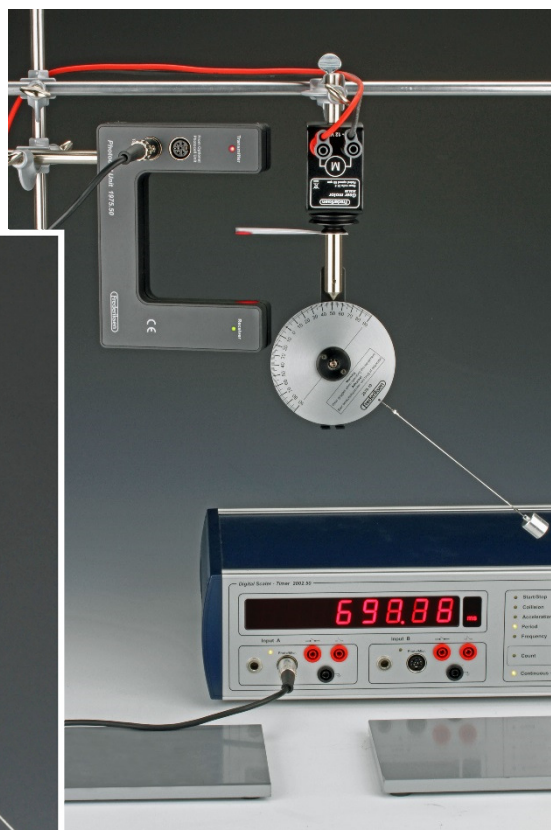


Nummer	135730	Emne	Mekanik, bevægelse i to dimensioner
Version	2017-02-17 / HS	Type	Elevøvelse
		Foreslået til	gymA
			p. 1/4



Formål

Bestemmelse af tyngdeaccelerationen ved hjælp af et konisk pendul.

Princip

I det koniske pendul bevæger et lod sig i en jævn cirkelbevægelse under påvirkning af snorekraften og tyngdekraften. Vinklen mellem disse to kræfter aflæses i farten på gradskalaen på det koniske pendul.

Omløbstiden kan bestemmes med et almindeligt stopur eller ved hjælp af fotocelle og tæller.

Ud fra direkte målbare størrelser kan tyngdeaccelerationen g bestemmes.

Apparatur

(Se Detaljeret apparaturliste på sidste side)

207010 Konisk pendul

202550 gearmotor

DC strømforsyning

Stativmateriale

SpeedGate – eller

Fotocelle og tæller (– eller

Stopur)



Opstilling

En stabil opstilling kan f.eks. opbygges med to bordklemmer og tre stativstænger. Bruger man bordets for- og bagkant, kan man undgå, at loddet svinger udenfor bordpladen.

Ønsker man at benytte en fotocelle til at måle omløbstiden, spændes en lille vingebånd mellem gearmotor og konisk pendul. (Se billedet på side 1.) Tælleren indstilles til at måle periode.

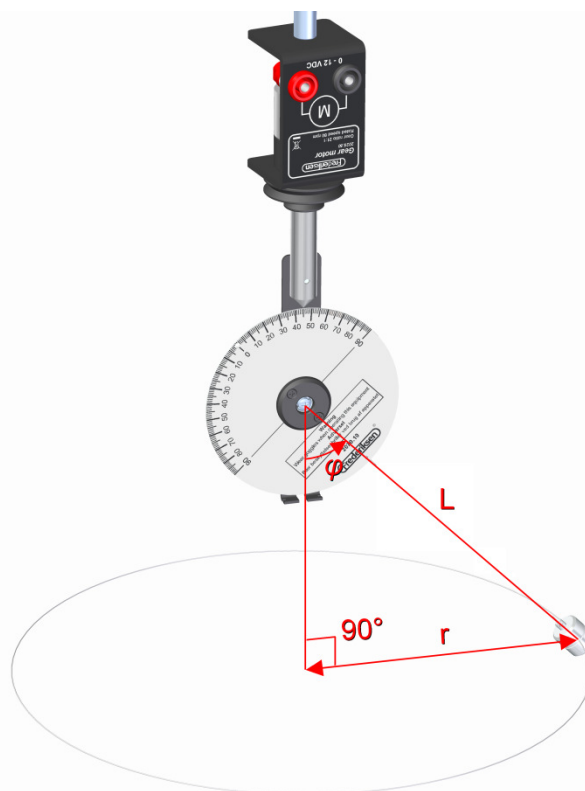
Med SpeedGate vælges *Period* og *Mean Period*.

Med slukket motor løftes lodsnoren ind i midterribben nederst på holderen, og gradskalaen kan nu benyttes til at justere opstillingen, så akse står lodret. Justeringen skal foretages i to på hinanden vinkelrette retninger ("øst-vest" og "nord-syd").

Når akse står lodret, strammes alle stativskrue, og lodsnoren løftes ud til den ene side af holderen. Snoren vil dermed frit kunne dreje gradskalaen, når apparatet sættes i rotation.

Motoren forsynes fra en strømforsyning, som kan give en kontinuert variabel jævnspænding mellem 0 og 12 V. Der trækkes normalt mindre end 10 mA strøm.

Når motoren sættes i gang, skal man skrue langsomt op for spændingen, så loddet når at følge med. Ellers kan loddet stå nærmest stille i midten eller endda svinge ud til den gale side, så skiven ikke drejer.



Udførelse

Det er muligt at isolere g i ligningerne for det koniske pendul – se formel (8) i teori afsnittet. I dette udtryk indgår tre målte størrelser:

Pendullængden L skal altid måles fra skivens omdrejningspunkt til midten af loddet.

Vinklen φ skal aflæses præcist – det kræver lidt øvelse.

Mål omløbstiden T omhyggeligt. Bruger du stopur, måles gennemsnit over mindst 10 omgange.

Hvis SpeedGate anvendes: Husk at nulstille mellem målinger for at opnå korrekt gennemsnit.

Du har alle snorelængder til rådighed, og kan variere omløbstiden, som du vil. Prøv at opstille et systematisk måleprogram, inden du bare måler løs.

Det er normalt en god idé at holde én af de tre målte størrelser konstant i en måleserie, og variere en af de andre systematisk.

Du skal disponere din tid, så du opnår en god variation i dine måledata.

Teori

For den jævne cirkelbevægelse gælder disse sammenhænge. Loddets masse betegnes m .

Vinkelfrekvens ω og omløbstid T :

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad (1)$$

Hastighed v og radius r :

$$v = \omega \cdot r = \frac{2\pi \cdot r}{T} \quad (2)$$

Centripetalacceleration a :

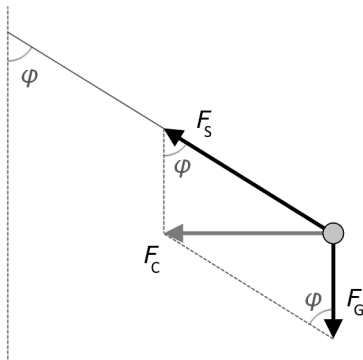
$$a = \omega^2 \cdot r = \frac{v^2}{r} = \frac{4\pi^2 \cdot r}{T^2} \quad (3)$$

Centripetalkraften F_C :

$$F_C = m \cdot a = \frac{m \cdot v^2}{r} = \frac{4\pi^2 \cdot m \cdot r}{T^2} \quad (4)$$

I det lodrette plan optræder centripetalkraften F_C som vektorsummen af snrekraften F_S og tyngdekraften F_G .

Se figuren.



Vinklen φ er den, der aflæses på skalaen.

Det ses umiddelbart, at med betegnelsen L for pendullængden (afstanden fra omdrejningspunktet til loddets massecentrum) har vi

Cirkelbanens radius r :

$$r = L \cdot \sin(\varphi) \quad (5)$$

For kræfterne gælder følgende

Tyngdekraften F_G :

$$F_G = m \cdot g \quad (6)$$

Centripetalkraft F_C og tyngden F_G :

$$F_C = F_G \cdot \tan(\varphi) \quad (7)$$

Kombineres resultaterne (4) til (7), opnår vi

Tyngdeaccelerationen g :

$$g = \frac{4\pi^2 \cdot r}{T^2 \cdot \tan(\varphi)} = \frac{4\pi^2 \cdot L \cdot \cos(\varphi)}{T^2} \quad (8)$$

Beregninger

Måledata præsenteres i en tabel.

For hver målepunkt (L , φ , T) kan man naturligvis beregne en værdi for g . Det endelige resultat kan da findes som en middelværdi.

Overvej, hvor nøjagtigt du kan måle de indgående størrelser. Er der målesituationer, som giver mere nøjagtige resultater end andre? Bør alle dine resultater vægtes ens ved beregning af gennemsnittet?

Overvej andre analysemuligheder – f.eks. at afbilde $4\pi^2 \cdot L \cdot \cos(\varphi)$ som funktion af T^2 , for en måleserie med fast længde L .

Diskussion og evaluering

Sammenlign dit bedste bud på g med en tabelværdi.

Diskuter, om der er systematiske fejl i målingerne, som kan have påvirket resultatet.

Noter til læreren

Benyttede begreber

Jævn cirkelbevægelse
Centripetalkraft
Tyngdekraft
Opløsning af kræfter i komponenter.

Matematiske forudsætninger

Vektorregning eller tilsvarende geometrisk forståelse af kræfters komponenter
Trigonometri
(Vejet gennemsnit)

Didaktiske overvejelser

I hvert fald to grundlæggende forskellige tilgangsvinkler kan benyttes med dette apparatur. Det vil formentlig være en god idé at vælge en enkelt – eller i det mindste gøre eleverne opmærksomme på, hvornår man skifter udgangspunkt:

a – Tyngdekraften er kendt, vi undersøger teorien for jævn cirkelbevægelse

Ofte er eleverne på forhånd bekendt med formel (6) i teori afsnittet og benytter den gængse tabelværdi for g , når tyngdekraften skal beregnes. Vejer man loddet, kendes dermed F_G .

Herefter benyttes (7) – som blot udtrykker vektorsammensætning (dvs. stort set geometri) – til at bestemme centripetalkraften i hver målesituation. På den måde har man en bestemmelse af venstresiden af formel (4), som dermed kan undersøges.

Dette er synsvinklen i eksperiment 135710 Jævn cirkelbevægelse.

b – Teorien for jævn cirkelbevægelse er kendt, vi måler størrelsen af g

Formel (8) i teori afsnittet er blot en løsning af ligningssystemet (4) til (7) med hensyn til g . Hvis en anvendelse af (8) skal fungere i en pædagogisk sammenhæng, bør de foregående sammenhænge være rimelig veletablerede for eleverne.

Denne tilgang åbner også for en række overvejelser om vurdering og minimering af usikkerhederne på de indgående størrelser.

Dette er synsvinklen i nærværende eksperiment.

Detaljeret apparaturliste

Specifikt for eksperimentet

207010 Konisk pendul
202550 Gearmotor

Timing

Valgfrit: Tidtagning med SpeedGate:
197570 SpeedGate

Valgfrit: Tidtagning med fotocelle og timer:
200250 Elektronisk tæller
197550 Fotocelle enhed

(Hvis fotocelle *ikke* anvendes:

148515 Stopur Digitalt, Standard)

Standard laboratorieudstyr

DC strømforsyning, f.eks.

361600 Strømforsyning 0-12 V, 3 A

Stativudstyr, f.eks.:

000800 Stativstang 150 cm
000810 Stativstang 100 cm (2 stk.)
002310 Stativmuffe, firkantet (3-4 stk.)
001600 Bordklemme (2 stk.)
105750 Sikkerhedskabel 200 cm, sort
105751 Sikkerhedskabel 200 cm, rød

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