





Παύλος Καστανάς

# Προς τ' άστρα

Ένα μαγευτικό ταξίδι  
στον κόσμο της Αστροφυσικής

διόπτρα



Στους γονείς μου



## Περιεχόμενα

Εισαγωγικό σημείωμα στη νέα έκδοση.....	11
Πρόλογος.....	13
<b>1. Εισαγωγή: Από τη Γη μέχρι τα πέρατα του Σύμπαντος.....</b>	<b>15</b>
1.1 Σύντομη ιστορική αναδρομή.....	17
1.2 Η επιστημονική μέθοδος.....	20
1.3 Η μοντέρνα εικόνα του Σύμπαντος.....	21
<b>2. Οι ουράνιοι νόμοι.....</b>	<b>29</b>
2.1 Οι ταξιδιώτες του ουράνιου θόλου.....	31
2.2 Αστρική και ηλιακή ημέρα.....	35
2.3 Τροχιές και Νόμοι του Kepler.....	37
2.4 Ο Νόμος της Παγκόσμιας Έλξης.....	40
2.5 Παλιρροϊκές δυνάμεις.....	43
2.6 Σύγχρονη περιστροφή.....	46
2.7 Γη και Σελήνη.....	48
<b>3. Ηλιακό σύστημα.....</b>	<b>55</b>
3.1 Οι πλανήτες του ηλιακού μας συστήματος.....	57
3.2 Η Ζώνη των Αστεροειδών και οι νάνοι πλανήτες.....	86
3.3 Η Ζώνη του Kuiper.....	88
3.4 Τα πέρατα του ηλιακού μας συστήματος.....	91
3.5 Τα σύνορα του ηλιακού μας συστήματος.....	92
3.6 Μετεωρίτες.....	95
<b>4. Εξωπλανήτες.....</b>	<b>101</b>
4.1 Η ανακάλυψη νέων κόσμων.....	103
4.2 Η μέθοδος των διαβάσεων.....	104
4.3 Η μέθοδος των ακτινικών ταχυτήτων.....	106
4.4 Άλλες μέθοδοι ανακάλυψης εξωπλανητών.....	109
4.5 Η κατοικήσιμη ζώνη.....	111
4.6 Σημαντικές ανακαλύψεις.....	114
4.7 Η αβεβαιότητα της «κατοικησιμότητας».....	119
4.8 Ο σκοπός της αναζήτησης εξωπλανητών.....	121

<b>5. Αστέρες</b> .....	<b>123</b>
5.1 Λαμπρότητα, μέγεθος και φωτεινότητα αστέρων.....	<b>125</b>
5.2 Η φύση των αστέρων.....	<b>128</b>
5.3 Φασματικοί τύποι αστέρων.....	<b>131</b>
5.4 Το διάγραμμα H-R.....	<b>133</b>
5.5 Οι ηλικίες των αστέρων.....	<b>136</b>
5.6 Αστρικές αποστάσεις.....	<b>138</b>
5.7 Το φαινόμενο Doppler.....	<b>141</b>
5.8 Η ζωή των αστέρων.....	<b>144</b>
5.9 Αστρικές εκρήξεις.....	<b>154</b>
5.10 Αστρικά σμήνη.....	<b>158</b>
<b>6. Μαύρες τρύπες και κβάζαρ</b> .....	<b>165</b>
6.1 Μια διαφορετική ερμηνεία της βαρύτητας.....	<b>167</b>
6.2 Νευτώνεια Μηχανική και Γενική Θεωρία της Σχετικότητας.....	<b>173</b>
6.3 Η φύση των μαύρων τρυπών.....	<b>175</b>
6.4 Ανίχνευση μαύρων τρυπών.....	<b>179</b>
6.5 Οι μάζες των μαύρων τρυπών.....	<b>183</b>
6.6 Κβάζαρ και ενεργοί γαλαξιακοί πυρήνες.....	<b>185</b>
6.7 Η μαύρη τρύπα στο κέντρο του Γαλαξία μας.....	<b>190</b>
6.8 Μαύρες τρύπες και βαρυτική έλξη.....	<b>195</b>
<b>7. Κοσμολογία</b> .....	<b>199</b>
7.1 Ένα Σύμπαν αναρίθμητων γαλαξιών.....	<b>201</b>
7.2 Ο Νόμος του Hubble.....	<b>204</b>
7.3 Η Θεωρία της Μεγάλης Έκρηξης.....	<b>208</b>
7.4 Η κρυμμένη μάζα του Σύμπαντος.....	<b>211</b>
7.5 Το Σύμπαν διαστέλλεται επιταχυνόμενα.....	<b>216</b>
7.6 Το παρατηρήσιμο σύμπαν.....	<b>221</b>
7.7 Πριν το τέλος: Η σύγκρουση με τον γαλαξία της Ανδρομέδας.....	<b>225</b>
7.8 Το τέλος του Σύμπαντος.....	<b>228</b>
7.9 Ακραίες θερμοκρασίες.....	<b>230</b>
<b>8. Αστροβιολογία</b> .....	<b>237</b>
8.1 Το μεγάλο ερώτημα.....	<b>239</b>
8.2 Η εμφάνιση της ζωής στη Γη.....	<b>242</b>
8.3 Ζωή στον Άρη.....	<b>247</b>
8.4 Ζωή σε δορυφόρους γιγάντων πλανητών.....	<b>252</b>

8.5 Ζωή σε εξωπλανήτες.....	255
8.6 Γαλαξιακή κατοικήσιμη ζώνη.....	258
8.7 Εξωγήινη νοημοσύνη: η εξίσωση του Drake .....	263
8.8 Το παράδοξο του Fermi.....	269
8.9 Ευσεβείς πόθοι.....	279
8.10 Προσπάθειες επικοινωνίας με εξωγήινους πολιτισμούς.....	285
8.11 Ηθική και εξωγήινη νοημοσύνη .....	290
<b>9. Η παρατήρηση του ουρανού.....</b>	<b>293</b>
9.1 Τύποι τηλεσκοπίων.....	295
9.2 Μεγέθυνση τηλεσκοπίων.....	302
9.3 Στηρίξεις.....	303
9.4 Κιάλια.....	304
9.5 Το καλύτερο τηλεσκόπιο .....	305
9.6 Τα χρώματα του Σύμπαντος .....	306
<b>10. Η αναγκαιότητα της διαστημικής εξερεύνησης .....</b>	<b>311</b>
10.1 Τεχνολογικά οφέλη.....	313
10.2 Το ψηφιδωτό του χωροχρόνου .....	315
10.3 Αποστολές που εμπνέουν.....	317
10.4 Επίλογος: Η πορεία προς τ' άστρα .....	330
<b>Ευχαριστίες.....</b>	<b>333</b>



## ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΟ ΣΗΜΕΙΩΜΑ ΣΤΗ ΝΕΑ ΕΚΔΟΣΗ

Η πρώτη έκδοση του βιβλίου *Προς τ' άστρα* κυκλοφόρησε στα μέσα του Δεκεμβρίου του 2020 και εξαντλήθηκε μέσα σε ελάχιστες ημέρες. Έκτοτε έγιναν αρκετές ανατυπώσεις, μιας και το κοινό αγκάλιασε το βιβλίο με αναπάντεχα συγκινητική θέρμη, καθιστώντας το «best seller», με έναν τρόπο που σπανίως συναντούμε σε βιβλία εκλαϊκευμένης επιστήμης.

Η νέα έκδοση που κρατάτε στα χέρια σας από τις Εκδόσεις Διόπτρα είναι η «απάντηση» στην αγάπη που δέχθηκε το βιβλίο και αποτελεί την πληρέστερη και πιο επικαιροποιημένη έκδοσή του. Έχουν συμπληρωθεί πολλά νέα κεφάλαια και παράγραφοι, έχουν γίνει σημαντικές προσθήκες και βελτιώσεις σε όλες τις ενότητες του βιβλίου και έχουν συμπεριληφθεί πολλές νέες φωτογραφίες και σχέδια που θα σας βοηθήσουν να κατανοήσετε καλύτερα τα εντυπωσιακά αστρονομικά φαινόμενα.

Η ελπίδα μου είναι το βιβλίο αυτό να αποτελέσει έναν σταθερό σύντροφο για τους λάτρεις του διαστήματος, αλλά και να εισαγάγει ανθρώπους που ουδέποτε είχαν ασχοληθεί με το αντικείμενο αυτό στον όμορφο κόσμο της Αστροφυσικής. Άλλωστε, η ομορφιά του Σύμπαντος είναι εκεί και μας περιμένει, αρκεί να έχουμε τη θέληση και το θάρρος να την ανακαλύψουμε.

Καλή ανάγνωση,

Παύλος Καστανάς

Ιούνιος 2025



## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η νύχτα πέφτει απαλά γύρω από την αρχαία πόλη. Δειλά δειλά, αρχίζουν να αχνοφέγγουν τα πρώτα ουράνια φώτα. Οι άνθρωποι στέκονται ακίνητοι και κοιτούν προς τ' άστρα ευλαβικά. Αρχίζουν νοητά να χαράζουν δεκάδες σχήματα στον ουρανό, σαν καλλιτέχνες που λαχταρούν να εκφράσουν την ψυχή τους. Ζωγραφίζουν αρκούδες, ψάρια, ήρωες, λιοντάρια και πτηνά, κι αλαφρώνουν έτσι την καρδιά τους απ' το επιβλητικό άπειρο του έναστρου νυχτερινού ουρανού. Το ανεξήγητο μυστήριο των ουράνιων φώτων αντικαθίσταται από μια ολοζώντανη αναπαράσταση της Γης, γεμάτη από οικείες εικόνες.

Σήμερα πια, γνωρίζουμε καλά τη φύση των άστρων, αλλά ο ουρανός δεν έχει χάσει τίποτα από τη μαγευτική επιβλητικότητά του. Αρκεί μια νυχτερινή βόλτα στην εξοχή, μακριά από τα φώτα της πόλης, για να γεμίσει η καρδιά μας με δέος και με μια αίσθηση ταπεινότητας μπροστά στο άπειρο των ουράνιων κόσμων. Χιλιάδες ηλιακά συστήματα φέγγουν πάνω απ' το κεφάλι μας, χιλιάδες ήλιοι με αναρίθμητους πλανήτες. Πόσο μικρή και ασήμαντη μοιάζει η καθημερινότητα αλλά και η ίδια μας η ύπαρξη μπροστά στο μεγαλείο του Σύμπαντος!

Κι όμως, ο άνθρωπος έχει αναπτύξει την ικανότητα να ερευνά και να κατανοεί σε πολύ μεγάλο βαθμό τη φύση του Σύμπαντος και τη θέση του μέσα σε αυτό. Αυτή είναι η μεγάλη αντίφαση του είδους μας. Απ' τη μια το ελάχιστο της ύπαρξής μας, μέσα στα γιγάντια χρονικά διαστήματα και τις αδιανόητες διαστημικές αποστάσεις, και απ' την άλλη το μέγιστο της ανθρώπινης νόησης και της αιώνιας δίψας μας για μάθηση.

Αισθάνομαι ότι η γενιά μας είναι ιδιαίτερα τυχερή, γιατί μπορεί να ικανοποιήσει αυτή τη δίψα περισσότερο από κάθε άλλη εποχή. Ζούμε σε μια χρονική περίοδο όπου διαρκώς γίνονται εντυπωσιακές ανακαλύψεις σε όλους τους τομείς της Αστρονομίας. Άλλοτε διαβάζουμε για συναρπαστικά ευρήματα στο δικό μας πλανητικό σύστημα και την αστρική μας γειτονιά κι άλλοτε για νέους, παράξενους εξωπλανήτες ή για εξωτικά φαινόμενα που σχετίζονται με αστέρες νετρονίων, μαύρες τρύπες και μακρινούς γαλαξίες.

Τι νόημα θα είχαν, όμως, όλες αυτές οι ανακαλύψεις και οι παρατηρήσεις, εάν περιορίζονταν στους κύκλους λίγων μόνο ειδικών; Πόση αξία έχει, άραγε,

η επιστημονική γνώση, εάν δεν γίνεται κτήμα όλων μας; Πιστεύω ακράδαντα ότι η γνώση πρέπει να διαχέεται στην κοινωνία. Μόνο έτσι θα μπορέσουμε να βαδίσουμε προς το μέλλον ως ένας ενιαίος ανθρώπινος πολιτισμός. Μόνο έτσι θα μπορέσουμε να αξιοποιήσουμε το δυναμικό του νου μας και να ταξι-δέψουμε τελικά προς τ' άστρα.

# 1

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ: ΑΠΟ ΤΗ ΓΗ ΜΕΧΡΙ ΤΑ ΠΕΡΑΤΑ ΤΟΥ ΣΥΜΠΑΝΤΟΣ

*Η σύγχρονη επιστήμη αποτέλεσε ένα ταξίδι στο άγνωστο, όπου σε κάθε στάση μάς περίμενε ένα μάθημα ταπεινότητας.*

**Carl Sagan**



## 1.1 Σύντομη ιστορική αναδρομή

Κατά την αρχαιότητα, πριν από τη μεγάλη ανάπτυξη των θετικών επιστημών, ήταν επόμενο οι άνθρωποι να θεωρούν ότι η Γη είναι το κέντρο του κόσμου. Εξάλλου, όλα τα ουράνια σώματα -τα άστρα, ο Ήλιος, η Σελήνη και οι πλανήτες- έμοιαζαν πραγματικά να γυρίζουν γύρω από τη Γη, καθώς ακολουθούσαν καμπύλες τροχιές στον ουρανό από την ανατολή μέχρι τη δύση τους. Δεν πρέπει, λοιπόν, να μας εκπλήσσει το γεγονός ότι οι δοξασίες και οι κοσμοθεωρίες των αρχαίων λαών ήταν ως επί το πλείστον γεωκεντρικές.

Οι Βαβυλώνιοι, που είχαν μερικούς από τους κορυφαίους μαθηματικούς και αστρονόμους της εποχής, θεωρούσαν ότι η Γη ήταν επίπεδη και κυκλική και ότι ένας στερεός θόλος περιείχε τα άστρα και συγκρατούσε το έξω «χάος». Λάτρευαν τους πλανήτες ως θεότητες και τους απέδιδαν την ικανότητα να επηρεάζουν τις ανθρώπινες ζωές ή να προλέγουν τα μελλούμενα. Ανάλογες αντιλήψεις συναντούμε και στην ιουδαϊκή παράδοση.

Στον ελληνικό κόσμο, από τα Ομηρικά Έπη, αλλά και από τα έργα του Ησίοδου, φαίνεται ότι η επικρατούσα αντίληψη της προκλασικής εποχής για τον κόσμο είχε μεγάλες ομοιότητες με τη βαβυλωνιακή αντίληψη. Δηλαδή, η Γη ήταν ένας επίπεδος δίσκος, περικυκλωμένος από τον γιγάντιο ποταμό Ωκεανό, ο οποίος αποτελούσε το σύνορο μεταξύ της Γης και του ουράνιου θόλου. Σταδιακά, όμως, η θεωρία της σφαιρικότητας της Γης υιοθετήθηκε από περισσότερους μελετητές, όπως ήταν ο Πυθαγόρας, ο Πλάτωνας και ο Αριστοτέλης. Ωστόσο, η Γη εξακολουθούσε να θεωρείται ακλόνητη στο κέντρο του κόσμου από τους περισσότερους φιλοσόφους και μαθηματικούς της εποχής. Φωτεινή εξαίρεση αποτέλεσε ο Αρίσταρχος ο Σάμιος (310-230 π.Χ.), ο οποίος φαίνεται ότι είχε προτείνει το ηλιοκεντρικό μοντέλο, χωρίς όμως αυτό να γίνει αποδεκτό από τους συγκαίρινούς του. Δυστυχώς, το σχετικό έργο του Αρίσταρχου δεν έχει διασωθεί, αλλά γνωρίζουμε γι' αυτό από τις αναφορές του Αρχιμήδη και του Πλούταρχου.

Πέρασαν σχεδόν 1.800 χρόνια για να έρθει δυναμικά στο προσκήνιο το ηλιοκεντρικό μοντέλο, χάρη στον Νικόλαο Κοπέρνικο (1473-1543). Ο Κοπέρνικος, στο έργο του *De revolutionibus orbium coelestium*<sup>1</sup>, έθετε τον Ήλιο στο κέντρο του Σύμπαντος, ενώ γύρω από αυτόν περιφέρονταν οι πλανήτες. Η ανατολή και η δύση του Ηλίου καθώς και οι κινήσεις των αστερών οφείλονταν στην περιστροφή της Γης γύρω από τον άξονά της. Επίσης, οι

---

1. Για τις περιφορές των ουράνιων σφαιρών.

ανάδρομες κινήσεις των πλανητών στον νυχτερινό ουρανό οφείλονταν στο γεγονός ότι, εκτός από τους πλανήτες, και η Γη περιφερόταν γύρω από τον Ήλιο. Φοβούμενος τις αντιδράσεις της Καθολικής Εκκλησίας, ο Κοπέρνικος έδωσε εντολή να δημοσιευτεί το έργο αυτό στο τέλος της ζωής του, το 1543. Κι έτσι, άφησε στην ανθρωπότητα μια πολύτιμη κληρονομιά, διότι, χωρίς να το γνωρίζει, το έργο του αποτέλεσε την πρώτη σπίθα της μεγάλης επιστημονικής επανάστασης που ακολούθησε.

Πραγματικά, μετά από την έκδοση αυτού του βιβλίου, η ανθρωπότητα γυρίζει σελίδα. Ακολουθούν οι Γαλιλαίος (1564-1642), Kepler (1571-1630) και Νεύτωνας (1642-1726), που επιτυγχάνουν αυτό που φάνταζε ακατόρθωτο: εξηγούν τις κινήσεις των ουράνιων σωμάτων με αυστηρά μαθηματικό τρόπο, χωρίς να απαιτείται αναφορά σε υπερφυσικές και πνευματικές δυνάμεις. Κατασκευάζουν νέα μαθηματικά εργαλεία, δημιουργώντας μέσα σε λίγα χρόνια την επιστήμη της Φυσικής και, μαζί με αυτήν, ένα εντελώς καινούργιο μοντέλο του κόσμου.

Η συνεισφορά αυτών των γιγάντων της διανόησης φαντάζει ακόμα πιο εντυπωσιακή, εάν σκεφτούμε ότι η επικρατούσα θεωρία για τη φύση του κόσμου εκείνη την εποχή ήταν η θεωρία του Αριστοτέλη. Οι ιδέες του μεγάλου φιλοσόφου είχαν γίνει μέρος των θρησκευτικών δογμάτων της εποχής και αποτελούσαν την καθιερωμένη εικόνα του Σύμπαντος. Σύμφωνα με αυτήν, η ύλη με την οποία αλληλεπιδρούμε στην καθημερινότητά μας αποτελείται από τέσσερα βασικά στοιχεία: τη γη, το νερό, τον αέρα και τη φωτιά. Ωστόσο, τα αντικείμενα από τη Σελήνη και πέρα αποτελούνται από ένα πέμπτο στοιχείο, τον αιθέρα, που είναι αιώνιος και άφθαρτος και έχει την έμφυτη τάση να εκτελεί κυκλική κίνηση. Έτσι, για τους περισσότερους ανθρώπους του 16ου αιώνα, τα άστρα, οι πλανήτες και η Σελήνη ήταν τέλειες, πνευματικές οντότητες, ενώ ο ουρανός, στο σύνολό του, ήταν ένας υπερβατικός χώρος, ανεξήγητος και απροσπέλαστος για την ανθρώπινη σκέψη. Η Γη έστεκε ακίνητη στο κέντρο του Σύμπαντος, ενώ όλα τα άλλα σώματα, συμπεριλαμβανομένου του Ηλίου, περιφέρονταν γύρω της και της ασκούσαν μυστηριώδεις επιρροές. Όλα αυτά ανατράπηκαν από τους μεγάλους ερευνητές μέσα σε εντυπωσιακά μικρό χρονικό διάστημα.

Μετά το έργο του Κοπέρνικου, ίσως το πιο αποφασιστικό εργαλείο της μεγάλης αυτής ανατροπής ήταν το τηλεσκόπιο του Γαλιλαίου, το οποίο κατασκευάστηκε από τον ίδιο για τη μελέτη του ουρανού. Παρατηρώντας τη Σελήνη μέσα από το τηλεσκόπιο, ο Γαλιλαίος ανακάλυψε κρατήρες, χαράδρες και οροσειρές, δηλαδή ευρήματα που δεν ήταν συμβατά με τον τέλειο

και άφθαρτο αιθέρα. Αντίθετα, το «βομβαρδισμένο» τοπίο του φεγγαριού μαρτυρούσε ότι ήταν πλασμένο από υλικά παρόμοιας φύσης με αυτά που συναντούμε στη Γη, δηλαδή υλικά που διαβρώνονται, καταστρέφονται και αλλάζουν μορφή. Μια ακόμα πολύ σημαντική συνεισφορά του Γαλιλαίου στην επιστήμη αποτέλεσε η ανακάλυψη των δορυφόρων του Δία. Κάνοντας προσεκτικές παρατηρήσεις με το τηλεσκόπιό του σε διαδοχικές νύχτες, ο Γαλιλαίος παρατήρησε ότι τα μικρά αυτά αντικείμενα περιφέρονταν γύρω από τον Δία. Το γεγονός αυτό αποτέλεσε ένα ισχυρότατο πλήγμα για το γεωκεντρικό σύστημα, διότι έδειχνε πως δεν ήταν υποχρεωμένα όλα τα ουράνια σώματα να περιφέρονται γύρω από τη Γη. Επίσης, όταν ο Γαλιλαίος έστρεψε το τηλεσκόπιό του προς τη λωρίδα του Γαλαξία, η οποία διασχίζει τον σκοτεινό νυχτερινό ουρανό, συμπέρανε -σωστά- ότι πρόκειται για το φως αναρίθμητων άστρων. Επομένως, το Σύμπαν μας περιείχε πολύ περισσότερα άστρα απ' όσα μπορούσε να διακρίνει κανείς με γυμνό μάτι. Μαζί με όλα αυτά, ο Γαλιλαίος έθεσε τις βάσεις της Κινηματικής, δηλαδή του κλάδου της Φυσικής που περιγράφει τις κινήσεις των σωμάτων. Δεν θα είναι, λοιπόν, υπερβολή να πούμε ότι ο σπουδαίος αυτός ερευνητής, μέσα από τις παρατηρήσεις και τα πειράματά του, διέλυσε μέσα σε ελάχιστα χρόνια την παλιά πνευματική εικόνα του ουρανού και, μαζί με αυτήν, δεισιδαιμονίες χιλιετιών.

Περίπου την ίδια εποχή με τον Γαλιλαίο, ο Γερμανός αστρονόμος Johannes Kepler, βασισμένος στις λεπτομερείς αστρονομικές καταγραφές του Δανού αστρονόμου Tycho Brahe<sup>2</sup>, έλυσε το μεγάλο αίνιγμα της κίνησης των πλανητών. Έδειξε, δηλαδή, ότι οι πλανήτες κινούνται σε ελλειπτικές και όχι σε κυκλικές τροχιές όπως θεωρούσαν οι προγενέστεροι. Παρέμενε, όμως, ανεξήγητη η αιτία αυτών των κινήσεων. Η λύση δόθηκε μερικές δεκαετίες αργότερα από έναν άνθρωπο που πολλοί θεωρούν ως τον σπουδαιότερο φυσικό όλων των εποχών: τον Άγγλο φυσικό Ισαάκ Νεύτωνα (Isaac Newton). Ο Νεύτωνα, βασισμένος στα έργα του Kepler και του Γαλιλαίου, διατύπωσε τον Νόμο της Παγκόσμιας Έλξης και τους Τρεις Νόμους της Κίνησης, μαθηματικοποιώντας πλήρως τις κινήσεις των σωμάτων - επίγειων και ουράνιων. Μέχρι σήμερα, στα σχολεία, στα πανεπιστήμια και στις τεχνικές σχολές, η Φυσική του Νεύτωνα εξακολουθεί να αποτελεί το σημαντικότερο εργαλείο μέσα από το οποίο μελετούμε τον κόσμο.

---

2. Προφέρεται «Τύχο Μπράχε».

## 1.2 Η επιστημονική μέθοδος

Για να κατανοήσουμε το μέγεθος της διανοητικής «έκρηξης» που προκάλεσε η επιστημονική επανάσταση, αρκεί να σκεφτούμε το εξής: Το είδος μας εμφανίστηκε περίπου πριν από 100 με 200 χιλιάδες χρόνια, αλλά κατά το μεγαλύτερο μέρος της ύπαρξής του είχε σχεδόν ολοκληρωτική άγνοια των φυσικών νόμων και της φύσης του Σύμπαντος. Κι όμως, σε ένα πολύ σύντομο χρονικό διάστημα 400 ετών, δηλαδή μικρότερο από το 0,4% του συνολικού χρόνου ύπαρξής του, ο άνθρωπος κατάφερε να αναπτύξει εργαλεία τα οποία αύξησαν τις γνώσεις του με εκθετικό ρυθμό. Εργαλεία που πραγματικά μεταμόρφωσαν τον ανθρώπινο πολιτισμό και τον πλανήτη μας. Τι άλλαξε; Πώς μπόρεσε ένα πρωτεύον θηλαστικό να φτάσει στο σημείο να στέλνει διαστημόπλοια στα πέρατα του ηλιακού μας συστήματος και να φωτογραφίζει μαύρες τρύπες; Η απάντηση βρίσκεται στη δημιουργία και την εξέλιξη του ακριβέστερου και «κοφτερότερου» εργαλείου που έχει εφευρεθεί ποτέ. Το εργαλείο αυτό είναι, φυσικά, η *επιστημονική μέθοδος*, η οποία μας επιτρέπει να αποκωδικοποιούμε τα μυστικά του Σύμπαντος με έξι βασικά βήματα. Τα βήματα αυτά είναι τα εξής:

1. Παρατήρηση του φυσικού κόσμου
2. Διατύπωση ερώτησης
3. Υπόθεση (πιθανή εξήγηση φαινομένου)
4. Πείραμα και συλλογή δεδομένων
5. Ανάλυση δεδομένων
6. Επιβεβαίωση ή απόρριψη της αρχικής υπόθεσης

Πρέπει, βέβαια, να σημειωθεί ότι η ανάπτυξη της επιστημονικής μεθόδου δεν θα είχε ολοκληρωθεί, εάν δεν είχαμε συνειδητοποιήσει κάτι ακόμα πολύ ουσιαστικό, δηλαδή το γεγονός ότι η ακριβέστερη και πληρέστερη γλώσσα για την εξήγηση του θαυμαστού μας κόσμου είναι η γλώσσα των μαθηματικών.

Με την επιστημονική επανάσταση, ο άνθρωπος πλέον συνειδητοποιεί ότι έχει την ικανότητα να εξηγήει τι συμβαίνει όχι μόνο πάνω στον πλανήτη μας, αλλά και σε ολόκληρο το Σύμπαν. Διότι οι ίδιοι φυσικοί νόμοι που διέπουν την κίνηση των σωμάτων στη Γη διέπουν και την κίνηση των ουράνιων σωμάτων. Αυτή η απλή συνειδητοποίηση οδηγεί την ανθρωπότητα σε μια άνευ προηγουμένου ανάπτυξη των επιστημών. Ο άνθρωπος απελευθερώνεται από τα δεσμά των δεισιδαιμονιών, παύει να θεωρεί τον εαυτό του παθητικό δέκτη υπερφυσικών επιρροών και σαλπάρει, ελεύθερος πια, για το μεγάλο ταξίδι της κατανόησης του Σύμπαντος.

### 1.3 Η μοντέρνα εικόνα του Σύμπαντος

Μέσα στα 300 χρόνια που πέρασαν από τον θάνατο του Νεύτωνα μέχρι σήμερα, έχει αλλάξει ριζικά ο τρόπος που βλέπουμε τον κόσμο. Γνωρίζουμε πλέον ότι βρισκόμαστε πάνω σε έναν γαλάζιο, βραχώδη πλανήτη, που καλύπτεται κατά 71% από νερό. Ο πλανήτης μας έχει ένα σφαιροειδές σχήμα, διογκωμένο ελαφρώς στον ισημερινό, με διάμετρο λίγο μεγαλύτερη των 12.700 χιλιομέτρων. Γύρω από τη Γη περιφέρεται ο μοναδικός φυσικός δορυφόρος της, η Σελήνη. Το λαμπρό αργυρό φως της στον νυχτερινό ουρανό μάς δημιουργεί την ψευδαίσθηση ότι βρίσκεται σχετικά κοντά μας. Ωστόσο, η μέση απόστασή της από τη Γη είναι ίση με 384.000 χιλιόμετρα, πράγμα που σημαίνει ότι ανάμεσα στη Γη και τη Σελήνη χωρούν περίπου 30 πλανήτες στο μέγεθος της Γης!

30 γίνες διαμέτροι



**Εικ. 1.1:** Η απόσταση Γης-Σελήνης.

Εάν απομακρυνθούμε από το σύστημα Γης-Σελήνης, θα δούμε ότι ο πλανήτης μας βρίσκεται σε τροχιά γύρω από τον Ήλιο και είναι ένας από συνολικά οκτώ πλανήτες και πολλούς ακόμα νάνους πλανήτες, αστεροειδείς και κομήτες που ανήκουν στο ηλιακό μας σύστημα. Στο σημείο αυτό πρέπει να τονιστεί ότι οι αποστάσεις μεταξύ των πλανητών είναι πραγματικά γιγάντιες. Όσο κι αν νομίζουμε ότι συνειδητοποιούμε αυτό το γεγονός και όσα παραδείγματα κι αν φέρουμε, δύσκολα θα μπορέσουμε να αισθανθούμε τις αστρονομικές αποστάσεις. Το διάστημα, όπως άλλωστε φαίνεται και από την ίδια τη λέξη που χρησιμοποιούμε, είναι κυρίως άδειος χώρος. Οι συνηθισμένες εικόνες του ηλιακού μας συστήματος που κυκλοφορούν παρουσιάζουν μια μεγεθυμένη, ωραιοποιημένη εκδοχή των πλανητών. Στην πραγματικότητα, όμως, οι αποστάσεις σχεδόν ποτέ δεν απεικονίζονται σωστά, όχι λόγω επιστημονικής ανακρίβειας, αλλά απλούστατα επειδή, αν βλέπαμε το ηλιακό σύστημα στην πραγματική του κλίμακα, δεν θα μπορούσαμε να διακρίνουμε τους πλανήτες. Στην καλύτερη περίπτωση, θα φαίνονταν ως μικροσκοπικά κομμάτια σκόνης, σε γιγάντιες μεταξύ τους αποστάσεις, που θα περιφέρονταν γύρω από μια φωτεινή κουκκίδα, τον Ήλιο μας.

Ο Ήλιος είναι ένα ασύλληπτα μεγάλο αντικείμενο, 109 φορές μεγαλύτερο σε διάμετρο από τη Γη. Κι όμως, κατά μήκος της απόστασης Γης-Ήλιου

χωρούν 107 αντικείμενα σαν τον Ήλιο μας, εάν τα τοποθετήσουμε το ένα δίπλα στο άλλο<sup>3</sup>. Για να το δούμε αυτό με ένα απλό πρακτικό παράδειγμα από την καθημερινότητά μας, εάν ο πλανήτης μας είχε το μέγεθος μιας μπάλας ποδοσφαίρου, τότε ο Ήλιος θα είχε το μέγεθος μιας μεγάλης πολυκατοικίας οκτώ ορόφων, που θα βρισκόταν σε μια απόσταση μεγαλύτερη των 2.500 μέτρων από τη Γη!

Αν τα παραπάνω δεν σας φαίνονται αρκετά πειστικά για το πόσο μεγάλος και άδειος είναι ο χώρος μεταξύ των ουράνιων σωμάτων, μπορούμε να αξιοποιήσουμε τη μέγιστη ταχύτητα με την οποία μπορεί να διαδοθεί μια πληροφορία στο Σύμπαν, την ταχύτητα του φωτός. Τα σωματίδια που αποτελούν το φως, τα φωτόνια, κινούνται στο κενό με μια ταχύτητα περίπου 300.000 χιλιομέτρων το δευτερόλεπτο<sup>4</sup>. Αν δεν είστε εξοικειωμένοι με αυτή τη μονάδα μέτρησης, αρκεί να πούμε ότι αντιστοιχεί σε μια ταχύτητα μεγαλύτερη του ενός δισεκατομμυρίου χιλιομέτρων ανά ώρα. Σε ό,τι αφορά την καθημερινότητά μας, πρακτικά η ταχύτητα αυτή θεωρείται «άπειρη», με την έννοια ότι, μόλις ανάψουμε μια λάμπα, το δωμάτιό μας φωτίζεται ακαριαία χωρίς καμιά ανιχνεύσιμη καθυστέρηση. Κι όμως, το φως του Ηλίου όχι μόνο δεν φτάνει ακαριαία στους πλανήτες, αλλά μεσολαβούν αξιοσημείωτα χρονικά διαστήματα. Για παράδειγμα, για να φτάσει το ηλιακό φως στη Γη, απαιτούνται κατά μέσο όρο 8 λεπτά και 19 δευτερόλεπτα. Αυτό σημαίνει ότι, όταν παρατηρούμε τον Ήλιο, βλέπουμε πάνω από 8 λεπτά πίσω στο παρελθόν. Για να φτάσει το ηλιακό φως στον πιο μακρινό πλανήτη, τον παγωμένο γίγαντα Ποσειδώνα, απαιτούνται πάνω από 4 ώρες. Επομένως, εάν με κάποιον τρόπο ο Ήλιος μας καταστρεφόταν ή έσβηνε, ένας αστροναύτης σε τροχιά γύρω από τον Ποσειδώνα θα το αντιλαμβανόταν τουλάχιστον 4 ώρες αργότερα. Βλέπουμε, λοιπόν, ότι η πλανητική μας γειτονιά είναι υπερβολικά αραιή. Οι πλανήτες πλέουν πραγματικά σαν μικροσκοπικά σωματίδια μέσα στην κοσμική άβυσσο, χωρίς τον πρωταγωνιστικό ρόλο που τους δίνουμε συχνά στις καλλιτεχνικές απεικονίσεις. Ο πραγματικός πρωταγωνιστής του διαστήματος είναι οι τεράστιες αποστάσεις. Επομένως, για την αποτελεσματική μελέτη του Σύμπαντος ήταν αναγκαίο να ορίσουμε κάποιες νέες μονάδες μέτρησης της απόστασης.

Για αποστάσεις εντός του ηλιακού μας συστήματος συνήθως χρησιμοποιούμε την αστρονομική μονάδα (astronomical unit ή AU), η οποία ισοδυναμεί

3. Με άλλα λόγια, ανάμεσα στη Γη και τον Ήλιο θα μπορούσαν να χωρέσουν σχεδόν 11.700 πλανήτες σαν τη Γη μας.

4. Η ακριβής τιμή είναι 299.792,5 χιλιόμετρα το δευτερόλεπτο.

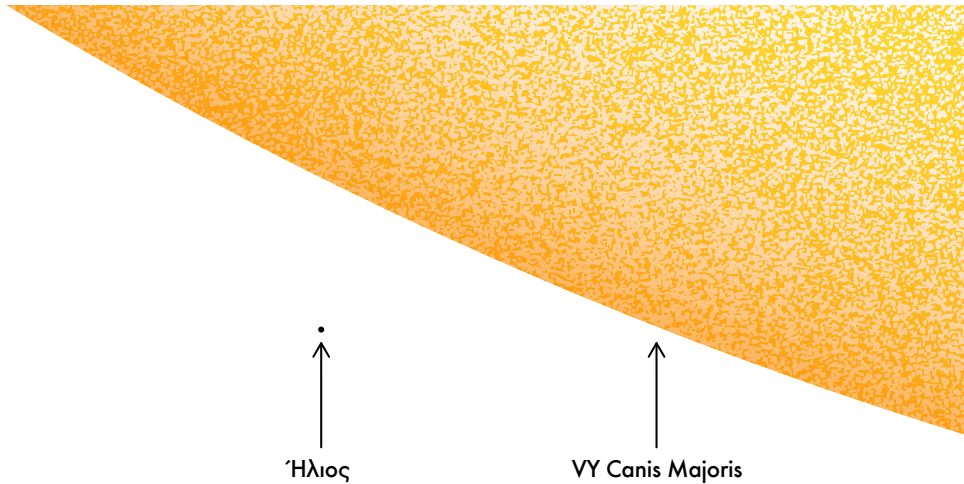
με τη μέση απόσταση Γης-Ηλίου, δηλαδή 149.597.871 χιλιόμετρα. Επομένως, η Γη βρίσκεται -κατά μέσο όρο- σε απόσταση μίας αστρονομικής μονάδας από τον Ήλιο, ενώ ο πιο μακρινός πλανήτης, ο Ποσειδώνας, απέχει από το μητρικό μας άστρο περίπου 30 αστρονομικές μονάδες.

Η αστρονομική μονάδα είναι ιδιαίτερα χρήσιμη όταν εξετάζουμε σώματα που βρίσκονται στην πλανητική μας γειτονιά. Ωστόσο, όταν κοιτάμε τον νυχτερινό ουρανό μια καθαρή νύχτα, ελάχιστα από τα αντικείμενα που διακρίνουμε ανήκουν στο ηλιακό μας σύστημα. Τα περισσότερα φωτεινά σημεία που κοσμούν τον ουράνιο θόλο είναι αστέρες, δηλαδή σώματα σαν τον Ήλιο που βρίσκονται όμως υπερβολικά μακριά από εμάς. Μάλιστα, οι περισσότεροι αστέρες που φαίνονται με γυμνό μάτι είναι μεγαλύτεροι από τον Ήλιο. Ωστόσο, εξαιτίας των γιγάντιων αποστάσεών τους από εμάς, φαίνονται σαν μικροσκοπικές φωτεινές κουκκίδες που τρεμοπαίζουν καθώς το φως τους διαθλάται από τη γήινη ατμόσφαιρα. Οι αποστάσεις μεταξύ των άστρων είναι τόσο μεγάλες, που ακόμα και η αστρονομική μονάδα είναι εξαιρετικά μικρή για να τις περιγράψει. Για αυτόν τον λόγο, για τις διαστρικές αποστάσεις χρησιμοποιούμε συνήθως το έτος φωτός (light year ή ly), που αντιστοιχεί στην απόσταση την οποία διανύει το φως σε έναν ολόκληρο χρόνο στο κενό. Η απόσταση αυτή ισοδυναμεί περίπου με 63.000 αστρονομικές μονάδες ή 9,5 τρισεκατομμύρια χιλιόμετρα, ένα πραγματικά ασύλληπτο μέγεθος για τα ανθρώπινα δεδομένα.

Με τη βοήθεια των τηλεσκοπίων, έχουμε καταφέρει να ανακαλύψουμε αστέρες σε γιγάντιες αποστάσεις, τους οποίους είναι αδύνατο να διακρίνουμε με γυμνό μάτι. Κάποιοι από αυτούς είναι τόσο μεγάλοι που, αν τοποθετούσαμε τον Ήλιο δίπλα τους, θα έμοιαζε σαν ένας κόκκος σκόνης. Ενδεικτικά, δύο από τους μεγαλύτερους αστέρες που έχουμε ανακαλύψει είναι ο VY Canis Majoris στον αστερισμό του Μεγάλου Κυνός και ο Stephenson 2-18 στον αστερισμό της Ασπίδος. Σύμφωνα με τις πιο πρόσφατες εκτιμήσεις των ερευνητών, έχουν διαμέτρους 1.420 και 2.150 φορές μεγαλύτερες από τη διάμετρο του Ηλίου αντίστοιχα<sup>5</sup>.

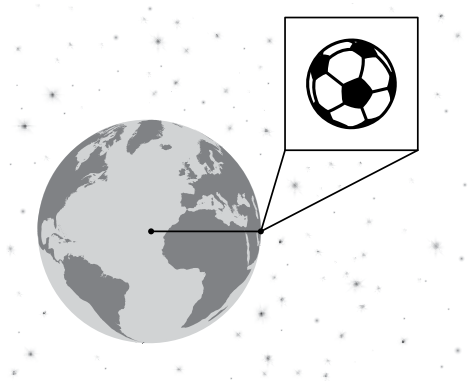
---

5. Λόγω της αβεβαιότητας της απόστασης των αστέρων από εμάς, οι τιμές αυτές διαρκώς επαναπροσδιορίζονται.



**Εικ. 1.2:** Ο Ήλιος μας σε σχέση με τον αστέρα VY Canis Majoris.

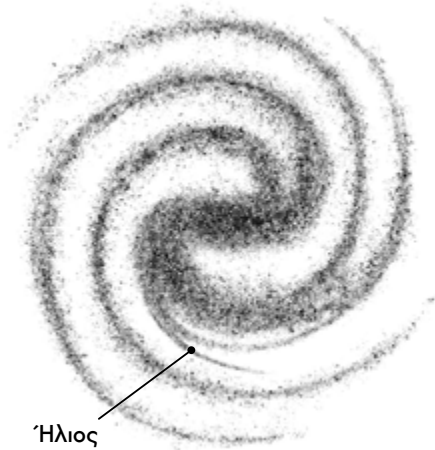
Αντισταθείτε, όμως, στον πειρασμό να θεωρήσετε ότι τα άστρα είναι οι κυρίαρχοι του διαστήματος, διότι ο διαστρικός χώρος είναι ακόμα πιο αραιός από τον χώρο του ηλιακού μας συστήματος. Εάν απομακρυνθούμε από τον Ήλιο μας, θα συναντήσουμε τον κοντινότερο αστέρα, τον Εγγύτατο του Κενταύρου, σε μια απόσταση περίπου 4,2 ετών φωτός, δηλαδή ίση με την απόσταση που θα διένυε το φως σε 4,2 χρόνια. Αυτή η απόσταση είναι τόσο μεγάλη που, πάνω στην ευθεία η οποία ενώνει τον Ήλιο και τον Εγγύτατο του Κενταύρου, θα μπορούσε κανείς να παρατάξει 28,5 εκατομμύρια Ήλιους, τον έναν πίσω από τον άλλον. Με άλλα λόγια, εάν ο Ήλιος μας είχε το μέγεθος μιας μπάλας ποδοσφαίρου, το κοντινότερο άστρο θα βρισκόταν σε απόσταση 6.300 χιλιομέτρων, δηλαδή σε απόσταση περίπου ίση με την ακτίνα της Γης! Μάλιστα, πρέπει να σημειωθεί ότι η μέση απόσταση μεταξύ των αστέρων στη γειτονιά μας είναι λίγο μεγαλύτερη από αυτή την απόσταση.



**Εικ. 1.3:** Εάν ο Ήλιος είχε το μέγεθος μιας μπάλας ποδοσφαίρου, το κοντινότερο άστρο σε αυτόν θα βρισκόταν σε απόσταση ίση με την ακτίνα της Γης.

Αν απομακρυνθούμε αρκετά από την αστρική μας γειτονιά, θα δούμε ότι όλα αυτά τα άστρα ανήκουν σε έναν εντυπωσιακό σχηματισμό που ονομάζεται «Γαλαξίας». Ο Γαλαξίας<sup>6</sup> περιέχει τουλάχιστον 200 δισεκατομμύρια άστρα, δηλαδή ήλιους, που οι περισσότεροι έχουν πλανήτες γύρω τους. Έχει τη μορφή λεπτού σπειροειδούς δίσκου, με ένα πάχος της τάξης των 1.000 ετών φωτός, ενώ η διάμετρός του ξεπερνά τα 100.000 έτη φωτός. Αυτό σημαίνει ότι ένα γεγονός που συμβαίνει στη μια άκρη του Γαλαξία μας δεν είναι δυνατό να γίνει αντιληπτό στην απέναντι πλευρά του Γαλαξία πριν περάσουν τουλάχιστον 100.000 χρόνια!

Όσο κινούμαστε προς τις κεντρικές περιοχές του Γαλαξία μας, η πυκνότητα των αστέρων αυξάνεται. Αλλά ακόμα και στις πυκνές αυτές περιοχές, η μέση απόσταση μεταξύ των γειτονικών αστέρων είναι τέτοια που μπορούμε να παρατάξουμε περίπου 110.000 άστρα σαν τον Ήλιο μας ανάμεσά τους. Η κεντρική πυκνή περιοχή του Γαλαξία μας ονομάζεται «γαλαξιακός πυρήνας» και περιέχει μια γιγάντια μαύρη τρύπα, μάζας άνω των 4 εκατομμυρίων ηλιακών μαζών. Εμείς βρισκόμαστε περίπου 26.000 έτη φωτός μακριά από αυτήν, σε μια σχετικά ήρεμη περιοχή του Γαλαξία, που ονομάζεται «βραχίονας του Ωρίωνα».



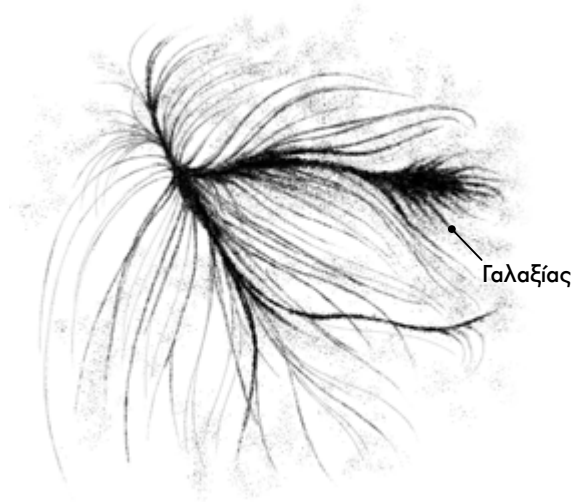
**Εικ. 1.4:** Η θέση του ηλιακού μας συστήματος μέσα στον Γαλαξία.

Αν απομακρυνθούμε από τον Γαλαξία μας, θα συναντήσουμε πολλούς νάνους γαλαξίες, δηλαδή σχηματισμούς μερικών εκατοντάδων εκατομμυρίων

6. Όταν αναφερόμαστε στον δικό μας Γαλαξία, χρησιμοποιούμε κεφαλαίο γάμμα, ενώ για τους άλλους γαλαξίες πεζό.

αστέρων. Ο κοντινότερος μεγάλος γαλαξίας που θα βρεθεί στον δρόμο μας, καθώς ταξιδεύουμε στον διαγαλαξιακό χώρο, είναι ο γαλαξίας της Ανδρομέδας, ένας σπειροειδής γαλαξίας σε απόσταση 2,5 εκατομμυρίων ετών φωτός από εμάς. Για δεκαετίες θεωρούσαμε ότι ο γαλαξίας της Ανδρομέδας ήταν αρκετά μεγαλύτερος από τον δικό μας, αλλά κάποιες μελέτες των τελευταίων ετών δείχνουν ότι ενδέχεται να έχουν παραπλήσιες διαστάσεις. Οι δύο αυτοί γαλαξίες, μαζί με δεκάδες ακόμα νάνους γαλαξίες, αποτελούν την «Τοπική Ομάδα» γαλαξιών.

Αν απομακρυνθούμε ακόμα περισσότερο, θα ανακαλύψουμε ότι αυτή η ομάδα γαλαξιών ανήκει σε ένα υπερσμήνος γαλαξιών, το οποίο περιέχει 100.000 γαλαξίες και ονομάζεται «Laniakea», που στη γλώσσα της Χαβάης σημαίνει «Απέραντος Ουρανός» (Εικόνα 1.5). Το Σύμπαν περιέχει εκατομμύρια τέτοια υπερσμήνη, τα οποία μοιάζουν σαν να σχηματίζουν ιστούς, δηλαδή πυκνώματα κι αραιώματα μέσα στον διαγαλαξιακό χώρο.



**Εικ. 1.5:** Ο Γαλαξίας μας ανήκει στο υπερσμήνος Laniakea, το οποίο αποτελείται από 100.000 γαλαξίες.

Αν φανταστούμε το «παρατηρήσιμο» σύμπαν σαν μια γιγάντια σφαίρα, τότε η διάμετρος αυτής της σφαίρας είναι 93 δισεκατομμύρια έτη φωτός και περιέχει περίπου 2 τρισεκατομμύρια γαλαξίες! Αυτή είναι η περιοχή του Σύμπαντος από την οποία μπορούμε θεωρητικά να αντλήσουμε πληροφορίες, δηλαδή η περιοχή με την οποία μπορούμε να αλληλεπιδράσουμε. Το «πραγματικό» μέγεθος του Σύμπαντος -ό,τι κι αν σημαίνει αυτή η φράση- είναι

άγνωστο. Επίσης, σύμφωνα με κάποιες επιστημονικές υποθέσεις που αναπτύχθηκαν τις προηγούμενες δεκαετίες, δεν μπορούμε να αποκλείσουμε το ενδεχόμενο το Σύμπαν μας να αποτελεί μονάχα ένα από αμέτρητα ακόμα σύμπαντα, καθένα από τα οποία έχει τους δικούς του φυσικούς νόμους. Όλα αυτά τα σύμπαντα μαζί απαρτίζουν το «Πολυσύμπαν».

★

Συνοψίζοντας όσα είδαμε παραπάνω, μπορούμε να πούμε ότι το γνωστό μας Σύμπαν περιέχει 2 τρισεκατομμύρια γαλαξίες, που ο καθένας περιέχει εκατοντάδες εκατομμύρια ή δισεκατομμύρια άστρα, εκ των οποίων σχεδόν όλα έχουν πλανήτες γύρω τους. Και όλα αυτά είναι μοιρασμένα σε μια σφαίρα διαμέτρου 93 δισεκατομμυρίων ετών φωτός. Για να δούμε αυτά τα νούμερα υπό μια άλλη προοπτική, ας σκεφτούμε το εξής: Σύμφωνα με μια μελέτη<sup>7</sup> που δημοσιεύτηκε στο Population Reference Bureau<sup>8</sup>, ο αριθμός όλων των ανατομικά σύγχρονων ανθρώπων που υπήρξαν ποτέ στον πλανήτη ξεπερνά τα 108 δισεκατομμύρια<sup>9</sup>. Αυτός είναι, δηλαδή, ο συνολικός πληθυσμός των ανθρώπων που είδαν κάποτε το φως της ημέρας. Εύκολα βρίσκουμε, λοιπόν, ότι σε κάθε άνθρωπο που γεννήθηκε ποτέ αντιστοιχούν 18 ολόκληροι γαλαξίες!

Αυτή η απεραντοσύνη μπορεί να μας δημιουργήσει αισθήματα μηδενισμού και ματαιότητας. Τι αξία έχει, άραγε, η μικροσκοπική μας ύπαρξη μπροστά σε αυτά τα μεγέθη; Κι όμως, μπορούμε να κάνουμε μια αισιόδοξη ανάγνωση όλων των παραπάνω. Διότι ο άνθρωπος είναι το ον αυτό που με τη δύναμη του νου του έχει καταφέρει να συλλάβει όλα αυτά που γνωρίζουμε σήμερα για το Σύμπαν. Μπορούμε νοητά να ταξιδεύουμε σε τιτάνιες αποστάσεις, να ανακαλύπτουμε εξωτικά φαινόμενα και να μελετούμε αντικείμενα των οποίων η ύπαρξη ήταν αδιανόητη για τους προγόνους μας. Με όπλο την επιστημονική μέθοδο, κάθε μέρα φωτίζουμε τις σκοτεινές περιοχές της άγνοιάς μας και τις μετατρέπουμε σε γνώση. Και, απ' ό,τι φαίνεται, είμαστε το μόνο είδος πάνω στη Γη, από τα εκατομμύρια που έχουν υπάρξει, που έχει καταφέρει να αντιληφθεί τον τρόπο με τον οποίο λειτουργεί το Σύμπαν

7. Έρευνα των Toshiko Kaneda και Carl Haub, 2020.

8. Γραφείο Αναφοράς Πληθυσμού.

9. Δεν θα πρέπει να μας εκπλήσσει ότι, χάρη στην εξέλιξη των επιστημών, ο σημερινός πληθυσμός αποτελεί ένα πολύ μεγάλο κλάσμα του συνολικού αριθμού των ανθρώπων που υπήρξαν ποτέ, ξεπερνώντας το 7%.

σε τέτοιον βαθμό. Άρα, όσο πιο «μικροί» συνειδητοποιούμε ότι είμαστε σε διαστάσεις, τόσο πιο «μεγάλοι» γινόμαστε διανοητικά.

Η ικανότητά μας να αναλύουμε και να ερμηνεύουμε τα φυσικά φαινόμενα μας καθιστά ξεχωριστούς, αλλά αποτελεί ταυτόχρονα και ένα βαρύ φορτίο, διότι η ευθύνη της εξήγησης του Σύμπαντος πέφτει τώρα στους δικούς μας ώμους. Είναι, όμως, μια ευθύνη ενσωματωμένη στην ύπαρξή μας ως φυσικό ένστικτο, μια ευθύνη που την απολαμβάνουμε. Άλλωστε, η επιθυμία μας να κατανοήσουμε τα φυσικά φαινόμενα χρησιμοποιώντας τη λογική μας αποτέλεσε το μεγάλο εξελικτικό μας πλεονέκτημα. Δεν μπορούμε, λοιπόν, παρά να συνεχίσουμε με αισιοδοξία να βαδίζουμε στο συναρπαστικό μονοπάτι της ανακάλυψης, εξελίσσοντας τις δυνατότητες και εμπλουτίζοντας διαρκώς τις γνώσεις μας.