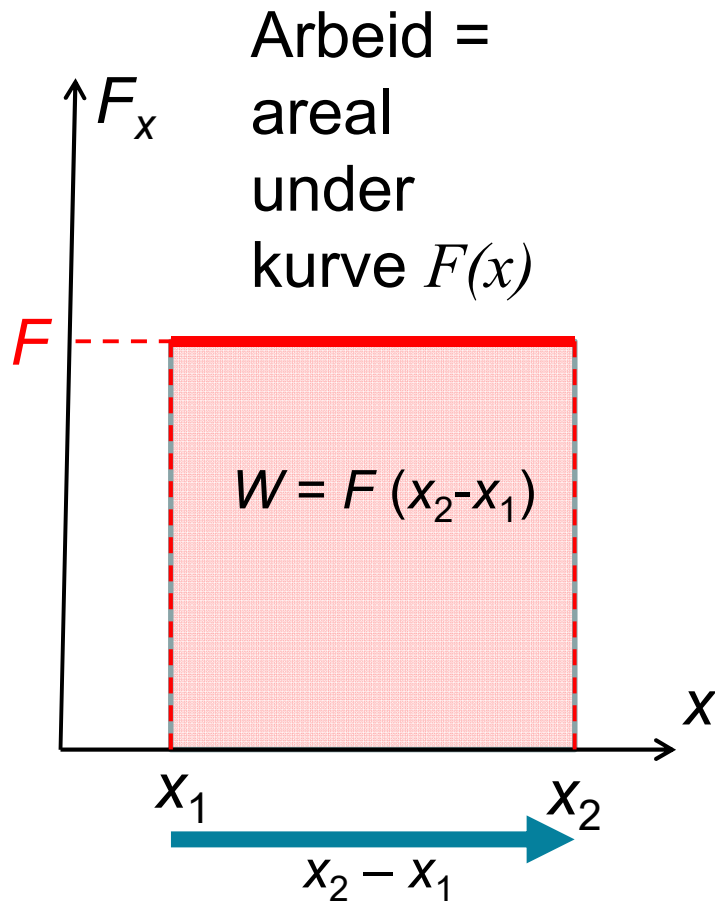


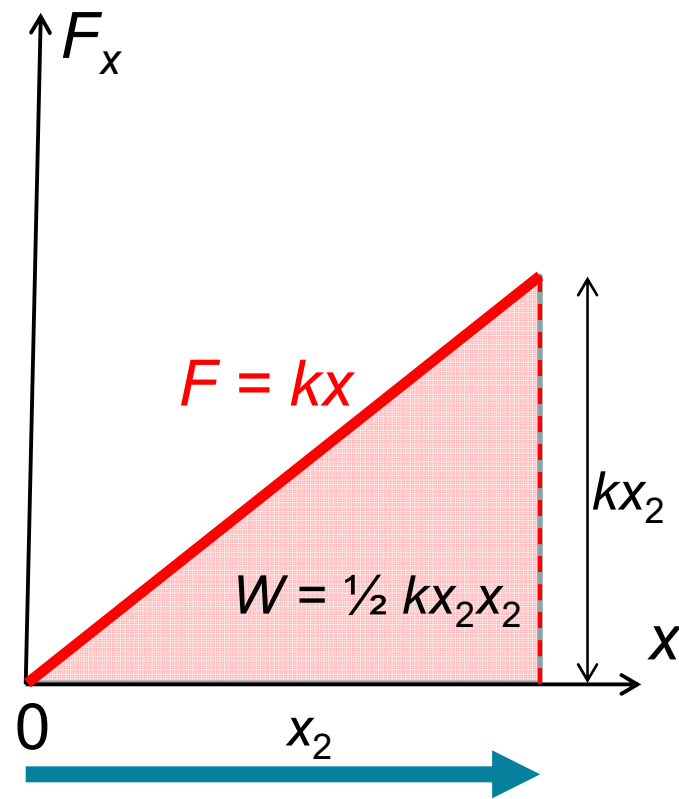
Kap. 6+7

Arbeid og energi. Energibevaring.

- Definisjon arbeid, W
- Kinetisk energi, E_k
- Potensiell energi, E_p . Konservative krefter
- Energibevaring
- Energibevaring når friksjon.

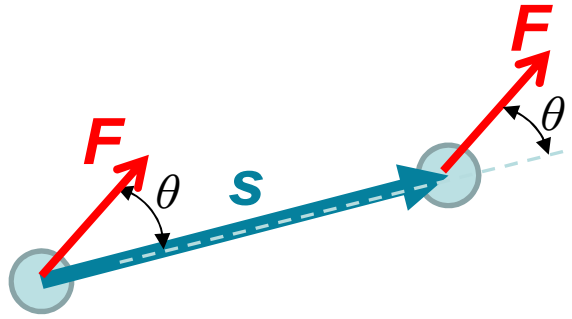


Konstant kraft

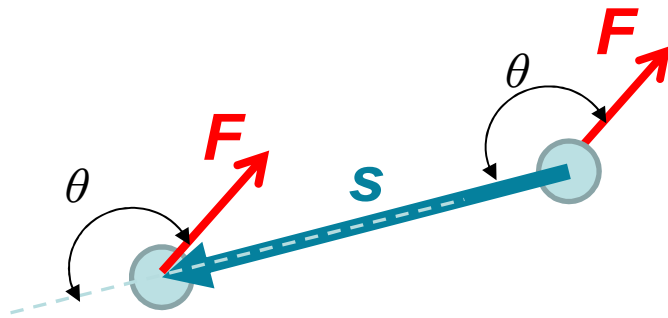


Lineært økende kraft (f.eks.
fjær som strekkes)

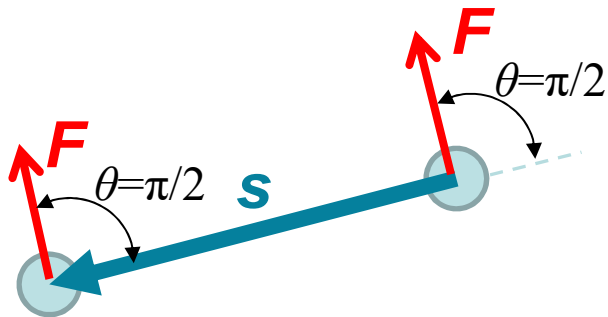
$$W = \mathbf{F} \cdot \mathbf{s} = F s \cos \theta$$



F gjør positivt arbeid på kula
 $\cos \theta > 0$



F gjør negativt arbeid på kula
 $\cos \theta < 0$



F gjør null arbeid på kula
 $\cos \theta = 0$

$$\Delta E_k = W$$

Kap. 6+7. Oppsummert: Arbeid og energi. Energibevaring.

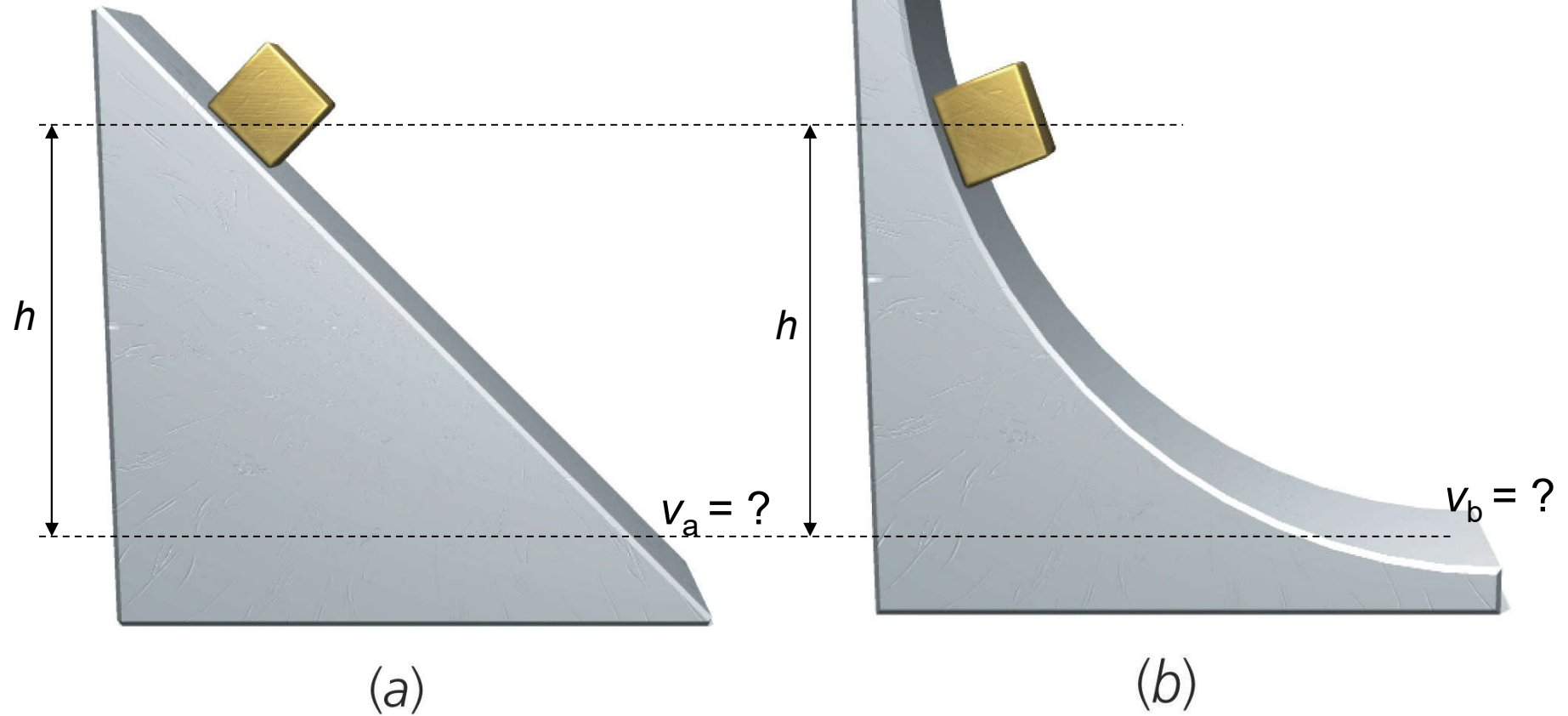
- Arbeid av \mathbf{F} : $dW = \mathbf{F} \cdot d\mathbf{s}$
- Kinetisk energi: $E_k = \frac{1}{2} m v^2$
- Effekt = arbeid/tid = $P = dW/dt = \mathbf{F} \cdot \mathbf{v}$
- En krafts arbeid på legeme øker E_k : $dW = dE_k$
- Potensiell energi $E_p(x, y, z)$
(Tyngdefelt: $E_p = mgz$; Fjærpotensial: $E_p = \frac{1}{2} k x^2$)
- Arbeid av konservativ kraft
reduserer tilhørende potensiell energi: $dW = -dE_p$
- Energibevaring i konservativt felt:
 $d(E_k + E_p) = 0$ $E_k + E_p(x, y, z) = \text{konstant}$

Energisymbol:

Kinetisk energi: E_k eller K

Potensiell energi: E_p eller U

Eks: Skli på kurvet bane uten friksjon

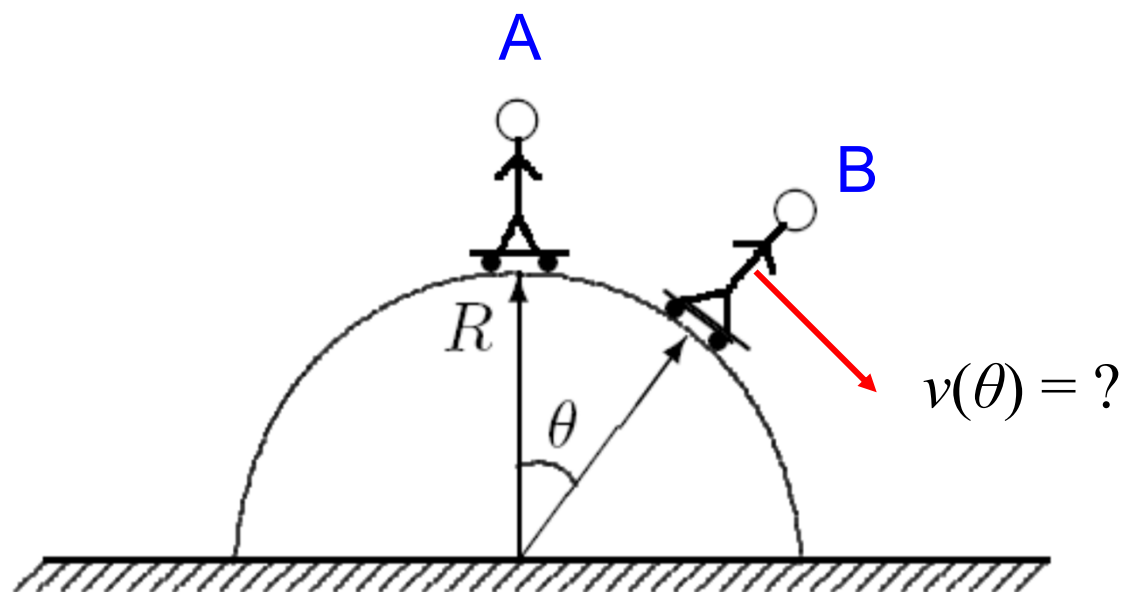


$$mgh = \frac{1}{2} m v_a^2$$

$$mgh = \frac{1}{2} m v_b^2$$

h er lik for begge \Rightarrow samme fart v i bunn av bakken

Eks. 1: Skli på halvkule uten friksjon

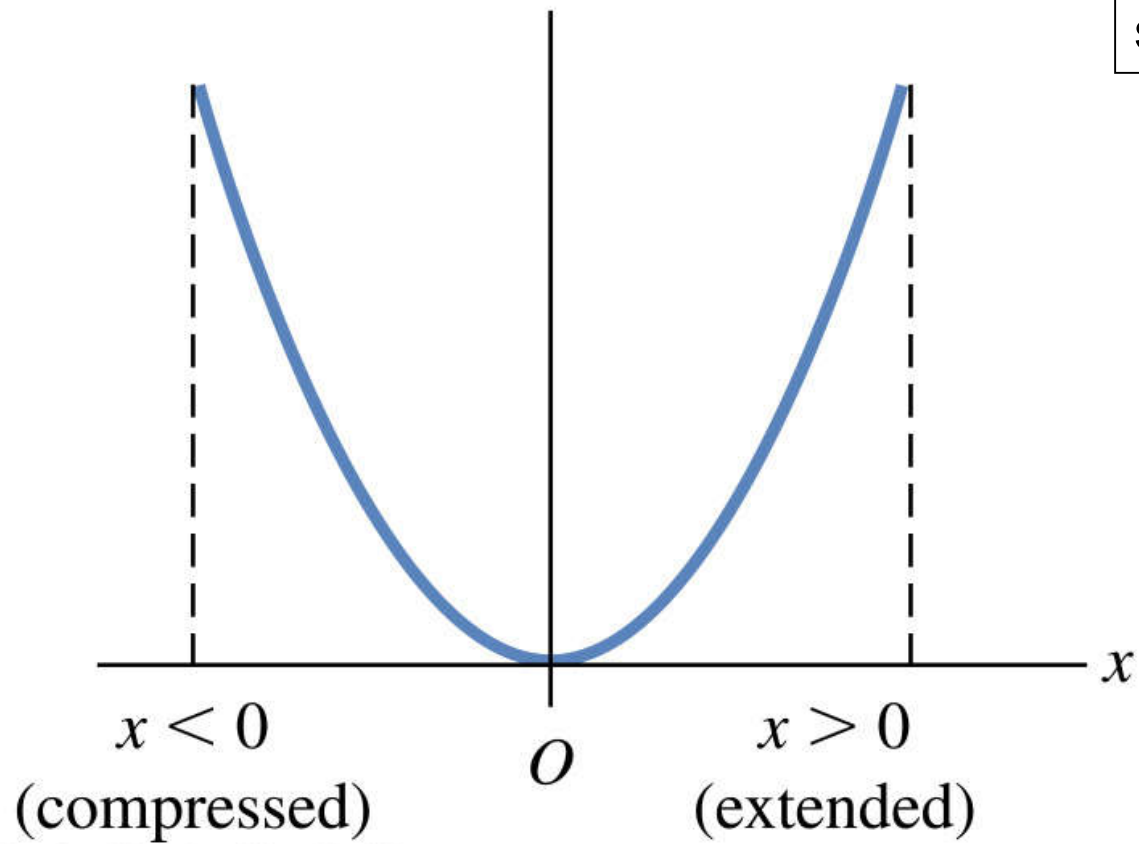


Oppg. 7.55 i Y&F: Hvor mistes kontakt med underlaget?

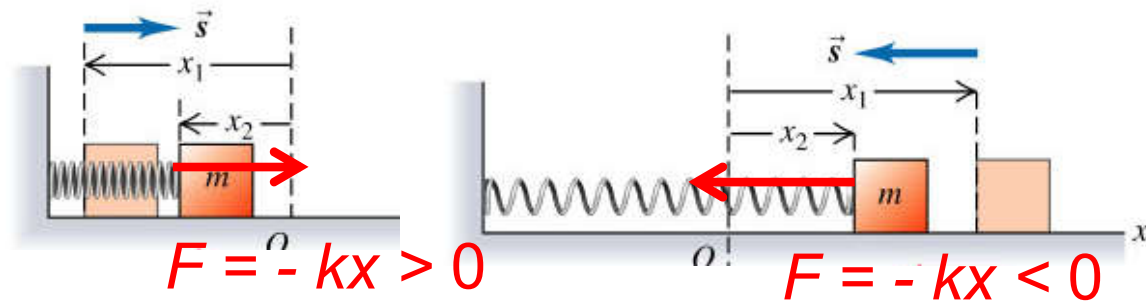
Skli **med** friksjon: Gir diff.likning som må løses numerisk.

$$U = E_p = \frac{1}{2} k x^2$$

E_p
s.f.a posisjon

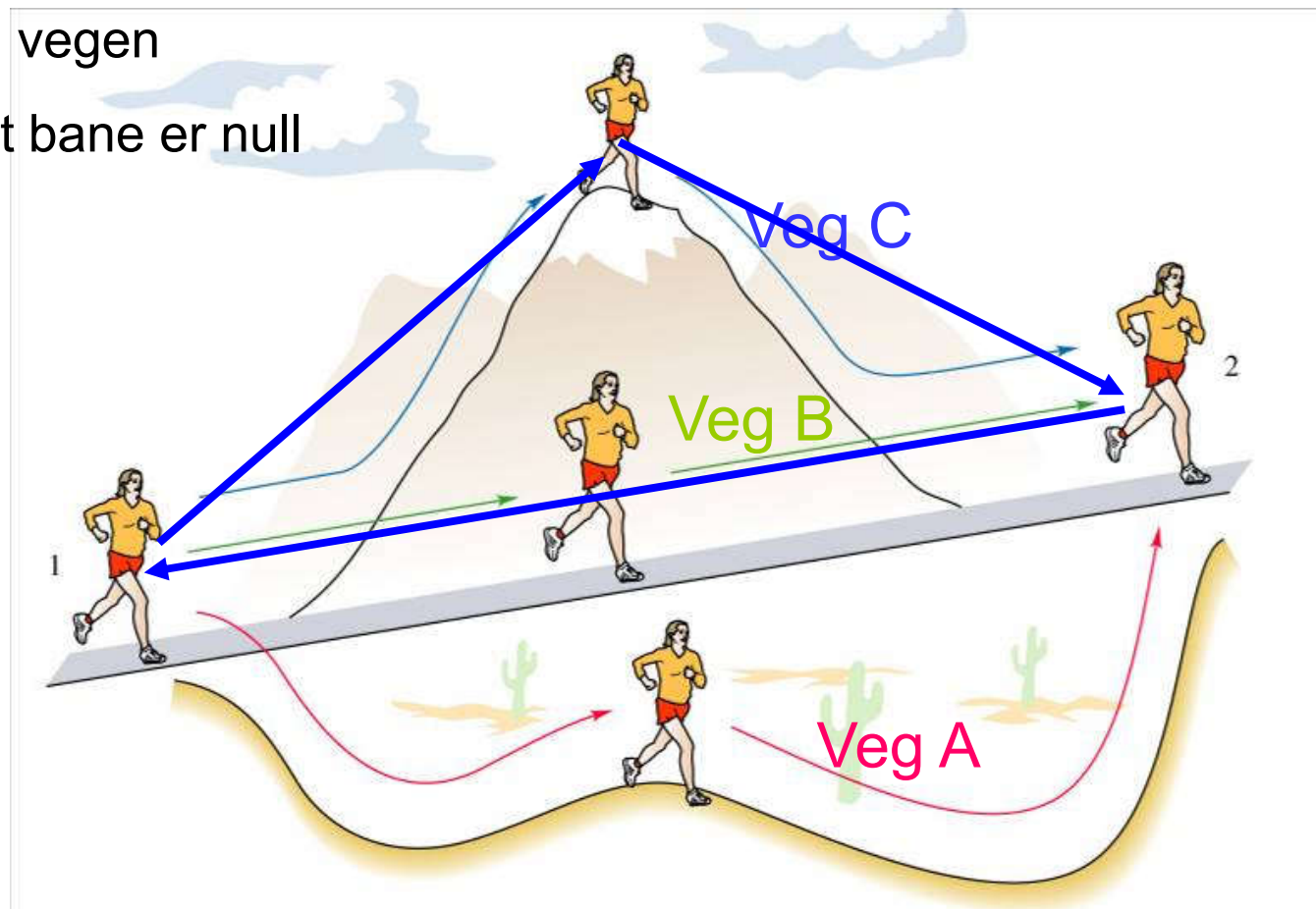


Copyright © 2004 Pearson



Konservativ kraft F :

- 1) Har tilhørende E_p
- 2) F 's arbeid = -(endring i E_p)
- 3) Total mekanisk energi bevart
- 4) Arbeid uavhengig vegen
- 5) Arbeid over lukket bane er null



Oppsummert: Potensiell energi

- Potensiell energi tilhører en kraft. Def: $E_{p,2} - E_{p,1} = -W_{12} = -\int_1^2 \vec{F} \cdot d\vec{s}$
- Tyngdens pot. energi $E_p = mgz$
- Fjærkraftas pot. energi $E_p = \frac{1}{2} k x^2$
- Energibevaring i konservativt felt:
 $\frac{1}{2} m v^2 + E_p(x,y,z) = \text{konstant}$

- **Konservativ kraft:**

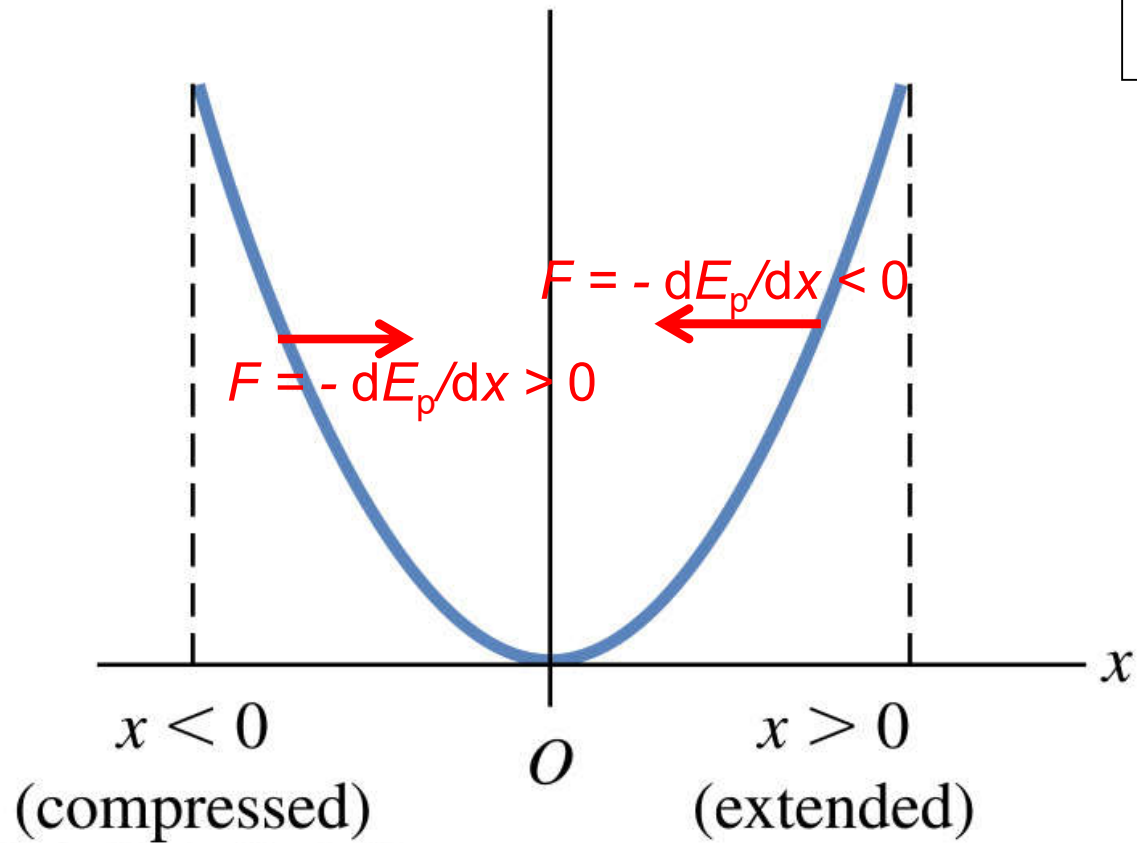
- Konservativ kraft er den deriverte av tilhørende **potensial**:

$$\vec{F} = -\left[\frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial y}, \frac{\partial}{\partial z} \right] E_p(x, y, z) = -\vec{\nabla} E_p(x, y, z)$$

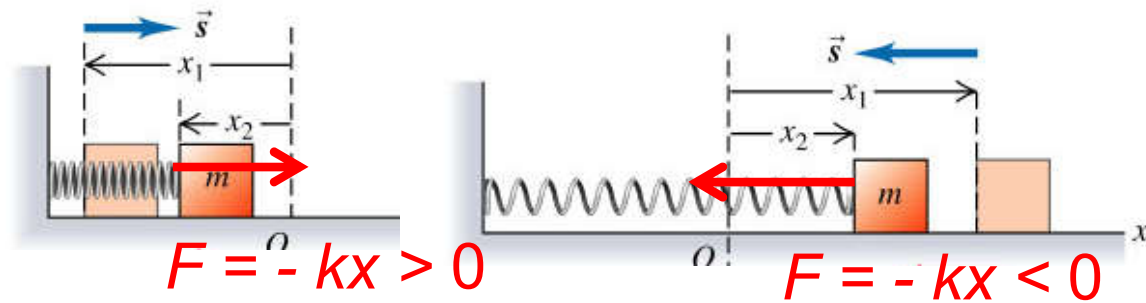
- Eks. tyngdekraft $F = -dE_p / dz = -m g$
- Eks. fjærkraft $F = -dE_p / dx = -k x$
- Arbeid av konservativ kraft er **uavhengig av vegen**, bare avhengig av start- og slutttilstand.
- Kun konservative krefter har et tilhørende potensial E_p

$$U = E_p = \frac{1}{2} k x^2$$

E_p
s.f.a posisjon



Copyright © 2004 Pearson E



Ikke-konservativ kraft:

- 1) Har **ikke** tilhørende E_p
- ~~2) Arbeid = (endring i E_p)~~
- 3) Total mekanisk energi **avtar**
- 4) Arbeid **avhengig** vegen
- ~~5) Arbeid over lukket bane er null~~

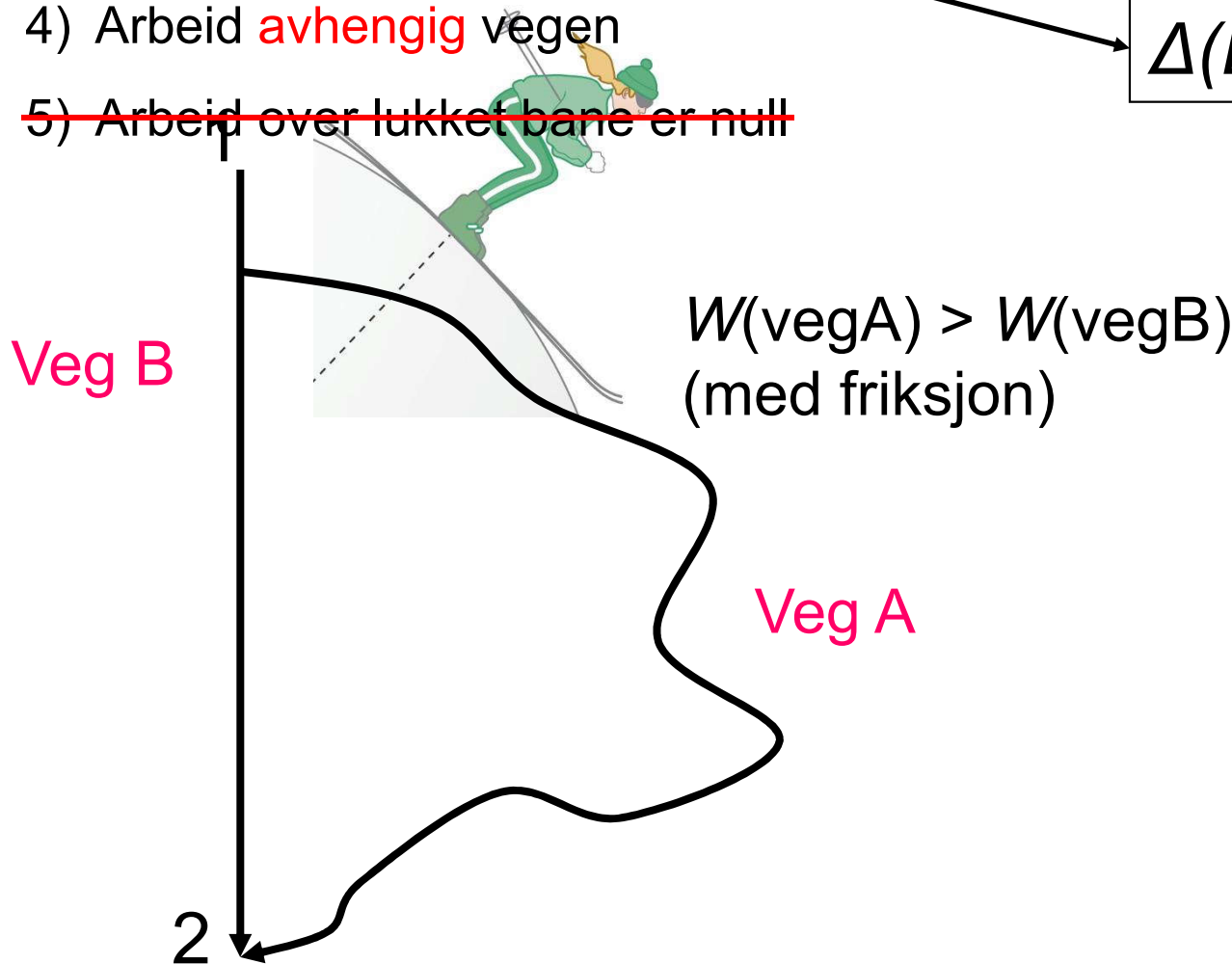
Eks:

- friksjon
- luftmotstand
- magnetisk motstand

Energi overføres til:

- varme
- lyd
- lys
- kjemisk

$$\Delta(E_k + E_p) = W_f < 0$$



Høyverdig energi

($\approx 100\%$ utnyttelse til mekanisk energi):

- Oppspent fjær
- Pot.en. i vannmagasin
- Elektrisk energi i batteri og lignende

Lavverdig energi

(0-60% utnyttelse til mekanisk energi):

- Varme,
f.eks. i vannet i vannmagasin eller i sjøvann

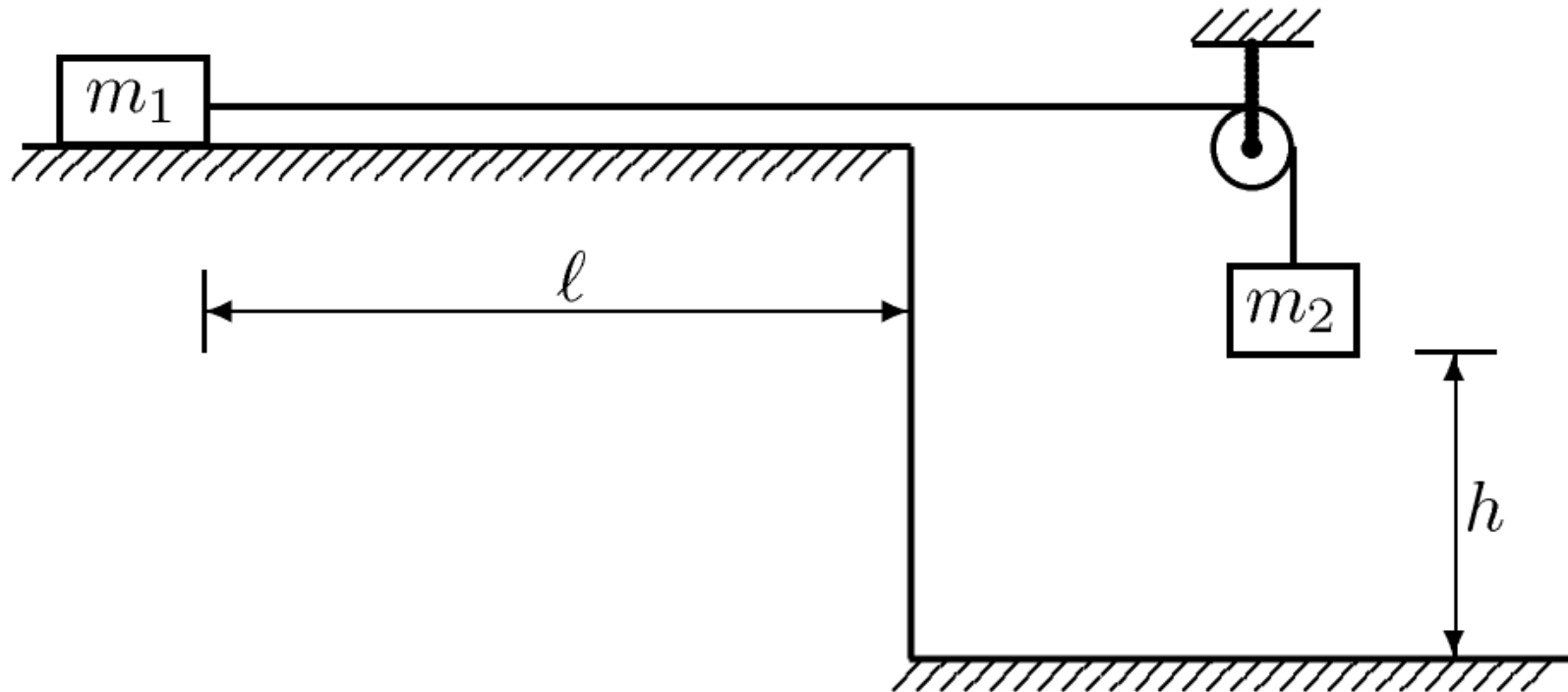
(Sentralt emne i termisk fysikk; måles med **entropi**)

Eks. 2 Energi og friksjon.

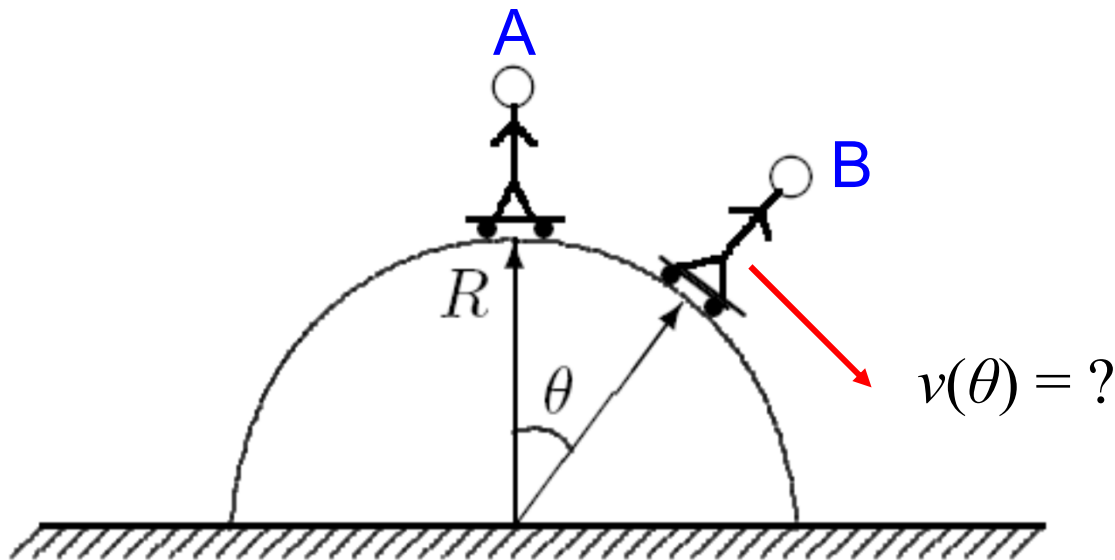
Friksjon μ_s og μ_k for kloss m_1 .
Finn v når m_2 treffer golvet.

Energibalanse:

$$E_{\text{slutt}} - E_{\text{start}} = W_f < 0$$



Eks. 1B: Skli på halvkule MED friksjon



Uten friksjon: $E_k(B) + E_p(B) - (E_k(A) + E_p(A)) = 0$
eller infinitesimalt: $d(E_k + E_p) = d(1/2 m v^2 + mgR \cos\theta) = 0$
som gir $mv dv - mgR \sin\theta d\theta = 0$

Med friksjon: $E_k(B) + E_p(B) - (E_k(A) + E_p(A)) = \int \mathbf{F}_f ds = - \int F_f ds$

eller infinitesimalt: $d(E_k + E_p) = d(1/2 m v^2 + mgR \cos\theta) = -F_f ds$

Med $ds = R d\theta$

og $F_f = \mu F_N = \mu (mg \cos\theta - mv^2/R)$

Se videre: «Frivillig ekstraøving» lagt ut på øvingsida.

Kap. 6+7. Oppsummert:

Arbeid og energi. Energibevaring.

- Arbeid av \mathbf{F} : $dW = \mathbf{F} \cdot d\mathbf{s}$
- Kinetisk energi $E_k = \frac{1}{2} m v^2$
- Effekt = arbeid/tid = $P = dW/dt = \mathbf{F} \cdot \mathbf{v}$
- En krafts arbeid på legeme øker E_k : $dW = dE_k$
- Potensiell energi $E_p(x, y, z)$
(Tyngdefelt: $E_p = mgz$; Fjærpotensial: $E_p = \frac{1}{2} k x^2$)

Energisymbol:

Kin. en.: E_k eller K
Pot. en.: E_p eller U

- Konservativ krefter kan avledes fra pot.energi:

$$\vec{F} = - \left[\frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial y}, \frac{\partial}{\partial z} \right] E_p(x, y, z) = - \vec{\nabla} E_p(x, y, z)$$

(Tyngdekraft: $\mathbf{F} = -m\mathbf{g}$; Fjærkraft: $\mathbf{F} = -k\mathbf{x}$)

- $dE_p = -\mathbf{F} \cdot d\mathbf{s}$
- Arbeid av konservativ kraft reduserer tilhørende potensiell energi: $dW = -dE_p$
- Energibevaring i konservativt felt:

$$d(\frac{1}{2} m v^2 + E_p(x, y, z)) = 0 \quad E_k + E_p(x, y, z) = \text{konstant}$$

- Energibevaring når friksjon:

$$d(\frac{1}{2} m v^2 + E_p(x, y, z)) = dW_f = \text{friksjonsarbeid} < 0$$