

ইউনিট ৩

বল

Force

ভূমিকা

ইউনিট ২ এ আমরা গতি নিয়ে আলোচনা করেছি। কিন্তু জেনেছি কি এ গতির কারণ? আমাদের চারপাশে তাকালে বিভিন্ন বস্তু দেখতে পাই, সাইকেল চলছে, গাড়ি চলছে, পাখা ঘুরছে। এ সবকিছুই গতিশীল। এ ইউনিটে আমরা স্থিতি, গতি কারণ আলোচনা করব। আর এ আলোচনার আলোকে নিউটনের গতির তিনটি সূত্র বর্ণনা করব। নিউটনের গতির তিনটি সূত্র আলোচনা করতে গিয়ে জড়তা, বল, ভরবেগ, ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্র, ঘর্ষণ, নিরাপদ ভ্রমণ নিয়ে বিশদ আলোচনা করব।

পাঠ-৩.১ জড়তা ও বল : নিউটনের গতির প্রথম সূত্র

Inertia and force : Newton's first law



উদ্দেশ্য

এই পাঠ শেষে আপনি-

- জড়তা ব্যাখ্যা করতে পারবেন;
- বল কী বর্ণনা করতে পারবেন;
- নিউটনের গতির প্রথম সূত্রটি ব্যাখ্যা করতে পারবেন।



৩.১.১ জড়তা (Inertia)

প্রত্যেক বস্তুই তার নিজের অবস্থায় থাকতে চায়। স্থির বস্তু স্থির, গতিশীল বস্তু গতিশীল থাকতে চায়। ঘরের মধ্যে টেবিল, খাট, টেলিভিশন, সোফাসেট যা দেখি সবই স্থির অর্থাৎ স্থির বস্তু। ঘরের মধ্যের এ টেবিল, খাট, টেলিভিশন, সোফাসেট বস্তুগুলি কি নিজ থেকে স্থান পরিবর্তন করে? বাস্তবতার আলোকে বলা যায় স্থির বস্তুকে একস্থান থেকে অন্য স্থানে না নিয়ে গেলে, বস্তুগুলি নিজ থেকে কখনোই স্থান পরিবর্তন করে না।

আমরা জানি, পৃথিবী সূর্যের চারিদিকে ঘুরছে, ঘুরছে তো ঘুরছেই অর্থাৎ গতিশীল অবস্থায় আছে। পৃথিবীর এ ঘূর্ণনে কোনো বাধা না থাকায় পৃথিবী গতিশীল।

একটি বলকে আমরা একটি রাস্তার উপর গড়িয়ে দেই। কি দেখতে পাব আমরা? বলটি গড়িয়ে গাড়িয়ে কিছু দূর যাওয়ার পর আস্তে আস্তে থেমে যাবে। এ থেমে যাওয়ার কারণ কি? রাস্তার সাথে বলের ঘর্ষণ, বায়ুর বাধা? এ বাধা না থাকলে বলটি কি অনন্তকাল ধরে গড়াত?

আমাদের চারপাশের এ ঘটনাগুলো থেকে আমরা কি বুঝতে পারি? প্রত্যেক বস্তুই তার নিজের অবস্থায় থাকতে চায় অর্থাৎ কোন বস্তু যদি স্থির থাকে তবে এটি চিরকাল স্থির থাকতে চায়, আবার যে বস্তু গতিশীল, সে বস্তু চিরকাল গতিশীল থাকতে চায়। বস্তুর এ নিজস্ব অবস্থায় থাকার প্রবণতা বা ধর্মকে জড়তা বলে। নিম্নোক্তভাবে জড়তার সংজ্ঞা দেয়া যায়-

জড়তা: জড়তা বস্তুর একটি ধর্ম যে ধর্মের কারণে কোন স্থির বস্তু স্থির থাকতে চায় এবং গতিশীল বস্তু গতিশীল থাকতে চায়। এ স্থির আর গতিশীল ধর্মের উপর ভিত্তি করে বলা যায়, জড়তা দু'প্রকার।

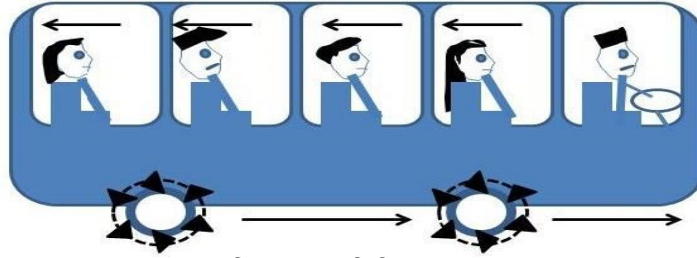
(i) স্থিতি জড়তা (Inertia of rest) এবং

(ii) গতি জড়তা (Inertia of motion)

(i) স্থিতি জড়তা : স্থির বস্তু চিরকাল স্থির থাকতে চায়, বস্তুর এ প্রবণতা বা ধর্মকে স্থিতি জড়তা বলে।

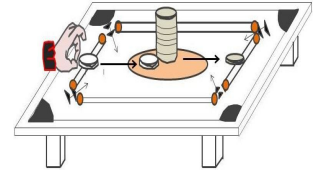
স্থিতি জড়তার উদাহরণ

(i) বাস স্থির অবস্থা হতে হঠাৎ চলতে শুরু করলে, যাত্রীরা পিছনের দিকে হেলে পড়েন। বাস যখন স্থির অবস্থায় থাকে তখন যাত্রীর শরীরও স্থির অবস্থায় থাকে। বাস চলতে শুরু করলে যাত্রীর শরীরের যে অংশ বাসের সাথে লেগে থাকে অর্থাৎ শরীরের নিম্নভাগ বাসের গতিপ্রাপ্ত হয়। কিন্তু শরীরের উপরের অংশ স্থিতি জড়তার জন্য স্থির অবস্থায় থাকতে চায়। তাই শরীরের নীচের অংশ শরীরের উপরের অংশের তুলনায় এগিয়ে যায়। ফলে শরীরের উপরের অংশ পিছনে হেলে পড়ে এবং যাত্রীদের শরীর পিছনে হলে পড়ছে বলে মনে হয় (চিত্র ৩.১)।



চিত্র-৩.১ : স্থিতি জড়তা

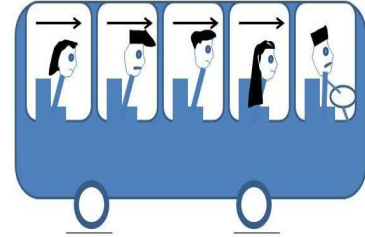
(ii) ক্যারাম খেলার সময় স্থিতি জড়তার আরো একটি বাস্তব অভিজ্ঞতা পাওয়া যায় (চিত্র- ৩.২: স্থিতি জড়তা)। লক্ষ্য করলে দেখা যায় একটি গুটির উপর যখন অন্য একটি গুটি থাকে তখন খুব জোড়ে স্ট্রাইকার দিয়ে আঘাত করলে নিচের গুটিটা সরে যায়, উপরের গুটিটা স্থির জড়তার কারণে নিজের অবস্থানে স্থির থাকে এবং নিচের গুটির স্থান দখল করে।



চিত্র- ৩.২: স্থিতি জড়তা

গতি জড়তার উদাহরণ:

(i) বাস গতিশীল অবস্থা হতে হঠাৎ থেমে গেলে যাত্রীরা সামনের দিকে ঝুঁকে পড়েন (চিত্র- ৩.৩: গতি জড়তা)। বাস যখন গতিশীল অবস্থায় থাকে তখন যাত্রীর শরীরও গতিশীল অবস্থায় থাকে। বাস হঠাৎ ব্রেক কষলে, যাত্রীর শরীরের যে অংশ বাসের সাথে থাকে অর্থাৎ শরীরের নিম্নভাগ বাসের সাথে স্থির অবস্থা প্রাপ্ত হয়। কিন্তু শরীরের উপরের অংশ গতি জড়তার জন্য গতিশীল অবস্থায় থাকতে চায়। তাই শরীরের নীচের অংশ শরীরের উপরের অংশের তুলনায় পিছিয়ে পড়ে। ফলে শরীরের উপরের অংশ সামনে ঝুঁকে পড়ে এবং শরীর সামনের দিকে ঝুঁকে পড়ছে বলে মনে হয়।



চিত্র- ৩.৩: গতি জড়তা

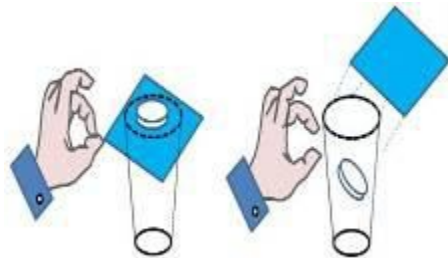
(ii) রিকশায় চড়ার পর লক্ষ্য করলে দেখা যায় রিকশাওয়ালা মাঝে মাঝেই প্যাডেল করে একটু বিশ্রাম নেন। (চিত্র-৩.৪ : গতি জড়তা) প্যাডেল না করলেও এ সময় রিকশা এগিয়ে যায় গতি জড়তার জন্য এবং রিকশার গতিশীলতা পরবর্তী প্যাডেল করার আগ পর্যন্ত অব্যাহত রাখে।



চিত্র-৩.৪ : গতি জড়তা

এসো নিজে করি

একটি পানি ভর্তি গ্লাস নিন। গ্লাসের উপর একটি শক্ত কাগজ যেমন কার্ড জাতীয় কাগজ রাখুন। এবার কার্ডটির উপর সবচেয়ে ভারী যে কয়েন, পাঁচ টাকার একটি কয়েন রাখুন (চিত্র-৩.৫ : স্থিতি জড়তা) কার্ডটিকে জোড়ে আঙ্গুল দিয়ে টোকা দিন। কি দেখা যাবে? দেখা যাবে কয়েনটি গ্লাসের মধ্যে পড়ে গেছে। কার্ডটিকে হঠাৎ জোড়ে টোকা দেয়ার কারণে কার্ডটি গতিশীল হয়ে সরে গেছে, কিন্তু স্থিতি জড়তার কারণে কয়েনটি নিজ অবস্থানে স্থির থাকতে চাওয়ায় গ্লাসের মধ্যে পড়ে গেল।

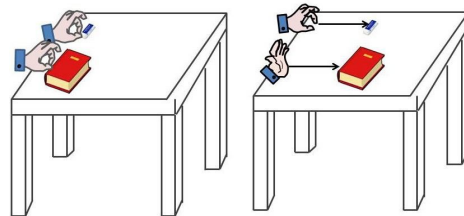


চিত্র-৩.৫ : স্থিতি জড়তা

বস্তুর জড়তার পরিমাপ নির্ভর করে বস্তুর ভরের উপর। যে বস্তুর ভর বেশি, সে বস্তুর জড়তা বেশি। আর জড়তা যে বস্তুর বেশি সে বস্তুকে গতিশীল করা বা ঠেলা দিয়ে স্থান পরিবর্তন করা তত কঠিন।

এসো নিজে করি

টেবিলের উপর একটি রবার এবং একটি বই রাখুন। এবার রবারটির এক পাশে হাতের আঙুল দিয়ে টোকা দিন। কি দেখতে পাবেন? রবারটি হাতের আঙুলের টোকায় তার নিজের অবস্থান থেকে অনেকদূর সরে গেছে। এখন বইটিকে একই ভাবে আঙুলের টোকা দিন (চিত্র- ৩.৬ (ক))। এক্ষেত্রে কি দেখতে পাবেন? দেখতে পাবেন বইটি একটুও দূরে সরছে না বা তার অবস্থান পরিবর্তন করছে না। এখন হাত দিয়ে বইটিকে ধাক্কা দিন। দেখা যাবে বইটি দূরে সরে যাবে (চিত্র- ৩.৬ (খ))।



(চিত্র- ৩.৬ (ক))

(চিত্র- ৩.৬ (খ))

চিত্র-৩.৬ : স্থিতি জড়তা

এ ঘটনা থেকে আমরা বুঝতে পারি যে, যে বস্তুর ভর বেশি সে বস্তুকে কম ভরের বস্তুর চেয়ে অপেক্ষাকৃত বেশি জোরে ধাক্কা দিতে হয়। অন্যভাবে বলা যায় যে বস্তুর ভর বেশি সে বস্তুর জড়তা কম ভরের বস্তুর তুলনায় বেশি থাকায় বেশি জোরে ধাক্কা দিতে হয়।

৩.১.২ বলের গুণগত ধারণা- নিউটনের প্রথম সূত্র

Qualitative concept of Force-Newton's first law.

নিউটনের গতি বিষয়ক প্রথম সূত্র

Newton's first law of Motion

প্রথম সূত্র: বাহ্যিক বল প্রয়োগ না করলে স্থির বস্তু স্থিরই থাকবে এবং গতিশীল বস্তু সুষম দ্রুতিতে সরলপথে চলতে থাকবে।

পূর্বেই আমরা জড়তা সম্পর্কে আলোচনা করতে গিয়ে ঘরের মধ্যে বিভিন্ন স্থির বস্তু যেমন টেবিল, খাট, টেলিভিশন, সোফাসেটের কথা বলেছি। এ সকল বস্তু নিজ থেকে তার অবস্থান পরিবর্তন করে না। তাহলে এ সকল বস্তু কিভাবে স্থান পরিবর্তন করে? স্থির বস্তুগুলোকে টেনে বা ঠেলে তার অবস্থানের পরিবর্তন করা হয়। এ টানা বা ঠেলাকে বল বলে। এ বল স্থির বস্তুর উপর প্রয়োগ করলে তা স্থির বস্তুকে গতিশীল করে বা গতিশীল করার চেষ্টা করে। আবার গতিশীল বস্তুর



চিত্র-৩.৭: নিউটনের প্রথম সূত্র

উপর বল প্রয়োগ করলে তা বস্তুটিকে থামাতে অর্থাৎ বস্তুর বেগ হ্রাস করতে পারে বা বস্তুর বেগ বৃদ্ধিও করতে পারে। বেগ বৃদ্ধির ফলে ত্বরণের সৃষ্টি হয়। আবার বল কোন বস্তুর আকার পরিবর্তন করতে পারে। ইলাস্টিকের বা স্প্রিংসের দুশ্রান্ত অনেকক্ষন ধরে টানলে বা বার বার টানলে, এর আকার পরিবর্তন হয় (চিত্র-৩.৭: নিউটনের প্রথম সূত্র)।

নিউটনের গতির প্রথম সূত্র এবং উপরের পর্যালোচনার আলোকে আমরা নিম্নলিখিতভাবে জড়তা এবং বলের গুণগত ধারণা পাই।

কোন বস্তুই তার অবস্থার পরিবর্তন ঘটাতে চায় না। স্থির বস্তু চিরকাল স্থির থাকতে চায়। আর গতিশীল বস্তু চিরকাল সুষম দ্রুতিতে সরলপথে চলতে চায়। বস্তুর নিজের অবস্থানে থাকার এ ধর্মই হলো জড়তা। নিউটনের প্রথম সূত্র থেকে জড়তার ধারণা এভাবেই প্রতিপাদন করা যায়।

পূর্বেই জেনেছি, কোন বস্তুই তার নিজের অবস্থান হতে স্থিতি বা গতি সম্পর্কীয় অবস্থার পরিবর্তন করতে চায় না যতক্ষন না বাইরে থেকে এর উপর টানা বা ঠেলা দেয়া হয়। অর্থাৎ যা বস্তুর উপর ক্রিয়া করে বস্তুর অবস্থার পরিবর্তন করে বা করতে চায়, তাই হচ্ছে বল। এভাবে নিউটনের প্রথম সূত্র থেকে বলের সংজ্ঞা পাওয়া যায়।

বলের সংজ্ঞা : যা কোন স্থির বস্তুর উপর ক্রিয়া করে তাকে গতিশীল করে বা করতে চায় বা কোন গতিশীল বস্তুর উপর ক্রিয়া করে এর গতির পরিবর্তন করে বা করতে চায়, তাকে বল বলা যায়।

বলের সংজ্ঞা উপরিউক্তভাবে লেখাই শ্রেয়। এখন বল আর জড়তার সম্পর্ককে আরো পরিষ্কারভাবে লেখার জন্য বলের নিম্নোক্ত সংজ্ঞা দেয়া হল:

“যা কোন বস্তুর উপর ক্রিয়া করে এর জড়তার পরিবর্তন করে বা করতে চায়, তাই হচ্ছে বল।”

৩.১.৩ বলের প্রকৃতি

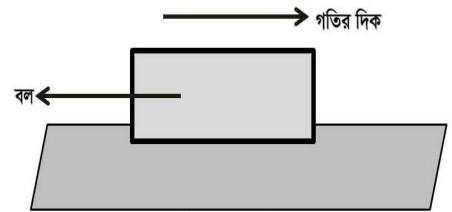
Nature of Force

দৈনন্দিন জীবনের বিভিন্ন বাস্তব ঘটনার সাথে সংশ্লিষ্টতার পরিপ্রেক্ষিতে বলকে সাধারণভাবে দু'ভাগে ভাগ করা যায়।

(i) স্পর্শ বল

(ii) অস্পর্শ বল

(i) স্পর্শ বল : যে সকল বল প্রয়োগের জন্য বস্তুর সংস্পর্শ প্রয়োজন হয় তাকে স্পর্শ বল বলে। অর্থাৎ যে বল সৃষ্টির জন্য দুইটি বস্তুকে প্রত্যক্ষ সংস্পর্শে আসতে হয় তাকে স্পর্শ বল বলে। স্পর্শ বল আবার বিভিন্ন প্রকারের হতে পারে, যেমন- টান বল, ঘর্ষণ বল, সংঘর্ষ বল। ৩.৭ চিত্রে (ক) একটি ইলাস্টিককে টানা হচ্ছে। এটি হচ্ছে টান বল। ৩.৮ চিত্রে একটি বাস্তুকে মেঝের উপর দিয়ে টানা হচ্ছে, ফলে মেঝে এবং বাস্তুর যে তল মেঝের সংস্পর্শে লাগানো তাদের মধ্যে ঘর্ষণ বলের সৃষ্টি হচ্ছে যা বাস্তুর গতির বিরুদ্ধে কাজ করছে। সংঘর্ষ বল সম্পর্কে আমরা বিস্তারিতভাবে পরবর্তীতে জানব।



চিত্র ৩.৮ : স্পর্শ বল

(ii) অস্পর্শ বল : যে বল সৃষ্টির জন্য দুইটি বস্তুকে প্রত্যক্ষ সংস্পর্শে আসতে হয় না তাকে অস্পর্শ বল বলে। দু'টি কণার মধ্যবর্তী বল মহাকর্ষ বল। দু'টি আহিত বস্তুর মধ্যবর্তী বল তড়িৎ বল, একটি চুম্বক এক একটি চৌম্বক পদার্থের মধ্যে ক্রিয়াশীল বল চৌম্বক বল।

এসো নিজে করি

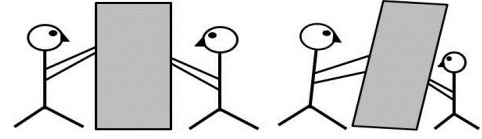
একটি কাগজ নিন। কাগজটিকে ছিড়ে ছোট ছোট টুকরো করুন। এখন টুকরোগুলো টেবিলের উপর রাখুন। একটি চিরুণী দিয়ে তেলহীন শুকনো চুল আচড়ান। এখন চিরুণীটিকে টুকরোগুলিকে কাছাকাছি আনুন। কি দেখছেন? দেখা যাচ্ছে, কাগজের টুকরোগুলো চিরুণীর দাঁতের সাথে লেগে চিরুণীতে উঠে আসছে। চিরুণী কাগজের টুকরার প্রত্যক্ষ সংস্পর্শে আসার প্রয়োজন হয়নি। তড়িৎ বলের কারণেই ঘটেছে। এ বলকে অস্পর্শ বল বলে।

৩.৩ সাম্য ও অসাম্য বল

Balanced and Unbalanced Forces

সাম্য বল

একাধিক বল কোন বস্তুর উপর ক্রিয়া করলে যদি বলের লব্ধি শূন্য হয় অর্থাৎ বস্তুটির কোন ত্বরণ না হয়, তখন আমরা বলি বস্তুটি সাম্যাবস্থায় আছে। আর যে বলগুলো এ সাম্যাবস্থার তৈরি করে তাদেরকে সাম্য বল বলে [চিত্র-৩.৯ (ক): সাম্য বল]।

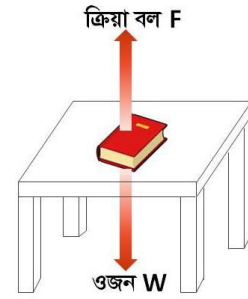


(ক) সাম্য বল; (খ) অসাম্য বল
চিত্র-৩.৯

আপনার পদার্থবিজ্ঞান বইটি একটি টেবিলের উপর রাখুন। কি ঘটবে? পদার্থবিজ্ঞান বইটি টেবিলের উপরই সাম্যাবস্থায় থাকবে (চিত্র-৩.১০ : সাম্য বল)। চলুন আমরা এখন এর কারণ ব্যাখ্যা করি। বইটির উপর পৃথিবীর মহাকর্ষীয় বল তথা বস্তুর ওজন W লম্বভাবে নিচের দিকে ক্রিয়া করে। অন্যদিকে টেবিলটি বইটির উপর F বল খাড়া উপরের দিকে ক্রিয়া করে।

যেহেতু বল দুইটি সমান এবং বিপরীতমুখী, সুতরাং একে অপরকে নিষ্ক্রিয় করে দেবে। বইটি সাম্যাবস্থায় থাকবে।

একাধিক বল কোন বস্তুর উপর ক্রিয়া করলে যদি বলের লব্ধি শূন্য না হয় তবে বস্তুটির অবস্থার পরিবর্তন ঘটে (চিত্র-৩.৯ (খ) : অসাম্য বল)। যে বলগুলো এ অবস্থার পরিবর্তন ঘটায় তাকে অসাম্য বল বলে।

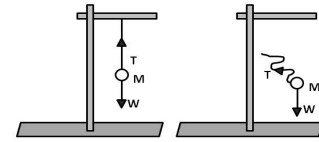


চিত্র-৩.১০ : সাম্য বল

বল

একটি গোলককে M একটি স্ট্যান্ডের সাথে সুতা দিয়ে ঝুলিয়ে দিই। এখন বস্তুটির উপর অভিকর্ষীয় বল তথা গোলকটির ওজন W লম্বভাবে নিচের দিকে ক্রিয়া করবে। অপরদিকে সুতার টান T লম্বভাবে উপরের দিকে ক্রিয়া করবে। বল দুইটি সমান এবং বিপরীতমুখী হওয়ায় একে অপরকে নিষ্ক্রিয় করে দেবে ফলে বস্তুটি সাম্যাবস্থায় থাকবে [চিত্র-৩.১১ (ক): সাম্য বল]।

এখন যদি সুতাটি কেটে দেয়া হয় তবে সুতার টান T বল আর লম্বভাবে উপরের দিকে ক্রিয়া করবে না। গোলকটির উপর একমাত্র অভিকর্ষীয় বল ক্রিয়া করবে। ফলে গোলকের মধ্যে ত্বরণের সৃষ্টি হবে এবং গোলকটি ত্বরণ সহকারে নিচের দিকে পড়বে [চিত্র-৩.১১ (খ) : অসাম্য বল]। এখানে অভিকর্ষ বল বা বস্তুর ওজন হচ্ছে অসাম্য বল।



(ক) সাম্য বল; (খ): অসাম্য বল
চিত্র-৩.১১



সার-সংক্ষেপ:

- **জড়তা (Inertia):** জড়তা বস্তুর একটি ধর্ম, যে ধর্মের কারণে স্থির বস্তু স্থির থাকতে চায় এবং গতিশীল বস্তু সুস্থম দ্রুতগতিতে গতিশীল থাকতে চায়।
- জড়তা দু'প্রকার-
 - (i) স্থিতি জড়তা (Inertia of rest) এবং
 - (ii) গতি জড়তা (Inertia of motion)
- (i) স্থিতি জড়তা (Inertia of rest): স্থির বস্তু চিরকাল স্থির থাকতে চায়, বস্তুর এ প্রবণতা বা ধর্মকে স্থিতি জড়তা বলে।

- (ii) গতি জড়তা (Inertia of motion): সুসম গতিশীল বস্তু চিরকাল সুসম গতিশীল থাকতে চায়, বস্তুর এ প্রবণতা বা ধর্মকে গতি জড়তা বলে।
- নিউটনের প্রথম সূত্র: বাহ্যিক বল প্রয়োগ না করলে স্থির বস্তু স্থিরই থাকবে এবং গতিশীল বস্তু সুসম দ্রুতিতে সরলপথে চলতে থাকবে।
নিউটনের প্রথম সূত্রটি বস্তুর জড়তা ও বলের গুণগত ধারণা দেয়।
 - বল: যা কোন স্থির বস্তুর উপর ক্রিয়া করে তাকে গতিশীল করে বা করতে চায় বা কোন গতিশীল বস্তুর উপর ক্রিয়া করে এর গতির পরিবর্তন করে বা করতে চায়, তাকে বল বলে।

পাঠোত্তর মূল্যায়ন-৩.১

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (✓) চিহ্ন দিন

১। নিউটনের গতির প্রথম সূত্র কোন রাশির ধারণা দেয়-

- | | |
|----------|----------|
| ক) ভরবেগ | খ) কাজ |
| গ) জড়তা | ঘ) শক্তি |

২। কোন ধর্মের কারণে স্থির বস্তু স্থির থাকতে চায় এবং গতিশীল বস্তু গতিশীল থাকতে চায়?

- | | |
|----------|-----------|
| ক) বল | খ) ক্ষমতা |
| গ) শক্তি | ঘ) জড়তা |

পাঠ-৩.২ ভরবেগ ও নিউটনের গতি দ্বিতীয় সূত্র

Momentum and Newton's second law of motion



উদ্দেশ্য

এই পাঠ শেষে আপনি-

- ভরবেগ ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
- নিউটনের গতির দ্বিতীয় সূত্র বর্ণনা করতে পারবেন।
- নিউটনের গতির দ্বিতীয় সূত্র ব্যবহার করে বল এবং ত্বরণের সম্পর্ক, $F=ma$ নির্ণয় করতে পারবেন।



৩.২.১. ভরবেগ (Momentum)

ধরা যাক, একটি গতিশীল সাইকেল এবং একটি গতিশীল প্রাইভেট গাড়ি সমদ্রুতিতে একটি নির্দিষ্ট দিকে চলছে। কোন বস্তুটিকে থামানো সহজ অথবা কোন বস্তুকে থামানো কঠিন হবে? আমরা আমাদের বাস্তব অভিজ্ঞতা থেকে বলতে পারি। একটি গতিশীল সাইকেলকে থামানোর চেয়ে একটি গতিশীল প্রাইভেট গাড়ি থামানো অনেক কঠিন। কোন গতিশীল বস্তুকে আমরা যদি থামাতে চাই, তাহলে আমরা যে বাধার মুখোমুখি হই তার একটি পরিমাণ হচ্ছে ভরবেগ। ভরবেগ হচ্ছে, গতিশীল বস্তুর ভর ও বেগের সমন্বয়ে গঠিত একটি ভৌত রাশি। এটি গতিশীল বস্তুর ভর ও বেগের উপর নির্ভরশীল।

এখন প্রশ্ন হচ্ছে, টেবিল টেনিস বলকে থামানোর চেয়ে একটি গতিশীল ট্রাক থামানো অনেক কঠিন কেন, যদিও বস্তু দুটি সমদ্রুতিতে চলছে। কারণ টেবিল টেনিস বল এবং প্রাইভেট গাড়ি একই দ্রুতিতে গতিশীল থাকা সত্ত্বেও প্রাইভেট গাড়ির ভরবেগ বেশি।

সূত্রাং উপরের আলোচনা থেকে বুঝা যায় যে, কোন গতিশীল বস্তুকে থামানো কত কঠিন তা নির্ভর করে গতিশীল বস্তুটির ভরবেগের পরিমাপের উপর।

কোন বস্তুর ভর ও বেগের গুণফলকে এর ভরবেগ বলে।

মনে করি, একটি বস্তুর ভর = m এবং বেগ = v

∴ ভরবেগ, $p = mv$

ভরবেগ একটি ভেক্টর রাশি। এর দিক বেগের দিকে।

ভরবেগের একক kgms^{-1} এবং মাত্রা MLT^{-1} ।

৩.২.২. বস্তুর গতির উপর বলের প্রভাব

Effect of force on motion of a body

বল প্রয়োগের ফলে স্থিতিশীল বস্তু গতিশীল হতে পারে

ফুটবল খেলার মাঠে খেলা শুরু হয় কি ভাবে? প্রথমে, একজন খেলোয়ার ফুটবলটিকে কিক করে। কিক করার সাথে সাথে কি ঘটে? ফুটবলটিকে যে দিক বরাবর কিক করা হয়, ফুটবলটি সে দিকে গড়াতে শুরু করে। অর্থাৎ ফুটবলটি স্থির অবস্থা হতে ত্বরান্বিত হয়ে গতিশীল হয়।

বল প্রয়োগের ফলে গতিশীল বস্তুর বেগ বৃদ্ধি হতে পারে

একটি গড়ানো ফুটবল যদিকে গড়াচ্ছে সেদিক বরাবর কিক করলে কি ঘটে? এটি আরো জোড়ে গড়াতে শুরু করে। এক্ষেত্রে ফুটবলটির গতি বৃদ্ধি পেয়েছে।

বল প্রয়োগে গতিশীল বস্তুর বেগ হ্রাস পায়

চলমান সাইকেলকে টেনে ধরলে কি হয়? এর গতি কমে যায় অর্থাৎ বল প্রয়োগে বস্তুর বেগ হ্রাস পায়।

বল প্রয়োগে গতিশীল বস্তুর বেগের দিক পরিবর্তন হতে পারে

ক্রিকেট খেলার সময় একজন ব্যাটসম্যান বল যে দিকে গতিপ্রাপ্ত হয়ে ধাবমান হয়, তার বিপরীত দিকে ব্যাট দ্বারা বলকে আঘাত করে। ব্যাট দ্বারা আঘাত করার পর বলটির বেগের মান ও দিক উভয়েই পরিবর্তন হয়। বলটি যদিকে ধাবমান ছিল ব্যাট দ্বারা আঘাতের পর এটি অন্য দিকে ধাবিত হয়।

৩.২.৩. বস্তুর আকারের উপর বলের প্রভাব

Effect of force on the shape of a body

বল প্রয়োগ করলে কিছু কিছু বস্তুর আকারের পরিবর্তন হয়। এ বস্তুগুলোর মধ্যে রয়েছে, বিভিন্ন পানীয়ের টিনের ক্যান, টিন জাতীয় বস্তু, প্লাস্টিকের বোতল, প্লাস্টিক জাতীয় বস্তু, রাবার ব্যান্ড ইত্যাদি।

টিন বা প্লাস্টিকের পানীয় বহনকারী বোতলকে হাত দিয়ে জোড়ে চেপে ধরলে এটি আকার পরিবর্তন করে (চিত্র- ৩.১২: বস্তুর আকারের উপর বলের প্রভাব)। আবার রাবার ব্যান্ডের দু'প্রান্ত ধরে টেনে এটি লম্বা করা যায়। যখন এটি লম্বা হয় তখন এর দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি পায় আর এটি সরু হয়ে যায়। অর্থাৎ এর আকারের পরিবর্তন হয়।



চিত্র-৩.১২ : বস্তুর আকারের উপর বলের প্রভাব

কখনো কখনো এ আকারের পরিবর্তন ক্ষণস্থায়ী, আবার কখনো কখনো এ পরিবর্তন স্থায়ী হয়। যেমন: পানীয় বহনকারী টিন বা প্লাস্টিকের ক্যান হাত দিয়ে জোরে চেপে ধরে দুমড়ে-মুচড়ে ফেললে, দেখা যায়, এটি স্থায়ীভাবে আকার পরিবর্তন

এসএসসি প্রোগ্রাম

করেছে। আবার প্লাস্টিকের বোতলকে হাত দিয়ে হালকা চাপ দিলে এটি আকারের সামান্য পরিবর্তন করে, আবার ছেড়ে দিলে এটি আগের আকার ধারণ করে।

৩.২.৪. নিউটনের দ্বিতীয় সূত্র : বল এবং ত্বরণের মধ্যে সম্পর্ক, $F=ma$ নির্ণয়

Newton's second law : Relation between force and acceleration, determination of $F=ma$.

পূর্বের পাঠ থেকে আমরা জেনেছি, নিউটনের প্রথম সূত্র বলের গুণগত ধারণা দেয়। নিউটনের দ্বিতীয় সূত্র বলের পরিমাপের সমীকরণ প্রতিপাদন করে।

নিউটনের দ্বিতীয় সূত্র:

“বস্তুর ভরবেগের পরিবর্তনের হার এর উপর প্রযুক্ত বলের সমানুপাতিক এবং বল যদিকে ক্রিয়া করে বস্তুর ভরবেগের পরিবর্তনও সেদিকে ঘটে”।

ধরি, একটি বস্তুর ভর m এবং আদিবেগ u । এখন, m ভরবিশিষ্ট বস্তুটির উপর F ধ্রুব বল বস্তুটির বেগের অভিমুখে t সময় ধরে প্রয়োগ করলে বস্তুটি বেগের পরিবর্তন করে। ধরি, বল প্রয়োগ করার ফলে বস্তুর বেগের পরিবর্তন হয়। ফলে বস্তুটির বেগ u হতে পরিবর্তিত হয়ে v হয়।

$$\therefore \text{বস্তুটির আদি ভরবেগ} = mu$$

$$\therefore \text{বস্তুটির শেষ ভরবেগ} = mv$$

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

$$\begin{aligned} \text{সুতরাং, বস্তুর ভরবেগের পরিবর্তনের হার} &= \frac{mv - mu}{t} \\ &= m \left(\frac{v - u}{t} \right) \\ &= ma \quad \because \text{ত্বরণ, } a = \frac{v - u}{t} \end{aligned}$$

নিউটনের গতির দ্বিতীয় সূত্রানুসারে, বস্তুর ভরবেগের পরিবর্তনের হার প্রযুক্ত বলের সমানুপাতিক

অর্থাৎ $ma \propto F$

$$\text{বা, } ma = kF$$

এখানে, k একটি সমানুপাতিক ধ্রুবক, এর মান বলের এককের উপর নির্ভর করে। এ সমীকরণ থেকে বলের এককের সংজ্ঞা পাওয়া যায়। আমরা জানি, বলের একক নিউটন (N)।

$$\text{যদি, } k = 1 \text{ হয় যখন } m = 1\text{kg, } a = 1\text{ms}^{-2}$$

তখন $F = 1N$ ধরা হয় ফলে, $ma = kF$ থেকে পাওয়া যায়-

$$1 \times 1 = k \times 1 \text{ বা } k = 1 \text{ হয়।}$$

সুতরাং ভর m কে kg , ত্বরণ a কে ms^{-2} এবং বল F কে N দ্বারা প্রকাশ করলে সমীকরণ, $ma = kF$ থেকে পাওয়া যায়-

$$ma = 1F$$

$$\text{বা, } F = ma \dots \dots \dots (3.1)$$

বা, বল = ভর \times ত্বরণ

$$\text{বলের মাত্রা : } [F] = \text{MLT}^{-2}$$

গাণিতিক উদাহরণ: ৩.১। একটি 588N ওজনের বস্তুকে 0.70ms^{-2} ত্বরণ দিতে এর উপর কত বল প্রয়োগ করতে হবে?

সমাধান:

$$\text{আমরা জানি, } F = ma = 60\text{kg} \times 0.70\text{ms}^{-2}$$

$$= 42\text{N}$$

উ: 42N

এখানে

$$\text{বস্তুর ত্বরণ, } a = 0.70\text{ms}^{-2}$$

$$\text{বস্তুর ওজন, } W = mg$$

$$\text{বস্তুর ভর, } m = \frac{W}{g} = \frac{588\text{N}}{9.8\text{ms}^{-2}}$$

$$= 60\text{kg}$$

বল, F=?

গাণিতিক উদাহরণ: ৩.২: একটি বালক 60N বল দ্বারা 30kg ভরের একটি বস্তুকে ধাক্কা দেয়। বস্তুটির ত্বরণ কত হবে?

সমাধান:

আমরা জানি,

$$F = ma$$

$$a = \frac{F}{m}$$

$$= \frac{60\text{N}}{30\text{kg}}$$

$$= 2\text{ms}^{-2} \quad \text{উত্তর: } 2\text{ms}^{-2}$$

এখানে,

$$\text{বস্তুর ভর, } m = 30\text{kg}$$

$$\text{প্রযুক্ত বল, } F = 60\text{N}$$

$$\text{বস্তুর ত্বরণ, } a = ?$$



সার-সংক্ষেপ:

- ভরবেগ (Momentum): কোন বস্তুর ভর ও বেগের গুণফলকে এর ভরবেগ বলে।
ভরবেগ, $p = mv$
এখানে, m = বস্তুর ভর, v = বস্তুর বেগ।
ভরবেগ একটি ভেক্টর রাশি, এর দিক বেগের দিকে।
- নিউটনের দ্বিতীয় সূত্র: বস্তুর ভরবেগের পরিবর্তনের হার এর উপর প্রযুক্ত বলের সমানুপাতিক এবং বল যদিকে ক্রিয়া করে বস্তুর ভরবেগের পরিবর্তনও সেদিকে ঘটে।
- নিউটনের দ্বিতীয় সূত্রটি বলের পরিমাপের সমীকরণ প্রতিপাদন করে।



পাঠোত্তর মূল্যায়ন-৩.২

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (✓) চিহ্ন দিন

১। নিউটনের দ্বিতীয় সূত্র প্রতিপাদন করে-

ক) বলের পরিমাপের সমীকরণ

গ) বেগের পরিমাপের সমীকরণ

২। নিউটনের দ্বিতীয় সূত্র প্রতিপাদন করে-

ক) ভরবেগ = ভর × বেগ

গ) বল = ভর × ত্বরণ

খ) ভরবেগের পরিমাপের সমীকরণ

ঘ) ভরের পরিমাপের সমীকরণ

খ) ত্বরণ = $\frac{\text{বেগ}}{\text{সময়}}$

ঘ) বল = সময় × ত্বরণ

পাঠ-৩.৩ ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়া বল : নিউটনের গতির তৃতীয় সূত্র

Action and reaction force : Newton's third law of motion



উদ্দেশ্য

এই পাঠ শেষে আপনি-

- নিউটনের গতির তৃতীয় সূত্র বর্ণনা করতে পারবেন।
- নিউটনের গতির তৃতীয় সূত্র ব্যবহার করে ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়া বল ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
- নিউটনের গতির তৃতীয় সূত্রের উদাহরণ হিসেবে ভূমির উপর দাড়ানো, মাটির উপর দিয়ে হাঁটা এবং লগি দিয়ে নৌকা চালানো ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
- ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্র ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
- সংঘর্ষ ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
- দুটি বস্তুর সংঘর্ষের ক্ষেত্রে ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্র প্রতিপাদন করতে পারবেন।



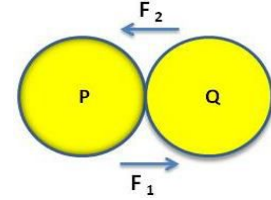
৩.৩.১. নিউটনের তৃতীয় সূত্র - ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়া বল

নিউটনের প্রথম ও দ্বিতীয় সূত্র একটি বস্তুর গতি সম্পর্কে ব্যাখ্যা প্রদান করেছে কিন্তু নিউটনের তৃতীয় সূত্র দুটি বস্তুর পারস্পরিক সংঘর্ষ নিয়ে আলোচনা প্রদান করে।

নিউটনের তৃতীয় সূত্রানুসারে-

“প্রত্যেক ক্রিয়ারই একটি সমান ও বিপরীতমুখী প্রতিক্রিয়া আছে”।

সুতরাং নিউটনের তৃতীয় সূত্রানুসারে, যদি একটি বস্তু অন্য একটি বস্তুর উপর বল প্রয়োগ করে, তখন দ্বিতীয় বস্তুটিও প্রথম বস্তুর উপর একটি সমান ও বিপরীত মুখী বল প্রয়োগ করে। ৩.১৩ চিত্রে, যদি একটি বস্তু P অন্য একটি বস্তু Q এর উপর F_1 বল প্রয়োগ করে তখন Q বস্তুটিও নিউটনের তৃতীয় সূত্রানুসারে P বস্তুর উপর সমান কিন্তু বিপরীতমুখী বল F_2 প্রয়োগ করবে (চিত্র- ৩.১৩: নিউটনের তৃতীয় সূত্র)। এখানে P বস্তু কর্তৃক Q বস্তুর উপর প্রযুক্ত বলকে ক্রিয়া বল (Action force) এবং Q বস্তু কর্তৃক P বস্তুর উপর প্রযুক্ত বলকে প্রতিক্রিয়া বল (Reaction force) বলে।



চিত্র- ৩.১৩: নিউটনের তৃতীয় সূত্র

সুতরাং নিউটনের তৃতীয় সূত্রানুসারে,

$$F_1 = F_2$$

উদাহরণ:

মাটির উপর দাঁড়ানো

মাটির উপর দাঁড়িয়ে থাকলে মানুষটি স্থির থাকে। কারণ, মানুষটির ওজনের সমান একটি বল নীচের দিকে মাটির উপর ক্রিয়া করে। নিউটনের তৃতীয় সূত্রানুসারে, মাটিও নীচ হতে মানুষটির উপর বল প্রয়োগ করে। এখানে, মানুষটির ওজন ও মাটি দ্বারা প্রযুক্ত প্রতিক্রিয়া বল পরস্পর সমান ও বিপরীত হওয়ায় সাম্যের সৃষ্টি করে। মানুষ দ্বারা মাটির উপর প্রযুক্ত বল ক্রিয়া বল এবং মাটি মানুষটির উপর যে বল প্রয়োগ করে তা প্রতিক্রিয়া বল (চিত্র- ৩.১৪: নিউটনের তৃতীয় সূত্র)।

মাটির উপর হাঁটা

মাটির উপর হাঁটার সময় পেছনের পা দ্বারা মাটির উপর একটি তির্যকভাবে বল প্রয়োগ করা হয়। এ হলো ক্রিয়া বল। নিউটনের তৃতীয় সূত্রানুসারে, মাটির এই বলের বিপরীতে একটি সমান প্রতিক্রিয়া বল সৃষ্টি করে পায়ের উপর ক্রিয়া করে। ফলে



চিত্র- ৩.১৪: নিউটনের তৃতীয় সূত্র



চিত্র-৩.১৫: মাটির উপর হাঁটা

মানুষটি রাস্তার উপর দিয়ে ভারসাম্য রেখে হাঁটতে সক্ষম হয় (চিত্র-৩.১৫: মাটির উপর হাঁটা)।

আরোহী নৌকা হতে লাফিয়ে তীরে নামলে

আরোহী নৌকা হতে লাফিয়ে তীরে নামলে, নৌকাটি পেছনে চলে যায়। কারণ আরোহী লাফ দেবার সময় নৌকার উপর বল প্রয়োগ করে ফলে নৌকাটি পিছনে সরে যায়। নৌকাটি নিউটনের তৃতীয় সূত্রানুসারে, আরোহীর উপর একটি সমান ও বিপরীতমুখী বল প্রয়োগ করে যা আরোহীকে সামনের তীরের দিকে লাফিয়ে পড়তে সাহায্য করে (চিত্র-৩.১৬: নিউটনের তৃতীয় সূত্র)।



চিত্র-৩.১৬: নিউটনের তৃতীয় সূত্র

৩.৩.২ ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্র ও সংঘর্ষ

Conservation law of momentum and collision:

একাধিক বস্তুর মধ্যে ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়া ভিন্ন অন্য কোন বল না থাকলে যে কোনো দিকে তাদের মোট ভরবেগের কোনো পরিবর্তন হয় না। এটি ভরবেগের নিত্যতা বা সংরক্ষণ সূত্র।



চিত্র-৩.১৭: সংঘর্ষ

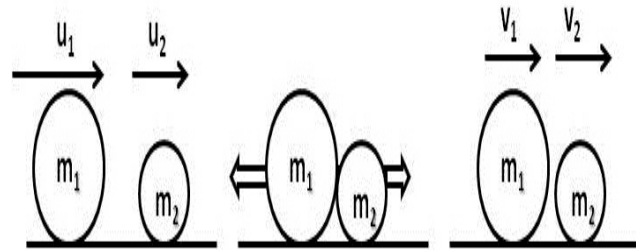
সড়ক দুর্ঘটনার সকল ঘটনাই সংঘর্ষ (চিত্র-৩.১৭: সংঘর্ষ)। মার্বেল খেলার সময় একটি মার্বেলকে লক্ষ্য করে আরেকটি মার্বেল মারা হয়। দ্বিতীয় মার্বেলটি যদি প্রথম মার্বেলটিকে আঘাত করে, তবে একে দুটি মার্বেলের মধ্যে সংঘর্ষ ঘটেছে বলা যায়।

ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্রের ব্যাখ্যা: মনে করি, m_1 ও m_2 ভরবিশিষ্ট দু'টি বস্তু যথাক্রমে u_1 ও u_2 বেগে একই সরলরেখা বরাবর চলছে (চিত্র-৩.১৮ (ক))। অতএব বস্তু দু'টির ভরবেগ যথাক্রমে m_1u_1 ও m_2u_2 । কাজেই বস্তু দু'টির আদি ভরবেগের সমষ্টি $m_1u_1 + m_2u_2$ ।

এখানে m_1 এর বেগ m_2 এর বেগের চেয়ে বেশি হলে কোন একসময় m_1 বস্তুটি m_2 বস্তুটিকে ধাক্কা দিবে (চিত্র-৩.১৮ (খ))।

m_1 বস্তুটি যদি m_2 বস্তুটিকে ধাক্কা দেয়, তবে নিউটনের তৃতীয় সূত্রানুসারে m_2 বস্তুটিও m_1 বস্তুটিকে সমান ও বিপরীত ধাক্কা প্রয়োগ করবে। এখানে m_1 বস্তু m_2 বস্তুর

উপর ক্রিয়া বল এবং m_2 বস্তু m_1 বস্তুর উপর প্রতিক্রিয়া বল প্রয়োগ করবে। ধরি, ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়ার সময় t । সংঘর্ষের পর বস্তু দুইটি পরিবর্তিত বেগে একই সরলরেখায় চলতে থাকবে (চিত্র-৩.১৮ (গ))। ধরি, ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়ার পর বস্তু দুইটির বেগ v_1 ও v_2 । অতএব, ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়ার পর m_1 এবং m_2 বস্তু দু'টির ভরবেগ যথাক্রমে m_1v_1 ও m_2v_2 হবে। কাজেই ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়ার পর বস্তু দুটির মোট ভরবেগ = $m_1v_1 + m_2v_2$ ।



চিত্র-৩.১৮ (ক)

চিত্র-৩.১৮ (খ)

চিত্র-৩.১৮ (গ)

কিন্তু ভরবেগের নিত্যতা সূত্রানুসারে,

ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়ার পূর্বে মোট ভরবেগ = ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়ার পরে মোট ভরবেগ,

$$\therefore m_1u_1 + m_2u_2 = m_1v_1 + m_2v_2 \dots \dots \dots (৩.২)$$

ভরবেগের নিত্যতা সূত্রের গাণিতিক প্রমাণ : মনে করি, একই সরলরেখায় এবং একই দিকে m_1 এবং m_2 ভরবিশিষ্ট দু'টি বস্তু যথাক্রমে u_1 এবং u_2 আদিবেগে চলছে (চিত্র ৩.১৮) এখানে m_1 বস্তুটির বেগ u_1 , m_2 বস্তুটির বেগ u_2 এর চেয়ে বেশি।

m_1 এর বেগ বেশি হওয়ায় এটি যাত্রাকালের যে কোনো মুহূর্তে m_1 বস্তুটি পিছন হতে m_2 বস্তুটি ধাক্কা দিবে। ফলে বস্তু দুটি একই দিকে সরল পথে চলে ক্রিয়া বা প্রতিক্রিয়া কাল t তে যথাক্রমে v_1 ও v_2 বেগ প্রাপ্ত হবে।

এসএসসি প্রোগ্রাম

$$m_1 \text{ বস্তুটির আদি বেগ} = u_1$$

$$m_1 \text{ বস্তুটির সংঘর্ষের পরে বেগ} = v_1$$

$$m_1 \text{ বস্তুটির বেগের পরিবর্তন} = v_1 - u_1$$

$$m_1 \text{ বস্তুটির বেগের পরিবর্তনের হার} = \frac{v_1 - u_1}{t}$$

$$\text{আবার } m_2 \text{ বস্তুটির আদি বেগ} = u_2$$

$$m_2 \text{ বস্তুটির সংঘর্ষের পরে বেগ} = v_2$$

$$m_2 \text{ বস্তুটির বেগের পরিবর্তন} = v_2 - u_2$$

$$m_2 \text{ বস্তুটির বেগের পরিবর্তনের হার} = \frac{v_2 - u_2}{t}$$

ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়া বলের ফলে বস্তু দুটির ত্বরণ যদি যথাক্রমে a_1 ও a_2 হলে, নিউটনের তৃতীয় সূত্র অনুযায়ী-
 $F_1 = -F_2$

$$\text{বা, } m_1 a_1 = -m_2 a_2 \quad \text{বা, } m_1 \frac{v_1 - u_1}{t} = m_2 \frac{v_2 - u_2}{t} \quad \text{বা, } m_1 v_1 - m_1 u_1 = m_2 v_2 - m_2 u_2$$

$$\text{বা, } m_1 u_1 + m_2 u_2 = m_1 v_1 + m_2 v_2$$

ক্রিয়ার পূর্বে ভরবেগের সমষ্টি = ক্রিয়ার পরে ভরবেগের সমষ্টি।

সুতরাং উপরের সমীকরণ থেকে বলা যায় যে, একাধিক বস্তুর ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়া ভিন্ন অন্য কোন বল কাজ না করলে ক্রিয়ার পূর্বের ভরবেগের সমষ্টি এবং ক্রিয়ার পরের ভরবেগের সমষ্টি অপরিবর্তিত থাকে। ইহাই ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্র।

গাণিতিক উদাহরণ ৩.৩। একটি 10g ভরের গুলি 2kg ভরের একটি বন্দুকের নল হতে 300ms^{-1} বেগে বের হয়ে গেল। বন্দুকের পশ্চাৎ বেগ নির্ণয় কর।

সমাধান: ধরি, গুলির বেগের দিক অর্থাৎ সম্মুখ দিক ধনাত্মক।

ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্র হতে আমরা পাই-

মোট আদি ভরবেগ = মোট শেষ ভরবেগ,

$$m_1 u_1 + m_2 u_2 = m_1 v_1 + m_2 v_2$$

$$\text{বা, } m_2 v_2 = m_1 u_1 + m_2 u_2 - m_1 v_1$$

$$\text{বা, } v_2 = \frac{m_1 u_1 + m_2 u_2 - m_1 v_1}{m_2}$$

এখানে,

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

$$\text{বন্দুকের ভর, } m_2 = 2\text{kg}$$

$$\text{গুলির আদিবেগ, } u_1 = 0$$

$$\text{বন্দুকের আদিবেগ, } u_2 = 0$$

$$\text{গুলির শেষ বেগ, } v_1 = 300\text{ms}^{-1}$$

$$\text{বন্দুকের, শেষবেগ, } v_2 = ?$$

$$= \frac{10^{-2}\text{kg} \times 0 + 2\text{kg} \times 0 - 10^{-2}\text{kg} \times 300\text{ms}^{-1}}{2\text{kg}} = -\frac{3\text{kgms}^{-1}}{2\text{kg}} = -1.5\text{ms}^{-1}$$

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

উত্তর: পশ্চাৎ বেগ = 1.5ms^{-1}

গণিতিক উদাহরণ ৩.৪: 4kg ভরের একটি বস্তু 13ms^{-1} বেগে সরলরেখায় চলন্ত অবস্থায় 10ms^{-1} বেগে একই দিকে গতিশীল 2kg ভরের একটি বস্তুর সাথে একসাথে মিলে একটি বস্তুতে পরিণত হয়ে, একসাথে চলতে থাকে। মিলিত হওয়ার পর এর বেগ কত হবে নির্ণয় কর।

সমাধান:

ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্র হতে আমরা পাই-

মোট আদি ভরবেগ=মোট শেষ ভরবেগ

$$m_1u_1 + m_2u_2 = m_1v_1 + m_2v_2$$

$$\text{বা, } m_1u_1 + m_2u_2 = m_1v + m_2v$$

$$\text{বা, } v = \frac{m_1u_1 + m_2u_2}{m_1 + m_2}$$

$$= \frac{4\text{kg} \times 13\text{ms}^{-1} + 2\text{kg} \times 10\text{ms}^{-1}}{(4+2)\text{kg}}$$

$$= \frac{52\text{kgms}^{-1} + 20\text{kgms}^{-1}}{6\text{kg}}$$

$$= \frac{72\text{kgms}^{-1}}{6\text{kg}} = 12\text{ms}^{-1}$$

এখানে,

প্রথম বস্তুর ভর, $m_1 = 4\text{kg}$

দ্বিতীয় বস্তুর ভর, $m_2 = 2\text{kg}$

প্রথম বস্তুর আদিবেগ, $u_1 = 13\text{ms}^{-1}$

দ্বিতীয় বস্তুর আদিবেগ, $u_2 = 10\text{ms}^{-1}$

প্রথম বস্তুর শেষবেগ, $v_1 = v$

দ্বিতীয় বস্তুর শেষবেগ, $v_2 = v$

মিলিত বস্তুর শেষবেগ, $v = ?$

উ: মিলিত হওয়ার পর বেগ হবে 12ms^{-1}



সার-সংক্ষেপ:

- নিউটনের তৃতীয় সূত্র (Newton's third law) : প্রত্যেক ক্রিয়ারই একটি সমান এবং বিপরীত মুখী প্রতিক্রিয়া আছে।
- ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্র (Conservation law of motion) : একাধিক বস্তুর মধ্যে ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়া ভিন্ন অন্য কোনো বল না থাকলে, যে কোনো দিকে তাদের মোট ভরবেগের কোনো পরিবর্তন হয় না। এটি ভরবেগের নিত্যতা বা সংরক্ষণ সূত্র।
- সংঘর্ষ (Collision) : কোনো একটি গতিশীল বস্তু যখন অন্য কোনো একটি গতিশীল বস্তুকে ধাক্কা দেয়, তখন বস্তু দুটির মধ্যে সংঘর্ষ হয়েছে বলা হয়।



পাঠোত্তর মূল্যায়ন-৩.৩

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (✓) চিহ্ন দিন

১। নিচের কোন বিষয়টি নিউটনের তৃতীয় সূত্রের সাহায্যে ব্যাখ্যা করা যায়?

ক) জড়তা

খ) বল

গ) ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্র

ঘ) শক্তি

পাঠ-৩.৪ ঘর্ষণ

Friction



উদ্দেশ্য

এই পাঠ শেষে আপনি—

- বিভিন্ন প্রকার ঘর্ষণ ও ঘর্ষণ বল ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
- বস্তুর গতির উপর ঘর্ষণের প্রভাব ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
- ঘর্ষণ হ্রাস-বৃদ্ধি করার উপায় বর্ণনা করতে পারবেন।
- ঘর্ষণ একটি প্রয়োজনীয় উপদ্রব-ব্যাখ্যা করতে পারবেন।



৩.৪.১. ঘর্ষণ ও ঘর্ষণ বল

Friction and force of friction

জীবনের বিভিন্ন পর্যায়েই আমরা ঘর্ষণ বা ঘর্ষণ বলের মুখোমুখি হই। কিন্তু এ অভিজ্ঞতাকে হয়ত আমরা অনেকেই পদার্থবিজ্ঞানের ভাষায় জানি না, আজ আমরা প্রাত্যহিক জীবনের সাথে মিলিয়ে ঘর্ষণ ও ঘর্ষণ বলের সাথে পরিচিত হব।

নিউটনের গতির প্রথম সূত্র থেকে আমরা জানি যে, কোনো বস্তুর উপর বাহ্যিক কোনো বল ক্রিয়া না করলে, স্থির বস্তু স্থির থাকবে। গতিশীল বস্তু সমবেগ সরলপথে চলতে থাকবে। কিন্তু বাস্তবে আমরা কি দেখতে পাই? একটি খেলনা মোটরকে মেঝের উপর দিয়ে গড়িয়ে দিন। খেলনাটিকে যখন মেঝের উপর দিয়ে গড়িয়ে দেয়া হয়, তখন এর উপর বল প্রয়োগ করা হয়। ফলে খেলনাটি মেঝের উপর গতিশীল হয়। নিউটনের প্রথম সূত্রানুসারে, খেলনাটি মেঝের উপর সমবেগে গতিশীল থাকার কথা। কিন্তু বাস্তব ক্ষেত্রে দেখা যায় যে, খেলনাটি কিছুদূর যাওয়ার পর থেমে গেছে। মেঝের সাথে খেলনাটির পারস্পরিক ঘর্ষণের ফলে খেলনাটি কিছু দূর যাওয়ার পর থেমে যায়। খেলনাটি যখন মেঝের উপর গতিশীল থাকে, তখন খেলনা ও মেঝের পারস্পরিক ঘর্ষণের ফলে একটি ঘর্ষণ বলের উৎপত্তি হয়। এ ঘর্ষণ বল গতির বিপরীত দিকে ক্রিয়া করে এবং খেলনার গতিকে বাধাগ্রস্ত করে। যদি খেলনা এবং মেঝের মধ্যে ঘর্ষণ বল ক্রিয়া না করত তবে খেলনাটি সমবেগে অবিরাম চলতে থাকত।

দুটি বস্তু পরস্পরের সংস্পর্শে থেকে যদি একটি উপর দিয়ে অপরটি চলতে চেষ্টা করে, তবে বস্তু দুটির স্পর্শতলে একটি বাধার উৎপত্তি সৃষ্টি হয়, এ বাধাকে ঘর্ষণ বলে। আর যে বল গতিশীল বস্তুটির গতির পথে বাধা সৃষ্টি করে, তাকে ঘর্ষণ বল বলে।

৩.৪.৪ ঘর্ষণের উৎপত্তি

Production of friction

আমরা জানি যে, যখন একটি বস্তুর তল অপর বস্তুর তলের উপর দিয়ে গতিশীল হয়। তখন প্রত্যেক বস্তু একে অপরের উপর ঘর্ষণ বল প্রয়োগ করে। এখন এ ঘর্ষণ বলের উৎপত্তি হয় কিভাবে? প্রত্যেক বস্তুরই তল রয়েছে। খালি চোখে এ তলগুলোকে যতই মসৃণ দেখাক না কেন, কোন বস্তুই সম্পূর্ণ মসৃণ হতে পারে না। অনুবীক্ষণ যন্ত্রের সাহায্যে দেখলে এর উঁচু নিচু খাঁজগুলি দেখা যায়। ফলে যখন একটি বস্তু অপর বস্তুর উপর দিয়ে চলার চেষ্টা করে তখন বস্তু দুটির খাঁজগুলো একে অপরের সাথে আটকে যায়। ফলে একটি তলের উপর দিয়ে অপর তলের গতি বাধাপ্রাপ্ত হয়। বস্তুগুলির তল যত অমসৃণ হবে অর্থাৎ তলের উঁচু নিচু খাঁজ যত বেশি এবং গভীর হবে, এক তলের উপর দিয়ে অপর তল চলার সময় তত বেশি বাধাগ্রস্ত হবে। ফলে ঘর্ষণ বলের মানও বেড়ে যাবে। স্পর্শতলের মধ্যকার এ বাধাকে অতিক্রম করতে পারলে তবেই বস্তুটি গতিশীল হবে। ঘর্ষণের ফলে তলের উপর দিয়ে চলমান বস্তুটির গতি বাধাপ্রাপ্ত হয় এবং অবশেষে থেমে যায়।

৩.৪.৩ ঘর্ষণের প্রকারভেদ

Types of friction

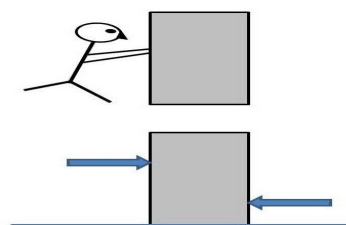
ঘর্ষণ সাধারণত চার প্রকার হয়-

১. স্থিতি ঘর্ষণ (Static friction)
২. চল বা পিছলানো ঘর্ষণ (Sliding friction)
৩. আবর্ত ঘর্ষণ (Rolling friction) এবং
৪. প্রবাহী ঘর্ষণ (Fluid friction)

স্থিতি ঘর্ষণ

দুটি বস্তুর তল পরস্পরের সংস্পর্শে থেকে একটির সাপেক্ষে অপরটি গতিশীল না হলে, এদের মিলন তলে যে ঘর্ষণের সৃষ্টি হয়, তাকে স্থিতি ঘর্ষণ বলে।

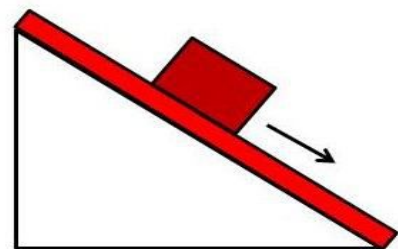
কোনো বস্তুর উপর বল প্রয়োগ করার পরেও যদি বস্তুটি গতিশীল না হয় তখন স্থিতি ঘর্ষণ কাজ করে। যেমন একটি ভারী বাস্ককে বল প্রয়োগ করার পরও যদি এটি স্থান পরিবর্তন না করে অর্থাৎ গতিশীল না হলে যে ঘর্ষণ বলের উৎপত্তি হয়, তাকে স্থিতি ঘর্ষণ বল বলে, আর এ বাধাকে স্থিতি ঘর্ষণ বলে (চিত্র- ৩.১৯: স্থিতি ঘর্ষণ)। অতএব দু'টি বস্তু পরস্পরের সংস্পর্শে থাকা অবস্থায় বল প্রয়োগে একটিকে অপরটির উপর গতিশীল করার চেষ্টা করা হলে, একটি বস্তু অপর একটি বস্তুর উপর দিয়ে গতিশীল হওয়ার পূর্ব মুহূর্ত পর্যন্ত যে ঘর্ষণ বল ক্রিয়া করে তাকে স্থিতি ঘর্ষণ বলে।



চিত্র- ৩.১৯: স্থিতি ঘর্ষণ

চল বা পিছলানো ঘর্ষণ:

যখন একটি বস্তু অন্য একটি বস্তুর তলের উপর দিয়ে পিছলিয়ে বা ঘেঁষে চলে বা চলতে চেষ্টা করে (চিত্র- ৩.২০: চল বা পিছলানো ঘর্ষণ), তখন গতির বিরুদ্ধে যে ঘর্ষণের সৃষ্টি হয় তাকে চল বা পিছলানো ঘর্ষণ বলে। গাড়ি রাস্তার উপর দিয়ে চলার সময় হার্ড ব্রেক করলে, হার্ড ব্রেক করার পরও গাড়িটি কিছুদূর এগিয়ে যাওয়ার পর বা কিছুটা দূরত্ব অতিক্রম করার পর থামে। অর্থাৎ গাড়িটা পিছলিয়ে কিছুদূর অতিক্রম করে। পিচ্ছিল রাস্তার উপর দিয়ে চলার সময় অনেক সময় আমরা খানিকটা দূরত্ব অতিক্রম করার পর পড়ে যাই এবং বলি পিছলে পড়ে গেছি। উপরের দু'টি ঘটনাই চল বা পিছলানো ঘর্ষণের উদাহরণ।



চিত্র- ৩.২০: চল বা পিছলানো ঘর্ষণ

আবর্ত ঘর্ষণ:

যখন একটি বস্তু অন্য একটি বস্তুর তলের উপর দিয়ে গড়িয়ে চলে তখন গতির বিরুদ্ধে যে ঘর্ষণের সৃষ্টি হয় তাকে আবর্ত ঘর্ষণ বলে। আধুনিক সকল সুটকেসে বা লাগেজে চাকা লাগানো থাকে। চাকা লাগানোর ফলে সুটকেস বা লাগেজকে সহজে আমরা চাকার সাহায্যে মেঝের উপর দিয়ে একস্থান থেকে অন্যস্থানে নিতে পারি (চিত্র- ৩.২১: আবর্ত ঘর্ষণ)। চাকা না লাগানো থাকলে সুটকেস বা লাগেজকে একস্থান থেকে অন্যস্থানে নেয়া কষ্টসাধ্য হয়ে যেত। এ ঘটনা থেকে বোঝা যায়, পিছলানো ঘর্ষণের জন্য যে বল গতির বিরুদ্ধে সৃষ্টি হয় তার মান আবর্ত ঘর্ষণের জন্য সৃষ্ট বলের মানের চেয়ে বেশি। সাইকেলের চাকার গতি, মার্বেলের গতি আবর্ত ঘর্ষণের উদাহরণ।

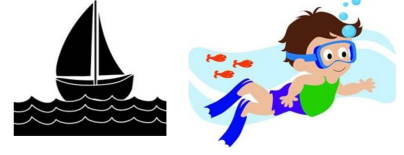


চিত্র- ৩.২১: আবর্ত ঘর্ষণ

প্রবাহী ঘর্ষণ

যখন কোনো বস্তু যেকোনো প্রবাহী পদার্থ যেমন- তরল বা বায়বীয় পদার্থের মধ্যে প্রবাহিত হয় বা গতিশীল থাকে বা যখন কোনো তরল বা বায়বীয় পদার্থের গতিপথে কোনো স্থির বস্তু রাখা হয়, তখন উভয়ের মধ্যে যে ঘর্ষণের সৃষ্টি হয় তাকে প্রবাহী ঘর্ষণ বলে।

জাহাজ পানিতে চলার সময় একটি বাধা অতিক্রম করে সামনের দিকে এগিয়ে যায়, আবার পুকুরে সাঁতার কাটার সময় পুকুরের পানির মধ্য দিয়ে একটি বাধাকে অতিক্রম করে সামনের দিকে এগুতে হয় (চিত্র- ৩.২২: প্রবাহী ঘর্ষণ)। আর এ বাধাই প্রবাহী ঘর্ষণ।



চিত্র- ৩.২২: প্রবাহী ঘর্ষণ

বৃষ্টির পানি বাতাসের মধ্য দিয়ে পড়ার সময় প্রবাহী ঘর্ষণের উৎপত্তি হয়।

৩.৪.৪ ঘর্ষণের হ্রাস বৃদ্ধি

Increase and decrease of friction

দৈনন্দিন জীবনে আমরা নানা কাজের মাধ্যমে ঘর্ষণের সাথে পরিচিত হই। ঘর্ষণের কারণে আমরা নানা রকম সুবিধা অসুবিধার সম্মুখীন হই। এ সকল অসুবিধাকে ঘর্ষণ বাড়িয়ে বা কমিয়ে দূর করা যেতে পারে। এখন আমরা ঘর্ষণকে কীভাবে হ্রাস ও বৃদ্ধি করা যায় তা নিয়ে আলোচনা করব।

ঘর্ষণের হ্রাস

Decrease of friction

তলকে মসৃণ করা

একটি ভারী বস্তুকে টেনে এক স্থান থেকে অন্য স্থানে নেয়া কষ্টসাধ্য। ভারী বস্তুটির স্পর্শতল যদি অমসৃণ হয় তবে মেঝের উপর দিয়ে টানার সময় ঘর্ষণের পরিমাণ বেশি হবে। কাজেই বস্তুটিকে এক স্থান থেকে অন্য স্থানে নিতে পরিশ্রম বেশি করতে হবে। ভারী বস্তুটির তলকে মসৃণ করলে ঘর্ষণের পরিমাণ হ্রাস পাবে এবং অপেক্ষাকৃত কম পরিশ্রমে বস্তুটিকে একস্থান থেকে স্থানে নেয়া যাবে।

চাকার ব্যবহার

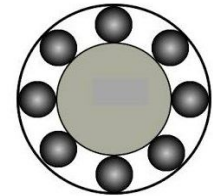
বিভিন্ন বস্তুকে এক স্থান থেকে অন্য স্থানে নেয়া বা বিভিন্ন বস্তুর এক স্থান থেকে অন্য স্থানে যাওয়ার ক্ষেত্রে চাকার ব্যবহার অত্যাবশ্যকীয়। চাকা ব্যবহার না করলে বাস, ট্রাকসহ বিভিন্ন যন্ত্রপাতির চালানো সম্ভব ছিল না। চাকার তল রাস্তার উপর দিয়ে গড়িয়ে চলার কারণে এটি পিছলিয়ে রাস্তার উপর দিয়ে চলার চেয়ে অনেক ঘর্ষণ বলের পরিমাণ নামিয়ে আনে। চাকা লাগানোর ফলে আবর্ত ঘর্ষণের মান পিছলানো ঘর্ষণের তুলনায় অনেক কমে যায়। সুটকেসে চাকা লাগানোর কারণে এটি টানা সহজতর হয়।

পিচ্ছিলকারী পদার্থের ব্যবহার

পিচ্ছিলকারী পদার্থ যেমন তেল, মবিল, গ্রিজ জাতীয় পদার্থ দুটি বস্তুর তলের মধ্যবর্তী স্থানে ব্যবহার করে ঘর্ষণের পরিমাণ হ্রাস করা যায়। এ সকল পিচ্ছিলকারী পদার্থ বিভিন্ন ইঞ্জিনের যন্ত্রাংশের মধ্যে ব্যবহার করে ঘর্ষণের পরিমাণ হ্রাস করা হয়। কাজেই ইঞ্জিনটি সুন্দরভাবে চলে। সেলাই মেশিনে তেল ব্যবহার করা হয় যাতে এটি অপেক্ষাকৃত কম পরিশ্রমে চালনা করা যায়।

বল-বেয়ারিং-এর ব্যবহার

বল-বেয়ারিং-এর আবিষ্কার চাকার আবিষ্কারের মতই যন্ত্রপাতির সচলতার ক্ষেত্রে গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা রেখেছে। বিভিন্ন যন্ত্রের যন্ত্রাংশের সংস্পর্শে থাকা গতিশীল দু'টি তলের মধ্যে সরাসরি ঘর্ষণ অর্থাৎ পিছলানো ঘর্ষণ এড়ানোর জন্য বল-বেয়ারিং ব্যবহার করা হয় (চিত্র-৩.২৩: বেয়ারিং)। কাজেই বল বেয়ারিং এর ব্যবহার পিছলানো ঘর্ষণের পরিবর্তে আবর্ত ঘর্ষণের সৃষ্টি করে। ফলে ঘর্ষণের পরিমাণ হ্রাস পায়। বল-বেয়ারিং-এর ব্যবহারের উদাহরণ হলো গাড়ির চাকা, সাইকেল এবং বৈদ্যুতিক পাখা।



চিত্র-৩.২৩: বেয়ারিং

ঘর্ষণের বৃদ্ধি:**রাস্তার মসৃণতাহ্রাস**

পিচ্ছিল বা কর্দমাক্ত রাস্তায় ট্রাক বা বাস চলতে অসুবিধা হয় এবং অনেক সময় এক স্থানে আটকে যায়। পিচ্ছিল বা কর্দমাক্ত রাস্তায় চাকার সাথে রাস্তার তলের ঘর্ষণের পরিমাণ কম হয়। কর্দমাক্ত রাস্তায় উঁচু নিচু খাঁজ না থাকায় চাকাটির রাস্তাটিকে আঁকড়ে ধরে সামনে এগোতে অসুবিধা হয়। এ কারণে গাড়ির টায়ারকে এমনভাবে তৈরি করা হয় যেন এটি চলার সময় রাস্তাকে ভালোভাবে আঁকড়ে ধরে রাখে এবং সামনে এগোনোর জন্য পরিমাণমতো ঘর্ষণ বল সৃষ্টি করে। টায়ারটির উপরের পৃষ্ঠে বিভিন্ন ধরনের খাঁজ কাটা বা দাঁত থাকে। এভাবে টায়ারের তলকে অমসৃণ করার মাধ্যমে ঘর্ষণকে বাড়ানো হয়।

জুতার নিচে খাঁজ কাটা

নিরাপদে হাঁটার জন্য ঘর্ষণ খুবই প্রয়োজন। জুতা এমনভাবে তৈরি করা হয় যেন এর তলদেশে চেউ খেলানো বা খাঁজ কাটা থাকে। এর ফলে জুতার খাজগুলো রাস্তাকে আঁকড়ে ধরে এবং পরিমাণ মতো ঘর্ষণ বল সৃষ্টি করে। জুতা ও রাস্তার মধ্যে ঘর্ষণ বল বাড়ানোর জন্য জুতার এরূপ ডিজাইন করা হয়। জুতা পুরনো হলে খাঁজগুলো অনেকাংশে সমতল হয়ে যায়। এ সময় পিচ্ছিল বা ভেজা রাস্তায় জুতা পায়ের চলাচল কষ্টকর হয়। আমাদের পায়ের তলাও সমতল নয়।

৩.৪.৫. ঘর্ষণ : একটি প্রয়োজনীয় উপদ্রব**Friction : a necessary disturbance**

ঘর্ষণের ফলে আমরা আমাদের প্রাত্যহিক জীবনের বিভিন্ন কর্মকাণ্ডে অসুবিধার সম্মুখীন হই। কিন্তু ঘর্ষণ ছাড়া আমাদের জীবনের কর্মকাণ্ড স্থবির হয়ে পড়তো।

ঘর্ষণের ফলে আমাদের প্রাত্যহিক জীবনের অনেক কর্মকাণ্ডই অসুবিধার সম্মুখীন হলেও, এটি ছাড়া আমাদের দৈনন্দিন জীবন স্থবির। ঘর্ষণ ছাড়া যে কোনো বস্তুই হয় অরিরাম চলতো অথবা চলতে পারতো না। ঘর্ষণ ছাড়া আগুন জ্বলতো না। আগুন ছাড়া রান্নাসহ দৈনন্দিন জীবনের অনেক কাজই অসম্ভব। ঘর্ষণের কারণে পাকা দালান ও বাড়িঘর নির্মান করা সম্ভব হয়েছে। জুতা ও রাস্তার মধ্যে ঘর্ষণের ফলে আমরা হাঁটাচলা করতে পারি। ঘর্ষণের জন্য আমরা গাড়ির গতি নিয়ন্ত্রণ করতে পারি। ঘর্ষণের জন্য আমরা কাগজে লিখতে পারি।

ঘর্ষণের কারণে আমরা অনেক অসুবিধার সম্মুখীন হই। বিভিন্ন যন্ত্রের, যন্ত্রাংশের মধ্যে ক্রমাগত ঘর্ষণের ফলে যন্ত্রের আয়ুষ্কাল কমে যায়। যে কোন ধরনের জ্বালানি চালিত যানবাহনকে অতিরিক্ত ঘর্ষণ অতিক্রম করতে হলে জ্বালানি শক্তির অপচয় হয়। আমরা মানুষ চালিত যানবাহনের ক্ষেত্রে অতিরিক্ত পরিশ্রমের প্রয়োজন হয় যানবাহনটিকে চালিত করতে। ঘর্ষণের ফলে বিভিন্ন জিনিষপত্র ক্ষয়প্রাপ্ত হয়। ফলে দেখা যায় যে, জীবন যাপনের ক্ষেত্রে যেমন ঘর্ষণের প্রয়োজন অত্যাবশ্যকীয় তেমনি অতিরিক্ত ঘর্ষণের অভিজ্ঞতা ফলে আমরা কিছু অসুবিধার সম্মুখীন হই। এ কারণেই ঘর্ষণকে বলা হয় একটি প্রয়োজনীয় উপদ্রব।

**সার-সংক্ষেপ:**

- ঘর্ষণ ও ঘর্ষণ বল: দু'টি বস্তু পরস্পরের সংস্পর্শে থেকে যদি একটির উপর দিয়ে অপরটি চলতে চেষ্টা করে, তবে বস্তু দু'টির স্পর্শ তলে একটি বাধার সৃষ্টি হয়। এ বাধাকে ঘর্ষণ বলে। আর যে বল গতিশীল বস্তুটির গতির পথে বাধা সৃষ্টি করে, তাকে ঘর্ষণ বল বলে।
- ঘর্ষণ সাধারণত চার প্রকার-
 ১. স্থিতি ঘর্ষণ (Static friction)
 ২. চল বা পিছলানো ঘর্ষণ (Sliding friction)
 ৩. আবর্ত ঘর্ষণ (Rolling friction)
 ৪. প্রবাহী ঘর্ষণ (Fluid friction)

পাঠোত্তর মূল্যায়ন-৩.৪

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (✓) চিহ্ন দিন

- সুটকেস বা লাগেজকে মেঝের উপর দিয়ে এক স্থান থেকে অন্য স্থানে নিতে যে ঘর্ষনের সৃষ্টি হয় তাকে বলে—
ক) প্রবাহী ঘর্ষণ
খ) আবর্ত ঘর্ষণ
গ) স্থিতি ঘর্ষণ
ঘ) পিছলানো ঘর্ষণ
- আমরা যখন বায়ু, পানির মধ্য দিয়ে চলাচল করি, তখন কোন ঘর্ষনের সৃষ্টি হয়?
ক) স্থিতি ঘর্ষণ
খ) চল ঘর্ষণ
গ) প্রবাহী ঘর্ষণ
ঘ) আবর্ত ঘর্ষণ

পাঠ-৩.৫ নিরাপদ ভ্রমণ (Safe Journey)



উদ্দেশ্য

এই পাঠ শেষে আপনি—

- নিরাপদ ভ্রমণের ক্ষেত্রে গতি ও বলের প্রভাব ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
- নিরাপদ ভ্রমণের ক্ষেত্রে ঘর্ষনের প্রভাব বর্ণনা করতে পারবেন।
- নিরাপদ ভ্রমণের ক্ষেত্রে ট্রাফিক আইন মেনে চলার প্রয়োজনীয়তা ব্যাখ্যা করতে পারবেন।



৩.৫.১. নিরাপদ ভ্রমণ : গতি ও বল

Safe journey : force and motion

দৈনন্দিন বিভিন্ন প্রয়োজনে আমরা এক স্থান থেকে অন্য স্থানে ভ্রমণ করি। এ ভ্রমণ আমরা বিভিন্ন যানবাহনের মাধ্যমে করি। সাধারণত: সাইকেল, মোটর সাইকেল, রিক্সা, প্রাইভেট গাড়ি, বাস, লরি, ট্রাক, ট্রেন ইত্যাদি যানবাহনে আমাদের দেশে যাত্রীরা যাতায়াত করেন, মালামাল পরিবহন করে। এসব যানবাহন চলার সময় এর গতি মূখ্য ভূমিকা পালন করে। নিরাপদে ভ্রমণের জন্য গাড়ির গতি নিয়ন্ত্রণ জরুরী। গাড়ির গতি এমন হওয়া উচিত যেন চালক যে কোনো পরিস্থিতিতে গাড়িকে নিয়ন্ত্রণে রাখতে পারেন। কারণ গাড়ির গতি অর্থাৎ বেগ দ্বিগুণ হলে এর ভরবেগ পূর্বের তুলনায় দ্বিগুণ হয়। বেগ তিনগুণ, চারগুণ হলে এর ভরবেগ যথাক্রমে তিনগুণ ও চারগুণ হয়। ফলে গাড়ির চালকের পক্ষে বেগ কমানো বা নিয়ন্ত্রণ কঠিন হয়ে পড়ে এবং ভয়াবহ দুর্ঘটনা ঘটে।

গাড়ির চালককে ভ্রমণ শুরু করার পূর্বেই গাড়ি ভালোভাবে পরীক্ষা করে নিতে হবে। গাড়ির ব্রেক, গাড়ির টায়ার, গাড়ির ইঞ্জিন, গাড়ির হর্ন, গাড়ির সকল বাতি ঠিকমতো কাজ করে কিনা পরীক্ষা করে নিশ্চিত হতে হবে। গাড়ির দর্পণগুলোকে প্রয়োজন অনুযায়ী বাঁকিয়ে নিতে হবে।

গাড়ির চালক এবং আরোহী উভয়কেই সিট বেল্ট অবশ্যই বেঁধে নেওয়া উচিত। সিট বেল্ট না বাঁধলে, গাড়ি হার্ড ব্রেক করলে দুর্ঘটনা ঘটানোর সম্ভাবনা থাকে।

গাড়ি সম্পর্কে পূর্ব অভিজ্ঞতা ছাড়া কোন চালক রাখা ঠিক না বা পূর্ব অভিজ্ঞতা ছাড়া চালকেরও গাড়ি চালানো উচিত না। এতে গাড়ির, গাড়ির চালক নিজে এবং যাত্রীরা মারাত্মক দুর্ঘটনার সম্মুখীন হতে পারে।

গাড়ি চালানোর সময় অবশ্যই ট্রাফিক আইন মেনে চলতে হবে। মোড় ঘোরার সময় সতর্কতা অবলম্বন করতে হবে। অনেক সময় ৯০° কোণে বাঁক নিতে হয়। এ বাঁক নেয়ার সময় গাড়ি চালককে যথেষ্ট সাবধানতা অবলম্বন করা উচিত। দর্পনের দিকে তাকিয়ে বাঁকের আশে পাশের দৃশ্য দেখা নেয়া প্রয়োজন। তাহলে নিরাপদে বাঁক ঘোরা সম্ভব। ট্রাফিক আইন

এবং ট্রাফিক আইন মেনে চলা গাড়ি চালকের দায়িত্ব। প্রাইভেট গাড়ির ক্ষেত্রে গাড়ির মালিকেরও ট্রাফিক আইন সম্পর্কে অবগত হওয়া উচিত। গাড়ি চালনার সময় গাড়ি চালককে গাড়ি চালনার ক্ষেত্রে সম্পূর্ণরূপে মনোনিবেশ করতে হবে এবং এ ব্যাপারে গাড়ির যাত্রীদেরও গাড়ির চালককে সাহায্য করতে হবে।

৩.৫.২. গতির উপর ঘর্ষণের প্রভাব

Effect of friction on motion

বস্তুর গতি এবং ঘর্ষণ একসাথে যুক্ত হয়ে বস্তুর চলার প্রকৃত গতি নির্ধারণ করে। ঘর্ষণ হলো এক ধরনের বাধাদানকারী বল, যা বস্তুর গতি কমিয়ে দেয়। যানবাহন চালনা এবং আমাদের চলাচলের ক্ষেত্রে ঘর্ষণের ভূমিকা গুরুত্বপূর্ণ। চলাচল এবং যানবাহন চালনার ক্ষেত্রে ঘর্ষণ কিভাবে প্রভাব ফেলে তা নিচে আলোচনা করা হল।



চিত্র-৩.২৪: টায়ার

টায়ারের পৃষ্ঠ

বস্তুর গতি নির্ভর করে টায়ার পৃষ্ঠের মসৃণতার উপর। গাড়ির টায়ার এবং রাস্তার মধ্যে ঘর্ষণের কারণেই গাড়ি রাস্তার উপর দিয়ে চলাচল করে। ঘর্ষণ না থাকলে গাড়ি চলাচল করতে পারত না। ঘর্ষণ বলের মান নির্ভর করে টায়ার-এর পৃষ্ঠ এবং রাস্তার তলের মসৃণতার উপর। গাড়ির ওজনের উপরও ঘর্ষণের মান নির্ভর করে। গাড়ির টায়ারের উপরের পৃষ্ঠে বিভিন্ন ধরনের নকশার দাঁত বা খাঁজ কাটা থাকে (চিত্র-৩.২৪: টায়ার)। দাঁত বা খাঁজ থাকার কারণে টায়ারের উপরের পৃষ্ঠ মসৃণ না হয়ে উঁচু নিচু হয়। নতুন অবস্থায় টায়ারের দাঁত বা খাঁজগুলো প্রকট থাকে অন্যদিকে টায়ার যত ব্যবহার করা হয়, রাস্তা ও টায়ারের ঘর্ষণের ফলে দাঁত বা খাঁজগুলোর প্রকটতা কমে যায়। ফলে নতুন অবস্থায় টায়ার ও রাস্তার মধ্যে ঘর্ষণ বল সর্বোচ্চ হয় এবং গতি চালকের নিয়ন্ত্রণে থাকে। পুরাতন অবস্থায় টায়ার এবং রাস্তার মধ্যে ঘর্ষণ বল কমে যায়। ফলে চালক ব্রেক করলেও ঘর্ষণ কম থাকায় প্রয়োজন অনুযায়ী গাড়ি ঠিক জায়গায় ঠিক সময়ে নাও থামতে পারে। একারণেই গাড়ির টায়ার পুরাতন হওয়ার আগে পরিবর্তন করা প্রয়োজন।

রাস্তার মসৃণতা

বস্তুর গতি রাস্তার মসৃণতার উপরও নির্ভর করে। রাস্তা মসৃণ হলে যানবাহন চলাচল অনেক সহজতর হয় এবং অন্যদিকে যাত্রীদের ভ্রমণ অনেক আরামদায়ক হয়। ঘর্ষণ বলের মান টায়ার এবং রাস্তা উভয়েরই মসৃণতার উপর নির্ভর করে।

ঘর্ষণ বলের মান অনেক কমে গেলে নানা ধরনের অসুবিধার সৃষ্টি হতে পারে। যেমন- রাস্তা যদি অধিকতর মসৃণ হয় তবে থামার প্রয়োজনে ব্রেক প্রয়োগ করলেও অনেক সময় গাড়িকে ঠিক জায়গায় থামানো সম্ভব হয় না। ফলে বিপদের আশংকা থাকে। তাই রাস্তাকে খুব বেশি মসৃণ করা ঠিক নয়। রাস্তার মসৃণতা এমন হওয়া উচিত যা প্রয়োজনীয় পরিমাণ ঘর্ষণ বল সৃষ্টি করতে পারে।

গতি নিয়ন্ত্রণ এবং ব্রেকিং বল

ব্রেক করার মাধ্যমে যানবাহনের গতি নিয়ন্ত্রণ করা হয়। এটি এমন একটি ব্যবস্থা যার সাহায্যে চাকার ঘূর্ণনকে প্রয়োজন অনুযায়ী কমিয়ে ঘর্ষণের পরিমাণ বৃদ্ধি করে গাড়ির গতি নিয়ন্ত্রণ করা যায়। গাড়ি থামানোর জন্য ব্রেক ব্যবহার করা হয়।

গাড়ির সামনের চাকার ধাতব চাকতিকে রোটোর আর পিছনের চাকার ধাতব চাকতিকে ড্রাম বলে। ব্রেক পেডেলে যখন বল প্রয়োগ করা হয় তা বিভিন্ন ব্যাবস্থাপনার মধ্য দিয়ে ব্রেক প্যাডকে স্ফিত করে ঘূর্ণায়মান রোটোরের সংস্পর্শে আনে এবং তাদের মধ্যে ঘর্ষণ সৃষ্টি করে রোটোরের গতি কমিয়ে আনে এবং রোটোরকে সম্পূর্ণরূপে থামিয়ে দেয়।

অপরপক্ষে পিছনের চাকার ক্ষেত্রে ব্রেক সু ধাতব চাকতির সাথে ঘর্ষণ তৈরী করে চাকার গাতিকে কমিয়ে দেয়।

এভাবে ব্রেক পেডেলে বল প্রয়োগ করে গাড়ির বেগ হ্রাস করা হয়।

পাঠ-৩.৬ ব্যবহারিক-৬ : কোনো বস্তুর ওজন নির্ণয়



উদ্দেশ্য

এই পাঠ শেষে আপনি-

- স্প্রিং নিক্তি বা সাধারণ পাল্লা ব্যবহার করে কোনো বস্তুর ওজন নির্ণয় করতে পারবেন।



সূত্র: আমরা জানি, কোন বস্তুর উপর F বল ক্রিয়া করলে এবং F বল প্রয়োগের ফলে a ত্বরণ সৃষ্টি হলে, $F=ma$ সূত্রটি প্রতিপাদন করা যায়। এখানে m বস্তুর ভর। অভিকর্ষ বলের ক্ষেত্রে বস্তুর ত্বরণ a কে g দ্বারা প্রকাশ করা যায়। সুতরাং বস্তুর ওজন, $W=mg$ লিখা যায় যা অভিকর্ষ বলকে প্রকাশ করে। এখানে বলের উদাহরণ হিসেবে বস্তুর ওজন নির্ণয় করব।

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি: স্প্রিং নিক্তি, বস্তু।

নিম্নলিখিত কাজের ধারা অনুসরণ করে বস্তুর ওজন তথা অভিকর্ষ বল পরিমাপ করা যায়।

১. নিউটন এককে দাগাঙ্কিত একটি স্প্রিং নিক্তি দেয়ালে ঝুলিয়ে নিন।
২. এখন স্প্রিং এর নিচে যে ছক আছে তার সাথে বস্তুটিকে ঝুলিয়ে দিন।
৩. স্প্রিং নিক্তির সাহায্যে যুক্ত স্কেলের থেকে বস্তুর ওজন তথা অভিকর্ষের পাঠ রেকর্ড করুন এবং খাতায় নিচের ছকের মত ছক কেটে মান বসান।
৪. ৩নং প্রক্রিয়া অনুসরণ করে একইভাবে কয়েকবার বস্তুর ওজন নির্ণয় করুন এবং ছকে বসান।
৫. এবার বস্তুর উপর প্রযুক্ত গড় বল বা ওজন নির্ণয় করুন।

ক্রমিক সংখ্যা	বস্তুর ওজন (নিউটন)	গড় ওজন (নিউটন)
১		
২		
৩		
৪		
৫		

এখন এই বস্তুর পরিবর্তে বিভিন্ন বস্তু নিয়ে একই পদ্ধতিতে পরীক্ষণ সমাপ্ত করে, ওজন নির্ণয় করুন।



চূড়ান্ত মূল্যায়ন-৩

ক. সাধারণ নির্বাচনী প্রশ্ন:

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (✓) চিহ্ন দিন

- ১। আমাদের চারপাশের যে সকল বস্তু দেখতে পাই, সকলেই নিজ অবস্থানে থাকতে চায়- নিউটনের কোন সূত্র এটি ব্যাখ্যা করে?

(ক) নিউটনের গতির প্রথম সূত্র	(খ) নিউটনের মহাকর্ষ সূত্র
(গ) নিউটনের গতির তৃতীয় সূত্র	(ঘ) নিউটনের অভিকর্ষ সূত্র
- ২। নিউটনের কোন সূত্রের সাহায্যে আমরা বিভিন্ন ভরের বস্তুর উপর বলের প্রভাব ব্যাখ্যা করতে পারি?

(ক) নিউটনের গতির প্রথম সূত্র	(খ) নিউটনের গতির দ্বিতীয় সূত্র
------------------------------	---------------------------------

(গ) নিউটনের গতির তৃতীয় সূত্র (ঘ) নিউটনের মহাকর্ষ সূত্র

৩। বাইসাইকেলের গতি নিউটনের কোন সূত্রের সাহায্যে ব্যাখ্যা করা যায়?

(ক) নিউটনের গতির প্রথম সূত্র (খ) নিউটনের গতির দ্বিতীয় সূত্র
(গ) নিউটনের গতির তৃতীয় সূত্র (ঘ) নিউটনের মহাকর্ষ সূত্র

৪। বল জোড়ায় জোড়ায় ক্রিয়া করে- নিউটনের কোন সূত্র ব্যাখ্যা করে?

(ক) নিউটনের গতির প্রথম সূত্র (খ) নিউটনের গতির দ্বিতীয় সূত্র
(গ) নিউটনের গতির তৃতীয় সূত্র (ঘ) কোনটিই নয়

৫। বাহির হতে বল প্রয়োগ না করলে, গতিশীল বস্তু চিরকাল সমবেগ সরলরেখায় চলতে চায়- নিউটনের কোন সূত্রের সাহায্যে ব্যাখ্যা করা যায়?

(ক) নিউটনের গতির প্রথম সূত্র (খ) নিউটনের গতির দ্বিতীয় সূত্র
(গ) নিউটনের গতির তৃতীয় সূত্র (ঘ) নিউটনের অভিকর্ষ সূত্র

৬। কোন সূত্রের সাহায্যে ব্যাখ্যা করা যায় যে, সমান দূরত্ব অতিক্রমের জন্য বেশি ভরের বস্তুর উপর কম ভরের বস্তুর চেয়ে বেশি বল প্রয়োগ করতে হয়।

(ক) নিউটনের গতির প্রথম সূত্র (খ) নিউটনের গতির দ্বিতীয় সূত্র
(গ) নিউটনের গতির তৃতীয় সূত্র (ঘ) ভরবেগের নিত্যতার সূত্র

খ. বহুপদী বহু নির্বাচনী সমাপ্তি সূচক প্রশ্ন:

১। নিউটনের গতির প্রথম সূত্রানুসারে-

i. স্থির বস্তু চিরকাল স্থির থাকতে চায়।
ii. গতিশীল বস্তু চিরকাল গতিশীল থাকতে চায়।
iii. স্থির বস্তু গতিশীল হতে চায়।
সঠিক উত্তর কোনটি?
(ক) i ও ii (খ) ii ও iii (গ) i ও iii (ঘ) i, ii ও iii

২। জড়তার কারণে-

i. স্থির বস্তু চিরকাল স্থির থাকতে চায়।
ii. গতিশীল বস্তু চিরকাল গতিশীল থাকতে চায়।
iii. গতিশীল বস্তু স্থির হতে চায়।
সঠিক উত্তর কোনটি?
(ক) i ও ii (খ) ii ও iii (গ) i ও iii (ঘ) i, ii ও iii

৩। বল প্রয়োগে নিচের কোন ঘটনাটি ঘটতে পারে-

i. স্থিতিশীল বস্তু গতিশীল হতে পারে
ii. গতিশীল বস্তুর বেগ বৃদ্ধি হতে পারে
iii. গতিশীল বস্তুর বেগ হ্রাস হতে পারে
iv. গতিশীল বস্তুর বেগের দিক পরিবর্তন হতে পারে
সঠিক উত্তর কোনটি?
(ক) i ও ii (খ) ii ও iii (গ) iii ও iv (ঘ) i, ii, iii ও iv

৪। নিউটনের তৃতীয় সূত্রের সাহায্যে ব্যাখ্যা করা যায়-

i. মাটির উপর হাটা
ii. পৃথিবী সূর্যের চারিদিকে ঘুরছে, ঘুরছে তো ঘুরছেই

iii. আরোহী নৌকা থেকে লাফিয়ে তীরে নামলে
সঠিক উত্তর কোনটি?

(ক) i ও ii (খ) ii ও iii (গ) i ও iii (ঘ) i, ii ও iii

৫। ঘর্ষনের উৎপত্তি হয়-

i. চাঁদ পৃথিবীর চারদিকে ঘোরার ফলে

ii. চাকা লাগানো লাগেজ একস্থান থেকে অন্যস্থানে নেয়ার ফলে।

iii. পুকুরের পানির মধ্য দিয়ে সাঁতার কেটে সামনের দিকে এগোনোর ফলে
সঠিক উত্তর কোনটি?

(ক) i ও ii (খ) i ও iii (গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

গ. অভিন্ন তথ্য ভিত্তিক প্রশ্ন

নিচের তথ্যগুলি পড়ুন এবং প্রশ্নগুলোর সঠিক উত্তরটিতে টিক দিন।

চয়ন তার পরিবারের সাথে তিনদিনের জন্য বেড়াতে গিয়েছিল। চয়ন নবম শ্রেণীতে পড়ে। গ্রীষ্মের ছুটি চলছে। আজ সে তার পরিবারের সাথে তিনদিন বাহিরে থাকার পর বাসায় ফিরল। বাসায় ফেরার পর আবার তাঁদের কর্মব্যস্ত জীবন শুরু। বাবা যথারীতি ভোরে ফিরেই একটু বিশ্রাম নিয়ে সকালে অফিসে চলে গিয়েছে। চয়নের মা ও পেশায় একজন স্কুল শিক্ষক। কিন্তু আজ তাঁর স্কুল বন্ধ। তিনি সংসারের কাজে ব্যস্ত। চয়ন মাকে সংসারের কাজে সাহায্য করছে। চয়নের স্কুল আগামীকাল খুলবে।

চয়নের মা সকল জিনিষপত্র সরিয়ে তাদের ঘরবাড়ি পরিষ্কার করছে। চয়ন লক্ষ্য করল, সকল জিনিষপত্র বেড়াতে যাবার আগে যে স্থানে অবস্থান করেছে সে অবস্থানেই রয়েছে। চয়নের মা অপেক্ষাকৃত কম ভরের জিনিসপত্র নিজেই সরিয়ে পরিষ্কার করছেন। কারণ এতে কম বল প্রয়োগ করতে হচ্ছে। কিন্তু বুক সেলফটি তিনি শেষ পর্যন্ত একা সরাতে পারলেন না। কারণ বুক সেলফটির ভর অন্যান্য জিনিষপত্রের ভরের চেয়ে বেশি। চয়ন এবং তার মা একসাথে অপেক্ষাকৃত বেশি বল প্রয়োগ করে বুকসেলফটি সরালেন। বল প্রয়োগ করার আগে কোন জিনিষপত্রই নিজ থেকে অবস্থান পরিবর্তন করেনি। চয়ন আরও লক্ষ্য করলো যে, তার মায়ের ঘরে যে, ড্রেসিং টেবিল আর ড্রেসিং টেবিলের সামেন বসার টুল রয়েছে। এ দুটিকে একই দূরত্বে সরাতে বেশি ভরের ড্রেসিং টেবিলে বেশি জোরে ধাক্কা দিতে হচ্ছে অর্থাৎ টুল সরাতে যে বল প্রয়োগ করতে হচ্ছে ড্রেসিং টেবিল সরাতে তার চেয়ে বেশি বল প্রয়োগ করতে হচ্ছে।

চয়ন হঠাৎ তার ছোট ভাই অয়নের খিল খিল হাসির শব্দ শুনতে পেল। দেখল তার ছোট ভাই অয়ন একটি পিং পং বল নিয়ে খেলছে। যতবারই বলটি মাটির দিকে ছুড়ছে ততবারই বলটি বিপরীতমুখী হয়ে অয়নের হাতে পৌঁছোচ্ছে।

১। সকল জিনিষপত্র যে স্থানে অবস্থান করেছে, সে অবস্থানেই রয়েছে। তথ্যটি নিউটনের কোন সূত্রের সাহায্যে ব্যাখ্যা করা যায়?

(ক) প্রথম সূত্র

(খ) দ্বিতীয় সূত্র

(গ) তৃতীয় সূত্র

(ঘ) ঘর্ষণের সূত্র

২। বুক সেলফটি চয়নের মা শেষ পর্যন্ত একা সরাতে পারলেনা। এক্ষেত্রে কোন ধরনের ঘর্ষণের উৎপত্তি হয়েছিল?

(ক) স্থিতি ঘর্ষণ

(খ) চল বা পিছলানো ঘর্ষণ

(গ) আবর্ত ঘর্ষণ

(ঘ) প্রবাহী ঘর্ষণ

৩। চয়ন লক্ষ্য করলো যে, ড্রেসিং টেবিল এবং টুলটিকে একই দূরত্বে সরাতে ড্রেসিং টেবিলকে বেশি জোরে ধাক্কা দিতে হচ্ছে টুলের তুলনায়। ঘটনাটি নিউটনের কোন সূত্রের সাহায্যে ব্যাখ্যা করা যায়?

(ক) প্রথম সূত্র

(খ) দ্বিতীয় সূত্র

(গ) তৃতীয় সূত্র

(ঘ) মহাকর্ষ সূত্র

৪। অয়ন যতবারই বলটি মাটির দিকে ছুড়ছে ততবারই বলটি বিপরীতমুখী হয়ে অয়নের হাতে পৌঁছাচ্ছে। নিউটনের কোন সূত্রের সাহায্যে এটির ব্যাখ্যা প্রদান করা যাবে?

(ক) প্রথম সূত্র

(খ) দ্বিতীয় সূত্র

(গ) তৃতীয় সূত্র

(ঘ) মহাকর্ষ সূত্র

ঘ. সৃজনশীল প্রশ্ন

চয়ন ও অয়ন দু'ভাই। চয়ন নবম শ্রেণীতে পড়ে আর অয়ন চতুর্থ শ্রেণীতে পড়ে। তারা প্রতিদিন সকালে স্কুলে যায়। স্কুল থেকে দুপুর নাগাদ বাসায় ফিরে। বাসায় ফিরে হাত মুখ ধুয়ে দুপুরের খাবার খেয়ে বিশ্রাম নেয়। বিকেলে খেলতে বের হয়। সন্ধ্যার আগে বাসায় ফিরে হাত মুখ ধুয়ে বিকেলের নাস্তা খেয়ে পড়তে বসে।

চয়ন আর অয়ন সকাল সাড়ে সাতটায় স্কুলের উদ্দেশ্যে বের হয়। বাসা থেকে বের হয়ে খানিকটা পথ হেঁটে বাস স্ট্যান্ডে পৌঁছতে হয়। স্কুল বাস, বাস স্ট্যান্ডে পৌঁছনোর পর, চয়ন তার ছোট ভাই অয়নকে নিয়ে বাসে উঠে। বাসে উঠেই চয়ন তার ছোট ভাই অয়নের জন্য বসার সিট খোঁজে। কারণ চয়ন লক্ষ্য করেছে সে দাড়িয়ে থাকা অবস্থায় বাস চলা শুরু করলে, অয়ন পিছনের দিকে হেলে পড়ে আর পড়ে যাওয়ারও সম্ভাবনা থাকে। একই অবস্থা ঘটে বাসটি হঠাৎ করে ব্রেক করলেও, অয়ন সামনের দিকে হেলে পড়ে যাওয়ার সম্ভাবনা থাকে। বাসে হেলে পড়ে যাওয়ার ঘটনাটি শুধু অয়নের ক্ষেত্রে নয়, সকল যাত্রীদের ক্ষেত্রেই সত্য। চয়ন আর অয়ন নিয়মিত বিকেলে খেলার মাঠে যায়। দু'ভাই মিলে ফুটবল খেলে। অয়ন ফুটবল খেলা নিয়ে মোটেও খুশি না কারণ অয়ন লাথি দিয়ে ফুটবল বেশি দূরে পাঠাতে পারে না। কিন্তু চয়ন বড় হওয়ার একই ফুটবলের উপর বেশি বল প্রয়োগ করে দূরে পাঠাতে পারে।

সন্ধ্যার সময় চয়ন আর অয়ন প্রতিদিন পড়ার টেবিলে পড়তে বসে। দু'ভাই এক টেবিলে পড়তে বসে। চয়ন আর অয়ন দুজনের স্কুল ব্যাগই বুক-সেলফের উপর রাখা থাকে। পড়ার সময় চয়ন দু'টি ব্যাগই পড়ার টেবিলে নিয়ে আসে। অয়নের ব্যাগ চয়নের ব্যাগের চেয়ে ছোট আর হালকা, অয়নের ব্যাগ অতি সহজে চয়ন বুক সেলফ থেকে টেবিলে এনে রাখতে পারছে কিন্তু নিজের ব্যাগ টেবিলের উপর রাখতে কিছুটা বেশি কষ্ট হয়। পড়া শেষে চয়ন আর অয়ন দু'জনেই বই খাতা গুলো টেবিলের উপর সাজিয়ে রাখে যেন পরের দিন বইগুলো ঠিক জায়গামতো পাওয়া যায় তাতে তাদের সময়ের অপচয় কম হয়।

আজ অয়ন হাতে ব্যথা পেয়েছে, টেবিলের উপর জোরে একটা খাপ্পড় দেয়াতে। চয়নের স্কুল থেকে নিচের অংকগুলো বাড়ীর কাজ দিয়েছে। চলুন চয়নের সাথে আমরা নিচের অংকগুলো সমাধান করি।

(i) 40kg এবং 60kg ভরের দুটি বস্তু পরস্পর বিপরীত দিকে যথাক্রমে 10ms^{-1} এবং 5ms^{-1} বেগে যাওয়ার পথে একে অপরকে ধাক্কা দিল। ধাক্কার পর বস্তু দুটি একত্রে যুক্ত থেকে কত বেগে চলবে?

(i) 30kg ভরের একটি বস্তুর উপর কত বল প্রয়োগ করলে 1 মিনিটে এর বেগ 36kmh^{-1} বৃদ্ধি পাবে?

নিউটনের প্রথম সূত্র:

১. নিউটনের প্রথম সূত্রটি লিখুন।

২. চয়ন ও অয়নের প্রাত্যহিক জীবনের ঘটনা থেকে নিউটনের প্রথম সূত্রের সাহায্যে ব্যাখ্যা করা যায় এমন ঘটনাগুলো চিহ্নিত করুন।

৩. উপরের চিহ্নিত ঘটনাগুলো নিউটনের প্রথম সূত্রের সাহায্যে ব্যাখ্যা করুন।

৪. আপনার প্রাত্যহিক জীবন থেকে নিউটনের প্রথম সূত্রের সাহায্যে ব্যাখ্যা করা যায় এমন একটি ঘটনা শিখুন ও ব্যাখ্যা করুন।

নিউটনের দ্বিতীয় সূত্র:

১. নিউটনের দ্বিতীয় সূত্রটি লিখুন।

২. চয়ন ও অয়নের প্রাত্যহিক জীবনের ঘটনা থেকে নিউটনের দ্বিতীয় সূত্রের সাহায্যে ব্যাখ্যা করা যায় এমন ঘটনাগুলো চিহ্নিত করুন।

৩. উপরের চিহ্নিত ঘটনাগুলো নিউটনের দ্বিতীয় সূত্রের সাহায্যে ব্যাখ্যা করুন।

এসএসসি প্রোগ্রাম

৪. আপনার প্রাত্যহিক জীবন থেকে নিউটনের দ্বিতীয় সূত্রের সাহায্যে ব্যাখ্যা করা যায় এমন একটি ঘটনা লিখুন ও ব্যাখ্যা করুন।

নিউটনের তৃতীয় সূত্র:

১. নিউটনের তৃতীয় সূত্রটি লিখুন।

২. চয়ন ও অয়নের প্রাত্যহিক জীবনের ঘটনা থেকে নিউটনের তৃতীয় সূত্রের সাহায্যে ব্যাখ্যা করা যায় এমন ঘটনা চিহ্নিত করুন।

৩. উপরের চিহ্নিত ঘটনাগুলো নিউটনের তৃতীয় সূত্রের সাহায্যে ব্যাখ্যা করুন।

৪. আপনার প্রাত্যহিক জীবন থেকে নিউটনের তৃতীয় সূত্রের সাহায্যে ব্যাখ্যা করা যায় এমন একটি ঘটনা লিখ ও ব্যাখ্যা করুন।

পাঠ ভিত্তিক মূল্যায়ন

পাঠ-১ : ১. গ ২. ঘ

পাঠ-২ : ১. ক ২. গ

পাঠ-৩ : ১. গ

পাঠ-৪ : ১. ঘ ২. গ

চূড়ান্ত মূল্যায়ন

ক. সাধারণ নির্বাচনী প্রশ্ন

১. ক ২. খ ৩. গ ৪. গ ৫. ক ৬. খ

খ. বহুপদী বহু নির্বাচনী সমাপ্তি সূচক প্রশ্ন

১. ক ২. ক ৩. ঘ ৪. গ ৫. গ

গ. অভিন্ন তথ্যভিত্তিক প্রশ্ন

১. ক ২. ক ৩. খ ৪. গ