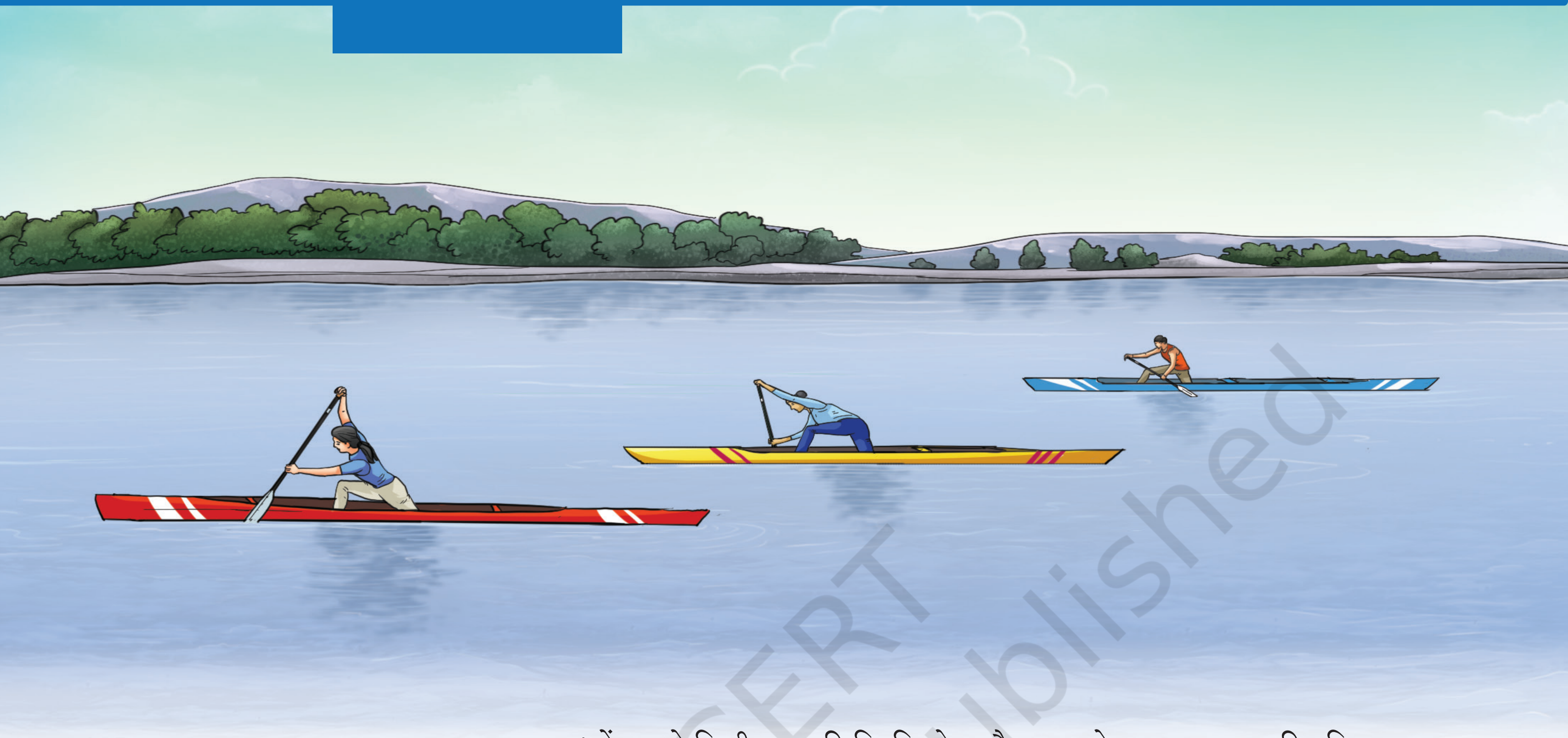
अध्याय

6

गति पर बलों का प्रभाव



© NCERT not to be republished

चिंतन कीजिए

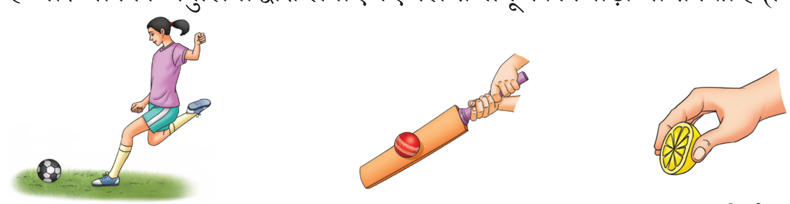
- जब कोई नाविक अपने चप्पू से जल को पीछे की ओर धकेलता है तो उसकी डोंगी (छोटी नौका) आगे की ओर क्यों बढ़ती है? और जब वह जल को धकेलने के लिए अधिक बल लगाता है तो डोंगी की गति अधिक तीव्र हो जाती है, ऐसा क्यों होता है?
- मान लीजिए कि वही नाविक उसी चप्पू से उतना ही बल लगाकर दो अलग-अलग डोंगियों को चलाता है जिन में से एक डोंगी खाली है तथा दूसरी डोंगी में एक अन्य यात्री भी बैठा है। इनमें से कौन-सी डोंगी अधिक तीव्र गति से चलेगी?

अध्याय 4 में आपने किसी वस्तु की स्थिति, वेग और त्वरण के आधार पर उसकी गति का वर्णन करना सीखा था। परंतु वहाँ आपने इस बात पर विचार नहीं किया था कि गति का कारण क्या है। क्या किसी वस्तु की स्थिति और वेग में परिवर्तन का कोई मूल कारण होता है? इस कारण की प्रकृति क्या है? क्या सभी गतियों के लिए किसी कारण की आवश्यकता होती है? इस अध्याय में हम इस बात की जाँच करेंगे कि वस्तुओं की गति में परिवर्तन किन कारणों से होता है। हम न्यूटन के गति के तीन नियमों पर भी चर्चा करेंगे और यह सीखेंगे कि उन्हें किस प्रकार से लागू किया जाए।

6.1 बल की अवधारणा

कक्षा 8 जिज्ञासा अध्याय 5

स्मरण कीजिए आपने पहले सीखा था कि बल किसी वस्तु को विरामावस्था से गति में ला सकता है, गतिशील वस्तु की चाल और गति की दिशा को परिवर्तित कर सकता है और यहाँ तक कि किसी वस्तु के आकार में भी परिवर्तन कर सकता है। उदाहरण के लिए— विरामावस्था में रखी किसी गेंद पर जब कोई बल लगाया जाता है तो वह गति करने लगती है, क्रिकेट के बल्ले द्वारा क्रिकेट की गेंद पर लगाया गया बल उसकी दिशा में परिवर्तन कर देता है और आपकी अँगुलियों द्वारा लगाए गए बल से नींबू को निचोड़ा जा सकता है (चित्र 6.1)।



(क) पैर से गेंद को ठोकर मारना *(ख) बल्ले से गेंद पर प्रहार करना* *(ग) नींबू निचोड़ना*

चित्र 6.1 — विभिन्न वस्तुओं पर बल लगाना

पिछली कक्षाओं में बल के विषय में सीखते समय क्या आपने **ध्यान** दिया था कि जब भी किसी वस्तु पर लगने वाले किसी भी प्रकार के बल का वर्णन किया जाता था तो उसकी दिशा भी **बताई** जाती थी? उदाहरण के लिए, प्रयोग में लाए जाने वाले वाक्यांश थे— किसी वस्तु पर उसकी गति की विपरीत दिशा में घर्षण-बल का लगना, चुंबकीय बल के कारण चुंबक के सदृश ध्रुवों का एक-दूसरे को प्रतिकर्षित करना या विपरीत ध्रुवों का एक-दूसरे को आकर्षित करना, स्थिरवैद्युत बल के कारण समान आवेशों का एक-दूसरे को प्रतिकर्षित करना या विपरीत आवेशों का एक-दूसरे को आकर्षित करना, गुरुत्वाकर्षण बल के कारण पृथ्वी का वस्तुओं को अपनी ओर आकर्षित करना, किसी द्रव में रखी वस्तु पर द्रव द्वारा ऊपर की दिशा में उत्प्लावन बल का लगना आदि। **बल (force)** एक ऐसी भौतिक राशि है जिसके लिए हमें उसके **परिमाण (magnitude)** और मात्रक के साथ-साथ उसकी **दिशा** भी बतानी पड़ती है, ठीक वैसे ही जैसे हमने अध्याय 4 में किसी वस्तु से संबंधित भौतिक राशियों, जैसे — स्थिति, विस्थापन, वेग और त्वरण का परिचय कराते समय किया था। **बल का SI मात्रक न्यूटन** है। अंग्रेजी में मात्रक लिखते समय इसे अंग्रेजी वर्णमाला के छोटे अक्षर 'n' से प्रारंभ करते हुए newton लिखते हैं किंतु इसके प्रतीक को अंग्रेजी वर्णमाला के बड़े अक्षर 'N' से दर्शाते हैं। बल का परिमाण उसकी प्रबलता को व्यक्त करता है।

कक्षा 6 जिज्ञासा अध्याय 4

कक्षा 8 जिज्ञासा अध्याय 5

टिप्पणी

यदि किसी वस्तु पर लगाए गए बल का परिमाण या दिशा अथवा दोनों ही परिवर्तित हो जाते हैं तो उस बल का प्रभाव भी परिवर्तित हो जाता है।

6.1.1 बल के परिमाण को मापना

हम किसी बल के परिमाण को कैसे **माप** सकते हैं? क्या आपको स्मरण है कि पूर्व में आपने वस्तुओं के भार को मापने के लिए कमानीदार तुला (spring balance) (चित्र 6.2) का उपयोग किया था? क्या आपको यह भी स्मरण है कि किसी वस्तु का भार वह गुरुत्वाकर्षण (gravitational force) बल होता है जिससे पृथ्वी उस वस्तु को अपनी ओर खींचती है? कमानीदार तुला का उपयोग न केवल किसी वस्तु का भार मापने के लिए अपितु सामान्य रूप से किसी बल के परिमाण को मापने के लिए भी किया जा सकता है। यदि आप कमानीदार तुला के स्वतंत्र सिरे को खींचते हैं तो यह उस बल को मापता है जिससे आप तुला के भीतर की स्प्रिंग को खींच रहे होते हैं।

कक्षा 8 जिज्ञासा अध्याय 5

चित्र 6.2 — कमानीदार तुला का उपयोग करके किसी वस्तु का भार मापना

जिज्ञासा-सूत्र

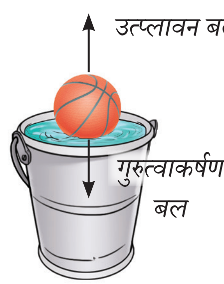
दैनिक जीवन में हम जिन न्यूनतम बलों की प्रत्यक्ष अनुभूति कर सकते हैं वे मिलीन्यूटन (10^{-3} N) की कोटि के होते हैं जैसे— कोई हल्का-सा स्पर्श। तथापि विशेष प्रयोगों में वैज्ञानिक इसकी तुलना में इससे भी बहुत छोटे यहाँ तक कि योक्टोन्यूटन (10^{-24} N) तक के बलों को भी माप सकते हैं (जैसा कि 2026 तक हम जानते हैं)।

चित्र 6.3 — (क) मेज या फर्श पर रखे किसी बॉक्स को धकेलना

6.2 संतुलित एवं असंतुलित बल

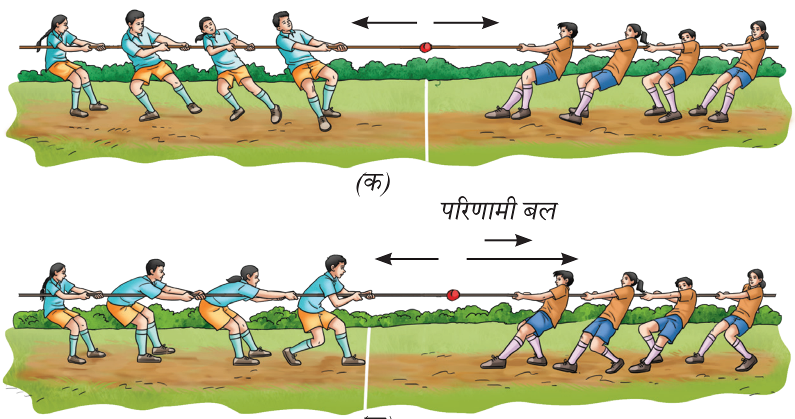
हमारे आनुभविक जगत में ऐसी स्थितियाँ कदाचित ही देखने में आती हैं जहाँ किसी वस्तु पर केवल एक ही बल लग रहा हो। सामान्यतया किसी वस्तु पर एक से अधिक बल लगते हैं। उदाहरण के लिए — जब आप किसी सतह पर रखे एक बक्से को धकेलते हैं तो जिस बल से आप उसे धकेलते हैं उसके अतिरिक्त उस बक्से पर गति की विपरीत दिशा में घर्षण (friction) बल भी लगता है (चित्र 6.3 क)।

जल पर तैरती हुई किसी गेंद का उदाहरण लेते हैं (चित्र 6.3 ख) इस पर दो बल लगते हैं — पृथ्वी द्वारा नीचे की ओर लगने वाला गुरुत्वाकर्षण बल तथा द्रव के कारण ऊपर की ओर लगने वाला उत्प्लावन बल। इस प्रकार के प्रकरणों में जब किसी वस्तु पर चाहे वह स्थिर हो या गतिमान, एक से अधिक बल लग रहे हों तो उन बलों का उस वस्तु पर कुल प्रभाव क्या होता है?



चित्र 6.3 — (ख) जल पर तैरती हुई एक गेंद

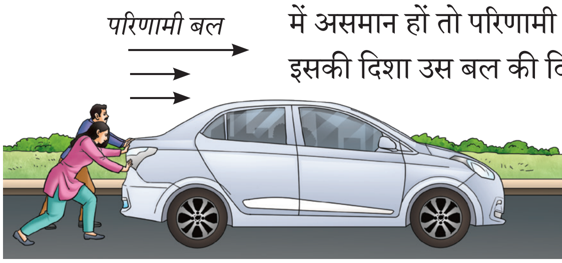
© NCERT not to be republished



चित्र 6.4 — विपरीत दिशाओं में लगाए गए दो बल (क) समान परिमाण के (ख) असमान परिमाण के

क्या आपने कभी रस्साकशी के खेल में भाग लिया है जिसमें दो टीमें एक रस्से को विपरीत दिशाओं में खींचती हैं? यदि दोनों टीमें रस्से को बराबर बल से खींचती हैं तो यह रस्सा विस्थापित नहीं होता है (चित्र 6.4 क)। ऐसे दो बल जो परिमाण में बराबर किंतु दिशा में विपरीत होते हैं, **संतुलित बल (balanced force)** कहलाते हैं। किंतु यदि रस्से पर एक टीम दूसरी टीम से अधिक बल लगाती है तो रस्से पर लगे बल अब संतुलित नहीं रह जाते और रस्सा अधिक बल वाली दिशा में विस्थापित होता है (चित्र 6.4 ख)। इस स्थिति में रस्से पर लगाए गए ये बल असंतुलित बल कहलाते हैं।

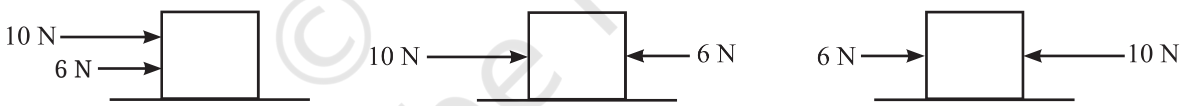
यदि किसी वस्तु पर लगाए गए बल संतुलित नहीं होते हैं तो वस्तु पर एक **परिणामी बल (net force)** लगता है जिसका परिमाण शून्य नहीं होता (चित्र 6.4 ख)। यदि बल दिशा में विपरीत और परिमाण में असमान हों तो परिणामी बलों का परिमाण उन दोनों बलों के परिमाणों के अंतर के बराबर होता है और इसकी दिशा उस बल की दिशा में होती है जिसका परिमाण अधिक होता है।



चित्र 6.5 — एक ही दिशा में लगाए गए दो बल

अब, ऐसी स्थिति के विषय में सोचिए जहाँ दो लोग एक रुकी हुई कार को चलाने के लिए उस पर एक ही दिशा में बल लगा रहे हैं (चित्र 6.5)। ऐसी स्थिति में कार पर उनके द्वारा लगाए गए परिणामी बल का परिमाण उन दोनों बलों के परिमाणों का योग होता है। परिणामी बल की दिशा वही होती है जो लगाए गए दोनों बलों की होती है।

उदाहरण 6.1 — एक मेज पर रखे गुटके पर 10 N और 6 N के दो बल चित्र 6.6 में दर्शाए अनुसार लग रहे हैं। चित्र में दर्शाई गई प्रत्येक स्थिति के लिए गुटके पर लगने वाले परिणामी बल का परिमाण और दिशा बताइए?



चित्र 6.6 — किसी गुटके पर तीन अलग-अलग ढंग से आरोपित दो बल

उत्तर —

(क) परिणामी बल = 10 N + 6 N = 16 N, दाईं ओर

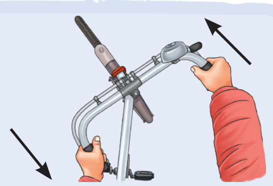
(ख) परिणामी बल = 10 N – 6 N = 4 N, दाईं ओर

(ग) परिणामी बल = 10 N – 6 N = 4 N, बाईं ओर

आइए, और चिंतन करें

ऐसी कुछ स्थितियाँ होती हैं जिनमें बल एक-दूसरे के समानांतर या विपरीत दिशा में नहीं अपितु एक-दूसरे से कोई कोण बनाते हुए लगते हैं। ऐसी स्थितियों में परिणामी बल का परिकलन कैसे किया जाता है। यह आप अगामी कक्षाओं में सीखेंगे इसके अतिरिक्त कुछ ऐसी स्थितियाँ भी होती हैं जहाँ किसी बड़ी वस्तु के दो सिरों पर समान और विपरीत बल लगाए जाते हैं जिससे वह वस्तु घूमने लगती है (चित्र 6.7)। उदाहरण के लिए— किसी हैंडल की मूठ या टोंटी पर समान और विपरीत बल लगाने से वह घूम जाता है। आप इसके विषय में भी अगामी कक्षाओं में सीखेंगे।

एक सोपान ऊपर

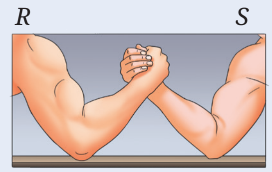

चित्र 6.7 — किसी बड़े आमाप की वस्तु (जैसे साइकिल का हैंडल) पर आरोपित बराबर परिमाण के विपरीत बल

© NCERT not to be republished

सोचिए और बताइए

1. कोई भारोत्तोलक (weightlifter) एक भारोत्तोलन दंड को ऊपर उठाती है (चित्र 6.8)। उन दो बलों की सूची बनाइए जो इस दंड पर लग रहे हैं। यदि भारोत्तोलक दंड को स्थिर रखती है तो क्या ये बल संतुलित हैं?
2. दो खिलाड़ी 'R' एवं 'S' पंजा-कुश्ती प्रतियोगिता (arm-wrestling) में भाग ले रहे हैं (चित्र 6.9)। जिस क्षण हाथ आगे की दिशा में (पृष्ठ से बाहर आपकी ओर) झुकते हैं तो क्या खिलाड़ियों द्वारा लगाए गए बल संतुलित हैं? यदि नहीं, तो किस खिलाड़ी ने अधिक बल लगाया है?

चित्र 6.8 — भारोत्तोलक भारोत्तोलन दंड उठाते हुए



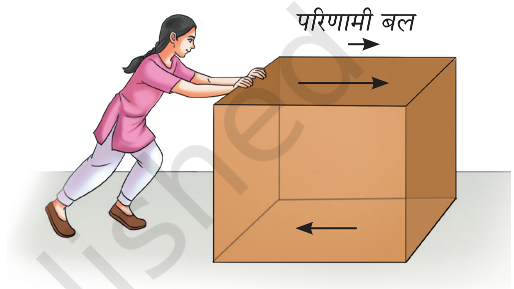
चित्र 6.9 — पंजा-कुश्ती प्रतियोगिता

6.3 घर्षण बल— प्राय: अनदेखा परंतु सदैव विद्यमान बल

आपने विगत कक्षा में भी घर्षण बल के विषय में सीखा था। आइए, अब इसके विषय में और अधिक जानते हैं। मान लीजिए कोई वस्तु फर्श पर विरामावस्था में रखी है और आप उस पर आगे की दिशा में एक बल लगाते हैं (चित्र 6.10)। क्या आपके द्वारा लगाए गए बल के परिणामस्वरूप वस्तु विस्थापित होती है? आपने अनेक बार अनुभव किया होगा कि किसी वस्तु पर बल लगाने पर भी वह विस्थापित नहीं होती और उसे विस्थापित करने के लिए आपको और अधिक बल लगाना पड़ता है। ऐसा क्यों होता है?

कक्षा 8 जिज्ञासा अध्याय 5

ऐसा वस्तु की निचली सतह और फर्श के मध्य उत्पन्न होने वाले घर्षण बल के कारण होता है जो आपके द्वारा लगाए गए बल के कारण वस्तु में होने वाली गति की विपरीत दिशा में कार्य करता है। यह वस्तु तब गति करना आरंभ करेगी जब आपके द्वारा लगाए गए बल का परिमाण घर्षण बल से अधिक होगा जिससे वस्तु पर उसकी गति की दिशा में एक परिणामी बल कार्य करने लगेगा।



चित्र 6.10 — एक वस्तु को धकेला जा रहा है।

टिप्पणी

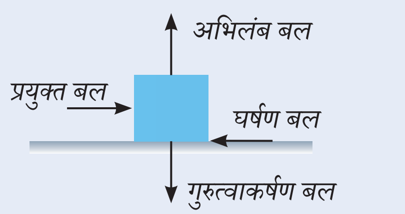
किसी वस्तु पर अनेक बल कार्य कर सकते हैं परंतु उसकी गति केवल परिणामी बल पर निर्भर करती है।

© NCERT not to be republished

आइए, और चिंतन करें

किसी धकेली जा रही वस्तु पर लगाए गए बल और घर्षण बल के अतिरिक्त कुछ अन्य बल भी लग सकते हैं (चित्र 6.11)। इनमें से एक गुरुत्वाकर्षण बल (भार) है और दूसरा उस सतह द्वारा लगाया गया बल है जिस पर वस्तु रखी है, इसे अभिलंब बल (normal force) कहते हैं। भार नीचे की दिशा में लगता है जबकि अभिलंब बल सतह के ऊपर खींचे गए अभिलंब की दिशा में लगता है। तथापि ये दोनों बल संतुलित होते हैं।

जब कोई वस्तु वायु में गति करती है तो उसके चारों ओर उपस्थित वायु भी उस पर घर्षण बल लगाती है परंतु अनेक परिस्थितियों में इस बल का मान इतना कम होता है कि इसे नगण्य माना जा सकता है।



चित्र 6.11 — किसी वस्तु पर लगने वाले बल

चित्र 6.10 में दर्शाई गई स्थिति के लिए जब एक बार वस्तु (यह पेटिका) गति करना प्रारंभ करती है और आप उस पर बल लगाना बंद कर देते हैं तो पेटिका की गति धीमी होती जाती है और अंततः यह रुक जाती है। आपने दैनिक जीवन में अनेक बार ऐसा अनुभव किया होगा। जब आप साइकिल के पैडल को घुमाना बंद कर देते हैं तो वह कुछ समय पश्चात कुछ दूरी तय करके रुक जाती है। आप किसी गेंद को धकेलना बंद कर देते हैं तो कुछ दूरी तय करने के पश्चात वह रुक जाती है। क्या इसका अर्थ यह है कि इन्हें

क्या होगा यदि...

घर्षण बल विश्व से लुप्त हो जाए तो वस्तुओं की गति पर इसका क्या प्रभाव होगा?

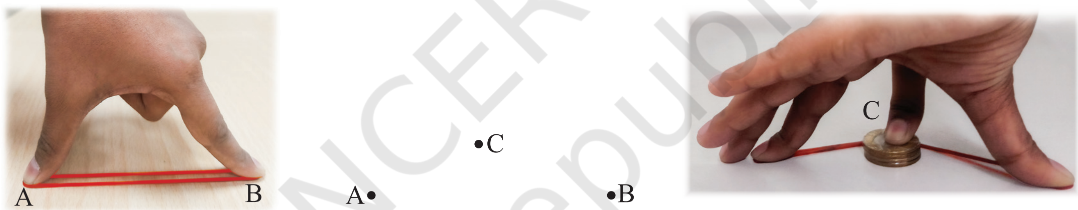
निरंतर गति में रखने के लिए आपको निरंतर बल लगाते रहने की आवश्यकता होती है? किसी गतिशील वस्तु की गति बनाए रखने के लिए हमें घर्षण बल के विरुद्ध निरंतर बल लगाना पड़ता है। अन्यथा गति की दिशा के विपरीत काम करने वाला घर्षण बल वस्तु को विरामावस्था में ले आता है।

क्या आपको विगत कक्षा में किया गया कोई ऐसा क्रियाकलाप स्मरण है जिससे आपको पता चला हो कि घर्षण बल संपर्क में आने वाली सतहों की प्रकृति पर निर्भर करता है? आइए, यहाँ भी वैसा ही एक क्रियाकलाप करें।

कक्षा 8 जिज्ञासा अध्याय 5

क्रियाकलाप 6.1— आइए, जाँच करें

1. 10 रुपए के चार सिक्के, एक बड़ा दृढ़ रबड़ बैंड और एक आसंजक टेप (adhesive tape) लीजिए। विभिन्न पदार्थों की समतल सतहों का चयन कीजिए, जैसे— लकड़ी का मेज पटल, सीमेंट से बना फर्श, पटलित (चिकनी परत चढ़ाई हुई) मेज पटल, पॉलिशदार संगमरमर (marble) या टाइल वाला फर्श (आप अन्य सतहों का भी चयन कर सकते हैं)। जाँचिए कि सतहें समतल हैं।
2. चारों सिक्कों को एक-दूसरे के ऊपर रखिए और पार्श्वों पर आसंजक टेप लगाकर इन्हें आपस में चिपका दीजिए।
3. रबड़ बैंड को अपनी तर्जनी (forefinger) और अँगूठे के मध्य थोड़ा खींचकर लकड़ी की मेज पर रखिए (चित्र 6.12 क)। इसके सिरों पर बिंदु A और B अंकित कीजिए, जैसा कि चित्र 6.12 (ख) में दर्शाया गया है। जहाँ तक आप रबड़ बैंड को खींचेंगे वहाँ एक और चिह्न C अंकित कीजिए।



(क) *(ख)* *(ग)*

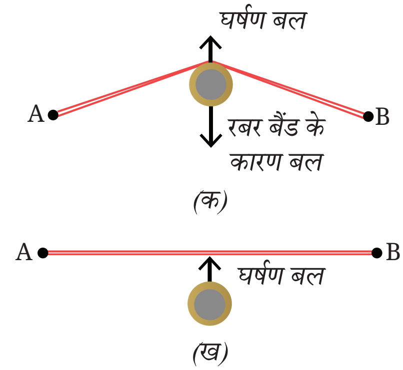
चित्र 6.12 — (क) तर्जनी और अँगूठे के मध्य थोड़ा खींचा हुआ रबड़ बैंड, (ख) सतह पर चिह्न 'A', 'B', 'C' और (ग) 4 सिक्कों के ढेर के साथ बिंदु C तक खींचा हुआ रबड़ बैंड

4. रबड़ बैंड के सिरों को A और B पर पकड़ते हुए, सिक्कों के ढेर को A और B के मध्य में इसके पास रखिए। अब, अपने दूसरे हाथ की एक अँगुली का उपयोग करके सिक्कों के ढेर को तब तक पीछे धकेलिए जब तक कि रबड़ बैंड C चिह्न तक न आ जाए (चित्र 6.12 ग)। इसके पश्चात सिक्कों के ढेर को छोड़ दीजिए और उसकी गति का **अवलोकन** कीजिए। क्या रबड़ बैंड से संपर्क छूटने के पश्चात सिक्कों के ढेर का वेग धीरे-धीरे कम होता जाता है और कुछ दूरी तय करने के पश्चात वह रुक जाता है? C से तय की गई दूरी को मापिए और उसे अभिलेखित (record) कीजिए। इस चरण को दो बार दोहराइए।
5. क्रियाकलाप के चरण 3 और 4 को पटलित (laminated) सतह वाली मेज पर दोहराइए एवं यह सुनिश्चित कीजिए कि बिंदु A, B और C पूर्व की भाँति ही समान दूरी पर अंकित हों। क्या अब सिक्कों का ढेर लकड़ी की सतह वाली मेज की तुलना में अधिक दूरी तय करके विरामावस्था में आता है? क्या अब उसके वेग में कमी पहले की तुलना में धीमी होती है?
6. इसके पश्चात चरण 5 को एक क्षैतिज पॉलिशदार संगमरमर या टाइल की सतह पर दोहराइए। क्या सिक्कों का ढेर और भी अधिक दूरी तय करता है तथा उसका वेग और भी धीरे-धीरे घटता है? आप अपने अवलोकनों से क्या निष्कर्ष निकालते हैं?

© NCERT not to be republished

विमुक्त किए जाने से पहले सिक्कों का ढेर स्थिर होता है इसका अर्थ यह है कि उस पर लगने वाले बल संतुलित हैं। सिक्कों को विमुक्त करने पर आपके द्वारा उनके ऊपर लगाया गया बल लुप्त हो जाता है और खींचे हुए रबड़ बैंड द्वारा आगे की दिशा में लगाया गया बल सिक्कों के ढेर को गतिमान कर देता है। सिक्कों के गतिमान होने का अर्थ है कि रबड़ बैंड द्वारा लगाया गया बल घर्षण बल से अधिक है और सिक्कों के ढेर पर आगे की दिशा में एक परिणामी बल कार्य करता है (चित्र 6.13 क)। परिणामी बल के कारण सिक्कों के ढेर का वेग शून्य से एक निश्चित मान तक बढ़ जाता है अर्थात परिणामी बल आगे की दिशा में त्वरण प्रदान करता है।

तथापि जैसे ही सिक्कों के ढेर का रबड़ बैंड से संपर्क समाप्त हो जाता है तो रबड़ बैंड के कारण उस पर बल लगना बंद हो जाता है। तब भी घर्षण बल सिक्कों के ढेर पर उनकी गति की विपरीत दिशा में कार्य करता रहता है (चित्र 6.13 ख)। यह बल धीरे-धीरे उसके वेग को कम करता है और अंत में उसे विरामावस्था में ले आता है।



चित्र 6.13 — तानित रबड़ बैंड को छोड़ने पर सिक्कों के ढेर पर लगने वाला बल (क) रबड़ बैंड के तनाव एवं सतहों के मध्य घर्षण के कारण तथा (ख) केवल सतहों के मध्य घर्षण के कारण

यद्यपि रबड़ बैंड को प्रत्येक प्रकरण में समान रूप से तानित (stretched) किया जाता है तब भी अलग-अलग सतहों पर सिक्कों के ढेर द्वारा चली गई दूरी का मान भिन्न हो जाता है। यह इंगित करता है कि इन सतहों पर घर्षण बल के मान भिन्न-भिन्न हैं। आप यह किस प्रकार जाँच सकते हैं कि घर्षण बल का मान वास्तव में भिन्न-भिन्न सतहों के लिए भिन्न-भिन्न होता है?

क्रियाकलाप 6.2 — आइए, मापन करें

1. एक कमानीदार तुला और एक लकड़ी का गुटका लीजिए।
2. कमानीदार तुला को क्रियाकलाप 6.1 में उपयोग की गई सतहों में से किसी एक पर क्षैतिज स्थिति में रखिए और जाँचिए कि इसके पैमाने का पाठ्यांक शून्य है। लकड़ी के गुटके को कमानीदार तुला के हुक से जोड़िए जैसा कि चित्र 6.14 में दर्शाया गया है।

चित्र 6.14 — कमानीदार तुला द्वारा खींचा जा रहा लकड़ी का गुटका

3. बल बढ़ाते हुए कमानीदार तुला को धीरे-धीरे खींचिए और जैसे ही गुटका गति आरंभ करे तो तुला के पाठ्यांक को अभिलेखित कीजिए। यह पाठ्यांक क्या दर्शाता है? गुटके पर लगने वाले दो बल हैं— स्प्रिंग द्वारा लगाया गया बल एवं घर्षण बल। यदि गुटके का वेग न तो बढ़ रहा हो और न ही घट रहा हो तो आप गुटके पर लगने वाले परिणामी बल के विषय में क्या कह सकते हैं? क्या कमानीदार तुला का पाठ्यांक लकड़ी के गुटके पर लगने वाले घर्षण बल के परिमाण को दर्शाता है?
4. अब चरण 3 को क्रियाकलाप 6.1 की शेष तीन सतहों पर दोहराइए।
5. सभी सतहों के लिए कमानीदार तुला के पाठ्यांक की **तुलना** कीजिए। क्या पाठ्यांक भिन्न-भिन्न हैं? क्या पाठ्यांक उस सतह के लिए सबसे कम है जिस पर सिक्कों के ढेर ने सबसे अधिक दूरी तय की है? क्या पाठ्यांक उस सतह के लिए सबसे अधिक है जिस पर तय की गई दूरी न्यूनतम थी?

© NCERT not to be republished

कमानीदार तुला का पाठ्यांक गुटके की सतह और जिस पर वह गति करता है उस सतह के मध्य लगने वाले घर्षण बल का सन्निकट (approximate) माप देता है। कम पाठ्यांक, कम घर्षण बल को दर्शाता है जबकि अधिक पाठ्यांक अधिक घर्षण बल को दर्शाता है। क्रियाकलाप 6.1 और 6.2 से हम यह **निष्कर्ष** निकालते हैं कि जब घर्षण बल कम होता है तो सिक्कों के ढेर का वेग धीरे-धीरे कम होता है और विरामावस्था में आने से पहले यह अधिक दूरी तय करता है।

वैज्ञानिक की भाँति सोचिए

अब एक विचार प्रयोग कीजिए। हम विचार प्रयोग तब करते हैं जब व्यवहार जगत में प्रयोग के लिए आवश्यक परिस्थितियों को सृजित करना कठिन होता है। मान लीजिए आपको एक वस्तु और एक क्षैतिज फर्श मिलता है जिनकी सतहें इतनी चिकनी हैं कि उनके मध्य घर्षण बल शून्य है। कल्पना कीजिए यदि आप ऐसी वस्तु और एक समतल सतह के साथ क्रियाकलाप 6.1 के चरण 3 और 4 को दोहराते हैं तो क्या होगा? क्या वस्तु का वेग घटेगा? क्या वस्तु कभी विरामावस्था में आएगी अथवा सदैव गतिमान रहेगी?

वैज्ञानिक-परिचय

प्राचीन काल से यह विदित था कि किसी स्थिर वस्तु को गति प्रदान करने अथवा किसी गतिमान वस्तु को विरामावस्था में लाने के लिए बल की आवश्यकता होती है। परंतु क्या किसी वस्तु को नियत वेग से गतिमान बनाए रखने के लिए भी बल की आवश्यकता होती है? युगों तक यह गलत धारणा बनी रही कि किसी वस्तु को नियत वेग से गतिमान बनाए रखने के लिए वास्तव में बल की आवश्यकता होती है। सत्रहवीं शताब्दी में ही **गैलीलियो गैलिली** ने कई विचार प्रयोगों के माध्यम से यह दर्शाया कि यदि कोई वस्तु क्षैतिज तल पर गति करती है और उसकी गति में आने वाली सभी बाधाओं को हटा दिया जाए तो वह अनिश्चित काल तक गतिमान रहेगी।

वैज्ञानिक-परिचय

आइजैक न्यूटन ने वस्तुओं की विराम अथवा एकसमान गति की अवस्था में परिवर्तन का विरोध करने की उनकी प्रवृत्ति का वर्णन करने के लिए 'जड़त्व' (inertia) शब्द का प्रयोग किया और इस विचार का उपयोग करके उन्होंने गति का अपना प्रथम नियम प्रतिपादित किया। इसके साथ ही न्यूटन ने वर्ष 1687 में गति के दो और नियम प्रस्तुत किए। इन तीन गति के नियमों की प्रस्तुति विज्ञान के इतिहास में एक महत्त्वपूर्ण क्षण था। बल के मात्रक का नाम न्यूटन उन्हीं के नाम पर रखा गया है। स्मरण रखिए कि जब किसी मात्रक का नाम किसी व्यक्ति के नाम पर रखा जाता है तो उसका पूरा नाम अंग्रेजी में छोटे अक्षर से प्रारंभ होता है (newton न कि Newton) जबकि उसका प्रतीक बड़े अक्षर से लिखा जाता है (N, न कि n)।

6.4 न्यूटन का गति का प्रथम नियम

न्यूटन के गति के प्रथम नियम का कथन इस प्रकार है—

कोई वस्तु विरामावस्था में है तो वह विरामावस्था में ही रहेगी और यदि गति की अवस्था में है तो नियत वेग से गति करती रहेगी जब तक कि उस पर कोई परिणामी बल कार्य न करे।

दूसरे शब्दों में हम कह सकते हैं कि यदि किसी वस्तु पर लगने वाला परिणामी बल शून्य है तो वस्तु न तो गति करना आरंभ कर सकती है और न ही अपने वेग में परिवर्तन कर सकती है। ऐसी स्थिति में उसका त्वरण शून्य होता है।

टिप्पणी

किसी वस्तु के विरामावस्था में होने का अर्थ है कि उसका वेग शून्य है। स्मरण रखिए कि नियत वेग का अर्थ वेग के परिमाण या दिशा में कोई परिवर्तन नहीं होता है। यदि यह नियत वेग शून्य नहीं है तो गति एक सीधी रेखा में एक ही दिशा में होती है और वेग का परिमाण समान रहता है।

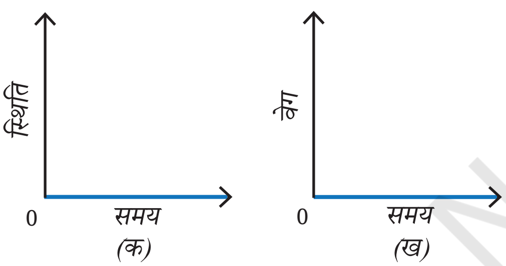
© NCERT not to be republished

उदाहरण 6.2 — कोई व्यक्ति किसी गतिमान बक्से पर आगे की दिशा में बल लगा रहा है जो बक्से की निचली सतह और फर्श के मध्य लगने वाले घर्षण बल के बराबर है। क्या यह बक्सा गतिमान रहेगा अथवा कुछ समय पश्चात विरामावस्था में आ जाएगा?

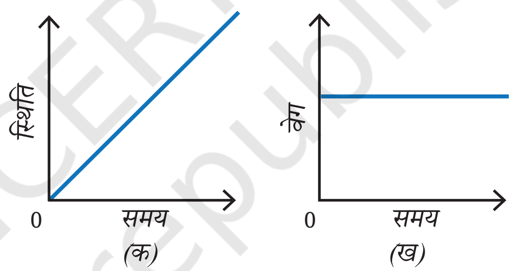
उत्तर — घर्षण बल बक्से पर पीछे की दिशा में कार्य करेगा। बक्से पर लगने वाले दोनों बल बराबर और विपरीत हैं, इसलिए वे एक-दूसरे को संतुलित करते हैं। बक्से पर लगने वाला परिणामी बल शून्य है और न्यूटन के गति के प्रथम नियम के अनुसार बक्सा नियत वेग से गतिमान रहेगा।

उदाहरण 6.3 — किसी ऐसी वस्तु के लिए जिस पर कोई परिणामी बल कार्य नहीं कर रहा है (i) स्थिति-समय ग्राफ और (ii) वेग-समय ग्राफ बनाइए।

उत्तर — जब किसी वस्तु पर कोई परिणामी बल कार्य नहीं कर रहा होता है तो दो संभावनाएँ होती हैं — या तो वस्तु विरामावस्था में है या फिर यह नियत वेग से गतिमान है। यदि वस्तु विरामावस्था में है तो उसकी स्थिति समय के साथ परिवर्तित नहीं होगी और उसका स्थिति-समय ग्राफ चित्र 6.15 (क) में दर्शाया गया है। उसका वेग शून्य रहेगा और उसका वेग-समय ग्राफ चित्र 6.15 (ख) में दर्शाया गया है। यदि वस्तु नियत वेग से गतिमान है और उस पर कोई परिणामी बल कार्य नहीं कर रहा है तो वह उसी वेग से गतिमान रहेगी और उसका वेग-समय ग्राफ चित्र 6.16 (ख) में दर्शाया गया है। स्थिति-समय ग्राफ चित्र 6.16 (क) में दर्शाए गए अनुसार एक सीधी रेखा होगी।



चित्र 6.15 — विरामावस्था में रखी वस्तु का (क) स्थिति-समय ग्राफ (ख) वेग-समय ग्राफ



चित्र 6.16 — नियत वेग से गतिमान वस्तु का (क) स्थिति-समय ग्राफ (ख) वेग-समय ग्राफ

सोचिए और बताइए

3. एक वस्तु नियत वेग से गति कर रही है। क्या उस पर कोई परिणामी बल कार्य कर रहा है?
4. मान लीजिए किसी वस्तु पर कोई परिणामी बल कार्य नहीं कर रहा है। निम्नलिखित में से कौन-सी स्थितियाँ संभव हैं?
   (i) यदि वस्तु विरामावस्था में है तो वह विरामावस्था में ही रहेगी।
   (ii) यदि वस्तु पहले से गतिमान है तो वह नियत वेग से गति करती रहेगी।
   (iii) वस्तु नियत त्वरण से गति कर रही है।
5. दैनिक जीवन में ऐसी स्थिति खोजना कठिन है जहाँ किसी वस्तु पर कोई बल न लग रहा हो। परंतु अनेक बल लगाकर ऐसी स्थिति प्राप्त की जा सकती है जहाँ वस्तु पर लगने वाला परिणामी बल शून्य हो। एक उदाहरण की सहायता से समझाइए।

न्यूटन का गति का प्रथम नियम किसी वस्तु की गति का वर्णन उस स्थिति में करता है जब उस पर कोई परिणामी बल नहीं लग रहा हो। यह पूछना स्वाभाविक है कि यदि किसी वस्तु पर कोई परिणामी बल लग रहा हो तो इसका उसकी गति पर क्या प्रभाव पड़ता है। न्यूटन का गति का द्वितीय नियम इसी प्रश्न का उत्तर देता है।

टिप्पणी

यदि घर्षण बल शून्य है तो किसी वस्तु को विरामावस्था से गति की अवस्था में लाने के लिए उस पर एक परिणामी बल लगाना होगा। परंतु एक बार वस्तु गति में आ जाए तो उसे नियत वेग से गतिमान रखने के लिए किसी और बल की आवश्यकता नहीं होती। तथापि वस्तु के वेग में (परिमाण या दिशा या दोनों में) परिवर्तन करने अथवा किसी गतिमान वस्तु को रोकने के लिए उस पर एक बल लगाना होगा।

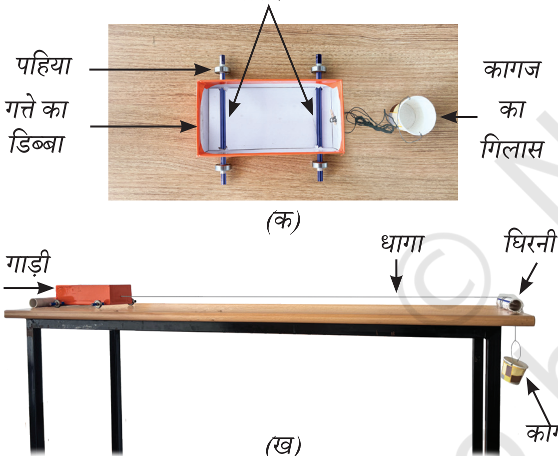
© NCERT not to be republished

6.5 न्यूटन का गति का द्वितीय नियम

आप जानते हैं कि किसी वस्तु पर लगने वाला बल वस्तु को विराम से गति की अवस्था में ला सकता है एवं उसे गति की अवस्था से विरामावस्था में ला सकता है अथवा उसके वेग को परिवर्तित कर सकता है। वेग में परिवर्तन का अर्थ है कि वस्तु त्वरित (अर्थात उसकी गति धीमी या तीव्र) हो रही है। इस प्रकार बल त्वरण उत्पन्न करता है परंतु किसी वस्तु पर लगने वाले परिणामी बल और उसके त्वरण के मध्य क्या संबंध होता है?

वैज्ञानिक की भाँति सोचिए

अपने दैनिक अनुभवों से आप जानते हैं कि यदि किसी रुकी हुई गेंद को धीरे से धक्का दिया जाए तो यह विरामावस्था से धीरे-धीरे गति प्राप्त करती है अर्थात इसमें आपके द्वारा लगाए गए बल के कारण उत्पन्न त्वरण कम होता है। दूसरी ओर तेज धक्का देने पर गेंद तेजी से गति करने लगती है अर्थात आपके द्वारा लगाए गए अधिक बल के कारण त्वरण अधिक होता है। इसलिए अपने अनुभवों के आधार पर आप एक परिकल्पना (hypothesis) कर सकते हैं— एक ही वस्तु पर अधिक बल लगाने से इसकी गति में अधिक त्वरण होता है (या कम बल लगाने से कम त्वरण होता है)। आप अपनी परिकल्पना का परीक्षण किस प्रकार कर सकते हैं? आपको एक ऐसे क्रियाकलाप के विषय में विचार करना होगा जहाँ आप एक ही वस्तु और एक ही सतह पर अलग-अलग परिमाण के बल लगाकर परिणामी त्वरण ज्ञात कर सकें। आप अलग-अलग परिमाण के बल कैसे लगा सकते हैं? आपने विगत कक्षा में गुरुत्वाकर्षण बल अर्थात उस बल के विषय में अध्ययन किया है जिससे पृथ्वी किसी वस्तु को अपनी ओर खींचती है। कक्षा 8 जिज्ञासा अध्याय 5 इसे किसी वस्तु का भार कहा जाता है और यह अलग-अलग वस्तुओं के लिए अलग-अलग होता है। अत: आप अलग-अलग परिमाण के भार का उपयोग करके अलग-अलग परिमाण के बल लगा सकते हैं।



चित्र 6.17 — (क) गाड़ी, (ख) गाड़ी और घिरनी का निकाय

क्रियाकलाप 6.3 — आइए, प्रयोग करें (निदर्शन क्रियाकलाप)

यह क्रियाकलाप शिक्षक के मार्गदर्शन में कक्षा समूह गतिविधि के रूप में करने की अनुशंसा की जाती है।

1. चार बॉल बेयरिंग वाले पहिए, दो पेंसिल, एक खाली गत्ते का डिब्बा (गाड़ी बनाने के लिए), एक कागज का गिलास, पाइप का एक टुकड़ा (घिरनी (pulley) के रूप में उपयोग करने के लिए), एक धागे का टुकड़ा (1–2 m), कुछ सिक्के या अन्य वस्तुएँ (गिलास में रखने के लिए) और द्रव्यमान मापने के लिए एक तुला लीजिए।
2. डिब्बे के आमने-सामने वाले दो पार्श्वों में निचली सतह के पास छेद करके दो पेंसिलें डालिए जो धुरी का कार्य करेंगी और उनके प्रत्येक खुले सिरों पर एक-एक पहिया लगाइए जैसा कि चित्र 6.17 (क) में दर्शाया गया है (यदि पहिए ढीले हैं तो पहियों को कसकर फिट करने के लिए पेंसिल के सिरों पर आसंजक टेप लपेटिए)। डिब्बे के सामने वाले पार्श्व के मध्य में एक धागा बाँधिए जिसके द्वारा आप गाड़ी को खींच सकते हों।
3. मेज पर एक सिरे के निकट कोई सरल रेखा खींचिए जो गाड़ी का आरंभिक बिंदु होगी। मेज के दूसरे सिरे पर लगे एक छोटे पाइप पर धागा डालिए (चित्र 6.17 ख)। इस धागे से एक गिलास बाँधिए जिसमें आप कुछ वस्तुएँ रख सकें। जैसे ही आप इस निकाय को गति के लिए मुक्त करेंगे पृथ्वी के गुरुत्वाकर्षण बल के कारण गिलास नीचे की ओर खिसकेगा और धागा गाड़ी को एक नियत बल से खींचेगा।
4. गिलास और उसके भीतर रखी अन्य वस्तुओं का द्रव्यमान तुला की सहायता से मापिए।

© NCERT not to be republished

5. गाड़ी की विलंबित दृश्य गति (slow motion) वीडियो रिकॉर्ड करना आरंभ कीजिए (शिक्षक अपने मोबाइल फोन का उपयोग कर सकते हैं)। गाड़ी को आरंभिक बिंदु से छोड़िए और मेज के दूसरे सिरे पर लगे पाइप पर पहुँचने तक की इसकी गति का वीडियो बनाइए।
6. विलंबित दृश्य गति का वीडियो देखकर गाड़ी को छोड़ने और मेज के अंत तक पहुँचने के समय को अभिलेखित कीजिए और इस समय-अंतराल को T_1 के रूप में अभिलेखित कीजिए।
7. अब वस्तुओं सहित गिलास का द्रव्यमान, दोगुना कीजिए और चरण 5 और 6 को दोहराकर समय-अंतराल T_2 अभिलेखित कीजिए।

आइए, मापे गए समय के मानों का उपयोग करके कुछ विश्लेषण करें। दोनों स्थितियों में गाड़ी शून्य वेग $u = 0$ से गति प्रारंभ करती है और समान दूरी s तय करती है। यदि a_1 और a_2 क्रमशः दोनों स्थितियों में त्वरण हैं, तो गति के समीकरण (equation) का उपयोग करके हमें प्राप्त होता है—

$$s = \frac{1}{2} a_1 T_1^2 \quad \text{तथा} \quad s = \frac{1}{2} a_2 T_2^2$$

दोनों समीकरणों की तुलना करने पर हमें प्राप्त होता है—

$$\frac{a_1}{a_2} = \frac{T_2^2}{T_1^2}$$

T_1 और T_2 के मानों को प्रतिस्थापित करने पर आप पाते हैं कि जब आप गाड़ी का द्रव्यमान समान रखते हुए बल बढ़ाते हैं तो त्वरण बढ़ जाता है।

आप यह निष्कर्ष निकाल सकते हैं कि नियत द्रव्यमान वाली वस्तु का त्वरण उस पर लगाए गए परिणामी बल के बढ़ने के साथ बढ़ता है।

वैज्ञानिक की भाँति सोचिए

क्या किसी वस्तु का त्वरण बल के अतिरिक्त किसी अन्य कारक पर भी निर्भर करता है? दैनंदिन (everyday) अनुभवों से आप जानते हैं कि समान परिमाण के बल का उपयोग करके भारी वस्तुओं की तुलना में हल्की वस्तुओं को गति में लाना सुगम होता है। इससे एक अन्य परिकल्पना भी सामने आती है कि समान बल लगाने पर कम द्रव्यमान वाली वस्तु में त्वरण अधिक होता है (या अधिक द्रव्यमान वाली वस्तु में त्वरण कम होता है)। आप किस प्रकार अपनी दूसरी परिकल्पना का परीक्षण कर सकते हैं?

क्रियाकलाप 6.4 — आइए, प्रयोग करें (निदर्शन क्रियाकलाप)

इस क्रियाकलाप को कक्षा में शिक्षक के मार्गदर्शन के अंतर्गत समूह क्रियाकलाप के रूप में करने की अनुशंसा की जाती है।

1. क्रियाकलाप 6.3 को एक परिवर्तन के साथ दोहराइए। गिलास और उसके भीतर रखी वस्तुओं का द्रव्यमान नियत रखिए। गाड़ी में और वस्तुएँ डालकर उसका द्रव्यमान दोगुना कर दीजिए।
2. एक तुला द्वारा गाड़ी और उसके भीतर रखी वस्तुओं का द्रव्यमान मापिए।
3. क्रियाकलाप 6.3 के चरण 5 और 6 निष्पादित कीजिए।

मापे गए समय के मानों का उपयोग करके इन दो स्थितियों के लिए त्वरण का अनुपात ज्ञात कीजिए। क्या आप पाते हैं कि समान बल के लिए जब आपने गाड़ी का द्रव्यमान बढ़ाया तो त्वरण कम हो गया? इसका अर्थ है कि किसी दिए गए बल के परिमाण के लिए उत्पन्न त्वरण वस्तु के द्रव्यमान के व्युत्क्रमानुपाती होता है।

बल, द्रव्यमान और त्वरण के मध्य का संबंध न्यूटन के द्वितीय नियम में व्यक्त किया गया है जो संपूर्ण विज्ञान के सबसे मूलभूत विचारों में से एक है। **न्यूटन के गति के द्वितीय नियम** का कथन अग्रलिखित है—

© NCERT not to be republished

जिज्ञासा-सूत्र

1 N बल कितना होता है यह अनुभूति हम कैसे कर सकते हैं? यदि आप अपनी हथेली में 100 ग्राम द्रव्यमान रखते हैं तो आपकी हथेली द्वारा इस द्रव्यमान पर ऊपर की ओर लगाया गया बल लगभग 1 N होता है।

जब किसी वस्तु पर कोई परिणामी बल कार्य करता है तो वस्तु परिणामी बल की दिशा में त्वरित होती है। त्वरण का परिमाण परिणामी बल के परिमाण के समानुपाती होता है और वस्तु के द्रव्यमान के व्युत्क्रमानुपाती (inversely proportional) होता है।

गणितीय रूप से इसे इस प्रकार व्यक्त किया जा सकता है—

$$a = \frac{F}{m} \qquad (6.1)$$

या $$F = ma \qquad (6.2)$$

जहाँ a त्वरण, F बल और m वस्तु का द्रव्यमान दर्शाता है। त्वरण की दिशा वही होती है जो परिणामी बल की दिशा होती है।

आप जानते हैं कि द्रव्यमान और त्वरण के SI मात्रक क्रमशः kg और m s^{-2} हैं। यदि m = 1 kg, a = 1 m s^{-2}, तो समीकरण (6.2) का उपयोग करके हमें प्राप्त होता है—

$$F = (1\ \text{kg}) \times (1\ \text{m s}^{-2}) = 1\ \text{kg m s}^{-2} = 1\ \text{N}$$

एक न्यूटन बल को उस बल के रूप में परिभाषित किया जाता है जो 1 kg द्रव्यमान वाली वस्तु में 1 m s^{-2} का त्वरण उत्पन्न करता है।

टिप्पणी

किसी वस्तु पर पृथ्वी द्वारा लगाए गए गुरुत्वाकर्षण बल के कारण त्वरण (g) वस्तु के द्रव्यमान पर निर्भर नहीं करता है।

आप जानते हैं कि गुरुत्वाकर्षण बल के प्रभाव में कोई वस्तु पृथ्वी की ओर गिरती है। इस गति के दौरान वस्तु के त्वरण को **पृथ्वी द्वारा लगाए गए गुरुत्वाकर्षण बल के कारण गुरूत्वीय त्वरण** कहा जाता है और इसे g से दर्शाया जाता है। इसका मात्रक त्वरण के मात्रक के समान m s^{-2} है। समीकरण (6.2) का उपयोग करके, m द्रव्यमान की वस्तु पर लगने वाला गुरुत्वाकर्षण बल है—

$$F = mg \qquad (6.3)$$

पृथ्वी द्वारा लगाए गए गुरुत्वाकर्षण बल के कारण त्वरण का मान g = 9.8 m s^{-2} है। इसे पृथ्वी की सतह के निकट लगभग नियत माना जा सकता है। त्वरित आकलनों के लिए g = 10 m s^{-2} भी लिया जा सकता है।

जिज्ञासा-सूत्र

समीकरण (6.1) के अनुसार क्रियाकलाप 6.3 में गाड़ी पर लगने वाले बल को दोगुना करने से आपके द्वारा मापे गए त्वरण को भी दोगुना हो जाना चाहिए था परंतु वास्तविक मापन में आपको त्वरण में वृद्धि दो गुना से थोड़ी कम मिली होगी। इसी प्रकार क्रियाकलाप 6.4 में जब आपने गाड़ी के द्रव्यमान को दोगुना किया तो त्वरण आधा हो जाना चाहिए था परंतु आपको थोड़ा भिन्न मान प्राप्त हुआ होगा। मापन त्रुटियों के अतिरिक्त गाड़ी के पहियों और सतह के मध्य घर्षण के कारण भी इस प्रकार का अंतर आ सकता है।

आइए, और चिंतन करें

न्यूटन के द्वितीय नियम को अधिक संपूर्णता से संवेग (momentum) के पदों में व्यक्त किया जाता है। किसी वस्तु का संवेग उसके द्रव्यमान और वेग के गुणनफल के रूप में परिभाषित किया जाता है। संवेग की दिशा वही होती है जो वेग की दिशा होती है। न्यूटन के गति के द्वितीय नियम का कथन इस प्रकार है कि किसी वस्तु के संवेग में परिवर्तन की दर परिणामी बल के समानुपाती (proportional) होती है और परिवर्तन उसी दिशा में होता है जिसमें परिणामी बल कार्य करता है। इस रूप में व्यक्त न्यूटन का द्वितीय नियम ऐसी स्थितियों में भी मान्य होता है जहाँ वस्तु का द्रव्यमान नियत नहीं होता है।

चित्र 6.18 — क्रिकेट की गेंद को पकड़ना

न्यूटन का गति का द्वितीय नियम प्रकृति का मूलभूत नियम माना जाता है। हमारे आस-पास की कई घटनाओं को न्यूटन के गति के द्वितीय नियम के आधार पर समझाया जा सकता है।

क्रिकेट के खेल में आपने देखा होगा कि तीव्र गति से आती गेंद को पकड़ते समय क्षेत्ररक्षक (fielder) धीरे-धीरे अपने हाथों को पीछे की ओर खींचता है (चित्र 6.18)। ऐसा करने से गेंद के उच्च वेग के शून्य होने की अवधि बढ़ जाती है। इससे गेंद के त्वरण का परिमाण कम हो जाता है क्योंकि यह

© NCERT not to be republished

धीमी हो जाती है, जिससे गेंद को रोकने के लिए क्षेत्ररक्षक द्वारा कम बल लगाने की आवश्यकता होती है। गतिमान गेंद पर कम बल लगाने से क्षेत्ररक्षक को चोट लगने की संभावना भी कम हो जाती है।

विज्ञान एवं समाज

वाहनों में एयरबैग लगाए जाने के पीछे भी यही कारण है (चित्र 6.19)। टक्कर होने और वाहन के अचानक विराम की स्थिति में आने पर एयरबैग तीव्रता से फूलकर एक नरम, संपीड्य गद्दी जैसा बन जाता है। सीधे स्टीयरिंग व्हील या डैशबोर्ड से टकराने के स्थान पर वाहन-चालक एवं यात्रियों का सिर और छाती एयरबैग से टकराते हैं और इस प्रकार टक्कर में लगने वाला समय बढ़ जाता है जिससे त्वरण कम हो जाता है। कम त्वरण का अर्थ है व्यक्ति पर लगने वाले बल का कम होना, परिणामस्वरूप गंभीर चोट लगने की संभावना का कम हो जाना, विशेषकर तब जब कुर्सी के साथ पेटी लगाई गई हो।

चित्र 6.19 — वाहन में फूला हुआ एयरबैग

चित्र 6.20 — एक ही बार में नारियल को तोड़ना

क्या आपने कभी एक ही बार में ताजा नारियल तोड़ने का प्रयास किया है? इसे अत्यंत तीव्र वेग से किसी कठोर सतह से टकराया जाता है (चित्र 6.20)। सतह से टकराते ही नारियल बहुत कम समय में रुक जाता है। इसके वेग में इतनी शीघ्रता से परिवर्तन करने के लिए धरती को इस पर बहुत अधिक बल लगाना पड़ता है। यह अधिक बल नारियल को तोड़ देता है।

उदाहरण 6.4 — कोई भारोत्तोलक 10 kg द्रव्यमान वाली भारोत्तोलक दंड को पकड़े हुए है जिसके दोनों ओर क्रमश: 10–10 kg द्रव्यमान की चकतियाँ स्थिर हैं (चित्र 6.8)। इस निकाय को स्थिर रखने के लिए वह कितना बल लगा रही है?

उत्तर — चकतियों सहित भारोत्तोलक दंड का कुल द्रव्यमान 30 kg है। पृथ्वी के कारण इस पर नीचे की ओर लगने वाला गुरुत्वाकर्षण बल (समीकरण 6.3 के उपयोग से) है—

$$F = mg = 30\text{ kg} \times 9.8\text{ m s}^{-2} = 294\text{ N}$$

चकतियों सहित भारोत्तोलक दंड को स्थिर रखने के लिए भारोत्तोलक को विपरीत दिशा में समान बल लगाना पड़ता है। अत: वह ऊपर की ओर 294 N बल लगा रही है।

उदाहरण 6.5 — कोई विद्यार्थी क्षैतिज सतह पर विरामावस्था में रखे 25 kg के एक गुटके को धकेलने का प्रयास कर रहा है। क्षैतिज गुटके की गति का विरोध करने वाला अधिकतम घर्षण बल 50 N है। यदि यह विद्यार्थी इसे (i) 50 N और (ii) 55 N के नियत बल से आगे की दिशा में धकेलता है तो 2 सेकंड में गुटके का विस्थापन ज्ञात कीजिए।

उत्तर —

(i) विद्यार्थी द्वारा लगाया गया बल विरोध में लगे घर्षण बल के बराबर है। इस प्रकार दोनों बल संतुलित हैं और गुटके पर लगने वाला परिणामी बल शून्य है। अत: गुटका स्थिर रहेगा।

(ii) गुटके पर लगने वाला परिणामी बल 55 N – 50 N = 5 N है।

गुटके का द्रव्यमान 25 kg है, न्यूटन के गति के द्वितीय नियम का उपयोग करने पर गुटके का त्वरण है—

$$a = \frac{F}{m} = \frac{5\text{ N}}{25\text{ kg}} = \frac{5\text{ kg m s}^{-2}}{25\text{ kg}} = 0.2\text{ m s}^{-2}$$

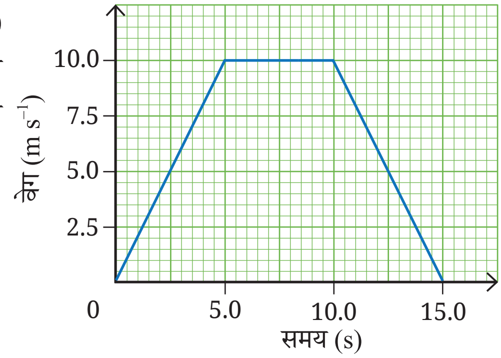
गति के समीकरण का उपयोग करते हुए गुटके का 2 सेकंड में विस्थापन

$$s = ut + \frac{1}{2}at^2 = [0\text{ m s}^{-1} \times 2\text{ s}] + \left[\frac{1}{2} \times 0.2\text{ m s}^{-2} \times (2\text{ s})^2\right] = 0.4\text{ m}$$ आगे की दिशा में होगा।

© NCERT not to be republished

उदाहरण 6.6 — पूर्व दिशा की ओर गतिमान 1500 kg द्रव्यमान वाली एक स्पोर्ट्स कार का वेग-समय ग्राफ चित्र 6.21 में दर्शाया गया है। कार पर लगने वाले बल का परिकलन कीजिए।

(i) 0 s से 5 s तक की समयावधि में
(ii) 5 s से 10 s तक की समयावधि में
(iii) 10 s से 15 s तक की समयावधि में



चित्र 6.21 — एक स्पोर्ट्स कार का वेग-समय ग्राफ

उत्तर —

(i) 0 s से 5 s की अवधि में—

चूँकि वेग-समय ग्राफ समय-अक्ष पर झुकी हुई एक सीधी रेखा है जो कि यह इंगित करती है कि स्पोर्ट्स कार इस समयावधि मे नियत त्वरण से गतिमान है, जहाँ $u = 0\ \text{m s}^{-1}$, $v = 10\ \text{m s}^{-1}$ और $t = 5$ s है।

गति के समीकरण $v = u + at$ का उपयोग करके, हम त्वरण ज्ञात कर सकते हैं, अतः

$10\ \text{m s}^{-1} = 0\ \text{m s}^{-1} + (a \times 5\ \text{s})$

$a = 2\ \text{m s}^{-2}$

अब न्यूटन के गति के द्वितीय नियम $F = ma$ का उपयोग करके हम स्पोर्ट्स कार पर लगने वाला बल ज्ञात कर सकते हैं।

$F = 1500\ \text{kg} \times 2\ \text{m s}^{-2} = 3000\ \text{N}$, जो पूर्व दिशा की ओर कार्य कर रहा है।

(ii) 5 s से 10 s की अवधि में—

चूँकि वेग-समय ग्राफ समय-अक्ष के समानांतर एक सीधी रेखा है। यह दर्शाता है कि स्पोर्ट्स कार नियत वेग से चल रही है। अतः स्पोर्ट्स कार पर कोई परिणामी बल कार्य नहीं कर रहा है।

(iii) 10 s से 15 s की अवधि में—

चूँकि वेग-समय ग्राफ समय-अक्ष पर झुकी हुई एक सीधी रेखा है, यह दर्शाता है कि इस समयावधि में स्पोर्ट्स कार नियत त्वरण से गतिमान है, जहाँ $u = 10\ \text{m s}^{-1}$, $v = 0\ \text{m s}^{-1}$ और $t = 5$ s है। गति के समीकरण $v = u + \text{at}$ का उपयोग करके हम त्वरण ज्ञात कर सकते हैं—

$0\ \text{m s}^{-1} = 10\ \text{m s}^{-1} + (a \times 5\ \text{s})$

$a = -2\ \text{m s}^{-2}$

अब न्यूटन के गति के द्वितीय नियम $F = ma$ का उपयोग करके, हम स्पोर्ट्स कार पर लगने वाले बल को ज्ञात कर सकते हैं—

$F = 1500\ \text{kg} \times (-2\ \text{m s}^{-2}) = -3000\ \text{N}$

ऋणात्मक चिह्न दर्शाता है कि बल गति की दिशा के विपरीत दिशा में अर्थात पश्चिम की ओर कार्य कर रहा है।

सोचिए और बताइए

6. 100 g द्रव्यमान वाली एक खिलौना कार $0.5\ \text{m s}^{-1}$ के नियत वेग से गतिमान है। खिलौना कार पर लगने वाला परिणामी बल क्या है?
7. अलग-अलग द्रव्यमान वाले दो बच्चे एक जैसे झूलों (swings) पर बैठे हैं। दोनों बच्चों को समान प्रारंभिक त्वरण देने के लिए आपको किस बच्चे पर अधिक बल लगाने की आवश्यकता होगी? कारण बताइए।
8. काँच की वस्तुओं को परिवहन के समय क्षति से बचाने के लिए बुलबुलों वाली प्लास्टिक शीट अथवा सूखी घास में लपेटा जाता है?

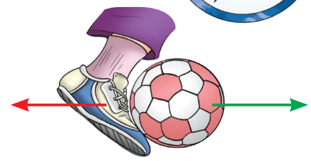
not to be republished © NCERT

6.6 न्यूटन का गति का तृतीय नियम

हमने यह समझा है कि किसी वस्तु पर कोई परिणामी बल लगा हो तो वह वस्तु कैसा व्यवहार करती है। परंतु वस्तु पर बल लगता कैसे है? आपको स्मरण होगा हमने सीखा था कि बल लगने के लिए कम-से-कम दो वस्तुओं का परस्पर क्रिया करना आवश्यक है?

कक्षा 8 जिज्ञासा अध्याय 5

क्या आपने अनुभव नहीं किया है कि जब आप अपने पैर से गेंद को धक्का देते हैं तो आपको गेंद द्वारा अपने पैर पर लगाए गए बल की अनुभूति होती है (चित्र 6.22)? ऐसी स्थिति में स्वाभाविक है कि आप यह पूछें कि इस प्रक्रिया में ये दोनों वस्तुएँ किस प्रकार प्रभावित होती हैं। न्यूटन का तृतीय नियम इसी प्रश्न का उत्तर देता है।



चित्र 6.22 — गेंद को ठोकर मारना

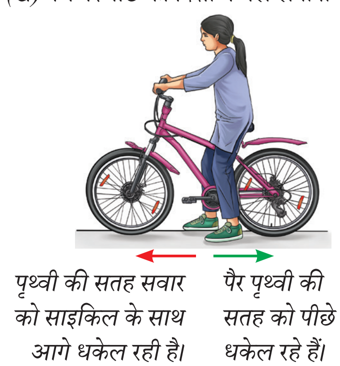
क्रियाकलाप 6.5 — आइए, अन्वेषण करें

1. पहियों वाली एक कुर्सी तथा एक बड़ी और भारी मेज लीजिए।
2. कुर्सी पर बैठिए। अपने पैरों को फर्श से थोड़ा ऊपर उठा लीजिए। अब अपने दोनों हाथों का उपयोग करके मेज को अपने से दूर धकेलिए अर्थात चित्र 6.23 (क) में दर्शाए अनुसार मेज पर आगे की दिशा में बल लगाइए। आप क्या अनुभव करते हैं? क्या जिस कुर्सी पर आप बैठे हैं वह विपरीत दिशा में गति करती है?
3. अब मेज को अपनी ओर खींचने का प्रयास कीजिए अर्थात चरण 2 की विपरीत दिशा में मेज पर बल लगाइए (चित्र 6.23 ख)। अब आपकी कुर्सी किस दिशा में गति करती है?

चित्र 6.23 — मेज पर बल लगाना
(क) मेज पर आगे की दिशा में बल लगाना,
(ख) मेज पर पीछे की दिशा में बल लगाना

इस क्रियाकलाप से आप क्या निष्कर्ष निकाल सकते हैं? प्रत्येक बार जब आपने मेज पर बल लगाया तो मेज ने आप पर बल विपरीत दिशा में लगाया। आपने इसे कई अन्य स्थितियों में भी अनुभव किया होगा।

यदि आप साइकिल पर बैठे हैं और बिना पैडल मारे आगे की ओर गति करना चाहते हैं तो आप क्या करते हैं (चित्र 6.24)? आप अपने पैरों से पृथ्वी की सतह को पीछे की ओर धकेलते हैं जिससे आप और साइकिल दोनों आगे की ओर गति करते हैं। ऐसा इसलिए होता है क्योंकि आपके पैर पृथ्वी की सतह पर बल लगाते हैं और पृथ्वी की सतह आपके पैरों पर विपरीत दिशा में बल लगाती है। इसी कारण आप साइकिल के साथ आगे की ओर गति करते हैं।

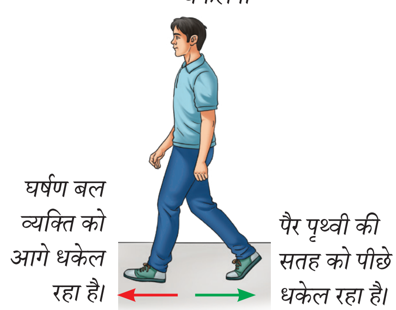


चित्र 6.24 — पृथ्वी की सतह को पीछे धकेलना

चलते या दौड़ते समय आप क्या करते हैं? वास्तव में चलते या दौड़ते समय भी आप उपर्युक्त प्रक्रिया ही अपनाते हैं। आप अपने पैरों से पृथ्वी की सतह को पीछे की ओर धकेलते हैं (चित्र 6.25)। पृथ्वी की सतह आपके पैरों पर विपरीत दिशा मे बल लगाती है जिससे आप आगे की ओर गति करते हैं। पृथ्वी की सतह द्वारा लगाया गया यह बल घर्षण के रूप में होता है। अत: इस स्थिति में घर्षण आपको आगे बढ़ने में सहायता करता है, न कि आपकी गति का विरोध करता है।

विज्ञान एवं समाज

किसी सतह पर चलते या दौड़ते समय जब आप अपने पैर से उस सतह को पीछे की ओर धकेलते हैं अर्थात जब आपका पैर पीछे की ओर फिसलने का प्रयास करता है तो घर्षण बल आगे की दिशा में कार्य करता है। यदि घर्षण बल न होता तो पृथ्वी को धकेलने के प्रयास में आपका पैर पीछे की ओर फिसल जाता और आप गिर जाते। जूतों के तलवों पर खाँचे बनाए जाते हैं जिससे सतह और तलवों के मध्य घर्षण बल बढ़ सके। इसी प्रकार वाहनों के टायरों पर बने खाँचे, टायरों और सड़क के मध्य घर्षण बल को बढ़ाने में सहायता करते हैं। अब आप समझ सकते हैं कि गीली या चिकनी सतह या बर्फ पर चलना क्यों कठिन होता है या जल अथवा बर्फ से ढकी हुई सड़कों पर गाड़ी चलाना क्यों चुनौतीपूर्ण होता है।



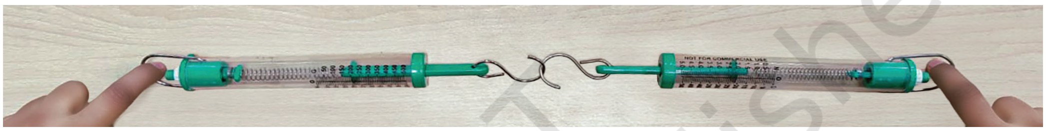
चित्र 6.25 — चलने की प्रक्रिया

© NCERT not to be republished

प्रयोगों में यह पाया गया कि दो वस्तुओं के बीच परस्पर लगने वाले बलों का परिमाण बराबर होता है। क्या आपकी दृष्टि में इस तथ्य के अवलोकन की कोई व्यावहारिक विधि है? आप जानते हैं कि कमानीदार तुला का उपयोग करके बल का परिमाण किस प्रकार से मापा जाता है। आइए, दो कमानीदार तुलाओं का उपयोग करके क्रियाकलाप करें।

क्रियाकलाप 6.6 — आइए, सत्यापित करें

1. दो सर्वसम कमानीदार तुला लीजिए।
2. उन्हें एक मेज पर क्षैतिज स्थिति में रखिए और चित्र 6.26 में दर्शाए अनुसार उनके हुक आपस में जोड़िए। एक कमानीदार तुला के मुक्त सिरे को किसी अचल वस्तु से बाँध दीजिए अन्यथा अपने हाथ में स्थिर पकड़ कर रखिए।
3. कल्पना कीजिए कि आप दूसरे कमानीदार तुला के मुक्त सिरे को अपने दूसरे हाथ से खींच रहे हैं। **पूर्वानुमान लगाइए** कि यदि दोनों कमानीदार तुला स्थिर हों तो उनके पाठ्यांकों में क्या संबंध होगा?
4. अब चरण 3 को दोहराइए। आपके द्वारा लगाए गए बल के परिमाण को परिवर्तित करके इसे कई बार दोहराइए। क्या आपका अवलोकन आपके पूर्वानुमान के समान है?



चित्र 6.26 — दो आपस में जुड़ी हुई कमानीदार तुलाएँ विपरीत दिशाओं में खींची जा रही हैं।

दोनों कमानीदार तुलाओं के पैमानों का पाठ्यांक प्रत्येक बार एक जैसा होता है। यह क्या दर्शाता है? यह दर्शाता है कि उनके द्वारा एक-दूसरे पर विपरीत दिशा में लगाए गए बल परिमाण में बराबर हैं।

इन सभी प्रेक्षणों को **न्यूटन के गति के तृतीय नियम** में संक्षिप्त रूप में व्यक्त किया गया है, जिसका कथन निम्नवत है—

जब भी कोई वस्तु किसी दूसरी वस्तु पर बल लगाती है तो दूसरी वस्तु भी उसी समय पहली वस्तु पर बराबर बल विपरीत दिशा में लगाती है।

चित्र 6.27 — एक व्यक्ति नारियल के पेड़ पर चढ़ रहा है।

टिप्पणी

बल सदैव युग्मों (pairs) में होते हैं परंतु स्मरण रखिए कि ये दोनों बल दो अलग-अलग वस्तुओं पर लगते हैं।

दैनिक जीवन के कई प्रेक्षणों को न्यूटन के गति के तृतीय नियम के आधार पर समझा जा सकता है। आपने संभवत: किसी व्यक्ति को नारियल या ताड़ के वृक्ष पर चढ़ते हुए देखा होगा (चित्र 6.27)। पूर्णत: ऊर्ध्वाधर वृक्ष पर चढ़ने वाले व्यक्ति के पैर तने पर नीचे की ओर धक्का देते हैं। तने और व्यक्ति के पैरों के मध्य घर्षण व्यक्ति को ऊपर की ओर बराबर बल से धकेलता है। इसी कारण कम घर्षण वाले चिकने वृक्षों के तनों पर चढ़ना कठिन होता है।

चित्र 6.28 — डोंगी को चप्पू से चलाना

क्या आपने कभी ध्यान दिया है कि नौका या डोंगी कैसे आगे बढ़ती है (चित्र 6.28)? जब डोंगी चालक अपने चप्पू से जल को पीछे की ओर धकेलता है तो जल चप्पू को बराबर बल से आगे की ओर धकेलता है। दोनों बल परिमाण में बराबर होते हैं परंतु अलग-अलग वस्तुओं, चप्पू और जल पर कार्य करते हैं, इसलिए वे एक-दूसरे को निरस्त नहीं करते हैं। चप्पू पर लगने वाला बल चप्पू और डोंगी को आगे की ओर बढ़ाता है। जब डोंगी चालक जल पर अधिक बल लगाता है तो चप्पू पर आगे की ओर लगने वाला बल भी अधिक होता है और डोंगी का वेग बढ़ जाता है।

© NCERT not to be republished

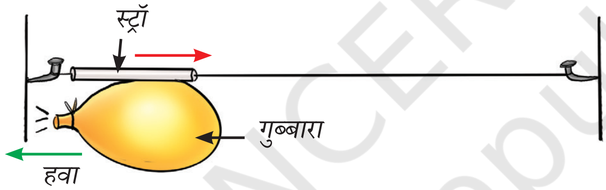
जिज्ञासा-सूत्र

नाव के चप्पूओं को चलाने में लगाए गए बल के अतिरिक्त भी कई अन्य कारक (कर्षण, जलधाराएँ, डोंगी का द्रव्यमान, चप्पू चलाने का ढंग आदि) डोंगी की चाल को प्रभावित करते हैं।

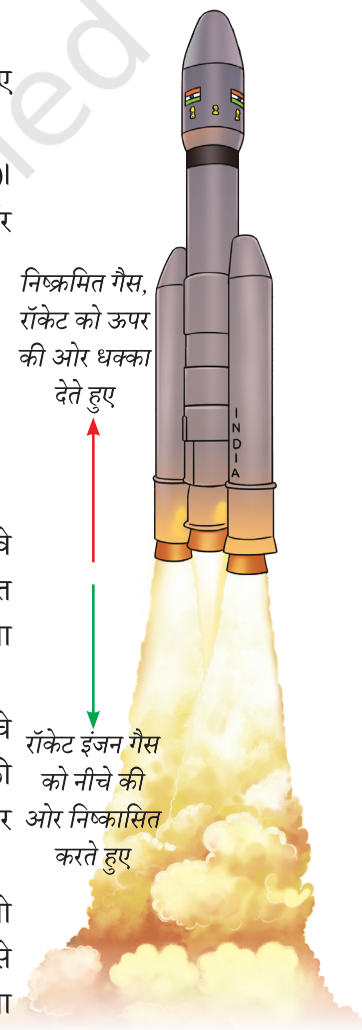
आपने टेलीविजन पर हमारे देश द्वारा विगत कई वर्षों में किए गए रॉकेट प्रमोचनों (Launching) के दृश्य देखे होंगे। न्यूटन के गति के तृतीय नियम के आधार पर भी रॉकेट प्रमोचन की व्याख्या की जा सकती है। इसे समझने के लिए आइए, पहले एक रोचक क्रियाकलाप करें।

क्रियाकलाप 6.7 — आइए, समझते हैं

1. एक बड़ा गुब्बारा, स्ट्रॉ (पेय पदार्थ पीने वाली नली का एक टुकड़ा), आसंजक टेप, एक लंबा धागा और आमने-सामने की दो दीवारों पर लगी दो कीलों या हुकों की व्यवस्था कीजिए।
2. गुब्बारे में हवा भरिए और धागे के एक छोटे टुकड़े से बाँध कर उसका मुँह बंद कर दीजिए।
3. चित्र 6.29 में दर्शाए अनुसार स्ट्रॉ के टुकड़े को आसंजक टेप से गुब्बारे की सतह पर इस प्रकार चिपकाइए कि स्ट्रॉ का एक सिरा गुब्बारे के मुँह की ओर हो।
4. धागे को स्ट्रॉ के मध्य से निकालिए और उसके दोनों सिरों को खींचकर कीलों से बाँध दीजिए (चित्र 6.29)।
5. गुब्बारे से बँधे धागे को ढीला कीजिए जिससे हवा धीरे-धीरे बाहर निकले और देखिए कि स्ट्रॉ और गुब्बारा किस दिशा में गति करते हैं।



चित्र 6.29 — गुब्बारे से बाहर निकलती हुई हवा



चित्र 6.30 — रॉकेट प्रमोचन

फूले गुब्बारे की तनी हुई रबड़ गुब्बारे के भीतर विद्यमान हवा के अणुओं पर बल लगाती है जिससे वे बाहर निकलने लगते हैं और गुब्बारा आकार में सिकुड़ने लगता है। बाहर निकलती हवा गुब्बारे पर विपरीत दिशा में बराबर बल लगाती है। इस बल के कारण गुब्बारा उस दिशा के विपरीत दिशा में गति करने लगता है जिस दिशा में हवा बाहर निकल रही है।

रॉकेट भी इसी प्रकार से गति करता है (चित्र 6.30)। इसका इंजन गैस उत्पन्न करता है और उसे नीचे की दिशा में बाहर निकालता है जिसके कारण रॉकेट पर ऊपर की ओर बराबर बल लगता है। ऊपर की ओर रॉकेट पर लगने वाला यह बल रॉकेट के भार से अधिक होता है, इसलिए परिणामी बल ऊपर की ओर लगता है और रॉकेट उड़ान भरता है।

यदि अंतरिक्ष में गतिमान रॉकेट का इंजन उसकी गति की दिशा में ही गैस निष्कासित करने लगे तो क्या होगा? निष्क्रमित होने वाली गैसें रॉकेट की गति की दिशा के विपरीत दिशा में बल लगाएँगी इससे रॉकेट धीमा हो जाएगा। इस प्रक्रिया का उपयोग चंद्रयान-3 के विक्रम लैंडर ने गति कम करने और चंद्रमा के दक्षिणी ध्रुव के समीप आवश्यक वेग प्राप्त करने के लिए किया था।

टिप्पणी

न्यूटन के गति के तृतीय नियम के अनुसार समान और विपरीत बलों के युग्म दो अलग-अलग वस्तुओं पर कार्य करते हैं इसलिए वे बल एक-दूसरे को संतुलित नहीं करते हैं। दूसरी ओर यदि दो समान और विपरीत बल एक ही वस्तु पर कार्य करते हैं तो वे एक-दूसरे को संतुलित करते हैं।

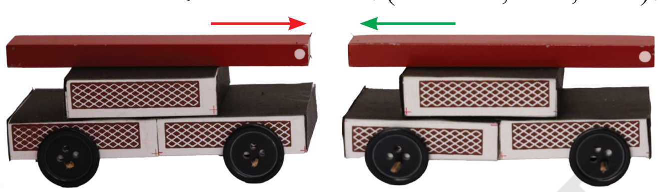
© NCERT not to be republished

सोचिए और बताइए

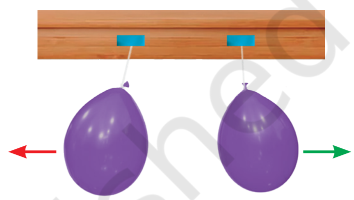
9. कभी-कभी जल फेंकने वाले पाइप को पकड़े रखने के लिए दमकलकर्मी (fireperson) को संघर्ष क्यों करना पड़ता है?
10. मान लीजिए कि एक अंतरिक्ष यान (spacecraft) अंतरिक्ष के ऐसे क्षेत्र में गति कर रहा है जहाँ उस पर लगने वाला गुरुत्वाकर्षण बल नगण्य है। सुझाव दीजिए कि वह अपनी गति को कैसे परिवर्तित कर सकता है?

कक्षा 8 जिज्ञासा अध्याय 5

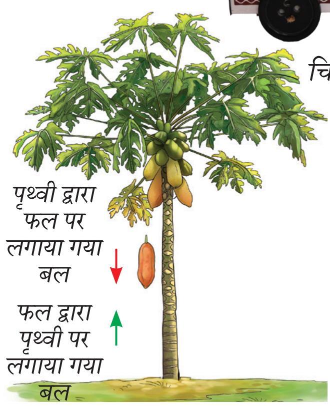
संपर्क और असंपर्क बलों के विषय में आप पहले ही सीख चुके हैं। क्या न्यूटन का तीसरा नियम केवल संपर्क बलों के लिए ही लागू किया जा सकता है? न्यूटन का तृतीय नियम उन सभी प्रकार के बलों के लिए लागू होता है जिनका सामना हम दैनंदिन यांत्रिक स्थितियों में करते हैं चाहे वे संपर्क बल हों या असंपर्क बल। (चित्र 6.31, 6.32, 6.33)।



चित्र 6.31 — दो छड़ चुंबक एक-दूसरे पर बराबर और विपरीत चुंबकीय बल लगा रहे हैं।



चित्र 6.32 — दो समान रूप से आवेशित गुब्बारे एक-दूसरे पर बराबर और विपरीत स्थिरवैद्युत बल लगा रहे हैं।



चित्र 6.33 — पृथ्वी और फल एक-दूसरे पर बराबर और विपरीत गुरुत्वाकर्षण बल लगा रहे हैं।

उदाहरण 6.7 — जैसा कि चित्र 6.33 में दर्शाया गया है पृथ्वी और फल एक-दूसरे पर बराबर और विपरीत गुरुत्वाकर्षण बल लगाते हैं तो फिर फल पृथ्वी की ओर गति क्यों करता है जबकि पृथ्वी फल की ओर गति करती हुई प्रतीत नहीं होती?

उत्तर — यद्यपि पृथ्वी और फल दोनों पर लगने वाले बल परिमाण में बराबर हैं, पृथ्वी का द्रव्यमान (फल की तुलना में) इतना अधिक है कि बल के कारण पृथ्वी का त्वरण $\left(a = \frac{F}{m}\right)$ अत्यंत कम है। अतः पृथ्वी पर फल के कारण लगे बल का प्रभाव इतना कम है कि वह हमारे संज्ञान में नहीं आता।

उदाहरण 6.8 — जब 0.1 kg की गोली 5 kg की बंदूक से 2 N के बल से दागी जाती है तो बंदूक पीछे की ओर प्रतिक्षेपित (recoil) होती है। गोली और बंदूक के प्रारंभिक त्वरण का परिमाण क्या है?

उत्तर — न्यूटन के गति के तृतीय नियम के अनुसार बंदूक पर लगने वाला प्रतिक्षेप बल भी 2 N है।

न्यूटन के गति के द्वितीय नियम के अनुसार, बंदूक के त्वरण का प्रारंभिक परिमाण

$$= \frac{\text{बल}}{\text{बंदूक का द्रव्यमान}} = \frac{2\ \text{N}}{5\ \text{kg}} = 0.4\ \text{m s}^{-2}$$

जबकि गोली का प्रारंभिक त्वरण

$$= \frac{\text{बल}}{\text{गोली का द्रव्यमान}} = \frac{2\ \text{N}}{0.1\ \text{kg}} = 20\ \text{m s}^{-2}$$

यद्यपि बलों का परिमाण बराबर है, तब भी त्वरण का परिमाण बराबर नहीं है क्योंकि उनके द्रव्यमान भिन्न हैं।

टिप्पणी

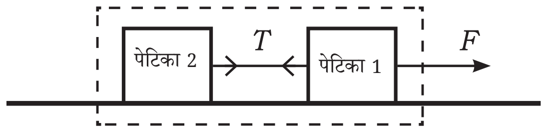
यद्यपि दो परस्पर क्रिया करने वाली वस्तुओं पर लगने वाले बल सदैव परिमाण में बराबर होते हैं फिर भी वे सामान्यतया बराबर त्वरण उत्पन्न नहीं करते। ऐसा इसलिए है क्योंकि जिन वस्तुओं पर ये बल कार्य कर रहे हैं उनका द्रव्यमान भिन्न हो सकता है।

© NCERT not to be republished

6.7 वस्तुओं के निकाय पर लगने वाले बल

अभी तक आपने न्यूटन के तीन नियमों का अध्ययन किसी एकल वस्तु पर उन्हें लागू करके किया है। इन नियमों की सहायता से आप वस्तु पर लगने वाले बलों के आधार पर उसकी स्थिति और वेग का अनुमान लगा सकते हैं। परंतु क्या हम इन नियमों को दो या दो से अधिक परस्पर जुड़ी वस्तुओं पर लागू कर सकते हैं?

मान लीजिए m_1 एवं m_2 द्रव्यमान की दो पेटिकाएँ एक डोरी द्वारा परस्पर जुड़ी हुई हैं और एक घर्षण रहित क्षैतिज सतह पर रखी गई हैं (चित्र 6.34)। एक बल F, पेटिका 1 को दाहिनी ओर खींचता है। पेटिका 1 डोरी के माध्यम से पेटिका 2 पर बल लगाती है। न्यूटन के तीसरे नियम के अनुसार पेटिका 2 डोरी के माध्यम से पेटिका 1 पर बराबर और विपरीत दिशा में बल लगाती है। हम इस बल को तनाव T कहते हैं। पेटिका 1 पर बल F दाईं ओर कार्य करता है जबकि तनाव बल T बाईं ओर कार्य करता है। पेटिका 2 पर, तनाव बल T दाईं ओर कार्य करता है। हम प्रत्येक का त्वरण कैसे ज्ञात कर सकते हैं?



चित्र 6.34 — एक डोरी द्वारा जुड़ी दो पेटिकाओं का निकाय

एक विधि यह है कि प्रत्येक पेटिका पर लगने वाले परिणामी बल की गणना अलग-अलग की जाए और इसके पश्चात त्वरण ज्ञात करने के लिए न्यूटन के गति के द्वितीय नियम का उपयोग किया जाए। दूसरी अपेक्षाकृत अधिक सरल विधि यह है कि दोनों पेटिकाओं और डोरी को एक ही **निकाय** मान लिया जाए। इस विधि में निकाय के भीतर के बलों **(आंतरिक बलों)** पर विचार करने की आवश्यकता नहीं है और केवल बाहर से लगने वाले बल **(बाह्य बल)** ही महत्त्वपूर्ण हैं। हमारे प्रकरण में दोनों पेटिकाओं पर लगने वाला तनाव T आंतरिक बल है जबकि बल F बाह्य बल है। इस प्रकार न्यूटन के द्वितीय नियम (समीकरण 6.1) का उपयोग करके निकाय का त्वरण है

$$a = \frac{F}{\text{निकाय का द्रव्यमान}} = \frac{F}{(m_1 + m_2)} \qquad (6.4)$$

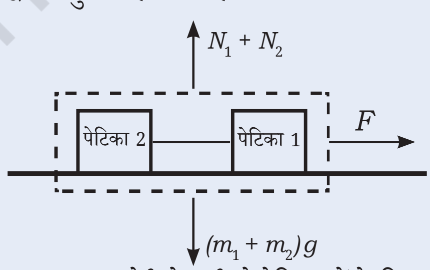
दो पेटिकाओं का निकाय ठीक उसी तरह त्वरित होता है जैसे द्रव्यमान $(m_1 + m_2)$ वाली एक वस्तु त्वरित होती है।

एक सोपान ऊपर

दोनों पेटिकाओं की गति का विश्लेषण अलग-अलग किया जाए तो भी परिणाम यही प्राप्त होगा। इसके विषय में आप आगामी कक्षाओं में सीखेंगे। परस्पर जुड़ी हुई वस्तुओं को एक निकाय के रूप में मानने से विश्लेषण प्राय: सरल हो जाता है। यह जटिल वस्तुओं के निकायों के अध्ययन में भी न्यूटन के नियमों की उपादेयता को उजागर करता है।

आइए, और चिंतन करें

F के अतिरिक्त पेटिकाओं के निकाय पर लगने वाला बल गुरुत्वाकर्षण बल $(m_1g + m_2g)$ है जो निकाय पर नीचे की ओर कार्य करता है और धरातल द्वारा निकाय पर लगने वाले अभिलंब बल $(N_1 + N_2)$ द्वारा संतुलित हो जाता है जैसा कि चित्र 6.35 में दर्शाया गया है।



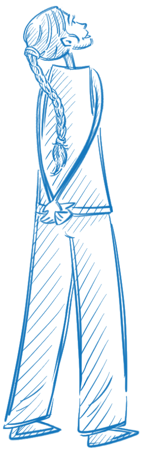
चित्र 6.35 — एक डोरी से जुड़ी दो पेटिकाओं के निकाय पर बाह्य बल

जिज्ञासा-सूत्र

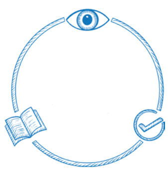
चलते समय आपके हाथ और पैर जटिल रूप से गति करते हैं। तब भी आपकी समग्र गति का अध्ययन आपके शरीर को एक इकाई मानकर किया जा सकता है। प्राय: विज्ञान तब सरल हो जाता है जब हम वस्तुओं को उनके अंशों में देखना बंद कर देते हैं और उन्हें समग्रता में देखना आरंभ करते हैं।

© NCERT not to be republished

सारांश

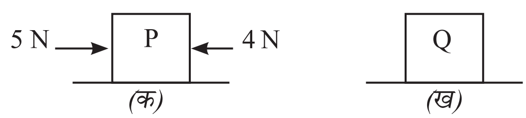


- घर्षण बल किसी वस्तु पर उसकी गति की दिशा के विपरीत दिशा में कार्य करता है।
- न्यूटन का गति का प्रथम नियम— यदि कोई वस्तु विरामावस्था में है तो विरामावस्था में ही रहेगी और गतिमान है तो वह वस्तु नियत वेग से गति करती रहेगी जब तक कि उस पर कोई परिणामी बल कार्य न करे।
- न्यूटन का गति का द्वितीय नियम — जब किसी वस्तु पर कोई परिणामी बल कार्य करता है तो वस्तु परिणामी बल की दिशा में त्वरित होती है। त्वरण का परिमाण परिणामी बल के परिमाण के समानुपाती होता है और वस्तु के द्रव्यमान के व्युत्क्रमानुपाती होता है।
- न्यूटन का गति का तृतीय नियम— जब कोई एक वस्तु किसी दूसरी वस्तु पर बल लगाती है तो दूसरी वस्तु भी साथ ही साथ पहली वस्तु पर बराबर बल विपरीत दिशा में लगाती है।



अभ्यास प्रश्न

1. एक क्षैतिज बल F का उपयोग करके किसी मेज को फर्श पर नियत वेग से गति प्रदान की जाती है। फर्श द्वारा मेज पर लगाया गया घर्षण बल कितना है?
2. एक चिकनी घर्षण रहित सतह पर गतिमान गेंद के लिए सही शब्द का चयन कर निम्नलिखित कथनों को सत्य कथन बनाइए।
   (i) यदि गेंद पर कोई परिणामी बल नहीं लगाया जाता है तो गेंद का वेग समान रहेगा/ बढ़ेगा/ घटेगा।
   (ii) यदि गेंद पर उसकी गति की दिशा में परिणामी बल लगाया जाता है तो गेंद के वेग का परिमाण समान रहेगा/ बढ़ेगा/ घटेगा।
   (iii) यदि गेंद पर उसकी गति की दिशा के विपरीत दिशा में परिणामी बल लगाया जाता है तो गेंद के वेग का परिमाण समान रहेगा/ बढ़ेगा/ घटेगा।
3. एक चिकनी क्षैतिज सतह पर विद्यमान दो गुटके P और Q चित्र 6.36 (क) और चित्र 6.36 (ख) में दर्शाए गए हैं। गुटके P पर 4 N और 5 N परिमाण के दो बल विपरीत दिशाओं में कार्य कर रहे हैं जबकि गुटका Q नियत वेग से गतिमान है।

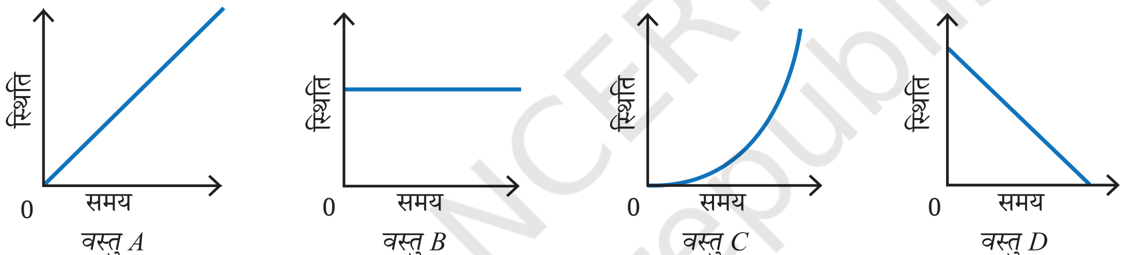


चित्र 6.36

निम्नलिखित में से कौन-सा कथन सत्य है?
   (i) P पर परिणामी बल लगता है और Q पर परिणामी बल नहीं लगता है।
   (ii) P पर परिणामी बल नहीं लगता है और Q पर परिणामी बल लगता है।
   (iii) P और Q दोनों पर परिणामी बल लगता है।
   (iv) न तो P और न ही Q पर परिणामी बल लगता है।

© NCERT not to be republished

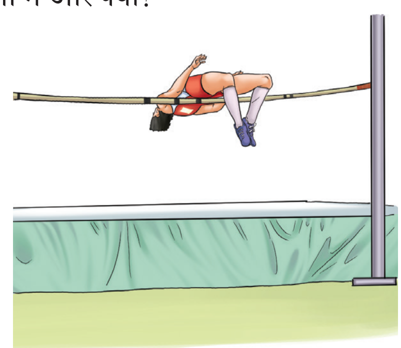
4. सर्प नौका दौड़ (केरल में वल्लुम कल्ली) के अभ्यास के समय 100 नाविक एक नौका को एक साथ खे (चला) रहे हैं। इनमें से 95 नाविक नौका को आगे बढ़ाने के लिए पीछे की ओर चप्पू चलाते हैं। त्रुटिवश 5 नाविक विपरीत दिशा में चप्पू चलाते हैं। यदि प्रत्येक नाविक 200 N का क्षैतिज बल लगाता है तो बताइए सर्प नौका पर लगने वाला परिणामी बल कितना है? (कर्षण बल (drag force), वायु घर्षण आदि की उपेक्षा कीजिए।)
5. जब किसी वस्तु पर परिणामी बल लगता है तो हम देखते हैं कि वस्तु त्वरित होती है—
   (i) त्वरण बल की दिशा के विपरीत दिशा में और वस्तु पर लगने वाले बल के समानुपाती होता है।
   (ii) त्वरण बल की दिशा के विपरीत दिशा में और वस्तु के द्रव्यमान के समानुपाती होता है।
   (iii) त्वरण बल की दिशा में और वस्तु पर लगने वाले बल के व्युत्क्रमानुपाती होता है।
   (iv) त्वरण बल की दिशा में और वस्तु पर लगने वाले बल के समानुपाती होता है।
6. एक सीधी रेखा के अनुदिश गतिमान चार वस्तुओं A, B, C और D के लिए स्थिति-समय ग्राफ (चित्र 6.37) में दर्शाए गए हैं। इनमें से किस पर एक परिणामी बल कार्य करता है—
   (i) वस्तु A
   (ii) वस्तु B
   (iii) वस्तु C
   (iv) वस्तु D



चित्र 6.37

7. कोई नाविक किसी छोटी नौका से तट पर कूदता है (चित्र 6.38)। जैसे ही नाविक आगे की ओर कूदता है तो क्या नौका गति करेगी? यदि हाँ, तो किस दिशा में और क्यों?

चित्र 6.38 — एक नाविक आगे की ओर कूदते हुए

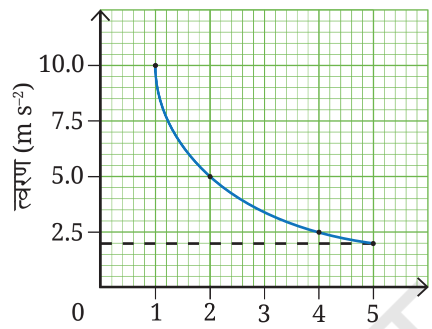


चित्र 6.39 — ऊँची कूद प्रतियोगिता के लिए रेत या फोम के गद्दे की व्यवस्था

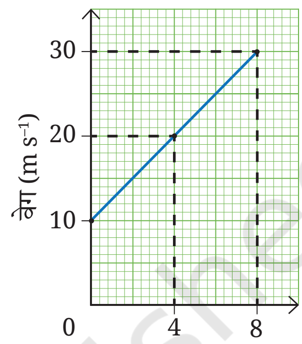
8. ऊँची कूद प्रतियोगिता में खिलाड़ी सतह पर सुरक्षित गिरें इसके लिए रेत या फोम के गद्दे की व्यवस्था की जाती है (चित्र 6.39)। इसके पीछे का कारण स्पष्ट कीजिए।

© NCERT not to be republished

9. सब्जियों से भरी हुई एक ठेलागाड़ी किसी अन्य प्रत्येक दृष्टि से उसी के समान परंतु खाली ठेलागाड़ी से टकराती है। टकराव के समय—
   (i) भरी हुई ठेलागाड़ी, खाली ठेलागाड़ी पर अधिक परिमाण का बल लगाती है।
   (ii) खाली ठेलागाड़ी, भरी हुई ठेलागाड़ी पर अधिक परिमाण का बल लगाती है।
   (iii) दोनों में से कोई भी ठेलागाड़ी दूसरी ठेलागाड़ी पर बल नहीं लगाती है।
   (iv) भरी हुई ठेलागाड़ी और खाली ठेलागाड़ी दोनों एक-दूसरे पर समान परिमाण का बल लगाती हैं।
10. विभिन्न द्रव्यमानों वाली वस्तुओं पर लगाए गए किसी बल द्वारा उत्पन्न त्वरण के संगत त्वरण-द्रव्यमान ग्राफ चित्र 6.40 में दर्शाया गया है। इस स्थिति के लिए बल-द्रव्यमान ग्राफ आलेखित कीजिए।

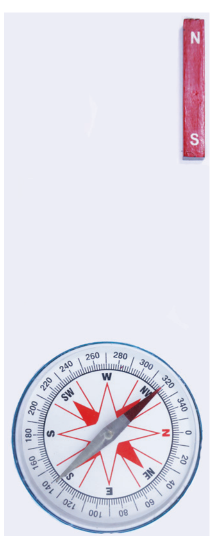


चित्र 6.40



चित्र 6.41

11. सरल रेखा में गतिमान 10 kg द्रव्यमान की किसी वस्तु का वेग-समय ग्राफ चित्र 6.41 में दर्शाया गया है। ग्राफ का उपयोग करके वस्तु पर लगने वाले बल का परिकलन कीजिए।
12. 100 m s^{-1} के वेग से गतिमान 50 g द्रव्यमान की कोई गोली एक स्थिर भारी लकड़ी के गुटके में प्रवेश करती है और 50 cm की दूरी तक भेदने के पश्चात रुक जाती है। गोली पर लगने वाले अवरोधक बल का आकलन कीजिए (मान लीजिए कि गुटके के भीतर गोली का त्वरण अचर है)।
13. एक श्रेष्ठ फुटबॉलर ने फुटबॉल पर 108 km h^{-1} के वेग से प्रहार करके उसको मिले क्षतिपूरक निशाने (penalty shot) को गोल में परिवर्तित कर दिया। उसके द्वारा लगाया गया अनुमानित बल 800 N था। फुटबॉल का द्रव्यमान 0.4 kg था। उसके पैर और गेंद के मध्य संपर्क समय की गणना कीजिए।
14. 2 kg द्रव्यमान की एक वस्तु 10 m s^{-1} के नियत वेग से गतिमान है। यह एक खुरदरे क्षेत्र में प्रवेश करती है जहाँ वस्तु पर घर्षण बल 7 N है। उसी समय वस्तु पर उसकी गति का विरोध करते हुए 3 N का एक अतिरिक्त नियत बल लगाया जाता है। खुरदरे क्षेत्र में प्रवेश करने के पश्चात वस्तु विरामावस्था में आने से पूर्व कितनी दूरी तय करती है?
15. कोई ट्रैक्टर m_1 द्रव्यमान के हैरो (जुताई उपकरण) को परिणामी बल F से खींचता है जिसके परिणामस्वरूप हैरो में a_1 त्वरण उत्पन्न होता है। वही ट्रैक्टर m_2 द्रव्यमान की किसी ट्रॉली को F बल से खींचता है जिसके परिणामस्वरूप ट्रॉली में a_2 त्वरण उत्पन्न होता है। यदि ट्रैक्टर अब हैरो को ट्रॉली पर रखकर उसे उसी बल F से खींचता है तो a_1 और a_2 के पदों में परिणामी त्वरण का व्यंजक प्राप्त कीजिए। घर्षण को नगण्य मान लीजिए।


चित्र 6.42 — एक दंड चुंबक और एक चुंबकीय दिक्सूचक

16. जब किसी दंड चुंबक के ध्रुव को चुंबकीय दिक्सूचक (magnetic compass) के निकट लाया जाता है तो दंड चुंबक और दिक्सूचक सुई (जो स्वयं भी एक चुंबक है) एक-दूसरे पर चुंबकीय बल लगाते हैं। न्यूटन के गति के तृतीय नियमानुसार दोनों बल परिमाण में बराबर और दिशा में विपरीत होते हैं। तथापि दिक्सूचक सुई (compass needle) गति करता है जबकि दंड चुंबक गति नहीं करता है (चित्र 6.42)। ऐसा क्यों होता है? व्याख्या कीजिए।

© NCERT not to be republished

परियोजना कार्य

- आप जानते हैं कि घर्षण बल संपर्क में आने वाली सतहों की प्रकृति पर निर्भर करता है। क्या यह इस बात पर भी निर्भर करता है कि सतहें एक-दूसरे को कितनी दृढ़ता से दबाती हैं? क्या गति आरंभ होने से पूर्व किसी वस्तु पर लगने वाला घर्षण बल गति आरंभ होने के पश्चात लगने वाले घर्षण बल से अधिक होता है? क्या लुढ़कती हुई वस्तु पर लगने वाला घर्षण बल फिसलती हुई वस्तु पर लगने वाले घर्षण बल से कम होता है? इन प्रश्नों के उत्तर ढूँढ़िए और एक सूचनालेख बनाइए। ऐसे अवलोकन यह समझाने में सहायता करते हैं कि पहिए का आविष्कार मानव इतिहास में एक महत्त्वपूर्ण मील का पत्थर क्यों था।
- समान द्रव्यमान वाली दो खिलौना गाड़ियाँ लीजिए और प्रत्येक के ऊपर एक छड़ चुंबक चिपका दीजिए (चित्र 6.32)। एक चिकनी सतह पर मीटर स्केल लगाइए। गाड़ियों को मीटर स्केल के मध्य बिंदु के पास इस प्रकार रखिए कि उनके सजातीय ध्रुव एक-दूसरे को स्पर्श करें। गाड़ियों को छोड़िए और दो विराम घड़ियों का उपयोग करके विरामावस्था में आने में उनके द्वारा लिए गए समय और प्रत्येक द्वारा रुकने से पहले तय की गई दूरी अभिलेखित कीजिए। दोनों गाड़ियों में समान द्रव्यमान जोड़ने के पश्चात प्रयोग को दोहराइए। क्या गाड़ियों ने विपरीत दिशाओं में समान दूरी तय की है? तय की गई दूरी-द्रव्यमान का ग्राफ बनाइए। अपने निष्कर्षों का **विश्लेषण कीजिए** और उन पर चर्चा कीजिए।
- एक वृक्ष की खुरदरी शाखा या खंभे के चारों ओर एक बार रस्सी लपेटिए। एक भारी बाल्टी को एक सिरे से बाँधिए और दूसरे सिरे से उसे रोकने का प्रयास कीजिए (चित्र 6.43)। अब रस्सी को एक बार और लपेटिए तथा प्रयास दोहराइए। आप पाएँगे कि जितनी अधिक बार आप रस्सी को लपेटते हैं रस्सी और शाखा के मध्य पकड़ बढ़ती जाती है जिससे घर्षण बढ़ता है और भार को थामे रखने के लिए आवश्यक बल कम हो जाता है। परिणामस्वरूप भार को थामे रखना बहुत सरल हो जाता है। केवल एक बार लपेटने से प्रयास में कमी, उस कमी से कहीं अधिक होगी जितनी आपने अपेक्षा की होगी। यह दर्शाता है कि घर्षण एक सरल रैखिक ढंग से नहीं बढ़ता है, संपर्क में छोटे परिवर्तन भी बल में बड़े परिवर्तन ला सकते हैं। इसी प्रकार रस्सी और खंभे के मध्य घर्षण बड़े जहाजों को घाट पर सुरक्षित रूप से रोके रखने में सक्षम बनाता है।

चित्र. 6.43

- यह देखना प्राय: शिक्षाप्रद होता है कि समय के साथ वैज्ञानिक विचार किस प्रकार से विकसित होते हैं। यदि आप रुचि रखते हैं तो न्यूटन द्वारा गति के नियमों को प्रतिपादित करने के प्रकारों का पता लगाने के लिए उनकी मूल कृति *प्रिंसिपिया* के अंश पढ़िए। इस ग्रंथ का मूल पाठ और उस पर की गई टीकाएँ दोनों ऑनलाइन उपलब्ध हैं।

आइए, और चिंतन करें

न्यूटन के नियमों का उपयोग दैनंदिक वस्तुओं से लेकर ग्रहों एवं तारों तक के विशाल आमाप-परिसर में गति का वर्णन करने के लिए किया जाता है। इनमें संशोधन की आवश्यकता केवल अत्यंत भारी प्रकाश की गति के निकट की चाल से गतिमान पिंडों एवं अत्यंत सूक्ष्म परमाणुक के आकार के कणों के लिए होती है।

खोज जारी है...

हमारे आनुभविक जगत में जब भी सतहें संपर्क में होती हैं उनके मध्य घर्षण सदैव उपस्थित रहता है। सतहों के मध्य स्नेहकों का उपयोग करके, लेप लगाकर या उन्हें पॉलिश करके, वस्तुओं की आकृति को धारारेखीय (streamline) बनाकर तथा चुंबकीय प्रोत्थापन (magnetic levitation) का उपयोग करके वैज्ञानिक इन सतहों के मध्य घर्षण को कम करने की विधियाँ खोजने का प्रयास करते आ रहे हैं।

© NCERT not to be republished