তৃতীয় অধ্যায়

বল

গুরুত্বপূর্ণ সৃজনশীল প্রশ্ন ও সমাধান

WWW.DIGITALSTUDYROOM.COM

প্রশ্ন –১ ▸ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

ফারুক 4 kg ভরের একটি বক্স একটি মেঝের উপর দিয়ে সমবলে টেনে নিল। বক্স ও মেঝের মধ্যকার ঘর্ষণ বলের মান হলো 1·5 N। বক্সটিকে টেনে নেওয়ায় এর ত্বরণ হলো 0·8 ms^{-2}। এরপর বক্সটিকে ঘর্ষণবিহীন মেঝেতে একই বল প্রয়োগ করে টানা হলো।

ক. সাম্য বল কাকে বলে?

খ. ঘর্ষণ বল কেন উৎপন্ন হয়?

গ. প্রথম ক্ষেত্রে বক্সটির উপর প্রযুক্ত বলের মান নির্ণয় কর।

ঘ. ঘর্ষণযুক্ত ও ঘর্ষণবিহীন মেঝেতে ত্বরণের কিরূপ পরিবর্তন হবে? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা কর।

▸◂ ১নং প্রশ্নের উত্তর ▸◂

ক. কোনো বস্তুর উপর একাধিক বল ক্রিয়া করলে যদি বলের লব্ধি শূন্য হয় অর্থাৎ বস্তুর কোনো ত্বরণ না হয় তখন সেই বলগুলোকে সাম্য বল বলা হয়।

খ. একটি বস্তু যখন অন্য একটি বস্তুর সংস্পর্শে থেকে একের ওপর দিয়ে অপরটি চলতে চেষ্টা করে বা চলতে থাকে তখন বস্তুদ্বয়ের স্পর্শতলে গতির বিরুদ্ধে একটি বাধার উৎপত্তি হয়। অর্থাৎ দুটি তলের অনিয়মিত প্রকৃতির কারণে ঘর্ষণ বল উৎপন্ন হয়।

গ. দেওয়া আছে,

বক্সটির ভর, $m = 4\ kg$

বক্সটির ত্বরণ, $a = 0{\cdot}8\ ms^{-2}$

ধরি, বক্সটির ওপর প্রযুক্ত বল = P

কার্যকর বল $F = ma$

$= 4\ kg \times 0{\cdot}8\ ms^{-2} = 3{\cdot}2\ N$

বক্স ও মেঝের ঘর্ষণ বলের মান, $F_k = 1{\cdot}5\ N$

আমরা জানি,

প্রযুক্ত বল P = কার্যকর বল (F) + ঘর্ষণ বল (F_k)

বা, $P = 3{\cdot}2\ N + 1{\cdot}5\ N$

বা, $P = (3{\cdot}2 + 1{\cdot}5)\ N$

$\therefore P = 4{\cdot}7\ N$

সুতরাং প্রথম ক্ষেত্রে বক্সটির উপর প্রযুক্ত বলের মান 4·7 N।

ঘ. একই বল প্রয়োগে ঘর্ষণযুক্ত মেঝে অপেক্ষা ঘর্ষণবিহীন মেঝেতে ত্বরণের পরিমাণ বেশি হবে। কারণ ঘর্ষণ বল গতির বিরুদ্ধে কাজ করায় বস্তুর ত্বরণের পরিমাণ কম হয়।

নিচে গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করা হলো :

উদ্দীপকে, বস্তুর ভর, $m = 4\ kg$

'গ' হতে প্রযুক্ত বলের মান, $F = 4{\cdot}7\ N$

ঘর্ষণবিহীন মেঝেতে বক্সের ত্বরণ, $a = ?$

আমরা জানি, $F = ma$

$$\text{বা, } a = \frac{F}{m}$$

$$\text{বা, } a = \frac{4{\cdot}7\ N}{4\ kg}$$

$$\therefore\ a = 1{\cdot}175\ ms^{-2}$$

অতএব, ঘর্ষণবিহীন মেঝেতে বক্সটির ত্বরণ $(1{\cdot}175 - 0{\cdot}8)\ ms^{-2}$

বা, $0{\cdot}375\ ms^{-2}$ বৃদ্ধি পাবে।

অর্থাৎ, ঘর্ষণবিহীন মেঝেতে বক্সটির ত্বরণ ঘর্ষণযুক্ত মেঝের ত্বরণ অপেক্ষা $0{\cdot}375\ ms^{-2}$ বেশি।

প্রশ্ন –২ ▸ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

সাইহাম টেবিলে রাখা একটি কলমকে টোকা দিলে সেটি টেবিলের উপর খানিকটা দূরে সরে গিয়ে টেবিলের প্রান্ত দিয়ে নিচে পড়ে গেল। এরপর সে টেবিলে রাখা একটি বইকে টোকা দিয়ে সরাতে চাইলে এটি মোটেও নড়ল না। এটিকে সরাতে শেষ পর্যন্ত তাকে জোরে ধাক্কা দিতে হলো।

ক. কোনো বস্তুর জড়তা কিসের ওপর নির্ভর করে? ১

খ. সাইহাম টোকা দিয়ে কলমটি সরাতে পারলেও বইটি সরাতে পারল না কেন? ২

গ. যে বলের প্রভাবে কলমটি নিচে পড়ে গেল তার প্রকৃতি আলোচনা কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকে বর্ণিত ঘটনা থেকে কোন কোন রাশির গুণগত ধারণা পাওয়া যায় তা বিশ্লেষণ কর। ৪

▸◂ ২ নং প্রশ্নের উত্তর ▸◂

ক. কোনো বস্তুর জড়তা ভরের ওপর নির্ভর করে।

খ. কলমের চেয়ে বইয়ের ভর বেশি হওয়ায় সাইহাম টোকা দিয়ে কলমটি সরাতে পারলেও বইটি সরাতে পারল না।

ভর হচ্ছে বস্তুর জড়তার পরিমাপ। যে বস্তুর ভর বেশি তার জড়তা বেশি। অন্যভাবে বলা যায়, যে বস্তুর জড়তা বেশি তাকে গতিশীল করা, বেগ হ্রাস বা বৃদ্ধি করা কিংবা বেগের দিক পরিবর্তন করা তত কঠিন। উদ্দীপকে বর্ণিত কলমের চেয়ে বইয়ের ভর বেশি হওয়ায় তার জড়তা বেশি। তাই বইকে সরাতে বেশি বলের প্রয়োজন হবে।

গ. কলমটি মহাকর্ষ বলের প্রভাবে টেবিলের প্রান্ত বেয়ে নিচে পড়ে গেল।

এটি একটি অস্পর্শ বল। অর্থাৎ দুটি বস্তুর মধ্যে মহাকর্ষ বলের ক্রিয়ার ক্ষেত্রে বস্তু দুটি স্পর্শ করার প্রয়োজন নেই, দূর হতেই মহাকর্ষ বল প্রযুক্ত হতে পারে। পৃথিবী কলমটিকে যে বলে আকর্ষণ করে তা হলো কলমটির অভিকর্ষ বল বা ওজন, যা এক প্রকার মহাকর্ষ বল।

উপর্যুক্ত আলোচনা থেকে দেখা যায়, বস্তুর ভরের কারণেই মহাকর্ষ বলের উদ্ভব ঘটে। আর মৌলিক বলের মধ্যে মহাকর্ষ বল হলো দুর্বলতম। তাই বলা যায়, টেবিল থেকে কলমটি পড়ে যাবে মহাকর্ষ বলের প্রভাবে। অন্য কোনো বলের প্রভাবে নয়।

ঘ. উদ্দীপকে বর্ণিত ঘটনাগুলো থেকে জড়তা এবং বলের গুণগত ধারণা পাওয়া যায়।

আমরা জানি, বস্তু তার গতির অবস্থা বজায় রাখতে চাওয়ার যে প্রবণতা বা ধর্ম প্রদর্শন করে তাই হলো জড়তা। আবার, যা স্থির বস্তুর উপর ক্রিয়া করে তাকে গতিশীল করে বা করার চেষ্টা করে বা গতিশীল বস্তুর উপর ক্রিয়া করে তার গতির পরিবর্তন করে বা করার চেষ্টা করে তাকে বল বলে।

কলম এবং বইটিকে কোনোরূপ বলপ্রয়োগ না করা হলে এরা স্থিরাবস্থায় থাকতে চায়, এমনকি বল প্রয়োগ করা সত্ত্বেও বলের মান অপর্যাপ্ত হওয়ার কারণে বইটি টেবিলের উপর স্থির অবস্থানে থাকে। স্থির কলম বা বইয়ের এরূপ স্থির থাকতে চাওয়ার ধর্ম হলো এক প্রকার জড়তা– যা স্থিতি জড়তা নামে পরিচিত। কলমটিকে টোকা দিয়ে গতিশীল করলে এটি সুষম বেগে চলতে চায়। টেবিলের ঘর্ষণ বল খুব বেশি না হওয়ায় এটি উক্ত গতিতে চলে টেবিলের কিনারায় পৌঁছে যায়। সুতরাং এক্ষেত্রে কলমটি গতি জড়তা প্রদর্শন করে।

উপর্যুক্ত আলোচনা থেকে দেখা যায়, বাহ্যিক সত্তা কলম বা বইয়ের গতির অবস্থার পরিবর্তন ঘটায় বা ঘটাতে চায়, তা-ই হলো বল। টোকা দেওয়ার ফলে প্রযুক্ত বল স্থির কলমটিকে গতিশীল করতে যথেষ্ট মানের হলেও বইয়ের ক্ষেত্রে তা যথেষ্ট ছিল না। স্থির বইটিকে গতিশীল করতে ধাক্কার ন্যায় বৃহৎ মানের বল প্রয়োগের প্রয়োজন হয়েছিল। গড়িয়ে যাবার সময় বই এবং কলমটি টেবিলের সংস্পর্শে থাকায় গতিকালীন যে বল অনুভব করে তা হলো ঘর্ষণ বল। কলমের ক্ষেত্রে এ বল ক্ষুদ্রমানের হওয়ায় কলমটিকে থামাতে সমর্থ হয়নি। কিন্তু বইটি ভারী হওয়ায় টেবিলের সংস্পর্শে প্রচন্ড ঘর্ষণ মোকাবিলা করে বলে অল্প দূরত্বের মধ্যে থেমে যায়। অতএব, উদ্দীপকের বর্ণিত ঘটনা হতে জড়তা ও বলের গুণগত ধারণা পাওয়া যায়।

প্রশ্ন –৩ ▷ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

আকরাম নিউটনের দাগাঙ্কিত একটি স্প্রিং নিক্তি দেয়ালে ঝুলিয়ে নিল। এবার স্প্রিংয়ের নিচের হুকে একটি বস্তু ঝুলিয়ে দিল। স্প্রিং নিক্তির স্কেল থেকে বস্তুর ওজন তথা অভিকর্ষ বলের পাঠ রেকর্ড করল এবং ছকে বসাল। একইভাবে সে আরও কয়েকবার বস্তুটির ওজন নির্ণয় করে ছকে স্থাপন করল।

ক্রমিক সংখ্যা	বস্তুর ওজন (নিউটন)
1	980
2	950

3	975
4	985
5	965

ক. নিউটনের তৃতীয় সূত্রটি বিবৃত কর। ১

খ. নিউটনের দ্বিতীয় সূত্র থেকে প্রথম সূত্র কীভাবে প্রতিপাদন করা যায়? ২

গ. বস্তুটির গড় ওজন নির্ণয় কর। ৩

ঘ. স্প্রিং নিক্তির পাঠ থেকে ভর নির্ণয় করলে ভরের গড় মান অপেক্ষা সর্বোচ্চ পাঠ শতকরা হিসেবে বেশি হবে বিশ্লেষণ কর। ৪

▸◂ ৩নং প্রশ্নের উত্তর ▸◂

ক. প্রত্যেক ক্রিয়ারই একটি সমান ও বিপরীত প্রতিক্রিয়া আছে।

খ. নিউটনের দ্বিতীয় সূত্র হতে পাই, $F = ma$

$$= m\frac{v-u}{t}$$

$F = 0$ হলে, $m\frac{v-u}{t} = 0$

বা, $v - u = 0$

$\therefore v = u$

সুতরাং নিউটনের দ্বিতীয় সূত্র তথা $F = ma$ সূত্র থেকে পাই, প্রযুক্ত বল শূন্য হলে বেগের কোনোরূপ পরিবর্তন হবে না। এভাবে নিউটনের দ্বিতীয় সূত্র থেকে প্রথম সূত্র প্রতিপাদন করা সম্ভব।

গ. ওজনের পাঠগুলোর সমষ্টি $= (980 + 950 + 975 + 985 + 965)\ N$

$= 4855\ N$

সুতরাং ওজনের 5টি পাঠের গড় $= \frac{4855\ N}{5} = 971\ N$

অতএব, বস্তুটির গড় ওজন $971\ N$।

ঘ. আমরা জানি,

বস্তুর ওজন = বস্তুর ভর × অভিকর্ষজ ত্বরণ

বা, $W = mg$

$$\therefore\ m = \frac{W}{g}$$

ওজনের গড় পাঠ, $W = 971\ N$

সর্বোচ্চ পাঠ, $W_{max} = 985\ N$

অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9{\cdot}8 ms^{-2}$

সুতরাং গড় ভর, $m = \frac{W}{g} = \frac{971\ N}{9{\cdot}8\ ms^{-2}} = 99{\cdot}081 kg$

এবং ভরের সর্বোচ্চ পাঠ, $m_{max} = \frac{W_{max}}{g} = \frac{985\ N}{9{\cdot}8\ ms^{-2}}$

$$= 100{\cdot}51\ kg$$

নির্ণেয় শতকরা পরিমাণ $= \frac{m_{max} - m}{m} \times 100\%$

$$= \frac{100{\cdot}51\ kg - 99{\cdot}081 kg}{99{\cdot}081 kg} \times 100\%$$

$$= 1{\cdot}44\%$$

প্রশ্ন –৪ ▸ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

একজন দক্ষ শিকারীর 6 kg ভরের বন্দুক থেকে 300 ms^{-1} বেগ 10 g ভরের একটি গুলি ছোড়া হলো। গুলি ছোড়ার সময় বন্দুকে প্রতিক্রিয়া বলের সৃষ্টি হলো।

ক. ভরবেগ কী? ১

খ. নিউটনের গতির প্রথম সূত্র থেকে জড়তার ধারণা পাওয়া যায়? – ব্যাখ্যা কর। ২

গ. বন্দুকের পশ্চাৎবেগ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. ঘটনাটি কি ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্র মেনে চলে? গাণিতিক বিশ্লেষণ দাও। ৪

▸◂ ৪নং প্রশ্নের উত্তর ▸◂

ক. কোনো বস্তুর ভর ও বেগের গুণফলকে ঐ বস্তুর ভরবেগ বলে।

খ. নিউটনের গতির প্রথম সূত্র অনুসারে বস্তু স্থির থাকলে চিরকাল স্থির থাকতে চায় আর গতিশীল থাকলে চিরকাল সুষম দ্রুতিতে সরলপথে চলতে চায়। স্থির বস্তু চিরকাল স্থির থাকতে চাওয়ার যে প্রবণতা তাই স্থিতি জড়তা এবং গতিশীল বস্তুর গতিশীলতা বজায় রাখতে চাওয়ার যে প্রবণতা তাই গতি জড়তা। অতএব নিউটনের গতির প্রথম সূত্র থেকেই জড়তার ধারণা পাওয়া যায়।

গ. দেওয়া আছে, গুলির ভর, $m_1 = 10g = 10^{-2}kg$

গুলির আদিবেগ, $u_1 = 0$

বন্দুকের আদিবেগ, $u_2 = 0$

গুলির শেষবেগ, $v_1 = 300\ ms^{-1}$

বন্দুকের পশ্চাৎ বেগ, $v_2 = ?$

আমরা জানি,

$$m_1u_1 + m_2u_2 = m_1v_1 + m_2v_2$$

বা, $m_1 \times 0 + m_2 \times 0 = 10^{-2}\ kg \times 300\ ms^{-1} + 6\ kg \times v_2$

বা, $0 = 3\ kgms^{-1} + 6\ kg \times v_2$

বা, $v_2 = -\frac{3\ kgms^{-1}}{6\ kg} = -0{\cdot}5ms^{-1}$

এখানে বন্দুকের বেগ ঋণাত্মক অর্থাৎ বন্দুকটি পেছন দিকে গতিশীল হবে।

অতএব, বন্দুকের পশ্চাৎ বেগ $0.5\ ms^{-1}$।

ঘ. এখানে, গুলির ভর, $m_1 = 10g = 10^{-2}\ kg$

বন্দুকের ভর, $m_2 = 6\ kg$

বন্দুকের আদিবেগ, $u_2 = 0$

গুলির আদিবেগ, $u_1 = 0$

এখন, গুলি ও বন্দুকের আদি ভরবেগের সমষ্টি

$= m_1u_1 + m_2u_2$

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

আবার, গুলির শেষবেগ, $v_1 = 300\ ms^{-1}$

বন্দুকের শেষবেগ, $v_2 = -0.5\ ms^{-1}$ ['গ' নং থেকে]

∴ গুলি ও বন্দুকের শেষ ভরবেগের সমষ্টি

$= m_1v_1 + m_2v_2$

$= 10^{-2}\ kg \times 300\ ms^{-1} + 6\ kg \times (-0.5\ ms^{-1})$

$= 3\ kgms^{-1} - 3\ kgms^{-1} = 0$

অতএব, বন্দুক ও গুলির আদি ভরবেগের সমষ্টি ও শেষ ভরবেগের সমষ্টি সমান।

অর্থাৎ, ঘটনাটি ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্র মেনে চলে।

প্রশ্ন –৫ ▶ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

2450 N ওজনের একটি গাড়ির ওপর বল প্রয়োগ করায় এটি ঘর্ষণযুক্ত রাস্তা দিয়ে $1.6\ ms^{-2}$ ত্বরণে চলতে শুরু করে। ঘর্ষণ বল 100 N।

ক. বল কী? ১

খ. সাম্য বল ও অসাম্য বলের মধ্যে পার্থক্য লেখ। ২

গ. গাড়ির ওপর প্রযুক্ত বলের পরিমাণ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. গাড়িটির ওজন অথবা ঘর্ষণ বলের মধ্যে কী পরিবর্তন ঘটালে গাড়িটির ত্বরণ $2ms^{-2}$ লাভ করত –গাণিতিক ব্যাখ্যা দাও। ৪

▶◀ ৫নং প্রশ্নের উত্তর ▶◀

ক. যা স্থির বস্তুর উপর ক্রিয়া করে তাকে গতিশীল করে বা করতে চায় অথবা গতিশীল বস্তুর উপর ক্রিয়া করে তার গতির পরিবর্তন করে বা করতে চায় তাকে বল বলে।

খ. সাম্য বল ও অসাম্য বলের মধ্যে পার্থক্য হলো–

সাম্য বলে লব্ধি শূন্য হয়, অসাম্য বলে লব্ধি শূন্য হয় না।

সাম্য বল বস্তুর উপর ক্রিয়া করলে ঐ বস্তু স্থির থাকে।

অপরপক্ষে, অসাম্য বল কোনো বস্তুর উপর ক্রিয়া করলে ঐ বস্তুটি স্থির থাকে না।

গ. দেওয়া আছে,

গাড়ির ওজন, $W = 2450\ N$

অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9{\cdot}8\ ms^{-2}$

গাড়ির ত্বরণ, $a = 1{\cdot}6\ ms^{-2}$

ঘর্ষণ বল, $F_k = 100\ N$

আমরা জানি,

$W = mg$

বা, $2450\ N = m \times 9{\cdot}8\ ms^{-2}$

বা, $m = \dfrac{2450\ N}{9{\cdot}8\ ms^{-2}}$

$\therefore\ m = 250\ kg$

আবার, গাড়ির উপর প্রযুক্ত বল P হলে,

কার্যকর বল, $F = P - F_k$

বা, $ma = P - F_k$

বা, $250\ kg \times 1{\cdot}6\ ms^{-2} = P - 100\ N$

বা, $P = 250\ kg \times 1{\cdot}6\ ms^{-2} + 100\ N$

$\therefore\ P = 500\ N$

অতএব, গাড়ির উপর প্রযুক্ত বল 500 N।

ঘ. ধরি, ঘর্ষণ বল স্থির রেখে গাড়ির ওজন W হলে,

গাড়ির ত্বরণ $a = 2ms^{-2}$ হবে।

এখানে, গাড়ির ভর = m_1 (ধরি)

ঘর্ষণ বল, $F_k = 100\ N$

গাড়ির উপর প্রযুক্ত বল, $P = 500\ N$

$\therefore P = m_1a_1 + F_k$

বা, $500\ N = m_1 \times 2ms^{-2} + 100\ N$

বা, $m_1 = \frac{500\ N - 100\ N}{2\ ms^{-2}}$

$\therefore m_1 = 200\ kg.$

$\therefore$ গাড়িটির ওজন, $W = m_1g$

$= 200\ kg \times 9{\cdot}8\ ms^{-2}$

$= 1960\ N$

আবার, ধরি, ওজন স্থির রেখে ঘর্ষণ বল F_{k_1} হলে ত্বরণ $2\ ms^{-2}$ হবে।

$\therefore P = ma_1 + F_{k_1}$

বা, $500\ N = 250\ kg \times 2ms^{-2} + F_{k_1}$

বা, $F_{k_1} = 500\ N - 500\ N$

$\therefore F_{k_1} = 0$

অতএব, গাড়িটির ওজন 1960 N অথবা ঘর্ষণ বল শূন্য হলে গাড়িটির ত্বরণ $2ms^{-2}$ লাভ করত।

প্রশ্ন–৬ ▶ নিচের উদ্দীপকটি পড়ে প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

1×10^5 g ভরের একটি গাড়ি রাস্তায় স্থির অবস্থায় ছিল। পেছন থেকে একটি গাড়ি বল প্রয়োগ করায় গাড়িটি 54 kmh^{-1} বেগে চলছিল। ফলে গাড়িটি মাত্র অর্ধেক মিনিট পর থেমে যায়।

ক. ভরবেগের একক কত? ১

খ. বলের ঘাত ও ভরবেগের পরিবর্তনের মধ্যে সম্পর্ক স্থাপন কর। ২

গ. উদ্দীপকের গাড়িটিকে পেছনের গাড়িটি কত বল প্রয়োগ করেছিল গাণিতিকভাবে নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকের সাহায্যে নিউটনের গতির প্রথম সূত্র অর্জন করা যায় কিনা? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

▶◀ ৬নং প্রশ্নের উত্তর ▶◀

ক. ভরবেগের একক $kg\ ms^{-1}$।

খ. নিউটনের দ্বিতীয় সূত্র থেকে পাই,

$$F = \frac{mv - mu}{t} \quad \text{..... (i)}$$

(i) নং সমীকরণটি থেকে আমরা ভরবেগের পরিবর্তনকে নিম্নরূপে প্রকাশ করা যায়,

$Ft = mv - mu$ .....(ii)

অর্থাৎ বল × সময় = ভরবেগের পরিবর্তন

আমরা জানি,

বল ও সময়ের গুণফলকে বলের ঘাত বলে।

অতএব, (ii) নং সমীকরণ থেকে আমরা লিখতে পারি,

বলের ঘাত = ভরবেগের পরিবর্তন।

গ. দেওয়া আছে,

গাড়ির ভর, $m = 1 \times 10^5\ g = 1 \times 10^2\ kg$

আদিবেগ, $u = 0$

শেষবেগ, $v = 54\ kmh^{-1}$

$$= \frac{54 \times 1000}{60 \times 60}\ ms^{-1} = 15\ ms^{-1}$$

সময়, $t = \frac{1}{2}\ min = 30\ s$

বল, $F = ?$

আমরা জানি, $v = u + at$

বা, $15\ ms^{-1} = 0 + a \times 30\ s$

বা, $15\ ms^{-1} = a \times 30\ s$

বা, $a = \frac{15\ ms^{-1}}{30\ s}$

$\therefore a = \frac{1}{2}\ ms^{-2}$

আবার, $F = ma$

$$= 1 \times 10^2 \text{ kg} \times \frac{1}{2} \text{ ms}^{-2}$$

$\therefore F = 50 \text{ N}$

অতএব, গাড়িটি 50 N বল প্রয়োগ করেছিল।

ঘ. উদ্দীপকে উল্লিখিত $1 \times 10^5 \text{g}$ ভরের গাড়িটি স্থির।

গাড়িটির উপর F বল 30 s ধরে বেগের অভিমুখে ক্রিয়া করায় 30 s পর বেগ হয় 54 kmh^{-1}।

গাড়িটি স্থির থাকায় আদি ভরবেগ 0 এবং শেষ ভরবেগ

$= 1 \times 10^5 \text{g} \times 54 \text{ kmh}^{-1} = 1 \times 10^2 \text{ kg} \times 15 \text{ms}^{-1} = 1500 \text{ kgms}^{-1}$

$\therefore$ 30 s সময়ে গাড়িটির ভরবেগের পরিবর্তন $= (1500 - 0) \text{ kgms}^{-1}$

$$= 1500 \text{ kgms}^{-1}$$

সুতরাং ভরবেগের পরিবর্তনের হার $= \frac{1500 \text{ kgms}^{-1}}{30 \text{ s}}$

$$= 50 \text{ N}$$

আমরা জানি,

$$F = ma$$

বা, $F = \frac{m(v - u)}{t}$

বা, $Ft = m(v - u)$ ..... (i)

বাইরে থেকে কোনো বল প্রযুক্ত না হলে, $F = 0$

সমীকরণ (i) থেকে পাই;

$$0 \times 30 \text{ s} = 1 \times 10^2 \text{ kg } (v - u)$$

বা, $0 = 1 \times 10^2 \text{kg } (v - u)$

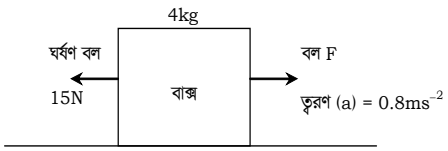
বা, $v - u = 0$

বা, $v = u$

$\therefore v = 0 \ [\because u = 0]$

অর্থাৎ বাইরে থেকে কোনো বল প্রযুক্ত না হলে বস্তুর বেগের কোনো পরিবর্তন হয় না। বস্তুটি স্থির না হলে একই বেগে চলতে থাকত। যা নিউটনের গতির প্রথম সূত্রকে সমর্থন করে।

প্রশ্ন –৭ ▸ নিচের চিত্রটি লক্ষ কর এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :



ক. ঘর্ষণ কাকে বলে? ১

খ. কী কী উপায়ে ঘর্ষণ কমানো যায়? ২

গ. বাক্সটির উপর প্রয়োগকৃত বল নির্ণয় কর। ৩

ঘ. আমাদের দৈনন্দিন জীবনে ঘর্ষণের প্রভাব সম্পর্কে তোমার মতামত লেখ। ৪

▸◂ ৭নং প্রশ্নের উত্তর ▸◂

ক. একটি বস্তু অন্য একটি বস্তুর ওপর দিয়ে গতিশীল হলে বা গতিশীল হতে চাইলে তাদের মিলন তলে গতিরোধমূলক যে বল উৎপন্ন হয় তাকে ঘর্ষণ বলে।

খ. নিম্নলিখিত উপায়ে ঘর্ষণ কমানো যায়–

১. তল যথাসম্ভব মসৃণ করা।

২. পিচ্ছিলকারী পদার্থ যেমন– লুব্রিকেন্ট অর্থাৎ তেল, মবিল এবং গ্রিজ জাতীয় পদার্থ ব্যবহার করা।

৩. বল বেয়ারিং ব্যবহার করা।

৪. চাকা ব্যবহার করা।

গ. দেওয়া আছে,

বাক্সটির ভর, $m = 4kg$

বাক্সটির ত্বরণ, $a = 0{\cdot}8ms^{-2}$

কার্যকর বল, $F = ma$

$= 4kg \times 0{\cdot}8ms^{-2}$

বাক্সটির উপর কার্যত ঘর্ষণ বল, $F_k = 15\ N$

আমরা জানি,

প্রযুক্ত বল P = কার্যকর বল (F) + ঘর্ষণ বল (F_k)

বা, P = 3·2N + 15N

বা, P = (3·2 + 15)N

∴ P = 18·2 N

অতএব, বাক্সটির ওপর মোট প্রয়োগকৃত বল 18·2 N।

ঘ. আমাদের দৈনন্দিন জীবনে প্রতিনিয়ত বিভিন্নভাবে ঘর্ষণ বলকে কাজে লাগিয়ে উপকৃত হচ্ছি–

১. ঘর্ষণজনিত বাধা না থাকলে আমরা রাস্তায় হাঁটতে পারতাম না পিছলিয়ে পড়ে যেতাম।

২. কাঠে পেরেক বা স্ক্রু আটকানো যেত না। সম্ভব হতো না দড়িতে কোনো গিরো দেওয়া, কপিকলে যন্ত্রপাতি ঘুরানো হয়ে দাঁড়াত অসম্ভব ব্যাপার।

৩. দেয়ালে ঠেস দিয়ে মই রাখার ব্যাপারটাও অকল্পনীয় মনে হতো যদি না ঘর্ষণ বল থাকত।

৪. দেয়াশলাই হতে আগুন পাওয়া, সেতারায় সুমধুর ঝঙ্কার তোলা সবই অসম্ভব হতো ঘর্ষণ বল না থাকলে।

৫. কোনো কোনো ক্ষেত্রে যেমন উঁচু রাস্তায় বালি ছড়িয়ে যানবাহন ওঠানোর কাজের পেছনে মূলত ঘর্ষণ বলই কাজ করে।

৬. ব্রেক চেপে গাড়ি থামাতে ঘর্ষণ বল বাড়ানোর প্রয়োজন হয়ে পড়ে প্রায়শই।

– যন্ত্রপাতির পরস্পরের সংস্পর্শে অবস্থিত বিভিন্ন অংশের ঘর্ষণের ফলে প্রচুর তাপের সৃষ্টি হয় এবং যন্ত্রপাতি দ্রুত ক্ষয়প্রাপ্ত হয়। যন্ত্রপাতির ঘর্ষণের ফলে যন্ত্রপাতি ক্রমশ ক্ষয়প্রাপ্ত হলে যন্ত্রের যান্ত্রিক দক্ষতা অনেকাংশে হ্রাস পায়।

উপরিউক্ত আলোচনা থেকে বলা যায়, ঘর্ষণ আমাদের দৈনন্দিন জীবনকে নানাভাবে প্রভাবিত করছে। ঘর্ষণ যেমন আমাদের উপকার করছে তেমনি বিরক্তির কারণও বটে।

প্রশ্ন –৮ ▶ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

2205 N ওজনের একটি গাড়িকে 600 N বল দ্বারা একটি ঘর্ষণ যুক্ত রাস্তায় টানা হচ্ছে, যেখানে ঘর্ষণ বল 200 N।

ক. জড়তা কত প্রকার? ১

খ. গাড়ি রাস্তা দিয়ে চলার সময় কোন ধরনের ঘর্ষণ হয়– ব্যাখ্যা কর। ২

গ. গাড়িটির ত্বরণ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. রাস্তার ঘর্ষণ বলের মান অর্ধেক করা হলে গাড়িটির ত্বরণের কিরূপ পরিবর্তন হবে– গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে তোমার মতামত দাও। ৪

▶◀ ৮নং প্রশ্নের উত্তর ▶◀

ক. জড়তা দুই প্রকার।

খ. গাড়ি রাস্তা দিয়ে চলার সময় আবর্ত ধরনের ঘর্ষণ হয়।

আমরা জানি, যখন একটি বস্তু অপর একটি তলের উপর দিয়ে গড়িয়ে চলে তখন গতির বিরুদ্ধে যে ঘর্ষণ বল ক্রিয়া করে তাকে আবর্ত ঘর্ষণ বল বলে। গাড়ি রাস্তা দিয়ে চলার সময় রাস্তার উপর দিয়ে গড়িয়ে চলে এবং গতির বিরুদ্ধে ঘর্ষণ বল ক্রিয়ার ফলে আবর্ত ঘর্ষণের সৃষ্টি করে।

গ. দেওয়া আছে,

বস্তুর ওজন, $mg = 2205\ N$

$\therefore$ বস্তুটির ভর, $m = \dfrac{2205\ N}{g}$

$= \dfrac{2205\ N}{9{\cdot}8\ ms^{-1}} [\because\ g = 9{\cdot}8\ ms^{-1}]$

$= 225\ kg$

ঘর্ষণ বল, $F_k = 200\ N$

প্রযুক্ত বল, $P = 600\ N$

ত্বরণ, $a = ?$

আমরা জানি,

$F = P - F_k$

বা, $ma = 600\ N - 200\ N$

বা, $225\ kg \times a = 400\ N$

বা, $a = \dfrac{400\ N}{225\ kg}$

$\therefore\ a = 1{\cdot}78\ ms^{-2}$

অতএব, গাড়িটির ত্বরণ $1{\cdot}78\ ms^{-2}$।

ঘ. রাস্তার ঘর্ষণ বলের মান অর্ধেক করা হলে, পরিবর্তিত ঘর্ষণ বল হবে,

$$F_2' = \frac{200\ N}{2} = 100\ N$$

এখন, কার্যকর বল F_1 এবং পরিবর্তিত ত্বরণ a_1 হলে,

$F_1 = P - F_2'$

বা, $ma_1 = 600\ N - 100\ N$

বা, $a_1 = \frac{500\ N}{m} = \frac{500\ N}{225\ kg} = 2{\cdot}22\ ms^{-2}$

'গ' নং থেকে গাড়িটির ত্বরণ, $a = 1{\cdot}78\ ms^{-2}$

$\therefore$ ত্বরণের মান বৃদ্ধি পাবে = $(2{\cdot}22 - 1{\cdot}78)\ ms^{-2} = 0{\cdot}44\ ms^{-2}$।

প্রশ্ন –৯ ▶ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

একজন ট্রাক চালক তার 1000 kg ভরের ট্রাকটি $60\ ms^{-1}$ বেগে চালানো অবস্থায় 40 m সামনে একটি বালককে দেখে ব্রেক চাপলেন। ফলে ট্রাকটি বালকের 1 m সামনে এসে থেমে গেল।

ক. বলের ঘাত কী? ১

খ. বলের ভারসাম্য বলতে কী বোঝ? ২

গ. ব্রেক চাপার ফলে বাধাদানকারী বলের মান নির্ণয় কর। ৩

ঘ. ট্রাকটি $45\ ms^{-2}$ ত্বরণে থামলে চালক, বালকটিকে রক্ষা করতে পারত? গাণিতিক বিশ্লেষণ করে দেখাও। ৪

▶◀ ৯নং প্রশ্নের উত্তর ▶◀

ক. বল এবং বলের ক্রিয়াকালের গুণফলকে বলের ঘাত বলে।

খ. কোনো বিন্দু বা বস্তুতে একাধিক বলের লব্ধি যদি শূন্য হয় তবে তাকে বলের ভারসাম্য বলে।

এক্ষেত্রে বস্তুর বেগের বা দিকের কোনো পরিবর্তন হয় না। যদি বিন্দু বা বস্তুটির উপর $\vec{F_1}, \vec{F_2}$..... পরিমাণ প্রযুক্ত হয় তবে $\Sigma \vec{F} = 0$ হলে সাম্যাবস্থার বা বলের ভারসাম্য সৃষ্টি হয়।

গ. দেওয়া আছে,

ট্রাকের ভর, $m = 1000\ kg$

আদিবেগ, $u = 60\ ms^{-1}$

শেষবেগ, $v = 0$

সরণ, $s = (40 - 1)\ m = 39\ m$

বাধাদানকারী বল, $F = ?$

আমরা জানি,

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

বা, $0 = (60\ ms^{-1})^2 + 2 \times a \times 39m$

বা, $a = -\frac{3600\ m^2s^{-2}}{2 \times 39\ m}$

$\therefore\ a = -46{\cdot}15\ ms^{-2}$

আবার, $F = ma$

$= 1000\ kg \times (-46{\cdot}15\ ms^{-2})$

$= -46150\ N$

অতএব, বাধাদানকারী বলের মান 46150 N।

ঘ. দেওয়া আছে,

গাড়ির ত্বরণ, $a = -45\ ms^{-2}$

আদিবেগ, $u = 60\ ms^{-1}$

শেষবেগ, $v = 0$

অতিক্রান্ত দূরত্ব s হলে, আমরা জানি,

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

বা, $0 = (60\ ms^{-1})^2 + 2 \times (-45\ ms^{-2}) \times s$

বা, $s = \frac{3600\ m^2s^{-2}}{90\ ms^{-2}}$

$\therefore\ s = 40\ m$

অতএব, গাড়িটি 45 ms^{-2} ত্বরণে থাকলে তা 40 m দূরত্ব অতিক্রমের পর থেমে যাবে, যা বালকের দূরত্বের সমান। অর্থাৎ বালককে স্পর্শ করে ট্রাকটি থামবে। এক্ষেত্রে বালকটিকে রক্ষা করা যাবে।

প্রশ্ন –১০ ▶ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

500 kg ভরের একটি গাড়ি 5 ms^{-1} বেগে চলছিল। তার উপর 500 N বল t সময়ের জন্য ক্রিয়া করায় এর বেগ হলো 10 ms^{-1}। এরপর গাড়িটি সুষমবেগে একই ভরের দাঁড়িয়ে থাকা অপর একটি গাড়িকে ধাক্কা দেয় এবং পরস্পরের সাথে আটকে যায়। এতে মিলিত গাড়ি দুটির বেগ 5 ms^{-1} হয়।

ক. SI একক কী? ১

খ. দেখাও যে, বস্তুর উপর প্রযুক্ত বল শূন্য হলে বস্তুটি সুষমভাবে গতিশীল থাকে। ২

গ. উদ্দীপক থেকে t এর মান নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকের ঘটনাটিতে ভরবেগের সংরক্ষণের সূত্রটি প্রযোজ্য হয়েছে কিনা বিশ্লেষণ কর। ৪

▶◀ ১০নং প্রশ্নের উত্তর ▶◀

ক. SI একক হলো ১৯৬০ সাল থেকে চালু হওয়া এককের আন্তর্জাতিক পদ্ধতি।

খ. নিউটনের গতির দ্বিতীয় সূত্র থেকে আমরা জানি,

$F = ma$

$= m\frac{v-u}{t}$

বা, $m(v-u) = Ft$..... (i)

বাইরে থেকে কোনো বল প্রযুক্ত না হলে অর্থাৎ $F = 0$ হলে (i) নং সমীকরণ থেকে পাই,

$m(v-u) = 0 \times t = 0$

বা, $v - u = 0$

$\therefore v = u$

অতএব, বাইরে থেকে কোনো বল প্রযুক্ত করা না হলে বস্তুর বেগের কোনো পরিবর্তন হয় না অর্থাৎ বস্তুটি সুষম গতিতে চলতে থাকবে।

গ. দেওয়া আছে,

গাড়ির ভর, $m = 500\ kg$

আদিবেগ, $u = 5\ ms^{-1}$

শেষবেগ, $v = 10\ ms^{-1}$

প্রযুক্ত বল, $F = 500\ N$

সময়, $t = ?$

আমরা জানি, $F = ma$

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

বা, $500\ N = 500\ kg \times \frac{10\ ms^{-1} - 5\ ms^{-1}}{t}$

$\therefore t = 5\ s$

নির্ণেয় t এর মান 5 s।

ঘ. উদ্দীপক অনুসারে,

১ম গাড়ির ভর, m_1 = ২য় গাড়ির ভর, $m_2 = 500\ kg$

১ম গাড়ির বেগ, $u_1 = 10\ ms^{-1}$

২য় গাড়ির বেগ, $u_2 = 0$

সংঘর্ষের পর গাড়ি দুটির মিলিত বেগ, $V = 5\ ms^{-1}$

সংঘর্ষের পূর্বে–

১ম গাড়ির ভরবেগ, $P_1 = m_1u_1$

$= 500\ kg \times 10\ ms^{-1}$

$= 5000\ kg\ ms^{-1}$

২য় গাড়ির ভরবেগ, $P_2 = m_2u_2$

$= 500\ kg \times 0 = 0$

$\therefore$ সংঘর্ষের পূর্বে মোট ভরবেগ, $P = P_1 + P_2$

$= 5000\ kg\ ms^{-1} + 0$

$= 5000\ kg\ ms^{-1}$

সংঘর্ষের পর–

গাড়িদ্বয়ের মিলিত ভর, $M = m_1 + m_2$

$= 500\ kg + 500\ kg$

$= 1000\ kg$

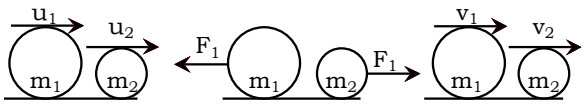
$\therefore$ গাড়িদ্বয়ের মিলিত ভরবেগ, $P' = MV$

$= 1000\ kg \times 5\ ms^{-1}$

$= 5000\ kgms^{-1}$

এখানে, $P = P'$ অর্থাৎ সংঘর্ষের পূর্বের এবং সংঘর্ষের পরের ভরবেগ সমান, তাই উদ্দীপকের ঘটনাটিতে ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্রটি প্রযোজ্য হয়েছে।

প্রশ্ন –১১ ▶ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :



ক. পড়ন্ত বস্তুর প্রথম সূত্রটি বিবৃত কর। ১

খ. ঘর্ষণ বলতে কী বোঝায়? ব্যাখ্যা কর। ২

গ. m_2 বস্তুর ভর 2 kg আদিবেগ $2ms^{-1}$; শেষবেগ $5ms^{-1}$ এবং তা অর্জনের সময় 2 সেকেন্ড হলে F_2 এর মান কত? ৩

ঘ. উদ্দীপকের প্রতিফলিত ঘটনা ভরবেগের নিত্যতা মেনে চলে– বিশ্লেষণ কর। ৪

◀◀ ১১নং প্রশ্নের উত্তর ▶▶

ক. পড়ন্ত বস্তুর প্রথম সূত্রটি হলো– স্থির অবস্থান ও একই উচ্চতা থেকে বিনা বাধায় পড়ন্ত সকল বস্তু সমান সময়ে সমান পথ অতিক্রম করে।

খ. ঘর্ষণ হলো যেকোনো দুটি তলের অনিয়মিত প্রকৃতির ফল।

যখন একটি বস্তু অন্য একটি বস্তুর উপর দিয়ে গতিশীল হয় তখন উভয় বস্তুর স্পর্শতলের খাঁজগুলো একটির ভেতর আরেকটি ঢুকে যায় অর্থাৎ খাঁজগুলো পরস্পর আটকে যায়। ফলে একটি তলের উপর দিয়ে অপর তলের গতি বাধাপ্রাপ্ত হয়। তলের উঁচু নিচু খাঁজ যত বেশি হবে এক তলের উপর

অন্য তলের গতি তত বেশি বাধাগ্রস্ত হবে। ঘর্ষণের ফলে বস্তুর গতি হ্রাস পায় এবং অবশেষে থেমে যায়।

গ. দেওয়া আছে,

বস্তুর ভর, $m_2 = 2\ kg$

আদিবেগ, $u = 2\ ms^{-1}$

শেষবেগ, $v = 5\ ms^{-1}$

সময়, $t = 2s$

বল, $F_2 = ?$

আমরা জানি,

$$F_2 = m_2 a$$

$$= m_2 \frac{v - u}{t}$$

$$= 2\ kg \times \frac{5\ ms^{-1} - 2\ ms^{-1}}{2s}$$

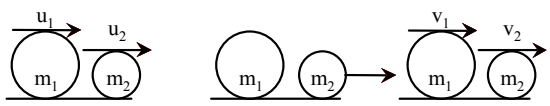
$$= 2\ kg \times 1{\cdot}5\ ms^{-2} = 3\ N$$

সুতরাং F_2 এর মান 3 N।

ঘ. উদ্দীপকের তথ্যানুযায়ী, m_1 ও m_2 ভরবিশিষ্ট দুটি বস্তু A ও B যথাক্রমে u_1 এবং u_2 বেগ নিয়ে একই সরলরেখা বরাবর চলছে।

A–এর বেগ B-এর বেগের চেয়ে বেশি হলে কোনো এক সময় A বস্তুটি B বস্তুটিকে ধাক্কা দেবে। B বস্তুর উপর A বস্তুর এ প্রযুক্ত বল হলো ক্রিয়া F_1, B বস্তুটিও A বস্তুটিকে F_2 বল প্রয়োগ করবে এই F_2 বল হলো প্রতিক্রিয়া।

নিউটনের গতির তৃতীয় সূত্রানুসারে, $F_2 = -F_1$



সংঘর্ষের সময় ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়া বল একই সময়ব্যাপী কাজ করে।

ধরি, ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়ার সময়কাল t। সংঘর্ষের পর বস্তু দুটি পরিবর্তিত বেগে একই সরলরেখায় চলতে থাকবে।

ধরি, A ও B এর পরিবর্তিত বেগ যথাক্রমে v_1 ও v_2। ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়ার ফলে A ও B বস্তু দুটির ত্বরণ যথাক্রমে a_1 ও a_2 হলে,

$F_1 = -F_2$

বা, $m_1a_1 = -m_2a_2$

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

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

বা, $m_1v_1 - m_1u_1 = -m_2v_2 + m_2u_2$

বা, $m_1u_1 + m_2u_2 = m_1v_1 + m_2v_2$

এখানে, A ও B বস্তু দুটির সংঘর্ষের পূর্বের ও পরের ভরবেগের সমষ্টি সর্বদা সমান থাকে।

অতএব, উদ্দীপকের ঘটনাটি ভরবেগের নিত্যতা সূত্র মেনে চলে।

প্রশ্ন –১২ ▶ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

5 ডেসিগ্রাম ভরের একটি স্থির কণার উপর $7{\cdot}5 \times 10^{-2}$ N বল 1 মাইক্রো সেকেন্ড ধরে ক্রিয়া করে। আবার, কণাটির উপর 0·225 N বল একই সময়ে প্রয়োগ করলে কণাটির বেগ $4{\cdot}5 \times 10^{-4}$ ms^{-1} হয়।

ক. নিউটনের গতির প্রথম সূত্রটি বিবৃত কর। ১

খ. মসৃণ পৃষ্ঠের চেয়ে অমসৃণ পৃষ্ঠের ঘর্ষণ বল বেশি হয় কেন? ২

গ. প্রথম বল প্রয়োগের ক্ষেত্রে উক্ত সময়ে কণাটির অতিক্রান্ত দূরত্ব নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকের ঘটনাটি নিউটনের গতির ২য় সূত্রকে সমর্থন করে কি? গাণিতিক বিশ্লেষণসহ মতামত দাও। ৪

▶◀ ১২নং প্রশ্নের উত্তর ▶◀

ক. নিউটনের গতির প্রথম সূত্রটি হলো– বাহ্যিক কোনো বল প্রয়োগ না করলে স্থির বস্তু স্থিরই থাকবে এবং গতিশীল বস্তু সুষম দ্রুতিতে সরলপথে চলতে থাকবে।

খ. মসৃণ পৃষ্ঠের চেয়ে অমসৃণ পৃষ্ঠে খাঁজ বেশি থাকায়, অমসৃণ পৃষ্ঠের ঘর্ষণ বল বেশি হয়।

আমরা জানি, প্রত্যেক বস্তুর তলে উঁচু–নিচু খাঁজ কাটা থাকে। একটি বস্তু যখন অন্য একটি বস্তুর উপর দিয়ে গতিশীল হয় তখন উভয় বস্তুর স্পর্শতলের খাঁজগুলো একটির ভেতর আরেকটি ঢুকে যায় এবং গতি বাধাপ্রাপ্ত হয় যাকে আমরা ঘর্ষণ বলি।

অমসৃণ পৃষ্ঠে এরকম খাঁজ বেশি থাকায় ঘর্ষণ বলও বেশি উৎপন্ন হয়। অপরপক্ষে মসৃণ তলে তুলনামূলক কম খাঁজ থাকায় ঘর্ষণ বল কম উৎপন্ন হয়।

গ. এখানে, প্রযুক্ত বল, $F = 7{\cdot}5 \times 10$ N

কণার ভর, $m = 5$ ডেসিগ্রাম

$$= \frac{5}{10 \times 1000}\,\text{kg} = 5 \times 10^{-4}\,\text{kg}$$

কণার আদিবেগ, $u = 0$

সময়, $t = 1$ মাইক্রো সেকেন্ড $= 10^{-6}\,\text{s}$

অতিক্রান্ত দূরত্ব, $s = ?$

কণাটিতে সৃষ্ট ত্বরণ a হলে,

$$a = \frac{F}{m} = \frac{7{\cdot}5 \times 10^{-2}\,\text{N}}{5 \times 10^{-4}\,\text{kg}} = 150\ \text{ms}^{-2}$$

আমরা জানি, $s = ut + \frac{1}{2}at^2$

$$= 0 \times 10^{-6}\,\text{s} + \frac{1}{2} \times 150\ \text{ms}^{-2} \times (10^{-6}\text{s})^2$$

$$= 7{\cdot}5 \times 10^{-11}\text{m}$$

অতএব, প্রথম বল প্রয়োগের ক্ষেত্রে উক্ত সময়ে কণাটির অতিক্রান্ত দূরত্ব $7{\cdot}5 \times 10^{-11}$m।

ঘ. এখানে, কণাটির ভর = 5 ডেসিগ্রাম $= 5 \times 10^{-4}\,\text{kg}$

'গ' থেকে পাই, ১ম ক্ষেত্রে ত্বরণ, $a_1 = 150\ \text{ms}^{-2}$

আবার, দ্বিতীয় ক্ষেত্রে, আদিবেগ, $u = 0$

সময়, $t = 10^{-6}\,\text{s}$

শেষবেগ, $v = 4{\cdot}5 \times 10^{-4}\,\text{ms}^{-1}$

এখন, ত্বরণ a_2 হলে,

$$v = u + a_2t$$

বা, $4{\cdot}5 \times 10^{-4}\,ms^{-1} = 0 + a_2 \times 10^{-6}s$

বা, $a_2 = \dfrac{4{\cdot}5 \times 10^{-4}\ ms^{-1}}{10^{-6}\ s}$

$\therefore \quad a_2 = 450\ ms^{-2}$

প্রথম ক্ষেত্রে প্রযুক্ত বল, $F_1 = 7{\cdot}5 \times 10^{-2}\ N$

দ্বিতীয় ক্ষেত্রে প্রযুক্ত বল, $F_2 = 0{\cdot}225\ N$

$$\therefore \frac{F_2}{F_1} = \frac{0{\cdot}225}{7{\cdot}5 \times 10^{-2}} = 3 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{(i)}$$

আবার, $\dfrac{ma_2}{ma_1} = \dfrac{5 \times 10^{-4}\ kg \times 450\ ms^{-2}}{5 \times 10^{-4}\ kg \times 150\ ms^{-2}} = 3$

$\therefore \dfrac{ma_2}{ma_1} = \dfrac{F_2}{F_1}$ [(i) নং থেকে]

$\therefore ma \propto F$

অতএব, উদ্দীপকের ঘটনা নিউটনের গতির দ্বিতীয় সূত্রকে সমর্থন করে।

প্রশ্ন–১৩ ▶ নিচের উদ্দীপকটি পড়ে প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

A এবং B দুটি বস্তুর ভর যথাক্রমে 20 kg এবং 30 kg। A বস্তুটি স্থির অবস্থান হতে 3 ms^{-2} সমত্বরণে চলছে। একই সময়ে B বস্তুটি 10 ms^{-1} সমবেগে চলছে। 10 s পরে A ও B বস্তুদ্বয় মিলিত হয়ে একটি বস্তুতে পরিণত হয় এবং 18 ms^{-1} সমবেগে একই দিকে চলতে থাকে।

ক. ঘর্ষণের জন্য কী প্রয়োজন? ১

খ. স্থির সরল দোলকের বল 'সাম্য বল' কেন? ২

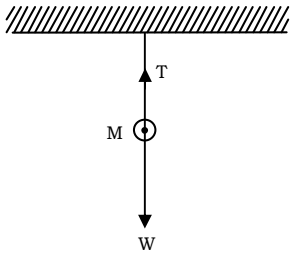
গ. মিলিত হওয়ার পূর্বে A বস্তুটি কখন B বস্তুকে পেছনে ফেলে যাবে? ৩

ঘ. উদ্দীপকের তথ্যগুলো কোনো সূত্রকে সমর্থন করে কি? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা দাও। ৪

▸◂ ১৩নং প্রশ্নের উত্তর ▸◂

ক. ঘর্ষণের জন্য প্রত্যক্ষ সংস্পর্শ প্রয়োজন।

খ. কোনো বস্তুর উপর একাধিক বল ক্রিয়া করলে যদি বলের লব্ধি শূন্য হয়ে সাম্যাবস্থার সৃষ্টি করে তখন ঐ বলগুলোকে সাম্য বল বলে।



চিত্রে দেখা যাচ্ছে একটি গোলককে বা কোনো বস্তুকে একটি সুতার সাহায্যে ঝুলিয়ে দেওয়া আছে। এখন বস্তুর উপর পৃথিবীর আকর্ষণ বল তথা বস্তুর ওজন W খাড়া নিচের দিকে ক্রিয়া করছে। আবার সুতার টান T খাড়া উপরের দিকে ক্রিয়া করছে। এখানে বল দুইটি সমান ও বিপরীতমুখী হওয়ায় একে অপরের ক্রিয়াকে নিষ্ক্রিয় করে দিয়ে সাম্যাবস্থা সৃষ্টি করেছে।

তাই স্থির সরল দোলকের বল সাম্য বল।

গ. দেওয়া আছে,

A বস্তুটির আদিবেগ, $u = 0$

B বস্তুটির সমবেগ, $v = 10\ ms^{-1}$

A বস্তুটির ত্বরণ, $a = 3\ ms^{-2}$

ধরি, A ও B মিলিত হওয়ার পূর্বে A বস্তুটি B বস্তুটিকে t সময় পর পেছনে ফেলে।

এখন, A বস্তুর ক্ষেত্রে অতিক্রান্ত দূরত্ব,

$$s_1 = ut + \frac{1}{2}at^2$$

বা, $$s_1 = 0 \times t + \frac{1}{2} \times 3\ ms^{-2} \times t^2$$

$$\therefore s_1 = \frac{3}{2}t^2$$

আবার, B বস্তুর ক্ষেত্রে অতিক্রান্ত দূরত্ব,

$s_2 = vt$

বা, $s_2 = 10\ ms^{-1} \times t$

$\therefore s_2 = 10t$

শর্তমতে, $s_1 = s_2$

বা, $\frac{3}{2} t^2 = 10t$

বা, $\frac{3}{2} t = 10$

$\therefore t = 6{\cdot}67\ s$

অতএব, মিলিত হওয়ার পূর্বে A বস্তুটি B বস্তুটিকে 6·67 s সময়ে অতিক্রম করবে।

ঘ. এখানে,

A বস্তুর ভর, $m_1 = 20\ kg$

B বস্তুর ভর, $m_2 = 30\ kg$

A বস্তুর আদিবেগ, $u_1 = u + at$

$= 0\ ms^{-1} + 3\ ms^{-2} \times 10\ s$

$= 30\ ms^{-1}$

B বস্তুর আদিবেগ, $u_2 = 10\ ms^{-1}$

সংঘর্ষের পর সমবেগ, $v = 18\ ms^{-1}$

এখন, সংঘর্ষের পূর্বে A ও B বস্তুদ্বয়ের ভরবেগ

$= m_1u_1 + m_2u_2$

$= 20\ kg \times 30\ ms^{-1} + 30\ kg \times 10\ ms^{-1}$

$= (600 + 300)\ kgms^{-1}$

$= 900\ kgms^{-1}$

আবার, সংঘর্ষের পরে A ও B বস্তুদ্বয়ের ভরবেগ

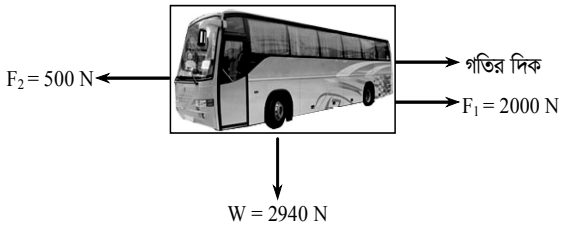
$= (m_1 + m_2)\ v$

$= (20\ kg + 30\ kg) \times 10\ ms^{-1}$

$= 900\ kgms^{-1}$

যেহেতু সংঘর্ষের পূর্বের ও পরের ভরবেগ সমান। তাই উদ্দীপকের তথ্যগুলো ভরবেগের সূত্র সমর্থন করে।

প্রশ্ন –১৪ ▶ নিচের চিত্রটি লক্ষ কর এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :



উপরের তথ্য সংবলিত একটি গাড়ি সোজা রাস্তা বরাবর চলছে। কিছু সময় চলার পর ব্রেক করে গাড়িটিকে থামানো হলো।

ক. ঘর্ষণ কী? ১

খ. ঘর্ষণের কিছু সুবিধা উল্লেখ কর। ২

গ. উদ্দীপকের গাড়িটির ত্বরণ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. ঘর্ষণ বল ক্রিয়া না করলে গাড়িটি থামানো সম্ভব হতো না– উক্তিটির যথার্থতা বিশ্লেষণ কর। ৪

◀◀ ১৪নং প্রশ্নের উত্তর ▶▶

ক. একটি বস্তু অন্য একটি বস্তুর ওপর দিয়ে গতিশীল হলে বা গতিশীল হতে চাইলে তাদের মিলন তলে গতিরোধমূলক একটি বল উৎপন্ন হয়। এ বলকে ঘর্ষণ বলে।

খ. **ঘর্ষণের সুবিধাগুলো হলো :**

১. ঘর্ষণের কারণেই আমরা হাটতে পারি।

২. ঘর্ষণ আছে বলেই দেয়ালে পেরেক স্থিরভাবে আটকে থাকে।

৩. ঘর্ষণের জন্য আমরা প্রয়োজন অনুযায়ী গাড়ির গতির দিক পরিবর্তন করতে পারি।

৪. প্যারাসুট ব্যবহার করে পাইলট বিমান থেকে নিরাপদে মাটিতে নামতে পারে।

গ. উদ্দীপক হতে,

গাড়ির ওজন, $W = 4000$ N

গাড়ির উপর প্রযুক্ত বল, $F_1 = 2000$ N

ঘর্ষণ বল, $F_2 = 500$ N

অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9{\cdot}8\ ms^{-2}$

আমরা জানি,

$$W = mg$$

বা, $m = \frac{W}{g}$

$$= \frac{2940\ N}{9{\cdot}8\ ms^{-2}}$$

$$= 300\ kg$$

গাড়ির উপর ক্রিয়াশীল মোট লব্ধি বল, $F = F_1 - F_2$

$$= 2000\ N - 500\ N$$

$$= 1500\ N$$

আবার, $F = ma$

বা, $a = \frac{F}{m}$

বা, $a = \frac{1500\ N}{300\ kg}$

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

$\therefore$ গাড়িটির ত্বরণ $5\ ms^{-2}$

ঘ. ঘর্ষণ হলো বাধা সৃষ্টিকারী বল যা গতির বিপরীতে কাজ করে। কোনো গতিশীল বস্তুকে থামানোর জন্য এর গতির বিপরীত দিক থেকে একটি বাধা সৃষ্টিকারী বলের কাজ করতে হয়।

নিউটনের প্রথম সূত্র হতে আমরা জানি, বাহ্যিক কোনো বল প্রয়োগ না করলে স্থির বস্তু চিরকাল স্থির থাকবে এবং গতিশীল বস্তু সুষম দ্রুতিতে সরল পথে চলতে থাকবে। প্রত্যেক বস্তু যে অবস্থায় আছে সে অবস্থায় থাকতে চায়, অর্থাৎ বস্তু স্থির থাকলে সর্বদা স্থির থাকতে চায় এবং গতিশীল থাকলে সর্বদা গতিশীল থাকতে চায়। পদার্থের এ ধর্মকে জড়তা বলে। আবার গতিশীল বস্তু চিরকাল সমবেগে গতিশীল থাকতে চাওয়ার যে প্রবণতা বা গতি অক্ষুণ্ন রাখতে চাওয়ার যে ধর্ম তাকে গতি জড়তা বলে। ফলে যেকোনো গতিশীল বস্তুকে থামাতে হলে ঘর্ষণ বলের বিরুদ্ধে বল প্রয়োগ করতে হয়। ঘর্ষণ বল না থাকলে এ বল প্রয়োগের কোনো প্রয়োজন হতো না এবং উদ্দীপকের গাড়িটি সর্বদা গতিশীল থাকত। ব্রেক প্রয়োগ করে গাড়ি থামাতে হলেও ঘর্ষণ বল দরকার। কারণ ঘর্ষণ না

থাকলে সেক্ষেত্রে গাড়ির চাকা পিছলে যেত ফলে চাকা ঘুরত কিন্তু গাড়ি সামনে এগোতো না, তাই ঘর্ষণ বল ক্রিয়া না করলে গাড়িটি থামানো সম্ভব হতো না।

অতএব উপরিউক্ত আলোচনা থেকে বলা যায় যে, উক্তিটি যথার্থই হয়েছে।

প্রশ্ন –১৫ ▸ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

500 kg ভরের একটি প্রাইভেট কার এবং 3000 kg ভরের একটি মালবাহী ট্রাক উভয়ই $30ms^{-1}$ বেগে চলছিল। হঠাৎ এক পথচারীকে দেখে উভয়েই ব্রেক করল। এতে প্রাইভেট কারটি 10 s-এ থামল।

ক. ঘর্ষণ বল কাকে বলে? ১

খ. চলন্ত বাস হঠাৎ ব্রেক করলে যাত্রীরা সামনের দিকে ঝুঁকে পড়ে কেন? ২

গ. উল্লিখিত প্রাইভেট কারটির ব্রেকজনিত প্রতিরোধকারী বলের মান নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উল্লিখিত ট্রাকটি থামানোর জন্য (গ) নং এর সমান বল প্রয়োগ করলে একই সময়ে ট্রাকটিকে থামানো যাবে কি? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

▸◂ ১৫নং প্রশ্নের উত্তর ▸◂

ক. দুটি বস্তু পরস্পরের সংস্পর্শে থেকে যদি একের উপর অপরটি চলতে চেষ্টা করে অথবা চলতে থাকে তাহলে বস্তুদ্বয়ের স্পর্শতলে এ গতির বিরুদ্ধে একটি বাধার উৎপত্তি হয়। এ বাধাকে ঘর্ষণ বল বলে।

খ. চলন্ত বাস হঠাৎ ব্রেক করলে গতি জড়তার কারণে যাত্রীরা সামনের দিকে ঝুঁকে পড়ে।

বাস যখন চলন্ত অবস্থায় থাকে তখন বাসের যাত্রীরাও বাসের সাথে একই দিকে গতি প্রাপ্ত হয়। চলন্ত বাস হঠাৎ ব্রেক করলে বাসের সাথে সাথে যাত্রীদের শরীরের নিচের বাসসংলগ্ন অংশ স্থির হয়ে যায়। কিন্তু যাত্রীদের শরীরের উপরের অংশ গতি জড়তার জন্য সামনের দিকে এগিয়ে যায়। এজন্য চলন্ত বাস হঠাৎ ব্রেক করলে যাত্রীরা সামনের দিকে ঝুঁকে পড়ে।

গ. দেওয়া আছে,

প্রাইভেট কারের ভর, $m = 500\ kg$

আদিবেগ, $u = 30\ ms^{-1}$

শেষবেগ, $v = 0$

সময়, $t = 10s$

ব্রেকজনিত প্রতিরোধকারী বল, $F = ?$

আমরা জানি,

$F = ma$

$= m\frac{v - u}{t}$

$= 500\ kg \times \frac{0 - 30\ ms^{-1}}{10s}$

$= -1500\ N$

ঋণাত্মক চিহ্ন সরণের বিপরীতে বলের দিক নির্দেশ করে।

সুতরাং, প্রাইভেট কারটির ব্রেকজনিত প্রতিরোধকারী বলের মান 1500 N।

ঘ. 'গ' এর সমান বল অর্থাৎ 1500 N বল প্রয়োগ করে 10 s সময়ে ট্রাকটিকে থামানো যাবে না।

নিচে এটি গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করা হলো–

দেওয়া আছে,

ট্রাকের ভর, $m = 3000\ kg$

ট্রাকের আদিবেগ, $u = 30\ ms^{-1}$

শেষবেগ, $v = 0$

'গ' নং হতে, প্রতিরোধকারী বল, $F = -1500\ N$

আমরা জানি,

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

বা, $t = \frac{m(v - u)}{F}$

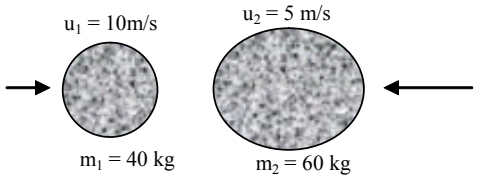
বা, $= \frac{3000\ kg \times (0 - 30ms^{-1})}{-1500\ N}$

$\therefore\ t = 60\ s = 1\ min$

অতএব, উপরের গাণিতিক বিশ্লেষণ হতে বলা যায় 1500 N বল প্রয়োগ করে গাড়িটি থামাতে 1 min সময়ের প্রয়োজন। অর্থাৎ 1500 N বল প্রয়োগ করে ট্রাকটিকে 10s–এ থামানো যাবে না।

প্রশ্ন –১৬ ▸ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

চিত্রে দুটি বস্তু একই সরলরেখা বরাবর চলছে এবং তাদের মধ্যে সংঘর্ষ ঘটে।



ক. ঘাত বল কী? ১

খ. সরণ সময়ের বর্গের সমানুপাতিক কেন? ২

গ. সংঘর্ষের পর বস্তু দুটির মিলিত বেগ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. দেখাও যে, উপরিউক্ত ঘটনায় গতিশক্তি সংরক্ষিত হয়নি। ৪

▸◂ ১৬নং প্রশ্নের উত্তর ▸◂

ক. খুব অল্প সময়ের জন্য খুব বড় মানের যে বল প্রযুক্ত হয়, তাই ঘাত বল।

খ. আমরা জানি, সুষম ত্বরণে গতিশীল বস্তুর ক্ষেত্রে সময়ের সাথে সাথে বস্তুর বেগ নির্দিষ্ট হারে বাড়তে থাকে, আবার বেগ হলো সরণের হার। এজন্যই বস্তুটির নির্দিষ্ট সময়ের সরণ ঐ সময়ের বর্গের সমানুপাতিক অর্থাৎ $s \propto t^2$।

গ. দেওয়া আছে,

১ম বস্তুর ভর, $m_1 = 40\ kg$

২য় বস্তুর ভর, $m_2 = 60\ kg$

১ম বস্তুর আদিবেগ, $u_1 = 10\ ms^{-1}$

২য় বস্তুর আদিবেগ, $u_2 = -5\ ms^{-1}$

মিলিত বস্তুর বেগ, $v = ?$

আমরা জানি,

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

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

$$= \frac{40\ \text{kg} \times 10\ \text{ms}^{-1} + 60\ \text{kg} \times (-5\ \text{ms}^{-1})}{40\ \text{kg} + 60\ \text{kg}}$$

$$= \frac{400\ \text{kgms}^{-1} - 300\ \text{kgms}^{-1}}{100\ \text{kg}} = \frac{100\ \text{kgms}^{-1}}{100\ \text{kg}} = 1\ \text{ms}^{-1}$$

অতএব, সংঘর্ষের পর মিলিত বস্তু দুটির বেগ $1\ \text{ms}^{-1}$।

ঘ. উদ্দীপকের আলোকে,

১ম বস্তুর গতিশক্তি, $K_1 = \frac{1}{2} m_1 u_1^2$

$$= \frac{1}{2} \times 40\ \text{kg} \times (10\ \text{ms}^{-1})^2$$

$$= 2000\ \text{J}$$

২য় বস্তুর গতিশক্তি, $K_2 = \frac{1}{2} m_2 u_2^2$

$$= \frac{1}{2} \times 60\ \text{kg} \times (5\ \text{ms}^{-1})^2$$

$$= 750\ \text{J}$$

মিলিত বস্তুর গতিশক্তি, $K = \frac{1}{2} (m_1 + m_2)\ v^2$

$$= \frac{1}{2} (40\ \text{kg} + 60\ \text{kg}) \times (1\ \text{ms}^{-1})^2$$

$$= 50\ \text{J}$$

এখানে, $K_1 > K$ এবং $K_2 > K$ অর্থাৎ, $K_1 + K_2 > K$

অতএব, উপরিউক্ত ঘটনায় গতিশক্তি সংরক্ষিত হয়নি।

প্রশ্ন –১৭ ▶ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

5 kg ভরের একটি গুলি একটি বন্দুক থেকে $400\ \text{ms}^{-1}$ বেগে ছোড়া হলো। বন্দুকের পশ্চাৎ বেগ $2\ \text{ms}^{-1}$।

ক. বলের একক কী? ১

খ. লুব্রিকেন্ট কেন ব্যবহার করা হয়? ২

গ. বন্দুকের ভর নির্ণয় কর। ৩

ঘ. বন্দুক পশ্চাৎ বেগ দেয় কেন–ব্যাখ্যা কর। ৪

▸◂ ১৭নং প্রশ্নের উত্তর ▸◂

ক. বলের একক নিউটন।

খ. ঘর্ষণের পরিমাণ কমানোর জন্য লুব্রিকেন্ট ব্যবহার করা হয়।

লুব্রিকেন্ট অর্থ পিচ্ছিলকারী পদার্থ। তেল, মবিল এবং গ্রিজ জাতীয় পদার্থকে সংক্ষেপে লুব্রিকেন্ট বা পিচ্ছিলকারী পদার্থ বলে। দুটি তলের মধ্যবর্তী স্থানে যখন এ ধরনের লুব্রিকেন্ট ব্যবহার করা হয় তখন ঘর্ষণের পরিমাণ অনেকাংশে কমে যায়।

গ. এখানে,

গুলির ভর, $m_1 = 5\ g = 5 \times 10^{-3}\ kg$

গুলির আদিবেগ, $u_1 = 0\ ms^{-1}$

গুলির শেষবেগ, $v_1 = 400\ ms^{-1}$

বন্দুকের শেষবেগ, $v_2 = 2\ ms^{-1}$

বন্দুকের ভর, $m_2 = ?$

আমরা জানি,

$$m_1u_1 + m_2u_2 = m_1v_1 + m_2v_2$$

বা, $0 + 0 = 5 \times 10^{-3}\ kg \times 400\ ms^{-1} + m_2\ (-2\ ms^{-1})$

বা, $m_2 = \dfrac{5 \times 10^{-3}\ kg \times 400\ ms^{-1}}{2\ ms^{-1}}$

$\therefore\ m = 1\ kg$

অতএব, বন্দুকের ভর 1 kg।

ঘ. গুলি ছোড়ার পর বন্দুক পেছনের দিকে সরে আসে। একেই বন্দুকের পশ্চাৎবেগ বলে।

সাধারণত বন্দুক থেকে গুলি ছুড়লে পেছনের দিকে সরে আসে। ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্র হতে এ ঘটনার ব্যাখ্যা করা যায়। গুলি ছোড়ার পূর্বে গুলি ও বন্দুক উভয়ের ভরবেগ শূন্য থাকে। যখন গুলি

ছোড়া হয়, তখন গুলি ভরবেগ প্রাপ্ত হয় সামনের দিকে। তাই ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্রানুযায়ী বন্দুকও পেছনের দিকে সরে আসে। এটিই বন্দুকের পশ্চাৎ বেগের কারণ।

প্রশ্ন –১৮ ▶ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

স্থির অবস্থানে থেকে 10 kg ভরের একটি বস্তুকে 10 s যাবৎ 10 N বল প্রয়োগ করা হলো। এরপর বস্তুটিকে মুক্তভাবে চলতে দেওয়া হলো। বস্তুটি যে তলে চলাচল করছিল তার ঘর্ষণ বলের মান 1 N।

ক. বল কাকে বলে? ১

খ. কোনো বস্তুর উপর বল প্রযুক্ত হলে কী কী ঘটনা ঘটতে পারে? ২

গ. বস্তুটি কর্তৃক প্রথম 10 s-এ অতিক্রান্ত দূরত্ব কত? ৩

ঘ. বস্তুটি 0.45 km এর বেশি দূরত্ব অতিক্রম করতে পারবে কিনা তা গাণিতিক বিশ্লেষণের সাহায্যে বিশ্লেষণ কর। ৪

▶◀ ১৮নং প্রশ্নের উত্তর ▶◀

ক. যা স্থির বস্তুর উপর ক্রিয়া করে তাকে গতিশীল করে বা করার চেষ্টা করে বা গতিশীল বস্তুর উপর ক্রিয়া করে তার গতির পরিবর্তন করে বা করার চেষ্টা করে তাকে বল বলে।

খ. বস্তুর উপর প্রযুক্ত বল যেসব ঘটনা ঘটাতে পারে–

i. প্রযুক্ত বল স্থির বস্তুকে গতিশীল করতে পারে।

ii. প্রযুক্ত বল গতিশীল বস্তুর বেগ বৃদ্ধি করতে পারে।

iii. বল প্রয়োগের ফলে গতিশীল বস্তুর বেগ হ্রাস পেতে পারে।

iv. প্রযুক্ত বল কোনো গতিশীল বস্তুর বেগ তথা গতির দিক পরিবর্তন করতে পারে।

গ. উদ্দীপক থেকে পাই,

বস্তুর ভর, $m = 10\ kg$

বস্তুর আদিবেগ, $u = 0$

ঘর্ষণ বল, $f_k = 1\ N$

প্রয়োগকৃত বল, $F = 10\ N$

সময়, $t = 10\ s$

ত্বরণ, $a = ?$

দূরত্ব, $s = ?$

আমরা জানি,

$$F - f_k = ma$$

বা, $$a = \frac{F - f_k}{m}$$

$$= \frac{10\ N - 1\ N}{10\ kg}$$

$$= \frac{9\ N}{10\ kg}$$

$$\therefore a = 0.9\ ms^{-2}$$

আবার, $$s = ut + \frac{1}{2}at^2$$

$$= 0 \times 10\ s + 0.9\ ms^{-2} \times (10\ s)^2$$

$$= 0.45 \times 100\ m$$

$$\therefore s = 45\ m$$

সুতরাং 10 s-এ অতিক্রান্ত দূরত্ব 45 m।

ঘ. গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে নিচে দেখানো হলো যে, বস্তুটি 0.45 km এর বেশি দূরত্ব অতিক্রম করতে পারবে কিনা।

গ–থেকে পাই,

বস্তুর ত্বরণ, $a = 0.9\ ms^{-2}$

আদিবেগ, $u = 0$

শেষবেগ, $v = ?$

আমরা জানি,

$$v = u + at$$

$$= 0 + 0{\cdot}9\ ms^{-2} \times 10\ s$$

$$\therefore v = 9\ ms^{-1}$$

10 s যাবৎ 10 N বল প্রয়োগের পর বস্তুটি মুক্তভাবে চলতে থাকবে। বস্তুর শেষবেগ তখন বস্তুর জন্য আদিবেগ হিসেবে ক্রিয়া করবে। এ সময় বস্তুর গতির বিপরীতে ঘর্ষণ বল ক্রিয়া করবে বলে বস্তুটি সমমন্দনে চলতে থাকবে।

উদ্দীপক হতে,

বস্তুর ভর, $m = 10\ kg$

ঘর্ষণ বল, $F = 1\ N$

ত্বরণ, $a = ?$

আমরা জানি,

$F = ma$

বা, $a = \frac{F}{m} = 0{\cdot}1\ ms^{-2}$

$\therefore a = 0.1\ ms^{-2}$

সুতরাং বস্তুটি $0{\cdot}1\ ms^{-2}$ সমমন্দনে চলতে থাকবে।

এ সময় বস্তুর অতিক্রান্ত দূরত্ব s হলে,

$v^2 = u^2 - 2as$

বা, $0^2 = u^2 - 2as$

বা, $s = \frac{u^2}{2a}$ [আদিবেগ, $u = 9\ ms^{-1}$]

$= \frac{(9\ ms^{-1})^2}{2 \times 0.1\ ms^{-2}}$

$= \frac{81\ m^2s^{-2}}{0.2\ ms^{-2}}$

$\therefore s = 405\ m$

সুতরাং মুক্তভাবে চলমান অবস্থায় বস্তুটি 405 m দূরত্ব অতিক্রম করবে।

উদ্দীপক থেকে পাই,

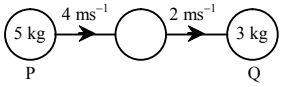
দূরত $= 0.45\ km$

$= 450\ m$

অতএব, উপরের গাণিতিক বিশ্লেষণ হতে বলা যায় বস্তুটি 0·45 km এর বেশি দূরত্ব অতিক্রম করতে পারবে না।

প্রশ্ন –১৯ ▸ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

চিত্রের দুটি বস্তুর ভর, বেগ ও গতির অভিমুখ দেখানো হয়েছে।



ক. কোন সূত্র থেকে বলের গুণগত সংজ্ঞা পাওয়া যায়? ১

খ. মহাকর্ষ বল একটি অস্পর্শ বল ব্যাখ্যা কর। ২

গ. মিলিত বস্তুটির বেগ কত হবে? ৩

ঘ. গাণিতিকভাবে দেখাও যে, P বস্তুর গতিশক্তি > Q বস্তুর গতিশক্তি। ৪

▸◂ ১৯নং প্রশ্নের উত্তর ▸◂

ক. নিউটনের গতিবিষয়ক প্রথম সূত্র থেকে বলের সংজ্ঞা পাওয়া যায়।

খ. দুইটি বস্তুর প্রত্যক্ষ সংস্পর্শ ছাড়াই যে বল ক্রিয়া করে তাকে অস্পর্শ বল বলে। মহাবিশ্বের যেকোনো দুটি বস্তুর মধ্যে যে আকর্ষণ বল ক্রিয়া করে তাকে মহাকর্ষ বলে। এ বলের জন্য স্পর্শের প্রয়োজন হয় না।

যেমন : সৌরজগতের গ্রহগুলো কোনো রকম স্পর্শ ছাড়াই সূর্যকে কেন্দ্র করে ঘুরছে। তাই মহাকর্ষ বল অস্পর্শ বল।

গ. এখানে,

P বস্তুটির ভর, $m_p = 5$ kg

P বস্তুটির আদিবেগ, $u_P = 4$ ms^{-1}

Q বস্তুটির ভর, $m_Q = 3$ kg

যেহেতু, P বস্তুটি যে দিকে চলে Q বস্তুটি তার বিপরীত দিকে চলছে, সেহেতু, Q বস্তুটির আদিবেগ, $u_Q = -2 ms^{-1}$

$\therefore$ মিলিত বস্তুর বেগ, $v = ?$

আমরা জানি,

$$m_P u_P + m_Q u_Q = (m_P + m_Q) v$$

বা, $5\ kg \times 4\ ms^{-1} + 3\ kg \times (-2\ ms^{-1}) = (5\ kg + 3\ kg) \times V$

বা, $20\ kgms^{-1} - 6\ kgm^{-1} = 8\ kg \times v$

বা, $8\ kg \times v = 14\ kgms^{-1}$

বা, $$v = \frac{14\ kgms^{-1}}{8\ kg}$$

$\therefore v = 1{\cdot}75\ ms^{-1}$

অতএব মিলিত বস্তুটির বেগ $1.75\ ms^{-1}$।

ঘ. এখানে,

P বস্তুটির ভর, $m_P = 5\ kg$

P বস্তুটির বেগ, $v_P = 4 ms^{-1}$

$\therefore$ P বস্তুটির গতিশক্তি, $E_P = ?$

আমরা জানি, $$E_P = \frac{1}{2} m_P v_P^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 5\ kg \times (4\ ms^{-1})^2$$

$$= 40\ J$$

$\therefore$ P বস্তুটির গতিশক্তি 40 J

আবার,

Q বস্তুটির ভর, $m_Q = 3\ kg$

Q বস্তুটির বেগ, $v_Q = 2\ ms^{-1}$

$\therefore$ Q বস্তুটির গতিশক্তি, $E_Q = ?$

আবার, $E_Q = \frac{1}{2} m_Q v_Q^2$

$= \frac{1}{2} \times 3\ kg \times (2\ ms^{-1})^2$

$= 6\ J$

∴ Q বস্তুটির গতিশক্তি 6 J

∴ গাণিতিক বিশ্লেষণ করে দেখা গেল যে, P বস্তুর গতিশক্তি Q বস্তুর গতিশক্তি অপেক্ষা বেশি।

অর্থাৎ P বস্তুর গতিশক্তি > Q বস্তুর গতিশক্তি। **(দেখানো হলো)**

প্রশ্ন –২০ ▸ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

50 kg ভরের এক ব্যক্তি 950 kg ভরের একটি গাড়ি স্থির অবস্থান থেকে চালাতে শুরু করে 2 ms^{-2} সমত্বরণে 5 s চালাল। অতঃপর 5 মিনিট সমবেগে চালানোর পর ব্রেক চেপে 1 s সময়ের মধ্যে গাড়িটি থামাল। যাত্রা শুরুর অবস্থান থেকে ঐ ব্যক্তির গন্তব্যস্থলের দূরত্ব 3·3 km।

ক. দুইটি বস্তুর মুখোমুখি সংঘর্ষ হলে কী ঘটে? ১

খ. প্যারাসুটের আরোহী কীভাবে নেমে আসতে পারে? ২

গ. গাড়ি থামাতে মোট প্রযুক্ত বলের মান নির্ণয় কর। ৩

ঘ. গাড়িটি গন্তব্যস্থলে পৌঁছল কিনা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

▸◂ ২০নং প্রশ্নের উত্তর ▸◂

ক. দুইটি বস্তুর মধ্যে মুখোমুখি সংঘর্ষ হলে বস্তুদ্বয়ের বেগ ও ভরবেগ পরিবর্তিত হয়।

খ. প্যারাসুট দিয়ে নিচে অবতরণের সময় অভিকর্ষ বলের প্রভাবে আরোহী নিচে নামতে থাকে এবং বায়ুমন্ডলের প্রবাহী ঘর্ষণের কারণে প্রতিক্রিয়া বলের সৃষ্টি হয়।

খোলা অবস্থায় প্যারাসুটের তলের ক্ষেত্রফল অনেক বেশি হওয়ায় বাতাসের বাধার পরিমাণও বেশি হয়। ফলে আরোহীর পতনের গতি হ্রাস পায়। তাই প্যারাসুটের আরোহী ধীরে ধীরে মাটিতে নিরাপদে নেমে আসে।

গ. উদ্দীপক থেকে,

ব্যক্তির ভর, $m_1 = 50\ kg$

গাড়ির ভর, $m_2 = 950\ kg$

মোট ভর, $m = m_1 + m_2$

$= (50 + 950)\ kg = 1000\ kg$

ত্বরণ, $a = 2\ ms^{-2}$

আদিবেগ, $u = 0$

সময়, $t = 5\ s$

আমরা জানি, $v = u + at$

$= 0 + 2\ ms^{-2} \times 5\ s = 10\ ms^{-1}$

গাড়ি থামানোর পূর্বে $10\ ms^{-1}$ বেগ গাড়িটির জন্য আদিবেগ হিসেবে ক্রিয়া করবে।

এক্ষেত্রে,

শেষবেগ, $v' = 0$

সময়, $t' = 1\ s$

আবার, ত্বরণ, $a = \frac{v' - v}{t'}$

$= \frac{0 - 10\ ms^{-1}}{1\ s} = -10\ ms^{-2}$

নিউটনের ২য় সূত্রানুসারে,

$F = ma$

$= 1000\ kg \times (-10\ ms^{-2}) = -10000\ N$

ঋণাত্মক চিহ্ন বলের দিকে সরণের বিপরীত নির্দেশ করে।

সুতরাং গাড়ি থামাতে মোট প্রযুক্ত বলের মান 10000 N।

ঘ. গাড়িটি গন্তব্যস্থলে পৌঁছাল কিনা তা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করা হলো–

ধরি, সমত্বরণে অতিক্রান্ত দূরত্ব, s_1

আমরা জানি,

এক্ষেত্রে,

আদিবেগ, $u = 0$

সময়, $t = 5\ s$

ত্বরণ, $a = 2\ ms^{-2}$

আমরা জানি,

$$s_1 = ut + \frac{1}{2}at^2$$

$$= 0 \times 5s + \frac{1}{2} \times 2\ ms^{-2} \times (5\ s)^2$$

$$= 1 \times 25\ m = 25\ m$$

ধরি, সমবেগে অতিক্রান্ত দূরত্ব, s_2

এক্ষেত্রে,

সময়, $t_1 = 5\ min$

$= 5 \times 60\ s$

$= 300\ s$

'গ' নং হতে বেগ, $v = 10\ ms^{-1}$

আবার, সুষম বেগের ক্ষেত্রে, $s_2 = vt_1$

$= 10\ ms^{-1} \times 300\ s$

$= 3000\ m$

মনে করি, সমমন্দনে অতিক্রান্ত দূরত্ব, s_3

এক্ষেত্রে,

আদিবেগ, $v = 10\ ms^{-1}$

সময়, $t_2 = 1\ s$

'গ' নং হতে ত্বরণ, $a = -10\ ms^{-2}$

অতিক্রান্ত দূরত্ব, $s_3 = vt_2 + \frac{1}{2}at_2^2$

$$= 10\ ms^{-1} \times 1\ s + \frac{1}{2} \times (-10\ ms^{-2}) \times (1\ s)^2$$

$= 10\ m - 5\ m$

$= 5\ m$

∴ মোট অতিক্রান্ত দূরত্ব, $s = s_1 + s_2 + s_3$

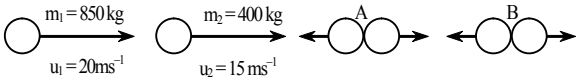
$= 25\ m + 3000\ m + 5\ m$

$= 3030\ m$

উদ্দীপক অনুসারে ব্যক্তির গন্তব্যস্থলের দূরত্ব, $s' = 3{\cdot}3\ km = 3300\ m$

যেহেতু $s' > s$ সেহেতু গাড়িটি গন্তব্যস্থলে পৌঁছবে না।

প্রশ্ন –২১ ▶ নিচের চিত্রটি লক্ষ কর এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :



A অবস্থানে বস্তুদ্বয় মিলিত হয়ে B অবস্থানের দিকে মিলিত অবস্থায় চলতে থাকে।

ক. ভরবেগের সংরক্ষণ কাকে বলে? ১

খ. মাটির উপর দিয়ে হাঁটা সহজ কিন্তু পানির উপর দিয়ে হাঁটা যায় না কেন? ২

গ. A বিন্দুতে মিলিত গাড়ির বেগ কত? ৩

ঘ. 20 সেকেন্ড পর গাড়িদ্বয় B বিন্দুতে থেমে গেলে AB এর দূরত্ব কত? ৪

▶◀ ২১নং প্রশ্নের উত্তর ▶◀

ক. একাধিক বস্তুর মধ্যে শুধু ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়া ছাড়া অন্য কোনো বল কাজ না করলে কোনো নির্দিষ্ট দিকে তাদের মোট ভরবেগের কোনো পরিবর্তন হয় না।

খ. আমরা যখন মাটির উপর দিয়ে হাঁটি তখন পেছনের পা দ্বারা মাটির উপর পেছনের দিকে তির্যকভাবে একটি বল প্রয়োগ করি। এ বল হলো ক্রিয়া বল। নিউটনের গতির তৃতীয় সূত্রানুযায়ী, এ বলের বিপরীতে একটি প্রতিক্রিয়া বল সৃষ্টি হয়। এ প্রতিক্রিয়া বলের প্রভাবে আমরা রাস্তার উপর দিয়ে হাঁটতে সক্ষম হই। পানির ক্ষেত্রে আমরা এ ধরনের কোনো বল প্রয়োগ করতে পারি না। তাই পানিতে বা পানির উপর দিয়ে হাঁটা যায় না।

গ. এখানে,

$m_1 = 850\ kg$

$m_2 = 400\ kg$

$u_1 = 20\ ms^{-1}$

$u_2 = 15\ ms^{-1}$

A বিন্দুতে মিলিত গাড়ির বেগ, $v = ?$

আমরা জানি,

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

বা, $v = \frac{850\ kg \times 20\ ms^{-1} + 400\ kg \times 15\ ms^{-1}}{850\ kg + 400\ kg}$

বা, $v = \frac{17000\ kgms^{-1} + 6000\ kgms^{-1}}{1250\ kg}$

বা, $v = \frac{23000\ kgms^{-1}}{1250\ kg}$

$\therefore\ v = 18.4\ ms^{-1}$

অতএব, A বিন্দুতে মিলিত গাড়ির বেগ $18{\cdot}4\ ms^{-1}$।

ঘ. এখানে, A বিন্দুতে মিলিত গাড়ির বেগ, আদিবেগ হিসেবে কাজ করবে।

এখানে,

সময়, $t = 20\ s$

আদিবেগ, $u = 18.4\ ms^{-1}$

শেষবেগ, $v = 0\ ms^{-1}$

দূরত্ব, $s = AB = ?$

A হতে B পর্যন্ত অতিক্রান্ত দূরত্ব,

$s = \left(\frac{u + v}{2}\right) t$

$= \left(\frac{18.4\ ms^{-1} + 0\ ms^{-1}}{2}\right) \times 20\ s$

$= 184\ m$

অতএব, 20 s পর গাড়িদ্বয় B বিন্দুতে থেকে গেলে AB-এর দূরত্ব 184 m।

প্রশ্ন –২২ ▸ নিচের চিত্রটি লক্ষ কর এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

3000 kg ভরের একটি ট্রাক 4 ms^{-1} বেগে চলন্ত অবস্থায় 5000 kg ভরের অপর একটি ট্রাকের সঙ্গে ধাক্কা খেল। যার ফলে ট্রাক দুইটি একসাথে চলতে থাকল।

ক. পদার্থের জড়তার পরিমাপ কী? ১

খ. প্রযুক্ত বল গতিশীল বস্তুর বেগ বৃদ্ধি করতে পারে– কেন? ২

গ. ট্রাক দুইটির মিলিত বেগ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. প্রথম ট্রাকের বলের ঘাত দ্বিতীয় ট্রাকের বলের ঘাত বিপরীত দিক হবে কি–না গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

▸◂ ২২নং প্রশ্নের উত্তর ▸◂

ক. পদার্থের জড়তার পরিমাপ হচ্ছে ভর।

খ. প্রযুক্ত বল গতিশীল বস্তুতে ধনাত্মক ত্বরণের সৃষ্টি করলে বস্তুর বেগ বৃদ্ধি পায়। অর্থাৎ বেগ বৃদ্ধির কারণ বল প্রয়োগের ফলে ধনাত্মক ত্বরণর সৃষ্টি হওয়া।

গ. এখানে,

১ম ট্রাকের ভর, $m_1 = 3000\ kg$

১ম ট্রাকের আদিবেগ, $u_1 = 4\ ms^{-1}$

২য় ট্রাকের ভর, $m_2 = 5000\ kg$

২য় ট্রাকের আদিবেগ, $u_2 = 0\ ms^{-1}$

আমরা জানি,

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

বা, $3000\ kg \times 4\ ms^{-1} + 5000\ kg \times 0 = (3000\ kg + 5000\ kg)\ v$

বা, $12000\ kgms^{-1} = v \times 8000\ kg$

বা, $v = \frac{12000\ kgms^{-1}}{8000\ kg}$

$\therefore\ v = 1.5\ ms^{-1}$

অতএব, ট্রাক দুটির মিলিত বেগ $1{\cdot}5\ ms^{-1}$

ঘ. এখানে,

১ম ট্রাকের ভর, $m_1 = 3000\ kg$

১ম ট্রাকের আদিবেগ, $u_1 = 4\ ms^{-1}$

২য় ট্রাকের ভর, $m_2 = 5000\ kg$

২য় ট্রাকের আদিবেগ, $u_2 = 0\ ms^{-1}$

ট্রাক দুটির মিলিত বেগ, $v = 1.5\ ms^{-1}$

আমরা জানি, বলের ঘাত = ভরবেগের পরিবর্তন

এখন, প্রথম ট্রাকের ভরবেগের পরিবর্তন

$= m_1u_1 - m_1v$

$= m_1 (u_1 - v)$

$= 3000\ kg\ (4\ ms^{-1} - 1{\cdot}5\ ms^{-1})$

$= 7500\ kgms^{-1}$

আবার,

দ্বিতীয় ট্রাকের ভরবেগের পরিবর্তন $= m_2u_2 - m_2v$

$= m_2 (u_2 - v)$

$= 5000\ kg\ (0 - 1{\cdot}5\ ms^{-1})$

$= -7500\ kgms^{-1}$

অর্থাৎ, ট্রাক দুটির বলের ঘাত বিপরীত দিকে হবে।

প্রশ্ন –২৩ ▶ নিচের চিত্রটি লক্ষ কর এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

লিথিন একটি বাইসাইকেলে সরলরৈখিক পথে স্থির অবস্থান হতে যাত্রা শুরু করে বল প্রয়োগের মাধ্যমে 5 সেকেন্ড পরে $15\ ms^{-1}$ বেগ প্রাপ্ত হয়। এরপর বল প্রয়োগ বন্ধ করার পরবর্তী 15 সেকেন্ডে সমপরিমাণ পথ অতিক্রম করে থেমে যায়। লিথিন ও সাইকেলের ভর যথাক্রমে 50 kg ও 20 kg।

ক. ঘর্ষণ বল কোন দিকে ক্রিয়া করে? ১

খ. কোনো বস্তুর ওজন বিভিন্ন স্থানে বিভিন্ন রকম হয় কেন? ব্যাখ্যা কর। ২

গ. লিথিন সুষম ত্বরণে কত দূরত্ব অতিক্রম করেছিল? ৩

ঘ. লিথিনের প্রয়োগকৃত বল ও বাধাদানকারী বল নির্ণয় করে তোমার মতামত দাও। ৪

▶◀ ২৩নং প্রশ্নের উত্তর ▶◀

ক. ঘর্ষণ বল গতির বিপরীত দিকে ক্রিয়া করে।

খ. কোনো বস্তুকে পৃথিবী যে বল দ্বারা তার কেন্দ্রের দিকে আকর্ষণ করে তাকে বস্তুর ওজন বলে। তাই বস্তুর ওজন তার ভর ও অভিকর্ষজ ত্বরণের গুণফলের সমান। প্রত্যেক বস্তুর ভর নির্দিষ্ট তাই বস্তুর বিভিন্ন স্থানে ওজন কেবলমাত্র অভিকর্ষজ ত্বরণের ভিন্নতার কারণেই হয়। বিভিন্ন স্থানে অভিকর্ষজ ত্বরণ g-এর মান বিভিন্ন। সুতরাং যেসব কারণে অভিকর্ষজ ত্বরণের পরিবর্তন ঘটে সেসব কারণে বস্তুর ওজনও পরিবর্তিত হয়।

গ. প্রথমত অর্থাৎ, সুষম ত্বরণের সময় অতিক্রান্ত দূরত্বের ক্ষেত্রে,

আদিবেগ, $u = 0\ ms^{-1}$

শেষবেগ, $v = 15\ ms^{-1}$

সময়, $t = 5\ s$

অতিক্রান্ত দূরত্ব, $s = ?$

$$s = \left(\frac{u + v}{2}\right) t$$

$$= \frac{(0 + 15)\ ms^{-1}}{2} \times 5\ s$$

$$= \frac{15}{2} \times 5\ m = 37{\cdot}5\ m$$

অতএব, লিথিন সুষম ত্বরণে 37.5 m দূরত্ব অতিক্রম করেছিল।

ঘ. এখানে,

আদিবেগ, $u = 0\ ms^{-1}$

শেষবেগ, $v = 15\ ms^{-1}$

লিথিনের ভর, $m_1 = 50\ kg$

সাইকেলের ভর, $m_2 = 20\ kg$

সময়, $t = 5\ s$

লিথিন কর্তৃক প্রয়োগকৃত বল, $F = ?$

আমরা জানি,

ত্বরণ, $a = \frac{v - u}{t}$

$= \frac{(15 - 0)ms^{-1}}{5\ s} = 3\ ms^{-2}$

∴ লিথিন কর্তৃক প্রয়োগকৃত বল, $F = ma$

$= 50\ kg \times 3\ ms^{-2}$

$= 150\ N$

এখানে,

আদিবেগ, $u = 15\ ms^{-1}$

শেষবেগ, $v = 0\ ms^{-1}$

সময়, $t = 15\ s$

ভর, $m = m_1 + m_2$

$= (50 + 20)\ kg = 70\ kg$

বাধাদানকারী বলের ক্ষেত্রে,

আমরা জানি,

$v = u + at$

বা, $a = \frac{v - u}{t}$

বা, $a = \frac{(0 - 15)\ ms^{-1}}{15\ s}$

∴ $a = -1\ ms^{-2}$

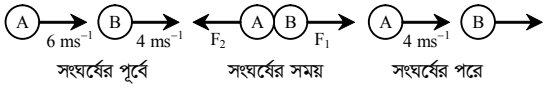
∴ বাধাদানকারী বল, $F = ma$

$= 70\ kg \times (-1\ ms^{-2}) = -70\ N$

উপরিউক্ত গাণিতিক হিসাব থেকে দেখা যায়, লিথিনের প্রয়োগকৃত বল অপেক্ষা বাধাদানকারী বলের মান কম।

প্রশ্ন –২৪ ▶ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

12 kg 10 kg



ক. চিত্রে F_1 এবং F_2 কী? ১

খ. 'রকেট কীভাবে চলে' ব্যাখ্যা কর। ২

গ. সংঘর্ষের পর B বস্তুটির বেগ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. সংঘর্ষের পূর্বে এবং পরে বস্তুদ্বয়ের ভরবেগ সংরক্ষিত থাকে– বিশ্লেষণ কর। ৪

▶◀ ২৪নং প্রশ্নের উত্তর ▶◀

ক. B বস্তুর উপর A বস্তুর প্রযুক্ত ক্রিয়া বল হলো F_1 এবং A বস্তুর উপর B বস্তুর বিপরীতমুখী প্রতিক্রিয়া বল হলো F_2।

খ. রকেটের গতিকে গতির ৩য় সূত্র বা ভরবেগের নিত্যতা সূত্র দ্বারা ব্যাখ্যা করা যায়। রকেটের দহন কক্ষে উৎপন্ন গ্যাস রকেটের পশ্চাৎভাগে অবস্থিত ছিদ্র দিয়ে প্রচণ্ড গতিতে বের হয়ে যায়। গ্যাস বের হওয়া হলো ক্রিয়া। প্রতিক্রিয়াস্বরূপ রকেট প্রচণ্ড গতিতে উপরের দিকে উঠে যায় বা সামনের দিকে যায়।

গ. এখানে,

সংঘর্ষের পূর্বে,

A এর ভর, $m_1 = 12$ kg

B এর ভর, $m_2 = 10$ kg

A এর বেগ, $u_1 = 6$ ms^{-1}

B এর বেগ, $u_2 = 4$ ms^{-1}

সংঘর্ষের পরে,

A এর বেগ, $v_1 = 4\ ms^{-1}$

B এর বেগ, $v_2 = ?$

আমরা জানি,

$m_1u_1 + m_2u_2 = m_1v_1 + m_2v_2$

বা, $(12 \times 6)\ kgms^{-1} + (10 \times 4)\ kgms^{-1}$

$= (12 \times 4)\ kgms^{-1} + 10\ kg \times v_2$

বা, $72\ kgms^{-1} + 40\ kg\ ms^{-1} \times v_2 = 48\ kg\ ms^{-1} + 10\ kg \times v_2$

বা, $10\ kg \times v_2 = 64\ kgms^{-1}$

বা, $v_2 = 6.4\ ms^{-1}$

$\therefore\ v_2 = 6.4\ ms^{-1}$

অতএব, সংঘর্ষের পর B বস্তুটির বেগ $6.4\ ms^{-1}$।

ঘ. আমরা জানি, বস্তুর ভরবেগ = বস্তুর বেগ × বস্তুর ভর

সংঘর্ষের পূর্বে মোট ভরবেগ :

A বস্তুর ভর = 12 kg;

A বস্তুর বেগ = $6\ ms^{-1}$

$\therefore$ A বস্তুর ভরবেগ = $12\ kg \times 6\ ms^{-1} = 72\ kgms^{-1}$

এবং B বস্তুর ভর = 10 kg

B বস্তুর বেগ = $4\ ms^{-1}$

$\therefore$ B বস্তুর ভরবেগ = $10\ kg \times 4\ ms^{-1} = 40\ kg\ ms^{-1}$

সুতরাং সংঘর্ষের পূর্বে A ও B বস্তুদ্বয়ের মোট ভরবেগ

$= (72 + 40)\ kgms^{-1}$

$= 112\ kgms^{-1}$

সংঘর্ষের পরে মোট ভরবেগ :

A বস্তুর ভর = 12 kg;

A বস্তুর বেগ = $4\ ms^{-1}$

$\therefore$ A বস্তুর ভরবেগ = $12\ kg \times 4\ ms^{-1} = 48\ kgms^{-1}$

এবং B বস্তুর ভর = $10\ kg$

B বস্তুর বেগ = $6.4\ ms^{-1}$ [‘গ’ নং থেকে]

$\therefore$ B বস্তুর ভরবেগ = $10\ kg \times 6.4\ ms^{-1} = 64\ kgms^{-1}$

সুতরাং সংঘর্ষের পরে A ও B বস্তুদ্বয়ের মোট ভরবেগ

$= (48 + 64)\ kgms^{-1}$

$= 112\ kgms^{-1}$

দেখা যাচ্ছে, সংঘর্ষের পূর্বে ও পরে বস্তুদ্বয়ের ভরবেগের সমষ্টি সমান।

অতএব, সংঘর্ষের পূর্বে ও পরে বস্তুদ্বয়ের ভরবেগ সংরক্ষিত থাকে।

প্রশ্ন –২৫ ▸ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

একটি রাইফেল থেকে $1\ kms^{-1}$ বেগে $15\ g$ ভরের একটি বুলেট এক টুকরা কাঠের মধ্যে $4.5\ cm$ প্রবেশ করে থেমে গেল।

ক. ঘর্ষণের ফলে হারানো শক্তি কিসে পরিণত হয়? ১

খ. দৈনন্দিন জীবনে ঘর্ষণের সুবিধা ব্যাখ্যা কর। ২

গ. উদ্দীপকের রাইফেলের ভর যদি $15\ kg$ হয়, তবে এর পশ্চাৎবেগ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. বুলেটকে বাধাদানকারী বলের মান নির্ণয় কর। ৪

▸◂ ২৫নং প্রশ্নের উত্তর ▸◂

ক. ঘর্ষণের ফলে হারানো শক্তি তাপশক্তিতে পরিণত হয়।

খ. ঘর্ষণে অনেক অসুবিধা থাকা সত্ত্বেও দৈনন্দিন জীবনে ঘর্ষণ ছাড়া আমরা কোনো কিছুই করতে পারি না। ঘর্ষণ না থাকলে কোনো গতি শেষ না হয়ে বিরামহীনভাবে চলতে থাকত। ঘর্ষণ আছে বলেই দেয়ালে পেরেক আটকানো সম্ভব হয়েছে। পাকা দালান ও বাড়ি ঘর নির্মাণ করা যাচ্ছে। কাগজে কলম বা পেনসিল দিয়ে লেখা যাচ্ছে। ঘর্ষণের কারণেই মাটিতে হাঁটতে পারছি, গাড়ির গতি নিয়ন্ত্রণ করতে পারছি, প্যারাসুট ব্যবহার করে বিমান থেকে নিরাপদে মাটিতে অবতরণ সম্ভব হচ্ছে।

গ. উদ্দীপক থেকে পাই, গুলির ভর, $m_1 = 15\ g = 0.015\ kg$

গুলির আদিবেগ, $u_1 = 0\ ms^{-1}$

রাইফেলের ভর, $m_2 = 15\ kg$

রাইফেলের আদিবেগ, $u_2 = 0\ ms^{-1}$

গুলির শেষবেগ, $v_1 = 1\ kms^{-1}$

$= 1000\ ms^{-1}$

রাইফেলের পশ্চাৎ বেগ, $v_2 = ?$

আমরা জানি,

$m_1u_1 + m_2u_2 = m_1v_1 + m_2v_2$

বা, $0 + 0 = 0{\cdot}01\ 5\ kg \times 1000\ ms^{-1} + 15\ kg \times v_2$

বা, $v_2 = -\frac{15\ kgms^{-1}}{15\ kg}$

$\therefore\ v_2 = -1\ ms^{-1}$

$\therefore$ রাইফেলের পশ্চাৎ বেগ $0{\cdot}1\ ms^{-1}$।

ঘ. উদ্দীপক থেকে গুলিটির আদিবেগ, $u = 1\ kms^{-1}$

$= 1000\ ms^{-1}$

গুলির ভর, $m = 15\ g = 0{\cdot}015\ kg$

শেষবেগ, $v = 0\ ms^{-1}$

দূরত্ব, $s = 4.5\ cm$

$= 0{\cdot}045\ m$

এখন, গুলির ত্বরণ a হলে,

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

বা, $0 = (1000\ ms^{-1})^2 + 2a \times 0.045\ m$

বা, $a = \frac{-(1000\ ms^{-1})^2}{2 \times 0{\cdot}045\ m}$

$\therefore\ a = -1{\cdot}11 \times 10^7\ ms^{-2}$

এখন, বল F হলে,

$F = ma$

$= 0.01\ 5\ kg \times (-1.11 \times 10^7\ ms^{-2})$

$= -1{\cdot}67 \times 10^5 N$

অতএব, বুলেটকে বাধাদানকারী বলের মান $1{\cdot}67 \times 10^5$ N।

প্রশ্ন –২৬ ▶ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

একজন শিকারি একটি হরিণকে লক্ষ করে 2 kg ভরের বন্দুক হতে $300\ ms^{-1}$ বেগে একটি গুলি ছুড়ল। গুলিটি একটি গাছে 9 cm প্রবেশ করে থেমে গেল এবং হরিণটি পালিয়ে গেল। গুলিটির ভর 10 g।

ক. ঘর্ষণ বল কত প্রকার? ১

খ. যানবাহনের গতি নিয়ন্ত্রণে ব্রেকিং বলের প্রয়োজনীয়তা ব্যাখ্যা কর। ২

গ. বন্দুকের পশ্চাৎবেগ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. বাধা প্রদানকারী বলের মান এবং ঐ দূরত্ব অতিক্রম করতে গুলিটির প্রয়োজনীয় সময় নির্ণয় কর। ৪

◀◀ ২৬নং প্রশ্নের উত্তর ▶▶

ক. ঘর্ষণ বল চার প্রকার।

খ. যানবাহন চলাচলের সময় প্রয়োজন অনুযায়ী যানবাহনের গতিকে বৃদ্ধি বা হ্রাস করতে হয়। অর্থাৎ যানবাহনের গতিকে নিয়ন্ত্রণের প্রয়োজন পড়ে।

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

গ. এখানে,

বন্দুকের আদিবেগ, $u_1 = 0\ ms^{-1}$

গুলির আদিবেগ, $m_1 = 2$ kg

গুলির শেষবেগ, $v_2 = 300$ ms^{-1}

গুলির ভর, $m_2 = 10g = 0{\cdot}01$ kg

বন্দুকের শেষবেগ, $v_1 = ?$

আমরা জানি,

$$m_1u_1 + m_2u_2 = m_1v_1 + m_2v_2$$

বা, $0 + 0 = 2\text{kg} \times v_1 + 0{\cdot}01 \text{ kg} \times 300 \text{ ms}^{-1}$

বা, $v_1 = \dfrac{-3 \text{ kg ms}^{-1}}{2\text{kg}}$

$\therefore v_1 = -1{\cdot}5 \text{ ms}^{-1}$

অতএব, বন্দুকের পশ্চাৎ বেগ 1.5 ms^{-1}

ঘ. এখানে,

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

গুলির ভর, $m = 10 \text{ g} = 0{\cdot}01$ kg

গুলির শেষবেগ, $v = 0 \text{ ms}^{-1}$

অতিক্রান্ত দূরত্ব, $s = 9 \text{ cm} = 0{\cdot}09$ m

এখন, গুলির ত্বরণ a হলে,

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

বা $a = \dfrac{v^2 - u^2}{2s}$

$$= \frac{(0 \text{ ms}^{-1})^2 - (300 \text{ ms}^{-1})^2}{2 \times 0{\cdot}09 \text{ m}}$$

$\therefore a = -5 \times 10^5 \text{ms}^{-2}$

গুলিটিতে বাধা প্রদানকারী বলের মান F হলে,

$F = ma$

$= 0{\cdot}01 \text{ kg} \times (-5 \times 10^5 \text{ ms}^{-2})$

$= -5000$ N

$\therefore$ বাধা প্রদানকারী বলের মান 5000 N।

ঐ দূরত্ব অতিক্রম করতে গুলিটির প্রয়োজনীয় সময় t হলে,

$$v = u + at$$

বা, $t = \frac{v - u}{a}$

$$= \frac{0\ ms^{-1} - 300 ms^{-1}}{-5 \times 10^5 ms^{-2}}$$

$\therefore\ t = 6 \times 10^{-4} s$

অতএব, ঐ দূরত্ব অতিক্রম করতে গুলিটির $6 \times 10^{-4} s$ সময় লাগবে।

প্রশ্ন –২৭ ▶ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

10 cm পুরুত্ব বিশিষ্ট 15টি তক্তার একটি বান্ডিল খাড়া অবস্থা রাখা আছে। রাজু 400 ms^{-1} বেগ 10g ভরের একটি গুলি ছুড়ল। গুলিটি 10টি তক্তা ভেদ করার পর এর বেগ অর্ধেক হয়ে গেল।

ক. স্থিতি কী? ১

খ. পরম স্থিতি ও পরম গতি পাওয়া সম্ভব নয় কেন? ব্যাখ্যা কর। ২

গ. গুলির ওপর তক্তার বাধাদানকারী বলের মান নির্ণয় কর। ৩

ঘ. গুলিটি সব তক্তা ভেদ করতে পারবে কি? গাণিতিক যুক্তিসহকারে আলোচনা কর। ৪

▶◀ ২৭নং প্রশ্নের উত্তর ▶◀

ক. সময়ের পরিবর্তনের সাথে যখন কোনো বস্তুর পারিপার্শ্বিকের সাপেক্ষে স্বীয় অবস্থানের পরিবর্তন না ঘটে তখন এর অবস্থাকে বলা হয় স্থিতি।

খ. আমরা সাধারণত কোনো প্রসঙ্গ বস্তুর সাপেক্ষে অন্য বস্তুকে স্থিতিশীল বা গতিশীল বলে থাকি। কিন্তু এ মহাবিশ্বে এমন কোনো প্রসঙ্গ বস্তু পাওয়া সম্ভব নয়, যা প্রকৃতপক্ষে স্থির রয়েছে। কারণ, পৃথিবী প্রতিনিয়ত সূর্যের চারদিকে ঘুরছে, সূর্যও তার গ্রহ, উপগ্রহ নিয়ে নভোমণ্ডলের চারদিকে ঘুরছে। কাজেই আমরা যখন কোনো বস্তুকে স্থিতিশীল বা গতিশীল বলি, তা আমরা কোনো আপাত স্থিতিশীল বস্তুর সাপেক্ষে বলে থাকি। এজন্যই পরম স্থিতি ও পরম গতি পাওয়া সম্ভব নয়।

গ. এখানে,

গুলির আদিবেগ, $u = 400\ ms^{-1}$

শেষবেগ, $v = \frac{u}{2}\ ms^{-1}$

$= \frac{400}{2}\ ms^{-1} = 200\ ms^{-1}$

অতিক্রান্ত দূরত্ব, $s = (10 \times 10)\ cm$

$= 100\ cm = 1m$

এখন, গুলির ত্বরণ a হলে,

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

বা, $a = \frac{v^2 - u^2}{2s}$

$= \frac{(200\ ms^{-1})^2 - (400\ ms^{-1})^2}{2 \times 1\ m}$

$= -6 \times 10^4\ ms^{-2}$

গুলির ভর, $m = 10\ g$

$= 0.01\ kg$

আবার, বাধাদানকারী বল F হলে,

$F = ma$

$= 0.01\ kg \times -6 \times 10^4\ ms^{-2}$

$= -600\ N$

অতএব, বাধাদানকারী বলের মান 600 N।

ঘ. এখানে,

গুলির আদিবেগ, $u = 400\ ms^{-1}$

ত্বরণ, $a = -6 \times 10^4\ ms^{-2}$

এখন, গুলিটি s দূরত্ব অতিক্রম করে থেমে গেলে শেষবেগ হবে, $v = 0$

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

বা, $s = \frac{v^2 - u^2}{2a}$

$$= \frac{(0\ ms^{-1})^2 - (400\ ms^{-1})^2}{2 \times (-6 \times 10^4\ ms^{-2})}$$

$\therefore s = 1.33\ m$

এখানে, সবগুলো তক্তা ভেদ করতে হলে গুলিকে মোট দূরত্ব অতিক্রম করতে হবে = (10×15) cm = 150 cm = 1.5 m

যা 1.33 m অপেক্ষা বেশি।

অতএব গুলিটি সব তক্তা ভেদ করতে পারবে না।

প্রশ্ন –২৮ ▶ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

1000 kg ভরের একটি গাড়ি রাতের অন্ধকারে 10 ms^{-1} বেগে সরল পথে চলছিল। হঠাৎ রাস্তায় দাঁড়িয়ে থাকা 1200 kg ভরের অপর একটি ট্রাকের সাথে ধাক্কা খেয়ে আটকে গেল। মিলিত গাড়ি দুটি একই পথে চলতে থাকল।

ক. গতিশীল বস্তু থামাতে কিসের প্রয়োজন? ১

খ. মহাকর্ষ বল অস্পর্শ বল কেন? ব্যাখ্যা কর। ২

গ. গাড়ি দুটির মিলিত বেগ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. সংঘর্ষের ফলে গাড়ি দুটির ভরবেগ সংরক্ষিত হলেও গতিশক্তি সংরক্ষিত হয়নি– উক্তিটির পক্ষে যুক্তি দাও। ৪

▶◀ ২৮নং প্রশ্নের উত্তর ▶◀

ক. গতিশীল বস্তু থামাতে বলের প্রয়োজন।

খ. দুটি বস্তুর প্রত্যক্ষ স্পর্শ ছাড়াই যে বল ক্রিয়া করে তাকে অস্পর্শ বল বলে। কোনো বস্তুকে উপরে নিক্ষেপ করলে বস্তুটি পৃথিবীর মহাকর্ষ বলের প্রভাবে নিচে নেমে আসে। বস্তু ও পৃথিবীর মধ্যে সরাসরি কোনো সংযোগ নেই অর্থাৎ পৃথিবী বস্তুকে স্পর্শ করেনি। সুতরাং মহাকর্ষ বল অস্পর্শ বল।

গ. এখানে, গাড়ির ভর, $m_1 = 1000\ kg$

গাড়ির বেগ, $u_1 = 10\ ms^{-1}$

ট্রাকের ভর, $m_2 = 1200\ kg$

ট্রাকের বেগ, $u_2 = 0\ ms^{-1}$

মিলিত বেগ, $v = ?$

আমরা জানি,

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

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

$$= \frac{1000 \times 10 + 1200 \times 0}{1000 + 1200}\ ms^{-1}$$

$$= \frac{10000 + 0}{2200}\ ms^{-1}$$

$$= 4.545\ ms^{-1}$$

$\therefore\ v = 4.55\ ms^{-1}$

অতএব, গাড়ি দুটির মিলিত বেগ $4.55\ ms^{-1}$।

ঘ. এখানে, $m_1 = 1000\ kg$

$m_2 = 1200\ kg$

$u_1 = 10\ ms^{-1}$

$u_2 = 0\ ms^{-1}$

সংঘর্ষের পূর্বে,

গাড়ির ভরবেগ $= m_1u_1$

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

$= 1000\ kgms^{-1}$

ট্রাকের ভরবেগ $= m_2u_2$

$= 1200\ kg \times 0\ ms^{-1}$

$= 0\ kgms^{-1}$

সংঘর্ষের পূর্বে গাড়ি দুটির মোট ভরবেগ

$= m_1u_1 + m_2u_2$

$= 1000\ kgms^{-1} \times 0\ kgms^{-1}$

$= 10000\ kgms^{-1}$

সংঘর্ষের পর গাড়ি দুটির মিলিত বেগ, $v = 4{\cdot}55\ ms^{-1}$

$\therefore$ সংঘর্ষের পর গাড়ি দুটির মোট ভরবেগ,

$= (m_1 + m_2)\ v$

$= (1000 + 1200)\ kg \times 4{\cdot}55\ ms^{-1}$

$= 10000\ kgms^{-1}$

সুতরাং ভরবেগ সংরক্ষিত ছিল।

গতিশক্তির সংরক্ষণ : সংঘর্ষের পূর্বে,

গাড়ির গতিশক্তি, $E_1 = \frac{1}{2} m_1 u_1^2$

$= \frac{1}{2} \times 1000\ kg \times (10\ ms^{-1})^2 = 50000\ J$

ট্রাকের গতিশক্তি, $E_2 = \frac{1}{2} m_2 u_2^2$

$= \frac{1}{2} \times 1200\ kg \times (0\ ms^{-1})^2$

$\therefore$ সংঘর্ষের পূর্বে মোট গতিশক্তি $= E_1 + E_2$

$= 50000\ J + 0\ J = 50000\ J$

সংঘর্ষের পর মোট গতিশক্তি $= \frac{1}{2} (m_1 + m_2)\ v^2$

$= \frac{1}{2} (1000 + 1200)\ kg \times (4.55\ ms^{-1})^2$

$= 22772{\cdot}75\ J$

সুতরাং সংঘর্ষের ফলে গাড়ি দুটির গতিশক্তি সংরক্ষিত হয়নি।

অর্থাৎ সংঘর্ষের ফলে গাড়ি দুটির ভরবেগ সংরক্ষিত হলেও গতিশক্তি সংরক্ষিত হয়নি– উক্তিটি যথার্থ।

প্রশ্ন –২৯ ▸ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

একটি বন্দুক হতে 50 g ভরের গুলির উপর 500 N বল 0.5 s ধরে ক্রিয়া করায় গুলিটি একটি কাঠের গুঁড়ির মধ্যে প্রবেশ করতে শুরু করে। কাঠের গুঁড়িটির পুরুত্ব 2 m এবং বাধাদানকারী বল 2×10^3N।

ক. গাড়ির চাকার উপর কী ধরনের বল ক্রিয়া করে? ১

খ. গতিশীল ২টি বস্তুর বেগের পরিবর্তন একই হলেও বলের ঘাত ভিন্ন হতে পারে– ব্যাখ্যা কর। ২

গ. কাঠের গুড়িকে আঘাত করার সময় গুলির বেগ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. গুলিটি কাঠের গুঁড়িকে ভেদ করবে কিনা – গাণিতিক যুক্তিসহ বিশ্লেষণ কর। ৪

▶◀ ২৯নং প্রশ্নের উত্তর ▶◀

ক. গাড়ির চাকার উপর আবর্ত ঘর্ষণ বল ক্রিয়া করে।

খ. আমরা জানি, বলের ঘাত বস্তুর ভরবেগের পরিবর্তনের সমান। এখন, দুটি বস্তুর বেগের পরিবর্তন সমান হলেও এদের ভর অসমান হলে ভরবেগের পরিবর্তন অসমান হবে। ফলে বলের ঘাতও অসমান হবে।

গ. এখানে, বল, $F = 500\ N$

ভর, $m = 50\ g = 0{\cdot}05\ kg$

সময়, $t = 0{\cdot}5\ s$

আদিবেগ, $u = 0$

এখন,

ত্বরণ a হলে, $a = \frac{F}{m}$

$$= \frac{500\ N}{0{\cdot}05\ kg}$$

$$= 10000\ ms^{-2}$$

কাঠের গুঁড়িটিকে আঘাত করার সময় বেগ v হলে,

$v = u + at$

বা, $v = 0 + 10000\ ms^{-2} \times 0{\cdot}5\ s$

$\therefore\ v = 5000\ ms^{-1}$

ঘ. এখানে,

বাধাদানকারী বল, $F = -2 \times 10^3\ N$

গুলির ভর, $m = 50\ g$

$= 0{\cdot}05\ \text{kg}$

$\therefore$ সৃষ্ট ত্বরণ, $a = \dfrac{-2 \times 10^3 \text{N}}{0{\cdot}05\ \text{kg}}$

$= -4 \times 10^4\ \text{ms}^{-2}$

গুলিটির শেষবেগ, $v = 0$

আদিবেগ, $u = 5000\ \text{ms}^{-1}$ ['গ' নং থেকে]

এখন, গুলিটির অতিক্রান্ত দূরত্ব s হলে,

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

বা, $s = \dfrac{v^2 - u^2}{2a}$

$= \dfrac{0 - (500\ \text{ms}^{-1})^2}{2 \times (-4 \times 10^4\ \text{ms}^{-2})}$

$= 3.125\ \text{m}$

এখানে, $2\ \text{m} < 3.125\ \text{m}$

অতএব, গুলিটি কাঠের গুঁড়িকে ভেদ করতে পারবে।

প্রশ্ন –৩০ ▸ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

রিফাত বন্দুক নিয়ে শিকারে বের হলো। যার ভর 0.2 kg। সে একটি পাখি দেখতে পেয়ে বন্দুক থেকে একটি গুলি ছুড়ল। গুলির ভর 10 g এবং গুলি ছোড়ার মুহূর্তে বেগ 500 m/s।

ক. মৌলিক বলগুলোর মধ্যে সর্বাপেক্ষা দূর্বল বল কোনটি? ১

খ. বিভিন্ন স্থানে অভিকর্ষজ ত্বরণ 'g' এর মানের তারতম্য হয়– সূত্রের সাহায্যে দেখাও। ২

গ. বন্দুকটির পশ্চাৎ বেগ ব্যাখ্যা কর। ৩

ঘ. বন্দুক ও গুলির সংঘর্ষের পূর্বের ও পরের ভরবেগের সমষ্টি সর্বদা সমান থাকে বিশ্লেষণ কর। ৪

▸◂ ৩০নং প্রশ্নের উত্তর ▸◂

ক. মৌলিক বলগুলোর মধ্যে সর্বাপেক্ষা দুর্বল বল হলো মহাকর্ষ বল।

খ. পৃথিবীর কেন্দ্র থেকে ভূপৃষ্ঠের দূরত্ব অর্থাৎ পৃথিবীর ব্যাসার্ধ R হলে ভূপৃষ্ঠে, $g = \dfrac{GM}{R^2}$

এখানে, G মহাকর্ষীয় সার্বজনীন ধ্রুবক এবং M পৃথিবীর ভর। তাই অভিকর্ষজ ত্বরণ g এর মান পৃথিবীর কেন্দ্র থেকে ভূপৃষ্ঠের দূরত্ব R এর উপর নির্ভর করে। যেহেতু পৃথিবীর ব্যাসার্ধ R ধ্রুবক নয় তাই R এর পরিবর্তনে পৃথিবীর বিভিন্ন স্থানে g অভিকর্ষজ ত্বরণ g-এ মানের তারতম্য হয়।

গ. এখানে,

বন্দুকের ভর, $M = 2\ kg$

গুলির ভর, $m = 10\ g$

$= 0.01\ kg$

গুলির বেগ, $v = 500\ ms^{-1}$

বন্দুকের পশ্চাৎ বেগ, $V = ?$

আমরা জানি,

$$MV = -mv$$

বা, $$V = \frac{-mv}{M}$$

$$= \frac{-0.01\ kg \times 500\ ms^{-1}}{2\ kg}$$

$$= -2.5\ ms^{-1}$$

অতএব, বন্দুকটির পশ্চাৎ বেগ $2.5\ ms^{-1}$।

ঘ. এখানে,

গুলির আদিবেগ, $u_1 = 500\ ms^{-1}$

গুলির শেষবেগ, $v_1 = 0\ ms^{-1}$

গুলির ভর, $m_1 = 10\ g = 0.01\ kg$

বন্দুকের আদিবেগ, $u_2 = 0\ ms^{-1}$

বন্দুকের শেষবেগ, $v_2 = 2{\cdot}5\ ms^{-1}$

বন্দুকের ভর, $m_2 = 2\ kg$

আমরা জানি,

বন্দুক ও গুলির সংঘর্ষের পূর্বের ভরবেগ $= m_1u_1 + m_2u_2$

$$= 0.01\ kg \times 500\ ms^{-1} + 2\ kg \times 0\ ms^{-1}$$

$= 5\ \text{kgms}^{-1}$

আবার,

বন্দুক ও গুলির সংঘর্ষের পরের ভরবেগ $= m_1v_1 + m_2v_2$

$= 0{\cdot}01\ \text{kg} \times 0\ \text{ms}^{-1} + 2\ \text{kg} \times 2{\cdot}5\ \text{ms}^{-1}$

$= 5\ \text{kgms}^{-1}$

অতএব, উপরিউক্ত গাণিতিক বিশ্লেষণ থেকে বলা যায়, বন্দুক ও গুলির সংঘর্ষের পূর্বের ও পরের ভরবেগের সমষ্টি সর্বদা সমান থাকে।

প্রশ্ন –৩১ ▸ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

প্লাবন হরিণ শিকার করার জন্য 3 kg ভরের একটি বন্দুক কিনল। বন্দুকটি থেকে 10 g ভরের গুলি 200 ms^{-1} বেগে বেরিয়ে যায়। এতে করে সে পিছনের দিকে ধাক্কা অনুভব করে। এ সমস্যা সমাধানের জন্য অনিক তাকে ভারী বন্দুক কিনতে বললেন। এরপর প্লাবন 6 kg ভরের একটি বন্দুক কিনলেন। এ বন্দুক থেকেও 10 g ভরের গুলি 200 ms^{-1} বেগে বের হয়।

ক. নিউটনের কোন সূত্র বল ও ত্বরণের মধ্যে সম্পর্ক স্থাপন করে। ১

খ. ভরবেগ বলতে কী বোঝ? ২

গ. উদ্দীপকের 3 kg ভরবিশিষ্ট বন্দুকের পশ্চাৎ বেগ কত? ৩

ঘ. ভারী বন্দুক ব্যবহার করার ফলে পশ্চাৎ বেগের মানের কী পরিবর্তন হলো? এর ফলে ধাক্কাজনিত সমস্যার সমাধান হলো কিনা – যুক্তি দেখাও। ৪

▸◂ ৩১নং প্রশ্নের উত্তর ▸◂

ক. নিউটনের দ্বিতীয় সূত্র বল ও ত্বরণের মধ্যে সম্পর্ক স্থাপন করে।

খ. বস্তুর ভর ও বেগের গুণফলকে ভরবেগ বলে।

ভরবেগের মাত্রা হলো $[MLT^{-1}]$

এবং ভরবেগের একক হলো kgms^{-1}

গ. উদ্দীপক হতে পাই,

বন্দুকের ভর, $M = 3\ \text{kg}$

গুলির ভর, $m = 10\ g = 0.01\ kg$

গুলির বেগ, $v = 200\ ms^{-1}$

বন্দুকের পশ্চাৎ বেগ, $V = ?$

আমরা জানি,

$$MV = -mv$$

বা, $V = \frac{-mv}{M}$

$$= \frac{-0.01\ kg \times 200\ ms^{-1}}{3\ kg}$$

$$= -0.6666\ ms^{-1} = -0.67\ ms^{-1}$$

বন্দুকের বেগ ঋণাত্মক অর্থাৎ বন্দুকটি পিছনের দিকে গতিশীল হবে।

অতএব, 3 kg ভরবিশিষ্ট বন্দুকের পশ্চাৎ বেগ $0.67\ ms^{-1}$।

ঘ. এখানে, বন্দুকের ভর, $M = 6\ kg$

গুলির ভর, $m = 10\ g = 0.01\ kg$

গুলির বেগ, $v = ?$

বন্দুকের পশ্চাৎ বেগ, $V = ?$

উদ্দীপকে উল্লিখিত, ভারী বন্দুক অর্থাৎ 6 kg ভরের বন্দুকের ক্ষেত্রে আমরা পাই,

$$MV = -mv$$

বা, $V = \frac{-mv}{M}$

$$= \frac{-0.01\ kg \times 200\ ms^{-1}}{6\ kg} = -0.33\ ms^{-1}$$

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

অতএব, ভারী বন্দুক অর্থাৎ 6 kg ভরের বন্দুকের পশ্চাৎ বেগ $0.33\ ms^{-1}$

'গ' হতে আমরা পাই, 3 kg ভরের বন্দুকের পশ্চাৎ বেগ $0.67\ ms^{-1}$

সুতরাং, ভারী বন্দুক ও হালকা বন্দুকের মধ্যে পশ্চাৎ বেগের পার্থক্য

$$= (0.67 - 0.33)\ ms^{-1} = 0.34\ ms^{-1}$$

অতএব, ভারী বন্দুক ব্যবহারের ফলে পশ্চাৎ বেগ হালকা বন্দুক অর্থাৎ 3 kg ভরের বন্দুকের গুলি থেকে $0.34\ ms^{-1}$ পশ্চাৎ বেগ হ্রাস পায়। ফলে বন্দুকধারী আগের থেকে কম ধাক্কা অনুভব করবে।