अध्याय – 11
कार्य, ऊर्जा और शक्ति
(Work, Energy and Power)

हम दैनिक जीवन में कई गतिविधियां करते हैं जिसमें बल का उपयोग कर कार्य किया जाता है। जैसे किसी वस्तु को एक स्थान से हटाकर दूसरे स्थान पर रखना, गाड़ी को धक्का देना, कुँए से पानी की भरी हुई बाल्टी खींचना, खेल के दौरान फुटबाल को किक मारना, चलना, दौड़ना आदि। कार्य करने के लिए हम सभी को ऊर्जा की आवश्यकता होती है। सभी सजीव प्राणी भोजन द्वारा ऊर्जा प्राप्त करते है जबकि मशीनों को ऊर्जा ईंधन द्वारा मिलती है। शक्ति भी कार्य से जुड़ी हुई महत्वपूर्ण अवधारणा है। हम उसे अधिक शक्तिशाली मानते हैं जो किसी कार्य को दूसरे की तुलना में शीघ्रता से सम्पन्न करे। इस अध्याय में हम कार्य, ऊर्जा एवं शक्ति का अध्ययन करेंगे।

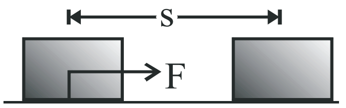
11.1 कार्य (Work)

बल का उपयोग करके किसी वस्तु की विरामावस्था में परिवर्तन करना अथवा गतिशील वस्तु के वेग में परिवर्तन करना ही कार्य है।

वैज्ञानिक दृष्टि से किया गया कार्य बल एवं बल की दिशा में उत्पन्न विस्थापन के गुणनफल के बराबर होता है।

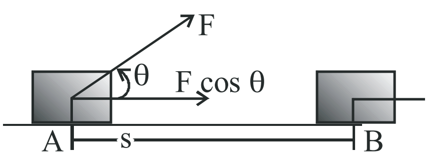
कार्य = बल × बल की दिशा में विस्थापन

$W = F \times s$



चित्र 11.1 कार्य

यदि बल की दिशा वस्तु के विस्थापन की दिशा से अलग हो तो विस्थापन की दिशा में बल के घटक द्वारा किया गया कार्य ज्ञात किया जा सकता है।



चित्र 11 कार्य जब बल व विस्थापन θ कोण पर हो

बिन्दु A पर रखी किसी वस्तु पर बल F इस तरह लगता है कि वस्तु का विस्थापन B तक होने में बल की दिशा वस्तु के विस्थापन की दिशा (चित्र में क्षैतिज) से θ कोण बनाती है। विस्थापन की दिशा में बल का घटक

$= F.\cos\theta$

अतः किया गया कार्य

$W =$ (बल का विस्थापन की दिशा में घटक) × विस्थापन

$= F\cos\theta \times s$

$= Fs\cos\theta$

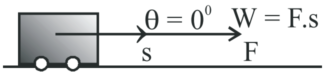
या $W = \overline{F}.\overline{s}$

कार्य एक अदिश राशि है एवं इसका मान धनात्मक अथवा ऋणात्मक हो सकता है। यदि बल या बल का घटक विस्थापन की दिशा में हो तो सम्पन्न कार्य धनात्मक होता है। इसके विपरित यदि बल अथवा बल का घटक विस्थापन की दिशा के विपरीत हो तो कार्य का मान ऋणात्मक होगा।

इसे हम कुछ सरल उदाहरणों से समझने की कोशिश करेंगे। कार्य के लिए बल द्वारा विस्थापन होना अनिवार्य शर्त है। मान लीजिये कि आप गेहूँ से भरी कोठी अथवा पुस्तकों से भरी अलमारी को अपनी जगह से हटाकर दूसरी जगह ले जाने के लिए पूरी ताकत लगाते हैं फिर भी आप उसे अपनी जगह से हटा नहीं सके। इसका अर्थ यह हुआ कि आपने कोई कार्य नहीं किया है भले ही इस दौरान किये गये परिश्रम के कारण आप थक गये हो। ठीक इसी प्रकार यदि आप कुछ समय तक अपने हाथ में वजन लेकर खड़े रहने के कारण थक गये हैं तो भी वैज्ञानिक दृष्टि से आपने कोई नहीं किया है। आप जब टेबल पर रखी पुस्तक को अपनी जगह से खिसकाते हैं, पेन को उठाते है अथवा मॉल में ट्रॉली को खींचकर सामान ले जाते हैं तो आप कार्य करते हैं। इनमें आप द्वारा लगाये गये बल के फलस्वरूप वस्तु अपनी जगह से विस्थापित होती है।

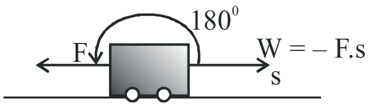
जब आरोपित बल एवं वस्तु में उत्पन्न विस्थापन एक ही दिशा में हो तो किया गया कार्य बल एवं विस्थापन के गुणनफल के बराबर होता है। ध्यान रहे कि विस्थापन s वह विस्थापन है

जब तक कि बल वस्तु के संपर्क में है क्योंकि बल के वस्तु से अलग हो जाने पर वह कार्य नहीं करता भले ही वस्तु गतिशील रहे। जैसे की आप किसी गाड़ी को धरातल के समान्तर या क्षैतिज के समान्तर खींचे तो वस्तु उसी दिशा में विस्थापित हो जाती है। अतः किया गया कार्य वस्तु को खींचने में लगाये गये बल एवं परिणामस्वरूप उत्पन्न विस्थापन के गुणनफल के बराबर होगा



चित्र 11 (a)

अब हम एक ऐसी स्थिति पर विचार करते है जिसमें कोई गाड़ी एक समान वेग से गतिमान है।



चित्र 11 (b)

यदि हम इस गाडी की गति की दिशा के विपरित एक बल लगाएं तो गाड़ी थोड़ी दूरी पर जाकर रूक जाती है। इस अवस्था में वस्तु पर लगने वाला बल एवं विस्थापन एक दूसरे के विपरीत है अतः दोनों दिशाओं के बीच 180^o कोण बन रहा है।

अतः किया गया कार्य $W = F.s\cos\theta$

$= -F.s. \quad (\because \cos\theta = \cos 180^o = -1)$

जब चलती हुई कार में ड्राइवर ब्रेक लगाकर कार की गति कम करता है अथवा उसे रोकता है तो बल एवं विस्थापन एक दूसरे की विपरीत दिशा में होगा।

इसी प्रकार यदि m द्रव्यमान की वस्तु h ऊँचाई से पृथ्वी पर गिरती है तो पृथ्वी के गुरूत्वीय त्वरण g के कारण वस्तु पर कार्यरत बल

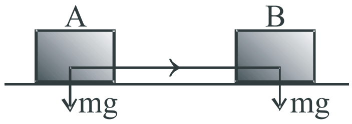
$F = mg$

एवं विस्थापन $= h$

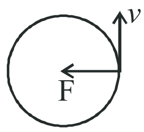
चूँकि बल ऊर्ध्वाधर नीचे की ओर लग रहा है एवं वस्तु भी नीचे ही गिर रही है इसलिए $\theta = 0$

अतः गुरूत्वीय बल द्वारा किया गया कार्य $= mgh$

यदि वस्तु पर लगने वाला बल वस्तु के विस्थापन की दिशा के लम्बवत् हो तो $\theta = 90^o$ होगा एवं किया गया कार्य शून्य होगा $(\because \cos 90^o = 0)$ । जब वस्तु को समतल धरातल पर बिन्दु A से बिन्दु B तक खींचते हैं तो गुरूत्वीय बल mg द्वारा कोई कार्य नहीं होता है $(\theta = 90^o)$ । इस स्थिति में वस्तु के विस्थापन के लिये घर्षण बल के विपरीत कार्य करना पड़ेगा (चित्र 11.4 (a)।



चित्र 11 (a) घर्षण बल के विरूद्ध कार्य



चित्र 11 (b) वर्तुल गति

चित्र 11 बल विस्थापन के लम्बवत् दिशा में

इसी प्रकार वर्तुल गति में गतिमान वस्तु पर अभिकेन्द्र बल अभिलम्बवत् लगता है। अतः अभिकेन्द्र बल द्वारा कोई कार्य नहीं होता है। (चित्र 11.4 (b))

1111 कार्य के मात्रक

यदि बल न्यूटन में एवं विस्थापन को मीटर में दर्शाया जाए तो कार्य का मात्रक जूल होता है।

कार्य = न्यूटन × मीटर = जूल

अर्थात् 1 न्यूटन बल से किसी वस्तु को 1 मीटर विस्थापित किया जाए तो किया गया कार्य 1 जूल होगा।

$J = N \times m$

यदि बल को डाइन एवं विस्थापन को सेंटीमीटर में दर्शाया जाए तो कार्य का मात्रक अर्ग होगा।

कार्य = डाइन × सेमी = अर्ग

1 जूल = 1 न्यूटन × 1 मीटर

= 10^5 डाइन × 10^2 सेमी

= 10^7 अर्ग

उदाहरण 1 यदि सफर में जाते समय आप 12 kg के एक थैले को धरती से उठाकर 1.5 m ऊपर अपनी पीठ पर रखते हैं तो थैले पर किये गये कार्य की गणना कीजिए। $(g = 10\ m\ s^{-2})$

हल: थैले का द्रव्यमान m = 12 kg

विस्थापन h = 1.5 m

कार्य $W = F\,s = mgh = 12\ kg \times 10\ m\,s^{-2} \times 1.5\ m$

$= 180\ Nm$

$= 180\ J$

थैले पर किया गया कार्य = 180 जूल

उदाहरण एक व्यक्ति 5 N बल लगाकर रस्सी से बंधी वस्तु को इस प्रकार खींच रहा है कि रस्सी क्षैतिज से 30º कोण बना रही है। इस वस्तु को 20 m ले जाने में कितना कार्य करना पडेगा। ($\cos 30^o = 0.866$ या $\cos 30^o = \frac{\sqrt{3}}{2}$)

हल: बल $F = 5\ N$

विस्थापन $s = 20\ m$

बल का विस्थापन से कोण = 30º

कार्य $= F s \cos\theta$

$= 5\ N \times 20\ m \times \cos 30^o$

$= 100 \times 0.866\ J$

$= 86.6\ J$

व्यक्ति द्वारा किया गया कार्य = 86.6 जूल

11 ऊर्जा (Energy)

आपने अनुभव किया होगा कि बहता हुआ पानी अपने साथ लकड़ी की वस्तुओं को बहा कर ले जाता है एवं तेज आंधी में कई पेड़ उखड़ जाते हैं। जब हम लकडी की सतह के लम्बवत् पकड़ी हुई कील पर हथौड़े से प्रहार करते हैं तो कील लकड़ी में भीतर तक चली जाती है। तेज हवा के कारण पवन चक्की चलती है। इन अनुभवों से हम पाते हैं कि गतिमान वस्तु में कार्य करने की क्षमता होती है। जब हम किसी वस्तु को एक निश्चित ऊँचाई तक उठाते हैं तो उसमें कार्य करने की क्षमता आ जाती है। जब बच्चा खिलौने में चाबी भरता है तो खिलौना किसी समतल धरातल पर रखते ही चलने लगता है। अर्थात् भिन्न–भिन्न वस्तुएं विभिन्न प्रकार से कार्य करने की क्षमता अर्जित कर लेती है।

ऊर्जावान वस्तु द्वारा जब कोई कार्य किया जाता है तो उसमें निहित ऊर्जा का व्यय होता है एवं जिस वस्तु पर कार्य किया जाता है उसकी ऊर्जा में वृद्धि हो जाती है। वास्तव में जिस वस्तु में ऊर्जा है वह दूसरी वस्तु पर कोई बल लगा सकती है एवं दूसरी वस्तु में अपनी कुछ अथवा सम्पूर्ण ऊर्जा स्थानान्तरित कर सकती है। दूसरी वस्तु ऊर्जा ग्रहण करके कार्य करने की क्षमता हासिल कर लेती है एवं दूसरी वस्तु में गति में आ सकती है। इस प्रकार पहली वस्तु से कुछ ऊर्जा का स्थानान्तरण दूसरी वस्तु में हो जाता है।

किसी वस्तु में कार्य करने की क्षमता को ही ऊर्जा कहते हैं। किसी वस्तु में विद्यमान ऊर्जा का माप उस वस्तु द्वारा किये जा सकने वाले कार्य से करते है। किसी भी कार्य को करने के लिए ऊर्जा की आवश्यकता है। इस प्रकार कार्य ही ऊर्जा का मापदण्ड है अतः ऊर्जा का मात्रक वही है जो कार्य का मात्रक है। ऊर्जा भी कार्य की तरह अदिश राशि है। यदि 1 जूल कार्य करना हो तो आवश्यक ऊर्जा की मात्रा भी 1 जूल होगी।

11 ऊर्जा के प्रकार (Types of energy)

ऊर्जा विभिन्न रूपों में विद्यमान है जैसे यांत्रिक ऊर्जा, प्रकाश ऊर्जा, विद्युत ऊर्जा, ऊष्मीय ऊर्जा, नाभिकीय ऊर्जा, रासायनिक ऊर्जा आदि। सूर्य हमारे लिये ऊर्जा का सबसे बड़ा प्राकृतिक स्त्रोत है। विभिन्न प्राकृतिक घटनाओं जैसे ज्वार–भाटा, नदियों का बहाव, तेज हवाओं का चलना आदि से भी हम ऊर्जा प्राप्त कर सकते है। ऊर्जा के विभिन्न स्वरूपों में से कुछ निम्न प्रकार है–

यांत्रिक ऊर्जा (Mechanical energy) - किसी वस्तु की गति, स्थिति अथवा दोनों के कारण उसमें जो ऊर्जा होती है उसे यांत्रिक ऊर्जा कहते हैं।

ऊष्मा ऊर्जा (Heat energy) - ऊष्मा के कारण सूक्ष्म कणों द्वारा गतिमान ऊर्जा को ऊष्मा ऊर्जा कहते है जैसे कि घर में आग की चिमनी। ये सूक्ष्म कण उच्च ताप से निम्न ताप पर ऊर्जा स्थानान्तरण करते हैं।

रासायनिक ऊर्जा (Chemical energy) - रासायनिक क्रियाओं द्वारा प्राप्त ऊर्जा को रासायनिक ऊर्जा कहते हैं। बैटरी, भोजन, कोयला, रसोई गैस आदि सभी रासायनिक ऊर्जा के उदाहरण हैं।

विद्युत ऊर्जा (Electrical energy) - विद्युत आवेशों द्वारा उत्पन्न ऊर्जा विद्युत ऊर्जा कहलाती है। हम घरों में बिजली की जो भी युक्तियां उपयोग में लेते हैं वो विद्युत ऊर्जा से ही चलती हैं।

गुरूत्वीय ऊर्जा (Gravitatinal energy) - पृथ्वी के गुरूत्वाकर्षण बल के कारण वस्तुएं पृथ्वी की ओर खिंची चली आती है। वस्तुओं में गुरूत्वाकर्षण बल के कारण उत्पन्न ऊर्जा गुरूत्वीय ऊर्जा कहलाती है। इसी ऊर्जा के कारण झरनों व

नदियों में पानी ऊपर से नीचे की ओर बहता हैं।

नाभिकीय ऊर्जा - नाभिकीय विखण्डन एवं संलयन के परिणामस्वरूप प्राप्त ऊर्जा नाभिकीय ऊर्जा कहलाती है।

सभी प्रकार की ऊर्जा मुख्यतः दो रूपों में होती है – गतिज ऊर्जा व स्थितिज ऊर्जा।

इस अध्याय में हम यांत्रिक ऊर्जा, गतिज ऊर्जा, स्थितिज ऊर्जा एवं विद्युत ऊर्जा के बारे में अध्ययन करेंगे।

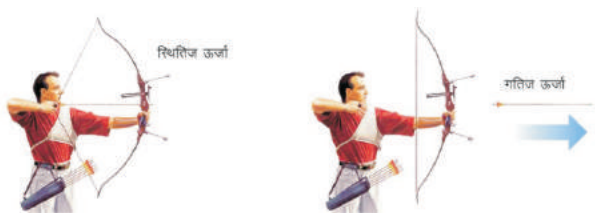
11 यांत्रिक ऊर्जा (Mechanical energy)

किसी वस्तु की यांत्रिक ऊर्जा उसकी गतिज ऊर्जा व स्थितिज ऊर्जा के योग के बराबर होती है जिससे वह वस्तु कार्य करती है। उदाहरण के लिये जब हम एक हथौड़े को लकड़ी के गुटके पर खड़ी कील पर प्रहार करते हैं तो निम्न प्रक्रिया होती है।

1. हथौडे में भार के कारण उसमें स्थितिज ऊर्जा होती हैं।
2. जब हम हथौडे को ऊपर उठाते हैं तो हम हथौडे पर कार्य करते है एवं हथौडे की स्थितिज ऊर्जा बढ़ जाती है।
3. अब हम बलपूर्वक हथौडे से कील पर प्रहार करते है तो उसमें गतिज ऊर्जा होती हैं जो कील को गुटके में अन्दर तक भेज देती है।

इस प्रक्रिया में कील को लकड़ी के गुटके में भेजने के लिये हथौडे द्वारा अर्जित स्थितिज एवं गतिज ऊर्जा के योग को यांत्रिक ऊर्जा कहते हैं, जिससे कार्य किया गया।

चित्र 115 (a) हथौड़े द्वारा कील पर प्रहार



चित्र 115 (b) धुनष में यांत्रिक ऊर्जा

चित्र 115 (c) खिलौना पिस्तौल से डार्ट का निकलना

चित्र 115 यांत्रिक ऊर्जा

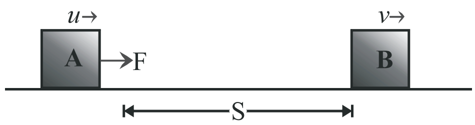
इसी प्रकार एक खींचे हुए धनुष में प्रत्यास्थ स्थितिज ऊर्जा के कारण यांत्रिक ऊर्जा रहती है जिससे तीर दूर तक चला जाता है। एक चलती हुई कार में यांत्रिक ऊर्जा उसकी गति के कारण (गतिज ऊर्जा) होती है। इसी प्रकार एक खिलौना पिस्तौल में जब डार्ट को दबाया जाता है तो पिस्तौल के अन्दर लगी स्प्रिंग संपीडित होती है एवं उसमें स्थितिज ऊर्जा आ जाती है। पिस्तौल के ट्रिगर को दबाने पर अर्जित यांत्रिक ऊर्जा के कारण डार्ट दूर तक चला जाता है।

115 गतिज ऊर्जा (Kinetic energy)

किसी वस्तु में निहित उस ऊर्जा को जो उसकी गति के कारण है गतिज ऊर्जा कहलाती है। पेड़ से गिरता हुआ फल, नदी में बहता हुआ पानी, उड़ता हुआ हवाई जहाज, चलती हुई कार, उड़ता हुआ पक्षी, तेज हवा आदि सभी में कार्य करने की क्षमता उनमें विद्यमान गतिज ऊर्जा के कारण है।

चित्र 11 (a) दौड़ते हुए बच्चे

चित्र 11 (b) भागता हुआ घोड़ा



चित्र 11 गतिज ऊर्जा

एक गतिमान वस्तु में उसकी गति के कारण जो ऊर्जा है उसे मापने के लिये हम वस्तु द्वारा किये गये उस कार्य के परिमाण को ज्ञात करते हैं जो उस वस्तु को विरामावस्था में ला देता है। इसी प्रकार एक वस्तु के विरामावस्था से किसी निश्चित वेग v प्राप्त करने के लिये किया गया कार्य उस वस्तु की v वेग पर गतिज ऊर्जा के बराबर होगा।

यदि m द्रव्यमान की एक वस्तु एक समान वेग u से गतिशील है एवं इस पर एक बल F वस्तु की गति की दिशा में लगाया जाता है जिससे वस्तु s दूरी तक विस्थापित होती है। मान लीजिये वस्तु पर किये गये कार्य के कारण वस्तु का वेग v हो जाता है एवं इस कारण उसमें त्वरण a हो तो गति के तृतीय समीकरण से

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

या त्वरण $$a = \frac{v^2 - u^2}{2s}$$

न्यूटन के गति के द्वितीय नियम से

$$F = m\,a$$

या $$F = m.\left(\frac{v^2 - u^2}{2s}\right)$$

या $$F.s. = \frac{1}{2}m\left(v^2 - u^2\right)$$

चूँकि कार्य $W = F.s.$

अतः $$W = \frac{1}{2}m(v^2 - u^2)$$

वस्तु द्वारा किया गया कार्य $$W = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mu^2$$

इस प्रकार हम पाते है कि किया गया कार्य वस्तु की गतिज ऊर्जा में परिवर्तन के बराबर होता है।

यदि वस्तु की प्रारम्भिक गति शून्य हो अर्थात् वस्तु विरामावस्था से प्रारम होकर v गति प्राप्त करती हो तो

$u = 0$ (प्रारम्भिक गतिज ऊर्जा शून्य)

अतः किया गया कार्य $$W = \frac{1}{2}mv^2$$

हम कह सकते है कि m द्रव्यमान एवं एक समान वेग v से गतिमान वस्तु की गतिज ऊर्जा

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

गतिज ऊर्जा सदैव धनात्मक होती है एवं वस्तु के द्रव्यमान व वेग पर निर्भर करती है। गतिज ऊर्जा वेग की दिशा पर निर्भर नहीं करती है।

उदाहरण एक समान वेग से गतिमान वस्तु की गतिज ऊर्जा 2500 J है। यदि उस वस्तु का द्रव्यमान 50 kg हो तो उस वस्तु का वेग ज्ञात कीजिये।

हल: वस्तु की गतिज ऊर्जा $E_k = 2500\,(\text{J})$

वस्तु का द्रव्यमान $m = 50kg$

वस्तु का वेग $v = ?$

गतिज ऊर्जा $$E_k = \frac{1}{2}mv^2$$

या $$v^2 = \frac{2E_k}{m} = \frac{2 \times 2500\text{ J}}{50\,Kg} = 100$$

$$\therefore \quad v = \pm 10\,m/s$$

चूँकि गतिज ऊर्जा वेग की दिशा पर निर्भर नहीं करती है अतः वस्तु का वेग = $\pm$ 10 m/s होगा।

उदाहरण एक बन्दूक से दागी गई गोली 500 m/s के वेग से निकलती है। यदि गोली का द्रव्यमान 100 ग्राम है तो इसकी गतिज ऊर्जा ज्ञात कीजिये।

हल: द्रव्यमान $m = 100\,gm = 0.1\,kg$

वेग $v = 500\,m/s$

गतिज ऊर्जा $$E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \times 0.1kg \times (500\,m/s)^2$$

$$= \frac{25000}{2}J$$

$= 12500\ J$

$= 12.5\ KJ$

गोली की गतिज ऊर्जा 12.5 KJ होगी।

उदाहरण 5 100 *kg* द्रव्यमान की एक मोटरसाइकिल 20 किलोमीटर प्रतिघण्टे के वेग से चल रही है। मोटरसाइकिल का वेग 40 किलोमीटर प्रति घण्टे तक बढ़ाने के लिए कितना कार्य करना होगा?

हल: द्रव्यमान $m = 100\ kg$

प्रारम्भिक वेग $u = 20\ km/h = \frac{20 \times 1000}{60 \times 60} m/s$

$= 5.56\ m/s$

अन्तिम वेग $v = 40\ km/h = \frac{40 \times 1000}{60 \times 60} m/s$

$= 11.11\ m/s$

किया गया कार्य = अन्तिम गतिज ऊर्जा – प्रारम्भिक गतिज ऊर्जा

$$= \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mu^2$$

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

$$= \frac{1}{2} \times 100\ kg \times \left[(11.11\ m/s)^2 - (5.56\ m/s)^2\right]$$

$$= \frac{1}{2} \times 100 \times (123.43 - 30.91)\ \text{J}$$

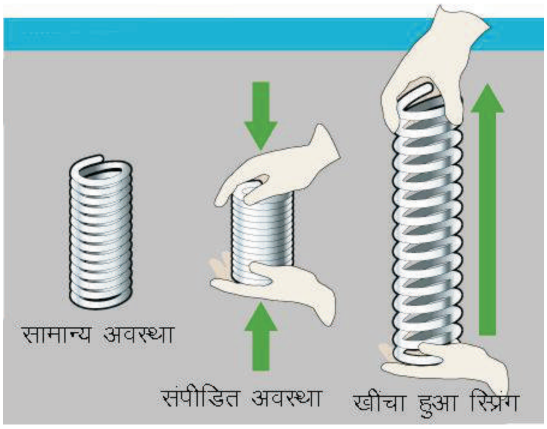
$$= \frac{1}{2} \times 100 \times 92.52\ \text{J}$$

$= 4626$ J

$= 4.63$ KJ

11.6 स्थितिज ऊर्जा (Potential energy)

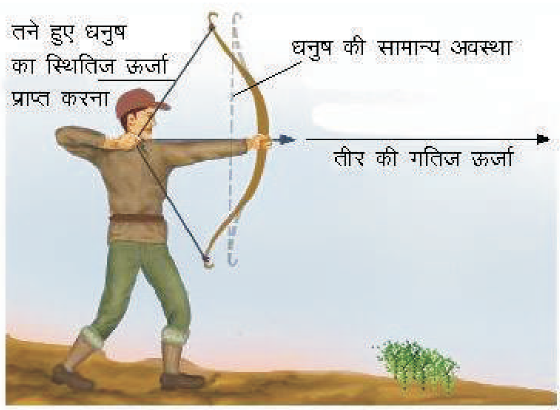
हम सभी को यह अनुभव है कि जब ऊँचाई से किसी वस्तु को छोड़ा जाए तो वस्तु पृथ्वी की ओर गिरने लगती है। इसी प्रकार जब एक स्प्रिंग को थोड़ा सा खींचकर छोड दें तो स्प्रिंग पुनः अपनी प्रारम्भिक अवस्था में आ जाती है। यदि हम स्प्रिंग को थोड़ा संपीडित करके मुक्त करें तो भी वह पुनः अपनी सामान्य स्थिति की तरफ लौट आती है।



चित्र 11.8 स्थितिज ऊर्जा

इन उदाहरणों में हम देखते हैं कि वस्तु द्वारा पृथ्वी की ओर आने में अथवा स्प्रिंग के अपनी सामान्य अवस्था में वापस आने में कुछ कार्य होता है। यह कार्य तभी संभव हो सकता है जब एक अवस्था से मुक्त करते समय उस वस्तु में कार्य करने की क्षमता हो। जब एक कसे हुए धनुष से तीर को छोड़ा जाता है तो तीर दूर तक चला जाता है। निश्चित रूप से कसे हुए कमान में कार्य करने की क्षमता या ऊर्जा निहित है।

स्थितिज ऊर्जा वस्तु की वह ऊर्जा है जो वस्तु की स्थिति या अवस्था के कारण उसमें संचित होती है। इसी ऊर्जा के कारण वस्तु में कार्य करने की क्षमता आ जाती हैं। वस्तु को सामान्य स्थिति से किसी अन्य अवस्था तक लाने में जितना कार्य किया गया है, उसका परिमाप ही नवीन अवस्था में उस वस्तु की स्थितिज ऊर्जा के बराबर होगा।



चित्र 11.9 स्थितिज ऊर्जा

जब तीर को चलाने के लिये हम धनुष को खींचते हैं तो हमारे द्वारा जितना कार्य धनुष खींचने में किया जाता है उसके तुल्य ऊर्जा ही कसी हुई अवस्था में कमान की स्थितिज ऊर्जा होगी। इसी प्रकार रबर को खींचने, स्प्रिंग को संपीडित करने अथवा खींचने एवं वस्तु को किसी ऊंचाई तक उठाने में कार्य किया जाता है। इसी कार्य के फलस्वरूप वस्तु में ऊर्जा स्थानान्तरित हो जाती है जिसे स्थितिज ऊर्जा कहते है।

गुरूत्वीय क्षेत्र में स्थितिज ऊर्जा

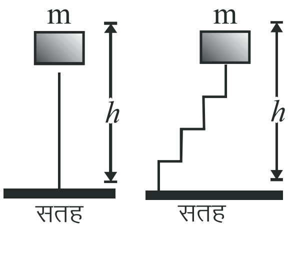
जब किसी वस्तु को पृथ्वी की सतह से किसी ऊंचाई तक ऊपर उठाते है तो हमे गुरूत्वीय त्वरण के विरूद्ध कार्य करना पड़ता है। वस्तु पर किया गया यह कार्य वस्तु की ऊर्जा में वृद्धि करता है। यह ऊर्जा वस्तु की स्थितिज ऊर्जा के रूप में उसमें निहित हो जाती है।

किसी वस्तु को पृथ्वी की सतह से सीधा ऊपर उठाने के लिए न्यूनतम आवश्यक बल वस्तु के भार के बराबर होना चाहिये। यदि m द्रव्यमान की किसी वस्तु को पृथ्वी की सतह से h ऊँचाई तक ऊपर उठाया जाए तो न्यूनतम बल वस्तु के भार ($= mg$) के बराबर होना चाहिये।

h ऊँचाई पर वस्तु की स्थितिज ऊर्जा = गुरूत्वीय बल के विरूद्ध किया गया कार्य

= बल × विस्थापन

$= mg\,h$

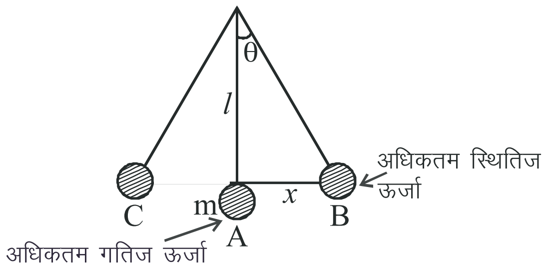


चित्र 11.10 स्थितिज ऊर्जा

अतः m द्रव्यमान की वस्तु की पृथ्वी की सतह से h ऊँचाई पर स्थितिज ऊर्जा mgh होगी। स्थितिज ऊर्जा का मान वस्तु की पृथ्वी से ऊँचाई पर निर्भर करता है लेकिन इस पर निर्भर नहीं करता है कि h ऊँचाई किस पथ से तय की गई है।

सरल लोलक की स्थितिज ऊर्जा

जब एक सरल लोलक को उसकी साम्यावस्था से एक ओर विस्थापित किया जाता है तो उसका गुरूत्वकेन्द्र ऊपर उठ जाता है। इस दौरान लोलक पर किया गया कार्य विस्थापित स्थिति में लोलक की स्थितिज ऊर्जा के रूप में निहित हो जाता है। लोलक को जब इस स्थिति (चित्र 11.11 में B) से छोड़ा जाता है तो वह साम्यावस्था (चित्र 11.11 में A) की ओर लौटता है। इस दौरान उसकी स्थितिज ऊर्जा कम होती जाती है। माध्य स्थिति पर लोलक की स्थितिज ऊर्जा न्यूनतम होती है एवं गति के कारण उसकी गतिज ऊर्जा अधिकतम होती है।



चित्र 1111 सरल लोलक

इस गतिज ऊर्जा के कारण लोलक माध्य स्थिति से आगे दूसरी ओर जाने लगता है। इस दौरान उसकी गतिज ऊर्जा पुनः कम होने लगती है एवं स्थितिज ऊर्जा बढने लगती है। बिन्दु C तक जाते हुए लोलक की गति शून्य हो जाती है। यहाँ लोलक की गतिज ऊर्जा शून्य हो जाती है एवं स्थितिज ऊर्जा अधिकतम हो जाती है। इस अर्जित स्थितिज ऊर्जा के कारण लोलक पुनः माध्य स्थिति की ओर लौटने लगता है।

यदि गोलक का द्रव्यमान m हो एवं उसे कीलक से l लम्बाई के धागे से लटकाया गया हो तो x विस्थापन के लिये लोलक की स्थितिज ऊर्जा

$$E_p = \frac{1}{2}\frac{mg}{l}.x^2$$ (देखें पृष्ठ 158)

यदि $k = \frac{mg}{l}$ ($\because m, g$ व l स्थिर है)

तो स्थितिज ऊर्जा $E_p = \frac{1}{2}kx^2$

इसी प्रकार एक स्प्रिंग, जिसका नियतांक k है, को माध्य स्थिति से प्रत्यास्थता सीमा के अन्दर x दूरी से विस्थापित किया जाए तो उसमें निहित स्थितिज ऊर्जा का मान भी $\frac{1}{2}kx^2$ होता है।

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

उदाहरण एक विद्यार्थी 3 kg द्रव्यमान की वस्तु को पृथ्वी की सतह से उठाकर 50 cm ऊँचे टेबल पर रखता है। वस्तु में निहित स्थितिज ऊर्जा की गणना कीजिये। (गुरूत्वीय त्वरण $g = 10\, m/s^2$)

हल: द्रव्यमान $m = 3\, kg$

ऊँचाई $h = 50\, cm = 0.50\, m$

स्थितिज ऊर्जा $E_p = mgh = 3 \times 10 \times 0.5 = 15\, J$

उदाहरण एक स्प्रिंग का स्प्रिंग नियतांक $k = 6 \times 10^4\, N/m$ है। इसे माध्य स्थिति से 1 cm खींचने में कितना कार्य करना पडेगा?

हल: स्प्रिंग नियतांक $k = 6 \times 10^3\, N/m$

$x = 1\, cm = 0.01\, m$

स्प्रिंग को खींचने में किया गया कार्य = उत्पन्न स्थितिज ऊर्जा

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

$$= \frac{1}{2} \times 6 \times 10^3 \frac{N}{m} \times (0.01 m)^2$$

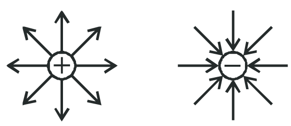
$$= 3 \times 10^3 \times 0.01 \times 0.01\, J$$

$$= 0.3\, J$$

स्प्रिंग को खींचने में $0.3\, J$ कार्य करना पडेगा।

11 विद्युत ऊर्जा (Electrical energy)

आवेशित कणों में निहित ऊर्जा विद्युत ऊर्जा कहलाती है। जब कण आवेशित होते हैं तो आवेशित कणों के चारों ओर विद्युत क्षेत्र उत्पन्न हो जाता है। यह विद्युत क्षेत्र समीप के दूसरे आवेशित कणों पर बल निरूपित करता है एवं उन्हें गति प्रदान करता है जिससे ऊर्जा का संचरण होता है।

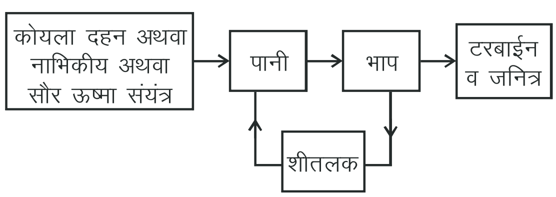


चित्र 111 (a) धनात्मक एवं ऋणात्मक विद्युत क्षेत्र

धनावेशित कणों द्वारा उत्पन्न विद्युत क्षेत्र दूसरे धनावेशित कणों को प्रतिकर्षित करता है एवं ऋणावेशित कणों द्वारा उत्पन्न विद्युत क्षेत्र दूसरे धनावेशित कणों को आकर्षित करता है। परिपाटी के अनुसार विद्युत क्षेत्र की दिशा हमेशा उस ओर इंगित करती है जिधर एक धनावेशित कण उस क्षेत्र में गति करेगा। अतः धनावेशित कणों द्वारा उत्पन्न विद्युत क्षेत्र को धनात्मक बिन्दु से बाहर की ओर निकलता हुआ दर्शाया जाता है। जबकि ऋणावेशित कणों द्वारा उत्पन्न विद्युत क्षेत्र को ऋणात्मक बिन्दु के अन्दर की ओर जाते हुए दर्शाया जाता है।

आवेशित कणों की स्थिति के कारण उनमें स्थितिज ऊर्जा होती है। विद्युत क्षेत्र द्वारा जब इन कणों पर बल लगाया जाता है तो ये एक निश्चित दिशा में गमन करते हैं। उदाहरणतः यदि एक धनावेशित कण को ऋणावेशित स्त्रोत से दूर ले जाना हो तो हमे बाह्य बल लगाना होगा। इस प्रक्रिया में धनावेशित कण की स्थितिज ऊर्जा बढ जाएगी। जैसे ही बाह्य बल को हटाया जाएगा कण विद्युत क्षेत्र में ज्यादा स्थितिज ऊर्जा से कम स्थितिज ऊर्जा की ओर गमन करने लगेगा। इसी तरह धनावेशित कण स्वाभाविक प्रक्रिया स्वरूप ऋणावेशित स्त्रोत की तरफ गति करेगा। इस प्रक्रिया में आवेशित कणों की स्थितिज ऊर्जा गतिज ऊर्जा में बदल जाएगी। यह ऊर्जा हमें विद्युत ऊर्जा के रूप में मिलेगी।

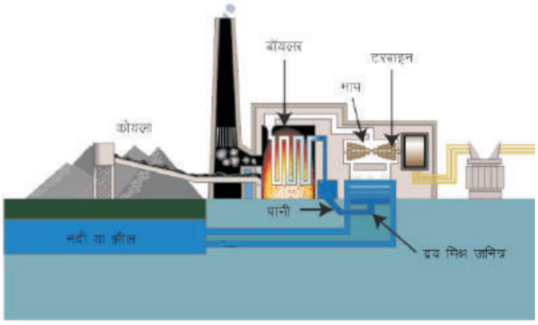
दैनिक जीवन में विद्युत ऊर्जा का उपयोग हम घरों में विद्युत धारा एवं विद्युत विभव के रूप में लेते हैं। हमारे द्वारा उपयोग में आने वाले विभिन्न उपकरण एवं युक्तियाँ जैसे कि बल्ब, पंखा, विद्युत प्रेस, हेयर–ड्रायर, गीजर, मोबाइल आदि में विद्युत ऊर्जा का उपयोग होता है। एक बार जब विद्युत ऊर्जा अन्य स्वरूप में बदल जाती है तो हमें प्रकाश, ऊष्मा, गतिज एवं अन्य ऊर्जा प्राप्त होती है। विद्युत का उत्पादन भी विभिन्न प्रक्रियाओं द्वारा होता है। सन् 1831 में माइकल फैराडे ने विद्युत जनित्र की खोज की। आज भी मुख्य रूप से जनित्र में चुम्बकीय ध्रुवों के मध्य तार अथवा कॉपर डिस्क से विद्युत उत्पादन होता है।



चित्र 111 (b) विद्युत संयंत्र का ब्लॉक आरेख

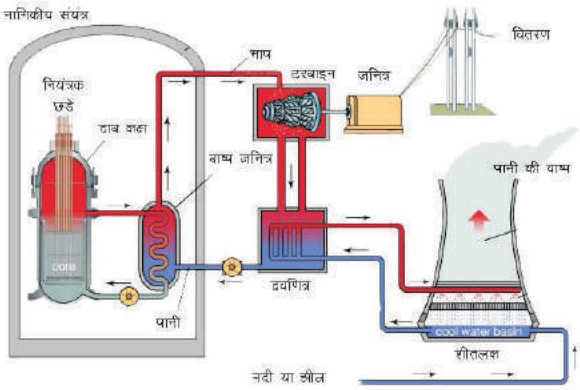
वर्तमान में विभिन्न प्रकार के विद्युत सयंत्रों के माध्यम से विद्युत ऊर्जा प्राप्त की जाती है। जिनमें से मुख्य निम्न प्रकार है।

1. कोयला संयंत्र - इसमें कोयले में स्थित रासायनिक ऊर्जा का दहन कर ऊष्मा प्राप्त की जाती है। इस ऊष्मा से उच्च कोटि के परिशुद्ध पानी को भाप में बदला जाता है। यह भाप टरबाइन को गति देती है एवं टरबाइन घूमने लगती है। इस टरबाइन से जुड़ी हुई जनित्र से विद्युत उत्पादन होता है।



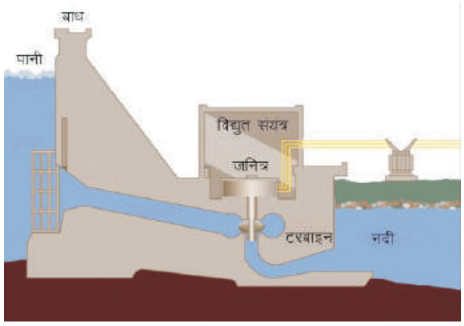
चित्र 111 (a) कोयला संयंत्र

2. नाभिकीय संयंत्र - इन संयंत्रों में नाभिकीय विखण्डन से प्राप्त ऊष्मा ऊर्जा से पानी को वाष्प में बदला जाता है। इस वाष्प द्वारा टरबाइन एवं जनित्र की सहायता से विद्युत उत्पादन होता है। नाभिकीय विखण्डन से ऊष्मा प्राप्त होने के बाद की प्रक्रिया लगभग कोयला संयंत्र जैसी ही होती है।

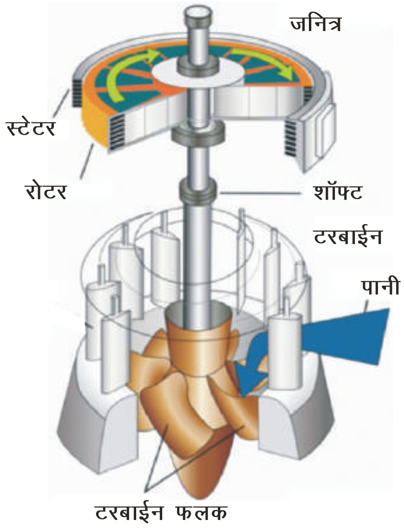


चित्र 111 (b) नाभिकीय संयंत्र

3. जल-विद्युत संयंत्र - जल विद्युत संयंत्रों में बांध बनाकर पानी की स्थितिज ऊर्जा को बढाया जाता है। इस ऊर्जा को पानी की गतिज ऊर्जा में बदलकर टरबाइन को घुमाया जाता है। टरबाइन के घूमने पर उससे जुड़े जनित्र द्वारा विद्युत उत्पादन होता है।

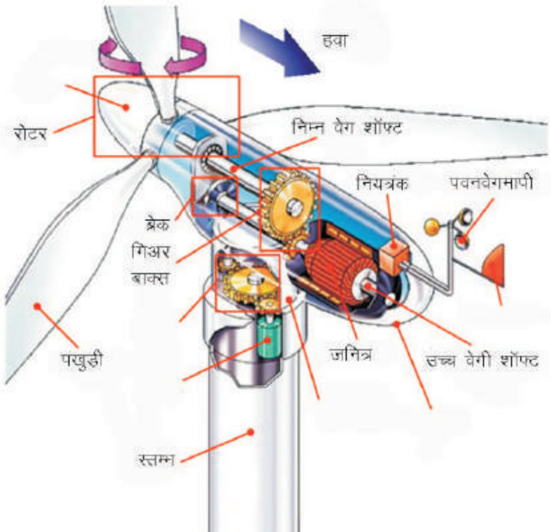


चित्र 111 (c) जल विद्युत संयंत्र



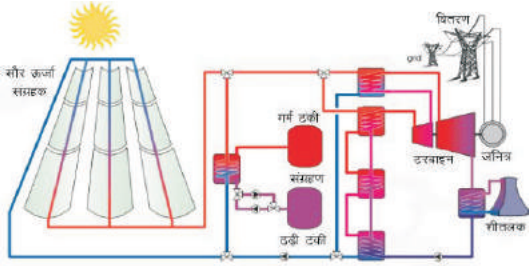
चित्र 111 (d) टरबान व जनित्र

4. पवन ऊर्जा संयंत्र - पवन चक्की में हवा की गतिज ऊर्जा से टरबाइन घूमाकर जनित्र द्वारा विद्युत उत्पादन किया जाता है। यह नवीनकरणीय ऊर्जा स्त्रोत दूसरे ऊर्जा संयंत्रों के मु



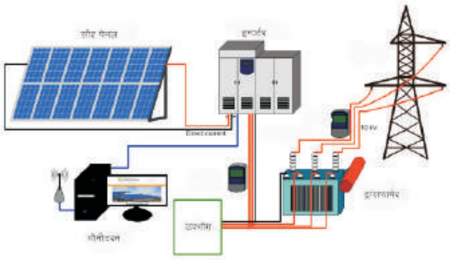
चित्र 111 (e) पवन ऊर्जा संयंत्र

5. सौर ऊष्मा संयंत्र - सूर्य से प्राप्त होने वाली ऊर्जा को लेन्स व दर्पणों की सहायता से केन्द्रित करके इसे ऊष्मा में बदला जाता है। इस ऊष्मा से भाप टरबाइन को घुमाया जाता है जिससे जनित्र विद्युत उत्पादन करता है।

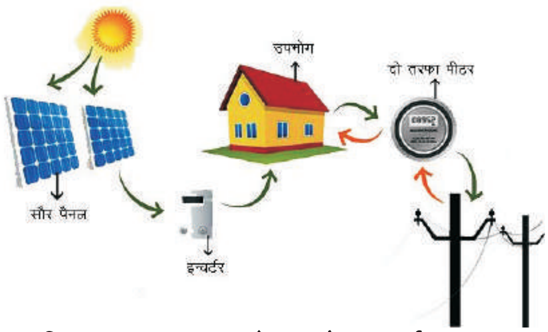


चित्र 111 (f) सौर ऊष्मा जनित्र

6. सौर प्रकाश वोल्टीय ऊर्जा संयंत्र - इन संयंत्रों में खुली जगह या छतों पर सौर पेनल लगाये जाते हैं। इन पेनलों में प्रकाश वोल्टीय सेल होते हैं। सूर्य की किरणें जब पेनल के सेल पर आपतित होती है तो ये सेल प्रकाश के फोटॉन ग्रहण करके इलेक्ट्रॉन को उत्तेजित अवस्था में ले आते है। ये आवेशित कण विद्युत धारा के रूप में परिपथ को विद्युत प्रदान करते है। वर्तमान में इस तरह के छोट–छोटे संयंत्र घरों की छतों पर लगाये जा रहे हैं। साथ ही दो तरफा विद्युत मीटर भी लगाये जा रहे है जिससे घर की आवश्यकता से अधिक ऊर्जा विद्युत प्रदाता कम्पनी को स्थानान्तरित हो जाती है। कम्पनी इसका तय दर से उपभोक्ता को भुगतान भी करती है।



चित्र 111 (g) सौर प्रकाश वोल्टय ऊर्जा संयंत्र



चित्र 111 (h) घरेलू सौर ऊर्जा संयंत्र

चित्र 11. विभिन्न विद्युत ऊर्जा संयंत्र

पेट्रोल एवं डीजल से चलने वाले जनित्र को विभिन्न कार्यालयों एवं व्यावसायिक प्रतिष्ठानों में भी देखते हैं। घरों में हम इन्वर्टर लगाते हैं जिसमें बैटरी का उपयोग किया जाता है। बैटरी में रासायनिक ऊर्जा का विद्युत ऊर्जा में रूपान्तरण होता है। निरावेशित हो जाने पर बैटरी को पुनः आवेशित किया जा सकता है।

विद्युत ऊर्जा के कुछ उदाहरण

a. एक कार बैटरी में रासायनिक क्रिया द्वारा इलेक्ट्रॉन बनते हैं जो विद्युत धारा के रूप में गति करते है। ये गतिमान आवेश कार में विद्युत परिपथ को विद्युत ऊर्जा प्रदान करते हैं।

b. जब हम एक लाइट बल्ब का स्विच चालू करते हैं तो विद्युत धारा परिपथ से होते हुए बल्ब तक पहुँचती है। बल्ब के फिलामेंट में विद्युत आवेश की गति कम होती है एवं फिलामेंट में ऊष्मा बढती है। एक निश्चित सीमा तक ऊष्मा बढ़ने पर फिलामेंट से प्रकाश ऊर्जा मिलती है।

c. मोबाइल फोन में बैटरी से रासायनिक ऊर्जा विद्युत आवेशों को मिलती है। जिससे आवेश गति करते हैं। यह विद्युत ऊर्जा फोन के परिपथ में गमन करती है एवं फोन में विद्युत प्रवाह होता है।

d. एक इलेक्ट्रिक हीटर या स्टोव को जब विद्युत परिपथ से जोड़ा जाता है तो गतिमान विद्युत आवेश उपकरण में जाते हैं। यह विद्युत ऊर्जा फिलामेंट में ऊष्मा ऊर्जा में बदल जाती हैं। जिसे हम खाना पकाने अथवा अन्य कार्यों में उपयोग में लेते हैं।

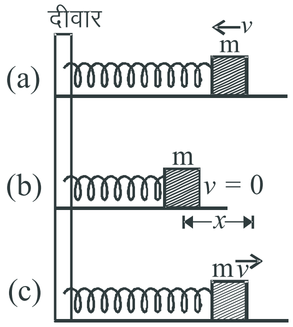
e. हमारे शरीर में खाना पचाने के बाद प्राप्त ऊर्जा का कुछ भाग विद्युत ऊर्जा में बदल जाता है जो हमारे स्नायु तंत्र से होकर मस्तिष्क तक पहुँचता है। इसके अलावा हृदय की धड़कनों के लिये भी विद्युत संकेतों की आवश्यकता होती है। मस्तिष्क द्वारा जो भी संकेत शरीर के किसी भी अंग तक पहुँचाये जाते हैं वो विद्युत पल्स के रूप में ही होते हैं।

118 ऊर्जा का संरक्षण (Conservation of energy)

ऊर्जा संरक्षण के अनुसार किसी विलगित निकाय की कुल ऊर्जा सदैव नियत रहती है। ऊर्जा को न तो उत्पन्न किया जा सकता है न ही उसे नष्ट किया जा सकता है, केवल ऊर्जा के स्वरूप में रूपान्तरण किया जा सकता है।

ऊर्जा के रूपान्तरण की अवधारणा को बेहतर तरीके से समझने के लिए हम एक स्प्रिंग के संपीडन एवं विस्तार की प्रक्रिया में होने वाले ऊर्जा रूपान्तरण का विश्लेषण करेगे। स्प्रिंग के एक सिरे को दीवार से जोड़कर दूसरे सिरे पर m द्रव्यमान का एक आयताकार गुटका जोड़ देते है एवं निकाय को घर्षण रहित क्षैतिज धरातल पर रखते हैं।

स्प्रिंग को संपीडित करने के लिये हम गुटके को दीवार की तरफ v वेग देते है। (चित्र 11.14 a)।



चित्र 11.14 स्प्रिंग में ऊर्जा रूपान्तरण

गुटके की गतिज ऊर्जा $\frac{1}{2}mv^2$ होगी। इस ऊर्जा से गुटका स्पिंग्र को x दूरी तक संपीडित कर देता है। यदि स्प्रिंग नियतांक k हो तो इस संपीडन से स्प्रिंग में $\frac{1}{2}kx^2$ स्थितिज ऊर्जा उत्पन्न हो जाएगी। इस स्थितिज ऊर्जा के कारण स्प्रिंग पुनः अपनी साम्यावस्था प्राप्त करने के लिये गुटके को विपरित दिशा में v वेग से गति देता है। इस कारण गुटके की गतिज ऊर्जा पुनः $\frac{1}{2}mv^2$ हो जाती है। गतिज ऊर्जा के कारण गुटका साम्यावस्था से आगे तक स्प्रिंग में फैलाव उत्पन्न कर देता है। इस दौरान भी गतिज ऊर्जा व स्थितिज ऊर्जा में रूपान्तरण उसी प्रकार होता है जैसा कि स्प्रिंग के संपीडन के दौरान हुआ था। जब गुटका एक चक्कर पूरा कर पुनः साम्यावस्था की ओर आता है तो उसकी गतिज ऊर्जा उतनी ही होती है जितनी प्रारम्भ में थी।

जब वस्तु की गतिज ऊर्जा परिक्रमण के पश्चात् उतनी ही हो जितनी प्रारम्भिक अवस्था में थी तो ऐसे कार्यकारी बल संरक्षी बल कहलाते हैं। संरक्षी बलों द्वारा किया गया कार्य पथ पर निर्भर नहीं करता है बल्कि वस्तु की प्रारम्भिक एवं अन्तिम स्थिति पर निर्भर करता है।

इस पूरी प्रक्रिया में गतिज ऊर्जा व स्थितिज ऊर्जा का योग सदैव स्थिर रहता है, जिसे हम यांत्रिक ऊर्जा कहते है। यांत्रिक ऊर्जा संरक्षण नियम के अनुसार निकाय की यांत्रिक ऊर्जा संरक्षित रहती है। यदि निकाय की गतिज ऊर्जा बढेगी तो स्थितिज ऊर्जा में कमी हो जाएगी एवं जब गतिज ऊर्जा कम होगी तो स्थिति ऊर्जा बढ जाएगी।

यदि स्थितिज ऊर्जा एवं गतिज ऊर्जा में परिवर्तन क्रमशः ΔE_p व ΔE_k हो तो

$$\Delta E_p = -\Delta E_k$$

या $$\Delta E_p + \Delta E_k = 0$$

या कुल यांत्रिक ऊर्जा $E_m = E_p + E_k$

वास्तविकता में सम्पूर्ण चक्कर में यांत्रिक ऊर्जा में कुछ कमी आ जाती है। इस ऊर्जा में कमी असरंक्षी बलों (घर्षण, श्यानता आदि) के द्वारा ऊर्जा के कुछ भाग को ध्वनि, ऊष्मा आदि में बदल दिये जाने के कारण होती है। इस कारण निकाय की ऊर्जा का स्वरूप बदल जाता है। लेकिन निकाय की सम्पूर्ण ऊर्जा का मान हमेशा नियत रहता है।

$$E = E_M + E_{\text{ऊष्मा}} + E_{\text{घर्षण}} + \text{अन्य} = \text{नियत}$$

11 ऊर्जा का क्षय (Dissipation of energy)

जब ऊर्जा एक स्वरूप से दूसरे स्वरूप में रूपान्तरित होती है तो ऊर्जा का कुछ भाग ऊष्मा, ध्वनि, प्रकाश आदि के रूप में क्षय हो जाता है। ऊर्जा के क्षय होने से हमारा तात्पर्य यही है कि रूपान्तरण या संचरण की प्रक्रिया में ऊर्जा का कुछ भाग एक ऐसे रूप में बदल जाता है जिसकी हमें आवश्यकता नहीं है अथवा जिसे हम उपयोग में नहीं ले पाते हैं। हालांकि कुल ऊर्जा संरक्षित रहती है किन्तु इस अनुपयोगी क्षय के कारण हम शत प्रतिशत दक्ष निकाय नहीं बना पाते हैं। ऊर्जा का क्षय मुख्य रूप से निम्न प्रकार होता है।

(अ) ऊष्मा ऊर्जा (Heat Energy) - जब भी कोई कार्य किया जाता है तो घर्षण, हवा द्वारा उत्पन्न प्रतिरोध एवं विभिन्न प्रतिबाधाओं के कारण कार्य करने की क्षमता में कमी आ जाती है। सामान्यत वह वस्तु जिस पर कार्य किया जा रहा है, गरम

हो जाती है। ऊर्जा क्षय का अधिकांश भाग ऊष्मा ऊर्जा के रूप में अनुपयोगी हो जाता है। एक तापदीप्त बल्ब में ऊष्मा ऊर्जा के रूप में ऊर्जा का अधिकांश भाग अनुपयोगी हो जाता है।

(ब) प्रकाश ऊर्जा (Light energy) - विभिन्न प्रकार की दहन प्रक्रियाओं में ऊर्जा का कुछ भाग प्रकाश ऊर्जा के रूप में अनुपयोगी होकर क्षय हो जाता है।

(स) ध्वनि ऊर्जा (Sound energy) - टक्कर, घर्षण एवं अन्य प्रक्रियाओं में ऊर्जा का कुछ भाग ध्वनि ऊर्जा के रूप में भी क्षय हो जाता है। घर्षण आदि के कारण अणुओं में होने वाले कंपन दाब तरंग में बदल जाते हैं जिससे ध्वनि उत्पन्न होती है।

निकाय में ऊर्जा क्षय को समझने के लिये घरों में उपयोग में आने वाली बिजली एक अच्छा उदाहरण है। प्रारम्भ में विद्युत उत्पादन किया जाता है जहां विभिन्न प्रक्रियाओं में कुछ ऊर्जा का क्षय होता है। नाभिकीय संयंत्रों, कोयला संयंत्रों, जल–विद्युत परियोजनाओं, पवन बिजलीघरों व अन्य माध्यमों में विभिन्न प्रक्रियाओं द्वारा ऊष्मा ऊर्जा या यांत्रिक ऊर्जा उत्पन्न की जाती है। इस प्रक्रिया में कुछ ऊर्जा अनुपयोगी होकर क्षय हो जाती है। ऊष्मा ऊर्जा से भाप बनाकर टरबाइन घुमाई जाती है। टरबाइन की इस यांत्रिक ऊर्जा के रूप में प्राप्त गतिज ऊर्जा के द्वारा जनित्र को घुमाया जाता है। इस प्रक्रिया में भी कुछ ऊर्जा क्षय हो जाती है। टरबाइन के द्वारा जनित्र में विद्युत उत्पादन होता है। एक कोयला संयंत्र की दक्षता करीब 40% होती है। जनित्रों द्वारा उत्पन्न विद्युत ऊर्जा विद्युत आवेशों की गतिज ऊर्जा में बदल जाती है। यह विद्युत ऊर्जा सुचालकों की सहायता से हमारे घरों तक पहुँचाई जाती है। इस दौरान उसके संचरण, वितरण एवं भंडारण में भी विद्युत ऊर्जा का क्षय होता है। जब हम घर में लाइट का स्विच चालू करते हैं तो विद्युत धारा बल्ब तक विद्युत ऊर्जा को ले जाती है। विद्युत आवेश बल्ब के फिलामेंट पर पहुँचकर अपनी गतिज ऊर्जा फिलामेन्ट को दे देते हैं। जिससे फिलामेंट में ऊष्मा उत्पन्न होती हैं। एक निश्चित ऊष्मा पर हमें प्रकाश ऊर्जा प्राप्त होती है। इस प्रक्रिया में अधिकांश ऊर्जा ऊष्मा ऊर्जा के रूप में क्षय हो जाती है। कोयले में उपलब्ध कुल रासायनिक ऊर्जा का बहुत थोड़ा हिस्सा ही हम प्रकाश ऊर्जा के रूप में प्राप्त करते हैं।

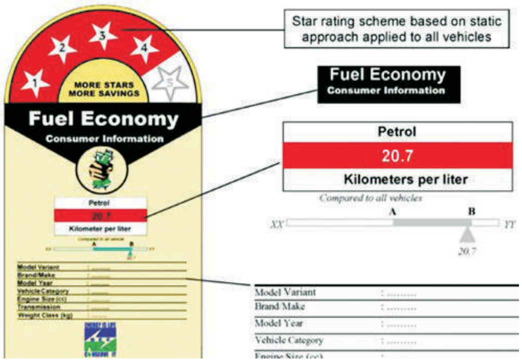
इसी प्रकार वाहनों में आन्तरिक दहन इंजन में जब डीजल या पेट्रोल का उपयोग होता है तो इनकी रासायनिक ऊर्जा पहले ऊष्मा ऊर्जा में बदलती है जो पिस्टन पर दबाव बनाती है एवं पिस्टन घूमने लगता है। यह यांत्रिक ऊर्जा वाहन के पहियों को गतिज ऊर्जा प्रदान करती है। इस प्रक्रिया में इंजन की ध्वनि, दहन के दौरान उत्पन्न प्रकाश, पहियों एवं सड़क के बीच घर्षण के कारण उत्पन्न ऊष्मा जैसे कई अनुपयोगी कार्यों में ऊर्जा क्षय होती है। वाहनों में प्रयुक्त होने वाले ईधन की कुल ऊर्जा क्षमता का करीब एक चौथाई दक्षता ही वर्तमान में हम वाहनों द्वारा प्राप्त करते हैं।

111 ऊर्जा क्षय को कम करने के उपाय (Reducing energy dissipation)

ऊष्मा हमारे जीवन का आधार है एवं इसे समुचित उपयोग में लेना हम सभी की जिम्मेदारी है। भारत जैसे विकासशील राष्ट्र के लिये यह और भी महत्वपूर्ण है कि हम अपनी ऊर्जा आवश्यकताओं की पूर्ति अधिकतम दक्षता के साथ करें एवं अनावश्यक ऊर्जा क्षय को रोके।

किसी कार्य को करने के दौरान ऊष्मा, ध्वनि, प्रकाश, घर्षण आदि से होने वाले ऊर्जा क्षय को जितना कम किया जा सके उतनी अधिक ऊर्जा हमें कार्य को पूरा करने के लिये मिलेगी। किसी कार्य को सम्पन्न करने के एक से अधिक विकल्प हो तो हमें उस विकल्प को चुनना चाहिये जो अधिक ऊर्जा दक्ष हो।

घरों में उपयोग में आने वाली विद्युत युक्तियां जैसे टीवी, माइक्रोवेव, वांशिग मशीन आदि को जब उपयोग में नहीं ले रहे हों तो उन्हें आपातोपयोगी अवस्था (Standby mode) में रखने से कुछ ऊर्जा का क्षय होता है। अतः जब इन्हें उपयोग में नहीं लेना हो तो हमे इनके स्विच ऑफ कर देने चाहिये।



चित्र 11.15 स्टार रेटिंग

वर्तमान में वाहन, पंखा, रेफ्रिजरेटर, वाशिंग मशीन, वातानुकूलन यंत्र एवं अन्य कई विद्युत साधित्र (Appliance) में स्टार रेटिंग

दी जाती है। ज्यादा स्टार रेटिंग वाले उपकरण ज्यादा ऊर्जा दक्ष होते हैं। ऊर्जा दक्ष साधित्र करीब 30% तक कम बिजली की खपत करते हैं। साथ ही हमें उतनी ही क्षमता का साधित्र खरीदना चाहिये जितनी हमारी आवश्यकता हो। अनावश्यक रूप से ज्यादा क्षमता का उपकरण खरीदने से ज्यादा ऊर्जा भी खर्च होगी।

बिजली का उपभोग कम करने के लिए हमें घरों में CFL एवं LED लाइटों का उपयोग करना चाहिये। एक सामान्य तापदीप्त बल्ब 1200 घण्टे की औसत सेवा देता है जबकि CFL की उम्र 8000 घंटे एवं LED का उपयोग काल करीब 50000 घंटे होता है। एक 60 W का बल्ब, 15 W का CFL एवं 8 W का LED लगभग समान प्रकाश ऊर्जा देते हैं लेकिन CFL व LED में ऊर्जा की खपत कम होगी। LED के उपयोग से कम ऊर्जा खपत होगी जिससे विद्युत उत्पादन के दौरान उत्पन्न होने वाली कार्बन डाई ऑक्साइड, सल्फर ऑक्साइड एवं अन्य हानिकारक उत्सर्जकों की मात्रा में कमी आएगी।

गर्मी व सर्दी में वातानुकूलन एवं मकानों में ऊष्मा विनिमय से बहुत ऊर्जा नष्ट हो जाती है। इसे कम करने के लिये घरों की दीवारों व छत को ऊष्मारोधी बनाने चाहिये। ऐसा करने से वातानुकूलन पर होने वाले खर्च में कमी आएगी। वर्तमान में नई तकनीकों की खोखली ईंटे बनाई जा रही है जो इमारत का कुल वजन कम करती है एवं एक कुचालक माध्यम की तरह कार्य करती है। जिससे मकान का वातानुकूलन खर्च कम हो सकता है।

प्राकृतिक ऊर्जा स्त्रोतों की हमें रक्षा करनी चाहिए एवं उनका अधिकतम उपयोग करना चाहिए। वर्षाकाल में बरसने वाले पानी को एकत्रित करके उन्हें विभिन्न उपयोग में लिया जा सकता है। इसके अतिरिक्त बचे पानी को पुनः जमीन में भेजने का प्रयास भी किया जाना चाहिये ताकि भू–जल स्तर अच्छा बना रहे एवं कम ऊर्जा खर्च करके वर्ष भर पानी मिल सके।

विद्युत उत्पादन के दौरान निकलने वाली अनुपयोगी व हानिकारक ग्रीन हाउस गैसों के उत्सर्जन में कमी लाने के लिये अधिक दक्ष निकाय का उपयोग किया जाना चाहिये एवं नवीनकरणीय ऊर्जा के स्त्रोत जैसे पवन ऊर्जा, सौर ऊर्जा आदि का उपयोग अधिक करना चाहिये।

इस प्रकार जहाँ–जहाँ सम्भव हो हम सभी को मिलकर ऊर्जा क्षय को कम करने में अपना योगदान देना चाहिये ताकि हम अपने पर्यावरण को बेहतर रख सकें एवं उच्च गुणवत्ता का जीवनयापन कर सकें।

1111 शक्ति (Power)

अब तक हमने पढ़ा कि कार्य इस पर निर्भर नहीं करता है कि उसे किस तरह किया गया है। किन्हीं दो स्थान A व B के बीच की दूरी तय करने में किया गया कार्य समान होगा। लेकिन एक व्यक्ति उस दूरी को दौड कर तय करे व दूसरा उसे तेज दौड़ कर कम समय में पूरी कर दे तो हम कहते है कि दूसरा व्यक्ति ज्यादा शक्तिशाली है। वैज्ञानिक रूप से कार्य सम्पन्न करने की दर को शक्ति कहते हैं। कार्य की तरह शक्ति भी अदिश राशि हैं।

यदि W कार्य को करने में t समय लगता है तो

$$\text{शक्ति } p = \frac{W}{t} = \frac{\text{कार्य}}{\text{समय}} = \frac{\text{जूल}}{\text{सेकण्ड}}$$

$$\because \text{ कार्य} = \text{बल} \times \text{विस्थापन} = F \times s$$

$$\text{अतः शक्ति } p = \frac{W}{t} = \frac{F \times s}{t}$$

$$\text{लेकिन } v = \frac{s}{t}$$

$$\text{अतः शक्ति } P = F v$$

$$= m a v$$

चित्र 11.15 शक्ति के उदाहरण

शक्ति का मात्रक

भाप इंजन के जनक जेम्स वाट के सम्मान में शक्ति के मात्रक को 'वाट' से दर्शाया जाता है।

वाट $(W) = \frac{\text{जूल}}{\text{सेकण्ड}}$

$1W = 1\, J/s$

शक्ति के अन्य मात्रकों में अश्व शक्ति (horse power) भी प्रचलन में है जिसका मान 746 वाट के बराबर होता है।

111 विद्युत शक्ति (Electric power)

यांत्रिक शक्ति की तरह ही विद्युत शक्ति भी कार्य करने की दर से ही मापी जाती है। विद्युत शक्ति का मात्रक वाट है लेकिन वाटेज शब्द सामान्य भाषा में विद्युत शक्ति के लिये उपयोग में लिया जाता है। यदि Q कूलाम का एक आवेश t सेकण्ड समय में V वोल्ट विद्युत विभव से गुजरता है तो

शक्ति $P = \frac{\text{कार्य}}{\text{समय}} = \frac{VQ}{t}$

लेकिन धारा $I = \frac{Q}{t}$ ऐम्पियर

$\therefore$ शक्ति $P = V.I$ वाट

विद्युत परिपथ में विद्युत ऊर्जा के स्थानान्तरण की दर को विद्युत शक्ति कहते है। विद्युत शक्ति सामान्यतः विभिन्न प्रकार के बिजली संयंत्रों में विद्युत जनित्रों द्वारा प्राप्त होती है। कई बार विद्युत बैटरी से भी विद्युत शक्ति प्राप्त की जाती है।

व्यावसायिक रूप से विद्युत शक्ति प्रदाता कम्पनी द्वारा विद्युत ऊर्जा उपभोग का खर्च किलोवाट घंटा के हिसाब से लिया जाता है। एक किलोवाट घंटा एक विद्युत यूनिट कहलाता है। जिसे विद्युत मीटर से पढ़ा जा सकता है।

1 यूनिट = 1 किलोवाट घंटा = 1000 Wh

1 kWh = 1000 W × 60 × 60 s

$= 3600000\, Ws = 3.6 \times 10^6 \frac{J}{s}.s$

$= 3.6 \times 10^6\, J$

अर्थात् 1 किलोवाट (1000 W) का बल्ब यदि एक घंटे तक उपयोग में लिया जाए तो 1 यूनिट विद्युत उपभोग होगा या एक 100 वाट के बल्ब को 10 घंटे जलाया जाये तो भी कुल विद्युत उपभोग 1 यूनिट होगा।

उदाहरण एक 60 kg का व्यक्ति 30 सेकण्ड में 5 मीटर ऊँचाई तक जाता है। व्यक्ति द्वारा उपयोग में ली गई शक्ति ज्ञात कीजिये। ($g = 10\, m/s^2$)

हलः व्यक्ति का द्रव्यमान $m = 60\, kg$

तय की गई दूरी $h = 5\, m$

समय t = 30 s

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

$= \frac{60 \times 10 \times 5}{30}$

$= 100\, W$

व्यक्ति ने 100 W शक्ति का उपयोग किया

उदाहरण 8 सुरेश व रमेश, एक 15 मीटर ऊँची पहाड़ी पर चढ़ते है। रमेश यह कार्य 19 सेकण्ड में पूरा करता है। जबकि सुरेश पहाड़ी पर 15 सेकण्ड में ही पहुँच जाता है। यदि दोनों मे से प्रत्येक का वजन 38 kg हो तो उनके द्वारा व्यय की गई शक्ति ज्ञात कीजिये। ($g = 10\, m/s^2$)

हलः (i) सुरेश द्वारा व्यय की गई शक्ति

सुरेश का भार $= mg = 38\, kg \times 10\, m/s^2$

$= 380\, N$

ऊँचाई $h = 15\, m$

समय $t = 15\, s$

शक्ति $P = \frac{W}{t} = \frac{mgh}{t} = \frac{[380 \times 15]}{15} W$

$= 380\, W$

(ii) रमेश द्वारा व्यय की गई शक्ति

रमेश का भार $= mg = 38 kg \times 10\, m/s^2$

$= 380\, N$

ऊँचाई $h = 15\, m$

समय $t = 19\, s$

शक्ति $P = \frac{W}{t} = \frac{380 \times 15}{19} W$

$= 300\, W$

उदाहरण एक लिफ्ट 5 मिनट में 300 मीटर ऊँचाई पर पहुँच जाती है। यदि लिफ्ट व उसमें रखे समान का द्रव्यमान 1000 kg हो तो लिफ्ट द्वारा किया गया कार्य एवं लिफ्ट की शक्ति ज्ञात कीजिये। $(g = 10\, m/s^2)$

हल: लिफ्ट का द्रव्यमान $m = 1000\, kg$

ऊँचाई $h = 300\, m$

समय $t = 5m = 5 \times 60 = 300\, s$

कार्य $= W = mgh = 1000kg \times 10\, m/s^2 \times 300\, m$

$= 3.0 \times 10^6 J$

शक्ति $P = \frac{W}{t} = \frac{3.0 \times 10^6 J}{300\, s} = 10 \times 10^3 W$

$= 10\, kW$

उदाहरण 1 एक घोड़ा क्षैतिज से 60º से कोण पर 30 N बल लगाता हुआ पीछे बंधी गाड़ी को 7.2 km/hour की चाल से 1 मिनट तक खींचता है। घोड़े द्वारा किया गया कार्य एवं घोड़े द्वारा व्यय शक्ति की गणना कीजिए। $\left(\cos 60^o = \frac{1}{2}\right)$

हल: बल $F = 30\, N$

गति $v = 7.2 km/h = \frac{7200 m}{60 \times 60 s}$

समय $t = 1\, m = 60\, s$

बल व विस्थापन की दिशा में कोण $= 60^o$

1 मिनट में तय की गई दूरी

$= v \times t = \frac{7200\, m}{60 \times 60\, s} \times 60\, s = 120m$

घोड़े द्वारा किया गया कार्य $W = F.s \cos\theta$

$= 30 \times 120 \times \cos 60$

$= 30 \times 120 \times \frac{1}{2}$

$= 1800\, J$

शक्ति $P = \frac{1800\, J}{60\, S} = 30\, W$

उदाहरण 11 यदि एक रेफ्रिजरेटर की औसत शक्ति 100 W है तो एक दिन में रेफ्रिजरेटर द्वारा खर्च की गई ऊर्जा की गणना यूनिटों में कीजिये।

हल: शक्ति $P = 100\, W = 0.1\, kW$

समय $t = 24\, h$

ऊर्जा $= p \times t = 0.1\, kW \times 24\, h$

$= 2.4\, kwh$

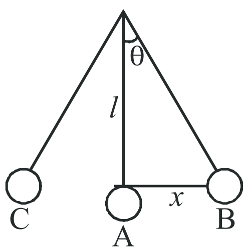
$= 2.4$ यूनिट

अतः रेफ्रिजरेटर 2.4 यूनिट विद्युत ऊर्जा एक दिन में खर्च करेगा।

उदाहरण 1 एक m द्रव्यमान के सरल लोलक को माध्य स्थिति से अल्प विस्थापन x करने से उसमें कितनी स्थितिज ऊर्जा होगी?

हल: यदि किसी क्षण लोलक का माध्य स्थिति से विस्थापन x है तो इस पर प्रत्यानयन बल F का मान

$$F = mg \sin\theta$$



यदि लोलक की कीलक से दूरी l हो एवं विस्थापन x, l की तुलना में अल्प हो तो

$$\sin\theta \quad \theta = \frac{x}{l}$$

$$\therefore \quad F = mg.\frac{x}{l}$$

यदि $\frac{mg}{l} = k$ ($\because$ m, g व l नियत है)

तो $F = kx$

यदि इस लोलक को dx दूरी से और विस्थापित करे तो किया गया कार्य

$$dW = F\, dx = kxdx$$

अतः लोलक की माध्य स्थिति से x विस्थापन करने में किया गया कार्य

$$W = \Sigma dW = \Sigma F\, dx$$

या $$W = \Sigma kxdx = \int_0^x kxdx$$

$\therefore$ $$w = \frac{1}{2}kx^2$$

जहां $$k = \frac{mg}{l}$$

अतः $$W = \frac{1}{2}\frac{mg}{l}x^2$$

किया गया कार्य W लोलक की स्थितिज ऊर्जा में परिवर्तन के बराबर होगा।

अतः $W = \Delta E_p = E_p - E_{p_0}$

यहाँ E_{p_0} माध्य स्थिति पर स्थितिज ऊर्जा है। गणना के लिए हमने इसे शून्य माना है।

अतः $W = E_p = \frac{1}{2}\frac{mg}{l}x^2$

या $E_p = \frac{1}{2}kx^2$

महत्वपूर्ण बिन्दु

1. बल द्वारा किसी वस्तु को विस्थापित करने को कार्य कहते है। कार्य = बल × बल की दिशा में विस्थापन
2. यदि F बल लगाने पर विस्थापन s हो एवं बल की दिशा व विस्थापन की दिशा के मध्य कोण हो तो कार्य
3. कार्य एक अदिश राशि है एवं इसका मात्रक जूल है।
4. कार्य करने की क्षमता ही ऊर्जा है।
5. यांत्रिक ऊर्जा के दो स्वरूप है (a) गतिज ऊर्जा और (b) स्थितिज ऊर्जा
6. यदि m द्रव्यमान की वस्तु v वेग से गतिमान है तो गतिज ऊर्जा $\frac{1}{2}mv^2$ होगी।
7. वस्तु की स्थिति अथवा अवस्था के कारण वस्तु में विद्यमान ऊर्जा को स्थितिज ऊर्जा कहते है।
8. h ऊँचाई पर स्थित वस्तु की स्थितिज ऊर्जा mgh होगी।
9. संरक्षी बलों द्वारा किया गया कार्य पथ पर निर्भर नहीं करता है।
10. संरक्षी बलों की उपस्थिति में निकाय की यांत्रिक ऊर्जा संरक्षित रहती है अर्थात् उसकी गतिज ऊर्जा व स्थितिज ऊर्जा का योग सदैव स्थिर रहता है।
11. ऊर्जा संरक्षण नियम के अनुसार किसी विलगित निकाय की कुल ऊर्जा स्थिर रहती है। ऊर्जा को न तो उत्पन्न किया जा सकता है न ही उसे नष्ट किया जा सकता है। ऊर्जा केवल एक स्वरूप से दूसरे स्वरूप में रूपान्तरित की जा सकती है।
12. जब ऊर्जा का रूपान्तरण होता है तो ऊर्जा का कुछ भाग ऊष्मा, ध्वनि, प्रकाश आदि के रूप में क्षय हो जाता है।
13. आवेशित कणों में निहित ऊर्जा विद्युत ऊर्जा कहलाती है।
14. कार्य करने की दर को शक्ति कहते है। शक्ति का मात्रक वाट है।
15. विद्युत शक्ति उपयोग का व्यावसायिक मात्रक यूनिट है। 1 यनिट 1 किलोवाट घण्टा के बराबर होता है।
16. 1 अश्वशक्ति 746 वाट के बराबर होता है।

अभ्यासार्थ प्रश्न

बहुचयनात्मक प्रश्न

1. कार्य का मात्रक है

   (क) न्यूटन (ख) जूल

   (ग) वाट (घ) इनमें से कोई नहीं

2. यदि बल F व विस्थापन s के मध्य θ कोण बन रहा हो तो किये गये कार्य का मान होगा

   (क) F s sin θ (ख) F s θ

   (ग) F s cos θ (घ) F s tan θ

3. m द्रव्यमान की वस्तु v वेग से गतिमान हो तो गतिज ऊर्जा का मान होगा

   (क) mv (ख) mgv

   (ग) mv^2 (घ) $\frac{1}{2}mv^2$

4. m द्रव्यमान की वस्तु पृथ्वी से h ऊँचाई पर स्थित हो तो उसकी स्थितिज ऊर्जा का मान होगा

(क) mgh (ख) $\frac{mg}{h}$

(ग) $\frac{mh}{g}$ (घ) $\frac{1}{2}mgh^2$

5. शक्ति का मात्रक है

(क) न्यूटन (ख) वाट

(ग) जूल (घ) न्यूटन–मीटर

6. 1 kg द्रव्यमान को 4 मीटर ऊँचाई पर ले जाने में किये गये कार्य का मान होगा $(g \quad 10\, m/s^2)$

(क) 1 जूल (ख) 4 जूल

(ग) 20 जूल (घ) 40 जूल

7. पृथ्वी की ओर मुक्त रूप से गिरती हुई वस्तु की कुल ऊर्जा का मान

(क) बढ़ता जाता है (ख) घटता जाता है

(ग) नियत रहता है (घ) शून्य हो जाता है

8. यदि एक वस्तु का वेग दो गुना कर दिया जाए तो वस्तु की गतिज ऊर्जा कितनी होगी?

(क) एक चौथाई (ख) आधी

(ग) दो–गुनी (घ) चार–गुनी

9. विद्युत ऊर्जा का व्यावसायिक मात्रक है

(क) जूल (ख) वाट–सेकण्ड

(ग) किलोवाट घण्टा (घ) किलोवाट प्रति घण्टा

10. एक स्प्रिंग को प्रत्यास्थता सीमा में x दूरी तक संपीडित करने पर उसमें अर्जित स्थितिज ऊर्जा का मान होगा (स्प्रिंग नियतांक k है)

(क) kx (ख) $\frac{1}{2}kx^2$

(ग) kx^2 (घ) इनमें से कोई नहीं

अतिलघूत्तरात्मक प्रश्न

1. कार्य की परिभाषा दीजिये एवं इसका मात्रक लिखिये।
2. ऊर्जा क्या है? ऊर्जा का मात्रक लिखिये।
3. गतिज ऊर्जा से आप क्या समझते है?
4. स्थितिज ऊर्जा क्या होती है।
5. ऊर्जा संरक्षण नियम बताइये।
6. ऊर्जा का क्षय सामान्यतया किन–किन रूपों में होता है?
7. क्या एक शत प्रतिशत दक्ष निकाय बनाया जा सकता है?
8. विद्युत ऊर्जा से आपका क्या अभिप्राय है?
9. कोई तीन प्रकार के विद्युत संयंत्रों के नाम लिखिये।
10. शक्ति किसे कहते हैं? शक्ति का मात्रक लिखिये।
11. घरो में बिजली की खपत कम करने के लिये कौनसी लाइट का प्रयोग उचित होगा?
12. नये घरेलू बिजली से चलने वाले उपकरणों को खरीदते समय किन बातों का ध्यान रखना चाहिये?
13. एक वस्तु पर 20 N बल लगाने पर वह 10 m विस्थापित हो जाती है। किये गये कार्य की गणना कीजिए। (200 जूल)
14. एक 30 kg द्रव्यमान की वस्तु को 2m ऊपर उठाने में 1 मिनट लगता है तो व्यय की गई शक्ति की गणना कीजिये। (10 W)
15. 60 W का एक बल्ब 8 घण्टे प्रतिदिन जलाया जाए तो 30 दिन में कुल कितनी विद्युत यूनिट का उपयोग होगा? (14.4 यूनिट)

लघूत्तरात्मक प्रश्न

1. कार्य से आप क्या समझते है? यदि विस्थापन की दिशा बल की दिशा से भिन्न हो तो कार्य की गणना कैसे की जाती है? उदाहरण सहित समझाइये।
2. u वेग से गतिमान एक वस्तु पर F बल लगाने पर वस्तु का वेग बढकर v हो जाता है। यदि इस दौरान तय की गई दूरी s हो तो वस्तु की गतिज ऊर्जा में वृद्धि की गणना कीजिये।
3. स्थितिज ऊर्जा किसे कहते है? एक आदर्श स्प्रिंग का नियतांक k हो तो स्प्रिंग को x दूरी तक संपीडित करने पर स्प्रिंग द्वारा अर्जित स्थितिज ऊर्जा का सूत्र ज्ञात कीजिये।
4. एक वस्तु नियत वेग v से गतिमान है। यदि वस्तु का द्रव्यमान m हो तो बताइये कि उस वस्तु को विरामावस्था में लाने में कितना कार्य करना पड़ेगा?

5. यांत्रिक ऊर्जा संरक्षण से आप क्या समझते हैं?

6. एक वस्तु मुक्त रूप से ऊँचाई से गिरती है तो उसकी स्थितिज ऊर्जा निरन्तर कम होती जाती है। इस प्रक्रिया में यांत्रिक ऊर्जा संरक्षण किस प्रकार हो रहा है?

7. ऊर्जा क्षय किस प्रकार होता है?

8. विद्युत ऊर्जा के उत्पादन से लेकर घरों तक उपभोग होने तक ऊर्जा क्षय किस प्रकार होता है?

9. कार्य, ऊर्जा एवं शक्ति किस प्रकार एक दूसरे से संबंधित हैं?

10. विद्युत ऊर्जा से आप क्या समझते हैं? कोयला संयंत्र से विद्युत ऊर्जा किस प्रकार प्राप्त की जाती है?

11. जल विद्युत संयंत्र द्वारा विद्युत ऊर्जा का उत्पादन कैसे होता है?

12. विद्युत ऊर्जा क्षय को हम किस प्रकार कम कर सकते हैं?

13. मकानों में वातानुकुलन को ज्यादा प्रभावी बनाने के लिये क्या किया जा सकता है?

14. विद्युत शक्ति क्या है? हमारे घरों में आने वाली विद्युत शक्ति के उपभोग की गणना कैसे की जाती है? उदाहरण देकर समझाइये।

15. जब हम स्वीच को चालू करके बल्ब को प्रदीप्त करते है तो उसमें होने वाले ऊर्जा रूपान्तरणों को बताइये।

निबंधात्मक प्रश्न

1. ऊर्जा किसे कहते है? सिद्ध कीजिये कि वस्तु द्वारा सम्पन्न कार्य उसकी दो विभिन्न अवस्थाओं में विद्यमान गतिज ऊर्जा के अन्तर के बराबर होता है।

2. विद्युत ऊर्जा क्या है? निम्न संयंत्रों में विद्युत ऊर्जा का उत्पादन कैसे होता है? समझाइये।
(अ) जल–विद्युत संयंत्र (ब) पवन–बिजली संयंत्र (स) सौर–ऊर्जा संयंत्र

3. एक आदर्श सरल लोलक की कुल ऊर्जा संरक्षित रहती है। सरल लोलक की भिन्न अवस्थाओं में ऊर्जा की गणना कर इस कथन को सिद्ध कीजिये।

4. ऊर्जा के रूपान्तरण में होने वाले विभिन्न प्रकार के क्षय को समझाइये। इन क्षयों को कम करने के लिए क्या किया जा सकता है?

5. सिद्ध कीजिये कि गुरूत्वीय क्षेत्र में स्वतंत्रता से गिरती हुई वस्तु की यांत्रिक ऊर्जा गति के प्रत्येक बिन्दु पर स्थिर रहती है।

आंकित प्रश्न

1. एक इलेक्ट्रॉन 1.2×10^6 m/s के वेग से गतिमान है। यदि इलेक्ट्रॉन का द्रव्यमान 9.1×10^{-31} kg हो तो उसकी गतिज ऊर्जा ज्ञात कीजिये। (6.55×10^{-19} J)

2. एक मशीन 40 kg की वस्तु को 10 m ऊँचाई पर ले जाती है तो किये गये कार्य की गणना कीजिये।
($g = 9.8\ m/s^2$) (3.92 kJ)

3. एक 6 kg की वस्तु 5 m की ऊँचाई से गिरती है। वस्तु की स्थितिज ऊर्जा में परिवर्तन ज्ञात कीजिये।
($g = 10\ m/s^2$) (300 J)

4. एक स्प्रिंग का नियतांक 4×10^3 N/m है। इस स्पिंग को 0.04 m संपीडित करने में कितना कार्य करना पडेगा? (3.2 J)

5. एक स्प्रिंग को 0.02 m खींचने में 0.4 J कार्य करना पड़ता है। स्प्रिंग नियतांक ज्ञात कीजिये।
(2×10^3 N/m)

6. एक इंजन द्वारा व्यय की गई शक्ति की गणना कीजिये जो 200 kg द्रव्यमान को 50 m ऊँचाई तक 10 सेकण्ड में ले जाता है। ($g = 10\ m/s^2$) (10 kW)

7. एक घर में 5 युक्तियां प्रतिदिन 10 घण्टे तक उपयोग में ली जाती है। यदि इनमें से 2 युक्तियाँ 200 W की हो एवं तीन युक्तियां 400 W की हो तो इनके द्वारा एक दिन में व्यय की गई ऊर्जा विद्युत यूनिटों में ज्ञात कीजिये। (16 यूनिट)

8. 2 m/s वेग से चल रहे 40 kg द्रव्यमान पर एक बल लगाया जाता है जिससे उसका वेग बढ़कर 5 m/s हो जाता है। बल द्वारा किये गये कार्य का परिकलन कीजिये। (420 J)

9. यदि 50 kg की एक वस्तु को धरातल से 3 मीटर ऊँचाई पर उठाया जाए तो उसकी स्थितिज ऊर्जा की गणना कीजिये। अब इस वस्तु को मुक्त रूप से गिरने दिया जाये तो वस्तु की गतिज ऊर्जा ज्ञात कीजिये जब वह ठीक आधे रास्ते पर हो।
($g = 10\ m/s^2$) (1.5 kJ, 750 J)

10. 8 kg का एक गुटखा घर्षण रहित पृष्ठ पर 4 m/s के वेग से गतिमान है। यह गुटखा स्प्रिंग को संपीडित करके विरामावस्था में आ जाता है। यदि स्प्रिंग नियतांक 2×10^4 N/m हो तो स्प्रिंग कितना संपीडित होगा?
(0.08 m)

उत्तरमाला

1. (ख) 2. (ग) 3. (घ) 4. (क) 5. (ख)
6. (घ) 7. (ग) 8. (घ) 9. (ग) 10. (ख)