

FRIKTION

INLEDNING

I gymnasiets två fysikkurser bortser vi oftast från luftmotståndet som kroppar erfar vid till exempel fritt fall. Detta på grund av den svåra matematik som beskriver dessa experiment.

Denna text skal handla om experiment på friktion i några olika situationer:

1. Glidfriktion mellan två metallytor.
2. Motståndet för en metallcylinder vid rörelse i vatten.
3. Motståndet för en metallcylinder vid rörelse i luft.

I alla experimenten oscillerar en metallcylinder med massan 0.5 kg några cm harmoniskt i en stålfjäder.

En **lasersensor** registrerar kroppens lodräta rörelse $s(t)$ som funktion av tiden. Mätvärdena loggas via **Cassy-Lab** till en dator.

GLIDFRIKTION MELLAN TVÅ METALLYTOR

Den lodrätt svängande metallcylindern gnider mot en stålstav. Av vänstra grafen framgår att amplituden Δs minskar lika mycket för varje svängning. Vilket medför att lika mycket potentiell energi ΔE_p i fjädern omvandlas till friktionsvärme ΔE_f för varje fullbordad svängningsrörelse. Stålcylinderns medelhastighet v minskar för varje svängning då mindre energi omvandlas till kinetisk energi ΔE_k under rörelsen.

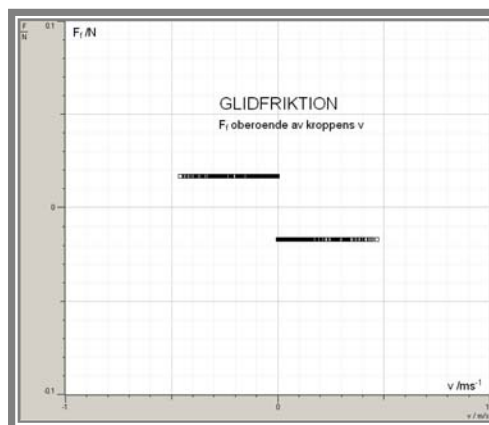
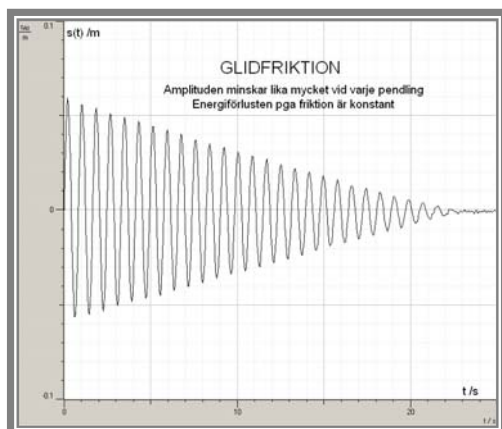
Då $\Delta E_f = F_f \cdot \Delta s$ måste alltså friktionskraften F_f mellan cylindern och stålstaven vara oberoende av svängande kroppens hastighet v . Friktionskraften F_f vid glidfriktion måste alltså vara oberoende av kroppens hastighet v . Detta faktum påpekade redan *Charles de Coulomb* (1736-1806) på 1780-talet som angav friktionskraften vid glidfriktion till för gymnasister välkända $F_f = \mu \cdot F_n$



Kraftekvationen för denna typ av friktion ges av:

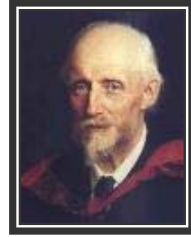
$$\sum F = -k \cdot s - F_f$$

där k är fjäderkonstanten.



MOTSTÅNDET FÖR EN METALLCYLINDER VID RÖRELSE I VATTEN

Metallcylindern svänger i en bägare med vatten. Vattnets motstånd mot rörelsen beror på hur lång l cylindern är i förhållande till dess hastighet v . Denna hydrodynamik studerades av *Osborne Reynolds* (1842-1912).

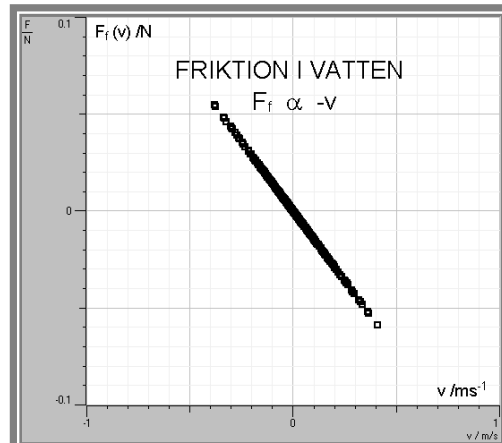
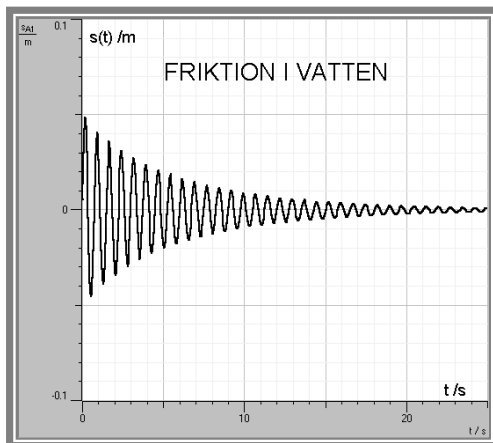


Friktionsmotståndet i vätskor ges av en *Reynolds koefficient* $Re = \frac{v^2}{l \cdot g}$

Kraftekvationen för denna typ av friktion ges av:

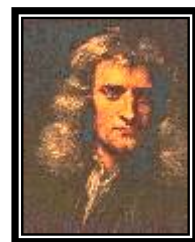
$$\Sigma F = -k \cdot s - F_{0f} \cdot \frac{v}{v_0}$$

Som framgår av $s(t)$ grafen blir svängningens amplitud mindre för varje period. Vändlägena avtar exponentiellt med tiden. I motsvarande grad blir motståndet från vattnet F_f mot cylinderns oscillerande rörelse mindre och mindre. I högra diagrammet syns tydligt att vattnets motstånd F_f avtar linjärt med hastigheten v hos cylindern.



MOTSTÅNDET FÖR EN METALLCYLINDER VID RÖRELSE I LUFT.

En cirkulär skiva finns monterad på metallcylindern. *Isaac Newton* (1642-1727) skriver i . . . *Principia* . . . i sektion VII om kroppar rörelser i gaser. Newton påstår att luftmotståndet är proportionellt mot kroppens hastighet i kvadrat. Man kan undra hur Newton kom fram till detta påstående. "Men sådana mindre viktiga saker utvecklar jag ej här". Graferna från Cassy-mätningen visar emellertid att han hade rätt.



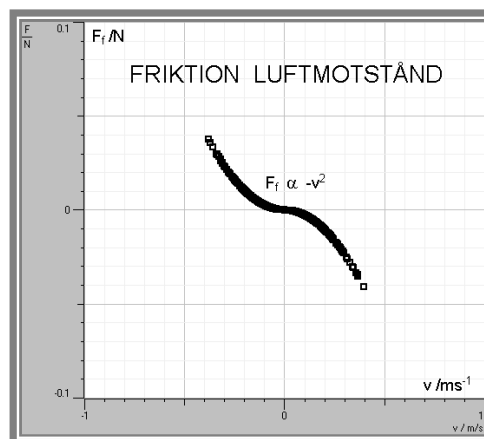
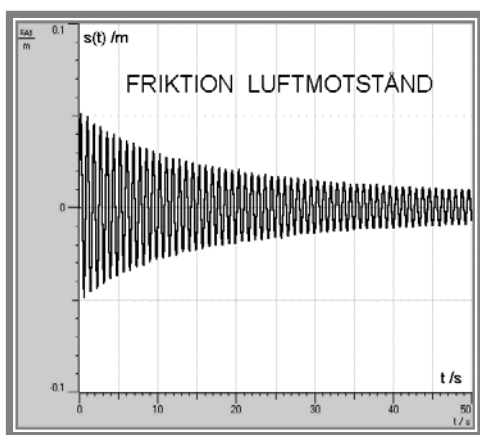
Även i denna mätning framgår att svängningens amplitud minskar snabbare än vid glidfriktion. Denna gång blir bästa regressionen en funktion av typen:

$$s(t) = s_0 \cdot \frac{1}{1 + k \cdot t}$$

Kraftekvationen för detta friktionsmotsånd ges av:

$$\Sigma \mathbf{F} = -k \cdot s - F_{0f} \cdot \left[\frac{v}{v_0} \right]^2$$

Newtons påstående om motståndets kvadratberoende av hastigheten framgår tydligt av högra grafen. Fördubbla hastigheten v och det framgår att friktionskraften F_f är fyrdubblad.



SAMMANFATTNING

Friktionen mot en kropps rörelse tar sig olika uttryck beroende på vilket medium kroppen rör sig mot.

1. Mot **fasta kroppar** är glidfriktionen **oberoende av hastigheten** som *Coulomb* tidigare har påpekat .
2. Vid rörelser **i vätskor** beror motståndet - *Reynold koefficienten* - på kroppens längd samt hastigheten på kroppen. I vårt fall var motståndet **linjärt med hastigheten**.
3. **Luftmotståndet** är i vårt experiment precis det som *Newton* påstår i *Principia*: **kvadratberoende av hastigheten**.