

# TFY4115 Fysikk

**Mekanikk:** (kap.ref Young & Freedman)

SI-systemet (kap. 1); Kinematikk (kap. 2+3). (Rekapitulasjon)

**Newton's lover (kap. 4+5)**

Energi, bevegelsesmengde, kollisjoner (kap. 6+7+8)

Rotasjon, spinn (kap. 9+10)

Statisk likevekt (kap. 11)

Svingninger (kap. 14)

**Termodynamikk:**

Def. temperatur og varme (kap. 17)

Tilstandslikninger (kap. 18)

Termodynamikkens 1. lov (kap. 19)

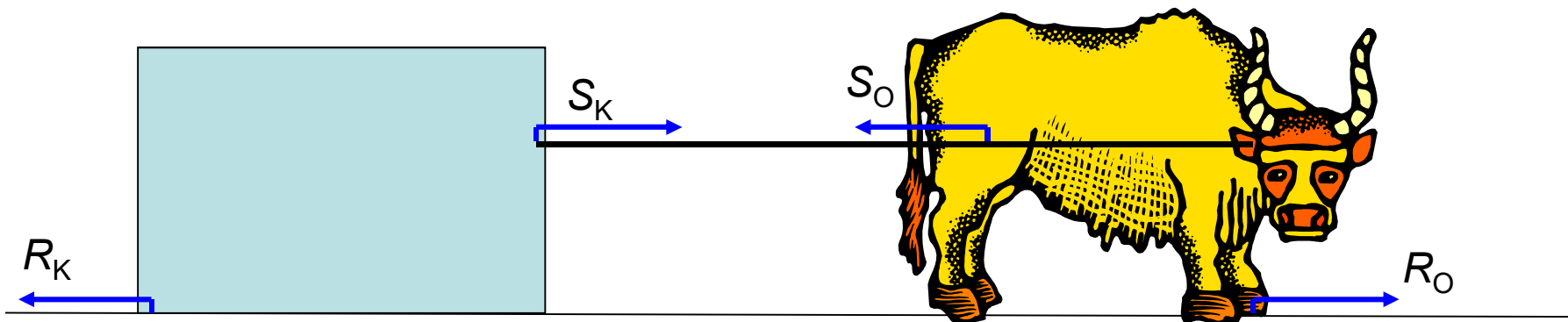
Termodynamikkens 2. lov (kap. 20)

Varmetransport (kap. 17.7+39.5)

Aristoteles (300 f.Kr):

Kraft påkrevd for å opprettholde bevegelse.

Dvs. selv UTEN friksjon må oksen trekke med kraft  $R_O = S_K$



Sir Isaac Newton (1642-1727):

Bevegelse fortsetter uendra hvis ingen krefter.

Uten friksjon:  $R_K = 0 \Rightarrow R_O = 0$

# Hvor er luftmotstanden $F_f$ størst?

?

$F_f$  lik i begge!!

(antatt samme  $G$  for begge)



$G$

$$\text{Newton 1 } \Sigma F = 0 \\ \Rightarrow F_f = G$$



$G$

$$\text{Newton 1 } \Sigma F = 0 \\ \Rightarrow F_f = G$$

# Kap. 4+5: Newtons lover

(N1):  $\Sigma \mathbf{F} = 0$  : Uendra hastighet  $\mathbf{v}$  (evt.  $\mathbf{v}=\mathbf{0}$ )

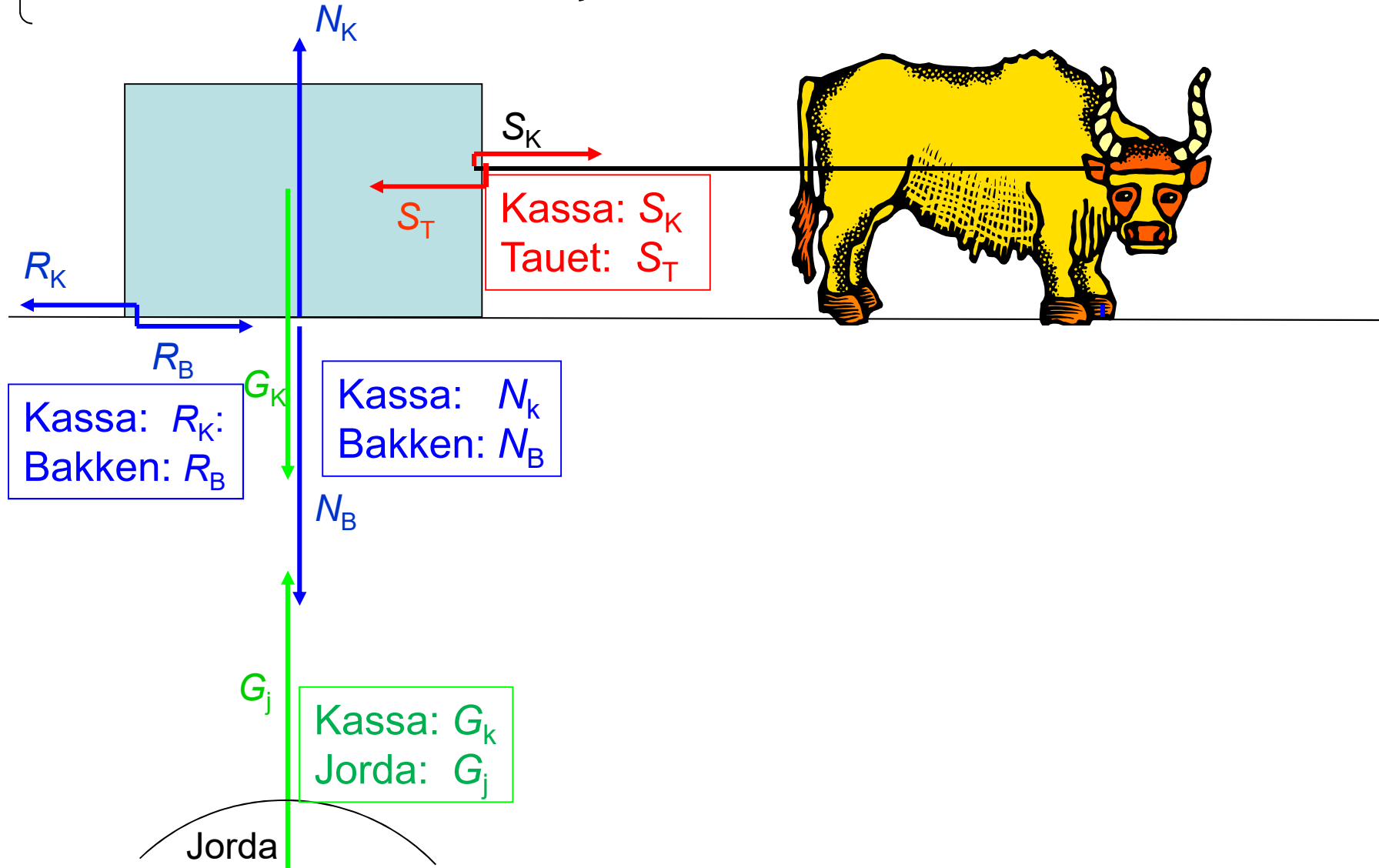
(N2):  $\Sigma \mathbf{F} \neq 0$  : Akselerasjon  $\mathbf{a} = \Sigma \mathbf{F} / m$

Enhet kraft:  $1 \text{ kg}\cdot\text{m} / \text{s}^2 = 1 \text{ newton} = 1 \text{ N}$

(N3): Krefter alltid i par.

# Newton's 3.lov. Kraft og motkraft.

$N_k$  og  $G_k$  er ikke kraft og motkraft!  
**N1** gir:  $N_k = G_k$





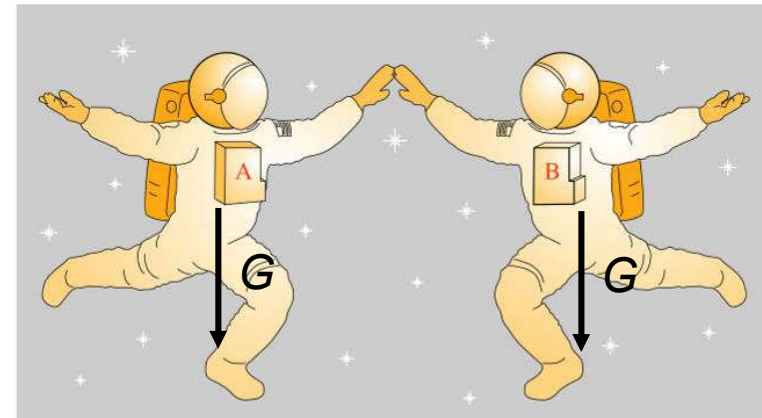
«Vektløs»:

Tyngden er **eneste** krafta som virker



Ikke «Vektløs»:

Tyngde + luftmotstand



«Vektløs» utenfor atmosfæren



«Vektløs» inni heis som faller fritt.  
(ingen luftmotst.)

# 5.5. Krefter i naturen.

## *Fire fundamentale krefter*

*(formalisert lenge etter Newton):*

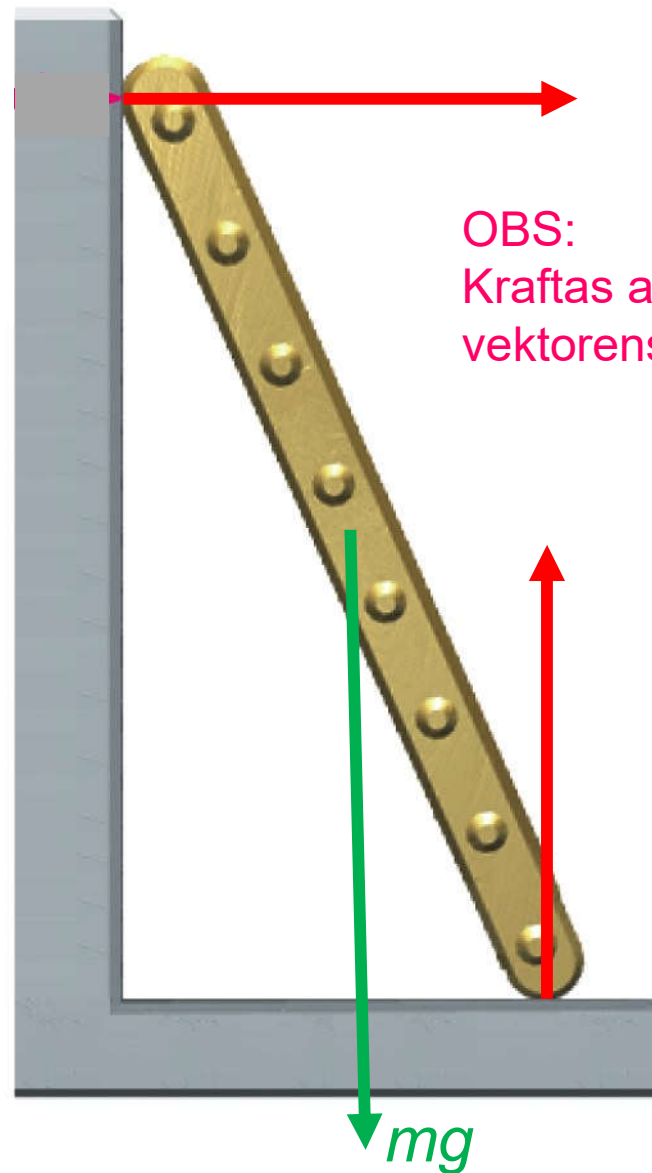
1. **Gravitasjonskraft** – tiltrekning mellom masser
2. **Elektromagnetisk kraft** – frastøtning/  
tiltrekning mellom like/ulike elektriske ladninger
3. Sterk kjernekraft – kraft mellom subatomære partikler
4. Svak kjernekraft – kraft mellom subatomære partikler under spesielle radioaktive prosesser.

Tyngdekrefter:  
Gravitasjon

Kontaktkrefter:  
Normalkrefter

Egentlig opphav:  
Elektrostatisk krefter.

Atomer (elektronskyen) kan  
ikke trenge inn i hverandre  
uten stor motstand.



OBS:  
Kraftas angrepspunkt =  
vektorens startpunkt



# Krefter i naturen.

Naturens krefter manifesterer seg på ulike måter i mekanikken:

- Tyngdekraft
- Normalkraft (kontaktkraft)
- Friksjon (kontaktkraft)
- Snorkraft
- Fjærkraft
- Luftmotstand
- Væskemotstand
- m.m.

←----- **gravitasjonskraft**

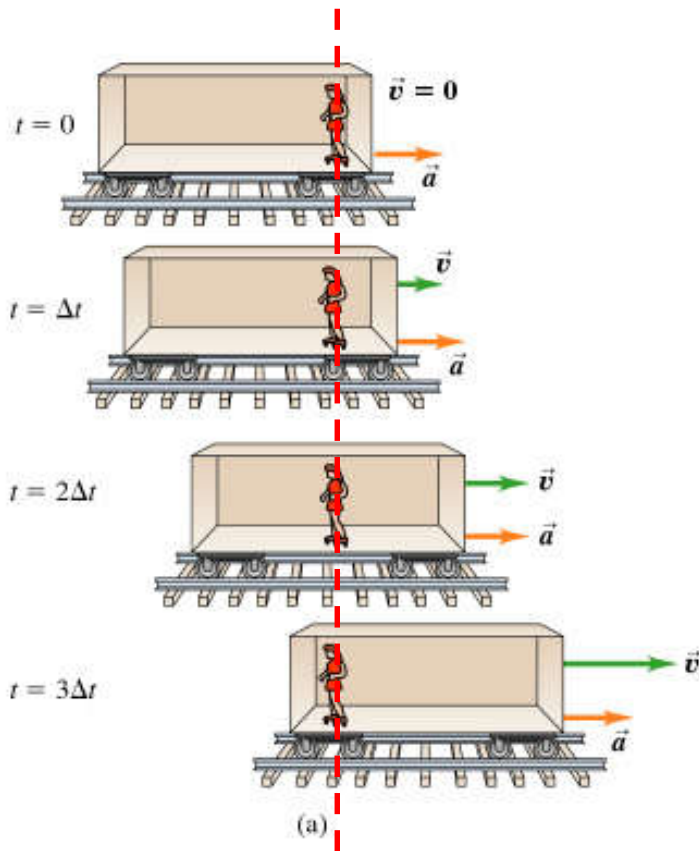
←----- **elektrostatisk kraft**

.. **men alle mekaniske krefter har sin årsak i en av de to fundamentale kreftene**



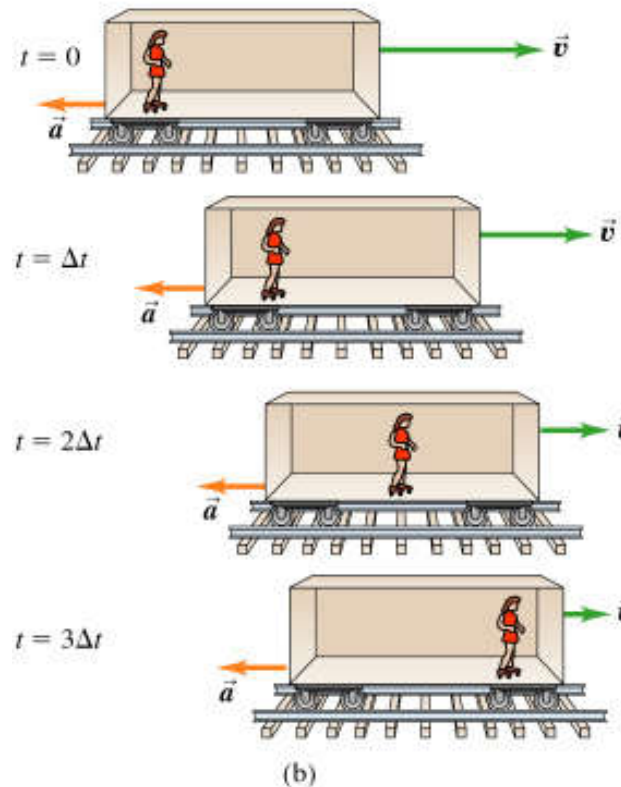
# Ikke-inertialsystem (vogna): Tilsynelatende usynlig krefter

Vogna =  
akselererende  
referansesystem



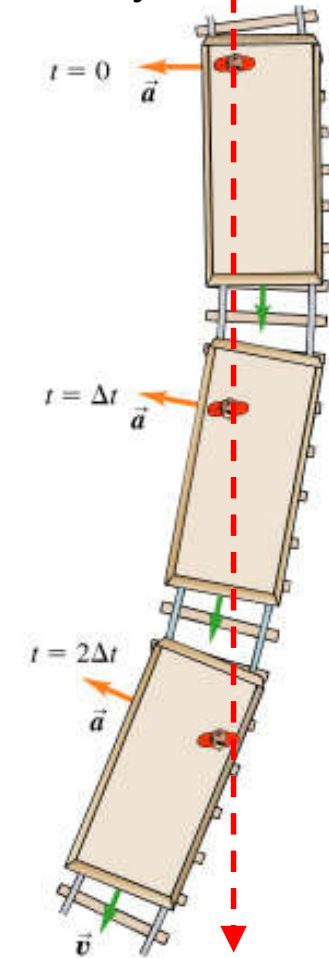
Fast labssystem: Rulleskøyteren i ro

Retarderende  
referansesystem



Rulleskøyteren  
fortsetter med konst v

Sentripetal-aksel.  
referansesystem



Rulleskøyteren  
fortsetter rett fram  
(konst v)

# Oppsummert:

## Kap. 4+5: Newtons lover

(N1):  $\Sigma \mathbf{F} = 0$  : Uendra hastighet  $\mathbf{v}$  (evt.  $\mathbf{v}=\mathbf{0}$ )

(N2):  $\Sigma \mathbf{F} \neq 0$  : Akselerasjon  $\mathbf{a} = \Sigma \mathbf{F} / m$

(N3): Krefter alltid i par.

Enhet kraft:  $1 \text{ kg}\cdot\text{m} / \text{s}^2 = 1 \text{ newton} = 1 \text{ N}$

Gravitasjonskrafta:  $\mathbf{F} = m\mathbf{g}$

Vektløs: Eneste kraft er tyngden =  $m\mathbf{g}$

Newtons lover gjelder kun i inertialsystem, dvs. i koordinatsystem uten akselerasjon.

# Anvendelse av Newtons lover.

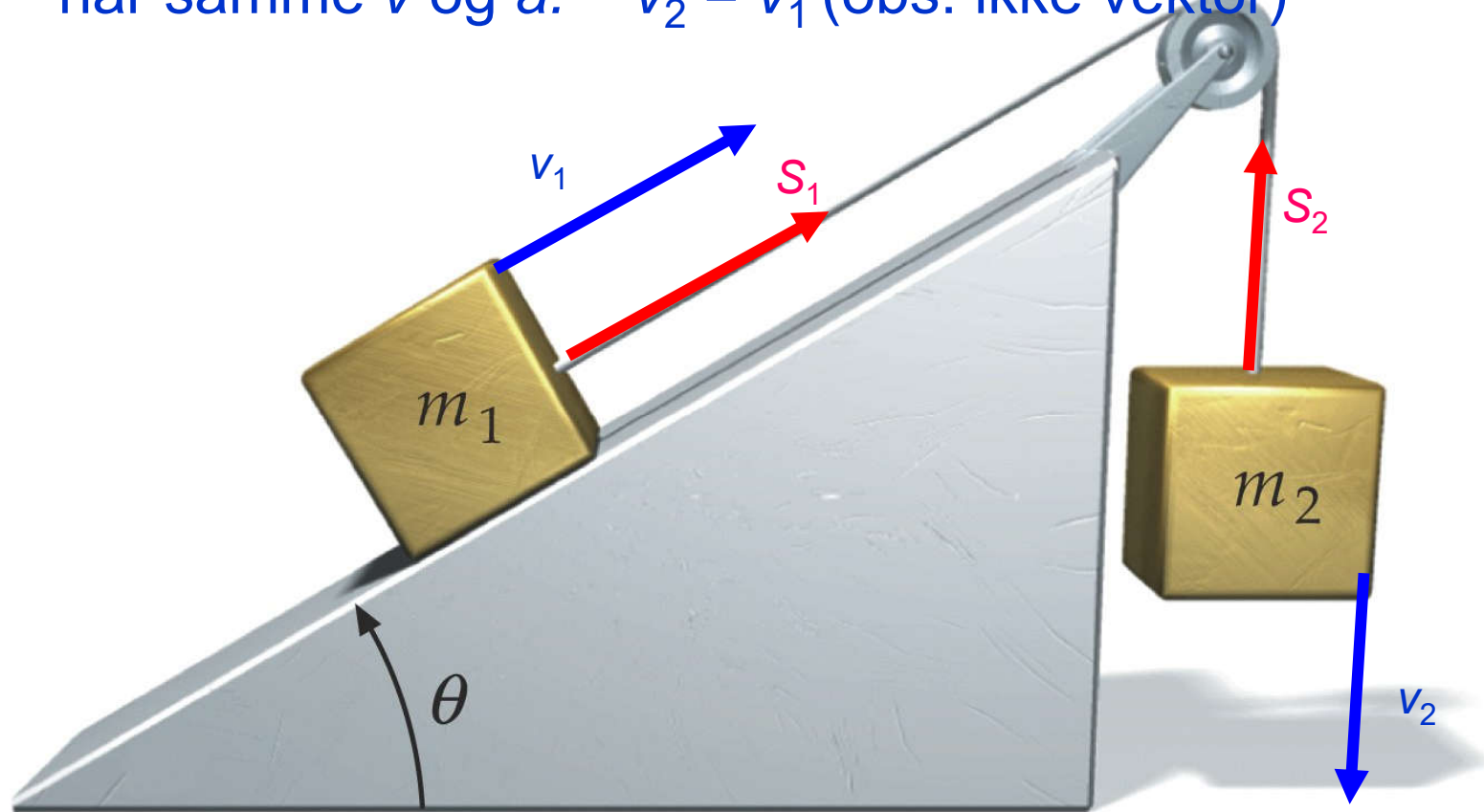
**Svært kort** • Snorkrefter

**Svært mye** • 5.3. (Tørr) friksjon

**Kort** • 5.3. Væskefriksjon og luftmotstand

# Snorkrefter:

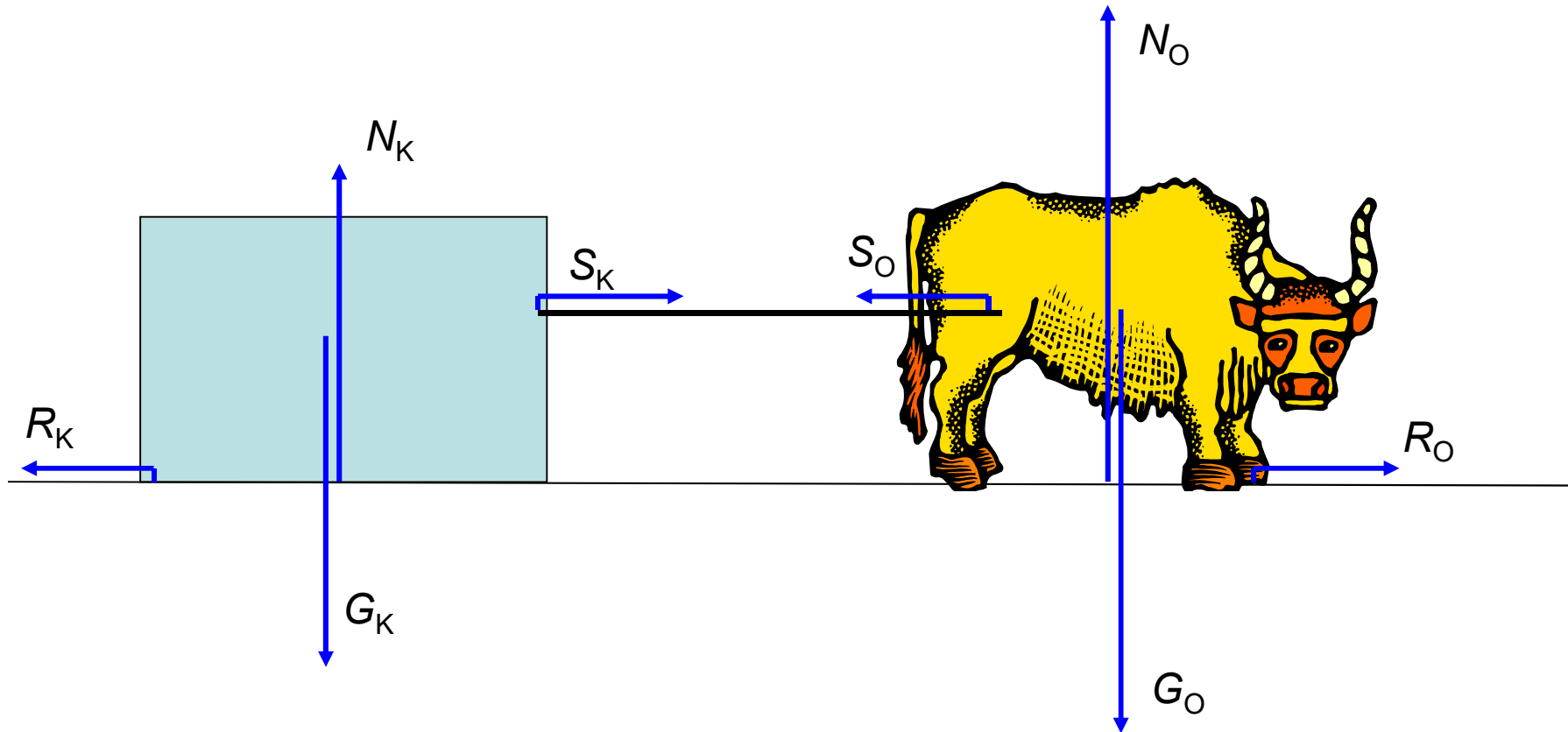
- Kun **strek**-krefter
- Snorkrafta den samme langs hele snora:  
 $S_2 = S_1$  (forutsetter masseløs snor)
- Hele snora og alle masser forbundet  
har samme  $v$  og  $a$ :  $v_2 = v_1$  (obs: ikke vektor)



(mange oppgaver med snorer)

## Kraftdiagram (frilegemediagram):

Alle krefter på et legeme, med angrepspunkt  
Eksempel: Oksen og kassa.



Kraftvektor starter ved kraftas angrepspunkt.

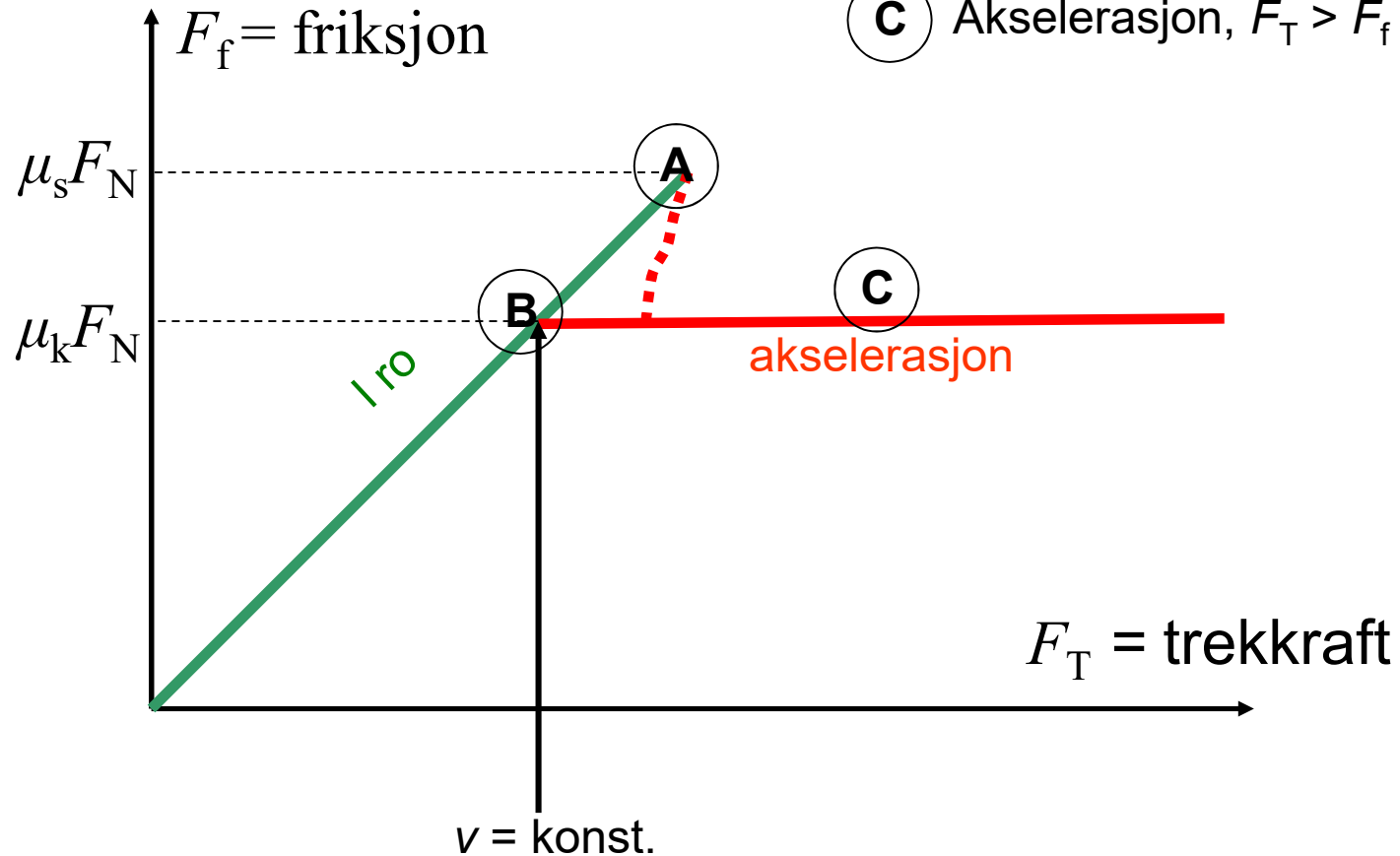


## • 5.3. (Tørr) friksjon

**A** Max statisk friksjon,  $F_T = F_f = \mu_s F_N$

**B** Konst. fart,  $F_T = F_f = \mu_k F_N$

**C** Akselerasjon,  $F_T > F_f = \mu_k F_N$

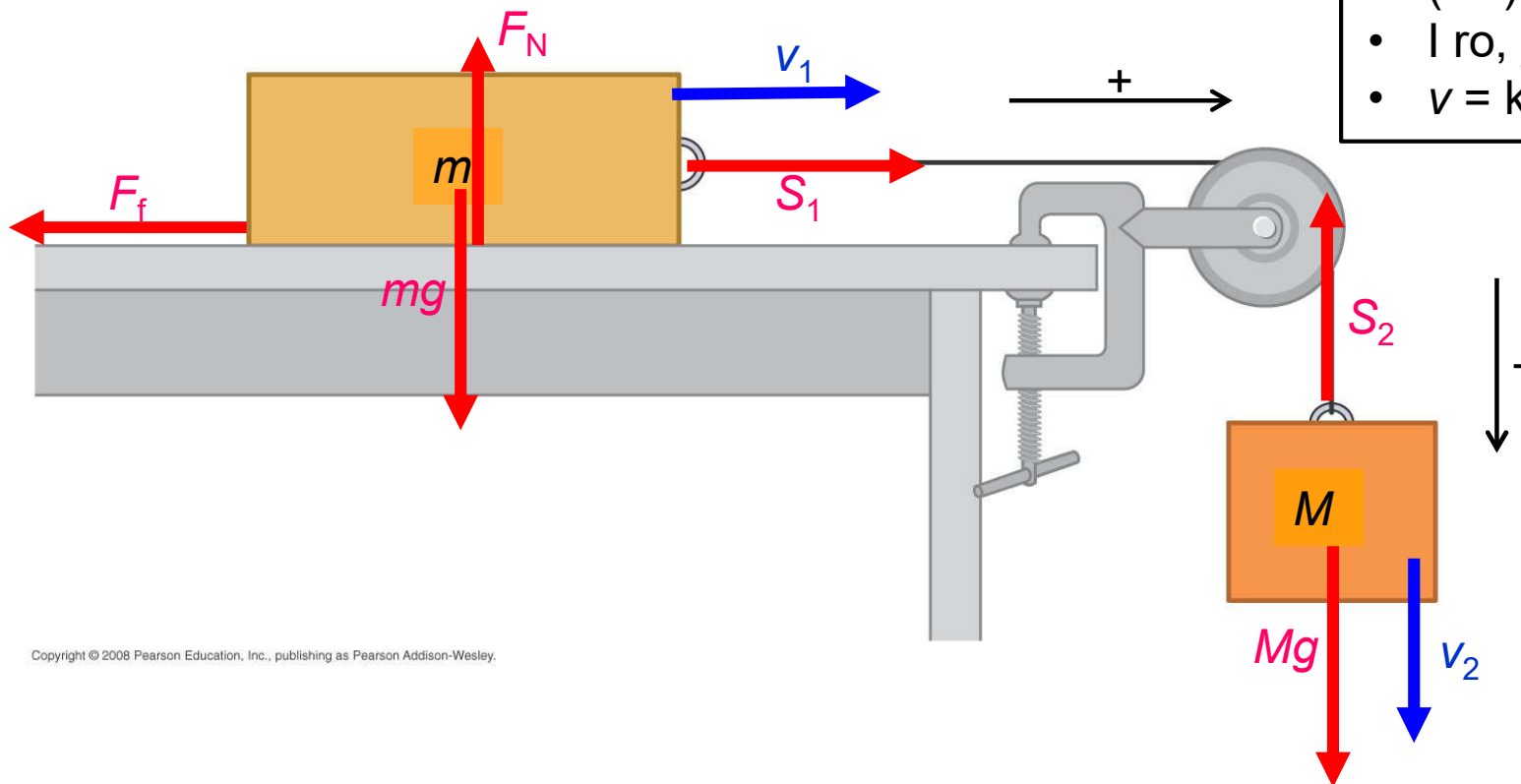


# Eks. 1. Klosser, snor og friksjonskraft. ( $\approx$ Y&F opg 5.34)

## Snorkrefter:

- Kun **strekk**-krefter
- Snorkrafta den samme langs hele snora:  $S_2 = S_1 = S$   
(forutsetter masseløs snor)
- Hele snora og alle masser forbundet  
har samme  $v$  og  $a$ :  $v_2 = v_1 = v$   $a_2 = a_1 = a$

- Kraftdiagram
- Positiv retning
- (N2) for hver kloss
- I ro,  $\mu_s$
- $v = \text{konst}$ ,  $\mu_k$



Copyright © 2008 Pearson Education, Inc., publishing as Pearson Addison-Wesley.

# Luftmotstand



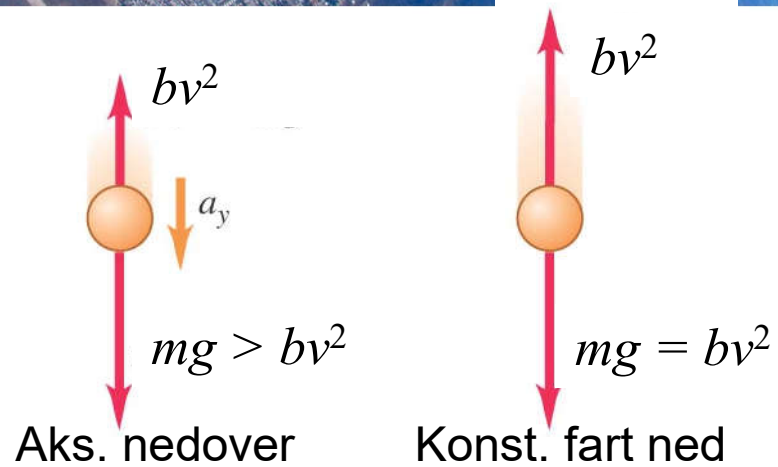
$$mg = F_f = bv^2$$

liten  $b$  , stor  $v \approx 200$  km/h



$$mg = F_f = bv^2$$

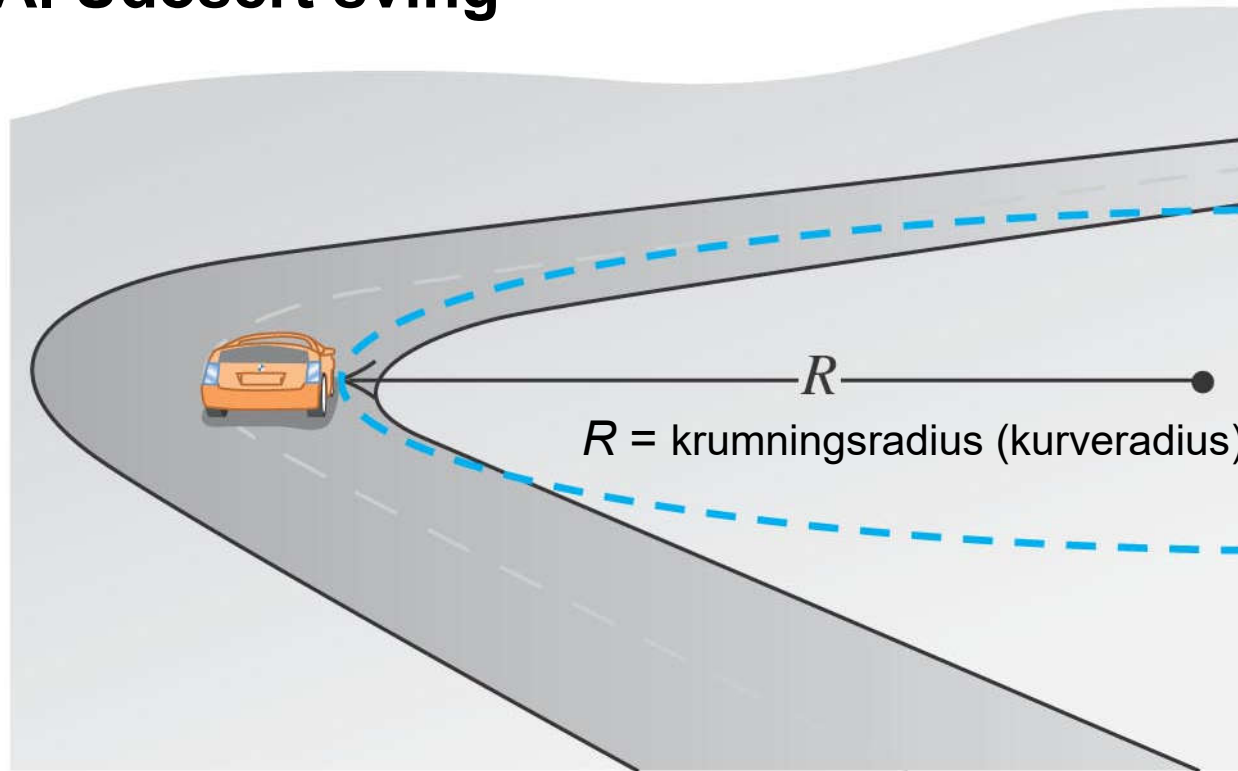
stor  $b$  , liten  $v \approx 20$  km/h



# Eksempel: Svingkjøring

Y&F Ex. 5-21

## A. Udosert sving



- Kraftdiagram
- Finn  $v_{\max}$   
(dvs. uten å miste festet)

Copyright © 2008 Pearson Education, Inc., publishing as Pearson Addison-Wesley.

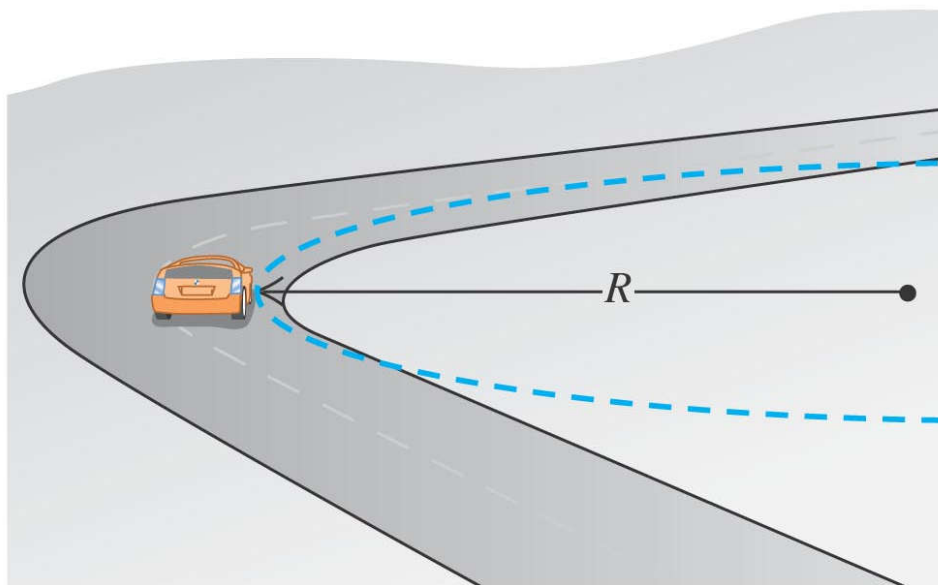
# Friksjonskoeffisienter for ulike materialer

Materiale	$\mu_s$	$\mu_k$
Stål mot stål, rein flate	0,7	0,6
Stål mot stål, oljet flate	0,09	0,05
Tre mot tre	0,25-0,5	0,2
Glass mot glass	0,9	0,4
Gummi mot tørr asfalt	1,0	0,8
Gummi mot våt asfalt	0,30	0,25
Ski mot snø 0°C	0,1	0,05
Teflon mot teflon	0,04	0,04

# Eksempel: Svingkjøring

Y&F Ex. 5-21

## A. Udosert sving



Copyright © 2008 Pearson Education, Inc., publishing as Pearson Addison-Wesley.

Materiale	$\mu_s$	$\mu_k$
Gummi mot tørr asfalt	1,0	0,8
Gummi mot våt asfalt	0,30	0,25

$$v_{\max} = (\mu_s g R)^{1/2} \quad \text{Eks. med } R = 10 \text{ m:}$$

Tørr asfalt  $\mu_s = 1,0$ :

$$v_{\max} = (1,0 \cdot 10 \text{ m/s}^2 \cdot 10 \text{ m})^{1/2} \\ = 10 \text{ m/s} = 36 \text{ km/h}$$

Våt asfalt  $\mu_s = 0,3$ :

$$v_{\max} = 20 \text{ km/h}$$

Våt is  $\mu_s = 0,05$ :

$$v_{\max} = 8 \text{ km/h}$$

Ingen friksjon  $\mu_s = 0,00$ :

Umulig å svinge.

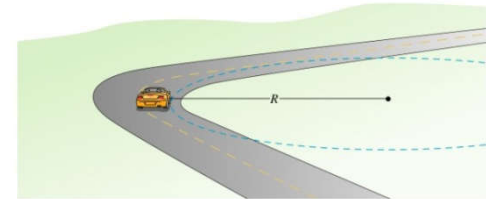


# Eksempel forts.: Svingkjøring

Svært like eksempler her: Y&F Ex. 5-21 + 5-22.

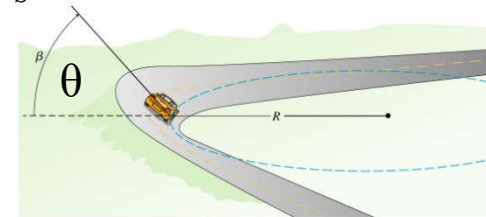
- **A: Uten dosering:**

$$v_{\max}^2 = gR\mu_s$$



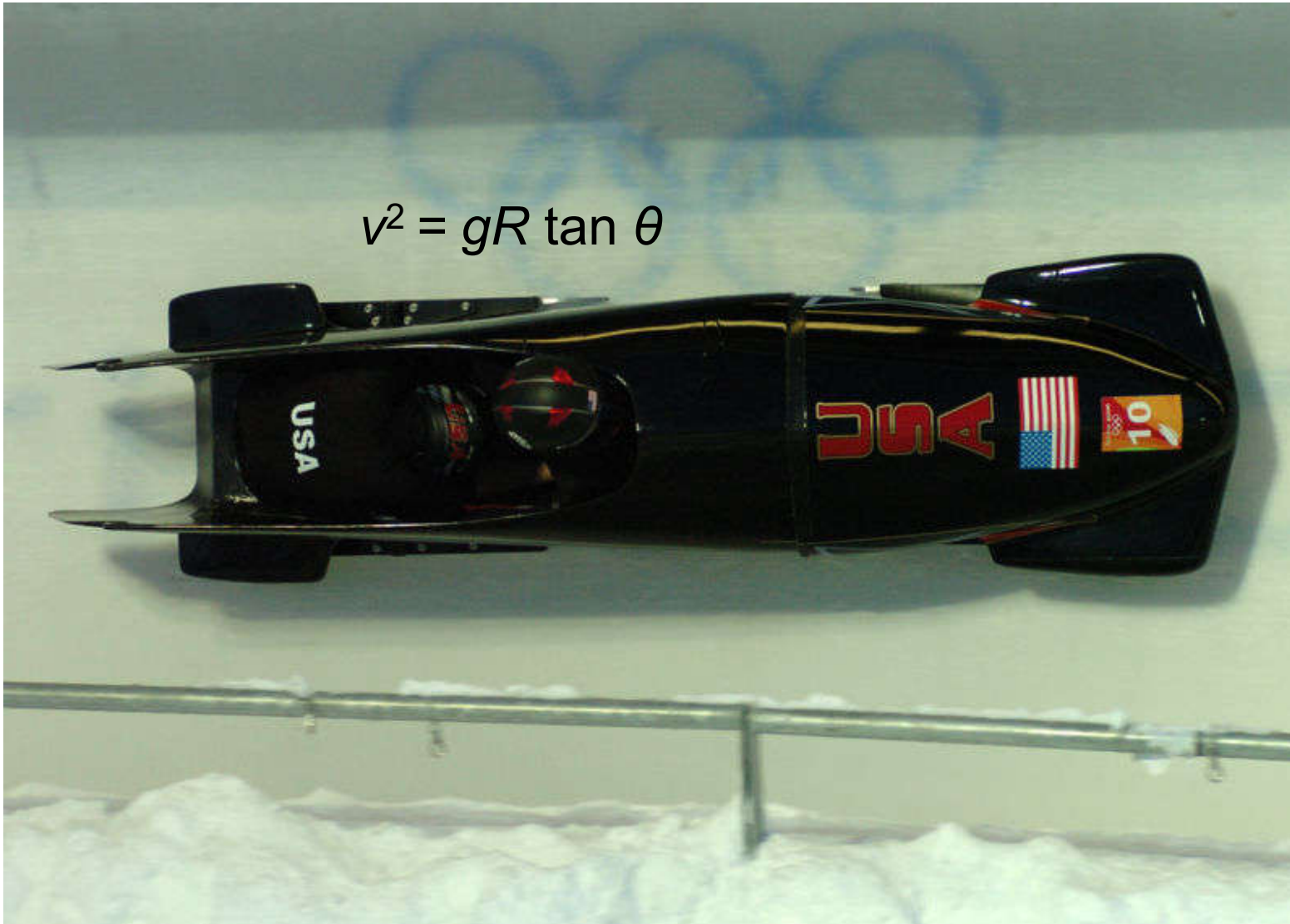
- **B: Med dosering:**  $v_{\max}$  er større: 
$$v_{\max}^2 = gR \frac{\mu_s + \tan \theta}{1 - \mu_s \tan \theta} \quad (3)$$

og med null friksjon:  $v_{\max}^2 = v_{\min}^2 = gR \tan \theta \quad (4)$



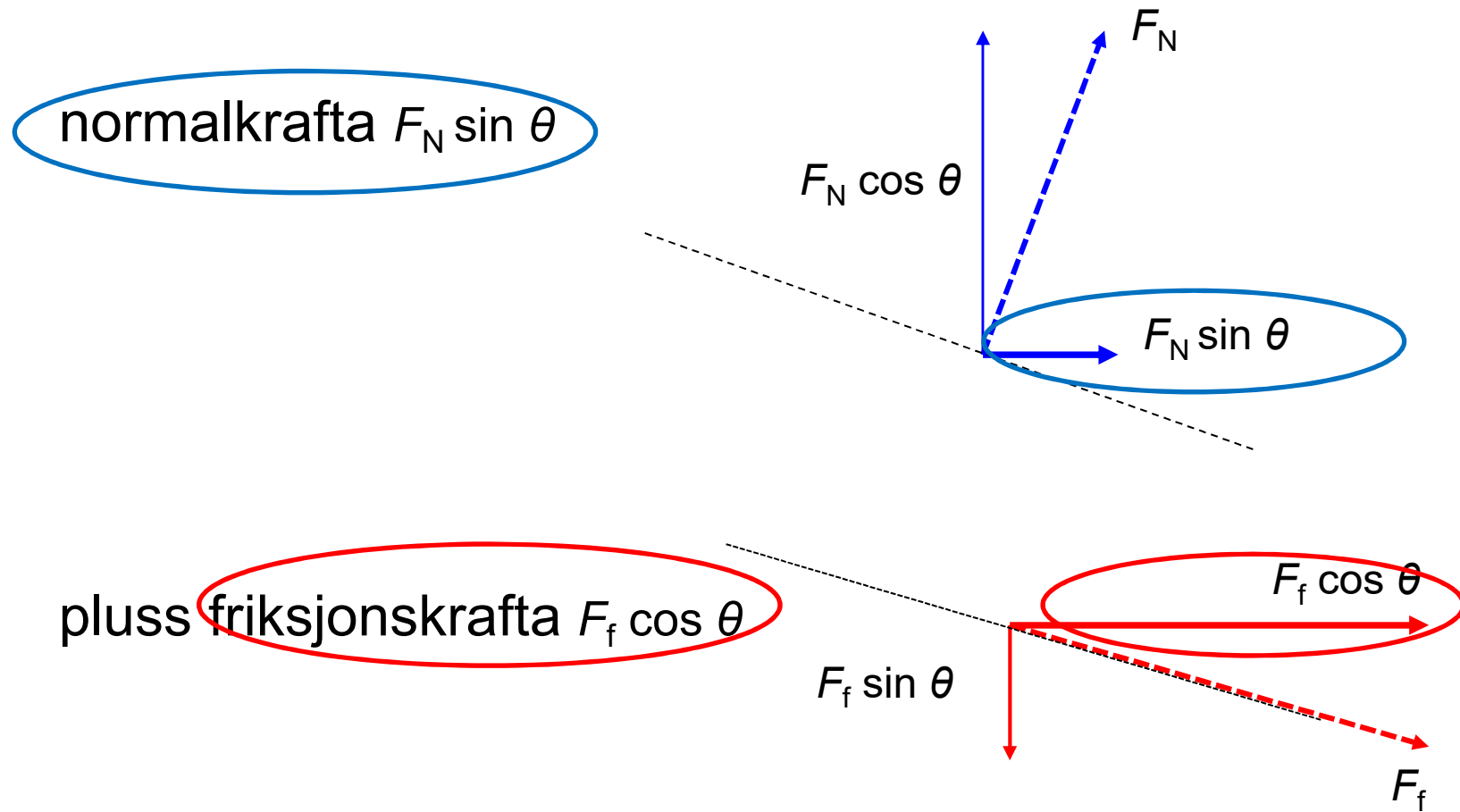
Bob-baner ( $\mu_s \approx \mu_k \approx 0$ ) har variabel dosering.  
Bobens fart  $v$  bestemmer doseringshøyden

$$v^2 = gR \tan \theta$$

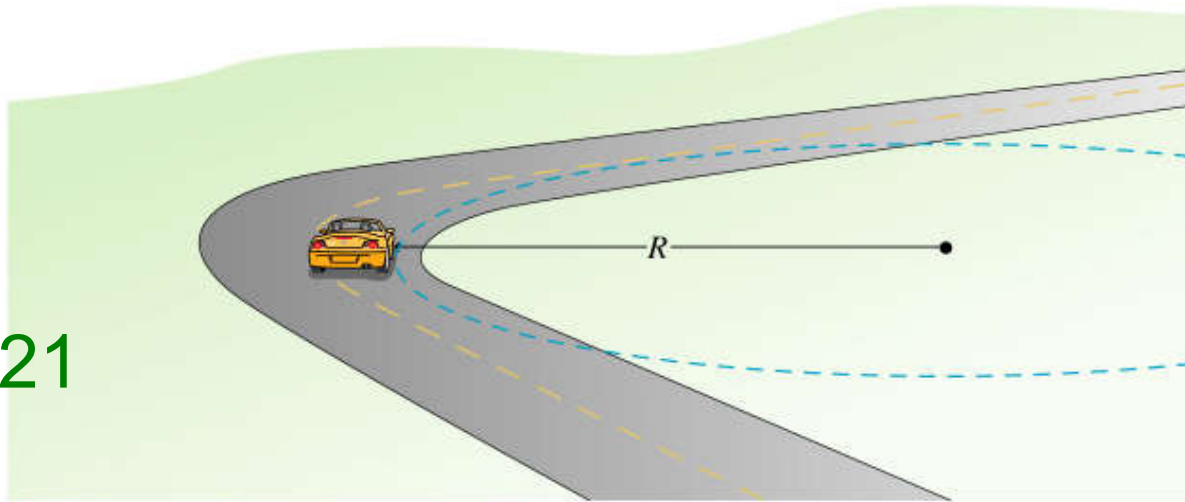


# Svingkjøring

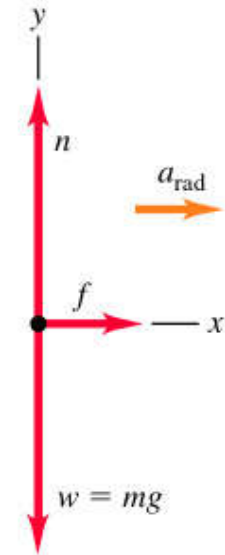
- B: Med dosering dannes sentripetalkrafta fra:



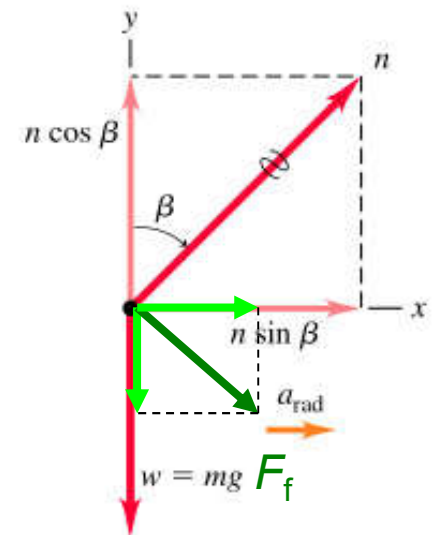
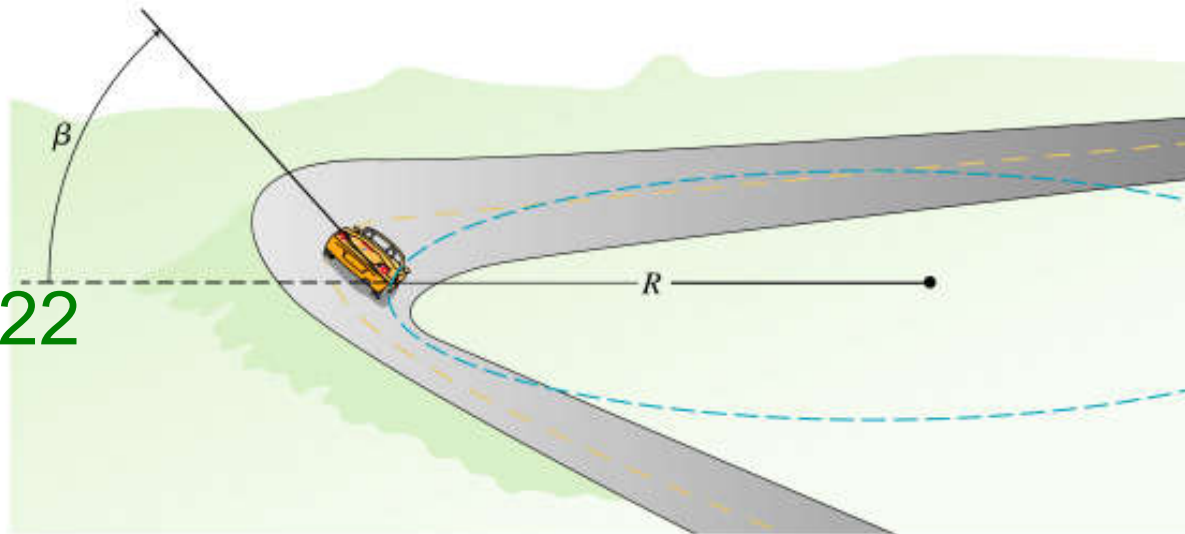
Y&F:



Ex. 5-21



Ex. 5-22



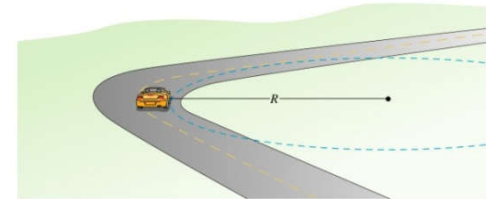
Med friksjon

# Eksempel forts.: Svingkjøring

Svært like eksempler her: Y&F Ex. 5-21 + 5-22.

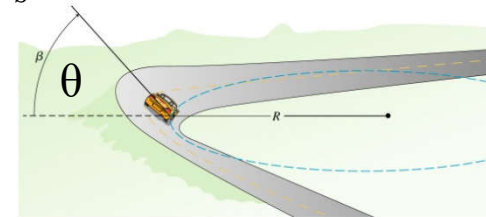
- **A: Uten dosering:**

$$v_{\max}^2 = gR\mu_s$$



- **B: Med dosering:**  $v_{\max}$  er større: 
$$v_{\max}^2 = gR \frac{\mu_s + \tan \theta}{1 - \mu_s \tan \theta} \quad (3)$$

og med null friksjon:  $v_{\max}^2 = v_{\min}^2 = gR \tan \theta \quad (4)$

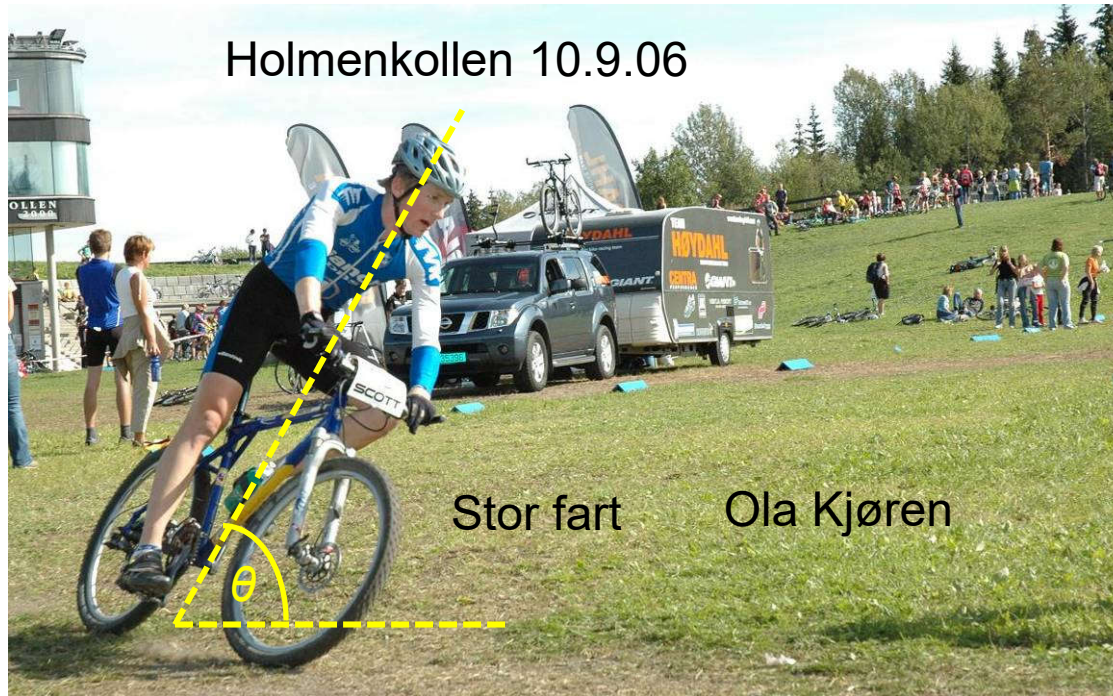


- **C: Lene seg  $\theta$  innover i svingen (uten dosering):**

$$\tan \theta = \frac{v^2}{gR} \quad (\text{samme vinkel som ved null friksjon i B})$$



Holmenkollen 10.9.06

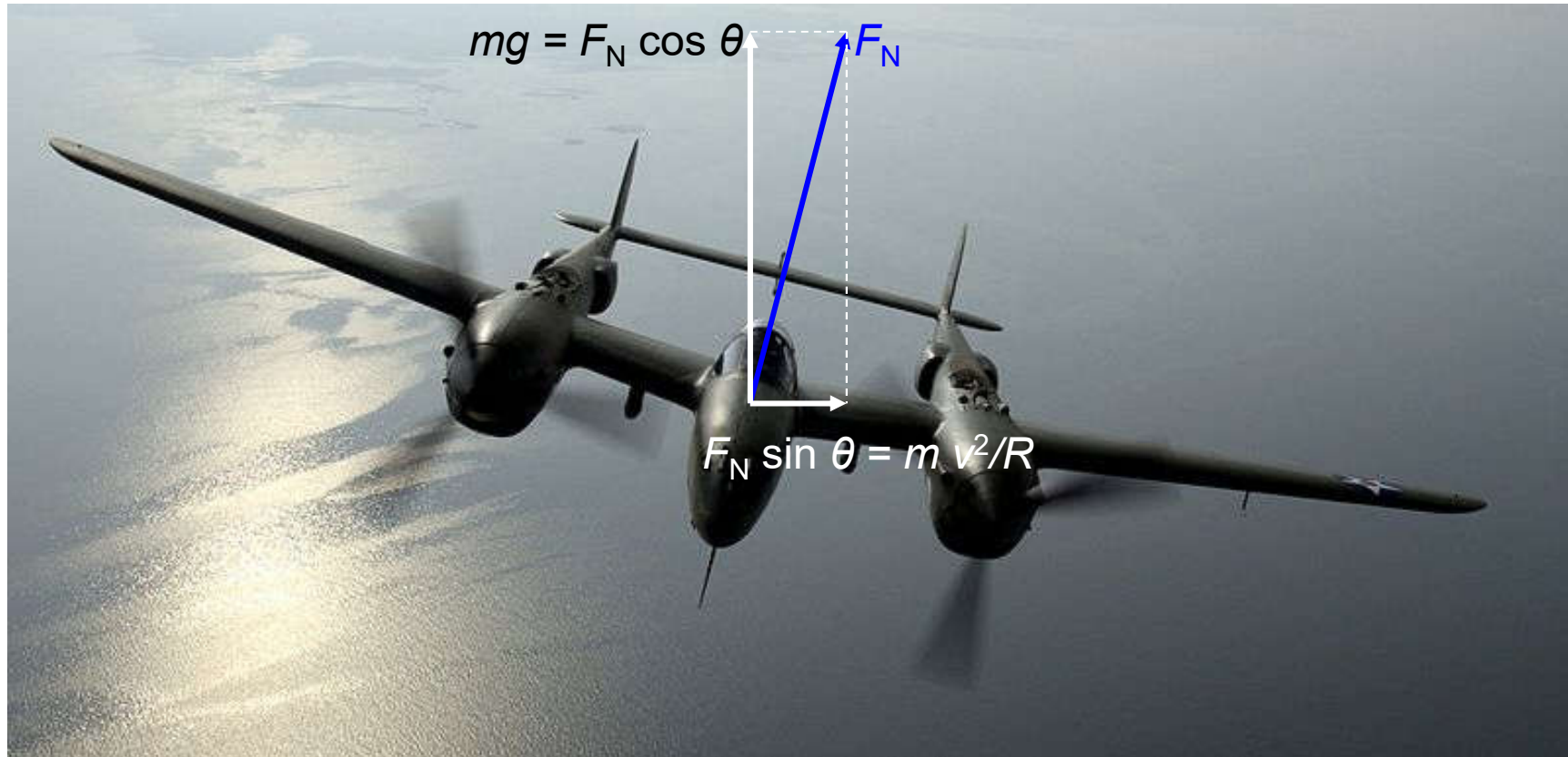


Syklister må lene seg innover en vinkel  $\theta$ :  
 $\tan \theta = v^2 / gR$





For å svinge må fly krenge for å få kraft til sentripetalakselerasjon



# Oppsummert eksempel: Svingkjøring

- A: uten dosering
- B: med dosering

Gitt maks friksjon:  $F_f = \mu_s F_N$

Beregn  $v_{\max}$  (og  $F_N$ )

**Ikke max friksjon:**

- B2: med dosering

Gitt hastighet  $v (< v_{\max})$

Beregn  $F_f$  og  $F_N$ ,

løsn. av likn (N2-x) og (N2-y) gir:

$$F_N = F_N(v, \theta) = m \frac{v^2}{R} \sin \theta + mg \cos \theta$$

Skifter fortegn ved  
 $v^2 = gR \tan \theta$

$$\rightarrow F_f = F_f(v, \theta) = m \frac{v^2}{R} \cos \theta - mg \sin \theta$$

# Kap. 4+5. Newtons lover

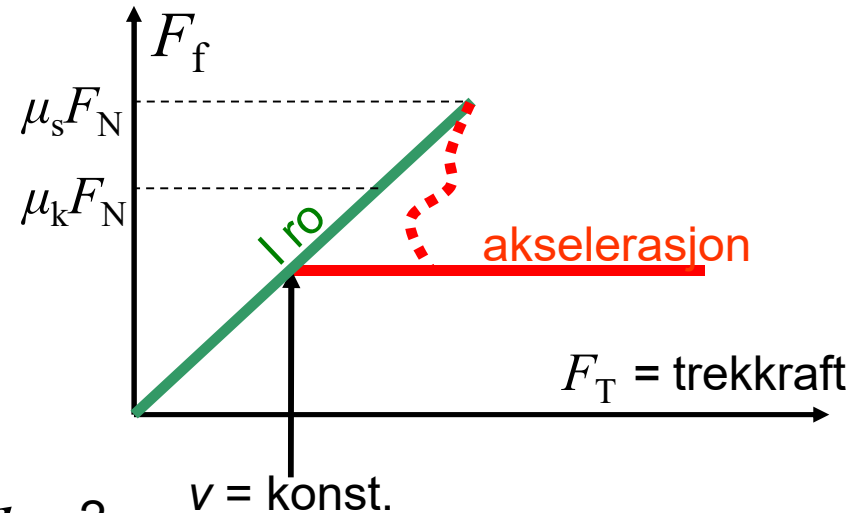
## Vi har sett på:

- Newtons lover
- Snorkrefter.
  - Masseløs snor/trinser => lik  $S$  gjennom heile snora.

## • Friksjon:

- Hvilefriksjon  $F_T = F_f \leq F_{f,\max}$   
( $F_f$  "ukjent")  $F_{f,\max} = \mu_s F_N$

- Glidefriksjon:  $F_T \geq F_f = \mu_k F_N$



- Luft/væskemotstand:  $F_f = -b v^2$

- Ulike eksempler innen friksjon og sentripetalkraft.

# Eksamensoppgave

a. En rektangulær kloss med masse  $m$  ligger i ro på et skråplan som har vinkel  $\theta$  med horisontalplanet. Vinkelen er mye mindre enn at klossen begynner å gli. Statisk friksjonskoeffisient er  $\mu_s$ . Hvilken av de følgende påstander er rett om absoluttverdien av den statiske friksjonskrafta  $F_f$ ?

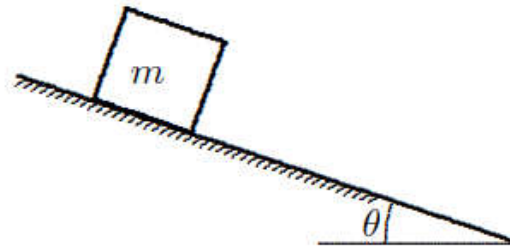
A)  $F_f = \mu_s mg$

B)  $F_f = \mu_s mg \cos \theta$

C)  $F_f = mg \cos \theta$

D)  $F_f = mg \sin \theta$

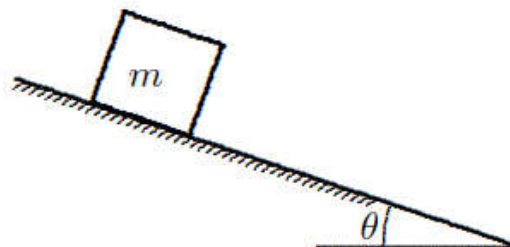
E) Ingen av påstandene er rett.



# Eksamensoppgave

a. En rektangulær kloss med masse  $m$  ligger i ro på et skråplan som har vinkel  $\theta$  med horisontalplanet. Vinkelen er mye mindre enn at klossen begynner å gli. Statisk friksjonskoeffisient er  $\mu_s$ . Hvilken av de følgende påstander er rett om absoluttverdien av den statiske friksjonskrafta  $F_f$ ?

- A)  $F_f = \mu_s mg$
- B)  $F_f = \mu_s mg \cos \theta$
- C)  $F_f = mg \cos \theta$
- D)  $F_f = mg \sin \theta$
- E) Ingen av påstandene er rett.



## Løsning: D

Klossen i ro:  $\Sigma F = 0$  langs planet, som gir  $F_f = mg \sin \theta$ , friksjonen holder akkurat igjen for tyngdens komponent langs planet. Friksjonen kan *maksimalt* være  $\mu_s mg \cos \theta$ , som skjer rett før klossen begynner å gli. Siden klossen er langt fra å gli er  $F_f < \mu_s mg \cos \theta$  og derfor ikke B rett.

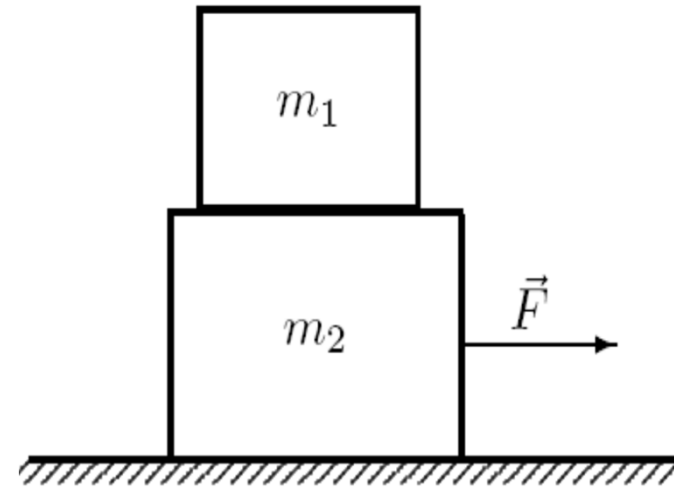
Svar avgitt:

A	2
B	77
C	7
D	52
E	31
blank	2

Denne oppgaven til eksamen:

Snitt 31 % , dvs. F

## Fra en eks.oppgave



**b.** En kloss med masse  $m_1 = 4,40$  kg er plassert oppå en kloss med masse  $m_2 = 5,50$  kg. Når man holder nedre kloss fast trengs det en horisontal kraft på  $12,0$  N på den øverste klossen for å få den til å gli av.

De to klossene blir så plassert på et horisontalt, friksjonsløst underlag, som vist i figuren. Bestem, i selvvalgt rekkefølge:

- i) Den største horisontale krafta  $F$  som kan bli påført den nedre klossen slik at klossene beveger seg sammen og ikke glir seg imellom.
- ii) Den resulterende akselerasjonen til klossene i dette tilfellet.
- iii) Friksjonskoeffisienten  $\mu_s$  mellom klossene.



**b.** iii) Første opplysning bestemmer friksjonskoeffisienten:  $F_{f,\max} = \mu_s m_1 g = 12,0 \text{ N}$  gir

$$\mu_s = \frac{12,0 \text{ N}}{4,40 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2} = \underline{0,278}.$$

ii) Skal øverste kloss følge med nederste, må de ha samme akselerasjon,  $a$ . Øverste kloss får sin akselererende kraft fra  $F_f$  som er maks. 12,0 N. Newton 2 for øverste kloss gir

$$m_1 a_{\max} = 12,0 \text{ N} \quad , \text{ som gir } a_{\max} = \frac{12,0 \text{ N}}{4,40 \text{ kg}} = 2,727 \text{ m/s}^2 = \underline{2,73 \text{ m/s}^2}.$$

i) Krafta  $F$  akselererer begge klossene slik at Newton 2 for (øverste + nederste) kloss som ett system gir:

$$F_{\max} = (m_1 + m_2) a_{\max} = (9,90 \text{ kg}) \cdot 2,727 \text{ m/s}^2 = \underline{27,0 \text{ N}}.$$

# Eksamensoppgave

b. Ei kraft  $\vec{F}$  blir brukt for å skyve en gjenstand med masse  $m$  oppover et skråplan. Krafta virker parallelt med skråplanet. Vinkelen mellom skråplanet og horisontalplanet er  $\theta$ . Normalkrafta som virker fra skråplanet på massen  $m$  er:

A)  $mg \cos \theta + F \cos \theta$

B)  $mg \cos \theta$

C)  $mg \cos \theta + F \sin \theta$

D)  $mg \cos \theta - F \cos \theta$

E) umulig å bestemme fordi friksjonskoeffisienten ikke er kjent.

# Eksamensoppgave

b. Ei kraft  $\vec{F}$  blir brukt for å skyve en gjenstand med masse  $m$  oppover et skråplan. Krafta virker parallelt med skråplanet. Vinkelen mellom skråplanet og horisontalplanet er  $\theta$ . Normalkrafta som virker fra skråplanet på massen  $m$  er:

A)  $mg \cos \theta + F \cos \theta$

B)  $mg \cos \theta$

C)  $mg \cos \theta + F \sin \theta$

D)  $mg \cos \theta - F \cos \theta$

E) umulig å bestemme fordi friksjonskoeffisienten ikke er kjent.

## Løsning:

b. B. Ei kraft som skyver parallelt med skråplanet endrer ikke på kraftbalansen normalt på skråplanet, den kan bare eventuelt gi akselerasjon langs skråplanet. Derfor er normalkrafta lik tyngens komponent normalt på planet.

Svar avgitt:

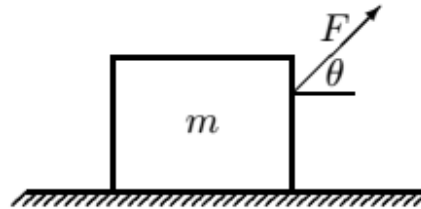
A	1
B	137
C	17
D	2
E	10
blank	0

Snitt 82%, dvs. B

# Eksamensoppgave

**a.** En kloss med masse  $m$  blir trukket med konstant hastighet av en kraft i retning  $\theta$  med horisontalen, som vist på figuren. Den kinetiske friksjonskoeffisienten mellom den ru overflata og klossen er  $\mu_k$ . Størrelsen til friksjonskrafta kan uttrykkes

- A)  $F \cos \theta$
- B)  $\mu_k F \cos \theta$
- C)  $\mu_k F \sin \theta$
- D)  $\mu_k (mg - F \sin \theta)$
- E) To av svarene over er riktig



# Eksamensoppgave

**a.** En kloss med masse  $m$  blir trukket med konstant hastighet av en kraft i retning  $\theta$  med horisontalen, som vist på figuren. Den kinetiske friksjonskoeffisienten mellom den ru overflata og klossen er  $\mu_k$ . Størrelsen til friksjonskrafta kan uttrykkes

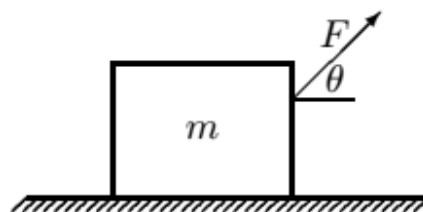
A)  $F \cos \theta$

B)  $\mu_k F \cos \theta$

C)  $\mu_k F \sin \theta$

D)  $\mu_k (mg - F \sin \theta)$

E) To av svarene over er riktig



Løsn: **a.** E. Ved gliding er  $F_f = \mu_k F_N = \mu_k (mg - F \sin \theta)$ . (Normalkrafta blir altså mindre som følge av at  $F$  har komponent oppover.) Fra  $\sum F_x = 0$  (farta konstant) får vi også  $F_f = F \cos \theta$ , slik at to alternativ er rette.

Svar avgitt:

A	39
B	8
C	11
D	63
E	58
blank	1

Denne oppgaven til eksamen:  
Snitt 32 % rett , dvs. F