

Η ημέρα η μία.

Γεωργίου Ι. Γούναρη
Τμήμα Φυσικής, Αριστοτέλειον Πανεπιστήμιον Θεσσαλονίκης¹

Εισαγωγή:

Η πρόοδος της Φυσικής κατά την διάρκεια του 20ου αιώνα υπήρξε πράγματι τεράστια. Ιδιαίτερα, όσον αφορά την Κοσμολογία, ό,τι σήμερα δεχόμεθα ως κοινώς παραδεκτή αλήθεια, δεν έχει καμιά σχέση μ' αυτήν στα τέλη του 19ου αιώνα. Τότε ακόμη η ισοδυναμία μάζας και ενέργειας, και η Κβαντική Μηχανική ήσαν άγνωστα, ενώ η Κοσμολογία πίστευε σ' ένα στατικό χωρίς αρχή Σύμπαν...

Η κατάσταση αυτή έχει ήδη αλλάξει ριζικά, και η σύγχρονη Κοσμολογία του πρωτογόνου Σύμπαντος βρίσκεται πια σε απόλυτη συμφωνία με την παλαιά ορθόδοξη ερμηνεία της Γραφικής περιγραφής για την πρώτη ημέρα.

Την αλήθεια της προτάσεως αυτής θα προσπαθήσω να αποδείξω στο πρώτο μέρος της ομιλίας, παρουσιάζοντας παράλληλα την Αγιογραφική και την επιστημονική περιγραφή, και την αντιστοίχιση των όρων τους. Το μέρος αυτό θα επικεντρωθεί στα γεγονότα μετά την συμπλήρωση του 1ου δευτερολέπτου από την Μεγάλη Έκρηξη για τα οποία οι επιστημονικές θέσεις είναι κοινώς παραδεκτές, και τα οποία είναι εκείνα που κυρίως αφορούν την Αγιογραφική εικόνα.

Το 2ο μέρος αναφέρεται σε θέματα τα οποία ερευνώνται ακόμη και για τα οποία η γνώση εξελίσσεται. Στο μέρος αυτό αναφέρονται στη αρχή παραδείγματα από τις πάμπολλες «συμπτώσεις» που εμφανίζονται στο Σύμπαν μας, άνευ των οποίων θα του ήταν αδύνατο να βαστάξει ζωή. Εν συνεχεία καλύπτονται θέματα της φυσικής νετρίνων και γίνεται μνεία διαφόρων γεγονότων που συνέβησαν πριν το Σύμπαν συμπληρώσει το 1ο δευτερόλεπτο της ζωής του. Τα γεγονότα αυτά ίσως μας επιτρέψουν κάποτε να καταλάβουμε ένα μέρος τουλάχιστον από τις προαναφερθείσες συμπτώσεις.

Μέρος 1ο:

Επιτρέψατέ μου λοιπόν να αρχίσω από την Γραφική περιγραφή:

«Εν αρχή εποίησεν ο Θεός τον ουρανόν και την γην. Η δε γη ήν αόρατος και ακατασκεύαστος, και σκότος επάνω της αβύσσου, και Πνεύμα Θεού επεφέρετο επάνω του ύδατος, και είπεν ο Θεός· γενηθήτω φως· και εγένετο φως. Καί είδεν ο Θεός το φως, ότι καλόν· και διεχώρισεν ο Θεός αναμέσον του φωτός και αναμέσον του σκότους. Και εκάλεσεν ο Θεός το φως ημέραν και το σκότος εκάλεσεν νύκτα. Και εγένετο εσπέρα και εγένετο πρωί, ημέρα μία.»

¹ gounaris@physics.auth.gr

Πρωταρχικές υποθέσεις της επιστήμης:

Για να μιλήσει για την γένεση του Κόσμου η επιστήμη, ξεκινά πάντα από κάποιες βασικές (ή και έστω εύλογες) υποθέσεις. Και είναι κάπως λεπτή η θέση της... μια και ποτέ δεν είδαμε στο εργαστήριο ένα Σύμπαν να γεννάται! ...

- Οι φυσικοί νόμοι λοιπόν υποτίθεται πως ίσχυαν αναλλοίωτοι από την πρώτη στιγμή. Είναι συνομήλικοι του χρόνου, του χώρου και της ύλης, και καθορίζουν την εξέλιξη τους.
- Οι φυσικές σταθερές πιστεύουμε πως ήταν πάντα οι ίδιες. Από την πρώτη στιγμή π.χ. η ταχύτητα του φωτός στο κενό υποτίθεται ότι ήταν $c \approx 300000 \text{ km/s}$, και καθόριζε την μέγιστη ταχύτητα διαδόσεως κάθε σήματος μεταφέροντος πληροφορία.
- Ομοίως, η σταθερά του Planck υποτίθεται πως ήταν πάντα $\hbar \approx 6 \cdot 10^{-22} \text{ MeVs}$. Η μικρότατη αυτή τιμή του κβάντουμ της δράσεως είχε διαφύγει της προσοχής μας μέχρι τα τέλη του 19ου αιώνα. Μέχρι τότε πιστεύαμε ότι δεν υπήρχε μη μηδενικό κβάντουμ δράσεως. Πιστεύαμε δηλ. ότι $\hbar = 0$, πράγμα που συνεπάγεται ότι οι νόμοι της Κλασσικής Φυσικής πρέπει να ισχύουν ακριβώς. Σήμερα γνωρίζουμε ότι αν πράγματι το \hbar μηδενιζόταν, τότε το Σύμπαν θα ήταν εκ κατασκευής νεκρό. Διότι δεν θα είχε την απαιτούμενη απροσδιοριστία που του χρειάζεται για να μπορέσει να βαστάξει άτομα και μόρια, ... κι' εμένα και σας...
- Υπάρχουν και άλλες μυστηριώδεις φυσικές σταθερές, όπως π.χ. η μάζα του Planck M_p που είναι περίπου 10^{19} φορές μεγαλύτερη από την μάζα του ατόμου του υδρογόνου· και ο σχετιζόμενος με αυτήν χρόνος Planck που είναι $T_p \approx 10^{-44}$ δευτερόλεπτα. Κανονικά, μια τόσο μικρή τιμή του T_p θα έπρεπε να είχε προκαλέσει τον ακαριαίο θάνατο του Σύμπαντος αμέσως μετά την γέννησή του. Και όμως το Σύμπαν μας έζησε....

Εν αρχή εποίησεν ο Θεός τον ουρανόν και την γήν

Στη γλώσσα της επιστήμης ο ουρανός είναι ο χώρος, και η γη είναι η (πρωταρχική) ύλη. Ο χρόνος, ο χώρος, η ύλη, οι φυσικοί νόμοι και οι δυνάμεις (που είναι και αυτές μορφές ύλης) γεννήθηκαν όλοι μαζί εν αρχή... Ακαριαία, (Μ. Βασίλειος).

Κατά την στιγμή μηδέν, όλος ο χώρος ήταν μαζεμένος σ' ένα μόνον σημείο. Όλα τα σημεία του ήταν κολλημένα το ένα πάνω στο άλλο και αποτελούσαν ουσιαστικά ένα μόνον σημείο... Και μια τεράστια (ίσως άπειρη) ποσότητα ενέργειας ήταν επίσης μαζεμένη εκεί.

Και τότε άρχισε η Μεγάλη Έκρηξη. Τα διάφορα σημεία του χώρου άρχισαν δηλ. ξαφνικά να απομακρύνονται απ' αλλήλων με μια εκρηκτική βιαιότητα ... Τα θραύσματα της μεγάλης εκρήξεως δεν είναι τίποτε άλλο από αυτά τα ίδια τα σημεία του χώρου, που τον δημιουργούν ακαριαία καθώς αρχίζουν να απομακρύνονται μεταξύ τους.

Καθώς ο χρόνος κυλά, η απομάκρυνση αυτή γίνεται όλο και λιγότερο βίαια συνεχιζόμενη ως σήμερα. Την μελετούμε μετρώντας τις ταχύτητες απομακρύνσεως των κατά κάποιον τρόπον κολλημένων στα διάφορα σημεία του χώρου γαλαξιών.

Κατά την στιγμή της Μεγάλης Εκρήξεως, μαζί με τον χώρο γεννάται και η ύλη². Και ο χώρος γεμίζει από φωτόνια και άλλα άγνωστα εν πολλοίς ακόμη στοιχειώδη σωματία που (σε μεγάλο βαθμό) βρίσκονταν κολλημένα στα διάφορα σημεία του χώρου και ακολουθούν την εκρηκτική τους απομάκρυνση...

Η δε γή ήν ... ακατασκευάστος ...

Κατά την διάρκεια του πρώτου δευτερολέπτου έχουμε αλλεπάλληλες και ραγδαίες αλλαγές των μορφών της ύλης. Όμως μετά από τρία περίπου λεπτά, η κατάσταση σε κάποιο βαθμό σταθεροποιείται. Την ύλη τότε αποτελούσαν φωτόνια (τα κβάντα δηλ. του φωτός), μικρής σχετικώς ενεργείας πρωτόνια και νετρόνια (που προήλθαν από την δέσμευση-ένωση των κουάρκς), ηλεκτρόνια, αντι-ηλεκτρόνια (που μετά από λίγο θα εξαφανισθούν επίσης) και τα νετρίνα των οποίων οι γνωστές μορφές είναι ν_e, ν_μ, ν_τ . Επί πλέον των γνωστών αυτών μορφών ύλης, πρέπει στο τέλος του πρώτου περίπου δευτερολέπτου να είχε επίσης σταθεροποιηθεί και η φύση μιας άγνωστης ακόμη σκοτεινής ύλης που δεν αλληλεπιδρά με τα φωτόνια και αισθάνεται μόνον την δύναμη της βαρύτητας. Η ποσότης της αγνώστου αυτής σκοτεινής ύλης σήμερα, θα πρέπει να ξεπερνά κατά πολύ την ποσότητα των γνωστών μορφών της³.

Στο τέλος των 3 πρώτων λεπτών, το Σύμπαν ήταν εκατομμύρια φορές μικρότερο του σημερινού, και η θερμοκρασίας της τάξεως του 1δισ. βαθμούς Κέλβιν. Τότε άρχισαν να δημιουργούνται στο Σύμπαν, οι πρώτοι ελαφροί πυρήνες. *Ο πρώτος πυρηνικός αντιδραστήρας που υπήρξε ποτέ, ήταν το Σύμπαν ολόκληρο!* Όμως η θερμοκρασία έπιπτε τόσο γρήγορα, ώστε μπόρεσε να λειτουργήσει μόνον για λιγότερο από είκοσι περίπου λεπτά. Και μόνον ελαφρούς πυρήνες πρόλαβε να κάμει. Έτσι στο τέλος του πρώτου εικοσαλέπτου, τα νετρόνια είχαν καταναλωθεί, και οι μόνοι πυρήνες στο Σύμπαν ήταν οι πυρήνες Η υδρογόνου⁴ και ⁴He, και σε απειροελάχιστες ποσότητες οι πυρήνες ³He, ²H και ⁷Li. Τις ποσοτήτες αυτές ανιχνεύουμε σήμερα στο Σύμπαν, προκειμένου να διαπιστώσουμε την ορθότητα της κοσμολογίας μας. Τα μέχρι τούδε αποτελέσματα είναι απολύτως ενθαρρυντικά και συνηγορούν υπέρ της ορθότητας των ανωτέρω αντιλήψεων. Βεβαίως, επιπλέον των παραπάνω ελαφρών πυρήνων, το Σύμπαν εξακολουθούσε να περιέχει φωτόνια, ηλεκτρόνια, νετρίνα και σκοτεινή ύλη.

Αυτή λοιπόν ήταν η *ακατασκευάστος γη* και το επίσης ακατασκευάστο ύδωρ⁵ μισή περίπου ώρα μετά την Μεγάλη Έκρηξη.

² Μαζί βεβαίως και με την αντι-ύλη, που θεωρείται και αυτή μορφή ύλης.

³ Θα επανέλθουμε κατωτέρω.

⁴ Που είναι απλά πρωτόνια.

⁵ Για την συμπλήρωση της κατασκευής του ύδατος θα χρειασθεί να συνδυασθούν οι πυρήνες υδρογόνου με τους πυρήνες οξυγόνου, που θα γίνουν πολύ αργότερα. Ίδε Μ. Ισηγόνη, Περιοδικό ΕΦΗΜΕΡΙΟΣ, έτος ΜΣΤ (1996) σ. 134 και Γ.Ι. Γούναρη, Περιοδικό «η Δράσις μας», τόμος ΛΓ (1994), σ 246.

... και σκότος επάνω της αβύσσου ...

Παρ' όλο που τα φωτόνια⁶ δημιουργήθηκαν από την πρώτη-πρώτη στιγμή, το πρωτόγονο Σύμπαν μέχρι την ηλικία των 300000 - 400000 ετών περίπου, ήταν αδιαφανές και συνεπώς σκοτεινό⁷. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η θερμοκρασία του, (πού με το χρόνο βεβαίως συνεχώς ελαττωνόταν), ήταν ακόμη αρκετά υψηλή, ώστε να καθίσταται αδύνατος η δημιουργία ουδετέρων ατόμων. Μέχρι λοιπόν την εποχή εκείνη, την ύλη του Σύμπαντος αποτελούσε ένα πυκνό, θερμό και αδιαφανές πλάσμα (εν μέρει) ηλεκτρικά φορτισμένων σωματιδίων⁸. Δεν υπήρχε ελεύθερα κινούμενο φως. Συνεπώς κανένα φως δεν μπορεί (ούτε μπόρεσε, ούτε θα μπορέσει ποτέ) να μας έλθει από την εποχή εκείνη και να μας δώσει μια εικόνα του τότε Σύμπαντος⁹. Τα παραπάνω συμπληρώνονται εποπτικά από την Εικόνα 1 η οποία περιγράφει το πώς φαίνεται το Σύμπαν από τον πλανήτη Γη, που εικονίζεται στο κέντρο της. Η εξήγηση της εικόνας πρέπει να θεωρηθεί μέρος του κειμένου.

Την σημερινή του διαφάνεια την απέκτησε το Σύμπαν λίγο-πολύ ξαφνικά, καθώς συμπλήρωνε τα πρώτα 300-400 χιλιάδες χρόνια της ζωής του¹⁰. Ήταν τότε περίπου 1100 φορές μικρότερο του σημερινού¹¹, και διαστελλόταν και πάγωνε,... Μόλις λοιπόν η θερμοκρασία του έπεσε κάτω από τους 3000 Κέλβιν, τα ηλεκτρόνια του δεσμεύθηκαν από τους πυρήνες (1H , 4He κτλ.) σχηματίζοντας ουδέτερα άτομα. Και το Σύμπαν έγινε ξαφνικά διαφανές και κατακλύσθηκε από φως.

Ήταν ένα εκτυφλωτικό φως που ερχόταν απ' όλα τα σημεία του χώρου. Όπως σ' ένα καλοκαιριάτικο μεσημέρι όπου όλα γύρω ακτινοβολούν και καίνε... Αυτή είναι η στιγμή που η Αγία Γραφή περιγράφει με την μεγαλειώδη φράση **και είπεν ο Θεός γενηθήτω φως και εγένετο φως...**

Ας παρατηρηθεί επίσης ότι η ημέρα εκείνη δεν πέρασε ποτέ από στάδιο αυγής, κατά το οποίο το φως ρόδιζε από κάποιες μόνον πλευρές... Από την πρώτη στιγμή που έλαμψε, άστραφτε από παντού. Από μεσημβρίας *ήρξατο η ημέρα η μία...*

Τι να πρωτοθαυμάσει άραγε κανείς; Την πρόοδο της επιστήμης,... την αποκαλυμμένη στον Μωϋσή αλήθεια,... ή την ατίμητη ορθόδοξη μας παράδοση;

⁶ Αυτό είναι αναπόφευκτος συνέπεια του γεγονότος ότι τα φωτόνια πιστεύουμε πως είναι απολύτως στοιχειώδη σωματίδια.

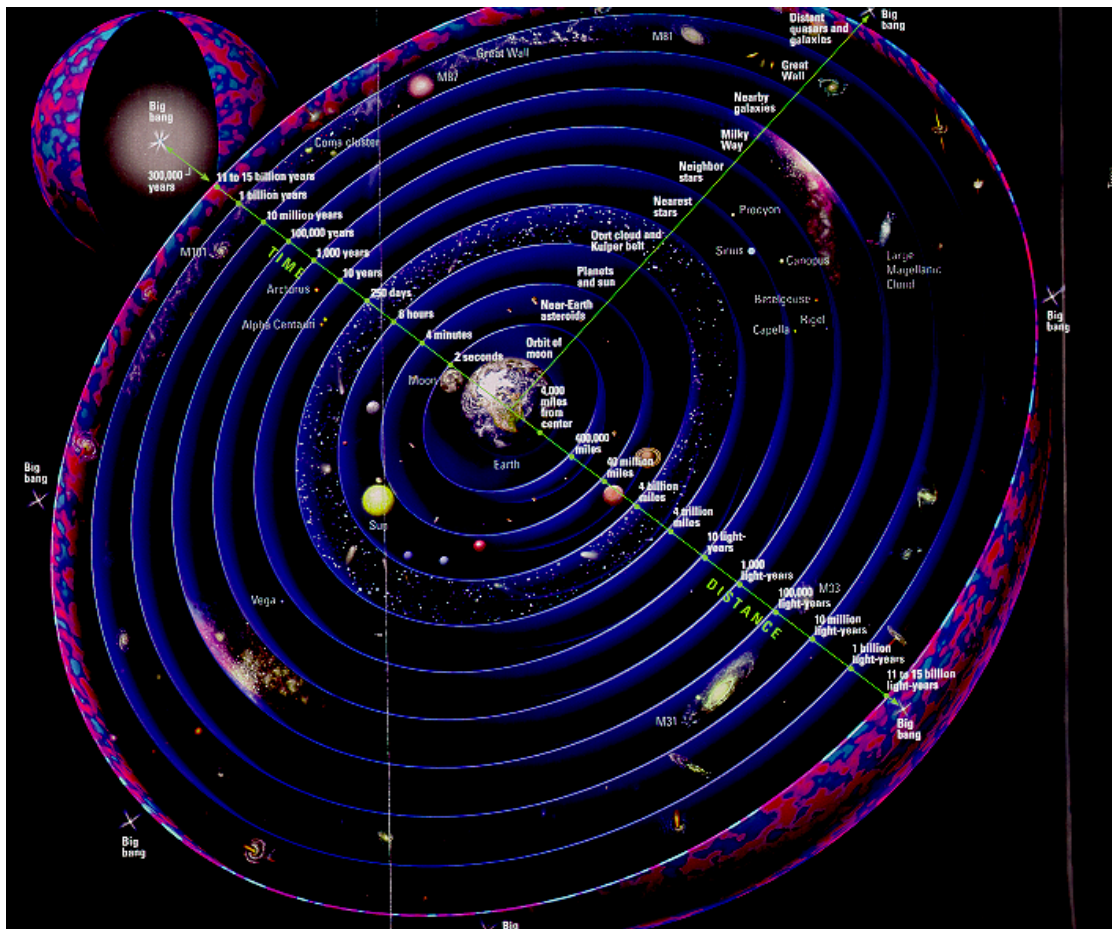
⁷ E. Kolb και M. Turner, *The Early Universe*, *Frontiers in Physics*, Addison-Wesley, Redwood City, California, 1990, σελ. 80. Particle Data Group, E. Kolb και M. Turner, *The European Physics Journal*, τόμος 15, σελ. 125, Απρίλιος 2000.

⁸ Γ.Ι. Γούναρη, *Περιοδικό «η Δράσις μας»*, τόμος ΛΖ, σελ 246, 1998.

⁹ Γ.Ι. Γούναρη, *Πρακτικά έ Διεθνούς Επιστημονικού Συνεδρίου, «Ο Απόστολος Παύλος και το Φυσικό Περιβάλλον»*, Βέροια 1999, σ. 113.

¹⁰ Μέσα σε μια περίοδο 100000 ετών περίπου το Σύμπαν άλλαξε, και από εντελώς αδιαφανές έγινε διαφανές. Σαν μια ομίχλη που τραβιέται ξαφνικά αντικαθισταμένη από ένα εκτυφλωτικό φως.

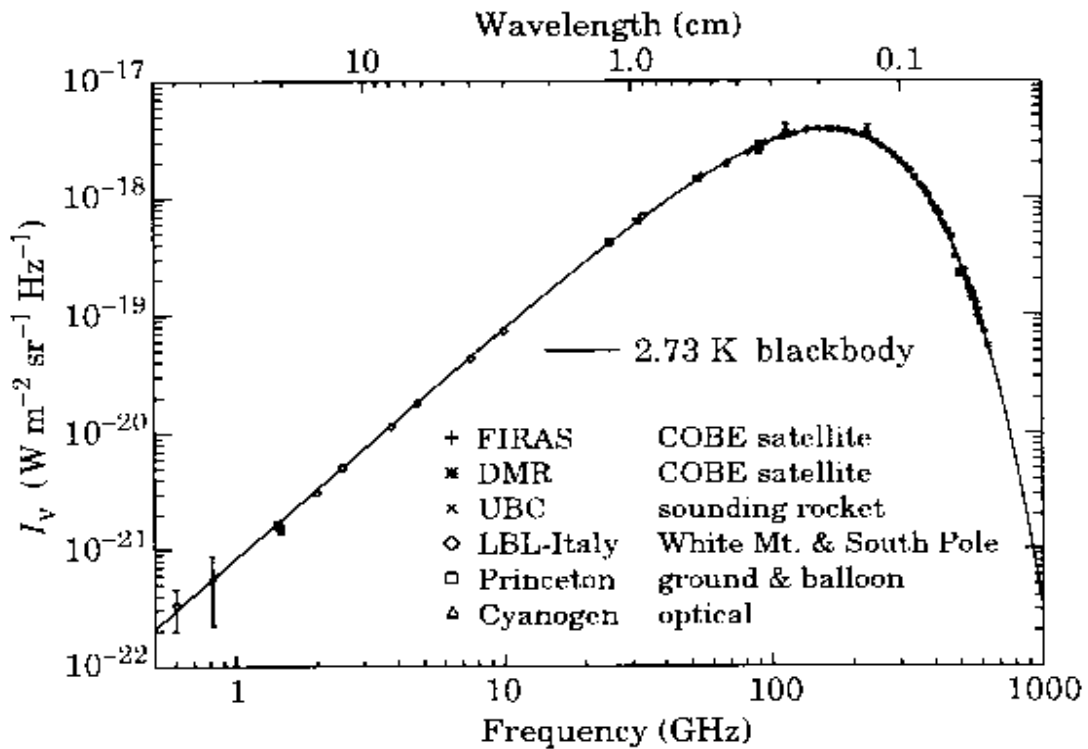
¹¹ Όλες δηλ. οι σχετικές αποστάσεις μεταξύ δύο οιονδήποτε σημείων του με σταθερές comoving συντεταγμένες, ήταν τότε 1100 φορές μικρότερες από τις σημερινές τους τιμές.



Εικόνα 1: Το Σύμπαν, όπως φαίνεται σήμερα από την Γη μας. Η Γη μας δεν βρίσκεται βεβαίως στο κέντρο του Σύμπαντος. Αλλ' όμως βρίσκεται πράγματι στο κέντρο του μέρους του Σύμπαντος που μπορούμε να δούμε. Οι σφαίρες γύρω από την Γη καθορίζουν διάφορα ουράνια σώματα, σε όλο και μεγαλύτερες αποστάσεις. Όσο πιο μακρινά είναι, τόσο αρχαιότερη είναι και η εικόνα που παίρνουμε γι' αυτά, και τόσο πιο αρχαίο είναι το φως που μας στέλνουν. Στη περιοχή ανάμεσα στις δυο εξωτερικές σφαίρες βρίσκονται τα quasars και οι γαλαξίες που δίδουν τις αρχαιότερες εικόνες. Η αρχαιότερη απ' αυτές εικονίζει ένα quasar, την εποχή που το Σύμπαν ήταν 6.82 φορές μικρότερο και ηλικία του μόλις 750εκ. έτη. Αρχαιότερο φως από συγκεκριμένα ουράνια σώματα δεν έχουμε ιδεί ποτέ. Το αμέσως αρχαιότερο φως που έχουμε μετρήσει, είναι αυτό που ξεκίνησε απ' όλα συγχρόνως τα σημεία του Σύμπαντος, την εποχή που ηλικία του ήταν 300000- 400000 ετών, και το μέγεθός του περίπου 1100 φορές μικρότερο του σημερινού. Το μέρος του φωτός εκείνου που φθάνει **σήμερα** σε μας ξεκίνησε από την εξωτερική (γύρω από την Γη) σφαίρα της εικόνας. Αν μπορούσαμε να δούμε πέρα απ' αυτήν την σφαίρα, θα βλέπαμε την Μεγάλη Έκρηξη, προς όποια κατεύθυνση του ουρανού και αν κοιτούσαμε. Όμως αυτό είναι αδύνατον, διότι κανένα φως δεν μπορεί, ούτε μπόρεσε ποτέ να έλθει από την εποχή εκείνη. Η Εικόνα αυτή ελήφθη από το περιοδικό National Geographic, τεύχος 4, τόμος 196, Οκτώβριος 1999, το οποίο και ευχαριστούμε και στο οποίο παραπέμπουμε για περισσότερες λεπτομέρειες.

Τι απέγινε το πρωτόγονο εκείνο φως;

Στην επιστημονική γλώσσα αποκαλείται σήμερα Κοσμική Ακτινοβολία Υποβάθρου (Cosmic Background Radiation, CMB). Εξακολουθεί και τώρα να μας έρχεται από παντού, όπως τότε.... Τώρα όμως το μήκος κύματός του είναι περίπου 1100 φορές μεγαλύτερο, και η θερμοκρασία του 1100 φορές μικρότερη από εκείνη των 3000 Κέλβιν που είχε όταν πρωτοέλαμψε. Όπως θα εξηγήσουμε παρακάτω, έχει πια φύγει από την ορατή περιοχή και δεν μπορούμε να το δούμε με τα μάτια μας. Όμως με κατάλληλα όργανα μπορούμε να το μετρήσουμε, και με μεγάλη μάλιστα ακρίβεια. Στην Εικόνα 2 παρουσιάζονται οι σύγχρονες μετρήσεις την εντάσεως του φωτός αυτού, συναρτήσει του μήκους κύματός του (πάνω οριζόντιος άξονας) ή της συχνότητάς του¹² (κάτω οριζόντιος άξονας). Η παρούσα θερμοκρασία του είναι 2.73 Κέλβιν.



Εικόνα 2: Η Κοσμική Ακτινοβολία Υποβάθρου. Το πρωτόγονο φως δηλαδή, όπως το μετρούμε σήμερα. Έχει πια φύγει από την ορατή περιοχή, και το μήκος κύματος του κυμαίνεται μεταξύ ενός μέτρου και ενός χιλιοστού περίπου. Παρατηρήσατε την μεγάλη ακρίβεια με την οποία έχει μετρηθεί η έντασή του, ιδίως στα μικρότερα μήκη κύματος.

¹² Particle Data Group, G.M. Smoot and D. Scott, The European Physics Journal, τόμος 15, σελ. 145, Απρίλιος 2000.

Όπως είπαμε ήδη η Κοσμική Ακτινοβολία Υποβάθρου (CMB) έρχεται από παντού. Όμως πώς εξαρτάται η ένταση της από την κατεύθυνση του Ουρανού απ' όπου μας έρχεται; Όταν κοιτάξει κανείς τις απ' ευθείας μετρήσεις, παρατηρεί ότι υπάρχει πράγματι κάποια εμφανής γωνιακή εξάρτηση της εντάσεως του CMB, η οποία όμως εξαφανίζεται όταν λάβουμε υπόψη την κίνηση του ηλιακού μας συστήματος ως προς τον γαλαξία μας, και την κίνηση του δευτέρου ως προς το τοπικό σύστημα γαλαξιών.

Αν αφαιρέσουμε τις κινήσεις αυτές, τότε έχουμε την εικόνα της Κοσμικής Ακτινοβολίας όπως θα την βλέπαμε αν ήμασταν ακίνητοι μέσα στο διαστελλόμενο Σύμπαν μας¹³. Και τότε πράγματι θα βλέπαμε ότι η Κοσμική Ακτινοβολία Υποβάθρου είναι *σχεδόν πλήρως ιστροπική*. Έχει δηλ. (με μεγάλη ακρίβεια) *την ίδια σχεδόν ένταση*, ανεξαρτήτως της κατευθύνσεως του ουρανού απ' όπου μας έρχεται.

Το σημαντικό είναι ότι και εκείνες ακόμη οι μικρότατες παραβιάσεις που καθιστούν «σχεδόν» την παραπάνω «πλήρη ιστροπία», έχουν ενδιαφέρουσες συνέπειες. Υποδηλώνουν τα σπέρματα που γέννησαν αργότερα τους γαλαξίες και τα σμήνη των. Η Κοσμική Ακτινοβολία Υποβάθρου αποτελεί ισχυρότατη απόδειξη της ορθότητας των συγχρόνων κοσμολογικών αντιλήψεων. Και η θερμοκρασία των 2.73 K που παρουσιάζει σήμερα, είναι ό,τι ακριβώς χρειάζεται για να έχουν επιτευχθεί στο τέλος του 1ου δευτερολέπτου τα 1δισ K που εγγυήθηκαν την ικανότητα του Σύμπαντος να λειτουργήσει ως πυρηνικός αντιδραστήρας και να δημιουργήσει τους πρώτους ελαφρούς πυρήνες, που είδαμε παραπάνω.

Το πρώτο δειλινό:

Ας πάμε πίσω στο χρόνο, ... τότε που πρωτοέλαμψε το πρωτόγονο φως. Η ηλικία του Σύμπαντος ήταν περίπου 400000 έτη, η θερμοκρασία του κοντά 3000 K, και το μέγεθός του περίπου 1100 φορές μικρότερο του σημερινού.

Καθώς ο χρόνος κυλούσε, και το Σύμπαν μεγάλωνε..., μεγάλωνε μαζί του και το μήκος κύματος του φωτός εκείνου και αντίστοιχα άλλαζε και το χρώμα του. Ξεκίνησε σαν ένα μάλλον λευκό εκτυφλωτικό φως, και ... σιγά-σιγά γινόταν όλο και πιο κόκκινο ... Όσπου έφυγε από την ορατή περιοχή, την εποχή που το Σύμπαν συμπλήρωνε τα πρώτα του 10εκ χρόνια. Η *ημέρα η μία*,... τέλειωσε μέσα στην φωτοπλημμύρα του πρώτου δειλινού!

Και εγένετο εσπέρα και εγένετο πρωί, ημέρα η μία. Δεν είχε αυγή ... Είχε όμως μεσημβρία και δείλι... Αισθάνομαι σαν να καταλαβαίνω γιατί ο Μωϋσής την αρίθμησε διαφορετικά από τις άλλες....

Μετά 14δισ έτη....

¹³ Με σταθερές δηλ comoving συντεταγμένες, (E. Kolb and M. Turner, μνημονευθέν ανωτέρω).

Δεκατέσσερα δισεκατομμύρια έτη αργότερα προστεθήκαμε κ' εμείς στην Δημιουργία και αρχίσαμε να την μελετούμε...

Όλα αυτά τα χρόνια το Σύμπαν μας διαστελλόταν και πάγωνε. Και εξακολουθεί να διαστέλλεται. Τα διάφορα σημεία του εξακολουθούν απομακρυνόμενα απ' αλλήλων σαν τα θραύσματα μιας εκρήξεως... Όμως όχι τόσο βίαια όσο στην αρχή!

Απλοϊκά, θα περίμενε κανείς ότι η απομάκρυνση αυτή θα ήταν επιβραδυνόμενη, διότι η συνήθης βαρύτης αντιδρά σ' αυτήν. Όμως οι (προς το παρόν) επικρατούσες ενδείξεις είναι ότι μάλλον το αντίθετο συμβαίνει. Φαίνεται δηλ ότι εδώ και 4δισ περίπου χρόνια έχουμε εισέλθει σε μια φάση επιταχυνόμενης διαστολής του Σύμπαντος. Το αξιοσημείωτο στην περίπτωση αυτή (αν βεβαίως οι υπάρχουσες μετρήσεις επαληθευθούν από τις σχεδιαζόμενες) είναι ότι φαίνεται να οδηγούμεθα στην ανάγκη υπάρξεως μη μηδενικής ενεργείας στον κενό χώρο¹⁴. Στην τεχνική γλώσσα της φυσικής αυτό εκφράζεται με την ύπαρξη μιας μη μηδενικής κοσμολογικής σταθεράς, που παριστάνεται συνήθως με το σύμβολο Λ.

Το «κενό» λοιπόν ενδέχεται να έχει πράγματι ενέργεια... Ίσως το 65% της ενεργείας του Σύμπαντος βρίσκεται στον κενό χώρο¹⁵. Παρ' όλο πού μια τέτοια ενέργεια φαίνεται τεράστια, είναι ασύλληπτα μικρότερη απ' ότι θα περιμέναμε σ' ένα τυχαίο Σύμπαν. Ένα τέτοιο όμως τυχαίο Σύμπαν, θα διαστελλόταν τόσο γρήγορα, που δεν θα προλάβαινε να κατασκευάσει αστέρια. Θα ήταν νεκρό. Ποιος καθόρισε την κοσμολογική σταθερά αρκούντως μικρή, ώστε να μπορέσει το Σύμπαν να βαστάξει ζωή;

Αξίζει να σημειωθεί ότι, αν πράγματι η ενέργεια του κενού χώρου είναι θετική, τότε ενδέχεται να υπάρχει και άλλη κατάσταση μικρότερης ενεργείας, οπότε η παρούσα κατάσταση του Σύμπαντος μπορεί να είναι μετασταθούς ισορροπίας. Το Σύμπαν θα μπορούσε τότε κάποια στιγμή να μεταπέσει στην κατάσταση ισορροπίας του, προκαλώντας συγχρόνως και έναν συμπαντικών διαστάσεων σεισμό που θα συγκλόνιζε όχι μόνον την Γη, αλλά και τον ουρανό...

Δεν ισχυρίζομαι βεβαίως ότι έτσι θα τελειώσει το Σύμπαν μας.... Στην Καινή Διαθήκη ο ίδιος ο Κύριος συνδέει το τέλος του Σύμπαντος με αφύσικα γεγονότα που υποδηλώνουν την (μερική έστω) παύση ισχύος των φυσικών νόμων.... « ο ήλιος σκοτισθήσεται και η σελήνη ου δώσει το φέγγος αυτής, και οι αστέρες έσονται εκ του ουρανού πίπτοντες, και αι δυνάμεις αι εν τοις ουρανοίς σαλευθήσονται» (Μαρ. ιδ' 24). Όλες οι εσχατολογικές προβλέψεις της επιστήμης βασίζονται στην υπόθεση ότι οι φυσικοί νόμοι παραμένουν αναλλοίωτοι μέχρι το τέλος. Εφόσον αυτό δεν ικανοποιείται, δεν υπάρχουν αξιόπιστες επιστημονικές προβλέψεις. Το τέλος του Κόσμου βρίσκεται στα χέρια του Θεού.

Μέρος 2ο

¹⁴ Άλλες ερμηνείες των ιδίων μετρήσεων είναι επίσης δυνατές, αλλά απαιτούν την ύπαρξη μορφής αερίων ύλης χαρακτηριζομένων από αρνητική πίεση. Η ύλη αυτή αναφέρεται στην βιβλιογραφία ως "πεμπτουσία". Ποτέ δεν έχουμε διαπιστώσει τέτοια μορφή ύλης στη γη ή σε άλλα αστέρια.

¹⁵ Particle Data Group, M. Fukugita and C.J. Hogan, The European Physics Journal, τόμος 15, σελ. 136, Απρίλιος 2000. E. Kolb και M. Turner, The European Physics Journal, τόμος 15, σελ. 125, Απρίλιος 2000.

Στο μέρος αυτό σκιαγραφούμε με κάθε δυνατή συντομία θέματα λίγο-πολύ σχετιζόμενα με τις αρχικές στιγμές της Δημιουργίας, και τα οποία βρίσκονται αυτή τη στιγμή υπό μελέτη... Οι διαγραφόμενες λοιπόν εδώ επιστημονικές θέσεις είναι γενικώς προσωρινές... Η αξία τους συνίσταται κυρίως στο ότι δεικνύουν προς τα πού κινείται η έρευνα στον κλάδο αυτό της Φυσικής.

«Συμπτώσεις» στο Σύμπαν

Το Σύμπαν μας είναι γεμάτο αριθμητικές συμπτώσεις που αν δεν υπήρχαν, θα καθιστούσαν αδύνατη την ύπαρξη ζωής σ' αυτό. Αναφέραμε ήδη τις τιμές της σταθεράς του Planck \hbar και της κοσμολογικής σταθεράς Λ .

Ένα άλλο παράδειγμα σχετικό με την σημασία της μη μηδενικής τιμής της σταθεράς του Planck \hbar , αναφέρεται στον τρόπο με τον οποίον ο Ήλιος παράγει την ενέργεια με την οποίαν μας θερμαίνει και φωτίζει. Σχηματικά αυτό επιτυγχάνεται διότι η θερμοκρασία στην κεντρική περιοχή του Ηλίου είναι αρκούντως υψηλή ώστε να επιτρέπει σε 4 από τα ευρισκόμενα εκεί πρωτόνια να συνδυασθούν με 2 ηλεκτρόνια και να παράγουν έναν πυρήνα ${}^4\text{He}$, δύο ν_e των οποίων οι ενέργειες φθάνουν μέχρι τα 20MeV, και φωτόνια. Τα φωτόνια είναι η πηγή της ενεργείας με την οποίαν ο Ήλιος μας θερμαίνει και φωτίζει.

Όμως αυτό θα ήταν αδύνατον αν το \hbar μηδενιζόταν ακριβώς, οπότε θα ίσχυαν οι νόμοι της Κλασικής Φυσικής. Διότι τότε και η ανωτέρω διαδικασία θα ήταν αδύνατη, μια και δεν μπορούσαν π.χ. τα πρωτόνια να υπερπηδήσουν το απωστικό μεταξύ τους δυναμικό. Επειδή παρόμοιοι είναι οι τρόποι δημιουργίας ενεργείας και στα άλλα αστέρια, καταλήγουμε ότι ... βρήκαμε έναν ακόμη λόγο για τον οποίον το Σύμπαν μας θα ήταν νεκρό αν $\hbar = 0$.

Άλλο παράδειγμα «συμπτώσεως» αποτελούν οι τιμές των μαζών πρωτονίου, νετρονίου και ηλεκτρονίου που είναι περίπου $m_p = 938\text{MeV}$, $m_n = 939.5\text{MeV}$, $m_e = 0.5\text{MeV}$ και ικανοποιούν την ανισότητα $m_n - m_p > m_e$ που επιτρέπει την διάσπαση του ελεύθερου νετρονίου, σε πρωτόνιο, ηλεκτρόνιο και ένα αντινεutrino $\bar{\nu}_e$. Τι θα γινόταν αν η παραπάνω ανισότητα παραβιαζόταν και συνέβαινε να είναι π.χ. $m_p - m_n > m_e$; Η απάντηση είναι ότι και τότε δεν θα ήταν δυνατή η ύπαρξη ατόμων και ζωής στο Σύμπαν. Μόνον αστέρες νετρονίων και μελανές οπές θα μπορούσαν να υπάρξουν σ' αυτό!

Στην φυσική προσπαθούμε να εξηγήσουμε, όσο είναι δυνατόν τις συμπτώσεις αυτές αναζητώντας φυσικές Αρχές που κατά κάποιο τρόπο τις επιβάλλουν. Τέτοιες αρχές αναζητούνται μέσω «γενικευμένων» θεωριών όπως π.χ. η Μεγάλη Ενοποίηση, ... η Ανθρωπική Αρχή, ... η Υπερ-συμμετρία, ... οι Υπερ-χορδές, ... οι Νέες Μεγάλες Διαστάσεις πέρα από αυτές του τετραδιαστάτου χωροχρόνου κ.α.

Νετρίνα από την Μεγάλη Έκρηξη

Όπως ήδη έχουμε τονίσει, τα πρώτα 400000 περίπου χρόνια του Σύμπαντος είναι η μοναδική περίοδος της ζωής του από την οποία δεν παίρνουμε καθόλου φως....

Αξίζει όμως να σημειωθεί ότι ως προς τα νετρίνα, το Σύμπαν είχε καταστεί διαφανές ήδη από το 1ο του δευτερόλεπτο. Από το 1ο δηλ. ήδη δευτερόλεπτο, τα νετρίνα πρέπει να είχαν απεγκλωβιστεί από το πλάσμα της υπόλοιπης ύλης. Αν μπορούσαμε να τα μετρήσουμε, θα μας έδιδαν κάποια εικόνα ... «της αβύσσου».

Αναφέραμε ήδη ότι υπάρχουν τρία τουλάχιστον είδη νετρίνων ονομαζόμενα ν_e, ν_μ, ν_τ , και αντιστοιχούντα προς τα φορτισμένα λεπτόνια e^-, μ^-, τ^- . Το e^- είναι το γνωστό μας ηλεκτρόνιο, ενώ τα μ^-, τ^- είναι αρκετά βαρύτερα λεπτόνια, που παρήχθησαν επίσης κατά την μεγάλη έκρηξη, αλλά είχαν ήδη εξαφανισθεί προτού το Σύμπαν συμπληρώσει το πρώτο του δευτερόλεπτο. Παρ' όλα αυτά, τα μ^-, τ^- τα έχουμε προ πολλού παράγει στο εργαστήριο και δεν μας είναι άγνωστα..

Τα αντίστοιχα νετρίνα είναι λιγότερο γνωστά. Το τ-νετρίνο ν_τ π.χ ανιχνεύθηκε απ' ευθείας μόλις τελευταία... Και όσον αφορά τις μάζες τους, παρ' όλο που γνωρίζουμε ήδη ότι όλα τα νετρίνα είναι πάρα πολύ ελαφρά, οι γνώσεις μας για τις ακριβείς τιμές των μαζών τους βρίσκονται ακόμη σε πρωτόγονο στάδιο. Ως πριν από λίγο καιρό δεν ήμασταν καν σίγουροι ότι έχουν μη μηδενική μάζα.

Όπως θα αναφέρουμε αμέσως παρακάτω, φαίνεται ότι δύο τουλάχιστον από τα είδη των νετρίνα έχουν πράγματι μάζα και μάλιστα ότι είναι και αρκετών βαριά, ώστε να έχουν ήδη ηρεμήσει π.χ. κοντά στα κέντρα των γαλαξιών.

Ίσως λοιπόν μόνον τα ν_e νετρίνα να εξακολουθούν και σήμερα να διασχίζουν το Διάστημα και να μας έρχονται από παντού, όπως ακριβώς και το φως της Κοσμικής Ακτινοβολίας Υποβάθρου. Υπολογίζεται πως θα πρέπει να υπάρχουν περίπου 115 ν_e ανά κυβικό εκατοστό σ' όλο το Σύμπαν. Όμως η ενέργειά τους είναι τόσο μικρή, ώστε η ανίχνευσή τους καθίσταται αδύνατη ... Ποτέ δεν θα μπορέσουμε να τα δούμε...

Νετρίνα από τ' άστρα.

Όπως είδαμε στη παράγραφο για τις «Συμπτώσεις», τα ν_e παράγονται επίσης και από πυρηνικές αντιδράσεις στον Ήλιο και στα άλλα αστέρια. Στη περίπτωση αυτή, τα ν_e έχουν αρκετά μεγάλη ενέργεια, ώστε να είναι παρατηρήσιμα και ίσως τα χρησιμοποιήσουμε κάποτε για την μελέτη των ουρανίων σωμάτων. Η ανάπτυξη Αστρονομίας Νετρίνων στο όχι πολύ μακρινό μέλλον, δεν φαίνεται αδύνατη...

Επειδή ο Ήλιος (όπως και άλλα αστέρια) είναι σε μεγάλο βαθμό διαφανής στα νετρίνα, τα ν_e που γεννώνται στο κέντρο του εκτοξεύονται αμέσως προς όλες τις κατευθύνσεις. Έτσι, (φαίνεται να) γνωρίζουμε με αρκετά μεγάλη ακρίβεια σήμερα, πόσα ακριβώς ν_e προερχόμενα από τον Ήλιο, θα έπρεπε να χτυπούν ανά έτος τους ανιχνευτές μας στη γη. Οι μετρήσεις έγιναν (και συνεχίζονται από καιρό),

και το αποτέλεσμα είναι ότι τα ν_e που παίρνουμε από τον Ήλιο στην γη, είναι περίπου τα μισά απ' όσα περιμέναμε.

Παρόμοιο φαινόμενο εμφανίζεται και με τα ν_μ νετρίνα που δημιουργούνται στην ατμόσφαιρα από τον βομβαρδισμό των Κοσμικών Ακτίνων (ΚΑ). Οι ακτίνες αυτές, είναι κυρίως πρωτόνια (αλλά και άλλοι σταθεροί πυρήνες) μεγάλης ενεργείας, και μας έρχονται από το Σύμπαν¹⁶.

Καθώς οι Κοσμικές Ακτίνες προσπίπτουν στη γήινη ατμόσφαιρα, δημιουργούν τελικά και ν_μ . Υπάρχουν δύο τρόποι με τους οποίους τα ν_μ φθάνουν στους ανιχνευτές μας. Ο ένας είναι κατ' ευθείαν από την ατμόσφαιρα από πάνω, και ο άλλος είναι από κάτω, από την ατμόσφαιρα δηλ της άλλης πλευράς της Γης, την οποία προηγουμένως και διασχίζουν για να φθάσουν στον ανιχνευτή¹⁷. Το περίεργο είναι ότι τα ν_μ που μας έρχονται από κάτω είναι περίπου τα μισά αυτών που μας έρχονται από πάνω.

Η επικρατούσα εξήγηση και των δύο φαινομένων είναι ότι δύο τουλάχιστον από τα νετρίνα έχουν μάζες, και μάλιστα διαφορετικές μεταξύ τους. Αυτό επιτρέπει στα νετρίνα, καθώς διανύουν την απόσταση που χωρίζει τον Ήλιο από την Γη, ή διασχίζουν την Γη και την ατμόσφαιρά, να «αλλάζουν εν μέρει την προσωπικότητά των». Το φαινόμενο αυτό είναι η ισχυρότερη ένδειξη (σχεδόν απόδειξη) που έχουμε σήμερα ότι δύο τουλάχιστον από τα νετρίνα έχουν μάζα.

Ας παρατηρήσουμε ακόμη, ότι η αλλαγή αυτή της «προσωπικότητας» των νετρίνων καθώς ταξιδεύουν, έχει και έντονα κβαντικό χαρακτήρα, οφειλόμενο στην μη μηδενική τιμή του \hbar και την συνεπαγόμενη απροσδιοριστία.

Είπαμε ότι μόνον μισά από τα ν_e που ξεκίνησαν από τον Ήλιο φθάνουν στην Γη σαν ν_e . Τα υπόλοιπα αλλάζουν στον δρόμο, και όταν φθάνουν στην Γη πρέπει να έχουν «μεταμορφωθεί» κυρίως σε ν_μ . Ομοίως, είπαμε ότι μόνον τα μισά περίπου από τα ν_μ που ξεκινούν από την ατμόσφαιρα στους αντίποδες της Γης και ακολουθώντας την διασχίζουν, φθάνουν στους ανιχνευτές μας διατηρώντας την ν_μ υφή. Τα υπόλοιπα υποτίθεται ότι μετασχηματίζονται κυρίως σε ν_τ .

Μέχρι σήμερα μόνον η ελάττωση του αναμενόμενου στην περίπτωση του Ηλίου αριθμού των ν_e , και του αναμενόμενου από την ατμόσφαιρα αριθμού του ν_μ , έχει μετρηθεί. Η μέτρηση του ποια είναι πράγματι τα καινούργια νετρίνα στα οποία τα αρχικά μεταπίπτουν κατά την διαδρομή, ελπίζεται να γίνει στο εγγύς μέλλον με την βοήθεια των νέων ανιχνευτών που ετοιμάζονται. Οι ανιχνευτές αυτοί μπορούν να χρησιμοποιηθούν επίσης και για την μελέτη νετρίνων υψηλών σχετικώς ενεργειών προερχομένων από υπερκαινοφανείς αστέρες.

Γενικώς, επειδή τα νετρίνα αλληλεπιδρούν πολύ ασθενώς, το μέγεθος των ανιχνευτών νετρίνων είναι συνήθως εκατοντάδες μέτρων, και το βάρος τους

¹⁶ Δεν πρέπει να συγχέονται με την Κοσμική Ακτινοβολία Υποβάθρου, που ανεφέρθη προηγουμένως.

¹⁷ Τα νετρίνα αλληλεπιδρούν τόσο ασθενώς με την υπόλοιπη ύλη, ώστε η Γη μας είναι σχεδόν διαφανής σ' αυτά.

μετράται σε τόνους. Πολλές φορές είναι επίσης ανάγκη να τοποθετούνται μέσα σε τούνελ ή σε μεγάλο βάθος στη θάλασσα ή λίμνες. Παραδείγματα από την ετοιμασία δύο υποθαλασσιών τέτοιων ανιχνευτών στην Γαλλία και Ελλάδα φαίνονται στις Εικόνες 3 και 4.



Εικόνα 3: Καταβύθιση μονάδος του υποθαλασσίου τηλεσκοπίου νετρίνων ANTARES, Νότιος Γαλλία



Εικόνα 4: Επιπλέονσα εξέδρα του υποθαλασσίου ανιχνευτού νετρίνων NESTOR, (καλλιτεχνική απεικόνιση). Πύλος.

Πλησιάζοντας την στιγμή της Μεγάλης Έκρηξης

Αναφέραμε ήδη ότι στο τέλος του 1ου δευτερολέπτου η θερμοκρασία του Σύμπαντος ήταν 2.7δισ K περίπου, που σε μονάδες ενεργείας αντιστοιχεί σε 1 MeV. Η ύλη του Σύμπαντος τότε αποτελείτο από φωτόνια, πρωτόνια, νετρόνια, ηλεκτρόνια, αντηλεκτρόνια, νετρίνα και σκοτεινή ύλη.

Ας προσεγγίσουμε την στιγμή της Μεγάλης Εκρήξεως κινούμενοι προς τα πίσω στον χρόνο, πάντα βεβαίως μέσα στο 1ο δευτερόλεπτο. Η θερμοκρασία αυξάνει ταχύτητα, και καθώς πλησιάζουμε την στιγμή μηδέν ίσως απειρίζεται. Όμως δεν σκοπεύουμε να μιλήσουμε ποτέ για την στιγμή μηδέν. Θέλουμε απλώς να την πλησιάσουμε. Και μια και όλοι οι χρόνοι στους οποίους αναφερόμεθα είναι απειροελάχιστα κλάσματα του δευτερολέπτου, δεν χρησιμοποιούμε τον χρόνο ως μονάδα μετρήσεως του πόσο πλησίον είμαστε στην αρχή,... Αλλά μάλλον την θερμοκρασία του Σύμπαντος μετρούμενη σε μονάδες ενεργείας.

Ο πρώτος μας σταθμός είναι η θερμοκρασία των 250MeV περίπου.

Θερμοκρασία $\approx 250 MeV$

Τα πρωτόνια και νετρόνια δεν μπορούν να υπάρχουν σε μια τόσο μεγάλη θερμοκρασία και διαλύονται. Έτσι τα κουάρκ που τα αποτελούν, κυκλοφορούν ελεύθερα. Η καθαυτό ύλη του Σύμπαντος σε μια τέτοια κατάσταση αποτελείτο από ένα πλάσμα από ελαφρά κυρίως κουάρκ. Υπήρχαν επίσης πολλά από τα ελαφρότερα φορτισμένα λεπτόνια (e^- , μ^-) και πάμπολλα φωτόνια και γλουόνια. Τα γλουόνια είναι τα κβάντα των ισχυρών δυνάμεων που υπό κανονικές συνθήκες συγκρατούν π.χ. τους πυρήνες των ατόμων. Τα κβάντα είναι και αυτά σωματίδια, και ουσιαστικά μορφές ύλης. Υπήρχε βεβαίως και η σκοτεινή ύλη. Οι ιδιότητες όλων αυτών των σωματιδίων ήταν παρόμοιες προς τις παρατηρούμενες σήμερα στους επιταχυντές.

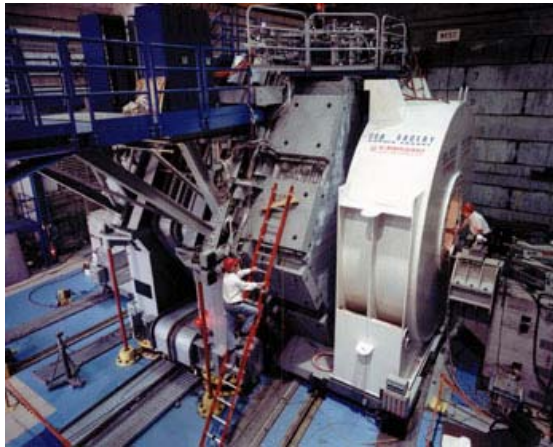
Συνθήκες σαν αυτές που επικρατούσαν στο Σύμπαν την εποχή εκείνη αναμένεται ότι σύντομα θα επιτευχθούν στο εργαστήριο συγκρούοντας μεταξύ των ακτίνες¹⁸ από βαρέα ιόντα. Π.χ. μόλυβδο με μόλυβδο ή ακτίνες από ιόντα χρυσού με ιόντα χρυσού. Το μέγεθος των «συσκευών» που χρησιμοποιούνται σ' ένα τέτοιο πείραμα φαίνεται στην Εικόνα 5.

Όταν οι ενέργειες των ιόντων είναι αρκετά μεγάλες, δημιουργείται στην περιοχή της συγκρούσεως μια μεγάλη πυκνότητα ενεργείας, που συνεπάγεται επίσης και μια πολύ υψηλή θερμοκρασία. Η ενέργεια αυτή εν συνεχεία υλοποιείται και παράγει σωματίδια. Στις Εικόνες 6 π.χ. παρουσιάζονται δύο φωτογραφίες από τα πρώτα αποτελέσματα συγκρούσεως ακτίνων αποτελουμένων από ιόντα χρυσού. Το πείραμα άρχισε εδώ και μερικούς μήνες στο Brookhaven National Laboratory, κοντά στην Νέα Υόρκη. Η πρώτη φωτογραφία ελήφθη κατά την κατεύθυνση των προσπιπτόντων ακτίνων χρυσού, και η άλλη κάθετα προς αυτές. Η ενέργεια (και

¹⁸ Επίσης ονομαζόμενες και δέσμες.

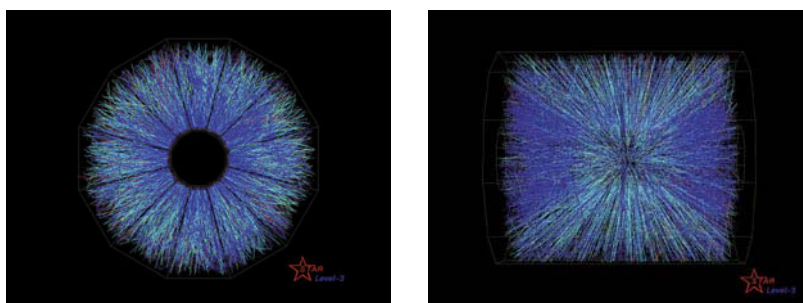
συνεπώς και η θερμοκρασία) στην περιοχή της συγκρούσεως ήταν αρκετή για να παράγει 1000 περίπου σωματίδια, τα οποία εκτοξεύθηκαν προς όλες τις κατευθύνσεις, και των οποίων οι τροχιές φαίνονται σαν γραμμές στις φωτογραφίες.

Στις συνθήκες της Εικόνας 6, δεν έχει βέβαια ακόμη επιτευχθεί η θερμοκρασία των 250MeV. Ούτε βεβαίως και η διάλυση των πρωτονίων και νετρονίων, και η επακολουθούσα εμφάνιση του πλάσματος των κουάρκ - γλουονίων. Όμως δεν φαίνεται να είμαστε ιδιαίτερα μακριά απ' αυτό. Μέσα στα επόμενα 20-30 χρόνια θα περίμενε κανείς ότι θα έχει επιτευχθεί¹⁹.



Εικόνα 5: Διάταξη που δείχνει το τυπικό μέγεθος ενός συγχρόνου πειράματος φυσικής στοιχειωδών σωματιδίων.

¹⁹ Με κάποια χιουμοριστική διάθεση, ένα τέτοιο επίτευγμα περιγράφεται ως μια μικρή Μεγάλη Έκρηξη... που ποτέ δεν μπορεί να μεγαλώσει.



Εικόνα 6: Σύγκρουση δύο ακτίνων από ιόντα χρυσού με ενέργειες 30000MeV ανά πρωτόνιο ή νετρόνιο. Οι εικόνες αποτελούν φωτογραφίες των τροχιών των εκτοξευομένων μετά την σύγκρουση σωματιδίων, παρμένες κατά την κατεύθυνση των προσπιπτόντων ακτίνων (αριστερά) και κάθετα προς αυτές (δεξιά).

Τα γνωστά στοιχειώδη σωματίδια και οι γνωστές δυνάμεις

Με την έννοια στοιχειώδη σωματίδια, εννοούμε τα απλούστατα δυνατά σωματίδια, που δεν αποτελούν δέσμιες καταστάσεις άλλων απλούστερων.

Όπως αναφέραμε ήδη, καθώς η θερμοκρασία αναβαίνει, τα μη στοιχειώδη σωματίδια όπως π.χ. τα πρωτόνια και τα νετρόνια διαλύονται στα στοιχειώδη συστατικά τους. Βέβαια το τι φαίνεται σαν στοιχειώδες και τι όχι, εξαρτάται από την διακριτική μας ικανότητα. Σε μια χαμηλή σχετικώς θερμοκρασία, μπορεί ένα σωματίδιο να μοιάζει με στοιχειώδες, ενώ όταν η θερμοκρασία αυξηθεί αρκετά, ο μη στοιχειώδης χαρακτήρας του αποκαλύπτεται και το σωματίδιο διαλύεται.

Τα γνωστά σήμερα στοιχειώδη σωματίδια συνίστανται στα τρία ζεύγη των λεπτονίων

$$\begin{pmatrix} \nu_e \\ e^- \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} \nu_\mu \\ \mu^- \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} \nu_\tau \\ \tau^- \end{pmatrix}$$

και στα τρία ζεύγη των κουάρκ

$$\begin{pmatrix} u \\ d \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} c \\ s \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} t \\ b \end{pmatrix},$$

καθώς επίσης και τα κβάντα των ισχυρών, ηλεκτρομαγνητικών, ασθενών και βαρυτικών δυνάμεων, που ονομάζονται αντίστοιχα γλουόνια, φωτόνια, W και Z κβάντα, και τα βαρυτόνια. Τέλος, (πρέπει να) υπάρχουν επίσης και τα κβάντα των δυνάμεων Higgs, τα οποία είναι τα μόνα από τα ονομαζόμενα «γνωστά» σωματίδια, τα οποία δεν έχουν (ακόμη) ανακαλυφθεί και για τα οποία ομιλούμε παρακάτω.

Στη σύγχρονη αντίληψη, οι μεταξύ των διαφόρων σωματιδίων δυνάμεις δρουν διά της ανταλλαγής των άλλων εκείνων σωματιδίων που ονομάσαμε παραπάνω κβάντα των δυνάμεων. Ύλη λοιπόν και δυνάμεις, εκφράζονται με σωματίδια.

Οι πρώτες δυνάμεις που εκφράστηκαν μαθηματικά στην σύγχρονή τους μορφή, είναι οι ηλεκτρομαγνητικές, που δρουν πάνω στα ηλεκτρικά φορτισμένα σωματίδια και μεταφέρονται μέσω των φωτονίων. Οι εξισώσεις τους ανακαλύφθηκαν από τον Maxwell στο τέλος του 19ου αιώνα και επηρέασαν βαθύτατα την επιστημονική νοοτροπία. Το μόνο που προσθέσαμε έκτοτε σ' αυτές ήταν οι κβαντικές τους « διορθώσεις ». Οι ισχυρές, οι ασθενείς και οι δυνάμεις βαρύτητας που αναφέραμε ανωτέρω, εκφράζονται όλες με εξισώσεις που κατά κάποιον τρόπο αποτελούν γενίκευση εκείνων του Maxwell. Η ομορφιά και η πειραματική επιτυχία των εξισώσεων του ήσυχου εκείνου ανθρώπου υπήρξε τόσο εντυπωσιακή, ώστε δύσκολα να μπορούμε σήμερα να φαντασθούμε δυνάμεις που δεν τις ικανοποιούν ... Μόνον στην περίπτωση των δυνάμεων Higgs, η ιδιότητα αυτή δεν είναι απολύτως προφανής... Όμως γνωρίζουμε τόσο λίγα για τα Higgs, ώστε δεν πρέπει εκπλητώμεθα ...

Κατά τις πρώτες στιγμές της Δημιουργίας, όλα τα σωματίδια (μαζί με τα αντισωματίδιά τους) παρήχθησαν σε μεγάλες ποσότητες υλοποιώντας την διαθέσιμη ενέργεια, έπαιξαν τον ρόλο τους (τον οποίον εν μέρει μόνον γνωρίζουμε), και αμέσως μετά εν πολλοίς εξαφανίσθηκαν. Έτσι σήμερα τα μόνα κουάρκ που συναντούμε στη φύση είναι τα u και d που σχηματίζουν τους πυρήνες των ατόμων. Και τα μόνα υπάρχοντα λεπτόνια είναι τα ηλεκτρόνια e^- και τα τρία νετρίνα. Ενώ, από τα κβάντα των διαφόρων δυνάμεων, τα μόνα που συναντούμε υπάρχοντα στην φύση είναι τα γλουόνια (που βρίσκονται όπως και τα κουάρκ μέσα στους πυρήνες)· και τα φωτόνια και βαρυτόνια που μεταφέρουν τις ηλεκτρομαγνητικές δυνάμεις (και το φως) και τις δυνάμεις βαρύτητας αντίστοιχα.

Όλα σχεδόν αυτά τα σωματίδια είναι ανακαλύψεις του εικοστού αιώνα. Παράγονται στους διαφόρους επιταχυντές, υλοποιώντας την διαθέσιμη ενεργεία, και η μελέτη τους αποτελεί αντικείμενο της Φυσικής Στοιχειωδών Σωματιδίων. Μεταξύ αυτών ίσως αξίζει να αναφέρουμε το κουάρκ t που ανακαλύφθηκε στο Fermi Laboratory των ΗΠΑ πριν λίγα χρόνια, και έχει μάζα 175 περίπου φορές μεγαλύτερη της μάζας του πρωτονίου. Μια επίσης πολύ πρόσφατη ανακάλυψη στην Αμερική είναι το τ -νετρίνο ν_τ . Ενώ τα κβάντα των ασθενών αλληλεπιδράσεων W και Z , (των οποίων οι μάζες είναι αντιστοίχως περίπου 80 και 90 φορές μεγαλύτερες της μάζας του πρωτονίου) παρήχθησαν και μελετήθηκαν για πρώτη φορά σε επιταχυντή του Ευρωπαϊκού Κέντρου Ερευνών CERN στην Γενεύη, πριν είκοσι περίπου χρόνια.

Θερμοκρασία $\approx 250000 \text{ MeV}$

Στην σημερινή θερμοκρασία του Σύμπαντος, όλα τα σωματίδια της καθαυτό ύλης, όλα δηλ. τα κουάρκ και τα λεπτόνια (με εξαίρεση ενδεχομένως του ν_e), όπως επίσης και τα σωματίδια της σκοτεινής ύλης, έχουν μη μηδενική μάζα. Το ίδιο συμβαίνει και για τα κβάντα των ασθενών αλληλεπιδράσεων W και Z . Τα μόνα σωματίδια που γνωρίζουμε ότι στερούνται μάζας είναι τα φωτόνια, γλουόνια και βαρυτόνια.

Όμως δεν ήταν πάντα έτσι... Καθώς πηγαίνουμε προς τα πίσω στο χρόνο και η θερμοκρασία του Σύμπαντος αυξάνει, οι μάζες των σωματιδίων παραμένουν αναλλοίωτες μόνον εφόσον η θερμοκρασία είναι κάτω των 250000 MeV περίπου. Μόλις όμως ξεπεράσουμε την θερμοκρασία αυτή, αμέσως όλες οι μάζες όλων των γνωστών σωματιδίων (με εξαίρεση ίσως την σκοτεινή ύλη και τα σωματίδια Higgs) μηδενίζονται. Τις πρώτες λοιπόν στιγμές μετά την Μεγάλη Έκρηξη, τότε που η θερμοκρασία ήταν τεράστια, όλα τα γνωστά σωματίδια εστερούντο μάζας ... και εκινούντο με την ταχύτητα του φωτός....

Πότε έγινε η μάζα; Μόλις (καθώς ο χρόνος κυλούσε κατά την φυσική του φορά) η θερμοκρασία του Σύμπαντος έπεσε κάτω από τα 250000 MeV. Τότε πρέπει να έγινε κάτι σαν αλλαγή φάσεως στον κενό χώρο, που εν πολλοίς είναι και αυτός ένα υλικό μέσο. Τα σωματίδια Higgs άρχισαν ξαφνικά να σκορπούν ενέργεια στον κενό χώρο και η ενέργεια αύξησε τον χαρακτηριστικό για το κάθε είδος σωματίου δείκτη διαθλάσεως του χώρου. Όπως όταν ο υπέρθερμος ατμός γίνεται νερό (ή όπως όταν το νερό στερεοποιείται και μετατρέπεται σε πάγο) και ο δείκτης διαθλάσεως του αυξάνει... Έτσι κάποια στιγμή, όλα τα σωματίδια πήραν μάζα και έγιναν σαν αυτά που παρατηρούμε σήμερα. Εκτός βέβαια από τα φωτόνια, γλουόνια και βαρυτόνια, που διατήρησαν την μηδενική τους μάζα...

Στη σημερινή μορφή της φυσικής, το φαινόμενο αυτό το αποδίδουμε στο σωματίο (ή σωματίδια) Higgs. Όμως υπάρχει πραγματικά Higgs; Μήπως είναι απλώς μια παραμετροποίηση της αγνοίας μας; Μήπως κάτι άλλο κρύβεται πίσω του; Ένα τουλάχιστον από τα σωματίδια Higgs (αν υπάρχουν) θα πρέπει να είναι αρκετά ελαφρύ. Έτσι, θα πρέπει να μπορέσουμε να το δούμε στους επιταχυντές που προγραμματίζονται να λειτουργήσουν στις αρχές του 21ου αιώνα. Εν πάση περιπτώσει, η ανακάλυψη του Higgs αποτελεί τον κεντρικό στόχο της ερευνητικής προσπάθειας στην φυσική των στοιχειωδών σωματιδίων.

Πιο κοντά στην Μεγάλη Έκρηξη

Καθώς κινούμεθα όλο και πιο πίσω στο χρόνο πλησιάζοντας την στιγμή της Μεγάλης Εκρήξεως, συναντούμε διάφορα φαινόμενα βασικής σημασίας που καθόρισαν την μετέπειτα εξέλιξη του Σύμπαντος. Πολλά από αυτά εν μέρει μόνο καταλαβαίνουμε:

Βαρυογένεση: Για κάποια μικρότατη χρονική περίοδο, όταν η θερμοκρασία ήταν (πολύ;) μεγαλύτερη από 250000MeV, οι συνθήκες που προσωρινά επικράτησαν επέβαλλαν την παραγωγή λίγο περισσότερης ύλης από αντιύλη. Η πραγματοποίηση του φαινομένου αυτού απαιτεί εντελώς ειδικές συνθήκες θερμοκρασίας, όπως επίσης και χαρακτηριστικές ιδιότητες για τον τρόπο δράσεως των δυνάμεων πάνω στα σωματίδια και τα αντισωματίδια, καθώς και για την συμπεριφορά τους ως προς τον χρόνο. Αναφέρεται στη βιβλιογραφία ως βαρυογένεση, και το πώς πράγματι επετεύχθη είναι μια ακόμη υπό μελέτη «σύμπτωση» στο Σύμπαν μας.

Εξ αιτίας της βαρυογένεσης, όταν αργότερα, η θερμοκρασία έπεσε και αλληλοαναιρέθηκαν η γνωστή ύλη και η γνωστή αντιύλη παράγοντας φωτόνια (και

άλλα κβάντα), παρέμεινε τελικά και ή λίγη ύλη που περίσσευε για να σχηματίσει τους γαλαξίες... Χωρίς την βαρυγένεση το Σύμπαν μας (αν υπήρχε ακόμη) θα είχε μόνον σκοτεινή ύλη.

Υπερσυμμετρία: Είναι μια ιδιότητα των δυνάμεων που απαλύνει την σκληρότητα τους σε πολύ μικρές αποστάσεις, πολλαπλασιάζοντας τα είδη των σωματιδίων πάνω στα οποία δρουν. Στην Φυσική, δεν μας αρέσουν οι σκληρές σε μικρές αποστάσεις δυνάμεις, διότι δημιουργούν άπειρα στις εξισώσεις μας που ενοχλούν... Συνεπώς η Υπερσυμμετρία μας είναι πολύ επιθυμητή. Με τα πολλά είδη σωματιδίων που έχει, παρέχει επίσης πλήθος υποψηφίων για την σκοτεινή ύλη... Υπό κάποια λοιπόν έννοια, η Υπερσυμμετρία λύνει λοιπόν και το πρόβλημα της σκοτεινής ύλης. Ενδεχομένως βοηθά ακόμη στην κατανόηση της βαρυγένεσης.

Πληθωρισμός: Αναφέραμε ήδη ότι το Σύμπαν μας είναι σε μεγάλο βαθμό ισοτροπικό, πράγμα που αποδεικνύεται και από το γεγονός ότι η Κοσμική Ακτινοβολία Υποβάθρου (ΚΑΥ) έρχεται με την ίδια σχεδόν ένταση απ' όλες τις κατευθύνσεις του ουρανού. Συνέπεια του γεγονότος αυτού είναι το συμπέρασμα ότι η θερμοκρασία πρέπει να ήταν σχεδόν η ίδια ακόμη και σε σημεία του Σύμπαντος τόσο μακρινά μεταξύ των, ώστε ποτέ, μέχρι την στιγμή που εξέπεμψαν την ΚΑΥ που παίρνουμε απ' αυτά σήμερα, να μην είχαν προλάβει να επικοινωνήσουν²⁰. Πού ήξεραν τα μακρινά αυτά σημεία τις σχετικές τους θερμοκρασίες; Και πως κατάφεραν να συντονιστούν στην ίδιες τιμές;

Η γεωμετρία του Σύμπαντος πρέπει επίσης να ικανοποιεί (με μεγάλη ακρίβεια) τους νόμους του Ευκλείδη... Υπάρχουν άπειρες καμπύλες Γεωμετρίας, των οποίων η ευκλείδειος αποτελεί οριακή κατάσταση. Τι επέβαλε την επιλογή της;

Τόσο το ισοτροπικό του χώρου, όσο και η επιλογή της ευκλείδειου γεωμετρίας, παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στο να μπορέσει το Σύμπαν να βαστάξει ζωή. Ποια φυσική αρχή τα επέβαλε; Κανονικά, σ' ένα τυχαίο Σύμπαν θα έπρεπε να παραβιάζονται εντονότατα. Η *ισοτροπία* και το *ευκλείδειον* της γεωμετρίας είναι δύο ακόμη από τις απίθανες «συμπτώσεις» στο Σύμπαν μας.

Όπως αναφέραμε ήδη, στην Φυσική προσπαθούμε να εξηγήσουμε «συμπτώσεις» σαν αυτές, αναζητώντας τις φυσικές αρχές που κατά κάποιον τρόπο τις επιβάλλουν. Η ιδέα του πληθωρισμού είναι μια τέτοια προσπάθεια που υποθέτει ότι κατά τις πρώτες στιγμές αμέσως μετά την μεγάλη έκρηξη υπήρξε μια περίοδος κατά την οποία η ενέργεια του κενού ήταν συντριπτικά μεγαλύτερη οιασδήποτε άλλης μορφής ενεργείας. Υπό τις συνθήκες αυτές, (και σύμφωνα με την Γενική Σχετικότητα), η διαστολή του Σύμπαντος ήταν για ένα μικρότατο διάστημα τόσο θυελλώδης, ώστε η μόνη ΚΑΥ την οποία μπορούμε να δούμε σήμερα προέρχεται από σημεία του Σύμπαντος, που την εποχή εκείνη είχαν ήδη προλάβει να επικοινωνήσουν. Ο πληθωρισμός δηλ. φούσκωσε το Σύμπαν τόσο πολύ, ώστε

²⁰ . Η προηγούμενη πρόταση προϋποθέτει βεβαίως ότι η κοσμολογική σταθερά Λ ποτέ δεν ήταν πολύ μεγαλύτερη από την σήμερα παρατηρούμενη.

κανένα από τα μέρη του Σύμπαντος που την εποχή εκείνη δεν είχαν προλάβει να επικοινωνήσουν, δεν θα μπορέσουμε ποτέ να δούμε.

Ο πληθωρισμός συνεπώς «λύει» το πρόβλημα της ισοτροπίας του Σύμπαντος, κρύβοντάς μας την ανισοτροπία του! Οι ίδιες εξισώσεις της Γενικής Σχετικότητας επιβάλλουν υπό τις συνθήκες αυτές και το ευκλείδειο της Γεωμετρίας.

Δεν έχει ακόμη επιτευχθεί η διατύπωση μιας πλήρους θεωρίας του Πληθωρισμού. Και δεν είναι καν σίγουρο αν οι δυνάμεις Higgs που απαιτούνται, υπάρχουν πράγματι στην φύση και έχουν τις απαιτούμενες εντάσεις. Όπως πολλές φορές συμβαίνει στη επιστήμη, φαίνεται πως (εν μέρει) έχουμε απλώς αντικαταστήσει ορισμένες «συμπτώσεις» με άλλες... Πάντως ο Πληθωρισμός, σε όλες τις μορφές του, πρέπει να είχε τελειώσει πολύ πριν το Σύμπαν συμπληρώσει το πρώτο δευτερόλεπτο της ζωής του.

Ένα ενδιαφέρον παράγωγο του πληθωρισμού είναι το ενδεχόμενο ότι το Σύμπαν ολόκληρο κατά τις πρώτες-πρώτες του στιγμές, βρισκόταν σε μια μοναδική κβαντική κατάσταση μηδενικής θερμοκρασίας, ... Με το τέλος του πληθωρισμού, η αρχική αυτή κβαντική κατάσταση μεταπήδησε στην στατιστική κατάσταση της τεραστίας αρχικής θερμοκρασίας που παρατηρούμε σήμερα. Στην φυσική, μια τέτοια δυνατότητα φαίνεται ελκυστική... Αλλά είναι πολύ νωρίς για να μπορέσει κανείς να αξιολογήσει την σημασία της...

Η Μεγάλη Ενοποίηση: Αν ποτέ το όνειρο της Μεγάλης Ενοποίησης γίνεται πραγματικότητα, αυτό πρέπει να συμβαίνει σε κάποια τεράστια θερμοκρασία, ίσως 100 ή 1000 φορές μικρότερη από την ενέργεια που αντιστοιχεί στην μάζα του Planck M_p την οποίαν αναφέραμε στην αρχή. Ίσως λοιπόν υπήρξε μια μικρότατη χρονική περίοδος, αμέσως μετά την Μεγάλη Έκρηξη και πριν από το φαινόμενο του πληθωρισμού, που η μεγάλη ενοποίηση ήταν γεγονός. Τότε όλες οι γνωστές δυνάμεις πρέπει να είχαν την ίδια ένταση, και τελικά να ήσαν απλώς διαφορετικές εκφράσεις μιας και μοναδικής δυνάμεως.

Σαν θεωρία, η Μεγάλη Ενοποίηση είναι πολύ επιθυμητή, διότι μας επιτρέπει να ελπίζουμε ότι μπορούμε να ελαττώσουμε τον αριθμό των ελευθέρων παραμέτρων των φυσικών νόμων, και συνεπώς να εξηγήσουμε έναν όσο το δυνατόν μεγαλύτερο αριθμό από τις ζωτικής σημασίας «συμπτώσεις» στο Σύμπαν μας.

Αν η Μεγάλη Ενοποίηση πράγματι υπάρχει, θα πρέπει μάλλον να γίνεται τμηματικά καθώς η θερμοκρασία αυξάνει. Πρώτα ίσως ενοποιούνται οι ισχυρές, ηλεκτρομαγνητικές και οι ασθενείς δυνάμεις, μαζί ίσως και με μερικές από τις δυνάμεις Higgs. Ρεαλιστικά, κατά το μάλλον ή ήττον, τέτοια παραδείγματα ενοποιήσεων έχουμε ήδη σήμερα.

Σε ακόμη μεγαλύτερη θερμοκρασία θα μπορούσε στη συνέχεια να ενοποιηθεί και η βαρύτης. Μαθηματικά παραδείγματα ενοποιημένων θεωριών που περιλαμβάνουν και την βαρύτητα έχουμε επίσης, αλλά προς το παρόν δεν είναι ιδιαίτερα ρεαλιστικά, ...

Επίλογος

Προσπάθησα να σας παρουσιάσω τα θαυμάσια πράγματι γεγονότα της *ημέρας της μίας* στη γλώσσα της Γραφής και την γλώσσα της επιστήμης. Την σοφία των ανθρώπων και την Σοφία του Θεού. Στο τέλος του 20ου αιώνα τολμώ να ειπώ ότι καταλαβαίνουμε σε πολύ μεγάλο βαθμό τι μας έλεγε η Γραφή για την μοναδική εκείνη ημέρα. Και αυτό είναι απολύτως σύμφωνο με τον τρόπο που η ορθόδοξη παράδοσή μας την είχε καταλάβει....

Αν ο Μωϋσής δεν έγραφε εξ αποκαλύψεως, πως θα μπορούσε κανείς να εξηγήσει την ακριβολογία του;

Όμως σ' ένα Συνέδριο οργανωμένο από την Εκκλησία μας δεν θα ήθελα να μείνω μόνον στα ψήγματα αυτά της σοφίας.. Ποθούμε πολύ περισσότερα... Ποθούμε... **ου την σοφίαν του αιώνος τούτου, ουδέ των αρχόντων του αιώνος τούτου των καταργουμένων· αλλά ποθούμε σοφίαν Θεού εν μυστηρίω την αποκεκριμένην, ην προώρισεν ο Θεός προ των αιώνων εις δόξαν ημών...** (Κορ. Α, β6-7).

Αυτή την Σοφία ευχηθείτε Μακαριότατε Δέσποτα και Άγιοι Αρχιερείς όλοι εμείς από κοινού κάποτε να την χαρούμε.