

7. Intern energi (sisäinen energia)

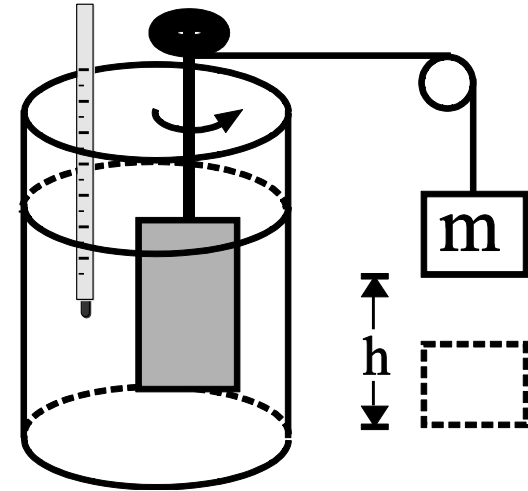
Lärandemål:

- Kunna förklara förändringar i en fast kropps inre energi på mikroskopisk nivå med hjälp av fjäder-boll modellen
- Kunna beräkna inre energiförändringar för en utsträckt kropp
- Kunna matematiskt relatera temperaturskillnader, energiöverföring p.g.a. temperaturskillnad och specifik värmekapacitet
- Kunna beräkna och använda potentiella energin för ett system med en fjäder



James Joule gjorde ett mycket intressant experiment på 1840-talet

Jordens dragningskraft gör arbete genom att röra om vatten i en termiskt isolerad behållare

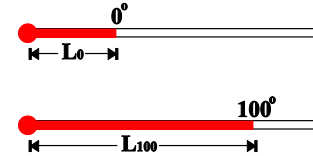


Mekaniskt arbete blev till värme (lämpö)

Man såg nu att mekanisk energi kunde förvandlas via friktion till ett systems inre energi



Temperatur (lämpötila)



Som i föregående fall, måste man kalibrera varje termometer skilt, vilket kan vara svårt eftersom vattnets kokpunkt t.ex. beror på lufttrycket

Alla gaser följer idealgaslagen ($PV \equiv 2/3U$) där U bara beror av temperaturen: $PV \equiv kT$

Vid konstant volym: $T = AP$

Konstanten A fås vid trippelpunkten (TRP) för vatten, där is, vatten och vattenånga samexisterar. Vi väljer att denna punkt har 273.16 enheter



$$273.16 = AP_{TRP}$$



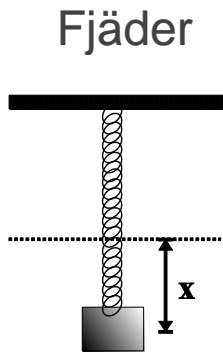
$$A = \frac{273.16}{P_{TRP}}$$



$$T = 273.16 \times \lim_{P_{TRP} \rightarrow 0} \left(\frac{P}{P_{TRP}} \right)$$

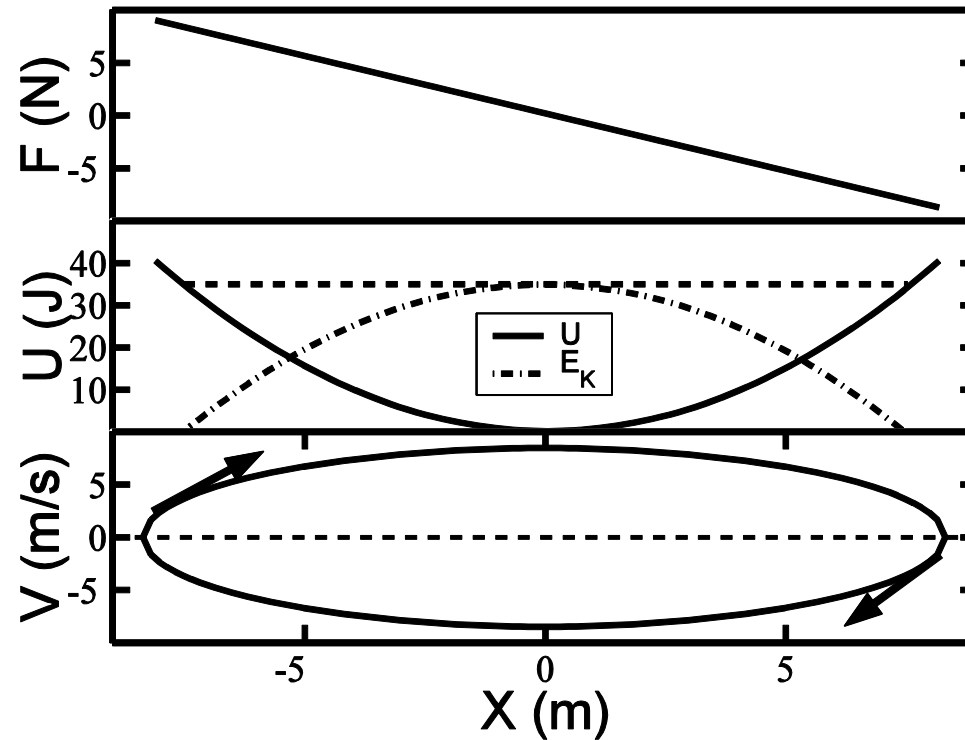


Potentiell energi för fjädrar



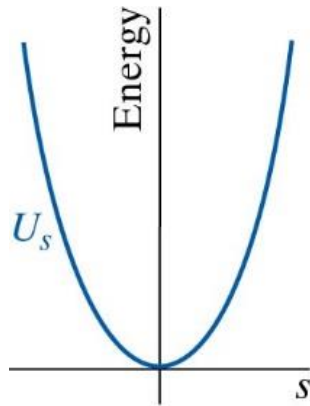
$$F = -kx \qquad U(x) = -\int F \cdot dx = \frac{1}{2} kx^2$$

$$E = K + U = \frac{1}{2} mv^2 + \frac{1}{2} kx^2 \quad \Rightarrow \quad v(x) = \pm \sqrt{\frac{2E}{m} - \frac{kx^2}{m}}$$

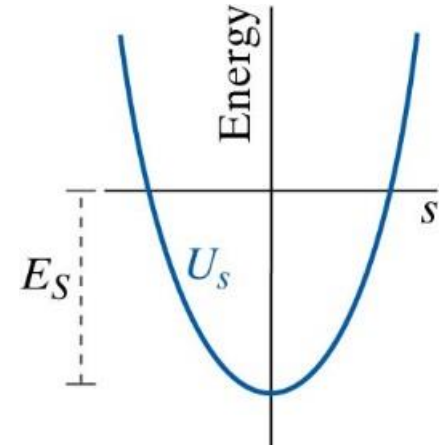


Potentiell energi för fjädrar

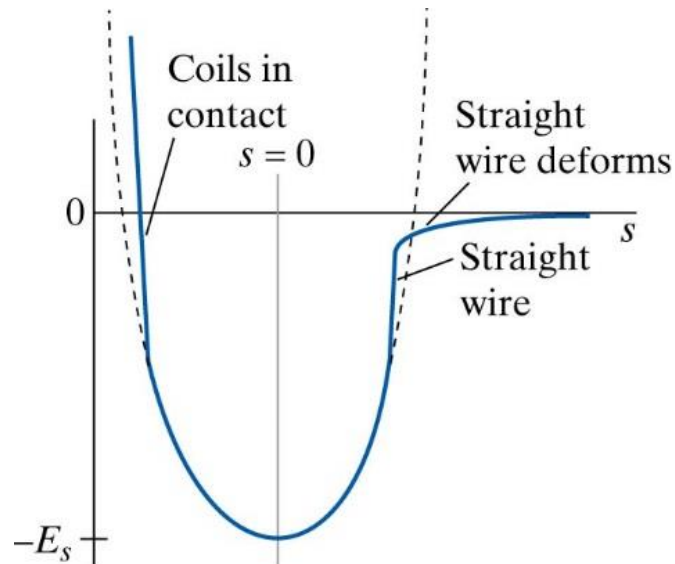
$$U_s = \frac{1}{2} k_s s^2$$



$$U_s = \frac{1}{2} k_s s^2 - E_s$$

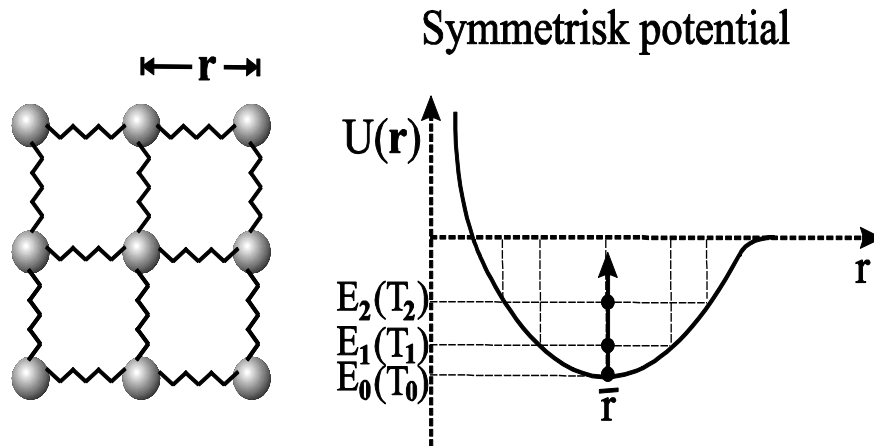


I verkligheten



Längdutvidgning (pituuslaajeneminen)

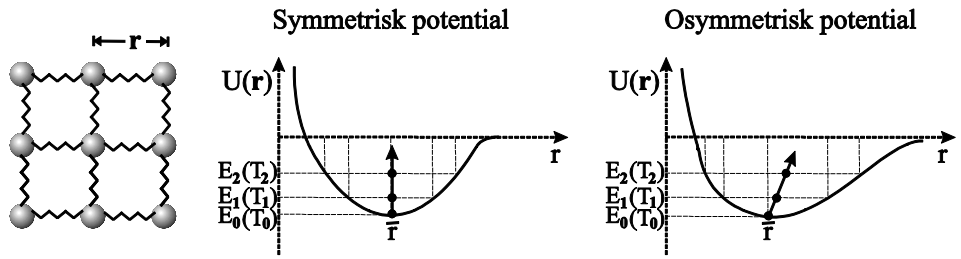
Man märkte också att en temperaturökning ledde till att material utvidgar sig, vilket kan användas för att mäta temperaturer



Materialet utvidgas **inte** när temperaturen stiger

Materialet **utvidgas** när temperaturen stiger





Längdförändringen ΔL som en funktion av temperaturen T

$$\Delta L = L \alpha_L (T - T_0)$$

L : Föremålets längd vid temperaturen T_0
 α_L : Lineära längdutvidgningskoefficienten

Längdutvidgningskoefficienten för olika material vid 20° C

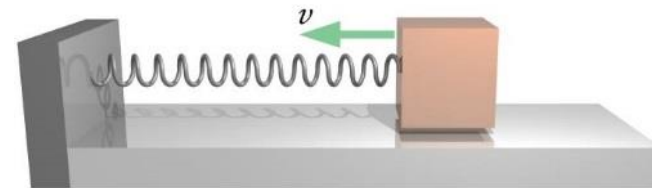
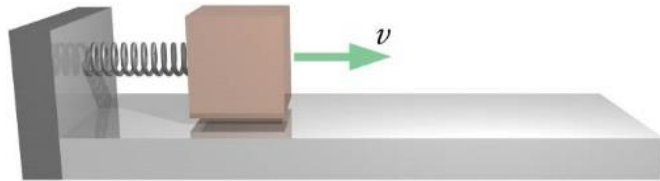
α_L [10^{-6} K^{-1}]

Gummi	77
Aluminium	23
Stål	10-20
Guld	14
Platina	9
Diamant	1
ZrW ₂ O ₈	< 0



Val av system påverkar energierna

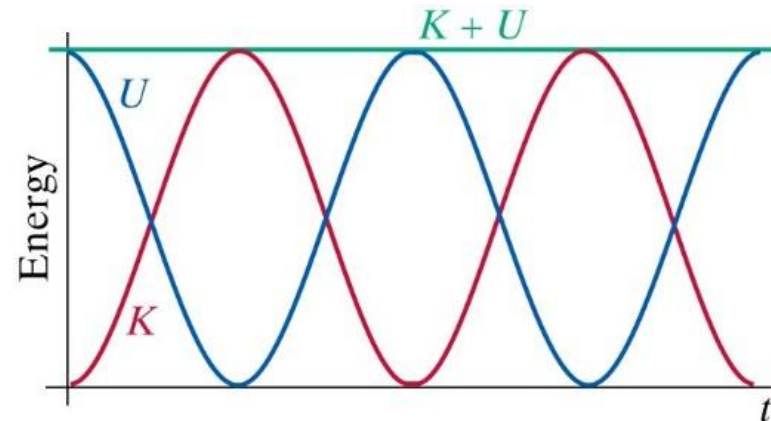
Kvinna hantel problemet löst för olika system



Rita kraften från väggen

Gör väggen arbete?

Energi från omgivningen = 0
→ Systemets energi konstant



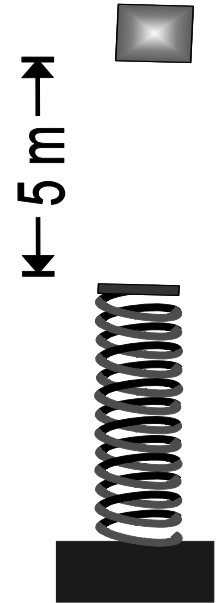
Hur förändras situationen om man betraktar systemet från ett koordinatsystem som rör sig med konstant hastighet V i relation till block fjädersystemet?



Ett block med massan 10 kg i vila faller 5.0 m och träffar en fjäder med fjäderkonstanten 200 N/m.

- Bestäm blockets hastighet som funktion av höjden över marken och fjäderns avlänkning från jämviktsläge
- Hur mycket maximalt kommer blocket att pressa ihop fjädern?
- Hur mycket är fjädern ihoppresad då blockets fart är som störst?
- Förklara resultatet i c) fallet med krafter på blocket, och utgående från det beräkna svaret på ett annat sätt.

block=kappale, vila=levossa, faller=tippuu, träffa=osua, fjäder=jousi, avlänkning=siirtymä, jämviktsläge=tasapainotilanne, pressa ihop=puristaa kasaan, fart=nopeus



Effekt

Arbetet W berättar oss bara hur mycket energi som gick åt att till exempel lyfta ett föremål. Den berättar inget om tiden. Ibland vill vi veta hur mycket energi går åt per tidsenhet.

Definition: **Effekt**

$$P = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta W}{\Delta t} = \frac{dW}{dt}$$

Medeleffekt

$$\langle P \rangle = \frac{\Delta W}{\Delta t}$$

Strålningseffekten från solen på jordytan (Area 1 m ²)	1 kW	Solpanelernas verkningsgrad ca. 15 %
Kokplatta	1 kW	
Bastuugn	2 kW	
Bilens max. effekt	75 kW	~100 häst krafter, 1 HK≡746 W
Lovisa kärnkraftverk enhet	488 MW	(båda reaktorerna producerar ca. 7500 GWh / år)
Olkiluoto enhet	860 MW	
Ny Olkiluoto 3	1600 MW	



Exempel

En hiss med massan 1000 kg lyfts med farten 2.1 m/s uppåt. Vilken effekt ger hissmotorn? Hissen har ingen motvikt

Arbete: $\Delta W = \bar{F} \bullet \Delta \bar{r}$

Effekt: $P = \frac{dW}{dt} = \frac{\bar{F} \bullet d\bar{r}}{dt} = \bar{F} \bullet \bar{v} \quad \Rightarrow \quad \boxed{P = \bar{F} \bullet \bar{v}}$

$$P = m\bar{g} \bullet \bar{v} = 1000 \text{ kg } 9.8 \text{ m/s}^2 \cdot 2.1 \text{ m/s} \approx \underline{\underline{20.6 \text{ kW}}}$$



Fyra studerande springer uppför en trappa:

- A) 80 kg, 10 m hög trappa på 10 s
- B) 80 kg, 10 m hög trappa på 8 s
- C) 64 kg, 10 m hög trappa på 7 s
- D) 120 kg, 20 m hög trappa på 25 s

Vilken av studerandena har den största effekten under trappstigningen?

$$P = \frac{dW}{dt} = \frac{F \cdot \Delta r}{\Delta t}$$

	F (N)	Δr (m)	Δt (s)	P (W)
A)	800	10	10	800
B)	800	10	8	1000
C)	640	10	7	914
D)	1200	20	25	960



Värmekapacitet (lämpökapasiteetti)

Ett materials värmekapacitet berättar oss hur mycket dess temperatur ΔT ändrar då dess inre energi ΔU ändrar

$$C = \lim_{\Delta T \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta U}{\Delta T} \right)$$

**specifik
värmekapacitet**

$$c = \frac{C}{M}$$

Specifik värmekapacitet
[JK⁻¹kg⁻¹]

Värmeledningskoefficienten
[Wm⁻¹K⁻¹]

luft	1000	0.026
argon		0.016
glas		0.96
trä		0.126
bergull		0.042
silver	240	430
vatten (20°C)	4180	0.5
kol	712	1.59

