

CBSE Class 11th Physics Important Questions

Chapter 5 कार्य, ऊर्जा और शक्ति

अति लघु उत्तरीय प्रश्न

प्रश्न 1.

कार्य किसे कहते हैं ? यह कैसी राशि है ?

उत्तर-

जब कोई बल लगाने से वस्तु का विस्थापन होता है, तो बल द्वारा कार्य किया जाता है। किसी बल द्वारा किया गया कार्य बल तथा बल की दिशा में उत्पन्न हुए विस्थापन के गुणनफल के बराबर होता है। यह एक अदिश राशि है। इसका SI मात्रक जूल तथा विमीय सूत्र $[M^1 L^2 T^{-2}]$ है। $1\text{जूल} = 10^7$ अर्ग होता है।

प्रश्न 2.

1 जूल से आप क्या समझते हैं ?

उत्तर-

यदि 1 न्यूटन का बल लगाकर किसी वस्तु को बल की दिशा में 1 मीटर विस्थापित किया जाता है, तो वस्तु पर किया गया कार्य 1 जूल कहलाता है।

प्रश्न 3.

1 अर्ग को परिभाषित कीजिए।

उत्तर-

यदि 1 डाइन का बल लगाकर किसी वस्तु को बल की दिशा में 1 सेमी तक विस्थापित किया जाता है, तो किया गया कार्य 1 अर्ग कहलाता है।

प्रश्न 4.

शून्य कार्य किसे कहते हैं ? .

उत्तर-

यदि वस्तु पर बल लगाने के फलस्वरूप वस्तु का विस्थापन शून्य हो या वस्तु का विस्थापन; बल की दिशा के लंबवत् हो, तो बल द्वारा किया गया कार्य शून्य होता है। यदि दीवार को धक्का लगाया जाये तो, चूँकि दीवार का विस्थापन नहीं होता, अतः किया गया कार्य शून्य होता है।

प्रश्न 5.

ऊर्जा से क्या तात्पर्य है ? इसका SI मात्रक लिखिये। यह कैसी राशि है ?

उत्तर-

ऊर्जा-किसी वस्तु के कार्य करने की क्षमता को उसकी ऊर्जा कहते हैं। इसका SI मात्रक जूल है। यह एक अदिश राशि है।

प्रश्न 6.

एक पिण्ड पर बल लगाकर उसे विस्थापित किया जाता है। पिण्ड पर किस दिशा में बल लगाने पर महत्तम कार्य होगा?

उत्तर-

कार्य $w = F \cdot d \cos \theta$ के अनुसार बल, विस्थापन की दिशा में लगाने पर महत्तम कार्य प्राप्त होगा, जबकि विस्थापन की लंबवत् दिशा में बल लगाने से कार्य शून्य होगा एवं विस्थापन की विपरीत दिशा में बल लगाने से प्राप्त कार्य न्यूनतम (ऋणात्मक) होगा।

प्रश्न 7.

ऊर्जा संरक्षण का नियम लिखिये।

उत्तर-

इस नियमानुसार-“ऊर्जा को न तो नष्ट किया जा सकता है और न ही उत्पन्न किया जा सकता है। इसे केवल एक रूप से दूसरे रूप में परिवर्तित किया जा सकता है।”

प्रश्न 8.

एक व्यक्ति कुछ वजन लेकर सड़क पर 10 मीटर की दूरी चलता है, उसके द्वारा गुरुत्वीय बल के विरुद्ध कितना कार्य किया जायेगा?

उत्तर-

शून्य, क्योंकि व्यक्ति का विस्थापन; गुरुत्वीय बल की दिशा के लंबवत् है।

प्रश्न 9. परिवर्ती बल से क्या समझते हो ? उदाहरण सहित समझाइए।

उत्तर-

जब किसी वस्तु पर आरोपित बल का मान तथा दिशा समय के साथ या वस्तु की स्थिति के साथ दलते रहते हैं, तो इस प्रकार के बल को परिवर्ती बल कहते हैं। उदाहरण के लिए, किन्हीं दो वस्तुओं के मध्य ने वाला गुरुत्वाकर्षण बल दोनों वस्तुओं के बीच की दूरी पर निर्भर करता है। अतः गुरुत्वाकर्षण बल एक वर्ती बल है।

प्रश्न 10.

क्या यह संभव है कि किसी वस्तु की गति त्वरित हो तथा उस पर नियत परिमाण का बल रहा हो, फिर भी उस बल द्वारा किया गया कार्य शून्य हो ?

उत्तर-

हाँ, वृत्तीय गति में अभिकेन्द्री बल द्वारा किया गया कार्य शून्य होता है।

प्रश्न 11.

यांत्रिक ऊर्जा क्या है ? यह कितने प्रकार की होती है ?

उत्तर-

किसी वस्तु की यान्त्रिक कारणों से कार्य करने की जितनी क्षमता होती है, उसे उस वस्तु की यान्त्रिक ऊर्जा कहते हैं। यह दो प्रकार की होती है

- गतिज ऊर्जा-किसी वस्तु की गति के कारण वस्तु में जितनी ऊर्जा होती है, उसे उस वस्तु की गतिज ऊर्जा कहते हैं।
- स्थितिज ऊर्जा-किसी वस्तु में उसकी स्थिति के कारण निहित ऊर्जा को उसकी स्थितिज ऊर्जा कहते हैं।

प्रश्न 12.

किसी वस्तु का यदि वेग दो गुना कर दिया जाये, तो उसकी गतिज ऊर्जा कितनी गुना बढ़ जायेगी? . .

उत्तर-

चार गुनी हो जायेगी, क्योंकि गतिज ऊर्जा $= \frac{1}{2} mv^2$ होती है।

प्रश्न 13.

पृथ्वी तल से h ऊँचाई पर किसी पिण्ड की गुरुत्वीय स्थितिज ऊर्जा का सूत्र लिखिये।

उत्तर-

पृथ्वी तल से h ऊँचाई पर m द्रव्यमान के किसी पिण्ड की गुरुत्वीय स्थितिज ऊर्जा $= mgh$.

प्रश्न 14.

जब किसी बन्दूक से चलाई गई गोली किसी लक्ष्य से टकराकर रुक जाती है तो उसकी गतिज ऊर्जा किन-किन रूपों में परिवर्तित हो जाती है ?

उत्तर-

गोली की गतिज ऊर्जा लक्ष्य की आकृति या आकार बदलने में (अर्थात् लक्ष्य की प्रत्यास्थ स्थितिज ऊर्जा के रूप में) ध्वनि ऊर्जा के रूप में तथा ऊष्मीय ऊर्जा के रूप में परिवर्तित होगी।

प्रश्न 15.

शक्ति से क्या तात्पर्य है ? इसके मात्रक लिखिए। यह कैसी राशि है ?

उत्तर-

किसी मशीन द्वारा कार्य करने की दर को उसकी शक्ति कहते हैं।

अर्थात्

$$\text{शक्ति} = \frac{\text{कार्य}}{\text{समय}}$$

इसका SI मात्रक वाट है। शक्ति एक अदिश राशि है।

प्रश्न 16. वाट से क्या तात्पर्य है ?

उत्तर-

जब 1 जूल कार्य 1 सेकण्ड तक किया जाता है, तो उत्पन्न होने वाली शक्ति को 1 वाट कहते हैं।

प्रश्न 17.

1 अश्व शक्ति का मान बताइये।

उत्तर-

1 अश्व शक्ति (H.P.) = 746 वाट होता है।

प्रश्न 18.

संघट्ट से क्या तात्पर्य है ? संघट्ट के दौरान किन-किन भौतिक राशियों का आदानप्रदान होता है ?

उत्तर-

दो वस्तुओं का आपस में टकराना या उनके मध्य अन्योन्य क्रिया का होना संघट्ट कहलाता है। संघट्ट के दौरान वस्तुओं के संवेग तथा गतिज ऊर्जा का आदान-प्रदान होता है।

प्रश्न 19.

संघट्ट कितने प्रकार के होते हैं ?

उत्तर-

संघट्ट दो प्रकार के होते हैं

1. प्रत्यास्थ संघट्ट-इनमें निकाय का संवेग तथा गतिज ऊर्जा दोनों संरक्षित रहते हैं।
2. अप्रत्यास्थ संघट्ट-इनमें संवेग संरक्षित रहता है, किन्तु गतिज ऊर्जा संरक्षित नहीं होती है।

प्रश्न 20.

1 किलोवाट तथा 1 मेगावाट में कितने वाट होते हैं ?

उत्तर-

1 किलोवाट = 10^3 वाट होता है।

1 मेगावाट = 10^6 वाट होता है।

प्रश्न 21.

शक्ति सदिश राशि है या अदिश राशि ? इसका विमीय सूत्र बताइये।

उत्तर-

शक्ति एक अदिश राशि है। इसका विमीय सूत्र $[M^1L^2T^{-3}]$ होता है।

प्रश्न 22.

गतिज ऊर्जा की माप कैसे की जाती है ?

उत्तर-

गतिज ऊर्जा की माप कार्य की उस मात्रा से की जाती है, जो उस वस्तु को विरामावस्था से वर्तमान गति की अवस्था तक लाने में किया जाता है, अथवा वह वस्तु अपनी वर्तमान गति की अवस्था से विरामावस्था तक आने में कर सकती है।

प्रश्न 23.

क्या संघट्ट के लिए पदार्थों का परस्पर संपर्क आवश्यक है ?

उत्तर-

संघट्ट में दो टकराने वाले पिण्डों में भौतिक संपर्क आवश्यक नहीं है। उदाहरण के तौर पर रदरफोर्ड के α कणों के प्रकीर्णन के प्रयोग में α कण का नाभिक से भौतिक संपर्क नहीं होता, बल्कि a कण तथा नाभिक के बीच स्थित वैद्युत् परस्पर क्रिया के कारण α कण नाभिक से कुछ दूर से ही प्रकीर्णित हो जाते हैं।

प्रश्न 24.

अचर बल से क्या तात्पर्य है ? अचर बल द्वारा किये गये कार्य का सूत्र लिखिए।

उत्तर-

वह बल जो परिमाण व दिशा में नियत रहता है, अचर बल कहलाता है। अचर बल द्वारा किया गया कार्य = बल \times बल की दिशा में विस्थापन

$$\therefore W = F.d \cos\theta$$

लघु उत्तरीय प्रश्न

प्रश्न 1.

दो सदिशों के अदिश गुणनफल का ज्यामितीय अर्थ समझाते हुए उसके गुण लिखिए।

उत्तर-

ज्यामितीय अर्थ-यदि \vec{a} और \vec{b} दो सदिश हों तथा उनके बीच का कोण θ हो, तो.

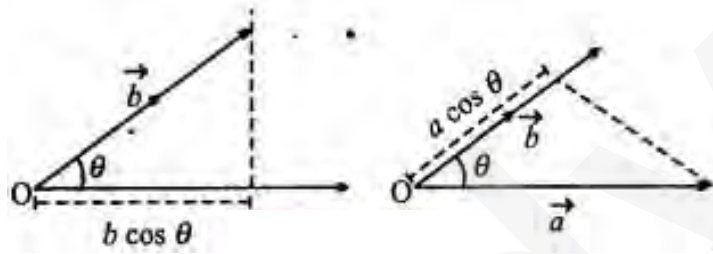
$\vec{a} \cdot \vec{b} = ab \cos \theta = a(b \cos \theta) = b(a \cos \theta)$ $b \cos \theta$, \vec{b} का \vec{a} की दिशा में अदिश घटक तथा $a \cos \theta$, \vec{a} का \vec{b} की दिशा में अदिश घटक है।

इस प्रकार, दो सदिशों का अदिश गुणनफल उनमें से किसी एक सदिश के परिमाण तथा दूसरे के पहले की दिशा में अदिश घटक के गुणनफल के बराबर होता है।

गुण-

(i) दो सदिशों का अदिश गुणनफल क्रम-विनिमेय नियम का पालन करता है। अर्थात्

$$\vec{a} \cdot \vec{b} = \vec{b} \cdot \vec{a}$$



प्रमाण

$$\vec{a} \cdot \vec{b} = ab \cos \theta$$

$$\text{तथा } \vec{b} \cdot \vec{a} = ba \cos \theta = ab \cos \theta = \vec{a} \cdot \vec{b} .$$

(ii) दो सदिशों का अदिश गुणनफल योग के सापेक्ष वितरण नियम का पालन करता है। इस प्रकार, अर्थात् $\vec{a} \cdot (\vec{b} + \vec{c}) = \vec{a} \cdot \vec{b} + \vec{a} \cdot \vec{c}$.

$$(iii) \vec{a} \cdot \vec{a} = |\vec{a}|^2 = a^2$$

प्रश्न 2.

दो सदिशों के सदिश गुणनफल का ज्यामितीय अर्थ समझाते हुए उसके गुण लिखिए। .

उत्तर-

मानलो सदिश \vec{a} और \vec{b} को एक समान्तर चतुर्भुज OACB की दो आसन्न भुजाओं OA और OB से व्यक्त किया जाता है।

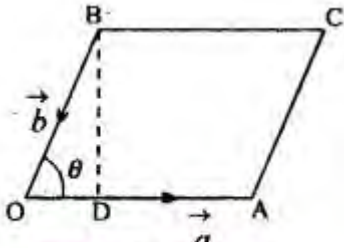
बिन्दु B से भुजा OA पर BD लम्ब डालते हैं। तब समान्तर चतुर्भुज का क्षेत्रफल

$$= OA \times BD$$

$$= OA \times OB \sin\theta \left[\because \sin\theta = \frac{BD}{OB} \right]$$

$$= ab \sin\theta = (\vec{a} \times \vec{b}) \text{ का परिमाण}$$

अतः $(\vec{a} \times \vec{b})$ का परिमाण उस समान्तर चतुर्भुज के क्षेत्रफल के बराबर होता है, जिसकी दो आसन्न भुजाएँ \vec{a} और \vec{b} होती हैं तथा जिसकी दिशा इस क्षेत्र के लम्बवत् होती है। इसी कारण $\vec{a} \times \vec{b}$ को \vec{a} तथा \vec{b} से बनाये गये समान्तर चतुर्भुज का सदिश क्षेत्रफल कहते हैं।



गुण- (i) दो सदिशों का सदिश गुणनफल क्रमविनिमेय नियम का पालन नहीं करता है। अर्थात्

$$\vec{a} \times \vec{b} \neq \vec{b} \times \vec{a}$$

क्योंकि

$$\vec{a} \text{ को } \vec{b} = ab \sin\theta \hat{n}$$

तथा

$$\vec{b} \text{ को } \vec{a} = ab \sin\theta (-\hat{n})$$

$$= -ab \sin\theta \hat{n} = -\vec{a} \text{ को } \vec{b}.$$

(ii) दो सदिशों का सदिश गुणनफल साहचर्य नियम का पालन नहीं करता है अर्थात्

$$\vec{a} \cdot (\vec{b} \times \vec{c}) \neq (\vec{a} \times \vec{b}) \cdot \vec{c}.$$

(iii) $\vec{a} \times \vec{a} = \vec{0}$, (शून्य सदिश)

प्रश्न 3.

किसी वस्तु द्वारा किये गये कार्य तथा किसी वस्तु पर किये गये कार्य को उदाहरण सहित समझाइये।

उत्तर-

जब वस्तु का विस्थापन, बाहरी लगाये गये बल की दिशा में होता है, तो वस्तु पर कार्य किया जाता है। इसके विपरीत जब वस्तु का विस्थापन, बल की विपरीत दिशा में होता है, तो वस्तु द्वारा कार्य किया जाता है।

उदाहरण-किसी पत्थर के टुकड़े को ऊर्ध्वाधरतः ऊपर उठाने के लिए पत्थर के भार के बराबर ऊपर की ओर बाह्य बल लगाना होता है तथा विस्थापन भी ऊपर की ओर होता है। अतः पत्थर पर कार्य किया जाता है। इसके विपरीत जब पत्थर नीचे गिरता है, तो पत्थर द्वारा कार्य किया जाता है।

प्रश्न 4.

गतिज ऊर्जा से क्या तात्पर्य है ? गतिज ऊर्जा की माप किस प्रकार की जाती है ? इसका व्यंजक निगमित कीजिए। .

उत्तर-

गतिज ऊर्जा-किसी वस्तु में उसकी गति के कारण निहित ऊर्जा को उसकी गतिज ऊर्जा कहते हैं। इसकी माप गति की दिशा के विरुद्ध लगाये गये बल द्वारा किये गये उस कार्य से की जाती है, जो वस्तु को रोकने के लिए किया जाता है।

माना m द्रव्यमान का पिण्ड v वेग से गतिमान है। पिण्ड पर गति की दिशा के विरुद्ध F बल लगाने से वह x दूरी चलकर रुक जाता है, तो पिण्ड की गतिज ऊर्जा = बल द्वारा पिण्ड पर किया गया कार्य

= बल \times विस्थापन

= $F \cdot x$ (1)

लेकिन $F = ma$ से,

\therefore मंदन $a = \frac{-F}{m}$

एवं गति के तृतीय समीकरण $v^2 = u^2 + 2as$ से,

$$0 = v^2 + 2ax = v^2 - 2\left(\frac{F}{m}\right)x$$

या

$$v^2 = \frac{2Fx}{m}$$

\therefore

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

\therefore

$$\text{पिण्ड की गतिज ऊर्जा} = \frac{1}{2}mv^2.$$

प्रश्न 5.

सिद्ध कीजिए कि किसी पिण्ड पर लगाये गये बल द्वारा पिण्ड को विस्थापित करने में किया गया कार्य, उसकी गतिज ऊर्जा में वृद्धि के बराबर होता है ?

अथवा

कार्य-ऊर्जा प्रमेय क्या है ? इसे सिद्ध कीजिए जबकि बल अचर हो?

उत्तर-

कार्य-ऊर्जा प्रमेय के अनुसार-"किसी पिण्ड पर लगाये गये बल द्वारा पिण्ड को विस्थापित करने में किया गया कार्य उसकी गतिज ऊर्जा में वृद्धि के बराबर होता है।"

माना कोई पिण्ड किसी प्रारम्भिक वेग u से गतिमान है। उस पर कोई बल F , t सेकण्ड तक लगाने से उसका अंतिम वेग v हो जाता है। यदि पिण्ड द्वारा इस समय में चली गयी दूरी x है। तब समीकरण $v^2 = u^2 + 2as$ से,

$$v^2 = u^2 + 2ax$$

$$\text{अतः } 2ax = v^2 - u^2$$

$$\therefore a = \frac{v^2 - u^2}{2x}$$

एवं न्यूटन के द्वितीय नियम से $F = ma$.

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

तब बल द्वारा किया गया कार्य $W = \text{बल} \times \text{विस्थापन}$

$$W = m \left(\frac{v^2 - u^2}{2x} \right) \cdot x = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mu^2$$

अर्थात् किया गया कार्य = अंतिम गतिज ऊर्जा - प्रारम्भिक गतिज ऊर्जा यही कार्य-ऊर्जा प्रमेय है।

प्रश्न 6.

एक हल्की तथा भारी वस्तु के संवेग समान हैं, किसकी गतिज ऊर्जा अधिक होगी?

उत्तर-

माना m द्रव्यमान की कोई वस्तु v वेग से गतिमान है। तब वस्तु का संवेग $p = m \cdot v$ (1)

एवं वस्तु की गतिज ऊर्जा $K = \frac{1}{2}mv^2$

समीकरण (1) से, $v = \frac{p}{m}$

समीकरण (2) में यह मान रखने पर,

$$K = \frac{1}{2}m \left(\frac{p}{m} \right)^2 = \frac{p^2}{2m}$$

$$\text{या } p^2 = 2Km$$

$$\text{या } p = \sqrt{2mK} \text{ (2)}$$

चूँकि हल्की तथा भारी वस्तुओं के संवेग समान हैं अतः समी. (3) से,

$mK = \text{एक नियतांक या}$

या $K = \frac{\text{नियतांक}}{m}$

या $K \propto \frac{1}{m}$

अर्थात् हल्की वस्तु की गतिज ऊर्जा अधिक होगी।

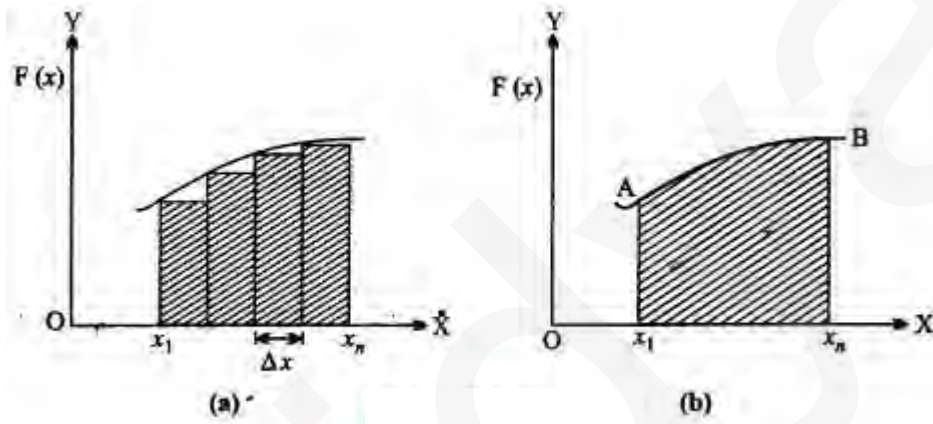
प्रश्न 7.

परिवर्ती बल द्वारा किये गये कार्य के लिए व्यंजक प्राप्त कीजिए।

उत्तर-

मानलो किसी वस्तु पर एक परिवर्ती बल $F(x)$, X-अक्ष की दिशा में आरोपित किया गया है, जो वस्तु को X-अक्ष की दिशा में x_1 से x_2 , तक विस्थापित कर देता है। चित्र (a) और (b) में बल $F(x)$ और विस्थापन x के मध्य बल-विस्थापन वक्र प्रदर्शित किया गया है।

– परिवर्ती बल द्वारा किये गये कार्य की गणना के लिए सम्पूर्ण विस्थापन को कई छोटे-छोटे और समान अन्तराल Δx के खण्डों में विभाजित किया जा सकता है। इस प्रकार बल-विस्थापन वक्र और X- अक्ष के बीच का क्षेत्रफल Δx अन्तराल की कई पट्टियों में विभाजित हो जाता है।



यदि अन्तराल Δx पर्याप्त छोटा है, तो प्रत्येक अन्तराल में बल को लगभग अचर माना जा सकता है। इस प्रकार दिये गये बिन्दु x पर वस्तु को Δx दूरी तक विस्थापित करने में किया गया कार्य

$$\Delta W = F(x)\Delta x$$

अतः वस्तु को से x_1 , तक विस्थापित करने में किया गया कुल कार्य x_1 और x_n के बीच सभी खण्डों के संगत किये गये कार्य में योगफल के लगभग बराबर होगा। इस प्रकार,

$$\text{कुल कार्य } W \approx \sum_{x_1}^{x_n} F(x)\Delta x \dots\dots\dots (1)$$

जहाँ संकेत Σ योग को प्रदर्शित करता है।

यदि विस्थापन का अन्तराल Δx बहुत छोटा हो तो समी. (1) को समाकल के रूप में निम्न प्रकार से लिखा जाता है

$$W = \int_{x_1}^{x_2} F(x) dx$$

= बल-विस्थापन वक्र तथा X-अक्ष के मध्य x_1 से x_2 तक का क्षेत्रफल

अतः किसी परिवर्ती बल द्वारा किया गया कार्य बल-विस्थापन वक्र और विस्थापन अक्ष के मध्य घिरे क्षेत्रफल के बराबर होता है।

प्रश्न 8.

एक हल्की तथा भारी वस्तु की गतिज ऊर्जा समान है। किसका संवेग अधिक होगा ?

उत्तर-

सूत्र $p = \sqrt{2mK}$ में गतिज ऊर्जा K समान है

अतः $p \propto \sqrt{m}$

या $p^2 \propto m$

$$\text{या } \frac{p_1^2}{p_2^2} = \frac{m_1}{m_2}$$

स्पष्ट है कि यदि $m_1 > m_2$ तो $p_1^2 > p_2^2$

अतः भारी वस्तु का संवेग हल्की वस्तु के संवेग से अधिक होगा।

प्रश्न 9.

पृथ्वी तल से h ऊँचाई पर किसी पिण्ड की गुरुत्वीय स्थितिज ऊर्जा का सूत्र व्युत्पन्न कीजिये।

उत्तर-

माना पृथ्वी तल पर m द्रव्यमान की कोई वस्तु रखी है। इसकी गुरुत्वीय स्थितिज ऊर्जा शून्य है। यदि इसे h ऊँचाई तक उठाया जाये, तो उस पर वस्तु के भार या गुरुत्वीय बल mg के विरुद्ध कार्य करना पड़ेगा जो वस्तु में गुरुत्वीय स्थितिज ऊर्जा के रूप में एकत्रित हो जायेगा।

अतः वस्तु की गुरुत्वीय स्थितिज ऊर्जा = वस्तु को h ऊँचाई तक ले जाने में किया गया कार्य

= गुरुत्वीय बल × विस्थापन = mgh.

यही गुरुत्वीय स्थितिज ऊर्जा है।

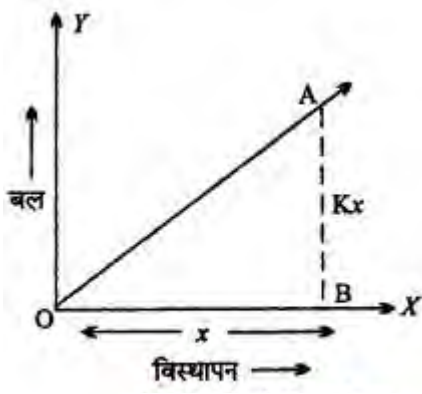
प्रश्न 10.

स्प्रिंग को खींचने में किये गये कार्य की गणना कीजिये।

उत्तर-

आदर्श प्रत्यास्थ स्प्रिंग के लिए बल, विस्थापन के समानुपाती होता है। अतः बल और विस्थापन के बीच खींचा गया वक्र चित्रानुसार एक सरल रेखा होती है।

बल-विस्थापन वक्र में कोई बिन्दु A लो। माना A के संगत स्प्रिंग का विस्थापन x है। अतः A के संगत स्प्रिंग पर बल $F = Kx$ होगा।



स्प्रिंग को x दूरी तक खींचने में किया गया कार्य, बल-विस्थापन वक्र और $x = 0$ तथा $x = x$ के बीच घिरे क्षेत्रफल के बराबर होगा। इस प्रकार स्प्रिंग को खींचने में किया गया कार्य

$W = \Delta ABO$ का क्षेत्रफल

$$= \frac{1}{2} \times OB \times AB$$

$$= \frac{1}{2} \times x \cdot Kx = \frac{1}{2} Kx^2$$

यही कार्य स्प्रिंग में स्थितिज ऊर्जा के रूप में संचित हो जाता है। अतः स्प्रिंग की स्थितिज ऊर्जा

$$W = \frac{1}{2} Kx^2.$$

प्रश्न 11.

द्रव्यमान-ऊर्जा समतुल्यता समझाकर लिखिए।

उत्तर:

आइन्स्टीन के अनुसार-“द्रव्यमान को ऊर्जा में तथा ऊर्जा को द्रव्यमान में परिवर्तित किया जा सकता है।”

यदि m किग्रा द्रव्यमान को ऊर्जा में बदलें, तो ऊर्जा $E = mc^2$ जूल प्राप्त होगी, जहाँ c प्रकाश की चाल ($c = 3 \times 10^8$ मीटर/सेकण्ड) है। इसी प्रकार यदि E ऊर्जा को द्रव्यमान में बदलें, तो द्रव्यमान $m = \frac{E}{c^2}$ प्राप्त होता है।

इसे आइन्स्टीन का द्रव्यमान-ऊर्जा तुल्यता सिद्धांत कहते हैं। अतः इस सिद्धांत के अनुसार $E = mc^2$.

उदाहरणस्वरूप-यदि 1 किग्रा द्रव्यमान ऊर्जा में बदले, तो प्राप्त ऊर्जा

$$E = 1 \times (3 \times 10^8)^2 = 9 \times 10^{16} \text{ जूल होगी।}$$

प्रश्न 12.

संघट्ट से क्या तात्पर्य है ? प्रत्यास्थ और अप्रत्यास्थ संघट्ट में अंतर लिखिये।

उत्तर:

दो वस्तुओं का आपस में टकराना या उनके मध्य अन्योन्य क्रिया का होना संघट्ट कहलाता है। दैनिक जीवन में क्रिकेट के बल्ले का गेंद से टकराना, सड़क पर वाहनों का टकराना इत्यादि।

प्रत्यास्थ और अप्रत्यास्थ संघट्ट में अन्तर

प्रत्यास्थ संघट्ट	अप्रत्यास्थ संघट्ट

1. इस संघट्ट में निकाय का संवेग और गतिज ऊर्जा दोनों संरक्षित रहते हैं।	1. इस संघट्ट में निकाय का संवेग तो संरक्षित रहता है, किन्तु गतिज ऊर्जा संरक्षित नहीं रहती।
2. परमाणुओं, अणुओं और परमाण्वीय कणों के मध्य होने वाले संघट्ट प्रत्यास्थ संघट्ट हैं।	2. कीचड़ का दीवार पर छिटककर चिपकना, गोली का लक्ष्य के अन्दर घुसकर रुक जाना अप्रत्यास्थ संघट्ट के उदाहरण हैं।

प्रश्न 13.

यदि किसी वस्तु का संवेग चार गुना कर दिया जाये, तो गतिज ऊर्जा कितनी हो जायेगी ?

उत्तर

$$\frac{p_1}{p_2} = \sqrt{\frac{E_1}{E_2}} \text{ से}$$

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{p_1^2}{p_2^2} = \left(\frac{p_1}{4p_1}\right)^2 = \frac{1}{16}$$

या

$E = 16E_1$, अर्थात् गतिज ऊर्जा 16 गुनी हो जायेगी।

प्रश्न 14.

यदि किसी वस्तु की गतिज ऊर्जा चार गुनी कर दी जाये, तो संवेग कितना हो जायेगा ?

उत्तर-

$$p = \sqrt{2mE} \text{ से,}$$

$$p \propto \sqrt{E}$$

$$\text{या } \frac{p_1}{p_2} = \sqrt{\frac{E_1}{E_2}} = \sqrt{\frac{E_1}{4E_1}} = \frac{1}{2}$$

$$\therefore p_2 = 2p_1$$

अर्थात् संवेग दो गुना हो जायेगा।

प्रश्न 15.

m द्रव्यमान की वस्तु वेग से चल रही है। यदि वस्तु का संवेग p तथा गतिज ऊर्जा K हो, .. तो सिद्ध कीजिए कि

$$p = \sqrt{2mK}$$

उत्तर-

माना m द्रव्यमान की कोई वस्तु v वेग से गतिमान है।

$$\text{तब वस्तु का संवेग } p = m.v \text{ (1)}$$

$$\text{एवं वस्तु की गतिज ऊर्जा } K = \frac{1}{2} mv^2 \text{(2)}$$

$$\text{समीकरण (1) से, } v = \frac{p}{m}$$

समीकरण (2) में मान रखने पर,

$$K = \frac{1}{2}m \left(\frac{p}{m}\right)^2$$

$$K = \frac{p^2}{2m}$$

या $p^2 = 2mK$
 $\therefore p = \sqrt{2mK}$.

प्रश्न 16. किसी गेंद को पृथ्वी तल से ऊर्ध्वाधर ऊपर की ओर 10 जूल प्रारम्भिक गतिज ऊर्जा से फेंका गया। अधिकतम ऊँचाई प्राप्त करने के बाद वह पृथ्वी की ओर लौटना प्रारम्भ करती है (1) उच्चतम बिन्दु पर उसकी गतिज तथा स्थितिज ऊर्जा कितनी होगी, (2) पृथ्वी तल पर वापस पहुँचने के क्षण उसकी गतिज ऊर्जा कितनी होगी? .

उत्तर-

(1) उच्चतम बिन्दु पर गेंद का वेग $v = 0$ अतः गतिज ऊर्जा शून्य होगी।

ऊर्जा संरक्षण के नियमानुसार उच्चतम बिन्दु पर पहुँचने पर गेंद की प्रारम्भिक गतिज ऊर्जा, स्थितिज ऊर्जा में बदल जायेगी अर्थात् उच्चतम बिन्दु पर स्थितिज ऊर्जा = प्रारम्भिक गतिज ऊर्जा = 10 जूल।

(2) पृथ्वी तल पर वापस पहुँचने के क्षण पर गेंद की गतिज ऊर्जा उतनी ही होगी जितनी कि गेंद को ऊपर फेंकने के क्षण पर थी (क्योंकि वेग समान होगा) अर्थात् पृथ्वी तल पर वापिस पहुँचने के क्षण गेंद की गतिज ऊर्जा = 10 जूल।

प्रश्न 17.

K_1 , तथा K_2 , स्प्रिंग नियतांक वाली दो स्प्रिंगों A तथा B को समान बल लगाकर खींचा जाता है। उनमें संचित स्थितिज ऊर्जाओं की तुलना कीजिए।

उत्तर-

हम जानते हैं कि स्प्रिंग में संचित स्थितिज ऊर्जा $U = \frac{1}{2} Kx^2$ तथा उस पर लगाया गया बल $F = Kx$.

$$\therefore U = \frac{1}{2} Kx^2 = \frac{1}{2} K \left(\frac{F}{K} \right)^2 = \frac{F^2}{2K}$$

यदि K_1 , व K_2 , स्प्रिंग नियतांक वाली दो स्प्रिंगों A तथा B को समान बल F लगाकर खींचा जाये, तो स्प्रिंग

$$A \text{ की स्थितिज ऊर्जा } U_A = \frac{F^2}{2K_1} \text{ तथा स्प्रिंग B की स्थितिज ऊर्जा } U_B = \frac{F^2}{2K_2}$$

$$\text{अतः } \frac{U_A}{U_B} = \frac{F^2/2K_1}{F^2/2K_2} = \frac{K_2}{K_1}.$$

प्रश्न 18.

किसी वस्तु पर किसी बल द्वारा किये गये कार्य निम्न स्थितियों में धनात्मक हैं या ऋणात्मक समझाइए

- किसी व्यक्ति द्वारा किसी कुएँ में से रस्सी से बँधी बाल्टी को रस्सी द्वारा बाहर निकालने में किया गया कार्य।
- उपर्युक्त स्थिति में गुरुत्वीय बल द्वारा किया गया कार्य।
- किसी आनत तल पर फिसलती हुई किसी वस्तु पर घर्षण द्वारा किया गया कार्य।
- किसी खुरदरे क्षैतिज तल पर एकसमान वेग से गतिमान वस्तु पर लगाये गये बल द्वारा किया गया कार्य।

उत्तर-

(i) इस स्थिति में व्यक्ति द्वारा लगाये गये बल एवं विस्थापन की दिशा समान है, अतः $\theta = 0^\circ$ है और कार्य $W = Fd \cos 0^\circ$, $W = Fd$ धनात्मक होगा।

(ii) गुरुत्वीय बल एवं विस्थापन एक-दूसरे के विपरीत हैं। $\theta = 180^\circ$, कार्य $W = Fd \cos 180^\circ = -Fd$ कार्य ऋणात्मक होगा।

- (iii) इस स्थिति में भी कार्य ऋणात्मक है, क्योंकि घर्षण बल एवं विस्थापन की दिशा विपरीत है। ($\theta = 180^\circ$)
(iv) वस्तु बल की दिशा में गतिशील है, अतः $\theta = 0^\circ$ होगा एवं कार्य धनात्मक है।

प्रश्न 19.

धनात्मक, ऋणात्मक तथा शून्य कार्य से आप क्या समझते हैं ? प्रत्येक को उदाहरण सहित समझाइये।

उत्तर-

धनात्मक कार्य-जब वस्तु का विस्थापन बल की दिशा में होता है, अथवा बल और विस्थापन के बीच का कोण न्यूनकोण (90° से छोटा) होता है, तो बल द्वारा किया गया कार्य धनात्मक होता है, तथा हम कहते हैं कि बल द्वारा वस्तु पर कार्य किया जाता है, इस स्थिति में वस्तु की ऊर्जा में वृद्धि होती है।

उदाहरण-पत्थर को ऊपर उठाने में उसके भार के बराबर ऊपर की ओर बल लगाना पड़ता है तथा पत्थर का विस्थापन भी ऊपर की ओर होता है, अतः पत्थर पर बाह्य बल द्वारा किया गया कार्य धनात्मक होता है।

ऋणात्मक कार्य-जब वस्तु का विस्थापन बल की दिशा के विपरीत होता है, अथवा बल और विस्थापन के बीच का कोण अधिक कोण (90° से बड़ा) होता है, तो बल द्वारा वस्तु पर किया गया कार्य ऋणात्मक होता है तथा हम कहते हैं कि वस्तु द्वारा कार्य किया जाता है, इस स्थिति में वस्तु की ऊर्जा में कमी होती है।

उदाहरण-पत्थर को उठाने में गुरुत्वीय बल नीचे की ओर तथा विस्थापन ऊपर की ओर होता है, अतः गुरुत्वीय बल द्वारा पत्थर पर किया गया कार्य ऋणात्मक होता है।

शून्य कार्य-यदि वस्तु पर बल लगाने के फलस्वरूप वस्तु का विस्थापन शून्य होता है अथवा वस्तु का विस्थापन बल की दिशा के लंबवत् होता है, तो बल द्वारा वस्तु पर किया गया कार्य शून्य होता है। इस स्थिति में वस्तु की ऊर्जा अपरिवर्तित रहती है।

उदाहरण-यदि हम दीवार पर धक्का लगायें, तो चूँकि दीवार का विस्थापन नहीं होता, अतः हमारे द्वारा किया गया कार्य शून्य होगा।

प्रश्न 20.

किसी वस्तु द्वारा किये गये कार्य तथा किसी वस्तु पर किये गये कार्य का अन्तर उदाहरण देकर समझाइये।

उत्तर-

जब वस्तु का विस्थापन बाह्य लगाये गये बल की दिशा में होता है, तो वस्तु पर कार्य किया जाता है। इसके विपरीत जब वस्तु का विस्थापन बल के विपरीत दिशा में होता है, तो वस्तु द्वारा कार्य किया जाता है।

उदाहरण के लिए-किसी पत्थर के टुकड़े को ऊर्ध्वाधरतः ऊपर उठाने के लिये पत्थर के भार के बराबर ऊपर की ओर बल लगाना होता है तथा विस्थापन भी ऊपर की ओर होता है, अतः पत्थर पर कार्य किया जाता है। इसके विपरीत जब पत्थर नीचे गिरता है तो पत्थर द्वारा कार्य किया जाता है।