তৃতীয় অধ্যায়

বল

LECTURE SHEET

- **জড়তা (Inertia) :** প্রত্যেক পদার্থ যে অবস্থায় আছে চিরকাল সেই অবস্থায় থাকতে চাওয়ার যে প্রবণতা বা সেই অবস্থা বজায় রাখতে চাওয়ার যে ধর্ম তাকে জড়তা বলে।
  যেমন : টেবিলের উপর একখানা বই রাখলে বইটি সারাজীবন টেবিলের উপর পড়ে থাকবে যদি কেউ বইটি না সরায় বা সরাতে চেষ্টা না করে।
- **জড়তার প্রকারভেদ :** জড়তাকে দু ভাগে ভাগ করা যায়। যথা : ১. স্থিতি জড়তা ও ২. গতি জড়তা।
  স্থিতি জড়তা : স্থিতিশীল বস্তুর চিরকাল স্থির থাকতে চাওয়ার যে প্রবণতা বা স্থিতি বজায় রাখতে চাওয়ার যে ধর্ম তাকে স্থিতি জড়তা বলে। যেমন : গাড়ি হঠাৎ চলতে শুরু করলে যাত্রী পিছনের দিকে হেলে পড়ে গতি জড়তার জন্য।
  গতি জড়তা : গতিশীল বস্তুর চিরকাল সমবেগে গতিশীল থাকতে চাওয়ার যে প্রবণতা বা একই গতি অক্ষুণ্ন রাখতে চাওয়ার যে ধর্ম তাকে গতি জড়তা বলে। যেমন : চলন্ত গাড়ি হঠাৎ থামলে যাত্রী সামনের দিকে ঝুঁকে পড়ে স্থিতি জড়তার জন্য।
- **বল (Force) :** যা স্থির বস্তুর উপর ক্রিয়া করে তাকে গতিশীল করে বা করতে চায় বা গতিশীল বস্তুর উপর ক্রিয়া করে তার গতির পরিবর্তন করে বা করতে চায় তাকে বল বলে। বলকে F দ্বারা সূচিত করা হয়। বল একটি ভেক্টর বা দিক রাশি। কারণ এর মান ও দিক উভয়ই আছে। বলের একক $kgms^{-2}$। একে নিউটন (N) বলা হয়। বলের মাত্রা $[F] = [MLT^{-2}]$
- **বলের প্রকৃতি (Nature of force)**
  স্পর্শ বল : যে বল সৃষ্টির জন্য দুইটি বস্তুর প্রত্যক্ষ সংস্পর্শের প্রয়োজন তাকে স্পর্শ বল বলে। স্পর্শ বলের উদাহরণ হলো ঘর্ষণ বল, টান বল এবং সংঘর্ষের সময় সৃষ্ট বল। যেমন : মেঝের উপর দিয়ে একটি বাক্স টেনে নেওয়ার সময় আমরা টান বল প্রয়োগ করি। বাক্সের গতির বিপরীত দিকে তখন ঘর্ষণ বলের সৃষ্টি হয়।
  অস্পর্শ বল : দুটি বস্তুর প্রত্যক্ষ স্পর্শ ছাড়াই যে বল ক্রিয়া করে তাকে অস্পর্শ বল বলে। যেমন : দুটি বস্তুর মধ্যে ক্রিয়াশীল আকর্ষণমূলক মহাকর্ষ বল, দুটি আহ্নিক বস্তুর মধ্যে ক্রিয়াশীল আকর্ষণ বা বিকর্ষণকারী তড়িৎ বল, দুটি চুম্বকের মেরুর মধ্যে আকর্ষণ বা বিকর্ষণমূলক বল অথবা চুম্বক ও একটি চৌম্বক পদার্থের মধ্যে ক্রিয়াশীল আকর্ষণ বলগুলো অস্পর্শ বল তথা দূরবর্তী বলের উদাহরণ।
- **সাম্য বল (Balanced force) :** কোনো বস্তুর উপর একাধিক বল ক্রিয়া করলে যদি বলের লব্ধি শূন্য হয় তবে সেই বলগুলোকে সাম্য বল বলে।

- **অসাম্য বল (Unbalanced force) :** যে বল বা বলসমূহের প্রয়োগের ফলে বস্তু সাম্যাবস্থায় না থেকে এর উপর একটি লব্ধিবল ক্রিয়া করে তবে ঐ বল বা বলসমূহকে অসাম্য বল বলে।
- **ভরবেগ (Momentum) :** বস্তুর ভর ও বেগের গুণফলকে ভরবেগ বলে। কোনো বস্তুর ভর m এবং বেগ v হলে এর ভরবেগ, $p = mv$। ভরবেগের একক : $kg\ ms^{-1}$। ভরবেগের মাত্রা : $[p] = [MLT^{-1}]$
- **নিউটনের গতিসূত্র (Newton's laws of motion) :**

  প্রথম সূত্র (জড়তা ও বলের সংজ্ঞা নির্দেশক সূত্র) : বাহ্যিক কোনো বল প্রযুক্ত না হলে স্থির বস্তু স্থির থাকবে এবং গতিশীল বস্তু সুষম দ্রুতিতে সরল পথে চলতে থাকবে।

  দ্বিতীয় সূত্র (বল, পরিমাপ ও বলের প্রকৃতি নির্দেশক সূত্র) : বস্তুর ভরবেগের পরিবর্তনের হার এর ওপর প্রযুক্ত বলের সমানুপাতিক এবং বল যেদিকে ক্রিয়া করে বস্তুর ভরবেগের পরিবর্তনও সেদিকে ঘটে।

  তৃতীয় সূত্র (বস্তুর মধ্যে পারস্পরিক ক্রিয়ার সূত্র) : প্রত্যেক ক্রিয়ারই একটি সমান ও বিপরীত প্রতিক্রিয়া আছে।
- **ঘর্ষণ (Friction) :** দুটি বস্তু পরস্পরের সংস্পর্শে থেকে যদি একটির উপর দিয়ে অপরটি চলতে চেষ্টা করে অথবা চলতে থাকে তাহলে বস্তুদ্বয়ের স্পর্শ তলে এই গতির বিরুদ্ধে একটা বাধার উৎপত্তি হয়, এই বাধাকে ঘর্ষণ বলে। আর এই বাধার ফলে যে বল উৎপন্ন হয় তাকে ঘর্ষণ বল বলে। মসৃণ অপেক্ষা অমসৃণ তলে ঘর্ষণ বেশি হয়।

  ঘর্ষণের সুবিধা : আমাদের দৈনন্দিন জীবনে ঘর্ষণ অত্যন্ত প্রয়োজনীয়। ঘর্ষণের সুবিধা হলো :
  - ঘর্ষণের জন্য আমরা হাঁটতে পারি, পিছলে যাই না;
  - ঘর্ষণের জন্য আমরা কোনো কিছু ধরে রাখতে পারি;
  - ঘর্ষণের জন্য গাড়ির চাকা ঘোরে এবং সামনে বা পেছনের দিকে অগ্রসর হতে থাকে;
  - কাঠে পেরেক বা স্ক্রু লাগাতে পারি;
  - কাঁচি বা ছুরিতে ধার দিতে পারি।

  ঘর্ষণের অসুবিধা : ঘর্ষণের জন্য আমাদের অসুবিধাও কম পোহাতে হয় না। যন্ত্র চলার সময় গতিশীল অংশগুলোর মধ্যে ঘর্ষণ ক্রিয়ার ফলে ক্রমশ ক্ষয়প্রাপ্ত হয়। তাছাড়া যান্ত্রিক দক্ষতাও বেশ কমে যায়। আবার ঘর্ষণের ফলে অনাবশ্যক তাপ উৎপাদনের জন্য যন্ত্রের ক্ষতি হয়।

  এসব অসুবিধা দূর করার জন্য যন্ত্রপাতির স্পর্শ তলগুলোর মাঝে পিচ্ছিলকারী তেল বা গ্রাফাইট ব্যবহার করে পিচ্ছিল রাখা হয়।

● ■ জ্ঞানমূলক প্রশ্ন ও উত্তর ■ ●

প্রশ্ন ॥ ১ ॥ জড়তা কাকে বলে?

উত্তর : পদার্থ যে অবস্থায় আছে চিরকাল সে অবস্থায় থাকতে চাওয়ার যে প্রবণতা বা সে অবস্থা বজায় রাখতে চাওয়ার যে ধর্ম তাকে জড়তা বলে।

প্রশ্ন ॥ ২ ॥ সুস্থিত বল কী?

উত্তর : যে বলসমূহ সাম্যাবস্থায় পরিণত করে তাদেরকে সুস্থিত বল বলে।

প্রশ্ন ॥ ৩ ॥ একক বল কী?

উত্তর : একক ভরের ওপর যে পরিমাণ বল ক্রিয়া করে একক ত্বরণ সৃষ্টি করে তাকে একক বল বলে।

প্রশ্ন ॥ ৪ ॥ অস্পর্শ বল কাকে বলে?

উত্তর : দুটি বস্তুর প্রত্যক্ষ সংস্পর্শ ছাড়াই যে বল ক্রিয়া করে তাকে অস্পর্শ বল বলে।

প্রশ্ন ॥ ৫ ॥ কোন সূত্র থেকে বলের গুণগত সংজ্ঞা পাওয়া যায়?

উত্তর : নিউটনের গতিবিষয়ক প্রথম সূত্র থেকে।

প্রশ্ন ॥ ৬ ॥ অভিকর্ষ বল কাকে বলে?

উত্তর : পৃথিবী যখন কোনো বস্তুর উপর মহাকর্ষ বল প্রয়োগ করে তখন তাকে অভিকর্ষ বল বলে।

প্রশ্ন ॥ ৭ ॥ বিসর্প ঘর্ষণ কী?

উত্তর : যখন একটি বস্তু অন্য একটি বস্তুর তথা তলের উপর দিয়ে পিছলিয়ে বা ঘষে চলতে চেষ্টা করে বা চলে তখন যে ঘর্ষণের সৃষ্টি হয় তাকে পিছলানো ঘর্ষণ বা বিসর্প ঘর্ষণ বলে।

প্রশ্ন ॥ ৮ ॥ প্রবাহী ঘর্ষণ কাকে বলে?

উত্তর : যখন কোনো বস্তু কোনো প্রবাহী পদার্থের মধ্যে গতিশীল থাকে তখন যে ঘর্ষণ ক্রিয়া করে তাকে প্রবাহী ঘর্ষণ বলে।

প্রশ্ন ॥ ৯ ॥ স্থিতি ঘর্ষণ কী?

উত্তর : পরস্পরের সংস্পর্শে থেকে একটি বস্তু যতক্ষণ অপরটির উপর স্থির থাকে, ততক্ষণ তাদের মিলনতলে যে ঘর্ষণ ক্রিয়া করে, তাকে স্থিতি ঘর্ষণ বলে।

প্রশ্ন ॥ ১০ ॥ আবর্ত ঘর্ষণের উদাহরণ দাও।

উত্তর : ফুটবল, মার্বেল গুটি ইত্যাদি মাটির উপর দিয়ে চলার সময় আবর্ত ঘর্ষণের সৃষ্টি হয়।

প্রশ্ন ॥ ১১ ॥ অসাম্য বল কাকে বলে?

উত্তর : যদি কোনো বস্তুর উপর ক্রিয়াশীল লব্ধি বলের মান শূন্য না হয় তখন ক্রিয়ারত বলগুলোকে আমরা অসাম্য বল বলি।

অনুধাবনমূলক প্রশ্ন ও উত্তর

প্রশ্ন ॥ ১ ॥ থেমে থাকা বাস হঠাৎ চলতে শুরু করলে বাসযাত্রী পেছনের দিকে হেলে পড়েন কেন?

উত্তর : থেমে থাকা বাস হঠাৎ চলতে শুরু করলে বাসযাত্রী পেছনের দিকে হেলে পড়েন স্থিতি জড়তার জন্য। বাস যখন থেমে থাকে তখন যাত্রীর শরীরও স্থির থাকে। কিন্তু বাস হঠাৎ চলতে শুরু করলে যাত্রীর শরীরের বাস সংলগ্ন অংশ গতিশীল হয়। কিন্তু শরীরের উপরের অংশ স্থিতি জড়তার জন্য স্থির থাকতে চায়। তাই শরীরের নিচের অংশ থেকে উপরের অংশ পিছিয়ে পড়ে। ফলে যাত্রী পেছনের দিকে হেলে পড়ে।

প্রশ্ন ॥ ২ ॥ চলন্ত বাস হঠাৎ ব্রেক করলে যাত্রীরা সামনের দিকে ঝুঁকে পড়েন কেন?

উত্তর : চলন্ত বাস হঠাৎ ব্রেক করলে যাত্রীরা সামনের দিকে ঝুঁকে পড়েন গতি জড়তার জন্য।

চলন্ত অবস্থায় বাসের সাথে যাত্রীরাও একই গতি প্রাপ্ত হয়। কিন্তু বাস হঠাৎ থেমে গেলে বাসের সাথে সাথে যাত্রীর শরীরের নিচের অংশ স্থির হয়। কিন্তু শরীরের উপরের অংশ গতি জড়তার জন্য সামনের দিকে এগিয়ে যায়। ফলে যাত্রীরা সামনের দিকে ঝুঁকে পড়ে।

প্রশ্ন ॥ ৩ ॥ জড়তা সম্পর্কে তোমার ধারণা ব্যাখ্যা কর।

উত্তর : পদার্থ যে অবস্থায় আছে চিরকাল সেই অবস্থায় থাকতে চাওয়ার যে প্রবণতা বা সেই অবস্থা বজায় রাখতে চাওয়ার যে ধর্ম তাকে জড়তা বলে। প্রত্যেক বস্তু যে অবস্থায় আছে সেই অবস্থায় থাকতে চায় অর্থাৎ বস্তু স্থির থাকলে স্থির আর গতিশীল থাকলে গতিশীল থাকতে চায়। বস্তুর এ স্থিতিশীল বা গতিশীল অবস্থার পরিবর্তন ঘটাতে হলে বল প্রয়োগ করতে হয়।

প্রশ্ন ॥ ৪ ॥ 'জড়তা বস্তুর ভরের ওপর নির্ভর করে'– উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর।

উত্তর : বাহ্যিক বল প্রয়োগ না করলে স্থির বস্তুর অবস্থায় এবং গতিশীল বস্তু সুষম গতিকে একই দিকে চলতে চাওয়ার ধর্মকে জড়তা বলে। জড়তা দু'প্রকার স্থিতি জড়তা ও গতি জড়তা। আমরা আমাদের দৈনন্দিন জীবনের অভিজ্ঞতা হতে দেখতে পাই, ভারী বস্তুকে স্থির অবস্থা হতে গতিশীল করতে এবং গতিশীল অবস্থা হতে থামাতে হালকা বস্তুর চেয়ে বেশি মানের বল প্রয়োগ করতে হয়, অর্থাৎ বেশি কষ্টসাধ্য। তাই জড়তা বস্তুর ভরের উপর নির্ভর করে এবং প্রকৃতপক্ষে ভর হলো বস্তুর জড়তার পরিমাপ। উভয় প্রকার জড়তার ক্ষেত্রেই যে বস্তুর ভর যত বেশি তার জড়তা তত বেশি।

প্রশ্ন ॥ ৫ ॥ স্পর্শ ও অস্পর্শ বলের মধ্যকার পার্থক্য বর্ণনা কর।

উত্তর : যে বল সৃষ্টির জন্য দুটি বস্তুর প্রত্যক্ষ সংস্পর্শের প্রয়োজন হয় তাকে স্পর্শ বল বলে। অপরদিকে দুটি বস্তুর প্রত্যক্ষ সংস্পর্শ ছাড়াই যে বল ক্রিয়া করে তাকে অস্পর্শক বল বলে।

সংজ্ঞানুসারে, অস্পর্শ বল দূর হতেই ক্রিয়া করতে পারে যেখানে স্পর্শ বলসমূহ বস্তুর উপর ক্রিয়া করার জন্য সংস্পর্শের প্রয়োজন হয়। চার প্রকার মৌলিক বলের প্রত্যেকটি বলের প্রত্যেকটিই অস্পর্শ বল, অপরদিকে যৌগিক বা কৃত্রিম বলসমূহের বেশির ভাগই স্পর্শ বল।

প্রশ্ন ॥ ৬ ॥ বলের মাত্রা ব্যাখ্যা কর।

উত্তর : আমরা জানি বল,

$$F = \text{ভর} \times \text{ত্বরণ}$$

$$= \text{ভর} \times \frac{\text{বেগ}}{\text{সময়}}$$

$$= \text{ভর} \times \frac{\text{দূরত্ব /সময়}}{\text{সময়}}$$

$$= \text{ভর} \times \frac{\text{দূরত্ব}}{\text{সময়}^2}$$

$$= M \times \frac{L}{T^2}$$

বলের মাত্রা সমীকরণ, $[F] = [MLT^{-2}]$

প্রশ্ন ॥ ৭ ॥ যখন কোনো খেলোয়াড় স্থির ফুটবলকে কিক্ করেন তখন কী ঘটে?

উত্তর : যখন কোনো খেলোয়াড় স্থির ফুটবলকে কিক্ করেন তখন গতিশীল হয়।

আমরা দেখতে পাই, বলটি স্থির অবস্থা থেকে যেদিকে বলটিকে কিক্ করা হয়েছে সেদিকে গতিশীল হয়। অর্থাৎ এক্ষেত্রে বলটি স্থির অবস্থা থেকে ত্বরণ লাভ করে। এক্ষেত্রে সৃষ্ট ত্বরণের মান ধনাত্মক এবং ত্বরণের দিক হলো কিকের মাধ্যমে যেদিকে বল প্রয়োগ করা হয় সেদিকে। সুতরাং প্রযুক্ত বল কোনো স্থির বস্তুকে গতিশীল করতে পারে।

প্রশ্ন ॥ ৮ ॥ প্রযুক্ত বল কোনো গতিশীল বস্তুর বেগের তথা গতির দিক পরিবর্তন করতে পারে– ব্যাখ্যা কর।

উত্তর : ক্রিকেট খেলায় একজন খেলোয়াড় বিপরীত দিক থেকে আগত ক্রিকেট বলকে ব্যাট দ্বারা আঘাত করেন। ব্যাট দ্বারা আঘাতের ফলে বলটির বেগের মান ও দিক উভয়েই পরিবর্তিত হয়। যেদিক থেকে বলটি আসছিল ব্যাট দ্বারা আঘাতের ফলে এটি অন্য কোনো দিকে গতিশীল হয়। এক্ষেত্রেও ত্বরণ রয়েছে।

প্রশ্ন ॥ ৯ ॥ বল কীভাবে বস্তুর আকারের ওপর প্রভাব ফেলে বর্ণনা কর।

উত্তর : বলের ক্রিয়ায় অনেক সময় বস্তুতে গতির সৃষ্টি না হয়ে এর আকারের পরিবর্তন হয়। একটি খালি প্লাস্টিকের পানির বোতল চেপে ধরলে বোতলের আকারের পরিবর্তন হয়। আবার যখন কোনো রাবার ব্যান্ডকে টেনে প্রসারিত করা হয় তখন এটি সরু হয়ে যায় অর্থাৎ এর আকারের পরিবর্তন হয়।

কখনো কখনো বলের ক্রিয়ায় বস্তুর এই আকার পরিবর্তন ক্ষণস্থায়ী হয়। আবার কখনো বল প্রয়োগের ফলে স্থায়ীভাবে বস্তুর আকারের পরিবর্তন সংঘটিত হয়। উদাহরণ হিসেবে দুমড়ে-মুচড়ে যাওয়া ধাতব ক্যান অথবা দুর্ঘটনার পরে কোনো গাড়ির ক্ষেত্রে এ ধরনের পরিবর্তন ঘটে।

প্রশ্ন ॥ ১০ ॥ ক্রিয়া এবং প্রতিক্রিয়া সমান হওয়া সত্ত্বেও স্থির বস্তুতে কেন গতির সৃষ্টি হয়– ব্যাখ্যা কর।

উত্তর : নিউটনের তৃতীয় সূত্রানুসারে ক্রিয়া এবং প্রতিক্রিয়া বল সমান ও বিপরীতমুখী। এদের লব্ধি শূন্য হতো যদি এরা একই বস্তুর উপর ক্রিয়া করত। কিন্তু প্রকৃতপক্ষে ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়া বল দুটি ভিন্ন বস্তুর উপর ক্রিয়া করে, অর্থাৎ একটি বস্তুর উপর একটিমাত্র বল ক্রিয়া করে। এক্ষেত্রে ওই বস্তুতে তৃতীয় কোনো বল প্রযুক্ত না হলে তাতে গতির পরিবর্তন তথা ত্বরণ সৃষ্টি হতে বাধ্য।

প্রশ্ন ॥ ১১ ॥ গতির উপর ঘর্ষণের প্রভাব ব্যাখ্যা কর।

উত্তর : কোনো বস্তুর গতির উপর ঘর্ষণের ব্যাপক প্রভাব রয়েছে। ঘর্ষণ হলো এক ধরনের বাধাদানকারী বল, যা বস্তুর গতিকে মন্থর করে। ঘর্ষণ আমাদের দৈনন্দিন জীবনে অনেক সমস্যা সৃষ্টি করলেও চলাচল ও যানবাহন চালনার জন্য ঘর্ষণ গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে। রাস্তা ও টায়ারের পৃষ্ঠ প্রয়োজনমতো অমসৃণ করা হয় যাতে গাড়ি সামনের দিকে এগিয়ে যেতে পারে। গতি নিয়ন্ত্রণে যে ব্রেক ব্যবহার করা হয় তা ঘর্ষণের নীতির উপর কাজ করে।

প্রশ্ন ॥ ১২ ॥ কোন ক্ষেত্রে স্থিতি ঘর্ষণ উৎপন্ন হয়– ব্যাখ্যা কর।

উত্তর : দুটি তলের একটি অপরটির সাপেক্ষে গতিশীল না বলে এদের মধ্যে স্থিতি ঘর্ষণ সৃষ্টি হয়। অর্থাৎ যখন কোনো একটি বস্তুর উপর বল প্রয়োগ করা হয়, তখন যদি এ বল বস্তুর গতি সৃষ্টি করতে না পারে তাহলে স্থিতি ঘর্ষণ কাজ করে। যেমন : মেঝের উপর অবস্থিত একটি ভারী বস্তুকে টানার পরও গতিশীল না হলে যে ঘর্ষণ বল উৎপন্ন হয় এবং গতি সৃষ্টি না হওয়া পর্যন্ত এ বল কাজ করে।

প্রশ্ন ॥ ১৩ ॥ প্রবাহী ঘর্ষণ বলতে কী বোঝ?

উত্তর : যখন কোনো তরল পদার্থ বা বায়বীয় পদার্থের গতিপথে কোনো স্থিরবস্তু রাখা হয় বা কোনো বস্তুকে তরল বা বায়বীয় পদার্থের মাঝ দিয়ে গতিশীল হতে হয় তখন উভয়ের মধ্যে ঘর্ষণ উৎপন্ন হয়। এ ধরনের ঘর্ষণকে প্রবাহী ঘর্ষণ বলে। সাধারণ জাহাজ পানিতে চলার সময়ে বা বৃষ্টির ফোঁটা বাতাসের মাঝ দিয়ে পড়ার সময়ে এই ধরনের ঘর্ষণের উৎপত্তি হয়।

প্রশ্ন ॥ ১৪ ॥ প্যারাসুটে কোন ধরনের ঘর্ষণ কীভাবে ব্যবহার করা হয়? ব্যাখ্যা কর।

উত্তর : প্যারাসুট বায়ুর বাধাকে কাজে লাগিয়ে কাজ করে। এখানে বায়ুর বাধা হলো এক ধরনের প্রবাহী ঘর্ষণ বল যা পৃথিবীর অভিকর্ষ বলের বিপরীতে ক্রিয়া করে। খোলা অবস্থায় প্যারাসুটের বাইরের তলের ক্ষেত্রফল অনেক বেশি হওয়ায় বায়ুর বাধার পরিমাণও বেশি হয়, ফলে আরোহীর পতনের গতি অনেক হ্রাস পায়। ফলে আরোহী ধীরে ধীরে মাটিতে নিরাপদে নেমে আসে।

প্রশ্ন ॥ ১৫ ॥ চাকার ব্যবহারে কীভাবে ঘর্ষণ কমে– ব্যাখ্যা কর।

উত্তর : আমরা জানি, বিসর্প ঘর্ষণের তুলনায় আবর্ত ঘর্ষণের মান কম। এই উদ্দেশ্যে চাকা আবিষ্কৃত হয়। বাস, ট্রাকসহ বিভিন্ন যন্ত্রপাতিতে চাকা লাগানো থাকে। চাকা হলো একটি সুকৌশল আবিষ্কার। চাকার বৃত্তাকার আকৃতি ঘর্ষণকে ন্যূনতম পর্যায়ে নামিয়ে আনে। সুটকেসে চাকা লাগানোর ফলে ঘর্ষণের মান কমে যায় এবং এটি টানা লাগানোর ফলে ঘর্ষণের মান কমে যায় এবং এটি টানা সহজতর হয়। অর্থাৎ চাকা লাগানোর ফলে আবর্ত ঘর্ষণের মান পিছলানো ঘর্ষণের তুলনায় অনেক কমে যায়।

প্রশ্ন ॥ ১৬ ॥ 'বল-বেয়ারিং একটি গুরুত্বপূর্ণ আবিষ্কার'– ব্যাখ্যা কর।

উত্তর : বল-বেয়ারিং ব্যবহারের মাধ্যমে বিভিন্ন তলের মধ্যবর্তী ঘর্ষণকে আরও কমানো সম্ভবপর হয়েছে। বল-বেয়ারিং হলো ক্ষুদ্র, মসৃণ ধাতব বল। এগুলো সাধারণত ইস্পাতের তৈরি। বল-বেয়ারিং কোনো যন্ত্রের গতিশীল অংশগুলো মধ্যবর্তী স্থানে বসানো থাকে। বল-বেয়ারিংগুলোর ঘর্ষণের ফলে যন্ত্রের গতিশীল অংশগুলোর পরস্পরের সঙ্গে সরাসরি ঘর্ষণ সৃষ্টি করতে পারে না। অর্থাৎ তলগুলো একটি অপরটির উপর দিয়ে পিছলানোর পরিবর্তে গড়িয়ে যায় এবং ঘর্ষণ কমে যায়।

প্রশ্ন ॥ ১৭ ॥ গতি নিয়ন্ত্রণে ব্রেকিং বলের কার্যক্রম ব্যাখ্যা কর।

উত্তর : যানবাহন চলাচলের সময় প্রয়োজন অনুযায়ী যানবাহনের গতিকে বৃদ্ধি বা হ্রাস করতে হয়। অর্থাৎ যানবাহনের গতিকে নিয়ন্ত্রণের প্রয়োজন পড়ে। ব্রেক হচ্ছে এমন এক ব্যবস্থা যা ঘর্ষণের পরিমাণ করে গাড়ির গতি তথা চাকার ঘূর্ণনকে প্রয়োজন অনুযায়ী নিয়ন্ত্রণ করে। এর মাধ্যমে যানবাহনকে নির্দিষ্ট স্থানে থামানো সম্ভবপর হয়। যখন গাড়ির চালক ব্রেক প্রয়োগ করেন, তখন এসবেস্টসের তৈরি সু বা প্যাড চাকায় অবস্থিত ধাতব চাকতিকে ধাক্কা দেয়। প্যাড ও চাকতির মধ্যবর্তী ঘর্ষণ চাকার গতিকে কমিয়ে দেয়। ফলে গাড়ির বেগ হ্রাস পায়।

প্রশ্ন ॥ ১৮ ॥ ঘর্ষণের অপকারিতাসমূহ ব্যাখ্যা কর।

উত্তর : অতিরিক্ত ঘর্ষণের কারণে যানবাহন সহজে চলতে পারে না। যন্ত্রপাতির গতিশীল অংশগুলোর মধ্যে ঘর্ষণের ফলে এরা ক্ষয়প্রাপ্ত হয় এবং ছিঁড়ে যায়। যেকোনো ধরনের যানবাহনকে অতিরিক্ত ঘর্ষণ অতিক্রম করতে অতিরিক্ত জ্বালানি খরচ করতে হয়। যার দরুন ঘর্ষণের ফলে জ্বালানির শক্তির অপচয় হয় যা প্রধানত তাপশক্তিরূপে আবির্ভূত

হয়। ঘর্ষণের ফলে শুধু যে শক্তি তাপে পরিণত হয় তাই নয়। এর ফলে ইঞ্জিনের যন্ত্রাংশ অত্যধিক উত্তপ্ত হয়ে ওঠে যার দরুন ইঞ্জিন নষ্ট হয়ে যেতে পারে।

প্রশ্ন ॥ ১৯ ॥ ঘর্ষণ হ্রাস করতে কী কী পদক্ষেপ নেয়া হয়– ব্যাখ্যা কর।

উত্তর : ঘর্ষণের মূল কারণ হলো অমসৃণ তল। যেখানে একটির উঁচু উঁচু খাঁজ অপরটিতে আটকে গিয়ে ঘর্ষণের উৎপত্তি ঘটায়। এ জন্য ঘর্ষণ হ্রাসের উদ্দেশে তল যথাসম্ভব মসৃণ করা হয়। এ কাজে তেল, মবিল এবং গ্রিজসহ অন্যান্য পিচ্ছিলকারী পদার্থ ব্যবহার করা হয়। এছাড়া অমসৃণ তলসমূহ যাতে দীর্ঘক্ষণ পরস্পরের সংস্পর্শে না থাকে সে উদ্দেশে চাকা এবং বল বেয়ারিং ব্যবহার করা হয়।

গাণিতিক সমস্যা ও সমাধান

সূত্রাবলি	প্রতীক পরিচিতি
➧ $F = ma$	F = বল m = ভর a = ত্বরণ
➧ $Ft = mv - mu$	t = বলের ক্রিয়াকাল u = বস্তুর আদিবেগ v = বস্তুর শেষবেগ
➧ $m_1u_1 + m_2u_2 = m_1v_1 + m_2v_2$	m_1, m_2 = ভর u_1, u_2 = আদিবেগ v_1, v_2 = শেষবেগ
➧ $m_1u_1 + m_2u_2 = (m_1 + m_2)\, v$	v = মিলিত শেষবেগ

গাণিতিক উদাহরণ ৩.১॥ 50 kg ভরের একটি বস্তুর উপর কত বল প্রয়োগ করা হলে এর ত্বরণ $4\ ms^{-2}$ হবে?

সমাধান :

এখানে,

বস্তুর ভর, $m = 50$ kg

ত্বরণ, $a = 4\ ms^{-2}$

বল, F = ?

আমরা জানি,

$F = ma$

$= 50\ kg \times 4\ ms^{-2}$

$= 200\ kg\ ms^{-2}$

$= 200\ N$

নির্ণেয় ত্বরণ 200 N।

গাণিতিক উদাহরণ ৩.২॥ একটি বালক 50 N বল দ্বারা 20 kg ভরের একটি বক্সকে ধাক্কা দেয়। বক্সটির ত্বরণ কত হবে?

সমাধান :

এখানে,

বক্সের ভর, $m = 20\ kg$

প্রযুক্ত বল, $F = 50\ N$

বক্সের ত্বরণ, $a = ?$

আমরা জানি,

$F = ma$

বা, $a = \frac{F}{m}$

$= \frac{50\ N}{20\ kg}$

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

অতএব, বক্সটির ত্বরণ $2{\cdot}5\ ms^{-2}$।

গাণিতিক উদাহরণ ৩·৩॥ 20 kg ভরের একটি বস্তুর উপর 2000 N বল 0.1 s সময়ব্যাপী কাজ করে। বস্তুর ভরবেগের পরিবর্তন কত হবে?

সমাধান :

এখানে,

প্রযুক্ত বল, $F = 2000\ N$

বলের ক্রিয়া কাল, $t = 0{\cdot}1\ s$

ভরবেগের পরিবর্তন, $mv - mu = ?$

আমরা জানি,

ভরবেগের পরিবর্তন = বল × সময়

$$mv - mu = Ft$$
$$= 2000\ N \times 0{\cdot}1\ s$$
$$= 200\ kg\ ms^{-2}\ s$$
$$= 200\ kg\ ms^{-1}$$

অতএব, ভরবেগের পরিবর্তন $200\ kg\ ms^{-1}$।

গাণিতিক উদাহরণ ৩.৪ ॥ একটি বন্দুক থেকে $500\ ms^{-1}$ বেগে $10\ g$ ভরের একটি গুলি ছোড়া হলো। বন্দুকের ভর $2\ kg$ হলে বন্দুকের পশ্চাৎ বেগ নির্ণয় কর।

সমাধান :

এখানে,

গুলির ভর, $m_1 = 10\ g$
$$= 10 \times 10^{-3}\ kg$$
$$= 10^{-2}\ kg$$

বন্দুকের ভর, $m_2 = 2\ kg$

গুলির আদিবেগ, $u_1 = 0\ ms^{-1}$

বন্দুকের আদিবেগ, $u_2 = 0\ ms^{-1}$

গুলির শেষবেগ, $v_1 = 500\ ms^{-1}$

বন্দুকের পশ্চাৎ বেগ, $v_2 = ?$

ধরা যাক গুলির বেগের দিক অর্থাৎ সম্মুখ দিক ধনাত্মক।

ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্র থেকে আমরা জানি,

$m_1u_1 + m_2\ u_2 = m_1\ v_1 + m_2\ v_2$

বা, $m_1 \times 0\ ms^{-1} + m_2\ kg \times 0\ ms^{-1}$
$$= 10^{-2}\ kg \times 500\ ms^{-1} + 2\ kg \times v_2$$

বা, $v_2 = -\dfrac{5\ kg\ ms^{-1}}{2\ kg}$

$\therefore\ v_2 = -2{\cdot}5\ ms^{-1}$

এখানে বন্দুকের বেগ ঋণাত্মক, অর্থাৎ বন্দুকটি পেছন দিকে গতিশীল হবে।

অতএব, বন্দুকের পশ্চাৎ বেগ $2{\cdot}5\ ms^{-1}$।

সমস্যা–৫ ॥ 15 kg ভরের কোনো বস্তুর উপর 105 N বল প্রযুক্ত হলে তার ত্বরণ কত হবে?

সমাধান : দেওয়া আছে,

বল, $F = 105\ N = 105\ kgms^{-2}$

বস্তুটির ভর, $m = 15\ kg$

বস্তুটির ত্বরণ, $a = ?$

আমরা জানি,

$$F = ma$$

$$\therefore\ a = \frac{F}{m} = \frac{105\ kgms^{-2}}{15\ kg}$$

নির্ণেয় বস্তুটির ত্বরণ $7\ ms^{-2}$ হবে।

সমস্যা–৬ ॥ 50 kg ভরের একটি স্থির বস্তুর 100 N একটি বল 2 সেকেন্ড ধরে ক্রিয়া করে। এই সময় শেষে বস্তুটির বেগ কত হবে?

সমাধান : দেওয়া আছে,

বল, $F = 100\ N = 100\ kgms^{-2}$

ভর, $m = 50\ kg$

সময়, $t = 2\ s$

আদিবেগ, $u = 0$

বস্তুটির শেষবেগ, $v = ?$

আমরা জানি,

$$F = ma$$

$$\text{বা, } F = \frac{m \times (v - u)}{t}\ [\because\ a = \frac{v - u}{t}\ ]$$

$$\text{বা, } 100\ kgms^{-2} = \frac{50\ kg \times (v - 0)}{2s}$$

$$\text{বা, } v = \frac{100\ kgms^{-2} \times 2s}{50\ kg}$$

$$\therefore\ v = 4\ ms^{-1}$$

অতএব, বস্তুটির শেষবেগ $4\ ms^{-1}$ হবে।

সমস্যা ॥ ৭ ॥ 10 g ভরের একটি বুলেট 300 ms^{-1} বেগে এক টুকরা কাঠের মধ্যে 4·5 cm প্রবেশ করে থেমে গেল। বাধাদানকারী বলের মান নির্ণয় কর এবং ঐ দূরত্ব যেতে বুলেটটির কত সময় লেগেছে?

সমাধান : দেওয়া আছে,

আদিবেগ, $u = 300\ ms^{-1}$

ভর, $m = 10\ g = 0{\cdot}01\ kg$

দূরত্ব, $s = 4{\cdot}5\ cm = 0{\cdot}045\ m$

শেষবেগ, $v = 0$

বাধাদানকারী বল, $F = ?$

প্রয়োজনীয় সময়, $t = ?$

আমরা জানি,

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

বা, $0 = 300^2\ m^2s^{-2} + 2a \times 0{\cdot}045\ m$

বা, $a = \dfrac{-\ 90000\ m^2s^{-2}}{2 \times 0{\cdot}045\ m}$

$\therefore\ a = -\ 10^6\ ms^{-2}$

আবার, $F = ma$

$= 0{\cdot}01kg \times (-10^6\ ms^{-2})$

$= -\ 10^4\ N$

আমরা জানি,

$v = u + at$

বা, $0 = 300\ ms^{-1} - 10^6\ ms^{-2} \times t$

বা, $t = \dfrac{300\ ms^{-1}}{10^6\ ms^{-2}}$

$\therefore\ t = 3 \times 10^{-4}\ s$

নির্ণেয় বুলেটটির বাধাদানকারী বল 10^4 N এবং দূরত্ব অতিক্রম করতে সময় লেগেছে 3×10^{-4} s

সমস্যা ॥ ৮ ॥ 600 kg ভরের একখানি গাড়ি 20 ms^{-1} বেগে সরল পথে চলতে চলতে

1400 kg ভরের একখানি স্থির ট্রাকের সাথে ধাক্কা খেয়ে আটকে গেল। মিলিত গাড়ি দুটির বেগ কত হবে?

সমাধান : দেওয়া আছে,

গাড়ির ভর, $m_1 = 600\ kg$

ট্রাকের ভর, $m_2 = 1400\ kg$

গাড়ির আদিবেগ, $u_1 = 20\ ms^{-1}$

ট্রাকের আদিবেগ, $u_2 = 0$

মিলিত বেগ, $v = ?$

আমরা জানি,

$m_1 u_1 + m_2 u_2 = v (m_1 + m_2)$

বা, $600\ kg \times 20\ ms^{-1} + 1400\ kg \times 0$

$= v(600\ kg + 1400\ kg)$

বা, $12000\ kgms^{-1} + 0 = v \times 2000\ kg$

বা, $v = \frac{12000\ kgms^{-1}}{2000\ kg}$

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

অতএব, গাড়ি দুটির মিলিত বেগ $6\ ms^{-1}$।

সমস্যা ॥ ৯ ॥ 3 kg ভরের একটি বস্তু $2\ ms^{-1}$ বেগে পূর্বদিকে চলছে। 1 kg ভরের অপর একটি বস্তু $2\ ms^{-1}$ বেগে পশ্চিম দিকে চলছে। কোনো একটি সময় বস্তু দুটির মধ্যে সংঘর্ষের ফলে এরা মিলে এক হয়ে গেল। মিলিত বস্তুটি কোন দিকে কত বেগে চলবে?

সমাধান : দেওয়া আছে,

পূর্বদিকে গতিশীল বস্তুর ভর, $m_1 = 3\ kg$

পূর্বদিকে গতিশীল বস্তুর বেগ, $u_1 = 2\ ms^{-1}$

পশ্চিম দিকে গতিশীল বস্তুর ভর, $m_2 = 1\ kg$

পশ্চিম দিকে গতিশীল বস্তুর বেগ, $u_2 = -2\ ms^{-1}$

[$u_2 = -2\ ms^{-1}$ কারণ বস্তুদ্বয় পরস্পর বিপরীত দিক থেকে আগত]

মিলিত বেগ, $v = ?$

আমরা জানি,

$m_1 u_1 + m_2 u_2 = v (m_1 + m_2)$

বা, $3\ kg \times 2\ ms^{-1} + 1\ kg \times (-2\ ms^{-1}) = v (3kg + 1kg)$

বা, $(6 - 2)\ kgms^{-1} = v \times 4\ kg$

বা, $v = \frac{4\ kgms^{-1}}{4\ kg}$

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

এখন,

১ম বস্তুর ভরবেগ = $m_1 u_1 = 3\ kg \times 2ms^{-1}$

$= 6\ kg\ ms^{-1}$

২য় বস্তুর ভরবেগ = $m_2 u_2$

$= 1\ kg \times 2\ ms^{-1}$

$= 2\ kg\ ms^{-1}$

যেহেতু ১ম বস্তুর ভরবেগ > ২য় বস্তুর ভরবেগ

অতএব, মিলিত বস্তুটি $1\ ms^{-1}$ বেগে পূর্বদিকে চলবে।

সমস্যা ॥ ১০ ॥ একটি 10 g ভরের গুলি 6 kg ভরের একটি বন্দুকের নল থেকে 300 ms^{-1} বেগে বেরিয়ে গেল। বন্দুকের পশ্চাৎ বেগ বের কর।

সমাধান :

দেওয়া আছে,

গুলির ভর, $m_1 = 10g$

$= 10 \times 10^{-3}\ kg$

$= 10^{-2}\ kg$

বন্দুকের ভর, $m_2 = 6\ kg$

গুলির আদিবেগ, $u_1 = 0\ ms^{-1}$

বন্দুকের আদিবেগ, $u_2 = 0\ ms^{-1}$

গুলির শেষবেগ, $v_1 = 300\ ms^{-1}$

বন্দুকের পশ্চাৎ বেগ, $v_2 = ?$

আমরা জানি,

$m_1u_1 + m_2u_2 = m_1v_1 + m_2v_2$

বা, $0 + 0 = 10^{-2}\ kg \times 300\ ms^{-1} + 6\ kg \times v_2$

বা, $v_2 = -\frac{3\ \text{kgms}^{-1}}{6\ \text{kg}}$

$\therefore\ v_2 = -0{\cdot}5\ \text{ms}^{-1}$

রাইফেলের বেগ ঋণাত্মক। অর্থাৎ গুলির বেগ যেদিকে, রাইফেলের বেগ তার বিপরীত দিকে।

নির্ণেয় বন্দুকের পশ্চাৎ বেগ $0{\cdot}5\ \text{ms}^{-1}$।

সমস্যা ॥ ১১ ॥ 12 g ভরের একটি বুলেট 300 ms^{-1} বেগে এক টুকরা কাঠের মধ্যে 4·5 cm প্রবেশ করে থেমে গেল। বাধাদানকারী বলের মান নির্ণয় কর।

সমাধান : দেওয়া আছে,

বুলেটের আদিবেগ, $u = 300\ \text{ms}^{-1}$

বুলেটের ভর, $m = 12\ \text{g}$

$= 0{\cdot}012\ \text{kg}$

অতিক্রান্ত দূরত্ব, $s = 4{\cdot}5\ \text{cm} = 0{\cdot}045\ \text{m}$

শেষবেগ, $v = 0$

বাধাদানকারী বল, $F = ?$

আমরা জানি,

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

বা, $0 = (300\ \text{ms}^{-1})^2 + 2a \times 0{\cdot}045\ \text{m}$

বা, $a = \frac{-90000\ \text{m}^2\text{s}^2}{2 \times 0{\cdot}045\ \text{m}} = -10^6\text{ms}^{-2}$

বা, $F = ma$

$= 0{\cdot}012\ \text{kg} \times (-10^6\ \text{ms}^{-2}) = -1{\cdot}2 \times 14^4\ \text{N}$

নির্ণেয় বাধাদানকারী বলের মান $1{\cdot}2 \times 10^4\ \text{N}$।

সমস্যা ॥ ১২ ॥ একটি বন্দুক হতে 1 kms^{-1} বেগে 10 g ভরের একটি বুলেট ছোড়া হলো। বন্দুকের ভর যদি 2 kg হয় তবে এর পশ্চাৎ বেগ কত হবে?

সমাধান :

দেওয়া আছে

গুলির ভর, $m_1 = 10\ g$

$= 10 \times 10^{-3}\ kg$

$= 10^{-2}\ kg$

বন্দুকের ভর, $m_2 = 2\ kg$

গুলির আদিবেগ, $u_1 = 0$

বন্দুকের আদিবেগ, $u_2 = 0$

গুলির শেষবেগ, $v_1 = 1\ kms^{-1} = 1000\ ms^{-1}$

বন্দুকের পশ্চাৎবেগ, $v_2 = ?$

আমরা জানি,

$m_1u_1 + m_2u_2 = m_1v_1 + m_2v_2$

বা, $10^{-2}kg \times 0 + 2\ kg \times 0$

$= 10^{-2}kg \times 1000\ ms^{-1} + 2\ kg \times v_2$

বা, $2\ kg \times v_2 = -\ 10^{-2}\ kg \times 1000\ ms^{-1}$

$\therefore\ v_2 = \frac{-10\ kg\ ms^{-1}}{2kg} = -\ 5\ ms^{-1}$

রাইফেলের বেগ ঋণাত্মক। অর্থাৎ গুলির বেগ যেদিকে রাইফেলের বেগ তার বিপরীত দিকে।

নির্ণেয় পশ্চাৎ বেগ $5\ ms^{-1}$।

সমস্যা ॥ ১৩ ॥ 4 kg ভরের একটি বস্তু 4 ms^{-1} বেগে উত্তর দিকে চলছে। 2 kg ভরের অপর একটি বস্তু 2 ms^{-1} বেগে দক্ষিণ দিকে চলছে। কোনো এক সময় বস্তু দুইটির সংঘর্ষের ফলে এরা মিলে এক হয়ে গেল। মিলিত বস্তু কোন দিকে কত বেগে চলবে?

সমাধান : দেওয়া আছে,

উত্তর দিকে গতিশীল বস্তুর ভর, $m_1 = 4\ kg$

উত্তর দিকে গতিশীল বস্তুর বেগ, $u_1 = 4\ ms^{-1}$

দক্ষিণ দিকে গতিশীল বস্তুর ভর, $m_2 = 2\ kg$

দক্ষিণ দিকে গতিশীল বস্তুর বেগ, $u_2 = -\ 2\ ms^{-1}$

[এখানে, u_2 ঋণাত্মক ধরা হয়েছে, কারণ বস্তুদ্বয় পরস্পর বিপরীত দিক হতে আগত]

বস্তুদ্বয়ের মিলিত বেগ, $v = ?$

আমরা জানি,

$m_1u_1 + m_2u_2 = v(m_1 + m_2)$

বা, $4\ kg \times 4\ ms^{-1} + 2\ kg \times (-2\ ms^{-1})$

$= v\ (4\ kg + 2\ kg)$

বা, $(16 - 4)\ kg\ ms^{-1} = v \times 6\ kg$

বা, $6\ vkg = 12\ kg\ ms^{-1}$

বা, $v = \frac{12\ kgms^{-1}}{6\ kg}$

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

যেহেতু বেগের দিক ধনাত্মক সুতরাং মিলিত বস্তুটি $2ms^{-1}$ বেগে উত্তর দিকে চলবে।