Energi fra solcellepanel og temperatur på planet

Berg, S. and Torsheim, M.

October 5, 2023

1 Introduksjon

I forbindelse med landingen av satellitten vår ønsker vi å se på energien som kreves for å kjøre landingsinstrumentene. Vi antar at disse kreven en effekt på 40W, med en virkningsgrad på 12 prosent. I tillegg skal vi finne en formel for temperaturen på de ulike planetene i solsystemet.

2 Fluks ved et avstand r fra stjernen

Vi begynner her med å gjøre antagelsen at stjernen vår er et sort legeme, altså et legeme som absorberer all stråling. Med den antagelsen kan vi ta utgangspunkt i Stefan-Boltzmanns lov for å finne strålingsenergien som sendes ut per tidsenhet. Denne er gitt ved følgende formel

$$L = A\sigma T_*^4$$

Her er A overflaten på det sorte legemet, *sigma* er Stefan-Boltzmanns konstant gitt ved $5.7 \cdot 10^{-8} W/(m^2 K^4)$ og T_* er legemets temperatur i kelvin. Hvis vi gjør antagelsen om at stjernen er kuleformet kjenner vi arealet til overflaten, og får uttrykket

$$L = 4\pi R_*^2 \sigma T_*^4$$

Her er R_* radiusen til stjernen. Videre kan vi se på innstrålingstettheten (fluksen) fra stjernen i en avstand r. Den er gitt ved følgende formel:

$$F = \frac{P}{4\pi r^2}$$

fordi vi antar at energien vil spre seg uniformt utover i alle retninger, som blir i formen av en kule. Kombinerer vi disse formlene får vi

$$F = \sigma \left(\frac{R_*}{r} \right)^2 T_*^4$$

Siden dette er et uttrykk for stårlingsenergien per areal må vi gange med et areal A for å få energien per tid. Det gir

$$P = \sigma \left(\frac{R_*}{r}\right)^2 T_*^4 A$$

Dersom vi ser på energien som et solcellepanel fanger opp vil den være gitt med samme lov, men ganget med virkningsgraden η til solcellepanelet, og vi sitter igjen med

$$P = \sigma \left(\frac{R_*}{r}\right)^2 T_*^4 A\eta$$

3 Temperaturen på en planet

Nå skal vi forsøke å finne et uttrykk for an planet med radius R i en avstand r i fra stjernen. For å gjøre det kan vi begynne med å finne ut hvor mye energi planeten får fra stjernen. Vi har allerede et uttrykk for fluksen som vi kan bruke, og her er det bare å gange med overflaten som skal treffes. Hvis vi lar være å ta hensyn til krumming av rommet og antar at lyset går i rette linjer vil faktisk ikke krummingen av planeten ha noen betydning. I denne situasjonen kan vi behandle overflaten til planeten som en sirkel med radius lik planetens radius. Det gir

$$P = \sigma \left(\frac{R_*}{r}\right)^2 T_*^4 \pi R^2$$

Her tar vi utgangspunkt i at halve overflaten av planeten treffes av stråling. Vi har også gjort en forenkling ved å se bort i fra krummingen til planeten. Dette kan vi gjøre fordi planeten ofte vil være langt unna stjerna, som resulterer i at forskjellen i distanse på toppen av kulen og midt på vil være veldig liten sammenlignet med r.

Videre skal vi se på energien som strømmer ut av planetens atmosfære. Vi antar en konstant temperatur, som betyr at det må strømme like mye energi ut som det kommer inn. I tillegg antar vi at planeten er et sort legeme også. Fra Stefan-Boltzmanns strålingslov vet vi at den utstrålte energien er gitt ved

$$L = A\sigma T^4 = 4\pi R^2 \sigma T^4$$

Her er T temperaturen til planeten i kelvin. Videre vet vi at energi som kommer inn og energi som går ut er lik, som gir

$$4\pi R^2 \sigma T^4 = \sigma \left(\frac{R_*}{r}\right)^2 T_*^4 \pi R^2$$

Som til slutt gir

$$T = \sqrt[4]{\frac{1}{4}\left(\frac{R_*}{r}\right)^2 T_*^4}$$

4 Konklusjon

Da har vi funnet et uttrykk for både energien som sendes ut fra stjernen og temperaturen til planeten.