

एखाद्या वस्तूवर बल प्रयुक्त केले असता जर त्या वस्तूचे काही विस्थापन घडून येत असेल तर कार्य झाले असे म्हणतात हे आपल्याला माहिती आहे.

वस्तूचे विस्थापन कधी बलाच्या दिशेने तर कधी बलाच्या विरुद्ध दिशेने होते. काही वेळा तर बल प्रयुक्त करून सुद्धा वस्तूचे विस्थापन होत नाही.

वस्तूचे विस्थापन बलाच्या दिशेने झाले तर त्यावेळी झालेल्या कार्याला **धन कार्य** म्हणतात.

मग ऋण कार्य म्हणजे काय? वस्तूचे विस्थापन बलाच्या विरुद्ध दिशेने झाले तर त्यावेळी झालेल्या कार्याला **ऋण कार्य** म्हणतात.



काही वेळेला काय होतं, की एखाद्या वस्तूवर कितीही बल प्रयुक्त केलं तरी ती वस्तू जागची हलत नाही म्हणजे तिचं विस्थापन होत नाही.

एक उदाहरण पाहू. समजा एक भला मोठा दगड आहे आणि तुम्हाला सांगितलं की

तुम्ही एकेकट्याने हा दगड ढकलून बाजूला करा. आपण कितीही मोठे बल लावले तरी तो दगड थोडासुद्धा हलला नाही, त्याने आपली जागा बदलली नाही .

मग आता या ठिकाणी कार्य झाले की नाही? याचे उत्तर आहे **कार्य झाले नाही** . असं का बरं?

मग आपण एवढे बल प्रयुक्त करून सुद्धा कार्य झाले नाही?



होय. नाही झाले कार्य, कारण याठिकाणी विस्थापन कुठं झालंय? विस्थापन “0” झालंय.

कार्याची व्याख्या आपल्याला माहित आहे की बल आणि विस्थापन यांचा गुणाकार म्हणजे कार्य.

विस्थापन 0 असेल तर कार्य सुद्धा 0 च असेल.

बल प्रयुक्त करून सुद्धा जर वस्तूचे विस्थापन झाले नाही किंवा बल आणि विस्थापन परस्पर लंब असतील तर अशा वेळी शून्य कार्य झाले असे म्हणतात.

अशी कल्पना करा की जमिनीवर असलेले 1 किलोचे वजन मला उचलून 1 मीटर उंचीच्या टेबलावर ठेवायचे आहे. मग त्यासाठी मला किती कार्य करावे लागेल?

मी ज्यावेळी वजन उचलण्याचा प्रयत्न करेन त्यावेळी मला आधी काय करावे लागेल?

तर त्या वजनावर काम करणारे गुरुत्वबल स्नायू बलाने तोलून धरावे लागेल म्हणजेच ते संतुलित करावे लागेल. हे गुरुत्वबल तोलल्यावर मग मला ते वजन 1 मीटर एवढ्या अंतराने विस्थापित करून टेबलावर ठेवावे लागेल.

त्याप्रमाणे मी वजन उचलून टेबलवर ठेवले. अता अशा परिस्थितीत मी केलेले कार्य कसे मोजायचे?

आपल्याला माहित आहे की वजनावर कार्य करणारे जे गुरुत्व बल आहे त्याचे मूल्य 1 कि.ग्रा. $\times 9.98$ मी/से². एवढे आहे. (म्हणजे 9.98 न्यूटन)

वस्तूचे विस्थापन 1 मीटर झाले आहे. मी केलेले कार्य W मानू. जर मी वजन उचलू शकलो नसतो तर कार्य 0 झाले असते.

जर मी ते वजन 50 सें.मी. उंचीपर्यंत उचलू शकलो असतो तर मी केलेले कार्य W/2 म्हणावे लागेल.

वजन 1 मीटर उचलून टेबलवर ठेवले तर कार्य पूर्ण झाले असे म्हणता येईल.

तेंव्हा,

कार्य = बल × विस्थापन

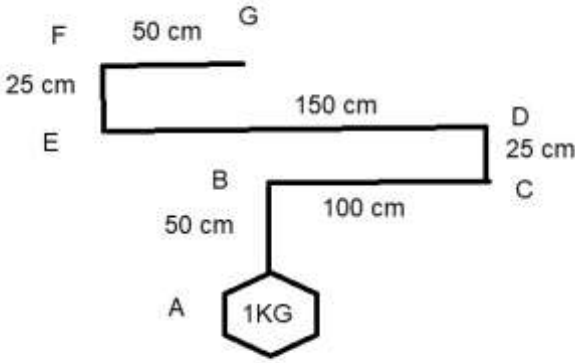
$$W = F \times s$$

अशी कार्याची व्याख्या करता येईल.

आता थोडी गंमत पाहूया.

1 kg वजन उचलताना ते मी खाली आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे निरनिराळ्या दिशांना फिरवत शेवटी ते 1 मीटर उंचीपर्यंत उचलले.

जेव्हा हे वजन A पासून B पर्यंत उचलले तेंव्हा झालेले कार्य $W/2$ एवढे आहे.



B पासून C पर्यंत नेले तेंव्हा काहीही कार्य झाले नाही कारण बलाची दिशा विस्थापनाच्या दिशेशी काटकोनात होती.

C पासून D उचलल्यावर झालेले कार्य $W/4$ आहे.

D पासून E पर्यंत वस्तू नेल्यावर पुन्हा 0 कार्य झाले.

याठिकाणी 0 कार्य का झाले हे तुमच्या लक्षात आले असेलच.

E पासून F पर्यंत वस्तू नेल्यावर किती कार्य झाले असेल?

अगदी बरोबर $W/4$ एवढे कार्य झाले.

F पासून G पर्यंत वस्तू नेऊन ठेवली तर तिथंही 0 कार्य झाले.

मग आता एकूण किती कार्य झाले ते ठरवूया.

सगळ्या कार्याची बेरीज करावी लागेल. करूया

$$W/2 + W/4 + W/4 = W$$



हे कार्य करण्यासाठी काही ऊर्जा वापरावी लागली.ऊर्जा म्हणजे काय हे तुम्हाला माहित आहे....

तर ऊर्जा म्हणजे पदार्थाची कार्य करण्याची क्षमता !

वजन उचलण्याच्या कामासाठी काही बल वापरावे लागले आहे तेव्हाच W एवढे कार्य झाले आहे. त्याचे काय झाले?

तर W एवढी ऊर्जा वजनाच्या स्थितिज ऊर्जेच्या स्वरूपात वाढली. स्थितीज ऊर्जा म्हणजे काय हे आपण पुढे पाहणार आहोत.

आतापर्यंत घेतलेल्या माहितीवरून असा अर्थ निघतो की कार्य आणि ऊर्जा परस्पर संबंधीत आहेत .आता याचे मोजमाप कसे करतात हे पाहू.

SI पद्धतीत कार्य आणि ऊर्जेचे एकक आहे... ज्यूल !

कार्य = बल × विस्थापन

SI पद्धतीत बलाचे एकक न्यूटन आणि विस्थापनाचे एकक मीटर आहे.

$$1 \text{ ज्यूल} = 1 \text{ न्यूटन} \times 1 \text{ मीटर}$$

1 न्यूटन एवढ्या बलाचे 1 मीटरने विस्थापन झाल्यास 1 ज्यूल कार्य होते.

म्हणजे 1 Kg चे वजन 1 मीटर उंच उचलून ते टेबलावर ठेवले तर 9.98 J एवढे कार्य झाले असे म्हणता येईल.

CGS पद्धतीत बलाचे एकक डाईन आणि विस्थापनाचे एकक सेंटीमीटर आहे.

CGS पद्धतीत कार्याचे एकक डाईन सेंटीमीटर म्हणजेच अर्ग आहे.

$$1 \text{ अर्ग} = 1 \text{ डाईन} \times 1 \text{ सेंटीमीटर}$$

ज्यूल आणि अर्ग यातील संबंध

$$1 \text{ न्यूटन} = 100000 \text{ डाईन आणि } 1 \text{ मीटर} = 100 \text{ सेंटीमीटर}$$



$$\begin{aligned}
 1 \text{ ज्यूल} &= 1 \text{ न्यूटन} \times 1 \text{ मीटर} \\
 &= 100000 \text{ डाईन} \times 100 \text{ सेंटीमीटर} \\
 &= 10000000 \text{ डाईन सेंटीमीटर}
 \end{aligned}$$

$$1 \text{ ज्यूल} = 10000000 \text{ अर्ग}$$

स्थितिज ऊर्जा

हे कार्य बलाच्या विरुद्ध दिशेने केले त्यामुळे तेवढे कार्य म्हणजे तेवढी ऊर्जा त्या वजनामध्ये साठवली गेली.

समजा, हे कार्य बलाच्या दिशेने घडले असते तर काय झाले असते?

अशी कल्पना करूया की 1 Kg चे वजन दोऱ्याच्या साहाय्याने 1 मीटर उंचीवर टांगून ठेवले आहे. या टांगलेल्या वजनाच्या अंगी काही ऊर्जा आहे. ती केवढी आहे, तर ते वजन टांगण्यासाठी केलेल्या कार्याएवढी !

या टांगून ठेवलेल्या वजनाच्या अंगी जी ऊर्जा आहे ती त्याच्या विशिष्ट स्थितीमुळे किंवा विशिष्ट अवस्थेमुळे ! म्हणजे टांगलेल्या अवस्थेमुळे !

पदार्थाच्या विशिष्ट स्थितीमुळे किंवा स्थानामुळे त्यात जी ऊर्जा सामावलेली असते तिला त्या पदार्थाची स्थितिज ऊर्जा म्हणतात.

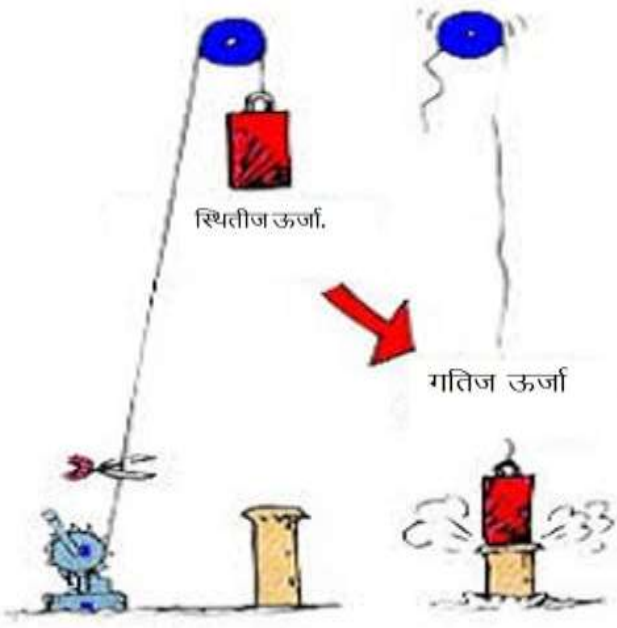
स्थितिज उर्जेचे समीकरण

“m” वस्तुमानाची वस्तू पृथ्वीच्या पृष्ठभागापासून “h” एवढ्या उंचीवर नेण्यासाठी mg एवढ्या बलाचा वापर गुरुत्वीय बलाच्या विरुद्ध दिशेने करावा लागतो.

यावेळी घडून आलेले कार्य,

$$\text{कार्य} = \text{बल} \times \text{विस्थापन} \text{ या सूत्रानुसार } W = mgh$$

म्हणजेच विस्थापनामुळे वस्तूत सामावलेली स्थितिज ऊर्जा = mgh



आता हे 1 मीटर उंचीवर टांगून ठेवलेले 1 Kg चे वजन खाली सोडून दिले तर काय होईल?

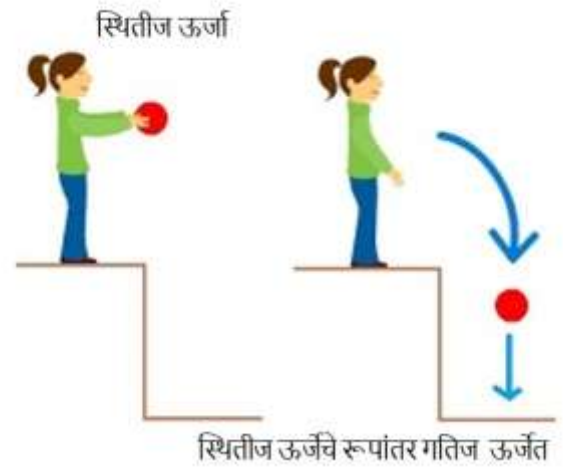
गतिज ऊर्जा

वजन खाली सोडून दिल्यास ते बलाच्या दिशेने विस्थापित होईल, जमिनीवर पडेल व तोपर्यंत “W” एवढ्या स्थितीज ऊर्जेचे रूपांतर गतिज ऊर्जेत होईल.

पदार्थाच्या गतिमान अवस्थेमुळे पदार्थास प्राप्त झालेल्या ऊर्जेला गतिज ऊर्जा म्हणतात.

उर्जेचे रूपांतरण

वरील उदाहरणात स्थितीज ऊर्जेचे रूपांतर गतिज ऊर्जेत होते हे आपण पाहिले. यालाच ऊर्जेचे रूपांतरण म्हणतात. ऊर्जेच्या रूपांतरणाची आणखीनही खूप उदाहरणे तुम्ही सांगू शकाल. जसे की



विद्युत ऊर्जेचे प्रकाश ऊर्जेत, रासायनिक ऊर्जेत किंवा उष्णता ऊर्जेत.

अशी आणखीन काही उदाहरणे तुम्हाला नक्कीच आठवतील.

उर्जेविषयीचा एक नियम आहे त्याला ऊर्जा अक्षय्यतेचा नियम म्हणतात.



ऊर्जा निर्माण करता येत नाही किंवा नष्टही करता येत नाही. तिचे एका प्रकारातून दुसऱ्या प्रकारात रूपांतर करता येते. तथापि विश्वातील एकूण ऊर्जा सदैव अक्षय्य असते.



याविषयी दोन दोलकांचा एक प्रयोग आहे तो पाहण्यासाठी खालील लिंक पहा

<https://youtu.be/blUuXm0srcg>