FYS1100 Mekanikk og modellering, vår 2025

Forelesning uke 9: Driv (=bevegelsesmengde) og impuls

(AMS 12.1-12.3)

Læringsmål: Definisjon på ***kollisjoner***. Vite hva ***driv*** (=bevegelsesmengde) og ***impuls*** (endring i bevegelsesmengde) er og hvordan disse størrelsene brukes for å beskrive kollisjoner. Bevaring av driv (vår ***andre bevaringslov***).

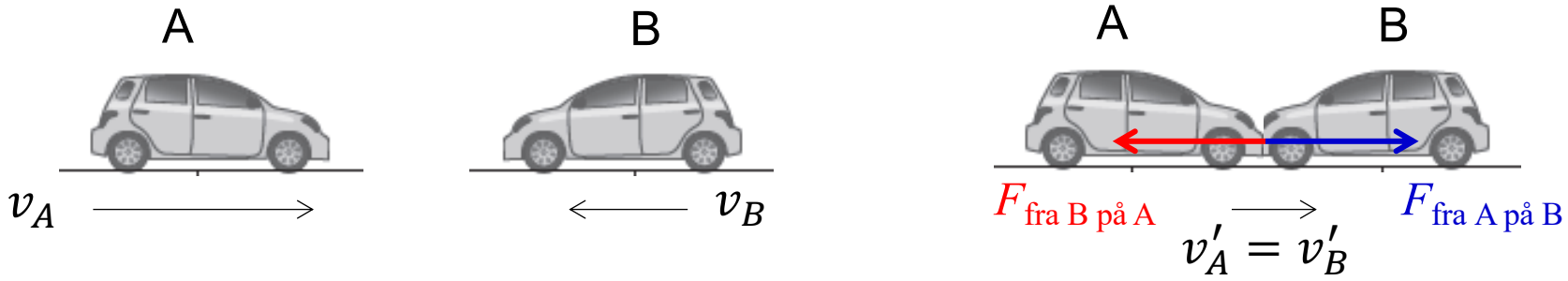
Beskjeder:

✓ …

Mandag 24.03.2025

Kollisjoner – eksempel: to biler kolliderer

[✏️ lysbilde med skriblerier på iPad ✏️]



N2L for bil A:

$\vec{F}_{B\to A} = m_A\vec{a}_A$

N2L for bil B:

$\vec{F}_{A\to B} = m_B\vec{a}_B$

N3L: $\vec{F}_{B\to A} = -\vec{F}_{A\to B} \Longrightarrow m_A\vec{a}_A + m_B\vec{a}_B = \vec{0}$

Vanskelig å modellere kraften! 😕

For en tid t_0 før og en tid t_1 etter kollisjonen:

Driv (= bevegelsesmengde) 🚀

Driv (bevegelsesmengde): $\vec{p} = m\vec{v}$

«(Translational, or linear) momentum»

Starten på kap. 12 i boka:
«To galakser kolliderer, som fører til at millioner og millioner av stjerner vekselvirker med hverandre...» ✨

Andromeda er på vei mot Melkeveien med en fart på 110 km/s 😱.
Men fortsatt ca 5 milliarder år til kollisjonen med selve galaksen 😅

https://earthsky.org/astronomy-essentials/earths-night-sky-milky-way-andromeda-merge



Driv (= bevegelsesmengde) 🚀

[✏️ lysbilde med skriblerier på iPad ✏️]

Newtons andre lov:

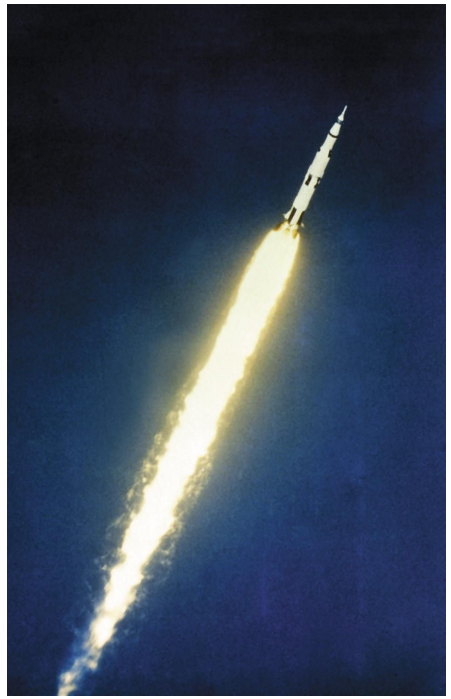
hvis *m* er konstant

Senere:

- eksempel på et system hvor også *massen* endrer seg: en ***rakett***! 🚀

$$\sum_i \vec{F}_{i,ext} = \frac{d\vec{p}}{dt}$$

er den ***mest generelle formuleringen*** av Newtons andre lov 😍



Nettokraften som virker på et legeme ***forandrer bevegelsesmengden***

Bevaringslov for driv (bevegelsesmengde) 🚀

[✏️ lysbilde med skriblerier på iPad ✏️]

Hvis det ***ikke er noen ytre krefter på et system*** ⇔ ***bevegelsesmengden*** for systemet ***er bevart***

- ***vektorligning***, gjelder for alle komponenter separat,
  f.eks. $\sum F_x = 0 \Longrightarrow p_x = \text{konstant}$
- gjelder for ***vilkårlig mange*** partikler
- gjelder for ***alle typer krefter*** mellom partikler
  (ikke bare konservative!)

Noethers teorem:
symmetri ⇔ bevaringslov 🤩
«Homogenitet» av rommet ⇒ bevaring av *bevegelsesmengde*
(valg av origo, koordinatsystem)



Emmy Noether
1882 - 1935

Impuls (endring i driv)

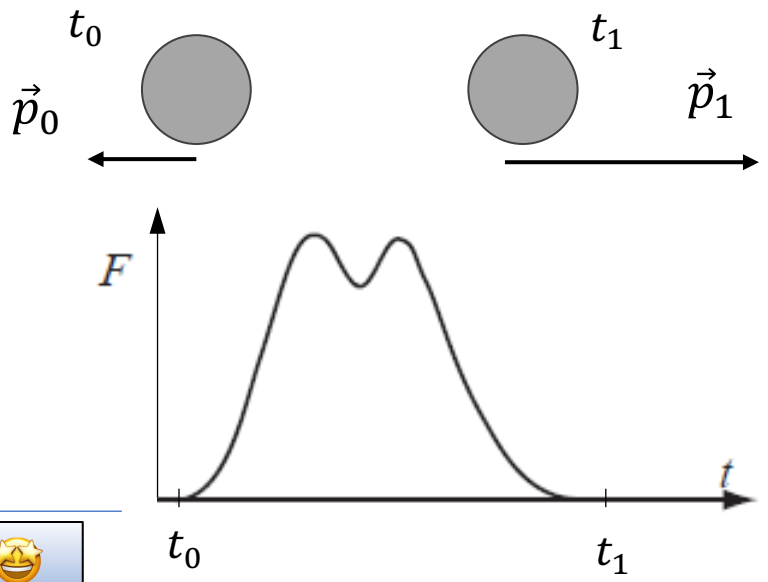
[✏️ lysbilde med skriblerier på iPad ✏️]





Ballen påvirkes av en (komplisert) netto kraft $\vec{F}(t)$
som vi ikke er særlig interesserte i, egentlig 🤭

Hva om vi integrerer kraften ($\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}$) i tidsrommet t_0 til t_1:



$\vec{J}$: endring i bevegelsesmengde, ***impuls*** 🤩

Mentimeter

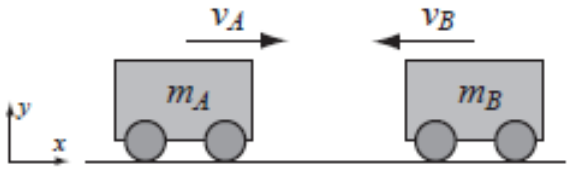
www.menti.com XX

Mentimeter

www.menti.com XX

Elastiske og uelastiske kollisjoner

[✏️ lysbilde med skriblerier på iPad ✏️]



Kollisjon i én dimensjon

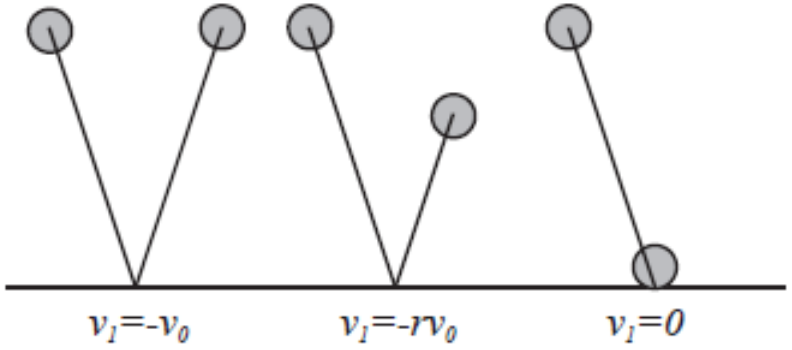
Bevaring av bevegelsesmengde:

1 ligning, 2 ukjente! 😮 Vi trenger mer informasjon!

Hvis det virker bare *konservative (elastiske) krefter* i kollisjonen → bevaring av mekanisk energi:

2 ligninger, 2 ukjente:
vi kan finne $v_{A,1}$, $v_{B,1}$ 😀

Hva om det også er *ikke-konservative (deformerende)* krefter? 🤔



Restitusjonskoeffisient r:

Elastisk kollisjon:

Mekanisk energi er bevart 👍

Uelastisk kollisjon:

Mekanisk energi er *ikke* bevart

Fullstendig uelastisk kollisjon:

Eksempel: en ball spretter i gulvet

[✏️ lysbilde med skriblerier på iPad ✏️]



Del 1: ballen faller

Del 2: ballen deformeres i kontakt med gulvet

⇒ mulig *komplisert kraft* fra gulvet på ballen

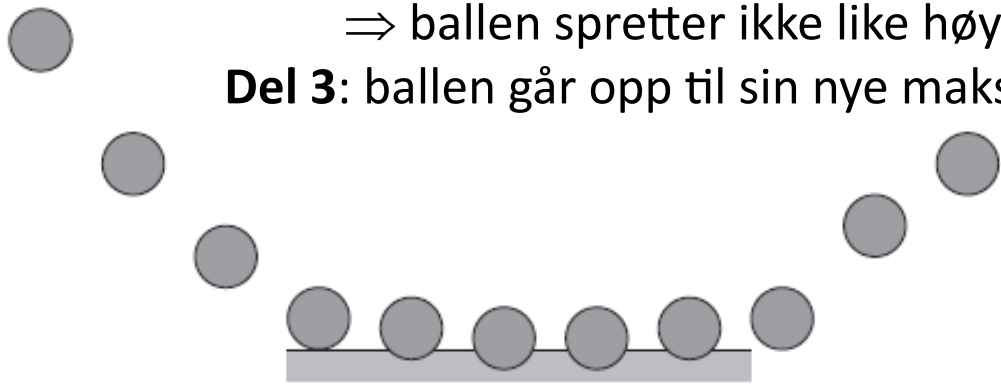
⇒ *endring* av bevegelsesmengde

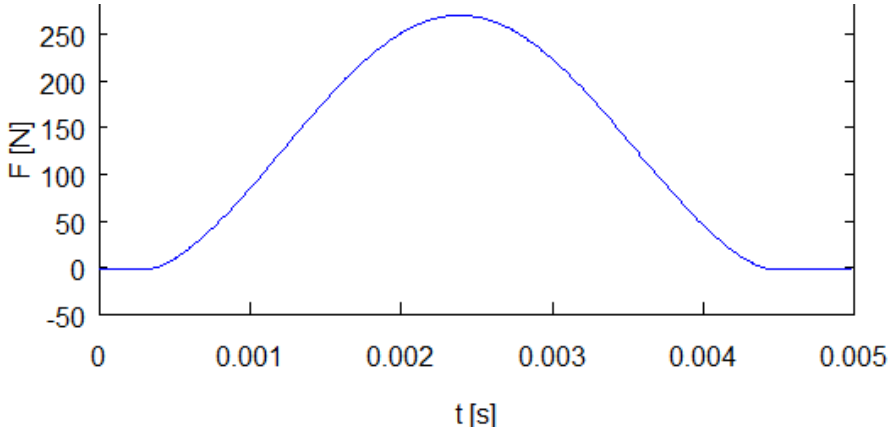
kraften behøver ikke være konservativ! Isåfall:

⇒ mekanisk energi er ikke bevart

⇒ ballen spretter ikke like høyt opp igjen

Del 3: ballen går opp til sin nye maksimale høyde





Impulsen = integralet under kurven

- **Styrke** og **varighet** av kraften viktig
- Her: kontaktkraft **>>** gravitasjon

Eksempel: en ball spretter i gulvet

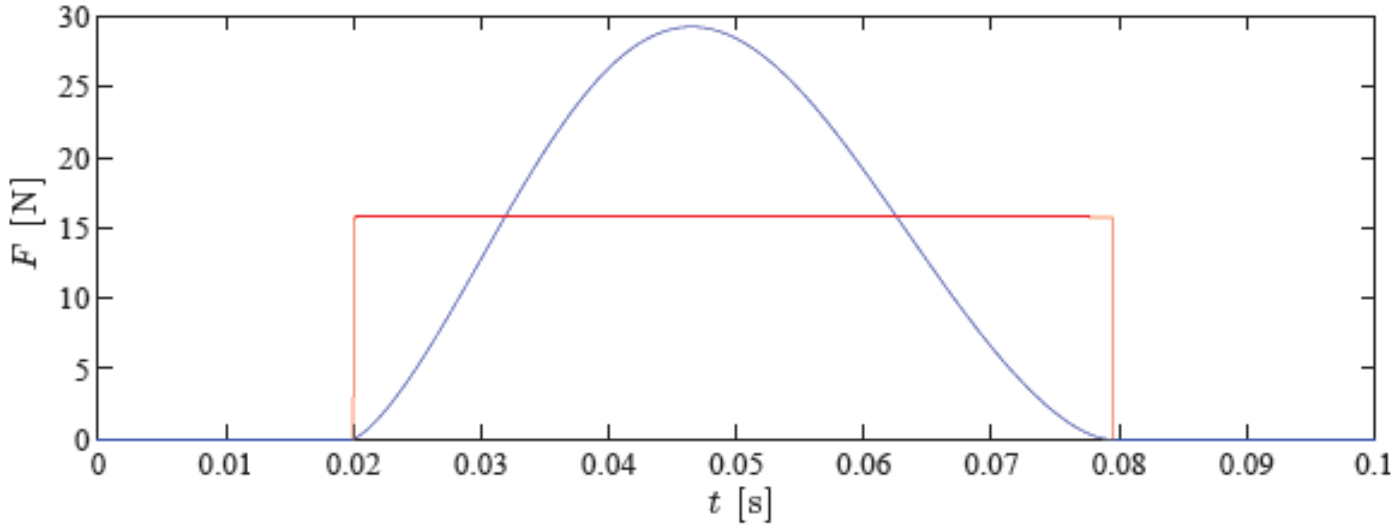
[✏️ lysbilde med skriblerier på iPad ✏️]

Vanskelig å modellere kraften i en kollisjon! 😕

- ofte kjenner vi ikke $F(t)$

MEN: vi kan måle bevegelsesmengde *før* og *etter* kollisjonen 😀

- impulsen gir informasjon om den *gjennomsnittlige* kraften! 🥳



Mentimeter

www.menti.com XX

Eksempel: bilkrasj 🚙🚙



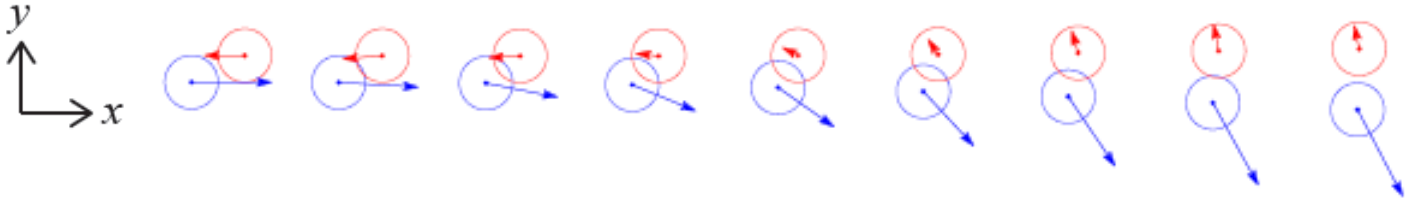


Kollisjon hvor det virker en ytre kraft



[✏️ lysbilde med skriblerier på iPad ✏️]

Eksempel: gravitasjon,
to tennisballer A og B



[Piler: bevegelsesmengde]

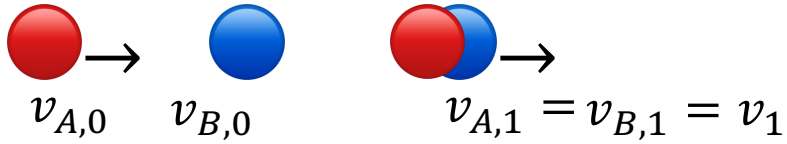
Impulsen fra den ytre kraften er avhengig
av ***varigheten*** til kollisjonen:

$\Longrightarrow$ Bevegelsesmengden er bevart i en kollisjon som er ***momentan***

Definisjon på en kollisjon: en prosess mellom to eller flere legemer
- hvor ***indre krefter*** er ***mye større*** enn ytre krefter fra omgivelsene
- som varer en ***kort tid*** i forhold til tidsskalaen av hele bevegelsen

Fullstendig uelastisk kollisjon, to plastilinakuler

[✏️ lysbilde med skriblerier på iPad ✏️]



Kulene henger sammen etter kollisjonen

Vi antar at kule B er i ro: $v_{B,0} = 0$

Bevaring av bevegelsesmengde:

Kinetisk energi:

≈Ikke mek.energitap

Mekanisk energi fullstendig tapt

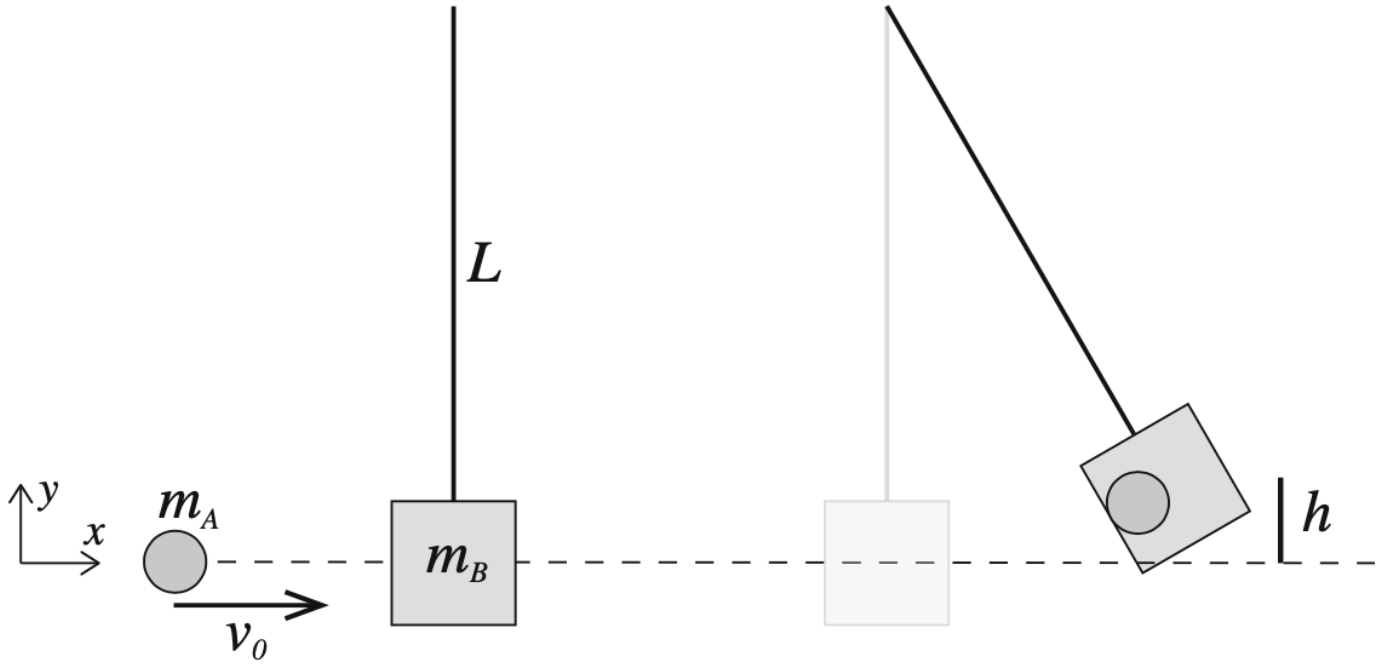
Hvor er energien? 🤔 Deformasjon! (og lyd, varme, ...)

Fellesoppgave: ballistisk pendel

Ei kule med masse m_A = 10 g skytes horisontalt inn i en trekloss med masse m_B = 1.0 kg. Klossen henger i ei masseløs snor med lengde L = 1.0 m. Klossen fester seg inne i treklossen, og de svinger opp. Klossen (med kula inni) når en høyde h = 30 cm over initialhøyden sin.

a) Hva var kulas initialhastighet v_0?

b) Hvor stort var tapet av mekanisk energi i systemet kule + trekloss?



Fellesoppgave: ballistisk pendel

a) Hva var kulas initialhastighet v_0?

Fellesoppgave: ballistisk pendel

b) Hvor stort var tapet av mekanisk energi i systemet kule + trekloss?

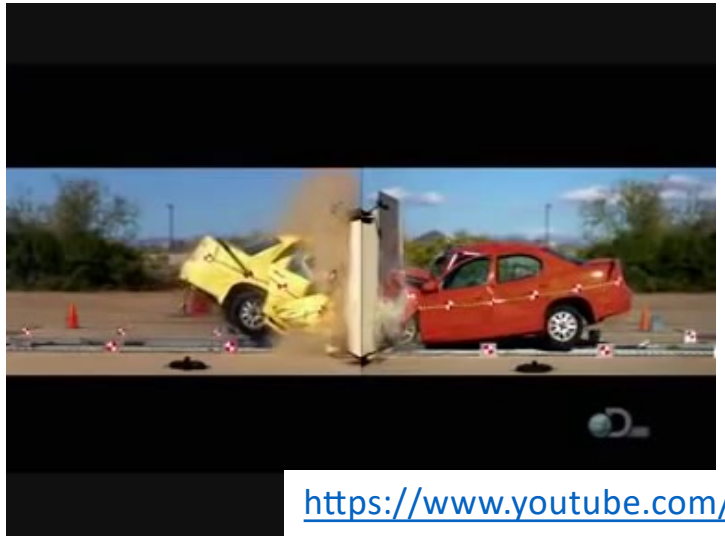
Mentimeter

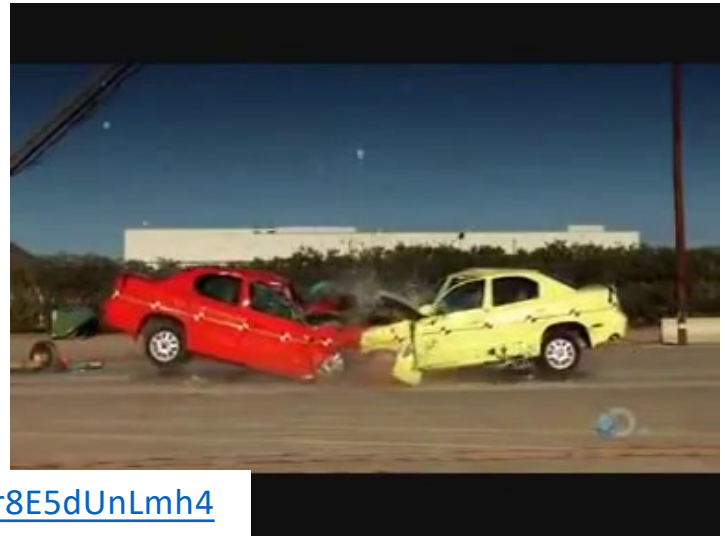
www.menti.com XX

Mythbusters-eksperimenter, bilkrasj 🚙🚙









https://www.youtube.com/watch?v=r8E5dUnLmh4

Takk for i dag! 😀