

**JEAN-PIERRE PETIT**

***Le avventure di ANSELMO***



# IL BIG BANG



# L' autore

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



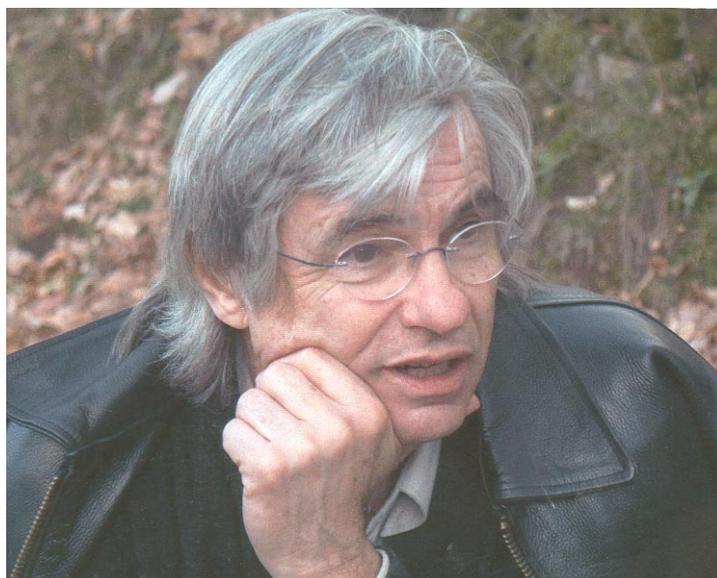
Jean-Pierre Petit, 68 anni, è un astrofisico in pensione (ma continua a produrre lavori scientifici), specializzato in teorie cosmologiche. Ha passato 29 anni all'Osservatorio di Marsiglia e ha scritto 32 libri, molti dei quali sono stati tradotti in varie lingue (otto in tutto).

Potete copiare questo file pdf e distribuirlo a chi volete. Potete anche inserirlo nel vostro sito internet, o mettere un link verso di esso. Lo scopo è di renderlo disponibile al maggior numero di persone possibile.

# Savoir sans Frontières

(Sapere senza Frontiere)  
Association Loi de 1901 (ONLUS)

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



**Jean-Pierre Petit, Presidente dell'Associazione**

Ex Direttore di Ricerca presso il CNRS, astrofisico e ideatore di un nuovo genere di pubblicazione: il fumetto scientifico. Nel 2005, crea con il suo amico Gilles d'Agostini l'associazione Savoir sans Frontières che si prefigge lo scopo di divulgare gratuitamente il sapere, anche scientifico e tecnico, nel mondo intero. L'associazione, il cui funzionamento è consentito dalle donazioni che riceve, retribuisce traduttori con un compenso di 150 Euro (nel 2007) facendosi carico delle spese bancarie relative all'incasso.

I molti traduttori fanno crescere ogni giorno il numero dei testi tradotti (nel 2007, 200 fumetti scaricabili gratuitamente da internet, in 28 lingue tra cui il Laoziano e lo Ruandese).

Il presente file pdf può essere duplicato e riprodotto liberamente, parzialmente o integralmente, nonché utilizzato da insegnanti nei loro corsi, purché tali operazioni non siano a scopo di lucro. Può essere inserito in biblioteche municipali, scolastiche ed universitarie, sia in forma stampata che in reti digitali di tipo Intranet.

L'autore intende completare questa raccolta di opere con testi maggiormente accessibili ai giovanissimi (ragazzi di 12 anni). Sono inoltre in preparazione dei fumetti "parlanti" per analfabeti, nonché altri "bilingue" destinati all'apprendimento di una lingua straniera partendo dalla propria lingua madre.

L'associazione cerca costantemente nuovi traduttori che traducano nella loro lingua madre e dispongano delle competenze tecniche e linguistiche idonee alla corretta traduzione dei fumetti.

**Per contattare l'associazione, vedere la pagina iniziale del sito**

**Per fare una donazione si prega di utilizzare le seguenti coordinate bancarie di Savoir sans Frontières:**

**Numero internazionale del conto → International Bank Account Number (IBAN) :**

<b>IBAN</b>
FR 16 20041 01008 1822226V029 88

**Codice identificativo banca → Bank Identifier Code (BIC) :**

<b>BIC</b>
PSSTFRPPMAR

Gli statuti dell'associazione (in lingua francese) sono consultabili sul sito. La contabilità è accessibile on-line in tempo reale. L'associazione non preleva dalle donazioni alcun importo all'infuori delle spese per i bonifici bancari in modo tale che i compensi versati ai traduttori siano netti.

I soldi versati dai donatori sono destinati esclusivamente alla retribuzione dei traduttori con un compenso di 150 euro a fumetto (al quale si aggiungono le spese per il bonifico bancario). Gli unici costi di esercizio sono quelli relativi al sito e vengono sostenuti dagli stessi membri benevoli.

In quest'opera "umanitaria culturale" il donatore ha quindi la certezza che il 100% della donazione viene assegnato allo scopo perseguito ovvero dare accesso a conoscenze scientifiche e tecniche al maggior numero possibile di individui.

Mettiamo on line in media una decina di nuove traduzioni al mese.

# PROLOGO

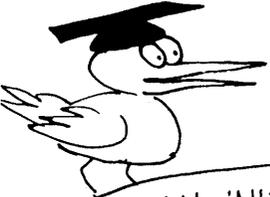


SAI, SOFIA, SPESSO MI CHIEDO  
QUALE SIA L'ORIGINE DELLE  
COSE, COM'È NATO  
L'UNIVERSO...

È SEMPRE STATO  
TUTTO COSÌ? LA  
TERRA, IL CIELO?

IL CIELO È STATO  
SEMPRE AZZURRO?

LE STELLE HANNO SEMPRE BRILLATO  
SU UNO SFONDO DI CIELO NERO?



ALL' INIZIO DI TUTTO, IL NOSTRO UNIVERSO ERA  
PICCOLISSIMO E CALDISSIMO: UN MINUSCOLO INFERNO

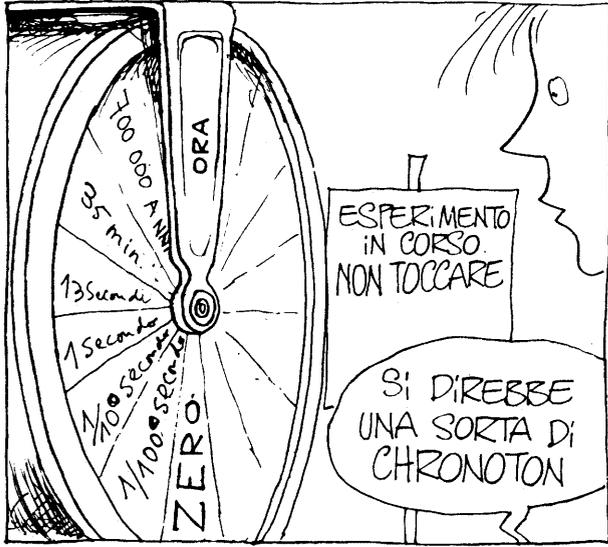
ED È ESPLOSO TUTTO?



SÌ, MA È UNA STORIA LUNGHISSI-  
MA; PER RACCONTARLA, BISOGNA  
RISALIRE A MOLTO, MOLTO  
TEMPO FA.



EHI, VENITE A VEDERE!



ALL' IMPROVISO..



# L'INIZIO DI TUTTO



C'è RISIAMO,  
ANCORA NON VA!

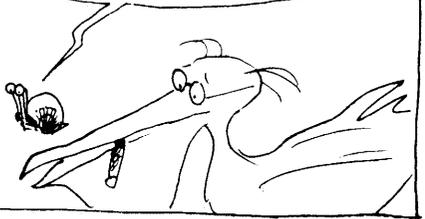


HO SBAGLIATO  
DI NUOVO!

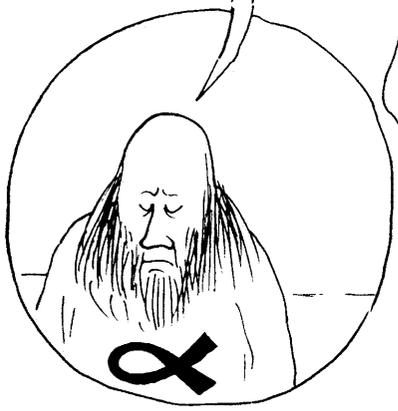
SE È LA MOQUETTE CHE STA CERCANDO  
DI METTERE, SI STA COMPORTANDO DA  
PASTICCIONE, QUESTO È SICURO!



HA L'ARIA DI AVERE  
QUALCHE PROBLEMA  
CON LA SUA MOQUETTE,  
L'AMICO!



CHE DISASTRO...  
PIEGHE DAPPERTUTTO!...



È LOGICO CHE CI SIANO DELLE PIEGHE.  
NE HA VOLUTO METTERE TROPPIA, COSÌ LA  
MOQUETTE RISULTA COMPRESSA...



TSSSS... SE NON  
FOSSE COMPRESSA  
NON CI SAREBBE  
ENERGIA, MA SOLTAN-  
TO SPAZIO...



SE ALMENO LE PIEGHE FOSSERO UNIFORMI! INVECE CE NE  
SONO A MUCCHI, E SI SPOSTANO IN MODO ANARCHICO, AD UNA  
VELOCITÀ DI TRECENTOMILA CHILOMETRI AL SECONDO.



È QUANTICO... È DIABOLICAMENTE QUANTICO...



È COSA?...

NON È CHE CI SIANO GRANDI  
COSE, IN QUEST'UNIVERSO!

MA SÌ!  
QUI LE COSE SONO  
QUESTA SPECIE  
DI ONDULAZIONI IN  
MOVIMENTO.

L'UNIVERSO QUI RAPPRESENTATO HA DUE  
SOLE DIMENSIONI(\*): È DUNQUE UNA SUPERFICIE  
I CUI RILIEVI RAFFIGURANO LE PARTICELLE, LE MASSE, L'IRRAGGIAMENTO.  
SE TU FACESSI PARTE DI QUESTO UNIVERSO BIDIMENSIONALE, ECCO  
A COSA SOMIGLIERESTI.

NON È BELLO, NON È  
AFFATTO BELLO...

NEL NOSTRO MONDO  
TRIDIMENSIONALE, LE PARTICELLE  
SONO ANCHE VARIAZIONI LOCALI  
DELLA CURVATURA(\*).

ERA MEGLIO  
PRIMA.

PRIMA... DI CHE?

INSOMMA... CHIAMERÒ QUESTE  
PIEGHE MOBILI... FOTONI(\*).

(\* VEDI TUTTO È RELATIVO E IL GEOMETRICON, VOLUMI 4° E 7°  
DELLE AVENTURE DI ANSELMO (ED. DEDALO)

AH, IN NOME DI TUTTI GLI DEI, ME COMPRESO! GUARDA CHE ALTRO SUCCEDDE, ORA...

COSA?

MA GUARDA! CE N'È DAPPERTUTTO!

NON SOLO QUESTA ROBA FLOCCULA(\*), MA È ANCHE TURBOLENTA! PROPRIO UN BEL LAVORO!

SEMBRANO QUASI DEI PICCOLI VORTICI; È COME QUANDO SI FA COSÌ IN UN LENZUOLO

È STRANO. ALCUNI GIRANO IN UN SENSO, ALTRI NEL SENSO INVERSO.

COME I SUOI FOTONI, VANNO A 300.000 Km/sec

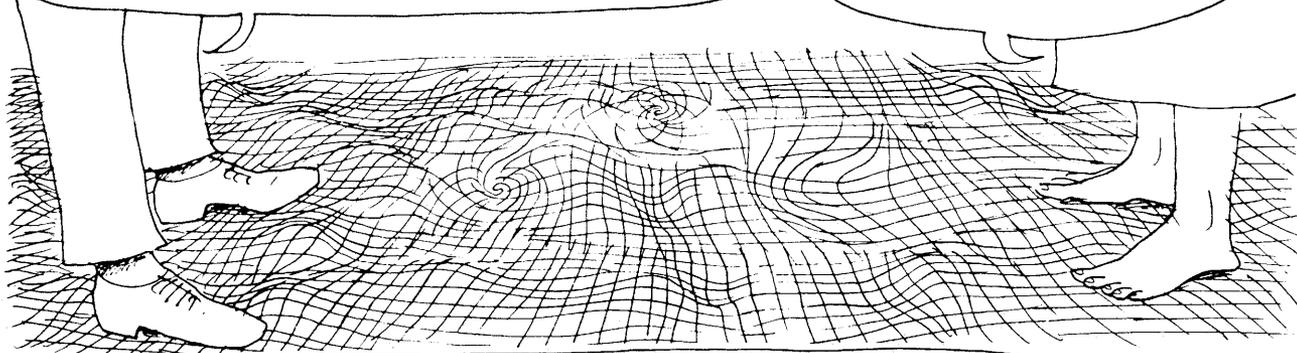
CHIAMERÒ QUESTI VORTICI MOBILI NEUTRINI QUANDO GIRANO COSÌ:

E ANTINEUTRINI QUANDO GIRANO IN SENSO INVERSO:

(\*) LA "FLOCCULAZIONE" È L'UNIONE DI PARTICELLE DI UNA DISPERSIONE O DI UN PRECIPITATO, PER FORMARE AGGREGATI PIÙ GRANDI (N.d.T.)

È MALEDETTAMENTE AGITATO. NON C'È UN SOLO PUNTO PIATTO SULLA MOQUETTE. LE PIEGHE SONO LETTERALMENTE LE UNE CONTRO LE ALTRE (\*).

QUESTO UNIVERSO È MOLTO INSTABILE. UN COMPLETO INSUCCESSO!...

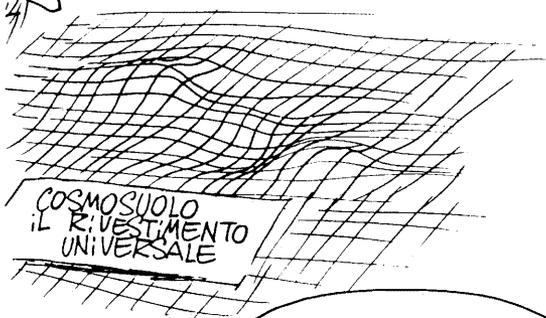


ALMENO CI FOSSE UN PÒ D'ORDINE, IN TUTTO QUESTO! COSÌ SEMBRA UN'ARLECCHINATA: TUTTO È DISTRIBUITO A CASO!

DETESTO LA CASUALITÀ!

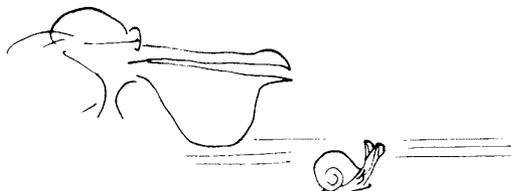
IL CASO, AMICO MIO, È IL DIAVOLO!

AH!...



LA CASUALITÀ, L'AZZARDO!... IO NON GIOCO NEMMENO A DADI!

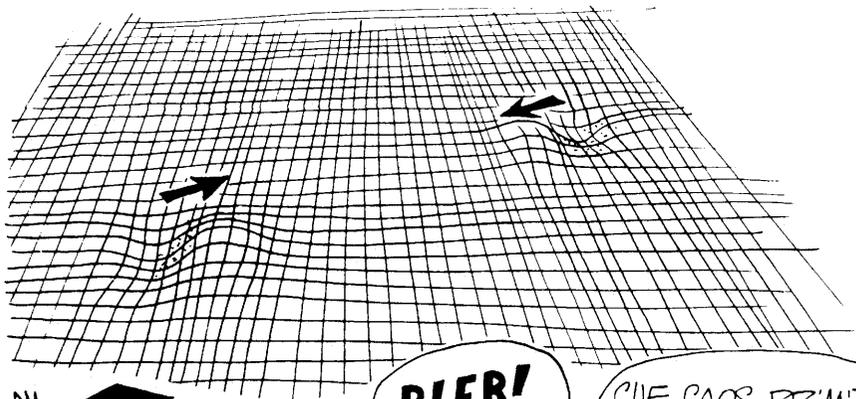
OH, GUARDATE, LAGGIÙ STA ACCADENDO QUALCOSA!



(\*). PROPRIETÀ DI CIÒ CHE SI CHIAMA L'IRRAGGIAMENTO DEL CORPO NERO (PERCHÉ, LO SA IL DIAVOLO.)



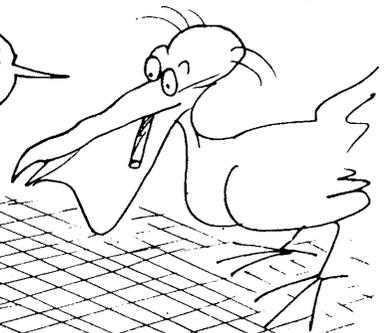
ECCO DUE PIEGHE MOBILI CHE SI DIRIGONO L'UNA VERSO L'ALTRA. STANNO PER SCONTRARSI.



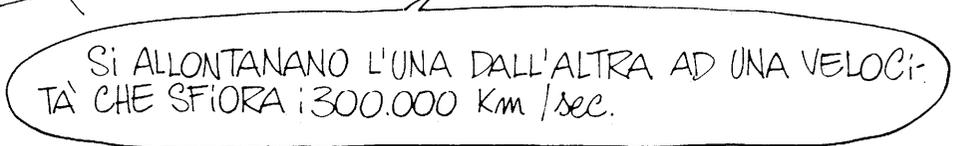
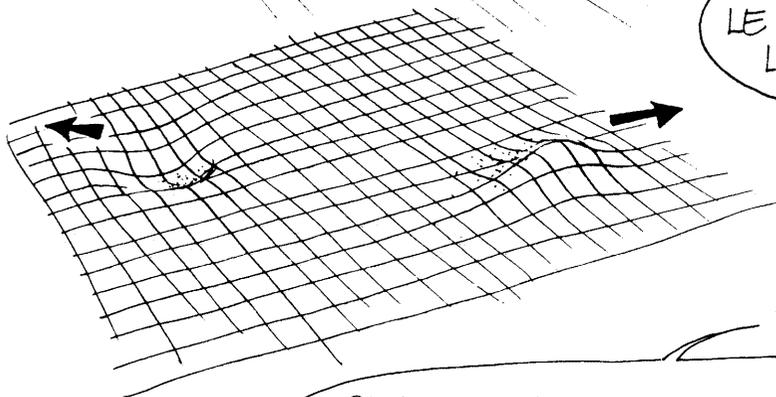
**BLEB!**



CHE CAOS PRIMITIVO, AMICI MIEI!

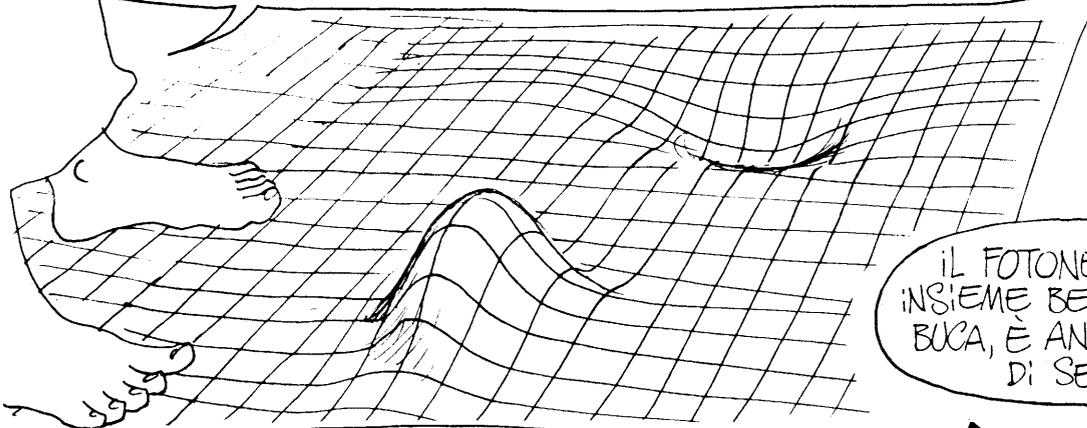


ORA SI SONO FORMATE DELLE BOLLE, UNA VERSO L'ALTO, L'ALTRA VERSO IL BASSO.



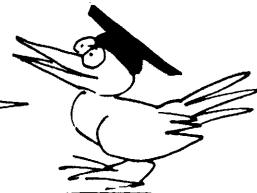
SI ALLONTANANO L'UNA DALL'ALTRA AD UNA VELOCITÀ CHE SFIORA I 300.000 Km/sec.

BENE. CHIAMERÒ I BERNOCOLI: MATERIA, E LE BUCHE ANTIMATERIA. ESISTE CURVATURA, DUNQUE DELLA MASSA.

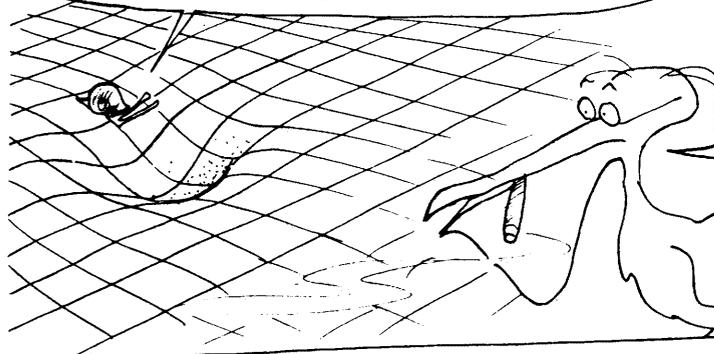


IL FOTONE, CHE È INSIEME BERNOCOLO E BUCA, È ANTIPARTICELLA DI SE STESSO.

MATERIA E ANTIMATERIA, NATE DA COLLISIONI TRA FOTONI, COMPAIONO A VELOCITÀ RELATIVISTE.



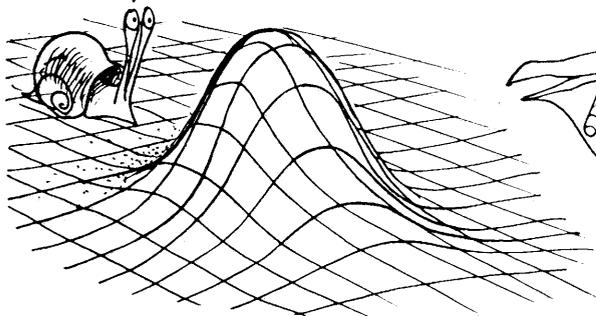
BERNOCCOLO, BUCA, TUTTO QUESTO È ARBITRARIO.



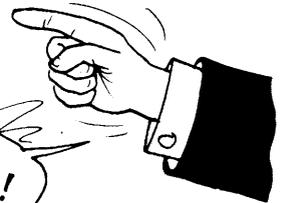
CHE SIGNIFICA QUESTA PROFONDA RIFLESSIONE, MIO CARO TIRESIA? VI SONO COSE CHE APPAIONO COME BERNOCOLI, E ALTRE COME BUCHE. QUESTO MI SEMBRA EVIDENTE...

DIPENDE DAL FATTO CHE CI TROVIAMO SU QUESTO LATO DELLA MOQUETTE. SE FOSSIMO SULL'ALTRO, I BERNOCOLI DIVENTEREBBERO BUCHE, E LE BUCHE BERNOCOLI.

MA... IO VEDO UN LATO SOLO!



TIRESIA!!!



NON SI PUO' PIU'  
NEMMENO SCHERZARE...

?...

UN'ALTRA  
EPISTEMOGUARDIA! (\*)

UN MOMENTO! LI... QUANDO UN BERNOCOLO E UNA BUCA SI INCONTRANO  
MOLTO LENTAMENTE, NE VENGONO FUORI DUE PIEGHE MOBILI.  
E' L'OPERAZIONE INVERSA.

UN SEMPLICE ANNULLAMENTO  
DI UNA PARTICELLA DI MATERIA  
E DELLA SUA ANTIPARTICELLA.  
NE RISULTANO DUE FOTONI.

E' IL CAOS PRIMITIVO

HMM...

(\*) DA EPISTEME = SCIENZA, E  
GUARDIA = GUARDIA. VEDI COSA  
PENSANO I ROBOT?, 2° VOLUME  
DELLE AVVENTURE DI ANSELMO

LA NASCITA E LA SCOMPARSA DELLE PARTICELLE, A PARTIRE DALLE COPPIE DI FOTONI, SI SUCCEDONO A UN RITMO SFRENATO. IN QUESTO CAOTICO MONDO IN CUI TUTTO CAMBIA, NON ESISTONO STRUTTURE. C'È SOLO UN INTENSO BRULICHIO DI FOTONI, NEUTRINI, ANTINEUTRINI E NUMEROSE PARTICELLE E ANTIPARTICELLE, FUGGEVOLI E VARIE. È IL CAOS PRIMITIVO (\*)

TUTTO QUESTO MI FA PENSARE AI SESSONI.

E CHE COSA SONO I SESSONI?

PARTICELLE CHE PASSANO IL TEMPO A RIPRODURSI!

CI SONO PIEGHE MOBILI DI LARGHEZZE MOLTO DIVERSE, COSÌ COME CI SONO BERNOCCHI STRETTI E ALTI O LARGHI E PIATTI.

(\*) VEDI LA BIBBIA

CHIAMERÒ LUNGHEZZA D'ONDA  $\lambda$   
QUEST'AMPIEZZA DELLE PIEGHE  
MOBILI, I FOTONI.

SUPPONIAMO CHE  
SCUOTENDO QUESTA CORDA  
IO CREI UN'OSCILLAZIONE  
MOBILE. LA SCUOTO PRIMA  
DOLCEMENTE: CI METTO POCO  
ENERGIA, E LA LUNGHEZZA  
D'ONDA  $\lambda$  È GRANDE.

SE ORA LA SCUOTO PIÙ FORTE, SE  
LE COMUNICO PIÙ ENERGIA, LA LUNGHEZZA  
D'ONDA SARA' NETTAMENTE PIÙ CORTA.

HIK!

SICCHÉ PIÙ ENERGIA  
TRASPORTA UN'ONDA, PIÙ È  
PICCOLA LA SUA LUNGHEZZA  
D'ONDA.

DIRO' CHE L'ENERGIA TRASPORTATA  
DA UN FOTONE, UN GRANELLO DI LUCE,  
SARA' INVERSAMENTE PROPORZIONALE ALLA  
SUA LUNGHEZZA D'ONDA  $\lambda$ : E VARIA SECONDO  $\frac{1}{\lambda}$

E COSÌ SÌA...

# PIÙ SI È PICCOLI, PIÙ SI È PESANTI



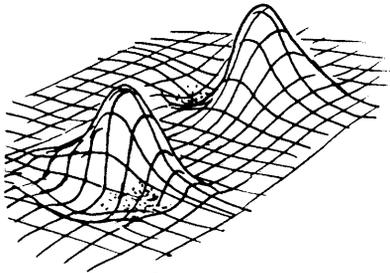
D'ACCORDO PER QUESTE PIEGHE MOBILI, CHE LEI CHIAMA FOTONI. MA CHE DIFFERENZA C'È TRA BUCHE O BERNOCCOLI STRETTI E ALTI, E BUCHE O BERNOCCOLI LARGHI E PIATTI?

CHIAMERÒ QUESTA LARGHEZZA DEI BERNOCCOLI E DELLE BUCHE LA LUNGHEZZA D'ONDA DI COMPTON (\*)  $\lambda_c$ , LA MASSA  $m$  LE SARÀ INVERSAMENTE PROPORZIONALE. SIA  $m$  VARIABILE SECONDO  $\frac{1}{\lambda_c}$

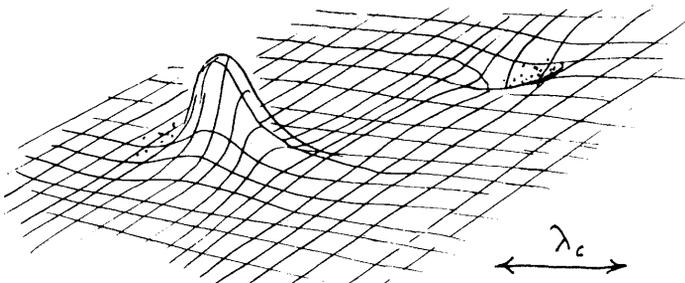


FOTONI A FORTE ENERGIA, DI CORTA LUNGHEZZA D'ONDA, DARANNO ORIGINE A PARTICELLE (E ANTIPARTICELLE) DI MASSA  $m$  ELEVATA, STRETTA E ALTA.

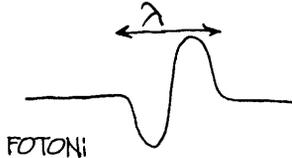
$\lambda$  DEBOLE



$\lambda_c$  DEBOLE: LUNGHEZZA D'ONDA DI COMPTON PICCOLA



$\lambda_c$



FOTONI

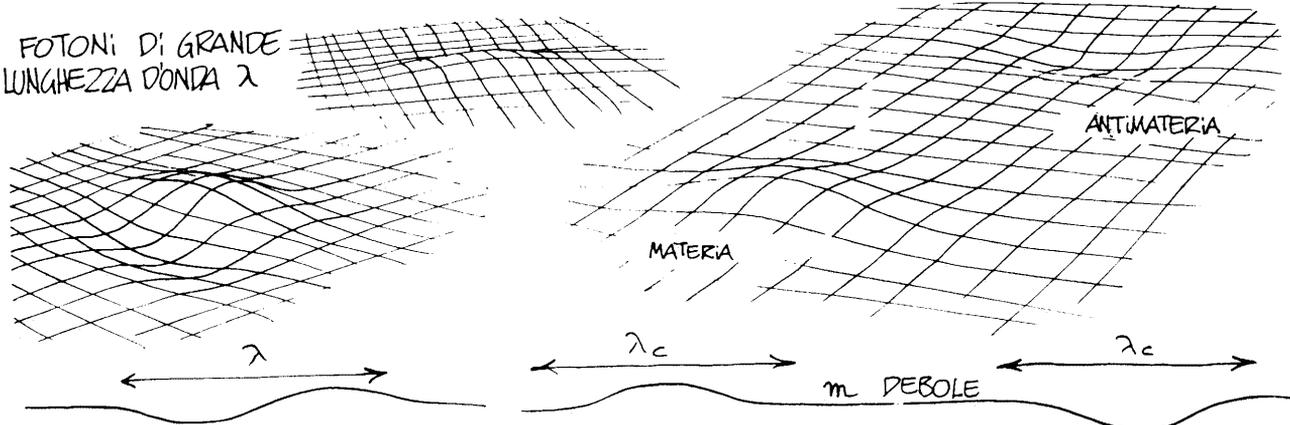
MASSA  $m$  GRANDE

ANTI-MATERIA

MATERIA

(\*) ARTHUR H. COMPTON: FISICO AMERICANO (1892-1962)  
PREMIO NOBEL 1927 (N. d. T.)

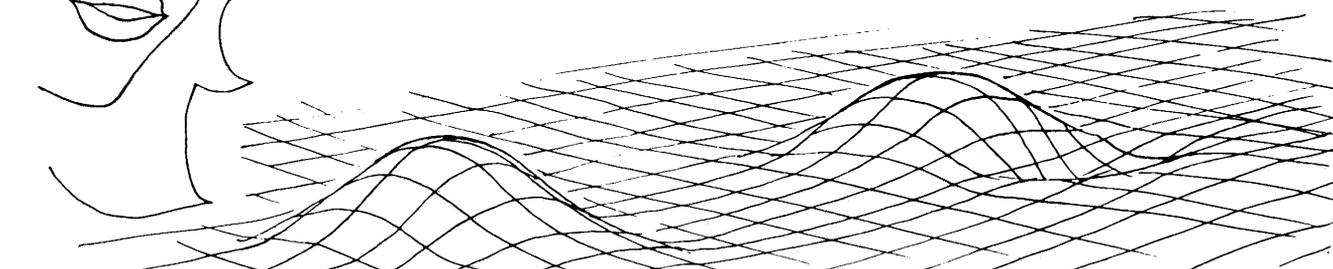
FOTONI DI GRANDE LUNGHEZZA D'ONDA  $\lambda$



FOTONI DI GRANDE LUNGHEZZA D'ONDA  $\rightarrow$  PARTICELLE DI GRANDE LUNGHEZZA D'ONDA DI COMPTON. INVERSAMENTE, FOTONI A RELATIVAMENTE SCARSA ENERGIA DARANNO ORIGINE AD UNA COPPIA PARTICELLA-ANTI-PARTICELLA DI GRANDE LUNGHEZZA D'ONDA, CIOÈ DI MASSA DEBOLE:  $\lambda_c$  GRANDE,  $m$  DEBOLE

IN REALTÀ, È ANCORA PIÙ SEMPLICE. A QUEL CHE VEDO  $\lambda = \lambda_c$  (\*), OVVERO LE PARTICELLE (E ANTIPARTICELLE) HANNO LA STESSA "TAGLIA" DEI FOTONI CHE LE CREANO.

SICCHÉ, QUANDO SI CONOSCE LA MASSA DI UNA QUALSIASI PARTICELLA, SI CONOSCE IMMEDIATAMENTE LA LUNGHEZZA D'ONDA DELL'IRRAGGIAMENTO CHE L'HA CREATA.



(\* SI RICORDI CHE  $E$  (ENERGIA) =  $m$  (MASSA). VEDI TUTTO È RELATIVO, L'OPUSCOLO DELLE AVVENTURE DI ANSELMO.



i PROTONI E i NEUTRONI HANNO QUASI LA STESSA MASSA. SONO DUNQUE DELLA STESSA TAGLIA. MA L'ELETTRONE È MOLTO PIÙ LEGGERO. LOGICAMENTE, NON DOVREBBE ESSERE... PIÙ GROSSO?

ESATTO. IL PROTONE E IL NEUTRONE PESANO  $1,66 \times 10^{-27}$  Kg. L'ELETTRONE PESA  $9,1 \times 10^{-31}$  Kg; È DUNQUE 1850 VOLTE PIÙ LEGGERO, DUNQUE 1850 VOLTE PIÙ "GRANDE".

IO... EHM... ACCIDENTI...

HAI MAI VISTO UN PROTONE, TU?

EH? NO...

È ALLORA!



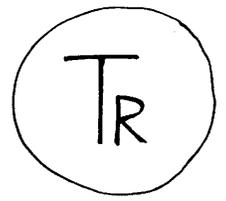
AH, È PROPRIO BELLA, LA  
GENESI D'OGGI!

CHE STAI  
COSTRUENDO?

UN ATOMO D'IDROGENO PIÙ VICI-  
NO ALLA REALTÀ, CON UN GROSSO ELET-  
TRONE E UN MINUSCOLO PROTONE CHE  
NE FORMA IL NUCLEO.

IN NOME DI TUTTI GLI DEI, ME COMPRESO!  
CHE CAOS!... BEH, FIGLI MIEI, AIUTATEMI A METTERE  
UN PO' D'ORDINE IN QUESTO GUAZZABUGLIO.

# LA TEMPERATURA D'IRRAGGIAMENTO



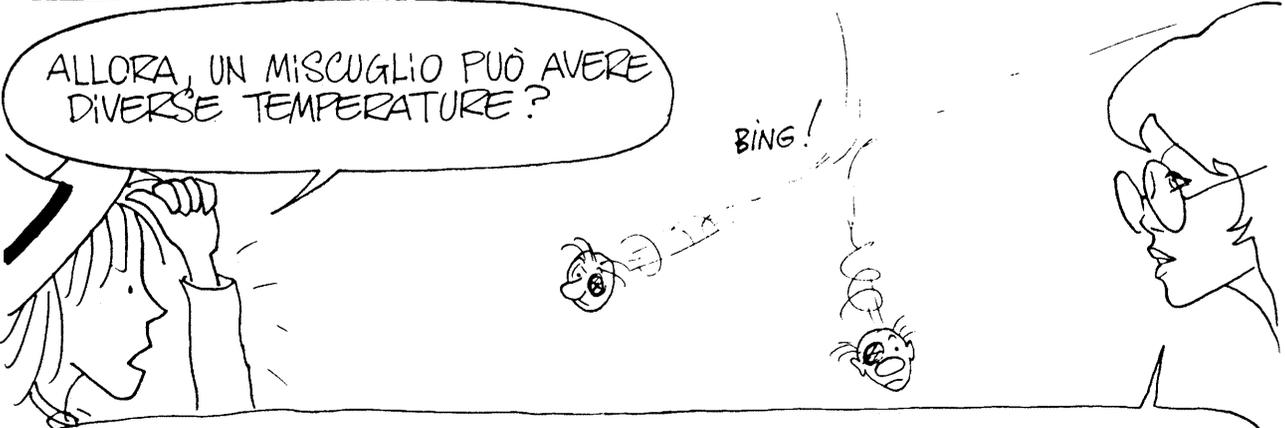
ODDIO!...

TUTTI QUESTI FOTONI HANNO LUNGHEZZE D'ONDA ED ENERGIE DIVERSE: DEFINIRÒ DUNQUE UNA LUNGHEZZA D'ONDA MEDIA UN'ENERGIA FOTONICA MEDIA.

SIA LA TEMPERATURA D'IRRAGGIAMENTO  $T_R$  LA MISURA DI QUESTA ENERGIA MEDIA DEI FOTONI.

CHE DISASTRO...

## STATO D'EQUILIBRIO

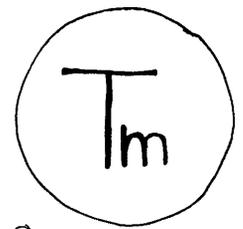


ALLORA, UN MISCUGLIO PUÒ AVERE DIVERSE TEMPERATURE?

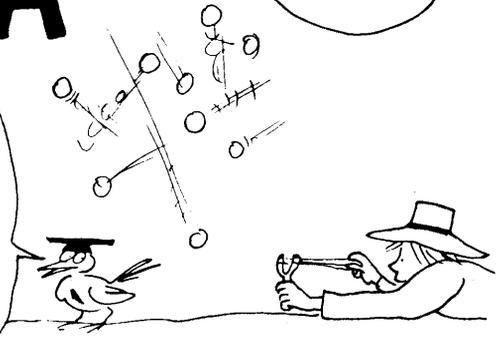
BING!

SÌ, MA LO VEDREMO A PAGINA 46. INTANTO, LE PARTICELLE SCAMBIANO ENERGIA TRA LORO, O CON I FOTONI, GRAZIE A COLLISIONI. QUESTO MECCANISMO TENDE AD UNIFORMARE LE TEMPERATURE, A RENDERE UGUALI, A PORRE IL SISTEMA IN STATO DI EQUILIBRIO TERMODYNAMICO.

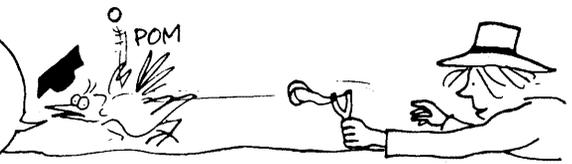
# LA TEMPERATURA DELLA MATERIA



TUTTE QUESTE PARTICELLE MATERIALI HANNO MASSE  $m$  E VELOCITA'  $v$  DIVERSE. L'ENERGIA CINETICA DI UNA PARTICELLA MATERIALE E'  $\frac{1}{2}mv^2$ . ORA, PER QUESTE PARTICELLE, POSSO DEFINIRE UN'ENERGIA D'AGITAZIONE (TERMICA) MEDIA.



SIA LA TEMPERATURA DELLA MATERIA  $T_m$  LA MISURA DI QUESTA ENERGIA MEDIA DI AGITAZIONE TERMICA.



## TERMODINAMICO

SE UNA PARTICELLA HA TROPPO ENERGIA, SE E' TROPPO RAPIDA, TROPPO "CALDA", UNA COLLISIONE CON UN'ALTRA PARTICELLA LA RALLENTERA'. E VICEVERSA, SE E' TROPPO LENTA. SE QUESTO FENOMENO DI ACCOPPIAMENTO ENERGETICO DELLE SPECIE PER COLLISIONE E' SUFFICIENTEMENTE INTENSO, NON SOLTANTO LE TEMPERATURE SARANNO UGUALI, MA SOPRATTUTTO TALI RIMARRANNO, CHE TU DISTENDA O COMPRIMA QUESTO MISCUGLIO.



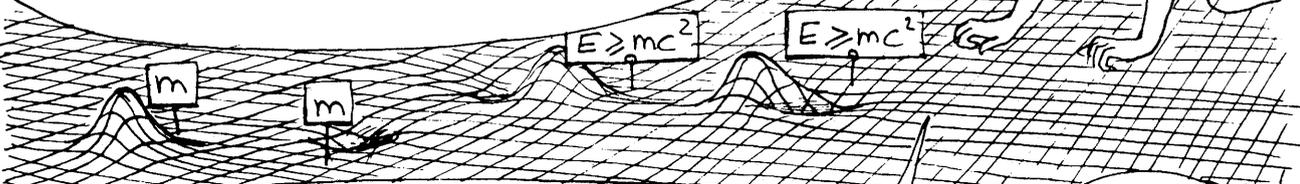


CHE AGITAZIONE! LE PARTICELLE E ANTIPARTICELLE NASCONO E MUOIONO, A COPPIE, AD UN RITMO INFERNALE!

IN QUALI CONDIZIONI SI CREA UNA COPPIA PARTICELLA-ANTIPARTICELLA?

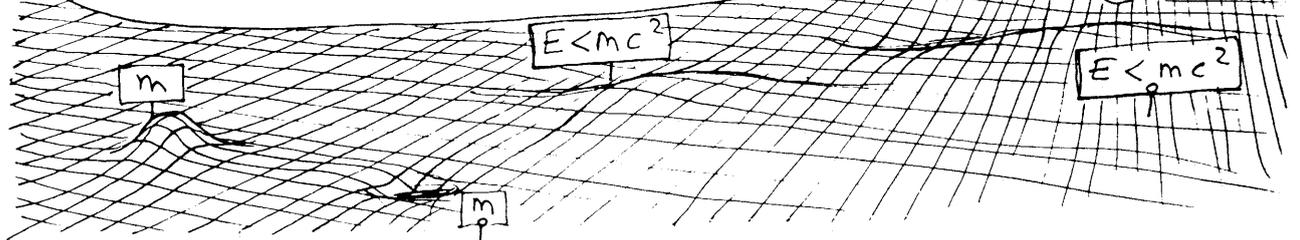
# LA TEMPERATURA-SOGLIA

PER CREARE UNA COPPIA PARTICELLA-ANTIPARTICELLA, DI MASSA COMUNE  $m$ , È NECESSARIA UN'ENERGIA  $2mc^2$ , CHE È FORNITA DA UNA COPPIA DI FOTONI CHE AB-  
BIA UN'ENERGIA SUPERIORE O UGUALE.



BEH, CERTO...

SE L'ENERGIA MEDIA DEI FOTONI È INFERIORE A QUESTA ENERGIA-SOGLIA  $mc^2$ , CIOÈ SE LA TEMPERATURA D'IRRAGGIAMENTO  $T_R$  È TROPPO BASSA (AL DI SOTTO DI UN VALORE SOGLIA), QUESTE PARTICELLE MATERIALI NON POTRANNO PIÙ ESSERE CREATE.



# SULL'EVOLUZIONE DELLE SPECIE

LA SOPRAVVIVENZA DI UNA SPECIE È SEMPRE PROBLEMATICA. PUÒ ESSERE ASSICURATA DA UN ELEVATO RITMO DI PRODUZIONE



CIÒ IMPLICA CHE LA TEMPERATURA D'IRRAGGIAMENTO  $T_R$  SIA SUPERIORE ALLA TEMPERATURA-SOGLIA LEGATA ALLA SPECIE.

TOH, DEI SESSONI!

SE LA TEMPERATURA  $T_R$  È PIÙ BASSA, CI SONO DA CONSIDERARE DIVERSE CAUSE DI SCOMPARSA.

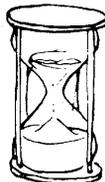
LA PIÙ TEMIBILE È L'ANNULLAMENTO CON L'ANTIPARTICELLA.

POPOP

POI VENGONO CATTIVI INCONTRI DI OGNI GENERE.

IL COSMO È UN LUOGO MalfAMATO!

INFINE, LE PARTICELLE HANNO UNA LORO SPECIFICA DURATA DI VITA (\*). TRASCORSO QUESTO TEMPO, SI DECOMpongONO SPONTANEAMENTE IN ALTRE PARTICELLE E IN RADIAZIONE



DURARE, QUESTO È IL PROBLEMA...

(\*) LA LORO RISERVA DI CHRONOL. VEDI "TUTTO È RELATIVO", 4° VOLUME DELLE AVVENTURE DI ANSELMO.



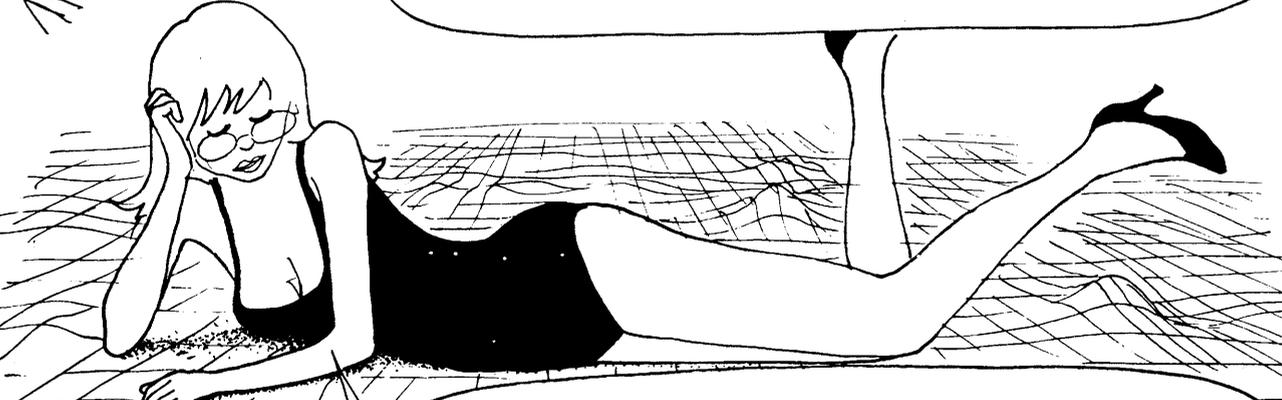
A CHE TEMPERATURA SIAMO?

PRENDI UN FOTONE E MISURA LA SUA LUNGHEZZA D'ONDA  $\lambda$ !



CASPITA, VENTIMILA MILIARDI DI GRADI ( $2 \times 10^{13}$  K)!

SEMBRA PROPRIO COSÌ, GROSSO MODO, ANCHE PER FOTONI, NEUTRINI, PROTONI, NEUTRONI, ELETTRONI, (E RISPETTIVE ANTIPARTICELLE).

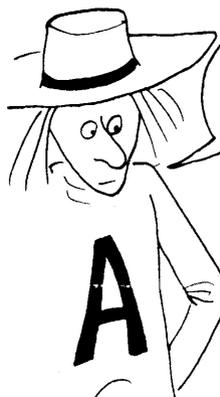


AD UNA TEMPERATURA COSÌ ELEVATA, TUTTO È RELATIVISTICO. ANCHE LE PARTICELLE MATERIALI CORRONO A VELOCITÀ VICINE A QUELLA DELLA LUCE  $c$ .



IN "TUTTO È RELATIVO" (\*) SI È VISTO CHE QUANDO LA VELOCITÀ DI UNA PARTICELLA TENDE VERSO LA VELOCITÀ DELLA LUCE, IL SUO TEMPO PROPRIO SI RAPPRENDE COME UNA SALSA.

(\*) 4° VOLUME DELLE AVVENTURE DI ANSELMO.



IN PRATICA, CIÒ PONE UN MALEDETTO PROBLEMA... SE TUTTO PROCEDE ALLA VELOCITA' DELLA LUCE, ALLORA IL TEMPO (\*) NON SCORRE PIÙ ?!!? NESSUNO PUO' PIÙ ACCORGERSENE...

NESSUNO PROCEDE COSÌ LENTAMENTE DA AVERE UN TEMPO CHE SCORRA IN MODO SIGNIFICATIVO.



OH!

UN MONDO TOTALMENTE ACRONICO, SAREBBE PRIVO DI SENSO

IL TEMPO È FORSE UN LUSO CHE SOLO ALCUNI UNIVERSI POSSONO OFFRIRSI ?

È DIABOLICO!

BAH, DOPO TUTTO CIÒ CHE HO GIÀ VISTO E SENTITO... LO SPAZIO, IL TEMPO, L'UNIVERSO SONO SOLTANTO POLVERE NEGLI OCCHI

IL COSTITUENTE UNIVERSALE DI TUTTE LE COSE?

POLVERE DI FERLIMPINPIN

(\*) UN TEMPO COSMICO CHE POTREBBE ESSERE UNA MEDIA DEI TEMPI PROPRI

# LE PARTICELLE ELEMENTARI

EHI, INVECE DI STARVENE CON LE MANI IN MANO, AIUTATEMI A METTERE UN PO' D'ORDINE IN QUESTO GUAZZABUGLIO DI PARTICELLE ELEMENTARI!

CHE HANNO DELLE LUNGHEZZE D'ONDA DI COMPTON 2C MOLTO PICCOLE.

QUESTE PARTICELLE CON UNA MASSA MOLTO FORTE SONO GLI IPERONI (\*)

POI VENGONO GLI ADRONI, DI CUI FANNO PARTE IL PROTONE E IL NEUTRONE (CON L'ANTI-NEUTRONE E L'ANTI-PROTONE), CHE POSSONO DISPORSI IN NUCLEI. PER CREARE QUESTE PARTICELLE, OCCORRE UNA TEMPERATURA D'IRRAGGIAMENTO SUPERIORE A  $10^{13}$  K, OSSIA DIECIMILA MILIARDI DI GRADI.

E' LA LORO TEMPERATURA-SOGLIA.

LA LUNGHEZZA D'ONDA DI COMPTON DEI PROTONI E DEI NEUTRONI E' DI  $1,35 \cdot 10^{-12}$  cm; UN MILLESIMO DI MILIARDESIMO DI CM.

VIETATO METTERE IL NASO IN UN NEUTRONE

(\*) IPOTETICI, ALLO STATO ATTUALE DELLE CONOSCENZE.

ADRONE VIENE DA HADROS,  
CHE IN GRECO VUOL DIRE FORTE.

TIREZIA, TU CO-  
NOSCI IL GRECO?

CI SONO EVIDENTEMENTE TANTI  
ANTIADRONI QUANTI SONO GLI ADRONI.

E INFINE ECCO I LEPTONI\*

LEPTONI

ANTI LEPTONI

PER CREARLI, BASTA UNA TEMPERATURA D'IRRA-  
GIAMENTO DI 6 MILIARDI DI GRADI (TEMPERATURA-SOGLIA)

IL PIU' NOTO TRA I LEPTONI E' L'ELETTRONE, CON IL SUO GEMELLO ANTI-  
ELETTRONE, O POSITRONE. SI NOTI CHE LA TEMPERATURA-SOGLIA PER  
CREARE GLI ELETTRONI E' 1850 VOLTE INFERIORE ALLA TEMPERATURA-  
SOGLIA CORRISPONDENTE DEL PROTONE E DEL NEUTRONE.

E' OVVIO, DAL MOMENTO CHE OC-  
CORRE 1850 VOLTE MENO ENERGIA  
PER CREARE L'ELETTRONE CHE IL PROTONE

(\*) DAL GRECO LEPTOS, SOTTILE.

# TUTTO FUGGE SOTTO I PIEDI



LA SITUAZIONE ERA TERRIBILMENTE CRONOGENA (IL TEMPO NON CHIEDEVA CHE DI COMPARIRE). IL CHRONOTRON SI MISE IN MARCIA E SI EBBE IL PRIMO EVENTO, IL PRIMO Istante.



DOVE SIETE? CHE STA SUCCEDENDO?

È L'ESPANSIONE, UN DISASTRO!... L'UNIVERSO SI ESPANDE. SCUSATEMI!...

ME NE VADO DA QUALCHE ALTRA PARTE.

PROPRIO NON LO SOPPORTO, IL CAMBIAMENTO!

EH!!!

VEDRETE, TRA QUALCHE TEMPO SI CALMERÀ TUTTO.

PAROLA MIA, CI LASCIA PROPRIO NEI GUAI

ADDIO,

BUONA CONTINUITÀ.

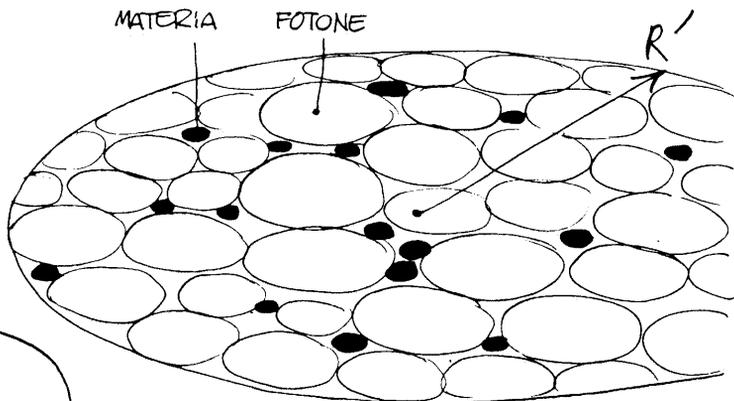
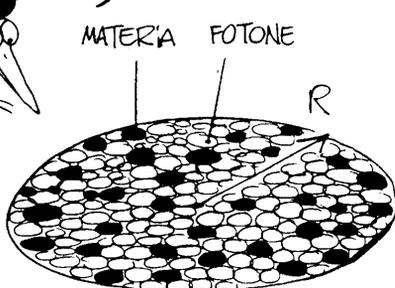
SBARLIATO DI NUOVO!

DOV'È ANDATO?

SEMBREREBBE UN TOMBINO DI FOGNA. NON SARANNO PER CASO LE CATAcombe DELL'UNIVERSO?

# LA CONSERVAZIONE DELLA MASSA

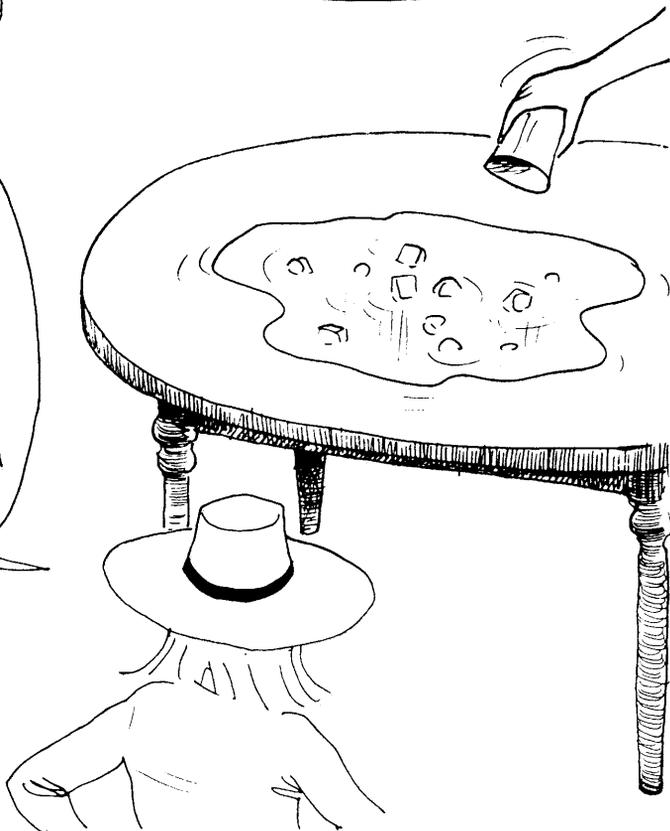
GUARDATE COSA SUCCEDDE. SONO I FOTONI CHE SI DILATANO. LE PARTICELLE DI MATERIA, INVECE, NON SI DILATANO



LA MATERIA E' SPAZIO GELATO.

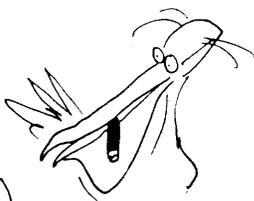


MI FA PENSARE A CIO' CHE ACCADE QUANDO SI VERSANO SU UN TAVOLO, DA UN BICCHIERE, L'ACQUA E DEI PEZZI DI GHIACCIO. LA MASSA D'ACQUA SI DISTENDE, SI DILATA. I PEZZI DI GHIACCIO SEGUONO QUESTA ESPANSIONE MA CONSERVANO LA LORO DIMENSIONE

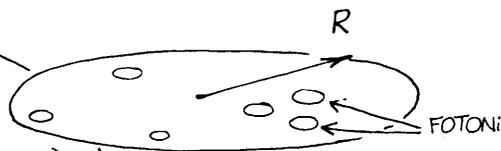


SICCOME LA DIMENSIONE DELLE PARTICELLE MATERIALI È LEGATA ALLA LORO MASSA, NE DEDUCO CHE LA MASSA SI CONSERVA.

MENTRE, AL CONTRARIO, L'INSIEME DEI FOTONI (CHE SI DILATANO) PERDE ENERGIA.



SE  $R$  È IL RAGGIO DELL'UNIVERSO, SICCOME LA LUNGHEZZA D'ONDA  $\lambda$  DEI FOTONI SEGUE L'ESPANSIONE ( $\lambda$  VARIA COME  $R$ ), NE DEDUCO CHE LA TEMPERATURA D'IRRAGGIAMENTO CHE VARIA SECONDO  $1/\lambda$ , DECRESCHE SECONDO  $1/R$



È COME SE L'UNIVERSO CREASSE IL SUO PROPRIO SPAZIO, IL SUO COSMOTOPO (\*), SECERNENDO... IL VUOTO...

MATERIA E LUCE NON SONO CHE DUE FORME DIFFERENTI DI UNA STESSA ENTITÀ: L'ENERGIA-MATERIA. I FOTONI CONSERVANO LA LORO VELOCITÀ DI 300.000 Km/sec., MA PERDONO LA LORO ENERGIA.

(\* ) DA COSMOS = COSMO, E TOPOS = LUOGO (IL POSTO IN CUI SI TROVA L'UNIVERSO)

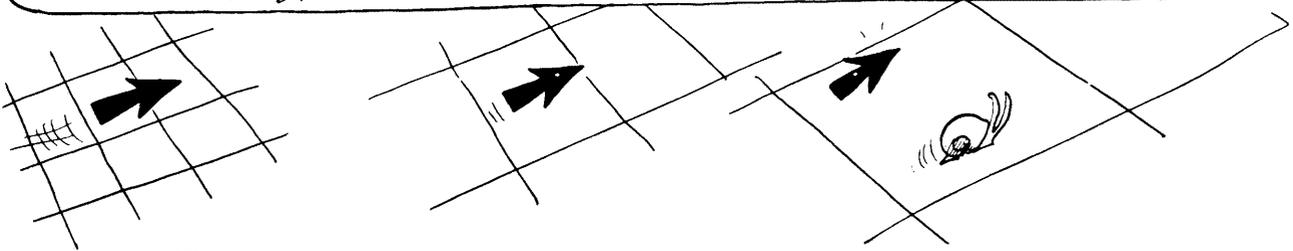


ECCO UN'IMMAGINE CHE DESCRIVE BENE IL MODO IN CUI SI DISTENDE IL FOTONE, E LA PERDITA DI ENERGIA CHE NE DERIVA.



MA IN QUESTA ESPANSIONE LA MATERIA COME SI COMPORTA?

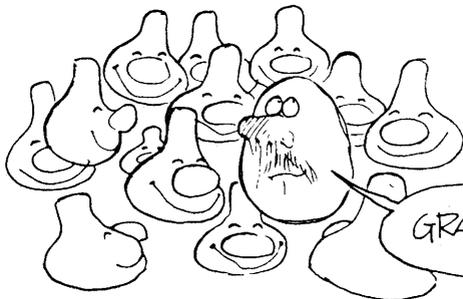
L'UNIVERSO SE CERNE LO SPAZIO COME UN GUSCIO. PIÙ IL TEMPO PASSA, PIÙ LE PARTICELLE HANNO DEL CAMMINO DA PERCORRERE. QUANDO LA DIMENSIONE DELL'UNIVERSO È RADDOPPIATA, LA VELOCITÀ D'AGITAZIONE DELLE PARTICELLE DI MATERIA È DIMINUITA DI META'. LA LORO ENERGIA CINETICA RISULTA DUNQUE DIVISA PER 4: LA VELOCITÀ D'AGITAZIONE VARIA QUANTO L'INVERSO DEL RAGGIO  $R$  DELL'UNIVERSO, MENTRE LA TEMPERATURA  $T_m$  DELLA MATERIA VARIERA' DI  $1/R^2$



UFF, CHE STANCHEZZA...

MA... POCO FA ABBIAMO VISTO CHE LA TEMPERATURA D'IRRAGGIAMENTO  $T_r$  VARIAVA DI  $1/R$ . LA MATERIA TENDE DUNQUE A RAFFREDDARSI PIÙ RAPIDAMENTE?

È COSÌ. MA LE COLLISIONI: FOTONI-MATERIA LA RISCALDANO E, POICHÉ SONO FREQUENTISSIME, CONSERVANO PER UN CERTO TEMPO LO STATO DI EQUILIBRIO TERMODINAMICO ( $T_R = T_M$ ).



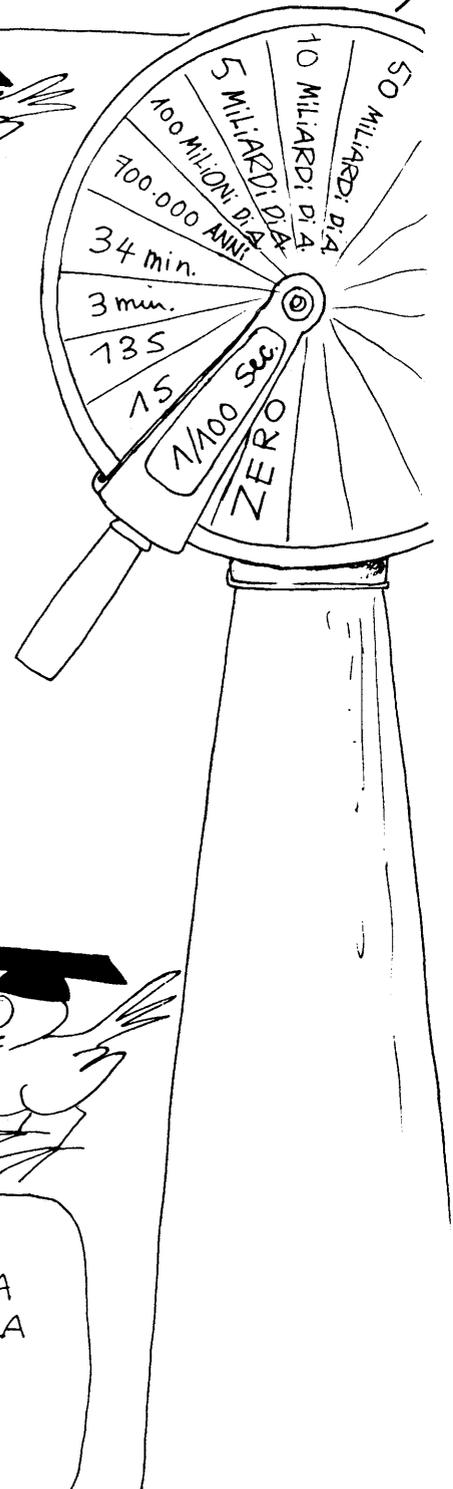
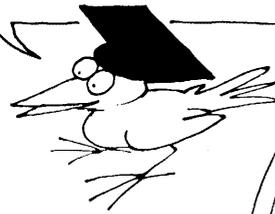
GRAZIE, AMICI!

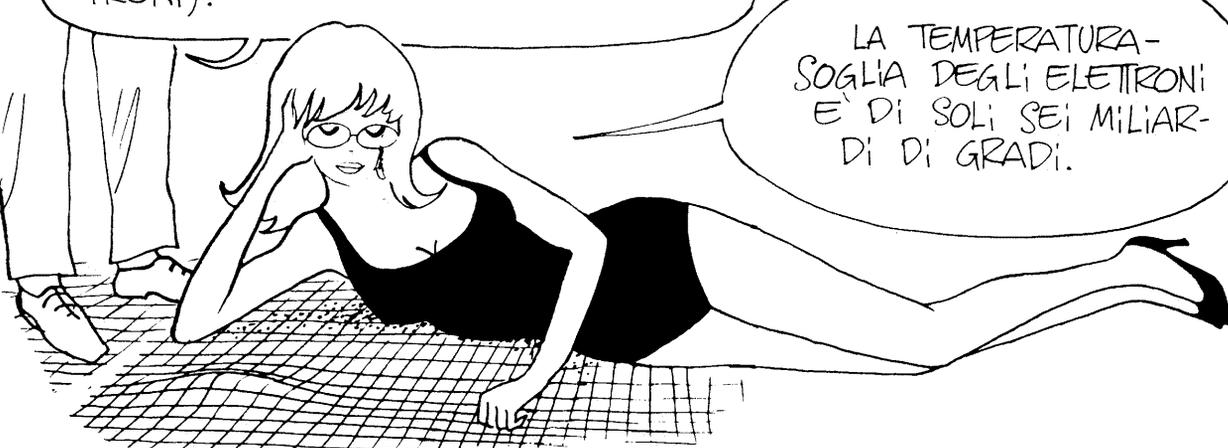
UN CENTESIMO DI SECONDO

I PROTONI, I NEUTRONI, GLI ANTIPROTONI E GLI ANTINEUTRONI PROCEDONO ORMAI SOLO AD UN DECIMO DELLA VELOCITÀ DELLA LUCE C.



LA TEMPERATURA ( $T_R = T_M$ ) È CADUTA A CENTO MILIARDI DI GRADI, CIOÈ MOLTO AL DI SOTTO DELLA LORO TEMPERATURA-SOGLIA, CHE È DI DIECIMILA MILIARDI DI GRADI. SI SONO ANNULATI A DUE A DUE AD UN RITMO SFRENATO: NE RIMANE SOLO UNO SU UN MILIARDO.





SOFIA, LA MAGGIOR PARTE DEI PROTONI, NEUTRONI, ANTIPROTONI E ANTINEUTRONI È SCOMPARSA. MA PERCHÈ RIMANGONO TANTI ELETTRONI E POSITRONI (ANTI-ELETTRONI)?

LA TEMPERATURA-SOGLIA DEGLI ELETTRONI È DI SOLI SEI MILIARDI DI GRADI.

SOLO SEI MILIARDI DI GRADI... CAPISCI?

SI DIREBBE CHE COMINCIA A FAR FRESCO.

UNA COSA È STRANA: LA TEMPERATURA È DI CENTO MILIARDI DI GRADI. PROTONI, NEUTRONI, ANTIPROTONI E ANTINEUTRONI PROCEDONO AD UN DECIMO DELLA VELOCITÀ DELLA LUCE. MA GLI ELETTRONI SONO ANCORA RELATIVISTI.

GIÀ, PERCHÈ?

L'AMBIENTE È SEMPRE IN STATO DI EQUILIBRIO TERMODINAMICO. L'ACCOPPIAMENTO DI TUTTE LE SPECIE, E DELL'IRRAGGIAMENTO, È SEMPRE INTENSO. LE ENERGIE CINETICHE DELLE PARTICELLE DI MATERIA SONO, IN MEDIA, UGUALI:

$$\frac{1}{2} M \text{ PROTONI} (V_{\text{PROTONI}})^2 = \frac{1}{2} M \text{ ELETTRONI} (V_{\text{ELETTRONI}})^2$$



ASPETTA... SICCOME LA MASSA DELL'ELETTRONE È 1850 VOLTE PIÙ PICCOLA DI QUELLA DEL PROTONE, ALLORA, NECESSARIAMENTE, PER BILANCIARE, A UNA DATA TEMPERATURA LA VELOCITÀ DI AGITAZIONE DELL'ELETTRONE È MOLTO PIÙ ELEVATA.

IN EFFETTI, SICCOME L'ENERGIA-SOGLIA DI CREAZIONE DI UNA PARTICELLA DI MASSA  $m$  È SEMPLICEMENTE  $mc^2$ , APPENA L'AMBIENTE SI RAFFREDDA AL PUNTO CHE LA VELOCITÀ DI AGITAZIONE  $v$  DIVENTA SENSIBILMENTE PIÙ PICCOLA DI  $c$ , LA CREAZIONE DI QUESTE PARTICELLE CESSA E SI HA LO SPOLAMENTO.

IN ALTRI TERMINI: QUANDO UNA POPOLAZIONE DI PARTICELLE DI MATERIA CESSA DI ESSERE RELATIVISTA, VIENE DECIMATA.



TREDICI SECONDI.

LA TEMPERATURA È CADUTA  
A TRE MILIARDI DI GRADI.

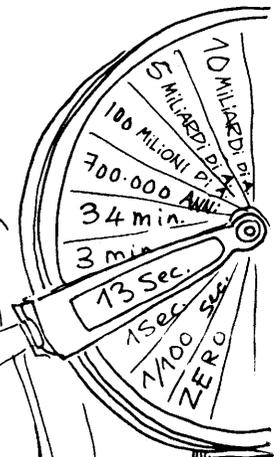
EHI, GUARDATE CHE ECATOMBE  
DI ELETTRONI E ANTI'ELETTRONI!

CHIARO, SI È AL DI SOTTO  
DELLA LORO TEMPERATURA-SOGLIA.

UNA VERA STRAGE DI SAN BARTOLOMEO A LIVELLO COSMOLOGICO!

ANCHE DI QUESTI  
ALTRI RIMARRA' UNO  
SOLO SU UN MILIARDO

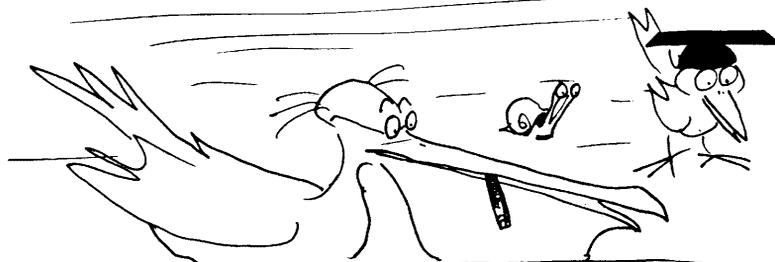
CHE ROVINA...



ANCORA UN PO', E NON SAREBBE RIMASTO  
NIENTE... SOLO FOTONI. UNA FORTUNA, IN SOMMA.

DA QUALCHE PARTE,  
CI SONO FORSE ALTRI UNI-  
VERSÌ A CUI VA MALE!

UNO DEI MAGGIORI MISTERI DELLA COSMOLOGIA  
È IL NON POTER SPIEGARE PERCHÉ MATERIA  
E ANTIMATERIA NON SI SONO ANNULLATE A  
VICENDA...



A QUESTO PUNTO DELLA STORIA È SEM-  
PRE LA STESSA SOLFA: ARRIVA UN MOMENTO IN  
CUI SI SALTA IL PROBLEMA DELL' ANTIMATERIA.  
PFFF... E L' ANTIMATERIA SCOMPARE...

TIREZIA, TI RICORDO I NOSTRI  
PATTI. SOLTANTO FATTI, NON  
SPECULAZIONI! A RUOTA LIBE-  
RA! (\*)

NE HO ABBASTANZA  
DELLE EPISTEMOGUARDIE!

PSSST!...

(\*) UN VOLUME SARÀ DEDICATO ESCLUSIVAMENTE ALLE SPECULAZIONI: A  
RUOTA LIBERA: IL CARNEVALE DELLA SCIENZA, ANTOLOGIA DELLE IDEE A VENIRE.

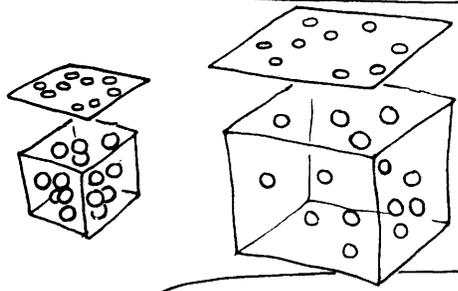
# L'ERA RADIOATTIVA

DELLE PARTI-CELLE, CI SONO SOLTANTO MASSE.

ORA NON C'È RIMASTA PIÙ MOLTA ROBA IN QUESTO UNIVERSO, A PARTE LA LUCE.



L'ENERGIA-MATERIA, CHE ERA IN PARTI UGUALI SOTTO FORMA DI MATERIA, ANTIMATERIA, FOTONI E NEUTRINI, SI RITROVA ORA QUASI SOLTANTO SOTTO FORMA DI FOTONI E DI NEUTRINI, OVERO DI RADIAZIONI. D'ALTRA PARTE, OGNI VOLTA CHE LA DIMENSIONE R DELL'UNIVERSO SI RADDOPPIA, LA DENSITA' DI MATERIA DIMINUISCE. SEMPLICE DILUZIONE.



SULLA MOQUETTE, QUANDO R RADDOPPIA, LA DENSITA' È DIVISA PER  $2 \times 2 = 4$ . NEL NOSTRO UNIVERSO TRIDIMENSIONALE, IN REALTA', QUESTA DENSITA' È DIVISA PER  $2 \times 2 \times 2 = 8$ .

LA DENSITA' DI MATERIA VARIA SECONDO L'INVERSO DEL CUBO DELLA "DIMENSIONE", DEL "RAGGIO" R DELL'UNIVERSO.



MA PER NOI FOTONI È PIÙ DRAMMATICO. L'ESPANSIONE CI "VUOTA" POCO A POCO DI TUTTA LA NOSTRA ENERGIA. LA QUANTITÀ DI ENERGIA-MATERIA CHE TRASPORTIAMO DIMINUISCE SECONDO L'INVERSO DEL RAGGIO R DELL'UNIVERSO

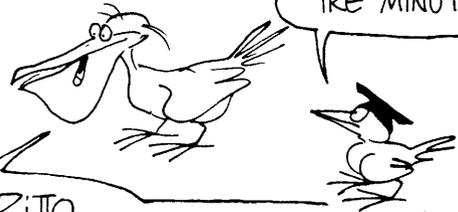
DI CONSEGUENZA LA DENSITA' DI ENERGIA-MATERIA CHE È SOTTO FORMA DI FOTONI VARIA SECONDO L'INVERSO DELLA POTENZA ALLA QUARTA DI R.

SINO A QUANDO LA MATERIA È ACCOPPIATA AI FOTONI, QUESTI LA RISCALDANO CONTINUAMENTE. FINCHÉ LA LORO TEMPERATURA (COMUNEMENTE:  $T_R = T_M$ ) NON SCENDE A 3000 K, OVVERO PER 700'000 ANNI.



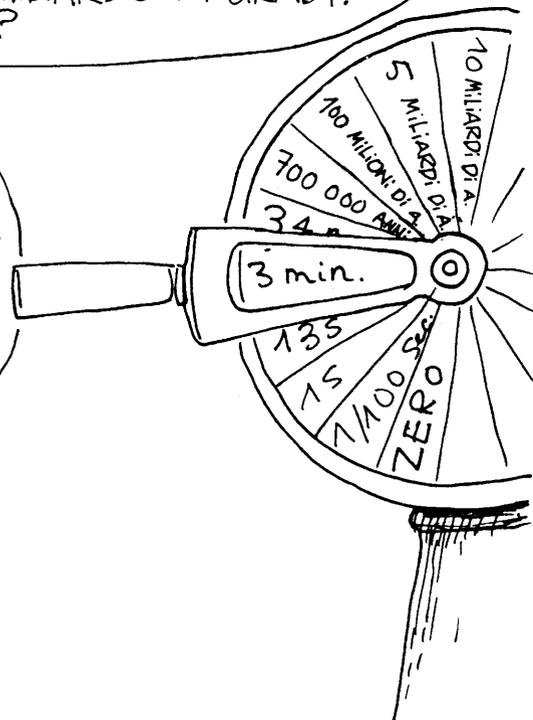
# LA NUCLEOSINTESI

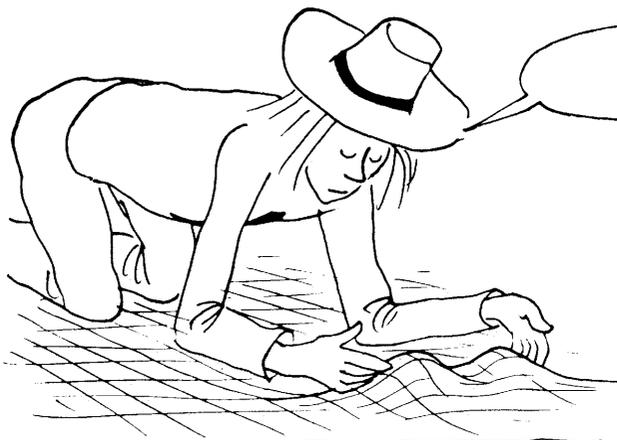
TRE MINUTI



DUNQUE... RISPETTO ALLO STATO DESCRITTO A PAG 31, AL PRIMO CENTESIMO DI SECONDO, LA DIMENSIONE DELL' UNIVERSO R. È STATA MOLTIPLICATA PER CENTO, E LA TEMPERATURA ( $T_R = T_M$ ) È CADUTA A UN MILIARDO DI GRADI. NON RIMANE QUASI PIÙ NULLA. EBBENE?

ECCO DUE BERNOCOLI. SE CERCASSI DI SPINGERLI, DI FARLI SCIVOLARE L'UNO VERSO L'ALTRO?





ALL'INIZIO SI RESPINGONO.



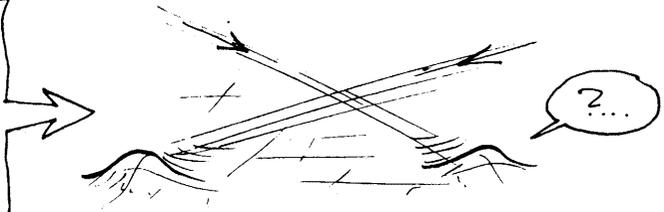
POI SI ATTIRANO FINO A FORMARE UN UNICO OGGETTO.

QUANDO DUE BERNOCCHI ENTRANO IN COLLISIONE, SI POSSONO PRESENTARE TRE CASI: SE PROCEDONO LENTAMENTE, RIMBALZANO L'UNO CONTRO L'ALTRO.

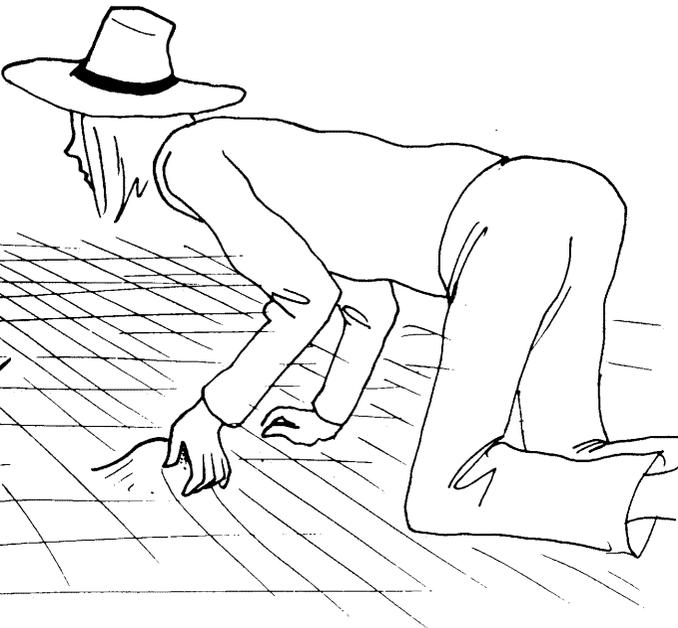


OH, MI SCUSI...

SE INVECE VANNO VELOCISSIMI, SI INCROCIANO COSI' RAPIDAMENTE DA NON AVERE IL TEMPO DI INTERAGIRE.



NON POSSONO DUNQUE UNIRSI CHE IN UN'AREA BEN DEFINITA DI VELOCITA' DI AGITAZIONE, DI TEMPERATURA.



E UNA VIOLENTA COLLISIONE CON UN TERZO ELEMENTO ROMPE LE STRUTTURE CHE SI SONO COSI' FORMATE.



QUESTE REAZIONI DI FUSIONE FORMANO I PRIMI NUCLEI ATOMICI. QUESTA MORFOGENESI FARÀ APPARIRE LE PRIME FORME, LE PRIME STRUTTURE DELL'UNIVERSO.

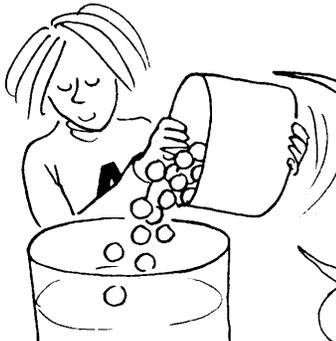
**A**

MOLTO DIVERTENTE, QUESTO FATTO. OCCORRONO UNA FORZA ATTRATTIVA ED UNA REPULSIVA. SU UNA LUNGA DISTANZA LA SPUNTA LA FORZA REPULSIVA, SU UNA BREVE DISTANZA È L'INVERSO.

ORA INSERISCO DELLE CALAMITE IN OGNUNA DI QUESTE SFERE DI SPUGNA



LA SPUGNA SI SCHIACCIA FACILMENTE; SE PREMO DUE SFERE L'UNA CONTRO L'ALTRA, RIMANGONO ATTACcate INSIEME.



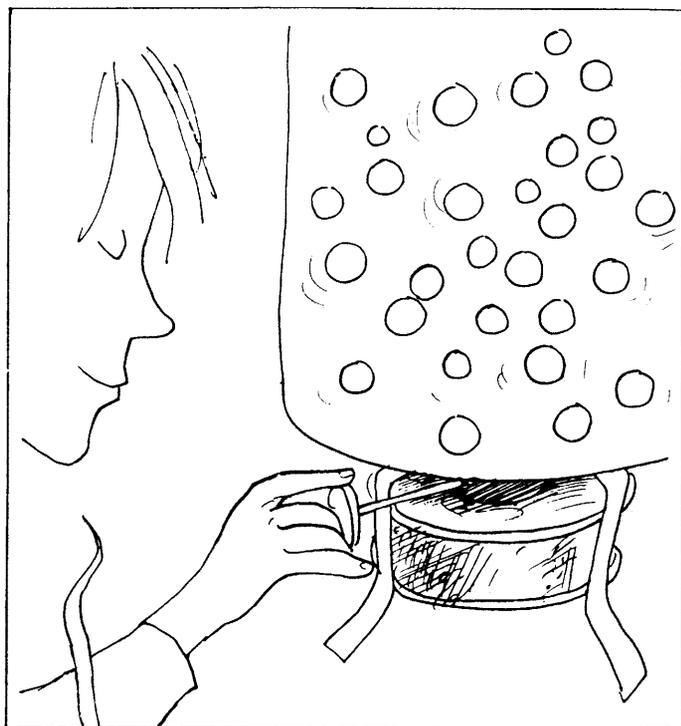
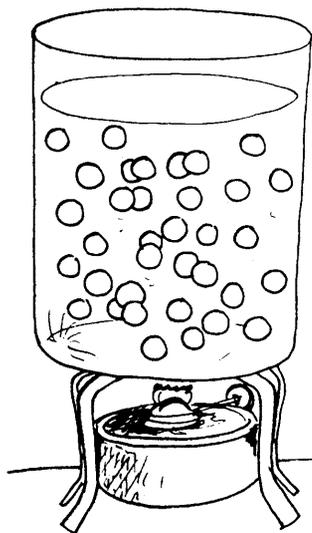
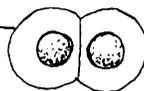
METTO QUESTE SFERE IN UN CAPACE RECIPIENTE PIENO D'ACQUA...

... DOVE POTRANNO MUOVERSI.

DUE SONO LE FORZE CHE INTERVENGONO. UNA È ATTRATTIVA: LE CALAMITE; L'ALTRA È REPULSIVA: LA SPUGNA, QUANDO È COMPRESSA. NON APPENA LE SFERE SI TOCCANO, QUESTE FORZE SI ATTIVANO. QUI LA PORTATA DELLA FORZA MAGNETICA È TALE DA ENTRARE IN GIOCO SOLO QUANDO LA SPUGNA È SUFFICIENTEMENTE COMPRESSA. ESISTE UNA POSIZIONE, UNA CONFIGURAZIONE, IN CUI LE DUE FORZE SI EQUILIBRANO.



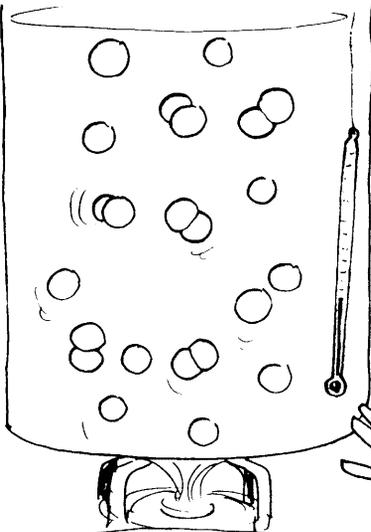
LA SPUGNA DÀ ALLE SFERE UNA DENSITÀ PRATICAMENTE UGUALE A QUELLA DELL'ACQUA. ORA CON IL CALORE CREO UN MOVIMENTO DI AGITAZIONE.



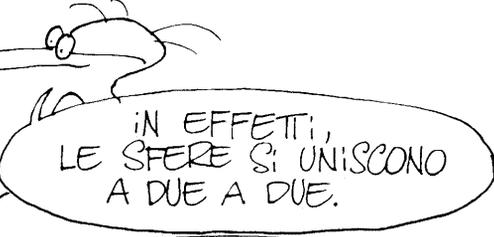
QUANDO IL RISCALDAMENTO È DEBOLE, LE SFERE RIMBALZANO DOLCEMENTE LE UNE CONTRO LE ALTRE E NON ACCADE NULLA. QUANDO LE SFERE SI URTANO FRONTALMENTE, NON C'È SUFFICIENTE ENERGIA PER COMPRIMERE LA SPUGNA E PERMETTERE ALLA FORZA MAGNETICA, CHE SI MANIFESTA A BREVE DISTANZA, DI AGIRE.

BENE, ORA AUMENTO IL RISCALDAMENTO.





GUARDA, FUNZIONA! È LA TEMPERATURA GIUSTA (SUPERIORE ALLA TEMPERATURA-SOGLIA). IL GRADO DI AGITAZIONE È SUFFICIENTE.



IN EFFETTI, LE SFERE SI UNISCONO A DUE A DUE.



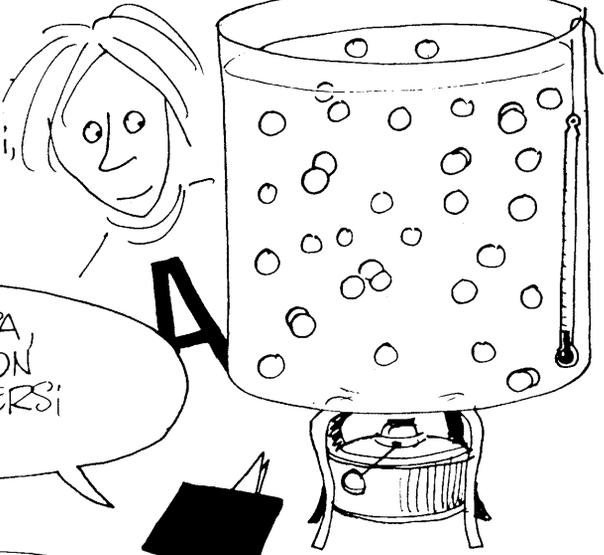
QUANDO IL CALORE È INVECE TROPPO ALTO, QUESTE STRUTTURE SONO ROTTE DALL'AGITAZIONE TERMICA.



E SE TU RAFFREDDASSI?



ANSELMO LASCIA RAFFREDDARE L'ACQUA. LA TURBOLENZA DIMINUISCE. AD UN CERTO PUNTO, ALCUNE SFERE SI ACCOPPIANO. MA, CON LA TEMPERATURA CHE CONTINUA AD ABBASSARSI, QUESTA NUCLEOSINTESI SI FERMA.



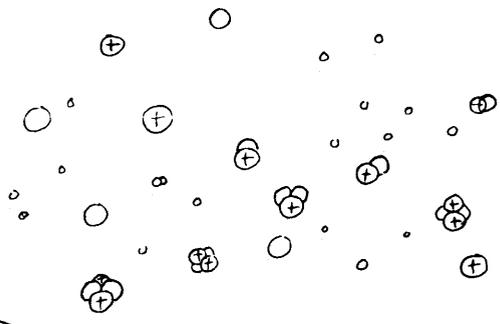
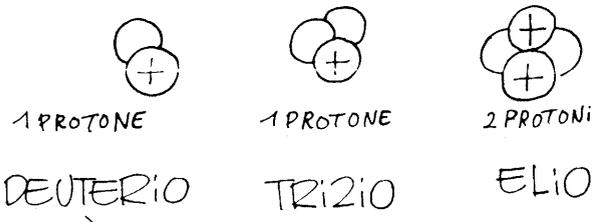
NON C'È PIÙ NULLA DA FARE, ORA, FA TROPPO FREDDO. LE SFERE NON SONO PIÙ COSÌ AGITATE DA POTERSI UNIRE TRA LORO.



SIAMO AL DI SOTTO DELLA SOGLIA.

LO STESSO ACCADE QUANDO LA TEMPERATURA DELL'UNIVERSO SCENDE AL DI SOTTO DEL MILIARDO DI GRADI, OUNERO NEL GIRO DI QUALCHE MINUTO. ALLORA SI FORMANO DELLE STRUTTURE A DUE, TRE O QUATTRO "SFERE":

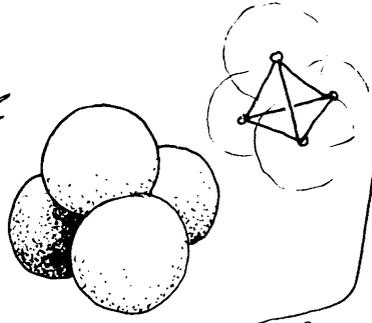
⊕ PROTONE ○ NEUTRONE



BEN PRESTO SI FORMANO IL DEUTERIO E IL TRIZIO, CHE SI COMBINANO SECONDO LA REAZIONE NUCLEARE:  $\oplus + \oplus \rightarrow \oplus\oplus + \circ$ : DEUTERIO + TRIZIO DA' ELIO PIU' NEUTRONE. A QUESTO STADIO, L'UNIVERSO E' UNA BOMBA A IDROGENO(\*)



ALLORA TUTTO SI TRASFORMA IN ELIO?



IL NUCLEO DELL'ELIO E' MOLTO SIMMETRICO, COMPATTO E SOLIDO. SE LA TEMPERATURA RIMANESSE QUESTA, TUTTA LA MATERIA SAREBBE CONVERTITA IN ELIO. MA NEL GIRO DI 34 MINUTI, LA TEMPERATURA SCENDE A 300 MILIONI DI GRADI, PER CUI QUESTA NUCLEOSINTESI

SI FERMA. I NUCLEONI NON HANNO PIU' UNA VELOCITA' SUFFICIENTE A VINCERE LA REPULSIONE ELETTROSTATICA (+RESPINGE+) TUTTO TORNA IN GIOCO.



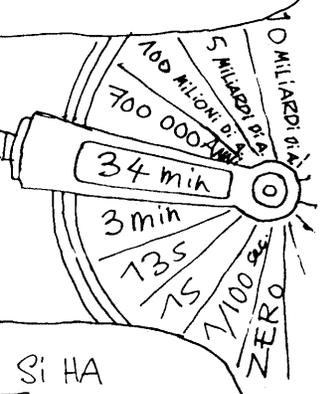
(\*)VEDI "ENERGETICAMENTE VOSTRO", 10° VOLUME DELLE AVVENTURE DI ANSELMO.

GLI ULTIMI NEUTRONI LIBERI SI SONO DISINTEGRATI. NATURALMENTE INSTABILI, ESSI SI TRASFORMANO, IN 109 SECONDI, IN UNA COPPIA PROTONE-ELETTRONE.



DALL' INIZIO SONO PASSATI 34 MINUTI

E ALLORA?

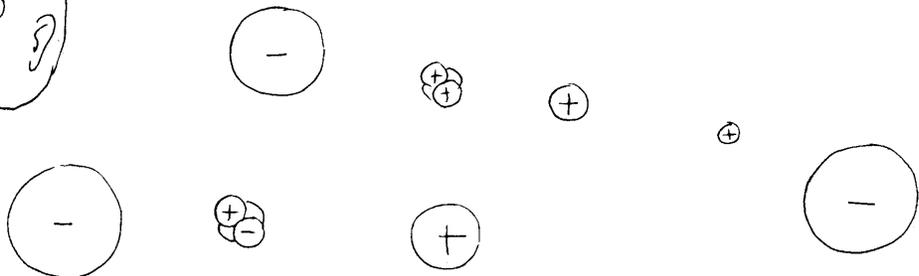
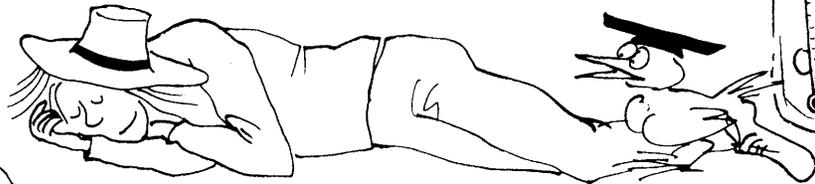
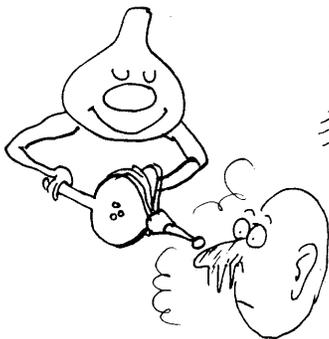
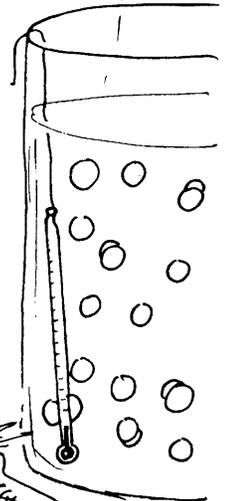


QUANDO SI CONCLUDE QUESTA FASE, SI HA UN BRODO PRIMITIVO FORMATO DA FOTONI, NEUTRINI, PROTONI, ELETTRONI E NUCLEI DI ELIO. LA MATERIA SI SUDDIVIDE SECONDO QUESTA PROPORZIONE: 25% DI ELIO CONTRO 75% DI IDROGENO (PROTONI LIBERI).



Hi K!

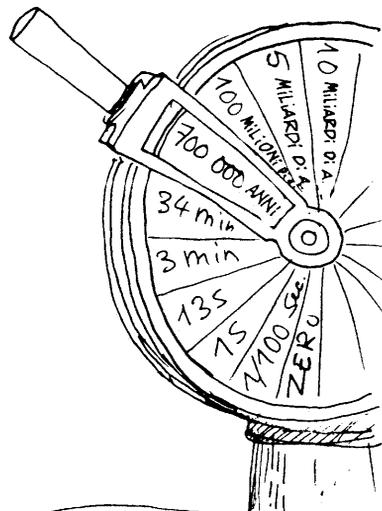
PER **700'000 ANNI** NON SUCCEDA PIÙ NULLA. L'UNIVERSO CONTINUA AD ESTENDERSI, COSÌ COME I FOTONI. I GAS DI FOTONI CONTINUANO A FORNIRE CALORE ALLA MATERIA, PERCHÉ LE DUE TEMPERATURE  $T_R$  E  $T_m$  RIMANGANO UGUALI (EQUILIBRIO TERMODINAMICO).



E LA TEMPERATURA DISCENDE A **3000 KELVIN**

# L'UNIVERSO TRASPARENTE

QUINDI ENTRA IN GIOCO UN ALTRO MECCANISMO MORFOGENETICO. LE FORZE ELETTRICHE TENDONO A LEGARE GLI ELETTRONI AI NUCLEI PER FORMARE DEGLI ATOMI. L'AGITAZIONE TERMICA E' DIVENTATA SUFFICIENTEMENTE BASSA DA EVITARE CHE QUESTE STRUTTURE, NON APPENA FORMATE, SI ROMPANO NELLA COLLISIONE CON UN ALTRO ATOMO O CON ALTRE COMPONENTI DEL MISCUGLIO.



A POCO A POCO, TUTTI GLI ELETTRONI LIBERI SONO CATTURATI DAI NUCLEI.

CHE STRANI, QUESTI ATOMI, CON I LORO ELETTRONI...NON MI CI ABITUERO' MAI...

E L'UNIVERSO DIVENTA TRASPARENTE.

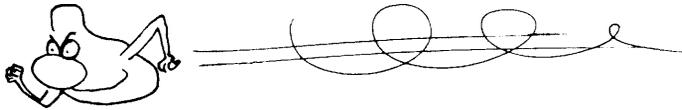
IN CHE SENSO DIVENTA TRASPARENTE? PERCHE', PRIMA ERA OPACO?!?

PRIMA, I FOTONI INTERAGIVANO COSTANTEMENTE CON LA MATERIA. NESSUN FOTONE RIUSCIVA AD APRIRSI UN VARCO IN QUELL' AMBIENTE.

Pfffff!

# E IL TAGLIO

ORA LA SITUAZIONE È CAMBIATA. I FOTONI POSSONO ATTRAVERSARE TUTTO L'UNIVERSO SENZA PERCEPIRE L'ESISTENZA DELLA MATERIA: C'È DUNQUE UN TAGLIO. PER DUE MOTIVI. PRIMO: C'È PIÙ POSTO. SECONDO: I FOTONI INTERAGISCONO MENO CON LA MATERIA NEUTRA (ATOMI).



COMUNQUE, È PUR VERO CHE I TELESCOPI CI INVIANO DELLE IMMAGINI CHE, IN QUALCHE MODO, CI GIUNGONO "IN DIRETTA DAL PASSATO"!

CERTO, MA ANCHE CON IL PIÙ POTENTE TELESCOPIO, NON SI POTRÀ MAI OSSERVARE UN FENOMENO CHE SI È PRODOTTO QUANDO L'UNIVERSO AVEVA MENO DI 700.000 ANNI.

IL PASSATO, IL PIÙ ANTICO PASSATO DELL'UNIVERSO, RESTERÀ DUNQUE ASSOLUTAMENTE SFOCATO, NEBULOSO.

SÌ, È IMPOSSIBILE PSICOANALIZZARE L'UNIVERSO!



POICHE' LA MATERIA E I FOTONI HANNO CESSATO D'INTERAGIRE, DI SCAMBIARE ENERGIA, L'EQUILIBRIO TERMODINAMICO E' ROTTO, E LA TEMPERATURA DELLA MATERIA  $T_m$  SI ABBASSA PIU' VELOCEMENTE (SECONDO L'INVERSO DEL QUADRATO DEL RAGGIO DELL'UNIVERSO) DELLA TEMPERATURA  $T_r$  DEI FOTONI, OVERO DELLA TEMPERATURA D'IRRAGGIAMENTO, CHE DIMINUISCE SOLTANTO DELL'INVERSO DI QUESTO RAGGIO  $R$

SALUTE!

ADESSO, OGNUNO PENSI PER SE.

EHI, CHE SUCCEDDE?  
SI STA FACENDO SCURO E  
FA MALEDETTAMENTE FREDDO,  
ALL'IMPROVVISI...

L'UNIVERSO CONOSCE ORA UNA SORTA DI CREPUSCOLO E CONTINUA A RAFFREDDARSI. IL CIELO PASSA DAL VIOLA AD UN ROSSO SCURO, POI, COME UN FREDDO MANTELLO, CADE LA NOTTE. C'E' SEMPRE UN MILIARDO DI FOTONI PER OGNI ATOMO DI ELIO O DI IDROGENO, MA QUESTI FOTONI, DILATATI DALL'ESPANSIONE, SONO DIVENTATI ESANGUI.

IL BIG BANG, QUESTO ECCEZIONALE EVENTO, E' TERMINATO. ANCORA UN PO' E NON SAREBBE RIMASTO PIU' NULLA (UNA PARTICELLA SU UN MILIARDO!). TUTTO E' NERO, COME IN UN TUNNEL.

ACCIDENTI, CHE FREDDO CANE!

LA LUNGHEZZA D'ONDA DEI FOTONI È 0,15 mm, IL CHE CORRISPONDE AD UNA TEMPERATURA D'IRRAGGIAMENTO  $T_R = -173^{\circ} C$ .

GLI ATOMI, DAL CANTO LORO, VIAGGIANO AD UNA VELOCITÀ DI 150 m/sec, IL CHE CORRISPONDE AD UNA TEMPERATURA DELLA MATERIA DI  $-267^{\circ} C$ .

BEH, CREDO DI AVER CAPITO PIÙ O MENO COME FUNZIONA L'UNIVERSO.

MA RIMANE ANCORA UN PROBLEMA DI FONDO: A CHE SERVE TUTTO QUESTO?

SÌ, ANSELMO HA RAGIONE, CHE SENSO HA TUTTO CIÒ?

ERA PROPRIO UTILE?

VEDIAMO UN PO': ALL'INIZIO  
OGNI COSA ERA NEL PIÙ  
GRANDE CAOS.

IL CAOS PRIMITIVO

POI L'UNIVERSO SI È MESSO A  
FABBRICARE DELLE STRUTTURE  
SEMPRE PIÙ COMPLESSE, NUCLEI,  
ATOMI...

HO TROVATO IL PRINCIPIO  
COSMOLOGICO FONDAMENTALE

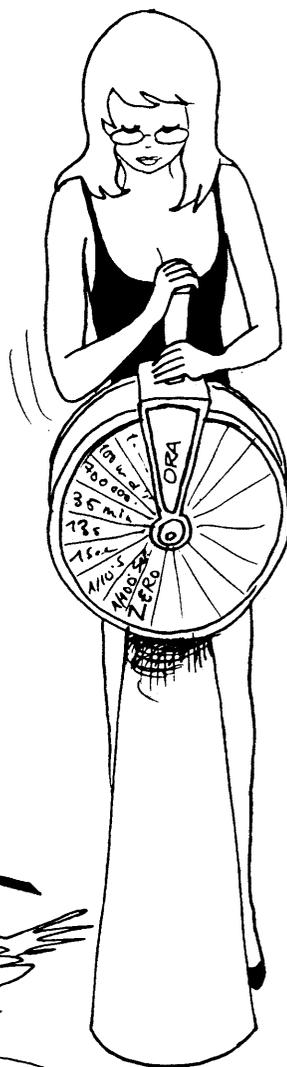
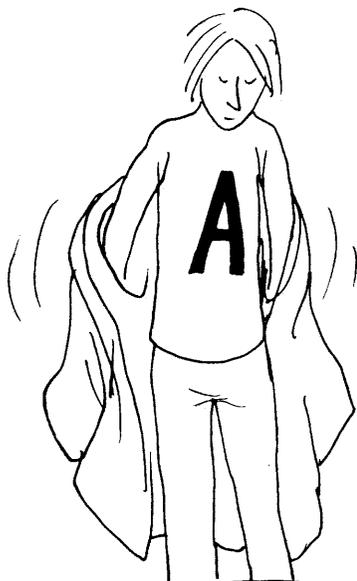
AH... E  
SAREBBE?

PERCHÉ FAR LE COSE  
SEMPLICI, QUANDO LE SI  
PUÒ FARE COMPLICATE?

D'ACCORDO... NIENTE  
MALE, LA VOSTRA STO-  
RIELLA. MA È SOLO SPECU-  
LAZIONE, FANTASTICHERIA  
DA TEORICI. CHI ASSICURA  
CHE TUTTO SIA ANDATO  
REALMENTE COSÌ?



PER RISPONDERE ALLA DOMANDA  
DI LEONE, LASCIAMO QUESTO UNIVERSO  
DI MOQUETTE E SPOSTIAMOCI NEL  
PRESENTE.



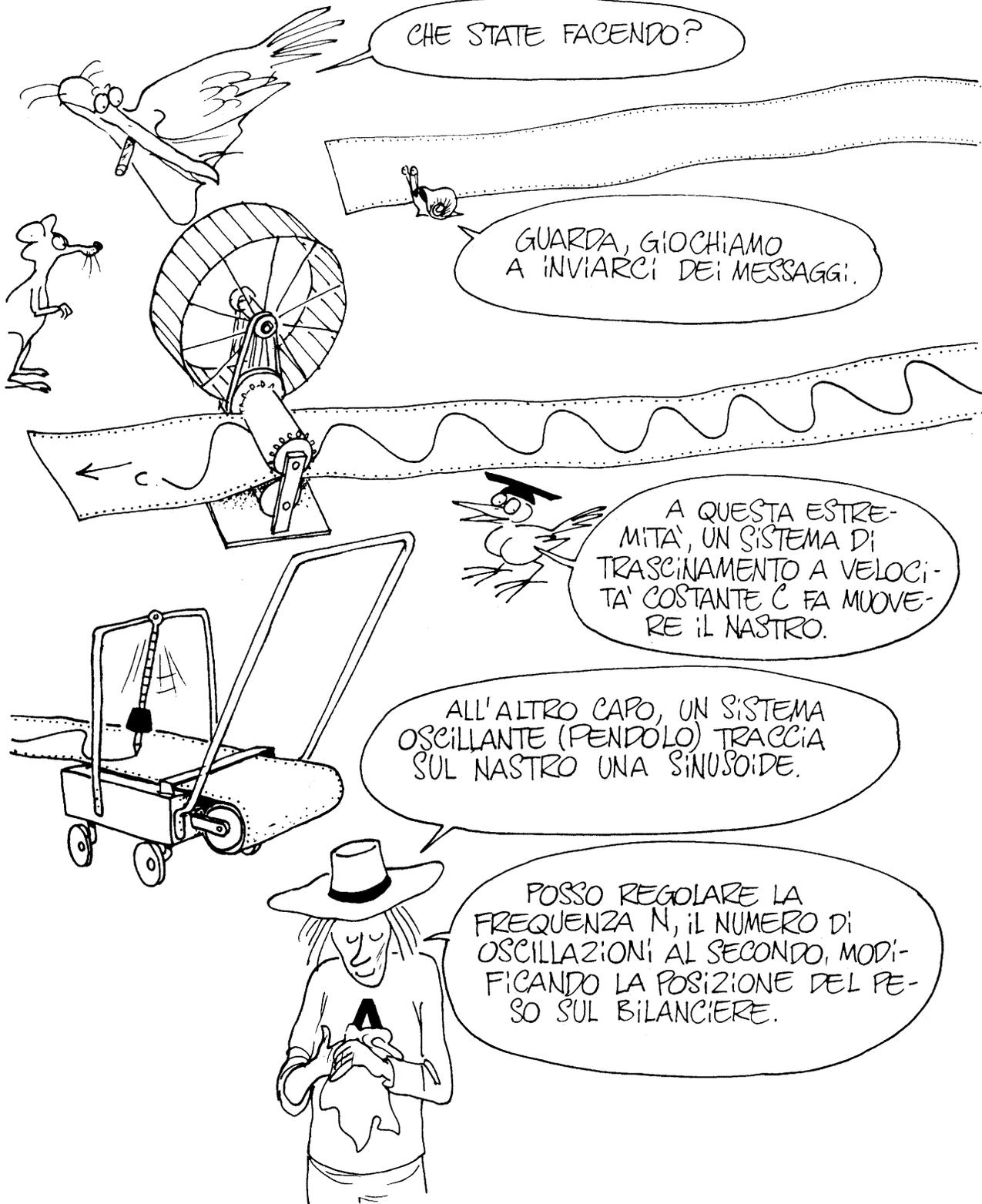
BEH, E TUTTO IL RESTO?  
LA FORMAZIONE DELLE  
GALASSIE, DELLE STELLE?  
... NON CE NE OCCUPIAMO  
PIÙ?



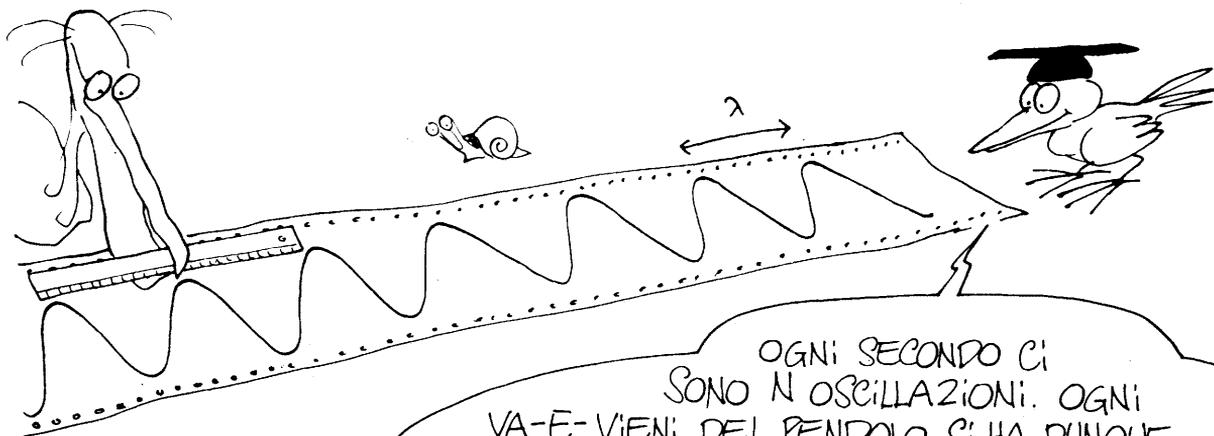
NO, SARA' RACCONTATO  
TUTTO IN UN PROSSIMO VOLUME,  
I MILLE SOLI



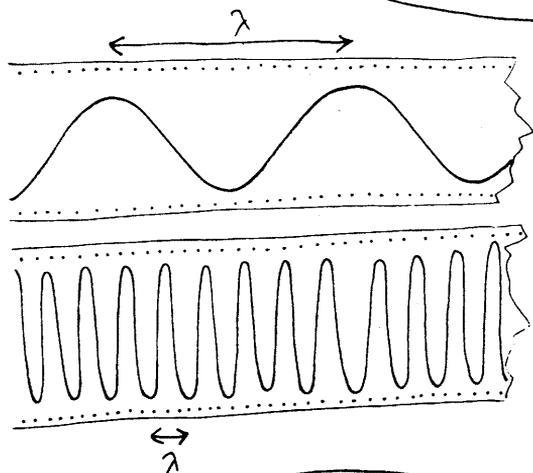
# L'EFFETTO DOPPLER



AH, D'ACCORDO. IO POSSO MISURARE LA LUNGHEZZA D'ONDA ALLA RICEZIONE.



OGNI SECONDO CI SONO N OSCILLAZIONI. OGNI VA-E-VIENI DEL PENDOLO S'HA DUNQUE IN UN N<sup>SI</sup>MO DI SECONDO: E' IL PERIODO DELL'ONDA. IN QUESTO TEMPO, IL NASTRO AVANZA DI  $\lambda = \frac{c}{N}$  (LUNGHEZZA D'ONDA).



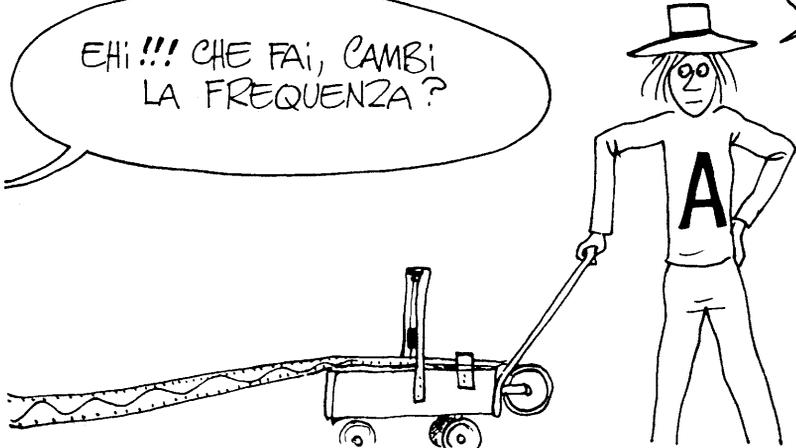
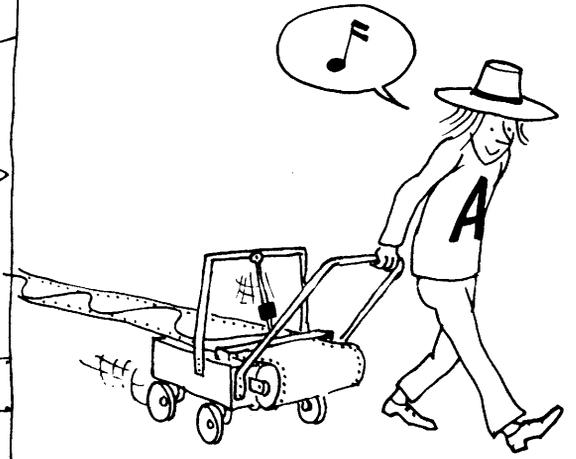
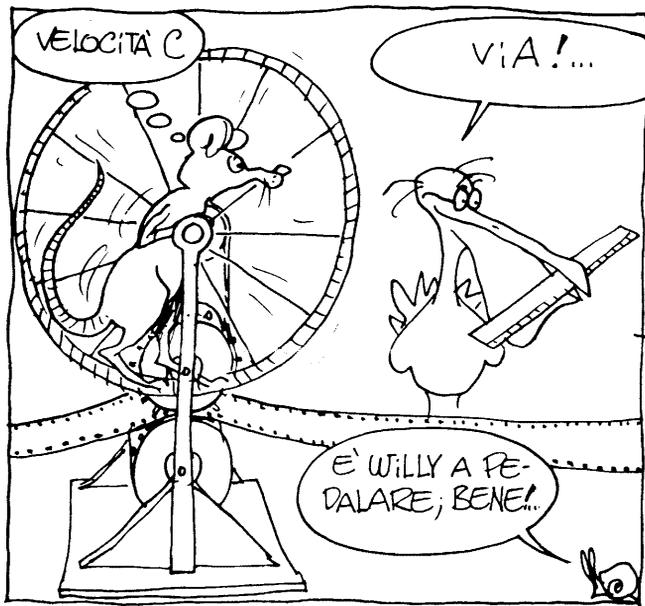
BASSA FREQUENZA, LUNGO PERIODO, GRANDE LUNGHEZZA D'ONDA. ALTA FREQUENZA, PERIODO BREVE, CORTA LUNGHEZZA D'ONDA

CIO' PERMETTE DI COMUNICARE

E' IMPORTANTE, LA COMUNICAZIONE

BENE, VADO A FARE UNA PROVA DI TRASMISSIONE A DISTANZA MAGGIORE.

PRONTI?!



AH, E' TORNATO NORMALE...

WILLY, SICURO CHE STAI PEDALANDO CON REGOLARITA'?

ASSOLUTAMENTE!

SEMBRA IN CERTI MOMENTI CHE PEDALI PIU' VELOCE...

QUALCOSA ACCADE QUANDO ALLONTANO L'APPARECCHIO. ORA LO RIPORTO AL SUO POSTO.

AH, IL RIGORE DEL METODO SPERIMENTALE!

!!!

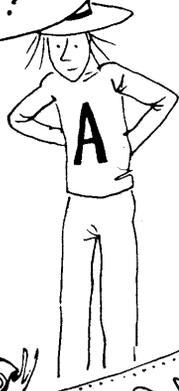
WILLY, VUOI PEDALARE O NO?

MA IO STO PEDALANDO!

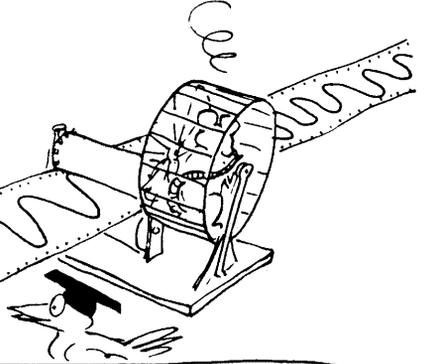
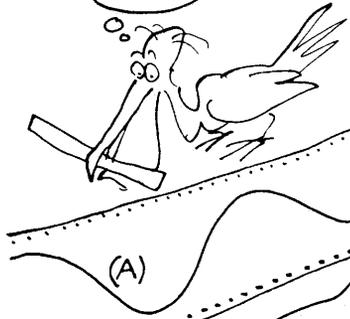
SE COSI NON TI VA, VIENI TU QUI A PEDALARE!



ALLORA, GIOVANI, SPIEGATEMI CHE SUCCED E QUI!

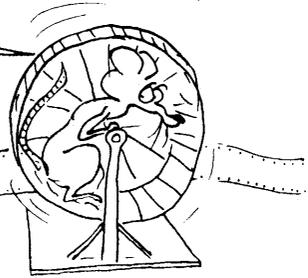


?



E' TORNATO NORMALE, MA POCO FA C'E' STATO UN AUMENTO DELLA LUNGHEZZA D'ONDA (A), CIOE' UN CALO APPARENTE DELLA FREQUENZA, ALLA RICEZIONE. POI, DOPO UN INTERVALLO NORMALE (B), C'E' STATO UN AUMENTO DELLA FREQUENZA, ALLA RICEZIONE, CIOE' UN ACCORCIAMENTO DELLA LUNGHEZZA D'ONDA  $\lambda$ .

EHI, MI POSSO FERMARE?



SÌ WILLY, FERMATI.

WILLY DICE DI AVER PEDALATO SEMPRE CON REGOLARITÀ.

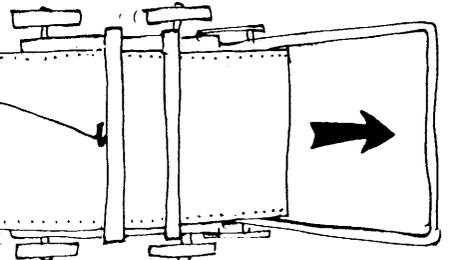
FORSE È IL NASTRO CHE SI È DILATATO O CONTRATTO?

NO, ANSELMO, È L'EFFETTO DOPPLER-FIZEAU!

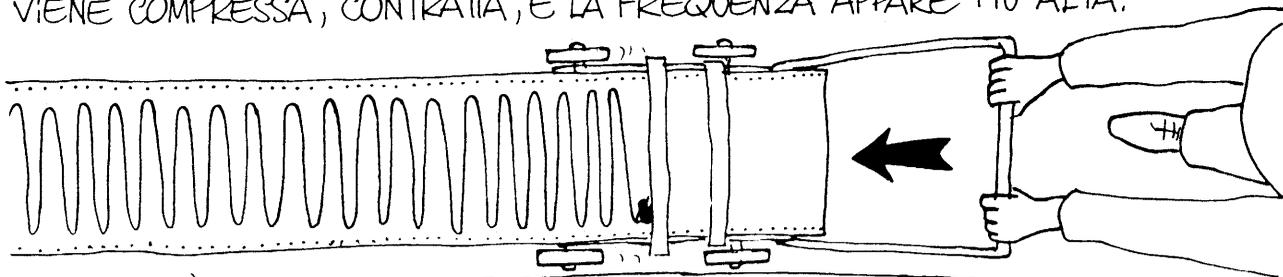
IL... COSA?!?

QUANDO TU SPOSTI IL CARRELLO, LA FREQUENZA APPARENTE VARIA

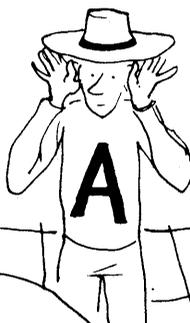
QUANDO IL CARRELLO SI ALLONTANA, LA SINUSOIDE SI DISTENDE E LA FREQUENZA APPARE PIÙ DEBOLE.



QUANDO IL CARRELLO SI AVVICINA, VA AVANTI SUL NASTRO, LA SINUSOIDE VIENE COMPRESSA, CONTRATTA, E LA FREQUENZA APPARE PIU' ALTA.



E' ESATTAMENTE LA STESSA COSA CHE SUCCEDDE QUANDO SENTI IL FISCHIO DI UN TRENO CHE STA PASSANDO. MENTRE TI SI AVVICINA, IL SUONO E' PIU' ACUTO. QUANDO S' ALLONTANA, IL SUONO E' PIU' GRAVE.



ALLORA, CON QUESTO SISTEMA, QUANDO CONOSCO A PRIORI LA LUNGHEZZA D'ONDA DEL SEGNALE EMESSO DA UNA FONTE IMMOBILE, POSSO CALCOLARE LA VELOCITA' DI AVVICINAMENTO O DI ALLONTANAMENTO (RECESSIONE) DELLA FONTE.

GIÀ; E CIÒ CHE VALE PER IL SUONO VALE ANCHE PER LA LUCE. GLI OGGETTI CHE SI ALLONTANANO SEMBRANO PIU' ROSSI, QUELLI CHE SI AVVICINANO SEMBRANO PIU' BLU.

BENE, RIPRENDIAMO I NOSTRI ESPERIMENTI DI TRASMISSIONE A DISTANZA.

WILLY, A POSTO!

BEH, È CAMBIATA LA FREQUENZA?!

ALLORA SI STA ALLONTANANDO.

RICOMINCIA DI NUOVO  
COME PRIMA.

SÌ, È COSÌ!  
SI STARA' ALLONTANANDO  
DI NUOVO.

MA NO, PEZZI  
DI SALAME, NON MI  
STO ALLONTANANDO,  
SONO QUI!...

E L'OSCILLATORE  
È RIMASTO  
LAGGIÙ!

# LA FUGA DELLE GALASSIE



PROPRIO COSI', NEL 1930, EDWIN HUBBLE GIUNSE A SCOPRIRE L'ESPANSIONE DELL'UNIVERSO, CONSTATANDO CHE LE GALASSIE LONTANE FUGGONO VIA DA NOI: PER L'EFFETTO DOPPLER-FIZEAU, VIA VIA CH'ESSE SI ALLONTANANO DIVENTANO SEMPRE PIU' ROSSE.

QUESTI ATOMI D'IDROGENO EMETTONO IN LINEA DI MASSIMA IN UNA LUNGHEZZA D'ONDA DI 21cm. L'EFFETTO DOPPLER MI INDICA DELLE VELOCITA' DI FUGA DI 2'000, 4'000, 6'000 Km/sec.

HUBBLE POTE' CALCOLARE LA DISTANZA CHE CI SEPARA DA QUELLE GALASSIE BASANDOSI SULLA LORO LUMINOSITA' APPARENTE, E NE DEDUSSE CHE QUELLA VELOCITA' DI FUGA ERA SEMPLICEMENTE PROPORZIONALE ALLA LORO DISTANZA IN RAPPORTO A NOI.



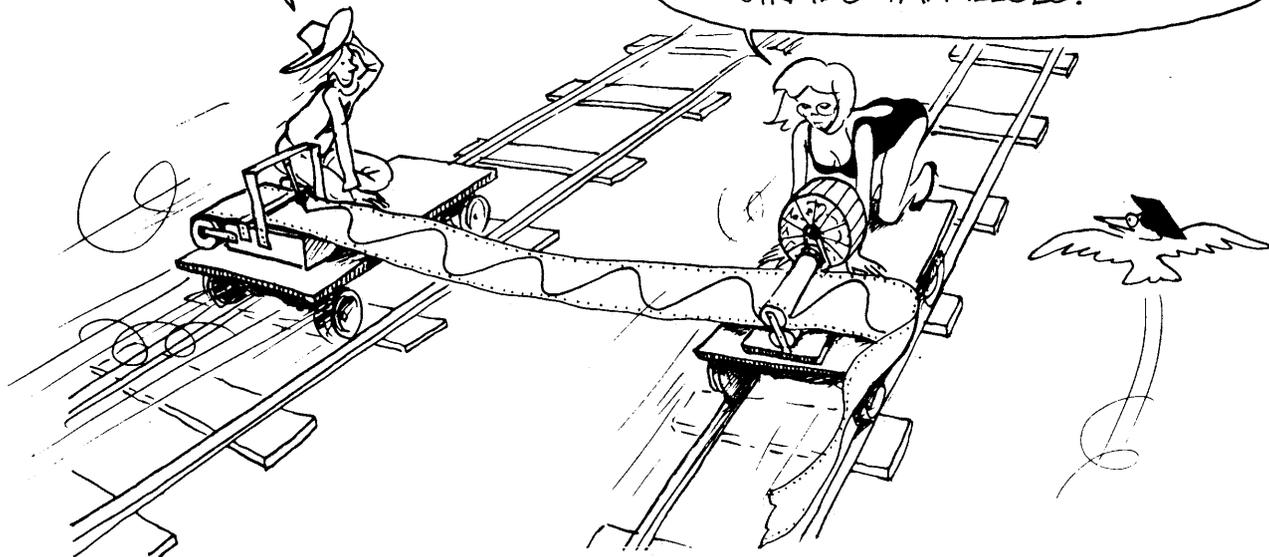
ASPETTA, QUESTO CHE VUOL DIRE?  
GLI OGGETTI ACCELERANO QUANDO SI  
ALLONTANANO DA NOI?

NON ESATTAMENTE. LA MOQUETTE  
SI DILATA DA TUTTE LE PARTI.  
IMMAGINA UN PUNTO **A**, CHE, NEL  
TEMPO  $t=0$ , È AD UN METRO DA TE.  
IN CAPO AD UN SECONDO, SI TROVA  
A 1m 20. LA SUA VELOCITÀ DI FU-  
GA, QUINDI, È DI 20 cm/sec.

NELLO STESSO LASSO DI  
TEMPO, UN PUNTO **B**, SITUATO  
INIZIALMENTE A 2m DA TE, SI  
RITROVERÀ A 2m 40 (IN **B'**), CON  
UNA VELOCITÀ IN RAPPORTO A TE  
DI 40 cm AL SECONDO.

L'EFFETTO DOPPLER  
INDICA LE VELOCITÀ  
RELATIVE.

NON C'È VARIAZIONE DI  
LUNGHEZZA D'ONDA QUANDO  
EMITENTE E RICEVENTE PROCEDO-  
NO ALLA STESSA VELOCITÀ SU  
STRADE PARALLELE.



ALLORA, TUTTO IL NOSTRO  
UNIVERSO È IN ESPANSIONE?

UN MOMENTO, HO UN'  
ALTRA IDEA. SUPPONIAMO CHE IL  
TEMPO... ACCELERI.

MA QUESTO... NON  
VUOL DIR NIENTE!?!



LE OSCILLAZIONI DEGLI ATOMI, QUELLI DI IDROGENO, PER ESEMPIO, SONO UN PO' COME IL "POLSO" DELL'UNIVERSO. IMMAGINA UN UNIVERSO IL CUI POLSO ACCELERI. PIÙ SI INVECCHIA, PIÙ VELOCEMENTE BATTE IL "POLSO". LE IMMAGINI DEL PASSATO CI GIUNGONO COME UNA SEQUENZA CINEMATOGRAFICA AL RALLENTATORE. E L'EFFETTO DOPPLER È SOLO UN' ILLUSIONE.



MA CERTO, TIRESIA, TUTTO SI PUÒ IMMAGINARE.  
LA TUA TESI EQUIVALE A DIRE CHE LE LEGGI DELLA  
FISICA SI EVOLVONO NEL TEMPO, COME HA Affermato  
FRED HOYLE (\*)

## IL FONDO DEL CIELO È FREDDO

MA C'È UN ALTRO ARGOMEN-  
TO A FAVORE DELLA TESI DELL'  
ESPANSIONE E DEL SUO CO-  
ROLLARIO, IL BIG BANG

Hik!

(\*) SCIENZIATO NOTO ANCHE AL GRANDE PUBBLICO PER IL SUO ROMANZO DI FANTASCIENZA  
LA NUVOLETTA NERA (N.d.T.)

PRIMA ABBIAMO VISTO CHE SOLO UN FOTONE SU UN MILIARDO AVEVA POTUTO TRASFORMARSI IN MATERIA

E IN ANTIMATERIA!

DOVREBBE DUNQUE ESSERE RIMASTA UNA GRAN QUANTITÀ DI QUEI FOTONI PRIMITIVI, CIRCA 500 PER  $\text{cm}^3$  (E ALTRETTANTI NEUTRINI, CHE È PIÙ PROBLEMATICAMENTE RILEVARE).

LA LORO LUNGHEZZA D'ONDA DOVREBBE ESSERE DI CINQUE MILLIMETRI, IL CHE CORRISPONDEREBBE AD UNA TEMPERATURA D'IRRAGGIAMENTO TR DI TRE GRADI ASSOLUTI ( $-270^\circ\text{C}$ )

QUESTI FOTONI, A DEBOLISSIMA ENERGIA (SONO STATI SEGNALATI NEL 1964 DA PENZIAS E WILSON), SONO LA VERA CENERE DEL BIG BANG, LA PROVA TANGIBILE DI QUELLA GRANDE DANZA COSMICA

HiK!

Ehi!...

# L'ORIZZONTE COSMOLOGICO

SOFIA, SECONDO LA LEGGE DI HUBBLE, LA VELOCITA' DI FUGA DEGLI OGGETTI CRESCE CON LA DISTANZA...

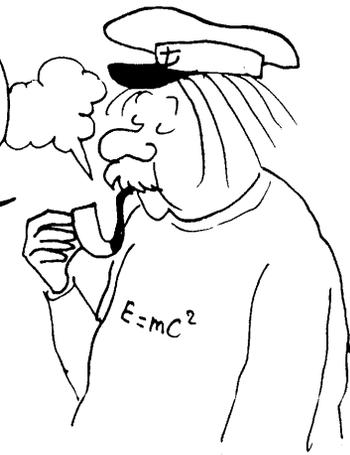
DUNQUE, LOGICAMENTE, DEVONO ESISTERE DEGLI OGGETTI CHE SI ALLONTANANO DA NOI A VELOCITA' UGUALI SE NON SUPERIORI ALLA VELOCITA' DELLA LUCE!?!

ALLORA, NON SI PUO' RICEVERLA, QUESTA LUCE!?

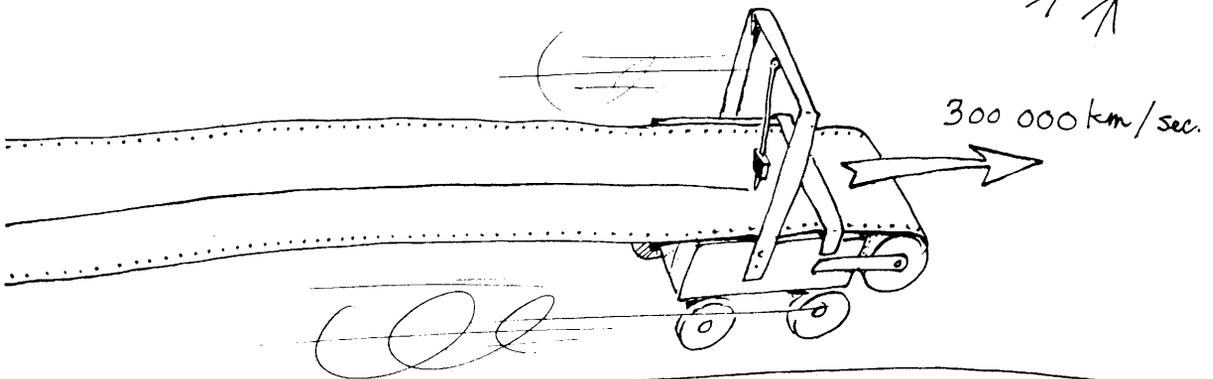
E PERCHE' SE UN AEREO SI ALLONTANA DA ME A VELOCITA' SUPERSONICA, POSSO QUANTO MENO SENTIRE IL RUMORE CHE PRODUCE, NO?

AMICI MIEI, NON È COSÌ CHE BISOGNA VEDERE LE COSE.

IL FATTO DI SPOSTARSI INFLUISCE SUL TEMPO(\*). UN OGGETTO CHE SI SPOSTA AD UNA VELOCITA' PROSSIMA A QUELLA DELLA LUCE, 300'000 Km/sec, IN RAPPORTO A NOI OSSERVATORI SI TROVA IN UNA "BOLLA DI TEMPO" DIFFERENTE. NOI PERCEPIAMO IL SUO MESSAGGIO COME UNA SORTA DI FILM AL RALLENTATORE.



E SE QUELL'OGGETTO SI MUOVE, IN RAPPORTO A NOI, ALLA VELOCITA' DELLA LUCE, LO SLITTAMENTO TEMPORALE DIVENTA TOTALE. IL SUO TEMPO SEMBRA IRRIGIDIRSI E RAPPRENDERSI COME UNA SALSA.



A CAUSA DI QUESTO SLITTAMENTO DEI TEMPI, L'UNO RISPETTO ALL'ALTRO, LA FREQUENZA DELLE ONDE, ALLA RICEZIONE, DIMINUISCE. E QUESTO FENOMENO, DI NATURA RELATIVISTICA, SI VIENE A SOVRAPPORRE, AD AGGIUNGERE, ALL'EFFETTO DOPPLER. QUANDO LA VELOCITA' DI FUGA DELL'EMITTENTE, IN RAPPORTO A NOI, RAGGIUNGE C, LA FREQUENZA DELLE ONDE RICEVUTE DIVENTA ZERO. NON SI HA PIU' NE' ENERGIA, NE' ONDE, NE' MESSAGGI!



LE ONDE A FREQUENZA NULLA NON SONO PIU' ONDE

(\*VEDI TUTTO E' RELATIVO, QUARTO VOLUME DELLE AVVENTURE DI ANSELMO, (ED. DEDALO).

GLI OGGETTI CHE CI CIRCONDANO RAGGIUNGONO UNA VELOCITA' RELATIVA PARI A 300'000 Km/sec. SU UNA SFERA CHIAMATA ORIZZONTE. SI TRATTA NON DELLA FRONTIERA DELLE COSE CHE ESISTONO, MA DI QUELLA DELLE COSE CHE NOI POSSIAMO CONOSCERE. L'UNIVERSO ACCESSIBILE PUO' ESSERE SOLTANTO UNA PORZIONE DI UN UNIVERSO PIU' VASTO. QUESTO ORIZZONTE E' AD UNA DECINA DI MILIARDI DI ANNI-LUCE, MENTRE LA PORTATA DEL PIU' POTENTE TELESCOPIO TERRESTRE ATTUALE, QUELLO DI PALOMAR, E' DI UN SOLO MILIARDO DI ANNI-LUCE

*La Direzione*

MA, ALLORA, CHE SIGNIFICATO AVEVA IL RAGGIO R DELL'UNIVERSO CHE ABBIAMO VISTO PRIMA?



QUEL RAGGIO RIGUARDAVA L'UNIVERSO ALL'ETA' DI UN CENTESIMO DI SECONDO. IMMAGINA CHE, IN QUEL MOMENTO, SI SIA TRACCIATO UN CERCHIO, ANZI UNA SFERA, DI RAGGIO R, E CHE SI SEGUA L'ESPANSIONE DI QUESTA SFERA NEL CORSO DEL TEMPO. TUTTO QUI...

IN QUESTO MODO, NON VIENE MESSO IN DISCUSSIONE IL FATTO CHE L'UNIVERSO POSSA ESSERE FINITO O INFINITO (\*)

CHE OCCHI AFFASCINANTI!

EHI, VOI DUE!

QUESTO VOLUME NON E' ANCORA FINITO!

HiHiHi

C'E' ANCORA BISOGNO DI VOI!

(\*)VEDI IL GEOMETRICON, SETTIMO VOLUME DELLE AVVENTURE DI ANSELMO (ED. DEDALO).

# i MODELLI di FRIEDMANN



SOFIA, CHE COSA PROVOCA L'ESPANSIONE DELL'UNIVERSO?



LE FORZE DI PRESSIONE. E' COME SE L'UNIVERSO FOSSE ESPLOSO COME UNA BOMBA.



E NIENTE OSTACOLA QUESTA ESPANSIONE?



LE FORZE DI GRAVITA' TENDONO A FAR CONDENSARE L'UNIVERSO SU SE STESSO, A FARLO IMPLODERE.



NON SI PUO' IMMAGINARE UN UNIVERSO IN CUI QUESTE FORZE, DI PRESSIONE E GRAVITAZIONALI, GIUNGANO AD EQUILIBRARI?



SI PUO' DIMOSTRARE CHE L'EQUILIBRIO E' IMPOSSIBILE. ALLA MINIMA VARIAZIONE DI EQUILIBRIO, QUESTO UNIVERSO "STATICO" ESPLODE O IMPLODE.

ESPLOSIONE

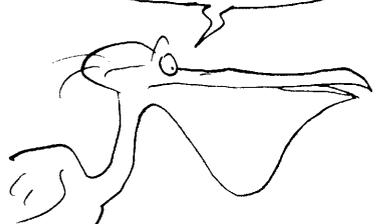


IMPLSIONE

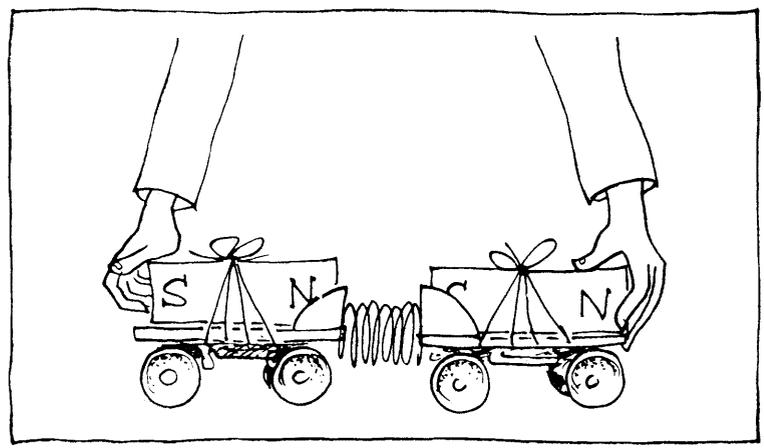
MA ALLORA,  
IN PRATICA, IL NOSTRO  
UNIVERSO AVREBBE PO-  
TUTO... IMPLODERE, INVECE  
DI ESPLODERE?

IN UN  
CERTO SEN-  
SO, E' UNA POS-  
SIBILITA'.

CHI VI  
DICE, ALLORA, CHE IL  
TEMPO NON SAREBBE PAR-  
TITO... A MARCIA INDIETRO...



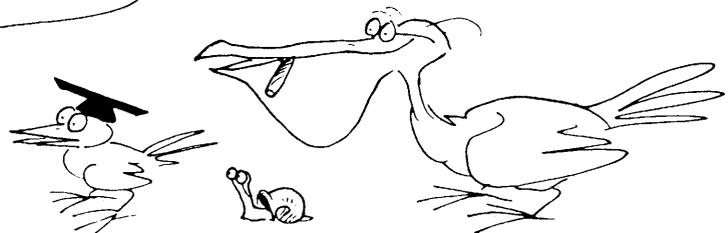
TSSS!...

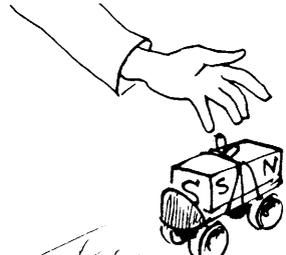


ANSELMO HA LEGATO SU DEI PATTINI A  
ROTELLE DUE CALAMITE, CHE SI ATTIRANO.  
MA UNA MOLLA COMPRESSA TENDE  
AD ALLONTANARE I PATTINI L'UNO  
DALL'ALTRO.



GUARDA, LE CALAMITE  
RAPPRESENTANO LE FORZE  
GRAVITAZIONALI, ATTRAT-  
TIVE, COESIVE, MENTRE  
LA MOLLA RAPPRESENTA  
LE FORZE DI PRESSIONE.





QUANDO  
LI LASCIO ANDARE, I PATTINI  
SONO PROIETTATI LONTANO  
L'UNO DALL'ALTRO.



I CASI SONO DUE:  
O LA SPINTA COMUNICATA  
AI PATTINI RISULTA SUFFICIENTE-  
MENTE FORTE, E DUNQUE ESSI SI  
ALLONTANANO L'UNO DALL'ALTRO.  
PIÙ SI ALLONTANANO, MENO SENSIBILE DIVENTA  
LA FORZA D'ATTRAZIONE, CHE VARIA SECONDO L'IN-  
VERSO DEL QUADRATO DELLA DISTANZA.



SE NON CI  
FOSSE ATTRITO, I PATTINI FINIREBBERO PER ACQUISTA-  
RE UNA VELOCITA' COSTANTE.



OPPURE LA SPINTA DATA DALLA  
MOLLA RISULTA TROPPO DEBOLE, O SONO  
TROPPO POTENTI LE CALAMITE. IN QUESTO  
CASO I PATTINI TORNEREBBERO, "CADREBBERO"  
L'UNO VERSO L'ALTRO, A VELOCITA' CRESCENTE.

TUTTO CIÒ RICHIAMA DUE TIPI DI UNIVERSO POSSIBILI:

PRIMO SCENARIO: L'ESPANSIONE CONTINUA ALL'INFINITO.  
QUANDO LE ULTIME STELLE SI SPEGNERANNO, SARÀ LA NOTTE, IL FREDDO  
ASSOLUTO, LA MORTE TERMICA.



SECONDO SCENARIO: FINISCONO COL PREVALERE LE FORZE DI GRAVITA'. GIUNTO ALLA SUA MASSIMA ESTENSIONE, L'UNIVERSO "RICADE SU SE STESSO". TUTTE LE STRUTTURE, GALASSIE, STELLE, VENGONO POLVERIZZATE. GLI STESSI ATOMI VENGONO SPEZZATI. E IL BIG BANG VIENE VISSUTO QUASI A RITROSO, SINO AD UNA NUOVA RIPRESA DELL'UNIVERSO, UNA NUOVA FASE DI ESPANSIONE.



ALBERT EINSTEIN, CHE NEL 1917, AL PREZZO DI QUASI IMPOSSIBILI ACROBAZIE MATEMATICHE, AVEVA CONCEPITO IL SUO MODELLO STAZIONARIO, NE FU FORTEMENTE INDISPETTITO. FRIEDMANN GLI RUBAVA LA VITTORIA. COMINCIO' ALLORA A ELABORARE LA TEORIA DELLA RELATIVITA' GENERALE, UN LAVORO CHE DURO' MOLTI ANNI.



SECONDO I MODELLI DI FRIEDMANN, L'UNIVERSO E' IN ESPANSIONE INDEFINITA SE LA DENSITA' (ATTUALE) DI MATERIA E' INFERIORE A  $5 \times 10^{-30}$  GRAMMI PER CENTIMETRO CUBO. QUESTO UNIVERSO, D'ALTRA PARTE, AVREBBE UN VOLUME, UN' ESTENSIONE SPAZIALE INFINITA.

(\*)AUTENTICA OSSERVAZIONE DI EINSTEIN

# LA GEOMETRIA DELL'UNIVERSO

L'UNIVERSO... CHE FORMA HA?

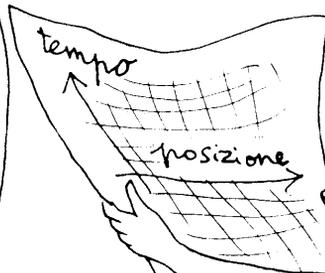
L'UNIVERSO E', PER NOI, UNA IPERSUPERFICIE A QUATTRO DIMENSIONI, IN CUI SI MESCOLANO LO SPAZIO E IL TEMPO. OGNUNO DEI CONCETTI RICHIAMATI NELLE PAGINE PRECEDENTI CORRISPONDE AD UNA PRESENTAZIONE DIVERSA DI QUESTA ENTITA'-UNIVERSO CHE E' LO SPAZIO-TEMPO.

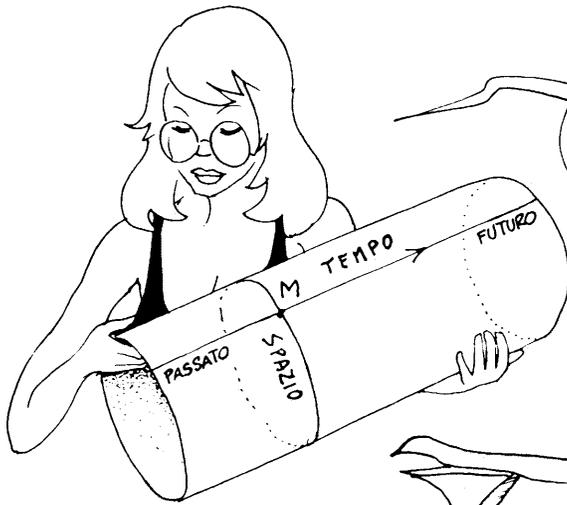
LA MISERIA!..

VOGLIO RICORDARE CHE IL NUMERO DI DIMENSIONI DI UNO SPAZIO E' DATO DALLE QUANTITA' NECESSARIE PER DEFINIRVI LA POSIZIONE DI UN PUNTO

APPUNTAMENTO <sup>1</sup>MARTEDI' ALLE UNDICI NEL PALAZZO ALL' ANGOLO TRA LA <sup>2</sup>SESTA E LA <sup>3</sup>QUINTA STRADA AL <sup>4</sup>TERZO PIANO: QUATTRO QUANTITA'

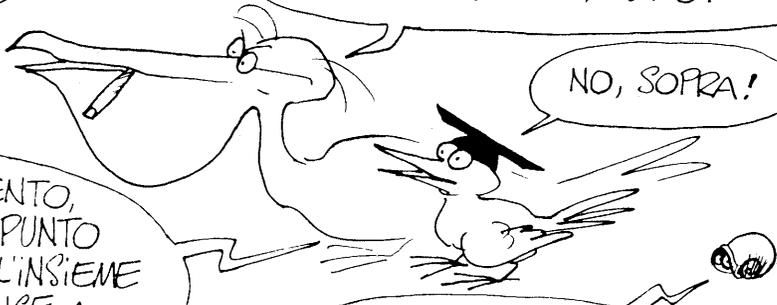
GIACCHE' E' POSSIBILE RAPPRESENTARE IN UN DISEGNO SOLO GLI SPAZI A DUE DIMENSIONI, LE SUPERFICIE, STUDIEREMO UNO SPAZIO-TEMPO A 2 DIMENSIONI, DI CUI UNA E' LA POSIZIONE, L'ALTRA E' IL TEMPO





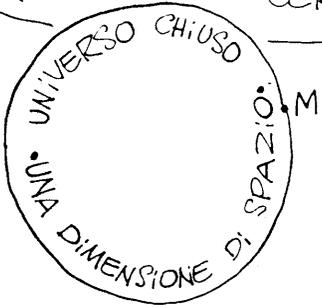
DUNQUE, IL PRIMO MODELLO DI UNIVERSO CHIUSO, IL MODELLO STATICO DI EINSTEIN, PUO' ESSERE RAPPRESENTATO CON UN CILINDRO.

EHI, UN MOMENTO, SE HO CAPITO BENE, NOI STIAMO... DENTRO QUEL CILINDRO?



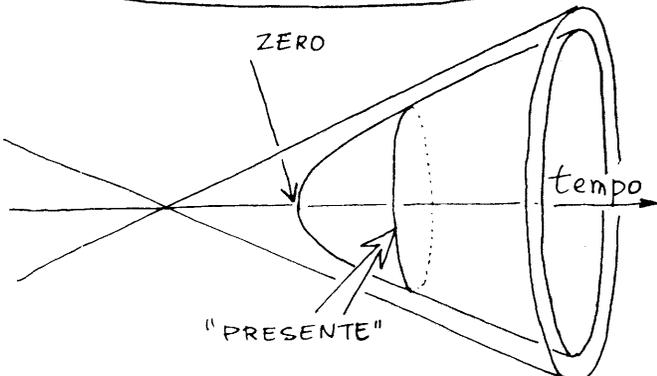
IN UN DATO MOMENTO, UN OGGETTO E' QUEL PUNTO M SULLA SUPERFICIE, E L'INSIEME DELL'UNIVERSO SI RIDUCE A QUESTO CERCHIO.

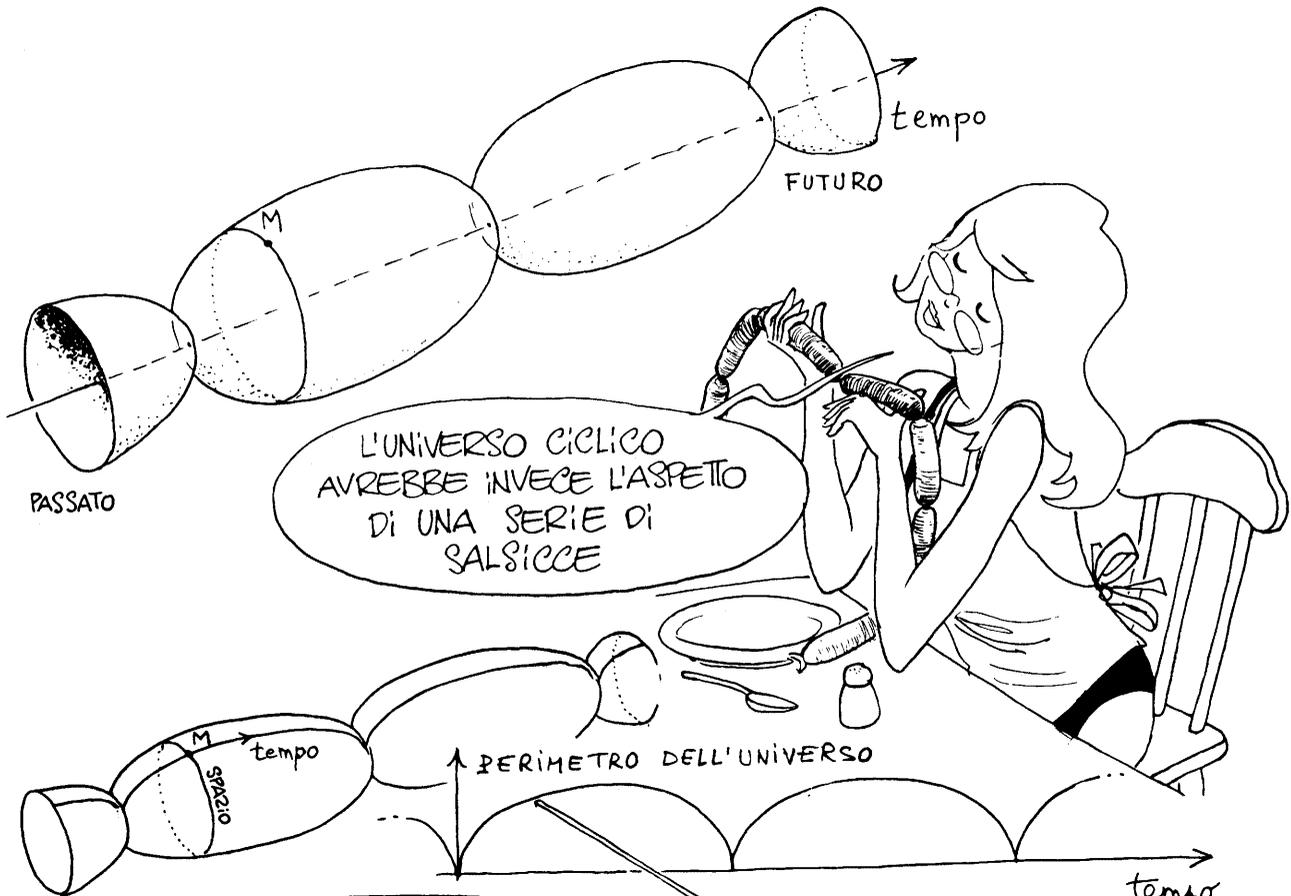
QUANDO L'OGGETTO E' IMMOBILE, DESCRIVE UNA GENERATRICE DEL CILINDRO, NEL CORSO DEL TEMPO.



E' FACILE RAPPRESENTARE LA DILATAZIONE DI QUESTO UNIVERSO CHIUSO IN FUNZIONE DEL TEMPO, CON IL RISULTATO DI AVERE UN MODELLO DI UNIVERSO NON STAZIONARIO.

ECCO AD ESEMPIO L'IMMAGINE A 2 DIMENSIONI DI UNO SPAZIO-TEMPO IN ESPANSIONE INDEFINITA.





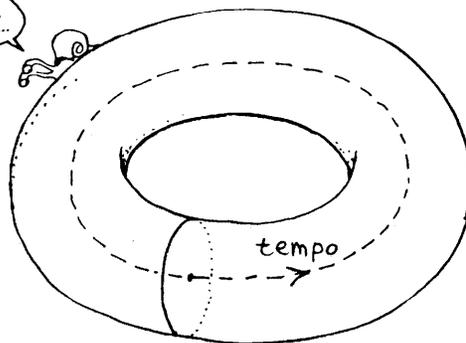
MA PERCHÈ IL TEMPO DOVREBBE ESSERE NECESSARIAMENTE "APERTO" CIOÈ INFINITO SIA RISPETTO AL PASSATO CHE RISPETTO AL FUTURO?



VUOI DIRE CHE SI POTREBBE... RICHIUDERE IL TEMPO SU SE STESSO?!?

NON C'E' PROBLEMA... SE SI RICHIUDESSE SU SE STESSO IL MODELLO DI EINSTEIN, SI OTTERREBBE ... UN TORO (\*)

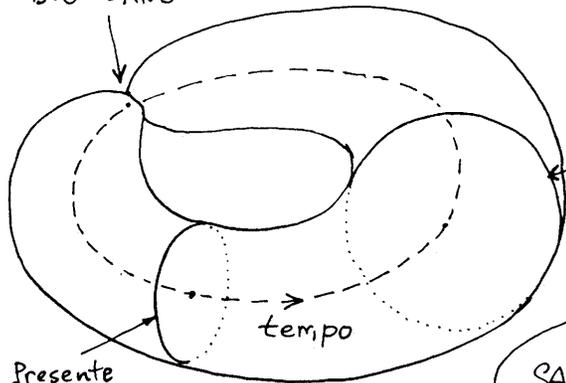
DI NUOVO QUI!...



IN QUESTO SPAZIO-TEMPO TOTALMENTE CHIUSO, GLI STESSI FATTI SI RIPRODUCONO IDENTICAMENTE IN UN TEMPO  $T$ , CHE E' IL PERIODO DI QUESTO STRANO UNIVERSO.



SINGOLARITA' BIG BANG



SI PUO' CHIUDERE SU SE STESSO ANCHE UN UNIVERSO CICLICO...

STATO DI MASSIMA ESPANSIONE



...CHE DIVENTA UNA SERIE DI SALSICCE, CHIUSA SU SE STESSA, CON UNA SOLA SALSICCIA!

E' ANDATO IN TILT, COM'ERA PREVEDIBILE!

EHI, GUARDATE LEONE !!!



# EPILOGO

QUESTO È CIÒ  
CHE SI SA DELL'INIZIO  
DELL'UNIVERSO



ANZI... CIÒ CHE SI  
CREDE DI SAPERE: IN  
5'000 ANNI SU QUESTO TEMA  
SE NE SONO DETTE  
TANTE!

"MA QUESTO SFORZO DI  
COMPNDERE L'UNIVERSO È  
UNA DI QUELLE RARE COSE CHE  
INNALZANO L'ESISTENZA UMANA AL  
DI SOPRA DELLA FARSA, CONFEREN-  
DOLE UN PÒ DI DIGNITÀ NELLA  
TRAGEDIA"

*Steven Weinberg*



LA CONTINUAZIONE DEL BIG BANG (FORMAZIONE  
DELLE STELLE, GALASSIE, ECC...) NEI PROSSIMI  
VOLUMI: I BUCHI NERI E I MILLE SOLI (ED. DEDALO).

# FINE

# IL COSMODRAMMA



TEMPO	TEMPERATURA	DENSITA'	FENOMENI
PRIMA...	$T > 10^{12}$ GRADI		?
$\frac{1}{1000}$ SECONDO	300 MILIARDI DI GRADI		MISCOGLIO INDIFFERENZIATO DI FOTONI, NEUTRINI, ANTINEUTRINI (IL FOTONE È L'ANTIPARTICELLA DI SE STESSO), PROTONI, ANTIPROTONI, NEUTRONI, ANTINEUTRONI, ELETTRONI E ANTIELETTRONI (POSITRONI).
$\frac{1}{100}$ SECONDO	100 MILIARDI DI GRADI	4 MILIARDI DI $g/cm^3$	ECATOMBE DI ADRONI (PROTONI, ANTIPROTONI, NEUTRONI, ANTINEUTRONI). NE RIMARRA' UNO SOLO SU UN MILIARDO. IL RESTO SI È ANNULATO CON GLI ANTIADRONI PRESENTI PER RIFORMARE DEI FOTONI.
$\frac{1}{10}$ SECONDO	30 MILIARDI DI GRADI		NULLA DA SEGNALARE. FA TROPPO CALDO PERCHÉ SI FORMINO DEI NUCLEI DI ATOMI.
1 SECONDO	10 MILIARDI DI GRADI	380.000 $g/cm^3$	I NEUTRINI "VIVONO LA LORO VITA" E CESSANO DI INTERAGIRE CON LA MATERIA.
13 SECONDI	3 MILIARDI DI GRADI		ECATOMBE DI ELETTRONI-ANTIELETTRONI. ANCHE DI QUESTI RIMARRA' UNO SOLO SU UN MILIARDO.
3 MINUTI	1 MILIARDO DI GRADI		NUCLEOSINTESI: FORMAZIONE DEI NUCLEI DI ELIO. SCOMPARSA DEI NEUTRONI LIBERI (DURATA DI VITA: 109 secondi).
35 MINUTI	300 MILIONI DI GRADI	$1g/cm^3$	LA NUCLEOSINTESI È TERMINATA: 25% DI ELIO, 75% DI IDROGENO.
700.000 ANNI	3.000 GRADI		DOPO L'ANNULLAMENTO DI QUASI TUTTA LA MATERIA E L'ANTIMATERIA, L'UNIVERSO VIVE UN' "ERA RADIOATTIVA", IN CUI L'ENERGIA-MATERIA SI TROVA PRINCIPALMENTE SOTTO FORMA DI RADIAZIONE. QUANDO LA TEMPERATURA SCENDE A 3000° SI FORMANO GLI ATOMI NEUTRI E I FOTONI CESSANO DI INTERAGIRE CON LA MATERIA: UNIVERSO "TRASPARENTE".
100 MILIONI DI ANNI	$T_R = -1730^\circ C$ $T_M = -267^\circ C$		NON ESSENDO PIÙ RISCALDATI DA I FOTONI GLI ATOMI NEUTRI DI IDROGENO E DI ELIO HANNO VISTO CADERE VERTIGINOSAMENTE LA LORO TEMPERATURA. FORMAZIONE DELLE GALASSIE, PRIME STELLE.
5 MILIARDI DI ANNI			FORMAZIONE DELLA TERRA.
10 MILIARDI DI ANNI	$T_R = -270^\circ C$ (3 gradi Kelvin)	$10^{-30}$ $g/cm^3$	SVILUPPO DELLA VITA.
OGGI			INVENZIONE DELLA BOMBA ATOMICA...

Di', MAX, CREDI  
CHE UN GIORNO SI  
GIUNGERA' SULLE STELLE?

