

**Savoir sans Frontieres**

# **BIG BANG**


**Η ΜΕΓΑΛΗ ΕΚΡΗΞΗ**



**JEAN-PIERRE PETIT**

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

# ΠΡΟΛΟΓΟΣ




Ξέρεις, Σόφι, καμιά φορά αναρωτιέμαι απο πού ήρθαν όλα. Πώς δημιουργήθηκε το σύμπαν...

Ήταν πάντα ΟΛΑ όπως είναι τώρα? Η γή, ο ουρανός?


Ναι... Ήταν πάντα μπλέ?

Και φώτιζαν πάντα τα αστέρια απο ένα μαύρο ουρανό τη νύχτα?



Στην ΑΡΧΗ, το σύμπαν μας ήταν πολύ μικρό και πολύ ζεστό: σαν μικροσκοπική κόλαση.

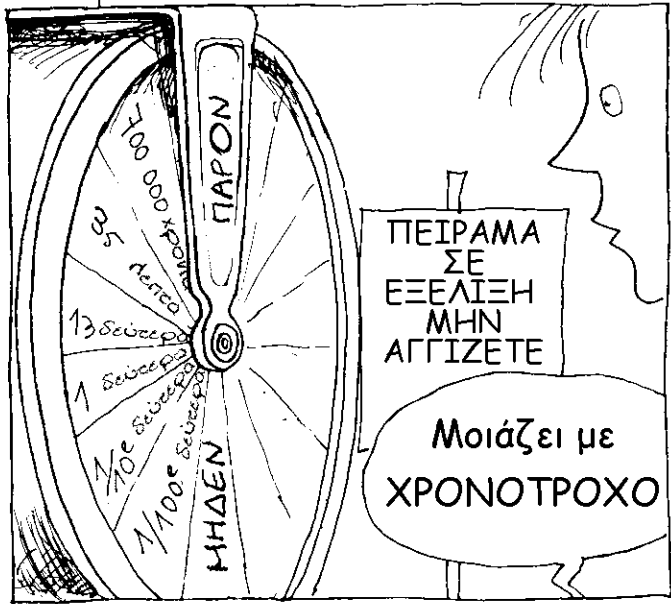
και όλα ανατινάχτηκαν?



Ναι, όμως είναι μια πολύ μεγάλη ιστορία και για να την πω πρέπει να ξεκινήσω πρίν απο πολύ, πολύ καιρό



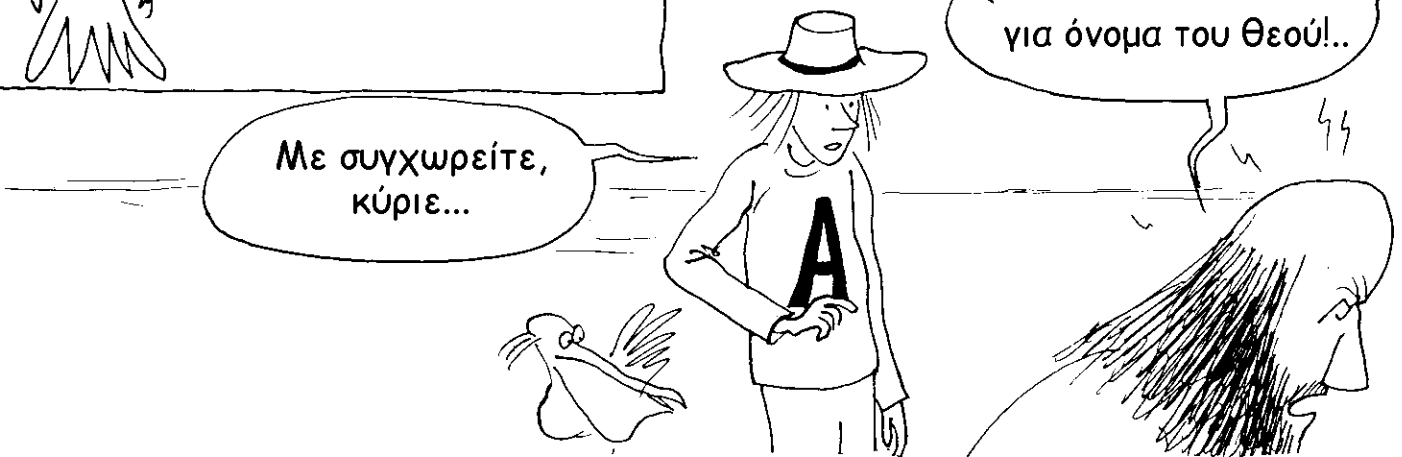
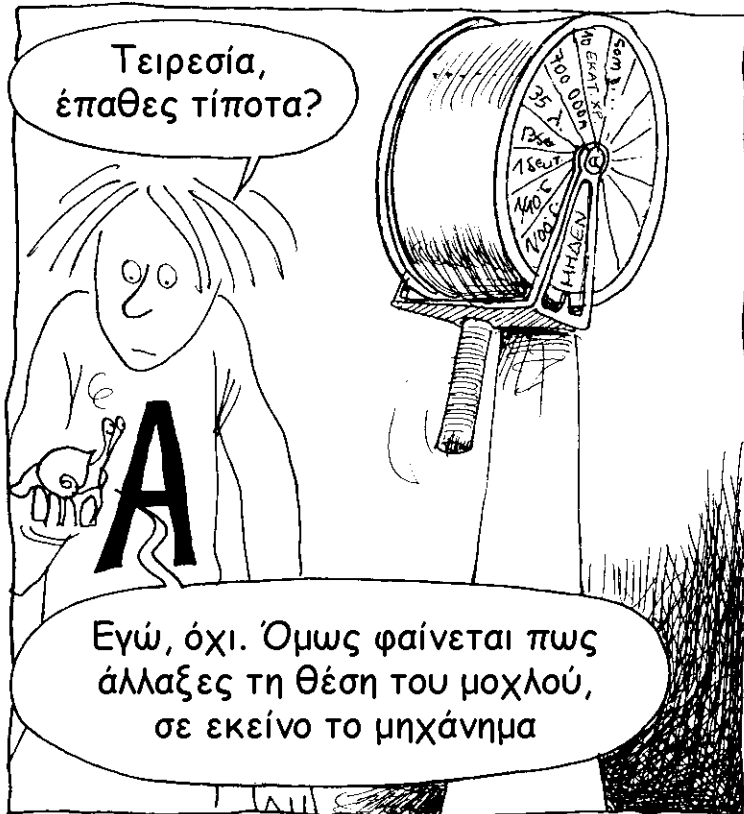
Έ! Ελάτε να δείτε εδώ!



**ΞΑΦΝΙΚΑ...**



# Η ΑΡΧΗ ΤΩΝ ΠΑΝΤΩΝ





Αυτό ήταν!  
Άλλη μια αποτυχία!

Και μόλις το  
τελείωσα...



Αν προσπαθείτε να στρώσετε αυτό το χαλί,  
δεν έχετε κάνει και πολύ καλή δουλειά,  
αυτό είναι αλήθεια!

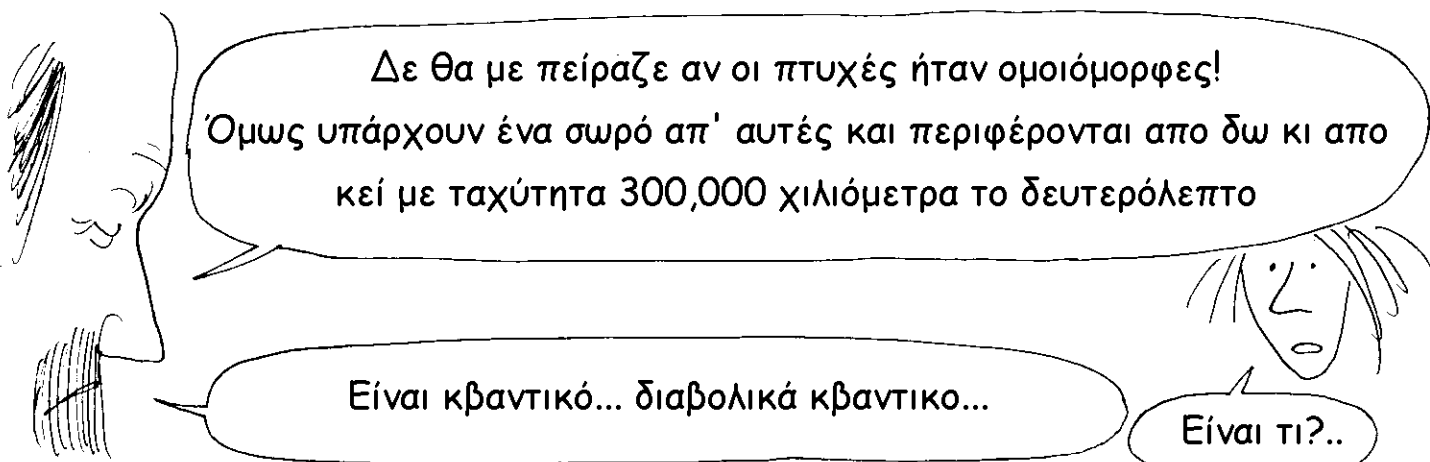
Πιστεύω πως  
ο φίλος μας αντιμετωπίζει  
κάποιο πρόβλημα  
με το χαλί του.



Τι καταστροφικό...  
Έχει παντού πτυχές!..

Φυσικό είναι να έχει πτυχές.  
Προσπαθήσατε να στερεώσετε μεγάλη  
ποσότητα και το χαλί συμπίεστηκε...

Τσας...Χωρίς  
συμπύεση δε θα υπήρχε  
ενέργεια: Θα υπήρχε  
μόνο κενό...



Δε θα με πείραζε αν οι πτυχές ήταν ομοιόμορφες!  
Όμως υπάρχουν ένα σωρό απ' αυτές και περιφέρονται απο δω κι απο  
κεί με ταχύτητα 300,000 χιλιόμετρα το δευτερόλεπτο

Είναι κβαντικό... διαβολικά κβαντικο...

Είναι τι?..

Δεν υπάρχουν και πολλά ΠΡΑΓΜΑΤΑ σε αυτό το σύμπαν!

Κι όμως υπάρχουν!  
Τα ΠΡΑΓΜΑΤΑ αυτού του σύμπαντος είναι αυτά τα περιπλανώμενα κύματα

Το Σύμπαν που παρουσιάζεται εδώ, έχει μόνο δύο διαστάσεις. Έτσι είναι μια ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ, της οποίας οι πτυχές αντιστοιχούν σε σωματίδια, όγκους και ακτινοβολία. Αν ζούσες σ' αυτό τον δισδιάστατο κόσμο, θα έμοιαζες κάπως έτσι

Δεν φαίνεται ωραίο  
Καθόλου ωραίο...

Στο δικό μας τρισδιάστατο κόσμο, τα σωματίδια είναι επίσης, τοπικές μεταβολές της καμπυλότητας

Καλύτερα ήταν πρίν.

Πρίν απο...τι?

Τελοσπάντων...θα ονομάσω αυτές τις περιπλανώμενες πτυχές ΦΩΤΟΝΙΑ

Α, μα για όνομα του Θεού,  
για όνομα του Θεού! Να κι άλλα  
απο αυτά τα πράγματα, τώρα...

Τι?

Μα κοίτα εκεί!  
Βρίσκονται παντού!!!!

Δεν είναι απλώς πτυχές, μα  
στροβιλίζονται. Τι ωραία δουλειά!

Σχηματίζονται μικροί στρόβιλοι,  
όπως αυτοί που βλέπουμε καμιά φορά  
στο σεντόνι του κρεβατιού μας

Είναι παράξενο. Κάποια  
στριφογυρίζουν προς μια κατεύθυνση  
και κάποια άλλα προς την αντίθετη

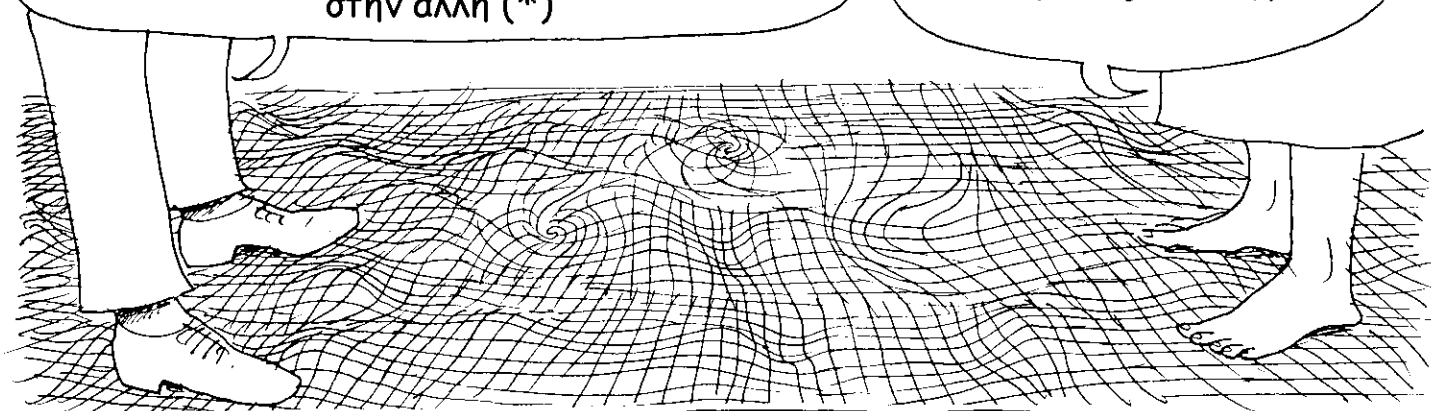
Και όπως τα φωτόνια, κινούνται με ταχύτητα  
300,000 χλμ/δευτ.

Θα ονομάσω αυτούς τους περιπλανόμενους  
στρόβιλους ΝΕΤΡΙΝΑ, όταν περιστρέφονται  
έτσι:

Και ΑΝΤΙΝΕΤΡΙΝΑ, όταν στροβιλίζονται  
αντίστροφα:

Πραγματικά κινείται πολύ. Δεν υπάρχει ούτε ένα επίπεδο σημείο πάνω σε αυτό το χαλί. Οι πτυχές έχουν στριμωχτεί ή μια δίπλα στην άλλη (\*)

Αυτό το Σύμπαν είναι πολύ, πολύ ασταθές. Παταγώδης αποτυχία!..

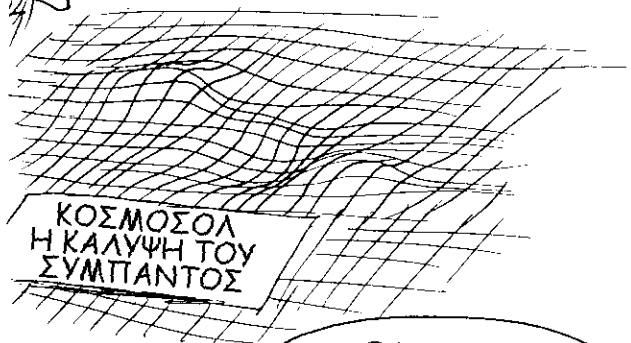


Αν υπήρχε έστω και λίγη τάξη κάπου εκεί! Όμως είναι απίστευτα ακατάστατο. Τα πάντα περιφέρονται τυχαία!

Και εγώ απεχθάνομαι τα παιχνίδια της τύχης!

Η τύχη, φίλε μου είναι διαβολική!

A...



ΚΟΣΜΟΣΟΛ  
Η ΚΑΛΥΨΗ ΤΟΥ  
ΣΥΜΠΤΑΝΤΟΣ

Ούτε καν ζάρια δε μου αρέσει να παίζω...

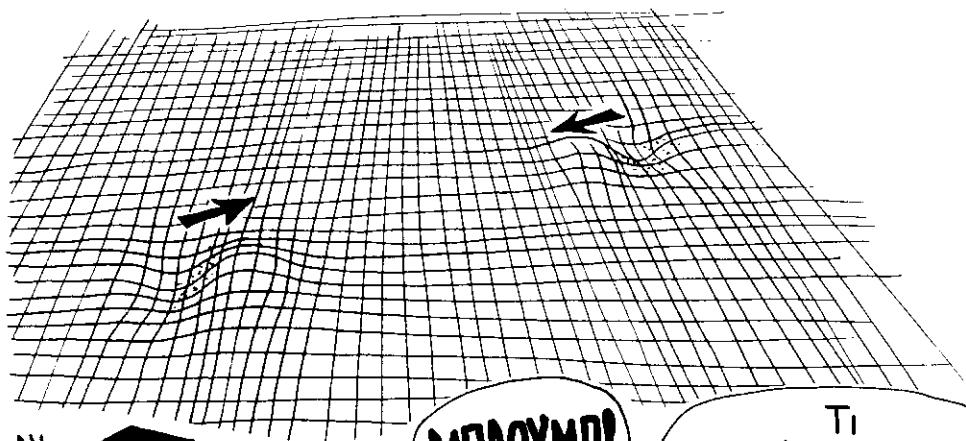
Ε, κοιτάξτε!  
Κάτι ΣΥΜΒΑΙΝΕΙ εκεί κάτω...



(\*) Μια ιδιότητα γνωστή ως ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΜΑΥΡΟΥ ΣΩΜΑΤΟΣ (ένας διάβολος ξέρει γιατί....)

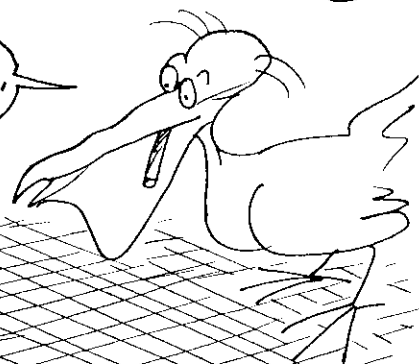
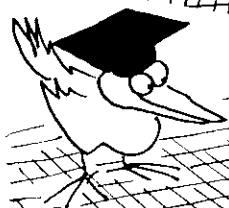


Ορίστε, δυο απο αυτές τις περιπλανώμενες πτυχές είναι έτοιμες να συγκρουστούν μεταξύ τους.

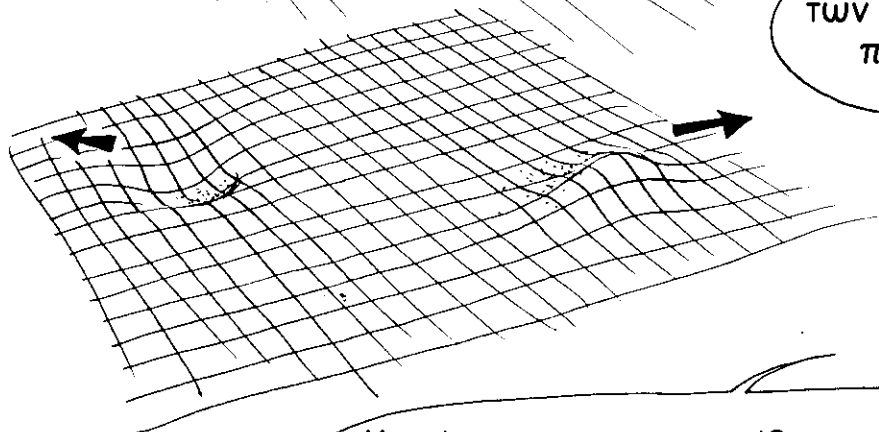


**ΜΠΛΟΥΜΠ!**

Τι ΠΑΝΔΑΙΜΟΝΙΟ,  
φίλοι μου!



Συνεχίζεται, το παιχνίδι των πτυχών. Η μια καμπυλώνει προς τα πάνω και η άλλη προς τα κάτω.



Κινούνται προς την αντίθετη κατεύθυνση, με ταχύτητα που προσεγγίζει τα 300,000 χλμ/δευτερόλεπτο.

Καλώς. Θα ονομάσω τους όγκους ΥΛΗ και τις κοιλότητες ΑΝΤΙΥΛΗ. Κατέχουν ΚΑΜΠΥΛΟΤΗΤΑ, άρα και ΜΑΖΑ.

Το φωτόνιο, όγκος και κοιλότητα μαζί, είναι το αντισωματίδιο του εαυτού του

Η ΥΛΗ και η ΑΝΤΙΥΛΗ, γεννημένες από τις συγκρούσεις φωτονίων, εμφανίζονται σε σχετικές ταχύτητες

Όγκοι, κοιλότητες, όλα αυτά είναι αυθαίρετα

Ποιό το νόημα αυτής της βαθυστόχαστης σκέψης, αγαπητέ μου Τειρεσία? Υπάρχουν πράγματα που εμφανίζονται σαν κοιλότητες και άλλα σαν όγκοι. Είναι ολοφάνερο...

Και αυτό γιατί βρισκόμαστε σε αυτή τη πλευρά του χαλιού. Αν ήμασταν στην άλλη πλευρά, οι όγκοι θα άλλαζαν σε κοιλότητες και οι κοιλότητες σε όγκους.

Μα...εγώ βλέπω μόνο μια πλευρά!!!

Τειρεσία!!!

Ένα αστεϊάκι έκανα...

?...

Κι άλλος  
Επιστημόματσος(\*)

Κοιτάξτε! Εκεί... Όταν ένας όγκος και μια κοιλότητα, συγκρουστούν αρκετά αργά, δημιουργούνται δύο περιπλανώμενες πτυχές. Είναι η αντίστροφη λειτουργία


Χμμ... Απλή εκμηδένιση ενός σωματιδίου της ύλης και του αντισωματιδίου του. Αυτό μας δίνει δύο φωτόνια

Σωστό  
ΠΑΝΔΑΙΜΟΝΙΟ

Χμμ...


(\*) Απο τις λέξεις: Επιστήμη και μπάτσος

Η δημιουργία και ο εκμηδενισμός των σωματιδίων, με τη βοήθεια των ζευγαριών των φωτονίων, διαδέχονται το ένα το άλλο με ξέφρενο ρυθμό. Σε αυτό τον χαοτικό κόσμο, αυτό τον κόσμο που συνεχώς αλλάζει, δεν υπάρχουν δομές. Μόνο πλήθος απο φωτόνια, νετρίνα, αντινετρίνα και ένας μεγάλος αριθμός σωματιδίων και αντισωματιδίων, ποικίλα και φευγαλέα. Είναι ΧΑΟΤΙΚΟ (\*)

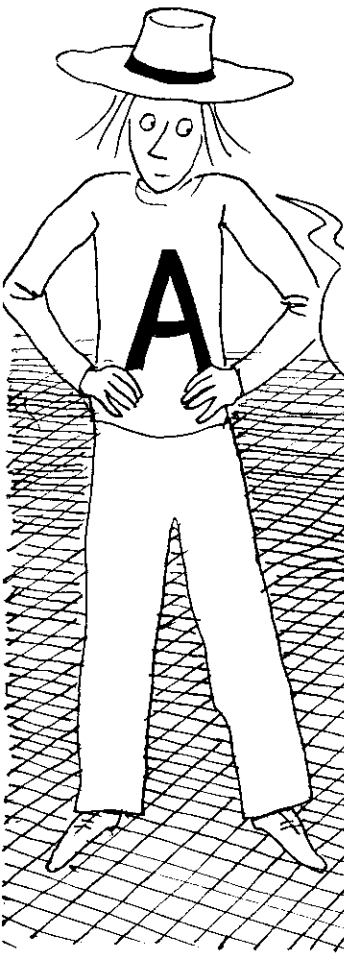


Αυτό μου θυμίζει τα  
ΣΕΞΟΝΙΑ

Τι στο καλό είναι τα  
ΣΕΞΟΝΙΑ?



Είναι σωματίδια, που περνούν το χρόνο  
τους με αναπαραγωγή



Προφανώς, υπάρχουν περιπλανώμενες πτυχές  
με διαφορετικό εύρος, όπως μακρόστενοι όγκοι ή  
επίπεδοι και ευρείς.

Αυτή την έκταση των περιπλανώμενων πτυχών, των ΦΩΤΟΝΙΩΝ, θα την ονομάσω ΜΗΚΟΣ ΚΥΜΑΤΟΣ  $\lambda$

Ας υποθέσουμε πως δημιουργώ ένα κύμα, κουνώντας αυτό το σχοινί. Αν το τινάξω ελαφρά, του δίνω πολύ μικρή ενέργεια και το μήκος κύματος  $\lambda$  είναι μεγάλο.

Αν τώρα, τινάξω πιο δυνατά το σχοινί, του δίνω περισσότερη ΕΝΕΡΓΕΙΑ και το μήκος κύματος  $\lambda$  είναι μικρό.

!!!κ!

Έτσι, όση περισσότερη ενέργεια έχει ένα κύμα που ταξιδεύει, τόσο μικρότερο θα είναι το μήκος κύματός του.

Αποφάσισα πως, η ΕΝΕΡΓΕΙΑ που περιέχεται σε ένα ΦΩΤΟΝΙΟ, ένα σωματίδιο του ΦΩΤΟΣ, είναι ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΩΣ ΑΝΑΛΟΓΗ του ΜΗΚΟΥΣ ΚΥΜΑΤΟΣ της  $\lambda$  : Ε μεταβάλλεται όσο το  $\frac{1}{\lambda}$

Έτσι θα είναι τα πράγματα...

# ΟΣΟ ΜΙΚΡΟΤΕΡΟ, ΤΟΣΟ ΒΑΡΥΤΕΡΟ

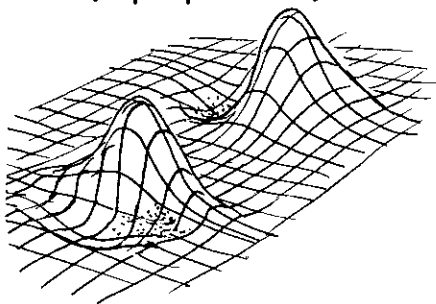


Όλα καλά για αυτά τα περιπλανώμενα κύματα, που ονόμασες ΦΩΤΟΝΙΑ. Όμως, πώς βρίσκεις τις διαφορές μεταξύ μακρόστενων ή κοντόχοντρων, κοιλοτήτων και όγκων?

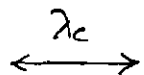
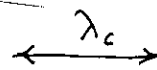
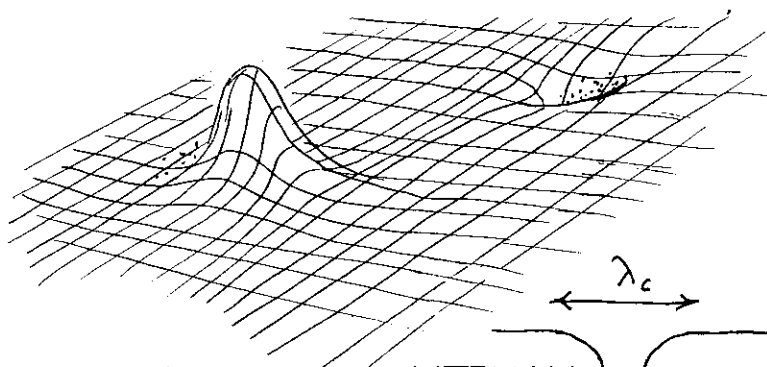
Θα ονομάσω αυτό το πλάτος των κοιλοτήτων και των όγκων, ΜΗΚΟΣ ΚΥΜΑΤΟΣ ΤΟΥ ΚΟΜΤΟΝ  $\lambda_c$ . Ο ΟΓΚΟΣ τους  $\pi$ , θα είναι ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΩΣ ΑΝΑΛΟΓΟΣ. Έτσι, το  $\pi$ , μεταβάλεται όπως το  $1/\lambda_c$

Πολύ ενεργητικά φωτόνια, με μικρό μήκος κύματος, παράγουν σωματίδια (και αντισωματίδια), τα οποία είναι ψηλά και στενά, με μεγάλη μάζα  $\pi$

$\lambda$  μικρό



$\lambda_c$  μικρό: μήκος κύματος Κόμτον μικρό



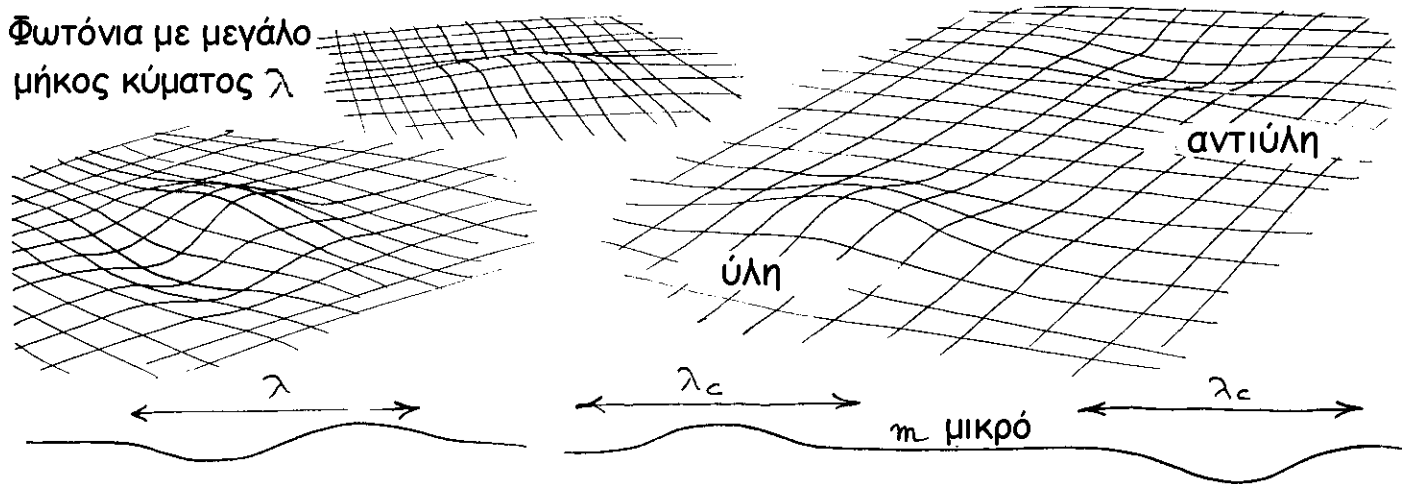
Φωτόνια

μάζα  $\pi$ , μεγάλη

ΑΝΤΙΥΛΗ

ΥΛΗ

Φωτόνια με μεγάλο μήκος κύματος  $\lambda$



Φωτόνια με μεγάλο μήκος κύματος  $\rightarrow$  Σωματίδια με μεγάλο μήκος κύματος Κόμπτον Αντιστρόφως, φωτόνια με σχετικά χαμηλή ενέργεια, γεννούν ένα ζεύγος σωματιδίων-αντισωματιδίων με μεγάλο μήκος κύματος Κόμπτον, δηλαδή με μικρή μάζα:  $\lambda_c$  μεγάλο,  $m$  μικρό.

Στην πραγματικότητα, τα πράγματα είναι πολύ πιο απλά. Παρατηρώ πως  $\lambda = \lambda_c$  (\*), με άλλα λόγια, πως τα σωματίδια (και τα αντισωματίδια), έχουν το ίδιο "μέγεθος" με τα φωτόνια που τα δημιούργησαν.

Και αυτό σημαίνει, πως απο τη στιγμή που γνωρίζουμε τη ΜΑΖΑ ενός οποιουδήποτε σωματιδίου, μπορούμε αμέσως να συμπεράνουμε το μήκος κύματος της ακτινοβολίας που το δημιούργησε.



(\* ) Να θυμάσαι πως  $E$  (ενέργεια) =  $m$  (μάζα). Δές το "ΟΛΑ ΕΙΝΑΙ ΣΧΕΤΙΚΑ"



Τα ΠΡΩΤΟΝΙΑ και τα ΝΕΤΡΟΝΙΑ έχουν σχεδόν την ίδια μάζα. Άρα έχουν και το ίδιο μέγεθος. Όμως ένα ηλεκτρόνιο είναι πολύ ελαφρύτερο. Λογικά, δε θα έπρεπε να ήταν... μεγαλύτερο!?!

Ακριβώς. Το ΠΡΩΤΟΝΙΟ και το ΝΕΤΡΟΝΙΟ ζυγίζουν  $1,66 \times 10^{-27}$  kg. Το ηλεκτρόνιο ζυγίζει  $9,1 \times 10^{-31}$  kg. Είναι λοιπόν, 1850 φορές ελαφρύτερο, δηλαδή 1850 φορές "μεγαλύτερο".





Α, είναι πανέμορφη  
η γέννηση του σήμερα

Τι φτιάχνεις  
εκεί?

Ένα ΑΤΟΜΟ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ,  
που είναι πιο κοντά στην πραγματικότητα.  
Μαζί με ένα μεγάλο ηλεκτρόνιο και ένα  
μικροσκοπικό ΠΡΩΤΟΝΙΟ, συνθέτουν  
τον ΠΥΡΗΝΑ του

Για όνομα του Θεού, για όνομα του Θεού! Τι χάος...  
Λοιπόν... Παιδιά μου, νομίζω πως εσείς μπορείτε να με  
βοηθήσετε να βάλω σε μια τάξη αυτή την ακαταστασία.

# Η ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ

TR



Κολοκύθια...

Αυτά τα φωτόνια έχουν διάφορα μήκη κύματος και ενέργειες. Όμως, γενικά, υπάρχει ένας καθορισμένος μέσος όρος του μήκους κύματος και μια μέση ενέργεια.

Η ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ  $T$  θα είναι η τιμή της μέσης ενέργειας των φωτονίων.

Τι καταστροφή...

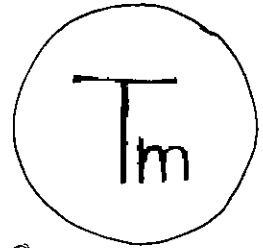
## ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ

Μπορεί, όμως, ένα μίγμα σωματιδίων να έχει ποικίλες θερμοκρασίες?!?

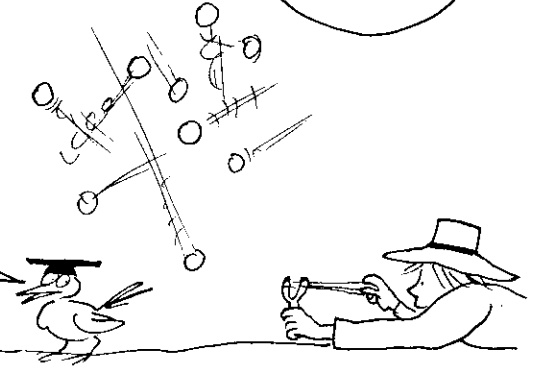
ΠΙΝΓΚ!

Ναι, όμως θα τα δούμε όλα αυτά στη σελίδα 46. Για την ώρα, ας πούμε πως τα σωματίδια ανταλλάσσουν ενέργεια μεταξύ τους, ή με τα φωτόνια, μέσω του εύρους των συγκρούσεων. Αυτός ο μηχανισμός τείνει να σταθεροποιήσει τις θερμοκρασίες, να τις ΕΞΙΣΩΣΕΙ, να θέσει το σύστημα σε μια κατάσταση ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ.

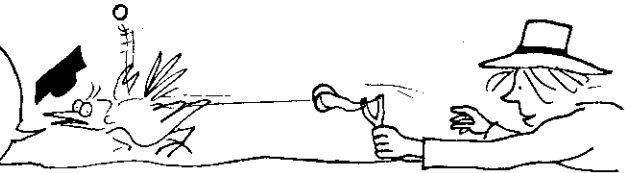
# Η ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΤΗΣ ΥΛΗΣ



Όλα αυτά τα σωματίδια της ΥΛΗΣ, έχουν ποικίλες μάζες  $m$  και ταχύτητες  $V$ . Η ΚΙΝΗΤΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ενός σωματιδίου είναι  $\frac{1}{2} mV^2$ . Όμως και πάλι υπάρχει μια μέση (ΘΕΡΜΙΚΗ) ενέργεια αναταραχής.



Και η ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΤΗΣ ΥΛΗΣ  $T_m$ , είναι η τιμή αυτής της ΜΕΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΝΑΤΑΡΑΧΗΣ



## ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗ

Όταν ένα σωματίδιο έχει πολύ περισσότερη ενέργεια, είναι πιο γρήγορο, πιο "ζεστό", τότε η σύγκρουση με ένα άλλο σωματίδιο θα μειώσει την ταχύτητά του. Και αντιστρόφως, όταν πηγαίνει πολύ αργά. Αν αυτό το φαινόμενο ενεργητικού ζευγαρώματος μέσω της σύγκρουσης, είναι αρκετά έντονο, τότε όχι μόνο θα είναι ίσες οι θερμοκρασίες, αλλά θα παραμείνουν έτσι όταν το μίγμα θα διαστέλλεται ή θα συμπιέζεται.



Τι αναταραχή! Σωματίδια και αντισωματίδια, δημιουργούνται και καταστρέφονται με καταχθόνιο ρυθμό

Ποιές οι συνθήκες κάτω από τις οποίες δημιουργείς ένα ζευγάρι σωματιδίου-αντισωματιδίου?

# ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΚΑΤΩΦΛΙΟΥ

Για να δημιουργήσεις ένα ΖΕΥΓΑΡΙ σωματιδίου-αντισωματιδίου, με κοινή μάζα  $m$ , χρειάζεσαι μια ενέργεια  $2 mc^2$ , που μπορεί να βρεθεί σε ένα ζευγάρι φωτονίων, με ίση ή μεγαλύτερη ενέργεια.

Αν η μέση ενέργεια των φωτονίων είναι υποδεέστερη της ενέργειας κατώφλιου  $mc^2$ , δηλαδή αν η θερμοκρασία ακτινοβολίας  $T_R$  είναι πολύ χαμηλή, (μικρότερη από την τιμή που παίρνει το κατώφλι), τότε τέτοια σωματίδια ύλης δεν μπορούν να δημιουργηθούν.

Ναι...

# Η ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΕΙΔΩΝ

Η ΕΠΙΒΙΩΣΗ ενός είδους είναι πάντα προβληματική. Μπορεί να εξασφαλιστεί με υψηλό ρυθμό παραγωγής

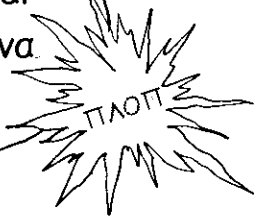


Καλά κρατούν τα Σεξόνια!

Που σημαίνει πως η θερμοκρασία ακτινοβολίας  $T_R$ , πρέπει να είναι μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία κατώφλιού για αυτό το είδος.

Αν η θερμοκρασία  $T_R$  είναι χαμηλότερη από το κατώφλι, υπάρχουν πολλοί τρόποι να εξαφανιστούν τα σωματίδια.

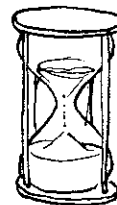
Ο πιο τρομερός είναι η εκμηδένιση από ένα αντισωματίδιο



ή μια άσχημη συνάντηση με ένα άλλο είδος


Ο Κόσμος είναι ένας αγώνας επιβίωσης

Και τέλος, τα σωματίδια έχουν τη δική τους ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ(\*). Αφού αυτή περάσει, αποσυντίθενται αυτόματα σε άλλα σωματίδια και ακτινοβολία.



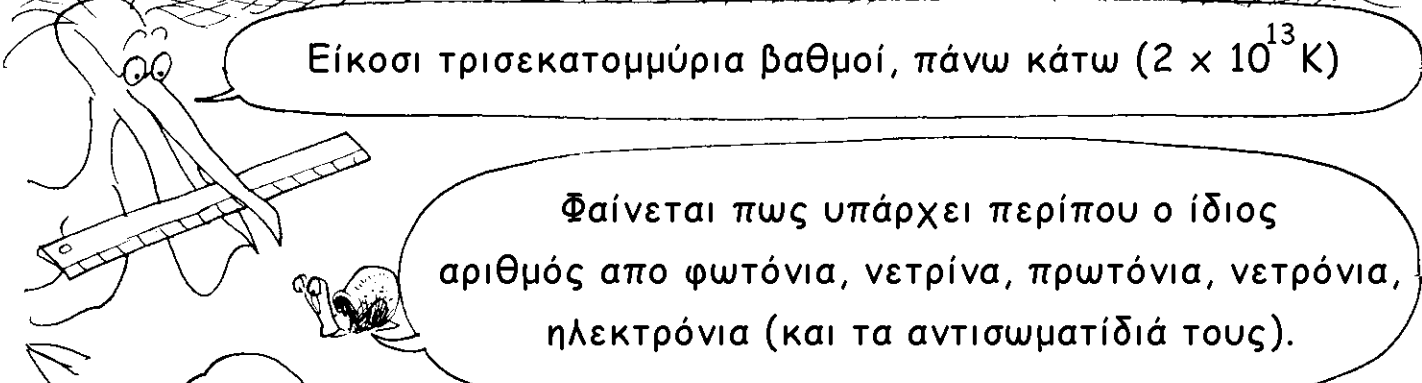
Το πρόβλημα είναι η αντοχή...

(\*)...Τελειώνει το απόθεμα τους σε ΧΡΟΝΟΛ. Δες το "ΟΛΑ ΕΙΝΑΙ ΣΧΕΤΙΚΑ"




Ποιά είναι η  
θερμοκρασία του?

Πάρε ένα φωτόνιο  
και μέτρησε το μήκος  
κύματός του  $\lambda$ !



Είκοσι τρισεκατομμύρια βαθμοί, πάνω κάτω ( $2 \times 10^{13}$  K)

Φαίνεται πως υπάρχει περίπου ο ίδιος  
αριθμός απο φωτόνια, νετρίνα, πρωτόνια, νετρόνια,  
ηλεκτρόνια (και τα αντισωματίδιά τους).



Σε αρκετά υψηλές θερμοκρασίες,  
όλα είναι σχετικά. Ακόμη και τα σωματίδια της ύλης  
ταξιδεύουν με ταχύτητες που πλησιάζουν την  
ταχύτητα του φωτός  $C$ .

Στο "ΟΛΑ ΕΙΝΑΙ ΣΧΕΤΙΚΑ", είδαμε πως όταν  
η ταχύτητα ενός σωματιδίου πλησιάζει την ταχύτητα του φωτός,  
η δική του ταχύτητα ρέει όπως το μέλι



Εδώ έχουμε ένα μικρό προβληματάκι... Αν όλα κινούνται με ταχύτητα φως, τότε σταματάει εντελώς η ροή του ΧΡΟΝΟΥ (\*)?!? Δεν υπάρχει τίποτα...

**A**

Δεν υπάρχει κάτι που να κινείται αρκετά αργά, ώστε να κάνει τον χρόνο να κυλάει με συγκεκριμένο τρόπο



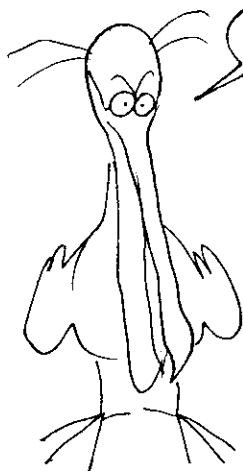
Ω!..

Ένας κόσμος εντελώς ΑΧΡΟΝΟΣ, δεν θα είχε κανένα ΝΟΗΜΑ

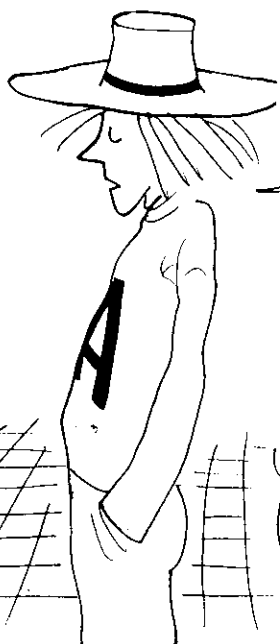


Ίσως ο χρόνος είναι μια πολυτέλεια, που μόνο κάποια σύμπαντα μπορούν να έχουν?

Αυτό είναι διαβόλικό!



Ποιός νοιάζεται, μετά απο όλα αυτά που έχω δει και ακούσει... Ο ΧΩΡΟΣ, Ο ΧΡΟΝΟΣ, ΤΟ ΣΥΜΠΑΝ, όλα αυτά είναι απλώς πούδρα στα μάτια



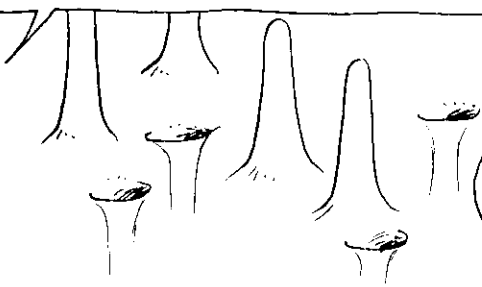
Το συστατικό του σύμπαντος για τα πάντα?



(\*) Ένας κοσμικός χρόνος που μπορεί να είναι ο μέσος των ΚΑΝΟΝΙΚΩΝ ΧΡΟΝΩΝ

# ΣΤΟΙΧΕΙΩΔΗ ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ

Ε, εσύ, αντί να κουνάς άσκοπα τα φτερά σου, βοήθα με να βάλω μια τάξη σε αυτά τα τρελαμένα ΣΤΟΙΧΕΙΩΔΗ ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ



Αυτά εκεί έχουν πολύ μικρό μήκος κύματος Κόμτον  $\lambda_c$

Αυτά τα ογκώδη σωματίδια λέγονται ΥΠΕΡΟΝΙΑ(\*)

Σειρά έχουν τα ΑΔΡΟΝΙΑ. Το ΠΡΩΤΟΝΙΟ και το ΝΕΤΡΟΝΙΟ (και φυσικά το αντιπρωτόνιο και το αντινετρώνιο) βρίσκονται ανάμεσά τους. Συνδυάζονται για να σχηματίσουν ένα ΠΥΡΗΝΑ. Για να δημιουργήσεις αυτά τα σωματίδια, χρειάζεσαι μια θερμοκρασία ακτινοβολίας μεγαλύτερη από  $10^{13}$  K, δηλαδή δέκα τρισεκατομμύρια βαθμούς

Αυτή μάλλον είναι η θερμοκρασία κατωφλιού

Το μήκος κύματος Κόμτον των πρωτονίων και των νετρονίων είναι  $1,35 \times 10^{-12}$  cm. Ένα τρισεκατομμυριοστό του χιλιοστού

ΠΑΡΑΚΑΛΩ ΚΡΑΤΗΣΤΕ ΤΗ ΜΥΤΗ ΣΑΣ ΜΑΚΡΙΑ ΑΠΟ ΤΑ ΝΕΤΡΟΝΙΑ

(\*) Υποθετικά, σε κατάσταση πραγματικής γνώσης



ΑΔΡΟΝΙΟ, απο το ΑΔΡΟΣ,  
το οποίο σημαίνει βαρύς, στα  
ελληνικά.

Τειρεσία, μιλάς  
ελληνικά?

Προφανώς, υπάρχουν  
τόσα ΑΝΤΙΑΔΡΟΝΙΑ, όσα και  
ΑΔΡΟΝΙΑ.

Και τέλος, ορίστε τα  
ΛΕΠΤΟΝΙΑ(\*).

ΛΕΠΤΟΝΙΟ

ΑΝΤΙΛΕΠΤΟΝΙΟ

Για να τα δημιουργήσεις θα χρειαστείς μια  
θερμοκρασία ακτινοβολίας 6 εκατομμυρίων βαθμών  
(θερμοκρασία κατωφλιού)

Το γνωστότερο ΛΕΠΤΟΝΙΟ είναι το ηλεκτρόνιο και το ταίρι του,  
το αντιηλεκτρόνιο, ή ΠΟΣΙΤΡΟΝΙΟ. Παρατηρήστε πως, η θερμοκρασία  
κατωφλιού για τη δημιουργία ηλεκτρονίων είναι 1850 φορές μικρότερη  
απο αυτή των πρωτονίων και των νετρονίων.

Αυτό είναι λογικό, γιατί χρειάζεσαι  
1850 φορές λιγότερη ενέργεια για  
να δημιουργήσεις ένα ηλεκτρόνιο  
παρα ένα πρωτόνιο.

(\* ) Απο τη λέξη λεπτός

# ΟΛΑ ΚΑΤΑΡΡΕΟΥΝ



Η κατάσταση της χρονογένεσης ήταν τρομερή (ο χρόνος ανυπομονούσε να κάνει την εμφάνισή του)  
Ο χρονοτροχός ξεκίνησε δημιουργώντας έτσι το πρώτο ΣΥΜΒΑΝ, την πρώτη ΣΤΙΓΜΗ.



Που πηγαίνετε?  
Τι συμβαίνει?

Είναι η ΕΠΕΚΤΑΣΗ... Το Σύμπαν  
έχει χαλαρώσει. Με συγχωρείτε...

Πετάγομαι  
κάπου μια στιγμή

Δε μου αρέσουν οι  
αλλαγές!

Ε!!!

Θα δείτε,  
με το χρόνο θα ηρεμήσει κάπως.

Μα, την πίστη μου,  
μας παράτησε!

Αντίο,

Καλή συνέχεια.

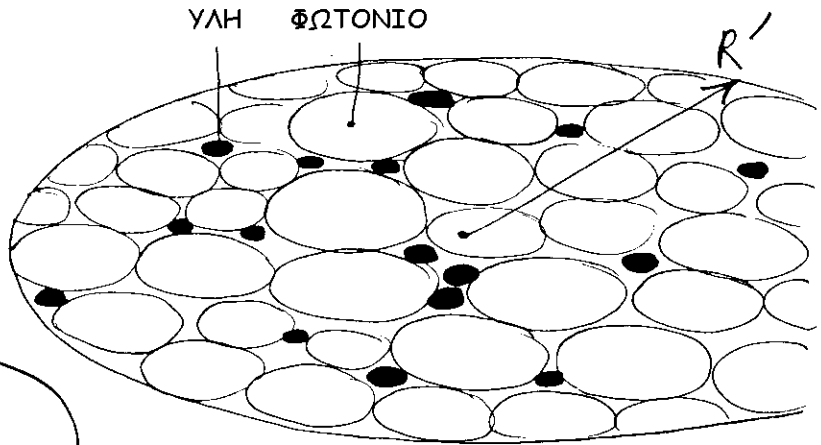
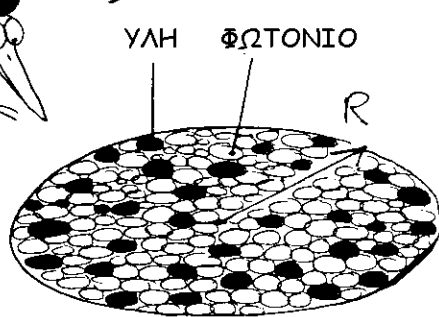
Πάλι αποτυχία!

Που πήγε?..

Μοιάζει με είσοδο υπονόμου.  
Κατευθύνεται προς τις κατακόμβες  
του Σύμπαντος?

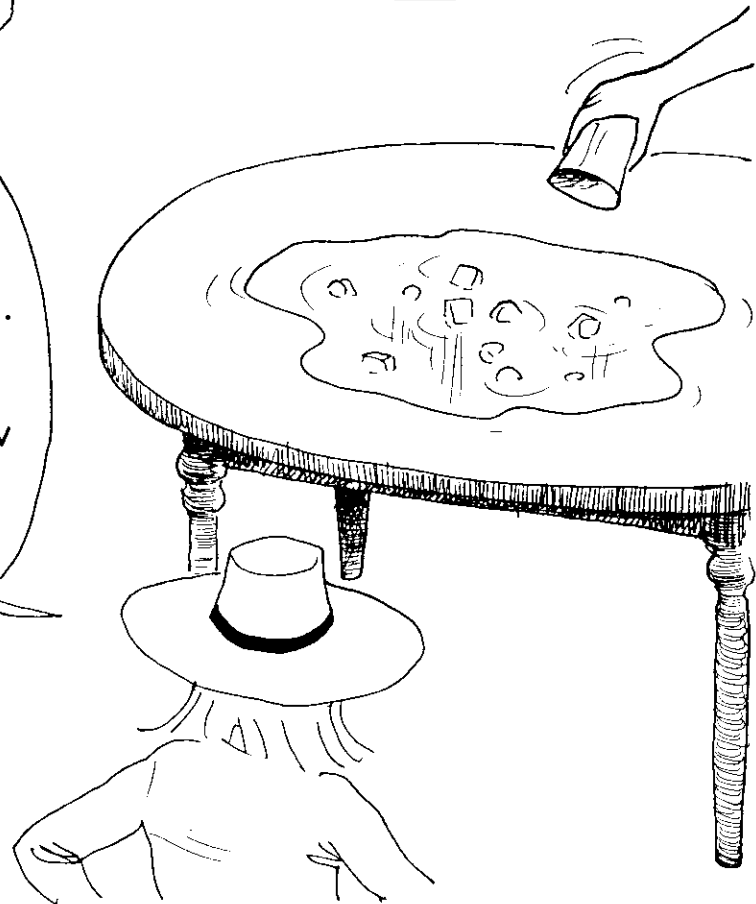
# Η ΔΙΑΤΗΡΗΣΗ ΤΗΣ ΜΑΖΑΣ

Κοιτάξτε τι συμβαίνει: Τα φωτόνια διαστέλλονται.  
Τα σωματίδια της ύλης, πάλι, όχι.



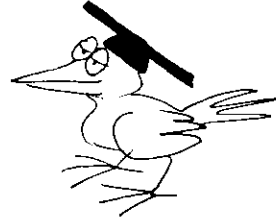
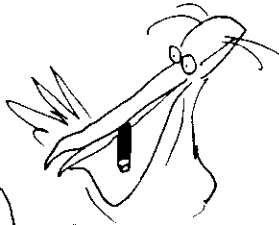
Η ύλη,  
μοιάζει παγωμένη.

Αυτό μου θυμίζει, τι θα συμβεί  
αν αναποδογυρίσεις ένα ποτήρι με  
παγωμένο νερό, πάνω σε ένα τραπέζι.  
Η μάζα του νερού επεκτείνεται,  
διαστέλλεται. Τα παγάκια ακολουθούν  
την ίδια πορεία, όμως διατηρούν το  
σχήμα και το μέγεθός τους.

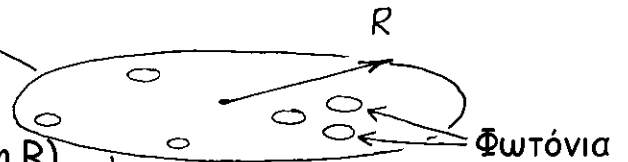


Επειδή το μέγεθος των σωματιδίων της ύλης σχετίζεται με τη μάζα τους, συμπεραίνω πως Η ΜΑΖΑ ΔΙΑΤΗΡΕΙΤΑΙ

Αντίστροφα, τα φωτόνια εξαπλώνονται, χάνοντας έτσι ΕΝΕΡΓΕΙΑ



Αν  $R$  είναι η ακτίνα του Σύμπαντος, τότε, αφού το μήκος κύματος  $\lambda$  των φωτονίων ακολουθεί την ίδια επέκταση ( $\lambda$  μεταβάλεται όπως η  $R$ ), συμπεραίνω επίσης πως η θερμοκρασία της ακτινοβολίας, η οποία μεταβάλεται όπως το  $1/\lambda$ , ελαττώνεται όπως το  $1/R$



Συμβαίνει λες και το Σύμπαν δημιουργεί το δικό του χώρο, τη δική του ΚΟΣΜΟΤΟΠΙΑ(\*) εκκρίνοντας... κενό...

Η ύλη και το φως είναι απλώς δυο διαφορετικές μορφές της ίδιας οντότητας: ΕΝΕΡΓΕΙΑ / ΥΛΗ. Τα φωτόνια διατηρούν την ταχύτητα των 300,000 χλμ/δευτ. όμως χάνουν την ενέργειά τους

(\*) Απο τις λέξεις ΚΟΣΜΟΣ και ΤΟΠΟΣ (Το μέρος οπου κατοικεί το Σύμπαν)

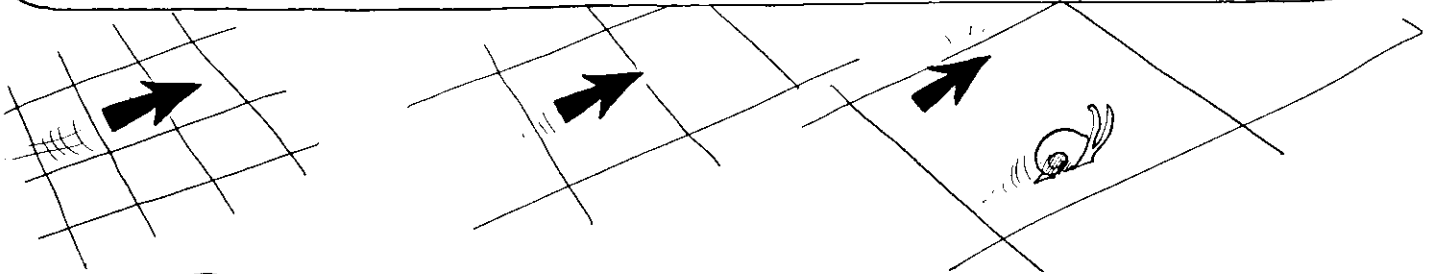


Ορίστε ένα καλό παράδειγμα για να κατανοήσουμε τον τρόπο που τα φωτόνια επεκτείνονται και η ενέργεια χάνεται



Μα, πως συμπεριφέρεται η ύλη κατά τη διάρκεια αυτής της επέκτασης?

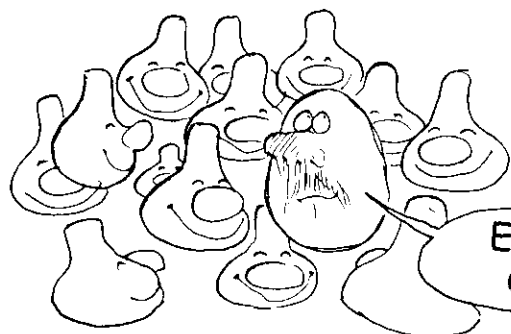
Το Σύμπαν εκκρίνει τον χώρο όπως ένα κοχύλι. Όσο περισσότερο περνάει ο χρόνος, τόσα σωματίδια πρόκειται να κινηθούν μέσα σ' αυτόν. Όταν το μέγεθος του Σύμπαντος διπλασιάζεται, η ταχύτητα ανατάραξης των σωματιδίων της ύλης ελαττώνεται στο μισό. Έτσι, η κινητική τους ενέργεια διαιρείται με το 4: Η ταχύτητα ανατάραξης μεταβάλλεται όπως η αντίστροφη της ακτίνας  $R$  του Σύμπαντος, ενώ η θερμοκρασία της ύλης μεταβάλλεται όπως το  $1/R^2$



Αχ...  
Κουράστηκα

Μα...μόλις τώρα είδαμε πως η θερμοκρασία ακτινοβολίας  $T_R$  μεταβάλλεται όπως το  $1/R$ . Έτσι, η ύλη τείνει να ηρεμεί γρηγορότερα σε σχέση με την ακτινοβολία?

Πράγματι. Όμως οι συγκρούσεις Φωτονίων-ύλης την ξαναζεσταίνουν.  
Γίνονται τόσο συχνά ώστε να διατηρήσουν μια κατάσταση θερμοδυναμικής  
ισσοροπίας ( $T_R = T_m$ ) για συγκεκριμένη χρονική περίοδο.

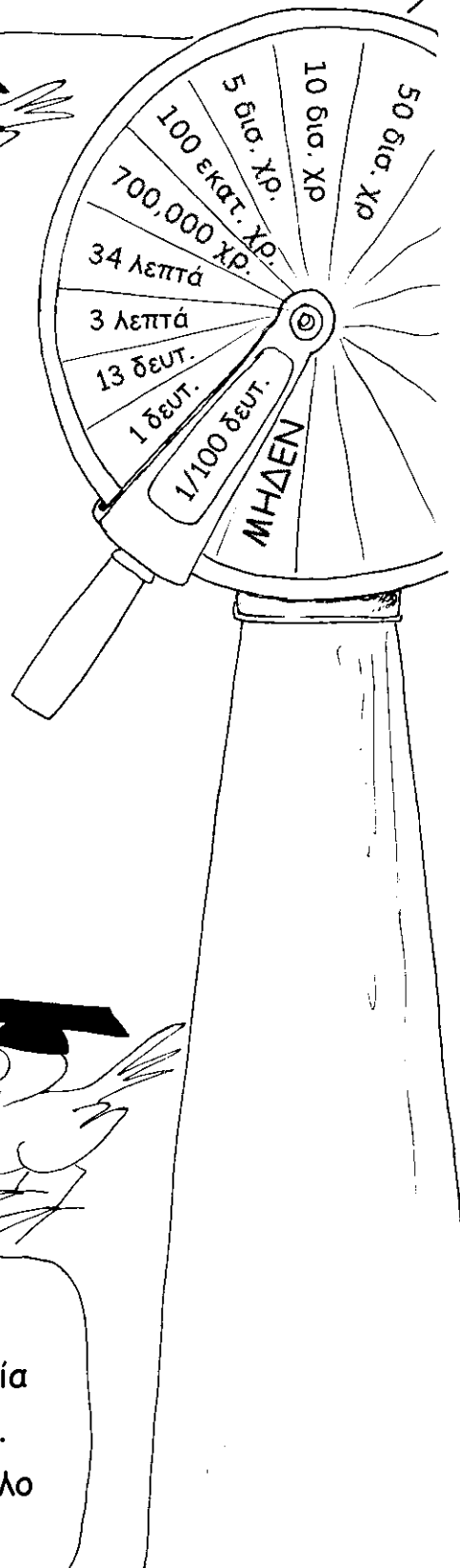


Ευχαριστώ,  
φίλοι μου

ένα εκατοστό  
του δευτερολέπτου



Τα πρωτόνια, τα νετρόνια,  
τα αντιπρωτόνια και τα αντινετρόνια,  
κινούνται μόνο στο ένα δέκατο της  
ταχύτητας του φωτός  $C$



Η θερμοκρασία ( $T_R = T_m$ ) έχει πέσει στους εκατό  
δισεκατομμύρια βαθμούς, πολύ κάτω από τη θερμοκρασία  
κατωφλιού τους των δέκα τρισεκατομμυρίων βαθμών.  
Έχουν εκμηδενίσει το ένα το άλλο σε ζευγάρια σε μεγάλο  
βαθμό και μόνο ένα στο ΔΙΣΕΚΑΤΟΜΜΥΡΙΟ επιζεί

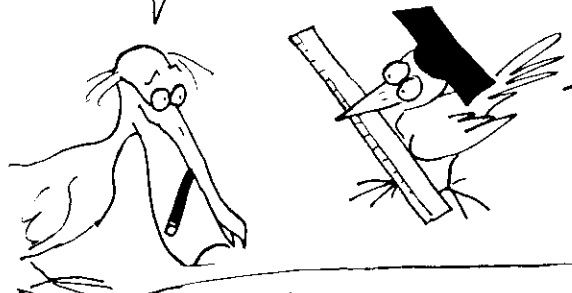


Σόφι, τα περισσότερα πρωτόνια, νετρόνια, αντιπρωτόνια και αντινετρόνια έχουν εξαφανιστεί. Πως όμως και ο αριθμός ηλεκτρονίων και ποσιτρονίων (αντιηλεκτρονίων) μένει ίδιος με πρίν?

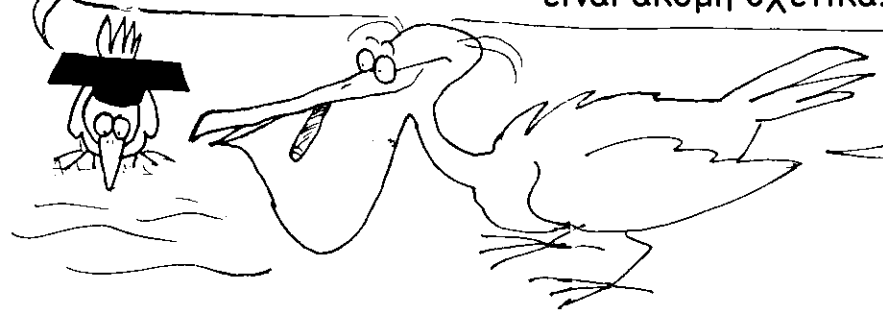
Η θερμοκρασία κατωφλιού των ηλεκτρονίων είναι μόνο έξι δισεκατομμύρια βαθμοί

Μόνο έξι δισεκατομμύρια βαθμοί... Το άκουσες αυτό?

Πρέπει να παραδεχτείς πως είναι πιο κρύα



Αυτό είναι πολύ παράξενο: η θερμοκρασία είναι εκατό δισεκατομμύρια βαθμοί. Τα πρωτόνια, νετρόνια, αντιπρωτόνια και αντινετρόνια, κινούνται στο ένα δέκατο της ταχύτητας του φωτός. Όμως τα ηλεκτρόνια είναι ακόμη σχετικά.



Ναι...γιατί έτσι?



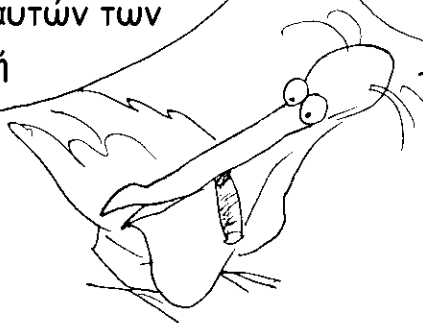
Το περιβάλλον βρίσκεται πάντα σε μια κατάσταση  
ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ: Η ένωση όλων των ειδών των  
σωματιδίων και της ακτινοβολίας είναι πάντα έντονη. Οι κινητικές ενέργειες  
των σωματιδίων της ύλης είναι, κατα μέσο όρο, ίσες.



Για περίμενε...αφου η μάζα του ηλεκτρονίου  
είναι 1850 φορές μικρότερη απο αυτή του  
πρωτονίου, τότε, αναγκαστικά, για να έχουμε μια  
ισορροπία (με δεδομένη θερμοκρασία), η ταχύτητα  
ανατάραξης του ηλεκτρονίου πρέπει να είναι  
πολύ υψηλότερη

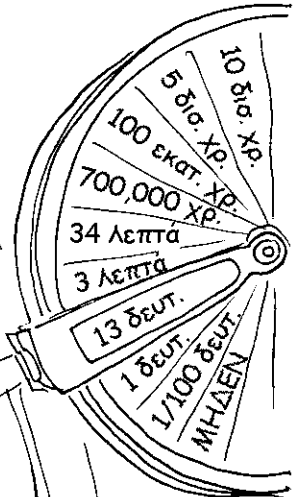
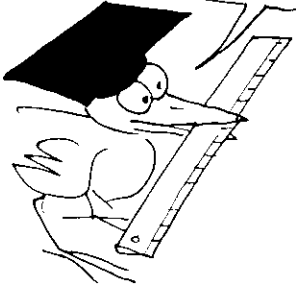
Στην πραγματικότητα, αφου η ενέργεια  
κατωφλιού για τη δημιουργία ενός σωματιδίου  
μάζας  $m$  είναι απλώς  $mc^2$ , τότε απο τη στιγμή που  
θα ηρεμήσει το σύστημα σε σημείο η ταχύτητα  
ανατάραξης του  $V$  να είναι αισθητά πιο μικρή  
απο τη  $C$ , σταματάει η δημιουργία αυτών των  
σωματιδίων και υπάρχει δραματική  
μείωση του πληθυσμού τους.

Με άλλα λόγια:  
Αν ο πληθυσμός των  
σωματιδίων της ύλης πάψει  
να είναι σχετικός,  
αποδεκατίζεται.



Δεκατρία  
δευτερόλεπτα

Η θερμοκρασία έχει πέσει  
στους τρία δισεκατομμύρια  
βαθμούς



Ε, κοίτα τα ηλεκτρόνια και τα  
αντιηλεκτρόνια. Χαμός γίνεται!

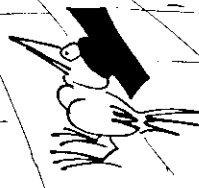
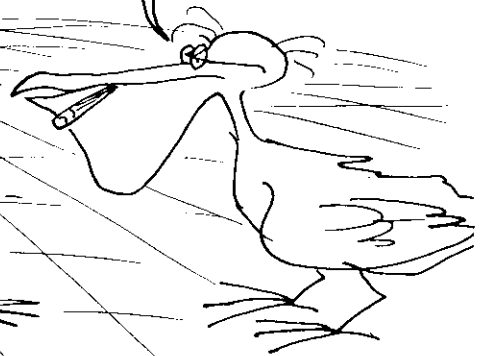


Φυσικό είναι. Αφού είναι  
πολύ κάτω απο τη θερμοκρασία  
κατωφλιού τους.

Ενα σωστό κοσμολογικό καρναβάλι!

Και πάλι,  
μόνο ένα στο  
**ΔΙΣΕΚΑΤΟΜΜΥΡΙΟ!**  
θα επιζήσει

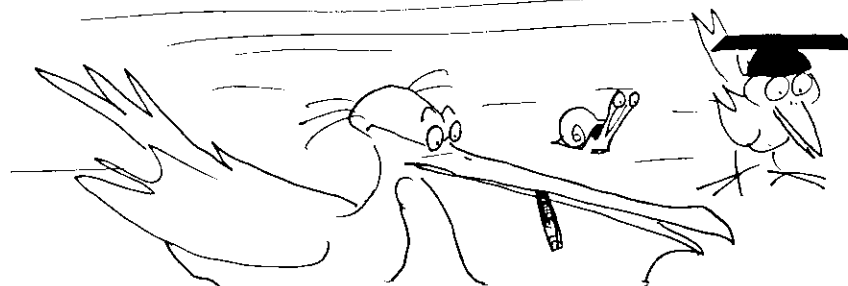
Τι μπέρδεμα...



Για μικρό χρονικό διάστημα,  
δεν υπάρχει ΤΙΠΟΤΑ...εκτός απο φωτόνια.  
Υπάρχει μια πιθανότητα...

Ίσως υπάρχουν  
κάπου αλλού, σύμπαντα  
που αστόχησαν

Ένα απο τα μεγαλύτερα μυστήρια  
της κοσμολογίας είναι πως δεν μπορούμε να  
εξηγήσουμε γιατί η ύλη και η αντιύλη δεν εκμηδένισαν  
εντελώς η μια την άλλη...



Σε αυτό το στάδιο, η ιστορία είναι πάντα ίδια:  
έρχεται κάποια στιγμή που το πρόβλημα της  
ΑΝΤΙΥΛΗΣ απλώς το κρύβουμε κάτω απ' το χαλάκι.  
Πφφφφ!...εξαφανισμένη αντιύλη...

Να σου υπενθυμίσω τους  
κανόνες μας, Τειρεσία. Μόνο ΓΕΓΟΝΟΤΑ!  
Όχι τρελές θεωρίες!..(\*)

Βαρέθηκα πια  
τους επιστημό-  
μπατσους

Πσστ!..

(\*) Ένα άλμπουμ ειδικά αφιερωμένο στις μπερδεμένες θεωρίες  
"ΤΟ ΚΑΡΝΑΒΑΛΙ ΤΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ": Ένα ανθολόγιο ερχόμενων ιδεών

# Η ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

Εδώ έχει  
μπόλικά  
σωματίδια.

Με εξαίρεση το φως, δεν υπάρχουν και πολλά  
αυτή τη στιγμή στο Σύμπαν.

Η ΕΝΕΡΓΕΙΑ/ΥΛΗ, η οποία  
χωρίστηκε εξίσου σε ύλη,  
αντιύλη, φωτόνια και νετρίνα, τώρα υπάρχει αποκλειστικά στη μορφή  
των φωτονίων και νετρίνων, δηλαδή της ακτινοβολίας. Κάθε φορά που  
διπλασιάζεται η ακτίνα R του Σύμπαντος, η πυκνότητα της ύλης μειώνεται.  
Είναι απλώς θέμα αραιώσης.

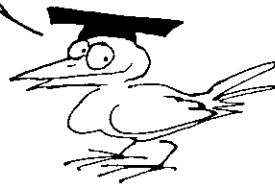
Στο χαλί του Σύμπαντος,  
όπου η ακτίνα R διπλασιάζεται, η πυκνότητα  
διαιρείται με  $2 \times 2 = 4$ . Στο τρισδιάστατο  
Σύμπαν μας, διαιρείται με  
 $2 \times 2 \times 2 = 8$ .

Η πυκνότητα της ύλης μεταβάλλεται αντιστρόφως ανάλογα  
με τον κύβο του "μεγέθους" της "ακτίνας" R, του Σύμπαντος,

Όμως, για εμάς τα φωτόνια, όλα είναι πιο  
δραματικά. Σταδιακά, η επέκταση καταναλώνει σχεδόν  
όλη μας την ενέργεια. Η ποσότητα ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ / ΥΛΗΣ  
που κουβαλάμε, μειώνεται, αντιστρόφως ανάλογα  
της ακτίνας R του Σύμπαντος

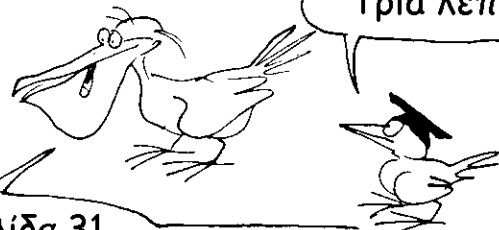
Που σημαίνει πως η πυκνότητα της ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ / ΥΛΗΣ που υπάρχει  
σε μορφή φωτονίων, είναι αντιστρόφως ανάλογη της τέταρτης δύναμης του R.

Όσο η ύλη παραμένει ενωμένη στα φωτόνια, αναθερμαίνεται συνεχώς. Αυτό συμβαίνει μέχρι η κοινή θερμοκρασία ( $T_R = T_M$ ), να πέσει στους 3000 βαθμούς, κάτι, που για να γίνει, χρειάζεται περίπου 700,000 χρόνια.



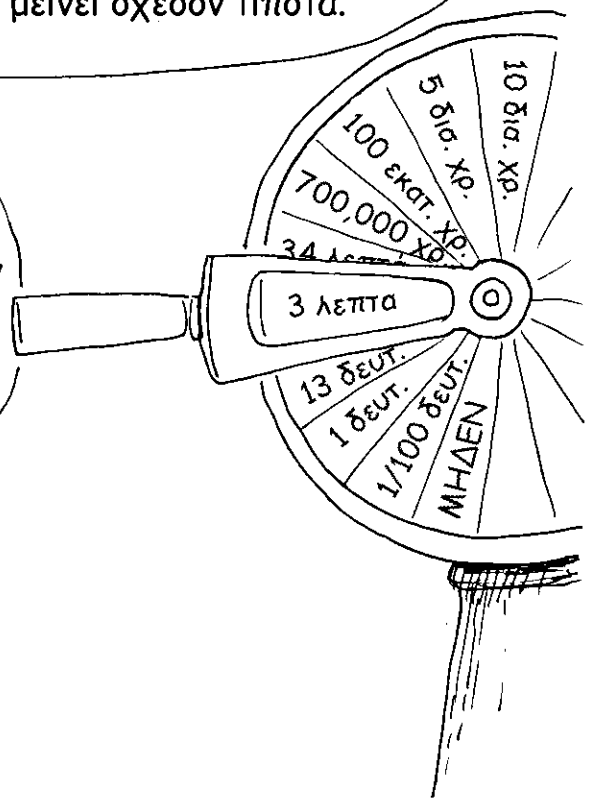
# Η ΣΥΝΘΕΣΗ ΤΟΥ ΠΥΡΗΝΑ

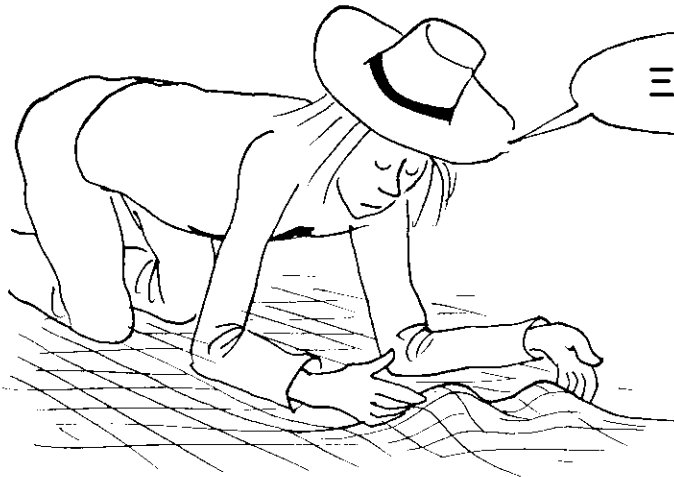
Τρία λεπτά



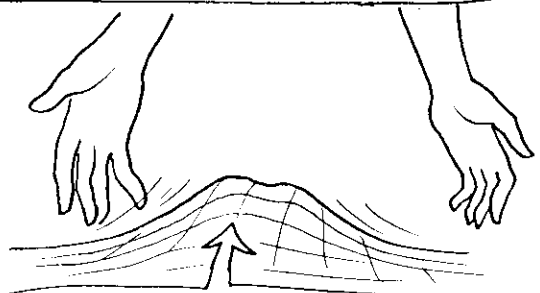
Καλά...συγκριτικά με αυτά που είδαμε στη σελίδα 31, το πρώτο εκατοστό του δευτερολέπτου, το μέγεθος R του Σύμπαντος έχει πολλαπλασιαστεί εκατό φορές περισσότερο και η θερμοκρασία ( $T_R = T_m$ ) έχει μειωθεί σε ένα δισεκατομμύριο βαθμούς. Δεν έχει μείνει σχεδόν τίποτα. Και τώρα?..

Ορίστε δύο όγκοι.  
Αναρωτιέμαι, τι θα γινόταν  
αν έσπρωχνα τον ένα όγκο  
πάνω στον άλλο?



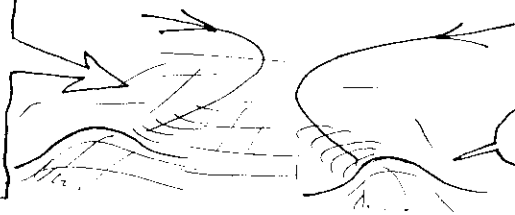


Ξεκινούν απωθώντας ο ένας τον άλλο



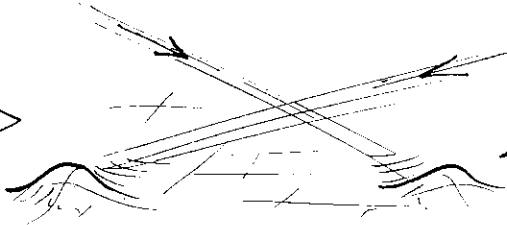
Έπειτα, προσελκύνονται για να σχηματίσουν ένα και μοναδικό αντικείμενο

Όταν δυο όγκοι συγκρούονται, τρία πράγματα μπορούν να συμβούν: αν κινούνται αργά, εξωθούν ο ένας τον άλλο.



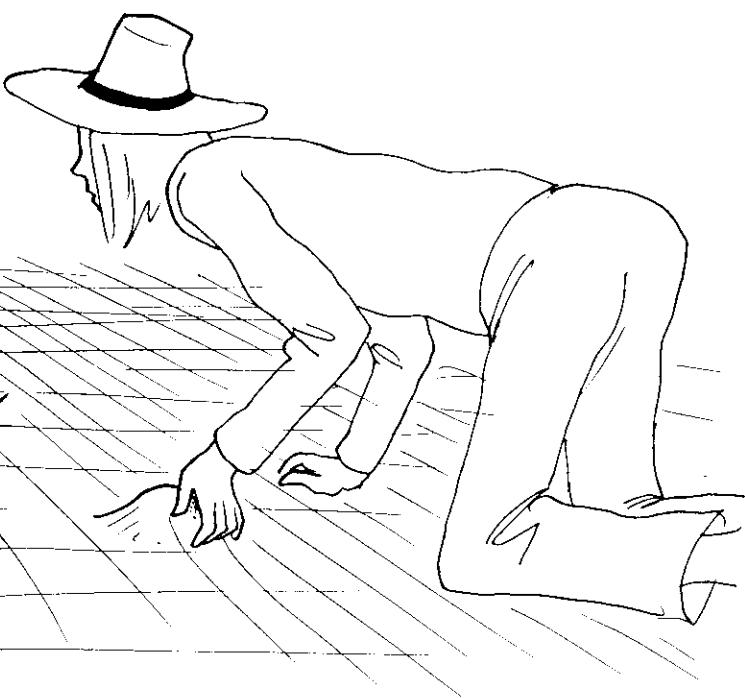
Ωχ, με συγχωρείτε..

Όταν οι όγκοι κινούνται με μεγάλη ταχύτητα, περνούν ο ένας δίπλα στον άλλο τόσο γρήγορα, που δεν έχουν χρόνο να αλληλεπιδράσουν



?..

Μπορούν μόνο να ενωθούν σε ένα καθορισμένο εύρος ταχύτητας ανατάραξης, της θερμοκρασίας



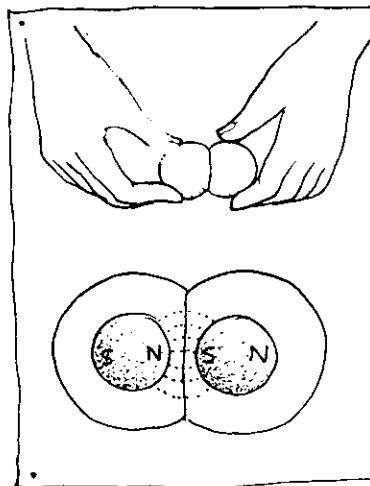
Και μια βίαιη σύγκρουση με ένα τρίτο σωματίδιο, σπάει την κατασκευή που σχηματίστηκε με αυτό τον τρόπο.



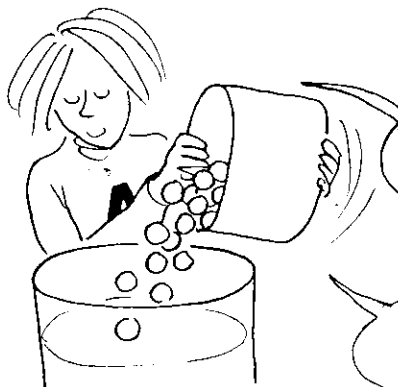
Αυτές οι αντιδράσεις  
ΣΥΓΧΩΝΕΥΣΗΣ, παραγουν τον πρώτο  
ΑΤΟΜΙΚΟ ΠΥΡΗΝΑ. Η διαδικασία της  
ΜΟΡΦΟΓΕΝΕΣΗΣ μας οδηγεί  
στις πρώτες ΦΟΡΜΕΣ, τις πρώτες  
ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ του Σύμπαντος.

Είναι πολύ αστείο αυτό που συμβαίνει.  
Υπάρχει μια ελκτική δύναμη και μια απωστική δύναμη.  
Στις μεγάλες αποστάσεις, κυριαρχεί η απωστική  
και στις μικρές η ελκτική

Θα πάρω μερικούς μαγνήτες  
και θα τους βάλω μέσα σε λαστιχένιες σφαίρες



Το λάστιχο είναι ένα υλικό  
που συμπιέζεται εύκολα,  
έτσι αν πιέσω δύο σφαίρες  
μεταξύ τους, θα παρα-  
μείνουν ενωμένες λόγω  
του μαγνητικού πεδίου



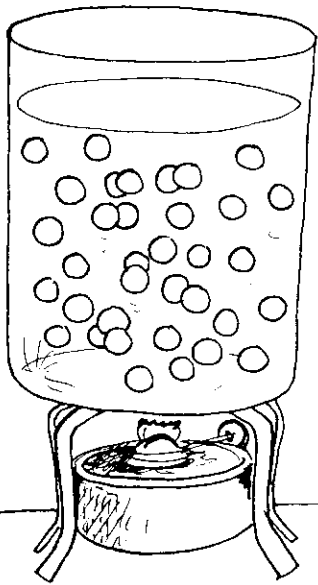
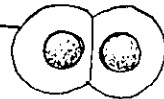
Τώρα θα τις ρίξω μέσα  
σε ένα μεγάλο δοχείο με νερό...

...για να δώ πως κινούνται.

Εμπλέκονται δύο δυνάμεις. Μια δύναμη ελκτική: ο μαγνητισμός και μια απωθητική: η ελαστικότητα της λαστιχένιας σφαίρας. Όταν οι δύο σφαίρες αγγίζονται, παρεμβαίνει η ελαστική δύναμη. Η δύναμη του μαγνήτη γίνεται εμφανής, όταν το λάστιχο συμπιεστεί αρκετά. Υπάρχει μια ενδιάμεση θέση, όπου οι δυνάμεις ισορροπούν.

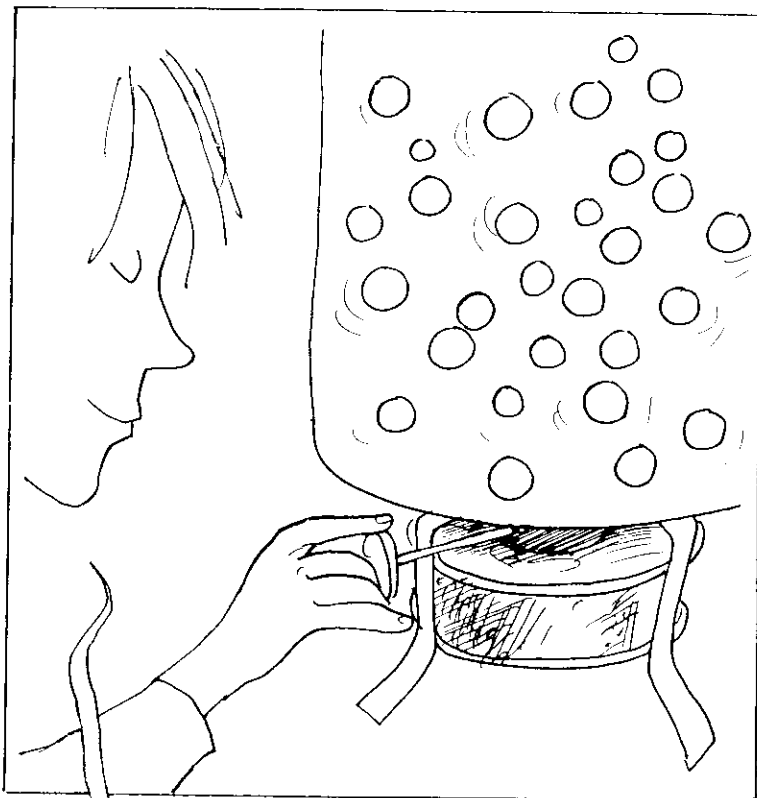


Το λάστιχο της σφαίρας, έχει πυκνότητα σχεδόν ίση με αυτή του νερού. Τώρα, θα προκαλέσω αναταραχή, ζεσταίνοντας το δοχείο.



Όταν η θερμοκρασία είναι χαμηλή, οι σφαίρες αναπηδούν απαλά η μια πάνω στην άλλη, και δε συμβαίνει τίποτα. Όταν συγκρούονται, δεν υπάρχει αρκετή ενέργεια ώστε να συμπιεστεί το λάστιχο όσο χρειάζεται για να δράσει η μαγνητική ενέργεια.

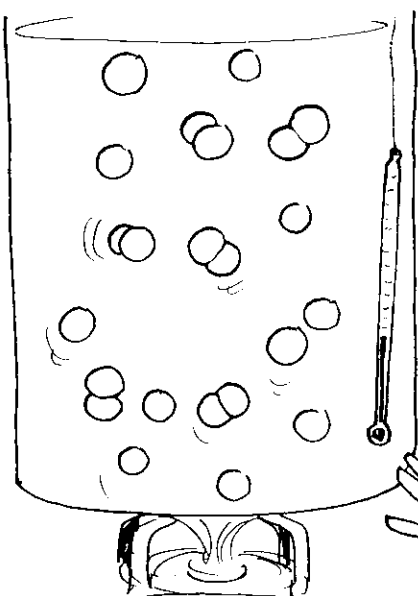
Το εύρος της δράσης του μαγνητισμού είναι μικρό.



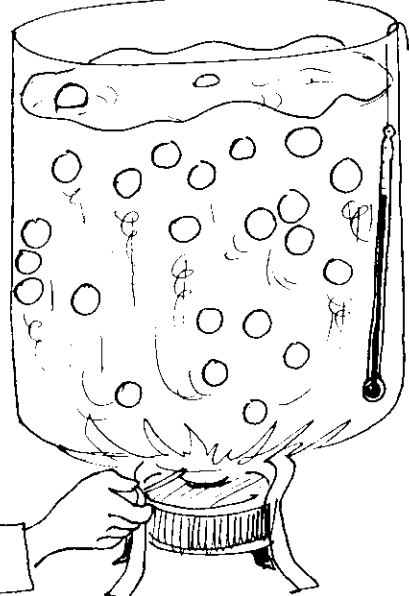
Ωραία,  
τώρα θα δυναμώσω  
τη φωτιά.



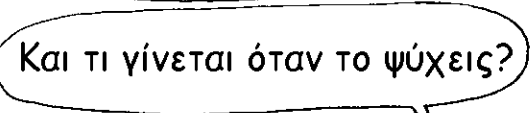




Κοίτα πως κινούνται! Αυτή είναι η ιδανική θερμοκρασία (μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία ΚΑΤΩΦΛΙΟΥ). Ο βαθμός ανατάραξης είναι επαρκής

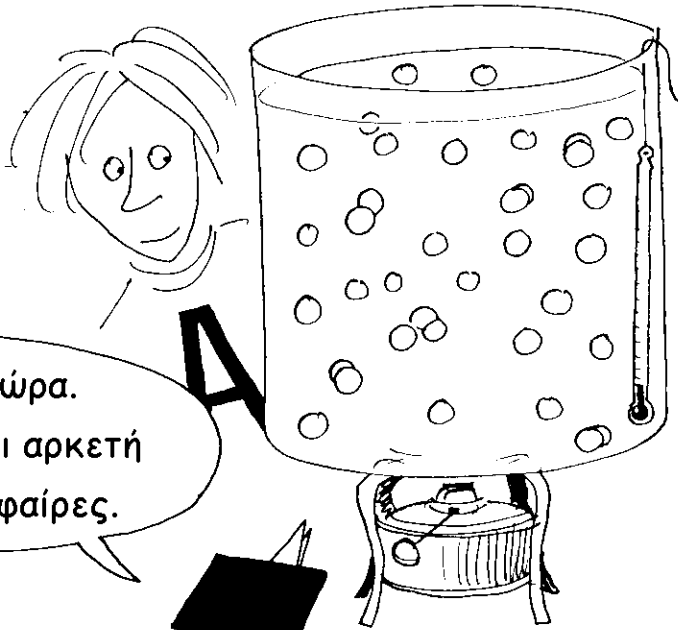


Πράγματι, οι σφαίρες γίνονται ζευγάρια.



Αν αυξήσω υπερβολικά τη θερμοκρασία, αυτές οι ΕΝΩΣΕΙΣ σπάνε, λόγω της θερμικής ανατάραξης

Και τι γίνεται όταν το ψύχεις?



Ο Ανσελμ, επιτρέπει στο νερό να κρυώσει. Η ΤΑΡΑΧΗ μειώνεται. Κάποια συγκεκριμένη στιγμή, μερικές από τις μπάλες ενώνονται μεταξύ τους. Όμως αφού η θερμοκρασία συνεχίζει να πέφτει, αυτή η πυρηνική σύνθεση καταστρέφεται.

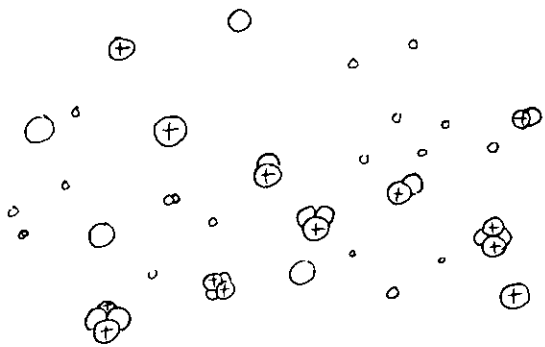
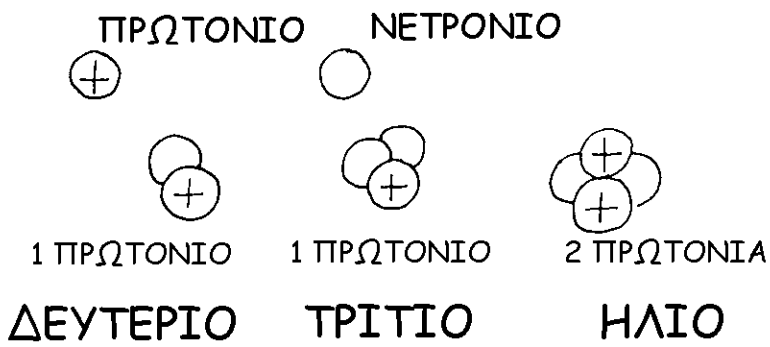
Τίποτα καινούριο δε συμβαίνει τώρα. Είναι υπερβολικά κρύο. Δεν υπάρχει αρκετή ταραχή έτσι ώστε να ενωθούν οι σφαίρες.

Βρισκόμαστε κάτω από το ΚΑΤΩΦΛΙ

Το ίδιο συμβαίνει και όταν η θερμοκρασία του Σύμπαντος πέφτει μερικούς

δισεκατομμύρια βαθμούς. Δηλαδή μετά από **ελάχιστα ΛΕΠΤΑ**

Έπειτα, μπορούν να σχηματιστούν δομές με δύο, τρεις ή και τέσσερις "σφαίρες":

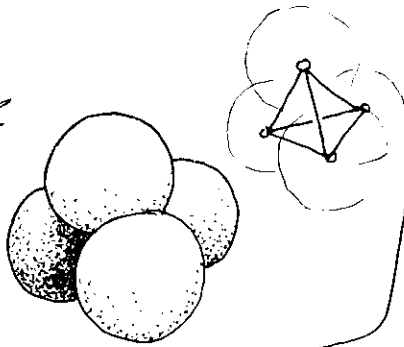


Όμως το ΔΕΥΤΕΡΙΟ και το ΤΡΙΤΙΟ σχηματισμένα έτσι, μπορούν να συνδυαστούν με ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΑΝΤΙΔΡΑΣΗ

δευτέριο + τρίτιο, δίνουν ήλιο + νετρόνιο  
Σε αυτό το στάδιο, το Σύμπαν είναι μια BOMBA ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ

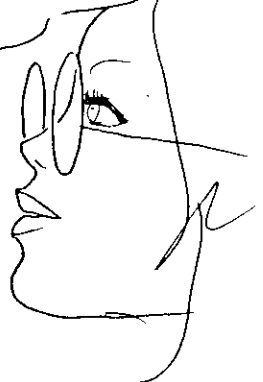


Όλα μετατρέπονται σε ήλιο, λοιπόν?



Ο πυρήνας του ηλίου είναι πολύ συμμετρικός, συμπαγής και σταθερός. Αν η θερμοκρασία παρέμενε σταθερή, τότε όλη η ύλη θα μετατρεπόταν σε ήλιο. Όμως, μετά από 34 λεπτά, η θερμοκρασία πέφτει στους 300 εκατομμύρια βαθμούς και σταματάει η σύνθεση του πυρήνα. Τα πρωτόνια και τα νετρόνια

δεν έχουν πλέον αρκετή ταχύτητα έτσι ώστε να ξεπεράσουν την ηλεκτροστατική απώθηση. Το παιχνίδι τελείωσε.

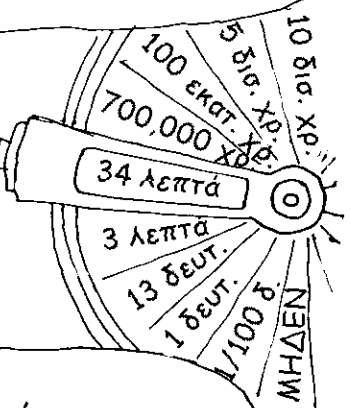


Τα ελεύθερα νετρόνια που μένουν, διασπώνται. Είναι απο τη φύση τους ασταθή και μεταμορφώνονται, σε 109 δευτερόλεπτα, σε ένα ζευγάρι ΠΡΟΤΟΝΙΟΥ-ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΟΥ



Έχουν περάσει 34 λεπτά απο το ξεκίνημα

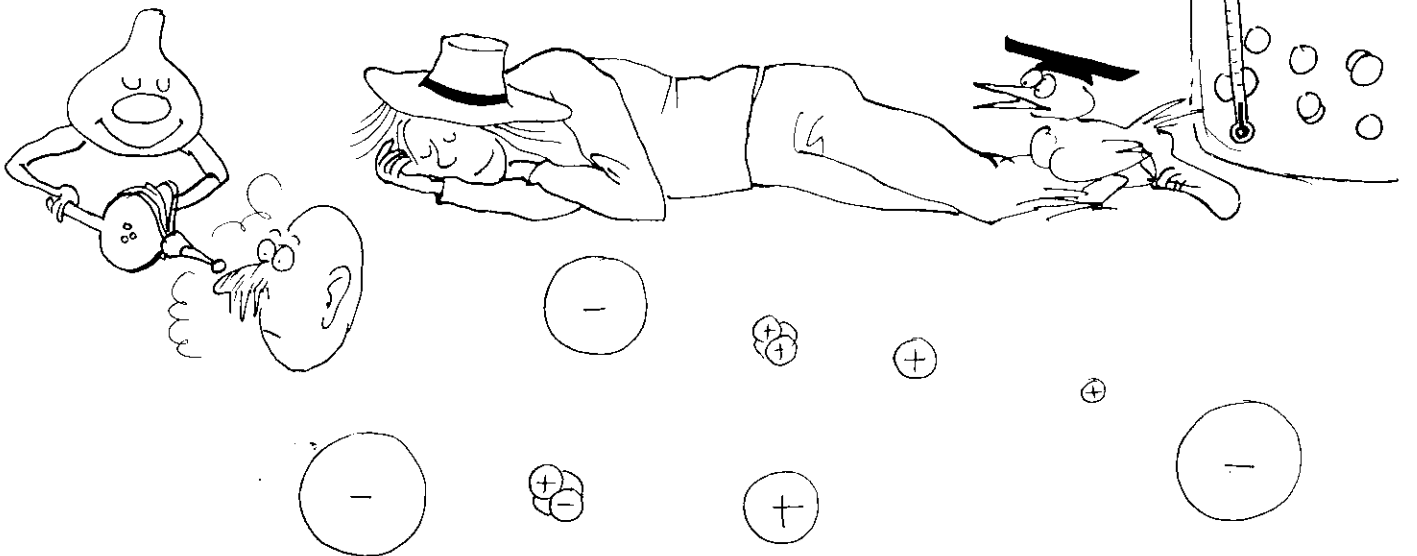
και τώρα?



Στο τέλος αυτής της φάσης, το Σύμπαν είναι μια πρωτόγονη σούπα απο ΦΩΤΟΝΙΑ, ΝΕΤΡΙΝΑ, ΠΡΩΤΟΝΙΑ, ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΑ, και ΠΥΡΗΝΕΣ ΗΛΙΟΥ. Η ύλη χωρίζεται, σύμφωνα με το βάρος, σε 25% ΗΛΙΟ και 75% ΥΔΡΟΓΟΝΟ (ελεύθερα Πρωτόνια)

ΧΙΚΙ!

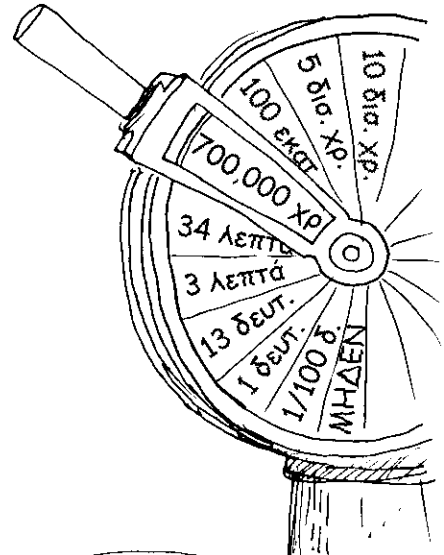
Για 700.000 χρόνια ΤΙΠΟΤΑ δε συμβαίνει. Το Σύμπαν συνεχίζει να επεκτείνεται και μαζί του επεκτείνονται και τα φωτόνια. Το αέριο των φωτονίων συνεχίζει να ζεσταίνει την ύλη και οι θερμοκρασίες  $T_R$  και  $T_M$ , παραμένουν ίσες (Θερμοδυναμική ισορροπία)



Και η θερμοκρασία πέφτει στους 3000 βαθμούς Κέλβιν

# ΔΙΑΦΑΝΟ ΣΥΜΠΑΝ

Στο παιχνίδι μπαίνει και ένας άλλος ΜΟΡΦΟΓΕΝΕΤΙΚΟΣ μηχανισμός. Ηλεκτρικές δυνάμεις τείνουν να ελκύουν ηλεκτρόνια στους πυρήνες, έτσι ώστε να σχηματίσουν άτομα. Η θερμική αναταραχή είναι αρκετά χαμηλή, ώστε να μην σπάσει τις δομές αυτές, τη στιγμή που θα σχηματιστούν, σε συγκρούσεις με άλλα άτομα ή με κάποια άλλα από τα συστατικά της σούπας



Σταδιακά, όλα τα ΕΛΕΥΘΕΡΑ ηλεκτρόνια, αιχμαλωτίζονται από τους πυρήνες.

Αυτά τα περίεργα άτομα... με τα μεγάλα τους ηλεκτρόνια. Καθόλου δε μου αρέσει όλο αυτό!

Και το Σύμπαν γίνεται ΔΙΑΦΑΝΟ

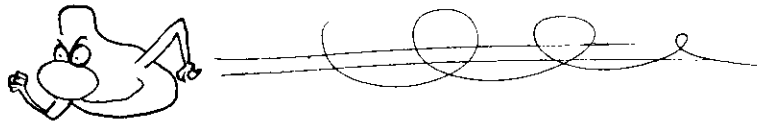
Τι εννοείς, γίνεται διάφανο? Θεες να πείς πως πρίν ήταν αδιαφανές?

Πρίν, τα φωτόνια αλληλεπιδρούσαν συνεχώς με την ύλη. Κανένα φωτόνιο δε μπορούσε να ταξιδέψει και πολύ μακριά, χωρίς να πέσει πάνω σε κάποιο συστατικό της σούπας

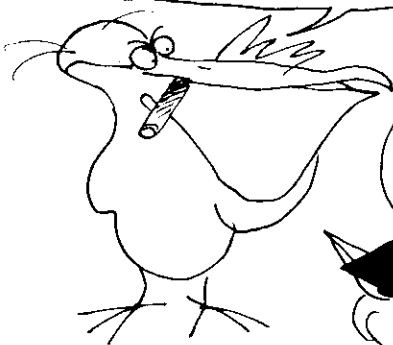
ΟΥΦΦΦ!

# ΧΩΡΙΣΜΟΣ

Όταν αυτό τελείωνε, τα φωτόνια μπορούσαν να διαβούν το μήκος του Σύμπαντος, χωρίς να προσέχουν την ύπαρξη της ύλης: Τα φωτόνια και η ύλη είχαν ΧΩΡΙΣΤΕΙ. Για δύο λόγους. Πρώτον, υπήρχε αρκετός χώρος. Δεύτερον, τα φωτόνια αλληλεπιδρούν λιγότερο με ουδέτερη ύλη (Άτομα).



Μα, για περίμενε, όταν κοιτάμε μέσα απο ένα τηλεσκόπιο, βλέπουμε κατα κάποιο τρόπο, "κατευθείαν στο παρελθόν..."



Ναι, όμως ακόμη και με ένα φανταστικά δυνατό τηλεσκόπιο, δε θα είμασταν σε θέση να παρατηρήσουμε ένα φαινόμενο που συνέβη όταν το Σύμπαν ήταν μόλις 700,000 χρονών



Άρα, το παρελθόν, το αρχαίο παρελθόν του Σύμπαντος, πρέπει να παραμένει πάντα ασαφές και θολό

Μα, ναι. Είναι αδύνατον να ψυχολογήσεις το Σύμπαν



Απο τη στιγμή που η ύλη και τα φωτόνια παύουν να αλληλεπιδρούν και να ανταλλάσσουν ενέργεια, η ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΑΝΑΤΑΡΑΧΗ καταστρέφεται και η θερμοκρασία  $T_m$  της ύλης αρχίζει να πέφτει ραγδαία (αντιστρόφως ανάλογα του τετραγώνου της ακτίνας  $R$  του Σύμπαντος), ενώ η θερμοκρασία  $T_R$  των φωτονίων, η θερμοκρασία ακτινοβολίας, ελαττώνεται πιο αργά, όπως  $1/R$ .

Ε, παιδιά!

Τώρα πια, ο καθένας για τον εαυτό του.

Ε, τι συμβαίνει?  
Φαίνεται πως νύχτωσε.  
Και κάνει τσουχτερό κρύο,  
ξαφνικά...

Το Σύμπαν μοιάζει με κάποιο είδος αυγής. Συνεχίζει να ψύχεται. Ο ουρανός, απο βιολετί, αλλάζει σε σκούρο κόκκινο και η νύχτα πέφτει σαν παγωμένο σεντόνι. Υπάρχουν ακόμη ένα δισεκατομμύριο φωτόνια για κάθε άτομο ηλίου ή υδρογόνου. Όμως αυτά τα φωτόνια που διαστέλονται, υποφέρουν απο κάποιο είδος κοσμικής αναιμίας.

Το BIG BANG τελείωσε. Για κάποιο χρονικό διάστημα, ουσιαστικά, δεν υπάρχει τίποτα (ένα σωματίδιο στο δισεκατομμύριο!). Είναι όλα σκοτεινά όπως σε ένα τούνελ.

Μπρρρ...  
Έχω παγώσει!

Το μήκος κύματος  
των φωτονίων είναι  $0,15 \text{ nm}$ ,  
το οποίο ανταποκρίνεται σε μια  
θερμοκρασία ακτινοβολίας  
 $T_R = -173^\circ \text{C}$

Τα άτομα, αυτή τη  
στιγμή, ταξιδεύουν με  
ταχύτητα  $150 \text{ m/s}$ , άρα η  
θερμοκρασία της ύλης  
 $T_m = -267^\circ \text{C}$

Ωραία, νομίζω πως τώρα πήρα μια ιδέα  
σχετικά με το πως λειτουργεί το Σύμπαν

Όμως, έχει μείνει  
μια πολύ σημαντική ερώτηση:  
Γιατί γίνονται όλα αυτά?

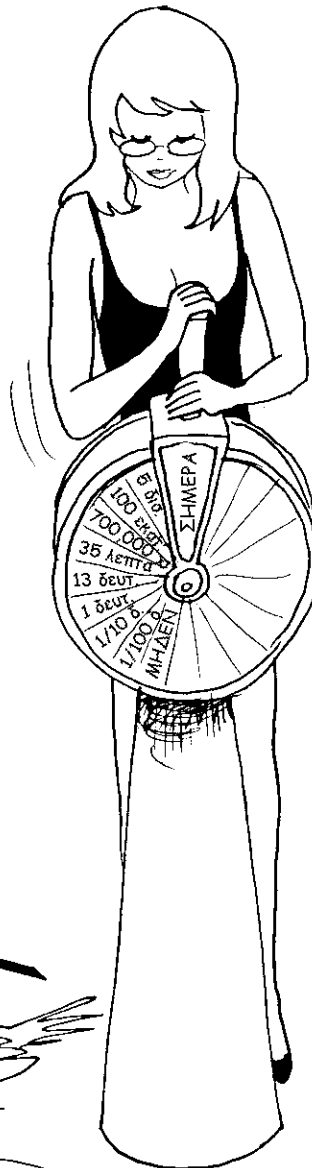
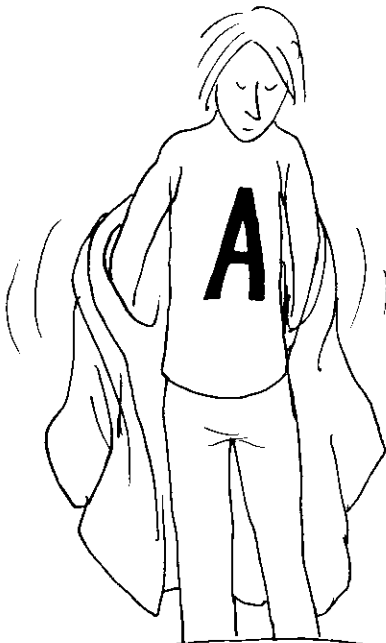
Ξέρεις, ο Ανσελμ έχει  
κάποιο δίκιο. Ποιό το νόημα?

Σωστά. Ποιός  
είναι ο σκοπός?





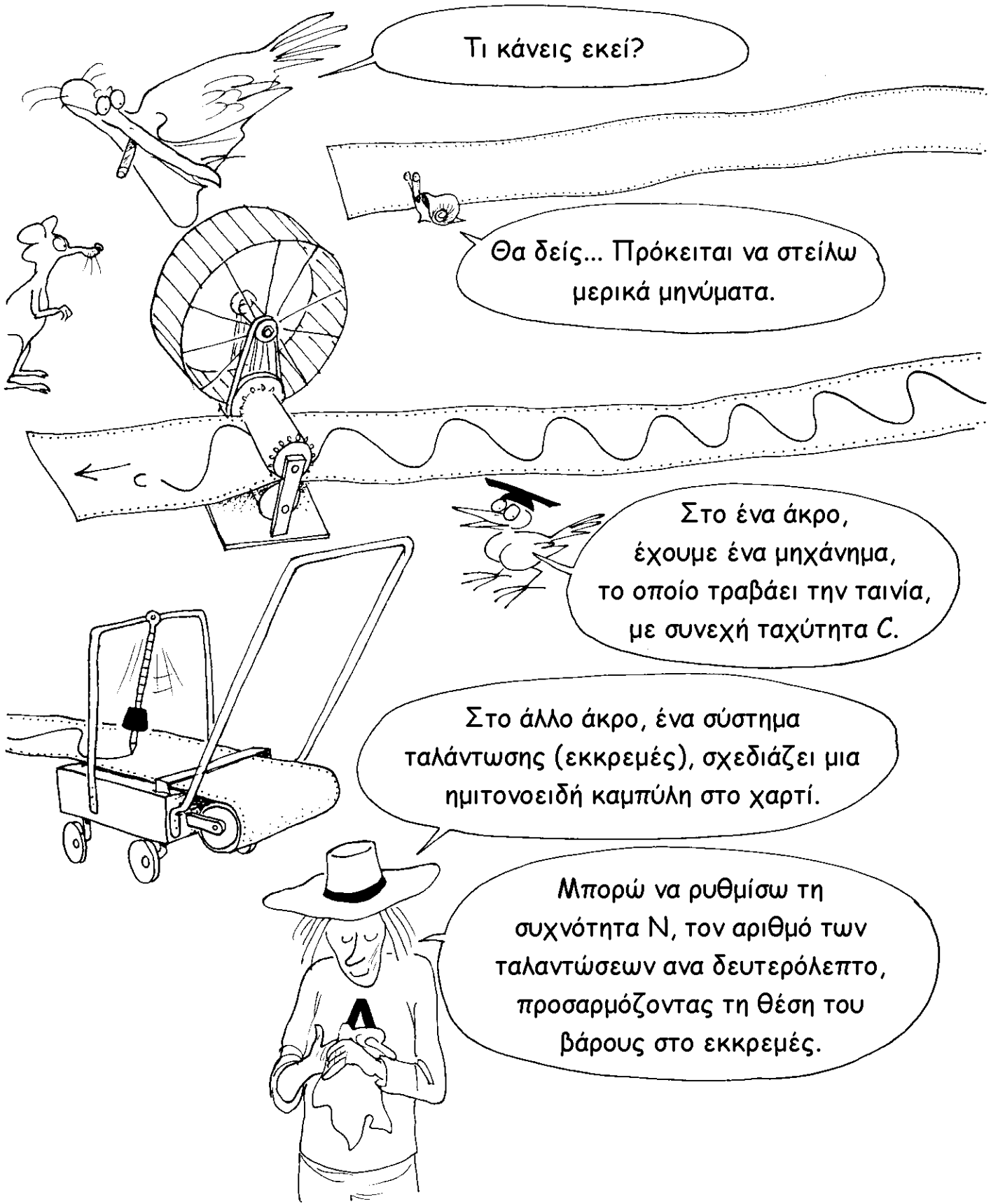
Για να απαντήσουμε στην ερώτηση  
του Λεόν, ας αφήσουμε το χαλί του Σύμπαντος  
και ας επιστρέψουμε στο παρόν.



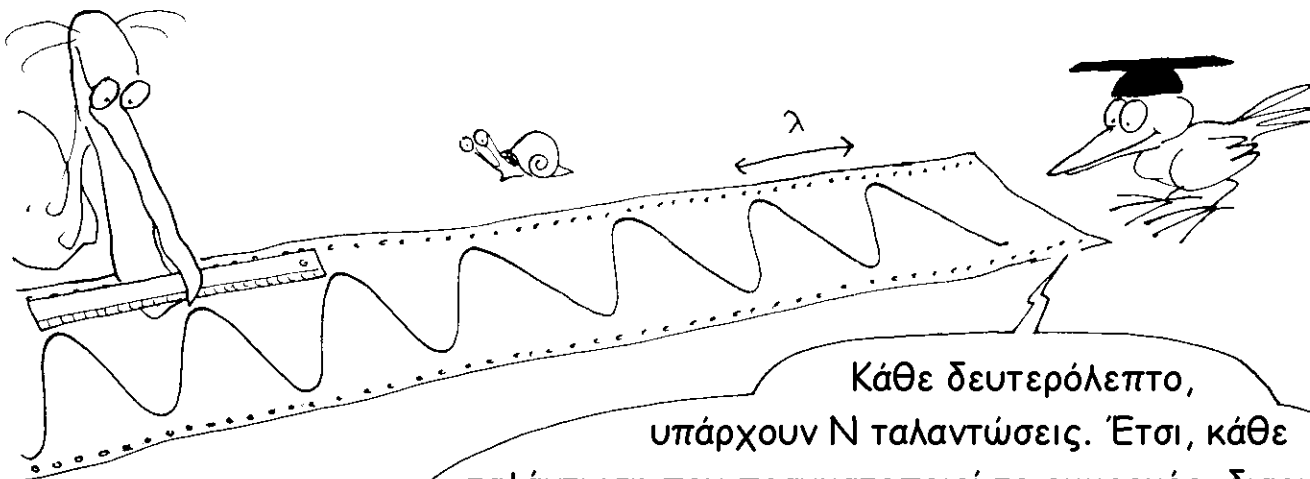
Και τι ακολουθεί μετά?  
Ο σχηματισμός των γαλαξιών,  
των αστεριών?.. Θα τα αφήσουμε  
έτσι όλα αυτά?

Όχι, βέβαια. Θα ασχοληθούμε  
με όλα αυτά στο βιβλίο "ΧΙΛΙΑΔΕΣ  
ΗΛΙΟΙ" (MILLE SOLEILS)

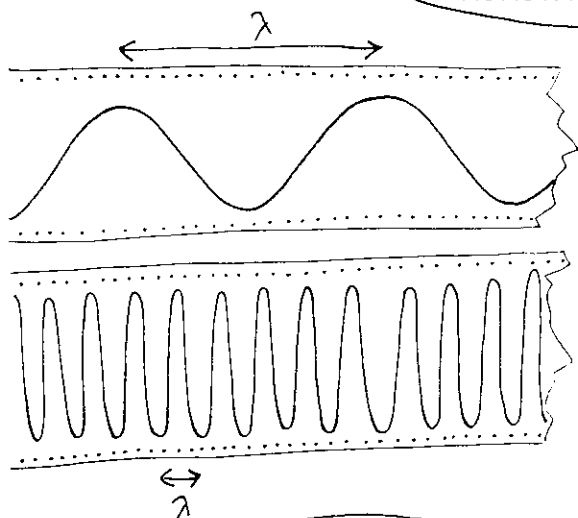
# ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΝΤΟΠΛΕΡ



A, εντάξει. Και εγώ μπορώ να μετρήσω το μήκος κύματος της λήψης.



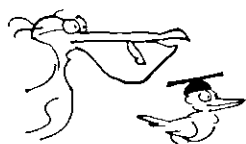
Κάθε δευτερόλεπτο, υπάρχουν  $N$  ταλαντώσεις. Έτσι, κάθε ταλάντωση που πραγματοποιεί το εκκρεμές, διαρκεί ένα  $N$ -οστό του δευτερολέπτου: Αυτή είναι η ΠΕΡΙΟΔΟΣ του κύματος. Κατά τη διάρκειά του, η ταινία κινείται, καλύπτοντας μια απόσταση  $\lambda = \frac{c}{N}$  (μήκος κύματος)



Χαμηλή συχνότητα, μεγάλη περίοδος, μεγάλο μήκος κύματος.  
Υψηλή συχνότητα, μικρή περίοδος, μικρό μήκος κύματος.

Μπορεί αυτό να μου χρησιμεύσει στην επικοινωνία.

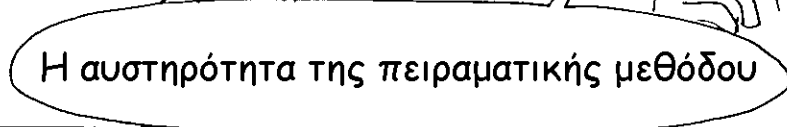
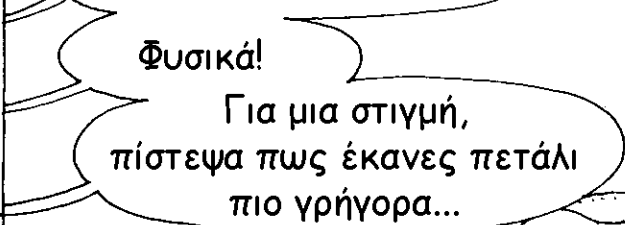
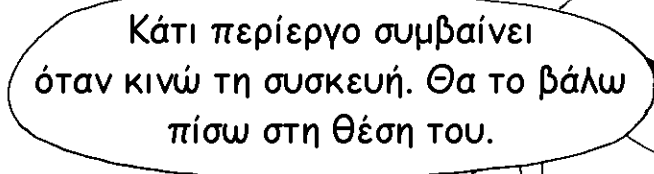
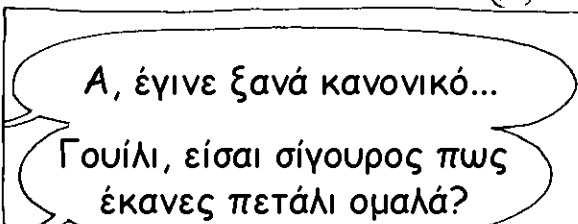
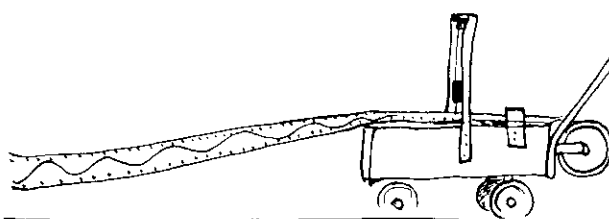
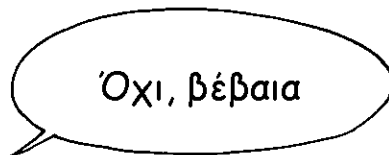
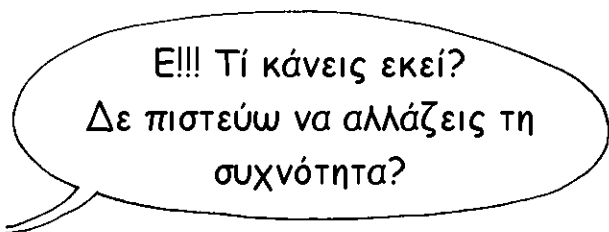
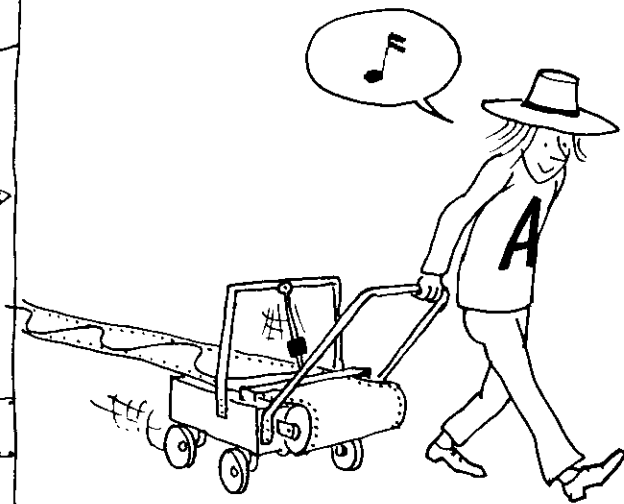
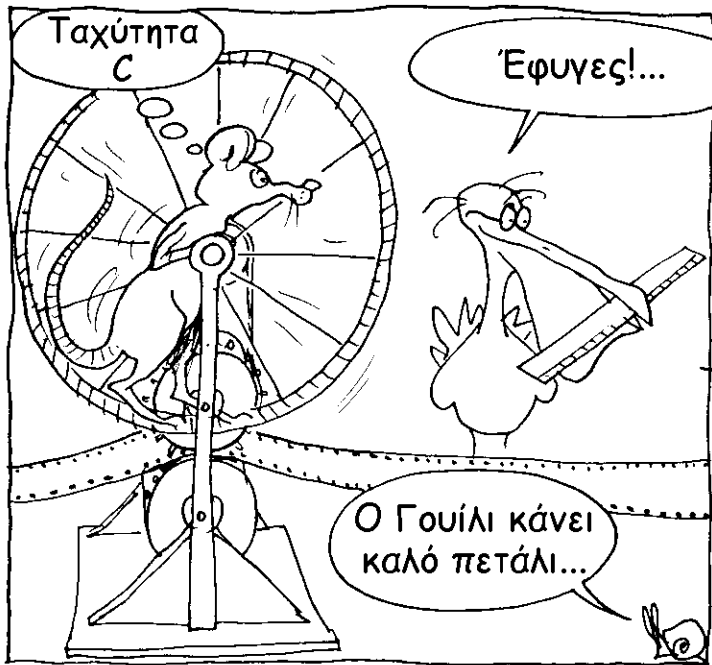
Είναι πολύ σημαντική η επικοινωνία



Ωραία. Θα πειραματιστώ με μια μετάδοση μακρινής απόστασης



Είστε έτοιμοι?

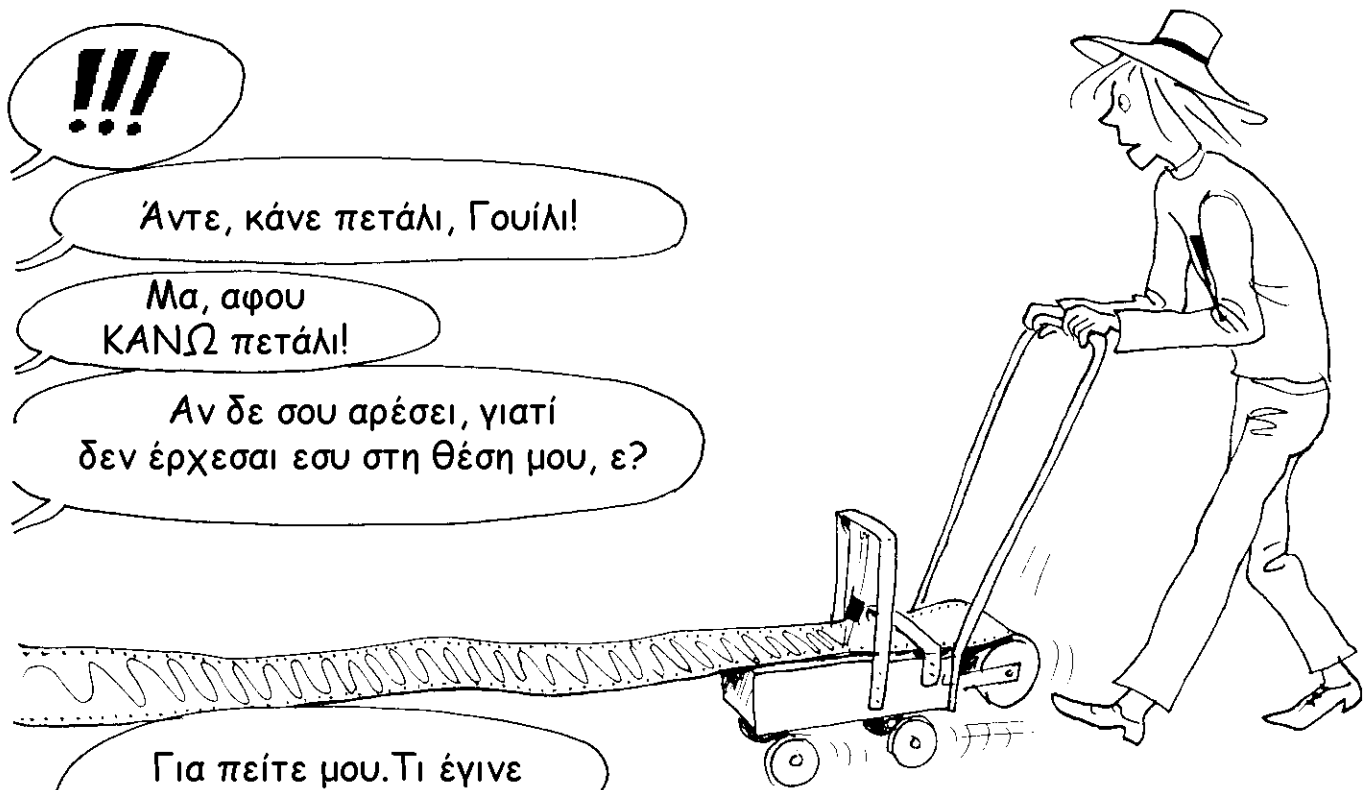




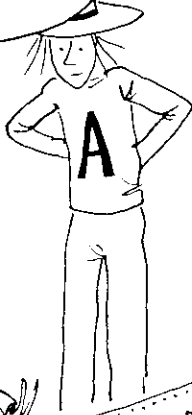
Άντε, κάνε πετάλι, Γουίλι!

Μα, αφού ΚΑΝΩ πετάλι!

Αν δε σου αρέσει, γιατί δεν έρχεσαι εσύ στη θέση μου, ε?



Για πείτε μου. Τι έγινε εδώ, παιδιά?




(A)


(B)

Τώρα κινείται πάλι φυσιολογικά.


Όμως, πριν από λίγο, το μήκος κύματος αυξήθηκε ξαφνικά (Α). Δηλαδή, η φαινομενική συχνότητα του σήματος, έπεσε. Αργότερα, ύστερα από ένα διάστημα φυσιολογικής λήψης (Β), η συχνότητα αυξήθηκε (Γ) και το μήκος κύματος λ έγινε πάλι μικρό.



Ε, μπορώ να σταματήσω τώρα?



Ναι, Γουίλι, σταμάτα





Ο Γουίλι επιμένει πως έκανε σταθερά πετάλι όλη αυτή την ώρα.

Ίσως το χαρτί τεντώθηκε ή συρρικνώθηκε?

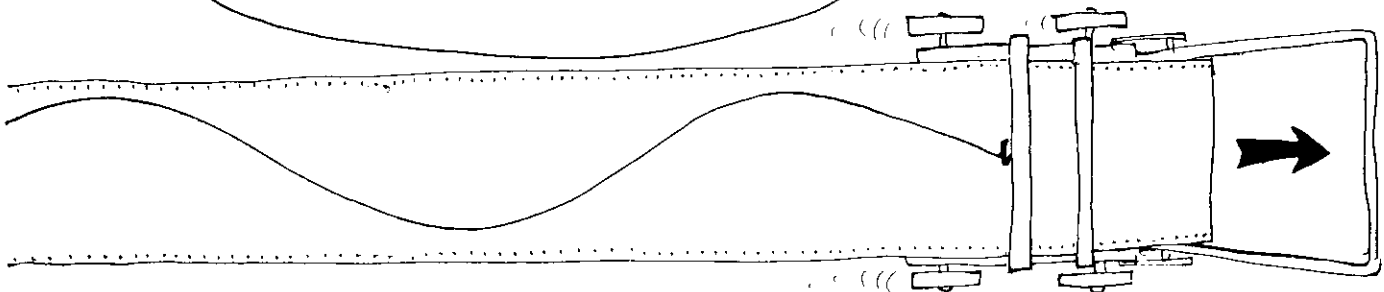
Όχι, Ανσελμ. Αυτό είναι το φαινόμενο Ντόπλερ - Φιζό

Το...ποιό?!?

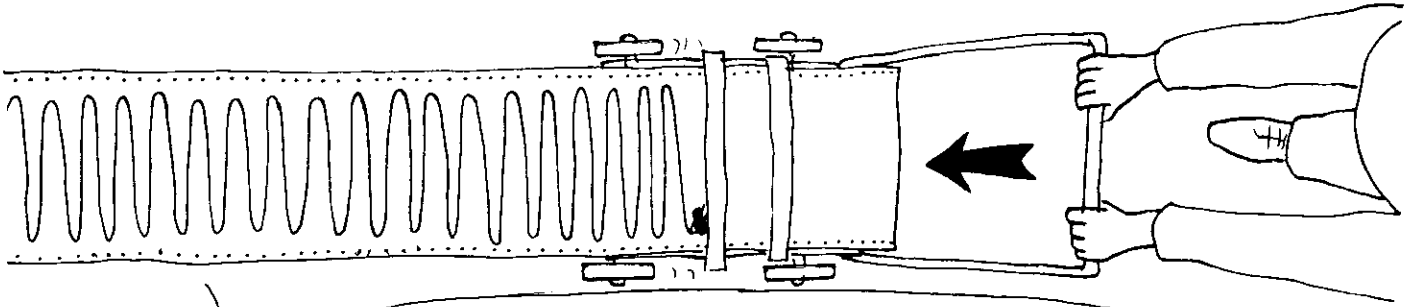
Όταν μετακίνησες το καρότσι, άλλαξες την φαινομενική συχνότητα.



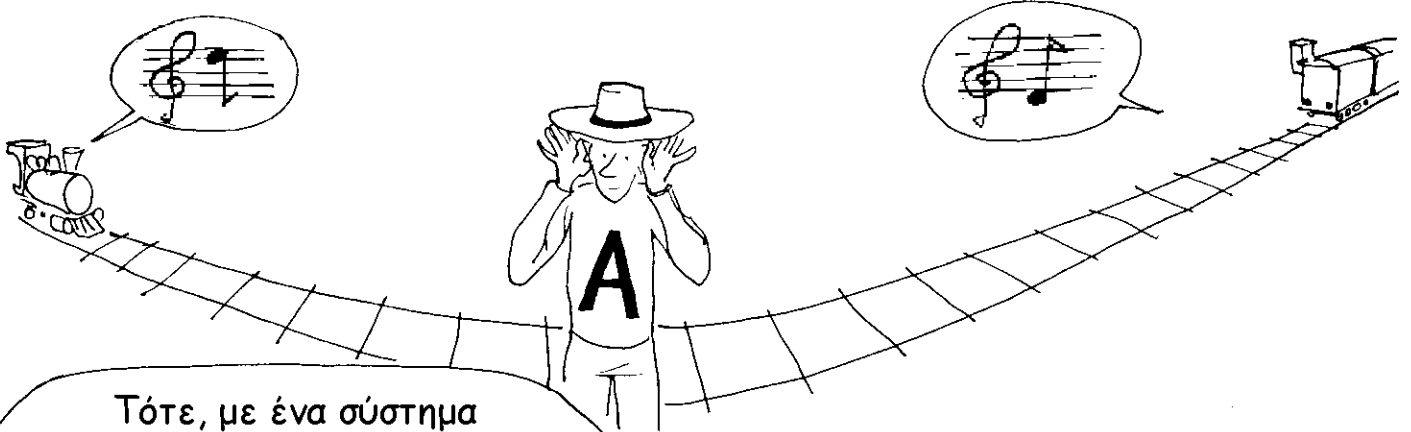
Όταν το καρότσι απομακρύνεται, το ημιτονοειδές τεντώνεται και η συχνότητα φαίνεται χαμηλή.



Όταν το καρότσι επιστρέφει, σπρώχνοντας μαζί και την ταινία, το ημιτονοειδές στριμώνχεται και η συχνότητα φαίνεται μεγαλύτερη.



Αυτό ακριβώς συμβαίνει και όταν ακούς το σφύριγμα ενός τρένου που περνά με μεγάλη ταχύτητα. Όταν πλησιάζει, ο ήχος φαίνεται ψηλότερος. Όταν απομακρύνεται, ο ήχος γίνεται χαμηλότερος.



Τότε, με ένα σύστημα σαν κι αυτό, αν γνωρίζω απο πριν το μήκος κύματος του σήματος που εκπέμπει μια ακίνητη πηγή, μπορώ να υπολογίσω την ταχύτητα προσέγγισης ή υποχώρησης της πηγής.

Και ότι ισχύει για τον ήχο, ισχύει και για το φως. Τα αντικείμενα που απομακρύνονται, φαίνονται περισσότερο κόκκινα, ενώ αυτά που πλησιάζουν, φαίνονται περισσότερο μπλέ.

Ωραία, ας ξαναδοκιμάσουμε το πείραμά μας.

Γουίλι,  
στη θέση σου

Άλλαξε τη συχνότητα!?

Ή αλλιώς, κινείται..

Συμβαίνει πάλι,  
όπως την τελευταία φορά

Ναι, αυτό είναι! Φαίνεται  
πως απομακρύνεται

Δε κινούμαι καθόλου,  
βρε ανόητοι. Ακόμα εδώ είμαι!

Και ο ταλαντωτής  
ακόμη εκεί βρίσκεται



# Η ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗ ΤΩΝ ΓΑΛΑΞΙΩΝ

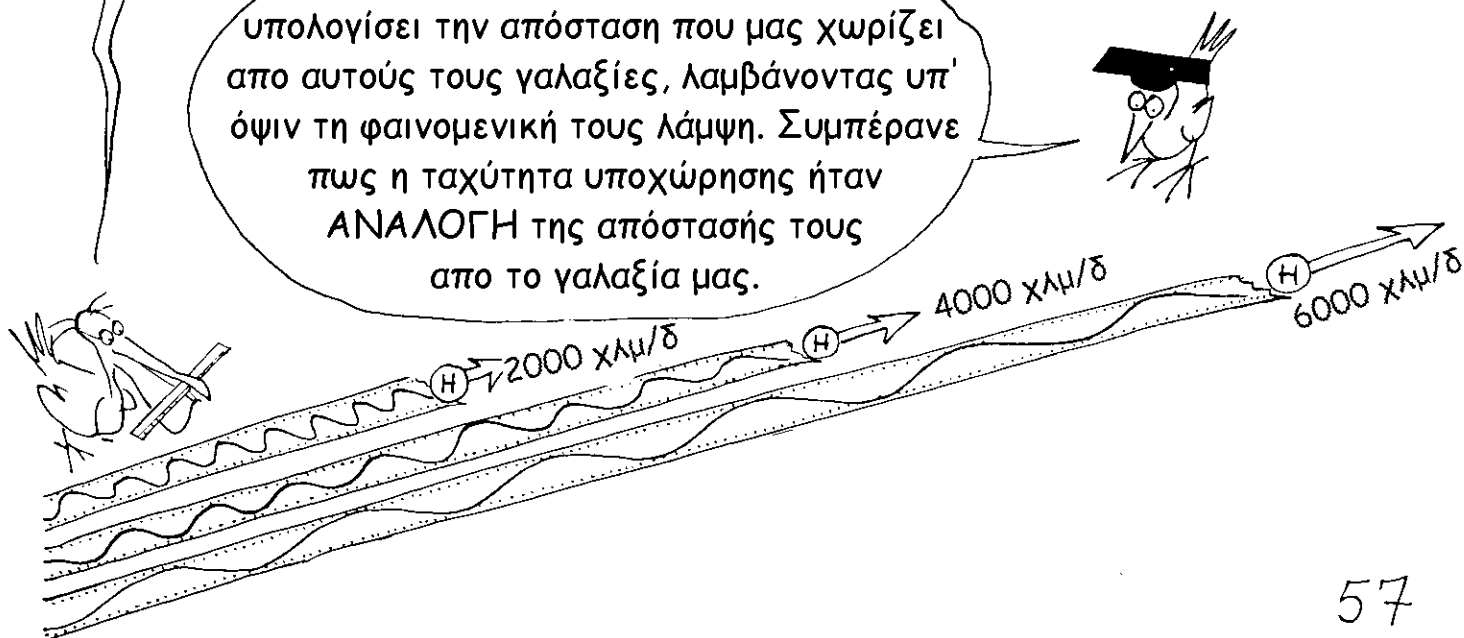


Και κάπως έτσι, το 1930, ο Έντουιν Χάμπλ, ανακάλυψε την ΕΠΕΚΤΑΣΗ ΤΟΥ ΣΥΜΠΑΝΤΟΣ, παρατηρώντας πως οι μακρινοί γαλαξίες απομακρύνονταν από τον δικό μας. Εξ αιτίας του φαινομένου των ΝΤΟΠΛΕΡ - ΦΙΖΟ, όσο πιο πολύ απομακρύνονταν, τόσο πιο κόκκινοι έμοιαζαν.



Αυτά τα άτομα υδρογόνου, θεωρητικά, εκπέμπουν φως με μήκος κύματος 1 cm. Το φαινόμενο Ντόπλερ παρουσιάζει μια ταχύτητα υποχώρησης των 2000, 4000 και 6000 χλμ/δευτ.

Ο Χάμπλ, μπορούσε να υπολογίσει την απόσταση που μας χωρίζει από αυτούς τους γαλαξίες, λαμβάνοντας υπ' όψιν τη φαινομενική τους λάμψη. Συμπέρανε πως η ταχύτητα υποχώρησης ήταν ΑΝΑΛΟΓΗ της απόστασής τους από το γαλαξία μας.



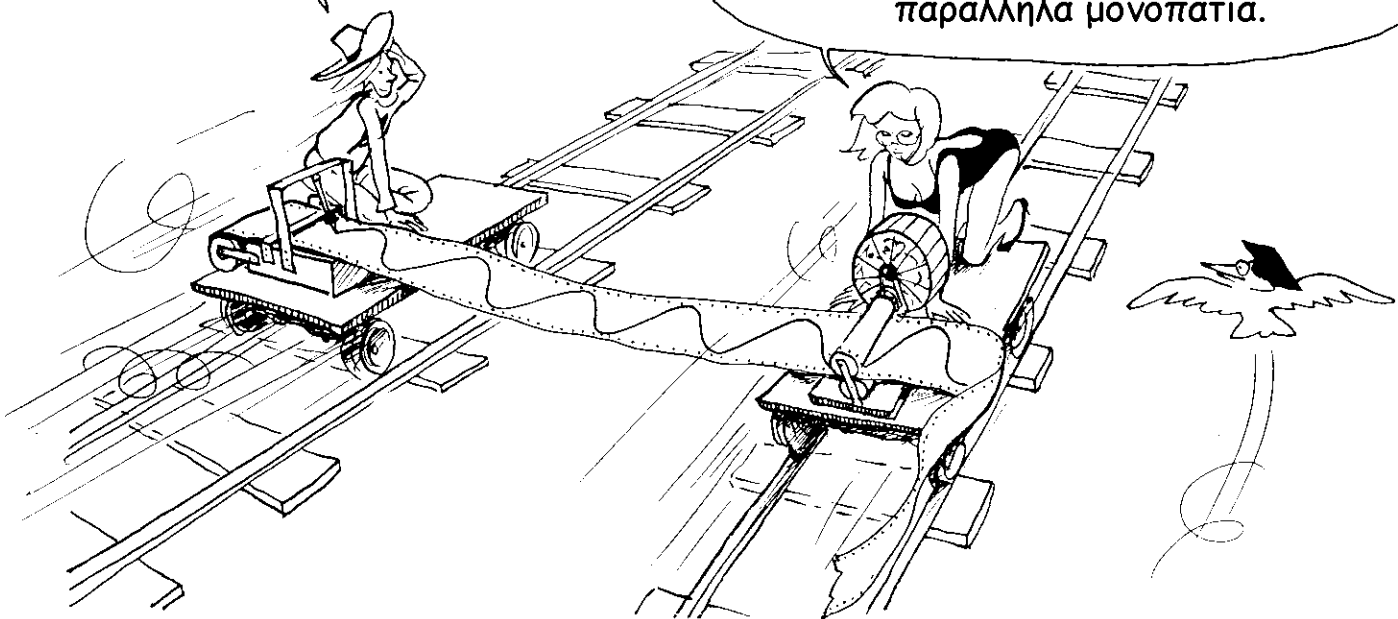
Δηλαδή, τι σημαίνει αυτό?  
Πως τα αντικείμενα επιταχύνουν, όταν  
απομακρύνονται απο εμάς?

Όχι ακριβώς. Το χαλί επεκτείνεται  
προς όλες τις κατευθύνσεις. Φαντάσου  
ένα σημείο  $A$ , το οποίο τη χρονική στιγμή  
 $t = 0$ , βρίσκεται ένα μέτρο μακριά. Μετά  
απο ένα δευτερόλεπτο, βρίσκεται στα 1,2  
μέτρα. Άρα, η ταχύτητα υποχώρησής  
του είναι 20 εκ/δευτ.

Την ίδια χρονική περίοδο,  
ένα σημείο  $B$ , τοποθετημένο αρχικά,  
2 μέτρα μακριά, καταλήγει σε μια απόσταση  
2,4 μέτρων (στο  $B'$ ). Και η ταχύτητα  
υπόχώρησής του ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ  
ΕΣΕΝΑ είναι 40 εκ/δευτ.

Το φαινόμενο ΝΤΟΠΛΕΡ,  
επισημαίνει τις ΣΧΕΤΙΚΕΣ  
ΤΑΧΥΤΗΤΕΣ

Δεν υπάρχει διαφορά του μήκους  
κύματος όταν και ο πομπός και ο δέκτης  
κινούνται με την ίδια ταχύτητα σε  
παράλληλα μονοπάτια.



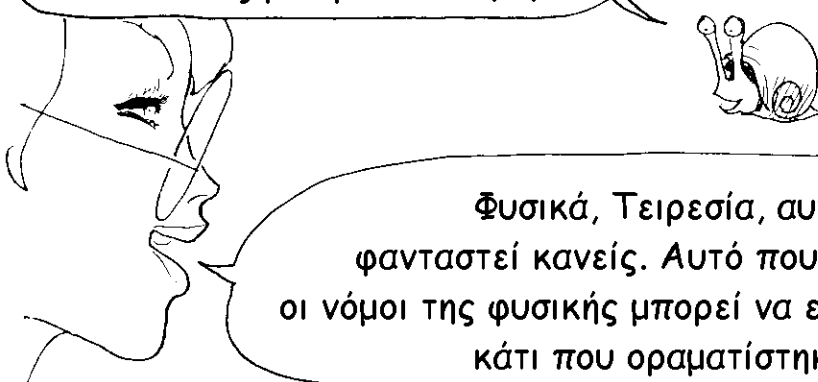


Ολόκληρο το Σύμπαν  
μας επεκτείνεται, λοιπόν?

Ακούστε, σκέφτηκα και κάτι άλλο. Ας  
υποθέσουμε πως ο χρόνος...επιταχύνει.


Μα αυτο..  
δε σημαίνει και τίποτα!?!

Σκέψου τις ταλαντώσεις των ατόμων, όπως για παράδειγμα  
των ατόμων του υδρογόνου, σαν τον "σφυγμό" του Σύμπαντος. Φαντάσου ένα  
Σύμπαν, ο σφυγμός του οποίου επιταχύνει. Όσο πιο πολύ μεγαλώνεις,  
τόσο πιο γρήγορα χτυπά ο σφυγμός. Οι εικόνες του παρελθόντος, μοιάζουν  
να προβάλλονται σε αργή κίνηση. Και το φαινόμενο Ντόπλερ, είναι  
απλώς μια ψευδαίσθηση.



Φυσικά, Τειρεσία, αυτό μπορεί να το  
φανταστεί κανείς. Αυτό που θές να πείς είναι πως  
οι νόμοι της φυσικής μπορεί να εξελιχθούν μέσα στο χρόνο,  
κάτι που οραματίστηκε ο Φρέντ Χόιλ

## Η ΚΑΡΔΙΑ ΤΟΥ ΟΥΡΑΝΟΥ ΕΙΝΑΙ ΚΡΥΑ



Παρ' όλα αυτά, υπάρχει  
άλλο ένα επιχείρημα υπέρ της  
επέκτασης και των συνεπειών της  
και αυτό είναι το BIG BANG

ικ!

Είδαμε, πρὶν ἀπο λίγο, πως μόνο ένα φωτόνιο στο δισεκατομύριο μεταμορφωνόταν σε ύλη.



Και σε αντιύλη!



Συνεπώς, πρέπει να υπάρχει ακόμη, μεγάλος αριθμός ἀπο αυτά τα πρωτόγονα φωτόνια, περίπου 500 ἀνα κυβ. εκ. (Και ο ίδιος ἀριθμός ἀπο νετρίνα, όμως είναι πιο δύσκολο να εντοπιστούν).

Το μήκος κύματός τους πρέπει να είναι περίπου 5 χιλιοστά, το οποίο ἀντιστοιχεί σε μια ἀπόλυτη θερμοκρασία ἀκτινοβολίας  $T_R$ , 3 βαθμών ( $-270^\circ C$ )

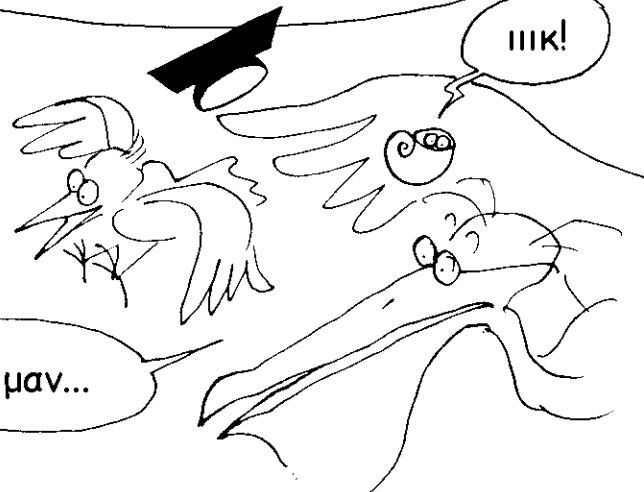


Αυτά τα φωτόνια, με πολυ χαμηλή ενέργεια, ἀνίχνευσαν για πρώτη φορά, οι Πενζίας και Γουίλσον το 1964. Είναι οι στάχτες του BIG BANG, ἀπτή ἀπόδειξη του μεγάλου, κοσμικού χορού



ουικ!

Αμαν...



# Ο ΚΟΣΜΟΛΟΓΙΚΟΣ ΟΡΙΖΟΝΤΑΣ

Σόφι, σύμφωνα με το ΝΟΜΟ ΤΟΥ ΧΑΜΠΛ, η ταχύτητα αποχώρησης αντικειμένων αυξάνεται με την απόσταση...

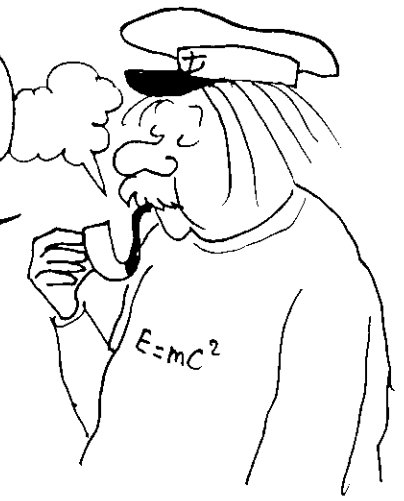
Άρα, λογικά, θα έπρεπε να υπάρχουν αντικείμενα που απομακρύνονται από εμάς, με ταχύτητες ίσες ή μεγαλύτερες από την ταχύτητα του φωτός!?

Ωστόσο, δε θα ήμασταν σε θέση να λάβουμε φως από αυτά!

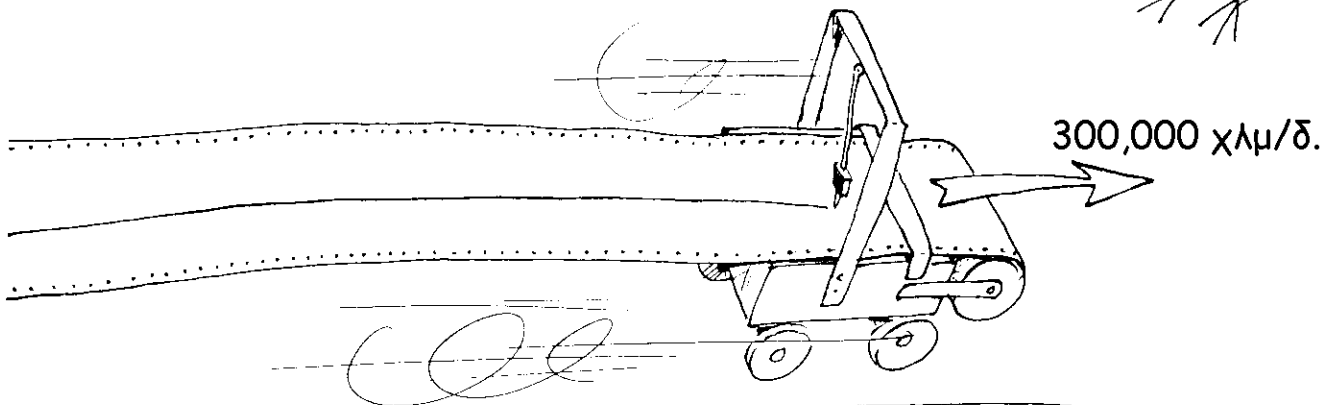
Γιατί όχι? Αν ένα αεροπλάνο περάσει από δίπλα μου με υπερηχητική ταχύτητα εξακολουθώ να ακούω τον ήχο, έτσι δεν είναι?

Αθώα μου πλάσματα.. Πρέπει να αρχίσετε να βλέπετε τα πράγματα από διαφορετική οπτική γωνία

Το φαινόμενο της κίνησης έχει επίδραση στο ΧΡΟΝΟ (\*). Ένα αντικείμενο που κινείται με ταχύτητα που πλησιάζει την ταχύτητα του φωτός, 300,000 χλμ/δ, σε σχέση με εμάς, τους παρατηρητές, φαίνεται να είναι σε διαφορετική "φούσκα χρόνου". Εμείς, αντιλαμβανόμαστε το μήνυμα του όπως ένα φιλμ σε αργή κίνηση.



Και όταν αυτό το αντικείμενο απομακρύνεται από εμάς, ακριβώς στην ταχύτητα του φωτός, η διακοπή του χρόνου γίνεται ολική. Ο χρόνος του, μοιάζει να κυλά όπως το μέλι.



Εξαιτίας αυτής της ολίσθησης, αυτού του γλιστρήματος χρόνων που συσχετίζονται μεταξύ τους, η συχνότητα των κυμάτων στον δέκτη, χαμηλώνει. Και αυτό το φαινόμενο, με σχετική επίδραση, δρά επιπρόσθετα στο φαινόμενο ΝΤΟΠΛΕΡ. Όταν η ταχύτητα υποχώρησης του πομπού, σε σχέση με εμάς, φτάνει τη  $C$ , τότε η συχνότητα των κυμάτων που λήφθηκαν πέφτει στο μηδέν. Το ίδιο ισχύει και για την ενέργεια, τα κύματα και το μήνυμα!



Τα κύματα με μηδενική συχνότητα, είναι ασαφή κύματα!

Για τα αντικείμενα που μας περιβάλλουν, μια σχετική ταχύτητα, ίση με 300,000 χλμ/δ, επιτυγχάνεται σε μια σφαίρα που ονομάζουμε ΟΡΙΖΟΝΤΑ. Δεν είναι το σύνορο των ΠΡΑΓΜΑΤΩΝ ΠΟΥ ΥΠΑΡΧΟΥΝ, αλλά το σύνορο των ΠΡΑΓΜΑΤΩΝ ΠΟΥ ΜΠΟΡΟΥΜΕ ΝΑ ΓΝΩΡΙΖΟΥΜΕ. Το σύμπαν στο οποίο έχουμε πρόσβαση είναι απλώς ένα μικρό μέρος ενός απέραντου σύμπαντος. Αυτός ο ορίζοντας, βρίσκεται δεκάδες δισεκατομμύρια έτη φωτός μακριά.

*H Δεινόσαυρος*

Και ποιά είναι, αυτή τη στιγμή, το νόημα της ακτίνας R του Σύμπαντος?

Η ιστορία μας ξεκίνησε, όταν η ηλικία του Σύμπαντος ήταν ένα εκατοστό του δευτερολέπτου. Φαντάσου πως ακριβώς εκείνη τη στιγμή, ζωγραφίσαμε ένα κύκλο ή ακόμα καλύτερα, μια σφαίρα, ακτίνας R. Έπειτα, ακολούθησε την επέκταση αυτής της σφαίρας αναφοράς, καθώς περνάει ο χρόνος. Αυτό είναι όλο...

Με αυτόν τον τρόπο, δε βιαζόμαστε να βγάλουμε συμπεράσματα, για το αν ο χώρος είναι άπειρος ή πεπερασμένος (\*)

Έχει τόσο γοητευτικά μάτια...

Ε, εσείς οι δύο!


Αυτό το κόμικ δεν έχει τελειώσει ακόμη!

ΧΙ ΧΙ ΧΙ

Σας χρειαζόμαστε για λίγο.


(\*) Δες το "Η ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ"

# ΤΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΤΟΥ ΦΡΙΝΤΜΑΝ




Τι προκαλεί την επέκταση του Σύμπαντος, Σόφι?

Οι δυνάμεις της ΠΙΕΣΗΣ. Αυτό συμβαίνει γιατί το Σύμπαν ΕΞΕΡΡΑΓΗ σαν βόμβα.




Και τίποτα δεν αντιστέκεται σε αυτή την επέκταση?



Η δύναμη της βαρύτητας τείνει να συμπιέσει το Σύμπαν, να ΚΑΤΑΡΕΥΣΕΙ προς το κέντρο του

Και δεν μπορείς να σκεφτείς ένα Σύμπαν, όπου αυτές οι δυνάμεις, η πίεση και η βαρύτητα, ισορροπούν?

Φαίνεται πως μια τέτοια ισορροπία είναι αδύνατη. Η παραμικρή ενόχληση της αρμονίας της ισορροπίας και αυτό το "στατικό" Σύμπαν, είτε θα εκραγεί, είτε θα καταρεύσει



ΕΚΡΗΞΗ



ΚΑΤΑΡΕΥΣΗ



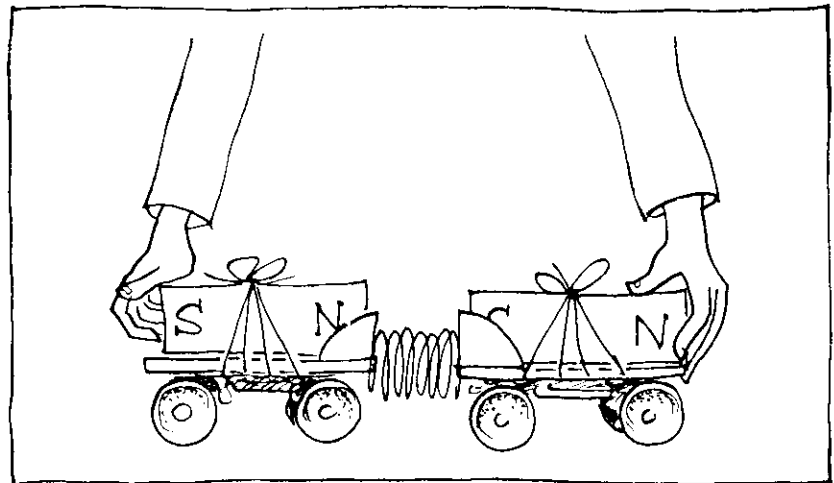
Μα, τότε, για πείτε μου. Το Σύμπαν μας, αντι να εκραγεί, θα μπορούσε να...καταρεύσει?

Κατα πάσα πιθανότητα...

Στην πραγματικότητα, μπορεί ο χρόνος να αρχίσει να πηγαίνει...προς τα πίσω...



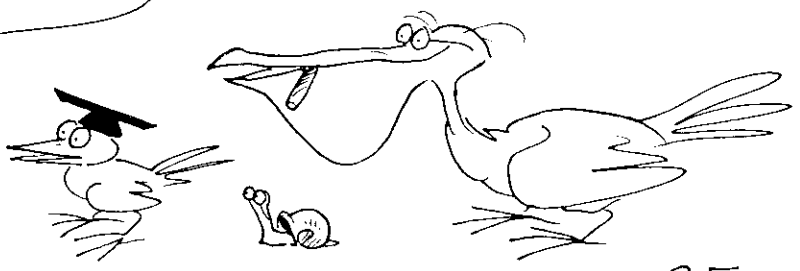
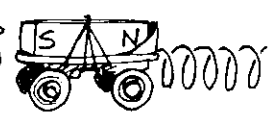
Τσοςσ!...



Ο Ανσελμ έχει δέσει δύο μαγνήτες πάνω σε τροχοπέδιλα, έτσι ώστε να έλκονται. Όμως ένα συμπιεσμένο ελατήριο ανάμεσά τους, προσπαθεί να απομακρύνει το ένα απο το άλλο.



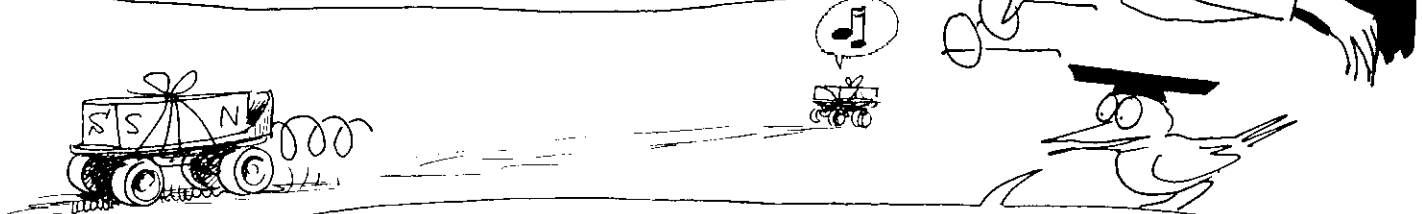
Βλέπετε, οι μαγνήτες αντιπροσωπεύουν τη δύναμη της βαρύτητας. Έλξη και συνεκτικότητα. Το ελατήριο είναι η δύναμη της πίεσης.





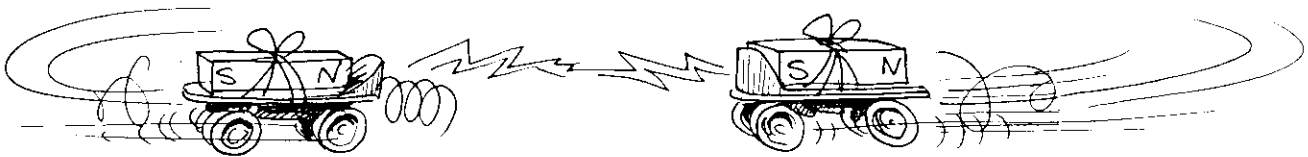
Όταν τα χωρίζω,  
απομακρύνονται το ένα  
απο το άλλο

Έχουμε δύο περιπτώσεις:  
Αν η ώθηση που δίνει το ελατήριο  
είναι αρκετά δυνατή, τότε τα τροχοπέδιλα  
θα συνεχίσουν να διαχωρίζονται επ' αόριστον.  
Όσο πιο πολύ απομακρύνονται, τόσο περισσότερο θα  
μικραίνει η ελκτική δύναμη, η οποία είναι αντιστρόφως  
ανάλογη του τετραγώνου της απόστασης.



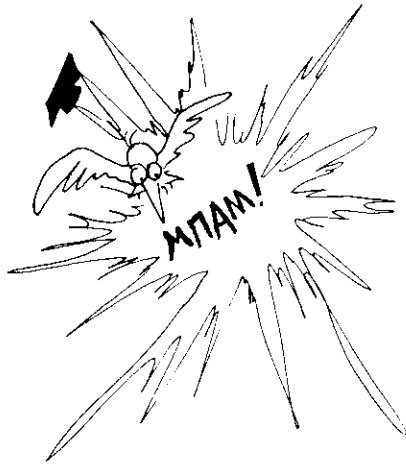
Αν δεν υπάρξει τριβή,  
τα πέδιλα θα αποκτήσουν ΣΥΝΕΧΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ.

Απο την άλλη, αν η ώθηση του  
ελατηρίου είναι πολύ αδύναμη ή οι μαγνήτες  
πολύ ισχυροί, τότε τα πέδιλα θα επιστρεψουν,  
"πέφτοντας" το ένα πάνω στο άλλο, με  
αυξανόμενη ταχύτητα.



Αυτό υποδηλώνει δύο πιθανούς τύπους Σύμπαντος:

Σενάριο πρώτο: Η επέκταση συνεχίζεται επ' αόριστον.  
Όταν εξαφανιστούν και τα τελευταία αστέρια, θα κυριαρχήσει  
το σκοτάδι, το απόλυτο κρύο, ο ΘΕΡΜΙΚΟΣ ΘΑΝΑΤΟΣ.



Σενάριο δεύτερο: Οι δυνάμεις της βαρύτητας, τελικά κερδίζουν την μάχη. Αφού φτάνει στην κορύφωση της επέκτασης του, το Σύμπαν "καταρρέει στον εαυτό του". Όλες οι δομές - γαλαξίες, αστέρια - συνθλίβονται εντελώς. Τα ίδια τα άτομα, σπάνε. Και η ζωή του BIG BANG αντιστρέφεται, έτοιμο για την επανεμφάνιση του Σύμπαντος και μια νέα φάση επέκτασης.

Ο Ελβετός μαθηματικός, ΦΡΙΝΤΜΑΝ, ο οποίος επινόησε τα πρώτα αεικίνητα μοντέλα του Σύμπαντος, το 1930.

Αν ήξερα πως το Σύμπαν είναι αεικίνητο, θα τα είχα ανακαλύψει πριν τον Φρίντμαν (\*)



Ο κύριος Αϊνστάιν, ο οποίος, με το κόστος εντελώς απίθανων μαθηματικών ακροβατικών, είχε μέτρια φτιάξει το στατικό του μοντέλο το 1917, πειράχτηκε κάπως. Ο Φρίντμαν του είχε κλέψει τη δόξα. Ήταν για πολλά χρόνια σκυθρωπός σχετικά με τη γενική σχετικότητα.



Σύμφωνα με τα μοντέλα του Φρίντμαν, το Σύμπαν υφίσταται αόριστη επέκταση, αν η (τρέχουσα) πυκνότητα της ύλης είναι μικρότερη από  $5 \times 10^{-30}$  γραμμάρια ανα κυβικό εκατοστό. Το Σύμπαν θα είχε τότε άπειρο όγκο, άπειρη έκταση.

(\*) Αυθεντική παρατήρηση του ΑΪΝΣΤΑΙΝ.

# Η ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΤΟΥ ΣΥΜΠΑΝΤΟΣ

Για εμάς το Σύμπαν είναι μια υπερεπιφάνεια τεσσάρων διαστάσεων, στην οποία ο χώρος και ο χρόνος αναμιγνύονται. Οι ιδέες που παρουσιάζονται στις παραπάνω σελίδες, ανταποκρίνονται σε διαφορετικές παραστάσεις αυτής της ΠΑΓΚΟΣΜΙΑΣ ΟΝΤΟΤΗΤΑΣ, που είναι ο ΧΩΡΟ-ΧΡΟΝΟΣ.

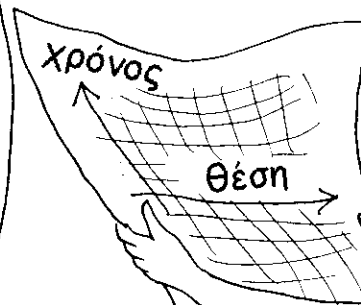
Τι ΜΟΡΦΗ έχει το Σύμπαν?

άθλια..

Θυμήσου, πως ο αριθμός των διαστάσεων ενός χώρου, είναι ο αριθμός των ποσοτήτων που χρειάζεσαι για να ορίσεις τη θέση ενός σημείου μέσα σε αυτόν.

Ραντεβού, την <sup>1</sup>Τρίτη, στις 11 η ώρα, στη γωνία της <sup>2</sup>εκτης λεωφόρου και <sup>3</sup>πέμπτης οδού, στο <sup>4</sup>τέταρτο πάτωμα: τέσσερις ποσότητες

Πάνω σε σχέδια, μπορούμε να αναπαραστήσουμε μόνο χώρους ΔΥΟ διαστάσεων, τις ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ. Έτσι, είμαστε σε θέση να μελετήσουμε χωρο-χρόνους με δύο διαστάσεις, μια για το χώρο και μια για το χρόνο.

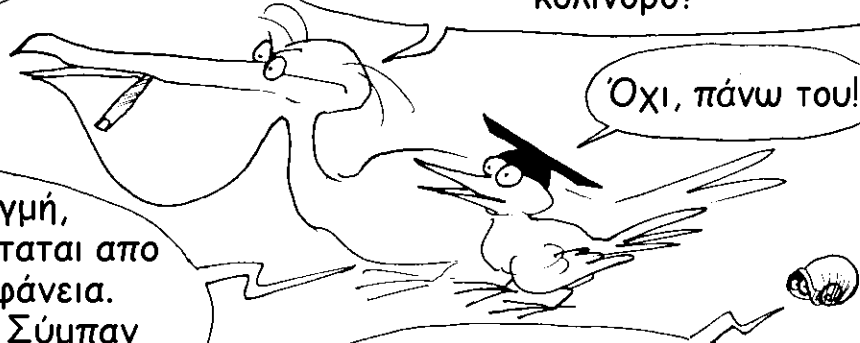




Με αυτό τον τρόπο, το πρώτο μοντέλο ενός κλειστού Σύμπαντος, το στατικό μοντέλο του Αϊνστάιν, αναπαρίσταται μέσω ενός κυλίνδρου.

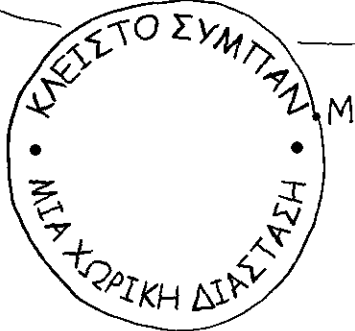
Για να δω αν κατάλαβα καλά... Εμείς βρισκόμαστε μέσα στον κύλινδρο?

Όχι, πάνω του!



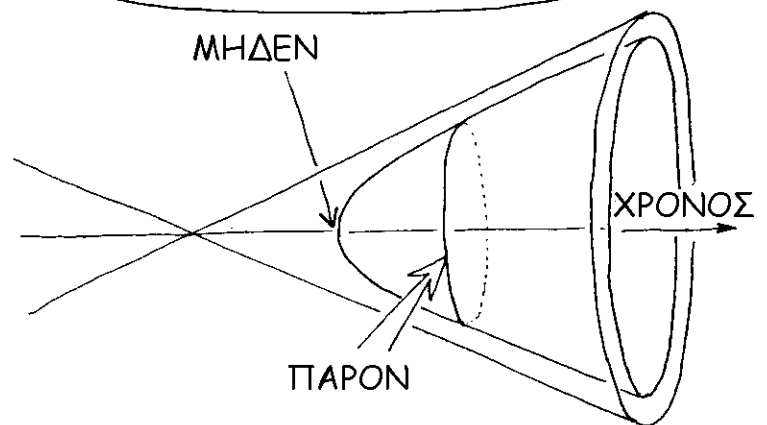
Σε μια δεδομένη στιγμή, ένα αντικείμενο αναπαρίσταται από ένα σημείο  $M$  στην επιφάνεια. Και εκείνη τη στιγμή, το Σύμπαν μετατρέπεται σε κύκλο.

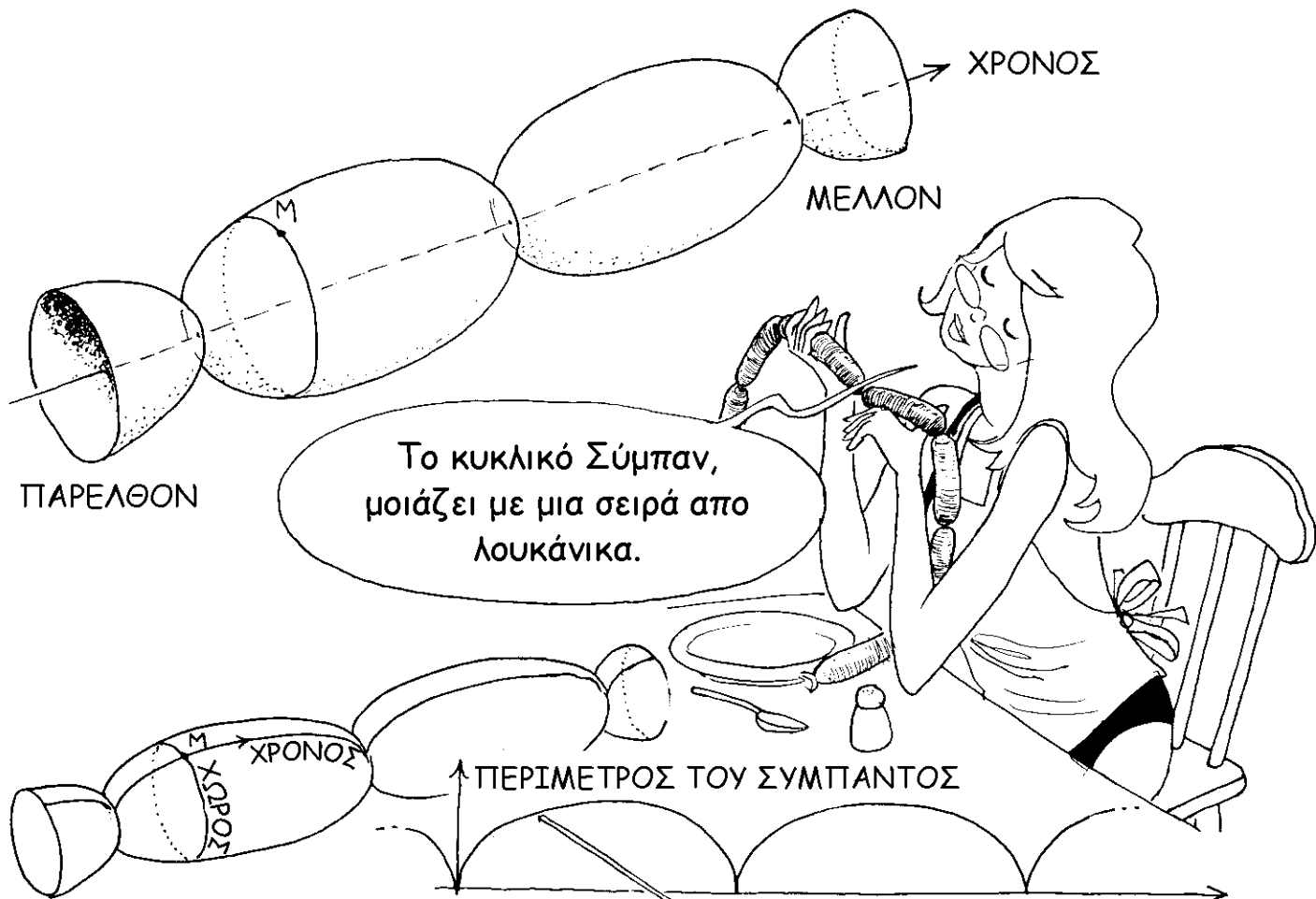
Αν το αντικείμενο είναι ακίνητο, περιγράφει ένα γεννήτορα του κυλίνδρου, καθώς ο χρόνος κυλά.



Είναι εύκολο να αναπαραστήσεις την επέκταση αυτού του κλειστού Σύμπαντος σαν μια λειτουργία του χρόνου, που δίνει ένα αεικίνητο μοντέλο του Σύμπαντος.

Για παράδειγμα, ορίστε μια εικόνα δυο διαστάσεων, ενός χωροχρόνου που επεκτείνεται αόριστα.





Το κυκλικό Σύμπαν,  
μοιάζει με μια σειρά απο  
λουκάνικα.

Μα, για πές μου, γιατί  
πρέπει ο χρόνος να είναι "ΑΝΟΙΧΤΟΣ",  
δηλαδή να έχει άπειρη έκταση και στο  
μέλλον και στο παρελθόν?

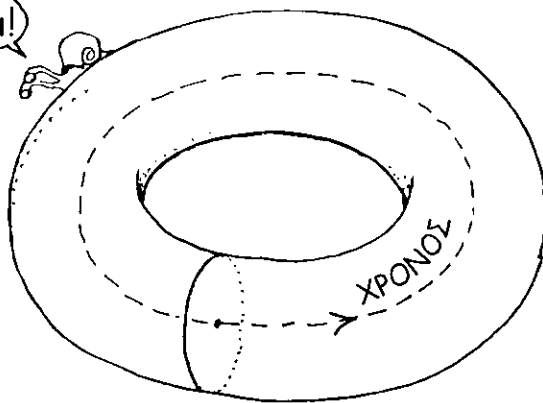
Εμείς  
βρισκόμαστε  
εδώ



Εννοείς πως  
θα μπορούσε να υπάρξει  
χρόνος που...κλεινει στον  
εαυτό του ?!?

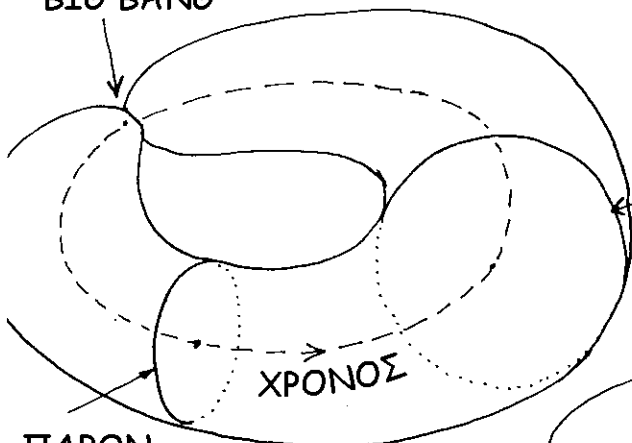
Κανένα πρόβλημα...  
Αν κλείσεις το μοντέλο του  
Αϊνστάιν στον εαυτό του,  
έχεις...ένα ΤΟΡΟ

Πάμε πάλι!



Σε αυτό τον εντελώς κλειστό ΧΩΡΟ-ΧΡΟΝΟ,  
τα ίδια συμβάντα, επαναλαμβάνονται ξανά και ξανά, μετά απο  
χρόνο  $T$ , το οποίο είναι η ΠΕΡΙΟΔΟΣ αυτού του  
περίεργου σύμπαντος.

ΑΝΩΜΑΛΙΑ  
BIG BANG



ΠΑΡΟΝ

Μπορείς επίσης να κάνεις  
ένα κυκλικό σύμπαν να καταρεύσει  
στον εαυτό του.

ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ  
ΜΕΓΙΣΤΗΣ ΕΠΕΚΤΑΣΗΣ



Είναι μια σειρά απο λουκάνικα  
κλειστή στον εαυτό της, με μόνο ένα λουκάνικο!

Ε, κοιτάξτε τον Λεόν!!!



Όπως ήταν  
αναμενόμενο, κατέρρευσε  
εντελώς...

# ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Και αυτά είναι όσα ξέρουμε  
για την αρχή του Σύμπαντος..



Τουλάχιστον, αυτά που  
μεχρι τώρα ΠΙΣΤΕΥΟΥΜΕ  
ΠΩΣ ΞΕΡΟΥΜΕ. Αυτό έχει  
αλλάξει απείρως τα τελευταία  
5000 χρόνια!

"...Η προσπάθεια κατανόησης  
του Σύμπαντος, είναι ένα απο τα λίγα  
πράγματα που ανυψώνει την ανθρώπινη ζωη  
λίγο πιο πάνω απο το επίπεδο της κωμωδίας  
και της χαρίζει λίγη απο την αξιοπρέπεια  
της τραγωδίας."

Στίβεν Γουάινμπεργκ






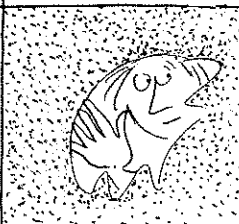
Η συνέχεια του BIG BANG,  
(διαμόρφωση των γαλαξιών, των αστεριών, κτλ...)  
στο "ΧΙΛΙΑΔΕΣ ΗΛΙΟΙ" (MILLE SOLEILS)

# ΤΕΛΟΣ



# ΤΟ ΚΟΣΜΟΔΡΑΜΑ



ΧΡΟΝΟΣ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ	ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ
ΠΡΙΝ...	$T \geq 10^{12}$ βαθμοί		?
1/1000 δευτ.	300 δισ. βαθμοί		Μη διαφοροποιημένη σούπα φωτονίων, νετρίνων, αντινετρίνων (το φωτόνιο είναι το αντισωματίδιο του εαυτού του) πρωτόνια, αντιπρωτόνια, νετρόνια, αντινετρόνια, ηλεκτρόνια και αντιηλεκτρόνια (ποσιτρόνια)
1/100 δευτ.	100 δισ. βαθμοί	4 δισ. $gm/cm^3$	Εκατόμβη αδρονίων (πρωτόνια, αντιπρωτόνια, νετρόνια, αντινετρόνια) Επιζεί ένα στο δισεκατομμύριο. Τα υπόλοιπα εκμηδενίστικαν απο τα αντισωματίδιά τους, παράγοντας φωτόνια.
1/10 δευτ.	30 δισ. βαθμοί		Δε γίνονται και πολλά. Η ζέστη είναι υπερβολική για να σχηματιστούν ατομικοί πυρήνες.
1 δευτ.	10 δισ. βαθμοί	380,000 $gm/cm^3$	Τα νετρίνα "ζουν τη δική τους ζωή" και παύουν να αλληλεπιδρούν με την ύλη.
13 δευτ.	3 δισ. βαθμοί		Μάχη μεταξύ ηλεκτρονίων και αντιηλεκτρονίων. Και πάλι, επιζεί ένα στο δισεκατομμύριο.
3 λεπτά	1 δισ. βαθμοί		Πυρηνική σύνθεση: Σχηματισμός του πυρήνα του ηλίου. Εξαφάνιση των ελεύθερων νετρονίων (διάρκεια ζωής: 109 δευτ.)
35 λεπτά	300 εκατ. βαθμοί	1 $gm/cm^3$	Επιτυγχάνεται πλήρως ο σχηματισμός του πυρήνα: 25% ήλιο, 75% υδρογόνο.
700,000 χρόνια	3000 βαθμοί		Αφου εκμηδενίζεται σχεδόν όλη η ύλη/αντιύλη, το Σύμπαν μπαίνει σε "περίοδο ακτινοβολίας", οπου η ύλη/ενέργεια, είναι κυρίως ακτινοβολία. Όταν η θερμοκρασία πέφτει στους 3000, σχηματίζονται ουδέτερα άτομα και τα φωτόνια δεν αντιδρούν με την ύλη. το "διαφανές" σύμπαν
100 εκατ. χρόνια	$T_R = -173 C$ $T_m = -267 C$		Μιας και δε ζεσταίνονται πλέον απο τα φωτόνια, μειώνεται η θερμοκρασία των ουδέτερων ατόμων ηλίου και υδρογονου. Σχηματισμός των γαλαξιών και των πρώτων αστεριών.
5 δισ. χρ.			Σχηματισμός της Γής.
10 δισ. χρ.	$T_R = -270 C$	$10^{-30} gm/cm^3$	Εμφάνιση ζωής.
ΣΗΜΕΡΑ			Επινόηση της ατομικής βόμβας...

