कार्य, ऊर्जा एवं शक्ति (Work, Energy and Power)

परिचय

कार्य, ऊर्जा एवं शक्ति भौतिकी की मूलभूत अवधारणाएँ हैं, जिनका उपयोग वस्तुओं की गति और उनके बीच होने वाली क्रियाओं को समझने के लिए किया जाता है। जब कोई बल किसी वस्तु में विस्थापन उत्पन्न करता है, तो **कार्य** होता है। **ऊर्जा** कार्य करने की क्षमता है, जबकि **शक्ति** कार्य करने की दर को दर्शाती है।

कार्य (Work)

परिभाषा

जब किसी वस्तु पर लगाया गया बल उस वस्तु में बल की दिशा में विस्थापन उत्पन्न करता है, तो कहा जाता है कि **कार्य किया गया है**।

सूत्र—

W = F s cos θ

जहाँ—

- **F** = बल
- **s** = विस्थापन
- **θ** = बल और विस्थापन के बीच कोण

SI मात्रक: **जूल (J)**

कार्य एक **अदिश राशि** है।

धनात्मक, ऋणात्मक एवं शून्य कार्य

कार्य के प्रकार

- **धनात्मक कार्य:** बल और विस्थापन एक ही दिशा में हों।
- **ऋणात्मक कार्य:** बल और विस्थापन विपरीत दिशाओं में हों।
- **शून्य कार्य:** विस्थापन शून्य हो या बल विस्थापन के लंबवत हो।

उदाहरण: एकसमान वृत्तीय गति में अभिकेंद्रीय बल द्वारा किया गया कार्य **शून्य** होता है।

परिवर्ती बल द्वारा कार्य

परिवर्ती बल

जब बल स्थिति के साथ बदलता है, तो किया गया कार्य **बल-विस्थापन (F-x) ग्राफ के नीचे के क्षेत्रफल** द्वारा ज्ञात किया जा सकता है।

अल्प विस्थापन के लिए—

dW = F dx

कुल कार्य ज्ञात करने के लिए बल को विस्थापन के साथ समाकलित किया जाता है।

ऊर्जा (Energy)

परिभाषा

ऊर्जा किसी वस्तु या निकाय की कार्य करने की क्षमता है।

SI मात्रक: **जूल (J)**

ऊर्जा के विभिन्न रूप हैं—

- गतिज ऊर्जा
- स्थितिज ऊर्जा
- ऊष्मीय ऊर्जा
- रासायनिक ऊर्जा
- विद्युत ऊर्जा

गतिज ऊर्जा (Kinetic Energy)

गति के कारण ऊर्जा

गतिज ऊर्जा वह ऊर्जा है जो किसी वस्तु में उसकी गति के कारण होती है।

सूत्र—

K.E. = ½mv²

जहाँ—

- **m** = द्रव्यमान
- **v** = वेग

गतिज ऊर्जा वेग के वर्ग के समानुपाती होती है।

कार्य-ऊर्जा प्रमेय

कथन

कार्य-ऊर्जा प्रमेय के अनुसार किसी वस्तु पर किया गया **कुल कार्य उसकी गतिज ऊर्जा में परिवर्तन के बराबर होता है**।

Wnet = ΔK

या

Wnet = Kf − Ki

यह प्रमेय कार्य और वस्तु की गति के बीच संबंध बताता है।

स्थितिज ऊर्जा (Potential Energy)

परिभाषा

स्थितिज ऊर्जा किसी वस्तु की स्थिति या विन्यास के कारण उसमें संचित ऊर्जा है।

गुरुत्वीय स्थितिज ऊर्जा

ऊँचाई **h** पर स्थित वस्तु की स्थितिज ऊर्जा—

U = mgh

जहाँ—

- **m** = द्रव्यमान
- **g** = गुरुत्वीय त्वरण
- **h** = ऊँचाई

प्रत्यास्थ स्थितिज ऊर्जा

स्प्रिंग की ऊर्जा

खींचे या दबाए गए स्प्रिंग में **प्रत्यास्थ स्थितिज ऊर्जा** संचित होती है।

सूत्र—

$U = \frac{1}{2}kx^2$

जहाँ—

- **k** = स्प्रिंग नियतांक
- **x** = खिंचाव या संपीड़न

ऊर्जा संरक्षण का नियम

कथन

ऊर्जा संरक्षण का नियम कहता है कि ऊर्जा को न तो उत्पन्न किया जा सकता है और न ही नष्ट किया जा सकता है। यह केवल **एक रूप से दूसरे रूप में परिवर्तित** हो सकती है।

एक पृथक निकाय के लिए—

कुल ऊर्जा = नियत

शक्ति (Power)

परिभाषा

शक्ति कार्य करने या ऊर्जा स्थानांतरित करने की दर है।

सूत्र—

P = W/t

SI मात्रक: **वाट (W)**

एक वाट वह शक्ति है जिसमें एक सेकंड में एक जूल कार्य किया जाता है।

यदि वस्तु का वेग **v** है, तो—

P = Fv

जब बल और वेग एक ही दिशा में हों।

टक्कर (Collision)

परिभाषा

टक्कर दो वस्तुओं के बीच होने वाली ऐसी क्रिया है जिसमें वे बहुत कम समय के लिए एक-दूसरे पर बड़े बल लगाती हैं।

प्रकार—

- **प्रत्यास्थ टक्कर:** संवेग और गतिज ऊर्जा दोनों संरक्षित रहते हैं।
- **अप्रत्यास्थ टक्कर:** संवेग संरक्षित रहता है, लेकिन गतिज ऊर्जा संरक्षित नहीं रहती।
- **पूर्णतः अप्रत्यास्थ टक्कर:** टक्कर के बाद दोनों वस्तुएँ एक साथ चिपक जाती हैं।

अनुप्रयोग

महत्व

कार्य, ऊर्जा और शक्ति की अवधारणाओं का उपयोग—

- मशीनों और इंजनों
- वाहनों
- विद्युत संयंत्रों
- निर्माण कार्य
- खेल
- औद्योगिक प्रक्रियाओं
- यांत्रिक प्रणालियों

में किया जाता है।

मुख्य बिंदु

- बल द्वारा विस्थापन उत्पन्न होने पर कार्य होता है।
- कार्य एक अदिश राशि है।
- ऊर्जा कार्य करने की क्षमता है।
- गतिज ऊर्जा का सूत्र **$\frac{1}{2}mv^2$** है।
- स्थितिज ऊर्जा वस्तु की स्थिति या विन्यास पर निर्भर करती है।
- कुल कार्य गतिज ऊर्जा में परिवर्तन के बराबर होता है।
- ऊर्जा नष्ट या उत्पन्न नहीं होती, केवल रूप बदलती है।
- शक्ति कार्य करने की दर है।
- कार्य और ऊर्जा का SI मात्रक **जूल** है।
- शक्ति का SI मात्रक **वाट** है।

अध्याय सारांश

इस अध्याय में कार्य, ऊर्जा एवं शक्ति की मूलभूत अवधारणाओं का अध्ययन किया गया है। इसमें स्थिर और परिवर्ती बल द्वारा कार्य, गतिज एवं स्थितिज ऊर्जा, कार्य-ऊर्जा प्रमेय, ऊर्जा संरक्षण का नियम, शक्ति तथा टक्कर का अध्ययन शामिल है। ये सिद्धांत यह समझने में सहायता करते हैं कि बल किस प्रकार ऊर्जा का स्थानांतरण करता है और ऊर्जा एक रूप से दूसरे रूप में कैसे परिवर्तित होती है।