

নিউটনের গতিসূত্র ও তার প্রয়োগ

ভূমিকা

পূর্বের ইউনিটসমূহে বস্তুতে সৃষ্ট গতির কারণ বিবেচনা না করে শুধুমাত্র গতির সমীকরণ সম্পর্কিত তথ্যাবলী ও তৎসম্পর্কিত সমস্যা সমাধানের মধ্যে আলোচনা সীমিত ছিল। বর্তমান ইউনিটে বস্তুর প্রকৃতি এবং তার গতির কারণ সম্পর্কে আলোচনা করা হবে এবং ভর, গতি ও বলের মধ্যকার বিভিন্ন সূত্র সম্পর্কে আলোচনা করা হবে। ১৬৮৬ খ্রিস্টাব্দে ইংরেজ গণিতবিদ স্যার আইজ্যাক নিউটন তার বিখ্যাত গ্রন্থ প্রিন্সিপিয়া (Principia)-তে গতির তিনটি সূত্রকে লিপিবদ্ধ করেন। অবশ্য প্রথম দুইটি সূত্র ১৬৯০ সালে গ্যালিলিও আবিষ্কার করেন এবং তৃতীয়টিও নিউটনের আবিষ্কারের বহু পূর্বে বৈজ্ঞানিকদের জানা ছিল। কিন্তু নিউটন সূত্র তিনটিকে গাণিতিক আকারে সূত্রটিষ্ঠিত করেন।

উদ্দেশ্য

এই ইউনিট শেষে আপনি-

- নিউটনের গতিসূত্র বর্ণনা করতে পারবেন;
- নিউটনের গতিসূত্র তিনটি ব্যাখ্যা করতে পারবেন;
- $P=mf$ সূত্রটি প্রতিষ্ঠা করে তা প্রয়োগে দক্ষতা অর্জন করবেন;
- $P=mf$ সূত্রের প্রয়োগে বিভিন্ন সমস্যা সমাধানে দক্ষতা অর্জন করবেন;
- স্থির কপিকলের মাধ্যমে যুক্ত কণার গতি সম্পর্কিত সমস্যা সমাধানে $P=mf$ সূত্রটি প্রয়োগ করার দক্ষতা অর্জন করবেন।

পাঠ-১

নিউটনের গতিসূত্রের বর্ণনা ও ব্যাখ্যা

উদ্দেশ্য

এই পাঠ শেষে আপনি—

- নিউটনের গতিসূত্র বর্ণনা করতে পারবেন;
- নিউটনের প্রথম গতিসূত্র ব্যাখ্যা করতে পারবেন;
- নিউটনের দ্বিতীয় গতিসূত্র ব্যাখ্যা করতে পারবেন;
- নিউটনের তৃতীয় গতিসূত্র ব্যাখ্যা করতে পারবেন।

নিউটনের গতিসূত্র

প্রথম সূত্র : বাহির হতে কোন বল প্রয়োগ করা না হলে, স্থির বস্তু চিরকাল স্থির থাকবে এবং চলমান বস্তু চিরকাল সমবেগে সরলরেখায় চলতে থাকবে।

দ্বিতীয় সূত্র : বস্তুর ভরবেগের পরিবর্তনের হার বস্তুর উপর প্রযুক্ত বলের সমানুপাতিক এবং প্রযুক্ত বল যে দিকে ক্রিয়া করে, ভরবেগের পরিবর্তন সেই দিকেই ঘটে।

তৃতীয় সূত্র : প্রত্যেক ক্রিয়ার জন্য একটি সমান ও বিপরীত প্রতিক্রিয়ার সৃষ্টি হয়।

প্রথম সূত্রের ব্যাখ্যা

নিউটনের প্রথম গতিসূত্রে দুইটি অংশ আছে। সূত্রটির প্রথম অংশে আছে বস্তুর জড়তা সম্পর্কিত তথ্যাবলী। কোন বস্তু নিজ থেকে তার স্থির বা গতিশীল অবস্থার পরিবর্তন ঘটাতে পারে না। যে যেমন আছে, তেমনই থাকতে চাই। বস্তুর এই ধর্মকে জড়তা বলে। স্থির বস্তুর স্থির থাকার প্রবণতাকে স্থিতি জড়তা এবং গতিশীল বস্তু গতিশীল অবস্থায় থাকার প্রবণতাকে গতি জড়তা বলে। অতএব জড়তা বস্তুর একটি স্বাভাবিক ধর্ম। উদাহরণের মাধ্যমে জড়তা সম্পর্কে বাস্তব জ্ঞান লাভ করা যাক। স্থির গাড়ী হঠাৎ চলতে আরম্ভ করলে আরোহীর শরীরের যে অংশ গাড়ির সংস্পর্শে থাকে সেখানে গতির সৃষ্টি হয়, কিন্তু স্থিতি জড়তার জন্য শরীরের উপরিভাগ পিছন দিকে হেলে পড়ে। আবার চলন্ত গাড়ি যদি হঠাৎ থেমে যায় তবে আরোহীর শরীরের নিম্নভাগ স্থিতিতে আসে, কিন্তু শরীরের উপরিভাগ গতি জড়তার জন্য সামনের দিকে এগিয়ে যায়। ফলে আরোহী সামনের দিকে ঝুঁকে পড়ে। আরোহীকে এই গতি সামলানোর জন্য পিছনের দিকে হেলে চলন্ত গাড়ি থেকে নামতে হয়।

সূত্রের দ্বিতীয় অংশে বলের কার্যকারিতা ও তার বৈশিষ্ট্য সম্পর্কে বলা হয়েছে। যা কোন বস্তুর স্থির অবস্থা অথবা গতিশীল অবস্থার পরিবর্তন ঘটায়, তাই বল। বাহির হতে কোন বল প্রযুক্ত না হলে চলমান বস্তু চিরকাল গতিশীল থাকবে, এ ধারণা আমাদের বাস্তব অভিজ্ঞতার সাথে সংগতিহীন। কারণ বাইরের বল হতে কোন বস্তুকে সম্পূর্ণরূপে প্রভাব মুক্ত করা সম্ভব নয়। উদাহরণের সাহায্যে বিষয়টি সম্পর্কে পরিষ্কার হওয়া যাক। একটি মসৃণ মেঝেতে মার্বেল পাথর ছুড়ে দিলে দেখা যায় কিছুদূর যেয়ে মার্বেল পাথরটি থেমে যায়। এর কারণ মেঝের সক্রিয় ঘর্ষণ বল তার গতিতে বাঁধা সৃষ্টি করে। আবার কোন গোলাকার বস্তুকে শূন্যে ছুড়ে দিলে তার গতি ক্রমশঃ মন্থর হতে থাকে এবং ভূমিতে পড়ার পর কিছুদূর চলে অবশেষে থেমে যায়। এর কারণ বলটিকে বাতাসের বাঁধা এবং যে সমতলের উপর দিয়ে যায় তার ঘর্ষণ বল অতিক্রম করতে হয়। আবার অভিকর্ষজ ত্বরণ তাকে অনবরত পৃথিবীর কেন্দ্রের দিকে আকর্ষণ করতে থাকে। ফলে বস্তুটি নিচের দিকে একটি বক্ররেখা বরাবর ভূমিতে পতিত

হয়। অতএব আমরা এই সিদ্ধান্তে আসতে পারি, যদি বাইরের কোন বলের প্রভাব না থাকে তবে স্থির বস্তু স্থির অবস্থায় এবং গতিশীল বস্তু সবসময় সমবেগে সরলরেখায় চলতে থাকে।

দ্বিতীয় সূত্রের ব্যাখ্যা

দ্বিতীয় সূত্রের সাহায্যে বিভিন্ন ধরনের বলের পরিমাপ ও তুলনা করা যায়। বস্তুর উপর বলের ক্রিয়ার ফলে বস্তুতে গতির সঞ্চার হয় অথবা বস্তুর গতির পরিবর্তন হয়। যদি কোন নির্দিষ্ট বস্তুর উপর একটি বল নির্দিষ্ট সময়ে গতির সৃষ্টি করে এবং অপর একটি বল একই সময়ে বৃহত্তর গতির সৃষ্টি করে তাহলে শেষের বলটি প্রথমটি অপেক্ষা বৃহত্তর। আবার যদি নির্দিষ্ট বল দুইটি ভিন্ন বস্তুর উপর একই সময় ধরে ক্রিয়া করে গতির সৃষ্টি করে তবে হালকা বস্তু অপেক্ষা ভারী বস্তুটির গতির পরিমাণ ক্ষুদ্রতর হবে। সুতরাং বলের পরিমাপের জন্য শুধুমাত্র কোন বস্তুর উপর নির্দিষ্ট সময় ধরে ক্রিয়ারত বলের দ্বারা সৃষ্ট গতিকে বিবেচনা করলে চলবে না, যে বস্তুর উপর বলটি ক্রিয়া করে তার ভরকেও একসঙ্গে বিবেচনা করতে হবে। অতএব, বলের পরিমাণ বস্তুর ভর এবং বস্তুর উপর বল প্রয়োগের ফলে নির্দিষ্ট সময়ে সৃষ্ট বেগের অর্থাৎ সৃষ্ট ভরবেগের উপর নির্ভরশীল। অর্থাৎ, ভরবেগের উৎপাদনই হল বলের কার্যকারিতা। কোন নির্দিষ্ট ভর বিশিষ্ট বস্তুর উপর একটি বল প্রযুক্ত হলে তার গতিবেগের পরিবর্তন হয় অর্থাৎ এতে ত্বরণ সৃষ্টি হয়।

তৃতীয় সূত্রের ব্যাখ্যা

নিউটনের তৃতীয় গতিসূত্র হতে বল প্রকৃতিতে কিরূপে কাজ করে তার ধারণা পাওয়া যায়। সকল ক্ষেত্রেই বল প্রয়োগের জন্য দুইটি বস্তু অথবা একটি বস্তুর দুইটি অংশের প্রয়োজন হয়। বল প্রয়োগ বিভিন্ন প্রকারের হতে পারে। ঘর্ষণজনিত বাধার দ্বারা, পৃথিবীর মাধ্যাকর্ষণের ন্যায় দূর হতে দুইটি বস্তুর মধ্যে আকর্ষণ বা বিকর্ষণ দ্বারাও বল প্রযুক্ত হতে পারে। অথবা সরাসরি সংস্পর্শ দ্বারাও বল প্রয়োগ হতে পারে। একটি বস্তু কর্তৃক অপর একটি বস্তুর উপর বল প্রযুক্ত হলে, প্রযুক্ত বলদ্বয় সমান ও বিপরীত হবে। এই বল দুইটির একটিকে ক্রিয়া এবং অপরটিকে প্রতিক্রিয়া বল বলা হয়। এই সূত্র প্রমাণ করে যে, কোন বস্তুতে প্রযুক্ত বল এককভাবে ক্রিয়া করে না—সর্বদা যুগলভাবে ক্রিয়া করে।

নিউটনের গতিসূত্র

প্রথম সূত্র : বাহির হতে কোন বল প্রয়োগ করা না হলে, স্থির বস্তু চিরকাল স্থির থাকবে এবং চলমান বস্তু চিরকাল সমবেগে সরলরেখায় চলতে থাকবে।

দ্বিতীয় সূত্র : বস্তুর ভরবেগের পরিবর্তনের হার বস্তুর উপর প্রযুক্ত বলের সমানুপাতিক এবং প্রযুক্ত বল যে দিকে ক্রিয়া করে, ভরবেগের পরিবর্তন সেই দিকেই ঘটে।

তৃতীয় সূত্র : প্রত্যেক ক্রিয়ার জন্য একটি সমান ও বিপরীত প্রতিক্রিয়ার সৃষ্টি হয়।

অনুশীলনী-১০.১

- ১। নিউটনের গতিসূত্র সমূহের বর্ণনা দিন।
- ২। নিউটনের গতিসূত্র সমূহের ব্যাখ্যা দিন।

পাঠ-২

 $P=mf$ সূত্রটি প্রতিষ্ঠা ও তার প্রয়োগ

👉 উদ্দেশ্য

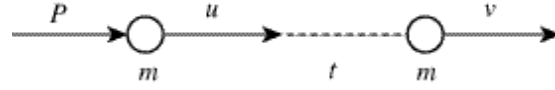
এই পাঠ শেষে আপনি—

- $P=mf$ সূত্রটি প্রতিষ্ঠা করে তা প্রয়োগে দক্ষতা অর্জন করবেন;
- বিভিন্ন সমস্যা সমাধানে দক্ষতা অর্জন করবেন।

বল পরিমাপক সমীকরণ : $P=mf$ সমীকরণের প্রতিপাদন

নিউটনের দ্বিতীয় সূত্রের সাহায্যে বল পরিমাপের একটি পদ্ধতি নির্ণয় করা যায়। মনে করুন, u সমবেগে চলমান m ভর বিশিষ্ট একটি বস্তু উপর P পরিমাণ একটি বল অবিরামভাবে ক্রিয়া করছে।

মনে করুন, বলের ক্রিয়ার ফলে t সময় পরে বস্তুটির বেগ হয় v এবং ত্বরণ হয় f ।



চিত্র: ১০.২.১

তাহলে গতির সমীকরণ অনুসারে, $v = u + ft$

অতএব, উক্ত t সময়ে বেগের পরিবর্তন $v - u = u + ft - u = ft$

$$\therefore \text{বেগের পরিবর্তনের হার} = \frac{v-u}{t} = \frac{ft}{t} = f$$

আবার, বস্তুটির আদি ভরবেগ = ভর * আদিবেগ = mu

এবং শেষ ভরবেগ = ভর * শেষবেগ = mv

$$\therefore t \text{ সময়ে ভরবেগের পরিবর্তন} = mv - mu$$

$$\therefore \text{ভরবেগের পরিবর্তনের হার} = \frac{mv - mu}{t}$$

নিউটনের দ্বিতীয় সূত্র অনুসারে প্রযুক্ত বল P , ভরবেগের পরিবর্তনের হারের সমানুপাতিক।

$$\text{অর্থাৎ } P \propto \frac{mv - mu}{t}$$

$$\text{বা, } P \propto m * \frac{v-u}{t}$$

$$\text{বা, } P \propto mf$$

$$\therefore P = k.mf, \text{ যেখানে } k \text{ একটি প্রবন্ধক।}$$

বলের একক হিসাবে এমন পরিমাণ বলকে বুঝায় যা একক ভরবিশিষ্ট বস্তুর উপর অবিরামভাবে ক্রিয়া করে একক ত্বরণের সৃষ্টি করে।

সুতরাং যখন $m=1$ কিলোগ্রাম, $f=1$ মি/সে^২ তখন বল $P=1$

$$\therefore 1 = k.1.1$$

$$\text{বা, } k=1$$

$$\text{সুতরাং } P=mf$$

সুতরাং নির্দিষ্ট ভরের কোন বস্তুর উপর ক্রিয়ারত কোন বল বস্তুটিতে যে নির্দিষ্ট ত্বরণের সৃষ্টি করে, তার মান বস্তুর ভর ও ত্বরণের গুণফলের সমান।

সুতরাং নির্দিষ্ট ভরের কোন বস্তুর উপর ক্রিয়ারত কোন বল বস্তুটিতে যে নির্দিষ্ট ত্বরণের সৃষ্টি করে, তার মান বস্তুর ভর ও ত্বরণের গুণফলের সমান। অর্থাৎ $P=mf$ যেখানে P =বল, m =ভর এবং f =ত্বরণ

বলের একক

একক ভর বিশিষ্ট কোন বস্তুর উপর কার্যরত যে পরিমাণ বল একক ত্বরণ সৃষ্টি করে তাকে বলের একক বলে।

বলের অপেক্ষ একক (Absolute unit of force)

C. G. S. পদ্ধতিতে বলের অপেক্ষ একক হল ডাইন। এক গ্রাম ভর বিশিষ্ট কোন বস্তুর উপর কার্যরত যে পরিমাণ বল 1 সেমি/সে² ত্বরণ সৃষ্টি করে, তাকে ডাইন বলে।

F. P. S. পদ্ধতিতে বলের অপেক্ষ একক হল পাউন্ডাল। এক পাউন্ড ভর বিশিষ্ট কোন বস্তুর উপর কার্যরত যে পরিমাণ বল 1 ফুট/সে² ত্বরণ সৃষ্টি করে তাকে পাউন্ডাল বলে।

M. K. S. পদ্ধতিতে বলের অপেক্ষ একক হল নিউটন। এক কিলোগ্রাম ভর বিশিষ্ট কোন বস্তুর উপর কার্যরত যে পরিমাণ বল 1 মিটার/সে² ত্বরণ সৃষ্টি করে, তাকে নিউটন বলে।

C. G. S. পদ্ধতিতে বলের অপেক্ষ একক হল ডাইন। F. P. S. পদ্ধতিতে বলের অপেক্ষ একক হল পাউন্ডাল। M. K. S. পদ্ধতিতে বলের অপেক্ষ একক হল নিউটন।

পাউন্ডাল, নিউটন ও ডাইনের মধ্যে সম্পর্ক

আমরা জানি, 1 ফুট = 30.48 সেন্টিমিটার (প্রায়)

এবং 1 পাউন্ড = 453.6 গ্রাম।

$$\begin{aligned} \therefore 1 \text{ পাউন্ডাল} &= 453.6 * 30.48 \text{ ডাইন} \\ &= 13826 \text{ ডাইন (প্রায়)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{আবার, } 1 \text{ নিউটন} &= 1 \text{ কিলোগ্রাম} * 1 \text{ মিটার/সে}^2 \\ &= 1000 \text{ গ্রাম} * 100 \text{ সে.মি/সে}^2 \\ &= 1,00,000 * 1 \text{ গ্রাম} * 1 \text{ সে.মি/সে}^2 \\ &= 1,00,000 \text{ ডাইন} \\ &= 10^5 \text{ ডাইন।} \end{aligned}$$

$$\text{অতএব } 1 \text{ ডাইন} = 10^{-5} \text{ নিউটন}$$

$$\begin{aligned} \text{এখন } 1 \text{ পাউন্ডাল} &= 13826 \text{ ডাইন} \\ &= 13826 * 1 \text{ ডাইন} \\ &= 13826 * 10^{-5} \text{ নিউটন} \end{aligned}$$

ডাইন, পাউন্ডাল ও নিউটনের মান ভর ও সময়ের এককের উপর নির্ভরশীল। তারা মহাকর্ষীয় ত্বরণ g এর মানের উপর নির্ভরশীল নহে।

$$1 \text{ পাউন্ডাল} = 13826 \text{ ডাইন}, 1 \text{ নিউটন} = 10^5 \text{ ডাইন}, 1 \text{ পাউন্ডাল} = 13826 * 10^{-5} \text{ নিউটন}।$$

বলের মহাকর্ষীয় একক (Gravitational unit of force)

পৃথিবী যে পরিমাণ বল দ্বারা এক কিলোগ্রাম ভরের বস্তুকে আকর্ষণ করে, তাকে এক কিলোগ্রাম-ওজন বলে। কাজেই এক কিলোগ্রাম-ওজন এমন একটি বলের মান নির্দেশ করে যাহা এক কিলোগ্রাম ভর বিশিষ্ট বস্তুর উপর কার্যরত হয়ে g মিটার/সে² মানের ত্বরণ সৃষ্টি করে।

$$\begin{aligned} \text{অতএব, } 1 \text{ কিলোগ্রাম-ওজন} &= 1 \text{ কিলোগ্রাম ভর} * g \text{ মিটার/সে}^2 \text{ ত্বরণ} \\ &= g * 1 \text{ কিলোগ্রাম ভর} * 1 \text{ মিটার/সে}^2 \text{ ত্বরণ} \\ &= g * 1 \text{ নিউটন} \\ &= g \text{ নিউটন}। \end{aligned}$$

কোন বলের অনপেক্ষ একককে মহাকর্ষীয় এককে প্রকাশ করতে হলে, তাকে g এর মান দ্বারা ভাগ করতে হয়।

F. P. S. পদ্ধতিতে বলের অনপেক্ষ একক পাউন্ডাল এবং মহাকর্ষীয় একক পাউন্ড-ওজন। কাজেই পাউন্ডালকে পাউন্ড-ওজনে রূপান্তরিত করতে হলে 32 দ্বারা ভাগ করতে হবে।

$$\text{সুতরাং } 1 \text{ পাউন্ড-ওজন} = 32 \text{ পাউন্ডাল}।$$

C. G. S. পদ্ধতিতে বলের অনপেক্ষ একক ডাইন এবং মহাকর্ষীয় একক গ্রাম-ওজন। কাজেই ডাইনকে গ্রাম-ওজনে রূপান্তরিত করতে হলে তাকে 981 দ্বারা ভাগ করতে হবে। সুতরাং 1 গ্রাম-ওজন = 981 ডাইন।

M. K. S. পদ্ধতিতে বলের অনপেক্ষ একক নিউটন এবং মহাকর্ষীয় একক কিলোগ্রাম-ওজন। কাজেই নিউটনকে কিলোগ্রাম-ওজনে রূপান্তর করতে হলে তাকে 9.81 দিয়ে ভাগ করতে হবে। সুতরাং 1 কিলোগ্রাম-ওজন = 9.81 নিউটন।

$$\text{কোন বলের অনপেক্ষ একককে মহাকর্ষীয় এককে প্রকাশ করতে হলে, তাকে } g \text{ এর মান দ্বারা ভাগ করতে হয়।}$$

চলমান অনুভূমিক তলের উপর স্থাপিত স্থির বস্তুর চাপ

মনে করুন m ভর বিশিষ্ট একটি বস্তু একটি চলমান অনুভূমিক তলের উপর স্থিরভাবে আছে। বস্তুটি অনুভূমিক তলের উপর যে চাপ সৃষ্টি করে তার মান নির্ভর করে অনুভূমিক তলের গতির উপর।

(i) যখন অনুভূমিক তলটি f সমত্বরণে খাড়াভাবে উর্ধ্বগামী

মনে করুন অনুভূমিক তলটি f সমত্বরণে খাড়াভাবে উপরের দিকে উঠছে। অতএব m ভর বিশিষ্ট বস্তুটিও তলের সঙ্গে সঙ্গে f ত্বরণে উপরের দিকে উঠতে থাকে। অতএব কার্যকর লব্ধি বলের মান হবে mf । আবার যে বলটি বস্তুটিকে উপরের দিকে ঠেলা দেয়, তা তলের সাথে বস্তুটির সংস্পর্শের ফলে সৃষ্ট প্রতিক্রিয়া। মনে করুন এই প্রতিক্রিয়া বলের মান R । মাধ্যাকর্ষণ বল দ্বারা ক্রিয়ারত খাড়া নিচের দিকে ক্রিয়াশীল বস্তুর ওজন mg । অতএব বস্তুটির উপর ক্রিয়াশীল উর্ধ্বমুখী বল $R-mg$ নিউটনের দ্বিতীয় গতিসূত্র অনুযায়ী $R - mg = mf$

$$\text{বা, } R = mg + mf$$

$$\text{বা, } R = m(g+f)$$

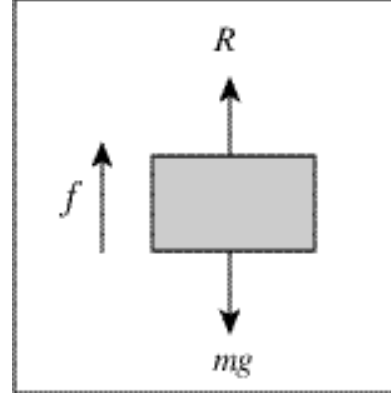
(ii) যখন অনুভূমিক তলটি f সমত্বরণে খাড়াভাবে নিম্নগামী

এক্ষেত্রে তলের উপরিস্থিত নিম্নগামী বস্তুটির লব্ধি বল $mg-R$ । বস্তুটি তলের সাথে f ত্বরণে নিম্নগামী।

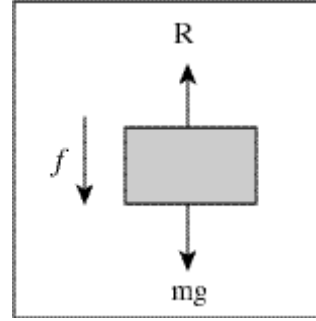
অতএব, নিউটনের দ্বিতীয় গতিসূত্র অনুযায়ী

$$mg - R = mf$$

$$\therefore R = m(g-f)$$



চিত্র: ১০.২.২



চিত্র: ১০.২.৩

(iii) যখন অনুভূমিক তলটি স্থির অথবা সমবেগে উপরের দিকে বা নিচের দিকে চলতে থাকে।

যখন আনুভূমিক তলটি স্থির থাকে অথবা সমবেগে উপরের দিকে উঠতে থাকে বা নিচের দিকে নামতে থাকে তখন ত্বরণ $f=0$ সুতরাং এ সমস্ত ক্ষেত্রে—

$$R - mg = mf = m \cdot 0 = 0$$

$$\text{বা, } R - mg = 0$$

$$\text{বা, } R = mg$$

সুতরাং এই সকল ক্ষেত্রে বস্তুটির উপর তলের প্রতিক্রিয়া বস্তুর ওজনের ঠিক সমান ও বিপরীত হবে।

উদাহরণ 1 : 10 পাউন্ড ভরের কোন বস্তুর উপর 10 পাউন্ড-ওজনের একটি বল ক্রিয়া করলে যে ত্বরণের সৃষ্টি হয়, তার মান নির্ণয় করুন।

সমাধান : এখানে বস্তুর ভর $m = 10$ পাউন্ড

$$\text{প্রযুক্ত বল } P = 10 \text{ পাউন্ড-ওজন} = 10 \cdot 32 \text{ পাউন্ডাল}$$

$$\text{ত্বরণ } f = \text{কত?}$$

আমরা জানি, $P = mf$

$$\text{বা, } 10 \cdot 32 = 10 \cdot f$$

$$\text{বা, } f = \frac{10 \cdot 32}{10} \text{ ফুট/বর্গ সে:}$$

$$= 32 \text{ ফুট/বর্গ সে:}$$

উদাহরণ ২: ১০ পাউন্ড-ওজনের একটি বল ১৬০ পাউন্ড ভরের একটি বস্তুর উপর ক্রিয়া করে কত সময়ে তাকে ২৫ ফুট দূরে নিয়ে যাবে।

সমাধান : এখানে বস্তুর ভর $m = 160$ পাউন্ড

প্রযুক্ত বল $P=10$ পাউন্ড-ওজন $= 10*32$ পাউন্ডাল।

আমরা জানি, $P=mf$ সেখানে $f=$ ত্বরণ

$$\text{বা, } 10*32 = 160*f$$

$$\text{বা, } f = \frac{10*32}{160} \text{ ফুট/বর্গ সে:}$$

$$\text{বা, } f = 2 \text{ ফুট/বর্গ সে:}$$

$$\text{আবার } s = ut + \frac{1}{2} ft^2$$

যেখানে $s =$ দূরত্ব $= 25$ ফুট।

$$u = \text{আদিবেগ} = 0$$

$$f = 2 \text{ ফুট/বর্গ সে:}$$

$$t = \text{কত?}$$

$$\therefore 25 = 0.t + \frac{1}{2} \cdot 2.t^2$$

$$\text{বা, } t^2 = 25$$

$$\therefore t = 5 \text{ সেকেন্ড।}$$

অতএব, নির্ণেয় সময় $= 5$ সেকেন্ড।

উদাহরণ ৩ : স্থিরাবস্থা হতে ৪ পাউন্ড ভরের একটি বস্তুর উপর একটি ধ্রুব বল ৪ সেকেন্ড ধরে ক্রিয়া করলে বস্তুটি ১২৮ ফুট দূরত্ব অতিক্রম করে। তাহলে বলের মান, ৪ সেকেন্ড পরে লব্ধ বেগ, ৬ সেকেন্ড পরে বস্তুর ভরবেগ এবং অষ্টম সেকেন্ডে অতিক্রান্ত দূরত্ব নির্ণয় করুন।

সমাধান : এখানে বস্তুর ভর $m=4$ পাউন্ড

বস্তুটির আদিবেগ $u=0$

বস্তুটির ত্বরণ $= f$

সময় $t = 4$ সেকেন্ড।

এবং অতিক্রান্ত দূরত্ব $s = 128$ ফুট।

$$\text{আমরা জানি, } s = ut + \frac{1}{2} ft^2$$

$$\text{বা, } 128 = 0*4 + \frac{1}{2} * f * 4^2$$

$$\text{বা, } 128 = \frac{1}{2} * f * 64$$

$$\text{বা, } f = \frac{128 \cdot 2}{64} \text{ ফুট/বর্গ সে.}$$

$$\text{বা, } f = 4 \text{ ফুট/বর্গ সে.}$$

ধরুন, বস্তুটিতে প্রযুক্ত বল = P

$$\therefore P = mf = 8 \cdot 4 \text{ পাউন্ডাল} = 32 \text{ পাউন্ডাল।}$$

t সেকেন্ড পরে বস্তুর বেগ v হলে

$$v = u + ft = 0 + ft = ft$$

$$\therefore 8 \text{ সেকেন্ড পরে বস্তুর বেগ} = 4 \cdot 8 \text{ ফুট/সে.} = 32 \text{ ফুট/সে.}$$

$$\text{আবার, } 6 \text{ সেকেন্ড পরে বস্তুটির বেগ} = 4 \cdot 6 \text{ ফুট/সে.} = 24 \text{ ফুট/সে.}$$

$$\therefore 6 \text{ সেকেন্ড পরে বস্তুর ভরবেগ} = 8 \cdot 24 = 192 \text{ ফুট পা:সে. একক।}$$

$$\begin{aligned} \text{অষ্টম সেকেন্ডে অতিক্রান্ত দূরত্ব} &= \frac{1}{2} f (2t-1) = \frac{1}{2} \cdot 4 \cdot (2 \cdot 8 - 1) \\ &= 2 \cdot 15 = 30 \text{ ফুট।} \end{aligned}$$

উদাহরণ 4 : 3 পাউন্ড ভরের একটি বস্তুর মাধ্যাকর্ষণ বলের প্রভাবে 100 ফুট/সে. বেগে নিচে পড়ছে। কি পরিমাণ সমবল তাকে (i) 4 সেকেন্ড (ii) 20 ফুট দূরত্বে থামিয়ে দিবে।

সমাধান : (i) 4 সেকেন্ড থামানোর জন্য প্রয়োজনীয় মন্দন f হলে $v = u - ft$

$$\text{এখানে } v = 0, u = 100 \text{ ফুট/সে. } t = 4 \text{ সে.}$$

$$\therefore 0 = 100 - 4f$$

$$\text{বা, } f = \frac{100}{4} = 25 \text{ ফুট/বর্গসে.}$$

ধরুন প্রযুক্ত বলের মান P

$$\therefore P - mg = mf$$

$$\text{বা, } P = mg + mf = m(g + f)$$

$$\text{এখানে } m = 3 \text{ পাউন্ড, } g = 32 \text{ ফুট/বর্গ সে., } f = 25 \text{ ফুট/সে}^2$$

$$\therefore P = 3(32 + 25) \text{ পাউন্ডাল}$$

$$= \frac{3 \cdot 57}{32} \text{ পাউন্ড-ওজন}$$

$$= 5 \frac{11}{32} \text{ পাউন্ড-ওজন।}$$

(ii) 20 ফুট দূরত্বের মধ্যে থামানোর জন্য প্রয়োজনীয় মন্দন f হলে

$$v^2 = u^2 - 2fs$$

$$\text{এখানে } v = 0, u = 100 \text{ ফুট/সে. } s = 20 \text{ ফুট}$$

$$\therefore 0^2 = (100)^2 - 2 \cdot f \cdot 20$$

$$\text{বা, } 40f = 10,000$$

$$\text{বা, } f = \frac{10000}{40} \text{ ফুট/সে.}^2$$

$$= 250 \text{ ফুট/সে}^2$$

ধরুন, প্রযুক্ত বলের মান P

$$\therefore P - mg = mf$$

$$\text{বা, } P = m(g+f)$$

$$= 3(32+250) \text{ পাউন্ডাল}$$

$$= 846 \text{ পাউন্ডাল}$$

$$= \frac{846}{32} \text{ পাউন্ড-ওজন}$$

$$= 26 \frac{14}{32} \text{ পাউন্ড-ওজন।}$$

উদাহরণ 5 : 4 পাউন্ড ভরের একটি বস্তু স্থিরাবস্থা হতে মাধ্যাকর্ষণজনিত ত্বরণের প্রভাবে 100 ফুট পতনের পর বালির ভিতর 2 ফুট ঢুকে স্থির হয়। বস্তুটির উপর বালির গড় উর্ধ্বচাপ নির্ণয় করুন।

সমাধান : ধরুন বস্তুটি O বিন্দু হতে 100 ফুট দূরত্ব অবাধে অতিক্রম করে বালির উপরিস্থ A বিন্দুতে v গতিবেগ অর্জন করে। তাহলে $v^2 = 2gh$ সূত্র অনুযায়ী

$$v^2 = 2 * 32 * 100 = 6400$$

$$\text{বা, } v = 80 \text{ ফুট/সে.}$$

যদি বালির গড় উর্ধ্বচাপের পরিমাণ R হয়, তাহলে A বিন্দুতে বস্তুটিতে সক্রিয় লব্ধি বল $R - mg$ ।

যেহেতু বস্তুটি বালির মধ্যে 2 ফুট ঢুকে থেমে যায়, অতএব বস্তুটির শেষবেগ শূন্য এবং মন্দন f হলে

$$0 = v^2 - 2fs$$

এখানে $v = 80$ ফুট/সে. এবং $s = 2$ ফুট।

$$\therefore 0^2 = 80^2 - 2f \cdot 2$$

$$\text{বা, } 4f = 6400$$

$$\therefore f = 1600 \text{ ফুট/সে.}^2$$

$$\text{এখন } R - mg = mf$$

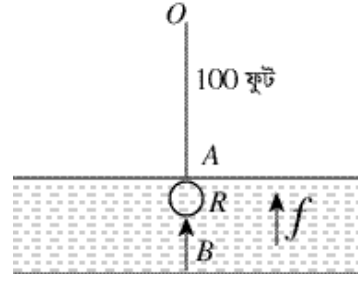
$$\therefore R = m(g+f)$$

$$= 4(32+1600) \text{ পাউন্ডাল}$$

$$= 6528 \text{ পাউন্ডাল}$$

$$= \frac{6528}{32} \text{ পাউন্ড-ওজন}$$

$$= 204 \text{ পাউন্ড-ওজন।}$$



চিত্র: ১০.২.৪

উদাহরণ 6 : ঘন্টায় 30 মাইল বেগে চলন্ত ট্রেনের একটি বগি খুলে দেওয়া হল। যদি রেলের বাধা বগিটির ওজনের $\frac{1}{24}$ অংশ হয়, তবে বগিটি কতদূর যেয়ে থেমে যাবে?

সমাধান : মনে করুন বগিটির ওজন = w

$$\therefore \text{রেলের বাঁধা} = w * \frac{1}{24} = \frac{w}{24}$$

$$\therefore \text{বাঁধাজনিত মন্দন} = \frac{\frac{w}{24}}{\frac{w}{g}} = \frac{g}{24} = \frac{32}{24} \text{ ফুট/সে.}^2$$

$$= \frac{4}{3} \text{ ফুট/সে.}^2$$

ট্রেনের গতি = 30 মাইল/ঘন্টা

$$= \frac{30 * 1760 * 3}{60 * 60} \text{ ফুট/সে}^2$$

$$= 44 \text{ ফুট/সে}^2$$

ধরুন বগিটি s দূরত্ব অতিক্রম করার পর থেমে যাবে। এক্ষেত্রে বগিটির আদিবেগ $u=44$ ফুট/সে² এবং শেষবেগ $v=0$

$$\text{মন্দন } f = \frac{4}{3} \text{ ফুট/সে}^2$$

এখন $v^2 = u^2 - 2fs$ সূত্র হতে

$$0^2 = 44^2 - 2 * \frac{4}{3} * s$$

$$\text{বা, } \frac{8s}{3} = 44 * 44$$

$$\text{বা, } s = \frac{44 * 44 * 3}{8} \text{ ফুট}$$

$$= 726 \text{ ফুট।}$$

উদাহরণ 7 : 2 আউস ভরের একটি বুলেট 8 ফুট লম্বা একটি রাইফেলের নলের মুখ হতে 1280 ফুট/সে. বেগে নির্গত হয়। নলের ভিতর বুলেটের কার্যরত বলের মান নির্ণয় করুন। বুলেটটির নল অতিক্রম করতে কত সময় নিবে?

সমাধানঃ এখানে বুলেটের আদিবেগ $u = 0$

নলের মুখে বুলেটের বেগ $v = 1280$ ফুট/সে.

নলের দৈর্ঘ্য $s = 8$ ফুট

প্রযুক্ত বলের জন্য নলের অভ্যন্তরে বুলেটের ত্বরণ f হলে

$$v^2 = u^2 + 2fs \text{ সূত্র হতে পাই}$$

$$(1280)^2 = 0^2 + 2 * f * 8$$

$$\text{বা, } 16f = 1280 * 1280$$

$$\text{বা, } f = \frac{1280 * 1280}{16} \text{ ফুট/সে}^2$$

$$\text{বা, } f = 1280 * 80 \text{ ফুট/সে}^2$$

এখন প্রযুক্ত বলের মান P হলে $P=mf$

এখানে $m =$ বুলেটের ভর $= 2$ আউন্স $= \frac{2}{16}$ পাউন্ড

$$\begin{aligned}\therefore P &= \frac{1}{8} * 1280 * 80 \text{ পাউন্ডাল} \\ &= 1280 * 10 \text{ পাউন্ডাল} \\ &= \frac{1280*10}{32} \text{ পাউন্ড-ওজন} \\ &= 400 \text{ পাউন্ড-ওজন।}\end{aligned}$$

আবার বুলেটটির নল অতিক্রমের সময় t হলে

$$\begin{aligned}v &= u+ft \text{ সূত্র হতে} \\ 1280 &= 0+1280*80*t \\ \text{বা, } t &= \frac{1280}{1280*80} \text{ সেকেন্ড} \\ \text{বা, } t &= \frac{1}{80} \text{ সেকেন্ড।}\end{aligned}$$

উদাহরণ ৪ : 50 ফুট/সে. বেগে 4 আউন্স ভরের একটি বুলেট একটি নির্দিষ্ট কাষ্ঠখন্ডের মধ্যে 5 ইঞ্চি প্রবেশ করতে পারে। $2\frac{1}{2}$ ইঞ্চি পুরু একটি বোর্ডের ভিতর দিয়ে বুলেটটি ছোড়া হলে এবং বাঁধার পরিমাণ সমান হলে বুলেটটি কত বেগে নির্গত হবে নির্ণয় করুন। কাষ্ঠখন্ডে কার্যরত বলের পরিমাণও নির্ণয় করুন।

সমাধান :

$$\begin{aligned}5 \text{ ইঞ্চি} &= \frac{5}{12} \text{ ফুট} \\ \text{এবং } 2\frac{1}{2} \text{ ইঞ্চি বা } \frac{5}{2} \text{ ইঞ্চি} &= \frac{5}{2} * \frac{1}{12} \text{ ফুট} = \frac{5}{24} \text{ ফুট} \\ 4 \text{ আউন্স} &= \frac{4}{16} \text{ পাউন্ড} = \frac{1}{4} \text{ পাউন্ড।}\end{aligned}$$

এখানে বুলেটটি 50 ফুট/সে. বেগে কাষ্ঠখন্ডটিকে আঘাত করে। ফলে সক্রিয় বাধার জন্য সৃষ্ট মন্দনের ফলে 5 ইঞ্চি বা $\frac{5}{12}$ ফুট অভ্যন্তরে প্রবেশ করার পর থেমে যায়। ফলে $v^2=u^2-2fs$ সূত্রের সাহায্যে পাই-

$$0^2 = 50^2 - 2.f.\frac{5}{12}$$

$$\text{বা, } 2.f.\frac{5}{12} = 50^2$$

$$\therefore f = \frac{50*50*12}{2*5} \text{ ফুট/সে}^2$$

$$\text{বা, } f = 3000 \text{ ফুট/সে}^2$$

এখান কাষ্ঠখন্ডে কার্যরত বলের পরিমাণ P হলে

$$P = mf$$

$$\text{এখানে } m = \frac{1}{4} \text{ পাউন্ড}$$

$$\therefore P = \frac{1}{4} * 3000 \text{ পাউন্ড} = 750 \text{ পাউন্ডাল}।$$

যেহেতু বোর্ডে বাঁধার পরিমাণ একই থাকবে। অতএব দ্বিতীয় ক্ষেত্রে বুলেটের গতিবেগে ত্রিঘাতীয় মন্দনও একই হবে। অতএব $2\frac{1}{2}$ ইঞ্চি পুরু বোর্ডটি ভেদ করার পর বুলেটের গতিবেগ v হলে $v^2 = u^2 - 2fs$ সূত্র হতে-

$$v^2 = 50^2 - 2 * 3000 * \frac{5}{24}$$

$$\text{বা, } v^2 = 2500 - 1250$$

$$\text{বা, } v^2 = 1250$$

$$\text{বা, } v = \sqrt{1250} = \sqrt{25 * 25 * 2} \text{ ফুট/সে}$$

$$\therefore v = 25\sqrt{2} \text{ ফুট/সে.}$$

উদাহরণ 9 : কোন একটি দালানের ছাদ হতে একটি চোর তার মাথায় একটি ভারী সুটকেস নিয়ে নিচে লাফিয়ে পড়লো। শূন্য অবস্থানকালে সুটকেসটি তার মাথায় কি পরিমাণ চাপ সৃষ্টি করবে?

সমাধানঃ মনে করুন, লোকটি মাথা দিয়ে ধাক্কার মাধ্যমে সুটকেসটির উপর যে পরিমাণ বল প্রয়োগ করছে তার মান R । মূলতঃ ইহাই সুটকেসের উপর কার্যরত প্রতিক্রিয়া।

ধরুন সুটকেসের ভর = m

চোর এবং সুটকেস উভয়ই মধ্যাকর্ষণজনিত ত্বরণের প্রভাবে নিচে পড়ছে। অতএব উভয়ের ত্বরণ = g

$$\therefore \text{কার্যরত বলের লব্ধি } mg - R = mg \text{ অর্থাৎ } R = 0$$

সুতরাং শূন্য অবস্থানকালে সুটকেসটি শুধু চোরের মাথা স্পর্শ করে থাকবে, তার মাথার উপর কোন চাপ প্রয়োগ করবে না।

উদাহরণ 10 : 144 পাউন্ড ভরের একজন লোক একটি লিফটে দাঁড়িয়ে আছে। লিফটের মেঝে তার উপর কত বল প্রয়োগ করবে, যখন-

(i) লিফট স্থির থাকে

(ii) লিফট 3 ফুট/সে² ত্বরণে উপরে উঠতে থাকে।

(iii) লিফট 3 ফুট/সে² ত্বরণে নিচে নামতে থাকে।

(iv) লিফট সমবেগে চলতে থাকে।

সমাধান : মনে করুন, কার্যরত বলের পরিমাণ = R

i) যখন লিফট স্থির থাকে, তখন $R = mg$

$$\text{অর্থাৎ } R = 144 * 32 \text{ পাউন্ডাল}$$

$$\text{বা, } R = \frac{144 * 32}{32} \text{ পাউন্ড-ওজন} = 144 \text{ পাউন্ড-ওজন}।$$

ii) যখন লিফট 3 ফুট/সে² ত্বরণে উপরে উঠতে থাকে,

$$\text{তখন } R - mg = mf$$

$$\text{বা, } R = mg + mf = m(g + f)$$

$$\text{বা, } R = 144 (32 + 3) \text{ পাউন্ডাল} = 5040 \text{ পাউন্ডাল}$$

$$= \frac{5040}{32} \text{ পাউন্ড-ওজন} = 157\frac{1}{2} \text{ পাউন্ড-ওজন।}$$

iii) যখন লিফ্টি 3 ফুট/সে² ত্বরণে নিচে নামতে থাকে তখন

$$mg-R = mf$$

$$\text{বা, } R = mg-mf = m(g-f)$$

$$= 144(32-3) \text{ পাউন্ডাল} = 4176 \text{ পাউন্ডাল}$$

$$= \frac{4176}{32} \text{ পাউন্ড-ওজন} = 130\frac{1}{2} \text{ পাউন্ড-ওজন।}$$

iv) যখন লিফ্টি সমবেগে চলে তখন $f=0$

$$\therefore R = mg$$

$$\text{বা, } R = 144*32 \text{ পাউন্ডাল} = 4608 \text{ পাউন্ড-ওজন।}$$

উদাহরণ 11 : একটি বালক তার হাতে 10 পাউন্ড-ওজনের একটি ভারী বস্তু নিয়ে লিফ্টে করে নিচে নামছে। লিফ্টি স্থিরাবস্থায় হতে 3 ফুট/সে² সমত্বরণে যাত্রা করার কিছুক্ষণ পর সমবেগে চলতে থাকে এবং পরবর্তীতে 5 ফুট/সে² সমমন্দনে লিফ্টি থামে। লিফ্টির গতির এই চার পর্যায়ে বালকটির হাতের উপর বস্তুর চাপের পরিমাণ নির্ণয় করুন।

সমাধান : প্রথম ক্ষেত্রে, লিফ্টি যখন স্থিরাবস্থায় থাকে, তখন ত্বরণ $f=0$

এক্ষেত্রে হাতের উপর প্রযুক্ত বস্তুর চাপের পরিমাণ R_1 হলে

$$R_1 = mg = 10*32 \text{ পাউন্ডাল} = 320 \text{ পাউন্ড-ওজন।}$$

দ্বিতীয় ক্ষেত্রে, গতির প্রথম পর্যায়ে হাতের উপর বস্তুর চাপের পরিমাণ R_2 । এই চাপের বিপরীত দিকে বালকটিও বস্তুটিতে একটি বল প্রয়োগ করবে। লিফ্টি নিচের দিকে নামার জন্য নিচের দিকে সক্রিয় বল বৃহত্তম হবে এবং লব্ধিবল প্রদত্ত ত্বরণ সৃষ্টিতে সহায়তা করবে।

সুতরাং নিউটনের দ্বিতীয় গতিসূত্র অনুযায়ী—

$$mg - R = mf$$

$$\text{বা, } 10*32 - R = 10*3$$

$$R = 320 - 30 = 290 \text{ পাউন্ডাল}$$

$$= \frac{290}{32} \text{ পাউন্ড-ওজন} = 9.06 \text{ পাউন্ড-ওজন।}$$

তৃতীয় ক্ষেত্রে, লিফ্টি যখন সমবেগে চলতে থাকে, তখন ত্বরণের মান শূন্য। ফলে বিপরীত দিকে ক্রিয়াশীল বল দুইটির লব্ধি বলও শূন্য। এক্ষেত্রে হাতের চাপের পরিমাণ R_3 হলে—

$$R_3 = mg = 10*32 \text{ পাউন্ডাল} = 320 \text{ পাউন্ড-ওজন।}$$

চতুর্থ ক্ষেত্রে, ত্বরণ বিপরীত দিকে ক্রিয়াশীল হওয়ায় লিফ্টির গতিবেগ কমতে থাকে; ফলে ইহা মন্দন হিসেবে বিবেচিত হবে। এক্ষেত্রে হাতের উপর চাপের পরিমাণ R_4 হলে

$$10*32 - R_4 = 10*(-5)$$

$$R_4 = 320 + 50 = 370 \text{ পাউন্ডাল}$$

$$= \frac{370}{32} \text{ পাউন্ড-ওজন} = 11.56 \text{ পাউন্ড-ওজন}$$

উদাহরণ 12 : ইঞ্জিন ব্যাতিত একটি রেলগাড়ীর ওজন 450 টন। গাড়ীটি স্থিরাবস্থা হতে সমতল লাইনে যাত্রা করে 3 মিনিটে ঘন্টায় 45 মাইল বেগ অর্জন করে। বাঁধার মান টনপ্রতি 12 পাউন্ড-ওজন হলে ইঞ্জিন ও গাড়ীর মধ্যে ক্রিয়াশীল গড় টান বল নির্ণয় করুন।

$$\text{সমাধান : এখানে } 45 \text{ মাইল/ঘন্টা} = \frac{45 \cdot 1760 \cdot 3}{60 \cdot 60} \text{ ফুট/সে.}$$

$$= 66 \text{ ফুট/সে.}$$

$$3 \text{ মিনিট} = 3 \cdot 60 \text{ সেকেন্ড} = 180 \text{ সে.}$$

যদি ত্বরণের মান f হয় তাহলে $v = u + ft$ সূত্র হতে পাই

$$66 = 0 + f \cdot 180$$

$$\text{বা, } f = \frac{66}{180} \text{ ফুট/সে}^2$$

$$= \frac{11}{30} \text{ ফুট/সে}^2$$

$$\text{মোট বাধার মান} = 12 \cdot 450 \text{ পাউন্ড-ওজন}$$

$$= 5400 \text{ পাউন্ড-ওজন।}$$

ইঞ্জিন ও গাড়ীর মধ্যে ক্রিয়াশীল গড় টান বল

= গাড়ীর গতি বর্ধনকারী বল + মোট বাঁধা

$$= \left(\frac{450 \cdot 2240}{32} \cdot \frac{11}{30} + 5400 \right) \text{ পাউন্ড-ওজন}$$

$$= (450 \cdot 70 \cdot \frac{11}{30} + 5400) \text{ পাউন্ড-ওজন}$$

$$= (15 \cdot 70 \cdot 11 + 5400) \text{ পাউন্ড-ওজন}$$

$$= (11550 + 5400) \text{ পাউন্ড-ওজন}$$

$$= 16,950 \text{ পাউন্ড-ওজন।}$$

উদাহরণ 13 : একজন লোক একটি দড়ির সাহায্যে 7 পাউন্ড-ওজনের একটি বালতিতে 28 পাউন্ড ওজন পানি তুলছে। তাতে সে তার হাতের উপর 42 পাউন্ড-ওজনের সমচাপ অনুভব করে। কুপের গভীরতা 80 ফুট হলে পানি তুলতে কত সময় লাগবে?

সমাধান : বালতি সহ পানির ওজন = $(28 + 7) = 35$ পাউন্ড-ওজন। এখন হাতের উপর প্রযুক্ত বল 42 পাউন্ড-ওজন খাড়া উপরের দিকে ক্রিয়াশীল এবং তার বিপরীত দিকে ক্রিয়াশীল একমাত্র বল হল বালতিসহ পানির ওজন যার মান 35 পাউন্ড-ওজন। তাদের লব্ধিবল f ত্বরণ সৃষ্টি করলে—

$$42 \cdot 32 - 35 \cdot 32 = 35 \cdot f$$

$$\text{বা, } 7 \cdot 32 = 35 \cdot f$$

$$\text{বা, } f = \frac{32 \cdot 7}{35} \text{ ফুট/সে}^2$$

$$\text{বা, } f = \frac{32}{5} \text{ ফুট/সে}^2$$

ধরুন পানি তুলতে সময় লাগে t সেকেন্ড।

অতএব, $s = ut + \frac{1}{2} ft^2$ সূত্র হতে পাই-

যেখানে $s=80$ ফুট $u=0$

$$80 = 0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot \frac{32}{5} \cdot t^2$$

$$\text{বা, } \frac{32}{10} t^2 = 80$$

$$\text{বা, } t^2 = \frac{80 \cdot 10}{32}$$

$$\text{বা, } t^2 = 25$$

$$\therefore t=5 \text{ সেকেন্ড।}$$

অতএব পানি তুলে আনতে 5 সেকেন্ড সময় লাগবে।

উদাহরণ 14 : W ওজনের একটি বস্তুকে স্থিরাবস্থায় হতে দড়ির সাহায্যে h উচ্চতায় তুলে স্থিরাবস্থায় আনা হল। নিৰ্বিয়ে তুলতে দড়িটি সর্বাধিক যে টান ধারণ করতে পারে তার মান nW হলে দেখান যে, উত্থানের ন্যূনতম

$$\text{সময়- } t = \left\{ \frac{2nh}{(n-1)g} \right\}^{\frac{1}{2}}$$

সমাধান : মনে করুন, স্থিরাবস্থায় A বিন্দু হতে বস্তুটিকে তুলে B বিন্দুতে স্থিরাবস্থায় আনা হল। তাহলে $AB=h$ । যেহেতু ন্যূনতম সময়ে বস্তুটিকে তুলতে হবে

অতএব সর্বাধিক টান nW প্রয়োগ করতে হবে। আবার B বিন্দুতে বস্তুটিকে স্থিরাবস্থায় আনতে হলে, এই টান অবশ্যই AB এর মধ্যবর্তী কোন একটি বিন্দু C তে হবে।

ধরুন, $AC=x$, অতএব, $CB=h-x$ । আবার ধরুন বস্তুটি t_1 সময়ে A হতে C তে এবং t_2 সময়ে C হতে B তে আসে। যদি C তে বেগ v এবং ত্বরণ f হয় তবে উর্ধ্বমুখী বল $nW-W$ এবং তা f ত্বরণ সৃষ্টি করে।

$$\text{সুতরাং } nW-W = \frac{W}{g} f$$

$$\therefore f = \frac{g}{W} (nW-W) = g(n-1)$$

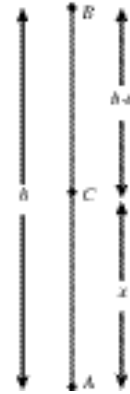
$$\text{আবার, } v = ft_1, \therefore t_1 = \frac{v}{f} = \frac{v}{g(n-1)}$$

$$\text{এবং } v^2 = 0^2 + 2fx = 2g(n-1)x$$

$$\therefore x = \frac{v^2}{2g(n-1)} \text{ ----- (i)}$$

আবার C এবং B এর মধ্যবর্তী গতি বিবেচনা করলে

$$0 = v - gt_2 \quad t_2 = \frac{v}{g}$$



চিত্র: ১০.২.৫

$$\text{এবং } 0^2 = v^2 - 2g(h-x) \quad h-x = \frac{v^2}{2g}$$

$$h = x + \frac{v^2}{2g}$$

$$h = \frac{v^2}{2g(n-1)} + \frac{v^2}{2g} \quad [(i) \text{ নং হতে}]$$

$$h = \frac{nv^2}{2g(n-1)}$$

উত্থানের ন্যূনতম সময় t হলে

$$t^2 = (t_1 + t_2)^2$$

$$= \left\{ \frac{v}{g(n-1)} + \frac{v}{g} \right\}^2$$

$$= \left\{ \frac{nv}{g(n-1)} \right\}^2$$

$$= \frac{n^2 v^2}{g^2 (n-1)^2}$$

$$= \frac{nv^2}{2g(n-1)} \cdot \frac{2n}{g(n-1)}$$

$$= h \cdot \frac{2n}{g(n-1)} = \frac{2nh}{g(n-1)}$$

$$\therefore t = \left\{ \frac{2nh}{g(n-1)} \right\}^{\frac{1}{2}}$$


অনুশীলনী-১০.২

1. m ভর বিশিষ্ট একটি বস্তুর উপর P পরিমাণ বল প্রযুক্ত হলে যদি f ত্বরণের সৃষ্টি হয়, তবে প্রমাণ করুন $P = mf$.
2. প্রমাণ করুন, বস্তুর ভর তার উপর প্রযুক্ত বলের সমানুপাতিক।
3. (ক) উর্ধ্বমুখী গতিশীল অনুভূমিক তলের উপর স্থাপিত স্থির বস্তুর চাপ নির্ণয় করুন।
(খ) নিম্নমুখী গতিশীল অনুভূমিক তলের উপর স্থাপিত স্থির বস্তুর চাপ নির্ণয় করুন।
4. 10 পাউন্ড ওজনের একটি বল কোন বস্তুর উপর 3 সেকেন্ড ক্রিয়াশীল হওয়ায় তা 48 ফুট/সে. গতিবেগ অর্জন করে। বস্তুটির ভরের মান নির্ণয় করুন।
5. 4 পাউন্ড ভরের একটি বস্তুর উপর একটি ধ্রুবক বল 3 সেকেন্ডে ক্রিয়া করার পর তার ক্রিয়া বন্ধ হল। পরবর্তী 3 সেকেন্ডে বস্তুটি 72 ফুট দূরত্ব অতিক্রম করলে বলের মান নির্ণয় করুন।
6. ঘন্টায় 60 মাইল বেগে চলন্ত অবস্থায় 100 টন ভরের একটি রেলগাড়ীকে সমবল প্রয়োগ করে 10 সেকেন্ডে থামানো হল। প্রযুক্ত বলের মান কত নির্ণয় করুন। যে সময় ধরে বলটি প্রয়োগ করা হল সেই সময়ে রেলগাড়ীটি কতদূর যাবে?
7. 10 পাউন্ড ভরের একটি বস্তু খাড়াভাবে নিচের দিকে অবাধে পড়ার সময় কোন এক অবস্থানে 120 ফুট/সে. গতিবেগ অর্জন করে। তখন তাতে 30 পাউন্ড-ওজনের একটি বিপরীতমুখী বল প্রয়োগ করা হলে, কতক্ষণ পরে তা স্থিরাবস্থায় আসবে?
8. অবাধে পড়ন্ত 100 গ্রাম ভরের একটি বস্তু 10 মিটার পড়া মাত্র খাড়াভাবে উপরের দিকে একটি সমবল প্রয়োগ করে তাকে 1 সেকেন্ডে স্থিরাবস্থায় আনা হল। দ্বিতীয় একটি বল অনুরূপভাবে তার উপর ক্রিয়া করে 2 সেকেন্ডে স্থিরাবস্থায় আনলে দেখান যে, প্রথম বল দ্বিতীয় বলের $\frac{5}{12}$ গুণ। [এখানে $g=980$ সেমি/সে²]
9. 300 ফুট উঁচু স্থান হতে 5 পাউন্ড ভরের একটি বস্তু পতিত হয়ে কাঁদার মধ্যে 1 ফুট প্রবেশ করে স্থির হল। বস্তুটির উপর কাঁদার গড় উর্ধ্বচাপ নির্ণয় করুন।
10. 8 পাউন্ড ভরের একটি পাথর পানিতে ছেড়ে দেওয়া হল। পানির বাঁধা 2 পাউন্ড ওজন হলে বস্তুটিতে কার্যরত ত্বরণের মান নির্ণয় করুন। 6 ফুট নিচে মাটিতে পৌঁছিতে তার কত সময় লাগবে?
11. 10 পাউন্ড ভরে একটি বস্তু স্থিরাবস্থা হতে 10 ফুট পতনের পর বালির ভিতর 1 ফুট প্রবেশ করে স্থির হল। বস্তুটির উপর বালির গড় ঘাত বা প্রতিক্রিয়ার পরিমাণ নির্ণয় করুন।
12. 300 টন ভর বিশিষ্ট একটি রেলগাড়ী প্রতি ঘন্টায় 60 মাইল বেগে অনুভূমিক পথে চলছে। ব্রেক প্রয়োগের মাধ্যমে তাকে 50 গজ দূরত্বে থামানো হল। প্রযুক্ত বলের মান নির্ণয় করুন।
13. $\frac{1}{2}$ আউন্স ভর বিশিষ্ট একটি বুলেট 2 ফুট দীর্ঘ একটি রাইফেলের নলের মুখ হতে 2000 ফুট/সেকেন্ড বেগে নির্গত হয়। নলের মধ্যে বুলেটের উপর কার্যরত বলের মান এবং বুলেটটির নলটির অতিক্রমণের সময় নির্ণয় করুন।
14. 500 ফুট/সে. বেগে 4 আউন্স ভরের একটি বুলেট একটি নির্দিষ্ট কাষ্ঠখন্ডের ভিতর 5 ইঞ্চি প্রবেশ করতে পারে। $2\frac{1}{2}$ ইঞ্চি পুরু একটি বোর্ডের ভিতর দিয়ে গুলিটি ছোড়া হলে এবং বাধার পরিমাণ সমান হলে বুলেটটি কত বেগে নির্গত হবে নির্ণয় করুন। কাষ্ঠখন্ডে কার্যরত বলের পরিমাণও নির্ণয় করুন।
15. একটি কাঠের বোর্ডের ভিতর দিয়ে যাওয়ার সময় একটি রাইফেলের গুলির বেগ $\frac{1}{26}$ অংশ হ্রাস পায়। যদি বোর্ডের বাধা সম হয়, তবে থামার পূর্বে গুলিটি একই প্রকার কতগুলো বোর্ডের ভিতর দিয়ে যাবে?

16. W ওজনের একটি বস্তু u বেগে খাড়া উপরের দিকে নিক্ষেপ্ত হল। যদি বায়ুজনিত বাঁধা nW তার উপর বিপরীত দিকে ক্রিয়া করে, তাহলে বস্তুটি কত উঁচুতে উঠবে এবং ঐ স্থানে উঠতে কত সময় লাগবে?
17. 20 পাউন্ড ভরের একটি বস্তু 25 ফুট উঁচু হতে নিচে পড়ে মাটির মধ্যে প্রবেশ করলো। যদি প্রবেশের বাধা ধ্রুব হয় এবং 1020 পাউন্ড ওজনের বলের সমান হয়, তবে বস্তুটি মাটির মধ্যে কতদূর প্রবেশ করবে নির্ণয় করুন।
18. একজন লোক তার মাথার উপর 100 পাউন্ড ওজনের একটি ভারী বস্তু নিয়ে 200 ফুট উপর হতে শূন্যে লাফ দেয়। শূন্যে অবস্থান কালে তার মাথার উপর চাপের পরিমাণ নির্ণয় করুন।
19. 8 ফুট/সে² সমত্বরণে চলমান একটি লিফটের উপর 12 স্টোন ওজনের একটি লোক উঠে দাঁড়াল। লিফটের প্রতিক্রিয়া নির্ণয় করুন—
 - (i) যখন লিফট উপরে উঠতে থাকবে;
 - (ii) যখন লিফট নিচে নামতে থাকবে;যদি লিফটের শিকল ছিড়ে যায়, তাহলে ঐ প্রতিক্রিয়ার মান কত হবে?
20. লিফটে স্থাপিত একটি ওজন মাপার মেশিনের উপর 160 পাউন্ড ওজন বিশিষ্ট একজন লোক উঠে দাঁড়াল। লিফটের গতির বিভিন্ন পর্যায়ে মেশিনে সূচিত সংখ্যা যথাক্রমে 180 পাউন্ড-ওজন, 160 পাউন্ড-ওজন, 150 পাউন্ড-ওজন হলে লিফটের গতি প্রকৃতি নির্ণয় করুন।
21. ইঞ্জিন ব্যাতিত একটি রেলগাড়ির ওজন 200 টন, রেলগাড়িটি ভূমির সমতলে চলছে। তার গতিবেগ 10 মিনিটে ঘন্টায় 10 মাইল হতে 40 মাইলে বৃদ্ধি পেলে এবং ঘর্ষণজনিত বাধার মান টনপ্রতি 10 পাউন্ড ওজন হলে ইঞ্জিন এবং গাড়ীর মধ্যে ক্রিয়াশীল গড় টান নির্ণয় করুন।
22. 120 পাউন্ড ভরের একটি বস্তুকে 160 পাউন্ড ওজনের বল প্রয়োগে 100 ফুট গভীর একটি খাদের তলদেশ হতে টেনে উপরে উঠানো হলে বস্তুটি কতক্ষণ সময়ে খাদের উপরে পৌঁছাবে?
23. ঘন্টায় 40 মাইল বেগে চলন্ত রেলগাড়ী হতে একটি বগি ছুটে গেল। যদি রেলের বাধা বগির ওজনের $\frac{1}{27}$ অংশ হয়, তবে বগিটি কতদূর যেয়ে থেমে যাবে?
24. f সমত্বরণে একটি বেলুন খাড়াভাবে উপরে উঠছে। দেখান যে, বেলুনের ওজনের $\frac{f}{g+2f}$ অংশ কমানো হলে তা $2f$ ত্বরণে উপরে উঠতে থাকবে।

পাঠ-৩

যুক্ত কণার গতি

👉 উদ্দেশ্য

এই পাঠ শেষে আপনি-

- স্থির কপিকলের মাধ্যমে যুক্ত কণার গতি সম্পর্কিত সমস্যা সমাধানে $P=mf$ সূত্রটি প্রয়োগ করার দক্ষতা অর্জন করবেন।



স্থির কপিকলের মাধ্যমে যুক্ত কণার গতি নির্ণয়ের ক্ষেত্রে নিম্নলিখিত বিষয়গুলির প্রতি অবশ্যই লক্ষ রাখতে হবে-

- যে সূতা দ্বারা দুটি বস্তু যুক্ত হবে তা হালকা অর্থাৎ সূতাটির ওজন নগণ্য হতে হবে।
- সূতাটি অবর্ধনীয় ও অস্থিতিস্থাপক হতে হবে। অর্থাৎ সূতাটির সাথে যত ভরের বস্তু সংযোজন করা হোক না কেন তার দৈর্ঘ্যের কোনরূপ পরিবর্তন হবে না। ফলে বস্তু দুইটির সরণ, বেগ ও ত্বরণের মান সমান হবে।
- যে কপিকলের উপর দিয়ে সূতাটি বুলতে থাকবে তা হালকা এবং মসৃণ হতে হবে। ফলে কপিকলের ওজন বস্তুদ্বয়ের গতির উপর ক্রিয়াশীল হবে না, ঘর্ষণ বল দ্বারা সূতার গতি কোনরূপ বাধাপ্রাপ্ত হবে না এবং কপিকলের উপর দিয়ে গতিশীল সূতার টানের কোনরূপ পরিবর্তন হবে না।

একটি রশি দ্বারা সংযোজিত দুইটি বস্তুর গতি

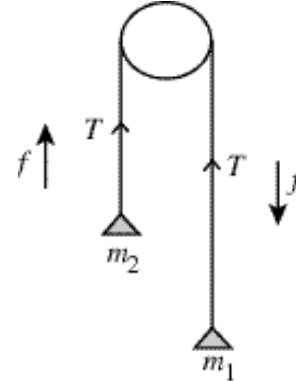
(i) একটি হালকা অবর্ধনীয় রশির দুই প্রান্তে m_1 ও m_2 ভর বিশিষ্ট ($m_1 > m_2$) দুইটি বস্তু সংযুক্ত করে একটি হালকা ও মসৃণ কপিকলের দুই প্রান্তে বুলিয়ে দেওয়া হল। বস্তুদ্বয়ের গতি ও রশির টান নির্ণয় করতে হবে।

মনে করুন m_1 ভরের বস্তুটি f ত্বরণে নিচের দিকে নামছে। যেহেতু রশিটি অবর্ধনীয় ও কপিকলটি মসৃণ, অতএব m_2 -এর উর্ধ্বমুখী সরণ m_1 -এর নিম্নমুখী সরণের সমান হবে। অর্থাৎ m_1 -এর নিম্নমুখী বেগ, m_2 -এর উর্ধ্বমুখী বেগের সমান হবে। অর্থাৎ m_1 -এর নিম্নমুখী ত্বরণ ও m_2 -এর উর্ধ্বমুখী ত্বরণ সমান হবে। ধরুন রশিটির টান T । যেহেতু রশিটি অবর্ধনীয় এবং কপিকলটি হালকা ও মসৃণ, অতএব রশিটির উঠানামাতে টানের কোন পরিবর্তন হবে না এবং কপিকলের উভয় পাশে রশিটির টান একই হবে।

এখন m_1 -এর নিম্নমুখী গতিতে তার উপর ক্রিয়াশীল বল m_1g এবং উর্ধ্বমুখী টান T , এই বলদ্বয় f ত্বরণ উৎপন্ন করে। অতএব, নিউটনের দ্বিতীয় গতিসূত্র অনুসারে,

$$m_1g - T = m_1 \cdot f \text{----- (i)}$$

অনুরূপভাবে m_2 -এর উর্ধ্বমুখী গতি বিবেচনা করলে



চিত্র: ১০.৩.১

$$T - m_2g = m_2f \text{----- (ii)}$$

এখন (i) ও (ii) যোগ করে পাই

$$(m_1 - m_2)g = (m_1 + m_2)f$$

$$\text{বা, } f = \frac{(m_1 - m_2)g}{m_1 + m_2}$$

এখন f এর মান (ii) নং সমীকরণে বসিয়ে পাই—

$$T - m_2g = \frac{m_2(m_1 - m_2)g}{m_1 + m_2}$$

$$\text{বা, } T = \frac{m_2(m_1 - m_2)g}{m_1 + m_2} + m_2g$$

$$\text{বা, } T = g \left[\frac{m_2(m_1 - m_2) + m_2(m_1 + m_2)}{m_1 + m_2} \right]$$

$$\text{বা, } T = g \left[\frac{m_1m_2 - m_2^2 + m_1m_2 + m_2^2}{m_1 + m_2} \right]$$

$$\text{বা, } T = \frac{2m_1m_2g}{m_1 + m_2}$$

যেহেতু কপিকলের উপর পার্শ্ব টান T নিঃসুখী ক্রিয়াশীল। অতএব কপিকলের উপর মোট চাপ = $2T = \frac{4m_1m_2g}{m_1 + m_2}$

(ii) m_2 কে কোন অনুভূমিক টেবিলের উপর রেখে টেবিলের প্রান্তে স্থাপিত কোন হালকা মসৃণ কপিকলের উপর দিয়ে m_1 কে ঝুলিয়ে দেয়া হল। বস্তুদ্বয়ের গতি ও রশির টান নির্ণয় করতে হবে।

মনে করুন, m_1 ভরের বস্তুটি f ত্বরণে নিচে নামে। যেহেতু রশিটি অবর্ধনীয় সেহেতু টেবিল বরাবর m_2 ভরের বস্তুটির বেগ ও ত্বরণ m_1 ভরের বস্তুটির নিঃসুখী বেগ ও ত্বরণের সমান হবে। ধরুন, রশিটির টান T । যেহেতু রশিটি হালকা ও অবর্ধনীয় এবং কপিকলটি হালকা ও মসৃণ, অতএব রশিটির টান সর্বত্র সমান হবে।

m_1 এর নিঃসুখী গতি বিবেচনা করে আমরা পাই

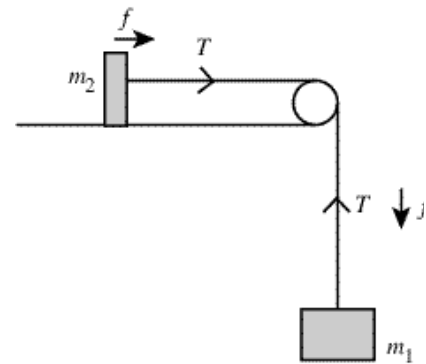
$$m_1g - T = m_1f \text{----- (i)}$$

আবার টেবিল বরাবর m_2 -এর গতি বিবেচনা করে পাই

$$m_2f = T \text{----- (ii)}$$

(i) ও (ii) যোগ করে পাই—

$$m_1g = m_1f + m_2f$$



চিত্র: ১০.৩.২

$$\text{বা, } f(m_1+m_2)=m_1 g$$

$$\text{বা, } f = \frac{m_1 g}{m_1+m_2}$$

এখন f এর মান (ii) নং সমীকরণে বসিয়ে পাই-

$$T = \frac{m_1 m_2 g}{m_1+m_2}$$

এবং কপিকলের উপর মোট চাপ = সমকোণে ক্রিয়াশীল দুইটি সমান বল T এর লব্ধি = $T\sqrt{2}$

(iii) m_2 ভরের বস্তুটিকে ভূমির সহিত α কোণে আনত কোন তলের উপর স্থাপন করে ঐ তলের সর্বোচ্চ প্রান্তে স্থাপিত কোন হালকা মসৃণ কপিকলের উপর দিয়ে m_1 ভরের বস্তুটিকে ঝুলিয়ে দেয়া হল। বস্তুদ্বয়ের গতি ও রশির টান নির্ণয় করুন।

মনে করুন, m_1 ভরের বস্তুটি f ত্বরণে নিচে নামে। যেহেতু রশিটি অবর্ধনীয়, সেহেতু তল বরাবর m_2 ভরের বস্তুটির বেগ ও ত্বরণ m_1 ভরের বস্তুটির নিম্নমুখী বেগ ও ত্বরণের সমান হবে। ধরুন রশির টান T । কপিকলটি হালকা ও মসৃণ হওয়ায় রশিটির টান সর্বত্র সমান হবে।

এখন m_1 এর নিম্নমুখী গতি বিবেচনা করে আমরা পাই-

$$m_1 g - T = m_1 f \text{----- (i)}$$

m_2 ভরবিশিষ্ট বস্তুর ওজনের তল বরাবর অংশক = $m_2 g \sin\alpha$

অতএব, m_2 এর তল বরাবর গতি বিবেচনা করে পাই-

$$T - m_2 g \sin\alpha = m_2 f \text{----- (ii)}$$

(i) ও (ii) যোগ করে পাই-

$$(m_1 - m_2 \sin\alpha) g = (m_1 + m_2) f$$

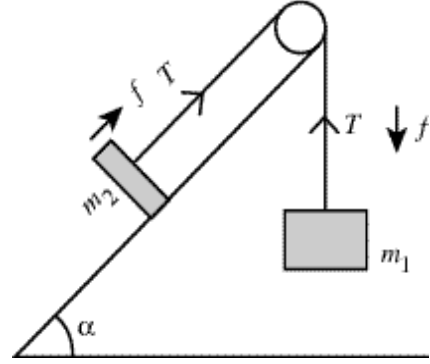
$$\text{বা, } f = \frac{(m_1 - m_2 \sin\alpha) g}{m_1 + m_2}$$

এখন f এর মান (i) নং এ বসিয়ে পাই-

$$m_1 g - T = \frac{m_1 (m_1 - m_2 \sin\alpha) g}{m_1 + m_2}$$

$$\text{বা, } T = m_1 g - \frac{m_1 (m_1 - m_2 \sin\alpha) g}{m_1 + m_2}$$

$$\text{বা, } T = g \left[\frac{m_1 (m_1 + m_2) - m_1 (m_1 - m_2 \sin\alpha)}{m_1 + m_2} \right]$$



চিত্র: ১০.৩.৩

$$\text{বা, } T = g \left[\frac{m_1^2 + m_1 m_2 - m_1^2 + m_1 m_2 \sin \alpha}{m_1 + m_2} \right]$$

$$\text{বা, } T = \frac{m_1 m_2 (1 + \sin \alpha) g}{m_1 + m_2}$$

এবং কপিকলের উপর মোট চাপ = $(90^\circ - \alpha)$ কোণে ক্রিয়াশীল দুইটি সমান বল T -এর লব্ধি = $T\sqrt{2(1 + \sin \alpha)}$

দ্রষ্টব্য : বস্তুদ্বয়ের সাধারণ ত্বরণ নির্ণয়ের পর গতির সাধারণ সমীকরণের সাহায্যে নির্দিষ্ট সময় পর তাদের বেগ বা ত্বরণ নির্ণয় করা যায়।

যদি m_1 ও m_2 এর একক পাউন্ড এবং g এর একক ফুট/সে² হয় তবে T এর একক হবে পাউন্ডাল।

উদাহরণ 1 : 5 পাউন্ড ও 3 পাউন্ড ভরের দুইটি বস্তু একটি মসৃণ কপিকলের উপর দিয়ে হালকা অবর্ধনীয় সূতার দুই প্রান্তে ঝুলিয়ে দেয়া হল। (i) বস্তুদ্বয়ের সাধারণ ত্বরণ, (ii) সূতার টান, (iii) 5 সেকেন্ড পরে তাদের বেগ, (iv) 5 সেকেন্ডে অতিক্রান্ত দূরত্ব, (v) 50 ফুট দূরত্ব অতিক্রমণের সময়, (vi) 50 ফুট দূরত্ব অতিক্রমণের পর বেগ, (vii) কপিকলের উপর মোট চাপ নির্ণয় করুন।

সমাধান : মনে করুন, একটি বস্তুর ভর $m_1 = 5$ পাউন্ড

এবং অপরটির ভর $m_2 = 3$ পাউন্ড

বস্তুদ্বয়ের সাধারণ ত্বরণ = f

এবং সূতার টান = T

$$(i) \text{ আমরা জানি, } f = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} g$$

$$= \frac{5-3}{5+3} * 32 \text{ ফুট/সে}^2$$

$$= \frac{2}{8} * 32 \text{ ফুট/সে}^2$$

$$= 8 \text{ ফুট/সে}^2$$

$$(ii) \text{ সূতার টান } T = \frac{2m_1 m_2}{m_1 + m_2} * g$$

$$= \frac{2.5.3}{5+3} * 32 \text{ পাউন্ডাল}$$

$$= 120 \text{ পাউন্ডাল।}$$

$$(iii) \text{ 5 সেকেন্ড পর তাদের বেগ } v = u + ft$$

$$= 0 + 5.8 \text{ ফুট/সে.}$$

$$= 40 \text{ ফুট/সে.}$$

$$(iv) \text{ 5 সেকেন্ডে অতিক্রান্ত দূরত্ব } s = ut + \frac{1}{2} ft^2$$

$$= 0.t + \frac{1}{2} \cdot 8 \cdot 5^2$$

$$= 100 \text{ ফুট।}$$

(v) মনে করুন 50 ফুট দূরত্ব অতিক্রমণের সময় = t

$$\therefore 50 = 0.t + \frac{1}{2} \cdot 8 \cdot t^2$$

$$\text{বা, } 4t^2 = 50$$

$$\text{বা, } t^2 = \frac{50}{4} = \frac{25}{2}$$

$$\text{বা, } t = \frac{5}{\sqrt{2}} \text{ সেকেন্ড।}$$

(vi) 50 ফুট দূরত্ব অতিক্রমণের পর বেগ v হলে

$$v^2 = u^2 + 2fs$$

$$= 0^2 + 2 \cdot 8 \cdot 50$$

$$\text{বা, } v^2 = 800$$

$$\therefore v = 20\sqrt{2} \text{ ফুট/সে.}$$

(vii) কপিকলের উপর মোট চাপ = $2T$

$$= 2 \cdot 120 \text{ পাউন্ডাল}$$

$$= 240 \text{ পাউন্ডাল।}$$

উদাহরণ 2 : একটি মসৃণ কপিকলের উপর দিয়ে বুললন্ড একটি দড়ির একপ্রান্ত বেয়ে 12 স্টোন ভরের একটি লোক একক সমত্বরণে নিচে নামিতেছে। দড়িটির অপর প্রান্ত বেয়ে 11 স্টোন ভরের একটি লোক কত সমত্বরণে উপরে উঠিলে দড়িটি স্থির থাকবে?

সমাধান : প্রথম লোকের ভর $m_1 = 12$ স্টোন

$$= 12 \cdot 14 \text{ পাউন্ড}$$

$$= 168 \text{ পাউন্ড}$$

$$\text{দ্বিতীয় লোকের ভর } m_2 = 11 \text{ স্টোন}$$

$$= 11 \cdot 14 \text{ পাউন্ড}$$

$$= 154 \text{ পাউন্ড।}$$

প্রথম লোকের ত্বরণ $f = 1$ ফুট/সে.

ধরুন, দ্বিতীয় লোকের ত্বরণ = f_1

এবং দড়ির টান = T

m_1 এর নিম্নমুখী গতি বিবেচনা করে পাই—

$$m_1 g - T = m_1 f$$

$$\text{বা, } m_1(g - f) = T$$

$$\text{বা, } 168(32 - 1) = T$$

$$\begin{aligned} \text{বা, } T &= 168 * 31 \text{ পাউন্ডাল} \\ &= 5208 \text{ পাউন্ডাল।} \end{aligned}$$

আবার m_2 এর উর্ধ্বমুখী গতি বিবেচনা করে পাই—

$$T - m_2g = m_2f_1$$

$$\text{বা, } f_1 = \frac{T - m_2g}{m_2}$$

$$= \frac{5208 - 154 * 32}{154}$$

$$= \frac{5208 - 4928}{154}$$

$$= \frac{280}{154}$$

$$= 1.82 \text{ ফুট/সে}^2 \text{ (প্রায়)}$$

অতএব, দ্বিতীয় লোকটি 1.82 ফুট/সে² ত্বরণে উপরে উঠলে দড়িটি স্থির থাকবে।

উদাহরণ 3 : রশিতে খাড়াভাবে ঝুলানো 5 পাউন্ড ভরের একটি বস্তু 3 পাউন্ড ভরের অপর একটি বস্তুকে ভূমির সাথে 30° কোণে নত একটি তল বরাবর টেনে তুলছে। 2 সেকেন্ড পর রশিটি ছিড়ে গেল 3 পাউন্ড ভরের বস্তুটি তারপর আর কতদূর উঠবে?

সমাধান : একটি বস্তুর ভর $m_1 = 5$ পাউন্ড

অপর বস্তুর ভর $m_2 = 3$ পাউন্ড

সাধারণ ত্বরণ f হলে

$$f = \frac{m_1 - m_2 \sin \alpha}{m_1 + m_2} g$$

$$= \frac{5 - 3 \sin 30^\circ}{5 + 3} * 32$$

$$= \frac{5 - 3 \cdot \frac{1}{2}}{8} * 32$$

$$= \frac{10 - 3}{2} * 4$$

$$= 7 * 2$$

$$= 14 \text{ ফুট/সে}^2$$

2 সেকেন্ড পরে বস্তুদ্বয়ের বেগ $v = 2f = 2 * 14$ ফুট/সে.

$$= 28 \text{ ফুট/সে.}$$

ধরণ নততল বরাবর | দূরত্ব অতিক্রম করার পর 3 পাউন্ড ভরের বস্তুটি থেমে যাবে।

$$\therefore 0^2 = v^2 - 2 \cdot g \sin \alpha \cdot l$$

$$= 28^2 - 2 * 32 * \frac{1}{2} * l$$

$$\text{বা, } 321 = 28^2$$

$$\text{বা, } 1 = \frac{28 \cdot 28}{32}$$

$$\text{বা, } 1 = \frac{49}{2} \text{ ফুট}$$

$$\text{বা, } 1 = 24.5 \text{ ফুট।}$$

উদাহরণ 4 : 14 পাউন্ড ও 18 পাউন্ড ভরের দুইটি বস্তু কপিকলের উপর দিয়ে একটি রশির দুই প্রান্তে ঝুলানো আছে। স্থিতি অবস্থা হইতে তারা গতিশীল হওয়ার 3 সেকেন্ড পর রশিটি কেটে দেওয়া হইল। তার কতক্ষণ পর হালকা বস্তুটি তার যাত্রাবিন্দুতে আসবে?

সমাধান : একটি বস্তুর ভর $m_1 = 18$ পাউন্ড

অপর বস্তুর ভর $m_2 = 14$ পাউন্ড

মনে করুন, বস্তুদ্বয়ের সাধারণ ত্বরণ $= f$

$$\begin{aligned} \therefore f &= \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} g \\ &= \frac{18 - 14}{18 + 14} * 32 \text{ ফুট/সে} \\ &= \frac{4}{32} * 32 \text{ ফুট/সে} \\ &= 4 \text{ ফুট/সে.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3 \text{ সেকেন্ড পর তাদের বেগ} &= 3f = 3 * 4 \text{ ফুট/সে.} \\ &= 12 \text{ ফুট/সে.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3 \text{ সেকেন্ডে অতিক্রান্ত দূরত্ব} &= \frac{1}{2} f t^2 \\ &= \frac{1}{2} * 4 * 3^2 \text{ ফুট} = 18 \text{ ফুট} \end{aligned}$$

ধরুন রশিটি কেটে দেয়ায় t সেকেন্ড পর হালকা বস্তুটি তার যাত্রা বিন্দুতে পৌঁছাবে।

$$\therefore 18 = -12t + \frac{1}{2} \cdot g t^2$$

$$\text{বা, } 18 = -12t + \frac{1}{2} \cdot 32 \cdot t^2$$

$$\text{বা, } 16t^2 - 12t - 18 = 0$$

$$\text{বা, } 8t^2 - 6t - 9 = 0$$

$$\text{বা, } 8t^2 - 12t + 6t - 9 = 0$$

$$\text{বা, } 4t(2t-3) + 2(2t-3) = 0$$

$$\text{বা, } (2t-3)(4t+3) = 0$$

$$\text{হয় } 2t - 3 = 0$$

$$\text{নাহয় } 4t + 3 = 0$$

বা, $2t=3$ বা, $t=-\frac{3}{4}$

বা, $t=\frac{3}{2}$

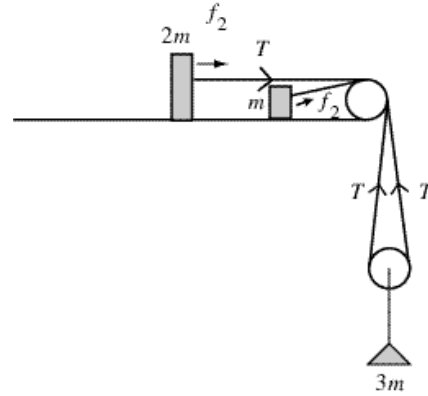
কিন্তু সময় বিয়োগবোধক হয় না। অতএব, $t=\frac{3}{2} = 1\frac{1}{2}$ সেকেন্ড।

উদাহরণ ৫ : একটি মসৃণ এবং ভূমির সমান্তরাল টেবিলের উপর m ও $2m$ ভরের দুইটি বস্তু রেখে একটি সুতা দ্বারা তাদের সংযোজন করে টেবিলের প্রান্ত থেকে ঝুলিয়ে $3m$ ভরের বস্তু সংযুক্ত একটি কপিকলকে টেনে রাখে।

প্রমাণ করুন, শেষোক্ত বস্তুটির ত্বরণ $\frac{9g}{17}$ ।

সমাধান : মনে করুন টেবিলের উপরিস্থিত m ও $2m$ ভরের বস্তুদ্বয়ের ত্বরণ যথাক্রমে f_1 ও f_2 । m ভরের বস্তুটি x ফুট এবং

$2m$ ভরের বস্তুটি y ফুট দূরত্ব অতিক্রম করলে কপিকলটি $\frac{x+y}{2}$ ফুট নিচে নামবে। অর্থাৎ $3m$ ভরের বস্তুর



চিত্র: ১০.৩.৪

ত্বরণ $f = \frac{f_1 + f_2}{2}$

ধরুন রাশির টান = T

টেবিল বরাবর m এর গতি বিবেচনা করে পাই- $T = mf_1$

বা, $f_1 = \frac{T}{m}$ ----- (i)

আবার টেবিল বরাবর $2m$ এর গতি বিবেচনা করে পাই-

$T = 2mf_2$

বা, $f_2 = \frac{T}{2m}$ ----- (ii)

$3m$ এর নিম্নমুখী গতি বিবেচনা করে পাই

$3mg - 2T = 3m * \frac{1}{2} (f_1 + f_2)$ ----- (iii)

এখন (i) ও (ii) নং হতে f_1 ও f_2 এর মান (iii) নং এ বসিয়ে পাই-

$3mg - 2T = 3m * \frac{1}{2} \left(\frac{T}{m} + \frac{T}{2m} \right)$

বা, $3mg - 2T = \frac{3}{2} m \left(\frac{2T+T}{2m} \right)$

বা, $3mg - 2T = \frac{3}{2} m * \frac{3T}{2m}$

বা, $3mg - 2T = \frac{9T}{4}$

বা, $12mg - 8T = 9T$

বা, $9T + 8T = 12mg$

$$\text{বা, } 17T = 12mg$$

$$\therefore T = \frac{12mg}{17}$$

এখন T এর মান (iii) নং এ বসিয়ে পাই—

$$3mg - 2 \cdot \frac{12mg}{17} = 3m * \frac{1}{2} (f_1 + f_2)$$

$$\text{বা, } 3mg - \frac{24mg}{17} = 3mf$$

$$\text{বা, } 3mf = \frac{51mg - 24mg}{17}$$

$$\text{বা, } 3mf = \frac{27mg}{17}$$

$$\text{বা, } f = \frac{27mg}{17 * 3m}$$

$$\text{বা, } f = \frac{9g}{17}$$

উদাহরণ ৬ : একটি হালকা ও মসৃণ কপিকলের উপর দিয়ে একটি হালকা ও অবর্ধনীয় সুতার দুই প্রান্তে দুইটি বস্তু ঝুলানো হলে দেখান যে, কপিকলের উপর মোট চাপ বস্তুর ওজন অপেক্ষা ক্ষুদ্রতর।

সমাধান : মনে করুন বস্তুর ওজন m_1 ও m_2 ($m_1 > m_2$)

অতএব বস্তুর ওজন m_1g ও m_2g

সুতার টান T এবং কপিকলের উপর মোট চাপ $2T$

$$\text{আমরা জানি, } T = \frac{2m_1m_2}{m_1+m_2} g$$

$$\text{আবার, } 4m_1m_2 = (m_1+m_2)^2 - (m_1-m_2)^2$$

কিন্তু $(m_1-m_2)^2$ একটি ধনাত্মক সংখ্যা

$$\therefore 4m_1m_2 < (m_1+m_2)^2$$

$$\text{বা, } \frac{4m_1m_2}{m_1+m_2} < m_1+m_2$$

$$\text{বা, } \frac{4m_1m_2}{m_1+m_2} g < (m_1+m_2)g$$

$$\text{বা, } 2 \cdot \frac{2m_1m_2}{m_1+m_2} \cdot g < m_1g + m_2g$$

$$\text{বা, } 2T < m_1g + m_2g$$

অর্থাৎ কপিকলের উপর মোট চাপ বস্তুর ওজনের সমষ্টি অপেক্ষা ক্ষুদ্রতর।

উদাহরণ ৭ : একটি কপিকলের উপর দিয়ে একটি রশির দুই প্রান্তে সংযুক্ত দুইটি বস্তুর মধ্যে বৃহত্তর m ভরের বস্তুটি f ত্বরণে নিচে নামে। একই ত্বরণে তাকে উর্ধ্বগামী করতে হলে দেখান যে, তার ভর $\frac{4fgm}{(f+g)^2}$ পরিমাণ তুলে নিতে হবে।

সমাধান : মনে করুন অপেক্ষাকৃত ক্ষুদ্রতম বস্তুটির ভর M এবং ত্বরণ $=f$

$$\text{তাহলে } f = \frac{m-M}{m+M} g$$

$$\text{বা, } f(m+M) = g(m-M)$$

$$\text{বা, } fm+fM = gm-gM$$

$$\text{বা, } fM+gM = gm-fm$$

$$\text{বা, } M(f+g) = m(g-f)$$

$$\therefore M = \frac{m(g-f)}{f+g}$$

এখন মনে করুন m ভরের স্থানে m_1 ভর স্থাপন করলে তা f ত্বরণে উর্ধ্বগামী হবে।

$$\therefore f = \frac{M-m_1}{M+m_1} g$$

$$\text{বা, } m_1 = \frac{(g-f)M}{f+g}$$

$$\therefore \text{ভরের পার্থক্য} = m-m_1$$

$$\begin{aligned} &= m - \frac{(g-f)M}{(g+f)} \\ &= m - \frac{(g-f)}{(g+f)} * \frac{(g-f)m}{(g+f)} \\ &= m - \frac{(g-f)^2 m}{(g+f)^2} \\ &= \frac{(g+f)^2 m - (g-f)^2 m}{(g+f)^2} \\ &= \frac{m[(g+f)^2 - (g-f)^2]}{(g+f)^2} \\ &= \frac{m \cdot 4fg}{(g+f)^2} = \frac{4fgm}{(f+g)^2} \end{aligned}$$

উদাহরণ ৪ : একটি রশির দুই প্রান্তে দুইটি স্থির কপিকলের উপর দিয়ে P ও Q ওজনের দুইটি বস্তু ঝুলানো আছে। যদি রশিটির মধ্য ফাঁসে W ওজনের একটি বস্তু ঝুলানো হয়, তাহলে প্রমাণ করুন $\frac{1}{P} + \frac{1}{Q} = \frac{4}{W}$ হলে, W ওজনের বস্তুটি স্থির থাকবে।

সমাধান : মনে করুন বস্তুদ্বয়ের সাধারণ ত্বরণ= f এবং রশির টান= T

আবার মনে করুন P ওজনের বস্তুটি নিম্নগামী, অতএব Q ওজনের বস্তুটি উর্ধ্বগামী হবে।

$\therefore P$ এর নিম্নমুখী গতি বিবেচনা করে পাই-

$$P - T = \frac{P}{g} f \text{----- (i)}$$

Q এর উর্ধ্বগতি বিবেচনা করে পাই-

$$T - Q = \frac{Q}{g} f \text{----- (ii)}$$

এবং W এর ক্ষেত্রে $2T = W$ [$\because W$ স্থির]

$$\therefore T = \frac{W}{2} \text{----- (iii)}$$

এখন (iii) নং হতে T এর মান (i) নং এ বসাইয়া

$$P - \frac{W}{2} = \frac{P}{g} f$$

$$\text{বা, } Pg - \frac{Wg}{2} = Pf$$

$$\text{বা, } f = \frac{2Pg - Wg}{2P} \text{----- (iv)}$$

(iv) নং হতে f এর মান এবং (iii) নং হতে T এর মান (ii) নং এ বসিয়ে-

$$T - Q = \frac{Q}{g} f$$

$$\text{বা, } \frac{W}{2} - Q = \frac{Q}{g} * \frac{2Pg - Wg}{2P}$$

$$\text{বা, } \frac{W}{2} - Q = \frac{Q}{g} * \frac{(2P - W)g}{2P}$$

$$\text{বা, } \frac{W - 2Q}{2} = \frac{2PQ - WQ}{2P}$$

$$\text{বা, } 2P(W - 2Q) = 2(2PQ - WQ)$$

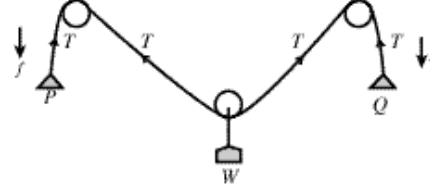
$$\text{বা, } 2PW - 4PQ = 4PQ - 2QW$$

$$\text{বা, } 2PW + 2QW = 8PQ$$


$$\text{বা, } 2W(P + Q) = 8PQ$$

$$\text{বা, } \frac{P + Q}{PQ} = \frac{8}{2W}$$

$$\text{বা, } \frac{1}{P} + \frac{1}{Q} = \frac{4}{W}$$



চিত্র: ১০.৩.৫

 অনুশীলনী-১০.৩

- কোন হালকা ও মসৃণ কপিকলের উপর দিয়ে একটি হালকা ও অবর্ধনীয় সুতার দুই প্রান্তে 9 পাউন্ড ও 7 পাউন্ড ভরের দুইটি বস্তু ঝুলিয়ে দেয়া হল। (i) তাদের সাধারণ ত্বরণ, (ii) সুতার টান, (iii) কপিকলের উপর মোট চাপ, (iv) 5 সেকেন্ড পরে তাদের বেগ, (v) 5 সেকেন্ডে অতিক্রান্ত দূরত্ব নির্ণয় করুন।
- একটি হালকা ও মসৃণ কপিকলের উপর একটি হালকা সুতার দুই প্রান্তে 5 পাউন্ড ভরের দুইটি সমান বস্তু ঝুলানো আছে। তাদের যে কোন একটির উপর 5 পাউন্ড ভরের আরও একটি বস্তু রাখা হলে কপিকলের উপর চাপ কি পরিমাণ বাড়বে?
- একটি মসৃণ কপিকলের উপর দিয়ে একটি হালকা সুতার একপ্রান্তে সংযুক্ত 10 পাউন্ড ভরের একটি বস্তু নিচে নেমে অপর প্রান্তে সংযুক্ত অপেক্ষাকৃত হালকা একটি বস্তুকে টেনে উপরে তুলছে। যদি 2 সেকেন্ড পরে সুতাটি ছিড়ে যায় এবং হালকা বস্তুটি আরও 4 ফুট উপরে উঠে তবে হালকা বস্তুটির ভর কত?
- কোন মসৃণ কপিকলের উপর দিয়ে একটি দড়ির এক প্রান্তে W ওজনের একটি বস্তু ঝুলছে। যদি অন্য প্রান্তে বেয়ে একটি বালক সমত্বরণে 2 সেকেন্ডে 16 ফুট উঠে এবং W স্থির থাকে, তবে দেখান যে, বালকটির ওজন $\frac{4}{5} W$ ।
- একটি মসৃণ কপিকলের উপর দিয়ে একটি রশির সাহায্যে সমান সমান ভরের দুইটি বস্তু ঝুলানো আছে। তাদের একটিকে 64 ফুট/সে. বেগে উপরের দিকে ছুঁড়ে দিলে কতক্ষণ পর রশিতে টান পড়বে?
- একটি হালকা রশির দুই প্রান্তে m_1 ও m_2 ভরের দুইটি বস্তু সংযুক্ত করে একটি মসৃণ টেবিলের দুইপ্রান্তে বস্তু দুইটিকে খাড়াভাবে ঝুলিয়ে দেয়া হল। টেবিলের উপরে রশিটির অংশে m ভরের একটি বস্তু সংযুক্ত করলে এবং $m_1 > m_2$ হলে দেখান যে, অবাধ গতিতে তাদের ত্বরণ হবে $\frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2 + m} g$
- একটি মসৃণ কপিকলের উপর দিয়ে হালকা রশির দুই প্রান্তে P ও Q ওজনের দুইটি বস্তু সংযুক্ত আছে। যদি কপিকলটি অভিকর্ষজনিত ত্বরণের সমান ত্বরণে উপরে উঠতে থাকে, তাহলে দেখান যে, রশির টান $\frac{4PQ}{P+Q}$

🔑 উত্তরমালা

অনুশীলনী-১০.২

- 20 পাউন্ড
- 1 পাউন্ড-ওজন
- $27\frac{1}{2}$ টন ওজন, 440 ফুট
- $\frac{15}{8}$ সে.
- 380 পাউন্ড-ওজন
- $24 \text{ ফুট/সে.}^2 \frac{1}{\sqrt{2}}$ সে.
- 110 পাউন্ড-ওজন
- 242 টন-ওজন
- $976 \frac{9}{16}$ পাউন্ড-ওজন, 0.002সে.
- $250\sqrt{2}$ ফুট/সে., 75000 পাউন্ডাল
- $8\frac{3}{31}$ টি
- $\frac{u^2}{2g(n+1)}, \frac{u}{g(n+1)}$
- 6 ইঞ্চি
- 0
- 210 পাউন্ড-ওজন, 126 পাউন্ড-ওজন, শীকল ছিড়ে গেলে উভয়ক্ষেত্রে প্রতিক্রিয়ার মান শূন্য।
- 4 ফুট/সে² সমত্বরণে উপরের দিকে, সমবেগে, 2ফুট/সে² সমত্বরণে নিচের দিকে।
- $3026 \frac{2}{3}$ পাউন্ড-ওজন
- 5 সেকেন্ড
- 1452 ফুট

অনুশীলনী-১০.৩

1. (i) 4 ফুট/সে² (ii) 252 পাউন্ডাল (iii) 504 পাউন্ডাল (iv) 20 ফুট/সে. (v) 50 ফুট।
2. $\frac{5}{3}$ পাউন্ড-ওজন 3. 6 পাউন্ড 5. 2 সেকেন্ডে।