অধ্যায়-9

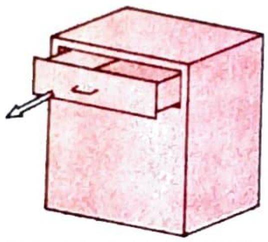
বল আৰু গতিবিষয়ক সূত্ৰসমূহ

FORCE AND LAWS OF MOTION

পূৰ্বৰ অধ্যায়ত স্থান, বেগ আৰু ত্বৰণৰ আধাৰত কোনো বস্তুৰ সৰল ৰৈখিক গতিৰ বৰ্ণনা দিয়া হৈছিল। আমি দেখিলোঁ যে এনেধৰণৰ গতি সুষম কিম্বা বিষম হ'ব পাৰে। বস্তুৰ গতিৰ কাৰণ সম্পৰ্কে আমি কিন্তু এতিয়াও অৱগত নহয়। সময়ৰ সাপেক্ষে বস্তুৰ গতিৰ পৰিৱৰ্তন কিয় হয়? সকলো ধৰণৰ গতিৰ বাবে কাৰণ প্ৰয়োজননে? যদি প্ৰয়োজন, তেন্তে এই কাৰণৰ প্ৰকৃতি কেনে ধৰণৰ? এই অধ্যায়ত আমি এনেবোৰ প্ৰশ্নৰ উত্তৰ বিচাৰিম।

বস্তুৰ গতি আৰু তাৰ কাৰণৰ বিষয়টোৱে বিজ্ঞানী আৰু দাৰ্শনিকসকলক বহু শতিকাজুৰি বিমোৰ কৰি ৰাখিছিল। মাটিত পৰি থকা বল এটা খুন্দা মাৰি দিলে সি কিন্তু অবিৰতভাৱে গতি কৰি নাথাকে। এই পৰ্যবেক্ষণসমূহে স্থিতিশীল অৱস্থাই বস্তুৰ স্বাভাৱিক অৱস্থা বুলি ধাৰণা এটাৰ জন্ম দিয়ে। গেলিলিও গেলিলি আৰু আইজাক নিউটনে গতিৰ তাৎপৰ্যৰ সন্দৰ্ভত সম্পূৰ্ণ পৃথক দৃষ্টিভঙ্গী এটা আগ নবঢ়োৱা পৰ্যন্ত এই ধাৰণাই বৰ্তি আছিল।

(a) ঠেলাখন হেঁচাৰ দিশত গতিশীল হৈছে

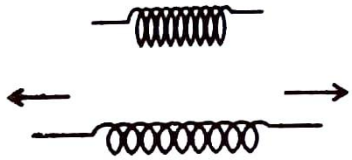


(b) ড্ৰয়াৰটো টনা হৈছে।

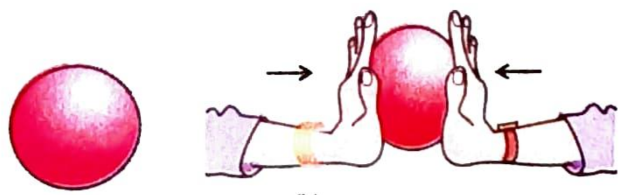
(c) হকী মাৰিৰে সমুখলৈ বলটো মৰা হৈছে

চিত্ৰ-9.1: ঠেলা, টনা বা খুন্দা মৰাৰ বাবে বস্তুৰ গতিৰ অৱস্থাৰ পৰিৱৰ্তন।

দৈনন্দিন জীৱনত আমি লক্ষ্য কৰোঁ যে স্থিতিশীল বস্তু এটাক গতিশীল কৰিবলৈ নতুবা গতিশীল বস্তু এটাক স্থিতিশীল অৱস্থালৈ আনিবলৈ কিছু প্ৰয়াসৰ প্ৰয়োজন। আমি সাধাৰণতে এনেবোৰ প্ৰয়াসক পেশীয় প্ৰয়াস বুলি অনুভৱ কৰো আৰু বস্তুৰ গতিৰ পৰিৱৰ্তন ঘটাবলৈ তাক ঠেলিব বা আঘাত কৰিব বা টানিব লাগে বুলি কওঁ। ঠেলা বা আঘাত কৰা বা টনাৰ আধাৰতেই বলৰ ধাৰণাৰ জন্ম হৈছে। এতিয়া আমি 'বল' সম্পৰ্কে দকৈ চিন্তা কৰিম। বল মানে কি? প্ৰকৃতাৰ্থত কোনোও বল দেখা নাই, কোনেও তাৰ সোৱাদ লোৱা নাই বা কোনেও তাৰ স্পৰ্শানুভূতি পোৱা নাই। আচলতে আমি বলৰ প্ৰভাববোৰহে দেখোঁ বা অনুভৱ কৰো। বস্তুৰ ওপৰত প্ৰযুক্ত বলে সংঘটিত কৰা ঘটনাৰ আধাৰত বলৰ ব্যাখ্যা আগবঢ়াব পাৰি। ঠেলা, আঘাত কৰা বা টনাৰ যোগেদি বস্তুক গতি প্ৰদান কৰা হয় (চিত্ৰ-9.1)। সিহঁতৰ গতিৰ কাৰণ হ'ল সিহঁতৰ ওপৰত প্ৰযুক্ত বল। তোমালোকে আগৰ পাঠসমূহৰ পৰা বুজিব পাৰিছা যে বল প্ৰয়োগেৰে বস্তুৰ বেগৰ মান সলনি কৰিব পাৰি। (অৰ্থাৎ বস্তুৰ গতি দ্ৰুত অথবা মন্থৰ কৰিব পাৰি বা গতিৰ দিশ সলনি কৰিব পাৰি।) আমি এইটোও জানো যে বলে বস্তুৰ আকাৰ আৰু আয়তনো সলনি কৰিব পাৰে। (চিত্ৰ-9.2)।



(a)



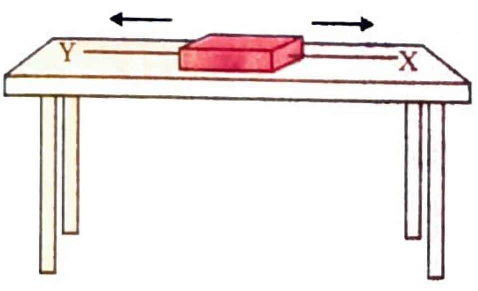
(b)

চিত্ৰ-9.2 (a) *বল প্ৰয়োগৰ ফলত স্প্ৰীঙৰ প্ৰসাৰণ ঘটিছে;*

(b) *ৰবৰৰ ঘূৰণীয়া বল এটা বল প্ৰয়োগৰ ফলত বিকৃত হৈছে।*

9.1 সন্তুলিত আৰু অসন্তুলিত বল (Balanced and Unbalanced Forces)

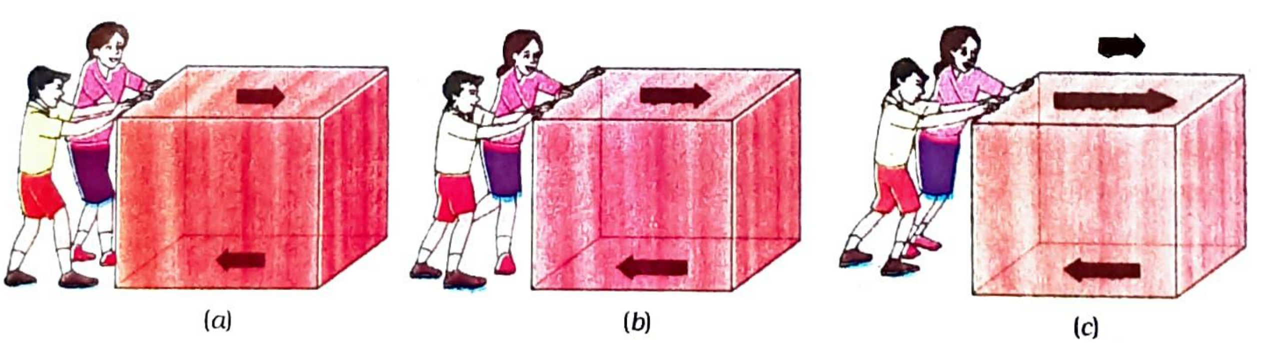
9.3 চিত্ৰত এখন অনুভূমিক টেবুলত কাঠৰ টুকুৰা এটা দেখুৱা হৈছে। কাঠটুকুৰাৰ দুই বিপৰীত পৃষ্ঠত X আৰু Y দুডাল ৰচী বান্ধি থোৱা হৈছে। বল প্ৰয়োগ কৰি X ৰচীডাল টানিলে টুকুৰাটোৱে সোঁফাললৈ গতি লাভ কৰিব। যদি Y ৰচীডালত ধৰি টানো তেন্তে টুকুৰাটোৱে বাওঁফাললৈ গতি কৰিব। যদি X আৰু Y দুয়োডাল ৰচী সমান বলেৰে দুয়োফালে টনা হয় তেন্তে টুকুৰাটোৱে গতি লাভ নকৰিব। এনেবোৰ বলক সন্তুলিত বল বোলে আৰু ইহঁতে বস্তুৰ স্থিতিশীল অথবা গতিশীল অৱস্থাৰ পৰিবৰ্তন ঘটাব নোৱাৰে। এতিয়া আমি অন্য এটা উদাহৰণ লওঁ য'ত দুটা বিপৰীতমুখী অসম বলে টুকুৰাটোক টানে। এইক্ষেত্ৰত টুকুৰাটোৱে ডাঙৰ বলটোৰ দিশত গতি কৰিব। গতিকে, বল দুটা সন্তুলিত নহয় আৰু অসন্তুলিত বলে টুকুৰাটোৰ গতিৰ দিশত ক্ৰিয়া কৰে। ইয়াৰ পৰা ইয়াকে বুজা যায় যে অসন্তুলিত বলে বস্তুৰ ওপৰত ক্ৰিয়া কৰি তাক গতি প্ৰদান কৰে।



চিত্ৰ-9.3 : কাঠৰ টুকুৰা এটাৰ ওপৰত দুটা বলে ক্ৰিয়া কৰিছে।

ল'ৰা-ছোৱালী কিছুমানে খহটা মজিয়াত বাকচ এটা ঠেলিলে কি ঘটিব? সিহঁতে বাকচটো কম মানৰ বলেৰে ঠেলিলে বাকচটোৱে লৰচৰেই নকৰিব; তাৰ কাৰণ হ'ল ঘৰ্ষণ প্ৰযুক্ত বলৰ বিপৰীত দিশত ক্ৰিয়াশীল হ'ব (চিত্ৰ-9.4(a))। এই ঘৰ্ষণ বল স্পৰ্শ-পৃষ্ঠ দুখনৰ মাজত উৎপন্ন হয়। এই ক্ষেত্ৰত বাকচৰ তলি আৰু খহটা মজিয়াৰ পৃষ্ঠৰ মাজত। এই বলে ঠেলা বলক সন্তুলিত কৰে আৰু সেইবাবেই বাকচটোৱে গতি নকৰে। 9.4(b) চিত্ৰত ল'ৰা-ছোৱালীবোৰে বাকচটো অধিক জোৰেৰে ঠেলিছে; তথাপিও বাকচটোৱে গতি কৰা নাই। ইয়াৰ কাৰণ হ'ল ঘৰ্ষণ বলে এতিয়াও ঠেলা বলক সন্তুলিত কৰি ৰাখিছে। যদি ল'ৰা-ছোৱালীবোৰে ইয়াতকৈও অধিক জোৰেৰে বাকচটো ঠেলে তেন্তে ঠেলা বল ঘৰ্ষণ বলতকৈ ডাঙৰ হ'ব (চিত্ৰ-9.4(c))। এতিয়া এটা অসন্তুলিত বল থাকিব। গতিকে বাকচটোৱে গতি লাভ কৰিব।

আমি চাইকেল চলালে কি হয়? আমি পেডেল মৰা বন্ধ কৰিলে চাইকেলখনৰ গতি ধীৰ হ'বলৈ আৰম্ভ কৰে। পূৰ্বৰ দৰেই ঘৰ্ষণ বলে গতিৰ বিপৰীত দিশত ক্ৰিয়া কৰাৰ বাবেই চাইকেলৰ গতি মন্থৰিত হয়। চাইকেলৰ গতি অবিৰত অৱস্থাত ৰাখিবলৈ আকৌ পেডেল মাৰিবলৈ আৰম্ভ কৰিব লাগিব। ইয়াৰ পৰা এনে এটা ধাৰণা হয় যে অসন্তুলিত বলৰ অবিৰত ক্ৰিয়াৰ ফলত হে বস্তুৰ গতি বৰ্তি থাকে। কিন্তু ই সম্পূৰ্ণ অসত্য। বস্তুৰ ওপৰত ক্ৰিয়াশীল বলসমূহ (ঘৰ্ষণ বল আৰু ঠেলা বল) সন্তুলিত অৱস্থাত থাকিলে আৰু মুঠ বাহ্যিক বলৰ মান শূন্য হ'লে বস্তুৰ গতি সুষম হয়। যদি বস্তুৰ ওপৰত এটা অসন্তুলিত বল প্ৰয়োগ কৰা হয় তেন্তে তাৰ দ্ৰুতি অথবা গতিৰ দিশৰ পৰিবৰ্তন হ'ব। গতিকে বস্তুৰ গতি ত্বৰিত কৰিবলৈ অসন্তুলিত বলৰ প্ৰয়োজন। আৰু এই অসন্তুলিত বল যেতিয়ালৈকে ক্ৰিয়াশীল হৈ থাকিব তেতিয়ালৈকে দ্ৰুতিৰ (নতুবা গতিৰ দিশৰ) পৰিবৰ্তন অব্যাহত থাকিব। কিন্তু যদি প্ৰযুক্ত বলক সম্পূৰ্ণৰূপে আঁতৰাই দিয়া



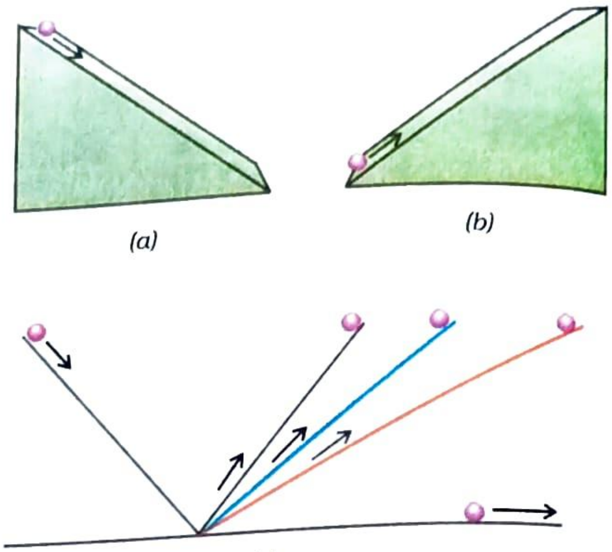
(a) (b) (c)

চিত্ৰ : **9.4**

হয়, তেন্তে সেই সময় পৰ্যন্ত বস্তুটোৱে আহৰণ কৰা বেগেৰে গতিশীল অৱস্থাত থাকিব।

9.2 গতি বিষয়ক প্ৰথম সূত্ৰ (First Law of Motion)

হেলনীয়া সমতলত বস্তুৰ গতিৰ নিৰীক্ষণৰ দ্বাৰা গেলিলিওৱে (Galileo) বুজিছিল যে বলৰ অবৰ্তমানত গতিশীল বস্তুৰ দ্ৰুতি স্থিৰে থাকে। তেওঁ লক্ষ্য কৰিছিল যে হেলনীয়া সমতল এখনেদি মাৰ্বল এটা তললৈ বাগৰিলে তাৰ বেগ বাঢ়ে [(চিত্ৰ-9.5 (a)]। ইয়াৰ পিছৰ অধ্যায়ত তোমালোকে শিকিবা যে অসন্তুলিত মধ্যাৰ্ষণিক বলৰ ক্ৰিয়াত হেলনীয়া সমতলেদি মাৰ্বলটো বাগৰি আহি সমতলৰ পাদদেশত এক সুনিৰ্দিষ্ট বেগ আহৰণ কৰে। চিত্ৰ-9.5 (b)ত দেখুওৱা অনুসৰি মাৰ্বলটো ওপৰলৈ উঠিলে তাৰ বেগ কমে। 9.5(c) চিত্ৰত মাৰ্বল এটা দুয়োফালে হেলনীয়া আদৰ্শ ঘৰ্ষণবিহীন সমতল এখনত স্থিৰ অৱস্থাত দেখুওৱা হৈছে। গেলিলিওৱে যুক্তি দৰ্শাইছিল যে যদি মাৰ্বলটো বাওঁফালৰ পৰা এৰি দিয়া হয় তেন্তে ই তললৈ বাগৰি আহিব আৰু তাক যি উচ্চতাৰ পৰা এৰি দিয়া হৈছিল সেই উচ্চতালৈ বিপৰীত দিশত উঠি যাব। যদি দুয়োফালৰ হেলনীয়া তল দুখনৰ নতি (slope) সমান হয় তেন্তে মাৰ্বলটোৱে তললৈ বাগৰোতে অতিক্ৰম কৰা দূৰত্ব আৰু ওপৰলৈ উঠোতে অতিক্ৰম কৰা দূৰত্ব সমান হ'ব। যদি সোঁহাতৰ হেলনীয়া সমতলখনৰ নতি লাহে লাহে কমাই দিয়া হয় তেন্তে মাৰ্বলটোৱে ই নামি অহা উচ্চতাৰ সমান নুঠা পৰ্যন্ত অধিক দূৰত্বলৈ গতি কৰি থাকিব। সোঁহাতৰ সমতলখন অনুভূমিক (horizontal) কৰি দিলে (অৰ্থাৎ, নতি শূন্যলৈ হ্ৰাস কৰিলে) মাৰ্বলটোৱে নামি অহা উচ্চতাত উপনীত হ'বলৈ অবিৰতভাৱে গতি কৰি থাকিব। এই ক্ষেত্ৰত মাৰ্বলটোৰ ওপৰত ক্ৰিয়া কৰা অসন্তুলিত বলৰ মান শূন্য। ইয়াৰ পৰা ইয়াকে বুজা যায় যে মাৰ্বলটোৰ গতিৰ পৰিবৰ্তন কৰিবলৈ অসন্তুলিত (বাহ্যিক) বলৰ প্ৰয়োজন কিন্তু ইয়াৰ সুষম গতিক বৰ্তাই ৰাখিবলৈ কোনো মুঠ বলৰ প্ৰয়োজন নহয়। বাস্তৱ ক্ষেত্ৰত শূন্য অসন্তুলিত বল পোৱাটো কঠিন। ইয়াৰ কাৰণ হ'ল গতিৰ বিপৰীত দিশে ক্ৰিয়া কৰা ঘৰ্ষণ বল। সেই হেতু মাৰ্বলটো কিছুদূৰ গৈ ৰৈ যায়। মাৰ্বলটো আৰু সমতলখন মিহি কৰি আৰু তলৰ ওপৰ ভাগত পিচ্ছলক (Lubricant) ব্যৱহাৰ কৰি ঘৰ্ষণ বল কমাব পাৰি।



চিত্ৰ-9.5 হেলনীয়া তল এখনত মাৰ্বল এটাৰ (a) নিম্নগামী গতি, (b) উৰ্ধগামী গতি আৰু (c) এখন দুয়োফালে হেলনীয়া তলৰ ওপৰত মাৰ্বল এটাৰ গতি

বল আৰু গতিৰ বিষয়ে গেলিলিওৱে আগবঢ়োৱা ধাৰণাবোৰৰ ওপৰত নিউটনে বিস্তৃত অধ্যয়ন চলাই বস্তুৰ গতিৰ সৈতে জড়িত তিনিটা বুনিয়াদী সূত্ৰ আগবঢ়ায়। এই সূত্ৰ তিনিটাক নিউটনৰ গতিবিষয়ক সূত্ৰ (Newton's laws of motion) বুলি কোৱা হয়।

গতি বিষয়ক প্ৰথম সূত্ৰটো এনে ধৰণৰ ঃ

প্ৰযুক্ত বলে অৱস্থাৰ পৰিবৰ্তন কৰিবলৈ বাধ্য নকৰা পৰ্যন্ত বস্তু এটা স্থিতিশীল অথবা সৰল ৰেখাইদি সুষম গতিৰে গতিশীল হৈ থাকিব।

অন্য অৰ্থত, সকলো বস্তুৱেই নিজৰ নিজৰ গতিৰ অৱস্থাৰ পৰিবৰ্তনৰ বিৰোধিতা কৰে। বলৰ অবৰ্তমানত বস্তুৰ স্থিতিশীল অথবা একে বেগেৰে গতি কৰি থকাৰ প্ৰৱণতাক জড়তা (Inertia) বুলি কোৱা হয়। সেইবাবেই গতি বিষয়ক প্ৰথম সূত্ৰটোক জড়তাৰ সূত্ৰ (law of inertia) বুলিও কোৱা হয়।

মটৰগাড়ীৰে কৰা ভ্ৰমণত আমি আহৰণ কৰা কিছুমান অভিজ্ঞতা জড়তাৰ সূত্ৰৰ আধাৰত ব্যাখ্যা কৰিব পাৰি। চালকে ব্ৰেক প্ৰয়োগ কৰি গাড়ীখন নৰখোৱা পৰ্যন্ত আমি গাড়ীৰ আসনৰ সাপেক্ষে স্থিতিশীল হৈ থাকো। ব্ৰেক প্ৰয়োগ কৰিলে গাড়ীখনৰ গতি কমি আহে, কিন্তু গতি জড়তাৰ বাবে আমাৰ শৰীৰে পূৰ্বৰ গতিশীল অৱস্থাতে থাকিব বিচাৰে। হঠাৎ ব্ৰেক প্ৰয়োগ কৰিলে সন্মুখৰ ফলকত খুন্দা মাৰি গাড়ীৰ আৰোহী আঘাতপ্ৰাপ্ত হোৱাৰ শংকা থাকে।

1564 খ্ৰীঃৰ 15 ফেব্ৰুৱাৰীত ইটালীৰ পিচা (Pisa) নামৰ ঠাইত গেলিলিও গেলিলিৰ (Galileo Galilei) জন্ম হৈছিল। একেবাৰে সৰুকালৰ পৰাই গেলিলিওৰ গণিত আৰু প্ৰাকৃতিক দৰ্শন (natural philosophy)ত ৰাপ আছিল। কিন্তু তেওঁৰ পিতৃ ভিনচেন্‌জ' গেলিলিয়ে তেওঁ এজন চিকিৎসক হোৱাটো বিচাৰিছিল। পিতৃৰ ইচ্ছানুসৰি গেলিলিওৱে 1581 খ্ৰীঃত চিকিৎসকৰ ডিগ্ৰীৰ বাবে পিচা বিশ্ববিদ্যালয়ত নামভৰ্তি কৰিছিল। কিন্তু তেওঁৰ চিকিৎসকৰ শিক্ষা সম্পূৰ্ণ নহ'ল; কাৰণ তেওঁৰ লক্ষ্য আছিল গণিত শাস্ত্ৰৰ অধ্যয়ন। 1586 খ্ৰীঃত তেওঁ তেওঁৰ প্ৰথমখন বৈজ্ঞানিক গ্ৰন্থ "The Little Balance" (La Balancitta) লিখি উলিয়াইছিল। এই গ্ৰন্থত তেওঁ তুলাচনী ব্যৱহাৰ কৰি পদাৰ্থৰ আপেক্ষিক ঘনত্ব (বা আপেক্ষিক গুৰুত্ব) নিৰ্ণয় কৰা আৰ্কিমিডিচৰ (Archimedes) পদ্ধতিৰ বিৱৰণ দিছিল। 1589 খ্ৰীঃত তেওঁৰ ৰচনালানি "De Motu" ত হেলনীয়া সমতলৰ ব্যৱহাৰেৰে বস্তুৰ অধোগমনৰ হাৰ কমাই তেওঁ অধোগামী বস্তুৰ সন্দৰ্ভত নিজৰ তত্ত্ব আগবঢ়াইছিল।

গেলিলিও গেলিলি
(1564 – 1642)

1592 খ্ৰীঃত ভেনিচ প্ৰজাতন্ত্ৰৰ পাদুৱা বিশ্ববিদ্যালয়ত গণিতৰ অধ্যাপক হিচাপে তেওঁ নিযুক্তি পাইছিল। ইয়াত তেওঁ বস্তুৰ গতি বিষয়ক তত্ত্বসমূহৰ অধ্যয়ন অব্যাহত ৰাখিছিল আৰু হেলনীয়া সমতল আৰু দোলকৰ গতি অধ্যয়ন কৰি সুষম ত্বৰণেৰে গতি কৰা বস্তু এটাই অতিক্ৰম কৰা দূৰত্ব যে সময়ৰ বৰ্গৰ সমানুপাতিক এই শুদ্ধ সূত্ৰটো উদ্ভাৱন কৰিছিল।

গেলিলিও এজন দক্ষ হস্তশিল্পীও (craftsman) আছিল। তেওঁ এলানি দূৰবীক্ষণ (telescope) তৈয়াৰ কৰি উলিয়াইছিল যিবোৰৰ আলোকী কাৰ্যদক্ষতা সেই সময়ত উপলব্ধ অন্যান্য দূৰবীক্ষণতকৈ যথেষ্ট উন্নত আছিল। 1640 খ্ৰীঃৰ আশে-পাশে তেওঁ প্ৰথমটো দোলন ঘড়ী (pendulum clock) নিৰ্মাণ কৰি উলিয়াইছিল। তেওঁৰ জ্যোতিৰ্বৈজ্ঞানিক আৱিষ্কাৰসমূহৰ ওপৰত লিখা গ্ৰন্থ Starry Messenger ত তেওঁ চন্দ্ৰপৃষ্ঠত পাহাৰ দেখা বুলি, হাতীপটী (milky way) সৰু সৰু তৰাৰে গঠিত বুলি আৰু বৃহস্পতি (Jupiter)ৰ চাৰিওফালে চাৰিটা সৰু সৰু বস্তুৱে প্ৰদক্ষিণ কৰি থকা বুলি দাবী কৰিছিল।

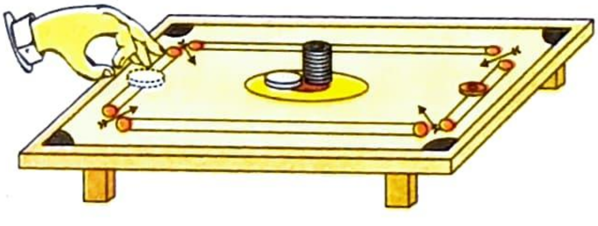
তেওঁৰ "Discourse on Floating Bodies" আৰু 'Letters on the Sunspots' নামৰ গ্ৰন্থ দুখনত সৌৰকলঙ্কৰ (sunspot) ৰ ওপৰত কৰা পৰ্যবেক্ষণসমূহ লিপিবদ্ধ কৰিছিল। গেলিলিওৱে নিজৰ দূৰবীক্ষণৰ দ্বাৰা নিৰীক্ষণ কৰি আৰু শুক্ৰ (venus) আৰু শনি (saturn) গ্ৰহৰ পৰ্যবেক্ষণৰ আধাৰত সেই সময়ৰ বিশ্বাসৰ বিপৰীতে মতামত ব্যক্ত কৰিছিল যে সকলো গ্ৰহই পৃথিৱীৰ সলনি সূৰ্য্যকহে প্ৰদক্ষিণ কৰে।

এনেবোৰ দুৰ্ঘটনা ৰোধ কৰিবৰ বাবে সুৰক্ষা পেটীবান্ধ (safy belt) ব্যৱহাৰ কৰা হয়। সুৰক্ষা পেটীয়ে আমাৰ শৰীৰত বল প্ৰয়োগ কৰি শৰীৰৰ সম্মুখলৈ হোৱা গতি মন্থৰ কৰে। আমি বাছ এখনত থিয় হৈ থকা অৱস্থাত বাছখনে আকস্মিকভাৱে গতি আৰম্ভ কৰিলে এটা বিপৰীত অভিজ্ঞতা হয়। এই ক্ষেত্ৰত আমি পিছলৈ পৰি যাব খোজোঁ। ইয়াৰ কাৰণ হ'ল, বাছখনে হঠাতে গতি আৰম্ভ কৰিলে বাছৰ লগতে বাছৰ মজিয়াৰ সংস্পৰ্শত থকা আমাৰ ভৰি দুখনেও গতি লাভ কৰে। কিন্তু স্থিতি জড়তাৰ বাবে শৰীৰৰ অৱশিষ্ট অংশই এই গতিৰ বিৰোধিতা কৰে।

মটৰগাড়ী এখনে বক্ৰপথত তীব্ৰ বেগেৰে ঘূৰিলে আমি একাষলৈ ঠেলা খাওঁ। জড়তা সূত্ৰৰ আধাৰত ইয়াৰো ব্যাখ্যা দিব পাৰি। আমি সৰলৰৈখিক গতিৰ ধাৰাবাহিকতা ৰক্ষা কৰিব বিচাৰো। গাড়ীৰ গতিৰ দিশ সলনি কৰিবলৈ ইঞ্জিনে অসন্তুলিত বল এটা প্ৰয়োগ কৰিলে আমি আমাৰ শৰীৰৰ জড়তাৰ বাবে বহি থকা আসনৰ একাষলৈ পিছলিবলৈ ধৰোঁ। অসন্তুলিত বলে ক্ৰিয়া নকৰা পৰ্যন্ত বস্তুৰ স্থিতিশীল অৱস্থা বৰ্তি থকাৰ সত্যতা তলত দিয়া ক্ৰিয়াকলাপবোৰৰ জৰিয়তে প্ৰতিপন্ন কৰিব পাৰি।

কাৰ্যকলাপ..............................9.1

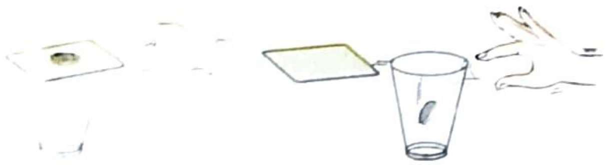
- 9.6 চিত্ৰত দেখুৱাৰ দৰে টেবুল এখনৰ ওপৰত একে ধৰণৰ কেৰমৰ গুটিৰ স্তম্ভ এটা তৈয়াৰ কৰা।
- আন এটা কেৰমৰ গুটি বা ষ্ট্ৰাইকাৰেৰে অনুভূমিক ভাৱে স্তম্ভটোৰ তলিত জোৰেৰে খুন্দা মাৰিবলৈ চেষ্টা কৰা। যদি খুন্দাটো যথেষ্ট প্ৰবল হয় তেন্তে স্তম্ভৰ পাদদেশৰ কেৰম গুটিটো তৎক্ষণাৎ ওলাই যাব। তলৰ গুটিটো ওলাই যোৱাৰ লগে লগে স্তম্ভটোৰ অৱশিষ্ট গুটিবোৰ স্থিতি জড়তাৰ বাবে উলম্বভাৱে টেবুলত 'পৰি' যাব।



চিত্ৰ-9.6 : ষ্ট্ৰাইকাৰটোৰে জোৰেৰে খুন্দা মৰাত কেৱল তলৰ গুটিটোহে আঁতৰি গৈছে।

কাৰ্যকলাপ..............................9.2

- ... চিত্ৰত দেখুৱাৰ দৰে টেবুলৰ ওপৰত সংস্থাপিত ... গিলাচ এটাৰ মুখখন ঢাকি ৰখা ডাঠ কাগজৰ ... এটাৰ ওপৰত পাঁচটকীয়া মুদ্ৰা এটা থোৱা।
- ... কাগজখনত আঙুলিৰে অনুভূমিকভাৱে জোৰকৈ টুকৰ ... দিয়া। যদি কাগজখনত টুকৰটো জোৰকৈ লাগে ... কাগজখন চিটিকি যাব আৰু মুদ্ৰাটো তাৰ ... উলম্বভাৱে গিলাচৰ ভিতৰত পৰি যাব।
- ... জড়তাই কাগজখন চিটিকি যোৱা স্বত্বেও ... স্থিতিশীল অৱস্থা বাহাল ৰখাৰ প্ৰয়াস কৰে।



... কাগজটুকুৰা জোৰেৰে মাৰি দিয়াত মুদ্ৰাটো গিলাচত সোমাই গৈছে।

কাৰ্যকলাপ..............................9.3

- ... এখনত পানীপূৰ্ণ পাত্ৰ এটা লোৱা।
- ... হাতেৰে ধৰি জোৰেৰে ঘূৰাবলৈ আৰম্ভ কৰা।
- ... পানী পৰি যোৱা দেখিম। ইয়াৰ কাৰণ কি?

... কৰা যে প্লেটৰ মাজভাগত কাপ এটা বহাকৈ অকণমান দ ... হঠাৎ লৰচৰ কৰিলেও যাতে কাপটো লুটি খাই নপৰে ... বাবেই এনে কৰা হয়।

9.3 জড়তা আৰু ভৰ (Inertia and Mass)

ওপৰত দিয়া উদাহৰণ আৰু ক্ৰিয়াকলাপবোৰে ইয়াকে বুজায় ... ক্ষেত্ৰে ... গতিৰ অৱস্থাৰ পৰিৱৰ্তনত বাধা দিয়ে। ৰৈ থকা বস্তু এটাই ... বিচাৰে আৰু গতিশীল বস্তু এটাই গতি কৰি থাকিব বিচ ... এই ধৰ্মক জড়তা বুলি কোৱা হয়। সকলো বস্তুৰে ... সমাননে? আমি জানো যে কিতাপেৰে ভৰা বাকচ এটাতকৈ খা ... বাকচ এটা ঠেলিবলৈ সহজ। একেদৰে, ফুটবল এটা ভৰিৰে ... মাৰিলে সি উৰি যায়। কিন্তু একে আকাৰৰ শিল এটা সমান ... গোৰ মাৰিলে সি লৰচৰ নকৰেই। বৰং এনে কৰিলে ... ভৰি আঘাতপ্ৰাপ্তহে হয়। একেদৰে 9.2 ক্ৰিয়াকলাপত পাঁচটকীয়া মুদ্ৰাৰ পৰিবৰ্তে এটকীয়া মুদ্ৰা এটা ব্যৱহাৰ কৰিলে ক্ৰিয়াকলাপটো সম্পাদন কৰিবলৈ কম মানৰ বলৰ প্ৰয়োজন হয়। ঠেলাগাড়ী এখনক যথেষ্ট ডাঙৰ বেগ প্ৰদান কৰিবলৈ সক্ষম হোৱা বল এটাই ৰে'লগাড়ী এখনৰ বেগৰ পৰিৱৰ্তন কৰিবলৈ অপাৰগ হয়। ইয়াৰ কাৰণ হ'ল তুলনামূলকভাৱে ঠেলাগাড়ীখনতকৈ ৰে'লগাড়ীখনৰ অৱস্থাৰ পৰিৱৰ্তনৰ প্ৰতি প্ৰৱণতা যথেষ্ট কম। সেই বাবেই আমি ক'ব পাৰো যে ৰেলগাড়ীখনৰ জড়তা ঠেলাগাড়ীখনতকৈ বেছি। স্পষ্টভাৱে, বেছি ভৰযুক্ত বা গধুৰ বস্তুৰ জড়তা বেছি। সংখ্যাগতভাৱে বস্তু এটাৰ ভৰেই হৈছে ইয়াৰ জড়তাৰ মাপ। ভৰ আৰু জড়তাৰ সম্বন্ধ আমি তলত দিয়াৰ দৰে দিব পাৰো:

জড়তা হৈছে স্থিতিশীল বা গতিশীল অৱস্থাৰ পৰিৱৰ্তনক বাধা দিয়াৰ স্বাভাৱিক প্ৰৱণতা (natural tendency)। ভৰেই হৈছে জড়তাৰ মাপ।

প্ৰশ্নাৱলী

1. *তলত দিয়া কোনটো বস্তুৰ জড়তা বেছি (ক) এটা ৰবৰৰ বল আৰু এটা একে আকাৰৰ শিলৰ বল? (খ) এখন চাইকেল আৰু এখন ৰে'লগাড়ী? (গ) এটা পাঁচটকীয়া মুদ্ৰা আৰু এটা এটকীয়া মুদ্ৰা?*
2. *তলত দিয়া উদাহৰণটোত বলটোৰ বেগৰ পৰিৱৰ্তন কিমানবাৰ হৈছে ঠাৱৰ কৰিবলৈ চেষ্টা কৰা —*

   এজন ফুটবল খেলুৱৈয়ে ফুটবলটো তেওঁৰ দলৰ অন্য এজন খেলুৱৈলৈ আগবঢ়াই দিছে, যিজনে বলটো গ'ললৈ মাৰিছে। বিপৰীত দলৰ গ'লৰক্ষকজনে বলটো ধৰি তেওঁৰ নিজৰ দলৰ অন্য এজন খেলুৱৈলৈ আগবঢ়াই দিছে। প্ৰত্যেক ক্ষেত্ৰতে বলৰ যোগান ধৰা অভিকৰ্তাজনক চিনাক্ত কৰা।
3. *গছৰ ডাল এডাল জোৰকৈ জোকাৰি দিলে কিছুমান পাত কিয় সৰি পৰে ব্যাখ্যা কৰা।*
4. *চলন্ত বাছ এখন হঠাৎ ৰৈ গ'লে আমি আগলৈ আৰু ৰৈ থকা বাছ এখন হঠাৎ ত্বৰিত হ'লে আমি পিছলৈ যাওঁ কিয়?*

9.4 গতি বিষয়ক দ্বিতীয় সূত্ৰ (Second Law of Motion)

গতি বিষয়ক প্ৰথম সূত্ৰৰ পৰা বুজা গ'ল যে অসন্তুলিত বাহ্যিক বলে বস্তুৰ ওপৰত ক্ৰিয়া কৰিলে বস্তুৰ বেগৰ পৰিবৰ্তন হয়, অৰ্থাৎ বস্তুৰ ত্বৰণ হয়। এতিয়া বস্তুৰ ত্বৰণ, প্ৰয়োগ কৰা বলৰ ওপৰত কিদৰে নিৰ্ভৰ কৰে আৰু বল কেনেকৈ জোখা হয় সেই বিষয়ে অধ্যয়ন কৰিবলৈ আমি আগ্ৰহী। আমাৰ দৈনন্দিন জীৱনৰ কেইটামান পৰ্যবেক্ষণ মনত পেলাও আহাঁ। টেবুল টেনিচ খেলোতে বলটোৱে খেলুৱৈ এজনক খুন্দা মাৰিলে খেলুৱৈজনে আঘাত নাপায়। আনহাতে তীব্ৰবেগী ক্ৰিকেট বল এটাই দৰ্শক এজনক খুন্দা মাৰিলে তেওঁ আঘাতপ্ৰাপ্ত হ'ব পাৰে। ৰাস্তাৰ কাষত ৰখাই থোৱা ট্ৰাক এখনক পথচাৰী এজনে গুৰুত্ব দিয়াৰ প্ৰয়োজন নাই। কিন্তু চলন্ত ট্ৰাক এখনৰ বেগ 5 $m\ s^{-1}$ ত কৈয়ো কম হ'লেও ট্ৰাকখনে পথচাৰী এজনক চেপি তেওঁক মৃত্যুমুখত পেলাব পাৰে। বুলেটৰ সদৃশ ক্ষুদ্ৰ ভৰ মানুহৰ মৃত্যুৰ কাৰণ হ'ব পাৰে। এই পৰ্যবেক্ষণসমূহৰ পৰা ইয়াকে বুজা যায় যে সংঘাতৰ (impact) তীব্ৰতা বস্তুৰ ভৰ আৰু বেগৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে। একেদৰে আমি জানো যে বস্তু এটাক বেছি বেগলৈ ত্বৰিত কৰিবলৈ ডাঙৰ বলৰ প্ৰয়োজন। অৰ্থাৎ, বস্তুৰ ভৰ আৰু বেগ সংযোজিত হৈ থকা অন্য এটা গুৰুত্বপূৰ্ণ ৰাশি আছে যেন লাগে। নিউটনে ভৰবেগ নামৰ এনে এক ধৰ্মৰ উপস্থাপন কৰিছিল। কোনো বস্তুৰ ভৰবেগ P. বস্তুৰ ভৰ m, আৰু বেগ vৰ পূৰণফল। অৰ্থাৎ—

$$p = mv \text{.....................} \ 9.1$$

ভৰবেগৰ মান আৰু দিশ দুয়োটাই আছে। ইয়াৰ দিশ বেগ v ৰ সৈতে একে। ভৰবেগৰ এচ আই (SI) একক হ'ল কিলোগ্ৰাম মিটাৰ প্ৰতি চেকেণ্ড ($kg\ m\ s^{-1}$)। যিহেতু অসন্তুলিত বলৰ প্ৰয়োগে বেগৰ পৰিবৰ্তন সাধে গতিকে ইয়াৰ পৰা এইটো স্পষ্ট যে বলৰ প্ৰয়োগে ভৰবেগৰো পৰিবৰ্তন সাধিব।

আমি এটা উদাহৰণ লওঁ। বেটেৰী অকামিলা হোৱা গাড়ী এখন পোন ৰাস্তা এটাইদি ঠেলি ইয়াৰ দ্ৰুতি 1 $m\ s^{-1}$ লৈ বঢ়ালে ইঞ্জিনটো ষ্টাৰ্ট হয়। এজন বা দুজন মানুহে আচম্বিতে ঠেলা (অসন্তুলিত বল) এটা মাৰিলে কিন্তু গাড়ীখন ষ্টাৰ্ট নহয়। কিন্তু একেৰাহে কিছু সময়ৰ বাবে ঠেলিলে গাড়ীখন এই দ্ৰুতিলৈ ক্ৰমাগতভাৱে ত্বৰিত হয়। ইয়াৰপৰা ইয়াকে বুজা যায় যে ভৰবেগৰ পৰিবৰ্তন নিৰ্ণয় কৰিবলৈ প্ৰযুক্ত বলৰ মানৰ উপৰিও বল প্ৰয়োগ কৰা সময়ৰো প্ৰয়োজন হয়। ইয়াৰ পৰা এই সিদ্ধান্তত উপনীত হ'ব পাৰি যে ভৰবেগৰ পৰিবৰ্তনৰ বাবে প্ৰয়োজন হোৱা বল, সময়ৰ সাপেক্ষে ভৰবেগৰ পৰিবৰ্তনৰ হাৰৰ ওপৰত নিৰ্ভৰশীল।

গতি বিষয়ক দ্বিতীয় সূত্ৰ অনুসৰি বস্তুৰ ভৰবেগৰ পৰিবৰ্তনৰ হাৰ প্ৰয়োগ কৰা অসন্তুলিত বলৰ সমানুপাতিক আৰু পৰিবৰ্তনৰ দিশ বলৰ দিশতে হয়।

9.4.1 গতিবিষয়ক দ্বিতীয় সূত্ৰৰ গাণিতিক ৰূপ (MATHEMATICAL FORMULATION OF SECOND LAW OF MOTION)

ধৰাহওক m ভৰৰ বস্তু এটা u প্ৰাৰম্ভিক বেগেৰে সৰল ৰেখা এডালেদি গতি কৰি আছে। এটা ধ্ৰুৱক বল, F ইয়াৰ ওপৰত t সময়ৰ বাবে ক্ৰিয়াশীল হৈ তাক সুষমভাৱে v বেগলৈ ত্বৰিত কৰিলে। বস্তুটোৰ প্ৰাৰম্ভিক আৰু অন্তিম ভৰবেগ হ'ব ক্ৰমে $p_1 = mu$ আৰু $p_2 = mv$

$$\text{ভৰবেগৰ পৰিবৰ্তন} \propto p_2 - p_1$$
$$\propto mv - mu$$
$$\propto m \times (v - u).$$

$$\text{ভৰবেগৰ পৰিবৰ্তনৰ হাৰ} \propto \frac{m \times (v-u)}{t}$$

$$\text{বা প্ৰয়োগ কৰা বল,} \quad F \propto \frac{m \times (v-u)}{t}$$

$$F = \frac{km \times (v-u)}{t} \text{..............} \ (9.2)$$
$$= kma \text{.........................} \ (9.3)$$

ইয়াত $a\left(=\frac{v-u}{t}\right)$ হ'ল বস্তুটোৰ ত্বৰণ অৰ্থাৎ বেগৰ পৰিবৰ্তনৰ হাৰ। k হৈছে এটা সমানুপাতিক ধ্ৰুৱক। ভৰ আৰু ত্বৰণৰ এছ আই একক ক্ৰমে kg আৰু $m\ s^{-2}$। বলৰ এককৰ সংজ্ঞা এনেদৰে দিয়া হয় যাতে k ৰ মান এক হয়গৈ। ইয়াৰ বাবে নিম্নোক্তভাৱে একক বলৰ সংজ্ঞা দিয়া হয়ঃ

1 kg ভৰৰ বস্তু এটাৰ ওপৰত ক্ৰিয়া কৰি 1 $m\ s^{-2}$ ত্বৰণ সৃষ্টি কৰা বলকে বলৰ একক বোলা হয়।

1 একক বল = $k \times (1\ kg) \times (1\ m\ s^{-2})$

গতিকে k ৰ মান হ'ব 1। (9.3) সমীকৰণৰ পৰা —

$F = ma$ .... (9.4)

বলৰ একক হ'ল $kg\ m\ s^{-2}$ বা নিউটন (newton) আৰু ইয়াৰ চিহ্ন হ'ল N।

গতি বিষয়ক দ্বিতীয় সূত্ৰৰ পৰা আমি বস্তুৰ ওপৰত ক্ৰিয়াশীল বল জোখাৰ উপায় এটা পালো। সেইটো হৈছে, বল = ভৰ × ত্বৰণ।

দৈনন্দিন জীৱনত গতি বিষয়ক দ্বিতীয় সূত্ৰৰ বহুতো প্ৰয়োগ দেখিবলৈ পোৱা যায়। তীব্ৰ বেগেৰে অহা ক্ৰিকেট বলটো ধৰোতে ক্ষেত্ৰৰক্ষকজনে হাত দুখন গতিশীল বলটোৰে সৈতে পিছলৈ টানি অনাটো লক্ষ্য কৰিছা নিশ্চয়। ইয়াৰ যোগেদি ক্ষেত্ৰৰক্ষকজনে তীব্ৰ বেগী ক্ৰিকেট বলটোৰ বেগ শূন্য হওঁতে প্ৰয়োজন হোৱা সময় দীঘলীয়া কৰে। এনেকৈ বলটোৰ ত্বৰণ কমোৱা হয় আৰু তাৰ ফলস্বৰূপে তীব্ৰবেগী বলটো ধৰোতে হোৱা সংঘাতৰ প্ৰাবল্য কমি যায় (চিত্ৰ-9.8)। বলটো হঠাতে ৰখালে তাৰ সুতীব্ৰ বেগ অতি কম সময়ৰ ভিতৰতে শূন্যলৈ কমিব। এই ক্ষেত্ৰত ভৰবেগৰ পৰিবৰ্তনৰ হাৰ বেছি হ'ব। সেইবাবে বলটো ধৰিবৰ বাবে অধিক মানৰ বল প্ৰয়োগ কৰিব লাগিব। পৰিণতিত খেলুৱৈজনৰ হাতৰ তলুৱা আঘাতপ্ৰাপ্ত হোৱাৰ সম্ভাবনা থাকে। ক্ৰীড়াঙ্গনত ওখ জাঁপ মাৰোতে খেলুৱৈজন পৰাৰ স্থানত গাদী বা বালিৰ বেদিকাৰ ব্যৱস্থা কৰা হয়। খেলুৱৈজনে জাঁপ মৰাৰ পিছত বৈ যাবলৈ প্ৰয়োজন হোৱা সময় বঢ়াবৰ বাবে এনে কৰা হয়। ফলত ভৰবেগৰ পৰিবৰ্তনৰ হাৰ কমি বলৰ মানো কমে। এজন কেৰাটে খেলুৱৈয়ে বৰফৰ টুকুৰা এটা একেটা আঘাততে কেনেকৈ ভাঙে ভাবি চোৱা।

চিত্ৰ-9.8 : ক্ৰিকেট খেলুৱৈ এজনে বলটো ধৰোতে হাত দুখন গতিশীল বলটোৰ সৈতে লাহে লাহে পিছলৈ টানি নিছে।

গতি বিষয়ক দ্বিতীয় সূত্ৰৰ গাণিতিক প্ৰকাশ-ৰাশিৰ আধাৰত গতি বিষয়ক প্ৰথম সূত্ৰক গাণিতিক ৰূপত উপস্থাপন কৰিব পাৰি।

9.4 সমীকৰণ হ'ল $F = ma$

$$\text{বা } F = \frac{m(v-u)}{t} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (9.5)$$

$$\text{বা } Ft = mv - mu$$

যদি $F = 0$ হয় তেন্তে $v = u$, সময় যিয়েই নহওঁক লাগে। ইয়াৰপৰা ইয়াকে বুজা যায় যে বস্তুটোৱে t সময়ৰ বাবে u সুষম বেগেৰে গতি কৰি থাকিব। যদি u শূন্য হয় তেন্তে v ও শূন্য হ'ব; অৰ্থাৎ, বস্তুটো স্থিতিশীল হৈ থাকিব।

উদাহৰণ- 9.1 5 kg ভৰৰ বস্তু এটাৰ ওপৰত 2 s সময়ৰ বাবে বল এটাই ক্ৰিয়া কৰিছে। ইয়াৰ বাবে বস্তুটোৰ বেগ $3ms^{-1}$ ৰ পৰা $7ms^{-1}$ লৈ বৃদ্ধি হ'ল। প্ৰয়োগ কৰা বলৰ মান নিৰ্ণয় কৰা। যদি বলটো 5s ৰ বাবে প্ৰয়োগ কৰা হ'লহেঁতেন তেন্তে বস্তুটোৰ অন্তিম বেগ কিমান হ'লহেঁতেন?

সমাধান :

দিয়া আছে $u = 3\ ms^{-1}$ আৰু $v = 7\ ms^{-1}$, $t = 2$ s আৰু $m = 5$ kg

(9.5) সমীকৰণৰ পৰা আমি পাওঁ যে,

$$F = \frac{m(v-u)}{t}$$

এই সম্বন্ধত ৰাশিসমূহৰ মান বহুৱাই আমি পাওঁ —

$$F = \frac{5kg(7ms^{-1} - 3ms^{-1})}{2s} = 10N$$

যদি বলটো 5 s ৰ বাবে প্ৰয়োগ কৰা হয় ($t = 5$ s) তেন্তে (9.5) সমীকৰণ নতুনকৈ লিখি গণনা কৰিলে আমি পাওঁ —

$$v = u + \frac{Ft}{m}$$

u, F, m আৰু t ৰ মান বহুৱাই আমি পাওঁ

অন্তিম বেগ $v = 13ms^{-1}$

উদাহৰণ-9.2 কোনটো ক্ষেত্ৰত বেছি বলৰ প্ৰয়োজন হ'ব? 2 kg ভৰ এটাক 5 ms^{-2} লৈ ত্বৰিত কৰিবলৈ বা 4 kg ভৰ এটাক 2 ms^{-2} লৈ ত্বৰিত কৰিবলৈ।

সমাধান:

(9.4)সমীকৰণৰ পৰা আমি পাওঁ, $F = ma$

ইয়াত $m_1 = 2$ kg; $a_1 = 5\ ms^{-2}$ আৰু $m_2 = 4$ kg; $a_2 = 2\ ms^{-2}$

গতিকে, $F_1 = m_1a_1 = 2\text{ kg} \times 5\ ms^{-2} = 10\text{ N}$

আৰু $F_2 = m_2a_2 = 4\text{ kg} \times 2\ ms^{-2} = 8\text{ N}$

$\Rightarrow F_1 > F_2$

গতিকে 2 kg ভৰটো 5 ms^{-2} লৈ ত্বৰিত কৰিবলৈ বেছি বলৰ প্ৰয়োজন হ'ব।

উদাহৰণ-9.3 : 108 km/h বেগেৰে গৈ থকা মটৰগাড়ী এখন ব্ৰেক প্ৰয়োগ কৰি ৰখাওঁতে 4 s লাগে। যদি যাত্ৰীৰ সৈতে গাড়ীখনৰ ভৰ 1000 kg হয় তেন্তে ব্ৰেকে গাড়ীখনৰ ওপৰত প্ৰয়োগ কৰা বলৰ মান নিৰ্ণয় কৰা।

সমাধান:

গাড়ীখনৰ প্ৰাৰম্ভিক বেগ $u = 108$ km/h

$$= \frac{108 \times 1000\text{m}}{60 \times 60\text{s}}$$

$$= 30\ \text{m s}^{-1}$$

আৰু গাড়ীখনৰ অন্তিমবেগ $v = 0\ m\,s^{-1}$

যাত্ৰীৰ সৈতে গাড়ীৰ ভৰ = 1000 kg আৰু গাড়ীখন ৰখাওতে প্ৰয়োজন হোৱা সময় $t = 4\,s$।

(9.5) সমীকৰণৰ পৰা ব্ৰেকে প্ৰয়োগ কৰা বলৰ মান

$$F = \frac{m(v - u)}{t}$$

ৰাশিসমূহৰ মান বহুৱাই $F = \frac{1000\,kg\,(0-30)m\,s^{-1}}{4s}$

$$= -7500\ \text{kg m s}^{-2} \text{ বা } -7500\ \text{N}$$

ঋণাত্মক চিনে ব্ৰেকে প্ৰয়োগ কৰা বল যে গাড়ীৰ গতিৰ বিপৰীত দিশত তাকে বুজাইছে।

উদাহৰণ 9.4 : 5N বল এটাই m_1 ভৰক 10 $m\,s^{-2}$ লৈ ত্বৰিত কৰে আৰু m_2 ভৰক 20 $m\,s^{-2}$ লৈ ত্বৰিত কৰে। যদি দুয়োটা ভৰ লগ লাগি যায় তেন্তে একেটা বলে কিমান ত্বৰণৰ সৃষ্টি কৰিব?

সমাধান : (9.4) সমীকৰণৰ পৰা আমি পাওঁ —

$$m_1 = \frac{F}{a_1}\ ;\text{ আৰু } m_2 = \frac{F}{a_2}\text{ ।}$$

ইয়াত $a_1 = 10\ m\,s^{-2}$; $a_2 = 20\ m\,s^{-2}$ আৰু F = 5N

$$\text{গতিকে, } m_1 = \frac{5N}{10\text{ms}^{-2}} = 0.50\,\text{kg}$$

$$\text{আৰু } m_2 = \frac{5N}{20ms^{-2}} = 0.25\ \text{kg}$$

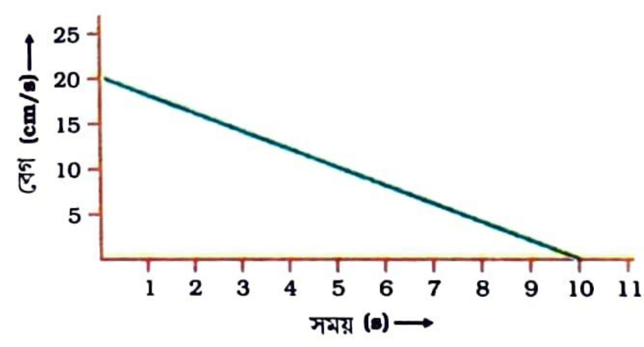
দুয়োটা ভৰ লগ লাগিলে মুঠ ভৰ $m = (0.50\text{ kg} + 0.25\text{ kg})$

$$= 0.75\text{ kg.}$$

সংযোজিত ভৰৰ ওপৰত 5 N বল প্ৰয়োগ কৰিলে উৎপন্ন হোৱা ত্বৰণ —

$$a = \frac{F}{m} = \frac{5N}{0.75\,kg} = \frac{20}{3}ms^{-2} = 6.67\,ms^{-2}$$

উদাহৰণ 9.5 : টেবুল এখনৰ ওপৰেদি সৰলৰৈখিক গতি কৰা 20g ভৰৰ বল এটাৰ বেগ সময় লেখ (9.9 চিত্ৰত) দেখুওৱা হৈছে। বলটো ৰখাবৰ বাবে টেবুলখনে তাৰ ওপৰত কিমান বল প্ৰয়োগ কৰিছে?



চিত্ৰ- 9.9

সমাধান ঃ বলটোৰ প্ৰাৰম্ভিক বেগ 20 cm s^{-1}। টেবুলৰ বাবে 10 s ত বলটোৰ বেগ শূন্য হয়।

গতিকে, $u = 20\text{ cm s}^{-1}$, $v = 0\text{ cm s}^{-1}$ আৰু $t = 10$ s

যিহেতু বেগ-সময় লেখডালৰ আকৃতি এডাল সৰলৰেখা, গতিকে ই স্পষ্ট যে বলটোৰ ত্বৰণ সুষম প্ৰকৃতিৰ।

গতিৰোধক ত্বৰণ, $a = \frac{v-u}{t} = \frac{(0\,cms^{-1} - 20\,cms^{-1})}{10s}$

$= -2\ cm\ s^{-2} = -0.02 m\ s^{-2}$

বলটোৰ ওপৰত প্ৰয়োগ কৰা বল

$$F = ma = \left(\frac{20}{1000}kg\right) \times \left(-0.02ms^{-2}\right)$$

$= -0.0004\ N$

ঋণাত্মক চিনে ইয়াকে সূচায় যে টেবুলখনে প্ৰয়োগ কৰা ঘৰ্ষণ বল বলটোৰ গতিৰ বিপৰীত দিশে ক্ৰিয়াশীল হৈছে।

9.5 গতি বিষয়ক তৃতীয়সূত্ৰ (Third Law of Motion)

গতি বিষয়ক প্ৰথম দুটা সূত্ৰই প্ৰয়োগ কৰা বলে কেনেকৈ গতিৰ পৰিবৰ্তন কৰে তাৰ বৰ্ণনা দিয়ে আৰু লগতে বল নিৰ্ণয়ৰ উপায় এটা দিয়ে। গতি বিষয়ক তৃতীয় সূত্ৰ মতে বস্তু এটাই আন এটাৰ ওপৰত বল প্ৰয়োগ কৰিলে আনটো বস্তুৱে তাৎক্ষণিকভাৱে প্ৰথমটোৰ ওপৰত ওলোটাই বল প্ৰয়োগ কৰে। এই দুটা বলৰ মান সদায় সমান কিন্তু দিশ বিপৰীত। এই বল দুটাই দুটা বেলেগ বেলেগ বস্তুৰ ওপৰত ক্ৰিয়া কৰে আৰু কেতিয়াও একেটা বস্তুৰ ওপৰত ক্ৰিয়া নকৰে। ফুটবল খেলোতে ফুটবলৰ ওপৰত চকু থৈ তাক জোৰেৰে মাৰিবলৈ যাওঁতে কেতিয়াবা বিপৰীত দলৰ খেলুৱৈৰ লগত খুন্দা খাওঁ। তেতিয়া দুয়োজনে দুখ পাওঁ, কাৰণ এজনে আনজনৰ ওপৰত বল প্ৰয়োগ কৰো। অন্যাৰ্থত ইয়াত এটা বলৰ সলনি এযোৰ বলৰ উপস্থিতি আছে। এই দুটা বিপৰীত বলক ক্ৰিয়া আৰু প্ৰতিক্ৰিয়া (action and reaction) বল বোলা হয়।

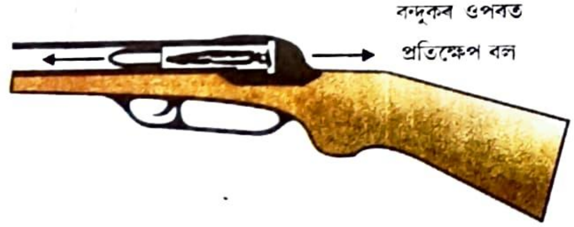
এতিয়া আমি (9.10) চিত্ৰত দেখুৱাৰ দৰে সংযোজিত হৈ থকা দুটা স্প্ৰীং তুলাচনী লওঁ। B তুলাচনীখনৰ লৰচৰ নকৰা মূৰটো বেৰৰ লেখীয়া কোনো দৃঢ় আধাৰত সংলগ্ন কৰা আছে। A স্প্ৰীং তুলাচনীৰ মুক্ত মূৰটোৰ যোগেদি বল প্ৰয়োগ কৰিলে দেখা যাব যে দুয়োখন তুলাচনীৰ স্কেলৰ পাঠ (reading) একেই হৈছে। ইয়াৰ অৰ্থ এয়ে যে, A তুলাচনীখনে B তুলাচনীখনৰ ওপৰত প্ৰয়োগ কৰা বল, B তুলাচনীখনে A তুলাচনীখনৰ ওপৰত প্ৰয়োগ কৰা বলৰ সমান কিন্তু বিপৰীত দিশত। A তুলাচনীয়ে, B তুলাচনীৰ ওপৰত প্ৰয়োগ কৰা বলক ক্ৰিয়া (action) আৰু B তুলাচনীয়ে A তুলাচনীখনৰ ওপৰত প্ৰয়োগ কৰা বলক প্ৰতিক্ৰিয়া (reaction) বোলা হয়। ইয়াৰ পৰা আমি গতি বিষয়ক তৃতীয় সূত্ৰৰ বিকল্প সংজ্ঞা এটা দিব পাৰো ঃ প্ৰতিটো ক্ৰিয়াৰে এটা সমান আৰু বিপৰীত প্ৰতিক্ৰিয়া থাকে। কিন্তু সদায় মনত ৰাখিব লাগিব যে ক্ৰিয়া আৰু প্ৰতিক্ৰিয়াই সদায় দুটা বেলেগ বেলেগ বস্তুৰ ওপৰত ক্ৰিয়া কৰে।

চিত্ৰ-9.10: ক্ৰিয়া আৰু প্ৰতিক্ৰিয়া বল সমান আৰু বিপৰীত

ধৰা হওঁক, তুমি সুস্থিৰভাৱে থিয় হৈ আছা আৰু বাস্তাইদি খোজ কাঢ়িব বিচাৰিছা। তুমি নিজকে ত্বৰিত কৰিব লাগিব আৰু তাৰ বাবে গতি বিষয়ক দ্বিতীয় সূত্ৰ অনুসৰি বল এটাৰ প্ৰয়োজন হ'ব। এই বলটো ক'ৰ পৰা আহিব? ই তুমি ৰাস্তাৰ ওপৰত প্ৰয়োগ কৰা পেশীয় প্ৰয়াস (muscular effort) নেকি? ই আমি গতি কৰিব খোজা দিশৰ সৈতে একে দিশত হ'বনে? প্ৰকৃতপক্ষে তুমি ভৰিৰে ৰাস্তাটো পিছলৈ ঠেলি দিয়া। ৰাস্তাটোৱে এটা সমান আৰু বিপৰীত মুখী প্ৰতিক্ৰিয়া বল তোমাৰ ভৰিত প্ৰয়োগ কৰি তোমাক সন্মুখলৈ গতি কৰাব।

মন কৰিবা যে, ক্ৰিয়া আৰু প্ৰতিক্ৰিয়া বলৰ মান যদিও সদায় সমান তথাপি ইহঁতে সম মানৰ ত্বৰণ সৃষ্টি নকৰিবও পাৰে। ইয়াৰ কাৰণ হ'ল প্ৰত্যেকটো বলেই ভিন্ন বস্তুৰ ওপৰত ক্ৰিয়া কৰে আৰু ইহঁতৰ ভৰ ভিন্ন হ'ব পাৰে।

যেতিয়া এটা বন্দুকেৰে গুলী ফুটুৱা হয় তেতিয়া বন্দুকটোৱে গুলীটোৰ ওপৰত সন্মুখৰ দিশত বল প্ৰয়োগ কৰে। গুলীটোৱেও বন্দুকটোৰ ওপৰত এটা সমান আৰু বিপৰীত প্ৰতিক্ৰিয়া বল প্ৰয়োগ কৰে। ইয়াৰ বাবে বন্দুকটোৱে এটা প্ৰতিক্ষেপ (ওলোটা খুন্দা) (recoil) মাৰে (চিত্ৰ-9.11)। যিহেতু বন্দুকটোৰ ভৰ গুলীটোৰ ভৰতকৈ বহুত বেছি গতিকে বন্দুকটোৰ ত্বৰণ গুলীটোৰ ত্বৰণতকৈ বহুত কম হ'ব। নাও এখনৰ পৰা নাৱৰীয়াই যেতিয়া পাৰলৈ জঁপিয়ায় তেতিয়াও গতি বিষয়ক তৃতীয় সূত্ৰৰ প্ৰয়োগ কৰিব পাৰি। নাৱৰীয়াজনে যেতিয়া আগলৈ জঁপিয়ায় তেতিয়া নাওখনৰ ওপৰত প্ৰয়োগ হোৱা বলে নাওখন পিছলৈ হেঁচোকে (চিত্ৰ-9.12)।



চিত্ৰ-9.11: গুলীৰ ওপৰত সন্মুখলৈ বল প্ৰয়োগ আৰু বন্দুকৰ প্ৰতিক্ষেপ

চিত্ৰ-9.12 নাৱৰীয়াজন আগলৈ জঁপিয়ালে নাওখন পিছলৈ গতি কৰে

কাৰ্যকলাপ........................9.4

9.13 চিত্ৰত দেখুৱাৰ দৰে দুগৰাকী ছাত্ৰ বা ছাত্ৰীক দুখন চকা লগোৱা কাঠৰ গাড়ীৰ ওপৰত উঠিবলৈ কোৱা।

তেওঁলোকৰ হাতত দিয়া। বেগটো এজনে আনজনলৈ দলিয়ালে আনজনে ধৰা খেল এটা খেলিবলৈ কোৱা। বালিৰ বেগটো দলিয়াওঁতে (ক্ৰিয়া) প্ৰতিজনেই তাৎক্ষণিক প্ৰতিক্ৰিয়া এটা অনুভৱ কৰেনে? ছাত্ৰ দুজনে বালিৰ মোনাটো এজনে আনজনৰ ফালে দলিয়াওঁতে চকা লগোৱা গাড়ীখনৰ গতি লক্ষ্য কৰিবলৈ চকাৰ গাত এটা বগা চিন দি ল'ব পাৰা।

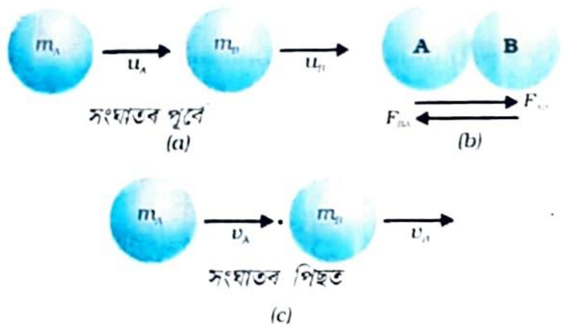
চিত্ৰ : 9.13

এতিয়া এখন গাড়ীৰ ওপৰত দুজনক আৰু আনখনত এজনক উঠিবলৈ দিয়া। এতিয়া গতি বিষয়ক দ্বিতীয় সূত্ৰৰো প্ৰয়োগ লক্ষ্য কৰিব পাৰিবা, যিহেতু এই ব্যৱস্থাত একে বলৰ বাবে ভিন্ন ত্বৰণ ঘটিব।

ওপৰৰ ক্ৰিয়াকলাপত দেখুৱা চকা লগোৱা গাড়ী দুখন 12 mm বা 18 mm ডাঠ আৰু 50 cm×100 cm জোখৰ প্লাইউড ব'ৰ্ডত দুযোৰ বল-বিয়াৰিংযুক্ত চকা লগাই বনাব পাৰি। (স্কেট হুইল ব্যৱহাৰৰ বাবে ভাল)। স্কেট ব'ৰ্ড (Skate Board) কাৰ্যকৰী নহয় কাৰণ ইয়াক সৰলৰেখাৰে গতি কৰাবলৈ অসুবিধা।

9.6 ভৰবেগৰ সংৰক্ষণ (Conservation of Momentum)

ধৰা হওঁক m_A আৰু m_B ভৰৰ দুটা বস্তু (উদাহৰণ স্বৰূপে A আৰু B দুটা বল) ক্ৰমে u_A আৰু u_B ভিন্ন বেগেৰে এডাল সৰল ৰেখাৰে একে দিশত গতি কৰি আছে। [চিত্ৰ 9.14(a)] আৰু ইহঁতৰ ওপৰত কোনো বাহ্যিক অসন্তুলিত বলে ক্ৰিয়া কৰি থকা নাই। ধৰা হওঁক, $u_A > u_B$ আৰু দুয়োটা বলে 9.14(b) চিত্ৰত দেখুৱাৰ দৰে ইটোৱে সিটোক খুন্দা মাৰিছে। t সময়ৰ বাবে সংঘটিত সংঘাতটোত A বলটোৱে B বলৰ ওপৰত F_{AB} আৰু B বলটোৱে A বলৰ ওপৰত F_{BA} বল প্ৰয়োগ কৰিছে। ধৰা হওঁক, সংঘাতৰ পিছত বল দুটাৰ বেগ ক্ৰমে v_A আৰু v_B হ'লগৈ [চিত্ৰ-9.14(c)]



চিত্ৰ-9.14 দুটা বলৰ সংঘাতত ভৰবেগৰ সংৰক্ষণ

9.1 সমীকৰণৰ পৰা সংঘাতৰ আগত আৰু পিছত A বলটোৰ ভৰবেগ ক্ৰমে $m_A u_A$ আৰু $m_A v_A$।

সংঘাতৰ সময়ত ইয়াৰ ভৰবেগৰ পৰিবৰ্তনৰ হাৰ (বা F_{AB}, ক্ৰিয়া)

হ'ব $m_A \frac{(v_A - u_A)}{t}$

একেদৰে, সংঘাতৰ সময়ত B বলটোৰ ভৰবেগৰ পৰিবৰ্তনৰ হাৰ (F_{BA} বা প্ৰতিক্ৰিয়া) হ'ব

$$m_B \frac{(v_B - u_B)}{t}$$

গতি বিষয়ক তৃতীয় সূত্ৰৰ মতে A বলটোৱে B বলটোৰ ওপৰত প্ৰয়োগ কৰা F_{AB} বল (ক্ৰিয়া) আৰু B বলটোৱে A

বলটোৰ ওপৰত প্ৰয়োগ কৰা F_{BA} বল (প্ৰতিক্ৰিয়া) সমান আৰু বিপৰীতমুখী হ'ব লাগিব। গতিকে,

$$F_{AB} = -F_{BA} \quad \text{.......... (9.6)}$$

$$\text{বা } m_A \frac{v_A - u_A}{t} = -m_B \frac{v_B - u_B}{t}$$

ইয়াৰ পৰা আমি পাওঁ,

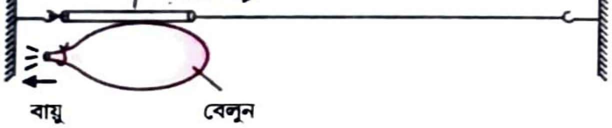
$$m_A u_A + m_B u_B = m_A v_A + m_B v_B \quad \text{......... (9.7)}$$

যিহেতু $(m_A u_A + m_B u_B)$, A আৰু B বল দুটাৰ সংঘাতৰ আগৰ মুঠ ভৰবেগ আৰু $(m_A v_A + m_B v_B)$ একে দুটা বলৰ সংঘাতৰ পিছৰ মুঠ ভৰবেগ, (9.7) সমীকৰণৰ পৰা আমি ক'ব পাৰো যে বাহ্যিক বলে ক্ৰিয়া নকৰিলে বল দুটাৰ মুঠ ভৰবেগ অপৰিবৰ্তিত বা সংৰক্ষিত থাকে।

এই আদৰ্শ সংঘাত (ideal collision) সম্পৰীক্ষাৰ আধাৰত সিদ্ধান্ত ল'ব পাৰি যে বাহ্যিক অসন্তুলিত বলে ক্ৰিয়া নকৰা পৰ্যন্ত দুটা বস্তুৰ সংঘাতৰ আগৰ মুঠ ভৰবেগ, সংঘাতৰ পিছৰ মুঠ ভৰবেগৰ সমান হ'ব। ইয়াকে ভৰবেগৰ সংৰক্ষণ সূত্ৰ বুলি জনা যায়। এই একেটা বক্তব্য অন্য প্ৰকাৰেও উত্থাপিত কৰিব পাৰি এনেধৰণে ঃ সংঘাতত দুটা বস্তুৰ মুঠ ভৰবেগ অপৰিবৰ্তিত থাকে বা সংৰক্ষিত হয়।

কাৰ্যকলাপ.................................9.5

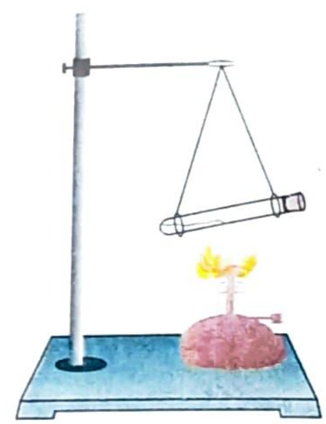
- ৰবৰৰ ডাঙৰ বেলুন এটা লোৱা। বেলুনটো সম্পূৰ্ণকৈ ফুলাই লোৱা। তাৰ পিছত সূতা এডালেৰে বেলুনটোৰ মুখখন বান্ধা। আঠাযুক্ত টেপ ব্যৱহাৰ কৰি পাতল নলী (straw) এটুকুৰা বেলুনৰ পৃষ্ঠত লগাই লোৱা।
- নলীটোৰ মাজেদি সূতা এডাল পাৰ কৰি সূতাডালৰ এটা মূৰ হাতেৰে ধৰি থাকা নতুবা বেৰত বান্ধি দিয়া।
- তোমাৰ বন্ধু এজনক সূতাডালৰ আনটো মূৰ ধৰিবলৈ কোৱা নতুবা কিছু দূৰত বেৰত সূতাডাল বান্ধা। সঁজুলিটো 9.15 চিত্ৰত দেখুৱা হৈছে।
- এতিয়া বেলুনৰ মুখখন বান্ধি থোৱা সূতাডাল খুলি দি বেলুনৰ মুখেদি বতাহ ওলাই যাবলৈ দিয়া।
- পাতল নলীডাল কোন দিশে গতি কৰিছে লক্ষ্য কৰা।



চিত্ৰ-9.15

কাৰ্যকলাপ.................................9.6

- উন্নত মানৰ কাচৰ পৰীক্ষা নল (test tube) এটা লৈ তাত অলপমান পানী ভৰোৱা। ইয়াৰ মুখত এটা ঠিলা লগোৱা।
- এতিয়া 9.16 চিত্ৰত দেখুৱাৰ দৰে দুডাল ৰচি বা তাঁৰেৰে পৰীক্ষা নলটো অনুভূমিকভাৱে ওলোমোৱা।
- এটা বাৰ্ণাৰৰ সহায়ত পানী বাষ্প হৈ ঠিলাটো ঠেলি চিটিকাই নিদিয়া পৰ্যন্ত পৰীক্ষা নলটো গৰম কৰা।
- দেখিবা যে ঠিলাৰ গতিৰ বিপৰীত দিশত পৰীক্ষা নলৰ প্ৰতিক্ষেপ হৈছে।



চিত্ৰ ঃ 9.16

- ঠিলাটোৰ বেগ আৰু পৰীক্ষা নলটোৰ প্ৰতিক্ষেপ বেগৰ পাৰ্থক্যলৈ লক্ষ্য কৰা।

উদাহৰণ-9.6 : 2 kg ভৰৰ পিষ্টল এটাৰ পৰা 20 g ভৰৰ গুলী এটা 150 $m\,s^{-1}$ বেগেৰে অনুভূমিক দিশত মৰা হ'ল। পিষ্টলটোৰ প্ৰতিক্ষেপ বেগ কিমান?

সমাধান ঃ

আমাক দিয়া আছে,

গুলীটোৰ ভৰ, m_1 = 20 g (= .02 kg) আৰু

পিষ্টলৰ ভৰ, m_2 = 2 kg;

গুলী (u_1) আৰু পিষ্টলৰ (u_2) প্ৰাৰম্ভিক বেগ = 0।

গুলীৰ অন্তিম বেগ $v_1 = +150\ m\,s^{-1}$।

গুলীৰ গতিৰ দিশ বাঁওফালৰ পৰা সোঁফাললৈ বুলি ধৰা হৈছে। [প্ৰথা অনুসৰি ধনাত্মক] (চিত্ৰ-9.17)

ধৰা হওঁক পিষ্টলৰ প্ৰতিক্ষেপ বেগ হ'ল v

গুলী মৰাৰ পূৰ্বে পিষ্টলটোৰ স্থিতিশীল অৱস্থাত পিষ্টল আৰু গুলীৰ মুঠ ভৰবেগ

$= (2 + 0.02)\ kg \times 0\ m\ s^{-1}$

$= 0\ kg\ m\ s^{-1}$

গুলীটো মৰাৰ পিছত পিষ্টল আৰু গুলীৰ মুঠ ভৰবেগ

$= 0.02\ kg \times 150\ m\ s^{-1} + 2\ kg \times v\ m\ s^{-1}$

$= (3 + 2v)\ kg\ m\ s^{-1}$

ভৰবেগৰ সংৰক্ষণ সূত্ৰ অনুসৰি

গুলী মৰাৰ আগৰ মুঠ ভৰবেগ = গুলী মৰাৰ পিছৰ মুঠ ভৰবেগ

$3 + 2v = 0$

$\Rightarrow v = -1.5\ m\ s^{-1}$

ঋণাত্মক চিনে বুজায় যে পিষ্টলৰ প্ৰতিক্ষেপ বেগ গুলীৰ বিপৰীত দিশত অৰ্থাৎ সোঁফালৰ পৰা বাঁওফাললৈ।

চিত্ৰ-9.17 পিষ্টলৰ প্ৰতিক্ষেপ

উদাহৰণ-9.7 : 40 kg ভৰৰ ছোৱালী এজনীয়ে অনুভূমিক দিশত $5\ m\ s^{-1}$ বেগেৰে,ৰৈ থকা ঘৰ্ষণবিহীন চকাযুক্ত সৰু গাড়ী এখনত জঁপিয়াই উঠিল। গাড়ীখনৰ ভৰ 3 kg। গাড়ীখনে গতি আৰম্ভ কৰাৰ মুহূৰ্তত ছোৱালীজনীৰ বেগ কিমান হ'ব? অনুভূমিক দিশত কোনো বাহ্যিক অসন্তুলিত বল নাই বুলি ধৰিবা।

সমাধান :

ধৰা হওঁক গাড়ীখনে গতি আৰম্ভ কৰাৰ মুহূৰ্তত গাড়ীত উঠা ছোৱালীজনীৰ বেগ হ'ল v

ছোৱালীজনী গাড়ীত উঠাৰ আগতে ছোৱালী আৰু গাড়ীৰ মুঠ ভৰবেগ

$= 40\ kg \times 5\ m\ s^{-1} + 3\ kg \times 0\ m\ s^{-1}$

$= 200\ kg\ m\ s^{-1}$

ছোৱালীজনী গাড়ীত উঠাৰ পিছত মুঠ ভৰবেগ

$= (40 + 3) kg \times v\ ms^{-1}$

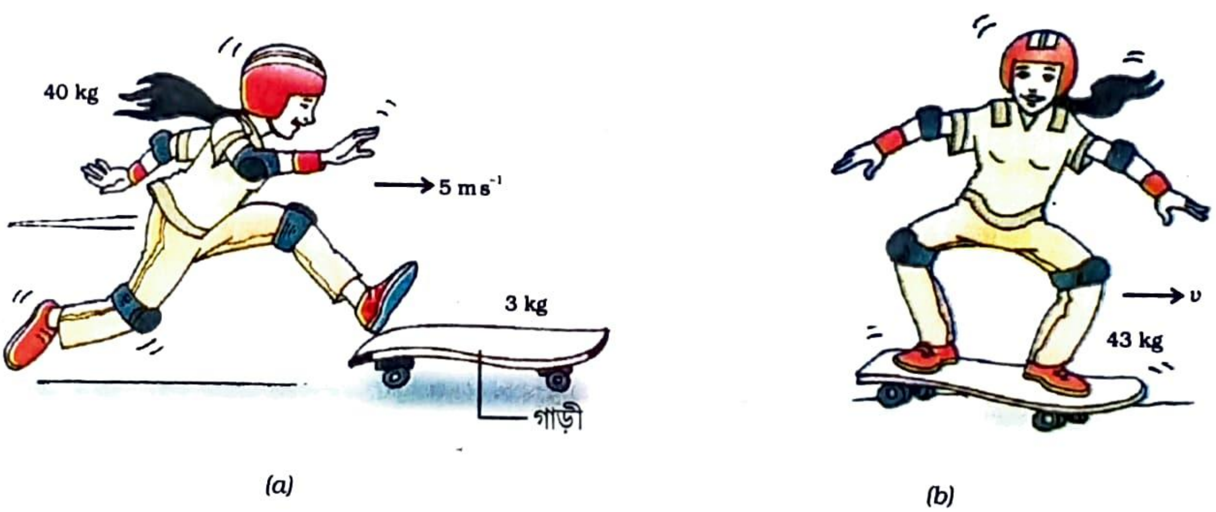
$= 43\ v\ kg\ m\ s^{-1}$

ভৰবেগৰ সংৰক্ষণৰ সূত্ৰ অনুসৰি এই প্ৰক্ৰিয়াত মুঠ ভৰবেগ সংৰক্ষিত হ'ব।

অৰ্থাৎ, $43\ v = 200$

$$v = \frac{200}{43} m s^{-1} = 4.65 m s^{-1}$$

ছোৱালীজনীয়ে গাড়ীত উঠাৰ পিছত $4.65\ m\ s^{-1}$ বেগেৰে জঁপিওৱাৰ দিশত গতি কৰিব (চিত্ৰ-9.18)।



চিত্ৰ-9.18 : ছোৱালীজনীয়ে গাড়ীৰ ওপৰত জঁপিয়াই উঠিছে।

উদাহৰণ-9.8 : বিপৰীত দলৰ দুজন হকী খেলুৱৈয়ে খেল পথাৰত বলটো মাৰিবলৈ যাওঁতে খুন্দা খাই এজনে আনজনৰ সৈতে মুহূৰ্ততে সাঙোৰ খালে। এজনৰ ভৰ 60 kg আৰু তেওঁ $5\ m\ s^{-1}$ বেগেৰে গতি কৰি আছিল, আনজনৰ ভৰ 55 kg আৰু তেওঁ প্ৰথমজনতকৈ অধিক ক্ষীপ্ৰতাৰে $6\ m\ s^{-1}$ বেগেৰে প্ৰথমজনৰ দিশত গতি কৰি আছিল। সাঙোৰ খোৱাৰ পিছত তেওঁলোকে কোন দিশে আৰু কিমান বেগেৰে গতি কৰিব? খেলুৱৈ দুজনৰ ভৰি আৰু মাটিৰ মাজৰ ঘৰ্ষণ বল নগণ্য বুলি ধৰিবা।

সমাধান ঃ

ধৰা হওঁক, প্ৰথমজন খেলুৱৈয়ো বাঁওফালৰ পৰা সোঁফাললৈ গতি কৰিছিল। প্ৰথা অনুসৰি বাঁওফালৰ পৰা সোঁফাল ধনাত্মক আৰু সোঁফালৰ পৰা বাঁওফাল ঋণাত্মক (চিত্ৰ 9.19)। খেলুৱৈ দুজনৰ ভৰ আৰু প্ৰাৰম্ভিক বেগ m আৰু u প্ৰতীকেৰে বুজোৱা হওঁক। এই ৰাশি দুটাত উপস্থিত থকা নিম্ন ক্ষুদ্ৰাক্ষৰ 1 আৰু 2 য়ে হকী খেলুৱৈ দুজনক চিহ্নিত কৰিছে। গতিকে,

$m_1 = 60\ kg;\ u_1 = +5\ m\ s^{-1}$ আৰু

$m_2 = 55\ kg;\ u_2 = -6\ m\ s^{-1}$

সংঘাতৰ আগত খেলুৱৈ দুজনৰ মুঠ ভৰবেগ

$= 60\ kg \times (+5\ m\ s^{-1}) + 55\ kg \times (-6\ m\ s^{-1})$

$= -30\ kg\ m\ s^{-1}$

সাঙোৰ খোৱাৰ পিছত খেলুৱৈ দুজনৰ বেগ v হ'লে তেতিয়া

$= (m_1 + m_2)\ v$

$= (60 + 55)\ kg \times v\ m\ s^{-1}$

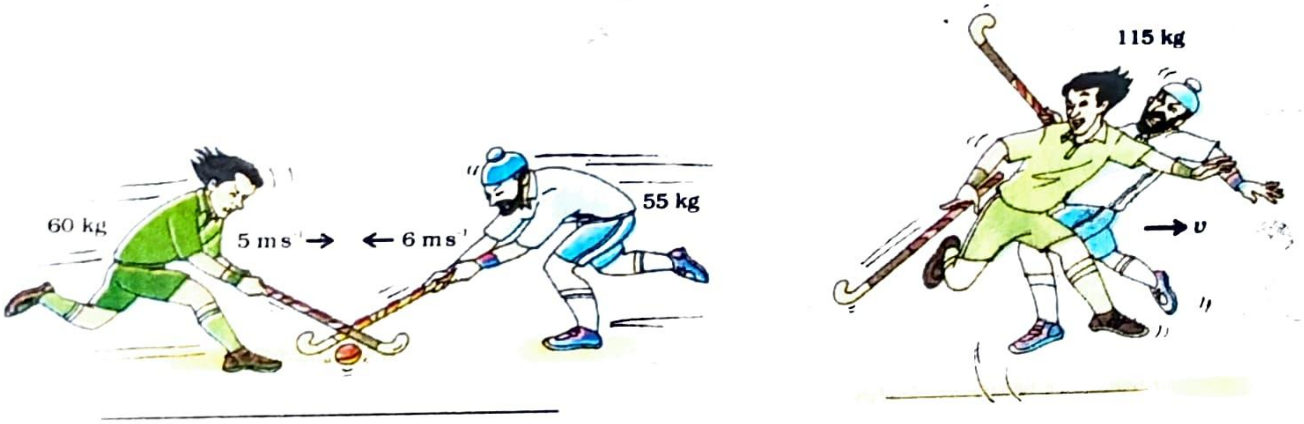
$= 115\ v\ kg\ m\ s^{-1}$

ভৰবেগৰ সংৰক্ষণ সূত্ৰ অনুসৰি সংঘাতৰ আগৰ আৰু পিছৰ মুঠ ভৰবেগ সমান কৰি আমি পাওঁ

$$v = -\frac{30}{115}$$

$$= -0.26\ m\ s^{-1}$$

সাঙোৰ খাই পৰা খেলুৱৈ দুজনে $0.26\ m\ s^{-1}$ বেগেৰে সোঁফালৰ পৰা বাঁওফাললৈ অৰ্থাৎ সংঘাতৰ পূৰ্বে দ্বিতীয় খেলুৱৈজনৰ গতিৰ দিশত গতি কৰিব।



(a) (b)

চিত্ৰ-9.19 দুজন হকী খেলুৱৈৰ মাজত সংঘাত (a) সংঘাতৰ আগত (b) সংঘাতৰ পাছত।

প্ৰশ্নাৱলী

1. যদি ক্ৰিয়া সদায় প্ৰতিক্ৰিয়াৰ সমান, তেন্তে ঘোঁৰা এটাই গাড়ীখন কেনেকৈ টানিব পাৰে ব্যাখ্যা কৰা।
2. অগ্নিনিৰ্বাপক বাহিনীৰ কৰ্মী এজনে তীব্ৰ বেগেৰে পানী ওলোৱা পাইপৰ মূৰটো ধৰি ৰাখোতে কিয় অসুবিধা পায় ব্যাখ্যা কৰা।
3. 4 kg ভৰৰ বন্দুক এটাৰ পৰা 50 g ভৰৰ গুলী এটা $35\ m\ s^{-1}$ প্ৰাৰম্ভিক বেগেৰে ওলাই গৈছে। বন্দুকটোৰ প্ৰাৰম্ভিক প্ৰতিক্ষেপ (recoil) বেগ কিমান?

4. 100 g আৰু 200 g ভৰৰ দুটা বস্তু একে দিশত আৰু একে সৰল ৰেখাৰে ক্ৰমে $2\ m\ s^{-1}$ আৰু $1\ m\ s^{-1}$ বেগেৰে গতি কৰি আছে। সিহঁত সংঘাতত লিপ্ত হ'ল আৰু তাৰ পিছত প্ৰথমটোৰ বেগ $1.67\ m\ s^{-1}$ হ'ল। দ্বিতীয়টোৰ বেগ নিৰ্ণয় কৰা।

সংৰক্ষণ সূত্ৰসমূহ

ভৰবেগ, শক্তি, কৌণিক ভৰবেগ, বৈদ্যুতিক আধান আদিৰ সংৰক্ষণ সূত্ৰবোৰক পদাৰ্থবিজ্ঞানত মৌলিক সূত্ৰ হিচাপে গণ্য কৰা হয়। এই সূত্ৰসমূহ পৰীক্ষা আৰু পৰ্যবেক্ষণৰ ওপৰত আধাৰিত। এইটো মনত ৰখা আৱশ্যক যে সংৰক্ষণ সূত্ৰসমূহ প্ৰমান কৰিব নোৱাৰি। পৰীক্ষাৰ দ্বাৰা ইহঁতৰ সত্যাপন অথবা ইহঁতক প্ৰত্যাখ্যান কৰিব পাৰি। যিটো পৰীক্ষাৰ ফলাফল সূত্ৰটোৰ সৈতে মিলে সেইটো পৰীক্ষাই সূত্ৰটোৰ সত্যাপন কৰে, কিন্তু ইয়াৰ দ্বাৰা সূত্ৰটো প্ৰমাণিত হৈ নাযায়। আনহাতে সূত্ৰটোৰ সৈতে সামঞ্জস্য নেদেখুওৱা মাত্ৰ এটা পৰীক্ষাই সূত্ৰটো অগ্ৰাহ্য কৰাৰ কাৰণে যথেষ্ট।

ভৰবেগৰ সংৰক্ষণ সূত্ৰটো অনেক পৰ্যবেক্ষণ আৰু পৰীক্ষাৰ ওপৰত ভিত্তি কৰি নিৰ্ণয় কৰা হৈছে। এই সূত্ৰটো প্ৰায় তিনি শতিকাৰ আগতেই লিপিবদ্ধ হৈছিল। মন কৰিবলগীয়া যে এতিয়ালৈকে এনে কোনো পৰিস্থিতিৰ উদ্ভৱ হোৱা নাই, য'ত এই সূত্ৰ অমান্য হৈছে। আমি দৈনন্দিন জীৱনত পোৱা অনেক অভিজ্ঞতা ভৰবেগৰ সংৰক্ষণ সূত্ৰৰ সহায়ত ব্যাখ্যা কৰিব পাৰোঁ।

তোমালোকে কি শিকিলা

- গতি বিষয়ক প্ৰথম সূত্ৰঃ কোনো অসন্তুলিত বলে ক্ৰিয়া নকৰা পৰ্যন্ত স্থিতিশীল বস্তু স্থিতিশীল অৱস্থাত আৰু গতিশীল বস্তুৱে সুষম বেগেৰে সৰল ৰেখাৰে গতি কৰি থাকিব।
- বস্তুৰ স্থিতিশীল অৱস্থা বা সুষম গতিশীল অৱস্থাৰ পৰিবৰ্তনক বাধা দিয়াৰ স্বাভাৱিক প্ৰৱণতাক জড়তা বোলে।
- ভৰেই হৈছে জড়তাৰ জোখ। ইয়াৰ এচ আই (SI) একক কিলোগ্ৰাম (Kg)।
- ঘৰ্ষণ বলে সদায় বস্তুৰ গতিৰ বিৰোধিতা কৰে।
- গতি বিষয়ক দ্বিতীয় সূত্ৰঃ বস্তু এটাৰ ভৰবেগৰ পৰিবৰ্তনৰ হাৰ প্ৰয়োগ কৰা অসন্তুলিত বলৰ দিশত তাৰ সমানুপাতিক।
- বলৰ এচ আই (SI) একক হ'ল $kg\ ms^{-2}$। ইয়াকে নিউটন বুলিও কোৱা হয় আৰু ইয়াৰ প্ৰতীক হ'ল N। এক নিউটন বল এটাই 1 kg ভৰৰ বস্তু এটাৰ ওপৰত ক্ৰিয়া কৰি $1\ m\ s^{-2}$ ত্বৰণ সৃষ্টি কৰে।
- বস্তু এটাৰ ভৰবেগ, বস্তুটোৰ ভৰ আৰু বেগৰ গুণফলৰ সমান আৰু ইয়াৰ দিশ বেগৰ দিশৰ সৈতে একে। ইয়াৰ SI একক হ'ল $kg\ m\ s^{-1}$।
- গতি বিষয়ক তৃতীয় সূত্ৰঃ প্ৰতিটো ক্ৰিয়াৰে এটা সমান আৰু বিপৰীত প্ৰতিক্ৰিয়া থাকে। এই দুটাই দুটা ভিন্ন বস্তুৰ ওপৰত ক্ৰিয়া কৰে।
- এটা পৃথকীকৃত নিকায়ৰ (System) (য'ত কোনো বাহ্যিক বল নাথাকে) মুঠ ভৰবেগ সংৰক্ষিত হয়।

অনুশীলনী

1. বস্তু এটাই কোনো বাহ্যিক অসন্তুলিত বল অনুভৱ কৰা নাই। বস্তুটোৱে কিবা বেগেৰে গতি কৰি থকাটো সম্ভৱনে? যদি সম্ভৱ, তেন্তে বেগৰ মান আৰু দিশৰ ওপৰত আৰোপ কৰিবলগীয়া চৰ্তসমূহ উল্লেখ কৰা। যদি নহয়, কাৰণ দৰ্শোৱা।
2. দলিচা এখন মাৰিৰে কোবালে, ধূলিবোৰ ওলাই আহে। ব্যাখ্যা কৰা।
3. বাছৰ মূধছত ৰখা বস্তুবোৰ ৰচিৰে বান্ধি ৰাখিবলৈ কিয় কোৱা হয়?
4. ক্রিকেট খেলৰ বেট ধৰোঁতাজনে মৰা বলটো মাটিৰে অলপ দূৰ বাগৰি গৈ ৰৈ যায়। বলটো ৰৈ যোৱাৰ কাৰণ হ'ল
   (ক) বেট ধৰোঁতাজনে বলটো পৰ্যাপ্ত জোৰেৰে নামাৰিলে।
   (খ) বলটোৰ বেগ ইয়াৰ ওপৰত প্ৰয়োগ কৰা বলৰ সমানুপাতিক।
   (গ) বলটোৰ গতিৰ বিৰোধিতা কৰা বল এটা ক্ৰিয়াশীল হৈ আছে।
   (ঘ) বলটোৰ ওপৰত কোনো অসন্তুলিত বলে ক্ৰিয়া কৰা নাই আৰু সেইবাবেই বলটো ৰৈ যাব খোজে।
5. ৰৈ থকা অৱস্থাৰ পৰা ট্ৰাক এখন পাহাৰৰ পৰা স্থিৰ ত্বৰণেৰে নামি আহিছে। ই 20 s ত 400 m দূৰত্ব অতিক্ৰম কৰিলে ইয়াৰ ত্বৰণ নিৰ্ণয় কৰা। যদি ট্ৰাকখনৰ ভৰ 7 মেট্ৰিক টন হয় তেন্তে ট্ৰাকখনৰ ওপৰত ক্ৰিয়া কৰা বলৰ মান নিৰ্ণয় কৰা। (ইংগিত 1 টন = 1000 kg)
6. 1 kg ভৰৰ শিল এটা হিমীভূত (frozen) হ্ৰদ এটাৰ পৃষ্ঠৰ ওপৰেদি 20 m s^{-1} বেগেৰে দলিয়াই দিয়াত সি 250 m দূৰত্ব অতিক্ৰম কৰি ৰৈ গ'ল। শিলটো আৰু বৰফৰ মাজত ঘৰ্ষণ বল কিমান?
7. 8000 kg ভৰৰ ইঞ্জিন এটাই প্ৰতিটো 2000 kg ভৰৰ 5 টা ডবা অনুভূমিক ৰে'ল লাইনৰ ওপৰেদি টানি নিছে। যদি ইঞ্জিনটোৱে প্ৰয়োগ কৰা বল 40000 N আৰু ৰে'ল লাইনে দিয়া ঘৰ্ষণ বল 5000 N হয়, তেন্তে তলত দিয়া ৰাশি কেইটা উলিওৱা —
   (ক) ত্বৰণ উৎপন্নকাৰী মুঠ বল
   (খ) ৰে'লগাড়ীখনৰ ত্বৰণ আৰু
   (গ) 1 নং ডবাই 2 নং ডবাৰ ওপৰত প্ৰয়োগ কৰা বল।
8. মটৰগাড়ী এখনৰ ভৰ 1500 kg। গাড়ীখন 1.7 m s^{-2} ঋণাত্মক ত্বৰণেৰে ৰখাবলৈ গাড়ী আৰু ৰাস্তাৰ মাজৰ বল কিমান হ'ব লাগিব?
9. m ভৰৰ বস্তু এটা υ বেগেৰে গতি কৰিলে তাৰ ভৰবেগ হ'ব —
   (ক) $(m\upsilon)^2$ (খ) $m\upsilon^2$ (গ) $\frac{1}{2}m\upsilon^2$ (ঘ) $m\upsilon$
10. 200 N অনুভূমিক বল প্ৰয়োগ কৰি কাঠৰ বাকচ এটা মজিয়া এখনেৰে স্থিৰ বেগেৰে নিয়াৰ চেষ্টা কৰা হৈছে। মজিয়াখনে বাকচটোৰ ওপৰত প্ৰয়োগ কৰা ঘৰ্ষণ বলৰ মান কিমান?
11. 1.5 kg ভৰৰ দুটা বস্তুৱে একে সৰল ৰেখাৰে কিন্তু বিপৰীত দিশত গতি কৰি আছিল। সংঘাতৰ পূৰ্বে দুয়োৱে বেগ আছিল 2.5 m s^{-1}। সংঘাতৰ পিছত বস্তু দুটা লগ লাগি যায়। সংঘাতৰ পিছত

লগ লগা বস্তুটোৰ বেগ কিমান?

12. গতি বিষয়ক তৃতীয় সূত্ৰৰ মতে আমি যদি বস্তু এটা ঠেলোঁ, তেন্তে বস্তুটোৱে আমাক সমান আৰু বিপৰীত বলেৰে পিছলৈ ঠেলিব। যদি বস্তুটো ৰাস্তাৰ কাষত ৰখাই থোৱা এখন গধুৰ ট্ৰাক হয়, তেন্তে ই লৰচৰ নকৰাৰ সম্ভাৱনাই বেছি। সমান আৰু বিপৰীত বলে পৰস্পৰক সন্তুলিত কৰে বুলি ছাত্ৰ এজনে যুক্তি আগবঢ়াই দি ইয়াৰ ন্যায্যতা প্ৰতিপাদন কৰিছে। এই যুক্তিৰ ওপৰত তোমাৰ মতামত দিয়া আৰু ট্ৰাকখন কিয় লৰচৰ নকৰে তাৰ ব্যাখ্যা দিয়া।

13. 200 g ভৰৰ হকী বল এটা 10 m s^{-1} বেগেৰে গৈ থকা অৱস্থাত এডাল হকী মাৰিৰে (Hocky Stick) কোবোৱাত সি অহা পথেৰে 5 m s^{-1} বেগেৰে উভটি গ'ল। হকী মাৰিয়ে প্ৰয়োগ কৰা বলৰ প্ৰভাৱত হকী বলটোৰ গতিৰ ভৰবেগ পৰিবৰ্তন নিৰ্ণয় কৰা।

14. 10 গ্ৰাম ভৰৰ গুলী এটা অনুভূমিক দিশত 150 ms^{-1} বেগেৰে গৈ থকা অৱস্থাত ৰৈ থকা কাঠৰ টুকুৰা এটাত খুন্দা খাই 0.03 s ত স্থিতিশীল অৱস্থাপ্ৰাপ্ত হ'ল। কাঠৰ টুকুৰাটোত গুলীটোৰ অন্তৰ্ভেদৰ দূৰত্ব নিৰ্ণয় কৰা। তদুপৰি কাঠৰ টুকুৰাটোৱে গুলীটোৰ ওপৰত প্ৰয়োগ কৰা বলৰ মান নিৰ্ণয় কৰা।

15. 1 kg ভৰৰ বস্তু এটা সৰল ৰেখা এডালেদি 10 m s^{-1} বেগেৰে গৈ থকা অৱস্থাত 5 kg ভৰৰ স্থিতিশীল কাঠৰ টুকুৰা এটাত খুন্দা মাৰি তাত লাগি ধৰিল। তাৰ পিছত দুয়োটাই একেডাল সৰল ৰেখাৰে গতি আৰম্ভ কৰিলে। সংঘাতৰ ঠিক আগত আৰু ঠিক পিছত মুঠ ভৰবেগ নিৰ্ণয় কৰা। লগতে সংলগ্ন বস্তুটোৰ বেগ নিৰ্ণয় কৰা।

16. 6 s ত 100 kg ভৰৰ বস্তু এটাৰ বেগ 5 m s^{-1} ৰ পৰা 8 m s^{-1} লৈ সুষমভাৱে ত্বৰিত কৰা হ'ল। বস্তুটোৰ প্ৰাৰম্ভিক আৰু অন্তিম ভৰবেগ নিৰ্ণয় কৰা। তদুপৰি বস্তুটোৰ ওপৰত প্ৰয়োগ কৰা বলৰ মান নিৰ্ণয় কৰা।

17. আখটাৰ, কিৰণ আৰু ৰাহুল দ্ৰুতবেগী পথত মটৰগাড়ীৰে তীব্ৰ বেগেৰে গৈ থকা অৱস্থাত পোক এটাই গাড়ীৰ বায়ুৰোধী ঢালখনত (windshield) খুন্দা মাৰি চালখনত লাগি ধৰিল। আখটাৰ আৰু কিৰণে বিষয়টোৰ ওপৰত চিন্তা-চৰ্চা কৰিবলৈ ধৰিলে। কিৰণে যুক্তি দিলে যে গাড়ীখনৰ ভৰবেগৰ পৰিবৰ্তনতকৈ পোকটোৰ ভৰবেগৰ পৰিবৰ্তন অধিক (কাৰণ গাড়ীখনতকৈ পোকটোৰ বেগৰ পৰিবৰ্তন অধিক)। আখটাৰে ক'লে যে যিহেতু গাড়ীখন অধিক বেগেৰে গৈ আছিল, ই পোকটোৰ ওপৰত অধিক বল প্ৰয়োগ কৰিলে আৰু তাৰ ফলত পোকটো মৰিল। ৰাহুলে সম্পূৰ্ণ নতুন এটা ব্যাখ্যা দি ক'লে যে মটৰগাড়ী আৰু পোক দুয়োটাই একেই বল আৰু ভৰবেগৰ একেই পৰিবৰ্তন অনুভৱ কৰিছিল। এই যুক্তিসমূহৰ ওপৰত মতামত দিয়া।

18. 10 kg ভৰৰ ডামবেল (dumb-bell) এটা 80 cm উচ্চতাৰ পৰা মাটিত পৰিলে মাটিলৈ স্থানান্তৰ হোৱা ভৰবেগৰ মান কিমান হ'ব? নিম্নাভিমুখী ত্বৰণ 10 m s^{-2} ধৰিবা।

অতিৰিক্ত অনুশীলনী

A1. বস্তু এটাৰ গতিৰ দূৰত্ব-সময় তালিকা এখন তলত দিয়া হ'ল —

চেকেণ্ড হিচাপত সময়	মিটাৰ হিচাপত দূৰত্ব
0	0
1	1
2	8
3	27
4	64
5	125
6	216
7	343

(a) ত্বৰণ সম্পৰ্কে কি সিদ্ধান্ত ল'বা? স্থিৰ, ক্ৰমবৰ্দ্ধমান, ক্ৰমহ্ৰাসমান নে শূন্য?

(b) বস্তুটোৰ ওপৰত ক্ৰিয়া কৰা বলৰ সম্পৰ্কে কি মন্তব্য কৰিবা?

A2. সমতল ৰাস্তা এটাত 1200 Kg ভৰৰ মটৰগাড়ী এখন দুজন মানুহে সুষম বেগেৰে ঠেলিবলৈ সক্ষম হৈছে। একেখন গাড়ী তিনিজন মানুহে ঠেলিলে $0.2\ m\ s^{-2}$ ত্বৰণ উৎপন্ন হয়। প্ৰতিজন মানুহে কিমান বলেৰে গাড়ীখন ঠেলিছে? (প্ৰতিজন মানুহে সমান পেশীয় প্ৰয়াসেৰে (masular effort) বে গাড়ীখন ঠেলে বুলি ধৰিবা।)

A3. 500 গ্ৰাম ভৰৰ হাতুৰী এটাই $50\ m\ s^{-1}$ বেগেৰে গজাল এটাত খুন্দা মাৰিলে। গজালটোৱে অতি কম সময় 0.01 চেকেণ্ডত হাতুৰীটো ৰখাই দিলে। গজালটোৱে হাতুৰীৰ ওপৰত প্ৰয়োগ কৰা বল কিমান?

A4. 1200 kg ভৰৰ মটৰগাড়ী এখন 90 km/h সুষম বেগেৰে সৰল ৰৈখিকভাৱে গতি কৰি আছে। অসন্তুলিত বাহ্যিক বল এটাই ক্ৰিয়া কৰি ইয়াৰ বেগ 4 s ত 18 km/h লৈ হ্ৰাস কৰিলে। ত্বৰণ আৰু ভৰবেগৰ পৰিবৰ্তন নিৰ্ণয় কৰা। লগতে প্ৰয়োজন হোৱা বলৰ মান উলিওৱা।

A5. একে বেগ υ ৰে গতি কৰি থকা অৱস্থাত এখন প্ৰকাণ্ড ট্ৰাক আৰু এখন সৰু মটৰগাড়ী মুখামুখি সংঘৰ্ষত লিপ্ত হৈ বৈ গ'ল। যদি সংঘাতৰ সময় 1 s হয় তেন্তে

(ক) কোনখন গাড়ীয়ে অধিক প্ৰতিঘাত বল অনুভৱ কৰিব?

(খ) কোনখন গাড়ীৰ ভৰবেগৰ পৰিবৰ্তন অধিক হ'ব?

(গ) কোনখন গাড়ীয়ে অধিক ত্বৰণ অনুভৱ কৰিব?

(ঘ) ট্ৰাখনতকৈ সৰু গাড়ীখনৰ ক্ষতিৰ পৰিমান অধিক হোৱাৰ সম্ভাৱনাৰ কাৰণ কি?