

2 Något om EM i naturen

Det jordmagnetiska fältet

Ett relativt påtagligt och välkänt naturfenomen är det *jordmagnetiska fältet*. Detta fält är statisk och dess kraftlinjer tycks relativt koncentrerade och parallella gå genom jordklotets inre för att sedan "komma ut" nära de geografiska polerna. Från dessa positioner fortsätter sedan fältet utanför jordklotet. Fältstyrkan vid jordytan är mycket liten. Dock inte mindre än att en fullt mätbar spänning kan alstras (induceras) i en kropp som med relativt måttlig hastighet rör sig t.ex. vinkelrätt mot kraftlinjerna.

Exempel:

En 1.435 m lång kropp (t.ex. en metallstav) förs med hastigheten 25 m/s (90 km/h) vinkelrätt mot de jordmagnetiska kraftlinjerna på en plats där fältstyrkan är $52 \cdot 10^{-6} \text{ Vs/m}^2$. Hur stor spänning induceras i kroppen?

Lösningen fås av nedanstående ekvation:

$$e = l \cdot v \cdot B \left[\text{m} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \frac{\text{Vs}}{\text{m}^2} \right]$$

Här är l = kroppens längd [m], v = kroppens hastighet [m/s] och B magnetisk fältstyrka [Vs/m^2].

Insättning ger:

$$e = 1.435 \cdot 25 \cdot 52 \cdot 10^{-6} = 1.87 [\text{mV}]$$

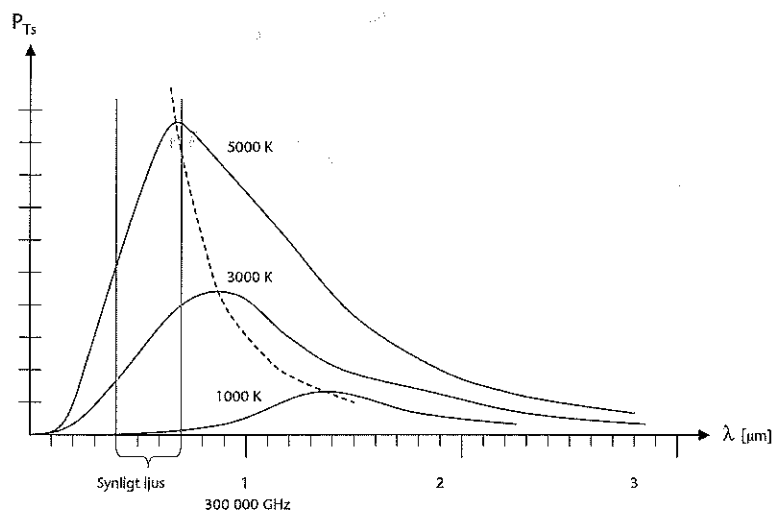
Statisk elektricitet

Om man betänker att alla föremål och kroppar består av ett oerhört antal molekyler och atomer, så är det föga förvånande att ett visst antal av elektronerna ibland hamnar på "fel" ställe. Detta leder till att elektrisk obalans inträder i kroppen. Kroppen får elektrisk potential eller blir elektriskt uppladdad. Fenomenet kallas för statisk uppladdning eller *statisk elektricitet*.

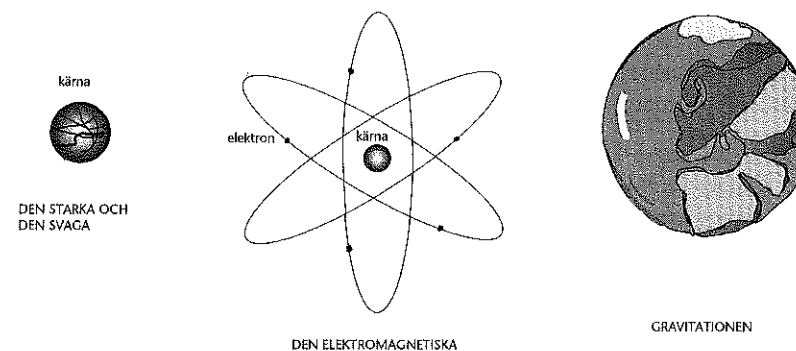
Vad är det då som gör att elektrisk obalans inträffar? Ja, mekanismerna för detta är komplicerade, men friktion och temperaturskillnader torde vara två av de viktigaste faktorerna. Viktigt är också att benägenheten för att förlora eller ta åt sig elektroner är starkt materialberoende.

Ständigt och jämnt torde potentialskillnader uppkomma mellan föremål både i vardagliga miljöer och i andra miljöer. Undersökningar har visat att rätt hög elektrisk potential tämligen ofta bildas i både föremål och människor. Detta innebär att spänningar på från några hundra V till kanske 1 kV inte sällan utbildas mellan olika kroppar i de flesta miljöer. Ofta är dock isolationen i det medium som finns mellan de uppladdade kropparna (vanligen luft) så ofullständig att en spontan potentialutjämning "fortlöpande" kommer till stånd. I vissa fall – speciellt om luften är torr – händer emellertid inte detta. Om de uppladdade kropparna då kommer tillräckligt nära varandra sker ett *överslag* i luften. Det är den elektriska fältstyrkan som då blivit för hög och rubbat den elektriska balans som råder i atomer och molekyler i det mellanliggande mediet med en *jonisation* som följd.

Det joniserade mediet leder en ström som kan bli stark. Denna kraftiga ström ger upphov till rörelse (=värme) bland molekylerna. Det uppvärmda partiet sänder därvid – vanligen kortvarigt – ut temperaturstrålning (se forts.). Även den initiala jonisationen kan skapa EM-strålning.



Figur 2.1 Relativa effekten som funktion av frekvensen avgiven av en "svart kropp" med temperaturen som parameter. Effekten ökar mycket snabbt med temperaturen (se ekv. (2.1)). Mellan varje streck på effektaxeln är det en tiopotens.



Figur 2.2 Illustration av de fyra krafttypernas ursprung.

Den energi som krävs för ovanstående uppladdning är liten, kanske av storleksordningen mWs (energi: se fortsättningen). Effekten (energi/tid) kan dock bli hög, kanske av kW-storlek (mycket kortvarigt).

Åska

Stora energimängder omsätts när elektrisk obalans uppkommer vid luftmassors rörelser i atmosfären. Detta fenomen är alltså *åska*. Mekanismerna för detta torde vara minst lika komplicerade som mekanismerna för hur statisk elektricitet uppkommer i t.ex. vanliga inomhusmiljöer. Man har emellertid kunnat konstatera att bl.a. temperatur är en viktig faktor.

En mekanism är följande: Varm luft kan ibland stiga till avsevärd höjd. Det till luften bundna vattnet kondenserar då och bildar såväl vattenånga som iskrystaller. Både vattendroppar och iskrystaller blir elektriskt laddade men med olika tecken. Iskrystaller blir vanligen positivt laddade och vattendroppar negativt.

På grund av storleken på de luftmassor som ingår i dessa förlopp blir laddningsmängderna mycket stora. Spänningen mellan olika laddningscentra i luften eller mellan laddningscentra och jord uppgår ofta till några hundra MV. Man brukar allmänt säga att luftens spänningshållfasthet är $\approx 1 \text{ kV/mm}$. Detta ger $\approx 1 \text{ MV/m}$, vilket innebär att överslag sker på avstånd av storleksordningen, säg 100–500 m. Ofta från ett moln till jord.

Urladdningen sker med ett alldeles speciellt förlopp. Först kommer de sk. förurladdningarna. Dessa sker under en överslagslängd på 10–100 m och med ett tidsmellanrum på ≈ 1 ms. Efter ett antal förurladdningar sker så det slutliga genombrottet, jonisationen (huvudurladdningen), vilken präglas av enorm strömstyrka.

Spektret blir bredbandigt i och med att snabba förändringar av strömmen sker. Fältstyrkan blir naturligtvis också oerhört hög. Strömstyrkan kan momentant uppgå till 30 kA, men toppvärden på upp till 500 kA har uppmätts. Temperaturen i strömmens sk, huvudkanal har uppmätts till inte mindre än 30 000 °C. Detta medför en stegring hos lufttrycket till 50 atm ($50 \cdot 1.013 \cdot 10^5$ N/m²).

Av ovanstående siffror framgår att de utvecklade effekterna och energierna blir mycket stora vid blixurladdningar.

Temperaturstrålning

En av de för oss människor mest påtagliga yttringarna av naturlig EM-energi torde vara *temperaturstrålningen*. Hos alla kroppar där atomer och molekyler inte befinner sig i absolut stillhet avgår EM-strålning av hög frekvens, det vi kallar temperaturstrålning. Att så blir fallet kan man göra sig en föreställning om, när man betänker att hos varje atom och molekyl finns såväl elektriska som magnetiska banor. En "vibration" hos dessa element borde alltså kunna ge upphov till just fältförändringar och EM-strålning, något som alltså också sker.

Utmärkande för temperaturstrålningens spektrum är att det är kontinuerligt. Den avgivna effekten är relaterad till temperaturen på så sätt att ökad temperatur ger ökad effekt. Samtliga komponenter hos strålningen är dock inte lika starka. Vid en viss frekvens i spektret är komponenterna starkast. Denna punkt ligger vid absoluta nollpunkten (0 K eller -237 °C), dvs. där temperaturstrålning nätt och jämnt kan börja uppkomma, ungefär vid våglängden 10 μ m eller 30 000 GHz. Denna "mittpunkt" förskjuts sedan uppåt i frekvens med ökande temperatur och ligger vid ≈ 1000 K vid ≈ 1.4 μ m (214 000 GHz). Figur 2.1 visar det teoretiska sambandet mellan effekten avgiven av en svart kropp (= all energi emitteras) och frekvensen med temperaturen som parameter. Denna effekt kan skrivas:

$$P_s = \sigma_s \cdot A \cdot T^4 [\text{W}] \quad (2.1)$$

Här är σ_s = en konstant med värdet $5.67 \cdot 10^{-8}$ [W/(m² K)], A = den yta som strålar [m²] och T = temperaturen hos denna yta [K].

Exempel:

Medeltemperaturen hos en brasa i en öppen spis antas vara 400 °C samt den utstrålade ytan 0.4 m². Hur stor värmeeffekt kan spisen avleverera till omgivningen?

Lösning:

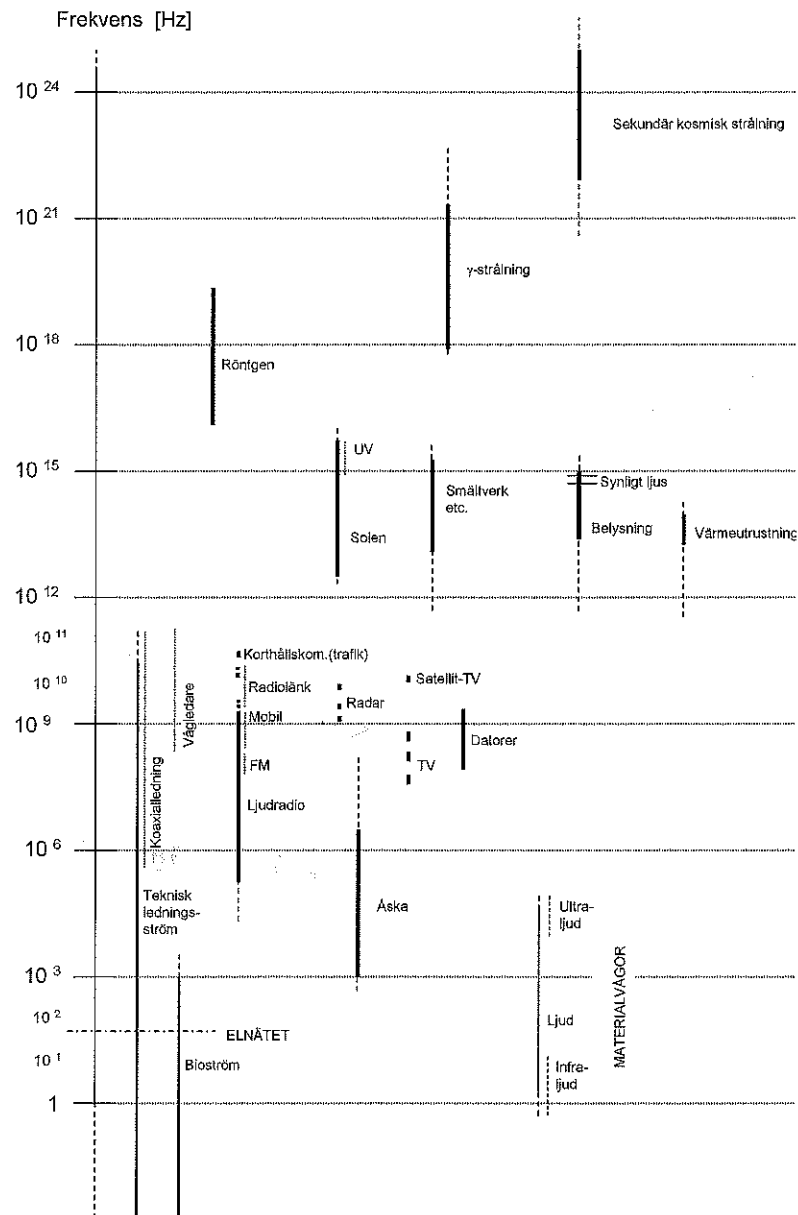
$$P_s = 5.67 \cdot 10^{-8} \cdot 0.4 \cdot (400 + 273)^4 = 4.65 [\text{kW}]$$

Detta tal kan jämföras med effekten hos vanliga villapannor. Den viktigaste temperaturstrålningskällan för vår del är annars *solen*. Solen har en ytemperatur på ungefär 5000 °C och utstrålningen från den har en mittfrekvens vid ≈ 0.6 μ m (≈ 500 000 GHz). När solstrålningen når jorden reflekteras en del ut i rymden från såväl atmosfär som jordyta, en del absorberas i atmosfären och resterande del når jordytan där den absorberas i olika grad beroende på material.

Absorptionen är alltså starkt materialberoende. Blanka "släta" kroppar tar åt sig mycket mindre energi än "skrovliga". Hos vissa material är transmissionen utpräglad. Detta gäller glas, vissa plaster m.m. I många fall kan så mycket som 80–95 % av energin i området 0.4–0.7 μ m transmittas genom inte alltför tjocka skikt. Orsaken till den stora transmissionen står att finna i den inre atomära strukturen i materialet.

Absorptionen innebär en temperaturhöjning hos den absorberande kroppen. Denna kropp uppnår dock i allmänhet lägre temperatur än den temperatur som "sändaren" hade. Den återutsändning av EM-energi som sker från kroppen sker därmed vid lägre medelfrekvens. Vi ser ju i fig. 2.1 hur medelfrekvensen sjunker med avtagande temperatur. Det sagda innebär i praktiken att solbelysta föremål efter kortare eller längre tid utsänder det vi i vardagligt tal kallar *värme*. Det sker, om man så vill, en slags våglängds-transformation i dessa kroppar.

En viss del av temperaturstrålningen som träffar ovannämnda kroppar reflekteras. Oftast diffust på grund av ytans struktur. Denna reflekterade del av den inkommande energin är i allmänhet tillräckligt intensiv för att vi med vårt förnämsta sinne, *synen*, skall kunna projicera en bild av t.ex. omgivningen på våra näthinnor. De korta vågorna medger en utmärkt upplösning av de bilder som tecknas på näthinnan. De reflekterande ytornas egenskaper är dessutom oftast sådana att en betydande frekvensselektion föreligger. Vi kan i och med detta särskilja det vi kallar *färg*.



Figur 2.3 Frekvensmässig lokalisering av olika slags EM-energi i naturen och kulturen.

Bioström

I vår kropp är svaga *elektriska strömmar* alltså närvarande. Inte minst i nervsystemet. Strömmarna uppkommer vanligen genom att atomer och molekyler bringas i elektriskt obalans, dvs. de är joniserade.

Trots dessa spänningar och strömmars små värden är de möjliga att registrera, och deras variation i tiden ger läkarna värdefulla upplysningar vid undersökning av t.ex. hjärtats (elektrokardiogram, EKG) och hjärnans (elektroencefalogram, EEG) funktion.

Figur 2.3 visar bland annat de viktigaste naturliga strålningskällornas placering på en frekvensaxel.