



Varme er normalt noget, man opfatter som noget naturligt. Når noget er varmt, er det varmt, - men hvad er varme egentligt for noget.

Hvorfor bliver elektronik varmt, - hvorfor kan en tynd, smal kobberbane på et print ikke lede mange ampere, hvorfor kan man på afstand mærke om kogepladen er varm, - osv. Osv.

Hvad er varme egentlig?

Ps: linkene i dokumentet er ikke testet !!

Varme i en glødepære:

I starten brugte man en forkullet trevle af bambus som glødetråd.

Den var sat ind i en glaskolbe, og luften blev pumpet ud. Uden ilt kunne tråden jo ikke brænde.

(I dag bruges Argon som fyldgas!)

Fra ca. 1900 gik man over til at lave glødetråden af Wolfram, også kaldet tungsten.

Fordelen ved wolfram er at det er et metal med et højt smeltepunkt.

Men hvordan virker egentlig en glødepære?
Hvorfor bliver den varm? Hvorfor udsender den lys?



Hvad er varme:

Varme og lys må have noget med hinanden at gøre:



Vi kender, at et stykke glødende jern, eller en meget varm kogeplade udsender ”varmestraler” og lidt lys.

Jo varmere, jo flere varmestraler og jo hvidere lys udsendes.



Varmer er bevægelse:

På mange forskellige hjemmesider kan man se animation af, at varme er bevægelse i stoffets atomer. Se fx termiske vibrationer på følgende links:

<http://en.wikipedia.org/wiki/Temperature>

http://galileo.phys.virginia.edu/classes/109N/more_stuff/Applets/brownian/brownian.html

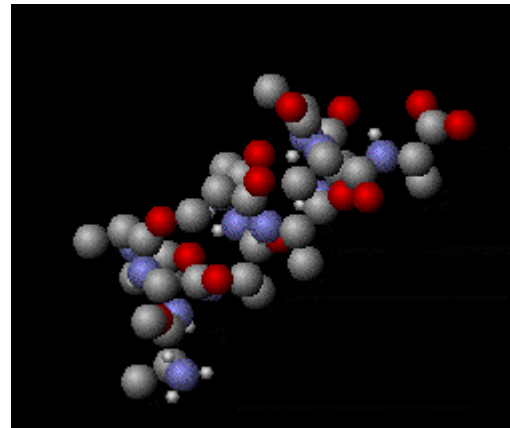
Og én, der kan justeres i temperatur:

<http://www.phy.ntnu.edu.tw/ntnujava/index.php?topic=24>

<http://www.ms.uky.edu/~mai/java/stat/brmo.html>

<http://www.physics.uq.edu.au/people/mcintyre/applets/brownian/brownian.html>

Youtube: http://wn.com/brownian_motion



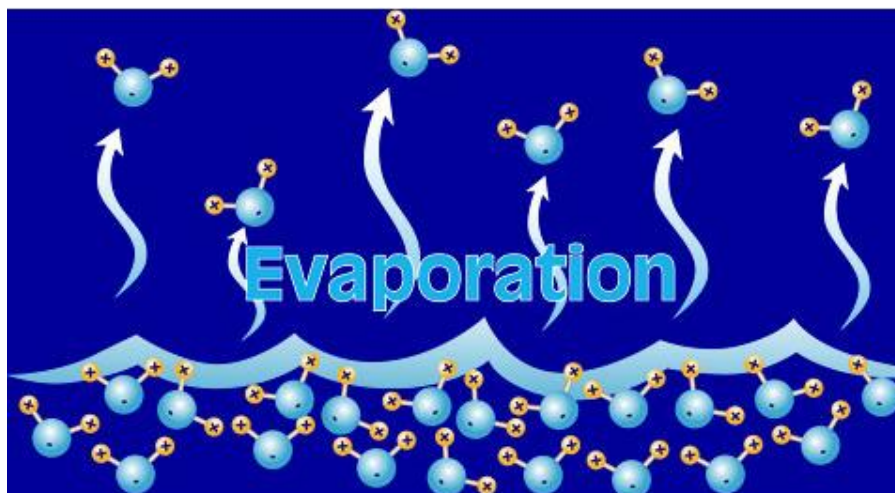
Fordampning

For at forstå bevægelse ses her lidt på vands fordampning:

Vand under 100 grader fordamper. Jo varmere, jo hurtigere sker fordampningen. Dog afhængig af fugtindholdet i luften over.



Temperaturen i vandet er et gennemsnit for molekylernes bevægelseshastighed. Nogle molekyler har hastighed er lavere, nogle er højere, og nogle har så høj fart, at de kan undslippe, dvs. fordampe.



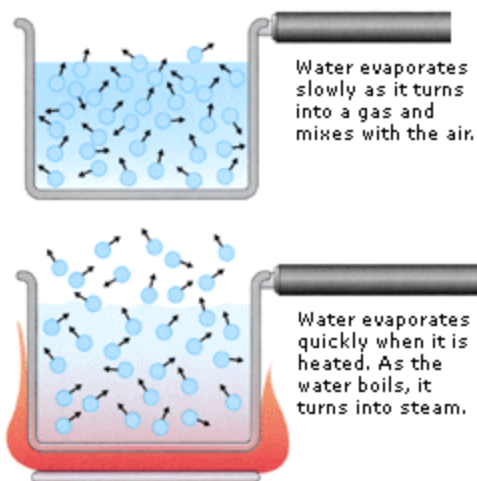
Selv is fordamper. Man kan hænge tøj til tørre udendørs, selv i frostvejr!

Vandmolekyler forlader overfladen:

Jo varmere vandet er, jo hurtigere atomer, jo mere fordampling.

Hurtige vandmolekyler undviger fra overfladen.

Jo varmere, jo flere molekyler har hastighed nok til at undvige.



Kilde: http://ed101.bu.edu/StudentDoc/current/ED101fa10/vebado/Content_1.html

Frossen vand.

I en blanding af is og vand ved frysepunktet er der ligevægt: Nye vandmolekyler kommer hele tiden i kontakt med isen, hvor de bliver indfanget. (Man kan forestille sig, at de har små velcro-kroge i enderne.) og får iskrystallerne til at vokse. Men der er også hele tiden vandmolekyler, der forlader iskrystallerne. I ligevægtsituationen er der lige mange vandmolekyler, der tilføres og forlader isen.

Kilde: Ilv. 17/2010, side 44.

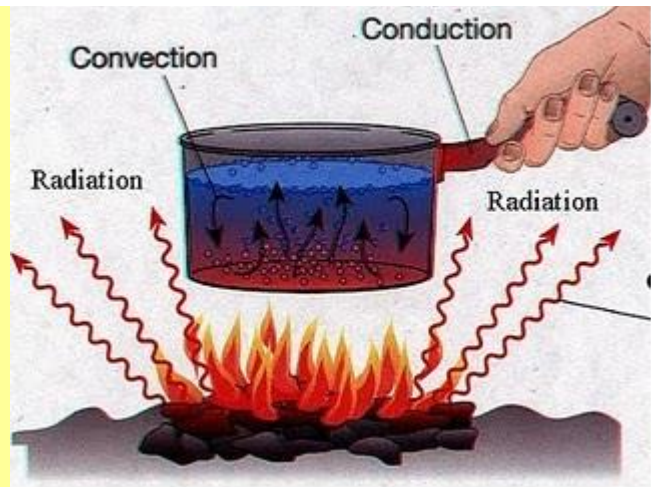
Konvektion, varmeledning og varmestraling:

Varmer kan "udbredes" på 3 måder:



Convection is the transfer of heat by the actual movement of the warmed matter. Heat leaves the coffee cup as the currents of steam and air rise. Convection **is the transfer of heat energy in a gas or liquid by movement** of currents.

The heat moves with the fluid. Consider this: convection is responsible for making macaroni rise and fall in a pot of heated water. The warmer portions of the water are less dense and therefore, they rise. Meanwhile, the cooler portions of the water fall because they are denser.



Conduction is the transfer of energy through matter from particle to particle.

It is the transfer and distribution of heat energy from atom to atom within a substance. For example, a spoon in a cup of hot soup becomes warmer because the heat from the soup is conducted along the spoon. Conduction is most effective in solids-but it can happen in fluids. Fun fact: Have you ever noticed that metals tend to feel cold? Believe it or not, they are not colder! They only feel colder because they conduct heat away from your hand. You perceive the heat that is leaving your hand as cold.

Radiation: Electromagnetic waves that directly transport ENERGY through space. Sunlight is a form of radiation that is radiated through space to our planet without the aid of fluids or solids. The energy travels through nothingness! The sun transfers heat through 93 million miles of space.

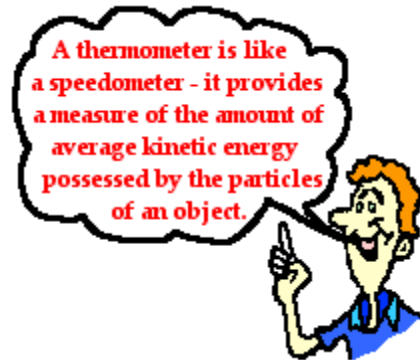
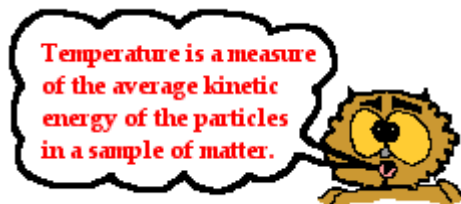
Because there are no solids (like a huge spoon) touching the sun and our planet, conduction is not responsible for bringing heat to Earth. Since there are no fluids (like air and water) in space, convection is not responsible for transferring the heat. Thus, radiation brings heat to our planet.

<http://www.mansfieldct.org/schools/mms/staff/hand/convcondrad.htm>

<http://www.3n1-combinescience.blogspot.com/>

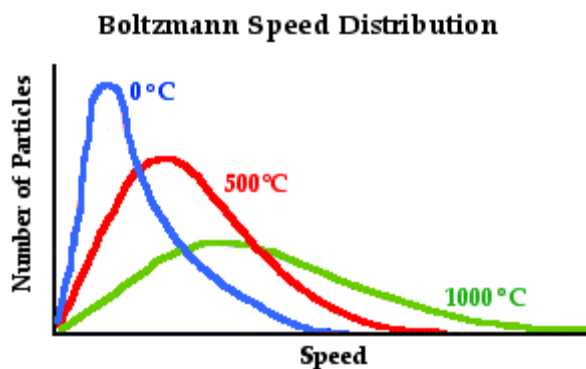


Sammenfattet:



<http://www.physicsclassroom.com/Class/thermalP/U18l1c.cfm>

Hastighedsfordeling af bevægelserne:



Grafen viser hvordan fordelingen af de hastigheder, partikler i et legeme kan bevæge sig ved, ved forskellige temperaturer.

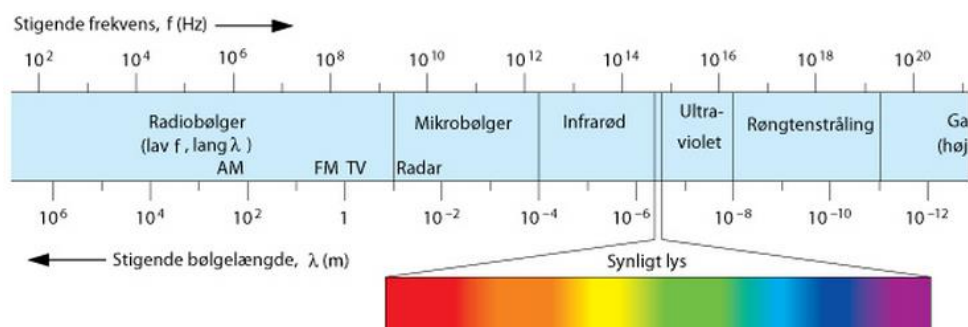
Ved højere temperaturer er der en større procentdel af partiklerne, der bevæger sig med højere hastighed.

<http://www.physicsclassroom.com/Class/thermalP/U18l1c.cfm>

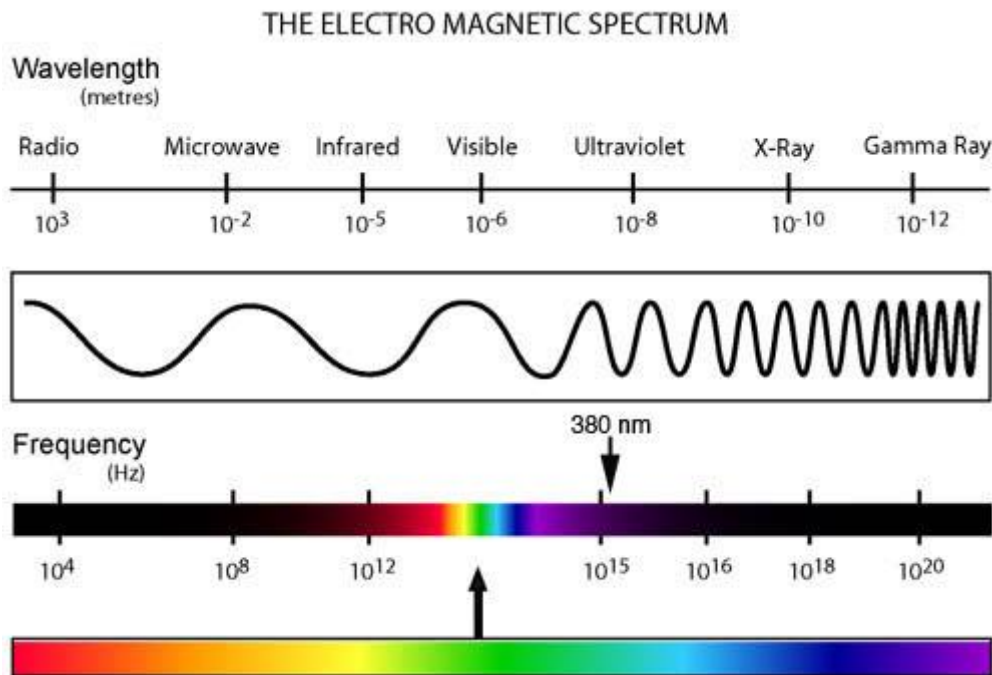
Varmestråling

Lys er bare en lille del af elektromagnetisk stråling:

Infrarød stråling er også radiobølger.



Kilde: http://www.emu.dk/gsk/fag/fys/ckf/fase2/2uine/universet_og_jordens_udvikling/straalingen_fra_universet/index.html



<http://www.viewzone2.com/dna.html>

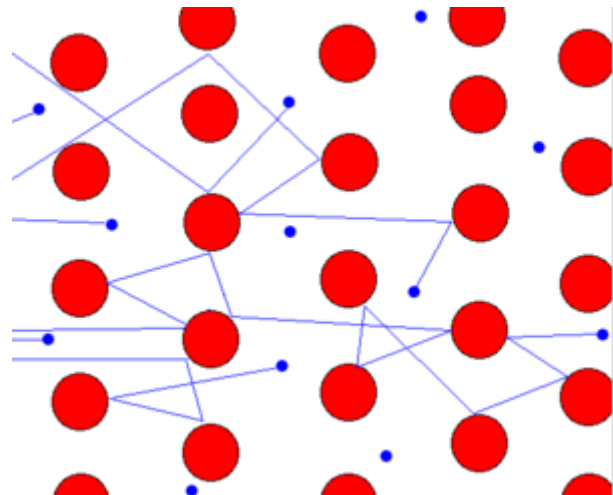
Hvorfor bliver en glødetråd varm ?

Elektronerne i en ledning eller en modstand påvirkes af et elektrisk felt.

De accelererer, ligesom noget, der falder nedad i et tyngdefelt. Når de har fart på, har de kinetisk energi.

Kinetisk energi: $E_{Kin} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$

Den kinetiske energi er ekstrem lille, fordi massen af en elektron er så lav.



{Electron Mass} = (9.1093897 * 10⁻³¹ kg)

Men der er så stort et antal af elektroner involveret i ”strøm”, at det alligevel tæller!

Eksempel: 40W glødepære.



$$P = U \cdot I, \rightarrow I = \frac{P}{U} = \frac{40W}{230} = ca. 0,2 \text{ Ampere}$$

1 Ampere, betyder, at 1 Coulomb passerer pr sekund.

Dvs. $6,25 \cdot 10^{18}$ elektroner / sek.

Ganget med 0,2 betyder, at der passerer $1,14 \cdot 10^{18}$ elektroner pr sek.

Men hvorfor bliver glødetråden varm??

Analogi:

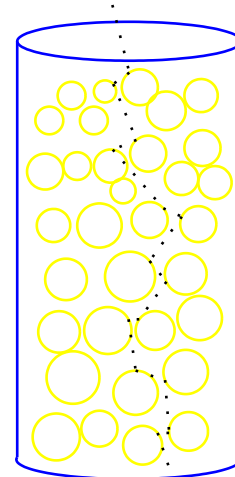
Man kan opfatte elektronernes vej gennem lederen som små bolde eller bolsjer, der skal løbe ned gennem et rør fyldt med kokosnødder. Boldene starter med potentiel energi, og drives nedad af tyngdekraften. Ved hver sammenstød bremses boldene, og afleverer deres kinetiske energi til stenene, der sættes i kraftigere vibration, og derfor varmes op.

Efter hvert sammenstød accelereres boldene igen !!

Det samme sker i den elektriske verden. Her er det bare spændingen der accelererer elektronerne fremad.

Elektronernes bevægelsesenergi afleveres til atomerne i fx en glødetråd. De bliver varme, de vibrerer kraftigere.

Og hvis temperaturen er høj nok, vil den udsendte stråling have et indhold af frekvenser, vi kalder lys !!



At high current, lots of electrons are moving through the wire and colliding with the particles in the resistor. After a collision, they start speeding up again until again they collide with a particle in the resistor

The many electrons flowing through the wire undergo collisions with particles in the resistor, transferring kinetic energy. Temperature is defined by the average kinetic energy of the particles that make up an object. So as the particles in the resistor start shaking due to these collisions, their kinetic energy increases and the temperature of the resistor rises.

http://phet.colorado.edu/files/activities/3114/HW01_SIM_Key.doc



Hvorfor er det lige at elektronflow producerer varme??

Elektroner er de mindste partikler, der findes i et stof. En elektron har en masse på $9,1 \times 10^{-28}$ gram, hvilket betyder, at der skal $10,9 \times 10^{26}$ elektroner til at det svarer til vægten af 1 cm^3 vand.

Spørgsmålet kan stilles, hvorfor sådan en lille partikel kan være grundlaget for vores moderne teknologi. Svaret er - Antal. Enorme antal elektroner er involveret i de fleste anvendelser. For eksempel, når en 100 watt pære tændes, flyder elektroner gennem ledningerne og transporterer energi til den med en hastighed på $5,2 \times 10^{18}$ elektroner pr. sekund. Ud over elektronens masse, bærer hver elektron en negativ elektrisk ladning på 1-unit. Det er ladningen af en elektron, som gør det muligt at interagere med andre elektroner og partikler i atomer.

Selv når en elektron er i hvile og ikke har nogen tilsyneladende bevægelse, har den stadig energi. I virkeligheden, ifølge fysikkens love, har et objekt energi bare på grund af dens masse. Under visse betingelser, kan masse omdannes til energi og vice versa.

$$E=mc^2$$

Vha. Einsteins ligning kan man beregne den mængde energi, der kan opnås, hvis en genstand med en masse m blev fuldstændig omdannet.

Batterier er gode kilder til at give elektroner energi. Batteriet giver elektroner et ”tryk” i en bestemt retning, og når de passerer en belastning, mister de deres energi, som konverteres til en anden form for energi. Et godt eksempel på en belastning er en pære, hvori elektronernes energi konverteres til varme – og dermed også lys.

En ideel ledning har ingen modstand. En såkaldt superleder.

Hvis lederen har modstand, vil en del af energien konverteres til varme i den. Dette er jo uønsket, men alle ledere har jo modstand, og dermed tabes energi.

Elektroner pumpes rundt i et kredsløb som vand i et kredsløb. Ingen ladninger tabes, ingen ladninger opstår. Heller ikke i et batteri!

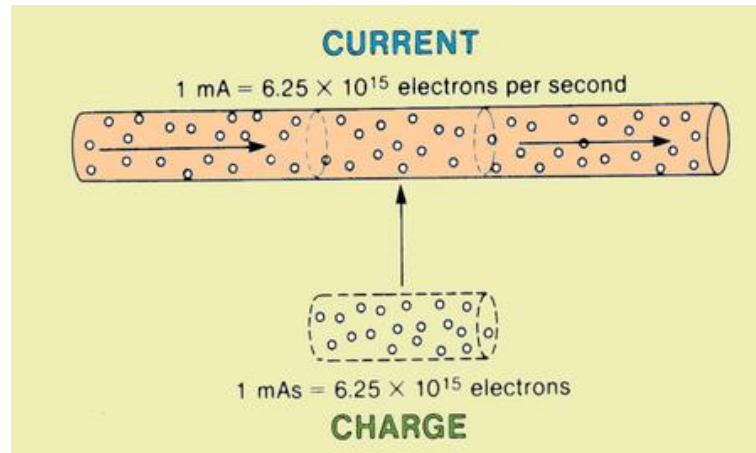
Elektroner tilføres energi, og energien afgives igen. Ligesom vand, der får tilført tryk, og kan få min havenisse til at dreje. ☺ !



Potentiel energi

Man kan opfatte energien i elektroner som en form for potentiel energi.

Et batteri giver elektroner højere potentiel energi.



<http://www.sprawls.org/ppmi2/ERAD/>

Det er ikke kollisionen selv, der genererer kinetisk energi. Ved kollisionen konverteres noget af elektronens kinetiske energi til vibration i atomet i ledningen fx og dette ses som varme.

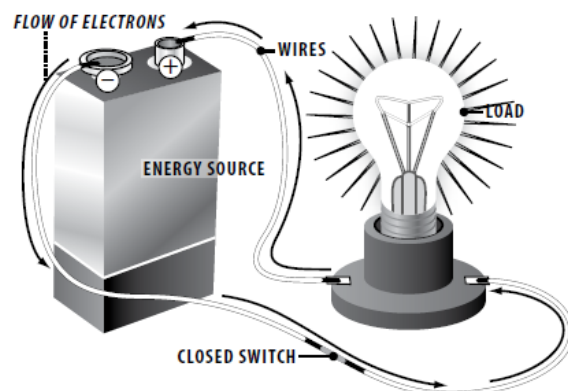
Man kan opfatte det som om, at når elektronen rammer atomet, vil dets hastighed sættes ned, - (fordi det mister kinetisk energi) – og få atomet til at vibrere, - fordi det rammer det.

<http://www.thestudentroom.co.uk/showthread.php?t=1169352>

Når de strømførende elektroner ramler ind i atomer, overfører de små bidder af kinetisk energi til dem. Små mængder, fordi atomerne er meget tungere, men nok energi til at få atomerne til at vibrere mere og mere med tiden. Det er den varme vi man måle og bruge i fx varmeovne.

<http://titus.phy.qub.ac.uk/opportunities.php?no=33>

Når der er et kredsløb, pumpes elektroner rundt.



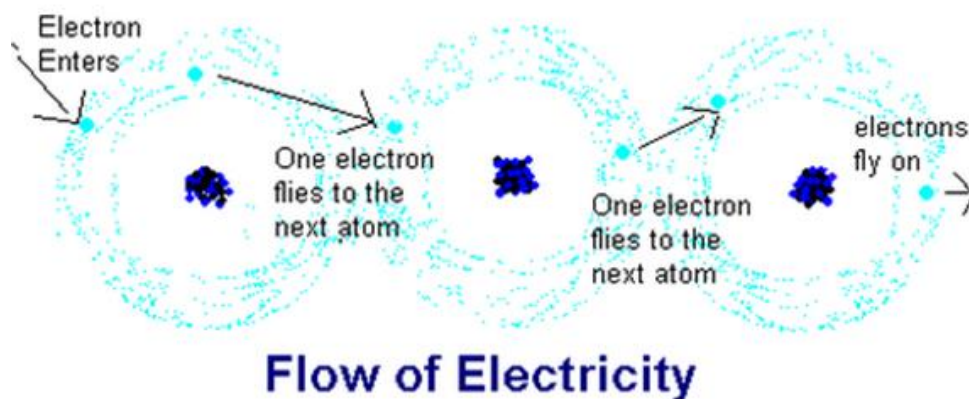
<http://www.need.org/needpdf/Energy%20of%20Moving%20Water%20Student.pdf>

Nogle materialer, især metaller, har bestemte elektroner, der er ”løst” bundne til deres atom. De kan ret let tvinges til at bevæge sig fra et atom til andet, hvis et elektrisk felt påtrykkes. Når elektroner bevæger sig fra atom til atom, løber der en strøm.



Ved stuetemperatur har elektronerne inde i en metaltråd en gennemsnitlig hastighed på nogle få millioner kilometer i timen på grund af deres termiske bevægelse. Det frembringer ikke en strøm, fordi bevægelsen er tilfældig og i alle retninger. Der er ingen nettostrøm i nogen retning.

Hvis der påtrykkes et elektrisk felt – fx fra et batteri, vil elektronerne fortsætte deres tilfældige bevægelser i alle retninger samtidig med at det elektriske felt skubber dem lidt frem gennem tråden.



Før elektronerne opnår en ”stor hastighed”?? vil elektronerne støde ind i forankrede metal-ioner i deres vej i det elektriske felt, og overføre noget af deres kinetiske energi til dem. Dette er grunden til at en strømbærende ledning bliver varm.

Disse sammenstød afbryder elektronernes bevægelse, således at den faktiske hastighed eller nettohastigheden gennem tråden på grund af feltet er meget lav. I en typisk DC strøm, såsom i en bilpære, har elektroner en netto gennemsnitlig drift hastighed gennem ledningen på omkring 0,01 cm pr. sekund.

Det ville tage omkring 3 timer for en elektron at rejse gennem 1 meter ledning.

I en AC strøm gør elektroner ikke nogen netto fremskridt i ledningens retning. De driver en lille brøkdel af en cm. i den ene retning og så tilbage igen med en frekvens på 50 Hz.

Kilde: http://www.hopperinstitute.com/phys_current.html

Så ganske simpelt, når en elektron kolliderer med et atom, vil dens kinetiske energi forårsage, at atomet vibrerer lidt kraftigere, - som jo er varme.

Vibrerende atomer, se fx: http://www.edinformatics.com/math_science/how_is_heat_transferred.htm

Elektroner strømmer lettest, når der er god plads for dem til at flyde igennem ledningen. Gode ledere med lav modstand per længdeenhed har masser af plads i deres atomare struktur. Så elektronerne flow er relativt frit i forhold til dårlige ledere, der har mindre inter-atomar plads og dermed høj lineær modstand.



Temperatur er et mål for den gennemsnitlig kinetiske energi i atomer og molekyler i det ledende materiale. Når mere Kinetisk energi overføres fra elektronerne i en høj-modstands-leder som følge af flere atomer og molekyler for at løbe ind, øges den gennemsnitlige middelværdi for Kinetiske energi i materialet.

Temperaturen er en funktion af varme Q_e . ?? Og varme genereres som $Q_e = I^2 \cdot R$.

Altså, jo større strøm, jo mere varme produceres. Strømmen er $I = dQ / dt$

Spændingsstigningen kan skabes af et batteri, en generator osv.

Kilder til afsnittet:

http://www.answerbag.com/q_view/422766

<http://uk.answers.yahoo.com/question/index?qid=20100131135324AA21xMn>

http://www.schoolforchampions.com/science/thermal_energy.htm

<http://www.sprawls.org/ppmi2/ERAD/>



Elektronernes hastighed

Hvad er elektronernes hastighed i en 1 mm^2 kobberledning, hvori der løber en strøm på 1 Ampere?

Hvis der i en 1 mm^2 kobberledning løber 1 [A], må der igennem et tværsnit i løbet af 1 sek. passere:

$$Q = I \cdot t = 1 \cdot 1 = 1 [\text{Coulomb}]$$

Da hver elektron har ladningen på $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ [C]}$ vil 1 [C] svare til, at der passerer

$$\frac{1}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 6,25 \cdot 10^{18} \text{ elektroner i løbet af 1 sek.}$$

Dvs. at alle elektroner i et rumfang kobber, der har $6,25 \cdot 10^{18}$ frie elektroner må følgelig ”passere” tværsnittet.

I 1 m^3 kobber er der 10^{29} frie elektroner. (opslag).

I en tråd med tværsnittet 1 mm^2 og med længden 1 mm må der derfor være $\frac{10^{29}}{1000^3} = 10^{20}$ frie elektroner.

Længden af den 1 mm^2 tråd, der indeholder $6,25 \cdot 10^{18}$ elektroner må være:

$$\frac{6,25 \cdot 10^{18}}{10^{20}} = 0,0625 \text{ mm.}$$

Elektronernes hastighed er altså 0,0625 mm pr sek.

Se tabel over metalleres antal frie elektroner på:

<http://HyperPhysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/tables/fermi.html>



Glødetråd:

Varmen får elektronerne omkring wolfram-atomerne til at excitere.

Dvs. hoppe ud i en bane længere ude. De har højere energi.

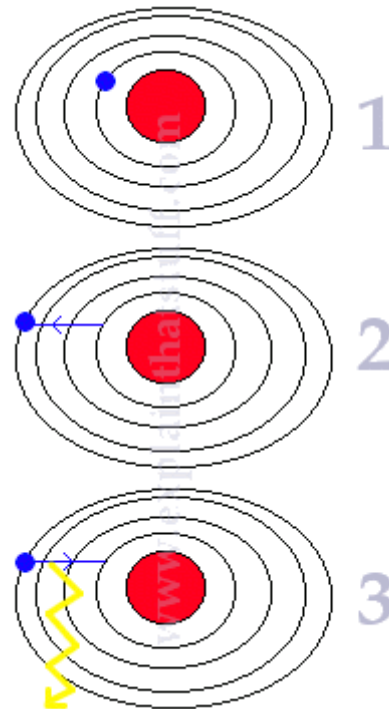
Når de returnerer, udsendes den overskydende energi som en stråling.

Hvis strålingen er af en frekvens, vi kan se, kalder vi det lys.

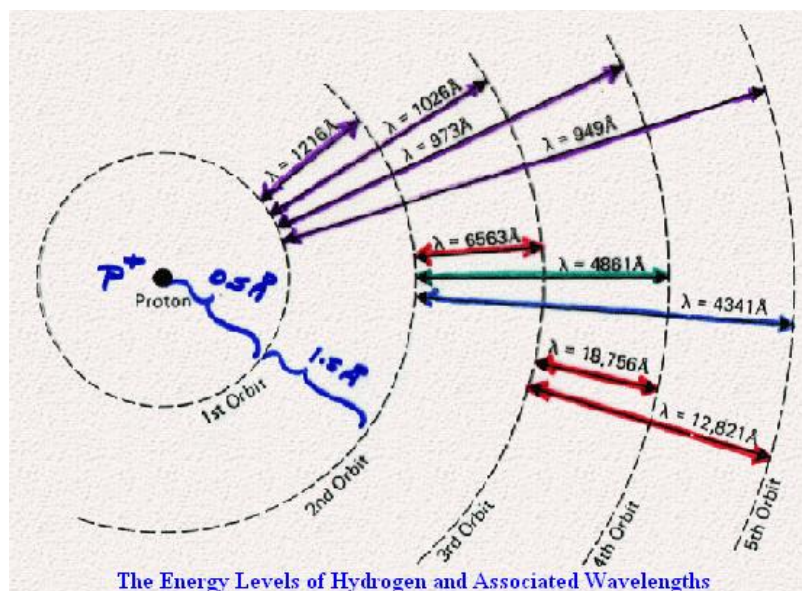
Glødetrådets temperatur er et gennemsnit af de enkelte molekylers temperatur.

Og der er flere baner omkring kernen.

Derfor udsendes mange forskellige frekvenser.



<http://www.explainthatstuff.com/light.html>

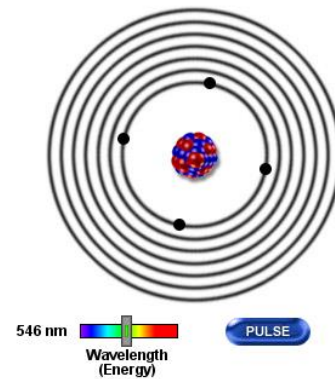


<http://casswww.ucsd.edu/archive/public/tutorial/Planck.html>



Se animation for excitation af et atom på

<http://micro.magnet.fsu.edu/primer/java/fluorescence/exciteemit/index.html>



Temperatur udlignes:

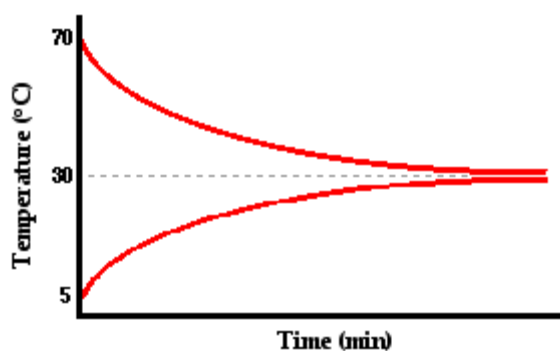
Ligesom en varm væske kan opvarme en anden væske, indtil ligevægt, vil en kop kaffe i et rum udligne sin temperatur med omgivelserne.

Det sker ved varmeledning, konvektion og varmestråling.

<http://www.physicsclassroom.com/Class/thermalP/u18l1e.cfm>



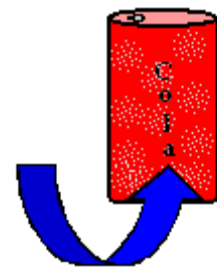
Graf for udligning af temperatur mod en ligevægt:



Surroundings
(cooler)



Surroundings
(warmer)



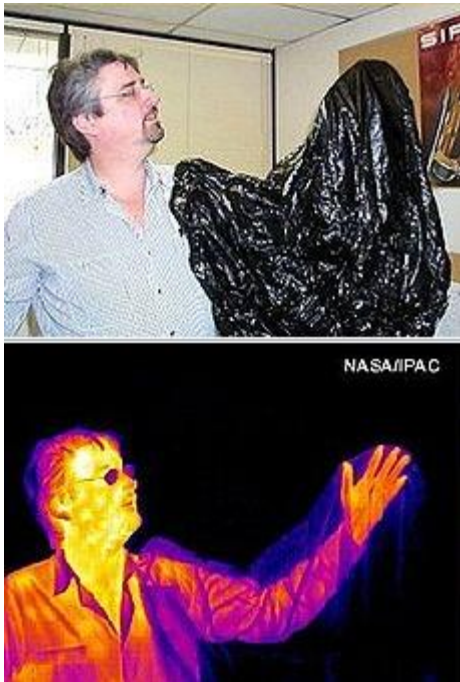
<http://www.physicsclassroom.com/Class/thermalP/u18l1d.cfm>

Varm Kaffe afgiver energi i form af varmeledning, konvektion og stråling



Varmestråling / elektromagnetisk stråling:

De følgende billeder illustrerer, at det er muligt at tage billeder af udstråling ved selv relativt lave temperaturer.



Man kan optage billeder af udstrålingen fra mennesker.

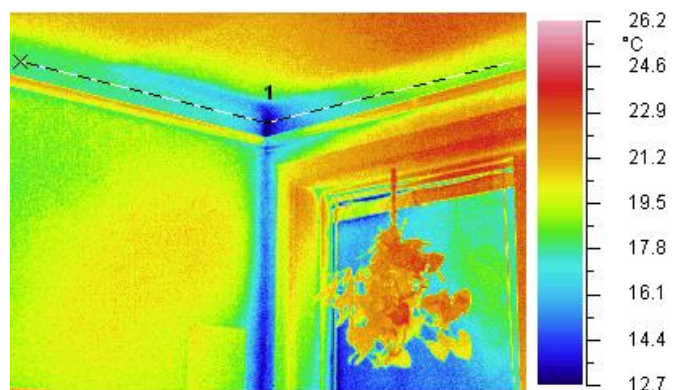
Alt, der har en temperatur over absolut 0, udsender varmemstråling, eller rettere elektromagnetisk stråling..

Kilde: <http://www.answers.com/topic/black-body>

Her et eksempel på kuldebroer.

Isoleringen er dårlig.

Kilde: www.tryel.dk/Bygninger.htm



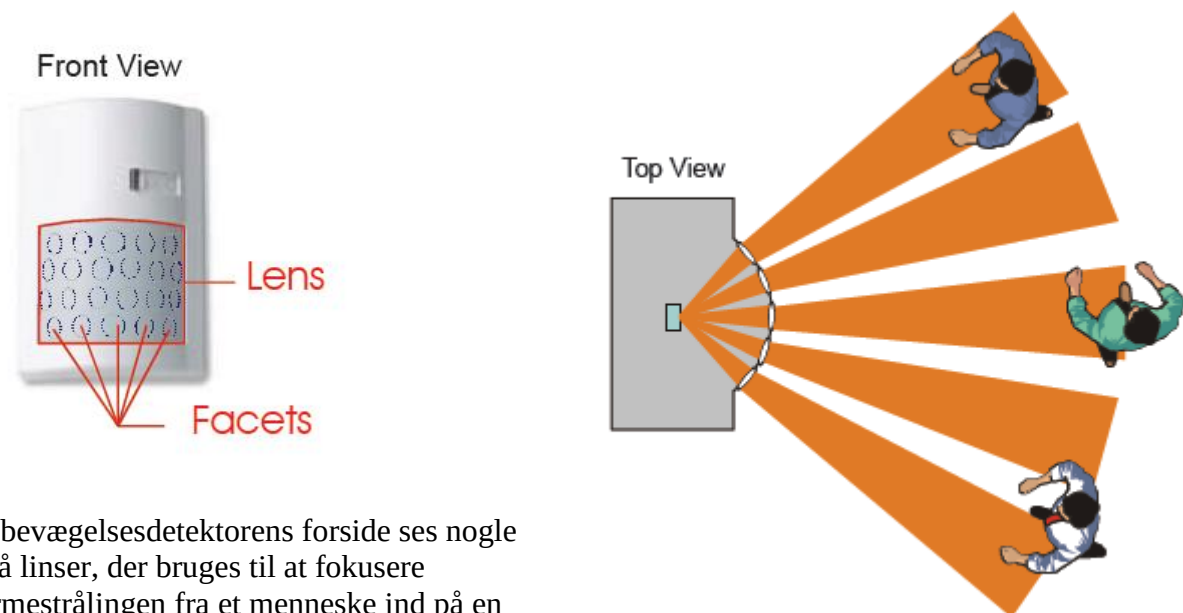


Her ses en bevægelsesføler. Den reagerer på udstrålingen fra mennesker, og bruges fx til at tænde lys, eller til at aktivere tyverialarmer.



Hvordan måles bevægelse?

Det at måle bevægelse vha. varmestråling, kan opnås ved at benytte en fresnel-linse eller en form for Facet - linse.



På bevægelsesdetektorens forside ses nogle små linser, der bruges til at fokusere varmestrålingen fra et menneske ind på en varmefølsom chip. Der bruges derefter

noget elektronik til at se på, hvor hurtigt varmestrålingen ændres.

<http://www.alarmsbc.com/pdf/basic%20security%20101.pdf>

Dvs. at det signal, der kommer fra chippen skal differentieres.

Se evt. en animeret gif: http://en.wikipedia.org/wiki/File:FacetLensOfMotionDetector_animation2.gif

Fresnell video, 5 minutter: <http://vega.org.uk/video/programme/226>

Er der nogen, der har set Myth Busters "forsøg på at snyde en bevægelsescensor":

<http://www.youtube.com/watch?v=x8vmd3DkzDg>



Øretermometer:

Et øretermometer måler på IR stråling fra overfladen i øregangen.

Hvorfor bruges egentlig øret ??



Selv en pen, der jo har en temperatur lig omgivelsernes temperatur, udsender varmestråling. Udsender energi! Hvorfor mon den så ikke mister energi og bliver koldere?

Fordi den får lige så meget stråling fra omgivelserne, til at den er i balance temperaturmæssigt.

De samme betragtninger kan man gøre på Jordens energibalance, den tilførte energi fra Solen, og den udstrålede energi til Verdensrummet. Og her er det så, at drivhuseffekten kommer ind.

Hvis vi ikke havde den, ville Jordens gennemsnitlige temperatur være ca. 33 grader lavere!

Black Body Radiation

I det følgende afsnit ses på begrebet Stråling fra "det absolut sorte legeme", Black Body Radiation.

Et Absolut Sort legeme vil absorbere al indkommen stråling, og derfor ikke reflektere noget modtaget stråling!

Alt, der har en temperatur over minus 273 grader udsender stråling. Ved denne temperatur vil alle de indre termiske vibrationer været gået i stå.

Hvis alle legemer udsender stråling, hvorfor vil deres temperatur så ikke falde. Det kender vi jo fra en varm kop te, en varm bilmotor, fra glødende jern osv.

Men normalt vil et legeme udsende og modtage lige meget energi fra andre legemer, derfor er dets temperatur i ligevægt. Alle ting i en stue har typisk samme temperatur.

Vi kender at jo varmere et legeme er, jo mere stråling kommer der fra legemet. Fx fra et lejrbrænde. Og det gælder også for legemets størrelse.

Så der må være en sammenhæng.

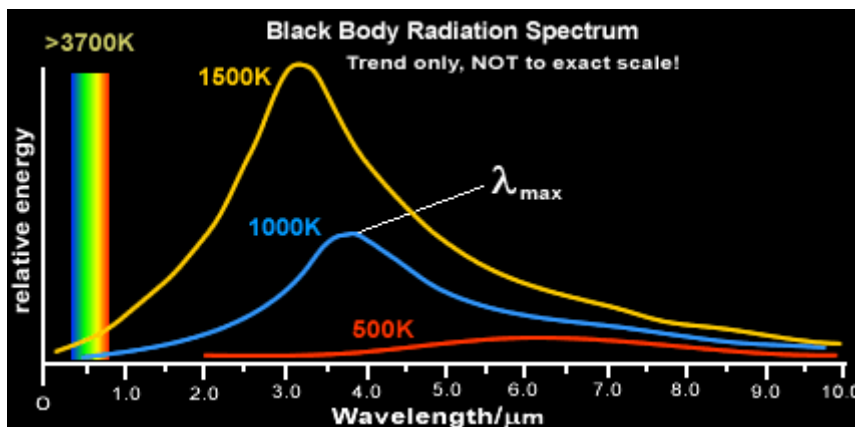
Følgende grafer viser udstrålingen fra et sort legeme.



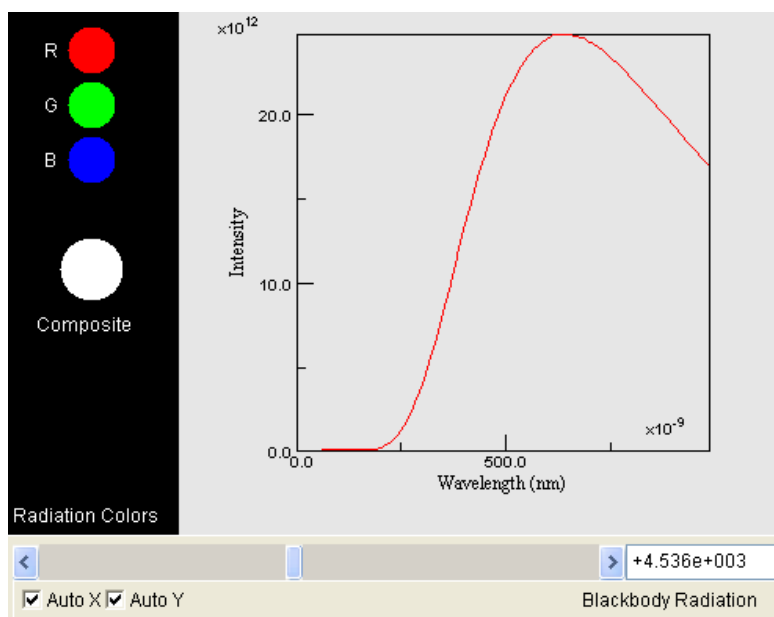
Graferne viser udstrålingen fra legemer med forskellige temperature.

Selv "kolde" ting udsender stråling.

Både mængden af stråling, (radiobølger) og strålingens frekvens-indhold ændres med temperaturen.

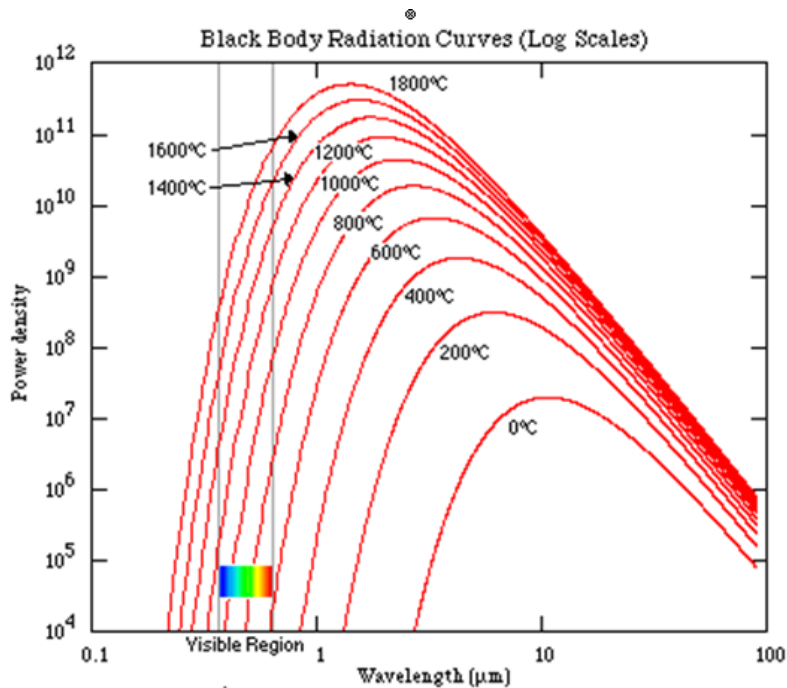


Kilde: <http://library.thinkquest.org/C007571/english/advance/background4.htm>



Prøv at se lidt på en af de mange java appletter, der findes på nettet, der viser sammenhæng mellem temperatur og udstrålingsmønsteret.

Prøv Applet. http://webphysics.davidson.edu/alumni/MiLee/java/bb_mjl.htm



Her er vist grafer for forskellige temperaturer, og graferne viser den udstrålede energi ved forskellige bølgelængder.

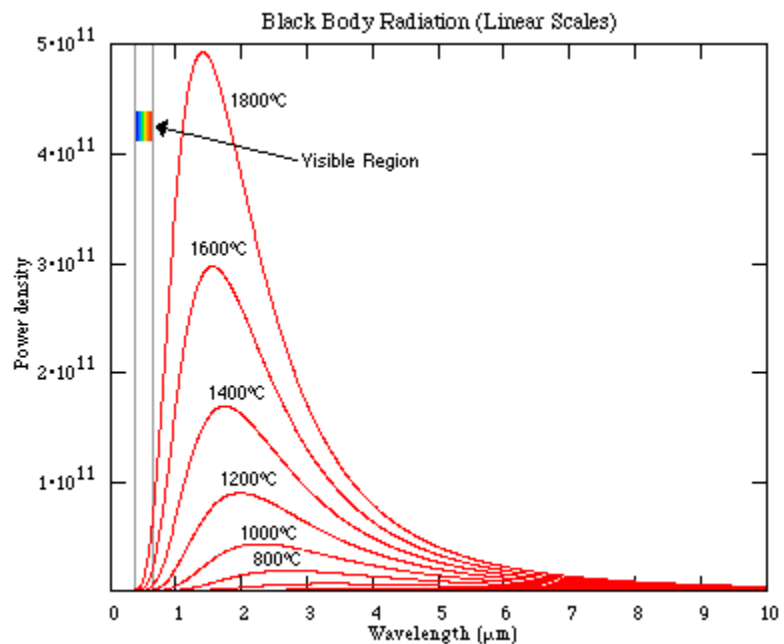
Jo varmere, noget bliver, jo større del af strålingen vil bestå af de frekvenser, vi kalder lys.

Kilde: www.capgo.com <http://www.capgo.com/Resources/Temperature/NonContact/NonContact.html#Blackbody>

Her med en anden x-akse:

Jo varmere, jo mere over imod venstre.

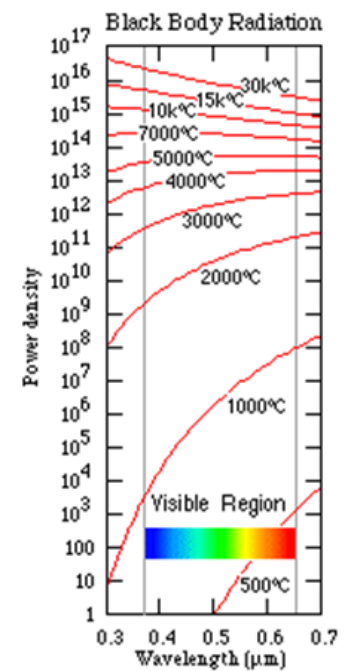
Dvs. højere frekvenser:



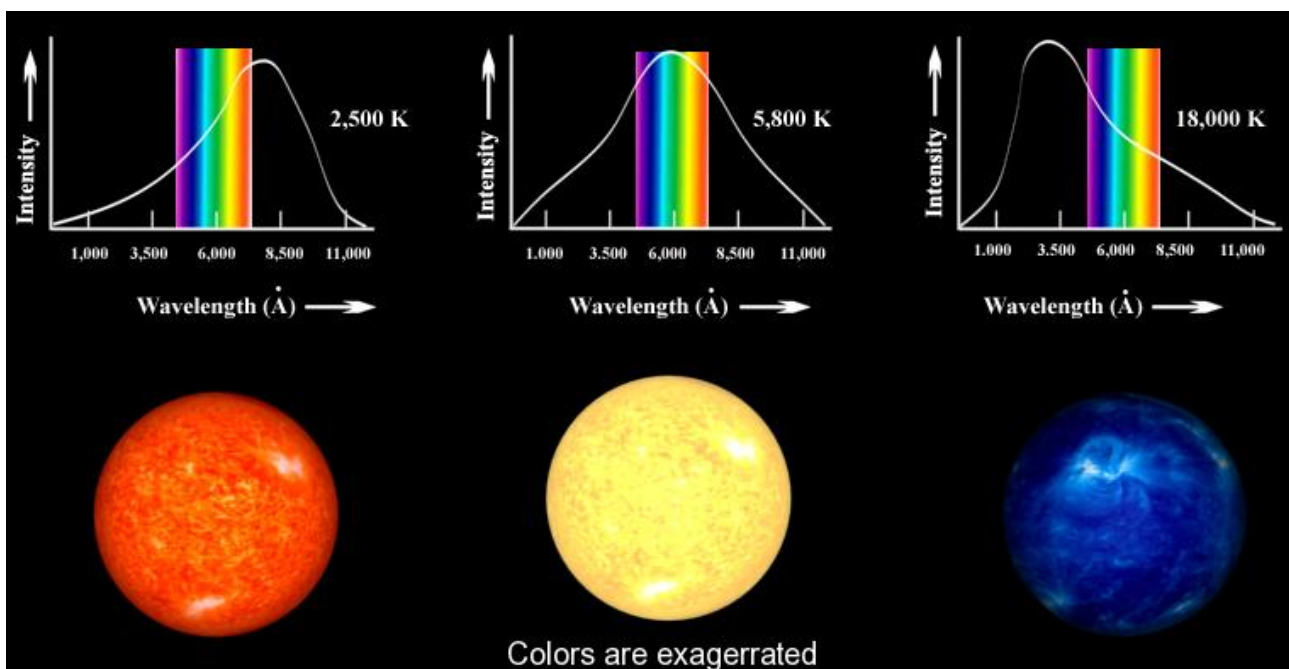


Jo varmere, jo mere indhold af kortbølget stråling, dvs. højere frekvenser.

Jo mere blå, en stjernes lys er, jo varmere er den.



Det forklarer hvordan stjernes temperatur kan ses på deres farve.



<http://www.klid.dk/kde/da/docs/kdeedu/kstars/ai-colorandtemp.html>



De blå stjerner er de varmeste.



<http://astro.uchicago.edu/yerkes/docs/AstronomerTalks/RichKron-StarTemps-Feb08.pdf>

Strålingens energi-indhold

Elektromagnetiske bølger kan variere fra få svingninger i sekundet til Giga-Hz.

Einstein fremførte, at elektromagnetisk stråling er udbredelsen af en samling af diskrete pakker af energi, kaldet fotoner. Hver foton medbringer, - eller indeholder energi, som kan beregnes af

$$E = h \cdot \nu = \frac{h \cdot c}{\lambda}$$

hvor ν er fotonens – eller svingningens frekvens, - og

$h = 6.625 \times 10^{-34} [J \cdot s]$, Planck's konstant.

c er lysets hastighed,

λ er bølgelængden.

I Einsteins formel er h og c konstanter. Derfor er fotonens energi omvendt proportional med dets bølgelængde. Altså, jo kortere bølgelængde, jo mere energi indeholder fotonen.

Røntgenstråler og gammastråler er jo også ret destruktive.

Termisk udstråling er et direkte resultat af vibrationer og rotationer af molekyler, atomer og elektroner i en substans.



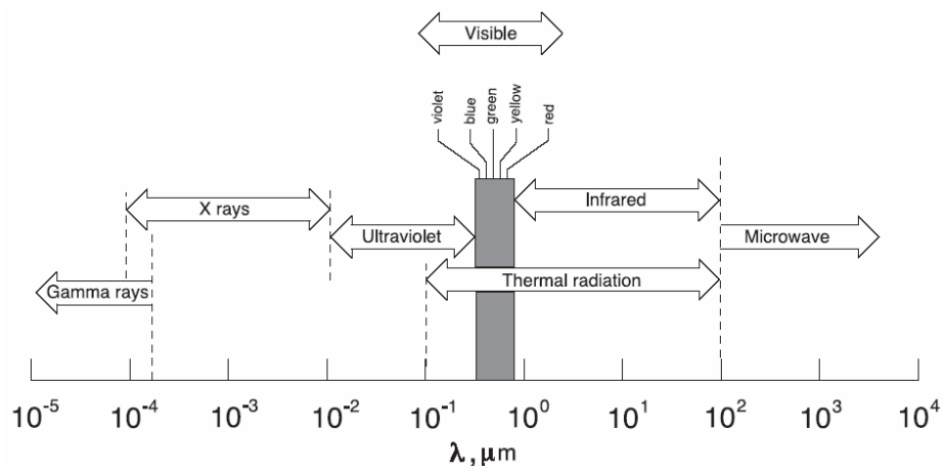
Temperaturen er et mål for disse bevægelser. Derfor vil termisk udstråling stige ved stigende temperatur.

Ligningen udtrykker at:

Lang bølgelængde – svarende til lave frekvenser = lav energy.

Kort bølgelængde – svarende til høj frekvens = høj energi.

Graf der viser naturen
for forskellige
bølgelængder.



http://www.mhtlab.uwaterloo.ca/courses/ece309/lectures/pdffiles/summary_ch12.pdf