



UPPSC

Prelims

उत्तर प्रदेश लोक सेवा आयोग (UPPSC)

भाग - 8

सामान्य विज्ञान

विषयसूची

S No.	Chapter Title	Page No.
1	मापन और मात्रक	1
2	बल एवं गति	5
3	कार्य, ऊर्जा एवं शक्ति	11
4	गुरुत्वाकर्षण	14
5	प्रकाशिकी	18
6	वैद्युतिकी	29
7	ध्वनि एवं तरंगे	37
8	परमाणु एवं परमाणु संरचना	42
9	आवर्त सारणी एवं आवर्तता	46
10	हैलोजन एवं अक्रिय गैसे	52
11	अम्ल, क्षार और लवण	54
12	प्रमुख यौगिक	59
13	मिश्रधातु एवं उपयोग	66
14	दैनिक जीवन में रसायन	68
15	जीवविज्ञान का परिचय	75
16	जीवों का वर्गीकरण (बैक्टीरिया एवं अन्य)	77
17	पादप जगत	80
18	जंतु जगत	85
19	कोशिका, संरचनाएँ एवं कोशिका चक्र	92
20	आनुवंशिकी	106
21	मानव शारीरिक विज्ञान	112
22	पोषण	144
23	मानव रोग और रोग प्रतिकार	153

विषयसूची

S No.	Chapter Title	Page No.
24	भारत का अंतरिक्ष कार्यक्रम	166
25	भारत का रक्षा कार्यक्रम	171



भौतिक राशियाँ

- वे राशियाँ जिन्हें परिभाषित किया जा सकता है और मापा जा सकता है, उन्हें भौतिक राशियाँ कहा जाता है।
- **उदाहरण:** लम्बाई, बल, तापमान आदि।
- एक भौतिक राशि एक संख्यात्मक परिमाण और एक इकाई (unit) से मिलकर बनी होती है।



भौतिक राशियों के प्रकार

- **मौलिक राशियाँ** : ये वे मूल या आधारभूत राशियाँ होती हैं जो एक-दूसरे पर निर्भर नहीं होती हैं। ये राशियाँ 7 प्रकार की होती हैं।
 - ✓ **मौलिक राशियाँ** : द्रव्यमान, तापमान, लम्बाई, समय, विद्युत धारा, द्रव्य की मात्रा, ज्योति तीव्रता
- **व्युत्पन्न राशियाँ** : वे राशियाँ जो मौलिक राशियों की सहायता से व्युत्पन्न किया जाता हैं। या किसी भौतिक राहसी को जब दो या दो से अधिक मूल इकाइयों में व्यक्त किया जाता हैं तो उसे व्युत्पन्न राशि कहते हैं।
 - ✓ **उदाहरण:** संवेग, आयतन, बल आदि।
- **पूरक राशियाँ** : मूल राशियों तथा व्युत्पन्न राशियों के अतिरिक्त दो अन्य भौतिक राशियाँ भी होती हैं, जो ना ही मूल राशियों होती है और ना ही व्युत्पन्न। ये राशियों पूरक राशियाँ कहलाती हैं। समतल कोण तथा घन कोण दो पूरक राशियाँ हैं।

दिशा के आधार पर भौतिक राशि का वर्गीकरण :

- **अदिश राशियाँ (Scalar Quantity):** यह वह भौतिक राशियाँ होती हैं जिन्हें व्यक्त करने के लिए केवल परिमाण होता है, दिशा नहीं होती हैं।
 - उदाहरण:** दूरी, ऊर्जा, चाल, शक्ति, द्रव्यमान आदि।
- **सदिश राशियाँ (Vector Quantity):** यह वह भौतिक राशियाँ होती हैं, जिन्हें व्यक्त करने के लिए परिमाण के साथ-साथ दिशा भी आवश्यकता होती है।
 - ✓ **उदाहरण:** विस्थापन, वेग, बल, भार, संवेग आदि।

मापन:

- किसी भौतिक राशि का मापन किसी ज्ञात मानक या इकाई से तुलना करके भौतिक राशि का मान निर्धारित करने की प्रक्रिया को संदर्भित करता है।
- इस प्रक्रिया में दो बातें शामिल होती हैं
 1. एक संख्यात्मक मान
 2. एक मापन की इकाई

मात्रक (Units):

- मात्रक वे मानकीकृत मात्राएँ होती हैं जिनके माध्यम से भौतिक राशियों को व्यक्त किया जाता है।

मात्रक के प्रकार :

1. **मूल मात्रक** : मूल राशियों को व्यक्त करने के लिए प्रयुक्त मात्रकों को मूल मात्रक कहते हैं।
 - उदाहरण:** मीटर, किलोग्राम, सेकंड, एम्पियर आदि।
2. **व्युत्पन्न मात्रक** : मूल मात्रकों के संयोजन से व्यक्त किया जाता हैं। इस प्रकार प्राप्त किए व्युत्पन्न राशियों के मात्रकों को व्युत्पन्न मात्रक कहते हैं।
3. **पूरक मात्रक** : वे मात्रक होते हैं जिन्हें विशेष प्रयोजनों के लिए प्रयोग किया जाता है, लेकिन ये न तो ये मूल मात्रकों का भाग होते हैं न ही व्युत्पन्न मात्रकों के भाग होते हैं।
 - a. **समतल कोण:** यह किसी वृत्त के चाप की लंबाई (ds) और उसकी त्रिज्या (r) के अनुपात के रूप में परिभाषित होता है। इसे **रेडियन (radian – rad)** में मापा जाता है।
समतल कोण = चाप / त्रिज्या
 - b. **घन कोण:** यह किसी गोले के सतही क्षेत्रफल (dA) और त्रिज्या के वर्ग (r^2) के अनुपात के रूप में परिभाषित होता है। इसे **स्टेरैडियन (steradian – sr)** में मापा जाता है।

मात्रक पद्धति :



- मूल-मात्रकों और व्युत्पन्न मात्रकों के सम्पूर्ण समुच्चय को मात्रकों की प्रणाली (या पद्धति) कहते हैं।

भौतिक राशि	MKS प्रणाली	CGS प्रणाली	FPS प्रणाली
लम्बाई	मीटर	सेंटीमीटर	फीट
द्रव्यमान	किलोग्राम	ग्राम	पाउंड
समय	सेकंड	सेकंड	सेकंड

SI प्रणाली :

- वर्तमान समय में अंतर्राष्ट्रीय स्तर पर जो मापन प्रणाली मान्य है, वह "सिस्टम इंटरनेशनल डी यूनिट्स" है, जिसे फ्रेंच भाषा में "मात्रकों की अंतर्राष्ट्रीय प्रणाली" कहा जाता है। इसका संक्षिप्त रूप SI है।
- इस प्रणाली की योजना अंतर्राष्ट्रीय माप-तोल ब्यूरो द्वारा वर्ष 1971 में विकसित की गई थी।

SI प्रणाली की मौलिक इकाइयाँ

क्रम	भौतिक राशि	प्रतीक	आयाम	SI इकाई	प्रमुख प्रायोगिक इकाइयाँ
1	लंबाई	L	[L]	मीटर (m)	1 Fermi = 10^{-15} m 1 Å (Angstrom) = 10^{-10} m 1 nm = 10^{-9} m 1 μ m = 10^{-6} m (1 Microns) 1 mm = 10^{-3} m 1 cm = 10^{-2} m 1 inch = 2.54 cm 1 foot = 0.3048 m 1 km = 10^3 m 1 mile = 1.6 km 1 nautical mile = 1852 m 1 AU = 1.5×10^{11} m 1 light year $\approx 9.46 \times 10^{15}$ m 1 parsec $\approx 3.083 \times 10^{16}$ m
2	द्रव्यमान	M	[M]	किलोग्राम (kg)	1 μ g = 10^{-9} kg 1 mg = 10^{-6} kg 1 g = 10^{-3} kg 1 quintal = 10^2 kg 1 metric ton = 10^3 kg 1 amu = 1.66×10^{-27} kg 1 pound = 0.4537 kg 1 slug = 14.59 kg चंद्रशेखर सीमा $\approx 2.8 \times 10^{30}$ kg
3	समय	T	[T]	सेकंड (s)	1 ps = 10^{-12} s 1 ns = 10^{-9} s

					$1 \mu\text{s} = 10^{-6} \text{ s}$ $1 \text{ ms} = 10^{-3} \text{ s}$ $1 \text{ min} = 60 \text{ s}$ $1 \text{ hour} = 3600 \text{ s}$ $1 \text{ day} = 86400 \text{ s}$ $1 \text{ week} = 7 \text{ days}$ $1 \text{ month} = 28\text{--}31 \text{ days}$ $1 \text{ year} = 365.25 \text{ days}$ $1 \text{ shake} = 10^{-8} \text{ s}$
4	विद्युत धारा	I	[I]	एम्पियर (A)	—
5	तापमान	θ \Theta	[θ]	केल्विन (K)	—
6	द्रव्य की मात्रा	N	[N]	मोल (mol)	—
7	ज्योति तीव्रता	J	[J]	कैंडेला (cd)	1 निट (nit) = 1 cd/m^2

व्युत्पन्न मात्रक					
क्र.	भौतिक राशि	सूत्र / व्युत्पत्ति	SI इकाई	आयाम	नोट्स
1	क्षेत्रफल	लंबाई $\times$ चौड़ाई	m^2	$[\text{M}^0\text{L}^2\text{T}^0]$	$1 \text{ Barn} = 10^{-28} \text{ m}^2$ $1 \text{ Hectare} = 10^4 \text{ m}^2$
2	आयतन	लंबाई $\times$ चौड़ाई $\times$ ऊँचाई	m^3	$[\text{M}^0\text{L}^3\text{T}^0]$	$1 \text{ Litre} = 10^{-3} \text{ m}^3$ $1 \text{ Gallon} = 4.546 \text{ L}$
3	वेग	विस्थापन / समय	m/s	$[\text{M}^0\text{L}\text{T}^{-1}]$	—
4	त्वरण	वेग में परिवर्तन / समय	m/s^2	$[\text{M}^0\text{L}\text{T}^{-2}]$	—
5	संवेग	द्रव्यमान $\times$ वेग	$\text{kg}\cdot\text{m/s}$	$[\text{MLT}^{-1}]$	—
6	बल	द्रव्यमान $\times$ त्वरण	न्यूटन (N)	$[\text{MLT}^{-2}]$	$1 \text{ N} = \text{kg}\cdot\text{m/s}^2$ $1 \text{ dyne} = 10^{-5} \text{ N}$
7	आवेग	बल $\times$ समय	$\text{N}\cdot\text{s}$	$[\text{MLT}^{-1}]$	—
8	कार्य / ऊर्जा	बल $\times$ दूरी	जूल (Joule – J)	$[\text{ML}^2\text{T}^{-2}]$	$1 \text{ J} = \text{kg}\cdot\text{m}^2/\text{s}^2$ $1 \text{ cal} = 4.184 \text{ J}$ $1 \text{ erg} = 10^{-7} \text{ J}$ $1 \text{ kWh} = 3.6 \times 10^6 \text{ J}$ $1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$
9	शक्ति	कार्य / समय	वाट (Watt – W)	$[\text{ML}^2\text{T}^{-3}]$	$1 \text{ HP} = 746 \text{ W}$
10	दाब	बल / क्षेत्रफल	पास्कल (Pa)	$[\text{ML}^{-1}\text{T}^{-2}]$	$1 \text{ Pa} = \text{N/m}^2$ $1 \text{ Bar} = 10^5 \text{ Pa}$ $1 \text{ Torr} = 133.32 \text{ Pa}$ $1 \text{ atm} = 1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$
11	घनत्व	द्रव्यमान / आयतन	kg/m^3	$[\text{ML}^{-3}\text{T}^0]$	—

12	आवृत्ति	प्रति सेकंड दोहराव	हर्ट्ज़ (Hz)	$[T^{-1}]$	1 Hz = 1/s
13	विद्युत आवेश	धारा × समय	कूलॉम्ब (C)	$[IT]$	1 C = A·s
14	विभवान्तर	$V = kQ/r$	वोल्ट (V)	$[ML^2T^{-3}I^{-1}]$	1 V = $kg \cdot m^2 / (A \cdot s^3)$
15	प्रतिरोध	विभवान्तर / धारा	ओम (Ω)	$[ML^2T^{-3}I^{-2}]$	1 Ω = $kg \cdot m^2 / (A^3 \cdot s^3)$
16	धारिता	आवेश / विभवान्तर	फैराड (F)	$[M^{-1}L^{-2}T^4I^2]$	1 F = $s^4 \cdot A^2 / (kg \cdot m^2)$
17	चुम्बकीय फ्लक्स	चुम्बकीय क्षेत्र × क्षेत्रफल	वेबर (Wb)	$[ML^2T^{-2}I^{-1}]$	1 Wb = $kg \cdot m^2 / (s^2 \cdot A)$
18	प्रेरकत्व	—	हेनरी (H)	$[ML^2T^{-2}I^{-2}]$	1 H = $kg \cdot m^2 / (s^2 \cdot A^2)$
19	फोकल लंबाई	—	मीटर (m)	$[M^0L^1T^0]$	—

क्या आप जानते हैं ?

- प्रकाश की तीव्रता: लक्स (Lux)
- ध्वनि की तीव्रता: डेसीबेल (Decibel)
- चुम्बकीय तीव्रता: ओर्स्टेड (Oersted)
- विकिरण की मात्रा: क्यूरी (Curie)

10 की घात

Prefix	Symbol	10 की घात	Prefix	Symbol	10 की घात
Yotta	Y	10^{24}	Yocto	y	10^{-24}
Zetta	Z	10^{21}	Zepto	z	10^{-21}
Exa	E	10^{18}	Atto	a	10^{-18}
Peta	P	10^{15}	Femto	f	10^{-15}
Tera	T	10^{12}	Pico	p	10^{-12}
Giga	G	10^9	Nano	n	10^{-9}
Mega	M	10^6	Micro	μ	10^{-6}
Kilo	k	10^3	Mili	m	10^{-3}
Hecto	h	10^2	Centi	c	10^{-2}
Deca	da	10^1	Deci	d	10^{-1}

**बल:**

- जब किसी पिंड को खींचने (pull) या धकेलने (push) की क्रिया होती है तो उसकी स्थिति, आकार या गति में परिवर्तन हो जाता है, इसे उसे **बल** कहते हैं।
- यह किसी बाहरी प्रभाव का परिणाम होता है, जो किसी वस्तु को स्थिर अवस्था से गति में ला सकता है या गति कर रही वस्तु को रोक सकता है।
- **संरक्षी बल** की विशेषता यह है कि इसके द्वारा किया गया कार्य पथ पर निर्भर नहीं करता, बल्कि केवल प्रारम्भिक और अंतिम स्थिति पर निर्भर करता है।

- बल की परिमाण और दिशा होती है, इसलिए यह सदिश राशि है।
- बल की SI इकाई न्यूटन और CGS इकाई डाइन होती है।
- किसी वस्तु पर बल की गणना न्यूटन के द्वितीय गति नियम से की जाती है।
- बल = द्रव्यमान $\times$ त्वरण = ma
 - ✓ 1 न्यूटन = kg-m/sec^2
 - ✓ 1 न्यूटन = 10^5 डाइन

बल के प्रकार:

बल का प्रकार	क्या होता है	सरल उदाहरण
संपर्क बल	जब दो वस्तुओं के बीच प्रत्यक्ष संपर्क के कारण बल उत्पन्न होता है, तो उसे संपर्क बल कहा जाता है।	धक्का देना, खींचना
पेशीय बल	यह वह बल है जो हमारी मांसपेशियों की क्रिया से उत्पन्न होता है।	डिब्बा उठाना, दरवाज़ा धकेलना
घर्षण बल	जब दो सतहें आपस में संपर्क में आती हैं और आपस में गति का विरोध करती हैं, तो उत्पन्न बल को घर्षण बल कहते हैं।	फिसलती किताब का रुकना
असंपर्क बल	जब बिना किसी प्रत्यक्ष संपर्क के दो वस्तुएँ एक-दूसरे पर बल लगाती हैं, तो उस बल को असंपर्क बल कहते हैं।	पृथ्वी का वस्तु को खींचना
गुरुत्वाकर्षण बल	यह वह बल है जो पृथ्वी किसी वस्तु को अपनी ओर खींचने के लिए लगाती है। ➤ यह एक प्रकार का आकर्षण बल है।	सेब का गिरना
विद्युतस्थैतिक बल	यह बल दो आवेशित कणों या वस्तुओं के बीच लगता है।	गुब्बारे का दीवार से चिपकना
चुंबकीय बल	यह बल दो चुंबकों या गतिशील विद्युत आवेशों के बीच कार्य करता है।	चुंबकों का आकर्षण
नाभिकीय बल	यह बल परमाणु के नाभिक में स्थित प्रोटॉनों और न्यूट्रॉनों को आपस में बाँधे रखता है।	प्रोटॉन-न्यूट्रॉन का बंधन
संतुलित बल	जब किसी वस्तु पर दोनों ओर से समान परिमाण के बल लगाए जाते हैं, तो वस्तु की गति में कोई परिवर्तन नहीं होता। इस स्थिति में सभी बलों का कुल प्रभाव (net force) शून्य होता है।	बराबर धक्का दोनों ओर
असंतुलित बल	जब किसी वस्तु पर कार्य कर रहे बल समान या विपरीत नहीं होते और गति में परिवर्तन शुरू होता है, तो ऐसे बल को असंतुलित बल कहा जाता है।	गेंद को लात मारना

जड़त्व:

- किसी वस्तु का वह गुण जिसके कारण वह अपनी विराम अवस्था अथवा एकसमान गति की अवस्था में परिवर्तन का विरोध करती है, जड़त्व कहलाता है।

जड़त्व के प्रकार :

1. **विराम का जड़त्व :** वस्तु का वह गुण जिसके कारण वह अपनी विराम अवस्था में होने वाले परिवर्तन का विरोध करती है, विराम का जड़त्व कहलाता है।
2. **गति का जड़त्व :** वस्तु का वह गुण जिसके कारण वह अपनी एकसमान गति में होने वाले परिवर्तन का विरोध करती है, गति का जड़त्व कहलाता है।
3. **दिशा का जड़त्व :** वस्तु का वह गुण जिसके कारण वह अपनी गति की दिशा में होने वाले परिवर्तन का विरोध करती है, दिशा का जड़त्व कहलाता है।

क्या आप जानते हैं?

जड़त्व और द्रव्यमान का संबंध :

किसी वस्तु का जड़त्व उसके द्रव्यमान पर निर्भर करता है। किसी वस्तु का जड़त्व उसके द्रव्यमान के समानुपाती होता है। अर्थात् द्रव्यमान बढ़ने पर जड़त्व का मान बढ़ता है, इसके विपरीत।

न्यूटन के गति का नियम:

न्यूटन का गति का प्रथम नियम:

- यदि कोई वस्तु विराम की स्थिति में है, तो वह विराम में ही रहेगी, और यदि वह एकसमान गति से चल रही है, तो वह उसी गति और दिशा में चलती रहेगी जब तक उस पर कोई बाहरी बल कार्य न करे।
- इसे जड़त्व का नियम या गैलीलियो का नियम भी कहा जाता है।
- यह नियम बल को परिभाषित करता है।

उदाहरण:

- जब पेड़ को जोर से हिलाया जाता है, तो टहनियाँ गति में आ जाती हैं, लेकिन फल जड़त्व के कारण विराम अवस्था में बने रहते हैं और नीचे गिर जाते हैं।

संवेग:

- किसी वस्तु की गति का प्रभाव उसके द्रव्यमान और वेग पर निर्भर करता है। इसे संवेग कहा जाता है।

$$p = m \times v$$

जहां: m - द्रव्यमान ; v - वेग

- यह एक सदिश राशि है जिसका SI मात्रक : $\text{kg} \cdot \text{m/s}$

संवेग के प्रकार :

1. **रेखीय संवेग :** जब कोई पिंड सरल रेखा में गति करता है तो वस्तु के द्रव्यमान तथा रेखीय वेग के गुणनफल को उस वस्तु का संवेग कहते हैं। किसी पिंड की जितनी अधिक गति और द्रव्यमान होगा उतना ही अधिक उस पिंड का संवेग होगा।
2. **कोणीय संवेग:** वृत्तीय/घूर्णन गति में वस्तु का संवेग; द्रव्यमान, वेग और अक्ष से दूरी पर निर्भर।
उदाहरण: घूमता चक्र, ग्रहों की गति।

रेखीय संवेग संरक्षण का नियम:

- संवेग संरक्षण के नियम के अनुसार, यदि दो या दो से अधिक पिण्डों के निकाय पर कोई बाह्य बल कार्य न करे तो निकाय का रेखीय संवेग नियत रहता है। इससे स्पष्ट है कि एक पिण्ड में जितना संवेग परिवर्तन होता है, दूसरे में भी उतना ही संवेग-परिवर्तन विपरीत दिशा में हो जाता है। इसे ही रेखीय संवेग संरक्षण का सिद्धान्त कहते हैं।
- डिवाइस जो संवेग संरक्षण के नियम के आधार पर काम करती है: रॉकेट प्रणोदन, बन्सेन बर्नर, अग्निशामक यंत्र, तोप की पुनरावृत्ति

दो पिंडों की टक्कर:

- दो पिण्डों के मध्य टक्कर जब समान संवेग की दो गेंदें आपस में टकराती है। तो गेंदें अचानक रुक जाती है क्योंकि टक्कर पूर्व दोनों गेंदों का संवेग तथा टक्कर के पश्चात् दोनों गेंदों का संवेग समान (शून्य) है।

$$m_1 u_1 + m_2 u_2 = m_1 v_1 + m_2 v_2$$

प्रश्न: एक गेंद में 3000 इकाई संवेग होता है। यदि गेंद का वेग दोगुना कर दिया जाए, तो गेंद का नया संवेग क्या होगा?

हल: द्रव्यमान स्थिर होने पर वेग दोगुना करने से संवेग भी दोगुना हो जाता है।

$$\text{नया संवेग} = 2 \times 3000 = 6000 \text{ इकाइयाँ}$$

न्यूटन का द्वितीय गति नियम:

- इस नियम के अनुसार, “ किसी वस्तु के संवेग में परिवर्तन की दर उस पर लगने वाले बल के अनुक्रमानुपाती होती है, और यह बल उसी दिशा में कार्य करता है जिस दिशा में संवेग में परिवर्तन होता है।”

गणितीय रूप

$$F \propto \frac{\Delta p}{\Delta t} \Rightarrow F = ma$$

जहाँ, F = बल, m = द्रव्यमान, a = त्वरण

- इस नियम के अनुसार, बल = द्रव्यमान $\times$ त्वरण
- न्यूटन के गति के द्वितीय नियम के द्वारा बल की गणना की जाती हैं।

उदाहरण :

- **टेबल टेनिस:** जब खिलाड़ी गेंद को हिट करता है, तो उसे चोट नहीं लगती क्योंकि गेंद का द्रव्यमान और वेग दोनों ही कम होते हैं, जिससे त्वरण और बल भी कम होता है।

आवेग:

- यदि कोई बल किसी वस्तु पर कम समय तक कार्यरत रहे, तो बल और समय-अन्तराल के गुणनफल को उस वस्तु का आवेग कहते हैं या किसी वस्तु के संवेग में उत्पन्न परिवर्तन को आवेग कहा जाता है।

$$I = F\Delta t$$

जहाँ: I = आवेग, F = लगाया गया बल, Δt = बल के कार्य करने का समय

आवेग और संवेग का संबंध

- आवेग = संवेग में परिवर्तन

$$I = \Delta p = m(v - u)$$

आवेग की विशेषताएँ

- यह सदिश राशि है
- आवेग का मात्रक = न्यूटन-सेकंड ($N \cdot s$)
- समान बल के लिए
 - ✓ समय कम $\Rightarrow$ आवेग कम
 - ✓ समय अधिक $\Rightarrow$ आवेग अधिक

उदाहरण:

- गेद को धीरे रोकने से अधिक समय में संवेग परिवर्तन होता है $\rightarrow$ बल कम लगता है $\rightarrow$ हाथ में चोट नहीं लगती।
- रेलगाड़ियों के डिब्बों में बफर : शंटिंग के समय दो डिब्बों की टक्कर में बफर झटकों को अवशोषित करते हैं। इससे टक्कर की अवधि बढ़ जाती है $\rightarrow$ बल घट जाता है $\rightarrow$ नुकसान नहीं होता।

प्रश्न: 10 kg द्रव्यमान की एक वस्तु पर 2 सेकंड की अवधि के लिए एक स्थिर बल कार्य करता है। इससे वस्तु का वेग 5 m/s से बढ़कर 10 m/s हो जाता है। लगाए गए बल का परिमाण ज्ञात कीजिए। अब यदि वही बल 5 सेकंड के लिए लगाया जाए, तो वस्तु का अंतिम वेग क्या होगा?

हल: प्रारंभिक स्थिति में त्वरण

$$a = \frac{v - u}{t} = \frac{10 - 5}{2} = 2.5 \text{ m/s}^2$$

न्यूटन के दूसरे नियम से $F = ma = 10 \times 2.5 = 25 \text{ N}$

यदि यही बल 5 सेकंड तक लगाया जाए, तो

$$v = u + at = 5 + (2.5 \times 5) = 17.5 \text{ m/s}$$

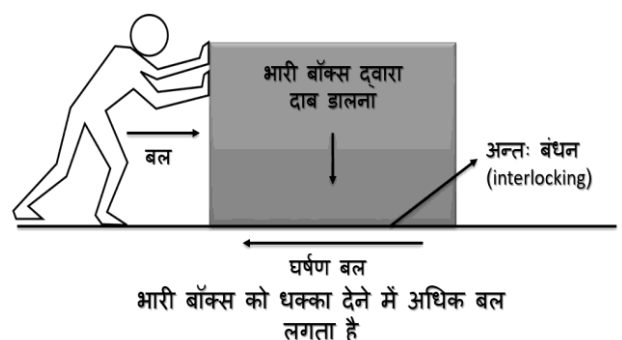
न्यूटन का तृतीय गति नियम :

- गति के तृतीय नियमानुसार, “एक वस्तु क्रिया रूप में दूसरी वस्तु पर जितना बल लगाती है, दूसरी वस्तु भी उतना ही बल विपरीत दिशा में प्रतिक्रिया रूप में लगाती है अर्थात् प्रत्येक क्रिया की उसके बराबर तथा विपरीत दिशा में प्रतिक्रिया होती है।
- इसे क्रिया - प्रतिक्रिया बल का नियम भी कहते हैं
- **उदाहरण:** रॉकेट की गति उससे निकलने वाले तीव्र गैसीय निकास (Exhaust) की प्रतिक्रिया होती है।

घर्षण बल:



- कोई वस्तु जब किसी दूसरी वस्तु की सतह पर फिसलती या लुढ़कती है अथवा ऐसा करने का प्रयास करती है, तो उनके मध्य होने वाली आपेक्षिक गति का विरोध करने वाले बल को घर्षण कहते हैं। इसकी दिशा सदैव पिंड की आपेक्षिक गति की दिशा के विपरीत होती है।

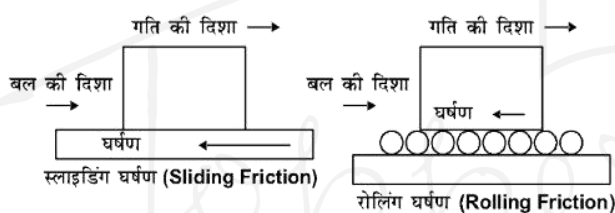


उदाहरण:

- **चलना** – जूते और ज़मीन के बीच का घर्षण चलने में सहायता करता है।

घर्षण के प्रकार तीन होते हैं:

1. **स्थैतिक घर्षण:** यह वह घर्षण है जो दो वस्तुओं के बीच तब लगता है जब वे आपस में संपर्क में होती हैं, लेकिन एक-दूसरे पर नहीं सरक रही होतीं। यह बल तब तक बढ़ता रहता है जब तक वस्तु चलना शुरू नहीं करती। इसे "स्व-समायोज्य बल" भी कहा जाता है।
2. **सीमांत घर्षण :** यह स्थैतिक घर्षण का अधिकतम मान होता है, जब वस्तु बस लुढ़कने ही वाली होती है। यह सतह की प्रकृति (मुलायम या खुरदरी) पर निर्भर करता है, लेकिन सतह के क्षेत्रफल पर निर्भर नहीं करता।
3. **गतिज घर्षण:** जब एक वस्तु दूसरी सतह पर लुढ़कती है, तो उनके बीच जो घर्षण लगता है, वह गतिज घर्षण कहलाता है। इसके दो प्रकार होते हैं:
 - a. **स्लाइडिंग घर्षण:** जब वस्तु सरक रही होती है।
 - b. **रोलिंग घर्षण:** जब वस्तु लुढ़क रही होती है।



4. **तरल घर्षण:** यह तब उत्पन्न होता है जब कोई वस्तु पानी या हवा जैसे द्रव में गति करती है और यह द्रव की सांद्रता पर निर्भर करता है।
- **घर्षण कम करने के उपाय:** पॉलिश करना, स्नेहक का प्रयोग, बॉल बेयरिंग का उपयोग तथा घर्षण-रोधी सामग्री का प्रयोग।

अभिकेंद्रीय और अपकेंद्रीय बल

अभिकेंद्र बल:

- यदि कोई कण किसी वृत्त की परिधि पर घूम रहा है, तो उसके वेग का परिमाण तो नियत रहता है किन्तु दिशा निरन्तर बदलती रहती है, जिसके कारण कण पर एक बाह्य बल कार्य करता है इस बल की दिशा वृत्त के केन्द्र की ओर दिष्ट रहती है। इस बल को अभिकेन्द्र बल कहते हैं।
- **नोट :** यह बल सदैव वृत्त के केन्द्र की ओर कार्य करता है।

उदाहरण:

- **रस्सी से बंधे पत्थर को घुमाना :** पत्थर को केन्द्र की ओर खींचने वाला बल रस्सी द्वारा प्रदान किया जाता है।
- **ग्रहों का सूर्य की परिक्रमा करना :** गुरुत्वाकर्षण बल ग्रहों को सूर्य की ओर खींचता है।



अपकेंद्र बल:

- कुछ परिस्थितियों में ऐसा आभास होता है कि किसी वृत्तीय गति करती वस्तु पर बाहर की ओर एक बल लग रहा है। जबकि वास्तव में वस्तु पर बल लगा नहीं होता है। इस बल को ही अपकेन्द्र बल कहते हैं। यह एक आभासी (छद्म) बल होता है। यह त्रिज्या के साथ तथा वृत्त के केन्द्र से दूर कार्य करता है।
- **अपकेंद्रीय बल पर आधारित उपयंत्र:** सेंट्रीफ्यूज, सेंट्रीफ्यूगल क्लच, पंप, ड्रायर/वॉशिंग मशीन, क्रीम सेपरेटर, फैन और गोल्ड सेपरेटर सभी अपकेंद्र बल के उपयोग से पदार्थों को अलग करने या बाहर की ओर गति देने का कार्य करते हैं।

बल आघूर्ण:

- "किसी अक्ष के परितः एक बल का बल आघूर्ण उस बल के परिमाण एवं अक्ष से बल की क्रिया रेखा की लंबवत् दूरी के गुणनफल के बराबर होता है।"

$$\text{Torque} = F \times r \times \sin\theta$$

जहाँ: τ = टॉर्क (बल आघूर्ण), F = लगने वाला बल, r = घूर्णन की धुरी से बल के लगने की दूरी (लेवर आर्म), θ = बल और लेवर आर्म के बीच का कोण

- टॉर्क की SI इकाई **न्यूटन-मीटर (N·m)** होती है।
- यदि कोण $\theta=90^\circ$ डिग्री हो, तो टॉर्क अधिकतम होता है।
- यह एक **सदिश राशि** है।

उदाहरण :

- ✓ दरवाज़े को धक्का देने पर वह घूमता है — टॉर्क लगता है।
- ✓ रिंच से नट बोल्ट खोलना — टॉर्क का उपयोग होता है।

बल युग्म:

- दो बराबर व विपरीत समानांतर बल जो वस्तु को घुमाते हैं बल युग्म कहलाते हैं, और उनकी क्रिया रेखाओं के बीच की लंबवत दूरी बल युग्म की भुजा होती है।

$$\tau = F \times d$$

जहाँ: τ = टॉर्क (बल आघूर्ण), F = प्रत्येक बल की परिमाण, d = दोनों बलों के बीच की लंबवत दूरी (Couple arm)

- **विशेषताएँ:** युग्म बल केवल घूर्णन उत्पन्न करता है, केंद्र को स्थानांतरित नहीं करता है और टॉर्क केवल बल और दूरी पर निर्भर करता है और यह शुद्ध घूर्णन प्रभाव देता है।
- **व्यावहारिक उदाहरण:** वाहन का स्टीयरिंग व्हील घुमाना, चाबी से ताला खोलना, हैण्डपम्प या ट्यूबवेल घुमाना, चाकू या स्कूटराइवर से नट या स्कू कसना

जड़त्व आघूर्ण:

- जब कोई वस्तु किसी निर्धारित अक्ष के चारों ओर घूर्णन करती है, तो वह घूर्णन में विरोध करती है। यह विरोध उस वस्तु के जड़त्व आघूर्ण के कारण होता है।

$$I = \sum m r^2$$

- यह वस्तु के आकार, आकृति और द्रव्यमान वितरण पर निर्भर करता है।
- **जड़त्व आघूर्ण का अनुप्रयोग:** रस्सी पर चलने वाला नट, घुमती मशीनें, पृथ्वी का घूर्णन .

गैलीलियो और जड़त्व की अवधारणा

- **गैलीलियो के प्रयोग:** घर्षण कम करने के लिए झुके हुए समतल का प्रयोग किया और इसके अनुसार ढाल कम होने पर गति धीरे बदलती है और आदर्श (घर्षण रहित) स्थिति में वस्तु समान वेग से चलती रहती है।
- **मुख्य निष्कर्ष:** गति में परिवर्तन तभी होता है जब बाह्य बल लगाया जाए और बल के अभाव में स्थिर वस्तु स्थिर रहती है एवं गतिमान वस्तु एकसमान गति से चलती रहती है। यही अवधारणा आगे चलकर न्यूटन के प्रथम गति नियम का आधार बनी।
- **न्यूटन के प्रथम नियम से संबंध:** गैलीलियो की यह खोज जड़त्व की अवधारणा को स्पष्ट करती है, जिसे न्यूटन ने अपने प्रथम गति नियम के रूप में प्रतिपादित किया।

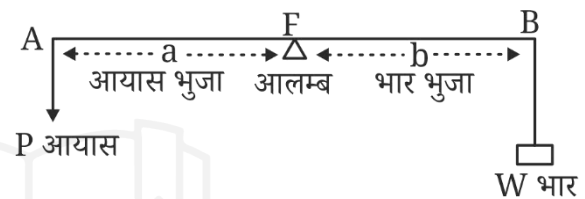
साधारण मशीन:

- सरल मशीन एक ऐसी युक्ति है, जिसकी सहायता से किसी बिन्दु पर अधिक बल लगाकर इसे इच्छानुसार दिशा में रोका जा सकता है और सुविधायुक्त गति द्वारा चलाया जा सकता है। इसमें एक लीवर होता है जो गेज, स्कू व्हील, एक्सल और पुली आदि को नियन्त्रित करता है।

उत्तोलक (Lever):

- उत्तोलक एक कठोर छड़ होती है जो किसी स्थिर बिंदु (आलम्ब) के चारों ओर घूमती है और कम बल से भारी वस्तु उठाने में सहायता करती है।

उत्तोलक के मुख्य भाग:



1. **आलम्ब (Fulcrum):** वह बिंदु जिसके चारों ओर उत्तोलक घूमता है।
2. **आयास (Effort):** लगाया गया बल।
3. **भार (Load):** उठाई जाने वाली वस्तु।

उत्तोलक का सिद्धांत:

- संतुलन की स्थिति में आयास का आघूर्ण = भार का आघूर्ण होता है।

उत्तोलक के प्रकार:

1. **प्रथम श्रेणी का उत्तोलक:** आलम्ब बीच में होता है।
उदाहरण — झूला, कैंची।
2. **द्वितीय श्रेणी का उत्तोलक:** भार बीच में होता है।
उदाहरण — नींबू निचोड़ने की मशीन।
3. **तृतीय श्रेणी का उत्तोलक:** आयास बीच में होता है।
उदाहरण — चिमटा, मानव हाथ।

आर्किमिडीज के सिद्धांत:

- आर्किमिडीज एक महान यूनानी गणितज्ञ, भौतिक विज्ञानी, इंजीनियर, आविष्कारक और खगोलशास्त्री थे। उन्हें शास्त्रीय यांत्रिकी के संस्थापकों में गिना जाता है।

आर्किमिडीज के प्रमुख योगदान:

क्रम	योगदान	विवरण / महत्व
1	लीवर का नियम	किसी वस्तु को उठाने के लिए आवश्यक बल, धुरी (Fulcrum) से दूरी के व्युत्क्रमानुपाती होता है। कम बल से भारी वस्तु उठाई जा सकती है यदि बल अधिक दूरी पर लगाया जाए।
2	पुली और यांत्रिक लाभ	पुली प्रणालियों में कम बल लगाकर भारी भार उठाना संभव। यांत्रिक लाभ की अवधारणा समझाई।
3	स्थिरता विज्ञान की नींव	स्थिर संतुलन में पिंडों पर लगने वाले बलों का अध्ययन। इसी से स्थिर यांत्रिकी का विकास हुआ।
4	यांत्रिकी में समग्र योगदान	आर्किमिडीज के सिद्धांतों ने सैद्धांतिक और व्यावहारिक यांत्रिकी दोनों के विकास को प्रभावित किया।



3

CHAPTER

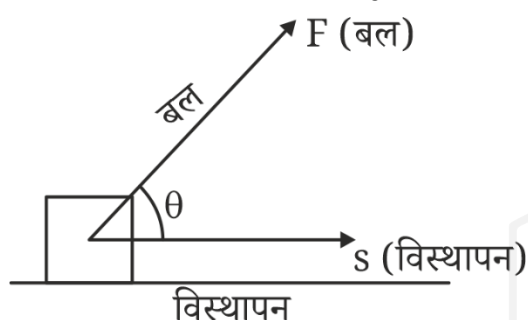
कार्य, ऊर्जा एवं शक्ति



कार्य:



- भौतिकी में कार्य उस प्रक्रिया को कहा जाता है जिसमें किसी वस्तु पर बल लगाकर उसे बल की दिशा में विस्थापित किया जाता है। जब कोई बल किसी वस्तु पर कार्य करता है और वह वस्तु बल की दिशा में कुछ दूरी तय करती है, तब कहा जाता है कि कार्य हुआ है।



- यदि बल F किसी वस्तु पर लगाया गया और वह वस्तु s दूरी तक विस्थापित हुई, तो कार्य का मान होगा: $W = F \times s$
- यदि बल और विस्थापन के बीच कोण θ हो, तो कार्य का मान होगा: $W = F \times s \times \cos\theta$.
- कार्य एक अदिश राशि है।
- कार्य की **SI** इकाई जूल (**Joule**)
- 1 जूल वह कार्य होता है जब 1 न्यूटन बल लगाकर किसी वस्तु को 1 मीटर विस्थापित किया जाता है।
- 1 जूल = 1 न्यूटन $\times$ 1 मीटर
- कार्य की **CGS** इकाई है अर्ग (**erg**)
- 1 अर्ग = 10^{-7} जूल
- किलोवाट** शक्ति की एक बड़ी इकाई है।
- किलोवाट (kW):** 1 kW = 1000 W एक
- विशेष स्थिति:**
 - यदि $\theta=0$ (बल और विस्थापन एक ही दिशा में हैं), तो $\cos\theta=1$ और कार्य अधिकतम होगा।
 - यदि $\theta=90$, तो $\cos\theta=0$ और कार्य = 0 होगा।
 - यदि वस्तु की विस्थापन $s=0$ हो या बल $F=0$ हो, तो भी कार्य शून्य होगा।

प्रश्न: यदि एक ईट पर 7 N बल लगाया जाता है, तब वह 5 मीटर की दूरी तय करती है। इस स्थिति में किए गए कार्य की गणना क्या होगी?

हल

कार्य = बल $\times$ दूरी

$$W = F \times d = 7 \times 5 = 35 \text{ J}$$

अतः किए गए कार्य का मान 35 जूल है।



ऊर्जा:

- किसी पिंड द्वारा कार्य करने की क्षमता को **ऊर्जा** कहते हैं।
- ऊर्जा एक अदिश राशि है।
- कार्य की तरह ऊर्जा का मात्रक जूल होता है।

अर्ग (Erg)	अर्ग ऊर्जा की CGS इकाई है।	1 अर्ग = 10^{-7} जूल होता है।
कैलोरी	कैलोरी उस ऊर्जा की मात्रा है जो 1 ग्राम जल का तापमान 1°C बढ़ाने के लिए आवश्यक होती है।	1 कैलोरी = 4.2 जूल होता है।
किलोवाट-घंटा (kWh)	यह घरेलू बिजली उपयोग की सामान्य इकाई है।	1 किलोवाट-घंटा = 3.6×10^6 जूल होता है।
इलेक्ट्रॉन वोल्ट (eV)	यह वह ऊर्जा है जो एक इलेक्ट्रॉन को 1 वोल्ट विभवांतर से गुजरते समय प्राप्त होती है।	1 इलेक्ट्रॉन वोल्ट = 1.6×10^{-19} जूल होता है।
किलो जूल (kJ)	यह जूल की बड़ी इकाई है।	1 किलो जूल = 1000 जूल होता है।

गतिज ऊर्जा :

- किसी निश्चित वेग से गतिशील वस्तु की गतिज ऊर्जा उस वस्तु पर इस वेग को प्राप्त करने के लिए किए गए कार्य के बराबर है।

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2$$

जहाँ m द्रव्यमान तथा v वेग होता है। यह ऊर्जा हमेशा धनात्मक होती है।

- **उदाहरण:** दौड़ता व्यक्ति, गिरती हुई गेंद, बहता हुआ पानी, झूलता पेंडुलम।

प्रश्न: 2 kg और 3 kg द्रव्यमान वाली दो वस्तुएँ A और B को अलग-अलग ऊँचाइयों से गिराया गया। A को जमीन तक पहुँचने में 5 सेकंड और B को 3 सेकंड लगे। जमीन से टकराने पर उनकी गतिज ऊर्जा का अनुपात क्या होगा?

हल: मुक्त पतन में अंतिम वेग $v = gt$ होता है।

अतः $KE \propto \frac{1}{2}mv^2 \propto mt^2$ । इसलिए अनुपात

$$KE_A : KE_B = (2 \times 5^2) : (3 \times 3^2) = 50 : 27$$

स्थितिज ऊर्जा :

- किसी वस्तु की स्थिति या आकार में परिवर्तन के कारण उसमें जो ऊर्जा संग्रहीत होती है, वह स्थितिज ऊर्जा कहलाती है।

1. गुरुत्वीय स्थितिज ऊर्जा : यह ऊर्जा वस्तु की ऊँचाई पर निर्भर करती है।

$$PE = mgh$$

- ✓ **उदाहरण:** अलमारी पर रखी पुस्तक।

2. लोचात्मक स्थितिज ऊर्जा : खिंचे हुए या संकुचित वस्तु में संग्रहीत ऊर्जा

- ✓ **उदाहरण:** तीर-कमान, स्प्रिंग खिलौने।

3. रासायनिक ऊर्जा : रासायनिक बंधों में संग्रहित ऊर्जा, जो प्रतिक्रिया में मुक्त होती है।

- ✓ **उदाहरण:** बैटरी, भोजन, पेट्रोल।

4. नाभिकीय ऊर्जा (Nuclear PE): परमाणु नाभिक में संग्रहित ऊर्जा जो विखंडन या संलयन द्वारा निकलती है।

- ✓ **उदाहरण:** परमाणु रिएक्टर, सूर्य।

क्या आप जानते हैं ?

- किसी पिंड की गतिज ऊर्जा तथा स्थितिज ऊर्जा का योग **यांत्रिक ऊर्जा** कहलाता है।

प्रश्न: यदि 2 किलोग्राम द्रव्यमान की एक वस्तु को 10 मीटर की ऊँचाई से गिराया जाता है, तो 5 मीटर की ऊँचाई पर इसकी स्थितिज ऊर्जा और गतिज ऊर्जा का अनुपात क्या होगा?

$$(g = 10 \text{ m/s}^2)$$

हल: 10 m ऊँचाई पर $PE = mgh = 2 \times 10 \times 10 = 200 \text{ J}$

5 m पर $PE = 2 \times 10 \times 5 = 100 \text{ J}$, शेष 100 J गतिज ऊर्जा होगी।

इसलिए 5 m पर $PE : KE = 1 : 1$

कार्य - ऊर्जा प्रमेय

- इस प्रमेय के अनुसार, किसी कण पर आरोपित बल द्वारा किया गया कार्य इसकी गतिज ऊर्जा में परिवर्तन के बराबर होता है।
- अतः किया गया कार्य = गतिज ऊर्जा में परिवर्तन

ऊर्जा संरक्षण का नियम:



- इस नियमानुसार, ऊर्जा केवल एक रूप से दूसरे रूप में रूपांतरित हो सकती है; न तो इसकी उत्पत्ति की जा सकती है और न ही विनाश। रूपांतरण के पहले व रूपांतरण के पश्चात् कुल ऊर्जा सदैव अचर रहती है।
- यह एक प्रायोगिक सार्वभौमिक नियम है।
- **उदाहरण:** गिरती हुई पुस्तक में स्थितिज ऊर्जा गतिज ऊर्जा में बदलती है।

आइन्सटीन का द्रव्यमान ऊर्जा तुल्यांक:

- आइन्सटीन के अनुसार, प्रत्येक पदार्थ में उसके द्रव्यमान के कारण ऊर्जा होती है। उसे द्रव्यमान ऊर्जा कहते हैं तथा द्रव्यमान को ऊर्जा में तथा ऊर्जा को द्रव्यमान में बदला जा सकता है।
- यदि द्रव्यमान की वस्तु को पूर्णतः ऊर्जा में परिवर्तित कर दिया जाए, तो उससे उत्पन्न कुल ऊर्जा

$$E = mc^2$$

जहाँ c = निर्वात में प्रकाश की चाल $= 3 \times 10^8 \text{ मी/से}$

ऊर्जा के विभिन्न रूप एवं उनका रूपांतरण:



ऊर्जा का रूप	विवरण	ऊर्जा रूपांतरण
ऊष्मा ऊर्जा	किसी वस्तु में ताप के कारण होने वाली ऊर्जा को ऊष्मीय ऊर्जा कहते हैं।	भाप इंजन में → यांत्रिक ऊर्जा थर्मल प्लांट में → विद्युत ऊर्जा
विद्युत ऊर्जा	इलेक्ट्रॉनों की गति से उत्पन्न ऊर्जा	बल्ब → प्रकाश ऊर्जा हीटर → ऊष्मा ऊर्जा
प्रकाश ऊर्जा	तरंगों से संचरित ऊर्जा (जैसे सूर्य का प्रकाश)	सौर पैनल → विद्युत ऊर्जा
ध्वनि ऊर्जा	कंपन द्वारा उत्पन्न ऊर्जा	माइक्रोफोन → विद्युत ऊर्जा स्पीकर → ध्वनि ऊर्जा
यांत्रिक ऊर्जा	गतिज और स्थितिज ऊर्जा का योग	पंखा, पवनचक्की, जनरेटर आदि
रासायनिक ऊर्जा	रासायनिक अभिक्रियाओं में संग्रहीत ऊर्जा	बैटरी, इंजन, मोमबत्ती आदि

गैर-पारंपरिक ऊर्जा स्रोत

ऊर्जा स्रोत	विवरण	उदाहरण/रूपांतरण
पवन ऊर्जा	तेज गति से चलने वाली हवा में ऊर्जा	पवन चक्की → विद्युत ऊर्जा
जल ऊर्जा	बहते हुए पानी से प्राप्त ऊर्जा	जलविद्युत संयंत्र → विद्युत ऊर्जा
बायोमास ऊर्जा	जैव अपशिष्ट या मृत पौधों/जानवरों से प्राप्त ऊर्जा	बायो गैस संयंत्र → ऊष्मा ऊर्जा
सौर ऊर्जा	सूर्य से प्राप्त ऊर्जा	सोलर कुकर → ऊष्मा ऊर्जा सोलर पैनल → विद्युत ऊर्जा
ज्वार ऊर्जा	समुद्र की ज्वार-भाटाओं में संग्रहीत ऊर्जा	ज्वारीय बाँध → विद्युत ऊर्जा
तरंग ऊर्जा	समुद्र की लहरों की गतिज ऊर्जा	टर्बाइन से विद्युत ऊर्जा
महासागरीय ऊष्मीय ऊर्जा	समुद्र की सतह और गहराई के जल के तापांतर से प्राप्त ऊर्जा	OTEC संयंत्र → विद्युत ऊर्जा
भूतापीय ऊर्जा	पृथ्वी के भीतर संग्रहीत ऊष्मा	गर्म जल स्रोतों से बिजली
नाभिकीय ऊर्जा	परमाणु विखंडन या संलयन से प्राप्त ऊर्जा	परमाणु संयंत्र → ऊष्मा ऊर्जा → विद्युत ऊर्जा

शक्ति:



- कार्य करने की दर या ऊर्जा रूपांतरण की दर को 'शक्ति' कहते हैं। शक्ति, किये गए कार्य की गति को मापती है अर्थात् कार्य कितनी शीघ्रता या देर से किया गया।
- यदि कोई लाभकर्ता t समय में W कार्य करता है तो शक्ति का मान होगा- शक्ति = कार्य/समय ($P=W/t$)
- शक्ति का मात्रक जूल प्रति सेकेंड है, जिसे 'वॉट' भी कहते हैं।
- 1 वॉट वह शक्ति है, जिससे 1 सेकेंड में 1 जूल कार्य किया जाता हो।
- 1 वॉट = 1 जूल/सेकेंड ऊर्जा स्थानांतरण की उच्च दरों को किलोवॉट (KW) में व्यक्त करते हैं।

$$\text{➤ } 1\text{KW} = 1000\text{W}$$

प्रश्न: जब एक हीटर द्वारा 1 मिनट 20 सेकेंड में 60 kJ ऊष्मा उत्पन्न की जाती है, तो हीटर की शक्ति कितनी होगी?

हल: उत्पन्न ऊष्मा $Q = 60 \text{ kJ} = 60000 \text{ J}$ और समय $t = 80 \text{ s}$ है।

$$\text{शक्ति } P = \frac{Q}{t} = \frac{60000}{80} = 750 \text{ W}$$

अश्वशक्ति(HP):

- एक अश्वशक्ति वह शक्ति है जिससे एक घोड़ा 1 मिनट में 33,000 फुट-पाउंड कार्य कर सकता है। यह इंजन और मशीनों की शक्ति मापने की गैर-SI इकाई है।
- यांत्रिक:** $1 \text{ HP} \approx 746 \text{ W}$
- मीट्रिक:** $1 \text{ HP} \approx 736 \text{ W}$



गुरुत्वाकर्षण:

- **गुरुत्व बल:** उस आकर्षण बल को कहा जाता है जो ब्रह्मांड में किसी भी दो वस्तुओं के बीच कार्य करता है। इसे गुरुत्वाकर्षण बल भी कहते हैं।
- इस सिद्धांत की खोज सर आइज़ैक न्यूटन ने की थी।

गुरुत्व बल के गुण :

1. यह एक आकर्षण बल होता है, यानी यह वस्तुओं को एक-दूसरे की ओर खींचता है। **ज्वार-भाटा** समुद्र के जलस्तर में होने वाला **नियमित उतार-चढ़ाव** है, जो मुख्यतः **गुरुत्वाकर्षण बल** के कारण होता है।
2. वस्तुओं के बीच संपर्क की आवश्यकता नहीं होती।
3. दूरस्थ वस्तुओं पर भी प्रभाव डालता है।
4. किसी माध्यम की आवश्यकता नहीं होती।
5. पृथ्वी पर इसका मान लगभग स्थिर होता है।
6. सभी मौलिक बलों में सबसे कमजोर होता है।
7. यह दो वस्तुओं के केंद्रों को जोड़ने वाली रेखा के साथ कार्य करता है।

सार्वत्रिक गुरुत्वाकर्षण का नियम :

- सार्वत्रिक गुरुत्वाकर्षण का नियम न्यूटन द्वारा दिया गया था। 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।”
- माना m_1 तथा m_2 द्रव्यमान के दो कण परस्पर r दूरी पर स्थित हैं, तब उनके बीच कार्यरत् गुरुत्वाकर्षण बल,

$$F \propto \frac{m_1 m_2}{r^2} \text{ या } F = \frac{G m_1 m_2}{r^2}$$
- जहाँ, G समानुपाती नियतांक है। जिसकी प्रयोगिक मान हेनरी कैवेंडिश ने की थी। इसे न्यूटन का गुरुत्वाकर्षण नियतांक कहते हैं। इसका मान 6.67×10^{-11} न्यूटन-मी²/किग्रा² तथा विमीय सूत्र $[M^{-1}L^3T^{-2}]$ होता है। गुरुत्वाकर्षण नियतांक G का मान बिन्दु द्रव्यमानों की आकृति, आकार एवं उनके बीच के माध्यम की प्रकृति पर निर्भर नहीं करता है। अतः इसे सार्वत्रिक नियतांक कहते हैं।

हेनरी कैवेंडिश: ब्रिटिश वैज्ञानिक जिन्होंने भौतिकी और रसायन विज्ञान में महत्वपूर्ण योगदान दिया, 1766 में हाइड्रोजन की खोज की और 1798 में गुरुत्वाकर्षण स्थिरांक (G) मापा।

गुरुत्व:

- **गुरुत्व केंद्र :** वह बिंदु जहाँ से वस्तु का संपूर्ण भार कार्य करता है और इस पर बल लगाने पर वस्तु संतुलित रहती है; इसके चारों ओर कुल गुरुत्वीय बल का आघूर्ण शून्य होता है।
- **गुरुत्वीय त्वरण:** मुक्त गिरती वस्तु की गति में गुरुत्वाकर्षण बल से होने वाला परिवर्तन, जिसकी दिशा पृथ्वी के केन्द्र की ओर होती है। मात्रक मी/से² या **N/kg**, सदिश राशि। सामान्य मान $g \approx 9.8$ मी/से², स्थान के अनुसार बदल सकता है।

G और g के बीच संबंध का सिद्धांत:

सार्वत्रिक गुरुत्व नियम:

$$F = (G \cdot M \cdot m) / R^2,$$

और न्यूटन का द्वितीय नियम:

$$F = m \cdot g$$

तुलना करने पर m कट जाता है और मिलता है:

$$g = \frac{G \cdot M}{R^2}$$

अतः गुरुत्वजनित त्वरण g , सार्वत्रिक नियतांक G , पृथ्वी का द्रव्यमान M और पृथ्वी की त्रिज्या R पर निर्भर करता है।

गुरुत्वीय त्वरण g के मान में परिवर्तन:

- पृथ्वी तल से नीचे जाने पर g का मान घटता जाता है, पृथ्वी तल से ऊपर जाने पर भी g का मान बढ़ता जाता है। ध्रुवों पर g का मान अधिकतम तथा विषुवत् रेखा पर न्यूनतम होता है। पृथ्वी के केन्द्र पर g का मान शून्य होता है, अतः 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 ऊपर से गिराया जाए, तो उनमें उत्पन्न त्वरण समान होगा। g का प्रमाणिक मान 45° अक्षांश (latitude) तथा समुद्र तल पर $9.8 \text{ मी}^2 \text{ से}^2$ होता है।
- यदि पृथ्वी अपने अक्ष पर घूमना बंद कर दें तो ध्रुवों को छोड़कर सम्पूर्ण पृथ्वी पर g का मान बढ़ जाएगा। g का मान विषुव रेखा पर सर्वाधिक और ध्रुवों पर न्यूनतम होगा।
- पृथ्वी की घूर्णन गति बढ़ने से g घटता है; यदि वर्तमान गति से 17 गुना बढ़े तो भूमध्य रेखा पर वस्तु का भार शून्य हो जाएगा।
- ऊँचाई h पर: $g' = g \left(1 - \frac{2h}{R_e}\right)$, गहराई d पर: $g' = g \left(1 - \frac{d}{R_e}\right)$
- अक्षांश λ पर: $g' = g - R_e \omega^2 \cos^2 \lambda$
- ध्रुवों ($\lambda = 90^\circ$) पर g का मान अधिकतम और भूमध्य रेखा ($\lambda = 0^\circ$) पर न्यूनतम होता है।
- पृथ्वी ध्रुवों पर चपटी होने के कारण भूमध्य रेखा पर त्रिज्या अधिक और g का मान कम होता है।

प्रश्न: 1 किलोग्राम और 2 किलोग्राम के दो द्रव्यमानों को 3.2 मीटर की ऊँचाई से गिराया गया। जमीन से टकराने से ठीक पहले उनके क्रमशः वेग होंगे: ($g = 10 \text{ m/s}^2$)

हल: मुक्त पतन में अंतिम वेग द्रव्यमान पर निर्भर नहीं करता, केवल ऊँचाई और g पर निर्भर करता है।

$$v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \times 10 \times 3.2} = \sqrt{64} = 8 \text{ m/s}$$

अतः दोनों द्रव्यमानों का वेग समान होकर **8 m/s** होगा।

गैलीलियो का ऐतिहासिक योगदान (1602):

- गैलीलियो गैलीली ने 1602 ई. में यह वर्णन किया कि लोलक की दोलन गति नियमित होती है और यह गुरुत्वाकर्षण तथा अर्जित संवेग की संयुक्त क्रिया से होती है।

द्रव्यमान और भार में अंतर:

- द्रव्यमान किसी वस्तु में उपस्थित कुल पदार्थ की मात्रा होती है, जबकि भार वह बल है जिससे पृथ्वी किसी वस्तु को अपनी ओर आकर्षित करती है।

- द्रव्यमान, जड़त्व पर निर्भर करता है जबकि भार, गुरुत्वीय त्वरण (g) पर निर्भर करता है।
- ब्रह्माण्ड में किसी वस्तु का द्रव्यमान हमेशा स्थिर रहता है, परन्तु भार उस स्थान पर मौजूद g के मान पर निर्भर करता है।
- द्रव्यमान कभी शून्य नहीं हो सकता, जबकि भार उस स्थिति में शून्य हो सकता है जब $g = 0$ हो (जैसे अंतरिक्ष में)।
- द्रव्यमान की SI इकाई किलोग्राम (kg) होती है और यह एक अदिश राशि है।
- भार की SI इकाई न्यूटन (N) होती है और यह एक सदिश राशि है।

मुक्त पतन:

- जब कोई वस्तु केवल पृथ्वी के गुरुत्वाकर्षण बल के प्रभाव में नीचे गिरती है, तो उस गति को मुक्त पतन कहा जाता है।
- इसका गुरुत्वीय त्वरण $g = 9.8 \text{ m/sec}^2$ होता है। यह एक समान त्वरण गति के नियमों का पालन करता है।

भारहीनता:

- वह स्थिति है जब कोई वस्तु या व्यक्ति अपने स्वयं के भार को महसूस नहीं करता क्योंकि उस पर कोई प्रतिरोधक बल नहीं होता।
- पूर्ण भारहीनता के कारण: मुक्त पतन में वस्तु और व्यक्ति समान त्वरण से गिरते हैं, अंतरिक्ष में गुरुत्वीय क्षेत्र कम होने पर g लगभग शून्य हो जाता है, और कक्षा में परिभ्रमण के दौरान अंतरिक्ष यात्री लगातार मुक्त पतन में रहते हैं, जिससे वे भारहीनता अनुभव करते हैं।

क्या आप जानते हैं ?

- चन्द्रमा का द्रव्यमान पृथ्वी के सापेक्ष नगण्य नहीं है, इसलिए इसका अपना गुरुत्व है। चन्द्रमा पर गुरुत्वीय त्वरण पृथ्वी का $1/6$ होता है, अतः वस्तु का भार भी $g/6$ होता है, जबकि सूर्य पर यह पृथ्वी की तुलना में 27 गुना अधिक होता है।
- 1 किग्रा द्रव्यमान का भार पृथ्वी पर 9.8 N होता है।
- पृथ्वी के केंद्र पर भार शून्य होता है क्योंकि सभी दिशा में गुरुत्वीय बल शून्य है। वस्तु का भार स्थान के अनुसार बदलता है।
- पृथ्वी की घूर्णन गति बहुत बढ़ने पर भूमध्य रेखा पर भारहीनता होती है।
- लिफ्ट गिरने या उपग्रह में मुक्त पतन के दौरान भी व्यक्ति भारहीनता अनुभव करते हैं।

लिफ्ट में स्पष्ट भार की स्थिति:

स्थिति	स्पष्ट भार (R) की तुलना वास्तविक भार (W) से	परिणाम
 केस 1: लिफ्ट ऊपर जा रही है, त्वरण = a	$R > W$	स्पष्ट भार अधिक
केस 2: लिफ्ट नीचे जा रही है, त्वरण = a	$R < W$	स्पष्ट भार कम
केस 3: लिफ्ट स्थिर है	$R = W$	स्पष्ट = वास्तविक
केस 4: लिफ्ट मुक्त पतन में है	$R = 0$	पूर्ण भारहीनता

स्पष्ट भार:

- स्पष्ट भार वह भार होता है जो किसी वस्तु पर वास्तविक गुरुत्व बल के अतिरिक्त अन्य बलों (जैसे त्वरण या मंदन) के प्रभाव से प्रतीत होता है।

केप्लर के नियम:

- टाइको ब्रेह (Tycho Brahe) के खगोलीय प्रेक्षणों के आधार पर जॉहन्स केप्लर ने सूर्य की परिक्रमा करने वाले ग्रहों की गति के सम्बन्ध में तीन नियम प्रतिपादित किए, जिन्हें ग्रहों की गति के केप्लर के नियम कहा जाता है।

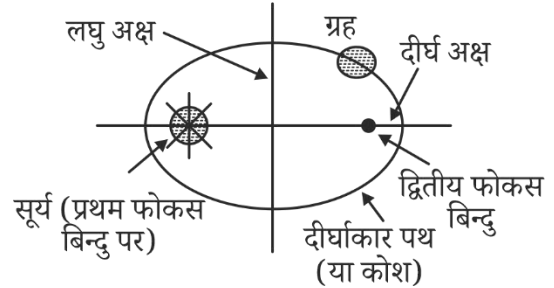
ये तीन नियम निम्नलिखित हैं-

1. **प्रथम नियम (कक्षा का नियम):** इस नियम के अनुसार, प्रत्येक ग्रह सूर्य के परितः दीर्घवृत्ताकार (elliptical) पथ पर गति करता है तथा सूर्य उस दीर्घवृत्त के किसी एक फोकस (नाभि) पर होता है।
2. **द्वितीय नियम (क्षेत्रीय चाल का नियम):** इस नियम के अनुसार, किसी भी ग्रह को सूर्य से मिलाने वाली रेखा, अर्थात् ग्रह का सूर्य के सापेक्ष त्रिज्या- वेक्टर, समान समयान्तरालों में समान क्षेत्रफल तय करती है, अर्थात् ग्रह की क्षेत्रीय चाल नियत रहती है।
3. **तृतीय नियम (परिक्रमण काल का नियम):** सूर्य के चारों ओर किसी ग्रह द्वारा एक पूरा चक्कर लगाने में लगा समय, अर्थात् ग्रह का सूर्य के परितः परिक्रमणकाल, T (period of revolution) का वर्ग, उसकी

दीर्घवृत्ताकार कक्षा के अर्द्ध-दीर्घाक्ष (semi-major axis of the elliptical orbit) a, की तृतीय घात के अनुक्रमानुपाती होता है।

$$T^2 \propto a^3 \Rightarrow T = K a^3$$

जहाँ, a = अर्द्ध-दीर्घाक्ष, T = ग्रहों का आवर्तकाल तथा K = केप्लर नियतांक।



उपग्रह:

- वे आकाशीय पिण्ड जो ग्रहों के चारों ओर परिक्रमण करते रहते हैं, उपग्रह कहलाते हैं।
- जैसे चन्द्रमा पृथ्वी का एक प्राकृतिक उपग्रह है। आर्यभट्ट तथा INSAT-B पृथ्वी के कृत्रिम उपग्रह हैं।

उपग्रह की कक्षीय गति:

- किसी उपग्रह की कक्षीय गति वह न्यूनतम वेग होती है, जिससे वह किसी ग्रह की परिक्रमा करते समय उसकी गुरुत्वाकर्षण सीमा में स्थिर रह सके।

$$v = \sqrt{\frac{GM}{R}}$$

- जहाँ G सार्वत्रिक गुरुत्वाकर्षण नियतांक है, M उस ग्रह का द्रव्यमान है जिसकी परिक्रमा की जा रही है, और R उपग्रह से ग्रह के केंद्र तक की दूरी है।
- यदि कोई उपग्रह पृथ्वी के बहुत समीप स्थित है, तो उसकी कक्षीय गति लगभग 7.92 किमी प्रति सेकंड होती है।
- कक्षीय वेग का मान उपग्रह के द्रव्यमान पर निर्भर नहीं करता है। यदि v उपग्रह को दिया गया वेग तथा v_0 उसका कक्षीय वेग है, तब-
 - ✓ यदि $v < v_0$, तो उपग्रह वृत्तीय पथ में नहीं रहता, बल्कि सर्पिल पथ में चलता हुआ अंततः पृथ्वी पर गिर जाता है।
 - ✓ यदि $v = v_0$, तो उपग्रह वृत्तीय पथ (कक्षा) में घूमता है।
 - ✓ यदि $v > v_0$, तो उपग्रह पृथ्वी के चारों ओर दीर्घवृत्ताकार कक्षा में चक्कर लगाता है।

उपग्रह की परिक्रमण अवधि :

- यह वह समय है जिसमें उपग्रह अपनी एक पूर्ण परिक्रमा पूरी करता है और यह कक्षा की त्रिज्या R पर निर्भर करता है:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{R^3}{GM}}$$

- ऊँचाई बढ़ने पर परिक्रमण अवधि भी बढ़ती है, जो उपग्रह की गतिज और स्थितिज ऊर्जा के संतुलन को दर्शाता है।

भूस्थैतिक कक्षा:

- जिसमें उपग्रह पृथ्वी की भूमध्य रेखा के ठीक ऊपर पृथ्वी की परिक्रमा करता है और पृथ्वी के सापेक्ष स्थिर दिखाई देता है।

उपग्रह की कुल यांत्रिक ऊर्जा

- किसी उपग्रह की कुल ऊर्जा उसकी गतिज ऊर्जा (KE) और गुरुत्वीय स्थितिज ऊर्जा (PE) का योग होती है।

$$E = -\frac{GMm}{2R}$$

बाइंडिंग ऊर्जा:

- उपग्रह को पृथ्वी के गुरुत्वीय क्षेत्र से बाहर निकालने के लिए आवश्यक ऊर्जा, जो कुल ऊर्जा के परिमाण के बराबर और सकारात्मक होती है:

$$E = \frac{GMm}{2R}$$

पलायन वेग:

- वह न्यूनतम वेग, जिससे फेंका गया कोई पिण्ड पृथ्वी के गुरुत्वाकर्षण क्षेत्र से बाहर चला जाए और पुनः लौटकर पृथ्वी पर न आए पलायन वेग कहलाता है। इसे v_e से प्रदर्शित करते हैं।
- पृथ्वी तल से पलायन वेग, $v_e = \sqrt{2gR}$ होता है। जहाँ, g गुरुत्वीय त्वरण है, इसका मान 9.8 मी/से^2 होता है।
- पृथ्वी की त्रिज्या $R = 6.4 \times 10^6 \text{ मी}$, इस सूत्र के आधार पर पृथ्वी तल से पलायन वेग का मान 11.2 किमी/से , जबकि चन्द्रमा पर पलायन वेग 2.38 किमी/से होता है।
- पलायन वेग, कक्षीय वेग का $\sqrt{2}$ गुना होता है।