

## Παρερμηνείες για τη Μεγάλη Έκρηξη Μέρος 3ο

Πηγή: Scientific American, Μάρτιος 2005

1ο, 2ο, 3ο

### Τρέχουμε, κι όμως μένουμε ακίνητοι

Η ιδέα ότι βλέπουμε γαλαξίες με ταχύτητα μεγαλύτερης του φωτός μπορεί να ακούγεται μυστικιστική, αλλά δημιουργείται από τις μεταβολές στο ρυθμό διαστολής. Φανταστείτε μια ακτίνα φωτός που είναι πιο μακριά από την απόσταση Hubble (14 δισεκατομμύρια έτη φωτός) και που προσπαθεί να ταξιδέψει προς την κατεύθυνσή μας. Κινείται προς εμάς με την ταχύτητα του φωτός όσον αφορά το τοπικό διάστημά της, αλλά το τοπικό διάστημά της υποχωρεί από μας γρηγορότερα από την ταχύτητα του φωτός. Αν και η ακτίνα του φωτός ταξιδεύει προς εμάς με τη μέγιστη δυνατή ταχύτητα, δεν μπορεί να μας πλησιάσει εξαιτίας της επέκτασης του διαστήματος.



**Η ΛΑΘΟΣ ΑΠΟΨΗ:** Φυσικά και δεν μπορούμε. Το φως από ένα τέτοιο γαλαξία δεν θα μας φτάσει ποτέ. Ένας γαλαξίας πιο μακριά από την απόσταση Hubble, απομακρύνεται από εμάς πιο γρήγορα από το φως. Εκπέμπει ένα φωτόνιο (με κίτρινο χρώμα). Καθώς ο χώρος επεκτείνεται, το φωτόνιο μεταφέρεται σαν κάποιον που προσπαθεί να κολυπήσει κόντρα στο ρεύμα. Το φωτόνιο λοιπόν δεν μας φτάνει ποτέ.

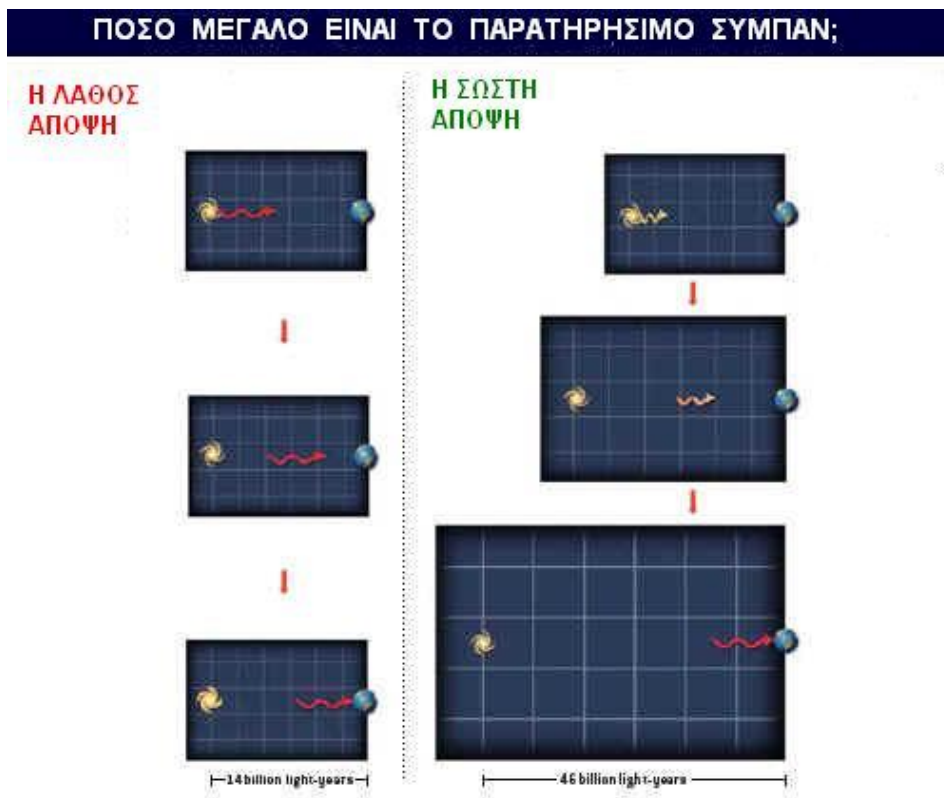
**Η ΣΩΣΤΗ ΑΠΟΨΗ:** Και βέβαια μπορούμε γιατί ο ρυθμός διαστολής του χώρου αλλάζει με τον χρόνο. Το φωτόνιο αρχικά δεν μπορεί να μας φτάσει. Αλλά η απόσταση Hubble δεν είναι σταθερή. Αυξάνεται και μπορεί να μεγαλώσει τόσο ώστε να συμπεριλάβει το φωτόνιο. Όταν συμβεί αυτό, το φωτόνιο μας πλησιάζει και βαθμιαία μας φτάνει.

Κάποιος μπορεί να καταλήξει στο συμπέρασμα ότι το φως πέρα από την απόσταση Hubble δεν θα έφθανε ποτέ σε μας και ότι η πηγή της θα ήταν για πάντα κρυμμένη ή μη ανιχνεύσιμη. Αλλά η απόσταση Hubble δεν είναι σταθερή, επειδή η σταθερά Hubble, από την οποία εξαρτάται, αλλάζει με το χρόνο. Ειδικότερα, η σταθερά είναι ανάλογη προς το ρυθμό αύξησης της απόστασης μεταξύ δύο γαλαξιών, διαιρεμένη με αυτή την απόσταση. (Οποιοδήποτε δύο γαλαξίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για αυτόν τον υπολογισμό.) Στα μοντέλα του σύμπαντος που ταιριάζουν με τα παρατηρησιακά στοιχεία, ο παρονομαστής αυξάνεται γρηγορότερα από τον αριθμητή, έτσι η σταθερά Hubble μειώνεται. Κατ' αυτό τον τρόπο, η απόσταση Hubble γίνεται ολοένα και μεγαλύτερη. Αλλά έτσι, το φως που ήταν αρχικά μόλις έξω από την απόσταση Hubble μπορεί να έρθει μέσα στην απόσταση Hubble. Τα φωτόνια βρίσκονται έπειτα σε μια περιοχή του διαστήματος που υποχωρεί πιο αργά από την ταχύτητα του φωτός. Γι αυτό μπορούν να μας πλησιάσουν.

Ο γαλαξίας από τον οποίο προήλθε το φως, εν τούτοις, μπορεί να συνεχίσει να υποχωρεί με ταχύτητα μεγαλύτερη από του φωτός. Κατά συνέπεια, μπορούμε να παρατηρήσουμε το

φως από τους γαλαξίες που είχαν πάντα ταχύτητα μεγαλύτερη του φωτός, και θα απομακρύνονται πάντα γρηγορότερα από το φως. Ένας άλλος τρόπος για να το κατανοήσουμε είναι ότι η απόσταση Hubble δεν καθορίζεται και δεν χαρακτηρίζει την άκρη του αισθητού σύμπαντος.

Τι χαρακτηρίζει την άκρη του αισθητού διαστήματος; Εδώ πάλι υπάρχει σύγχυση. Εάν το διάστημα δεν επεκτεινόταν, το πιο απόμακρο αντικείμενο που θα μπορούσαμε να δούμε θα ήταν τώρα περίπου 14 δισεκατομμύρια έτη φωτός μακριά από μας, την απόσταση που το φως θα μπορούσε να έχει ταξιδέψει στα 14 δισεκατομμύρια χρόνια που πέρασαν από τη Μεγάλη Έκρηξη. Αλλά επειδή το σύμπαν επεκτείνεται, το διάστημα που διασχίζεται από ένα φωτόνιο επεκτείνεται και αυτό κατά τη διάρκεια του ταξιδιού του. Συνεπώς, η σημερινή απόσταση στο πιο απόμακρο αντικείμενο που μπορούμε να δούμε είναι, περίπου, τρεις φορές μακρύτερα, ή 46 δισεκατομμύρια έτη φωτός.



**Η ΛΑΘΟΣ ΑΠΟΨΗ:** Το σύμπαν έχει ηλικία 14 δισ. ετών φωτός, έτσι η ακτίνα του παρατηρήσιμου σύμπαντος είναι 14 δισ. έτη φωτός. Θεωρείστε τον πιο απόμακρο γαλαξία που μπορεί να παρατηρηθεί. Κάποιον του οποίου τα φωτόνια εκπέμφθηκαν λίγο μετά την μεγάλη έκρηξη και τώρα μόλις φτάνουν στη Γη. Ένα έτος φωτός είναι η απόσταση που ταξιδεύουν τα φωτόνια σε ένα έτος. Έτσι ένα φωτόνιο από αυτόν τον γαλαξία έχει ταξιδέψει απόσταση ίση με 14 δισ. έτη φωτός.

**Η ΣΩΣΤΗ ΑΠΟΨΗ:** Επειδή το διάστημα επεκτείνεται, το παρατηρήσιμο μέρος του σύμπαντος έχει ακτίνα μεγαλύτερη των 14 δισ. ετών φωτός. Καθώς ένα φωτόνιο ταξιδεύει, ο χώρος που διασχίζει διαστέλλεται. Κατά τη στιγμή που φτάνει σ' εμάς, η ολική απόσταση μέχρι τον γαλαξία προέλευσής του είναι μεγαλύτερη από το γινόμενο της ταχύτητάς του επί τον χρόνο ταξιδιού του. Είναι μάλιστα περίπου 3 φορές μεγαλύτερη.

Η πρόσφατη ανακάλυψη ότι ο ρυθμός της κοσμικής διαστολής επιταχύνεται, καθιστά τα πράγματα ακόμα πιο ενδιαφέροντα. Προηγουμένως, οι κοσμολόγοι θεωρούσαν ότι ζήσαμε σε ένα σύμπαν που επιβραδυνόταν η διαστολή του και ότι θα μπορούσαμε να δούμε όλο και περισσότερους γαλαξίες. Σε ένα επιταχυνόμενο σύμπαν, εντούτοις, περιβαλλόμαστε από ένα όριο πέρα από το οποίο, τα γεγονότα που έχουν συμβεί δεν θα τα δούμε ποτέ -- ένας κοσμικός ορίζοντας γεγονότων. Για να μας φθάσει το φως από τους γαλαξίες που απομακρύνονται γρηγορότερα από την ταχύτητα του φωτός, πρέπει η απόσταση Hubble να αυξάνεται χρονικά, αλλά σε έναν επιταχυνόμενο Κόσμο, αυτή κάποτε σταματά να αυξάνεται. Τα απόμακρα γεγονότα μπορούν να στείλουν ακτίνες φωτός που στοχεύουν στην κατεύθυνσή μας, αλλά αυτό το φως παγιδεύεται πέρα από την απόσταση Hubble λόγω

της επιτάχυνσης της διαστολής.

Ένα επιταχυνόμενο σύμπαν, μοιάζει με μια μαύρη τρύπα δεδομένου ότι έχει έναν οριζοντα γεγονότων, μια άκρη πέρα από την οποία δεν μπορούμε να δούμε. Η τρέχουσα απόσταση από τον κοσμικό οριζοντα γεγονότων μας είναι 16 δισεκατομμύρια έτη φωτός, σύμφωνα με την παρατηρούμενη περιοχή μας. Το φως που εκπέμπεται από τους γαλαξίες που είναι τώρα πέρα από τον οριζοντα γεγονότων δεν θα είναι σε θέση ποτέ να φθάσει σε μας. Η απόσταση που αντιπροσωπεύει αυτήν την περίοδο σε 16 δισεκατομμύρια έτη φωτός θα επεκταθεί πάρα πολύ γρήγορα. Θα είμαστε ακόμα σε θέση να δούμε γεγονότα που πραγματοποιήθηκαν σε εκείνους τους γαλαξίες προτού να διασχίσουν τον οριζοντα, αλλά τα επόμενα γεγονότα θα είναι για πάντα πέρα από την αντίληψη μας.

## Διαστέλλεται μια συνοικία;

Μήπως διαστέλλονται οι πόλεις; Όχι, δεν διαστέλλονται. Οι άνθρωποι συχνά υποθέτουν ότι καθώς το διάστημα επεκτείνεται, όλα τα αντικείμενα μέσα σ' αυτό θα επεκτείνονται, επίσης. Αλλά αυτό δεν ισχύει. Η διαστολή από μόνη της -- δηλαδή μια διαστολή η οποία ούτε επιταχύνεται ούτε επιβραδύνεται -- δεν παράγει καμία δύναμη. Τα μήκη κύματος των φωτονίων διαστέλλονται με το σύμπαν, επειδή, αντίθετα από τα άτομα και τις πόλεις, τα φωτόνια δεν είναι αντικείμενα το μέγεθος των οποίων προκύπτει από τον ανταγωνισμό και την ισορροπία μεταξύ διαφόρων δυνάμεων. Ένας μεταβαλλόμενος ρυθμός διαστολής προσθέτει βέβαια μια νέα δύναμη στο σενάριο, αλλά ούτε αυτή η νέα δύναμη δεν κάνει τα αντικείμενα να διαστέλλονται ή να μικρύνουν.

Παραδείγματος χάριν, εάν η βαρύτητα γίνει ισχυρότερη, ο νωτιαίος σας μυελός θα συμπιεζόταν έως ότου τα ηλεκτρόνια στους σπονδύλους σας έφθαναν σε μια νέα ισορροπία ελαφρώς πιο κοντά μεταξύ τους. Θα είχατε μικρότερο πρόσωπο, αλλά δεν θα συνεχίζατε να συρρικνώνεστε. Με τον ίδιο τρόπο, εάν ζούσαμε σε έναν κόσμο που εξουσιάστηκε από την ελκτική δύναμη της βαρύτητας, όπως οι περισσότεροι κοσμολόγοι νόμιζαν μέχρι μερικά χρόνια πριν, η διαστολή θα επιβραδυνόταν, προκαλώντας μια συμπίεση στα αντικείμενα στον κόσμο, φθάνοντας σε ένα μικρότερο μέγεθος ισορροπίας. Μετά από αυτό όμως δεν θα συνεχίζοταν η συρρικνωση.

Στην πραγματικότητα, στο σύμπαν μας η διαστολή επιταχύνεται, και αυτό ασκεί μια ήπια δύναμη κατευθυνόμενη ακτινικά προς τα έξω στα διάφορα σώματα. Συνεπώς, τα σώματα που αποτελούνται από δέσμιες καταστάσεις άλλων σωματιδίων θα είναι ελαφρώς μεγαλύτερα από ό,τι θα ήταν σε ένα μη επιταχυνόμενο σύμπαν, επειδή η ισορροπία μεταξύ των δυνάμεων επιτυγχάνεται σε ένα ελαφρώς μεγαλύτερο μέγεθος. Στη γήινη επιφάνεια, η αντίστοιχη επιτάχυνση της διαστολής που έχει φορά απομακρυνόμενη από το κέντρο του πλανήτη είναι ίση με ένα μικροσκοπικό μέρος ( $10^{-30}$ ) της κανονικής εσωτερικής βαρυτικής επιτάχυνσης. Εάν αυτή η επιτάχυνση είναι σταθερή, δεν προκαλεί τη διαστολή της Γης. Μάλλον ο πλανήτης απλά κατασταλάζει σε μια στατική ισορροπία ελαφρώς μεγαλύτερη από το μέγεθος που θα είχε επιτύχει χωρίς αυτήν.

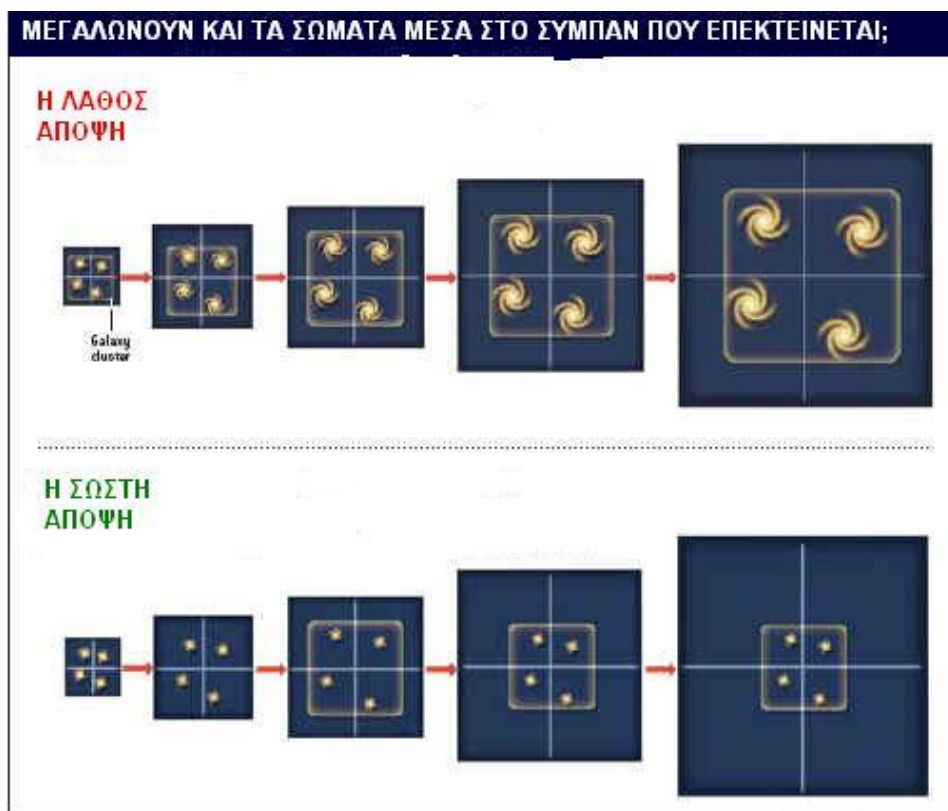
Αυτός ο συλλογισμός αλλάζει εάν η επιτάχυνση δεν είναι σταθερή, όπως δέχονται μερικοί κοσμολόγοι. Εάν η ίδια η επιτάχυνση αυξάνεται, θα μπορούσε τελικά να γίνει αρκετά ισχυρή ώστε να 'διαλύσει' όλες τις δομές, οδηγώντας σε ένα Μεγάλο Σχίσμα". Αλλά αυτό το σχίσμα θα εμφανιζόταν όχι λόγω της διαστολής ή της επιτάχυνσης αυτής καθ' εαυτής αλλά λόγω μιας αυξανόμενης επιτάχυνσης.

Το μοντέλο της Μεγάλης Έκρηξης είναι βασισμένο στις παρατηρήσεις της διαστολής, του Κοσμικού Υποβάθρου Μικροκυμάτων, της χημικής σύνθεσης του σύμπαντος και της συγκέντρωσης της ύλης. Όπως όλες οι επιστημονικές ιδέες, το μοντέλο μπορεί μια ημέρα να αλλάξει. Αλλά αυτό ταιριάζει με τα τρέχοντα στοιχεία καλύτερα από οποιοδήποτε άλλο μοντέλο που έχουμε. Οι νέες ακριβείς μετρήσεις επιτρέπουν στους κοσμολόγους να καταλάβουν την διαστολή και την επιτάχυνση καλύτερα, έτσι μπορούν να ρωτήσουν ακόμη πιο θεμελιώδη ζητήματα για το τι συνέβη στις αρχές του χρόνου και τις μεγαλύτερες κλίμακες του σύμπαντος.

Από που προκαλείται η διαστολή; Πολλοί κοσμολόγοι την αποδίδουν σε μια διαδικασία γνωστή ως πληθωρισμό.

Πρόκειται για ένα τύπο επιταχυνόμενης διαστολής. Αλλά αυτή μπορεί να είναι μόνο μια μερική απάντηση, επειδή φαίνεται ότι για να αρχίσει ο πληθωρισμός, το σύμπαν έπρεπε ήδη να διαστελλόταν. Και τι γίνεται με τις μεγαλύτερες κλίμακες, πέρα από αυτό που μπορούμε να δούμε; Μήπως τα διαφορετικά μέρη του σύμπαντος επεκτείνονται με διαφορετικούς ρυθμούς, έτσι ώστε το σύμπαν μας να είναι μια ενιαία πληθωριστική φουσαλίδα ενός πολύ μεγαλύτερου πολυσύμπαντος; Κανένας δεν ξέρει. Αν και παραμένουν

πολλές ερωτήσεις, οι όλο και περισσότερο ακριβείς παρατηρήσεις δείχνουν ότι το σύμπαν θα επεκτείνεται για πάντα. Ελπίζουμε, εν τούτοις, η σύγχυση για την διαστολή θα ελαττωθεί.



**Η ΛΑΘΟΣ ΑΠΟΨΗ:** Ναι, η διαστολή κάνει τόσο το σύμπαν, όσο και τα αντικείμενα μέσα σ' αυτό να διαστέλλονται. Θεωρείστε τους γαλαξίες ενός σμήνους. Καθώς το Σύμπαν γίνεται όλο και πιο μεγάλο, το ίδιο συμβαίνει και με τους γαλαξίες και με το συνολικό σμήνος. Τα όρια του σμήνους (κίτρινο περίγραμμα) κινούνται προς τα έξω.

**ΣΩΣΤΗ ΑΠΟΨΗ:** Όχι, το σύμπαν επεκτείνεται αλλά τα αντικείμενα μέσα σ' αυτό δεν μεγαλώνουν. Οι γειτονικοί γαλαξίες απομακρύνονται, αλλά η αμοιβαία τους βαρυτική έλξη εξισορροπεί την διαστολή. Σχηματίζεται ένα σμήνος, το οποίο αποκαθίσταται σε κάποιο μέγεθος όπου η βαρύτητα και η διαστολή ισορροπούν.