

Demonstration af transitmetoden

Introduktion:

Det kan være svært at observere exoplaneter direkte, derfor benytter man sig i langt højere grad af transitmetoden: Her udnyttes at exoplaneter der bevæger sig ind foran en stjerne absorberer noget af lyset fra stjernen. Den periodiske absorption giver information om planetens omløbstid og størrelse. Opstilling præsenteret her kan benyttes til at demonstrere hvordan transitmetoden bruges til at detektere exoplaneter.

***OBS:** Denne beskrivelse er baseret på opstillingen for illustrering af transitmetoden som er blevet designet på Niels Bohr Institutets Ungdomslaboratorie. Det antages at man har et eksemplar af modellen, samt en adgang til en Arduino. Prøver man at genskabe denne model, kan det være at nogle ting skal gøres anderledes, alt afhængigt af det udstyr man har til rådighed.*

Materiale:

- Planetmodel fra NBI (3D printede dele, stepper motor inkl. controller, lysfatning)
- En stor globepære med tilhørende strømkabel (f.eks. fra IKEA)
- Metaltråd i 2 forskellige tykkelser (0.6 og 1.1 mm).
- Arduino inkl strømkabel til USB (eller strømforsyning – dette er dog ikke testet)
- Lyssensor (f.eks. iOLab eller Pasco CapStone)

Følgende dele er 3D-printet på NBI:

- Kasse til montering af motor, gearsystem og fatning til pære
- Gear-systemet (6 tandhjul + 5 forskellige ringe til at give afstand)
- Planeter (2 sfærer i forskellig størrelse printes, ellers kan skumkugler bruges)
- Holdere til planeter (2 stk)

Fremgangsmetoden:

Først og fremmest sørger man for at skaffe alt udstyr, hvor vi her antager at alt andet end lyssensorer er udleveret fra Niels Bohr Institutet

Boksen der holder hele opstillingen (kan ses på billederne forneden), indeholder en steppermotor, et rør med fatning til elpæren samt fæstepunkter til gearsystemet.

Motorens ledninger stikker ud af boksen og forbindes til controller-boardet. Controller-boardet forbindes til en Arduino UNO, hvor 4 ledninger med signal fra PINs 8, 9, 10 og 11 til PINs IN1, IN2, IN3 og IN4. Derudover forbindes to kabler med strøm fra Arduino GRD og 5V til – og + ved 5-12V forbindelsen på controller-boardet (se billeder forneden). Strømskikket til pæren stikker også ud af kassen og sættes i 230V, og Arduino får strøm ved hjælp af det medfølgende kabel fra enten computer eller stikkontakt (ved hjælp af eksempelvis mobiloplader)

Planeterne som er 3D-printet har et hul i bunden, som kan bruges til at sætte planeterne på modellen. Til dette har man metaltråde i to forskellige tykkelser: den tynde metaltråd skal holde planeten, mens to tykkere metaltråde forbinder planeten til resten af opstillingen. Metaltrådene forbindes vha. det 3D-printede "knæ". Måden planeterne holdes oppe er illustreret i figuren af opstillingen.

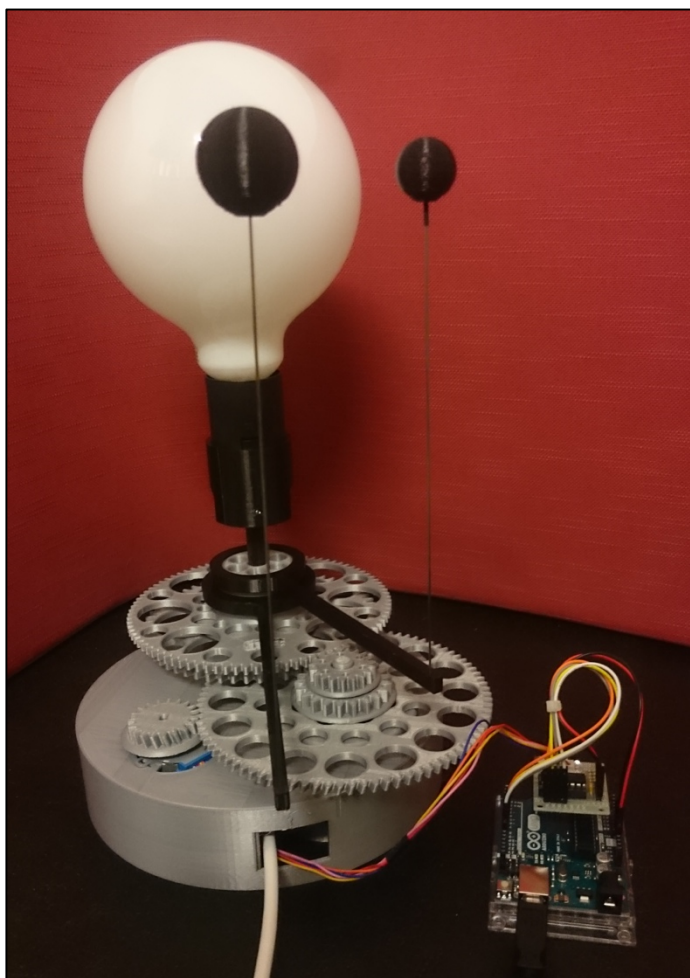
Opstilling af modellen med Arduino synlig til højre ses til højre:

Arduino kodes til at styre motoren vha. programmet angivet nedenfor, som overføres til Arduino ved hjælp af Arduino IDE (downloades på www.arduino.cc)

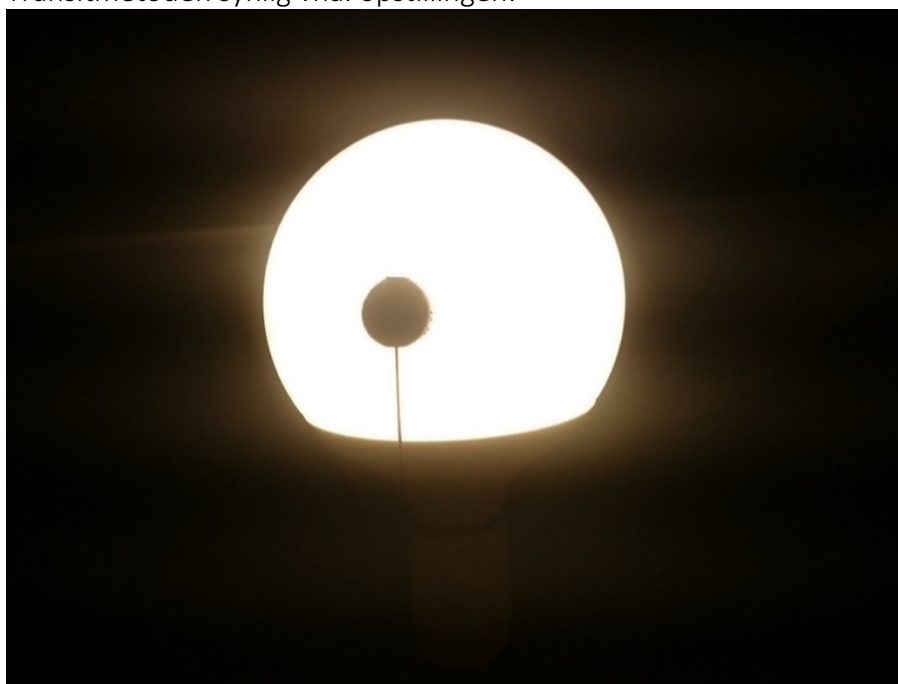
Man kan nu sætte en lyssensor til at måle lysstyrken af pæren.

Bemærk: LED pærer kan have varierende lyststyrke, så læren bør undersøge opførelse af pæren før øvelsen udføres med elever.

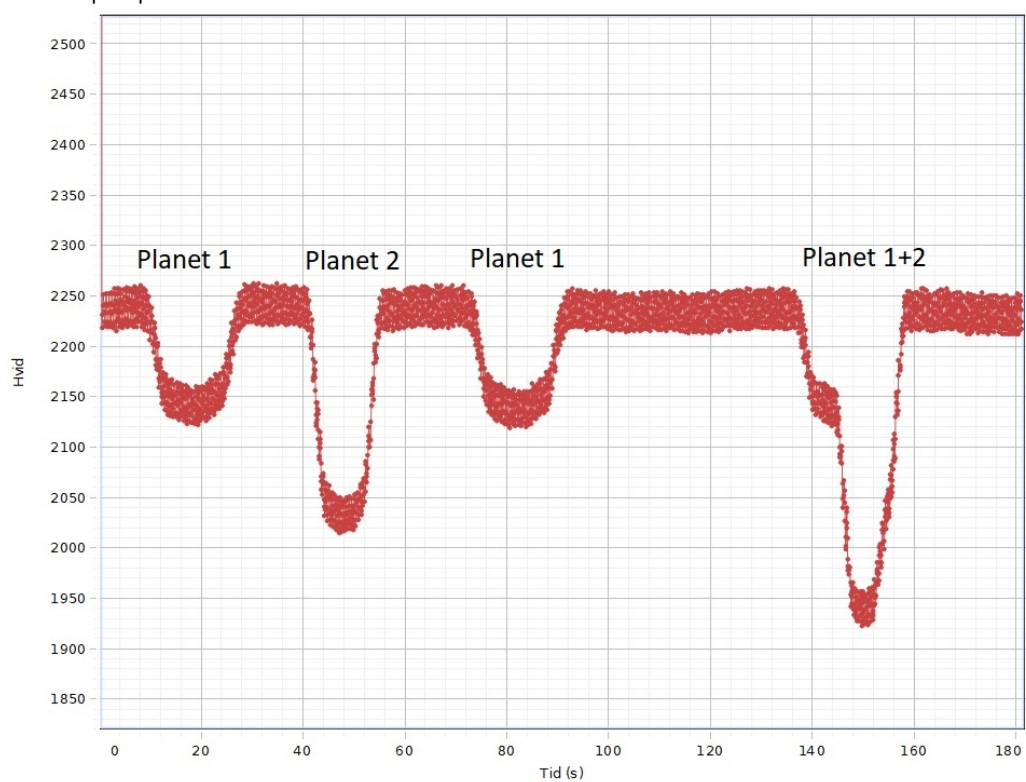
Vi forventer nu at måle et fald i lysstyrken (transit), når en planet bevæger sig ind foran globepæren (stjernen). Forneden kan man finde en figur der illustrerer et eksempel på resultater fra denne opstilling.



Transitmetoden synlig vha. opstillingen:



Eksempel på resultater:



Mulige arbejdsspørgsmål

Keplers 3. Lov

Denne opstilling er designet med udgangspunkt i de fysiske love om at jo tættere en planet er på sin stjerne jo hurtigere bevæger den sig (Keplers 3. lov).

Undersøg om det passer, hvis rotationstid og afstand skales op til eksempelvis et år og 1 AU (astronomisk enhed)

Hvad skulle ændres på modellen for at bevægelserne følge Keplers 3. Lov? Hvis hastigheden skal ændres kan det gøres ved at ændre på parametrene i programmet til Arduino'en, hvis afstandene skal ændres kan andre længder metaltråde bruges.

Note: Vi har målt omløbstiden til at være omkring 1 og 1.5 minutter.

Exoplaneterne

Undersøg planeternes størrelser og afstand relativt til hinanden ved hjælp af data fra lyssensoren. Hvilke faktorer afgør hvilket signal man ser fra lyssensoren? Det kan være planeternes størrelse og afstand til pæren (stjernen), men det kan også være deres periode? Bemærk at signalet også kan afhænge af hvordan lyssensoren måler og hvor tæt på pæren (stjernen) man har sensoren.

Script til Arduino for 5V stepper motor 28BYJ-48 (using CheapStepper library):

```
// Include the stepper motor control library
#include <CheapStepper.h>

// next, declare the stepper motor
// and connect pins 8,9,10,11 on Arduino board
// to IN1,IN2,IN3,IN4 on ULN2003 (motor controller) board
CheapStepper stepper (8,9,10,11);

// define a boolean variable to save the direction of rotation
boolean moveClockwise = true;

// Setup the stepper motor
void setup() {
  // We set a custom speed of 14 RPM, which we have good experience with
  // as it results in a set period for the rotation of the planets
  stepper.setRpm(14);
}

// Program the looping function of the motor
void loop() {
  // Let us move the motor 360 degrees
  stepper.moveDegrees (moveClockwise, 360);

  // And wait for 5 ms
  delay(5); // number is in ms, so delay(1000) = wait 1 sec
}
```

Kobling til Arduino

Nedenfor ses et billede af kobling af steppermotoren til controller-board, samt forbindelsen mellem controllerboard og Arduino. Bemærk at ledningernes farver kan variere i farver og det er forbindelsen og ikke ledningens farve, som er afgørende.

