

# Savoir sans Frontieres

## BIG BANG




**JEAN-PIERRE PETIT**

Översatt av Olga Forsare Orde

<http://www.savoir-sans-frontieres.com>

# FÖRORD

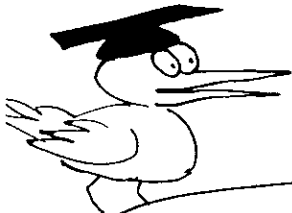


Du vet, Sofie, jag undrar ofta var kommer sakerna ifrån, hur universumet är gjort?

Har allting alltid varit så här? Jorden, himmeln?

Har himmeln alltid varit blå?



Har stjärnorna alltid lyst på den svarta himmelns bakgrund?



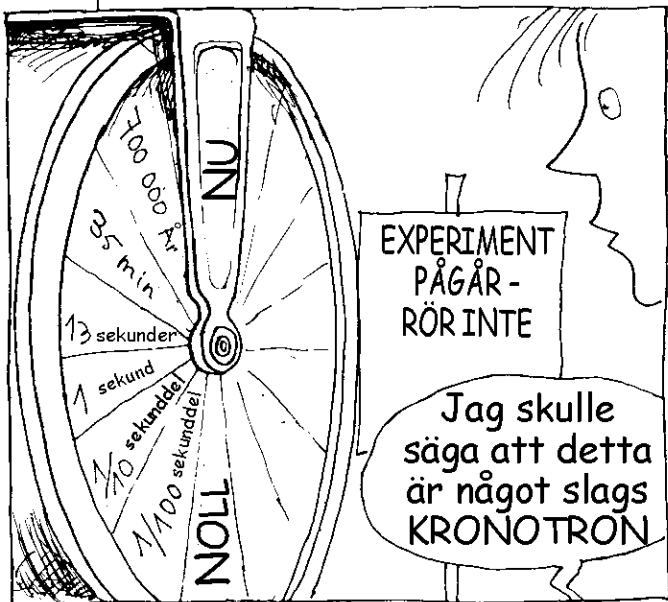
I början på allting var vårt universum mycket litet och mycket hett: ett litet helvete

Och har allting sprängts?

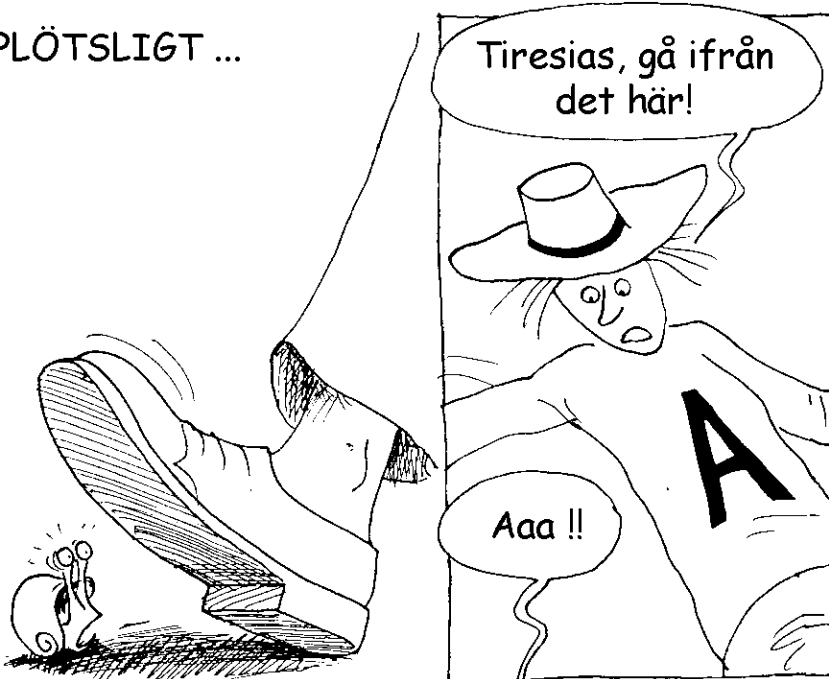
Ja, men detta är en väldigt lång historia, och för att berätta den får man gå långt tillbaka i tiden.



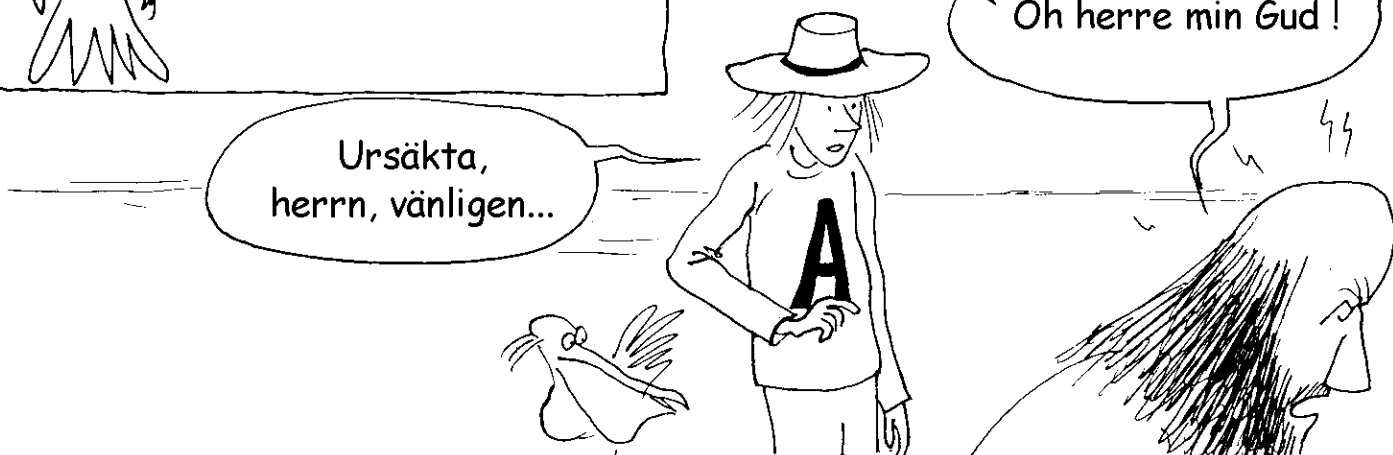
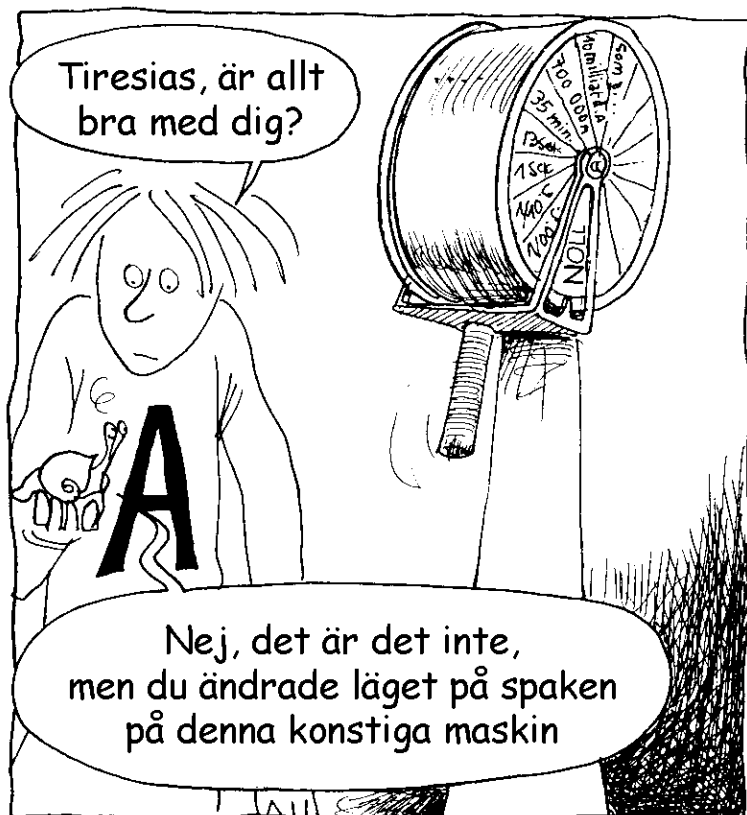
Oh, kom och titta vad jag hittade!



PLÖTSLIGT ...



# SJÄLVA BÖRJJAN





Det var det.  
Ett annat  
misslyckande!

Jag skulle  
bara stanna  
det ...



Om du försöker lägga mattan,  
så klantar du dig riktigt, det är sant!

Han ser ut att  
ha några problem med  
sin matta, er vän.

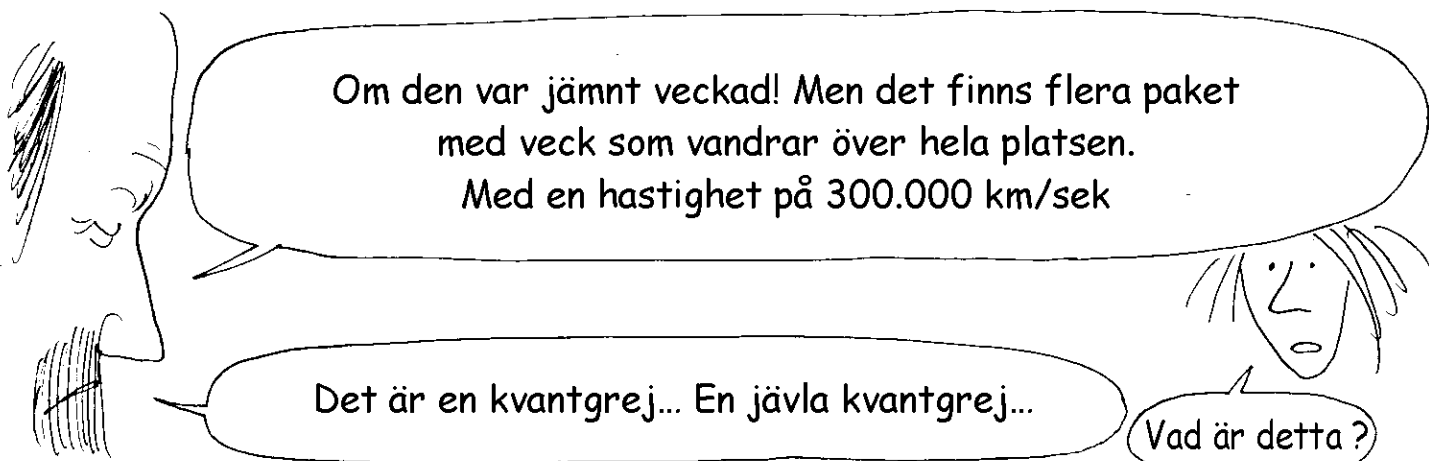


Vilken katastrof ....  
veck överallt !



Det är normalt att ha veck.  
Du försökte ta i för mycket.  
Mattan är komprimerad.

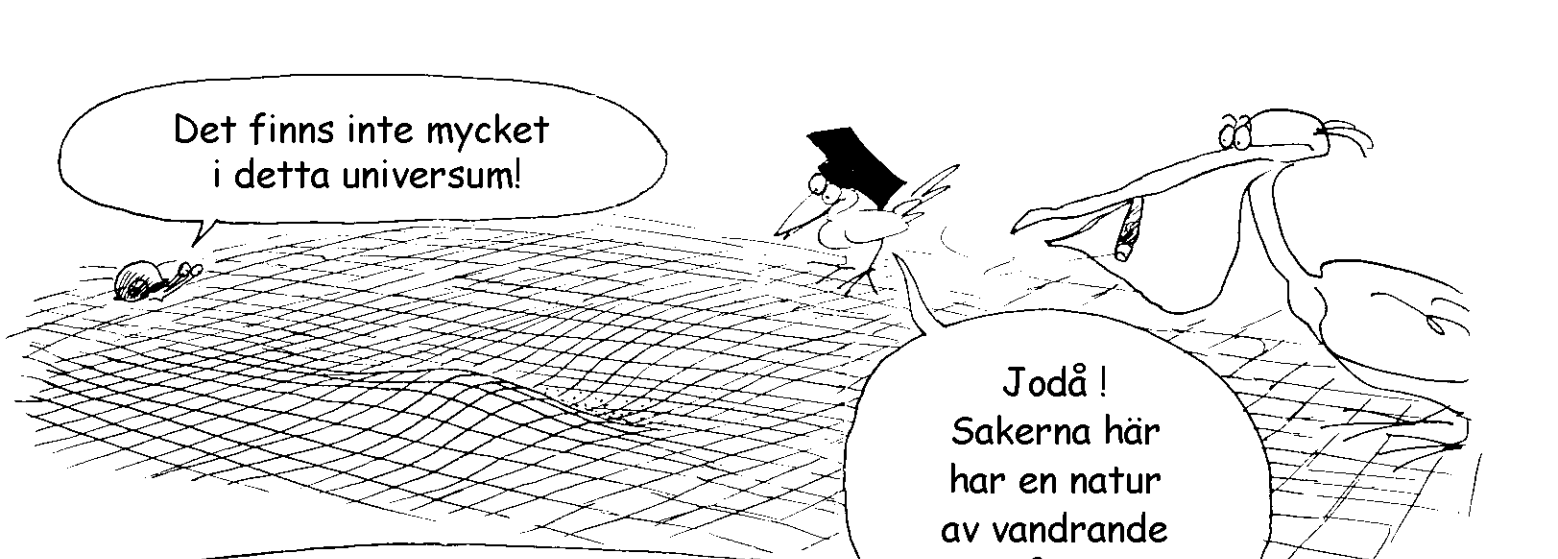
Tsss...  
Utan kompression  
skulle energi  
inte finnas:  
endast rum ...



Om den var jämnt veckad! Men det finns flera paket  
med veck som vandrar över hela platsen.  
Med en hastighet på 300.000 km/sek

Det är en kvantgrej... En jävla kvantgrej...

Vad är detta?



Det finns inte mycket  
i detta universum!

Jodå!  
Sakerna här  
har en natur  
av vandrande  
vågor

Universumet presenterat här har bara  
två dimensioner, det är alltså en YTA vars landhöjder  
föreställer partiklar, massor, strålningar. Om du hörde till detta  
tvådimensionella universum, är det så här du skulle se ut.



Det är inte fint,  
inte fint alls ...

I vår tredimensionella  
värld är partiklarna också lokala  
variationer av krökningen



Det var  
bättre förr

Före vad då ?

Alltså... Jag skulle kalla dessa  
vandrande veck FOTONER

Oh Herre min Gud!  
Nu är det ännu en annan sak!

Vad?

Men titta här!  
De finns överallt!

Det är inte bara en klump heller.  
Den roterar. Ett fint jobb!

De ser ut som små virvlar  
som du får ibland i sängkläder.  
Eller virvlar i vatten.  
Tokiga virvlar.

Det är roligt, några av dem  
roterar i en riktning, och de andra  
gör det i motsatt riktning.

Som era fotoner, de går på 300 000 km/sek

Jag skulle kalla dessa vandrande virvlar  
för NEUTRINO, då de roterar så här

Och ANTINEUTRINO då de roterar  
i motsatt riktning

Det är en riktig sjögång.  
På din matta finns inte ett enda platt ställe.  
Vecken är bokstavligen på varandra (\*)

Detta universum är  
mycket, mycket instabilt.  
Fullständigt misslyckat !

Om det fanns en liten ordning i det hela !  
Men detta är ett kaos. Allting är fördelat slumpmässigt !

Jag hatar hasardspel !

Slumpen, min vän,  
är en djävel

Ah...

Cosmosol är en  
universal täckning

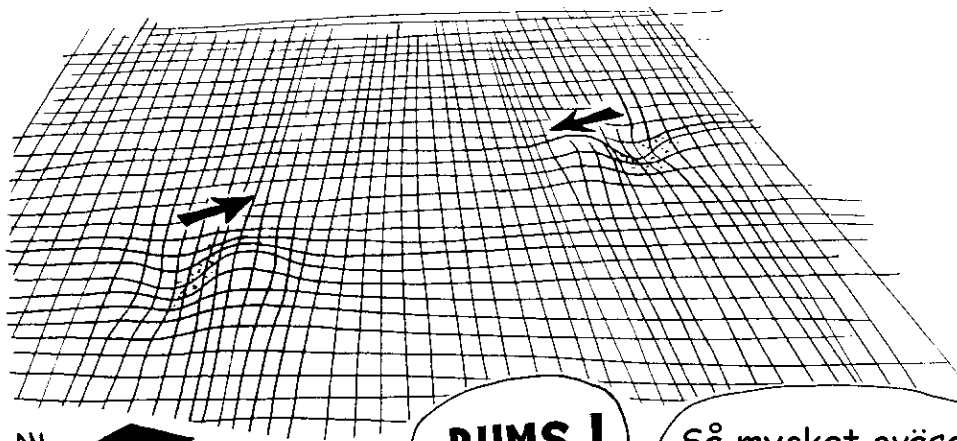
Jag spelar inte  
ens tärningar ...

Oh, titta ! Nu händer  
det något där borta ...

(\*) Ett egenskap känt som SVARTKROPPSSTRÅLNING  
(det vete fan varför...)

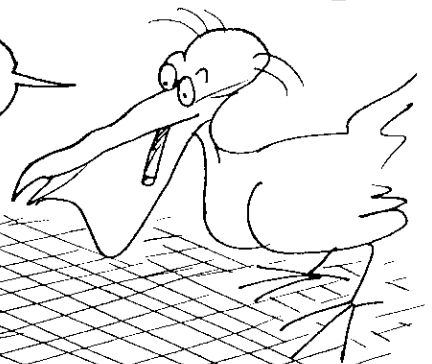
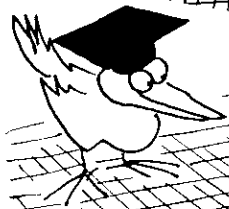


Här är två vandrande vågor som går varandra till mötes. De är på väg att kollidera med varandra.

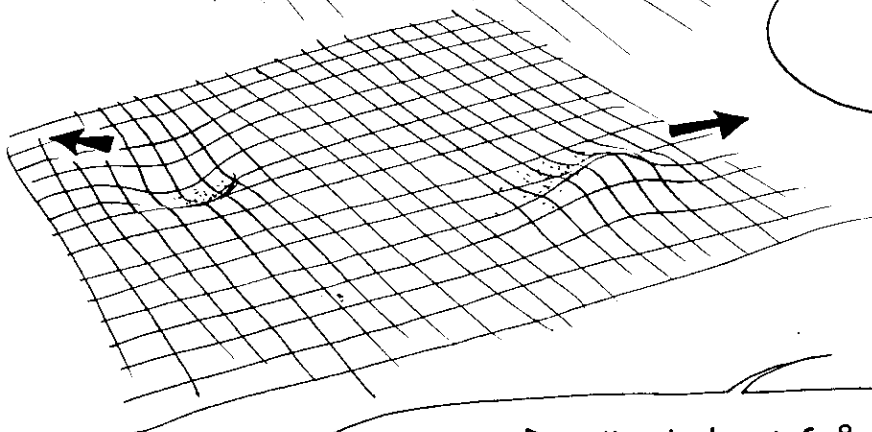


**BUMS!**

Så mycket oväsen, mina vänner!



Det gör blåsor.  
Den ena går uppåt och den andra nedåt.



De rör sig bort från varandra med en hastighet som ligger nära 300 000 km/sek

Bra. Jag skulle kalla gupp för MATERIA och groppar ANTIMATERIA. Det finns en KRÖKNING, alltså MASSA.

Fotonen, groppar och gupp samtidigt är sin egen antipartikel.

Materia och antimateria, som härrör i kollisioner mellan fotoner, framträder vid relativistiska hastigheter

Gupp, groppar, allt detta är godtyckligt

Vad är meningen med dessa djupa tankar, min käre Tiresias? Det finns saker som liknar groppar och de andra liknar gupp. Det verkar uppenbart för mig.

Därför att vi är på denna sida av mattan. Om vi var på den andra, skulle gupp bli groppar och groppar bli till gupp

Men... Jag ser bara den ena sida!

Tiresias !!

Det vara bara mitt svaga lilla skämt ....

?...

Ännu en epistemologisk snut !  
(\* )

Vänta! Här... När ett gupp och en grop kolliderar ganska sakta, det ger två vandrande veck. Det är den motsatta operationen.


Hm...  
Enkel ANNIHILATION  
av en materiapartikel  
och dess antipartikel.  
Detta ger två fotoner.

Det är ett kaos

Hm...

(\* ) Från epistemologi (kunskapsteori) och snut (snut): tankepolis

Bildandet och utplåningen av partiklar från fotonpar följer på varandra i en rasande takt. I den kaotiska världen, denna värld av förändring, inga strukturer. Endast en tät svärm av fotoner, neutrino, antineutrino och många partiklar och antipartiklar, flyktiga och varierade. Det är ett kaos (\*)

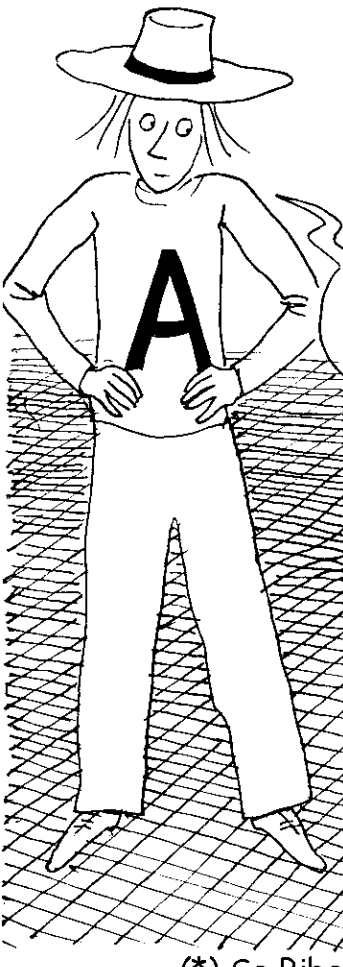


Det får mig att tänka på sexon

Vad är sexon ?



De är partiklar som tillbringar sin tid för att reproducera sig.



Det verkar att det finns vandrande veck i olika bredder, på samma sätt som det finns snäva och höga gupp eller stora och platta.

Jag ska kalla VÅGLÄNGD  $\lambda$   
denna skala av vandrande veck,  
FOTONER

Anta att jag skapar  
en vandrande svängning  
genom att skaka på repet.  
Först skakar jag om det  
försiktigt, jag lägger lite  
till och våglängden  
 $\lambda$  är stor.

Om jag skakar repet hårdare,  
om jag ger det mer ENERGI,  
blir våglängden  $\lambda$  kortare.

Hops!

Så att ju mer energi  
en vandrande våg har, desto  
kortare är dess våglängd.

Jag skulle säga att energin förmedlad  
med en FOTON, en LJUSpartikel blir omvänt  
proportionell till dess VÅGLÄNGD  $\lambda$ :  
 $E$  varierar som  $1/\lambda$

Det går bra, så här...

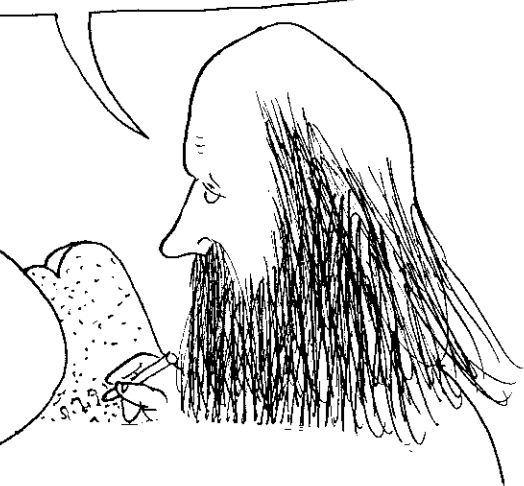
# JU MINDRE MAN ÄR, DESTO TYGNRE ÄR MAN



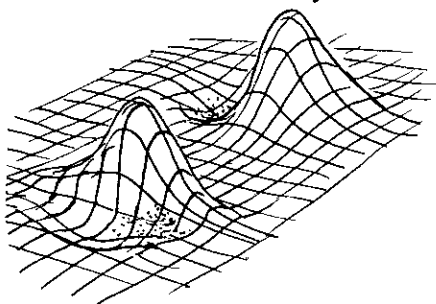
Det går bra med dessa vandrande veck som du kallar för FOTONER. Men vad skiljer de snäva gropar och gupp och de höga och breda åt?

Jag ska kalla bredden på gropar och gupp Comptonspridning  $\lambda_c$ ; MASSAN  $m$  blir omvänt proportionell till den. Så är  $m$  variant som  $1/\lambda_c$ .

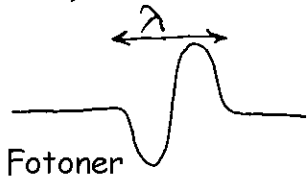
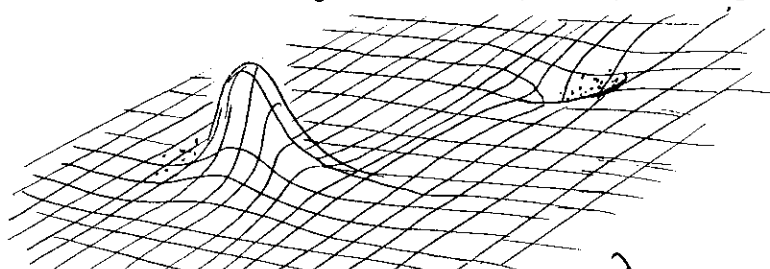
Mycket energirika fotoner, med en kort våglängd skapar höga och snäva partiklar (och antipartiklar) med en stor massa  $m$ .



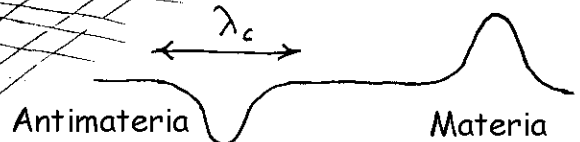
$\lambda$  liten

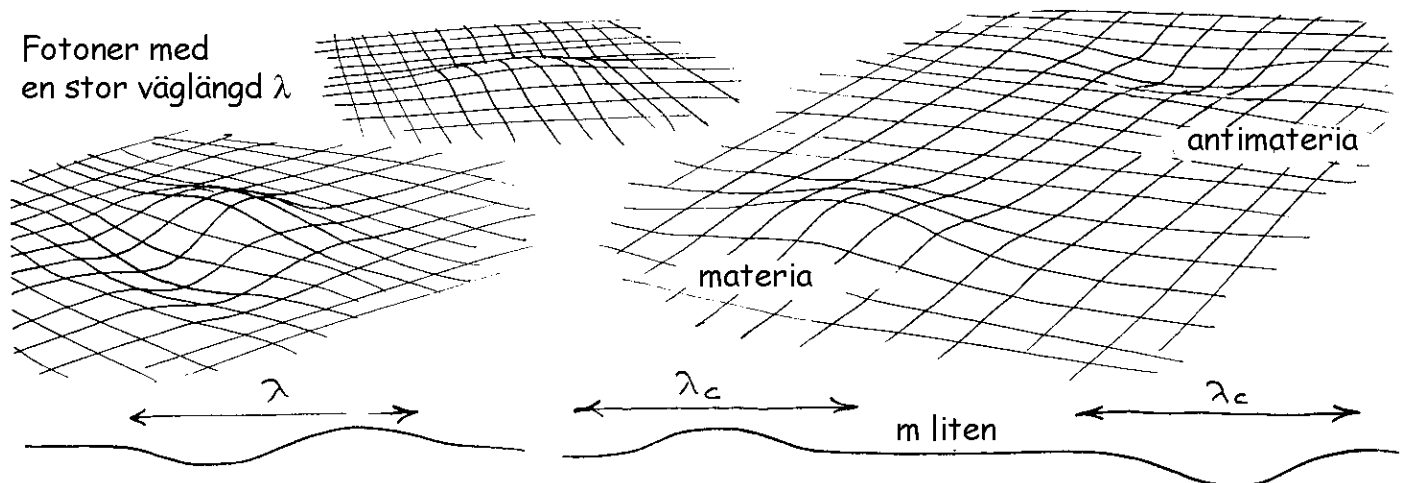


$\lambda_c$  liten : Comptonspridning är kort



en stor massa



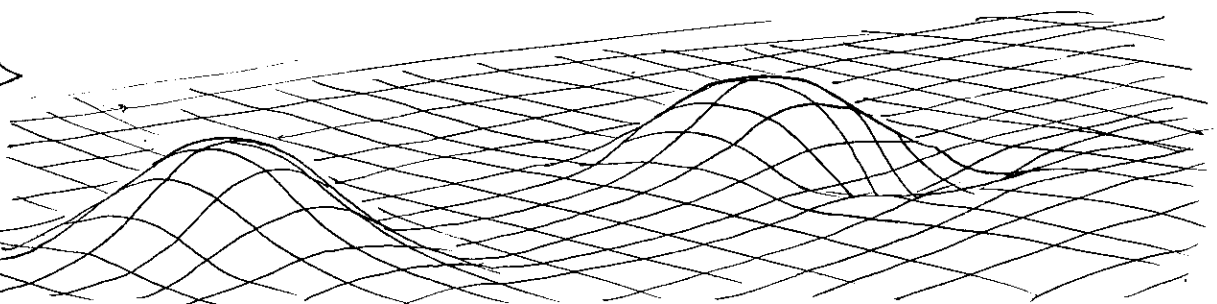


Fotoner med en stor våglängd → partiklar med en stor Comptonspridning.  
 Omvänt ger relativt lågenergrika fotoner kommer att skapa ett par partikel-antipartikel av en stor våglängdm det vill säga med en liten massa:  $\lambda_c$  är stor, m är liten.



I själva verket är det enklare än så.  
 Vad jag ser  $\lambda = \lambda_c$  (\*), det vill säga att partiklarna (och anti-partiklarla) är av samma "storlek" som fotoner som de skapar.

Så att när man känner till MASSAN av en partikel, vet man genast dess våglängd av strålningen som den skapade.



(\*) Vi ska komma ihåg att  $E$  (energi) =  $m$  (massa). Se ALLTING ÄR RELATIVT.



PROTONERNA och NEUTRONERNA har nästan samma massa. Det är alltså av samma storlek. Men elektronen är mycket lättare. Logiskt taget borde de vara .... Större?

Det stämmer. PROTONEN och NEUTRONEN väger  $1,66 \cdot 10^{-27}$  kg. Elektronen väger  $9,1 \cdot 10^{-31}$  kg. Den är alltså 1850 gånger lättare: således 1850 gånger "större".

Jag....  
Oj då....

Har du redan sett en proton ?

Ehh....  
Nej.

Nå ja !



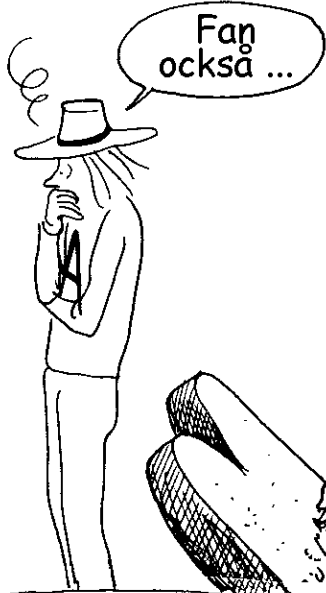
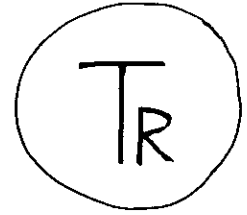
Den är fascinerande,  
dagens uppkomst!

Vad håller  
du på med?

Jag tillverkar en väteatom som bättre  
överensstämmer med verkligheten.  
Med en stor elektron och en pytteliten  
proton som utgör dess kärna.

Herre min Gud, vilket kaos... alltså...  
Barnen mina, ni ska hjälpa mig att ordna  
upp denna röra lite...

# STRALNINGS- TEMPERATUREN



Får också ...

Alla dessa fotoner har varierande våglängder, varierande energier. Men på denna befolkning ska jag definiera en genomsnittlig våglängd, en genomsnittlig fotonisk energi.

Strålningstemperaturen  $T_R$  blir ett mått på denna genomsnittliga energi av fotoner.

Vilken katastrof...

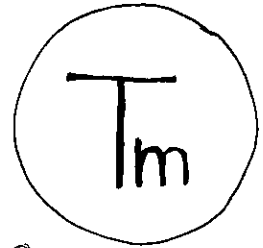
## JÄMVIKTSTILLSTÅND

Kan en blandning alltså ha flera temperaturer?

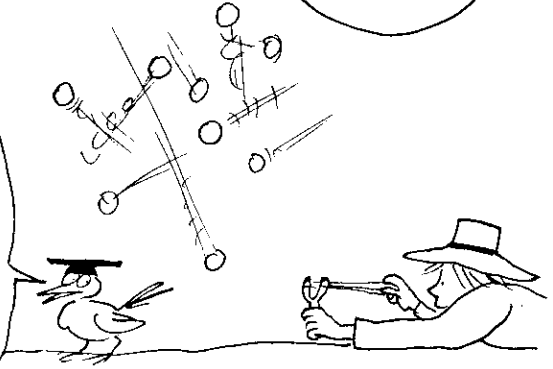
Bums!

Ja. Men vi får se detta på sidan 46.  
Än så länge utbyter partiklarna energin dem emellan, eller med fotoner genom kollisioner. Denna mekanism tenderar att jämna ut temperaturerna, sätta systemet i ett termodynamiskt jämviktstillstånd.

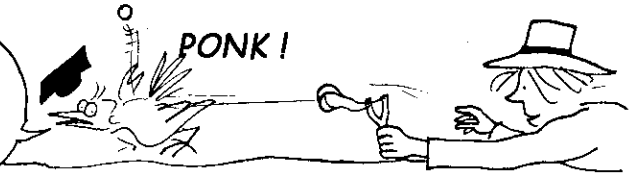
# MATERIA- TEMPERATUREN



Alla dessa materiella partiklar har varierande massor  $m$  och hastigheter  $V$ . Den kinetiska energin på en materiell partikel är  $\frac{1}{2} MV^2$ . Men på denna population kan jag definiera en genomsnittlig termisk energi.




Och materialtemperaturen  $T_m$  blir ett mått på denna genomsnittliga termiska energi.




## TERMODYNAMIK

Om en partikel har för mycket energi, om denne är för snabb, för "het", kommer en kollision med en annan partikel att sakta ner den. Och omvänt om den är för långsam. Om detta fenomen av energisk koppling mellan arterna med kollision är tillräckligt intensiv, inte bara temperaturerna blir jämna, men de förblir jämna då du minskar trycket eller ökar trycket på blandningen.



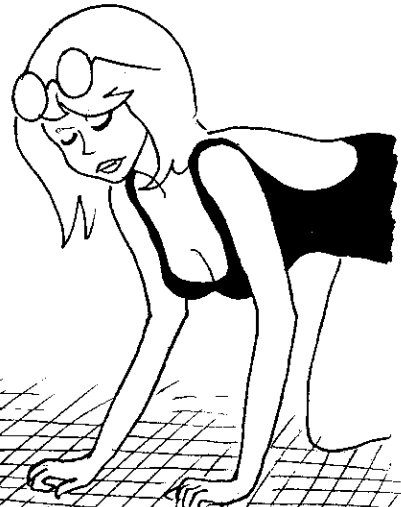


Vilket ståhej! Partiklarna och anti-partiklarna föds och dör, i par, med en helvetisk takt.

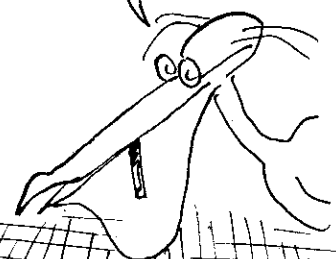


Vilka är förutsättningarna för att skapa ett partikel-antipartikel par?

# TEMPERATUR-GRÄNSVÄRDE



För att skapa ett partikel-antipartikel par med en gemensam massa  $m$ , krävs en energi  $2mc^2$  som kan levereras med ett par av fotoner som har högre energi eller likadan.



Jadå...

Om fotonernas genomsnittliga energi är under tröskelenergin  $mc^2$ , det vill säga om strålningstemperatur  $T_R$  är för låg (under tröskelvärdet)

# ARTERNAS EVOLUTION

En arts överlevnad är alltid problematisk. Den kan säkerställas genom en hög produktionshastighet

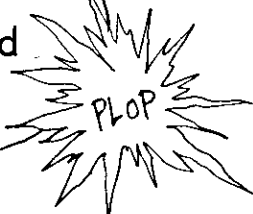


Titta!  
Sexoner!

Vilket innebär att strålningstemperaturen  $T_R$  blir högre än tröskeltemperaturen på arten.

Om temperaturen  $T_R$  är lägre, flera sätt för att partiklarna kan försvinna är möjliga

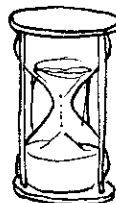
Det farligaste är annihilationen med en antipartikel



Sedan kommer de dåliga möten av alla slags.

Rymden är ett livsfarligt ställe

Partiklarna har alltså sin egen livslängd (\*). Efter denna tid sönderdelas de spontant till andra partiklar och till strålning.



Problemet är att vara länge

(\*) ... deras reserv av kronol.  
Se ALLTING ÄR RELATIVT.



Vilken temperatur är det ?

Ta en foton och ta mått på dess våglängd  $\lambda$




För tusan ! tjugo tusen miljarder grader ( $2 \cdot 10^{13}$  K)

Det verkar finnas nästan lika många fotoner, neutrino, protoner, neutroner, elektroner (och deras antipartiklar)



Vid en så hög temperatur är allting relativt. Även de materiella partiklarna går vid hastigheter som ligger nära ljushastighet  $c$ .

I Allting är relativt såg vi att när hastigheten på en partikel närmar sig ljushastighet, hans korrekt tid fryser till som en sås.




I själva verket ställer detta till ett problem.  
Om hela världen rör sig med en ljushastighet, så förflyter  
tiden (\*) inte längre?! Det finns ingen för att leva ...

Ingen rör sig sakta nog för en tid  
som förflyter betydligt snabbt.



Ah!


En helt tidlös värld skulle  
vara berövad all mening.



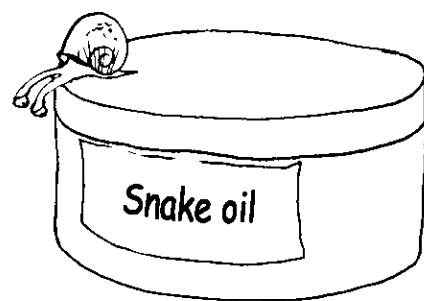
Tiden är kanske en lyx som endast  
några enskilda kan unna sig?



Det är jävulskt!



Tja, med allt som jag  
redan har sett och hört ...  
Rum, tid, universum, allt det  
här är endast en dimridå



Den universella  
komponenten av  
allting?

Snake oil

(\*) Kosmisk tid som skulle kunna vara en genomsnittlig korrekt tid

# ELEMENTÄRA PARTIKLAR

Du, i stället för att förblir sysslös, hjälp mig att ordna upp lite i den här röran av elementära partiklar.



Dessa har en mycket liten Compton våglängd

Dessa partiklar med en stor massa är hyperoner (\*)

Sedan kommer HADRONER. Protonen och neutronen (liksom antiprotonen och antineutronen ingår i detta). De kan ordna upp sig i kärnor. För att skapa dessa partiklar krävs en strålningstemperatur över  $10^{13}$  K, dvs tio tusen miljarder grader.

Det är deras tröskeltemperatur

Protoners och neutroners Compton våglängd ligger på  $1,35 \cdot 10^{-12}$  cm. En triljondels cm

VAR GOD ATT INTE SÄTTA  
DIN NÄSA I EN NEUTRON

(\*) Hypotetiska partiklar, i dagens kunskap



Hadron kommer från Hadros, vilket betyder "bastant" på grekiska

Tiresias, kan du grekiska?

Det finns uppenbarligen så många antihadroner som hadroner

Nu, här är leptoner (\*)

LEPTON

ANTILEPTON

För att skapa dem krävs en strålningstemperatur på 6 miljarder grader (tröskeltemperatur)

Den mest kända av leptoner är elektron och hans tvilling anti-elektron eller positron. Vi kommer att märka att tröskeltemperaturen, bildande av elektroner, är 1850 gånger under tröskeltemperaturen motsvarande protonen och neutronen.

Detta är normalt därför att det behövs 1850 gånger mindre energi för att skapa elektron än proton.

(\*) från grekiska leptos, smal

# ALLTING FALLER ISÄR



Situationen var väldigt kronogenisk (tiden kunde knappast vänta att synas). Kronotronen gick i gång och var den första händelsen, det första ögonblicket.



Vart är du på väg?  
Vad händer nu?

Det är expansion. Universumet  
sträcker ut sig. Ursäkta mig

Jag går  
annanstans

Jag tål inte ändringar!

Vad?

Du får se, det kommer att  
lugna ner sig lite snart.

Han struntade i oss, min sann

Hej då.

Good fortsättning

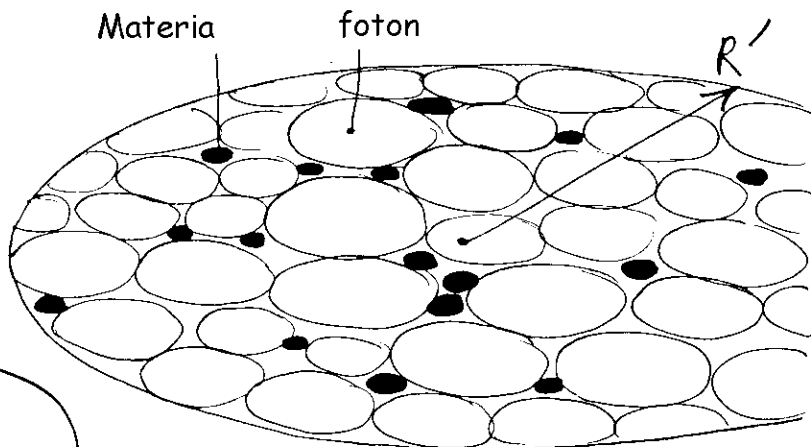
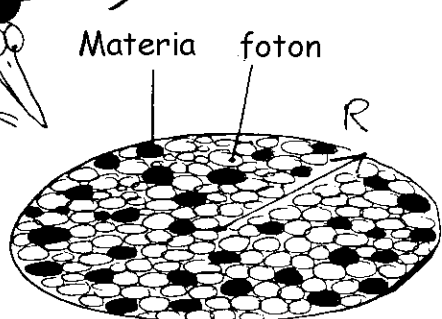
Ännu ett miss!

Vart tog han väg?

Ser ut som ett brunnslöck. Handlar det  
om katakomberna i universumet?

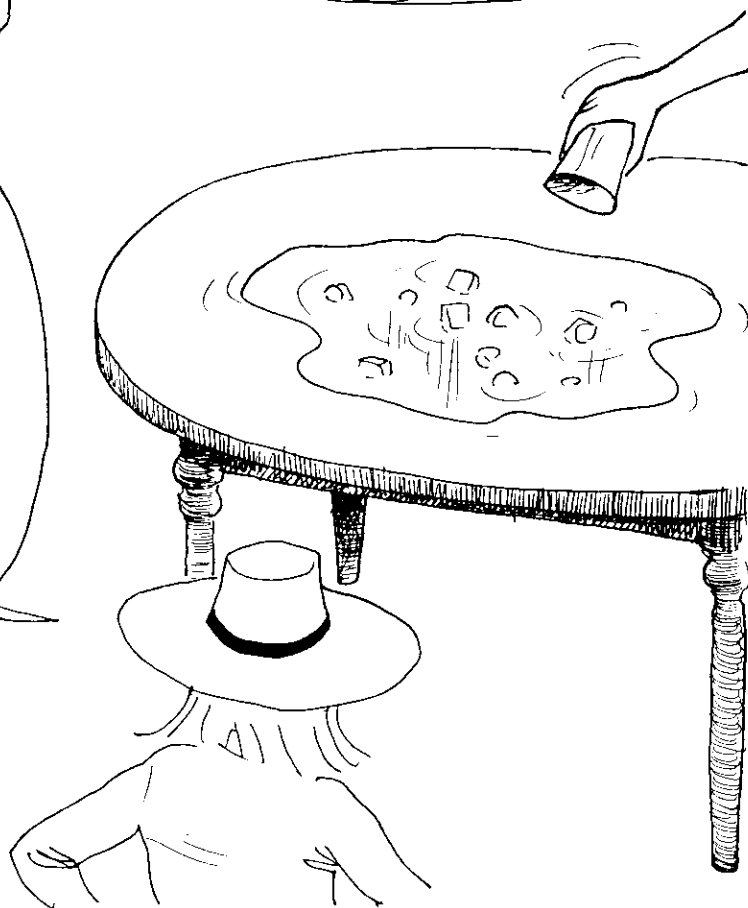
# BEVARANDET AV MASSAN

Titta vad som håller på att hända:  
det är fotonerna som utvidgas.  
De materiella partiklarna gör det inte.



Materia är  
ett fryst rum

Det får en att tänka  
på vad som händer när man  
spiller ett glas fullt med vatten  
och isbitar på ett bord.  
Vattenmassan sträcker sig,  
utvidgas. Isbitarna följer  
denna expansion, men  
behåller sin dimension



Eftersom storleken på materiapartiklarna är relaterad till deras massa, drar jag den slutsats att massan bevaras.

Omvänt utvidgas antalet fotoner och förlorar i energi.

Om  $R$  är universumets radie och fotonernas våglängd  $\lambda$  följer expansionen ( $\lambda$  varierar som  $R$ ), drar jag den slutsats att strålningstemperaturen som varierar som  $1/\lambda$ , minskar som  $1/R$ .

Allting försiggår som om universumet skapar sitt eget rum, sin kosmotop (\*) genom att utsöndra ... vakuumet.

Materia och ljus är bara två olika former av samma väsen: energi/materia. Fotonerna håller sin hastighet på 300 000 km/s, men förlorar sin energi.

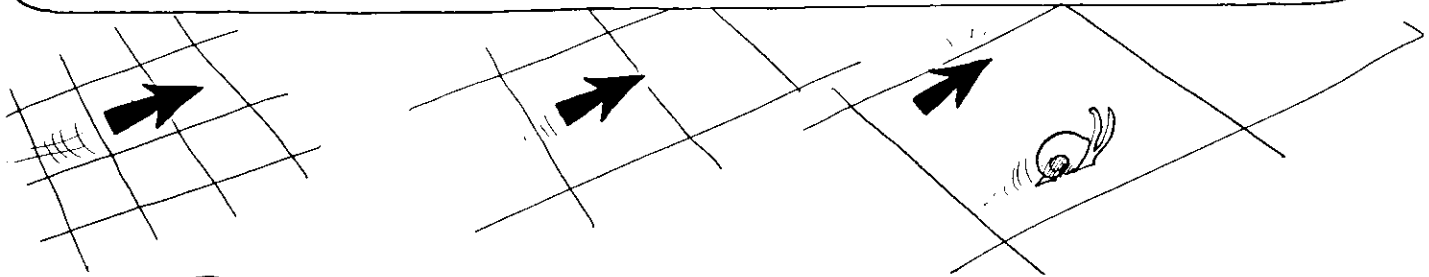
(\*) från cosmos (kosmos) och topos (plats).  
Platsen där universumet befinner sig.

Här är en bild som väl beskriver fotonen sträckande och energiförlusten som följd.



Men hur går det med materia i denna expansion?

Universum utsöndrar rum som ett skal. Ju mer tiden går, desto fler partiklar får en väg att gå. När storleken på universumet fördubblas, minskas materiella partiklarnas rörelsehastighet till hälften. Deras kinetiska energi är dividerad i 4: Browns rörelse varierar som omvänd Universum radie  $R$ , medan materia temperaturen  $T_m$  varierar som  $1/R^2$ .



Men .. Vi har just sett att strålningstemperaturen  $T_R$  varierar som  $1/R$ . Materia tenderar alltså att svalna snabbare?



Faktiskt, ja. Men kollisionerna mellan fotoner och materia värmer upp den. Mycket frekventa, de upprätthåller tillståndet av termodynamisk jämvikt ( $T_R = T_m$ ) under en viss tidsperiod.



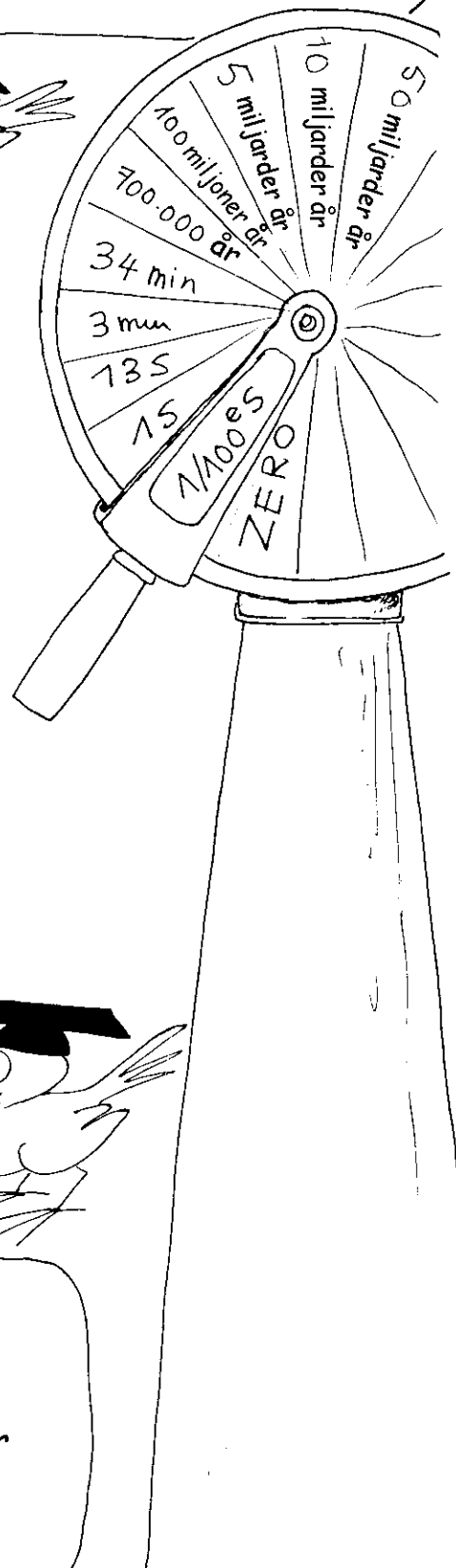
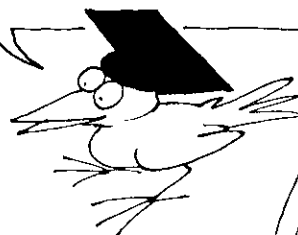
Tack, mina vänner!


En hundradels sekund

Protoner, neutroner, antiprotoner och antineutroner går inte mer än tiondel av ljushastigheten  $c$ .



Temperaturen ( $T_R = T_m$ ) sjönk till hundra miljarder grader, det vill säga mycket under deras tröskeltemperatur, som ligger på tio tusen miljarder grader. De förintade varandra parvis i en rasande takt och bara en miljard överlevde.





Sophie, de flesta protoner, neutroner, antiprotoner och antineutroner försvann. Men varför finns det fortfarande så många elektroner och positroner (antielektroner) kvar?

Elektronernas tröskeltemperatur är bara sex miljarder grader.

Sex miljarder grader bara - hör du det?

Man kan säga att det har svalnat ...

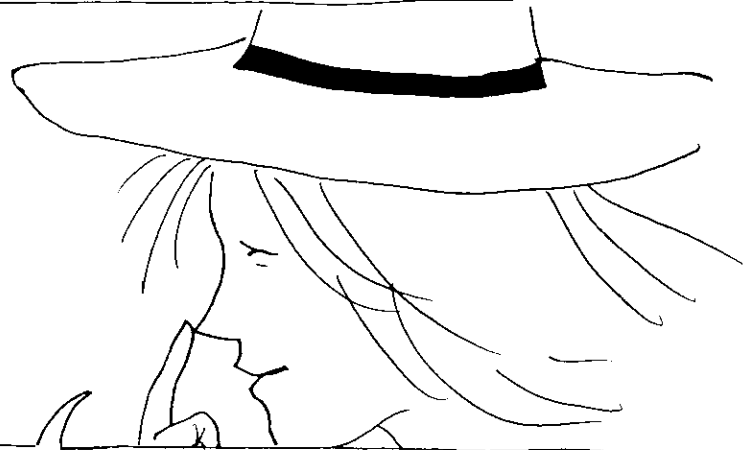
Det finns en märklig grej: temperaturen ligger på hundra miljarder grader. Protoner, neutroner, antiprotoner och antineutroner går på tiondel av ljushastigheten. Men elektronerna är fortfarande relativistiska.

Ja. Varför ?



Miljön är fortfarande i ett tillstånd av termodynamisk jämvikt: kopplingen mellan alla arter, och strålningen, är fortfarande intensiv. De kinetiska energierna av materiella partiklar är lika i genomsnitt:

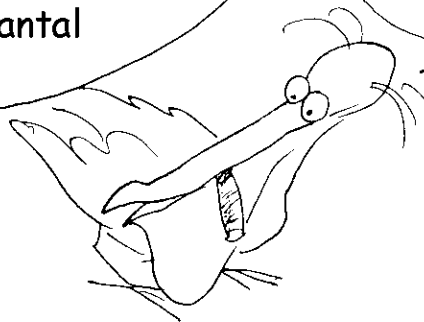
$$\frac{1}{2} M_{\text{proton}} V_{\text{proton}}^2 = \frac{1}{2} M_{\text{électron}} V_{\text{électron}}^2$$



Vänta nu.... Eftersom elektronens massa är 1850 gånger mindre än protonens massa, för att kompensera elektronens rörelsehastighet vid en given temperatur är mycket större.

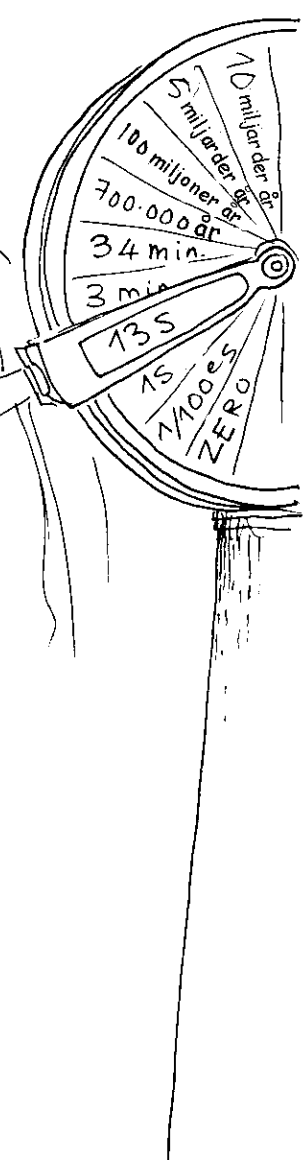
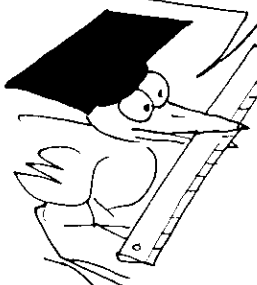
I själva verket, eftersom tröskelenergin för skapandet av en partikel med massa  $m$  är  $mc^2$ , så snart rörelsehastigheten  $V$  blir betydligt mindre än  $c$ , upphör skapandet av dessa partiklar och deras antal minskar drastiskt.

Med andra ord: så snart en population av materiella partiklar upphör att vara relativistisk minskar den kraftigt.

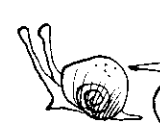


Tretton sekunder

Temperaturen har sjunkit till tre miljarder grader.



Hey, titta på elektronerna och antielektronerna. Vilket blodbad!



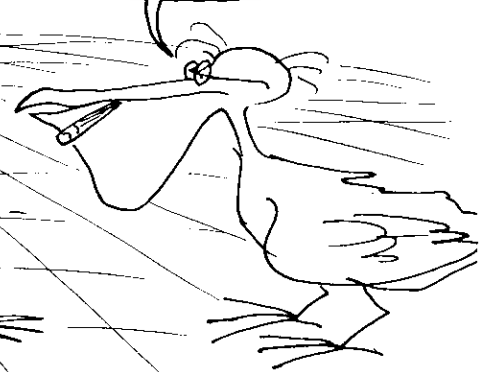
Naturligtvis, vi är under deras tröskeltemperatur

Det är en riktig kosmologisk bål!

Än en gång, det finns bara en på en miljard!



Vilken röra...



Än så länge, kanske finns det ingenting kvar förutom fotoner... Det är möjligt

Det finns kanske andra misslyckade universum någon annanstans

Ett av de största mysterierna i kosmologi är att inte kunna förklara varför materia och anti-materia inte förintas av varandra.

I detta skede av historien är det alltid detsamma: det finns ögonblick då man trollar bort antimateriaproblemet. Pffft! Ingen antimateria!

Tiresias, jag påminner dig om våra regler. Endast fakta! Inga vilda spekulationer! (\*)

Jag är trött på epistemosnuttar

Psst!

(\*) ett album kommer att särskilt ägnas åt vilda spekulationer  
"Vetenskapskarnaval: antologi av kommande idéer"

# STRÄLNINGSERA

Partiklar,  
och det finns  
massor

Nu finns det inte mycket  
i universumet förutom ljus.

Energi-materia som var  
lika indelade i form av materia,  
antimateria, fotoner och neutrino befinner sig nu nästa  
uteslutande i form av fotoner och neutrino, dvs strålning.  
Varje gång då Universumets storlek  $R$  fördubblas, förminskas  
materias densitet. Enkel utspädning.

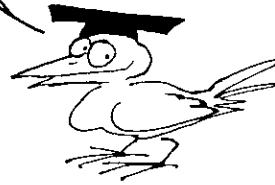
På mattan, när  $R$  fördubblas,  
är densiteten dividerad med  $2 \times 2 = 4$ .  
I vårt tredimensionella universum  
är denna densitet dividerad  
faktiskt med  $2 \times 2 \times 2 = 8$

Materias densitet varierar som motsatsen till  
kuben "storleken", "radie"  $R$  av universumet.

Men för oss är fotonerna mer dramatiska.  
Expansionen tömmer så småningom ut  
all vår energi. Mängden energi-materia  
som vi transporterar minskar som  
motsatsen till universumets radie  $R$ .

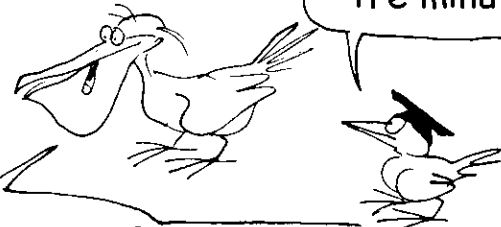
Vilket gör att densiteten på energi-materia som är i form  
av fotoner varierar som motsatsen till fjärde kraften  $R$ .

Så länge material förblir kopplad till fotonen, värmer de upp den ständigt. Och detta pågår tills deras temperatur (gemensam:  $T_R = T_m$ ) sjunker till 3000 K, dvs under 700 000 år.



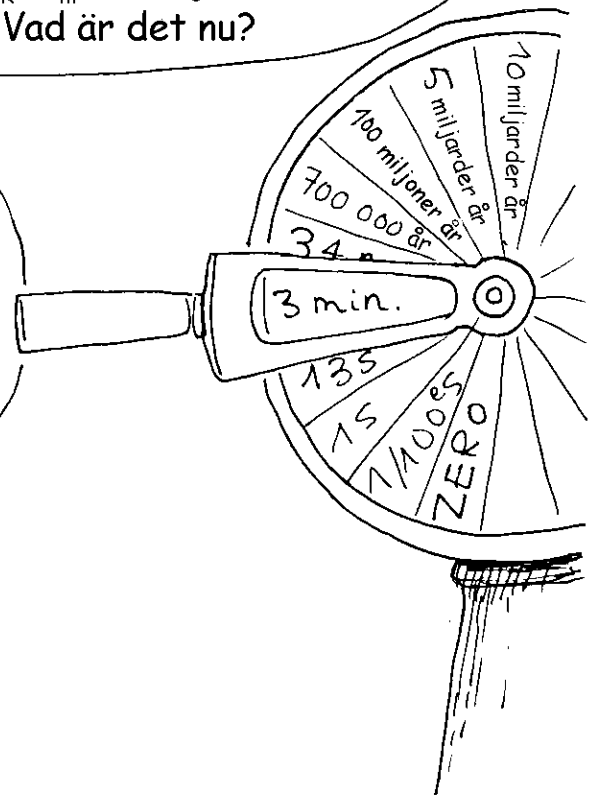
# NUKLEOSYNTESIS

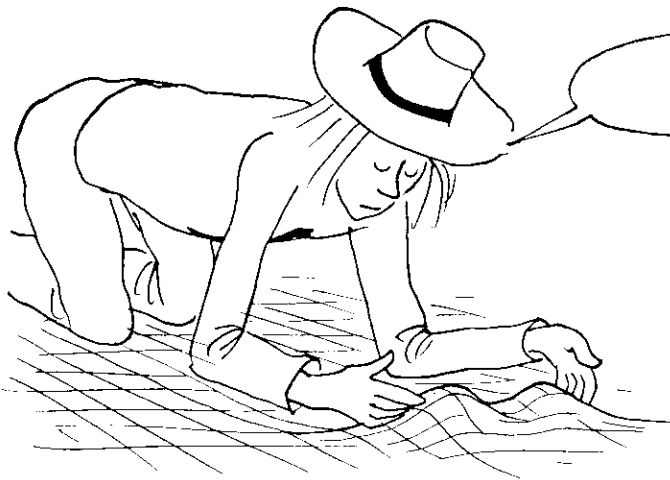
Tre minuter



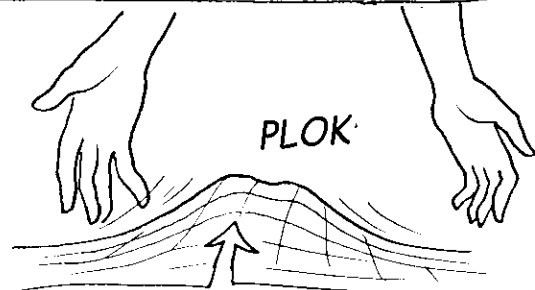
Ok, i förhållande till tillståndet beskrivet på sidan 31, på den första hundra sekunden har storleken R på universumet multiplicerats på hundra och temperaturen ( $T_R = T_m$ ) har sjunkit till en miljard grader. Det finns inget kvar. Vad är det nu?

Här är två gupp.  
Om jag försöker  
skjuta på dem,  
kommer de att glida  
mot varandra?





De börjar att stöta bort varandra

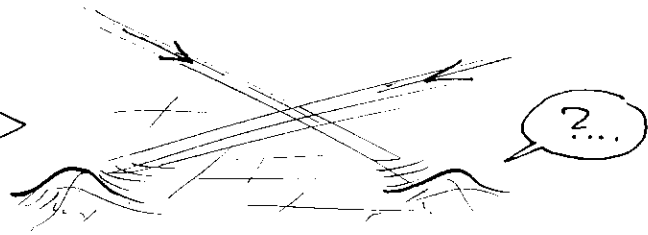


Sedan dras de till varandra för att bilda ett enda objekt.

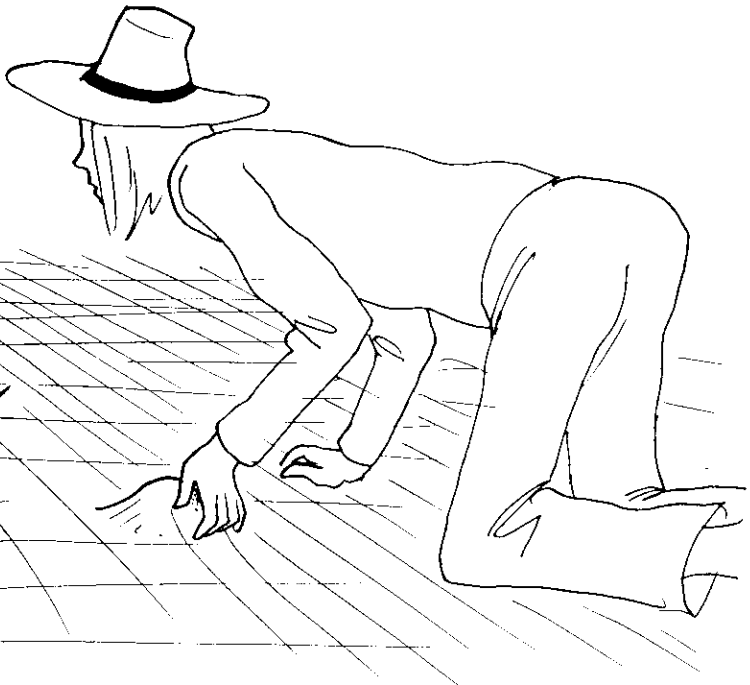
När två gupp kolliderar, kan tre saker hända: om de rör sig sakta, studsar de mot varandra



När två gupp är mycket snabba, korsas de så snabbt att de inte har tid för att interreagera.



De kan förenas endast på ett bestämt område med rörelseenergi (temperatur)



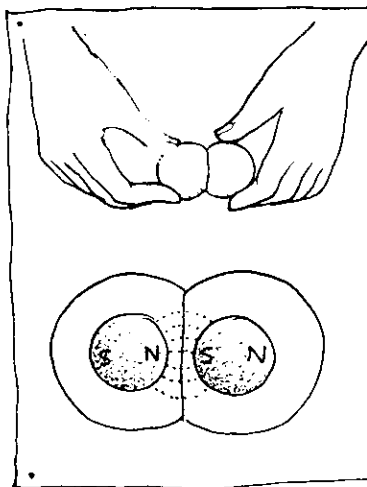
Och en kraftig kollision med en tredje element krossar strukturerna sålunda bildade.



Dessa fusionreaktioner  
skapar de första atomkärnor.  
Morfogenesprocessen leder  
till de första formerna, första  
strukturerna av universumet.

Det är väldigt roligt, den här grejen.  
Det finns dragningskraft och bortstötande kraft.  
På ett stort avstånd vinner bortstötande kraft  
och på ett kort avstånd händer motsatsen.

Jag ska ta magneter och lägga  
i dem in skumsfärer



Skummet krossas lätt så  
om jag trycker två sfärer  
mot varandra förblir de  
klistrade till varandra.

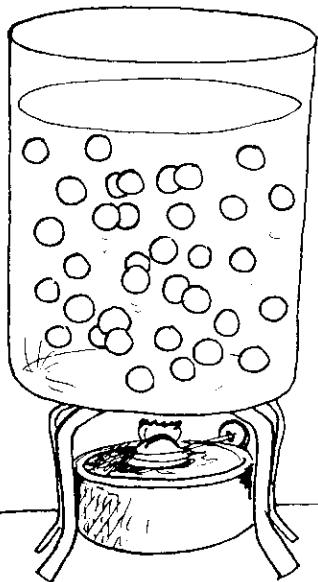
Jag ska lägga dessa bollar i  
en stor behållare fylld med vatten

.... för att de ska kunna röra sig

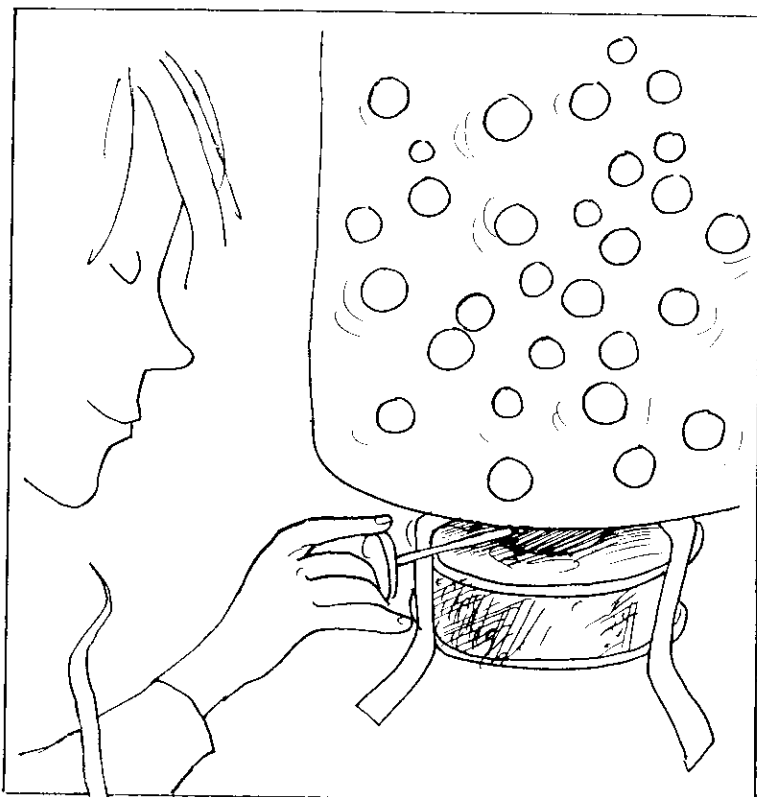
Två krafter kommer att vara inblandade. Den ena är dragningskraften: magneterna, den andra är bortstötande kraften: skummet då det är komprimerat. Så snart bollarna rör vid varandra, kommer denne in i bilden. Styrkan av den magnetiska kraften är sådan här så att skummet måste vara tillräckligt komprimerat för att spela in. Det finns en position, en konfiguration där dessa krafter väger upp varandra.



Skummet ger bollarna en densitet som praktiskt taget är lika med den för vatten. Och nu ska jag skapa en omrörning rörelse genom uppvärmning.



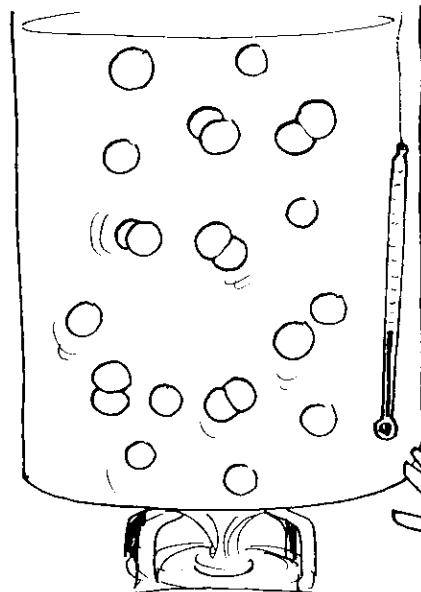
När uppvärmningen är låg studsar bollarna lätt mot varandra och ingenting händer. När de kolliderar frontalt finns det tillräckligt med energi för att komprimera skummet och låta elektromagnetiska kraften som träder fram på ett kort avstånd att agera.



Ok, jag ska vrida upp värmen.





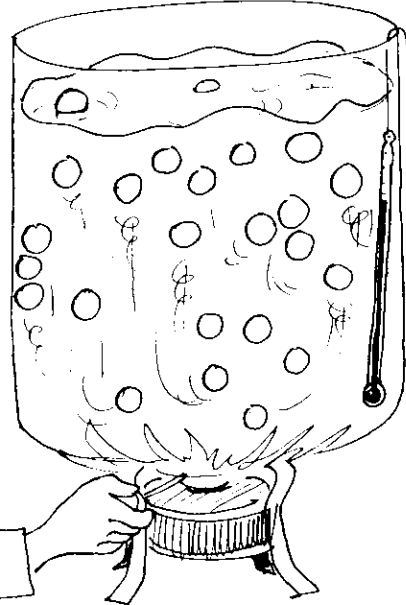


Häftigt, det funkar!  
Det är en riktig temperatur  
(högre än tröskeltemperaturen).  
Graden för omrörning är tillräcklig.

Kul!  
Bollarna samlas parvis.

När jag värmer  
upp för mycket, bryts dessa  
strukturer med termisk  
rörelse.

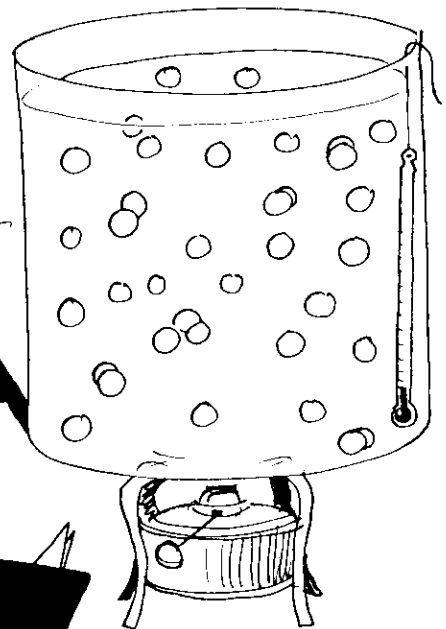
Och om du kylar av?



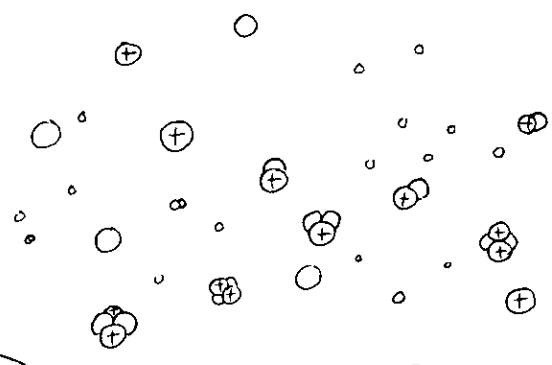
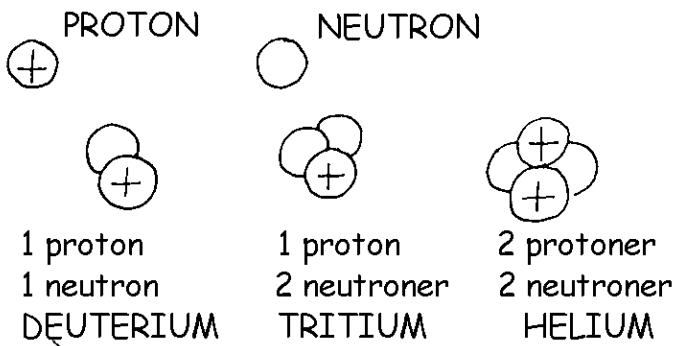
Anselme låter luften att svalna av.  
Turbulensen minskar. Vid ett visst tillfälle  
kopplas några kulorna ihop. Men eftersom  
temperaturen fortsätter sjunka,  
upphör denna nukleosynthese.

Inget mer att göra  
Det är för kallt. Kulorna är inte rörliga  
nog för att kunna svetsas till varandra.

Det är under tröskelvärdet.



Samma sak händer när temperaturen på universumet sjunker under **miljard grader**. Det vill säga om **några minuter**. Då formas strukturer i två, tre eller fyra kulor.



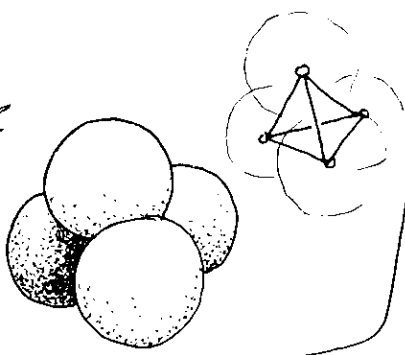
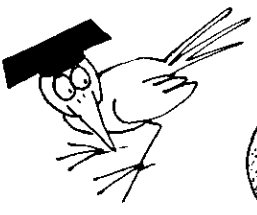
Men deuterium och tritium formade sålunda kommer att kombineras genom kärnreaktion.

$$\text{(+)} + \text{(+)} \rightarrow \text{(+)(+)} + \text{O}$$

Deuterium + tritium ger helium + neutron  
På denna etapp är universumet en vätebomb



Så kommer allting att förvandlas till helium?



Heliumkärnan är mycket symmetrisk, kompakt och gedigen. Om temperaturen håller sig skulle hela materian konverteras till helium. Men efter 34 min sjunker temperaturen till 300 miljoner grader och nukleosynthesen kommer att upphöra. Nukleonerna har inte tillräckligt med hastighet för att övervinna den elektrostatiska repulsionen (+stötas bort+). Spelet är över.

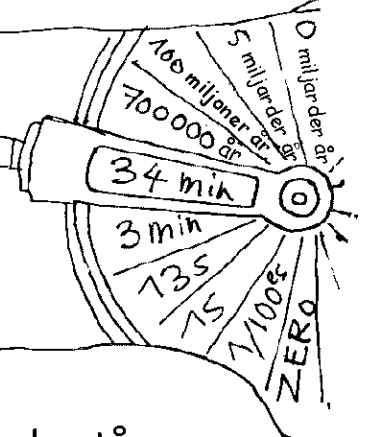


De sista fria elektronerna lösas upp. De är på ett naturligt sätt instabila och på 109 sekunder transformeras i ett proton-elektronpar.



34 minuter har gått sedan starten.

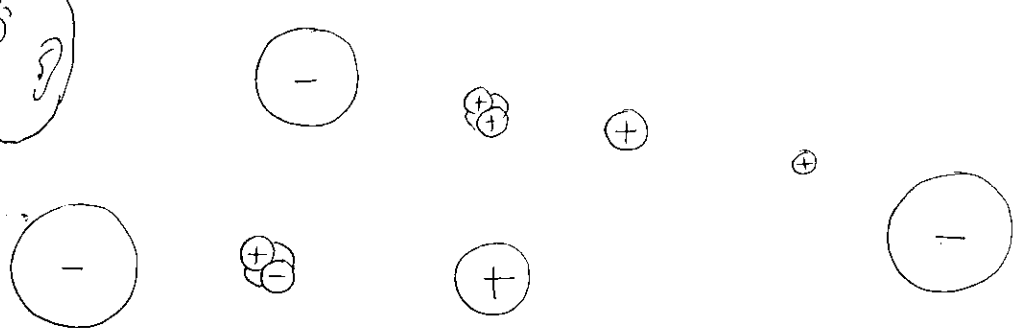
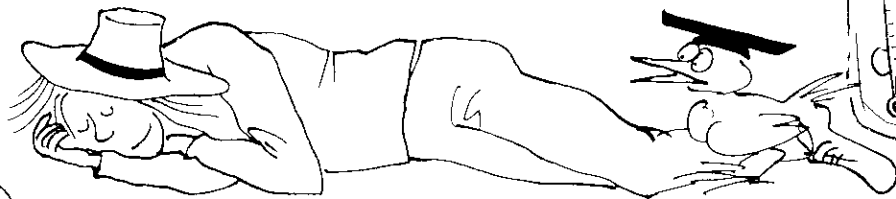
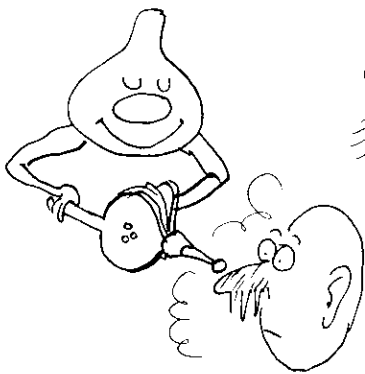
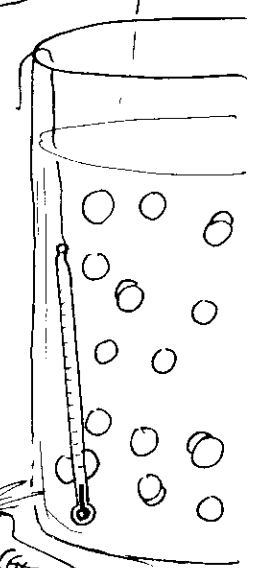
Vad blir det nu?



Efter denna fas har vi en primitiv soppa som består av fotoner, neutrino, protoner, elektroner och heliumkärnor. Materian är uppdelad i vikt som följande: 25% av helium mot 75% av väte (fria protoner)

HOPS!

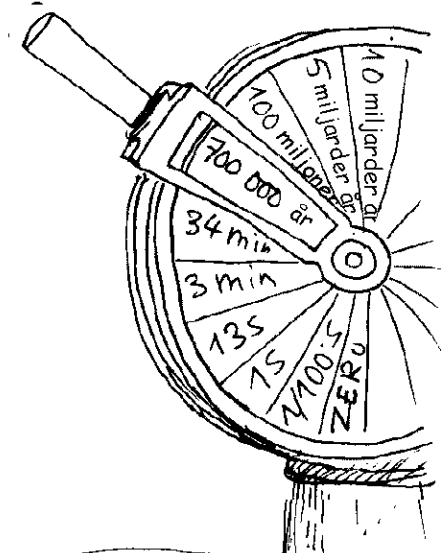
Under **700 000 år** händer inget alls. Universumet fortsätter spänna av och fotonerna likaså med det. Fotongasen fortsätter värma upp materian och temperaturen  $T_R$  och  $T_m$  förblir lika (termisk jämvikt)



Temperaturen sjunker till **3000 Kelvin** grader

# GENOMSKINNLIGT UNIVERSUM

En annan morfogenetisk mekanism kommer att spela in. Elektriska krafter tenderar att binda elektronerna till kärnorna för att bilda atomer. Termiska agitationen minskade tillräckligt för att dessa strukturer inte ska brytas, omedelbart bildade i kollisioner med en annan atom eller med andra komponenter i blandningen.



Så småningom kommer alla dessa fria elektroner fångas av kärnorna.

Dessa konstiga atomer... med deras stora elektroner... Det ger mig kalla kårar!

Och universumet blir genomskinligt

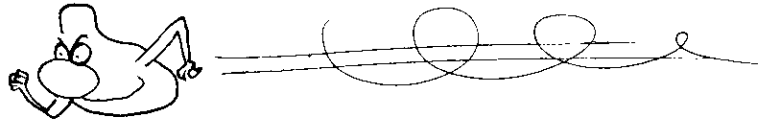
Vad menar du med genomskinligt?  
Menar du att det var ogenomskinligt förr?

Förr har fotonerna ständigt interagerat med materian. Ingen foton kunde ta sig in i denna miljö.

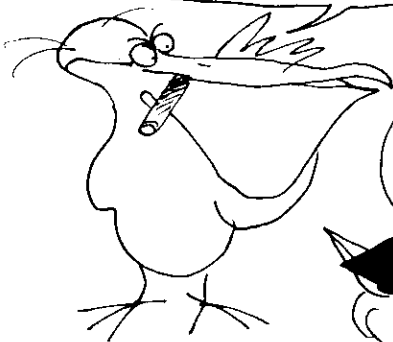
Pffff!

# BORTKOPPLING

Nu är det över, fotonerna kan gå igenom hela universumet utan att märka att materian existerar: det är bortkoppling. Av två orsaker. För det första - det finns mycket plats. För det andra - fotonerna interagerar mindre med den neutrala materian (atomer).



Nu ska vi se, teleskoperna skickar till oss bilder som på något sätt förmedlar för oss det förflutna i direkt sändning.



Ja, men även med ett fantastiskt kraftfullt teleskop kan vi aldrig iaktta ett fenomen som inträffade under tiden då Universumet var åtminstone 700 000 år.



Universumets antika förflutna kommer nödvändigtvis att förbli vagt, oklart.

Ja, det är omöjligt att psykoanalysera universumet.



Materia och fotoner upphörde att interagera, byta energi; termodynamiska jämvikten är brutet och temperaturen av materia  $T_m$  börjar sjunka snabbare (som den omvända kvadraten på radien av universumet), medan fotonernas temperatur  $T_r$ , strålningstemperaturen som endast minskar som motsatsen till denna radi  $R$ .


Hej, grabbar!

Nu är det varje man för sig själv.

Hallå! Vad händer nu?  
Ser ut som natten faller?  
Och med ens, är det svinkallt...

Universum upplever nu ett slags skymning. Det fortsätter att svalna. Himlen skiftar från lila till mörkt röd, sedan faller natten som en kall mössa. Det finns fortfarande en miljard fotoner för varje helium- eller väteatom. Men dessa fotoner försvagade av expansionen blev kosmiskt anemiska.

Big Bang är över. Siffrorna var fantastiska. Lite till, ingenting skulle vara kvar (en partikel på en miljard!). Det är mörkt som inne i en tunnel.



Fan, det är så kallt !

Fotonernas våglängd är 0,15 mm, vilket motsvarar strålningstemperaturen  $T_R = -173^\circ\text{C}$


Atomerna vandrar på 150 m/s, vilket ger en materiatemperatur på  $-267^\circ\text{C}$ .

Då så. Jag tror att jag mer eller mindre fattade hur universum fungerar.

Men en viktig fråga återstår : vad ska det vara bra för?

Ja, Anselme har rätt. Vad är meningen med det?


Vad ska detta tjäna till ?



Nåja, i början var  
det mycket av allting i  
en väldigt stor röra.

Kaos


Och då började universum  
göra strukturer, mer komplicerade  
varje gång, kärnor, atomer



Jag hittade den grundläggande  
kosmologiska principen.

Ah...  
och vad  
är det ?

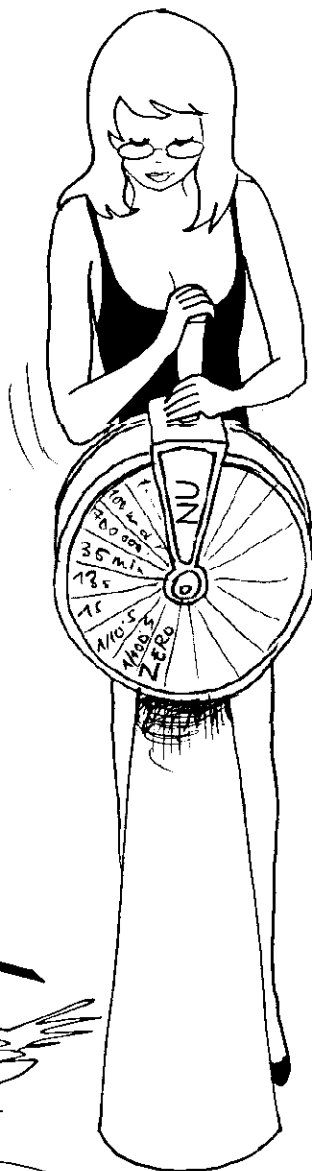
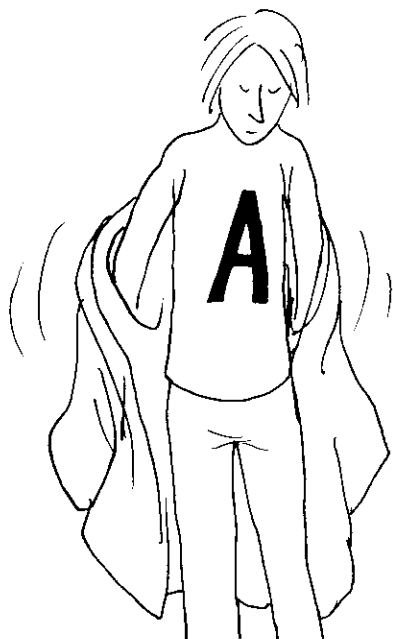
VARFÖR GÖRA DET  
ENKELT NÄR MAN KAN  
GÖRA DET KOMPLICERAT?



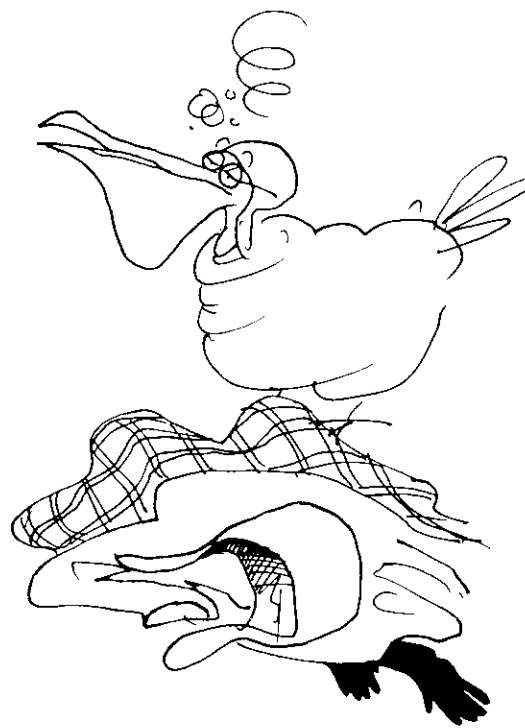
Tja.... Inte dålig,  
din lilla historia.  
Men det är en spekulation,  
teoretikernas fantasier.  
Vad säger att allting  
verkligen hände  
på det sättet?



För att besvara Leons fråga,  
lämnar vi detta universum på mattan  
och förflyttar oss i nuet.

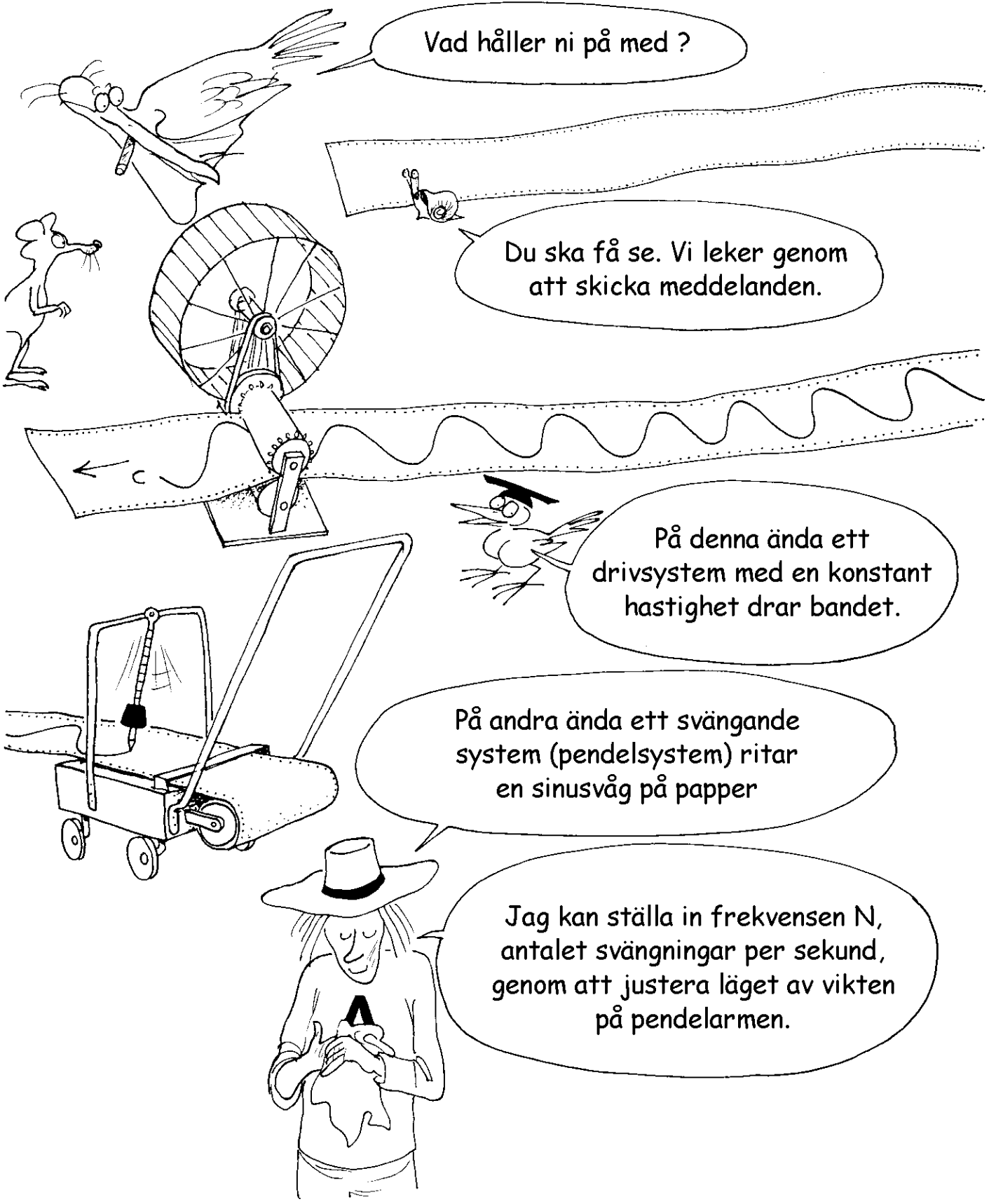


Och vad blir det sedan ?  
Bildande av galaxer, stjärnor?  
Ska vi låta det vara?



Nej, allt detta  
ska vara berättas om  
i TUSEN SOLAR

# DOPPLEREFFEKT



Vad håller ni på med ?

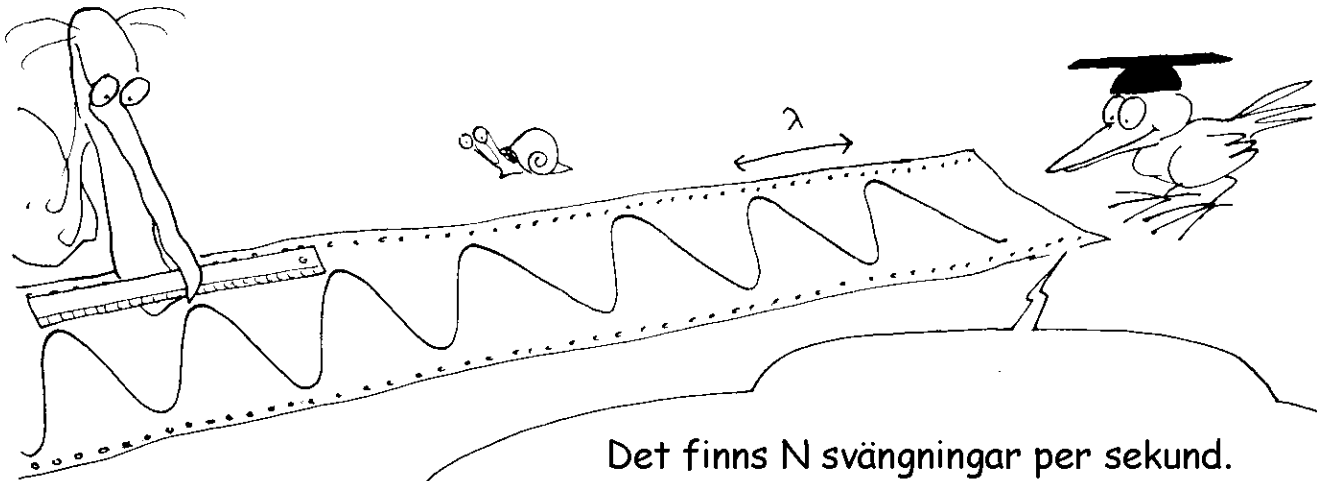
Du ska få se. Vi leker genom att skicka meddelanden.

På denna ända ett drivsystem med en konstant hastighet drar bandet.

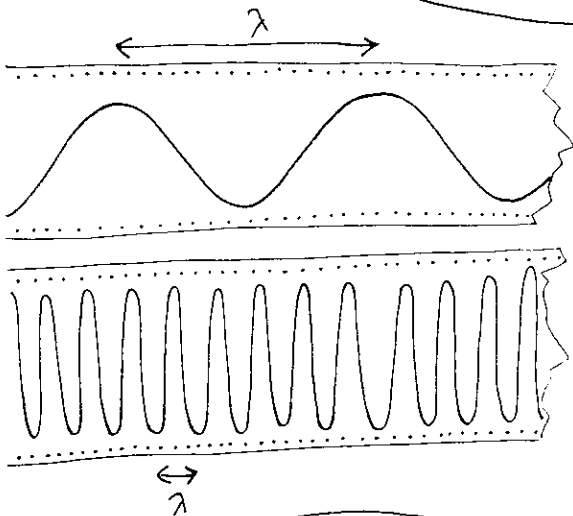
På andra ända ett svängande system (pendelsystem) ritar en sinusvåg på papper

Jag kan ställa in frekvensen  $N$ , antalet svängningar per sekund, genom att justera läget av vikten på pendelarmen.

Ah, då så. Och jag kan mäta våglängden vid mottagning.



Det finns N svängningar per sekund.  
Så är varje tur av pendeln gjord på en N-sekunddel:  
det är en svängningsfas. Under den tiden rör  
sig bandet  $\lambda = c/N$  (våglängd)



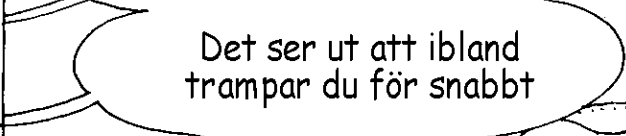
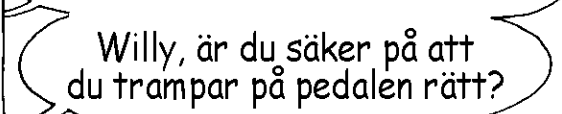
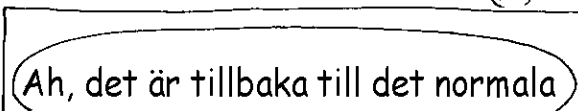
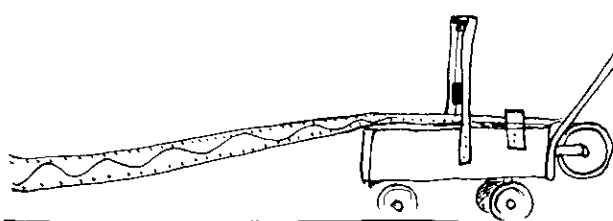
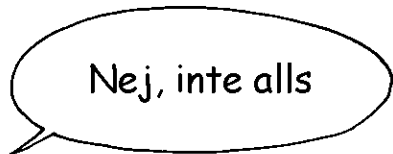
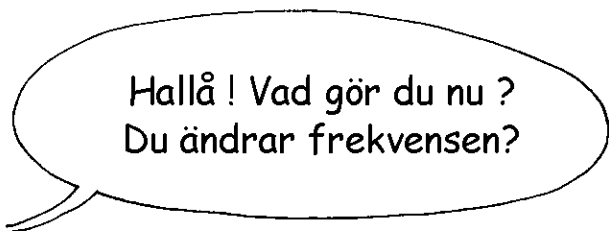
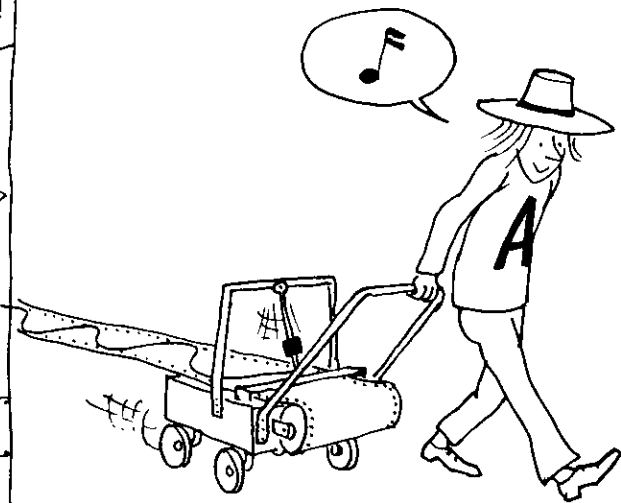
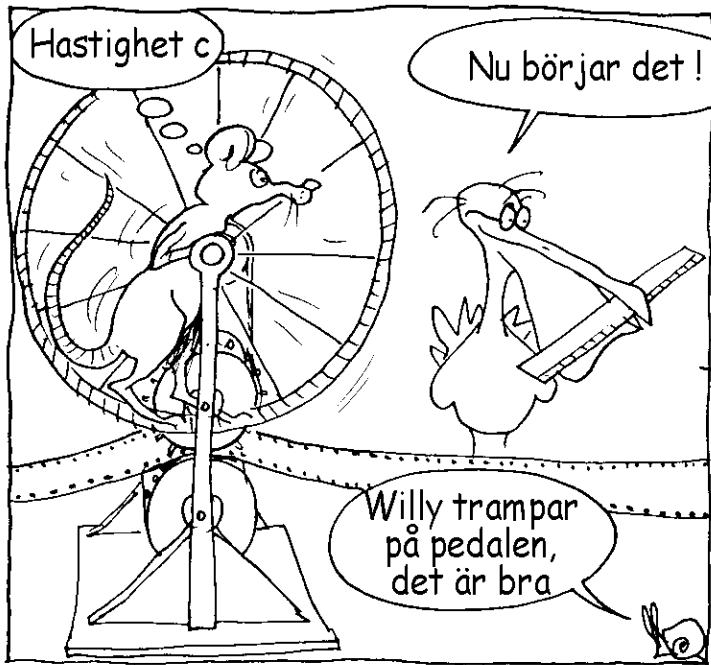
Låg frekvens, lång  
period, stor svängningsfas.  
Hög frekvens, kort period,  
svag svängningsfas

Det gör att man  
kan kommunicera.

Kommunikation  
är viktig.

Bra. Jag ska göra en test av  
överföring på ett stort avstånd

Redo ?



!!!

Willy, trampar du eller hur, för fan!

Men jag trampar ju!

Om du inte tycker om det,  
du behöver bara göra det för mig!

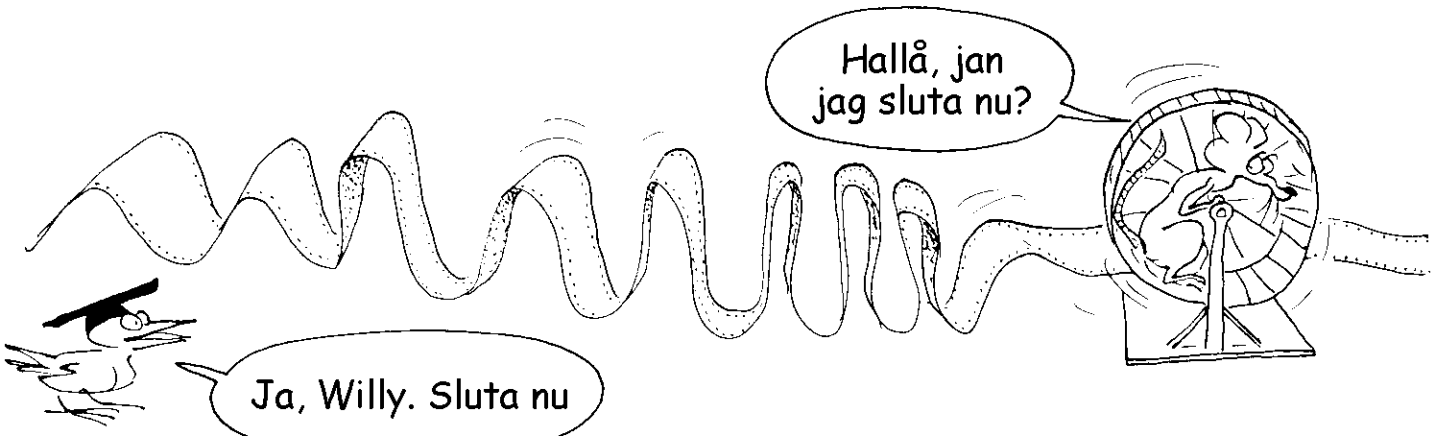
Då så, grabbarna.  
Förklara ert problem  
för mig

A

(B)

(A)

Det är tillbaka till det normala.  
Men för en stund sedan var det en ökning  
på våglängden (A), det vill säga en skenbar  
minskning av frekvensen vid mottagning. Sedan,  
efter en normal interval (B) har det skett en ökning i  
frekvens, vid mottagning, det vill säga en förkortning av  
våglängden  $\lambda$ .



Hallå, jan jag sluta nu?



Ja, Willy. Sluta nu



Willy säger att hela den tiden har han trampat regelbundet

Är det kanske pappret som har vidgats eller kontrakterats?

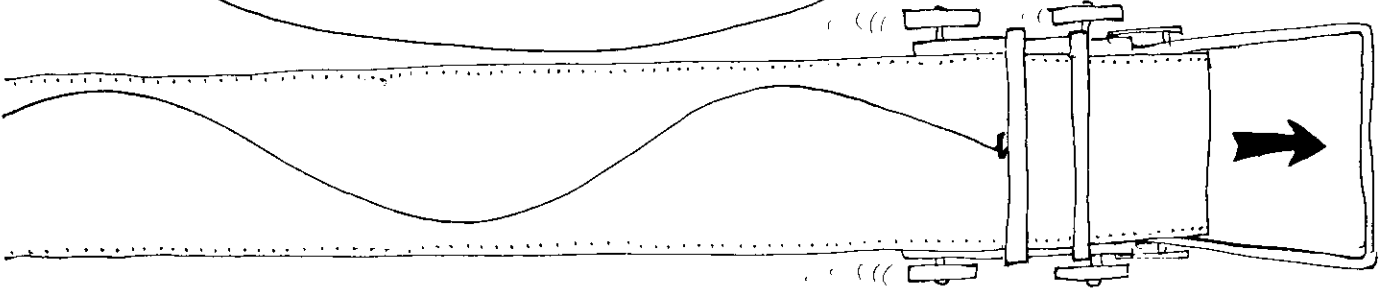
Nej, Anselme, det är Dopplereffekt

Dop.... vad ?

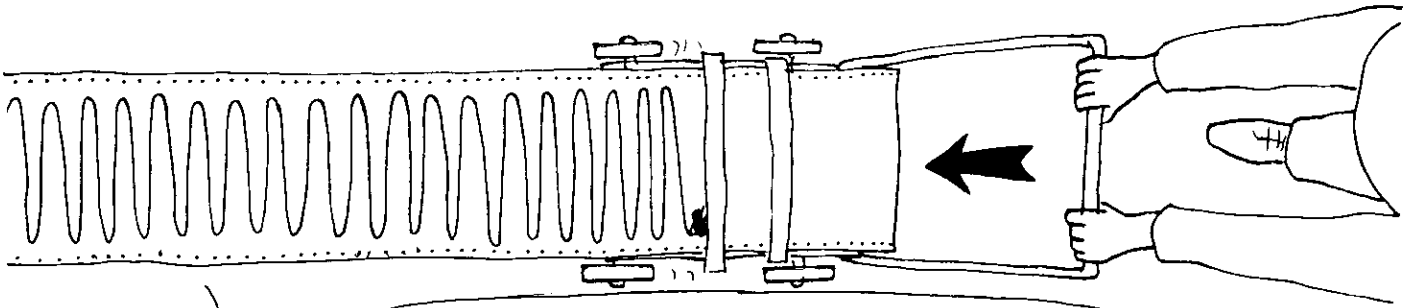
När du flyttar på kärran, ändrar du den skenbara frekvensen.



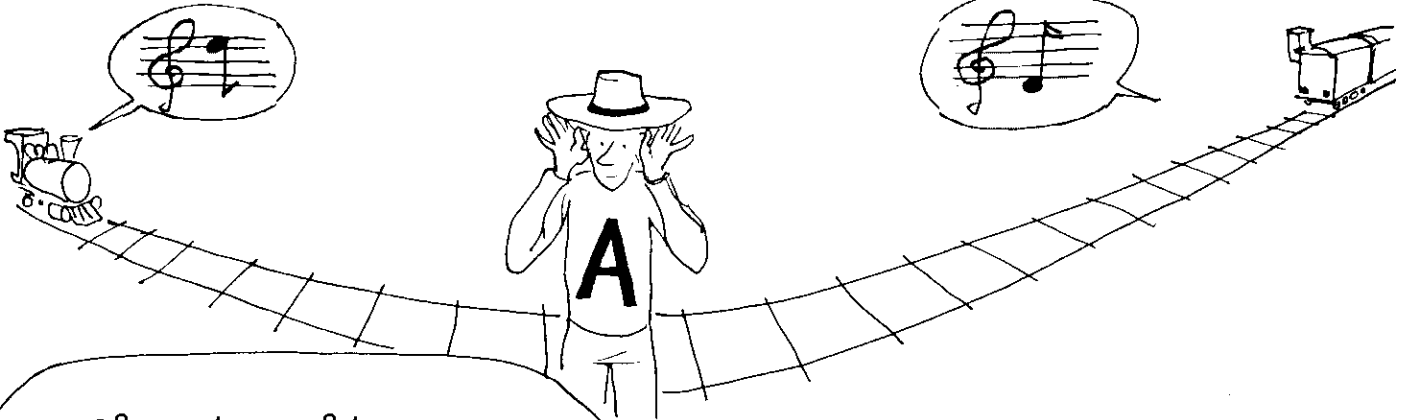
När kärran rör sig bort, är sinuskurvan utsträckt och frekvensen verkar svag.



När kärran rullar tillbaka, rör sig framåt på bandet,  
är sinuskurvan ihoptryckt, kontrakterad och frekvensen verkar högre.



Det är precis vad som händer  
när du hör visselpipan av ett passerande tåg.  
När det närmar sig, är ljudet högre. När det  
avlägsnar sig, är ljudet svagare.



Så, med ett sådant system,  
när jag a priori känner våglängden  
för signalen som kommer ut från en  
stationär källa, kan jag räkna ut  
stängningshastigheten för källan  
eller hastigheten på avlägsnandet  
för källan.

Och vad som gäller  
för ljudet, gäller likaså för ljuset.  
Objekten som rör sig bort verket  
rödare, och de som närmar  
sig verkar mer blåa.



Nåja, nu ska vi tillbaka till våra test med överföring på avstånd.

Willy, ta din plats

Har han ändrat frekvensen?

Eller då rör den sig bort

Det börjar om igen,  
som förra gången.

Ja, det stämmer  
Den måste röra sig  
bort ännu mer

Men nej, dumskallar,  
jag rör mig inte bort,  
därför att jag är här!

Och oscillatorn  
är kvar här.



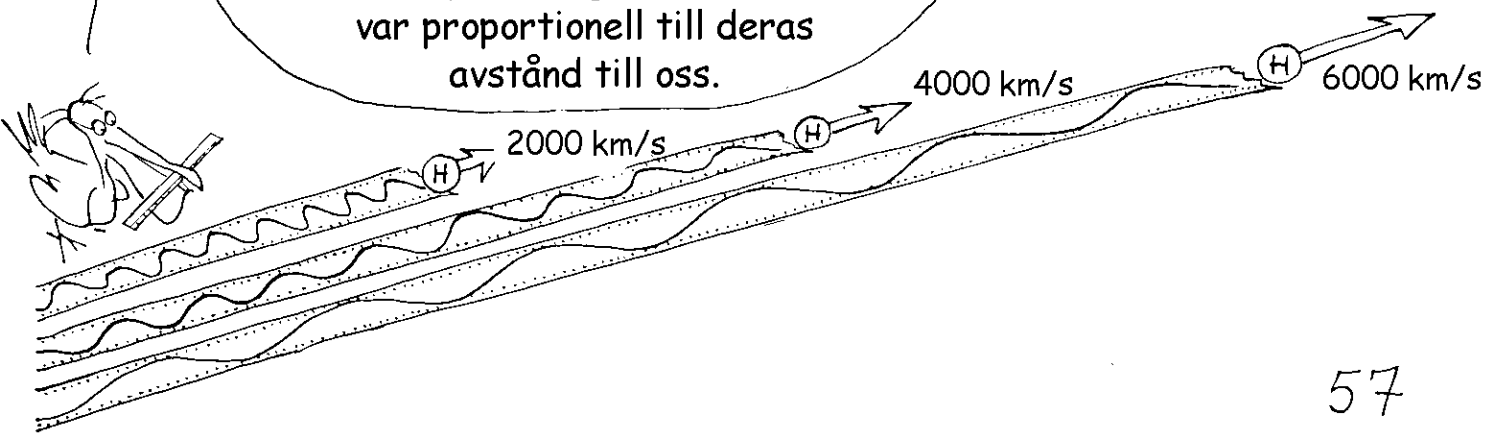
# GALAXERNAS FLYKT



Det är på det sättet som Edwin Hubble upptäckte Universums expansion i 1930, genom att konstatera att de avlägsna galaxerna flyr oss på grund av Dopplereffekten; de blir mer och mer röda allteftersom de avlägsnar sig.

Dessa väteatomer avger normalt ljus på en våglängd på 21 cm. Dopplereffekten talar mig om flykthastigheterna på 2000, 4000, 6000 km/s

Hubble kan uppskatta avståndet som skiljer oss från dessa galaxer, genom att basera sig på deras synbara ljusstyrka. Och han drog slutsatsen att denna flykthastighet helt enkelt var proportionell till deras avstånd till oss.



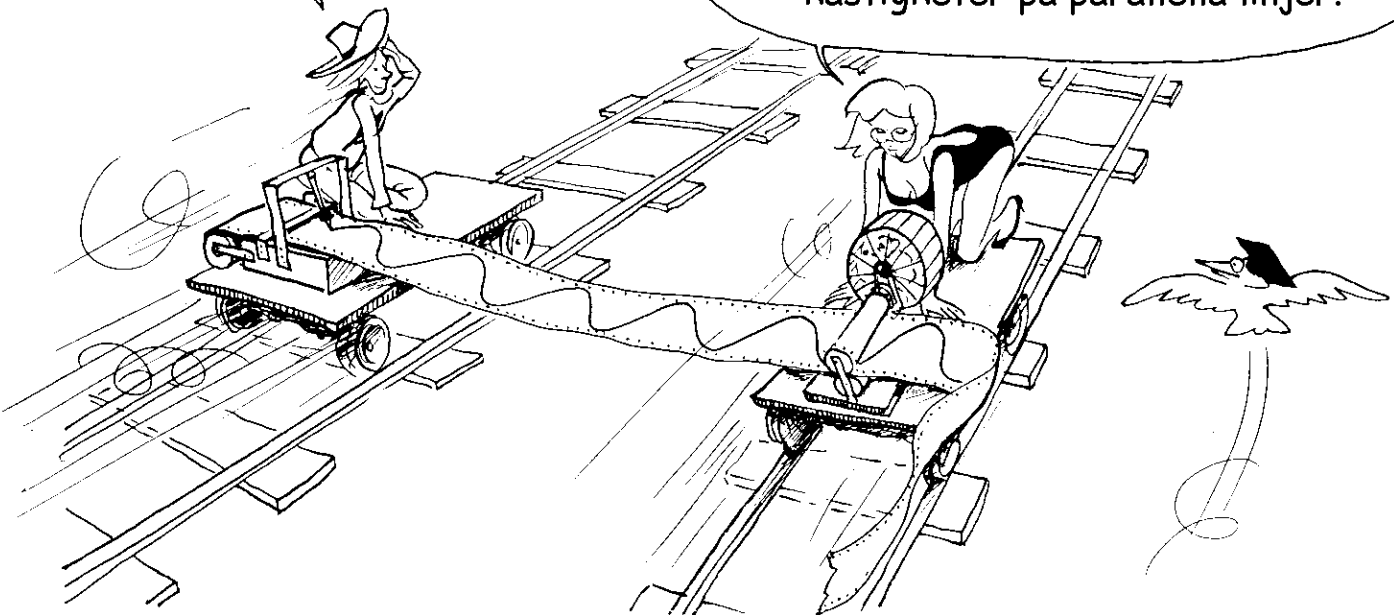
Vänta lite... Vad vill detta säga?  
Accelererar objekt när de rör  
sig bort från oss?


Inte riktigt. Mattan utvidgas  
åt alla håll. Tänk dig en punkt A  
som med tiden  $t = 0$  är i en meter  
från dig. Om en sekund är den 1m 20.  
Dess flykthastighet är alltså  
20 cm/s.

Under samma tidsperiod  
är en punkt B ursprungligen i 2m  
från dig, kommer att vara i 2m 40 (i B)  
och dess hastighet i förhållande  
till dig är 40 cm/s

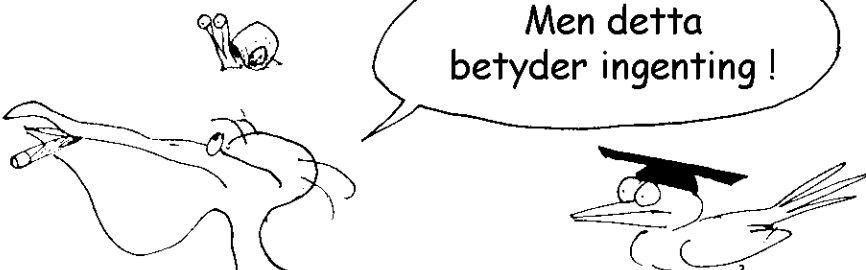
Dopplereffekten anger  
relativa hastigheter.

Det finns inga variationer  
i våglängd när sändaren  
och mottagaren är på samma  
hastigheter på parallella linjer.



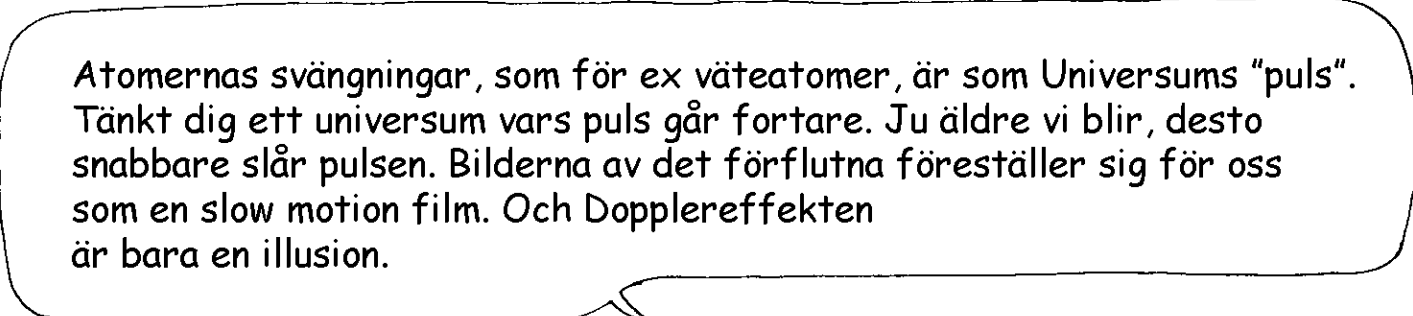


Då är hela vårt universum håller på att expandera?




Vänta, jag har en annan förklaring. Anta att tiden accelererar.

Men detta betyder ingenting!




Atomernas svängningar, som för ex väteatomer, är som Universums "puls". Tänk dig ett universum vars puls går fortare. Ju äldre vi blir, desto snabbare slår pulsen. Bilderna av det förflutna föreställer sig för oss som en slow motion film. Och Dopplereffekten är bara en illusion.



Naturligtvis, Tiresias, man kan tänka sig allting och det du säger betyder alla fysiska lagar förändras över tiden, det som Fred Hoyle föreslog.

# i GRUNDEN ÄR HIMLEN KALL



Men det finns en annat argument för en expansion, och följden av detta - Big Bang

Ojdå!

Tidigare såg vi att endast en foton  
på en miljard förvandlades i materia.

Och i antimateria!

Det bör även finnas ett stort antal dessa  
primitiva fotoner, ungefär 500 per kubikcentimeter  
(och lika många neutrino, som är mer  
svåra att upptäcka)

Deras våglängd borde  
vara fem millimeter vilket  
motsvarar en strålningstemperatur  
 $T_R$  på tre absoluta grader  
( $-270^\circ\text{C}$ )

Dessa fotoner, med mycket  
låg energi upptäcktes av Penzias och  
Wilson i 1964. De är påtagligt bevis  
på denna stora kosmiska dans.

Ojdå!

Hallå där...

# KOSMOLOGISKA HORIZONTEN

Sophie, enligt Hubblelagen ökar objekts flykthastighet med avstånd.

Logiskt taget måste det finnas alltså objekt som avlägsnar sig från oss med hastigheter som är lika med eller även högre än ljushastighet?!

Men.. då kan inte längre få in detta ljus?

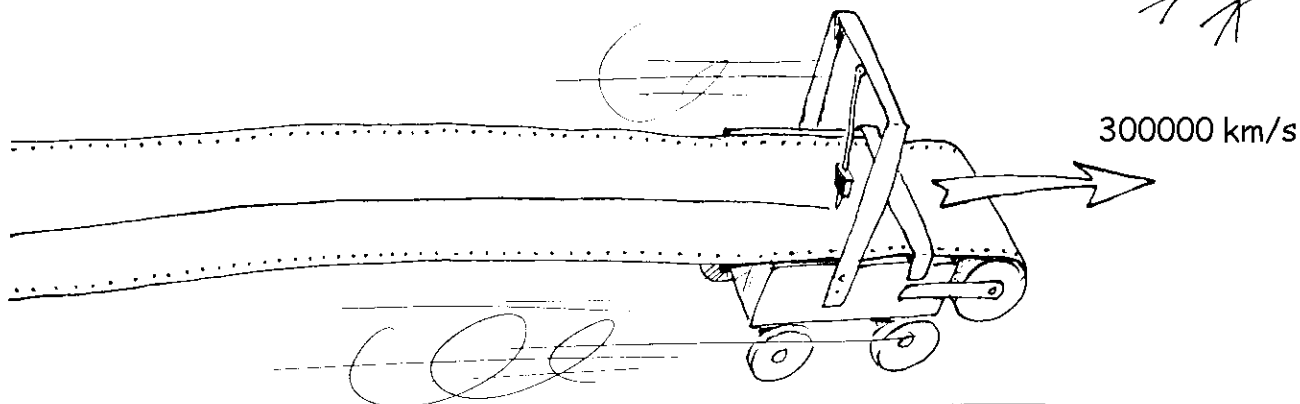
Varför?  
Om ett flyg avlägsnar sig från mig med en överljudshastighet kan jag ändå höra oväsen det gör?

Mina kära,  
ni måste se saker på ett annat sätt

Faktumet att förflytta sig på en tideffekt (\*).  
Ett objekt som förflyttar sig med en hastighet som  
ligger på 300 000 km/s, ljushastighet, befinner  
sig i förhållande till oss, observatörer, i en annan  
"tidbubbla". Vi uppfattar dess meddelande  
som ett slags slow-motion.



Och om detta objekt rör sig i förhållande  
till oss med en ljushastighet, blir tidssladden total.  
Dess tid verkar frysa till som en sås.



På grund av denna avvikelse, av denna  
tidssladdar i förhållande till varandra,  
minskar vågfrekvensen vid mottagning.  
Och detta fenomen, en relativistisk effekt,  
har just lagts till Dopplereffekten.  
När flykthastigheten av sändaren  
i förhållande till oss når  $c$ , sjunker  
frekvensen av mottagna  
vågorna till noll.



Vågor med nollfrekvens  
är inga vågor längre!

(\* Se ALLTING ÄR RELATIVT, av samma författare, BELIN förlag

För objekt som omger oss är en relativ hastighet lika med 300 000 km/s som uppnås vid en sfär kallad HORISONT. Det är inte gränsen för saker som finns, men gränsen för saker som vi kan känna till. Universum kan endast vara tillgängligt som en liten del av ett större universum. Denna horisont är på en cirka tio miljarder ljusår. Omfattningen av den nuvarande mest kraftfulla teleskopen som finns på jorden, Palomar, är på en miljard ljusår.

Styrelsen

Men vad betyder denna radie R av universum nu?



Historien började när universum var en hundraedels sekund gammalt. Tänk dig att i detta ögonblick ritade vi en cirkel eller rättare sagt en sfär, på radie R och att vi följer expansionen av denna referenssfär med tiden. Det är allt.

På så sätt utesluter vi inte det faktum att rummet kunde vara ändligt eller oändligt (\*)

Hon har tjusiga ögon.

Hallå ni två!


Denna tecknade serie är inte slut än!

Hi-hi-hi

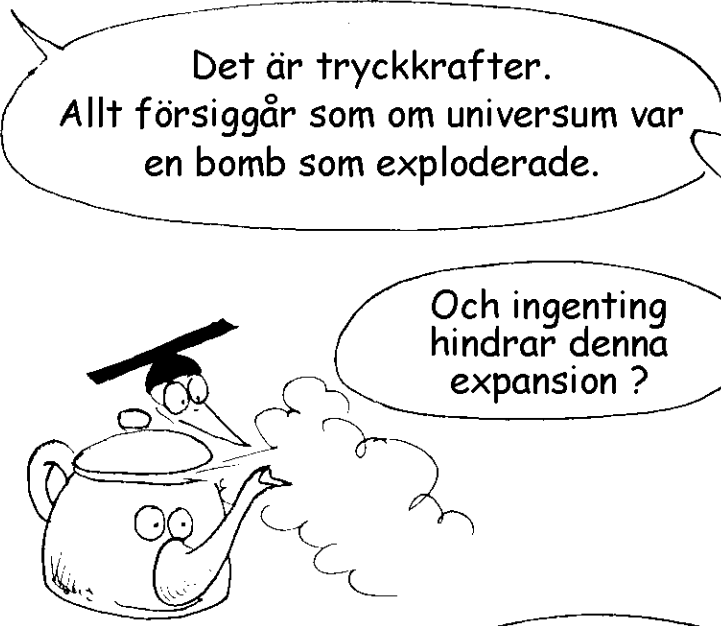
Vi behöver er fortfarande

(\*) Se GEOMETRIKON, av samma författare, Belin förlag

# FRIEDMANNNS MODELLER




Sophie, vad är det som orsakar universums expansion?




Det är tryckkrafter. Allt försiggår som om universum var en bomb som exploderade.




Och ingenting hindrar denna expansion?



Tyngdkraften tenderar att kondensera sig på själv universum, att implodera det.

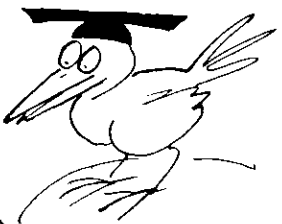


Är det så att vi inte kan tänka oss ett universum där dessa krafter, tryckkraft och tyngdkraft, väger upp varandra.



Man kan visa att jämvikten är omöjlig. Vid den minsta avvikelse från jämvikten exploderar detta universum eller imploderar.

Explosion



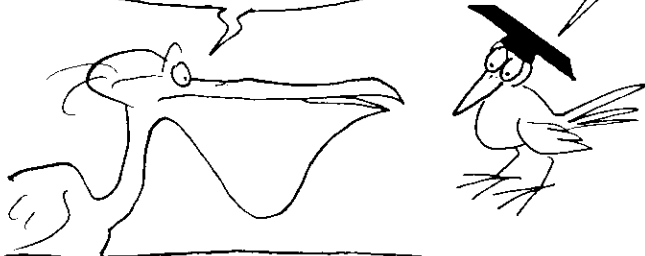
Implosion



Men berätta nu, kunde vårt universum implodera istället för att explodera?

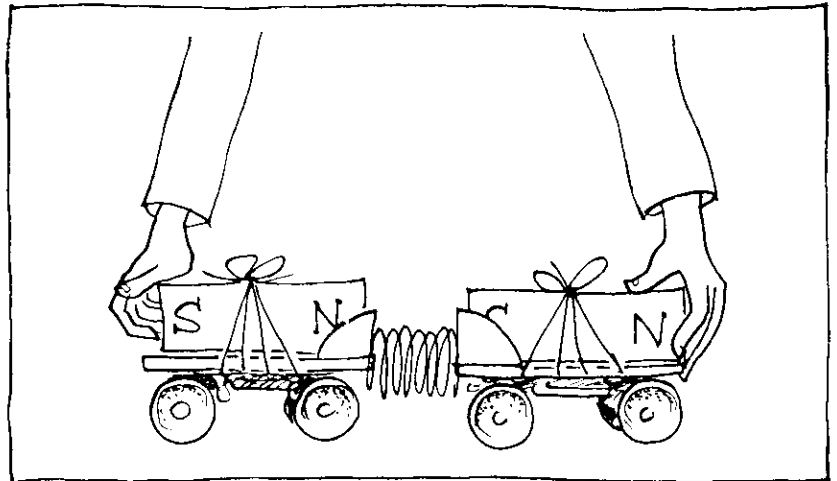
På ett sätt är detta möjligt.

Att tiden skulle inte alltså gå bakåt?



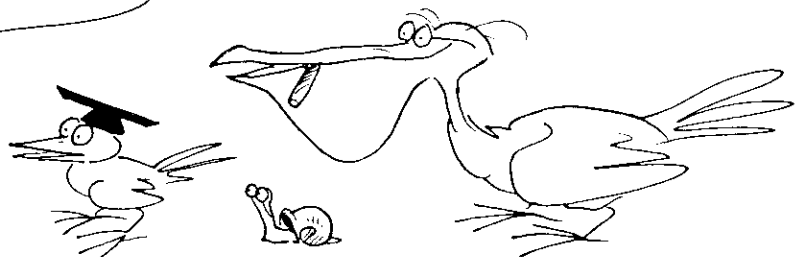
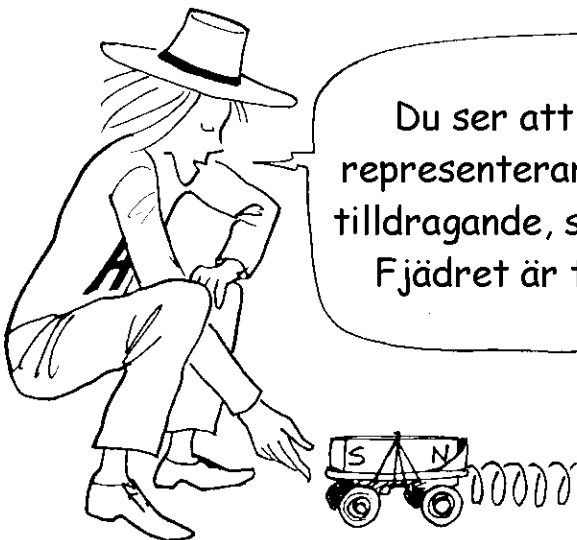
Tss!

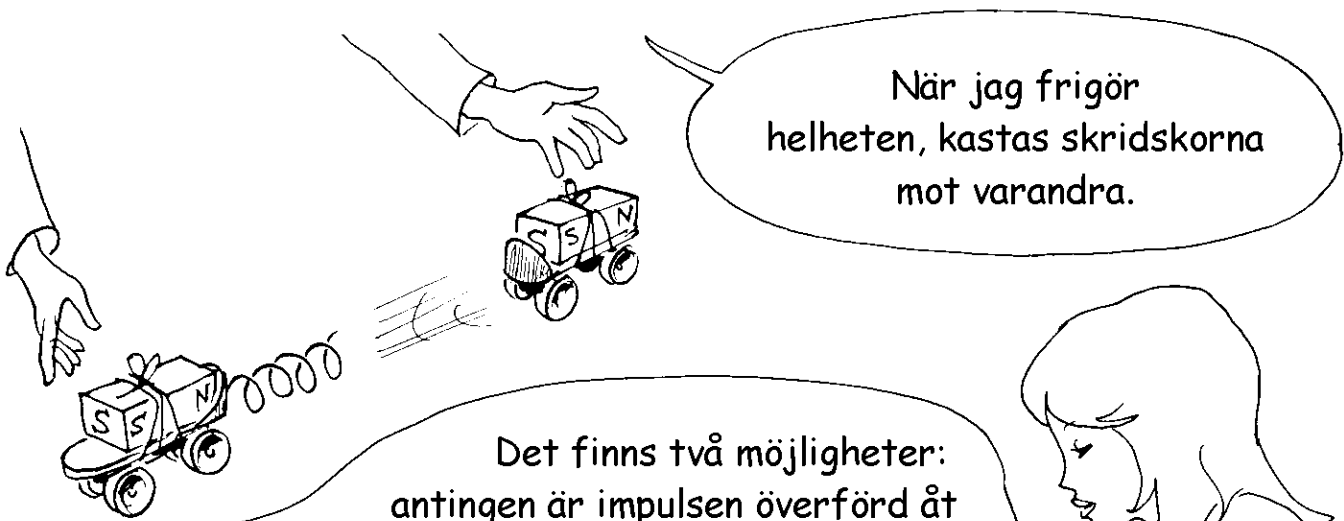
Vad håller du på med?



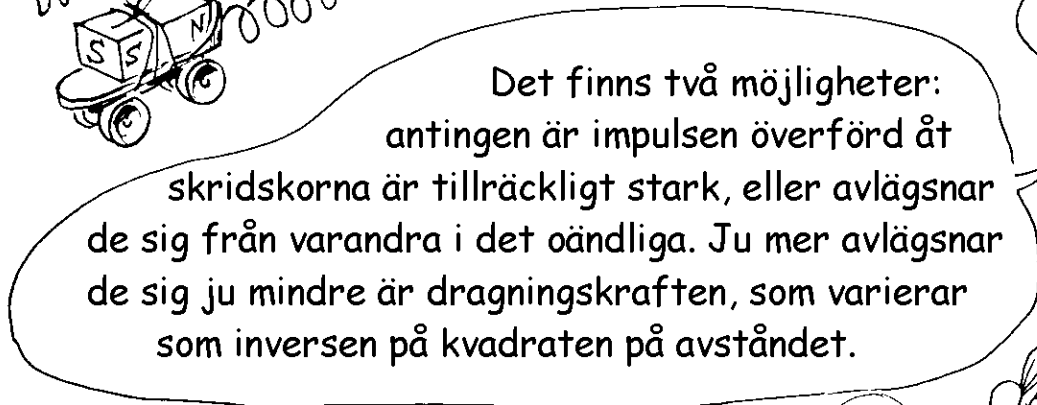
Anselm band två magneter på rullskridskor. De drar sig till varandra. Men en komprimerad fjäder tenderar att separera skridskor från varandra.

Du ser att magneterna representerar tyngdkraften, tilldragande, sammanhållande. Fjädrer är tryckkraften.





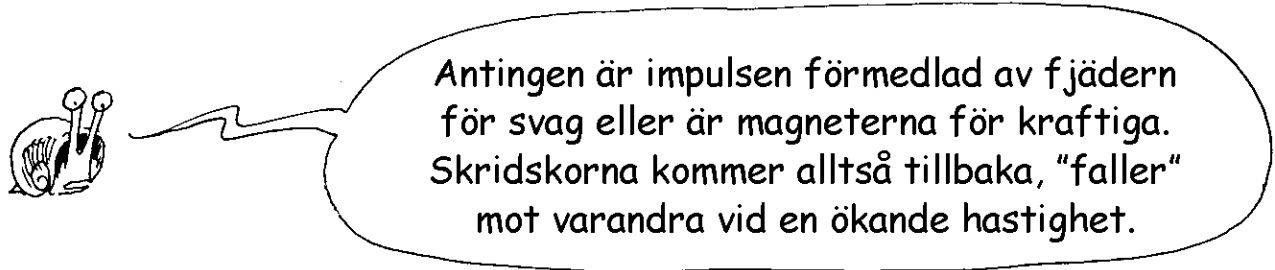
När jag frigör  
helheten, kastas skridskorna  
mot varandra.



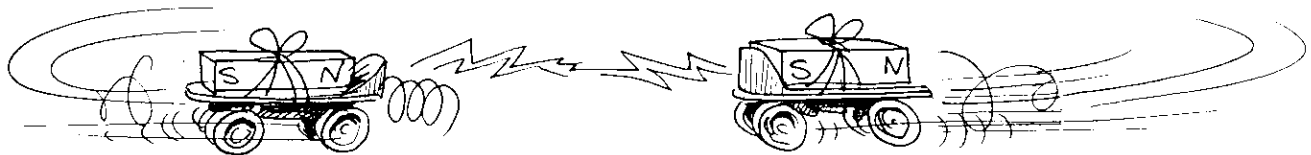
Det finns två möjligheter:  
antingen är impulsen överförd åt  
skridskorna är tillräckligt stark, eller avlägsnar  
de sig från varandra i det oändliga. Ju mer avlägsnar  
de sig ju mindre är dragningskraften, som varierar  
som inversen på kvadraten på avståndet.



Om det inte finns någon friktion, kommer skridskorna  
så småningom att få en konstant hastighet.

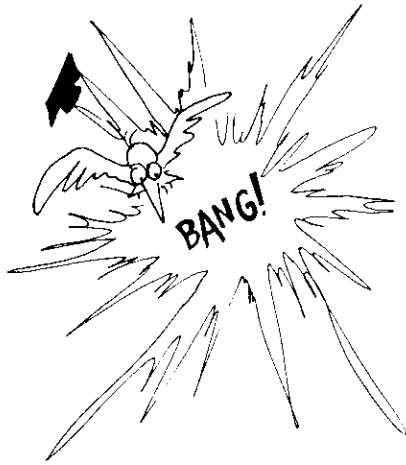


Antingen är impulsen förmedlad av fjädern  
för svag eller är magneterna för kraftiga.  
Skridskorna kommer alltså tillbaka, "faller"  
mot varandra vid en ökande hastighet.

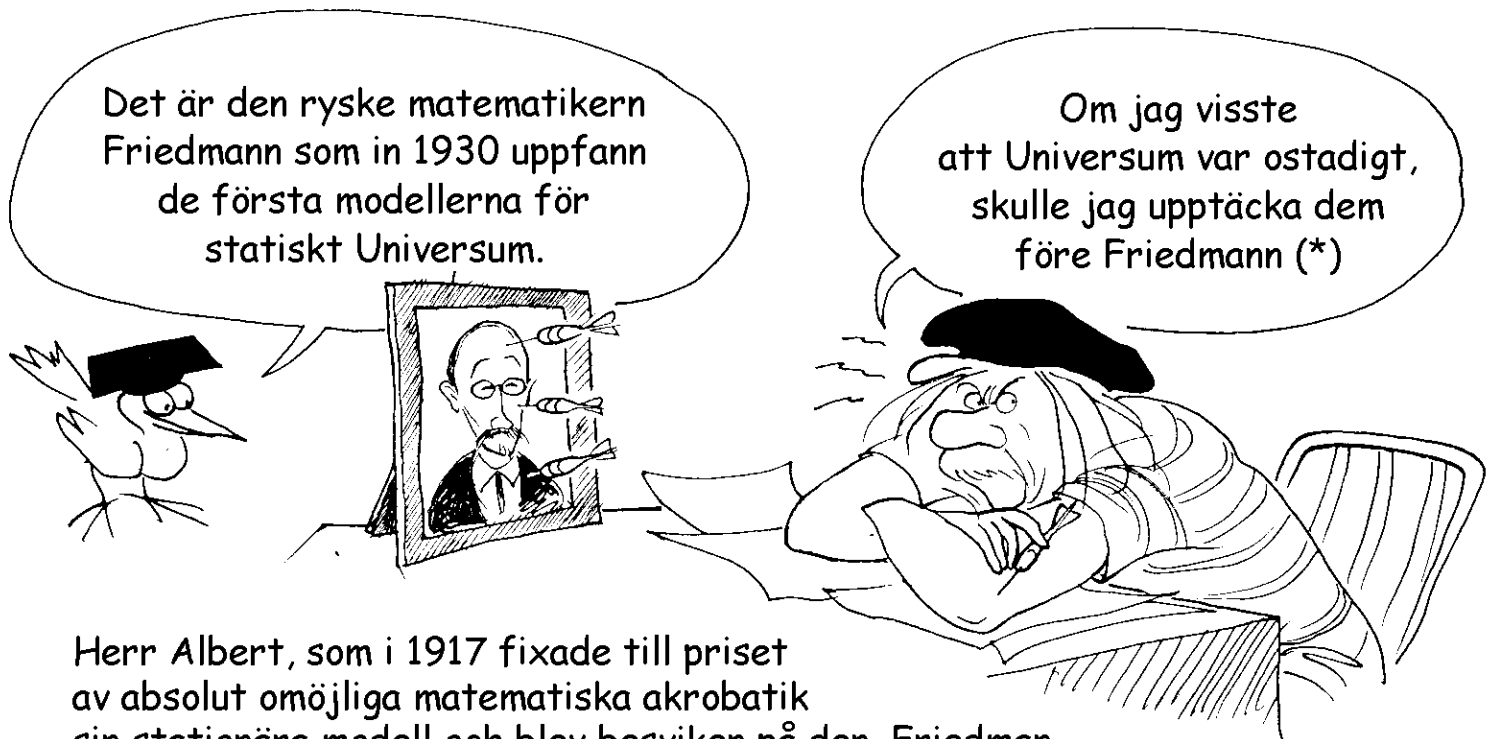


Detta påminner om två möjliga typer av Universum:

Första scenariot: expansionen fortsätter oändligt. När den sista  
stjärnan slocknar blir det evig natt, helt kallt, termisk död.



Andra scenariot : gravitationskrafterna vinner slutligen. Efter ett tillstånd av maximal utvidgning, återfaller Universum på sig själv. Alla strukturer, galaxer, stjärnor söndersmulas. Själva atomer krossas. Och Big Bang upplevs som baklänges, till en ny studs, en ny utvidgningsfas.



Det är den ryske matematikern Friedmann som in 1930 uppfann de första modellerna för statistiskt Universum.

Om jag visste att Universum var ostadigt, skulle jag upptäcka dem före Friedmann (\*)

Herr Albert, som i 1917 fixade till priset av absolut omöjliga matematiska akrobatik sin stationära modell och blev besviken på den. Friedman stal hans seger. Han har varit sur på relativitetsteorin i många år.



Enligt Friedmanns modeller är Universum på en oändlig utvidgning om dess (aktuella) densitet av materia är under  $5 \cdot 10^{-30}$  gram per kubikcentimeter. Detta universum skulle förresten ha en volym, en oändlig rumslig utvidgning..

(\*) Einsteins autentiska anmärkning

# GEOMETRI(ER) AV UNIVERSUM

För oss är Universum en fyrdimensionell hyperstruktur, där tid och rum blandas. Idéerna som nämndes på de föregående sidorna motsvarar varenda en annorlunda presentation av denna enhet Universum som är Rum-Tid.

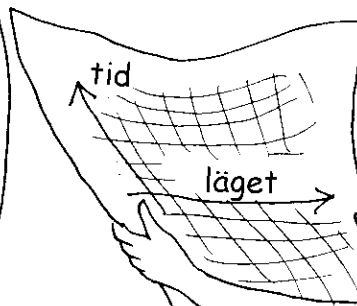
Universum...  
Vilken form  
har den ?

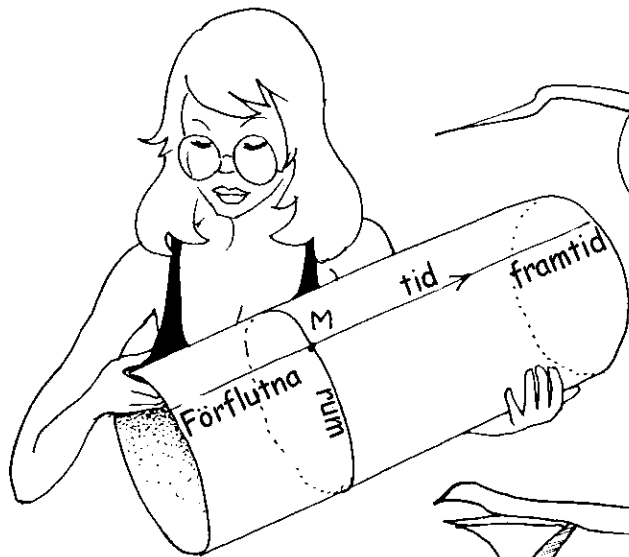
Bedrövligt

Kom ihåg att antalet dimensioner  
på ett rum och antalet kvantiteter  
som behövs för att definiera  
läget på en punkt.

Möte (1) tisdag klockan elva vid hörnet av  
(2) sjätte aveny och av (3) femte gata på  
(4) tredje våningen: fyra enheter

På teckningen kan man  
presentera endast rum på två  
dimensioner, ytor. Vi kommer  
alltså att studera rum-tid på 2  
två dimensioner, den ena är av  
rum, och den andra är av tid.



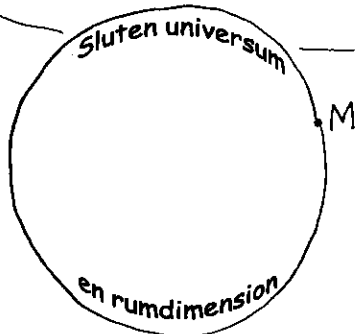


Således är den första modellen på slutet universum, Einsteins statistiska modell kan framställas enligt en cylinder.

Vänta lite, om jag förstår rätt, denna cylinder, är vi inne av den?

Nej, ovanpå!

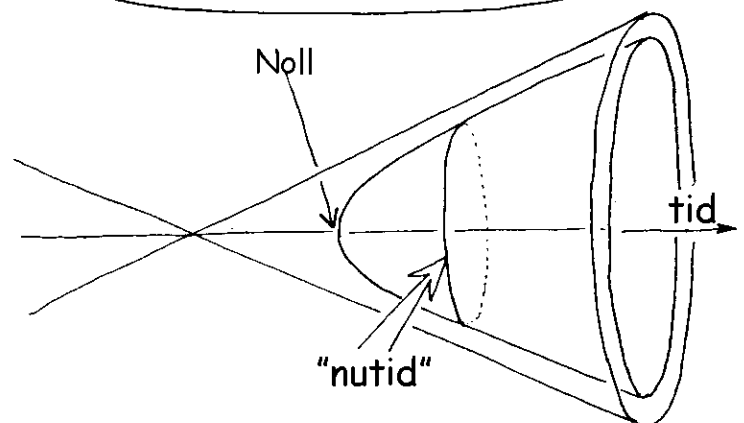
Vid en given tidpunkt, ett objekt och punkten M på ytan, och Universum i helheten reduceras till denna cirkel.

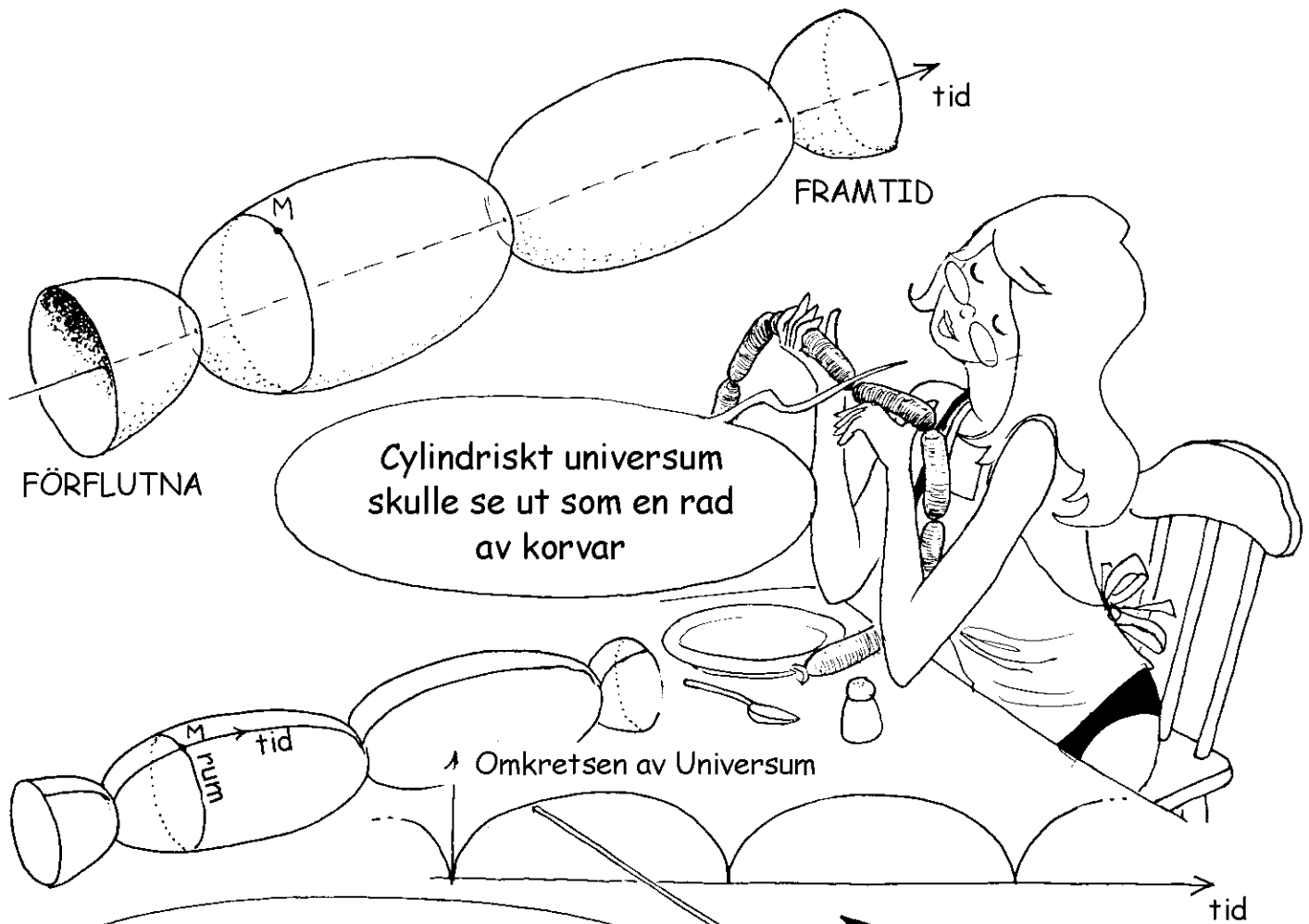


När objektet är stationär, beskriver det en generator på cylindern, allteftersom tiden förflyter.

Det är lätt att representera utvidgningen på detta slutna universum i förhållandet till tiden, deet som ger en modell på ett icke-stationärt universum

Här är för ex bilden på tvådimensionell rum-tid i en oändlig utvidgning.





Cylindriskt universum skulle se ut som en rad av korvar

FÖRFLUTNA

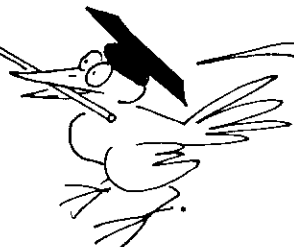
FRAMTID

tid

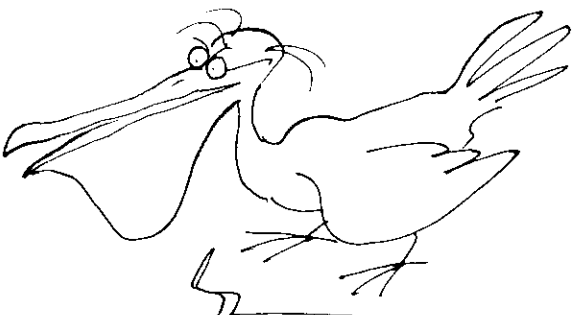
↑ Omkretsen av Universum

tid

Men förresten, varför skulle tiden nödvändigtvis vara "öppnad", det vill säga oändlig både för framtiden och för det förflutna?



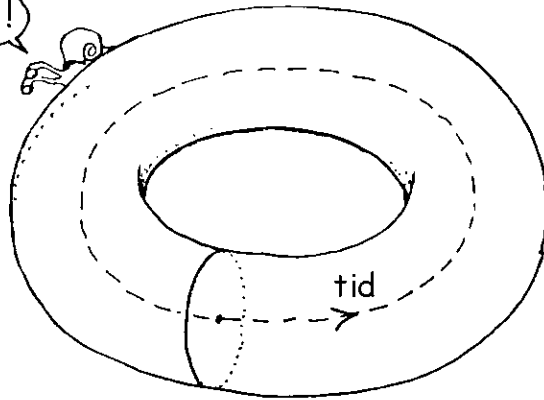
Vi skulle vara här



Menar du att man kunde.... stänga tiden in i sig själv?

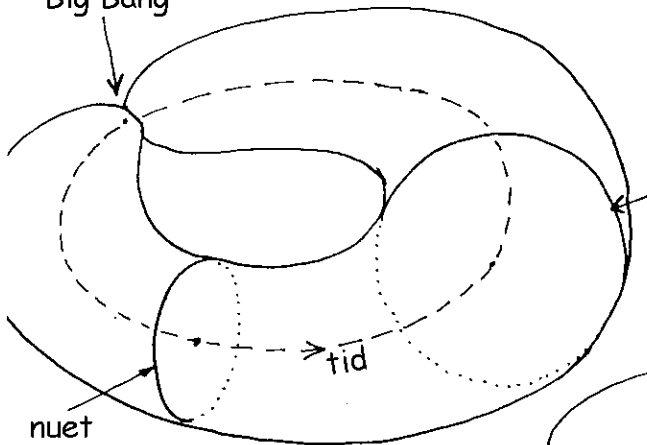
Ingen problem...  
om man stängde Einsteins  
modell i sig själv, skulle  
man få ... en torus

Om igen!



I denna slutna rum-tid upprepas samma händelser  
på samma sätt efter en tid  $\tau$  som är perioden  
av detta konstiga universum

Egendomlighet  
Big Bang



Man kan också locka  
ett cykliskt universum  
på sig själv.

tillstånd av  
maximal utvidgning

Det blir en kedja av korvar  
stängd på sig själv med en enda korv!

Oh, titta Leon!

Han är  
knäckt, det var  
förutsägbart.



# EFTERSPEL

Det är som man vet  
om Universums början.



I alla fall, det som  
man tror sig veta. Det  
förändrades så många  
gångar de sista  
5000 år!

" Men denna ansträngning  
som är för att förstå Universum  
är den ena av de sällsynta sakerna som  
lyfter människans liv över farsen genom  
att förmedla det litet av värdighet  
i denna tragedi ".

*Steven Weinberg*

Efter Big Bang  
(bildning av galaxer, stjärnor etc)  
i Tusen Solar


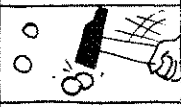


**SLUT**





# KOSMODRAMAT



TID	TEMPERATUR	DENSITET	FENOMEN
FÖRE	$T \geq 10^{12}$ grader		?
1/1000 sek	3000 miljarder grader		Odifferentierad soppan av fotoner, neutrino, antineutrino (fotonen och dess egen antipartikel), protoner, antiprotoner, elektroner och antielektroner (positroner)
1/100 sek	100 miljarder grader	4 miljarder $g/cm^3$	Slakt av hadroner (protoner, antiprotoner, neutroner, antineutroner). Det blir en på en miljard kvar. Resten är förintad med kvarvarande antihadroner för att reproducera fotoner.
1/10 sek	30 miljarder grader		Ingenting att rapportera. För hett för att atomkärnor skulle formos.
1 sek	10 miljarder grader	380,000 $gm/cm^3$	Neutrino "lever sina liv". De slutar att interagera med materia.
13 sek	3 miljarder grader		Förintelse av elektroner - antielektroner. Det kommer också att bli en på en miljard kvar.
3 min	1 miljard grader		Nukleosyntes: bildandet av heliumkärnor. Försvinnande av fria neutroner (livslängd 109 sek)
35 min	300 miljoner grader	$\sim 1 g/cm^3$	Nukleosyntes är klar: 25% av helium, 75% av väte
700,000 år	3000 grader		Efter förintelsen av nästan all materia och antimateria, lever universum en radiativ era där energi-materia mestadels befinner sig under form av strålning. När temperaturen sjunker till $3000^\circ$ ; neutrala atomer bildas och fotonerna slutar att interagera med materia: genomskinligt universum
100 miljoner år	$T_R = -173^\circ C$ $T_m = -276^\circ C$		Eftersom de inte längre uppvärms av fotonerna, sjönk temperaturen av neutrala väteatomer och heliumatomer kraftigt. Bildande av galaxer, första stjärnor.
5 miljarder år			Bildandet av Jorden
10 miljarder år	$T_R = -270^\circ C$ (3 deგრés Kelvin)	$10^{-30} g/cm^3$	Utveckling av livet
Idag			Uppfinningen av atombomben