



11 कार्य, ऊर्जा तथा मशीनें (WORK, ENERGY AND MACHINES)

दैनिक जीवन में 'कार्य' शब्द को कई अर्थों में लिया जाता है। आइए इन वाक्यों पर विचार करें। "रविन्द्रनाथ टैगोर ने गीतांजली की रचना कर एक अद्वितीय कार्य किया है" या "मैं कारखाने में कार्य करता हूँ।" उपरोक्त वाक्यों में कार्य को जिन अर्थों में लिया गया है विज्ञान की भाषा में उसे कार्य नहीं कहा जा सकता। कार्य करने का अर्थ है किसी वस्तु पर बल लगाकर उसे एक स्थान से दूसरे स्थान तक ले जाना या विस्थापित करना। ठेला चलाने वाला व्यक्ति ठेले पर बल लगाकर उसमें रखे अनाज के बोरो को एक स्थान से दूसरे स्थान तक ले जाता है। इसमें व्यक्ति द्वारा कार्य किया जाता है।

यदि बल लगाने पर भी ठेले में कोई विस्थापन नहीं हो तो ऐसा माना जाएगा कि ठेला चलाने वाले व्यक्ति द्वारा कार्य नहीं किया गया। अतः स्पष्ट है कि कार्य होने के लिए बल लगाने के साथ-साथ विस्थापन का होना भी आवश्यक है।



11.1 कार्य और ऊर्जा (Work and Energy)

आलू का बोरा लेकर सीढ़ियों पर चढ़ता हुआ व्यक्ति कार्य करता है। उसके द्वारा किए गए कार्य की मात्रा केवल आलू के बोरे के भार पर ही निर्भर नहीं करती बल्कि उस ऊँचाई पर भी निर्भर करती है, जिस पर वह इस बोरे को ले जाता है। इस बोरे को जमीन से उठाकर 1 मीटर ऊँचे टेबल पर रखने में जितना कार्य करना पड़ेगा वह, इसी बोरे को आधा मीटर ऊँचे स्टूल पर रखने में किए गए कार्य का दुगुना होगा। इसी प्रकार एक व्यक्ति 20 किग्रा का बोरा 1 मीटर ऊँचाई तक उठाने में जितना कार्य करता है वह 10 किग्रा के बोरे को उसी ऊँचाई तक उठाने में किए गए कार्य का दुगुना होगा। इस प्रकार हम देखते हैं कि कार्य करने में बल और दूरी दोनों ही सम्मिलित हैं। वास्तव में "किसी बल द्वारा वस्तु पर किया गया कार्य उस बल और बल की दिशा में वस्तु द्वारा तय की गई दूरी के गुणनफल के बराबर होता है।" इस प्रकार



वस्तु द्वारा किया गया कार्य = बल $\times$ बल की दिशा में वस्तु द्वारा तय की गई दूरी
अन्तर्राष्ट्रीय पद्धति (SI) में कार्य का मात्रक जूल है। इसे J से प्रदर्शित करते हैं।

यदि आप किसी वस्तु पर 110 न्यूटन बल लगाते हैं तब वस्तु बल की दिशा में 9 मीटर दूरी तय करती है तो—

$$\text{कार्य} = 110 \text{ न्यूटन} \times 9 \text{ मीटर}$$

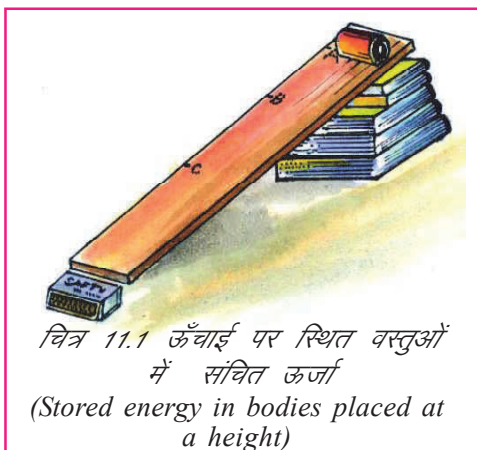
$$\text{कार्य} = 990 \text{ न्यूटन मीटर}$$

$$\text{कार्य} = 990 \text{ जूल होगा।}$$

अधिक समय तक खेलने-कूदने अथवा कार्य करने के बाद हम थकावट महसूस करते हैं। यदि किसी दिन भोजन न करें तो शरीर में कार्य करने की क्षमता घट जाती है। भोजन करने के पश्चात् यह क्षमता पुनः बढ़ जाती है। ऐसा क्यों? वास्तव में भोजन करने से हमें ऊर्जा प्राप्त होती है, जिसके कारण ही कार्य करने की क्षमता बढ़ती है। कार्य करने की क्षमता को ऊर्जा कहते हैं। कार्य के समान ऊर्जा का SI मात्रक भी जूल है।

11.2 ऊर्जा के विभिन्न रूप (Different kinds of energy)

हम दैनिक जीवन में अपने आस-पास जितने परिवर्तन देखते हैं, उनमें ऊर्जा के विभिन्न रूप कार्य करते हैं, जिनसे न केवल कार्य लिया जा सकता है, वरन् उन्हें आपस में रूपांतरित भी किया जा सकता है। आइए हम ऊर्जा के उन रूपों का अध्ययन करें।



क्रियाकलाप (Activity) –1

लकड़ी के एक तख्ते को कुछ किताबों पर टिकाकर एक आनत तल बनाइए। आनत तल की निचली सतह के पास एक माचिस की डिबिया रखिए। अब टार्च के सेल को आनत तल पर भिन्न-भिन्न ऊँचाइयों (A,B,C) पर रखकर छोड़िए (चित्र 11.1)। यह लुढ़कता हुआ सेल माचिस की डिबिया को भी कुछ दूरी तक खिसका देता है। आप देखेंगे कि अधिक ऊँचाई से गिराया गया सेल माचिस की डिबिया को अधिक दूर तक विस्थापित करता है तथा कम ऊँचाई से गिराया गया सेल डिबिया को कम दूरी तक विस्थापित करता है। अतः ऊँचाई बढ़ने से वस्तुओं की संचित ऊर्जा में वृद्धि होती है।

1. यांत्रिक ऊर्जा (Mechanical Energy)

किसी वस्तु में उसकी गति या स्थिति के कारण जो ऊर्जा होती है, उसे वस्तु की यांत्रिक ऊर्जा कहते हैं। कैरम के खेल में तेजी से चलता हुआ स्ट्राइकर गोटियों को बिखेर देता है, नदी का बहता पानी चट्टानों को लुढ़का देता है, हवा का तेज झोंका बल लगाकर पाल वाली नाव को बहा ले जाता है। इन सभी में जो कार्य हुआ वह गतिज ऊर्जा के कारण है।

“किसी वस्तु में उसकी गति के कारण जो ऊर्जा होती है, उसे उस वस्तु की गतिज ऊर्जा कहते हैं।”

यदि एक ईंट को एक मिट्टी के घड़े के टुकड़े के ऊपर रखा जाए तो उसमें घड़ा तोड़ने हेतु ऊर्जा नहीं होती परंतु वही ईंट यदि ऊपर से घड़े के टुकड़े पर गिरे, तो वह घड़े के टुकड़े को और अधिक टुकड़ों में विभाजित कर देता है और ये टुकड़े विभिन्न दिशाओं में बिखर जाते हैं। इसी प्रकार गुलेल का तना हुआ रबर पत्थर को दूर फेंक सकता है। इन उदाहरणों में ईंट और पत्थर में स्थितिज ऊर्जा है।

“किसी वस्तु में उसकी विशेष स्थिति के कारण जो ऊर्जा होती है उसे उस वस्तु की स्थितिज ऊर्जा कहते हैं।”

किसी वस्तु की कुल यांत्रिक ऊर्जा उसकी गतिज ऊर्जा एवं स्थितिज ऊर्जा का योग होता है।

वस्तु की कुल यांत्रिक ऊर्जा = वस्तु की गतिज ऊर्जा + वस्तु की स्थितिज ऊर्जा

एक उड़ते हुये वायुयान में गतिज एवं स्थितिज दोनों प्रकार की ऊर्जा होती है। इन दोनों प्रकार की ऊर्जाओं का योग वायुयान की कुल यांत्रिक ऊर्जा होती है।

2. रासायनिक ऊर्जा (Chemical energy)

लकड़ी, कोयला, डीजल, पेट्रोल, रसोई गैस—इन सभी ईंधनों में जो ऊर्जा संचित रहती है, उसे रासायनिक ऊर्जा कहते हैं। टार्च के सेल में संचित रासायनिक ऊर्जा से विद्युत ऊर्जा प्राप्त होती है, जो बल्ब को जलाती है। हम भोजन के द्वारा जो कुछ भी ग्रहण करते हैं, उसमें संचित रासायनिक ऊर्जा हमारी पेशीय ऊर्जा में परिवर्तित होती है, जो हमें कार्य करने की क्षमता प्रदान करती है।

3. ऊष्मीय ऊर्जा (Thermal energy)

ऊष्मा, ऊर्जा का एक रूप है अतः उसमें भी कार्य करने की क्षमता होती है उदाहरण के लिये केतली में पानी गर्म करने पर केतली का ढक्कन उठ जाता है। ऊष्मा पानी को भाप में परिवर्तित करती है। इस भाप की ऊर्जा से ही ढक्कन हिलता है। इस सिद्धांत का उपयोग करके जेम्स वाट ने भाप के इंजिन का आविष्कार किया था। जिस प्रकार इस उदाहरण से ऊष्मा ऊर्जा को यांत्रिक ऊर्जा में रूपांतरित किया गया है, उसी प्रकार दो पत्थरों को रगड़कर या हथेलियों को रगड़कर यांत्रिक ऊर्जा को ऊष्मीय ऊर्जा में परिवर्तित किया जा सकता है।

4. प्रकाश ऊर्जा (Light energy)

प्रकाश भी एक प्रकार की ऊर्जा है, जिसके कारण हम वस्तुओं को देख पाने में समर्थ होते हैं। हमने कई वस्तुओं को गर्म होने पर प्रकाश देते देखा है। प्रकाश फोटोग्राफिक फिल्म में रासायनिक परिवर्तन करता है। फोटो सेल की सहायता से प्रकाश ऊर्जा को विद्युत ऊर्जा में परिवर्तित किया जा सकता है। पहाड़ी क्षेत्रों में जहाँ बिजली पहुँचाना संभव नहीं है, फोटो सेल का उपयोग कर सौर ऊर्जा से विद्युत ऊर्जा प्राप्त की जा सकती है। इस सेल को सौर सेल कहते हैं। इन सेलों का उपयोग उपग्रहों के लिये विद्युत स्रोत के रूप में किया जाता है।

5. ध्वनि ऊर्जा (Sound energy)

ध्वनि भी एक प्रकार की ऊर्जा है। ध्वनि की उत्पत्ति वस्तुओं के कंपन द्वारा होती है। जब आपकी शाला का घंटा बजाया जाता है, तब उसे छूकर देखने पर पता चलेगा कि वह कंपन कर रहा है। इसके कंपन वायु में कंपन उत्पन्न करते हैं और कंपित वायु हमारे कान के पर्दों को भी ठीक उसी प्रकार कंपित करती है। अंत में यह कंपन श्रवण तंत्रिकाओं द्वारा मस्तिष्क को संवेदनाएं भेजता है। इससे हमें सुनने की अनुभूति होती है। इस प्रकार ध्वनि एक प्रकार की ऊर्जा है जो माध्यम के कणों एवं कान के पर्दों में गति उत्पन्न करने की क्षमता रखती है। यही कारण है कि कभी-कभी बादलों के गर्जन तथा पटाखों की तेज आवाज से मकान के दरवाजे, खिड़कियाँ आदि हिलने लगते हैं।

6. विद्युत ऊर्जा (Electric energy)

दैनिक जीवन में विद्युत ऊर्जा का सर्वाधिक उपयोग होता है। विभिन्न उपकरणों या यंत्रों की सहायता से विद्युत ऊर्जा को भिन्न-भिन्न प्रकार की ऊर्जाओं में परिवर्तित किया जा सकता है। विद्युत हीटर, विद्युत बल्ब या ट्यूब तथा विद्युत प्रेस, विद्युत ऊर्जा को ऊष्मीय एवं प्रकाश ऊर्जा में परिवर्तित करते हैं। विद्युत ऊर्जा को ध्वनि ऊर्जा में परिवर्तित करने वाले उपकरण हैं— विद्युत घंटी, मोटरकार के हॉर्न, कारखाने के सायरन इत्यादि। विद्युत ऊर्जा को गतिज ऊर्जा में परिवर्तित करने वाले कुछ यंत्र हैं— विद्युत इंजिन, आटा चक्की, चारा काटने की मशीन आदि। विद्युत लिफ्ट और विद्युत पंप, विद्युत ऊर्जा को स्थितिज ऊर्जा में परिवर्तित करते हैं। रेडियो विद्युत ऊर्जा को ध्वनि में जबकि टी.वी., विद्युत ऊर्जा को ध्वनि एवं प्रकाश दोनों ऊर्जाओं में परिवर्तित करता है। इन सभी उदाहरणों से विद्युत ऊर्जा का महत्व आसानी से समझा जा सकता है।



इनके उत्तर दीजिए (Answer these)–

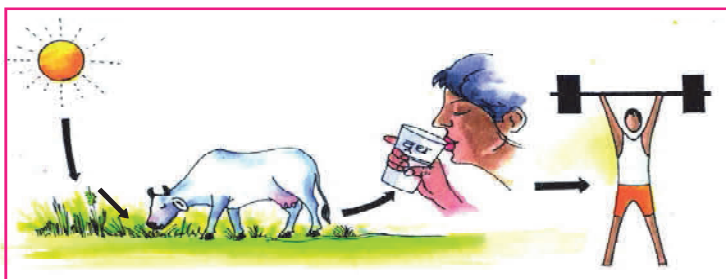
1. विज्ञान की भाषा में कार्य किसे कहते हैं?
2. ऐसी दो घटनाएँ लिखिए जिनमें बल लगाने पर भी कार्य नहीं होता है।
3. ऊर्जा का मात्रक वही है जो कार्य का है, क्यों ?
4. ऊष्मा ऊर्जा, यांत्रिक ऊर्जा एवं विद्युत ऊर्जा द्वारा किये जाने वाले दो-दो कार्यों का उल्लेख कीजिए।
5. पाँच न्यूटन बल लगाकर किसी टेबल को दो मीटर खिसकाया जाए तो किए गए कार्य की गणना कीजिए।

11.3 ऊर्जा संरक्षण (Energy conservation)

ऊर्जा न तो नष्ट की जा सकती है और न ही उत्पन्न। ऊर्जा का एक रूप से दूसरे रूप में रूपांतरण हो सकता है। इसे ही ऊर्जा संरक्षण का नियम कहा जाता है। इस नियम को हेल्महोल्ट्स नामक वैज्ञानिक ने प्रतिपादित किया था। यदि सभी प्रकार की ऊर्जाओं को ध्यान में रखा जावे तो ब्रह्मांड में सभी ऊर्जाओं का योग स्थिर रहता है। सौर ऊर्जा के रूपांतरण को चित्र 11.2 में दर्शाया गया है।

आइए, दैनिक जीवन से संबंधित कुछ घटनाओं पर विचार करें :-

1. जब मोमबत्ती जलाई जाती है, तब उसमें संचित रासायनिक ऊर्जा प्रकाश एवं ऊष्मा में रूपांतरित होती है।



चित्र 11.2 ऊर्जा संरक्षण (Energy Conservation)

2. सीढ़ी से ऊपर चढ़ते समय हम अपने भार को ऊपर ले जाते हैं। इसके लिए आवश्यक ऊर्जा हमें शरीर में संचित रासायनिक ऊर्जा (भोजन) से प्राप्त होती है, जो चढ़ने के दौरान स्थितिज ऊर्जा में रूपांतरित होती है।
3. जल विद्युत संयंत्रों या पनबिजली घरों में नदी के जल को बाँधकर बड़ी-बड़ी झीलों में ऊँचाई पर एकत्र किया जाता है। जल की यह स्थितिज ऊर्जा ऊपर से गिरकर गतिज ऊर्जा में रूपांतरित हो जाती है। गिरता हुआ जल, मार्ग में रखे टरबाइन को यांत्रिक ऊर्जा प्रदान करता है जो जनरेटर की विद्युत ऊर्जा में रूपांतरित होती है। पूरी प्रक्रिया को इस प्रकार समझा जा सकता है।

झील के जल की स्थितिज ऊर्जा $\longrightarrow$ बहते जल की गतिज ऊर्जा $\longrightarrow$ टरबाइन की यांत्रिक ऊर्जा $\longrightarrow$ जनरेटर की विद्युत ऊर्जा

ऊर्जा रूपांतरण के दौरान कुछ अनुपयोगी ऊर्जा भी हमें प्राप्त होती है। जैसे बल्ब के जलने में प्रकाश तो उपयोगी है परंतु ऊष्मा के रूप में ऊर्जा का क्षय होता है। इसी प्रकार यंत्रों से कार्य लेने के दौरान उन्हें दी गयी ऊर्जा में से कुछ ऊर्जा कलपुर्जों के बीच घर्षण के कारण ऊष्मा और ध्वनि में रूपांतरित हो जाती है। यह भी ऊर्जा का क्षय है। ऊर्जा के इस क्षय को कम करने के लिये विज्ञान और प्रौद्योगिकी प्रयासरत है, जिससे यंत्रों को दी जाने वाली ऊर्जा का अधिकांश हिस्सा उपयोगी कार्य में खर्च हो सके। इसीलिये साइकिल के कल पुर्जों के बीच घर्षण कम करने के लिये उसमें तेल या ग्रीस डाल देते हैं। इलेक्ट्रिक पंप, सिलाई मशीन, बैलगाड़ी तथा अन्य मशीनों के घूमने वाले कल पुर्जों में भी तेल डालकर चिकना किया जाता है।

निम्नलिखित सारणी में यह बताइए कि दिए गए यंत्र किस ऊर्जा को किस ऊर्जा में रूपांतरित करते हैं?



सारणी (Table) 11.1

स.क्र. (S.NO.)	यंत्र का नाम (NAME OF INSTRUMENT)	रूपांतरण (Transformation)	
		किस ऊर्जा का	किस ऊर्जा में
1.	विद्युत प्रेस(इस्तरी)	-----	-----
2.	डायनमो	-----	-----
3.	फोटो सेल	-----	-----
4.	विद्युत पंप	-----	-----
5.	चाबी भरी हुई घड़ी	-----	-----
6.	सेल	-----	-----
7.	गुल्ले	-----	-----
8.	जल विद्युत संयंत्र	-----	-----

11.4 मशीनें (Machines)



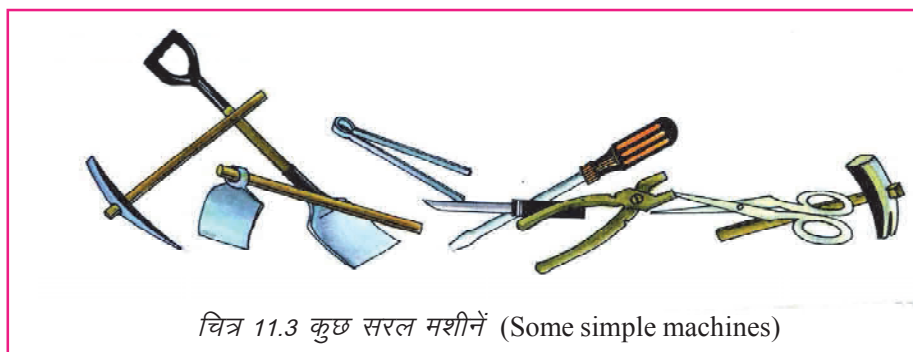
जब हम किसी वस्तु को खींचकर या धकेलकर हटाते हैं अथवा ऊपर उठाते हैं तब कार्य करते हैं। कार्य करने के लिए बल की आवश्यकता होती है। कुछ कार्य ऐसे होते हैं, जिन्हें कम बल लगाकर आसानी से किया जा सकता है। कई कार्य जैसे शीतल पेय की बोतल का ढक्कन खोलना, तेल से भरे ड्रम को ट्रक पर चढ़ाना, ट्रक के पहिये को बदलना आदि आसान कार्य नहीं हैं। इन कार्यों को करने के लिये हम मशीनों का उपयोग करते हैं। यहाँ यह समझ लेना आवश्यक है कि मशीन स्वयमेव कोई कार्य नहीं कर सकती। इससे कार्य लेने के लिये उसे ऊर्जा दिया जाना आवश्यक है। मशीनों की सहायता से कोई कार्य

आसानी से किया जा सकता है।

सरल मशीनें (Simple machines)

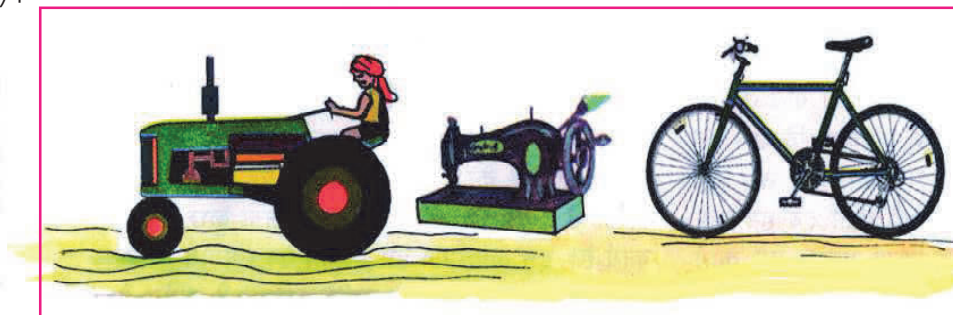
हम अपने दैनिक जीवन में विभिन्न प्रकार की मशीनों का उपयोग करते हैं, जिनमें चाकू, पेंच, चिमटी, घिरनी इत्यादि प्रमुख हैं—

चित्र 11.3 में कुछ सरल मशीनों के उदाहरण हैं।



चित्र 11.3 कुछ सरल मशीनें (Some simple machines)

हम कुछ जटिल मशीनों का उपयोग भी अपने दैनिक जीवन में करते हैं। ये सभी मशीनें दो या दो से अधिक सरल मशीनों के संयोग से बनायी जाती हैं। उदाहरणार्थ साइकिल, सिलाई मशीन, ट्रैक्टर आदि (चित्र 11.4)।



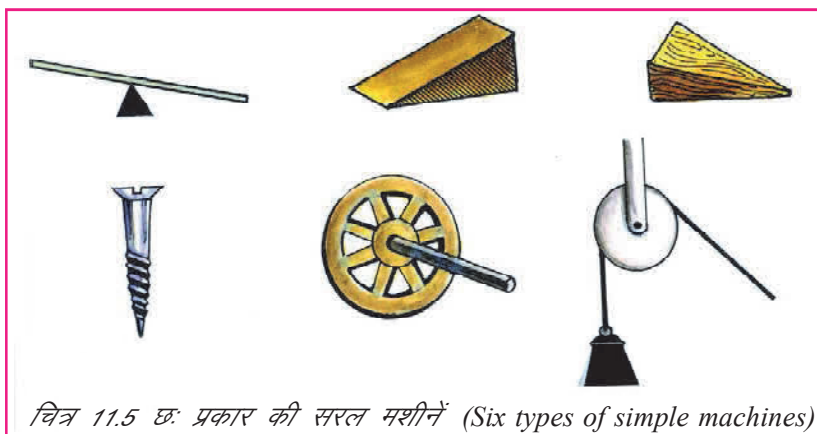
चित्र 11.4 कुछ जटिल मशीनें (Some complex machines)

मशीनों का उपयोग निम्नलिखित उद्देश्यों को पूरा करने के लिये किया जाता है—

1. बल को सुविधाजनक बिंदु पर लगाने के लिए।
2. बल की दिशा को इच्छानुसार परिवर्तित करने के लिए।
3. भारी बोझ को कम बल लगाकर उठाने में।
4. गति को बढ़ाने में।

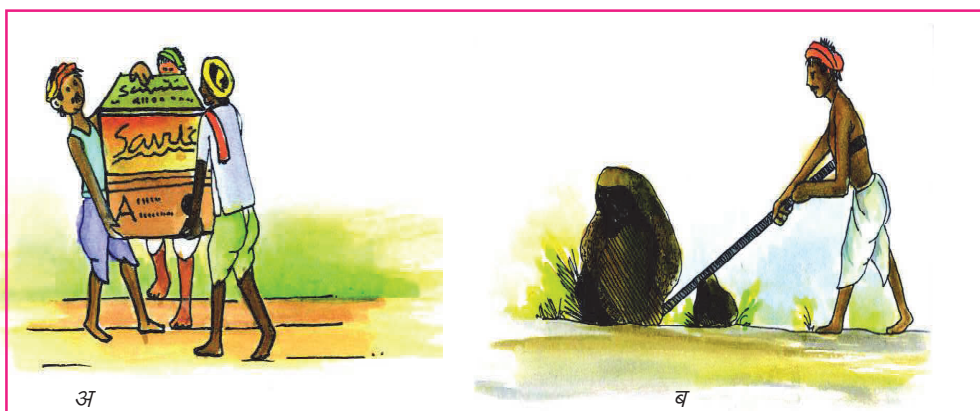
“सरल मशीनें वे युक्तियाँ हैं, जो बल के प्रभाव को बढ़ा सकती हैं या बल की दिशा को परिवर्तित कर सकती हैं या दोनों कार्य कर सकती हैं।” सरल मशीनें छः प्रकार की होती हैं (चित्र 11.5)।

1. उत्तोलक (लीवर)
2. आनत तल
3. फन्नी (वेज)
4. पेंच (स्क्रू)
5. घिरनी
6. पहिया और धुरी



1. उत्तोलक (लीवर) (Lever)

जमीन से किसी भार को उठाने या हटाने के लिये निम्नांकित (चित्र 11.6 अ,ब) विधियों में से आप किसे उपयुक्त समझते हैं ?



चित्र 11.6 भार उठाने की दो विधियाँ (Two methods of lifting weight)

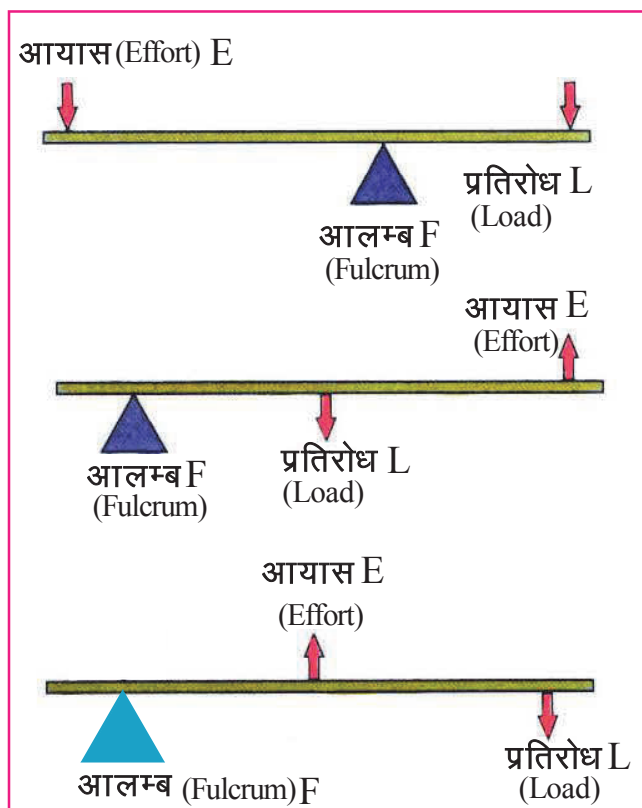
चित्र 11.6 अ के अनुसार बॉक्स को उठाकर पलटने के लिए तीन व्यक्तियों की आवश्यकता होती है, जब कि चित्र 11.6 ब के अनुसार एक मजबूत छड़ अथवा सब्बल और एक टेक का उपयोग करके केवल एक व्यक्ति ही उस बॉक्स को उठाकर पलट सकता है। यहाँ पर मजबूत छड़ या सब्बल एक उत्तोलक है।

इसी प्रकार यदि डिब्बे का ढक्कन कस जाये तो आप उसे किस प्रकार खोलेंगे? चित्र 11.8 में एक चम्मच के द्वारा ढक्कन खोलना दर्शाया गया है। यहाँ चम्मच एक उत्तोलक है।



चित्र 11.7 उत्तोलक के रूप में चम्मच (Spoon in the form of a lever)

उत्तोलक एक सीधी या टेढ़ी छड़ होती है, जिसे किसी सुविधाजनक बिन्दु पर टिकाकर उसके इर्द-गिर्द स्वतंत्रता पूर्वक घुमाया जा सकता है। इस बिन्दु को आलम्ब कहते हैं। उत्तोलक द्वारा उठाई जाने वाली वस्तु को भार या प्रतिरोध कहते हैं तथा उत्तोलक पर जो बल लगाया जाता है, उसे आयास कहते हैं। चित्र 11.8 में आलम्ब को F से, भार को L से तथा आयास को E से प्रदर्शित किया गया है।



चित्र 11.8 तीन प्रकार के उत्तोलक (Three kinds of lever)

उत्तोलक के प्रकार (श्रेणी) (Kinds of lever)

उत्तोलक तीन प्रकार के होते हैं। इन्हें चित्र 11.8 में दर्शाया गया है।

प्रथम श्रेणी का उत्तोलक (Lever of the First kind)

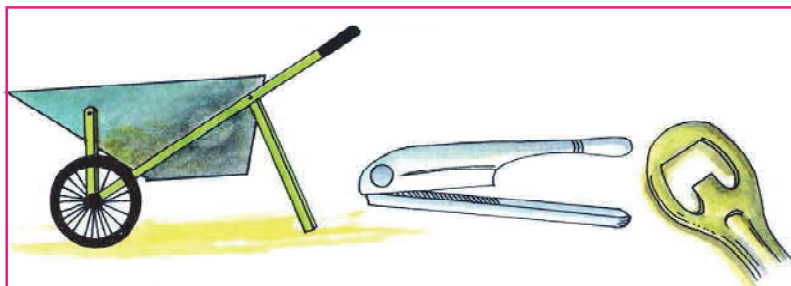
इस श्रेणी के उत्तोलक में आलम्ब, भार और आयास के मध्य होता है। उदाहरण— कैंची, पेंचिस, सी-सॉ झूला (चित्र 11.9 अ, ब, स)।



चित्र 11.9 प्रथम श्रेणी के उत्तोलक (Lever of the First kind)

द्वितीय श्रेणी के उत्तोलक (Lever of the Second kind)

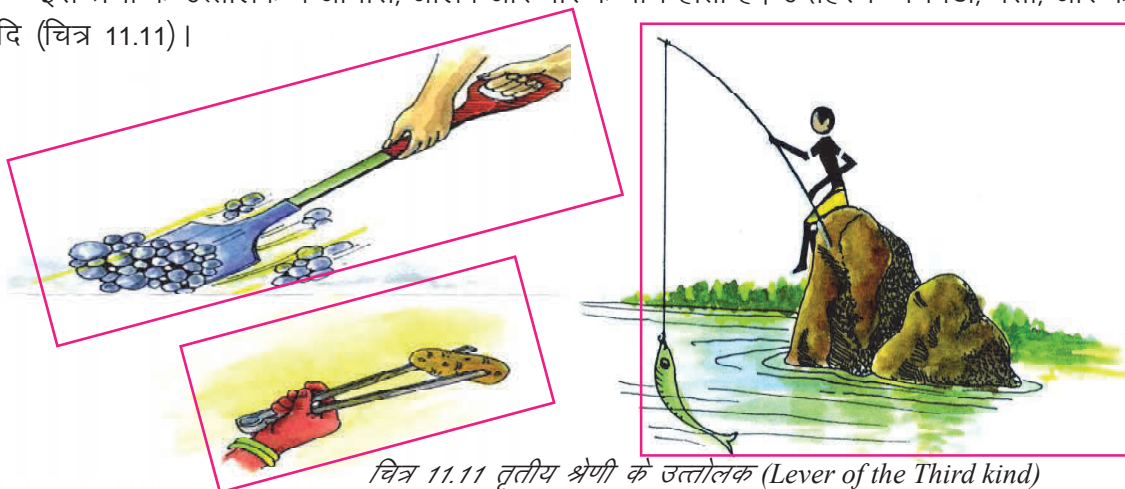
इस श्रेणी के उत्तोलक में भार, आलंब और आयास के मध्य होता है। उदाहरण— ठेला, सरोता, ठंडे पेय की बोतल खोलने वाला उपकरण आदि (चित्र 11.10)।



चित्र 11.10 द्वितीय श्रेणी के उत्तोलक (Lever of the Second kind)

तृतीय श्रेणी के उत्तोलक (Lever of the Third kind)

इस श्रेणी के उत्तोलक में आयास, आलंब और भार के बीच होता है। उदाहरण— चिमटा, बंसी, और फावड़ा आदि (चित्र 11.11)।



चित्र 11.11 तृतीय श्रेणी के उत्तोलक (Lever of the Third kind)

आर्किमिडीज़ (Archimedes)

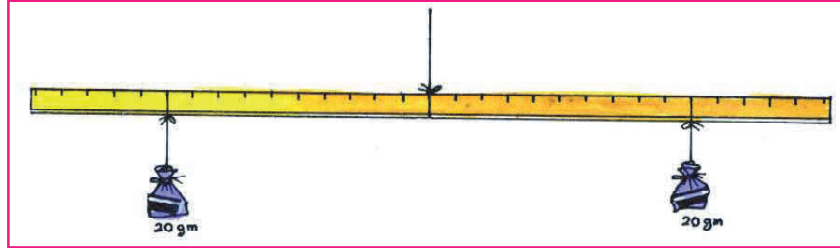
आर्किमिडीज़ एक महान ग्रीक वैज्ञानिक एवं गणितज्ञ थे। उनका जन्म सन् 287 ईसा पूर्व सिसिली में हुआ था। उनके यांत्रिकी तथा ज्यामिति में किए गये कार्यों ने उन्हें जगप्रसिद्ध कर दिया। उत्तोलक, घिरनी तथा पहिया और धुरी के उनके ज्ञान ने ग्रीक सेना को रोमन सेना के विरुद्ध लड़ाई में बहुत सहायता की। उन्होंने उत्तोलक की शक्ति को भाँपकर कहा था कि यदि उन्हें पृथ्वी से दूर अंतरिक्ष में खड़े होने के लिए एक स्थान दिया जाए तो वे उत्तोलक की सहायता से पृथ्वी को उसके स्थान से हटा सकते हैं। उन्होंने दीवार की आड़ में खड़े रहकर उत्तोलक की सहायता से बड़ी-बड़ी चट्टानों की बौछार कर शत्रु सेना के छक्के छुड़ा दिए साथ ही उन्होंने अवतल दर्पण द्वारा सौर ऊर्जा को एकत्रित कर शत्रु सेना के जलपोतों में आग लगाकर शत्रु को परेशान कर दिया। आर्किमिडीज़ ने तैरने के सिद्धांत का आविष्कार किया जिसकी सहायता से अपने दोस्त सिसिली के राजा के मुकुट के सोने की शुद्धता की जांच की।



क्रियाकलाप (Activity) -2

आइए, प्रथम श्रेणी के उत्तोलक के सिद्धांत को समझने के लिए एक क्रियाकलाप करें। 50 सेमी लंबी एक स्केल को बीच में धागे से बाँधकर एक हुक से इस प्रकार लटकाइए कि स्केल क्षैतिज स्थिति में संतुलित हो जाए। संतुलन की स्थिति में जहाँ से धागा बँधा है, वह आलंब है। अब 20 ग्राम के एक बाँट को हल्के व छोटे पॉलीथीन से बाँधकर धागे की सहायता से आलंब के बाँयी ओर 20 सेमी की दूरी पर लटकाइए (चित्र 11.12)।

दाँयी ओर दूसरी भुजा पर 20 ग्राम के बाँट को हल्के व छोटे पॉलीथीन से बाँध कर धागे की सहायता से इस प्रकार लटकाइए कि स्केल पुनः संतुलित हो जाए। इस दूरी को नोट कीजिए।



चित्र 11.12

अब इसी प्रयोग को बाँयी भुजा पर आलंब से 20 सेमी की दूरी पर बारी-बारी से 10 ग्राम व 5 ग्राम के बाँट लटका कर दाँयी भुजा पर 20 ग्राम के बाँट को इतनी दूरी पर लटकाइए कि प्रत्येक बार स्केल संतुलित हो जाए। इन प्रेक्षणों को नोट कीजिए। क्या इनसे आपने यह निष्कर्ष निकाला—

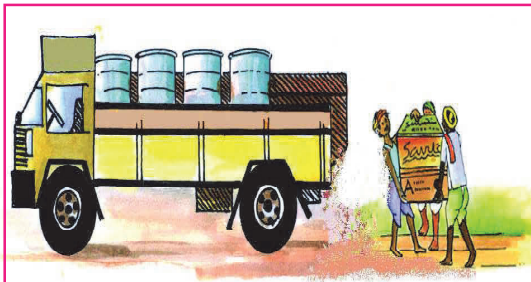
आलंब के बाईं ओर का भार $\times$ आलंब से उसकी दूरी

= आलंब के दाईं ओर का भार $\times$ आलंब से उसकी दूरी

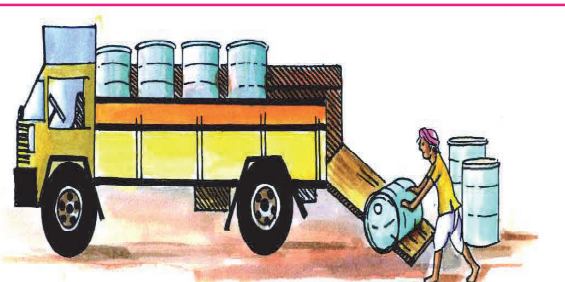
आपने देखा है आलंब के नजदीक रखे 20 ग्राम के बाँट को संतुलित करने के लिये हल्के बाँट को आलंब से दूर रखना पड़ता है। इस प्रकार सी-सॉ झूले को संतुलित करने के लिये भारी वस्तु को आलंब के पास रखना चाहिए।

2 आनत तल (Inclined Plane)

आपने कई बार देखा है कि स्कूटर या किसी गाड़ी को ऊँचाई पर चढ़ाने के लिये एक ढलान बना दिया जाता है। ट्रक या बैलगाड़ी पर तेल से भरा ड्रम चढ़ाने के लिये पट्टिए का उपयोग किया जाता है (चित्र 11.13)। इस प्रकार उपयोग किए गए पट्टिए को आनत तल कहते हैं। आनत तल एक चिकना, दृढ़ और चपटा समतल होता है, जो क्षैतिज के साथ कुछ कोण बनाता हुआ झुका रहता है।



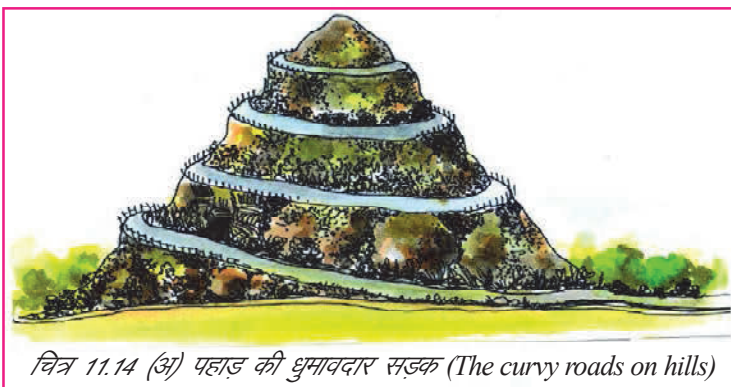
अ . सीधे चढ़ाना (Lifting straight)



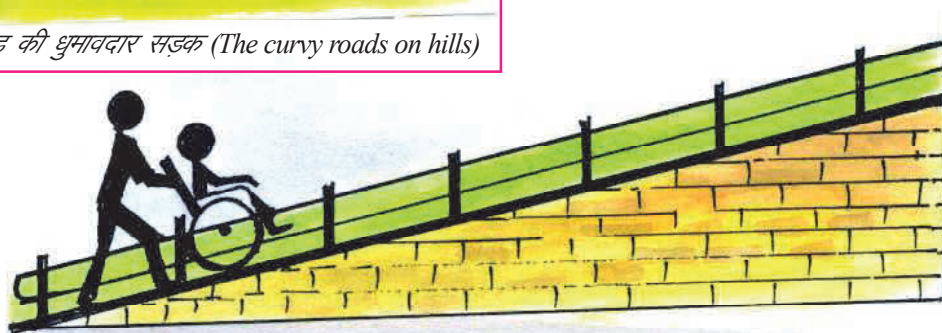
ब . आनत तल की सहायता से (Raising using an inclined plane)

चित्र 11.13 ट्रक पर तेल का ड्रम चढ़ाने की दो विधियाँ (Two methods to lift a drum full of oil on a truck)

ट्रक में तेल से भरा ड्रम चढ़ाने की ऊपर चित्र क्र. 11.13 अ तथा ब में दी गई दो विधियों में से आप किसे उपयुक्त मानते हैं? भारी वस्तुएँ, जिन्हें उठाना कठिन होता है, आनत तल की सहायता से आसानी से ऊपर चढ़ायी जा सकती हैं। पहाड़ की घुमावदार सड़क या अस्पताल में मरीज को ले जाने की सड़क भी आनत तल ही है (चित्र 11.14)।



चित्र 11.14 (अ) पहाड़ की घुमावदार सड़क (The curvy roads on hills)

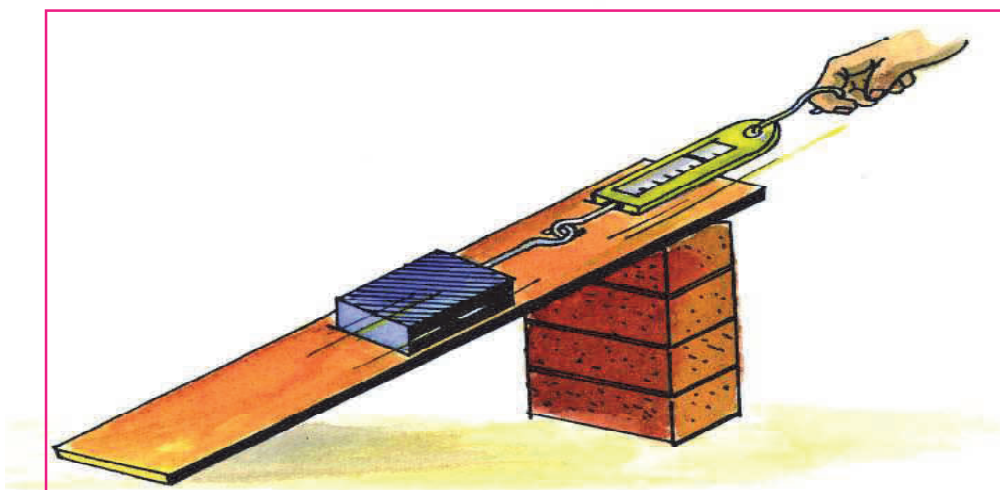


चित्र 11.14 (ब) अस्पताल में आनत तल (An incline plane in a hospital)



क्रियाकलाप (Activity) -3

लकड़ी के एक सख्त बोर्ड को पुस्तकों या ईंटों की सहायता से आनत तल बनाइए। एक लकड़ी के गुटके को कमानीदार तुला से तौलें। उसे आनत तल पर रखकर कमानीदार तुला के हुक से लटकाकर चित्र 11.15 की भांति ऊपर खींचें और तुला का पाठ्यांक लें।



चित्र 11.15 आनत तल का उपयोग (Use of inclined plane)

यह प्रयोग आनत तल के भिन्न-भिन्न झुकाव के लिये करें एवं पाठ्यांक सारणी में नोट करते जावें। झुकाव में परिवर्तन करने के लिये आनत तल के उठे हुए सिरे की धरातल से ऊँचाई में परिवर्तन करना होगा।

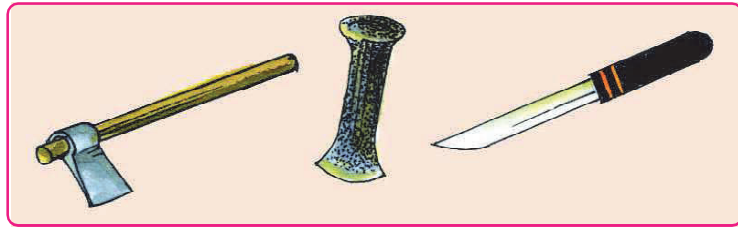


सारणी (Table) 11.2

क्रं.	आनत तल के उठे हुए सिरे की धरातल से ऊँचाई (सेमी में) (HEIGHT OF THE RAISED HEAD OF THE INCLINED PLANE FROM THE SURFACE (IN CM))	वस्तु को सीधे लटकाकर कमानीदार तुला का पाठ (ग्राम में) (WEIGHT OF THE BLOCK WHEN SUSPENDED STRAIGHT FROM THE SPRING BALANCE (IN G))	आनत तल पर वस्तु को खींचने में कमानीदार तुला का पाठ (ग्राम में) (WEIGHT OF THE BLOCK WHEN PULLED BY THE SPRING BALANCE ON THE INCLINED PLANE (IN G))
1.	_____	_____	_____
2.	_____	_____	_____
3.	_____	_____	_____

सारणी के आधार पर इन प्रश्नों के उत्तर दीजिए—

1. क्या प्रत्येक झुकाव के लिये भार को ऊपर खींचने में समान बल लगाना पड़ता है ?
2. आनत तल की सहायता से वस्तु को ऊपर उठाने में लगने वाला बल उसे सीधा ऊपर उठाने में लगने वाले बल की तुलना में कम है या अधिक ?
3. आनत तल की सहायता से वस्तु को ऊपर उठाने में लगने वाला बल तल के झुकाव से किस प्रकार संबंधित है ?



3 फन्नी (वेज) (Wedge)

चित्र 11.16 फन्नियों के उदाहरण (Examples of Wedge)

यह लकड़ी या धातु का एक टुकड़ा होता है जिसका एक सिरा चौड़ा और दूसरा सिरा नुकीला या धारदार होता है। इसका प्रयोग काटने, फाड़ने या दो चिपकी हुई वस्तुओं को अलग करने हेतु किया जाता है। चाकू, कुल्हाड़ी, छेनी, सुई, इत्यादि इसके उदाहरण हैं। वास्तव में फन्नी दो आनत तलों का योग है। फन्नी जितनी धारदार होती है, काटना या फाड़ना उतना ही आसान होता है। चित्र 11.16 में कुछ फन्नियों के उदाहरण दिए गए हैं।

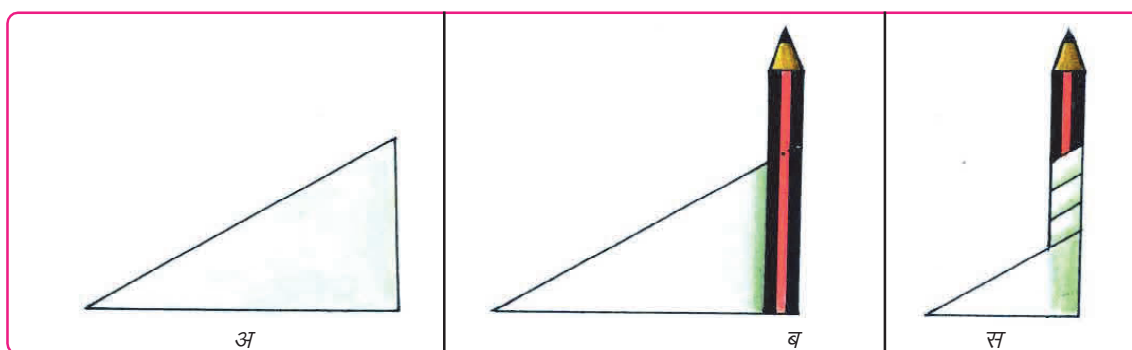
4. पेंच या स्क्रू (Screw)

आपने नट बोल्ट का उपयोग किया होगा। इसमें बोल्ट नट पर घूमते हुए आगे बढ़ता है। इसी प्रकार आपने पेन का रिफिल बदलते समय भी पेन को खोलने तथा बंद करने के लिये पेंच का उपयोग किया होगा। पेंच एक बेलन के चारों ओर लिपटा हुआ आनत तल होता है। वाहनों को उठाने हेतु उपयोग में आने वाला जैक भी एक स्क्रू है या घुमावदार आनत तल है, जिसकी सहायता से एक अकेला व्यक्ति वाहन को ऊपर उठा लेता है।



क्रियाकलाप-4

आइए, पेंच का आनत तल से संबंध बताने के लिए एक प्रयोग करते हैं। एक कागज को चित्रानुसार समकोण त्रिभुज में काट लीजिए (चित्र 11.17 अ)। इसका कर्ण एक आनत तल जैसे दिखाई देता है, जो उसके आधार से लम्ब के ऊपर रखा है। इस कागज के ऊपर एक बेलनाकार पेन्सिल को लम्ब भुजा के ऊपर रखिए (चित्र 11.17 ब)। अब कागज को पेन्सिल के ऊपर लपेटिए। आप देखेंगे कि कागज पेन्सिल के ऊपर एक सर्पिल रेखा बनाता है (चित्र 11.17 स)। कागज लिपटी हुई यह पेन्सिल एक पेंच का प्रतिरूप है।



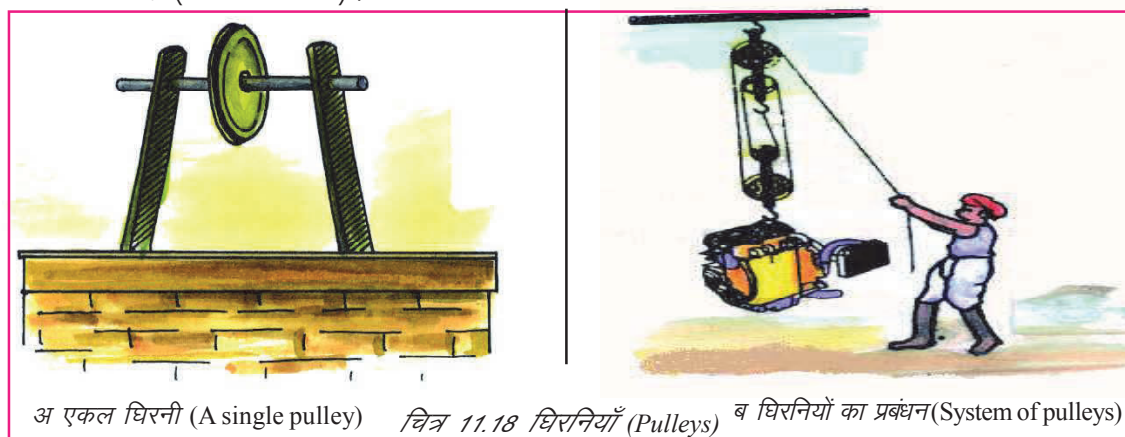
चित्र 11.17 आनत तल द्वारा पेच की चूड़ी का निर्माण (Construction of the screw using an incline plane)

पेंच पर बनी सर्पिल रेखाओं को चूड़ी तथा दो क्रमागत चूड़ियों के बीच की दूरी को चूड़ी अन्तराल कहते हैं (चित्र 11.17 स)। पेंच को एक चक्कर घुमाने पर वह चूड़ी अन्तराल के बराबर दूरी तय करता है। वस्तु को सीधे विस्थापित करने की तुलना में पेंच के उपयोग से आवश्यक बल का मान कम हो जाता है।

5. धिरनी (Pulley)

आपने कुँ से पानी निकालते समय धिरनी का उपयोग होते देखा है। यह एक सरल मशीन है, जो लगाए गए बल की दिशा बदलती है एवं हमारे कार्य को आसान बनाती है। धिरनी के निम्नलिखित भाग होते हैं:—

1. एक वृत्ताकार लोहे या लकड़ी की चकती या पहिया, जिसकी परिधि में रस्सा चढ़ाने हेतु खाँचा बना होता है।
2. धुरी या कील जिस पर चकती घूमती है।
3. एक फ्रेम, जिससे धुरी के दोनों सिरे जुड़े होते हैं। इस फ्रेम को किसी दृढ़ आधार से लटका दिया जाता है (चित्र 11.18 अ)।



अ एकल धिरनी (A single pulley) चित्र 11.18 धिरनियाँ (Pulleys) ब धिरनियों का प्रबंधन (System of pulleys)

चित्र 11.18 ब में चार धिरनियों के प्रबंध को दर्शाया गया है, जो क्रेन के सिद्धांत को स्पष्ट कर रहा है कि क्रेन भारी बोझ को कैसे उठाता है? प्रायः क्रेनों में एक से अधिक धिरनियों का उपयोग किया जाता है। यह धिरनी के सिद्धांत का प्रौद्योगिकी में उपयोग है।

6. पहिया और धुरी (Wheel and axle)

पहिया और धुरी दो विभिन्न व्यास के बेलन होते हैं, जो एक उभयनिष्ठ अक्ष पर साथ-साथ घूमते हैं (चित्र 11.19 अ)। पेंचकस, मोटरकार का स्टीयरिंग व्हील, साइकिल का पैडल आदि पहिया और धुरी के उदाहरण हैं (चित्र 11.19 ब)।



अ पहिया और धुरी (Wheel and axle)

ब पहिया और धुरी के उदाहरण (Examples of wheel and axle)

चित्र 11.19

**इनके उत्तर दीजिए (Answer these) –**

1. मशीन का उपयोग क्यों किया जाता है ?
2. उत्तोलक के प्रकार लिखकर प्रत्येक के दो-दो उदाहरण दीजिए ।
3. घिरनी का उपयोग क्यों किया जाता है ?
4. आनत तल का अर्थ बताते हुए दैनिक जीवन में उसके दो उपयोग बताइए ।

**हमने सीखा (We have learnt) –**

- बल और बल की दिशा में तय की गई दूरी के गुणनफल को कार्य कहते हैं।
- कार्य करने की क्षमता को ऊर्जा कहते हैं।
- कार्य और ऊर्जा का SI मात्रक जूल है।
- किसी वस्तु में उसकी गति के कारण जो ऊर्जा, निहित होती है, उसे उसकी गतिज ऊर्जा कहते हैं।
- किसी वस्तु में उसकी विशेष स्थिति के कारण जो ऊर्जा निहित होती है, उसे उसकी स्थितिज ऊर्जा कहते हैं।
- वस्तु की गतिज ऊर्जा तथा स्थितिज ऊर्जा के योग को उसकी कुल यांत्रिक ऊर्जा कहते हैं।
- यांत्रिक ऊर्जा, ऊष्मीय ऊर्जा, प्रकाश ऊर्जा, रासायनिक ऊर्जा, ध्वनि ऊर्जा, और विद्युत ऊर्जा ये सभी ऊर्जा के विभिन्न रूप हैं।
- ऊर्जा को एक रूप से अन्य रूपों में परिवर्तित किया जा सकता है।
- ऊर्जा को न तो उत्पन्न किया जा सकता है और न ही नष्ट। इसका केवल रूपान्तरण हो सकता है। इसे ऊर्जा संरक्षण का नियम कहते हैं।
- मशीनें हमारे दैनिक जीवन के कार्यों को आसान बनाती हैं।
- मशीनों को दो वर्गों में बाँटा जा सकता है—सरल मशीनें तथा जटिल मशीनें।
- सरल मशीनों के संयोजन से जटिल मशीनें बनती हैं।
- मशीनों पर लगे बल को आयास तथा मशीन द्वारा उठायी गयी वस्तु को भार या प्रतिरोध कहते हैं।
- सरल मशीनें छः प्रकार की होती हैं, 1. उत्तोलक 2. आनत तल 3. फन्नी 4. पेंच 5. घिरनी 6. पहिया और धुरी।
- उत्तोलक एक सीधी या टेढ़ी छड़ होती है, जिसे किसी बिन्दु पर टिकाकर घुमाया जा सकता है। इस बिन्दु को आलंब कहते हैं।
- उत्तोलक तीन प्रकार के होते हैं—प्रथम श्रेणी, द्वितीय श्रेणी एवं तृतीय श्रेणी।

- प्रथम श्रेणी के उत्तोलक में आलम्ब, भार एवं आयास के मध्य में होता है। उदाहरण— कैंची, सी-सॉ आदि।
- द्वितीय श्रेणी के उत्तोलक में भार, आयास और आलम्ब के मध्य में होता है उदाहरण सरोता, हाथ टेला आदि।
- तृतीय श्रेणी के उत्तोलकों में आयास, आलम्ब तथा भार के मध्य होता है उदाहरण— फावड़ा, चिमटा आदि।
- आनत तल एक चिकना, दृढ़, चपटा समतल है जो क्षैतिज के साथ कुछ कोण बनाता हुआ झुका रहता है उदाहरण— ट्रक पर भारी वस्तु चढ़ाने हेतु उपयोग में लाई जाने वाली लकड़ी का पटिया
- फन्नी लकड़ी या धातु का एक टुकड़ा होता है। इसका एक सिरा पतला व धारदार तथा दूसरा सिरा चौड़ा एवं मोटा होता है उदाहरण—चाकू, छेनी आदि।
- फन्नी दो आनत समतलों का योग है।
- पेंच एक बेलन में लिपटा हुआ एक आनत तल है उदाहरण— जैक—स्कू।
- घिरनी एक सरल मशीन है, जिसका उपयोग बल की दिशा बदलने में किया जाता है।
- पहिया और धुरी विभिन्न व्यास के दो बेलन होते हैं, जो एक उभयनिष्ठ अक्ष पर घूम सकते हैं।



अभ्यास के प्रश्न (Exercise)

1. सही विकल्प चुनिए (Choose the correct alternative) :-

1. सरल मशीन है—
 अ. साइकिल
 स. चिमटा
 ब. ट्रेक्टर
 द. सिलाई मशीन
2. कैंची किस श्रेणी का उत्तोलक है—
 अ. प्रथम
 स. तृतीय
 ब. द्वितीय
 द. इनमें से कोई नहीं
3. निम्नलिखित में कौन सा कार्य मशीनों द्वारा संभव नहीं है—
 अ. सुविधाजनक बिन्दु पर बल लगाने में।
 ब. गति को बढ़ाने में।
 स. बल की दिशा परिवर्तित करने में।
 द. ऊर्जा उत्पन्न करने में।
4. जूल मात्रक है—
 अ. कार्य का
 स. कार्य और ऊर्जा दोनों का
 ब. ऊर्जा का
 द. कार्य और ऊर्जा दोनों का नहीं।
5. पेट्रोलियम पदार्थ की ऊर्जा होती है—
 अ. रासायनिक ऊर्जा
 स. प्रकाश ऊर्जा
 ब. विद्युत ऊर्जा
 द. ध्वनि ऊर्जा



2 रिक्त स्थानों की पूर्ति कीजिए (Fill in the blanks) :-

1. ट्रेक्टर एक _____ मशीन है।
2. _____ श्रेणी के उत्तोलक में आलम्ब मध्य में होता है।
3. द्वितीय श्रेणी के उत्तोलक में _____ आलम्ब और आयास के मध्य में होता है।
4. कचरा उठाने का फावड़ा _____ श्रेणी का उत्तोलक है।
5. ड्रमों को ट्रक में चढ़ाने के लिये पटिए का उपयोग _____ का उदाहरण है।
6. गुलेल की तनी हुई रबर में _____ ऊर्जा संचित होती है।

3. निम्न प्रश्नों के उत्तर दीजिए (Answer the following questions) :-

1. मशीन क्या है ?
2. उत्तोलक किसे कहते हैं ?
3. विभिन्न प्रकार के उत्तोलकों में आलम्ब, आयास तथा भार की स्थिति का किस प्रकार संयोजन होता है ?
4. कार्य क्या है? कार्य के मात्रक लिखिए।

5. यदि वस्तु पर 125 न्यूटन बल लगाने से वस्तु 12 मीटर की दूरी तय करती है, तो कार्य की गणना कीजिए।
6. ऊर्जा की परिभाषा लिखिए। कार्य और ऊर्जा में क्या संबंध है?
7. ऊर्जा के पांच रूपों के नाम लिखिए। प्रत्येक के उदाहरण भी दीजिए।

4. निम्न के कारण बताइए (Give reasons for the following) :-

1. पहाड़ों की चढ़ाई घुमावदार होती है।
2. घिरनी की सहायता से कुँ से पानी निकालना अधिक आसान होता है।

5. एक भारी बॉक्स को मकान की छत पर चढ़ाना है -

- (अ) क्या आप घिरनी/रोलर/आनत तल का उपयोग कर सकते हैं ?
- (ब) इसमें किस प्रकार की ऊर्जा की आवश्यकता है ?



इन्हें भी कीजिए (Things to do) -

1. अपनी ऊर्जा संबंधी आदतों को पहचानने के लिए नीचे दिए गए कथनों के तीन विकल्पों में से एक पर सही (✓) का चिन्ह लगाएं एवं सारणी को पूर्ण कर अपना आकलन स्वयं करें।

क्र.	ऊर्जा संबंधी आदतें	हमेशा करते हैं। (2 अंक)	कभी-कभी करते हैं। (1 अंक)	कभी नहीं करते हैं। (0 अंक)	करने का कारण
1.	कमरा छोड़ते समय बल्ब, ट्यूब एवं पंखा बंद करते हैं जब वहां अन्य कोई व्यक्ति न हो।				
2.	कक्षा में जब कोई न हो तो बल्ब एवं पंखा बंद रखते हैं।				
3.	रेफ्रिजरेटर का दरवाजा शीघ्रता से बंद करते हैं।				
4.	घर में खाना पकाते समय बर्तन को ढक्कन से बंद रखते हैं।				
5.	दिन में प्रकाशित स्थान पर बैठकर पढ़ना पसंद करते हैं, अंधेरे कमरे में बल्ब जलाकर नहीं।				
6.	खाना बनाने या नहाने हेतु पानी गर्म करने के लिये अन्य ईंधनों की अपेक्षा सौर ऊर्जा (सोलर कुकर एवं सोलर हीटर) को प्राथमिकता देते हैं।				
7.	टी.वी.देखते समय या अन्य घरेलू कार्य करते समय घर के कई सदस्य एक कमरे में बैठते हैं जिससे बिजली की खपत कम हो।				
8.	बल्ब एवं ट्यूब को पोछकर साफ रखते हैं जिससे अधिकतम प्रकाश का उपयोग कर सकें।				

उपरोक्त क्रिया के आधार पर आप निम्नांकित श्रेणी के अनुसार अपना आकलन करें -

प्राप्तांक	श्रेणी	प्राप्तांक	श्रेणी
14 - 16	उत्तम	08 - 10	सामान्य
11 - 13	अच्छा	05 - 07	निम्न
		00 - 04	निकृष्ट

