

Eksperiment nummer	135110	Emne	Mekanik		
Version	2016-06-14 / HS	Type	Elevøvelse	Foreslås til	gymAB p. 1/4

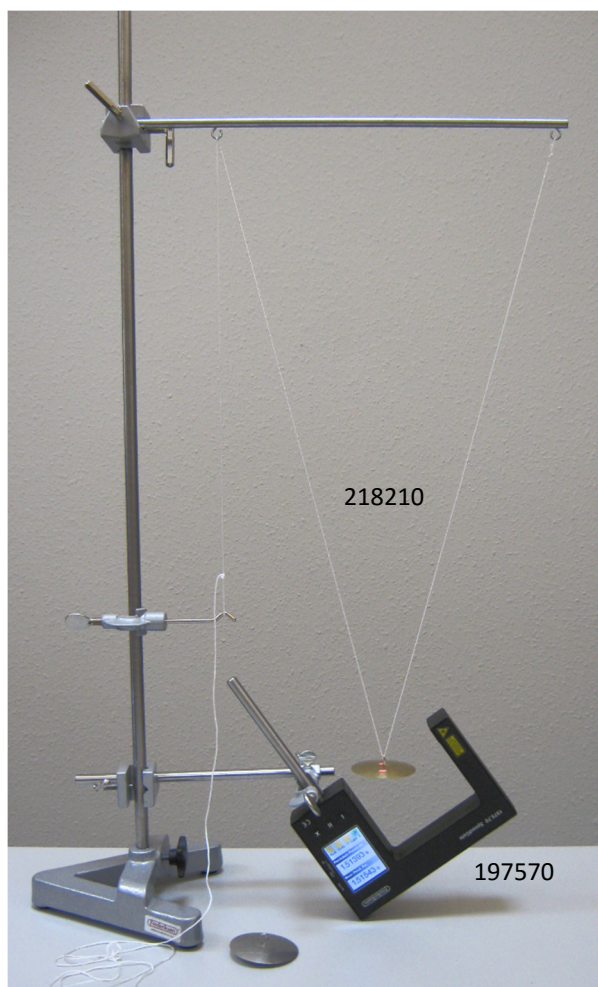
Formål

Eftervisning af formel for svingningstiden for et matematisk pendul.

Princip

En masse med lille udstrækning, som svinger i en let tråd, er en god tilnærmelse til et såkaldt *matematisk pendul*. (Ideelt set er det en punktmasse i en uelastisk, masseløs snor med friktionsløst ophæng – i vakuum.)

For at eftervise formelen for svingningstiden, varieres forskellige parametre – både nogle, som indgår i formelen, og andre, som ikke burde have nogen indflydelse. De to lodder, som følger med, har samme ydre form, men forskellig masse. Derudover kan der ændres på pendulets længde samt udslagets størrelse.



Stativmateriel gennemgås side 4

Apparatur

(Detaljeret liste på sidste side)

218210 Matematisk pendul med ophæng

197570 SpeedGate

Stativmateriale

Matematisk pendul 218210

Pendulet anvender et dobbeltophæng, som sikrer, at svingningernes retning ikke ændrer sig.

Loddernes form betyder, at deres masse er koncentreret i en bestemt afstand fra omdrejningsaksen. Desuden er luftmodstanden minimal.

SpeedGate 197570

Fotocelle med indbygget display. Kan blandt andet bruges til at måle periode.

Sammen med et pendul anvendes typisk funktionen *Pendulum Period*, som dropper hver anden afbrydelse af lysstrålen.

Udførelse

Opstillingen er vist på forsiden. (Detaljer ses til højre.)

Lav en fast løkke i snorens ene ende.

Løkken hægtes på den yderste krog på ophænget. Derfra går snoren ned til loddet, op over ophængets anden krog, og afsluttes til sidst med en anden løkke på en stativmuffe med krog.

SpeedGate tændes og nulstilles med knappen X. Funktionen vælges med de to knapper I og II.

Vælg *Pendulum Period* og *Mean Pendulum Period*. En måling af svingningstiden forløber således:

1. Sæt pendulet i svingninger
2. Tryk *Reset*
3. Aflæs middelperioden T efter et passende antal svingninger – f.eks. fem.

Loddet er så slankt, at det vil give problemer, hvis det skulle skygge for en vandret lysstråle. Det løses ved at lade SpeedGate stå **på skrå** – så snitter loddets kant gennem strålen på en pålidelig måde.

Den indbyrdes placering af ophænget og SpeedGate justeres ind, så lysstråle "X" (den forreste) rammer midten af loddet, når det hænger i hvile.

I skal blandt andet måle *pendulets længde*. Det er **ikke** det samme som snorens længde.

Vi betragter en linje gennem de to ophæng som en omdrejningsakse, og definerer pendulets længde L som afstanden mellem omdrejningsaksen og loddets midtpunkt – så der skal måles lodret.

Man kan sikre en fast størrelse på udslagene med at placere yderligere et stativ, som loddet trækkes ud til, når det skal startes.

1 – Fast masse og amplitude; varierende længde

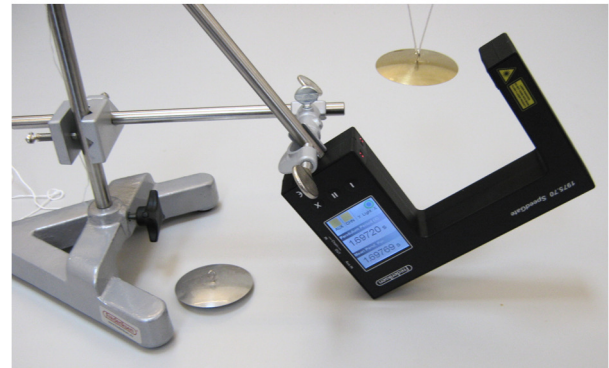
I denne del benyttes kun messingloddet. Der måles med mindst 5 forskellige længder mellem ca. 30 cm og ca. 1 m.

Mål hver gang L præcist – helst med en nøjagtighed på ca. 1 mm. Noter længden i enheden m.

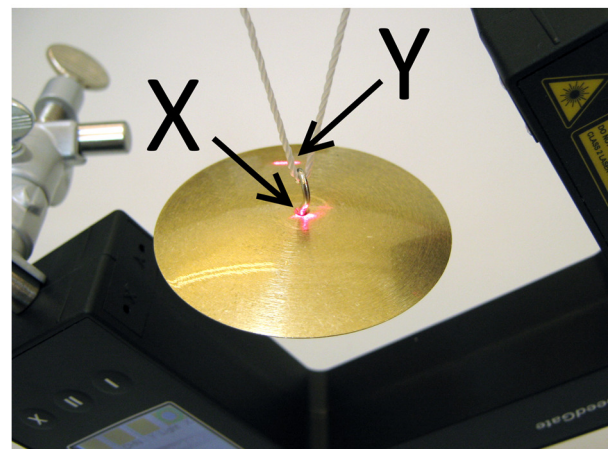
Mål med en behersket amplitude; loddet skal kun svinge nogle få centimeter bort fra lysstråle "X".

Indfør resultaterne i en tabel som denne:

Loddets masse / g	
Amplitude / cm	
L / m	T / s

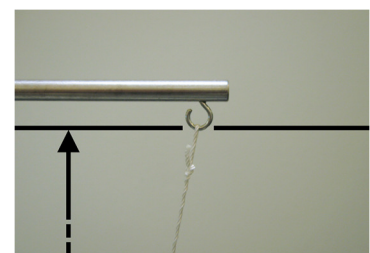


SpeedGate placeres på skrå, så loddet med sikkerhed bryder lysstrålen.

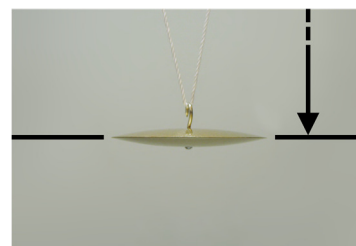


Med loddet i ro skal stråle X ramme midt i loddet. (Stråle Y rammer tæt på loddets kant.)

Pendulets (**lodret** udmålte) længde L :



Mål fra ophæng ...



... til loddets midte.

2 – Fast længde og amplitude; varierende masse

Denne del af eksperimentet skal ligesom før udføres med en ret lille amplitude.

Længden kan f.eks. vælges i nærheden af 0,75 m.

Massen af de to lodder bestemmes blot med en nøjagtighed på 0,1 til 1 g.

Indfør resultaterne i en tabel som denne:

Længde L / m	
Amplitude / cm	
m / g	T / s

3 – Fast masse og længde; varierende amplitude

Brug messingloddet i denne del. Længden af pendulet kan beholdes fra den foregående del.

Som tidligere beskrevet kan man bruge et ekstra stativ som startpunkt for loddet. Afstanden fra denne stativstang til kanten af loddet i hvile for nedenu er et mål for amplituden.

(Ofte måler man i stedet amplituden som den maksimale *vinkel*, pendulet svinger ud fra lodret. Det er mere besværligt og forskellen har ingen betydning i dette eksperiment.)

Variér amplituden fra nogle få centimeter til snoren er næsten vandret. 5 – 10 målinger er passende.

Hold godt øje med svingningsretningen: Loddet må ikke ramme SpeedGate! Start evt. *bag ved* SpeedGate.

Indfør resultaterne i en tabel som denne:

Loddets masse / g	
Længde L / m	
Amplitude A / cm	T / s

Teori

Svingningstiden for et matematisk pendul, som udfører svingninger med lille amplitude, er

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

hvor g er tyngdeaccelerationen (tabelværdi).

Det ses, at ud af de parametre, som vi kan variere, er det kun pendulets længde, som indgår.

Vi kan omskrive formlen således:

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

Det vil sige, at hvis størrelsen T^2 afbildes som funktion af L , vil resultatet være en ret linje gennem (0,0) med en hældning, som er givet ved størrelsen $\frac{4 \cdot \pi^2}{g}$.

Beregninger mv.

1 – Varierende længde

Beregn for hver måling størrelsen T^2 , og afbild T^2 som funktion af L .

Tegn den bedste rette linje gennem målepunkterne og (0,0). Bestem linjens hældning

2 – Varierende masse

Beregn den %-vise ændring af loddets masse ved at gå fra aluminiumsloddet til messingloddet.

Beregn den %-vise ændring af pendulets svingningstid ved at gå fra aluminiumsloddet til messingloddet.

3 – Varierende amplitude

Afbild i et koordinatsystem: T som funktion af A .

Diskussion og evaluering

Beskriv overensstemmelsen mellem teori og måleresultater for del 1.

Hvordan passer resultatet af del 2 med teorien, som siger, at svingningstiden er uafhængig af massen? Sammenlign med, hvor præcist de andre parametre kan holdes konstante. Kan snoren give sig? Er krogeren på lodderne af præcis samme facon?.

Vurdér rimeligheden af teoriens forudsigelse om, at svingningstiden *ikke* afhænger af amplituden, blot denne er "lille".

Noter til læreren

Benyttede begreber

Svingningstid

Matematiske forudsætninger

Graftegning

Hældningskoefficient

Procentregning

Om apparaturet

SpeedGate måler tider med en opløsning på et millisekund. Man kan ikke forvente, at de øvrige eksperimentelle forhold er så velkontrollerede, at alle decimaler af periodemålingerne giver mening.

Den høje opløsning på SpeedGate gør det også let at se, at svingningstiden ændrer sig svingning for svingning, når amplituden er stor. Det skyldes friktion i ophængen og luftmodstand. Man kan eventuelt reducere det antal svingninger, der måles middelværdi over i tredje del.

Didaktiske overvejelser

Der er i denne øvelse lagt op til alt andet end sammenligninger af tal, målepunkt for målepunkt, mellem teori og målinger. Men foretrækker man dette, kan man tilpasse formuleringen i vejledningens sidste afsnit.

Detaljeret apparaturliste

Specifikt for eksperimentet

218210 Matematisk pendul med ophæng

197570 SpeedGate

Standard laboratorieudstyr

000100 Stativfod A-fod 2,0 kg

000800 Stativstang 150 cm

000850 Stativstang 25 cm

002310 Stativmuffe, firkantet (2 stk. anvendes)

002320 Stativmuffe, drejelig

002700 Stativmuffe med krog

140510 Lineal - målestok i træ 100 cm

102961 Vægt 200 g/0,1 g – eller tilsvarende

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.