


এসো গতিকে জানি



ভূমিকা

আপনাদের নিশ্চয়ই গতি বিষয়ক সম্যক ধারণা আছে। আমরা কি জানি গতির কারণ? আমাদের চারপাশে তাকালে বিভিন্ন বস্তু দেখতে পাই, গাড়ি চলছে, পাখি উড়ছে, পাখা ঘুরছে। এ সব কিছুই গতিশীল। এ ইউনিটে আমরা স্থিতি ও গতির কারণ আলোচনা করব। একটি স্থির বস্তুকে গতিশীল করতে চাইলে বা গতিশীল কোনো বস্তুকে থামাতে চাইলে কিছু একটা প্রয়োগ করতে হয়। যেটা প্রয়োগ করতে হয় সেটাই বল। নিউটনের গতিসূত্রগুলো বলকে কেন্দ্র করেই সৃষ্টি। এ ইউনিটে বলের ধারণা, নিউটনের গতির সূত্রগুলোর বিবৃতি ও ব্যাখ্যা এবং এদের মধ্যে সম্পর্ক, ব্যবহার, সীমাবদ্ধতা, ভরবেগ, ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্র ইত্যাদি নিয়ে আলোচনা করা হবে।

	ইউনিট সমাপ্তির সময়	ইউনিট সমাপ্তির সর্বোচ্চ সময় ৩ সপ্তাহ
---	---------------------	---------------------------------------

এ ইউনিটের পাঠসমূহ
পাঠ - ১০.১ : জড়তা ও বল (নিউটনের গতির প্রথম সূত্র)
পাঠ - ১০.২ : বলের প্রকৃতি
পাঠ - ১০.৩ : নিউটনের দ্বিতীয় গতিসূত্র: বলের পরিমাপ
পাঠ - ১০.৪ : নিউটনের তৃতীয় গতিসূত্র: ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়া

পাঠ-১০.১

জড়তা ও বল (নিউটনের গতির প্রথম সূত্র)



উদ্দেশ্য

এ পাঠ শেষে আপনি-

- জড়তা ব্যাখ্যা করতে পারবেন;
- বস্তুর জড়তা এবং বলের গুণগত ধারণা নিউটনের গতির ১ম সূত্রের সাহায্যে ব্যাখ্যা করতে পারবেন;
- জড়তার ব্যবহারিক অভিজ্ঞতা ব্যাখ্যা করতে পারবেন;
- স্থিতি ও গতির উপর বলের প্রভাব ব্যাখ্যা করতে পারবেন।



মুখ্য শব্দ

জড়তা, বল, গতি



জড়তা (Inertia)

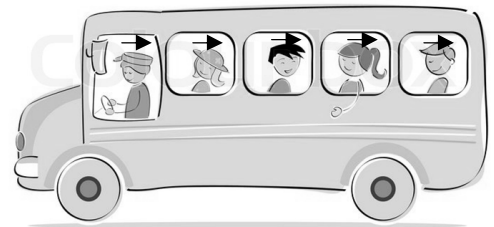
আমাদের দৈনন্দিন অভিজ্ঞতা থেকে দেখতে পাই, কোনো একটি বস্তু যেখানে আছে, সেখানেই পড়ে থাকবে যদি না কোনো ব্যক্তি এটিকে সরিয়ে দেয়। যেমন ঘরের মধ্যে একটি চেয়ার, টেবিল, বিছানা, টিভি যা দেখি সবই স্থির বস্তু। স্থির অবস্থায় অবস্থানরত বস্তু নিজে থেকে চলতে শুরু করতে পারে না।

আমরা জানি, পৃথিবী সূর্যের চারিদিকে অনবরত ঘুরছে অর্থাৎ পৃথিবী গতিশীল অবস্থায় আছে। পৃথিবীর এ ঘূর্ণনে কোনো বাধা না থাকায় পৃথিবী গতিশীল। একটি বলকে আমরা মাঠে গড়িয়ে দেই। কি দেখতে পাবেন? দেখবেন যে, বলটি গড়িয়ে কিছু দূর যাওয়ার পর আস্তে আস্তে থেমে যাবে। যদি বায়ুর বাধা এবং মাঠের সাথে বলের ঘর্ষণ না থাকতো, তবে সরল পথে সুসম গতিতে চলমান বস্তু নিজ থেকে কখনো থামত না। আবার দেখবেন সাইকেল বা রিক্সায় পেডেল দেয়া বন্ধ করে দিলেও কিছুটা পথ অতিক্রম করার পর থেমে যায়। এসব ঘটনা থেকে আমরা বুঝতে পারি, প্রত্যেক বস্তু যে অবস্থায় আছে চিরকাল সে অবস্থায়ই থাকতে চায়। বস্তু স্থির থাকলে এটি চিরকাল স্থিরই থাকতে চায়। আবার বস্তু গতিশীল থাকলে চিরকাল এটি গতিশীল থাকতে চায়। বস্তু স্থির বা গতিশীল অবস্থা বজায় রাখতে চাওয়ার এই প্রবণতা বস্তুর একটি মৌলিক ধর্ম। একে বস্তুর জড়তা বলে। জড়তাকে দুভাগে বিবেচনা করা হয় (ক) স্থিতি জড়তা এবং (খ) গতি জড়তা। বস্তুর জড়তা এর ভরের উপর নির্ভর করে। ভর হচ্ছে জড়তার পরিমাপ। যে বস্তুর ভর বেশী তার জড়তাও বেশী।

(ক) স্থিতি জড়তা: স্থির বস্তুর সর্বদা স্থির থাকার প্রবণতাকে স্থিতি জড়তা বলা হয়।

স্থিতি জড়তার উদাহরণ

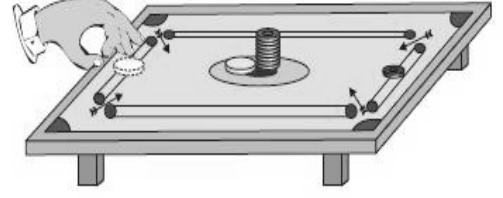
- হঠাৎ বাস চলতে শুরু করলে দাঁড়িয়ে থাকা আরোহীর শরীরের নিচের ভাগ বাসের সাথে গতিশীল হয়, কিন্তু শরীরের উপরিভাগ স্থিতি জড়তার কারণে স্থির থাকতে চায়। এজন্য আরোহী পেছন দিকে হেলে পড়ে।
- ধূলিময় পোশাকে লাঠি দ্বারা আঘাত করলে পোশাক সরে যায়, কিন্তু ধূলিকণা স্থিতি জড়তার কারণে নিচে পড়ে যায়।
- একটি গ্লাসের উপর রাখা একটি পোস্টকার্ড এর উপর একটি মুদ্রা রেখে পোস্টকার্ডটিকে হঠাৎ জোরে টোকা দিলে



চিত্র ১০.১.১

পোস্টকার্ডটি সরে যায় এবং মুদ্রাটি গ্লাসের মধ্যে পড়ে যায়। স্থিতি জড়তার জন্য মুদ্রাটি তার নিজ স্থানে থাকে, ফলে গ্লাসের তলায় পড়ে।

- vi) ক্যারাম বোর্ডের গুটি পরপর সাজিয়ে রেখে স্ট্রাইকার দ্বারা নিচের গুটিতে আঘাত করলে নিচের গুটিটি সরে যায় কিন্তু স্থিতি জড়তার জন্য উপরের গুটিটি নিজ স্থানে থাকে এবং নিচের গুটির স্থান দখল করে।



চিত্র ১০.১.২

(খ) গতি জড়তা: যে ধর্মের কারণে গতিশীল বস্তু গতিশীল অবস্থাতেই থাকতে চায়, তাকে গতি জড়তা বলা হয়।

গতি জড়তার উদাহরণ

- i) চলন্ত গাড়িকে হঠাৎ থামালে আরোহী সামনের দিকে ঝুঁকে পড়ে। গাড়ি হঠাৎ থামালে আরোহীর শরীরের নিম্নভাগ গাড়ীর সাথে থেমে যায়। কিন্তু শরীরের উপরিভাগ গতি জড়তার কারণে সামনের দিকে এগিয়ে যায়। ফলে আরোহী সামনের দিকে ঝুঁকে পড়ে।



চিত্র ১০.১.৩

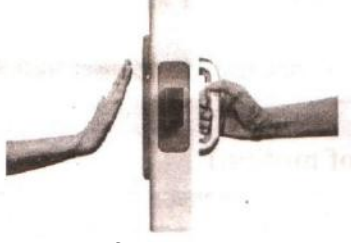
- ii) চলন্ত গাড়ীর কামরায় যদি কোনো একজন আরোহী উপর দিকে একটি বল ছুঁড়ে তবে বলটি পুনরায় তার হাতে ফিরে আসে। এক্ষেত্রে গতি জড়তার কারণে আরোহী ও বল গাড়ির গতিতেই থাকে। কাজেই বল আরোহীর হাতে পড়ে।

- iii) ধাবমান ঘোড়ার পিঠ থেকে কোনো ক্রীড়াবিদ উপরদিকে লাফ দিয়ে পুনরায় ঘোড়ার পিঠে ফিরে আসে। গতি জড়তার কারণে ক্রীড়াবিদ ঘোড়ার গতিতেই থাকে ফলে ক্রীড়াবিদ পুনরায় ঘোড়ার পিঠে ফিরে আসে।

- iv) একজন ক্রীড়াবিদ লং জাম্প দেওয়ার পূর্বে, বর্শা নিক্ষেপকারী বর্শা নিক্ষেপের পূর্বে বেশকিছু দূর দৌড় দেন কারণ গতি জড়তার জন্য সে স্থির অবস্থার চেয়ে গতিশীল অবস্থায় লং জাম্প ও বর্শা নিক্ষেপ বেশি দূরত্ব অতিক্রম করতে পারে। একই কারণে বলের গতি বাড়ানোর জন্য ক্রিকেট খেলায় পেস (দ্রুতগতি সম্পন্ন) বলারদের বল ছোঁড়ার পূর্বে বেশকিছুটা দূরত্ব দৌড়াতে হয়।

বলের গুণগত ধারণা-নিউটনের প্রথম সূত্র

আমরা যখন বাইরে থেকে এসে দরজা খুলতে চাই তখন হাতলে একটি ঠেলা প্রয়োগ করি। আবার দরজা বন্ধ করতে চাইলে হাতলে একটা টান দেই (চিত্র ১০.১.৪)। একটা ফুটবল মাঠের মাঝখানে বসানো আছে। একটি ঠেলা বা কিক দিলে সেটা গতিশীল হবে (চিত্র ১০.১.৫)। আবার গোলরক্ষক বলটি থামাতে গতির বিপরীত দিকে ঠেলা প্রয়োগ করেন (চিত্র ১০.১.৬)।



চিত্র: ১০.১.৪



চিত্র: ১০.১.৫



চিত্র: ১০.১.৬

আপনাদের পেন্সিলের দাগ মোছার রাবারটিকে বাঁকাতে, মোচড়াতে, সঙ্কুচিত করতে বা প্রসারিত করতেও কোনো না কোনো উপায়ে ঠেলা বা টানা প্রয়োগ করতে হয়।

এইযে ঠেলা বা টান যা কোনো বস্তুকে গতির সঞ্চার করে বা করতে চায় অথবা কোনো বস্তুকে থামায় বা থামাতে চেষ্টা করে তাকে বল বলে। এটা হলো বলের স্বজ্ঞামূলক ধারণা।

সুতরাং বল এমন একটা কিছু যা স্থির বস্তুকে গতিশীল করে বা করতে চায় এবং যা সচল বস্তুর গতির পরিবর্তন করে বা করতে চায়।

বলের সংজ্ঞা: যা কোনো স্থির বস্তুর উপর ক্রিয়া করে তাকে গতিশীল করে বা করতে চায় বা কোনো গতিশীল বস্তুর উপর ক্রিয়া করে এর গতির পরিবর্তন করে বা করতে চায় তাকে বল বলা হয়। বল ও জড়তার সম্পর্ককে নিম্নোক্তভাবে সংজ্ঞায়িত করা যায়—“যা কোনো বস্তুর উপর ক্রিয়া করে এর জড়তার পরিবর্তন করে বা করতে চায় তাই হচ্ছে বল”।

বল হলো দুটি বস্তুর মধ্যে মিথস্ক্রিয়ার ফল। যেমন একটি বস্তু A, অপর একটি বস্তু B এর উপর বল প্রয়োগ করতে পারে। যখন A বস্তু B বস্তুর উপর বল প্রয়োগ করে, তখন B বস্তুও A বস্তুর উপর বল প্রয়োগ করবে। সুতরাং যখন টেবিলের উপর একটি বই রাখা হয়, তখন বই টেবিলের উপর নিচের দিকে একটি বল প্রয়োগ করে। আবার টেবিলও বইয়ের উপর একে ধরে রাখতে উপরের দিকে একটি বল প্রয়োগ করবে। বল হলো একটি ভেক্টর রাশি।

বিজ্ঞানী স্যার আইজ্যাক নিউটন ১৬৮৭ খ্রিষ্টাব্দে গতি সম্পর্কে তিনটি সূত্র প্রদান করেন। এই সূত্রগুলোর মধ্যে গতির মূল তথ্যগুলো নিহিত আছে। এ তিনটি সূত্রকে নিউটনের গতিসূত্র বলা হয়।

নিউটনের গতি বিষয়ক প্রথম সূত্র:

প্রথম সূত্র: “বাহ্যিক বল প্রয়োগ না করলে স্থির বস্তু চিরকাল স্থির অবস্থায় থাকবে এবং গতিশীল বস্তু সুসম গতিতে সরল পথে চলতে থাকবে”। অর্থাৎ বাইরে থেকে বল ক্রিয়া না করলে (১) স্থির বস্তু স্থির থাকবে এবং (২) গতিশীল বস্তু সুসম গতিতে চলতে থাকবে।

সুতরাং দেখা যায় যে, গতির প্রথম সূত্র বস্তুর জড়তার ধর্ম বিবৃত করে এবং বলের সংজ্ঞা প্রদান করে। প্রথম পাঠের আলোচনায় জেনেছেন, স্থির বস্তু সর্বদাই স্থির থাকতে চায় এবং গতিশীল বস্তু সর্বদাই গতিশীল থাকতে চায়। বস্তুর এ প্রবণতাকে জড়তা বলে। এজন্য এই সূত্রকে জড়তার সূত্রও বলা হয়। সূত্রটিকে অন্যভাবেও বলা যায়, যদি কোনো বস্তুর উপর বল প্রয়োগ না করা হয় তাহলে তার গতির পরিবর্তন বা স্থিতি অবস্থার পরিবর্তন হবে না অর্থাৎ বল প্রয়োগ না করলে বস্তুর ত্বরণ শূন্য হয়।

	শিক্ষার্থীর কাজ	কোনো গতিশীল বস্তুর উপর বলের ক্রিয়া বন্ধ হয়ে গেলে বস্তুটির পরিণতি কী হয়? ব্যাখ্যা করুন।
--	------------------------	---



সারাংশ

- **জড়তা:**পদার্থ যে অবস্থায় আছে চিরকাল সেই অবস্থায় থাকার প্রবণতা বা ধর্মকে জড়তা বলে।
- **বল:** যা স্থির বস্তুর উপর ক্রিয়া করে বস্তুকে গতিশীল করে বা করতে চায় এবং গতিশীল বস্তুর উপর ক্রিয়া করে বস্তুর গতির পরিবর্তন করে বা করতে চায় তাকে বল বলে।
- **প্রথম সূত্র:**বাহ্যিক বল প্রয়োগে বস্তুর অবস্থার পরিবর্তন করতে বা বাধ্য না করলে স্থির বস্তু চিরকাল স্থির থাকবে এবং গতিশীল বস্তু সমদ্রুতিতে সরল পথে চলতে থাকবে।



পাঠোত্তর মূল্যায়ন-১০.১

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (✓) চিহ্ন দিন।

১। ভর দ্বারা পরিমাপ করা হয়—

- | | |
|-----------|-----------|
| (ক) বল | (খ) বেগ |
| (গ) ত্বরণ | (ঘ) জড়তা |

২। গতিশীল বস্তুর উপর বলের ক্রিয়া বন্ধ হয়ে গেলে বস্তুটির পরিণতি কী হবে?

- | | |
|-------------------|-------------------|
| (ক) থেমে যাবে | (খ) সমবেগে চলবে |
| (গ) সমত্বরণে চলবে | (ঘ) সমমন্দনে চলবে |

৩। নিউটনের গতির ১ম সূত্র কোন রাশির ধারণা দেয়—

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

পাঠ-১০.২

বলের প্রকৃতি



উদ্দেশ্য

এ পাঠ শেষে আপনি-

- স্পর্শ ও অস্পর্শ বল সম্পর্কে বর্ণনা করতে পারবেন;
- মৌলিক বল সম্পর্কে ব্যাখ্যা করতে পারবেন।



মুখ্য শব্দ

ঘর্ষণ, নিউক্লিয় বল, স্পর্শ বল



দৈনন্দিন জীবনে বিভিন্ন বাস্তব ঘটনার সাথে সংশ্লিষ্টতার পরিপ্রেক্ষিতে বলকে সাধারণভাবে দু'ভাগে ভাগ করা যায়। যথা: ক) স্পর্শ বল এবং খ) অস্পর্শ বল।

স্পর্শ বল

আপনারা দৈনন্দিন কাজ-কর্মে লক্ষ্য করেছেন বল প্রয়োগের জন্য অপর একটি বস্তুকে স্পর্শ করার প্রয়োজন হয়। যেমন, একটি চেয়ারকে হাত দিয়ে ধরে এক স্থান থেকে অন্য স্থানে সরাতে বল প্রয়োগ করতে হয় কিংবা একটি ট্রলি ব্যাগকে সরাতে এর হাতল ধরতে হবে এবং বল প্রয়োগ করতে হবে। অর্থাৎ বল প্রয়োগ করতে হলে বস্তুটিকে প্রত্যক্ষ স্পর্শ প্রয়োজন। এ ধরনের বলকে বলা হয় স্পর্শ বল। স্পর্শ বলের উদাহরণ ঘর্ষণ বল, সংঘর্ষের ফলে সৃষ্টি বল, টানা বা ঠেলা বল, বাতাসের বাধাজনিত বল, স্প্রিং বল ইত্যাদি।

স্পর্শ বলের সংজ্ঞা : “যে সকল বল প্রয়োগের জন্য বস্তুর প্রত্যক্ষ স্পর্শ প্রয়োজন হয় তাকে স্পর্শ বল বলে।”

ঘর্ষণ বল :

খেলার মাঠে একটি মার্বেল গড়িয়ে দিলে যত দূরে যাবে সিমেন্টের মেঝেতে মার্বেলটি গড়িয়ে দিলে তার চেয়ে অনেক বেশী দূরে যাবে। মসৃণ মেঝের উপর দিয়ে হেটে যাওয়া থেকে অমসৃণ পিচের রাস্তায় হাটা সহজ। নতুন জুতা থেকে পুরনো জুতা পরে চলতে সুবিধা।

আমরা জানি, বস্তুতল আপাত দৃষ্টিতে যতই মসৃণ মনে হোক না কেন প্রকৃত প্রস্তাবে কোন বস্তুতলই সম্পূর্ণ মসৃণ নয়। প্রত্যেকটি তলই কম বেশী উঁচু-নিচু। ফলে যখন একটি বস্তু অপর বস্তুর উপর দিয়ে চলার চেষ্টা করে তখন বস্তু দুটির উঁচু - নিচু খাঁজগুলো পরস্পরের সাথে আটকে যায়। ফলে গতি বাঁধা প্রাপ্ত হয় বা ঘর্ষণ সৃষ্টি হয়। আবার বস্তু দুটির স্পর্শ তলের অণুগুলো পরস্পরকে আকর্ষণ করে। এর ফলেও তলদ্বয়ের মধ্যের গতি বাধা প্রাপ্ত হয়। এসব বল যাদের দ্বারা গতি বাধা প্রাপ্ত হয় তাকে ঘর্ষণ বল বলে। কাজেই বলা যায়: দুটি বস্তু পরস্পরের সংস্পর্শে থেকে যদি একের উপর দিয়ে অপরটি চলতে চেষ্টা করে তা হলে বস্তুদ্বয়ের স্পর্শ তলে এই গতির বিরুদ্ধে যে বাধা সৃষ্টি হয় তাকে ঘর্ষণ বলে। আর এই বাধাজনিত বলকে বলা হয় ঘর্ষণ বল।

সুবিধা:

ঘর্ষণ থাকার ফলে আমাদের পক্ষে নিম্নোক্ত কাজগুলো করা সম্ভব হচ্ছে :

- ১) হাঁটা-চলা
- ২) হাত দিয়ে কোন কিছু ধরে রাখা
- ৩) গাড়ি থামানো
- ৪) দেয়ালে মই লাগানো

৫) দেয়ালে পেরেক সাঁটা

৬) দিয়াশলাই এর কাঠি জ্বালানো

এ ধরনের আরো বহুবিধ কাজ আছে যা ঘর্ষণ না থাকলে করা যেতো না।

অসুবিধা :

১) গতিশক্তি কমে যায়। এতে শক্তির অপচয় হয়।

(হারানো শক্তি তাপশক্তিতে রূপান্তরিত হয়। গাড়ির ইঞ্জিনের প্রায় ২০% শক্তি ঘর্ষণকে প্রশমিত করতে ব্যয় হয়।)

২) মেশিনের যন্ত্রাংশ ক্ষয়প্রাপ্ত হয়।

ঘর্ষণ কমানোর উপায় :

১) তলকে যথাসম্ভব সমৃণ করা।

২) পিচ্ছিলকারী (Lubricating) পদার্থ যেমন, তেল ভেসেলিন ইত্যাদি ব্যবহার করা।

৩) বল বেয়ারিং (Ball bearing) বা রোলার বেয়ারিং (Roller bearing) ব্যবহার করা।

অস্পর্শ বল

দুটি বস্তুর মধ্যে দূরত্ব থাকা স্বত্বেও তারা একে অপরকে একটি বল দ্বারা পরস্পরকে আকর্ষণ করে, যেমন মহাকর্ষ বল। পৃথিবী তার পৃষ্ঠস্থ ও নিকটস্থ সকল বস্তুকে এর কেন্দ্রের দিকে আকর্ষণ করে। সূর্য ও গ্রহের মধ্যে বিশাল ব্যবধান থাকা স্বত্বেও তারা একে অপরকে আকর্ষণ করে। দুটি চুম্বকের বিপরীত মেয়ূ পরস্পরকে আকর্ষণ করে এবং সমমেরূ পরস্পরকে বিকর্ষণ করে। অর্থাৎ চৌম্বক বল ও তড়িৎ বল এ ধরনের বলের অন্তর্ভুক্ত। এগুলোকে অস্পর্শ বল বলে। তাই, যে বল সৃষ্টির জন্য দুটি বস্তুকে পরস্পরের প্রত্যক্ষ সংস্পর্শে আসতে হয় না তাকে অস্পর্শ বল বলে।

নিজে করি : একটি কাগজ নিন। কাগজটিকে খুব ছোট ছোট টুকরো করে টেবিলের উপর রাখুন। শ্যাম্পু করে তেলহীন শুকনা চুল চিবুনী দিয়ে আচড়ান। এখন চিবুনীটি কাগজের টুকরার নিকট আনলে সেগুলো চিবুনের দাঁতের সাথে লেগে উঠে আসছে। চিবুনী কাগজের টুকরার প্রত্যক্ষ সংস্পর্শে আসার প্রয়োজন হয়নি। তড়িৎ বলের কারণেই এটি ঘটছে। এ বল অস্পর্শ বল।


এছাড়াও প্রকৃতিতে আমরা বিভিন্ন বলের ধারণা পাই। তার মধ্যে চারটি মৌলিক বল আছে। যেগুলো হল- ক) মহাকর্ষ বল, খ) তড়িৎ চৌম্বক বল, গ) সবল নিউক্লিয় বল ও ঘ) দুর্বল নিউক্লিয় বল। নিম্নে এদের সংক্ষিপ্ত আলোচনা করা হলো:


ক) মহাকর্ষ বল : মহাবিশ্বের প্রতিটি বস্তু একে অপরকে আকর্ষণ করে। এ আকর্ষণ বলই হলো মহাকর্ষ বল। গ্রাভিটন নামক কণার পারস্পরিক বিনিময়ের জন্য দুই বস্তুর মধ্যে এই বল কার্যকর হয়। এই বল অসীম দূরত্বে কাজ করে।

খ) তড়িৎ চৌম্বক বল : দুটি চার্জিত কণিকার মধ্যে কার্যকর বলই তড়িৎ চৌম্বক বল। এ বল আকর্ষণী এবং বিকর্ষণী প্রকৃতির। ফোটন নামক কণা তড়িৎ চৌম্বক বল বহন করে। পারস্পরিক বিনিময়ের জন্য এ বল কার্যকর হয়। এই বল অপারিসীম দূরত্বে কাজ করে।

গ) সবল নিউক্লিয় বল: নিউক্লিয়াসে থাকা অবস্থায় দুটি নিউক্লিয়নের মধ্যে (নিউক্লিয়াসের ভিতর প্রোটন ও নিউট্রন নামে যে কণা থাকে তাদের একত্রে নিউক্লিয়ন বলে) যে প্রবল আকর্ষণ বল বিদ্যমান তাকে সবল নিউক্লিয় বল বলে। π মেসন বা পায়ন নামক এক প্রকার কণার পারস্পরিক বিনিময়ের মাধ্যমে এ বল কার্যকর হয়। এর পাল্লা 10^{-15} m যা নিউক্লিয়াসের ব্যাসার্ধের সমান।

ঘ) দুর্বল নিউক্লিয় বল: নিউক্লিয়াসের সীমানার মধ্যে স্বল্প মানের যে বল মৌলিক কণা স্পন্দনের মধ্যে কাজ করে তাকে দুর্বল নিউক্লিয় বল বলে। ইন্টারমিডিয়েট বোসন কণার পারস্পরিক বিনিময়ের জন্য এ বল কার্যকর হয়। এর পাল্লার মান 10^{-16} m।

	শিক্ষার্থীর কাজ	পিচ রাস্তার উপর থেমে থাকা সিএনজি চালিত বেবি ট্যাক্সিকে জোরে ঠেলা দিন। কি দেখতে পেলেন?
---	------------------------	--

	সারাংশ
<ul style="list-style-type: none"> • স্পর্শ বল: যে সকল বল প্রয়োগের জন্য বস্তুর প্রত্যক্ষ স্পর্শ প্রয়োজন হয় তাকে স্পর্শ বল বলে। • অস্পর্শ বল: যে বল সৃষ্টির জন্য দুটি বস্তুকে পরস্পরের প্রত্যক্ষ সংস্পর্শে আসতে হয় না তাকে অস্পর্শ বল বলে। • মহাকর্ষ বল: মহাবিশ্বের প্রতিটি বস্তু একে অপরকে আকর্ষণ করে। এ আকর্ষণ বলই হলো মহাকর্ষ বল। গ্রাভিটন নামক কণার পারস্পরিক বিনিময়ের জন্য দুই বস্তুর মধ্যে এই বল কার্যকর হয়। • তড়িৎ চৌম্বক বল: দুটি চার্জিত কণিকার মধ্যে কার্যরত বলই তাড়িৎ চৌম্বক বল। • সবল নিউক্লীয় বল: নিউক্লিয়াসে থাকা অবস্থায় দুটি নিউক্লিয়নের মধ্যে (নিউক্লিয়াসের ভিতর প্রোটন ও নিউট্রন নামে যে কণা থাকে তাদের একত্রে নিউক্লিয়ন বলে) যে প্রবল আকর্ষণ বল বিদ্যমান তাকে সবল নিউক্লীয় বল বলে। • দুর্বল নিউক্লীয় বল: নিউক্লিয়াসের সীমানার মধ্যে স্বল্প পাল্লার যে বল মৌলিক কণা স্পন্দনের মধ্যে কাজ করে তাকে দুর্বল নিউক্লীয় বল বলে। • ঘর্ষণ বল: দুটি বস্তু পরস্পরের সংস্পর্শে থেকে যদি একের উপর দিয়ে অপরটি চলতে চেষ্টা করে তা হলে বস্তুদ্বয়ের স্পর্শ তলে এই গতির বিরুদ্ধে যে বাধা সৃষ্টি হয় তাকে ঘর্ষণ বলে। এ বল প্রকৃতপক্ষে তাড়িৎ-চৌম্বক বলটিকে সৃষ্টি করে। 	

	পাঠোত্তর মূল্যায়ন-১০.২
---	--------------------------------

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (✓) চিহ্ন দিন

১। বল কোন ধর্ম প্রদর্শন করে?

(ক) রাসায়নিক

(খ) ভৌত

(গ) প্রবনতা

(ঘ) সংযোগ

২। মৌলিক বল কয়টি?

(ক) ২

(খ) ৩

(গ) ৪

(ঘ) ৫

৩। 10 kg ভরের একটি বস্তুর উপর 40 N বল প্রয়োগ করলে ত্বরণ হবে-

(ক) 2 ms^{-2}

(খ) 3 ms^{-2}

(গ) 4 ms^{-2}

(ঘ) 5 ms^{-2}

পাঠ-১০.৩

নিউটনের দ্বিতীয় গতিসূত্র : বলের পরিমাপ



উদ্দেশ্য

এ পাঠ শেষে আপনি-

- ভরবেগ ব্যাখ্যা করতে পারবেন;
- নিউটনের গতির ২য় সূত্র বর্ণনা করতে পারবেন;
- নিউটনের গতির ২য় সূত্র ব্যবহার করে বল এবং ত্বরণের সম্পর্ক $F = ma$ নির্ণয় করতে পারবেন।



মুখ্য শব্দ

ভরবেগ, ভেক্টর রাশি



ভরবেগ

ধরা যাক, একটি গতিশীল সাইকেল এবং একটি ট্রাক একই বেগে চলছে। আমাদের অভিজ্ঞতা থেকে দেখি সাইকেলটি সহজেই হাত দিয়ে টেনে থামিয়ে দেয়া যায় কিন্তু ট্রাকটিকে সম্ভব নয়। আসলে কোনো বস্তু থামাতে আমরা যে প্রতিবন্ধকতার সন্মুখীন হই তা হলো ঐ বস্তুর ভর এবং বেগের সম্মিলিত প্রভাব। এর নামই ভরবেগ। ভরবেগ হচ্ছে, গতিশীল বস্তুর ভর ও বেগের সমন্বয়ে গঠিত একটি ভৌত রাশি। ভর যত বেশী হবে ভরবেগ এর বৈশিষ্ট্য তত বেশী হবে। যেমন, একটি পিস্তলের গুলি হাত দিয়ে ছুঁড়লে খুব বেশী ক্ষতি হবে না কিন্তু পিস্তল দিয়ে বেশী বেগে ছুঁড়লে তার প্রভাব অত্যন্ত মারাত্মক।

কোনো বস্তুর ভর ও বেগের গুণফলকে ভরবেগ বলে। একে P দ্বারা প্রকাশ করা হয়। কোনো বস্তুর ভর $= m$ এবং বেগ $= v$ হলে, বস্তুর ভরবেগ, P হবে-

$$P = mv$$

ভরবেগ একটি ভেক্টর রাশি। এর দিক বেগের দিকে।

নিউটনের গতির দ্বিতীয় সূত্র: বল এবং ত্বরণের মধ্যে সম্পর্ক $F = ma$ নির্ণয়:

পূর্বের পাঠ থেকে আমরা জেনেছি, নিউটনের প্রথম সূত্র বলের গুণগত ধারণা দেয়। নিউটনের দ্বিতীয় সূত্র বলের পরিমাপ এবং প্রকৃতি নির্দেশের সূত্র বলা হয়। এ সূত্র হতে বল পরিমাপের সমীকরণ প্রতিষ্ঠা করা যায়।

নিউটনের দ্বিতীয় সূত্র:

ধরা যাক, m ভরের একটি বস্তু u বেগে গতিশীল (চিত্র: ১০.৩.৭)। বস্তুর উপর একটি ধ্রুব বল, F বস্তুর বেগের অভিমুখে t সময় ধরে প্রয়োগ করায় বস্তুর বেগের পরিবর্তন করে শেষ বেগ হয় v ।

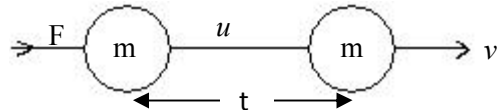
∴ বস্তুর আদি ভরবেগ $= mu$

এবং বস্তুর শেষ ভরবেগ $= mv$

t সময়ে ভরবেগের পরিবর্তন $= mv - mu$

সুতরাং বস্তুর ভরবেগের পরিবর্তনের হার $= \frac{mv - mu}{t} = m \left(\frac{v - u}{t} \right)$

$$= ma \text{ [যেহেতু ত্বরণ, } a = \frac{v - u}{t}]$$



চিত্র: ১০.৩.৭

নিউটনের গতির দ্বিতীয় সূত্রানুসারে, বস্তুর ভরবেগের পরিবর্তনের হার প্রযুক্ত বলের সমানুপাতিক অর্থাৎ $ma \propto F$
বা, $ma = kF$

এখানে, k একটি সমানুপাতিক ধ্রুবক, এর মান একক বলের সংজ্ঞা দ্বারা দূর করা যায়। যে বল একক ভরের কোনো বস্তুর উপর ক্রিয়া করে একক ত্বরণ সৃষ্টি করে তাকে একক বল বলে। যেমন 1 নিউটন বল 1 kg ভরের কোনো বস্তুর উপর ক্রিয়া করে 1 ms^{-1} ত্বরণ সৃষ্টি করে।

যখন $m = 1 \text{ kg}$, $a = 1 \text{ ms}^{-2}$, তখন $F = 1$ নিউটন
 $ma = kF$ সমীকরণে মান বসালে $1 \times 1 = k \times 1$ বা $k = 1$ হয়।

সুতরাং $ma = kF$ সমীকরণে $k=1$ বসিয়ে পাওয়া যায়

$$ma = 1F$$

$$\text{বা, } F = ma$$

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

বলের মাত্রা, $[F] = [MLT^{-2}]$

গাণিতিক উদাহরণ ১০.১: একটি বালক 100 N বল দ্বারা 50 Kg ভরের একটি বস্তুকে ধাক্কা দেয়। বস্তুর ত্বরণ কত হবে?

সমাধান: আমরা জানি,

$$\begin{aligned} F &= ma \\ \text{বা, } a &= \frac{F}{m} \\ &= \frac{100 \text{ N}}{50 \text{ Kg}} \\ &= 2 \text{ ms}^{-2} \end{aligned}$$

এখানে,

বস্তুর ভর, $m = 50 \text{ Kg}$

প্রযুক্ত বল, $F = 100 \text{ N}$

বস্তুর ত্বরণ, $a = ?$

উত্তর: 2 ms^{-2}

গাণিতিক উদাহরণ ১০.২: 60 N বল 30 Kg ভরের একটি বস্তুর উপর 1min ক্রিয়া করে। বস্তুর বেগের পরিবর্তন কত হবে?

সমাধান: আমরা জানি,

$$\begin{aligned} F &= ma \\ \text{বা, } a &= \frac{F}{m} \\ \text{বা, ত্বরণ} &= \frac{\text{বল}}{\text{ভর}} \\ \text{বা, } \frac{\text{বেগের পরিবর্তন}}{\text{সময়}} &= \frac{\text{বল}}{\text{ভর}} \\ \text{বা, বেগের পরিবর্তন} &= \frac{\text{বল} \times \text{সময়}}{\text{ভর}} \end{aligned}$$

এখানে,

প্রযুক্ত বল $F = 60 \text{ N}$

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

ক্রিয়াকাল $t = 1 \text{ minute} = 60 \text{ s}$


বেগের পরিবর্তন = ?


$$= \frac{60 \text{ N} \times 60 \text{ s}}{30 \text{ Kg}}$$

$$= 120 \text{ ms}^{-1}$$

$$\therefore \text{বেগের পরিবর্তন} = 120 \text{ ms}^{-1}$$

উত্তর : 120 ms^{-1}

	শিক্ষার্থীর কাজ	নিউটনের গতির দ্বিতীয় সূত্রকে বল পরিমাপক সূত্র বলা হয় কেন? ব্যাখ্যা করুন
---	-----------------	---

	সারাংশ
<ul style="list-style-type: none"> ভরবেগ: বস্তুর ভর ও বেগের গুণফলকে এর ভরবেগ বলে। ভরবেগ, $P = mv$, এখানে $m =$ বস্তুর ভর এবং $v =$ বস্তুর বেগ। নিউটনের দ্বিতীয় সূত্র: বস্তুর ভরবেগের পরিবর্তনের হার এর উপর প্রযুক্ত বলের সমানুপাতিক এবং বল যেদিকে ক্রিয়া করে বস্তুর ভরবেগের পরিবর্তনও সেই দিকে ঘটে। 	

	পাঠোত্তর মূল্যায়ন-১০.৩
---	-------------------------

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (✓) চিহ্ন দিন

- বস্তুর ভরবেগের পরিবর্তনের হার তার উপর প্রযুক্ত বলের সাথে কীভাবে সম্পর্কিত?

(ক) সমানুপাতিক	(খ) ব্যস্তানুপাতিক
(গ) বর্গমূলের সমানুপাতিক	(ঘ) বর্গের ব্যস্তানুপাতিক
- নিউটনের দ্বিতীয় সূত্রের গাণিতিক রূপ কোনটি?

(ক) $F = -F$	(খ) $F = ma$
(গ) $F = \frac{mv^2}{r}$	(ঘ) $F = G \frac{Mm}{d^2}$
- 5 N বল 15 kg ভরের বস্তুর উপর ক্রিয়া করে তাকে কত ত্বরণ সৃষ্টি করে?

(ক) 0.33 ms^{-2}	(খ) 1 ms^{-2}
(গ) 2 ms^{-2}	(ঘ) 3 ms^{-2}

পাঠ-১০.৪

নিউটনের তৃতীয় গতিসূত্র : ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়া



উদ্দেশ্য

এ 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 সাহায্যে কয়েকটি সুপরিচিত ঘটনা ব্যাখ্যা করতে পারবেন।



মুখ্য শব্দ

স্প্রিং, ক্রিয়া, প্রতিক্রিয়া

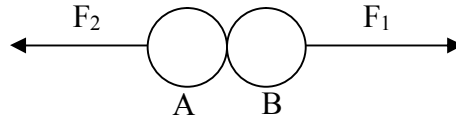


নিউটনের গতির তৃতীয় সূত্র

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

নিউটনের তৃতীয় সূত্র: “প্রত্যেক ক্রিয়ার একটি সমান ও বিপরীত প্রতিক্রিয়া আছে।”

ব্যাখ্যা: পরীক্ষার মাধ্যমে পাওয়া যায়, যখন একটি বস্তু দ্বিতীয় কোনো বস্তুর উপর বল প্রয়োগ করে, তখন দ্বিতীয় বস্তুও প্রথম বস্তুর উপর বল প্রয়োগ করে। এই বলদ্বয় পরস্পর সমান কিন্তু বিপরীতমুখী। সুতরাং প্রকৃতিতে বল এককভাবে থাকতে পারে না, বল দুটি বস্তুর মধ্যে পারস্পারিক ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়া।



চিত্র: ১০.৪.৮

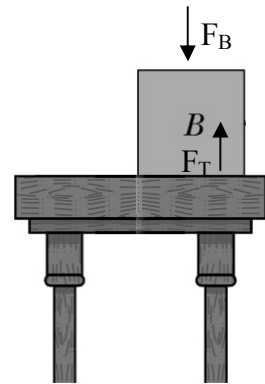
ধরা যাক, A ও B দুটি বস্তু। A বস্তুটিকে B বস্তুর উপর F_1 বল প্রয়োগ করে এবং B বস্তুটি A বস্তুর উপর F_2 বল প্রয়োগ করে। বলদ্বয়ের মান সমান কিন্তু দিক বিপরীতমুখী। বল দুটির মধ্যে একটি ক্রিয়া বল এবং অন্যটি প্রতিক্রিয়া বল। প্রকৃতিতে একক বলের কোনো অস্তিত্ব নেই। তাই F_1 ও F_2 বল দুটিকে ক্রিয়া প্রতিক্রিয়া জোড় বলা হয়।

সূত্রানুসারে, $F_1 = -F_2$

ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়ার উদাহরণ

টেবিল ও টেবিলের উপর ব্লকের অবস্থান

টেবিলের উপর একটি ব্লক রাখা আছে। ব্লকটি টেবিলের উপর একটি F_B বল প্রয়োগ করে। ব্লকটির উপর প্রতিক্রিয়া বল হিসাবে টেবিল সম-মানের বিপরীতমুখী বল F_T প্রয়োগ করে। অর্থাৎ $F_B = -F_T$ । সুতরাং ব্লকটি স্থির অবস্থায় টেবিলের উপর থাকবে (চিত্র: ১০.৪.৯)।



চিত্র: ১০.৪.৯

ক্রিকেটের ব্যাট-বল

আমরা ক্রিকেট খেলার সময় দেখি একজন বোলার যখন বল ছুঁড়ে অপর প্রান্তের ব্যাটসম্যান ব্যাট দিয়ে ক্রিকেট বলটিকে আঘাত করে অর্থাৎ ব্যাটটি ক্রিকেট বলের উপর একটি বল প্রয়োগ করে। এটি ক্রিয়া। অপরদিকে ক্রিকেট বলটি ও ব্যাটের উপর একটি বিপরীতমুখী বল প্রয়োগ করে। এটি প্রতিক্রিয়া (চিত্র:১০.৪.১০)।



চিত্র:১০.৪.১০

মাটির উপর দাঁড়ানো

মাটির উপর দাঁড়িয়ে থাকলে একজন মানুষ স্থির থাকে। কারণ মানুষটির ওজনের সমান বলে তার পা দ্বারা ভূমির উপর প্রয়োগ করে। এটিকে ক্রিয়া বল বলে। নিউটনের তৃতীয় সূত্রানুসারে, ভূমিও মানুষটির উপর বল প্রয়োগ করে, যা প্রতিক্রিয়া বল। এ অবস্থায় ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়া বল পরস্পরের সমান ও বিপরীত (চিত্র:১০.৪.১১)।



চিত্র:১০.৪.১১

আরোহী নৌকা হতে লাফ দেয়া:

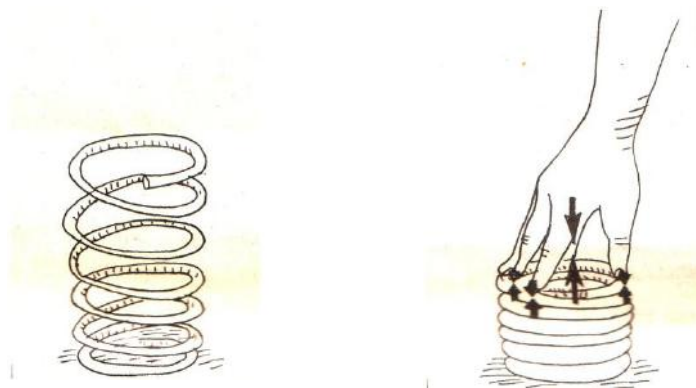
আরোহী নৌকা হতে লাফিয়ে তীরে নামলে, নৌকাটি পেছনে চলে যায়। কারণ আরোহী লাফ দেবার সময় নৌকার উপর বল প্রয়োগ করে ফলে নৌকাটি পেছনে সরে যায়। নৌকাটি ও আরোহীর উপর সমান ও বিপরীতমুখী বল প্রয়োগ করে যা আরোহীকে সামনের তীরের দিকে লাফিলে পড়তে সাহায্য করে (চিত্র:১০.৪.১২)।



চিত্র:১০.৪.১২

স্প্রিং এর ক্ষেত্রে:

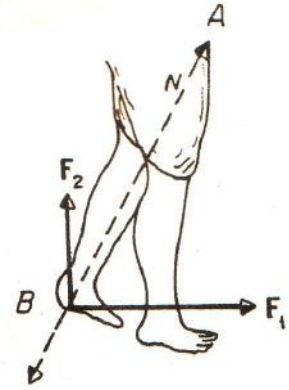
একটি স্প্রিং এর উপর হাত দিয়ে চাপ দিলে স্প্রিংও হাতের উপর একটি প্রতিক্রিয়া বল প্রয়োগ করে। এক্ষেত্রে হাত দ্বারা প্রযুক্ত বলের মান স্প্রিং দ্বারা হাতের উপর প্রযুক্ত প্রতিক্রিয়া বলের সমান হয় (চিত্র: ১০.৪.১৩)।



চিত্র:১০.৪.১৩

মাটির উপর হাঁটা:

হাঁটবার সময় আমরা মাটিতে চাপ দেই। আমাদের সামনের পা খাড়াভাবে নিচের দিকে চাপ দেয়। এর প্রতিক্রিয়া খাড়া উপরের দিকে কাজ করে (চিত্র: ১০.৪.১৪)। সুতরাং, সামনের পা প্রধানত আমাদের শরীরের ওজন বহন করে। কিন্তু পেছনের পা মাটিতে তির্যকভাবে AB বরাবর চাপ দেয় এবং এর ফলে ঠিক এর বিপরীত দিকে অর্থাৎ BA বরাবর সমান প্রতিক্রিয়ার উদ্ভব হয়। মাটির এই প্রতিক্রিয়া বল N কে দুটি উপাংশে -একটি অনুভূমিক উপাংশ F_1 এবং অপরটি উলম্ব উপাংশ F_2 এ বিশ্লেষণ করা যায় (চিত্র: ১০.৪.১৪)। অনুভূমিক উপাংশ F_1 আমাদের সামনের দিকে চলতে সাহায্য করে এবং উলম্ব উপাংশ F_2 শরীরের ওজন বহনে সহায়তা করে।



চিত্র: ১০.৪.১৪

✂ শিক্ষার্থীর কাজ	ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়া বলের সূত্র ব্যাখ্যা করুন
<p>গাণিতিক সমস্যাবলি :</p> <p>১। 20 kg ভরের একটি বস্তুর উপর কত বল প্রয়োগ করলে এর ত্বরণ 2 ms^{-2} হয়?</p> <p>২। 200 N বল দ্বারা কতটুকু ভরের ত্বরণ 4 ms^{-2} সৃষ্টি করা যাবে?</p> <p>৩। একটি গাড়ি 10 ms^{-1} বেগে চলছিল। 5 s পর এক বেগ হল 15 ms^{-1}। গাড়িটির ত্বরণ কত?</p> <p>৪। 20 kg ভরের একটি বস্তুর উপর 200N বল ক্রিয়া করে। বস্তুটির ত্বরণ কত?</p> <p>৫। 1 kg ভরের স্থির কোনো বস্তুতে 3 s এ 10 ms^{-1} বেগ অর্জন করলে এর উপর প্রযুক্ত বলের মান কত?</p>	

📁 সারাংশ
<ul style="list-style-type: none"> নিউটনের তৃতীয় সূত্র : প্রত্যেক ক্রিয়ার একটি সমান ও বিপরীত প্রতিক্রিয়া আছে। প্রকৃতিতে বল একক ভাবে থাকতে পারে না, বল দুটি বস্তুর মধ্যে পারস্পরিক ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়া।



পাঠোত্তর মূল্যায়ন-১০.৪

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (✓) চিহ্ন দিন

- ১। ক্রিয়া বল ও প্রতিক্রিয়া বলের মধ্যকার কোণের পরিমাণ কত?

(ক) 0°	(খ) 90°
(গ) 180°	(ঘ) 360°
- ২। রকেট উড্ডয়ন নিউটনের কোন সূত্রের ফল?

(ক) প্রথম সূত্র	(খ) দ্বিতীয় সূত্র
(গ) তৃতীয় সূত্র	(ঘ) প্রথম ও দ্বিতীয় সূত্র
- ৩। কোন ব্যক্তি ভূমিতে দন্ডায়মান থাকলে ভূমির উপর নিচ বরাবর যে বল প্রযুক্ত হয় তা হলো-
 - i) ক্রিয়া
 - ii) প্রতিক্রিয়া
 - iii) ঐ ব্যক্তির ওজন
 নিচের কোনটি সঠিক?

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



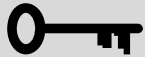
চূড়ান্ত মূল্যায়ন

সৃজনশীল প্রশ্ন

- ১। 14 বছরের ছেলে আলম 500 kg ওজনের একটি নৌকা দাঁড় টেনে সামান্যই নাড়াতে পারল। কিন্তু তার বাবা এসে যখন দাঁড় টানা শুরু করলেন। নৌকাটি 2 ms^{-2} ত্বরণে চলা শুরু করল।

ক) বল কী?	১
খ) অস্পর্শ বল বলতে কী বোঝায়?	২
গ) আলমের বাবা নৌকাটির উপর কতটুকু বল প্রয়োগ করলেন?	৩
ঘ) উদ্দীপকের ধারণা থেকে নিউটনের প্রথম সূত্র বিশ্লেষণ করুন।	৪
- ২। প্রকাশ 200 gm ভরের একটি স্থির ফুটবলে 5 N বলে কিক করে একে গতিশীল করে। বলটি দেয়ালে ধাক্কা খেয়ে ফিরে এলে সে পুনরায় কিক করে। এবার সে পায়ে কিছুটা ব্যাথ্যা অনুভব করে।

ক) গতি জড়তা কাকে বলে?	১
খ) প্রতিক্রিয়া বল কখন শূন্য হয়?	২
গ) প্রকাশের কিক করা বলটি কত ত্বরণে গতিশীল?	৩
ঘ) উদ্দীপকে প্রকাশের কিক করা বলটি তার কাছে ফিরে আসার কারণ বিশ্লেষণ করুন।	৪



উত্তরমালা

- পাঠোত্তর মূল্যায়ন ১০.১ : ১। ঘ ২। খ ৩। গ
 পাঠোত্তর মূল্যায়ন ১০.২ : ১। খ ২। গ ৩। ঘ
 পাঠোত্তর মূল্যায়ন ১০.৩ : ১। ক ২। খ ৩। ঘ
 পাঠোত্তর মূল্যায়ন ১০.৪ : ১। ঘ ২। গ ৩। খ

গাণিতিক সমস্যা : ১। 40 N ২। 50 kg ৩। 1 ms^{-2} ৪। 10 ms^{-2} ৫। 3.3 N