

Øvelser om måling af elektromagnetisk stråling. Til bogen "Fysik i rummet".

Fra Læreplanen:

Forslag til eksperimenter

- Forsøg med raketter, herunder
 - bestemmelse af motorkraft ved direkte målinger
 - måling på rakettens bevægelse (hastighed og flyv højde)
- Spektrometri
 - Konstruktion af et hjemmelavet spektrometer
 - bestemmelse af den spektrale opløsning
 - måling af linsespektre og bestemmelse af bølgelængder
- Afstandskvadratloven
- Stefan-Boltzmanns lov (ved høj og lav temperatur)
- Strålingsbalance
- Absorption af strålingsenergi på overflader
- Bestem opløsningen af et digitalkamera (pixel)
- Billeder med termisk kamera, nærinfrarød eller med filter

Øvelseside 1. Spektrometer.

Kan du se forskel på en grøn køkkensvamp og et grønt blad ud fra deres genkende et frisk blad ud fra dets refleksionsspektrum.

Teori: Sunde grønne blade reflekterer en stor del af solens infrarøde stråling. Det er basis for det såkaldte NDVI vegetationsindeks som du kan læse om i runfysikbogen.

Udførelse:

Send eleverne ud efter en friskt grønt blad.

Læg en grøn køkkensvamp og et grønt blad i solen og optag deres spektrum.

Prøv at beregne NDVI for de tre overflader ved hjælp af formelen:

$$NDVI = \frac{NIR - RØD}{NIR + RØD}$$

Værdierne aflæses på y-aksen ved de bølgelængder der svarer til NIR og RED

Har bladet højest vegetationsindeks som forventet?

Prøv evt. at se om bladets NDVI ændre sig efterhånden som det visner.



Øvelse 2 Infrarødt kamera.

Sæt kameraet til storskærm så alle kan se med.

1. Tryk hånden mod en bordplade i 30 s. Tag den væk og vis, at man kan tydeligt kan se et "håndaftryk" af varme på bordet.
2. Film ud i klassen, og se elevernes kolde vandflasker.
3. Klip bunden af en sort skraldesæk, og tag den på som kjole. Advarsel: Kjolen er gennemsigtig for varmestråling! Det er måske sjovest at have hænderne indenfor sækken, så der noget at se på. Man skal have varme hænder.
4. Bed en elev gemme sig bag en glasdør/vindue. Det er naturligvis et dårligt gemmested, men se i det termiske kamera - her er eleven usynlig! Vi ser kun temperaturen af glasset.

Perspektiv:

Glaspladen virker lige som drivhusgasserne i atmosfæren. Det synlige lys fra solen kan godt komme ned til jorden, men meget af jordens egen varmestråling bliver absorberet af atmosfæren. Atmosfæren sender så selv varmestråling op og ned. En god model for atmosfæren er flere glaslag over hinanden hvor det nederste lag er varmest.

Øvelse 3 Måling af ir stråling med ir-termometer.

Teori: Termometeret måler egentlig varmestråling med en form for termosøjle og intensiteten af varmestråling bliver så omregnet til en temperatur. Når vi skal regne den anden vej og finde intensiteten (W/m^2) skal vi bruge denne formel.

$$I = \varepsilon \cdot \sigma \cdot T^4$$

Det kræver at vi ved hvilken emmisiviteten ε der er brugt. Det er vist typisk 0,95, men man kan måske finde tallet i termometrets manual.

Eks: Hvis målingen giver $-4,0^\circ\text{C}$, er strålingsintensiteten:

$$0,95 \cdot 5,669 \cdot 10^{-8} \frac{W}{m^2 \cdot K^4} \cdot ((-4,0 + 273)K)^4 = 297 W/m^2$$

Prøv at peget termometeret op i himlen. Man ser at strålingstemperaturen af en blå himmel er ret lav. Jo flere drivhusgasser der er i atmosfæren, jo mere stråling vil der komme fra en klar himmel.

Øvelse 4 Måling af albedoen af forskellige overflader udendørs.

Albedoen er den andel af solstrålingen der bliver reflekteret.

Den måles let med et "pyranometer" der er en solcelle kalibreret til at give strålingsintensitet.

Vejledning: Placer pyranometeret vandret på overfladen og noter strålingsintensiteten. Vend det om og noter intensiteten af lys der kommer fra jorden. Pas på ikke at skygge!

Pas på at belysningen ikke ændre sig mellem de to målinger, fx hvis der går en sky for solen.

$$Albedo = \frac{\text{Reflekteret solstråling}}{\text{Indkommende solstråling}}$$

Overflade	$I_{\text{reflekteret}}$	I_{ind}	Beregnet albedo
En hvid Skoda			
Græs m. mælkebøtter			
Parkeringspladsen			

Kunne man modvirke den globale opvarmning ved at ændre på farven af veje og hustage? Hvilken farve skulle man vælge?

Hvis man sætter et farvet filter foran solcellen kan man måle inden for et smalt bølgelængdeinterval. Så kalder man det ikke for albedo men for reflektans.

Øvelse -5 Jordens Nettostråling

(Man kan godt diskutere om denne øvelse har noget med satellitter at gøre, men her kommer den)

Hvis man både har et pyranometer og et IR-termometer kan man måle om jordoverfladen samlet set får mere energi ved stråling end den udsender på det tidspunkt målingen foretages.

Nettostrålingen vil typisk være positiv om dagen og negativ om natten. Det er interessant at sammenligne situationen med og uden skyer.

Eksempel:

Himlens strålings-temperatur	Jordens strålings-temperatur	Langbølget ind W/m^2	Langbølget ud	Kort ind	Kort ud	Nettostråling
$-41^{\circ}C$	$24^{\circ}C$	$0,95 \cdot 5,669 \cdot 10^{-8} \cdot ((-41,0 + 273))^4 \approx 156$	$0,95 \cdot 5,669 \cdot 10^{-8} \cdot ((24,0 + 273))^4 \approx 419$	850	35	$+156 - 419 + 850 - 35 = 552 W/m^2$

Her er der blå himmel så der tabes en del langbølget stråling, men til gengæld er der en stor indstråling af sollys, så samlet set vil strålingen opvarme jorden.

Øvelse 5

Undersøg bølgelængden af mikrobølgerne i en mikrobølgeovn. (Radarsatellitter benytter mikrobølger.)

1. Mål bølgelængden ved hjælp af chokolade eller skumfiduser.



2. Sæt to glas vand i ovnen hvor det ene er pakket ind i alufolie. Hvor stor hulle kan man lave i folien uden at vandet begynder at blive varmt?
3. Læg en telefon ind i ovnen og prøv om man kan ringe til den.

Øvelse 6. UV-stråling

Lys med en UV lampe på fluorescerende genstande. Prøv f.eks. en pengeseddel.

Øvelse 7. Laserafstandsmåler

Prøv en laserafstandsmåler og diskuter hvordan den virker.

Hvordan kan en satellit se en laserprik 700 km under sig? Prøv med en kikkert som har et filter på i samme bølgelængde som laseren. Fx grøn laser og grønt filter.

Øvelse 8. Afstandskvadrat-loven

Med en lyskilde og en lysmåler.

Øvelse 9 Stefan Boltzmans lov (lav temperatur) med termosøjle

En termosøjle måler varmestråling, og giver en spændingsforskel som output.

I dette forsøg afprøver vi om varmestrålingen følger Stefan- Boltzmans lov, dvs. at intensiteten er proportional med T^4 . Man må dog tage hensyn til at der også udsendes varmestråling fra termosøjlen så hvis man prøver at måle noget der har samme temperatur som termosøjlen giver den spændingen 0V.

Man vil derfor måle en spænding hvor der gælder følgende

$$U \propto \text{Indkommende stråling} - \text{Strålingstab}$$

Hvilket vil sige at:

$$U \propto \varepsilon \cdot \sigma \cdot T^4 - \varepsilon \cdot \sigma \cdot T_{\text{termosøjle}}^4$$

$$U \propto T^4 - T_{\text{termosøjle}}^4$$

Jeg har fundet en kort vejledning lavet af Ole Algren.

https://aktuelnaturvidenskab.dk/fileadmin/Aktuel_Naturvidenskab/opgaver/AN07_4drivhusgasserogklima.pdf



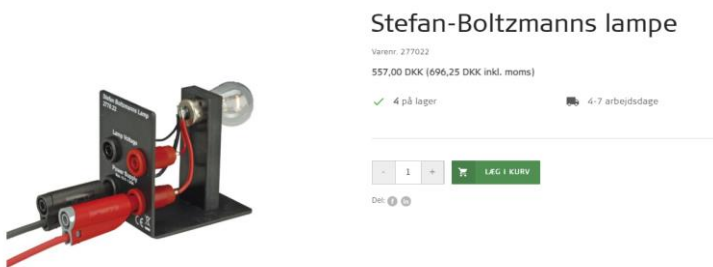
En plasticdunk fyldes med kogende vand og termosøjlen placeres tæt ved. Et termometer anbringes i dunken. Spændingen fra termosøjlen og vandets temperatur måles med passende mellemrum mens vandet køler af. Målingerne afbildes med $(T^4 - T_0^4)$ som 1. akse og spændingen som 2. akse. Fås en ret linie gennem (0,0) er Stefan - Boltzmanns lov påvist.

Øvelse 10 Betydning af overfladens emmisivitet.

Et simpelt forsøg går ud på at måle spændingen når termosøjlen peget mod forskellige overflader med forskellig emmisivitet, men samme temperatur.

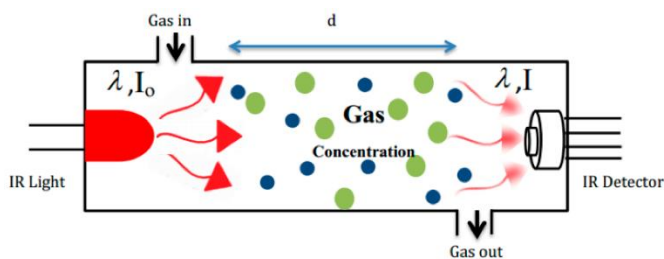
11 Stefan Boltzmans lov ved høj temperatur.

Denne opstilling kan købes. Men den har måske ikke så meget at gøre med satellitter?



11 Måling af gaskoncentration.

Man kan bygge sin egen gasdetektor:



12 Konstruktion af spektrometer

Der er mange opskrifter på nettet.

https://bigbangnaturfag.dk/docs/materiale/idekatalog/fra_bbnf/BygSelvSpektroskop.pdf

https://physicscourses.colorado.edu/phys4430/phys4430_fa18/Labs/Build%20a%20spectrometer%20v2.pdf