

# MILLE MILIARDI Di SOLI

Jean~Pierre Petit

Tradotto da:

Giada Aramu - Elio Flesia

La scienza non è che  
la forma più elaborata  
della Letteratura fantastica.



# Conoscenza senza frontiere

Associazione senza scopo di lucro creata nel 2005 e gestita da due scienziati francesi. Obiettivo: diffondere la conoscenza scientifica utilizzando la banda tracciata attraverso i PDF scaricabili gratuitamente. Nel 2020 sono state così realizzate 565 traduzioni in 40 lingue. Con oltre 500.000 download.



Jean-Pierre Petit

Gilles d'Agostini

L'associazione è totalmente volontaria. Il denaro è stato interamente donato ai traduttori.

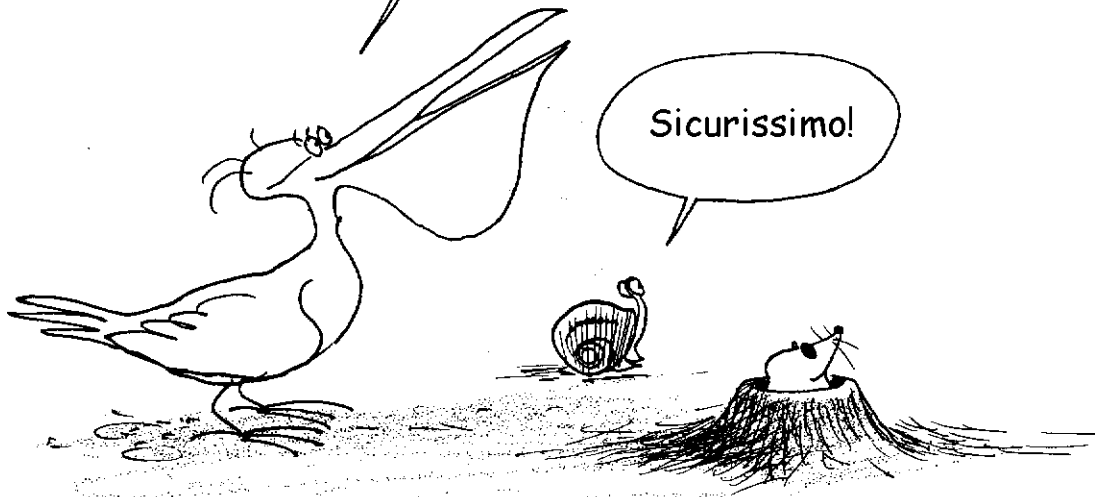
Per effettuare una donazione, utilizzare il pulsante PayPal sulla home page:

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

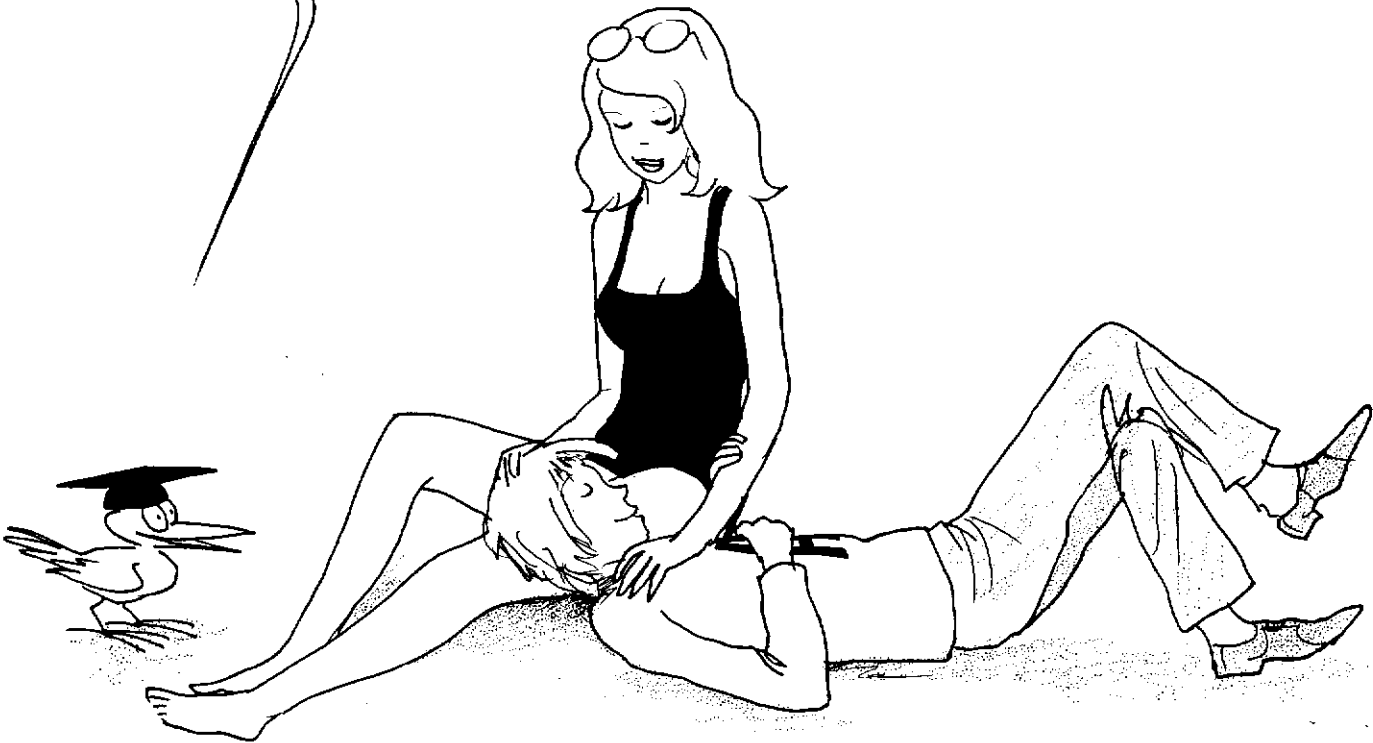


Sei davvero sicuro  
Tiresia che si tratti  
della cometa di Halley?

Sicurissimo!



È possibile che l'Universo  
non sia altro che il risultato di un'operazione  
di volgarizzazione scientifica:  
Dio che sta cercando di dirci qualcosa.



# PUBBLiCiTÀ

L'ASTROFISICA è una scienza RECENTE. Fino a qualche anno fa l'uomo ricavava delle informazioni guardando attraverso lo SPORCO VETRO ATMOSFERICO.



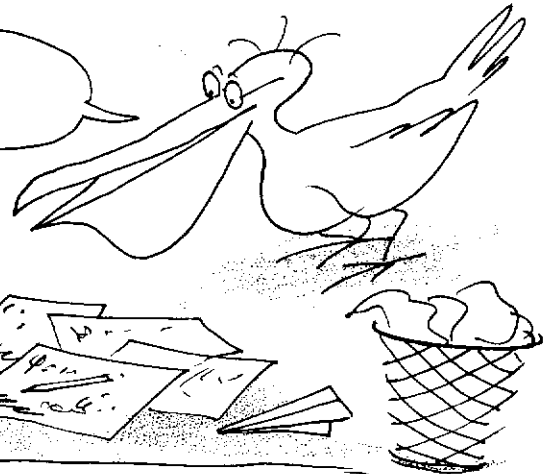
La DINAMICA GALATTICA sta ancora aspettando il suo KEPLER o il suo LAPLACE. Non si è ancora riuscita a creare un sistema di equazioni soddisfacente che possa descrivere ciò che viene chiamato GALASSIA.

In questo campo e da più di un secolo, gli studiosi sono ancora in alto mare!

Paradossalmente l'infanzia dell'Universo (BIG BANG) è ben più conosciuta della sua adolescenza, ancora oggi oscura!

Siamo ben lontani da un accordo poiché le teorie continuano ad essere contraddittorie circa la nascita e l'evoluzione delle galassie.


Le informazioni avute fino ad oggi grazie ad un telescopio spaziale, elaborate dai computer più potenti permetteranno, in un futuro più o meno lontano, di fare un po' di chiarezza...



L'autore ha dunque fatto delle scelte personali. Un giorno, la storia che segue potrebbe rivelarsi come una premonizione che si è avverata...

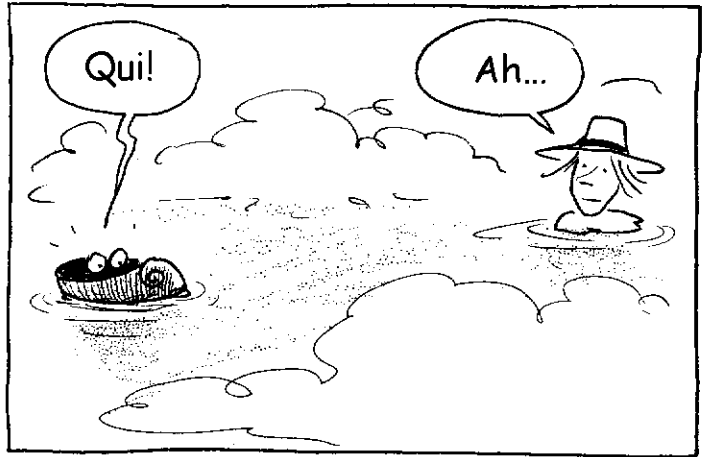
... o anche un mare di sciocchezze!

Natale 1985



La storia che vi presenteremo  
questa sera è il sequel del  
**BIG BANG**. La storia inizia al  
100.000 compleanno dell'Universo.  
Per ragioni tecniche, la scenografia  
ha subito qualche modifica

# IL PIANETA UNIVERSO



Questa brodaglia, giovanotto, è la **MATERIA**

Ah,  
di nuovo lei!

Dovete sapere che  
al principio, lo spirito di Dio  
alessgiava sopra le acque...

E sbrigati...

Fermo!  
Iconoclasta!

Ehi guardate! E' un miracolo!

Ma no! Tocca il fondo, ecco tutto!

Toh, è vero





Lo sai benissimo, è il **CHRONOTRON** (\*).

In che **TEMPO** ci troviamo oggi?



Esatto, e la temperatura dell'Universo è di **8.000°**



Questa **FLUIDO-MATERIA** è davvero strana! Sembra quasi incollata al **FONDO**!





A prima vista il mondo è rotondo, vero?

Sì, è come una specie di sufflè sferico che gonfia, gonfia...

Alta cucina!

Esteriormente, la **MATERIA** si comporta come un **FLUIDO**

E al suo interno **COSA C'È?**

C'è lo **SPAZIO**. Infatti, c'è più molto spazio che materia.

Sta forse dicendo che il **PIANETA-UNIVERSO** è vuoto?

Gentile signorina, sa benissimo che il **VUOTO** non esiste. Il "vuoto cosmico" è infatti un insieme, un groviglio di **FOTONI** schiacciati l'uno contro l'altro, di **FOTONI ORIGINALI** nati con il **BIG BANG**. Da allora vi sono almeno un miliardo di fotoni per ogni particella di materia.

In altre parole, questo sufflè sferico è formato da una specie di schiuma **ELASTICA**, dove ogni alveolo rappresenta un fotone (\*)

**MATERIA**

**SPAZIO  
= RADIAZIONE  
= FOTONI**

**ELASTICA?**

E lei questa la chiama elastica?  
A me sembra cemento!

La sua compattezza dipende dalla **PRESSIONE DI RADIAZIONE**

(\*) Il diametro dell'alveolo corrisponde alla **LUNGHEZZA D'ONDA** del fotone.

La **PRESSIONE** ha qualcosa a che vedere con i **FLUIDI**, vero?

Sì, ma un insieme di fotoni è anche un gas, e questo ha una pressione propria...

Ma se il **VUOTO** è un insieme di fotoni, allora il **VUOTO** è un **GAS**! No?

In realtà, la **MATERIA** e il "**VUOTO**", ossia il gas di fotoni originali, formano un **MISCUGLIO OMOGENEO**. In questo modello, se ho capito bene, lei ha separato i due sistemi. L'**ESPANSIONE** del **PIANETA-UNIVERSO**, funzionando come un sofflè, fa diminuire la **PRESSIONE DI RADIAZIONE**. Inoltre, la densità della "fluido-materia" simula la **MASSA SPECIFICA**, anch'essa in diminuzione.

Come interagiscono i due sistemi?

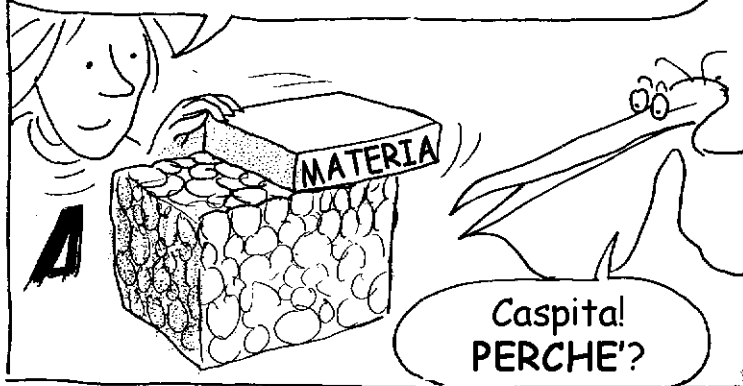
# INTERAZIONE MATERIA RADIAZIONE

Quando l'Universo ha una temperatura superiore a  $3000^{\circ}$ , la materia si **APPICCCA** alla radiazione di fondo, ai fotoni originali.

Quindi è come se la materia si "incollasse" al vuoto...

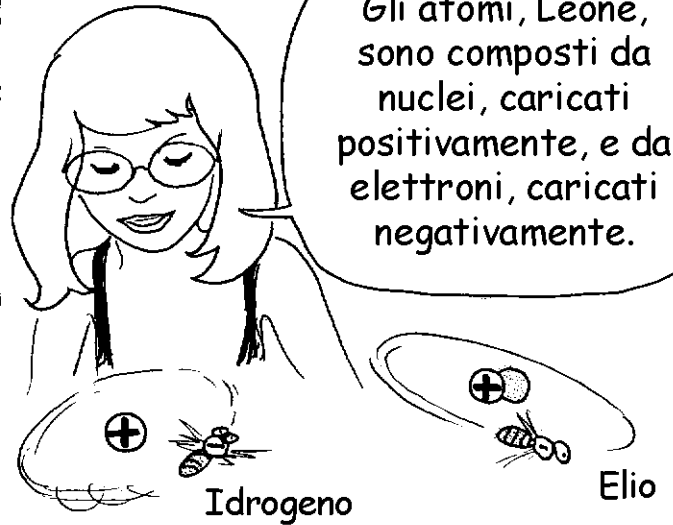
**COSA?**

Sotto i  $3000^\circ$  invece, la **MATERIA** scivola liberamente sulla **RADIAZIONE COSMICA DI FONDO**



Caspita!  
**PERCHE'?**

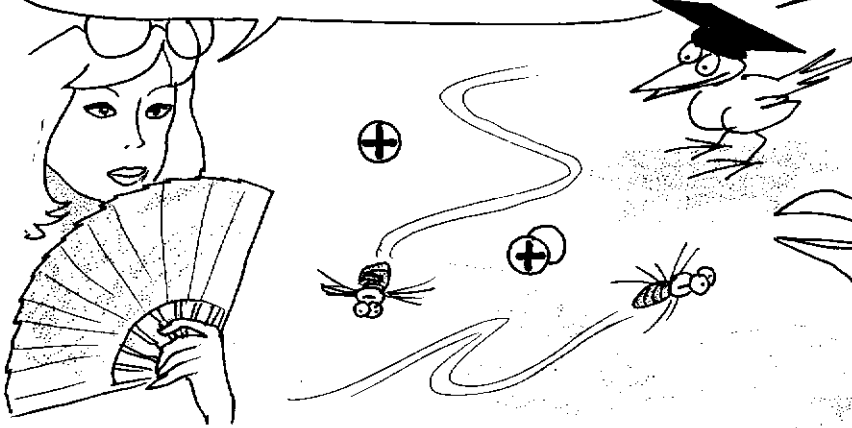
Gli atomi, Leone, sono composti da nuclei, caricati positivamente, e da elettroni, caricati negativamente.



Idrogeno

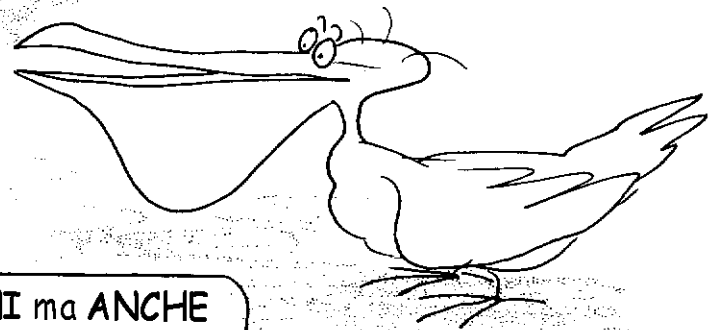
Elio

Sopra i  $3000^\circ$ , l'**AGITAZIONE TERMICA** diventa intensa e le **COLLISIONI** tra gli atomi impediscono agli elettroni di orbitare come se niente fosse attorno ai nuclei

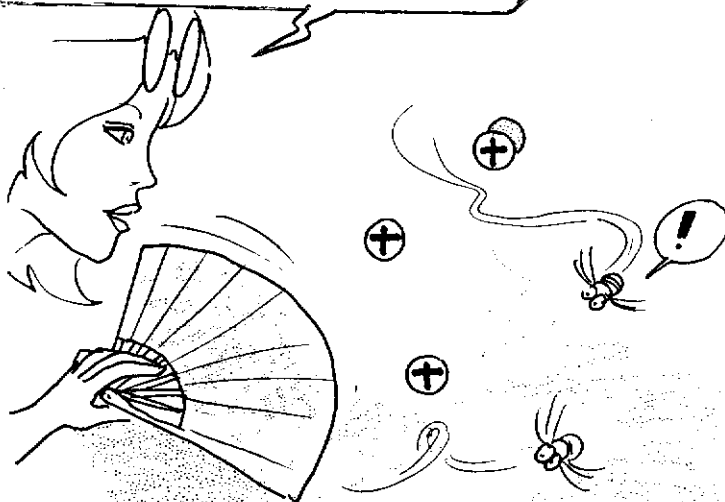


Gli elettroni allora sono **LIBERI** e la **MATERIA** è **IONIZZATA**.

Ok, e allora?



La **LUCE** corrisponde a un movimento di **FOTONI** ma **ANCHE** a un' **ONDA ELETTROMAGNETICA**, un movimento ondulatorio dello spazio.

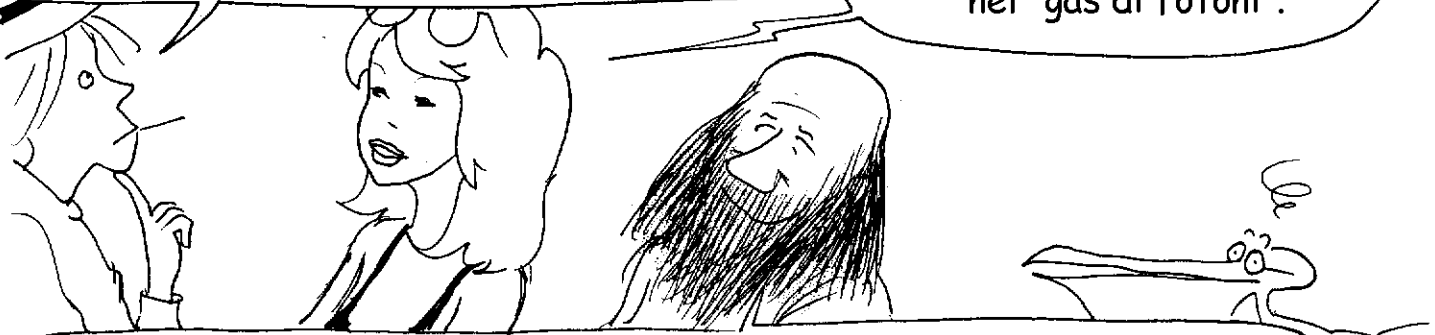


E quest'ultimo viene sentito maggiormente dagli elettroni, più leggeri, rispetto ai nuclei, più pesanti.



In un gas, la propagazione di un'oscillazione rappresenta un'onda di pressione (\*), un'onda sonora. La luce è quindi un'onda di pressione di radiazione che si propaga a 300.000 km/s.

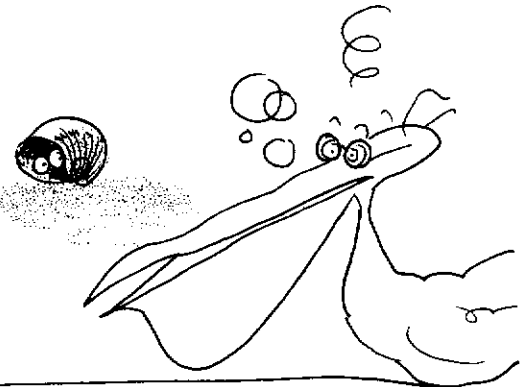
In un gas, la velocità di agitazione degli elementi è sensibilmente uguale alla velocità del suono. La stessa cosa avviene nel "gas di fotoni".



Il gas di fotoni è davvero una delle mie invenzioni migliori. In esso, le onde e le particelle **DIVENTANO UNA COSA SOLA**.

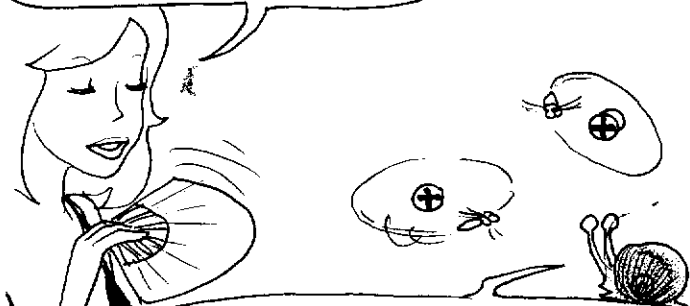
Bene, quindi:

- 1) Un **GAS IONIZZATO** interagisce fortemente con il "gas di fotoni"
- 2) Il "**VUOTO**" in parole povere è un "gas di fotoni"
- 3) La materia ionizzata si "incolla" al vuoto



Quando nell'Universo, la temperatura della materia scende al di sotto dei **3.000°**, gli elettroni si legano agli atomi diventando così meno sensibili alle vibrazioni elettromagnetiche.

Il legame tra la **MATERIA** e la **RADIAZIONE DI FONDO** si scioglie e gli atomi tornano liberi di svolazzare nel **VUOTO**.

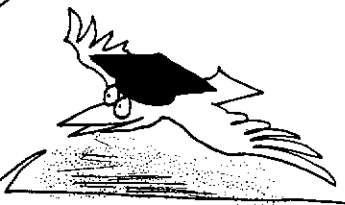


Sono tenuti "a guinzaglio" dai nuclei.





Mah! Se è vero  
che sotto le nostre zampe c'è della  
schiuma con degli alveoli,  
c'è una cosa che non capisco...  
**I FOTONI** non sono...  
immobili?!



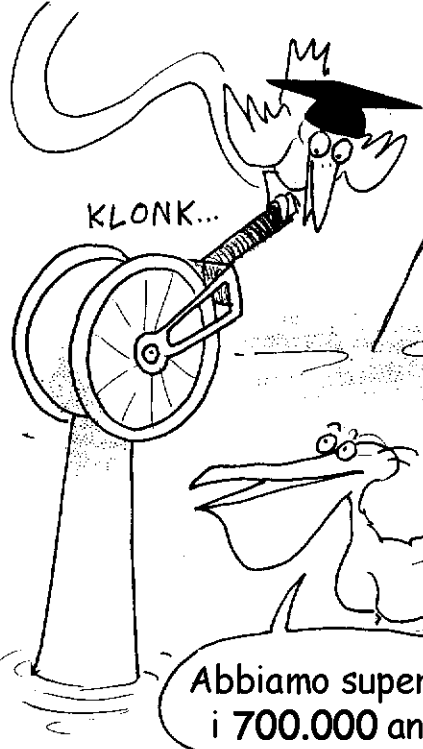
Leone, l'esempio della schiuma, era solo il modo più  
semplice per rappresentare lo spazio e la **RADIAZIONE**  
**PRIMITIVA DI FONDO** contenuta in esso.



Ok. Quindi il **VUOTO** non esiste.  
Ma tolti i fotoni, cosa rimarrebbe?

**NIENTE..**

# DISACCOUPIAMENTO



Ehi! Hai riattivato il **CHRONOTRON!**

Il livello si è abbassato.  
La temperatura della **MATERIA**  
è scesa al di sotto dei **3.000°**

Bravo!

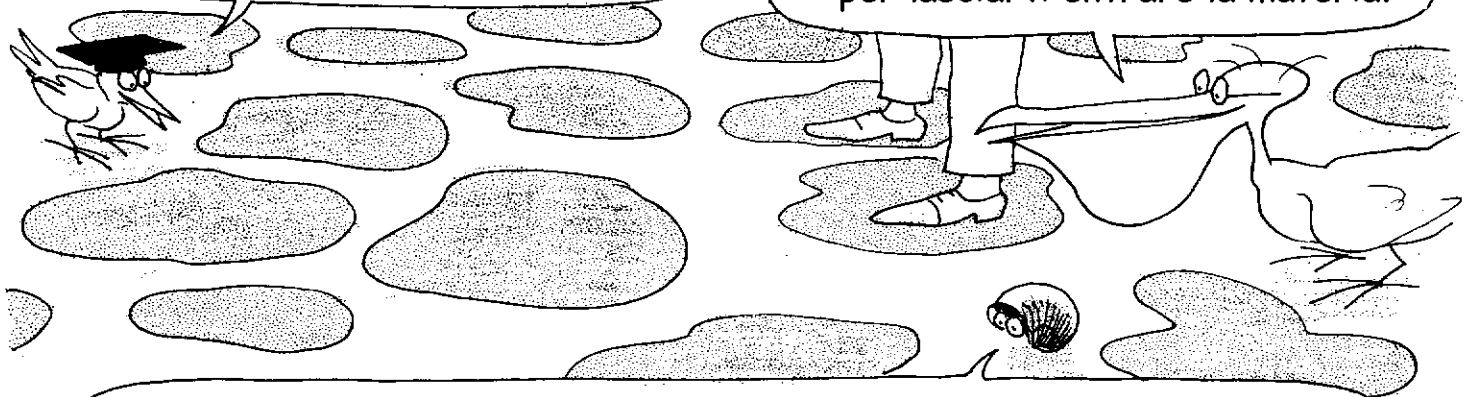
Abbiamo superato  
i **700.000** anni!

La **MATERIA** ora scivola sul **FONDO!**  
E' come se si fosse "scollata"...



E non è tutto. Ora la materia sembra essersi divisa in pozzanghere

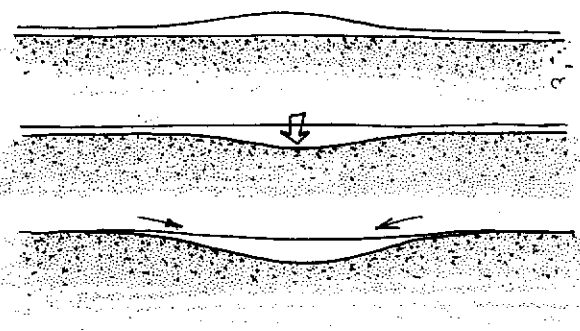
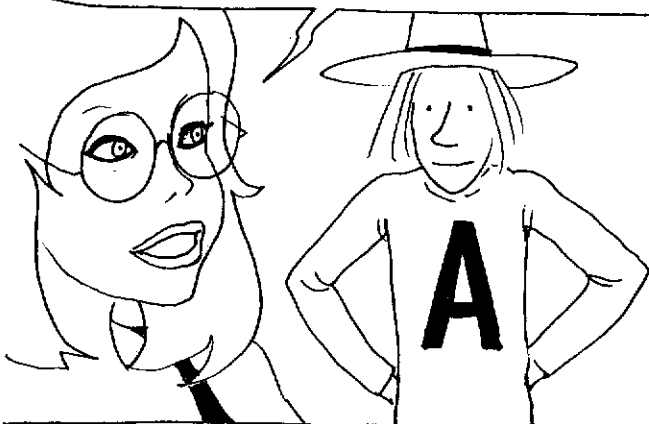
Il fondo è diventato più fluido e sembra che si sia affossato per lasciarvi entrare la materia.



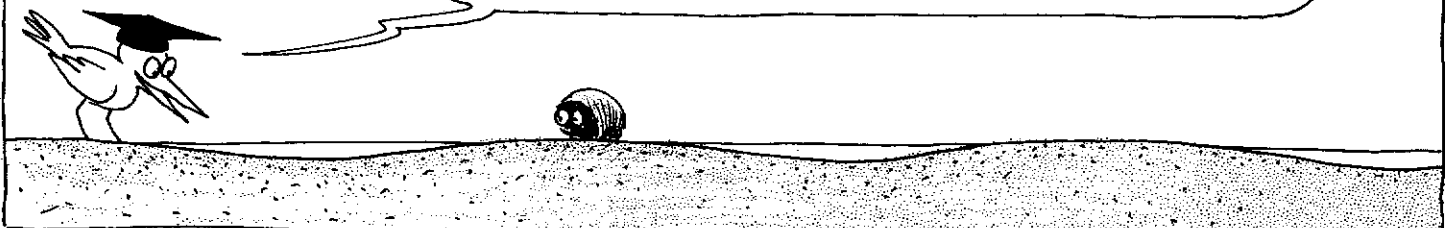
La fluido-materia è pesante. Schiaccia la superficie e la piega

# L'INSTABILITÀ GRAVITAZIONALE

È normale. Una grande concentrazione di materia pesa sullo spazio, **PIEGA LA SUPERFICIE** e la materia circostante viene attirata (\*)



Si formano così queste pozzanghere di **MATERIA CONDENSATA**.



(\*) Si è creato così un **CAMPO DI ATTRAZIONE GRAVITAZIONALE**.

Queste buche in effetti sono davvero poco marcate.

Sembra tutto stagnante

La schiuma è ancora troppo **COMPATTA** perché si possano formare delle buche più profonde. Anche le pozzanghere di grandi dimensioni creano solo delle piccole curvature. Bisognerà aspettare che l'Universo si espanda perché la superficie raggiunga la giusta elasticità...

... la **PRESSIONE DI RADIAZIONE** è ancora di tre decimillesimi di atmosfera

Tre decimillesimi d'atmosfera?! E questa a lei sembra una pressione eccessiva?

La **FORZA GRAVITAZIONALE** è talmente debole che questa pressione è sufficiente ad annullarne gli effetti.

Ah, è vero...  
Tra tutte le forze che animano l'Universo questa è la più debole.

La compattezza della schiuma (la pressione di radiazione) impedisce alla superficie di affossarsi e alla materia di condensare. L'espansione dell'Universo diminuisce questa capacità, questa pressione. Ma quanto tempo dovremo aspettare prima che la forza di gravità prevalga?

Circa 4,5 miliardi di anni



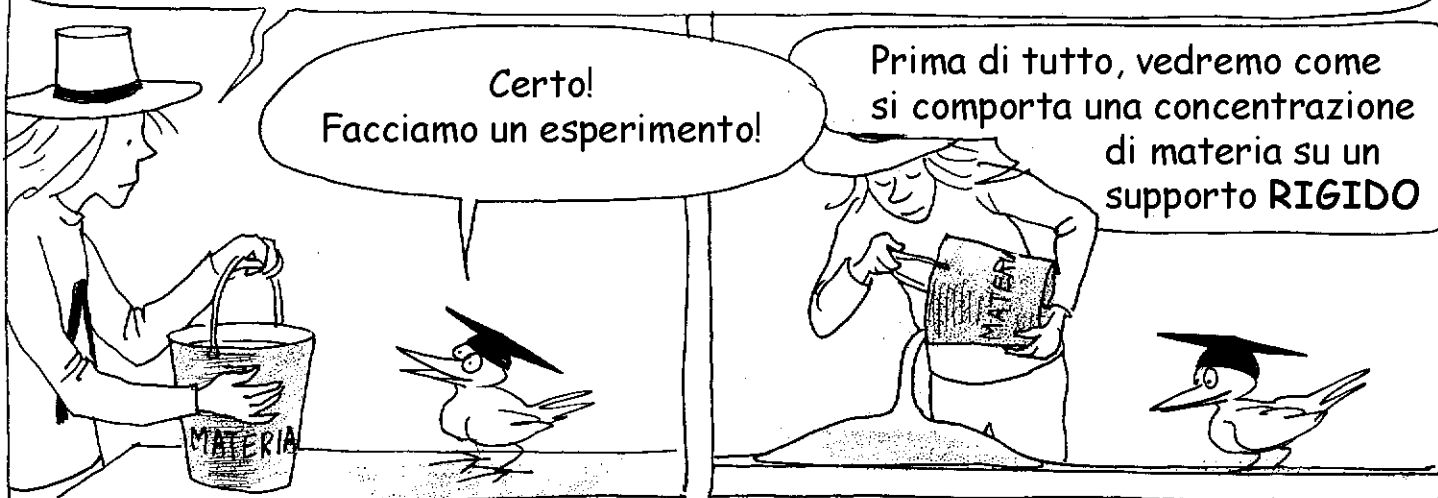
Nel frattempo, mi piacerebbe sapere perché queste pozzanghere hanno più o meno lo stesso diametro, e perché questo piuttosto che un'altro...

Queste condensazioni cosa rappresentano?

Da 10 a 100.000 masse solari

# LUNGHEZZA Di JEANS

E comunque, perché queste pozzanghere? Perché la superficie dell'Universo non rimane uniforme? Mi piacerebbe sapere il motivo di questo fenomeno



Ci mette un po' prima di stendersi e disperdersi completamente

È la **PRESSIONE** la forza che provoca la distensione della materia, che le fa occupare il maggior spazio possibile



Apparentemente, il tempo che si mette una pozzanghera a disperdersi e a raddoppiare la sua dimensione, è proporzionale al suo raggio iniziale

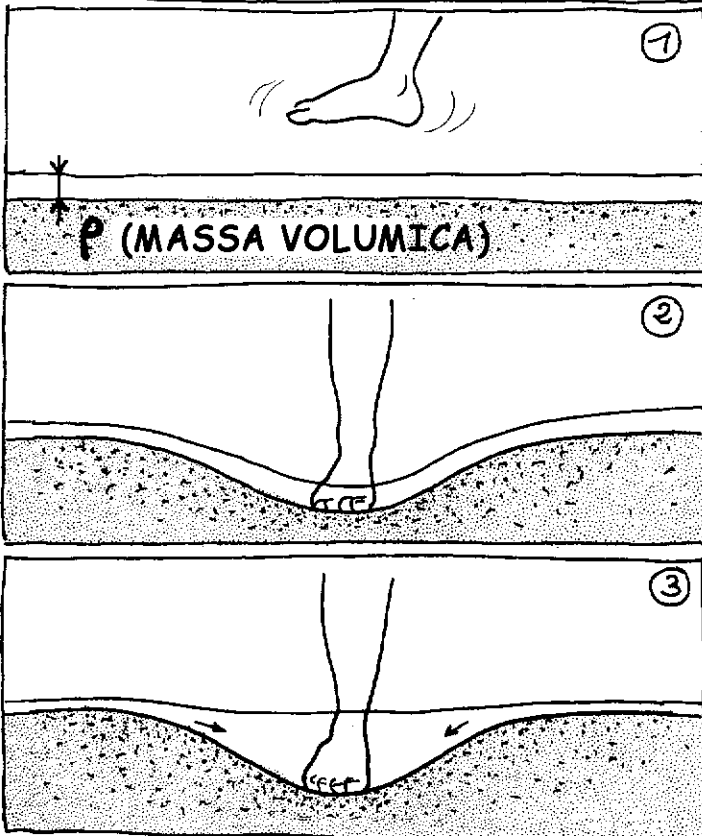
Inoltre, più è **CALDA** la materia, più **VELOCEMENTE** essa si disperde

E' ovvio.

Temperatura uguale pressione:  
più la zona circostante è calda e più  
le forze che agiscono, dette forze  
di pressione, sono intense.

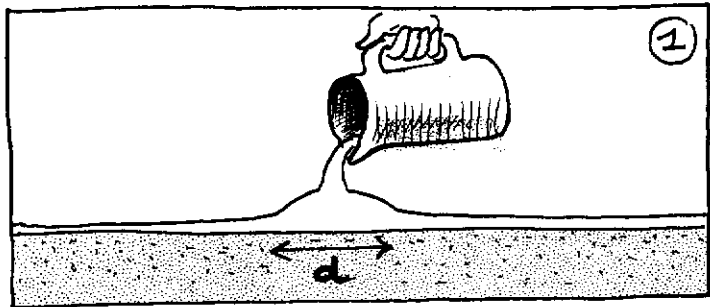
Accidenti!  
Lavori in corso!

Ora so come si disperde una pozzanghera di materia! Bene! Fase numero due: senza esercitare una **PRESSIONE ECCESSIVA**, provo ad accentuare artificialmente l'affossamento del supporto elastico.

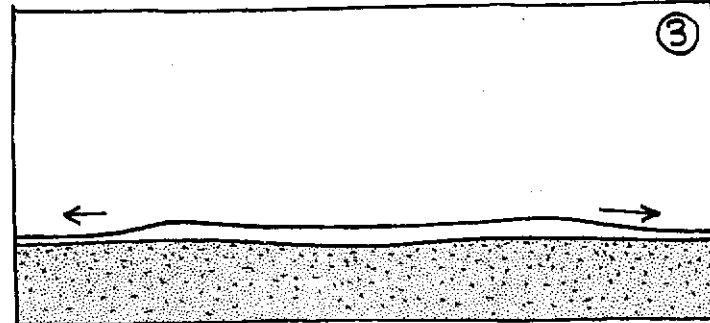
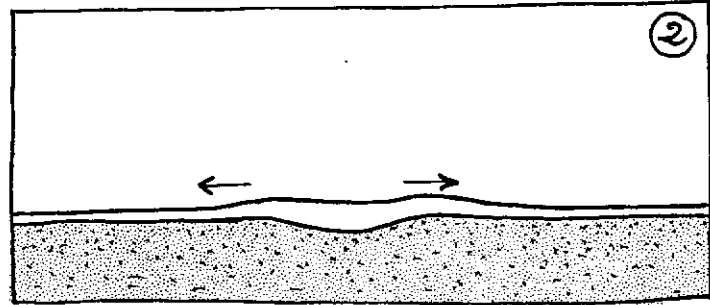


Questa depressione, creata artificialmente, si riempie in un tempo chiamato **TEMPO DI ACCREZIONE**: che diminuisce all'aumentare della densità (o massa volumica) del fluido.

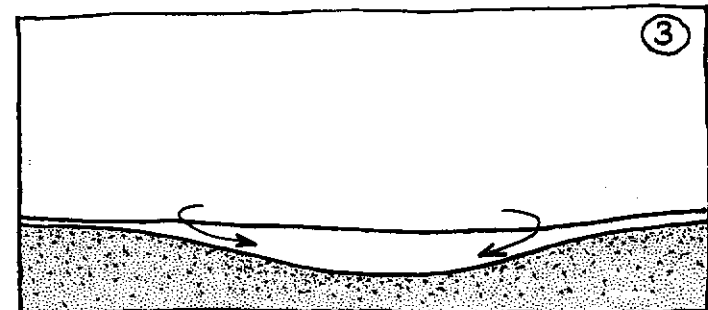
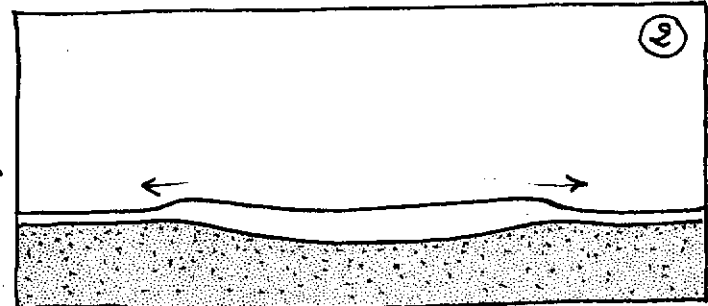
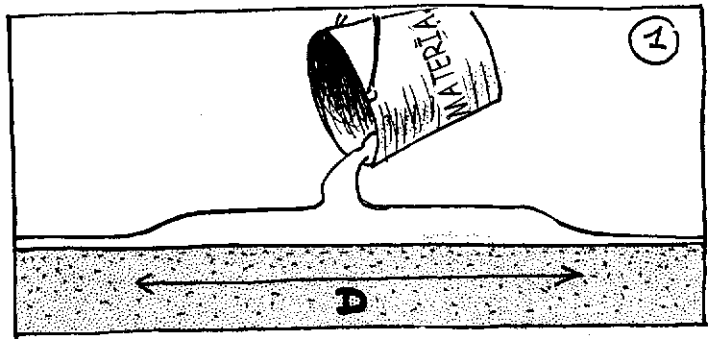
Ora dobbiamo solo combinare i due effetti



Una perturbazione di piccole dimensioni avrà un tempo di dispersione breve. Non avrà il tempo di allargarsi e l'affossamento si svuoterà più velocemente rispetto al tempo di riempimento.



Al contrario, una **GRANDE** perturbazione avrà un tempo di dispersione **MAGGIORE**. Si riempirà più lentamente rispetto al tempo di riempimento e avrà la tendenza ad espandersi.



Esatto!  
E' il **RAGGIO** (o lunghezza) di **JEANS** (\*),  
molto simile a quello delle pozzanghere  
che si sono formate.

Ok. Il fenomeno di  
**INSTABILITÀ GRAVITAZIONALE**  
provoca la frammentazione della  
materia in questi grumi che hanno  
lo stesso raggio di quello di Jeans.  
E allora?

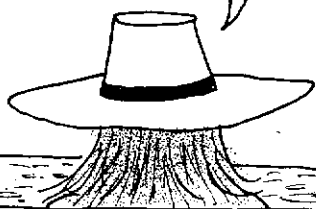
In questi grumi, la materia è compressa  
e rovente e ha una temperatura di **3000°**.  
Risultato: questa si ionizza e si arricchisce di  
elettroni liberi. Si realizza nuovamente  
l'accoppiamento tra materia e la **RADIAZIONE**  
**DI FONDO** e la materia torna  
ad incollarsi al "vuoto".

La materia cercherà di trascinare con sé il fondo, ossia  
il gas di fotoni. Ma la scarsa flessibilità della radiazione  
di fondo impedirà ai grumi di iniziare la condensazione.

Sarebbe a dire, l'Universo si gremisce di queste  
specie macchie a quasi **3000°** che contengono  
tra le 10.000 e 100.000 masse solari.

(\*) Sir James JEANS, astronomo inglese (1877-1946).

Bene, ora non vi saranno grandi sorprese. L'espansione allontanerà progressivamente i grumi gli uni dagli altri. Prima, l'Universo era un miscuglio d'atomi d'idrogeno e di elio, ora invece ha le sembianze di un'emulsione che si estende a macchia d'olio.

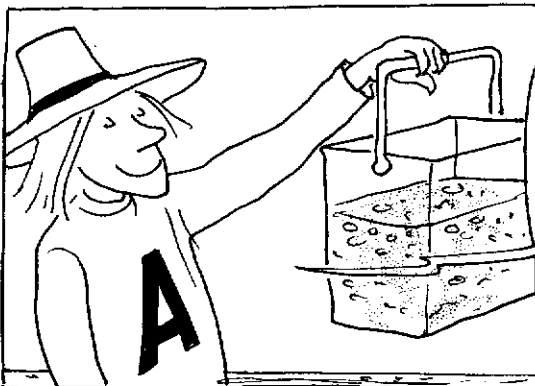
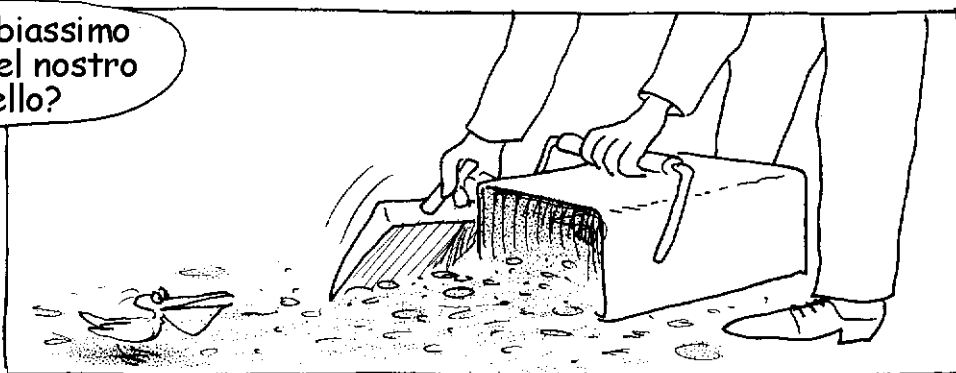
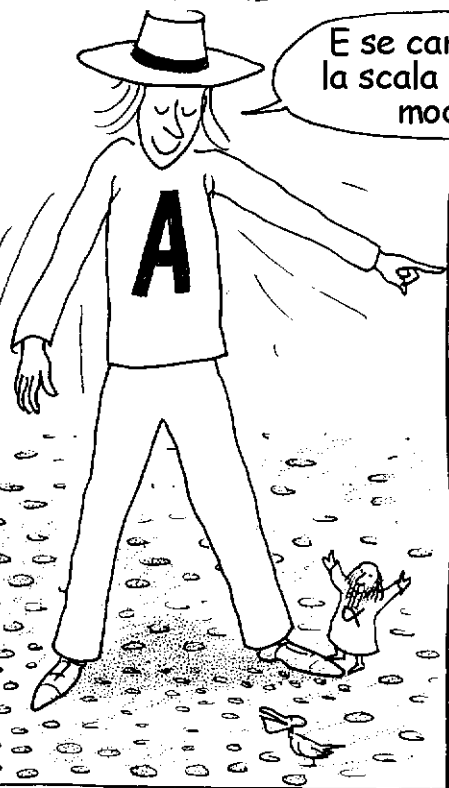


Oh Universo,  
valle di lacrime...



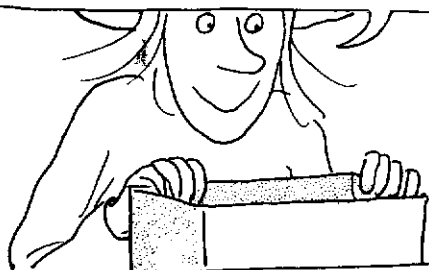
# IL MACROCOSMO

E se cambiassimo  
la scala del nostro  
modello?



Ora la materia  
appare come  
un'emulsione  
di grumi

La verso su un supporto rigido e calcolo il tempo di dispersione.  
Farò poi lo stesso su una superficie flessibile...



In altre parole,  
ripeterai gli esperimenti fatti  
finora ma su larga scala



Il nuovo ambiente possiede una propria temperatura, come si vede dalla velocità di agitazione dei grumi (\*)

Quindi, ad una scala più grande, ha una capacità di frammentazione diversa

Ed ecco come si formano le **GALASSIE**. Bello, no?

Cambiamo scala ancora una volta

Semplice! Ora questo fluido, come un'emulsione di galassie, creerà un nuovo fenomeno di **FRAMMENTAZIONE** ad una scala ancora più grande

Questa frammentazione produrrà gli **AMMASSI DI GALASSIE**

(\*) La **TEMPERATURA** è la misura dell'energia cinetica media dei moti di agitazione degli elementi in un fluido.



Grumi di atomi  
ionizzati a  $3000^\circ$ .  
Da 10.000 a 100.000  
masse solari

L'Universo è il luogo  
in cui avviene il fenomeno della  
**FRAMMENTAZIONE GERARCHICA**

Immagino che questo continui all'infinito

Invece NO!

E perché?

Se LOCALMENTE  
creo una pressione,  
un affossamento  
nel supporto...

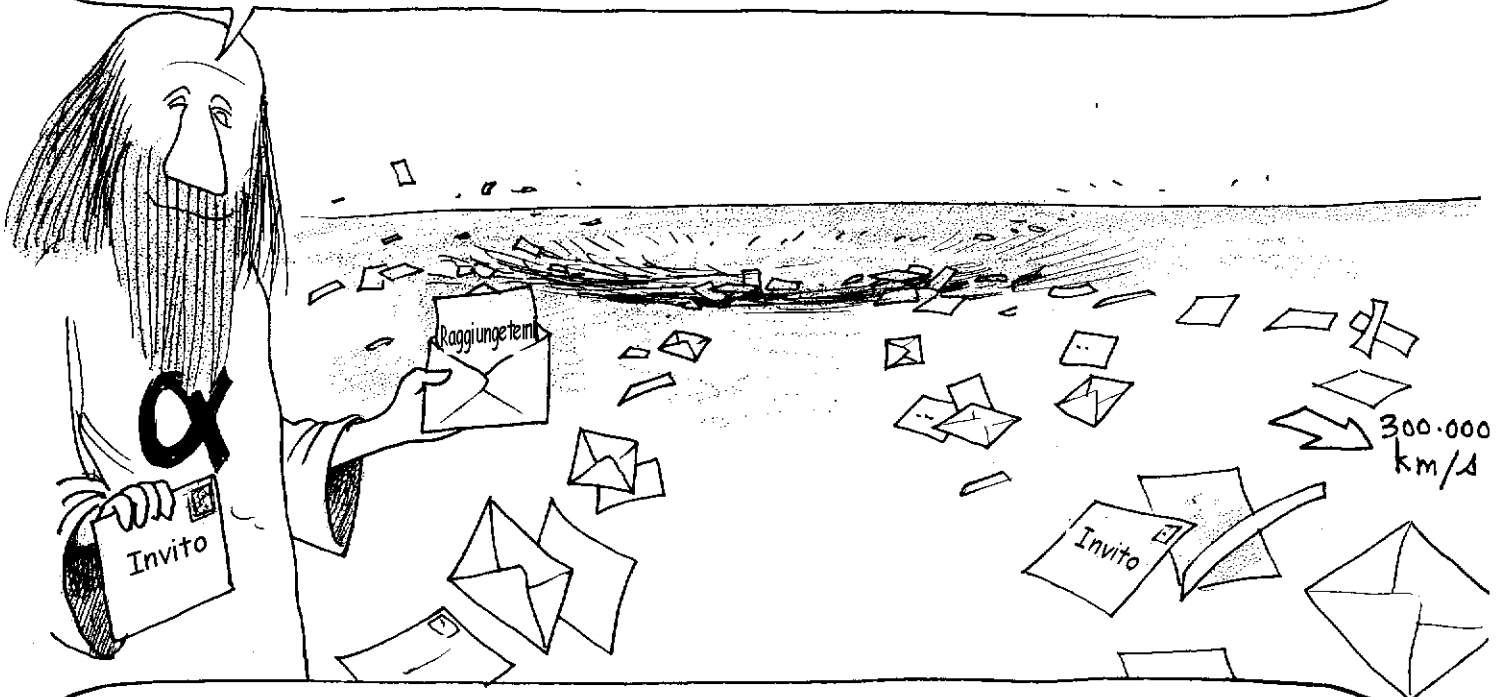
... questa **CURVATURA** si propagherà  
tutt'intorno ad una velocità  
di 300.000 km/s

Ma allora...  
È la luce che si propaga?

No, è una curvatura,  
un'onda gravitazionale

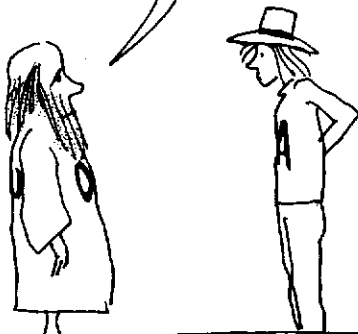
Il **CAMPO GRAVITAZIONALE** si propaga  
alla stessa velocità di quella della luce

Grazie alla propagazione dell'onda,  
la materia condensata "invita" la materia circostante a raggiungerla

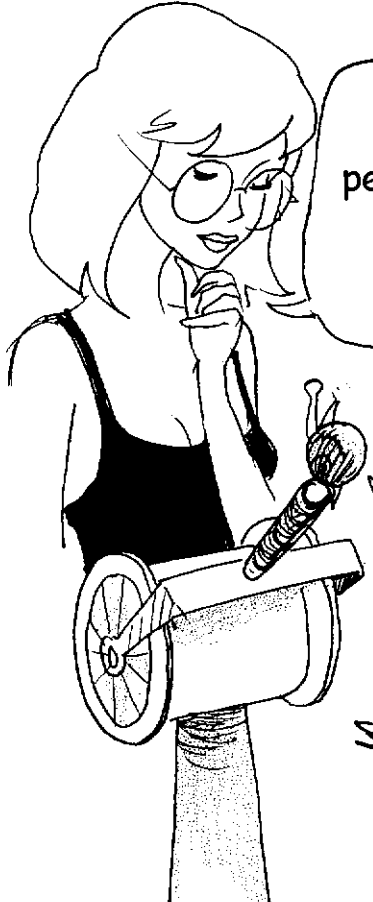


Al prodursi di un fenomeno di instabilità gravitazionale  
in una zona di diametro  $D$ , questo sarà obbligatoriamente inferiore a  $Ct$ ,  
in cui  $C$  indica la velocità della luce  
e  $t$  l'età dell'Universo.

Perché ha detto  
obbligatoriamente?

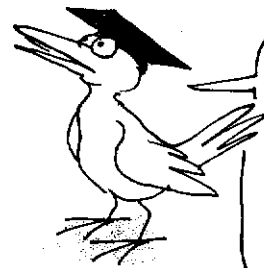







Ho capito. Supponiamo che tu voglia invitare, per posta, alcune persone ad una riunione che si terrà tra 4 giorni. Per ragione di tempo, potrai invitare solo chi risiede nel nostro territorio perché l'invito non arriverà mai all'estero in tempo.

E' ovvio! Non si può pensare di invitare delle persone ad una riunione se i giorni per la spedizione superano quelli che ci separano dall'incontro.



Il **CHRONOTRON** ora indica 100 milioni di anni. **QUINDI** le strutture più vaste del periodo non dovevano avere un diametro superiore ai cento milioni di anni luce. Potremmo al massimo parlare di **AMMASSI di GALASSIE**



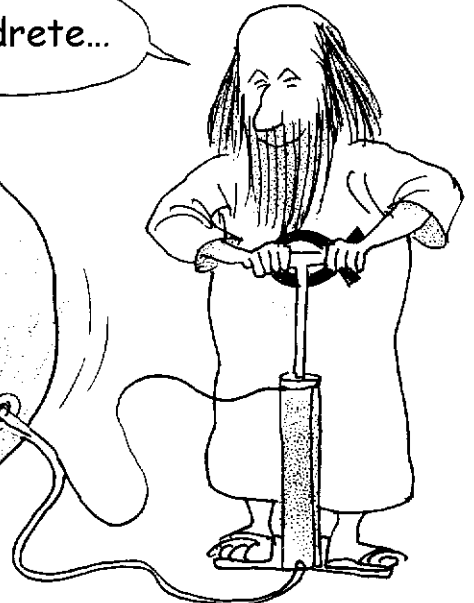
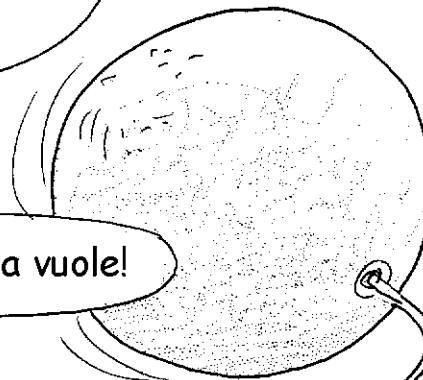
Coloro che avranno la pazienza di attendere una decina di miliardi di anni potranno assistere alla formazione dei **SUPERAMMASSI** (ammassi di ammassi di galassie)

Ma l'Universo è in **ESPANSIONE**. Globalmente si espande e localmente si restringe...

Ora vedrete...



Insomma, non sa cosa vuole!

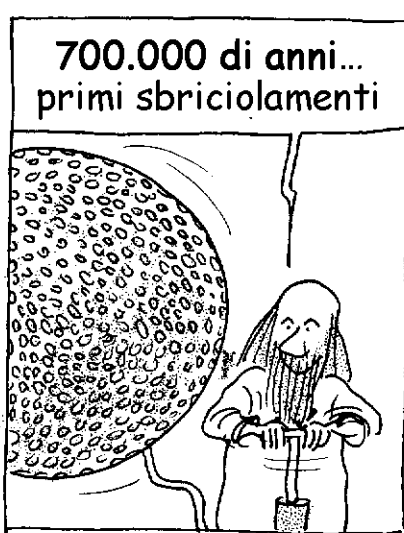




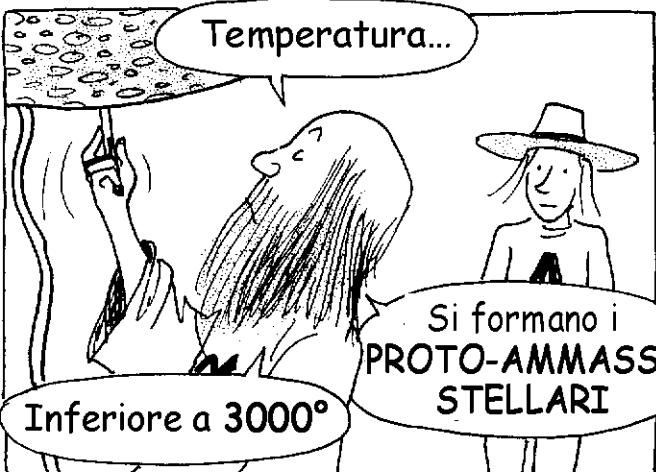
100.000 di anni,  
l'Universo è caldo e  
liscio come un uovo



Lo gonfio  
un po'...



700.000 di anni...  
primi sbriciolamenti



Temperatura...

Inferiore a 3000°

Si formano i  
**PROTO-AMMASSI  
STELLARI**



Cento milioni di anni

Ecco che si  
sbriciola ancora



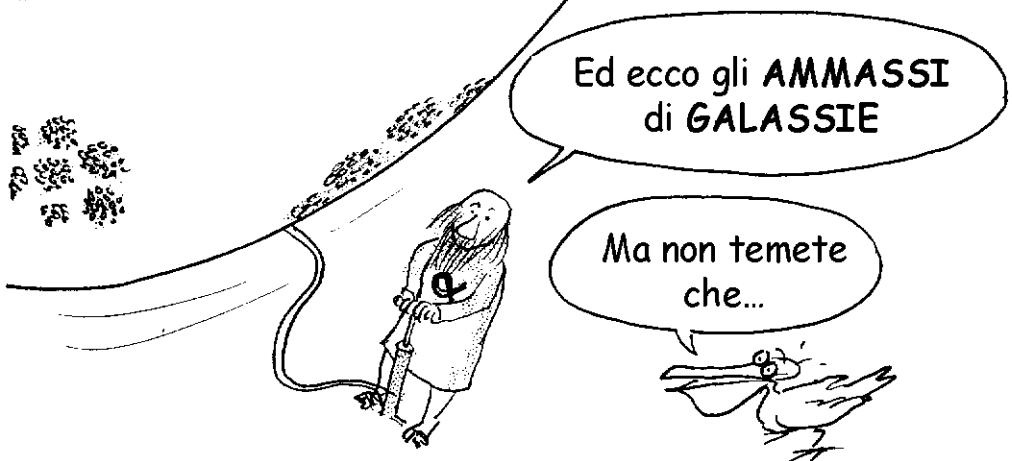
Queste sono  
le **GALASSIE**

Continuate a gonfiare!  
È affascinante



Ehi! L'Universo continua a sbriciolarsi!

Come se si rifiutasse  
di diventare grande



Ed ecco gli **AMMASSI**  
di **GALASSIE**

Ma non temete  
che...





AMMASSI DI GALASSIE  
ESPERIMENTO IN CORSO

Noi ci troviamo a  $t = 500$  milioni di anni.  
Le galassie sono già formate e sono costituite da grumi di gas di  $3000^\circ$ , proto-ammassi stellari che sono stipati a loro volta in questi buchi: gli ammassi di galassie. Qui le galassie si comportano come delle molecole di gas mosse da moti aleatori

L'Universo è ancora molto compresso, perciò le galassie interagendo tra loro, subiranno delle **COLLISIONI**

# EFFETTI DI COLLISIONE

Guardate! Queste due galassie, o meglio **PROTO-GALASSIE**, si stanno per scontrare

Ora vengono unite da una specie di ponte

Il ponte si è rotto

Questo scontro ha provocato dei movimenti di **ROTAZIONE** nelle **GALASSIE**

La stessa avviene nei GAS.

Sia in grande che in piccola scala, le leggi sono le stesse. Le **COLLISIONI** mettono in **ROTAZIONE** le **GALASSIE-MOLECOLE**. L'energia delle galassie si distribuirà in parti uguali in **ENERGIA DI TRASLAZIONE** ( $1/2mv^2$ ) e in **ENERGIA DI ROTAZIONE**. Questa situazione di equipartizione delle energie, o **EQUILIBRIO TERMODINAMICO**, è quella verso cui il fluido tende naturalmente (\*)

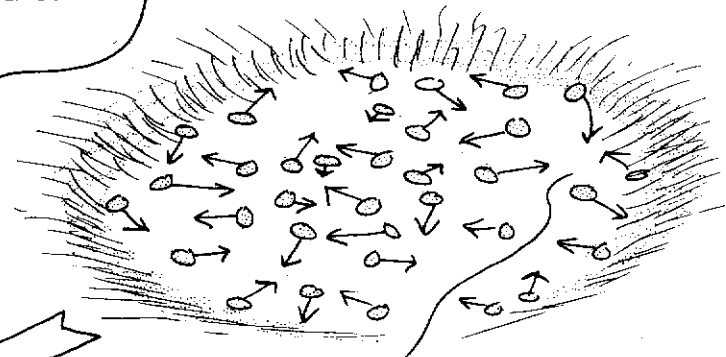
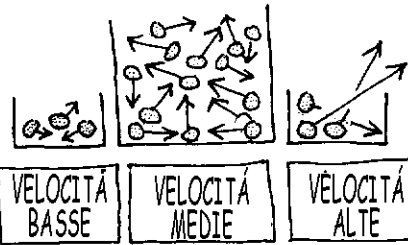
Ossia, sarebbero gli scontri tra galassie a **CREARE** i moti rotatori?

Solo inizialmente. Nelle galassie giovani le collisioni sono più frequenti. Ma a breve, l'**ESPANSIONE COSMICA** le allontanerà così tanto che gli incontri diventeranno rarissimi.

In altre parole, il movimento di rotazione che osserviamo ai nostri giorni non è che il ricordo di un'epoca ormai lontana in cui l'Universo, **PIÙ DENSO**, formava un **INSIEME COLLISIONALE**.

(\*) Secondo principio della Termodinamica.

Gli elementi posseggono delle **VELOCITÀ** di **AGITAZIONE** molto vicine al valore medio. Le collisioni creano, nel tempo, elementi velocissimi ed altri lentissimi



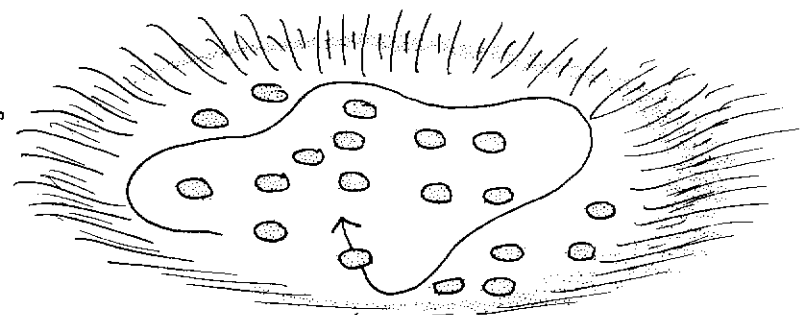
CIAO CIAO!

Gli elementi che hanno acquisito una velocità super rapida riescono ad uscire dalla cavità per lasciare l'ammasso. Questo avviene quando la loro velocità supera la **VELOCITÀ DI FUGA DELL'AMMASSO**.



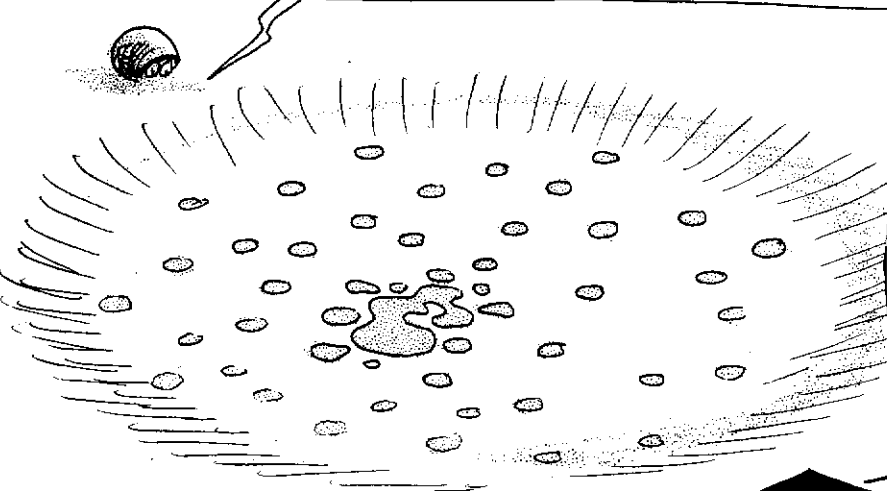
Creandosi continuamente e generando altre collisioni tra elementi super rapidi, il **SISTEMA AUTO-GRAVITANTE** avrà una tendenza a perdere, più o meno velocemente, i suoi elementi (\*)

La maggioranza degli elementi si accontenterà di entrare ed uscire dalla cavità

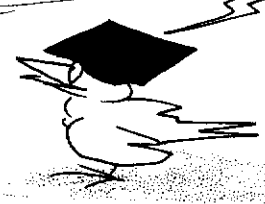


(\*) Questo TEMPO di EVAPORAZIONE è proporzionale alla massa dell'ammasso.

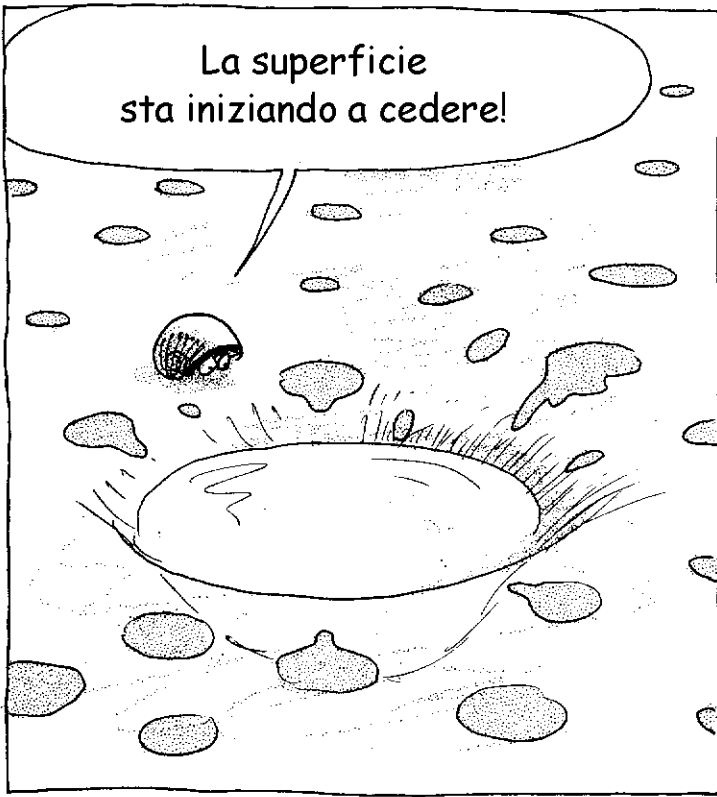
Al contrario, la stessa combinazione di collisioni creerà degli **ELEMENTI SUPER LENTI** che tenderanno a "cadere" all'interno del **SISTEMA AUTOGRAVITANTE COLLISIONALE** e ad "agglutinarsi". Il centro degli **AMMASSI COLLISIONALI** (in cui si producono gli scontri tra gli elementi) tenderà sempre più ad arricchirsi di elementi **MASSIVI**.



Guardate adesso cosa avviene al centro di questi **AMMASSI di GALASSIE**: le galassie **LENTE** si uniscono per formare una **GALASSIA CARNIVORA!**



La superficie sta iniziando a cedere!



Oh oh sembra che stia crollando!



# i BUCHI NERI

Max aiuto! STA CROLLANDO!

Diamine  
Tiresia!  
Reggiti forte!

**CRACKKKK**

Il mio guscio  
sta scricchiolando, veloci!

Non molto lontano...  
Lo sentite anche voi?

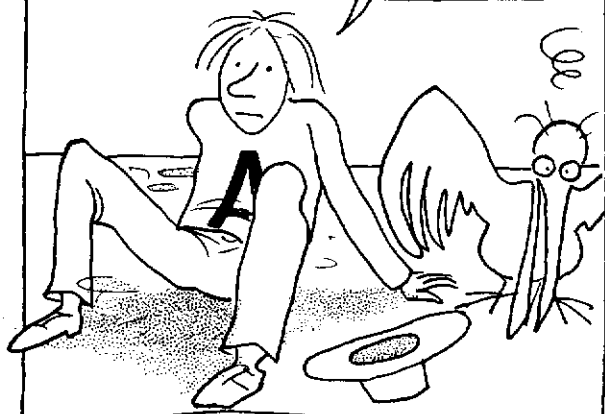
Che cos'è?  
Un terremoto?

La superficie è scossa  
da oscillazioni ampie, come da delle onde!

Deve essersi  
verificato qualche  
**CEDIMENTO** da  
qualche parte...

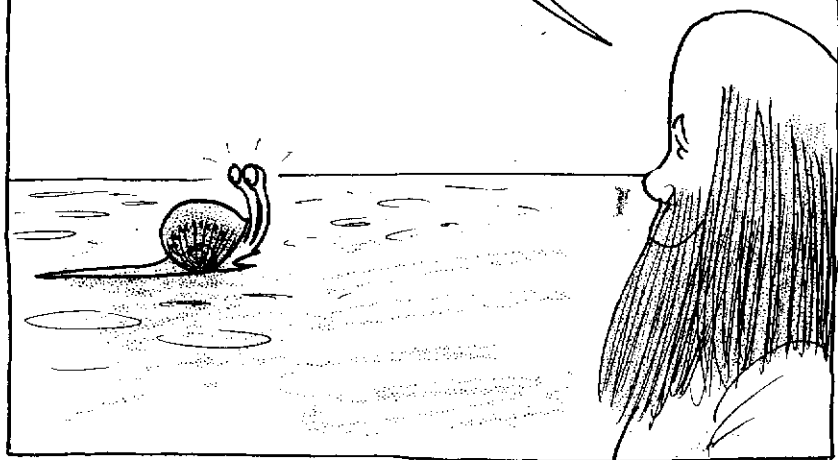
Queste sono onde di curvatura,  
dette anche **ONDE GRAVITAZIONALI**

Sembra che abbia smesso

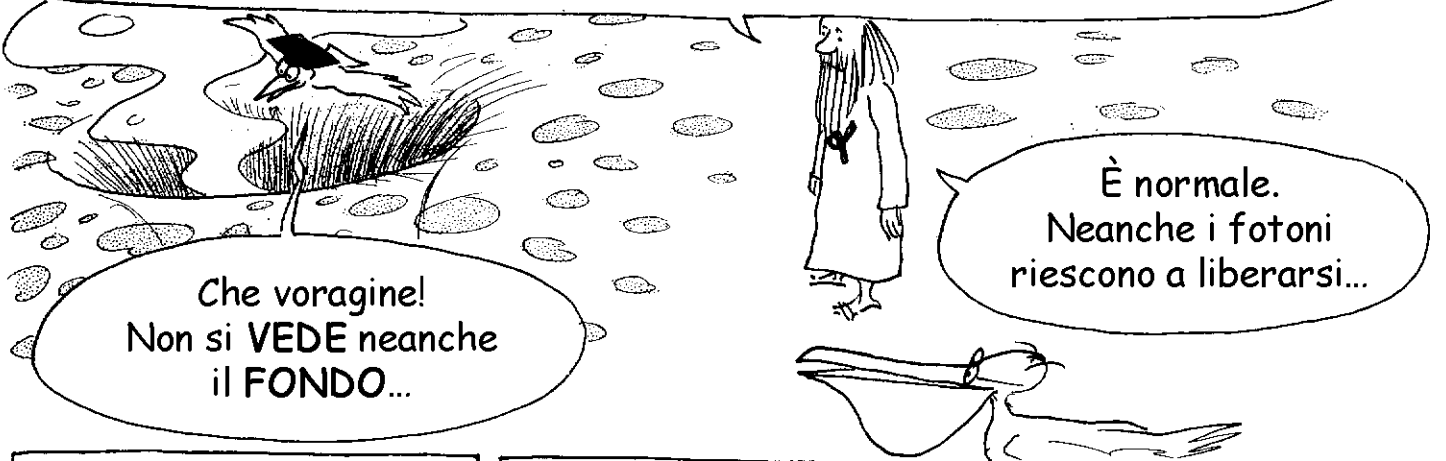


Ecco qua Max e Tiresia che tornano

Sembra che il nostro amico sia scampato per un pelo a un **BUCO NERO**



La superficie del pianeta Universo non è a prova di bomba, ahimè. Se caricata troppo, cede...



Che voragine!  
Non si **VEDE** neanche il **FONDO**...

È normale.  
Neanche i fotoni riescono a liberarsi...

È stato il **CEDIMENTO** a creare le **ONDE GRAVITAZIONALI**, poco fa...

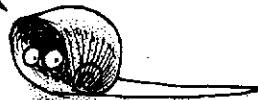
strana cosa, questa

Non ti avvicinare!

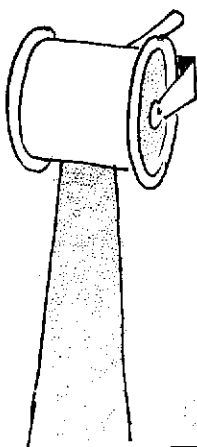
Non riuscirò mai ad uscire. **TUTTA LA MIA ENERGIA** si sta esaurendo



In conclusione, non solo l'Universo sembra essere sul punto di cedere ma inoltre, dal punto di vista impermeabilità, è uno zero!



# IL GRANDE FUOCO D'ARTIFICIO



Il **CHRONOTRON** indica che sono già passati alcuni miliardi di anni. L'universo è frammentato e le **COLLISIONI** hanno messo le **GALASSIE** in **ROTAZIONE**.



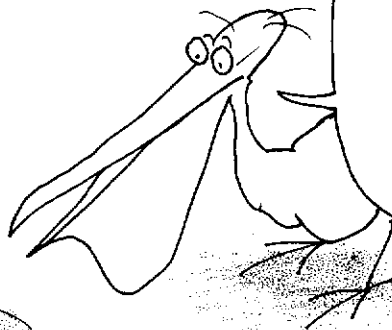
L'**ESPANSIONE** ha allontanato questi oggetti gli uni dagli altri, tanto che ora si ignorano completamente

In queste **PROTOGALASSIE**, l'elemento principale è la concentrazione di atomi ionizzati, detta **PROTO-AMMASSO STELLARE**. La sua temperatura si avvicina a  $3000^\circ$  e la sua "aderenza" alla **RADIAZIONE DI FONDO** ne rende impossibile il cedimento

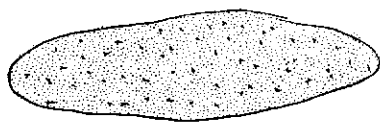
Se qualcuno contemplasse ora l'Universo, vedrebbe delle nuvolosità molto tenui, che diffondono una luce soffusa...



La superficie è diventata più flessibile.  
L'espansione dell'Universo ha ridotto drasticamente la **PRESSIONE DI RADIAZIONE**



Come farà la **CONDENSAZIONE DELLA MATERIA** a riprendere un giorno?  
Se i grumi si condensano e la loro temperatura sale automaticamente oltre i **3000°**, l'aderenza al **FONDO** durerà in eterno e questo rimarrà sempre preso in questo processo di condensazione, no?

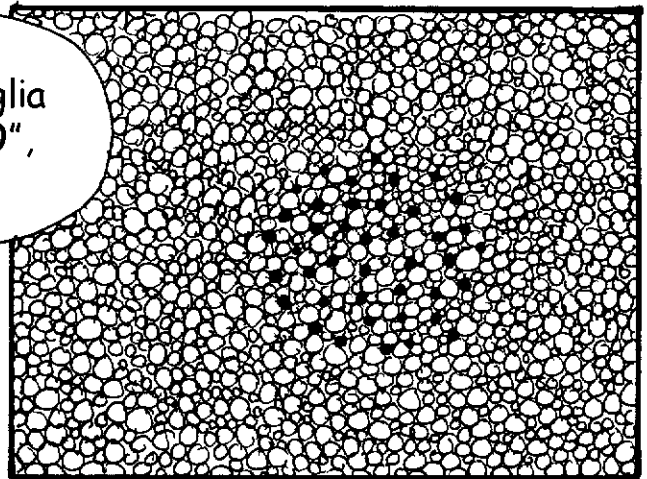


**PROTO-AMMASSO STELLARE**

Esattamente Leone. Ma ora le forze di gravità all'interno dei proto-ammassi sono in grado di "comprimere il **VUOTO**" costituito da fotoni molto poco energetici



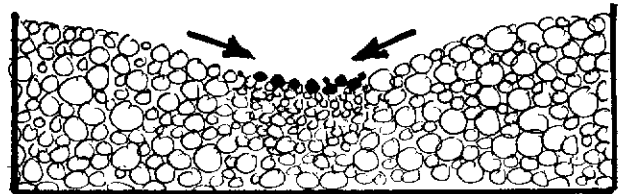
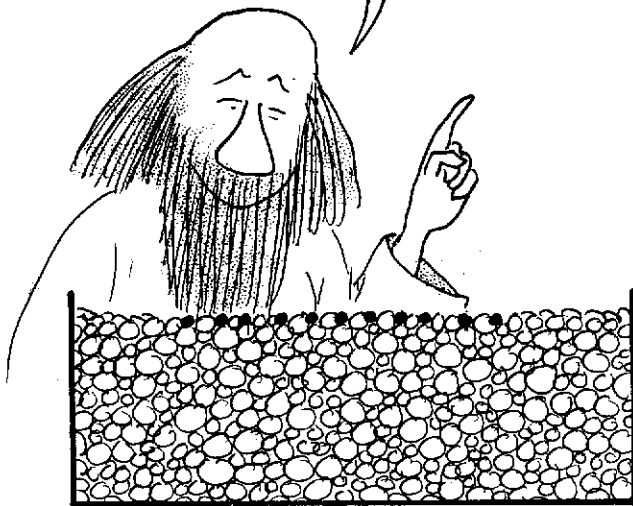
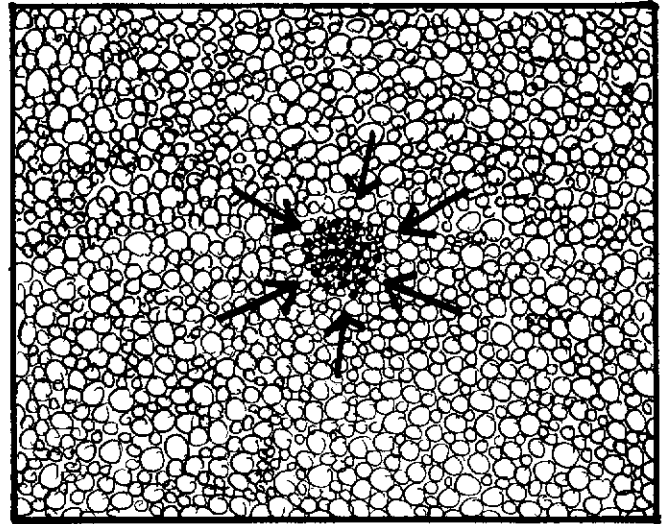
La regione in cui si trova il grumo, il **PROTO-AMMASSO STELLARE**, assomiglia ad un miscuglio di **MATERIA** e di "**VUOTO**", ossia di fotoni originali. L'insieme ad una temperatura di **3000°**.



E quando si condenserà...?



La materia non scivolerà sullo spazio (la radiazione cosmica di fondo), ma bensì la trascinerà con se, in questo modo.



Un momento! Questo avverrà quando la pressione di radiazione scenderà al di sotto di un certo valore critico. Se non mi sbaglio questo avverrà nello **STESSO ISTANTE** in tutto l'Universo

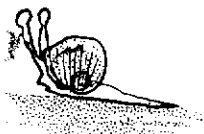
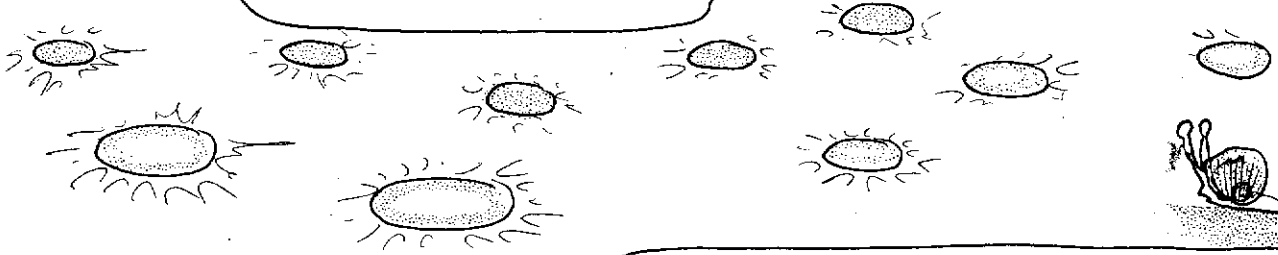
Sarà il **FIAT LUX** (\*).  
Prendete questi occhiali,  
manca poco...

Devo ammettere che sono assai  
soddisfatto da questo gadget che  
permette di dare il via in un colpo solo  
nell'intero universo.

È bellissimo! Sta iniziando ora!



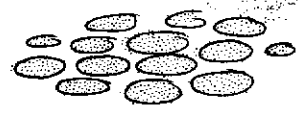
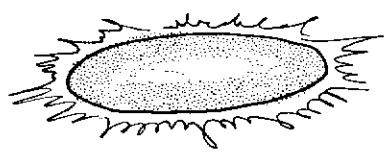
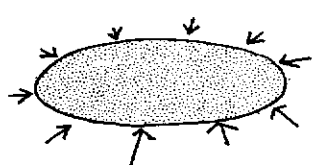
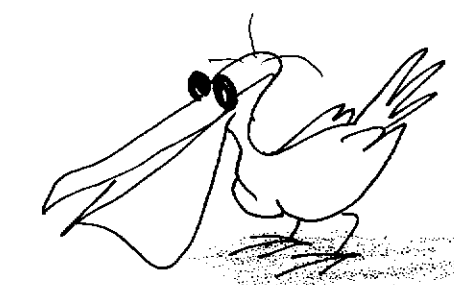
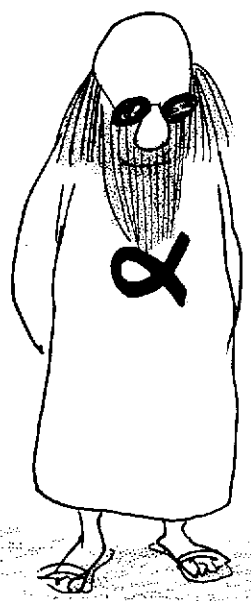
**I PROTO-AMMASSI SI RESTRINGONO.**  
 La loro temperatura si alza e gli atomi rilasciano molta energia in ultravioletti che riesce a lasciare l'ammasso.



Toh, i **PROTO-AMMASSI STELLARI** si stanno frammentando

Perché?

Sotto l'effetto delle forze di gravità, la materia tenderà a **FRAMMENTARSI** in "cellule" con un raggio uguale a quello di **JEANS**. Quest'ultimo aumenta all'aumentare della temperatura. Se questa cala bruscamente, il raggio di Jeans diminuisce diventando inferiore al raggio dell'oggetto. Si verifica quindi, una frammentazione istantanea.



Il grumo si contrae e si riscalda

Bruscamente, emette radiazioni UV

Questo lo raffredda e così si frammenta

Assistiamo quindi ad un fenomeno di **FRAMMENTAZIONE GERARCHICA**, ma in senso opposto

Fino a quando durerà la cosa?

# LA FUSIONE

Il modo più semplice è fare l'esperimento. Metto un po' di materia in questo cilindro; la comprimo per bene; e ora si vede...

Già capito

# BUMMM

Cos'è successo?

**FUSIONE**, amore, fusione. Se si comprime dell'idrogeno i nuclei fondono e questo scatena l'energia. Se tu me lo avessi chiesto prima...

Guardate che potenza esplosiva!

Le stelle si accendono

Durerà molto?

A questa velocità quei giovincelli saranno presto a corto di idrogeno, ma tutto ciò si calmerà presto

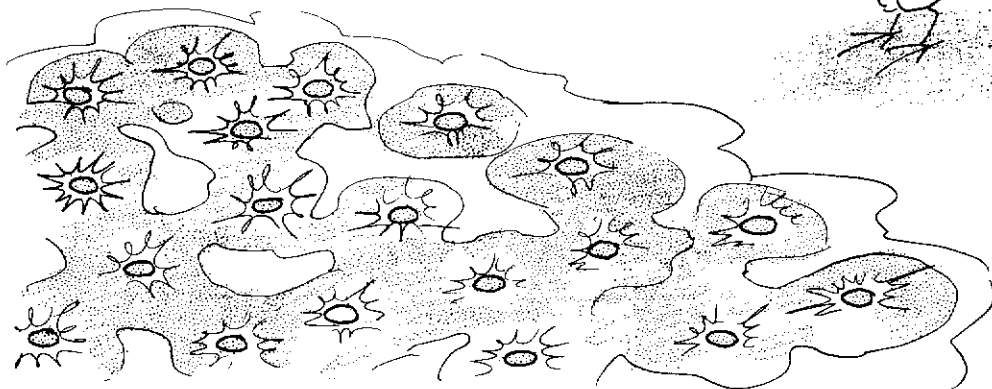
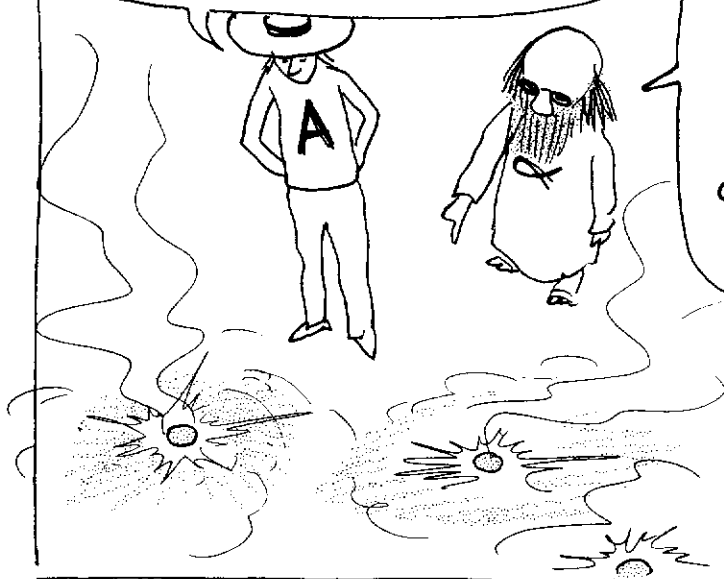
Ora sono più tranquillo!



E così tutta la materia si trasforma in stelle?

Non esattamente. Quando nasce una stella, questa emette continuamente delle radiazioni e della materia. Così facendo, riscalda (e quindi, stabilizza) la materia circostante disgregando ciò che lì intorno stava formandosi a fatica

In altre parole, in questa fase la **GALASSIA** è un miscuglio di stelle molto emmissive e di **GAS RESIDUO**



Le stelle sprigionano dell'energia e riscaldano il gas aumentando così la sua **PRESSIONE**...

**GALASSIA**

e queste **FORZE DI PRESSIONE** dilatano l'alone gassoso

**GAS**

**GALASSIE DI STELLE**

Questa "**ATMOSFERA GALATTICA**" va ben oltre la "**GALASSIA DELLE STELLE**"

**GAS RESIDUO**

Questa galassia molto massiva (mille miliardi di stelle) sembra aver completamente perso il suo gas. Perché?

E' vero! Dov'è andato a finire il suo **GAS RESIDUO**?

Forse non ne avrà avuto...

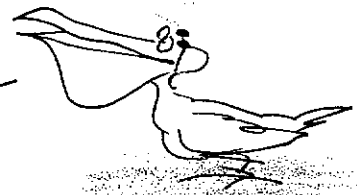
Ora si è calmato. Ma quando i mille miliardi di stelle di questa galassia si sono tutte accese assieme sembrava di essere in un **FORNO**

Così la **VELOCITÀ D'AGITAZIONE TERMICA** (\*) si è propagata a molte centinaia di km/s, un valore superiore alla **VELOCITÀ DI LIBERAZIONE**.  
Tutti gli atomi del gas residuo hanno così lasciato la galassia.

Come se le **FORZE DI PRESSIONE** avessero espulso il gas fuori da questa buca.



Suppongo che esso finirà per tornarci dentro?



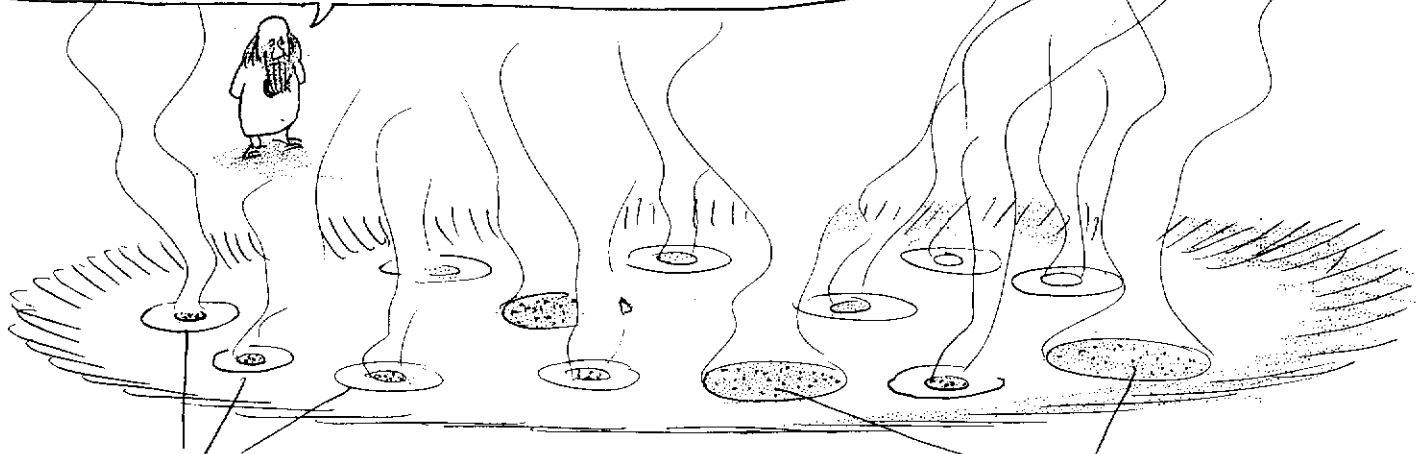
Le particelle di gas residuo, in questo caso, hanno acquisito troppa velocità e si sono allontanate troppo. Non torneranno mai più. Inoltre, espandendosi, il gas è diventato estremamente rarefatto.

Questo vuol dire che gli atomi non si scontreranno più e che conserveranno per sempre la loro velocità.





Tutte le galassie di un **AMMASSO** si trovano dunque immerse in questo ambiente diffuso, a qualche milione di gradi, e molto rarefatto creato dalle galassie pesanti.



GALASSIE LEGGERE

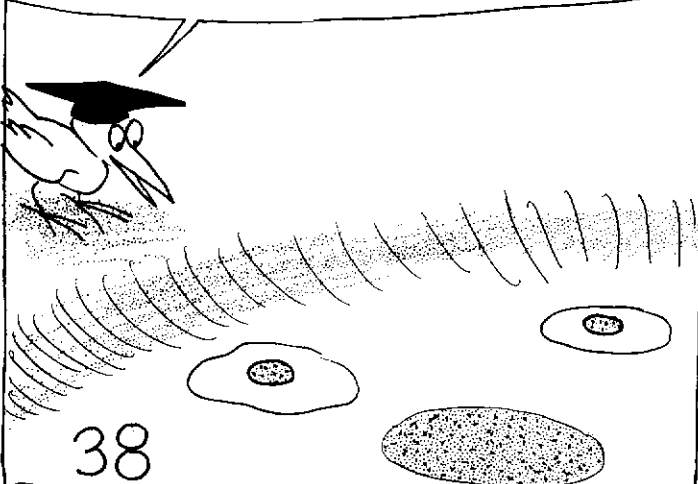
GALASSIE PESANTI

Le galassie leggere sono dei "forni" meno violenti e conservano il loro gas.

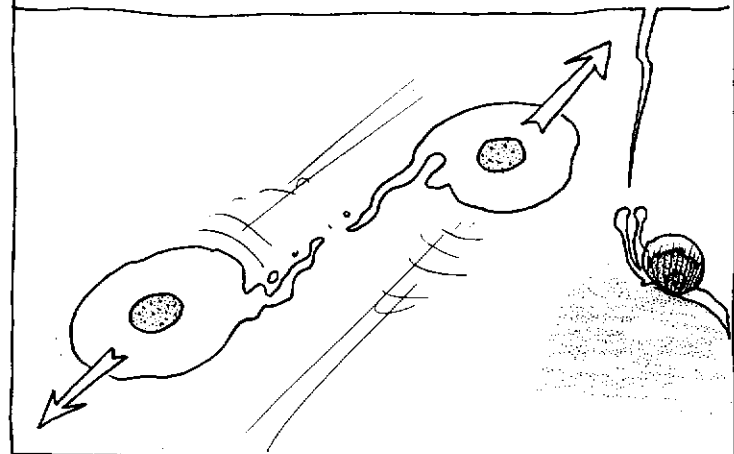


Queste si trasformano nella depressione-ammasso come delle uova in un tegame caldo.

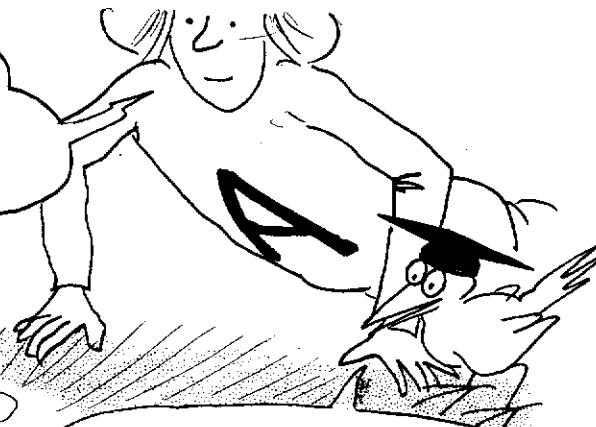
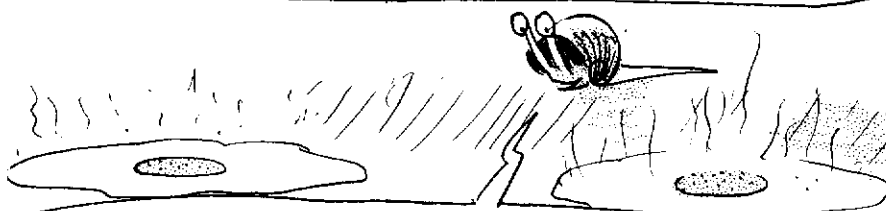
Le galassie leggere hanno un albume e un tuorlo mentre quelle pesanti, dette **ELLITTICHE**, non hanno che un grosso tuorlo.



Gli aloni di gas residuo delle galassie leggere aumentano la possibilità di questi oggetti di interagire. Il movimento di rotazione degli aloni del gas è più accentuato.



Le stelle si sono calmate moltissimo.  
Ora, contrariamente a quello che erano alla loro nascita, sembrano delle semplici braci.



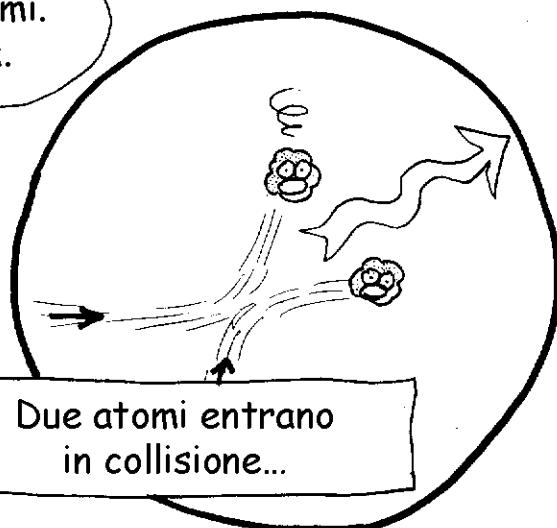
Se avessero continuato come all'inizio non sarebbero durate a lungo.

Il gas residuo delle galassie leggere emette una radiazione

Da dove viene questa radiazione?



Dagli atomi.  
Guarda.



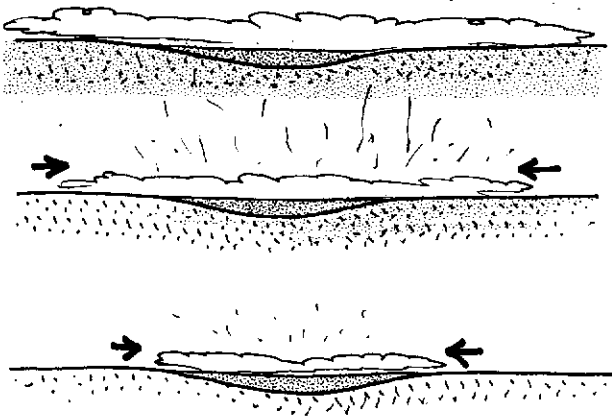
Due atomi entrano in collisione...

... e questo crea un'emissione di radiazione. In questa operazione, una parte dell'energia cinetica degli atomi si è convertita in energia raggiante.

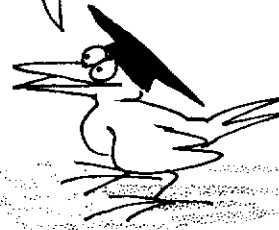
La velocità di agitazione termica degli atomi diminuisce. Questa massa gassosa si **RAFFREDDA** e chi dice **TEMPERATURA** dice **PRESSIONE**.



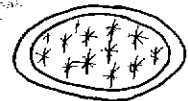
RAFFREDDAMENTO RAGGIANTE DEL GAS



La forza di pressione si indebolisce, il gas residuo, **INTERSTELLARE**, torna saggiamente al suo posto nella "cavità-galassia".



L' "albume" è tornato sul "tuorlo"

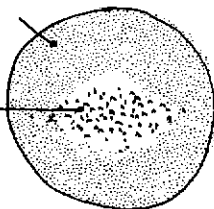


IL **MODELLO** qui presentato è una descrizione a **DUE DIMENSIONI** (essendo la terza dimensione utilizzata per rappresentare la curvatura, il campo gravitazionale, ecc...). Le **GALASSIE** sono degli oggetti tridimensionali. Le galassie, immobili o in minima rotazione, avranno una forma simile ad una **SFERA**. Le galassie in rapida rotazione saranno, al contrario, piatte come delle crêpe. La nostra **VIA LATTEA**, compie un giro su se stessa ogni 200 milioni di anni.

Quando il gas residuo ripiomba sulla sua galassia, la forza centrifuga ne impedisce la contrazione in senso radiale. Quindi, secondo l'asse di rotazione, niente si opporrà alla contrazione. Il gas interstellare, nelle galassie, avrà la forma di un **DISCO MOLTO APPIATTITO**:

GAS CALDO

STELLE



GAS FREDDO

STELLE



*La Direzione.*

Se ho capito bene nell'Universo ci sono essenzialmente due tipi di galassie:

- le galassie pesanti, ellittiche, praticamente sprovviste di gas.

- le galassie più leggere, da 10 a 100 miliardi di stelle che si presentano come un **MISUGLIO** di due gas: il **GAS DI STELLE** e il **GAS INTERSTELLARE**.

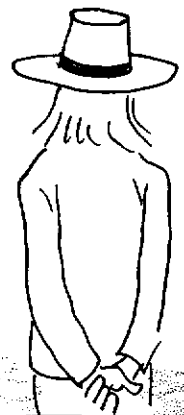
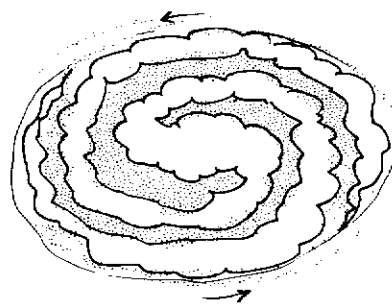
La **ZUPPA STELLARE** contiene una così grande quantità di stelle che queste possono essere assimilate alle **MOLECOLE DI UN "GAS DI STELLE"**

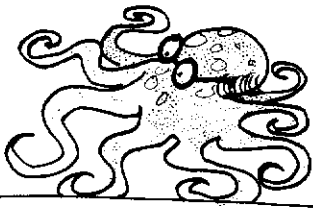
# LA STRUTTURA A SPIRALE

Guardate, sta accadendo qualcosa di molto singolare. Il gas interstellare e il "gas di stelle" non girano alla stessa velocità. L'ambiente interstellare è diventato **ETEROGENEO**.

Il gas residuo gira più velocemente!

Si sta distribuendo in filamenti a forma di **SPIRALE**





Sono un... astrofisico

Ehi, chi è questo personaggio!



E tutti questi tentacoli a cosa servono?

Servono a comprendere meglio i numerosi fenomeni che intervengono nelle galassie

Visto che ci siamo, potrebbe spiegarci la **STRUTTURA A SPIRALE DELLE GALASSIE?**

Oh, uno specialista

La **STRUTTURA A SPIRALE?**!

Esatto

E' scomparso!

Facenda misteriosa!

**FLOUP!**

risposta poco chiara!

Avete capito cos'ha detto?

Mah! Io vorrei capire

Ha detto FLOUP!


Forse mi è venuta un'idea

Prima, deformare  
il fondo di una padella...  
così...

Perché hai avvitato quell'oggetto  
sul piattello del grammofoño?


Ora vedrai  
che spettacolo!

Non capisco...




Riempio con un liquido  
e metto tutto in rotazione

Voilà



Il tegame fa da ambiente stellare  
e il caffè è il gas residuo interstellare.  
Bloccando la base, il caffè girerà  
**PIÙ VELOCEMENTE** della padella e  
appariranno delle **ONDE A SPIRALE**.

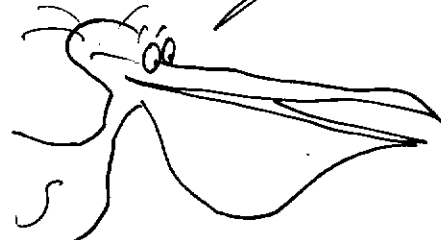


La **STRUTTURA A SPIRALE** delle galassie  
che posseggono un gas residuo è dovuta a un fenomeno  
di **FRIZIONE DINAMICA** di due fluidi: il **GAS**  
**INTERSTELLARE** e il "**GAS DI STELLE**" che girano  
a due velocità diverse sfregando l'uno sull'altro così  
come il liquido sfrega sul fondo della padella...

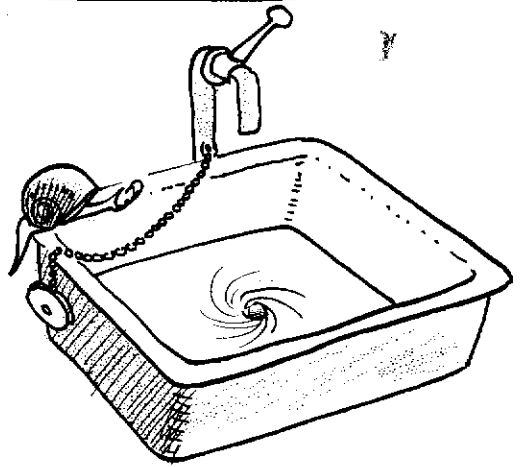
... o come il caffè  
sul fondo della tazza

Ma perché le galassie **ELLITTICHE** non hanno una struttura a spirale?

Semplicemente perché non hanno un **GAS RESIDUO**. L'hanno perso durante l'accensione delle **STELLE PRIMARIE**.



Il fenomeno di **FRIZIONE DINAMICA** è lo stesso che provoca la struttura a spirale durante lo svuotamento di un lavandino

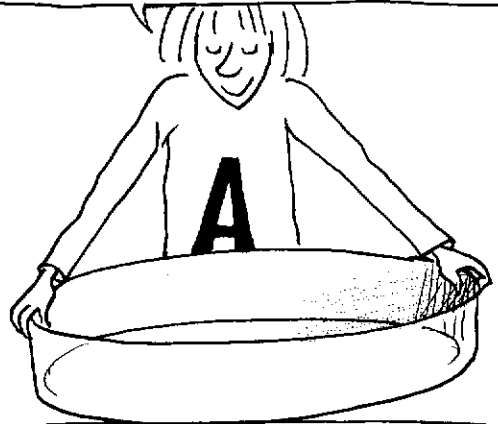


E' molto serio ciò che state dicendo: la chiave del mistero delle galassie spirali si troverebbe quindi nei fondi delle tazze di caffè o dei lavandini?!

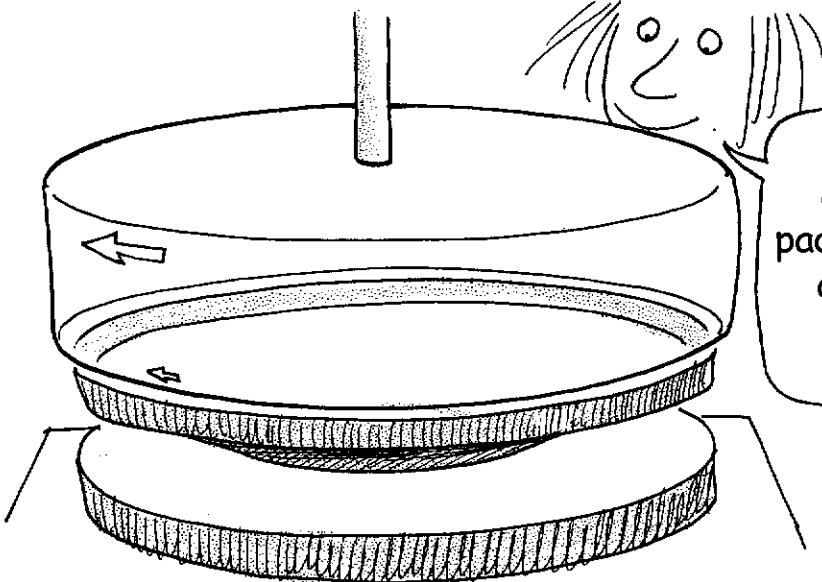
Prima facevamo interagire un fluido e una parete solida. Proviamo ora con un sistema in cui due masse fluide interagiscono.



Le galassie sarebbero quindi i tubi di scarico del cosmo?



Ho imprigionato del gas in questa cupola e ho messo un liquido nella padella. Grazie a questo sistema potrò analizzare ciò che avviene quando una massa gassosa interagisce con una massa fluida.

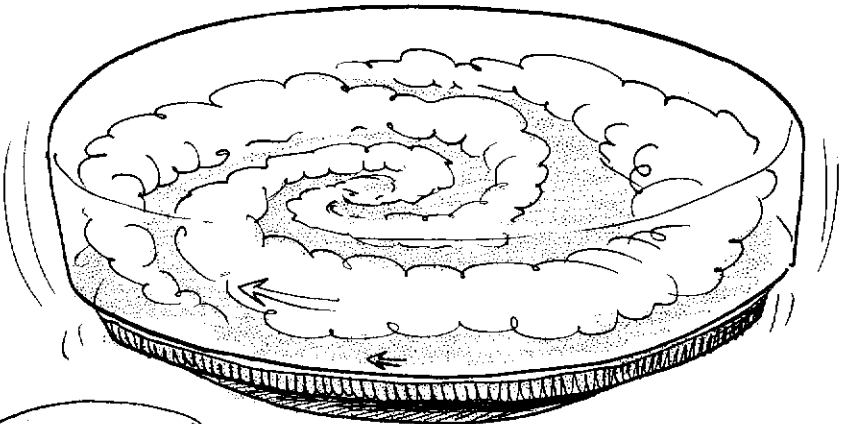




La forza di attrito liquido-gas è un po' debole.  
Creerai delle oscillazioni locali di temperatura e pressione molto moderate,  
di qualche punto percentuale al massimo...

Ma il gas è sovraccarico di vapore acqueo.  
Non chiede altro che **CONDENSARSI** al  
minimo cambiamento di temperatura (\*)

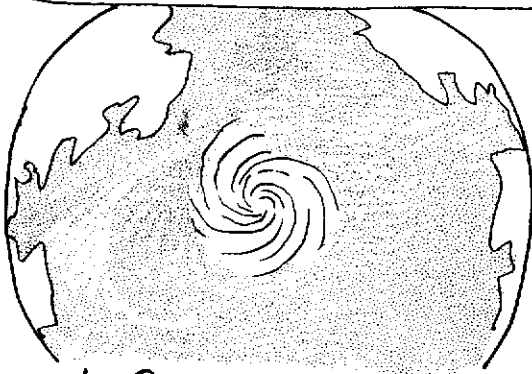
Guardate! Anselmo  
ha fabbricato uno splendido  
**CICLONE ARTIFICIALE**



Molto  
carino!

Parola mia Max! Hai ragione!  
In un ciclone, una massa d'aria sovraccarica di umidità esercita  
un "attrito" sulla superficie fluida e crea delle perturbazioni di **PRESSIONE**  
e **TEMPERATURA** e queste **CAUSANO** la condensa del vapore acqueo.  
Questo fenomeno **SECONDARIO** rivela, in modo molto esplicito,  
il fenomeno spirale **PRIMARIO** (\*\*)

Bene, ma che rapporto ha con le  
galassie? La struttura a spirale non è  
anche una nube di vapore acqueo?



46

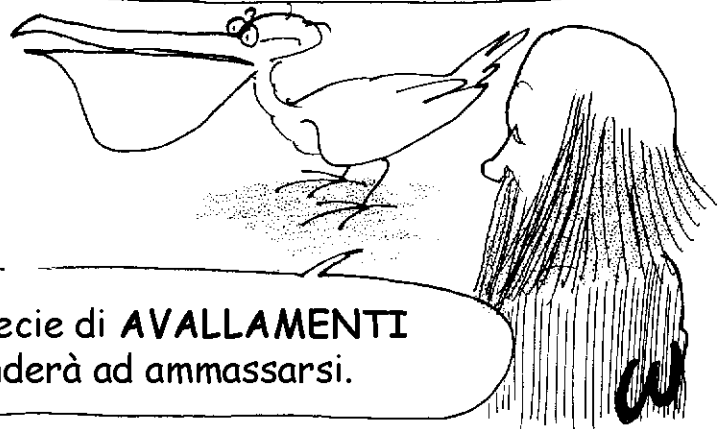
(\*) Vapore **IPERCRTICO** .

(\*\*) Fenomeno che sprigiona il calore e alimenta il ciclone con energia (ma questa è un'altra storia).

Torniamo al nostro **MODELLO** di galassia. Una massa fluida, che rappresenta il "**GAS DI STELLE**", sta girando nella sua "**CAVITÀ**". Questa è dominata da una massa di **GAS RESIDUO** che gira poco più velocemente. Ne risulta un fenomeno di **FRIZIONE DINAMICA** con relativo cambiamento della distribuzione della **MASSA** creandosi così una perturbazione a forma di **SPIRALE**.

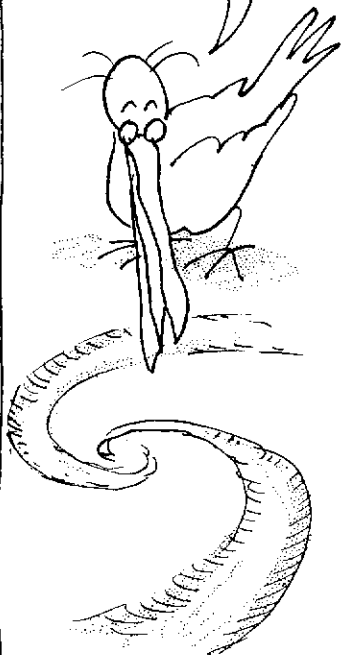


Qualsiasi concentrazione di **MATERIA** (stelle o gas) scava la schiuma-supporto. Là dove c'è la **MASSA** c'è **CURVATURA**.



In altre parole, appariranno delle specie di **AVALLAMENTI** a forma di spirale in cui il gas tenderà ad ammassarsi.

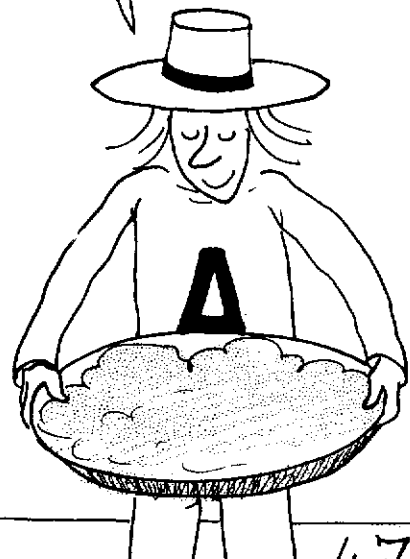
Ma io ancora non vedo una concentrazione di vapore acqueo



Raccogliamo un po' di gas interstellare

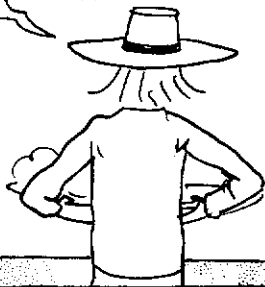


Vediamo cosa capita al gas interstellare quando "cade" in questi "avvallamenti"...

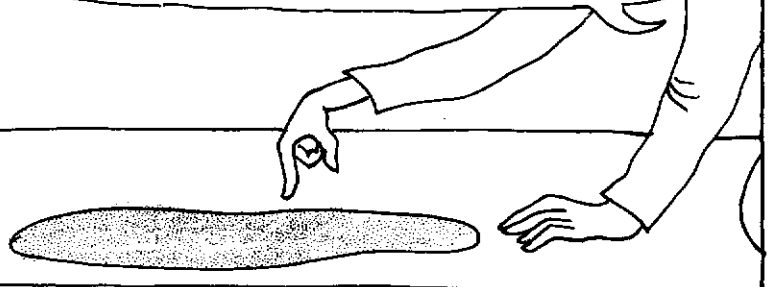


# IL METABOLISMO GALATTICO

Mettiamoci in un angolino tranquillo lontano da ogni galassia



Cosa succede se creo un avvallamento nel supporto schiumoso? Il gas "cadrà" al suo interno?



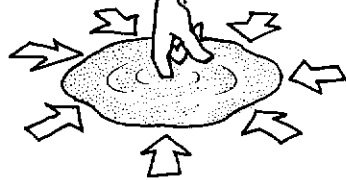
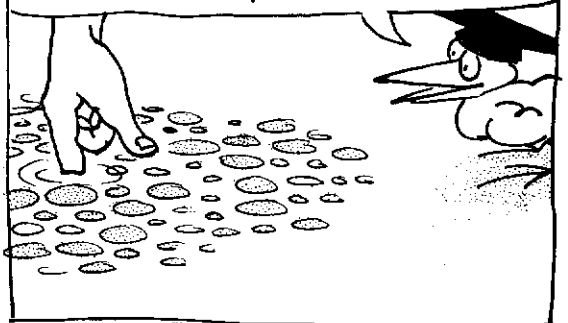
Proviamo...



Ora assisteremo a tutti i fenomeni descritti da pag. 32 a 35



Destabilizzato, si frammenta in una miriade di protostelle che presto...

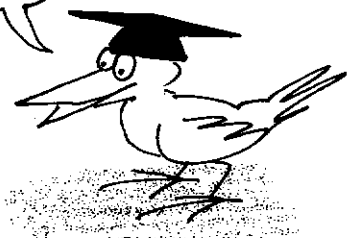
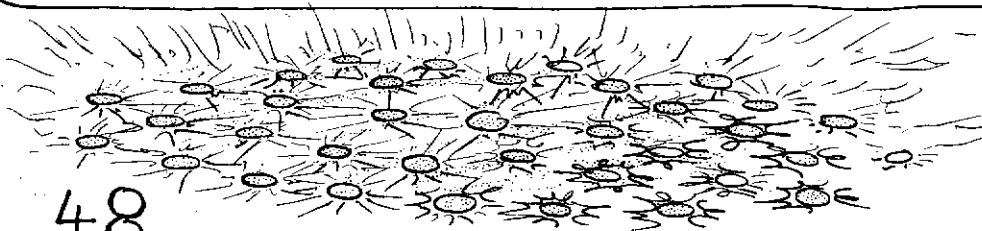


Il gas si contrae e si riscalda

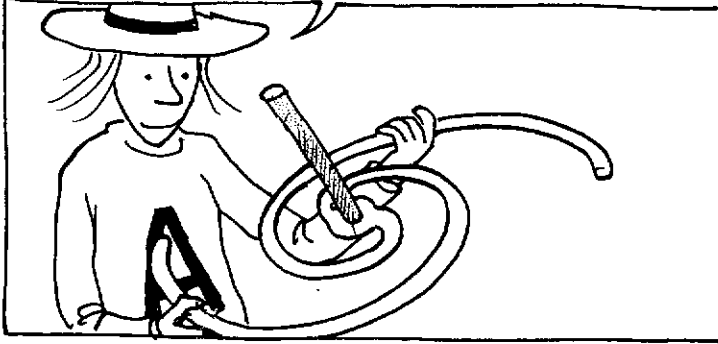


E si raffredda rapidamente grazie alla radiazione

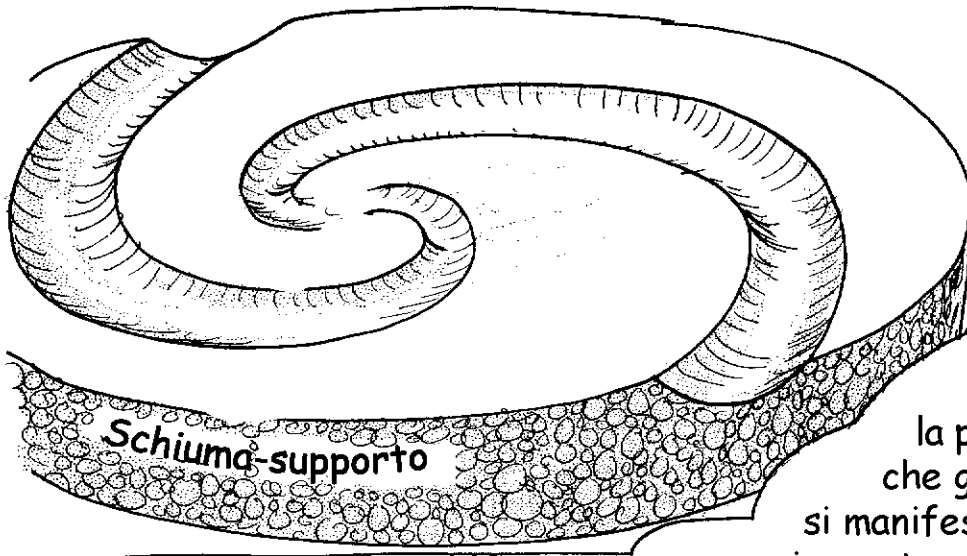
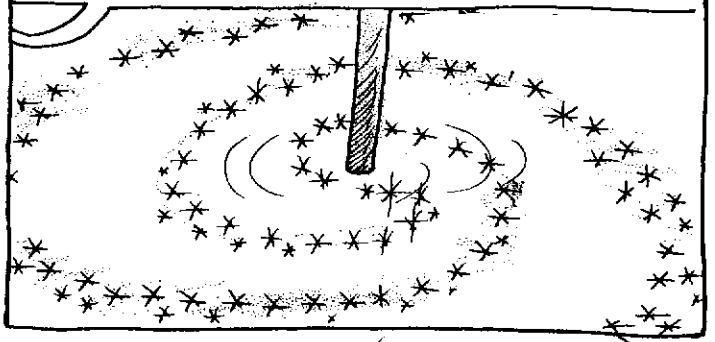
... si accenderanno dando vita alle STELLE SECONDARIE



Ora creerò un **AVALLAMENTO**  
con questa specie di righello



Stesso risultato: le stelle nascono  
nelle incavature, in questi avallamenti

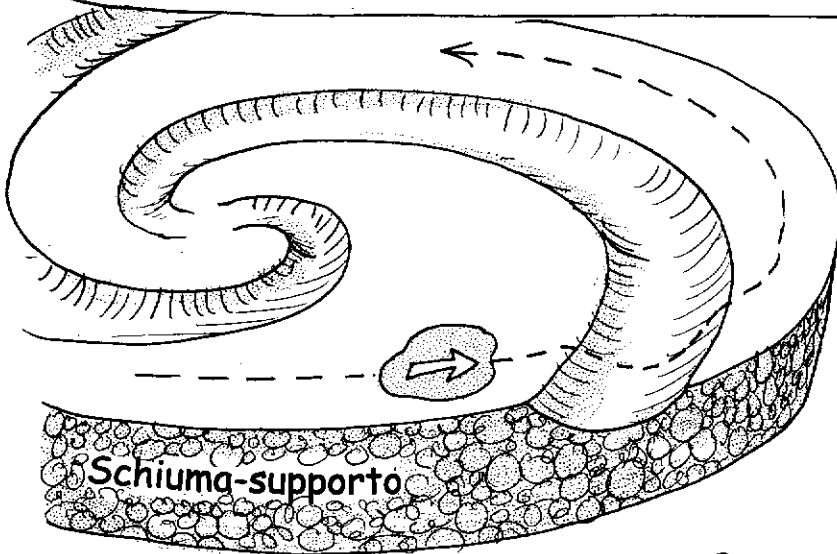


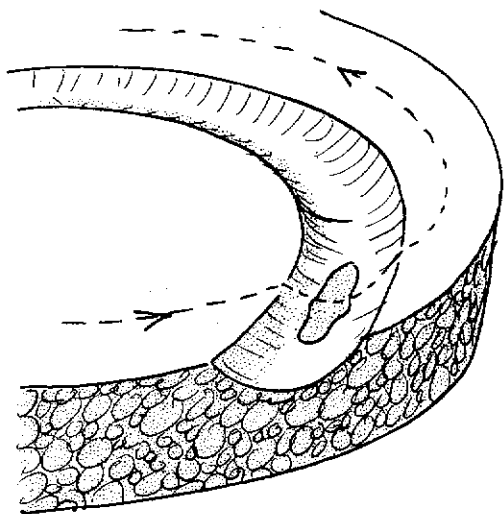
Anselmo ha ragione:

la perturbazione a spirale,  
che gira molto lentamente,  
si manifesta sotto forma di queste  
incavature poco marcate (qualche  
punto percentuale rispetto all'incavatura generale della cavità-galassia)

Il gas interstellare  
gira più velocemente

della perturbazione a spirale.  
Qui vediamo un elemento  
gassoso che si appresta ad  
entrare nell'avallamento





Quando arriva al fondo di questo avvallamento, il gas viene compresso facendo nascere così delle **STELLE DI SECONDA GENERAZIONE**. Finito ciò, eccolo uscire come se niente fosse. Questi **BRACCI SPIRALIFORMI** sono stati il luogo di nascita delle nuove stelle.



Uhm...

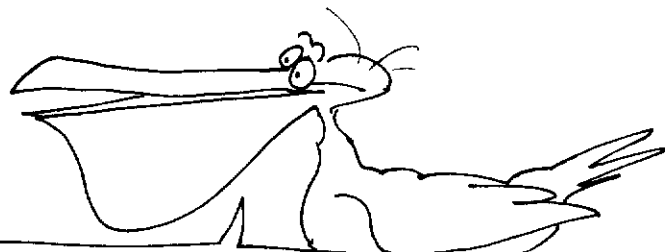


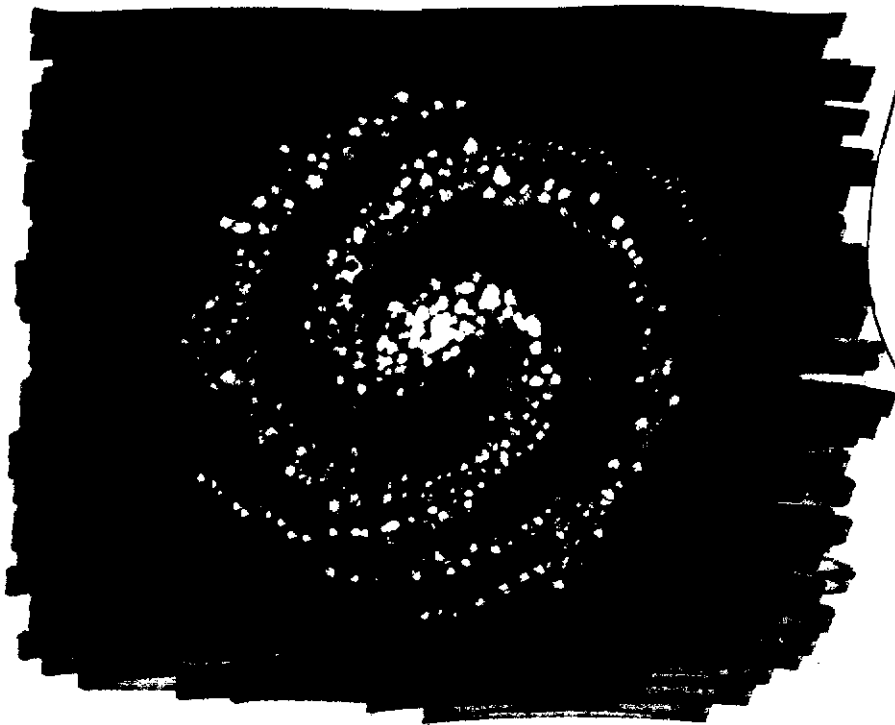
# i CICLONI DELL'UNIVERSO

Nei cicloni terrestri, la perturbazione iniziale è debole, ma l'atmosfera carica di umidità e quindi, **INSTABILE**, rivela il fenomeno di condensazione del vapore acqueo

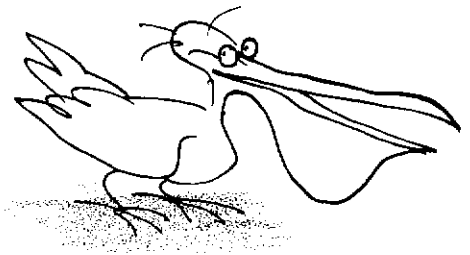


Nelle galassie, la perturbazione spirale primitiva è anch'essa debole ma il gas interstellare, **INSTABILE**, rivela il fenomeno innescando la condensazione della materia





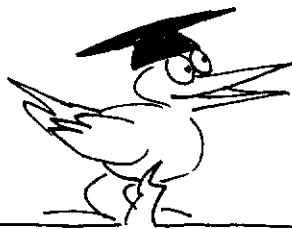
Queste stelle giovani, molto calde, occupano solo i bracci spiraliformi e segnalano la loro presenza illuminando il gas interstellare



Dimentichi, Leone, che queste stelle non rimangono giovani a lungo ma per 10.000 anni al massimo, giusto il tempo di bruciare una grande quantità di idrogeno. Quando lasciano i bracci, sono già in fase **TERMINALE**, simili a delle braci.



E non sono più visibili



Il **GAS INTERSTELLARE** è ben visibile solo all'interno dei bracci perché illuminato dalle stelle giovani. Ma non appena si allontana, diventa invisibile



Ebbene, pensa che anche le galassie spirali, i cicloni del PIANETA UNIVERSO, possiedono un OCCHIO CENTRALE!



# LA ROTAZIONE DIFFERENZIALE

Torniamo alla nostra tazza di caffè



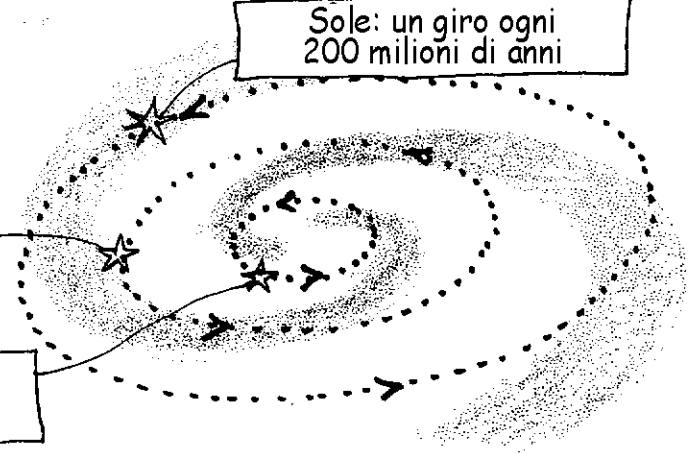
Come nella tazza di caffè, gli oggetti nella galassia, non girano alla stessa VELOCITÀ ANGOLARE. Il Sole, che si trova nella periferia galattica, compie il giro della nostra galassia in 200 milioni di anni.



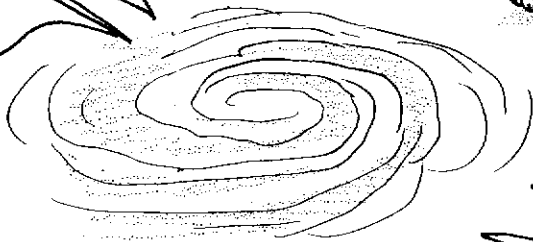
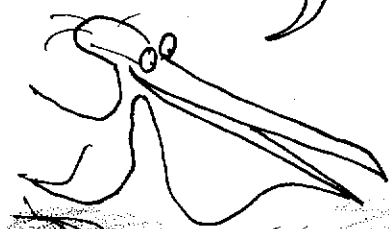
Un giro ogni 100 milioni di anni

Un giro ogni 50 milioni di anni

Sole: un giro ogni 200 milioni di anni



In breve, il centro di una galassia gira più velocemente della sua zona periferica.



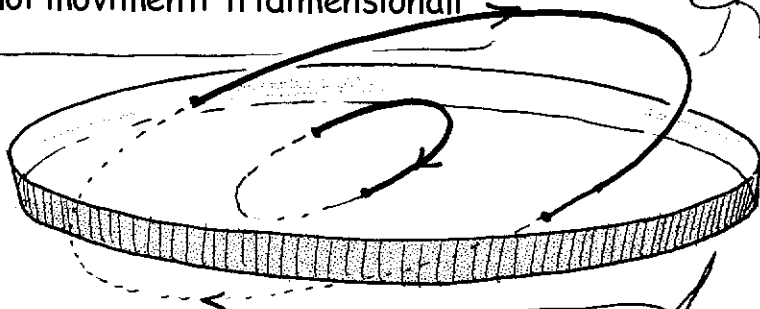
Sono lavandini, ve lo dico io!



Da quando Tiresia ha rischiato di finire in un buco nero, questo è diventato un chiodo fisso!



Ecco una "VERA" galassia con i suoi movimenti tridimensionali

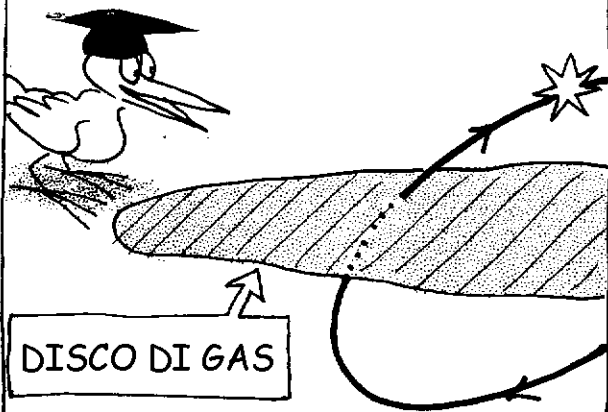


Non è poi una cosa così stupida. Alcuni pensano che ci siano dei buchi neri al centro delle galassie

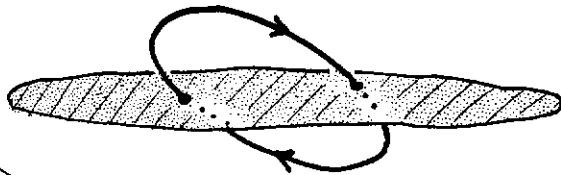
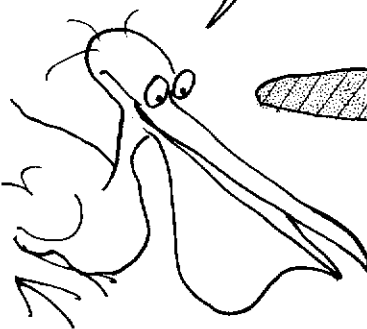


In breve, le stelle, che sono elementi di "gas di stelle" (quindi simili a molecole), attraversano ad ogni giro il **DISCO DI GAS**, che è ultra piatto.

Questo spiega perché l'interazione tra l'ambiente stellare e l'ambiente interstellare è relativamente debole.



Accade forse perché non interagiscono con il gas fino al momento in cui attraversano il disco piatto?



Esatto!





Al centro delle galassie ci sono più stelle  
e il loro tempo di rotazione è più breve

Quindi, in questa regione,  
maggiore è l'interazione,  
l'attrito dell'ambiente stellare  
sull'ambiente interstellare.

Un giro ogni 50 milioni di anni

Di conseguenza, questa struttura  
sarà più marcata nella regione  
centrale e può addirittura  
assumere una struttura a **BARRA**



Torniamo al gas. Cosa succederà se  
lascio andare un grumo di **GAS**  
**INTERSTELLARE** per conto suo?

Questa volta non  
interverremo!

Guarderemo  
soltanto!

Il gas si raffredda  
naturalmente a causa della  
radiazione frammentandosi al  
diminuire della distanza di Jeans

Nei bracci delle galassie, il gas tenderà  
ad assemblarsi in grossi grumi, il cui raggio  
sarà uguale al **RAGGIO**  
**DI JEANS** (\*)

Ma questi grumi di gas continueranno a raffreddarsi emettendo delle radiazioni?

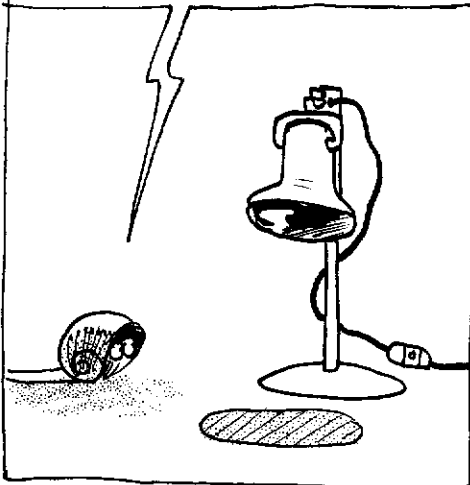
Sì, ma le stelle giovani che nascono in queste nuvole continuano anche loro a emettere energia continuamente



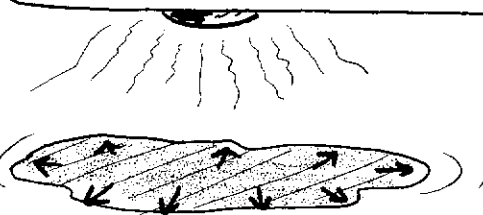
Ora vedrai. Faremo un esperimento. Prendo una lampada a ultravioletti



Vuoi far abbronzare un grumo di materia interstellare?



Ora scalderei il grumo con questo tipo di radiazione, come se fosse quella emessa dalle stelle giovani e molto calde. Chi dice **CALORE** dice **PRESSIONE**, e l'aumento della sua pressione interna dilata il grumo di gas



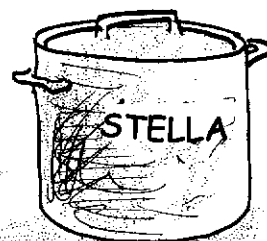
Se l'energia immessa così è troppo violenta, posso persino disperdere la materia del grumo dislocandolo

Un problema rimane: **CHE COS'È una STELLA?**

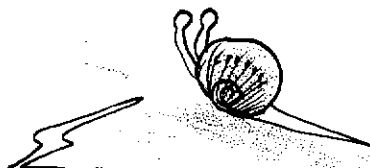


# FENOMENO STELLARE

Al centro di un grumo di gas, le condizioni di temperatura e di pressione sono tali da provocare la **FUSIONE** dell'idrogeno con liberazione di molta energia.

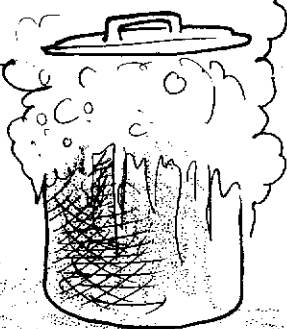


Ciò aumenta la **PRESSIONE** al centro della stella. Non bisogna dimenticare che la pressione non è che la misura di una quantità di energia per unità di volume



In conclusione, una **STELLA** è una specie di pentola che ad auto-accensione, che si scalda da sola

Il **DIAMETRO** della stella dipende dalla quantità di energia liberata. Subito dopo la sua nascita, la stella è ricca di idrogeno. "Carbura" come una matta e si dilata tutto d'un colpo

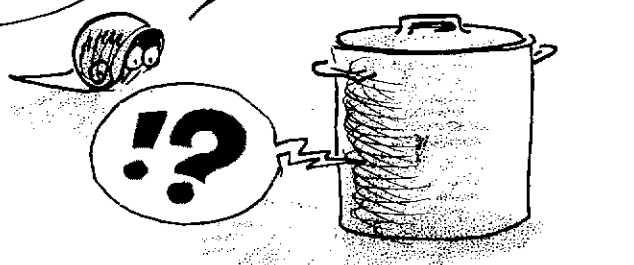




Poi si calma e inizia una lunga fase più o meno tranquilla

Sta cuocendo a fuoco lento

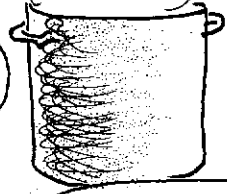
Un giorno l'idrogeno si esaurisce



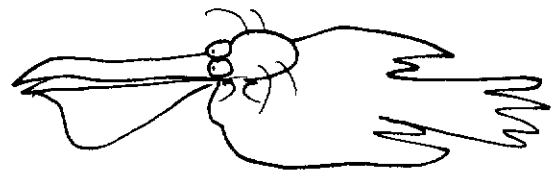
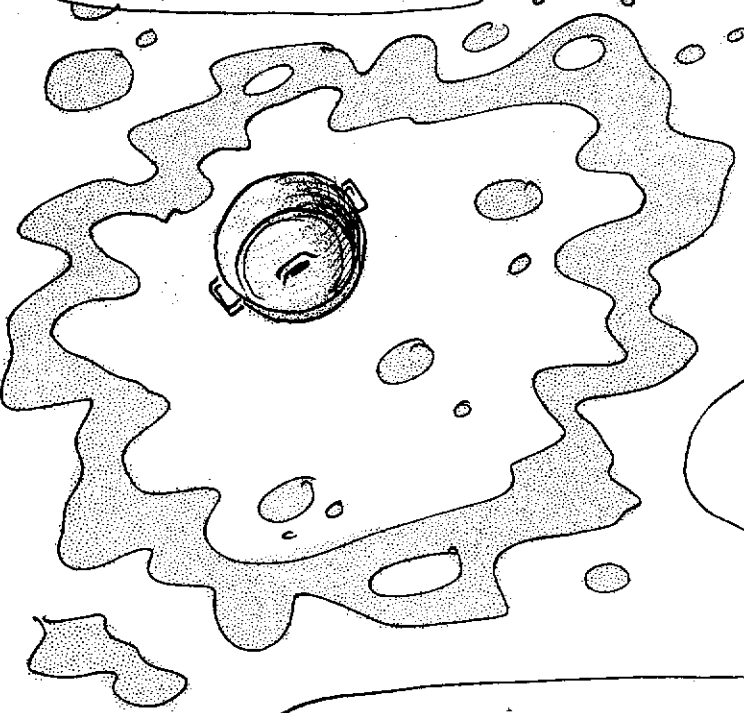
Il coperchio cade di nuovo, cioè la stella si **CONTRA**E mentre la densità e la temperatura aumentano, aumentano...



Spesso la stella esplose perché s'innescano brutalmente delle reazioni di fusione che bruciano prima l'elio formatosi inizialmente, poi il carbonio ed il silicio.

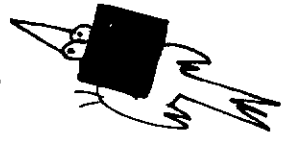


La stella diventa una **SUPERNOVA**



Fortunatamente, nelle galassie questo genere di cose succede una volta ogni secolo!

Il coperchio cade in fondo alla pentola. L'unica cosa rimasta è un oggetto assai misero. Che fine triste.



Ma una volta ogni secolo è un ritmo MOLTO rapido, Leone. Pensa che una galassia gira su se stessa in 200 milioni di anni.

Diavolo, questo significa 2 milioni di SUPERNOVAE ad... ogni giro?!

Le SUPERNOVAE proiettano i loro resti a centinaia di anni luce (\*)

Esplorendo dove e quando piace a loro le supernovae creano un notevole disordine nell'ambiente interstellare

E queste supernovae forniscono energia anche al gas interstellare?

**BUM!**

Ne è esplosa un'altra

**BUM!**

Andiamo a cercare un posto più tranquillo

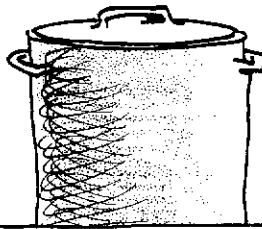
(\*) Una galassia ha un diametro di centomila anni luce.

# TIPI DI STELLE

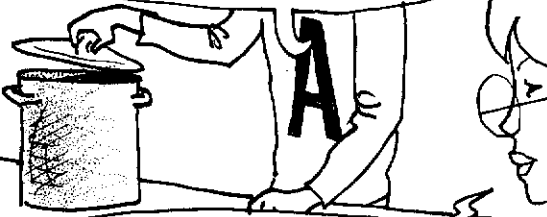


Ricetta per fabbricare una stella: prendere una massa  $M$  di gas

Coprirlo. Lasciarla a bagno per 100.000 anni



Diavolo, è da un sacco di tempo che aspetto e ancora niente?!



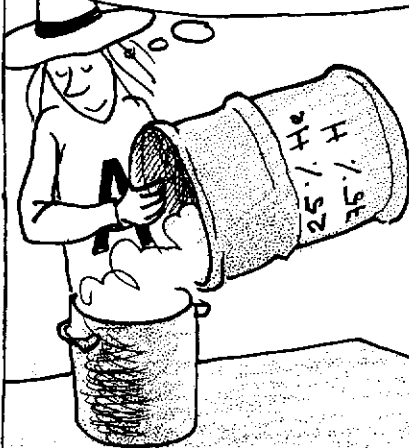
Quanto ne hai messo?

Non saprei... un decimo di massa solare



Troppo poco. La **PRESSIONE** e la **TEMPERATURA** resteranno al di sotto del livello critico

Bene! Questa volta gliene metto un bel po'!



Ancora niente?! Incredibile!



Toh, il coperchio è sparito?!



Bingo!  
Un BUCO NERO!

La stella tipo  
è una mezza massa  
solare

Ehi è vero!  
Questo spazio  
resiste poco...



Voilà. Dopo la fase un po' vivace  
dell'accensione, la stella prende  
un'andatura di crociera

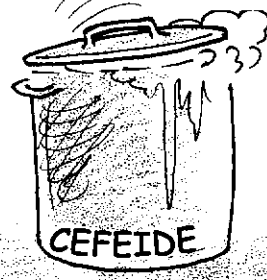


FLOTCH  
FLOTCH  
FLOTCH

E ora cosa  
succede?

# CEFEIDI

FLOTCH  
FLOTCH

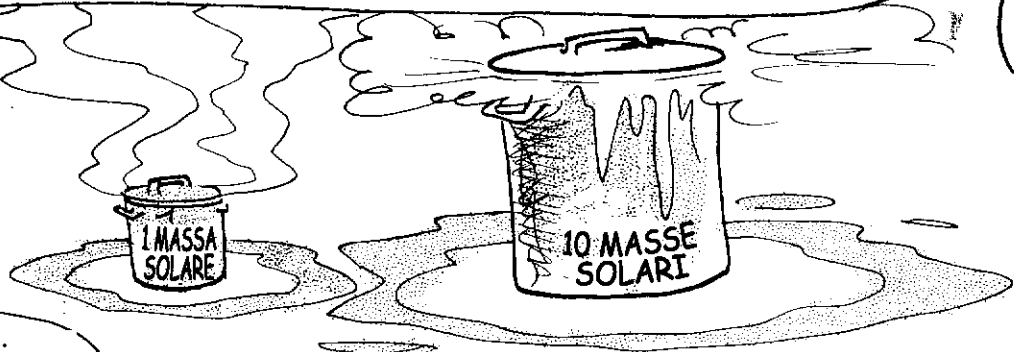


Hai fabbricato  
una **STELLA VARIABILE**.  
Il suo diametro oscilla e ad  
ogni contrazione emette uno  
sbuffo di radiazione

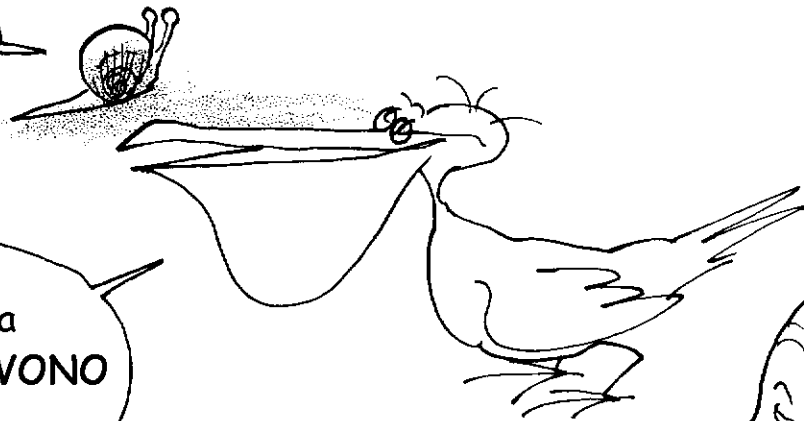
Più la massa di una **CEFEIDE** è grande e più lunga  
sarà la sua vita. Una taratura (parallasse) in distanza  
ha permesso di utilizzare queste stelle per misurare  
la distanza che ci separa dalla galassia di Andromeda.

*La Direzione.*

Più una stella è **MASSIVA** più **VELOCEMENTE** si evolve.  
Una stella di tipo solare può carburare serenamente dei miliardi di anni, mentre la stella giovane, massiva, consuma il suo idrogeno in un milione di anni. La sua fine sarà un'esplosione.



Le stelle massive sono delle stelle a rischio



Ora farò una domanda alla Tiresia: **A COSA SERVONO LE STELLE?**



**ECCELLENTE DOMANDA!**

Nel cuore delle stelle, i nuclei degli atomi sono sottoposti a delle pressioni fortissime. La **FUSIONE** di quattro nuclei di idrogeno forma...



... l'elio

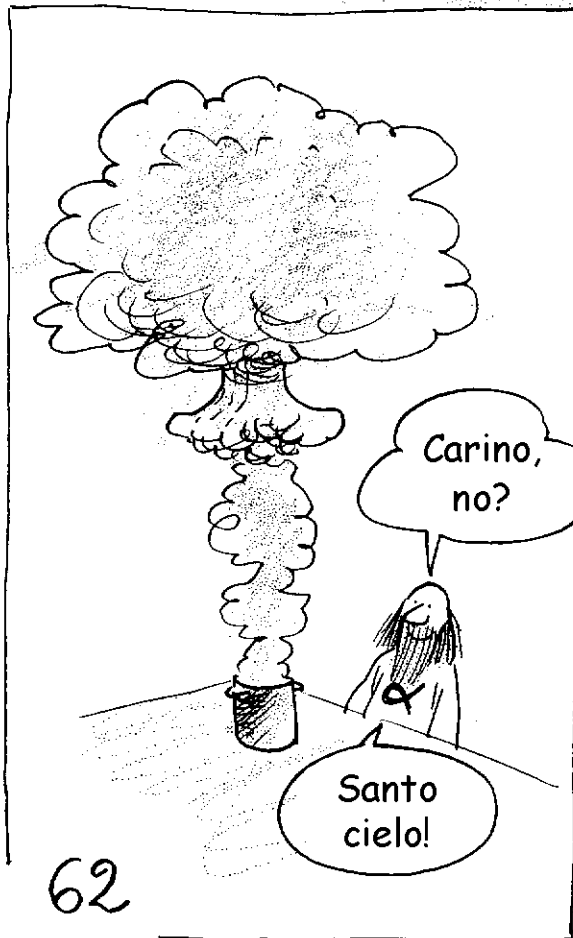
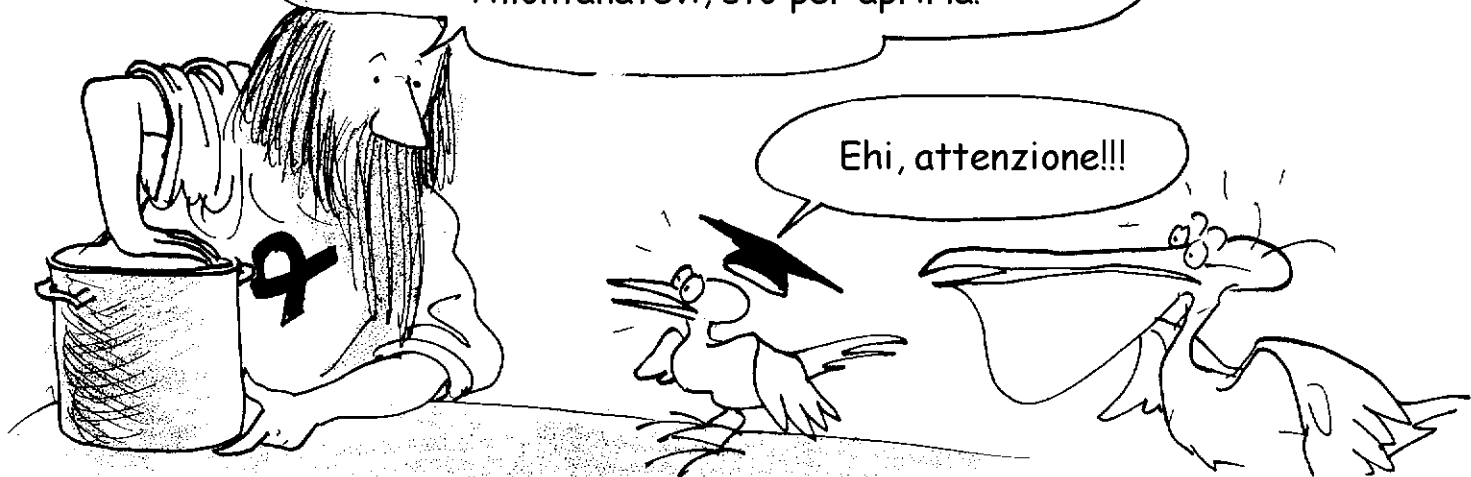




# LE SPORE DELL'UNIVERSO

Questa stella è molto vicina al suo punto di instabilità. Ha consumato tutto il suo idrogeno. Allontanatevi, sto per aprirla!

Ehi, attenzione!!!



Gli atomi pesanti si riuniscono  
per creare pulviscoli microscopici...



... che serviranno come  
**CATALIZZATORI NATURALI**  
per sintetizzare le **PRIME MOLECOLE**



# NUVOLE & PIOGGIA

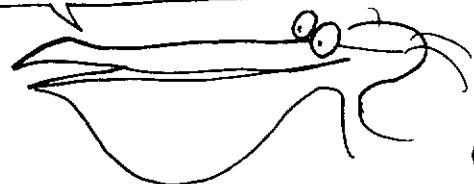
Questa materia rilasciata dalle stelle,  
sia tramite una lenta esalazione che attraverso una morte violenta,  
arricchisce nuovamente la massa del gas interstellare



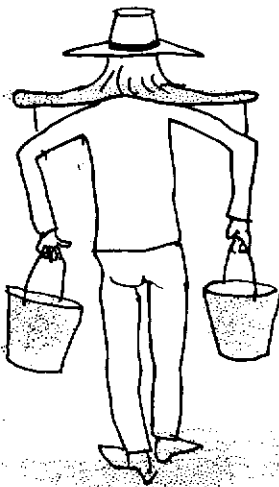
In conclusione, un atomo qualsiasi  
preso a caso può essere stato ospitato prima  
all'interno di molte stelle di ogni tipo,  
soprattutto se ha un nucleo pesante.

Il ciclo di trasformazione degli atomi nelle stelle porta  
ad un costante arricchimento di **ELEMENTI PESANTI**  
come i metalli: ferro, nichel, rame

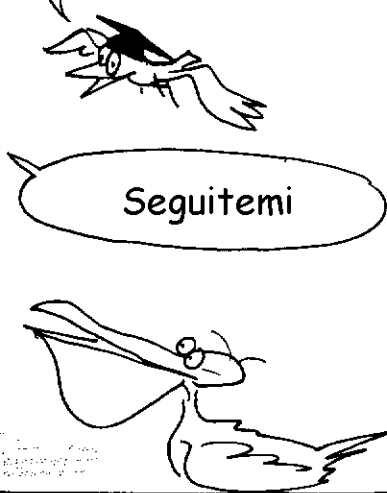
Allora, più le stelle sono **GIOVANI**  
e più sono ricche di **METALLI**



Anselmo che cosa fai?



Seguitemi



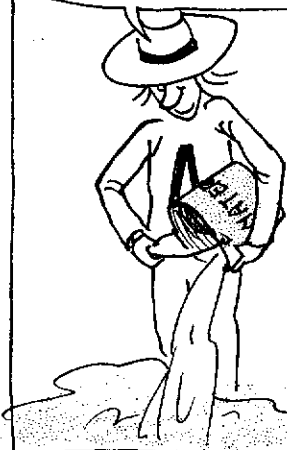
È giunta l'ora di fare un riassunto di tutto ciò che sappiamo sulle galassie



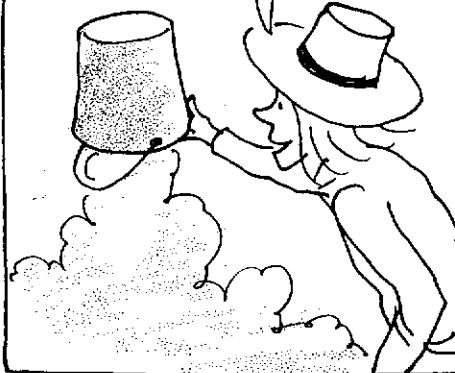
Ho qui i migliori dati d'osservazione



Un po' di materia. Cominciamo con 200 miliardi di stelle



Un po' di gas interstellare



Si mette tutto in rotazione

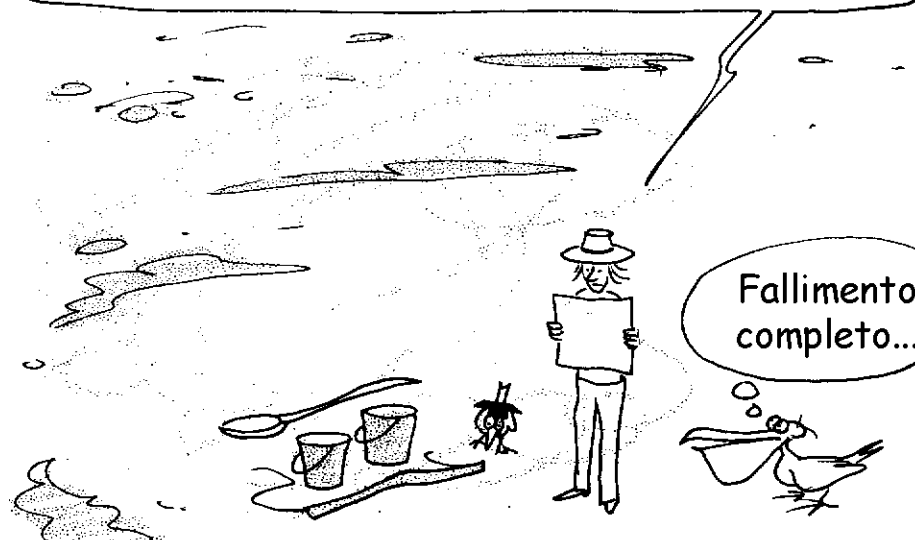


Ma... cosa succede?



È andato tutto a rotoli!!!?


Sofia, che delusione. La mia galassia è completamente esplosa. Eppure ho adoperato i dati di osservazione più recenti.



Fallimento completo...


# LA MASSA MANCANTE

In questa rappresentazione, la forza centrifuga è più forte della forza d'attrazione gravitazionale. La **MASSA** messa in gioco è **DUE VOLTE TROPPO DEBOLE**.




Basandoci sui dati a disposizione, il modello non quadra per niente. Che seccatura...

In altre parole:  
**PERSE 200 MILIARDI DI STELLE. OGNI INFORMAZIONE UTILE A RITROVARE QUESTA MASSA MANCANTE È BENVENUTA**



Si crede solo a ciò che si **VEDE**

In fin di vita, dopo avere perso una parte della sua massa la stella diventerà un residuo, chiamato **NANA BIANCA** o **NANA NERA**, troppo poco emissivo per essere osservabile



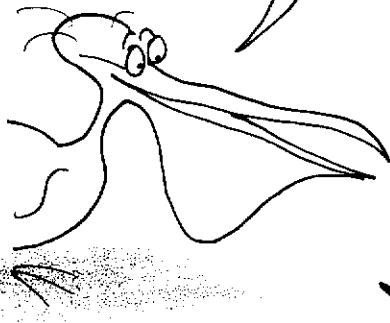
Cioè sarebbe impossibile svelare la **MASSA INVISIBILE**, rappresentata da queste ceneri di stelle primitive che si sono formate insieme alla galassia

In una morte stellare del tipo **SUPERNOVA** lo strato esterno della stella esplose. La retrocompressione che ne risulta può comprimere il nucleo centrale fino a trasformarlo in un **BUCO NERO**

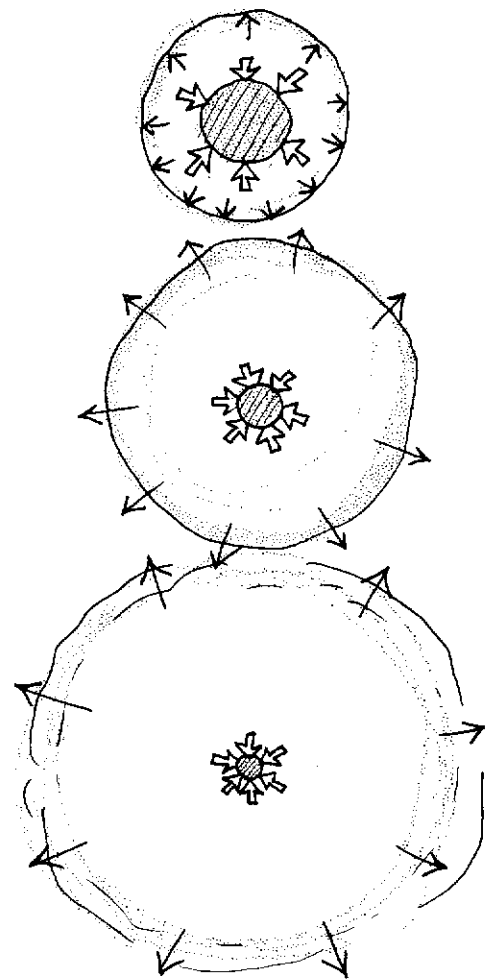


Oggetti che sfuggiranno anche loro all'osservazione...

Chissà se saranno rimaste delle stelle primitive, nate assieme alla galassia, che è ancora possibile osservare?



Nelle galassie esistono effettivamente delle stelle molto vecchie raggruppate in **AMMASSI GLOBULARI**, e che bruciano da una quindicina di miliardi di anni. E questo in tutte le galassie, che sono tutte nate assieme.



Quanto alle altre, sono andate a disperdersi nella galassia,  
o sono diventate nane bianche o nere,  
o dei buchi neri inosservabili

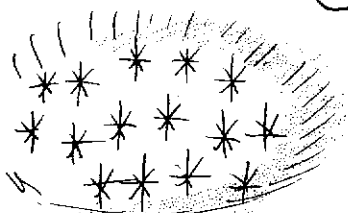


# AMMASSI STELLARI

Un ammasso globulare è una struttura di 100.000 stelle  
esistenti fin dalla nascita della galassia (\*)

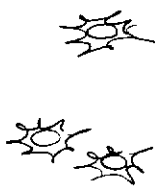


Ma le galassie sono anche costellate  
da piccoli ammassi recenti, in corso di  
dispersione relativamente rapida



Questi mini-ammassi rappresentano degli  
incavi dalle sponde poco marcate e da cui le  
stelle, accelerate dalle collisioni, possono  
evadere abbastanza facilmente.

Quando l'ammasso si scioglie,  
le sue stelle vanno a disperdersi  
caoticamente all'interno della  
galassia, sole o in coppia  
**(STELLE DOPPIE)**

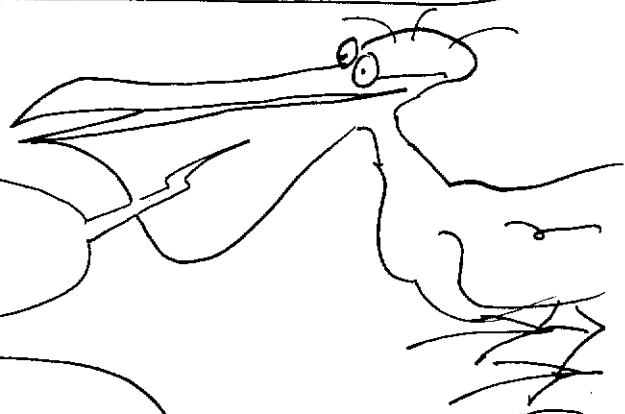


(\*) Il tempo di evaporazione di un ammasso collisionale è proporzionale alla sua massa.



Le stelle doppie, di masse simili o disuguali, sono dei sistemi **STABILI**. Questi sistemi binari, molto numerosi nelle galassie, sono la prova della loro passata appartenenza ad un ammasso stellare

Quindi le galassie anche loro perderanno lentamente le loro stelle?



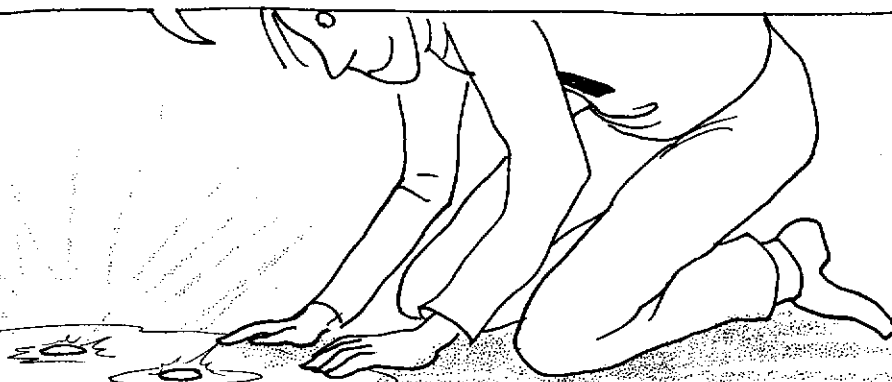
Per che sia così, le stelle dovrebbero acquisire, grazie al gioco delle **COLLISIONI**, velocità molto alte, superiori a quella di evasione. Però, isolate come sono nella galassia, le stelle formano un insieme totalmente **NON COLLISIONALE**. Non si scontrano praticamente più. Dunque le galassie non perdono stelle.



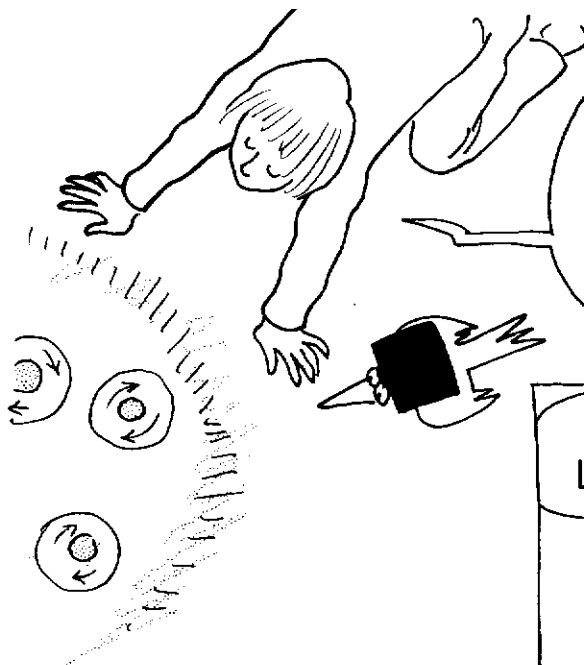
Tutto sommato, meglio così...



Sto osservando questo piccolo ammasso di stelle appena nate. In fondo si comportano come le nostre giovani galassie. Sono calde, circondate da un piccolo alone di gas e di pulviscolo che, in qualche modo, rappresenta la loro atmosfera...

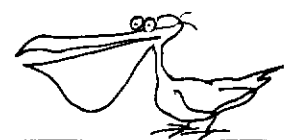


# i PIANETI



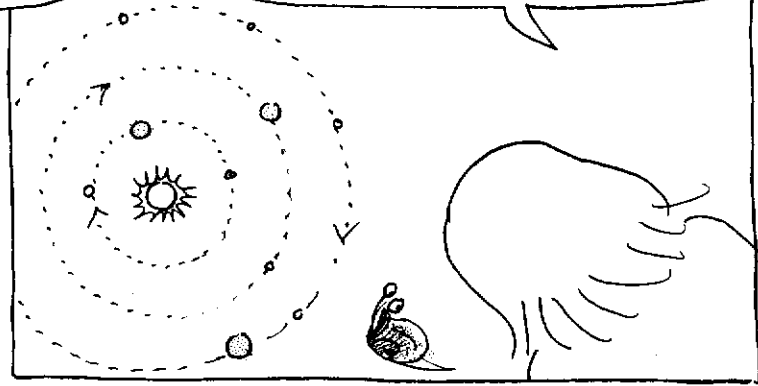
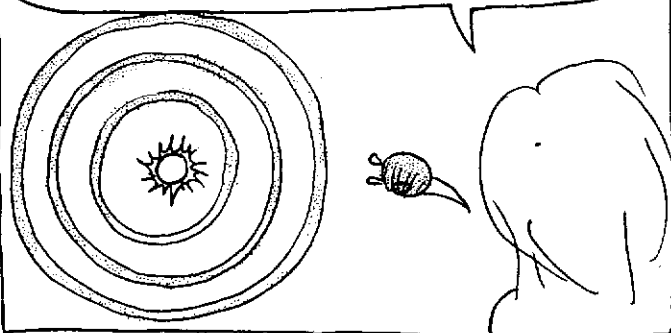
Le nostre giovani stelle vanno e vengono nei loro mini-ammassi come delle uova in un padellino ben oleato. Le collisioni mettono in rotazione i loro piccoli aloni.

L'ammasso si è scomposto come fanno le spore. Le stelle si sono calmate. Ora provo a seguirne una

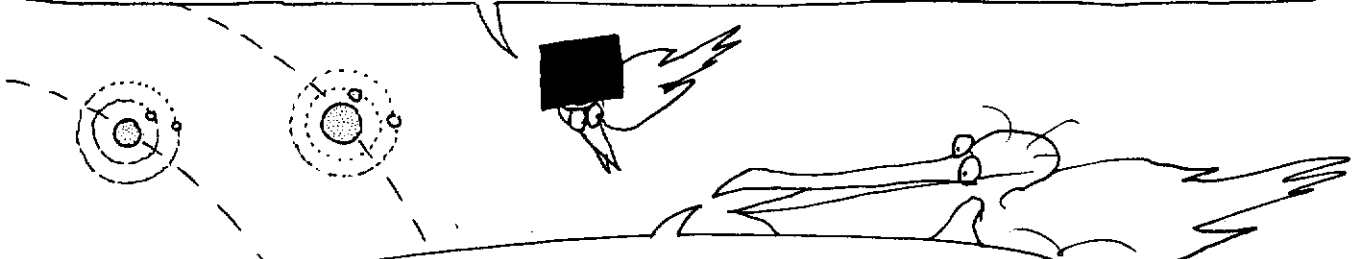


La forza centrifuga impedisce ai pulviscoli dell'alone di ricadere sulla stella. Questi si raggruppano invece formando dei cerchi concentrici

Su ogni cerchio, ogni orbita, si stanno formando dei **PIANETI**



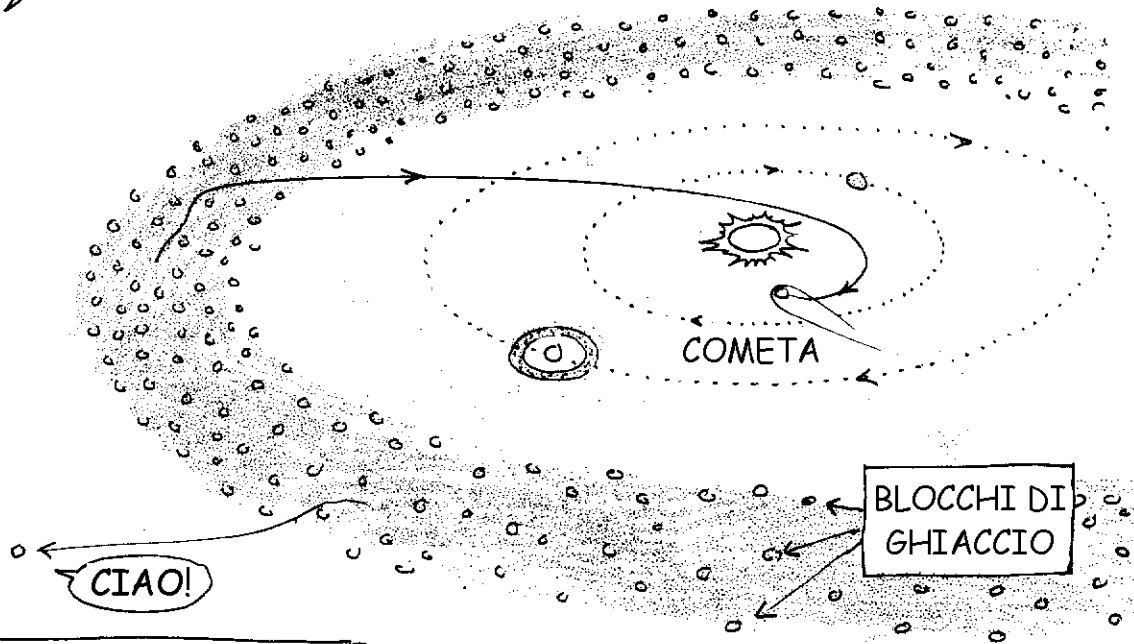
Su ogni singola orbita, il pianeta più grosso catturerà i pianeti più leggeri per farne i suoi satelliti



E voilà. Il cerchio è chiuso.



La parte **GASSOSA** di questa **ATMOSFERA STELLARE PRIMITIVA** si condensa in una specie di **ALONE DI NEVE SPORCA**. Ogni tanto, succede una collisione tra due elementi di questa fascia. Se un blocco di "neve" viene accelerato questo lascia il **SISTEMA SOLARE**, ma se un'altro rallenta e "cade" verso il centro del sistema, allora diventa una **COMETA**



E se andassimo a vedere questi pianeti più da vicino?



Sta digerendo l'**URANIO 235** **RADIOATTIVO** che ha catturato durante la sua creazione



Cosa?! Al momento  
della loro creazione i pianeti erano  
dei REATTORI NUCLEARI?!

Perché "ERANO"?  
Lo sono ancora! Come credi  
che la Terra riesca a mantenere  
in fusione il suo nucleo?

**PLOTCH!**

Ehi!!!

È anche riscaldata  
da tutte queste meteoriti che la urtano  
mentre lei raccoglie tutta quella  
"SPAZZATURA"!

Avviciniamoci ancora!

**A**



Eccoci quindi su un **PIANETA**.  
Piogge torrenziali cancellano poco a poco i segni lasciati dalle meteoriti. Noi siamo a  $t =$  dieci miliardi di anni e la temperatura della radiazione cosmica di fondo è scesa a 4 gradi kelvin

Possiamo ora passare a d una nuova storia: il **BIOLOGICON**.  
Qui Sofia, in diretta dal Cosmo per voi.

**FiNE**