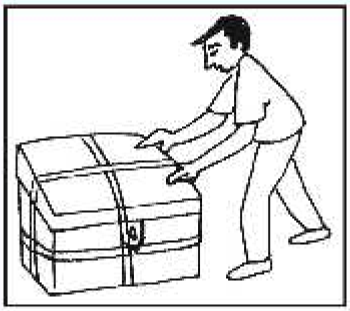
अध्याय - 3

गति एवं बल



हम पढ़ेंगे

3.1 सजीव एवं निर्जीवों में गति

3.2 एक समान एवं असमान गति

3.3 दूरी एवं विस्थापन

3.4 चाल एवं वेग

3.5 त्वरण एवं मंदन

3.6 सरल रेखीय गति के समीकरण

3.7 बल

3.8 जड़त्व एवं द्रव्यमान

3.9 संवेग

3.10 आवेग

3.11 एक समान वृत्तीय गति

3.12 घर्षण

3.13 प्रणोद एवं दाब

दैनिक जीवन में हम चारों ओर बहुत सी स्थिर एवं गतिमान वस्तुओं को देखते हैं। सड़क किनारे रखे हुए पत्थर, इमारतें, पेड़ इत्यादि स्थिर अवस्था में दिखाई देते हैं परन्तु सड़क पर चलते हुए वाहन जैसे साइकल, कार आदि, आकाश में उड़ते हुए पक्षी, हवाई जहाज इत्यादि को गतिमान अवस्था में पाते हैं। अथवा हवा का चलना, धूल के कण इत्यादि का उड़ना पेड़ पौधों की पत्तियों का हिलना आदि भी गति के उदाहरण हैं।

यदि हम कार में बैठकर एक स्थान से दूसरे स्थान पर जा रहे हों, तो हमें सड़क किनारे खड़े व्यक्ति, पेड़ आदि पीछे की ओर गति में प्रतीत होते हैं किन्तु कार में ही साथ में बैठे व्यक्ति को हम स्थिर अवस्था में पाते हैं क्यों? किसी व्यक्ति के लिए एक वस्तु गतिशील प्रतीत हो सकती है जबकि दूसरे व्यक्ति के लिए स्थिर। क्यों? ऐसे प्रश्नों के उत्तर प्राप्त करने के लिए हमें गति का अध्ययन करना आवश्यक है।

कोई वस्तु यदि विराम में है तो उसकी स्थिति, वातावरण की अन्य वस्तुओं की स्थिति के सापेक्ष नहीं बदलती हैं। परन्तु जब वह गति में आती है तो उसकी स्थिति में परिवर्तन होता है। यहाँ यह बात सदैव ध्यान में रखने योग्य है कि विराम एवं गति की अवस्था सापेक्ष होती है।

गति कई प्रकार की हो सकती है जैसे सरल रेखीय गति, वृत्तीय गति, घूर्णी गति, सरल आवर्त गति आदि। इस अध्याय में हम सीधी रेखा में गतिमान वस्तुओं का ही अध्ययन करेंगे। इस प्रकार की गति को समीकरणों द्वारा व्यक्त करना भी सीखेंगे।

3.1 सजीवों और निर्जीवों में गति

आपने देखा होगा कि सजीव वस्तुएं चाहे वे जीव-जन्तु हों या पेड़-पौधे किसी न किसी प्रकार की गति करते हैं। मनुष्य, कुत्ते, बिल्ली आदि अपने पैरों से चलकर गति करते हैं। एक ही स्थान पर खड़े, बैठे या लेटे रहकर अंग संचालन भी गति को प्रदर्शित करता है। पक्षी उड़ते हैं, मछलियाँ पानी में तैरती हैं, साँप रेंगते हैं आदि ये सभी सजीवों की गतियाँ हैं।

इस प्रकार हम कह सकते हैं कि सजीव वस्तुएं स्वयं ही गति करती हैं। इसके विपरीत निर्जीव वस्तुओं को गति में लाने के लिए हमें एक बाह्य कारक अर्थात बल की आवश्यकता होती है। उदाहरणार्थ खेल के मैदान में रखा एक फुटबाल स्वयं एक स्थान से दूसरे स्थान पर जाने में अक्षम है जब तक कि उस पर बाहर से बल नहीं लगाया जाये। इस प्रकार हम कह सकते हैं कि निर्जीव वस्तुएं स्वयं गति करने में असमर्थ होती हैं परन्तु सजीव वस्तुएँ स्वयं गतिमान हो सकती हैं। यही दोनों वस्तुओं की गतियों में मुख्य अंतर है। इस भाग में निर्जीव वस्तुओं की गति का ही मुख्य रूप से अध्ययन करेंगे।

सरल रेखीय गति (Linear Motion)

यदि वस्तु की गति का पथ सरल रेखीय (सीधा) हो तो ऐसी गति सरल रेखीय गति कहलाती है। इसे एक उदाहरण से समझ सकते हैं :-

एक बस A स्थान से चलना प्रारंभ कर B तथा C स्थानों से गुजरती हुई D पर पहुँचती है। A से D तक का मार्ग चूंकि सरल रेखीय है अतः उस बस की गति सरल रेखीय कहलाएगी।

महत्वपूर्ण तथ्य

अदिश भौतिक राशि – वे भौतिक राशियाँ जिन्हें व्यक्त करने के लिए केवल परिमाण की आवश्यकता होती है, अदिश राशियाँ कहलाती हैं। जैसे दूरी, चाल, घनत्व, द्रव्यमान आदि।

सदिश भौतिक राशि– वे भौतिक राशियाँ जिन्हें व्यक्त करने के लिये परिमाण एवं दिशा दोनों की आवश्यकता होती है सदिश राशियाँ कहलाती हैं। जैसे: विस्थापन, वेग, त्वरण बल आदि।

विशेष: किसी निर्दिष्ट बिन्दु के सापेक्ष किसी अन्य बिन्दु की स्थिति भी सदिश राशि होती है। इसे x से प्रदर्शित किया जा सकता है।

3.2 एक समान गति व असमान गति : (Uniform Motion and Non-Uniform Motion)

एक समान गति : मान लीजिए एक वस्तु सरल रेखा में चल रही है। वह पहले सेकण्ड में 4 m, दूसरे सेकण्ड में 4 m, तीसरे सेकण्ड में 4 m इसी प्रकार आगे भी प्रत्येक सेकण्ड में वह 4 m की ही दूरी तय करती है अर्थात् 'वस्तु द्वारा समान समयान्तर में समान दूरी तय की जाती है, तो वस्तु की इस गति को एक समान गति कहते हैं।'

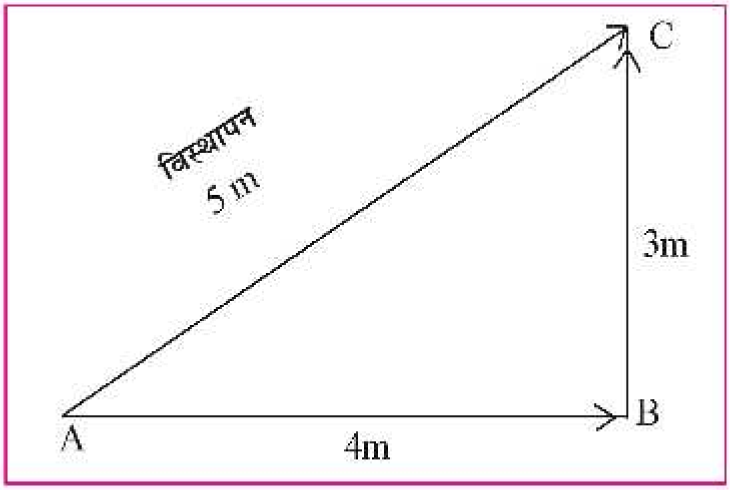
असमान गति : यदि वस्तु एक सीधी रेखा में चल रही है तथा वह पहले सेकण्ड में 2 m, दूसरे सेकण्ड में 3 m, तीसरे सेकण्ड में 10 m, चौथे सेकण्ड में 5 m तथा पांचवें सेकण्ड में 14 m चलती है तो यहाँ वस्तु द्वारा समान समयान्तरालों (1 सेकण्ड) में असमान दूरी तय की जा रही है तब हम उसकी गति को असमान गति कहते हैं।

आइये इसे हम एक उदाहरण द्वारा समझते हैं। जब कोई बस, बस स्टैण्ड से चलना प्रारंभ करती है तो प्रारंभ में वह प्रारंभ में बहुत धीमी चलती है, फिर कुछ दूरी तक तेजी से चलती है तथा जैसे ही अगले बस स्टैण्ड के पास पहुँचती है

तब उसकी चाल कम होती जाती है। इस प्रकार असमान गति में वस्तु की चाल समय के साथ बदलती है एवं उसके द्वारा समान समयान्तरालों में असमान दूरी तय की जाती है। यह असमान गति का उदाहरण है। गुरुत्व के अधीन ऊँचाई से स्वतंत्रतापर्वूक गिरती हुई वस्तु की गति भी असमान गति होगी।

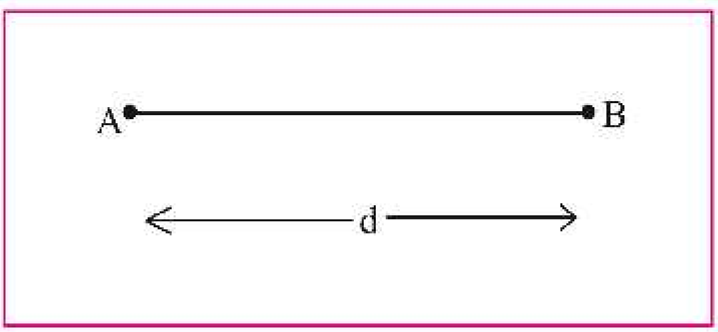
3.3 दूरी तथा विस्थापन (Distance and Displacement)

सामान्यत: हम दैनिक जीवन में दूरी और विस्थापन को एक ही अर्थ में प्रयुक्त करते हैं। परन्तु भौतिकी में इन दोनों भौतिक राशियों में भिन्नता है। चित्र को ध्यान से देखें। एक व्यक्ति बिन्दु A से गति करते हुए 4m की दूरी तय कर बिन्दु B तक पहुँचता है पुन: B से समकोण पर चलकर बिन्दु C तक 3m की दूरी तय करता है। इस प्रकार उस व्यक्ति द्वारा A बिन्दु से C तक पहुँचने में 7m की दूरी तय की जाती है। यहाँ यह बात स्पष्ट है कि बिन्दु C तक दिशा बदलकर उस व्यक्ति द्वारा पहुँचने में 7m की दूरी तय की जाती है। इससे यह निष्कर्ष निकाल सकते हैं कि किसी भी दिशा में तय किये गये पथ की लम्बाई, दूरी कहलाती है। जिसे व्यक्त करने के लिए सिर्फ परिमाण की ही आवश्यकता होती है। यहां पर दूरी एक अदिश राशि है जिसका S. I. पद्धति में मात्रक मीटर (m) होता है।



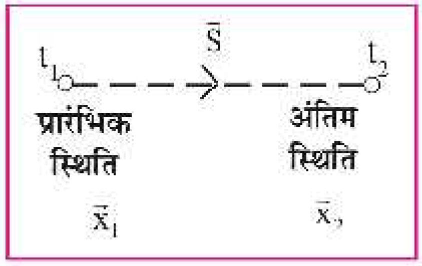
(दूरी से विस्थापन)

अब बिन्दु A व C को मिलाइये। यहाँ हम पाते हैं कि इस रास्ते से व्यक्ति द्वारा A से चलकर C तक पहुँचने में सिर्फ 5m की ही दूरी तय की गई है। यहाँ व्यक्ति की अंतिम स्थिति C और प्रारंभिक स्थिति A है। इस प्रकार एक विशेष दिशा में चलने पर ही बिन्दु A एवं बिन्दु C के बीच न्यूनतम सम्भव दूरी 5m प्राप्त हो सकी है। अर्थात किसी विशेष दिशा में किन्ही दो बिन्दुओं के बीच की न्यूनतम दूरी को विस्थापन कहते हैं। विस्थापन एक सदिश राशि है, जिसे व्यक्त करने के लिए परिमाण के साथ साथ दिशा की भी आवश्यकता होती है। विस्थापन को भौतिकी में सामान्यत: S द्वारा व्यक्त किया जाता है एवं इसका S. I. पद्धति में मात्रक मीटर (m) है। विस्थापन धनात्मक, ऋणात्मक अथवा शून्य हो सकता है। यदि वस्तु एक सरल रेखा में गति करती है, तो वस्तु द्वारा तय की गई दूरी और उसका विस्थापन समान होता है।



चित्र में एक व्यक्ति A बिन्दु से चलकर B बिन्दु तक पहुँचता है, उसके द्वारा तय की गई दूरी d है। अब वह व्यक्ति यदि B से चलकर पुन: A बिन्दु पर पहुँच जाता है तब उसके द्वारा पुन: तय की गई दूरी तो d ही होगी परन्तु उसका विस्थापन –d होगा।

इस प्रकार पूरी यात्रा में तय कुल दूरी = d + d = 2d एवं कुल विस्थापन = d – d=0 अर्थात वस्तु के द्वारा तय की गई कुल दूरी 2d है एवं उसका विस्थापन शून्य है।



माना किसी गतिमान वस्तु की t_1 समय पर स्थिति x_1 तथा t_2 समय पर स्थिति x_2 हो तो उस वस्तु का विस्थापन S निम्नानुसार व्यक्त कर सकते हैं।

वस्तु का विस्थापन = वस्तु की स्थिति में परिवर्तन

या वस्तु का विस्थापन = वस्तु की अंतिम स्थिति – प्रारंभिक स्थिति

या विस्थापन $\bar{S} = \bar{x}_2 - \bar{x}_1$ .... (i)

समीकरण (1)से स्पष्ट है कि $\bar{x}_2$ का मान $\bar{x}_1$ के मान से अधिक होने पर विस्थापन $\bar{S}$ धनात्मक होगा तथा x_2 का मान x_1 के मान से कम होने पर विस्थापन $\bar{S}$ ऋणात्मक होगा एवं $\bar{x}_2$ का मान $\bar{x}_1$ के बराबर होने पर विस्थापन शून्य होगा।

विस्थापन एवं दूरी में अन्तर

क्र.	अन्तर के बिन्दु	दूरी	विस्थापन
1.	परिभाषा	वस्तु द्वारा तय किये गये पथ की लम्बाई को दूरी कहते हैं।	एक निश्चित दिशा में गतिमान वस्तु की प्रारंभिक एवं अन्तिम स्थिति के बीच की न्यूनतम दूरी को विस्थापन कहते हैं।
2.	निर्भरता	वस्तु द्वारा तय किये गये पथ की लम्बाई पर निर्भर करती है।	यह वस्तु द्वारा तय किये गये पथ पर निर्भर नहीं करती है।
3.	मान	यह सदैव धनात्मक होती है।	इसका मान धनात्मक, ऋणात्मक या शून्य हो सकता है।
4.	राशि	यह अदिश राशि है।	यह सदिश राशि है।
5.	परिमाण	दूरी का परिमाण विस्थापन से	विस्थापन का परिमाण दूरी से कम अथवा

इन प्रश्नों के उत्तर स्वयं खोजें

- एक पिण्ड R त्रिज्या के एक वृत्ताकार पथ में गति कर रहा है। यदि पिण्ड दो चक्कर पूर्ण कर लेता है तो उसके द्वारा तय की गई दूरी एवं उसका विस्थापन क्या होगा?
- एक समान गति से क्या तात्पर्य है? आप किसी ऐसी वस्तु का उदाहरण दे जिसकी गति एक समान हो।

3.4 चाल और वेग (Speed and Velocity)

किसी वस्तु द्वारा इकाई समय में तय की गई दूरी को चाल कहते हैं। चाल एक अदिश राशि है जिसे व्यक्त करने के लिए परिमाण की आवश्यकता होती है।

चाल का सूत्र व मात्रक :

$$\text{चाल} = \frac{\text{दूरी}}{\text{समय}}$$

$$\text{चाल का मात्रक} = \frac{\text{दूरी का मात्रक}}{\text{समय का मात्रक}} = \frac{\text{मीटर}}{\text{सेकण्ड}} = \frac{m}{s}$$

अर्थात S. I. पद्धति में चाल का मात्रक मीटर/सेकण्ड है इसे m/s या ms^{-1} द्वारा भी लिखा जाता है। चाल का मात्रक सामान्यतः किमी./घण्टा (km/h) लिखा जाता है।

एक समान चाल : यदि वस्तु समान समयान्तरों में समान दूरी तय करती है चाहे उसकी दिशा कुछ भी हो, तो हम कहेंगे कि वस्तु एक समान चाल से चल रही है।

असमान चाल : यदि वस्तु समान समयान्तरों में असमान दूरी तय करती है तो वस्तु की चाल, असमान चाल कहलाती है।

3.4.1 औसत चाल (Average Speed)

रेलवे स्टेशन से एक रेलगाड़ी प्रारंभ में चलती है तो उसकी चाल कम होती है, बाद में वह तेज गति से चलती है। अगला स्टेशन आने से पहले उसकी चाल कम होने लगती है और प्लेटफार्म पर पहुँचकर वह रुक जाती है। रेल गाड़ी की इस पूरी यात्रा के दौरान उसकी चाल परिवर्तित हो रही है।

किसी वस्तु की औसत चाल उसके द्वारा तय की गई कुल दूरी में, यात्रा में लगे कुल समय से भाग देकर निकाल सकते हैं। अतः

$$\text{औसत चाल} = \frac{\text{वस्तु द्वारा तय की गई कुल दूरी}}{\text{यात्रा में लगा कुल समय}}$$

3.4.2 वेग (Velocity)

किसी वस्तु की चाल यह दर्शाती है कि वह किस तेजी से गति कर रही है। उससे इस बात का ज्ञान नहीं होता है कि वस्तु किस दिशा में गति कर रही है। इससे हम यह भी नहीं बता सकते हैं कि वह कुछ समय पश्चात् किस स्थिति में होगी। किसी गतिशील वस्तु की यथार्थ स्थिति दर्शाने के लिए हमें उसकी चाल के साथ-साथ उसकी गति की दिशा का भी ज्ञान होना आवश्यक है। इसलिए हम किसी वस्तु के वेग को इस प्रकार परिभाषित कर सकते हैं-

''किसी वस्तु का वेग एक निश्चित दिशा में तय की गई उस दूरी के बराबर होता है जो एकांक समय में वस्तु द्वारा तय की जाती है।'' वेग को निम्न प्रकार भी परिभाषित कर सकते हैं -

''एकांक समय में किसी वस्तु के विस्थापन को वेग कहते हैं।''

वेग एक सदिश राशि है जिसे व्यक्त करने के लिए दिशा के साथ-साथ परिमाण की भी आवश्यकता होती है। इसे $\vec{u}$ अथवा $\vec{v}$ द्वारा प्रदर्शित करते हैं।

$$\text{वेग का S. I. पद्धति में मात्रक} = \frac{\text{विस्थापन का मात्रक}}{\text{समय का मात्रक}} = \frac{m}{s} = ms^{-1}$$

एक समान वेग (Uniform Velocity): वह वेग जिसमें समान समयान्तरालों में वस्तु के विस्थापन समान होते हैं, एक समान वेग कहलाता है।

परिवर्ती वेग (Non-uniform Velocity): वह वेग जिसमें समान समयान्तरालों में वस्तु द्वारा भिन्न-भिन्न विस्थापन तय किये जाते हैं। परिवर्ती वेग कहलाता है। यहाँ ध्यान देने योग्य बात यह है कि वेग परिवर्ती होता है यदि,

(1) वस्तु के वेग का परिमाण परिवर्तित हो, भले ही दिशा अपरिवर्तित रहे।

उदाहरण- सरल रेखा में असमान चाल से गति।

(2) वस्तु की गति की दिशा परिवर्तित होती रहे भले ही वेग का परिमाण अपरिवर्तित रहे।

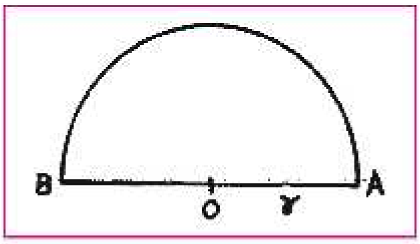
उदाहरण- वृत्ताकार मार्ग पर एक समान चाल से गति।

वेग और चाल में अन्तर

क्र.	चाल	वेग
1	गतिशील वस्तु द्वारा 1 सेकण्ड में तय की गई दूरी को वस्तु की चाल कहते हैं	गतिशील वस्तु द्वारा निश्चित दिशा में 1 सेकण्ड में तय की गई दूरी को वेग कहते हैं।
2.	यह दिशा पर निर्भर नहीं है	वस्तु के विस्थापन की दिशा ही उसके वेग की दिशा होती है।
3.	चाल धनात्मक या शून्य हो सकती है	वेग धनात्मक, ऋणात्मक या शून्य हो सकता है
4.	यह अदिश राशि है।	यह सदिश राशि है।

महत्वपूर्ण तथ्य

सामान्यत: यह कहा जाता है कि वेग का परिमाण चाल के बराबर होता है परन्तु यह सही नहीं है। वेग का परिमाण, चाल के बराबर उस समय होता है जब वस्तु एक सरल रेखा में गति करती है। अन्य सभी स्थितियों में चाल, वेग के परिमाण से अधिक होती है। आइये इसे एक उदाहरण से समझते हैं एक पिण्ड r त्रिज्या के अर्द्धवृत्ताकार पथ पर चलने में t समय लेता है। तब पिण्ड का वेग



$$v = \frac{\text{विस्थापन}}{\text{समय}} = \frac{2r}{t}$$

तथा पिण्ड की चाल = $\frac{\pi r}{t}$

अब यदि पिण्ड एक पूर्ण चक्र T समय में पूरा करता है, तब

$$\text{चाल} = \frac{\text{दूरी}}{\text{समय}} = \frac{2\pi r}{T}$$

परन्तु एक पूर्ण चक्र पूरा करने पर पिण्ड का विस्थापन शून्य होगा अर्थात् प्रारंभिक बिन्दु और अंतिम बिन्दु सम्पाती होंगे। अत:

$$\text{वेग} = \frac{\text{विस्थापन}}{\text{समय}} = \frac{0}{T} = 0 \text{ (zero)}$$

इन प्रश्नों के उत्तर स्वयं खोजिए -

- चाल एवं वेग में अन्तर बताइये।
- एक समान चाल से क्या तात्पर्य है? किसी ऐसी वस्तु का उदाहरण दे जिसकी चाल एक समान हो।
- बिजली से चलने वाली रेलगाड़ी 120 km/h के वेग से चल रही है। यह 30 सेकण्ड में कितनी दूरी तय करेगी?

3.5 त्वरण एवं मंदन (Acceleration and Retardation)

त्वरण को समझने के लिए हम एक बस, जो सरल रेखीय मार्ग पर चल रही हो, का उदाहरण लेते हैं। बस एक बिन्दु से प्रारंभ होने के अगले प्रत्येक दस सेकण्ड पश्चात बस के वेग के विभिन्न मान जो हमें उसके स्पीडोमीटर से प्राप्त हुए, निम्न सारिणी में प्रदर्शित हैं :-

बस के नियमित समय अन्तराल पर वेग

क्रमांक	समय (सेकण्ड में)	वेग (km/h) में	वेग (m/s) में
1	0	0	0
2	10	18	5
3	20	36	10
4	30	54	15
5	40	72	20
6	50	90	25

$$1 \text{ कि. मी./घण्टा} = \frac{1000}{60 \times 60} \text{ मीटर/सेकंड} = \frac{5}{18} \, ms^{-1}$$

सारिणी से स्पष्ट है कि पहले 10 सेकण्ड में बस का वेग शून्य से बढ़कर 5 m/s (मीटर/सेकण्ड) हो जाता है। अगले 5 सेकण्ड में यह 5 मीटर/सेकण्ड और बढ़ जाता है और ठीक इसी प्रकार आगे बढ़ता जाता है।

अतः 10 सेकण्ड में वेग में वृद्धि = 5 मीटर/सेकण्ड

$$1 \text{ सेकण्ड में वेग में वृद्धि} = \frac{5}{10} = 0.5 \text{ मीटर/सेकंड}$$

अब हम कह सकते हैं कि गाड़ी के वेग में प्रति सेकण्ड 0.5 मीटर/सेकंड का परिवर्तन हो रहा है। **एक सेकण्ड में जो वेग में परिवर्तन होता है वह त्वरण (Accelaration) कहलाता है।** अर्थात् किसी वस्तु के वेग में परिवर्तन की दर को **त्वरण** कहते हैं।'

किसी वस्तु के त्वरण को प्रतीक a द्वारा व्यक्त करते हैं। यह सदिश राशि है। इसका S. I. पद्धति में मात्रक:-

$$\text{त्वरण का मात्रक} = \frac{\text{वेग का मात्रक}}{\text{समय का मात्रक}} = \frac{m/s}{s} = m/s^2 = ms^{-2}$$

$$\text{उपरोक्त उदाहरण में बस का त्वरण} = \frac{\text{वेग में परिवर्तन}}{\text{समयान्तर}} = \frac{5}{10} \frac{m/s}{s} = 0.5 \, m/s^2 = 0.5 \, ms^{-2} \text{ है।}$$

3.6 सरल रेखीय गति के समीकरण :

1. प्रथम समीकरण : यदि किसी वस्तु का प्रारंभिक वेग $\vec{u}$ हो और t समय पश्चात अंतिम वेग $\vec{v}$ हो तो

वस्तु का त्वरण निम्नानुसार दिया जा सकता है :-

$$\text{त्वरण} = \frac{\text{वेग में परिवर्तन}}{\text{समयान्तर}}$$

$$\text{या } \vec{a} = \frac{\text{अंतिम वेग - प्रारंभिक वेग}}{\text{समयान्तर}}$$

$$\text{या } \vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{u}}{t} \qquad (1)$$

$$\text{या } \vec{a}\,t = \vec{v} - \vec{u}$$

$$\text{या } \vec{v} - \vec{u} + \vec{a}\,t \qquad (2)$$

समीकरण (2) गति विषयक चर राशियों के बीच सम्बन्ध दर्शाता है। इसे गति का **प्रथम समीकरण** कहते हैं। इस समीकरण की सहायता से यदि $\vec{v}$, $\vec{u}$, $\vec{a}$ तथा t में से कोई तीन राशियों के मान ज्ञात हों तो अज्ञात चौथी राशि का मान ज्ञात किया जा सकता है।

2. द्वितीय समीकरण

यदि सरल रेखा में किसी वस्तु का प्रारंभिक वेग $\vec{u}$, अन्तिम वेग $\vec{v}$ तथा उत्पन्न त्वरण $\vec{a}$ है तो वस्तु का मध्यमान वेग $\frac{\bar{u}+\bar{v}}{2}$ होगा। इस वेग से चलने वाली वस्तु t समय में s दूरी तय करती है।

$$\text{क्योंकि, वेग} = \frac{\text{विस्थापन}}{\text{समय}}$$

अत: विस्थापन = वेग x समय

$$\bar{s} = \frac{\bar{u}+\bar{v}}{2} \times t$$

प्रथम समीकरण $\vec{v} = \vec{u} + \vec{a}t$ से v मान रखने पर

$$\bar{s} = \frac{(\bar{u}+\bar{u}-\bar{a}t)}{2} \times t$$

$$= \frac{2\bar{u}t + \bar{a}t^2}{2}$$

$$\bar{s} - \bar{u}t + \frac{1}{2}\bar{a}t^2 \qquad (3)$$

समीकरण (3) को गति का **द्वितीय समीकरण** कहते हैं।

3. तृतीय समीकरण

हम जानते हैं कि गति का प्रथम समीकरण $\vec{v} = \vec{u} - \vec{a}t$

तथा गति का द्वितीय समीकरण $\vec{s} = \vec{u}t + \frac{1}{2}\vec{a}t^2$

प्रथम समीकरण से $t = \frac{(\vec{v} \quad \vec{u})}{a}$

t का यह मान द्वितीय समीकरण में रखने पर

$$s = u\frac{(\vec{v} - \vec{u})}{\vec{a}} + \frac{1}{2}\bar{a}\,\frac{(\vec{v} \quad \vec{u})^2}{\vec{a}^2}$$

या $as = uv - u^2 + \frac{1}{2}(v^2 + u^2 - 2uv)$

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

या $v^2 = u^2 + 2\,a\,s$ (4)

समीकरण (4) को गति का **तृतीय समीकरण** कहते हैं।

समीकरण (1) से स्पष्ट है कि यदि अंतिम वेग $\vec{v}$ का मान, प्रारंभिक वेग $\vec{u}$ के मान से अधिक हो, तो वेग में वृद्धि होती है तथा त्वरण का मान धनात्मक प्राप्त होता है परन्तु यदि $\vec{v}$ का मान, $\vec{u}$ के मान से कम हो अर्थात वस्तु का वेग घट रहा हो, तो कण का त्वरण ऋणात्मक होगा। इस ऋणात्मक त्वरण को **मंदन** (Retardation) भी कहते हैं।

यह भी स्पष्ट है कि यदि वस्तु एक समान वेग से चल रही हो अर्थात उसका वेग नहीं बदल रहा हो तो भी उसका त्वरण शून्य होता है।

उदाहरण

एक वस्तु 5 m/s के वेग से अपनी गति प्रारंभ करती है। यदि त्वरण 2 m/s^2 हो तो 10 सेकण्ड बाद उसका वेग ज्ञात कीजिए।

हल : दिया है $\vec{u} = 5$ m/s; $\vec{a} = 2$ m/s^2; t = 10s

$\vec{v} = ?$ अंतिम वेग

प्रयुक्त समीकरण v = u + at में मान रखने पर

$\vec{v} = 5 + 2 \times 10$

$= 5 + 20$

अन्तिम वेग $\vec{v} = 25$ m/s

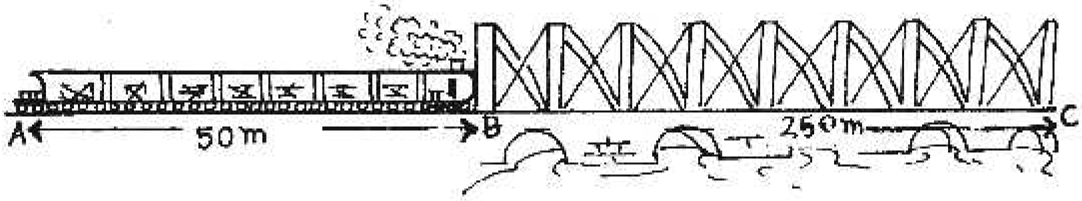
उदाहरण एक रेलगाड़ी की लम्बाई 50 m है। वह एक रेलवे ब्रिज जिसकी लम्बाई 250 m है को एक समान वेग 10 ms^{-1} से पार करती है बताइये कि रेलगाड़ी द्वारा ब्रिज को पार करने में कितना समय लगेगा।

हल : रेल द्वारा सम्पूर्ण ब्रिज को पार करने में तय की गई दूरी = AB+BC होगी।

अतः रेल द्वारा तय की गई दूरी = 250 m+50 m

= 300 m

रेलगाड़ी का वेग = $10\ ms^{-1}$



रेलगाड़ी एक समान वेग से चल रही है अतः त्वरण = $0\ ms^{-2}$ समीकरण $S = ut + \frac{1}{2}at^2$ से

$300 = 10\,t + 0$

या $t = 30\ s$

अतः रेल को सम्पूर्ण ब्रिज को पार करने में 30 सेकण्ड का समय लगेगा।

उदाहरण एक कार जो $30\ ms^{-1}$ के वेग से चल रही है, को ब्रेक लगाकर रोका जाता है। यदि कार में मंदन $6\ ms^{-2}$ हो तो वह रुकने में कितना समय लेगी?

हल : $\vec{u} = 30\ ms^{-2}$, $\vec{v} = 0\ ms^{-1}$

$\vec{a} = -6\ ms^{-2}$, $t = ?$

समीकरण $\vec{v} = \vec{u} + \vec{a}t$ में मान लिखने पर

$0 = 30 - 6\,t$

या $6\,t = 30$

या $t = 5\ s$

अभीष्ट समय 5 सेकण्ड है।

इन प्रश्नों के उत्तर स्वयं खोजिए :

- किसी कार का वेग 18 m/s है। इसको km/h में व्यक्त करें।
- मान लीजिए आप एक 9 m लम्बे कमरे में $1.5\ kmh^{-1}$ की चाल से चल रहे हैं। इस चाल को m/s में बदलिये। साथ ही यह बताइये कि आपको कमरे के एक सिरे से दूसरे सिरे तक तक जाने में कितना समय लगेगा?

3.7 बल (Force)

अभी तक हमने सरल रेखीय गति, समान एवं असमान गति आदि के विषय में चर्चा की है।

किसी वस्तु की गति में, बाह्य कारक द्वारा उत्पन्न परिवर्तन के अध्ययन एवं विश्लेषण को गत्यात्मक विज्ञान (Dynamics) कहते हैं। इस पाठ में हम गति को प्रभावित करने वाले कारक-बल पर चर्चा करेंगे। बल द्वारा हम किसी

वस्तु की स्थिति, वेग व दिशा में परिवर्तन कर सकते हैं। यहाँ हम बल तथा वस्तु की गति की अवस्था के बीच यथार्थ संबंध पर भी चर्चा करेंगे। हमारे दैनिक जीवन के बहुत से कार्यों में हमें बल की आवश्यकता पड़ती है। किसी भारी वस्तु (जैसे बड़े बक्से या टेबिल) को हटाने के लिए अधिक बल की आवश्यकता होती है हल्की वस्तु को हटाने में कम बल की आवश्यकता होती है। जैसे पेन, पेंसिल, किताब, बल्ला गेंद आदि को समान विस्थापन करने हेतु हमें अलग-अलग बल की आवश्यकता होती है। लोहे को हथोड़े से पीटने पर वह चपटा हो जाता है, रबर बैंड को खींचने पर वह लम्बा हो जाता है। इसी प्रकार किसी तेज गति से आती हुई गेंद को रोकने में हमें कुछ बल लगाना पड़ता है।

उपरोक्त उदाहरणों से स्पष्ट है कि बल लगाकर वस्तुओं की स्थिति या गति में परिवर्तन कर सकते हैं। किसी वस्तु की स्थिति में परिवर्तन के लिये किये गये प्रयास को ही बल कहते हैं। बल के परिमाण को नापा जा सकता है, इसका SI मात्रक $kg\ ms^{-2}$ है, जिसे सर आइसेक न्यूटन के नाम पर न्यूटन (N) कहते हैं। यह एक सदिश राशि है।

3.8 जड़त्व और द्रव्यमान (Inertia and Mass)

- मैदान में लुढ़कती हुई गेंद को जब तक कोई रोके नहीं, वह कुछ दूर तक लुढ़कती हुई चली जायेगी।
- कक्षा में रखी मेज अथवा कुर्सी को जब तक आप स्वयं नहीं खिसकायेंगे, वह वहीं रहेगी।

उपरोक्त उदाहरणों से यह स्पष्ट है कि किसी वस्तु की विराम अथवा गतिशील अवस्था में परिवर्तन बिना वाह्य बल लगाये संभव नहीं हो सकता। प्रत्येक वस्तु में अपनी विराम अथवा गतिशील अवस्था में परिवर्तन का विरोध करने की अंतर्निहित प्रवृत्ति होती है। विराम या गति की अवस्था में परिवर्तन के विरोध की प्रवृत्ति को, वस्तु का जड़त्व कहा जाता है।

- क्या सभी वस्तुओं का जड़त्व बराबर होता है? अर्थात् क्या सभी वस्तुएँ समान रूप से, अपनी अवस्था में परिवर्तन का विरोध करती है?
- क्या एक गेंद और पानी से भरी एक बाल्टी को हटाने में, आपको एक समान बल लगाना पड़ता है?

स्वाभाविक है कि पानी से भरी बाल्टी को हटाने में अधिक बल लगाना पड़ेगा? दूसरे शब्दों में पानी से भरी बाल्टी, अपनी अवस्था परिवर्तन का अधिक विरोध करेगी, अतः इसका जड़त्व गेंद से ज्यादा है। इस उदाहरण से हम यह निष्कर्ष निकाल सकते हैं कि जितना अधिक वस्तु का द्रव्यमान होता है, उसका जड़त्व भी उतना अधिक होगा। अतः पदार्थ में निहित जड़त्व, उसके द्रव्यमान पर निर्भर करता है।

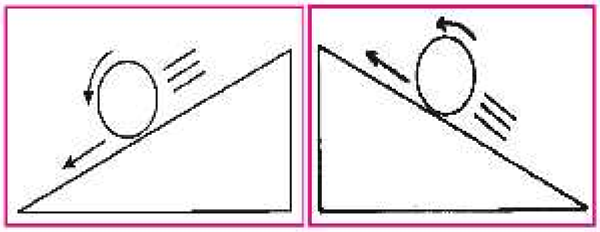
वस्तु की गति की अवस्था के आधार पर दो प्रकार के जड़त्व होते हैं :

1. विराम अवस्था का जड़त्व
2. गति अवस्था का जड़त्व

3.8.1 न्यूटन के गति विषयक नियम (Newtons Laws of Motion)

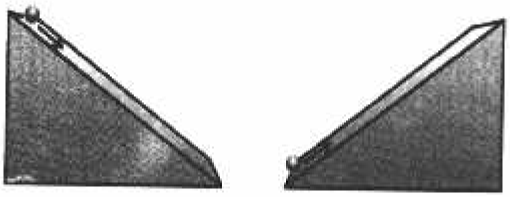
गति की अवधारणा को वैज्ञानिक आधार गैलिलियो गैलिली (1564-1642) एवं सर आईसेक न्यूटन (1642-1727) ने प्रदान किया। बाद में न्यूटन ने बल और द्रव्यमान के आधार पर गति के आधारभूत नियम दिये जिन्हें न्यूटन के गति विषयक नियम कहते हैं। ये नियम न केवल धरती पर स्थित वस्तुओं पर बल्कि अन्य खगोलीय पिण्डों पर भी लागू होते हैं।

गेलिलियो के प्रयोग

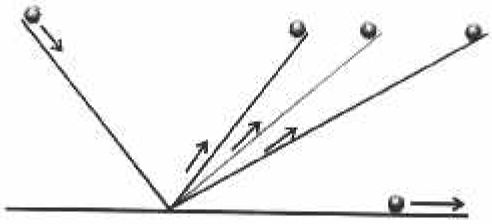


गेलिलियो ने सर्वप्रथम, आनत तल पर वस्तुओं की गति का अध्ययन किया। उन्होंने अवलोकन किया कि जब वस्तु आनत तल की ढलान पर गति कर रही हो तो उसकी चाल बढ़ती जाती है।

जब वस्तु आनत तल की चढ़ाई पर गति कर रही हो तो चाल धीरे-धीरे कम होती जाती है।



गेलिलियो ने ऐसे दो आनत तल 'अ' और 'ब' लिए। उन्होंने यह बताया कि अगर हम एक गोली को बाई ओर के घर्षणहीन आनत तल पर एक ऊंचाई से छोड़े तो वह नीचे आने के बाद दाई ओर के समान आनत तल पर उसी ऊंचाई तक चढ़ेगी। अब अगर, इस प्रयोग में दूसरे आनत तल के ढलान को कम कर दिया जाए, तो वह उसी ऊंचाई पर जाने के लिए अधिक दूरी तक चलेगी। जैसे 'ब' आनत तल को ढलान को कम करे तो गोली और भी अधिक दूरी तय करेगी इसी तरह अब अगर आनत तल 'ब' को समांतर कर दिया जाए तो गोली चलती ही रहेगी। इसी को न्यूटन ने अपने प्रथम नियम का नाम दिया।

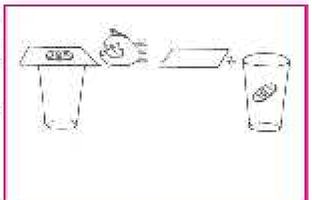


गति विषयक न्यूटन का पहला नियम :

न्यूटन के पहले नियम के अनुसार 'यदि कोई वस्तु स्थिर अवस्था में है तो वह स्थिर ही रहेगी और यदि वह गति अवस्था में है तो वह उसी वेग से उसी दिशा में गतिमान रहेगी, जब तक कि उस पर कोई बाहरी बल नहीं लगाया जाता है।' न्यूटन के प्रथम नियम के विश्लेषण में हमें जड़त्व व बल की अवधारणा मिलती है।

''यदि कोई वस्तु गतिमान है तो वह गतिमान ही रहेगी जब तक कि कोई बाहरी बल कार्य न करे। यह कथन हमारे दैनिक अनुभव के थोड़ा विपरीत प्रतीत होता है।''

- बस के अचानक चलने पर उसमें बैठे यात्रियों के शरीर का ऊपर का भाग झुकने लगता है। बस के अचानक चलने पर गाड़ी के संपर्क में रहने वाला शरीर का भाग बस के वेग से चलने लगता है। परन्तु यात्री के शरीर का ऊपरी भाग विराम अवस्था के जड़त्व के कारण स्थिर ही रहता है, जिसमें वह पीछे की ओर झुक जाता है। ऐसा अनुभव होता है जैसे किसी ने पीछे की ओर धक्का लगाया हो।
- यदि किसी ग्लास के ऊपर कार्ड (ताश का पत्ता) रखकर, कार्ड के ऊपर सिक्का रख दिया जाये एवं कार्ड को तेजी से हटाया जाये तो सिक्का ग्लास में गिर जायेगा। कार्ड खींचने पर कार्ड तो गतिमान हो जायेगा परन्तु सिक्का, विराम अवस्था के जड़त्व के कारण स्थिर रहना चाहता है और गुरुत्वाकर्षण बल के कारण ग्लास में गिर जायेगा।



- कंबल को छड़ी से पीटने से या हाथ में लेकर झटका देने से उसमें चिपके धूल के कण अलग हो जाते हैं। कंबल को पीटने से, कंबल के उस भाग में अचानक गति आ जाती है, जहां छड़ी कंबल से टकराती है, परन्तु विराम अवस्था के जड़त्व के कारण धूल के कण स्थिर ही रहना चाहते हैं, अंतः कंबल का वह भाग धूल के कणों को छोड़कर आगे चला जाता है और धूल के कण गुरुत्वाकर्षण के कारण जमीन पर गिर जाते हैं।

इनके उत्तर स्वयं खोजिए :

- बल क्या है? उदाहरण सहित लिखिए।
- जड़त्व कितने प्रकार का होता है?
- चलती हुई गाड़ी अथवा बस से कूदने पर कोई व्यक्ति क्यों आगे की ओर गिर जाता है?

3.9 संवेग (Momentum)

निम्न उदाहरणों पर गौर कीजिए :

- यदि हम क्रिकेट की गेंद और टेनिस की गेंद पर एक समान प्रहार करें तो यह देखा जा सकता है कि कम द्रव्यमान वाली टेनिस की गेंद का वेग, अधिक द्रव्यमान की, क्रिकेट की गेंद के वेग से अधिक होगा।
- एक ही तरह की दो साईकलें, भिन्न-भिन्न वेग से गति कर रही हों तो अधिक वेग से गति कर रही साईकल को रोकने में अधिक बल लगाना पड़ेगा।

उपरोक्त उदाहरणों से यह स्पष्ट है कि स्थिर वस्तु को गतिमान करने के लिये या गतिमान वस्तु को रोकने के लिये आवश्यक बल वस्तु के द्रव्यमान एवं वेग पर निर्भर करता है।

किसी गतिमान वस्तु के द्रव्यमान और वेग के गुणनफल को वस्तु का संवेग कहते हैं। संवेग एक सदिश राशि है, वेग की दिशा ही संवेग की दिशा होती है। इसे $\vec{p}$ से निरुपित करते हैं अत: $\vec{p} = m\vec{v}$

संवेग = द्रव्यमान x वेग

संवेग का मात्रक : हम जानते हैं कि S. I. पद्धति में द्रव्यमान का मात्रक किलोग्राम है तथा वेग का मात्रक मीटर/सेकण्ड है अत: संवेग का S. I. मात्रक किलोग्राम मीटर प्रति सेकण्ड **(kg m/s)** होगा।

गति विषयक न्यूटन का दूसरा नियम

गति के अध्ययन में सर आइजेक न्यूटन का योगदान अद्वितीय है। न्यूटन ने गति के प्रथम नियम का विस्तार करते हुए किसी गतिशील वस्तु पर आरोपित बल के प्रभाव की व्याख्या गति के द्वितीय नियम में की। साथ ही जड़त्व के गुण को भी गणितीय रूप में समावेशित किया।

किसी वस्तु के संवेग परिवर्तन की दर, उस पर आरोपित बल के समानुपाती एवं बल की दिशा में होती है।

माना कि m द्रव्यमान की किसी वस्तु पर $\vec{F}$ बल लगाने पर, t समय के पश्चात उसका वेग $\vec{u}$ से $\vec{v}$ हो जाता है तब इसके प्रारंभिक व अंतिम संवेग क्रमश: $\vec{p}_1$ व $\vec{p}_2$ होंगे।

अत: $\vec{p}_1 = m\vec{u}$, व $\vec{p}_2 = m\vec{v}$

यदि संवेग में यह परिवर्तन t समय में होता है, तब न्यूटन के दूसरे नियम के अनुसार :

बल $\propto$ संवेग में परिवर्तन

$$\vec{F} \propto \frac{\vec{P}_2 - \vec{P}_1}{t} \qquad (1)$$

$$\vec{F} = k\frac{(\vec{p}_2 - \vec{p}_1)}{t}$$ (k अनुपातिक स्थिरांक है)

$$\vec{F} = k\frac{(m\vec{v} - m\vec{u})}{t} \quad \left[\because \begin{matrix} p_1 = m\vec{u} \\ p_2 = m\vec{v} \end{matrix}\right]$$

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

$$\vec{F} = km\vec{a} \quad \left[\because \frac{\vec{v} - \vec{u}}{t} = \vec{a}\right] \qquad (2)$$

उपरोक्त संबंध से न्यूटन के गति के नियम को हम दूसरी तरह से भी परिभाषित कर सकते हैं जो इस प्रकार है:

"किसी पिण्ड का त्वरण उस पर आरोपित कुल बल के समानुपाती होता है।" यदि k = 1 मान लें तो

$$F = ma \qquad (3)$$

अर्थात् अलग-अलग द्रव्यमान की वस्तुओं में एक बराबर त्वरण उत्पन्न करने हेतु अलग-अलग बल की आवश्यकता होगी। अधिक द्रव्यमान वाली वस्तु के लिए अधिक तथा कम द्रव्यमान वाली वस्तु के लिए कम बल लगाना होगा। इस प्रकार गति विषयक अध्ययन में द्रव्यमान, जड़त्व का गुण प्रदर्शित करता है।

उपरोक्त समीकरणों से हम बल का मात्रक व्युत्पन्न कर सकते हैं। इस समीकरण में द्रव्यमान एवं त्वरण का S. I. मात्रक प्रतिस्थापित करने पर हमें बल का मात्रक।

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

$$= m\,(kg) \times a\,(ms^{-2})$$

यदि वस्तु का द्रव्यमान 1kg है एवं उत्पन्न त्वरण $1\ ms^{-2}$ हो तो

$$F = 1\ kg \times 1\ ms^{-2}$$

$$F = 1\ kg\ ms^{-2}$$

या $F = 1\ N$ (न्यूटन)

अतः 1 न्यूटन वह बल है जो 1kg द्रव्यमान की वस्तु में $1ms^{-2}$ का त्वरण उत्पन्न कर दे।

उदाहरण : किसी 6 kg द्रव्यमान की वस्तु में यदि 4 ms^{-2} का त्वरण उत्पन्न करना हो तो कितने बल की आवश्यकता होगी?

हल : प्रश्न में m= 6 kg, a = 4ms^{-2}

न्यूटन के दूसरे नियम के अनुसार

$F = m \times a$

$= (6 \times 4)$

$F = 24\ (kg\ ms^{-2})$ या 24 N.

उदाहरण : 4 N का बल यदि किसी m_1 द्रव्यमान की वस्तु में 16 ms^{-2} का त्वरण उत्पन्न करता है एवं m_2 द्रव्यमान की वस्तु में 32 ms^{-2} का त्वरण उत्पन्न करता है तो दोनों वस्तुओं को एक साथ जोड़ देने पर यह बल कितना त्वरण उत्पन्न करेगा।

हल : प्रश्न में बल = 4N, वस्तु क्रमांक 1 का द्रव्यमान m_1, उत्पन्न त्वरण 16 ms^{-2} एवं वस्तु क्रमांक 2 का द्रव्यमान m_2, त्वरण 32 ms^{-2}

$F = ma$

अत: $m = \frac{F}{a}$

वस्तु 1 के लिये $m_1 = \frac{4}{16}\frac{kgms^{2}}{ms^{-2}} = \frac{1}{4}kg$

वस्तु 2 के लिये $m_2 = \frac{4}{32}\frac{kgms^{-2}}{ms^{-2}} = \frac{1}{8}kg$

अब दोनों वस्तु को जोड़ने पर, द्रव्यमान = $M_1 + M_2$

$$\Rightarrow \frac{1}{4}+\frac{1}{8} = \frac{2+1}{8}$$

$$= \frac{3}{8}kg$$

कुल द्रव्यमान = $\frac{3}{8}kg$, बल = 4N

अत: $a = \frac{F}{m}$

$= \frac{4}{3/8}$

$a = \frac{32}{3} ms^{2}$

$\approx 10.66\ ms^{-2}$

3.10 आवेग (Impulse)

आवेग को जानने के लिये हम निम्न उदाहरणों पर चर्चा करते हैं :

क्रिकेट के खेल में, खिलाड़ी गेंद को कैच करते समय अपने हाथों को पीछे खींचता है ताकि गेंद के पूरी तरह स्थिर होने का समयान्तराल बढ़ जाये इससे गेंद द्वारा हथेलियों पर आरोपित बल कम हो जाता है और हाथों को चोट नहीं लगती। जब कोई खिलाड़ी फुटबॉल को पैर से किक करता है तो पैर का फुटबॉल से संपर्क बहुत कम समयान्तराल के लिये होता है और इस कम समयान्तराल में भी बड़े परिमाण का बल फुटबॉल पर आरोपित कर दिया जाता है जिससे फुटबॉल दूर तक चला जाता है।

उपरोक्त दोनों उदाहरणों में संवेग की दर भिन्न-भिन्न है। पहले उदाहरण में खिलाड़ी हाथ पीछे खींचकर गेंद के संवेग को शून्य करने में अधिक समय प्रदान कर रहा है। दूसरे उदाहरण में खिलाड़ी फुटबॉल को पैर से किक लगाकर बहुत कम समयान्तराल में संवेग को शून्य से अधिक कर देता है।

इन स्थितियों में बल का कुल प्रभाव संवेग में परिवर्तन द्वारा ज्ञात किया जा सकता है। न्यूटन के दूसरे नियम के अनुसार –

बल = संवेग में परिवर्तन की दर

$$\vec{F} = \frac{\vec{p}_2 - p_1}{t}$$

या $\vec{p}_2 - \vec{p}_1 = \vec{F} \times t$

या $\vec{F}_2 \times t = \vec{p}_2 - p_1$ (1)

यह राशि ($\vec{F}$ x t) (बल x समयान्तराल) वस्तु का **आवेग** कहलाती है।

अतः बल का आवेग संवेग परिवर्तन के बराबर होता है।

बल का आवेग = बल x समयान्तर

समीकरण (1) से स्पष्ट है कि संवेग परिवर्तन में निहित अंतराल जितना अधिक होगा आरोपित बल उतना कम होगा। ऊपर दिये गये उदाहरणों को इसी सिद्धांत की सहायता से समझा जा सकता है।

आवेग एक सदिश राशि है, इसकी दिशा वही होती है जो बल की दिशा होती है। इसे सामान्यतः $\vec{I}$ से निरुपित करते हैं।

$\vec{I}$ (आवेग) = $\vec{F}$ (N) x t (s)

अतः आवेग का S. I. मात्रक **न्यूटन x सेकण्ड** (N s.) या किग्रा x मीटर प्रति सेकण्ड (kg ms^{-1}) है।

उदाहरण : स्थिर अवस्था में स्थित फुटबॉल को पैर से मारने पर उसमें 10ms^{-1} का वेग उत्पन्न हो जाता है। यदि फुटबॉल का द्रव्यमान 150 gm है तो, आवेग ज्ञात कीजिए।

हल : m = 150 gm = 0.15 kg, प्रारंभिक वेग (u) = 0 ms^{-1}

अंतिम वेग (v) = 10 ms^{-1}

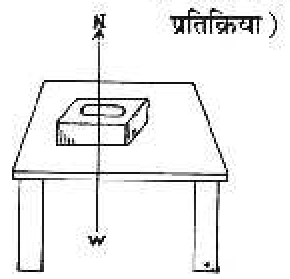
$$I = F \times t = P_2 - P_1 = mv - mu$$
$$= m(v - u)$$
$$= 0.15\,(10-0)$$
$$I = 1.5\ kg\ ms^{-1}$$ (कि.ग्रा. X मी. प्रति से.) या 1.5 Ns

इनके उत्तर स्वयं खोजिए :

- संवेग किन भौतिक राशियों का गुणनफल है?
- एक न्यूटन बल से आप क्या समझते हैं?
- क्या कारण है कि यात्रा के दौरान हम काँच के सामान को थर्मोकोल या अखबारी कागज में ही रखते हैं? आवेग की अवधारणा के आधार पर उत्तर दीजिए।

गति विषयक न्यूटन का तीसरा नियम

टेबल पर रखी ईंट, टेबल पर नीचे की ओर अपने भार* के बराबर बल, टेबल पर आरोपित करती है। टेबल भी ईंट पर उतना ही बल ऊपर की दिशा में आरोपित करती है यदि ऐसा न हो तो ईंट अपनी स्थिति में यथावत नहीं रहेगी। इस उदाहरण से यह स्पष्ट है कि ईंट की क्रिया के कारण टेबल की प्रतिक्रिया हो रही है। चूंकि ईंट साम्यावस्था में है अतः हम कह सकते हैं कि क्रिया एवं प्रतिक्रिया बराबर एवं विपरीत दिशा में हैं।



न्यूटन ने इसी तरह के उदाहरणों का अध्ययन कर गति का तीसरा नियम प्रतिपादित किया जिसके अनुसार **प्रत्येक क्रिया के बराबर तथा विपरीत प्रतिक्रिया होती है।**

न्यूटन के तृतीय नियम के उदाहरण

- पिस्तौल से गोली चलाने पर, गोली आगे की ओर जितने बल के साथ निकलती है उतना ही बल से पिस्तौल पीछे की ओर (विपरीत दिशा में) प्रतिक्षेपित होती है।
- अंतरिक्ष में जाने वाला रॉकेट / जेट प्लेन भी क्रिया-प्रतिक्रिया पर कार्य करते हैं। ईंधन जलने से उत्पन्न गैसें, बहुत अधिक बल के साथ रॉकेट के नोजल से निकलती हैं। उतना ही प्रतिक्रिया बल गैस रॉकेट के ऊपर विपरीत दिशा में (अर्थात आगे की ओर) लगाती है, जिससे रॉकेट आगे की ओर गति करता है।

संवेग संरक्षण का नियम

यदि किसी वस्तु का संवेग P_1 है व t समय में F बल आरोपित करने पर उसका संवेग P_2 हो जाता है, तो इस बल का परिमाण न्यूटन के दूसरे नियम के अनुसार :

$$\vec{F} = \frac{\vec{P_2} - \vec{P_1}}{t}$$

* भार W=mg, वस्तु पर पृथ्वी द्वारा आरोपित बल है जो वस्तु के द्रव्यमान (m) में गुरुत्वीय त्वरण का गुणा करने से प्राप्त होता है।

अब यदि बाह्य बल शून्य हो तो $\vec{F} = 0$ प्रतिस्थापित करने पर

$$O = \frac{\vec{P}_2 - \vec{P}_1}{t}$$

$$O = \frac{\vec{P}_2 - \vec{P}_1}{t} \text{ या } O = \vec{P}_2 - \vec{P}_1$$

या $\vec{P}_1 = \vec{P}_2$ या संवेग $\vec{p}$ = नियतांक

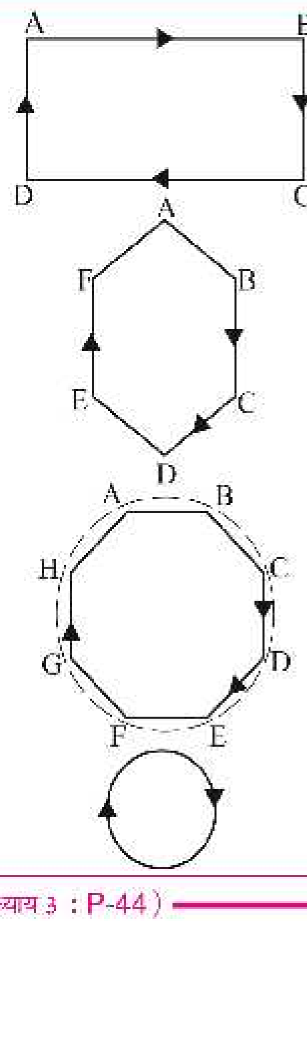
इसका अर्थ यह हुआ कि यदि वस्तु पर कोई बल कार्य नहीं कर रहा हो तो वस्तु का कुल संवेग अचर रहता है, इस निष्कर्ष का व्यापक रूप है संवेग संरक्षण का नियम जिसके अनुसार ''यदि किसी समूह में वस्तुएँ एक दूसरे पर बल लगा रही हैं अर्थात पारस्परिक क्रिया कर रही हैं तो पारस्परिक क्रिया के पहले और पारस्परिक क्रिया के बाद उनका कुल संवेग संरक्षित रहता है, जब उन पर बाह्य बल न लगे।''

3.11 एक समान वृत्तीय गति (Uniform Circular Motion)

- धागे के टुकड़े में पत्थर बाँधकर घुमाइये ताकि पत्थर वृत्ताकार पथ में गति करने लगे। अब धागे को छोड़कर पत्थर को मुक्त कर दीजिए। पत्थर की गति की दिशा को ध्यान से देखिए आप पायेंगे कि पत्थर सीधी रेखा में ही गति करता है। भिन्न-भिन्न स्थितियों में भी, पत्थर को छोड़ने पर वह सदैव सीधी रेखा में ही गति करता है जबकि पत्थर मुक्त होने के पहले वृत्ताकार पथ में गति कर रहा था। विचार कीजिए ऐसा क्यों हुआ?

वृत्ताकार पथ पर गति करती वस्तु की दिशा पथ के प्रत्येक बिन्दु पर क्यों बदलती रहती है?

आयताकार पथ पर दौड़ते हुए किसी धावक की कल्पना कीजिए इस पथ पर दौड़ते रहने के लिये उसे चार कोनों A, B, C व D पर प्रत्येक बार अपनी गति की दिशा में परिवर्तन करना पड़ता है, अर्थात एक चक्कर लगाने में उसे चार बार अपनी गति की दिशा में परिवर्तन करना पड़ता है।

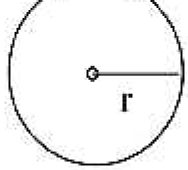


अब यदि आयताकार पथ के स्थान पर शट्कोणीय पथ ABCDEF हो तो धावक को इस मार्ग पर दौड़ते रहने के लिये उसे छः बार अपनी गति की दिशा में परिवर्तन करना होगा। इसी प्रकार किसी अष्ट भुज मार्ग पर दौड़ने के लिए धावक को आठ बार अपनी गति की दिशा में परिवर्तन करना पड़ेगा। संवृत्त पथ की भुजाओं की संख्या को जितना बढ़ाया जाये तो एक चक्कर पूरा करने में धावक को उतनी ही बार अपनी गति की दिशा बदलनी पड़ेगी। साथ ही भुजाओं की संख्या बढ़ाने पर उनकी लम्बाई कम हो जायेगी। (यदि पथ की लंबाई नियत है)। भुजाओं की संख्या लगातार बढ़ाने पर पथ क्रमश: वृत्त आकृति की ओर अग्रसर होगा। यदि भुजाओं की संख्या अनंत कर दी जाये तो वह एक पूर्ण वृत्त का आकार ले लेगा। स्पष्टत: इस वृत्ताकार पथ में गति करते हुए धावक को प्रत्येक बिन्दु पर अपनी दिशा बदलनी पड़ेगी। यदि कोई धावक वृत्ताकार पथ पर स्थिर परिमाण के वेग से चक्कर लगाए तो उसके वेग में परिवर्तन केवल उसकी गति की दिशा में परिवर्तन के कारण होगा।

जब कोई वस्तु वृत्ताकार पथ में नियत चाल (Constant Speed) से गति करे तो उसकी गति एक समान वृत्तीय गति (Uniform Circular motion) का उदाहरण है। एक समान वृत्तीय गति में वस्तु समान समयांतराल में एक समान दूरी तय करती है परन्तु उसका वेग एक समान नहीं रहता, वेग का परिमाण सदैव समान रहता है परन्तु उसकी दिशा निरन्तर परिवर्तित होती रहती। अत: **यह त्वरित गति** (Accelerated motion) का उदाहरण है, जिसमें त्वरण केवल गति की दिशा में परिवर्तन करता है। जबकि वेग का परिमाण स्थिर रहता है।

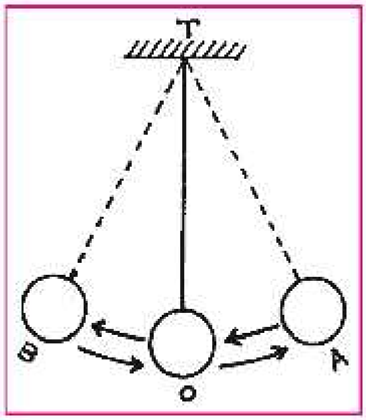
यदि वृत्ताकार पथ की त्रिज्या **'r'** हो तो उसकी परिधि '$2\pi r$' होगी। यदि इस पथ में कोई वस्तु एक चक्कर T सेकण्ड में पूर्ण करती है तो उसकी चाल

$$v = \frac{2\pi r}{T}$$



3.11.1 सरल आवर्त गति (Simple Harmonic Motion)

घड़ी की सुईयों की गति, सरल लोलक की गति, पृथ्वी द्वारा सूर्य के चारों ओर की परिक्रमा, आदि आवर्त गति का उदाहरण है। सरल आवर्त गति, आवर्त गति की एक विशेष अवस्था है। यदि कोई वस्तु एक निश्चित बिन्दु के दोनों ओर सरल रेखा में आवर्त गति करती है, तो वस्तु की गति को **सरल आवर्त गति** कहते हैं।



सरल आवर्त गति को समझने के लिए हम एक सरल लोलक का उदाहरण लेते हैं। एक सुदृढ़ आधार P से एक भार रहित (लगभग) न खिंचने वाले धागे के दूसरे सिरे पर किसी धातु के एक गोले को लटकाते हैं। गोले की माध्य स्थिति O है। अब इसे O से थोड़ा सा विस्थापित कर बिन्दु A तक ले जाते हैं तथा A पर इसे छोड़ देते हैं। अब यह A से O की दिशा में चलता हुआ किसी बिन्दु B पर रुकेगा तथा बिन्दु B से वापिस बिन्दु O को पार करता हुआ A तक पहुंच कर एक दोलन पूरा करेगा। इस प्रकार लोलक लगातार दोलन करता रहेगा। प्रत्येक दोलन में वायु के घर्षण के कारण लोलक की ऊर्जा क्षय होती जावेगी तथा अन्त में लोलक रुक जायेगा। लोलक की इस प्रकार से गति सरल आवर्त गति होती है। स्पष्ट है कि सरल आवर्त गति, निश्चित तौर पर आवर्त गति है, परन्तु सभी आवर्त गतियाँ, सरल आवर्त गति नहीं होती। उदाहरण के लिये सूर्य के चारों ओर पृथ्वी की गति आवर्त है परन्तु यह सरल आवर्त गति नहीं है। इसके विपरीत, सरल लोलक की गति, आवर्त गति के साथ साथ, सरल आवर्त गति भी है।

सरल आवर्त गति की विशेषताएँ

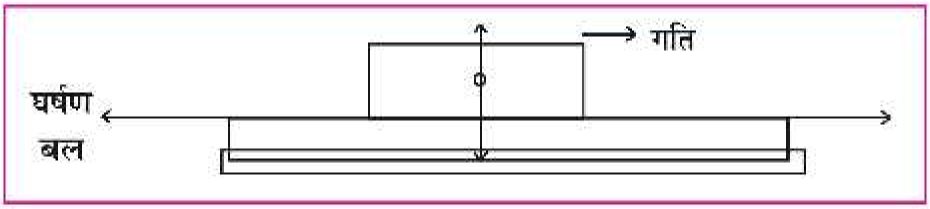
- यह आवर्ती गति होती है।
- गति एक निश्चित बिन्दु (माध्य स्थिति) के दोनों ओर सरल रेखा में होती है।
- गति करती वस्तु का त्वरण परिवर्तित होता रहता है, और उस वस्तु के पथ पर स्थित निश्चित बिन्दु (माध्य स्थिति) से विस्थापन के अनुक्रमानुपाती होता है।
- त्वरण की दिशा सदैव माध्य स्थिति की ओर होती है, जो विस्थापन की दिशा के विपरीत होती है।

3.12 घर्षण (Friction)

घर्षण क्या है? इसे समझने के लिये हम निम्न उदाहरण पर चर्चा करते हैं। उदाहरण - लकड़ी के गुटके को एक समान बल से, पहले साधारण फर्श पर, फिर काँच की पट्टी पर रखकर, धक्का दीजिए। आप पायेंगे कि साधारण फर्श पर कुछ ही दूर गति कर गुटका रुक जाता है परन्तु काँच की पट्टी पर गुटका ज्यादा दूर तक गति करता है।

उपरोक्त उदाहरण के आधार पर निम्न पर विचार करें

न्यूटन के प्रथम नियम के अनुसार गुटके को दोनों सतह (साधारण फर्श व काँच) पर गति करते रहना चाहिए था परन्तु यह कुछ दूर गति कर ही रुक गया। गुटका और फर्श की सतहों के मध्य एक बल कार्य करता है जो गति का विरोध करता है जिसके कारण गुटका कुछ दूर गति कर रुक जाता है। यह बल **घर्षण बल** कहलाता है, जब भी कोई वस्तु किसी सतह के संपर्क में हो, यह बल उत्पन्न होता है। **घर्षण बल सदैव गति की दिशा के विपरीत दिशा में लगता है।**



किसी वस्तु के वायु में गति करने पर भी घर्षण उत्पन्न होता है इसे वायु द्वारा उत्पन्न घर्षण या वायु द्वारा उत्पन्न प्रतिरोध (Friction Due to Air/Air Resistance) कहते हैं। सामान्यतः हम वायु के घर्षण के प्रभाव का अनुभव नहीं करते। किन्तु यदि बहुत तीव्र गति से वायु चल रही हो तो उससे उत्पन्न घर्षण को नकारा नहीं जा सकता। इसीलिए वायुयान, अंतरिक्ष यान आदि की बनावट इस प्रकार होती है कि वायु से घर्षण के प्रभाव को कम किया जा सके। अंतरिक्षयान में विशेष प्रकार की "टाइल्स" लगी होती है जो कि ऊष्मारोधी होती है एवं वायु से उत्पन्न घर्षण के कारण उत्पन्न ऊष्मा से, अंतरिक्ष यान की सुरक्षा करती है। लकड़ी के गुटके को मेज पर रखकर, उस पर थोड़ा सा बल लगाइये। हो सकता है कि वह अपनी स्थिति में यथावत रहे, जरा भी न हिले। इससे हम यह निष्कर्ष निकाल सकते हैं कि लगाया गया बल, घर्षण बल को निष्प्रभावी करने के लिये पर्याप्त नहीं है। थोड़ा और बल लगाने पर भी यदि गुटका न हिले तो हम यह निष्कर्ष निकाल सकते हैं कि आरोपित बल के बढ़ने के साथ घर्षण बल भी बढ़ गया और चूंकि गुटका अपनी स्थिति में यथावत है अतः घर्षण बल आरोपित बल के बराबर है एवं विपरीत दिशा में है। इसका अर्थ यह हुआ कि जैसे-जैसे हम गुटके पर बल बढ़ायेंगे, घर्षण बल भी बढ़ता जायेगा, तो क्या गुटका गति ही नहीं कर पायेगा? गुटका गति करेगा, दरअसल, घर्षण बल एक सीमा तक ही बढ़ेगा। जब किसी वस्तु पर अन्य किसी वस्तु अथवा सतह पर गति करने के लिये बल आरोपित किया जाये किन्तु वह वस्तु स्थिर ही रहे तब ऐसी स्थिति में लगने वाले घर्षण को **स्थैतिक घर्षण कहते** (Static Friction) हैं। अंततः बाह्य आरोपित बल बढ़ाने पर एक स्थिति आती है जब वस्तु गति करने ही वाली होती है। इस स्थिति में स्थैतिक घर्षण अपनी चरम सीमा पर होता है। स्थैतिक घर्षण के इस अधिकतम परिमाण को **सीमान्त घर्षण** (Limiting Friction) कहते हैं। सीमान्त घर्षण बल वह अधिकतम घर्षण बल है जो कि तब कार्यरत होता जब वस्तु गति करने ही वाली हो। जब वस्तु और सतह के मध्य आपेक्षिक गति होती है तब उनके स्पर्श तल पर कार्य करने वाले गतिविरोधी घर्षण बल को **गतिक घर्षण** कहते हैं। किसी वस्तु के, किसी अन्य वस्तु अथवा सतह पर गति की प्रकृति के आधार पर घर्षण दो प्रकार का होता है।

(1) सर्पी घर्षण (Sliding Friction) **(2) बेल्लन घर्षण** (Rolling Friction)

सर्पी घर्षण : जब किसी वस्तु को किसी सतह पर सरकाया जाता है अथवा सरकारने का प्रयास किया जाता है तब वस्तु और सतह के स्पर्श तल पर एक गति विरोधी घर्षण बल कार्य करता है। इस घर्षण बल को **सर्पी घर्षण** बल कहते हैं।

बेल्लन घर्षण : जब एक वस्तु को दूसरी वस्तु के पृष्ठ पर लुढ़काया जाता है तो उनके संपर्क पृष्ठों के मध्य लगने वाले घर्षण बल को बेल्लन घर्षण कहते हैं। किसी वस्तु को जैसे किताब को पैंसिलों के ऊपर रखकर बल लगाइये। आप पायेंगे कि किताब बहुत आसानी से मेज पर, पैंसिलों के ऊपर गति करती है। पेंसिल व मेज़ की सतह के बीच उत्पन्न घर्षण बेल्लन घर्षण का उदाहरण है। साइकल के पहिए व पृथ्वी की सतह के बीच कार्यशील बल बेल्लन घर्षण का उदाहरण है।

घर्षण से हानियाँ

- घर्षण के कारण मशीन में पुर्जे घिसते रहते हैं तथा उन्हें बार-बार बदलना पड़ता है।
- मशीनों की दक्षता कम हो जाती है।
- घर्षण के कारण मशीनों में बहुत उष्मा पैदा हो जाती है जो पुर्जों को जल्दी खराब कर देती है।

घर्षण के लाभ

- पैर और जमीन के बीच घर्षण के कारण ही हम चल पाते हैं, यदि पैर और जमीन के बीच घर्षण कम हो तो हम फिसल जायेंगे।
- घर्षण से आग उत्पन्न की जा सकती है।
- घर्षण के कारण ही रेलगाड़ी एवं अन्य वाहन चल पाते हैं।
- घर्षण के कारण ही वाहनों को ब्रेक लगाकर रोका जा सकता है।

घर्षण को कम करने के उपाय

घर्षण को निम्नलिखित उपायों से कम किया जा सकता है :

- **पॉलिश करके -** घर्षण कम करने के लिए पृष्ठों को चिकना कर दिया जाता है। ऐसा करने से पृष्ठों के के उभार व गर्त कम हो जाते हैं जिससे घर्षण कम हो जाता है।
- **स्नेहक का उपयोग करके –** घर्षण कम करने के लिये संपर्क पृष्ठों के बीच स्नेहक जैसे ग्रीस, ऑयल आदि डाल दिया जाता है जिससे दोनों पृष्ठों के बीच घर्षण कम हो जाता है।
- **बाल बियरिंग का उपयोग करके :** बॉल बियरिंग में छोटी–छोटी गोलियां होती हैं जो सर्पी घर्षण को बेल्लन घर्षण में बदल देती है। बेल्लन घर्षण, सर्पी घर्षण से कम होता है।
- **धारारेखीय आकृति देकर :** जब कोई पिण्ड किसी तरल (द्रव या गैस) में गति कर रहा है तो तरल घर्षण को कम करने के लिये पिण्ड की आकृति विशेष प्रकार की (मछली जैसी) बनाई जाती है, जिससे पिण्ड के संपर्क में तरल की पर्तों का प्रवाह धारा रेखीय हो जाता है, इससे तरल घर्षण कम हो जाता है। वायुयानों तथा तीव्र गति वाली आधुनिक कारों का आकार इसी आधार पर तय किया जाता है।

घर्षण बढ़ाने के उपाय

कभी-कभी हमारे लिये घर्षण बढ़ाना आवश्यक हो जाता है। यह प्राय: सतहों का खुरदरापन बढ़ाकर किया जाता है। आइये घर्षण बढ़ाने के उपाय कौन-कौन से हैं जानें -

- बहुत चिकनी सतह (जैसे बर्फ) पर सूखी मिट्टी या बालू डालकर।
- वाहनों के टायरों में खाँचे बनाकर। ● जूतों के तले खुरदरे बनाकर।

इनके उत्तर स्वयं खोजिए :

- गोली चलने पर बंदूक प्रक्षेपित क्यों होती है?
- सीमान्त घर्षण क्या है?

3.13 प्रणोद एवं दाब (Thrust and Pressure)

किसी वस्तु की सतह पर लंबवत् लगने वाले बल को प्रणोद कहते हैं।

- जब कोई वस्तु किसी सतह पर रखी हो तो वह सतह पर अपने भार के बराबर प्रणोद आरोपित करती है।
- जब हम खड़े होते हैं तो पृथ्वी पर अपने भार के बराबर प्रणोद आरोपित करते हैं। प्रणोद का मात्रक न्यूटन है।

एकांक क्षेत्रफल पर आरोपित प्रणोद को दाब कहते हैं। दूसरे शब्दों में एकांक क्षेत्र पर आरोपित लंबवत् बल को दाब कहते हैं। इसे P से निरुपित करते हैं।

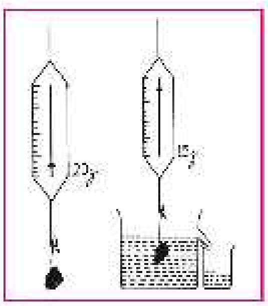
$$P \text{ दाब} = \frac{\text{प्रणोद}}{\text{क्षेत्रफल}} = \frac{(F)}{(A)} \qquad (1)$$

$$\text{दाब का मात्रक} = \frac{\text{प्रणोद का मात्रक}}{\text{क्षेत्रफल का मात्रक}}$$

$$= \frac{\text{न्यूटन}}{(\text{मीटर})^2} = \frac{N}{m^2}$$

अत: दाब का S.I. मात्रक Nm^{-2} है फ्रेंच वैज्ञानिक पास्कल के सम्मान में Nm^{-2} को पास्कल भी कहते हैं। इसे Pa से निरुपित करते हैं। एक पास्कल वह दाब है जो एक न्यूटन प्रणोद द्वारा, एक वर्ग मीटर क्षेत्रफल में आरोपित किया गया हो। समीकरण (1) से स्पष्ट है कि दाब और क्षेत्रफल एक दूसरे के व्युत्क्रमानुपाती हैं। जितना कम क्षेत्रफल, उतना अधिक दाब। चाकू, कुल्हाड़ी, पिन कील आदि द्वारा बल (प्रणोद) का प्रभाव बढ़ाने के लिए उस क्षेत्रफल को कम किया जाता है, जिस पर ये क्रिया करते हैं। अर्थात इन्हें अधिक धारदार बनाया जाता है। इसके विपरीत कई जगह बल के प्रभाव को कम करने की आवश्यकता होती है अत: क्षेत्रफल को बढ़ा दिया जाता है जैसे भवनों व बाँधों की नींव, अधिक क्षेत्रफल पर बनाई जाती है, भारी सामान ले जा रहे वाहन में अतिरिक्त टायर लगाए जाते हैं।

आर्किमिडीज का सिद्धांत (Archimedes Principle)



- किसी वस्तु (जैसे पत्थर) को कमानीदार तुला में लटकाकर पाठ्यांक नोट कर लें। फिर इसी कमानीदार तुला को चित्रानुसार, पानी से भरे पात्र में इस प्रकार रखें कि पत्थर पूर्ण रूप से पानी में डूब जाये। अब कमानीदार तुला का पाठ्यांक फिर से नोट करें। आप पायेंगे कि पानी में डुबाने पर पत्थर का भार कम होता है, अत: तुला का पाठ्यांक कम रहता है। पत्थर को पानी में डुबाने से जो पानी, पात्र के बाहर निकला है, उसका भार मापने पर आप पाएँगे कि यह भार, तुला के प्रारंभिक पाठ्यांकों (पानी में पत्थर डुबाने से पहले व डुबाने के बाद) के अंतर के बराबर है। उदाहरण के लिये

यदि पत्थर का भार 20g है, पानी में डुबाने पर इसका भार 15g ही रहता है तो विस्थापित पानी का भार (20-15) = 5g होगा। इससे यह निष्कर्ष निकलता है कि पत्थर के भार में, पानी में डुबाने से आई कमी, पत्थर द्वारा विस्थापित पानी के भार के बराबर है। यह प्रयोग आप पानी की जगह कोई अन्य द्रव लेकर भी कर सकते हैं।

इस प्रयोग से यह स्पष्ट है कि द्रव में कोई ऐसा बल कार्यरत है जो किसी वस्तु को पानी में डुबाने पर उसे ऊपर धकेलता है। **किसी द्रव द्वारा उसमें पूर्ण या आंशिक रूप से डूबी हुई वस्तु पर ऊपर की ओर आरोपित बल, उत्प्लावन बल कहलाता है एवं द्रव के इस गुण को उत्प्लावकता कहते हैं।**

उपरोक्त प्रयोगों से यह भी स्पष्ट है कि उत्प्लावक बल (1) वस्तु के भार में आई कमी के बराबर है (2) यह वस्तु के आकार (आयतन) तथा द्रव के घनत्व पर निर्भर करता है। किसी वस्तु पर लगने वाले उत्प्लावक बल का परिमाण कितना होता है? क्या किसी एक ही वस्तु के लिये यह सभी तरलों में समान होता है? क्या किसी दिए गए द्रव में सभी वस्तुएँ समान उत्प्लावन बल का अनुभव करती हैं? इन प्रश्नों का उत्तर आर्किमिडीज के नियम द्वारा प्राप्त होता है जिसे इस प्रकार व्यक्त किया जाता है –

जब किसी वस्तु को आंशिक या पूर्ण रूप से किसी तरल में डुबाया जाता है तो उस पर ऊपर की ओर एक बल (उत्प्लावक बल) कार्य करता है जिसके कारण उस वस्तु के भार में कमी आ जाती है। भार में कमी वस्तु द्वारा हटाए गए तरल के भार के बराबर होती है।

आर्किमिडीज के सिद्धांत के अनुप्रयोग :

- पानी के जहाज लोहे व इस्पात के बनाए जाते हैं, जिनके घनत्व पानी के घनत्व से कई गुना ज्यादा होते हैं।, फिर भी जहाज पानी में तैरता है, क्योंकि इन्हें इस प्रकार आकृति दी जाती है कि इनका आयतन अधिक हो जावे और इनके द्वारा हटाये गये द्रव का भार उनके स्वयं के भार से अधिक हो जाये। अत: उत्पन्न विशाल उत्प्लावक बल जहाज को तैराए रखती हैं।
- पनडुब्बियाँ, पानी के भीतर बहुत अधिक गहराइयों में जाने में सक्षम हैं। इनमें बड़े-बड़े कक्ष होते हैं। जब पनडुब्बी को गहराई में जाना हो तो इन कक्षों में पानी भर दिया जाता है, जो कि इसका भार बढ़ा देता और पनडुब्बी का भार उत्प्लावक बल से अधिक होने के कारण वह डूबने लगती है। पानी की सतह पर वापस आने के लिये इन कक्षों में पानी की जगह पुन: हवा भर दी जाती है।
- दुग्धमापी (Lactometer) जो दूध के किसी नमूने को शुद्धता की जाँच करने के काम आता है, तथा हाइड्रोमीटर जो द्रव के घनत्व मापने के काम आता है, आर्किमिडीज के सिद्धांत पर कार्य करते हैं।

आपेक्षिक घनत्व : (Relative Density)

किसी वस्तु के एकांक आयतन के द्रव्यमान को, वस्तु का घनत्व कहते हैं। इसका S. I. मात्रक $Kg\ m^{-3}$ है। अलग-अलग पदार्थों का घनत्व अलग-अलग होता है। प्राय: किसी पदार्थ के घनत्व को पानी के घनत्व की तुलना में व्यक्त करना सुविधाजनक होता है क्योंकि पानी एक सामान्य पदार्थ है और इसकी उपलब्धता भी अधिक है। **अत: किसी पदार्थ का आपेक्षिक घनत्व, उस पदार्थ के घनत्व व 4^0C तापमान पर पानी के घनत्व का अनुपात है।**

$$\text{किसी पदार्थ का आपेक्षिक घनत्व} = \frac{\text{पदार्थ का घनत्व}}{\text{पानी का } 4^0C \text{ तापमान पर घनत्व}}$$

स्मरणीय बिन्दु

- यदि वस्तु विरामावस्था से गति प्रारंभ करती है तो प्रारंभिक वेग शून्य होगा।
- यदि वस्तु गति के पश्चात विराम में आ जाती है तो अंतिम वेग शून्य होगा।
- वेग परिवर्तन की दर या एकांक समय में वेग परिवर्तन को त्वरण कहते हैं।
- वस्तुओं द्वारा अपनी विराम अथवा गति की अवस्था में परिवर्तन का प्रतिरोध करने की प्रवृत्ति को जड़त्व कहते हैं।
- संवेग परिवर्तन की दर, वस्तु पर लगने वाले बल के समानुपाती होती है।
- बल का मात्रक न्यूटन कहलाता है। एक न्यूटन उस बल के तुल्य होता है जो 1 kg द्रव्यमान की किसी वस्तु में $1 m/s^2$ का त्वरण उत्पन्न करे।
- घर्षण बल सदैव वस्तु की गति का प्रतिरोध करता है।
- सीमान्त घर्षण बल से गतिक घर्षण बल का मान सदैव कम होता है।
- एकांक क्षेत्रफल पर लगे प्रणोद को दाब कहते हैं। दाब का मात्रक पास्कल कहलाता है।
- किसी पदार्थ का आपेक्षिक घनत्व उसके घनत्व तथा पानी के घनत्व का अनुपात होता है।

अभ्यास

अतिलघु उत्तरीय प्रश्न

1. सदिश एवं अदिश राशियों को परिभाषित कीजिए।
2. त्वरण को परिभाषित कीजिए।
3. बल का S. I. मात्रक लिखिए।
4. गति विषयक न्यूटन के दूसरे नियम का गणितीय रूप क्या है?
5. दाब को परिभाषित करिये एवं इसका S. I. मात्रक लिखिये।

लघु उत्तरीय प्रश्न

1. विस्थापन एवं दूरी में अन्तर स्पष्ट कीजिए।
2. जड़त्व क्या है? विराम के जड़त्व का एक उदाहरण लिखिए।
3. क्या कारण है कि बस के अचानक चलने पर सवार यात्रियों को पीछे की ओर धक्का लगता है?
4. घर्षण से आप क्या समझते हैं किसी चिकनी, पॉलिश की हुई फर्श पर चलना कठिन प्रतीत क्यों होता है?
5. दाब और क्षेत्रफल में क्या संबंध है? भारी समान ढोने वाले वाहन में अतिरिक्त पहिये क्यों लगाए जाते हैं?

दीर्घ उत्तरीय प्रश्न

1. गति के समीकरण $v = u + at$ की व्युत्पत्ति कीजिये।
2. गति के समीकरण $S = ut + \frac{1}{2}at^2$ की व्युत्पत्ति कीजिए।
3. गति के समीकरण $v^2=u^2+2as$ की व्युत्पत्ति कीजिए।

4. घर्षण हानिकारक होते हुए भी आवश्यक एवं महत्वपूर्ण है, कथन की विवेचना कीजिए।

5. निम्न पर टिप्पणी लिखिये -

(अ) स्थैतिक घर्षण (ब) सीमान्त घर्षण (स) सर्पी घर्षण (द) बेलन घर्षण

6. आर्किमिडीज का नियम क्या है? इसके अनुप्रयोग लिखिये।

संख्यात्मक प्रश्न

1. कोई रेलगाड़ी 90 km/h के वेग से चल रही है। ब्रेक लगाए जाने पर उसमें $-0.5\ m/s^2$ का एक समान मंदन उत्पन्न हो जाता है। रेलगाड़ी विरामावस्था में आने से पहले कितनी दूरी तय करेगी?

उत्तर : 625m

2. एक पिण्ड $4\ ms^{-1}$ के वेग से गतिशील है। यदि उसका त्वरण $2\ ms^{-2}$ हो तो 5 s पश्चात उसका वेग तथा उसके द्वारा तय की गई दूरी की गणना कीजिए।

उत्तर : $14\ ms^{-1}$, 45m

3. एक बस एक समान वेग $36\ kmh^{-1}$ से चल रही है। बस चालक ब्रेक लगाता है तो बस 10m चलकर रुक जाती है। त्वरण की गणना करते हुए यह भी ज्ञात कीजिए कि बस को रुकने में कितना समय लगेगा?

उत्तर : $-5ms^{-2}$, 2 s

4. 1000kg द्रव्यमान के किसी ट्रक का वेग $36\ kmh^{-1}$ से $108\ kmh^{-1}$ कर दिया जाये तो संवेग में आये परिवर्तन ज्ञात कीजिए।

उत्तर : 20,000 kgm/s

5. 70g की क्रिकेट की गेंद जो कि 0.5 m/s के वेग से गति कर रही है, उसे खिलाड़ी 0.5 s में रोक लेता है। खिलाड़ी द्वारा आरोपित बल ज्ञात कीजिए ।

उत्तर : 0.07N

6. किसी 1200 N भार वाला ब्लॉक, $4m^2$ क्षेत्रफल पर स्थित है, उसके द्वारा आरोपित दाब की गणना कीजिए

उत्तर : $300Nm^{-2}$ या 300Pa

प्रोजेक्ट

अपने दैनिक जीवन की क्रिया में देखें कि किस जगह पर न्यूटन के नियमों का अनुप्रयोग हो रहा है। उसे सूचीबद्ध कर शिक्षक के समक्ष प्रस्तुत करिये।