

## BEGREPP: Impuls och rörelsemängd

När en partikel påverkas av krafter under ett bestämt tidsintervall kan man använda *impulslagen*, som formuleras med hjälp av begreppen impuls och rörelsemängd.

**Introduktion:** I likhet med lagen för kinetiska energin kan man härleda impulslagen ur accelerationslagen genom integration. Men i det här fallet tidsintegrerar man den resulterande kraften på partikeln. Tidsintegralen av kraften över ett visst tidsintervall kallas impuls  $I$ . När man t.ex. sparkar iväg en boll kan man säga att man ger bollen en impuls. Begreppet impuls är speciellt användbart i samband med krafter som verkar under en mycket kort tid som vid stötförlopp eller explosioner.

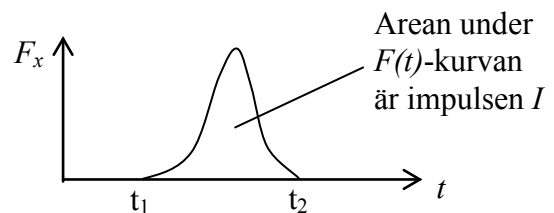
Accelerationslagen  $\Sigma F = ma$  kan skrivas som  $\Sigma F = \frac{d}{dt}mv$  där rörelsemängden  $p = mv$ .

Multiplisera höger- och vänsterledet med  $dt$  och integrera över ett tidsintervall

$$\int_{t_1}^{t_2} \Sigma F dt = \int_{t_1}^{t_2} dp \Rightarrow I = p_2 - p_1 ; I = \Delta p$$

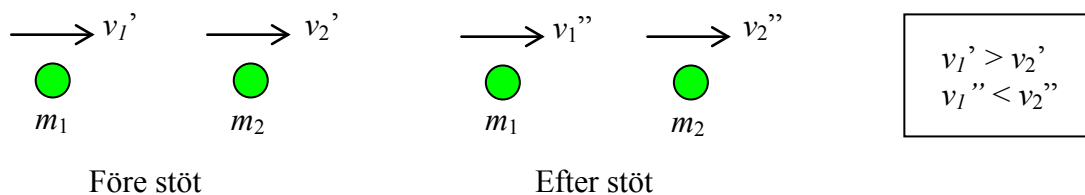
Detta är impulslagen som anger att kraftens impuls är lika med ändringen i partikelns rörelsemängd. Som vanligt räknas ändringen som slut minus start, dvs rörelsemängden i slutet av tidsintervallet minus rörelsemängden i början av tidsintervallet. Observera att impuls och rörelsemängd är vektorstorheter till skillnad från arbete och energi.

Impulsen för en kraft i x-riktningen  $F_x$  ges av ytan under grafen i kraft – tid diagrammet enligt figuren



**Sammanhang:** Impulslagen kan användas till att härleda lagen för rörelsemängdens bevarande som används vid analys av stötförlopp.

Rörelsemängdens bevarande: Betrakta de två partiklarna nedan med massan  $m_1$  respektive  $m_2$  som rör sig längs en linje och stöter ihop med varandra. Observera beteckningarna för hastigheterna före respektive efter stöt.



Friläggs partiklarna var för sig i kontaktögonblicket så påverkas den ena av en bromsande kraft  $F$  och den andra av en lika stor påskjutande kraft  $F$ . Med hjälp av impulslagen för var och en av partiklarna kan man då visa att

$$m_1 \cdot v_1' + m_2 \cdot v_2' = m_1 \cdot v_1'' + m_2 \cdot v_2''$$

som anger att systemets totala rörelsemängd före stöten är den samma som efter stöten. Detta är *lagen om rörelsemängdens bevarande*.

**Uppgift:** Hur utförs beräkningar med hjälp av impulslagen och rörelsemängdens bevarande?

**Metod:** Eftersom impuls och rörelsemängd är vektorstorheter måste man ange en referensriktning på samma sätt som vid jämviktsberäkningar. Om partikeln rör sig i ett plan räknar man impuls och rörelsemängd i två vinkelräta riktningar:

$$[\rightarrow] \quad I_x = \Delta p_x$$

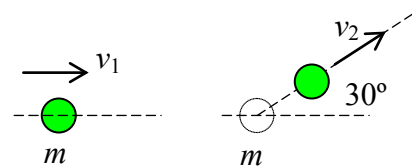
$$[\uparrow] \quad I_y = \Delta p_y$$

Oftast vet man inte exakt hur tex kraftfunktionen  $F_x(t)$  ser ut. Då nöjer man sig med att beräkna medelkraften över tidsintervallet definierad som  $F_x^{medel} = I_x / \Delta t$ .

**Resultat:** En kraft som verkar på en partikel under en viss tid förändrar rörelsemängden enligt impulslagen. Om två partiklar stöter ihop med varandra gäller att rörelsemängden bevaras.

**Exempel:**

En puck med massan  $m = 170$  g glider längs isen med hastigheten  $v_1 = 1.5$  m/s. Pucken påverkas av klubban och tar en annan riktning. Bestäm medelkraften  $F$  som den påverkas av om den får hastigheten  $v_2 = 30$  m/s och en riktning enligt figuren. Antag att kontakttiden är 0.005s.



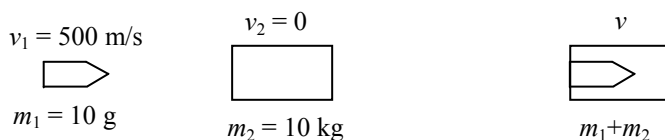
$$[\rightarrow] \quad F_x \cdot 0.005 = 0.17 \cdot 30 \cos 30^\circ - 0.17 \cdot 1.5 \quad \Rightarrow \quad F_x = 832 \text{ N}$$

$$[\uparrow] \quad F_y \cdot 0.005 = 0.17 \cdot 30 \sin 30^\circ \quad \Rightarrow \quad F_y = 510 \text{ N}$$

Dvs total medelkraft:  $F = 976 \text{ N}$ .

#

En låda med massan  $m = 10$  kg träffas av en gevärskula med massan 10g och hastigheten 500 m/s som skjuts in i lådan och fastnar där. Vad får lådan för hastighet omedelbart efter att den träffats?



Rörelsemängdens bevarande används:

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2) v \quad \Rightarrow \quad 0.01 \cdot 500 + 10 \cdot 0 = (0.01 + 10) v \quad \Rightarrow \quad v = 0.5 \text{ m/s}$$

#