

Lite grann om värme och vad det betyder för vår planet.

Strålningsbalans:

Ett föremål som varken värms upp eller kyls ned absorberar lika mycket **värme** som det strålar ut.

Din kropp är ungefär 37 °C varm. Ett vanligt rum är cirka 20 °C varmt. Du kyls alltså ned av rumstemperaturen, och måste producera värme från maten du äter för att behålla din kroppstemperatur. Du har även kläder på dig, som hjälper dig att hålla din temperatur. Det som egentligen händer är att din kropp "strålar ut" värme och därför blir kallare. Du måste äta mat för att producera värme inom dig och ersätta den förlorade energin!

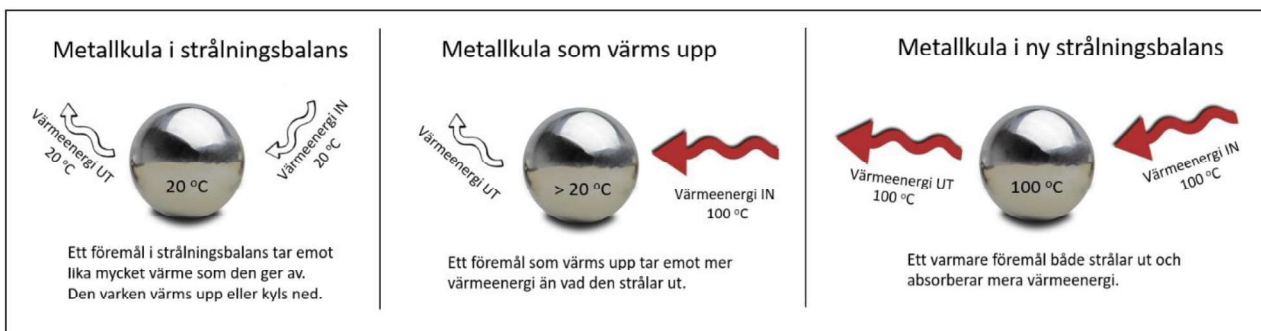
Antag att du har en metallkula i rumstemperatur. Kulan har samma temperatur som omgivningen, och värms varken upp eller kyls ner.

Om du placerar kulan i en ugn som är ställd på 100 °C så värms kulan upp tills den får samma temperatur som ugnen. Kulan absorberar alltså värmeenergi från omgivningen.

Om du sedan tar kulan i handen bränner du dig. Kulan "strålar ut" sin absorberade värmeenergi till din hand och man kan känna att den är väldigt varm.

Om du placerar kulan i rumstemperatur så svalnar den av: den strålar ut värmeenergi tills den har antagit rumstemperatur. Men rumstemperaturen har ju också värmeenergi, och kulan fortsätter att absorbera denna även om den strålar ut mer än vad den absorberar. Vi säger att "kulan är varm".

*När kulan nått rumstemperatur igen betyder detta inte att kulan slutar att stråla ut värme, det betyder bara att värmeenergin den får in från rumstemperatur är lika stor som energin den strålar ut. Det har uppstått **strålningsbalans**.*



Med andra ord absorberar föremål värmeenergi - och samtidigt strålar ut värmeenergi. Detta sker även i rumstemperatur. Utstrålad värmeenergi per tidsenhet (= utstrålad effekt) kan beräknas med Stefan-Boltzmanns lag.

Den utstrålade effekten per areaenhet är lika med en konstant gånger temperaturen upphöjt till fyra.

$$I_{UT} = \sigma T^4$$

där I_{UT} = utstrålad effekt per areaenhet, med enheten W/m^2 ,
 $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}$ Stefan Boltzmanns konstant, med enheten $W/m^2 K^4$
 T = temperatur i Kelvin **OBS!**

Metallkulan som är uppvärmd till 100 °C strålar alltså ut $5,67 \cdot 10^{-8} \cdot (100 + 273)^4 \approx 1100 W/m^2$. Alltså 1100 Joule (energi) varje sekund per kvadratmeter.

Antag att kulan nu är vår lilla planet Jorden, och att ugnen som värmer oss är solen! ☀

Solens strålar ger jorden cirka 1370 W/m^2 , men precis som kulan är blank reflekteras en viss del av solens strålning på jorden, som en spegel. Den reflekterade strålningen studsar ut i rymden igen.

Speciellt istäckena på nord- och sydpolen reflekterar en stor mängd av solens strålning, och de bidrar starkt till att jorden reflekterar cirka 30% av all solstrålning.



Vilken medeltemperatur får jorden enligt denna modell?

Definiera $S = 1370 \text{ W/m}^2$, detta är den så kallade *Solarkonstanten*
 $\alpha \approx 30\%$, jordens reflektionsförmåga i procent av infallande strålning, kallas "Albedo"
 R = jordens radie

α procent av infallande strålning, alltså $\alpha \cdot S$, studsar ut i rymden. Jorden absorberar resten, d.v.s. $(1 - \alpha) \cdot S$. Denna storhet har enheten W/m^2 och vi måste multiplicera med arean av den cirkelskiva som träffas av solens strålning, för att beräkna den totala effekten som absorberas av jorden, alltså:
Absorberad värme IN = $(1 - \alpha) \cdot S \cdot \pi R^2$.



Jorden befinner sig i balans och strålar ut den absorberade effekten över hela sin yta. Jorden har arean som en sfär med radien R , alltså arean $4\pi R^2$. Den totala utstrålade effekten blir alltså $4\pi R^2 \cdot I_{UT}$, vilket enligt Stefan-Boltzmanns lag är $4\pi R^2 \cdot \sigma T^4$.

Strålningsbalans ger att

$$\begin{aligned} \text{Absorberad värme IN} &= \text{Utstrålad värme UT} \\ (1 - \alpha) \cdot S \cdot \pi R^2 &= 4\pi R^2 \cdot \sigma T^4 \end{aligned}$$

Vi löser ut temperaturen genom att förkorta bort πR^2 på båda sidor och sedan dividerar med 4σ :

$$\frac{(1 - \alpha) \cdot S}{4\sigma} = T^4$$

Så att temperaturen blir

$$T = \left(\frac{(1 - \alpha) \cdot S}{4\sigma} \right)^{1/4} = \left(\frac{(1 - 0,3) \cdot 1370}{4 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8}} \right)^{1/4} = 255 \text{ K} = -18 \text{ }^\circ\text{C}$$

Huuy, detta är alldeles för kallt! Jordens medeltemperatur är ju cirka $+15 \text{ }^\circ\text{C}$! Vad har vi gjort fel? Jo, vi har inte räknat med våra kläder! Atmosfärens naturliga växthuseffekt som håller oss varma!