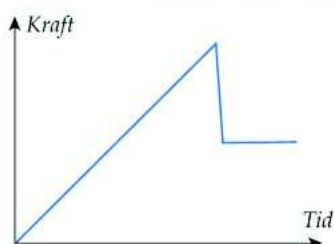




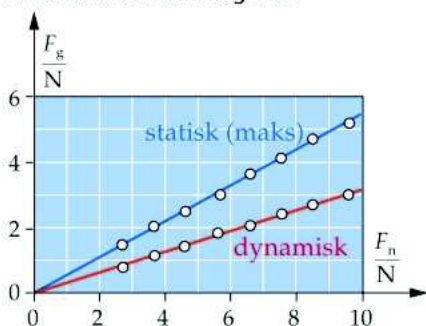
Uden gnidning ingen gang

Kun når der er gnidning mellem skosålen og underlaget, kan man gå. Normalt er gnidningskraften så stor, at skoen står stille. Da skoen forsøger at bevæge sig bagud, virker gnidningskraften fremad og driver derved kroppen frem.



Gnidningseksperiment

Skitsen viser trækket som funktion af tiden, mens der trækkes i klodsen med lodderne. I starten vokser kraften, og i det øjeblik tærskelkraften overskrides, begynder klodsen at bevæge sig, og en mindre trækraft er nødvendig for at holde slæden i bevægelse.

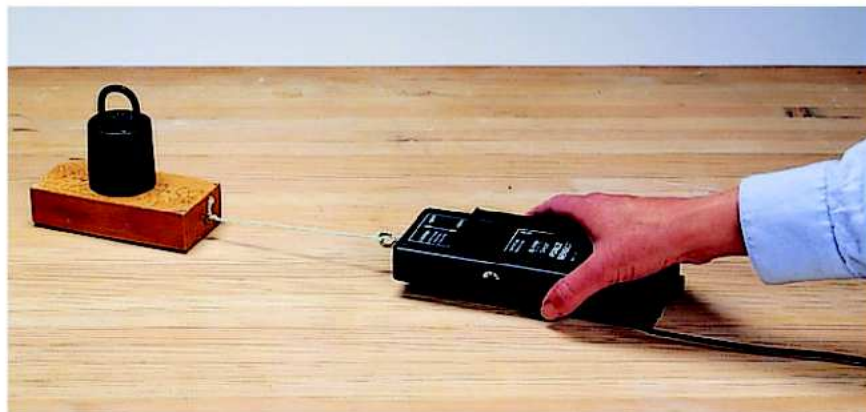


Gnidningskoefficienter

Gnidningskraften er proportional med normalkraften. Hældningen af de tegnede rette linjer er gnidningskoefficienten.

Det går ikke uden gnidning

Enhver cyklist ved, at luftmodstanden og andre gnidningskræfter bevirker et tab af mekanisk energi, for cyklen kan aldrig af sig selv komme op ad en lige så høj bakke, som den man netop er rullet ned ad. I praksis kan man ikke helt undgå gnidning. Faktisk ville en lang række af dagligdagens gøremål så som at gå, cykle eller køre bil være umulige, hvis der ikke var gnidning. Hver vinter erfarer mange, hvad der sker, hvis gnidningen mellem skosål og underlag er væk, fordi der er et tyndt lag is på fortovet.



Gnidningskraftens størrelse kan måles med en kraftmåler, hvorved man forsøger at trække en genstand hen over en plan flade. Under en vis (kraft-)tærskel flytter genstanden sig ikke, fordi gnidningskraften hele tiden er lige så stor som det ydre træk. Man taler i denne situation om statisk gnidning, jf. statisk for stillestående.

Overskrides tærsklen, begynder genstanden at bevæge sig. Gnidningskraften bliver nu noget mindre og stort set uafhængig af farten. Her taler man om dynamisk gnidning, idet ordet dynamisk refererer til kraftudfoldelse, bevægelse, livlighed.

Størrelsen af gnidningskraften afhænger af, hvilke to slags overflader der glider mod hinanden, men stort set ikke af kontaktfladens form eller størrelse. Derimod er det afgørende, hvor hårdt de to overflader presses mod hinanden. Nærmere undersøgelser viser, at under en bevægelse er størrelsen af gnidningskraften F_g proportional med størrelsen af den normalkraft F_n , hvormed de to overflader presses mod hinanden

$$F_g = \mu \cdot F_n$$

hvor proportionalitetskonstanten μ er den såkaldte (dynamiske) gnidningskoefficient. Den er et tal uden enhed, som afhænger af de to overfladers art.

I det statiske tilfælde vokser gnidningskraften med den ydre kraft, indtil man når den største værdi den statiske gnidningskraft kan antage. Denne største værdi afhænger lige som i det dynamiske tilfælde af normalkraften

$$F_{g,\text{maks}} = \mu_s \cdot F_n$$

hvor den statiske gnidningskoefficient μ_s generelt er større end den tilsvarende dynamiske gnidningskoefficient.

Gnidning mellem tørre overflader

Størrelsen af den dynamiske gnidningskraft F_g mellem to overflader i indbyrdes bevægelse er proportional med normalkraften F_n , hvormed underlaget påvirker genstanden

$$F_g = \mu \cdot F_n$$

GNIDNINGSKOEFFICIENTEN μ er et tal uden enhed, som afhænger af, hvilke overflader der glider mod hinanden.

Den statiske gnidningskraft mellem to overflader i indbyrdes hvile er lige så stor som den ydre kraft, så længe den ydre kraft ikke overstiger tærskelværdien

$$F_{g,\text{maks}} = \mu_s \cdot F_n$$

hvor det enhedsløse tal μ_s kaldes den STATISKE GNIDNINGSKOEFFICIENT.

Forskellen mellem statisk og dynamisk gnidning er meget tydelig, når man ser på biler, der bremser. Hvis bilens bremses er blokerede, er hjulene låst, og dækkene og bilen glider dermed hen over asfalten kun påvirket af den dynamiske gnidning. Bremser bilen derimod, uden at bremsene blokerer, vil dækkene stort set rulle med, mens bilen kører. Da det nederste punkt på dækket, hvor det rører asfalten, i en sådan rulning ligger kortvarigt stille, er gnidningen mellem dæk og asfalt nu statisk, og kan blive større end med blokerede bremses. Moderne biler har derfor blokeringsfri bremses, hvor hjulenes skivebremses styres af en computer, der sikrer maksimal bremseevne.

Gnidningskraften, som opstår ved kontakten mellem to flader, skyldes uregelmæssigheder i overfladernes struktur. De to flader er kun i kontakt på den lille del af arealet, hvor toppene er i berøring. Det faktiske areal af kontaktfladen kan øges, hvis de to flader presses hårdere mod hinanden, og derfor afhænger gnidningskraftens størrelse af normalkraften, men ikke af det tilsyneladende areal.

I de senere år har man gennem computerberegninger kunnet undersøge nærmere, hvordan gnidningskraften opstår mellem to metaloverflader. Hvis en metalspids nærmer sig til en overflade, vil nogle af overfladeatomerne kunne hæfte sig til spidsen, så der bliver en "bro" mellem spidsen og overfladen. Denne bro bevares, også når spidsen fjernes noget fra overfladen igen. Men det kræver energi at forlænge broen, og før eller senere brydes forbindelsen. Den oplagrede energi bliver til indre energi i spidsen og overfladen i overensstemmelse med erfaringen om, at ens hænder bliver varmere, når man gnider dem mod hinanden.

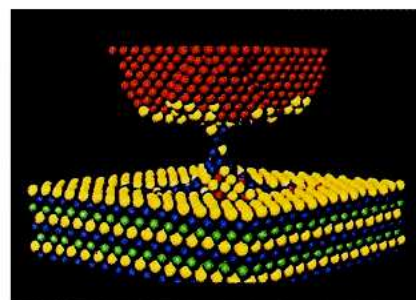
Eksempler på gnidningskoefficienter

Overflader	μ_s	μ
Stål mod stål (smurt)	0,10	0,05
Stål mod is	0,03	0,02
Træ mod træ (typisk)	0,6	0,3
Gummi på tør asfalt	1,0	0,9
Gummi på våd asfalt	0,8	0,6
Gummi på iset asfalt	0,2	0,1



ABS-bremses

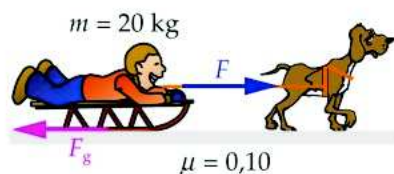
De to næsten ens biler, der bremser på en våd vejbane, viser forskellen på bremsning med og uden blokering af hjulene. Bilen til højre har blokeringsfri ABS-bremses, der tillader føreren at bremse over en kortere afstand og samtidigt at kunne styre bilen sikkert.



Gnidning i detaljer

Computerberegninger viser, hvad der sker, når man nærmer en spids af nikkel ("røde atomer") til en guldoverflade. Når afstanden er tilpas lille, hæfter guldatomerne sig til nikkelpåsen, og forbindelsen bevares, selv når man som vist her har trukket spidsen ca. 10 nm tilbage fra prøvens overflade.

Eksempel Slædetur



En hund trækker med konstant hastighed en slæde med massen 20 kg hen over en vandret flade. Gnidningskoefficienten er 0,10. Hvor stor en kraft skal hunden præstere for at trække slæden af sted?

Løsning

Da underlaget er vandret, er normalkraften lige så stor som tyngdekraften, men modsat rettet denne. Størrelsen af normalkraften er

$$F_n = m \cdot g = (20 \text{ kg}) \cdot (9,82 \frac{\text{N}}{\text{kg}}) = 0,20 \text{ kN}$$

Den nødvendige trækraft har samme størrelse som gnidningskraften, dvs.

$$F_g = \mu \cdot F_n = 0,10 \cdot (0,20 \text{ kN}) = 20 \text{ N}$$

Hunden skal trække med 20 N, svarende til tyngdekraften på 2 kg.

Tjek

En klods med masse 350 g trækkes med konstant hastighed hen over et vandret underlag. Den nødvendige trækraft er 0,86 N. Hvad er gnidningskoefficienten mellem klods og underlag? [0,25]

STUDIESUPPLEMENT

Om dette kapitel

Målene med dette kapitel er at

- indføre arbejde som mål for energiudveksling
- tydeliggøre, at kun ændringer i energi kan måles
- præsentere begrebet en partikel som model for fysiske objekter, hvor man i den aktuelle sammenhæng kan se bort fra objektets opbygning og mindre dele
- belyse kinetisk energi som energiform
- indføre potentiel og mekanisk energi
- vise, hvordan bevarelse af mekanisk energi kan bruges til at forstå mekaniske systemer
- beskrive gnidning

Kapitlet beskriver følgende *sammenhænge*

- at det samlede arbejde, som udføres på en partikel, går til at øge den kinetiske energi
- kinetisk energi og potentiel energi i mange sammenhænge ikke er bevarede, men summen (den mekaniske energi) er bevaret
- gnidningen mellem to materialer kan forklares med udgangspunkt i de atomer, stofferne er opbygget af

De vigtigste *perspektiver* er

- at der er en naturlig grænse for, hvor stor en del af vindens energi man kan udnytte vha vindmøller
- at mekanisk energi er grundlag for mange vedvarende energikilder

Vigtige formler er

- Kraften F udfører arbejdet

$$A = F_s \cdot \Delta s$$

når kraftens angrebspunkt flyttes stykket Δs langs kraftens retning. F_s er størrelsen af kraften langs med vejen, regnet med fortegn (plus hvis kraften er i vejens retning, minus hvis kraften er rettet mod vejen)

- en kraft F overfører energi med effekten

$$P = \frac{\Delta E}{\Delta t} = F_v \cdot v$$

når kraftens angrebspunkt flyttes langs kraftens retning med farten v . Kraften F_v i bevægelsens retning skal regnes med fortegn som for arbejde

- Den kinetiske energi af et legeme med massen m og farten v er

$$E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

- Det samlede arbejde A på en partikel går til at ændre partiklens kinetiske energi:

$$A = \Delta E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_2^2 - \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_1^2$$

hvor m er partiklens masse, mens v_1 og v_2 er farten henholdsvis før og efter påvirkningen. Formlen kaldes *arbejdssætningen*

- tyngdekraftens arbejde ved flytningen af en genstand er lig med tabet i potentiel energi

$$A_t = -\Delta E_{\text{pot}}$$