

## Forsøg med numsekælk-Mærk kræfterne på din egen krop



Sebastian trækker Edith, mens Emma fotograferer.

Formålet med øvelsen er at mærke kræfter på sin egen krop, at måle og sammenligne kræfters størrelse samt at bestemme statiske og dynamiske gnidningskoefficienter.

Apparatur: numsekælk, tov, lineal, bagagevægt og personvægt.



numsekælk



bagagevægt

Snoren bindes fast i numsekælken. Bagagevægten forbindes til den ende hvor der trækkes, og bagagevægten benyttes som håndtag. Der trækkes på et vandret underlag.

Udførelse: En person sidder på kælken, mens en anden trækker vedkommende. Den der trækker aflæser bagagevægten.

Byt roller så alle får lov at trække.

Træk med en fast vinkel, og næsten konstant fart.

Udfyld nedenstående skema:

	Hvilke kræfter mærkes og hvordan?	Hvilke kræfter måles?
 <p>Personen på kælken</p>		
 <p>Personen der trækker</p>		<b>Bagagevægten viser:</b>
		<b>Trækkraftens størrelse:</b>

I forsøgene trækkes der på græs.

Træk med forskellige trækvinkler



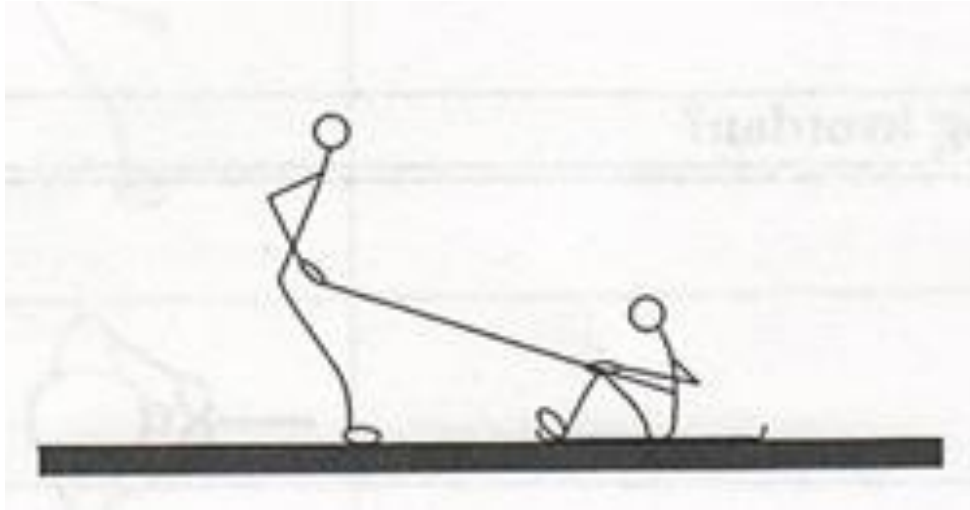
Mikkel og Frederik har fundet ud af at ved store vinkler, kan det være praktisk med en anden måde at trække på, tredje mand aflæser bagagevægten.

Udfyld nedenstående skema:

Vinkel $v$ er vinklen mellem træktovet og vandret	Hvordan opleves forskellen? Er det lettere, sværere eller er der ingen forskel.	Hvordan måles forskellen?
Lille Vinkel Prøv at gøre vinklen så lille som muligt		<b>Bagagevægten viser:</b>  <b>Trækkraftens størrelse:</b>
Vinkel ca. = $30^\circ$ $\tan(v) = 0,577$ mål 1 meter ud og ca 58 cm op		<b>Bagagevægten viser:</b>  <b>Trækkraftens størrelse:</b>
Stor vinkel Prøv at gøre vinklen så stor som muligt		<b>Bagagevægten viser:</b>  <b>Trækkraftens størrelse:</b>

Hvorfor er der forskel på hvordan kræfterne mærkes?

Indtegn på skitsen, på den person der sidder på kælken: Tyngdekraft, trækraft, normalkraft og gnidning.



(facit kan ses i teoriafsnittet)

Udfyld nedenstående skema:

**Statisk og dynamisk gnidning for plast mod græs**

	Hvordan opleves forskellen? Er det lettere, sværere eller er der ingen forskel.	Hvordan måles forskellen?
Træk hvor I starter fra hvile, bevægelsen må ikke ske i ryk, det skal være et jævnt træk.		<b>Bagagevægten viser:</b>  <b>Trækkraftens størrelse:</b>
Træk hvor farten holdes konstant		<b>Bagagevægten viser:</b>  <b>Trækkraftens størrelse:</b>
Træk hvor farten øges		<b>Bagagevægten viser:</b>  <b>Trækkraftens størrelse:</b>

**Beregn gnidningskoefficienten  $\mu$  for plast mod græs:**

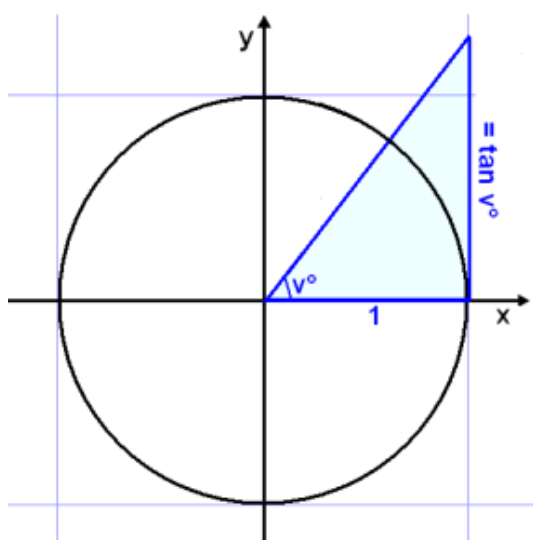
Det kan vises at der gælder (se teori afsnittet til sidst)

$$\mu = \frac{K * \cos(v)}{M - K * \sin(v)}$$

Hvor K er bagagevægtens visning, når der trækkes med vinklen v, og M er massen af personen på kælken

Prøv at finde størrelsen af vinklen og udregn nu den statiske og den dynamiske gnidning for plast mod græs. Benyt evt. en lineal og mål 1 meter ud, benyt da at  $\tan(v)$  er den modstående katete i den retvinklede trekant.

Husk at regne i meter.



Udfyld følgende skema:



underlag	M i kg	tan(v)	V i grader	K i kg	$\mu$ (beregnet)
Statisk på græs					
Dynamisk på græs					

### Arbejde

Prøv at trække med konstant fart over en lille strækning, igen på græs.

Arbejde = kraft\*vej

Udfyld nedenstående skema:

fysikobjekt	Oplever objektet arbejde og hvordan?
 Personen på kælken	
 Personen der trækker	

Hvad bliver der af energien fra det udførte arbejde?

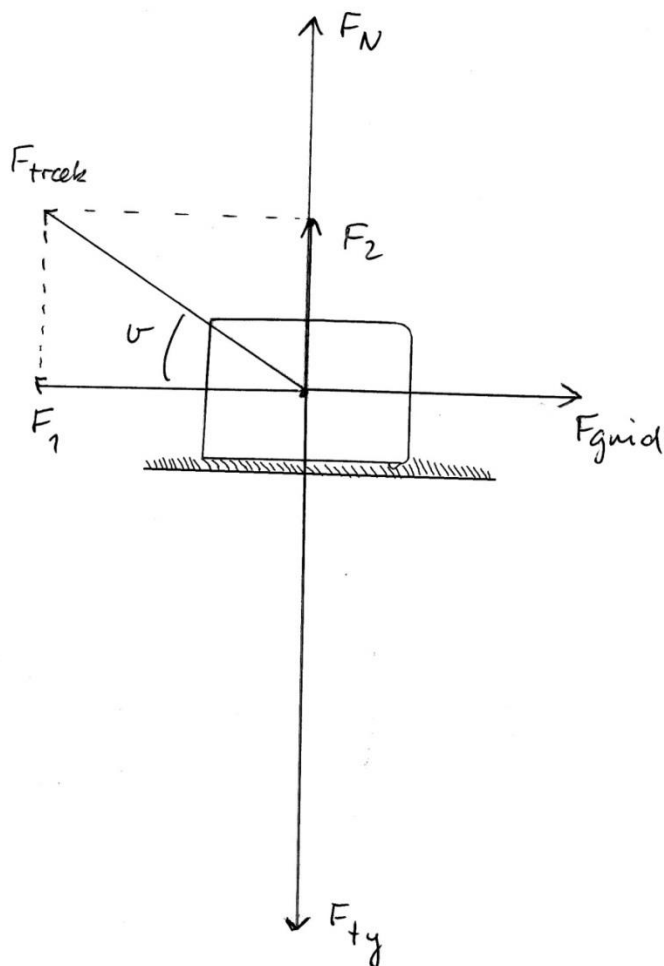
## Teori:

Skitse af kræfter der virker på personen med numsekælken, numsekælken glider på græs.

På skitsen bevæger kælken sig mod venstre.

NB: det benyttes at gnidningen er uafhængig af arealet der gnider mod underlaget.

Der trækkes med konstant hastighed, derfor er  $F_1 = F_{\text{gnid}}$ .



$$F_1 = F_{\text{gnid}}$$

$$F_N = F_{ty} - F_2$$

$$F_{\text{gnid}} = \mu \cdot F_N$$

$$F_1 = F_{\text{træk}} \cdot \cos(\alpha)$$

$$F_2 = F_{\text{træk}} \cdot \sin(\alpha)$$

Der gælder altså: (1)

$$F_1 = F_{\text{gnid}} = \mu \cdot (F_{ty} - F_2)$$

Hvis  $K$  er bagagevægtens visning,  $M$  er massen af personen på numsekælken gælder

$$F_{træk} = K * g$$

Og (1) kan nu skrives som

$$F_{træk} * \cos(v) = \mu * (M * g - F_{træk} * \sin(v)) \Leftrightarrow$$

$$K * g * \cos(v) = \mu * (M * g - K * g * \sin(v)) \Leftrightarrow$$

$$K * \cos(v) = \mu * (M - K * \sin(v)) \Leftrightarrow$$

$$\mu = \frac{K * \cos(v)}{M - K * \sin(v)}$$

EH 24-12-2013 Øvelsen er inspireret af Jesper Bruun.