

### Kap. 8

Bevegelsesmengde. Flerpartikkelsystem.

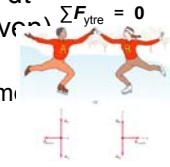
**Vi skal se på:**

- Newtons 2. lov på ny.
- Definisjon bevegelsesmengde.
- Kraftstøt, impuls. Impulsloven.
- **Flerpartikkelsystemer:**
- Kollisjoner:
  - Elastisk, uelastisk, fullstendig uelastisk
- Massefellespunkt
- Rakettlikningen (variabel masse)

### Kap. 8

Bevegelsesmengde. Flerpartikkelsystem.

- Bevegelsesmengde:  $\mathbf{p} = m \mathbf{v}$
- Opprinnelig form Newton 2:  $\mathbf{F} = d\mathbf{p} / dt$
- Kraftstøt =  $\mathbf{J} = \int \mathbf{F} dt = \Delta \mathbf{p}$  (impulsloven)  $\Sigma F_{\text{ytre}} = 0$
- Ingen ytre krefter =>  $\mathbf{p}_{\text{tot}} = \text{konstant}$ 
  - Kraftstøt motsatt like stort på hvert legem.
- **Flerpartikkelsystem:**
- **Kollisjoner:**
  - Elastisk, uelastisk, fullstendig uelastisk I DAG
  - Ikke-sentralt støt (Ex. 8.12 i Y&F)
- Massefellespunkt (Y&F 8.5)
- Ikke konstant masse: Rakettlikningen (Y&F 8.6)



- Kollisjoner skjer så raskt at vi *kan se bort fra* ytre krefter under kollisjonen

**Eksempel tennisballen:**

$m = 56 \text{ g}$   
 $v = 50 \text{ m/s} \rightarrow v = -50 \text{ m/s}$   
 på  $t = 0,010 \text{ s}$

Vi fant i går:  
 $F_{\text{av}} = \Delta p / \Delta t = 670 \text{ N}$   
 $F_{\text{max}} \approx 1000 \text{ N}$

Ytre kraft = tyngde =  $mg = 0,55 \text{ N}$   
 er forsvinnende liten



### Så langt om kollisjoner:

- Antar ingen ytre krefter i selve kollisjonen  
 => Bevegelsesmengde er bevart:

$$m_A \mathbf{v}_A + m_B \mathbf{v}_B = m_A \mathbf{v}'_A + m_B \mathbf{v}'_B \quad (100)$$

**Tilleggslikninger:**

- Elastisk støt: Kinetisk energi bevart:
 
$$m_A \mathbf{v}_A^2 + m_B \mathbf{v}_B^2 = m_A \mathbf{v}'_A^2 + m_B \mathbf{v}'_B^2 \quad (101)$$
- Uelastisk støt (ingen spes. likninger)
- Fullstendig uelastisk støt: Felles slutfart:
 
$$\mathbf{v}'_B = \mathbf{v}'_A \quad (110)$$

### Massefellespunkt

- **Punktpartikkel:** all masse i ett punkt
- **Flerpartikkelsystem:**  
Legeme =  $\sum$  punktpartikler  
(nødvendig mhp. rotasjon, bøyning, deformasjon)

• **Massefellespunkt:**

• Topartikkelsyst. 
$$\vec{r}_{cm} = \frac{m_1 \vec{r}_1 + m_2 \vec{r}_2}{m_1 + m_2} = \frac{1}{M} (m_1 \vec{r}_1 + m_2 \vec{r}_2)$$

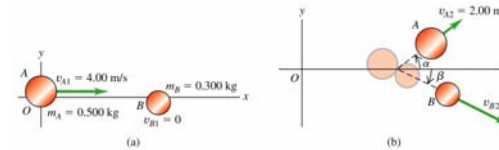
• N-partikkelsyst. 
$$\vec{r}_{cm} = \frac{\sum_{i=1}^N m_i \vec{r}_i}{\sum_{i=1}^N m_i} = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^N m_i \vec{r}_i \quad (8.29)$$

• Kontinuerlig 
$$\vec{r}_{cm} = \frac{\int_{legeme} \vec{r} \cdot dm}{\int_{legeme} dm} = \frac{1}{M} \int_{legeme} \vec{r} \cdot dm \quad (8.29B)$$

- **Tyngdepunkt = massefellespunkt**  
dersom tyngdeaksel. **g** er lik over hele legemet

### Ikke-sentralt støt

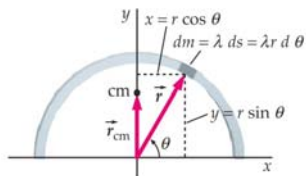
- Kollisjon skjer ikke langs éi linje



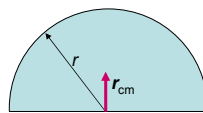
(Y&F Ex. 8.12)

Hvis kule B ikke i ro før støt:  
Legg inn koord.system som følger kule B før støtet.

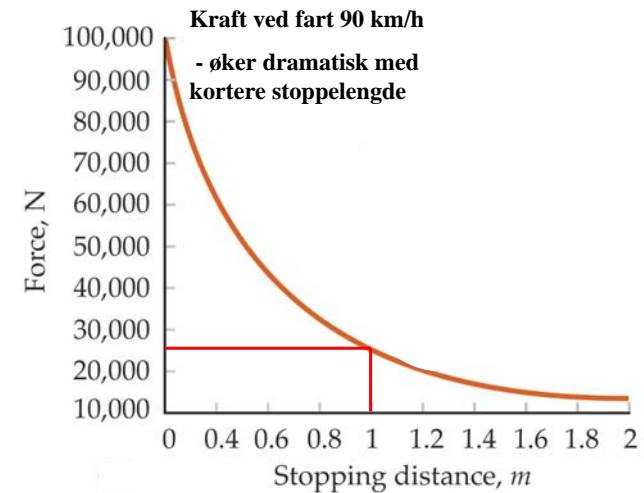
### Eks. 1 Massefellespunkt

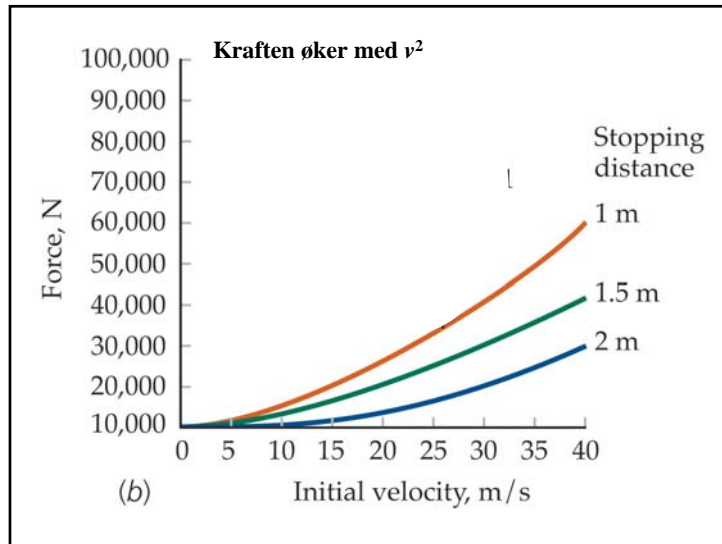


Halvsirkel:  
 $y_{cm} = r \cdot 2/\pi = 0,64 r$   
[ $\lambda$ ] = kg / m



Halv sirkelplate:  
 $y_{cm} = r \cdot 4/(3\pi) = 0,42 r$   
 $dm = \sigma dA$   
[ $\sigma$ ] = kg / m<sup>2</sup>





## Kritiske akselerasjoner ved kollisjoner

Hjernen mest følsom.

Avhengig av akselerasjonen (antall g) og tida den virker:

- 150 x g i få ms: Dødelig
- 50 x g: 20-30 ms kan tåles.
- "Severity index"  $= I = \int (a/g)^{5/2} dt$   
 $I = 1000 \text{ s}$  gir 50/50 sjanse overleve

Essensielt å stoppe over lengst mulig tid og distanse.

- Sikkerhetsbelte
- Kollisjonsputer
- Polstring
- Deformerbart frontparti

## Kap. 8

### Bevegelsesmengde. Flerpartikkelsystem.

- Bevegelsesmengde:  $\mathbf{p} = m \mathbf{v}$
- Opprinnelig form Newton 2:  $\mathbf{F} = d\mathbf{p} / dt$
- Kraftstøt  $= \mathbf{J} = \int \mathbf{F} dt = \Delta\mathbf{p}$  (impulsloven)
- Ingen ytre krefter  $\Rightarrow \mathbf{p}_{\text{tot}} = \text{konstant}$ 
  - Kraftstøt motsatt like stort på hvert legeme
- **Flerpartikkelsystem:**
- Kollisjoner:
  - Elastisk, uelastisk, fullstendig uelastisk
  - Ikke-sentralt støt (Ex. 8.12 i Y&F)
- Massefellespunkt (Y&F 8.5)
- Ikke konstant masse: Rakettlikningen (Y&F 8.6)

### Kap. 8. Bevegelsesmengde. Flerpartikkelsystem

- Bevegelsesmengde:  $\mathbf{p} = m \mathbf{v}$
- Opprinnelig form Newton 2:  $\mathbf{F} = d\mathbf{p} / dt$
- Kraftstøt  $= \mathbf{J} = \int \mathbf{F} dt = \Delta\mathbf{p}$  (impulsloven)
- Antar ingen ytre krefter (i bevegelsesretning) under støt:
  - Bevegelsesmengde  $\mathbf{p}_{\text{tot}}$  er bevart
  - *Tilleggslikninger:*
    - Elastisk støt: Kinetisk energi bevart
    - Fullstendig uelastisk støt: Felles slutfart. (Energi avtar)
    - Uelastisk støt: Ingen generell tilleggslikning. (Energi avtar)
- For ikke-sentrale støt bestemmer støtparameteren vinkler
- Massefellespunkt  $\mathbf{r}_{\text{cm}} = \int \mathbf{r} dm / M$ . Relativkoordinat.  $\mathbf{r} = \mathbf{r}_1 - \mathbf{r}_2$
- Newtons lov for massefellespunkt:  $\sum \mathbf{F}_{\text{ext}} = m \mathbf{a}_{\text{cm}}$
- Rakettlikningen:  $\mathbf{F}_{\text{ext}} + \mathbf{v}_{\text{rel}} dm/dt = m d\mathbf{v}/dt$