



UPSC – IAS

सिविल सेवा परीक्षा

संघ लोक सेवा आयोग

सामान्य अध्ययन

पेपर 3 – भाग – 3

विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी

विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी

S.No.	Chapter Name	Page No.
1.	भौतिक विज्ञान <ul style="list-style-type: none"> • गति • बल • गुरुत्वाकर्षण • कार्य • ऊर्जा • आवर्त गति एवं तरंग • प्रकाश • दर्पण • विद्युत धारा 	1
2.	रसायन विज्ञान <ul style="list-style-type: none"> • द्रव्य • अणु • रसायनिक बंध • रासायनिक अभिक्रिया एवं समीकरण • अम्ल, क्षार एवं लवण 	33
3.	जीव विज्ञान <ul style="list-style-type: none"> • संघ - एनिलिडा • संघ - मोलास्का • संघ - आर्थोपोडा • संघ - इकाईनोडर्मेटा • संघ - हेमीकोर्डेटा • संघ - कोर्डेटा • पादप जगत • कोशिका - पादप व जन्तु कोशिका, संरचना व कार्य • ऊतक • जीव जगत • जीवाणु • विषाणु • माइकोप्लाज्मा • जनन 	59
4.	अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी <ul style="list-style-type: none"> • मूल बातें • जियो इमेजिंग सैटेलाइट या GISAT • अंतरिक्ष प्रदूषण • प्रक्षेपण यान • अंतरिक्ष वाहनों में प्रयुक्त प्रणोदक 	121

	<ul style="list-style-type: none"> • अंतरिक्ष संगठन: • प्रमुख अंतरराष्ट्रीय अंतरिक्ष मिशन 	
5.	जैव प्रौद्योगिकी <ul style="list-style-type: none"> • प्रासंगिकता • DNA या डीऑक्सीराइबोन्यूक्लिक एसिड: <ul style="list-style-type: none"> ○ DNA और RNA की तुलना • DNA श्रृंखला • डीएनए बार कोडिंग • व्यावहारिक अनुप्रयोग: • जीन संपादन: • पर्यावरण जैव प्रौद्योगिकी: • जैव प्रसंस्करण के चरण: • भारत में जैव प्रौद्योगिकी: • राष्ट्रीय जैव प्रौद्योगिकी विकास रणनीति • mRNA प्रौद्योगिकी 	143
6.	नैनो प्रौद्योगिकी <ul style="list-style-type: none"> • नैनो प्रौद्योगिकी का इतिहास: • नैनो प्रौद्योगिकी की पीढ़ी • प्रकार <ul style="list-style-type: none"> ○ सूखी नैनो तकनीक ○ गीली नैनो तकनीक • नैनो सामग्री: • नैनो प्रौद्योगिकी के अनुप्रयोग: <ul style="list-style-type: none"> ○ नैनोमेडिसिन: ○ अर्धचालक और कम्प्यूटिंग: ○ कपड़ा ○ सतत ऊर्जा ○ पर्यावरण: ○ परिवहन: ○ अंतरिक्ष ○ कार्बन नैनोट्यूब: ○ ग्राफीन ○ क्वांटम बिंदु ○ नैनोबॉट्स (नैनो + रोबोट) ○ कृषि • नैनो प्रौद्योगिकी के प्रतिकूल प्रभाव • भारत में नैनो तकनीक • इस क्षेत्र में सरकार के प्रयास 	157
7.	कंप्यूटर और सूचना प्रौद्योगिकी <ul style="list-style-type: none"> • सूचना प्रौद्योगिकी (IT) <ul style="list-style-type: none"> ○ सूचना और संचार प्रौद्योगिकी: • कंप्यूटिंग <ul style="list-style-type: none"> ○ सुपर कंप्यूटिंग ○ भारतीय सुपर कंप्यूटर • इंटरनेट 	169

	<ul style="list-style-type: none"> ○ नेटवर्क के प्रकार ○ इंटरनेट प्रोटोकॉल ● डिजिटल संचार ● मोबाइल तकनीक <ul style="list-style-type: none"> ○ डिजिटल संचार की विभिन्न पीढ़ियां ○ IPTV (इंटरनेट प्रोटोकॉल टेलीविजन) ● लेजर प्रौद्योगिकी <ul style="list-style-type: none"> ○ भारत में लेजर प्रौद्योगिकी क्षेत्र में हालिया प्रगति ○ लेजर-आधारित क्लैड प्रौद्योगिकी ● क्लाउड आर्किटेक्चर <ul style="list-style-type: none"> ○ मॉडल ○ क्लाउड कंप्यूटिंग ● इंटरनेट ऑफ थिंग्स <ul style="list-style-type: none"> ○ शामिल प्रौद्योगिकियां ○ अनुप्रयोग: <ul style="list-style-type: none"> ○ भारत सरकार द्वारा किए गए उपाय ○ हाल के अग्रिम ● ऑप्टिकल फाइबर <ul style="list-style-type: none"> ○ ऑप्टिकल फाइबर केबल के घटक ○ ऑप्टिकल फाइबर संचार ● बेतार प्रौद्योगिकी <ul style="list-style-type: none"> ○ विभिन्न प्रकार की वायरलेस तकनीकें ○ ब्लूटूथ ○ Wifi (वायरलेस निष्ठा) ○ भारत में हाल के अग्रिम ○ Li-Fi (प्रकाश निष्ठा) ● क्रिप्टो प्रौद्योगिकी-ब्लॉकचेन प्रौद्योगिकी <ul style="list-style-type: none"> ○ बिटकॉइन ● कृत्रिम बुद्धिमत्ता <ul style="list-style-type: none"> ○ AI के तहत सबसेट ○ AI के प्रकार: <ul style="list-style-type: none"> ○ AI के अनुप्रयोग: ○ AI के फायदे और नुकसान: ○ सरकार की पहल: ● रोबोटिक <ul style="list-style-type: none"> ○ अनुप्रयोग ● क्वांटम कंप्यूटिंग <ul style="list-style-type: none"> ○ भारत और क्वांटम कंप्यूटिंग ● 3-D प्रिंटिंग या योजक विनिर्माण: <ul style="list-style-type: none"> ○ 3D प्रिंटिंग तकनीक ○ 3D प्रिंटिंग के पहलू ○ भारत में 3D प्रिंटिंग 	
8.	परमाणु प्रौद्योगिकी <ul style="list-style-type: none"> ● परमाणु ऊर्जा <ul style="list-style-type: none"> ○ परमाणु विखंडन 	201

	<ul style="list-style-type: none"> ○ परमाणु संलयन ○ परमाणु ईंधन ○ परमाणु ईंधन का उत्पादन ● विकिरण <ul style="list-style-type: none"> ○ विकिरण के प्रकार ● रेडियोधर्मिता <ul style="list-style-type: none"> ○ अन्य प्रकार की रेडियोधर्मिता ● परमाणु अपशिष्ट प्रबंधन <ul style="list-style-type: none"> ○ रेडियोधर्मी कचरे का वर्गीकरण ○ रेडियोधर्मी कचरे के प्रबंधन के लिए प्रक्रियाएं ○ भारत में परमाणु कार्यक्रम ● भारत का तीन चरण का परमाणु ऊर्जा कार्यक्रम: ● भारत में परमाणु रिएक्टर <ul style="list-style-type: none"> ○ परिचालन परमाणु ऊर्जा संयंत्रों की सूची: ○ निर्माणाधीन परमाणु ऊर्जा संयंत्रों की सूची: ○ भारत में नियोजित परमाणु ऊर्जा संयंत्रों की सूची: ● परमाणु ऊर्जा को बढ़ावा देने के लिए जिम्मेदार संगठन <ul style="list-style-type: none"> ○ परमाणु ऊर्जा विभाग के अनुसंधान एवं विकास विंग ● परमाणु और रेडियोलॉजिकल आपदाएं <ul style="list-style-type: none"> ○ परमाणु ऊर्जा नियामक बोर्ड ○ परमाणु और रेडियोलॉजिकल आपात स्थिति रोकथाम 	
<p>9.</p>	<p>रक्षा</p> <ul style="list-style-type: none"> ● नियामक प्राधिकरण <ul style="list-style-type: none"> ○ रक्षा मंत्रालय: ○ रक्षा विभाग: ○ रक्षा अनुसंधान एवं विकास संगठन ● भारत में मिसाइल रक्षा प्रणाली: ● सैन्य मिसाइलों के प्रकार <ul style="list-style-type: none"> ○ लक्ष्य और लॉन्चिंग स्थिति के आधार पर वर्गीकृत। ○ एकीकृत निर्देशित मिसाइल विकास कार्यक्रम ○ बैलिस्टिक मिसाइल रक्षा प्रणाली ○ भारत की बैलिस्टिक मिसाइलें: <ul style="list-style-type: none"> ○ अग्नि श्रृंखला: ○ पृथ्वी सीरीज ○ पनडुब्बी ने लॉन्च की बैलिस्टिक मिसाइल (SLBM) ○ एंटी बैलिस्टिक मिसाइलें: ○ क्रूज़ मिसाइल ○ भारत की अन्य मिसाइलें ● वायु रक्षा प्रणाली ● मानव रहित हवाई वाहन (ड्रोन) <ul style="list-style-type: none"> ○ भारत में विकसित मानवरहित हवाई वाहन ○ रुस्तम ● रुस्तम मानव रहित हवाई वाहन के प्रकार <ul style="list-style-type: none"> ○ ड्रोन नियम 2021 	<p>218</p>

	<ul style="list-style-type: none"> ○ एयर-लॉन्च किए गए मानव रहित हवाई वाहन (ALUAV) के विकास के लिए भारत और अमेरिका के बीच संयुक्त समझौता ● पनडुब्बियों <ul style="list-style-type: none"> ○ भारतीय नौसेना की परमाणु संचालित पनडुब्बियां ○ भारत की परमाणु संचालित पनडुब्बियां ○ डीजल इलेक्ट्रिक पनडुब्बी ○ विभिन्न भारतीय पनडुब्बियां ● भारतीय नौसेना के विमानवाहक पोत ● हल्का लड़ाकू विमान <ul style="list-style-type: none"> ○ IAF में विमान 	
10	योजनाएं और नीतियां <ul style="list-style-type: none"> ● जैव प्रौद्योगिकी विभाग ● इलेक्ट्रॉनिक्स और सूचना प्रौद्योगिकी विभाग (DeitY) ● विज्ञान और प्रौद्योगिकी विभाग ● राष्ट्रीय विज्ञान, प्रौद्योगिकी और नवाचार नीति <ul style="list-style-type: none"> ○ विज्ञान और प्रौद्योगिकी विभाग 	235

1

CHAPTER

भौतिक विज्ञान

गति (Motion)

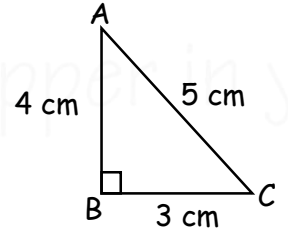
- किसी वस्तु, कण अथवा पिण्ड की स्थिति में समय के साथ परिवर्तन होना गति कहलाता है।
- कोई एक वस्तु एक व्यक्ति के लिए स्थिर अवस्था में तथा दूसरे व्यक्ति के लिए गति की अवस्था में हो सकती है।
- गति की अवस्था का मापन सदैव मूल बिंदु से किया जाता है।

गति के प्रकार

- सरल रेखीय गति
उदाहरण - वाहनो का रोड पर चलना
- वृत्ताकार/वर्तुल गति
उदाहरण - वृत्त, इसमें वस्तु एक निश्चित वृत्ताकार पथ में गति करती है।
- दोलनी गति
उदाहरण - पेण्डुलम

विस्थापन

- प्रारंभिक बिंदु से अंतिम बिंदु की / के मध्य सरल रेखीय दूरी
- विस्थापन धनात्मक, ऋणात्मक तथा शून्य हो सकता है।
- इस आकृति के अनुसार तय की गई दूरी 7 cm है परन्तु विस्थापन 5 cm है।



चाल एवं वेग

कोई वस्तु एकांक समय में जितनी दूरी तय करती है, वह उसकी चाल है और कोई वस्तु एकांक समय में किसी निश्चित दिशा में जितनी दूरी तय करती है या विस्थापित होती है, उसे उस वस्तु का वेग कहते हैं। अतः

$$\text{चाल} = \frac{\text{दूरी}}{\text{समय}} \quad \text{तथा} \quad \text{वेग} = \frac{\text{विस्थापन}}{\text{समयांतराल}}$$

SI पद्धति में दोनों का मात्रक मीटर/सेकण्ड होता है।

चाल एवं वेग में अंतर

चाल	वेग
यह अदिश राशि है	यह सदिश राशि है
किसी भी वस्तु की चाल सदैव धनात्मक होती है।	किसी वस्तु का वेग धनात्मक, ऋणात्मक तथा शून्य हो सकता है।

त्वरण

यदि किसी वस्तु के वेग में समय के साथ परिवर्तन हो, तो इसके वेग-परिवर्तन की दर को इसका त्वरण (Acceleration) कहा जाता है तथा वस्तु की गति को त्वरित गति कहा जाता है।

$$\text{त्वरण} = \frac{\text{वेग परिवर्तन}}{\text{समयांतराल}}$$

त्वरण एकसमान या असमान हो सकते हैं। यह एक शक्तिशाली शक्ति है। इसका मात्रक मीटर/सेकण्ड² होता है अर्थात् यदि समय के किसी बिन्दु पर वस्तु का त्वरण समान हो, तो वह एकसमान त्वरण को व्यक्त करता है, लेकिन ऐसा नहीं है, तो त्वरण असमान हो सकता है।

एक समान गति से गतिशील वस्तु के लिए त्वरण का मान शून्य होता है। ऋणात्मक त्वरण, मन्दन (Retardation) कहलाता है।

एक समान त्वरण गति

- एक समान त्वरण गति से आगे बढ़ रही वस्तु के बारे में व्याख्या निम्न समीकरणों के माध्यम से की जाती है।

$$v = u + at$$

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

$$v^2 = u^2 + 2aS$$

जहाँ u = प्रारम्भिक वेग

v = अंतिम वेग

S = t समय में तय की गई दूरी

a = त्वरण

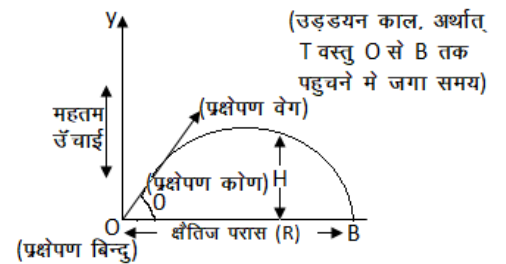
- एक समान गति का तात्पर्य है कि वस्तु समान समय अंतराल में समान दूरी तय करती है।

प्रक्षेप्य गति

जब किसी पिण्ड को एक प्रारम्भिक वेग (प्रक्षेपण वेग) से, उर्ध्वाधर दिशा से भिन्न दिशा में फेंका जाता है, तो वह गुरुत्वीय त्वरण के अन्तर्गत उर्ध्वाधर तल में वक्र पथ पर गति करता है, जिसे प्रक्षेप्य गति (Projectile Motion) कहते हैं; जैसे- तोप से छोटे गोले की गति, ईंधन समाप्त होने पर रॉकेट की गति तथा हवाई जहाज से गिराए गए बम की गति आदि।

Note:

- प्रक्षेप्य को अधिकतम दूरी तक फेंकने के लिए उसे क्षैतिज से 45 डिग्री कोण पर ऊपर की ओर प्रक्षेपित करना चाहिए।
- प्रक्षेप्य कण के उच्चतम प्िंड पर वेग एवं त्वरण के बीच 90° का कोण बनता है।
- यदि एक प्रक्षेपक का क्षैतिज परास उसकी अधिकतम ऊंचाई का चार गुना है तो प्रक्षेपण कोण का मान होगा- 45°



प्रक्षेप्य पथ

उसके अनुसार, उर्ध्वदिश दिशा से भिन्न दिशा में फेंका गया पिण्ड एक वक्र पथ पर गति करता है, जिसे प्रक्षेपण पथ (Projectile Path) कहते हैं। प्रक्षेप्य का पथ पश्चलयाकार होता है। प्रक्षेप्य का पथ तभी पश्चलयाकार होता है, जब तक कि इसका वेग बहुत अधिक न हो।

प्रक्षेप्य गति से सम्बन्धित उदाहरण

- एक गेंद को छत से नीचे गिराएँ तथा ठीक उसी समय दूसरी गेंद को क्षैतिज दिशा में फेंके, तो दोनों गेंदें पृथ्वी पर क्रम-क्रम स्थानों पर परन्तु एक साथ पहुँचेंगी।
- पेड़ पर बैठे बन्दर के ठीक सामने की ओर एक शिकारी निशाना लगाकर गोली छोड़ता है उसी समय बन्दर पेड़ से नीचे कूद जाए तो गोली बन्दर को ही लगती है। यदि बन्दर पेड़ पर ही बैठा रहे तो गोलीय गुरुत्व के कारण कुछ नीची होने के कारण बन्दर को नहीं लगती है।
- यदि किसी तोप से 5 किग्रा तथा 10 किग्रा के दो गोले समान वेग से एक ही दिशा में फेंके जाते हैं, तो दोनों पृथ्वी पर एक साथ पहुँचेंगे, क्योंकि गोलों के उड़ान का समय (उड़ान काल) उनके द्रव्यमान पर निर्भर नहीं करता है।

न्यूटन की गति के नियम

1. गति का पहला नियम

- कोई वस्तु यदि आराम की अवस्था में है तो वह उसी अवस्था में रहती है और यदि वह गति की अवस्था में है। तो वह गतिशील ही रहती है जब तक कोई बाह्य बल उस पर आरोपित नहीं किया जाता है अर्थात् प्रत्येक वस्तु अपनी प्राथमिक स्थिति में ही रहना चाहती है।
- वस्तु द्वारा अपनी अवस्था में परिवर्तन के विरोध के गुण को जड़त्व कहते हैं।
- इसलिए इस नियम को जड़त्व का नियम भी कहते हैं।

जड़त्व 2 प्रकार का होता है -

(1) आराम की अवस्था का जड़त्व

उदाहरण - गाड़ी के अचानक चलने पर उसमें बैठा व्यक्ति पीछे की ओर धक्का महसूस करता है। पेड़ को हिलाने पर फलों का नीचे गिरना इत्यादि।

(2) गति की अवस्था का जड़त्व

उदाहरण - लम्बी कूद में खिलाड़ी कूदने से पहले कुछ समय तक दौड़ता है।

चलती हुई गाड़ी में अचानक ब्रेक लगने पर यात्री आगे की ओर धक्का महसूस करता है।

- इसे 'गैलिलियो का नियम' भी कहते हैं।
- गति के पहले नियम से बल को परिभाषित किया जाता है।

2. गति का द्वितीय नियम

- किसी वस्तु के संवेग के परिवर्तन की दर उस पर आरोपित बल के समानुपाती होती है।
- संवेग की दिशा वस्तु पर आरोपित बल की दिशा के समान ही होती है।
- इसे 'आवेग संवेग का नियम' भी कहते हैं।
- यह नियम हमें बल का सूत्र प्रदान करता है।

रवेग - किसी वस्तु के द्रव्यमान और उसके वेग का गुणनफल रवेग कहलाता है ।
 यह एक सदिश राशि है जिसे \vec{p} द्वारा दर्शाया जाता है ।

$$\vec{p} = m\vec{v}$$

गति के दूसरे नियम के उदाहरण

- कैच लपकते समय खिलाड़ी द्वारा हाथों को पीछे की ओर ले जाना ।
- खिलाड़ी यदि रतीली और पानी की सतह पर गिरता है तो उसे कम चोट लगती है परन्तु सख्त पर गिरने से अधिक चोट लगती है ।

3. गति का तृतीय नियम

यह नियम 2 वस्तुओं पर एक साथ लगने वाले पारस्परिक बल क्रिया व प्रतिक्रिया पर निर्भर है जो भिन्न-भिन्न वस्तुओं पर कार्य करते हैं ।

उदाहरण

- रॉकेट प्रक्षेपण
- गोली/बंदूक : बंदूक से गोली चलने पर पीछे की तरफ झटका लगना ।
- तैराक द्वारा हाथों व पैरों को पानी को पीछे छोड़ते हुए आगे बढ़ना ।

बल

- बल वह भौतिक राशि है जो वस्तु की गति या आराम की अवस्था में परिवर्तन लाता है या परिवर्तन लाने का प्रयास करता है ।
- यह एक सदिश राशि है जिसका मान वस्तु के द्रव्यमान और त्वरण के गुणनफल के बराबर होता है ।
- किसी वस्तु पर लग रहे बल के बारे में पूर्ण जानकारी के लिए निम्न शर्तें आवश्यक हैं ।
 - बल का परिमाण
 - बल के कार्य करने की दिशा
 - वह बिंदु जिस पर बल कार्य कर रहा है ।

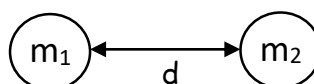
बल के मात्रक

- S. I. मात्रक = न्यूटन
- C.G.S. मात्रक = डाईन
- F.P.S. मात्रक = पाउण्डल

प्रकृति में चार मूल बल पाए जाते हैं -

1. गुरुत्वाकर्षण बल

- ब्रह्माण्ड में कोई 2 वस्तुओं के मध्य उनके द्रव्यमान के कारण उत्पन्न बल ।
- यह बल वस्तुओं के मध्य की दूरी पर निर्भर करता है ।
- यह प्रकृति में पाए जाने वाले सबसे कमजोर बलों में से है ।



$$F \propto \frac{m_1 m_2}{d^2} \quad \Rightarrow F = \frac{G m_1 m_2}{d^2}$$

जहाँ $G =$ गुरुत्वाकर्षण नियतांक
 $= 6.67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2 \text{ kg}^{-2}$

- इस बल के माध्यम से विभिन्न घटनाओं की व्याख्या की जाती है ।
- (1) हमें पृथ्वी से बाँधे रखने वाला बल
- (2) चन्द्रमा का पृथ्वी के चारों ओर चक्कर लगाना
- (3) पृथ्वी का सूर्य के चारों ओर चक्कर लगाना

2. दुर्बल नाभिकीय बल

- रेडियो सक्रिय पदार्थों से निकलने वाले α, β कणों के मध्य लगने वाला बल ।

3. विद्युत चुम्बकीय बल

- यह बल दो आवेशों के मध्य लगता है ।
- समान आवेश एक-दूसरे को विकर्षित तथा अलग-अलग आवेश एक दूसरे को आकर्षित करते हैं ।
- इसे 'कूलाम का नियम' कहते हैं ।
- यह बल गुरुत्वाकर्षण तथा दुर्बल नाभिकीय बल से अधिक होता है । (10^{36})

4. प्रबल नाभिकीय बल

- यह बल प्रोटॉन-प्रोटॉन तथा प्रोटॉन-न्यूट्रॉन के मध्य लगता है ।
- इस बल के कारण ही नाभिक कभी टूटता नहीं है ।
- यह प्रकृति में पाया जाने वाला सबसे शक्तिशाली बल है ।

अभिकेन्द्र बल

जब कोई पिण्ड (वस्तु) किसी निश्चित बिन्दु के परितः वृत्तीय पथ पर अचर वेग से गति करता है तब वृत्तीय गति (Circular Motion) करती प्रत्येक वस्तु पर एक बल केन्द्र की ओर लगता है जिसे अभिकेन्द्र बल (Centripetal Force) कहते हैं ।

- इस बल का मान $F = mv^2/r$ होता है ।
- अधिकतर सड़के बाहर की तरफ से ऊँची उठी हुई रहती है जो इसी बल के सिद्धान्त पर आधारित है ।

अभिकेन्द्री बल के उदाहरण

- इलेक्ट्रान का नाभिक के चारों ओर चक्कर लगाना ।
- पृथ्वी का सूर्य के चारों ओर चक्कर लगाना
- वृत्तीय पक्ष में गतिमान वस्तु पर अभिकेन्द्री बल लगता है ।

अपकेन्द्रीय बल (Centrifugal Force)

- जब वस्तु एक वृत्ताकार मार्ग में गति करती है तो उस पर बाहर की तरफ बल लगता है जिसे अपकेन्द्रीय बल कहते हैं । यह एक आभासी (छद्म) बल होता है

- यह एक श्रभासी बल (Pseudo force) है ।

उदाहरण

- Washing Machine में कपडों का साफ होना ।
- दूध से क्रीम अलग करने की मशीन इसी सिद्धान्त पर आधारित है ।

शरंजक बल (Cohesive Force)

- एक ही पदार्थ के विभिन्न अणुओं के मध्य लगने वाला बल शरंजक बल कहलाता है ।
- पृष्ठ तनाव इसी बल पर आधारित होता है ।

श्राशंजक बल (Adhesive Force)

- विभिन्न पदार्थों के अणुओं के मध्य लगने वाला बल श्राशंजक बल कहलाता है ।

घर्षण बल

- वह बल जो वस्तुओं के मध्य परस्पर गति का विरोध करता है ।
- घर्षण बल शदैव गति की दिशा के विपरीत दिशा में लगता है ।
- यह बल वस्तु की प्रकृति पर निर्भर करता है । चिकनी सतह पर वस्तुओं में घर्षण बल कम तथा खुरदरी सतह की वस्तुओं पर अधिक होता है ।

घर्षण से लाभ व हानियाँ

लाभ

- घर्षण की अनुपस्थिति में पैदल चलना भी सम्भव नहीं है।
- घिरनियों (Pulleys), पट्टों (Belts), क्लचों (Clutches) तथा ब्रेको (Brakes), के शंचालन के लिए घर्षण का विद्यमान होना परमावश्यक है।
- घर्षण के कारण ही कील व पेंच (Nails and Screws) उन आवरण में जिनमें उनको कसा जाता है, स्थिर रह पाते हैं ।
- यदि घर्षण न हो तो एक दीवार व फर्श के बीच एक शीढी भी तिरछी नहीं खडी की जा सकती ।
- घर्षण की अनुपस्थिति में पन्नों पर पेन की सहायता से लिखना भी सम्भव नहीं हो सकता ।

हानियाँ

- घर्षण द्वारा दो वस्तुओं के मध्य सापेक्ष गति का विरोध होता है, जिस कारण अतिरिक्त उर्जा व्यय होती है ।
- घर्षण के कारण मशीनों की दक्षता कम होती है, क्योंकि घर्षण के विरुद्ध कार्य करने में उर्जा का व्यय होता है ।
- घूर्णन करने वाली मशीनों के पुर्जों घर्षण के कारण घिस जाते हैं तथा अधिक ध्वनि उत्पन्न करते हैं ।

आवेग

किसी वस्तु पर आरोपित बल और उसके समय अंतराल के गुणनफल को आवेग कहते हैं।

- आवेग एक शक्ति राशि है जिसका मात्रक न्यूटन-सेकण्ड या किग्रा-मी/सेकण्ड होता है
- आवेग और शक्ति दोनों का मात्रक समान होता है।
- उदाहरण - चीनी मिट्टी के बर्तनों को कागज या घास-फूस में टुकड़ों में पैक करते हैं, जिससे गिरने की स्थिति में घास फूस के कारण आवेग, चीनी मिट्टी के बर्तनों तक पहुँचने में अधिक समय लगता है।
- रेलगाडी के डिब्बों की शंटिंग के दौरान गंभीर झटको से बचने के लिए Buffers (प्रतिरोधों) का प्रयोग किया जाता है, जिससे झटको के दौरान ढाल को ढब कम हो जाता है।
- बल \propto शक्ति में परिवर्तन की दर

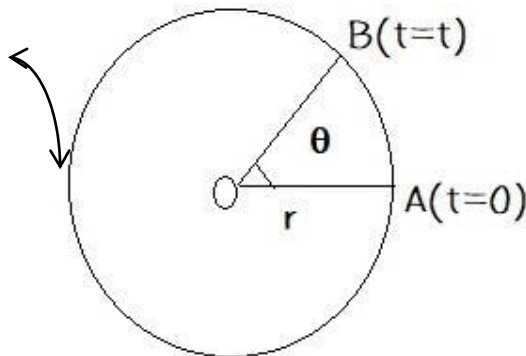
$$F = \frac{d(mv)}{dt} \quad \Rightarrow \quad \boxed{F = ma}$$

वृत्तीय गति (Circular Motion)

यदि कोई वस्तु वृत्तीय पथ पर एकसमान चाल से चलती है तो उसकी गति एक समान वृत्तीय गति कहलाती है। ऐसी वृत्तीय गति भी त्वरित होती है तथा त्वरण की दिशा शदैव वृत्त के केन्द्र की ओर होती है। वृत्तीय गति संबंधी कुछ पद निम्न प्रकार हैं -

1. **आवर्तकाल (Time Period):-** वृत्तीय गति में, कोई कण वृत्तीय पथ पर एक चक्कर पूरा करने में जितना समय लेता है, वह उस कण का आवर्तकाल कहलाता है। इसे T से प्रदर्शित करते हैं तथा इसका मात्रक सेकण्ड होता है।
2. **आवृत्ति (Frequency):-** वृत्तीय गति में कोई कण वृत्तीय पथ पर 1 सेकण्ड में जितने चक्कर लगाता है, वह कण की आवृत्ति कहलाती है। इसे ν से प्रदर्शित करते हैं, इसका मात्रक हर्ट्ज है।
3. **कोणीय विस्थापन (Angular Displacement):-** वस्तु के वृत्ताकार पथ के केन्द्र व वस्तु को मिलाने वाली रेखा द्वारा केन्द्र पर बनाए गए कोण को कोणीय विस्थापन कहते हैं। कोणीय विस्थापन का मात्रक रेडियन है व इसे $\Delta\theta$ से प्रदर्शित करते हैं।

अतः कोणीय विस्थापन = चाप / त्रिज्या



4. कोणीय वेग (Angular Velocity) :- वृत्तीय गति करते हुए कण के कोणीय विस्थापन के समय के साथ परिवर्तन की दर को कण का कोणीय वेग कहते हैं। इसे ω से प्रदर्शित करते हैं, इसका मात्रक रेडियन/से है।

अर्थात्

$$\omega = \frac{\text{कोणीय विस्थापन}}{\text{समयान्तराल}} = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$$

5. कोणीय त्वरण (Angular Acceleration) :- कोणीय वेग परिवर्तन की दर को कोणीय त्वरण कहते हैं। इसे (α) से प्रदर्शित करते हैं। इसका मात्रक रेडियन/से² होता है।

अतः कोणीय त्वरण = ω/t

6. अभिकेन्द्रीय त्वरण (Centripetal Acceleration) :- जब कोई वस्तु एकसमान वृत्तीय गति करती है, तो उसकी चाल तो नियत रहती है, परन्तु उसकी दिशा लगातार बदलती रहती है अर्थात् वस्तु का वेग बदलता रहता है अर्थात् एकसमान वृत्तीय गति में त्वरण होता है, इस त्वरण को ही अभिकेन्द्रीय त्वरण कहते हैं।

$$\text{अभिकेन्द्रीय त्वरण} = a = \frac{v^2}{r} \quad \text{या} \quad a = r\omega^2$$

यहाँ r = वृत्तीय पथ की त्रिज्या,

v = वस्तु का रेखीय वेग तथा

ω = वस्तु का कोणीय वेग

श्वेग संरक्षण का सिद्धांत (Law of Conservation of Momentum)

न्यूटन की गति के द्वितीय और तृतीय दोनों नियमों के सम्मिलित प्रभावों से श्वेग संरक्षण के नियम की प्राप्ति होती है। इसके अनुसार, “यदि कणों के किसी समूह या निकाय पर बाह्य बल न लग रहा हो तो, उस निकाय का कुल श्वेग नियत रहता है।”

श्वेग संरक्षण के नियम के उदाहरण

- रॉकेट प्रणोदन :- रॉकेट का उड़ना क्रिया-प्रतिक्रिया एवं श्वेग संरक्षण के सिद्धान्तों पर आधारित है। रॉकेट का ईंधन जब जलता है तो तीव्र गति से गैसीय निकास होता है, जो प्रतिक्रिया स्वरूप रॉकेट को ऊपर धकेलता है।
- रॉकेट ईंधन का नियत वेग से दहन होने पर श्वेग परिवर्तन की दर भी नियत रहती है, पर जैसे-जैसे रॉकेट उड़ता है उसमें ईंधन का दहन होने से रॉकेट का द्रव्यमान कम हो जाता है, जिसके कारण श्वेग संरक्षण के नियमानुसार रॉकेट के वेग व त्वरण में वृद्धि होती है।
- श्वेग संरक्षण के कारण ही जब कोई व्यक्ति नाव से कूदता है तो नाव पीछे खिसकती है।

गुरुत्वाकर्षण

न्यूटन का गुरुत्वाकर्षण का नियम

इस नियम के अनुसार, किन्हीं दो पिण्डों के मध्य कार्य करने वाला बल उनके द्रव्यमानों के गुणनफल के अनुक्रमानुपाती तथा उनके बीच की दूरी के वर्ग के व्युत्क्रमानुपाती होता है। अर्थात्

$$\text{बल, } F = \frac{m_1 m_2}{r^2} \text{ या } F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

जहाँ m_1 तथा m_2 पिण्डों के द्रव्यमान, r पिण्डों के बीच की दूरी तथा G एक सार्वत्रिक गुरुत्वाकर्षण नियतांक (Universal Gravitational Constant) है, जिसका S.I. मान 6.67×10^{-11} न्यूटन-मी²/किग्रा² होता है।

गुरुत्व

पृथ्वी एवं अन्य किसी पिण्ड के बीच लगने वाले बल को गुरुत्व बल तथा इस घटना को गुरुत्वाकर्षण (Gravity) कहते हैं अर्थात् गुरुत्व वह आकर्षण बल है जिससे पृथ्वी किसी वस्तु को अपने केन्द्र की ओर खींचती है।

गुरुत्वीय त्वरण

गुरुत्व बल के कारण किसी पिण्ड में उत्पन्न त्वरण गुरुत्वीय त्वरण (Acceleration due to Gravity) कहलाता है। इसे g से प्रदर्शित करते हैं। इसका मात्रक मी/से² या न्यूटन/किग्रा होता है।

$$g = G \frac{M_e}{R_e^2}$$

पृथ्वी की सतह पर गुरुत्वीय त्वरण,

जहाँ, G = गुरुत्वाकर्षण नियतांक

M_e = पृथ्वी का द्रव्यमान

R_e = पृथ्वी की त्रिज्या

ज्ञत: स्पष्ट है कि g का मान पिण्ड या वस्तु के द्रव्यमान पर निर्भर नहीं करता है।

- पृथ्वी तल से नीचे जाने पर g का मान घटता है। ध्रुवों पर g का मान अधिकतम तथा विषुवत् रेखा पर न्यूनतम होता है।
- पृथ्वी के केन्द्र पर g का मान शून्य होता है। ज्ञत: किसी वस्तु का भार पृथ्वी के केन्द्र पर शून्य होता है, लेकिन द्रव्यमान नियत रहता है।
- यदि समान द्रव्यमान की दो वस्तुओं को मुक्त रूप से उपर से गिराया जाए, तो उनमें उत्पन्न त्वरण समान होगा।
- G का प्रमाणिक मान 45° अक्षांश (Latitude) तथा समुद्र तल पर 9.8 मी/से² होता है। यदि पृथ्वी अपने अक्ष के चारों ओर घूमना बन्द कर दे, तो ध्रुवों के अतिरिक्त प्रत्येक स्थान पर g के मान में वृद्धि हो जाएगी। यह विषुवत् रेखा पर सर्वाधिक तथा ध्रुवों पर सबसे कम होगी।

Note :-

- भूमध्य रेखा पर g का मान - न्यूनतम
- ध्रुवों पर g का मान - अधिकतम
- भूमध्य रेखा से ध्रुवों की ओर जाने पर गुरुत्वीय त्वरण का मान बढ़ता जाता है क्योंकि भूमध्य रेखा पर पृथ्वी की त्रिज्या ध्रुवों की त्रिज्या से लगभग 21 किलोमीटर अधिक है। जैसे-जैसे हम ध्रुवों की ओर जाने हैं जैसे-वैसे R_e का मान कम होता जाता है और गुरुत्वीय त्वरण का मान बढ़ता जाता है।
- पृथ्वी अपने अक्ष पर घूमना बंद कर दे ($w = 0$) तो ध्रुवों के अतिरिक्त प्रत्येक स्थान पर g के मान में वृद्धि होगी। यदि वृद्धि विषुव रेखा पर सर्वाधिक तथा ध्रुवों की ओर जाने पर कम होती जाएगी।
- पृथ्वी अपने अक्ष के परितः तेजी से घूमने लग जाए तो पृथ्वी के कोणीय वेग बढ़ने के कारण g का मान घट जाएगा।

द्रव्यमान व भार

- किसी वस्तु का द्रव्यमान उसके जडत्व का माप होता है, किसी वस्तु का जडत्व उतना ही होगा, जितना उसके द्रव्यमान।
- जिस बल द्वारा पृथ्वी किसी वस्तु को अपने केन्द्र की ओर खींचती है, उस बल को उस वस्तु को भार कहते हैं। भार का SI मात्रक = न्यूटन। $W = Mg$ $W =$ भार, $M =$ द्रव्यमान, $g =$ गुरुत्वीय त्वरण
- वस्तु का द्रव्यमान स्थिर रहता है अर्थात् वस्तु चाहे पृथ्वी पर हो या चंद्रमा पर या बाह्य अंतरिक्ष में। अर्थात् वस्तु का द्रव्यमान एक स्थान से दूसरे स्थान पर ले जाने पर नहीं बदलता है।
- वस्तु का भार उसके द्रव्यमान तथा गुरुत्वीय त्वरण पर निर्भर करता है और किसी भी शक्ति पर नहीं।

भारहीनता

- भारहीनता की स्थिति में, वस्तु का प्रभावी भार शून्य होता है।
- यदि नीचे उतरते समय लिफ्ट की डोरी टूट जाए, तब लिफ्ट में रखे व्यक्तियों को अथवा कृत्रिम उपग्रह के भीतर बैठे अंतरिक्ष यात्री को भारहीनता का अनुभव होता है।

पलायन वेग

वह न्यूनतम वेग, जिससे किसी पिण्ड को ऊपर की ओर फेंका जाय और वह पृथ्वी के गुरुत्वीय क्षेत्र को पार कर जाय तथा वापस पृथ्वी पर लौटकर न आये, पलायन वेग कहलाता है। इसका मान पृथ्वी पर 11.2 किमी/सेकेंड है।

ग्रहों, उपग्रहों में वायुमण्डल की उपस्थिति, किसी ग्रह या उपग्रह पर वायुमण्डल का होना या न होना, वहाँ पर पलायन वेग के मान पर निर्भर करता है। यदि पलायन वेग का मान बहुत अधिक है तो बहुत शघन वायुमण्डल होगा और यदि पलायन वेग कम है तो वायुमण्डल विरल होगा।

कार्य

- किसी वस्तु पर आरोपित बल एवं उसके कारण हुए विस्थापन को कार्य कहते हैं ।
- कार्य एक अदिश राशि है ।
 $W = F \cdot s$ (F = बल, S = विस्थापन)
- कार्य घनात्मक, ऋणात्मक तथा शून्य हो सकता है ।
- कार्य का मात्रक
 - S.I. मात्रक = जूल
 - C.G.S. मात्रक = अर्ग
- यदि किसी वस्तु पर 1N का बल लगाया जाए और उस विस्थापन हो तो किए गए कार्य की मात्रा 1 Joule होती ।
 $1 \text{ Joule} = 10^7 \text{ Erg}$

कार्य के प्रकार (Types of Work)

कार्य मुख्यतः तीन प्रकार के होते हैं

1. धनात्मक कार्य (Positive Work)

जब बल तथा विस्थापन एक ही दिशा में होता है, तब बल द्वारा किया गया कार्य धनात्मक होगा । धनात्मक कार्य का अर्थ है कि बाह्य बल, निकाय या वस्तु को ऊर्जा प्रदान करते हैं ।

उदाहरण : यदि कोई व्यक्ति किसी पिण्ड को पृथ्वी की सतह से ऊपर उठाता है, तो उसके द्वारा किया गया कार्य धनात्मक होगा।

2. ऋणात्मक कार्य (Negative Work)

जब बल तथा विस्थापन विपरीत दिशा में होते हैं, तब बल द्वारा किया गया कार्य ऋणात्मक होगा । ऋणात्मक कार्य का अर्थ है कि बल निकाय से ऊर्जा लेता है ।

उदाहरण : यदि कोई व्यक्ति किसी पिण्ड को पृथ्वी की सतह से ऊपर उठाता है तो गुरुत्वीय बल द्वारा किया गया कार्य ऋणात्मक होगा ।

3. शून्य कार्य (Zero Work)

जब बल तथा विस्थापन लम्बवत् दिशा में होते हैं, तब बल द्वारा किया गया कार्य शून्य होगा ।

उदाहरण

- यदि कोई कुली सिर पर बोझ उठाकर प्लेटफॉर्म पर चल रहा है, तो यह कोई कार्य नहीं करता (क्योंकि उसका कार्य गुरुत्व बल के लम्बवत् है) । जब वस्तु का विस्थापन, लगाए गए बल की दिशा में होता है, तो किया गया कार्य अधिकतम होगा । यदि वस्तु का विस्थापन शून्य है, तो वस्तु पर लगा बल कोई कार्य नहीं करेगा ; जैसे सिर पर बोझा लिए खड़ा मजदूर कोई कार्य नहीं करता, चाहे वह खड़ा-खड़ा थक ही क्यों न जाए ।

शक्ति

किसी मशीन अथवा किसी कर्ता के द्वारा कार्य करने की दर को उसकी शक्ति या शामर्थ्य (Power) कहते हैं अर्थात्

$$\text{शामर्थ्य} = \frac{\text{कार्य}}{\text{समय}} \quad \text{या} \quad P = \frac{W}{t}$$

शक्ति को जूल/सेकण्ड या वाट में मापते हैं ।

शक्ति का व्यावहारिक मात्रक अश्व शक्ति (Horse Power या HP) है तथा 1 HP = 746 Watts ।
 शाद्यरण मनुष्य की सामर्थ्य 0.05 HP से 0.1 HP होती है ।

- विद्युत ऊर्जा का वाणिज्यिक मात्रक = KWh
- यदि 1000 watt के किसी भी उपकरण को 1 hour तक जाए तो इसमें खपत हुई ऊर्जा को 1 unit के बराबर माना

ऊर्जा

- किसी वस्तु द्वारा कार्य करने की क्षमता की 'ऊर्जा' कहते हैं ।
- ऊर्जा एक अदिश राशि है जिसका मात्रक कार्य के गणक के समान ही होते हैं ।
- कार्य की तरह ऊर्जा भी अदिश राशि है व इसका मात्रक जूल है ।
- कैलोरी ऊर्जा का एक बड़ा मात्रक है ।

$$1 \text{ कैलोरी} = 4.18 \text{ जूल}$$

ऊर्जा दो प्रकार की होती है :-

गतिय ऊर्जा

- वस्तु में गति के कारण जो ऊर्जा होती है उसे गतिज ऊर्जा कहते हैं ।
 गतिज ऊर्जा हमेशा 'धनात्मक' होती है ।

$$KE = \frac{1}{2} MV^2 \quad KE = \text{गतिज ऊर्जा}$$

$$M = \text{द्रव्यमान} \quad V = \text{वेग}$$

- बहती हुई हवा में 'गतिज ऊर्जा' होती है ।

स्थितिज ऊर्जा (KE)

- वस्तु में उसकी अवस्था या स्थिति या विकृति के कारण संचित ऊर्जा स्थितिज ऊर्जा कहलाती है ।

$$PE = mgh \quad m = \text{द्रव्यमान}$$

$$g = \text{गुरुत्वाकर्षण} \quad h = \text{ऊँचाई} ।$$

- खींचे हुई गुलेल एवं घड़ी की चाली में संचित ऊर्जा स्थितिज ऊर्जा होती है ।
- यांत्रिक ऊर्जा = गतिज ऊर्जा + स्थितिज ऊर्जा

ऊर्जा संरक्षण का नियम (Law of Conservation of Energy)

इस नियम के अनुसार, ऊर्जा को न तो उत्पन्न किया जा सकता है और न ही नष्ट परन्तु ऊर्जा को एक रूप से दुसरे रूप में बदला जा सकता है इसे ऊर्जा संरक्षण का नियम कहते हैं । विश्व की सम्पूर्ण ऊर्जा का परिमाण शदैव स्थित (Conserved) रहता है ।

उदाहरण

- जब एक वस्तु को ऊँचाई से गिराया जाता है, तो वस्तु की स्थितिज ऊर्जा लगातार गतिज ऊर्जा में बदलती रहती है ।

- जब एक वस्तु को ऊर्ध्वाधर (ऊपर की ओर) फेंका जाता है, तो वस्तु की गतिज ऊर्जा लगातार स्थितिज ऊर्जा में बदलती रहती है।

ज्ञतः रूपांतरण (Transformation) से पहले या बाद में कुल ऊर्जा शदैव स्थिर रहती है।

अर्थात् किसी पिण्ड की कुल ऊर्जा (गतिज ऊर्जा तथा स्थितिज ऊर्जा का योग) शदैव नियतांक होता है।

ऊर्जा का रूपांतरण

ऊर्जा का एक या अधिक प्रकार में रूपांतरण होता रहता है। ऊर्जा को एक रूप से अन्य में, विभिन्न उपकरणों की सहायता से परिवर्तित किया जा सकता है।

- विद्युत ऊर्जा से प्रकाश एवं ऊष्मा - विद्युत बल्ब
- रासायनिक ऊर्जा से विद्युत ऊर्जा - विद्युत सेल
- यांत्रिक ऊर्जा से विद्युत ऊर्जा - डायनमो
- स्थितिज ऊर्जा से विद्युत ऊर्जा - टर्बाइन (जल विद्युत उत्पादन में)
- विद्युत ऊर्जा से यांत्रिक ऊर्जा - मोटर
- ऊष्मा से यांत्रिक ऊर्जा - इंजन
- नाभिकीय ऊर्जा से उष्मीय ऊर्जा, उष्मीय ऊर्जा से यांत्रिकी ऊर्जा एवं यांत्रिकी ऊर्जा से विद्युत ऊर्जा - परमाणु विद्युत गृह
- विद्युत ऊर्जा से ध्वनि ऊर्जा - स्पीकर
- विद्युत ऊर्जा से विद्युत चुंबकीय ऊर्जा - ट्रांसमीटर

आवर्त गति एवं तरंग

आवर्त गति

जब कोई पिण्ड एक निश्चित समयान्तराल में एक ही निश्चित पथ पर बार-बार अपनी गति को दोहराता है, तो उसकी गति आवर्त (Periodic Motion) गति कहलाती है; जैसे- पृथ्वी सूर्य के चारों ओर चक्कर लगाती है, तो पृथ्वी की वह गति आवर्त गति है।

विभिन्न प्रकार की तरंगों का वर्गीकरण

वर्गीकरण का आधार	तरंगों के प्रकार	मुख्य विशेषता	उदाहरण
माध्यम	<ul style="list-style-type: none"> • यांत्रिक या प्रत्यास्थ तरंगें। • वैद्युत चुंबकीय या अप्रत्यास्थ तरंगें। 	<ul style="list-style-type: none"> • माध्यम आवश्यक। • माध्यम आवश्यक नहीं। 	<ul style="list-style-type: none"> • ध्वनि तरंगें, भूकम्प तरंगें • X-किरणें,
कम्पन	<ul style="list-style-type: none"> • अनुदैर्घ्य तरंगें। • अनुप्रस्थ तरंगें। 	<ul style="list-style-type: none"> • तरंग संचरण के अनुदिश कम्पन। • तरंग संचरण के लम्बवत् कम्पन। 	<ul style="list-style-type: none"> • ध्वनि तरंगें। • रश्मी में उत्पन्न तरंगें

तरंग संचयन के बिना	<ul style="list-style-type: none"> • एकविमीय तरंगे । • द्वि-विमीय तरंगे । • त्रिविमीय तरंगे । 	<ul style="list-style-type: none"> • एक ऊर्जा के अनुदिश गतिमान । • एक तल पर गतिमान • सभी दिशाओं में गतिमान । 	<ul style="list-style-type: none"> • तनी हुई रस्सी में उत्पन्न तरंगें • जल की सतह पर उत्पन्न तरंगें • निर्वात में संचरित प्रकाश तरंगें
--------------------	--	---	---

(a) यांत्रिक तरंग (Mechanical Wave)

यांत्रिक तरंगें वे तरंगें होती हैं जिन्हें एक स्थान से दूसरे स्थान तक जाने के लिए एक माध्यम की जरूरत पड़ती है जैसे हवा पानी कांच आदि यह निर्वात में नहीं जा सकती है । यांत्रिक तरंग कंपन के द्वारा उत्पन्न होती है जल तरंगें, ध्वनि तरंग आदि यांत्रिक तरंगें हैं। ये दो प्रकार की होती हैं-

(i) अनुप्रस्थ तरंग (Transverse Wave) -

जब संचरण शील कण, माध्यम में तरंग के चलने की दिशा के लम्बवत् कम्पन करते हैं तो तरंग अनुप्रस्थ होती है । ये तरंग ठोस में एवं जल के उपरी सतह पर उत्पन्न होती है । जल के भीतर एवं गैसों में उत्पन्न नहीं होती है ।

उदाहरण : सितार के तार की तरंग

(ii) अनुदैर्घ्य तरंग (Longitudinal Wave) -

जब माध्यम में संचरणशील कण, तरंग के संचरण की दिशा के समानांतर कम्पन करते हैं तो तरंग अनुदैर्घ्य होती है । ये तरंगे सभी माध्यमों (ठोस, द्रव, गैस) में उत्पन्न की जा सकती है । ये तरंगे संपीडन (Compression) व विरलन (Rarefaction) के रूप में संचरित होती है ।

भूकम्पी तरंगे, सिस्मों में उत्पन्न तरंगे आदि अनुदैर्घ्य तरंगे हैं । एक संपीडन के बीच की दूरी अथवा एक विरलन से दूसरे विरलन के बीच की दूरी अनुदैर्घ्य तरंग की तरंग दैर्घ्य कहलाती है ।

उदाहरण : गैस में उत्पन्न तरंगे- अनुदैर्घ्य तरंगे

(b) विद्युत चुम्बकीय तरंगे (Electromagnetic Wave)

ये चुम्बकीय एवं विद्युत क्षेत्रों के दोलन से उत्पन्न होने वाली अनुप्रस्थ तरंगे हैं । समप्रकाश, उष्मीय विकिरण, एक्स किरणें, रेडियो किरणों आदि इसके उदाहरण हैं । सभी विद्युत चुम्बकीय तरंगे एक ही चाल से चलती हैं तथा इनकी चाल प्रकाश की चाल के बराबर तीन लाख किमी प्रति सेकेंड होता है ।

विद्युत चुम्बकीय तरंगें	खोजकर्ता	उपयोग
गामा किरणें	बैकुरल	इसकी भेद्य क्षमता अत्यधिक होती है, इसका उपयोग नाभिकीय अभिक्रिया तथा कृत्रिम रेडियो धर्मिता में की जाती है।
एक्स किरणें	रॉन्टजन	चिकित्सा एवं औद्योगिक क्षेत्र में।
पराबैंगनी किरणें	रिट्च	अदृश्य लिखावट को देखने, अंगुली के निशानों का पता लगाने में, नकली क्रेन्सी का पता लगाने में, प्रकाश वैद्युत प्रभाव को उत्पन्न करने, बैक्टीरिया को नष्ट करने में

दृश्य किरणें	न्यूटन	इसमें हमें वस्तुएँ दिखाई पड़ती हैं।
अवशक्त विकिरण	हर्शेल	ये किरणें अशुभ्रिय विकिरण हैं। ये जिस वस्तु पर पड़ती हैं, उसका ताप बढ़ जाता है। इसका उपयोग कहरे में फोटोग्राफी करने, रेगियों की सेकाई करने में, टीवी के रिमोट कन्ट्रोल में किया जाता है।
लघु रेडियो तरंगे या हाटर्ज तरंगे	हेनरिक हर्ट्ज	रेडियो, टेलिविजन एवं टेलिफोन में इसका उपयोग किया जाता है।
दीर्घ रेडियो तरंगें	मारकोनी	रेडियो एवं टेलिविजन में उपयोग होता है।

(c) ध्वनि तरंगे (Sound Waves)

ये अनुदैर्घ्य यांत्रिक तरंगे हैं ये विभिन्न आवृत्तियों की होती हैं। जिनकी आवृत्ति 20 हर्ट्ज से 20000 हर्ट्ज के बीच हो। जिनकी अनुभूति व्यक्ति के कानों द्वारा हो उसे ध्वनि कहते हैं। ध्वनि तरंगे दोलन कर रहे किसी स्रोत से उत्पन्न होकर, वायु से गुजरती हुई व्यक्ति के कानों तक पहुँचकर कान के पर्दे को दोलित कर देती हैं और ध्वनि सुनाई देने लगती है। ध्वनि तरंगों को आवृत्ति व परिशर के अनुसार तीन भागों में बांटा जाता है।

(i) श्रव्य तरंगे (Audible Waves) -

वे यांत्रिक तरंगे जिनकी आवृत्ति परिशर 20 से लेकर 20000 हर्ट्ज तक होता है श्रव्य तरंगे कहलाती हैं।

(ii) अश्रव्य तरंगे (Infrasonic Waves)

वे यांत्रिक तरंगे जिनकी आवृत्ति 20 हर्ट्ज से कम होती है ये मनुष्य को सुनाई नहीं देती हैं। ये भूकम्प के समय पृथ्वी के अन्दर एवं हृदय की घडकन से उत्पन्न होती हैं।

(iii) पराश्रव्य तरंगे (Ultrasonic Waves)

वे अनुदैर्घ्य यांत्रिक तरंगे जिनकी आवृत्ति 20000 हर्ट्ज से अधिक होती है। मनुष्य के कान इनको नहीं सुन सकते कुता, बिल्ली, चमगादड़, डालफिन आदि इनको सुन सकते हैं। इनमें अत्यधिक मात्रा में ऊर्जा संचित होने से इनका उपयोग ट्यूमर पता करने, दाँत निकालने आदि के अतिरिक्त जीवों की कोशिकाओं को नष्ट करने, तंत्रिक व गठिया रोगों के इलाज में, हवाई अड्डों पर धुंध को हटाने, कपड़ों की धुलाई, घडी तथा विमानों के आन्तरिक कल - पुर्जों की सफाई में समुद्र की गहराई, अन्दर की बडी बडी चट्टानों, हिमशैलों, मछलियों का पता लगाने में किया जाता है।

ध्वनि का परावर्तन (Reflection of Sound)

ध्वनि भी प्रकाश की तरह परावर्तित होती है ध्वनि की तरंग दैर्घ्य अधिक होने के कारण इसका परावर्तन बड़े पृष्ठों से ही होता है। कुर्छाँ, पहाड, नदी, घाटी, दीवार आदि से ध्वनि परिवर्तित हो जाती है।

ध्वनि का अपवर्तन (Refraction of Sound)

प्रकाश की भाँति ध्वनि तरंगे भी माध्यम के परिवर्तन से अपवर्तित हो जाती हैं। ध्वनि तरंगों का अपवर्तन वायु की भिन्न भिन्न परतों का ताप भिन्न होने के कारण होता है गर्म वायु में ध्वनि की चाल ठण्डी वायु की अपेक्षा अधिक होती है। अतः ध्वनि तरंगे जब गर्म वायु से ठण्डी में या ठण्डी वायु से गर्म वायु में प्रवेश करती हैं तो अपने मार्ग से विचलित हो जाती हैं। दिन के समय गर्मी के कारण पृथ्वी के समीप की वायु उपर की अपेक्षा अधिक गर्म होती है, जिससे किसी स्रोत से उत्पन्न ध्वनि दूर तक नहीं सुनाई देती। इसके विपरीत रात्रि के समय ध्वनि दूर तक सुनाई देती है क्योंकि पृथ्वी के आस पास के बजाय उपरी परत का ताप अधिक होता है।