.6 | 29.4 | 39.2 | 49 |

ছক থেকে পাই,

$$t = 0 \text{ s থেকে } t = 1 \text{ s এর ত্বরণ, } a_1 = \frac{v-u}{t} = \frac{9.8-0}{1} = 9.8 \text{ ms}^{-2}$$

$$t = 1 \text{ s থেকে } t = 2 \text{ s এর ত্বরণ, } a_2 = \frac{v-u}{t} = \frac{19.6-9.8}{1} = 9.8 \text{ ms}^{-2}$$

$$t = 2 \text{ s থেকে } t = 3 \text{ s এর ত্বরণ, } a_3 = \frac{v-u}{t} = \frac{29.4-19.6}{1} = 9.8 \text{ ms}^{-2}$$

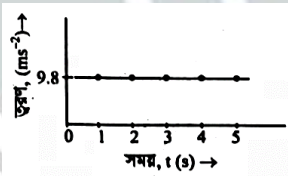
$$t = 3 \text{ s থেকে } t = 4 \text{ s এর ত্বরণ, } a_4 = \frac{v-u}{t} = \frac{39.2-29.4}{1} = 9.8 \text{ ms}^{-2}$$

$$t = 4 \text{ s থেকে } t = 5 \text{ s এর ত্বরণ, } a_5 = \frac{v-u}{t} = \frac{49-39.2}{1} = 9.8 \text{ ms}^{-2}$$

সুতরাং, ত্বরণ সময় সারণিটি হবে-

| সময় t(s) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| বেগ (ms ⁻¹) | 9.8 | 9.8 | 9.8 | 9.8 | 9.8 |

ত্বরণ সময় লেখচিত্রটি নিম্নরূপ:



দেখা যাচ্ছে, ত্বরণ-সময় লেখচিত্রটি একটি সরলরেখা যা সময় (t) অক্ষের সমান্তরাল। অর্থাৎ সময়ের সাথে ত্বরণের কোনো পরিবর্তন হয় না। অর্থাৎ বলটি সমত্বরণে গতিশীল যার মান 9.8 ms^{-2} ।

সুতরাং বলা যায়, মাধ্যাকর্ষণজনিত ত্বরণের প্রভাবে বলটি নিচে পড়ার ক্ষেত্রে সমত্বরণের চমকপ্রদ উদাহরণ সৃষ্টি হয়েছে।

১৯. একটি গাড়ির সময়ের সাথে প্রাপ্ত বেগের সারণি নিম্নরূপ:

| সময় (s) | 0 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 |
|----------------------------|---|----|----|----|----|-----|-----|
| বেগ (ms ⁻¹) | 0 | 4 | 8 | 12 | 12 | 6 | 0 |

[রাজশাহী বোর্ড-২০২২]

(ক) ঘূর্ণন গতি কাকে বলে?

(খ) শক্তির রূপান্তরের কারণে পরিবেশের উপর কিরূপ প্রভাব পড়ছে-ব্যাখ্যা করো।

(গ) গাড়িটি 1 মিনিট 20 সেকেন্ড কত দূরত্ব অতিক্রম করবে নির্ণয় করো।

(ঘ) উদ্দীপকের আলোকে গাড়িটির বেগ বনাম সময় লেখ আঁকন করে এর বিভিন্ন অংশে ত্বরণের পরিবর্তন বিশ্লেষণ করো।

১৯ নং প্রশ্নের উত্তর

(ক) কোনো একটি নির্দিষ্ট বিন্দু বা রেখাকে কেন্দ্র করে ঘূর্ণায়মান কোনো বস্তুর গতিকে ঘূর্ণন গতি বলে।

(খ) যা শক্তির রূপান্তরের কারণে পরিবেশের উপর এর বিরূপ প্রভাব পড়ছে। অনবায়নযোগ্য শক্তি যেমন ফসিল জ্বালানি বা তেল, গ্যাস এবং কয়লা ইত্যাদি পুড়িয়ে যখন তাপশক্তি উৎপন্ন হয়, তখন কার্বন-ডাই-অক্সাইড গ্যাস তৈরি হয়, যা একটি গ্রীনহাউস গ্যাস। এই গ্যাস তাপ ধরে রেখে বৈশ্বিক উষ্ণতা বাড়িয়ে দিচ্ছে, যা মেরু অঞ্চলের বরফ গলে সমুদ্রপৃষ্ঠের উচ্চতা বাড়িয়ে দেয়ার জন্য দায়ী। আবার নিউক্লিয়ার বিদ্যুৎ কেন্দ্রের বর্জ্য অত্যন্ত তেজস্ক্রিয়, যা পরিবেশের জন্য ঝুঁকিপূর্ণ। তুলনামূলকভাবে পরিবেশের উপর নবায়নযোগ্য শক্তির প্রভাব কম, তবে জলবিদ্যুতের জন্য যখন নদীতে বাঁধ দেয়া হয় তখন এক দিকের বিস্তীর্ণ অঞ্চল প্লাবিত হয়ে পরিবেশের ক্ষতি হতে পারে, অন্যদিকে পানির প্রবাহ কমে বাঁধের পরবর্তী এলাকায় খরার সৃষ্টি হতে পারে। তাই উপরোক্ত আলোচনা থেকে দেখা যায় যে, শক্তির রূপান্তরের কারণে পরিবেশের উপর বিরূপ প্রভাব পড়ছে।

(গ) প্রথম 60 s গাড়িটি সমত্বরণে চলার পর অতিক্রান্ত দূরত্ব,

$$s_1 = \frac{u+v}{2} \times t = \frac{0+12}{2} \times 60$$

$$= 360\text{m}$$

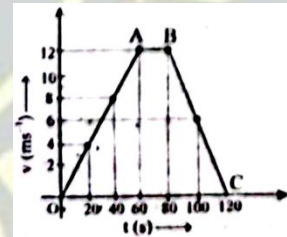
এখানে,
আদিবেগ, $u = 0 \text{ ms}^{-1}$
সময়, $t_1 = 60 \text{ s}$
 t_1 s পর বেগ, $v = 12 \text{ ms}^{-1}$

পরবর্তী $t_2 = 20 \text{ s}$ গাড়িটি $v = 12 \text{ ms}^{-1}$ সমবেগে চলার পর অতিক্রান্ত দূরত্ব, $s_2 = vt_2 = 12 \times 20 = 240 \text{ m}$

$$\therefore 80 \text{ y বা } 1 \text{ মিনিট } 20 \text{ s এ গাড়িটির মোট অতিক্রান্ত দূরত্ব, } s = s_1 + s_2$$

$$= 360 + 240 = 600 \text{ m (Ans.)}$$

(ঘ) উদ্দীপকের তথ্যের ভিত্তিতে বেগ সময় লেখচিত্র আঁকন করে এর বিভিন্ন অংশের ত্বরণের পরিবর্তন বিশ্লেষণ করা হলো।



লেখ হতে দেখা যায়, প্রথম 60 সেকেন্ডে গাড়িটির বেগ বনাম সময় লেখ OA মূলবিন্দুগামী সরলরেখা। অর্থাৎ এ সময় গাড়িটি সুস্থম ত্বরণে চলে। এ সময় ত্বরণের মান a_{OA} হলে,

$$a_{OA} = \frac{v_A - u}{t_{OA}}$$

$$\text{বা, } a_{OA} = \frac{12-0}{60}$$

$$\therefore a_{OA} = 0.2 \text{ ms}^{-2}$$

এখানে,
আদিবেগ, $u = 0 \text{ ms}^{-1}$
শেষবেগ, $v_A = 12 \text{ ms}^{-1}$
সময়, $t_{OA} = 60 \text{ s}$
ত্বরণ, $a_{OA} = ?$

পরবর্তী 60 s থেকে 80 s পর্যন্ত গাড়িটির বেগ বনাম সময় লেখ AB রেখা সময় অক্ষের সমান্তরাল হয়। অর্থাৎ এ সময় গাড়িটি সমবেগে চলে। ফলে এই 60 s গাড়িটির ত্বরণ শূন্য থাকে।

শেষ 80 s থেকে 120 s পর্যন্ত গাড়িটির বেগ বনাম সময় লেখ BC। এ সময় গাড়িটির বেগ হ্রাস পায়। অর্থাৎ শেষ 40 s গাড়িটির মন্দন হয়।

মন্দনের মান a_{BC} হলে,

$$a_{BC} = \frac{v_B - v_C}{t_{BC}}$$

$$\text{বা, } a_{BC} = \frac{12-0}{40}$$

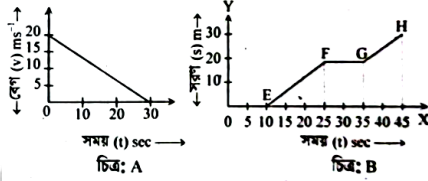
এখানে,
শেষবেগ, $v_C = 0 \text{ ms}^{-1}$

$\therefore a_{BC} = 0.3 \text{ ms}^{-2}$
সুতরাং, গাড়িটি প্রথম 60 s

আদিবেগ, $v_B = 12 \text{ ms}^{-1}$
সময়, $t_{BC} = (120 - 80) \text{ s}$
 $= 40 \text{ s}$
মন্দন, $a_{BC} = ?$

0.2 ms^{-2} সমত্বরণে চলে, পরবর্তী 20 s সমবেগে এবং শেষ 40 s সমমন্দনে চলার পর থেমে যায়।

২০. একটি সাইকেলের উপর বল প্রয়োগের প্রকৃতি দুইটি লেখচিত্রে দেখানো হলো:



[কুমিল্লা বোর্ড-২০২২]

- (ক) বেগ কাকে বলে?
(খ) সমবেগে হলেই সমদ্রুতি নিশ্চিত হয় কিন্তু সমদ্রুতি হলেই সমবেগ নিশ্চিত হয় না কেন- ব্যাখ্যা কর।
(গ) চিত্র A এর সাইকেলের অতিক্রান্ত দূরত্ব নির্ণয় করো।
(ঘ) চিত্র B এর লখচিত্র হতে সাইকেলের গতিকালে বেগের বিভিন্ন অবস্থা বিশ্লেষণ করো।

২০ নং প্রশ্নের উত্তর

- (ক) কোনো বস্তুর একক সময়ে নির্দিষ্ট দিকে অতিক্রান্ত দূরত্বকে বেগ বলে।
(খ) বেগ একটি ভেক্টর রাশি এবং দ্রুতি একটি স্কেলার রাশি। বেগের মান ও দিক দুইটিই রয়েছে, কিন্তু দ্রুতির শুধু মান রয়েছে। দ্রুতি মূলত বেগের মান। সমবেগ হলে বেগের মান ও দিক উভয়ই অপরিবর্তিত থাকবে। অর্থাৎ সমবেগ হলে সমদ্রুতি হতেই হবে। আবার বেগের মান অথবা দিক অথবা উভয়ই পরিবর্তিত হলে তা হয় অসমবেগ। বেগের মান, অপরিবর্তিত রেখে দিকের পরিবর্তনেও অসমবেগ হয়, অর্থাৎ এক্ষেত্রে সমদ্রুতি হয় কিন্তু সমবেগ হয় না।
তাই সমবেগ হলেই সমদ্রুতি নিশ্চিত হয় কিন্তু সমদ্রুতি হলেই সমবেগ নিশ্চিত হয় না।

- (গ) চিত্র-A এর সাইকেলের অতিক্রান্ত দূরত্ব,
s হলে, $s = \left(\frac{u+v}{2}\right)t$
 $= \left(\frac{20+0}{2}\right) \times 30$
 $= 300\text{m}$ (Ans.)

এখানে,
সময়, $t = 30 \text{ s}$
আদিবেগ, $u = 20 \text{ ms}^{-1}$
শেষ বেগ, $v = 0 \text{ ms}^{-1}$

- (ঘ) B- চিত্রে মূলবিন্দু থেকে E পর্যন্ত অংশে সময়ের সাথে গাড়িটির অবস্থান পরিবর্তিত হয় না। অর্থাৎ, প্রথম 10 s গাড়িটি স্থির থাকে। পরবর্তী 15 s অর্থাৎ EF অংশে গাড়িটির সরণ সময়ের সাথে সুসমভাবে বৃদ্ধি পায়। অতএব, EF অংশে গাড়িটি সমবেগে চলে।

এক্ষেত্রে, বেগের মান, $v = EF$ রেখার ঢাল

$$= \frac{(20-0)\text{m}}{(25-10)\text{s}}$$

$$= \frac{20\text{m}}{15\text{s}}$$

$$\therefore v = 1.33 \text{ m/s}$$

FG অংশে গাড়িটির অবস্থান সময়ের সাপেক্ষে স্থির থাকে। অর্থাৎ উক্ত সময়ের গাড়িটির বেগ, $v = 0 \text{ m/s}$

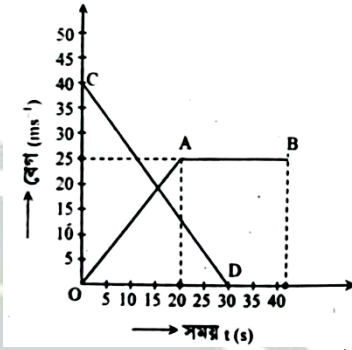
আবার, GH অংশে গাড়িটির সরণ সময়ের সাপেক্ষে সুসমভাবে বৃদ্ধি পা। অর্থাৎ উক্ত অংশে গাড়িটি সমবেগে প্রাণ্ড হয়।

$$\text{এক্ষেত্রে, বেগের মান, } v = GH \text{ রেখার ঢাল} = \frac{(30-20)}{(45-35)} = \frac{10}{10} = 1 \text{ m/s}$$

সুতরাং, গাণিতিক বিশ্লেষণে দেখা যায়, যে উদ্দীপকের B-লেখচিত্রে গাড়িটি মূল বিন্দু থেকে E পর্যন্ত অংশে 10 s যাবৎ স্থির ছিল, EF অংশে

15 s ধরে 1.33 m/s সমবেগে চলে, FG অংশে 10 s যাবৎ গাড়িটির বেগ শূন্য থাকে এবং GH অংশে 10 s ধরে আবার গাড়িটি 1 m/s সমবেগে চলে।

২১. বেগ-সময় লেখচিত্র প্রথম গাড়ির জন্য OAB এবং ২য় গাড়ির জন্য CD রেখা পাওয়া গেল।



[চট্টগ্রাম বোর্ড-২০২২]

- (ক) স্পন্দন গতি কাকে বলে?
(খ) 'এ মহাবিশ্বের সকল স্থিতিই আপেক্ষিক, সকল গতিই আপেক্ষিক'- ব্যাখ্যা করো।
(গ) প্রথম গাড়ির ত্বরণ নির্ণয় করো।
(ঘ) 30s পর গাড়ি দুইটির অতিক্রান্ত দূরত্ব তুলনা করে তোমার নিজস্ব মতামত দাও।

২১ নং প্রশ্নের উত্তর

- (ক) পর্যাবৃত্ত গতিসম্পন্ন কোনো বস্তু যদি পর্যায়কালের অর্ধেক সময় কোনো নির্দিষ্ট দিকে এবং বাকি অর্ধেক সময় একই পথে তার বিপরীত দিকে চলে তবে তার গতিকে স্পন্দন গতি বলে।
(খ) পরম স্থিতিশীল প্রসঙ্গ বস্তুর সাপেক্ষে কোনো বস্তুর স্থিতিকে পরম স্থিতি বলে এবং পরম স্থিতিশীল প্রসঙ্গ বস্তুর সাপেক্ষে কোনো বস্তুর গতিকে পরম গতি বলে। কিন্তু এ মহাবিশ্বের এমন কোনো প্রসঙ্গ বস্তু পাওয়া সম্ভব নয় যা প্রকৃতপক্ষে স্থির রয়েছে। কারণ পৃথিবী প্রতিনিয়ত সূর্যের চারদিকে ঘুরছে, সূর্য ও তার গ্রহ, উপগ্রহ নিয়ে ছায়াপথে ঘুরছে। কাজেই আমরা যখন কোনো বস্তুকে স্থিতিশীল বা গতিশীল বলি তা আমরা কোনো আপাত স্থিতিশীল বস্তুর সাপেক্ষে বলে থাকি। কাজেই আমরা বলতে পারি এ মহাবিশ্বের সকল স্থিতিই আপেক্ষিক, সকল গতিই আপেক্ষিক।

- (গ) ১ম 20 s এ প্রথম গাড়ির ত্বরণ,

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

$$\text{বা, } a = \frac{25-0}{20}$$

$$\therefore a = 1.25 \text{ ms}^{-2}$$

এখানে,
প্রথম গাড়ির গতির OA অংশের জন্য,
আদিবেগ, $u = 0 \text{ ms}^{-1}$
শেষ বেগ, $v = 25 \text{ ms}^{-1}$
সময়কাল, $t = 20 \text{ s}$
ত্বরণ, $a = ?$

পরবর্তী 20s প্রথম গাড়িটি সমবেগে চলে। তাই এই সময়কালে গাড়িটির ত্বরণ শূন্য।

সুতরাং গাড়িটির ত্বরণ 1.25 ms^{-2} (Ans.)

- (ঘ) 'গ' হতে প্রাপ্ত

১ম গাড়ির ক্ষেত্রে ১ম 20 s এ ত্বরণ,

$$a_1 = 1.25 \text{ ms}^{-2}$$

\therefore ১ম 20 s এ অতিক্রান্ত দূরত্ব,

$$s_1 = ut_1 + \frac{1}{2}a_1t_1^2$$

$$= 0 \times 20 + \frac{1}{2} \times 1.25 \times 20^2$$

$$\therefore s_1 = 250\text{m}$$

পরবর্তী 10 s সমবেগে চলার কারণে অতিক্রান্ত দূরত্ব,

$$s_2 = vt_2 = 25 \times 10 = 250 \text{ m}$$

এখানে,
আদিবেগ, $u = 0 \text{ ms}^{-1}$
20 s পর বেগ, $v = 25 \text{ ms}^{-1}$
সময়কাল, $t_1 = 20 \text{ s}$
 $t_2 = 10 \text{ s}$

∴ 30 s এ ১ম গাড়ির অতিক্রান্ত মোট দূরত্ব,
 $s = s_1 + s_2 = 250 + 250 = 500 \text{ m}$

২য় গাড়িটির ক্ষেত্রে,

$$\text{ত্বরণ, } a_2 = \frac{v_2 - u_2}{t}$$

$$\text{বা, } a_2 = \frac{0 - 40}{30}$$

$$\therefore a_2 = -1.33 \text{ ms}^{-2}$$

এখানে,

$$\text{আদিবেগ, } u_2 = 40 \text{ ms}^{-1}$$

$$\text{শেষ বেগ, } v_2 = 0 \text{ ms}^{-1}$$

$$\text{সময়, } t = 30 \text{ s}$$

$$\text{ত্বরণ, } a_2 = ?$$

$$\text{অতিক্রান্ত দূরত্ব, } s' = ?$$

আমরা জানি,

$$s' = u_2 t + \frac{1}{2} a_2 t^2$$

$$\text{বা, } s' = 40 \times 30 + \frac{1}{2} \times (-1.33) \times 30^2$$

$$\therefore s' = 601.5 \text{ m} > 500 \text{ m}$$

সুতরাং, 30 s এ ২য় গাড়িটি বেশি দূরত্ব অতিক্রম করবে।

২২.

| বেগ t (s) | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 |
|-----------------------|---|---|----|----|----|----|----|----|----|
| সময় | 0 | 5 | 10 | 15 | 15 | 15 | 10 | 5 | 0 |
| v (ms ⁻¹) | | | | | | | | | |

[সিলেট বোর্ড-২০২২]

(ক) সুসম বেগ কাকে বলে?

(খ) তোমার ওজন পৃথিবীর সকল দেশেই সমান হবে কি? ব্যাখ্যা করো।

(গ) উদ্দীপকের তথ্যের আলোকে প্রথম 6 s এ অতিক্রান্ত দূরত্ব নির্ণয় করো।

(ঘ) প্রদত্ত তথ্যের আলোকে লেখচিত্র অংকন করো এবং বিভিন্ন অংশের বেগের প্রকৃতি বিশ্লেষণ কর।

২২ নং প্রশ্নের উত্তর

(ক) যদি গতিশীল কোনো বস্তুর বেগের মান ও দিক সময়ের সাথে অপরিবর্তিত থাকে তাহলে সেই বস্তুর বেগকে সুসম বেগ বলে।

(খ) পৃথিবীর সকল দেশেই আমার ওজন সমান হবে না। আমরা জানি, ওজন $W = mg$, এখানে, m = বস্তুর ভর এবং g = অভিকর্ষজ ত্বরণ। বস্তুর ভর একটি ধ্রুব রাশি; সুতরাং কোনো স্থানে বস্তুর ওজন ঐ স্থানের অভিকর্ষজ ত্বরণের উপর নির্ভরশীল। আবার $g = \frac{GM}{R^2}$ সমীকরণে G এবং M ধ্রুব রাশি অর্থাৎ g এর মান ভূ-কেন্দ্র হতে ঐ স্থানের দূরত্বের উপর নির্ভর করে। যেহেতু পৃথিবী সুসম গোলাকৃতির নয়, এ কারণে স্থানভেদে R এর মানের পরিবর্তন হয়। সুতরাং বলা যায় ভূ-পৃষ্ঠের কোন একটি স্থানে g এর মান নির্দিষ্ট কিন্তু স্থানভেদে এর পরিবর্তন ঘটে। অর্থাৎ পৃথিবীর সব দেশে g এর মান অভিন্ন না হওয়ায় আমার ওজন সমান হবে না।

(গ) প্রথম 6 s পর শেষবেগ, $v = 15 \text{ ms}^{-1}$

প্রথম 6 সেকেন্ডে অতিক্রান্ত দূরত্ব,

$$s \text{ হলে, } s = \left(\frac{u+v}{2} \right) t$$

$$= \left(\frac{0+15}{2} \right) \times 6$$

$$= 45 \text{ m} \quad (\text{Ans.})$$

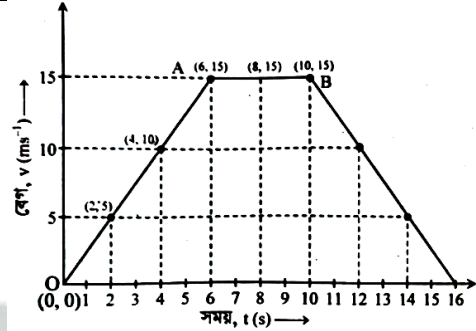
এখানে,

$$\text{সময়, } t = 6 \text{ s}$$

$$\text{আদিবেগ, } u = 0 \text{ ms}^{-1}$$

$$6 \text{ s পরে বেগ, } v = 15 \text{ ms}^{-1}$$

(ঘ) প্রদত্ত তথ্যের আলোকে উল্লিখিত বেগ-সময় লেখচিত্র নিম্নরূপ:



লেখচিত্র হতে দেখা যাচ্ছে OA অংশে বেগ শূন্য হতে বৃদ্ধি পেয়ে 6 সেকেন্ডে 15 ms^{-1} হয়েছে।

$$\therefore \text{OA অংশে ত্বরণ } a_{OA} = \frac{15-0}{6-0}$$

$$= 2.5 \text{ ms}^{-2}$$

অর্থাৎ এই অংশে 2.5 ms^{-2} সমত্বরণে যায়। A হতে B অংশে বেগের পরিবর্তন হয়নি। অর্থাৎ 6 হতে 10 সেকেন্ড পর্যন্ত সমবেগে যায়।

অর্থাৎ ত্বরণ শূন্য।

BC অংশে বেগ 15 ms^{-1} হতে হ্রাস পেয়ে শূন্য হয়।

BC অংশে মন্দন,

$$a_{BC} = \frac{15-0}{16-10}$$

$$= 2.5 \text{ ms}^{-2}$$

অর্থাৎ লেখচিত্র অনুযায়ী OA অংশে 2.5 ms^{-2} সমত্বরণে যায় এবং AB অংশে সমবেগে এবং BC অংশে 2.5 ms^{-2} সমমন্দনে যায়।

২৩. একজন অন্ধ ব্যক্তি রাস্তা ক্রস করার জন্য ফুটপাথে দাঁড়িয়েছিলো। একটি গাড়ি 36 kmh^{-1} সমবেগে আসতে দেখে, চায়ের দোকানে দাঁড়িয়ে থাকা শফিক 80 মিটার দূর থেকে 2 ms^{-2} ত্বরণে দৌড় দিয়ে অন্ধ ব্যক্তিকে ধরতে যায়। উক্ত সময়ের মধ্যে অন্ধ ব্যক্তি শফিকের থেকে আরও 1 মিটার সরে গেছে।

[যশোর বোর্ড-২০২২]

(ক) স্কেলার রাশি কাকে বলে?

(খ) উপরের দিকে নিষ্ফিণ্ড কোনো তিলের উত্থান ও পতনের সময় সমান কেন? ব্যাখ্যা করো।

(গ) গাড়িটি 10 মিটার যেতে কত সময় লাগবে? নির্ণয় করো।

(ঘ) অন্ধ ব্যক্তি থেকে গাড়িটি 100 মিটার দূরে থাকলে শফিক গাড়িটি আসার পূর্বে অন্ধ ব্যক্তির কাছে পৌঁছাবে কিনা? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো।

২৩ নং প্রশ্নের উত্তর

(ক) যে সকল ভৌত রাশিকে শুধু মান দ্বারা সম্পূর্ণরূপে প্রকাশ করা যায়, দিক নির্দেশের প্রয়োজন হয় না তাকে স্কেলার রাশি বলে।

(খ) একটি বস্তুকে u আদিবেগে উপরের দিকে নিক্ষেপ করা হলে এটি যতই উপরে উঠতে থাকে, অভিকর্ষজ ত্বরণ g বেগের বিপরীত দিকে কাজ করায় বস্তুর বেগ ক্রমশ কমতে থাকে এবং সর্বোচ্চ উচ্চতায় এর বেগ শূন্য হয়। এর পর বস্তুটি আবার নিচের দিকে পড়তে থাকে এবং অভিকর্ষ বলের প্রভাবে এর বেগ ক্রমশ বাড়তে থাকে। এখন নিষ্ফিণ্ড বস্তুর আদিবেগ u , সর্বোচ্চ উচ্চতা H এবং সর্বোচ্চ উচ্চতায় বেগ v হলে,

$$v^2 = u^2 - 2gH$$

$$\text{বা, } u^2 = 2gH$$

$$\text{বা, } H = \frac{u^2}{2g} \dots \dots \dots (i)$$

আবার, সর্বোচ্চ উচ্চতায় $u' = 0$ এবং মাটিতে পড়ার মুহূর্তে বেগ v' হলে,

$$v'^2 = u'^2 + 2gH$$

$$\text{বা, } u'^2 = 2gH$$

$$\text{বা, } H = \frac{u'^2}{2g} \dots \dots \dots (ii)$$

সমীকরণ (i) এবং (ii) থেকে পাই, $u^2 = v'^2$ বা, $u = v'$

নিষ্ফিণ্ড ঢিলের উত্থানকাল, t_1 হলে,

$$v = u - gt_1$$

$$\text{বা, } 0 = u - gt_1$$

$$\therefore t_1 = \frac{u}{g}$$

$$\text{অনুরূপভাবে, পতনকাল } t_2 \text{ হলে, } t_2 = \frac{v'}{g}$$

নিষ্ফিপের মুহূর্তে বেগ, u এবং ভূমিতে পড়ার শেষ মুহূর্তে বেগ v সমান বলে উত্থানকাল, $t_1 =$ পতনকাল, t_2 । শক্তির সংরক্ষণশীলতার নীতি অনুসারে, যে গতিশক্তিতে ঢিলটিকে নিষ্ফিপ করা হয়েছে, সর্বোচ্চ উচ্চতায় সেটি সম্পূর্ণরূপে বিভবশক্তিতে পরিণত হয় এবং পতনের সময় সেটি আবার সম্পূর্ণরূপে সমপরিমাণ গতিশক্তিতে পরিণত হয়। যেহেতু বাধাহীন পথে শক্তির কোনো অপচয় হয় না, তাই উপরের দিকে নিষ্ফিণ্ড কোনো ঢিলের উত্থান ও পতনের সময় সমান।

(গ) আমরা জানি,

v সমবেগে অতিক্রান্ত দূরত্ব,

$$s = vt$$

$$\text{বা, } t = \frac{s}{v} = \frac{10}{10} =$$

$$1s(\text{Ans.})$$

এখানে,

গাড়ির গতিবেগ,

$$v = 36 \text{ kmh}^{-1}$$

$$= \frac{36 \times 1000}{60 \times 60} = 10 \text{ ms}^{-1}$$

দূরত্ব, $s = 10 \text{ m}$

সময়, $t = ?$

(ঘ) অন্ধ ব্যক্তির কাছে গাড়িটি আসার প্রয়োজনীয় সময়,

$$t_1 = \frac{s_1}{v_1} = \frac{100}{10} = 10s$$

অন্ধ ব্যক্তির কাছে পৌঁছানোর মুহূর্তে

শফিকের গতিবেগ v_2 হলে,

$$v_2^2 = u^2 + 2as_2$$

$$\text{বা, } v_2^2 = 2 \times 2 \times 81 =$$

$$324$$

$$\therefore v_2 = 18 \text{ ms}^{-1}$$

এখানে,

গাড়ির গতিবেগ,

$$v = 36 \text{ kmh}^{-1}$$

$$= \frac{36 \times 1000}{60 \times 60} = 10 \text{ ms}^{-1}$$

অন্ধ ব্যক্তি ও গাড়ির মধ্যকার দূরত্ব,

$$s_1 = 100 \text{ m}$$

অন্ধ ব্যক্তি ও শফিকের মধ্যবর্তী

$$\text{দূরত্ব, } s_2 = (80 + 1) \text{ m} =$$

$$81 \text{ m}$$

শফিকের আদিবেগ,

$$u = 0 \text{ ms}^{-1}$$

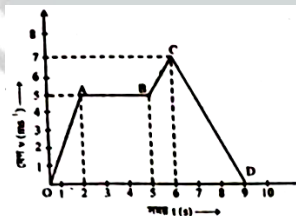
শফিকের ত্বরণ, $a = 2 \text{ ms}^{-2}$

সুতরাং, শফিকের পৌঁছাতে প্রয়োজনীয় সময়,

$$t_2 = \frac{v_2 - u}{a} = \frac{18}{2} = 9s$$

$\therefore t_2 < t_1$, সুতরাং শফিক গাড়িটি আসার পূর্বে অন্ধ ব্যক্তির কাছে পৌঁছাবে।

২৪.



[ঢাকা বোর্ড-২০২১]

(ক) চলন গতি কাকে বলে?

(খ) সম আয়তনে তুলা ও পাথর বাতাসে কোনো উচ্চস্থান থেকে একই সময় ছেড়ে দিলে কোনটি আগে মাটি স্পর্শ করবে? ব্যাখ্যা করো।

(গ) বস্তুর প্রথম 5 s এ অতিক্রান্ত দূরত্ব নির্ণয় করো।

(ঘ) উপরের গ্রাফ থেকে একটি ত্বরণ-সময় লেখচিত্র অঙ্কন করো। গ্রাফের প্রতিটি অংশ ব্যাখ্যা করো।

২৪ নং প্রশ্নের উত্তর

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

(খ) সমআয়তনের তুলা ও পাথর বাতাসে কোনো উচ্চস্থান থেকে একই সময় ছেড়ে দিলে পাথরটি আগে মাটি স্পর্শ করবে।

গ্যালিলিওর পড়ন্ত বস্তুর সূত্রানুসারে, বিনা বাধায় সকল পড়ন্ত বস্তু সমান সময়ে সমান পথ অতিক্রম করবে। কিন্তু সমআয়তনের তুলা ও পাথর পতনের ক্ষেত্রে বাতাসের বাধা ত্রিযাশীল। এখানে, বস্তুদ্বয়ের আয়তন একই হওয়ায় বাতাসে সমপরিমাণ বাধা পাবে। কিন্তু তুলার ভর কম হওয়ায় পাথরের তুলনায় এর ত্বরণ, বেশি হ্রাস পাবে। ফলে পাথরের কার্যকর ত্বরণ বেশি হবে, তাই পাথর আগে ভূমিতে পড়বে।

(গ) বস্তুটি প্রথম 2 s সমত্বরণে এবং পরের 3 s সমবেগে চলে।

প্রথম 2 s এ বস্তুর ত্বরণ,

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

$$= \frac{5-0}{2}$$

$$= 2.5 \text{ ms}^{-2}$$

এখানে,

সমত্বরণের ক্ষেত্রে,

বস্তুর আদিবেগ, $u =$

$$0 \text{ ms}^{-1}$$

সময়, $t_1 = 2s$

শেষবেগ, $v = 5 \text{ ms}^{-1}$

অতিক্রান্ত দূরত্ব, $s_1 = ?$

$$s_1 = ut_1 + \frac{1}{2}at_1^2 = 0 \times 2 + \frac{1}{2} \times 2.5 \times (2)^2 = 5 \text{ m}$$

আবার,

$$s_2 = vt_2$$

$$= 5 \times 3 = 15 \text{ m}$$

\therefore প্রথম 5 s এ মোট অতিক্রান্ত

দূরত্ব

$$s = 5 + 15 = 20 \text{ m} \quad (\text{Ans.})$$

(ঘ) উদ্দীপকে গ্রাফ থেকে ত্বরণ-সময় লেখচিত্র অঙ্কন করা হলো:

OA অংশে

$$\text{ত্বরণ, } a_1 = \left(\frac{v_1 - u_1}{t_1} \right)$$

$$\text{বা, } a_1 = \frac{5-0}{2}$$

$$\therefore a_1 = 2.5 \text{ ms}^{-2}$$

এখানে,

আদিবেগ, $u_1 = 0 \text{ ms}^{-1}$

শেষবেগ, $v_1 = 5 \text{ ms}^{-1}$

সময়, $t_1 = 2 \text{ s}$

ত্বরণ, $a_1 = ?$

AB অংশে $t_2 = 3 \text{ s}$ বেগের পরিবর্তন না হওয়ায় ত্বরণ, $a_2 = 0 \text{ ms}^{-2}$

BC অংশে,

$$\text{ত্বরণ, } a_3 = \frac{v_2 - v_1}{t_3}$$

$$\text{বা, } a_3 = \frac{7-5}{1}$$

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

এখানে,

আদিবেগ, $v_1 = 5 \text{ ms}^{-1}$

শেষবেগ, $v_2 = 7 \text{ ms}^{-1}$

সময়, $t_3 = 6 - 5 = 1 \text{ s}$

ত্বরণ, $a_3 = ?$

আবার, CD অংশে,

$$\text{ত্বরণ, } a_4 = \frac{v_3 - v_2}{t_4}$$

$$\text{বা, } a_4 = \frac{0-7}{3}$$

$$\therefore a_4 = 2.33 \text{ ms}^{-2}$$

এখানে,

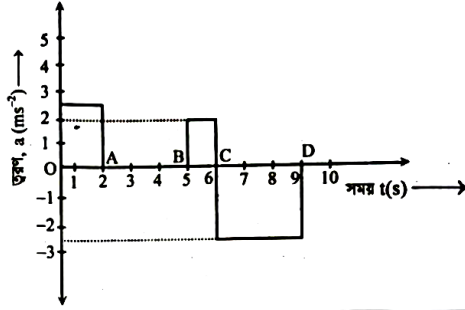
আদিবেগ, $v_2 = 7 \text{ ms}^{-1}$

শেষবেগ, $v_3 = 0 \text{ ms}^{-1}$

সময়, $t_4 = 9 - 6 = 3 \text{ s}$

ত্বরণ, $a_4 = ?$

উদ্দীপকের গ্রাফ অনুযায়ী ত্বরণ-সময় লেখচিত্র নিম্নরূপ:



অর্থাৎ, বস্তুটি O হতে A পর্যন্ত 2.5 ms^{-2} সমত্বরণে, A হতে B পর্যন্ত শূন্য ত্বরণে, B হতে C পর্যন্ত 2 ms^{-2} ত্বরণে এবং C হতে D পর্যন্ত 2.33 ms^{-2} সমমন্দনে চলে থেমে যায়।

২৫. নিচে একটি গাড়ির বেগ, সময় তথ্য দেওয়া হলো:

| বেগ (s) | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 |
|---------------------------|---|---|----|----|----|----|----|----|----|
| সময় (ms^{-1}) | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 20 | 20 | 15 | 10 |

[ঢাকা বোর্ড-২০২১]

- (ক) পড়ন্ত বস্তুর দ্বিতীয় সূত্রটি লিখ।
 (খ) 'সকল সরল স্পন্দন গতি পর্যায়বৃত্ত গতি, কিন্তু সকল পর্যায়বৃত্ত গতি সরল-স্পন্দন গতি নয়'-ব্যাখ্যা করো।
 (গ) উদ্দীপকের আলোকে বগ-সময় লেখচিত্র অঙ্কন করো।
 (ঘ) গাড়িটির সম্পূর্ণ অতিক্রান্ত দূরত্ব নির্ণয় করো। সম্পূর্ণ গতিপথে গাড়িটি কতবার দিক পরিবর্তন করে-উদ্দীপকের আলোকে ব্যাখ্যা করো।

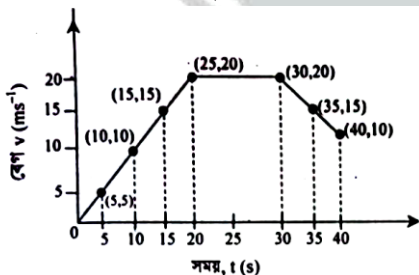
২৫ নং প্রশ্নের উত্তর

- (ক) স্থির অবস্থান থেকে বিনা বাধায় পড়ন্ত বস্তুর নির্দিষ্ট সময়ে (t) প্রাপ্ত বেগ (v) এর সময়ের সমানুপাতিক অর্থাৎ $v \propto t$ ।
 (খ) কোনো গতিশীল বস্তুকণার গতি যদি এমন হয় যে, এটি এর গতিপথের কোনো নির্দিষ্ট বিন্দুকে নির্দিষ্ট সময় পরপর একই দিক থেকে অতিক্রম করে তবে সেই গতিকে পর্যায়বৃত্ত গতি বলে। অপরদিকে কোনো পর্যায়বৃত্ত গতিসম্পন্ন বস্তু যদি পর্যায়কালের অর্ধেক সময় কোনো নির্দিষ্ট দিকে এবং বাকি অর্ধেক সময় বিপরীত দিকে চলে তবে বস্তুর এরূপ গতিককে সরল স্পন্দন গতি বলে। অর্থাৎ স্পন্দন গতিতেও বস্তুটি কোনো নির্দিষ্ট বিন্দুকে নির্দিষ্ট সময় পরপরই অতিক্রম করেছে যা পর্যায়বৃত্ত গতির অনুরূপ। অতএব, স্পন্দন গতি হলো বিশেষ ধরনের পর্যায়বৃত্ত গতি। তাই সকল সরল-স্পন্দন গতি পর্যায়বৃত্ত গতি কিন্তু সকল পর্যায়বৃত্ত গতি সরল-স্পন্দন গতি নয়।

- (গ) উদ্দীপকের তথ্য সারণি হতে প্রাপ্ত সেকেন্ড এককে সময়, $t = 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35$ এবং 40

X অক্ষে এবং মিটার/ সেকেন্ড এককে বেগ, $v = 0, 5, 10, 15, 20, 20, 15$ এবং 10

Y অক্ষে বসিয়ে নিম্নোক্ত বেগ-সময় লেখচিত্র অঙ্কন করা হলো—



- (ঘ) গাড়িটি প্রথম 20 s সমত্বরণে যায়,

$$s_1 = \left(\frac{u+v_1}{2} \right) t_1$$

$$\text{বা, } s_1 = \left(\frac{0+20}{2} \right) \times 20$$

$$\therefore s_1 = 200\text{m}$$

এখানে,
 আদিবেগ, $u = 0 \text{ ms}^{-1}$
 শেষবেগ, $v_1 = 20 \text{ ms}^{-1}$
 সময়, $t_1 = 20 \text{ s}$
 প্রথম 20 s এ অতিক্রান্ত দূরত্ব,

$$s_1 = ?$$

20 s হতে 30 s পর্যন্ত সমবেগে যায়,

\therefore অতিক্রান্ত দূরত্ব,

$$s_2 = v_1 t_2$$

$$\text{বা, } s_2 = 20 \times 10$$

$$\therefore s_2 = 200\text{m}$$

এখানে,

$$\text{আদিবেগ, } v_1 = 20 \text{ ms}^{-1}$$

$$\text{সময়, } t_2 = 30 - 20 = 10 \text{ s}$$

অতিক্রান্ত দূরত্ব, $s_2 = ?$

30 s হতে 40 s পর্যন্ত সমবেগে যায়,

\therefore অতিক্রান্ত দূরত্ব,

$$s_3 = \left(\frac{v_1+v_2}{2} \right) t_3$$

$$\text{বা, } s_3 = \left(\frac{20+10}{2} \right) \times 10$$

$$\therefore s_3 = 150 \text{ m}$$

এখানে,

$$\text{আদিবেগ, } v_1 = 20 \text{ ms}^{-1}$$

$$\text{শেষবেগ, } v_2 = 10 \text{ ms}^{-1}$$

$$\text{সময়, } t_3 = 40 - 30 = 10 \text{ s}$$

অতিক্রান্ত দূরত্ব, $s_3 = ?$

\therefore গাড়িটির সম্পূর্ণ অতিক্রান্ত দূরত্ব,

$$= s_1 + s_2 + s_3$$

$$= 200 + 200 + 150 = 550 \text{ m}$$

সম্পূর্ণ গতিপথে গাড়িটির দিক পরিবর্তন অস্পষ্ট তবে গতি তিনবার পরিবর্তন হয়। প্রথমে সমত্বরণে চলে তারপর সমবেগে এবং শেষে সমমন্দনে চলে।

২৬. একটি গতিশীল মোটর সাইকেলের বেগ ও সময়ের সারণি নিম্নরূপঃ

| বেগ (ms^{-1}) | 2 | 4 | 6 | 6 | 3 |
|--------------------------|---|----|----|----|----|
| সময় (s) | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 |

[ময়মনসিংহ বোর্ড-২০২১]

- (ক) পর্যায়বৃত্ত গতি কাকে বলে?

- (খ) দ্রুতির পরিবর্তন হলেও বেগের পরিবর্তন নাও হতে পারে-ব্যাখ্যা করো।

- (গ) মোটর সাইকেলের 15 সেকেন্ডে অতিক্রান্ত দূরত্ব নির্ণয় করো।

- (ঘ) উদ্দীপকের তথ্যের আলোকে লেখচিত্র অঙ্কন করে এর ত্বরণ বিশ্লেষণ করো।

২৬ নং প্রশ্নের উত্তর

- (ক) কোনো গতিশীল বস্তুর গতি যদি এমন হয় যে, এটি এর গতিপথের কোনো বিন্দুকে নির্দিষ্ট সময় পর পর একই দিক থেকে অতিক্রম করে তবে সেই বস্তুর গতিই পর্যায়বৃত্ত গতি।

- (খ) “দ্রুতির পরিবর্তন হলেও বেগের পরিবর্তন নাও হতে পারে” -উক্তিটি যথার্থ নয়। কারণ বেগ একটি ভেক্টর রাশি। এর মান ও দিক উভয়ই আছে। মান অথবা দিক অথবা উভয়ের পরিবর্তনে বেগের পরিবর্তন হয়। যেহেতু বেগের মানই দ্রুতি, অতএব, দ্রুতির পরিবর্তন হলে অবশ্যই বেগের মান তথা বেগের পরিবর্তন হবে।

- (গ) 1ম 20 সেকেন্ড মোটর সাইকেলটি a ত্বরণে চলে

আমরা জানি,

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

$$\text{বা, } a = \frac{6-2}{20}$$

$$\therefore a = 0.2 \text{ ms}^{-2}$$

এখানে,

$$\text{আদিবেগ, } u = 2 \text{ ms}^{-1}$$

$$\text{সময়, } t = 20 \text{ s}$$

$$\text{শেষবেগ, } v = 6 \text{ ms}^{-1}$$

$$\text{ত্বরণ, } a = ?$$

$$t_1 = 15 \text{ সেকেন্ডে অতিক্রান্ত দূরত্ব, } s = ?$$

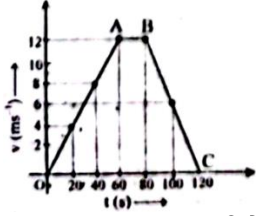
এখন,

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

$$\text{বা, } s = 2 \times 15 + \frac{1}{2} \times 0.2 \times 15^2$$

$$\therefore s = 52.5 \text{ m} \quad (\text{Ans.})$$

(ঘ) উদ্দীপকের তথ্যের ভিত্তিতে বেগ সময় লেখচিত্র অঙ্কন করে এর বিভিন্ন অংশের ত্বরণের পরিবর্তন বিশ্লেষণ করা হলো।



লেখ হতে দেখা যায়, প্রথম 60 সেকেন্ডে গাড়িটির বেগ বনাম সময় লেখ OA মূলবিন্দুগামী সরলরেখা। অর্থাৎ এ সময় গাড়িটি সুসম ত্বরণে চলে। এ সময় ত্বরণের মান a_{OA} হলে,

$$a_{OA} = \frac{v_A - u}{t_{OA} - 0}$$

$$\text{বা, } a_{OA} = \frac{12 - 0}{60}$$

$$\therefore a_{OA} = 0.2 \text{ ms}^{-2}$$

এখানে,
আদিবেগ, $u = 0 \text{ ms}^{-1}$
শেষবেগ, $v_A = 12 \text{ ms}^{-1}$
সময়, $t_{OA} = 60 \text{ s}$
ত্বরণ, $a_{OA} = ?$

পরবর্তী 60 s থেকে 80 s পর্যন্ত গাড়িটির বেগ বনাম সময় লেখ AB রেখা সময় অক্ষের সমান্তরাল হয়। অর্থাৎ এ সময় গাড়িটি সমবেগে চলে। ফলে এই 60 s গাড়িটির ত্বরণ শূন্য থাকে।

শেষ 80 s থেকে 120 s পর্যন্ত গাড়িটির বেগ বনাম সময় লেখ BC। এ সময় গাড়িটির বেগ হ্রাস পায়। অর্থাৎ শেষ 40 s গাড়িটির মন্দন হয়। মন্দনের মান a_{BC} হলে,

$$a_{BC} = \frac{v_B - v_C}{t_{BC} - 0}$$

$$\text{বা, } a_{BC} = \frac{12 - 0}{40}$$

$$\therefore a_{BC} = 0.3 \text{ ms}^{-2}$$

সুতরাং, গাড়িটি প্রথম 60 s

এখানে,
শেষবেগ, $v_C = 0 \text{ ms}^{-1}$
আদিবেগ, $v_B = 12 \text{ ms}^{-1}$
সময়, $t_{BC} = (120 - 80) \text{ s}$
 $= 40 \text{ s}$
মন্দন, $a_{BC} = ?$

0.2 ms^{-2} সমত্বরণে চলে, পরবর্তী 20 s সমবেগে এবং শেষ 40 s সমমন্দনে চলার পর থেমে যায়।

প্রথম 20 s এ ত্বরণ 0.2 ms^{-2} ; পরবর্তী 10 s এ ত্বরণ শূন্য, শেষ 10 s এ মন্দন 0.3 ms^{-2} ।

২৭. 200 g ভরের একটি ক্রিকেট বলকে 40 ms^{-1} বেগে খাড়া উপরের দিকে নিক্ষেপ করা হলো। ঠিক ঐ মুহুর্তে 2 kg ভরের একটি অপর একটি বস্তুকে 150 m উঁচু স্থান থেকে ফেলা দেয়া হলো।

[ময়মনসিংহ বোর্ড-২০২১]

(ক) মন্দন কাকে বলে?

(খ) স্পন্দন গতি এক ধরনের পর্যায়বৃত্ত গতি-ব্যাখ্যা করো।

(গ) ক্রিকেট বলটির বিচরণকাল নির্ণয় করো।

(ঘ) ভূ-পৃষ্ঠ হতে কত উচ্চতায় বস্তু দুটি মিলিত হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো।

২৭ নং প্রশ্নের উত্তর

(ক) সময়ের সাথে বস্তুর বেগ হ্রাসের হারকে মন্দন বলে।

(খ) কোনো বস্তুর গতি যদি এমন হয় যে, এটি এর গতিপথের যেকোনো নির্দিষ্ট বিন্দুকে নির্দিষ্ট সময় পর পর একই দিক থেকে অতিক্রম করে তবে বস্তুর এরূপ গতিকে পর্যায়বৃত্ত গতি বলে। আবার, পর্যায়বৃত্ত গতিসম্পন্ন কোনো বস্তুকণা যদি এর গতিপথের অর্ধেক সময় একদিকে চলে এবং বাকি অর্ধেক সময় তার বিপরীত দিকে চলে তবে তাকে স্পন্দন গতি বলে। অর্থাৎ পর্যায়বৃত্ত গতিসম্পন্ন বস্তু যদি পর্যায়কালের অর্ধেক সময় একদিকে এবং বাকি অর্ধেক সময় তার বিপরীত দিকে চলে, তবে এরূপ সরলরৈখিক পর্যায়বৃত্ত গতিই হবে স্পন্দন গতি। সুতরাং স্পন্দন গতি এক ধরনের পর্যায়বৃত্ত গতি।

(গ) আমরা জানি,

$$v = u - gt$$

$$\text{বা, } 0 = 40 - 9.8t$$

$$\text{বা, } 9.8t = 40$$

$$\text{বা, } t = \frac{40}{9.8}$$

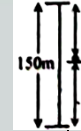
$$\therefore t = 4.08 \text{ s}$$

এখানে,
আদিবেগ, $u = 40 \text{ ms}^{-1}$
অতিকর্ষজ ত্বরণ,
 $g = 9.8 \text{ ms}^{-2}$
সর্বোচ্চ উচ্চতায় বেগ,
 $v = 0 \text{ ms}^{-1}$
সর্বোচ্চ উচ্চতায় উঠতে সময়,
 $t = ?$
বিচরণকাল, $T = ?$

$$\therefore \text{বিচরণকাল, } T = 2t = 2 \times 4.08 = 8.16 \text{ s} \quad (\text{Ans.})$$

(ঘ) মনে করি, ক্রিকেট বলকে খাড়া উপরের দিকে নিক্ষেপ করার t s পর ভূমি থেকে x m উচ্চতায় বস্তু দুটি মিলিত হবে।

ক্রিকেট বলের ক্ষেত্রে,



$$h_1 = u_1 t - \frac{1}{2} g t^2$$

$$\text{বা, } x = 40t - \frac{1}{2} \times 9.8 \times t^2$$

$$\therefore x = 40t - 4.9t^2 \dots\dots (i)$$

এখানে,
আদিবেগ, $u_1 = 40 \text{ ms}^{-1}$
অতিকর্ষজ ত্বরণ,
 $g = 9.8 \text{ ms}^{-2}$
উচ্চতায়, $h_1 = x$

150 m উঁচু স্থান থেকে ফেলে দেওয়া বস্তুর ক্ষেত্রে,

$$h_2 = u_2 t - \frac{1}{2} g t^2$$

$$\text{বা, } 150 - x = 0 + \frac{1}{2} \times 9.8 t^2$$

$$\text{বা, } 150 - x = 4.9t^2 \dots\dots\dots (ii)$$

এখানে,
আদিবেগ, $u_2 = 40$
উচ্চতা, $h_2 = (150 - x) \text{ m}$

(i) ও (ii) নং সমীকরণ যোগ করে পাই-

$$40t = 150 \quad \text{বা, } t = \frac{150}{40}$$

$$\therefore t = 3.75 \text{ s}$$

t এর মান (i) নং এ বসিয়ে পাই,

$$x = 40 \times 3.75 - 4.9 \times (3.75)^2$$

$$= 81.09 \text{ m}$$

\therefore ভূ-পৃষ্ঠ হতে 81.09 m উচ্চতায় বস্তু দুটি মিলিত হবে।

২৮. ফাহিমের বাসা থেকে বিদ্যালয়ের দূরত্ব 1.8 km। সে স্থির অবস্থান হতে সাইকেল চালিয়ে বিদ্যালয়ে যাওয়ার সময় প্রথম 20 সেকেন্ডে 0.5 ms^{-2} সুসম ত্বরণে, পরবর্তী 2.5 মিনিট সমবেগে এবং শেষ 40 সেকেন্ড সুসম মন্দনে চলে স্থির হয়।

[রাজশাহী বোর্ড-২০২১]

(ক) ভার্নিয়ার প্রবক কী?

(খ) স্ক্রু গেজের ন্যূনাক্ষ 0.02 mm বলতে কী বোঝায়?

(গ) প্রথম 1 মিনিটে ফাহিম কতটুকু দূরত্ব অতিক্রম করবে?

(ঘ) উদ্দীপকে উল্লেখিত সময়ের মধ্যে ফাহিম বিদ্যালয়ে পৌছতে পারবে কি? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে মতামত দাও।

২৮ নং প্রশ্নের উত্তর

(ক) মূল স্কেলের ক্ষুদ্রতম এক ভাগের চেয়ে ভার্নিয়ার স্কেলের ক্ষুদ্রতম এক ভাগ যতটুকু ক্ষুদ্রতর সেই পরিমাণই দৈর্ঘ্য পরিমাপক যন্ত্রের ভার্নিয়ার প্রবক।

(খ) স্ক্রু-গেজের বৃত্তাকার স্কেলের ক্ষুদ্রতম এক ভাগ ঘুরালে এর প্রান্ত বা বৃত্তাকার স্কেলটি রৈখিক স্কেল বরাবর যতটুকু সরে আসে তাকে স্ক্রু-গেজের ন্যূনাক্ষ বলে।

$$\text{ন্যূনাক্ষ} = \frac{\text{বৃত্তাকার স্কেল 1 বার ঘুরালে মূল স্কেলের অতিক্রান্ত দূরত্ব}}{\text{বৃত্তাকার স্কেলের ভাগ সংখ্যা}}$$

স্ক্রু-গেজের ন্যূনাক্ষ 0.02 mm বলতে বুঝায়, বৃত্তাকার স্কেলের ক্ষুদ্রতম এক ভাগ ঘুরালে বৃত্তাকার স্কেলটি রৈখিক স্কেল বরাবর 0.02 mm দূরত্ব অতিক্রম করে এবং এটি দ্বারা সর্বনিম্ন 0.02 mm পর্যন্ত নির্ভুলভাবে

মাপা যাবে। যেহেতু স্ক্রু-গেজে বৃত্তাকার স্কেল। বার ঘুরালে মূল স্কেলে 1 mm দূরত্ব অগ্রসর হয়, অতএব, 0.02 mm ন্যূনাক্ষের ক্ষেত্রে এই স্কেলটির ভাগসংখ্যা $\frac{1\text{mm}}{0.02\text{mm}} = 50$ ।

(গ) প্রথম 20 sec সুযম ত্বরণে যাওয়ায় সরণ,

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

$$\text{বা, } s_1 = 0 + \frac{1}{2} \times 0.5 \times (20)^2$$

$$\therefore s_1 = 100\text{m}$$

এখানে,

আদিবেগ, $u = 0 \text{ ms}^{-1}$

ত্বরণ, $a = 0.5 \text{ ms}^{-2}$

সময়, $t_1 = 20\text{s}$

সুযম ত্বরণে চলায় 20 sec পর প্রাপ্ত বেগ,

$$v = u + at_1$$

$$\text{বা, } v = 0 + 0.5 \times 20$$

$$\therefore v = 10\text{ms}^{-1}$$

পরবর্তী 40 sec সুযম বেগে চলায় অতিক্রান্ত দূরত্ব,

$$s_2 = vt$$

$$\text{বা, } s_2 = 10 \times 40$$

$$\therefore s_2 = 400\text{m}$$

এখানে,

সমবেগ, $v = 10 \text{ ms}^{-1}$

সময়, $t_2 = 40\text{s}$

\therefore প্রথম 1 মিনিট বা 60 sec এ অতিক্রান্ত দূরত্ব,

$$s = s_1 + s_2$$

$$\text{বা, } s = 100 + 400$$

$$\therefore s = 500\text{m} \quad (\text{Ans.})$$

(ঘ) 'গ' হতে পাই,

প্রথম $t_1 = 20 \text{ sec}$ এ অতিক্রান্ত দূরত্ব, $s_1 = 100 \text{ m}$

এবং t_1 সময় শেষে প্রাপ্ত বেগ, $v = 10 \text{ ms}^{-1}$

এর পরবর্তীতে 2.5 মিনিট সমবেগে চলায় অতিক্রান্ত দূরত্ব,

$$s_2 = vt$$

$$\text{বা, } s_2 = (10 \times 150)\text{m}$$

$$\therefore s_2 = 1500\text{m}$$

এখানে,

সমবেগ, $v = 10 \text{ ms}^{-1}$

সময়, $t_2 = 2.5 \text{ min}$

$$= (2.5 \times 60) = 150\text{s}$$

শেষ 40 sec সুযম মন্দনে স্থির হওয়ার ক্ষেত্রে,

$$v_1 = u + at$$

$$\text{বা, } a = \left(\frac{v_1 - v}{t_3} \right)$$

$$\text{বা, } a = \left(\frac{0 - 10}{40} \right)$$

$$\therefore a = -0.25 \text{ ms}^{-2}$$

এখানে,

আদিবেগ, $v = 10 \text{ ms}^{-1}$

শেষবেগ, $v_1 = 0 \text{ ms}^{-1}$

সময়, $t_3 = 40 \text{ sec}$

ত্বরণ, $a = ?$

অতিক্রান্ত দূরত্ব, $s_3 = ?$

\therefore শেষ 40 s এ অতিক্রান্ত দূরত্ব,

$$s_3 = vt_3 + \frac{1}{2}at_3^2 = (10 \times 40) + \frac{1}{2} \times (-0.25) \times (40)^2$$

$$= 200\text{m}$$

\therefore ফাহিম কর্তৃক উল্লেখিত সময়ের মধ্যে মোট অতিক্রান্ত দূরত্ব,

$$s = s_1 + s_2 + s_3$$

$$\text{বা, } s = (100 + 1500 + 200) \text{ m}$$

$$\text{বা, } s = 1800 \text{ m}$$

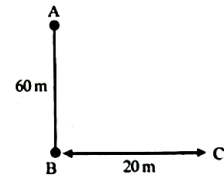
$$\therefore s = 1.8 \text{ km}$$

ফাহিমের বাসা হতে বিদ্যালয়ের দূরত্ব, $s' = 1.8 \text{ km}$

$$\therefore s = s'$$

সুতরাং, উদ্দীপকে উল্লেখিত সময়ে ফাহিম বিদ্যালয়ে পৌছতে পারবে।

২৯.



B বিন্দুকে লক্ষ্য করে A থেকে একটি টেনিস বলকে স্থির অবস্থা হতে ছেড়ে দেয়া হলো। তা দেখে C হতে একজন বালক বলটিকে ধরার জন্য 6 ms^{-1} বেগে দৌড় দিল। ঐ স্থানের অভিকর্ষজ ত্বরণ 9.8 ms^{-2} এবং বাতাসের বাধা বিবেচনায় আনা হয়নি।

[রাজশাহী বোর্ড-২০২১]

(ক) আপেক্ষিক ত্রুটি কাকে বলে?

(খ) মুক্তভাবে পড়ন্ত বস্তুর সরণ পরিবর্তনের হার একই থাকে না কেন? ব্যাখ্যা করো।

(গ) ভূমি স্পর্শ করার পূর্বে টেনিস বলটির বেগ নির্ণয় করো।

(ঘ) C বিন্দুতে অবস্থানরত বালক বলটি ধরতে পারবে কিনা? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো।

২৯ নং প্রশ্নের উত্তর

(ক) কোনো ভৌত রাশির পরিমাপে ত্রুটি ও এর প্রকৃত মানের অনুপাতকে আপেক্ষিক ত্রুটি বলে।

(খ) কোনো বস্তুর সরণ পরিবর্তনের হারকেই বলা হয়। মুক্তভাবে পড়ন্ত বস্তুর বেগ একই থাকে না কেন? ব্যাখ্যা করো।

(গ) আমরা জানি,

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

$$\text{বা, } v = \sqrt{u^2 + 2gh}$$

$$= \sqrt{0^2 + (2 \times 9.8 \times 60)}$$

$$\therefore v = 34.293 \text{ ms}^{-1}$$

এখানে,

বলটির আদিবেগ,

$$u = 0 \text{ ms}^{-1}$$

ত্বরণ, $g = 9.8 \text{ ms}^{-2}$

উচ্চতা, $h = 60 \text{ m}$

শেষবেগ, $v = ?$

\therefore ভূমি স্পর্শ করার পূর্বে টেনিস বলটির বেগ 34.293 ms^{-1} (Ans.)

(ঘ) A বিন্দু হতে বলটি B বিন্দুতে পতিত হওয়ার ক্ষেত্রে,

$$h = ut + \frac{1}{2}gt^2$$

$$\text{বা, } h = \frac{1}{2}gt^2$$

$$\text{বা, } t^2 = \frac{2h}{g}$$

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

$$\text{বা, } t = \sqrt{\frac{2 \times 60}{9.8}}$$

$$\therefore t = 3.5 \text{ sec}$$

$$\text{বা, } t = \sqrt{\frac{2 \times 60}{9.8}}$$

$$\therefore t = 3.5 \text{ sec}$$

$$\therefore t' < t$$

এখানে,

আদিবেগ,

$$u = 0 \text{ ms}^{-1}$$

ত্বরণ, $g = 9.8 \text{ ms}^{-2}$

উচ্চতা, $h = 60 \text{ m}$

শেষবেগ, $t = ?$

বালকটির C বিন্দু হতে B বিন্দুতে পৌছানোর ক্ষেত্রে,

আমরা জানি,

$$s = vt'$$

$$\text{বা, } t' = \frac{s}{v} = \frac{20}{6}$$

$$\therefore t' = 3.33 \text{ sec}$$

$$\therefore t' < t$$

এখানে,

সমবেগ,

$$v = 6 \text{ ms}^{-1}$$

সরণ, $s = 20 \text{ m}$

সময়, $t' = ?$

সুতরাং, টেনিস বলটি B বিন্দুতে আঘাতের পূর্বেই বালকটি B স্থানে পৌছবে যাতে অর্থাৎ বলটি ধরতে পারবে।

৩০. 'ক' বস্তুটি স্থির অবস্থান হতে 5 ms^{-2} সুযম ত্বরণে চলছে এবং একই দিকে 'খ' বস্তুটি 30 m পেছন হতে 108 km/h সুযম বেগে চলছে।

[দিনাজপুর বোর্ড-২০২১]

(ক) দ্রুতি কাকে বলে?

(খ) বস্তুর ত্বরণ শূন্য হলে বেগ কীরূপ হবে? ব্যাখ্যা কর।

(গ) যাত্রা শুরু করার কত সময় পর গাড়ি দুটির বেগ সমান হবে? নির্ণয় করো।

(ঘ) যাত্রাপথে বস্তু দুটি একাধিকবার মিলিত হতে পারে কিনা? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো।

৩০ নং প্রশ্নের উত্তর

(ক) কোনো বস্তুর একক সময়ে যেকোনো দিকে অতিক্রান্ত দূরত্বকে দ্রুতি বলে।

(খ) সময়ের সাপেক্ষে বেগের পরিবর্তনের হারকে ত্বরণ বলে। বস্তুর ত্বরণ শূন্য হলে বেগের কোনোরূপ পরিবর্তন হবে না।

$$\text{বস্তুর ত্বরণ শূন্য হলে, } a = \frac{v-u}{t} = 0$$

$$\text{বা, } v - u = 0$$

$$\therefore v = u$$

অর্থাৎ বস্তুর ত্বরণ শূন্য হলে বেগের মান বা দিকের কোনোরূপ পরিবর্তন হবে না। অর্থাৎ স্থির বস্তু স্থির থাকবে এবং গতিশীল বস্তু সমবেগে চলবে।

(গ) আমরা জানি,

$$v = u + at$$

$$\text{বা, } 30 = 0 + 5 \times t$$

$$\text{বা, } 5t = 30$$

$$\text{বা, } t = \frac{30}{5}$$

$$\therefore t =$$

$$6s \quad (\text{Ans.})$$

এখানে,

‘ক’ বস্তুর আদিবেগ,

$$u = 0 \text{ ms}^{-1}$$

‘ক’ বস্তুর ত্বরণ,

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

‘খ’ বস্তুর বেগ, $V =$

$$108 \text{ km/h}$$

$$= \frac{108 \times 1000}{60 \times 60} \text{ ms}^{-1}$$

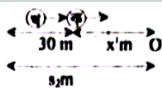
$$= 30 \text{ ms}^{-1}$$

‘ক’ বস্তুর শেষবেগ,

$$v_1 = v = 30 \text{ ms}^{-1}$$

সময়, $t = ?$

(ঘ) মনে করি, যাত্রা পথে বস্তু দুটি t সময় পর ‘ক’ বস্তু হতে x দূরত্বে O বিন্দুতে মিলিত হবে,



‘ক’ বস্তুটি সমত্বরণে চালায়,

আমরা জানি,

$$s_1 = x = u_1 t + \frac{1}{2} at^2$$

এবং ‘খ’ বস্তুটি সমবেগে চালায়,

এখানে,

‘ক’ বস্তুর আদিবেগ,

$$u_1 = 0 \text{ ms}^{-1}$$

‘ক’ বস্তুর ত্বরণ,

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

‘খ’ বস্তুর বেগ, $v =$

$$108 \text{ km/h}$$

$$= \frac{108 \times 1000}{60 \times 60} \text{ ms}^{-1}$$

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

‘ক’ বস্তুর অতিক্রান্ত দূরত্ব,

$$s_1 = x \text{ m}$$

‘খ’ বস্তুর অতিক্রান্ত দূরত্ব,

$$s_2(30 + x) \text{ m}$$

$$s_2 = vt$$

$$\text{বা, } x + 30 = vt$$

$$\text{বা, } u_1 t + \frac{1}{2} at^2 + 30 = vt$$

$$\text{বা, } 0 \times t + \frac{1}{2} \times 5t^2 + 30 = 30t$$

$$\text{বা, } 2.5t^2 + 30 = 30t$$

$$\text{বা, } 2.5t^2 - 30t + 30 = 0$$

দ্বিঘাত সমীকরণ সমাধান করে পাই,

$$t = \frac{-(-30) \pm \sqrt{(-30)^2 - 4 \times 2.5 \times 30}}{2 \times 2.5}$$

$$= \frac{30 \pm 24.5}{5} = \frac{54.5}{5} \text{ অথবা } \frac{5.5}{5}$$

$$\therefore t = 10.9s$$

$$\text{বা, } 1.10s$$

যেহেতু, t এর দুটি বাস্তব মান পাওয়া যায়, অতএব, যাত্রাপথে বস্তু দুটি একাধিকবার মিলিত হতে পারে।

৩১. একজন ব্যাটসম্যান একটি ক্রিকেট বলকে আঘাত করায় বলটি ভূ-পৃষ্ঠে বাধা পেয়ে 90 km/h বেগে উপরের দিকে উঠে গেলো। একজন ফিল্ডার পড়ন্ত বলটিকে ধরার জন্য 5 s দৌড়ালো।

[দিনাজপুর বোর্ড-২০২১]

(ক) ত্বরণ কাকে বলে?

(খ) দোলায়মান দোলনার গতি কোন ধরনের গতি? ব্যাখ্যা করো।

(গ) ক্রিকেট বলটি ভূ-পৃষ্ঠ হতে সর্বোচ্চ কত উচ্চতায় উঠেছিলো? নির্ণয় করো।

(ঘ) ফিল্ডার বলটি ধরতে পারবে কিনা গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো।

৩১ নং প্রশ্নের উত্তর

(ক) সময়ের সাথে কোনো বস্তুর অসম বেগের পরিবর্তনের হারকে ত্বরণ বলে।

(খ) দোলায়মান দোলনার গতি হলো সরল স্পন্দন গতি।

সরল স্পন্দন গতি একটি বিশেষ ধরনের পর্যায়বৃত্ত গতি। কোনো পর্যায়বৃত্ত গতিসম্পন্ন বস্তুর গতি যদি এরূপ হয় যে, বস্তুটি তার পর্যায়কালের অর্ধেক সময় একদিকে এবং বাকি অর্ধেক সময় তার পূর্ব গতির বিপরীত দিকে গতিশীল থাকে তবে বস্তুর এরূপ গতিকে সরল স্পন্দন গতি বলে।

দোলনা স্থির অবস্থান হতে যাত্রা শুরু করে ধীরে ধীরে গতিশীল হয় এবং কেন্দ্রবিন্দুতে

(গ) আমরা জানি,

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

$$\text{বা, } 0^2 = (50)^2 -$$

$$2 \times 9.8 \times h.$$

$$\text{বা, } 0^2 = 2500 - 19.6h$$

$$\text{বা, } 19.6h = 2500$$

$$\text{বা, } h = \frac{2500}{19.6}$$

$$\therefore h = 127.55 \text{ m} \quad (\text{Ans.})$$

এখানে,

আদিবেগ,

$$u = 180 \text{ km/h}$$

$$= \frac{180 \times 1000}{60 \times 60} \text{ ms}^{-1} =$$

$$50 \text{ ms}^{-1}$$

অভিকর্ষজ ত্বরণ,

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

সর্বোচ্চ উচ্চতায় বেগ,

$$v = 0 \text{ ms}^{-1}$$

সর্বোচ্চ উচ্চতা, $h = ?$

(ঘ) আমরা জানি,

$$v = u - gt$$

$$\text{বা, } 0 = u - gt$$

$$\therefore t = \frac{u}{g}$$

$$\therefore T = \frac{2u}{g} = \frac{2 \times 25}{9.8}$$

$$= 5.1s > 5s$$

এখানে,

আদিবেগ,

$$u = 90 \text{ km/h}$$

$$= \frac{90 \times 1000}{3600} \text{ ms}^{-1}$$

$$= 25 \text{ ms}^{-1}$$

শেষবেগ, $v = 0 \text{ ms}^{-1}$

অভিকর্ষজ ত্বরণ,

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

সর্বোচ্চ উচ্চতায় উঠার সময়, $t =$

?

বিরচণকাল, $T = 2t = ?$

অর্থাৎ বলটি ভূমিতে পড়ে যাওয়ার পূর্বেই ফিল্ডার পৌছে যাবে। তাই ফিল্ডার বলটি ধরতে পারবে।

৩২. একটি বন্দুক থেকে 40 ms^{-1} বেগে ছোড়া গুলি 50 m দূরে অবস্থিত একটি তক্তার মধ্যে প্রবেশ করার 0.01 sec পর থেমে যায়। তক্তাটি একটি মাটির দেয়ালে গায়ে লাগান ছিল। তক্তার পুরুত্ব 21 cm।

[কুমিল্লা বোর্ড-২০২১]

(ক) তাৎক্ষণিক দ্রুতি কাকে বলে?

(খ) গতিশীল বস্তুর অতিক্রান্ত দূরত্ব কখনও শূন্য হয় না কিন্তু সরণ শূন্য হতে পারে-ব্যাখ্যা করো।

(গ) বন্দুকের গুলিটি কত সময় পর তক্তাটিকে আঘাত করবে?

(ঘ) মাটির দেয়ালটি উল্লেখিত গুলি দ্বারা ক্ষতিগ্রস্ত হবে কিনা- উত্তরের স্বপক্ষে যুক্তি উপস্থাপন করো।

৩২ নং প্রশ্নের উত্তর

- (ক) অতি অল্প সময় ব্যবধানে কোনো বস্তুর অতিক্রান্ত দূরত্ব ও সময় ব্যবধানের অনুপাতকে ঐ মুহূর্তকালে বস্তুটির তাৎক্ষণিক দ্রুতি বলে।
- (খ) গতিশীল বস্তুর অতিক্রান্ত দূরত্ব কখনও শূন্য হয় না কিন্তু সরণ শূন্য হতে পারে। দূরত্ব স্কেলার রাশি, কোনো গতিশীল বস্তুকণার অতিক্রান্ত পথই দূরত্ব। অপরদিকে সরণ ভেক্টর রাশি, কোনো গতিশীল বস্তুকণার আদি অবস্থান ও শেষ অবস্থানের ন্যূনতম পথই সরণ। কোনো বস্তু একটি বিন্দু হতে যাত্রা শুরু করে বৃত্তাকার পথে ঘুরে আবার আদিবিন্দুতে ফিরে আসলে অতিক্রান্ত দূরত্ব বৃত্তের পরিধির সমান এবং আদি অবস্থান ও শেষ অবস্থান একই হওয়ায় সরণ শূন্য। তাই গতিশীল বস্তুর অতিক্রান্ত দূরত্ব কখনও শূন্য হয় না কিন্তু সরণ শূন্য হতে পারে।

- (গ) বন্দুক থেকে বের হওয়া গুলিটি সমবেগে যায় এবং তত্ক্ষণে আঘাত করে। আমরা জানি,

$$\therefore t = \frac{s}{v} = \frac{50}{40}$$

$$= 1.25s$$

এখানে,
গুলির সমবেগ, $v = 40 \text{ ms}^{-1}$
দূরত্ব, $s = 50 \text{ m}$
সময়, $t = ?$

\therefore গুলিটি 1.25 s পর তত্ক্ষণে আঘাত করবে। (Ans.)

- (ঘ) এক্ষেত্রে যদি গুলিটি তত্ক্ষণে ভেদ করতে পারে অর্থাৎ তক্তার গুরুত্ব 21 cm. অতিক্রম করে তখন দেয়ালটি উক্ত গুলি দ্বারা ক্ষতিগ্রস্ত হবে। ধরি, গুলিটি 0.01 s এ তক্তার ভেতর sm দূরত্ব ভেদ করে থেমে যায়।

আমরা জানি,

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

$$= \left(\frac{40+0}{2}\right) \times 0.01$$

$$= \frac{40}{2} \times 0.01$$

$$= 0.2\text{m}$$

$$= 20 \text{ cm}$$

এখানে,
আদিবেগ, $u = 40 \text{ ms}^{-1}$
শেষবেগ, $v = 0 \text{ ms}^{-1}$
সময়, $t = 0.01 \text{ s}$
অতিক্রান্ত দূরত্ব, $s = ?$

দেখা যাচ্ছে, গুলিটি তক্তার ভেতর 20 cm যেয়ে থেমে যায়। অর্থাৎ গুলিটি তক্তার পুরুত্ব 21 cm ভেদ করতে পারবে না।

সুতরাং বলা যায়, মাটির দেয়ালটি উল্লেখিত গুলি যারা ক্ষতিগ্রস্ত হবে না।

৩৩. একটি গাড়ির প্রতি 5 sec পরপর গতিবেগ সংগ্রহ করে লিপিবদ্ধ করা হলো:

| সময় (sec) | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 |
|--------------------------|---|----|----|----|----|----|
| বেগ (ms^{-1}) | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 |

[কুমিল্লা বোর্ড-২০২১]

- (ক) ভেক্টর রাশি কাকে বলে?
- (খ) চলন গতি ও ঘূর্ণন গতির মধ্যে দুইটি পার্থক্য লিখ।
- (গ) গাড়িটি 10 sec এ কত দূরত্ব অতিক্রম করবে?
- (ঘ) উল্লেখিত তত্ত্ব দ্বারা লেখচিত্র অঙ্কন করে এর প্রকৃতি বিশ্লেষণ করো।

৩৩ নং প্রশ্নের উত্তর

- (ক) যে সকল রাশিকে সম্পূর্ণরূপে প্রকাশ করার জন্য মান ও দিক উভয়েরই প্রয়োজন হয় তাদেরকে ভেক্টর রাশি বলে।

- (খ) চলন গতি ও ঘূর্ণন গতির মধ্যে পার্থক্য নিচে উল্লেখ করা হল:

| ঘূর্ণন গতি | চলন গতি |
|--|--|
| যখন কোনো বস্তু কোনো নির্দিষ্ট বিন্দু বা রেখা থেকে বস্তু কণাগুলোর দূরত্ব অপরিবর্তিত রেখে ঐ বিন্দু বা রেখাকে কেন্দ্র করে ঘোরে তখন ঐ বস্তুর গতিকে ঘূর্ণন গতি বলে। | কোনো বস্তু যদি এমনভাবে চলতে থাকে যাতে করে বস্তুর সকল কণা একই সময়ে একই দিকে সমান দূরত্ব অতিক্রম করে তাহলে ঐ গতিকে চলন গতি বলে। |
| উদাহরণ- বৈদ্যুতিক পাখার গতি, ঘড়ির কাঁটার গতি। | উদাহরণ- বইকে ঘুরতে না দিয়ে ঠেলে এক প্রান্ত থেকে অন্য প্রান্তে নিয়ে যাওয়া। |

- (গ) প্রথম 6 s পর শেষবেগ, $v = 15 \text{ ms}^{-1}$
প্রথম 6 সেকেন্ডে অতিক্রান্ত দূরত্ব,

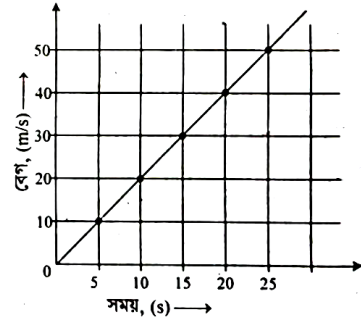
$$s \text{ হলে, } s = \left(\frac{u+v}{2}\right)t$$

$$= \left(\frac{0+15}{2}\right) \times 6$$

$$= 45 \text{ m} \quad (\text{Ans.})$$

এখানে,
সময়, $t = 6 \text{ s}$
আদিবেগ, $u = 0 \text{ ms}^{-1}$
6s পরে বেগ, $v = 15 \text{ ms}^{-1}$

- (ঘ) উদ্দীপকের সারণি থেকে বেগ বনাম সময় লেখচিত্র ছক কাগজে অঙ্কন করা হলো:



লেখচিত্র হতে প্রাপ্ত রেখাটি একটি সরলরেখা। সুতরাং গাড়ির বেগ সময়ের সাথে সুসমভাবে বৃদ্ধি পাচ্ছে, অর্থাৎ গাড়িটি সুসম ত্বরণে গতিশীল। অতএব, 5, 10, 15, 20 ও 25 সেকেন্ডের মুহূর্তে গাড়ির বেগের পরিবর্তনের হার লেখচিত্রের উক্ত সরলরেখার ঢালের সমান।

\therefore যেকোনো মুহূর্তে যেমন 20 সেকেন্ডের মুহূর্তে রেখার ঢাল

$$= \frac{(40-0)\text{ms}^{-1}}{(20-0)\text{s}}$$

$$= \frac{40}{20} \text{ m/s}^2$$

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

সুতরাং, প্রতি মুহূর্তে গাড়িটির বেগের পরিবর্তনের হার 2 m/s^2 অর্থাৎ তখন গাড়িটি 2 m/s^2 সুসম ত্বরণে চলছিল। অন্য কথায়, প্রতি সেকেন্ডে গাড়িটির বেগ 2 m/s পরিমাণ বৃদ্ধি পাচ্ছিল।

৩৪. একটি গাড়ির সময়ের সাথে প্রাপ্ত বেগের সারণি নিম্নরূপঃ

| সময় (s) | 0 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 |
|--------------------------|---|----|----|----|----|-----|-----|
| বেগ (ms^{-1}) | 0 | 4 | 8 | 12 | 12 | 6 | 0 |

[সিলেট বোর্ড-২০২১]

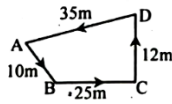
- (ক) পর্যায়বৃত্ত গতি কাকে বলে?
- (খ) কোনো বস্তুর গড় বেগ শূন্য হলেও গড় দ্রুতি শূন্য নাও হতে পারে- ব্যাখ্যা করো।
- (গ) গাড়িটি প্রথম 1 মিনিট 20 সেকেন্ডে কত দূরত্ব অতিক্রম করবে নির্ণয় করো।
- (ঘ) উদ্দীপকের তথ্যের ভিত্তিতে বেগ-সময় লেখচিত্র আঁক এবং গতির বিভিন্ন অবস্থা ব্যাখ্যা করো।

৩৭ নং প্রশ্নের উত্তর

- (ক) কোনো গতিশীল বস্তুর গতি যদি এমন হয় যে এটি এর গতিপথের কোনো নির্দিষ্ট বিন্দুকে নির্দিষ্ট সময় পর পর একই দিক থেকে অতিক্রম করে তবে সেই বস্তুর গতিই পর্যায়বৃত্ত গতি।

- (খ) নির্দিষ্ট সময় ব্যবধানে কোনো বস্তু নির্দিষ্ট দিকে গড়ে একক সময়ে যে দূরত্ব অতিক্রম করে, তাই বস্তুটির গড় বেগ। অন্যদিকে, নির্দিষ্ট সময় ব্যবধানে একক সময়ে কোনো বস্তুর গড় অতিক্রান্ত দূরত্বই তার গড় দ্রুতি।

বেগ একটি ভেক্টর রাশি বিধায় এটি ঋণাত্মক ও ধনাত্মক উভয়ই হতে পারে। ফলে নির্দিষ্ট সময় ব্যবধানে গড় বেগ শূন্য হতে পারে। কিন্তু দ্রুতি একটি অঋণাত্মক রাশি হওয়ায় একটি নির্দিষ্ট সময় পরিসরে বস্তুটি স্থির অবস্থানে না থাকলে এর মান কখনোই শূন্য হতে পারে না। তাই যে ক্ষেত্রে একটি বস্তুর গড় বেগ শূন্য হয়, সেক্ষেত্রে তার গড় দ্রুতি শূন্য নাও হতে পারে।



উপরের চিত্রে ABCDA পথে বস্তুটির লব্ধি সরণ শূন্য হওয়ায় গড় বেগ শূন্য, কিন্তু মোট অতিক্রান্ত দূরত্ব শূন্য না হওয়ায় এর গড় দ্রুতি শূন্য নয়।

(গ) প্রথম 60 s গাড়িটি সমত্বরণে চলার পর অতিক্রান্ত দূরত্ব,

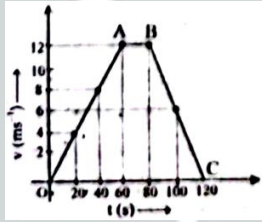
$$s_1 = \frac{u+v}{2} \times t = \frac{0+12}{2} \times 60$$

এখানে,
আদিবেগ, $u = 0 \text{ ms}^{-1}$
সময়, $t_1 = 60 \text{ s}$
 t_1 s পর বেগ, $v = 12 \text{ ms}^{-1}$

পরবর্তী $t_2 = 20 \text{ s}$ গাড়িটি $v = 12 \text{ ms}^{-1}$ সমবেগে চলার পর অতিক্রান্ত দূরত্ব, $s_2 = vt_2 = 12 \times 20 = 240 \text{ m}$

$\therefore 80 \text{ y}$ বা 1 মিনিট 20 s এ গাড়িটির মোট অতিক্রান্ত দূরত্ব, $s = s_1 + s_2 = 360 + 240 = 600 \text{ m}$ (Ans.)

(ঘ) উদ্দীপকের তথ্যের ভিত্তিতে বেগ সময় লেখচিত্র অঙ্কন করে এর বিভিন্ন অংশের ত্বরণের পরিবর্তন বিশ্লেষণ করা হলো।



লেখ হতে দেখা যায়, প্রথম 60 সেকেন্ডে গাড়িটির বেগ বনাম সময় লেখ OA মূলবিন্দুগামী সরলরেখা। অর্থাৎ এ সময় গাড়িটি সুসম ত্বরণে চলে। এ সময় ত্বরণের মান a_{OA} হলে,

$$a_{OA} = \frac{v_A - u}{t_{OA}} = \frac{12 - 0}{60}$$

বা, $a_{OA} = \frac{12 - 0}{60}$
 $\therefore a_{OA} = 0.2 \text{ ms}^{-2}$

এখানে,
আদিবেগ, $u = 0 \text{ ms}^{-1}$
শেষবেগ, $v_A = 12 \text{ ms}^{-1}$
সময়, $t_{OA} = 60 \text{ s}$
ত্বরণ, $a_{OA} = ?$

পরবর্তী 60 s থেকে 80 s পর্যন্ত গাড়িটির বেগ বনাম সময় লেখ AB রেখা সময় অক্ষের সমান্তরাল হয়। অর্থাৎ এ সময় গাড়িটি সমবেগে চলে। ফলে এই 60 s গাড়িটির ত্বরণ শূন্য থাকে।

শেষ 80 s থেকে 120 s পর্যন্ত গাড়িটির বেগ বনাম সময় লেখ BC। এ সময় গাড়িটির বেগ হ্রাস পায়। অর্থাৎ শেষ 40 s গাড়িটির মন্দন হয়। মন্দনের মান a_{BC} হলে,

$$a_{BC} = \frac{v_B - v_C}{t_{BC}} = \frac{12 - 0}{40}$$

বা, $a_{BC} = \frac{12 - 0}{40}$
 $\therefore a_{BC} = 0.3 \text{ ms}^{-2}$
সুতরাং, গাড়িটি প্রথম 60 s

এখানে,
শেষবেগ, $v_C = 0 \text{ ms}^{-1}$
আদিবেগ, $v_B = 12 \text{ ms}^{-1}$
সময়, $t_{BC} = (120 - 80) \text{ s} = 40 \text{ s}$
মন্দন, $a_{BC} = ?$

0.2 ms^{-2} সমত্বরণে চলে, পরবর্তী 20 s সমবেগে এবং শেষ 40 s সমমন্দনে চলার পর থেমে যায়।

৩৫. একজন দৌড়বিদ স্থির অবস্থান থেকে 0.05 ms^{-2} সমত্বরণে 150 m দূরে অবস্থিত নির্দিষ্ট গন্তব্যের উদ্দেশ্যে যাত্রা শুরু করে। অপর একজন দৌড়বিদ প্রথম দৌড়বিদের 50 m সামনে থেকে 2 ms^{-1} সমবেগে একই গন্তব্যের দিকে যাত্রা শুরু করে।

[সিলেট বোর্ড-২০২১]

(ক) ভার্নিয়ার ধ্রুবক কাকে বলে?

(খ) 'সমবেগে চলমান কোনো বস্তুর ত্বরণ থাকে না'- ব্যাখ্যা করো।

(গ) ১ম দৌড়বিদের কত দূরত্ব অতিক্রমের পর উভয় দৌড়বিদের বেগ সমান হবে?

(ঘ) দু'জনের মধ্যে কোন দৌড়বিদ আগে গন্তব্যে পৌঁছাবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো।

৩৬ নং প্রশ্নের উত্তর

(ক) মূল স্কেলের ক্ষুদ্রতম এক ভাগের চেয়ে ভার্নিয়ার স্কেলের ক্ষুদ্রতম এক ভাগ যতটুকু ক্ষুদ্রতর সেই পরিমাণকে দৈর্ঘ্য পরিমাপক যন্ত্রের ভার্নিয়ার ধ্রুবক বলে।

(খ) আমরা জানি, সময়ের সাথে কোনো গতিশীল বস্তুর বেগের পরিবর্তনের হারকে ত্বরণ বলে। কোনো বস্তুর আদিবেগ u এবং t সময় পরে বেগ v হলে, t সময়ে বেগের পরিবর্তন $= v - u$

$$\therefore \text{একক সময়ে বেগের পরিবর্তন অর্থাৎ ত্বরণ, } a = \frac{v-u}{t}$$

এখন, বস্তুটি সমবেগে চললে, $v = u$ হবে।

$$\text{সেক্ষেত্রে, ত্বরণ, } a = \frac{u-u}{t} = \frac{0}{t} = 0$$

সুতরাং, সমবেগে গতিশীল কোনো বস্তুর ত্বরণ শূন্য হবে অর্থাৎ ত্বরণ থাকবে না।

(গ) উভয় দৌড়বিদের বেগ ২য় দৌড়বিদের সমান হতে হলে ১ম দৌড়বিদের শেষ বেগ ২য় দৌড়বিদের বেগের সমান অর্থাৎ 2 ms^{-1} হবে।

আমরা জানি,

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

$$\text{বা, } v^2 = 0^2 + 2as$$

$$\text{বা, } v^2 = 2as$$

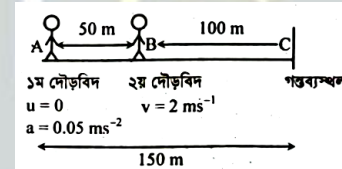
$$\therefore s = \frac{v^2}{2a} = \frac{(2)^2}{2 \times 0.05}$$

$$= 40 \text{ m}$$

এখানে,
১ম দৌড়বিদের জন্য,
শেষবেগ, $v = 2 \text{ ms}^{-1}$
আদিবেগ, $u = 0 \text{ ms}^{-1}$
ত্বরণ, $a = 0.05 \text{ ms}^{-2}$
দূরত্ব, $s = ?$

\therefore ১ম দৌড়বিদের 40 m দূরত্ব অতিক্রমের পর উভয় দৌড়বিদের বেগ সমান হবে। (Ans.)

(ঘ)



দুজন দৌড়বিদের মধ্যে যার সময় কম লাগবে সে আগে গন্তব্যে পৌঁছাবে।

আমরা জানি,

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

$$\text{বা, } s_1 = 0 + \frac{1}{2}at_1^2$$

$$\text{বা, } t_1^2 = \frac{2s_1}{a}$$

$$\text{বা, } t_1 = \sqrt{\frac{2s_1}{a}} = \sqrt{\frac{2 \times 150}{0.05}}$$

$$\therefore t_1 = 77.46 \text{ s}$$

আবার,

$$s_2 = vt_2$$

$$\text{বা, } t_2 = \frac{s_2}{v} = \frac{100}{2}$$

$$\therefore t_2 = 50 \text{ s}$$

$$\therefore t_2 < t_1$$

এখানে,
১ম দৌড়বিদের জন্য,
দূরত্ব, $s_1 = AC = 150 \text{ m}$
আদিবেগ, $u = 0$
ত্বরণ, $a = 0.05 \text{ ms}^{-1}$
সময়, $t_1 = ?$

এখানে,
২য় দৌড়বিদের জন্য,
দূরত্ব,
 $s_2 = BC(150 - 50) \text{ m} = 100 \text{ m}$
সমবেগ, $v = 2 \text{ ms}^{-1}$
সময়, $t_2 = ?$

সুতরাং, ২য় দৌড়বিদ আগে গন্তব্যে পৌঁছাবে।

৩৬. শিক্ষা সফরে যাওয়ার জন্য দুইটি বিদ্যালয়ের শিক্ষার্থী একই সময়ে একই দিকে যাত্রাক্রমে A ও B দুইটি বাসযোগে যাত্রা শুরু করলো। A বাসটি

$4 \times 10^{-3} \text{ kms}^{-2}$ সুযম ত্বরণে এবং B বাসটি 200 m পিছন থেকে
 $4 \times 10^{-2} \text{ kms}^{-1}$ সমবেগে গন্তব্যস্থলে পৌঁছাল।

[যশোর বোর্ড-২০২১]

- (ক) ভেক্টর রাশি কাকে বলে?
 (খ) অভিকর্ষজ ত্বরণ সমত্বরণ কেন? ব্যাখ্যা করো।
 (গ) যাত্রা শুরু কত সময় পরে বাস দুইটির বেগ সমান হবে?
 (ঘ) যাত্রাপথে দুইটি বাসের শিক্ষার্থীদের কতবার দেখা হবে?
 গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো।

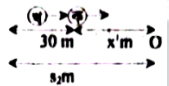
৩৬ নং প্রশ্নের উত্তর

- (ক) যে সকল রাশিকে সম্পূর্ণরূপে প্রকাশ করার জন্যে মান ও দিক উভয়েরই প্রয়োজন হয় তাদেরকে ভেক্টর রাশি বলে।
 (খ) কোনো বস্তুর বেগ যদি নির্দিষ্ট দিকে সবসময় একই হারে বাড়তে থাকে তাহলে সেই ত্বরণকে সুযম বা সমত্বরণ বলে।
 অভিকর্ষ বলের প্রভাবে মুক্তভাবে পড়ন্ত কোন বস্তুর বেগ প্রতি সেকেন্ডে 9.8 ms^{-1} বাড়তে থাকে। সুতরাং অভিকর্ষজ ত্বরণের দিক নির্দিষ্ট অর্থাৎ নিচের দিকে এবং বেগ বৃদ্ধির হার সুযম হওয়ায় এটি একটি সমত্বরণ।

- (গ) আমরা জানি,
 $v = u + at$
 বা, $30 = 0 + 5 \times t$
 বা, $5t = 30$
 বা, $t = \frac{30}{5}$
 $\therefore t = 10 \text{ s}$ (Ans.)

এখানে,
 'ক' বস্তুর আদিবেগ,
 $u = 0 \text{ ms}^{-1}$
 'ক' বস্তুর ত্বরণ,
 $a = 5 \text{ ms}^{-2}$
 'খ' বস্তুর বেগ, $V = 108 \text{ km/h}$
 $= \frac{108 \times 1000}{60 \times 60} \text{ ms}^{-1}$
 $= 30 \text{ ms}^{-1}$
 'ক' বস্তুর শেষবেগ,
 $v_1 = v = 30 \text{ ms}^{-1}$
 সময়, $t = ?$

- (ঘ) মনে করি, যাত্রা পথে বস্তু দুটি t সময় পর 'ক' বস্তু হতে x দূরত্বে O বিন্দুতে মিলিত হবে,



'ক' বস্তুটি সমত্বরণে চালায়,
 আমরা জানি,
 $s_1 = x = u_1 t + \frac{1}{2} at^2$
 এবং 'খ' বস্তুটি সমবেগে চালায়,

এখানে,
 'ক' বস্তুর আদিবেগ,
 $u_1 = 0 \text{ ms}^{-1}$
 'ক' বস্তুর ত্বরণ,
 $a = 5 \text{ ms}^{-2}$
 'খ' বস্তুর বেগ, $v = 108 \text{ km/h}$
 $= \frac{108 \times 1000}{60 \times 60} \text{ ms}^{-1}$
 $= 30 \text{ ms}^{-1}$
 'ক' বস্তুর অতিক্রান্ত দূরত্ব,
 $s_1 = x \text{ m}$
 'খ' বস্তুর অতিক্রান্ত দূরত্ব,
 $s_2(30 + x) \text{ m}$

$$s_2 = vt$$

$$\text{বা, } x + 30 = vt$$

$$\text{বা, } u_1 t + \frac{1}{2} at^2 + 30 = vt$$

$$\text{বা, } 0 \times t + \frac{1}{2} \times 5t^2 + 30 = 30t$$

$$\text{বা, } 2.5t^2 + 30 = 30t$$

$$\text{বা, } 2.5t^2 - 30t + 30 = 0$$

দ্বিঘাত সমীকরণ সমাধান করে পাই,

$$t = \frac{-(-30) \pm \sqrt{(-30)^2 - 4 \times 2.5 \times 30}}{2 \times 2.5}$$

$$= \frac{30 \pm 24.5}{5} = \frac{54.5}{5} \text{ অথবা } \frac{5.5}{5}$$

$$\therefore t = 10.9 \text{ s}$$

বা, 1.10 s

যেহেতু, t এর দুটি বাস্তব মান পাওয়া যায়, অতএব, যাত্রাপথে বস্তু দুটি একাধিকবার মিলিত হতে পারে।

৩৭. 30 ms^{-1} বেগে একটি বুলেট 6.5 cm পুরু একটি গাছের ভিতর 2 cm প্রবেশ করার পর বেগ এক-তৃতীয়াংশ হ্রাস পেল এবং এরপর বুলেটটি আরো 1s সময় চলল।

[যশোর বোর্ড-২০২১]

- (ক) গতির একটি সমীকরণ লিখো।
 (খ) নিষ্কিপ্ত বস্তুর ত্বরণ ঋণাত্মক হয় কেন? ব্যাখ্যা করো।
 (গ) বুলেটটির ত্বরণ নির্ণয় করো।
 (ঘ) বুলেটটি গাছটিকে ভেদ করতে পারবে কিনা? গাণিতিকভাবে দেখাও।

৩৭ নং প্রশ্নের উত্তর

- (ক) গতির একটি সমীকরণ হচ্ছে: $s = ut + \frac{1}{2} at^2$
 যেখানে, s , u , a , t যথাক্রমে সরণ, আদিবেগ, ত্বরণ, সময় নির্দেশ করে।
 (খ) ত্বরণ একটি ভেক্টর রাশি যার মান এবং দিক উভয়ই রয়েছে। উপরের দিকে নিষ্কিপ্ত বস্তুর উপর নিচের দিকে অভিকর্ষ বল ক্রিয়া করে যার দিক পৃথিবীর কেন্দ্র বরাবর। ফলে নিষ্কিপ্ত বস্তুর গতিবেগ প্রতি সেকেন্ডে 9.8 ms^{-1} হারে হ্রাস পেতে থাকে। সুতরাং এক্ষেত্রে মন্দন হওয়ায়, প্রযুক্ত ত্বরণ নিষ্কিপ্ত বস্তুর বেগ ও সরণের দিকের বিপরীত দিকে হওয়ায় নিষ্কিপ্ত বস্তুর ত্বরণ ঋণাত্মক হয়।

- (গ) আমরা জানি,
 $v^2 = u^2 + 2as$
 বা, $a = \frac{(v^2 - u^2)}{2s}$
 বা, $a = \frac{(20)^2 - (30)^2}{2 \times 0.02}$
 $\therefore a = -1.25 \times 10^4 \text{ ms}^{-2}$
- এখানে,
 আদিবেগ,
 $u = 30 \text{ ms}^{-1}$
 শেষবেগ,
 $v = u - \frac{1}{3} u = 30 - \frac{30}{3}$
 $= 20 \text{ ms}^{-1}$
 সরণ, $s = 2 \text{ cm} = 0.02 \text{ m}$
 ত্বরণ, $a = ?$

- (ঘ) বুলেটটি 2 cm প্রবেশ করার পর পুরো গাছটি ভেদ করতে হলে আরও (6.5-2) বা, 4.5 cm বা, 0.045 m অতিক্রম করতে হবে।

- এক্ষেত্রে,
 আমরা জানি,
 $v^2 = u^2 + 2as$
 বা, $0 = 20^2 + 2 \times (-1.25 \times 10^4) \times s$
 বা, $s = \frac{20^2}{2 \times 1.25 \times 10^4}$
 $= 0.016 \text{ m}$
 এখানে, $0.016 \text{ m} < 0.045 \text{ m}$
 অতএব, বুলেটটি গাছের ভিতর 0.016 m অতিক্রম করে থেমে যায় এবং সম্পূর্ণ গাছ ভেদ করতে পারে না।
- এখানে,
 আদিবেগ,
 $u = 2 \text{ cm}$ প্রবেশের পর বেগ
 $= \left(1 - \frac{1}{3}\right) \times 30 \text{ ms}^{-1}$
 $= \frac{2}{3} \times 30 \text{ ms}^{-1} = 20 \text{ ms}^{-1}$
 ত্বরণ,
 $a = -1.25 \times 10^4 \text{ ms}^{-2}$
 'গ' হতে,
 $a = -1.25 \times 10^4 \text{ ms}^{-2}$
 সময়, $t = 1 \text{ s}$
 শেষ বেগ, $v = 0 \text{ ms}^{-1}$
 অতিক্রান্ত দূরত্ব, $s = ?$

বি: দ্র: বুলেটটির 0.016 m অতিক্রম করতে প্রয়োজনীয় সময় t_1 হলে,

$$s = \left(\frac{u+v}{2}\right) t_1$$

$$\text{বা, } t_1 = \frac{2s}{u+v} = \frac{0.016 \times 2}{20+0} = 1.6 \times 10^{-3} \text{ s} < t$$

যেহেতু বুলেটটি 1 s চলার আগেই থেমে যাবে এবং উক্ত সময়ে 0.016 m দূরত্ব অতিক্রম করবে। সুতরাং বুলেটটি গাছকে ভেদ করতে পারবে না।

৩৮. নিচে একটি গতিশীল গাড়ির বেগ-সময় তথ্য দেওয়া হলো-

| | | | | | | | | | |
|-----------------|---|---|----|----|----|----|----|----|----|
| সময় (sec) | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 |
| বেগ (mm/sec) | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 20 | 20 | 15 | 10 |

[বরিশাল বোর্ড-২০২১]

- (ক) সমত্বরণ কাকে বলে?
 (খ) ভেক্টর রাশিকে প্রকাশ করার জন্য মান ও দিকের প্রয়োজন হয় কেন?
 (গ) গাড়িটির প্রথম 30 sec এ অতিক্রান্ত দূরত্ব নির্ণয় করো।
 (ঘ) উপরের ছক হতে ত্বরণ বনাম সময় লেখ অঙ্কন করে ত্বরণের প্রকৃতি বিশ্লেষণ করো।

৩৮ নং প্রশ্নের উত্তর

- (ক) কোনো বস্তুর বেগ যদি নির্দিষ্ট দিকে সব সময় একই হারে বাড়তে থাকে তাহলে সেই বস্তুর ত্বরণকে সমত্বরণ বলে।
 (খ) ভেক্টর রাশিকে প্রকাশের জন্য মান ও দিক উভয়েরই প্রয়োজন হয়। কারণ শুধু মানের দ্বারা রাশিটির প্রকৃত অবস্থা বোঝা যায় না। যেমন কোন কিছুই অবস্থান নির্দেশ করার জন্য কোন বিন্দু থেকে ঐ অবস্থানের দূরত্ব জানা থাকলে বস্তুর প্রকৃত অবস্থান জানা যাবে না। কিন্তু দূরত্বের সাথে কোন দিকে আছে তা যদি জানা যায় তবে ঐ দিক বরাবর ঐ দূরত্ব গিয়ে বস্তুটিকে পাওয়া যাবে।

- (গ) প্রথম 60 s গাড়িটি সমত্বরণে চলার পর অতিক্রান্ত দূরত্ব,

$$s_1 = \frac{u+v}{2} \times t = \frac{0+12}{2} \times 60 = 360\text{m}$$

এখানে,
 আদিবেগ, $u = 0 \text{ ms}^{-1}$
 সময়, $t_1 = 60 \text{ s}$
 t_1 s পর বেগ, $v = 12 \text{ ms}^{-1}$

পরবর্তী $t_2 = 20 \text{ s}$ গাড়িটি $v = 12 \text{ ms}^{-1}$ সমবেগে চলার পর অতিক্রান্ত দূরত্ব, $s_2 = vt_2 = 12 \times 20 = 240 \text{ m}$
 $\therefore 80 \text{ y}$ বা 1 মিনিট 20 s এ গাড়িটির মোট অতিক্রান্ত দূরত্ব, $s = s_1 + s_2 = 360 + 240 = 600 \text{ m}$ (Ans.)

- (ঘ) আমরা জানি, ত্বরণ $a = \frac{v-u}{t}$ । শূন্য সেকেন্ড থেকে 40 সেকেন্ড পর্যন্ত উদ্দীপকের ছক থেকে ত্বরণের মান নির্ণয় করা হলো এবং সেগুলো ত্বরণ বনাম সময় লেখে স্থাপন করা হলো।

প্রথম 5 sec এ ত্বরণ,

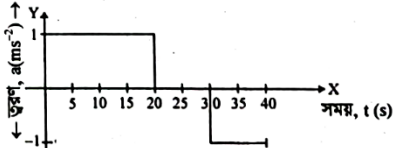
$$a_1 = \frac{5-0}{5} = 1 \text{ ms}^{-2} \text{ পরের } 5 \text{ sec এ ত্বরণ, } a_2 = \frac{10-5}{5} = 1 \text{ ms}^{-2};$$

অনুরূপভাবে,

$$a_3 = \frac{15-10}{5} = 1 \text{ ms}^{-2}; a_4 = \frac{20-15}{5} = 1 \text{ ms}^{-2};$$

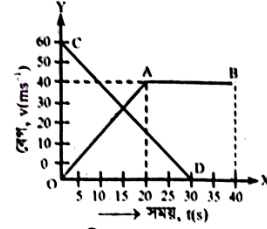
$$a_5 = \frac{20-20}{5} = 0 \text{ ms}^{-2}; a_6 = \frac{20-20}{5} = 0 \text{ ms}^{-2};$$

$$a_7 = \frac{15-20}{5} = -1 \text{ ms}^{-2} \text{ এবং } a_8 = \frac{10-15}{5} = -1 \text{ ms}^{-2};$$



এখানে, 0 s থেকে 20 s পর্যন্ত গাড়িটি 10 ms^{-2} মনের সমত্বরণে চলতে থাকে। তারপর 20 s থেকে 30 s পর্যন্ত সমবেগে চলে, তাই এই সময় ত্বরণ শূন্য। তারপর 30 s থেকে 40 s পর্যন্ত -1 ms^{-2} ত্বরণে চলে অর্থাৎ এ সময় গাড়িটি মন্দনে চলতে থাকে। এ সময় বেগ কমতে থাকে।

৩৯.



বেগ সময় লেখচিত্রে প্রথম গাড়ির জন্য OAB এবং দ্বিতীয় গাড়ির জন্য CD রেখা পাওয়া গেল।

[ঢাকা বোর্ড-২০২০]

- (ক) পর্যায়বৃত্ত গতি কাকে বলে?
 (খ) ভিন্ন ভরের দুটি বস্তুর উপর একই পরিমাণ বল প্রয়োগ করলে তাদের অতিক্রান্ত দূরত্ব নির্ণয় করো।
 (গ) প্রথম গাড়ির ত্বরণ নির্ণয় করো।
 (ঘ) 30s এ কোন গাড়িটি বেশি দূরত্ব অতিক্রম করবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো।

৩৯ নং প্রশ্নের উত্তর

- (ক) কোনো বস্তুর গতি যদি এমন হয় যে, এটি এর গতিপথের কোনো বিন্দুকে নির্দিষ্ট সময় পর পর একই দিক থেকে অতিক্রম করে তবে বস্তুর গতিকে পর্যায়বৃত্ত গতি বলে।
 (খ) ভিন্ন ভরের দুটি বস্তুর উপর একই পরিমাণ বল প্রয়োগ করলে তাদের অতিক্রান্ত দূরত্ব সমান হয় না। কারণ তাদের ভিন্ন ভিন্ন হওয়ায় $F = ma$ বা, $a = F/m$ সূত্রানুসারে সৃষ্ট ত্বরণও ভিন্ন হবে। আবার, অতিক্রান্ত দূরত্ব যেহেতু ত্বরণের উপর নির্ভরশীল, সুতরাং দুটি বস্তুর ত্বরণ ভিন্ন হলে নির্দিষ্ট সময়সীমায় এদের অতিক্রান্ত দূরত্বও ভিন্ন হবে।

- (গ) 1ম 20 s এ প্রথম গাড়ির ত্বরণ,

$$a = \frac{v-u}{t} = \frac{40-0}{20} = 2 \text{ ms}^{-2}$$

এখানে,
 প্রথম গাড়ির গতির OA অংশের জন্য,
 আদিবেগ, $u = 0 \text{ ms}^{-1}$
 শেষ বেগ, $v = 40 \text{ ms}^{-1}$
 সময়কাল, $t = 20 \text{ s}$
 ত্বরণ, $a = ?$

পরবর্তী 20s প্রথম গাড়িটি সমবেগে চলে। তাই এই সময়কালে গাড়িটির ত্বরণ শূন্য।

সুতরাং গাড়িটির ত্বরণ 2 ms^{-2} (Ans.)

- (ঘ) 'গ' হতে প্রাপ্ত

1ম গাড়ির ক্ষেত্রে 1ম 20 s এ ত্বরণ,

$$a_1 = 2 \text{ ms}^{-2}$$

\therefore 1ম 20 s এ অতিক্রান্ত দূরত্ব,

$$s_1 = ut_1 + \frac{1}{2} a_1 t_1^2 = 0 \times 20 + \frac{1}{2} \times 2 \times 20^2 = 400 \text{ m}$$

পরবর্তী 10 s সমবেগে চলার কারণে অতিক্রান্ত দূরত্ব,

$$s_2 = vt_2 = 40 \times 10 = 400 \text{ m}$$

\therefore 30 s এ 1ম গাড়ির অতিক্রান্ত মোট দূরত্ব,

$$s = s_1 + s_2 = 400 + 400 = 800 \text{ m}$$

2য় গাড়িটির ক্ষেত্রে,

$$\text{ত্বরণ, } a_2 = \frac{v_2 - u_2}{t}$$

$$\text{বা, } a_2 = \frac{0-40}{30}$$

$$\therefore a_2 = -1.33 \text{ ms}^{-2}$$

এখানে,
 আদিবেগ, $u_2 = 40 \text{ ms}^{-1}$
 শেষ বেগ, $v_2 = 0 \text{ ms}^{-1}$
 সময়, $t = 30 \text{ s}$
 ত্বরণ, $a_2 = ?$
 অতিক্রান্ত দূরত্ব, $s' = ?$

আমরা জানি,

$$s' = u_2 t + \frac{1}{2} a_2 t^2$$

$$\text{বা, } s' = 40 \times 30 + \frac{1}{2} \times (-1.33) \times 30^2$$

$$\therefore s' = 601.5 \text{ m} > 500 \text{ m}$$

সুতরাং, 30 s এ ২য় গাড়িটি বেশি দূরত্ব অতিক্রম করবে।

১ম গাড়ি 800 m এবং ২য় গাড়ি 900 m যাবে।

\therefore ২য় গাড়িটি বেশি দূরত্ব যাবে।

৪০. দৃশ্যকল্প-১: স্লাইড ক্যালিপার্স দ্বারা একটি দণ্ডের দৈর্ঘ্য পরিমাপে প্রধান স্কেল পাঠ 4.2 cm ও দণ্ডের দৈর্ঘ্য 4.25 cm। যন্ত্রটির ভার্নিয়ারের ভাগ সংখ্যা 20 ও প্রধান স্কেলের ক্ষুদ্রতম এক ভাগের মান 1 mm।
দৃশ্যকল্প-২: একটি গতিশীল গাড়ি সংশ্লিষ্ট তথ্য নিচের সারণিতে উপস্থাপন করা হলো:

| সময় (সেকেন্ড) | 0 | 12 | 24 | 36 | 48 | 60 |
|-------------------|---|----|----|----|----|----|
| দূরত্ব (মিটার) | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 20 |

[ময়মনসিংহ বোর্ড-২০২০]

(ক) ভার্নিয়ার ধ্রুবক কাকে বলে?

(খ) গতিশীল বস্তুর অতিক্রান্ত দূরত্ব থাকলেও সরণ নাও থাকতে পারে- ব্যাখ্যা করো।

(গ) দৃশ্যকল্প-১ এর আলোকে ভার্নিয়ার সমপাতন নির্ণয় করো।

(ঘ) দৃশ্যকল্প-২ অনুযায়ী দূরত্ব - সময় লেখচিত্র অংকন করো এবং প্রাপ্ত লেখচিত্র X অক্ষের সাথে 45° কোণে আনত কিনা বিশ্লেষণপূর্বক মতামত দাও।

৪০ নং প্রশ্নের উত্তর

- (ক) মূল স্কেলের ক্ষুদ্রতম এক ভাগের চেয়ে ভার্নিয়ার স্কেলের এক ভাগ যতটুকু ক্ষুদ্রতর সেই পরিমাণকে দৈর্ঘ্য পরিমাপক যন্ত্রের ভার্নিয়ার ধ্রুবক বলে।
(খ) দূরত্ব স্কেলার রাশি এবং সরণ ভেক্টর রাশি। সরণ হচ্ছে কোনো বস্তুর আদি অবস্থান ও শেষ অবস্থানের মধ্যবর্তী সর্বনিম্ন সরলরৈখিক দূরত্ব। অপরদিকে, দূরত্ব হচ্ছে সরল বা বক্রপথে অর্থাৎ যেকোনো দিকে মোট অতিক্রান্ত পথ। কোনো বস্তু বৃত্তাকার পথে ঘুরে আদি অবস্থানে ফিরে আসলে তার আদি অবস্থান ও শেষ অবস্থান একই হওয়ায় সরণ শূন্য হয়। কিন্তু অতিক্রান্ত দূরত্ব হবে বৃত্তের পরিধির সমান।
তাই গতিশীল বস্তুর অতিক্রান্ত দূরত্ব থাকলেও সরণ নাও থাকতে পারে।

(গ) আমরা জানি,

$$L = M + V \times VC$$

$$\text{বা, } V \times VC = L - M$$

$$\text{বা, } V = \frac{L-M}{VC}$$

$$\text{বা, } V = \frac{4.25-4.2}{0.005}$$

$$\therefore V = 10 \quad (\text{Ans.})$$

এখানে,

প্রধান স্কেল পাঠ, $M = 4.2$ cm

দণ্ডের পরিমাপকৃত দৈর্ঘ্য,

$$L = 4.25 \text{ cm}$$

ভার্নিয়ার ধ্রুবক,

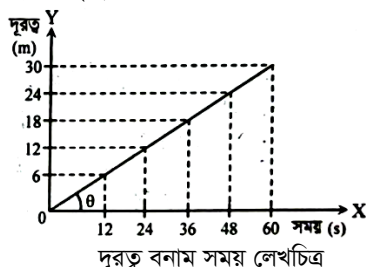
$$VC = \frac{5}{n}$$

$$= \frac{1}{20} = 0.05 \text{ mm}$$

$$= 0.005 \text{ cm}$$

ভার্নিয়ার সমপাতন, $V = ?$

(ঘ) দৃশ্যকল্প-২ অনুযায়ী দূরত্ব সময় লেখচিত্র নিম্নে অংকন করা হলো:



প্রাপ্ত সরলরৈখিক লেখচিত্রের ঢাল,

$$m = \tan \theta = \frac{\Delta y}{\Delta x}$$

$$= \frac{30-0}{60-0} = \frac{1}{2} \theta$$

$$= 26.56^\circ \neq 45^\circ$$

সুতরাং দৃশ্যকল্প-২ অনুযায়ী দূরত্ব সময় লেখচিত্র (সরলরেখা) X অক্ষের সাথে 45° কোণে আনত নয়, বরং 26.56° কোণে আনত।

৪১. একটি গতিশীল গাড়ির গতিকালে ভিন্ন ভিন্ন সময়ের জন্য বেগের মান নিচের ছকে দেওয়া হলো:

| বেগ (ms^{-1}) | 2 | 4 | 6 | 6 | 7 | 8 |
|--------------------------|---|---|----|----|----|----|
| সময় (s) | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 |

[রাজশাহী বোর্ড-২০২০]

(ক) পর্যায়বৃত্ত গতি কাকে বলে?

(খ) 'স্পন্দন গতি এক ধরনের পর্যায়বৃত্ত গতি'- ব্যাখ্যা করো।

(গ) 15 তম সেকেন্ডে গাড়িটির অতিক্রান্ত দূরত্ব নির্ণয় করো।

(ঘ) গাড়িটির গতিবেগের বেগ-সময় লেখ অঙ্কন করে বিশ্লেষণ করো।

৪১ নং প্রশ্নের উত্তর

- (ক) কোনো বস্তুর গতি যদি এমন হয় যে, এটি এর গতিপথের যেকোনো নির্দিষ্ট বিন্দুকে নির্দিষ্ট সময় পর পর একই দিক থেকে অতিক্রম করে তবু বস্তুর এরূপ গতিকে পর্যায়বৃত্ত গতি বলে।

- (খ) কোনো বস্তুর গতি যদি এমন হয় যে, এটি এর গতিপথের যেকোনো নির্দিষ্ট বিন্দুকে নির্দিষ্ট সময় পর পর একই দিক থেকে অতিক্রম করে তবে বস্তুর এরূপ গতিকে পর্যায়বৃত্ত গতি বলে। আবার, পর্যায়বৃত্ত গতিসম্পন্ন কোনো বস্তুকণা যদি এর গতিপথের অর্ধেক সময় একদিকে চলে এবং বাকি অর্ধেক সময় তার বিপরীত দিকে চলে তবে তাকে স্পন্দন গতি বলে। অর্থাৎ পর্যায়বৃত্ত গতিসম্পন্ন বস্তু যদি পর্যায়কালের অর্ধেক সময় একদিকে এবং বাকি অর্ধেক সময় তার বিপরীত দিকে চলে, তবে এরূপ সরলরৈখিক পর্যায়বৃত্ত গতিই হবে স্পন্দন গতি। সুতরাং স্পন্দন গতি এক ধরনের পর্যায়বৃত্ত গতি।

- (গ) গাড়িটি 10 s হতে 15 s পর্যন্ত সমবেগে চলে।

$$\therefore 15 \text{ তম সেকেন্ডেও গাড়িটি সমবেগে চলে, যার মান, } v = 6 \text{ ms}^{-1}$$

15তম সেকেন্ড এ গাড়িটির অতিক্রান্ত দূরত্ব,

$$s = vt$$

[সমবেগের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য সূত্র]

$$\text{বা, } s = 6 \times 1$$

$$\therefore s = 6 \text{ m} \quad (\text{Ans.})$$

এখানে,

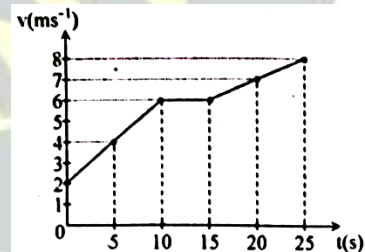
সমবেগ,

$$v = 6 \text{ ms}^{-1}$$

সময়, $t = 1 \text{ s}$

অতিক্রান্ত দূরত্ব, $s = ?$

- (ঘ) নিম্নে গাড়িটির বেগ-সময় লেখ অঙ্কন করে বিশ্লেষণ করা হলো:



চিত্র: বেগ-সময় লেখচিত্র

গাড়িটির বেগ-সময় লেখ হতে দেখা যায়, গাড়িটি ১ম 10 s সমত্বরণে

চলে এবং এই ত্বরণের মান, $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{6-2}{10} = 0.4 \text{ ms}^{-2}$

পরবর্তী 5 s গাড়িটি 6 ms^{-1} সমবেগে চলে। 15 s থেকে 25 s পর্যন্ত গাড়িটি আবার সমত্বরণে চলে,

এক্ষেত্রে ত্বরণের মান,

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{8-6}{25-15} = 0.2 \text{ ms}^{-2}$$

৪২. নিচের একটি গাড়ির বেগ ও সময়ের তালিকা দেওয়া হলো:

| সময় t(s) | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 |
|-----------|---|---|----|----|----|----|----|----|
| বেগ | 0 | 5 | 12 | 12 | 12 | 8 | 4 | 2 |

v(ms⁻¹)

[কুমিল্লা বোর্ড-২০২০]

- (ক) ভরবেগ কাকে বলে?
 (খ) বালুতে হাঁটা কষ্টকর কেন?
 (গ) গাড়িটি প্রথম ৪ s — এ কত দূরত্ব অতিক্রম করবে তা নির্ণয় করো।
 (ঘ) উপরের তালিকা থেকে গাড়িটির বেগ বনাম সময় লেখ অংকন করে এর গতিবেগের পরিবর্তন বিশ্লেষণ করো।

৪২ নং প্রশ্নের উত্তর

- (ক) কোনো বস্তুর ভর ও বেগের গুণফলকে ভরবেগ বলে।
 (খ) আমরা হাঁটার সময় পিছনের দিকে মাটিতে বল প্রয়োগ করি, তখন মাটিও আমাদের শরীরে সমান মানের ও বিপরীতমুখী বল প্রয়োগ করে। এই প্রতিক্রিয়া বলের সাহায্যেই আমাদের ত্বরণ হয়, অর্থাৎ আমরা হাঁটতে পারি। কিন্তু বালুতে হাঁটার সময় বালু সরে যায় এবং ঘর্ষণ কম হয়। ফলে প্রতিক্রিয়া বল ঠিকমত পাওয়া যায় না বা প্রতিক্রিয়া বল কম হয়। এ কারণে বালুতে আমাদের হাঁটতে কষ্ট হয়।

- (গ) প্রথম ২ s এ ত্বরণ,

$$a_1 = \frac{v_2 - u}{t_2 - t_1} \quad \text{এখানে,}$$

$$\text{বা, } a_1 = \frac{5 - 0}{2} \quad \text{আদিবেগ, } u = 0 \text{ ms}^{-1}$$

$$t_1 = 2 \text{ s পর বেগ, } v_2 = 5 \text{ ms}^{-1}$$

$$t_2 = 4 \text{ s এর বেগ, } v_4 = 12 \text{ ms}^{-1}$$

$$\therefore a_1 = 2.5 \text{ ms}^{-2}$$

প্রথম ২ s এ অতিক্রান্ত দূরত্ব,

$$s_1 = ut_1 + \frac{1}{2} a_1 t_1^2 = 0 \times 2 + \frac{1}{2} \times 2.5 \times 2^2 = 5 \text{ m}$$

২ s হতে ৪ s এ ত্বরণ,

$$a_2 = \frac{v_4 - v_2}{t_4 - t_2} = \frac{12 - 5}{4 - 2} = 3.5 \text{ ms}^{-2}$$

\therefore ২ s হতে ৪ s এ সরণ,

$$s_2 = v_2(t_2 - t_1) + \frac{1}{2} a_2(t_2 - t_1)^2$$

$$= 5(4 - 2) + \frac{1}{2} \times 3.5 \times (4 - 2)^2$$

$$= 5 \times 2 + \frac{1}{2} \times 3.5 \times 2^2 = 17 \text{ m}$$

৪ s হতে ৮ s সমবেগে চলায় $t_3 = 8 - 4 = 4 \text{ s}$ — এ সরণ,

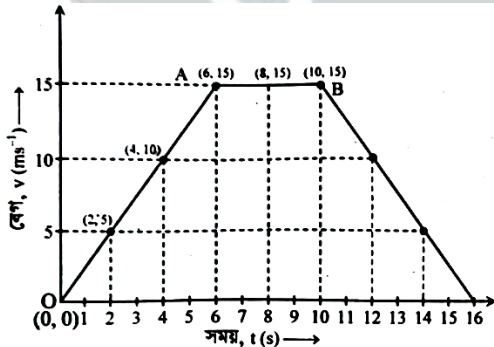
$$s_3 = v_4 \times t_3 = 12 \times 4 = 48 \text{ m}$$

\therefore প্রথম ৮ s এ অতিক্রান্ত দূরত্ব,

$$s = s_1 + s_2 + s_3$$

$$= 5 + 17 + 48 = 70 \text{ m} \quad (\text{Ans.})$$

- (ঘ) প্রদত্ত তথ্যের আলোকে উল্লিখিত বেগ-সময় লেখচিত্র নিম্নরূপ:



লেখচিত্র হতে দেখা যাচ্ছে OA অংশে বেগ শূন্য হতে বৃদ্ধি পেয়ে ৬ সেকেন্ডে ১৫ ms⁻¹ হয়েছে।

$$\therefore \text{OA অংশে ত্বরণ } a_{OA} = \frac{15 - 0}{6 - 0}$$

$$= 2.5 \text{ ms}^{-2}$$

অর্থাৎ এই অংশে ২.৫ ms⁻² সমত্বরণে যায়। A হতে B অংশে বেগের পরিবর্তন হয়নি। অর্থাৎ ৬ হতে ১০ সেকেন্ড পর্যন্ত সমবেগে যায়।

অর্থাৎ ত্বরণ শূন্য।

BC অংশে বেগ ১৫ ms⁻¹ হতে হ্রাস পেয়ে শূন্য হয়।

BC অংশে মন্দন,

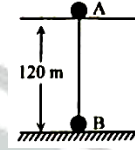
$$a_{BC} = \frac{15 - 0}{16 - 10}$$

$$= 2.5 \text{ ms}^{-2}$$

অর্থাৎ লেখচিত্র অনুযায়ী OA অংশে ২.৫ ms⁻² সমত্বরণে যায় এবং

AB অংশে সমবেগে এবং BC অংশে ২.৫ ms⁻² সমমন্দনে যায়।

৪৩.



চিত্রে একটি বস্তু A —কে ১২০ মিটার উঁচু থেকে ফেলে দেয়া হলো। একই সময়ে অপর একটি বস্তু B —কে ১৯.৬ ms⁻¹ বেগে খাড়া উপরের দিকে নিক্ষেপ করা হলো।

[কুমিল্লা বোর্ড-২০২০, ২০১৬]

- (ক) স্থিতিশক্তি কাকে বলে?

- (খ) সমান বল প্রয়োগ করলেও সকল ক্ষেত্রে কাজ সমান হয় না কেন? ব্যাখ্যা করো।

- (গ) ৩ s পরে A বস্তুর বেগ নির্ণয় করো।

- (ঘ) ভূমি ছাড়া বস্তুদ্বয় মিলিত হবে কি? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে মতামত দাও।

৪৩ নং প্রশ্নের উত্তর

- (ক) কোনো বস্তুকে স্বাভাবিক অবস্থা বা অবস্থান থেকে পরিবর্তন করে অন্য কোনো অবস্থা বা অবস্থানে আনলে বস্তুটি কাজ করার যে সামর্থ্য অর্জন করে তাকে ঐ বস্তুর বিভবশক্তি বা স্থিতিশক্তি বলে।

- (খ) আমরা জানি, কাজ = বল × বলের দিকে অতিক্রান্ত দূরত্ব (সরণ)। যদি বস্তুর ওপর সকল ক্ষেত্রে কৃতকাজ সমান হয় না।

- (গ) আমরা জানি,

$$v = u + gt$$

$$\text{বা, } v = 0 + 9.8 \times 3$$

$$= 29.4 \text{ ms}^{-1} (\text{Ans.})$$

এখানে,
 আদিবেগ, $u = 0 \text{ ms}^{-1}$
 সময়, $t = 3 \text{ s}$
 অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8 \text{ ms}^{-2}$
 শেষ, $v = ?$

- (ঘ) ধরা যাক, t সময়ে P বিন্দুতে বস্তুদ্বয় মিলিত হবে।

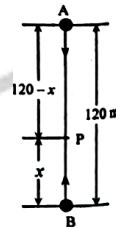
সুতরাং, t সময়ে A বস্তুর অতিক্রান্ত দূরত্ব,

$$s_A = u_A t + \frac{1}{2} g t^2$$

$$= \frac{1}{2} (9.8) t^2$$

এখানে,
 A বস্তুর আদিবেগ, $u_A = 0 \text{ ms}^{-1}$
 B বস্তুর আদিবেগ, $u_B = 19.6 \text{ ms}^{-1}$

$$\text{বা, } 120 - x = 4.9 t^2 \dots \dots \dots (1)$$



আবার, t সময়ে B বস্তুর অতিক্রান্ত দূরত্ব,

$$s_B = u_B t - \frac{1}{2} g t^2 = 19.6 t - \frac{1}{2} (9.8) t^2$$

$$\text{বা, } x = 19.6 t - 4.9 t^2 \dots \dots \dots (2)$$

সমীকরণ (1) ও (2) যোগ করে পাই,

$$120 = 19.6 t$$

$$\text{বা, } t = \frac{120}{19.6} s = 6.122s$$

সমীকরণ (1) এ t এর মান বসিয়ে,

$$[20 - x = 4.9 \times (6.122)^2]$$

$$x = [20 - 4.9 \times (8.122)^2]$$

$$x = -6.84 \text{ m}$$

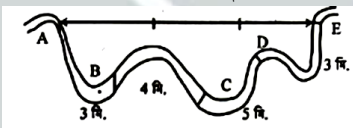
যেহেতু x ঋণাত্মক (যা এক্ষেত্রে অবাস্তব ও অগ্রহণযোগ্য)। যেহেতু বস্তুদ্বয় ভূমির উপরে কোথাও মিলিত হতে পারে না। বস্তুতে ই বস্তুটি সর্বোচ্চ উচ্চতায় উঠে ভূমিতে ফিরে আসা পর্যন্ত সময়কালে A বস্তুটি B বস্তুর নিকটে আসতে পারবে না এবং এর সাথে মিলিতও হবে না।

৪৪. একটি গাড়ির চলার সময় ও অতিক্রান্ত দূরত্ব নিম্নে উপস্থাপন করা হলো:

| সময় (s) | দূরত্ব (m) |
|----------|------------|
| 0 | 0 |
| 2 | 6 |
| 4 | 24 |
| 6 | 54 |
| 8 | 96 |
| 10 | 150 |

তথ্য-১

একটি সাইকেল চলার গতিপথ ও সময় নিম্নরূপঃ



AB = BC = CD = DE = 1 km এবং AE = 3 km

তথ্য-২

[চট্টগ্রাম বোর্ড-২০২০]

(ক) পড়ন্ত বস্তুর তৃতীয় সূত্রটি বিবৃত করো।

(খ) কম্পনশীল সুরশলাকার গতিকে স্পন্দন গতি বলা হয় কেন?

(গ) তথ্য-২ এর আলোকে সাইকেলটির গড় বেগ এবং গড় দ্রুতির পার্থক্য নির্ণয় করো।

(ঘ) তথ্য-১ অনুযায়ী বেগ-সময় লেখচিত্র অঙ্কন করে তার প্রকৃতি বিশ্লেষণ করো।

৪৪ নং প্রশ্নের উত্তর

- (ক) স্থির অবস্থান থেকে বিনা বাধায় পড়ন্ত বস্তু নির্দিষ্ট সময়ে যে দূরত্ব (h) অতিক্রম করে তা ঐ সময়ের (t) বর্গের সমানুপাতিক অর্থাৎ $h \propto t^2$ ।
- (খ) আমরা জানি, পর্যাবৃত্ত গতিসম্পন্ন কোনো বস্তু যদি পর্যায়কালের অর্ধেক সময় কোনো নির্দিষ্ট দিকে এবং বাকি অর্ধেক সময় একটু পত বিপরীত দিকে চলে তবে এর গতিকে স্পন্দন গতি বলে। কম্পনের সময় সুরকার যেকোনো বহু কম্পনের পর্যায়কালের অর্ধেক সময় যেদিকে মন করে ববি আর্ধক সময় তার বিপরীত দিকে গমন করে। ফলে স্পন্দন গতির সংজ্ঞানুসারে, কম্পনশীল সুরশলাকার গতি স্পন্দন গতি।

(গ) আমরা জানি,

$$\begin{aligned} \text{গড় বেগ} &= \frac{5}{1} \\ &= \frac{3000}{900} \\ &= 3.33 \text{ ms}^{-1} \end{aligned}$$

$$\text{এবং গড় দ্রুতি} = \frac{d}{t}$$

$$= \frac{4000}{900}$$

$$= 4.44 \text{ ms}^{-1}$$

$$\therefore \text{গড় বেগ এবং গড় দ্রুতির পার্থক্য}$$

$$= 4.44 - 3.33 = 1.11 \text{ ms}^{-1} \text{ (Ans.)}$$

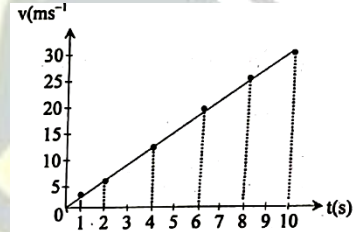
(ঘ) তথ্য-১ অনুযায়ী গড়বেগ স্থানাঙ্ক ছক নিম্নরূপ:

$$\begin{aligned} \text{এখানে,} \\ \text{অতিক্রান্ত দূরত্ব,} \\ d &= AB + BC + CD + DE \\ &= 1 + 1 + 1 + 1 \\ &= 4 \text{ km} = 4000 \text{ m} \\ \text{সরণ,} \\ s &= AE = 3 \text{ km} \\ &= 3000 \text{ m} \\ \text{সময়,} \\ 1 &= 3 + 4 + 5 + 3 \\ &= 15 \text{ min} \\ &= 15 \times 60 \\ &= 900 \text{ s} \end{aligned}$$

সকল উপাত্ত S, 1 এককে

| সময়/মুহূর্ত (t) | সময় ব্যবধান (Δt) | তাৎক্ষণিক সরণ/অবস্থান (s) | সরণের পরিবর্তন (Δs) | গড় বেগ $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$ |
|------------------|-----------------------------|---------------------------|-------------------------------|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | - |
| 2 | 2-0=2 | 6 | 6-0=6 | 3 |
| 4 | 4-2=2 | 24 | 24-6=18 | 9 |
| 6 | 6-4=2 | 54 | 54-24=30 | 15 |
| 8 | 8-6=2 | 96 | 96-54=42 | 21 |
| 10 | 10-8=2 | 150 | 150-96=54 | 27 |

উপর্যুক্ত ছকের উপাত্ত অনুযায়ী গড় বেগ বনাম সময় লেখ নিম্নরূপ:



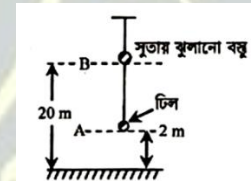
লেখ হতে দেখতে পাই, সময়ের সাথে গড় বেগ সমহারে বৃদ্ধি পেয়েছে। (সরলরেখিক লেখ)।

সুতরাং এক্ষেত্রে বস্তুটি সমত্বরণ প্রাপ্ত হয় এবং উক্ত ত্বরণের মান,

$$\begin{aligned} a &= \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{9 - 3}{4 - 2} \\ &= \frac{15 - 9}{6 - 4} = \frac{21 - 15}{8 - 6} = \frac{27 - 21}{10 - 8} = \frac{3 \text{ m}}{\text{s}^2} \end{aligned}$$

৪৫. দৃশ্যকল্প-১: একটি স্লাইড ক্যালিপার্সের ভার্নিয়ারের ভাগ সংখ্যা 10 ও প্রধান স্কেলের ক্ষুদ্রতম ভাগের মান 1 mm। যন্ত্রটি দ্বারা পরিমাপে প্রাপ্ত দৈর্ঘ্য 3.2 cm, প্রধান স্কেল পাঠ 3.2 cm.।

দৃশ্যকল্প-২:



50 g ভরের টিলাটি A অবস্থান হতে 20 ms^{-1} বেগে খা উপরের দিকে ছোঁড়া হলো। স্থানটির অভিকর্ষজ ত্বরণ 9.8 ms^{-2} ।

[সিলেট বোর্ড-২০২০]

(ক) পর্যায়বৃত্ত গতি কাকে বলে?

(খ) কর্মদক্ষতার মান 1 এর বেশি হয় না কেন? ব্যাখ্যা করো।

(গ) দৃশ্যকল্প-১ এর ক্ষেত্রে ভার্নিয়ার সমপাতন নির্ণয় করো।

(ঘ) দৃশ্যকল্প-২ এর টিলাটির পক্ষে সুতায় ঝুলানো বস্তুটিকে স্থানচ্যুত করতে না পারার কারণ বিশ্লেষণ করো।

৪৬ নং প্রশ্নের উত্তর

(ক) কোনো বস্তুর গতি যদি এমন হয় যে, এটি এর গতিপথের যে কোনো নির্দিষ্ট বিন্দুকে নির্দিষ্ট সময় পর পর একই দিক থেকে অতিক্রম করে তবে বস্তুর এরূপ পর্যায়বৃত্ত গতি বলে।

(খ) আমরা জানি,

$$\text{কর্মদক্ষতা, } \eta = \frac{P'}{P}$$

এখানে,

$P' =$ লভ্য কার্যকর ক্ষমতা

$P =$ মোট প্রদত্ত ক্ষমতা

কর্মদক্ষতার মান 1 এর বেশি হয় না কারণ লভ্য কার্যকর ক্ষমতা কখনো মোট প্রদত্ত ক্ষমতা কখনো মোট প্রদত্ত ক্ষমতার সমান বা বেশি হতে পারে না। মোট প্রদত্ত ক্ষমতার কিছু অংশ সর্বদা তাপ ও অন্যান্য শক্তি হিসেবে অপচয় হয়। তাই কর্মদক্ষতার মান 1 বা 100% এর বেশি হয় না।

(গ) আমরা জানি,

$$L = M + V \times VC$$

$$\text{বা, } V \times VC = L - M$$

$$\text{বা, } V = \frac{L-M}{VC}$$

$$\text{বা, } V = \frac{4.25-4.2}{0.005}$$

$$\therefore V = 10 \quad (\text{Ans.})$$

এখানে,

$$\text{প্রধান স্কেল পাঠ, } M = 4.2$$

cm

দন্ডের পরিমাপকৃত দৈর্ঘ্য,

$$L = 4.25 \text{ cm}$$

ভার্নিয়ার প্রবক,

$$VC = \frac{5}{n}$$

$$= \frac{1}{20} = 0.05 \text{ mm}$$

$$= 0.005 \text{ cm}$$

ভার্নিয়ার সমপাতন, $V = ?$

(ঘ) B অবস্থানে ডিলটির শেষবেগ,

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

$$= (20)^2 - 2 \times 9.8 \times 18$$

$$= 47.2$$

$$\therefore v = 6.87 \text{ ms}^{-1}$$

এখানে,

ডিলটির আদিবেগ,

$$u = 20 \text{ ms}^{-1}$$

অভিকর্ষজ ত্বরণ,

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

উচ্চতা,

$$AB = (20 - 2) \text{ m} = 18 \text{ m}$$

ডিলটির ভর,

$$m = 50 \text{ g} = 0.05 \text{ kg}$$

$$T_B = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \times 0.05 \times (6.87)^2 = 1.18 \text{ J}$$

যেহেতু B অবস্থানে থাকা সুতায় ঝুলানো বস্তুটির উপর উপর সুতার টান ও বস্তুর ওজন পরস্পর বিপরীত দিকে ক্রিয়া করে সাম্য বল সৃষ্টি করে। সুতরাং সামান্য পরিমাণ গতিশক্তিই সুতায় ঝুলানো বস্তুটিকে স্থানচ্যুত করতে পারবে।

কিন্তু বায়ুর বাধা থাকলে ডিলটি বস্তুর উচ্চতায় নাও পৌঁছাতে পারে তথা স্থানচ্যুত নাও করতে পারে। এছাড়া বস্তুটি অনেক দূর সুতায় বাঁধা থাকলে ডিলটি বস্তুকে আঘাত করেও স্থানচ্যুত করতে পারবে না।

৪৬. রাস্তায় গতিশীল একটি গাড়ি বিভিন্ন সময়ের বেগ দেওয়া হলো:

| সময় (সেকেন্ড) | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 |
|-----------------|----|----|----|---|---|----|----|
| বেগ | 14 | 12 | 10 | 8 | 6 | 4 | 2 |
| (মিটার/সেকেন্ড) | | | | | | | |

[যশোর বোর্ড-২০২০]

(ক) ত্বরণ কাকে বলে?

(খ) ঘড়ির কাঁটার গতি একটি পর্যায়বৃত্ত গতি, কিন্তু স্পন্দন গতি নয় কেন? ব্যাখ্যা করো।

(গ) গাড়িটি ১ম ১০ সেকেন্ডে কত দূরত্ব অতিক্রম করবে নির্ণয় করো।

(ঘ) উদ্দীপকের তথ্যের ভিত্তিতে বেগ-সময় লেখচিত্রের মাধ্যমে বেগের পরিবর্তনের হার বিশ্লেষণ করো।

৪৬ নং প্রশ্নের উত্তর

(ক) সময়ের সাথে কোনো বস্তুর অসম বেগের পরিবর্তনের হারকে ত্বরণ বলে।

(খ) ঘড়ির কাঁটা গতিপথের নির্দিষ্ট কোনো বিন্দুকে নির্দিষ্ট সময় পরপর (60 s, 1 hour, 12 hour) একই দিক থেকে অতিক্রম করে। তাই ঘড়ির কাঁটার গতি পর্যায়বৃত্ত গতি। স্পন্দন গতির ক্ষেত্রে বস্তু পর্যায়কালের অর্ধেক সময় এক দিকে এবং বাকি অর্ধেক সময় পূর্বগতির বিপরীত দিকে চলে।

যেহেতু ঘড়ির কাঁটা এর পর্যায়কালের পুরো সময় একই কৌণিক দিকে ঘোরে, সেহেতু এর গতি স্পন্দন গতি নয়। স্পন্দন গতি সম্পন্ন কণার গতিপথ খোলা সরল বা বক্ররেখা হয়, কিন্তু ঘড়ির কাঁটার গতিপথ বৃত্তাকার বা বন্ধ বক্ররেখা। অতএব, বলা যায় যে, ঘড়ির কাঁটার গতি পর্যায়বৃত্ত গতি হলেও স্পন্দন গতি নয়।

(গ) আমরা জানি,

ত্বরণ,

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

$$= \frac{4-14}{10}$$

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

আবার,

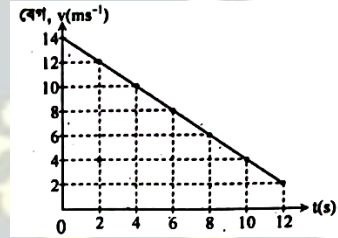
অতিক্রান্ত দূরত্ব,

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

$$= 14 \times 10 + \frac{1}{2} \times (-1) \times 10^2$$

$$\therefore s = 90 \text{ m} \quad (\text{Ans.})$$

(ঘ) উদ্দীপকের তথ্যের ভিত্তিতে নিম্নে অঙ্কিত বেগ-সময় লেখচিত্রের মাধ্যমে বেগের পরিবর্তনের হার বিশ্লেষণ করা হলো-



চিত্র: বেগ বনাম সময় লেখচিত্র

লেখচিত্র হতে দেখা যায় যে, গাড়িটির বেগ 14 ms^{-1} হতে কমে 12 s পর 2 ms^{-1} এ নেমে আসে এবং এই বেগ সুষমভাবে হ্রাস পায়, অর্থাৎ গাড়িটি সমমন্দনে চলে।

$$\text{এ সময় গাড়িটির ত্বরণ, } a = \frac{v-u}{t} = \frac{2-14}{12} = -1 \text{ ms}^{-2}$$

সুতরাং, গাড়িটির বেগ হ্রাসের হার তথা মন্দন 1 ms^{-2} ।

৪৭.

| বেগ | 0 | 4 | 8 | 8 | 8 | 4 | 0 |
|------------|---|---|----|----|----|----|----|
| সময় (sec) | 0 | 8 | 16 | 24 | 32 | 40 | 48 |

উপরের চার্টে একটি চলন্ত গাড়ির বেগ এবং সময়ের তথ্য দেয়া হয়েছে।

[বরিশাল বোর্ড-২০২০]

(ক) গড় দ্রুতি কাকে বলে?

(খ) স্থির অবস্থান থেকে কোনো বস্তুর নিচের দিকে পড়তে থাকলে তার বেগের পরিবর্তন হয়-কেনা?

(গ) 24 sec এ গাড়িটির অতিক্রান্ত দূরত্ব নির্ণয় করো।

(ঘ) উপরের চার্ট হতে 'ত্বরণ-সময়' লেখ অঙ্কন করে এর প্রকৃতি বিশ্লেষণ করো।

৪৭ নং প্রশ্নের উত্তর

(ক) বস্তু যদি সুষম দ্রুতিতে না চলে তবে তার অতিক্রান্ত মোট দূরত্বকে মোট সময় দিয়ে ভাগ করলে গড়ে প্রতি একক সময়ে যে অতিক্রান্ত দূরত্ব পাওয়া যায় তাকে গড় দ্রুতি বলে।

(খ) স্থির অবস্থান থেকে কোনো বস্তু নিচের দিকে পড়তে থাকলে বস্তুটির উপর অভিকর্ষ বল ক্রিয়া করে। আর, এ বলের প্রভাবে পড়ন্ত বস্তুর বেগ বৃদ্ধির হারই হলো অভিকর্ষজ ত্বরণ। সুতরাং স্পষ্টত স্থির অবস্থান থেকে কোনো বস্তু নিচের দিকে পড়তে থাকলে এর বেগ বৃদ্ধি পায়। আবার, পড়ন্ত বস্তুর ২য় সূত্রানুযায়ী, বিনা বাধায় পড়ন্ত বস্তুর বেগ, সময়ের সমানুপাতিক। অর্থাৎ সময় বাড়লে বেগ সমান হারে বৃদ্ধি পায়। একারণে স্থির অবস্থান থেকে কোনো বস্তু নিচে পড়তে থাকলে তার বেগের পরিবর্তন হয়।

(গ) উদ্দীপকে প্রদত্ত উপাত্ত অনুসারে গাড়িটি 24 sec-এর মধ্যে ১ম 16 s সমত্বরণে এবং পরবর্তী 4 s সমবেগে চলেছে।

উদ্দীপকে প্রদত্ত উপাত্ত হতে,

$$16 \text{ s এ গাড়িটির ত্বরণ, } a = \frac{8-0}{16} = \frac{1}{2} \text{ ms}^{-2}$$

১ম 16 s এ গাড়িটির অতিক্রান্ত দূরত্ব,

এখানে,

আদিবেগ,

$$u =$$

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

$$= 0 + \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times (16)^2 = 64\text{m}$$

পরবর্তী 8 s এ অতিক্রান্ত দূরত্ব,

$$s_2 = vt_2$$

$$= 8 \times 8 = 64\text{ m}$$

$$0\text{ ms}^{-1}$$

সময়, $t_1 = 16\text{ s}$

এখানে,

সমবেগ,

$$v = 8\text{ ms}^{-1}$$

সময়, $t_2 = 8\text{ s}$

অতএব, 24 sec এ গাড়িটির অতিক্রান্ত দূরত্ব,

$$s = s_1 + s_2 = 64 + 64 = 128\text{ m (Ans.)}$$

(ঘ) ১ম 0 s থেকে 16 s সমত্বরণে চলে,

$$a_1 = \frac{v_1 - u_1}{t_1}$$

$$= \frac{8 - 0}{16}$$

$$= 0.5\text{ ms}^{-2}$$

এখানে,

$$u_1 = 0\text{ ms}^{-1}$$

$$v_1 = 8\text{ ms}^{-1}$$

$$t_1 = 16 - 0 = 16\text{ s}$$

ত্বরণ, $a_1 = ?$

পরবর্তী 16–32 s সমবেগে চলে।

তাই, ত্বরণ, $a_2 = 0\text{ ms}^{-2}$

আবার পরবর্তীতে 32–48 s সমমন্দনে চলে।

$$a_3 = \frac{v_2 - u_2}{t_2}$$

$$= \frac{0 - 8}{16}$$

$$= -0.5\text{ ms}^{-2}$$

এখানে,

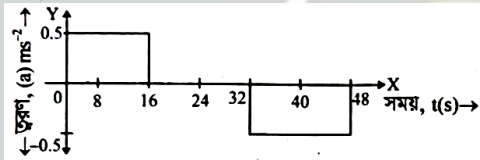
$$u_2 = 8\text{ ms}^{-1}$$

$$v_2 = 0\text{ ms}^{-1}$$

$$t_2 = 48 - 32 = 16\text{ s}$$

ত্বরণ, $a_3 = ?$

গাড়িটির ত্বরণ সময় লেখচিত্র নিম্নরূপ:



লেখচিত্র হতে দেখা যায় যে, গাড়িটি ১ম 16s 0.5 ms⁻² সমত্বরণে চলে, এর পরের 16 s সমবেগে চলে এবং সর্বশেষ 16s 0.5 ms⁻² সমমন্দনে চলে থেমে যায়।

৪৮. দৃশ্যকল্প-১: স্লাইড ক্যালিপার্স দ্বারা একটি দন্ডের দৈর্ঘ্য পরিমাপে প্রধান স্কেল পাঠ 4.2 cm ও দন্ডের দৈর্ঘ্য 4.25 cm। যন্ত্রটির ভার্নিয়ারের ভাগ সংখ্যা 20 ও প্রধান স্কেলের ক্ষুদ্রতম এক ভাগের মান 1 mm।
- দৃশ্যকল্প-২: একটি গতিশীল গাড়ি সংশ্লিষ্ট তথ্য নিচের সারণিতে উপস্থাপন করা হলো:

| সময় (সেকেন্ড) | 0 | 12 | 24 | 36 | 48 | 60 |
|-------------------|---|----|----|----|----|----|
| দূরত্ব (মিটার) | 0 | 6 | 12 | 18 | 24 | 30 |

[ময়মনসিংহ বোর্ড-২০২০]

- (ক) ভার্নিয়ার ক্রুবক কাকে বলে?
- (খ) গতিশীল বস্তুর অতিক্রান্ত দূরত্ব থাকলেও সরণ নাও থাকতে পারে-ব্যাখ্যা কর।
- (গ) দৃশ্যকল্প-১ এর আলোকে ভার্নিয়ার সমপাতন নির্ণয় কর।
- (ঘ) দৃশ্যকল্প-২ অনুযায়ী দূরত্ব-সময় লেখচিত্র অঙ্কন কর এবং প্রাপ্ত লেখচিত্র X অক্ষের সাথে 45° কোণে আনত কি-না বিশ্লেষণপূর্বক মতামত দাও।

৪৮ নং প্রশ্নের উত্তর

- (ক) কোনো বস্তুর সরণের হারকে বেগ বলে।
- (খ) একটি বস্তুকে u আদিবেগে উপরের দিকে নিক্ষেপ করা হলে এটি যতই উপরে উঠতে থাকে, অভিকর্ষজ ত্বরণ g বেগের বিপরীত দিকে কাজ করায় বস্তুটির বেগ ক্রমশ কমতে থাকে এবং সর্বোচ্চ উচ্চতায় এর বেগ শূন্য হয়। এর পর বস্তুটি আবার নিচের দিকে পড়তে থাকে এবং অভিকর্ষ

বলের প্রভাবে এর বেগ ক্রমশ বাড়তে থাকে। এখন নিম্নলিখিত বস্তুর আদিবেগ u, সর্বোচ্চ উচ্চতা H এবং সর্বোচ্চ উচ্চতায় বেগ v হলে,

$$v^2 = u^2 - 2gH$$

বা, $u^2 = 2gH$

বা, $H = \frac{u^2}{2g} \dots \dots \dots (i)$

আবার, সর্বোচ্চ উচ্চতায় বেগ $u' = 0$ এবং মাটিতে পড়ার মুহূর্তে বেগ v' হলে,

$$v'^2 = u'^2 + 2gH$$

$$\text{বা, } v'^2 = 2gH$$

$$\text{বা, } H = \frac{v'^2}{2g} \dots \dots \dots (ii)$$

সমীকরণ (i) এবং (ii) থেকে পাই $u^2 = v^2$ বা, $u = v'$

নিম্নলিখিত উত্থানকাল, t_1 হলে,

$$v = u - gt_1$$

$$\text{বা, } 0 = u - gt_1$$

$$\therefore t_1 = \frac{u}{g}$$

$$\text{অনুরূপভাবে, পতনকাল } t_2 \text{ হলে, } t_2 = \frac{v'}{g}$$

নিষ্ক্ষেপের মুহূর্তে বেগ, u এবং ভূমিতে পড়ার শেষ মুহূর্তে বেগ v' সমান বলে উত্থানকাল, $t_1 =$ পতনকাল, t_2 । শক্তির সংরক্ষণশীলতার নীতি অনুসারে, যে গতিশক্তিতে ডিলটিকে নিষ্ক্ষেপ করা হয়েছে, সর্বোচ্চ উচ্চতায় সেটি সম্পূর্ণরূপে বিভবশক্তিতে পরিণত হয় এবং পতনের সময় সেটি আবার সম্পূর্ণরূপে সমপরিমাণ গতিশক্তিতে পরিণত হয়। সেহেতু বাধাহীন পথে শক্তির কোনো অপচয় হয় না, তাই উপরের দিকে নিম্নলিখিত কোনো ডিলের উত্থান ও পতনের সময় সমান।

(গ) ১ম 5s ($t = 0\text{ s}$ থেকে $t = 5\text{ s}$) এ গাড়ির অতিক্রান্ত দূরত্ব,

$$s_1 = \left(\frac{u_1 + v_1}{2} \right) t_1$$

$$= \left(\frac{0 + 10}{2} \right) s$$

$$= 25\text{m}$$

এখানে,

আদিবেগ, $u_1 = 0\text{ ms}^{-1}$

শেষবেগ, $v_1 = 10\text{ ms}^{-1}$

সময়, $t_1 = 5\text{ s}$

পরের 5 s ($t = 5\text{ s}$ থেকে $t = 10\text{ s}$) এ গাড়ির অতিক্রান্ত দূরত্ব,

$$s_2 = \left(\frac{u_2 + v_2}{2} \right) t_2$$

$$= \left(\frac{10 + 5}{2} \right) \times 5$$

$$= 37.5\text{m}$$

এখানে,

আদিবেগ, $u_2 = 10\text{ ms}^{-1}$

শেষবেগ, $v_2 = 5\text{ ms}^{-1}$

সময়, $t_2 = 10 - 5 = 5\text{ s}$

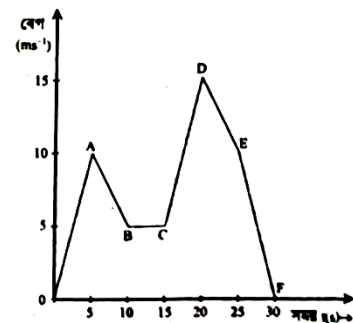
$\therefore 10\text{ s}$ এ গাড়ির অতিক্রান্ত দূরত্ব,

$$s = s_1 + s_2$$

$$= (25 + 37.5)\text{m}$$

$$= 62.5\text{m (Ans.)}$$

(ঘ) প্রদত্ত তথ্যের আলোকে বেগ সময় লেখচিত্র নিম্নরূপ:



OA অংশ ($t = 0\text{ s}$ থেকে $t = 5\text{ s}$): এই অংশে সময়ের সাথে বেগ বৃদ্ধি পায় তাই এটির সমত্বরণ, ত্বরণ a_1 হলে,

$$a_1 = \frac{v-u}{t} = \frac{10-0}{5} = 2 \text{ ms}^{-2}$$

AB অংশ (t = 5s থেকে t = 10s): এই অংশে সময়ের সাথে বেগ হ্রাস পায়, তাই এটি সমমন্দন নির্দেশ করে। ত্বরণ a_2 হলে,

$$a_2 = \frac{v-u}{t} = \frac{5-10}{5} = -1 \text{ ms}^{-2}$$

এখানে,
আদিবেগ, $u = 0 \text{ ms}^{-1}$
শেষবেগ, $v = 10 \text{ ms}^{-1}$
সময়, $t = 5 \text{ s}$

এখানে,
আদিবেগ, $u = 10 \text{ ms}^{-1}$
শেষবেগ, $v = 5 \text{ ms}^{-1}$
সময়, $t = (10 - 5) \text{ s} = 5 \text{ s}$

$$\therefore \text{মন্দন } a_2 = -1 \text{ ms}^{-2}$$

৪৯. 10 kmh^{-1} বেগে চলমান মাল বোঝাই একটি ট্রাকের চালক রেল লাইন থেকে 10 m দূরে থাকা অবস্থায় একটি ট্রেন যেতে দেখে তৎক্ষণাৎ ব্রেক কষলেন। ফলে 5 sec এ ট্রাকটি থেমে গেল। খালি ট্রাক ও মালের ভর যথাক্রমে 1500 kg ও 400 kg ।

[রাজশাহী বোর্ড-২০১৯]

- (ক) গতি কাকে বলে?
(খ) সূর্যের চারদিকে পৃথিবীর গতি পর্যায়বৃত্ত গতি হলেও স্পন্দন গতি নয় কেন? ব্যাখ্যা কর।
(গ) ব্রেক চাপার পর গাড়িটি কত দূরত্ব অতিক্রম করে? নির্ণয় কর।
(ঘ) ট্রাকটি যদি মাল বোঝাই না থাকত তাহলে চালক আরও সহজে ট্রাকটি থামাতে পারত-যুক্তিসহকারে বিশ্লেষণ কর।

৪৯ নং প্রশ্নের উত্তর

- (ক) সময়ের সাথে যখন বস্তুর অবস্থানের পরিবর্তন ঘটে তখন তাকে গতি বলে।
(খ) যদি কোনো বস্তু তার গতিপথের কোনো নির্দিষ্ট বিন্দুকে নির্দিষ্ট সময় পর পর একই দিক থেকে অতিক্রম করে তবে বস্তুর ঐ গতিকে পর্যাবৃত্ত গতি বলে। আর যে পর্যাবৃত্ত গতিসম্পন্ন বস্তু তার পর্যায়কালের অর্ধেক সময় একটি নির্দিষ্ট দিকে এবং বাকি অর্ধেক সময় পূর্বগতির বিপরীত দিকে গতিশীল থাকে তবে তার গতিকে স্পন্দন গতি বলে। সূর্যের চারদিকে পৃথিবী একটি ক্রুর বেগে সর্বদা একইদিকে গতিশীল থাকে বিধায় এর গতি পর্যাবৃত্ত গতি হলেও স্পন্দন গতি নয়।

- (গ) এখানে, শেষবেগ, $v = 0 \text{ ms}^{-1}$
আদিবেগ, $u = 10 \text{ kmh}^{-1} = \frac{10 \times 1000 \text{ m}}{3600 \text{ s}} = 2.78 \text{ ms}^{-1}$
সময়, $t = 5 \text{ s}$

ব্রেক চাপায় ট্রাকটির উপর প্রযুক্ত মন্দন a হলে,

$$v = u - at$$

$$\text{বা, } a = \frac{u-v}{t} = \frac{(2.78-0) \text{ ms}^{-1}}{5 \text{ s}} = 0.556 \text{ ms}^{-2}$$

আবার,

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

$$\text{বা, } s = \frac{u^2 - v^2}{2a} = \frac{(2.78 \text{ ms}^{-1})^2 - 0^2}{2 \times 0.556 \text{ ms}^{-2}} = 6.95 \text{ m}$$

অতএব, ব্রেক চাপার পর গাড়িটি 6.95 m দূরত্ব অতিক্রম করে।

- (ঘ) 'গ' হতে পাই,

$$\text{ট্রাকটির উপর প্রযুক্ত মন্দন, } a = 0.556 \text{ ms}^{-2}$$

\therefore মাল বোঝাই অবস্থায় ব্রেক কর্তৃক প্রযুক্ত বল,

$$F = ma$$

$$= (1500 \text{ kg} + 400 \text{ kg}) \times 0.556 \text{ ms}^{-2}$$

$$= 1056.4 \text{ N}$$

মাল বোঝাই না থাকলে একই দূরত্বে থামাতে ব্রেক কর্তৃক প্রযুক্ত বল,

$$F' = ma = 1500 \text{ kg} \times 0.556 \text{ ms}^{-2} = 834 \text{ N}$$

উপরিউক্ত গাণিতিক বিশ্লেষণ হতে দেখা যায় যে,

$F > F'$ অর্থাৎ মাল বোঝায় অবস্থায় ট্রাকটি থামাতে অধিক বলের প্রয়োজন।

অতএব, ট্রাকটি যদি মাল বোঝাই না থাকত তবে চালক আরও সহজে ট্রাকটি থামাতে পারত।

৫০. নিচের উদ্দীপকটি লক্ষ করে প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও:

| বেগ (ms^{-1}) | 0 | 20 | 40 | 60 | 60 | 60 | 80 | 100 |
|--------------------------|---|----|----|----|----|----|----|-----|
| সময় (sec) | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 |

[যশোর বোর্ড-২০১৯]

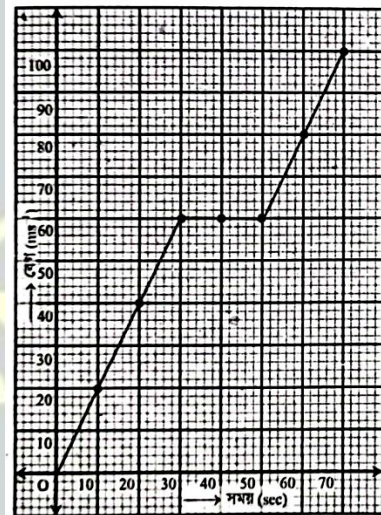
- (ক) জড়তা কাকে বলে?
(খ) সাম্য ও অসাম্য বলের মধ্যে পার্থক্য লিখ।
(গ) প্রদত্ত উপাত্তের আলোকে লেখচিত্র অঙ্কন কর।
(ঘ) গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে প্রদত্ত উপাত্ত হতে বেগের প্রকৃতি বিশ্লেষণ কর।

৫০ নং প্রশ্নের উত্তর

- (ক) বস্তু যে অবস্থায় আছে চিরকাল সেই অবস্থায় থাকতে চাওয়ার যে প্রবণতা বা অবস্থা বজায় রাখতে চাওয়ার যে ধর্ম তাকে জড়তা বলে।
(খ) নিচে সাম্য বল ও অসাম্য বলের মধ্যে পার্থক্য দেওয়া হলো-

| সাম্যবল | অসাম্য বল |
|--|--------------------------|
| ১ লব্ধি শূন্য হয়। | ১ লব্ধি শূন্য হয় না। |
| ২ ত্বরণ হয় না। | ২ ত্বরণ হতে পারে। |
| ৩ যে বস্তুর উপর ক্রিয়া করে তা স্থির থাকে। | ৩ বস্তুটি স্থির থাকে না। |

- (গ) প্রদত্ত উপাত্তের আলোকে নিচে লেখচিত্র আঁকা হলো-



- (ঘ) প্রদত্ত উপাত্ত থেকে পাই,
 $t_0 = 0$ সেকেন্ড সময়ে বেগের মান 0, সময় বৃদ্ধির সাথে সাথে বেগের মান বৃদ্ধি পেয়ে $t_1 = 30 \text{ s}$ সময়ে 60 ms^{-1} হয়। এক্ষেত্রে ত্বরণ a_1 হলে, $a_1 = \frac{60 \text{ ms}^{-1} - 0 \text{ ms}^{-1}}{30 \text{ s}} = 2 \text{ ms}^{-2}$ অর্থাৎ, ১ম থেকে ৩০ s সময় পর্যন্ত বেগের মান বৃদ্ধি পেতে থাকে এক্ষেত্রে সুসম ত্বরণের মান 2 ms^{-2} । আবার $t_1 = 30 \text{ s}$ সময় থেকে $t_2 = 50 \text{ s}$ সময় পর্যন্ত বেগের মান 60 ms^{-1} এ স্থির থাকে। অর্থাৎ এই ২০ s সময় সমবেগ 60 ms^{-1} থাকে এবং ত্বরণের মান হয় শূন্য।
আবার, $t_2 = 50 \text{ s}$ সময় থেকে $t_3 = 70 \text{ s}$ সময় পর্যন্ত বেগের মান বৃদ্ধি পেয়ে 60 ms^{-1} থেকে 100 ms^{-1} এ উন্নীত হয়, এক্ষেত্রে ত্বরণ

$$a_2 = \frac{100\text{ms}^{-1} - 60\text{ms}^{-1}}{20\text{s}} = 2\text{ms}^{-2}$$

অর্থাৎ শেষ 20 s সময়ে বেগের মান বৃদ্ধি পেতে থাকে এবং ত্বরণের মান 2ms^{-2} ।

৫১. 120ms^{-1} বেগে একটি বস্তুকে খাড়া উপরের দিকে নিক্ষেপ করা হলো। 0.75 সেকেন্ড পরে অপর একটি 500gm ভরের বস্তুকে একইভাবে 150ms^{-1} বেগে নিক্ষেপ করা হলো।

[যশোর বোর্ড-২০১৯]

- (ক) পরিমাপের একক কাকে বলে?
 (খ) পড়ন্ত বস্তুর তৃতীয় সূত্রটি ব্যাখ্যা কর।
 (গ) সর্বাধিক উচ্চতায় দ্বিতীয় বস্তুর বিভব শক্তি নির্ণয় কর।
 (ঘ) কোন বস্তুটি ভূপৃষ্ঠে আগে পতিত হবে তা গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে নির্ণয় করে দেখাও।

৫১ নং প্রশ্নের উত্তর

- (ক) যে নির্দিষ্ট পরিমাণের সাথে তুলনা করে সব ভৌত রাশির পরিমাপ করা হয় তাকে পরিমাপের একক বলে।

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

এক্ষেত্রে, স্থির অবস্থান থেকে বিনা বাধায় পড়ন্ত বস্তু, t_1, t_2, t_3, \dots সময়ে যথাক্রমে $h_1, h_2, h_3 \dots$ দূরত্ব অতিক্রম করলে, $\frac{h_1}{t_1^2} = \frac{h_2}{t_2^2} = \frac{h_3}{t_3^2} \dots$ = ধ্রুবক।

- (গ) এখানে, দ্বিতীয় বস্তুর ভর, $m = 500\text{gm} = 0.5\text{kg}$

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

নিক্ষেপণ বেগ, $u_2 = 150\text{ms}^{-1}$

সর্বাধিক উচ্চতা,

$$H = \frac{u^2}{2g} = \frac{(150\text{ms}^{-1})^2}{2 \times 9.8\text{ms}^{-2}} = 1147.9592\text{m}$$

সর্বাধিক উচ্চতায় বিভব শক্তি,

$$V = mgH$$

$$= 0.5\text{kg} \times 9.8\text{ms}^{-2} \times 1147.9592\text{m} = 5625\text{J}$$

অতএব, সর্বাধিক উচ্চতায় দ্বিতীয় বস্তুর বিভব শক্তি 5625 J.

- (ঘ) এখানে, ১ম বস্তুর নিক্ষেপণ বেগ, $u_1 = 120\text{ms}^{-1}$

সর্বাধিক উচ্চতায় বেগ, $v_1 = 0\text{ms}^{-1}$

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

সর্বাধিক উচ্চতায় উঠতে ১ম বস্তুর প্রয়োজনীয় সময় t_1 হলে,

$$v_1 = u_1 - gt_1$$

$$\text{বা, } t_1 = \frac{u_1 - v_1}{g} = \frac{120\text{ms}^{-1} - 0\text{ms}^{-1}}{9.8\text{ms}^{-2}} = 12.245\text{s}$$

∴ ১ম বস্তুর উড্ডয়নকাল,

$$T_1 = 2t_1$$

$$= 2 \times 12.245\text{s} = 24.49\text{s}$$

আবার, দ্বিতীয় বস্তুর নিক্ষেপণ বেগ, $u_2 = 150\text{ms}^{-1}$

সর্বাধিক উচ্চতায় বেগ, $v_2 = 0\text{ms}^{-1}$

∴ সর্বাধিক উচ্চতায় উঠতে দ্বিতীয় বস্তুর প্রয়োজনীয় সময়,

$$t_2 \text{ হলে, } v_2 = u_2 - gt_2$$

$$\text{বা, } t_2 = \frac{u_2 - v_2}{g} = \frac{150\text{ms}^{-1} - 0\text{ms}^{-1}}{9.8\text{ms}^{-2}} = 15.306\text{s}$$

∴ ২য় বস্তুর উড্ডয়নকাল,

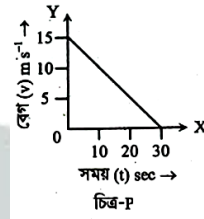
$$T_2 = 2t_2$$

$$= 2 \times 15.306\text{s}$$

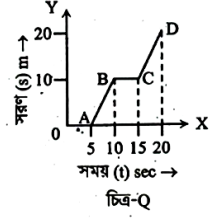
$$= 30.612\text{s}$$

∴ ২য় বস্তুটি ১ম বস্তু ভূমিতে পতিত হওয়ার $\{(30.612 - 24.49) + 0.75\}\text{s} = 6.872\text{s}$ পর ভূমিতে পতিত হবে। অর্থাৎ ১ম বস্তুটি আগে পতিত হবে।

৫২. একটি গাড়ির উপর বল প্রয়োগের প্রকৃতি দুটি লেখচিত্রে দেখানো হয়েছে:



চিত্র-P



চিত্র-Q

[কুমিল্লা বোর্ড-২০১৯]

- (ক) পরিমাপের একক কাকে বলে?
 (খ) কর্দমাক্ত রাস্তায় হাটতে কষ্টকর কেন? ব্যাখ্যা কর।
 (গ) চিত্র-P এর গাড়ির অতিক্রান্ত দূরত্ব নির্ণয় কর।
 (ঘ) Q- লেখচিত্র হতে গাড়িটির গতিকালের বেগের বিভিন্ন অবস্থা বিশ্লেষণ কর।

৫২ নং প্রশ্নের উত্তর

- (ক) যে নির্দিষ্ট পরিমাণের সাথে তুলনা করে সব ভৌত রাশির পরিমাপ করা হয় তাকে পরিমাপের একক বলে।

- (খ) রাস্তায় হাটার সময় রাস্তা ও পায়ের তলার মধ্যে যে ঘর্ষণ বল তৈরি হয় তার জন্য আমরা চলতে পারি। কিন্তু রাস্তা কাদাযুক্ত অর্থাৎ কর্দমাক্ত হলে রাস্তা ও পায়ের তলার মধ্যকার ঘর্ষণ বল হ্রাস পায়। এর ফলে কর্দমাক্ত রাস্তায় আমরা পিছলে যাই। যার দরুন কর্দমাক্ত রাস্তায় হাটা কষ্টকর।

- (গ) চিত্র- P একটি বেগ বনাম সময় লেখচিত্র।

আমরা জানি, বেগ বনাম সময় লেখচিত্রের

ক্ষেত্রফল = অতিক্রান্ত দূরত্ব

∴ চিত্র P এর গাড়ির অতিক্রান্ত দূরত্ব,

$$= \frac{1}{2} \times 30 \times 15\text{m} = 225\text{m}$$

- (ঘ) লেখচিত্র হতে দেখা যাচ্ছে Q লেখচিত্রে গাড়িটি প্রথম 5 s স্থির ছিল।

পরবর্তী 5 s (AB অংশ) লেখচিত্রটি একটি উর্ধ্বগামী সরলরেখা যা এই অংশে সমবেগ নির্দেশ করছে এবং বেগের মান,

$$v_1 = \frac{10-0}{10-5}\text{ms}^{-1} = 2\text{ms}^{-1}$$

পরবর্তী 5 s (BC অংশ) লেখচিত্রটি একটি সময় অক্ষের সমান্তরাল সরলরেখা। অর্থাৎ এই অংশে সময়ের সাথে গাড়ির সরণের কোনো পরিবর্তন হয়নি। অর্থাৎ গাড়িটি স্থির আছে এবং বেগ শূন্য।

পরবর্তী 5 s (CD অংশ) লেখচিত্রটি পুনরায় একটি উর্ধ্বগামী সরলরেখা যা এই অংশে গাড়িটির সমবেগ নির্দেশ করছে। এর বেগের মান,

$$v_2 = \frac{20-10}{20-15}\text{ms}^{-1} = 2\text{ms}^{-1}$$

৫৩. একটি গাড়ির সময়ের সাথে প্রাপ্ত বেগের ছকটি নিম্নরূপ:

| সময় (s) | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 |
|-------------------------|---|----|----|----|----|----|----|----|
| বেগ (ms ⁻¹) | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 |

[চট্টগ্রাম বোর্ড-২০১৯]

- (ক) স্পন্দন গতি কাকে বলে?
 (খ) 'অভিকর্ষজ ত্বরণ একটি লব্ধ রাশি'-ব্যাখ্যা কর।
 (গ) উদ্দীপকের গাড়িটি প্রথম 1 মিনিট 10 সেকেন্ড পর কত দূরত্ব অতিক্রম করেছে? নির্ণয় কর।
 (ঘ) উদ্দীপকের তথ্যের ভিত্তিতে বেগ সময়-লেখচিত্রের সাহায্যে 30 সেকেন্ডের মুহূর্তে বেগের পরিবর্তনের হার বাখ্যা কর।

৫৩ নং প্রশ্নের উত্তর

(ক) পর্যায়বৃত্ত গতিসম্পন্ন কোনো বস্তু যদি পর্যায়কালের অর্ধেক সময় কোনো নির্দিষ্ট দিকে এবং বাকি অর্ধেক সময় একই পথে তার বিপরীত দিকে চলে তবে ঐ বস্তুর গতিকে স্পন্দন গতি বলে।

(খ) অভিকর্ষজ ত্বরণ = $\frac{\text{বেগের পরিবর্তন}}{\text{সময়}}$
এখানে, সময় মৌলিক রাশি কিন্তু বেগ লব্ধ রাশি। বেগকে প্রকাশ করতে সরণ ও সময়ের প্রয়োজন হয়।

$$\therefore \text{অভিকর্ষজ ত্বরণ} = \frac{\text{সরণ}}{\text{সময়} \times \text{সময়}}$$

অর্থাৎ অভিকর্ষজ ত্বরণকে প্রকাশ করার জন্য সরণ এবং সময় দুটি মৌলিক রাশির প্রয়োজন হয়। এজন্য অভিকর্ষজ ত্বরণ লব্ধি রাশি।

(গ) এখানে, সময়, $t = 1 \text{ min } 10 \text{ s} = (60 + 10) \text{ s} = 70 \text{ s}$

আদিবেগ, $u = 0 \text{ ms}^{-1}$

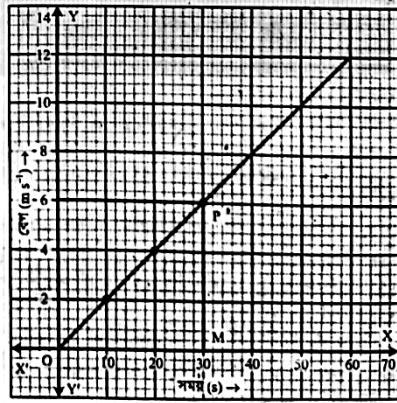
শেষ বেগ, $v = 14 \text{ ms}^{-1}$; অতিক্রান্ত দূরত্ব, $s = ?$

$$\text{আমরা জানি, } s = \left(\frac{u+v}{2} \right) t = \frac{(0+14) \text{ ms}^{-1}}{2} \times 70 \text{ s}$$

$$\therefore s = 490 \text{ m}$$

সুতরাং, উদ্দীপকের গাড়িটি প্রথম 1 মিনিট 10 s পর 490 m দূরত্ব অতিক্রম করেছে।

(ঘ) উদ্দীপকের সারণি ব্যবহার করে লেখচিত্র অঙ্কনের জন্য X-অক্ষ বরাবর সময় (t) এবং Y- অক্ষ বরাবর বেগ (v) স্থাপন করি। গাড়িটি স্থির অবস্থান থেকে যাত্রা শুরু করে বলে আদিবেগ 0। তাই লেখচিত্রটি



মূল বিন্দু 0 থেকে শুরু হয়। লেখচিত্রে (0,0), (10, 2), (20, 4), (30, 6), (40, 8), (50, 10), (60, 12) এবং (70, 14) বিন্দুগুলো স্থাপন করে যোগ করলে একটি মূলবিন্দুগামী সরলরেখা পাওয়া যায়।

এখন লেখচিত্রের উপর 30 s সময় বরাবর একটি বিন্দু P নিই। P বিন্দু হতে X-অক্ষের উপর PM লম্ব আঁকি। তাহলে 30 s সময় OM এর জন্য বেগের পরিবর্তন PM পাওয়া যাবে।

$$\therefore \frac{PM}{OM} \text{ হবে; OP রেখার ঢাল।}$$

$$\therefore OP = \frac{PM}{OM} = \frac{6 \text{ ms}^{-1}}{30 \text{ s}} = 0.2 \text{ ms}^{-2}$$

$$\therefore 30 \text{ s এর মুহুর্তে বেগের পরিবর্তনের হার } 0.2 \text{ ms}^{-2}।$$

৫৪. একজন ক্রিকেট বোলারের পরপর দুটি বলের গতিবেগ যথাক্রমে 150 km/hour এবং 154 km/hour। বলটির ভর 250 gm [$g = 9.8 \text{ ms}^{-2}$]

[সিলেট বোর্ড-২০১৯]

(ক) মাত্রা কাকে বলে?

(খ) গাড়ি ব্রেক করার পরও একটু সামনে গিয়ে থামে কেন-ব্যাখ্যা কর।

(গ) বোলার বলটিকে উদ্দীপকের প্রথম গতিবেগে খাড়া উপরের দিকে ছুড়লে কত উপরে উঠবে? নির্ণয় কর।

(ঘ) উদ্দীপকের বলের উভয় গতিবেগের ক্ষেত্রে গতিশক্তি ও ভরবেগের অনুপাত একই হবে কী? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর।

৫৪ নং প্রশ্নের উত্তর

(ক) যে কোনো ভৌত রাশিকে বিভিন্ন সূচকের এক বা একাধিক মৌলিক রাশির গুণফল হিসেবে প্রকাশ করা যায়। কোনো ভৌত রাশিতে উপস্থিত মৌলিক রাশিগুলোর সূচককে রাশিটির মাত্রা বলে।

(খ) গাড়ি ব্রেক করার পরও একটু সামনে গিয়ে থামে গতি জড়তার কারণে। আমরা জানি, গতিশীল বস্তু সর্বদা তার গতি অবস্থা বজায় রাখতে চায়, এজন্য গাড়ি ব্রেক করার পর সাথে সাথে থেমে না গিয়ে পূর্বগতির কারণে কিছুটা সামনে গিয়ে থামে।

(গ) এখানে,

$$\text{নিষ্ক্ষেপণ বেগ, } u_1 = 150 \text{ kmh}^{-1} = \frac{150 \times 1000}{3600} \text{ ms}^{-1} = \frac{125}{3} \text{ ms}^{-1}$$

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

$$\text{সর্বোচ্চ উচ্চতায় বেগ, } v_1 = 0 \text{ ms}^{-1}$$

$$\text{সর্বোচ্চ উচ্চতা, } H_1 = ?$$

আমরা জানি,

$$v_1^2 = u_1^2 - 2gH_1$$

$$\text{বা, } 0^2 = u_1^2 - 2gH_1$$

$$\text{বা, } H_1 = \frac{u_1^2}{2g} = \frac{\left(\frac{125}{3} \text{ ms}^{-1} \right)^2}{2 \times 9.8 \text{ ms}^{-2}} = 88.58 \text{ m}$$

অতএব, বোলার বলটিকে উদ্দীপকের ১ম গতিবেগে খাড়া উপরের দিকে ছুড়লে তা 88.58 m উচ্চতায় উঠবে।

(ঘ) এখানে, বলের ভর, $m = 250 \text{ gm} = 0.25 \text{ kg}$

$$১ম গতিবেগ, u_1 = 150 \text{ kmh}^{-1} = \frac{125}{3} \text{ ms}^{-1}$$

['গ' নং থেকে প্রাপ্ত]

$$২য় গতিবেগ, u_2 = 154 \text{ kmh}^{-1} = \frac{154 \times 1000}{3600} \text{ ms}^{-1} = \frac{385}{9} \text{ ms}^{-1}$$

\therefore ১ম গতিবেগের ক্ষেত্রে, গতিশক্তি ও ভরবেগের অনুপাত

$$\frac{T_1}{p_1} = \frac{\frac{1}{2}mu_1^2}{mu_1} = \frac{u_1}{2} = \frac{125}{3 \times 2} = \frac{125}{6}$$

$$\therefore T_1 : p_1 = 125 : 6$$

আবার, ২য় গতিবেগের ক্ষেত্রে, গতিশক্তি ও ভরবেগের অনুপাত,

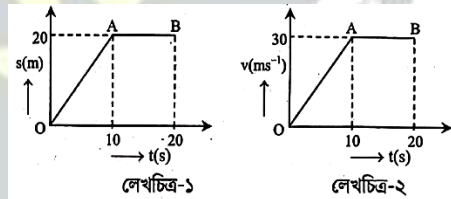
$$\frac{T_2}{p_2} = \frac{\frac{1}{2}mu_2^2}{mu_2} = \frac{u_2}{2} = \frac{385}{9 \times 2} = \frac{385}{18}$$

$$\therefore T_2 : p_2 = 385 : 18$$

$$\text{এখানে, } T_1 : p_1 \neq T_2 : p_2$$

অতএব, উভয়ক্ষেত্রে গতিশক্তি ও ভরবেগের অনুপাত একই হবে না।

৫৫. নিচের লেখচিত্রটি লক্ষ করে প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও:



[বরিশাল বোর্ড-২০১৯]

(ক) সুষম ত্বরণ কাকে বলে?

(খ) একটি বিন্দুর সাপেক্ষে কোনো বস্তুর দূরত্বের পরিবর্তন না হলেও অবস্থানের পরিবর্তন হতে পারে-ব্যাখ্যা কর।

(গ) লেখচিত্র-২ এ 20 s এ অতিক্রান্ত দূরত্ব নির্ণয় কর।

(ঘ) লেখচিত্র-১ ও লেখচিত্র-২ এর বিভিন্ন অংশের গতির তুলনামূলক আলোচনা কর।

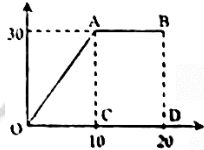
৫৫ নং প্রশ্নের উত্তর

(ক) কোনো বস্তুর বেগ যদি নির্দিষ্ট দিকে সব সময় একই হারে বাড়তে থাকে তাহলে সে ত্বরণকে সুষম ত্বরণ বলে।

(খ) একটি বিন্দুর সাপেক্ষে কোনো বস্তুর দূরত্বের পরিবর্তন না হলেও অবস্থানের পরিবর্তন হতে পারে।

পদার্থবিজ্ঞানে, 'অবস্থান' বলতে, দূরত্ব ও দিক উভয়কে বোঝায়। কোনো প্রসঙ্গ বিন্দুর সাপেক্ষে, কোনো বস্তুর দূরত্বের পরিবর্তন না হয়ে যদি দিকের পরিবর্তন ঘটে অর্থাৎ, একই দূরত্বে ভিন্ন দিকে অবস্থান নেয় তাহলে তাকে অবস্থানের পরিবর্তন বলা হয়। তাই, একটি বিন্দুর সাপেক্ষে কোনো বস্তুর দূরত্বের পরিবর্তন না হলেও, দিকের পরিবর্তনের কারণে অবস্থান পরিবর্তন হতে পারে।

- (গ) লেখচিত্র-২ হচ্ছে বেগ বনাম সময় লেখচিত্র।
আমরা জানি, বেগ বনাম সময় লেখচিত্রের
ক্ষেত্রফল = অতিক্রান্ত দূরত্ব



$$\therefore 20 \text{ s এ অতিক্রান্ত ক্ষেত্রফল} + \text{ABCD আয়তক্ষেত্রের ক্ষেত্রফল}$$

$$= \frac{1}{2} \times \text{OC} \times \text{OA} + \text{AC} \times \text{CD}$$

$$= \left\{ \frac{1}{2} \times 10 \times 30 + 30 \times (20 - 10) \right\} \text{m} = 450 \text{m}$$

- (ঘ) লেখচিত্র-১ এ OA অংশে বেগ সমবেগ

$$\text{এই বেগের মান, } v_{AB_1} = \frac{20}{10} \text{ ms}^{-1} = 2 \text{ ms}^{-1}$$

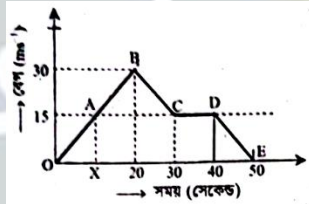
লেখচিত্র-২ এ OA অংশে ত্বরণ ধ্রুব। অর্থাৎ OA অংশে যেহেতু ত্বরণ রয়েছে। সুতরাং এ অংশে বেগ ধ্রুব নয়। এ অংশে ত্বরণ,

$$a_{AB_2} = \frac{30}{10} \text{ ms}^{-2} = 3 \text{ ms}^{-2}$$

লেখচিত্র-১ এর AB অংশে অবস্থানের কোনো পরিবর্তন হয়নি অর্থাৎ এ অংশে বেগ শূন্য।

লেখচিত্র-২ এ AB অংশে বেগ ধ্রুব অর্থাৎ এ অংশে ত্বরণ শূন্য।

৫৬. নিম্নে একটি গাড়ির বেগ-সময় লেখচিত্রের সাহায্যে দেখানা হলো:



OB রেখার ঢাল 1.5

[দিনাজপুর বোর্ড-২০১৯]

- (ক) সমত্বরণ কাকে বলে?
(খ) সূর্যের চারদিকে পৃথিবীর গতি (বার্ষিক গতি) পর্যায়বৃত্ত গতি হলেও ঘূর্ণন গতি নয়-ব্যাখ্যা কর।
(গ) লেখচিত্র OX কত সময় তা গাণিতিকভাবে নির্ণয় কর।
(ঘ) গাড়িটি B বিন্দু থেকে E বিন্দুতে সরাসরি আসলে এর ত্বরণের বিরূপ পরিবর্তন ঘটবে তা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর।

৫৬ নং প্রশ্নের উত্তর

- (ক) কোনো বস্তুর বেগ যদি নির্দিষ্ট দিকে সবসময় একই হারে বাড়তে থাকে তাহলে সে ত্বরণকে সমত্বরণ বলে।
(খ) যদি কোনো বস্তু কোনো নির্দিষ্ট বিন্দু থেকে বস্তু কণাগুলোর দূরত্ব অপরিবর্তিত রেখে ঐ বিন্দুকে কেন্দ্র করে ঘোরে তবে সে বস্তুর গতিকে ঘূর্ণন গতি বলে। আমরা জানি, পৃথিবী সূর্যের চারদিকে ঘুরতে ঘুরতে নিজ অক্ষের চতুর্দিকে ঘুরতে থাকে। ফলে সূর্য থেকে পৃথিবী কণাগুলোর দূরত্ব সর্বদা সমান থাকে না। তাই ঘূর্ণন গতির সংজ্ঞানুসারে পৃথিবীর বার্ষিক গতি ঘূর্ণন গতি নয়। অতএব সূর্যের চারদিকে পৃথিবীর গতি (বার্ষিক গতি) পর্যায়বৃত্ত গতি হলেও ঘূর্ণন গতি নয়।
(গ) উদ্দীপকের লেখচিত্র হতে, আদিবেগ, $u = 0 \text{ ms}^{-1}$
শেষবেগ, $v = 15 \text{ ms}^{-1}$
সময়, $t = OX = ?$

$$\text{এখন, ত্বরণ, } a = \frac{30 \text{ ms}^{-1} - 0 \text{ ms}^{-1}}{20 \text{ s}} = 1.5 \text{ ms}^{-2}$$

আমরা জানি,

$$v = u + at$$

$$\text{বা, } t = \frac{v-u}{a} = \frac{15 \text{ ms}^{-1} - 0 \text{ ms}^{-1}}{1.5 \text{ ms}^{-2}}$$

$$\therefore t = 10 \text{ s}$$

অতএব, লেখচিত্রে $OX = 10 \text{ s}$

- (ঘ) লেখচিত্র হতে, বর্তমানে BC অংশে ত্বরণ,

$$a_{BC} = \frac{15 \text{ ms}^{-1} - 30 \text{ ms}^{-1}}{(30-20) \text{ s}} = -1.5 \text{ ms}^{-2}$$

CD অংশে সমবেগ থাকায় ত্বরণ, $a_{CD} = 0$

$$\text{DE অংশে ত্বরণ, } a_{DE} = \frac{0 - 15 \text{ ms}^{-1}}{(50-40) \text{ s}} = -1.5 \text{ ms}^{-2}$$

গাড়িটি B বিন্দু থেকে E বিন্দুতে সরাসরি আসলে এর ত্বরণ

$$a_{BE} = \frac{0 - 30 \text{ ms}^{-1}}{(50-20) \text{ s}} = -1 \text{ ms}^{-2}$$

অতএব, গাড়িটি B বিন্দু থেকে E বিন্দুতে সরাসরি আসলে BC, CD এবং DE অংশে ভিন্ন ভিন্ন ত্বরণ যথাক্রমে -1.5 ms^{-2} , 0 ms^{-2} এবং -1.5 ms^{-2} এর পরিবর্তে সমগ্র অংশে সুসম ত্বরণ -1.5 ms^{-2} হবে।

৫৭. একটি গাড়ি স্থিরাবস্থান হতে যাত্রা শুরু করে 6s সময় পর্যন্ত 2 ms^{-2} সুসম ত্বরণে চলার পর 1 min সমদ্রুতিতে চলে।

[সকল বোর্ড-২০১৮]

(ক) মন্দন কী?

(খ) দেখাও যে, বল একটি লব্ধ রাশি।

(গ) সুসম ত্বরণে অতিক্রান্ত দূরত্ব নির্ণয় কর।

(ঘ) যদি উদ্দীপকের সম্পূর্ণ দূরত্ব 2 ms^{-2} সুসম ত্বরণে অতিক্রান্ত করত তবে মোট কত সময় লাগত?

৫৭ নং প্রশ্নের উত্তর

- (ক) সময়ের সাথে বেগহ্রাসের হারই হলো মন্দন বা ঋণাত্মক ত্বরণ।
(খ) বল একটি লব্ধ রাশি। বল নিজে স্বাধীন বা নিরপেক্ষ নয়। একে প্রকাশ করতে ভর ও ত্বরণের দরকার হয়। নিউটনের গতির দ্বিতীয় সূত্র হতে পাই, $\text{বল} = \text{ভর} \times \text{ত্বরণ}$ । এখানে ভর মৌলিক রাশি ঠিক কিন্তু ত্বরণ লব্ধ রাশি। কারণ ত্বরণ স্বাধীন বা নিরপেক্ষ নয়। ত্বরণকে প্রকাশ করতে দূরত্ব ও সময়ের প্রয়োজন হয়।

$$\text{অর্থাৎ বল} = \text{ভর} \times \frac{\text{সরণ}}{\text{সময়}^2}$$

সুতরাং বলকে প্রকাশের জন্য ভর, সরণ ও সময় এ তিনটি মৌলিক রাশি প্রয়োজন। তাই বল একটি লব্ধ রাশি।

- (গ) ধরি, সুসম ত্বরণে অতিক্রান্ত দূরত্ব s_1

উদ্দীপক হতে, সময়, $t_1 = 6 \text{ s}$

$$\text{ত্বরণ, } a = 2 \text{ ms}^{-2}$$

আদিবেগ, $u = 0$

আমরা জানি,

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

$$= 0 \times t_1 + \frac{1}{2} \times 2 \text{ ms}^{-2} \times (6 \text{ s})^2 = 36 \text{ m}$$

সুতরাং সুসম ত্বরণে অতিক্রান্ত দূরত্ব 36 m।

- (ঘ) ধরি, 6 s পর বেগ v

উদ্দীপক হতে, ত্বরণ, $a = 2 \text{ ms}^{-2}$

সুসমত্বরণে চলার সময়, $t_1 = 6 \text{ s}$

সমদ্রুতিতে চলার সময়, $t_2 = 1 \text{ min} = 60 \text{ s}$

গ হতে পাই, সুসম ত্বরণে অতিক্রান্ত দূরত্ব, $s_1 = 36 \text{ m}$

আমরা জানি,

$$v = u + at_1$$

$$= 0 + 2 \text{ ms}^{-2} \times 6 \text{ s} = 12 \text{ ms}^{-1}$$

আবার, সমদ্রুতিতে অতিক্রান্ত দূরত্ব s_2 হলে,

$$s_2 = vt_2 = 12 \text{ ms}^{-1} \times 60 \text{ s} = 720 \text{ m}$$

\therefore মোট অতিক্রান্ত দূরত্ব,

$$s = s_1 + s_2 = 36 \text{ m} + 720 \text{ m} = 756 \text{ m}$$

মনে করি, সম্পূর্ণ দূরত্ব 2 ms^{-2} সুসম ত্বরণে অতিক্রম করতে প্রয়োজনীয় সময়, t

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

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

$$\text{বা, } s = \frac{1}{2} at^2$$

$$\text{বা, } at^2 = 2s$$

$$\text{বা, } t^2 = \frac{2s}{a}$$

$$\therefore t = \sqrt{\frac{2s}{a}} = \sqrt{\frac{2 \times 756 \text{ m}}{2 \text{ ms}^{-2}}} = 27.5 \text{ s}$$

সুতরাং উদ্দীপকের সম্পূর্ণ দূরত্ব 2 ms^{-2} সুসম ত্বরণে অতিক্রম করতে 27.5 s সময় লাগবে।

৫৮. নিচের ছকটি লক্ষ্য কর:

| বেগ (ms^{-1}) | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 |
|-----------------------------|---|----|----|----|----|----|----|
| সময় (sec) | 0 | 4 | 8 | 12 | 16 | 20 | 24 |

[রাজশাহী বোর্ড-২০১৭]

(ক) মাত্রা কাকে বলে?

(খ) বস্তুর ওজন পৃথিবীর বিভিন্ন স্থানে বিভিন্ন হয় কেন ব্যাখ্যা কর।

(গ) উদ্দীপকের তথ্যের আলোকে ৬ষ্ঠ সেকেন্ডে অতিক্রান্ত দূরত্ব নির্ণয় কর।

(ঘ) প্রদত্ত তথ্যের আলোকে লেখচিত্র অঙ্কন কর এবং এর ঢাল (Slope) নির্ণয় কর।

৫৮ নং প্রশ্নের উত্তর

(ক) কোনো ভৌত রাশিতে উপস্থিত মৌলিক রাশিগুলোর সূচককে রাশিটির মাত্রা বলে।

(খ) বস্তুর ওজন অভিকর্ষ ত্বরণের উপর নির্ভর করে। পৃথিবীর সম্পূর্ণ গোলাকার না হওয়ায় এর ব্যাসার্ধ সর্বত্র সমান নয়। মেরু অঞ্চলে পৃথিবীর ব্যাসার্ধ সবচেয়ে কম এবং বিষুব অঞ্চলে সবচেয়ে বেশি এবং বিষুব অঞ্চলে সবচেয়ে কম হয়। এজন্য বস্তুর ওজন পৃথিবীর বিভিন্ন স্থানে বিভিন্ন হয়।

(গ) আমরা জানি, ত্বরণ = $\frac{\text{বেগ}}{\text{সময়}}$

$$\therefore \text{ত্বরণ, } a = \frac{(60-0) \text{ ms}^{-1}}{24 \text{ s}} = 2.5 \text{ ms}^{-2}$$

বস্তুর আদিবেগ, $u = 0$

১ম 5 s এ বস্তুর অতিক্রান্ত দূরত্ব s_1 হলে,

$$s_1 = ut + \frac{1}{2} at^2 = 0 \times t + \frac{1}{2} \times 2.5 \text{ ms}^{-2} \times (5 \text{ s})^2 = 31.25 \text{ m}$$

আবার, ১ম 6 s এ বস্তুর অতিক্রান্ত দূরত্ব s_2 হলে,

$$s_2 = ut_1 + \frac{1}{2} at_1^2 = 0 \times t_1 + \frac{1}{2} \times 2.5 \text{ ms}^{-2} \times (6 \text{ s})^2 = 45 \text{ m}$$

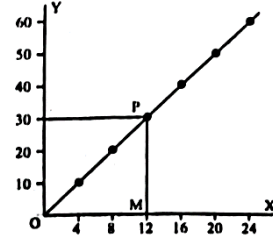
\therefore ৬ষ্ঠ সেকেন্ডে অতিক্রান্ত দূরত্ব,

$$= s_2 - s_1 = (45 - 31.25) \text{ m} = 13.75 \text{ m}$$

অতএব, ৬ষ্ঠ সেকেন্ডে অতিক্রান্ত দূরত্ব 13.75 m ।

(ঘ) উদ্দীপকের সারণি ব্যবহার করে লেখচিত্র অঙ্কন করার জন্য x অক্ষ বরাবর সময় (t) এবং y অক্ষ বরাবর বেগ (v) স্থাপন করি। গাড়িটি স্থির অবস্থান থেকে যাত্রা শুরু করে বলে এর আদিবেগ 0 । তাই লেখচিত্রটি O বিন্দু থেকে শুরু হয়। লেখচিত্রে $(0, 0)$, $(10, 4)$, $(20, 8)$, $(30,$

$12)$, $(40, 16)$, $(50, 20)$, $(60, 24)$ বিন্দুগুলো স্থাপন করে যোগ করলে একটি মূলবিন্দুগামী সরলরেখা পাওয়া যাবে।



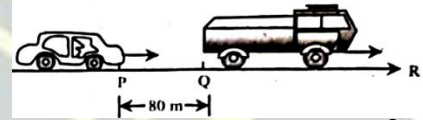
এখন লেখচিত্রের উপর যে কোনো একটি বিন্দু P নিই। P থেকে x অক্ষের উপর PM লম্ব টানি। তাহলে যে কোনো সময় OM এর জন্য বেগের পরিবর্তন PM পাওয়া যাবে।

এখন $\frac{PM}{OM}$ হলো OP এর ঢাল।

$$\therefore OP = \frac{PM}{OM} = \frac{30 \text{ ms}^{-1}}{12 \text{ s}} = 2.5 \text{ ms}^{-2}$$

নির্ণয় লেখচিত্রের ঢাল (Slope) 2.5 ms^{-2} ।

৫৯. P অবস্থান থেকে একটি প্রাইভেটকার 21 ms^{-1} সমবেগে এবং Q অবস্থান থেকে অপর একটি ট্রাক স্থির অবস্থান হতে 2 ms^{-2} ত্বরণে একই দিকে চলছে?



[কুমিল্লা বোর্ড-২০১৭]

(ক) পিচ কী?

(খ) বল একটি লব্ধ রাশি-ব্যাখ্যা কর।

(গ) ট্রাকটির ২০তম সেকেন্ডে অতিক্রান্ত দূরত্ব নির্ণয় কর।

(ঘ) চলার পথে প্রাইভেট কার ও ট্রাকটি পরস্পরকে কতবার অতিক্রম করবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর।

৫৯ নং প্রশ্নের উত্তর

(ক) স্কুগজের বৃত্তাকার স্কেলটি একবার ঘুরালে এটি রৈখিক স্কেল বরাবর যেটুকু দূরত্ব অতিক্রম করে তাই পিচ।

(খ) বল নিজে স্বাধীন বা নিরপেক্ষ নয়। একে প্রকাশ করতে ভর ও ত্বরণের দরকার হয়। নিউটনের গতির দ্বিতীয় সূত্র হতে আমরা জানি, বল = ভর \times ত্বরণ। এখানে ভর মৌলিক রাশি কিন্তু ত্বরণ লব্ধ রাশি। কারণ ত্বরণ স্বাধীন বা নিরপেক্ষ নয়। ত্বরণকে প্রকাশ করতে দূরত্ব ও সময়ের প্রয়োজন হয়।

$$\text{অর্থাৎ বল} = \text{ভর} \times \frac{\text{সময়}}{\text{সময়}^2}$$

সুতরাং বলকে প্রকাশের জন্য ভর, সরণ ও সময় এ তিনটি মৌলিক রাশি প্রয়োজন। তাই বল একটি লব্ধ রাশি।

(গ) উদ্দীপক হতে, ট্রাকের আদিবেগ, $u = 0 \text{ ms}^{-1}$

ত্বরণ, $a = 2 \text{ ms}^{-2}$

ধরি, সময়, $t_1 = 19 \text{ s}$ এবং সময় $t_2 = 20 \text{ s}$

$t_1 \text{ s}$ এ অতিক্রান্ত দূরত্ব, s_1

এবং $t_2 \text{ s}$ এ অতিক্রান্ত দূরত্ব s_2 হলে,

আমরা জানি,

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

$$= 0 \times t_1 + \frac{1}{2} \times 2 \text{ ms}^{-2} \times (19 \text{ s})^2 = 361 \text{ m}$$

আবার,

$$s_2 = ut_2 + \frac{1}{2} at_2^2$$

$$= 0 \times t_2 + \frac{1}{2} \times 2 \text{ ms}^{-2} \times (20 \text{ s})^2 = 400 \text{ m}$$

\therefore ২০ তম সেকেন্ডে অতিক্রান্ত দূরত্ব,

$$s = s_2 - s_1 = 400 \text{ m} - 361 \text{ m} = 39 \text{ m}$$

নির্ণেয় অতিক্রান্ত দূরত্ব 39 m।

(ঘ) উদ্দীপক অনুসারে, প্রাইভেটকারের বেগ, $v = 21 \text{ ms}^{-1}$

ট্রাকের ত্বরণ, $a = 2 \text{ ms}^{-2}$

ট্রাকের আদিবেগ, $u = 0$

মনে করি, ট্রাকটি যাত্রা শুরু করার t s পর তার অবস্থান থেকে s_1 দূরত্বে প্রাইভেট কারের সাথে মিলিত হবে।

$\therefore t$ সময়ে প্রাইভেটকারের অতিক্রান্ত দূরত্ব s হলে

$$s = vt = 21 \times t = 21t \text{ m}$$

আবার, t সময়ে ট্রাকের অতিক্রান্ত দূরত্ব s_1 হলে,

$$s_1 = ut + \frac{1}{2}at^2 = 0 \times t + \frac{1}{2} \times 2 \times t^2 = t^2$$

প্রশ্নমতে, $s_1 = s - 80$

$$\text{বা, } t^2 = 21t - 80$$

$$\text{বা, } t^2 - 21t + 80 = 0$$

$$\text{বা, } t^2 - 16t - 5t + 80 = 0$$

$$\text{বা, } t(t - 16) - 5(t - 16) = 0$$

$$\text{বা, } (t - 16)(t - 5) = 0$$

$$\text{হয় } t - 16 = 0 \quad \text{অথবা, } t - 5 = 0$$

$$\therefore t = 16$$

$$\therefore t = 5$$

অর্থাৎ চলার সাথে প্রাইভেটকার এবং ট্রাক দুবার অতিক্রম করবে। ১ম বার 5s পরে প্রাইভেটকারটি ট্রাকটিকে অতিক্রম করবে এবং ২য় বার 16 s পরে ট্রাকটি প্রাইভেটকারকে অতিক্রম করবে।

৬০. একটি যন্ত্র স্থির অবস্থান থেকে সুসম ত্বরণে 5 সেকেন্ডে 50 মিটার পথ অতিক্রম করে।

[সিলেট বোর্ড-২০১৭]

(ক) ত্বরণ কাকে বলে?

(খ) সমবেগে চলমান বস্তুর ত্বরণ শূন্য কেন?

(গ) 15 সেকেন্ড পর যন্ত্রটির বেগ কত হবে?

(ঘ) পরবর্তী 30 মিটার পথ অতিক্রম করতে যন্ত্রটির কত সময় লাগবে? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে দেখাও।

৬০ নং প্রশ্নের উত্তর

- (ক) সময়ের সাথে কোনো একটি বস্তুর বেগ পরিবর্তনের হারকে ত্বরণ বলে।
 (খ) যদি কোনো কণার গতিকালে তার বেগের মান ও দিক অপরিবর্তিত থাকে অর্থাৎ কণা যদি নির্দিষ্ট দিকে সমান সময়ে সমান দূরত্ব অতিক্রম করে তাহলে বস্তুর বেগকে সমবেগ বা সুসম বেগ বলে। আবার বেগের পরিবর্তনের হারকে ত্বরণ বলে। অর্থাৎ ত্বরণ হয় অসমবেগের ক্ষেত্রে, কারণ অসমবেগের ক্ষেত্রে বেগের পরিবর্তন ঘটে কিন্তু সমবেগের ক্ষেত্রে বেগের কোনো পরিবর্তন ঘটে না। তাই এক্ষেত্রে কোনো ত্বরণ থাকে না। এ কারণেই সমবেগে চলমান কণার ত্বরণ শূন্য হয়।

(গ) এখানে, বস্তুর আদিবেগ, $u = 0 \text{ ms}^{-1}$

সময়, $t = 5 \text{ s}$

অতিক্রান্ত দূরত্ব, $s = 50 \text{ m}$

এখন, বস্তুর ত্বরণ a হলে,

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

$$\text{বা, } s = 0 \text{ ms}^{-1} \times t + \frac{1}{2}at^2 = \frac{1}{2}at^2$$

$$\text{বা, } at^2 = 2s$$

$$\text{বা, } a = \frac{2s}{t^2} = \frac{2 \times 50 \text{ m}}{(5 \text{ s})^2} = 4 \text{ ms}^{-2}$$

এখন, $t_1 = 15 \text{ s}$ পর বস্তুর বেগ v হলে,

$$v = u + at_1 = 0 \text{ ms}^{-1} + 4 \text{ ms}^{-2} \times 15 \text{ s} = 60 \text{ ms}^{-1}$$

অতএব, 15 s পর বস্তুর বেগ 60 ms^{-1}

(ঘ) এখানে, বস্তুর ত্বরণ, $a = 4 \text{ ms}^{-2}$ [‘গ’ নং থেকে প্রাপ্ত]

আদিবেগ, $u = 0 \text{ ms}^{-1}$

অতিক্রান্ত দূরত্ব, $s = 50 \text{ m}$ সময় $t = 5 \text{ s}$

\therefore ১ম 50 m অতিক্রম করার পর বেগ v_1 হলে,

$$v_1 = u + at = 0 \text{ ms}^{-1} + 4 \text{ ms}^{-2} \times 5 \text{ s} = 20 \text{ ms}^{-1}$$

এখন, পরবর্তী 30 m অতিক্রমের ক্ষেত্রে,

$$\text{আদিবেগ, } v_1 = 20 \text{ ms}^{-1}$$

অতিক্রান্ত দূরত্ব, $s_1 = 30 \text{ m}$

ত্বরণ, $a = 4 \text{ ms}^{-2}$

প্রয়োজনীয় সময় t_1 হলে,

$$s_1 = v_1 t_1 + \frac{1}{2}at_1^2$$

$$\text{বা, } 30 = 20 \times t_1 + \frac{1}{2} \times 4 \times t_1^2 = 20t_1 + 2t_1^2$$

$$\text{বা, } 2t_1^2 + 20t_1 - 30 = 0$$

$$\text{বা, } t_1^2 + 10t_1 - 15 = 0$$

$$\text{বা, } t_1 = \frac{-10 \pm \sqrt{(10)^2 - 4 \times 1 \times (-15)}}{2}$$

$$\text{বা, } t_1 = \frac{-10 \pm \sqrt{100 + 60}}{2} = \frac{-10 \pm \sqrt{160}}{2}$$

$$\text{বা, } t_1 = \frac{-10 \pm \sqrt{16 \times 10}}{2} = \frac{-10 \pm 4\sqrt{10}}{2}$$

$$\text{বা, } t_1 = -5 \pm 2\sqrt{10}$$

$$\text{বা, } t_1 = -5 + 2\sqrt{10} \quad [+ \text{ নিয়ে}]$$

$$= 1.32 \text{ s}$$

$$\text{আবার, } t_1 = -5 - 2\sqrt{10} \quad [- \text{ নিয়ে}]$$

$$= -11.32 \text{ s} \quad [\text{যা গ্রহণযোগ্য নয়}]$$

অতএব, পরবর্তী 30 m পথ অতিক্রম করতে বস্তুর 1.32 s সময় লাগবে।

৬১. নিচের চার্টে স্থির অবস্থান থেকে একটি চলন্ত গাড়ির বিভিন্ন সময়ের বেগের মানের পরিবর্তন দেখানো হয়েছে।

| সময় (s) | 0 | 8 | 16 | 24 | 32 | 40 | 48 |
|-------------------------|---|---|----|----|----|----|----|
| বেগ (ms ⁻¹) | 0 | 4 | 8 | 8 | 8 | 4 | 0 |

[ঢাকা বোর্ড-২০১৬]

(ক) মাত্রা কাকে বলে?

(খ) তাৎক্ষণিক দ্রুতি বলতে কী বুঝ? ব্যাখ্যা কর।

(গ) গাড়িটির প্রথম 32s এ অতিক্রান্ত দূরত্ব নির্ণয় কর।

(ঘ) উদ্দীপকের তথ্যের আলোকে লেখচিত্র অঙ্কন কর এবং এর বিভিন্ন অংশের বেগের প্রকৃতি বিশ্লেষণ কর।

৬১ নং প্রশ্নের উত্তর

(ক) কোনো ভৌত রাশিতে উপস্থিতি মৌলিক রাশিগুলোর সূচককে রাশিটির মাত্রা বলে।

(খ) গতিশীল কোনো বস্তুর কোনো একটি বিশেষ মুহূর্তের দ্রুতিকে তাৎক্ষণিক দ্রুতি বলে।

যেকোনো মুহূর্তে প্রকৃত বা তাৎক্ষণিক দ্রুতি বের করতে হলে আমাদেরকে অতি অল্প সময় ব্যবধানে অতিক্রান্ত দূরত্ব জানতে হবে। তারপর সেই দূরত্বকে সময় দিয়ে ভাগ করে তাৎক্ষণিক দ্রুতি বের করতে হবে।

$$\text{অর্থাৎ তাৎক্ষণিক দ্রুতি} = \frac{\text{দূরত্ব}}{\text{সময়}}$$

(গ) উদ্দীপকের সারণি হতে দেখা যায় যে, গাড়িটি প্রথম 16 s সমত্বরণে এবং পরবর্তী 16 s সমত্বরণে এবং পরবর্তী 16 s সমবেগে চলে।

প্রথম 16 s এর ক্ষেত্রে, আদিবেগ, $u = 0 \text{ ms}^{-1}$

শেষবেগ, $v = 8 \text{ ms}^{-1}$

সময়, $t_1 = 16 \text{ s}$

অতিক্রান্ত দূরত্ব, $s_1 = ?$

আমরা জানি,

$$s_1 = \left(\frac{v+u}{2} \right) t$$

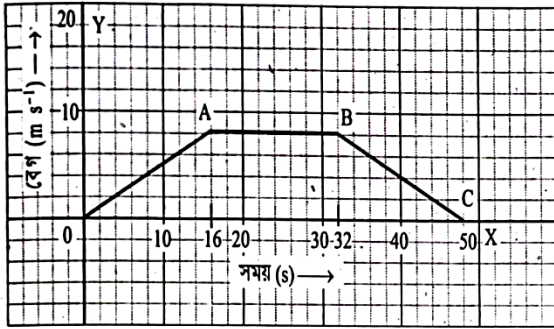
$$= \left(\frac{8 \text{ ms}^{-1} + 0 \text{ ms}^{-1}}{2} \right) \times 16 \text{ s}$$

$$= \left(\frac{8 \text{ ms}^{-1}}{2} \right) \times 16 \text{ s} = 64 \text{ m}$$

পরবর্তী 16 s ক্ষেত্রে,
সমবেগ, $v = 8 \text{ ms}^{-1}$
সময়, $t = 16 \text{ s}$
অতিক্রান্ত দূরত্ব, $s_2 = ?$
আমরা জানি,
 $s_2 = vt = 8 \text{ ms}^{-1} \times 16 \text{ s}$
 $\therefore s_2 = 128 \text{ m}$

\therefore গাড়িটির প্রথম 32 s এ অতিক্রান্ত দূরত্ব,
 $s = s_1 + s_2 = 64 \text{ m} + 128 \text{ m} = 192 \text{ m}$
অতএব, গাড়িটির প্রথম 32 s এ অতিক্রান্ত দূরত্ব 192 m।

(ঘ) ছক কাগজের x-অক্ষ বরাবর সময় এবং y অক্ষ বরাবর বেগ স্থাপন করে উদ্দীপকের তথ্যের আলোকে বেগ সময় লেখচিত্র নিচে অঙ্কন করা হলো।



লেখচিত্র হতে দেখা যায় যে, OA অংশে অর্থাৎ 0 থেকে 16 সেকেন্ড পর্যন্ত গাড়িটি সমত্বরণে, AB অংশে অর্থাৎ 16 থেকে 32 সেকেন্ড পর্যন্ত গাড়িটি সমবেগে চলেছে এবং পরবর্তীতে সমমন্দনে চলতে চলতে C বিন্দুতে অর্থাৎ 48 সেকেন্ডে এসে গাড়িটি থেমে গেছে।

৬২. একটি ট্রেন স্থির অবস্থান থেকে যাত্রা শুরু করে সমত্বরণে 1 মিনিট চলার পর 30 ms^{-1} বেগ প্রাপ্ত হয়। এরপর ট্রেনটি সুসম বেগে চলে 250 m দূরত্ব অতিক্রম করার পর ড্রাইভার ব্রেক কষল এবং সুসম মন্দনে চলে 125 m দূরত্বে গিয়ে থেমে গেল।

[রাজশাহী বোর্ড-২০১৬]

- (ক) সরণ কাকে বলে?
(খ) সরল দোলকের গতি স্পন্দন গতি কেন?
(গ) ট্রেনটির প্রথম 1 মিনিটে ত্বরণ নির্ণয় কর।
(ঘ) ট্রেনটির সুসম বেগে ও সুসম মন্দনে চলার সময় একই না ভিন্ন হবে গাণিতিক যুক্তিসহ বিশ্লেষণ কর।

৬২ নং প্রশ্নের উত্তর

- (ক) একটি নির্দিষ্ট দিকে গতিশীল বস্তুর আদি এবং শেষ অবস্থানের ন্যূনতম সরলরেখিক দূরত্বকে সরণ বলে।
(খ) পর্যায়বৃত্ত গতিসম্পন্ন কোনো বস্তু যদি পর্যায়কালের অর্ধেক সময় কোনো নির্দিষ্ট দিকে এবং বাকি অর্ধেক সময় একই পথে তার বিপরীত দিকে চলে তবে ঐ বস্তুর গতিকে স্পন্দন গতি বলে। সরল দোলককে একটুখানি টেনে ছেড়ে দিলে এটি সবসময় সাম্যাবস্থার ডান এবং বামদিকে দুলতে থাকে। এজন্য সরল দোলকের গতি স্পন্দন গতি।
(গ) ধরি, ট্রেনটির 1 মিনিটে ত্বরণ a
উদ্দীপক হতে পাই, সময়, $t = 1 \text{ min} = 60 \text{ s}$
আদিবেগ, $u = 0 \text{ ms}^{-1}$
শেষবেগ, $v = 30 \text{ ms}^{-1}$
আমরা জানি, $a = \frac{v-u}{t}$
বা, $a = \frac{30 \text{ ms}^{-1} - 0 \text{ ms}^{-1}}{60 \text{ s}} = \frac{30 \text{ ms}^{-1}}{60 \text{ s}}$
 $\therefore a = 0.5 \text{ ms}^{-2}$
অতএব, ট্রেনটির প্রথম 1 মিনিটে ত্বরণ 0.5 ms^{-2} ।
(ঘ) ধরি, ট্রেনটির সুসম বেগে চলার সময় t_1
এবং সুসম মন্দনে চলার সময় t_2

উদ্দীপক হতে, সুসম বেগে অতিক্রান্ত দূরত্ব, $s_1 = 250 \text{ m}$

সুসম বেগ, $v = 30 \text{ ms}^{-1}$

আমরা জানি, $s_1 = vt_1$

বা, $t_1 = \frac{s_1}{v} = \frac{250 \text{ m}}{30 \text{ ms}^{-1}} = 8.33 \text{ s}$

আবার, সুসম মন্দনে অতিক্রান্ত দূরত্ব, $s_2 = 125 \text{ m}$

আদিবেগ, $v_0 = 30 \text{ ms}^{-1}$

শেষবেগ, $v' = 0 \text{ ms}^{-1}$

আমরা জানি,

$v'^2 = v_0^2 + 2as_2$

বা, $0^2 = (30 \text{ ms}^{-1})^2 + 2 \times a \times 125 \text{ m}$

বা, $a \times 250 \text{ m} = -900 \text{ m}^2 \text{ s}^{-2}$

$\therefore a = \frac{900 \text{ m}^2 \text{ s}^{-2}}{250 \text{ m}} = -3.6 \text{ ms}^{-2}$

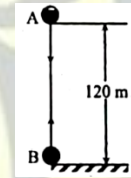
আবার, $a = \frac{v' - v_0}{t_2}$

বা, $t_2 = \frac{v' - v_0}{a} = \frac{0 \text{ ms}^{-1} - 30 \text{ ms}^{-1}}{-3.6 \text{ ms}^{-2}} = \frac{30 \text{ ms}^{-1}}{3.6 \text{ ms}^{-2}} = 8.33 \text{ s}$

অর্থাৎ $t_1 = t_2$

অতএব, উপরের গাণিতিক বিশ্লেষণ হতে বলা যায় যে, ট্রেনটির সুসম বেগে ও সুসম মন্দনে চলার সময় একই।

৬৩. চিত্রে একটি বস্তু A কে 120 m উঁচু থেকে ফেলে দেওয়া হলো। একই সময় অপর একটি বস্তু B কে 19.6 ms^{-1} বেগে খাড়া উপরের দিকে নিক্ষেপ করা হলো।



[কুমিল্লা বোর্ড-২০১৬]

- (ক) কর্মদক্ষতা কাকে বলে?
(খ) $6 \times 10^5 \text{ N}$ বল বলতে কী বুঝায়?
(গ) 1.8 s পরে A বস্তুর বেগ নির্ণয় কর।
(ঘ) ভূমি ছাড়া বস্তুর মিলিত হবে কি? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে মতামত দাও।

৬৩ নং প্রশ্নের উত্তর

- (ক) কোনো যন্ত্র যে পরিমাণ কার্যকর শক্তি পাওয়া যায় এবং যে পরিমাণ শক্তি প্রদান করা হয় তার অনুপাতকে কর্মদক্ষতা বলে।
(খ) $6 \times 10^5 \text{ N}$ বল বলতে বুঝায়, $6 \times 10^5 \text{ kg}$ ভরের কোনো বস্তুর উপর 1 ms^{-2} ত্বরণ সৃষ্টি করতে প্রযুক্ত বলের পরিমাণ $6 \times 10^5 \text{ N}$ হয়।
(গ) ধরি, A বস্তুর বেগ v
উদ্দীপক হতে, সময় $t = 1.8 \text{ s}$
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8 \text{ ms}^{-2}$
আদিবেগ, $u = 0 \text{ ms}^{-1}$
আমরা জানি,
 $v = u + gt = 0 + 9.8 \text{ ms}^{-2} \times 1.8 \text{ s}$
 $\therefore v = 17.64 \text{ ms}^{-1}$
সুতরাং 1.8 s পরে A বস্তুর বেগ হবে 17.64 ms^{-1} ।
(ঘ) ধরি, B বস্তুর সর্বোচ্চ উচ্চতায় উঠতে প্রয়োজনীয় সময় t
সর্বোচ্চ উচ্চতায় শেষবেগ, $v = 0$
আদিবেগ, $u = 19.6 \text{ ms}^{-1}$
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8 \text{ ms}^{-2}$
আমরা জানি, নিষ্ফল বস্তুর ক্ষেত্রে,
 $v = u - gt$
বা, $0 = 19.6 \text{ ms}^{-1} - 9.8 \text{ ms}^{-2} \times t$

$$\text{বা, } 9.8 \text{ ms}^{-2} \times t = 19.6 \text{ ms}^{-1}$$

$$\therefore 1 - \frac{10.6 \text{ ms}^{-1}}{9.8 \text{ ms}^{-2}} - 2s$$

সর্বোচ্চ উচ্চতা h হলে,

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

$$= 19.6 \text{ ms}^{-1} \times 2s - \frac{1}{2} \times 9.8 \text{ ms}^{-2} \times (2s)^2$$

$$= 39.2 \text{ m} - 19.6 \text{ m}$$

$$\therefore h = 19.6 \text{ m}$$

আবার, A বস্তুর $h' = (120 - 19.6) \text{ m}$ বা 100.4 m নামতে প্রয়োজনীয় সময় t' হলে,

$$h' = ut' + \frac{1}{2}gt'^2$$

$$\text{বা, } 100.4 \text{ m} = 0 \times t' + \frac{1}{2} \times 9.8 \text{ ms}^{-2} \times t'^2$$

[A বস্তুর আদিবেগ, $u = 0 \text{ ms}^{-1}$]

$$\text{বা, } 4.9 t'^2 = 100.4 \text{ s}^2$$

$$\text{বা, } t'^2 = 20.49 \text{ s}^2$$

$$\therefore t' = 4.527 \text{ s}$$

A বস্তুর B বস্তুর সর্বোচ্চ উচ্চতায় নামতে প্রয়োজনীয় সময় 4.527 s । এটি B বস্তুর বিচরণকাল $2 \text{ s} \times 2 = 4 \text{ s}$ অপেক্ষা বেশি।

এজন্য ভূমি ভাড়া A ও B বস্তুর মিলিত হবে না।

৬৪. সাদেক মোটর সাইকেল নিয়ে তার বন্ধু দিপু সাথের আরেক বন্ধুর বাড়ির উদ্দেশ্যে বেড়াতে বের হলো। তাদের মোটর সাইকেল স্থির অবস্থা থেকে 10 s এ 72 km h^{-1} বেগে প্রাণ্ড হলো। অতঃপর সমবেগে 2 km পথ অতিক্রম করে।

[চট্টগ্রাম বোর্ড-২০১৬]

(ক) সরণ কাকে বলে?

(খ) বেগ ও দ্রুতির মধ্যে দুটি পার্থক্য লিখ।

(গ) সাদেকের মোটর সাইকেলের ত্বরণ নির্ণয় কর।

(ঘ) সাদেক উক্ত ত্বরণের অর্ধেক ত্বরণে সমস্ত পথ চললেও গন্তব্যে আগে পৌছত-গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর।

৬৫ নং প্রশ্নের উত্তর

- (ক) একটি নির্দিষ্ট দিকে গতিশীল বস্তুর আদি এবং শেষ অবস্থানের ন্যূনতম সরলরৈখিক দূরত্বকে সরণ বলে।

- (খ) বেগ ও দ্রুতির মধ্যে পার্থক্য নিম্নরূপ:

| বেগ | দ্রুতি |
|---|--|
| ১ সময়ের সাথে বস্তুর সরণের হারকে বেগ বলে। | ১ সরল বা বক্রপথে সময়ের সাথে বস্তুর হারকে বেগ বলে। |
| ২ বেগ ভেক্টর রাশি। | ২ দ্রুতি স্কেলার রাশি। |

- (গ) ধরি, মোটর সাইকেলের ত্বরণ, a

$$\text{উদ্দীপক হতে, আদিবেগ, } u = 0 \text{ ms}^{-1}$$

$$\text{শেষবেগ, } v = 72 \text{ kmh}^{-1} = \frac{72 \times 1000 \text{ ms}^{-1}}{3600} = 20 \text{ ms}^{-1}$$

$$\text{সময়, } t = 10 \text{ s}$$

$$\text{আমরা জানি, } a = \frac{v-u}{t}$$

$$= \frac{20 \text{ ms}^{-1} - 0 \text{ ms}^{-1}}{10 \text{ s}} = \frac{20 \text{ ms}^{-1}}{10 \text{ s}} = 2 \text{ ms}^{-2}$$

সুতরাং, সাদেকের মোটর সাইকেলের ত্বরণ 2 ms^{-2} ।

- (ঘ) ধরি, সমবেগে 2 km পথ চলতে প্রয়োজনীয় সময় t_1

$$\text{সমবেগ, } v = 72 \text{ kmh}^{-1} = 20 \text{ ms}^{-1}$$

$$\text{দূরত্ব, } s = 2 \text{ km} = 2 \times 1000 \text{ m} = 2000 \text{ m}$$

$$\text{আমরা জানি, } s = vt_1$$

$$\text{বা, } t_1 = \frac{s}{v} = \frac{2000 \text{ m}}{20 \text{ ms}^{-1}} = 100 \text{ s}$$

\therefore সমস্ত পথ যেতে মোট সময়,

$$t = t_1 + 10 \text{ s} = 100 \text{ s} + 10 \text{ s} = 110 \text{ s}$$

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

$$\therefore \text{ অর্ধেক ত্বরণ, } a' = 1 \text{ ms}^{-2}; \text{ সময়, } t' = 10 \text{ s}$$

প্রথমে অতিক্রান্ত দূরত্ব,

$$s_1 = ut' + \frac{1}{2}at'^2 = 0 \times 10 \text{ s} + \frac{1}{2} \times 2 \text{ ms}^{-2} \cdot$$

$$(10 \text{ s})^2 = 100 \text{ m}$$

$$\therefore \text{ মোট দূরত্ব, } s = 2000 \text{ m} + 100 \text{ m} = 2100 \text{ m}$$

ধরি, অর্ধেক ত্বরণে সম্পূর্ণ দূরত্ব অতিক্রম করতে প্রয়োজনীয় সময় t_2

$$\text{আমরা জানি, } s = ut_2 + \frac{1}{2}a't_2^2$$

$$\text{বা, } 2100 \text{ m} = 0 \times t_2 + \frac{1}{2} \times 1 \text{ ms}^{-2} \times t_2^2$$

$$\text{বা, } \frac{1}{2}t_2^2 = 2100 \text{ s}^2$$

$$\text{বা, } t_2^2 = 4200 \text{ s}^2$$

$$\therefore t_2 = 64.81 \text{ s}$$

যেহেতু $t_2 < t_1$ সেহেতু উপরের গাণিতিক বিশ্লেষণ হতে বলা যায়, গ নং হতে প্রাপ্ত ত্বরণের অর্ধেক ত্বরণে সমস্ত পথ চললেও সাদেক গন্তব্যে আগে পৌছত।

৬৫. 20 ms^{-1} আদিবেগে একটি ক্রিকেট বলকে মুকুল খাড়া উপরের দিকে ছুড়ে দিল। একই সময়ে 30 m দূর থেকে নিশান 6 ms^{-1} সমবেগে ছুটে এসে বলটি ধরতে চেষ্টা করল।

[সিলেট বোর্ড-২০১৬]

(ক) পিচ কাকে বলে?

(খ) ক্ষমতা একটি লব্ধ রাশি-ব্যাখ্যা কর।

(গ) বলটি সর্বোচ্চ কত উচ্চতায় উঠেছিল?

(ঘ) নিশানের পক্ষে ছুটে বলটি মাটিতে পাড়ার পূর্বে ধরা সম্ভব কি-না গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে মতামত দাও।

৬৫ নং প্রশ্নের উত্তর

- (ক) ক্রুগজের বৃত্তাকার স্কেল সম্পূর্ণ একবার ঘুরালে এটি রৈখিক স্কেল বরাবর যে দৈর্ঘ্য অতিক্রম করে তাকে ক্রুর পিচ বলে।

- (খ) আমরা জানি,

$$\begin{aligned} \text{ক্ষমতা} &= \frac{\text{কাজ}}{\text{সময়}} = \frac{\text{বল} \times \text{সরণ}}{\text{সময়}} \\ &= \frac{\text{ভর} \times \text{ত্বরণ} \times \text{সরণ}}{\text{সময়}} \\ &= \frac{\text{ভর} \times \text{বেগ} \times \text{সরণ}}{\text{সময়} \times \text{সময়}} = \frac{\text{ভর} \times \text{সরণ} \times \text{সরণ}}{\text{সময়} \times \text{সময়}^2} \\ \therefore \text{ক্ষমতা} &= \frac{\text{ভর} \times (\text{দৈর্ঘ্য})^2}{\text{সময়}^3} \end{aligned}$$

ক্ষমতা সমীকরণ হতে দেখা যায় যে, ক্ষমতাকে প্রকাশ করতে ভর, দৈর্ঘ্য ও সময় তিনটি মৌলিক রাশির প্রয়োজন। অর্থাৎ ক্ষমতা একটি লব্ধ রাশি।

- (গ) ধরি, বলটি সর্বোচ্চ h উচ্চতায় উঠেছিল।

$$\text{উদ্দীপক হতে, আদিবেগ, } u = 20 \text{ ms}^{-1}$$

$$\text{শেষবেগ, } v = 0 \text{ ms}^{-1}$$

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

আমরা জানি, নিষ্ফিষ্ট বস্তুর ক্ষেত্রে,

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

$$\text{বা, } (0 \text{ ms}^{-1})^2 = (20 \text{ ms}^{-1})^2 - 2 \times 9.8 \text{ ms}^{-2} \times h$$

$$\text{বা, } 19.6 \text{ hms}^{-2} = 400 \text{ m}^2 \text{ s}^{-2}$$

$$\text{বা, } h = \frac{400 \text{ m}^2 \text{ s}^{-2}}{19.6 \text{ ms}^{-2}} = 20.41 \text{ m}$$

সুতরাং, বলটি প্রায় 20.41 m উচ্চতায় উঠেছিল।

- (ঘ) ধরি, বলটির সর্বোচ্চ উচ্চতায় উঠতে প্রয়োজনীয় সময় t

$$\text{গ নং হতে, সর্বোচ্চ উচ্চতা, } h = 20.41 \text{ m}$$

$$\text{উদ্দীপক হতে, আদিবেগ, } u = 20 \text{ ms}^{-1}$$

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

আমরা জানি, নিষ্ফিষ্ট বস্তুর ক্ষেত্রে,

$$v = u - gt$$

$$\text{বা, } 0 = u - gt$$

বা, $gt = u$

$$\text{বা, } t = \frac{u}{g} = \frac{20 \text{ ms}^{-1}}{9.8 \text{ ms}^{-2}} = 2.041 \text{ s}$$

$$\therefore \text{বিচরণকাল, } t' = 2 \times t = 2 \times 2.041 \text{ s} = 4.082 \text{ s}$$

ধরি, নিশানের বলটি ধরতে প্রয়োজনীয় সময় t_1

$$\text{সমবেগ, } v = 6 \text{ ms}^{-1}$$

$$\text{দূরত্ব, } s = 30 \text{ m}$$

আমরা জানি,

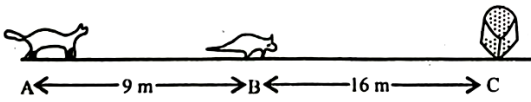
$$s = vt_1$$

$$\text{বা, } t_1 = \frac{s}{v} = \frac{30 \text{ m}}{6 \text{ ms}^{-1}} = 5 \text{ s}$$

যেহেতু $t_1 > t'$ সেহেতু নিশান পৌছানোর পূর্বেই বলটি মাটিতে পড়বে।

অর্থাৎ নিশানের পক্ষে মাটিতে পড়ার পূর্বে বলটি ধরা সম্ভব নয়।

৬৬. নিচের উদ্দীপকটি লক্ষ কর:



C অবস্থানে রক্ষিত রুটি সংগ্রহ করার জন্য একটি ইদুর B অবস্থান হতে 0.4 ms^{-1} সমবেগে চলছে। A অবস্থানে বসে থাকা একটি বিড়াল ইদুরকে লক্ষ করল এবং ইদুরটির আগেই রুটিটি সংগ্রহ করার জন্য 0.02 ms^{-2} সমত্বরণে একই রাস্তা বরাবর ছুটতে থাকল।

[ঢাকা বোর্ড-২০১৫]

(ক) মৌলিক রাশি কাকে বলে?

(খ) 'বেগের পরিবর্তন না হলে ত্বরণ থাকে না'- ব্যাখ্যা কর।

(গ) B অবস্থানে পৌছাতে বিড়ালটি কত বেগ প্রাপ্ত হবে?

(ঘ) বিড়ালটি পৌছানোর পূর্বেই ইদুরটির পক্ষে রুটিটি সংগ্রহ করা সম্ভব হবে কি-না তা গাণিতিক বিশ্লেষণ করে মতামত দাও।

৬৬ নং প্রশ্নের উত্তর

(ক) যে সব রাশি স্বাধীন বা নিরপেক্ষ অর্থাৎ যে রাশিগুলো অন্য রাশির উপর নির্ভর করে না বরং অন্যান্য রাশি এদের উপর নির্ভর করে তাদেরকে মৌলিক রাশি বলে।

(খ) আমরা জানি, বেগের পরিবর্তনের হার তথা একক সময়ে বেগের পরিবর্তনই ত্বরণ। যদি কোনো বস্তুর আদিবেগ u , শেষবেগ v এবং সময় t হয় তবে বস্তুর ত্বরণ, $a = \frac{v-u}{t}$

$$\text{কিন্তু বস্তুর শেষবেগ} = \text{আদিবেগ হলে অর্থাৎ } v = u \text{ হলে ত্বরণ, } a = \frac{u-u}{t} = \frac{0}{t}$$

$$\therefore a = 0$$

অর্থাৎ বেগের পরিবর্তন না হলে বা সুষম বা সমবেগে যদি বস্তু চলতে থাকে তবে বস্তুর ত্বরণ থাকে না।

(গ) উদ্দীপক অনুসারে, A বিন্দুতে বিড়ালের আদিবেগ,

$$u = 0 \text{ [}\because \text{বিড়ালটি স্থির ছিল]}$$

$$\text{বিড়ালের ত্বরণ, } a = 0.02 \text{ ms}^{-2}$$

$$\text{A বিন্দু থেকে B বিন্দুর দূরত্ব, } s = 9 \text{ m}$$

$$\text{B বিন্দুতে বিড়ালের বেগ, } v = ?$$

$$\text{ধরি, B বিন্দুতে পৌঁতে বিড়ালের সময় লাগে, } = t$$

সমত্বরণে গতিশীল বস্তুর জন্য আমরা জানি,

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

$$\text{বা, } 9 \text{ m} = 0 + \frac{1}{2} \times 0.02 \text{ ms}^{-2} \times t^2$$

$$\text{বা, } 900 \text{ s}^2 = t^2$$

$$\text{বা, } t = \sqrt{900} \text{ s} = 30 \text{ s}$$

$$\text{আমরা জানি, } v = u + at$$

$$\text{বা, } v = 0 + 0.02 \text{ ms}^{-2} \times 30 \text{ s} = 0.6 \text{ ms}^{-1}$$

\therefore B অবস্থানে পৌঁছতে বিড়ালের বেগ 0.6 ms^{-1} হবে।

(ঘ) উদ্দীপকের ইদুরের পক্ষে রুটিটি সংগ্রহ করা সম্ভব হবে তখনই যখন ইদুরের BC দূরত্ব অতিক্রম করতে প্রয়োজনীয় সময়, বিড়ালের AC দূরত্ব অতিক্রম করতে প্রয়োজনীয় সময় অপেক্ষা কম হবে।

ইদুরের ক্ষেত্রে: উদ্দীপক অনুসারে, এখানে;

$$\text{ইদুর (B) হতে রুটির (C) দূরত্ব, } s_1 = 1 \text{ m}$$

$$\text{ইদুরের বেগ, } v = 0.4 \text{ ms}^{-1}$$

ধরি, B থেকে C বিন্দুতে পৌঁছতে ইদুরের গৃহীত সময়, t_1

আমরা জানি, সমবেগে গতিশীল বস্তুর ক্ষেত্রে,

$$s_1 = vt_1$$

$$\text{বা, } t_1 = \frac{s_1}{v} = \frac{1 \text{ m}}{0.4 \text{ ms}^{-1}}$$

$$\therefore t_1 = 40 \text{ s}$$

বিড়ালের ক্ষেত্রে: উদ্দীপক অনুসারে,

বিড়াল (A) থেকে রুটির (C) দূরত্ব

$$s_2 = AB + BC = (9 + 16) \text{ m} = 25 \text{ m}$$

বিড়ালের ত্বরণ, $a = 0.02 \text{ ms}^{-2}$

ধরি, A থেকে C বিন্দুতে যেতে বিড়ালটির গৃহীত সময় t_2

আমরা জানি, সমত্বরণে গতিশীল কোনো বস্তুর ক্ষেত্রে,

$$s_2 = ut_2 + \frac{1}{2}at_2^2$$

$$\text{বা, } s_2 = \frac{1}{2}at_2^2 \text{ [}\because \text{বিড়ালটি যাত্রার শুরুতে স্থির ছিল]}$$

$$\text{বা, } t_2 = \sqrt{\frac{2s_2}{a}} = \sqrt{\frac{2 \times 25 \text{ m}}{0.02 \text{ ms}^{-2}}} = 50 \text{ s}$$

$$\therefore t_2 = 50 \text{ s}$$

$$\therefore t_1 < t_2$$

সুতরাং ইদুরটি বিড়ালের আগেই C বিন্দুতে পৌঁছেছিল। তাই ইদুরটি বিড়াল পৌছানোর পূর্বেই রুটিটি সংগ্রহ করতে পেরেছিল।

৬৭. M ভরের দুটি গাড়ি যথাক্রমে 6 ms^{-1} এবং 9 ms^{-1} বেগে যাত্রা শুরু করে একই সময়ে গন্তব্যস্থলে পৌছাল। গাড়ি দুটির ত্বরণ যথাক্রমে 5 ms^{-2} এবং 3 ms^{-2} ।

[রাজশাহী বোর্ড-২০১৫]

(ক) তাড়িতচৌম্বক বল কী?

(খ) স্থির অবস্থা থেকে কোনো বস্তু নিচের দিকে পড়তে থাকলে বেগের পরিবর্তনের কারণ ব্যাখ্যা কর।

(গ) গাড়ি দুটি কত সময়ে গন্তব্যস্থলে পৌছাল?

(ঘ) গাড়ি দুটির গতিশক্তির কীরূপ পরিবর্তন হবে? গাণিতিক যুক্তির মাধ্যমে তোমার মতামত বিশ্লেষণ কর।

৬৭ নং প্রশ্নের উত্তর

(ক) সলিনয়েডের ভিতরে কোনো কাঁচা লোহা বা ইস্পাতের দণ্ড ঢুকিয়ে সলিনয়েডে তড়িৎ প্রবাহ চালালে দণ্ডটি যে চুম্বক বল অনুভব লাভ করে তাই তাড়িতচৌম্বক বল।

(খ) কোনো বস্তু যখন স্থির থাকে তখন তার বেগ শূন্য থাকে। কোনো বস্তু যখন স্থিরাবস্থা থেকে নিচে পড়তে শুরু করে তখন এর বেগ আস্তে আস্তে বৃদ্ধি পেতে থাকে। এর কারণ হলো বস্তুটি যখন বিনা বাধায় পড়তে থাকে তখন এর উপর অভিকর্ষজ ত্বরণ কাজ করে। ফলে বস্তুটির বেগ প্রতি সেকেন্ডে 9.8 ms^{-1} হারে বাড়তে থাকে। তাই, স্থির অবস্থা থেকে কোনো বস্তু নিচের দিকে পড়তে থাকলে এর বেগের পরিবর্তন ঘটে।

(গ) উদ্দীপক অনুসারে, ১ম গাড়ির ক্ষেত্রে,

$$\text{আদিবেগ, } u_1 = 6 \text{ ms}^{-1}$$

$$\text{ত্বরণ, } a_1 = 5 \text{ ms}^{-2}$$

$$\text{২য় গাড়ির ক্ষেত্রে, আদিবেগ, } u_2 = 9 \text{ ms}^{-1}$$

$$\text{ত্বরণ, } a_2 = 3 \text{ ms}^{-2}$$

$$\text{২য় গাড়ির ক্ষেত্রে, আদিবেগ, } u_2 = 9 \text{ ms}^{-1}$$

$$\text{ত্বরণ, } a_2 = 3 \text{ ms}^{-2}$$

ধরি, উভয় গাড়ি t সময় যাবৎ গতিশীল থেকে s দূরত্ব অতিক্রম করে।

১ম গাড়ির জন্য, $s = u_1 t + \frac{1}{2} a_1 t^2$ (1)

২য় গাড়ির জন্য, $s = u_2 t + \frac{1}{2} a_2 t^2$ (2)

(১) নং ও (২) নং সমীকরণ থেকে পাই,

$$u_1 t + \frac{1}{2} a_1 t^2 = u_2 t + \frac{1}{2} a_2 t^2$$

$$\text{বা, } (u_1 - u_2)t = \frac{1}{2}(a_2 - a_1)t^2.$$

$$\text{বা, } \frac{2(u_1 - u_2)}{a_2 - a_1} = t \quad [\because t \neq 0]$$

$$\text{বা, } t = \frac{2 \times (6-9) \text{ ms}^{-1}}{(3-5) \text{ ms}^{-2}} = 3 \text{ s}$$

\therefore গাড়ি দুটি 3 s সময়ে গন্তব্যে পৌঁছেছিল।

(ঘ) উদ্দীপক অনুসারে উভয় গাড়ির ভর সমান।

$$\text{অর্থাৎ, } M_1 = M_2 = M$$

$$\text{১ম গাড়ির বেগ, } v_1 = 6 \text{ ms}^{-1}$$

\therefore ১ম গাড়ির গতিশক্তি,

$$T = \frac{1}{2} M_1 v_1^2 = \frac{1}{2} \times M \times (6 \text{ ms}^{-1})^2 = 18 \text{ MJ} \text{ এককে}$$

$$\text{আবার, ২য় গাড়ির বেগ, } v_2 = 9 \text{ ms}^{-1}$$

\therefore ২য় গাড়ির গতিশক্তি,

$$T' = \frac{1}{2} M_2 v_2^2 = \frac{1}{2} \times M \times (9 \text{ ms}^{-1})^2 = 40.5 \text{ MJ}$$

আমরা জানি, সমভরের দুটি বস্তু হলে যার বেগ বেশি হয় তার গতিশক্তিও বেশি হয়।

$$\text{এখন, } \frac{T}{T'} = \frac{18 \text{ MJ}}{40.5 \text{ MJ}} = \frac{4}{9}$$

$$\text{বা, } T = 0.44 E'_k$$

অতএব, ১ম গাড়ির গতিশক্তি ২য় গাড়ির গতিশক্তির 0.44 গুণ হবে।

অর্থাৎ ২য় গাড়ির গতিশক্তি বেশি হবে।

৬৮. নিচের সারণিতে ছয় সেকেন্ড পরপর একটি বস্তুর অতিক্রান্ত দূরত্ব দেওয়া হলো-

| সময় (s) | দূরত্ব (m) |
|----------|------------|
| 0 | 0 |
| 6 | 3 |
| 12 | 6 |
| 18 | 9 |
| 24 | 12 |
| 30 | 15 |
| 36 | 18 |

[কুমিল্লা বোর্ড-২০১৫]

(ক) অভিকর্ষজ ত্বরণের মাত্রা লেখ।

(খ) পড়ন্ত বস্তু সম্পর্কে গ্যালিলিও এর তৃতীয় সূত্রটি ব্যাখ্যা কর।

(গ) সারণিতে বর্ণিত গতির জন্য দূরত্ব-সময় লেখচিত্রটি অঙ্কন করে, 20 সেকেন্ডে অতিক্রান্ত দূরত্ব নির্ণয় কর।

(ঘ) অসম বেগের জন্য দেখাও যে, সারণিতে দূরত্ব-সময় লেখচিত্রের এক বিশেষ মুহূর্তের যে কোনো বিন্দুতে অঙ্কিত স্পর্শকের ঢাল ঐ বিন্দুতে বেগ নির্দেশ করে।

৬৮ নং প্রশ্নের উত্তর

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

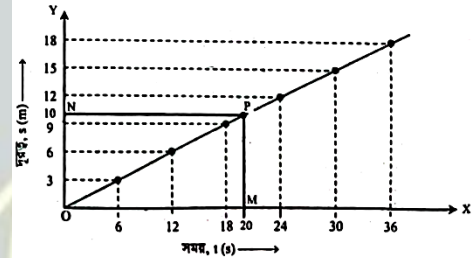
(খ) পড়ন্ত বস্তুর তৃতীয় সূত্রটি হলো- স্থির অবস্থান থেকে বিনা বাধায় পড়ন্ত বস্তু নির্দিষ্ট সময়ে যে দূরত্ব অতিক্রম করে তা ঐ সময়ের বর্গের সমানুপাতিক। অর্থাৎ অতিক্রান্ত দূরত্ব (h) এবং সময় (t) হলে, $h \propto t^2$ ।

ব্যাখ্যা: কোনো বস্তুকে স্থির অবস্থান থেকে বিনা বাধায় পড়তে দেওয়া হলে যদি এক সেকেন্ডে এটি h দূরত্ব অতিক্রম করে তবে দুই সেকেন্ডে এটি $h \times 2^2$ বা 4h দূরত্ব, তিন সেকেন্ডে এটি $h \times 3^2$ বা 9h দূরত্ব অতিক্রম করবে।

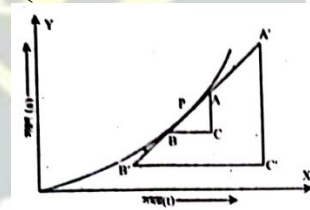
সুতরাং t_1, t_2, t_3, \dots সেকেন্ডে যদি বস্তুর অতিক্রান্ত দূরত্ব যথাক্রমে h_1, h_2, h_3, \dots ইত্যাদি $\frac{h_1}{t_1^2} = \frac{h_2}{t_2^2} = \frac{h_3}{t_3^2} \dots =$ ধ্রুবক।

(গ) উদ্দীপকে উল্লিখিত সারণি হতে সময় ও দূরত্বের মানসমূহ বসিয়ে নিম্নরূপ লেখচিত্র পাওয়া যায়:

মনে করি, 20 s নির্দেশকারী বিন্দুটি হলো M যা x অক্ষকে ঐ বিন্দুতে ছেদ করেছে। M হতে OX এর উপর একটি লম্ব টানি যা y-অক্ষের সমান্তরাল। P হতে y-অক্ষের উপর PN লম্ব আঁকি। লেখচিত্র থেকে দেখা যায় যে, 20s সময়ে বস্তুটি 10 m দূরত্ব অতিক্রম করে।



(ঘ) উদ্দীপকের বস্তুটি অসমবেগে গতিশীল থাকলে নিচের লেখচিত্রটি মনে চলবে যা বক্র আকৃতির।



এক্ষেত্রে বস্তুটি সমান সময়ে সমান দূরত্ব অতিক্রম করে না, কারণ বস্তুটি সুসমবেগে চলছে না। কাজেই গতিকালের সকল মুহূর্তে এর বেগ সমান হয় না। কোনো এক বিশেষ মুহূর্তে বস্তুটির বেগ বের করতে হবে, যাকে বক্ররেখাটিতে P বিন্দু দিয়ে নির্দেশ করা হয়েছে। P বিন্দুতে বেগ নির্ণয় করতে হলে আমাদেরকে একটি অতিক্ষুদ্র সমকোণী ত্রিভুজ ABC বিবেচনা করতে হবে যার অতিভুজ AB এত ক্ষুদ্র যে এটি P বিন্দুর অতি সন্নিগটে বক্ররেখার সাথে কার্যত মিলে যায়। তাহলে P বিন্দুতে

$$\text{বেগ, } v = \frac{AC \text{ দ্বারা নির্দেশিত দূরত্ব}}{BC \text{ দ্বারা নির্দেশিত দূরত্ব}}$$

এখন ΔABC ও $\Delta A'B'C'$ সদৃশ ত্রিভুজদ্বয় থেকে লিখতে পারি,

$$\frac{AC}{BC} = \frac{A'C'}{B'C'} \therefore v = \frac{A'C'}{B'C'}$$

কিন্তু $\frac{A'C'}{B'C'}$ হলো $A'B'$ রেখার ঢাল।

সুতরাং P বিন্দুতে স্পর্শকের ঢালই P বিন্দুর বেগ। (দেখানো হলো)

৬৯. রফিক যখন তার বাবার গাড়িতে স্কুলে যাচ্ছিল তখন সে গাড়ির স্পিডোমিটার দেখে 10 s পর পর গাড়ির গতিবেগ সংগ্রহ করে নিচের ছকে লিপিবদ্ধ করল:

| সময় t(s) | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 |
|--------------------------|---|----|----|----|----|-----|-----|
| বেগ v(ms ⁻¹) | 0 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 |

[সিলেট বোর্ড-২০১৫]

(ক) তাৎক্ষণিক দ্রুতি কাকে বলে?

(খ) কম্পনশীল সুর শলাকার গতিকে স্পন্দন গতি বলা হয় কেন?

(গ) রফিকের সংগৃহীত উপাত্ত থেকে বেগ-সময় লেখ অঙ্কন কর।

(ঘ) প্রাপ্ত লেখচিত্রটি সুসম ত্বরণ নির্দেশ করে-গাণিতিক যুক্তির মাধ্যমে ব্যাখ্যা কর।

৬৯ নং প্রশ্নের উত্তর

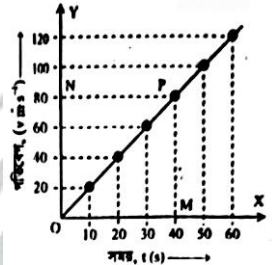
(ক) গতিশীল কোনো বস্তুর কোনো একটি বিশেষ মুহূর্তের দ্রুতিকে তাৎক্ষণিক দ্রুতি বলে।

(খ) পর্যাবৃত্ত গতিসম্পন্ন কোনো কণা যদি পর্যায়কালের অর্ধেক সময় একদিকে চলে বাকি অর্ধেক সময় পূর্ব গতির বিপরীত দিকে চলে, তবে তার গতিকে

স্পন্দন গতি বলে। সুরশলাকা, তার গতিপথের মধ্যবিন্দু হতে উভয় দিকে সরণের জন্য সমান সময় নেয় এবং দিক প্রথম দিকের বিপরীত হয়। সুতরাং বলা যায়, কম্পনশীল সুরশলাকার গতি স্পন্দন গতি।

- (গ) উদ্দীপকের সারণির মানগুলো নিয়ে বেগ বনাম সময়ের লেখচিত্র অঙ্কন করা হলো। যেখানে x - অক্ষ বরাবর সময় এবং y -অক্ষ বরাবর বেগ নির্দেশিত হয়েছে। যেহেতু রফিকের গাড়িটির বেগ বৃদ্ধির হার সমান ছিল সেহেতু গাড়িটি সমত্বরণে গতিশীল ছিল। সমত্বরণে গতিশীল কোনো বস্তুর লেখচিত্রটি হয় মূলবিন্দুগামী একটি সরলরেখা।

এজন্যই রফিকের সংগৃহীত উপাত্ত দ্বারা অঙ্কিত লেখচিত্রটি একটি মূলবিন্দুগামী সরলরেখা।



- (ঘ) 'গ' এর লেখচিত্রের উপর 'P' যেকোনো একটি বিন্দু। P থেকে x -অক্ষের উপর PM লম্ব টানি। অনুরূপে আমরা y -অক্ষ বরাবর PN পাই যা OM এর সমান্তরাল। তাহলে যে সময় OM-এর জন্য বেগের পরিবর্তন PM পাওয়া যায়।

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

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

তাই বলা যায়, বেগ সময় লেখচিত্রের যেকোনো বিন্দুতে অঙ্কিত স্পর্শকের ঢাল ঐ বিন্দুতে ত্বরণ নির্দেশ করে। গাণিতিকভাবে দেখানো যায়—

যখন, সময়, $t = 0$ তখন, গতিবেগ, $v = 0$

$$t = 10s, v = 20 \text{ ms}^{-1} \therefore a = \frac{20}{10} = 2 \text{ ms}^{-2}$$

$$t = 20s, v = 40 \text{ ms}^{-1} \therefore a = \frac{40}{20} = 2 \text{ ms}^{-2}$$

$$t = 30s, v = 60 \text{ ms}^{-1} \therefore a_1 = \frac{60}{30} = 2 \text{ ms}^{-2}$$

$$t = 40s, v = 80 \text{ ms}^{-1} \therefore a = \frac{80}{40} = 2 \text{ ms}^{-2}$$

$$t = 50s, v = 100 \text{ ms}^{-1} \therefore a = \frac{100}{50} = 2 \text{ ms}^{-2}$$

$$t = 60s, v = 120 \text{ ms}^{-1} \therefore a = \frac{120}{60} = 2 \text{ ms}^{-2}$$

সুতরাং, দেখা যাচ্ছে যে, প্রতিক্ষেত্রেই, গাড়ির ত্বরণ অপরিবর্তনীয় (2 ms^{-2})। অর্থাৎ গাড়িটি সুসমত্বরণে গতিশীল ছিল যা লেখচিত্রটি নির্দেশ করে।

৭০. কোনো সমতল রাস্তায় কিছু সময় গতিশীল একটি গাড়ির বিভিন্ন সময়ের বেগ নিচের ছকে দেওয়া হলো:

| সময় t (মিনিট) | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 |
|-------------------------|---|---|----|----|----|----|
| বেগ v (মিটার/সেকেন্ড) | 2 | 4 | 6 | 6 | 4 | 0 |

[দিনাজপুর বোর্ড-২০১৫]

(ক) ভেক্টর রাশি কাকে বলে?

(খ) তোমার ওজন পৃথিবীর সকল দেশেই সমান হবে কি? ব্যাখ্যা কর।

(গ) প্রথম 10 মিনিটে গাড়িটির অতিক্রান্ত দূরত্ব নির্ণয় কর।

(ঘ) প্রদত্ত তথ্যের আলোকে বেগ-সময় লেখচিত্র অঙ্কন করে তা থেকে গাড়িটির গতিবেগ সম্পর্কে মতামত দাও।

৭০ নং প্রশ্নের উত্তর

- (ক) যেসব ভৌতরাশিকে সম্পূর্ণরূপে প্রকাশ করার জন্য মান ও দিক উভয়ের প্রয়োজন হয়, তাদেরকে ভেক্টর রাশি বলে।

- (খ) পৃথিবীর সকল দেশে আমার ওজন সমান হবে না। কারণ পৃথিবী সম্পূর্ণ গোলাকার নয়। যার দরুণ পৃথিবীর ব্যাসার্ধ R সব জায়গায় সমান নয়।

$$\text{আমরা জানি, অভিকর্ষজ ত্বরণ, } g = \frac{GM}{R^2}, R = \text{ব্যাসার্ধ।}$$

অর্থাৎ পৃথিবীর কেন্দ্র থেকে যে দেশ যত দূরে বা কাছে, তার জন্য R -এর মান তত বেশি বা কম। যার ফলে g -এর মানও কম বা বেশি হয়। আর আমার ওজন, $W = mg$ যা g -এর উপর নির্ভরশীল। তাই g -এর মান বেশি যে দেশে বা স্থানে আমার ওজনও বেশি আর কম যেখানে সেখানে আমার ওজন কম হবে।

- (গ) উদ্দীপক অনুসারে, বস্তুর আদিবেগ, $u = 2 \text{ ms}^{-1}$

$$\text{সময়, } t = (10 - 0) \text{ min} = 10 \text{ min} = 600s$$

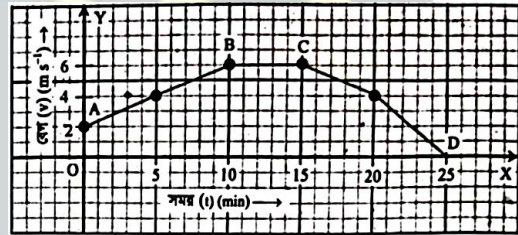
$$\text{ত্বরণ, } a = \frac{v-u}{t} = \frac{6 \text{ ms}^{-1} - 2 \text{ ms}^{-1}}{600s} = \frac{4}{600} \text{ ms}^{-2}$$

\therefore অতিক্রান্ত দূরত্ব,

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

$$= 2 \text{ ms}^{-1} \times 600s + \frac{1}{2} \times \left(\frac{4}{600} \text{ ms}^{-2}\right) \times (600s)^2 = 2400 \text{ m}$$

- নির্ণেয় অতিক্রান্ত দূরত্ব 2400 m।
- (ঘ) উদ্দীপকের তথ্যের আলোকে বেগ-সময় লেখচিত্র নিচে অঙ্কিত হলো যার সাহায্যে পরবর্তীতে গাড়ির গতিবেগের বর্ণনা দেওয়া হলো:



ছক কাগজে x -অক্ষে সময় (t) এবং y -অক্ষে বেগ (v) স্থাপন করি। এই লেখচিত্রটিই বেগ সময় লেখচিত্র যা উদ্দীপকের তথ্যের আলোকে অঙ্কিত হয়েছে। এ থেকে সহজেই ত্বরণ অর্থাৎ সময়ের সাথে বেগের পরিবর্তনের হার নির্ণয় করা যায়। গাড়িটি প্রথমে 2 ms^{-1} আদি বেগ নিয়ে A বিন্দু থেকে যাত্রা শুরু করে এবং লেখচিত্রের B বিন্দু পর্যন্ত প্রথম 10 min সমত্বরণে চলে। এরপর গাড়িটির ত্বরণ বন্ধ হয়ে যায় এবং পরবর্তী 5 min সমবেগে চলে C বিন্দুতে পৌঁছে। এরপর থেকে আবার মন্দনে চলা শুরু করে D বিন্দুতে পৌঁছে। যেখানে তার বেগ 0 হয়ে যায়। অর্থাৎ D বিন্দুতে গাড়িটি স্থির হয়ে যায়।