Naturfagstårnet

Et naturvidenskabeligt læringscenter

https://www.facebook.com/Naturfagstaarnet

MORSØ GYMNASIUM · Limfjordsvej 95 · 7900 Nykøbing Mors Tlf. 97 72 22 88

www.morsoegym.dk · adm@morsoe-gym.dk

Indhold

Naturfagstårnet – et naturvidenskabeligt læringscenter 5
Status på projektet 6
Vindmølleparken 8
Solcelleanlæg 11
Flymodel 14
Flysimulator 17
Klassisk mekanik - Penduler 19
Klassisk mekanik - Kuglebaner 21
Appendices 23

Naturfagstårnet – et naturvidenskabeligt læringscenter

Morsø Gymnasium har igennem et par år arbejdet med at udvikle Naturfagstårnet for at fremme den naturvidenskabelige undervisning.

Projektet er støttet af Region Nordjylland under uddannelsespuljen.

Projektet går ud på at lave eksperimentelle opstillinger vedrørende forskellige naturvidenskabelige emner som "klassisk mekanik", "energi", "aerodynamik og flyvning" og "teknologi", samt lave informationsmateriale om emnerne. Derudover er der lavet plakater om den naturvidenskabelige fortælling og om centrale personer i naturvidenskaben.

Opstillingerne laves i forbindelse med de naturvidenskabslokaler, som gymnasiet og Dueholmskolen deler, men det øvrige informationsmateriale kan også komme ud til skoler, på biblioteket mm.

Projektet bringer således innovation og formidling ind i undervisningen og resultatet kan bruges som inspiration for andre.

Som det fremgår, er deltagelsen i et projekt og inddragelsen i den naturvidenskabelige fortælling med dens forbilleder det der, efter vores mening, vil stimulere den naturvidenskabelige interesse hos de unge mennesker.

Det er et at målene at skabe en mere "legende" og eksperimenterende tilgang til det teoretiske stof som eleverne skal tilegne sig i de naturvidenskabelige fag.

Det betyder større interesse for naturfag, og i den sidste ende vil det betyde, at eleverne i højere grad vælger det til.

Vi har i løbet af udviklingsperioden været i kontakt med en række lokale virksomheder med henblik på at etablere et samarbejde, hvor virksomhedernes produkter og/eller teknologi bliver anvendt i de forskellige opstillinger. SKOV Ventilation A/S har således bl.a. doneret blæsere til vores vindmøllepark og vores aerodynamiske test opstilling, hvilket vi er meget taknemmelige for.

Status på projektet

Vi har med udgangen af juni 2022 afsluttet udviklingen, og idriftsat projektet med en række opstillinger som præsenteres i det efterfølgende. Tårnet er nu åbent for besøgende, så kontakt os hvis du vil på besøg med din klasse.

Vi har gennemført undervisningsforløb for vores egne studerende, samt en række af øens folkeskoleelever, og vi har udviklet forsøg og forsøgsbeskrivelser for opstillingerne således at de kan anvendes uafhængigt af projektdeltagernes tilstedeværelse.

Tårnet fremstår i dag med følgende opstillinger:

Energi	
"Vindmøllepark"	To møller der drives af en integreret vindmaskine, som tillader at undersøge effekten af vindhastighed, antallet af vinger på møllen, vingernes vinkel og gearing på møllen. Data udlæses digitalt i form af genereret spænding. Data kan opsamles via Pasco Capstone eller manuelt.
Solcelleanlæg	En solcelle kan drives af forskellige lyskilder og tillader undersøgelser af lyskvalitet (bølgelængder), lysintensitet og lysets indfaldsvinkel. Lyskildernes spektre kan ligeledes udledes og sammenlignes. Data udlæses digitalt i form af genereret strømstyrke. Data kan opsamles via Pasco Capstone eller manuelt.
Aerodynamik	
Flymodel	Et modelfly (1,2 x 1,6 m) kan udsættes for varierende vindstyrker (simulering af variabel hastighed) og varierende vind vinkler. "Lift" og "drag" kan måles via to kraftsensorer der måler de kræfter der påvirker flyet.
Vingemodeller	Forskellige vingemodeller kan udsættes for vindpåvirkning og eleverne kan mærke med deres egne hænder hvordan forskellige vingeprofiler påvirkes af vinden i forskellige vinkler.
Flysimulator	Eleverne kan tage plads i vores flysimulator og afprøve deres viden om rorvinkler, flaps, hastighed m.v. og flyve en (virtuel) tur og se om de kan starte og lande en flyvemaskine.
Klassisk Mekanik	
Pendulophæng	Eleverne kan i vores opstilling eksperimentere med effekten af forskellige snorelængder og pendulvægte. De kan ligeledes se effekten af forskellige snorelængder i X/Y planet når pendulet bevæger sig i en cirkelbevægelse.

Kuglebaner	Kuglebaner med forskellig udformning muliggør undersøgelse af omsætning mellem potentiel og kinetisk energi. Cirkeludsnit med forskellig radius muliggør sammenligninger mellem kuglebaner og pendulers svingning.

De kvantitative forsøg henvender sig primært til ungdomsuddannelserne, men de kvalitative elementer af forsøgene vil også kunne anvendes i folkeskolernes udskoling.

På de følgende sider er de enkelte opstillinger beskrevet med flere detaljer.

Øvelsesvejledningerne er samlet i et appendix bagerst i dokumentet, men er linket i gennemgangen af de enkelte opstillinger.

Vindmølleparken

Vindenergi i praksis

Vindmølleparken gør det muligt at undersøge produktionen af elektricitet ved hjælp af vindenergi.

Opstillingen er designet sådan at en central blæser leverer en vind der udnyttes af 1 eller 2 møller.

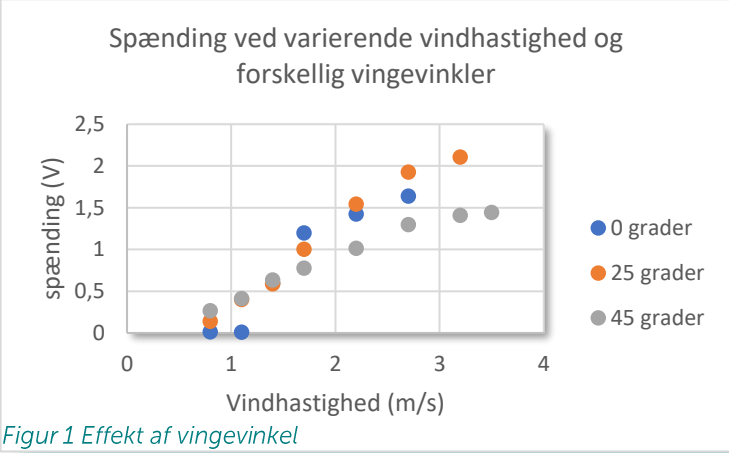
Produktionen af elektricitet måles som den spænding og/eller strømstyrke der leveres af møllerne.

Den centrale blæser kan levere trinløst variabel vindhastighed, og møllerne kan udstyres med forskelligt antal vinger. Vingernes vinkel til vinden kan ligeledes varieres. Møllerne kan desuden udstyres med forskellig gearing.

Det er således muligt at producere kvantitative data, som tillader praktisk afprøvning af det teoretiske fundament for produktion af elektricitet, ved hjælp af vindmøller.

I et modeleksperiment har vi afprøvet effekten af forskellige vingevinkler ved varierende vindhastigheder (se fig 1). Resultaterne viser at den optimale vingevinkel afhænger af vindens hastighed, hvilket forklarer hvorfor vindmøller kan dreje deres vinger.

Vindhastigheder måles manuelt med et håndholdt anemometer, og den producerede spænding/strømstyrke kan udlæses enten manuelt med et håndholdt multimeter, eller ved direkte datafangst i Pasco Capstone (spænding).

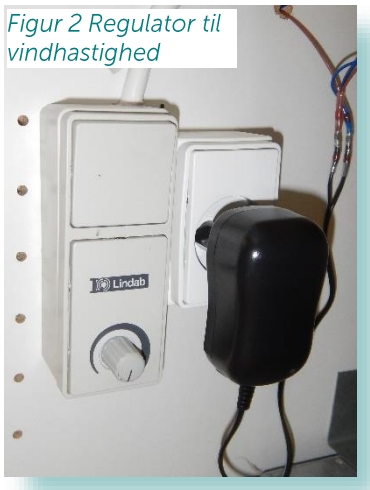


Figur 1 Effekt af vingevinkel

Forslag til forsøgsparametre

I forbindelse med vindmølleparken er det altså muligt at undersøge følgende parametres indflydelse på den producerede spænding/strømstyrke:

- Vindhastighed
- Vingernes vinkel til vinden
- Møllernes gearing

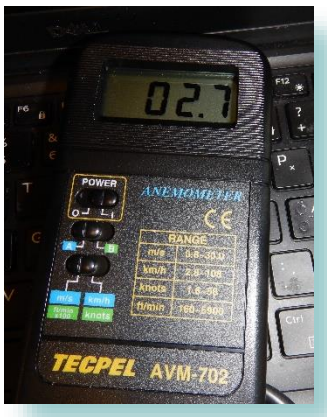


Figur 2 Regulator til vindhastighed

Opstilling

Følgende udstyr er tilgængeligt i forbindelse med opstillingen:

- Blæser med vind til 1 eller 2 møller, og variabel hastighed (se fig. 2)
- 2 møller
- Håndhold digitalt multimeter
- Håndholdt anemometer (se fig. 3)
- Trådløst digitalt interface til Pasco Capstone



Figur 3 Håndholdt anemometer

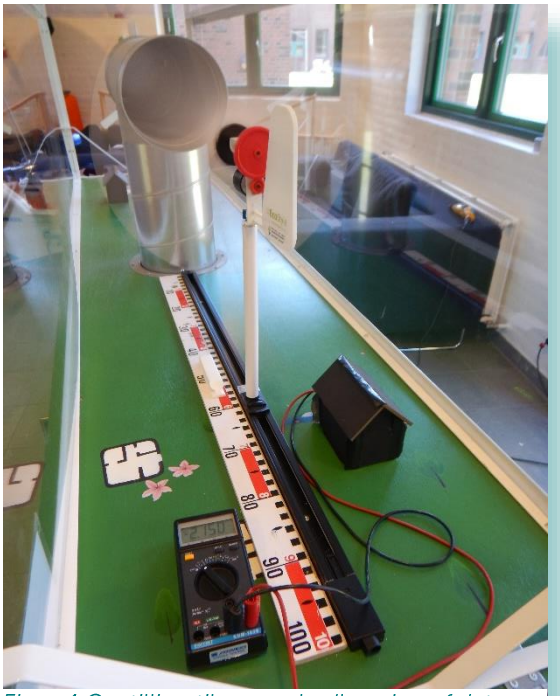
Egnet niveau

Opstillingen vil kunne anvendes intuitivt og kvalitativt (jo mere det blæser- jo mere strøm produceres) i folkeskolernes udskoling. På ungdomsuddannelserne kan opstillingen anvendes i fagene naturgeografi (energiforsyning) og fysik. I fysikundervisningen kan opstillingen anvendes på alle tre niveauer med stigende detaljeringsgrad, og krav til forståelse/inddragelse af de bagvedliggende teorier for vindenergi.

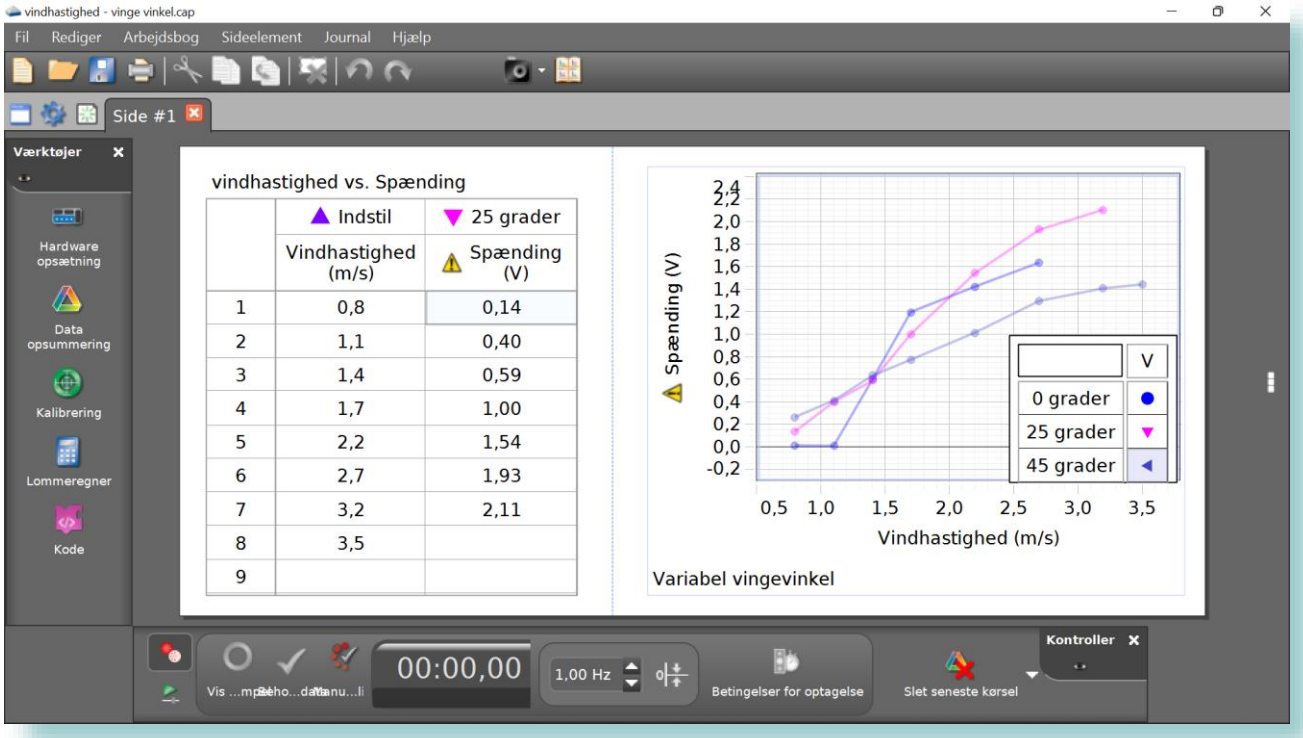
Eksempel på forsøgsvejledning.

Til brug som udgangspunkt/ reference har vi lavet nedenstående forsøgsvejledning, men vi anbefaler at opstillingen anvendes i et induktivt forløb, hvor eleverne selv bestemmer hvilke parametre de vil undersøge, og hvordan.

Link til Forsøgsvejledning

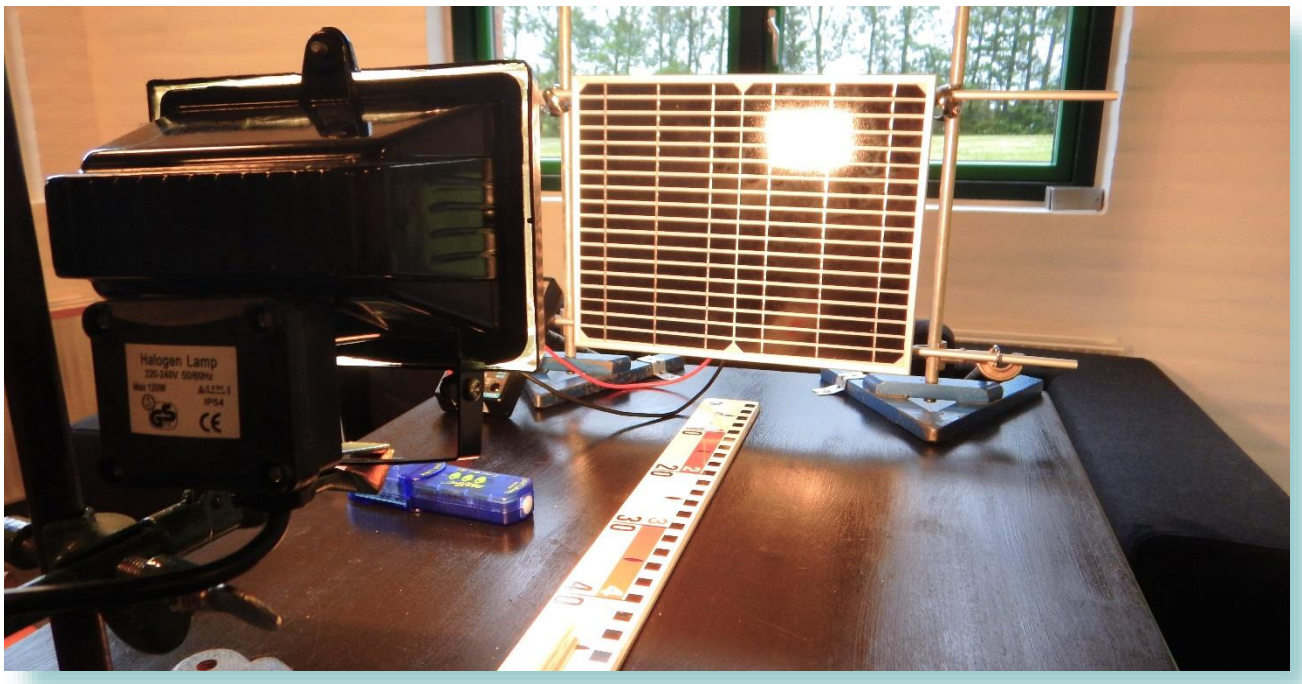


Figur 4 Opstilling til manuel udlæsning af data



Figur 5 Eksempel på datafangst i Pasco Capstone

Solcelleanlæg



Lys og solenergi

Med solcelleanlægget kan man undersøge produktionen af elektricitet ved hjælp af solenergi.

Opstillingen er designet så der kan eksperimenteres med forskellige lyskilder og forskellige lysintensiteter. Samtidigt kan solcellen roteres så det er muligt at eksperimentere med effekten af forskellige indfaldsvinkler af lyset.

Produktionen af elektricitet måles som den effekt solcellen leverer under forskellige lysforhold.

Solcellen kan belyses med en glødepære, en halogenlampe og en LED projektør (se fig. 1), som alle udsender lys med forskellige spektre.

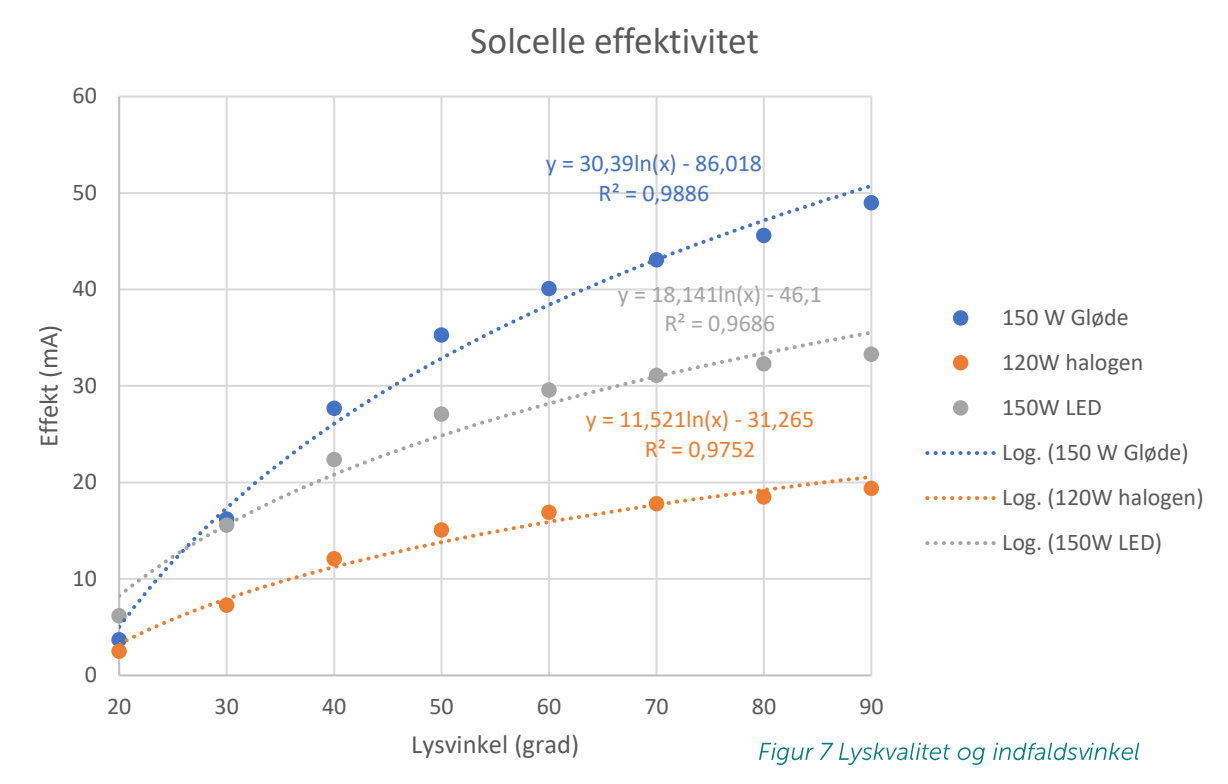
Figur 6 Lyskilder til solcelleanlæg

Opstillingen producerer således kvantitative data der tillader undersøgelse af solcellers effekt under forskellige forhold.

I et modeleksperiment har vi undersøgt effekten af indfaldsvinkel og lyskvalitet (se fig. 2), og resultaterne viser at

solcellens effekt dels afhænger af lyskvaliteten, og dels af indfaldsvinklen.

Effekten og lysintensitet måles manuelt med hhv. et håndholdt luxmeter, og et håndholdt amperemeter.



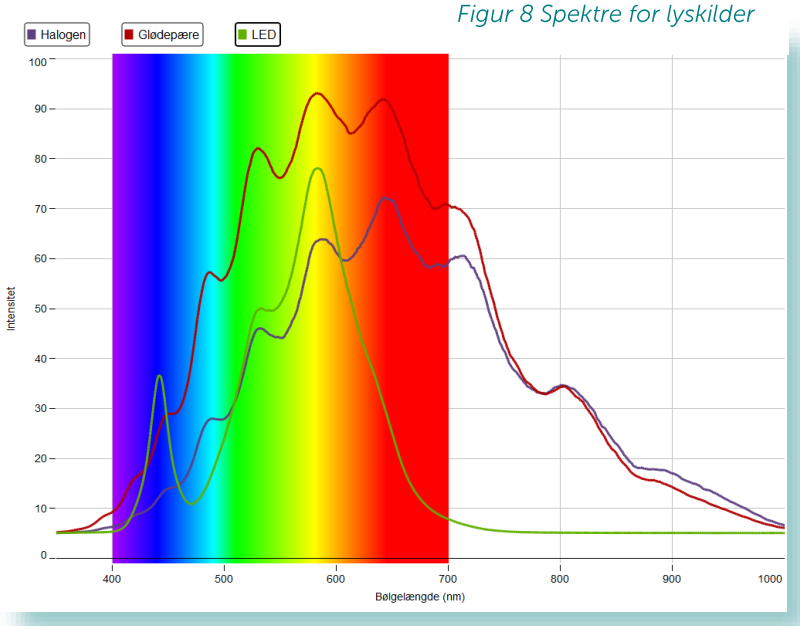
Figur 7 Lyskvalitet og indfaldsvinkel

Forslag til forsøgsparametre

I forbindelse med solcelleanlægget er det altså muligt at undersøge følgende parametres indflydelse på den producerede effekt:

- Lyskvalitet (se fig. 3)
- Lysintensitet
- Lysets indfaldsvinkel

Figur 8 Spektre for lyskilder



Opstilling

Følgende udstyr er tilgængeligt i forbindelse med opstillingen:

- Solcelle der kan kippes i forhold til lyset (variabel indfaldsvinkel)
- 3 forskellige lyskilder med forskellige bølgelængdespektre. Lysintensiteten for glødepæren og halogenlampen kan varieres via en dæmper (virker ikke med LED-lys).
- Håndholdt luxmeter til måling af lysintensitet
- Håndholdt digitalt multimeter (amperemeter) til måling af strømstyrken
- Spektrometer til måling af lysets bølgelængdespektrum

Egnet niveau

Opstillingen vil kunne anvendes intuitivt og kvalitativt (jo mere lys - jo mere strøm produceres) i folkeskolernes udskoling.

På ungdomsuddannelserne kan opstillingen anvendes i fagene naturgeografi (energiforsyning), biologi (effekten af lys m. forskellig bølgelængde) og fysik. I fysikundervisningen kan opstillingen anvendes på alle tre niveauer med stigende detaljeringsgrad, og krav til forståelse/inddragelse af de bagvedliggende teorier for lysenergi og solcellers virkemåde.

Eksempel på forsøgsvejledning.

Til brug som udgangspunkt/ reference har vi lavet nedenstående forsøgsvejledning, men vi anbefaler at opstillingen anvendes i et induktivt forløb, hvor eleverne selv bestemmer hvilke parametre de vil undersøge, og hvordan.

Forsøgsvejledning

Flymodel

Flyvningens fysik

Flymodellen opererer i en luftstrøm fra en industriblæser. På vingerne er der koblet kraftmålere der registrerer både tryk og træk.

Flyets flaps kan styres med en fjernbetjening, og effekten af vindens påvirkninger kan registreres digitalt i Pasco Capstone.

Udover flaps, kan også haleror og stabilisatorer styres via fjernbetjeningen. Det er således muligt at producere kvantitative data som tillader praktisk afprøvning af det teoretiske fundament for flyets bevægelser i luften.

Figur 9 Flyets grundstilling kan varieres ved hjælp af hulbåndet der forbinder halen med stativet

Der kan således måles på når flyet stiger, falder, krænger og drejer horisontalt.

Udover disse parametre kan flyets grundstilling varieres, og man kan således starte målingerne med flyet i horisontal stilling eller under stigning og dyk (se fig. 1).

Som supplement til flymodellen kan eleverne afprøve forskellige vingeprofiler foran blæseren og med egne hænder mærke de kræfter der påvirker vingen under flyvning.

Forslag til forsøgsparametre

I forbindelse med flymodellen er det muligt at undersøge følgende parametres påvirkning af flyet:

- Vindhastighed
- Effekten af flaps (højre, venstre eller begge)
- Effekten af haleror
- Effekten af stabilisatorer
- Effekten af flyets grundstilling (horisontal, næse op, næse ned)

Opstilling

Følgende udstyr er tilgængeligt i forbindelse med opstillingen:

- Industriblæser med vind som enten er turbulent eller laminar
- Fjernstyret flymodel
- 2 digitale kraftmålere (se fig. 2)
- Håndholdt anemometer
- Digitalt interface til Pasco Capstone (fig. 3)
- Vingeprofiler til håndholdt afprøvning.

Figur 10 Opstilling med kraftmålere koblet til flyets vinger

Figur 11 Det digitale interface til kraftmålerne og flyets fjernbetjening

Egnet niveau

Opstillingen vil kunne anvendes intuitivt og give eleverne en fornemmelse af hvilke kræfter der holder et fly i luften, samt tillader det at manøvrere.

På ungdomsuddannelserne kan opstillingen anvendes i fysik. I fysikundervisningen kan opstillingen anvendes på alle tre niveauer med stigende detaljeringsgrad, og krav til forståelse/inddragelse af de bagvedliggende teorier.

Eksempel på forsøgsvejledning.

Vi anbefaler at opstillingen anvendes i et induktivt forløb, hvor eleverne selv bestemmer hvilke parametre de vil undersøge, og hvordan.

Flysimulator

Virtuel flyvning

I forbindelse med Morsø Gymnasiums samarbejde med Morsø Svæveflyklub, hvor vores Fysik A elever bliver tilbudt at tage svæveflycertifikat, udviklede vi vores flysimulator.

Flysimulatoren indgår nu i Naturfagstårnets tilbud.

I flysimulatoren kan eleverne afprøve den viden de har opnået ved at arbejde med flymodellen og vingeprofilerne i "praksis"

De kritiske parametre for at holde flyet i luften er hastighed, drejningsradier (op, ned og horisontalt), hvilket kan afprøves virtuelt i simulatoren.

Simulatoren, sammen med monitoren, giver et realistisk cockpit for eleverne at arbejde i.

Forslag til forsøgsparametre

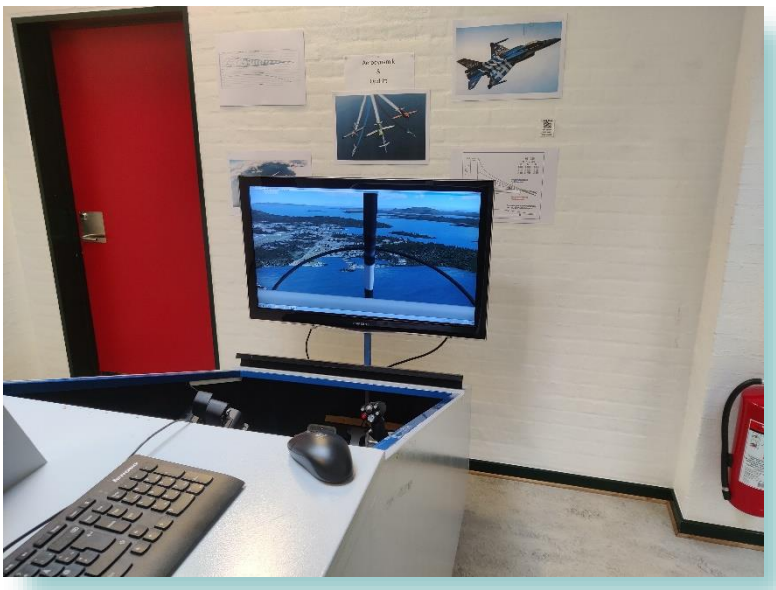
I simulatoren vil det være hensigtsmæssigt at teste effekten af følgende parametre:

- Flyets hastighed
- Krængningsvinkler under horisontale drejninger samt op/ned
- Krængningsvinklens betydning for flyets tendens til at "stalle"
- Ror og flaps' virkning på flyet under flyvning
- Kritiske hastigheder for start/landing

Opstilling

Følgende udstyr er tilgængeligt i forbindelse med opstillingen:

- Fuldt udstyret "cockpit" (se billeder)
- Software og hardware



Egnet niveau

Opstillingen vil kunne anvendes intuitivt give eleverne en fornemmelse af hvilke kræfter der holder et fly i luften samt tillader det at manøvrere.

På ungdomsuddannelserne kan opstillingen anvendes i fysik. I fysikundervisningen kan opstillingen anvendes på alle tre niveauer med stigende detaljeringsgrad, og krav til forståelse/inddragelse af de bagvedliggende teorier.

Eksempel på forsøgsvejledning.

Vi anbefaler at opstillingen anvendes i et induktivt forløb, hvor eleverne selv bestemmer hvilke parametre de vil undersøge, og hvordan.

Klassisk mekanik - Penduler

Penduler

Pendulophæng er fremstillet så det er muligt at eksperimentere med de parametre der påvirker et penduls bevægelse.

Udover simple penduler kan der eksperimenteres med et 2-akset pendulophæng, hvor snorens længde er forskellig i x- og y-planet. Slippes et sådant pendul i en ikke-lineær bevægelse, vil det bevæge sig kaotiske. Disse bevægelser kan aflæses som mønstre af af sand der forlader pendulet (se video på hjemmesiden)

Der er desuden kuglebaner til rådighed, som tillader forsøg der undersøger sammenhængen mellem kuglens bevægelse på en bane med et penduls bevægelser. Herunder er det f.eks. muligt at beregne længden på pendulet for f.eks. at opnå samme hastighed på pendul og kugle.

Forslag til forsøgsparametre

På kuglebanerne kan følgende parametre indgå i de planlagte forsøg:

- Pendulets vægt
- Snorens længde (radius)
- Højde hvor pendulet slippes
- Svingningstid
- Hastighed

Opstilling

Følgende udstyr er tilgængeligt i forbindelse med opstillingen:

- Pendulophæng m. 1 og 2 akser
- Penduler
- Stopur
- Målebånd

Egnet niveau

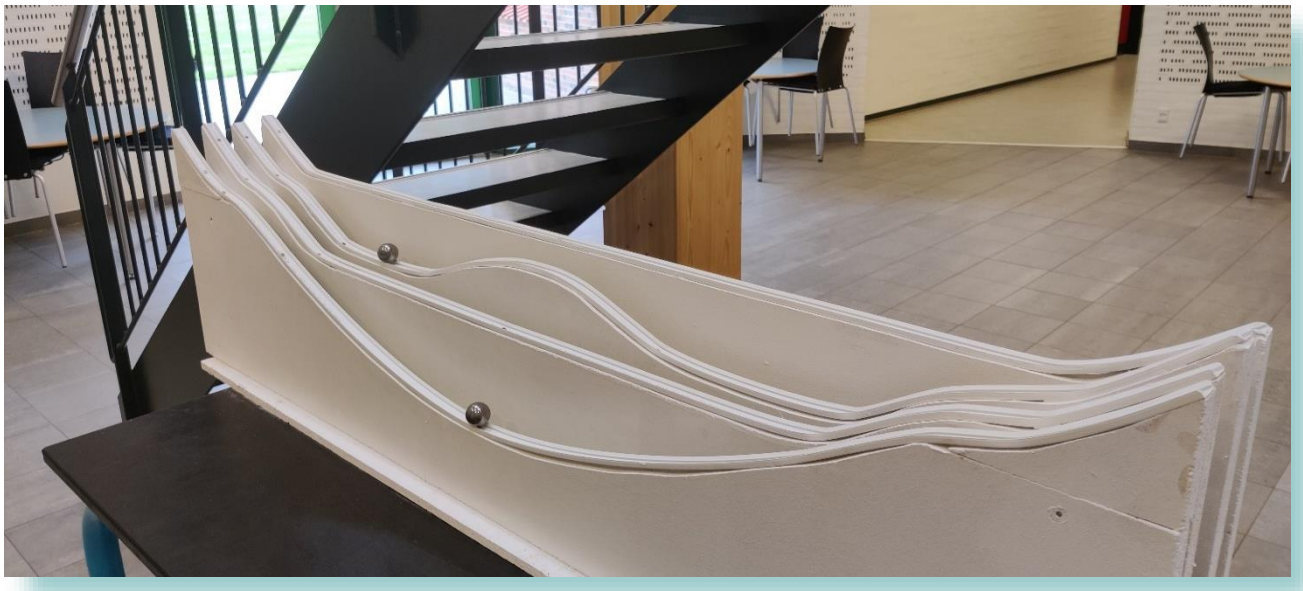
Opstillingen vil kunne anvendes intuitivt (hvilke penduler svinger hurtigst?) i folkeskolernes udskoling. På ungdomsuddannelserne kan opstillingen anvendes i fysikundervisningen. Opstillingerne anvendes på alle tre niveauer med stigende detaljeringsgrad, og krav til forståelse/inddragelse af de bagvedliggende teorier for pendulbevægelser.

Eksempel på forsøgsvejledning.

Til brug som udgangspunkt/reference har vi lavet nedenstående forsøgsvejledning, men vi anbefaler at opstillingen anvendes i et induktivt forløb, hvor eleverne selv bestemmer hvilke parametre de vil undersøge, og hvordan.

Link til Forsøgsvejledning

Klassisk mekanik - Kuglebaner



Kuglebanerne

Kuglebanerne kan anvendes til eksperimenter med kinetisk vs. potentiel energi, rotationsenergi m.v.

De forskellige udformninger af kuglebanerne er udvalgt så forskellige parametre kan testes mod hinanden (længde på banen, hældning, bakke/dal etc.).

Der er desuden baner som tillader forsøg der undersøger sammenhængen mellem kuglens bevægelse på en bane med et penduls bevægelser. Herunder er det f.eks. muligt at beregne længden på pendulet for f.eks. at opnå samme hastighed på pendul og kugle.

Det vil desuden være muligt at bestemme kuglernes hastighed vha. videoanalyse af kuglernes bevægelser.

Forslag til forsøgsparametre

På kuglebanerne kan følgende parametre indgå i de planlagte forsøg:

- Vertikal afstand
- Horisontal afstand
- Banens hældning
- Tid
- Hastighed

Opstilling

Følgende udstyr er tilgængeligt i forbindelse med opstillingen:

- 7 forskellige kuglebaner
- Kugler
- Stopur
- Målebånd
- Vinkelmåler
- Videoanalyse

Egnet niveau

Opstillingen vil kunne anvendes intuitivt og kvalitativt (hvilken kugle kommer først, og hvorfor) i folkeskolernes udskoling. På ungdomsuddannelserne kan opstillingen anvendes i fysikundervisningen. Opstillingerne anvendes på alle tre niveauer med stigende detaljeringsgrad, og krav til forståelse/inddragelse af de bagvedliggende teorier for omsætning af energi.

Eksempel på forsøgsvejledning.

Vi vi anbefaler at opstillingen anvendes i et induktivt forløb, hvor eleverne selv bestemmer hvilke parametre de vil undersøge, og hvordan.

Appendices

Vindmølle - energiproduktion & vindens fart 24
Belysningsstyrke..... 32
Instrålingsvinkel..... 38
Afstandskvadratloven..... 44
Penduls svingningstid – Amplitude.....51
Penduls svingningstid – længde.....60
Penduls svingningstid – Masse 67

RAPPORT

VINDMØLLE - ENERGIPRODUKTION & VINDENS FART

Navn:

1.
2.
3.

FORMÅL

Formål med dette forsøg er at undersøge sammenhængen mellem den energi, en vindmølle producerer og vindens fart.

HYPOTESE

...

TEORI

Energi og effekt

I takt af at luftpartikler kan flytte sig, har de mulighed for at sætte de objekter, de rammer, i bevægelse. Vind kan overføre sin energi. Bevægelsesenergi hedder også *kinetisk energi* (efter græsk: *kinesis*, bevægelse).

Når et legeme med massen $\boldsymbol{m}$ bevæger sig med hastigheden $\boldsymbol{v}$, kan dets kinetiske energi $\boldsymbol{E_{kin}}$ beregnes af formlen:

$$\boldsymbol{E_{kin} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2}$$

Eksempel på brug af formlen.

Det viser sig, at med en lufttemperatur på $T = 10\ ^\circ\mathrm{C}$ er massen af $1\ \mathrm{m}^3$ luft ca. $m = 1{,}2466\ \mathrm{kg}$ (*se tabellen i bilag*). Med en frisk vind hvor luftens fart er ca. $v = 10\ \mathrm{m/s}$ er kinetisk energi af $1\ \mathrm{m}^3$ luft på:

$$E_{kin} = \frac{1}{2} \cdot 1{,}2466\ \mathrm{kg} \cdot \left(10\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right)^2 = 62\ \mathrm{J}$$

Hvis luftens fart fordobles, bliver den kinetiske energi af $1\ \mathrm{m}^3$ luft så:

$$E_{kin} = \frac{1}{2} \cdot 1{,}2466\ \mathrm{kg} \cdot \left(20\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right)^2 = 249\ \mathrm{J}$$

altså fire gange så stor $\left(\text{da } \frac{249\ \mathrm{J}}{62\ \mathrm{J}} = 4\right)$!

Energien er i J, hvis massen angives i kg og farten i m/s.

Denne kinetiske energi udnyttes af vindmølle, når vinden med stor hastighed rammer vingerne. En del af luftens kinetiske energi bliver omsat til kinetisk energi i møllevingerne, som trækker en generator. Denne generator omsætter så nu vingernes kinetiske energi til elektrisk energi.

Det relevante, når der beskæftiges med energi til samfundet, er ikke bare at finde ud af hvor meget energi, der produceres, men hvor meget der produceres over tiden. Begrebet for det er *effekten*.

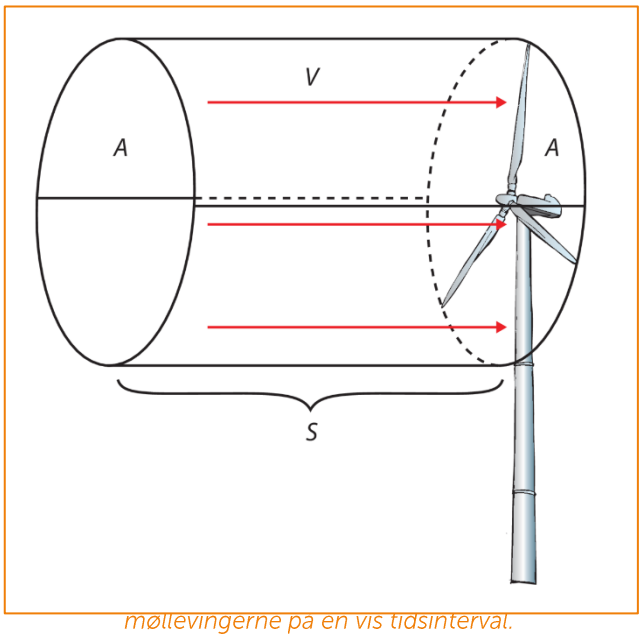
Effekten $\boldsymbol{P}$ er energimængden $\Delta\boldsymbol{E}$ pr. tidsinterval $\Delta\boldsymbol{t}$:

$$\boldsymbol{P} = \frac{\Delta \boldsymbol{E}}{\Delta \boldsymbol{t}}$$

Betydningen af luftmængden

Den energi, der kan få ud af vinden, afhænger imidlertid også af, hvor meget luft der passerer møllens vinger. Det må komme an på flere tinge:

A. vindmøllens størrelse (dens vingefang)
B. hvor "tæt pakket" luften er, når det passerer møllens vinger (luftens densitet) og
C. luftens fart, da jo hurtigere, luften blæser, desto mere luft passerer møllens vinger.



møllevingerne på en vis tidsinterval.

For at forstå disse betingelser og hvordan de påvirker møllens virke, oprettes der en model af virkeligheden (se figuren):

A. **Vingegangen**: der betragtes en vindmølle med vingelængde $\boldsymbol{r}$, der dækker et areal $\boldsymbol{A}$ **(se billedet)**. Sammenhængen mellem vingelængde og areal er den velkendte formel for et cirkelareal:

$$\boldsymbol{A} = \boldsymbol{\pi} \cdot \boldsymbol{r}^2$$

B. Hvor meget luft, der flytter sig, kan være en kompliceret størrelse, som afhænger af landskabsformen, lufttemperatur og -fugtighed samt det atmosfæriske tryk den pågældende dag. Den gældende størrelse her er luftens densitet $\boldsymbol{\rho}$, som bestemmes ved:

$$\boldsymbol{\rho} = \frac{\boldsymbol{m}}{\boldsymbol{V}}$$

hvor $\boldsymbol{m}$ er en bestem luftmasse og $\boldsymbol{V}$ er den tilsvarende volumen.

C. I løbet af tiden passere en vis mængde luft. Jo hurtigere vinden er, desto mere luft blæser igennem møllen. Luftens fart kan bestemmes ved den grundlæggende formel for fart, nemlig:

$$\boldsymbol{v = \frac{\Delta s}{\Delta t}}$$

hvor $\boldsymbol{\Delta s}$ er den afstand, luften tilbagelægger på tidsintervallet $\boldsymbol{\Delta t}$.

Disse tre grundlæggende formler kan nu kombineres for at sammenfatte luftmængdens betydning for vindmøllens virke.

I løbet af tidsintervallet $\boldsymbol{\Delta t}$ vil en luftsøjle med tværsnitsareal $\boldsymbol{A}$ og længde $\boldsymbol{\Delta s}$ passere møllevingerne. Søjlens luftmasse er givet ved:

$$\boldsymbol{m = \rho \cdot V}$$

og dens volumen ved:

$$V = A \cdot \Delta s$$

Ved at kombinere disse to ligninger fås:

$$m = \rho \cdot A \cdot \Delta s$$

$$m = \rho \cdot \pi \cdot r^2 \cdot \Delta s$$

Her bliver det tydeligt, at luftens tæthed og møllens størrelse er med til at bestemme luftmassen.

Energien i luftens bevægelse

Den effekt, luften har, kan nu beregnes på baggrund af den mængde energi, som luftmasse bærer med sig i sin bevægelse over tiden:

$$P = \frac{\Delta E}{\Delta t} = \frac{\Delta E_{kin}}{\Delta t}$$

$$P = \frac{\frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2}{\Delta t} = \frac{\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot \pi \cdot r^2 \cdot \Delta s \cdot v^2}{\Delta t} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot \pi \cdot r^2 \cdot \frac{\Delta s}{\Delta t} \cdot v^2$$

$$P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot \pi \cdot r^2 \cdot v \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot \pi \cdot r^2 \cdot v^3$$

Udtrykket for møllens effekten er så:

$$\boldsymbol{P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot \pi \cdot r^2 \cdot v^3}$$

Der kan ses her, at luftens effekten i høj grad afhænger af vindhastigheden. En fordobling af vindhastigheden $\boldsymbol{v}$ vil således medføre, at effekten bliver otte gange så stor. Det betyder, at selv om meget store vindhastigheder er sjældne, er det alligevel dem, der giver det største bidrag til møllernes energiproduktion.

Desuden afhænger effekten også af vingeradius. En fordobling af vingeradius r vil således medføre, at effekten bliver fire gange så stor.

Begrænsninger

En vindmølle kan dog kun udnytte en del af vindens kinetiske energi. Det skyldes, at luften efter passage af møllen skal kunne bevæge sig væk fra den. Den er derfor nødt til at have en hastighed og derfor også noget kinetisk energi, som den ikke overfører til møllens vinger.

Det viser sig, at der maks. kan udnyttes 59% af vindens kinetiske energi.

MATERIALER

Til eksperimentet anvendes:

- .
- .
- .
- .

FREMGANGSMÅDE

1.
2.
3.
4.

Indsæt et billede af opstillingen!

RESULTATER

Mål afstand mellem vindmøllens model og blæserens udmunding samt lufttemperatur i rummet:

Afstand til udmunding Δs [cm]	Lufttemperatur T [°C]

Lav mindst tre målinger af den samme indstilling på blæsemaskinen for senere at udregne et gennemsnit.

Indstilling	Vindens fart v_{vind} [m/s]	Møllens spænding $U_{mølle}$ [V]	Møllens strømstyrke $I_{mølle}$ [mA]	Indstilling	Vindens fart v_{vind} [m/s]	Møllens spænding: $U_{mølle}$ [V]	Møllens strømstyrke $I_{mølle}$ [mA]
1.				6.			
2.				7.			
3.				8.			
4.				9.			
5.				10.			

BEHANDLING AF RESULTATER

GENNEMSNITSVÆRDIER

De relevante gennemsnitsværdier fremgår af de følgende tabeller.

Indstilling	Vindens		Møllens		
	fart $\bar{v}_{vind}$ [m/s]	effekt P_{vind} [J]	spænding: $\bar{U}_{mølle}$ [V]	strømstyrke $\bar{I}_{mølle}$ [mA]	effekt $P_{mølle}$ [W]
1.					
2.					
3.					
4.					
5.					
6.					
7.					
8.					
9.					
10.					

GRAFISK FREMSTILLING

Herved præsenteres den graf, der illustrerer den eftersøgte sammenhæng mellem de relevante fysiske størrelser.

Relevant graf(er)

Redegørelse af graf(er)

...

Analyse af graf(er)

...

DISKUSSION

...

Husk, ud over de almindelige krav til diskussionen, at sammenligne forsøgsresultater med teorien. Her vil det være relevant at:

- Sammenhold møllens effekt med vindens effekt ved at udregne deres *relative afvigelse* for hver indstilling.
- Bestem møllens *nyttevirkning*.

KONKLUSION

...

PERSPEKTIVERING

Valg et naturfænomen eller en teknologi, der på et eller anden måde har med vindstyrke at gøre. Forklar den med din nye viden.

...

BILAG

Luftens	
temperatur	densitet
T	ρ
[°C]	[kg/m^3]
35	1,1455
30	1,1644
25	1,1839
20	1,2041
15	1,2250
10	1,2466
5	1,2690
0	1,2922
-5	1,3163
-10	1,3413
-15	1,3673
-20	1,3943
-25	1,4224

RAPPORT

BELYSNINGSSTYRKE

Navn:

1.
2.
3.

FORMÅL

Formål med dette forsøg er at undersøge sammenhængen mellem den lysintensitet, en overflade modtager, og illuminansen (belysningsstyrke fra lyskilden).

HYPOTESE

...

TEORI

Belysningsstyrke eller *illuminans* (symbol: $\boldsymbol{E_v}$) er mål for hvor meget lys, der pr. arealenhed rammer en belyst flade eller *lysstrøm/lysflux* (enhed: lumen) *per arealenhed* (enhed: kvadratmeter). Belysningsstyrke måles i lumen pr. kvadratmeter (lm/m^2), som også hedder *lux*. Lux er måleenhed med symbolet *lx*.

Da den øvelse er et induktivt forsøg, følger der ingen teori med om sammenhængen mellem de relevante fysiske størrelser. Det er jeres opgave at finde den sammenhæng, der giver bedste mening.

MATERIALER

Til eksperimentet anvendes:

- .
- .
- .
- .

FREMGANGSMÅDE

Forsøget kræver absolut mørke.

1.
2.
3.

Indsæt et billede af opstillingen!

RESULTATER

Baggrundsstrålings lysstyrke: $E_{bagg.}$ [lx]					
Baggrundsstrålings intensitet: *(solcellens strømstyrke)* $I_{bagg.}$ [mA]					

Afstand til lyskilden r [cm]	

1. måling															
Lysstyrke E_v [lx]															

Strålingsintensitet: *(solcellens strømstyrke)* I_v [mA]															

2. måling															
Lysstyrke E_v [lx]															
Strålingsintensitet: *(solcellens strømstyrke)* I_v [mA]															

3. måling															
Lysstyrke E_v [lx]															
Strålingsintensitet: *(solcellens strømstyrke)* I_v [mA]															

BEHANDLING AF RESULTATER

Behandling af resultaterne foregår i flere trin.

GENNEMSNITSVÆRDIER

De relevante gennemsnitsværdier fremgår af de følgende tabeller.

Tabel 1: *Gennemsnitsværdien af den målte baggrundsstråling*

Baggrundsstrålings lysstyrke: $\overline{E}_{bagg.}$ [lx]	
Baggrundsstrålingsintensitet *(gennemsnit)* $\overline{I}_{bagg.}$ [mA]	

Tabel 2: *Gennemsnitsværdier for lysintensitet med fratrukket baggrundsstrålingen*

Lyskildens lysstyrke $(E_v - \overline{E}_{bagg.})$ [lx]															
Lyskildens strålingsintensitet: $(I_v - \overline{I}_{bagg.})$ [mA]															

GRAFISK FREMSTILLING

Herved præsenteres den graf, der illustrerer den eftersøgte sammenhæng mellem de relevante fysiske størrelser.

Relevant graf(er)

Redegørelse af graf(er)

...

Analyse af graf(er)

...

DISKUSSION

...

KONKLUSION

...

PERSPEKTIVERING

Den nye viden, vi har opnået med denne undersøgelse, kan forklare mange naturfænomener og -processer. Den blev og bliver også brugt af ingeniører til teknologiske opfindelser og udviklinger.

Valg et naturfænomen eller en teknologi, der på et eller anden måde har med belysningsstyrke (illuminans) at gøre. Forklar den med din nye viden.

...

RAPPORT

INSTRÅLINGSVINKEL

Navn:

1.
2.
3.

FORMÅL

Formål med dette forsøg er at undersøge sammenhængen mellem lysintensiteten, en overflade modtager, og vinklen mellem denne overflade og lyskildens indstrålingsretning, altså sammenhængen mellem lysintensiteten og indstrålingsvinklen.

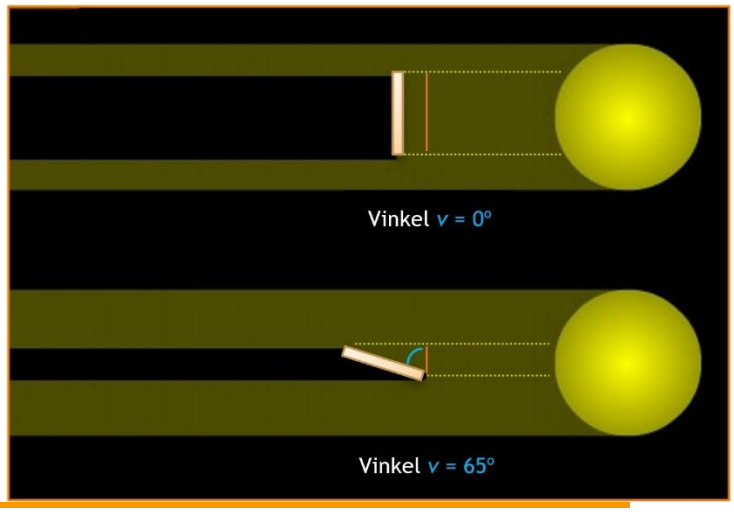
HYPOTESE

...

TEORIAFSNIT

Det er relevant i forskellige naturvidenskabelige sammenhænge (fysik, kemi, biologi, klimatologi, geologi, mm.) at betragte den mængde stråling, der rammer en bestemt overflade. I sådan en situation er indstrålingsvinklen (altså vinklen mellem den betragtede overflade og indstrålingsretningen) afgørende for den lysintensitet, overfladen modtager.

Betragt den nedenstående figur. Figuren illustrerer, at for et fast objekt vil den mængde stråling, der rammer overfladen, være forskellig for forskellige vinkler.



Tydeligvis er lysintensitet på overfladen største for en indstrålingsvinkel på 0°. For større vinkler vil lysintensiteten aftage og den må have sin mindste værdi ved en vinkel på 90°. Den relevante trigonometriske funktion her må være cosinus til vinklen.

Altså:

$$I_v = I_0 \cdot cos\ (v)$$

hvor v er indstrålingsvinklen og I_0 er intensitet for indstrålingsvinkel $0°$.

> *"Den mængde lys, som rammer en fast afgrænset overflade, er proportionel med cosinus til indstrålingsvinklen".*

MATERIALER

Til eksperimentet anvendes:

- .
- .
- .
- .

FREMGANGSMÅDE

Forsøget kræver absolut mørke.

1.
2.
3.

Indsæt et billede af opstillingen!

RESULTATER

Baggrundsstrålings intensitet: *(solcellens strømstyrke)* $I_{bagg.}$ [mA]					

Afstand til lyskilden r [cm]	

Vinklen v [°]															
Strålingsintensitet: *(solcellens strømstyrke)* I_v [mA]															

BEHANDLING AF RESULTATER

Behandling af resultaterne foregår i flere trin.

GENNEMSNITSVÆRDIER

De relevante gennemsnitsværdier fremgår af de følgende tabeller.

Tabel 3: *Gennemsnitsværdien af den målte baggrundsstråling*

Baggrundsstrålingsintensitet *(gennemsnit)* $\bar{I}_{bagg.}$ [mA]	

Tabel 4: *Gennemsnitsværdier for lysintensitet med fratrukket baggrundsstrålingen*

Cosinus til vinklen $cos(v)$ [--]															
Lyskildens strålingsintensitet: $(\overline{I_v} - \bar{I}_{bagg.})$ [mA]															

GRAFISK FREMSTILLING

Herved præsenteres den graf, der illustrerer den eftersøgte sammenhæng mellem de relevante fysiske størrelser.

Graf med lysintensitet på y-aksen og cosinus til v på x-aksen!

Redegørelse af grafen

...

Analyse af grafen

...

DISKUSSION

...

KONKLUSION

...

PERSPEKTIVERING

Den nye viden, vi har opnået med denne undersøgelse, kan forklare mange naturfænomener og -processer. Den blev og bliver også brugt af ingeniører til teknologiske opfindelser og udviklinger.

Valg et naturfænomen eller en teknologi, der på et eller anden måde har med indstrålingsvinkel at gøre. Forklar den med din nye viden.

...

RAPPORT

AFSTANDSKVADRATLOVEN

Navn:

1.
2.
3.

FORMÅL

Formål med dette forsøg er at undersøge, hvordan en lyskildes intensitet hænger sammen med observatørens afstand til kilden, altså at bestemme sammenhængen mellem lysintensitet og afstand.

HYPOTESE

...

TEORIAFSNIT

Der findes en lov, som på teoretisk vis forsøger at forklare, hvordan strålingen, der udkommer fra en kilde, opleves med afstand. Den lov hedder *afstandskvadratloven*. Den lyder:

> *"For enhver strålingskilde vil intensiteten af strålingen aftage med kvadratet på afstanden fra kilden".*

Loven kan også skrives matematisk som følgende:

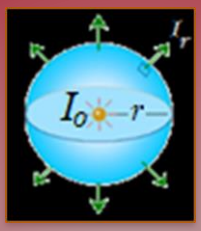
hvor I_0 er intensitet fra strålingskilden i afstanden $0\ cm$ fra kildens
overflade, og r er afstanden fra kilden.

$$\boldsymbol{I_r = \left(\frac{I_0}{4 \cdot \pi}\right) \cdot \frac{1}{r^2}} \quad \text{eller} \quad \boldsymbol{I_r = \left(\frac{I_0}{4 \cdot \pi}\right) \cdot r^{-2}}$$

Strålings-kilden kan være af enhver art. Det er ligegyldigt, om den udsendte stråling er lys, varmestråling, røntgenstråling, radioaktiv stråling eller lydbølger. Blot der udsendes <u>lige meget i alle retninger</u> og med en <u>konstant intensitet</u>.

Mere teori – men kun for til de hardcore…

Vi kan forklare lovens gyldighed simpelt ved at kigge på den følgende model; strålingen gennem en kugle-overflade med radius r:



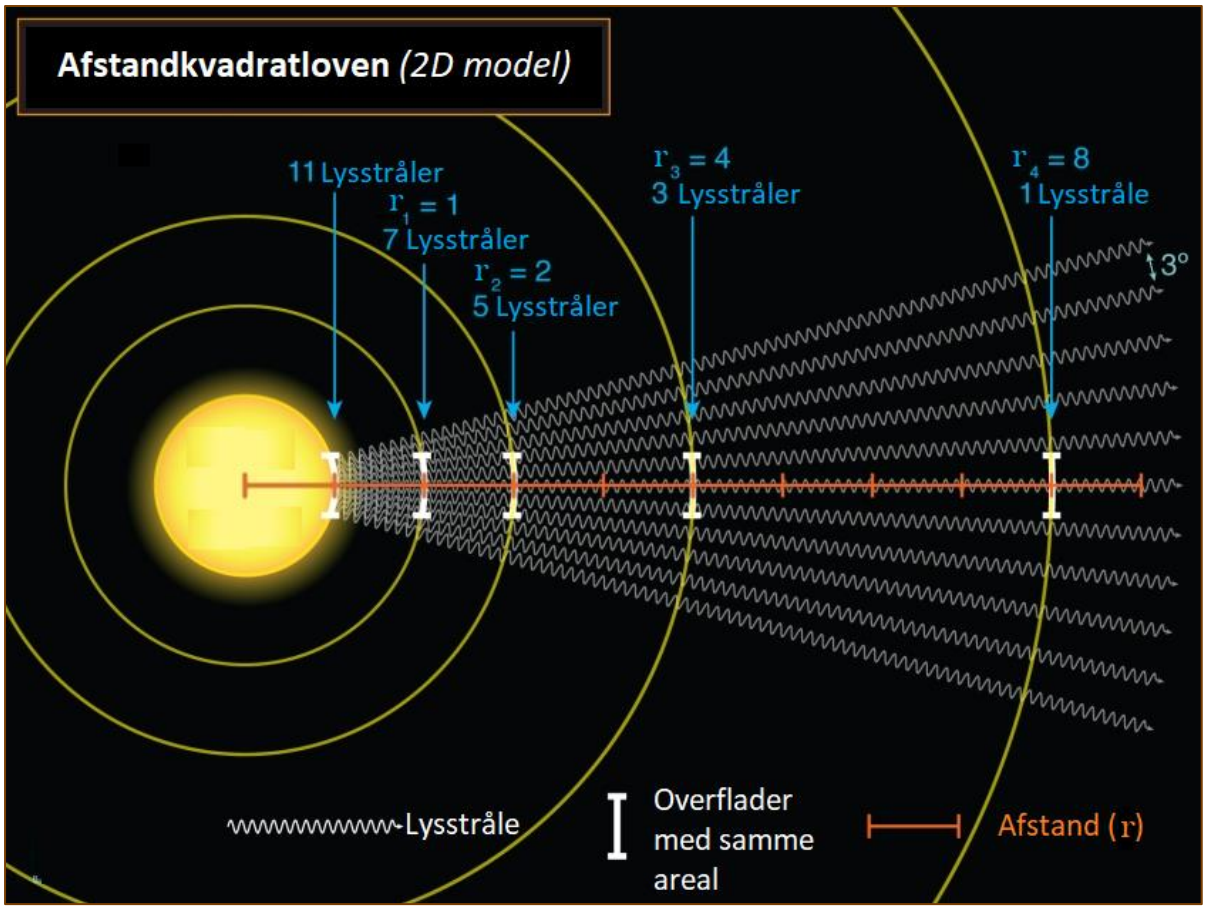
Kilden, som befinder sig i kuglens centrum, udsender stråling i alle retninger med intensitet I_0. Den samlede intensitet, der strømmer gennem overalt på en kugleoverflade med radius r, vil da også være I_0, hvis kuglen vel at mærke er tom (bort set fra strålingskilden), så der ikke opstår eller forsvinder stråling undervejs ud til kugleskallen.
Lad intensiteten gennem hver m^2 på kugleoverfladen være I_r. Antal m^2 på kugleoverfladen, altså dens arealet, er $4 \cdot \pi \cdot r^2$. Da I_r er konstant over hele kuglen, er den samlede intensitet gennem kugleskallen summen af den intensitet, der gennemstrømmer enhver m^2. Matematisk kan det skrives som

$$I_0 = I_r \cdot 4 \cdot \pi \cdot r^2$$

Ved at isolere I_r i den ovenstående ligning, fås

$$I_r = \frac{I_0}{4 \cdot \pi \cdot r^2}$$

Ved denne ligning kan den intensitet, der gennemstrømmer enhver m^2 bestemmes, så længe I_0 og r kendes. Dette er afstandskvadratlovens matematisk udtryk.



MATERIALER

Til eksperimentet anvendes:

- En lyskilde (her halogenlampe).
- Et målebånd.
- Et måleinstrument med navn *pyranometer* bestående af en solcelle og et amperemeter, der måler solcellens producerede strømstyrke.
- Computer med databehandlingsprogram (her Excel eller lignende).

FREMGANGSMÅDE

Forsøget kræver absolut mørke.

1. Materialet anbringes på et bord.
2. Lyskildens diameter (for de runde) eller sider (for de firkantede) måles med henblik på at bestemme dens areal.
3. Lyskilden tændes ikke. Der tages 5 målinger af baggrundbelysningen i forskellige retninger med pyranometeret for at minimere de eksisterende fejlkilderne.
4. Lyskilden tændes. Der tages måling af lysintensitet ved 15-20 forskellige positioner. Den første måling tages ved $r_1 = 80\ cm$ fra kilden. Lysintensiteten måles og resultaterne indskrives i en tabel.
   Måleinstrumentet flyttes fx $\Delta r = 5\ cm$ længere væk og målingen gentages. For at minimere måleusikkerhederne gentages forsøget 3 gange for at få et gennemsnit.

Indsæt et billede af opstillingen!

RESULTATER

Baggrundsstrålings intensitet: *(solcellens strømstyrke)* $I_{bagg.}$ [mA]					

Lyskildens størrelse: [m]	*Radius*	*Bredt*	*længde*

Afstand til lyskilden r [cm]																				
Strålingsintensitet: *(solcellens strømstyrke)* I [mA]																				

BEHANDLING AF RESULTATER

Behandling af resultaterne foregår i flere trin.

GENNEMSNITSVÆRDIER

De relevante gennemsnitsværdier fremgår af de følgende tabeller.

Tabel 5: *Gennemsnitsværdien af den målte baggrundsstråling*

Baggrundsstrålingsintensitet *(gennemsnit)* $\bar{I}_{bagg.}$ [mA/m^2]	

Tabel 6: *lyskildens størrelse*

Lyskildens areal: [m^2]	

Tabel 7: *Gennemsnitsværdier for lysintensitet med fratrukket baggrundsstrålingen*

Afstand til lyskilden r [m]																				
Lyskildens strålingsintensitet: $I_{Solcel.} = (\bar{I} - \bar{I}_{bagg.})$ [mA/m^2]																				

GRAFISK FREMSTILLING

Herved præsenteres den graf, der illustrerer den eftersøgte sammenhæng mellem de relevante fysiske størrelser.

Graf med lysintensitet på y-aksen og afstand på x-aksen!

Redegørelse af grafen

...

Analyse af grafen

...

DISKUSSION

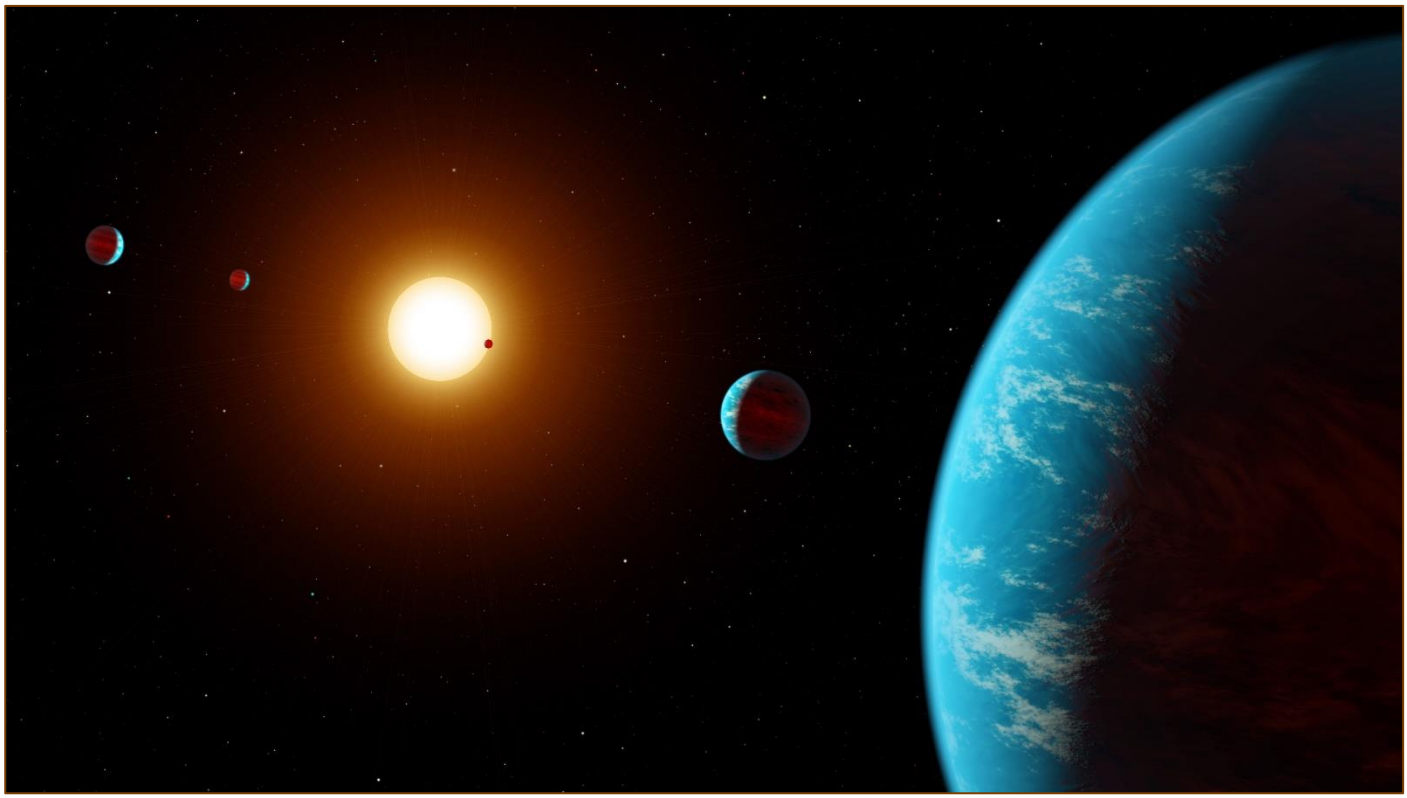
...

KONKLUSION

...

PERSPEKTIVERING

Den nye viden, vi har opnået med denne undersøgelse, kan forklare mange naturfænomener og -processer. Den blev og bliver også brugt af ingeniører til teknologiske opfindelser og udviklinger.



Valg et naturfænomen eller en teknologi, der på et eller anden måde har med afstandskvadratloven at gøre. Forklar den med din nye viden.

...

RAPPORT

PENDULS SVINGNINGSTID – AMPLITUDE

Navn:

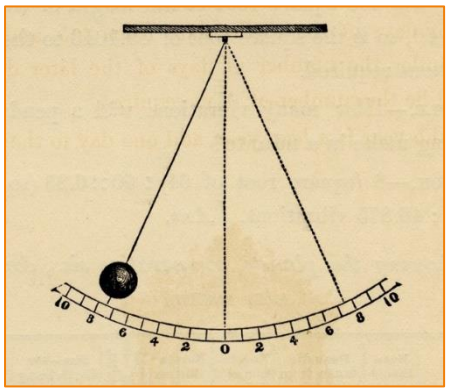
1.
2.
3.

INTRODUKTION

Et svingende pendul var fra renæssancen og ind i det 20. århundrede et af de mest brugte redskaber til at holde styr på tiden. Den vigtigste del, når man skal lave et ur, er en proces, der altid varer lige lang tid. Her er det svingende pendul ideelt, da tiden, det tager at svinge fra side til side, er konstant. I dette forsøg skal du undersøge, hvilke faktorer, der kan have indflydelse på svingningstiden og på hvilken måde.

Et pendul (af latin: pendulus, "hængende") er et fysisk instrument, der består af en vægt, der hænger ned fra et omdrejningspunkt, så den kan svinge frit. Når et pendul forskydes sidelæns fra ligevægt og slippes, får tyngdekraften det til at accelerere tilbage mod ligevægtspunktet og svinger frem og tilbage forbi ligevægtspositionen. Tiden for en fuld svingning frem og tilbage kaldes pendulets svingningstid eller *periode*.

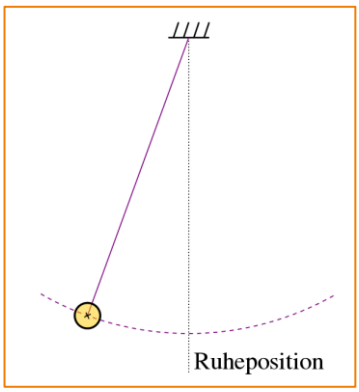
Fra Galileis første videnskabelige undersøgelser af pendulet omkring 1602 er pendulets regelmæssige bevægelser blevet brugt til tidsmåling, og de var den mest præcise teknologi til tidsmåling til 1930'erne.



Figur 14: Gammel model af et pendul.

Penduluret, som blev opfundet af Christiaan Huygens i 1658, blev verdensstandarden for tidsmåling i hjem og på kontorer i 270 år og nåede en præcision på omkring ét sekunds afvigelse per år, før det blev erstattet af kvartsuret i 1930'erne.

Penduler bruges også i videnskabelige instrumenter som accelerometre (til måling af tyngdeaccelerationen) og seismografer (til måling af jordskælvsstyrke). Historisk er de også brugt ved geofysiske undersøgelser til at måle variationen i tyngdeaccelerationen og endda også som en længdestandard.



Figur 13: Model af et pendul.

FORMÅL

Formål med dette forsøg er at undersøge betydning af forskellige størrelser/variabler for pendulets svingningstid. Eksperimentale undersøgelse skal leve op til krav om variabelkontrol, derfor er der flere delforsøg:

- *undersøgelse af sammenhængen mellem loddets masse og svingningstiden*

- ***undersøgelse af sammenhængen mellem udsvingenes amplitude (udslagets størrelse) og svingningstiden***
- *undersøgelse af sammenhængen mellem snorens længde og svingningstiden*
- *undersøgelse af sammenhængen mellem loddets størrelse (rumfang/volumen) og svingningstiden*

HYPOTESE

...

MATERIALER

Til eksperimentet anvendes:

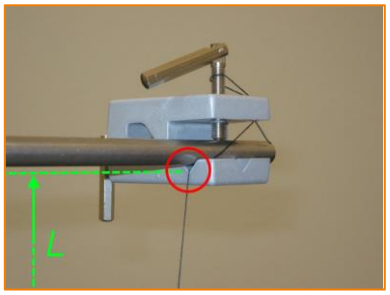
- Elektronisk eller telefonens stopur
- Stativ
- Lod
- Tråd til et dobbeltophængt pendul (se fremgangsmåden).
- Målebånd eller lineal.

FREMGANGSMÅDE

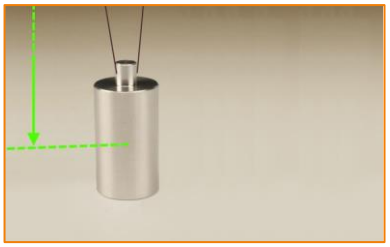
Figur 15: Forsøgsopstilling.

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.

1. Loddets midten markeres et. med en sort streg.
2. Loddet vejret omhyggeligt for at bestemme dets masse $\boldsymbol{m}$.
3. Loddet ophænges i tråd.
4. En 160 cm tråd forsynes med en fast løkke i begge ender. Loddet ophænges bifilart – dvs. dobbelt, så tråden danner et V. Det giver et veldefineret svingningsplan.
5. En stativstang fastspændes til den lange stang og forsynes med en ekstra stativmuffe. I begge ender hægtes tråden på en af skruerne 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.



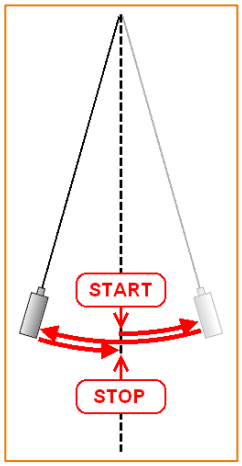
Vi vil definere pendulets længde $\boldsymbol{L}$ som den lodrette afstand mellem ophængspunkterne og loddets midtpunkt.



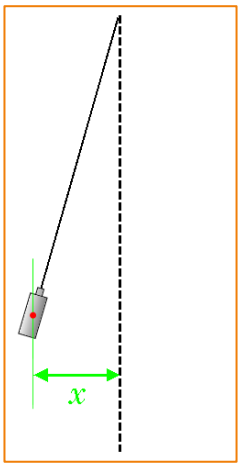
- Pendulets længde $\boldsymbol{L}$ måles omhyggeligt.

Pendulets svingningstid $\boldsymbol{T}$ bestemmes: 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.

- Pendulet sættes i svingninger til at starte med et lille udslag – 2 cm til hver side for midten er passende. x er størrelsen af udslaget målt vandret.
- Udslagets størrelse x måles omhyggeligt ved hjælp af lineal (det omregnes senere til en vinkel).
- Tid for 10 hele svingninger tages. Gennemsnittet bestemmes.
- Svingningstiden måles for en række forskellige udslagsstørrelser af pendulet (mindst 10). Når tråden hænger som vist på billedet, skal den maksimale vinkel i forhold til lodret dog holdes under 45°. Derfor skal det største udslag være ca. 40 cm.
- Disse udslagsstørrelser omregnes til amplituder (se databehandlingsafsnit).



Figur 17: Én hel svingning.



Figur 16: Udslagets størrelse x.

RESULTATER

Pendulets længde L [cm]:	Loddets masse m [g]:	Loddets diameter d [cm]:	Loddets længde l [cm]:

	Pendulets udslagsstørrelse x [cm]	Svingningstid for 10 hele svingninger $T_{(10)}$ [s]
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		
6.		
7.		
8.		
9.		
10.		
11.		
12.		

BEHANDLING AF RESULTATER

BEHANDLING AF TABELVÆRDIER

Her gengives tabelværdierne med evt. gennemsnitsværdier, omregninger og reviderede enheder.

I stedet for at arbejder videre med udslagsstørrelse x bestemmes amplitude på følgende måde:

$$A = sin^{-1}\left(\frac{x}{L}\right)$$

Pendulets længde L [m]: Loddets masse m [kg]: Loddets volumen V [cm^3]:

	Pendulets udslagsstørrelse x [m]	Pendulets amplitude A [°]	Svingningstid for én hel svingninger $T_{(1)}$ [s]
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			
7.			
8.			
9.			
10.			
11.			
12.			

GRAFISK FREMSTILLING

Herved præsenteres den graf, der illustrerer den eftersøgte sammenhæng mellem de relevante fysiske størrelser.

Relevant graf(er)

Redegørelse af graf(er)

...

Analyse af graf(er)

...

DISKUSSION

...

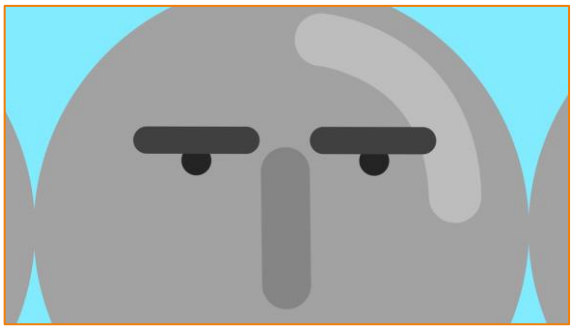
KONKLUSION

...

PERSPEKTIVERING

Da pendulurene blev indført forbedrede de nøjagtigheden af ure gevaldigt. Med tiden viste de sig alligevel ikke at være nøjagtige nok for os. De daglige temperatursvingninger leder til at længden af pendulet ændrer sig og dermed svingningstiden. I løbet af det 20. århundrede fandt man en ny teknologi, der kunne give en større præcision: kvartsuret. Her udnytter man lignende svingninger, men på et atomart niveau.

Den nye viden, vi har opnået med denne undersøgelse, kan forklare mange naturfænomener og -processer. Den blev og bliver også brugt af ingeniører til teknologiske opfindelser og udviklinger.



Valg et naturfænomen eller en teknologi, der på et eller anden måde har med pendulers svingningsamplitude at gøre. Forklar den med din nye viden.

UDVIDET OPGAVE

TEORI

Der er flere fysiske beregningsmodeller for et penduls svingningstid – bl.a. det matematiske pendul, der er en forholdsvis simpel beregningsmodel - og det fysiske pendul, der kan bruges i mere komplicerede tilfælde.

For det matematiske pendul tilnærmes perioden $\boldsymbol{T}$ (svingningstiden) som:

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

Hvilket kan også skrives som

$$T^2 = \left(\frac{4 \cdot \pi^2}{g}\right) \cdot L$$

hvor $g = 9{,}82$ m/s^2 er tyngdeacceleration i Danmark.

DISKUSSION

- Fremkommer det fra teorien, at svingningstid $\boldsymbol{T}$ afhænger af amplituden $\boldsymbol{A}$?
- Udregn den relative afvigelse (i %) mellem den teoretisk værdi af svingningstid (tabelværdien) og jeres målte værdier. Udfyld grafen:

Pendulets længde $\boldsymbol{L}$ [m]:	Tyngdeacceleration i DK $\boldsymbol{g}$ [m/s2]:	9,82	Teoretisk svingningstid $\boldsymbol{T_{teo.}}$ [s]:

	Pendulets amplitude $\boldsymbol{A}$ [°]	Svingningstid for én hel svingninger $\boldsymbol{T_{(1)}}$ [s]	Relativ afvigelse $\frac{(T_{teo.}-T_{(1)})}{T_{teo.}}$ [%]
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			
7.			
8.			
9.			
10.			
11.			
12.			

- Afbild resultaterne i en graf med amplituden på x-aksen og den relative afvigelse på y-aksen:

Relevant graf(er)

- 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?

RAPPORT

PENDULS SVINGNINGSTID – LÆNGDE

Navn:

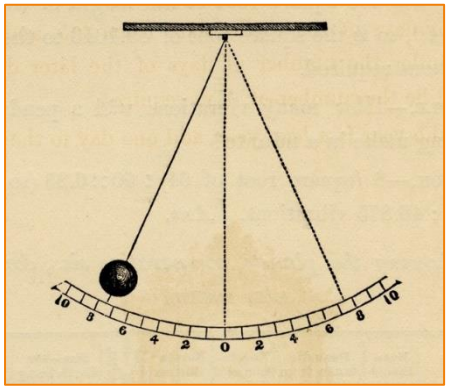
1.
2.
3.

INTRODUKTION

Et svingende pendul var fra renæssancen og ind i det 20. århundrede et af de mest brugte redskaber til at holde styr på tiden. Den vigtigste del, når man skal lave et ur, er en proces, der altid varer lige lang tid. Her er det svingende pendul ideelt, da tiden, det tager at svinge fra side til side, er konstant. I dette forsøg skal du undersøge, hvilke faktorer, der kan have indflydelse på svingningstiden og på hvilken måde.

Et pendul (af latin: pendulus, "hængende") er et fysisk instrument, der består af en vægt, der hænger ned fra et omdrejningspunkt, så den kan svinge frit. Når et pendul forskydes sidelæns fra ligevægt og slippes, får tyngdekraften det til at accelerere tilbage mod ligevægtspunktet og svinger frem og tilbage forbi ligevægtspositionen. Tiden for en fuld svingning frem og tilbage kaldes pendulets svingningstid eller *periode*.

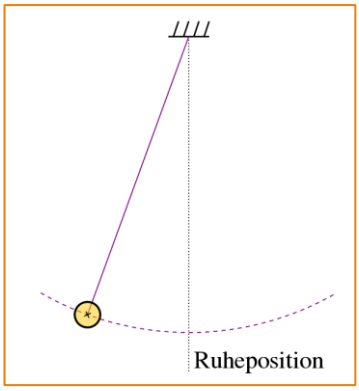
Fra Galileis første videnskabelige undersøgelser af pendulet omkring 1602 er pendulets regelmæssige bevægelser blevet brugt til tidsmåling, og de var den mest præcise teknologi til tidsmåling til 1930'erne.



Figur 19: Gammel model af et pendul.

Penduluret, som blev opfundet af Christiaan Huygens i 1658, blev verdensstandarden for tidsmåling i hjem og på kontorer i 270 år og nåede en præcision på omkring ét sekunds afvigelse per år, før det blev erstattet af kvartsuret i 1930'erne.

Penduler bruges også i videnskabelige instrumenter som accelerometre (til måling af tyngdeaccelerationen) og seismografer (til måling af jordskælvsstyrke). Historisk er de også brugt ved geofysiske undersøgelser til at måle variationen i tyngdeaccelerationen og endda også som en længdestandard.



Figur 18: Model af et pendul.

FORMÅL

Formål med dette forsøg er at undersøge betydning af forskellige størrelser/variabler for pendulets svingningstid. Eksperimentale undersøgelse skal leve op til krav om variabelkontrol, derfor er der flere delforsøg:

- *undersøgelse af sammenhængen mellem loddets masse og svingningstiden*
- *undersøgelse af sammenhængen mellem udsvingenes amplitude (udslagets størrelse) og svingningstiden*

- *undersøgelse af sammenhængen mellem snorens længde og svingningstiden*
- *undersøgelse af sammenhængen mellem loddets størrelse (rumfang/volumen) og svingningstiden*

HYPOTESE

...

MATERIALER

Til eksperimentet anvendes:

- Elektronisk eller telefonens stopur
- Stativ
- Lod
- Tråd til et dobbeltophængt pendul (se fremgangsmåden).
- Målebånd eller lineal.

FREMGANGSMÅDE

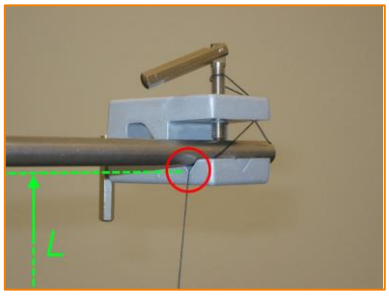
Figur 20: Forsøgsopstilling.

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.

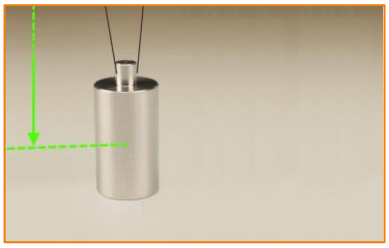
1. Loddets midten markeres et. med en sort streg.
2. Loddet vejret for at bestemme dets masse $\boldsymbol{m}$.
3. Loddet ophænges i tråd.
4. En 160 cm tråd forsynes med en fast løkke i begge ender.

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

5. En stativstang fastspændes til den lange stang og forsynes med en ekstra stativmuffe. I begge ender hægtes tråden på en af skruerne 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.



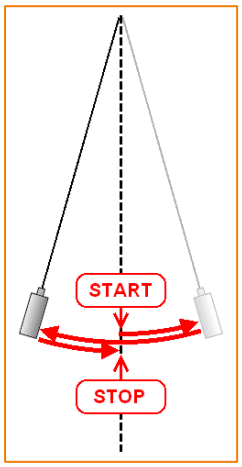
Vi vil definere pendulets længde $\boldsymbol{L}$ som den lodrette afstand mellem ophængspunkterne og loddets midtpunkt.



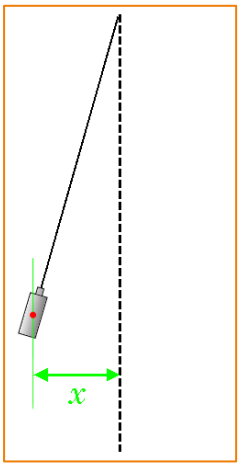
- Pendulets længde $\boldsymbol{L}$ måles omhyggeligt.

Pendulets svingningstid $\boldsymbol{T}$ bestemmes: 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.

- Pendulet sættes i svingninger til at starte med et lille udslag – 2 cm til hver side for midten er passende. x er størrelsen af udslaget målt vandret.
- Udslagets størrelse x måles omhyggeligt ved hjælp af lineal.
- Tid for 10 hele svingninger tages. Gennemsnittet bestemmes.
- Svingningstiden måles for en række forskellige værdier af pendulets længde (mindst 10). Kortere penduler kan opnås ved at binde en ekstra løkke. Længere penduler kræver en ny og længere tråd.



Figur 21: Én hel svingning.



Figur 22: Udslagets størrelse x.

RESULTATER

Loddets masse m [g]:	Pendulets udslagsstørrelse x [cm]:	Loddets diameter d [cm]:	Loddets længde l [cm]:

	Pendulets længde L [cm]	Svingningstid for 10 hele svingninger $T_{(10)}$ [s]
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		
6.		
7.		
8.		
9.		
10.		
11.		
12.		

BEHANDLING AF RESULTATER

BEHANDLING AF TABELVÆRDIER

Her gengives tabelværdierne med evt. gennemsnitsværdier, omregninger og reviderede enheder.

Loddets masse m [kg]: Pendulets udslagsstørrelse x [m]: Loddets volumen V [cm^3]:

	Pendulets længde L [m]	Svingningstid for én hel svingninger $T_{(1)}$ [s]
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		
6.		
7.		
8.		
9.		
10.		
11.		
12.		

GRAFISK FREMSTILLING

Herved præsenteres den graf, der illustrerer den eftersøgte sammenhæng mellem de relevante fysiske størrelser.

Relevant graf(er)

Redegørelse af graf(er)

...

Analyse af graf(er)

...

DISKUSSION

...

KONKLUSION

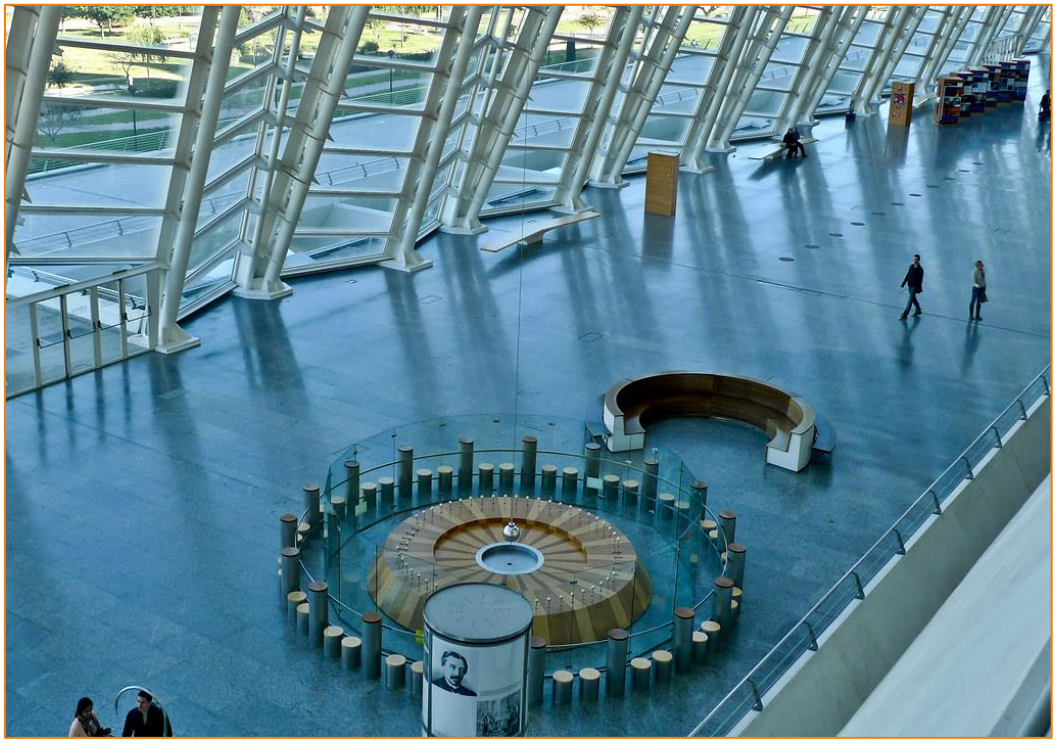
...

PERSPEKTIVERING

Da pendulurene blev indført forbedrede de nøjagtigheden af ure gevaldigt. Med tiden viste de sig alligevel ikke at være nøjagtige nok for os. De daglige temperatursvingninger leder til at længden af pendulet ændrer sig og dermed svingningstiden. I løbet af det 20. århundrede fandt man en ny teknologi, der kunne give en større præcision: kvartsuret. Her udnytter man lignende svingninger, men på et atomart niveau.

Den nye viden, vi har opnået med denne undersøgelse, kan forklare mange naturfænomener og -processer. Den blev og bliver også brugt af ingeniører til teknologiske opfindelser og udviklinger.

Valg et naturfænomen eller en teknologi, der på et eller anden måde har med pendulers svingningstid og/eller længde at gøre. Forklar den med din nye viden.



UDVIDET OPGAVE

TEORI

Der er flere fysiske beregningsmodeller for et penduls svingningstid – bl.a. det matematiske pendul, der er en forholdsvis simpel beregningsmodel - og det fysiske pendul, der kan bruges i mere komplicerede tilfælde.

For det matematiske pendul tilnærmes perioden $\boldsymbol{T}$ (svingningstiden) som:

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

Hvilket kan også skrives som

$$T^2 = \left(\frac{4 \cdot \pi^2}{g}\right) \cdot L$$

hvor $g = 9{,}82$ m/s^2.

Ifølge teoriafsnittet skulle de resultater, I fandt ved at lave forsøget, ligge på en ret linje med hældningskoefficienten $\left(\frac{4 \cdot \pi^2}{g}\right)$. Bestem g ud fra jeres resultater.

RAPPORT

PENDULS SVINGNINGSTID – MASSE

Navn:

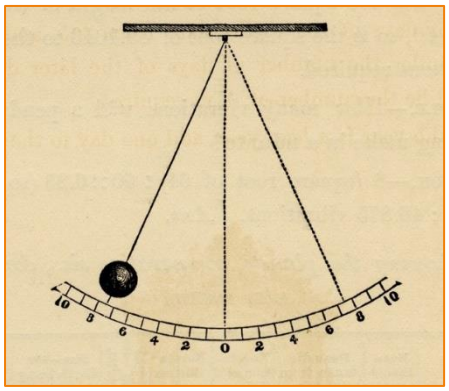
1.
2.
3.

INTRODUKTION

Et svingende pendul var fra renæssancen og ind i det 20. århundrede et af de mest brugte redskaber til at holde styr på tiden. Den vigtigste del, når man skal lave et ur, er en proces, der altid varer lige lang tid. Her er det svingende pendul ideelt, da tiden, det tager at svinge fra side til side, er konstant. I dette forsøg skal du undersøge, hvilke faktorer, der kan have indflydelse på svingningstiden og på hvilken måde.

Et pendul (af latin: pendulus, "hængende") er et fysisk instrument, der består af en vægt, der hænger ned fra et omdrejningspunkt, så den kan svinge frit. Når et pendul forskydes sidelæns fra ligevægt og slippes, får tyngdekraften det til at accelerere tilbage mod ligevægtspunktet og svinger frem og tilbage forbi ligevægtspositionen. Tiden for en fuld svingning frem og tilbage kaldes pendulets svingningstid eller *periode*.

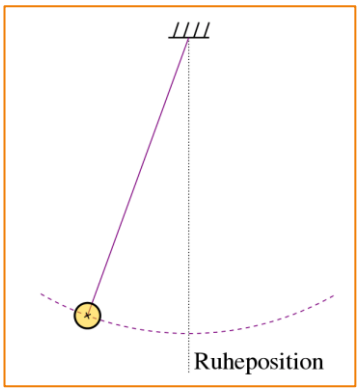
Fra Galileis første videnskabelige undersøgelser af pendulet omkring 1602 er pendulets regelmæssige bevægelser blevet brugt til tidsmåling, og de var den mest præcise teknologi til tidsmåling til 1930'erne.



Figur 25: Gammel model af et pendul.

Penduluret, som blev opfundet af Christiaan Huygens i 1658, blev verdensstandarden for tidsmåling i hjem og på kontorer i 270 år og nåede en præcision på omkring ét sekunds afvigelse per år, før det blev erstattet af kvartsuret i 1930'erne.

Penduler bruges også i videnskabelige instrumenter som accelerometre (til måling af tyngdeaccelerationen) og seismografer (til måling af jordskælvsstyrke). Historisk er de også brugt ved geofysiske undersøgelser til at måle variationen i tyngdeaccelerationen og endda også som en længdestandard.



Figur 24: Model af et pendul.

FORMÅL

Formål med dette forsøg er at undersøge betydning af forskellige størrelser/variabler for pendulets svingningstid. Eksperimentale undersøgelse skal leve op til krav om variabelkontrol, derfor er der flere delforsøg:

- ***undersøgelse af sammenhængen mellem loddets masse og svingningstiden***
- *undersøgelse af sammenhængen mellem udsvingenes højde(Amplitude) og svingningstiden*
- *undersøgelse af sammenhængen mellem snorens længde og svingningstiden*

- *undersøgelse af sammenhængen mellem loddets størrelse (rumfang/volumen) og svingningstiden*

HYPOTESE

...

MATERIALER

Til eksperimentet anvendes:

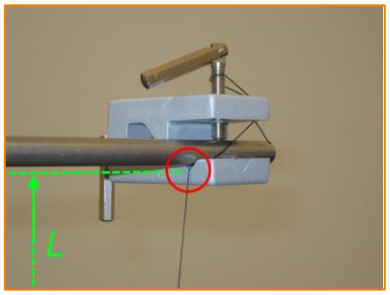
- Elektronisk eller telefonens stopur
- Stativ
- Lod
- Tråd til et dobbeltophængt pendul (se fremgangsmåden).
- Målebånd eller lineal.

FREMGANGSMÅDE

Figur 26: Forsøgsopstilling.

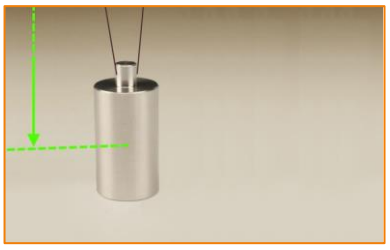
Når vi taler om loddets position, skal det forstås som positionen af loddets massemidtpunkt (tyngdepunkt). Det vil være præcist nok at anvende midten af den tykkeste, cylindriske del af loddet.

1. Loddets midten markeres et. med en sort streg.
2. Loddet vejret omhyggeligt for at bestemme dets masse $\boldsymbol{m}$.
3. Loddet ophænges i tråd.
4. En 160 cm tråd forsynes med en fast løkke i begge ender. Loddet ophænges bifilart – dvs. dobbelt, så tråden danner et V. Det giver et veldefineret svingningsplan.
5. En stativstang fastspændes til den lange stang og forsynes med en ekstra stativmuffe. I begge ender hægtes tråden på en af skruerne 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.



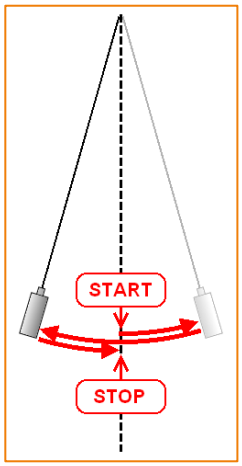
Vi vil definere pendulets længde $\boldsymbol{L}$ som den lodrette afstand mellem ophængspunkterne og loddets midtpunkt.

- Pendulets længde $\boldsymbol{L}$ måles omhyggeligt.

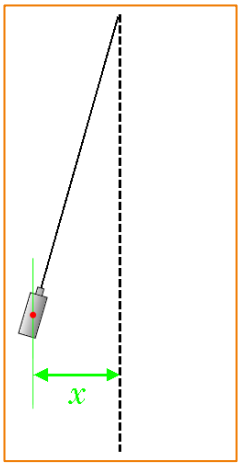


Pendulets svingningstid $\boldsymbol{T}$ bestemmes: for at opnå den bedst mulige præcision startes og standses stopuret, når loddet passerer den nederste position. Sigt efter et fast punkt bag pendulet, og flyt ikke hovedet. Husk at tælle 0, når stopuret startes, og derefter 1, 2, 3... hver gang loddet passerer nulpunktet i samme retning.

- Pendulet sættes i svingninger til at starte med et lille udslag – 2 cm til hver side for midten er passende. $\boldsymbol{x}$ er størrelsen af udslaget målt vandret.
- Udslagets størrelse $\boldsymbol{x}$ måles omhyggeligt ved hjælp af lineal.
- Tid for 10 hele svingninger tages. Gennemsnittet bestemmes.
- Svingningstiden måles for en række forskellige værdier af loddets masse (mindst 10).



Figur 28: Én hel svingning.



Figur 27: Udslagets størrelse x.

RESULTATER

Pendulets længde $\boldsymbol{L}$ [cm]:	Pendulets udslagsstørrelse $\boldsymbol{x}$ [cm]:	Loddets diameter $\boldsymbol{d}$ [cm]:	Loddets længde $\boldsymbol{l}$ [cm]:

	Loddets masse $\boldsymbol{m}$ [g]	Svingningstid for 10 hele svingninger $\boldsymbol{T}_{(10)}$ [s]
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		
6.		
7.		
8.		
9.		
10.		
11.		
12.		

BEHANDLING AF RESULTATER

BEHANDLING AF TABELVÆRDIER

Her gengives tabelværdierne med evt. gennemsnitsværdier, omregninger og reviderede enheder.

Pendulets længde L [cm]:	Pendulets udslagsstørrelse x [m]:	Loddets volumen V [cm^3]:

	Loddets masse m [kg]	Svingningstid for én hel svingninger $T_{(1)}$ [s]
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		
6.		
7.		
8.		
9.		
10.		
11.		
12.		

GRAFISK FREMSTILLING

Herved præsenteres den graf, der illustrerer den eftersøgte sammenhæng mellem de relevante fysiske størrelser.

Relevant graf(er)

Redegørelse af graf(er)

...

Analyse af graf(er)

...

DISKUSSION

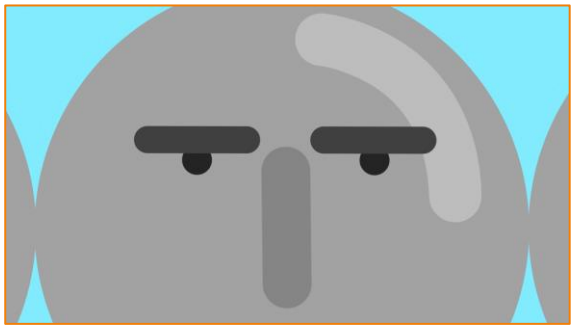
...

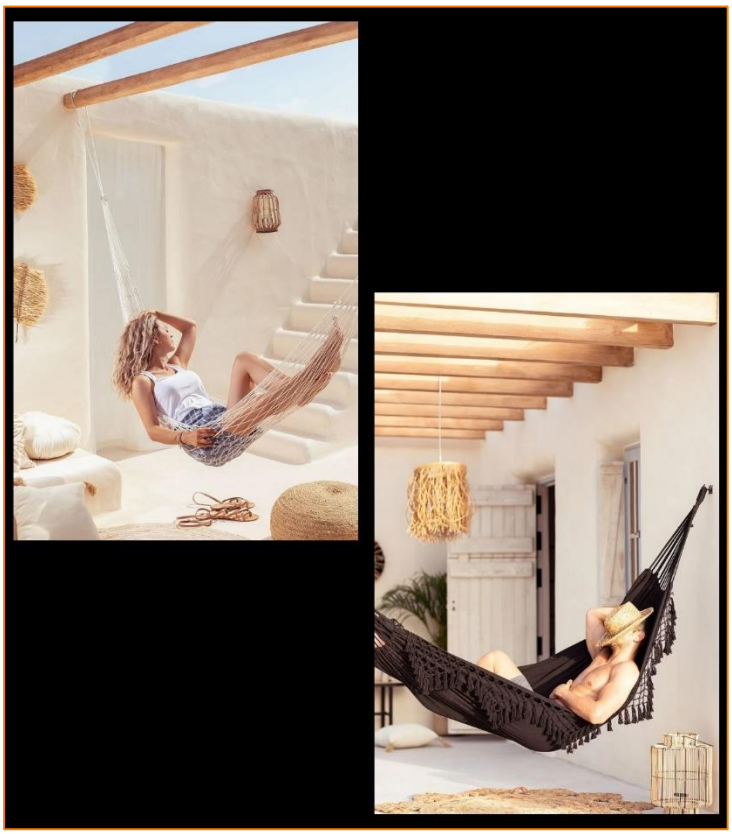
KONKLUSION

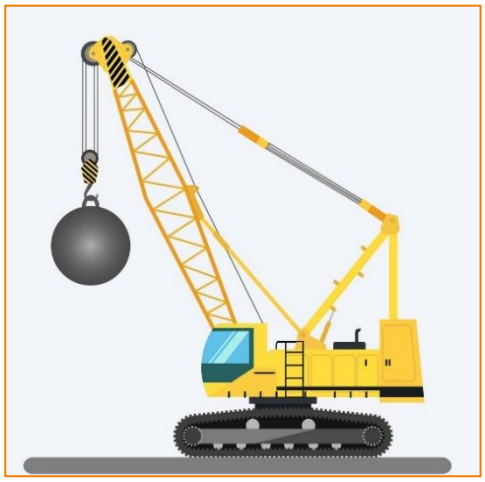
...

PERSPEKTIVERING

Da pendulurene blev indført forbedrede de nøjagtigheden af ure gevaldigt. Med tiden viste de sig alligevel ikke at være nøjagtige nok for os. De daglige temperatursvingninger leder til at længden af pendulet ændrer sig og dermed svingningstiden. I løbet af det 20. århundrede fandt man en ny teknologi, der kunne give en større præcision: kvartsuret. Her udnytter man lignende svingninger, men på et atomart niveau.





Den nye viden, vi har opnået med denne undersøgelse, kan forklare mange naturfænomener og -processer. Den blev og bliver også brugt af ngeniører til teknologiske opfindelser og udviklinger.

Valg et naturfænomen eller en teknologi, der på et eller anden måde har med pendulers masse at gøre. Forklar den med din nye viden.