প্যারালাল TEXT

(For HSC & Pre-Admission)

পদার্থবিজ্ঞান প্রথম পত্র

চতুর্থ অধ্যায়: নিউটনিয়ান বলবিদ্যা

সার্বিক ব্যবস্থাপনায়
উদ্ভাস ফিজিক্স টিম

প্রচ্ছদ
মোঃ রাকিব হোসেন

অক্ষর বিন্যাস
জায়েদ, হৃদয়, শাওন

অনুপ্রেরণা ও সহযোগিতায়
মাহমুদুল হাসান সোহাগ
মুহাম্মদ আবুল হাসান লিটন

কৃতজ্ঞতা
উদ্ভাস-উন্মেষ-উত্তরণ
শিক্ষা পরিবারের সকল সদস্য

প্রকাশনায়
উদ্ভাস একাডেমিক এন্ড এডমিশন কেয়ার

প্রকাশকাল
প্রথম প্রকাশ: জানুয়ারি, ২০২৩ ইং
সর্বশেষ সংস্করণ: সেপ্টেম্বর, ২০২৩ ইং

অনলাইন পরিবেশক
rokomari.com

Fixed Price
১৯৫/-
(একশত পঁচানব্বই টাকা মাত্র)

কপিরাইট © উদ্ভাস

সমস্ত অধিকার সংরক্ষিত। এই বইয়ের কোনো অংশই প্রতিষ্ঠানের লিখিত অনুমতি ব্যতীত ফটোকপি, রেকর্ডিং, বৈদ্যুতিক বা যান্ত্রিক পদ্ধতিসহ কোনো উপায়ে পুনরুৎপাদন বা প্রতিলিপি, বিতরণ বা প্রেরণ করা যাবে না। এই শর্ত লঙ্ঘিত হলে উপযুক্ত আইনি ব্যবস্থা গ্রহণ করা হবে।

প্রিয় শিক্ষার্থী বন্ধুরা,

তোমরা শিক্ষা জীবনের একটি গুরুত্বপূর্ণ ধাপে পদার্পণ করেছো। মাধ্যমিকের পড়াশুনা থেকে উচ্চ মাধ্যমিকের পড়াশুনার ধাঁচ ভিন্ন এবং ব্যাপক। মাধ্যমিক পর্যন্ত যেখানে 'বোর্ড বই'-ই ছিল সব, সেখানে উচ্চ-মাধ্যমিকে বিষয়ভিত্তিক নির্দিষ্ট কোন বই নেই। কিন্তু বাজারে বোর্ড অনুমোদিত বিভিন্ন লেখকের অনেক বই পাওয়া যায়। একারণেই শিক্ষার্থীরা পাঠ্যবই বাছাইয়ের ক্ষেত্রে দ্বিধায় ভোগে। এছাড়া, মাধ্যমিকের তুলনায় উচ্চ-মাধ্যমিকে সিলেবাস বিশাল হওয়া সত্ত্বেও প্রস্তুতির জন্য খুবই কম সময় পাওয়া যায়। জীবনের অন্যতম গুরুত্বপূর্ণ এই ধাপের শুরুতেই দ্বিধা-দ্বন্দ্ব থেকে মুক্তি দিতে আমাদের এই Parallel Text। উচ্চ মাধ্যমিক পর্যায়ে শিক্ষার্থীদের হতাশার একটি মুখ্য কারণ থাকে পাঠ্যবইয়ের তাত্ত্বিক আলোচনা বুঝতে না পারা। এজন্য শিক্ষার্থীদের মাঝে বুঝে বুঝে পড়ার প্রতি অনীহা তৈরি হয়। তারই ফলস্বরূপ শিক্ষার্থীরা HSC ও বিশ্ববিদ্যালয় ভর্তি পরীক্ষায় ভালো ফলাফল করতে ব্যর্থ হয়।

তোমাদের লেখাপড়াকে আরও সহজ ও প্রাণবন্ত করে তোলার বিষয়টি মাথায় রেখে আমাদের Parallel Text বইগুলো সাজানো হয়েছে সহজ-সাবলীল ভাষায়, অসংখ্য বাস্তব উদাহরণ, গল্প, কার্টুন আর চিত্র দিয়ে। প্রতিটি টপিক নিয়ে আলোচনার পরেই রয়েছে গাণিতিক উদাহরণ; যা টপিকের বাস্তব প্রয়োগ এবং গাণিতিক সমস্যা সমাধান সম্পর্কে ধারণা দেয়ার পাশাপাশি পরবর্তী টপিকগুলো বুঝতেও সাহায্য করবে। তোমাদের বোঝার সুবিধার জন্য গুরুত্বপূর্ণ সংজ্ঞা, বৈশিষ্ট্য, পার্থক্য ইত্যাদি নির্দেশকের মাধ্যমে আলাদা করা হয়েছে। এছাড়াও যেসব বিষয়ে সাধারণত ভুল হয়, সেসব বিষয় 'সতর্কতা' এর মাধ্যমে দেখানো হয়েছে।

তবে শুধু বুঝতে পারাটাই কিন্তু যথেষ্ট নয়, তার পাশাপাশি দরকার পর্যাপ্ত অনুশীলন। আর এই বিষয়টি আরও সহজ করতে প্রতিটি অধ্যায়ের কয়েকটি টপিক শেষে যুক্ত করা হয়েছে 'টপিকভিত্তিক বিগত বছরের প্রশ্ন ও সমাধান'। যার মধ্যে রয়েছে বিগত বোর্ড পরীক্ষার প্রশ্নের পাশাপাশি বুয়েট, রুয়েট, কুয়েট, চুয়েট, মেডিকেল ও ঢাকা বিশ্ববিদ্যালয়সহ বিভিন্ন বিশ্ববিদ্যালয়ের ভর্তি পরীক্ষার প্রশ্ন ও সমাধান। এভাবে ধাপে ধাপে অনুশীলন করার ফলে তোমরা বোর্ড পরীক্ষার শতভাগ প্রস্তুতির পাশাপাশি ভর্তি পরীক্ষার প্রস্তুতিও নিতে পারবে এখন থেকেই। এছাড়াও অধ্যায় শেষে রয়েছে 'গুরুত্বপূর্ণ প্র্যাক্টিস প্রবলেম' ও 'গাণিতিক সমস্যাবলি' যা অনুশীলনের মাধ্যমে তোমাদের প্রস্তুতি পূর্ণাঙ্গ হবে।

আশা করছি, আমাদের এই Parallel Text একই সাথে উচ্চ মাধ্যমিকে তোমাদের বেসিক গঠনে সহায়তা করে HSC পরীক্ষায় A+ নিশ্চিত করবে এবং ভবিষ্যতে বিশ্ববিদ্যালয় ভর্তিযুদ্ধের জন্য প্রস্তুত রাখবে।

তোমাদের সার্বিক সাফল্য ও উজ্জ্বল ভবিষ্যত কামনায়-

উদ্ভাস ফিজিক্স টিম

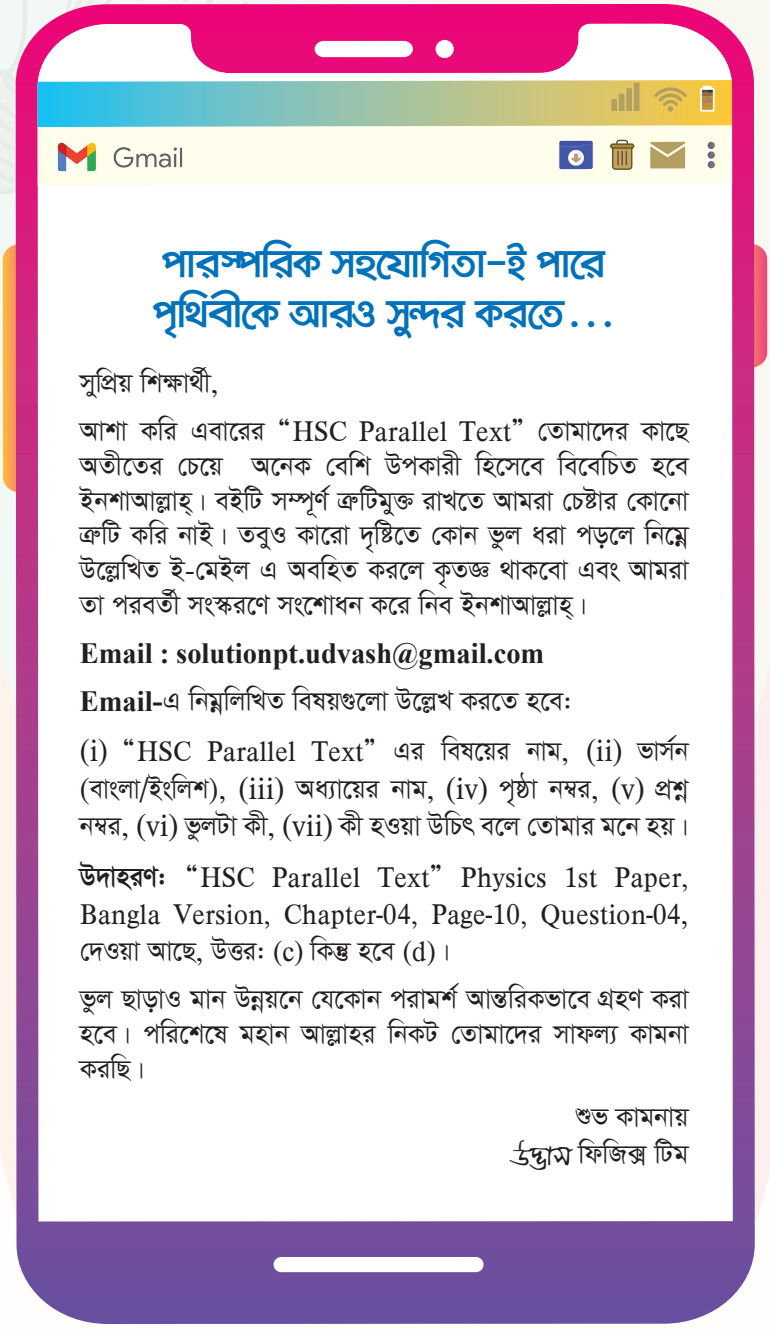
সূচিপত্র

পদার্থবিজ্ঞান প্রথম পত্র

অধ্যায়-০৪: নিউটনিয়ান বলবিদ্যা

ক্র.নং	বিষয়বস্তু	পৃষ্ঠা
০১	বলের প্রাথমিক ধারণা	০১
০২	নিউটনীয় বলবিদ্যা	০২
০৩	নিউটনের গতির প্রথম সূত্র	০২
০৪	মৌলিক বল	০৭
০৫	ভরবেগ	০৯
০৬	**টপিক ভিত্তিক বিগত বছরের প্রশ্ন ও সমাধান**	১০
০৭	নিউটনের গতির দ্বিতীয় সূত্র	১১
০৮	নিউটনের গতির তৃতীয় সূত্র	১৫
০৯	সিস্টেম বা ব্যবস্থা	১৯
১০	বাহ্যিক বল ও অভ্যন্তরীণ বল	১৯
১১	বিভিন্ন প্রকার বল	২১
১২	**টপিক ভিত্তিক বিগত বছরের প্রশ্ন ও সমাধান**	৩৩
১৩	ভরবেগের সংরক্ষণশীলতা	৩৮
১৪	সংঘর্ষ	৪১
১৫	ভরকেন্দ্র	৪৬
১৬	**টপিক ভিত্তিক বিগত বছরের প্রশ্ন ও সমাধান**	৪৯

ক্র.নং	বিষয়বস্তু	পৃষ্ঠা
১৭	ঘাত বল ও বলের ঘাত	৫২
১৮	নিউটনের সূত্রগুলোর প্রযোজ্যতা ও প্রয়োগ	৫৫
১৯	নিউটনের গতি সূত্রগুলোর পারস্পরিক সম্পর্ক	৫৯
২০	**টপিক ভিত্তিক বিগত বছরের প্রশ্ন ও সমাধান**	৬০
২১	সুষম বৃত্তাকার গতি	৬১
২২	কেন্দ্রবিমুখী বল	৬৩
২৩	বক্রপথে যানবাহন ও রাস্তার ব্যাংকিং	৬৬
২৪	**টপিক ভিত্তিক বিগত বছরের প্রশ্ন ও সমাধান**	৬৮
২৫	ঘূর্ণন জড়তা: জড়তার ভ্রামক	৭৪
২৬	টর্ক	৮৭
২৭	কৌণিক ভরবেগ	৯১
২৮	**টপিক ভিত্তিক বিগত বছরের প্রশ্ন ও সমাধান**	৯৬
২৯	একত্রে সব গুরুত্বপূর্ণ সূত্র	১০৫
৩০	গুরুত্বপূর্ণ প্র্যাক্টিস প্রবলেম	১০৬
৩১	গাণিতিক সমস্যাবলি	১১৩



পারস্পরিক সহযোগিতা-ই পারে পৃথিবীকে আরও সুন্দর করতে...

সুপ্রিয় শিক্ষার্থী,

আশা করি এবারের "HSC Parallel Text" তোমাদের কাছে অতীতের চেয়ে অনেক বেশি উপকারী হিসেবে বিবেচিত হবে ইনশাআল্লাহ্। বইটি সম্পূর্ণ ত্রুটিমুক্ত রাখতে আমরা চেষ্টার কোনো ত্রুটি করি নাই। তবুও কারো দৃষ্টিতে কোন ভুল ধরা পড়লে নিম্নে উল্লেখিত ই-মেইল এ অবহিত করলে কৃতজ্ঞ থাকবো এবং আমরা তা পরবর্তী সংস্করণে সংশোধন করে নিব ইনশাআল্লাহ্।

Email : solutionpt.udvash@gmail.com

Email-এ নিম্নলিখিত বিষয়গুলো উল্লেখ করতে হবে:

(i) "HSC Parallel Text" এর বিষয়ের নাম, (ii) ভার্সন (বাংলা/ইংলিশ), (iii) অধ্যায়ের নাম, (iv) পৃষ্ঠা নম্বর, (v) প্রশ্ন নম্বর, (vi) ভুলটা কী, (vii) কী হওয়া উচিৎ বলে তোমার মনে হয়।

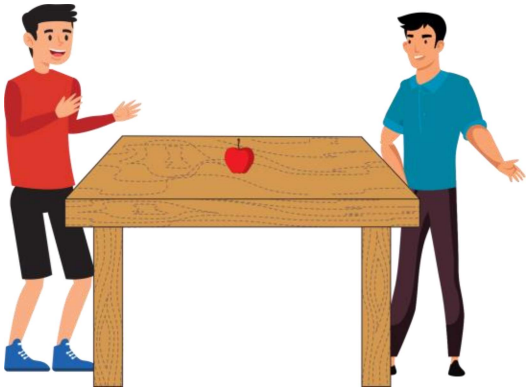
উদাহরণ: "HSC Parallel Text" Physics 1st Paper, Bangla Version, Chapter-04, Page-10, Question-04, দেওয়া আছে, উত্তর: (c) কিন্তু হবে (d)।

ভুল ছাড়াও মান উন্নয়নে যেকোন পরামর্শ আন্তরিকভাবে গ্রহণ করা হবে। পরিশেষে মহান আল্লাহর নিকট তোমাদের সাফল্য কামনা করছি।

শুভ কামনায়
উদ্ভাস ফিজিক্স টিম

অধ্যায় ০৪
নিউটনিয়ান বলবিদ্যা

একাদশ শ্রেণির ছাত্র রিফাত তার হাতে থাকা একটা আপেল তার বন্ধু শাফিনকে দেখিয়ে বলল, "দেখো শাফিন, আমার হাতে থাকা আপেলে ওজন আছে, তাই আপেলটি সবসময় নিচে পড়তে চায়। কিন্তু টেবিলের উপর রেখে দিলে আপেলটি আর নিচে পড়তে পারে না।" আপেলটিকে টেবিলে রেখে রিফাত আরও বলল, "টেবিলের উপর রাখা হলে টেবিলটি নিউটনের তৃতীয় সূত্র অনুযায়ী ওজনের বিপরীতে সমান ও বিপরীত প্রতিক্রিয়া বল প্রয়োগ করে। এই কারণে আপেলটি টেবিলের উপর স্থির থাকে।" রিফাতের এই কথা শুনে শাফিন বলল, "নিউটনের তৃতীয় সূত্র অনুসারে তো সকল ক্রিয়ারই সমান ও বিপরীত প্রতিক্রিয়া মিলে সব বস্তুই স্থির থাকার কথা।



কিন্তু, এমনটা কেন হয় না? ফুটবলে কিক করলে তো সেটা ঠিকই গতিশীল হয়।" দুই বন্ধুর এই আলোচনা শুনে সিয়াম বললো, "বইয়ে তো পড়েছিলাম ক্রিয়া-প্রতিক্রিয়া সবসময় আলাদা বস্তুর উপর ক্রিয়া করে। তাহলে আপেল টেবিলের উপর রাখলে ওজনের প্রতিক্রিয়া কি টেবিলের ধাক্কা নয়? আবার, মুক্তভাবে একটা বস্তু পড়তে থাকলে তো সেটিকে বাধা দেয়ার কেউ থাকেনা, তখন কি নিউটনের তৃতীয় সূত্র প্রযোজ্য হবে না?"

প্রিয় শিক্ষার্থী বন্ধুরা, উপরের এই আলোচনায় কার কথা ঠিক? জানতে হলে চলো আমরা প্রবেশ করি নিউটনিয়ান বলবিদ্যার রোমাঞ্চকর দুনিয়ায়!

বলের প্রাথমিক ধারণা

আমরা পদার্থবিজ্ঞানে এখন পর্যন্ত গতি, বেগ, বেগের পরিবর্তন এবং সবশেষে ত্বরণের আলোচনা দেখেি ত্বরণ হল বেগের পরিবর্তনের হার। একটি বস্তুতে একটা নির্দিষ্ট ত্বরণ দেওয়া হলে সেটির বেগ, চলাচলের সময় নির্ণয় করা, এই ধরে হিসাব-নিকাশ আমরা করেছি। কিন্তু, বস্তুতে এই ত্বরণ তৈরি হচ্ছে কীভাবে? একটি গাড়ির কথাই যদি বিবেচনা করি, গাড়ির বেগ প্রতিনিয়ত পরিবর্তন হচ্ছে। বেগ বাড়ছে, কমছে, দিক পরিবর্তন হচ্ছে। অর্থাৎ, ত্বরণ হচ্ছে। কিন্তু, এই ত্বরণের উৎস কী?

আমরা আমাদের বাস্তব অভিজ্ঞতা থেকেই বুঝতে পারছি, একটি বস্তুকে কোনো একটা ত্বরণে গতিশীল করার জন্য বস্তুর উপর কিছু একটা প্রয়োগ করতে হয়। ঠেলা বা ধাক্কা দিতে হয়। এই "কিছু একটা"-কে নাম দেওয়া হয় বল। যা ত্বরণ ঘটায়, তা-ই বল। সোজা কথায়, কোনো বস্তুর উপর ঠেলা বা ধাক্কা যা বেগের পরিবর্তন ঘটায় বা ঘটাতে চায় তা-ই বল। উদাহরণস্বরূপ-

Fig 4.01 এ ফাঁকা মাঠে একটি স্থির ফুটবল দেখতে পেয়ে তুমি দৌঁড়ে গিয়ে কিক করলে, ফলে ফুটবলটি সামনের দিকে গতিশীল হল। এক্ষেত্রে, বলটি স্থির অবস্থা থেকে গতিশীল অবস্থা প্রাপ্ত হচ্ছে অর্থাৎ, বেগের পরিবর্তন হচ্ছে। আর যে কারণে বেগের পরিবর্তনটা হচ্ছে তা হল ফুটবলে কিক মারা।

Fig 4.01: একজন ছেলে এসে স্থির বলে কিক করছে।

Fig 4.02 এর মত গ্রামের ফাঁকা রাস্তায় অতিরিক্ত জোরে সাইকেল চালানোর শখ অনেকেরই হয়তো থাকে। সাইকেল জোরে চালাতে গিয়ে তাল হারিয়ে কেউ কেউ গাছের সাথে ধাক্কাও খায়, সেই সাথে সাইকেল সেখানেই থেমে যায়। এক্ষেত্রে, গাছটি সাইকেলের উপর বল প্রয়োগ করে যার দরুন সাইকেলটির গতি হ্রাস পেয়ে থেমে যায়।

বাস্তব জীবনের প্রতিটি ক্ষেত্রে, বিজ্ঞান, প্রকৌশল, চিকিৎসাভিত্তিক প্রবন্ধ- সবখানেই বস্তু এবং মানুষের উপর বলের প্রভাব নিয়ে আলোচনা করা হয়।

Fig 4.02: সাইকেল এসে সজোরে গাছে ধাক্কা খেল।

নিউটনীয় বলবিদ্যা

ত্বরণের কারণ অর্থাৎ, বলের ধারণা স্যার আইজ্যাক নিউটন (1642-1727) সর্বপ্রথম উপস্থাপন করেছিলেন তাঁর Philosophiae Naturalis Principia Mathematica বইটিতে। বইতে তিনি তিনটি সূত্র প্রদান করেন, যা নিউটনের গতিসূত্র নামে পরিচিত। এই সূত্রগুলো দ্বারা বল আসলে কি, এর গাণিতিকরূপটা কেমন সে বিষয়ে আমরা ধারণা পাই। প্রথম সূত্রতে বলা হয়, বস্তুর উপর বল প্রয়োগ করা না হলে কোনো ত্বরণ হবে না। দ্বিতীয় সূত্রে বল ও ত্বরণের একটা সমানুপাতিক সম্পর্কের কথা বলা হয়। আর তৃতীয় সূত্রে, বল প্রয়োগ করার সময় যে বল প্রয়োগ করে আর যার উপর বল প্রয়োগ করা হয়- এদের মধ্যে একটা সম্পর্ক দেখানো হয়।

বল সম্পর্কে ধারণা পাওয়ার মাধ্যমে গতির প্রকৃতি এবং কারণ, সব বিষয়েই ধারণা লাভ করা সম্ভব হয়। নিউটনের এই গতিসূত্র আবিষ্কারের মাধ্যমে আমাদের চারপাশে থাকা প্রায় সবকিছুর গতিই ব্যাখ্যা করা সম্ভব হয়। বস্তুর বেগ খুব বেশি হয়ে আলোর বেগের কাছাকাছি হলে কিংবা অণু-পরমাণু পর্যায়ের গতি হলে- এই ধরনের কিছু ক্ষেত্র ব্যতীত দৈনন্দিন জীবনের সবকিছুর গতিই ব্যাখ্যা করা সম্ভব হয়। এই সূত্রগুলো পদার্থবিজ্ঞানে নতুন এক জগৎ তৈরি করে, যাকে Newtonian World বলা হয়। নিউটনের জগতের যে অংশে বস্তুর গতি, ত্বরণ এবং বলের মধ্যে সম্পর্ক নিয়ে আলোচনা করা হয়, তাকে বলা হয় "নিউটনীয় বলবিদ্যা"। এই অধ্যায়ে আমরা নিউটনের তিনটি গতিসূত্র সম্পর্কে বিস্তারিত জানবে

নিউটনের গতির প্রথম সূত্র

নিউটন তাঁর বলবিদ্যা/বল-ত্বরণের কারণ বিষয়ক সম্পর্ক উপস্থানের আগে ভাবা হত যে, একটি বস্তুকে নির্দিষ্ট বেগে গতিশীল রাখতে বাহ্যিক কোনো প্রভাব বা 'বল' প্রয়োজ

উদাহরণস্বরূপ, একটি টিস্যুর বাক্সকে কাঠের তৈরি একটি টেবিলে গতিশীল করা হলে দেখবে যে ধীরে ধীরে তার বেগ কমছে এবং একসময় থেমে যাবে **Fig 4.03**। তোমার যদি ইচ্ছা হয় যে, তুমি বাক্সটিকে একই বেগে গতিশীল রাখবে, তাহলে অবশ্যই ক্রমাগত বাক্সটিকে ধাক্কা দিতে হবে।

নিউটনের আবির্ভাবের আগে, বস্তুর স্থির অবস্থাকেই তার স্বাভাবিক অবস্থা ধরা হত। আর প্রকৃতির নিয়ম অনুযায়ী সকল বস্তুই স্বাভাবিক অবস্থায় ফিরে আসতে চায়। তাই একটি বস্তুকে ধ্রুব বেগে গতিশীল রাখতে হলে নিরবচ্ছিন্ন বল প্রয়োগ করতে হচ্ছে। অন্যথায়, বস্তুটি তার স্বাভাবিক স্থির অবস্থায় ফিরে আসবে-এমনটাই ভাবা হতো।

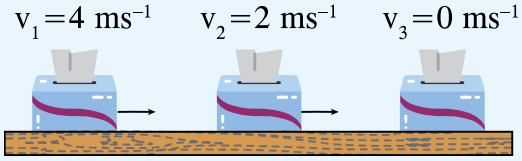


Fig 4.03: অমসৃণ কাঠের টেবিলে টিস্যু বক্স একসময় থেমে গেলো।

এতক্ষণ যা বললাম, বাস্তব জীবনে সচরাচর আমরা এমনটাই দেখতে পাই। তবে নিউটনের আগমনের আগে কেউই এ ঘটনাগুলোর সঠিক ব্যাখ্যা দিতে পারেননি। আচ্ছা তোমরা কি বলতে পারো, তাদের ব্যাখ্যায় আসলে কী ভুল ছিল? আসলে পুরো ব্যাপারটাতেই একটা শুভঙ্করের ফাঁকি আছে!

আরেকটি উদাহরণ বিবেচনা করা যায়। অমসৃণ টেবিলটির উপর যদি তেল ঢেলে সেটিকে পিচ্ছিল করা হতো, এরপর টিস্যুর বাক্সটিকে গতিশীল করা হলে তা অমসৃণ কাঠের টেবিলে যতটুকু দূরত্ব অতিক্রম করতো, তেলের আস্তরণ থাকায় তার চেয়ে অনেক বেশি দূরত্ব অতিক্রম করতে পারবে **Fig 4.04**। এটাও আমরা বাস্তব অভিজ্ঞতা থেকে জানি।

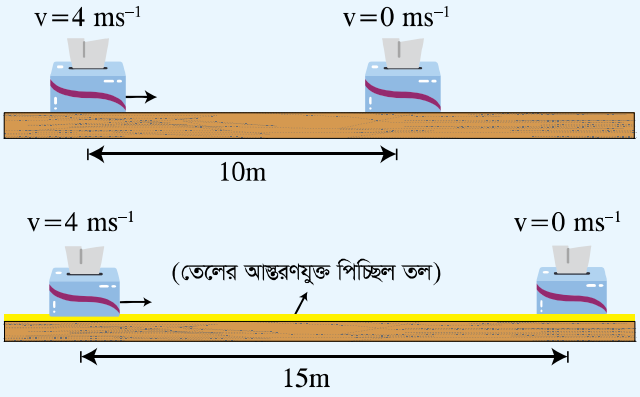


Fig 4.04

এক্ষেত্রে, যত বেশি তেল দেওয়া হবে, টেবিল তত বেশি মসৃণ হবে, বাক্সটির অতিক্রান্ত দূরত্ব তত বেশি হবে। তলটি যদি অনেক বেশি মসৃণ (Extremely slippery) হয় তাহলে ঐ তলে বাক্সটির বেগের কোনো পরিবর্তন হবে না বললেই চলে। তাহলে আমরা বলতে পারি, বস্তু সবসময়ই থেমে যেতে চাইবে- এটি সঠিক নয়। বাইরের কোনো একটি কারণ আছে, যা বস্তুটির গতি থামিয়ে দিতে চাচ্ছে। বস্তুর এই গতি হ্রাসের কারণ হল ঘর্ষণ বল।

এই পর্যবেক্ষণ থেকে আমরা বুঝতে পারি যে, একটি বস্তু ধ্রুববেগে চলতে থাকবে যদি এর উপর কোনো বল প্রযুক্ত না হয়। এই বিষয়টিই নিউটনের গতির প্রথম সূত্রে বলা হয়েছে-

নিউটনের গতির প্রথম সূত্র: বাহ্যিক কোনো বল প্রয়োগ না করা হলে, স্থির বস্তু চিরকাল স্থির থাকবে এবং গতিশীল বস্তু সর্বদা সমবেগে সরলরৈখিক পথে চলতে থাকবে।

সহজ ভাষায় বললে, যদি একটি বস্তুর উপর কোনো বল প্রযুক্ত না হয়, তাহলে বস্তুর গতিবেগের কোনো পরিবর্তন হবে না অর্থাৎ, বস্তুটিতে ত্বরণ সৃষ্টি হবে না। বল প্রযুক্ত না হলে, একটি স্থির বস্তু চিরকাল স্থির থাকবে এবং গতিশীল বস্তু একই বেগে (মান ও দিক ধ্রুব) চলতে থাকবে। একটি বস্তু টেবিলের উপর রেখে দিলে বাইরে থেকে কেউ কোনো বল প্রয়োগ না করলে বস্তুটি স্থিরই থাকবে। আবার, **Fig 4.04** এর টিস্যুর বাক্সটিকে টেবিলের তল বাধা না দিলে, অর্থাৎ ঘর্ষণ বল না দিলে সেটি চলতেই থাকতো। আমরা একটি ঢিল ছোঁড়ার পর পৃথিবী ঢিলকে নিজের দিকে না টানলে এবং বাতাস কোনো বাধা না দিলে সেটি সামনের দিকে সমবেগে যেতেই থাকতো। এই ঘটনাটি আমরা দেখতে পেতাম মহাশূন্যে একটি ঢিল ছোঁড়া হলে! এটিই নিউটনের প্রথম সূত্রের মূল কথা।

তবে এ কথাগুলো বলার পরও তোমাদের ভেতরে একটি সন্দেহ কাজ করতে পারে। তোমার মনে প্রশ্ন জাগতে পারে, অতি মসৃণ তলে গতিশীল টিস্যুর বাক্সের উপর একটি বল বাক্সটির নিজের ওজন (W = mg) খাড়া নিচের দিকে কাজ করছে। তাহলে কেন বাক্সটির বেগের পরিবর্তন হবে না? আবার কোনো একটি বস্তু স্থির থাকলেও তার উপর ওজন কাজ করছে, তাহলে বস্তুটি স্থির থাকছে কীভাবে?

Fig: 4.05 লক্ষ কর। বাক্সটির উপর ওজন খাড়া নিচের দিকে এবং মসৃণ তল কর্তৃক উর্ধ্বমুখী অভিলম্ব বল কাজ করে বাক্সটিকে ধরে রেখেছে। এক্ষেত্রে, বস্তুর উপর লব্ধি বল শূন্য।

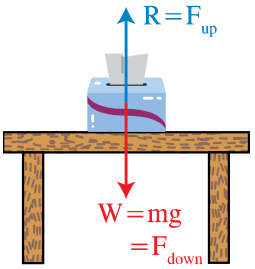


Fig 4.05

অর্থাৎ, একটি বস্তুর উপর একাধিক বল কাজ করতে পারে। যদি লব্ধি বল শূন্য হয়, তাহলে বস্তুটিতে ত্বরণ সৃষ্টি হবে না। সুতরাং একটি বস্তু যদি ধ্রুব বেগে গতিশীল থাকে, তাহলে বলা যায় যে, তার উপর ক্রিয়াশীল বলগুলোর লব্ধি শূন্য।

এক্ষেত্রে, নিউটনের ১ম সূত্রকে আরো নিখুঁতভাবে বলা যেতে পারে- একটি বস্তুর উপর লব্ধি বল যদি শূন্য হয়, তাহলে বস্তুটির বেগের পরিবর্তন হবে না এবং এতে ত্বরণও সৃষ্টি হবে না।

নিউটনের ১ম সূত্র থেকেই আমরা বল ও জড়তার ধারণা পেতে পারি।

গতি ও স্থিতি জড়তা

নিউটনের প্রথম সূত্র থেকে আমরা বুঝতে পারি, প্রত্যেক বস্তু যে অবস্থায় আছে, সে অবস্থাতেই থাকতে চায়। অর্থাৎ, স্থির বস্তু স্থির থাকতে চায় ও গতিশীল বস্তু তার গতি বজায় রাখতে চায়।

উদাহরণস্বরূপ, টেবিলের উপর একটি বই রেখে কিছুক্ষণ তার দিকে চেয়ে দেখ। কী দেখলে? বইয়ের অবস্থানের কি পরিবর্তন হচ্ছে? 'না'। ঘর্ষণহীন অতি মসৃণ তলে একটি ফুটবল গতিশীল হলে দেখবে, ফুটবলটি একই গতিতে চলছে। বস্তুর এই ধর্মকে বলা হয় জড়তা।

জড়তা: বস্তু যে গতীয় অবস্থায় আছে, চিরকাল সেই অবস্থায় থাকতে চাওয়ার প্রবণতাকে জড়তা বলে।

একটি ফুটবলকে স্থির অবস্থা থেকে গতিশীল করা যত সহজ, লোহার বলকে কিক করলে সেটিকে সচল করা ততটা সহজ নয়। আবার গাছ থেকে একটি আম পড়লে সেটি ক্যাচ ধরা যত সহজ, গতিশীল অবস্থা থেকে স্থির করা যতটা সহজ, নারিকেল গাছ থেকে নারিকেল পড়লে সেটা ক্যাচ ধরা কিন্তু ততটাও সহজ নয়!

এই উদাহরণগুলো থেকে বোঝা যায় যে, যে বস্তুর ভর যত বেশি, সেই বস্তুকে স্থির থেকে গতিশীল করা যেমন কঠিন তেমনি গতিশীল থেকে স্থির করাও তত কঠিন। ভর যত বাড়বে বস্তু যে অবস্থায় আছে সে অবস্থায় থাকার প্রবণতা বাড়বে, অর্থাৎ জড়তা তত বেশি হবে। তাহলে আমরা বলতে পারি, ভর হল জড়তার পরিমাপ। কোনো বস্তুর ভরকেই জড়তা হিসেবে প্রকাশ করা হয়

আবার, জড়তা বেশি হলে বেগের পরিবর্তন ঘটাতে বেশি কষ্ট করতে হয়। অন্য কথায় বলা যায়, বস্তুটির বেগের পরিবর্তনে বাধা দেয়ার পরিমাপই ভর বা জড়তা।

Fig 4.06

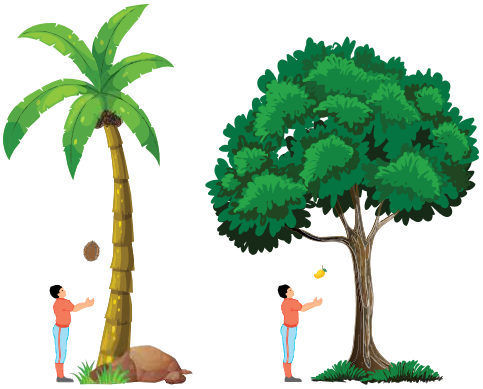


Fig 4.07

নিউটনের প্রথম সূত্রে মূলত জড়তা সম্পর্কেই ধারণা পাই। গাড়ি চলতে শুরু করলে যাত্রীর পেছনদিকে হেলে পড়ার ঘটনাটিও জড়তারই ফল গাড়ি যখন স্থির ছিল, যাত্রীও স্থির ছিল। গাড়ি গতিশীল হওয়ার সময়ও যাত্রী জড়তার কারণে স্থিরই থাকতে চায়। তাই গাড়িটি যখন সামনে এগিয়ে যায়, যাত্রী পেছনদিকে হেলে পড়ে। বিপরীত ঘটনা চলন্ত গাড়ি হঠাৎ ব্রেক করলে যাত্রীরা সামনের দিকে হেলে পড়ার ঘটনায়। সেক্ষেত্রে গতি জড়তা কাজ করে।

সতর্কতা!

নিউটনের প্রথম সূত্র দ্বারা যেকোনো বস্তুতে লব্ধি বল প্রয়োগ করা না হলে কী ঘটবে, সেটি বলা হয়েছে। কিন্তু এই সূত্রটি যে সব পরিস্থিতিতেই প্রয়োগ করা যাবে, ব্যাপারটি এমন নয়! নিউটনের গতিসূত্র প্রয়োগ করা যায় শুধুমাত্র জড় প্রসঙ্গ কাঠামোতে।

তোমার কাছে একটি ফুটবল ছিল। তুমি ফুটবলটিকে মাটিতে রাখলে। যতক্ষণ পর্যন্ত না কেউ এসে কিক করছে, ফুটবলটি স্থিরই থাকবে

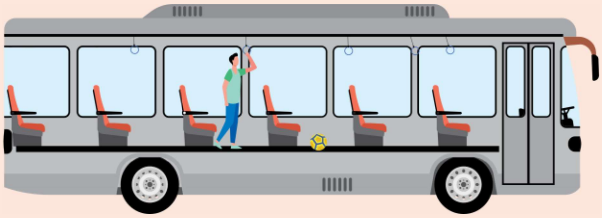


Fig 4.08

আবার, তোমার বন্ধু এসে ফুটবলটিকে কিক করলে সেটি গতিশীল হবে। অর্থাৎ, নিউটনের প্রথম সূত্র মেনে চলছে তুমি যেখানে দাঁড়িয়ে ফুটবলটিকে দেখছো, সেটিকে একটা প্রসঙ্গ কাঠামো এবং ফুটবল যেখানে আছে, সেটিকে আরেকটা প্রসঙ্গ কাঠামো ধরা হলে আমরা বলতে পারি, দুটো প্রসঙ্গ কাঠামো একে অপরের সাপেক্ষে স্থির। আরও সঠিকভাবে বলতে গেলে তুমি এবং ফুটবল উভয়ই পৃথিবীর সাথে গতিশীল একটা ধ্রুব বেগে। তাই বলা যায়, পরস্পরের সাপেক্ষে ধ্রুব বেগে গতিশীল প্রসঙ্গ কাঠামোতে নিউটনের গতির প্রথম সূত্র অর্জন করা সম্ভব। এই ধরনের প্রসঙ্গ কাঠামোকে বলা হয় জড় প্রসঙ্গ কাঠামো।

কিন্তু, এই ফুটবলটি যদি তুমি স্থির একটি বাসের ভেতর রাখো **Fig 4.08**, এবং বাইরে থেকে বলটির গতি লক্ষ করো, তুমি দেখবে গাড়ি স্টার্ট দিলে বলটি যে জায়গায় ছিল, সেখানেই থাকতে চেয়েছে, বরং বাসটাই সামনের দিকে চলে গেছে **Fig 4.09**। তুমি জানো জড়তার কারণেই এটি হচ্ছে। কিন্তু, তুমি যদি বাসের ভেতর থাকতে, তাহলে তুমি দেখতে পেতে, বাসের ভেতর রাখা একটি বল স্থি ছিল এবং গাড়ি স্টার্ট দেওয়ার সাথে সাথে বলটি পেছনের দিকে গতিশীল হয়েছে বাহ্যিক বল ছাড়াই! অর্থাৎ, এই ঘটনাটি নিউটনের প্রথম সূত্র মেনে চলছে না! আগের উদাহরণের সাথে এই উদাহরণের পার্থক্য কী? পার্থক্য হলো, এই ক্ষেত্রে প্রসঙ্গ কাঠামোগুলো ধ্রুব বেগে গতিশীল না। কাঠামোগুলোর মাঝে ত্বরণ আছে। তুমি যখন বাসের বাইরে ছিলে, সেটি একটি প্রসঙ্গ কাঠামো, বাসের ভেতরে অন্য প্রসঙ্গ কাঠামো। বাসটি স্টার্ট দেওয়ার পর এটি স্থির অবস্থা থেকে যাত্রা শুরু করে। অর্থাৎ, এটির একটি ত্বরণ থাকে। তাহলে আমরা বলতে পারি, পরস্পরের সাপেক্ষে অসম বেগে গতিশীল অর্থাৎ ত্বরণে থাকা প্রসঙ্গ কাঠামোতে নিউটনের গতিসূত্র প্রয়োগ করা যায় না। এ ধরনের প্রসঙ্গ কাঠামোকে অজড় প্রসঙ্গ কাঠামো বলে। অন্যভাবে বলতে গেলে, নিউটনের প্রথ সূত্র দিয়ে যাচাই করা যায় প্রসঙ্গ কাঠামো জড় নাকি অজড়। কেবল জড় প্রসঙ্গ কাঠামোতেই নিউটনের সূত্রগুলো ব্যবহার করা যায়। অজড় প্রসঙ্গ কাঠামোতে এই সূত্র গুলোর কিছুটা পরিবর্তন হয়।

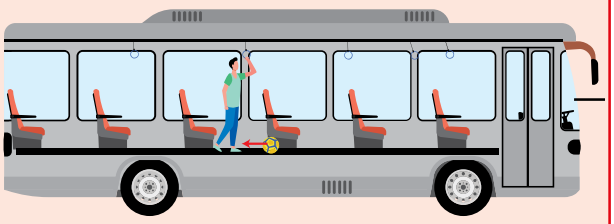


Fig 4.09

জড় প্রসঙ্গ কাঠামো: পরস্পরের সাপেক্ষে ধ্রুব বেগে গতিশীল প্রসঙ্গ কাঠামোকে জড় প্রসঙ্গ কাঠামো বলে।
অজড় প্রসঙ্গ কাঠামো: পরস্পরের সাপেক্ষে অসম বেগে গতিশীল অর্থাৎ, ত্বরণে থাকা প্রসঙ্গ কাঠামোকে অজড় প্রসঙ্গ কাঠামো বলে।

বলের স্বজ্ঞামূলক ধারণা

আমরা জানি, প্রত্যেক বস্তু যে অবস্থায় আছে, সে অবস্থাতেই থাকতে চায় এই ধর্মকে বলা হয় জড়তা। জড়তার আলোচনায় আমরা দেখেছি, বস্তুর ভর বেশি হলে, বেগের পরিবর্তন ঘটাতে বেশি কষ্ট করতে হয়। এই যে বেশি ধাক্কা বা বেশি টান দেওয়া হচ্ছে, এটিই হচ্ছে বল। মোট কথা, বস্তুর গতির অবস্থা পরিবর্তন করতে বস্তুর উপর যা প্রয়োগ করতে হয়, তা-ই বল
আরও বিস্তারিতভাবে বললে, কোনো স্থির বস্তুকে গতিশীল করতে এবং গতিশীল বস্তুর গতির/বেগের পরিবর্তন করতে বস্তুর উপর যা প্রযুক্ত করতে হয়, তাকে বল বলে এটিই হচ্ছে বলের স্বজ্ঞামূলক ধারণা

আমাদের সাধারণ অভিজ্ঞতা বলে কোনো কিছু ঠেলতে বা টানতে, বহন করতে বা নিক্ষেপ করতে বলের প্রয়োজন হয় আমরা আমাদের নিজের উপরও বলের প্রভাব অনুভব করতে পারি, যখন আমাদের কেউ ধাক্কা দেয়, গতিশীল বস্তু আমাদের উপর ধাক্কা দেয়, খেলার মাঠে আমরা যখন নাগরদোলায় চড়ে বসি
বাস্তবে এমন কোনো বস্তু নেই যার উপর কোনো বল প্রয়োগ হচ্ছে না। কোনো বস্তুর উপর ক্রিয়ারত বলগুলোর লব্ধি শূন্য হলে, বস্তুর উপর বলের কোনো প্রভাব পড়ে না। যেমন- একটি টেবিলের উপর রাখা একটি বাক্স যার উপর নিচের দিকে ওজন (W) এবং উপরের দিকে টেবিল কর্তৃক প্রযুক্ত প্রতিক্রিয়া (R) কাজ করছে **Fig 4.10** এ। W = R হওয়াতে লব্ধি শূন্য। তাই বাক্সটি স্থির আছে।

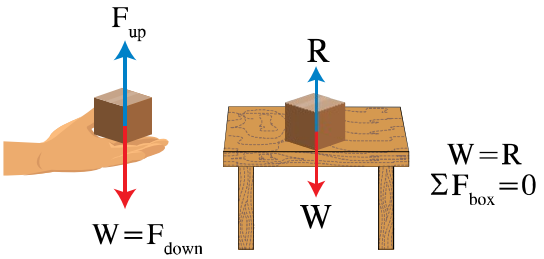


Fig 4.10

বল: যা স্থির বস্তুর উপর ক্রিয়া করে স্থির বস্তুকে গতিশীল করে এবং গতিশীল বস্তুর উপর ক্রিয়া করে গতির পরিবর্তন করে বা করতে চায়, তাকে বল বলে।

বলের সাধারণ বৈশিষ্ট্য

(i) একটি বলকে কিক করলে (বল প্রয়োগ করলে) যেদিকে কিক মারা হয় (বল প্রযুক্ত হয়), বলটি সেদিকেই গতিশীল হয়। তাই বলা যায়, কিকটির অর্থাৎ, বলের নির্দিষ্ট দিক আছে।

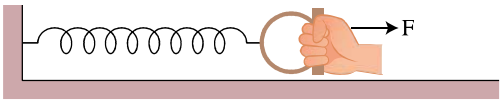
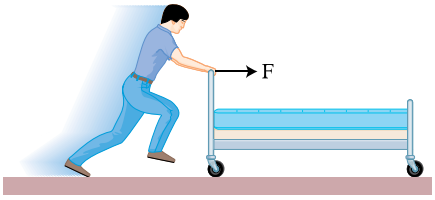
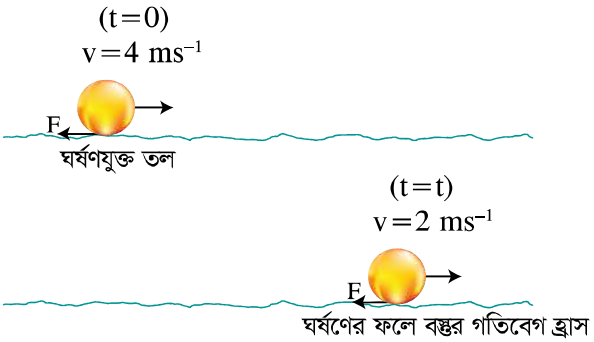
(ii) পেস বোলারের করা $140 kmh^{-1}$ গতির একটি বলে ব্যাটসম্যান সজোরে ব্যাট চালালো। ব্যাটে বলে সংযোগ হয়ে বল চলে গেল সীমানার বাইরে এক্ষেত্রে, বলটি যেমন ব্যাটের উপর বল প্রয়োগ করে তেমনি ব্যাটসম্যান ও ব্যাট দিয়ে ক্রিকেট বলের উপর বল প্রয়োগ করে। এভাবে বল জোড়ায় জোড়ায় ক্রিয়া করে।

(iii) তোমার বন্ধু ফুটবল খেলার মাঠে তোমাকে সুবিধাজনক পজিশনে দেখতে পেয়ে তোমাকে বল পাস করল। ফুটবল কাছে আসা মাত্রই তুমি সজোরে গোলমুখে কিক করলে (অর্থাৎ, ফুটবলটির উপর বল প্রয়োগ করলে)। এতে বলের বেগের মান ও দিক উভয়ই পরিবর্তিত হল অর্থাৎ, ত্বরণ সৃষ্টি হল। তাই বলা যায়, বল কোনো বস্তুতে ত্বরণ সৃষ্টি করতে পারে।

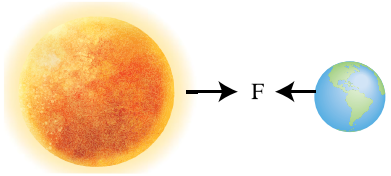
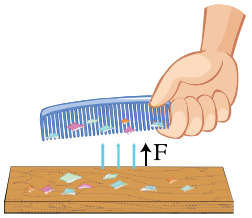
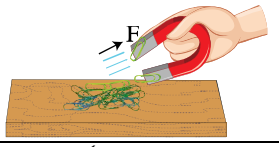
(iv) ছোটবেলায় পেন্সিলের দাগ মোছার জন্য সবাই রাবারের তৈরি ইরেজার (eraser) ব্যবহার করেছো। অনেকেই হয়তো নতুন ইরেজারে হ্যাঁচকা টান দিতে গিয়ে দুইভাগ করে ফেলেছো। আবার, অনেকেই স্প্রিং নিয়ে অতিরিক্ত টানাটানি করতে গিয়ে দেখেছো, স্প্রিংটি তার আগের অবস্থায় নেই, বিকৃত হয়ে গেছে ইরেজারের উপর হ্যাঁচকা টান অথবা, স্প্রিং এর টানাটানি অর্থাৎ, প্রযুক্ত বল এখানে বস্তুর বিকৃতি ঘটাে এভাবে বল বস্তুর বিকৃতি ঘটাতে পারে।

বিভিন্ন প্রকার বল

স্পর্শ বল: বিগত উদাহরণগুলো দেখলে বোঝা যায়, টানা/ঠেলা/ধাক্কা একটি যন্ত্র বা মানুষ দ্বারা দেয়া হচ্ছে। মানুষ (যেমন: আমি বা তুমি) হাত-পা দিয়ে বল প্রয়োগ করলে, যে বল প্রয়োগ করছে, তাকে বলা হয় এজেন্ট। যন্ত্র বা এজেন্ট দ্বারা প্রযুক্ত এ বলগুলোকে যান্ত্রিক বল বলে। যান্ত্রিক বল প্রয়োগ করতে হলে অবশ্যই বস্তুর সংস্পর্শে থাকতে হবে তাই একে স্পর্শ বলও বলে। অর্থাৎ, স্পর্শ ছাড়া যে সকল বল প্রয়োগ করা যায় না, তাকে স্পর্শ বল বলে। যেমন:

(i) একটি স্প্রিংকে টানা হচ্ছে। (টান বল)	
(ii) একটি ট্রলিকে ঠেলা হচ্ছে। (ধাক্কা বল)	
(iii) একটি তলের উপর দিয়ে একটি বস্তু টেনে নেওয়ার সময় তল বস্তুকে বাধা প্রদান করে। (গতীয় ঘর্ষণ বল)	

অস্পর্শ বল: আবার, এমন কিছু বল আছে যা প্রয়োগ করতে সংস্পর্শে আসার প্রয়োজন হয়না। যেমন- একটা আম গাছ থেকে আম যখন মাটিতে পড়ে তখন পৃথিবী একটি বল দ্বারা আমটিকে টানে বলেই আমটি নিচে পড়ে। বল প্রয়োগ করতে পৃথিবীর আমটিকে স্পর্শ করতে হয়না। এটিই অস্পর্শ বল উদাহরণ:

(i) যেকোনো দুইটি কণার মধ্যেই একটি আকর্ষণ বল কাজ করে, যাকে আমরা মহাকর্ষ বল বলি মহাকর্ষ বল প্রয়োগ করতে বস্তুদ্বয়ের পরস্পরকে স্পর্শ করার কোনো প্রয়োজন নেই।	 মহাকর্ষ বল একটি অস্পর্শ বল।
(ii) টেবিলের উপর কাগজের কয়েকটি ছোট টুকরা রাখো। একটি চিরুনি দিয়ে তেলবিহীন শুকনো চুল আঁচড়াও। এরপর চিরুনিগুলোকে কাগজের টুকরার কাছাকাছি আনো। দেখবে, চিরুনি কাগজের টুকরাগুলোকে কাছে টান	 চিরুনি কাগজের টুকরাগুলোকে টানছে।
(iii) এক টুকরো লোহার কাছে একটি চুম্বক আনো। দেখবে, চুম্বক লোহার টুকরা গুলোকে কাছে টান	

এভাবে, চিরুনি কাগজের টুকরোকে এবং চুম্বক লোহার টুকরোকে বল প্রয়োগে কাছে টানতে স্পর্শ করার প্রয়োজন হয়নি এরূপ বল বস্তু দুইটির মিথস্ক্রিয়ার ফলে উদ্ভব হয়।

সুতরাং, স্পর্শ ছাড়া যে সকল বল একটি বস্তু অন্য বস্তুর উপর প্রয়োগ করতে পারে, তাকে অস্পর্শ বল বলে।

মৌলিক বল

তোমাকে যদি প্রশ্ন করা হয় যে এমন কোনো পরিস্থিতি চিন্তা করতে পারবে যেখানে বলের কোনো অস্তিত্ব নেই। তুমি নিশ্চয়ই উত্তর দিতে গিয়ে একটু চিন্তায় পড়ে যাবে এমনটা হওয়াই স্বাভাবিক। কেননা এ মহাবিশ্বে এমন কোনো পরিস্থিতি তৈরি করা সম্ভব নয়। যেখানে বলের কোনো অস্তিত্ব নেই। বিজ্ঞানীরা পরীক্ষার মাধ্যমে জানতে পারলেন যে মহাবিশ্বের বড় বড় গ্যালাক্সি থেকে শুরু করে পরমাণুর কেন্দ্রে থাকা নিউক্লিয়াসের অভ্যন্তরে অবস্থিত অতি ক্ষুদ্র কণার মধ্যেও বল উপস্থিত এসব বলের প্রকৃতি ও ধরন ভিন্ন হলেও তাদের সবার একটি সাধারণ বৈশিষ্ট্য ছিল, তা হলো বস্তুতে ত্বরণ সৃষ্টি করা। এ বিষয়টি বিজ্ঞানী আইজ্যাক নিউটন প্রতিষ্ঠিত করে গেছেন তার বিখ্যাত নিউটনের দ্বিতীয় সূত্রের মাধ্যে

নিউটনের সূত্রের মাধ্যমে আমরা বলের স্বতন্ত্র বৈশিষ্ট্যগুলো সম্পর্কে জানতে পারলাম। তবে আমাদের মহাবিশ্বে উপস্থিত বিভিন্ন প্রকৃতির বল ও তাদের মধ্যে সম্পর্ক নিয়ে বিজ্ঞানীদের আগ্রহ অনেকদিনের পুরনো বিষয়। এরই ধারাবাহিকতায় বিজ্ঞানীরা ধারণা করছেন যে মহাবিশ্বে প্রকৃতপক্ষে একটিমাত্র বল আছে। এ ধারণার সূত্রপাতের কারণ হলো বিজ্ঞানীরা ইতিমধ্যে সকল প্রকৃতির বল সৃষ্টির জন্য দায়ী চারটি মৌলিক বল খুঁজে বের করেছেন। আমাদের পরিচিত অনেক বলের প্রকারভেদ এ মৌলিক বলের সমন্বয়ে প্রকাশ পায়। তোমার নিশ্চয়ই এই মৌলিক বলের প্রকারভেদ সম্পর্কে জানতে ইচ্ছা করছে। চল এবার মৌলিক বলগুলো সম্পর্কে জেনে নেওয়া যাক।

মৌলিক বল চার প্রকার। যথা:

(i) মহাকর্ষ বল (Gravitational force)
(ii) তাড়িতচৌম্বক বল (Electromagnetic force)
(iii) সবল নিউক্লিয় বল (Strong nuclear force)
(iv) দুর্বল নিউক্লিয় বল (Weak nuclear force)

মহাকর্ষ বল

নিউটনের মহাকর্ষ সূত্রের বদৌলতে আমরা জানতে পারি যে, মহাবিশ্বের প্রত্যেক বস্তুই একে অপরকে আকর্ষণ করে। এ আকর্ষণ বলই হলো মহাকর্ষ বল দুটি বস্তুর মধ্যে ক্রিয়াশীল মহাকর্ষ বলের মান বস্তু দুটির ভরের $(m_1$ ও $m_2)$ গুণফলের সমানুপাতিক, বস্তুদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্বের (r) বর্গের ব্যস্তানুপাতিক এবং বল বস্তু দুটির সংযোগকারী সরলরেখা বরাবর ক্রিয়াশীল। অর্থাৎ,

$$F_g = G\frac{m_1 m_2}{r^2} \quad | \quad G = \text{মহাকর্ষীয় ধ্রুবক}$$

বিজ্ঞানীদের ধারণা, দুটি বস্তুর মধ্যে গ্রাভিটন নামক কণার পারস্পরিক বিনিময়ের দ্বারা এ বল ক্রিয়াশীল হয়। মহাকর্ষ বল খুবই দুর্বল প্রকৃতির বল হলেও এর পাল্লা অসীম পর্যন্ত বিস্তৃত।

মহাকর্ষ বল মহাবিশ্বে উপস্থিত খুবই গুরুত্বপূর্ণ বল কেননা মহাকর্ষ বলের কারণে-

- বস্তুর ওপর নির্দিষ্ট গ্রহ কর্তৃক ওজন কাজ করে
- গ্রহসমূহ নক্ষত্রের চারপাশে ঘূর্ণনের জন্য প্রয়োজনীয় কেন্দ্রমুখী বলের যোগান পায়।

এক্ষেত্রে মনে রাখবে, চারটি মৌলিক বলের মাঝে মহাকর্ষ বলই দুর্বলত ব্যাপারটি একটি সহজ উদাহরণ দিয়ে চিন্তা করা যেতে পারে ধরো, তুমি একটি টেবিলের উপর একটি লোহার পেরেক রাখলে পেরেকটিকে পৃথিবী তার সমগ্র ভর দিয়ে আকর্ষণ করছে বিধায় পেরেকটি টেবিলের উপর স্থিরভাবে অবস্থান করছে। এখন তুমি যদি একটি চুম্বক পেরেকটির কাছে নাও তবে পেরেকটি চুম্বকের কাছে চলে আসবে। অর্থাৎ, ছোট একটি চুম্বকের চৌম্বক বলের সাহায্যে পেরেক এবং পৃথিবীর মধ্যকার মহাকর্ষ বল অতিক্রম করা যাচ্ছে।

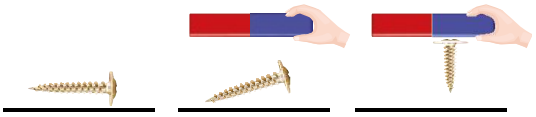


Fig 4.11

দুর্বল নিউক্লিয় বল

আমরা সবাই কমবেশি পারমাণবিক বোমার নাম শুনেছি। এই পারমাণবিক বোম একটি বিশেষ ধরনের বিক্রিয়া ঘটে যার ফলে মৌলের ভারী নিউক্লিয়াস সম আকারের দুটি নিউক্লিয়াসে বিভক্ত হয় এবং বিপুল পরিমাণ শক্তি পাওয়া যায়। এই বিক্রিয়ার জন্য বিশেষ কিছু মৌল ব্যবহৃত হয় যাদের নিউক্লিয়াস অস্থায়ী এ সমস্ত নিউক্লিয়াসকে বলা হয় 'তেজস্ক্রিয় নিউক্লিয়াস'। দুর্বল নিউক্লিয় বলের কারণে নিউক্লিয়াস থেকে বিটা কণা নির্গত হয়। এ বল আকর্ষণধর্মী, স্বল্প পাল্লাবিশিষ্ট এবং চার্জ নিরপেক্ষ। বিজ্ঞানীদের ধারণা, বোসন নামক এক প্রকার কণার বিনিময়ে এ বল কার্যকর হয়।

তাড়িতচৌম্বক বল

দুটি চার্জ যদি স্থির অবস্থায় থাকে তবে তাদের মধ্যে স্থির তড়িৎ বল কাজ করে যার মান ও দিক কুলম্বের সূত্র থেকে বের করা যায়। অপরদিকে গতিশীল চার্জের মধ্যে কাজ করে চৌম্বক বল। তড়িৎ ও চৌম্বক বল পরস্পর ঘনিষ্ঠ সম্পর্কযুক্ত। তড়িৎ বল ও চৌম্বক বল পরস্পর সংযুক্ত অবস্থায় তাড়িতচৌম্বক বলের উৎপত্তি ঘটায় যখন চার্জ গতিশীল হয় তখন চৌম্বকক্ষেত্র সৃষ্টি হয় যা পরবর্তীতে তড়িৎ ক্ষেত্রের উৎস হিসেবে কাজ করে। বিজ্ঞানীদের ধারণা 'ফোটন' নামক কণার বিনিময়ে এ বল কার্যকর হয়। তাড়িতচৌম্বক বলের তীব্রতা মহাকর্ষ বলের তুলনায় অনেক বেশি এবং পাল্লা অসীম।

তাড়িতচৌম্বক বল বিশেষভাবে গুরুত্বপূর্ণ কারণ-

- বস্তুর অণু-পরমাণুর মধ্যে ক্রিয়াশীল তাড়িতচৌম্বক বলের দরুন বস্তুতে টান বলের উৎপত্তি ঘটে।
- তলের উপর বল প্রয়োগের ফলে তল যে অভিলম্বিক প্রতিক্রিয়া বল সৃষ্টি করে তা মূলত বস্তু ও তলের অণু-পরমাণুর মধ্যে ক্রিয়াশীল তাড়িতচৌম্বক বল।

সবল নিউক্লিয় বল

তুমি যদি পরমাণুর মডেল পড়ে থাকো তবে তুমি নিশ্চয়ই জানো যে, পরমাণুর কেন্দ্রে থাকা নিউক্লিয়াসের অভ্যন্তরে দুই ধরনের কণা থাকে ধনাত্মক চার্জের প্রোটন এবং চার্জবিহীন নিউট্রন। হাইড্রোজেন ব্যতীত সকল মৌলের নিউক্লিয়াসে একাধিক প্রোটন ও নিউট্রন অবস্থিত। এখন প্রশ্ন হলো সমধর্মী চার্জবিশিষ্ট প্রোটন কিভাবে নিউক্লিয়াসে এত কাছাকাছি অবস্থান করে? এ প্রশ্নের উত্তর খুঁজে পাওয়া যায় সবল নিউক্লিয় বল নামক মৌলিক বলের মাধ্যমে।

পরমাণুর নিউক্লিয়াসে অবস্থিত নিউক্লিয়ন (প্রোটন, নিউটন) গুলোর মধ্যে যে প্রবল আকর্ষণ বল বিদ্যমান তাকে সবল নিউক্লিয় বল বলা হয় প্রোটন ধনাত্মক চার্জবিশিষ্ট বলে প্রোটন-প্রোটনের মধ্যে বিকর্ষণ বল ক্রিয়া করে। ফলে নিউক্লিয়াস ভেঙে যাওয়ার কথা কিন্তু প্রোটন-নিউট্রন ও নিউট্রন-নিউট্রন জোড়ের মধ্যে যে আকর্ষণ বল থাকে তা বিকর্ষণ বলের চেয়ে অনেক শক্তিশালী। প্রোটন-নিউট্রনের মধ্যে মহাকর্ষ বলও কাজ করে কিন্তু শক্তিশালী নিউক্লিয় বলের তুলনায় তা খুবই নগণ্য। বিজ্ঞানীদের ধারণা, নিউক্লিয়াসের মধ্যে মেসন নামক কণার বিনিময়ে এ বল ক্রিয়াশীল হয়।

মৌলিক বলগুলোর গুরুত্বপূর্ণ বৈশিষ্ট্যগুলো নিচের টেবিলের মাধ্যমে তুলে ধরা হল:

মৌলিক বল	পাল্লা	আপেক্ষিক তীব্রতা	বিনিময়কারী কণা	কার্যকারিতা
মহাকর্ষ বল	অসীম	$10^0 = 1$	গ্রাভিটন	গ্রহ, নক্ষত্র ইত্যাদির ঘূর্ণন
দুর্বল নিউক্লিয় বল	10^{-16}m	10^{30}	বোসন	বিটা ক্ষয়ের জন্য
তাড়িতচৌম্বক বল	অসীম	10^{39} বা 10^{40}	ফোটন	পরমাণু ও অণু গঠনে
সবল নিউক্লিয় বল	10^{-15}m	10^{41} বা 10^{42}	মেসন	নিউক্লিয়নকে নিউক্লিয়াসে আবদ্ধ রাখা

ভরবেগ

ঘটনা-১:

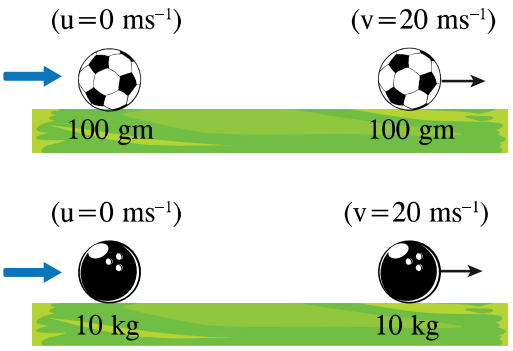


Fig 4.12

ধরো, তোমার বন্ধু ফুটবলে কিক করা অনুশীলন করছে তোমার বন্ধু যখন ফুটবলে কিক করে, তখন স্থির ফুটবলের উপর বল প্রয়োগ করে $20ms^{-1}$ বেগে গতিশীল করতে পারে। এবার তুমি তোমার বন্ধুকে চ্যালেঞ্জ করলে, একটি ভারী লোহার গোলককে সমান বেগে গতিশীল করতে। তোমার কী মনে হয়, এবার কি আগের মতো কিক করলে হবে? মোটেও না, এবার অনেক বেশি জোরে কিক করতে হবে। অর্থাৎ, এক্ষেত্রে লোহার গোলকের উপর বেশি বল প্রয়োগ করতে হবে।

ঘটনা-২:

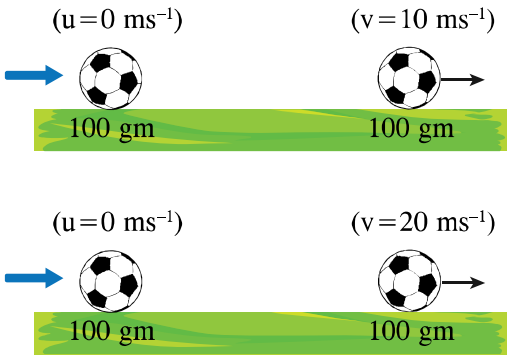


Fig 4.13

আবার মনে করো, তোমার বন্ধু প্রথমবারে ফুটবলে কিক করায় বলটি তোমার দিকে $10ms^{-1}$ বেগে আসছিলো। তখন তুমি পা দিয়ে ফুটবলটির উপর বল প্রয়োগ করে ফুটবলটিকে থামিয়ে দিলে এরপর, তোমার বন্ধু আবার ফুটবলে কিক করলো, এবার আরো জোরে ফলস্বরূপ ফুটবলটি তোমার দিকে $20ms^{-1}$ বেগে আসছিল। পুনরায় তুমি তোমার পা দিয়ে ফুটবলটির উপর বল প্রয়োগ করে ফুটবলটিকে থামিয়ে দিলে। স্বভাবতই এবার তোমাকে বেশি বল প্রয়োগ করতে হয়েছে

প্রথম এবং দ্বিতীয় ক্ষেত্রে যথাক্রমে ভরের পরিবর্তন বেশি এবং বেগের পরিবর্তন বেশি হওয়াতে বেশি বল প্রয়োগ করতে হবে। তাহলে আমরা বলতে পারি, একটি গতিশীল বস্তুকে নির্দিষ্ট সময়ের মধ্যে থামাতে হলে যে বল প্রয়োজন, তা বস্তুর ভর ও বেগ উভয়ের উপর নির্ভরশীল এ থেকেই ভরবেগের ধারণার অবতারণা করা হয়ে

ভরবেগ: কোনো বস্তুর ভর ও বেগের গুণফলকে ভরবেগ বলে।

মাত্রা ও একক: যেহেতু একটি স্কেলার (ভর) ও একটি ভেক্টর (বেগ) এর গুণফল হল ভরবেগ তাই ভরবেগ হল ভেক্টর রাশি এবং বেগের দিকেই এর দিক। একে $\vec{p}$ দ্বারা সূচিত করা হয় m ভরের বস্তুর বেগ $\vec{v}$ হলে ভরবেগ, $\vec{p} = m\vec{v}$

ভরবেগের মাত্রা ও একক হল যথাক্রমে (ভর × বেগ) এর মাত্রা ও একক।

সুতরাং, ভরবেগের মাত্রা, $[p] = [MLT^{-1}]$ এবং এর এস. আই. একক $kgms^{-1}$।