कार्य तथा ऊर्जा

3
अध्याय

सूची

- कार्य
- कार्य विश्लेषण
- शक्ति
- ऊर्जा
- यांत्रिक ऊर्जा
- ऊर्जा संरक्षण का नियम
- स्थितिज ऊर्जा एवं गतिज ऊर्जा के मध्य अन्तःपरिवर्तन
- ऊर्जा का रूपान्तरण

➤ कार्य

◈ **परिभाषा :** हमारे दैनिक जीवन में 'कार्य' का मतलब एक ऐसी क्रिया है जिससे शारीरिक या मानसिक थकान होती है। फिर भी, भैतिकी में पद "कार्य" एक विशेष अर्थ में प्रयुक्त होता है जिसमें एक बल के अन्तर्गत एक कण का विस्थापन होता है। ''कार्य तब कहा जाता है जब बिन्दु जिस पर बल लगाया जाता है, वह गति करता है''।

एक पिण्ड को गतिमान करने में किया गया कार्य पिण्ड पर लगाये गये बल एवं बल की दिशा में पिण्ड द्वारा किये गये विस्थापन का गुणा होता है।

कार्य = बल × बल की दिशा में चली गयी दूरी

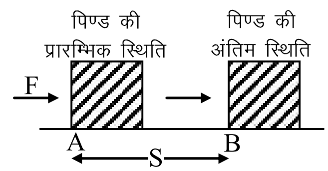
◆ एक बल द्वारा पिण्ड पर किया गया कार्य दो कारकों पर निर्भर करता है :

(i) बल का परिमाण और

(ii) दूरी जिससे पिण्ड गति करता है (बल की दिशा में)

◈ **कार्य की इकाई**

जब 1 न्यूटन का एक बल किसी पिण्ड को उसकी स्वयं की दिशा में 1 मीटर से विस्थापित करता है, तब किया गया कार्य 1 जूल कहलाता है।



कार्य = बल × विस्थापन

1 जूल = 1 N × 1 m

या 1 J = 1 Nm (SI इकाई में)

Ex.1 एक पिण्ड को 1 m दूरी से बल की दिशा में विस्थापित करने में 10N बल द्वारा किया गया कार्य कितना होगा ?

Sol. किया गया कार्य निम्न सूत्र से परिकलित किया जा सकता है :

$$W = F \times S$$

यहाँ, बल, F = 10 N

और, दूरी, S = 1 m

इसलिए, किया गया कार्य, W = 10 × 1 J

= 10 J

इस प्रकार, किया गया कार्य 10 जूल है।

Ex.2 एक 10 N के बल द्वारा एक वस्तु को दूरी 2 m से गतिमान करने में किया गया कार्य ज्ञात करिये।

Sol. किया गया कार्य = बल × चली गयी दूरी

यहाँ, बल = 10 N

चली गयी दूरी = 2 m

किया गया कार्य, W = 10 N × 2 m

= 20 जूल = 20 J

➢ कार्य विश्लेषण

◈ किया गया कार्य जब बल एवं विस्थापन समान रेखा में होते हैं।

- **एक बल द्वारा किया गया कार्य :** एक बल द्वारा कार्य किया गया है, ऐसा कहा जाता है यदि विस्थापन की दिशा वही होती है जो कि आरोपित बल की दिशा है।

- **बल के विरूद्ध किया गया कार्य :** कार्य, एक बल के विरूद्ध किया गया कहा जाता है यदि विस्थापन की दिशा आरोपित बल की दिशा के विपरीत होती है।

- **गुरूत्व के विरूद्ध किया गया कार्य :** एक वस्तु को उठाने के लिए, आरोपित बल वस्तु पर कार्यरत गुरूत्वीय बल के बराबर एवं विपरीत होना चाहिए। यदि वस्तु का द्रव्यमान 'm' है, एवं 'h' वह दूरी है जिससे इसे उठाया गया है, तब ऊपर की ओर बल

(F) = गुरूत्व के कारण बल = mg

यदि 'W' किये कार्य को निरूपित करता है, तब

$W = F . h = mg . h$

इस प्रकार $W = mgh$

इस प्रकार हम कह सकते है कि "किये गये कार्य की मात्रा पिण्ड के भार एवं ऊर्ध्वाधर दूरी जिससे पिण्ड को उठाया गया है, के गुना के बराबर होती हैं।

Ex.3 एक बैल गाड़ी को धक्का देने में किया गया कार्य ज्ञात किजिए यदि इसे घर्षण बल 120 N के विरूद्ध 100 m दूरी से धकेला जाता है।

Sol. बल, F = 120 N; दूरी, s = 100 m

सूत्र का प्रयोग करके, हम पाते हैं कि

$W = Fs = 120 \text{ N} \times 100 \text{ m} = 12,000 \text{ J}$

Ex.4 5 kg द्रव्यमान का एक पिण्ड 3 m/s^2 के त्वरण के अधीन दूरी 4 मी. से विस्थापित किया जाता है। किया गया कार्य ज्ञात कीजिए।

Sol. दिया है : द्रव्यमान, m = 5 kg

त्वरण, a = 3 m/s^2

एक पिण्ड पर लगने वाला बल दिया जाता है।

$F = ma = 5 \times 3 = 15 \text{ N}$

अब किया गया कार्य दिया जाता है

$W = Fs = 15 \text{ N} \times 4 \text{ m} = 60 \text{ J}$

Ex.5 पानी से पूरी भरी 200 kg भार की एक बाल्टी को 5 m से उठाने में किया गया कार्य ज्ञात कीजिए। ($g = 9.8 \text{ ms}^{-2}$ लिजिए).

Sol. गुरूत्व का बल

$mg = 200 \times 9.8 = 1960.0 \text{ N}$

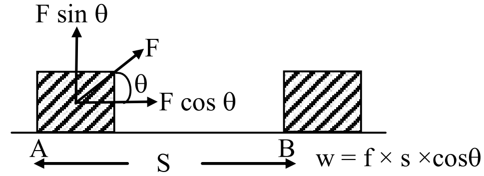
$h = 5 \text{ m}$

किया गया कार्य, W = mgh

या $W = 1960 \times 5 = 9800 \text{ J}$

◈ किया गया कार्य जब बल व विस्थापन किसी कोण पर हो (तिर्यक स्थिति)

एक बल 'F' पर विचार कीजिए जो विस्थापन 's' की दिशा से θ कोण पर चित्रानुसार लगा हुआ हैं।



◆ **किया गया कार्य जब बल विस्थापन के लम्बवत हो**

$\theta = 90^o$

$W = F.S \times \cos 90^o = F.S \times 0 = 0$

इस प्रकार कोई कार्य नहीं किया जाता है जब एक बल विस्थापन के लम्बवत् लगता है।

◈ **विशिष्ट उदाहरण :**

◆ जब एक रस्सी से जुड़ा एक गोलक एक क्षैतिज वृत्ताकार मार्ग पर घुमाया जाता है, गोलक पर लगने वाला बल वृत्त के केन्द्र की ओर कार्य करता है और अभिकेन्द्रीय बल कहलाता है। चूँकि गोलक हमेशा इस बल के लम्बवत् विस्थापित होता है, अतः इस स्थिति में कोई कार्य नहीं किया जाता हैं।

◆ पृथ्वी सूर्य के चारों ओर घूर्णन करती है। एक कृत्रिम उपग्रह सूर्य के चारों ओर चक्कर लगाता है। इन सभी स्थितियों में, विस्थापन की दिशा हमेशा बल की दिशा के लम्बवत् (अभिकेन्द्रीय बल) होती है और इस प्रकार कोई क्रिया नहीं की जाती है।

◆ एक व्यक्ति सिर पर भार रखकर एक सड़क पर चल रहा है, तब वास्तव में यह कोई कार्य नहीं करता है। क्योंकि लोड का भार (गुरूत्व का बल) ऊर्ध्वाधर नीचे की ओर लगता है। जबकि गति क्षैतिज है। जो कि बल की दिशा के लम्बवत् होती है, जिसके परिणाम-स्वरूप कोई कार्य नहीं होता है। यहाँ कोई यह पूछ सकता है कि यदि कोई कार्य नहीं होता है तो व्यक्ति थकता क्यों है? ऐसा होता है क्योंकि व्यक्ति को अपनी माँस पेशियों को गति कराने में, तथा घर्षण और वायु प्रतिरोध के विरूद्ध कार्य करना पड़ता हैं।

Ex.6 एक लड़का एक खिलोना गाड़ी को 100 N के बल से खींचता है। माना कि डोरी क्षैतिज से 60^o के कोण पर है ताकि खिलौना गाड़ी क्षैतिज दूरी s = 3 m तय कर सके। किया गया कार्य ज्ञात कीजिए।

Sol. दिया है, $F = 100$ N, $s = 3$ m, $\theta = 60^o$.

किया गया कार्य दिया जाता है

$W = Fs \cos \theta = 100 \times 2 \times \cos 60^o$

$= 100 \times 3 \times \frac{1}{2} = 150 \text{ J } (\because \cos 60^o = \frac{1}{2})$

Ex.7 एक इंजन 8,000 N का एक बल लगाकर 64,000 J का कार्य करता है। बल की दिशा में विस्थापन ज्ञात कीजिए।

Sol. दिया है $W = 64,000$ J; $F = 8,000$ N

किया गया कार्य दिया जाता है $W = Fs$

या $64000 = 8000 \times s$

या $s = 8$ m

➤ शक्ति

◈ **परिभाषा :** शक्ति को कार्य करने की दर के रूप में परिभाषित किया जाता हैं-

$$\text{शक्ति} = \frac{\text{किया गया कार्य}}{\text{लिया गया समय}} \Rightarrow P = \frac{W}{t}$$

दूसरे शब्दों में, शक्ति एंकाक समय में किया गया कार्य है। शक्ति एक अदिश राशि है।

क्योंकि $W = F.S$ इसलिए

$$P = \frac{W}{t} = \frac{FS}{t} = F \times V = \text{बल} \times \text{वेग}$$

◈ **शक्ति की इकाई :** शक्ति की S.I. इकाई वॉट है और यह 1 जूल/सेकण्ड की दर से किया गया है।

$$1 \text{ वॉट} = \frac{1 \text{ जूल}}{1 \text{ सेकण्ड}}$$

1 किलोवाट = 1 kW = 1000 W

1 अश्व शक्ति = 1 H.P. = 746 W

Ex.8 750 N के एक भार को 5 s में 15 m की ऊँचाई से उठाया जाता हैं ज्ञात कीजिए :

(i) मशीन द्वारा किया गया कार्य

(ii) वह शक्ति जिस पर मशीन कार्य करती है।

Sol. (i) किया गया कार्य दिया जाता है W = F.s

Here $F = 750$ N; $s = 15$ m

$\therefore$ $W = 750 \times 15 = 11250$ J $= 11.250$ kJ

(ii) अब, मशीन को शक्ति दी जाती है -

$$P = \frac{W}{t}$$

यहाँ, W = 11250 J; t = 5 s

$\therefore$ शक्ति $P = \frac{11250J}{5s} = 2250$ W = 2.250 kW

Ex.9 एक वेट लिफ्टर 10 सेकण्ड में 100 kg भार को 3 m की ऊँचाई से उठाता है। निम्न की गणना करो :

(i) किये गये कार्य की मात्रा

(ii) व्यक्ति द्वारा उत्पन्न की गई शक्ति

Sol. (i) किया गया कार्य दिया जाता है

$W = F \cdot s$

यहाँ, $F = mg = 100 \times 10 = 1000$ N

$W = 1000 \text{ N} \times 3 \text{ m} = 3000$ joule

(ii) अब, $P = \frac{W}{t}$, जहाँ W = 3000 J और समय

t = 10 s

$\therefore$ $P = \frac{3000\,J}{10\,s} = 300$ W

Ex.10 एक जल का पम्प 5 सेकण्ड में 60 लीटर पानी को 20 m से उठाता है। पम्प की शक्ति ज्ञात कीजिए। (दिया है : $g = 10$ m/s^2, जल का घनत्व = 1000 kg/m^3)

Sol. किया गया कार्य, W = F.s ...(1)

यहाँ, F = mg ...(2)

लेकिन, द्रव्यमान = आयतन × घनत्व

आयतन = 60 लीटर = 60×10^{-3} m^3

घनत्व = 1000 kg/m^3

$\therefore$ द्रव्यमान, $m = (60 \times 10^{-3} \text{ m}^3) \times (1000 \text{ kg/m}^3) = 60$ kg

$\therefore$ समीकरण (2) हो जाती है -

$F = 60 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 = 600$ N

अब, $W = F \cdot s = 600 \text{ N} \times 20 \text{ m} = 12000$ J

$\therefore$ शक्ति $= \frac{W}{t} = \frac{12000J}{5s} = 2400$ W

Ex.11 एक औरत 10 सेकण्ड में 5 kg द्रव्यमान की पानी से भरी एक बाल्टी को एक कुएँ से 10 m गहराई से खींचती हैं, उसके द्वारा प्रयोग की गई शक्ति है -

Sol. दिया है कि m = 5 kg; h = 10 m; t = 10 s

$g = 10$ m/s^2

अब, $P = \frac{W}{t} = \frac{mgh}{t} = \frac{5 \times 10 \times 10}{10} = 50W$

➤ ऊर्जा

◈ **परिभाषा :** ऊर्जा कार्य करने का सामर्थ्य है। एक पिण्ड द्वारा ग्रहण की गई ऊर्जा कार्य की उस मात्रा के बराबर होती है जो यह कर सकता है, जबकि ऊर्जा मुक्त की जाती है। इस प्रकार, ऊर्जा कार्य करने के सामर्थ्य के रूप में परिभाषित है। ऊर्जा अदिश राशि है और यह कई रूपों में अस्तित्व में रहती हैं।

◈ **ऊर्जा की इकाई :** ऊर्जा की इकाई वही होती है जो कि कार्य की होती है। SI सिस्टम में, ऊर्जा की इकाई जूल (J) है। CGS सिस्टम में, ऊर्जा की इकाई अर्ग है।

1 जूल = 10^7 अर्ग

सामान्य रूप से प्रयोग में आने वाली ऊर्जा की इकाई वॉट घण्टा या किलो वॉट घण्टा होती है।

1 वॉट घण्टा = 1 वॉट × 1 घण्टा

= 1 वॉट × 60 × 60 sec

= 3600 J

1 किलो वाट घंटा (kWh) = 3.6×10^6 जूल

ऊष्मा ऊर्जा प्रायः कैलोरी में या किलो कैलोरी में मापी जाती है। इस तरह से कि

1 कैलोरी = 4.18 J

ऊर्जा की अति सूक्ष्म इकाई इलेक्ट्रॉन वोल्ट (eV) होती है।

1 eV = 1.6×10^{-19} J

➤ यांत्रिक ऊर्जा

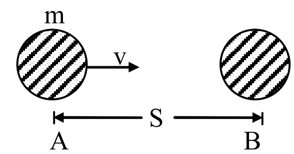
एक पिण्ड की विराम अवस्था या गति की अवस्था के कारण ऊर्जा यांत्रिक ऊर्जा कहलाती है।

यांत्रिक ऊर्जा दो प्रकार की होती है -

(A) गतिज ऊर्जा (B) स्थितिज ऊर्जा

◈ **गतिज ऊर्जा :** एक पिण्ड की उसकी गति के कारण ऊर्जा को गतिज ऊर्जा कहते हैं। दूसरे शब्दों में, एक पिण्ड द्वारा उसकी गति के कारण ऊर्जा को गतिज ऊर्जा कहा जाता है।

गतिज ऊर्जा के लिए व्यंजक : पिण्ड की गति ऊर्जा एक विपरीत बल द्वारा कार्य की उस मात्रा के बराबर है जो पिण्ड को उसकी वर्तमान गतिज अवस्था से विराम पर लाता है।



माना कि द्रव्यमान m का एक पिण्ड वेग v से गति कर रहा है और एक विपरीत बल द्वारा विराम पर लाया जाता हैं।

नया मंदन बल दिया जाता हैं।

$$F = ma \qquad ...(1)$$

अब गति की समीकरणों का प्रयोग करके,

$v^2 - u^2 = 2as$, हम पाते हैं कि

$$0^2 = v^2 - 2as$$

$$\therefore \quad s = \frac{v^2}{2a} \qquad ...(2)$$

पिण्ड की गतिज ऊर्जा = मंदन बल द्वारा किये गये कार्य

या गतिज ऊर्जा = बल × विस्थापन

$$= F \,.\, s \quad ...(3)$$

F का मान समीकरण (1) से प्रतिस्थापित कर और समीकरण (2) से s का मान प्रतिस्थापित कर समीकरण (3) में डाला जाता है, तब हम पाते हैं कि

$$K.E. = ma \times \frac{v^2}{2a} = \frac{1}{2}mv^2$$

इस प्रकार द्रव्यमान m का एक पिण्ड जो वेग v से गतिशील है, उसके विराम पर आने से पहले $\frac{1}{2}mv^2$ के बराबर कार्य करने की क्षमता रखता हैं।

Ex.12 100 gm की गोली एक बन्दुक से 50 m/s के वेग से दागी जाती है। गोली की गतिज ऊर्जा ज्ञात कीजिए।

Sol. गतिज ऊर्जा दी जाती है -

$$K.E. = \frac{1}{2}mv^2$$

यहाँ $m = 100$ gm $= 0.1$ kg; $v = 500$ m/s

$$K.E. = \frac{1}{2} \times 0.1 \times (50)^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 0.1 \times 50 \times 50 = 125 \text{ J}$$

Ex.13 2.5 m ऊँचाई की एक ईमारत के ऊपरी सिरे से एक 4 kg का पिण्ड गिराया जाता है। किस वेग से यह जमीन पर टकरायेगा? इसकी गतिज ऊर्जा क्या होगी जब यहाँ जमीन से टकरायेगा? (लिजिए $g = 9.8$ m/s^2)

Sol. पिण्ड का वेग जिससे यह जमीन से टकरायेगा निम्न समीकरण का प्रयोग करके परिकलित किया जा सकता है, $v^2 = u^2 + 2gh$

यहाँ $u = 0$; $g = 9.8$ m/s^2 ; $h = 2.5$ m

इन मानों को प्रतिस्थापित करने पर, हम पाते हैं कि

$$v^2 = 0^2 + 2 \times 9.8 \times 2.5 = 49$$

या $v = 7$ m/s

इस प्रकार, पिण्ड की चाल जिससे वह जमीन से टकरायेगा $= 7$ m/s.

Ex.14 4 kg द्रव्यमान जिसकी गतिज ऊर्जा 128 J है का वेग ज्ञात करो -

Sol. गतिज ऊर्जा का समीकरण दिया जाता है -

$$K.E. = \frac{1}{2} mv^2$$

यहाँ K.E. = 128 J; m = 4 kg

$$\therefore \quad 128 = \frac{1}{2} \times 4 \times v^2$$

या $v^2 = 64$; or $v = 8$ m/s

Ex.15 निम्न में से किसमें एक पिण्ड की गतिज ऊर्जा पर अधिक प्रभाव पड़ेगा, द्रव्यमान को दुगुना करने पर, या वेग को दुगुना करने पर ?

Sol. (i) एक पिण्ड की गतिज ऊर्जा उसके "द्रव्यमान" (m) के सीधे समानुपाती होती हैं। इसलिए जब हम द्रव्यमान को दुगुना करते हैं (ताकि वह 2m हो जाये), तब गतिज ऊर्जा भी दुगुनी होगी।

(ii) दूसरी तरफ, गतिज ऊर्जा उसके "वेग के वर्ग" (v^2) के सीधे समानुपाती होती है। इसलिए, यदि हम वेग को दुगुना करते हैं (ताकि वह 2v हो जाये) तब गतिज ऊर्जा 4 गुना हो जाती है। ऐसा होता है क्योंकि कि $(2v)^2 = 4v^2$.

उपरोक्त विश्लेषण से यह निष्कर्ष निकलता है कि वेग को दुगुना करने पर पिण्ड की गतिज ऊर्जा पर अधिक प्रभाव पड़ेगा।

◈ स्थितिज ऊर्जा

एक पिण्ड की स्थिति या आकृति में परिवर्तन के कारण उत्पन्न ऊर्जा उसकी स्थितिज ऊर्जा कहलाती है। यह स्पष्ट है कि एक पिण्ड ऊर्जा रख सकता है जबकि वह गति में नहीं हो।

◆ स्थितिज ऊर्जा के लिए व्यंजक :

माना कि द्रव्यमान m का एक पिण्ड जमीन से ऊर्ध्वाधर ऊँचाई h तक उठाया जाता है। तब पिण्ड को उठाने के लिए न्यूनतम आवश्यक बल गुरूत्व के कारण बल के बराबर होगा।

$$F = mg$$

गुरूत्व का यह बल पिण्ड पर ऊर्ध्वाधर नीचे की ओर लगता है।

अब, पिण्ड को ऊँचाई h से उठाने में किया गया कार्य होना चाहिए।

कार्य = बल × दूरी = mgh

किया गया कार्य पिण्ड में स्थितिज ऊर्जा के रूप में संचित होता है, इस तरह से कि

स्थितिज ऊर्जा, $U = mgh$, जो कि पिण्ड की एवं पृथ्वी की स्थितिज ऊर्जा में वृद्धि है।

Ex.16 द्रव्यमान 2 kg का एक पिण्ड जो 10 m की ऊँचाई पर रखा है, की स्थितिज ऊर्जा होगी?

Sol. स्थितिज ऊर्जा दी जाती है -

$$U = mgh$$

यहाँ, $m = 2$ kg; $g = 10$ m/s^2; $h = 10$ m

$\therefore$ $U = 2 \times 10 \times 10 = 200$ J

Ex.17 25 kg द्रव्यमान को एक निश्चित ऊँचाई तक उठाने के लिए 1250 J ऊर्जा का उपयोग किया जाता है। गणना करो कि किस ऊँचाई तक इसे उठा सकते हैं? (लिजिए $g = 10$ m/s^2)

Sol. एक द्रव्यमान को h ऊँचाई तक उठाने में किया गया कार्य दिया जाता है -

$$U = mgh$$

यहाँ, $U = 1250$ J; $g = 10$ m/s^2; $m = 25$ kg

$\therefore$ $1250 = 25 \times 10 \times h$

या $h = 5$ m

➤ ऊर्जा संरक्षण का नियम

ऊर्जा ना तो उत्पन्न की जा सकती है और ना ही नष्ट की जा सकती है। इसे केवल एक रूप से दूसरे में परिवर्तित किया जा सकता हैं एक रूप में ऊर्जा के प्रकट होने की मात्रा हमेशा किसी अन्य रूप में गायब होने की मात्रा के बराबर होती है। इस प्रकार कुल ऊर्जा नियत रहती है।

➤ स्थितिज एक गतिज ऊर्जा के मध्य अन्तः परिवर्तन

एक मुक्त रूप से गिरते हुए पिण्ड की यांत्रिक ऊर्जा :

मान लीजिए कि विराम पर स्थित एक पिण्ड जो पृथ्वी की सतह से h ऊँचाई पर हैं, गिरना शूरू करता है। दूरी x (बिन्दु B) तय करने के पश्चात् इसका वेग v हो जाता है तथा इसका वेग पृथ्वी की सतह पर v' हो जाता हैं।

बिन्दु A पर पिण्ड की यांत्रिक ऊर्जा :

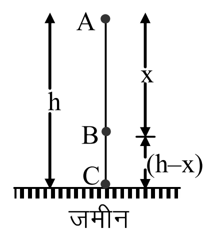
E_A = गतिज ऊर्जा + स्थितिज ऊर्जा

$$E_A = m(0)^2 + mgh$$

$$E_A = mgh \quad \ldots\ldots\ldots \text{(i)}$$

बिन्दू B पर पिण्ड की यांत्रिक ऊर्जा :

$$E_B = \frac{1}{2}mv^2 + mg\,(h - x) \quad \ldots\ldots\ldots\text{(ii)}$$



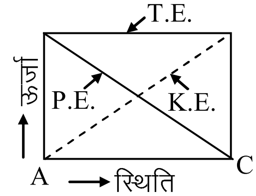
बिन्दु C पर यांत्रिक ऊर्जा :

$$E_C = \frac{1}{2}\,m\,(v')^2 + mg \times 0$$

$$E_C = \frac{1}{2}m\,(v')^2 \quad \ldots\ldots\text{(iv)}$$

प्रयोग कीजिए : $E_A = E_B = E_c$

इस प्रकार, जब एक पिण्ड स्वतंत्रतापूर्वक गिरता है, इसकी यांत्रिक ऊर्जा नियत रहती है। इसका मतलब है, कि पिण्ड की कुल ऊर्जा मुक्त रूप से गिरने के दौरान सभी स्थितियों पर नियत रहती है। फिर भी, ऊर्जा का प्रकार उसकी गति के दौरान परिवर्तित होता रहता है।



➤ ऊर्जा का रूपान्तरण

◈ **परिचय :** ऊर्जा के एक रूप से ऊर्जा के दूसरे रूप में परिवर्तन ऊर्जा का रूपान्तरण कहलाता है।

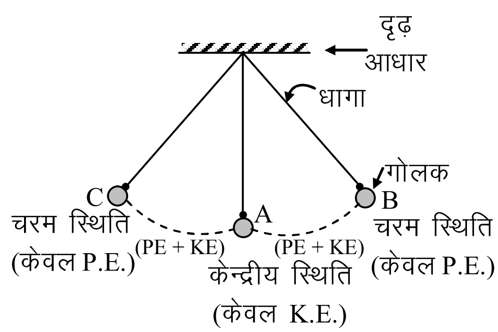
◈ **ऊर्जा के विभिन्न रूप**

- **ऊष्मा ऊर्जा :** ईधन जैसे डीजल, पेट्रोल का वाहनों में जलना कार्य करने के लिए ऊष्मा ऊर्जा प्रदान करता है।
- **विद्युत ऊर्जा :** विद्युत मोटरें घर में, उद्योग में यहाँ तक कि विद्युत ट्रेनों को चलाने के लिए भी उपयोग में लायी जाती है।
- **प्रकाश ऊर्जा :** फोटोग्राफी में प्रयुक्त होने वाला प्रकाश मापने के मीटर पर प्रकाश ऊर्जा डाली जाती हैं, तो यह उसके पोइन्टर की मापक पर गति करवाता है।
- **ध्वनि ऊर्जा :** ध्वनि ऊर्जा माइक्रोफोन के पर्दे की पतली प्लेट को कम्पित करती है।
- **रसायनिक ऊर्जा :** रसायनिक ऊर्जा हमारे भोजन में ऊर्जा का स्त्रोत है और यह हमें विभिन्न वस्तुओं को चलाने के लिए ऊर्जा प्रदान करती है।
- **नाभिकीय ऊर्जा :** एक परमाणु के नाभिक में उपस्थित ऊर्जा का उपयोग ऊष्मा ऊर्जा उत्पन्न करने में किया जाता है जिसे आगे विद्युत ऊर्जा उत्पन्न करने में प्रयोग किया जाता हैं।

प्रयुक्त उपकरण	**ऊर्जा का रूपान्तरण**	
	ऊर्जा से	**ऊर्जा में**
भाप का इंजन	ऊष्मा	यांत्रिक ऊर्जा में
विद्युत पंखा	विद्युत	यांत्रिक
विद्युत लैम्प	विद्युत	प्रकाश एवं ऊष्मा
विद्युत हीटर	विद्युत	ऊष्मा
माइक्रोफोन	ध्वनि	विद्युत
सौलर सेल	सौलर ऊष्मा	विद्युत
फोटो सेल	प्रकाश	विद्युत
कार इंजन	रसायनिक	ऊष्मा, यांत्रिक
विद्युत सेल/बैटरी	रसायनिक	विद्युत

◈ **एक झूलता हुआ साधारण लोलक ऊर्जा संरक्षण का एक उदाहरण है :**

ऐसा है, क्योंकि एक झूलता हुआ साधारण लोलक एक पिण्ड है जिसकी ऊर्जा या तो स्थितिज या गतिज, या स्थितिज व गतिज का मिश्रण हो सकती है, लेकिन किसी भी क्षण पर इसकी कुल ऊर्जा समान रहती हैं।



- जब लोलक का गोलक स्थिति B पर होता है, यह केवल स्थितिज ऊर्जा रखता है (लेकिन कोई गतिज ऊर्जा नहीं रखता).
- जैसे ही गोलक स्थिति B से स्थिति A में आना शुरू करता है, इसकी स्थितिज ऊर्जा निरन्तर घटती रहती है। लेकिन इसकी गतिज ऊर्जा बढ़ती रहती है।

- जब गोलक केन्द्रीय स्थिति A में पहुँचता हैं, उसके पास केवल गतिज ऊर्जा रह जाती है (लेकिन कोई स्थितिज ऊर्जा नहीं रहती).

- जैसे ही गोलक स्थिति A से स्थिति C की तरफ जाता है, इसकी गतिज ऊर्जा कम होती जाती है लेकिन इसकी स्थितिज ऊर्जा बढ़ती जाती हैं।

- चरम स्थिति C पर पहुँचने पर, गोलक एक बहुत कम क्षण के लिए रूक जाता है। इसलिए स्थिति C पर, गोलक केवल स्थितिज ऊर्जा रखता हैं (लेकिन कोई गतिज ऊर्जा नहीं रखता है).

विविध उदाहरण :

Ex.18 1200 kg भार की एक कार, 20 m/s की चाल से जा रही है। यह एक समान मंदन से 40 m की दूरी पर रूक जाती है। ब्रेक द्वारा लगाया गया बल ज्ञात कीजिए तथा ब्रेक द्वारा किया गया कार्य भी ज्ञात करो।

Sol. ब्रेक द्वारा आरोपित बल की गणना करने के लिए, हम पहले मंदन को परिकलित करेंगे।

प्रारम्भिक चाल, u = 20 m/s; अंतिम चाल,

v = 0, तय की दूरी, s = 90 m

समीकरण का प्रयोग करने पर, $v^2 = u^2 + 2as$, हम पाते हैं कि $0^2 = (20)^2 + 2 \times a \times 40$

या $80a = -400$

या $a = -5\ m/s^2$

ब्रेक द्वारा लगाया गया बल दिया जाता है -

$$F = ma$$

यहाँ m = 1200 kg; $a = -5\ m/s^2$

$\therefore \quad F = 1200 \times (-5) = -6000$ N

ऋणात्मक चिन्ह दर्शाता है कि यह एक मंदन बल है। अब ब्रेक द्वारा किया गया कार्य दिया जाता है-

$$W = Fs$$

यहाँ F = 6000 N; s = 40 m

$\therefore \quad W = 6000 \times 40\ J = 240000\ J$

$= 2.4 \times 10^5\ J$

$\therefore$ ब्रेक द्वारा किया गया कार्य $= 2.4 \times 10^5\ J$

Ex.19 एक घोड़ा एक गाड़ी को 20 m/s की निश्चित चाल से खींचने के लिए 800 N बल लगाता हैं। शक्ति ज्ञात करो जिस पर घोड़ा कार्य कर रहा है।

Sol. शक्ति, P दिया जाता है - बल × वेग

$$P = F . v$$

यहाँ F = 800 N; v = 20 m/s

$\therefore \quad P = 800 \times 20 = 16000$ वॉट

= 16 kW

Ex.20 एक लड़का अपनी हथेली पर 0.5 kg का एक द्रव्यमान रखता है। वह अपनी हथेली को 0.5 m से ऊर्ध्वाधर उठाता है। किये गये कार्य की गणना करो।

(लिजिए $g = 9.8\ m/s^2$)

Sol. किया गया कार्य, W = F . s

यहाँ, द्रव्यमान को उठाने के लिए गुरूत्व का बल F लगाया जाता है जो कि दिया जाता है।

$F = mg$

$= (0.5\ kg) \times (9.8\ m/s^2)$

$= 4.9$ N

और s = 0.5 m

इसलिए , W = (4.9) . (0.5m) = 2.45 J.

Ex.21 2500 kg के द्रव्यमान के ट्रक को 1000 N के बल से रोका जाता है। यह 320 m की दूरी पर रूकता है। किये गये कार्य की मात्रा ज्ञात कीजिए। क्या, किया गया कार्य बल द्वारा है या बल के विरूद्ध हैं?

Sol. यहाँ बल है, F = 1000 N

विस्थापन, s = 320 m

$\therefore$ किया गया कार्य, W = F . s

$= (1000N) . (320 m)$
$= 320000 J$

इस स्थिति में, बल विस्थापन के विपरीत दिशा में लगता है। इसलिए कार्य बल के विरूद्ध किया जाता है।

Ex.22 समान द्रव्यमान के दो पिण्ड क्रमशः नियत वेग v व 3v से गति करते हैं। उनकी गतिज ऊर्जाओं का अनुपात ज्ञात कीजिए।

Sol. इस समीकरण में, पिण्डों का द्रव्यमान समान हैं। इसलिए, प्रत्येक पिण्ड का द्रव्यमान m है। हम अब पिण्डों की गतिज ऊर्जा का व्यंजक पृथक-पृथक रूप से लिखेंगे -

(i) प्रथम पिण्ड का द्रव्यमान = m
प्रथम पिण्ड का वेग = v

इसलिए, प्रथम पिण्ड की गतिज ऊर्जा

$$= \frac{1}{2} mv^2 \quad ...(1)$$

(ii) दूसरे पिण्ड का द्रव्यमान = m
दूसरे पिण्ड का वेग = 3v

इसलिए, दूसरे पिण्ड की गतिज ऊर्जा

$$= \frac{1}{2} m(3v)^2$$

$$= \frac{1}{2} m \times 9v^2$$

$$= \frac{9}{2} mv^2 \quad ...(2)$$

अब, दोनों पिण्डों की गतिज ऊर्जाओं का अनुपात ज्ञात करने के लिए, हम समीकरण (1) में समीकरण (2), का भाग देंगे, इस प्रकार :

$$\frac{\text{प्रथम पिण्ड की गतिज ऊर्जा}}{\text{द्वितीय पिण्ड की गतिज ऊर्जा}} = \frac{\frac{1}{2}mv^2}{\frac{9}{2}mv^2}$$

या $\dfrac{\text{प्रथम पिण्ड की गतिज ऊर्जा}}{\text{द्वितीय पिण्ड की गतिज ऊर्जा}} = \dfrac{1}{9}$ …. (3)

इस प्रकार, गतिज ऊर्जाओं का अनुपात 1 : 9 हैं। हम समीकरण (3) को निम्न रूप में भी लिख सकते हैं :

द्वितीय पिण्ड की गतिज ऊर्जा = 9 × प्रथम पिण्ड की गतिज ऊर्जा

इस तरह, द्वितीय पिण्ड की गतिज ऊर्जा पहले पिण्ड की गतिज ऊर्जा की 9 गुना है। इस उदाहरण से यह स्पष्ट है कि जब एक पिण्ड का वेग तिगुना किया जाता है (v से 3v), तब इसकी गतिज ऊर्जा "9 गुना" हो जाती है।