

TFY4145/FY1001 Mekanisk fysikk

- Størrelser og enheter (Kap 1)
- Kinematikk i en, to og tre dimensjoner (Kap. 2+3)
 - Posisjon, hastighet, akselerasjon. Sirkelbevegelse.
- Dynamikk (krefter): Newtons lover (Kap. 4)
- Anvendelse av Newtons lover (Kap. 5)
 - bl.a. kraftdiagram, friksjon, snorkrefter, luftmotstand.
- **Arbeid, energi, energibevaring (Kap. 6+7)**
- Lineær bevegelsesmengde, kollisjoner (Kap. 8)
- Rotasjon, spinn, bevaring av spinn (Kap. 9+10)
- Statisk likevekt (Kap. 11)
- Gravitasjonsloven (Kap. 13)
- Svingninger (Kap. 14)

- Eksperimentelle arbeidsmetoder (laboratorium).

Kap. 6+7

Arbeid og energi. Energibevaring.

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

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

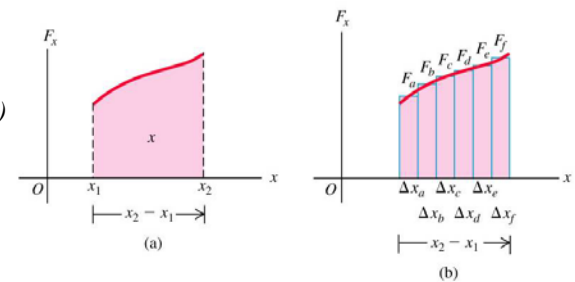
F gjør positivt arbeid på kula
 $\cos \phi > 0$

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

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

$\Delta E_k = W$

Arbeid = areal under kurve $F(x)$



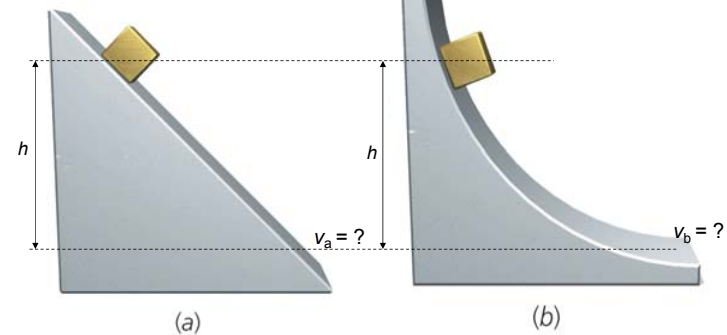
Copyright © 2004 Pearson Education, Inc., publishing as Addison-Wesley

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

- Arbeid = $dW = \mathbf{F} \cdot d\mathbf{s}$
- Kinetisk energi $E_k = \frac{1}{2} m v^2$
- Effekt = arbeid/tid = $P = dW/dt = \mathbf{F} \cdot \mathbf{v}$
- 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

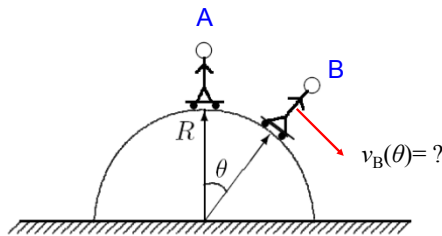
Eks: Skli på kurvet bane uten friksjon



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

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

Eks: Skli på halvkule uten friksjon

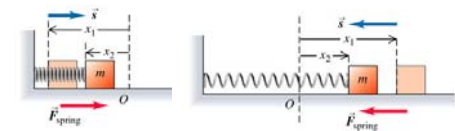
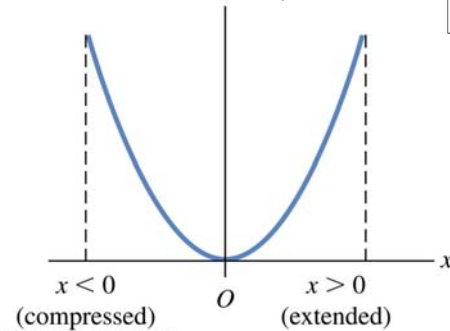


Hvor mister kontakt med underlaget? (også i oppg. 7.63 i Y&F)

Skli med friksjon: Seinere øving

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

E_p
s.f.a posisjon



Fortegn for fjæras arbeid W og pot.en. E_p : $W = -\Delta E_p$

$W < 0$ $\Delta E_p > 0$

(a) (b)

$W > 0$ $\Delta E_p < 0$

(c) (d)

Copyright © 2004 Pearson Education, Inc., publishing as Addison Wesley.

Energi i svingende masse+fjær

E_p og E_k
s.f.a posisjon

Pot. energi $U = E_p$
og
kinetisk energi $K = E_k$

Animasjon:
www.plu.ntnu.no/skolelab/fysikk-animasjoner/mekanikk/kap05_energi/Anim5_3.html
 lenke fra:
home.phys.ntnu.no/brukdef/undervisning/tfy4145/simuleringer.html

E_p og E_k
s.f.a tid

$E_{tot} = E_p(t) + E_k(t)$
 $= \text{konstant}$

Konservativ kraft:

- 1) Arbeid = -(endring i E_p)
- 2) Totalenergien er bevart
- 3) Arbeid uavhengig vegen
- 4) Arbeid over lukket bane er null

Eks: Loop

Hvor mye må fjæra sammenpresses for at legemet ikke skal falle ned på toppen?

$mg + F_N = m v^2 / R$

Fra eksamen des. 2006

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 θ . 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

Potensiell energi

- Tyngdens pot. energi $E_p = mgz$
- Fjærkraftas pot. energi $E_p = \frac{1}{2} k x^2$
- Energibevaring i konservativt felt:
 $\frac{1}{2} m v^2 + E_p(x,y,z) = \text{konstant}$
- **Konservative krefter:**
- Arbeid av konservative krefter er **uavhengig av vegen**, bare avhengig av start- og slutttilstand.
- Konservative krefter er den deriverte av **potensialet**:

$$\vec{F} = - \left[\frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial y}, \frac{\partial}{\partial z} \right] E_p(x,y,z) = -\vec{\nabla} E_p(x,y,z)$$
- Eks. tyngdekraft $F = -dE_p / dz = -mg$
- Eks. fjærkraft $F = -dE_p / dx = -kx$

Ikke-konservativ kraft

Eks:

- friksjon
- luftmotstand
- magnetisk motstand

Energi overføres til:

- varme
- lyd/lys
- kjemisk

1) Har ikke tilhørende potensial
 2) Total mekanisk energi avtar
 3) Arbeid avhengig vegen

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

$W(\text{vegA}) > W(\text{vegB})$
(med friksjon)

Eksempel, friksjonstap.

I Eks.2 kap.4+5 fant vi aksel. og snortrekk fra Newton 2.
 Hvis vi bare skal finne hastighet, er energibevaring enklere
 Gitt: $v(y_0)=0$. Friksjon μmg .
 Finn $v(y)$.
 Energibalanse:

$$E(y) - E(y_0) = W_f < 0$$

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**)

Høyverdig energi

Pot.en. i 1 liter vann i magasin 1000 m.o.h.:
 $E_p = mgh = 1 \text{ kg} \cdot 10 \text{ m/s}^2 \cdot 1 \text{ km} = 10 \text{ kJ}$

3°C avkjøling gir ut mer energi enn fall 1000 m

Lavverdig energi

1°C avkjøling av 1 liter vann avgir 4,2 kJ

Store mengder lavverdig varmeenergi, men vanskelig (dyrt) å overføre til mekanisk energi.
 (Varmekraftmaskin)

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

- Arbeid = $dW = \mathbf{F} \cdot d\mathbf{s}$
- Kinetisk energi $E_k = \frac{1}{2} m v^2$
- Effekt = arbeid/tid = $P = dW/dt = \mathbf{F} \cdot \mathbf{v}$
- Arbeid på legeme øker E_k : $dW = dE_k$
- Potensiell energi $E_p(x,y,z)$
 (Tyngdefelt: $E_p = mgh$; Fjærpotensial: $E_p = \frac{1}{2} k x^2$)
- Konservative 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:
 $d(\frac{1}{2} m v^2 + E_p(x,y,z)) = 0 \implies E_k + E_p(x,y,z) = \text{konstant}$
- Energibevaring når friksjon:
 $d(\frac{1}{2} m v^2 + E_p(x,y,z)) = dW_f = \text{friksjonsarbeid} < 0$

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