

Kuglers bevægelse i væske

Øvelsens formål er

- at eftervise v^2 -loven for bevægelse i væsker:

$$F = \frac{1}{2} \cdot c_w \cdot \rho \cdot A \cdot v^2$$

For et legeme der bevæger sig i vand.

- at se at legemet i vores forsøg er så stort, at vi ikke har laminar strømning.
- at bestemme formfaktoren for en kugle.

F er her vandmodstanden

A=det største tværsnitsareal på legemet, set forfra vinkelret på bevægelsesretningen
 c_w =formfaktoren , her for en kugle har vi $c_w = 0.4$, idet der om Reynoldstallet R_e gælder $200 < R_e < 300000$.

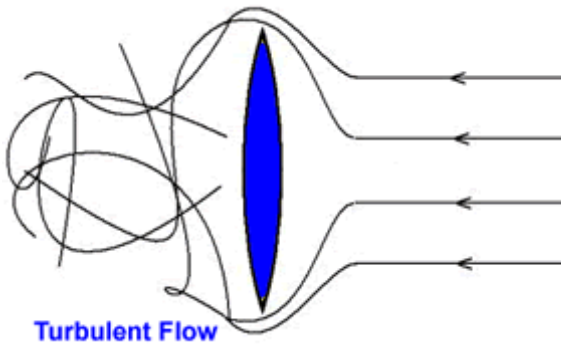
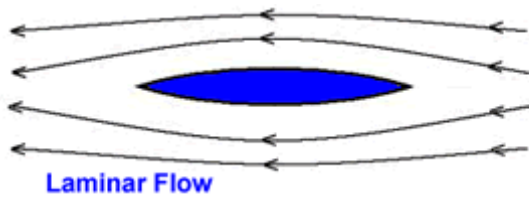
ρ =massefylden, her af vand har vi $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$

Apparatur: smartpulley, trisse , Langt stort rør med vand (kloakrør), kugle med krog (f.eks. bilerbold med skrue), lodder med næsten samme masse som kuglen eller mindre (ved bilerbold lodder med masse 10g,15g, 20g, 25g og 30g), klips som trækklodder til at bestemme basismassen (forklares senere), klipsene deles så der er en lille halv og en stor halv. LabQuest, Computer, overgangskapel, lang slange til tømning af røret , vandkande, stor stativstang med fod, 2 stk 5kg lodder til at fastholde stativstangen, stang til pulley og trisse, tre spændklemmer, skydelære, kinesertråd, vægt maks 400g.



Teori:

Vi skelner mellem laminar og turbulent strømning se figur:



Laminar strømning er hvis kuglen er meget lille og bevæger sig langsomt, her vil vi betragte turbulent strømning.

Reynoldtallet er afgørende for om vi har laminar eller turbulent strømning. Vi har

$$R_e = \frac{\rho \cdot v \cdot d}{\eta}$$

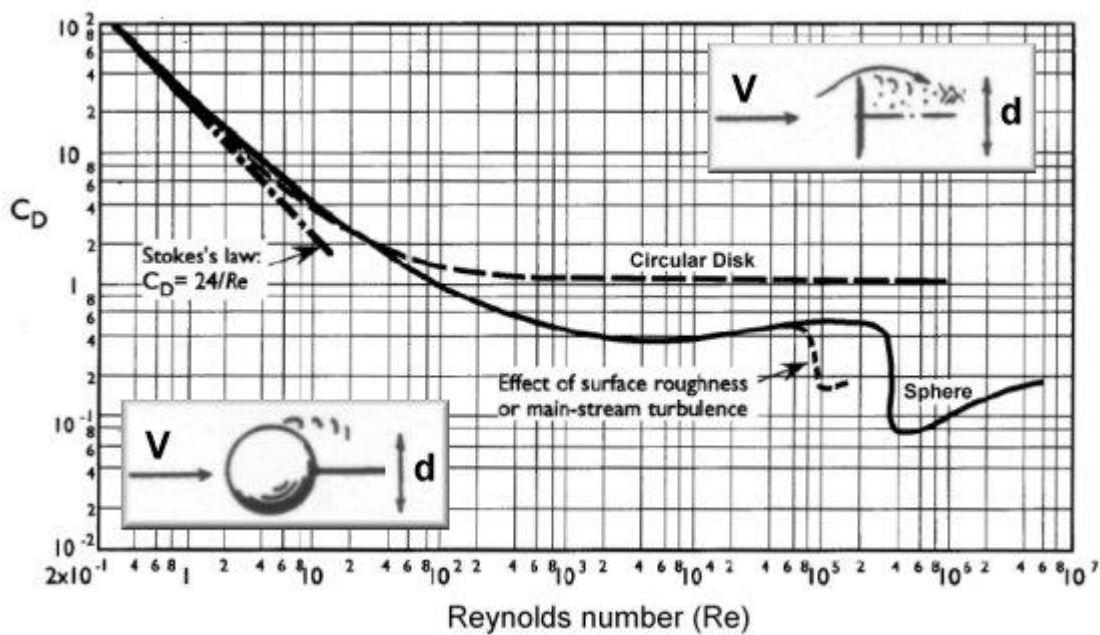
Hvor

η er viskositeten, her for vand , $\eta = 1,00 \cdot 10^{-3} \frac{N \cdot s}{m^2}$

ρ =massefylden , her af vand har vi $\rho = 1000 \text{kg/m}^3$
 d er diameteren af kuglen (hvis det er en kugle)

v er legemets fart

Hvis $R_e < 1$ er strømningen omkring kuglen laminar og der gælder Stokes lov, hvis $R_e > 1$ er strømningen omkring legemet turbulent og der gælder v^2 -loven.



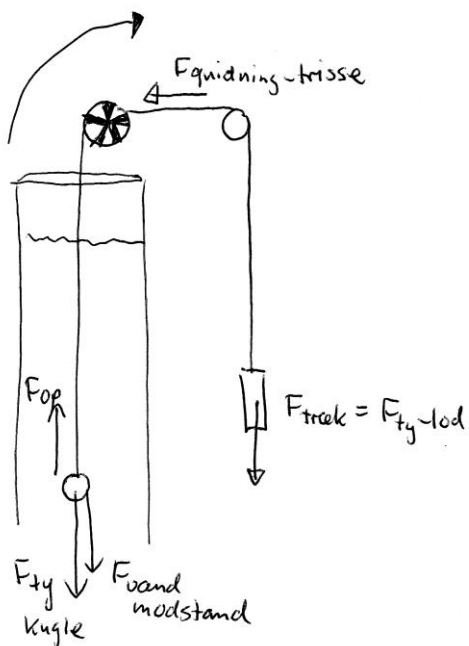
På figuren kaldes c_w for C_D svarende til det engelske Dragkoefficient. Bemærk skalaen er logaritmisk.

Stokes lov lyder

$F_{gnd} = 6 \cdot \pi \cdot \eta \cdot r \cdot v$ Hvor r er kuglens radius, v er kuglens hastighed og η er væskens viskositet, i vores forsøg er kuglen for stor, til at denne lov gælder.

Iflg. Newtons 2. lov anvendt på kuglen har vi, idet loddet trækker kuglen op af vandet:

Figur:



$$F_{ty\text{ lod}} + F_{op} = F_{ty\text{ kugle}} + F_{vand\text{ modstand}} + F_{ejvindningstrisse}$$

⇔

$$F_{ty-træklod} - F_{ty-kugle} + F_{opdrift-kugle} - F_{modstand-vand} - F_{gnidning-trisse} = 0 \Leftrightarrow$$

$$F_{modstand-vand} = F_{ty-træklod} - F_{basis}$$

$$(1) F_{modstand-vand} = F_{ekstralodder}$$

Hvor F_{basis} er bidraget fra tyngdekraften på kuglen, opdriften og gnidningen i trissen. Her antages at hastigheden er opnået jævn, og dermed at accelerationen er 0. $F_{ekstralodder}$ er kraften fra træklodderne på nær basislodderne.

Forsøg:

Start med at bestemme diameteren af kuglen. Beregn A.

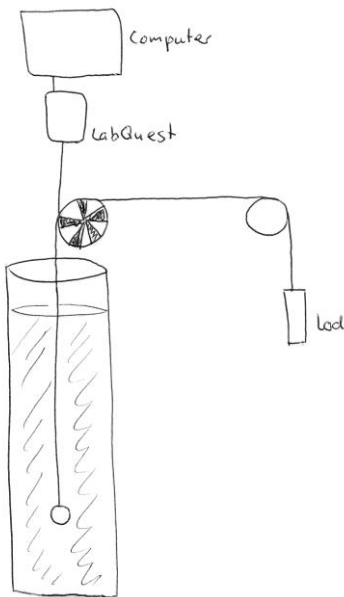
Hæld vand i røret.

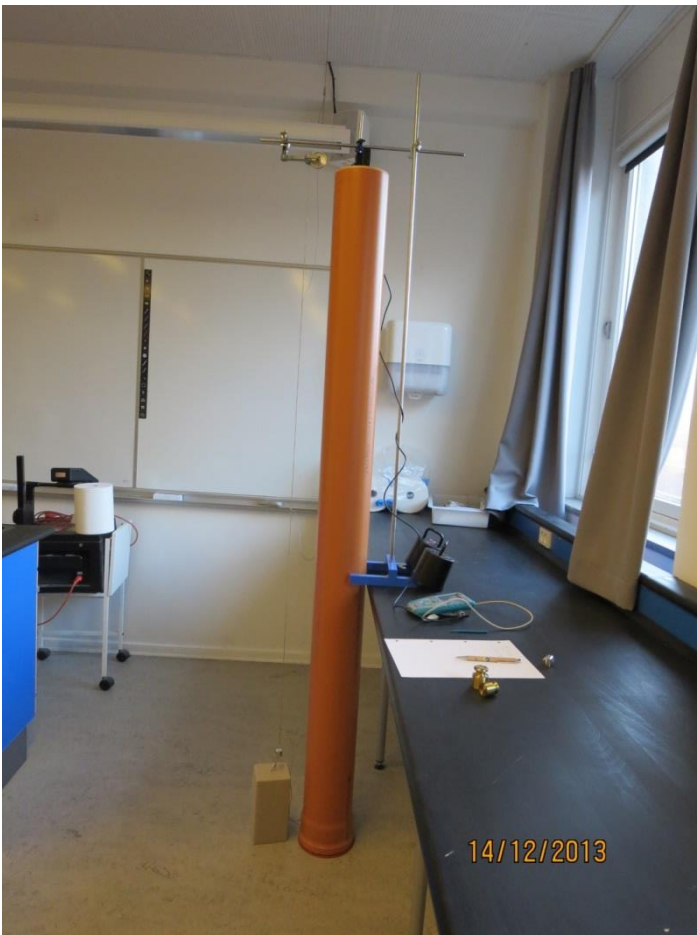
Bestem dernæst F_{basis} , ved at hænge lodder og klips på (=basislodder), indtil kugle og lodder er sådan i balance, at kuglen ved et lille puf på lodderne bevæges op af vandet.

F_{basis} beregnes som $m_{basis} \cdot g$, hvor m_{basis} er massen af basislodderne.

F_{basis} benyttes ikke hvis i kun regner med Δm nedenfor

Opstilling:





Forbind smart-pulleyen til Dig 1-indgangen på LabQuest'en.

Pas på. Logger Pro kender ikke vores Pulley den er sat op til en anden.

Derfor skal I opsamle data med LabQuesten og efter forsøget importere data til Loggerpro.

Lab Questen skal sættes manuelt op til vores sensor, den har også en anden som standard.

Vælg mode, Vælg Pulley 10 spokes, Vælg In groove.

Forbind først LabQuesten til Computeren efter forsøget,

Bemærk først at hastigheden bliver konstant efter et lille stykke tid.

Bestem hastigheden v ved lineær regression direkte på (t,v) grafen.

Lav regressionen og klip grafen med regressionen ind i Word med det samme.

(Loggerpro er ikke altid så god til at gemme).

Gentag forsøget med andre træklodder

Husk at tjekke "mode" 10 spokes hver gang, hvis I vælger new file.

Dette er ikke nødvendigt hvis I blot taster på den store pil.

Udfyld nedenstående skema

$\Delta M_{\text{trækklod}}$ er massen af de lodder der hænges på udover m_{basis} .

$\Delta M_{\text{trækklod}}$ i gram	v i m/s	$F_{\text{modstand-vand}}$
10		
15		
20		
25		
30		

Udregn $F_{\text{modstand-vand}}$ ud fra (1), Lav en $(v, F_{\text{modstand-vand}})$ graf.

Lav potensregression $y=b \cdot x^a$

Sammenlign potensen a med 2 og koefficienten b med $\frac{1}{2} \cdot c_w \cdot \rho \cdot A$

Lav evt en $(v^2, F_{\text{modstand-vand}})$ graf og lav lineær regression.

Udregn nu Reynoldtallene og vis at $200 < R_e < 300000$ for alle hastigheder.

v i m/s	R_e

Antag nu at loven gælder og at b er lig med $\frac{1}{2} \cdot c_w \cdot \rho \cdot A$.

Beregn nu c_w og sammenlign med formfaktoren for en kugle.