

Lærervejledning og facit

Foucaults pendul

Klassetrin: 7. – 10. klasse

Forlystelser: Dyrekarussellen

Eleverne skal medbringe: Hjemmelavet pendul

Der er en del, der skal læses for at forstå, hvad denne opgave går ud på. Eleverne får nedenstående introduktion med på deres opgaveark, men har I også tid til at snakke om det, inden turen til Tivoli, vil det være en fordel.

*Videnskabsfolk har siden 1600-tallet antaget, at Jorden drejer om sig selv, men det var først i 1851 at en fransk fysiker, Léon Foucault, kunne bevise det ved et eksperiment. Foucault ophængte et gigantisk pendul – en 67 meter lang wire med en 28 kg tung kanonkugle for enden - i loftet på Pantheon bygningen i Paris. Der havde pendulet god plads til at svinge frit i alle retninger. Efter at have sat pendulet i gang med at svinge frem og tilbage, observerede Foucault, at svingningsretningen (bevægelsen fra et yderpunkt i kuglens bane til andet yderpunkt) på pendulet langsomt ændrede sig, og det uden at nogen eller noget skubbede til pendulet. Forklaringen på dette ligger i **hvad der bevæger sig i forhold til hvad**.*

Hvis Jorden ikke drejede om sig selv, ville Foucault pendulet heller ikke ændre svingningsretning. Så ved at vise at pendulet ændrede svingningsretning viste Foucault at Jorden og pendulet bevægede sig i forhold til hinanden. Og da pendulet svingede helt frit frem og tilbage i luften uden nogen eller noget skubbede til det, så måtte det jo være Jorden, som bevægede sig nedenunder pendulet. Står man på Jorden ved siden af det svingende pendul, så ser det ganske rigtigt ud som om pendulet meget langsomt ændrer sin svingningsretning. Hvis man fx kunne bevæge sig langt ud i universet og kiggede ned på Jorden og pendulet, så ville man se, at pendulet svinger helt lige frem og tilbage og ikke ændrer svingningsretning. Til gengæld vil man se Jorden dreje om sig selv. Pendulet er med andre ord fuldstændig ligeglad med, hvordan Jorden bevæger sig under det.

Ændringen i svingningsretningen forgår meget langsomt, da jorden er ca. 24 timer om at rotere en hel omgang. Men ved at bruge Dyrekarussellen her i Tivoli, som en minimodel for jorden, der drejer rundt, kan man nemt og hurtigt se ændringerne i et penduls svingningsretning.

Inden Tivolibesøget skal hver elev, eller som minimum hver gruppe, have lavet et pendul af en snor og en 2 eller 5 kr. Snoren skal være 20-25 cm lang.



Kommentarer og facit til opgaveark 1 og efterbehandlingsark 1

På grund af at Jordens rotation (imiteret i Tivoli i Dyrekarussellen) afbøjes pendulet af Corioliskraften, der skyldes forskel i rotationshastighed mellem ækvator og polerne. Effekten af Corioliskraften bevirker, at pendulet afbøjes til højre på den nordlige halvkugle og til venstre på den sydlige halvkugle. Omdrejningstiden ved polerne er godt 24 timer, mens svingningsplanet ved ækvator er meget mere stationært, hvorved omdrejningstiden er længere.

FACIT

Udregn omdrejningstiden for et Foucault pendul i Paris 49°N (31,8 timer), Kbh 56°N (28,9 timer), Nuuk 64°N (26,7 timer) og Kuala Lumpur i Malaysia 3°N (458,6 timer)

Fx for Kbh:

Omdrejningstid = 24 timer / $\sin(56)$ = 28,9492 timer

Omdrejningstiden er kortest på Nordpolen

Husk at indstille lommeregnerens sinusfunktion efter grader og ikke radialer – i så fald bliver facit ikke korrekt.

Kommentarer og facit til efterbehandlingsark 2

Det er ikke nødvendigt for forståelsen af og arbejdet med opgave – og efterbehandlingsark 1 at lave forsøget, men det er lærerigt for eleverne selv at efterprøve dette banebrydende forsøg og med egne øjne kunne iagttage jordens rotation. Forsøget kan udføres med let tilgængelige materialer og næsten hvor som helst. Det er ikke en forudsætning, at du fx er fysiklærer og/eller har et faglokale til rådighed.

Kommentarer til elevernes resultater

Eksperimentet med Foucault pendulet kan være svært at lave, da selv små forstyrrelser så som ikke helt fri bevægelighed i toppen af pendulet, skæv start svingningsretning, bevægelse i rummet osv., kan have stor betydning for resultatet. Jo længere snor og tungere lod, des mindre følsom bliver pendulet overfor omgivelserne. Måske kan eleverne ikke rigtig se nogen forskel efter 10 minutter, men efter 20 minutter skulle de gerne kunne se at pendulet har flyttet sin svingningsretning en smule. Foucault pendulet har højst sandsynlig bevæget sig i en ellipse, mens den har svinget frem og tilbage. Det er helt ok. Det kan afhjælpes hvis pendulet bliver tilpas langt.

Hvorfor?

Vi ved, at Jorden drejer om sin egen akse. Vi kender også Newtons 1. lov: Inertiloven, der siger at påvirkes et legeme ikke af en resulterende kraft, vil det enten ligge stille eller blive ved at bevæge sig med konstant hastighed i samme retning.

Der er intet (her ignorerer vi bl.a. luftmodstand og friktion i snoren), som tvinger pendulet ud af dens svingning. Pendulet vil dermed forsætte med at svinge frem og tilbage i samme retning, imens Jorden drejer under det. Står man på jorden og ser på pendulet, ser det dog ud som om, det er pendulet, der drejer og ikke jorden). Det man ser kaldes Corioliskraften og kan bedst forklares ved, at et objekt ser ud som om, at det bevæger sig, fordi det bliver set fra et system som roterer.

FACIT

I Danmark tager det Foucault pendulet 28 timer og 54 minutter (28,9492 timer) at komme tilbage til sin startsvingningsretning – her vil pendulets svingningsretning have bevæget sig i en fuld cirkel på 360 grader.

På en time vil pendulet derfor have bevæget sig:

$360 \text{ grader} / 28,9492 \text{ timer} = \underline{12,4356 \text{ grader/time}}$

På 10 minutter (1/6 time eller 0,166667 timer) bør pendulet derfor have flyttet sig:

$12,4356 \text{ grader} \times 0,166667 \text{ timer} = \underline{2,0726 \text{ grader}}$

Og på 20 minutter $2 \times 2,0726 \text{ grader} = \underline{4,1452 \text{ grader}}$

