

कार्य शक्ति एवं ऊर्जा  
Work, power and Energy

कार्य :- किसी वस्तु पर बल लगाकर उसे बल की दिशा में विस्थापित करना कार्य कहलाता है। इसे  $\omega$  से प्रदर्शित करते हैं।

$$\omega = F \cdot d \cos \theta$$

जहाँ  $\omega$  कार्य

$F$  = लगाया बल

$d$  = विस्थापन

$\cos \theta$  = बल की दिशा और विस्थापन की दिशा के बीच का कोण

मात्रक :

मात्रक  $\text{जूल} = \text{N} \cdot \text{m}$  पद्धति में इसका मात्रक  $\text{J} = \text{N} \cdot \text{m}$  पद्धति में

इसका मात्रक अर्ग है।

$$\text{विमा} = [ML^2T^{-2}]$$

यहाँ निम्नलिखित स्थितियाँ संभव हैं।

1- यदि  $\theta = 0^\circ$

$$\cos 0^\circ = 1$$

$$W = F \cdot d$$

ii- if  $\theta = 90^\circ$

$$\cos 90^\circ = 0$$

$$W = 0$$

Q- किसी कण पर  $(4\hat{i} + \hat{j})$  का बल लगाकर उसे  $(3\hat{i} + 2\hat{j})$  से विस्थापित  $(14\hat{i} + 13\hat{j})$  तक हो किये गये कार्य की गणना किजिए ?

$$F = (4\hat{i} + \hat{j})$$

$$d = (3\hat{i} + 2\hat{j})$$

$$d = (14\hat{i} + 13\hat{j})$$

विस्थापन = अन्तिम स्थिति - प्रारम्भिक स्थिति

$$= (14\hat{i} + 13\hat{j}) - (3\hat{i} + 2\hat{j})$$

$$= 11\hat{i} + 11\hat{j}$$

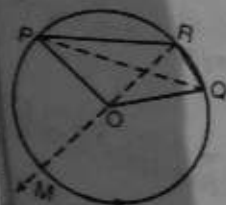
$$W = F \cdot d$$

$$= (4\hat{i} + \hat{j}) \cdot (11\hat{i} + 11\hat{j})$$

$$= 44 + 11$$

$$W = 55 \text{ Joule}$$

Q को छोड़कर OP में एक बिन्दु



(iii)

खींचिए। (आकृति)

योग के बराबर हो

$$\angle Q = 2\angle O$$

Power (शक्ति): - किसी वस्तु द्वारा  
 संकलित समय में किया गया  
 कार्य शक्ति या सामान्य कहलाता  
 है। इसे  $P$  से प्रदर्शित करते हैं।

$$P = \frac{W}{t}$$

$P =$  शक्ति  
 $W =$  कार्य  
 $t =$  समय

इसका मात्रक जूल/सेकण्ड या  
 वाट होता है। एक और मात्रक  $746 \text{ वाट}$  है।

(i) if  $W = mgh$  (ii) if  $W = \frac{1}{2}mv^2$

$$P = \frac{mgh}{t}$$

$$P = \frac{mv^2}{2t}$$

(iii) if  $W = F \cdot d$   
 $P = \frac{F \cdot d}{t}$

(iv) if  $W = Vq$   
 $P = \frac{Vq}{t}$

(v) if  $W = VIt$

(vi) if  $V = IR$

$$P = \frac{VIt}{t}$$

$$P = I^2 R$$

$$P = IV$$

एक पम्प की शक्ति 7.5 Kw वाट  
 1- यह प्रति मिनट कितना पानी 5m ऊँची  
 टंकी में चढ़ा सकता है।

$$P = 7.5 \text{ Kw}$$

$$= 7.5 \times 10^3 \text{ watt}$$

$$t = 1 \text{ minute}$$

$$= 60 \text{ sec}$$

$m = ?$

$$g = 10$$

$$h = 5 \text{ m}$$

$$W = Pt \quad \text{--- (I)}$$

$$W = mgh \quad \text{--- (II)}$$

$$Pt = mgh$$

$$m = \frac{Pt}{gh}$$

$$= \frac{7.5 \times 10^3 \times 60}{5 \times 10}$$

$$m = 1.5 \times 10^3 \times 6$$

$$m = 9 \times 10^3$$

$$m = 9000 \text{ kg}$$

संरक्षी और असंरक्षी बल -

Conservative and Non-conservative forces

कोई बल द्वारा किया गया कार्य उसके प्रारम्भिक और अंतिम स्थिति पर निर्भर करता है किन्तु गमन पथ पर निर्भर नहीं करता है तो उस बल को संरक्षी बल कहते हैं।

जैसे - गुरुत्व के अन्तर्गत गति करता हुआ पिण्ड।

→ यदि कोई बल द्वारा किया गया कार्य उसके प्रारम्भिक व अंतिम स्थिति के साथ गमन पथ पर भी निर्भर करता है। असंरक्षी बल कहते हैं।

जैसे - रयान बल, घर्षण बल आदि।

ऊर्जा :-

किसी वस्तु द्वारा कार्य करने की क्षमता ऊर्जा कहलाती है। इसे  $E$  से प्रदर्शित करते हैं।

इसका मात्रक S.I पद्धति में जूल व G.C.S पद्धति में अर्ग है। जिसका विमा  $M L^2 T^{-2}$  है।



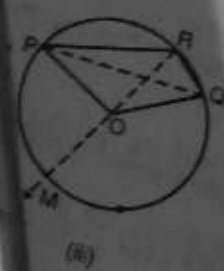
ऊर्जा के प्रकार :- ऊर्जा निम्नलिखित प्रकार की होती है

- i- Mechanical energy (यांत्रिक ऊर्जा)
- ii- Heat energy (उष्मीय ऊर्जा)
- iii- Electrical energy (विद्युत ऊर्जा)
- iv- Chemical energy (रासायनिक ऊर्जा)
- Nuclear energy (परमाण्वीय ऊर्जा)

Mechanical energy :- यांत्रिक कार्य से प्राप्त हुआ ऊर्जा को यांत्रिक ऊर्जा कहते हैं

Heat energy :- किसी वस्तु में उसके तापमान के कारण कार्य करने की क्षमता उष्मीय ऊर्जा कहलाती है।

Electrical energy :- किसी वस्तु में विद्युत धारा के कारण कार्य करने की क्षमता को विद्युत ऊर्जा कहलाता है।



बोचिए। (आकृति)

योग के बराबर

Chemical energy :- रासायनिक  
ऊर्जा रासायनिक अभिक्रियाओं द्वारा  
प्राप्त ऊर्जा रासायनिक ऊर्जा कहलाती  
है।

Nuclear energy :- नाभिकीय  
अभिक्रियाओं द्वारा प्राप्त ऊर्जाओं को  
नाभिकीय ऊर्जा कहते हैं।

Solar energy :- सूर्य के प्रकाश  
से कार्य करने की क्षमता को  
सौर ऊर्जा कहलाती है।

यांत्रिक ऊर्जा के प्रकार :- यांत्रिक

ऊर्जा दो प्रकार की होती है

- i- गतिज ऊर्जा (Kinetic)
- ii- स्थितिज ऊर्जा (Potential)

Kinetic energy :-

किली वस्तु में गति के कारण कार्य करने की क्षमता गतिज ऊर्जा कहलाती है। इसे  $K$  से प्रदर्शित करते हैं। और इसका मात्रक जूल होता है।

$$K = \frac{1}{2} m v^2$$

$K$  - गतिज ऊर्जा  
 $m$  - द्रव्यमान  
 $v$  - वेग

मान लिया  $m$  द्रव्यमान का पिंड विरामावस्था में रखा है जब इस पर  $F$  बल लगाया जाता है तो इसका वेग  $v$  तथा इसके द्वारा विस्थापन  $s$  होता हो जाता है।  
गति के तिसरे समीकरण

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

$$\because u = 0$$

$$v^2 = 0 + 2as$$

$$v^2 = 2as$$

$$s = \frac{v^2}{2a} \quad \text{--- (1)}$$

गति के कारण किया गया कार्य

$$K = F \cdot s$$

$$K = m a \times \frac{v^2}{2a}$$

$$K = \frac{1}{2} m v^2$$



ii- गतिज ऊर्जा और संवेग में सम्बन्ध

$$K = \frac{mv^2}{2} \propto m$$

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

$$K = \frac{(mv)^2}{2m} \quad \because mv = p$$

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

$$p^2 = 2mK$$

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

जहाँ  $p =$  संवेग

$m =$  द्रव्यमान

$K =$  गतिज ऊर्जा

वेग से सम्बन्ध

स्थितिज ऊर्जा :-

किसी वस्तु में आँक  
विरोध स्थिति के कारण जो कार्य करने  
की क्षमता होती है उसे स्थितिज ऊर्जा  
कहते हैं इसे PE से प्रदर्शित करते हैं।  
यह निम्नलिखित प्रकार का होता है।

- 1- गुरुत्वीय स्थितिज ऊर्जा Gravitational PE
- 2- प्रत्यास्थ स्थितिज ऊर्जा
- 3- चुम्बकीय स्थितिज ऊर्जा Magnetic PE
- 4- विद्युत स्थितिज ऊर्जा Electric PE
- 5- रासायनिक स्थितिज ऊर्जा Chemical PE

अ- गुरुत्वीय स्थितिज ऊर्जा :-

किसी पिण्ड  
को गुरुत्वाकर्षण के विरुद्ध ऊँचाई  
तक ले जाने में किया गया कार्य  
गुरुत्वीय स्थितिज ऊर्जा कहते हैं।  
इसका मात्रक जूल होता है।

$$U = mgh$$

Q-2 50 kg का एक पिण्ड पृथ्वी तल से 10m  
की ऊँचाई पर स्थित है तो गुरुत्वीय  
स्थितिज ऊर्जा ज्ञात करें

$$M = 50 \text{ kg}$$

$$h = 10 \text{ m}$$

$$U = ?$$

$$g = 9.8$$

सूत्र

$$U = mgh$$

$$= 10 \times 9.8 \times 50$$

$$= 490 \text{ Jule}$$

प्रत्यास्थ स्थितिज ऊर्जा :- किसी स्प्रिंग के संपीड़न और विस्तार के काल कार्य करने की क्षमता प्रत्यास्थ स्थितिज ऊर्जा कहलाती है। इसे  $U$  से प्रदर्शित करते हैं

$k$  = स्प्रिंग का बल नियंत्रक  
 $x$  = विस्थापन

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

Q.5 एक  $14 \text{ kg}$  द्रव्यमान का लकड़ी का ब्लॉक  $5 \text{ m/s}$  की गति करता है तथा स्प्रिंग को संपीड़ित करके विरामावस्था में आ जाता है। यदि स्प्रिंग का बल नियंत्रक  $100 \text{ N}$  प्रति किग्रा है तो स्प्रिंग का संकुचन ज्ञात कीजिए ?

$$m = 14 \text{ kg}$$

$$u = ?$$

$$v = 5 \text{ m/s}$$

$$k = 100 \text{ N/kg}$$

$$\frac{1}{2} K x^2 = \frac{1}{2} m v^2$$

$$100 x^2 = 14 \times 5 \times 5$$

$$x = \sqrt{\frac{350}{100}}$$

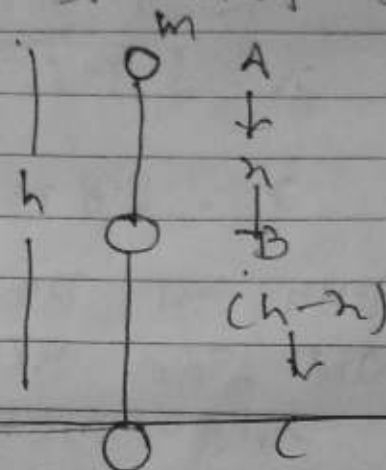
$$x = \sqrt{3.5}$$

$$x = 1.8 \text{ m}$$

Ex. 16 किलोग्राम का लकड़ी का ब्लॉक  
धर्मो रक्षे तल पर  $10 \text{ m/s}$  के  
वेग से गति करता है और एक  
स्प्रिंग से टकराता है जिसका बल नियतांक  
है तो स्प्रिंग के संकुचन  
 $200 \text{ N/Kg}$  गणना कीजिए।

ऊर्जा संरक्षण का नियम :-

ऊर्जा न तो उत्पन्न होती है और नही नष्ट न होती है। केवल प्रकार की ऊर्जा दूसरे प्रकार की ऊर्जा में बदल सकती है। यह नियम ऊर्जा संरक्षण का नियम कहलाता है।



मान लिया ऊष्ममान के पिण्ड को ऊँचाई से स्वतंत्रतापूर्वक गिराया जाता है। इसके गिरने की तीन स्थितियाँ चित्र में प्रदर्शित हैं जिनकी सहायता से ऊर्जा संरक्षण के नियम को सिद्ध करना है।

1. (i) A पर पिण्ड का वेग  $v = 0$   
 गतिज ऊर्जा  $K = 0$   
 स्थितिज ऊर्जा  $= mgh$

कुल ऊर्जा  $= K + U = 0 + mgh$   
 $= mgh \quad \text{--- (1)}$



6. B) पर पिण्ड का वेग

$$v^2 = u^2 + 2gh$$

$$u = 0$$
$$h = h$$

$$v^2 = 0 + 2gh$$

$$v^2 = 2gh$$

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

$$K = \frac{1}{2}m \times 2gh$$

$$K = mgh$$

$$\text{स्थितिज ऊर्जा} = mgh$$
$$= mgh - mgh$$

$$\text{कुल ऊर्जा} = K + U$$

$$= mgh - mgh + mgh$$

$$\text{कुल ऊर्जा} = mgh \quad \text{--- (1)}$$

① पर पिण्ड का वेग

2. (i) C पर वेग -  

$$v^2 = u^2 + 2gh$$

$$u = 0$$

$$v^2 = 0 + 2gh$$

$$v^2 = 2gh$$

गतिज ऊर्जा  $\frac{1}{2}mv^2$

$$= \frac{1}{2}m \times 2gh$$

$$= mgh$$

स्थितिज ऊर्जा  $mgh$   $h = 0$

$$= mg \times 0$$

कुल ऊर्जा  $= 0$  स्थितिज ऊर्जा + गतिज

$$= 0 + mgh$$

$$= mgh$$

समी ① ② व रे सिद्ध  
 होता है कि किसी स्वतंत्रतापूर्वक  
 गिरते हुए पिण्ड पर प्रत्येक  
 बिंदु पर कुल ऊर्जा का योग

हमेशा नियत रहता है।  
अर्थात् संरक्षण का नियम है।

Collision संघट्ट :- किसी दो  
वस्तुओं का आपस में होने वाला  
तक्कर संघट्ट कहलाता है, इसमें  
परिणाम स्वरूप एक दूसरे में  
अर्थात् व संवेग का ह्रास होता  
होता है।

संघट्ट के प्रकार :- संघट्ट दो

प्रकार की होती है।

प्रत्यास्थ संघट्ट

i- अप्रत्यास्थ संघट्ट

ii- प्रत्यास्थ संघट्ट :-

i- ऐसा संघट्ट

जिसमें अणुओं का संवेग और

गतिज ऊर्जा दोनों संरक्षित रहता है।

प्रत्यास्थ संघट्ट कहलाता है।

जैसे  $\rightarrow$  परमाणु के मूल कणों के

बीच होने वाला संघट्ट।

ii- अप्रत्यास्थ संघट्ट :- दो कणों के

बीच होने वाला ऐसा संघट्ट

जिसके परिणाम स्वरूप संवेग व गतिज ऊर्जा दोनों बदल जाते हैं, अपत्याय संघट्ट कहलाते हैं।  
जैसे - बंदूक से निकली गोली तथा लकड़ी के ब्लाक के बीच संघट्ट

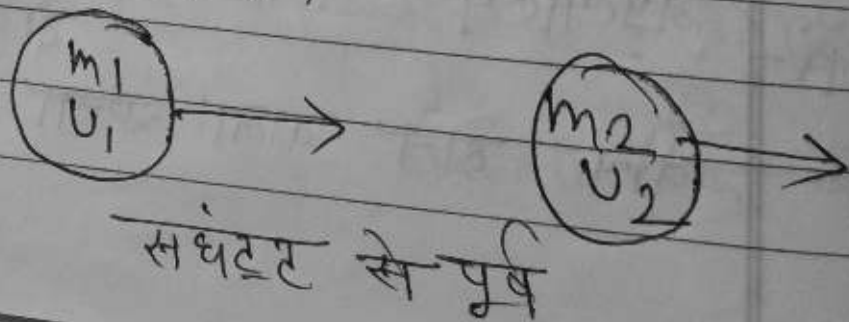
प्रत्यावस्था गुणांक -

जब दो कणों के बीच संघट्ट होता है, तो संघट्ट के बाद दोनों कणों का आपेक्षिक वेग तथा संघट्ट से पूर्व दोनों कणों के आपेक्षिक वेग के अनुपात को प्रत्यावस्था गुणांक कहते हैं।

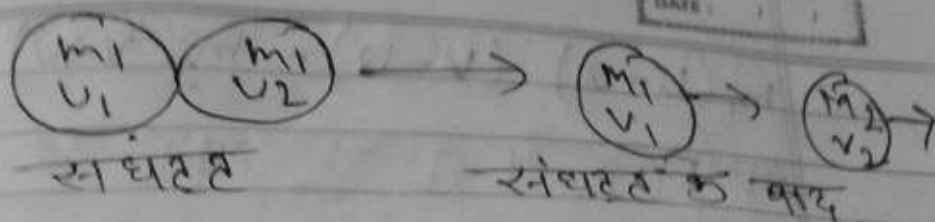
e = संघट्ट के बाद दूरी जाते समय आपेक्षिक संघट्ट के पूर्व पास आते समय आपेक्षिक

एक विभीय प्रत्याय संघट्ट -

एक सरल रेखा में गति करते हुए दो कण आपस में टकराते हैं, जो इस संघट्ट को एक विभी प्रत्याय संघट्ट कहते हैं।







मान लिया दो कणों के द्रव्यमान क्रमशः  $m_1$  व  $m_2$  तथा इनके वेग  $u_1$  और  $u_2$  हों। संघट्ट के बाद इनके वेग  $v_1$  व  $v_2$  हो जाते हैं।

रेखिय संवेग के संरक्षण के नियम से। -

$$m_1 u_1 + m_2 u_2 = m_1 v_1 + m_2 v_2$$

$$m_1 u_1 - m_1 v_1 = m_2 v_2 - m_2 u_2$$

$$m_1 (u_1 - v_1) = m_2 (v_2 - u_2)$$

अब संरक्षण के नियम से

$$\frac{1}{2} m_1 u_1^2 + \frac{1}{2} m_2 u_2^2 = \frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2$$

$$\frac{1}{2} m_1 u_1^2 - \frac{1}{2} m_1 v_1^2 = \frac{1}{2} m_2 v_2^2 - \frac{1}{2} m_2 u_2^2$$

$$\frac{1}{2} m_1 (u_1^2 - v_1^2) = \frac{1}{2} m_2 (v_2^2 - u_2^2)$$



$$m_1(u+v)(v-u) = m_2(v+u)(v-u)$$

समी ① में ① से भाग देने पर -

$$\frac{m_1(u+v)(v-u)}{m_1(v-u)} = \frac{m_2(v+u)(v-u)}{m_2(v-u)}$$

$$u+v = v+u$$

$$u - u_2 = v_2 - v_1 \quad \text{--- (11)}$$

अथर्व पूर्णतः प्रत्यावर्तन संघट्ट के लिए संघट्ट से पूर्व का सापेक्ष वेग संघट्ट के बाद के सापेक्ष वेग के बराबर होता है।

$$\frac{u_1 - u_2}{v_1 - v_2} = 1$$

$$\boxed{e_2 \frac{u_1 - u_2}{v_1 - v_2} = 1}$$

$e_2$  प्रत्यावर्तन गुणांक

अर्थात् पूर्णतः प्रत्यावर्तन संघट्ट के लिए प्रत्यावर्तन गुणांक का मान 1 होता होता है।

संघट्ट के बाद पिण्डों के वेग के लिए व्यक्तियों :- समी० (311) से  $v_2$  का मान समी० (1) में रखने पर

$$v_2 = v_1 - v_2 + v_1$$

यह मान समी० (1) में रखने पर

$$m_1(v_1 - v_1) = m_2(v_2 - v_2)$$

$$m_1(v_1 - v_1) = m_2(v_1 + v_1 - v_2 - v_2)$$

$$m_1(v_1 - v_1) = m_2(v_1 - 2v_2 + v_1)$$

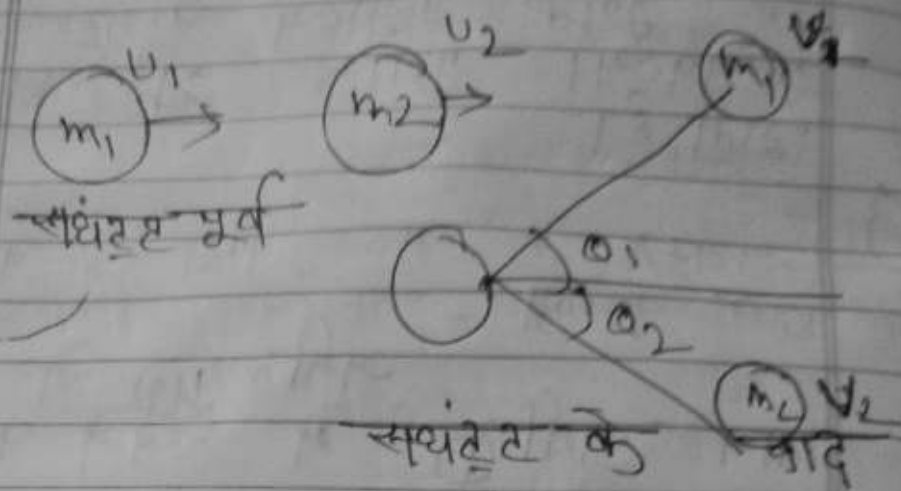
$$m_1 v_1 + m_1 v_1 = m_2 v_1 - 2m_2 v_2 + m_2 v_1$$

$$m_2 v_1 + m_1 v_1 = m_1 v_1 - m_2 v_1 + 2m_2 v_2$$

$$v_1 (m_2 + m_1) = v_1 (m_1 - m_2) + 2m_2 v_2$$

$$v_1 = \frac{v_1 (m_1 - m_2) + 2m_2 v_2}{m_2 + m_1}$$

द्विविधिय संघट्ट 1:-



मान लीया दो पिण्ड जिनके  
द्रव्यमान  $m_1$  व  $m_2$  है और वेग  
 $u_1$  व  $u_2$  है आपस में  
द्विविधिय संघट्ट करते हैं, संघट्ट  
के बाद इनके वेग क्रमशः  $v_1$   
व  $v_2$  हो जाते हैं, जो हमारा  
 $\theta_1$  और  $\theta_2$  कोण बनाते हैं।  
अपनी संरक्षण के नियम से:-

संघट्ट के पूर्व की गतिज ऊर्जा = संघट्ट के बाद की गतिज ऊर्जा

$$\frac{1}{2}m_1u_1^2 + \frac{1}{2}m_2u_2^2 = \frac{1}{2}m_1v_1^2 + \frac{1}{2}m_2v_2^2$$

$$\frac{1}{2}(m_1u_1^2 + m_2u_2^2) = \frac{1}{2}(m_1v_1^2 + m_2v_2^2)$$

$$m_1u_1^2 + m_2u_2^2 = m_1v_1^2 + m_2v_2^2 \quad \text{--- (1)}$$

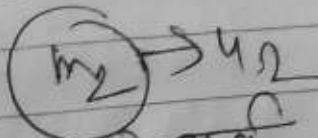
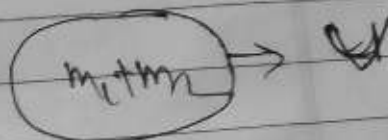
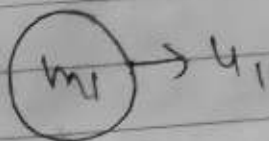
संवेग संरक्षण के नियम से :-  
 x अक्ष के अनुदिश

$$m_1 u_1 + m_2 u_2 = m_1 v_1 \cos \theta + m_2 v_2 \cos \theta \quad \text{--- (i)}$$

y अक्ष के अनुदिश

$$m_1 u_1 + m_2 u_2 = m_1 v_1 \sin \theta + m_2 v_2 \sin \theta \quad \text{--- (ii)}$$

अप्रत्याक्ष संघट्ट :-



संघट्ट से पूर्व                      संघट्ट के बाद

मान लिया दो पिण्ड जिनके उच्च मान  
 क्रमशः  $m_1$  व  $m_2$  तथा वेग  $u_1$   
 व  $u_2$  है। अप्रत्याक्ष संघट्ट  
 कुल है संघट्ट के बाद

इसका वेग  $v$  रह जाता है तो  
 संवेग संरक्षण के नियम से



संघट्ट से पूर्व संवेग = संघट्ट के बाद संवेग

$$m_1 u_1 + m_2 u_2 = (m_1 + m_2) V$$

$$V = \frac{m_1 u_1 + m_2 u_2}{m_1 + m_2}$$

अप्रत्यास्थ संघट्ट में ऊर्जा क्षय .

$$\Delta K = \left( \frac{1}{2} \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} \right) V_1^2$$