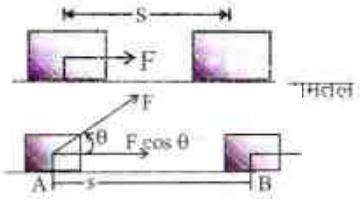
अध्याय 11कार्य, ऊर्जा और शक्ति

कार्य(W) :बल एवं बल की दिशा में उत्पन्न विस्थापन का गुणनफल कार्य कहलाता है।

कार्य = बल x बल की दिशा में विस्थापन

$W = F \times S$



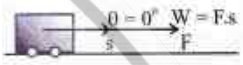
किसी वस्तु को बिन्दु A से बिन्दु B तक S विस्थापन करवाने में बल की दिशा विस्थापन की दिशा के साथ θ कोण बनाये तो विस्थापन की दिशा में बल का घटक = $F\cos\theta$

अतः किया गया कार्य = विस्थापन की दिशा में बल का घटक x विस्थापन

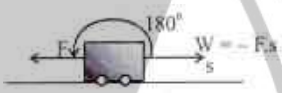
$W = F \cos\theta \times S = FS\cos\theta$

स्थिति (1) : यदि विस्थापन व बल की दिशा समान हो तो कार्य अधिकतम होता है क्योंकि $\theta = 0$ तथा $\cos 0^0 = 1$ अतः $W = FS\cos 0^0 = F\ S \times 1 = FS$

उदाहरण (ऊँचाई से गिरती वस्तु) : यदि m द्रव्यमान की वस्तु h ऊँचाई से गिरती है तो पृथ्वी के गुरूत्वीय त्वरण g के कारण वस्तु पर कार्यरत बल F = mg एवं विस्थापन = h यहाँ बल व विस्थापन के बीच कोण शून्य है अतः कार्य अधिकतम होगा क्योंकि $\theta = 0$ तथा $\cos 0^0 = 1$ अतः $W = FS\cos 0^0 = mg \times h \times 1 = mgh$



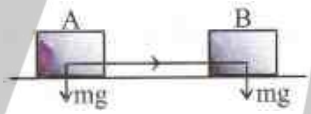
स्थिति (2) : यदि विस्थापन व बल की दिशा एकदम विपरीत हो तो कार्य ऋणात्मक होता है क्योंकि $\theta = -180^0$ तथा $\cos 180^0 = -1$ अतः $W = FS\cos 180^0 = F\ S \times -1 = -FS$



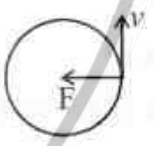
उदाहरण (गाड़ी को ब्रेक लगाकर रोकने में) : जब गाड़ी को ब्रेक लगाकर रोका जाता है तो बल गाड़ी की गति के विपरीत लगता है क्योंकि बल व विस्थापन विपरीत होते हैं अतः इस समय कार्य ऋणात्मक होता है।

स्थिति (3) : यदि विस्थापन व बल की दिशा लम्बवत् हो तो कार्य शून्य होता है क्योंकि $\theta = 90^0$ तथा $\cos 90^0 = 0$ अतः $W = FS\cos 90^0 = F\ S \times 0 = 0$

उदाहरण (समतल धरातल पर वस्तु को खींचने में) : समतल धरातल पर वस्तु को खींचने में गुरूत्वीय बल द्वारा शून्य कार्य किया जायेगा क्योंकि बल व विस्थापन लम्बवत् रहेंगे अतः गुरूत्वीय बल द्वारा शून्य कार्य होगा तथा विस्थापन में जो भी कार्य होगा वह घर्षण के विपरीत किया जायेगा। इसी कारण सिर पर वस्तु रखकर ढ़ोना अधिक आसान है।



उदाहरण (वर्तुल गति में) : वर्तुल गति में अभिकेन्द्र बल गतिमान वस्तु पर लम्बवत् कार्य करता है अतः अभिकेन्द्र बल द्वारा कोई कार्य नहीं किया जाता।



निष्कर्ष : (1) अदिश राशि है। (2) बल या बल के घटक की दिशा तथा विस्थापन की दिशा एक ही हो तो कार्य धनात्मक होता है अन्यथा कार्य ऋणात्मक होता है। (3) यदि विस्थापन शून्य हो तो कार्य भी शून्य होता है चाहे बल लगा हो या ऊर्जा का व्यय हुआ हो।

कार्य का मात्रक : कार्य = बल x विस्थापन = न्यूटन x मीटर = जूल

= डाइन x सेमी = अर्ग

1 जूल = 10^7 अर्ग (क्योंकि 1 न्यूटन = 10^5 डाईन तथा 1 मीटर = 100 सेमी)

ऊर्जा एवं ऊर्जा के प्रकार :

ऊर्जा :किसी वस्तु में कार्य करने की क्षमता को ऊर्जा कहते हैं। ऊर्जा अदिश राशि है तथा इसका मात्रक जूल है।

ऊर्जा के प्रकार : यांत्रिक ऊर्जा, ऊष्मा ऊर्जा, रासायनिक ऊर्जा, विद्युत ऊर्जा, गुरूत्वीय ऊर्जा, नाभिकीय ऊर्जा

www.teachergyan.com

Vivaan Classes

यांत्रिक ऊर्जा : किसी वस्तु की गति या स्थिति या दोनों के कारण संचित ऊर्जा यांत्रिक ऊर्जा कहलाती है।

ऊष्मा ऊर्जा : ऊष्मा के कारण सूक्ष्म कणों द्वारा गतिमान ऊर्जा। जैसे आग की चिमनी में सूक्ष्म कण उच्च ताप से निम्न ताप की ओर ऊर्जा स्थानान्तरण करते हैं।

रासायनिक ऊर्जा : रासायनिक क्रियाओं द्वारा प्राप्त ऊर्जा। जैसे बैटरी, भोजन, कोयला, रसोई गैस

विद्युत ऊर्जा : विद्युत आवेशों द्वारा उत्पन्न ऊर्जा।

गुरूत्वीय ऊर्जा : पृथ्वी के गुरूत्वाकर्षण बल के कारण ऊर्जा।

नाभिकीय ऊर्जा : नाभिकीय विखण्डन या संलयन से प्राप्त ऊर्जा।

यांत्रिक ऊर्जा (गतिज एवं स्थितिज) :

किसी वस्तु की यांत्रिक ऊर्जा उसकी गतिज व स्थितिज ऊर्जा के योग के बराबर होती है।

गतिज ऊर्जा : किसी वस्तु में उसकी गति के कारण निहित ऊर्जा को गतिज ऊर्जा कहते हैं। जैसे बहता पानी, गिरता फल, उड़ते पक्षी, चलती कार, तेज हवा आदि।

गतिज ऊर्जा का मापन : यदि कोई वस्तु विरामावस्था में है तो उसे वेग प्राप्त करने के लिए किया गया कार्य गतिज ऊर्जा के बराबर होता है या कोई वस्तु गतिशील है तो उसे विरामावस्था में लाने में किया गया कार्य गतिज ऊर्जा के बराबर होता है।

माना m द्रव्यमान की एक वस्तु एक समान वेग u से गतिशील है। इस पर एक बल F वस्तु की गति की दिशा में लगाया जाता है जिससे वस्तु s विस्थापित होती है। वस्तु पर किये गये कार्य W के कारण वस्तु का वेग v एवं त्वरण a हो जाता है 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 $F = ma = m\left(\frac{v^2 - u^2}{2s}\right)$

या $F = \frac{mv^2 - mu^2}{2s}$

या $Fs = \frac{mv^2 - mu^2}{2}$

या $W = \frac{mv^2 - mu^2}{2} = \frac{1}{2} m(v^2 - u^2)$ (चूंकि $W = fs$)

यदि वस्तु प्रारम्भ में विरामावस्था में हो तो $u = 0$ अतः किया गया कार्य $W = \frac{1}{2} m(v^2 - 0) = \frac{1}{2} mv^2$

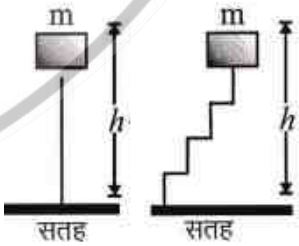
उक्त कार्य गतिज ऊर्जा में रूपान्तरण के बराबर होता है अतः

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

गतिज ऊर्जा सम्बन्धी तथ्य : गतिज ऊर्जा सदैव धनात्मक होती है। यह वस्तु के वेग व द्रव्यमान पर निर्भर करती है। वेग की दिशा पर निर्भर नहीं करती।

स्थितिज ऊर्जा : वस्तु की स्थिति या अवस्था में परिवर्तन के कारण संचित होने वाली ऊर्जा स्थितिज ऊर्जा कहलाती है। जैसे स्प्रिंग, रबर, तने हुए धनुष में।

गुरूत्वीय क्षेत्र में स्थितिज ऊर्जा : किसी वस्तु को पृथ्वी की सतह से किसी ऊंचाई तक ऊपर उठायें तो गुरूत्वीय त्वरण के विरूद्ध कार्य करना पड़ता है। इससे वस्तु की ऊर्जा में वृद्धि होती है। यह ऊर्जा वस्तु में स्थितिज ऊर्जा के रूप में संचित हो जाती है। माना m द्रव्यमान की वस्तु को h ऊँचाई तक उठाना है। इसके लिये लगाया गया बल F वस्तु के भार mg के बराबर होगा।



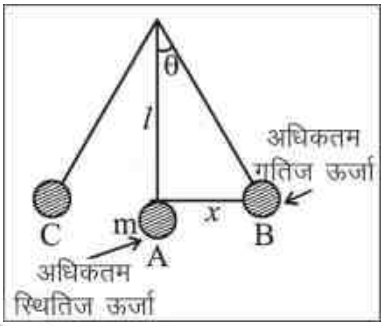
h ऊँचाई पर वस्तु की स्थितिज ऊर्जा = गुरूत्वीय बल के विरूद्ध किया गया कार्य

W = बल x विस्थापन = F.S = mgh

स्थितिज ऊर्जा का मान वस्तु की पृथ्वी से ऊँचाई तथा द्रव्यमान पर निर्भर करता है लेकिन पथ पर निर्भर नहीं करता।

Nivaan classes

सरल लोलक की स्थितिज ऊर्जा : लोलक में यांत्रिक ऊर्जा का रूपान्तरण निम्न तरह से होता है–



(1)जब सरल लोलक को उसकी साम्यावस्था से एक ओर विस्थापित करते हैं तो उसका गुरूत्व केन्द्र ऊपर उठता है। इस दौरान लोलक पर किया गया कार्य विस्थापित स्थिति में लोलक की स्थितिज ऊर्जा के रूप में निहित हो जाता है। यह अधिकतम स्थितिज ऊर्जा होती है। (चित्र में स्थिति बी)

(2) जब लोलक को बी स्थिति से साम्यावस्था की तरफ विस्थापित करें तो स्थितिज ऊर्जा कम होती है और माध्य स्थिति पर न्यूनतम हो जाती है एवं गति के कारण गतिज ऊर्जा अधिकतम हो जाती है (चित्र में स्थिति ए)। इस गतिज ऊर्जा के कारण लोलक माध्य स्थिति से दूसरी ओर जाने लगता है।

(3) अब गतिज ऊर्जा पुनः कम होने लगती है तथा स्थितिज ऊर्जा बढ़ जाती है। बिन्दु सी तक गतिज ऊर्जा शून्य हो जाती है तथा स्थितिज ऊर्जा अधिकतम हो जाती है। इस स्थितिज ऊर्जा के कारण लोलक पुनः माध्य स्थिति की तरफ आने लगता है।

लोलक एवं स्प्रिंग में स्थितिज ऊर्जा : यदि गोलक का द्रव्यमान m है तथा उसे कीलक से l लम्बाई के धागे से लटकाया गया है तो विस्थापन xके लिये लोलक की स्थितिज ऊर्जा

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

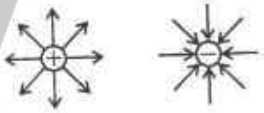
$$Ep = \frac{1}{2}kx^2 \quad (k = \text{स्थिरांक क्योंकि } m, g \text{ व } l \text{ स्थिर है})$$

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

k स्थिरांक की स्प्रिंग को x दूरी तक विस्थापित करने मेंनिहित स्थितिज ऊर्जा

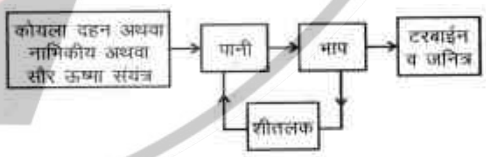
विद्युत ऊर्जा :जब कण आवेशित होते हैं तो आवेशित कणों के चारों ओर विद्युत क्षेत्र उत्पन्न होता है। यह विद्युत क्षेत्र समीप के दूसरे आवेशित कणों पर बल लगाता है एवं उन्हें गति प्रदान करता है जिससे ऊर्जा का संचरण होता है।

समान आवेशित कणों के बीच प्रतिकर्षण तथा विपरीत आवेशित कणों के बीच आकर्षण होता है। परम्परानुसार धनात्मक कणों द्वारा उत्पन्न विद्युत क्षेत्र को बाहर की ओर निकलता तथा ऋणावेशित कणों द्वारा उत्पन्न विद्युत क्षेत्र को अन्दर की ओर जाते हुए दिखाया जाता है।



आवेशित कणों में ऊर्जा रूपान्तरण एवं विद्युत उत्पादन: आवेशित कणों की स्थिति के कारण उनमें स्थितिज ऊर्जा संचित होती है। धनावेशित कण को ऋणआवेशित स्त्रोत से दूर ले जाने में बल लगाना होता है। इससे धनावेशित कण की स्थितिज ऊर्जा बढ़ जाती है। जैसे ही बाह्य बल को हटाते हैं धनावेशित कण अधिक स्थितिज ऊर्जा से कम स्थितिज ऊर्जा की ओर गति करने लगता है। इससे धनावेशित कण स्वतः ही ऋणावेशित कण की ओर गति करने लगता है। अतः आवेशित कणों की स्थितिज ऊर्जा गतिज ऊर्जा में बदल जाती है। यह ऊर्जा हमें विद्युत ऊर्जा के रूप में मिलती है।

विद्युत संयत्रः विद्युत संयत्र में किसी भी युक्ति से टरबाईन व जनित्र को गति करवाकर विद्युत उत्पादन किया जाता है।



कोयला संयत्र में कोयले को जलाकर, *नाभिकीय संयत्र* में नाभिकीय विखण्डन द्वारा प्राप्त ऊष्मा से, *सौर ऊष्मा संयत्र* में लेन्स व दर्पणों से सौर ऊर्जा को केन्द्रित कर जल को भाप में बदला जाता है। भाप टरबाईन को घुमाती है जिससे टरबाईन से जुड़े जनित्र से विद्युत उत्पादन होने लगता है। *जल–विद्युत संयत्र* में एकत्र पानी को ऊँचाई से गिराकर तथा *पवन ऊर्जा संयत्र* में तेज हवा की गति से टरबाईन को घुमाया जाता है।

सौर प्रकाश वोल्टीय ऊर्जा संयत्र में खुली जगह पर सौर पेनल लगाये जाते हैं। सौर पेनलों के प्रकाश वोल्टीय सेल आपतित सूर्य किरणों से फोटोन ग्रहण कर इलेक्ट्रोन को उत्तेजित करते हैं। ये आवेशित कण विद्युत धारा के रूप में परिपथ में बहते हैं।

ऊर्जा रूपान्तरण : कार, मोबाइल : रासायनिक ऊर्जा से विद्युत ऊर्जा
बल्ब, हीटर : विद्युत ऊर्जा से प्रकाश एवं ऊष्मा ऊर्जा

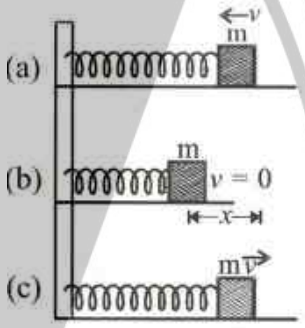
हमारे शरीर में श्वसन से प्राप्त ऊर्जा का कुछ भाग विद्युत ऊर्जा में बदलता है जो मस्तिष्क, हृदय आदि तक पहुँचता है।

विद्युत संरक्षण(यांत्रिक ऊर्जा संरक्षण का नियम) :

यांत्रिक ऊर्जा संरक्षण के नियम के अनुसार किसी भी निकाय की यांत्रिक ऊर्जा नियत रहती है, यदि निकाय पर कोई असंरक्षी बल कार्य नहीं करे। अतः ऊर्जा को न तो उत्पन्न किया जा सकता है न ही नष्ट किया जा सकता है। केवल रूपान्तिरित किया जा सकता है।

स्प्रिंग में यांत्रिक ऊर्जा संरक्षण की व्याख्या:

स्प्रिंग के एक सिरे को दीवार से जोड़कर दूसरे सिरे पर द्रव्यमान का एक गुटका जोड़ देते हैं। निकाय को घर्षण रहित क्षैतिज धरातल पर रखते हैं। स्प्रिंग को संपीडित करने के लिए गुटके को दीवार की तरफ दबाते हैं जिससे वह v वेग से गतिशील हो जाता है। इस समय गुटके की गतिज ऊर्जा $\frac{1}{2} mv^2$ होती है। इस ऊर्जा से गुटका स्प्रिंग को x दूरी तक संपीडित कर देता है। इस संपीडन से स्प्रिंग में स्थितिज ऊर्जा $\frac{1}{2} kx^2$ संचित हो जाती है (k = स्प्रिंग नियतांक)। इस स्थितिज ऊर्जा के कारण स्प्रिंग पुनः साम्यावस्था में आने के लिये गुटके को विपरीत दिशा में v वेग प्रदान करती है। इस कारण गुटके की गतिज ऊर्जा पुनः $\frac{1}{2} mv^2$ हो जाती है। गतिज ऊर्जा के कारण साम्यावस्था के आगे भी स्प्रिंग में फैलाव आता है। इस पूरी प्रक्रिया में गतिज ऊर्जा व स्थितिज ऊर्जा का योग स्थिर रहता है। यदि गतिज ऊर्जा बढ़ती है तो स्थितिज ऊर्जा कम हो जाती है तथा स्थितिज ऊर्जा बढ़ती है तो गतिज ऊर्जा कम हो जाती है। यदि स्थितिज ऊर्जा एवं गतिज ऊर्जा में परिवर्तन क्रमशः ΔE_K व ΔE_P हो तो $\Delta E_P = - \Delta E_K$ या $\Delta E_P + \Delta E_K = 0$



या कुल यांत्रिक ऊर्जा $E_m = E_P + E_K$

वास्तव में असंरक्षी बलों (घर्षण, श्यानता) के कारण यांत्रिक ऊर्जा का कुछ भाग ध्वनि, ऊष्मा आदि में बदल जाता है अतः यांत्रिक ऊर्जा में कमी आ जाती है लेकिन कुल ऊर्जा सदैव नियत रहती है।

$$E = E_m + E_{ध्वनि} + E_{ऊष्मा} + \text{अन्य} = \text{नियत}$$

ऊर्जा का क्षय: ऊर्जा के रूपान्तरण के दौरान हवा के घर्षण, टक्कर आदि के कारण कुछ भाग ऊष्मा ऊर्जा एवं ध्वनि ऊर्जा में तथा पदार्थ की प्रकृति के कारण कुछ भाग प्रकाश ऊर्जा में बदल जाता है, जिससे निकाय पूर्ण दक्ष नहीं रह पाता। अतः युक्तियों को पूर्ण दक्ष बनाने के लिये ऊर्जा का क्षय कम करना आवश्यक है।

ऊर्जा संरक्षण के उपाय : आवश्यकता नहीं होने पर उपकरणों के स्विच बंद करने चाहिये। उपकरण अधिकतम स्टार रेटिंग द्वारा प्रमाणित होने चाहिये। आवश्यकतानुसार क्षमता के उपकरण खरीदने चाहिये। बल्ब के स्थान पर एलईडी या सीएफएल का उपयोग करना चाहिये। छतें व दीवारें ऊष्मारोधी होनी चाहिये ताकि विद्युत व्यय कम हो। जल की बचत करनी चाहिये। नवीकरणीय ऊर्जा स्त्रोतों का उपयोग करना चाहिये।

एलईडी या सीएफएल के लाभ : ऊर्जा की खपत में कमी, अप्रत्यक्ष रूप से प्रदूषण में कमी।

शक्ति : कार्य करने की दर को शक्ति कहते हैं। शक्ति अदिश राशि है।

यदि W कार्य करने में t समय लगता है तो शक्ति $(P) = \frac{\text{कार्य}}{\text{समय}} = \frac{W}{t}$

$(P) = \frac{F.s}{t}$ (चूंकि कार्य = बल x विस्थापन)

$(P) = F.V$ (चूंकि वेग $V = S/t$)

$(P) = ma.V$ (चूंकि बल $F = ma$)

शक्ति का मात्रक : जूल/सैकण्ड या वाट
अश्व शक्ति (1 अश्व शक्ति = 746 वाट)

विद्युत शक्ति (P) :किसी विद्युत परिपथ मे विद्युत धारा प्रवाहित करने पर उसके द्वारा कार्य करने की दर को ही उस परिपथ की विद्युत शक्ति कहते हैं।

शक्ति = किया गया कार्य /समय

$P=w/t = VQ/t$

$P= VI$

विद्युत दर की गणना : विद्युत ऊर्जा विद्युत शक्ति व समय का गुणनफल होती है। अतः विद्युत ऊर्जा का मात्रक वाट घंटा है। इसका व्यापारिक मात्रक किलोवाट घंटा या यूनिट है।

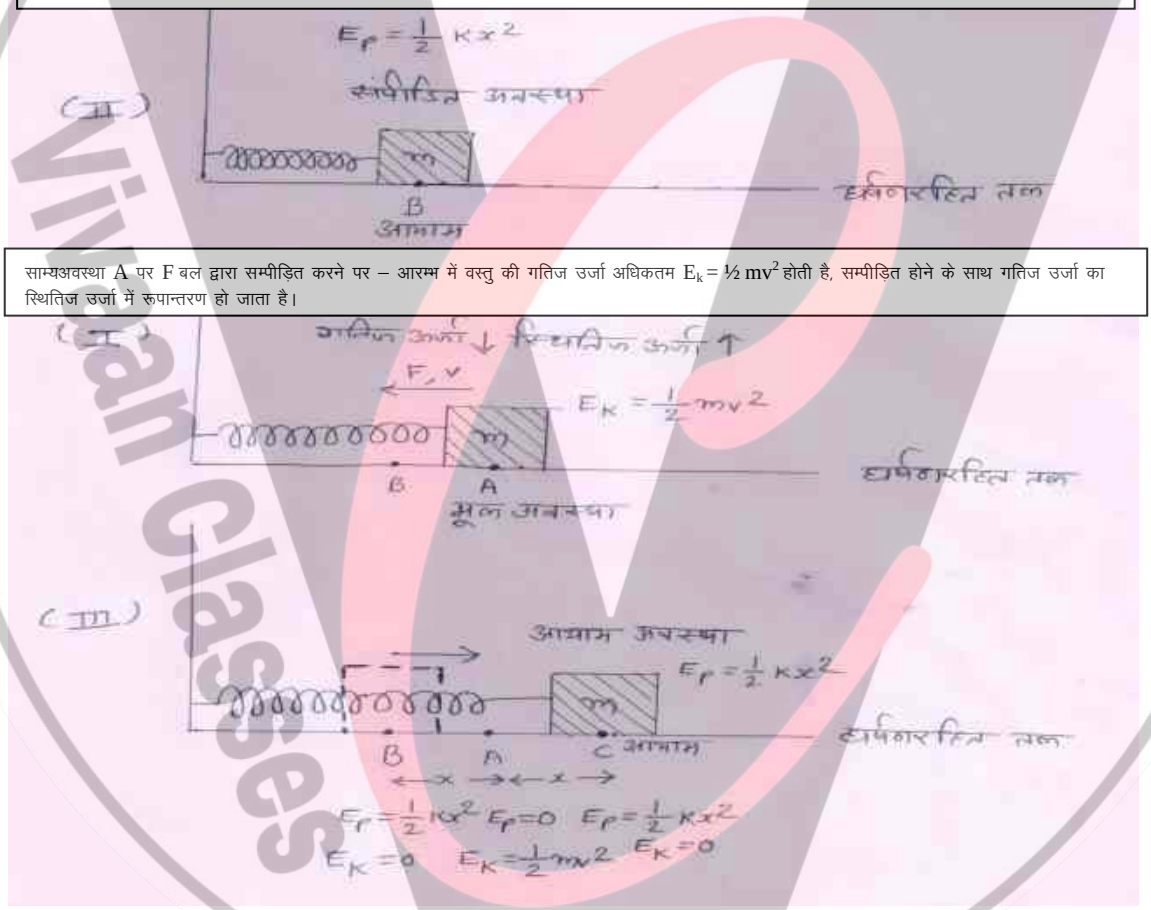
1 Unit =1KWh= 1000Wh = 1000 W × 60 x 60 Sec.

$=36 \times 10^5 W \times Sec. = 36 \times 10^5$ जूल $= 3.6 \times 10^6$ जूल

विद्युत व्यय निकालने के लिए विद्युत ऊर्जा = $\frac{\text{शक्ति (वाट) x समय (घंटे)}}{1000}$

स्प्रिंग की गति में उर्जा संरक्षण नियम आरेख चित्र द्वारा

अधिकतम संपीड़न बिन्दु B पर – स्थितिज उर्जा अधिकतम एवं गतिज उर्जा शून्य होती है।



साम्यअवस्था A पर F बल द्वारा सम्पीड़ित करने पर – आरम्भ में वस्तु की गतिज उर्जा अधिकतम $E_k = ½ mv^2$ होती है, सम्पीड़ित होने के साथ गतिज उर्जा का स्थितिज उर्जा में रूपान्तरण हो जाता है।

Vikram Classes