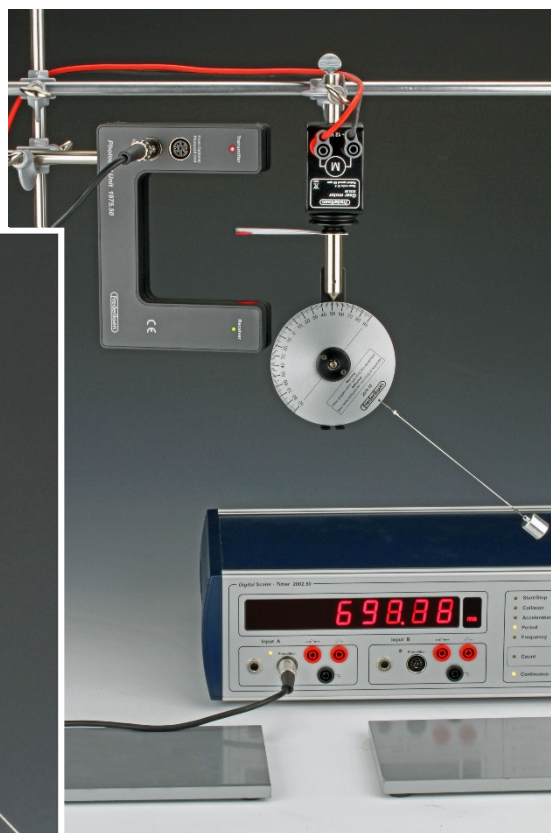
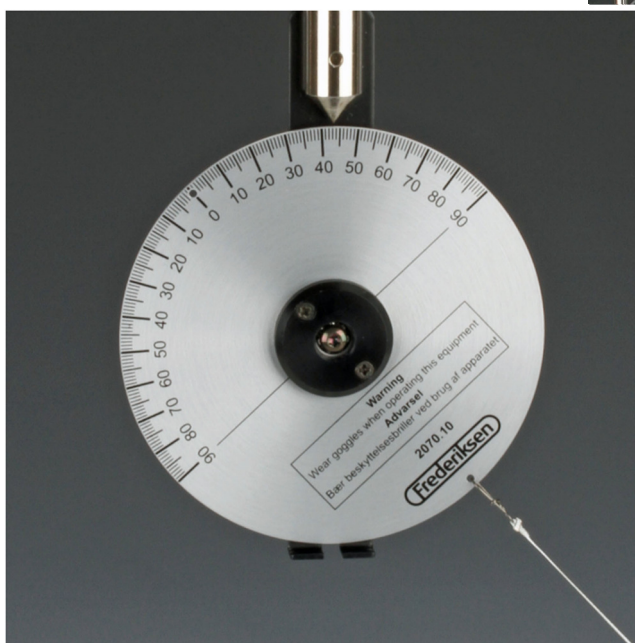


Nummer	135710	Emne	Mekanik, bevægelse i to dimensioner		
Version	2017-02-17 / HS	Type	Elevøvelse	Foreslået til	gymA
					p. 1/4



Formål

Undersøgelse af centripetalkraftens afhængighed af baneradius og omløbstid.

Princip

Vi bruger et konisk pendul i denne øvelse. Loddet bevæger 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.

Apparatur

(Se Detaljeret apparaturliste på sidste side)

207010 Konisk pendul

202550 gearmotor

DC strømforsyning

Stativmateriale

Stopur – eller

SpeedGate – eller

Fotocelle og tæller



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.

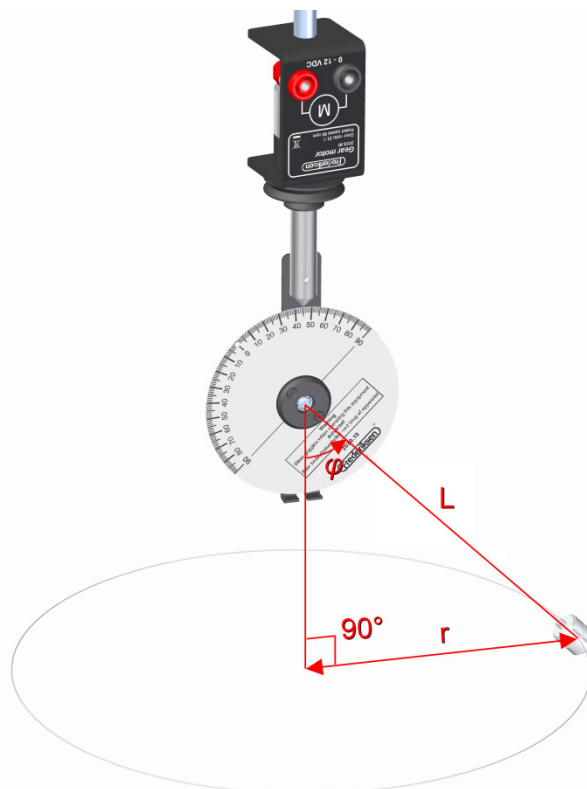
Vil I bruge en fotocelle til at måle omløbstiden, spændes en lille vinge af karton fast mellem gearmotor og konisk pendul. (Se billedet på side 1.) Med SpeedGate vælges *Period* og *Mean Period*.

Med slukket motor løftes lodsnoeren 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 lodsnoeren 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

Numrene i (parenteser) henviser til formlerne i teori afsnittet.

1 – Centripetalkraften afhænger af cirkelbanens radius

Vi udfører en eller flere måleserier med fast omløbstid og varierende radius:

Vej loddet og hæng det op med den *længste* af snorene.

Mål længden L af pendulet helt oppe fra skivens omdrejningspunkt ned til midten af loddet.

Indstil spændingen til motoren, så snoren danner en vinkel med lodret i nærheden af 60° . Vinklen φ skal aflæses præcist – det kræver lidt øvelse.

Mål omløbstiden T . Bruger du stopur, måles gennemsnit over f.eks. 10 omgange.

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

Skift snoren ud med en af de andre, og mål den nye værdi for L .

Indstil spændingen til motoren, så der opnås samme omløbstid som før. (Det vil være omtrent den samme spænding). Hvis du ikke benytter fotocelle og tæller, må du finjustere ganske lidt ad gangen og måle omløbstiden omhyggeligt. Aflæs den nye vinkel.

Gentag med resterende snore.

Denne procedure kan gentages for andre værdier af T ved at starte med den længste snor igen og en lidt anden vinkel.

2 – Centripetalkraften afhænger af omløbstiden

Vi udfører en eller flere måleserier, hvor cirkelbanens radius er fast, mens omløbstiden varierer:

Vej loddet og hæng det op med den *korteste* af snorene.

Mål længden L af pendulet helt oppe fra skivens omdrejningspunkt ned til midten af loddet.

Indstil spændingen til motoren, så snoren danner en vinkel med lodret i nærheden af 60° . Vinklen φ skal aflæses præcist – det kræver lidt øvelse.

Mål omløbstiden T . Bruger du stopur, måles gennemsnit over f.eks. 10 omgange.

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

Beregn banens radius r , ud fra vinklen φ vha. (5).

Skift snoren ud med en af de andre, og mål den nye værdi for L .

Vi ønsker at holde radius konstant. Beregn den værdi af φ , som giver samme radius som før. (Brug igen (5).)

Indstil spændingen, så du opnår det ønskede udslag. Mål den nye omløbstid.

Gentag med resterende snore.

Denne procedure kan gentages for andre værdier af r ved at starte med den korteste snor igen, og f.eks. benytte vinklen 50° .

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 :

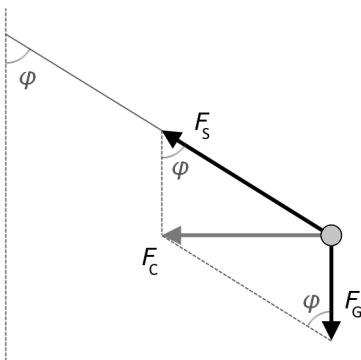
$$a = \omega^2 \cdot r = \frac{v^2}{r} = \frac{4\pi^2 \cdot r}{T^2} \quad (3)$$

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 snorekraften 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 masse midtpunkt) 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 :

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

Beregninger

Beregn tyngdekraften F_G på loddet.

Nedenfor skal du prøve at eftervise en teoretisk sammenhæng ud fra måleresultaterne.

Du kan med fordel benytte afbildning i et passende valgt koordinatsystem.

Hvis de målte størrelser teoretisk set skal afhænge *lineært* af hinanden, er den grafiske metode et nemt og meget overbevisende værktøj.

Hvis de direkte målte størrelser ikke i teorien har en lineær sammenhæng, kan man ofte sammensætte nogle *beregnete hjælpestørrelser*, som opfylder dette.

1 – Centripetalkraften afhænger af cirkelbanens radius

Beregn vha. (5) baneradius r i hvert tilfælde.

Derefter skal centripetalkraften F_C på loddet beregnes ud fra tyngdekraften på loddet for hver af ovenstående tilfælde. Brug formel (7).

Indsæt resultaterne i en passende tabel.

Hvilken sammenhæng forventer man mellem r og F_C , (når T holdes konstant) – ud fra den teoretiske formel for centripetalkraften (4)?

Kan du eftervise denne sammenhæng ud fra de eksperimentelle resultater?

2 – Centripetalkraften afhænger af omløbstiden

Ud fra tyngdekraften på loddet skal centripetalkraften F_C på loddet beregnes for hver af ovenstående tilfælde. Brug formel (7).

Indsæt resultaterne i en passende tabel.

Hvilken sammenhæng forventer man mellem T og F_C , (når r holdes konstant) – ud fra den teoretiske formel for centripetalkraften (4)?

Kan du eftervise denne sammenhæng ud fra de eksperimentelle resultater?

Diskussion og evaluering

I denne øvelse skal en teoretisk sammenhæng mellem forskellige fysiske størrelser eftervises eksperimentelt.

Det ville være besynderligt, om resultaterne stemte med teorien på sidste decimal – der vil altid være måleusikkerheder.

Vurdér, hvor godt teorien beskriver eksperimenterne. Ser afvigelserne ud til at skyldes tilfældige måleusikkerheder, eller er der tegn på systematiske fejl?

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
Der skal muligvis lidt hjælp til, før eleverne opdager, hvilke størrelser, man kan afbilde grafisk i del 2.

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 eksperimenterne 1 til 2 i denne vejledning.

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

Løser vi ligningssystemet (4) til (7) med hensyn til g , får vi

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

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 eksperiment 135730 Konisk pendul – bestemmelse af g .

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:

148550 Stopur Digitalt)

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

Reklameringsret

Der er to års reklameringsret, regnet fra fakturadato. Reklameringsretten dækker materiale- og produktionsfejl.

Reklameringsretten 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 fragtbetøbet 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