अध्याय

3

गति के नियम

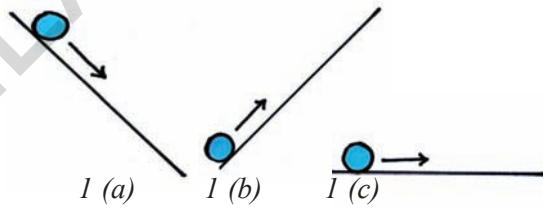
हम हमारे चारों ओर वस्तुओं को गति करते हुये देखते हैं। हमने पिछले अध्याय गति में वेग और त्वरण की संकल्पनाओं के विषय चर्चा की है।

प्राचीन युग के दार्शनिक गति के अध्ययन में अधिक रुचि दिखाई। उनके मस्तिष्क में एक प्रश्न लडाई करते रहता था कि कौी वस्तु को अपने आप चोड़दें तो उसकी प्राकृतिक स्थिति क्या होगी? हमारी सामान्य संवेदना यह कहती है कि पृथ्वी पर हर गतिशील वस्तु को कुछ समय के लिये खुला छोड दिया जाय तो वह धीरे-धीरे अपने आप स्थिर अवस्था में आ जायेगी। क्या होता है जब आप साइका को पेडल मारना छोड देंगे?

जरा सोचिये कि अरस्तु, उस समय के महान दार्शनिक ने यह निष्कर्ष निकाला कि पृथ्वी के हर वस्तु की प्राकृतिक स्थिति उसके स्थिर रहने में ही है। उसने सोचा कि एक स्थिर वस्तु की स्थिति को समझाने की कोई आवश्यकता नहीं है क्यों कि कोई भी गतिशील पिण्ड प्राकृतिक रूप से स्थिर अवस्था में आजाता है।

गेलिलियों ने यह कहते हुये आधुनिक विज्ञान को जन्म दिया कि एक गतिशील वस्तु अपने गति की अवस्था में तब तक रहती है जब कर उस पर कोई बाह्य बल कार्य न करें।

गेलिलियो ने दो सरल सराहनीय प्रयोगों को ले आये। वह चिकन धरातल पर तिरछे तल से प्रयोग किया और निरीक्षण किया कि जितना चिकना तय है अपनी दूर गेंद चली। सि तर्कण (अीर्सीशर्पी) को आगे बढाते हुये उसने यह निष्कर्ष निकला कि यदि धरातल चिकना है तो गेन्द निरंतर चलती रही जब तक कोई दूसरी वस्तु से उसका सामना न हो। (वास्तविक विश्व में इस तरह के धरातल का कोई अस्तित्व नहीं है।



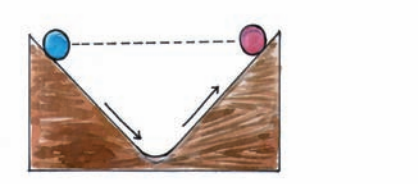
चित्र 1 (a) निचली गति
(b) उपरी गति ***(upward motion)***
(c) समतल पर गति***(motion on a plane surface)***

चित्र 1 (a) में दर्शायों अनुसार उसने निरीक्षण किया कि जक एक एक क्या ढलाव पर लुढकता है, तब वह पृथ्वी की गुरुत्वाकर्षण शक्ति से गति पकड लेता है।

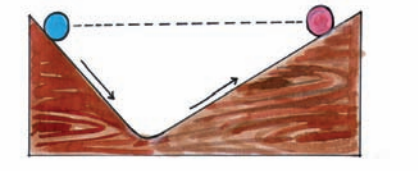
चित्र 1 (b) में जब एक वस्तु तिरछे तय पर ऊपर की ओर लुढकती है, तो उसकी गति घटती है। अब हम कल्पना करेंगे कि एक कंया एक सम धशतय पर गति कर रहा है जैसे कि चित्र 1(c) में दर्शाया गया है उसकी गति अधिक या कम होने के लिये कोई कारण नहीं है। इसलिये वह स्थिर वेग से चलती रहती है।

SCERT TELANGANA

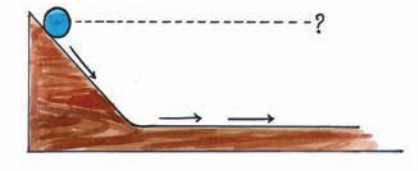
इस प्रयोग से गलीलियो इस निष्कर्ष पर पहुँचे कि जो अरस्तु के एक वस्तु के स्थिर रहने की कल्पना के विरुद्ध है।



2 (a)



2 (b)



2 (c)

चित्र ***2 (a) (b)*** विभिन्न ढलाव से तिरछे तय पर गति।. ***(c)*** तिरछे धरातय से सम धरातय पर गति निरीक्षण किया

गेलिलियों ने चित्र 2 (a) ये दिखाये अनुसार कंचे को आरंभिक ऊंचाई से ढलाया गया। तब वह गुरुत्वाकर्षण बल से लुडका और फिर वह ढलाव के ऊपर जायेगी जब तक वह आरंभिक ऊँचाई तक नहीं पहुँचती। उसके पश्चात उसने कोण को कम किया और चित्र *2 (b)* में दर्शायों अनुसार वही प्रयोग किया। कंचा उसकी ऊँचाई पर ऊपर ढला लेकिन इस बार उसको और आगे जाना था। इसका अर्थ है उसके द्वारा तय की गई दूरी अधिक है। ऊपर के ढलाव को कोण ऊपर के ढलाव के कोण को कम कर, उसने निरीक्षण किया और वही परिणाम पाया। उसी ऊंचाई पर पहुँचने के लिये गेंद को हर बार और दूर जाना पडा।

उसके मस्तिष्क में प्रश्न उठा कि उसी ऊँचाई पर पहुँचने के लिये यदि ढलाव न हो तो उसे कितनी दूर जाना पडेगा? चित्र *2 (c)* में दर्शाए अनुसार क्यों कि यहाँ ढलाव नहीं है, उसे एक समान वेग के साथ निरंतर चलने रहना पडेगा। वह यह निष्कर्ष निकाला कि यदि वस्तु को बाह्य कारकों से छूट हो तो गतिशील वस्तु की प्राकृतिक स्थिति को समगति कहते हैं। आप इन प्रयोगों के विषय में क्या कहोगे? गतिशील वस्तु को रोकने के लिये क्या कोई बाह्य बल की आवश्यकता है? इस प्रयोग से हम यह कह सकते हैं कि एक वस्तु अपनी समगति में रहेगा जब तक उस पर एक बल इस पर कार्य करे।

गेलिलियों ने एक ऐसे विश्व की कल्पना की जहाँ पर घर्षण नहीं है लेकिन यह वास्तव में संभव नहीं है क्यों कि घर्षण जो गति को प्रभावित करता है, अपने दैनिक जीवन की मुख्य भूमिका निभाती है। उदाहरण के लिये यदि घर्षण नहीं होता तो भूमि पर चलना, और तेजी से चलती हुई कार को रोकना यह सब हमारे लिये संभव नहीं होगा। घर्षण के बिना की शरीरिक कार्य करना बहुत कठिन है। प्राथमिक स्तर पर जो विचार अरस्तु और गेलीलियो ने प्रस्तुत किये, उस पर सर आइसक न्यूटन ने तीन मौलिक नियम प्रस्तुत किये जो बल और गति में परिवर्तन के बीच में संबंध को समझाते हैं। ये तीन नियम न्यूटन के गति के नियम के रूप में लोकप्रय है।

गति का पहला नियम

गति का पहला नियम इस तरह कहा जा सकता है। प्रत्येक वस्तु अपनी स्थिर अवस्था में बनी रहना चाहती है जब तक उस पर कोई बाध्य बल उसकी अवस्था परिवर्तन के लिए बाह्य न करे।

न्यूटन का पहला नियम यह समझता है कि ''क्या होता है जब किसी वस्तु पर कोई बाह्य बल नहीं हो''?

वह या तो स्थिर रहती है या एक सरल रेखा पर समान गति से चलते रहती है (सम गति) हम चर्चा करेंगे?

SCERT TELANGANA

क्या आप जानते हैं?

गैलिलियो गैलिली का जन्म 1564 में इटली के पीसा शहर में हआ था। गैलीलियो को ''आधुनिक विज्ञान के पिता'' कहा जाता है।

1589 में उनके निबंध की श्रृंखला में उन्होंने अपने गिरते हुये वस्तुओं के सिद्धांत को तिरछे तल के उपयोग से ढलने के स्तर को कम करना बताया है।

गैलीलियो एक कुशल शिल्पकार भी थे। उन्होंने विभिन्न प्रकार के दूरदर्शियों की श्रेणी विकसित की जिसकी प्रकाशित दक्षता उस समय उपलब्ध दूरदर्शियों से काफी आम थी।

सन् 1640 के आस-पास उन्होंने प्रथम लोलक घड़ी को बनाया था। उनके खगोलीय आविष्कारों की एक पुस्तक ''स्टारी मेसेंजर'' में गेलीलियो ने चन्द्रमा पर पहाडों, छोटे-छोटे सितारों से मिलकर बनी आकाश गंगा तथा बृहस्पती ग्रह के चारों ओर छोटे पिंडों को घूमते हुए देखने का दावा किया। उन्होंने अपनी पुस्तकों 'डिस्कोर्स' आन फ्लोटिंग बॉडीज़ तथा लेटर्स आन दि सन स्पॉट में सूर्य पर अस्थित धब्बों के संदर्भ में अपने परीक्षणों का रहस्योद्घाटन किया।

आपने स्वयं के द्वारा निर्मित दूरदर्शियों के प्रयोग द्वारा शनि तथा शुक्र ग्रह के निरीक्षण से गैलिलियो ने यह तर्क दिया कि सभी ग्रह सूर्य के चारों ओर घूमते हैं न कि पृथ्वी के। यह समय प्रचलित विचारधारा के विपरीत था।

क्रियाकलाप-1

मोटे कागज पर रखे गये सिक्के की गति का निरीक्षणः

एक मोटा कागज लेकर गिलास पर रखिए। अब उस पेपर के बिचोबिच एक सिक्का रखिए। चित्र में दिखाए अनुसार एकदम से उस पेपर को अपनी उँगलियों से खिंचिए।

- आप क्या निरीक्षण करोगे?
- सिक्के के साथ क्या हुआ?

चित्र-3 एक बोतल पर कागज रखकर तेजी से ढकेलना

SCERT TELANGANA

क्रियाकलाप-2

कैरमबोर्ड में स्ट्राइकर द्वारा मारने पर कॉइन्स की गति

चित्र-4 स्ट्राइकर द्वारा कॉइन्स समूह पर चोट करना

चित्र–4 में दर्शाये अनुसार कैरम की गोटियों को एक दूसरे पर रखकर ढेर बनाये। स्ट्रैकर को अपनी उंगिलयों से तीव्रता से क्षैतिज झटका देकर ढेर की सबसे नीचे वाली गोटी पर टकराइये। आप देखेंगे कि नीचे वाली गोटी बाहर आ जाती है और शेष गोटियाँ चित्र (4) में दर्शाये अनुसार ढय जाती है।

- ऊपर के कार्य विधियों से आप क्या निरीक्षण करोगे?
- सिक्का गिलास के भीतर क्यों गिरा?
- कैरम की गोटियों का ढेर ऊधर्वाधर दिशा में क्यों गिरा?

यह समझने के लिये, हम अपने दैनिक जीवन में सामना करने वाले और कुछ उदाहरणों की चर्चा करेंगे।

बस स्थिर अवस्था से जब गमन करने लगती है तो बस में खड़ा व्यक्ति पीछे की ओर गिर पडेगा। इसी तरह जब आप बस में यात्रा कर रहे हो, और बस एक दम से रुक जाती है तो आप आगे की ओर गिर पड़ेंगे। ऐसा क्यों होता है? यह परिवर्तन सिर्फ एक शब्द द्वारा वर्णन किया जा सकता हैं ''जडत्व''

सरल भाषा में हम कह सकते हैं कि जडत्व का अर्थ है ''पिरवर्तन को स्वीकार नहीं करना''। वस्तुएँ वहीं करती रहती हैं जो वे कर रही हैं। पहली स्थितिमें जब बस अचानक त्वरण पाकर आगे बढ़ी, तब व्यक्ति का शरीर उसी अवस्था में रहना चाहता है जड़त्व के कारण जो उसको पीछे की ओर ढकेला।

दूसरी स्थिति में जब आप बस में यात्रा कर रहे है तब आप का शरीर भी उतने ही वेग से यात्रा करता है जो बस का है। यदि बस अचानक रुक गई आपका शरीर उसी अवस्था में रहने की प्रविृत दर्शाता है जडत्व के कारण न्यूटन के गति का पहला नियम जडत्व का नियम भी माना जाता है।

अपने दैनिक जीवन के अनुभवों से, हम सब जानते हैं कि हमे वस्तु पर कुछ बल लगाना पड़ता जिससे वह गतिशील रहे। जहाँ तक वस्तु पर लगाये गये बल के बारे में कहे तो अनेक बलों में से सिर्फ एक बल है।

अन्य बल घर्षण, वायु का प्रतिरोध या इससे यह साफ है कि वह शुद्ध बल है जो वस्तु के गति में परिवर्तन को निर्धारित करताहै।

हम भूमि पर रखे गये गेंद के बारे में सोचेंगे। जडत्व का नियम कहता है कि वह उसी स्थिति में रहती है जब तक उसे कोई न हिलाये।

यदि आप गेंद को लात मारेंगे, तो वह उस दिशा में कुछ गति से उडेगा जब तक एक बल उसको धीरे करेगा और रोकेगा। यदि गेंद ऊपर गया तो गुरुत्वाकर्षण बल उसे धीरे करेगा। यदि गेंद भूमि पर लुढक गया तो घर्षण बल उस गेंद को धीरे करेगा और उसे रोकेगा।

यदि वस्तु पर कार्य करने वाला शुद्ध बल शून्य है, तो वह वस्तु जो क्थिर अवस्था में है वह स्थिर रहेगी या यदि वह वस्तु पहले से गमन कर रही है कुछ वेग के साथ तो वह उसी वेग से गति करते रहेगी। अतः हम गति के पहले नियम को इस तरह प्रतिपादित कर सकते हैं।

यदि $F_{net} = 0$ वस्तु का वेग या तो शुन्य है या स्थिर है।

अतः जब किसी पिण्ड पर कार्य करने वाला।

SCERT TELANGANA

शुद्ध बल शून्य हो तब हम यह कहेंगे कि वह पिण्ड संतुलन में है। इसलिए न्यूटन के गति के पहले नियम को ''जडत्व का नियम'' कहते है।

जडत्व और द्रव्यमान (Inertia and mass)

हमने सीखा है कि जडत्व वह गुण है जो गति की अवस्था में परिवर्तन का प्रतिरोध करता है। सभी वस्तुओं में यह प्रवृत्ति रहती है।

- क्या सभी पिण्ड में समान जडत्व होगा?
- एक पिण्ड के ज़डत्व को कौनसा कारक निर्णय करेगा?

आपके लिए कौनसा सरल है?

एक साइकल को ढकेलना या कार को? आप देखेंगे कि कार को ढकेलना कठिन है। हम कहते हैं कि कार में जडत्व साइकल से अधिक है। कार में साइकल से अधिक जडत्व क्यों है?

जडत्व पदार्थ का वह गुण है जो वस्तुओं द्वारा अपनी गति या स्थिर अवस्था में परिवर्तन का प्रतिरोध करता है वह वस्तु के द्रव्यमान पर निर्भर करता है उसके द्रव्यमान के कारण कार में साइकल से अधिक जडत्व है।

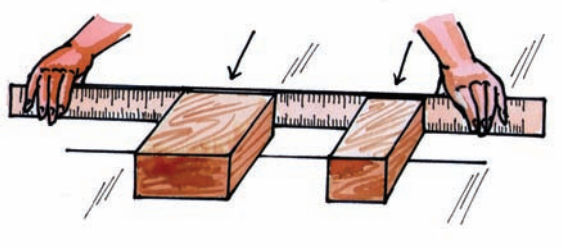
द्रव्यमान को जडत्व का माप माना जाता है। हम जानते हैं कि द्रव्यमान की मानक इकाई किलो ग्राम है।

क्रियाकलाप-3

दो लकडी के बक्सों को समान बल से ढकेलना:

दो आयताकार लकडी के बक्से विभिन्न द्रव्यमान के लेकर उन्हें एक सरल रेखा में फर्श पर चित्र में दर्शाये अनुसार रखिये। एक लकडी की पटरी से दोनों बक्सों को एक साथ समान धक्का दीजिये।

- आप क्या देखते हैं?
- कौनसा दूर तक जायेगा? क्यों
- कौन से बक्से का त्वरण अधिक है?



चित्र- (5) लकडी के बक्सों को समान बल से ढकेलना।

आपके निरक्षणों द्वारा आप यह कह सकते हैं कि, वस्तु का द्रव्यमान जितना अधिक है, उतना अधिक वह अपनी गति के स्थिति में परिवर्तन का प्रतिरोध करता है।

ऊपर के उदाहरणों से हम यह विष्कर्ष निकाल सकते हैं कि कुछ वस्तुओं में अन्य की अपेक्षा अधिक जडत्व होता है। द्रव्यमान, वस्तु का वह गुण है जो निर्दिष्ट करता है कि उसमें कितना जडत्व है।

सोचिए-चर्चा कीजिए।

- आपने उस जादू को देखा होगा जिसमें टेबल के कपड़े को खींचने पर उस पर रखी प्लेटें वही अपनी पूर्व स्थिति में टेबल पर ही रह जाती है।

✓ इसे सफलता पूर्वक करने के लिये आपको क्या चाहिये?

✓ हमे कौन सा कपडा उपयोग करना चाहिये?

✓ बर्तन का द्रव्यमान अधिक होना चाहिये या कम?

✓ क्या कपडे को जोर का झटका दे कर खींचना चाहिये या धीरे एक जैसे बल से खींचना चाहिये?

- उस वस्तु का वेग क्या है जो राकेट से छूट कर अंतरिक्ष में १० कि.मी/सेक के वेग से चल रहा हो?

SCERT TELANGANA

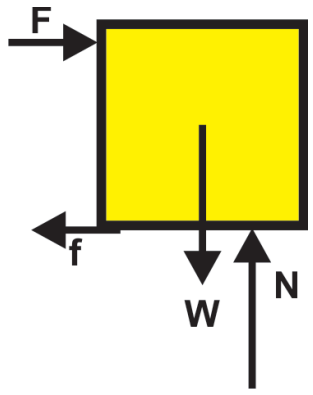
उदाहरण-1

एक पिण्ड जिसका द्रव्यमान 'm' हो क्षैतिज फर्श पर रखा गया है और उसे 10N बल के साथ ढकेल दिया गया जिससे चित्र में दिखाये अनुसार वह तेजी से चलते रहता है।

a) FBD खींचिए (एक समय ही एक बिंदु पर कार्य करने वाले सभी बालों का रेखा चित्र)

b) घर्षण का मूल्य क्या है?

हल



चित्र-6 मुक्त पिण्ड चित्र

दिया गया है कि पिण्ड तेजी से गमन रहा है इसलिये उस पिण्ड पर कार्य करने वाला क्षितिज और ऊर्ध्वाधर दोनों शुद्ध बल शून्य है।

क्षैतिज दिशा में उस पर कार्य करने वाला बल घर्षण बल (f), ढकेला हुआ बल (F)

हम जानते हैं $F_{net,x} = 0$

$$F + (-f) = 0$$

$$F = f$$

इसलिये घर्षण बल 10N है।

गति का दूसरा नियम

न्यूटन का दूसरा नियम यह समझाता है कि ''क्या होता है जब किसी पिंड पर शून्य रहित शुद्ध बल कार्य कर रहा हो।

बरामदे में एक गेंद रख कर ढकेलिये। गेंद स्थिर अवस्था से त्वरण प्राप्त करता है।

अतः हम यह कह सकते हैं कि बल एक क्रिया है जो त्वरण उत्पन्न करता है।

एक पिण्ड पर कार्य करने वाला शून्य रहित शुद्ध बल उसको स्थिर अवस्था से हटाता है।

अब हम यह चर्चा करने जा रहे हैं कि कैसे एक पिण्ड का त्वरण उस पर लगाये गये बल पर निर्भर करता है। और कैसे उसे मापा जाता है।

रैखिक समवेग (Linear momentum)

हम अपने दैनिक जीवन की कुछ घटनाओं का निरीक्षण करेंगे। यदि एक बाडमिंटन का गेंद और एक क्रिकेट का गेंद आपसे टकराये तो आपको किसकी चोट अधिक गहरी लगेगी। एक छोटा बुलेट दीवर को उसके अधिक वेग के कारण हानि पहुँचाता है। हम जानते हैं कि एक साइकल की अपेक्षा जब एक ट्रक दीवार से टकराता है तो अधिक हानि होती है। यह एक शब्द ''समवेग'' से समझाया जा सकता है जो 'p' से सूचित किया जाता है।

ऊपर के उदाहरणों से हम यह कह सकते हैं कि संवेग दो कारकों पर निर्भर है। एक द्रव्यमान है और दूसरा वेग है अतः

संवेग 'p' = द्रव्यमान (m) x वेग (v)

Momentum = (mass) x (velocity)

$$p = mv$$

गति में इसे द्रव्यमान से सूचित करते हैं क्यों कि सभी वस्तुओं का द्रव्यमान होता है यदि एक वस्तु गति में है तो वह संवेग प्राप्त करती है।

संवेग सदिशा राशी है क्योंकि वेग एक सदिश राशी है। अतः संवेग की दिशा वेग की दिशा होगी।

SI प्रणाली में संवेग की इकाई kg – m/s या N-S होती है।

SCERT TELANGANA

क्रियाकलाप-4

जितना अधिक शुद्ध बल उतना अधिक त्वरणः

एक चिकने धरतल पर बर्फ के ब्लाक को धीरे से हटाइये और देखिये कि वस्तु कैसे वेग पकडती है या कैसे त्वरण प्राप्त करती है। ब शुद्ध बल को बढ़ा कर देखिये कि वेग में कैसे परिवर्तन होता है।

• क्या त्वरण बढ़ गया है?

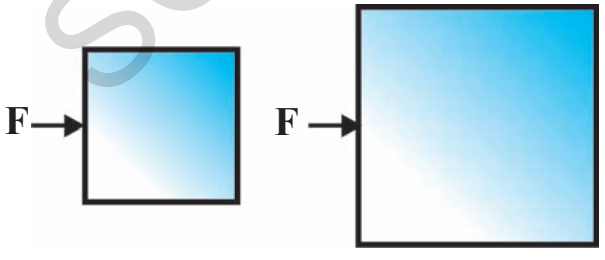
चित्र - 7 एक ही वस्तु पर विभिन्न बल लगाये गये।

क्रियाकलाप-5

अधिक द्रव्यमान और कम त्वरणः

बर्फ के ब्लाक पर बल लगाइये। वह कुछ त्वरण प्राप्त करता है।

अब अधिक द्रव्यमान का बर्फ का ब्लाक लीजिये, लेकिन समान बल लगाइये जितना कि कम द्रव्यमान वाले को लगाया है और निरीक्षण कीजिये।



चित्र - 8 विभिन्न द्रव्यमान वाले वस्तुओं पर समान बल लगाया गया

दोनों स्थितियों में वस्तु त्वरण प्राप्त करती है लेकिन दूसरी स्थिति में हम देखते हैं कि पिछली तरह वह वेग नहीं पकडेगी।

ऊपर के उदाहरणों में आपने क्या देखा? यदि वस्तु का द्रव्यमान स्थिर हो तो शुद्ध बल अधिक होने पर त्वरण अधिक होगा और यदि समान शुद्ध बल लगाने पर द्रव्यमान अधिक होने पर त्वरण क्या होगा।

न्यूटन के गति का दूसरा नियम कहता है कि वस्तु का संवेग परिवर्तन की दर वस्तु पर आरोपित असंतुलित बल के समानुपाती एवं बल की दिशा में होती है।

शुद्ध बल α संवेग/समय में परिवर्तन

$$F_{net} \propto \frac{\Delta p}{\Delta t}$$

Δp एक कण के संवेग के परिवर्तन की दर है या फिर एक कणों का समूह जो एक समायांतर Δt पर शुद्ध बल द्वारा लाया गया है।

जब समानुपात का चिह्न निकालदिया जाता है तो एक स्थिरांक समीकरण में जोड दिया जाता है।

$$F_{net} = k\frac{\Delta p}{\Delta t}$$

संवेग और समय के SI इकाईयाँ क्रमशः 'kg- m/s' और 's' हैं। बल की इकाई इस तरह चुनी गई कि स्थिरांक 'k', 1 बन जाता है। इस प्रकार

$$F_{net} = \frac{\Delta p}{\Delta t}$$

हम जानते हैं कि $p=mv$

जिससे

$\Delta p = \Delta mv$

यदि गति के समय पिण्ड का द्रव्यमान स्थिर हो तो

$\Delta p = m\Delta v$

हम जानते हैं कि

$$F_{net} = m\frac{\Delta v}{\Delta t}$$

SCERT TELANGANA

हम जानते हैं कि $\Delta v/\Delta t = a$, समान त्वरण कहलाता है

तो शुद्ध $F_{net} = ma$

उपयुक्त सूत्र कहता है कि शुद्ध बल पिण्ड में बल की दिशा में त्वरण उत्पन्न करता है।

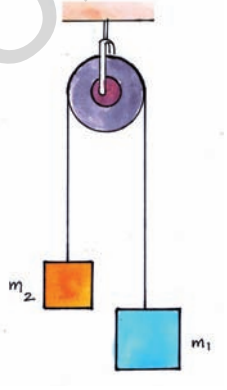
बल का SI units $kg.m/s^2$ है। इस युनिट को न्यूटन (N) के नाम से जाना जाता है। $1N=1kg.m/s^2$.

नोट :

- ✓ $F_{net} = \Delta p/\Delta t$ एक सर्वव्यापक सूत्र है जिसे किसी भी प्रणाली में प्रयोग किया जा सकता है जहाँ $F_{net} = ma$ सूत्र सिर्फ स्थिर द्रव्यमान पर लगाया जाता है।
- ✓ न्यूटन के दूसरे नियम से द्व्यह को हल करने के लिए, वस्तु के भार को मासफ लिया जोा है जो नीचे की ओर ऊर्ध्वाधर है। (आप इसके विषय में ''गुरुत्वाकर्षण'' पाठ में अधिक जानकारी प्राप्त करेंगे।

उदाहरण - 2

एटवुड मशीन (Atwood machine)

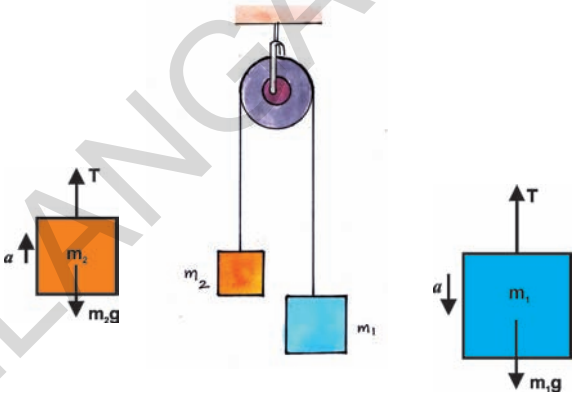


चित्र - 9

एटवुड मशीन में दो m_1 और m_2 द्रव्यमान वाली दो वस्तुएँ एक लिम्प के दो सिरों खिंचाव रहित रस्सी से टांग दिये गये जैसे कि चित्र 11 में दिखाया गया है। रस्सी एक घिरनी पर से गुजरती है। प्रत्येक वस्तु का त्वरण और रस्सी में तनाव की जाँच कीजिए। $(m_1>m_2)$

हल:

चित्र 10 में हम देखते हैं कि रस्सी का तनाव पिंड को हमेशा ऊपर की ओर खींचता है।

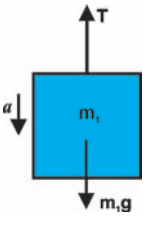


चित्र - 10

वस्तु m_1 पर FBD के कारण दो बल विद्यमान हैं। एक रस्सी का तनाव है जो ऊपरी की ओर कार्य कर रहा है और दूसरा वस्तु का भार (m_1g) नीचे की ओर कार्य कर रहा है।

m_1 पर कुल बल $F_{net} = m_1a$

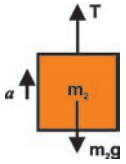
$\Rightarrow m_1g - T = m_1a$ ---------- (1)



अतः कुल बल (F_{net}) जो कि द्रव्यमान m_1 पर लगती है इसमें त्वरण 'a' उत्पन्न करता है।

SCERT TELANGANA

जहाँ m_1 नीचे की ओर, तथा m_2 ऊपर की ओर गति करती हैं। इसलिये त्वरण का परिमाण समान रहता है।



द्रव्यमान m_2 द्वारा FBD

$F_{net} = T - m_2g = m_2a$ ---------- (2)

समीकरण (1) और (2) को हल करने पर

$$a = \frac{(m_1 - m_2)g}{(m_1 + m_2)}$$

and

$$T = \frac{2\, m_1 m_2 g}{(m_1 + m_2)}$$

सोचिए-चर्चा कीजिए।

- निम्न चित्र का निरीक्षण कीजिए।

चित्र- 11

80kg भार वाले व्यक्ति की उच्चतम सीमा क्या होगी जो भार वह उठा सकता हो? जैसे कि चित्र में दिखाया गया है।

- सिलिंग पंखे का घूमते समय संवेग क्या होगा?
- शुद्ध बल की अनुपस्थिति में क्या वक्र मार्ग पर चलना संभव है?

गति का तृतीय नियम

क्रियाकलाप- 6

दो कमानीदार तुलाओं के खिंचाव द्वारा

(Pulling two spring balallences)

समान क्षमता वाले दो स्प्रिंग बैलेंस लेंगे। चित्र में दर्शाये अनुसार उन दो कमानीदार तुलाओं को जोडिये। चित्र में दर्शाये अनुसार उन कमनीदार तुलाओं को विपरीत दिशा में खींचिये

चित्र *(12) विपरीत दिशा में लगाया गया बल*

- कमानीदार तुलाओं के सूचनांक से आपको क्या सूचना मिलेगी?
- क्या दोनों कमानीदार तुलाओं के सूचनांक समान हैं?
- क्या हम कह सकते हैं कि कमानीदार तुलायें भिन्न सूचनांक दर्शायेंगे जब उनको साथ-साथ विपरीत दिशा में खींचा जाय? क्यों?

गति के तीसरे नियम के अनुसार, जब कोई वस्तु दूसरे वस्तु पर बल लगाता है तो दूसरी वस्तु भी पहली वस्तु पर समान परिमाण का बल विपरीत दिशा में लगता है।

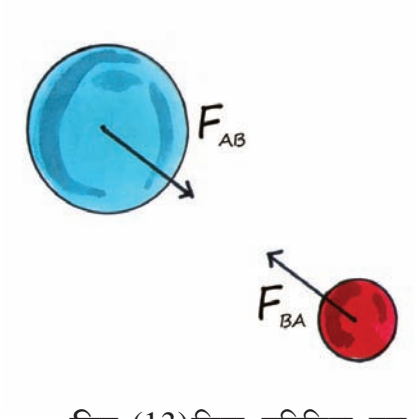
दो विपरीत बल क्रिया-प्रतिक्रिया की जोडी कहलाती है।

न्यूटन का तीसरा नियम यह समझाता है कि क्या होता है जब एक वस्तु का दूसरे वस्तु पर बल प्रयोग होता है।

यदि आप भूमि पर चल रहे हैं, हर कदम पर आप अनुभव करेंगे कि आपके पैर भूमि पर कुछ बल प्रयोग करते हैं। क्या आप सोचते हों कि भूमि भी आप पर कुछ बल विपरीत दिशा में प्रयोग कर रही है?

SCERT TELANGANA

क्या यह आश्चर्यजनक बात नहीं है कि जब आप दीवार को ढकेलते हैं तो दीवर भी आपको ढकेलती है।



चित्र-(13)*क्रिया-प्रतिक्रिया बल*

जब दो वस्तुएँ टकराती हैं तो वस्तु 'A' के द्वारा वस्तु 'B' पर लगाया गया बल F_{AB} तथा वस्तु 'B' के द्वारा लगाया गया बल F_{AB} एक दूसरे के बराबर और विपरीत होंगे।

अतः $F_{AB} = -F_{BA}$

ऋणात्मक चिह्न सूचित करता है कि प्रतिक्रया बल क्रियात्मक के विपरीत दिशा में कार्य कर रहा है।

यह सिद्ध करता है कि वहां कोई एक पृथक बल नहीं लगाया गया।

न्यूटन के पहले और दूसरे नियम सिर्फ एक ही पिण्ड पर लगते हैं

जब कि न्यूटन का तीसरा नियम दो पिण्डों के बीच क्रिया-प्रतिक्रया करता है।

नोट कीजिये कि न्यूटन के तीसरे नियम के दो बल कभी भी एक पिण्ड पर कार्य नहीं करते है।

न्यूटन के तीसरे नियम में क्रिया प्रतिक्रिया की जोडी हमेशा उस बल का प्रतिनिधित्व करते हैं जो दो विभिन्न पिण्डों पर एक साथ कार्य कर रहा हो।

हम कुछ उदाहरणों पर विचार करेंगे।

जब पक्षी उडते है तो वे अपने पंखों से वायु को नीचे की ओर ढकेलते हैं और वायु पक्षी को पीछे की ओर ऊपर और विपरीत दिशा में ढकेलती हैं। अतः पक्षी के पंख द्वारा वायु पर लगाया गया बल और एक वायु द्वारा पंखों पर लगाया गया विपरीत बल परिमाण में समान है और विपरीत दिशा में कार्य करते हैं।

जब पानी में मछली तैरती है, मछली पानी को पीछे ढकेलती है और पानी मछली को समान बल से विपरीत दिशा में ढकेलता है। पानी द्वारा लगाया गया बल मछली को आगे ढकेलता है।

एक रॉकेट, गैस को तीव्र गति से निष्किासन करते हुये त्वरण प्राप्त करती है और रॉकेट से निष्कासित गैस का प्रतिक्रया बल उस राकेट के विपरीत दिशा में त्वरण प्राप्त करती है। यह चित्र-१४ में दर्शाया गया है।

***चित्र-14** रॉकेट की गति*

- क्या राकेट गैस पर बल लगाता है?

जब आप गुब्बारे से वायु निकलने देंगे तो क्या होगा?

SCERT TELANGANA

क्रियाकलाप- 7

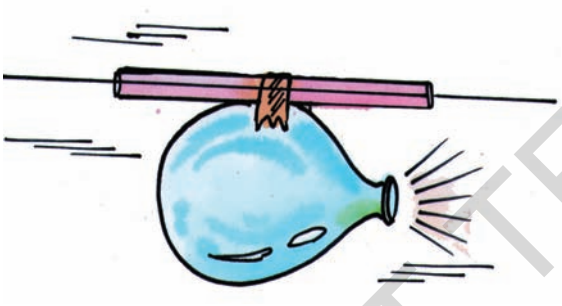
गुब्बारा रॉकेट

एक गुब्बारा फुलाइए उसके मुँह को उँगलियों से दबाकर रखिए ताकि उसके भीतर की हवा बाहर ना निकल जाए एक स्ट्रा में धागा डालकर उसे टेप से गुब्बारे पर चित्र 15 में दर्शाए अनुसार चिपकाइए।

धागे के एक छोर को पकड़िए और अपने मित्र को दूसरा छोर पकड़ने के लिए कहिए।

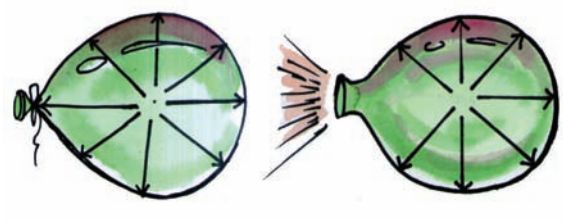
अब गुब्बारे के बंद मुँह को खोलिए, जिससे उसकी हवा निकलने लगे।

- अब क्या हुआ?
- आप इस परिस्थिति के वर्णन द्वारा न्यूटन का तृतीय नियम किस प्रकार समझायेंगे?



चित्र-15 गुब्बारा रॉकेट

एक गुब्बारा फुलाइए और इसका मुँह बाँध दीजिए। गुब्बारे के भीतर की हवा दीवारों की सभी दिशाओं में समान बल लगाती है, जैसा कि चित्र-18 में दिखाया गया है।



चित्र-16 गुब्बारे के भीतर की दीवारों पर लगा बल

जब गुब्बारे का मुँह खोला गया और हवा निकलने लगी तो क्या हुआ? जब हवा निकल रही थी तो दीवारो की ओर से हवा द्वारा गुब्बारे के मुँह की ओर कोई बल नहीं लग रहा था। लेकिन फिर भी वहाँ गुब्बारे के भीतर एक दबाव लग रहा था जो कि गुब्बारे के मुँह के विपरीत दिशा में था। अतः गुब्बारा उस दिशा में त्वरण करता है जिस दिशा में कुल बल (net force) कार्य करता है।

प्रयोगशाला कार्य

उद्देश्यः दो वस्तुओं पर कार्य कर रहे क्रिया और प्रतिक्रया बल को दर्शाना।

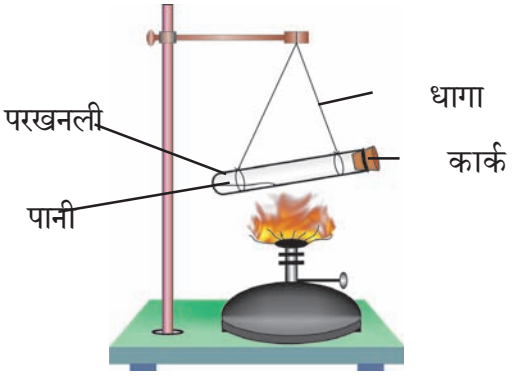
आवश्यक पदार्थ : परखनली, कार्क, टोपी, बुनसन बर्नर और प्रयोगशाला स्टैण्ड।

प्रक्रियाः

✓ अच्छी काँच वाली एक परख नली लेकर उसमें थोडा सा पानी डालो। उसको कार्क से बन्द किजिये।

✓ चित्र (17) में दर्शाये अनुसार परखनली को दो घागों के द्वारा स्टैण्ड पर क्षैतिज दिशा में लटकाएँ।

✓ बर्नर की सहायता से परखनली को तब तक गर्म करें, जब तक कि परखनली का पानी वाष्पित हो कार्क बाहर आ जाये।



चित्र -17

SCERT TELANGANA

कार्क बाहर निकलते समय परखनली का निरीक्षण कीजिये। परखनली के गति तथा कार्क की गति की तुलना कीजिये। दोनों के वेग के परिवर्तन को देखिये।

- उपर्युक्त प्रयोग से आप क्या निष्कर्ष निकालते हैं।

सोचिए-चर्चा कीजिए।

- पृथ्वी द्वारा गेंद पर लगाया गया बल 8N है। पृथ्वी पर गेंद का बल क्या होगा?
- क्षैतिज समतल पर एक ब्लाक रखा गया है। ब्लाक पर दो बल लगाये गये हैं। एक नीचे की ओर गुरुत्व बल और दूसरा उस पर कार्य कर रहा सामान्य बल है। क्या ये बल समान और विपरीत हैं? क्या वे क्रिया - प्रतिक्रिया की जोडी बनायेंगे? आप अपने मित्रों से चर्चा कीजिये।
- दमकल कर्मचारी को होस पक़डना क्यों कठिन होता है। जो अधिक परिमाण में पानी उच्च वेग से बाहर निकलता है।

संवेग का संरक्षण।

मानलो दो वस्तुएँ जिनका द्रव्यमान क्रमशः m_1 और m_2 है, एक ही सरल रेखीय दिशा में अलग-अलग वेग क्रमशः u_1 और u_2 से गति कर रही है। उनके वेग अलग होने के कारण वे एक दूसरे से 't' समय के लिये टकराने हैं जो बहुत कम समय है। इस टकराव में पहली गेंद, दूसरी गेंद पर F_{21} बल लगाती है और दूसरी गेंद, पहली गेंद पर F_{12} बल लगाती है। टकराव के पश्चात उनका वेग मानलो v_1 और v_2 क्रमशः है।

चित्र - 18 संवेग में संरक्षण ***(Conservation of momentum)***

कंचों का संवेग टकराने के पूर्व तथा पश्चात् क्या होगा?

नीचे की तालिका में हम देखेंगे

संवेग	**कंचा 1**	**कंचा 2**
टकराव के पूर्व	m_1u_1	m_2u_2
दटकाव के पश्चात	m_1v_1	m_2v_2
संवेग में अंतर	$m_1v_1-m_1u_1$	$m_2v_2-m_2u_2$
संवेग परिवर्तन की दर $\frac{\Delta p}{\Delta t}$	$\frac{(m_1v_1-m_1u_1)}{t}$	$\frac{(m_2v_2-m_2u_2)}{t}$

न्यूटन के तृतीय नियम के अनुसार पहले कंचे द्वारा दूसरे कंचे पर लगाया गया बल, दूसरे कंचे द्वारा पहले कंचे पर लगाये गये बल के समान है।

तो $F_{12} = -F_{21}$

तो हमें प्राप्त होगा

$$\frac{(\Delta p)_1}{t} = -\frac{(\Delta p)_2}{t}$$

$$\frac{m_1v_1-m_1u_1}{t} = -\frac{(m_2v_2-m_2u_2)}{t}$$

इसे हल करने पर

SCERT TELANGANA

$m_1u_1+m_2u_2 = m_1v_1+m_2v_2$

$m_1u_1+m_2u_2$ टकराने से पूर्व कंचों का कुल संवेग है और $m_1v_1+m_2v_2$ टकराव के पश्चात का कुल संवेग है।

उपयुक्त समीकरण से हमें ज्ञान होता है कि कुल संवेग टकराव के पूर्व और पश्चात अपरिवर्तित रहता है। हम कह सकते हैं कि संवेग का संरक्षण हुआ है। संवेग के संरक्षण का नियम यह कहता कि शुद्ध बाह्य बल की अनुपस्थिति में कोई भी प्रणाली या तंत्र में संवेग का तंत्र अपरिवर्तित रहता है।

यह आश्चर्यजनक होगा कि यदि कोई कहे कि गिरने से चोट नहीं लगती लेकिन वह अंत में अचानक रुकावट है जो चोट पहुँचाती है। क्या यह सच है?

- एक पोल वाल्ट जम्पर (खिलाडी) गद्दे पर क्यों गिरता है?
- क्या सिमेंट के फर्श की अपेक्षा रेत पर गिरना सुरिक्षत है?

नरम गद्दे एक अच्छे रुकने की सतह प्रदान करते है जो रुकने के लिये अधिक समय लेती है। इसलिये फील्डर जब गेंद पकडता है तो वह अपने हाथ पीछे की ओर खींचलेता है।

इस पिरिस्थिति में फील्डर, वेग को कम करने के लिये समय को बढाने का प्रयत्न करता है।

अतः संवेग परिवर्तन की दर कम होगी जिससे हाथों पर गेंद का प्रभावित बल कम होगा।

जैसे कि हमने दूसरा नियम प्रस्तुत किया है।

$$F_{net} = \frac{\Delta p}{\Delta t}$$

शुद्ध बल को कम करने (F_{net}) के लिये, रुकने का समय अधिक करना पडता है।

हमें प्राप्त होता है। $F_{net}\ \Delta t = \Delta p$

उपर्युक्त समीकरण से हमें ज्ञात होता है कि शुद्ध बल और आपस में टकराव का समय का गुणन फल शुद्ध बल का आवेग कहलाता है। आपस में टकराव के समय वस्तु, जो संवेग में अंतर अनुभव करता है वह आवेग के समान होता है। वे बल जो कुछ समय के लिए लगाये जाते हैं, आवेग बल कहलाते हैं। अकसर, आवेग बल का परिमाण इतना अधिक रहता है कि, इसकी अवधि कम होने पर भी, इसका प्रभाव प्रशंसनीय होता है। अब हम नीचे दी गई कार्यविधी का निरीक्षण करेंगे।

क्रियाकलाप-8

अंडों का गिरना

दो अंडों को लेकर उन्हें कुछ ऊंचाई से ऐसे गिराइये कि एक कंक्रीट के फर्श पर और दूसरा नर्म तकिये पर गिरे।

- गिरने के पश्चात आप दोनों अंडों में क्या अंतर देखोगे?

चित्र - 19 (अ) 19 (ब)

अ) कांक्रीट के फर्श पर अंडे का गिरना

ब) नर्म तकिये पर अंडे का गिरना।

अंडे को जब कांक्रीट के फर्श पर गिराया जाता है तब वह फूट जाता है, क्यों कि अंडे पर एक अधिक बल, कम समय के लिये कार्य करताहै।

$\Delta p = F_{net1}\ \Delta t_1$ ——

जब अंडे को नर्म तकिये पर गिराया जाता है तो वह नहीं फूटता क्यों कि अंडे पर एक छोटा (कम) बल अधिक समय के लिये कार्य करहा है।

$\Delta p = F_{net}\ \Delta t_2$

SCERT TELANGANA

दोनों स्थितियों में Δp समान होने पर भी, F_{net} का परिमाण जो अंडे पर कार्य कर रहा है वह तय करेगा कि अंडा फूटेगा या नहीं

एक फील्डर तेजी से आते हुये क्रिकेट की गेंद को वह अपने हाथ पीछे की ओर लेकर पकड़ लेगा। यदि वह अपने हाथ पीछे की ओर नहीं लेगा है तो क्या होगा? वह गेंद निश्चित रूप से उसे चोट पहुँचायेगी। जब वह अपने हाथ पीछे खींच लेगा तो वह लम्बे समय के लिये छोटे बल का अनुभव करेगा। अपने हाथ रुकने पर गेंद रुकेगी। यह दर्शाता है कि संवेग में परिवर्तन सिर्फ बल के परिमाण पर ही नहीं बल्की वस्तु के उस समय पर भी निर्भर रहता है जिसमें उसपर बल लगाया गया हो।

सोचिए-चर्चा कीजिए।

- एक उल्कापात प्रथ्वी पर पहुँचने के पहले वातावरण में जल जाता है उसके संवेग को क्या होगा?
- आप जब एक भारी गेंद ऊपर की ओर उछालते हो तो क्या आपके पैरों के सामान्य बल पर कोई परिवर्तन होगा?
- जब पेड से नारियल जमीन पर बिना उछले टकराता है तो उसके संवेग कोक्या होता है?
- कार मं सुरक्षा के लिये वायु की थैली का उपयोग क्यों होता है?

उदाहरण 3

एक 12000 कि.ग्रा के केनन से 300 कि.ग्रा द्रव्यमान की एक गोली 400 m/s के क्षैतिज वेग से छोडी जाती है। केनन से निकलने के पश्चात उसका वेग ज्ञात कीजिये। (m_1 = 12000 kg, m_2 = 300 kg, v_2 = 400m/s)

हल :

केनन के बारे में स्थित गैस के चूण के दबाव में आंतिरक बल होने के कारण, केनन को फइर करते समय ुस पर कार्य कर रहे सुद्ध बल शून्य होगा।

मानलो, शूट करने के पश्चात उसका वेग v_1 है। इस तंत्र का आरंभिक संवेग शून्य है।

इस तंत्र का अंतिम वेग = $m_1v_1+m_2v_2$

संवेग रेखीय संरक्षण हमें प्राप्त होता है

$$m_1v_1+m_2v_2=0$$

$$m_1v_1=-m_2v_2$$

$$v_1=-m_2v_2/m_1$$

दिये गये मूल्यों को उपयुक्त समीकरण में प्रतिस्थापित करने पर प्राप्त है

$$v_1 = -\frac{(300kg)\ x\ (400m/s)}{12000kg}$$

$$= -10\ m/s.$$

अतः केनन की वेग शॉट के पश्चात 10m/s

यहाँ '-' चिह्न सूचित करता है। कि कानन, बुलेट के विपरीत दिशा में गति करता है।

SCERT TELANGANA

मुख्य शब्द

गति के नियम, जडत्व, द्रव्यमान, रैखिक संवेग, संवेग का संरक्षण, आवेग, आवेग का बल

हमने क्या सीखा ?

- गति का पहला नियमः वस्तु अपनी स्थिर अवस्था में या सरल रेखा पर समान गति की अवस्था में तब तक बनी रहती है, जब तक उस पर कोई बाह्य बल कार्य न करे।
- वस्तुओं द्वारा अपनी गति की अवस्था में परिवर्तन का प्रतिरोध करने की प्रकृति को ज़डत्व कहते है।
- जडत्व का माप, वस्तु का द्रव्यमान होता है। द्रव्यमान की SI प्रणाली कि.ग्रा. है।
- गति का द्वितीय नियम किसी वस्तु के संवेग परिवर्तन की दर वस्तु पर आरोपित असंतुलित बल के समानुपाती एवं बल की दिशा में होती है।
- किसी पिण्ड का रैखिक संवेग उसके द्रव्यान और वेग का गुणनफल होता है। $p = mv$
- न्यूटन (N) का बल किसी 1 kg द्रव्यमान की वस्तु में 1 m/s^2 त्वरण उत्पन्न करता है।
  1 न्यूटन (N) = 1 kg x 1 m/s^2
- गति का तृतीय नियम यदि एक वस्तु दूसरे वस्तु पर बल लगाता है तो दूसरा वस्तु पहले वस्तु पर उतना ही बल लेकिन विपरीत दिशा में लगाता है।

अभ्यास में सुधार

I संकल्पना पर पुनर्विचार (Reflection on Concept)

1) निम्न में कारण बताइएः (AS1)

   अ. एक गद्दे को लकड़ी से मारने पर उसमें से धूल बाहर क्यों निकलती है?

   आ. बस की छत पर रखे सामान को रस्सी से क्यों बाँधा जाता है?

   इ. क्रिकेट में गेंदबाज दूर से भागता हुआ आकर गेंद क्यों डालता है?

2) तीनो गति के नियमों को उदाहरण सहित समझाइए। (AS1)

3) निम्नलिखित पदों को समझाइए। (AS1)

   अ) स्थिर जडत्व आ) गति का जडत्व इ) संवेग ई) आवेग उ) आवेग का बल

II संकल्पना का उपयोग (Application of concept)

1) दो वस्तुओं का द्रव्यमान 8 Kg और 25 kg है। किसमें जडत्व संकल्पना का उपयोग अधिक होगा? क्यों? (AS1)

2) 2.2 m/s वेग तथा 6.0 कि.ग्रा भार वाले बाउलिंग बाल का संवेग क्या होगा।(उत्तरः13.2 kg/ms^2)(AS1)

3) दो व्यक्ति एक कार को 200 N शुद्ध बल लगाते हुये 2s के लिये धकेलते हैं। (ए) कार द्वारा प्रदान किया गया आवेग ज्ञान कीजिये। (बी) यदि कार का द्रव्यमान 1200 कि.ग्रा. है तो ुसके वेग परिवर्तन का दर क्या होगाय़ (उत्तरः (ए) 600 Ns (बी) 0.5 m/s) (AS1)

SCERT TELANGANA

4) एक आदमी जिसका द्रव्यमान 30 kg है एक रस्सी के सहारे 450 N चढ़ता है। उसका उच्चतम त्वरण क्या होगा जिससे वह सुरक्षित रस्सी पर चढ़ सके? (उत्तर: 15 m/s^2)(AS7)

III उच्चस्तरीय चिंतन (Higher order thinking)

1. एक मोटरगाड़ी का द्रव्यमान 1500 kg है। गाड़ी और सड़क के बीच में कितना बल लगना चाहिए (यदि अपत्वरण 1.7 ms^{-2} हो) जिससे वह सड़क पर रुक जाये।(उत्तर: -2550 N गाड़ी की विपरीत दिशाओं में)
2) दो बर्फ के स्केटर आरंभ में विराम स्थिति में हैं, एक दूसरे को ढकेल रहे हैं। यदि एक का द्रव्यमान 60 kg और वेग 2 m/s है तो दूसरे का वेग क्या होगा जिसका द्रव्यमान 40 kg हो?
   (उत्तर: 3 m/s विपरीत दिशा में) (AS7)
3) यदि एक उड़ता हुआ पक्षी तेज गति के साथ चलते हुए बस से टकराये,(AS2)
   (a) क्या दोनों पर पड़ने वाला बल समान होगा? क्यों?
   (b) क्या दोनों का त्वरण समान होगा? क्यों?

सही उत्तर चुनिए।

1. किस वैज्ञानिक ने कहा कि ''गतिमान वस्तु उसी समगति में रहती है। जब तक कि उसपर कोई बाहरी बल न लगाया जाए''। [ ]
   a) अरिस्टोटल b) गैलिलियो c) न्यूटन d) डाल्टन
2. यदि वस्तु पर लगाया गया कुल बल शून्य हो तो उस वस्तु कि स्थिति [ ]
   a) संतुलित b) गतिमान c) गति का जडत्व d) समगति
3. पिंड का जडत्व आधारित होता है। [ ]
   a) आकार b) आयतन c) भार d) क्षेत्रफल
4. ''गति में भार'' इस शब्द को न्यूटन ने इसे निर्देशित करने के लिए किया? [ ]
   a) रेखीय गति b) गति का जडत्व c) वेग d) स्थिरत्व का जडत्व
5. गति का इकाई मात्रक (SI) [ ]
   a) मी/से b) कि.ग्रा - m c) कि.ग्रा.मी./से d) कि. ग्राम. मी./से^{2}

प्रस्तावित प्रयोग (Suggested Experiments)

1. न्यूटन के गति के पहले नियम को सिद्ध करने के लिए प्रयोग कर उस पर रिपोर्ट लिखिए।
2. दो भिन्न पिंडो पर क्रियान्वित क्रिया एवं प्रतिक्रिया को दर्शाने के लिए प्रयोग कीजिए।

SCERT TELANGANA