

Από το ορατό στο αόρατο

Ηα αρχίσουμε την εξερεύνησή μας από όσα ήδη γνωρίζουμε για το σύμπαν. Σε αντίθεση με την εικόνα που έχουμε ότι ο ουράνιος θόλος παραμένει αμετάβλητος, στην πραγματικότητα το σύμπαν αλλάζει με ιλιγγιώδη ταχύτητα: άστρα και γαλαξίες πεθαίνουν, ενώ μαύρες τρύπες «τρέφονται» με διαστρική ύλη.

Ο αστρονόμος ταξιδεύει στο σύμπαν με τη σκέψη του, αποκωδικοποιώντας τη γλώσσα του φωτός που συλλαμβάνουν τα τηλεσκόπια. Το φως μάς δίνει πληροφορίες για τα άστρα που το εκπέμπουν, αλλά και για τα αόρατα άστρα που το απορροφούν. Τα χρώματα μιας φωτεινής πηγής μάς δίνουν πληροφορίες τόσο για τη φύση της όσο και για την κίνησή της στο Διάστημα. Η μελέτη αυτών των σχεδόν αδιόρατων αλλαγών του κόσμου αποκαλύπτει ένα τριδιάστατο σύμπαν.

Η ημέρα και η νύχτα

Την ημέρα, οι ζωοδότρες ακτίνες του Ήλιου κατακλύζουν με φως τον ουράνιο θόλο. Όταν νυχτώνει, το σύμπαν ανακτά το πλεονέκτημα. Το μυστήριο του σύμπαντος πηγάζει από το σκοτάδι της νύχτας: όταν το βλέμμα μου βυθίζεται στο σκοτάδι ανάμεσα σε δυο άστρα, για ποιον λόγο δεν βλέπω ένα μακρινό άστρο; Σε ένα

άπειρο σύμπαν που είναι γεμάτο με άστρα, σε όποια κατεύθυνση κι αν έστρεφα το βλέμμα μου θα έπρεπε να βλέπω ένα φωτεινό άστρο. Καθώς δεχόμαστε φως απ' όλες τις κατευθύνσεις, το φως της μέρας θα έπρεπε να δεσπόζει ακόμη και όταν γυρνάμε την πλάτη μας στον Ήλιο. Τον 17ο αιώνα, η σκέψη αυτή οδήγησε τον Γιοχάννες Κέπλερ να υποθέσει ότι το σύμπαν είναι πεπερασμένο. Δύο αιώνες αργότερα, ο Βίλχελμ Όλμπερς φαντάστηκε ότι υπάρχει μια αόρατη απορροφητική ύλη που γεμίζει τον χώρο ανάμεσα στα άστρα, προκειμένου να εξηγήσει το σκοτάδι της νύχτας. Καθώς, όμως, η ύλη αυτή θα δεχόταν την ακτινοβολία των άστρων, θα θερμαινόταν και θα μετατρεπόταν με τη σειρά της σε πηγή φωτός. Το αίνιγμα του σκοταδιού της νύχτας —ή το παράδοξο του Όλμπερς, όπως είναι γνωστό— είναι ένα από τα κλειδιά για την κατανόηση της φύσης του σύμπαντος.

Όχι μόνο η αστροφυσική, αλλά και η φυσική οφείλουν πολλά στη νύχτα. Η πρώτη μαθηματική διατύπωση των νόμων που διέπουν τις αλλαγές στον κόσμο έγινε από τον Νεύτωνα για τη βαρύτητα. Στη συνέχεια, με βάση το νευτώνειο παράδειγμα διατυπώθηκαν και άλλοι νόμοι για τις φυσικές δυνάμεις που γεννούν την κίνηση και συμμετέχουν στον μετασχηματισμό του κόσμου. Ο νυχτερινός ουρανός —με τις λευκές του νότες πάνω σε μια μαύρη παρτιτούρα— υπενθυμίζει στον αστρονόμο τη σχέση ανάμεσα στις γνώσεις που έχουμε αποκτήσει και στις γνώσεις που μας απομένουν να ανακαλύψουμε. Σε πολύ μεγαλύτερο βαθμό απ' ό,τι στο παρελθόν, η νύχτα υπενθυμίζει σήμερα στα ανθρώπινα όντα τον άπειρο δρόμο που τους απομένει να διασχίσουν. Ο σοφός έχει μάθει ότι το ερώτημα είναι πιο σημαντικό από την απάντηση.

Ακόμη κι όταν μεγαλώνουμε, ψηλώνουμε και, τελικά, συρρικνωνόμαστε από τα γηρατειά, ο ουρανός μάς φαίνεται ότι παραμένει πάντα ίδιος. Μπροστά στην απεραντοσύνη του το μέγεθός μας έχει ελάχιστη σημασία, όπως εξάλλου και οι γνώσεις μας. Μερικές φορές, πάλι, το ξεχνάμε, και η αιωνιότητα μας φαίνεται

πολύ κοντά, αρνούμενη το αιχμηρό βέλος του χρόνου που κυλάει. Ωστόσο, ακόμη κι αν παραβλέψουμε την προφανή αιωνιότητα των χώρων που είναι απείρως μεγάλοι, ο χρόνος μάς επιβάλλεται μέσα από το σκοτάδι της νύχτας! Ο συγγραφέας Έντγκαρ Άλλαν Πόε είχε εξηγήσει την προέλευση της σκοτεινής νύχτας, δηλώνοντας ότι «η απόσταση του αοράτου βάθους είναι τόσο μεγάλη, ώστε το φως δεν έχει τον χρόνο να τη διασχίσει». Ενάμιση χρόνο προτού βυθιστεί στο αιώνιο σκοτάδι, ο Πόε συνέλαβε διαισθητικά την προέλευση της νύχτας στο πεζό ποίημά του *Eureka – An Essay for the Material and Spiritual Universe* (1848).¹ Ναι, κάθε κατεύθυνση μπορεί να τείνει προς ένα άστρο, όμως το φως αυτού του άστρου που ταξιδεύει με 300.000 χιλιόμετρα το δευτερόλεπτο θα φτάσει σε εμάς έπειτα από πολλά χρόνια... Επομένως, ο Πόε υπέθετε εμμέσως ότι τα άστρα δεν ακτινοβολούν αιωνίως και ότι υπήρξε μια αρχή στο σύμπαν! Το σκοτάδι της νύχτας αντικατοπτρίζει τη μακρά νύχτα που δέσποζε στο σύμπαν πριν από τη γέννηση του πρώτου άστρου. Το φως του πιο μακρινού άστρου φτάνει σ' εμάς, τη στιγμή που διαβάζετε αυτή τη φράση, ύστερα από ένα ταξίδι 13,8 δισεκατομμυρίων ετών δίχως να έχει συναντήσει το παραμικρό εμπόδιο στη διαδρομή του. Ο χρόνος που κύλησε ώσπου να φτάσει σ' εμάς ανάγεται σε μια εποχή στην οποία δεν υπήρχε κανένα άστρο στο σύμπαν... Παρότι η εξήγηση του Πόε είναι επιστημονικά έγκυρη, λείπει μια σημαντική λεπτομέρεια: τη νύχτα, τα μάτια μας αντιλαμβάνονται μόνο το ορατό φως των άστρων· όμως, υπάρχει και μια άλλη μορφή φωτός, που είναι *αόρατη* στα μάτια μας! Πριν από τη γέννηση του πρώτου άστρου, η ύλη γέμιζε το σύμπαν με τη μορφή διάχυτων αερίων — ένα ζεστό πλάσμα που η θερμοκρασία του ήταν 3.000 βαθμοί πάνω από το απόλυτο μηδέν.² Η διαστολή του σύμπαντος

¹ Edgar Allan Poe, *Εύρηκα*, μτφρ. Σπύρος Ηλιόπουλος, Αθήνα: Gutenberg, 1992. (Σ.τ.Μ.)

² Η μονάδα μέτρησης της θερμοκρασίας των άστρων και του σύμπαντος

που ξεκίνησε με τη Μεγάλη Έκρηξη διαστέλλει επίσης το φως που εκπέμπεται από το μακρινό κοσμικό πλάσμα, καθιστώντας το αόρατο στα μάτια μας τα οποία είναι προσαρμοσμένα στο λεγόμενο ορατό φως — αυτό που αποτελεί το 90% της ακτινοβολίας του Ήλιου. Καθώς έχουμε γεννηθεί στη Γη που τη λούζει το λευκό φως του Ήλιου, είμαστε τυφλοί στα αόρατα μηνύματα των πρώτων αιώνων του σύμπαντος. Ευτυχώς, τα τηλεσκόπια και οι δορυφόροι μάς βοηθούν να διορθώσουμε το μειονέκτημά μας και να μπορέσουμε να δούμε την αόρατη ακτινοβολία της νύχτας.

Ταξίδι στο αόρατο

Οι αστρονόμοι έγιναν αστροφυσικοί όταν άρχισαν να αναλύουν σε χρώματα το φως των άστρων και να αναγνωρίζουν σε αυτό την υπογραφή των ατόμων που υπάρχουν στη Γη.³ Ένα φασματοσκόπιο που τοποθετείται ανάμεσα στα κάτοπτρα ενός τηλεσκοπίου και σε μια φωτογραφική μηχανή επιτρέπει την ανάλυση του λευκού φωτός σε ένα φάσμα χρωμάτων. Στη συνέχεια, οι ειδικοί μπορούν να εξετάσουν τα χρώματα του ουράνιου τόξου και να αποκωδικοποιήσουν τη γλώσσα του φωτός. Τα άτομα που μελετώνται σε εργαστήρια στη Γη απορροφούν διαφορετικά χρώματα ανάλογα με τον αριθμό των ηλεκτρονίων τους. Τα ίδια χρώματα απαντώνται στην ανάλυση του φωτός του

είναι το Κέλβιν: 0 βαθμοί Κέλβιν αντιστοιχούν στο απόλυτο μηδέν, ενώ 0 βαθμοί Κελσίου είναι η θερμοκρασία πήξης του νερού. Το απόλυτο μηδέν αντιπροσωπεύει το έσχατο ψύχος, καθώς η θερμοκρασία μετράει την κίνηση των σωματιδίων, και στο απόλυτο μηδέν τα σωματίδια δεν κινούνται. Η ύλη φτάνει σε αυτό το επίπεδο έσχατου ψύχους στους -273 βαθμούς Κελσίου, άρα, στους 0 βαθμούς Κέλβιν.

³ Με αφετηρία τις μελέτες του Γιόζεφ φον Φράουνχοφερ στις αρχές του 19ου αιώνα.

Ήλιου, στο οποίο υπάρχουν σκοτεινές ζώνες που αποκαλούνται γραμμές απορρόφησης. Καθώς το σύμπαν εμπεριέχει τα ίδια άτομα με εκείνα που υπάρχουν στη Γη, και καθώς τα άτομα αυτά υπόκεινται στους ίδιους φυσικούς νόμους με εκείνους που ισχύουν στη Γη, οι αστρονόμοι μπορούν να μελετήσουν τη φυσική σύνθεση των άστρων και να γίνουν έτσι αστροφυσικοί. Σύμφωνα με τη διάσημη ρήση που υπάρχει στον Σμαραγδένιο πίνακα και αποδίδεται στον Ερμή τον Τρισμέγιστο, «ό,τι βρίσκεται ψηλά είναι όπως αυτό που βρίσκεται χαμηλά».

Δύο γραμμές απορρόφησης στερούν από τον Ήλιο ένα μέρος του φωτός του στο φάσμα του κίτρινου, προδίδοντας την παρουσία ατόμων νατρίου στο περίβλημά του. Το 1868, ο γάλλος αστρονόμος Ζυλ Ζανσέν ανακάλυψε μια νέα σκοτεινή γραμμή στο φάσμα του ηλιακού φωτός, η οποία βρισκόταν στο φάσμα του κίτρινου —πιο συγκεκριμένα, στα 0,587 μικρόμετρα— και δεν αντιστοιχούσε σε καμία από τις δύο φασματικές γραμμές που παράγει το νάτριο. Συμπέρανε ότι είχε εντοπίσει ένα νέο άτομο που υπάρχει μόνο στον ουρανό, και το ονόμασε ήλιο από τον αρχαιοελληνικό θεό Ήλιο. Δεκατέσσερα χρόνια αργότερα, ο ιταλός ηφαιστειολόγος Λουίτζι Παλμιέρι πρόβαλε φως πάνω σε σωματίδια λάβας του Βεζούβιου και με έναν φασματογράφο μελέτησε την ανάλυσή του. Ανακάλυψε ότι στο δείγμα φωτός που εξέτασε υπήρχε μια ανωμαλία στα 0,587 μικρόμετρα, στο ίδιο μήκος κύματος με το στοιχείο που είχε ανακαλύψει ο Ζανσέν στη χρωμόσφαιρα του Ήλιου. Το ήλιο ανήκει στα ευγενή αέρια, τα οποία είναι άχρωμα και άοσμα. Καθώς δεν αλληλεπιδρούν σχεδόν καθόλου με τα άλλα άτομα, είναι εξαιρετικά δύσκολο να εντοπιστούν.

Παρατηρώντας τον ουρανό, ο Ζανσέν ανακάλυψε ένα άτομο που ήταν άγνωστο στη Γη. Ωστόσο, στο σύμπαν υπάρχει περισσότερο ήλιο από οποιοδήποτε άλλο άτομο, με εξαίρεση το υδρογόνο. Ένα από τα αινίγματα που εξετάζονται σε τούτο το βιβλίο αφορά το ενδεχόμενο να υπάρχει μια άγνωστη μορφή ύλης τόσο

στη Γη όσο και στον ουρανό, την παρουσία της οποίας μπορούμε να εντοπίσουμε σήμερα μόνο στον ουρανό.

Αναλύοντας το φως, «διασπείροντάς» το, οι αστροφυσικοί μελετούν τις γραμμές απορρόφησης, που είναι ένα είδος «ρυτίδων» στο φως των άστρων. Ένα άστρο που το φως του έχει λίγες ρυτίδες αποτελείται από «νεαρή» ύλη, η οποία ανάγεται στις απαρχές της ιστορίας του σύμπαντος. Αρχικά, η ύλη αποτελείτο μόνο από υδρογόνο, ήλιο και μερικά ελαφρά στοιχεία. Ο άνθρακας, το άζωτο, το οξυγόνο ή το νάτριο γεννιούνται στα άστρα, τα οποία απορρίπτουν αυτά τα στοιχεία στον διαστρικό χώρο όταν πεθαίνουν. Επομένως, όσο περισσότερο κυλάει ο χρόνος τόσο περισσότερο ο διαστρικός χώρος εμπλουτίζεται με «βαριά» άτομα, που οι πυρήνες τους περιεπεριέχουν περισσότερα πρωτόνια και νετρόνια από τους πυρήνες του υδρογόνου, του ηλίου, του βηρυλλίου, του βορίου ή του λιθίου. Όσο αργότερα από χρονικής πλευράς γεννιέται ένα άστρο στον Γαλαξία μας, τόσο περισσότερο η ύλη που το αποτελεί περιεπεριέχει βαριά άτομα, τα οποία απορροφούν ένα μέρος του φωτός του άστρου προκαλώντας ολοένα και περισσότερες ρυτίδες στο φάσμα του. Τα άστρα που το φως τους έχει τις περισσότερες ρυτίδες έχουν γεννηθεί από τη συγκέντρωση της πιο αρχέγονης ύλης.

Επομένως, οι αστροφυσικοί μαθαίνουν τόσο από το φως όσο και από τις σκοτεινές γραμμές του φάσματός του. Ωστόσο, η πραγματική διάσταση του σύμπαντος αποκαλύπτεται σε εκείνους που γνωρίζουν πώς να βλέπουν το αόρατο!

Η ιδέα της ύπαρξης του αοράτου ανάγεται στην αυγή του ανθρώπινου πολιτισμού, όμως η επιστημονική απόδειξή της χρονολογείται στον 19ο αιώνα. Το 1800, ο Ουίλλιαμ Χέρσελ έκανε μια απρόσμενη ανακάλυψη. Διέσπειρε ηλιακό φως με τη βοήθεια ενός πρίσματος και τοποθέτησε ένα θερμόμετρο μπροστά σε κάθε χρώμα. Το θερμόμετρο που βρισκόταν δεξιά του κόκκινου και δεν δεχόταν ορατό φως από το πρίσμα έδειξε μια θερμοκρασία που ήταν μεγαλύτερη από τις θερμοκρασίες του μπλε ή του

κόκκινου! Ο άγγλος επιστήμονας κατάλαβε ότι μια αόρατη ακτινοβολία είχε τη δύναμη να θερμαίνει την ύλη χωρίς να δημιουργεί ορατό φως. Ήταν μια «θερμαντική» ακτινοβολία, που αργότερα θα την ονομάζαμε «υπέρυθρο» φως. Μέσα από μια υπέρυθη κάμερα, ο άνθρωπος μεταμορφώνεται σε πηγή φωτός! Το σώμα μας απελευθερώνει θερμότητα, ακτινοβολώντας υπέρυθρο φως που είναι αόρατο διά γυμνού οφθαλμού.

Παρατηρώντας τον ουράνιο θόλο στο φάσμα του υπέρυθρου, οι αστρονόμοι ανακάλυψαν μια όψη του σύμπαντος την οποία δεν υποψιάζονταν. Σκοτεινές περιοχές —πραγματικές ζώνες νύχτας μέσα στον Γαλαξία μας— μετατράπηκαν σε πηγές υπέρυθρου φωτός, επειδή η μεσοαστρική σκόνη ακτινοβολεί υπέρυθρο φως. Ανακάλυψαν ότι υπάρχουν γιγαντιαία σύννεφα μεσοαστρικής σκόνης και πως μέσα τους κρύβονται άστρα που είναι αδύνατον να εντοπιστούν από τηλεσκόπια τα οποία περιορίζονται στο φάσμα του ορατού —πραγματικά βρεφοκομεία νέων άστρων. Τα άστρα γεννιούνται σε αυτές τις περιοχές, καθώς η διαστρική ύλη συμπιέζεται εξαιτίας της βαρύτητας, ενώ η διαστρική σκόνη απορροφάει το φως τους και, στη συνέχεια, το ακτινοβολεί στο φάσμα του υπέρυθρου. Ο κύκλος της φύσης που υπάρχει στη Γη απαντάται με παρόμοιο τρόπο στο σύμπαν: η διαστρική σκόνη που γεννάει τα νέα άστρα προέρχεται από τα σώματα των νεκρών άστρων των προηγούμενων γενεών.

Το 2009, διακόσια εννέα χρόνια μετά την ανακάλυψη του Χέρσελ, ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός Διαστήματος (European Space Agency — ESA) έστειλε σε απόσταση 1,5 εκατομμυρίου χιλιομέτρων από τη Γη έναν δορυφόρο προκειμένου να παρατηρεί στο φάσμα του υπέρυθρου τη γέννηση άστρων στο μακρινό σύμπαν. Όπως ήταν φυσικό, στον δορυφόρο δόθηκε το όνομα του Χέρσελ.⁴

⁴ Η σκόνη η οποία θερμαίνεται από τα άστρα που γεννιούνται ακτινοβολεί κυρίως στο φάσμα του «μακρινού υπέρυθρου» —με μήκος κύματος περίπου στα 100 μικρόμετρα— λόγω της θερμοκρασίας της, που

Έναν αιώνα μετά το πείραμα του Χέρσελ, το βράδυ της 8ης Νοεμβρίου 1895, ο γερμανός φυσικός Βίλχελμ Ρέντγκεν έκανε μια ανακάλυψη που αποκάλυψε μια άλλη πτυχή στο βασίλειο του αοράτου. Ηλεκτρόνια που επιταχύνθηκαν μέσα σε έναν σωλήνα απελευθέρωσαν μια αόρατη ακτινοβολία με ικανότητα να διαπερνά την ύλη χωρίς δυσκολία. Όταν η σύζυγος του Ρέντγκεν τοποθέτησε το χέρι της ανάμεσα σε ένα φωσφορίζον έλασμα και τον σωλήνα, εμφανίστηκε πάνω στο έλασμα η εικόνα των οστών της και εκείνη αναφώνησε: «Είδα τον θάνατό μου!» Οι «ακτίνες Χ» οφείλουν τούτη τη διεισδυτική τους ικανότητα στο πολύ μικρό μήκος κύματός τους, το οποίο μπορεί να συγκριθεί με το μέγεθος ενός ατόμου — ένα δεκάκις εκατομμυριοστό του χιλιοστού.

Σήμερα, χρησιμοποιούμε τις ακτίνες Χ για να ακτινογραφούμε το σύμπαν, αναζητώντας περιοχές που επιταχύνουν ηλεκτρόνια. Τα διαστημικά τηλεσκόπια ακτίνων Χ έχουν ανακαλύψει κηλίδες φωτός Χ στο σύμπαν. Διαπιστώσαμε, λοιπόν, ότι υπάρχουν μεγάλες ποσότητες διαγαλαξιακής ύλης στις περιοχές όπου είναι συγκεντρωμένα σμήνη γαλαξιών. Στη συνέχεια, ακτινογραφήσαμε το κέντρο των γαλαξιών και ανακαλύψαμε ύλη που επιταχύνεται από μια πολύ ισχυρή πηγή βαρύτητας: υπερμεγέθεις μαύρες τρύπες, που βρίσκονται στην καρδιά των γαλαξιών...

Κάθε φορά που ανοιγόταν ένα νέο παράθυρο στο ηλεκτρομαγνητικό φάσμα, τα χρώματα του αοράτου αποκάλυπταν νέες συνιστώσες του σύμπαντος. Επομένως, ήταν λογικό να σκεφτόμαστε ότι, αν διερευνούσαμε το σύνολο των ορατών και αόρατων χρωμάτων του σύμπαντος, θα αποκτούσαμε μια ολοκληρωμένη εικόνα των συνιστωσών του. Αντί να συμβεί αυτό, όμως,

προσεγγίζει τους 30 βαθμούς Κέλβιν (−240 βαθμούς Κελσίου). Κατά τη διάρκεια του πειράματος ανάλυσης του ηλιακού φωτός μέσα από πρίσμα, το θερμομόμετρο που χρησιμοποίησε ο Χέρσελ θερμαινόταν από φως στο «κοντινό υπέρυθρο», που βρίσκεται στα 2 μικρόμετρα περίπου.

αποκαλύφθηκε μια πλευρά του η οποία συρρίκνωσε σε έναν κόκκο άμμου το σύνολο των γνώσεων που είχαμε αποκτήσει έπειτα από δεκαετίες εξερεύνησης του σύμπαντος... Πίσω από την αόρατη όψη του σύμπαντος κρυβόταν μια σκοτεινή όψη που δεν ακτινοβολούσε κανένα είδος φωτός. Η χρήση τηλεσκοπίων υπέρυθρου φωτός, ακτίνων Χ ή ακτίνων γ δεν αρκούσε. Οι σκοτεινές συνιστώσες του σύμπαντος αποκαλύφθηκαν στους αστροφυσικούς χάρη στη βαρυτική επιρροή τους — από τις επιδράσεις τους, δηλαδή, στις κινήσεις των φωτεινών άστρων.

Από τη Γη στα όρια του παρατηρήσιμου σύμπαντος

Ζούμε σε έναν πλανήτη που βρίσκεται σε τροχιά γύρω από ένα άστρο το οποίο συναποτελεί, μαζί με σχεδόν άλλα 230 δισεκατομμύρια άστρα, τον Γαλαξία μας. Όταν βλέπουμε τον Γαλαξία από το εσωτερικό του, αυτός ο επίπεδος δίσκος μοιάζει με μια γαλακτόχρωμη λευκή ταινία που εκτείνεται στον ουρανό από το ένα άκρο του έως το άλλο — εξ ου και το όνομα *Γαλαξίας*. Τα άστρα του Γαλαξία κολυμπούν μέσα σε έναν διάχυτο διαστρικό χώρο που αποτελείται από άτομα, μόρια και κόκκους σκόνης. Τα άτομα είναι τόσο σπάνια, ώστε ένα ζάρι θα εμπεριείχε ένα μόνο άτομο, ενώ ο αέρας που αναπνέουμε εμπεριέχει 10 πεντάκις εκατομμύρια (10^{18})! Παρ' όλα αυτά, ο διαστρικός χώρος έχει πολύ μεγαλύτερη πυκνότητα από τον διαγαλαξιακό χώρο — που βρίσκεται έξω από τον Γαλαξία μας— και σε αυτόν υπάρχει μόνο ένα άτομο μέσα στον όγκο μιας μπανιέρας. Ο Γαλαξίας μοιάζει με μια γιγαντιαία στρογγυλή τούρτα, που η διάμετρός της είναι 100.000 έτη φωτός και το πάχος της μερικές εκατοντάδες έτη φωτός. Το έτος φωτός⁵ μάς επιτρέπει να μετράμε τις πολύ

⁵ Το μήκος ενός έτους φωτός είναι 10.000 δισεκατομμύρια χιλιόμετρα και αντιπροσωπεύει την απόσταση που διανύει το φως σε ένα έτος κινούμενο με ταχύτητα 300.000 χιλιομέτρων το δευτερόλεπτο.

μεγάλες αποστάσεις στο σύμπαν, αλλά και καταδεικνύει τα αναπόφευκτα όρια στην παρατήρηση του ουρανού: όσο πιο μεγάλη είναι η απόσταση, τόσο πιο μακρινή είναι η εποχή από την οποία προέρχεται το φως. Το φως χρειάζεται λίγο περισσότερο από ένα δευτερόλεπτο για να έρθει ως εμάς από τη Σελήνη, που βρίσκεται σε απόσταση 400.000 χιλιομέτρων. Βλέπουμε τον Ήλιο, που απέχει από εμάς 150 εκατομμύρια χιλιόμετρα, με καθυστέρηση 8 λεπτών. Η εικόνα του Εγγύτατου Κενταύρου, του άστρου που βρίσκεται πιο κοντά μας μετά τον Ήλιο, φτάνει σε εμάς ύστερα από... 4 χρόνια, 2 μήνες και 2 εβδομάδες!

Έχω τη δύναμη να σβήσω όλα τα άστρα του σύμπαντος που βλέπουμε με γυμνό μάτι με ένα κροτάλισμα των δαχτύλων μου. Όσοι αμφισβητούν τη δήλωσή μου, θα πρέπει να έχουν ιώβειο υπομονή: αν εξαιρέσουμε τον Ήλιο (θα σβήσει σε 8 λεπτά), θα πρέπει να περιμένουν 4 χρόνια για να σβήσει ο Εγγύτατος Κενταύρου και, στη συνέχεια, 6, 7, 8 και 10 χρόνια, αντίστοιχα, για τα επόμενα άστρα. Όλα τα υπόλοιπα άστρα του Γαλαξία θα σβήσουν μετά τον θάνατο όλων των σκεπτικιστών που θα τολμούσαν να με αμφισβητήσουν.

Παρόλο που τα άστρα μοιάζουν ακίνητα στον ουράνιο θόλο, μετακινούνται με πολύ μεγάλη ταχύτητα. Όπως ακριβώς η Γη περιστρέφεται γύρω από τον Ήλιο, ο Ήλιος περιστρέφεται γύρω από το κέντρο του Γαλαξία με 220 χιλιόμετρα το δευτερόλεπτο — δηλαδή, με σχεδόν 1 εκατομμύριο χιλιόμετρα την ώρα. Πραγματοποιεί μια πλήρη περιστροφή σε 230 εκατομμύρια έτη και σύντομα θα συμπληρώσει την εικοστή περιστροφή του από τη γέννησή του. Η βαρύτητα συγκρατεί τα άστρα στο εσωτερικό του Γαλαξία μας, όπως ακριβώς συγκρατεί τη Γη γύρω από τον Ήλιο. Επομένως, το ηλιακό σύστημα και ο Γαλαξίας είναι «αυτοβαρυντικά» συστήματα, με τη βαρύτητα να αποτελεί τη συγκολλητική ουσία τους. Χρησιμοποιώ εν προκειμένω τον τεχνικό όρο, επειδή θα διαδραματίσει κομβικό ρόλο στην ιστορία μας: τα αυτοβαρυντικά συστήματα δεν ακολουθούν τη διαστολή

του σύμπαντος! Θα μπορούσαμε να σκεφτούμε ότι οι άνθρωποι δεν διογκώνονται από τη διαστολή του σύμπαντος επειδή η ανθρώπινη ζωή διαρκεί τόσο λίγο. Στην πραγματικότητα, το σώμα μας δεν υφίσταται την παραμικρή διαστολή — ούτε καν μια απειροελάχιστη. Ούτε το ηλιακό σύστημα. Ούτε ο Γαλαξίας. Οι πιο μεγάλες αυτοβαρυτικές δομές του σύμπαντος, τα σμήνη γαλαξιών (όπως αυτό που μπορείτε να δείτε στην Εικόνα 3, σ. 235), έχουν μήκος μεγαλύτερο από 10 εκατομμύρια έτη φωτός και, όπως το σώμα μας, δεν υφίστανται τη διαστολή του σύμπαντος.

Όπως και ένας άνθρωπος, ένας γαλαξίας σπάνια περιπλανιέται μόνος του στον χώρο. Οι περισσότεροι κατοικούν σε «πόλεις» δεκάδων γαλαξιών, ενώ μια μειονότητα ομαδοποιείται σε «μεγαλουπόλεις» των χιλίων γαλαξιών. Κατά τη διάρκεια της ιστορίας του σύμπαντος, οι συγκεντρωμένοι γαλαξίες έλκουν ολοένα και περισσότερους γαλαξίες χάρη στη συνδυασμένη βαρύτητά τους. Οι συγκεντρωμένοι γαλαξίες διακρίνονται σε «ομάδες γαλαξιών» και σε «σμήνη γαλαξιών». Ο Γαλαξίας μας και ο γαλαξίας της Ανδρομέδας ανήκουν στη λεγόμενη Τοπική Ομάδα, στην οποία συνυπάρχουν μερικές δεκάδες γαλαξίες. Όπως ακριβώς η Γη και οι πλανήτες βρίσκονται σε τροχιά γύρω από τον Ήλιο, οι γαλαξίες της Τοπικής Ομάδας βρίσκονται σε τροχιά γύρω από τον Γαλαξία μας και τον γαλαξία της Ανδρομέδας, παρόλο που δεν βρίσκονται στο επίπεδο ενός δίσκου όπως οι πλανήτες και ο Ήλιος. Πέρα από την Τοπική Ομάδα, θα πρέπει να διασχίσουμε χώρους που ουσιαστικά είναι κενοί προτού φτάσουμε στο πιο κοντινό σμήνος γαλαξιών — την πρώτη αστρική μεγαλούπολη. Στην προέκταση του αστερισμού της Παρθένου, το σμήνος γαλαξιών της Παρθένου λάμπει από το φως που εκπέμπουν περισσότεροι από χίλιοι γαλαξίες, καθώς εμπεριέχουν 100.000 δισεκατομμύρια άστρα, όμως η λάμψη τους είναι ισχνή όταν την παρατηρούμε από τη Γη, αφού απέχουν 50 εκατομμύρια έτη φωτός.

Παραμένει αίνιγμα ο λόγος για τον οποίο οι άνθρωποι είχαν τη μορφή μιας παρθένου στη διάταξη ορισμένων άστρων

του φερώνυμου αστερισμού. Οι αστερισμοί καταδεικνύουν την επιρροή του πολιτισμού μιας εποχής στον τρόπο με τον οποίο οι άνθρωποι παρατηρούν το σύμπαν. Αν και αυτές οι εικόνες που ανάγονται στην αρχαιότητα μας κάνουν να χαμογελάμε, ποιος ξέρει αν αύριο οι απόγονοί μας δεν θα χαμογελούν στην ιδέα που έχουμε σήμερα για το σύμπαν και την ιστορία του. Η εικόνα που διαμορφώνεται σε μια ιστορική περίοδο για το σύμπαν, ακόμη κι αν είναι επιστημονική, μας αποκαλύπτει πολλά τόσο για το σύμπαν όσο και για τους ανθρώπους της συγκεκριμένης ιστορικής περιόδου. Και αυτό συμβαίνει παρά τις προσπάθειές μας να διαμορφώσουμε μια αντικειμενική εικόνα για το σύμπαν που να αντιστέκεται στο πέρασμα του χρόνου όπως ένα διαμάντι άφθαρτης καθαρότητας.

Πέρα από τα σμήνη γαλαξιών και τη δική τους κλίμακα, ο χώρος υφίσταται τις επιδράσεις της διαστολής του σύμπαντος. Καθώς ο χώρος ανάμεσα στις ομάδες και τα σμήνη γαλαξιών διαστέλλεται, εξαιτίας των επιδράσεων της αρχικής ώθησης τη στιγμή της Μεγάλης Έκρηξης, αυξάνεται η απόσταση μεταξύ τους.

Σε πολύ μεγάλη κλίμακα, οι γαλαξίες σχηματίζουν έναν τεράστιο ιστό αράχνης, με το κάθε σημείο στο οποίο ενώνονται τα νήματα του ιστού να εμπεριέχει ένα σμήνος γαλαξιών — μια μεγαλούπολη χιλίων περίπου γαλαξιών. Εδώ και 13,8 δισεκατομμύρια έτη, ο κοσμικός ιστός τεντώνεται ακολουθώντας μια διασταλτική κίνηση. Όμως, τα χωριά, οι πόλεις και οι μεγαλούπολεις — δηλαδή, οι γαλαξίες, οι ομάδες γαλαξιών και τα σμήνη γαλαξιών — συγκρατούνται από μια συγκολλητική ουσία που είναι παρόμοια με εκείνη που μας διατηρεί στην επιφάνεια της Γης: τη βαρύτητα.

Στις 24 Απριλίου 1990, η Εθνική Υπηρεσία Αεροναυτικής και Διαστήματος (National Aeronautics and Space Administration — NASA) τοποθέτησε σε τροχιά και σε ύψος 600 χιλιομέτρων ένα τηλεσκόπιο για να παρατηρεί το ορατό φως του σύμπαντος. Πιο

μικρό από τα τηλεσκόπια που βρίσκονται στην επιφάνεια της Γης, το διαστημικό τηλεσκόπιο *Hubble*, που το κάτοπτρό του έχει διάμετρο δυόμισι μέτρα, έφερε αληθινή επανάσταση στην αστρονομία. Οι εικόνες που μας προσφέρει το τηλεσκόπιο *Hubble*, απαλλαγμένες καθώς είναι από τις παραμορφώσεις που προκαλούνται από το πέρασμα του φωτός μέσα από την ατμόσφαιρα της Γης, χαρακτηρίζονται από απaráμιλλη ακρίβεια. Για πρώτη φορά, μπορέσαμε να διακρίνουμε το σχήμα των γαλαξιών, αλλά και τα κεντρικά εξογκώματά τους και τους επίπεδους δίσκους τους που σχηματίζονται λίγο μετά τη γέννησή τους. Οι εικόνες και τα φάσματα του κέντρου των γαλαξιών αποκαλύπτουν ότι υπάρχουν υπερμεγέθεις μαύρες τρύπες που κρύβονται πίσω από το φως των άστρων και η βαρυτική δύναμή τους δημιουργεί δίνες ύλης. Θα επανέλθουμε σε αυτά τα κοσμικά τέρατα, επειδή συμμετέχουν σε ένα από τα τρία μεγάλα μυστήρια που αποτελούν το θέμα του παρόντος βιβλίου.

Ακολουθώντας τις συμβουλές μιας επιτροπής ειδικών, ο διευθυντής της NASA αποφάσισε να αφιερώσει τον χρόνο χρήσης του *Hubble* που είχε διαθέσιμο για να παρατηρήσει το τηλεσκόπιο μια περιοχή του ουρανού όχι μεγαλύτερη από την επιφάνεια που καλύπτει η ακίδα ενός στυλό όταν το κρατάμε στην άκρη του χεριού μας. Συλλέγοντας το φως από αυτή την τόσο μικρή περιοχή του ουρανού επί 23 συνεχόμενες ημέρες, το *Hubble* αποκάλυψε τον μεγαλύτερο αριθμό γαλαξιών που είχε ποτέ ανακαλυφθεί σε μία περιοχή του σύμπαντος. Βρέθηκαν σχεδόν 5.500 γαλαξίες, περίπου 100 δισεκατομμυρίων άστρων ο καθένας, προσφέροντας στην επιστημονική κοινότητα ένα ανοιχτό βιβλίο για την ιστορία της γέννησης, της ζωής και του θανάτου των γαλαξιών.

Με βάση την εικόνα αυτού του μικρού σημείου του ουρανού, υπολογίζουμε ότι στο σύμπαν υπάρχουν σχεδόν 100 δισεκατομμύρια γαλαξίες και τουλάχιστον 10.000 πεντάκις εκατομμύρια (10^{18}) άστρα.

Κατά μια διαβολική σύμπτωση, ο ανθρώπινος εγκέφαλος

διαθέτει κι αυτός περίπου 100 δισεκατομμύρια νευρώνες, χάρη στους οποίους μπορεί να παρατηρεί το σύμπαν, αλλά και να μετράει τα άστρα και τους γαλαξίες...

Οι πιο πρόσφατες έρευνες για τους εξωπλανήτες —δηλαδή, για τους πλανήτες που δεν περιστρέφονται γύρω από τον Ήλιο, αλλά γύρω από άλλα άστρα— μας επιτρέπουν να υπολογίσουμε ότι μέσα στον Γαλαξία υπάρχουν περίπου 5 δισεκατομμύρια πλανήτες που μπορούν να έχουν νερό σε υγρή μορφή και, άρα, μπορούν δυνητικά να φιλοξενούν ζωντανούς οργανισμούς. Αν αναγάγουμε αυτόν τον αριθμό στο σύνολο του παρατηρήσιμου σύμπαντος, υπολογίζουμε ότι υπάρχουν περίπου 500 πεντάκις εκατομμύρια (10^{18}) πλανήτες οι οποίοι είναι δίδυμοι αδελφοί της Γης και στους οποίους πιθανόν να υπάρχει ζωή. Παρότι ο αριθμός αυτός μοιάζει μεγάλος, για όσο διάστημα δεν θα γνωρίζουμε τις διεργασίες που κατέληξαν στην εμφάνιση του πρώτου ζωντανού κυττάρου, δεν θα μπορούμε να υπολογίσουμε τις πιθανότητες να φιλοξενεί ζωντανούς οργανισμούς κάποιος από τους εν λόγω πλανήτες. Ωστόσο, οι αστροφυσικοί θεωρούν πως υπάρχει ζωή σε άλλους πλανήτες για τουλάχιστον δύο λόγους. Έχουμε υπολογίσει ότι η γέννηση της Γης χρονολογείται πριν από 4,567 δισεκατομμύρια έτη και τα πρώτα ίχνη ζωής πριν από 3,5 έως 4 δισεκατομμύρια έτη, όπως καταδεικνύουν οι απολιθωμένοι μικροοργανισμοί που παγιδεύτηκαν σε ιζηματογενή πετρώματα. Κατά τη διάρκεια των πρώτων 650 εκατομμυρίων ετών μετά τη γέννησή της, η Γη δεχόταν έναν έντονο βομβαρδισμό μετεωριτών και κομητών, που αφθονούσαν στα πρώτα χρόνια ύπαρξης του ηλιακού μας συστήματος. Η ζωή εμφανίστηκε στη Γη λίγο μετά την περίοδο αυτή. Η ανάδυση της ζωής σχεδόν αμέσως μετά τη δημιουργία των ιδανικών συνθηκών για την ανάπτυξη της καταδεικνύει την αποτελεσματικότητα των διεργασιών εμφάνισης της ζωής, την οποία εξακολουθούμε να αγνοούμε. Καθώς δεν γνωρίζουμε παρά μόνο μία περίπτωση εμφάνισης της ζωής, είναι αδύνατον να πραγματοποιήσουμε κάποιον αξιόπιστο

στατιστικό υπολογισμό. Ωστόσο, οι περισσότεροι επιστήμονες είναι πεπεισμένοι ότι μια τόσο μεγάλη αποτελεσματικότητα υποδηλώνει πως υπάρχει ζωή και σε άλλους πλανήτες.

Οι υποστηρικτές της ύπαρξης εξωγήινης ζωής προσθέτουν μια φιλοσοφική αιτιολόγηση σε τούτο το λογικό επιχείρημα. Η κοπερνίκεια επανάσταση συνεχίζει να επηρεάζει τη σκέψη των επιστημόνων με τη μορφή μιας «κοπερνίκειας αρχής». Σύμφωνα με την εν λόγω αρχή, η Γη δεν βρίσκεται σε κάποια ιδιαίτερη περιοχή του σύμπαντος. Η Γη περιστρέφεται γύρω από τον Ήλιο, ένα από τα δισεκατομμύρια άστρα που υπάρχουν μέσα στον Γαλαξία. Αλλά και ο Γαλαξίας μοιάζει με δισεκατομμύρια άλλους γαλαξίες που υπάρχουν στο σύμπαν, το οποίο είναι τόσο μεγάλο, ώστε κανένα γνώρισμα δεν διαφοροποιεί την περιοχή όπου βρίσκεται η Γη από οποιαδήποτε άλλη περιοχή του σύμπαντος. Επιπλέον, το ανθρώπινο είδος δεν πρέπει να είναι πιο εξελιγμένο από άλλα είδη που υπάρχουν ενδεχομένως στο σύμπαν. Κατ' επέκτασιν, η κοπερνίκεια αρχή οδηγεί τους επιστήμονες να σκέφτονται ότι υπάρχει ζωή και σε άλλους πλανήτες.

Ωστόσο, θα πρέπει να αντιμετωπίζουμε με επιφυλακτικότητα τη συστηματική εφαρμογή της κοπερνίκειας αρχής, σύμφωνα με την οποία όλα μοιάζουν, δεδομένου ότι όσα γνωρίζουμε για το σύμπαν είναι όσα βλέπουμε από τη Γη. Στα ερωτήματα που θα μας απασχολήσουν στη συνέχεια αυτού του βιβλίου ανήκουν ορισμένες σημερινές θεωρίες που προτείνουν απαντήσεις οι οποίες απορρίπτουν την κοπερνίκεια αρχή. Και αν η Γη βρίσκεται σε ένα ιδιαίτερο σημείο του σύμπαντος; Πώς θα άλλαζε κάτι τέτοιο τις θεωρίες μας για την ιστορία του σύμπαντος;

Εντούτοις, η κοπερνίκεια αρχή δεν αποτελεί δόγμα. Δεν βασίζεται μόνο στο έργο του Νικόλαου Κοπέρνικου που εκδόθηκε το 1543. Ο κοσμικός ιστός τον οποίο υφαίνουν οι γαλαξίες σε κλίμακες πολλών δισεκατομμυρίων ετών φωτός μοιάζει να είναι μια ομοιογενής δομή. Όλες οι παρατηρήσεις μας με τη βοήθεια τηλεσκοπίων που συλλέγουν το ορατό και το υπέρυθρο φως

επιβεβαιώνουν αυτό το συμπέρασμα. Στο περίγραμμα του ιστού βρίσκεται ο κοσμολογικός ορίζοντας, ένα τεχνητό όριο που σε καμία περίπτωση δεν προσδιορίζει τις πραγματικές διαστάσεις του σύμπαντος — απλώς αντιπροσωπεύει τα όρια του παρατηρήσιμου σύμπαντος, τα οποία κάνουν τη νύχτα να είναι μαύρη. Ωστόσο, η ομοιογένεια του παρατηρήσιμου σύμπαντος υποδηλώνει ότι κατά πάσα πιθανότητα δεν υπάρχει τίποτα το διαφορετικό πέρα από τον κοσμολογικό ορίζοντα. Το πραγματικό μυστήριο του σύμπαντος βρίσκεται πολύ πιο κοντά μας...