

Nummer	135120	Emne	Mekanik / matematisk pendul		
Version	2017-08-25 / HS	Type	Elevøvelse	Foreslås til	(10) / gymAB p. 1/4



Formål

Undersøgelse af svingningstiden for et pendul.

Princip

Et lod svinger som et pendul i en tråd. Med et stopur tages tid på et antal hele svingninger.

Der sammenlignes med teorien for det matematiske pendul, og det undersøges, hvad der sker ved store udsving af pendulet.

Ud fra de målte data kan en værdi for tyngdeaccelerationen bestemmes.

Apparatur

(Se Detaljeret apparaturliste på sidste side)

Til bestemmelse af svingningstiden kan man benytte et 200280 elektronisk stopur – eller et hvilken som helst andet stopur. (Foto viser ældre model 200260.)

Stativ

Lod og bjørnetråd. Bruges til at lave et dobbelt-ophængt pendul (se *Udførelse*).

Målebånd eller lineal

Udførelse

Når vi taler om *loddets position*, skal det forstås som positionen af loddets *massemidtpunkt* (tyngdepunkt). Det vil være præcist nok at anvende midten af den tykkeste, cylindriske del af loddet. Markér evt. midten med en sort streg.

Loddet ophænges i bjørnetråd. Begynd med mindst 160 cm tråd forsynes med en fast løkke i begge ender. Med en enkeltknode vil løkke og knude kunne gå gennem hullet i loddet.

Loddet skal ophænges bifilart – dvs. dobbelt, så tråden danner et V. Det giver et veldefineret svingningsplan.

En 25 cm stativstang fastspændes til den lange stang og forsynes med en ekstra stativmuffe.

I begge ender hægtes tråden på en af skrueerne på stativmufferne og føres ned over kanten af det V-formede hak som vist på figuren. Herefter strammes skruen.

Dette arrangement sikrer, at tråden har en veldefineret længde, når loddet svinger.

Vi vil definere pendulets længde L som den lodrette afstand mellem ophængspunkterne og loddets midtpunkt.

Sæt pendulet i svingninger med små udsving – et par centimeter til hver side for midten er passende.

Pendulets svingningstid T skal bestemmes: Tag tid for 25 hele svingninger, og find gennemsnittet.

For at opnå den bedst mulige præcision startes og standses stopuret, når loddet passerer den nederste position. Sigt efter et fast punkt bag pendulet, og flyt ikke hovedet. Husk at tælle 0, når stopuret startes, og derefter 1, 2, 3... hver gang loddet passerer nulpunktet *i samme retning*.

Mål omhyggeligt pendulets længde L .

Svingningstiden ønskes målt for en række forskellige værdier af pendulets længde (mindst 5). Kortere penduler kan opnås ved at binde en ekstra løkke. Længere penduler kræver en ny og længere tråd.

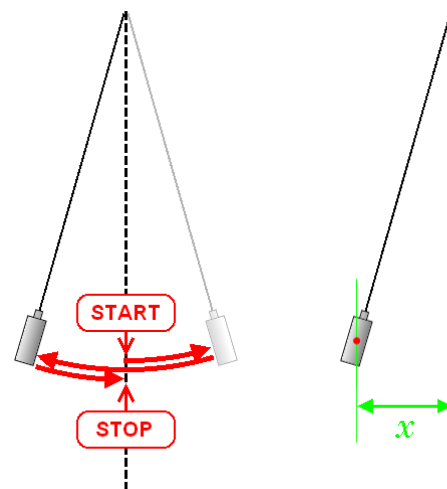
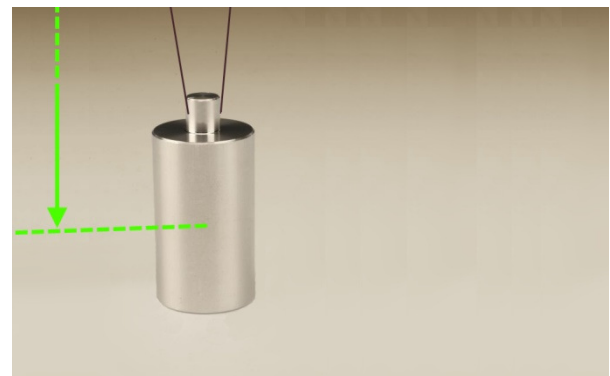
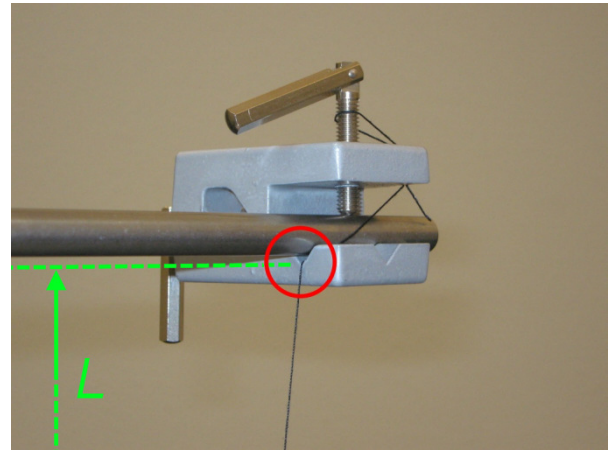
Mål såvel svingningstid som pendulets længde præcist.

Udvidet eksperiment-version

Vælg én bestemt pendullængde og forsøg med større svingningerne. Når tråden hænger som vist på billedet, skal den maksimale vinkel i forhold til lodret dog holdes under 45° .

Notér udslagets størrelse som den vandrette afstand x fra pendulets hvileposition til loddets midte i yderpositionen. (Vi omregner senere til en vinkel.)

Prøv at variere udsvingets størrelse systematisk og bestem hver gang omhyggeligt svingningstiden.



Én hel svingning

Udslagets størrelse x

Teori

Svingningstiden for et pendul afhænger på kompliceret vis både af den fysiske udformning og af udsvingets størrelse. Der findes dog et særligt simpelt specialtilfælde, som er lettere at behandle.

Et såkaldt *matematisk pendul* er et punktformet lod, som svinger i en uelastisk, masseløs snor.

Et virkeligt pendul kan med tilnærmelse betragtes som et matematisk pendul, hvis loddets størrelse er lille i forhold til pendulets længde. Med en tynd bjørnetråd kan snoren godt betragtes som masseløs (mens det måske kniber en smule mere med betingelsen uelastisk).

For et matematisk pendul, som udfører ganske små udsving, er svingningstiden givet ved

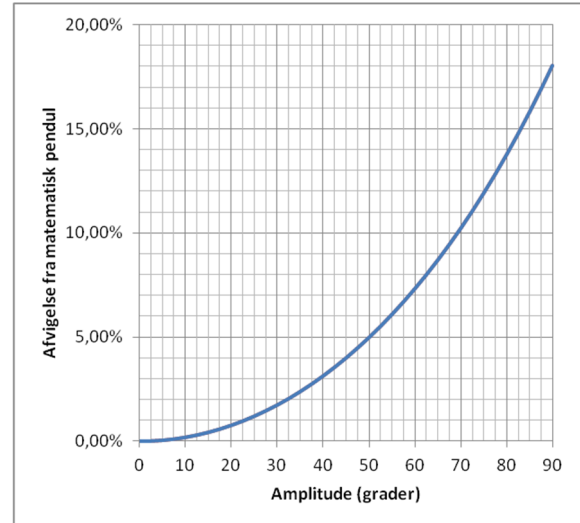
$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{L}{g}}$$

hvor L er pendulets længde og g er tyngdeaccelerationen.

Udtrykket for svingningstiden kan omskrives til

$$T^2 = \frac{4 \cdot \pi^2}{g} \cdot L$$

For større udsving vokser svingningstiden – se grafen til højre.



Databehandling

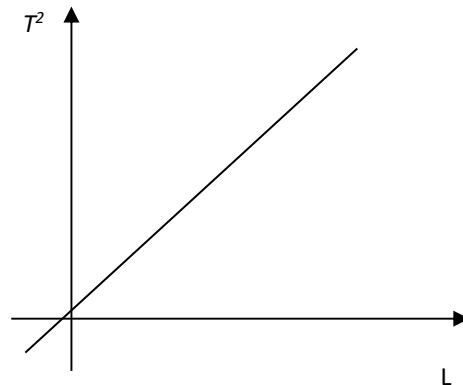
Alle resultater præsenteres i tabelform – et regneark kan med fordel benyttes.

For målingerne med *små* udsving beregnes T^2 . Disse værdier afbildes i et koordinatsystem som funktion af pendullængden.

Ifølge teoriens snit skulle disse resultater ligge på en ret linje med hældningskoefficienten

$$\frac{4 \cdot \pi^2}{g}$$

hvorfra g kan beregnes.



Udvidet eksperiment-version

For måleserien med varierende amplitude afbildes svingningstiden T som funktion af amplituden A .

Amplituden beregnes her som pendulets maksimale vinkel mod lodret. Den bestemmes ud fra ligningen

$$\sin(A) = \frac{x}{L}$$

hvor x er størrelsen af udsvinget, målt vandret.

Diskussion og evaluering

Små udsving: Sammenlign teoretisk og målt svingningstid. (Bestem afvigelsen i %)

Kan du forklare en evt. systematisk afvigelse?

Store udsving (udvidet version): Kan den anførte kurve over afvigelsen fra det matematiske pendul redegøre for de målte værdier?

Hvis ikke: Kan du komme på andre faktorer, der kan påvirke resultaterne?

Noter til læreren

Benyttede begreber

Svingningstid
Matematisk pendul

Matematiske forudsætninger

Graftegning
Procentregning
Sinus (avanceret version)

Om apparaturet

Det elektroniske stopur 200280 anvendes normalt med elektriske signaler til start og stop. Der er dog intet i vejen for at bruge de to *Start* og *Stop* knapper, hvorved 200280 fungerer som et almindeligt stopur.

Hvis ikke 200280 er til rådighed, kan et normalt stopur som 148515 naturligvis bruges.

Detaljeret apparaturliste

Specifikt for eksperimentet

Der skal anvendes et stopur – f.eks. et af disse:

200280 Elektronisk stopur
(eller ældre model 200260)
148515 Stopur Digitalt, Standard
272502 Varmefyldelod Al 100 g

Standard laboratorieudstyr

140010 Målebånd 200 cm
000100 Stativfod A-fod 2,0 kg
000800 Stativstang 150 cm
000850 Stativstang 25 cm
002310 Stativmuffe, firkantet (3 stk.)

Reserveudrustning og forbrugsstoffer

116500 Bjørnestrå
351005 Batteri LR6 1,5V [AA] (200260 bruger 6 stk. ad gangen – medfølger)
351604 Knapcellebatteri LR44 (148515 bruger 1 stk. – medfølger)

Reklamationsret

*Der er to års reklamationsret, regnet fra fakturadato.
Reklamationsretten dækker materiale- og produktionsfejl.*

Reklamationsretten dækker ikke udstyr, der er blevet mishandlet, dårligt vedligeholdt eller fejlmonteret, ligesom udstyr, der ikke er repareret på vort værksted, ikke dækkes af garantien.

Returnering af defekt udstyr som garantireparation sker for kundens regning og risiko og kan kun foretages efter aftale med Frederiksen. Med mindre andet er aftalt med Frederiksen, skal fragtbeløbet forudbetales. Udstyret skal emballeres forsvarligt.

Enhver skade på udstyret, der skyldes forsendelsen, dækkes ikke af garantien. Frederiksen betaler for returnering af udstyret efter garantireparationer.

© Frederiksen Scientific A/S

Denne brugsvejledning må kopieres til intern brug på den adresse hvortil det tilhørende apparat er købt. Vejledningen kan også hentes på vores hjemmeside