2. कार्य और ऊर्जा

- कार्य
- ऊर्जा
- यांत्रिक ऊर्जा
- ऊर्जा की अविनाशिता का नियम
- मुक्त पतन

प्रेक्षण कीजिए

2.1 विभिन्न घटनाएँ

बताइए

1. उपर्युक्त चित्र 2.1 में में कौन-कौन-सी घटनाओं में कार्य हुआ है?
कार्य का वैज्ञानिक दृष्टिकोण से विचार करते हुए कार्य नहीं हुआ, ऐसा हम कब कहते हैं?

सामान्यत: किसी भी शारीरिक या बौद्धिक कृति को कार्य संबोधित करने की प्रथा है। जब हम चलते या दौड़ते हैं तब अपने शरीर की ऊर्जा कार्य करने के लिए उपयोग में लाई जाती है।

अध्ययन करने वाली लड़की ने भी कार्य किया है ऐसा हम कहते हैं परंतु वह उसका मानसिक कार्य है।

भौतिकी के अध्ययन में हम भौतिक कार्य का विचार करते हैं। भौतिकी में कार्य शब्द का विशिष्ट अर्थ है।

'किसी पिंड पर बल प्रयुक्त करने पर उस पिंड का विस्थापन होने पर वैज्ञानिक दृष्टि से कार्य हुआ, ऐसा कहते हैं।

पदार्थ पर प्रयुक्त किए गए बल द्वारा किया गया कार्य, बल के परिमाण और पदार्थ के बल की दिशा में होने वाले विस्थापन के गुणनफल के बराबर होता है, आप यह सीख चुके हैं। अर्थात

कार्य = बल × विस्थापन

थोड़ा याद कीजिए

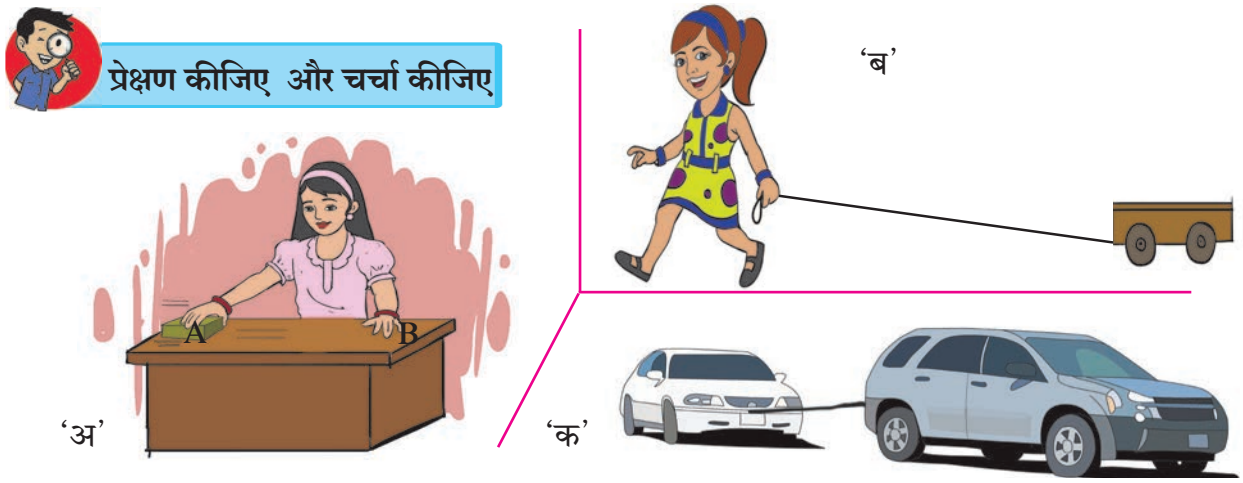
बल के प्रकार और उनके उदाहरण कौन-से हैं?

मीनाक्षी को लकड़ी का कुंदा स्थान A से स्थान B तक विस्थापित करना है। आगे के पृष्ठ पर चित्र 2.2 'अ' देखिए। उस समय उसके द्वारा F बल लगाने पर खर्च हुई संपूर्ण ऊर्जा का उपयोग क्या उस कुंदे में त्वरण उत्पन्न करने के लिए किया गया? उस ऊर्जा का उपयोग कौन-कौन-से बलों को निष्फल करने के लिए किया गया होगा?

थोड़ा सोचिए

पिंड का विस्थापन बल की दिशा में होते समय किए गए कार्य को ज्ञात करने की पद्धति आपने सीखी है परंतु यदि वस्तु का विस्थापन बल की दिशा में नहीं होता है तब निष्पन्न किए गए कार्य को कैसे ज्ञात किया जा सकता है?

प्रेक्षण कीजिए और चर्चा कीजिए



2.2 पिंड का विस्थापन

चित्र 2.2 के 'ब' और 'क' में दिखाई गई घटनाएँ आपने देखी होगी। छोटे बच्चे द्वारा गाड़ी खेलते समय उसके द्वारा लगाए गए बल और गाड़ी का होने वाला विस्थापन एक ही दिशा में नहीं होता है। उसी प्रकार बड़े वाहन द्वारा छोटे वाहन को खींचकर ले जाते हुए आपने देखा होगा। इस समय भी बल और विस्थापन की दिशा समान नहीं होती अर्थात विस्थापन की दिशा से कुछ अंश कोण पर बल लगाया गया होगा। ऐसे समय किए गए कार्य को कैसे ज्ञात किया जा सकता है, उसे देखेंगे।

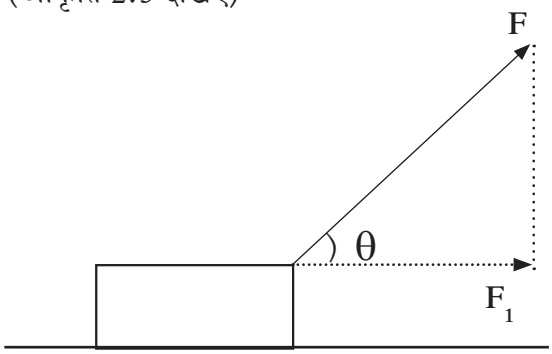
उपर्युक्त उदाहरण में छोटा बच्चा खिलौने की गाड़ी धागे की सहायता से खींचता है तब बल धागे की दिशा में लगाया जाता है और गाड़ी क्षैतिज समांतर (Horizontal) पृष्ठभाग पर खींची जाती है। इस समय किया गया कार्य ज्ञात करने के लिए लगाए गए बल को विस्थापन की दिशा में लगाए गए बल में रूपांतरित करना पड़ता है।

माना प्रत्यक्ष रूप से लगाया गया बल F और विस्थापन की दिशा में लगा बल F_1 है तथा विस्थापन s है। इस समय किया गया कार्य

$W = F_1 S$ ..... (1)

बल (F) धागे की दिशा में अर्थात् क्षैतिज के समांतर रेखा से कुछ अंश के कोण पर प्रयुक्त किया गया है।

F का क्षैतिज के समांतर दिशा में कार्य करने वाला घटक F_1 त्रिकोणमिति की सहायता से ज्ञात किया जा सकता है। (आकृति 2.3 देखिए)



2.3 विस्थापन के लिए लगा हुआ बल

$\cos\theta$ = कोण की संलग्न भुजा / कर्ण

$$\cos\theta = \frac{F_1}{F}$$

$F_1 = F\cos\theta$

इसलिए इस बल द्वारा किया गया कार्य

$W = F\cos\theta\, s$

$W = F\, s\cos\theta$

θ के विशेष मान के लिए किए गए कार्य के बारे में निष्कर्ष सारिणी में लिखिए।

θ	$\cos\theta$	$W = F\, s\cos\theta$	निष्कर्ष
0^0	1	$W = F\, s$	
90^0	0	0	
180^0	−1	$W = -F\, s$	

कार्य की इकाई

कार्य = बल × विस्थापन

SI प्रणाली में बल की इकाई न्यूटन (N) और विस्थापन की इकाई मीटर (m) है । इसलिए कार्य की इकाई न्यूटन-मीटर है। इसे ही ज्यूल कहते हैं।

1 ज्यूल : 1 न्यूटन बल की क्रिया द्वारा पिंड का बल की दिशा में 1 मीटर स्थापन होता है तो किए गए कार्य को 1 ज्यूल कहते हैं।

∴ 1 ज्यूल = 1 न्यूटन × 1 मीटर

1 J = 1 N × 1m

CGS प्रणाली में बल की इकाई डाइन और विस्थापन की इकाई सेंटीमीटर (cm) है । इसलिए कार्य की इकाई डाइन-सेंटीमीटर है। इसे ही अर्ग कहते हैं।

1 अर्ग : 1 डाइन बल की क्रिया द्वारा पिंड का बल की दिशा में 1 सेंटीमीटर विस्थापन होता है तो किए गए कार्य को 1 अर्ग कहते हैं।

1 अर्ग = 1 डाइन × 1 सेमी

ज्यूल और अर्ग में संबंध

हमें ज्ञात है कि, 1 न्यूटन = 10^5 डाइन और 1 मीटर = 10^2 सेमी

कार्य = बल × विस्थापन

1 ज्यूल = 1 न्यूटन × 1 मीटर

1 ज्यूल = 10^5 डाइन × 10^2 सेमी

= 10^7 डाइन सेमी

1 ज्यूल = 10^7 अर्ग

धनात्मक, ऋणात्मक और शून्य कार्य (Positive, Negative and Zero work)

विचार कीजिए और बताइए बल और विस्थापन की दिशाओं के बारे में चर्चा कीजिए।

1. बंद पड़ी हुई गाड़ी को धक्का देना।
2. आपके मित्र द्वारा आपकी ओर फेंकी गेंद को पकड़ना।
3. धागे के सिरे से पत्थर बाँधकर गोल-गोल घुमाना।
4. सीढ़ियाँ चढ़ना और उतरना, वृक्ष पर चढ़ना।
5. गतिशील गाड़ी को ब्रेक लगाकर रोकना।

उपर्युक्त उदाहरणों का अध्ययन करने पर स्पष्ट होता है कि कुछ उदाहरणों में बल और विस्थापन की दिशा समान है, कुछ में दोनों एक-दूसरे के विपरीत हैं, तो कुछ उदाहरणों में बल और विस्थापन की दिशा एक-दूसरे के लंबवत है। ऐसे समय बल द्वारा किया गया कार्य निम्नानुसार होगा।

1. जिस समय बल और विस्थापन की दिशा समान होती है ($\theta = 0^0$) उस समय उस बल द्वारा किया गया कार्य धनात्मक कार्य होता है।
2. जिस समय बल और विस्थापन की दिशा एक-दूसरे के विपरीत होती है ($\theta = 180^\circ$) तब उस बल द्वारा किया गया कार्य ऋणात्मक कार्य होता है।
3. जिस समय बल लगाने पर विस्थापन नहीं होता या बल और विस्थापन एक-दूसरे के लंबवत होते हैं ($\theta = 90^\circ$) उस समय बल द्वारा किया गया कार्य शून्य होता है।

आओ करके देखें

प्लास्टिक का एक कप लीजिए। उसके नीचे के भाग में बीचोंबीच एक छिद्र बनाएँ। उस छिद्र में से दुहरा लंबा धागा ऊपर लें और उसकी पर्याप्त मोटी गाँठ बाँधें जिससे कि धागा छिद्र में से बाहर न आ पाए। धागे के दोनों खुले हुए सिरों से एक-एक नट बाँधें। आकृति 2.4 में दिखाए अनुसार कृति करें।

आकृति अ – कप टेबल पर रखकर एक सिरे का नट प्लास्टिक के कप में रखकर दूसरे सिरे का नट आकृति में दिखाए अनुसार नीचे की दिशा में छोड़ें। क्या होता है?

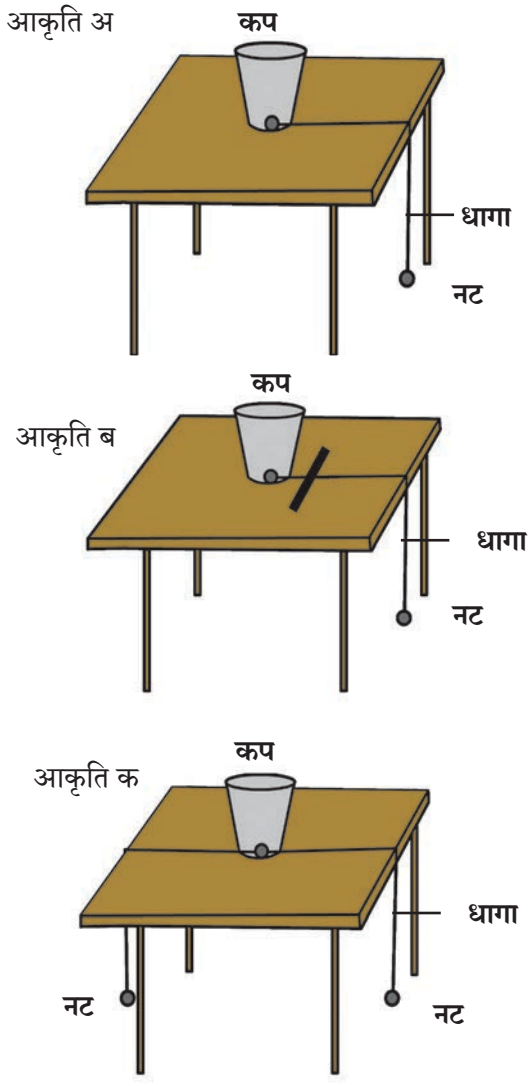
आकृति ब – कप के आगे सरकते समय पट्टी लेकर रुकावट खड़ी कीजिए और सिरों के कप को रुकाएँ।

आकृति क – कप आगे सरकते समय टेबल पर रखकर टेबल को दोनों सिरों के नट छोड़ दे।

प्रश्न

1. आकृति (अ) का कप क्यों खिंचा जाता है?
2. आकृति (ब) के कप की विस्थापन की दिशा और पट्टी द्‌वारा लगाए गए बल की दिशा में क्या संबंध है?
3. आकृति (क) में कप का विस्थापन क्यों नहीं होता?
4. आकृति (अ), (ब) और (क) में निष्पन्न हुए कार्य कौन-से प्रकार के हैं?

उपर्युक्त तीनों कृतियों में बल और होने वाले विस्थापन के संदर्भ में कार्यकारण भाव क्या है?



2.4 धनात्मक,ऋणात्मक तथा शून्य कार्य

माना एक कृत्रिम उपग्रह पृथ्वी के परित: वृत्ताकार कक्षा में परिभ्रमण कर रहा है। उपग्रह पर लगने वाला गुरुत्वाकर्षण बल और उपग्रह का विस्थापन एक-दूसरे के लंबवत दिशा में होने के कारण गुरुत्वाकर्षण बल द्‌वारा किया गया कार्य शून्य होता है।

संस्थानों के कार्य

राष्ट्रीय भौतिकी प्रयोगशाला, दिल्ली (National Physical Laboratory) नामक संस्था की संकल्पना सन 1943 में प्रतिपादित की गई। यह प्रयोगशाला वैज्ञानिक और औद्‌योगिक अनुसंधान परिषद के नियंत्रण में कार्यरत है। यहाँ भौतिकी की विभिन्न शाखाओं में मूलभूत संशोधन के कार्य चलते हैं तथा उद्‌योगों और विकास कार्यों से संबंधित विभिन्न संस्थाओं को सहायता दी जाती है। मापन के राष्ट्रीय मानक (मानदंड) प्रस्थापित करना, इस संस्था का प्रमुख उद्‌देश्य है।

हल किए गए उदाहरण

उदाहरण 1: 20 kg किलो भार के पिंड को 10 m ऊँचाई पर ले जाने के लिए किए जाने वाले कार्य की गणना कीजिए। $(g = 9.8\ m/s^2)$

दत्त : $m = 20\ kg; s = 10\ m$

$g = 9.8\ m/s^2$

$\therefore F = m.g$

$= 20 \times (-9.8)$

(बल की दिशा विस्थापन की विपरीत दिशा में होने के कारण ऋण चिह्न लिया गया है।)

$F = -196\ N$

$\therefore W = F\ s$

$= -196 \times 10$

$W = -1960\ J$

(बल की दिशा विस्थापन के विपरीत दिशा में होने के कारण ऋण चिह्न आया है।)

उदाहरण 2: प्रवीण द्वारा क्षैतिज के समांतर दिशा से 60^0 के कोण पर लगाए गए 100 N बल द्वारा पिंड का क्षैतिज के समांतर दिशा में विस्थापन होता है तथा 400 J कार्य होने के कारण पिंड का होने वाला विस्थापन कितना होगा?

दत्त : $(\cos 60^0 = \frac{1}{2})$

$\theta = 60^0$

$F = 100\ N$

$W = 400\ J$,

$W = F\ s \cos \theta$ $s = ?$

$400 = 100 \times s \times \frac{1}{2}$

$\frac{400}{100} = \frac{1}{2} \times s$

$\therefore$ $s = 8\ m$ $4 \times 2 = s$

पिंड का 8 m विस्थापन होगा।

ऊर्जा (Energy)

ऐसा क्यों होता है ?

1. पौधा लगाया हुआ गमला अंधेरे में रखने पर मुरझा जाता है।
2. घर में टेप या टीवी (टेलिविजन) की आवाज अत्यधिक बढ़ने पर घर के बरतन हिलते हैं।
3. सूर्यप्रकाश में पकड़े हुए उत्तल लैंस की सहायता से कागज पर प्रकाश एकत्र करने पर कागज जलता है।

पदार्थ में समाविष्ट कार्य करने की क्षमता को उस पदार्थ की ऊर्जा कहते हैं। कार्य और ऊर्जा की इकाइयाँ समान हैं। SI प्रणाली में इकाई ज्यूल और CGS प्रणाली में इकाई **अर्ग (erg)** है ।

ऊर्जा विभिन्न रूपों में पाई जाती है जैसे यांत्रिक, उष्मा, प्रकाश, ध्वनि, विद्युत चुंबकीय, रासायनिक, परमाणु ऊर्जा, सौर ऊर्जा इनका आपने अध्ययन किया है। इस प्रकरण में हम यांत्रिक ऊर्जा के दो प्रकार गतिज और स्थितिज ऊर्जा का अध्ययन करेंगे।

गतिज ऊर्जा (Kinetic Energy)

क्या घटित होगा ? बताइए

1. गतिशील गेंद स्टंप पर टकराए ।
2. कैरम के स्ट्राइकर से गोटी को मारा जाए।
3. कंचे खेलते समय कंचा, कंचे पर टकराए।

उपर्युक्त उदाहरणों द्वारा हमें स्पष्ट होता है कि, गतिशील पिंड, स्थिर पिंड से टकराने पर स्थिर पिंड गतिशील हो जाता है। **पदार्थ की गतिशील अवस्था के कारण पदार्थ को प्राप्त होने वाली ऊर्जा को गतिज ऊर्जा कहते हैं।** किसी बल द्वारा किसी पिंड को S दूरी से विस्थापित करने के लिए किया गया कार्य ही उस पिंड द्वारा प्राप्त की गई गतिज ऊर्जा होती है।

गतिज ऊर्जा = कार्य

$\therefore$ $K.E. = F \times s$

गतिज ऊर्जा का समीकरण : माना m द्रव्यमान का एक पिंड स्थिर अवस्था में है, बल लगाने पर वह गतिशील हुआ। उसका प्रारंभिक वेग (यहाँ u = 0) है। उस पिंड पर बल F लगाने से उसमें त्वरण a निर्मित हुआ और समय t के पश्चात उसका अंतिम वेग v हो गया। इस समयावधि में उसका होने वाला विस्थापन s है । अत: पिंड पर किया गया कार्य.....

$W = F \times s$

न्यूटन के दूसरे नियमानुसार

$F = ma$ -------- (1) इसी प्रकार न्यूटन के गति संबंधी दूसरे समीकरण का उपयोग करके

$s = ut + \frac{1}{2} at^2$ परंतु प्रारंभिक वेग शून्य होने के कारण u=0

$s = 0 + \frac{1}{2} at^2$

$s = \frac{1}{2} at^2$ ------(2)

$\therefore W = ma \times \frac{1}{2} at^2$------ समीकरण (1) और (2) से

$W = \frac{1}{2} m (at)^2$ -------(3)

न्यूटन के गति संबंधी पहले नियम से

$v = u + at$

$\therefore v = 0 + at$

$\therefore v = at$

$\therefore v^2 = (at)^2$ ------(4)

$\therefore W = \frac{1}{2} mv^2$ ------- समीकरण (3) और (4) से

पिंड द्वारा प्राप्त की गई गतिज ऊर्जा अर्थात उस पिंड पर किया गया कार्य होता है।

$\therefore$ K. E. = W

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

उदाहरण : 250 ग्राम द्रव्यमान का एक पत्थर 2 m/s वेग से ऊँचाई से नीचे गिरता हो तो उसकी गति 2 m/s होगी उसी समय उसमें कितनी गतिज ऊर्जा होगी ?

दत्त : m = 250 g m = 0.25 kg

v = 2 m/s

K.E . = $\frac{1}{2} mv^2 = \frac{1}{2} \times 0.25 \times (2)^2 = 0.5$ J

थोड़ा सोचिए

किसी गतिशील पिंड का द्रव्यमान दोगुना करने पर उस पिंड की गतिज ऊर्जा कितने गुना होगी ?

स्थितिज ऊर्जा (Potential Energy)

आओ करके देखें

1. खींचे हुए धनुष से तीर छोड़ा।
2. ऊँचाई पर रखा हुआ पानी नीचे वाले नल में अपने आप आता है।
3. दबाई गई कमानी (स्प्रिंग) को छोड़ा।

उपर्युक्त उदाहरणों में स्थिति दर्शाने वाले शब्द कौन-से हैं? इन क्रियाओं में पिंड गतिशील होने के लिए आवश्यक ऊर्जा कहाँ से आई?

यदि पिंडों को उस स्थिति में लाया ही नहीं जाता तो क्या वे गतिशील हुए होते?

'पदार्थ की विशिष्ट स्थिति के कारण या स्थान के कारण उसमें जो ऊर्जा समाविष्ट होती है उसे स्थितिज ऊर्जा कहते हैं।'

1. एक खड़िया को जमीन से लगभग 5 सेमी की ऊँचाई पर पकड़िए और छोड़ दीजिए।
2. अब सीधे खड़े रहकर उस खड़िया को छोड़ दीजिए।
3. दोनों समय के प्रेक्षणों में कौन-सा अंतर दिखाई देता है और क्यों?

स्थितिज ऊर्जा का समीकरण

'm' द्रव्यमान का एक पिंड पृथ्वी के पृष्ठभाग से 'h' ऊँचाई पर ले जाने के लिए 'mg' बल का उपयोग गुरुत्वाकर्षण बल की विपरीत दिशा में करना पड़ता है। इस समय किया गया कार्य निम्नानुसार ज्ञात किया जा सकता है।

कार्य = बल × विस्थापन

$W = mg \times h$

$\therefore W = mgh$

$\therefore$ विस्थापन के कारण पिंड में समाविष्ट स्थितिज ऊर्जा = P.E. = mgh (W = P.E.)

विस्थापन के कारण स्थितिज ऊर्जा mgh पिंड में समाविष्ट होती है।

उदाहरण : 10 मीटर ऊँची इमारत की टंकी में 500 किलोग्राम द्रव्यमान का पानी संग्रहित किया गया है तो पानी में समाविष्ट स्थितिज ऊर्जा ज्ञात कीजिए।

दत्त :

$h = 10\ m,\ m = 500\ kg \quad g = 9.8\ m/s^2$

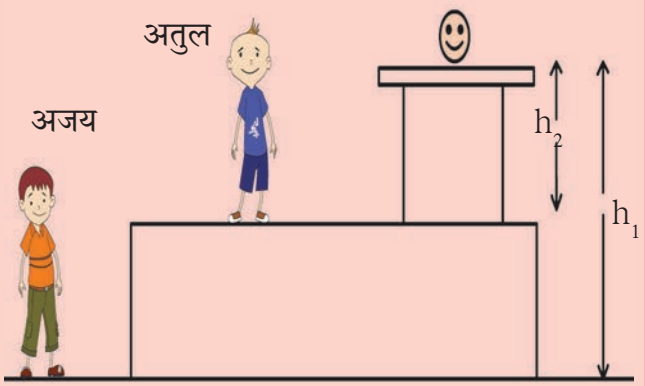
$\therefore$ P.E. = mgh

$= 10 \times 9.8 \times 500$

P.E. = 49000 J

अजय और अतुल को टेबल पर रखी m द्रव्यमान की गेंद की स्थितिज ऊर्जा ज्ञात करने को कहा गया। उनके उत्तर क्या आएँगे? वे अलग होंगे क्या? इस आधार पर आप किस निष्कर्ष पर पहुँचेंगे?

स्थितिज ऊर्जा सापेक्ष होती है। अजय के सापेक्ष गेंद की ऊँचाई और अतुल के सापेक्ष गेंद की ऊँचाई अलग-अलग है इसलिए अजय और अतुल के सापेक्ष गेंद की स्थितिज ऊर्जा अलग-अलग आएगी।



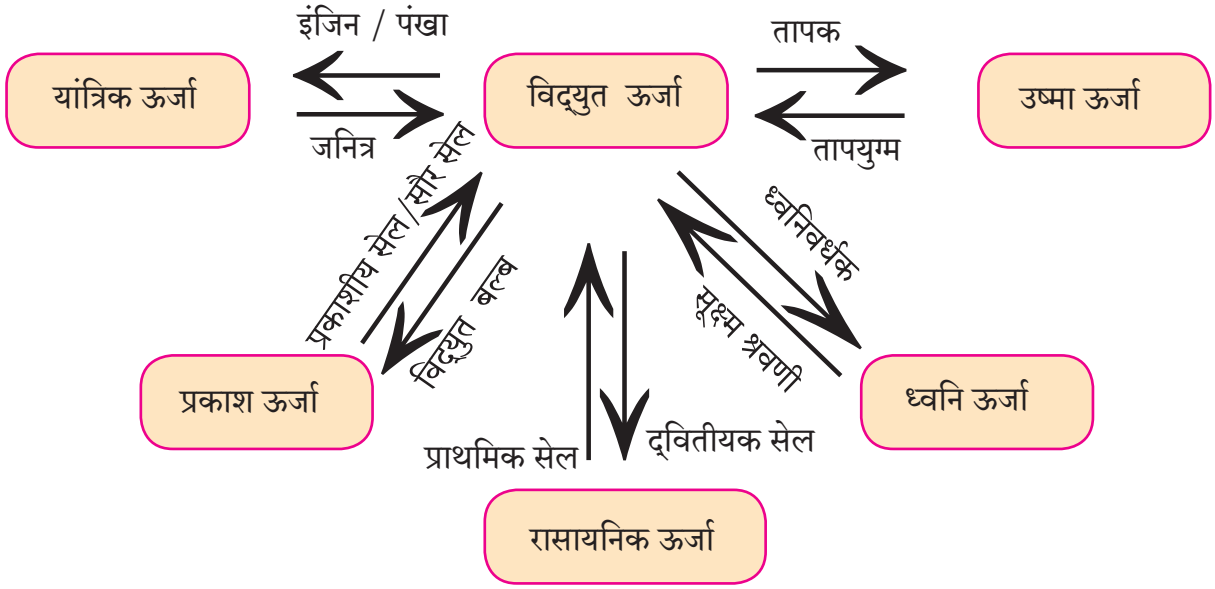
ऊर्जा रूपांतरण (Transformation of Energy)

बताइए तो

ऊर्जा के विविध प्रकार कौन-से हैं? नीचे दी गई प्रक्रियाओं में कौन-से प्रकार की ऊर्जा का प्रयोग किया गया है?

1. खिंचा हुआ रबड़ का टुकड़ा 2. वेग से जाने वाली मोटर 3. वाष्प के कारण बजने वाली कुकर की सीटी 4. दिवाली में बजने वाले पटाखे 5. विद्युत पर चलने वाला पंखा 6. चुंबक का उपयोग करके कचरे में से लोहे को बाहर निकालना 7. जोर से आवाज होने के कारण खिड़कियों के काँच का फूटना।

ऊर्जा का एक प्रकार से दूसरे प्रकार में रूपांतरण किया जा सकता है। उदाहरणार्थ दिवाली में पटाखे फोड़ने से उनकी रासायनिक ऊर्जा, ध्वनि, प्रकाश और उष्मा ऊर्जा में रूपांतरित हो जाती है।



2.5 ऊर्जा का रूपांतरण

उपर्युक्त आकृति 2.5 का निरीक्षण करके ऊर्जा का रूपांतरण कैसे होता है उसकी चर्चा कीजिए और उदाहरण बताइए।

ऊर्जा की अविनाशिता का नियम (Law of Conservation of Energy)

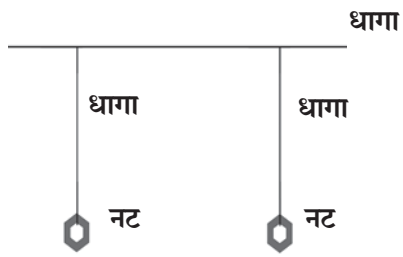
'ऊर्जा का न तो निर्माण किया जा सकता है और न ही उसे नष्ट किया जा सकता है, उसे एक प्रकार से दूसरे प्रकार में रूपांतरित किया जा सकता है, तथापि विश्व की संपूर्ण ऊर्जा सदैव अक्षय रहती है।'

करें और देखें

धागा और नट बोल्ट लेकर समान ऊँचाई के दो लोलक तैयार कीजिए। एक धागा आधारक से क्षैतिज के समांतर बाँधें।

तैयार किए गए दोनों लोलकों को क्षैतिज के समांतर धागे से इस प्रकार बाँधें कि वे पर्याप्त रूप से दोलन करते समय एक-दूसरे से न टकराएँ। दोनों लोलकों की ऊँचाई समान रखें । अब एक लोलक को दोलित कीजिए और थोड़ी देर निरीक्षण कीजिए। क्या होता है देखिए।

उपर्युक्त कृति का निरीक्षण करने पर यह दिखाई देता है कि, पहले लोलक की दोलन गति कम होती जाती है उसी समय स्थिर लोलक धीरे-धीरे गतिशील होता है अर्थात एक लोलक की ऊर्जा दूसरे लोलक को प्राप्त होती है ।

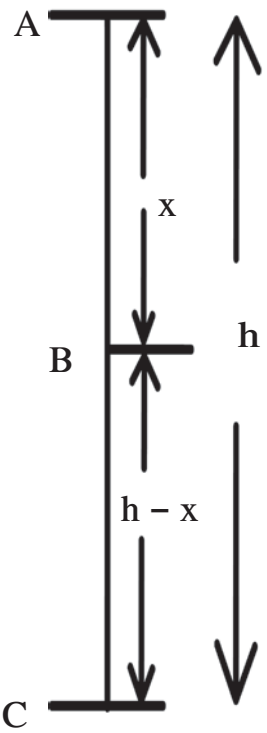


2.6 संयुक्त लोलक

मुक्त पतन (Free fall)

किसी पिंड को ऊँचाई पर ले जाकर छोड़ने पर उस पिंड पर क्रियाशील गुरुत्वाकर्षण बल के कारण वह पृथ्वी की ओर खिंचा जाता है। ऊँचाई से छोड़े गए किसी पिंड की केवल गुरुत्वाकर्षण बल के कारण नीचे आने की क्रिया को मुक्त पतन कहते हैं। m द्रव्यमान का पदार्थ गुरुत्वाकर्षण बल के कारण h ऊँचाई से नीचे आते समय उसकी अलग-अलग ऊँचाइयों पर गतिज और स्थितिज ऊर्जा देखेंगे।

आकृति में दिखाए अनुसार, माना बिंदु A जमीन से h ऊँचाई पर है। m द्रव्यमान वाला पिंड बिंदु A से बिंदु B तक आया तो वह x दूरी तक जाता है, बिंदु C जमीन पर है। पिंड की बिंदु A, B और C पर ऊर्जा देखेंगे।



2.7 मुक्त पतन

1. पिंड बिदु A के पास रहने पर (स्थिर रहने पर) उसका प्रारंभिक वेग u = 0

$\therefore$ K.E. = $\frac{1}{2}$ द्रव्यमान x (वेग)^2

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

K.E. = 0

P.E. = mgh

$\therefore$ कुल ऊर्जा = K.E. + P.E.

= 0 + mgh

कुल ऊर्जा (Total Energy) = mgh.--- (1)

2. पिंड बिंदु B के पास रहने पर पिंड x दूरी तय करके बिंदु B के पास आता है तब माना उसका वेग v_B है।

u = 0, s = x, a = g

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

$v_B^2 = 0 + 2gx$

$v_B^2 = 2gx$

$\therefore$ K.E. = $\frac{1}{2} mv_B^2 = \frac{1}{2} m(2gx)$

K.E. = mgx

स्थान B पर पिंड की जमीन से ऊँचाई = h-x

$\therefore$ P.E. = mg (h-x)

P.E. = mgh - mgx

$\therefore$ कुल ऊर्जा T.E. = K.E. + P.E.

= mgx + mgh - mgx

$\therefore$ T.E. = mgh -------(2)

3. पिंड बिंदु C के पास रहने पर अर्थात जमीन पर पहुँचने पर उसका वेग v_C है तो

u = 0, s = h, a = g

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

$v_c^2 = 0 + 2gh$

$\therefore$ K.E. = $\frac{1}{2} mv_C^2 = \frac{1}{2} m(2gh)$

K.E. = mgh

बिंदु C पर पिंड की जमीन से ऊँचाई h = 0

$\therefore$ P.E. = mgh = 0

$\therefore$ T.E. = K.E. + P.E

T.E. = mgh ------(3)

समीकरण (1), (2) और (3) से A, B और C बिंदु के पास कुल ऊर्जा स्थिर है।

अर्थात कोई भी पिंड ऊँचाई पर स्थित होने पर उसमें स्थितिज ऊर्जा होती है। पिंड के नीचे गिरते समय उसकी स्थितिज ऊर्जा का गतिज ऊर्जा में रूपांतरण हो जाता है। जमीन पर गिरते समय (स्थिति 'C') संपूर्ण स्थितिज ऊर्जा का गतिज ऊर्जा में रूपांतरण होता है परंतु किसी भी स्थिति में कुल ऊर्जा ऊँचाई की स्थितिज ऊर्जा के जितनी ही होती है।

i.e. T.E. = P.E. + K.E.

बिंदु A पर T.E. = mgh + 0 = mgh

बिंदु B पर T.E. = mgx + mg (h−x) = mgh

बिंदु C पर T.E. = 0 + mgh = mgh

शक्ति (Power)

विचार करें और बताएँ

1. आप जिस गति से सीढ़ियों पर चढ़कर जा सकते हैं, क्या उसी गति से आपके पिता जी सीढियाँ चढ़ सकते हैं?
2. छत पर रखी पानी की टंकी आप बाल्टी से भरेंगे या मोटर की सहायता से?
3. राजश्री, यश और रणजीत को एक छोटी-सी पहाड़ी पर जाना है। राजश्री मोटर से, यश साइकिल से और रणजीत पैदल गया। जाने के लिए सभी ने एक ही मार्ग चुना तो कौन पहले पहुँचेगा और कौन आखिर में पहुँचेगा?

उपर्युक्त उदाहरणों पर विचार करने पर, प्रत्येक उदाहरण में किया गया कार्य समान है परंतु वह कार्य करने के लिए प्रत्येक को अथवा प्रत्येक पद्धति में लगने वाला समय भिन्न-भिन्न है। कार्य शीघ्र या मंद होने का प्रमाण (माप) शक्ति द्वारा व्यक्त किया जाता है। '**कार्य करने की दर को शक्ति कहते हैं।**'

माना, W कार्य t समय में होता है तो

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

कार्य की SI इकाई J है इसलिए शक्ति की इकाई J/s है । इसे ही वॉट कहते हैं।

1 वॉट = 1 ज्यूल/सेकंड

औद्योगिक क्षेत्र में शक्ति को नापने के लिए **अश्वशक्ति (Horse Power)** इकाई का उपयोग प्रचलित है।

1 अश्व शक्ति = 746 वॉट

व्यावहारिक उपयोग के लिए ऊर्जा की इकाई किलो वॉट घंटा है।

1 किलो वॉट शक्ति अर्थात 1000 J प्रति सेकंड की दर से किया गया कार्य।

1 kW hr = 1 kW × 1hr

= 1000 W × 3600 s

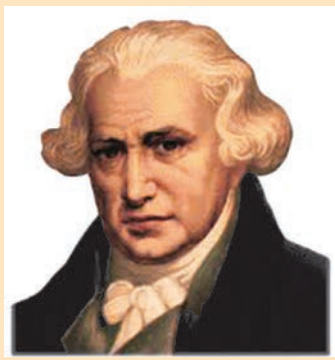
= 3600000 J

1 kW hr = 3.6×10^6 J

घरेलू कार्यों के लिए उपयोग में आने वाली विद्युत भी kW hr इकाई द्वारा मापी जाती है।

1 kW hr = 1 Unit

वैज्ञानिकों का परिचय



स्कॉटलैंड के वैज्ञानिक जेम्स वॉट (1736-1819) ने भाप के इंजिन की खोज की। इस खोज के कारण औद्योगिक क्रांति हुई। जेम्स वॉट के सम्मान में शक्ति की इकाई को वॉट नाम दिया गया। अश्वशक्ति शब्द का उपयोग सर्वप्रथम जेम्स वॉट ने किया था।

हल किए गए उदाहरण

उदाहरण 1: स्वराली को 20 किलो वजन की एक बैग 5 मीटर ऊँचाई पर ले जाने के लिए 40 सेकंड लगते हैं तो उसकी शक्ति कितनी होगी?

दत्त : $m = 20\ kg, h = 5\ m, t = 40\ s$

∴ स्वराली द्‌वारा लगाया गया बल

$F = mg = 20 \times 9.8$

$F = 196\ N$

स्वराली द्‌वारा 5 m ऊँचाई तक बैग उठाने के लिए किया गया कार्य

$W = F\ s = 196 \times 5 = 980\ J$

$$\therefore \text{शक्ति} = (P) = \frac{W}{t} = \frac{980}{40}$$

$P = 24.5\ W$

उदाहरण 2 : 25 W का एक बल्ब हर दिन 10 घंटे तक उपयोग में लाया जाता है तो एक दिन के लिए कितनी विद्‌युत का उपयोग किया जाता है?

दत्त :

$P = 25, W = 0.025\ kW$

∴ ऊर्जा = शक्ति × समय

$= 0.025 \times 10$

ऊर्जा $= 0.25\ kW\ hr$

जानकारी के लिए संकेतस्थल

www.physicscatalyst.com

www.tryscience.org

स्वाध्याय

1. नीचे दिए गए प्रश्नों के उत्तर विस्तारपूर्वक लिखिए।

अ. गतिज ऊर्जा और स्थितिज ऊर्जा के बीच अंतर स्पष्ट कीजिए।

आ. पदार्थ का द्रव्यमान m है तथा वह v वेग से गतिशील है तो गतिज ऊर्जा का सूत्र तैयार कीजिए।

इ. सिद्‌ध कीजिए कि, ऊँचाई से जमीन पर मुक्त रूप से गिरने वाले पिंड की अंतिम ऊर्जा उस पिंड की प्रारंभिक स्थितिज ऊर्जा का रूपांतरण है।

ई. बल की दिशा से 30^0 कोण पर विस्थापन होने पर किए गए कार्य के लिए समीकरण प्राप्त कीजिए।

उ. क्या किसी पिंड का संवेग शून्य होने पर पिंड में गतिज ऊर्जा होती है? स्पष्ट कीजिए।

ऊ. वृत्ताकार गति में घूमने वाली वस्तु का कार्य शून्य क्यों होता है?

2. नीचे दिए गए पर्यायों में से एक या अनेक अचूक पर्याय चुनो।

अ. कार्य करने के लिए ऊर्जा को ..... होना पड़ता है।

1. स्थानांतरित 2. अभिसारित
3. रूपांतरित 4. नष्ट

आ. ज्यूल ..... की इकाई है।

1. बल 2. कार्य
3. शक्ति 4. ऊर्जा

इ. किसी भारी पिंड को क्षैतिज के समांतर दिशा में चिकने पृष्ठभाग पर खींचते समय ..... बल के परिमाण समान होते हैं।

1.क्षैतिज समांतर दिशा में प्रयुक्त किया गया बल 2. गुरुत्वाकर्षण बल 3. उर्ध्वगामी दिशा में रहने वाला प्रतिक्रिया बल 4. घर्षण बल

ई. शक्ति अर्थात ..... है ।

1. कार्य जल्दी होने का माप
2. कार्य के लिए लगने वाली ऊर्जा का माप
3. कार्य मंद होने का माप
4. समय का माप

उ. किसी वस्तु को उठाते समय या खींचते समय ऋण कार्य ..... बल के कारण होता है।

1. प्रयुक्त किया गया बल
2. गुरुत्वाकर्षण बल 3. घर्षण बल
4. प्रतिक्रिया बल

3. वाक्य के नीचे दिए गए योग्य विकल्प चुनकर निम्नलिखित वाक्य स्पष्टीकरण के साथ लिखिए।

अ. आपके शरीर की स्थितिज ऊर्जा कम से कम होती है, जब आप ..... हैं।

1. कुर्सी पर बैठे 2. जमीन पर बैठे
3. जमीन पर सोए हुए 4. जमीन पर खड़े

आ. कोई पिंड जमीन पर मुक्त रूप से गिरते समय उसकी कुल ऊर्जा...

1. कम होती है । 2. स्थिर रहती है। 3 बढ़ती है।
4. प्रारंभ में बढ़ती है, फिर कम होती है।

इ. समतल पृष्ठभाग के रास्ते पर गतिशील मोटरगाड़ी का वेग, उसके मूल वेग से 4 गुना बढ़ाने पर मोटरगाड़ी की स्थितिज ऊर्जा.....

1. मूल ऊर्जा की दोगुनी होगी
2. परिवर्तित नहीं होगी
3. मूल ऊर्जा की चौगुनी होगी
4. मूल ऊर्जा की 16 गुना होगी

ई. पिंड पर किया गया कार्य ..... पर निर्भर नहीं होता

1. विस्थापन
2. लगाया गया बल
3. पिंड का प्रारंभिक वेग
4. बल और विस्थापन की दिशा का कोण

4. नीचे दी गई कृतियों का अध्ययन कीजिए व पूछे गए प्रश्नों के उत्तर लिखिए।

कृति

1. दो विभिन्न लंबाइयों की एल्युमीनियम की पनारी लीजिए।
2. दोनों पनारियों के ऊपर के सिरे समान ऊँचाई पर रखें और नीचे के सिरे जमीन पर स्पर्श करें, ऐसी व्यवस्था कीजिए।
3. अब समान आकार और वजन की दो गेंदें एक ही समय दोनों पनारियों के ऊपर के सिरे से छोड़िए। वे लुढ़कती हुई जाकर समान दूरी तय करेंगी।

H977UR

प्रश्न

1. गेंद छोड़ने की स्थिति के समय गेंद में कौन-सी ऊर्जा होती है?
2. गेंद नीचे लुढ़ककर आते समय कौन-सी ऊर्जा का किस ऊर्जा में रूपांतरण होता है?
3. गेंदे लुढ़कते हुए जाकर समान दूरी क्यों तय करती है?
4. गेंद में समाविष्ट अंतिम कुल ऊर्जा कौन-सी है?
5. उपर्युक्त कृति से आप ऊर्जा संबंधी कौन-सा नियम बता पाएँगे? स्पष्ट कीजिए।

5. उदाहरण हल कीजिए ।

अ. एक विद्युत पंप की शक्ति 2 kW है तो पंप प्रति मिनट कितना पानी 10 m ऊँचाई तक खींच सकता है? **(उत्तर : 1224.5 kg)**

आ. यदि 1200 W की एक विद्युत इस्त्री का प्रति दिन 30 मिनिट तक उपयोग किया जाता है तो एप्रिल महीने में इस्त्री द्वारा उपयोग में लाई गई विद्युत ज्ञात कीजिए। **(उत्तर : 18 Unit)**

इ. 10 m ऊँचाई से जमीन पर गिरने वाली गेंद की ऊर्जा जमीन पर टकराते ही 40 प्रतिशत कम हो जाती है तो वह कितनी ऊँचाई तक उछलेगी?

(उत्तर : 6m)

ई. एक मोटर का वेग 54 km/hr से 72 km/hr हो गया। यदि मोटर का द्रव्यमान 1500 kg है तो वेग बढ़ाने के लिए कितना कार्य करना पड़ेगा, बताइए।

(उत्तर : 131250 J)

उ. रवि द्वारा एक पुस्तक पर 10 N बल लगाने से उस पुस्तक का बल की दिशा में 30 सेमी विस्थापन हुआ तो रवि द्वारा किया गया कार्य ज्ञात कीजिए। **(उत्तर : 3 J)**

उपक्रम :

आपके आसपास घटित होने वाले ऊर्जा रूपांतरण के विविध उदाहरणों का अध्ययन कीजिए और उस बारे में कक्षा में चर्चा कीजिए।