



ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ  
ΝΕΟ ΨΗΦΙΑΚΟ ΠΛΑΝΗΤΑΡΙΟ



# ΕΞΕΛΙΞΗ

Οδηγός Παράστασης

ΔΙΟΝΥΣΗ Π. ΣΙΜΟΠΟΥΛΟΥ  
Διευθυντή Ευγενιδείου Πλανηταρίου

ΑΛΕΞΗ Α. ΔΕΛΗΒΟΡΙΑ  
Αστρονόμου Ευγενιδείου Πλανηταρίου



**ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ**

Νέο Ψηφιακό Πλανητάριο

Οδηγός Παράστασης

**ΕΞΕΛΙΞΗ** 

ΔΙΟΝΥΣΗ Π. ΣΙΜΟΠΟΥΛΟΥ  
Διευθυντή Ευγενιδείου Πλανηταρίου

ΑΛΕΞΗ Α. ΔΕΛΗΒΟΡΙΑ  
Αστρονόμου Ευγενιδείου Πλανηταρίου

ΑΘΗΝΑ  
2011





<b>ΠΡΟΛΟΓΟΣ</b> .....	4
-----------------------	---

## **ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Η επιστημονική μέθοδος.....	7
Βιβλιογραφία .....	13

## **ΕΝΟΤΗΤΑ ΠΡΩΤΗ: ΣΥΜΠΑΝ**

Εισαγωγή.....	15
1. Κοσμοσύνθεση .....	16
2. Θεωρίες και μοντέλα .....	22
3. Οι Πρώτες Στιγμές της Δημιουργίας .....	28
4. Η Δομή του Σύμπαντος .....	34
Βιβλιογραφία .....	39

## **ΕΝΟΤΗΤΑ ΔΕΥΤΕΡΗ: ΑΣΤΡΑ**

Εισαγωγή.....	41
1. Αστρικά Βρεφοκομεία .....	42
2. Κόκκινοι Γίγαντες και Άσπροι Νάνοι .....	48
3. Οι Φάροι του Διαστήματος .....	52
4. Μαύρες Τρύπες στο Διάστημα .....	57
Βιβλιογραφία .....	63

## **ΕΝΟΤΗΤΑ ΤΡΙΤΗ: ΓΗ**

Εισαγωγή.....	65
1. Η Γέννηση του Ηλιακού Συστήματος .....	66
2. Η Αρχέγονη Γη .....	72





3. Η Γεωλογική Εξέλιξη της Γης .....	77
4. Το Τέλος της Γης .....	83
Βιβλιογραφία .....	87

#### **ΕΝΟΤΗΤΑ ΤΕΤΑΡΤΗ: ΖΩΗ**

Εισαγωγή.....	89
1. Ο Δαρβίνος και η θεωρία της Εξέλιξης .....	90
2. Η Απαρχή της Ζωής .....	94
3. Οι Μαζικοί Αφανισμοί .....	100
4. Η Κλίμακα του Γεωλογικού Χρόνου .....	105
Βιβλιογραφία .....	113

#### **ΕΝΟΤΗΤΑ ΠΕΜΠΤΗ: ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΣ**

Εισαγωγή.....	115
1. Από τη Προϊστορία στην Ιστορία .....	116
2. Μεγάλοι Πολιτισμοί της Αρχαιότητας .....	120
3. Από το Μεσαίωνα στην Αναγέννηση.....	126
4. Η Επιστημονική Επανάσταση .....	131
Βιβλιογραφία .....	137

#### **ΕΠΙΛΟΓΟΣ:**

Η εξέλιξη συνεχίζεται .....	139
-----------------------------	-----

<b>ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗΣ</b> .....	<b>147</b>
-------------------------------------	------------



Είχα διαβάσει κάποτε ότι η αξία ενός διευθυντικού στελέχους φαίνεται μόνο όταν μετά την αναχώρησή του δεν αισθάνεται κανείς την απουσία του. Έκτοτε μου είχε γίνει «μανία», όταν θα 'ρχόταν ο καιρός, να μπορούσα να πω κι εγώ ότι το κατόρθωσα. Αυτός ο καιρός, τουλάχιστον σε ό,τι αφορά στη δημιουργία των παραστάσεων του Πλανηταρίου, έχει επί τέλους φτάσει, αφού την όλη διεργασία σύλληψης και υλοποίησης μιας παράστασης έχουν ήδη αναλάβει σχεδόν πλήρως οι συνεργάτες που αποτελούν τη δημιουργική μας ομάδα.

Μετά από οκτώ χρόνια των νέων δραστηριοτήτων του Ψηφιακού μας Πλανηταρίου, οι συνεργάτες μας αυτοί έχουν διαμορφώσει μία δική τους αισθητική, κι έχουν επιβάλει τη δική τους προσωπική σφραγίδα, ο καθένας στον τομέα του, σε όλες τις πτυχές της δημιουργίας και παρουσίασης μιας παράστασης: ο Μάνος Κιτσώνας στη Διεύθυνση Παραγωγής και την Τεχνική Επιμέλεια, ο Παναγιώτης Σιμόπουλος στο Σενάριο και τη Σκηνοθεσία, ο Αλέξης Δεληβοριάς στην Επιστημονική Επιμέλεια και στη Συγγραφή του Οδηγού και της Αφήγησης, ο Τάσος Κατσάρης στη Μουσική Σύνθεση, την Ενορχήστρωση, το Sound Design και τη Μίξη του soundtrack, η Εύη Γαρδίκη στις Δημόσιες Σχέσεις, η Λία Πανταζοπούλου στη σύνδεσή μας με τα ΜΜΕ, και οι τεχνικοί μας στην επεξεργασία και εγκατάσταση του ψηφιακού περιεχομένου της Παράστασης στα διάφορα συστήματα προβολής του Πλανηταρίου. Στη συγκεκριμένη μάλιστα παράσταση, εκτός των άλλων, ακόμη και η παραμικρή εικόνα της στο θόλο του Πλανηταρίου είναι δημιούργημα Ελλήνων τεχνικών και καλλιτεχνών της εταιρείας "Eyelead", με επικεφαλής τον Ιωσήφ Ψιστάκη, που δημιούργησε τις διάφορες σκηνές animation με ένα λογισμικό (Hive) δικής της έμπνευσης και υλοποίησης.

Η όλη διαδικασία μετάβασης στη σημερινή κατάσταση αποδείχτηκε, για μένα τουλάχιστον, ευκολότερη απ' ό,τι νόμιζα. Ξεκίνησε πριν από πέντε περίπου χρόνια με τη διαδικασία της «ώσμωσης», ενώ πριν από τρία χρόνια ξεκίνησε και η ουσιαστική πλέον συμμετοχή των πιο πάνω συνεργατών μας στη διαδικασία παραγωγής, καθένας εκ των οποίων αναλάμβανε σταδιακά όλο και πιο μεγάλο ρόλο σε ό,τι τον αφορούσε. Μέχρις ότου στην παρούσα παράσταση η δική μου συμμετοχή περιορίζεται σε ένα περίπου 10%, κι αυτό σε διάφορες «κοσμητικές» μόνο παρεμβάσεις. Και το αποτέλεσμα, όπως θα διαπιστώσετε κι εσείς, είναι τέτοιο ώστε να αισθάνομαι πραγματικά υπερήφανος και ιδιαίτερα αισιόδοξος για το μέλλον.

Η νέα ψηφιακή παράσταση του Ευγενιδείου Πλανηταρίου έχει ως θέμα, αλλά και τίτλο, την «Εξέλιξη». Πρόκειται για μία σπονδυλωτή 40-λεπτη παράσταση με πέντε ενότητες που αφηγούνται τη συναρπαστική ιστορία του Σύμπαντος, των Άστρων, του Πλανήτη μας, των Έμβιων οργανισμών που φιλοξενεί, αλλά και του Ανθρώπινου Πολιτισμού μας. Στη διάρκεια της παράστασης οι θεατές θα διαπιστώσουν ότι το Σύμπαν, αλλά και όλα όσα εμπεριέχει, δεν είναι σταθερό, αιώνιο και αμετάβλητο, αλλά αντίθετα εξελίσσεται συνεχώς από τότε που «γεννήθηκε» πριν από περίπου 13,7 δισεκατομμύρια χρόνια. Τα Άστρα, από την άλλη, γεννιούνται βαθιά μέσα σε γιγάντια μοριακά νέφη αερίων και σκόνης και «ενηλικιώνονται» καταναλώνο-



# ΠΡΟΛΟΓΟΣ

ντας τα πυρηνικά τους καύσιμα, ενώ το είδος των αστρικών «ληιψάνων» που θα προκύψουν από το θάνατό τους εξαρτάται από την αρχική τους μάζα. Ο θάνατος, όμως, ενός άστρου δεν είναι απλά το τέλος, αλλά μπορεί να είναι και μια νέα αρχή, αφού οι εκρήξεις σουπερνόβα «εμπλουτίζουν» το Διάστημα με τα βαρύτερα στοιχεία που είχαν συνθέσει στο εσωτερικό τους, αλλά μπορούν επίσης να δώσουν και το έναυσμα για τη δημιουργία νέων άστρων και πλανητικών συστημάτων.

Κάπως έτσι, πριν από περίπου 4,6 δισεκατομμύρια χρόνια, γεννήθηκε και το δικό μας Ηλιακό Σύστημα, ενώ λίγο αργότερα σχηματίστηκε και ο πλανήτης μας, ο οποίος χάρη στην ασταμάτητη γεωτεκτονική δραστηριότητά του και τα στοιχεία της Φύσης, αναμορφώνει την επιφάνειά του συνεχώς. Εμείς οι ίδιοι, από την άλλη, αλλά και κάθε άλλος έμβιος οργανισμός που φιλοξενεί η Γη μας, δεν είμαστε παρά το αποτέλεσμα μιας μακροχρόνιας βιολογικής εξέλιξης, η οποία ξεκίνησε πριν από τουλάχιστον 3,8 δισεκατομμύρια χρόνια και συνεχίζεται μέχρι σήμερα. Η εμφάνιση και η εξέλιξη του Ανθρώπινου Πολιτισμού, τέλος, από τότε δηλαδή που οι πρώτοι μας μακρινοί πρόγονοι εγκατέλειψαν το νομαδικό τρόπο ζωής τους και εγκαταστάθηκαν στους πρώτους μόνιμους οικισμούς τους, καλύπτει μια χρονική περίοδο που, μέχρι σήμερα, δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 10.000 χρόνια. Η παράσταση, δηλαδή, αυτή είναι μια ιστορία, ο επίλογος της οποίας δεν έχει ακόμη γραφτεί.

Θα θέλαμε φυσικά να γίνει κατανοητό εδώ ότι ούτε ο Οδηγός αυτός, και ακόμη περισσότερο, ούτε και το σενάριο μιας παράστασης Πλανηταρίου και η αφήγησή της, είναι κάποιο είδος «πανεπιστημιακής διατριβής». Αποτελούν απλώς μια σύντομη και εκλαϊκευμένη παρουσίαση των θεμάτων στα οποία αναφέρονται. Τίποτε περισσότερο και τίποτε λιγότερο. Παρόλα αυτά οι παραστάσεις μας αυτές και οι «Οδηγοί» που τις συνοδεύουν δεν φαλκιδεύουν ούτε στο ελάχιστο τον πραγματικό προσορισμό του Πλανηταρίου ως ένα ισχυρό εκπαιδευτικό εργαλείο που προωθεί τη διάχυση και κατανόηση των επιστημών σε μικρούς και μεγάλους.

Κλείνοντας θέλω να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στο φίλο και άμεσο συνεργάτη μου Δρ. Αλέξη Δεληβοριά, χάρη στον οποίο ο «Οδηγός» αυτός διαθέτει μία πληρότητα που συνδυάζει άψογα τη συντομία με την περιεκτικότητα. Στον ίδιο οφείλεται επίσης και η επιλογή της εικονογράφησης που κοσμεί τις σελίδες αυτές. Θα ήταν, επίσης, μεγάλη παράλειψη αν δεν ευχαριστούσα και όλους τους φίλους-συνεργάτες της δημιουργικής μας ομάδας που συμμετείχαν στη διαμόρφωση της νέας μας παράστασης και των οποίων τα ονόματα παρατίθενται στην τελευταία σελίδα του παρόντος «Οδηγού», καθώς επίσης και τους συναδέλφους του Εκδοτικού Τμήματος, οι οποίοι δημιούργησαν μια ακόμη ευπαραύστη έκδοση.

Διονύσιος Π. Σιμόπουλος  
Διευθυντής Ευγενιδείου Πλανηταρίου





## Η ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ

---

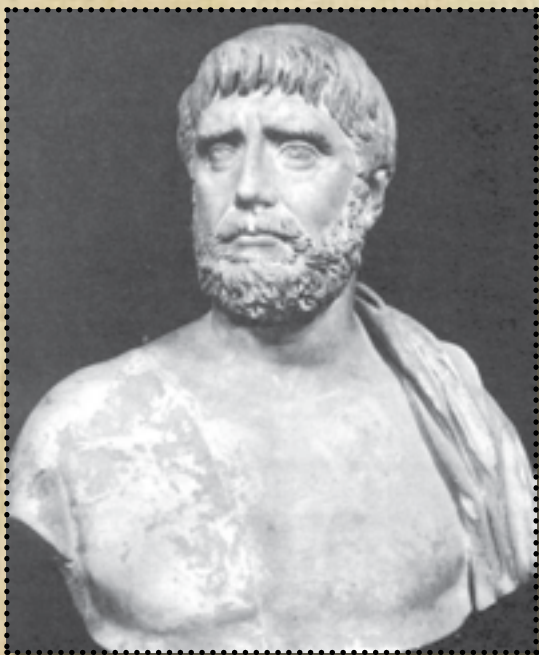
Στις 28 Μαΐου του 585 π.Χ. μία ολική έκλειψη Ηλίου σκοτείνιασε σιγά-σιγά τις πεδιάδες της Μικράς Ασίας, μέχρις ότου η μέρα έγινε νύχτα. Σύμφωνα με τον Ηρόδοτο, που μας περιγράφει το γεγονός, αυτή η μετάβαση από το φως στο σκοτάδι και ξανά στο φως, αυτό το εντυπωσιακό γεγονός χάρη στο οποίο τερματίστηκε ο πόλεμος Λυδών και Μήδων, είχε προβλεφθεί από το θαλή το Μιλήσιο. Δεν γνωρίζουμε με βεβαιότητα τα βήματα που ακολούθησε η σκέψη του θαλή, προκειμένου να καταλήξει σ' αυτήν την πρόβλεψη. Όμως, εάν όντως την έκανε, θα πρέπει να είχε στηριχτεί σε προγενέστερες παρατηρήσεις και δεδομένα και θα πρέπει να είχε διαμορφώσει μία, υποτυπώδη έστω, αλλά παρόλα αυτά ορθολογική ερμηνεία του φαινομένου, προτού προβεί στη συγκεκριμένη πρόβλεψη, η οποία εντέλει επιβεβαιώθηκε με την παρατήρηση, μέσα στα χρονικά όρια που είχε θέσει. Εάν αυτή η αλληλουχία σκέψεων και ενεργειών σάς φαίνεται κάπως οικεία, δεν κάνετε λάθος γιατί, τηρουμένων των αναλογιών, είναι η ίδια περίπου πορεία που ακολουθεί και ένας σύγχρονος επιστήμονας: η επιστημονική μέθοδος. Το πρώτο σημαντικό βήμα για την εξέλιξη των ιδεών στις φυσικές επιστήμες μέσα από την επιστημονική διερεύνηση των φυσικών φαινομένων είχε πραγματοποιηθεί.

Ο θαλής ο Μιλήσιος, ήταν ο πρώτος άνθρωπος ο οποίος, ως άλλος Προμηθέας, απελευθέρωσε την ερμηνεία του

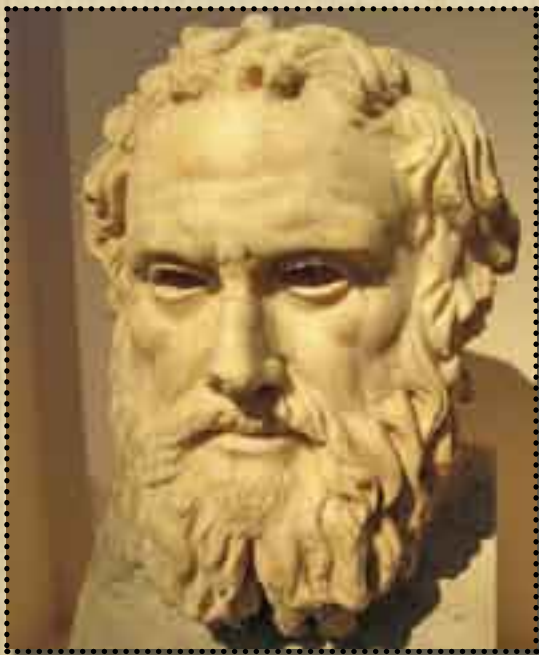
κόσμου από τους θεούς και την παρέδωσε στον άνθρωπο. Σύμφωνα με το θαλή, *αρχή των πάντων είναι το νερό*. Παρ' όλο που 2,5 χιλιάδες αργότερα η «εικασία» του αυτή μπορεί να μας φαίνεται αφελής, δεν παύει ωστόσο να είναι η πρώτη φορά που διατυπώνεται με τόσο ξεκάθαρο τρόπο ότι τα φυσικά φαινόμενα έχουν φυσικές αιτίες, οι οποίες μπορούν να ερμηνευτούν όχι με υπερφυσικές, αλλά με φυσικές δυνάμεις. Στην προσπάθειά του, δηλαδή, να ερμηνεύσει τον κόσμο και τα φυσικά φαινόμενα και σε αντίθεση με την κοσμογονία του Ησίοδου ή με τις τόσες άλλες μυθοπλασίες των πολιτισμών της αρχαιότητας, ο θαλής δεν επικαλείται κάποια θεότητα, για παράδειγμα τον Ωκεανό, αλλά επιλέγει το νερό, δηλαδή μια χημική ένωση. Και ακριβώς επειδή δεν απέδιδε κανένα ρόλο σε μυθικά όντα και θεότητες, οι θεωρίες του μπορούσαν να αντικρουστούν.

Είναι αλήθεια ότι στα πρώτα στάδια της εξέλιξης του ανθρώπινου γένους, όταν δηλαδή άρχισαν να διαμορφώνονται και να εξελίσσονται οι πρώτοι μεγάλοι πολιτισμοί της αρχαιότητας, το δέος και η μαγεία που αισθάνθηκε ο άνθρωπος παρατηρώντας τον έναστρο ουρανό, οδήγησαν στο μυστικισμό και στη δεισιδαιμονία. Αντίθετα, οι αρχαίοι Έλληνες φυσικοί φιλόσοφοι, αναζητώντας φυσικές ερμηνείες των φυσικών φαινομένων, σηματοδότησαν με τη σκέψη τους την απαρχή των επιστημών, την προσπάθεια δηλαδή να ερμηνευθεί αυτός ο «εξάισιος νέος κόσμος» με ορθολογικό τρόπο, απαλλαγμένο από θρησκευτικές δοξασίες, δεισιδαίμονες αντιλήψεις και αναγωγές σε υπερφυσικά φαινόμενα. Ευτυχώς, αυτό το «σαράκι» που είναι βαθιά





Θαλής ο Μιλήσιος.



Ο Ηράκλειτος.

χαραγμένο στη γενετική μας δομή, αυτή η «ανάγκη» που μας χαρακτηρίζει ως νοήμονα όντα να θέτουμε ερωτήματα και να αναζητούμε ορθολογικές απαντήσεις και φυσικές εξηγήσεις υπερίσχυσε. Η γένεση της επιστημονικής σκέψης ήταν πια γεγονός.

Σήμερα, περίπου 2,5 χιλιετίες μετά το Θαλή, η προσπάθεια να οριοθετηθούν οι διαφορές μεταξύ της βασικής και της εφαρμοσμένης έρευνας, να προσδιοριστεί ο «χαρακτήρας» της επιστήμης και να διευκρινιστεί ο τρόπος με τον οποίο διεξάγεται η επιστημονική έρευνα δεν έχει σταματήσει. Η συνεχιζόμενη διαμάχη και οι τόνοι μελάνιου που έχουν χυθεί για την ανάπτυξη αυτών των θεμάτων από ιστορικούς και φιλοσόφους της επιστήμης, επιστήμονες και εκπαιδευτικούς αποδεικνύει άλλωστε με τον καλύτερο τρόπο τις δυσκολίες αυτού του εγχειρήματος. Επιγραμματικά, ωστόσο, μπορούμε να αναφερθούμε σε ορισμένες τουλάχιστον από τις παραμέτρους που τα διέπουν.

Για παράδειγμα, ο Christopher Llewellyn Smith, άλλοτε γενικός διευθυντής του Ευρωπαϊκού Κέντρου Πυρηνικών Ερευνών CERN, στο άρθρο του «Ποια είναι η Χρησιμότητα της Βασικής Έρευνας» διαχωρίζει τη βασική από την εφαρμοσμένη έρευνα με βάση το «είδος» της γνώσης που αμφότερες παράγουν και το «κίνητρο» που ωθεί την ανάπτυξή τους. Σύμφωνα με τον Llewellyn Smith, λοιπόν, βασική επιστημονική έρευνα είναι η θεωρητική και πειραματική έρευνα που στοχεύει στη διεύρυνση των ορίων της γνώσης για τον κόσμο και τα φυσικά φαινόμενα, η οποία διεξάγεται αποκλειστικά με κίνητρο την έμφυτη περιέργεια του επιστήμονα-ερευνητή να κατανοήσει τους νόμους που διέπουν τη λειτουργία τους. Αυτή η έρευνα, η απαλλοτριωμένη από κάθε ιδέα εφαρμογής και οικονομικής ωφέλειας, συντελεί στην καλύτερη κατανόηση των αιτίων και των νόμων που διέπουν τις φυσικές διεργασίες, ενώ από αυτή πηγάζει κατά το μεγαλύτερο μέρος της και η ανάπτυξη των νέων τεχνολογιών και η καινοτομία. Η νέα γνώση



που προκύπτει από τη βασική έρευνα είναι συνήθως άμεσα διαθέσιμη σε όλους τους επιστήμονες, χωρίς όμως τους περιορισμούς και τη μυστικότητα που επιβάλλουν οι κατοχυρώσεις ευρεσιτεχνίας στα προϊόντα της εφαρμοσμένης έρευνας και καινοτομίας. Αντίθετα, οι εφαρμοσμένες επιστήμες και η τεχνολογία, ενώ βασίζονται κατά κύριο λόγο στην *ήδη υπάρχουσα* επιστημονική γνώση, στοχεύουν στην επίλυση συγκεκριμένων πρακτικών προβλημάτων και καθορίζονται, σε πολύ μεγαλύτερο βαθμό από ό,τι οι βασικές επιστήμες, από ποικίλα οικονομικά, κοινωνικά, πολιτικά, νομικά, θρησκευτικά ακόμα και ψυχολογικά δεδομένα, καθώς απευθύνονται σε συγκεκριμένες, πραγματικές ή και κατασκευασμένες ορισμένες φορές, ανάγκες των σύγχρονων κοινωνιών.

Ο διαχωρισμός αυτός δεν συνεπάγεται, όπως εξηγεί και ο Llewellyn Smith, ότι η βασική έρευνα οδηγεί πάντα στην εφαρμοσμένη έρευνα, η οποία με τη σειρά της οδηγεί σε νέα τεχνολογικά επιτεύγματα ή στη βιομηχανική ανάπτυξη, για να καταλήξει στην παραγωγή προϊόντων. Κατ' αρχήν, από την αυγή κιόλας του πολιτισμού, η τεχνολογία προηγήθηκε χρονικά της «καθαρής» επιστήμης. Η εφεύρεση του τροχού και τα πρώτα εργαλεία, η γεωργία, η υδροτομία και η άρδευση, για να αναφέρουμε ελάχιστα μόνο παραδείγματα, κατασκευάστηκαν και επινοήθηκαν με βάση τις πρακτικές και τις πραγματικές ανάγκες των ανθρώπων της εποχής εκείνης και σε καμία περίπτωση δεν βασίστηκαν στην ανάπτυξη των επιστημών, όπως την εννοούμε σήμερα. Αρκετά αργότερα, πάλι, πολλές από τις τεχνολογίες που επινοήθηκαν δεν βασίστηκαν εξ ολοκλήρου στην ανάπτυξη των επιστημών, αλλά πολλές φορές προηγήθηκαν, με χαρακτηριστικότερο ίσως παράδειγμα την εφεύρεση του τηλεσκοπίου. Η τάση αυτή άρχισε να αλλάζει κατά τη διάρκεια της Επιστημονικής Επανάστασης με τις μελέτες αρχικά του Κοπέρνικου, του Κέπλερ, του Γαλιλαίου και αργότερα του Νεύτωνα, ενώ καθόλη τη διάρκεια του 20<sup>ου</sup> αιώνα η βασική έρευνα πολύ περισσότερο τροφοδότησε

παρά τροφοδοτήθηκε από την εφαρμοσμένη έρευνα. Θα πρέπει δηλαδή να παραδεχτούμε ότι χωρίς τη συμβολή της βασικής έρευνας, τα επιτεύγματα του τεχνολογικού μας πολιτισμού και οι οικονομικές, υγειονομικές και πρακτικές απολαβές που απορρέουν από αυτόν θα ήταν δραστικά περιορισμένες. Όπως μας υπενθυμίζει ο Llewellyn Smith, τη θέση αυτή υποστήριξε ήδη από τη δεκαετία του '60 και ο περίφημος θεωρητικός φυσικός Hendrik Casimir (1909-2000), ο οποίος ανέφερε σε μια ομιλία του:

*«Έχω ακούσει δηλώσεις ότι ο ρόλος της ακαδημαϊκής έρευνας στην πρόοδο και στην καινοτομία δεν είναι ιδιαίτερα σημαντικός. Πρόκειται ενδεχομένως για την πιο κραυγαλέα ανοησία πάνω στην οποία είχα την τύχη να σκοντάψω (...) θα μπορούσε να αναρωτηθεί κανείς εάν η πυρηνική ενέργεια εμφανίστηκε γιατί οι άνθρωποι ήθελαν να βρουν νέες πηγές ενέργειας ή εάν η ανάγκη για μια νέα πηγή ενέργειας θα οδηγούσε στην ανακάλυψη του πυρήνα του ατόμου. Ίσως - μόνο που δεν έγινε κατά αυτόν το τρόπο (...) ή, εάν σε μια προσπάθεια να προσφέρει καλύτερη επικοινωνία, θα μπορούσε κανείς να έχει βρει τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα. Δεν ανακαλύφθηκαν με αυτό τον τρόπο. Βρέθηκαν από τον Hertz που τόνιζε την ομορφιά των φυσικών νόμων και που στήριξε την έρευνά του πάνω στις θεωρητικές μελέτες του Maxwell. Νομίζω ότι δεν υπάρχει σχεδόν κανένα παράδειγμα κάποιας καινοτομίας στον εικοστό αιώνα που να μη χρωστά κατ' αυτόν τον τρόπο την ύπαρξή της στη βασική επιστημονική σκέψη».*

Όπως προαναφέραμε, το πρώτο σημαντικό βήμα για την ανάπτυξη των επιστημών, όπως την εννοούμε σήμερα, είναι η διαπίστωση ότι ο κόσμος και τα φυσικά φαινόμενα μπορούν να κατανοηθούν μέσα από την προσεκτική και συστηματική τους μελέτη, διαπίστωση στην οποία πρώτοι κατέληξαν οι Προσωκρατικοί φυσικοί φιλόσοφοι. Το δεύτερο σημαντικό βήμα πραγματοποιήθηκε από τον Αριστοτέλη, ο οποίος θεμελίωσε τους κανόνες της λογικής. Η σημασία





Ο Francis Bacon.



Ο Καρτέσιος.

όμως του πειράματος στην επιστημονική διερεύνηση του φυσικών φαινομένων, που είχε εν πολλοίς αγνοηθεί τόσο από τους Προσωκρατικούς όσο και από τον Αριστοτέλη, αναγνωρίστηκε ίσως για πρώτη φορά από τον Άραβα ή Πέρση πολυμαθή ibn al-Haytham ή Alhazen (965-1040), έναν από τους πρωτοπόρους της επιστημονικής μεθόδου, και στη συνέχεια από τους Άγγλους φιλόσοφους Robert Grosseteste (1175-1253) και Roger Bacon (1214–1294). Η σύγχρονη επιστημονική μέθοδος, η οποία άρχισε να αποκρυσταλλώνεται πρακτικά μέσα από τις παρατηρήσεις και τα πειράματα του Γαλιλαίου, θεμελιώθηκε σε θεωρητικό επίπεδο αρχικά με τις μελέτες, μεταξύ άλλων, του Francis Bacon (1561-1626) και του Καρτέσιου (1596-1650), και αργότερα του Carl Popper (1902-1994), του Thomas Kuhn (1922-1996) και άλλων, ενώ οι φιλοσοφικές και επιστημολογικές προεκτάσεις της μεθοδολογίας της επιστήμης συζητούνται μέχρι σήμερα.

Επιγραμματικά, μπορούμε να σημειώσουμε ότι η επιστημονική γνώση δεν είναι μόνο προσωρινή και μεταβαλλόμενη, αλλά σε γενικές γραμμές και ανθεκτική στο χρόνο. Για παράδειγμα, η Νευτώνεια μηχανική δεν παραμερίστηκε με τη διαμόρφωση της ειδικής και της γενικής θεωρίας της σχετικότητας από τον Αϊνστάιν, ο οποίος αντιθέτως έδειξε ότι αποτελεί μια οριακή προσέγγιση μέσα σε ένα ευρύτερο πλαίσιο. Επί πλέον, οι επιστήμες ποτέ δεν ξεκινούν από ουδέτερες παρατηρήσεις των φυσικών φαινομένων αφού, τόσο αυτές όσο και η έρευνα των αιτίων που τα προκαλούν με στόχο την κατανόησή τους, παρακινούνται, καθοδηγούνται και αποκτούν νόημα πάντα σε σχέση με συγκεκριμένα ερωτήματα και προβλήματα, τα οποία με τη σειρά τους απορρέουν από συγκεκριμένες θεωρητικές απόψεις. Γι' αυτό εξάλλου και η επιστημονική έρευνα δεν καταλήγει πάντα στο «επιθυμητό» για τον ερευνητή αποτέλεσμα. Και σε αυτή την περίπτωση, ο επιστήμονας λειτουργώντας ως άνθρωπος με τις όποιες ατέλειες και ελαττώματα που μπορεί να έχει και όχι ως ιδεώδες πρότυπο επιστήμονα,





*Τμήμα της σήραγγας του  
επιταχυντή σωματιδίων  
LHC στο CERN.*

όπως συχνά νομίζουμε ότι είναι, μπορεί μερικές φορές να οδηγηθεί στο σωστό συμπέρασμα για τους λάθος λόγους, όπως φαίνεται, για παράδειγμα, ότι οδηγήθηκε ο Αϊνστάιν όταν εισήγαγε την κοσμολογική σταθερά, θέλοντας να καταλήξει σε ένα στατικό Σύμπαν.

Απ' όσα αναπτύχθηκαν εν συντομία πιο πάνω, γίνεται κατανοητό ότι ο τρόπος με τον οποίο διεξάγεται η επιστημονική έρευνα, η επιστημονική μέθοδος όπως έχει επικρατήσει να ονομάζεται, είναι στην πράξη πολύ πιο σύνθετος από τον τρόπο που πολλές φορές παρουσιάζεται. Ο τρόπος αυτός, κωδικοποιείται συχνά στο τρίπτυχο παρατήρηση-υπόθεση-πείραμα, δηλαδή μια συνταγή, μια συγκεκριμένη σειρά βημάτων που όλοι οι επιστήμονες ακολουθούν μελετώντας τα φυσικά φαινόμενα. Κατ' αρχήν, δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι η ραγδαία ανάπτυξη της φυσικής και της αστρονομίας του 20<sup>ου</sup> αιώνα θεμελιώθηκε ουσιαστικά στις θεωρητικές βάσεις της κβαντικής φυσικής και της θεωρίας της σχετι-

κότητας, πειραματικές και παρατηρησιακές επαληθεύσεις των οποίων άρχισαν να παρουσιάζονται αρκετά αργότερα. Η θεωρητική πρόβλεψη της διαστολής του Σύμπαντος, για παράδειγμα, που πραγματοποιήθηκε με την επίλυση των εξισώσεων του Αϊνστάιν, προηγήθηκε της παρατηρησιακής της επαλήθευσης μέσα από τις μελέτες του Χαμπλ και την ανίχνευση της κοσμικής ακτινοβολίας υποβάθρου. Αλλά και η ύπαρξη της ακτινοβολίας υποβάθρου, με τη σειρά της, είχε προβλεφθεί και υπολογιστεί θεωρητικά προτού ανιχνευτεί από τους Άρνο Πενζίας (1933- ) και Ρόμπερτ Ουίλσον (1936-) το 1964. Το ίδιο συνέβη και με τη θεωρητική πρόβλεψη της ύπαρξης των μαύρων τρυπών, καθώς επίσης και ορισμένων θεμελιωδών σωματιδίων της ύλης, όπως τα νετρίνα ή τα σωματίδια W και Z. Εδώ, όμως, ακριβώς έγκειται και η τεράστια σημασία της παρατήρησης και του πειράματος που είναι απαραίτητα για την επαλήθευση ή τη διαψευδισιμότητα των παραπάνω προβλέψεων, υποθέσεων και θεωριών.



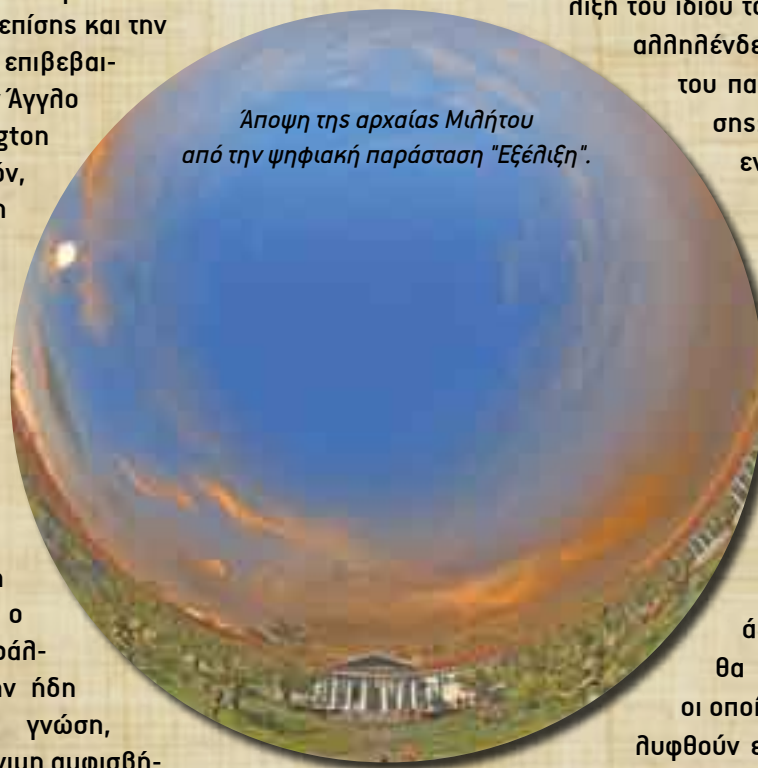
Εξαιρετικά σημαντικό, επίσης, για την καθιέρωση μιας νέας επιστημονικής θεωρίας είναι όχι μόνο η δυνατότητα της να εξηγήει όσα γνωστά μέχρι την εμφάνισή της φαινόμενα σχετίζονται με αυτήν, αλλά και να προβλέπει και να εξηγήει νέα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί για μιαν ακόμη φορά η Γενική Θεωρία της Σχετικότητας, η οποία όχι μόνο μπορούσε να ερμηνεύσει όλα τα φαινόμενα που περιέγραφε η Νευτώνεια μηχανική, αλλά προέβλεπε μεταξύ άλλων και τη «σωστή» μετάπτωση του περιηλίου του Ερμή, όπως επίσης και την καμπύλωση του φωτός, που επιβεβαιώθηκε πανηγυρικά από τον Άγγλο αστρονόμο Arthur Eddington το 1919. Ο τρόπος, λοιπόν, με τον οποίο διεξάγεται η επιστημονική έρευνα είναι πολύ πιο σύνθετος από το τρίπτυχο παρατήρηση-υπόθεση-πείραμα. Γιατί, παρ' όλο που η επιστημονική έρευνα βασίζεται και στην παρατήρηση του φυσικού κόσμου, είναι δηλαδή εμπειρική, για την κατανόηση και την εξήγηση των φυσικών φαινομένων ο επιστήμονας θα πρέπει παράλληλα να βασιστεί και στην ήδη υπάρχουσα επιστημονική γνώση, στην κριτική σκέψη, στη γόνιμη αμφισβήτηση παγιωμένων αντιλήψεων, στη δημιουργική φαντασία, στην εμπειρία, στην έμπνευση και στη διαίσθηση, χρησιμοποιώντας πάντα ως βασικό εργαλείο του τα μαθηματικά. Προκειμένου, τέλος, μια θεωρία να είναι επιστημονική πρέπει να χαρακτηρίζεται από διαψευσιμότητα.

Με τη δημοσίευση των Μαθηματικών Αρχών της Φυσικής Φιλοσοφίας ο Νεύτωνας θα διατυπώσει την πρώτη «σύγ-

χρονη» φυσική θεωρία και από το σημείο αυτό το «νερό θα μπει στ' αυλάκι». Νέες επιστημονικές ανακαλύψεις σε όλα τα ερευνητικά πεδία διαδέχονται με καταγιστικό ρυθμό η μία την άλλη για να κορυφωθούν στο πρώτο τέταρτο του 20<sup>ου</sup> αιώνα με την ανάπτυξη της κβαντικής φυσικής και των θεωριών της σχετικότητας. Αυτή η συναρπαστική εξέλιξη των ιδεών στις επιστήμες από τους προσωκρατικούς μέχρι τις μέρες μας αλλά και η εμφάνιση και εξέ-

λιξη του ίδιου του Πολιτισμού είναι θέματα αλληλένδετα και αποτελούν το θέμα του παρόντος «Οδηγού Παράστασης». Όπως θα δούμε και στις ενότητες που ακολουθούν, η έννοια της Εξέλιξης δεν αφορά μόνο στους έμβιους οργανισμούς, αλλά και στον Πολιτισμό, στη γεωλογία του πλανήτη μας, στη ζωή και στο θάνατο των άστρων και σε αυτο ακόμη το Σύμπαν. Είναι προφανές ότι η ανάπτυξη ενός θέματος τόσο αχανούς θα παρουσιάζει αναγκαστικά κενά και θα εμπεριέχει απλουστεύσεις, οι οποίες ευελπιστούμε ότι θα καλυφθούν εν μέρει τουλάχιστον με τη βιβλιογραφία που παρατίθεται στο τέλος

της κάθε ενότητας. Βασικός μας στόχος, εντούτοις, δεν ήταν τόσο η αναλυτική, ακαδημαϊκή και λεπτομερής παρουσίαση των θεμάτων που προαναφέραμε, όσο η επιθυμία μας να σας μεταδώσουμε αυτό το σαράκι και να παρακινήσουμε το ενδιαφέρον σας για ορισμένα από τα μεγαλύτερα επιτεύγματα της ανθρώπινης διανόησης. Εάν το πετύχαμε ή όχι θα το κρίνετε εσείς.



*Άποψη της αρχαίας Μιλήτου από την ψηφιακή παράσταση "Εξέλιξη".*



## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

.....

- \* American Association for the Advancement of Science, Science for all Americans: Project 2061, New York, Oxford University Press, 1990.
- \* American Association for the Advancement of Science, Benchmarks for science literacy: A Project 2061 report, New York, Oxford University Press, 1993.
- \* Chalmers, Τι είναι αυτό που το ήθελε επιστήμη; Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, 2004.
- \* Conrades, George H., Beeman William J., Committee for Economic Development: America's Basic Research: Prosperity Through Discovery, Science and Technology Policy Yearbook, American Association for the Advancement of Science, 1999.
- \* Fara, Patricia, Science: a four thousand year history, New York: Oxford University Press, 2009.
- \* Llewellyn Smith, C. H., What is the Use of Basic Science?, CERN: 1987.
- \* Ένωση Ελλήνων Φυσικών, Μεγάλες στιγμές της φυσικής 1ο επιστημονικό συμπόσιο: Καστοριά, 29-31 Μαρτίου 2002, Εκδόσεις Πατάκη, 2004.
- \* Θεοδοσίου, Στράτος, Η Φιλοσοφία της Φυσικής-Από τον Καρτέσιο στη θεωρία των πάντων, Αθήνα: Εκδόσεις Δίαυλος, 2008.
- \* Θεοδοσίου, Στράτος, Η εκθρόνιση της Γης-Η διαπάλη του γεωκεντρικού με το ηλιοκεντρικό σύστημα, Αθήνα: Εκδόσεις Δίαυλος, 2007.
- \* Kuhh, Thomas S., Η δομή των επιστημονικών επαναστάσεων, Αθήνα: Σύγχρονα θέματα, 1997. Okasha, Samir, Philosophy of science: a very short introduction Oxford: Oxford University Press, 2002.
- \* Popper, Karl R., Conjectures and refutations: the growth of scientific knowledge, London: Routledge, 2002.
- \* Popper, Karl R., The logic of scientific discovery, London: Routledge, 2002.







# ΠΡΩΤΗ ΕΝΟΤΗΤΑ ΣΥΜΠΑΝ

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Από τον Λεύκιππο και τον Δημόκριτο, τους πρώτους που εισήγαγαν την ατομική θεώρηση της ύλης, σύμφωνα με την οποία στο πλέον θεμελιώδες της επίπεδο η ύλη αποτελείται από μικροσκοπικά, αδιαίρετα και χωρίς εσωτερική δομή σωματίδια, μέχρι τους σύγχρονους γιγάντιους επιταχυντές και τα διαστημικά τηλεσκόπια που μας αποκαλύπτουν καθημερινά τη θαυμαστή πολυπλοκότητα του Σύμπαντος, η δισχιλιετής προσπάθεια του ανθρώπου να αποκρυπτογραφήσει τα μυστικά του συνεχίζεται. Και εάν έχουμε ήδη ανακαλύψει αρκετά, υπάρχουν ακόμη πολλά περισσότερα που συνεχίζουμε να αγνοούμε. Γιατί, παραφράζοντας τον Άμλετ του Σαίξπηρ υπάρχουν πολλά περισσότερα εκεί έξω απ' όσα μπορούμε να φανταστούμε.

Γνωρίζουμε, για παράδειγμα, ότι το Σύμπαν «γεννήθηκε» μέσα από μια τεράστια «έκρηξη», η οποία δημιούργησε τον ίδιο το χώρο και το χρόνο και ότι έκτοτε διαστέλλεται συνεχώς. Αυτή η εξέλιξη του Σύμπαντος από περίπου το πρώτο εκατομμυριοστό του δευτερολέπτου μέχρι σήμερα περιγράφεται από τη θεωρία της Μεγάλης Έκρηξης. Όσο όμως πλησιάζουμε τη χρονική στιγμή μηδέν, από την οποία ξεκίνησαν όλα, αρχικά διαμέσου της πληθωριστικής εποχής του βρεφικού Σύμπαντος, στη διάρκεια της οποίας το Σύμπαν διογκώθηκε με έναν αφάνταστο και ασύλληπτο εκθετικό ρυθμό, και προσεγγίζουμε την επονομαζόμενη Εποχή Πλανκ, οι θεωρίες που έχουμε αναπτύξει αδυνα-

τούν να περιγράψουν το τι πραγματικά συνέβη. Για να γίνει αυτό θα χρειαστεί το «πάντρεμα» της κβαντικής φυσικής και της Γενικής Θεωρίας της Σχετικότητας, δηλαδή των δύο θεμελιών λίθων της σύγχρονης φυσικής, που μέχρι στιγμής δεν έχει επιτευχθεί.

Εκτός αυτού, όμως, μπορούμε να «καυχηθούμε» ότι καταννούμε μόλις το 4% της συνολικής μάζας και ενέργειας που εμπεριέχει το Σύμπαν. Γιατί το υπόλοιπο 96%, που αντιστοιχεί στη μυστηριώδη σκοτεινή ύλη και στην εξίσου δυσνόητη σκοτεινή ενέργεια, εξακολουθεί να μας είναι άγνωστο. Έτσι, στην ενότητα αυτή θα αναφερθούμε, όσο είναι δυνατό, στις γνώσεις που έχουμε αποκομίσει για την εξέλιξη του Σύμπαντος από το πρώτο απειροστό κλάσμα του δευτερολέπτου της εμφάνισής του μέχρι σήμερα. Ξεκινώντας από μια απλή παρουσίαση που δείχνει πόσο πραγματικά αχανές και πολύπλοκο είναι το Σύμπαν, θα παρουσιάσουμε στη συνέχεια το βασικό θεωρητικό υπόβαθρο που περιγράφει την εξέλιξη του Σύμπαντος μέσα από τη θεωρία της Μεγάλης Έκρηξης, για να μεταφερθούμε κατόπιν στις πρώτες στιγμές μετά τη «γέννησή του»: από την εποχή Πλανκ στην πληθωριστική εποχή και από την εποχή της αρχέγονης πυρηνοσύνθεσης στους πρώτους γαλαξίες. Θα κλείσουμε αυτήν την ενότητα παρουσιάζοντας τον τρόπο με τον οποίο δημιουργήθηκαν οι δομές μικρής και μεγάλης κλίμακας, η εντυπωσιακή δηλαδή ποικιλομορφία του Σύμπαντος στο οποίο ζούμε, από τα πρώτα άστρα μέχρι τα γιγάντια γαλαξιακά σμήνη και υπερσμήνη.

## I. Κοσμοσύνδεση

Δεν υπάρχουν πολλοί άνθρωποι που, στενίζοντας τον αστροφώτιστο νυχτερινό ουρανό, δεν αναρωτήθηκαν κάποτε για το Σύμπαν που μας περιβάλλει. Χιλιάδες ερωτήσεις έχουν τεθεί κατά καιρούς, από τους πρωτόγονους νομάδες μέχρι τους σύγχρονους αστρονόμους και αστροφυσικούς. Κι όλες οι μυριάδες αυτές των ερωτήσεων μπορούν να συμπυκνωθούν σε μια και μοναδική: τι άραγε υπάρχει εκεί έξω; Ή ακόμη πιο απλή: από τι αποτελείται το Σύμπαν;

Ο χώρος μεταξύ των άστρων και των γαλαξιών του σύμπαντος είναι κατά το μεγαλύτερο μέρος του κενός από ύλη. Ένα ελάχιστο μόνο ποσοστό του περιλαμβάνει την ύλη που βλέπουμε, από τα άτομα δηλαδή των 92 χημικών στοιχείων που βρίσκουμε ελεύθερα στη Φύση. Οτιδήποτε το υλικό είναι φτιαγμένο από άτομα. Και όλα αυτά τα άτομα, όλα τα συστατικά της Γης, κάθε άτομο βράχων ή λουλουδιών, φωτιάς, σύννεφου ή θάλασσας γεννήθηκε προηγουμένως σε κάποιους άλλους ήλιους, κάποιες αρχέγονες παρελθούσες εποχής πριν από δισεκατομμύρια χρόνια.

Όπως κι εμείς, άλλωστε. Γιατί κι εμείς δεν είμαστε παρά μέρος της πρωτόγονης εκείνης ύλης που αρχικά δημιουργήθηκε με τη βίαιη γέννηση του Σύμπαντος. Η ύλη που αποτελεί τα σώματά μας «κάνκε» και ανασχηματίστηκε στην καρδιά γιγάντιων κόκκινων άστρων. Ύλη που δημιουργήθηκε από στοιχεία που εκσφενδονίστηκαν στο διαστημικό κενό από εκρήξεις σουπερνόβα. Γι' αυτό είμαστε όλοι μας αστρόσκονη και κάποια μέρα θα ξαναγυρίσουμε στα άστρα.

Το ανθρώπινο σώμα αποτελείται από χίλια τρισεκατομμύρια τρισεκατομμυρίων άτομα. Ψηφιακά ο αριθμός αυτός είναι ίσος με τη μονάδα ακολουθούμενη από 27 μηδενικά. Κι όμως τα άτομα αυτά είναι τόσο μικροσκοπικά, ώστε

φαίνονται να είναι κι αυτά φτιαγμένα από το «τίποτα»: τον πυρήνα τους, και τα ηλεκτρόνια που τον περιβάλλουν, ενώ το μέγεθος του καθενός δεν ξεπερνά το μισό εκατοντάκις εκατομμυριοστό του εκατοστόμετρου. Για να καταλάβετε πόσο μικρό είναι το μέγεθος αυτό φανταστείτε ότι τα άτομα στο σώμα ενός ανθρώπου έχουν το μέγεθος ενός κόκκου άμμου. Σ' αυτή την κλίμακα ο άνθρωπός αυτός θα είχε ύψος 3.500 km, ύψος δηλαδή ίσο με τη διάμετρο της Σελήνης.

Αν κοιτάξουμε τώρα το Σύμπαν από την άλλη του όψη, την όψη του μεγάκοσμου, κι αν μπορούσαμε να σμικρύνουμε το Ηλιακό μας Σύστημα κατά ένα τρισεκατομμύριο φορές, τότε θα είχε το μέγεθος ενός μεγάλου δωματίου και ο Ήλιος μας το μέγεθος του κεφαλιού μιας καρφίτσας, ενώ το πλησιέστερο σε μας άστρο (το άλφα Κενταύρου) θα βρισκονταν σε απόσταση 40 km περίπου. Στην ίδια σμίκρυνση ο Γαλαξίας μας θα είχε διάμετρο 1.000.000 km, ενώ το πάχος του στο κέντρο θα έφτανε τα 100.000 km. Σε όλη του μάλιστα την έκταση ο Γαλαξίας μας θα στολιζόταν από 200 δισεκατομμύρια άστρα, καθένα με μέσο μέγεθος όσο το κεφάλι μιας καρφίτσας, που θα βρισκονταν σε αποστάσεις 40 km περίπου χιλιομέτρων το ένα από τ' άλλο. Κι ενδιάμεσα το κενό!

Στο Σύμπαν υπάρχουν ένα τρισεκατομμύριο τρισεκατομμύρια περίπου άστρα. Τόσα άστρα, όσοι είναι και οι κόκκοι της άμμου σ' όλους τους ωκεανούς της Γης. Και παρόλα αυτά βρίσκουμε ένα δισεκατομμύριο τρισεκατομμύρια άτομα στην ύλη που περιέχεται μέσα σε μία δαχτυλήτρα. Το Σύμπαν δηλαδή δεν είναι παρά μια πραγματική μουσική συμφωνία, της οποίας οι νότες είναι άτομα σε συνδυασμούς απίστευτα πολύπλοκους, αν και βασίζονται σε απλούς φυσικούς νόμους. Όλα όσα συνέβησαν πάνω στη Γη, θα μπορούσαν να είχαν συμβεί αμέτρητες φορές στο παρελθόν και να επαναληφθούν και στο μέλλον μέσα στην απεραντοσύνη του Σύμπαντος. Γιατί οι πλανήτες, τα άστρα,



οι γαλαξίες και η ύπαρξη ζωής, δεν είναι παρά παραλληλογές στο ίδιο θέμα.

Όλα, πάντως, τα άστρα που βλέπουμε κάθε βράδυ στον ουρανό ανήκουν στην ξεχωριστή μεγάλη οικογένεια άστρων του δικού μας Γαλαξία. Και όλα αυτά δεν είναι παρά τα γειτονικά μας μόνον άστρα. Γιατί ο Γαλαξίας μας αποτελείται από δεκάδες δισεκατομμύρια ακόμη άστρα, που επειδή είναι πάρα πολύ μακριά από μας φαίνονται ότι σχηματίζουν μια γαλακτόχρωμη αμυδρά φωτισμένη πλωρίδα που διασχίζει τον ουρανό από τη μίαν άκρη στην άλλη. Διά μέσου των αιώνων, αυτή η μεγάλη ασημένια ζώνη τ' ουρανού κέντρισε τόσο τη φαντασία όσο και την περιέργεια του ανθρώπινου νου. Γι' αυτό οι πρώτες εντυπώσεις για το Γαλαξία μας, όπως φαίνεται από τη Γη, ήταν παράξενες και άλλαζαν από λαό σε λαό. Ήταν μάλιστα σαφώς επηρεασμένες από τα σπουδαιότερα στοιχεία του κάθε πολιτισμού.

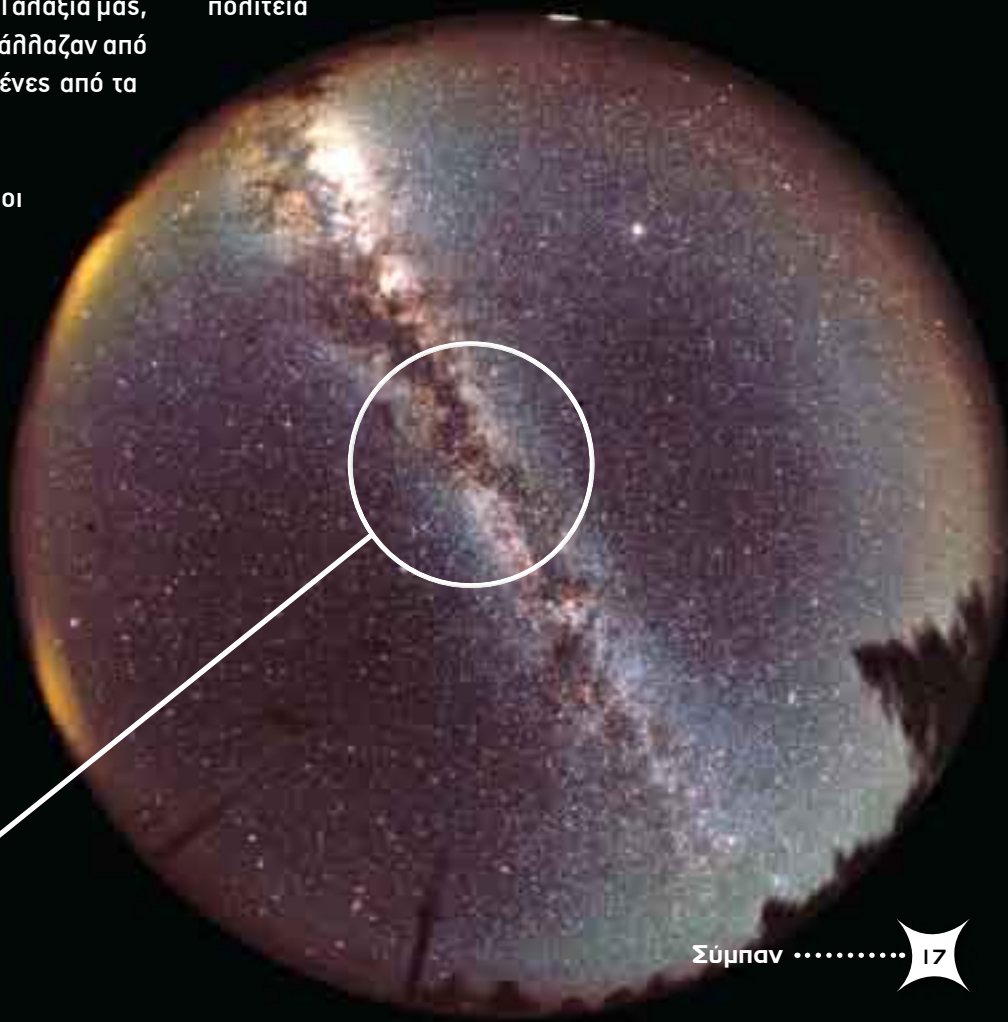
Οι αρχαίοι Αιγύπτιοι, μεθοδικοί αποθηκάριοι σταριού, τον είδαν σαν ένα μεγάλο κάμπο από στάρι σπαρμένο στον ουρανό από τη θεά τους Ίσιδα. Ενώ οι ψαράδες της Άπω Ανατολής τον φαντάστηκαν σαν ένα κοπάδι από χρυσόψαρα φοβισμένα από το αγκίστρι της Νέας Σελήνης. Οι αρχαίοι Έλληνες είχαν ονομάσει τη φωτεινή αυτή πλωρίδα «Γαλαξία Οδός», ή «Κύκλω Γαλακτικό», ενώ οι Ρωμαίοι την ονόμαζαν «Βία Λάκτεα» δηλαδή δρόμο από γάλα. Άλλοι πάλι έλεγαν ότι επρόκειτο για τη ραφή που ενώνει τους ουραμούς μεταξύ τους.

Με την εφεύρεση όμως του τηλεσκοπίου οι ευφάνταστες ιδέες που είχαν οι διάφο-

ροι λαοί για το Γαλαξία μας πήραν ένα τέλος, όταν η πραγματική του φύση αποκαλύφτηκε από τον Γαλιλαίο (1564-1642). Το καλοκαίρι του 1609, στην Πάντοβα της Ιταλίας ο Γαλιλαίος ανακάλυψε ότι η «Γαλαξία Οδός» των αρχαίων Ελλήνων δεν ήταν παρά μια τεράστια συγκέντρωση δισεκατομμυρίων απόμακρων άστρων. Και καθώς ο ανθρώπινος πολιτισμός αναπτύχθηκε σιγά-σιγά, αρχίσαμε να στενίζουμε τον Γαλαξία μας, κι όλα όσα περιλαμβάνει, μ' ένα διαφορετικό μάτι.

Σήμερα στα αστροφυσικά μας εργαστήρια, με τη βοήθεια των ηλεκτρονικών υπολογιστών, έχουμε πλέον ανακαλύψει ότι η αστρική μας πολιτεία

Γαλαξία Οδός



είναι ένας σπειροειδής γαλαξίας, του οποίου τα περισσότερα άστρα συγκεντρώνονται σ' έναν γιγάντιο δίσκο. Παρ' όλη αυτά οι σπείρες που τον περιβάλλουν είναι αρκετά πιο φωτεινές από ό,τι ο δίσκος του, γιατί φωτίζονται από λαμπερά νέα άστρα που γεννήθηκαν σχετικά πρόσφατα μέσα στα σύννεφα αερίων και σκόνης, τα οποία είναι διασκορπισμένα στις σπείρες αυτές.

Τα άστρα του γαλαξιακού δίσκου ονομάζονται άστρα Πληθυσμού Ι. Ο γαλαξιακός δίσκος αντίθετα περιβάλλεται από ένα σφαιρικό φωτοστέφανο που ονομάζεται «γαλαξιακή άλως» και αποτελείται από ηλικιωμένα αμυδρά άστρα, με διάσπαρτα εδώ και εκεί αρχέγονα σφαιρωτά σμήνη, τα άστρα των οποίων είναι άστρα Πληθυσμού ΙΙ. Όλα αυτά τα άστρα περιφέρονται γύρω από το γαλαξιακό κέντρο. Μαζί τους και ο Ήλιος μας που χρειάζεται 250 περίπου εκατομμύρια χρόνια για να συμπληρώσει μια πλήρη γαλακτοκεντρική τροχιά. Στα πέντε δισεκατομμύρια χρόνια, από τότε που γεννήθηκε το άστρο μας, το Ηλιακό Σύστημα έχει κάνει αυτή την τροχιά 20 περίπου φορές.

Από την μίαν άκρη στην άλλη ο γαλαξιακός δίσκος έχει διάμετρο 100.000 ετών φωτός, που σημαίνει ότι μια ακτίνα φωτός, τρέχοντας με ταχύτητα 300.000 km/sec, χρειάζεται 100.000 χρόνια για να τον διασχίσει. Ο Ήλιος μας βρίσκεται στα δύο-τρίτα περίπου της απόστασης από το κέντρο προς τα άκρα του γαλαξιακού δίσκου, και ανάμεσα σε δύο από τους βραχιόνες του. Αυτή μας η θέση μέσα στο Γαλαξία προσδιορίζει άλλωστε και όλα όσα βλέπουμε από τη Γη μας στο νυχτερινό ουρανό. Γιατί όταν κοιτάζουμε προς το επίπεδο του γαλαξιακού δίσκου μπορούμε να διακρίνουμε την μεγάλη μάζα των νεφελωμάτων και των άστρων που τον αποτελούν, ενώ όταν κοιτάζουμε προς τα πάνω ή προς τα κάτω του δίσκου, διακρίνουμε λίγα σχετικά άστρα. Η φωτεινή λωρίδα που φαίνεται στον ουρανό, η «Γαλαξιακή Οδός» των αρχαίων, δεν είναι τίποτε άλλο από το

επίπεδο του δίσκου του Γαλαξία μας, όπως αυτός φαίνεται από τη δική μας σκοπιά στο εσωτερικό του.

Οι αρχαίοι Έλληνες που έβλεπαν κάθε βράδυ τη λωρίδα του Γαλαξία μας την ονόμαζαν και «γέφυρα του χρόνου», και κατά κάποιον τρόπο δεν είχαν καθόλου άδικο. Επειδή απαιτείται η παρέλευση κάποιου χρόνου για να φτάσει μέχρις εμάς το φως από τα απόμακρα άστρα και τους γαλαξίες, όταν κοιτάζουμε στο Διάστημα βλέπουμε τις εικόνες των διαφόρων ουράνιων αντικειμένων όπως ήταν στο παρελθόν κι όχι όπως είναι την στιγμή που τα κοιτάμε. Οι αστρονόμοι αποκαλούν το φαινόμενο αυτό «χρόνο παρέλευσης», που σημαίνει ότι όλα όσα βλέπουμε στον ουρανό ανήκουν στο παρελθόν. Το άστρο Μπετελγκεζ στον αστερισμό του Ωρίωνα, για παράδειγμα, απέχει 500 έτη φωτός από τη Γη. Το φως που θα φτάσει απόψε στη Γη από το Μπετελγκεζ άρχισε το ταξίδι του πριν από 500 χρόνια, όταν ο Κολόμβος ξεκίνησε για το περίφημο ταξίδι του της ανακάλυψης ενός Νέου Κόσμου. Ο Ρίγκελ είναι 900 έτη φωτός μακριά μας, γι' αυτό απόψε τον βλέπουμε όπως ήταν τον 11ο αιώνα, την εποχή που ο Ληφ Έρικσον ανακάλυψε πρώτος την Αμερική.

Όταν κοιτάζουμε τους απόμακρους γαλαξίες του Σύμπαντος, οι αποστάσεις γίνονται όλο και πιο μεγάλες, κι έτσι το φως που βλέπουμε σήμερα είναι αρκετά πιο αρχέγονο, πιο παλιό. Το φως του γαλαξία M-83 έχει απόψε ηλικία 18 εκατομμυρίων ετών, και ξεκίνησε από εκεί όταν οι πρώτοι προ-άνθρωποι είχαν μόλις αρχίσει να εξελίσσονται από τους πιθήκους. Ενώ όταν το φως των γαλαξιών από το γαλαξιακό σμήνος του Ηρακλή ξεκίνησε για το διαστημικό του ταξίδι πριν από 700 εκατομμύρια χρόνια, δεν υπήρχε ούτε ένα ζώο πάνω στον πλανήτη μας. Ένας άλλος τέλος γαλαξίας, φαίνεται σήμερα όπως ήταν πριν από 10 δισεκατομμύρια χρόνια, πολύ δηλαδή πιο πριν από τη γέννηση του Ήλιου και της Γης μας.





*Το γαλαξιακό σμήνος του Ηρακλή  
(©2003-2010, Robert Franke).*

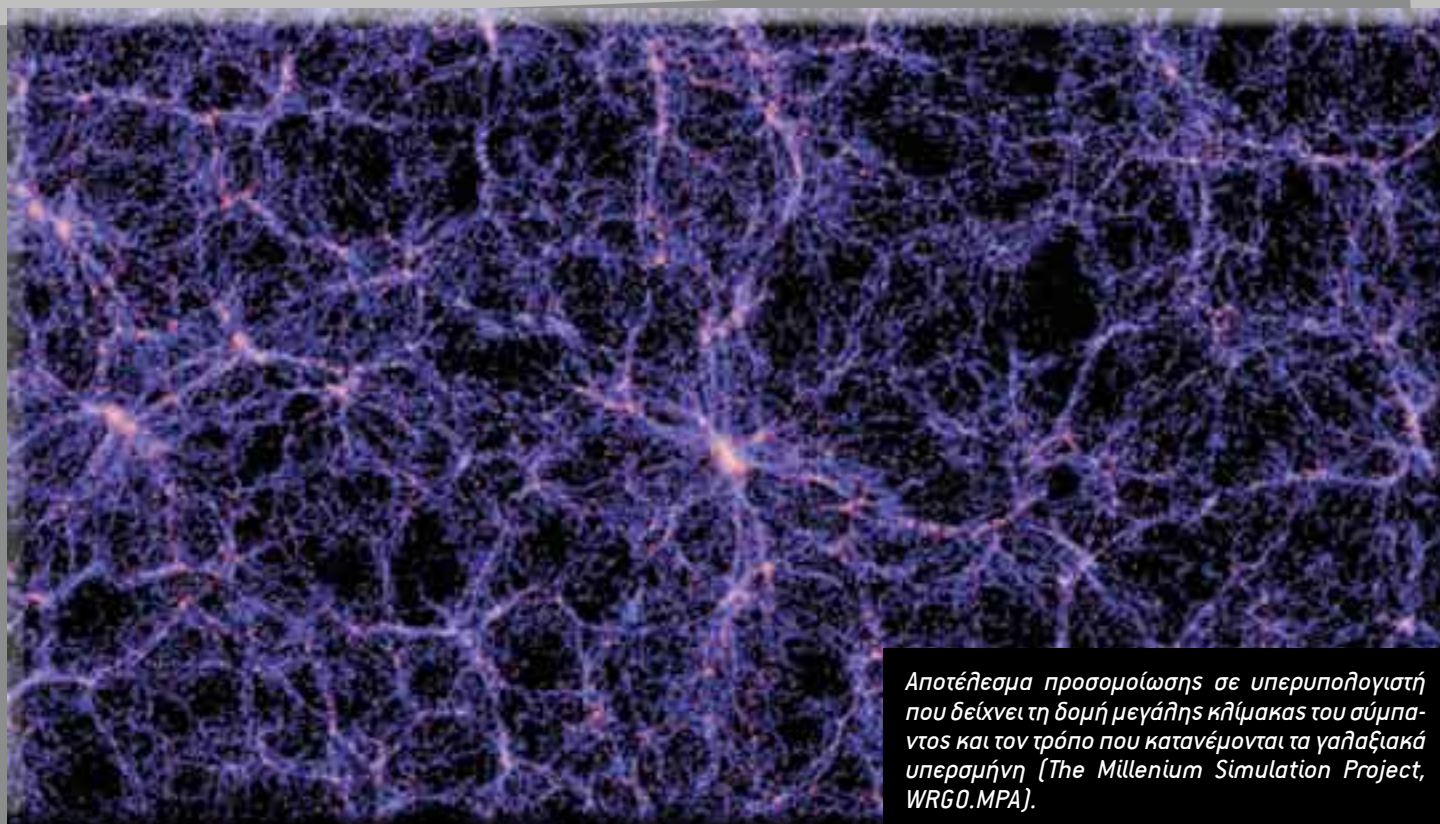


*Ο γαλαξίας M-83  
(©2008, Robert Gendler).*

Στα όρια του ορατού Σύμπαντος, φτάνουμε στην περιοχή των γαλαξιών που βρίσκονται στα πρώτα στάδια της ζωής τους. Το φως των πιο απόμακρων αντικειμένων που φτάνει σήμερα στη Γη, έχει ηλικία 13 περίπου δισεκατομμυρίων χρόνων, σε μια περίοδο που ο Γαλαξίας μας δεν είχε αρχίσει ούτε καν να γεννιέται. Ο ουρανός δηλαδή δεν εκτείνεται μόνο χωροταξικά, αλλά και χρονικά. Αυτή άλληωστε είναι και η σύγχρονη αντίληψη του χωροχρονικού Σύμπαντος. Ενός Σύμπαντος με γαλαξίες πιο παράξενους ακόμη και από την πιο παράφορη φαντασία μας.

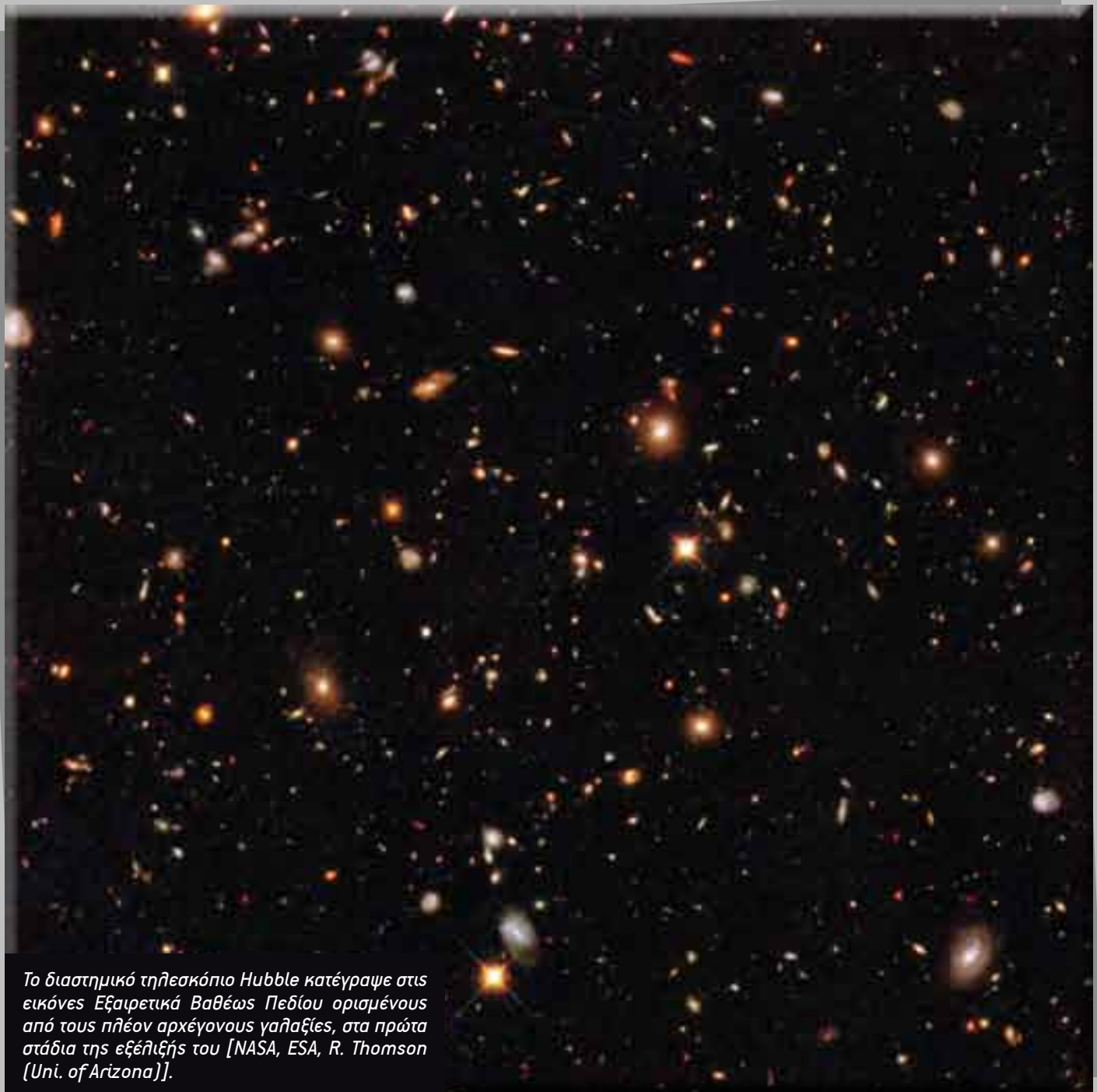
Συνολικά υπάρχουν πάνω από εκατό δισεκατομμύρια γαλαξίες στο ορατό Σύμπαν, πολύ περισσότεροι δηλαδή γαλαξί-

ες απ' όλους τους ανθρώπους που έχουν ζήσει μέχρι τώρα πάνω στη Γη. Παρόλα αυτά, παρ' όλη την τεράστια αυτή γαλαξιακή κλίμακα, υπάρχουν ενδείξεις ενός ορισμένου σχεδίου και μιας δεδομένης δομής. Τα υπερσμήνη των γαλαξιών φαίνονται να είναι κατανεμημένα σε κυψελίδες, σαν «σαπουνόφουσκες», παρόμοιες μ' αυτές των σπόγγων και των κοραλλιών, ενώ οι διάμετροί τους υπολογίζονται ότι είναι το 1% της διαμέτρου ολόκληρου του Σύμπαντος. Δεδομένου ότι οι αποστάσεις μεταξύ των γαλαξιών φαίνονται να αυξάνουν συνεχώς, δεν είναι δύσκολο για τη φαντασία μας να γυρίσει το χρόνο πίσω, πριν από 13,73 δισεκατομμύρια χρόνια, όταν όλοι οι γαλαξίες ήταν συγκεντρωμένοι σ' ένα απειροελάχιστο "σημείο", στο σπόρο εκείνο που δημιούργησε το σημερινό μας Σύμπαν με μία Μεγάλη Έκρηξη.



*Αποτέλεσμα προσομίωσης σε υπερυπολογιστή που δείχνει τη δομή μεγάλης κλίμακας του σύμπαντος και τον τρόπο που κατανέμονται τα γαλαξιακά υπερσμήνη (The Millenium Simulation Project, WRGO.MPA).*





*Το διαστημικό τηλεσκόπιο Hubble κατέγραψε στις εικόνες Εξαιρετικά Βαθέως Πεδίου ορισμένους από τους πλέον αρχέγονους γαλαξίες, στα πρώτα στάδια της εξέλιξής του [NASA, ESA, R. Thomson (Univ. of Arizona)].*

## 2. Θεωρίες και μοντέλα

Δεν πρέπει να ξεχνάτε ότι οι απόψεις των σύγχρονων φυσικών σχετικά με τη δομή της ύλης και τη γέννηση του Σύμπαντος αναφέρονται σε μοντέλα που περιέχουν απλουστευμένες μαθηματικές περιγραφές της δομής αυτής και ως εκ τούτου δεν αποτελούν μια τέλεια απεικόνισή του, αλλά μια χονδροειδή περιγραφή του. Παρ' όλα αυτά, τα σύγχρονα μοντέλα έχουν την ικανότητα να προβλέπουν ορισμένες ιδιότητες της ύλης και του Σύμπαντος, που μπορούν να επαληθευτούν ή όχι από τις αστρονομικές παρατηρήσεις και τα πειράματά μας. Γιατί, όσο κι αν φαίνεται παράξενο χάρη στους σύγχρονους σωματιδιακούς επιταχυντές, καθώς και στα επίγεια και διαστημικά μας τηλεσκόπια, μπορούμε να μελετήσουμε φαινόμενα στο σύμπαν, που απέχουν μεταξύ τους ακόμη και δισεκατομμύρια έτη φωτός μακριά. Με άλλα λόγια, μας έχουν δώσει τα εφόδια εκείνα με τα οποία μπορούμε να διατυπώσουμε σήμερα, με αρκετή μάλιστα βεβαιότητα, ακόμη και τις λεπτομέρειες των πρώτων στιγμών της γένεσης του Σύμπαντος με μία Μεγάλη Έκρηξη.

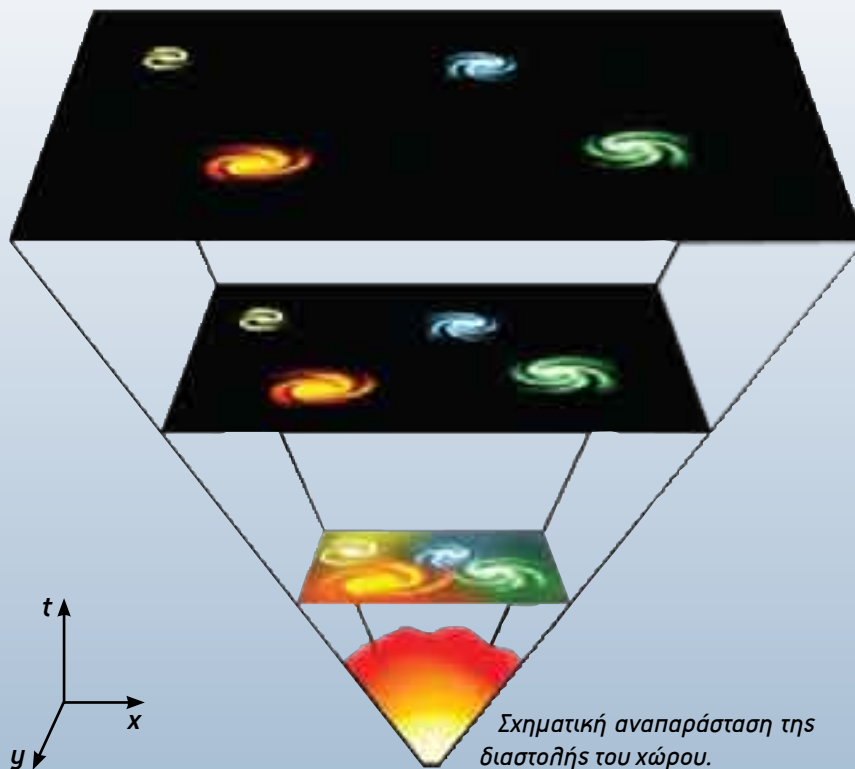
Φυσικά με τον όρο Μεγάλη Έκρηξη μην φανταστείτε κάτι σαν την έκρηξη ενός δυνατού πυροτεχνήματος! Η Μεγάλη Έκρηξη των κοσμολόγων δεν έχει καμιά σχέση με τις εκρήξεις που γνωρίζει ο καθένας από μας, είτε είναι πυροτεχνήματα είτε βόμβες υδρογόνου. Με τον όρο αυτό οι σύγχρονοι επιστήμονες εννοούν μια «απείρως» γρήγορη και απότομη διαστολή του Σύμπαντος από ένα μέγεθος «απείρως» μικρό και κάτω από συνθήκες θερμότητας κολλοσιαίων διαστάσεων. Η γέννηση δηλαδή και η μετέπειτα εξέλιξη του Σύμπαντος είναι κατά κάποιον τρόπο το «ξεδίπλωμα» του χρόνου και του χώρου από μια κατάσταση «άπειρης» πυκνότητας και θερμότητας, σε ένα χώρο ο οποίος δημιουργείται καθώς το Σύμπαν διαστέλλεται.

Μια τέτοια διαπίστωση όμως μπορεί να μας υποχρεώνει να υποθέσουμε ότι εμείς και το ηλιακό μας σύστημα βρισκό-

μαστε στο κέντρο του Σύμπαντος. Κάτι που φυσικά δεν είναι σωστό. Πάρτε για παράδειγμα ένα κέικ με σταφίδες. Καθώς το κέικ ψήνεται και «φουσκώνει», κάθε μία από τις σταφίδες φαίνεται να απομακρύνεται από όλες τις άλλες! Έτσι από «οποιαδήποτε σταφίδα κι αν κοιτάξουμε» θα πιστέψουμε ότι η σταφίδα μας είναι το «κέντρο» και ότι όλες οι άλλες σταφίδες απομακρύνονται από εμάς. Σχετίζοντας την κίνηση αυτή με τους γαλαξίες, απ' οποιονδήποτε γαλαξία κι αν κάναμε την παρατήρηση, θα φαινόταν ότι αυτός είναι το κέντρο της διαστολής.

Φυσικά, οι γαλαξίες δεν απομακρύνονται ο ένας από τον άλλον μέσα σ' έναν άπειρο και αδειανό χώρο, αλλά αντίθετα η διαστολή αυτή του Σύμπαντος οφείλεται στο «ξεχειλίωμα» του ίδιου αυτού χώρου που συμπαρασύρει μαζί του και τους γαλαξίες, ενώ η «έκρηξη» έγινε συγχρόνως σ' όλα τα σημεία του, με αποτέλεσμα να μην υπάρχει σήμερα κάποιο συγκεκριμένο κέντρο στο Σύμπαν, αφού το κέντρο βρίσκεται «παντού». Αυτό σημαίνει ότι δεν είναι οι γαλαξίες αυτοί που κινούνται (παρόλο που ο καθένας έχει τη δική του «πραγματική ταχύτητα»), αλλά ότι ο μεταξύ τους χώρος διαστέλλεται συμπαρασύροντας στο «ξεχειλίωμά» του και τους γαλαξίες. Και ενώ, κανένα υλικό δεν μπορεί να τρέξει με μεγαλύτερη ταχύτητα από την ταχύτητα του φωτός, αυτό δεν ευσταθεί για το





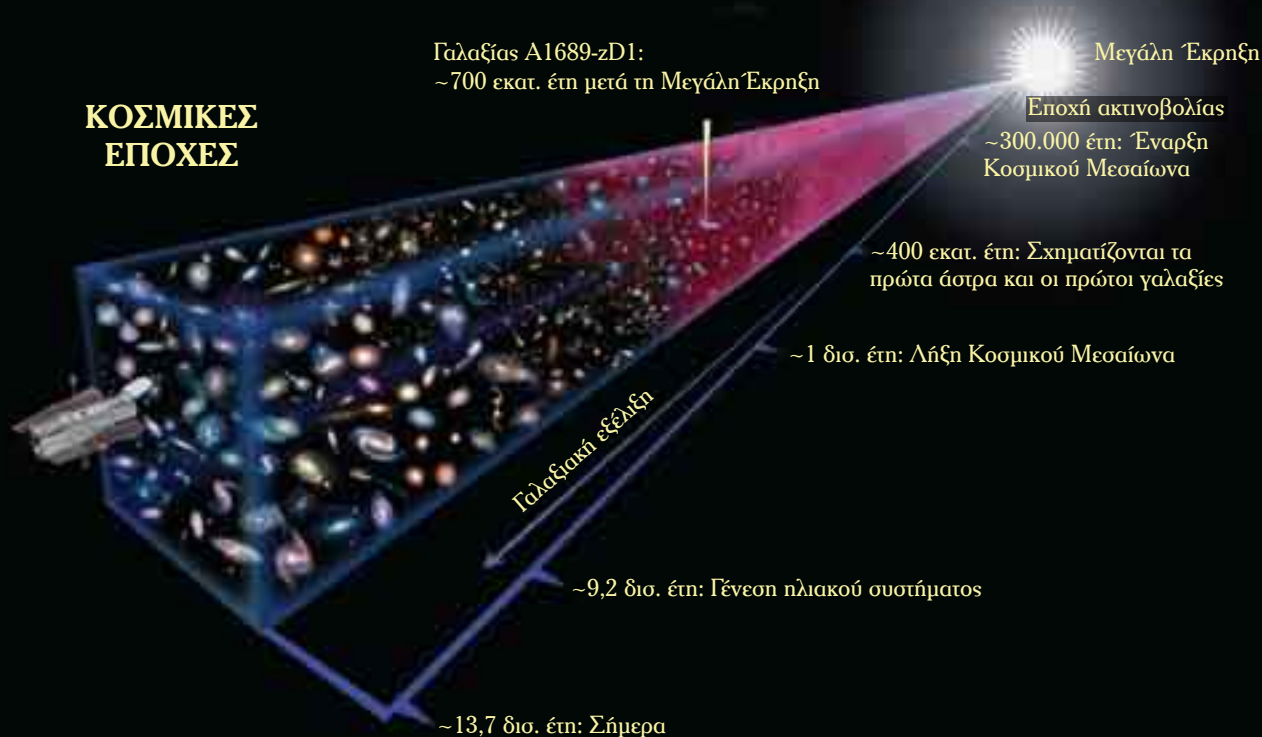
Σχηματική αναπαράσταση της διαστολής του χώρου.

χώρο, ο οποίος μπορεί να διαστέλλεται πολύ ταχύτερα και από την ταχύτητα ακόμη του φωτός. Μ' αυτήν λοιπόν την έννοια η Μεγάλη Έκρηξη δεν ήταν παρά μια «έκρηξη» αυτού του χώρου, μια τεραστίων δηλαδή διαστάσεων διαστολή του («ξεχείλιωμα»).

Είναι επίσης ευνόητο ότι κανείς δεν μπορεί να ξέρει σήμερα τι υπήρχε πριν από τη Μεγάλη Έκρηξη, γιατί ο χρόνος και ο χώρος δεν είχαν

οντότητα. Υπήρχε μόνο ο κοσμικός πυρήνας, ο αρχικός εκείνος «σπόρος» των απεριόριστα μικρών διαστάσεων, που περιέκλειε μέσα του το σπέρμα μιας ολόκληρης οικουμένης, είτε πρόκειται για μια πραγματική «μοναδικότητα», μια «ανώμαλη ιδιομορφία» με τεράστια πυκνότητα και θερμότητα, είτε το «τίποτα», είτε τέλος μια ολόκληρη αλληλουχία προϋπαρχόντων Συμπάντων όπου το δικό μας Σύμπαν δεν είναι παρά ένα από έναν «άπειρο» αριθμό διαστελλόμενων Συμπάντων. Γιατί σήμερα όσα υφίστανται στο Σύμπαν, ο χρόνος και ο χώρος, η ενέργεια και η ύλη, τα πάντα, για μας τουλάχιστον, αρχίζουν με τη Μεγάλη Έκρηξη. Έτσι δεν έχει κανένα νόημα, προς το παρόν τουλάχιστον, να μιλάει κάποιος για γεγονότα που συνέβησαν πριν από την Ώρα Μηδέν, γιατί

## ΚΟΣΜΙΚΕΣ ΕΠΟΧΕΣ



πριν απ' αυτήν τη στιγμή δεν υπάρχει ροή του χρόνου. Θα ήταν σαν να ρωτούσαμε τι υπάρχει βόρεια από το Βόρειο Πόλο. Η Ώρα Μηδέν είναι η στιγμή της εκκίνησης, από την οποία προέρχονται τα πάντα.

Είναι επίσης πάρα πολύ δύσκολο να εκτιμήσουμε σήμερα το «γιατί» γεννήθηκε το Σύμπαν. Εντούτοις, με βάση τις αφάνταστες θερμοκρασίες που επικρατούσαν στις πρώτες στιγμές της γένεσης, έχουμε κατορθώσει να συγκεντρώσουμε αρκετά στοιχεία από παρατηρήσεις, πειράματα και θεωρητικές εκτιμήσεις, οι οποίες μπορούν να μας αποκαλύψουν το «πώς» και το «πότε» της γένεσης. Γιατί οι σύγχρονοι κοσμολόγοι δεν είναι παρά οι αρχαιολόγοι του Σύμπαντος που οδηγήθηκαν, τις τελευταίες δεκαετίες, στο πάντρεμα δύο διαφορετικών ειδικοτήτων: της Αστροφυσικής, που αφορά στη μελέτη του μεγάκοσμου και της Πυρηνικής Φυσικής, που μελετάει το μικρόκοσμο. Αυτή όμως η σύνδεση μας δίνει τη βασίμνη ελπίδα ότι μπορούμε να

περιγράψουμε με αρκετή βεβαιότητα και λεπτομέρεια τα βήματα που ακολούθησαν μετά τη γέννηση του Σύμπαντος όταν στη διάρκεια των 10 πρώτων λεπτών της ζωής του το Σύμπαν πέρασε από διάφορα στάδια και υπέστη περισσότερες αλλαγές απ' ό,τι στα 14, περίπου, δισεκατομμύρια χρόνια που πέρασαν από τότε.

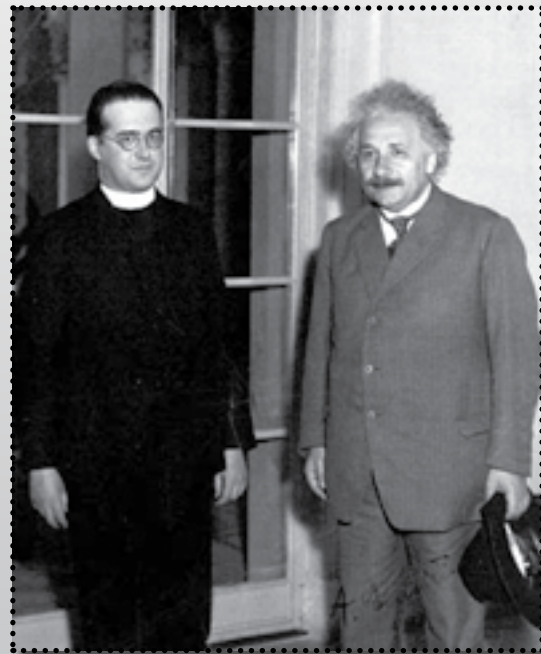
Έτσι, η αποκρυπτογράφηση των στοιχείων που έχουμε συλλέξει μέχρι σήμερα μπορεί να μας περιγράψει ικανοποιητικά την εξέλιξη του Σύμπαντος μέχρι σήμερα. Και παρόλο που οι πρωταρχικές στιγμές της ύπαρξής του εξακολουθούν να παραμένουν τυλιγμένες στο μυστήριο, μερικά κλάσματα του δευτερολέπτου αργότερα, η περίφημη εξίσωση του Αϊνστάιν ( $E=mc^2$ ) καθόρισε τη δημιουργία και την εξαϋλίωση της ύλης, που βρισκόταν τότε σε «θερμική ισορροπία».

Το πρώτο πάντως σύγχρονο μοντέλο για το Σύμπαν προτάθηκε από τον Άλμπερτ Αϊνστάιν (1879-1955) που πίστευε



ότι το Σύμπαν πρέπει να είναι στατικό. Έτσι, παρ' όλο που οι εξισώσεις του έδειχναν το αντίθετο, ο Αϊνστάιν θεώρησε σωστότερο να τους προσθέσει έναν όρο που ονόμασε **κοσμολογική σταθερά** και συμβολίζεται με το ελληνικό γράμμα «λάμδα». Με την προσθήκη της σταθεράς αυτής οι εξισώσεις του Αϊνστάιν παρουσίαζαν ένα σφαιρικό, κλειστό Σύμπαν τεσσάρων διαστάσεων. Το 1922 όμως ο Ρώσος μαθηματικός Αλεξάντερ Φρήντμαν (1888-1925) απέδειξε ότι η κοσμολογική σταθερά δεν χρειαζόταν διότι και χωρίς αυτήν οι εξισώσεις του Αϊνστάιν προέβλεπαν τρεις διαφορετικές πιθανότητες για το Σύμπαν. Εάν η ύλη του Σύμπαντος είναι μεγαλύτερη από μια «κρίσιμη πυκνότητα» τότε το Σύμπαν θα καταρρεύσει, αν είναι μικρότερη τότε το Σύμπαν θα διαστέλλεται για πάντα και εάν η πυκνότητα είναι ίση με την «κρίσιμη πυκνότητα» τότε το Σύμπαν θα διαστέλλεται και πάλι για πάντα αλλά μ' έναν επιβραδυνόμενο ρυθμό, χωρίς όμως να φτάσει ποτέ σε μία οριστική στάση.

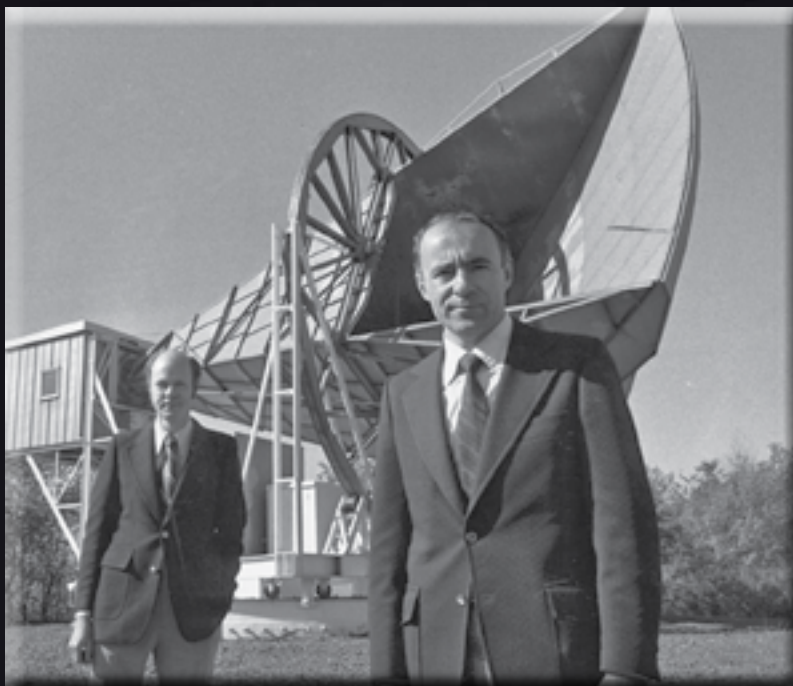
Αυτός πάντως που έθεσε τα θεμέλια της σύγχρονης αντίληψης για τη γέννηση του Σύμπαντος με μία Μεγάλη Έκρηξη ήταν ένας Βέλγος ιερέας και μαθηματικός, ο Ζωρζ Λεμέτρ (1894-1966). Ο Λεμέτρ το 1927 φαντάστηκε την εποχή όπου το Σύμπαν ήταν συμπιεσμένο σε μια υπέρπυκνη μάζα μικρότερη σε μέγεθος ακόμη και από τον πυρήνα ενός ατόμου. Θεώρησε λοιπόν το σύμπαν ως μια κοσμική «**μοναδικότητα χωρίς παρελθόν**» όταν ήταν απείρως μικρό και απείρως καμπύλο, με όλη την ύλη και την ενέργειά του περιορισμένες σ' ένα και μοναδικό μαθηματικό σημείο που ο Λεμέτρ ονόμασε **Κοσμικό Άτομο**, το οποίο κάποια στιγμή εξερράγη, με αποτέλεσμα τη συνεχιζόμενη ακόμη και σήμερα διαστολή του Σύμπαντος. Και πράγματι, δύο χρόνια αργότερα ο Έντουϊν Χάμπλ (1889-1953) απέδειξε ότι όλοι οι γαλαξίες φαίνονται να απομακρύνονται συνεχώς από μας σαν να δραπετεύουν από το κέντρο μιας τεράστιας έκρηξης με ταχύτητες ανάλογες της απόστασής τους (Νόμος του Χάμπλ).



Ο Αϊνστάιν με το Λεμέτρ σε φωτογραφία του 1933.



Ο Αμερικάνος αστρονόμος Έντουϊν Χαμπλ.



*Οι Αμερικάνοι ερευνητές Άρνο Πένζιας και Ρόμπερτ Ουίλσον.*

Οι κύριες πάντως βάσεις της σύγχρονης αυτής θεωρίας τέθηκαν αργότερα, το 1948, από τον ρωσο-αμερικανό θεωρητικό φυσικό Τζώρτζ Γκάμωφ (1904-1968) και τους αμερικανούς συνεργάτες του Ραλφ Άλφερ (1921-2007) και Ρόμπερτ Χέρμαν (1914-1997). Αυτοί μεταξύ άλλων, υπολόγισαν ότι αν πραγματικά το Σύμπαν προήλθε από μια Μεγάλη Έκρηξη θα έπρεπε να μπορούμε να εντοπίσουμε τα υπολείμμάτα της ως μια διάχυτη ακτινοβολία μικροκυμάτων με θερμοκρασία 5 K περίπου, πέντε δηλαδή βαθμών πάνω από το απόλυτο μηδέν. Και πράγματι, το 1964 οι αμερικανοί ερευνητές Άρνο Πενζίας (1933- ) και Ρόμπερτ Ουίλσον (1936- ) των εργαστηρίων Μπελ ανακάλυψαν ότι η Γη μας βομβαρδίζεται συνεχώς από μια τέτοια ακτινοβολία χαμηλής θερμοκρασίας 3 K περίπου. Η ανακάλυψη αυτή χάρισε στους ερευνητές αυτούς το Βραβείο Νόμπελ Φυσικής (το 1978) και στην επιστήμη μια πρώτη ένδειξη

ότι η **θεωρία της Μεγάλης Έκρηξης** ήταν κάτι περισσότερο από μια απλή θεωρία.

Για να διευκρινιστούν λοιπόν οι λεπτομέρειες της θεωρίας αυτής, το 1989 εκτοξεύτηκε το τροχιακό αστεροσκοπείο COBE, το οποίο μπόρεσε να μετρήσει τις απειροελάχιστες διαφοροποιήσεις στη θερμοκρασία των μικροκυμάτων που κατακλύζουν τη Γη μας από παντού. Οι μετρήσεις αυτές, επεξεργασμένες από πανίσχυρους ηλεκτρονικούς υπολογιστές δημιούργησαν μια εικόνα του Σύμπαντος όπως ήταν 380.000 χρόνια μετά τη Μεγάλη Έκρηξη, δείχνοντάς μας ξεκάθαρα ότι η ομοιομορφία του νεαρού Σύμπαντος διαφοροποιούνταν κατά ένα μέρος στα 100.000, γεγονός που αποτελεί αναγκαία προϋπόθεση για την επαλήθευση του μοντέλου αυτού της γένεσης.





Καλλιτεχνική αναπαράσταση του δορυφόρου Cobe  
(NASA/COBE Science Team).



### 3. Οι Πρώτες Στιγμές της Δημιουργίας

Το πρώτο στάδιο της ύπαρξης του Σύμπαντος ονομάζεται **Εποχή του Πλανκ** προς τιμή του Γερμανού επιστήμονα Μαξ Πλανκ (1858-1947), ο οποίος το Δεκέμβριο του 1900 διατύπωσε για πρώτη φορά την **φυσική των κβάντα**. Η Εποχή αυτή άρχισε την Ώρα Μηδέν της Μεγάλης Έκρηξης και διήρκεσε μέχρι το  $10^{-43}$  του πρώτου δευτερολέπτου της ζωής του Σύμπαντος. Προς το παρόν φυσικά δεν μπορούμε να φτάσουμε πίσω στην Ώρα Μηδέν γιατί τις πρώτες εκείνες στιγμές το Σύμπαν βρισκόταν σε μια κατάσταση, την οποία δεν μπορούν να περιγράψουν σήμερα οι νόμοι της Φυσικής.

Με το τέλος της Εποχής του Πλανκ συνέβη μια «αλλαγή φάσης» στο Σύμπαν, οπότε η δύναμη της βαρύτητας «αποκρυσταλλώθηκε», αποσυνδέθηκε δηλαδή και διαχωρίστηκε αφήνοντας πίσω της τις υπόλοιπες τρεις δυνάμεις (την ηλεκτρομαγνητική, την ασθενή πυρηνική και την ισχυρή πυρηνική) ενοποιημένες σε μία «ηλεκτροπυρηνική δύναμη». Με την αποσύνδεση της βαρύτητας το Σύμπαν συνέχισε τη διαστολή του, με αποτέλεσμα τη σταδιακή πτώση της θερμοκρασίας του.

Έτσι όταν στο χρόνο  $10^{-35}$  του πρώτου δευτερολέπτου η θερμοκρασία του Σύμπαντος είχε πέσει στους  $10^{28}$  °C, το Σύμπαν την απειροελάχιστη εκείνη στιγμή του ενός περίπου τρισεκατομμυριοστού του δευτερολέπτου διογκώθηκε ραγδαία με εκθετικό ρυθμό. Γι' αυτό άλλωστε και η εκθετική αυτή διαστολή του Σύμπαντος ονομάστηκε **Πληθωρισμός**, στη διάρκεια του οποίου το Σύμπαν μεγεθύνθηκε  $10^{50}$  φορές, σε τόσο δηλαδή τεράστιες διαστάσεις που αναλογικά θα ήταν σαν να μεγεθύναμε, κατά μέσον όρο, ένα πρωτόνιο ( $10^{-13}$  εκατ.) σε μία σφαίρα με διάμετρο 100 εκατομμυρίων ετών φωτός!

Εμφανώς λοιπόν, η διαστολή αυτή έγινε με μία ταχύτητα πολλαπλασία της ταχύτητας του φωτός. Αυτό όμως δεν αντιτίθεται καθόλου στη θεωρία της Σχετικότητας, που μας «λίζει» ότι τίποτε το υλικό δεν μπορεί να κινηθεί γρηγορότερα από την ταχύτητα του φωτός, γιατί απλούστατα η τεράστια αυτή διαστολή αφορούσε στο χώρο και όχι κάτι το υλικό. Και ενώ τίποτα το υλικό δεν μπορεί να υπερβεί την ταχύτητα του φωτός, εντούτοις αυτό δεν ευσταθεί στην περίπτωση του χώρου ο οποίος μπορεί να διασταλλεί με απεριόριστη ταχύτητα.

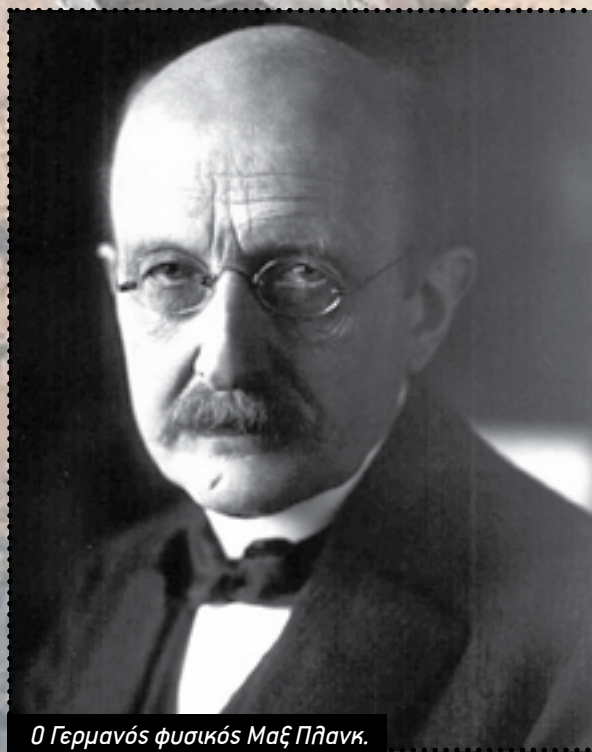
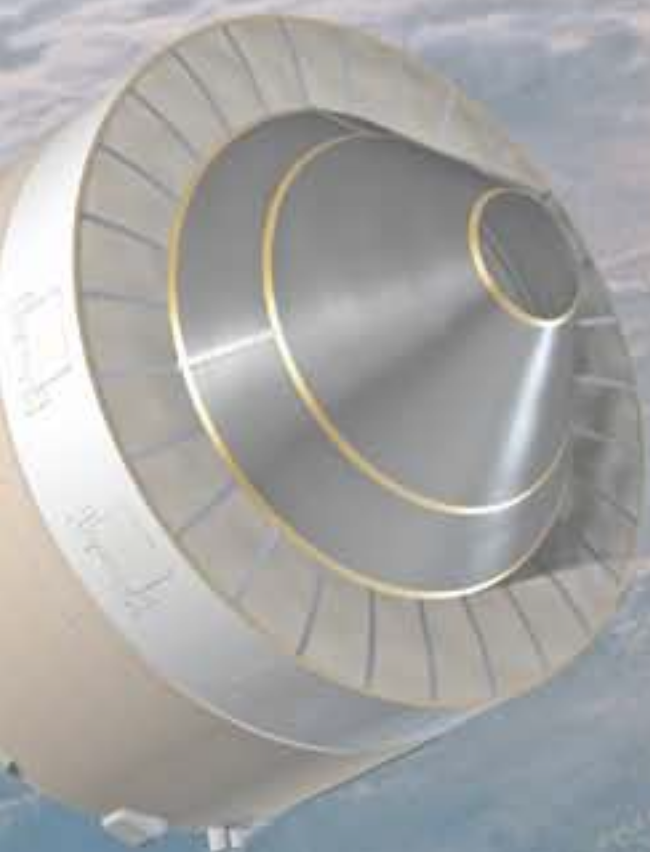
Και όμως η Πληθωριστική διαστολή του Σύμπαντος ίσως να μην έγινε παντού με τον ίδιο τρόπο. Την εποχή δηλαδή της αλλαγής φάσεως το Σύμπαν αποτελούνταν από  $10^{150}$  περιοχές που δεν σχετίζονταν μεταξύ τους! Αυτό που υποστηρίζει δηλαδή ένα από τα μοντέλα του Πληθωριστικού Σύμπαντος είναι ότι απ' όλες αυτές τις τρισεκατομμύρια των τρισεκατομμυρίων περιοχές που αποτελούσαν το Σύμπαν μία μόνο μας ενδιαφέρει άμεσα: αυτή η οποία με την Πληθωριστική της διαστολή δημιούργησε το ορατό σε μας σημερινό Σύμπαν.

Στα  $10^{-32}$  του δευτερολέπτου μετά τη Μεγάλη Έκρηξη, όταν σταμάτησε ο «Πληθωρισμός» η θερμοκρασία του Σύμπαντος έφτασε και πάλι τους  $10^{28}$  °C και από τότε άρχισε η **Ηλεκτρασθενής Εποχή**. Σ' αυτήν την περίοδο ορισμένα μποζόνια διασπάστηκαν σε διαφορετικών ειδών σωματίδια ύλης και αντιύλης, ενώ τα λεπτόνια και τα αντιλεπτόνια εξελίχθηκαν στα διάφορα μετέπειτα είδη τους, όπως είναι τα ζεύγη ηλεκτρονίων-ποζιτρονίων και νετρίνων-αντινετρίνων. Τότε πρέπει να δημιουργήθηκαν επίσης και τα διάφορα σωματίδια, από τα οποία αποτελείται η ενοποιημένη **σκοτεινή ύλη** του Σύμπαντος που χρησίμευσε αργότερα στη δημιουργία των ανομοιομορφων υπέρπυκνων περιοχών ενέργειας και ύλης, μέσα στις οποίες γεννήθηκαν τα πρώτα άστρα και οι πρώτοι γαλαξίες.



Σ' αυτά τα πρώτα τρισεκατομμυριοστά του πρώτου δευτερολέπτου τα πρώτα σωματίδια ύλης (κουάρκ) όταν έρχονταν σε επαφή με τα σωματίδια της αντιύλης (αντικουάρκ) αλληλοεξαυθλώνονταν μετατρέπόμενα και πάλι σε ενέργεια. Έτσι όταν ένα ηλεκτρόνιο (ύλη) συναντιόταν με ένα ποζιτρόνιο (αντιύλη) η εξαϋλώσή τους παρήγαγε δύο φωτόνια ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας γάμα. Αν λοιπόν το Σύμπαν αποτελούνταν από ίσες ποσότητες ύλης και αντιύλης, πολύ σύντομα δεν θα υπήρχε τίποτε άλλο εκτός από ενέργεια.

Φυσικά κάτι τέτοιο δεν είναι σωστό, γιατί το Σύμπαν αποτελείται αποκλειστικά σχεδόν από ύλη κι αυτό γιατί στην αρχική εκείνη διαδικασία της γένεσης είχαμε τη δημιουρ-



*Ο Γερμανός φυσικός Μαξ Πλανκ.*

γία  $10^{87}$  κουάρκ (η μονάδα ακολουθούμενη από 87 μηδενικά) και σχεδόν ίσο αριθμό αντικουάρκ με μια ελάχιστη άνιση παραγωγή, αφού για κάθε 300.000.000 αντικουάρκ είχαμε την παραγωγή ενός επί πλέον κουάρκ. Αυτή η ελάχιστη ασυμμετρία ύλης και αντιύλης έχει δημιουργήσει το Σύμπαν, στο οποίο κατοικούμε σήμερα, ένα Σύμπαν ύλης και όχι αντιύλης.

Με τη συνεχή, όμως, πτώση της θερμοκρασίας οι συγκρούσεις των σωματιδίων ελαττώθηκαν, ενώ όσες συνέβαιναν έγιναν λιγότερο βίαιες, με αποτέλεσμα τη δημιουργία λιγότερων σωματιδίων με μικρότερη μάζα. Έτσι, όταν το Σύμπαν είχε ηλικία ενός τρισεκατομμυριοστού του δευτερολέπτου ( $10^{-12}$ ) και η θερμοκρασία του είχε μειωθεί στους  $10^{16}$  °C, το ενεργειακό «πλάσμα» του Σύμπαντος εμπεριείχε περισσότερα από 100 διαφορετικά είδη σωματιδίων.

Στο ένα εκατομμυριοστό του δευτερολέπτου μετά τη Μεγάλη Έκρηξη ( $10^{-6}$ ), όταν η θερμοκρασία του Σύμπαντος έπεσε κάτω από τη θερμοκρασία των 10 τρισεκατομμυρίων βαθμών Κελσίου ( $10^{13}$ ), τα ελεύθερα κουάρκ φυλακίστηκαν για πάντα κάτω από την επίδραση των μποζονίων της ισχυρής πυρηνικής δύναμης, όπως προβλέπει άλλωστε και η θεωρία της **Κβαντικής Χρωμοδυναμικής** (QCD). Έτσι, την εποχή εκείνη σχηματίστηκαν όλα τα αδρόνια που υπάρχουν σήμερα στο Σύμπαν, όπου τα αδρόνια είναι η συλλογική ονομασία των σωματιδίων τα οποία αποτελούνται από ζεύγη κουάρκ, όπως τα μεσόνια ή τριάδες κουάρκ, όπως τα πρωτόνια και τα νετρόνια.

Όλα τα σωματίδια της ύλης που υπάρχουν σήμερα στο Σύμπαν αποτελούν τα παγωμένα απολιθώματα της γένεσής του, και τα βασικά συστατικά των ατομικών πυρήνων που ονομάζονται συλλογικά βαρυόνια. Στη διαδικασία αυτή σχηματίστηκε ένας τεράστιος αριθμός βαρυονίων ( $10^{78}$ ) που αποτελεί ένα σημαντικό αριθμό, ο οποίος δεν έχει αλ-

λάξει καθόλου από τότε και μέχρι σήμερα. Την εποχή πάντως εκείνη δημιουργήθηκαν ίσες ποσότητες (σε αριθμό) νετρονίων και πρωτονίων που με την πάροδο του χρόνου διαφοροποιήθηκαν.

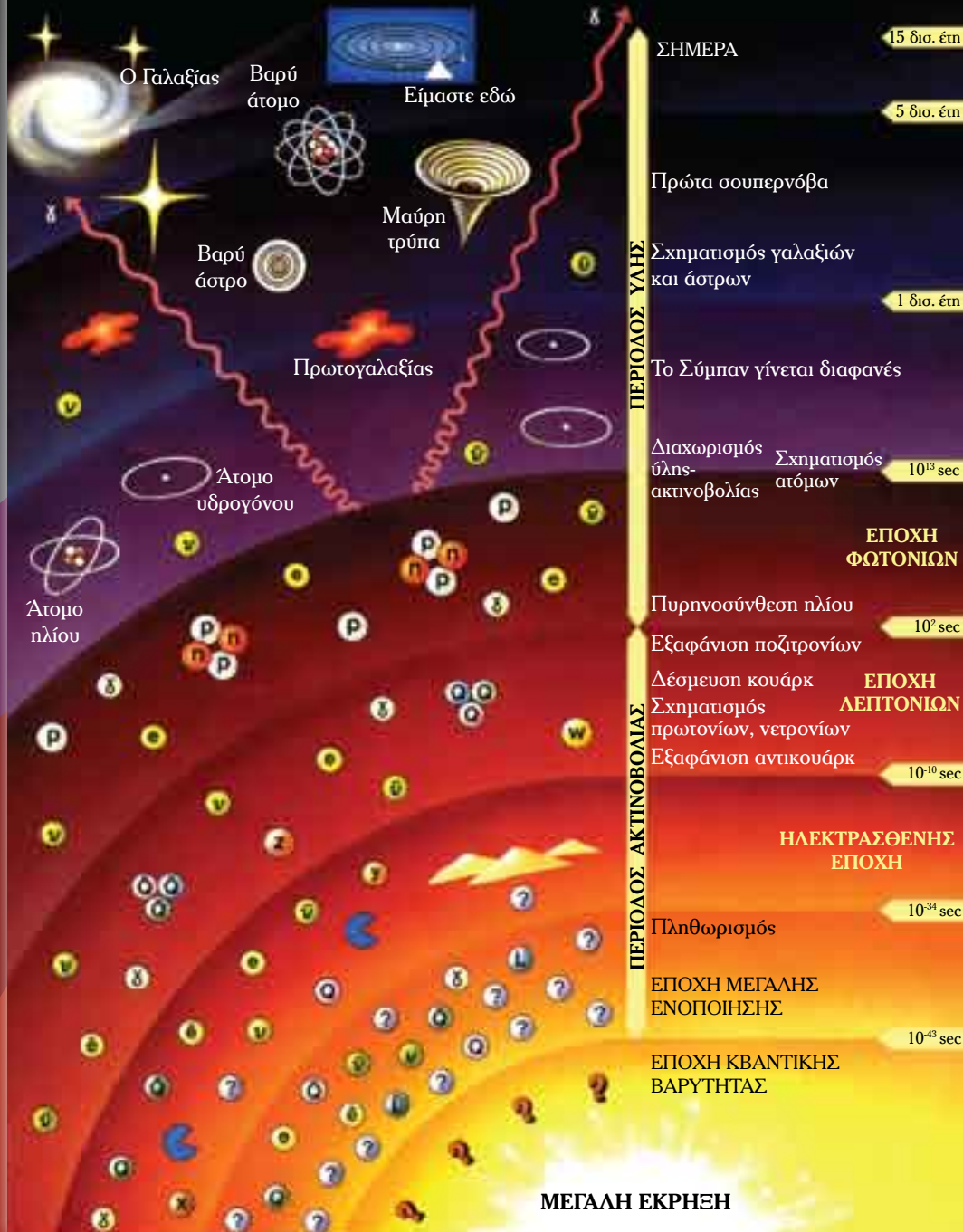
Σ' αυτό το σημείο ήταν που άρχισε και η **Εποχή των Λεπτονίων**, όταν το Σύμπαν είχε ηλικία ενός δεκάκισ χιλιοστού του δευτερολέπτου ( $10^{-4}$ ) και η θερμοκρασία του είχε πέσει στο ένα τρισεκατομμύριο βαθμούς ( $10^{12}$ ). Και καθώς οι θερμοκρασίες μειώνονταν, τα πράγματα άλλαζαν και μαζί τους άρχισε να αλλιάζει και η αναλογία νετρονίων και πρωτονίων. Κι έτσι στο ένα δέκατο του δευτερολέπτου μ.Μ.Ε. (μετά τη Μεγάλη Έκρηξη) η θερμοκρασία είχε πέσει στους 31,5 δισεκατομμύρια βαθμούς, και η αναλογία νετρονίων-πρωτονίων ήταν 38% νετρόνια και 62% πρωτόνια.

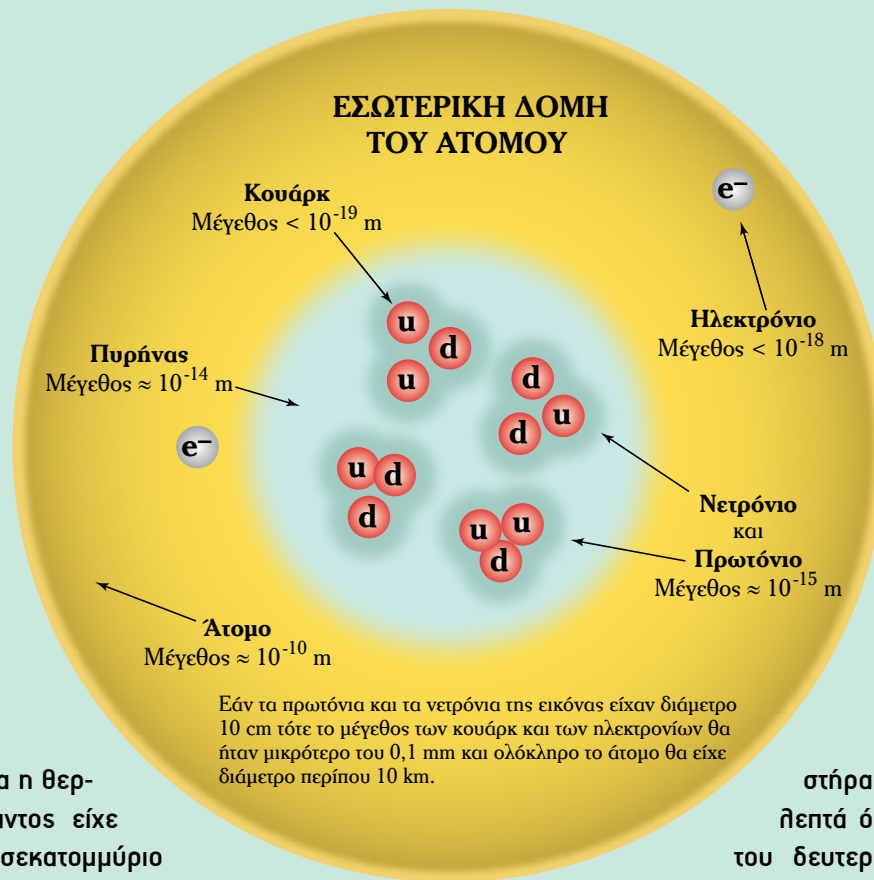
Ένα δευτερόλεπτο μ.Μ.Ε., όταν η θερμοκρασία έπεσε στους 10 δισεκατομμύρια βαθμούς ( $10^{10}$ ), τα φωτόνια δεν είχαν πια την αναγκαία ενέργεια για την παραγωγή ζευγών ηλεκτρονίων-ποζιτρονίων, ενώ τα νετρόνια συνέχισαν να διασπώνται. Η πυκνότητα που είχε την εποχή εκείνη το Σύμπαν μπορεί να υπολογιστεί σήμερα με βάση τις διάφορες διαδικασίες εξαΰλωσης που συνέβαιναν τότε από τις συγκρούσεις της ύλης με την αντιύλη, ενώ τα λεπτόνια ήταν τα σωματίδια που επικρατούσαν.

Υπήρχαν όμως και αρκετά βαρέα σωματίδια σε μια αναλογία ενός βαρυονίου (πρωτόνια και νετρόνια) για κάθε ένα δισεκατομμύριο φωτόνια. Την ίδια εκείνη περίοδο η αναλογία νετρονίων και πρωτονίων ήταν 1 προς 5. Η ίδια αυτή κατάσταση συνεχίστηκε για τρία ακόμη λεπτά, ενώ συγχρόνως τα νετρόνια συνέχιζαν τη διάσπασή τους. Καθώς λοιπόν συνεχιζόταν η εξαΰλωση των βαρέων σωματιδίων, τα υπάρχοντα τότε φωτόνια έπαψαν να έχουν την απαιτούμενη ενέργεια για τη δημιουργία νέων σωματιδίων ύλης.



# Η ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΟΥ ΣΥΜΠΑΝΤΟΣ





Στα 100 δευτερόλεπτα η θερμοκρασία του Σύμπαντος είχε πέσει στους ένα δισεκατομμύριο βαθμούς ( $10^9$ ). Αυτό αφαιρέσει μεγάλες ποσότητες από την ενέργεια των φωτονίων, με αποτέλεσμα η διάσπαση των πυρήνων του δευτερίου να μην είναι τόσο εύκολη. Την ίδια περίοδο τα νετρόνια, λόγω της αστάθειάς τους, συνέχισαν να διασπώνται ανεβάζοντας έτσι την αναλογία των πρωτονίων σε σχέση με τα νετρόνια στα 14 πρωτόνια για κάθε 2 νετρόνια. Μ' αυτόν τον τρόπο τα δύο νετρόνια μπορούσαν να ενωθούν με δύο πρωτόνια σχηματίζοντας δύο πυρήνες δευτερίου. Έτσι, τα νετρόνια κατόρθωσαν να διασωθούν από την περαιτέρω διάσπασή τους (που οφείλεται στη μικρή διάρκεια της ζωής τους) και φυλακίστηκαν στο εσωτερικό των νεο-δημιουργούμενων ατομικών πυρήνων.

Είχαμε εισέλθει πλέον στην **Πυρηνική Εποχή** όταν το Σύμπαν μετετράπη σ' έναν τεράστιο θερμοπυρηνικό αντιδρα-

στήρα και μέσα στα πρώτα 10 λεπτά όλοι σχεδόν οι πυρήνες του δευτερίου ενώθηκαν μεταξύ τους σχηματίζοντας πυρήνες ηλίου. Σε άλλες παράλληλες αντιδράσεις σχηματίστηκαν, επίσης, και ελάχιστες ποσότητες πυρήνων ηλίου 3 (με δύο πρωτόνια και ένα νετρόνιο), βηρυλλίου 7 (με τέσσερα πρωτόνια και τρία νετρόνια) και λιθίου 7 (με τρία πρωτόνια και τέσσερα νετρόνια). Η πυρηνοσύνθεση αυτή άρχισε τρία λεπτά και 46 δευτερόλεπτα μ.Μ.Ε., όταν η θερμοκρασία του Σύμπαντος είχε πέσει στους ένα δισεκατομμύριο βαθμούς. Έτσι δέκα λεπτά μ.Μ.Ε. σε κάθε 16 βαρυόνια (νετρόνια και πρωτόνια) είχαμε την εξής κατάσταση: τα 4 σωματίδια (2 πρωτόνια και 2 νετρόνια) αποτελούσαν έναν πυρήνα ηλίου, ενώ τα υπόλοιπα 12 πρωτόνια αποτελούσαν ελεύθερους πυρήνες υδρογόνου (αφού ο πυρήνας του υδρογόνου αποτελείται από ένα και μοναδικό πρωτόνιο). Για κάθε δηλαδή πυρήνα ηλίου είχαμε 12 πυρήνες υδρογόνου (τα πρωτόνια) και έτσι η αναλογία της πυρηνικής ύλης που



υπήρχε τότε ήταν 25% (4 σωματίδια στα 16) ήλιο και το υπόλοιπο 75% υδρογόνο.

Στη διάρκεια όμως των πρώτων αυτών λεπτών της εξέλιξης μία ελάχιστη ποσότητα δευτερίου κατόρθωσε να μην μετατραπεί σε ήλιο, με αντιστοιχία ενός πυρήνα δευτερίου για κάθε 30.000 πυρήνες υδρογόνου, ποσότητα που παρατηρείται ακόμη και σήμερα, 14 περίπου δισεκατομμύρια χρόνια αργότερα. Η ακριβής μάλιστα ποσότητα του δευτερίου που απέμεινε τότε παίζει σημαντικό ρόλο στο μελλοντικό πεπρωμένο του Σύμπαντος, γιατί μπορεί να μας βοηθήσει να υπολογίσουμε την παρούσα πυκνότητα της ύλης του.

Με την πάροδο των δέκα πρώτων λεπτών, η θερμοπυρηνική μηχανή του Σύμπαντος σταμάτησε να λειτουργεί και μαζί της σταμάτησε και οποιαδήποτε συνέχεια της πυρηνοσύνθεσης. Οποιαδήποτε περαιτέρω δημιουργία νέων πυρήνων των χημικών στοιχείων της Φύσης έπρεπε να περιμένει τη δημιουργία των άστρων (εκατοντάδες εκατομμύρια χρόνια αργότερα και μέχρι σήμερα). Οι πυρήνες αυτοί σχηματίστηκαν μέσω των θερμοπυρηνικών αντιδράσεων σύντηξης που μετέτρεπαν το υδρογόνο σε ήλιο και στη συνέχεια, σε βαρύτερους πυρήνες μέχρι τον σίδηρο, ανάλογα βέβαια με την αρχική μάζα του κάθε άστρου. Η δημιουργία στοιχείων, βαρύτερων από τον σίδηρο και μέχρι το ουράνιο, από την άλλη, οφείλεται στις εκρήξεις σουπερνοβα.

Δέκα ημέρες μετά τη Μεγάλη Έκρηξη η θερμοκρασία είχε πέσει στους 10 εκατομμύρια βαθμούς ( $10^7$ ). Έτσι, καθώς η θερμοκρασία του Σύμπαντος συνεχώς έπεφτε, η «κοσμική σούπα» που το αποτελούσε περιελάμβανε φωτόνια, ηλεκτρόνια, πρωτόνια και πυρήνες ηλίου και σε απειροελάχιστες ποσότητες πυρήνες δευτερίου, ηλίου 3, λιθίου 7 και βηρυλλίου 7. Η ακτινοβολία που υπήρχε στο Σύμπαν αποτελούνταν κυρίως από φωτόνια υψηλής ενέργειας με τη μορφή ακτίνων γάμα. Με το πέρασμα όμως του χρόνου και καθώς το Σύμπαν διαστέλλεται και κρύωνε η ενέργεια

αυτή συνεχώς ελαττωνόταν, ενώ οι μάζες των σωματιδίων της ύλης δεν άλλαζαν καθόλου.

Έτσι 1.000 χρόνια μετά τη «Μεγάλη Έκρηξη», το Σύμπαν περιελάμβανε ακόμη τεράστιο αριθμό φωτονίων και οποτεδήποτε κάποιο από τα ηλεκτρόνια προσπαθούσε να ενωθεί με κάποιο πρωτόνιο σχηματίζοντας ένα άτομο υδρογόνου, τα φωτόνια το διέλυαν σχεδόν ακαριαία. Μ' αυτήν τη μορφή το Σύμπαν συνέχισε να διαστέλλεται και να ψύχεται στη διάρκεια των επόμενων 380.000 χρόνων, οπότε η θερμοκρασία του έπεσε στους 3.000 °C.

Σ' αυτήν τη θερμοκρασία τα φωτόνια είχαν πλέον χάσει τον αρχικό τους δυναμισμό και οι διάφοροι πυρήνες που υπήρχαν στο Σύμπαν μπόρεσαν να συλλάβουν ηλεκτρόνια σχηματίζοντας τα άτομα του υδρογόνου και του ηλίου με μία αναλογία 75% υδρογόνου και 25% ηλίου (και απειροελάχιστες ποσότητες δευτερίου και λιθίου). Επιτέλους η ενεργειακή πυκνότητα της ύλης υπερίσχυσε της ενεργειακής πυκνότητας της ακτινοβολίας και η ύλη επικράτησε ολοκληρωτικά στο νέο Σύμπαν που άφησε πίσω του την **Περίοδο της Ακτινοβολίας** και μπήκε στην **Περίοδο της Ύλης**. Τα φυλακισμένα πλέον ηλεκτρόνια έπαψαν να αποτελούν εμπόδιο στην ελεύθερη διακίνηση των φωτονίων της ακτινοβολίας, τα οποία, ελευθερωμένα από την ύλη, εκτοξεύτηκαν ανάμεσα στους χώρους μεταξύ των ατόμων, δημιουργώντας μια κοσμική διαφανή πλέον σφαίρα.

Πίσω τους άφησαν μια άλλη σφαίρα που ήταν (και είναι ακόμη και σήμερα) αδιαφανής. Το άμεσο δηλαδή αποτέλεσμα της δημιουργίας των ατόμων εκείνη την εποχή ήταν η διάλυση της **κοσμικής ομίχλης**, που καθιστούσε μέχρι τότε το Σύμπαν αδιαφανές. Στο μεταξύ, η θερμοκρασία του Σύμπαντος συνεχώς μειωνόταν και το χρώμα που επικρατούσε άλλαξε σιγά-σιγά και μετετράπη σε κόκκινο, μετά σε βαθύ κόκκινο, και τέλος στο βαθύ σκοτάδι που επικρατεί

στο Διάστημα. Σήμερα, η αρχική εκείνη υπέρθερμη ακτινοβολία κατάντησε να είναι κυριολεκτικά η σκιά του αρχικού της εαυτού, με αποτέλεσμα η θερμοκρασία της ακτινοβολίας που μας βομβαρδίζει συνεχώς να μην υπερβαίνει τους 27°C πάνω από το απόλυτο μηδέν ή τους - 270 °C περίπου.

Τη διάφανη πλέον σφαίρα του νεογέννητου Σύμπαντος κατόρθωσε να «φωτογραφήσει» στις αρχές της δεκαετίας του '90 η διαστημοσυσκευή COBE, όταν κατέγραψε τη μορφή που είχε 380.000 χρόνια μετά τη Μεγάλη Έκρηξη η διάχυτη ακτινοβολία μικροκυμάτων. Συγχρόνως μάλιστα, κατόρθωσε να διαπιστώσει ότι στη σχεδόν ομοίμορφη πυκνότητα που επικρατούσε στο νεαρό Σύμπαν υπήρχαν και ορισμένες συγκεντρώσεις μεγαλύτερης πυκνότητας που έχουν αφήσει την υπογραφή τους με τη μορφή «κυματισμών» μικροσκοπικών θερμοκρασιακών διαφοροποιήσεων (με μέγεθος μερικών εκατομμυριστών του ενός βαθμού Κελσίου), που ήταν όμως αρκετά μεγάλες για να δημιουργήσουν αργότερα τις συγκεντρώσεις ύλης από τις οποίες προήλθαν τα πρώτα άστρα.

Στα δέκα εκατομμύρια χρόνια η πυκνότητα της ύλης ήταν ένα εκατομμύριο φορές μεγαλύτερη απ' ό,τι είναι σήμερα, περιλαμβάνοντας ένα περίπου άτομο υδρογόνου ανά κυβικό εκατοστόμετρο. Υπήρχε δηλαδή η ίδια πυκνότητα ύλης με την πυκνότητα που επικρατεί σήμερα στους γαλαξίες. Κι έτσι, κάτω από την αδύνατη αλλά επίμονη πίεση της βαρύτητας, το ομοιογενές Σύμπαν άρχισε να «διασπάται», ενώ τμήματα αερίου υδρογόνου άρχισαν να συμπυκνώνονται γύρω από τα πρωταρχικά «ραγίσματα» του χωροχρόνου, τα οποία κρυσταλλοποιήθηκαν στη διάρκεια του πρώτου μικρο-δευτερόλεπτου, σχηματίζοντας έτσι τους «σπόρους» που έγιναν αργότερα γαλαξίες.

Σ' αυτές τις συγκεντρώσεις ύλης τα αέρια άρχισαν να διασπώνται σιγά-σιγά κάτω από τις βαρυτικές τους επιδράσεις,

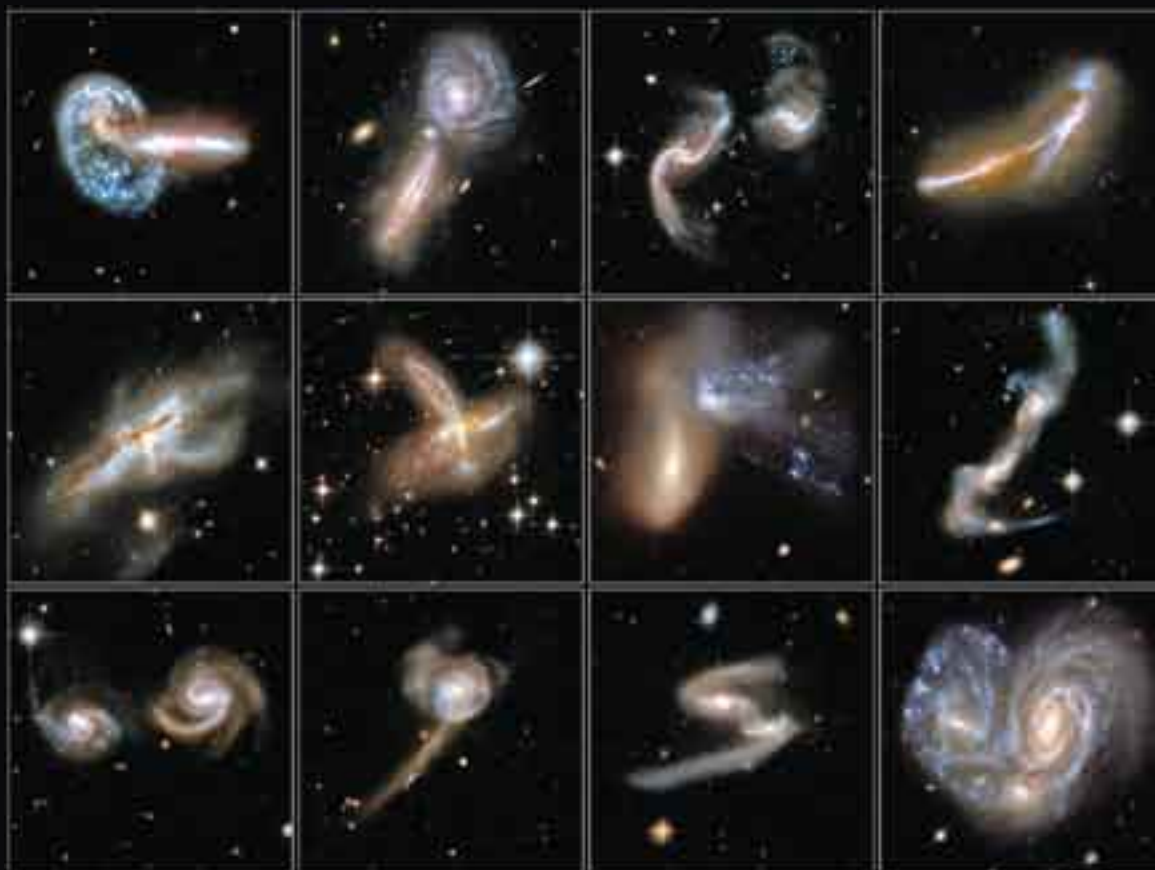
σχηματίζοντας μικρότερες ακόμη συγκεντρώσεις. Τελικά, μέσα σ' αυτούς τους πρωτογαλαξίες τα νέφη υδρογόνου συνέχισαν τη σύμπτυξή τους, έως ότου δισεκατομμύρια άστρα άρχισαν να λαμπυρίζουν σε δισεκατομμύρια γαλαξίες. Κι έτσι, μέσα σε ένα περίπου δισεκατομμύριο χρόνια μετά την αρχική εκείνη Μεγάλη Έκρηξη, οι γαλαξίες άρχισαν να συνδέονται σε σμήνη και υπερσμήνη, που ακόμη και σήμερα φαίνονται να είναι προσκολλημένα στο εξωτερικό της επιφάνειας κοσμικών «φυσαλίδων», απολειψάδια μιας εποχής όταν το Σύμπαν ήταν ακόμη «μωρό».

## 4. Η Δομή του Σύμπαντος

Στις πρώτες στιγμές της ζωής του, το Σύμπαν βρισκόταν σε μια μεταβατική φάση, κατά την οποία το υπέρθερμο πλάσμα (ύλη σε πλήρως ιονισμένη κατάσταση) που προερχόταν από τη Μεγάλη Έκρηξη έδωσε τη θέση του στη «Σκοτεινή Ύλη» και τη «Σκοτεινή Ενέργεια» και σε ουδέτερες αέρειες συγκεντρώσεις ελαφρών στοιχείων, κυρίως υδρογόνου και ηλίου. Η ακτινοβολία του αρχέγονου εκείνου πλάσματος είναι αυτό που παρατηρείται σήμερα ως «Κοσμική Ακτινοβολία Μικροκυμάτων» ή «Ακτινοβολία Υποβάθρου».

Τότε ήταν που το Σύμπαν εισήλθε στην εποχή του επονομαζόμενου «Κοσμικού Μεσαίωνα», κατά την οποία υπήρχαν διακυμάνσεις της σκοτεινής ύλης, που παρατηρούνται σήμερα ως διακυμάνσεις στην ακτινοβολία μικροκυμάτων. Ας σημειωθεί επίσης, ότι κατά τη Μεγάλη Έκρηξη δεν είχαν παραχθεί βαρέα στοιχεία, επομένως τα πρώτα άστρα θα πρέπει να αποτελούνταν από ελαφρά μόνο στοιχεία. Κάτι τέτοιο, φυσικά, απλοποιεί τη φυσική διαδικασία του σχηματισμού των άστρων συγκριτικά με την παρούσα κατάσταση.





*Γαλαξιακές συγκρούσεις (NASA, ESA, the Hubble Heritage Team).*

Οι παρατηρήσεις που γίνονται σήμερα, σε συνεργασία με τα θεωρητικά μας μοντέλα και τα αποτελέσματα των διαφόρων εξομοιωτών, μας οδηγούν στο συμπέρασμα ότι τα πρώτα εκείνα άστρα όντως πρέπει να δημιουργήθηκαν πριν από 13,2 έως 13,5 δισεκατομμύρια χρόνια, δηλαδή από 200 έως 500 εκατομμύρια χρόνια μετά τη Μεγάλη Έκρηξη, διασπώντας έτσι το σκοτάδι που επικρατούσε στη διάρκεια του «Κοσμικού Μεσαίωνα». Οι μελέτες αυτές μας πληροφορούν επίσης ότι τα πρώτα αυτά άστρα πρέπει να ήταν γιγάντια, με μάζα εκατοντάδες φορές μεγαλύτερη από τη μάζα του Ήλιου μας.

Αυτά τα τεράστιας μάζας πρωτο-άστρα, καθένα από τα οποία υπολογίζεται ότι έφτανε τις 300 ηλιακές μάζες, γεννήθηκαν χωρίς καθόλου βαρέα στοιχεία. Οι μέχρι τώρα έρευνες, πάντως, μας οδηγούν στο συμπέρασμα ότι όταν οι συνθήκες ήταν ώριμες, όταν δηλαδή τα διάφορα αέρια νέφη είχαν, με κάποιον τρόπο, συμπιεστεί σε αρκετά μεγάλη πυκνότητα, μια ξαφνική και απότομη γένεση ενός τεράστιου αριθμού άστρων φώτισαν σαν πυροτεχνήματα το σκοτεινό Σύμπαν.

Από τις πρώτες πάντως στιγμές της γέννησης του Σύμπαντος, η βαρύτητα βασίλευε έλκοντας τα πρωτογενή αέρια,

τα οποία με την πάροδο εκατομμυρίων ετών θερμάνθηκαν τόσο πολύ, ώστε κάποια στιγμή πήραν «φωτιά». Κι έτσι γεννήθηκαν τα πρώτα άστρα. Η ζωή τους όμως τελείωνε πολύ σύντομα με ισχυρότατες εκρήξεις σουπερνόβα, ενώ οι πυρήνες τους κατέρρεαν σχηματίζοντας Μαύρες Τρύπες. Οι αστρονόμοι πιστεύουν ότι μερικές από εκείνες τις Μαύρες Τρύπες γιγαντώθηκαν, καθώς κατευθύνονταν σαν «τεράστιες μπουλντόζες» προς τα κέντρα των γαλαξιών που τους φιλοξενούσαν καταβροχθίζοντας συγχρόνως τα πλούσια κοιτάσματα αερίων και άστρων που βρίσκονταν εκεί. Μερικές άλλες Μαύρες Τρύπες μεγάλωσαν ακόμη περισσότερο, όταν οι δρόμοι τους διασταυρώνονταν.

Στις επιστημονικές προσομοιώσεις που εκτελούνται από τους υπερυπολογιστές των ερευνητικών εργαστηρίων, μπορούμε να παρακολουθήσουμε όλο εκείνο το «δράμα» από τις συγκρούσεις των πρώτων γαλαξιών, ένα «δράμα» που χρειάζεται δύο δισεκατομμύρια χρόνια για να εξελιχθεί. Στη διάρκεια της όλης αυτής διαδικασίας οι δύο συγκρουόμενοι γαλαξίες γίνονται ένας, ενώ οι Μαύρες Τρύπες στα κέντρα τους συγχωνεύονται σχηματίζοντας μία και μοναδική με γιγάντιες όμως διαστάσεις. Συγχρόνως, μπορούν να εμπλουτίσουν το νέο γαλαξία με τα χημικά στοιχεία που γεννήθηκαν στο εσωτερικό των άστρων, όπως για παράδειγμα ο άνθρακας, το οξυγόνο και ο σίδηρος, δηλαδή υλικά που σχηματίζουν νέα πλανητικά συστήματα, αλλιά και ανθρώπους.

Τα πρώτα εκείνα άστρα γεννήθηκαν στο εσωτερικό των πρώιμων νεφελωμάτων με μια πολύχρονη και αρκετά πολύπλοκη διαδικασία. Κάτω από ορισμένες συνθήκες ένα τέτοιο νεφέλωμα με διάμετρο πολλών ετών φωτός και υλικά ένα εκατομμύριο φορές περισσότερα απ' όσα έχει ο Ήλιος μας διασπάστηκε, με αποτέλεσμα μια ή περισσότερες από τις περιοχές αυτές να αρχίσουν μίαν αργή αλλιά σταθερή συστολή κάτω από τη δύναμη της βαρύτητας των υλικών από τα οποία αποτελούνταν.

Μετά από την πάροδο μερικών εκατομμυρίων ετών η θερμοκρασία στο κέντρο του άρχισε σταδιακά να αυξάνεται εκπέμποντας τεράστιες ποσότητες υπέρυθρης ακτινοβολίας κι έτσι άρχισαν επίσης και οι θερμοπυρηνικές αντιδράσεις που μετέτρεπαν το υδρογόνο σε ήλιο, σηματοδοτώντας τη γέννηση του πρώτου άστρου στο Σύμπαν. Τα άστρα εκείνα φαίνεται ότι ήταν από τα πρώτα που έλαμψαν, τερματίζοντας έτσι τον Κοσμικό Μεσαίωνα κατά τη διάρκεια του οποίου το Σύμπαν είχε βυθιστεί σε σκοτάδι.

Εκείνα τα πρώτα άστρα δημιούργησαν σιγά-σιγά μεγαλύτερες συγκεντρώσεις σε ομαδοποιήσεις που ονομάζουμε σήμερα πρωτογαλαξίες. Οι αστρικές αυτές πολιτείες έχουν σήμερα διαφορετικά σχήματα και μεγέθη. Μερικοί είναι μικροί και ακανόνιστοι, σαν τα γειτονικά μας Νέφη του Μαγγελάνου, ενώ άλλοι έχουν μια σπειροειδή μορφή σαν τον άλλο ορατό με γυμνό μάτι γαλαξία, που βρίσκεται στον αστερισμό της Ανδρομέδας. Άλλοι πάλι φαίνονται ακόμη πιο πυκνά «πακεταρισμένοι» και με σφαιροειδή ή ελλειπτική δομή.

Πολλοί από τους γαλαξίες που βλέπουμε διασκορπισμένους στο Σύμπαν, αποτελούν γαλαξιακά ζεύγη, σαν αυτό που σχηματίζει ο Γαλαξίας μας με το γαλαξία της Ανδρομέδας, που όμως έχει διπλάσιο αριθμό άστρων από τον δικό μας. Με τη βοήθεια ενός μικρού τηλεσκοπίου ο Γαλαξίας της Ανδρομέδας μοιάζει με ένα αμυδρά φωτισμένο γκριζόχρωμο οβάλ σχήμα, ενώ η φωτογραφική του απεικόνιση, με τη βοήθεια ενός μεγάλου τηλεσκοπίου, μας παρουσιάζει μυριάδες διαφορετικά άστρα: γιγάντια άστρα, εκρηγνύμενα άστρα, σφαιρωτά και ανοιχτά σμήνη και περιοχές αστρογένεσης παρόμοιες με του δικού μας Γαλαξία.

Μετρώντας τη φωτεινότητα ορισμένων άστρων μεταβλητής φωτεινότητας στο γαλαξία της Ανδρομέδας, μπορέσαμε να υπολογίσουμε και την απόστασή του που φτάνει τα 2,3 εκατομμύρια έτη φωτός. Και όπως ο δικός μας Γαλαξίας συνοδεύεται από τα Νέφη του Μαγγελάνου, έτσι και





*Η γειτονική μας ομάδα γαλαξιών Hickson 44, 60 εκατ. έτη φωτός μακριά στον Αστερισμό του Λέοντος.*

ο γαλαξίας της Ανδρομέδας έχει δύο συνοδούς ελλειπτικούς γαλαξίες που ταξιδεύουν μαζί του στο Διάστημα. Με παρόμοιες λοιπόν παρατηρήσεις έχουμε καταλήξει στο συμπέρασμα ότι οι δισεκατομμύρια γαλαξίες που βλέπουμε στο Σύμπαν δεν είναι απομονωμένοι στο Διάστημα, αλλά αντίθετα βρίσκονται οργανωμένοι σε ομάδες, σε σμήνη και υπερσμήνη γαλαξιών.

Ο Γαλαξίας μας, ο γαλαξίας της Ανδρομέδας (M 31 ή NGC 224) και ο γαλαξίας του Τριγώνου (M 33 ή NGC 598) είναι οι τρεις μεγαλύτεροι γαλαξίες μιας μικρής ομάδας 30 περίπου γαλαξιών που ονομάζουμε Τοπική Ομάδα. Και ενώ οι

μεγάλοι γαλαξίες σαν αυτούς αποτελούνται από 100 έως 400 δισεκατομμύρια άστρα, οι μικρότεροι γαλαξίες, όπως είναι τα Νέφη του Μαγγελάνου, δεν υπερβαίνουν τις μερικές εκατοντάδες εκατομμύρια άστρα. Έτσι, από τους διάφορους γαλαξίες που βρίσκουμε στην Τοπική μας Ομάδα έχουμε βγάλει το συμπέρασμα ότι οι περισσότεροι γαλαξίες που την αποτελούν δεν είναι παρά υπερμεγέθη σφαιρωτά σμήνη σαν τους γαλαξίες «Λέων Ι και ΙΙ» που ανακαλύφθηκαν το 1950.

Ο Γαλαξίας μας και τα Νέφη του Μαγγελάνου ανήκουν στη μία από τις τρεις κύριες συγκεντρώσεις γαλαξιών της Το-

πικής μας Ομάδας. Δύο περίπου εκατομμύρια έτη φωτός μακριά βρίσκεται μια δεύτερη συγκέντρωση γαλαξιών με κύρια μέλη τους γαλαξίες της Ανδρομέδας (M 31) και του Τριγώνου (M33), ενώ μια τρίτη συγκέντρωση αποτελείται από τους γαλαξίες Μαφεί 1 και 2, που ανακαλύφθηκαν το 1970, και μερικούς άλλους. Έτσι στην Τοπική μας Ομάδα βρίσκουμε γαλαξίες αντιπροσωπευτικούς όλων των γαλαξιακών τύπων: σπειροειδείς, ραβδωτούς σπειροειδείς, ελλειπτικούς και ακανόνιστους γαλαξίες. Όσο βυθιζόμαστε όμως όλο και πιο πολύ στο Διάστημα, το σκοτάδι παραμερίζεται από το αμυδρό φως τόσων γαλαξιών, όσα είναι και τ' άστρα του Γαλαξία μας. Έχουμε φτάσει δηλαδή στην περιοχή που διαφεντεύεται από τον κόσμο των γαλαξιακών σμηνών, το πλησιέστερο από τα οποία είναι το Σμήνος της Παρθένου.

Η Τοπική μας Ομάδα αποτελεί ένα μικρό τμήμα στα εξωτερικά όρια του Σμήνους της Παρθένου, που ονομάζεται έτσι επειδή οι περισσότεροι από τις χιλιάδες διαφορετικών ειδών γαλαξίες που το αποτελούν φαίνονται προς την κατεύθυνση του αστερισμού της Παρθένου. Οι γαλαξίες του σμήνους αυτού είναι διατεταγμένοι με τέτοιο τρόπο, ώστε να σχηματίζουν δέσμες γαλαξιών σαν λεπτές μεμβράνες προσκολλημένες στα τοιχώματα τεράστιων επιφανειών που μοιάζουν με σαπουνόφουσες. Ακόμη και με τα γαλα-

ξιακά μέτρα το Σμήνος της Παρθένου είναι τεράστιο αποτελούμενο από εκατοντάδες σμήνη γαλαξιών, ενώ η διάμετρος του υπολογίζεται ότι υπερβαίνει τα 150 εκατομμύρια έτη φωτός.

Πέρα από την Παρθένο, όμως, βρίσκονται κι άλλα σμήνη με γαλαξίες γεμάτους μυστήριο και την υπόσχεση νέων ανακαλύψεων. Γαλαξίες που είναι πιο παράξενοι ακόμη και από την πιο παράφορη φαντασία μας, καθένας γεμάτος με αμέτρητους νέους κόσμους. Τα μεγάλα τηλεσκόπια μας έχουν αποκαλύψει παρόμοια υπερσμήνη με 10.000 μέλη που φαίνονται προς την κατεύθυνση των αστερισμών της Μεγάλης Άρκτου, της Ύδρας, του Ηρακλή, καθώς και σε όλα τα μήκη και τα πλάτη του ουρανού.

Συνολικά υπάρχουν πάνω από εκατό δισεκατομμύρια γαλαξίες στο ορατό Σύμπαν, πολύ περισσότεροι δηλαδή γαλαξίες απ' όλους τους ανθρώπους που έχουν ζήσει μέχρι τώρα πάνω στη Γη μας. Παρ' όλα αυτά, παρ' όλη την τεράστια αυτή γαλαξιακή κλίμακα, υπάρχουν ενδείξεις ενός ορισμένου σχεδίου και μιας δεδομένης δομής, αφού τα υπερσμήνη των γαλαξιών φαίνονται να είναι κατανεμημένα σε κυψελίδες, παρόμοιες με αυτές των σπόγγων και των κοραλλιών, ενώ οι διάμετροί τους υπολογίζονται ότι είναι το 1% της διαμέτρου ολόκληρου του Σύμπαντος.



## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

---

- \* Barrow, John D., Η απαρχή του σύμπαντος: περιήγηση στη μοντέρνα κοσμολογία, Αθήνα: Κάτοπτρο, 1995.
- \* Barrow, John D., The book of nothing: vacuums, voids and the latest ideas about the origins of the universe, New York: Random House / Vintage, 2002.
- \* Carrigan, Richard A. ed, Trower, W. Peter ed, Particle physics in the Cosmos: readings from Scientific American Magazine, New York: Freeman W.H., 1989.
- \* Cesarsky, Catherine, Η περιπέτεια του σύμπαντος από τον Γαλιλαίο ως σήμερα, Αθήνα: Δημοσιογραφικός Οργανισμός Λαμπράκη / Ελευθεροτυπία, [2009].
- \* Charles, Philip A. και Seward, Frederick D., Exploring the X-ray universe, Cambridge: Cambridge University Press, 1995.
- \* Christensen, Lars Lindberg, Fosbury, R. A. E. και Hurt, Robert, Hidden universe, Weinheim, Germany: Wiley / VCH, c2009.
- \* Δανέζης, Μάνος και Θεοδοσίου, Στράτος, Το σύμπαν που αγάπησα: εισαγωγή στην αστροφυσική, Αθήνα: Δίαυλος, 1999.
- \* Fischer, Daniel και Duerbeck, Hilmar Hubble: a new window to the universe, New York: Springer / Copernicus, 1996.
- \* Gribbin, John R., Η μεγάλη έκρηξη: κβαντική φυσική και κοσμολογία, Αθήνα: Ωρόρα, 1992.
- \* Guth, Alan H., Lightman, Alan P., The inflationary universe: the quest for a new theory of cosmic origins, London: Jonathan Cape, 1997.
- \* Harrison, Edward Robert, Cosmology : the science of the universe, Cambridge ; New York : Cambridge University Press, 2000.
- \* Hawking, Stephen W., Mlodinow, Leonard, Ένα συντομότερο χρονικό του χρόνου, Αθήνα: Κάτοπτρο, 2005.
- \* Krauss, Lawrence M., Σκοτεινή ύλη: η πεμπτουσία του σύμπαντος, Αθήνα: Τραυλός, 2005.
- \* Lincoln, Don, Kolb, Rocky, Understanding the universe: from quarks to the cosmos, New Jersey: World Scientific, 2004.
- \* Μπογδάνος, Ηρακλής, Κοπελιάδης, Γιώργος, Κοσμολογία: το πληθωριστικό σύμπαν, Αθήνα: Δημοσιογραφικός Οργανισμός Λαμπράκη, 2002.
- \* Parker, Barry R., Search for a supertheory: from atoms to superstrings, New York: Plenum, 1987.
- \* Rees, Martin, Μόνο έξι αριθμοί: οι θεμελιώδεις δυνάμεις που διαμορφώνουν το Σύμπαν, Αθήνα: Κάτοπτρο, 2001.
- \* Σιμόπουλος, Διονύσιος Π., Η βιογραφία του σύμπαντος, Αθήνα: Ερευνητές, 2008.
- \* Steinhardt, Paul J., Turok, Neil, Αέναο σύμπαν: τι υπήρχε πριν από τη Μεγάλη Έκρηξη, Αθήνα : Ωκεανίδα / ΑΒΓΟ, 2008.





# ΔΕΥΤΕΡΗ ΕΝΟΤΗΤΑ

# ΑΣΤΡΑ

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Εάν στην πρώτη ενότητα παρουσιάσαμε την μεγάλη κλίμακα εξέλιξη του Σύμπαντος, θα εστιάσουμε εδώ τη προσοχή μας στην εξέλιξη των άστρων. Γιατί τα άστρα, όπως εξάλλου και εμείς οι ίδιοι, γεννιούνται, εξελίσσονται και πεθαίνουν. Γεννιούνται βαθιά μέσα σε γιγάντια μοριακά νέφη αερίων και σκόνης και, όταν οι θερμοπυρηνικές ψυκάμινι στο εσωτερικό τους αρχίσουν να μετατρέπουν το υδρογόνο του πυρήνα τους σε ήλιο, εισέρχονται σε μια μακρά περίοδο ισορροπίας ως άστρα της Κύριας Ακολουθίας. Η συνέχεια όμως για κάθε άστρο είναι διαφορετική και εξαρτάται αποκλειστικά από την αρχική του μάζα. Άστρα σαν τον Ήλιο, για παράδειγμα, αφού εξαντλήσουν το υδρογόνο του πυρήνα τους, θα μετατραπούν σταδιακά

σε κόκκινους γίγαντες, οι οποίοι θα εκτινάξουν στη συνέχεια τις εξωτερικές τους στοιβάδες, δημιουργώντας πανέμορφα νεφελώματα και αφήνοντας στο κέντρο τους έναν λευκό νάνο. Αντίθετα, άστρα με μεγαλύτερη μάζα θα ανατιναχτούν σε κολλοσσιαίες εκρήξεις σουπερνόβα. Το αστρικό υπόλειμμα αυτών των εκρήξεων είναι οι αστέρες νετρονίων και τα πάλσαρ. Τέλος, τα πλέον γιγάντια άστρα, αφού καταναλώσουν με ραγδαίο ρυθμό τα πυρηνικά τους καύσιμα, θα ανατιναχτούν κι αυτά ως σουπερνόβα. Σ' αυτή την περίπτωση, όμως, το αστρικό λείψανο της έκρηξης θα περικλείει τόσο μεγάλη μάζα, ώστε τίποτα δεν θα μπορεί να αντισταθεί στην οριστική βαρυτική του κατάρρευση σε ένα σημείο μηδενικών διαστάσεων και άπειρης πυκνότητας, το οποίο «οριοθετείται» από το υπόλοιπο Σύμπαν από τον ορίζοντα γεγονότων του: μια μαύρη τρύπα.



## I. Αστρικά Βρεφοκομεία

Στην πρόσκαιρη ζωή μας πάνω στη Γη τίποτα δεν μας φαίνεται τόσο μόνιμο και σταθερό όσο τα άστρα στον ουρανό. Τόσα χρόνια τώρα, τα ίδια άστρα, στους ίδιους αστερισμούς λαμπυρίζουν σταθερά και αξιόπιστα. Με ελάχιστες μόνον εξαιρέσεις τα άστρα έχουν παραμείνει «σταθερά» επί χιλιάδες χρόνια. Κι όμως, αυτή η «μονιμότητα» και η «σταθερότητα» των άστρων δεν είναι παρά μόνο φαινομενική. Γιατί τα άστρα, όπως κι εμείς, γεννιούνται, εξελίσσονται και πεθαίνουν.

Τα άστρα που βλέπουμε κάθε βράδυ στον ουρανό δεν είναι παρά ένα μικρό μόνο κομμάτι μιας τεράστιας αστρικής πολιτείας που ονομάζουμε *Γαλαξία*. Τα τελευταία μάλιστα χρόνια συγκεντρώσαμε τεράστια ποσότητα πληροφοριών για το τι συμβαίνει στο Γαλαξία με τη βοήθεια των τροχιακών μας αστεροσκοπείων, τα οποία ερευνούν το διάστημα πάνω από τη γήινη ατμόσφαιρα. Ακτίνες Χ και γάμα, καθώς επίσης και υπεριώδεις, υπέρυθρες και διαφόρων ειδών ραδιοακτινοβολίες συλλαμβάνονται, συγκεντρώνονται και μελετώνται αποκαλύπτοντάς μας διαδικασίες εν δράσει, που ούτε τα πιο ευφάνταστα βιβλία επιστημονικής φαντασίας δεν θα μπορούσαν να προβλέψουν πριν από μερικά μόνο χρόνια.

Σήμερα για παράδειγμα, γνωρίζουμε ότι ανάμεσα στα άστρα βρίσκονται άτομα και μόρια όλων των χημικών στοιχείων και ιδιαίτερα το πιο διαδεδομένο και ελαφρύ στοιχείο, το υδρογόνο. Σ' αυτές τις μεσοαστρικές περιοχές συναντώνται τεράστιες συγκεντρώσεις αερίων και σκόνης, που σχηματίζουν τα μεσογαλαξιακά μας νεφελώματα. Από τις αρχές της δεκαετίας του '20 η ύπαρξη των νεφελωμάτων αυτών προσδιόριζε και τις τοποθεσίες όπου βρίσκονταν τα λίκνα των άστρων, τις τοποθεσίες δηλαδή της γέννησής τους.

Τα νεφελώματα, των οποίων η σκόνη αντανάκλα και διαχέει το φως των άστρων που βρίσκονται κοντά τους, ονομάζονται *νεφελώματα ανάκλασης* και έχουν χρώμα γαλαζωπό. Αντίθετα, τα φωτεινά νεφελώματα που αποτελούνται κυρίως από αέρια αδυνατίζουν το φως των άστρων, καθώς αυτό διέρχεται ανάμεσα από περιοχές όπου η σκόνη είναι ορατή, με αποτέλεσμα η σκόνη αυτή να απορροφάει το γαλάζιο κυρίως και το υπεριώδες φως και να εκπέμπει έτσι στην κόκκινη περιοχή του οπτικού φάσματος. Τα νεφελώματα αυτά έχουν την ιδιότητα να εκπέμπουν και δικό τους φως, γιατί η ακτινοβολία των άστρων που βρίσκονται μέσα τους διεγείρει τα υλικά που τα αποτελούν. Αυτού του είδους τα νεφελώματα ονομάζονται *νεφελώματα εκπομπής* και αποτελούνται κυρίως από ιονισμένο υδρογόνο.

Σήμερα τα μεσογαλαξιακά νεφελώματα μας έχουν δώσει όλα εκείνα τα στοιχεία που χρειαζόμαστε, ώστε να μπορούμε να σκιαγραφήσουμε την εξέλιξη των διαφόρων διαδικασιών που συμβαίνουν στα πρώτα στάδια της γέννησης ενός άστρου. Μερικά μάλιστα από τα πιο θεαματικά διάχυτα νεφελώματα έχουν φωτογραφηθεί κατά καιρούς από τα μεγάλα τηλεσκόπια και μας παρουσιάζουν ένα υπέροχο πραγματικό θέαμα.

Το εσωτερικό τέτοιων νεφελωμάτων αποτελούν περιοχές, στις οποίες γεννιούνται τα άστρα με μια πολύχρονη και αρκετά πολύπλοκη διαδικασία. Κάτω από ορισμένες συνθήκες ένα τέτοιο νεφελώμα με διάμετρο πολλών ετών φωτός διασπάται, με αποτέλεσμα μια ή περισσότερες από τις περιοχές αυτές να αρχίσουν μια αργή αλλήλα σταθερή συστολή κάτω από τη δύναμη της βαρύτητας των υλικών, από τα οποία αποτελείται. Μετά την πάροδο μερικών εκατομμυρίων ετών η θερμοκρασία στο κέντρο του αρχίζει σταδιακά να αυξάνεται εκπέμποντας τεράστιες ποσότητες υπέρυθρης ενέργειας, που δεν μπορεί να καταγραφεί από τους εξωτερικούς παρατηρητές.





*Το νεφέλωμα ανάκλισης Κεφάλι Μάγισσας  
στον αστερισμό του Ωρίωνα (DSS).*



*Το νεφέλωμα εκπομπής Αετός,  
(©T.A.Rectos & B.A. Wolra, NOAO, AURA).*

Όταν η θερμοκρασία αυτή φτάσει τους δέκα εκατομμύρια βαθμούς αρχίζουν οι πυρηνικές αντιδράσεις, που μετατρέπουν το υδρογόνο σε ήλιο σηματοδοτώντας έτσι τη γέννηση ενός νέου άστρου. Αέρια υλικά, που προσελκύονται από τις παρυφές της περιοχής που καταρρέει στριφογυρίζουν με τεράστιες ταχύτητες γύρω από το νεογέννητο άστρο σχηματίζοντας μια τεράστια δίνη υπερθερμασμένων υλικών. Από τους πόλους αυτού του περιστρεφόμενου δίσκου ύλης εκτινάσσονται γιγάντιοι πίδακες υλικών, πάνω και κάτω από το δίσκο, σαν τεράστια εκρηγνυόμενα ηφαίστεια. Οι πίδακες αυτοί χτυπούν με δύναμη το περιβάλλον νέφος αερίων και σκόνης, δημιουργώντας έτσι μερικές ιδιαίτερα θερμές εστίες.

Με την πάροδο του χρόνου, ο δίσκος των υλικών συμπυκνώνεται σχηματίζοντας μικρότερα σώματα, τα οποία μετατρέπονται σε πλανήτες και δορυφόρους, ενώ η ακτινοβολία του νέου άστρου σαν μανιασμένος άνεμος εκσφενδονίζει σιγά-σιγά τα υπολειπόμενα υλικά του δίσκου αφήνοντας πίσω τους πλανήτες να περιφέρονται γύρω από το άστρο τους. Μετά τη γέννησή του ένα άστρο συνεχίζει να μετατρέπει το υδρογόνο του σε ήλιο στις θερμοπυρηνικές αντιδράσεις, που εκτελούνται στο κέντρο του, με τον ίδιο άλλωστε τρόπο που συμπεριφέρεται και ο Ήλιος μας.

Η σύγχρονη λοιπόν άποψη των αστροφυσικών ξεχωρίζει τέσσερα στάδια στη διαδικασία γένεσης των άστρων:

**Στο πρώτο στάδιο** έχουμε τη δημιουργία ενός αργά περιστρεφόμενου βασικού πυρήνα στο εσωτερικό ενός μοριακού νέφους.

**Στο δεύτερο στάδιο** ο πυρήνας αυτός καταρρέει σχηματίζοντας ένα πρωτόαστρο με ένα δίσκο υλικών γύρω του, περιβαλλόμενο από τα αέρια και τη σκόνη που συνεχίζουν να καταρρέουν.

**Στο τρίτο στάδιο** έχουμε την απαρχή των πρώτων θερμοπυρηνικών αντιδράσεων και την εκπομπή ενέργειας. Ο ενεργός αυτός «αστρικός άνεμος» σχηματίζει τελικά πίδακες υλικών, που εκτοξεύονται από τους πόλους της στροφής του πρωτοάστρου.

**Στο τελευταίο στάδιο** ο αστρικός άνεμος γενικεύεται προς όλες τις κατευθύνσεις απομακρύνοντας σιγά-σιγά τα υπολείμματα του νεφελώματος, που σχημάτισε το νεογέννητο άστρο.

Αν και αρκετά άστρα γεννιούνται μεμονωμένα, εν τούτοις τα περισσότερα άστρα δημιουργούνται κατά ομάδες σχηματίζοντας σμήνη άστρων. Όταν ο Γαλαξίας μας ήταν ακόμη νέος και το διαθέσιμο υδρογόνο που είχε υπήρχε σε τεράστιες ποσότητες διασκορπισμένο τριγύρω, τα πρωταρχικά του νεφελώματα δημιούργησαν δεκάδες χιλιάδες άστρα ταυτόχρονα, σχηματίζοντας έτσι τα γνωστά **σφαιρωτά σμήνη**. Σήμερα όμως τα νεφελώματα δεν είναι τόσο μεγάλα και σχηματίζουν πολύ λιγότερα στα λεγόμενα **ανοικτά ή γαλαξιακά σμήνη άστρων**. Σε γενικές γραμμές ένα ανοικτό σμήνος αποτελείται από 50 έως 500 συνολικά άστρα, ενώ σε σπάνιες περιπτώσεις μπορεί να φτάνουν τις μερικές χιλιάδες. Ακόμη κι ο ίδιος ο Ήλιος μας γεννήθηκε σ' ένα παρόμοιο σμήνος.

Τα άστρα όμως, που αποτελούν τα νεαρά αστρικά σμήνη δεν έχουν όλα το ίδιο μέγεθος, το ίδιο χρώμα ή την ίδια λαμπρότητα. Τι άραγε είναι αυτό που κάνει τα άστρα, (αν και έχουν την ίδια περίπου ηλικία και γεννήθηκαν στο ίδιο νεφελώμα), να μην έχουν εντούτοις το ίδιο χρώμα και την ίδια λαμπρότητα; Η απάντηση βρίσκεται στη μάζα των άστρων, στη συνολική δηλαδή ποσότητα ύλης, που περιέχει τη στιγμή της γέννησής του. Γιατί η ποσότητα της ύλης που έχει το κάθε άστρο όταν γεννιέται, καθορίζει επακριβώς τη μοίρα του: τη ζωή του και το θάνατό του!



Το ανοιχτό αστρικό σμήνος Πλειάδες  
(Inseok Song, University of Georgia).



Καλλιτεχνική αναπαράσταση ενός  
πολληπαλίου αστρικού συστήματος  
[NASA/JPL-Caltech, T.Pyle (SSC)].

Οποιαδήποτε όμως κι αν είναι η μάζα τους, τα περισσότερα άστρα στη διάρκεια της αρχικής τους εξέλιξης αντιμετωπίζουν συνήθως το πρόβλημα μιας τρομερά γρήγορης περιστροφής που τα εμποδίζει να συμπυκνωθούν όπως πρέπει και να εξελιχθούν κανονικά. Γι' αυτό μόνα τους προσπαθούν να δώσουν διάφορες λύσεις σ' αυτό τους το πρόβλημα. Μερικά απ' αυτά περιστρέφονται τόσο γρήγορα κατά τη διάρκεια της δημιουργίας τους, ώστε αναγκάζονται να διαχωριστούν και να μετατραπούν σε ένα **σύστημα διπλών άστρων**.

Μερικές φορές, ορισμένα μεγάλα άστρα δεν κατορθώνουν να ελαττώσουν αρκετά την περιστροφή τους με έναν απλό διαχωρισμό σε δύο μόνον άστρα, γι' αυτό διαχωρίζονται σε **πολληπαλά αστρικά συστήματα**. Τρία, τέσσερα, πέντε ή και περισσότερα άστρα αποτελούν ένα τέτοιο αστρικό σύστημα. Τα διπλά και πολληπαλά άστρα είναι τόσο πολύ διαδεδομένα, ώστε υπολογίζεται ότι το 50% περίπου όλων των άστρων αποτελούνται από τέτοια συστήματα. Μερικά από τα λαμπρότερα άστρα που βλέπουμε στον ουρανό, παρόλο που φαίνονται ότι είναι μεμονωμένα άστρα αποτελούνται στην πραγματικότητα από δύο ή και περισσότερα άστρα.



Άλλα πάλι άστρα, όπως ο Ήλιος, σχηματίζουν πλανήτες οι οποίοι με την παρουσία τους μειώνουν την ταχύτητα περιστροφής των άστρων. Οι παρατηρήσεις μάλιστα της τελευταίας δεκαετίας τείνουν να επιβεβαιώσουν την ύπαρξη τέτοιων διαδικασιών, έτσι ώστε σήμερα μπορούμε να συμπεράνουμε ότι η δημιουργία πλανητικών συστημάτων είναι ένα συνηθισμένο φαινόμενο, που συμβαίνει στα αρχικά στάδια της γέννησης των περισσότερων άστρων.

Η ύπαρξη πλανητών γύρω από άλλα άστρα δεν είναι κάτι το καινούργιο, γιατί τέτοιου είδους παρατηρήσεις έχουν ξεκινήσει πριν από μισό περίπου αιώνα, ενώ πολλές από τις παρατηρήσεις αυτές μας έχουν δώσει αρκετά στοιχεία, που να μας οδηγούν στο συμπέρασμα ότι η ύπαρξη πλανητών γύρω από άλλα άστρα είναι ένα αρκετά συνηθισμένο φαινόμενο. Ένα φαινόμενο που τα τελευταία χρόνια έχει εντοπιστεί πανηγυρικά σε περισσότερα από 50 κοντινά μας άστρα.

Είτε έτσι, όμως, είτε αλλιώς θα ήταν ιδιαίτερα ανθρωποκεντρικό αν πιστεύαμε ότι ο Ήλιος μας είναι το μοναδικό άστρο στο Σύμπαν που κατόρθωσε να δημιουργήσει πλανήτες. Όλα δείχνουν ότι η δημιουργία πλανητικών συστημάτων είναι ένα συνηθισμένο φαινόμενο, που συμβαίνει στα αρχικά στάδια της γέννησης των περισσότερων άστρων. Αν κάτι τέτοιο αληθεύει, τότε το Σύμπαν πρέπει να περιλαμβάνει τρισεκατομμύρια τρισεκατομμυρίων πλανήτες. Μερικοί μάλιστα απ' αυτούς θα πρέπει να έχουν όχι

μόνο την κατάλληλη απόσταση από το γονικό τους άστρο, αλλά και το σωστό μέγεθος και την απαραίτητη χημική σύνθεση για τη δημιουργία και τη συντήρηση ζωής.

Σε αυτήν την περίπτωση δεν μπορούμε να αποκλείσουμε την πιθανότητα να εξελιχθούν νοήμονα όντα, τα οποία, όπως και εμείς εξάλλου, θα αναρωτιούνται αν πράγματι υπάρχει ζωή και σε κάποιον άλλο πλανήτη στο απέραντο Σύμπαν, στο οποίο κατοικούμε. Πολλά λοιπόν από τα άστρα που βλέπουμε στον ουρανό πρέπει να περιλαμβάνουν γύρω τους πλανήτες όπως ο Ήλιος μας. Και όλα αυτά δεν είναι παρά τα γειτονικά μας μόνον άστρα που, όπως είπαμε στην αρχή, βρίσκονται στην τεράστια αστρική πολιτεία που ονομάζουμε **Γαλαξία**.

## 2. Κόκκινοι Γίγαντες και Άσπροι Νάνοι

---

Το χειμώνα ο αστερισμός του Ωρίωνα είναι ο αδιαφιλονίκητος κυρίαρχος με μερικά από τα πιο λαμπρά άστρα του ουρανού. Τρία άστρα σε ευθεία γραμμή σχηματίζουν τη ζώνη του Ωρίωνα, ενώ μια ομάδα πολυάριθμων δυσδιάκριτων άστρων σε σχήμα αψίδας αντιπροσωπεύουν την αψίδα του ή μία λειοντή με την οποία προφυλάσσεται. Το κοκκινωπό άστρο που σημειώνει τον αριστερό ώμο του μυθικού αυτού ήρωα, ονομάζεται Μπετελγκεζ (άλφα Ωρίωνος), ενώ εκ διαμέτρου αντίθετα βρίσκεται το γαλαζωπό άστρο Ρίγκελ που σημαδεύει το δεξί του γόνατο. Με λίγη φαντασία μπορείτε να τον διακρίνετε αρκετά εύκολα ντυμένο με τη λειοντή του και κραδαινόντας απειλητικά το ρόπαλό του.

Ο Μπετελγκεζ του Ωρίωνα είναι το ενδέκατο σε λαμπρότητα άστρο του ουρανού και το φως του χρειάζεται 520 χρόνια για να φτάσει μέχρι τη Γη. Βρίσκεται δηλαδή σε απόσταση 520 ετών φωτός από μας. Η μικρή του σχετικά επιφανειακή θερμοκρασία των 3.000°C του δίνει ένα κοκκινωπό χρώμα, ενώ ο όγκος του είναι 500 εκατομμύρια φορές μεγαλύτερος του Ήλιου μας που σημαίνει ότι αν βρισκόταν στη θέση του Ήλιου μας οι τρεις πρώτοι πλανήτες, μαζί και η Γη μας, θα περιφέρονταν στο εσωτερικό του.

Ο Μπετελγκεζ βρίσκεται στα τελευταία στάδια της ζωής του, αλλά λόγω του μεγάλου του όγκου εκπέμπει φωτεινότητα 12.000 ήλιων. Έχει προ πολλού πια φτάσει στο στάδιο του κόκκινου γίγαντα που είναι το προτελευταίο στάδιο της ζωής του. Για κάθε άηλωσε άστρο που ζει στο Σύμπαν το στάδιο αυτό είναι ο προθάλαμος του θανάτου του, ο οποίος θ' αφήσει πίσω του ένα από τρία μόνο πιθανά «λείψανα» ανάλογα με τη μάζα που έχει κάθε άστρο.

Όταν ένα άστρο με λιγότερα υλικά από τέσσερεις ηλιακές μάζες μετατραπεί σε κόκκινο γίγαντα, μπαίνει σε μια περίοδο αστάθειας. Η βαρυτική του δύναμη δεν είναι ικανή να συγκρατήσει τα εξωτερικά του στρώματα, τα οποία αποχωρίζονται σιγά-σιγά και διαφεύγουν στο Διάστημα. Τα αέρια αυτά στρώματα αποχωρώντας σχηματίζουν ένα διαστελλόμενο κέλυφος, το οποίο στα τηλεσκόπια μας φαίνεται σαν ένας δακτύλιος αερίων. Οι αστρονόμοι των περασμένων αιώνων με τα μικρά τους τηλεσκόπια νόμιζαν ότι αυτά τα ουράνια σώματα έμοιαζαν με πλανήτες, γι' αυτό και τα ονόμασαν **πλανητικά νεφελώματα**.

Τα διαστελλόμενα αέρια των πλανητικών νεφελωμάτων περιλαμβάνουν το μεγαλύτερο μέρος της αρχικής μάζας ενός άστρου και καθώς αποχωρίζονται απ' αυτό, αφήνουν πίσω τους, αποκαλύπτοντάς τον συγχρόνως, το γυμνό υπερθερμασμένο πυρήνα του. Ο πυρήνας αυτός αποτελείται από άνθρακα και οξυγόνο, που είναι τα κατάλοιπα, η «στάχτη», των θερμοπυρηνικών αντιδράσεων του ηλίου. Αντικρίζουμε δηλαδή το «πτώμα» του αρχικού άστρου, που έχει φτάσει πια στο τέλος του. Παρ' όλο όμως που ο πυρήνας αυτός έχει πάψει να παράγει ενέργεια (μιας και οι θερμοπυρηνικές αντιδράσεις στο κέντρο του έχουν σταματήσει τελείως), εκπέμπει τεράστιες ποσότητες υπεριώδους ακτινοβολίας, ενώ η επιφανειακή του θερμοκρασία αγγίζει τους 100.000°C.

Η μεγάλη όμως αυτή θερμότητα οφείλεται στην τρομακτική συμπύεση των υλικών του που έχουν περιοριστεί σε μία σφαίρα ίση με το μέγεθος του Πλανήτη μας. Το αρχικό μας δηλαδή άστρο έχει μετατραπεί σ'έναν άσπρο νάνο, που ακτινοβολεί ένα έντονο γαλαζόλευκο φως από μία επιφάνεια 16.000 φορές μικρότερη από την αρχική του. Τα διαστελλόμενα αέρια του κελύφους, που περιβάλλει πλέον το νεοαποκαλυφθέντα άσπρο νάνο «ερεθίζονται» από την υπεριώδη ακτινοβολία του και λάμπουν. Χίλια μόνο πλανητικά νεφελώματα έχουν ανακαλυφτεί μέχρι τώρα γιατί



Το πλανητικό νεφέλωμα NGC 3132  
(STScI/ AURA/ NASA).

η διάρκεια της ζωής τους είναι σχετικά μικρή. Μέσα σε 50.000 χρόνια τα αέρια αυτά διασκορπίζονται στο διάστημα, παύουν να «ερεθίζονται» από τον κεντρικό τους άσπρο νάνο και δεν φαίνονται πια από τα τηλεσκόπιά μας.

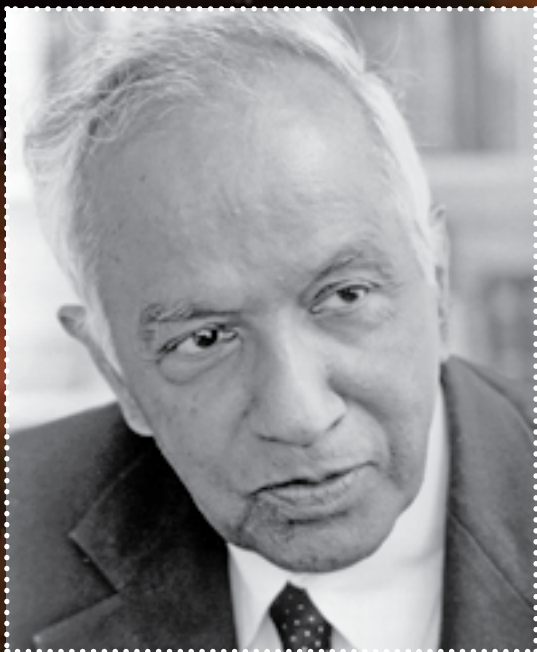
Η πυκνότητα της μάζας ενός άσπρου νάνου είναι τεράστια. Ένα μόνο «κουταλάκι» από τα υλικά του μπορεί να φτάσει να «ζυγίζει» μέχρι 1.000 τόνους. Κάτω από τόσο μεγάλες πιέσεις, τα υλικά αυτά είναι τελείως ιονισμένα, που σημαίνει ότι τα ηλεκτρόνια έχουν διαχωριστεί τελείως από τους ατομικούς τους πυρήνες. Σύμφωνα όμως με την **απαγορευτική αρχή του Πάουλι** (στην κβαντομηχανική) το σύννεφο αυτό των ηλεκτρονίων δεν μπορεί να συμπιεστεί και να περιοριστεί πέρα από έναν ορισμένο όγκο. Σ' αυτό το όριο η ύλη βρίσκεται σε μία «εκφυλισμένη» κατάσταση, η οποία απαγορεύει στα ηλεκτρόνια να πλησιάσουν

πολύ το ένα στο άλλο. Έτσι τα ελεύθερα, «εκφυλισμένα» ηλεκτρόνια εξασκούν μία ισχυρότατη πίεση, που αντιστέκεται σε οποιαδήποτε περαιτέρω συμπίεση του άσπρου νάνου, με αποτέλεσμα την εξισορρόπηση του. Σ' αυτήν τη φάση η θερμοκρασία του άσπρου νάνου έχει πέσει στους 50.000°C.

Ο εξωτερικός μανδύας του άσπρου νάνου και μέχρι βάθους 50 km περίπου, περιλαμβάνει το 1 δεκάκις χιλιοστό της ύλης του. Στο λεπτό αυτό στρώμα η πίεση είναι αρκετά μικρή και τα ηλεκτρόνια που βρίσκονται εκεί δεν είναι εκφυλισμένα. Έτσι καθώς τα νετρίνα, μικροσκοπικά σωμάτιδια που παράγονται στο κέντρο του, «δραπετεύουν» από το νεκρό πια άσπρο νάνο, «παίρνουν» μαζί τους και μεγάλες ποσότητες θερμότητας. Η διαρροή αυτή και των τελευταίων αποθεμάτων ενέργειας, που διαθέτει ο άσπρος



*Ο Αυστριακός φυσικός Β. Παουλί.*



*Ο Ινδός αστροφυσικός Ε. Τσαντρασεκάρ.*

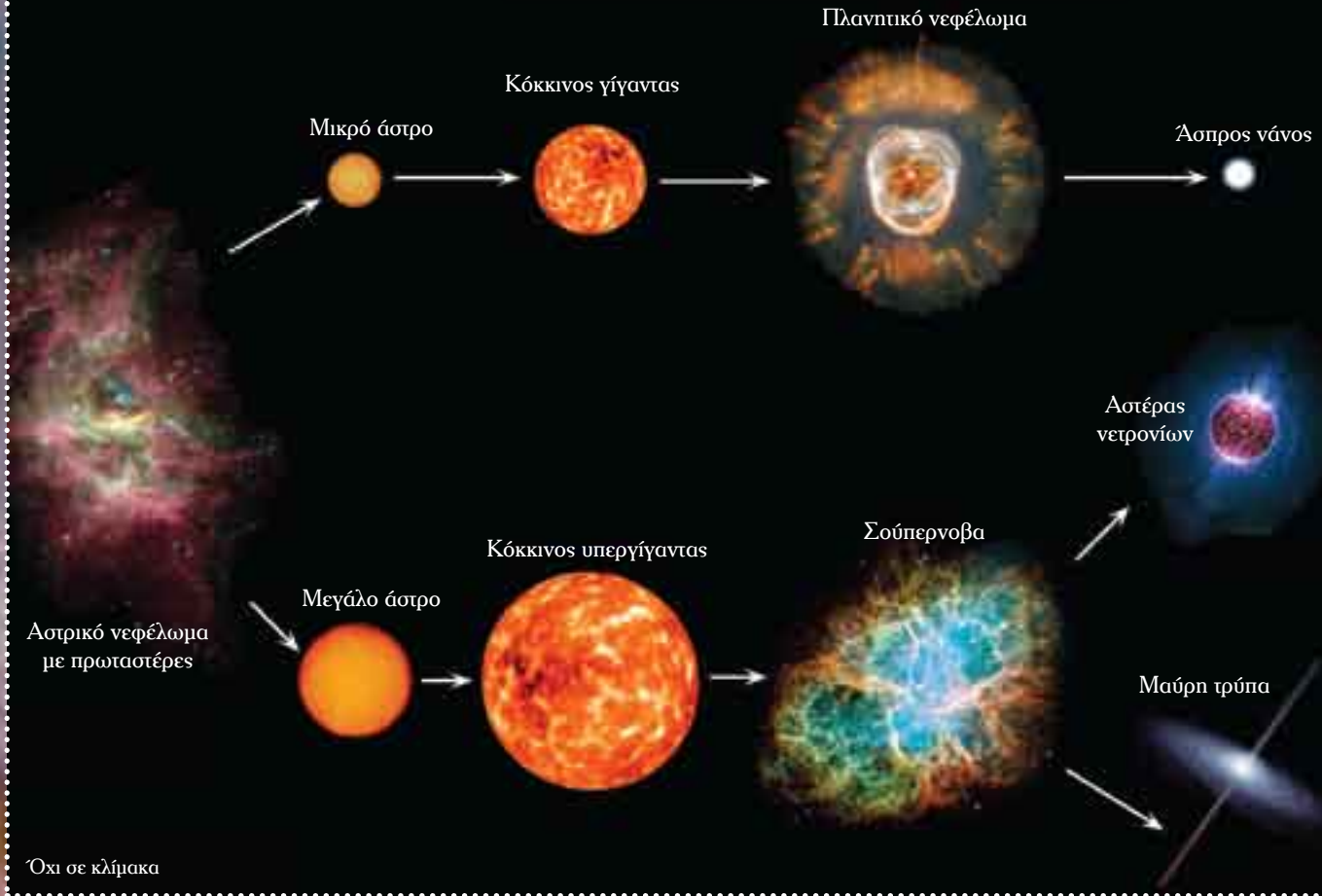
νάνος, έχει ως αποτέλεσμα τη συνεχή του ψύξη. Μέσα σε δέκα εκατομμύρια χρόνια μετά το σχηματισμό του, ένας άσπρος νάνος έχει το ένα δέκατο της λαμπρότητας του Ήλιου και επιφανειακή θερμοκρασία 30.000°C. Έτσι, καθώς ο άσπρος νάνος χάνει συνεχώς τη θερμότητά του, τα ιόντα που τον αποτελούν αρχίζουν να συνδέονται μεταξύ τους σε μία «ρευστή» κατάσταση.

Ένα δισεκατομμύριο χρόνια μετά τη δημιουργία ενός άσπρου νάνου οι ατομικοί πυρήνες του κρυσταλλοποιούνται μετατρέποντάς τον σιγά-σιγά σ' ένα κρυσταλλικό στερεό (κβαντικό στερεό), αρχίζοντας πρώτα από το κέντρο του και ανεβαίνοντας προς τα εξωτερικά του στρώματα. Η φάση της κρυσταλλοποίησης ενός άσπρου νάνου απαιτεί πολλά δισεκατομμύρια χρόνια, κάτι που σημαίνει ότι κανένας άσπρος νάνος στο Γαλαξία μας δεν έχει ολοκληρώσει ακόμη αυτή τη φάση, γιατί κανένας τους δεν υπάρχει σήμερα που να έχει μικρότερη λαμπρότητα από το ένα δεκάκις χιλιοστό της λαμπρότητας του Ήλιου. Όταν όμως αυτή η φάση ολοκληρωθεί, ο άσπρος νάνος δεν θα ακτινοβολεί πλέον καθόλου και θα έχει μετατραπεί σ' έναν κρυστάλλινο, άψυχο, μαύρο νάνο.

Μέχρι τώρα έχουν μελετηθεί 500 περίπου άσπροι νάνοι. Έτσι, στα τελευταία 60 χρόνια, με τη βοήθεια της κβαντομηχανικής και της θεωρίας της σχετικότητας, έχει δημιουργηθεί ένα ικανό θεωρητικό υπόβαθρο που εξηγεί την εξέλιξη αυτών των άστρων. Σ' αυτήν την μελέτη σημαντικότερη ήταν η προσφορά του Ινδού αστροφυσικού Σ. Τσαντρασεκάρ (Νόμπελ Φυσικής 1983), ο οποίος υπολόγισε ότι το μέγιστο όριο της μάζας ενός άσπρου νάνου δεν μπορεί να υπερβαίνει τις 1,4 ηλιακές μάζες. Το όριο αυτό ονομάζεται **Όριο Τσαντρασεκάρ**. Όσο μάλλον πιο μεγάλη είναι η μάζα του τόσο πιο μικρή είναι και η διάμετρος του άσπρου νάνου. Το μικρό όμως μέγεθος, σε συνδυασμό με τη μεγάλη σχετικά μάζα, έχει ως αποτέλεσμα η βαρύτητα που επικρατεί στην επιφάνειά του να είναι 200.000 φορές μεγαλύτερη της γήινης.



## ΑΣΤΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ



### 3. Οι Φάροι του Διαστήματος

Τις πρωινές ώρες της Πρωτομαγιάς του 1006 μ.Χ. ένας καλόγερος έκανε το συνηθισμένο νυχτερινό του περίπατο στον κήπο ενός μοναστηριού της Ελβετίας. Κάποια στιγμή σήκωσε τα μάτια του προς τον ουρανό, κι εκεί, χαμηλά στο νότιο ορίζοντα και ανάμεσα στα αδύναμα άστρα του αστερισμού του Λύκου, αντίκρισε ένα εκθαμβωτικό, αστραφτερό, φωτεινό σημείο που έλαμπε με τη μισή σχεδόν ένταση της πανσελήνου. Ήταν η λαμπρότερη έκρηξη σουπερνόβα που έχει παρατηρηθεί ποτέ, και η λήαψη της χρειάστηκε δύο χρόνια για να σβήσει τελείως.

Αυτού του είδους οι σουπερνόβα εκρήξεις συμβαίνουν στο τέλος της ζωής γιγάντιων άστρων με υλικά μερικών δεκάδων ηλιακών μαζών. Σ' ένα τέτοιο άστρο τα αποθέματα του υδρογόνου στον πυρήνα του εξαντλούνται μέσα σε 3 εκατομμύρια χρόνια, και το καύσιμο ήλιο σε μερικές χιλιάδες χρόνια. Από εκεί κι έπειτα τα πάντα γίνονται σχεδόν αστραπιαία σε σύγκριση με την όλη διάρκεια της ζωής του. Ο άνθρακας εξαντλείται σε 200 χρόνια, το νέον σ' ένα χρόνο, και μερικοί μόνο μήνες είναι αρκετοί για να «καεί» το οξυγόνο σχηματίζοντας πυρίτιο και θείο. Τελικά το πυρίτιο, μέσα σε μια μόνο ημέρα μεταστοιχειώνεται σε σίδηρο. Σ' αυτό το σημείο η ήρεμη ζωή του άστρου σταματάει και η διαδικασία της μετατροπής του σε σουπερνόβα αρχίζει.

Όταν στον πυρήνα ενός άστρου η θερμοκρασία φτάσει τα τρία δισεκατομμύρια βαθμούς Κελσίου, το πυρίτιο που έχει συγκεντρωθεί εκεί αρχίζει να μετατρέπεται σε σίδηρο κι έτσι μέσα σε μερικές ώρες η ποσότητα του σιδήρου στο κέντρο αρχίζει να αυξάνει. Έτσι όταν ο συγκεντρωμένος σίδηρος στην καρδιά του άστρου φτάσει τις 1,4 ηλιακές μάζες, η συμπίεση είναι τόσο μεγάλη ώστε η θερμοκρασία στο σι-

δερένιο πυρήνα του άστρου ξεπερνάει τα 4 δισεκατομμύρια βαθμούς Κελσίου. Από εκεί και πέρα στο επόμενο ένα δευτερόλεπτο τα πάντα γίνονται με αστραπιαία ταχύτητα. Ο πυρήνας του άστρου διασπάται σε δύο τμήματα.

Το εσωτερικό τμήμα του πυρήνα καταρρέει ανεμπόδιο προς το κέντρο με ταχύτητα που φτάνει τα 80.000 km/sec (πάνω από το 25% της ταχύτητας του φωτός). Η κατάρρευση αυτή συμπιέζει τα υλικά του τόσο πολύ, ώστε η διάμετρος του συρρικνώνεται από 6.000 σε 6 km μόνο. Φανταστείτε δηλαδή τη Γη ολόκληρη να συμπιέζεται ξαφνικά, και σε χιλιοστά του δευτερολέπτου να παίρνει το μέγεθος της Αθήνας. Τα πράγματα όμως δεν σταματούν εδώ.

Σε δέκα χιλιοστά του δευτερολέπτου η πυκνότητα της αστρικής καρδιάς φτάνει να είναι τέσσερεις φορές μεγαλύτερη από την πυκνότητα ενός ατομικού πυρήνα, ενώ η θερμοκρασία έχει φτάσει τα 100 δισεκατομμύρια βαθμούς Κελσίου. Η πυκνότητα δηλαδή αυτή είναι τόσο μεγάλη, που αναγκάζει όλα αυτά τα υλικά (τα νετρόνια και τα νετρίνα) να εξοστρακιστούν με δύναμη προς τα έξω. Η εκτίναξη αυτή του εσωτερικού πυρήνα τον κάνει να συγκρουστεί βίαια με τον καταρρέοντα ακόμη εξωτερικό πυρήνα, δημιουργώντας έτσι ένα κρουστικό κύμα με περισσότερη ενέργεια απ' αυτήν που εκλύει ένας ολόκληρος γαλαξίας σε δέκα περίπου χρόνια. Η δημιουργία του κρουστικού αυτού κύματος σηματοδοτεί τη γέννηση της σουπερνόβα.

Ένα δευτερόλεπτο μετά την αρχή της δραματικής αυτής κατάρρευσης, το κρουστικό κύμα με ταχύτητα που φτάνει τα 30.000 km/sec, σαν μια απόκοσμη τεράστια μπουληντόζα ξεκινάει προς τα εξωτερικά στρώματα του άστρου, που δεν έχει προφτάσει ακόμη να «συνειδητοποιήσει» αυτό που συμβαίνει στον πυρήνα του. Το κρουστικό κύμα διασχίζει το άστρο μέσα σε μερικές ώρες, και η τεράστια έκρηξη που επακολουθεί παράγει ενέργεια ίση με την ενέργεια που παράγει ο Ήλιος σε δέκα τρισεκατομμύρια χρόνια, αν



μπορούσε να ζήσει τόσο πολύ. Αν η μάζα του πυρήνα δεν ξεπερνάει τις 3 περίπου ηλιακές μάζες, τότε οποιαδήποτε περαιτέρω συμπίεσή του σταματάει. Αυτό που απομένει είναι ένας γιγάντιος ατομικός πυρήνας νετρονίων με διάμετρο 20 km περίπου που περιστρέφεται γύρω από τον εαυτό του εκατοντάδες φορές κάθε δευτερόλεπτο.

Αυτού του είδους τα αστρικά λείψανα σε κάθε περιστροφή τους εκπέμπουν από τους μαγνητικούς τους πόλους τεράστιες ποσότητες ακτινοβολιών σαν απόκοσμοι φάροι του Διαστήματος. Ένα τέτοιο άστρο είναι πραγματικά κάτι το αδιανόητο. Υλικά από ένα τέτοιο άστρο με μέγεθος όσο είναι το κεφάλι μιας καρφίτσας, θα «ζύγιζαν» ένα εκατομμύριο τόνους, δέκα δηλαδή φορές περισσότερο από ένα σύγχρονο αεροπλανοφόρο! Η πυκνότητα των υλικών του δημιουργεί επίσης πραγματικά αδιανόητες βαρυτικές δυνάμεις. Ένα μωρό 5 κιλών, για παράδειγμα, στην επιφάνεια ενός τέτοιου άστρου θα «ζύγιζε» 50 εκατομμύρια τόνους! Αν η Γη μας είχε συμπιεστεί σε μια σφαίρα με την πυκνότητα που έχει ένα τέτοιο άστρο, θα χωρούσε άνετα στο εσωτερικό του κλειστού Σταδίου «Ειρήνης και Φιλίας». Κι όμως αυτού του είδους τα άστρα υπάρχουν, αν και ανακαλύφθηκαν μόλις πριν από μερικές δεκαετίες.

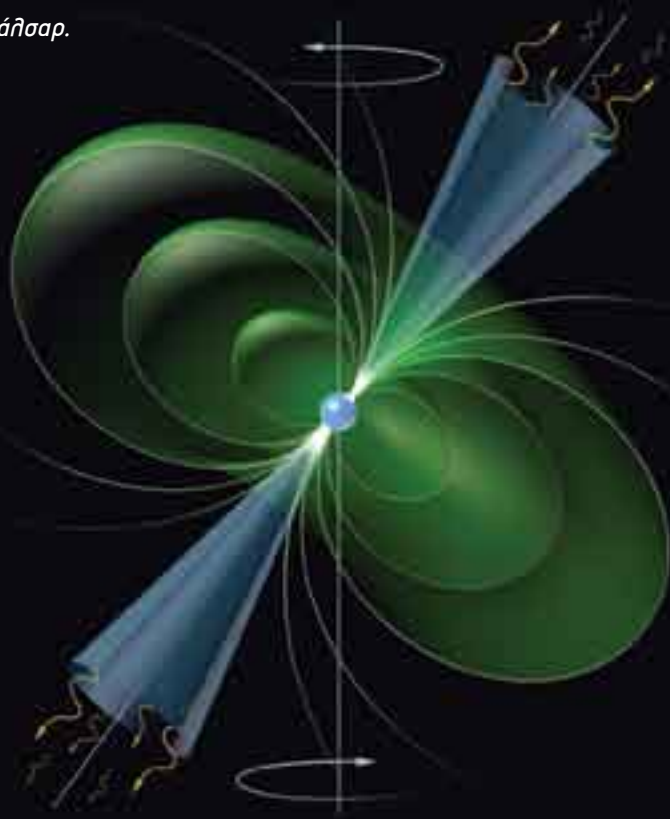
Τον Αύγουστο του 1967 Άγγλοι ραδιοαστρονόμοι (ο καθηγητής A. Hewish, Νόμπελ Φυσικής 1974, και η ερευνήτρια J. S. Bell) παρατήρησαν στον ουρανό, στο μέσο σχεδόν

*Καλλιτεχνική αναπαράσταση  
αστέρα νετρονίων.*





Γραφική αναπαράσταση ενός Πάλσαρ.



της απόστασης ανάμεσα στα άστρα Βέγα στον αστερισμό της Λύρας και Αλτάιρ στον αστερισμό του Αετού, μερικούς παράξενους ραδιοπαλμούς. Οι παλμοί αυτοί ήταν τόσο απόλυτα σταθεροί, ώστε στην αρχή θεωρήθηκαν ότι ήταν τα σήματα κάποιου τεχνολογικά προηγμένου διαστημικού πολιτισμού. Αργότερα όμως ανακαλύφθηκαν παρόμοια σήματα και σε άλλα σημεία τ' ουρανού, ονομάστηκαν παλλόμενες ραδιοπηγές κι έγιναν γνωστές με τη διεθνή συγκεκομμένη ονομασία τους: Πάλσαρ.

Τον Οκτώβριο του 1968 Αμερικανοί ραδιοαστρονόμοι ανακάλυψαν στο Νεφέλωμα Καρκίνος έναν πάλσαρ που αποδείχτηκε ότι ήταν ένα μικροσκοπικό άστρο 12 km στο

κέντρο σχεδόν του νεφελώματος με την καταπληκτική ιδιότητα να αναβοσβήνει 30 φορές κάθε δευτερόλεπτο. Ένας άλλος πάλσαρ, που ανακαλύφτηκε στις 12 Νοεμβρίου 1982, έχει μian ακόμη πιο καταπληκτική περίοδο που το κάνει να περιστρέφεται γύρω από τον άξονά του 642 φορές κάθε δευτερόλεπτο!

Οι θεωρητικές εκτιμήσεις για την ύπαρξη των άστρων αυτών διατυπώθηκαν, ανεξάρτητα ή και σε συνεργασία, από αρκετούς περίφημους αστρονόμους και αστροφυσικούς σ' όλη τη διάρκεια της δεκαετίας του 1930. Στους ερευνητές που συνεισέφεραν ουσιαστικά, άλλος λιγότερο κι άλλος περισσότερο, στο θεωρητικό αυτό υπόβαθρο, πε-



Σύνθετη εικόνα του νεφελώματος «Καρκίνος», στο οποίο έχουν ενσωματωθεί δεδομένα των Τροχιακών Αστεροσκοπίων Chandra, Hubble και Spitzer (NASA, CXC, ESE, SPL-Caltech).



ριλαμβάνονται οι Robert Openheimer, Lee Landau, Fritz Zwicky, Walter Baade, George Volkoff και Subrahmanyan Chandrasekhar. Παρ' όλα, όμως, αυτά πολλοί επιστήμονες διαφώνησαν τότε με το όλο σκεπτικό, κι έτσι η ιδέα της ύπαρξης τέτοιων άστρων μπήκε σύντομα στο περιθώριο για τρεις περίπου δεκαετίες.

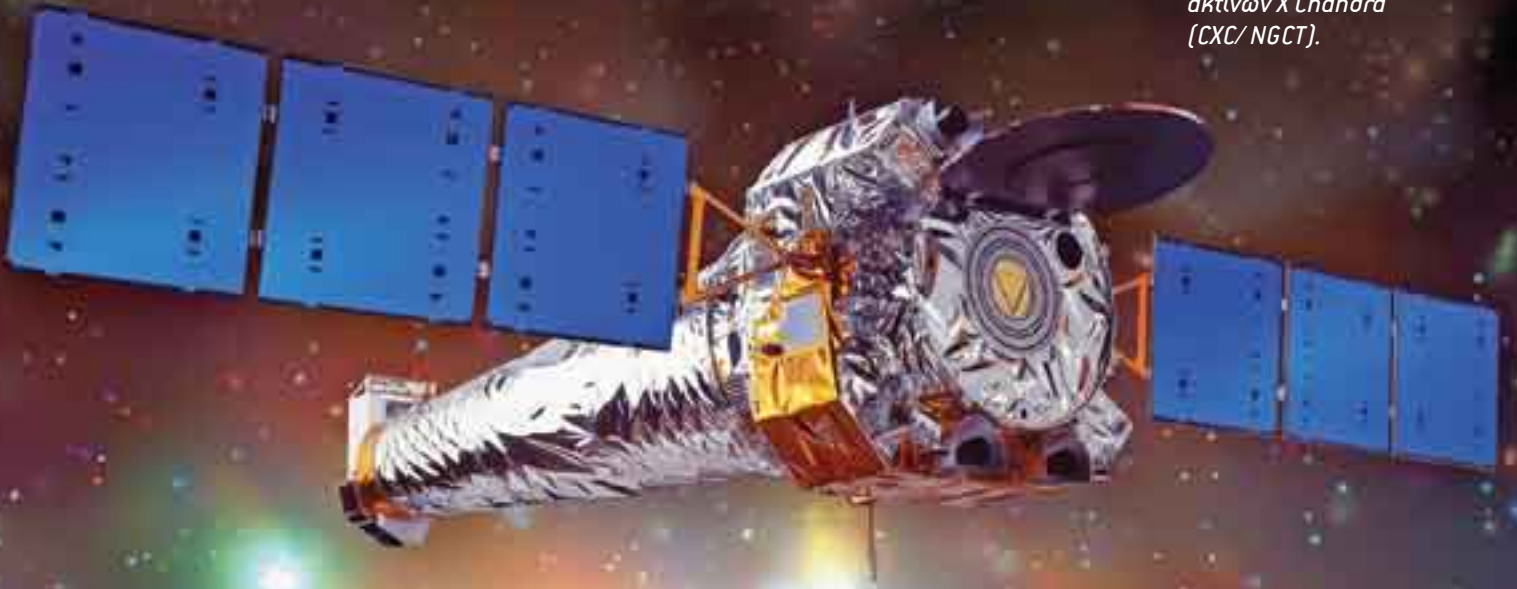
Σύμφωνα με τις απόψεις εκείνες, η απότομη και ταχύτατη βαρυτική κατάρρευση των υλικών της καρδιάς ενός γιγάντιου άστρου πρέπει να έχει ως αποτέλεσμα την τρομαχτική συμπίεση του αστρικού κέντρου στην πυκνότητα ενός ατομικού πυρήνα. Συγχρόνως η έκρηξη και η αποβολή των εξωτερικών στρωμάτων του άστρου πρέπει να θεωρείται ως ένα παράλληλο και αναπόφευκτο φαινόμενο της όλης

διαδικασίας της κατάρρευσης του αστρικού πυρήνα.

Μια τέτοια έκρηξη συμπιέζει τον πυρήνα του άστρου σε τέτοιο βαθμό, ώστε η ύλη από την οποία αποτελείται να είναι τόσο πυκνά «πακεταρισμένη» ώστε το άστρο αυτό να μοιάζει μ' έναν τεράστιο ατομικό πυρήνα. Και πράγματι, όταν στο τέλος της ζωής του τα υλικά που έχουν απομείνει σ' ένα άστρο υπερβαίνουν το όριο Chandrasekhar, είναι δηλαδή πάνω από 1,4 αλλά κάτω από 3 ηλιακές μάζες, τότε το άστρο αυτό δεν πεθαίνει ως άσπρος νάνος, αλλά αντίθετα η συμπίεση των υλικών του συνεχίζεται πέρα από την πυκνότητα των άσπρων νάνων.

Κάτω από την τεράστια αυτή συμπίεση τα αρνητικά φορτισμένα ηλεκτρόνια των χημικών στοιχείων του άστρου

Το διαστημικό τηλεσκόπιο ακτίνων Χ Chandra (CXU/NGCT).



συγκωνεύονται με τα θετικά φορτισμένα πρωτόνια του πυρήνα, με αποτέλεσμα τη δημιουργία νετρονίων και νετρίων. Κι ενώ τα νετρίνα δραπετεύουν άμεσα από το άστρο, μεταφέροντας μάλιστα και αρκετή από την ενέργειά του, τα νεοσχηματισμένα νετρόνια παραμένουν εκεί και ενώνονται με τα ήδη υπάρχοντα νετρόνια των ατομικών πυρήνων. Όλα αυτά τα νετρόνια όμως είναι τόσο σφιχτά συμπιεσμένα, ώστε να ακουμπάνε σχεδόν το ένα με το άλλο. Αποτέλεσμα αυτής της συμπίεσης είναι η δημιουργία μιας σφαίρας μερικών χιλιομέτρων με την πιο λεία, στερεή επιφάνεια που έχει γνωρίσει ποτέ το Σύμπαν. Βρισκόμαστε δηλαδή αντιμέτωποι μ' ένα άστρο νετρονίων.

Ένας από τους στόχους των ερευνητών για την καλύτερη κατανόηση των πάλλσαρ ήταν και η επεξήγηση της όλης διαδικασίας που τα έκανε να συναγωνίζονται σε απόλυτη ακρίβεια τα καλύτερα ανθρώπινα ρολόγια. Τη λύση έδωσε ο αστρονόμος Thomas Gold, ο οποίος υποστήριξε ότι η συμπίεση των υλικών του άστρου το κάνει να μικραίνει όλο και πιο πολύ. Αλλά όσο μικραίνει το άστρο τόσο μεγαλώνει ο ρυθμός της περιστροφής του. Συμβαίνει δηλαδή ακριβώς το ίδιο που κάνει μια μπαλαρίνα, η οποία όταν μαζεύει τα απλωμένα χέρια της πλησιέστερα στο σώμα της, περιστρέφεται όλο και πιο γρήγορα.





## 4. Μαύρες Τρύπες στο Διάστημα

.....

Αν και μια σουπερνόβα ή ένας πάλσαρ είναι πραγματικά εντυπωσιακές ανακαλύψεις, τίποτα δεν μπορεί να συγκριθεί με τη βαρυτική δύναμη ενός ακόμη πιο παράξενου αντικειμένου. Ο καταρρέων πυρήνας μιας σουπερνόβα, με υλικά πάνω από τρεις ηλιακές μάζες, είναι ένα από τα ελάχιστα αντικείμενα στο Σύμπαν, που μπορούν να δημιουργήσουν κάτι τέτοιο. Μερικοί μάλιστα υποστηρίζουν ότι στο εσωτερικό ενός τέτοιου αντικειμένου οι νόμοι της φυσικής δεν έχουν καμιά υπόσταση. Κι όμως, η σύγχρονη επιστήμη

και η γενική θεωρία της σχετικότητας του Άλμπερτ Αϊνστάιν έχουν αποδείξει ήδη την πραγματικότητα της ύπαρξής του. Αναφερόμαστε φυσικά στην ύπαρξη μιας «μαύρης τρύπας». Γιατί μια «μαύρη τρύπα» είναι πραγματικά ένα από τα πιο μυστηριώδη ουράνια αντικείμενα.

Μία «μαύρη τρύπα» είναι δύσκολο να κατανοηθεί από τον ανθρώπινο νου, και ίσως αυτό να οφείλεται μερικώς, τουλάχιστον, στον όρο «τρύπα». Γιατί μ' αυτήν τη λέξη πολλοί από μας φαντάζονται ένα κάποιο βαθούλωμα πάνω σε μία επιφάνεια ή το χαρακτηριστικό σκίσιμο στην επιφάνεια ενός χαρτιού. Επί πλέον, η έννοια της λέξης υπονοεί επίσης και την έννοια της «έλληψης ύλης». Μία **μαύρη τρύπα**, όμως,



είναι τελείως διαφορετική. Δεν είναι μία τρύπα σε «κάτι», γιατί από μόνη της είναι «κάτι». Είναι μία τρισδιάστατη, σφαιρική «τρύπα» ή αν προτιμάτε, μία στερεά «τρύπα». Είναι μία σφαίρα ύλης και όχι ένα κενό ύλης. Αφού λοιπόν είναι σφαιρική από παντού φαίνεται ίδια, ενώ αν κοιτάζαμε μέσα της, δεν θα βλέπαμε την άλλη μεριά, αλλά θα αντικρίζαμε ένα άπειρο σκοτάδι, που θα ήταν το ίδιο απ' οπουδήποτε και αν κοιτάζαμε.

Μία μαύρη τρύπα είναι το σημείο εκείνο του διαστήματος, όπου κάποτε υπήρχε ο πυρήνας ενός γιγάντιου άστρου. Ο πυρήνας αυτός περιείχε περισσότερα υλικά από τρεις ηλιακές μάζες και στην τελική φάση της εξέλιξης του άστρου έχασε η μάχη ενάντια στη βαρύτητα, με αποτέλεσμα τα υλικά του να καταρρεύσουν και να συμπιεστούν περισσότερο ακόμη και από τα υλικά ενός άστρου νετρονίων. Αν μπορούσαμε να συμπιέσουμε τη Γη μας ολόκληρη στο μέγεθος ενός κερασιού, θα την είχαμε μετατρέψει σε μία «μαύρη τρύπα». Και αυτού του είδους η «τρύπα», θα πρέπει, εκ των πραγμάτων, να είναι «μαύρη». Γιατί οτιδήποτε και αν «πέσει» μέσα σε μία μαύρη τρύπα «χάνεται» από το Σύμπαν, αφού η βαρύτητα εκεί είναι τόσο μεγάλη, ώστε ούτε το φως να μην μπορεί να διαφύγει από την ελκτική της δύναμη.

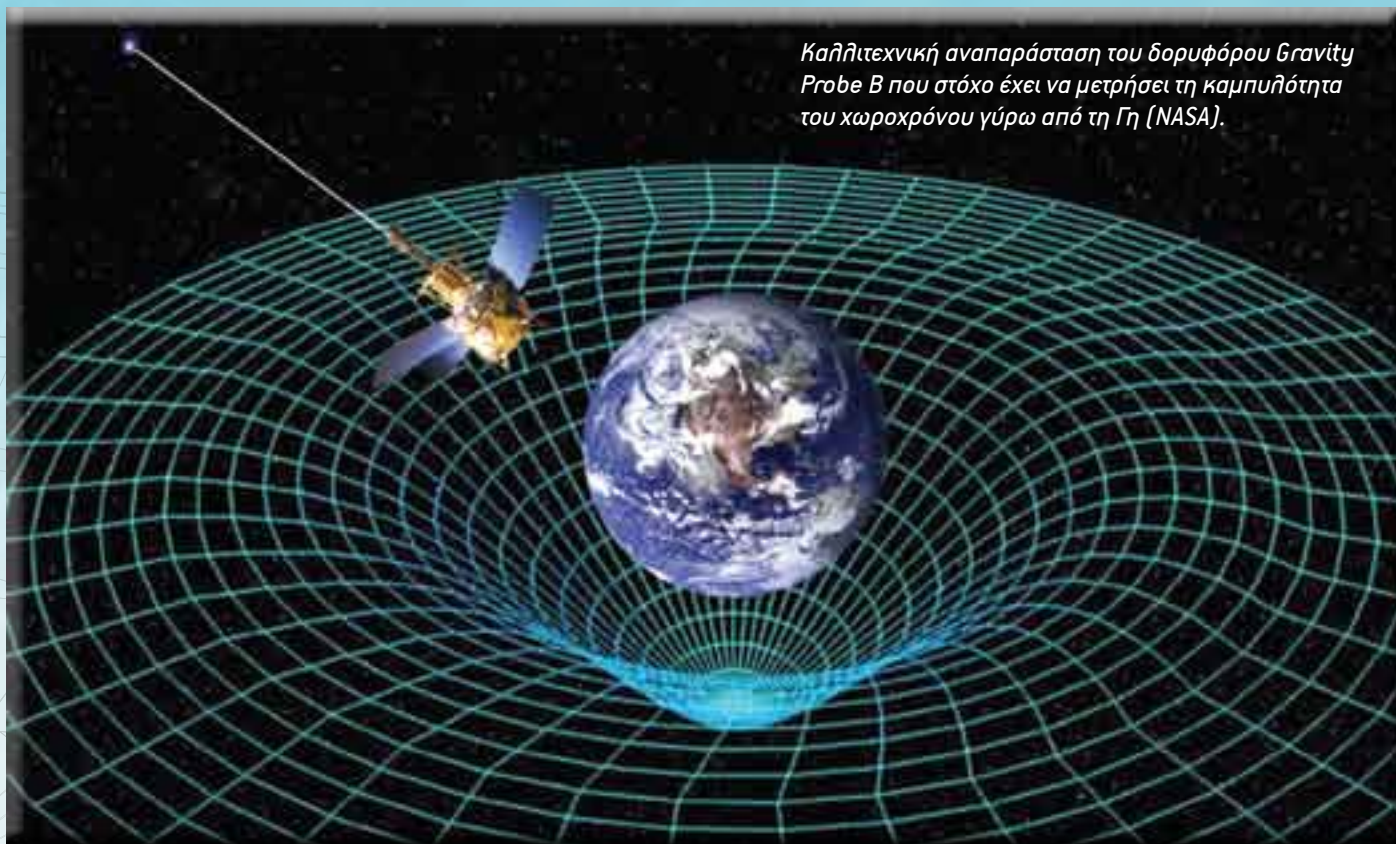
Μ' αυτή λοιπόν την έννοια χρησιμοποιείται και ο όρος μαύρη τρύπα. «Τρύπα», γιατί ένα τέτοιο αντικείμενο απορροφάει σαν «διαστημική ρουφήχτρα» οτιδήποτε συναντήσει στο διάβα του και «μαύρη», γιατί ούτε και το φως ακόμη δεν έχει τη δυνατότητα να δραπετεύσει από την «επιφάνειά» του προκειμένου να γίνει αντιληπτό από τα μάτια μας ή να καταγραφεί από τα διάφορα άλλα ευαίσθητα όργανα των αστροσκοπειών μας. Μια μαύρη τρύπα λοιπόν είναι ένα «άστρο» που έχει καταρρεύσει σ' ένα απειροελάχιστα μικροσκοπικό μέγεθος, αφήνοντας πίσω του την ένταση μόνο της βαρύτητάς του. Μ' αυτήν λοιπόν μόνο την έννοια

μπορούμε να μιλάμε για μαύρες τρύπες στο διάστημα. Η θεωρία της βαρύτητας του Αϊνστάιν μάς «λέει» ότι ο διαστημικός χώρος συμπεριφέρεται με τον ίδιο τρόπο που συμπεριφέρεται ένα φανταστικό πλαστικένιο Σύμπαν. Μ' αυτό το σκεπτικό κάθε άστρο ή πλανήτης, κάθε τι το υλικό στο Σύμπαν, δημιουργεί μία παραμόρφωση στο διαστημικό χώρο γύρω από το αντικείμενο αυτό. Η παραμόρφωση αυτή, είναι τόσο μεγάλη όσο μεγαλύτερη είναι και η ποσότητα των υλικών που περιέχονται στο αντικείμενο που τη δημιουργεί. Η θεωρία όμως του Αϊνστάιν μάς λέει επίσης ότι στο Σύμπαν θα μπορούσε να υπάρξει και κάποιο αντικείμενο με υλικά τόσο πολύ συμπιεσμένα, ώστε η δύναμη της βαρύτητάς του να παραμορφώνει το διάστημα γύρω του σε αφάνταστο βαθμό και μέχρις ότου το αντικείμενο αυτό, «ανοίγοντας» μία «τρύπα» στη δομή του Σύμπαντος, «χαθεί» για πάντα απ' αυτό.

Για να διαφύγει κάποιος από τη βαρυτική έλξη της Γης μας πρέπει να κινηθεί με ταχύτητα 40.000 km/h (11 km/sec). Μ' αυτήν την ταχύτητα ένας πύραυλος για παράδειγμα κινείται τόσο γρήγορα, ώστε η βαρυτική δύναμη της Γης μας δεν μπορεί να τον τραβήξει πίσω στην επιφάνεια. Όσο μεγαλύτερη η βαρύτητα, τόσο πιο μεγάλη είναι αναγκαστικά και η ταχύτητα διαφυγής μας από ένα ουράνιο αντικείμενο. Αν θέλαμε να διαφύγουμε από το Δία, για παράδειγμα, θα έπρεπε να ταξιδεύαμε έξι φορές πιο γρήγορα από την ταχύτητα που χρειαζόμαστε για να διαφύγουμε από τη Γη, που σημαίνει ότι θα έπρεπε να ταξιδεύαμε με ταχύτητα 240.000 km/h, ενώ για να ξεφύγουμε από την επιφάνεια του Ήλιου θα έπρεπε να υπερβούμε την ταχύτητα των δύο εκατομμυρίων χιλιομέτρων την ώρα.

Στην περίπτωση όμως μιας μαύρης τρύπας η απαιτούμενη ταχύτητα διαφυγής υπερβαίνει την ίδια την ταχύτητα του φωτός (300.000 km/sec). Γι' αυτό, ακόμη και μία αχτίδα φωτός δεν μπορεί να ταξιδέψει αρκετά γρήγορα ώστε να





*Καλλιτεχνική αναπαράσταση του δορυφόρου Gravity Probe B που στόχο έχει να μετρήσει τη καμπυλότητα του χωροχρόνου γύρω από τη Γη (NASA).*

ξεφύγει. Έτσι, το παγιδευμένο φως της «μαύρης τρύπας» δεν είναι δυνατόν να φτάσει μέχρι τα μάτια μας για να το δούμε. Με την έννοια αυτή η «τρύπα» αυτή είναι «μαύρη». Γι' αυτό και η ανακάλυψη μιας μαύρης τρύπας μπορεί να γίνει μόνο από την επίδραση που έχει στη γύρω της περιοχή και σε κάποιο γειτονικό της άστρο.

Μιας και τα περισσότερα άστρα στο Σύμπαν είναι μέλη διπλών και πολλαπλών αστρικών συστημάτων, υπάρχει περίπτωση ένα από τα δύο άστρα ενός ζευγαριού να εξελιχθεί σε μαύρη τρύπα. Αν λοιπόν η μαύρη τρύπα βρίσκεται αρκετά κοντά στο άλλο άστρο, η δύναμη της τεράστιας βαρύτητας που έχει θα τραβήξει τα υλικά του άστρου προς

το μέρος της σαν μια απόκοσμη διαστημική ρουφήχτρα. Τα αστρικά υλικά συγκεντρώνονται σ' έναν παχύ δίσκο γύρω από τη μαύρη τρύπα σε μια τελευταία προσπάθεια ν' αποφύγουν το αναπόφευκτο. Μάταια όμως, γιατί σύντομα η βαρυτική δύναμη της μαύρης τρύπας τα τραβάει με επιταχυνόμενο ρυθμό στην απύθμενη άβυσσός της, εκπέμποντας στα πρόθυρα τεράστιες ποσότητες ακτίνων Χ, λίγο πριν καθούν για πάντα στο εσωτερικό της.

Ένα ταξίδι όμως «στη χώρα των θαυμάτων» μιας Μαύρης Τρύπας, είναι άραγε πραγματικά ένα ταξίδι χωρίς επιστροφή; Και επί πλέον, αφού δεν μπορούμε να την «δούμε» πώς είναι δυνατόν να ανακαλύψουμε μια τέτοια Μαύρη Τρύπα;

Πώς μπορούμε δηλαδή να δούμε «κάτι» που δεν εκπέμπει φως; Την απάντηση μάς τη δίνει η θεωρητική ανάλυση της συμπεριφοράς της ύλης στα πρόθυρα μιας Μαύρης Τρύπας, γιατί καθώς η ύλη, που απορροφάται απ' αυτήν, εξαφανίζεται για πάντα μέσα της, εκπέμπει το «κύκνειο άσμα» της με την μορφή ακτίνων Χ. Δηλαδή, αυτό που συμβαίνει όταν μία ποσότητα ύλης, οποιασδήποτε μορφής, πλησιάζει μια Μαύρη Τρύπα δεν είναι το ίδιο με αυτό που συμβαίνει όταν ένα σώμα «πέφτει» σε μια τρύπα μιας επίπεδης επιφάνειας. Στην περίπτωση της Μαύρης Τρύπας η ύλη «απορροφάται» απ' αυτήν, και «εξομοιώνεται» μ' αυτήν. Ένας πύραυλος, για παράδειγμα, πριν καθεί για πάντα, θα διαλυθεί και η ύλη του θα μεταβληθεί εκπέμποντας στα πρόθυρα μια ροή ακτίνων Χ, ενώ στο εσωτερικό της Μαύρης Τρύπας δεν θα είναι πια ένας πύραυλος αλλά ένα αναπόσπαστο ομοούσιο μέρος της.

Γι' αυτόν το λόγο, και επειδή οι Μαύρες Τρύπες δεν εκπέμπουν φως, ο μόνος τρόπος για να ανακαλυφθούν είναι ο εντοπισμός στο Γαλαξία μας πηγών που εκπέμπουν ακτίνες Χ. Έτσι, παρ' όλο που μια Μαύρη Τρύπα είναι αδύνατον να παρατηρηθεί με τα οπτικά μας τηλεσκόπια, τα σύγχρονα όργανα που διαθέτουμε σε τροχιά πάνω από την ατμόσφαιρα της Γης έχουν τη δυνατότητα να παρατηρήσουν τέτοια σημεία στο Διάστημα απ' όπου εκπέμπονται τεράστιες ποσότητες ακτινοβολιών υψηλής ενέργειας. Τα σημεία αυτά αποτελούν σήμερα για τους αστροφυσικούς τις κύριες υποψήφιες φωλιές, όπου μπορεί να κρύβονται οι Μαύρες Τρύπες του Διαστήματος.

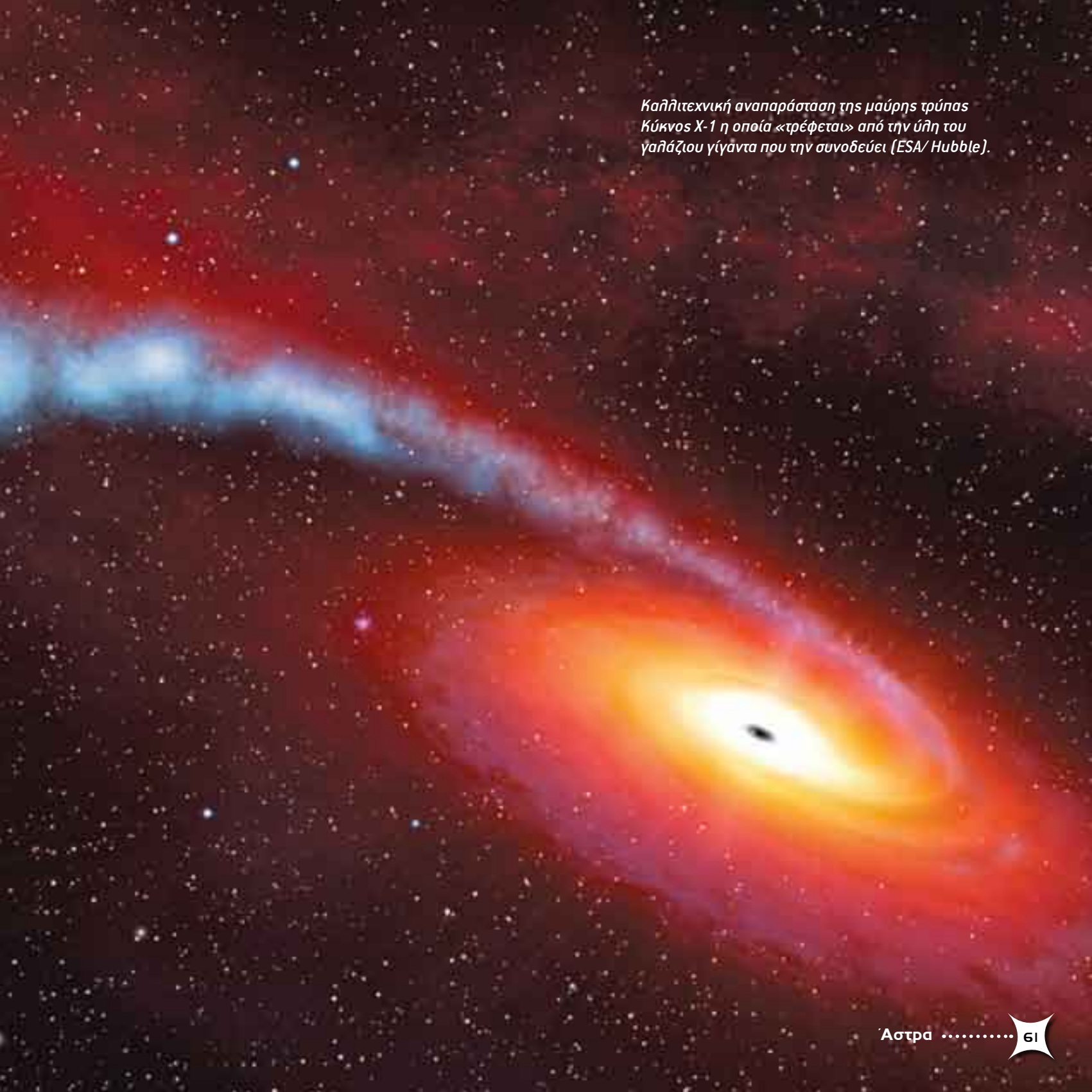
Ένας άλλος τρόπος για τον εντοπισμό μιας Μαύρης Τρύπας είναι η παρατήρηση των διαταραχών στην κίνηση ενός μονού φαινομενικά άστρου. Αν, λοιπόν, κοντά σ' ένα τέτοιο άστρο υπάρχει μια Μαύρη Τρύπα, αυτό είναι αναγκασμένο να συμπεριφερθεί σαν ένα διπλό αστρικό σύστημα. Γιατί παρ' όλο που το μέγεθος μιας Μαύρης Τρύπας είναι μηδαμινό,

το βαρυ-  
τικό της πε-  
δίο είναι πολλές φορές πιο ισχυρό από εκείνο του ορατού άστρου. Έτσι το «μονό» αυτό άστρο μετατρέπεται σε «καβαλιέρο» μιας αόρατης «ντάμας», της Μαύρης Τρύπας, ακολουθώντας τους μουσικούς ρυθμούς της φύσης. Βρισκόμαστε, δηλαδή αντιμέτωποι μ' ένα παράξενο αστρικό ζευγάρι που αναγκάζεται να χορέψει ένα χαρακτηριστικό «pas-de-deux», χορογραφημένο από τις βαρυτικές δυνάμεις που επικρατούν στο όλο σύστημα. Η χρήση αυτής της μεθόδου, σε συνδυασμό με την εκπομπή ακτίνων Χ, ήταν ο τρόπος με τον οποίο επιβεβαιώθηκε πριν από μερικά χρόνια η ύπαρξη μιας Μαύρης Τρύπας γύρω από το γαλάζιο γίγαντα που είχε πάρει την ονομασία Κύκνος Χ-1.

Τον Ιούνιο του 1962, ένας πύραυλος εξοπλισμένος με διερευνητικά όργανα κατέγραψε την πρώτη περιοχή ακτίνων Χ στο σημείο της πανάρχαιας εκείνης ουράνιας έκρηξης και πήρε το όνομα Κύκνος Χ-1.



*Καλλιτεχνική αναπαράσταση της μαύρης τρύπας  
Κύκνος X-1 η οποία «τρέφεται» από την ύλη του  
γαλαξίου γίγαντα που την συνοδεύει (ESA/ Hubble).*



Η ανάλυση των ακτινοβολιών αυτών μας έχει προσφέρει το πορτρέτο ενός παράξενου ουράνιου ζευγαριού: ενός γιγάντιου γαλαζωπού άστρου με υλικά 33 ηλιακών μαζών, σε ένα θανάσιμο εναγκαλισμό με μια μαύρη τρυπά 16 ηλιακών μαζών, που αποκαλύφτηκε χάρη στα... λαίμαργα, κανιβαλιστικά αισθήματα που τρέφει για τον αστρικό της σύντροφο. Γιατί, παρ' όλο που τα δυο αυτά ουράνια σώματα απέχουν 30 εκατομμύρια χιλιόμετρα μεταξύ τους (το 1/5 δηλαδή της απόστασης Γης-Ήλιου), η μαύρη τρυπά ξεσκίζει ανελέητα τις αέριες μάζες του γαλάζιου γίγαντα με ρυθμό ενός εκατομμυρίου τόνων το δευτερόλεπτο. Έτσι, καθώς τα κλημμένα υλικά πέφτουν προς τη διαστημική δίνη της μαύρης τρύπας, υπερθερμαίνονται σε θερμοκρασία εκατομμυρίων βαθμών, με αποτέλεσμα την εκπομπή τεράστιων ποσοτήτων ακτίνων Χ. Αυτός άλλωστε ήταν και ο λόγος για τον οποίο προκλήθηκε το αρχικό ενδιαφέρον των αστροφυσικών.

Τα υλικά του γαλάζιου γίγαντα όμως δεν πέφτουν κατευθείαν στη μαύρη τρυπά, άλλα σχηματίζουν έναν περιστρεφόμενο δίσκο επικάθισης γύρω από τον ισημερινό της, με τη μορφή μιας τεράστιας διαστημικής δίνης. Αυτή καθαυτή η μαύρη τρυπά είναι φυσικά «αόρατη». βρίσκεται όμως

στο κέντρο της περιστρεφόμενης ρουφήχτρας των υλικών. Και όταν τελικά τα υλικά αυτά βρουν το δρόμο τους προς τη μαύρη τρυπά επιταχύνονται σχεδόν στην ταχύτητα του φωτός (300.000 km/sec) λίγο πριν εισχωρήσουν στον ορίζοντα γεγονότων της μαύρης τρύπας.

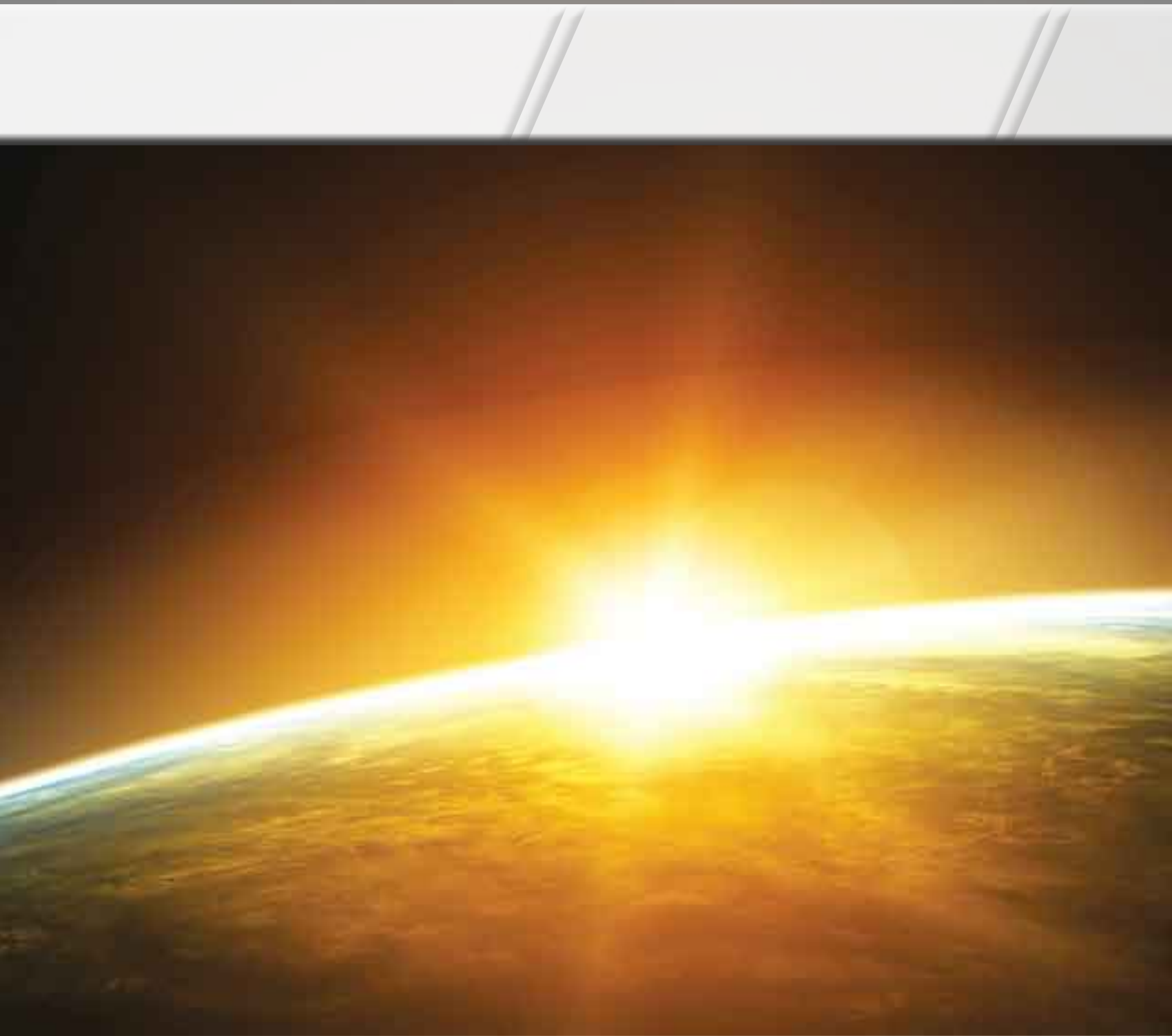
Τα δυο άστρα, ο γαλάζιος γίγαντας και η μαύρη τρυπά, περιφέρονται γύρω από το κοινό κέντρο βάρους τους σε μια περίοδο 5-6 ημερών. Ο συνοδός υπεργίγαντας της μαύρης τρύπας έχει θερμοκρασία 25.000 °C, εξ ου και το γαλαζωπό του χρώμα, και παρ' όλο που βρίσκεται σε απόσταση 8.000 ετών φωτός από τη Γη, η ένταση των ακτίνων Χ που εκπέμπονται από εκεί είναι 3 έως 6 χιλιάδες φορές μεγαλύτερη από την ενεργειακή εκπομπή του Ήλιου σ' όλα τα μήκη κύματος. Η μαύρη τρυπά ή καλύτερα ο ορίζοντας γεγονότων της, έχει διάμετρο 100 km περίπου, ενώ γύρω της υπάρχει μια υπερθερμασμένη σφαίρα ηλεκτρονίων και ποζιτρονίων με θερμοκρασία αρκετών δισεκατομμυρίων βαθμών και διάμετρο 800 km περίπου. Σ' αυτό το σύννεφο σωματίδιων ύλης και αντιύλης, τα ηλεκτρόνια και τα ποζιτρόνια αλληλοεξαυλώνονται παράγοντας ακτινοβολία γάμα, ενώ συγχρόνως οι ακτίνες γάμα δημιουργούν νέα ζευγάρια ηλεκτρονίων και ποζιτρονίων.



## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

---

- \* Asimov, Isaac, Η γέννηση και ο θάνατος των άστρων, Αθήνα: Κέδρος, c 1992.
- \* Chaisson, Eric, McMillan, Stephen, Astronomy: a beginner's guide to the universe, Upper Saddle River, New Jersey: Pearson Prentice Hall, c2004.
- \* Couper, Heather; Henbest, Nigel, Μαύρες τρύπες Αθήνα: Καστανιώτης, 1997.
- \* Kaler, James B., Stars, New York: Scientific American Library, 1998.
- \* Kaler, James B., Το μικρό βιβλίο των άστρων, Αθήνα: Εκδόσεις Αλεξάνδρεια, 2006.
- \* Luminet, Jean-Pierre, Ένα αστέρι πεθαίνει: μαύρες τρύπες, κόκκινοι γίγαντες και άσπροι νάνοι, Αθήνα: Τραυλός, 2006.
- \* McNamara, Geoff, Clocks in the sky: the story of pulsars, Berlin: Springer; Chichester, UK : Praxis, c2008.
- \* Mitton, Jacqueline, Αστέρια και πλανήτες, Αθήνα: Σαββάλας, c2005.
- \* Oxlade, Chris, Το μυστήριο που κρύβουν οι μαύρες τρύπες, Αθήνα: Σαββάλας, c2004.
- \* Σιμόπουλος, Διονύσης, Π., Η γέννηση των άστρων, Αθήνα: Ερευνητές, 1996.
- \* Σιμόπουλος, Διονύσης, Π., Ο θάνατος των άστρων, Αθήνα: Ερευνητές, 1997.
- \* Σιμόπουλος, Διονύσης Π., Μαύρες τρύπες: οδηγός παράστασης, Αθήνα: Ίδρυμα Ευγενίδου. Πλανητάριο, 2006.
- \* Tayler, Roger J., The stars: their structure and evolution, Cambridge: Cambridge University Press, 1994.
- \* Tyson, Neil DeGrasse, Death by black hole: and other cosmic quandaries, New York; London: Norton W.W. & Company, c2007.
- \* Unsold, Albrecht, Baschek, Bodo, The new cosmos: an introduction to astronomy and astrophysics, Berlin: Springer, 2001.





## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Από το μικροσκοπικό Ερμή στο γιγάντιο Δία, από την καυτή Αφροδίτη στον παγωμένο Πλούτωνα κι από τη Ζώνη των Αστεροειδών στα συντρίμμια του Νέφους Oort, η ποικιλομορφία των δομών και των ουράνιων σωμάτων του Ηλιακού μας συστήματος είναι εντυπωσιακή. Για παράδειγμα, οι εσωτερικοί πλανήτες Ερμής, Αφροδίτη, Γη και Άρης, οι επονομαζόμενοι και βραχώδεις πλανήτες, «στριμώχνονται» μαζί με τη Ζώνη των Αστεροειδών σε μια απόσταση που μόλις υπερβαίνει τις 3 ΑΜ από τον Ήλιο (1 ΑΜ ή Αστρονομική Μονάδα ισούται με τη μέση απόσταση της Γης από τον Ήλιο), ενώ, όπως υποδηλώνει και η ονομασία τους, έχουν βραχώδη σύσταση και οι πυρήνες τους αποτελούνται κυρίως από σίδηρο.

Πέρα από τη Ζώνη των Αστεροειδών εκτείνεται το βασίλειο των 4 γιγάντων, δηλαδή του Δία και του Κρόνου, οι οποίοι αποτελούνται ως επί το πλείστον από υδρογόνο και ήλιο, καθώς και του Ουρανού και του Ποσειδώνα, που εμπερι-

έχουν μεγάλες ποσότητες από παγωμένο νερό, αμμωνία και μεθάνιο. Πέρα από την τροχιά του Ποσειδώνα, 30-50 ΑΜ μακριά από τον Ήλιο, εκτείνεται η Ζώνη Kuiper, που αποτελείται από μικρά και μεγαλύτερα κομμάτια βράχων και παγωμένων πτητικών ενώσεων. Ο επονομαζόμενος Δι-εσπαρμένος Δίσκος, από την άλλη, αποτελείται από αντίστοιχα «βρόμικα παγόβουνα», με ιδιαίτερα ελλειπτικές τροχιές που τα φέρνουν από τις 30-35 περίπου ΑΜ ακόμη και στις 100 ΑΜ μακριά από τον Ήλιο.

Τέλος, σε ακόμη μεγαλύτερες αποστάσεις, οι οποίες υπερβαίνουν τις 50.000 ΑΜ από τον Ήλιο, εικάζεται ότι υπάρχει ένα αραιό σφαιρικό νέφος παγωμένων σωμάτων, το επονομαζόμενο Νέφος Oort, η ύπαρξη του οποίου, όμως, δεν έχει ακόμα επιβεβαιωθεί με τη παρατήρηση. Πώς, λοιπόν, δημιουργήθηκε ο Ήλιος και το Ηλιακό μας Σύστημα; Γιατί το μέγεθος και η χημική σύσταση των εσωτερικών πλανητών είναι τόσο διαφορετική από αυτή των εξωτερικών πλανητών του Ηλιακού μας Συστήματος; Ποια είναι η γεωλογική ιστορία του πλανήτη μας και ποιο θα είναι το τέλος της Γης;

# Ι. Η Γέννηση του Ηλιακού Συστήματος

Στη διάρκεια του 19ου και στις αρχές του 20ου αιώνα οι μελέτες της γεωλογικής μορφολογίας και πετρολογίας απέκλεισαν τις διάφορες καταστροφολογικές θεωρίες (σεισμοί κ.λπ.) για τη δημιουργία των γεωμορφολογικών χαρακτηριστικών του πλανήτη μας, αρχίζοντας έτσι να υποστηρίζουν μια πιο αργή και εξελικτική διαδικασία. Μια διαδικασία που βρήκε τη δικαίωσή της όταν ανακαλύφτηκε η τεχνική του υπολογισμού της ηλικίας των διαφόρων πετρωμάτων. Η τεχνική αυτή βασίστηκε στην ανακάλυψη της ραδιενέργειας, το 1896, από το Γάλλο φυσικό Antoine Becquerel (1852-1908). Ο Μπεκερέλ ανακάλυψε ότι ορισμένα ορυκτά έχουν την ιδιότητα να εκπέμπουν «ακτίνες», που αποδείχτηκε ότι είναι ενεργά σωματίδια τα οποία αποβάλλονται από ασταθή άτομα. Η ιδιότητα αυτή μετατρέπει το αρχικό άτομο σε ένα διαφορετικό χημικό ισότοπο του ίδιου στοιχείου ή ακόμη και σε ένα τελείως διαφορετικό χημικό στοιχείο.

Στις αρχές λοιπόν του αιώνα μας ο υπολογισμός της ηλικίας ενός πετρώματος άρχισε να γίνεται με βάση τα διάφορα ραδιοϊσότοπα που υπάρχουν σ' αυτό. Μ' αυτήν την τεχνική μπορούμε να υπολογίσουμε ποια ήταν η ποσότητα του αρχικού στοιχείου και πόσο απ' αυτό έχει μεταστοιχειωθεί έτσι, ώστε να μπορέσουμε να προσδιορίσουμε τελικά και την ηλικία του. Επειδή όμως η Γη είναι γεωλογικά ενεργή η ανεύρεση πετρωμάτων που ανάγονται στην εποχή της δημιουργίας της είναι ιδιαίτερα δύσκολη, αφού τα πετρώματα αυτά έχουν προ πολλού διαβρωθεί από τις γεωλογικές και κλιματολογικές διεργασίες που υφίστανται στον πλανήτη μας.

Παρ' όλα αυτά, το 1993 στον Καναδά βρέθηκαν τα πιο ηλικιωμένα πετρώματα της Γης με ηλικία 3,96 δισεκατομμυρίων ετών, ενώ ορισμένα κρύσταλλα στην Αυστραλία βρέθηκαν να έχουν ηλικία 4,3 δισεκατομμυρίων ετών. Το γεγονός αυτό μας υποδεικνύει ότι η Γη μας πρέπει να έχει ηλικία άνω των 4,3 δισεκατομμυρίων ετών. Και πράγματι οι έρευνες που έγιναν στη

Σελήνη και στους άλλους πλανήτες, καθώς και η μελέτη των μετεωριτών και των σεληνιακών πετρωμάτων αναγάγουν τη δημιουργία των πλανητών του Ηλιακού μας Συστήματος πριν από 4,6 δισεκατομμύρια χρόνια, και σε μια περίοδο που κυμαίνεται από 50 έως 90 εκατομμύρια χρόνια.

Οι παρατηρήσεις των τελευταίων δεκαετιών τείνουν να επιβεβαιώσουν την ύπαρξη παρόμοιων διαδικασιών και σε άλλα νεογέννητα άστρα, που μας οδηγούν στο συμπέρασμα ότι η δημιουργία πλανητικών συστημάτων είναι ένα συνηθισμένο φαινόμενο το οποίο συμβαίνει στα αρχικά στάδια της γέννησης των περισσότερων άστρων. Ένα φαινόμενο που τα τελευταία χρόνια έχει εντοπιστεί πανηγυρικά σε 500 περίπου κοντινά μας άστρα. Στην περίπτωση της γέννησης του δικού μας Ηλιακού Συστήματος η θεωρία που περιγράφει τη γένεση και τη μετέπειτα εξέλιξη του Ηλιακού συστή-



ματος έχει τις ρίζες της στην πρωτοποριακή για την εποχή της υπόθεση του «ηλιακού νεφελώματος» που εισήγαγαν στη διάρκεια του 18ου αιώνα οι Immanuel Kant (1724-1804) και Pierre-Simon Laplace (1749-1827).

Η μετέπειτα εξέλιξη της θεωρίας αυτής στα χρόνια που ακολούθησαν οδήγησε τους αστρονόμους στο συμπέρασμα ότι τα νέα άστρα γεννιούνται βαθιά μέσα στα παγωμένα και γιγάντια μοριακά νέφη

αερίων και σκόνης, τα οποία με την επίδραση κάποιου εξωτερικού παράγοντα, όπως η έκρηξη ενός γειτονικού σουπερνόβα, διασπώνται σε μικρότερες και αργά περιστρεφόμενες περιοχές, κάθε μία από τις οποίες θα καταρρεύσει βαρυτικά, σχηματίζοντας το δικό της άστρο ή πλανητικό σύστημα. Μία από αυτές τις περιοχές, το προηλιακό νεφέλωμα, όπως ονομάζεται, δημιούργησε και τον Ήλιο.

Καθώς σωματίδια αερίων και σκόνης «έπεφταν» προς το κέντρο του προηλιακού νεφελώματος, μετατρέποντας τη δυναμική τους ενέργεια σε κινητική, οι συγκρούσεις μεταξύ τους και συνακόλουθα η θερμοκρασία τους άρχισε να αυξάνει. Όπως μια μπαλαρίνα στον πάγο, που φέρνοντας τα χέρια της κοντά στο σώμα της στροβιλίζεται όλο

και πιο γρήγορα, διατηρώντας την στροφορμή της, το υπό κατάρρευση νεφέλωμα άρχισε να περιστρέφεται όλο και πιο γρήγορα. Σε περίπου 100.000 χρόνια, ο συνδυασμός των περίπλοκων βαρυτικών και μαγνητικών πεδίων, καθώς και η συνεχιζόμενη περιστροφή του νέφους, μετέτρεψαν σταδιακά το υπό κατάρρευση προηλιακό νεφέλωμα σε έναν πεπλατυσμένο και περιστρεφόμενο δίσκο ύλης, γνωστό ως πρωτοπλανητικό δίσκο, στο κέντρο του οποίου σχηματίστηκε μία περιστρεφόμενη και υπέρθερμη σφαίρα αερίων, που ονομάζεται πρωταστέρας και ήταν το έμβρυο του Ήλιου που θα γεννιόταν. Σε περίπου 50 εκατομμύρια έτη η θερμοκρασία στον πυρήνα του πρωταστέρα-Ήλιου έφτασε τους περίπου δέκα εκατομμύρια βαθμούς Κελσίου. Οι πυρήνες υδρογόνου, που σε χαμηλότερες θερμοκρασίες απωθούσαν ο ένας τον άλλο εξαιτίας του ομώνυμου φορτίου τους, άρχισαν να συνενώνονται μεταξύ τους δημιουργώντας ήλιο. Χάρη σε αυτήν τη νέα πηγή ενέργειας, που οφείλεται στις θερμοπυρηνικές αντιδράσεις σύντηξης του υδρογόνου σε ήλιο, η εσωτερική πίεση του νεογέννητου Ήλιου εξισορρόπησε τη περαιτέρω βαρυτική του κατάρρευση, την ίδια στιγμή που ένας ισχυρός ηλιακός άνεμος απομάκρυνε σιγά-σιγά τα υπολείμματα του νεφελώματος, από το οποίο προήλθε. Ο νεογέννητος Ήλιος εισήλθε τότε σε μια μακρά περίοδο υδροστατικής ισορροπίας σαν άστρο της Κύριας Ακολουθίας, όπως ονομάζεται, στην οποία παραμένει ακόμη και σήμερα, 4,6 δισεκατομμύρια χρόνια μετά τη γένεσή του.

Οι «σπόροι», από τους οποίους «γεννήθηκαν» οι πλανήτες του Ηλιακού μας συστήματος, αντίθετα, δεν ήταν άλλοι από τους μικροσκοπικούς κόκκους σκόνης του πρωτοπλανητικού δίσκου, οι οποίοι συνέχισαν να στροβιλίζονται γύρω από τον νεογέννητο Ήλιο. Η βαρυτική έλξη που ασκούσε η συσσωρευμένη ύλη του πρωτοπλανητικού δίσκου εξανάγκασε τα σωματίδια που τον περιβάλλουν να



*Ο Immanuel Kant*

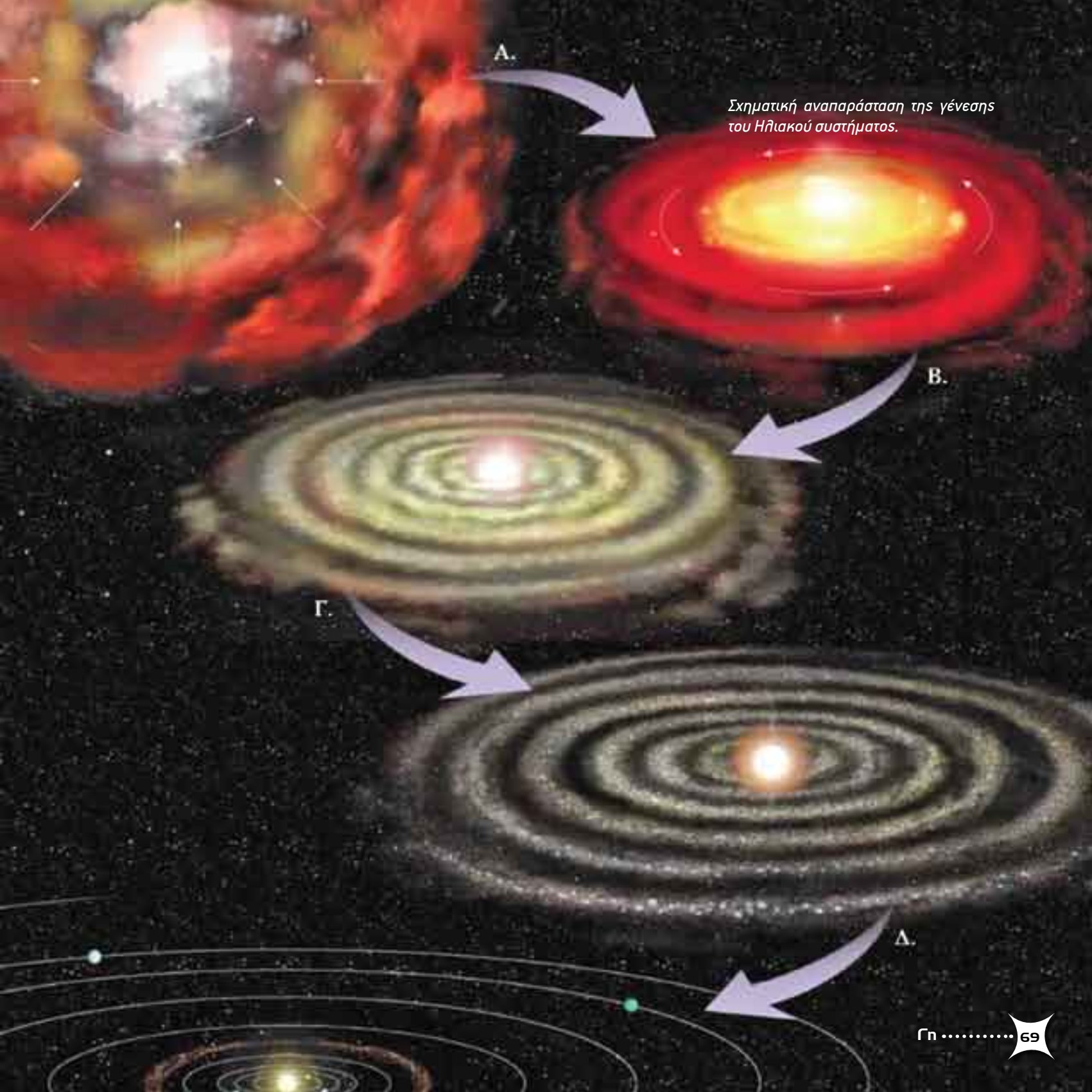


*Ο Pierre-Simon Laplace*

πέφτουν προς το επίπεδό του, όπου και άρχισαν να συσσωματώνονται και να κολλούν μεταξύ τους, αρχικά με ηλεκτροστατικές και, όταν αυξήθηκε λίγο η μάζα τους, με βαρυτικές δυνάμεις, διευρύνοντας σταδιακά το μέγεθός τους από αυτό της σχεδόν αόρατης σκόνης στο μέγεθος ενός χαλίκιου, μιας πέτρας, ενός βράχου. Καθώς αυτά τα κομμάτια ύλης συνέχισαν να περιφέρονται γύρω από τον νεογέννητο Ήλιο, οι περίπλοκες βαρυτικές αλληλεπιδράσεις μέσα στο πρωτοπλανητικό δίσκο τους προσέδωσαν μια ανισομερή και ακανόνιστη κατανομή, συσσωρεύοντας τα περισσότερα από αυτά σε συγκεκριμένες τροχιές. Μέσα σε κάθε τέτοια τροχιά οι συγκρούσεις μεταξύ των επιμέρους κομματιών συνεχίστηκαν, σχηματίζοντας όλο και μεγαλύτερες συγκεντρώσεις ύλης, που σταδιακά έφτασαν σε μέγεθος μερικών χιλιομέτρων, τα επονομαζόμενα πλανητοειδή. Οι συγκρούσεις μεταξύ των πλανητοειδών ήταν πιο βίαιες: κάποια από αυτά διαλύθηκαν, κάποια άλλα όμως επιβίωσαν από τις συγκρούσεις και συγχωνεύτηκαν, σχηματίζοντας στα επόμενα μερικά εκατομμύρια χρόνια πρωτοπλανήτες και εντέλει πλανήτες.

Η θερμοκρασία, στο εσωτερικό τμήμα αυτού του πρώιμου Ηλιακού συστήματος (σε απόσταση δηλαδή μέχρι και 4 ΑΜ από τον Ήλιο), ήταν πολύ υψηλή για να «επιτρέψει» στις διάφορες πτητικές ενώσεις, όπως αυτές του νερού και του μεθανίου, να στερεοποιηθούν και να συμπυκνωθούν περαιτέρω. Γι' αυτό και τα πλανητοειδή που σχηματίστηκαν κοντά στον Ήλιο αποτελούνταν κατά βάση από ενώσεις με υψηλό σημείο τήξης, όπως μέταλλα και ενώσεις πυριτίου. Επειδή όμως οι ενώσεις αυτές αντιστοιχούσαν σε ένα ελάχιστο ποσοστό της συνολικής μάζας του προ-Ηλιακού νεφελώματος, οι βραχώδεις πλανήτες παρέμειναν σχετικά μικροί σε μέγεθος. Οι αέριοι γίγαντες του ηλιακού μας συστήματος, αντίθετα, δημιουργήθηκαν πιο μακριά από τον Ήλιο, πέρα από το επονομαζόμενο όριο πάγου, εκεί δηλαδή όπου η θερμοκρασία ήταν όσο χαμηλή έπρεπε, ώστε οι διάφορες πτητικές ενώσεις να παραμένουν παγωμένες.





Σχηματική αναπαράσταση της γένεσης του Ηλιακού συστήματος.

Επειδή όμως οι ενώσεις αυτές υπήρχαν σε πολύ μεγαλύτερες ποσότητες απ' ό,τι ο σίδηρος, το νικέλιο και οι ενώσεις πυριτίου, οι εξωτερικοί πλανήτες συσσωρεύσαν στα πρώτα στάδια της εξέλιξής τους πολύ περισσότερη μάζα απ' ό,τι οι βραχώδεις πλανήτες, γεγονός που τους επέτρεψε να αιχμαλωτίσουν με τη μεγαλύτερη βαρύτητά τους και μεγάλες ποσότητες υδρογόνου και ηλίου. Κάπως έτσι, ο αρχέγονος Δίας αύξησε τη μάζα του ραγδαία, ενώ ο Κρόνος, ο οποίος εικάζεται ότι δημιουργήθηκε μετά το Δία, οφείλει τη μικρότερη μάζα του στο γεγονός ότι τα διαθέσιμα υλικά για το σχηματισμό του ήταν εμφανώς λιγότερα, αφού τα περισσότερα είχαν ήδη καταλήξει στο Δία. Ο Ουρανός και ο Ποσειδώνας από την άλλη, πιστεύεται ότι σχηματίστηκαν μετά το Δία και τον Κρόνο, όταν ο πανίσχυρος ηλιακός άνεμος του νεαρού Ήλιου είχε ήδη απομακρύνει τα υπολείμματα του προ-Ηλιακού νεφελώματος. Γι' αυτό και η περιεκτικότητά τους σε υδρογόνο και ήλιο είναι μικρότερη σε σχέση με αυτή του Δία και του Κρόνου.

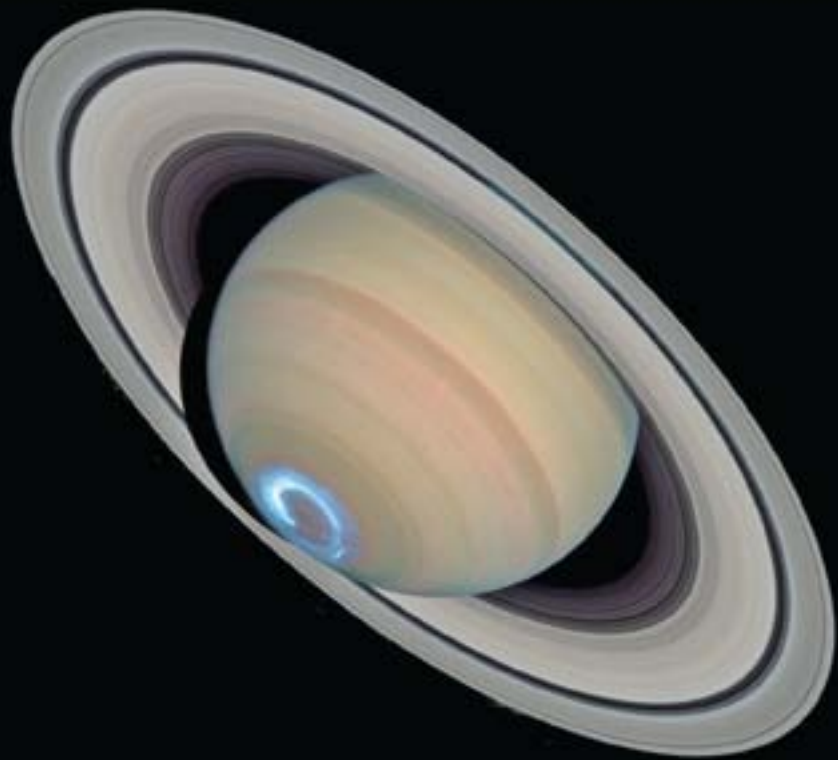
Η αρχέγονη Ζώνη των Αστεροειδών, από την άλλη, υπολογίζεται ότι εμπεριείχε αρχικά αρκετά πλανητικά έμβρυα με μάζες μεταξύ εκείνης της Σελήνης και αυτής του Άρη, καθώς και πολλά μικρότερα, αρκετή ύλη δηλαδή για το σχηματισμό τουλάχιστον ενός, ίσως ακόμη και τριών πλανητών στο μέγεθος της Γης. Ο γειτονικός Δίας, όμως, που είχε ήδη διαμορφωθεί κάπου 3 εκατομμύρια χρόνια μετά τον Ήλιο, καθώς και ο Κρόνος, προσέδωσαν με τη βαρυτική τους έλξη μεγαλύτερη ταχύτητα στα πλανητοειδή της αρχέγονης Ζώνης. Γι' αυτό και οι κατά πολύ βιαιότερες συγκρούσεις μεταξύ τους, αντί να τα συσσωματώνει, τα διαμέλιζε, εκτινάσσοντας μάλιστα κάποια από αυτά προς το εσωτερικό Ηλιακό σύστημα και μειώνοντας έτσι τη συνολική μάζα της αρχέγονης Ζώνης σε λιγότερο από το 1% της μάζας της Γης.

Αν και, σε γενικές γραμμές, η θεωρία του ηλιακού νεφελώματος, όπως περίπου την περιγράψαμε, πρέπει να εί-

ναι σωστή, αντιμετωπίζει ορισμένα προβλήματα, τα οποία σχετίζονται, κατά κύριο λόγο, με τις ιδιότητες και τη μορφή των εξωτερικών περιοχών του Ηλιακού μας συστήματος και συγκεκριμένα της Ζώνης Kuiper, του διεσπαρμένου Δίσκου και του νέφους Oort. Τα προβλήματα αυτά προσπαθεί να αντιμετωπίσει μία νέα θεωρία, γνωστή ως το Πρότυπο της Νίκαιας, η οποία διατυπώθηκε από τους R. Gomes, H. Levison, A. Morbidelli και K. Τσιγάνη στο αστεροσκοπείο της ομώνυμης περιοχής της Γαλλίας και δημοσιεύτηκε στο περιοδικό Nature το 2005. Σύμφωνα με το Πρότυπο της Νίκαιας, οι 4 βραχώδεις πλανήτες θα πρέπει να σχηματίστηκαν όπως περίπου περιγράψαμε νωρίτερα, με τη διαφορά όμως ότι αρχικά οι αποστάσεις τους από τον Ήλιο ήταν λίγο μεγαλύτερες και ότι μετακινήθηκαν στις τωρινές περίπου τροχιές τους εξαιτίας της αλληλεπίδρασής τους με την ύλη του πρωτοπλανητικού δίσκου. Εκτός αυτού, οι 4 γιγάντιοι πλανήτες θα πρέπει να δημιουργήθηκαν αρχικά πολύ πλησιέστερα ο ένας στον άλλον και όλοι μαζί στο Δία. Η αρχική τροχιά του Ουρανού, για παράδειγμα, δεν θα πρέπει να υπερέβαινε τις 15-20 AM από τον Ήλιο, όταν σήμερα η μέση απόστασή του είναι 30 AM. Σε κάποιες μάλιστα από τις παραλλαγές της θεωρίας της Νίκαιας, ο Ουρανός θα πρέπει αρχικά να βρισκόταν πλησιέστερα στον Ήλιο απ' ό,τι ο Ποσειδώνας, ενώ έξω ακριβώς από την τροχιά του αρχέγονου Ουρανού και μέχρι τις 30-35 AM από τον Ήλιο εκτεινόταν η αρχέγονη Ζώνη Kuiper, ένας πυκνός δίσκος πλανητοειδών με συνολική μάζα πολύ μεγαλύτερη από αυτή που υπολογίζεται ότι έχει σήμερα.

Βαρυτικές επαφές του Ουρανού και εκείνων των πλανητοειδών, που κινούνταν στο εσώτατο όριο της αρχέγονης Ζώνης Kuiper, θα πρέπει να εκτίναξαν κάποια από αυτά προς το εσωτερικό του Ηλιακού μας συστήματος, γεγονός που εξανάγκασε τον Ουρανό να «μεταναστεύσει» σε μεγαλύτερη τροχιά. Καθώς τα πλανητοειδή αυτά συνέχισαν να κινούνται προς το εσωτερικό Ηλιακό σύστημα, αλληλε-





*Ο πλανήτης Κρόνος  
(NASA, ESA).*

*Το πλανητοειδές της Ζώνης Κούιπερ  
Σεδη σε καλλιτεχνική αναπαράσταση  
(Adolf Schaffer, ESA/ NASA).*





πιδρούσαν με κάθε νέο πλανήτη που συναντούσαν, διευρύνοντας έτσι σταδιακά τις τροχιές και του Ποσειδώνα και του Κρόνου. Όταν όμως έφτασαν το γιγάντιο Δία, η τεράστια βαρυτική του έλξη τους προσέδωσε ιδιαίτερα ελλειπτικές τροχιές, εκτινάσσοντας μάλιστα κάποια από αυτά εκτός του Ηλιακού συστήματος. Κάπως έτσι, οι τροχιές των 4 γιγάντων συνέχισαν να μεταβάλλονται αργά, μέχρις ότου 500-600 εκατομμύρια χρόνια μετά τη δημιουργία του Ήλιου, συνέβη κάτι δραματικό. Ο Κρόνος και ο Δίας εισήλθαν σε τροχιακό συντονισμό, με τον Κρόνο να συμπληρώνει μία περιφορά γύρω από τον Ήλιο στον ίδιο χρόνο που ο Δίας συμπλήρωνε δύο. Ολόκληρο το πρώιμο Ηλιακό σύστημα θα πρέπει τότε να αποσταθεροποιήθηκε πλήρως.

Ο Κρόνος εκτινάχτηκε προς τη σημερινή του τροχιά, ενώ η βίαιη βαρυτική ώθηση που δέχτηκε ο Ποσειδώνας, τον εξανάγκασε να προσπεράσει τον Ουρανό και να πέσει με ορμή στην αρχέγονη Ζώνη Kuiper. Δεκάδες χιλιάδες από τα πλανητοειδή της Ζώνης εκτινάχτηκαν τότε από τις αρχικά σταθερές τροχιές τους, γεγονός που ελάττωσε τη συνολική της μάζα κατά 99%. Εκείνα τα συντρίμια στα οποία η βαρυτική κλοτσιά του Δία προσέδωσε ιδιαίτερα ελλειπτικές τροχιές, σχημάτισαν το Νέφος Oort, ενώ εκείνα που εκτινάχτηκαν με λιγότερο ελλειπτικές τροχιές εξαιτίας της «μετανάστευσης» του Ποσειδώνα θα πρέπει να διαμόρφωσαν τη Ζώνη Kuiper και το Διεσπαρμένο Δίσκο, όπως τους γνωρίζουμε σήμερα. Κάποια, όμως, από τα πλανητοειδή της Ζώνης Kuiper εκτινάχτηκαν προς το εσωτερικό Ηλιακό σύστημα, προκαλώντας έναν κατακλισμοειδή βομβαρδισμό των εσωτερικών πλανητών του από μικρά και μεγάλα διαστημικά βλήματα, που έμεινε γνωστός ως ο Ύστερος Μεγάλος Βομβαρδισμός. Η αλήθεια, βέβαια, είναι ότι δεν έχουμε ακόμη πλήρη εικόνα για αυτή την πρώτη περίοδο της γένεσης και της εξέλιξης του Ηλιακού μας συστήματος. Η έρευνα, όμως, συνεχίζεται.

## 2. Η Αρχέγονη Γη

Όπως αναφέραμε και στο προηγούμενο κεφάλαιο, οι εσωτερικοί πλανήτες του Ηλιακού μας συστήματος άρχισαν να διαμορφώνονται πριν από περίπου 4,6 δισεκατομμύρια χρόνια, αρχικά συσσωρεύοντας πάνω τους ύλη από τον πρωτοπλανητικό δίσκο και στη συνέχεια μέσα από αλληλεπιδράσεις συγκρούσεις και συγχωνεύσεις. Σύμφωνα με τα όσα γνωρίζουμε ως τώρα, η συσσώρευση ύλης στην αρχέγονη πρωτο-Γη θα πρέπει να είχε ολοκληρωθεί κάπου 20 εκατομμύρια χρόνια αργότερα. Αρχικά, ολόκληρος ο πρωτοπλανήτης θα πρέπει να ήταν σε ρευστή κατάσταση, γεγονός που επέτρεψε στα βαρύτερα μέταλλα να «βυθιστούν» προς το κέντρο του, οδηγώντας έτσι σταδιακά στο διαχωρισμό ενός αρχέγονου μανδύα και ενός αρχέγονου μεταλλικού πυρήνα, που έδωσε αργότερα και το έναυσμα για τη δημιουργία του μαγνητικού του πεδίου.

Ένα νέφος από εξαιρεμένες ενώσεις πυριτίου θα πρέπει να περιέβαλλε τον πρωτοπλανήτη, το οποίο στη συνέχεια συμπυκνώθηκε με τη μορφή βράχων στην επιφάνειά του. Παράλληλα, τα υπολείμματα του υδρογόνου και του ηλίου που εμπεριείχε το Ηλιακό νεφέλωμα θα πρέπει να είχαν δημιουργήσει μια πρώτη και ιδιαίτερα αραιή ατμόσφαιρα, η οποία εξαιτίας της μειωμένης βαρύτητας του αρχέγονου και αρκετά μικρότερου πλανήτη μας, αλλή και σε συνδυασμό με τον ισχυρό ηλιακό άνεμο, θα πρέπει να απομακρύνθηκε. Όταν όμως η αρχέγονη Γη συσσώρευσε πάνω της το 40% περίπου της σημερινής της μάζας, η μεγαλύτερη βαρυτική της έλξη κατάφερε να συγκρατήσει μια αρχέγονη ατμόσφαιρα, η οποία εμπεριείχε και υδρατμούς, ενώ η επιφάνειά της άρχισε σιγά-σιγά να στερεοποιείται. Λίγο αργότερα, πριν από περίπου 4,53 δισεκατομμύρια χρόνια θα πρέπει να δημιουργήθηκε και η Σελήνη.

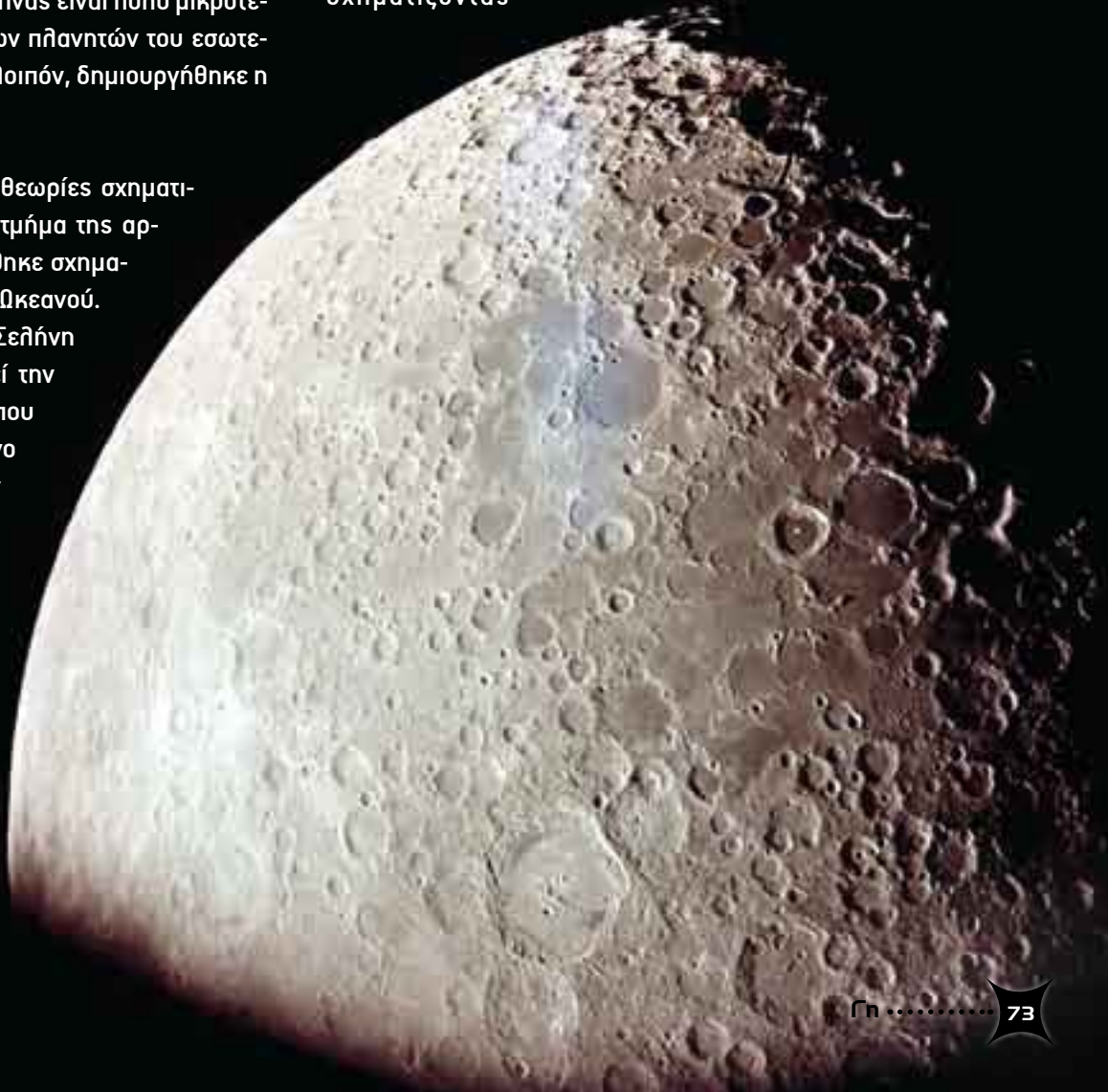
Οι χιλιάδες φωτογραφίες που έχουμε στη διάθεσή μας, μάς αποκάλυψαν ότι η σεληνιακή επιφάνεια είναι «βηλογοκομ-

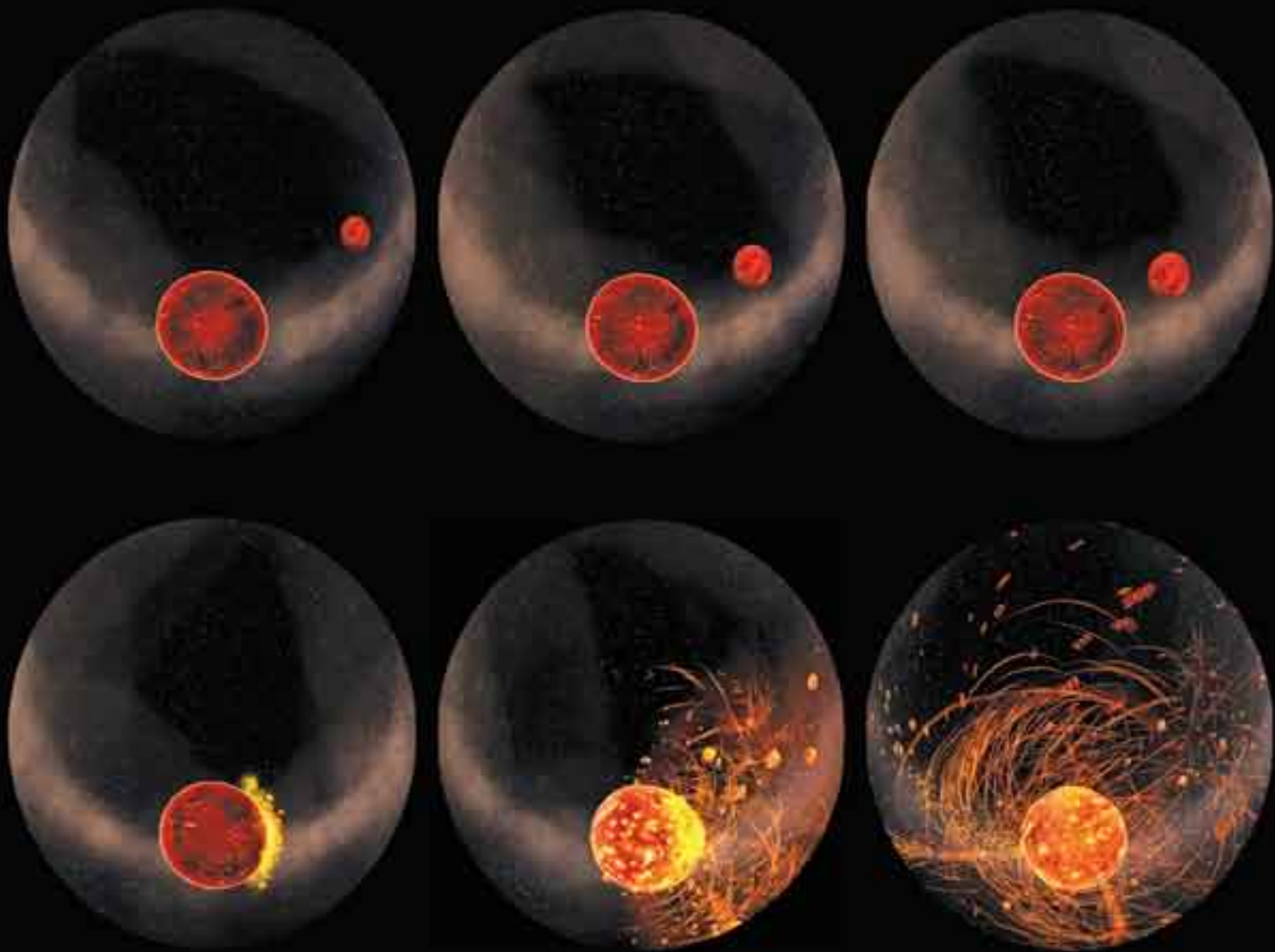


μένη» από αναρίθμητους μικρούς και μεγάλους κρατήρες, τους οποίους δημιούργησε ο βομβαρδισμός της από αμέτρητους αστεροειδείς. Παράλληλα, η ανάλυση των σεληνιακών δειγμάτων που μετέφεραν στη Γη οι αστροναύτες των διαστημικών αποστολών Apollo μάς αποκάλυψε ότι τα βασάλτικα πετρώματα της Σελήνης διαφέρουν από εκείνα της Γης και ότι η ηλικία τους είναι τουλάχιστον 30-55 εκατομμύρια χρόνια μικρότερη από αυτή των άλλων πλανητών του Ηλιακού μας συστήματος. Εκτός αυτού, γνωρίζουμε σήμερα ότι η πυκνότητα της Σελήνης είναι σχετικά μικρή. Αυτό σημαίνει ότι ο μεταλλικός της πυρήνας είναι πολύ μικρότερος σε σχέση με τους πυρήνες των πλανητών του εσωτερικού Ηλιακού συστήματος. Πώς λοιπόν, δημιουργήθηκε η Σελήνη;

Σύμφωνα με μια από τις πρώτες θεωρίες σχηματισμού της, η Σελήνη αποτελούσε τμήμα της αρχέγονης Γης, το οποίο αποκολλήθηκε σχηματίζοντας τη θεκάνη του Ειρηνικού Ωκεανού. Σύμφωνα με μια άλλη θεωρία, η Σελήνη θα μπορούσε να είχε σχηματιστεί την ίδια περίοδο και στην ίδια περιοχή με την Γη από τον αρχέγονο δίσκο σκόνης και αερίων από τον οποίο σχηματίστηκε και το υπόλοιπο Ηλιακό Σύστημα, ενώ άλλοι επιστήμονες ισχυρίστηκαν κατά το παρελθόν ότι η Σελήνη είχε ήδη δημιουργηθεί σε κάποια άλλη περιοχή του Διαστήματος και, περνώντας από τη δική μας διαστημική γειτονιά, αιχμαλωτίστηκε βαρυτικά από τον πλανήτη μας. Όλες αυτές οι θεωρίες έχουν πλέον αποκλειστεί και οι περισ-

σότεροι επιστήμονες υποστηρίζουν σήμερα τη θεωρία της Γιγάντιας Πρόσκρουσης, σύμφωνα με την οποία η Σελήνη δημιουργήθηκε όταν η αρχέγονη Γη συγκρούστηκε με ένα τεράστιο πρωτοπλανητικό σώμα στο μέγεθος του πλανήτη Άρη, πριν από περίπου 4,53 δισεκατομμύρια χρόνια. Η πρόσκρουση θα πρέπει να έστειλε χιλιάδες τόνους διάπυρης ύλης και εξασερωμένων πετρωμάτων στο διάστημα, όπου με την πάροδο των αιώνων και καθώς περιφέρονταν γύρω από τον πλανήτη μας, συσσωρεύτηκαν σε σχήμα σφαιρικό και στερεοποιήθηκαν σχηματίζοντας





*Αλληλουχία εικόνων από την ψηφιακή παράσταση «Εξέλιξη» που απεικονίζουν τη θεωρία της Γιγάντιας Πρόσκρουσης.*



εντέλει τη Σελήνη. Η τεράστια απελευθέρωση ενέργειας θα πρέπει να ρευστοποιήσει ξανά τουλάχιστον ένα μεγάλο μέρος από την επιφάνεια του πλανήτη μας, εξαφανίζοντας παράλληλα και την πρώτη ατμόσφαιρα που είχε σχηματιστεί γύρω του. Ο μεταλλικός πυρήνας αυτού του αρχέγονου πρωτοπλανήτη, από την άλλη, θα πρέπει να βυθίστηκε προς το εσωτερικό της Γης και να συσσωματώθηκε με τον πυρήνα του πλανήτη μας, γεγονός που εξηγεί τη μειωμένη περιεκτικότητα της Σελήνης σε μέταλλα. Ακριβώς επειδή αμέσως μετά τη Γιγάντια Πρόσκρουση, η πρώτη ατμόσφαιρα της Γης είχε εξαφανιστεί, η θερμοκρασία του πλανήτη μας μειώθηκε γρήγορα και μέσα σε 150 εκατομμύρια χρόνια δημιουργήθηκε ένας στέρεος φλοιός από πετρώματα βασάλτη.

Η χαρτογράφηση της επιφάνειας της Σελήνης, όπως και αυτής του Ερμή, αποκαλύπτουν ότι τα δύο αυτά ουράνια σώματα είναι γεμάτα από αναρίθμητους κρατήρες, που θα πρέπει να δημιουργήθηκαν στη διάρκεια του κατακλυσμιαίου βομβαρδισμού τους από μικρούς και μεγάλους μετεωρίτες, κατά τη διάρκεια του Ύστερου Μεγάλου Βομβαρδισμού, ο οποίος θα πρέπει να σταμάτησε πριν από περίπου 3,8 δισεκατομμύρια χρόνια. Την ίδια, περίπου, περίοδο, οι υδρατμοί που διέφευγαν από το φλοιό του πλανήτη, τα αέρια που απελευθερώνονταν από τις ηφαιστειακές εκρήξεις και οι πτητικές ενώσεις που απελευθερώνονταν κατά τη συντριβή κομητών και άλλων διαστημικών εισβολέων στην επιφάνεια του πλανήτη μας, θα πρέπει σταδιακά να δημιούργησαν την πρώτη του πυκνή ατμόσφαιρα, η οποία εμπλουτίστηκε και με το νερό που μετέφεραν οι διαστημικές βολίδες που συνέχισαν να τον βομβαρδίζουν. Σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση και διατήρηση αυτής της ατμόσφαιρας έπαιξε και η δημιουργία του μαγνητικού πεδίου της Γης, που προστάτευε τον πλανήτη μας από τον ηλιακό άνεμο.

Και καθώς η θερμοκρασία αυτής της πρώιμης Γης μειωνόταν, άρχισαν να δημιουργούνται σύννεφα, τα οποία πυκνωναν όλο και περισσότερο. Ραγδαίοι κατακλυσμοί άρχισαν σιγά-σιγά να γεμίζουν λεκάνες και βαθουλώματα, σχηματίζοντας του πρώτους ωκεανούς, πριν από περίπου 4,2 δισεκατομμύρια χρόνια. Σύμφωνα με τα γεωλογικά ευρήματα που έχουμε στη διάθεσή μας, γνωρίζουμε σήμερα ότι εκείνη την αρχέγονη εποχή οι ωκεανοί που κάλυπταν τον πλανήτη μας ήταν ρευστοί. Αυτό εκ πρώτης αποτελεί ένα παράδοξο αφού, όπως γνωρίζουμε, εκείνη την εποχή ο νεαρός Ήλιος είχε φωτεινότητα, η οποία δεν υπερέβαινε το 70% της σημερινής, και κατά συνέπεια η μέση θερμοκρασία του πλανήτη μας θα πρέπει να ήταν πολύ χαμηλή για να διατηρήσει τους ωκεανούς σε υγρή κατάσταση. Αυτό το παράδοξο του ασθενούς νεαρού Ήλιου, όπως ονομάζεται, επισημάνθηκε για πρώτη φορά από τους αστρονόμους Carl Sagan και George Mullen το 1972. Το παράδοξο, όμως, αυτό αναιρείται εάν αναλογιστούμε ότι η μεγάλη περιεκτικότητα της πρώιμης ατμόσφαιρας σε αέρια του θερμοκηπίου πρέπει να συνετέλεσε σε μια τέτοια αύξηση της θερμοκρασίας, η οποία απέτρεψε το πάγωμα των ωκεανών. Δεν συμφωνούν, εντούτοις, όλοι οι επιστήμονες με την εξήγηση αυτή. Κάποιοι, για παράδειγμα, υποστηρίζουν ότι επειδή το ποσοστό ξηράς που κάλυπτε τότε την επιφάνεια της Γης ήταν κατά πολύ μικρότερο, αντίστοιχα μικρότερο πρέπει να ήταν και το ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας που ο πλανήτης ανακλούσε στο διάστημα. Αντίθετα, οι «σκοτεινοί» ωκεανοί, που κάλυπταν πολύ μεγαλύτερο τμήμα της επιφάνειάς του, απορροφούσαν όση ηλιακή θερμότητα χρειαζόταν, προκειμένου να παραμείνουν σε υγρή κατάσταση.

Ορισμένοι, όμως, επιστήμονες ισχυρίζονται ότι θα πρέπει να υπήρχε νερό σε υγρή μορφή αρκετά νωρίτερα, ακόμη και πριν από 4,4 δισεκατομμύρια έτη, δηλαδή λίγα μόλις εκατομμύρια χρόνια μετά το σχηματισμό της Γης. Τη θέση τους αυτή τη στηρίζουν σε μελέτες συγκεκριμένων κρυ-



1



2



3



4



5



6



7



8



9

*Εικόνες από την παράσταση που δείχνουν το βομβαρδισμό της αρχέγονης Γης από τα συντρίμια του πρώιμου ηλιακού συστήματος (1-2), τη σταδιακή ψύχρανση της Γης (3-4), το σχηματισμό νεφών και τις πρώτες βροχές (5-6) και τις πρώτες θάλασσες (7-9).*



στάλλων ζιρκονίου, οι οποίοι για να σχηματιστούν απαιτούν την ύπαρξη νερού. Εκτός αυτού, η ανάλυση άλλων γεωλογικών ευρημάτων δείχνει ότι θα πρέπει να υπήρχε τεκτονική δραστηριότητα ακόμη και 4 δισεκατομμύρια χρόνια πριν. Εάν τα αποτελέσματα αυτά επιβεβαιωθούν τότε, αντί για μια καυτή, λιωμένη επιφάνεια και μια ατμόσφαιρα γεμάτη διοξείδιο του άνθρακα, η επιφάνεια της Γης πρέπει να έμοιαζε περισσότερο με αυτή που βλέπουμε σήμερα. Και αυτό γιατί η τεκτονική δραστηριότητα παγιδεύει τεράστιες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα, με αποτέλεσμα να μειώνεται αντίστοιχα η συγκέντρωση των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα και κατά συνέπεια η επιφανειακή θερμοκρασία του πλανήτη μας να είναι χαμηλότερη. Εάν όντως ισχύει η υπόθεση της Ψυχρής Πρώιμης Γης, όπως ονομάζεται, ο γήινος φλοιός θα πρέπει να στερεοποιήθηκε γρηγορότερα, ενώ η ύπαρξη νερού σε υγρή μορφή, καθώς και η εμφάνιση των πρώτων μορφών ζωής ακόμα, πρέπει να παρατηρήθηκε πολύ νωρίτερα απ' όσο θεωρούσαμε προηγουμένως, πριν και από τον Ύστερο Μεγάλο Βομβαρδισμό. Επομένως, πώς τελικά έμοιαζε η Γη, όταν ήταν ακόμη νέα; Έμοιαζε περισσότερο με μια επίγεια κόπηση του Δάντη ή μήπως επικρατούσαν ηπιότερες συνθήκες, όπως υποστηρίζει η υπόθεση της Ψυχρής Πρώιμης Γης; Την απάντηση σε αυτό το ερώτημα δεν τη γνωρίζουμε προς το παρόν με βεβαιότητα.

Ένας, ίσως, από τους λόγους που δικαιολογούν την άγνοιά μας αυτή είναι και το γεγονός ότι η γεωλογική ιστορία του πλανήτη μας από τη δημιουργία του μέχρι σήμερα καταγράφει μια ιστορία αέναων μεταβολών. Η συνεχής διάβρωση των επιφανειακών πετρωμάτων από τα στοιχεία της Φύσης, η ασταμάτητη τεκτονική δραστηριότητα που αναμορφώνει συνεχώς την επιφάνεια της Γης, οι ηφαιστειακές εκρήξεις και προσκρούσεις αστεροειδών και κομητών, «καταστρέφουν» συστηματικά τις παλαιότερες γεωλογικές ενδείξεις, που θα μπορούσαν ενδεχομένως να μας

αποκαλύψουν με περισσότερες λεπτομέρειες το απώτερο γεωλογικό παρελθόν της. Γιατί, προφανώς, όσο πιο πίσω στο χρόνο πάμε, τόσο πιο δυσεύρετες είναι και τόσο πιο αβέβαιη γίνεται η γνώση μας.

### 3. Η Γεωλογική Εξέλιξη της Γης

.....

Πώς εξελίχθηκε γεωλογικά ο πλανήτης μας μέχρι σήμερα; Πώς σχηματίστηκαν οι τεράστιες οροσειρές που ορθώνονται στην επιφάνειά του και οι βαθιές ωκεάνιες τάφροι; Πού οφείλονται οι καταστροφικοί σεισμοί και οι ηφαιστειακές εκρήξεις; Τις απαντήσεις σε αυτά τα ερωτήματα μας τις δίνει η σύγχρονη θεωρία των τεκτονικών πλάκων. Σύμφωνα με αυτή, ολόκληρη η εξωτερική στοιβάδα του πλανήτη μας, συμπεριλαμβανομένων και των ωκεάνιων πυθμένων, αποτελείται από μια ντουζίνα περίπου μεγάλης και μικρότερες λιθοσφαιρικές πλάκες, δηλαδή τεράστιες, άκαμπτες και συμπαγείς, αλλιά και εύθραυστες πλάκες βράχων, οι οποίες στα όριά τους επικαλύπτουν η μία την άλλη και οι οποίες αναμορφώνουν συνεχώς τα επεκτεινόμενα άκρα τους σε μια αέναη διαδικασία που έχει ονομαστεί εξέλιξη του πυθμένα. Η θεωρία των τεκτονικών πλάκων στη σημερινή της περίπου μορφή διατυπώθηκε μόλις πριν από μισό αιώνα και προκάλεσε πραγματική επανάσταση στις γνώσεις μας για τη γεωλογική εξέλιξη του πλανήτη, ανάλογη με αυτή που προκάλεσε η θεωρία της εξέλιξης των ειδών στη βιολογία.

Εάν παρατηρήσετε τον παγκόσμιο χάρτη, αυτό που πολύ εύκολα μπορείτε να διαπιστώσετε είναι το πόσο «άνετα και εφαρμοστά», θα έλεγε κανείς, ταιριάζει το δυτικό περίγραμμα της Αφρικής στις ανατολικές ακτές της κεντρικής και της νότιας Αμερικής. Το ερώτημα που αμέσως τίθεται από αυτήν και μόνο την απλή διαπίστωση είναι το εξής: μή-



*Ο Γερμανός μετεωρολόγος  
A. L. Wegener.*

πως άραγε οι ήπειροι δεν βρίσκονταν πάντα εκεί που βρίσκονται σήμερα, αλλά αντίθετα μετακινήθηκαν με κάποιο τρόπο στις τωρινές τους θέσεις; Η πρώτη σοβαρή επιστημονική προσπάθεια να απαντηθεί αυτό το ερώτημα πραγματοποιήθηκε μόλις το 1912. Τη χρονιά αυτή ο Γερμανός μετεωρολόγος Alfred Lothar Wegener δημοσίευσε δύο άρθρα στα οποία υποστήριζε ότι 200 εκατομμύρια χρόνια πριν όλες οι ήπειροι ήταν συγκεντρωμένες σε μια υπερήπειρο, την Παγγαία, η οποία στη συνέχεια διαμελήστηκε και τα «κομμάτια» της, οι σημερινές ήπειροι δηλαδή, συνέχισαν να απομακρύνονται η μία από την άλλη, «διαπλήοντας» τους ωκεανούς πάνω στον ημίρρευστο μανδύα του πλανήτη. Όμως, το επιστημονικό κατεστημένο της εποχής του αντιμετώπισε με ειρωνεία τη νέα θεωρία ενός «παρείσακτου», όπως τον θεωρούσαν, μετεωρολόγου. Ο γεωλόγος Alexander du Toit, ένας από τους ελάχιστους ένθερμους υπερασπιστές του Wegener, υποστήριξε στη συνέχεια ότι η

Παγγαία διασπάστηκε αρχικά σε δύο μεγάλες ηπειρωτικές μάζες, τη Λαυρασία στο βόρειο ημισφαίριο και τη Γκοντβάνα στο νότιο, οι οποίες με τη σειρά τους διασπάστηκαν σε μικρότερες ηπείρους και μετακινήθηκαν στις τωρινές τους θέσεις.

Εκτός από το εντυπωσιακό «ταίριασμα» της Νότιας Αμερικής με την Αφρική που προαναφέραμε, ένας από τους λόγους που ώθησαν τον Wegener να προτείνει τη θεωρία της μετατόπισης των ηπείρων ήταν και η προσπάθειά του να εξηγήσει το γεγονός ότι τόσο στις ανατολικές ακτές της Νότιας Αμερικής, όσο και στις δυτικές ακτές της Αφρικής εμφανίζονταν τα απολιθώματα των ίδιων ζώων και φυτών. Γιατί, σύμφωνα με τον Wegener, ήταν αδύνατο να μεταναστεύσουν αυτά τα είδη από τη μια ακτή στην άλλη, διασχίζοντας έναν τεράστιο και άγριο ωκεανό. Όμως, παρόλο που η θεωρία του Wegener μπορούσε να εξηγήσει



τα επιστημονικά δεδομένα που ήταν διαθέσιμα στην εποχή του, αδυνατούσε να εξηγήσει ποιος φυσικός μηχανισμός και ποιες δυνάμεις θα μπορούσαν να μετακινήσουν αυτές τις τεράστιες μάζες βράχων σε τόσο μεγάλες αποστάσεις. Επίμονος όμως και ισχυρογνώμων καθώς ήταν, ο Wegener δεν σταμάτησε να αναζητά τις επιπλέον αποδείξεις που θα ισχυροποιούσαν ακόμη περισσότερο τη θεωρία του. Τόσο μεγάλη ήταν η επιμονή του μάλιστα, που στη διάρκεια μιας αποστολής στη Γροιλανδία το 1930 πέθανε από το κρύο. Μετά το θάνατό του, όμως και καθώς νέες ενδείξεις έρχονταν συνεχώς στο φως, το ενδιαφέρον για τη θεωρία του Wegener όχι μόνο αναθερμάνθηκε αλλά εντέλεια οδήγησε στην ανάπτυξη της θεωρίας των τεκτονικών πλάκων, όπως τη γνωρίζουμε σήμερα.

Η βασικότερη ίσως από αυτές τις ενδείξεις ήρθε στο φως μέσα από τη χαρτογράφηση του ωκεάνιου βυθού, ο οποίος αρχικά θεωρούνταν σχετικά επίπεδος. Όπως όμως άρχισε να αποκαλύπτεται στη διάρκεια του 20ου αιώνα, τίποτα δεν θα μπορούσε να είναι μακρύτερα από την αλήθεια. Πραγματικά, με το τέλος της δεκαετίας του '50 αποκαλύφθηκε ότι ο πλανήτης μας περιβάλλεται από μία πραγματικά τεράστια υποθαλάσσια οροσειρά με μήκος που υπερβαίνει τα 50.000 km και που σαν φίδι ελίσσεται ανάμεσα στις ηπείρους του πλανήτη, με μέσο ύψος 4.500 m και πλάτος 800 km, γνωστή πλέον ως η παγκόσμια μεσοωκεάνια ράχη. Το δεύτερο σημαντικό στοιχείο που έπαιξε το ρόλο του στη διαμόρφωση της θεωρίας των τεκτονικών πλάκων ήταν η διαπίστωση το 1947 ότι το στρώμα του ιζήματος και της ιλύος που έχει κατακαθίσει στον πυθμένα του Ατλαντικού ωκεανού ήταν κατά πολύ λεπτότερο από αυτό που θα έπρεπε να είναι, εάν οι ωκεανοί προϋπήρχαν εδώ και 4 δισεκατομμύρια χρόνια. Η τρίτη σημαντική ένδειξη αφορούσε στην καταγραφή μαγνητικών ανωμαλιών κατά μήκος του ωκεάνιου πυθμένα. Από μόνο του, το γεγονός αυτό, ότι δηλαδή τα βασάλτικα πετρώματα του ωκεάνιου πυθμένα

είναι ελαφρώς μαγνητισμένα, δεν ήταν και τόσο παράξενο, αφού γνωρίζουμε πως εμπεριέχουν ποσότητες ενός μαγνητικού ορυκτού, του μαγνητίτη, που τοπικά επηρεάζει τις μαγνητικές πυξίδες. Ειδικότερα, όταν το ρευστό μάγμα, που ξεχύνεται από τα βάθη του πυθμένα των θαλάσσιων, ψύχεται και στερεοποιείται, τα μαγνητισμένα σωματίδια που εμπεριέχει ευθυγραμμίζονται με το μαγνητικό πεδίο της Γης. Γι' αυτό και τα πετρώματα αυτά αποτυπώνουν τη θέση του μαγνητικού βορρά τη μέρα που στερεοποιήθηκαν. Καθώς, όμως, η χαρτογράφηση του ωκεάνιου πυθμένα διευρυνόταν όλο και περισσότερο, οι επιστήμονες άρχισαν να συνειδητοποιούν ότι οι μαγνητικές αυτές ανωμαλίες δεν εμφανίζονταν τυχαία ή μεμονωμένα, αλλά παρουσίαζαν ένα αναγνωρίσιμο και επαναλαμβανόμενο μοτίβο, που θύμιζε τις ραβδώσεις της ζέμπρας: εναλλασσόμενες σειρές από ραβδώσεις αντίθετα μαγνητισμένων πετρωμάτων, σε κάθε μία από τις δύο πλευρές της μεσοωκεάνιας ράχης και παράλληλα με την κορυφή της. Πώς, όμως, δημιουργήθηκαν αυτές οι ραβδώσεις και γιατί είναι συμμετρικές ως προς την κορυφή της μεσοωκεάνιας ράχης;

Η απάντηση δόθηκε το 1961 όταν οι επιστήμονες συνειδητοποίησαν ότι οι ράχες αυτές σηματοδοτούν τεκτονικά ασθενείς περιοχές, όπου ο ωκεάνιος πυθμένας «σκίζεται» στα δύο κατά μήκος της κορυφής τους. Καθώς νέο μάγμα από τα βάθη της Γης αναδύεται στις ζώνες αυτές και εκτινάσσεται κατά μήκος της κορυφής της ράχης, δημιουργείται συνεχώς νέος ωκεάνιος φλοιός, γεγονός που εξηγεί όχι μόνο την απουσία της μεγάλης ποσότητας ιζημάτων, αλλά και το πώς δημιουργήθηκε το σύστημα των ωκεάνιων ραχών, μέσα από την επονομαζόμενη εξάπλιση του ωκεάνιου πυθμένα. Η ερμηνεία αυτή αποδεικνύεται και από τις μετρήσεις, που δείχνουν ότι η ηλικία αυτών των υποθαλάσσιων πετρωμάτων αυξάνει με την απόσταση από τη ράχη, με τα νεότερης ηλικίας πετρώματα να βρίσκονται πλησιέστερα στην κορυφή της, όπου δηλαδή αναβλύζει



νέο μάγμα. Έχει βρεθεί, επίσης, ότι τα νεότερης ηλικίας πετρώματα έχουν πάντα τη σημερινή πολικότητα, ενώ όσο απομακρυνόμαστε από την κάθε ράχη, οι ζώνες των παράλληλων πετρωμάτων εναλλάσσουν την πολικότητά τους, γεγονός που αποδεικνύει ότι το μαγνητικό πεδίο της Γης θα πρέπει να αναστράφηκε στο παρελθόν πολλές φορές. Το συμπέρασμα είναι ότι κατά μήκος των ωκεάνιων ραχών δημιουργείται ασταμάτητα νέος φλοιός. Οι γεωλόγοι Harry H. Hess και Robert S. Dietz, μάλιστα, υποστήριξαν ότι, καθώς ο νέος φλοιός «διευρύνεται» συνεχώς και απομακρύνεται από την κορυφή της ράχης, στη διάρκεια εκατομμυρίων ετών βυθίζεται στις ωκεάνιες τάφρους για να καταλήξει ξανά στο μανδύα της Γης, εκεί δηλαδή απ' όπου προήλθε. Εν συντομία ο ωκεάνιος πυθμένος ανακυκλώνεται, με τη δημιουργία νέου φλοιού κατά μήκος των ωκεάνιων ραχών και την «καταβύθιση» του παλαιού φλοιού μέσα στις ωκεάνιες τάφρους.

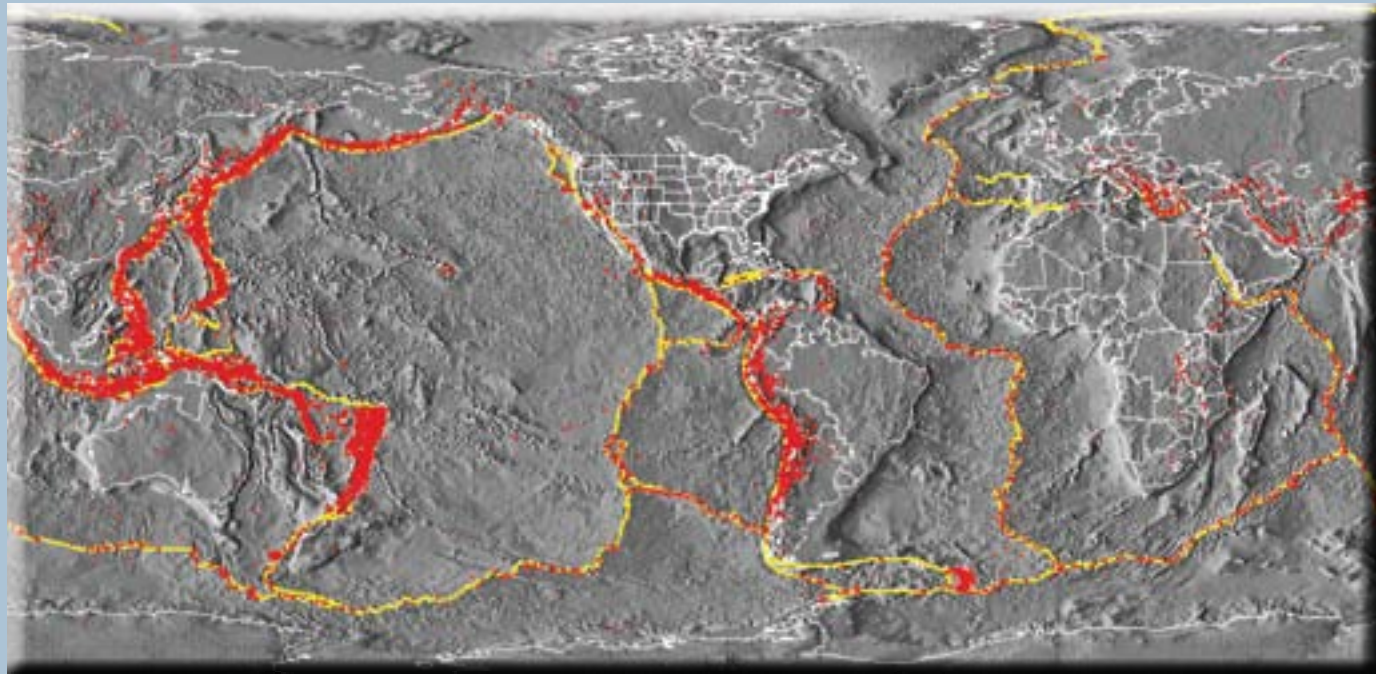
Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η Μεσο-Ατλαντική Ράχη, μία υποθαλάσσια οροσειρά που ξεκινά από τον Αρκτικό Ωκεανό και εκτείνεται νοτιότερα και από το Ακρωτήριο της Καλής Ελπίδας στη Νότια Αφρική. Καθώς το ανατολικό περίγραμμα της νοτιοαμερικανικής πλάκας και το δυτικό περίγραμμα της αφρικανικής πλάκας αναδημιουργούνται συνεχώς με την εξάπλωση της Μεσο-Ατλαντικής Ράχης, που προκαλείται καθώς το ρευστό μάγμα συνεχίζει να αναβλύζει από τη κορυφή της, η αφρικανική πλάκα «φαίνεται» να μετακινείται ανατολικά και η νοτιοαμερικανική δυτικά. Και λέμε «φαίνεται» γιατί δεν είναι οι ηφαιστειακές δυνάμεις αυτές που σπρώχνουν τις δύο λιθοσφαιρικές πλάκες, αλλά τα ρεύματα μεταφοράς μάζας της ασθενόσφαιρας, δηλαδή της ημιστερεής στοιβάδας που βρίσκεται ακριβώς κάτω από τις λιθοσφαιρικές πλάκες. Το ανώτερο τμήμα της ασθενόσφαιρας κάτω από τη νοτιοαμερικανική πλάκα, για παράδειγμα, κινείται αργά προς τα δυτικά, απομακρύνοντάς την από την αφρικανική πλάκα, που κινείται προς τα ανατολικά. Με μέσο όρο 2,5 εκατοστά το χρόνο, η

«διαστολή» αυτή που παρατηρείται κατά μήκος της Μεσο-Ατλαντικής Ράχης μπορεί να φαίνεται μικρή, αλλά σε αυτήν οφείλεται το γεγονός ότι στη διάρκεια των τελευταίων 100-200 εκατομμυρίων ετών ο Ατλαντικός ωκεανός διευρύνθηκε από ένα μικρό πορθμό, που βρισκόταν μεταξύ των ηπείρων της Αφρικής, της Ευρώπης, καθώς και της Βόρειας και της Νότιας Αμερικής, στον τεράστιο ωκεανό που είναι σήμερα, απομακρύνοντας παράλληλα τη μια ήπειρο από την άλλη.

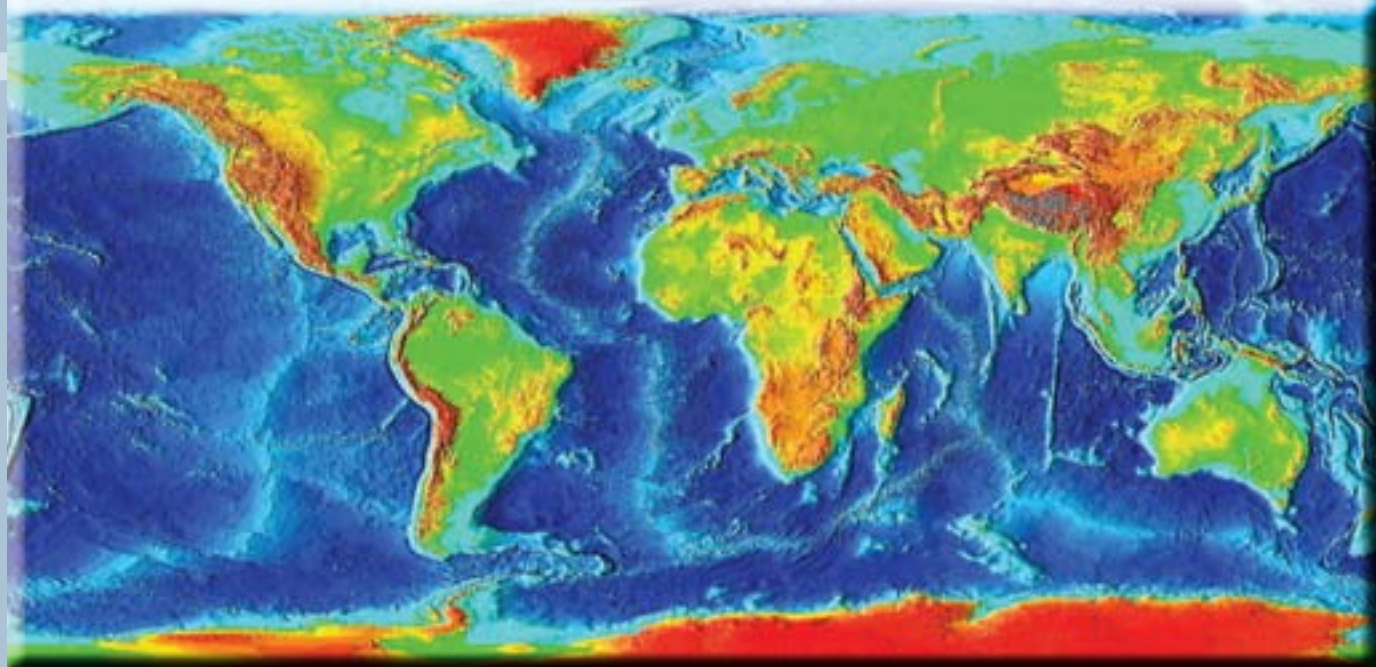
Εκτός, όμως, από την απομάκρυνση μεταξύ δύο λιθοσφαιρικών πλάκων, είναι δυνατή και η σύγκλησή τους, που οδηγεί στην υποβύθιση της μιας κάτω από την άλλη. Για παράδειγμα όταν, συγκλίνουν μια ωκεάνια και μια ηπειρωτική πλάκα, όπως συμβαίνει έξω από τις ακτές της νότιας Αμερικής, κατά μήκος της τάφρου του Περού και της Χιλής. Σ' αυτό το σημείο η ωκεάνια πλάκα Νάζκα σπρώχνει και βυθίζεται κάτω από τη Νοτιοαμερικανική τεκτονική πλάκα, η οποία με τη σειρά της «ανασκώνεται», δημιουργώντας τις γιγάντιες Άνδεις. Κατά τη σύγκλιση δύο ωκεάνιων πλάκων, από την άλλη, συμβαίνει κάτι διαφορετικό. Η Τάφρος Marianas, για παράδειγμα σηματοδοτεί την περιοχή όπου η τεκτονική πλάκα του Ειρηνικού συγκλίνει προς την πλάκα των Φιλιππίνων. Καθώς η μία πλάκα γλιστράει κάτω από την άλλη σχηματίστηκε στο πέρασμα εκατομμυρίων ετών η βαθύτερη τάφρος του κόσμου, όπου το βαθύτερο σημείο της βυθίζεται κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας περισσότερο απ' όσο ορθώνεται το Έβερεστ στα Ιμαλάια. Όταν, τέλος συγκλίνουν και εντέλει συγκρούονται δύο ηπειρωτικές τεκτονικές πλάκες, όπως συνέβη πριν από 50 εκατομμύρια χρόνια μεταξύ των πλάκων της Ινδίας και της Ασίας, δημιουργούνται τεράστιες οροσειρές, όπως αυτή των Ιμαλαΐων.

Είναι, μάλιστα, δυνατό να «προβάλλουμε» αυτή τη μετακίνηση των τεκτονικών πλάκων στο μέλλον, προκειμένου να διαπιστώσουμε τον τρόπο που θα μεταβληθεί σε βάθος






*Οι περισσότεροι και μεγαλύτεροι σεισμοί (κόκκινο) παρατηρούνται στα όρια των τεκτονικών πλάκων (κίτρινο), (NOAA).*



*Μεσοωκεάνιες ραχές (NOAA).*





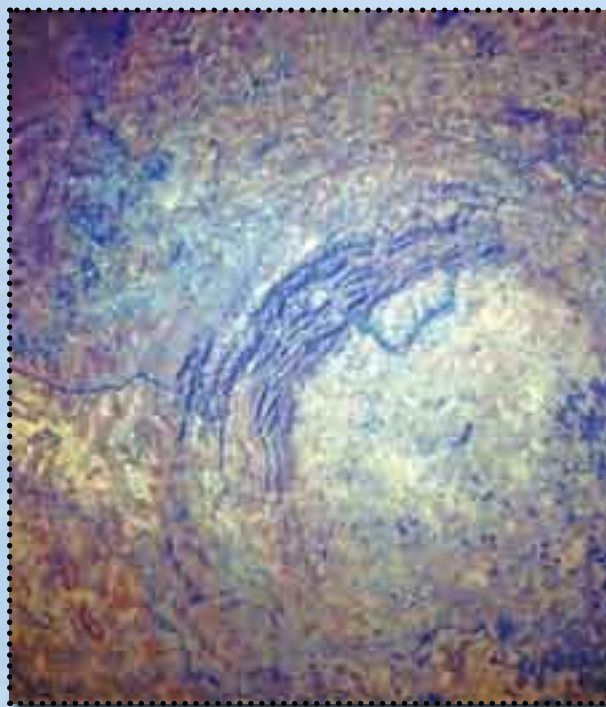
χρόνου η επιφάνεια του πλανήτη μας. Σε 50-100 εκατομμύρια χρόνια από σήμερα, για παράδειγμα, η λιθοσφαιρική πλάκα της Ευρασίας θα «περιστραφεί» σύμφωνα με τη φορά των δεικτών του ρολογιού, φέρνοντας τη Μεγάλη Βρετανία πλησιέστερα προς το Βόρειο Πόλο και τη Σιβηρία προς το νότο και σε θερμότερα γεωγραφικά πλάτη. Η Αφρική, από την άλλη, θα συνεχίσει να πλησιάζει την Ευρώπη, μειώνοντας συνεχώς την έκταση της Μεσογείου, μέχρι ότου από τη σύγκρουση των δύο πλακών η Μεσόγειος θα εξαφανιστεί και στη θέση της θα ορθωθεί μια τεράστια οροσειρά στο μέγεθος των *Ιμαλαΐων*, η οποία θα εκτείνεται από την Ισπανία μέχρι τουλάχιστον τη Μέση Ανατολή.



## 4. Το Τέλος της Γης

Όπως με συντομία παρατηρήσαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο, δεκάδες εκατομμύρια χρόνια από σήμερα η επιφάνεια του πλανήτη μας δεν θα μοιάζει σε τίποτα με αυτή που όλοι γνωρίζουμε, ούτε μπορούμε να φανταστούμε τι γενικότερες επιδράσεις θα έχει αυτή η μετακίνηση των τεκτονικών πλάκων σε βάθος χρόνου για τους έμβιους οργανισμούς. Εάν, όμως, αγνοήσουμε αυτές τις υποχθόνιες, γεωτεκτονικές δυνάμεις που αναμορφώνουν διαρκώς την επιφάνεια της Γης και που ενίοτε μπορούν να προκαλέσουν εκτεταμένες έως και ακραίες καταστροφές, όπως στην περίπτωση της έκρηξης ενός υπερηφαιστείου, ποια είναι τα σενάρια του τέλους για αυτόν το μικροσκοπικό «τρίτο βράχο από τον Ήλιο»;

Ένα από αυτά αφορά στη σύγκρουση της Γης με έναν τεράστιο αστεροειδή ή κομήτη. Όπως, εξάλλου, έδειξε και η συντριβή του κομήτη Shoemaker-Levy στο Δία τον Ιούλιο του 1994, ο βομβαρδισμός των πλανητών του Ηλιακού συστήματος από τέτοιους διαστημικούς εισβολείς δεν είναι κάτι που συνέβαινε μόνο κατά την πρώτη περίοδο της εξέλιξής του, αλλά που με εμφανώς λιγότερη σφοδρότητα μπορεί να συνεχίζεται και σήμερα. Όπως εξηγήσαμε και προηγουμένως, γνωρίζουμε καλά ότι καθόλη τη διάρκεια της γεωλογικής της ιστορίας η Γη βομβαρδιζόταν συστηματικά από τις πτώσεις μικρών και μεγάλων αστεροειδών και κομητών. Είναι αλήθεια ότι οι μεγάλοι κρατήρες πρόσκρουσης, με διάμετρο μεγαλύτερη των 20 km, που έχουμε εντοπίσει, μόλις υπερβαίνουν τους 40. Αυτό όμως οφείλεται στην ασταμάτητη γεωτεκτονική δραστηριότητα και στην αέναη διάβρωση που προκαλούν τα στοιχεία της Φύσης, αναμορφώνοντας συνεχώς την επιφάνεια του πλανήτη και απαλείφοντας προγενέστερα χαρακτηριστικά του. Είναι προφανές ότι το Ηλιακό σύστημα διανύει μια μεγάλη περίοδο ηρεμίας, που ουδεμία σχέση έχει με τη βι-



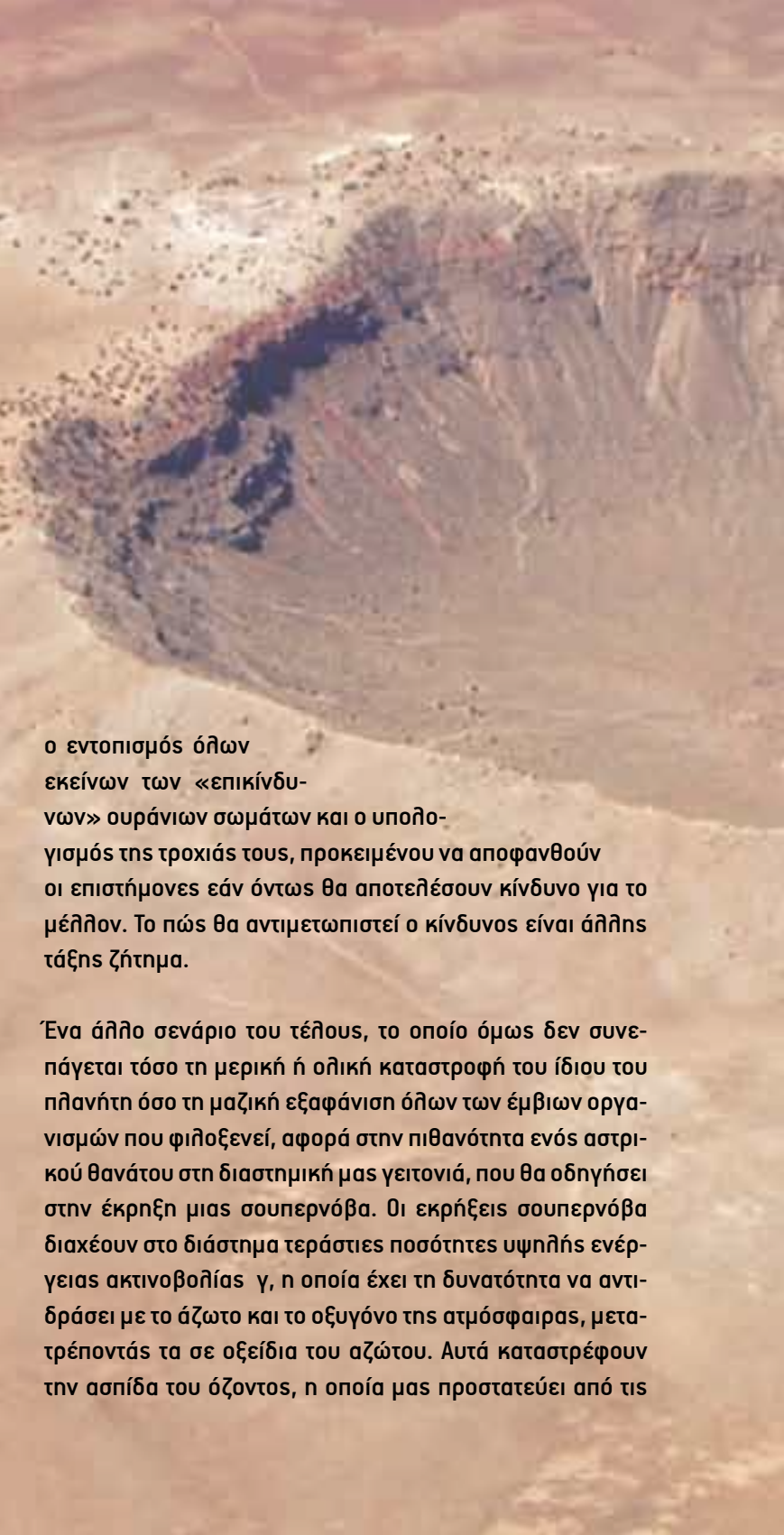
*Ο κρατήρας πρόσκρουσης Vredefort στη Νότιο Αμερική.*



*Ο κρατήρας πρόσκρουσης Tsauieing στη Νότιο Αφρική.*

αιότητα του αρχέγονου παρελθόντος του. Παρ' όλα αυτά, πτώσεις μετεωριτών συνεχίζονται και σήμερα. Ο κρατήρας Barringer, για παράδειγμα, δημιουργήθηκε από την πτώση ενός μετεωρίτη πριν από μόλις 50.000 χρόνια, ένα απειροελάχιστο χρονικό διάστημα του γεωλογικού χρόνου, ενώ πολύ πιο πρόσφατα, στις 30 Ιουνίου 1908, ένα ουράνιο αντικείμενο εξερράγη σε ύψος 6-10 km πάνω από την τούνδρα της Σιβηρίας, ισοπεδώνοντας πάνω από 2.000 km<sup>2</sup> δάσους. Καθημερινά, εξάλλου, βομβαρδιζόμαστε από μικροσκοπικά διαστημικά συντρίμια, που σχηματίζουν τις βροχές των διαττόντων αστερών, τα γνωστά πεφταστέρια.


Δεν υπάρχει αμφιβολία ότι η συχνότητα της σύγκρουσης ενός τέτοιου διαστημικού εισβολέα με τον πλανήτη μας είναι αντιστρόφως ανάλογη του μεγέθους του. Όπως υπολογίζουν οι επιστήμονες, αστεροειδείς με διάμετρο 1km βομβαρδίζουν κατά μέσο όρο τον πλανήτη μας κάθε 500.000 χρόνια, ενώ αστεροειδείς διαμέτρου 5 km κάθε 10 εκατομμύρια χρόνια. Η τελευταία γνωστή πρόσκρουση μετεωρίτη μεγέθους 10 km ήταν εκείνη που επικαλούνται πολλοί επιστήμονες, προκειμένου να εξηγήσουν τη μαζική εξαφάνιση των ειδών που παρατηρήθηκε στα όρια μεταξύ της Κρητιδικής και της Τριτογενούς περιόδου, και συγκεκριμένα των δεινοσαύρων. Από την άλλη, διαστημικές βολίδες με διάμετρο 5-10 m εισέρχονται στη γήινη ατμόσφαιρα περίπου μία φορά το χρόνο, και τις περισσότερες φορές εκρήγνυνται προτού φτάσουν στην επιφάνεια του πλανήτη. Το ίδιο ισχύει και για τους διαστημικούς εισβολείς με διάμετρο μεγαλύτερη των 50 m, όπως συνέβη στην Τουγκούσκα της Σιβηρίας, μόνο που η συχνότητά τους δεν υπερβαίνει συνήθως τη μία φορά κάθε λίγες χιλιάδες χρόνια. Το μέγεθος της καταστροφής που θα προκύψει είναι συνάρτηση του μεγέθους και της ταχύτητας του διαστημικού βλήματος που θα μας χτυπήσει. Γι' αυτό και υπάρχουν διάφορες διαστημικές υπηρεσίες, βασικός στόχος των οποίων είναι



ο εντοπισμός όλων εκείνων των «επικίνδυνων» ουράνιων σωμάτων και ο υπολογισμός της τροχιάς τους, προκειμένου να αποφανθούν οι επιστήμονες εάν όντως θα αποτελέσουν κίνδυνο για το μέλλον. Το πώς θα αντιμετωπιστεί ο κίνδυνος είναι άλλης τάξης ζήτημα.

Ένα άλλο σενάριο του τέλους, το οποίο όμως δεν συνεπάγεται τόσο τη μερική ή ολική καταστροφή του ίδιου του πλανήτη όσο τη μαζική εξαφάνιση όλων των έμβιων οργανισμών που φιλοξενεί, αφορά στην πιθανότητα ενός αστρικού θανάτου στη διαστημική μας γειτονιά, που θα οδηγήσει στην έκρηξη μιας σουπερνόβα. Οι εκρήξεις σουπερνόβα διαχέουν στο διάστημα τεράστιες ποσότητες υψηλής ενέργειας ακτινοβολίας γ, η οποία έχει τη δυνατότητα να αντιδράσει με το άζωτο και το οξυγόνο της ατμόσφαιρας, μετατρέποντάς τα σε οξειδία του αζώτου. Αυτά καταστρέφουν την ασπίδα του όζοντος, η οποία μας προστατεύει από τις





βλαβερές ακτινοβολίες του Ήλιου ή της κοσμικής ακτινοβολίας. Φυσικά, για να συμβεί κάτι τέτοιο θα πρέπει η έκρηξη μιας σουπερνόβα να συμβεί σε σχετικά κοντινές αποστάσεις. Για παράδειγμα, όπως υποστηρίζει μια μειοψηφία επιστημόνων, η μαζική εξαφάνιση των ειδών που παρατηρήθηκε στα τέλη της επονομαζόμενης Ορδοβικίου περιόδου (480 - 440 εκατ. χρόνια πριν), στη διάρκεια της οποίας αφανίστηκε το 60% των θαλάσσιων ειδών, μπορεί να οφείλεται σε μια παρόμοια αλλά πολύ ισχυρότερη έκρηξη, γνωστή ως έκλαμψη ακτίνων γ. Σύμφωνα με πρόσφατες εκτιμήσεις, η έκρηξη μιας σουπερνόβα τύπου Ia θα πρέπει να συμβεί σε απόσταση μικρότερη των 3.300 ετών φωτός από τη Γη προκειμένου να θεωρηθεί επικίνδυνη, ενώ για τους σουπερνόβα τύπου II, η απόσταση αυτή μειώνεται στα 26 έτη φωτός. Σύμφωνα με όσα γνωρίζουμε

μέχρι σήμερα, το πλησιέστερο σε μας άστρο το οποίο μελλοντικά θα ανατιναχθεί σε μια έκρηξη σουπερνόβα είναι ένας λευκός νάνος στο διπλό αστρικό σύστημα HR 8210, στον Αστερισμό του Πηγάσου σε απόσταση μόλις 150 ετών φωτός. Η μάζα αυτού του λευκού νάνου υπολογίζεται στις 1,15 ηλιακές μάζες και καθώς συνεχίζει να συσσωρεύει στην επιφάνειά του ύλη από το άστρο-συνοδό του, θα υπερβεί το όριο Chandrasehkar και θα διαμελιστεί σε μια έκρηξη σουπερνόβα τύπου Ia. Αυτό όμως δεν αναμένεται να συμβεί νωρίτερα από μερικά εκατομμύρια χρόνια.

Όμως, το πεπρωμένο του πλανήτη μας είναι άρρηκτα συνδεδεμένο με τον Ήλιο. Γιατί, όσο ο Ήλιος θα γερνάει και θα πλησιάζει στο στάδιο του κόκκινου γίγαντα, τόσο θα διογκώνεται και τόσο θα αυξάνει η φωτεινότητά του. Υπολογίζεται μάλιστα ότι σε σχεδόν 5 δισεκατομμύρια χρόνια από τώρα ο κόκκινος γίγαντας Ήλιος θα έχει διογκωθεί τόσο πολύ, που θα έχει ήδη καταπιεί τον Ερμή και την Αφροδίτη, ενώ οι εξωτερικές του στοιβάδες θα έχουν φτάσει στην ίδια τη Γη. Κάποιοι επιστήμονες, εντούτοις, βασισμένοι στο γεγονός ότι ο Ήλιος, όπως εξάλλου και κάθε άλλο άστρο, καθώς εξελίσσεται χάνει μάζα, είχαν αφήσει ανοικτό ένα μικρό παράθυρο ελπίδας. Γιατί χάρη σε αυτή την απώλεια μάζας, η βαρυτική έλξη που θα ασκούσε κατά το απώτερο μέλλον ο Ήλιος στον πλανήτη μας θα ήταν μειωμένη, με αποτέλεσμα η Γη να μετακινηθεί σε μεγαλύτερη τροχιά. Δυστυχώς, όμως, οι τελευταίες μελέτες δεν αφήνουν περιθώρια αισιοδοξίας, καθώς σε 7,5 δισεκατομμύρια χρόνια περίπου παλιρροϊκές βαρυτικές δυνάμεις θα φέρουν τη Γη τόσο κοντά στον κόκκινο γίγαντα Ήλιο, που οι εξωτερικές του στοιβάδες εντέλει θα την καταπιούν. Το τέλος όμως για τη Γη, καθώς και για όλες μορφές ζωής θα έχουν ενδεχομένως καταφέρει να επιβιώσουν στο απώτερο αυτό μέλλον, θα έχει φτάσει πολύ νωρίτερα. Γιατί, αρκετά πριν

από το στάδιο του κόκκινου γίγαντα και καθώς ο Ήλιος θα γίνεται όλο και πιο φωτεινός, η θερμοκρασία του πλανήτη μας θα αυξάνει συνεχώς. Καθώς οι ωκεανοί θα αρχίσουν να εξατμίζονται όλο και πιο γρήγορα, «φορτώνοντας» τη γήινη ατμόσφαιρα με όλο και περισσότερους υδρατμούς, ένα ανεξέλεγκτο και αυτοτροφοδοτούμενο φαινόμενο του θερμοκηπίου θα προκαλέσει εντέλει την ολική εξάτμιση των ωκεανών.

Στη γειτονιά δηλαδή του πλανήτη μας οι θερμοκρασίες θα γίνουν απαγορευτικές για τη διατήρηση της ζωής. Μακρύτερα όμως, τα πράγματα θα είναι διαφορετικά. Αυτό θα συμβεί γιατί καθώς ο Ήλιος θα διογκώνεται όλο και περισσότερο και η ακτινοβολία του θα αυξάνει, η Ζώνη Βιωσιμότητας, δηλαδή η απόσταση από τον Ήλιο, όπου το νερό θα διατηρείται σε υγρή μορφή, θα απομακρύνεται. Ένα τέτοιο σενάριο, μάλιστα, ενδεχομένως να καταστήσει τον Άρη πολύ πιο «φιλόξενο» στη ζωή απ' ό,τι είναι σήμερα. Όταν, όμως, ο Ήλιος φτάσει στο στάδιο του κόκκινου γίγαντα, η Ζώνη Βιωσιμότητας θα εκτείνεται από τις 49,5 στις 71,4 ΑΜ, εισχωρώντας ακόμη και μέσα στην ίδια τη Ζώνη Κιούπερ! Αυτό σημαίνει ότι τα παγωμένα συντρίμμια της Ζώνης θα αποκτήσουν νερό σε υγρή μορφή. Υπάρχει όμως και μια άλλη, αν και είναι εξαιρετικά επικίνδυνη, λύση. Με μία πρόταση που θυμίζει σενάριο επιστημονικής φαντασίας, ορισμένοι επιστήμονες υποστήριξαν ότι θα μπορούσε να διευρυνθεί σταδιακά η τροχιά της Γης με τη βοήθεια ενός αρκετά μεγάλου αστεροειδούς ο οποίος, περνώντας δίπλα από τη Γη κάθε 6.000 χρόνια, θα μπορούσε με τη βαρυτική του έλξη να «τραβήξει» τον πλανήτη μας σε όλο και μεγαλύτερες αποστάσεις από τον κόκκινο γίγαντα Ήλιο. Βέβαια, το παραμικρό λάθος στους υπολογισμούς θα μπορούσε να στείλει τον αστεροειδή κατευθείαν πάνω στη Γη, έτσι ώστε η ζωή να εξαφανιστεί για πάντα.

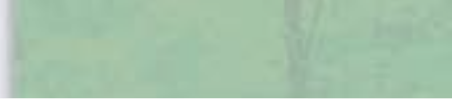


## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

---

- \* Brahic, Andre, Τα παιδιά του ήλιου: η προέλευση, η εξέλιξη και η εξερεύνηση του ηλιακού συστήματος - και της ζωής, Αθήνα: Κάτοπτρο, 2002.
- \* Δεληήμασης, Νικόλαος Δ., Εισαγωγή στην τεκτονική των λιθοσφαιρικών πλάκων, Θεσσαλονίκη: Ζήτη, 1999.
- \* Δούτσος, Θεόδωρος, Γεωλογία: αρχές και εφαρμογές, Αθήνα: Leader Books, 2000.
- \* Ζαφειρόπουλος, Δημήτρης, Ο γαλάζιος πλανήτης μια εισαγωγή στην ωκεανογραφία, Αθήνα: Leader Books, 2001.
- \* Garlick, Mark A., The story of the solar system, Cambridge: Cambridge University Press, 2002.
- \* Golub, Leon, Pasachoff, Jay, Nearest Star: the surprising science of our sun, Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1999.
- \* Guillermier Pierre, Koutchmy Serge, Total eclipses: science, observations, myths and legends, Chichester, UK: Springer, Praxis, 1999.
- \* Jones, Barrie William, Discovering the solar system, Chichester: Wiley, c 1999.
- \* Kippenhahn Rudolf, Discovering the secrets of the sun, Chichester: Wiley, 1994.
- \* Lang, Kenneth R., Sun, earth and sky, Berlin: Springer, 1997.
- \* Παπανικολάου, Δημήτριος Ι., Σίδερος, Χρήστος, Γεωλογία : η επιστήμη της γης, Αθήνα: Πατάκης, 2009.
- \* Pecker, Jean – Claude, The future of the sun, New York: McGraw-Hill, 1992.
- \* Phillips, Kenneth J.H., Guide to the sun, Cambridge: Cambridge University Press, 1992.
- \* Σιμόπουλος, Διονύσιος, Γένεση και κατακλιση: η βιογραφία της γης: οδηγός παράστασης, Αθήνα: Ίδρυμα Ευγενίδου. Πλανητάριο, 2006.
- \* Tayler, Roger J., The stars: their structure and evolution, Cambridge: Cambridge University Press, 1994.
- \* Taylor, Peter O., Hendrickson, Nancy L., Beginner's guide to the sun, Waukesha, WI: Kalmbach, 1995.
- \* Wentzel, Donat G., The restless sun, Washington: Smithsonian Institution, 1989.
- \* Whitehouse, David, The sun: a biography, Chichester, England: Wiley, 2005.
- \* Woolfson, M. M., The formation of the solar system: theories old and new, London: Imperial College Press; Hackensack, NJ: Distributed by World Scientific Publishing Co., c2007.
- \* Zirker, Jack B., Journey from the center of the sun, Princeton, New Jersey: Princeton University Press, 2002.







## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τον 17<sup>ο</sup> αιώνα ο Αρχιεπίσκοπος James Usher (1580-1656), βασισμένος στα κείμενα των Γραφών, «υπολόγισε» ότι το Σύμπαν δημιουργήθηκε την Κυριακή, 23 Οκτωβρίου 4004 π.Χ. και ο άνθρωπος πέντε ημέρες αργότερα, την Παρασκευή, 28 Οκτωβρίου. Φυσικά την εποχή εκείνη οι επιστήμονες είχαν ήδη αρχίσει να διαπιστώνουν ότι αν οι προσχώσεις των ποταμών έγιναν με τον ίδιο ρυθμό που έδειχναν οι μετρήσεις τους, τότε ο σχηματισμός τους θα απαιτούσε πολύ περισσότερο χρόνο από αυτόν που θεώρησε ο Usher πως μεσολάβησε από την απαρχή του Σύμπαντος. Όμως, το τελειωτικό χτύπημα για τη Βιβλική ερμηνεία της δημιουργίας της Γης και της εμφάνισης των έμβιων όντων που φιλοξενεί δόθηκε με την ανάλυση γεωλογικών ευρημάτων και απολιθωμάτων, όταν διαπιστώθηκε ότι η ηλικία τους δεν ήταν μερικών μόλις χιλιαίων αλλά εκατοντάδων εκατομμυρίων, ακόμη και δισεκατομμυρίων ετών.

Πώς, λοιπόν, εμφανίστηκε αυτή η εντυπωσιακή ποικιλομορφία των έμβιων οργανισμών του πλανήτη μας; Οι μυριάδες των οργανισμών που γνωρίζουμε ότι υπάρχουν, από το πιο απλό βακτήριο μέχρι τον άνθρωπο δημιουργήθηκαν άραγε

«ως έχουν» ή μήπως προέρχονται από την ίδια «μαγιά» και διαμέσου μιας εξελικτικής πορείας δισεκατομμυρίων ετών διαμόρφωσαν εντέλει αυτό το θαυμαστό «Δέντρο της Ζωής»; Η απάντηση, φυσικά, είναι η δεύτερη και η θεωρία της Εξέλιξης των ειδών, που διατυπώθηκε από τον Κάρολο Δαρβίνο, όπως μάλιστα εξελίχθηκε και εμπλουτίστηκε στα χρόνια που ακολούθησαν την πρώτη της δημοσίευση το 1859, παραμένει σήμερα μια από τις εγκυρότερες επιστημονικές θεωρίες που έχουν ποτέ αναπτυχθεί.

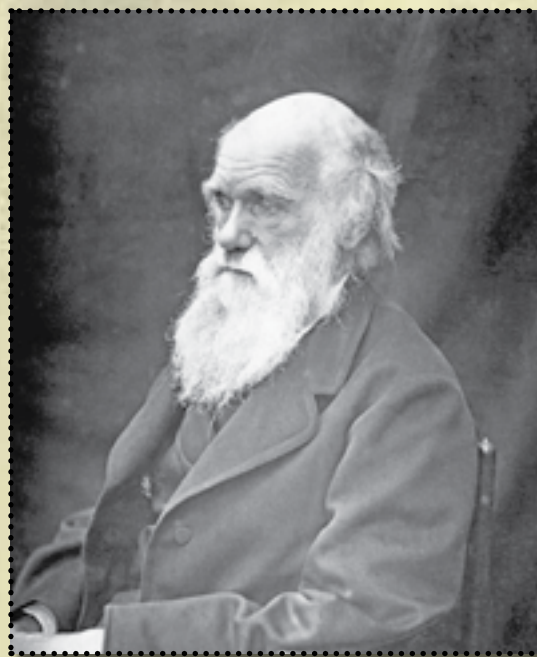
Ξεκινώντας, έτσι, από μια απλή παρουσίαση της θεωρίας της εξέλιξης, όπως τη διατύπωσε ο Δαρβίνος, θα αναφερθούμε στη συνέχεια σε ορισμένες από τις προσπάθειες που έχουν πραγματοποιηθεί προκειμένου να ερμηνευτεί η απαρχή της ζωής. Κατόπιν, θα περιγράψουμε και τις 5 κύριες μαζικές εξαφανίσεις των ειδών που παρατηρήθηκαν κατά τη διάρκεια του επονομαζόμενου Φανεροζωϊκού αιώνα, της γεωλογικής, δηλαδή, περιόδου στη διάρκεια της οποίας εμφανίστηκε και εξελίχθηκε η ζωή. Η ενότητα αυτή θα κλείσει με μια κάπως τηλεγραφική απαρίθμηση της αλληλουχίας των βασικότερων γεωλογικών ανακατατάξεων και της βιολογικής εξέλιξης που πραγματοποιήθηκε στον πλανήτη μας από τη δημιουργία του μέχρι σήμερα.





# Ι. Ο Δαρβίνος και η Θεωρία της Εξέλιξης

Ο Δαρβίνος γεννήθηκε στις 12 Φεβρουαρίου 1809 στην Αγγλία και σε ηλικία 16 μόλις ετών άρχισε να σπουδάζει ιατρική στο Πανεπιστήμιο του Εδιμβούργου. Όμως, η βασιανιστική για τον ίδιο παρακολούθηση των εγχειρήσεων τον ωθεί να εγκαταλείψει τις σπουδές του στην ιατρική και να ξεκινήσει έπειτα από προτροπή του πατέρα του έναν νέο κύκλο σπουδών, στο Πανεπιστήμιο του Κέιμπριτζ αυτή τη φορά, προκειμένου να γίνει ιερωμένος. Ευτυχώς τα ενδιαφέροντά του στρέφονταν αλλού. Έτσι, σε ηλικία μόλις 21 ετών αποδέχεται τη θέση του φυσιοδίφη στο βρετανικό πλοίο *Beagle*, το οποίο σαλπάρει στις 27 Δεκεμβρίου 1831 με αποστολή τη χαρτογράφηση των ακτών της Νότιας Αμερικής. Σχεδόν 4 χρόνια αργότερα, ξημερώματα της 17ης Σεπτεμβρίου 1835, το *Beagle* αγκυροβολεί στο νησί *Chatham* των νησιών *Γκαλαπάγκος*. Τα νησιά *Γκαλαπάγκος*, ένα ηφαιστειογενές νησιωτικό σύμπλεγμα που «δρασκελίζει» τον ισημερινό της Γης στα ανοιχτά των δυτικών ακτών της Λατινικής Αμερικής, ανακαλύφθηκαν το 1535 και με εξαίρεση τους πειρατές και φαλαινοθήρες, οι οποίοι τα χρησιμοποιούσαν για αιώνες ως αγκυροβόλιο, ελάχιστοι είχαν πατήσει το πόδι τους εκεί. Ο νεαρός και σχετικά άγνωστος τότε φυσιοδίφης είχε βρει στα νησιά του Αρχιεπελάγους μια περιοχή παρθένα, η μελέτη της οποίας έμελλε να αλλάξει ριζικά τα όσα γνωρίζαμε για την καταγωγή των ειδών. Και πραγματικά, η ριζοσπαστική ερμηνεία του Δαρβίνου γι' αυτό το εντυπωσιακό και συνεχώς μεταβαλλόμενο μωσαϊκό της ζωής, η θεωρία της Εξέλιξης, όπως έχει μείνει γνωστή, συντάραξε συθέμελα το επιστημονικό και θρησκευτικό κατεστημένο της εποχής του. Ακόμα και σήμερα, όμως, η έννοια της εξέλιξης συνεχίζει να αποτελεί «ταμπού» σε πολλούς κύκλους και να προκαλεί συχνά ακραίες αντιδράσεις. Και όμως, η θεωρία



*Ο Κάρολος Δαρβίνος.*



*Το Beagle σε πίνακα του Conrad Martens (1801-1878).*



αυτή, όπως εμπλουτίστηκε και εξελίχθηκε στα χρόνια που ακολούθησαν την πρώτη της δημοσίευση, είναι μία από τις πλέον στέρεα θεμελιωμένες επιστημονικές θεωρίες που έχουν διατυπωθεί ποτέ.

Οι εκτεταμένες παρατηρήσεις που πραγματοποίησε ο Δαρβίνος στη διάρκεια των 5 εβδομάδων παραμονής του στα νησιά Γκαλαπάγκος αποδείχτηκαν καθοριστικές για τη μετέπειτα διαμόρφωση της θεωρίας του. Διαπίστωσε, για παράδειγμα, ότι οι γιγάντιες χελώνες που ζούσαν σε νησιά με σχετικά υψηλή βλάστηση, είχαν προσαρμοστεί με εκπληκτικό τρόπο στο περιβάλλον τους, διαμορφώνοντας καβούκια, το μπροστινό μέρος των οποίων καμπύλωνε προς τα έξω, επιτρέποντάς τους κατ' αυτό τον τρόπο να ανασπώνουν το λαιμό τους, προκειμένου να αναζητήσουν την τροφή τους στους ψηλούς κάκτους. Αντίθετα, χελώνες που ζούσαν σε νησιά με χαμηλότερη βλάστηση, είχαν διαμορφώσει πιο ίσια καβούκια που τους επέτρεπαν να «βόσκουν» χαμηλά στο έδαφος. Με αντίστοιχο τρόπο είχαν προσαρμοστεί και άλλα ζωικά είδη της περιοχής, όπως οι σπίνοι και τα ιγκουάνα. Απ' ό,τι φαίνεται δηλαδή, τα διαφορετικά ζωικά είδη των νησιών του Αρχιπελάγους είχαν προσαρμοστεί στα επί μέρους τοπικά οικοσυστήματα, μεταβάλλοντας με τέτοιο τρόπο κάποια από τα χαρακτηριστικά τους, ώστε να επιβιώνουν ευκολότερα. Ο σπόρος μιας μεγαλειώδους ιδέας άρχισε σιγά-σιγά να παίρνει σάρκα και οστά. Ίσως εντέλει τα ζώα και τα φυτά του πλανήτη μας να μην ήταν σταθερά και αμετάβλητα, αλλά να κατάγονταν από κοινούς προγόνους. Ίσως, με το πέρασμα των χιλιετιών, ορισμένοι έμβιοι οργανισμοί να ανέπτυσαν σταδιακά διαφορετικά «χρήσιμα» χαρακτηριστικά, που τους επέτρεπαν να επιβιώνουν και να αναπαράγονται ευκολότερα από άλλους οργανισμούς του ίδιου είδους. Και ίσως, εντέλει, τα χαρακτηριστικά αυτά να τα κληρονομούσαν και σε κάποιους από τους απογόνους τους, σε μια εξελικτική διαδικασία που, όπως γνωρίζουμε σήμερα, διήρκεσε τουλάχιστον

3,5 δισεκατομμύρια χρόνια. Αυτή η διαδικασία της φυσικής επιλογής, όπως την ονόμασε, «μεταβάλλει» με την πάροδο του χρόνου το κάθε είδος, και η επιβίωση ή η εξαφάνιση του καθ' ενός από αυτά προσδιορίζεται από την ικανότητά του να προσαρμόζεται στο περιβάλλον του. Εδώ αξίζει να σημειωθεί ότι σημαντική βοήθεια στην αποκρυπτολόγηση της σκέψης του Δαρβίνου πρόσφερε και μια πραγματεία του οικονομολόγου Thomas Malthus, ο οποίος υποστήριζε ότι η συνεχής αύξηση του πληθυσμού της Γης θα οδηγούσε γρήγορα στην κατανάλωση των αποθεμάτων τροφής και ότι η μοναδική δύναμη που μπορούσε να ελέγξει αυτή την άκρατη πληθυσμιακή έκρηξη ήταν ο αέναος ανταγωνισμός για τροφή και χώρο, δηλαδή η αέναη πάλη για επιβίωση. Ο Δαρβίνος, συνειδητοποιώντας ότι αυτή η ιδέα «ταίριαζε γάντι» στην περιγραφή του φυσικού κόσμου, την υιοθέτησε αμέσως.

Το επόμενο βήμα στο συλλογισμό του ήρθε σχεδόν με φυσικό τρόπο: εάν τα φυτά και τα ζώα εξελίχθηκαν κατ' αυτόν τον τρόπο, δεν θα έπρεπε να είχε συμβεί το ίδιο και με τους ανθρώπους; Σε μια εποχή όμως που οι περισσότεροι πίστευαν ότι ο άνθρωπος είχε δημιουργηθεί κατ' εικόνα και καθ' ομοίωση με το θεό, τέτοιες ριζοσπαστικές σκέψεις ήταν πολύ επικίνδυνες. Και πραγματικά, πριν από την εποχή του Δαρβίνου οι περισσότεροι αποδέχονταν τη θρησκευτική ερμηνεία για την προέλευση του κόσμου ως δεδομένη. Σύμφωνα με αυτή, τα διαφορετικά είδη δεν συνδέονταν διά μέσου ενός «γενεαλογικού δένδρου». Αμετάβλητα από τη στιγμή της δημιουργίας τους, «ζούσαν» σε μια Γη, η οποία σύμφωνα με την ερμηνεία των κειμένων της Βίβλου ήταν μόλις 6.000 ετών. Ο άνθρωπος, καθώς και όλα τα φυτά και τα ζώα του πλανήτη «σχεδιάστηκαν ως έχουν» από κάποιο Δημιουργό και έκτοτε δεν άλλαξαν καθόλου. Ελάχιστοι ήταν εκείνοι που, πριν από το Δαρβίνο, είχαν τολμήσει να αμφισβητήσουν το αλάθητο των Γραφών και να αναρωτηθούν εάν τα διαφορετικά ζωικά και





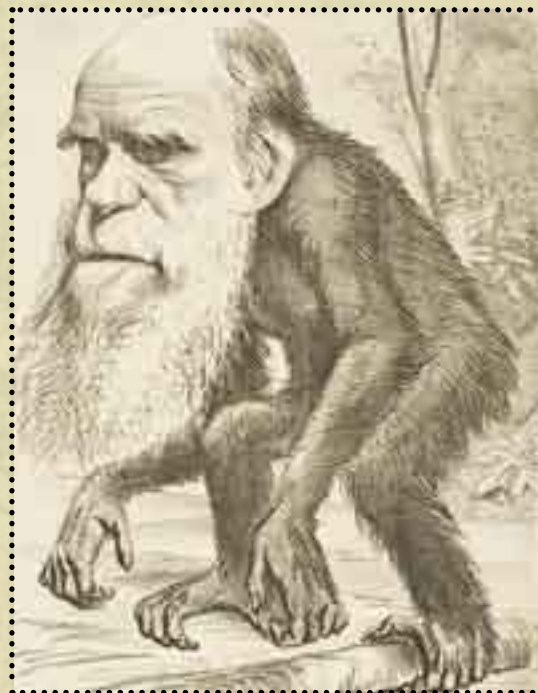
*Οι χελώνες και τα ιγκουάνα των νησιών Γκαλαπάγκος προσαρμόστηκαν στα επιμέρους τοπικά οικοσυστήματα, μεταβάλλοντας με τέτοιο τρόπο κάποια από τα χαρακτηριστικά τους, ώστε να επιβιώνουν ευκολότερα.*



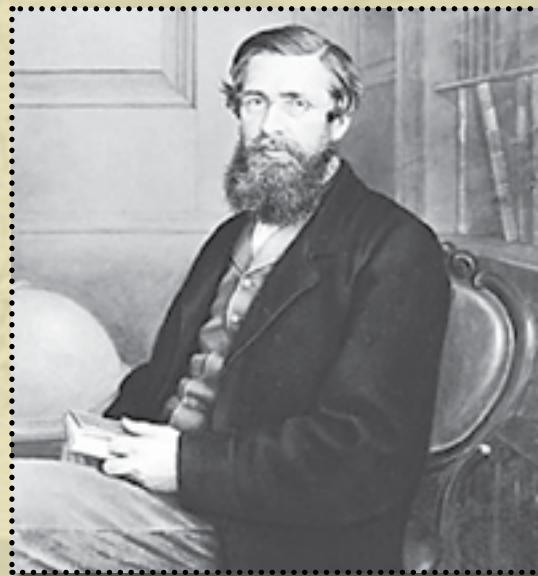
φυτικά είδη του πλανήτη μας είχαν εξελιχθεί από κάποια άλλα, όπως π.χ. ο Jean-Baptiste Lamarck (1744-1829) και ο παππούς του Κάρολου Έρασμος Δαρβίνος (1731-1802). Γι' αυτό, παρόλο που οι σκέψεις του Δαρβίνου είχαν πλέον αποκρυσταλλωθεί πλήρως, ο ίδιος δίσταζε να τις δημοσιεύσει συνειδητοποιώντας ότι πολλοί θα έβλεπαν τη θεωρία της εξέλιξης ως μια επίθεση στη θρησκεία και ότι, προκειμένου να πείσει την ευρύτερη κοινωνία και το επιστημονικό κατεστημένο της εποχής του για την ορθότητά της, τα επιχειρήματά του θα έπρεπε να είναι ακλόνητα. Εάν μάλιστα δεν έφτανε στα χέρια του το προσχέδιο μιας μελέτης, που είχε συγγράψει ένας νεότερος φυσιοδίφης, ο Alfred Wallace, ο οποίος είχε καταλήξει στα ίδια περίπου γενικά συμπεράσματα όπως ο ίδιος ο Δαρβίνος, παραδέχεται στην εισαγωγή της πρώτης έκδοσης του μνημειώδους συγγράμματός του, ότι ίσως να καθυστέρουσε ακόμα περισσότερο τη δημοσίευσή του.

Εντέλει, το κορυφαίο αυτό πόνημα, με τίτλο «Περί της Καταγωγής των Ειδών Μέσω Φυσικής Επιλογής» δημοσιεύεται την Τετάρτη 24 Νοεμβρίου 1859. Τα 1250 αντίτυπα εξαντλούνται αυθημερόν, δίνοντας το έναυσμα για μια έντονη αντιπαράθεση μεταξύ της καθεστηκίας αντίληψης της προηγούμενης γενιάς των επιστημόνων και των ανθρώπων της Εκκλησίας από τη μια, του ίδιου του Δαρβίνου και μιας δράκας υποστηρικτών του από την άλλη. Εξέχουσα θέση μεταξύ των τελευταίων κατείχε ένας άλλος Άγγλος βιολόγος, ο Thomas Huxley (1825-1895), γνωστότερος για την ένθερμη δημόσια υποστήριξη της θεωρίας της εξέλιξης ως το μπουλντόγκ του Δαρβίνου. Χαρισματικός όσο και προκλητικός ομιλητής, ο Huxley συνήθιζε να πραγματοποιεί δημόσιες διαλέξεις για τη θεωρία της εξέλιξης αγκαλιάζοντας στοργικά και επιδεικτικά με το μπράτσο του το σκελετό ενός γορίλα.

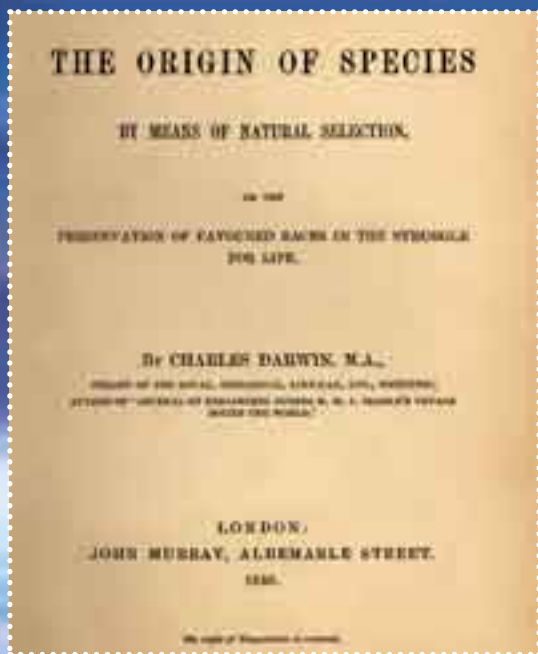
Σήμερα η θεωρία της εξέλιξης, όπως εμπλουτίστηκε και εξελίχτηκε στα 150 και πλέον χρόνια μετά την πρώτη της



*Γελοιογραφία εποχής που δείχνει το πρόσωπο του Δαρβίνου στο σώμα ενός γορίλα.*



*Ο Άγγλος φυσιοδίφης Alfred Wallace.*



Η Καταγωγή των Ειδών στην έκδοση του 1859.



Ο Gregor Mendel.

δημοσίευση, είναι μια από τις εγκυρότερες επιστημονικές θεωρίες που έχουν διατυπωθεί ποτέ και παρά τις επανειλημμένες προσπάθειες των δημιουργιστών και των οπαδών του ευφυούς σχεδιασμού, παραμένει ακλόνητη. Είναι, όμως, πραγματικά εντυπωσιακό το γεγονός ότι ο Δαρβίνος έδωσε μορφή στις ιδέες του χωρίς να γνωρίζει το βαθύτερο μηχανισμό της κληρονομικότητας, τον οποίο ανακάλυψε ο Gregor Mendel (1822-1884) το 1865, με τα πασίγνωστα πλέον πειράματά του της καλλιέργειας και της διασταύρωσης μπιζελιών. Τα πειράματά αυτά, οδήγησαν τον Mendel στη διατύπωση των δύο νόμων, που είναι σήμερα γνωστοί ως οι «Νόμοι της Μεντελικής Κληρονομικότητας» και, μετά την αναγνώριση του επιστημονικού του έργου στις αρχές του 20<sup>ου</sup> αιώνα, δηλαδή δύο δεκαετίες από το θάνατό του, αποτέλεσαν το εφαλτήριο για την ανάπτυξη της Γενετικής. Όπως γνωρίζουμε σήμερα, η εξέλιξη μέσω της φυσικής επιλογής είναι στη βάση της μία «γενετική» θεωρία, που για να διατυπωθεί πλήρως θα έπρεπε να περιμένει την ανακάλυψη των γονιδίων ως σωματιδίων κληρονομικότητας, τη συνειδητοποίηση από την επιστημονική κοινότητα της σημασίας των τυχαίων μεταλλαγών, την ανακάλυψη του DNA κ.λπ.. Αυτή η σχετικά νέα θεωρία που προέκυψε από το γόνιμο συνδυασμό των ιδεών του Δαρβίνου και του Μέντελ, της γενετικής των πληθυσμών και των ανακαλύψεων της μοριακής βιολογίας, ονομάζεται σήμερα Σύγχρονη Εξελικτική Σύνθεση και αποτελεί το Καθιερωμένο Πρότυπο της Βιολογίας που περιγράφει και εξηγεί τη μακρά εξελικτική πορεία της ζωής, από τα πρώτα βακτήρια στον άνθρωπο.

## 2. Η Απαρχή της Ζωής

Ποια είναι η προέλευση της ζωής; Η απάντηση του Δαρβίνου σε αυτό το ερώτημα διαφαίνεται σε μια επιστολή του προς το βοτανολόγο Joseph Hooker, όπου έλεγε ότι η



αρχική σπίθα της ζωής μπορεί να εμφανίστηκε σε κάποια «ζεστή λιμνούλα, με όλη των ειδών τα αμμωνιακά και φωσφορικά άλατα, τους σπινθήρες, την θερμότητα, τον ηλεκτρισμό κ.λπ. παρόντα, έτσι ώστε μια πρωτεΐνη που σχηματιζόταν να είναι έτοιμη να υποστεί ακόμα πιο πολύπλοκες αλληλαγές». Στα χρόνια που ακολούθησαν και μέχρι σήμερα πολλοί επιστήμονες προσπάθησαν να απαντήσουν σε αυτό το ερώτημα, χωρίς όμως μέχρι τώρα να έχει προκύψει μια ευρέως αποδεκτή και επιστημονικά αποδεδειγμένη θεωρία. Έτσι, το συναρπαστικό βιβλίο που περιγράφει την ιστορία της ζωής παραμένει ημιτελές. Γιατί, παρόλο που σε γενικές γραμμές έχουμε αποκρυπτογραφήσει την εξέλιξή της, η απαρχή της, η χρονική στιγμή μηδέν από την οποία ξεπήδησαν όλα, είναι ακόμη τυλιγμένη στο μυστήριο, και το πρώτο κεφάλαιο του Μεγάλου Βιβλίου της Φύσης δεν έχει ολοκληρωθεί. Όπως ακριβώς η θεωρία της Μεγάλης Έκρηξης δεν είναι, ακόμη τουλάχιστον, μια θεωρία της απαρχής του Σύμπαντος, αλλά μόνο της μετέπειτα εξέλιξής του, έτσι και η σύγχρονη θεωρία της βιολογικής εξέλιξης δεν ερμηνεύει την απαρχή της ζωής αλλά μόνο τη μετέπειτα εξέλιξή της.

Γνωρίζουμε σήμερα ότι η Γη σχηματίστηκε πριν από περίπου 4,6 δισεκατομμύρια χρόνια. Γνωρίζουμε, ακόμα, ότι όλοι οι έμβιοι οργανισμοί του πλανήτη μας αποτελούνται κατά κύριο λόγο από άνθρακα, οξυγόνο και υδρογόνο, που αποτελούν περίπου το 98% του βάρους τους, μαζί με θείο καθώς και μικρές ποσότητες αζώτου και φωσφόρου. Σύμφωνα με την ανάλυση των παλαιότερων γεωλογικών ευρημάτων, γνωρίζουμε τέλος ότι οι πρώτες «ζωντανές» κυτταρικές μορφές έχουν ηλικία τουλάχιστον 3,5 δισεκατομμυρίων ετών. Αυτό σημαίνει ότι το «θαύμα της ζωής» θα πρέπει να συνέβη το πολύ μέσα σε 1 δισεκατομμύριο έτη. Οι περισσότεροι επιστήμονες συνηγορούν σήμερα υπέρ της άποψης ότι πριν από το «πέρασμα στη ζωή» είχε προηγηθεί μια μακρά περίοδος αβιοτικής χημικής εξέλι-

ξης, στη διάρκεια της οποίας συνετέθησαν από απλούστερες ενώσεις τα βασικά δομικά συστατικά της, και στη συνέχεια τα πρώτα βιολογικά και αυτοαντιγραφόμενα μακρομόρια. Επειδή, όμως, καμία μέθοδος αντιγραφής δεν είναι τέλεια, η ποικιλομορφία που «μοιραία» εμφανίστηκε σε αυτόν τον αρχέγονο «πληθυσμό» μακρομορίων ήταν αναπόφευκτη. Από το σημείο αυτό και μετά, τη σκυτάλη πήρε η βιολογική εξέλιξη, από την οποία προήλθαν οι πρώτοι προκαρυωτικοί κυτταρικοί οργανισμοί, που με τη σειρά τους εξελίχτηκαν μέσω της φυσικής επιλογής στα ευκαρυωτικά κύτταρα.

Η εξέλιξη των πρωταρχικών προκαρυωτικών κυττάρων θα πρέπει να ακολούθησε έναν αργό ρυθμό. Καθώς, όμως, η ατμόσφαιρα του πλανήτη μας άρχισε να εμπλουτίζεται με το οξυγόνο που παρήγαγαν τα πρώτα αυτά «πλάσματα» μέσω της φωτοσύνθεσης, άρχισαν να εμφανίζονται τα πρώτα ευκαρυωτικά κύτταρα τα οποία, σε αντίθεση με τα προκαρυωτικά,



έχουν πυρήνα, ο οποίος περιβάλλεται από μεμβράνη και εμπεριέχει τις γενετικές πληροφορίες με τη μορφή χρωμοσωμάτων και άλλων οργανιδίων. Με εξαίρεση τα βακτήρια, όλα τα είδη ζωής του πλανήτη μας είναι ευκαρυωτικές (πρωτόζωα, μύκητες, φυτά και ζώα). Οι περισσότεροι βιολόγοι σήμερα πιστεύουν ότι τα ευκαρυωτικά κύτταρα εξελίχθηκαν μέσα από τη συμβιωτική ένωση πρωτόγονων προκαρυωτικών κυττάρων. Σύμφωνα με τη Συμβιωτική θεωρία, όπως ονομάζεται, η οποία προτάθηκε από τη βιολόγο Lynn Margulis (1938-), τα οργανίδια των ευκαρυωτικών κυττάρων «ξεκίνησαν» ως προκαρυωτικά κύτταρα που «εγκαταστάθηκαν» ως συμβιωτικοί οργανισμοί σε άλλα, «φιλόξενα», αρχαιοκαρυωτικά κύτταρα, προσφέροντας στους ξενιστές τους νέες λειτουργικές δυνατότητες, οι οποίες οδήγησαν στα ευκαρυωτικά κύτταρα, όπως νοούνται σήμερα. Η θεωρία αυτή απέκτησε ακόμη ισχυρότερα ερείσματα στη διάρκεια της δεκαετίας του '80, όταν αποκαλύφθηκε ότι δύο από τα οργανίδια που απαντούνται μόνο στους ευκαρυωτικούς οργανισμούς (τα μιτοχόνδρια και οι χλωροπλάστες) είχαν DNA, το οποίο «έμοιαζε» περισσότερο με αυτό των πρωτοβακτηρίων και των κυανοβακτηρίων, δηλαδή με το DNA των προκαρυωτικών οργανισμών από τα οποία προήλθαν, παρά με το πυρηνικό DNA του κυττάρου. Όμως, το πώς ακριβώς έγινε το πέρασμα από την απουσία της ζωής στη ζωή εξακολουθεί να αποτελεί πεδίο έντονης έρευνας και αντιπαράθεσης μεταξύ των επιστημόνων και δεκάδες, στην κυριολεξία, υποθέσεις έχουν τεθεί στο τραπέζι προκειμένου να ερμηνεύσουν αυτό το μεγάλο «άλημα» της ζωής.

Μια από τις προσπάθειες να ερμηνευτεί η εμφάνιση της ζωής βασίζεται στην υπόθεση της Πανσπερμίας, σύμφωνα με την οποία αμινοξέα, ίσως ακόμη και βακτήρια, μεταφέρθηκαν στη Γη από το Διάστημα με τη βοήθεια μετεωριτών και κομητών. Είναι γεγονός ότι έχει ανιχνευτεί μεγάλη ποικιλία οργανικών μορίων στο Διάστημα, ενώ έχουν εντοπιστεί

αμινοξέα, σε δείγματα αστεροειδών. Από την άλλη όμως, η υπόθεση της Πανσπερμίας, αυτή καθαυτή, δεν απαντά στο ερώτημα για το πώς δημιουργήθηκε η ζωή, αλλά απλά μεταθέτει το πρόβλημα αλλού. Σύμφωνα με μια άλλη θεωρία, οι συνθήκες στις οποίες πρωτοεμφανίστηκε η ζωή στη Γη ήταν παρόμοιες με αυτές που επικρατούν στις υδροθερμικές αναβλύσεις. Για παράδειγμα, έχουν εντοπιστεί αποικίες θερμόφιλων βακτηρίων και αρχαιοβακτηρίων σε υπέρθερμες πηγές στην επιφάνεια του πλανήτη μας, ακόμα και στα βάθη των ωκεανών. Εκεί, σε θερμοκρασίες που υπερβαίνουν τους 100 °C και σε τεράστιες πιέσεις, μακριά από το ζωοδότη Ήλιο, δηλαδή σε ένα περιβάλλον εντελώς εχθρικό για την ανάπτυξη κάθε είδους ζωής, έχουν εντοπιστεί βακτήρια που αποδεικνύουν ότι «η ζωή βρίσκει τον τρόπο», ακόμη και εκεί που δεν την περιμένουμε.

Εντούτοις, οι πρώτες σοβαρές προσπάθειες να ερμηνευτεί η προέλευση της ζωής ανάγονται στη δεκαετία του '20, όταν ο σοβιετικός Alexander Oparin (1894-1980) και ο Βρετανός J. B. S Haldane (1892-1964) υποστήριξαν, ανεξάρτητα ο ένας από τον άλλον, ότι η ζωή ξεκίνησε στη Γη μετά από μια περίοδο αβιοτικής χημικής εξέλιξης, σε ένα περιβάλλον εντελώς διαφορετικό από το σημερινό, όπου υπήρχε ελάχιστο ή καθόλου οξυγόνο σε ελεύθερη μορφή. Στις αρχές του 20<sup>ου</sup> αιώνα, πεποίθηση των περισσότερων επιστημόνων ήταν ότι η ατμόσφαιρα της αρχέγονης Γης αποτελούνταν κατά κύριο λόγο από υδρατμούς, υδρογόνο, μεθάνιο και αμμωνία. Υιοθετώντας την πεποίθηση αυτή και λαμβάνοντας υπόψη τις μεγάλες ποσότητες ενέργειας που απελευθέρωναν οι κεραυνοί, η υπεριώδης ακτινοβολία του Ήλιου και οι ηφαιστειακές εκρήξεις, οι δύο αυτοί επιστήμονες υποστήριξαν ότι τα πρώτα βιοχημικά μόρια συνετέθησαν αβιοτικά.

Ο πρώτος επιστήμονας που προσπάθησε να διερευνήσει πειραματικά αυτή την υπόθεση ήταν ο μεταπτυχιακός φοι-





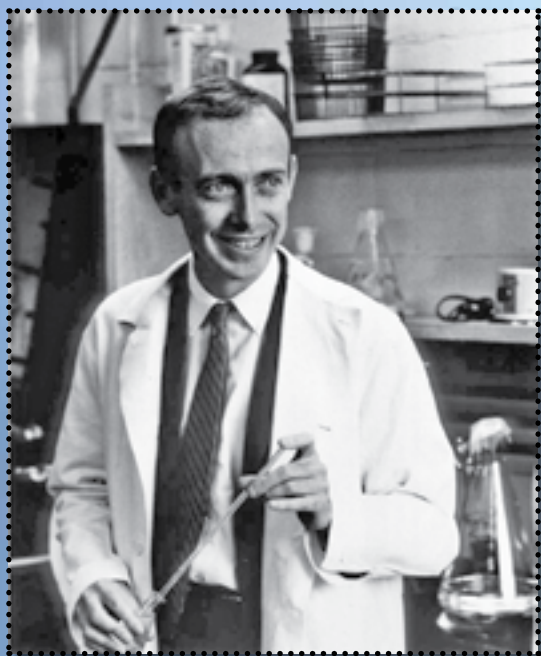
*Ηφαιστειακή έκρηξη.*



*Κεραυνοί.*



*Υδροθερμικές αναβλύσεις.*



*Ο James Watson.*



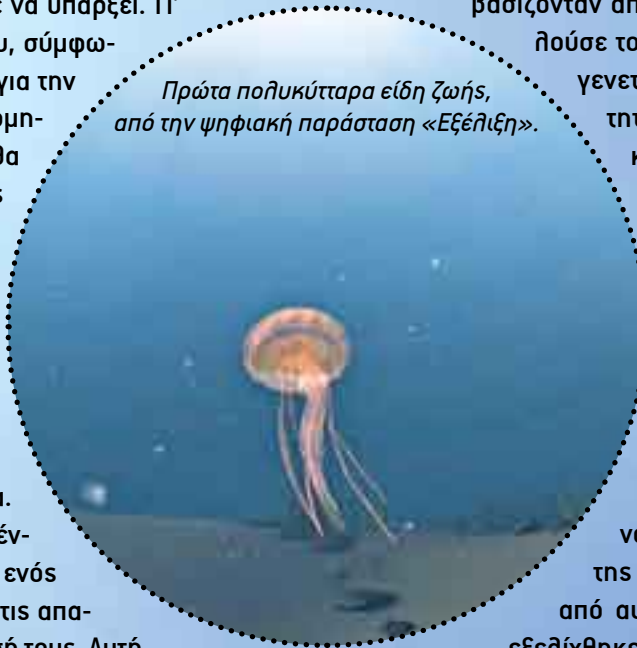
*Ο Francis Crick.*

τητής Stanley Miller (1930-2007), με τη βοήθεια του καθηγητή του Harold Urey (1893-1981). Στο περίφημο πλέον πείραμα των Miller-Urey προσομοιώθηκαν οι αρχέγονες συνθήκες που περιγράψαμε πιο πάνω με την τοποθέτηση σε ένα δοχείο ενός μείγματος από υδρογόνο, αμμωνία, μεθάνιο και νερό, το οποίο θερμαινόταν για να προκληθεί εξάτμιση, και στο οποίο διοχετεύονταν ηλεκτρικές εκκενώσεις. Μέσα σε μία μόλις εβδομάδα, οι δύο επιστήμονες διαπίστωσαν ότι το πείραμά τους είχε δημιουργήσει αρκετά αμινοξέα, που είναι τα δομικά υλικά των πρωτεϊνών, καθώς και άλλες βιοχημικές ενώσεις. Τα αποτελέσματα του πειράματος δημοσιεύτηκαν το 1953, την ίδια χρονιά που οι James D. Watson (1928-) και Francis Crick (1916-2004) ανακάλυπταν τη δομή της διπλής έλικας του DNA, και όπως ήταν αναμενόμενο προκάλεσαν αίσθηση. Ήταν όμως σωστή η συγκεκριμένη χημική σύσταση της ατμόσφαιρας που είχε υιοθετήσει ο Miller; Πολλοί επιστήμονες υποστηρίζουν πως όχι, καθώς η ατμόσφαιρα της πρώιμης Γης πρέπει να εμπεριείχε και σημαντικές ποσότητες μονοξειδίου και διοξειδίου του άνθρακα, καθώς και υδρόθειο, ενώσεις δηλαδή που θα πρέπει να εκλύονταν στην ατμόσφαιρα από τις ηφαιστειακές εκρήξεις. Όμως, τα αντίστοιχα πειράματα, που πραγματοποιήθηκαν κατά τα επόμενα χρόνια από άλλους ερευνητές, απέδειξαν ότι η σύνθεση οργανικών μορίων, απαραίτητων για την εμφάνιση της ζωής, όπως είναι τα αμινοξέα, τα λιπαρά οξέα και τα σάκχαρα, είναι δυνατή κάτω από μια ευρεία γκάμα «αρχικών συνθηκών».

Όλα τα είδη ζωής στη Γη βασίζονται στην ύπαρξη τριών διακριτών βιολογικών μορίων, καθένα από τα οποία επιτελεί καθοριστικές λειτουργίες, στο εσωτερικό του κυττάρου. Το DNA, το καλύτερο αυτοαντιγραφόμενο μακρομόριο, αποτελεί τη βασική μονάδα αποθήκευσης και κωδικοποίησης των γενετικών πληροφοριών. Οι πρωτεΐνες, από την άλλη, λειτουργούν είτε ως καταλύτες (ένζυμα) σε αμέτρητες χημικές αντιδράσεις που είναι ουσιαστικές για την επιβίωση του κυττάρου, είτε ως δομικές πρωτεΐνες που αποτελούν



τις διαφορετικές δομές του κυττάρου, ενώ το RNA παίζει το ρόλο του «αγγελιοφόρου», μεταφέροντας τις πληροφορίες από το DNA στα «κέντρα παραγωγής» των πρωτεϊνών, στο εσωτερικό του κυττάρου. Ποιο από τα τρία, όμως, δημιουργήθηκε πρώτο; Γνωρίζουμε σήμερα ότι όλοι οι ζωντανοί οργανισμοί αναπαράγονται αντιγράφοντας το γενετικό τους υλικό, το οποίο στη συνέχεια μεταφέρουν στους απογόνους τους. Επομένως, η ικανότητα αντιγραφής των μορίων που κωδικοποιούν τις γενετικές πληροφορίες είναι ένα βασικό στάδιο για το «πέρασμα» στη ζωή, χωρίς το οποίο η ζωή δεν θα μπορούσε να υπάρξει. Γι' αυτό και η υπόθεση του Δαρβίνου, σύμφωνα με την οποία το κρίσιμο βήμα για την απαρχή της ζωής ήταν η «αυθόρμητη» σύνθεση μιας πρωτεΐνης, θα πρέπει να απορριφθεί διότι, όπως γνωρίζουμε, οι πρωτεΐνες δεν διαθέτουν αυτή τη βασική ιδιότητα της αυτοαντιγραφής. Ούτε, όμως το DNA θα μπορούσε να δημιουργηθεί πρώτο. Γιατί, προκειμένου να συντεθούν νουκλεϊκά οξέα, όπως το DNA, απαιτούνται συγκεκριμένα πρωτεϊνικά ένζυμα. Για να δημιουργηθούν, όμως, τα ένζυμα αυτά απαιτείται η ύπαρξη ενός νουκλεϊκού οξέος, που θα δώσει τις απαραίτητες «εντολές» για τη σύνθεσή τους. Αυτή η εμφανής αδυναμία σύνθεσης DNA και πρωτεϊνών ώθησε πολλούς επιστήμονες να υποθέσουν ότι πριν από τη δημιουργία πρωτεϊνών και DNA υπήρχε ο επονομαζόμενος Κόσμος του RNA. Γιατί το RNA, που ανήκει στην ίδια «οικογένεια» μακρομορίων όπως και το DNA, εκτός από τη βασική λειτουργία της μεταφοράς των γενετικών πληροφοριών, έχει την ιδιότητα να αποθηκεύει πληροφορίες όπως το DNA, αλλά και να λειτουργεί καταλυτικά ως πρωτεϊνικό ένζυμο.



*Πρώτα πολυκύτταρα είδη ζωής, από την ψηφιακή παράσταση «Εξέλιξη».*

Στη διάρκεια της δεκαετίας του '80, ειδικότερα, ανακαλύφθηκε ότι το RNA όχι μόνο μπορούσε να αποθηκεύει πληροφορίες όπως το DNA αλλά είχε και τη δυνατότητα να τις «χρησιμοποιεί» προκειμένου να καταλύει αντιδράσεις, όπως κάνουν οι πρωτεΐνες. Αυτού του είδους το καταλυτικό RNA ονομάζεται ριβοένζυμο και η ανακάλυψή του χάρισε στους Sidney Altman και Thomas Cech το Νόμπελ Χημείας, το 1989. Βασισμένοι, μεταξύ άλλων και σε αυτή την ανακάλυψη, πολλοί βιολόγοι υιοθετούν σήμερα την άποψη ότι τα πρωταρχικά είδη ζωής του πλανήτη μας

βασίζονταν αποκλειστικά στο RNA, που επιτελούσε το τριπλό ρόλο της αποθήκευσης γενετικών πληροφοριών, της ικανότητας αντιγραφής του εαυτού του και της δυνατότητας υλοποίησης μεταβολικών λειτουργιών. Γνωρίζουμε όμως ότι οι πρωτεΐνες είναι καλύτεροι καταλύτες από το RNA και το DNA σταθερότερος φορέας γενετικής πληροφορίας. Γι' αυτό και η μετάβαση από τον Κόσμο του RNA στον Κόσμο του DNA, του RNA και των πρωτεϊνών θα πρέπει να προήλθε μέσω της φυσικής επιλογής, όταν καθένα από αυτά τα βασικά βιολογικά μόρια εξελίχθηκε με τρόπο που του προσέδωσε στο πέρασμα του χρόνου τις βασικές λειτουργικές ιδιότητες που γνωρίζουμε σήμερα ότι επιτελεί. Κάπως έτσι, ο Κόσμος του RNA έφτασε στο τέλος του. Τα πρωτοκύτταρα που εμπειρείχαν πρωτεϊνικά ένζυμα και DNA, έχοντας επιλεκτικό πλεονέκτημα έναντι των πρωτοκυττάρων με RNA, επιβίωσαν καλύτερα και με την πάροδο του χρόνου εξελίχθηκαν στις πρώτες πολυκύτταρα είδη ζωής και εντέλει στη θαυμαστή ποικιλότητα των εκατομμυρίων ειδών του πλανήτη μας.

### 3. Οι Μαζικοί Αφανισμοί

Οι εξαφανίσεις ειδών στα πλαίσια της βιολογικής εξέλιξης και σε βάθος χρόνου είναι κάτι απολύτως συνηθισμένο και αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι της εξελικτικής πορείας της Φύσης. Έτσι, τα είδη ζωής που δεν κατάφεραν να προσαρμοστούν στις μεταβαλλόμενες γεωλογικές και κλιματολογικές συνθήκες του πλανήτη μας έδιναν σταδιακά τη θέση τους σε νέες, πιο εξελιγμένα είδη ζωής, καλύτερα εξοπλισμένες για να επιβιώνουν στο υπό διαμόρφωση νέο περιβάλλον τους. Υπήρξαν, όμως και περιπτώσεις, που οι σταδιακές εξαφανίσεις έμβιων οργανισμών ήταν πολύ περισσότερο εκτεταμένες απ' ό,τι συνήθως. Σε αυτήν την περίπτωση μιλάμε για μαζικές εξαφανίσεις. Θα πρέπει, εντούτοις να διευκρινιστεί από την αρχή ότι αυτές οι μαζικές εξαφανίσεις που οδήγησαν στον αφανισμό εκατομμυρίων ειδών της ξηράς και της θάλασσας δεν ήταν στιγμιαία γεγονότα, αλλά διήρκεσαν εκατοντάδες χιλιάδες έτη, ανοίγοντας όμως, παράλληλα, και το δρόμο για την εμφάνιση νέων μορφών ζωής.

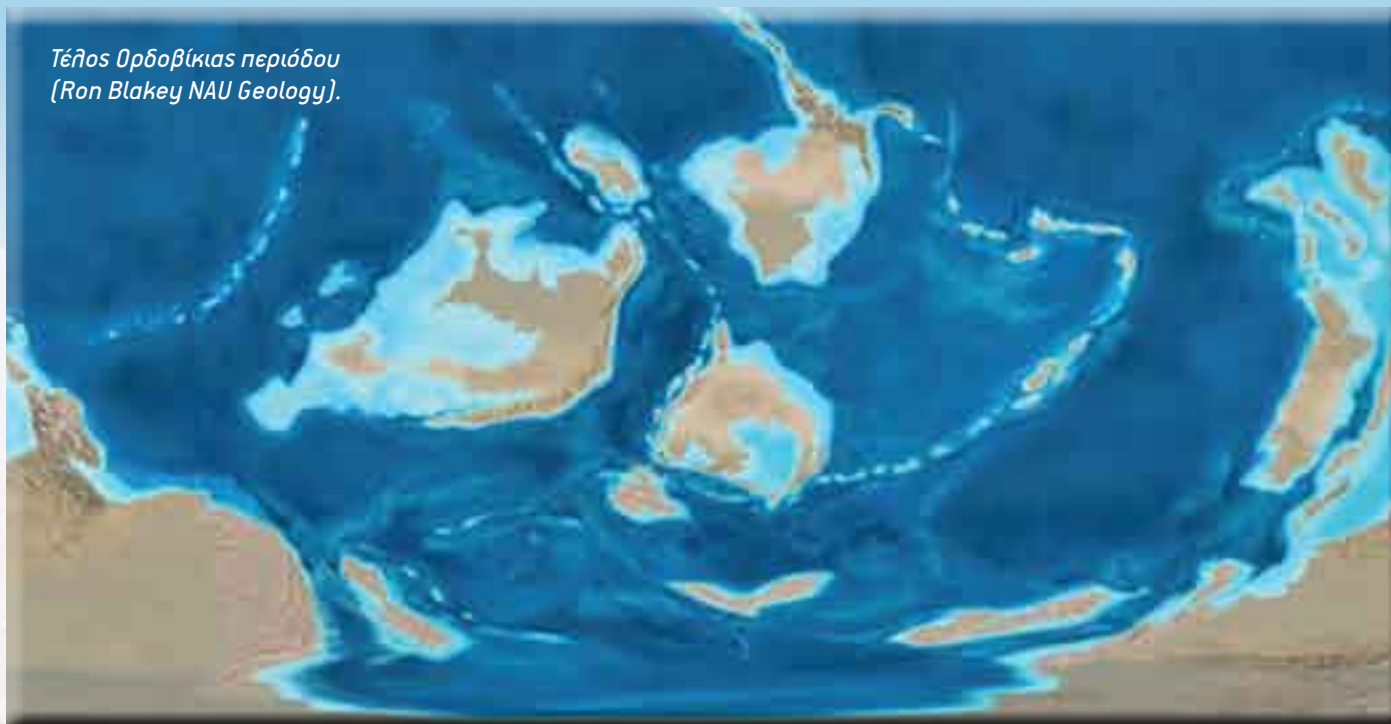
Η γεωλογική και βιολογική ιστορία του πλανήτη μας είναι συνυφασμένες μεταξύ τους. Για παράδειγμα, η ασταμάτητη κίνηση των τεκτονικών πλάκων συνέβαλε στη γεωγραφική απομόνωση διαφορετικών ειδών, ενώ οι ηφαιστειακές εκρήξεις, οι προσκρούσεις μετεωριτών και οι κλιματικές αλλαγές έπαιξαν εξίσου σημαντικό ρόλο στη μαζική εξαφάνιση κάποιων ειδών και στην επιβίωση κάποιων άλλων. Η έκταση της βιοποικιλότητας στον πλανήτη μας είναι τεράστια, καθώς έχουν ήδη αναγνωριστεί και ονομαστεί περί τα 1,8 εκατομμύρια διαφορετικών ειδών, ενώ οι εκτιμήσεις για το συνολικό τους αριθμό κυμαίνονται από τα 5 μέχρι και τα 30 εκατομμύρια διαφορετικών ειδών. Παρόλο που οι αριθμοί φαντάζουν εντυπωσιακοί, ακόμη εντυπωσιακότερο είναι το γεγονός ότι αντιστοιχούν σε ένα πολύ μικρό ποσοστό του συνολικού αριθμού των ειδών που υπήρξαν

ποτέ στη Γη, από τη δημιουργία της μέχρι σήμερα, καθώς το μεγαλύτερο έχει ήδη εξαφανιστεί.

Χάρη στη διακοπή της παρουσίας απολιθωμάτων από κάποιες χρονικές στιγμές και μετά γνωρίζουμε σήμερα ότι στη διάρκεια της γεωλογικής και βιολογικής εξέλιξης θα πρέπει να συνέβησαν αρκετές μεγαλύτερες και μικρότερες μαζικές εξαφανίσεις ειδών, όταν σε ένα σχετικά σύντομο χρονικά διάστημα εξαφανίστηκαν πολλά περισσότερα είδη απ' ό,τι συνήθως. Οι επιστήμονες αναγνωρίζουν σήμερα ότι κατά το Φανεροζωικό αιώνα έγιναν τουλάχιστον 5 μαζικές εξαφανίσεις, οι οποίες με χρονολογική σειρά πραγματοποιήθηκαν στο τέλος της Ορδοβίκιας (450-440 Ma), όπου εφεξής Ma σημαίνει εκατομμύρια χρόνια πριν), στο τέλος της Δεβόνιας (375-360 Ma), στο τέλος της Πέρμιας (250 Ma), στο τέλος της Τριασικής (215 Ma) και στα όρια μεταξύ της Κρητιδικής και της Τριτογενούς περιόδου (το επονομαζόμενο όριο K-T, 65 Ma). Το πιθανότερο είναι ότι μαζικές εξαφανίσεις πρέπει να έγιναν και πριν από την Ορδοβίκια. Η απουσία, όμως, ικανού αρχείου απολιθωμάτων δεν μας επιτρέπει να εξάγουμε ασφαλή συμπεράσματα. Στη διάρκεια της Κάμβριας περιόδου, για παράδειγμα, παρατηρήθηκε αρχικά μια εκρηκτική αύξηση της βιολογικής ποικιλομορφίας, γνωστή σήμερα ως η Κάμβρια Έκρηξη. Στη διάρκεια όμως της ύστερης Κάμβριας περιόδου θα πρέπει να σημειώθηκαν περισσότερες από μία μαζικές εξαφανίσεις. Επειδή, όμως, πολλά από τα είδη που ευδοκίμησαν εκείνη την περίοδο ήταν μαλακόδερμα, που συνήθως δεν αφήνουν απολιθώματα, δεν έχουμε καθαρή εικόνα για το τι πραγματικά συνέβη και ποια είδη επηρεάστηκαν περισσότερο. Η αιτία που οδήγησε στη μαζική εξαφάνιση της Κάμβριου δεν είναι ακόμη απολύτως γνωστή, αλλά θα πρέπει μάλλον να σχετίζεται με μια πτώση στη στάθμη της θάλασσας, που μετέβαλε τα οικοσυστήματα στα οποία είχαν προσαρμοστεί πολλές από τις πρώτα είδη ζωής του πλανήτη μας.



*Τέλος Ορδοβίκιας περιόδου  
(Ron Blakey NAU Geology).*



Η πρώτη, πάντως, και κοινά αποδεκτή μαζική εξαφάνιση στη διάρκεια του Φανεροζωικού αιώνα, παρατηρήθηκε στο τέλος της Ορδοβίκιας περιόδου. Εκείνη την εποχή, η περιοχή βόρεια από τους τροπικούς ήταν σχεδόν εξ ολοκλήρου καλυμμένη από ωκεανούς, ενώ στο νότο δέσποζε η υπερήπειρος Γκοντβάνα, η οποία προς το τέλος αυτής της περιόδου είχε πλέον μετακινηθεί στην περιοχή του Νότιου Πόλου. Το γεγονός αυτό έδωσε το έναυσμα για μία παγκόσμια πτώση της θερμοκρασίας και τη δημιουργία τεράστιων παγετώνων. Καθώς μάλιστα, όλο και περισσότερο νερό δεσμευόταν στους παγετώνες, η στάθμη των θαλασσών υποχωρούσε συνεχώς, γεγονός που μετέβαλλε δραστικά και τους θαλάσσιους υγροβιότοπους. Μία ακόμη, μεγάλη απώλεια βιοποικιλότητας παρατηρήθηκε προς το τέλος της Δεβόνιας περιόδου, στη διάρκεια της οποίας θα πρέπει να αφανίστηκε το 70% των ειδών του πλανήτη, ενώ σύμφωνα με τα υπάρχοντα δεδομένα, περισσότερο επηρεάστηκαν

τα θαλάσσια είδη που ζούσαν σε θερμά νερά. Γι' αυτό και πολλοί παλαιοντολόγοι υποστηρίζουν ότι η αιτία αυτής της μαζικής εξαφάνισης ήταν μια ακόμη εποχή παγκόσμιας μείωσης της θερμοκρασίας, αντίστοιχης με εκείνη που προκάλεσε την Ορδοβίκια εξαφάνιση.

Προς το τέλος της Πέρμιας περιόδου, η Γη γνώρισε το μεγαλύτερο γεγονός μαζικής εξαφάνισης, κατά τη διάρκεια του οποίου χάθηκε περίπου το 90-95% των θαλάσσιων ειδών και το 70% των σπονδυλωτών της ξηράς, συμπεριλαμβανομένων 8 από τις 27 τάξεις ερπετών, 21 από τις 27 τάξεις εντόμων και 6 από τις 9 τάξεις αμφιβίων. Εξαιτίας μάλιστα αυτού του τόσο εκτεταμένου αφανισμού της βιοποικιλότητας του πλανήτη, η ζωή χρειάστηκε πολύ περισσότερο χρόνο προκειμένου να ανακάμψει απ' ό,τι μετά από άλλες μαζικές εξαφανίσεις. Ποια ήταν, όμως, η βασική αιτία αυτής της μαζικής εξαφάνισης; Ορισμένοι επιστήμο-





νες υποστηρίζουν ότι προήλθε από μια ακραία ηφαιστειακή δραστηριότητα, που συνοδεύτηκε από την έκλυση στην ατμόσφαιρα τεράστιων ποσοτήτων θειούχων ενώσεων και στάχτης. Τα σημάδια, μάλιστα, μιας τέτοιας ακραίας ηφαιστειακής δραστηριότητας διακρίνονται ακόμα και σήμερα στη Σιβηρία, σε μια περιοχή καλυμμένη με 2 εκατομμύρια τετραγωνικά χιλιόμετρα στερεοποιημένης βασαλτικής λάβας. Σύμφωνα, μάλιστα, με ορισμένες εκτιμήσεις, η αρχική επικάλυψη της επιφάνειας της Γης με εναποθέσεις λάβας θα πρέπει να έφτανε τα 7 εκατομμύρια τετραγωνικά χιλιόμετρα, δηλαδή περίπου το 70% της συνολικής επιφάνειας της Ευρώπης. Άλλες υποθέσεις που έχουν προταθεί προκειμένου να ερμηνευθεί η μαζική εξαφάνιση της Πέρμιου περιλαμβάνουν την πρόσκρουση ενός τεράστιου μετεωρίτη, την απελευθέρωση τεραστίων ποσοτήτων μεθανίου στην ατμόσφαιρα, τη δραματική υποχώρηση του επιπέδου των θαλασσών κατά 40-50% που παρατηρήθηκε μεταξύ των αρχών και του τέλους της Πέρμιου κ.λπ., ακόμα και ένα συνδυασμό των παραπάνω αιτιών. Στο τέλος της Τριασικής περιόδου και πριν ακόμη αρχίσει να διασπάται η Παγγαία, παρατηρήθη-

κε μία ακόμη μαζική εξαφάνιση, η οποία οφείλεται κατά πάσα πιθανότητα σε μια ακόμα περίοδο ακραίας ηφαιστειακής δραστηριότητας, που συνέβαλε στην εξαφάνιση των μισών περίπου από τα τετράποδα της ξηράς και του 20% των ειδών της θάλασσας.



*Εξαφάνιση των δεινοσαύρων από την ψηφιακή παράσταση «Εξέλιξη».*

Η τελευταία, όμως και η πιο διάσημη από τις μαζικές εξαφανίσεις των ειδών του πλανήτη μας σημειώθηκε μεταξύ της Κρητιδικής και της Τριτογενούς περιόδου, κάπου 65 εκατομμύρια χρόνια πριν. Οι δεινόσαυροι, δηλαδή τα κυρίαρχα είδη της εποχής, αφάνιστηκαν εντελώς, σε αντίθεση με άλλα είδη, όπως οι κροκόδειλοι, οι χελώνες και οι σαύρες, τα θηλαστικά και τα πουλιά που δεν είχαν σημαντικές απώλειες. Η πλέον δημοφιλής εξήγηση για τη μαζική εξαφάνιση που παρατηρήθηκε στο όριο K-T προτάθηκε από το φυσικό Luis Alvarez (1911-1988), ο οποίος υποστήριξε ότι οφείλεται στην πτώση ενός τεράστιου μετεωρίτη, που συνετρίβη στη Γη, προκαλώντας παράλληλα τεράστιους σεισμούς και πηλημμυρικά φαινόμενα μεγάλης κλίμακας. Επιπλέον, τα σύννεφα στάχτης και σκόνης που εκτινάχτηκαν προς την ατμόσφαιρα πρέπει να κάλυψαν



ολόκληρο σχεδόν τον πλανήτη, απορροφώντας μεγάλο μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας, γεγονός που θα επηρέασε τους φωτοσυνθετικούς οργανισμούς, όπως τα φυτά και το πλυγκτόν, και να μείωσε τη μέση θερμοκρασία της Γης. Ποσότητες διοξειδίου του θείου από την πρόσκρουση αλλήλα και από τις ηφαιστειακές εκρήξεις πρέπει να ανήλθαν στα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας, όπου με την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας και των υδρατμών επέστρεψαν στην επιφάνεια της Γης με τη μορφή όξινης βροχής. Σύμφωνα με εκτιμήσεις που έχουν πραγματοποιηθεί, το αρχικό μέγεθος του μετεωρίτη πρέπει να έφτανε τα 10 km και να κινούνταν με ταχύτητα 70.000 km/h, ενώ ο κρατήρας που δημιουργήθηκε πρέπει να είχε αρχική διάμετρο 300 km και βάθος 9,6 km. Οι επιστημονικές ενδείξεις που συνηγορούν υπέρ αυτού του σεναρίου είναι αρκετές. Γνωρίζουμε λ.χ. ότι το ιρίδιο είναι ένα στοιχείο ιδιαίτερα σπάνιο στην επιφάνεια της Γης, αλλά αρκετά διαδεδομένο στους μετεωρίτες. Αναλύσεις που έχουν πραγματοποιηθεί απέδειξαν ότι η συγκέντρωση ιριδίου σε όλα τα διαφορετικής ηλικίας πετρώματα είναι περίπου η ίδια, με εξαίρεση όσων έχουν ηλικία 65 Ma, όπου ανιχνεύτηκε χιλιαπλάσια ποσότητα. Ένα δεύτερο στοιχείο που συνηγορεί υπέρ αυτής της εξήγησης είναι και το γεγονός ότι στα στρώματα του φλοιού ηλικίας 65 Ma ανιχνεύτηκαν κρύσταλλοι χαλαζία με ασυνήθιστη εσωτερική υφή και παράξενοι κόκκοι γυαλιού, ορυκτά που για να σχηματιστούν απαιτούν συνήθως ισχυρή και βίαια κρούση, καθώς και υψηλές θερμοκρασίες. Ο εντοπισμός από τον Alvarez ενός κρατήρα 180 km, εκεί που βρίσκεται σήμερα η Χερσόνησος Γιουκατάν στο σημερινό Μεξικό, είναι η τρίτη σημαντική ένδειξη. Στις παρυφές μάλιστα του κρατήρα αλλά και στην ευρύτερη περιοχή έχουν βρεθεί μεγάλες συγκεντρώσεις του χαλαζία και του σφαιρικού γυαλιού που προαναφέραμε.

Άλλοι επιστήμονες, εντούτοις, υποστηρίζουν ότι παρόμοιες συγκεντρώσεις ιριδίου και γυαλιού μπορεί να προέρχονται




*Καλλιτεχνική αναπαράσταση της πτώσης του μετεωρίτη στο Γιουκατάν.*



*Η διάμετρος του κρατήρα στο Γιουκατάν υπολογίζεται στα 180 km.*





από τα βάρη του μανδύα της Γης και να αναδύθηκαν μέσα από ηφαιστειακές εκρήξεις. Από τη σύντομη αυτή παρουσίαση γίνεται φανερό ότι πολλά συνεχίζουμε ακόμη να αγνοούμε για το πόσες πραγματικά ήταν οι μεγάλες μαζικές εξαφανίσεις των ειδών του πλανήτη μας και το ποιες ακριβώς ήταν οι αιτίες που τις προκάλεσαν. Ιδιαίτερα ανησυχητικό όμως είναι το γεγονός ότι αρκετοί επιστήμονες μιλούν ήδη για μια έκρηξη μαζική εξαφάνιση, η οποία βρίσκεται σε εξέλιξη, μία μαζική εξαφάνιση που δεν την προκαλεί κάποια φυσική αιτία αλλά ο ίδιος ο άνθρωπος.



## 4. Η Κλίμακα του Γεωλογικού Χρόνου

---

Παρόλα τα κενά που σίγουρα υπάρχουν, οι επιστήμονες κατόρθωσαν να ανασυνθέσουν τα βασικά στάδια της γεωλογικής ιστορίας του πλανήτη μας και της βιολογικής εξέλιξης των έμβιων οργανισμών που φιλοξενεί, και να τα ενσωματώσουν στην επονομαζόμενη κλίμακα του Γεωλογικού Χρόνου. Οι βασικές υποδιαιρέσεις της κλίμακας αυτής είναι οι γεωλογικοί αιώνες, οι περίοδοι και οι εποχές, ενώ υπάρχουν και μικρότερες υποδιαιρέσεις. Επειδή είναι προφανώς αδύνατο να «στριμωχθούν» μέσα σε λίγες σελίδες 4,5 δισεκατομμύρια χρόνια γεωλογικής και βιολογικής εξέλιξης, η παρουσίασή μας θα είναι αναγκαστικά αποσπασματική.

Ξεκινώντας λοιπόν με τις μεγαλύτερες υποδιαιρέσεις, η κλίμακα του γεωλογικού χρόνου αποτελείται από τον Καρφαλαίο ή Αδαιό, τον Αρχαιοζωικό, τον Προτεροζωικό και τον Φανεροζωικό αιώνα. Ο Αδαιός αιώνας πήρε το όνομά του από το βασίλειό του κάτω κόσμου της αρχαίας ελληνικής μυθολογίας, ξεκινά με το σχηματισμό της Γης πριν από περίπου 4,6 δισεκατομμύρια χρόνια και ολοκληρώνει τον κύκλο του με το τέλος της εποχής του Ύστερου Μεγάλου Βομβαρδισμού (3800 Ma). Προς το τέλος αυτού του αιώνα δημιουργήθηκαν ενδεχομένως τα πρώτα αυτοαντιγραφόμενα μόρια RNA. Το εάν κατά τη διάρκειά του εμφανίστηκε ή όχι ζωή είναι στενά συνυφασμένο με τις συνθήκες που επικρατούσαν στον πλανήτη μας και δεν έχει ακόμη απαντηθεί με βεβαιότητα.

Με το τέλος του Αδαιού, αρχίζει ο Αρχαιοζωικός αιώνας (3.800-2.500 Ma), στη διάρκεια του οποίου εμφανίζονται τα πρώτα προκαρυωτικά κύτταρα. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν τα πρώτα κυανοβακτήρια, τα οποία

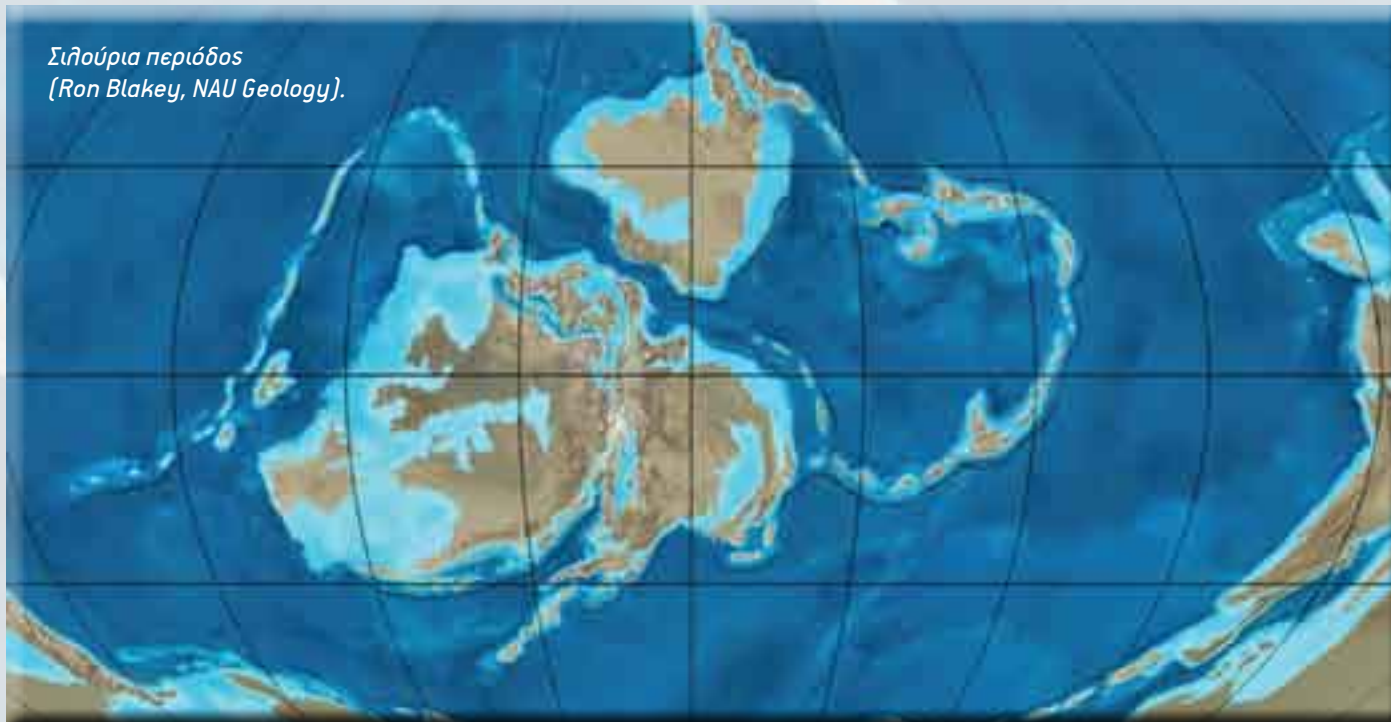
εξάγουν την ενέργεια που χρειάζονται προκειμένου να επιβιώσουν μέσω της φωτοσύνθεσης, «αποβάλλοντας» παράλληλα οξυγόνο, καθώς και οι πρώτοι στρωματολίτες. Με αυτό τον τρόπο ξεκινά και ο εμπλουτισμός της ατμόσφαιρας του πλανήτη με οξυγόνο, που μέχρι τότε δεν υπήρχε σε ελεύθερη μορφή. Τα αρχαιότερα μικροαπολιθώματα, που αποδεδειγμένα έχουν εντοπιστεί μέχρι σήμερα έχουν ηλικία περίπου 3,5 εκατομμυρίων ετών.

Με το πέρας του Αρχαιοζωικού ξεκινά ο Προτεροζωικός αιώνας (2.500-542 Ma), που σηματοδοτεί και τη μετάβαση στην ατμόσφαιρα του οξυγόνου. Αυτό συνέβη όταν η οργανική ύλη και ο σίδηρος, «αιχμαλωτίζοντας» χημικά το οξυγόνο που παρήγαγαν οι πρώτοι πρωτόγονοι οργανισμοί μέσω της φωτοσύνθεσης, έφτασαν σε τέτοιο σημείο «κορεσμού», ώστε δεν μπορούσαν πλέον να συκρατήσουν περισσότερο. Έτσι άρχισε να συσσωρεύεται το οξυγόνο στην ατμόσφαιρα. Εικάζεται, μάλιστα, ότι τα συνεχώς αυξανόμενα επίπεδά του προκάλεσαν την πρώτη μεγάλη μαζική εξαφάνιση, στη διάρκεια της οποίας αφανίστηκαν οι περισσότεροι αναερόβιοι οργανισμοί, για τους οποίους το οξυγόνο ήταν δηλητήριο. Λίγο αργότερα, κάπου 1.800 Ma, εμφανίζονται και οι πρώτοι σύνθετοι μονοκύτταροι ευκαρυωτικοί οργανισμοί, ενώ στην επιφάνεια του πλανήτη μας κυριαρχεί η αρχέγονη υπερήπειρος Κολούμπια, η οποία στη συνέχεια θα διασπαστεί και τα κομμάτια της θα επανενωθούν σχηματίζοντας την υπερήπειρο Ροδινία (1.100-750 Ma). Νέα διάσπαση και εκ νέου επανένωση θα σχηματίσουν την υπερήπειρο Πανωτία ή Βένδια (600-540 Ma). Στο τέλος του Προτεροζωικού αιώνα ανάγονται τα πρώτα επιβεβαιωμένα απολιθώματα των πρώτων πολυκύτταρων οργανισμών, όπως οι σπόγγοι και οι τριλοβίτες.

Ο Φανεροζωικός αιώνας, τέλος, που ονομάζεται έτσι γιατί κατά τη διάρκειά του «φανερώθηκε» η ζωή σε όλη της τη μεγαλοπρέπεια, ξεκινά πριν από περίπου 540 εκατομμύρια



Σιλούρια περίοδος  
(Ron Blakey, NAU Geology).



έτη και διαιρείται σε τρεις αιώνες: τον Παλαιοζωικό (542-251 Ma), το Μεσοζωικό (251-65.5 Ma) και τον Καινοζωικό (65.5 Ma—σήμερα). Ο Παλαιοζωικός αιώνας υποδιαιρείται στην Κάμβρια, Ορδοβίκια, Σιλούρια, Δεβόνια, Λιθανθρακοφόρα και Πέρμια περίοδο.

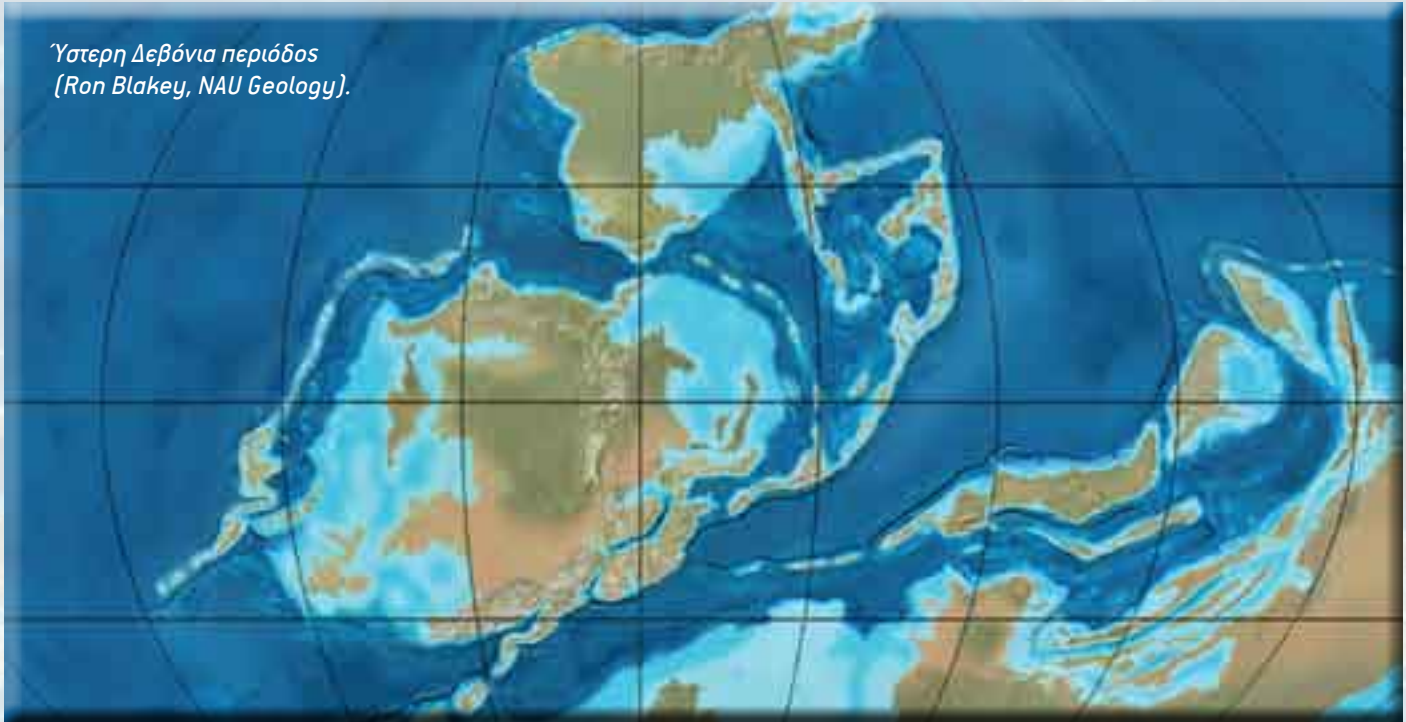
Η Κάμβρια περίοδος (542-488 Ma), χαρακτηρίζεται από την πρώτη μεγάλη εξάπλωση της ζωής, γνωστή ως η Κάμβρια Έκρηξη, στη διάρκεια της οποίας εξελίχθηκαν οι τριλοβίτες, τα σκουλήκια, οι σπόγγοι, και τα βραγχιονόποδα. Παρόλο που δεν έχει εμφανιστεί ακόμη χερσαία ζωή, στη διάρκεια της Κάμβριας Έκρηξης εμφανίζονται τα πρώτα σύγχρονα ζωικά φύλλα, καθώς και μια μεγάλη ποικιλομορφία φυκιών και ασπόνδυλων στους ωκεανούς, συμπεριλαμβανομένων και των πρώτων οστρακόδερμων. Η αναδόμηση της κατανομής των ηπειρωτικών μαζών του πλανήτη κατά τη Κάμβρια, όπως και κατά τους προηγούμενους γεωλογικούς αιώνες, εμπεριέχει αρκετά σφάι-

ματα, αλλά απ' ό,τι φαίνεται η προηγούμενη υπερήπειρος Πανωτία πρέπει να είχε ήδη αρχίσει να διαμελίζεται στην Λαυρεντία (τη σύγχρονη Βόρεια Αμερική), τη Βαλτική (τη σύγχρονη βόρεια Ευρώπη), τη Σιβηρία και την υπερήπειρο Γκοντβάνα. Επειδή οι παγετώνες της προηγούμενης εποχής είχαν ήδη λιώσει, ένα μεγάλο μέρος των ηπειρωτικών μαζών πρέπει να είχε καλυφθεί από τα νερά, σχηματίζοντας έτσι σχετικά ρηχές και θερμές θάλασσες, δηλαδή ένα περιβάλλον ιδανικό για την ανάπτυξη της ζωής.

Με τη λήξη της Κάμβριας ξεκινά η Ορδοβίκια περίοδος (488-443 Ma). Οι ωκεανοί σφύζουν πλέον από ζωή, γεμάτοι με βραγχιονόποδα, ναυτίλους, τριλοβίτες, βρυόζωα, πλαγκτόν και εχινόδερμα, ενώ τα πρώτα φυτά και οι πρώτοι μύκητες εμφανίζονται στην ξηρά. Παράλληλα, εμφανίζονται τα καρκινοειδή, καθώς και τα πρώτα ιχθυόμορφα και γναθόστομα σπονδυλωτά ψάρια, ενώ αρχίζουν να επεκτείνονται οι πρώτοι κοραλλιογενείς ύφαλοι. Την περίοδο αυτή



Υστερη Δεβόνια περίοδος  
(Ron Blakey, NAU Geology).



η υπερήπειρος Γκοντβάνα συνέχισε να μετακινείται σταδιακά προς το Νότιο Πόλο. Κατά τη διάρκεια της πρώιμης Ορδοβίκιας περιόδου η Λαυρεντία και η Βαλτική αρχίζουν να συγκλίνουν και ο ωκεανός Ιαπετός, που υπήρχε μεταξύ τους, αρχίζει να συρρικνώνεται. Με την έναρξη της ύστερης Ορδοβίκιας περιόδου, μια αλυσίδα ηφαιστειών κατά μήκος του Ιαπετού διοχετεύει τεράστιες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα και η θερμοκρασία του πλανήτη αυξάνεται σημαντικά. Κατά το τέλος όμως της περιόδου οι ηφαιστειακές εκρήξεις σταματούν και η Γκοντβάνα, που είχε ήδη πλησιάσει πολύ προς το Νότιο Πόλο, είναι κατά το μεγαλύτερο μέρος της παγωμένη. Τότε σημειώνεται και η πρώτη μαζική εξαφάνιση των ειδών του Φανεροζωικού μεγασαίου.

Στη διάρκεια της Σιλοούριας περιόδου (443-416 Ma) εμφανίζονται στην ξηρά τα πρώτα τραχεόφυτα, οι σαρανταποδαρούσες και τα αρθρόπληυρα και στη θάλασσα οι πρώτοι

οστεϊχθύες, τα πρώτα οδοντοφόρα ψάρια και «παράξενα» πλάσματα, όπως οι γιγάντιοι θαλάσσιοι σκορπιοί. Παράλληλα, κατά μήκος των ακτών και στις εκβολές των ποταμών άρχισαν να αναπτύσσονται τα πρώτα απλά φυτά. Σε λίμνες και ποτάμια, τέλος, εμφανίζονται τα πρώτα ψάρια. Με την υπερήπειρο Γκοντβάνα να καταλαμβάνει το μεγαλύτερο τμήμα του νότιου ημισφαιρίου, το βόρειο ημισφαίριο καλύπτεται κατά το μεγαλύτερο μέρος του από έναν τεράστιο ωκεανό, την Πανθάλασσα. Οι ήπειροι Αβαλονία, Βαλτική και Λαυρεντία από την άλλη μετακινούνται σταδιακά προς τον ισημερινό, δίνοντας το έναυσμα για τη δημιουργία μιας ακόμη υπερηπείρου, της Ευραμερικής.

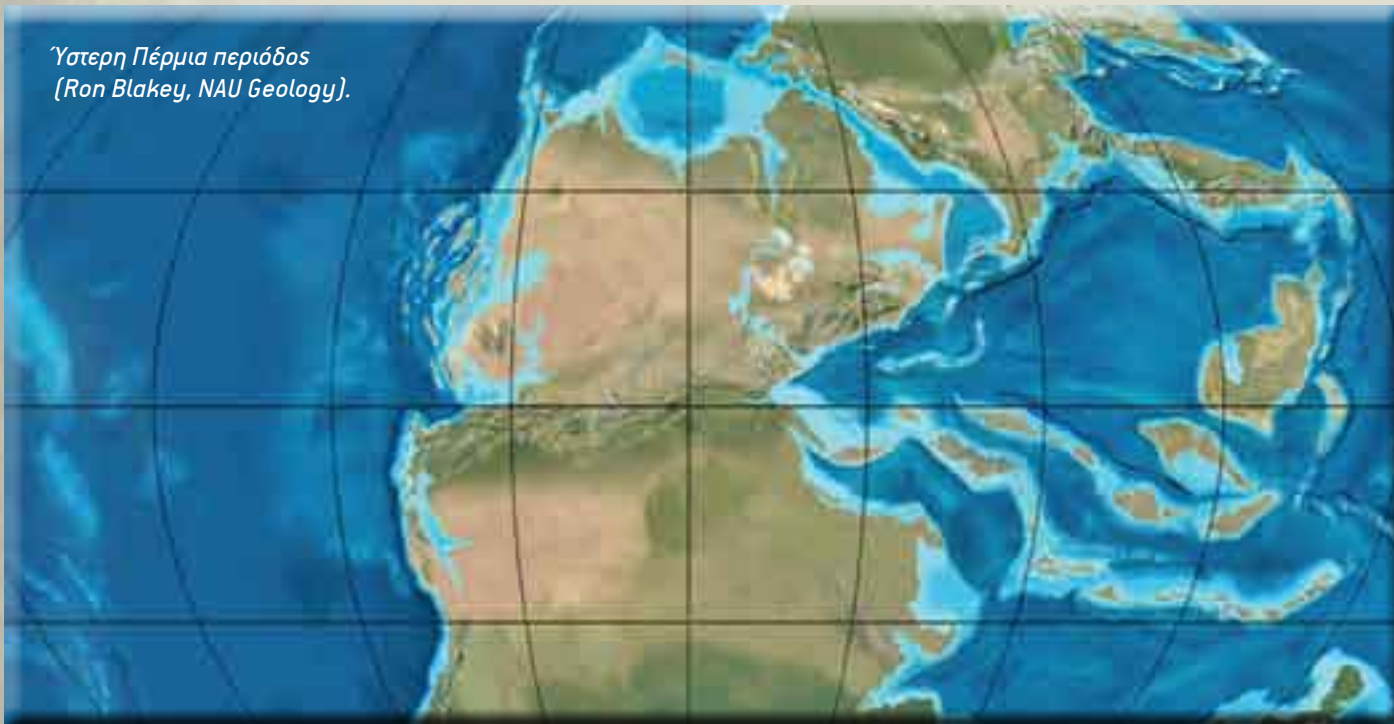
Στη διάρκεια της Δεβόνιας περιόδου (416-360 Ma) εμφανίζονται τα πρώτα δέντρα και σχηματίζονται σταδιακά τα πρώτα δάση από σποριόφυτα, όπως οι γιγαντιαίες φτέρες και τα βρύα. Παράλληλα, εμφανίζονται και τα πρώτα έντομα. Στις θάλασσες κυριαρχούν πλέον τα γναθόστομα



*Έληδες δάσος στη διάρκεια  
της λιθανθρακοφόρου περιόδου.*



Υστερη Πέρμια περίοδος  
(Ron Blakey, NAU Geology).



ψάρια και οι πρώτοι καρχαρίες. Ορισμένα ψάρια, παράλληλα, άρχισαν να εξελίσσουν τα πτερύγιά τους σε πρωτόγονα πόδια, γεγονός που οδήγησε και στην εξέλιξη των πρώτων αμφιβίων, παρόλο που σε αυτή την περίοδο εξακολουθούν να ζουν αποκλειστικά στο νερό. Την περίοδο αυτή οι λιθοσφαιρικές πλάκες της Γκοντβάνας και της Ευραμερικής, η οποία σχηματίστηκε από την ένωση της Βαλτικής και της Λαυρεντίας, αρχίζουν να πλησιάζουν η μία την άλλη, δίνοντας το έναυσμα για τη μελλοντική διαμόρφωση της υπερηπειρού Παγγαίας. Η τεράστια Πανθάλασσα συνέχισε να καλύπτει την υπόλοιπη επιφάνεια του πλανήτη. Στη διάρκεια της Δεβονίου συντελείται η δεύτερη μαζική εξαφάνιση των ειδών.

Ακολουθεί η λιθανθρακοφόρος περίοδος (359-299 Ma), που χαρακτηρίζεται από την εμφάνιση των πρώτων μεγάλων

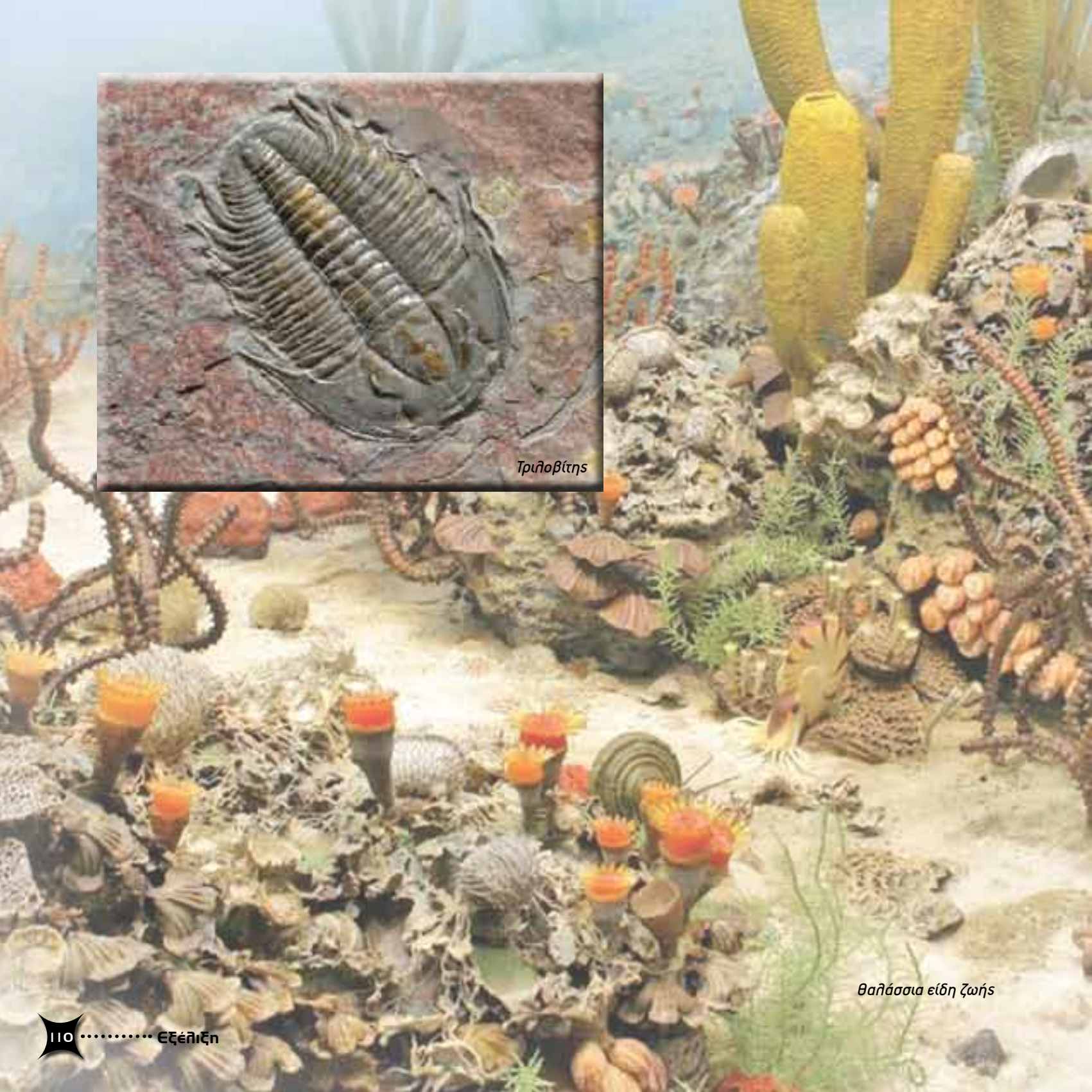
πρωτόγονων δέντρων. Απέραντα ελώδη δάση αρχίζουν να σχηματίζονται στις εκβολές των ποταμών, από τα οποία θα σχηματιστούν μελλοντικά τα αποθέματα λιθάνθρακα, που έδωσε στην περίοδο αυτή το όνομά του. Πρόκειται για μια εποχή κατά την οποία αφθονούν τα αμφίβια και τα ερπετά, ενώ στις θάλασσες, στις λίμνες και στα ποτάμια συνεχίζουν να εμφανίζονται νέα είδη ψαριών. Επειδή η περιεκτικότητα της ατμόσφαιρας σε οξυγόνο ήταν τότε κάπου 15% μεγαλύτερη απ' ό,τι είναι σήμερα, τα διάφορα έντομα, αρθρόποδα και αραχνοειδή εξελίχτηκαν αποκτώντας πρωτοφανή μεγέθη. Καθώς η Γκοντβάνα συγκρούεται με τη Λαυρασία και αρχίζει να σχηματίζεται η υπερήπειρος Παγγαία, η περίοδος αυτή σηματοδοτείται από σημαντικά γεγονότα ορογένεσης. Ο Παλαιοζωικός αιώνας ολοκληρώνεται με την Πέρμια Περίοδο (299-251 Ma). Τα κωνοφόρα αντικαθιστούν τις φτέρες, ενώ από τα έντομα κυριαρχούν







Τριλοβίτης



Θαλάσσια είδη ζωής






*Τέλος Κρητιδικής περιόδου  
(Ron Blakey, NAU Geology).*

οι πρωτόγονοι συγγενείς των κατσαρίδων. Την ίδια αυτή περίοδο τα ερπετά πολλαπλασιάζονται και εμφανίζονται τα πρώτα μεγάλα σαρκοβόρα και φυτοφάγα. Στο τέλος της Πέρμιου παρατηρείται η τρίτη κατά σειρά αλλή και η μεγαλύτερη μαζική εξαφάνιση των ειδών. Στη διάρκεια αυτής της εποχής όλες οι κύριες ηπειρωτικές μάζες του πλανήτη ενώνονται και σχηματίζουν την Παγγαία, που δρασκελίζει τον ισημερινό και εκτείνεται προς του πόλους.

Μετά το πέρας του Παλαιοζωικού αρχίζει ο Μεσοζωικός αιώνας, ο οποίος υποδιαιρείται στην Τριασική (250-200 Ma), την Ιουρασική (199-145 Ma) και την Κρητιδική (145-65 Ma) περίοδο. Κατά την Τριασική περίοδο εμφανίζονται οι αρχόσαυροι στην ξηρά, οι ιχθυόσαυροι στη θάλασσα και οι πτερόσαυροι στον αέρα. Καθώς εξελίσσονται συνεχώς νέα είδη δεινοσαύρων, εμφανίζονται και τα πρώτα θηλαστικά. Καθόλη τη διάρκεια της Τριασικής περιόδου, το μεγαθύ-

τερο μέρος των ηπειρωτικών μαζών του πλανήτη είναι συγκεντρωμένο στην τεράστια υπερήπειρο Παγγαία, ενώ προς το τέλος της περιόδου πραγματοποιείται η τέταρτη μαζική εξαφάνιση. Ακολουθεί η Ιουρασική περίοδος (199-145 Ma), κατά τη διάρκεια της οποίας κύρια σπονδυλωτά των ωκεανών ήταν τα ψάρια καθώς και θαλάσσια ερπετά, όπως ο ιχθυόσαυροι, οι πηλαιοσαυροι, οι πηλιοσαυροι και οι θαλάσσιοι κροκόδειλοι. Στην ξηρά εμφανίζονται τα πρώτα μεγάλα φυτοφάγα, ο απατόσαυρος, ο διπλόδοκος και ο βραχυόσαυρος, καθώς και τα πρώτα μεγάλα σαρκοφάγα, όπως ο αλλόσαυρος και ο μεγαλόσαυρος. Την ίδια αυτή περίοδο εξελίσσονται και τα πρώτα πτηνά, όπως ο αρχεοπτέρυξ, από τα φυτά κυριαρχούν τα κωνοφόρα και οι φτέρες, ενώ τα θηλαστικά εξακολουθούν να διατηρούν το μικρό τους μέγεθος, αν και ο αριθμός τους αυξάνει. Στη διάρκεια της Ιουρασικής περιόδου η Παγγαία διασπάται στην Γκοντβάνια και τη Λαυρασία.



Κατά την Κρητιδική περίοδο (145-65 Ma) εμφανίζονται τα πρώτα ανθοφόρα φυτά, νέα είδη εντόμων και οι πρώτες σύγχρονες μορφές ιχθύων. Παράλληλα, εμφανίζονται νέοι τύποι δεινοσαύρων, όπως ο τυραννόσαυρος, ο τιτανόσαυρος και ο τρικεράτοπας, πρωτόγονα πτηνά αντικαθιστούν σταδιακά τους πτερόσαυρους, τα θηλαστικά συνεχίζουν να επιβιώνουν και οι σύγχρονες μορφές καρχαρία εμφανίζονται στη θάλασσα. Η Γκοντβάνα διασπάται και το διοξείδιο του άνθρακα στην ατμόσφαιρα πέφτει στα σημερινά επίπεδα. Προς το τέλος της Κρητιδικής περιόδου παρατηρείται η πέμπτη μαζική εξαφάνιση, των δεινοσαύρων αυτή τη φορά. Καθώς η νότια Αμερική, η Ανταρκτική και η Αυστραλία αποσπώνται από τη Γηλοσφαιρική

είναι αρχικά τροπικό, αλλά σταδιακά ψυχραίνει. Καθώς τα πρώτα θηλαστικά συνεχίζουν να διαφοροποιούνται και να μεγαλώνουν σε μέγεθος, η εξέλιξη και η διαφοροποίηση τόσο της χλωρίδας όσο και της πανίδας, κυρίως των θηλαστικών, προς το τέλος της περιόδου επιταχύνεται. Κατά την Παλαιογενή περίοδο, οι ήπειροι εξακολουθούν να απομακρύνονται η μία από την άλλη, μετακινούμενες προς τις σημερινές τους θέσεις.

Με το τέλος της Παλαιογενούς περιόδου αρχίζει η Νεογενής περίοδος (23-2,6 Ma), οπότε και παρατηρείται έντονη ορογένεση, με την Ινδία, για παράδειγμα, να πιέζει προς την Ασία, ανασκώνοντας όλο

η πλάκα της Αφρικής, η υπερήπειρος Γκοντβάνα διασπάται, δίνοντας παράλληλα το έναυσμα για τη δημιουργία του νότιου Ατλαντικού και του Ινδικού ωκεανού.

Με το τέλος του Μεσοζωικού, ξεκινά ο Καινοζωικός αιώνας (65 Ma – σήμερα), που υποδιαιρείται στην Παλαιογενή, στη Νεογενή και στην Τεταρτογενή περίοδο. Στη διάρκεια της Παλαιογενούς περιόδου (65-23 Ma) το κλίμα

και περισσότερο τα Ιμαλία. Το κλίμα γίνεται πιο ξηρό και ψυχρό, ενώ οι παγετώνες στην Αρκτική αυξάνουν. Στην ξηρά, καθώς διαφοροποιούνται οι ασιατικοί από τους αφρικανικούς πιθήκους, μερικά εκατομμύρια χρόνια αργότερα διαχωρίζονται και τα πρώτα ανθρωποειδή από τους χιμπατζήδες. Κατά την Τεταρτογενή περίοδο, τέλος, η οποία συνεχίζεται μέχρι σήμερα, εξελίχθηκε και ο σύγχρονος άνθρωπος.

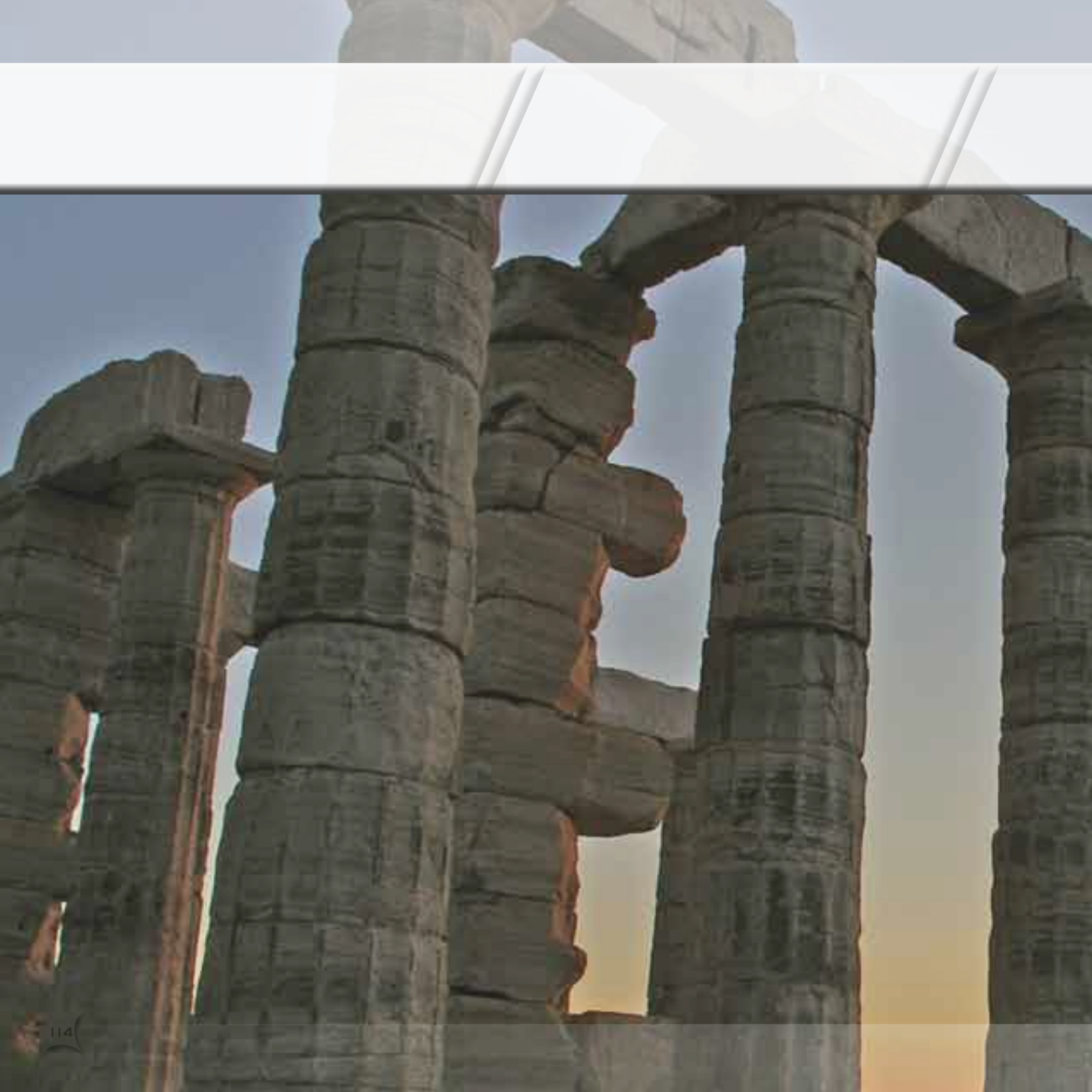


## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

.....

- \* Alters, Sandra; Alters, Brian, Biology: understanding life, Hoboken, New Jersey: Wiley, c2006.
- \* Coyne, Jerry A., Why evolution is true, Oxford; New York: Oxford University Press, 2010, c2009.
- \* Bowler, Peter J., Evolution: the history of an idea, Berkeley; Los Angeles; London: University of California Press, 2009.
- \* Condie, Kent C.; Sloan, Robert E., Origin and evolution of earth: principles of historical geology, Upper Saddle River, NJ: Prentice - Hall, 1998.
- \* Dawkins, Richard, The ancestor's tale: a pilgrimage to the dawn of life, Great Britain: Phoenix, 2005.
- \* Dawkins, Richard, Το μεγαλύτερο θέαμα στην γη: η απόδειξη για την εξέλιξη, Αθήνα: Οκταβίδα / ΑΒΓΟ, 2009.
- \* Fry, Iris, The emergence of life on earth: a historical and scientific overview, London: Free Association, c 2000.
- \* Futuyma, Douglas J., Εξελικτική βιολογία, Ηράκλειο: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, 1991.
- \* Margulis, Lynn; Dolan, Michael F., Early life: evolution on the precambrian earth, Boston: Jones and Bartlett, c 2002.
- \* Margulis, Lynn; Sagan, Dorion, Acquiring genomes: a theory of the origins of species, New York: Perseus / Basic Books, 2003.
- \* Mayr, Ernst, Ο Δαρβίνος και η γένεση της σύγχρονης εξελικτικής σκέψης, Αθήνα: Σύναγμα, 2001.
- \* Mayr, Ernst, Αυτή είναι η βιολογία: η επιστήμη του έμβιου κόσμου, Αθήνα: Κάτοπτρο, 2002.
- \* Mayr, Ernst; Diamond, Τι είναι η εξέλιξη: από τα βακτήρια στον άνθρωπο: γεγονότα, αποδείξεις και αλήθειες, Αθήνα: Κάτοπτρο, 2005.
- \* Mayr, Ernst, Η ανάπτυξη της βιολογικής σκέψης: ποικιλότητα, εξέλιξη και κληρονομικότητα, Αθήνα: MIET, 2008.
- \* Mills, Cynthia L., The theory of evolution: what it is, where it came from, and why it works, Hoboken, N.J. : Wiley, c2004.
- \* Scott, Eugenie Carol, Εξέλιξη vs δημιουργία : η διαμάχη της εξελικτικής θεωρίας και του δημιουργισμού, Αθήνα: Κέδρος, c2009.
- \* Stringer, Chris, Andrews, Peter, Homo : η καταγωγή και η εξέλιξη του ανθρώπου, Αθήνα: Polaris, 2006.
- \* Trotman, Clive, The feathered onion: creation of life in the universe Chichester, England: Wiley, 2004.
- \* Watson, James D. edt, Darwin: the indelible stamp: the evolution of an idea, Philadelphia; London: Running Press, c2005.
- \* Watson, James D.; Berry, Andrew, DNA: the secret of life New York: Knopf A.A., 2004.
- \* Webster, Stephen, Το βιβλίο της εξέλιξης, Αθήνα: Πατάκης, 2003, c2002.







## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

.....

Πώς ορίζεται ο Πολιτισμός; Ο καθένας μας θα μπορούσε να απαριθμήσει αρκετά στοιχεία που θεωρούνται απαραίτητα για την ανάπτυξη ενός πολιτισμού, από το όργανο, τη χρήση του τροχού και τη μεταλλουργία μέχρι την ανάπτυξη των πόλεων και την επινόηση της γραφής. Θα μπορούσαμε, ακόμη, να αναφερθούμε στο Δίκαιο και στους Νόμους, στο Δημοκρατικό πολίτευμα, στην κεντρική διοίκηση, στη σύνθετη κατανομή εργασίας και στην εξειδίκευση. Κυρίως, όμως, θα μπορούσαμε να μιλήσουμε για τα μεγάλα επιτεύγματα της ανθρώπινης διανόησης, για τα γράμματα και τις τέχνες, για τη λογική και τη φιλοσοφία, για τη λογοτεχνία και το θέατρο, για το δράμα και τη μουσική, αλλά και για τα συναρπαστικά αποτελέσματα της εναγωνίας προσπάθειας του ανθρώπου να κατανοήσει τον κόσμο και τα φυσικά φαινόμενα μέσα από την εξέλιξη των ιδεών στις φυσικές επιστήμες. Ο πολιτισμός, δηλαδή, είναι μια έννοια που πιο εύκολα περιγράφεται παρά ορίζεται, γι' αυτό και δεν θα εμπλακούμε στην προσπάθεια του ορισμού της, κάτι που υπερβαίνει ήδη τις ειδικότερες γνώσεις μας. Από τους πρώτους μεγάλους πολιτισμούς των Σουμερίων και της αρχαίας Αιγύπτου στον πολιτισμό της αρχαίας Ελλάδας και της αρχαίας Ρώμης, από το Βυζαντινό και τον Αραβικό πολιτισμό στους πολιτισμούς της Κίνας, των

Ίνκας, των Μάγια και των Αζτέκων, από το Μεσαίωνα και την Αναγέννηση στο Διαφωτισμό και στη σύγχρονη εποχή, η εξέλιξη του Πολιτισμού είναι ένα θέμα που εκτείνεται τόσο πολύ στο χώρο και στο χρόνο και που άπτεται τόσων διαφορετικών μεταξύ τους γνωστικών πεδίων, ώστε η παρουσίασή του σε ένα σύντομο Οδηγό είναι απαγορευτική. Το ίδιο ισχύει για τα γράμματα και τις τέχνες, τη λογική και τη φιλοσοφία, τα διαφορετικά θρησκευτικά συστήματα και τις φυσικές επιστήμες. Γι' αυτό και η εισαγωγή αυτή στην ανάπτυξη του Πολιτισμού θα είναι αναγκαστικά άνιση και αποσπασματική, θα βασίζεται περισσότερο στην απαρίθμηση παρά στην εμβάθυνση και θα επικεντρωθεί σχεδόν αποκλειστικά σε ορισμένα μόνο από όσα στοιχεία διαμόρφωσαν το Δυτικοευρωπαϊκό πολιτισμό.

Ξεκινώντας με τη μετάβαση από την προϊστορική στην ιστορική εποχή, που προσδιορίζεται από την επινόηση και τη χρήση της γραφής, θα αναφερθούμε σε ορισμένα μόνο από τα επιτεύγματα των πολιτισμών της αρχαιότητας, για να περάσουμε στο Μεσαίωνα και στην Αναγέννηση, και τέλος στην Επιστημονική Επανάσταση, που με το ριζοσπαστικό της πνεύμα της αμφισβήτησης επηρέασε τόσο καίρια και το Διαφωτισμό, τα ιδανικά και οι αξίες του οποίου διαμόρφωσαν εντέλει το σύγχρονο Δυτικοευρωπαϊκό πολιτισμό.



# Ι. Από την Προϊστορία στην Ιστορία

---

Η χρονική περίοδος που καλύπτει την εξέλιξη του ανθρώπινου γένους, από την εμφάνιση των πρώτων μακρινών συγγενών του ανθρώπου πριν από περίπου 2,5 εκατομμύρια χρόνια, μέχρι την καθιέρωση της γραφής, γύρω στο 3.500 π.Χ., ονομάζεται Προϊστορία. Αυτή η μακράιωνη περίοδος ξεκινά με την Εποχή του Λίθου, την εποχή δηλαδή κατά την οποία τα προγονικά είδη του ανθρώπου κατασκεύασαν και χρησιμοποίησαν εργαλεία από πέτρα. Η εποχή αυτή υποδιαιρείται στην Παλαιολιθική, στην Μεσολιθική και στη Νεολιθική εποχή. Κατά τη διάρκεια της Παλαιολιθικής εποχής και συγκεκριμένα στην κατώτερη Παλαιολιθική περίοδο εμφανίζονται και εξελίσσονται στην Αφρική τα πρώτα είδη του γένους Homo, δηλαδή του γένους του ανθρώπου, όπως του Homo Habilis (άνθρωπος ο επιδέξιος) και του Homo Erectus (άνθρωπος ο όρθιος). Η περίοδος αυτή ολοκληρώνεται πριν από περίπου 300.000 χρόνια, με την έναρξη της Μεσαίας Παλαιολιθικής περιόδου. Τότε εμφανίζονται στην Αφρική οι πρώτες μορφές ανατομικά σύγχρονων ανθρώπων και κυριαρχεί στην Ευρώπη ο άνθρωπος του Νεάντερταλ. Με τη λήξη και αυτής της περιόδου αρχίζει η ανώτερη Παλαιολιθική περίοδος (40.000-10.000 π.Χ.), στη διάρκεια της οποίας ο Homo Sapiens (ο Σοφός άνθρωπος), δηλαδή ο ανατομικά σύγχρονος άνθρωπος, εμφανίζει και «σύγχρονη συμπεριφορά». Στη συνέχεια ακολουθεί η μεταβατική Μεσολιθική Εποχή που θα δώσει τη θέση της στη Νεολιθική Εποχή, η οποία χαρακτηρίζεται από την ανάπτυξη της γεωργίας και της κτηνοτροφίας.

Από ό,τι φαίνεται οι πρώτες, αρχαϊκές, μορφές ανατομικά σύγχρονων ανθρώπων είχαν ήδη αρχίσει να εξελίσσονται στην Αφρική από παλαιότερα είδη του γένους Homo εδώ και τουλάχιστον 250.000 χρόνια, ενώ οι ανατομικά εντε-

λώς σύγχρονοι άνθρωποι εμφανίζονται πριν από περίπου 125.000 χρόνια. Στην Ευρώπη ο πλήρως εξελιγμένος άνθρωπος του Νεάντερταλ εμφανίζεται περίπου 130.000 χρόνια πριν. Όπως υποστηρίζεται, ο τελευταίος κοινός πρόγονος των δύο αυτών ειδών του γένους Homo ήταν ο επονομαζόμενος Homo Heidelbergensis (Χαϊδελβέργειος Άνθρωπος). Σύμφωνα με τα απολιθώματα που έχουν βρεθεί, ο πρόγονός μας αυτός πρέπει να έζησε πριν από 600.000-400.000 χρόνια και να κατάγεται πιθανότατα από τον Homo Ergaster (άνθρωπος ο Εργαζόμενος). Η πρώτη, επιβεβαιωμένη, χρήση λίθινων εργαλείων έχει χρονολογηθεί πριν από 2,5 εκατομμύρια χρόνια περίπου. Σύμφωνα όμως με ορισμένα πρόσφατα ευρήματα από την περιοχή στην οποία βρέθηκε ο περίφημος σκελετός της Λούση του είδους αυστραλοπίθηκος ο αφάριος, λίθινα εργαλεία ενδέχεται να χρησιμοποιήθηκαν ακόμη και 3,2 εκατομμύρια χρόνια πριν. Μεταξύ των ειδικών, ωστόσο, δεν υπάρχει ομοφωνία σχετικά με την πρώτη ελεγχόμενη χρήση της φωτιάς. Σίγουρα, πάντως, τόσο ο άνθρωπος του Νεάντερταλ, όσο και ο ανατομικά σύγχρονος άνθρωπος, ο Homo Sapiens, πρέπει να χρησιμοποίησαν ευρύτατα την φωτιά πριν από περίπου 130.000 χρόνια. Η ανακάλυψη της φωτιάς, χάρη στη θερμότητα, το φωτισμό και την προστασία που προσέφερε στους πρώτους μακρινούς μας πρόγονους, ήταν αναμφίβολα το δεύτερο σημαντικό ορόσημο για τη μετάβασή τους προς τον Πολιτισμό, μετά την



κατασκευή των πρώτων λίθινων εργαλείων. Οι άνθρωποι της κατώτερης Παλαιολιθικής περιόδου ήταν νομάδες θηρευτές-συλλέκτες, δηλαδή που επιβίωναν χάρη στο κυνήγι και στη συλλογή καρπών και φρούτων, μετακινούμενοι από περιοχή σε περιοχή ανάλογα με τις ανάγκες τους, ζώντας είτε στην ύπαιθρο, είτε μέσα σε σπήλαια. Αργότερα άρχισαν να κατασκευάζουν και τις πρώτες πρωτόγονες καλύβες τους από κλαδιά δέντρων. Συνήθως ζούσαν σε μικρές ομάδες-φυλές, οι οποίες αποτελούνταν αποκλειστικά από άτομα της ίδιας οικογένειας, ενώ οι έννοιες της ιδιοκτησίας και του καταμερισμού εργασίας τους ήταν άγνωστες.

Η Μέση Παλαιολιθική Εποχή χαρακτηρίζεται, όπως είπαμε, από την εξέλιξη του ανθρώπου του Νεάντερταλ, ο οποίος αναπτύχθηκε πλήρως και έζησε κατά κύριο λόγο στην Ευρώπη περίπου 130.000-30.000 χρόνια πριν. Οι Νεάντερταλ, θηρευτές-συλλέκτες και αυτοί, χρησιμοποιούσαν λίθινες φολίδες και επεξεργασμένα οστά ζώων, οστέινες βελόνες κ.λπ., πρέπει να είχαν ανακαλύψει τη φωτιά και να χρησιμοποιούσαν δέρματα ζώων προκειμένου να προφυλαχτούν από το κρύο. Είναι πιθανό, επίσης, να ασκούσαν θρησκευτικές, ταφικές ως επί το πλείστον, πρακτικές, γεγονός που υποδεικνύει ότι ενδεχομένως είχαν ήδη αναπτύξει κάποια θρησκευτική συνείδηση. Οι Homo Sapiens, αντίθετα, πρέπει να εξελίχθηκαν στην Αφρική από προγε-



*Η Αφροδίτη του Willendorf.*



νέστερα είδη του γένους Homo, περίπου 200.000 χρόνια πριν. Περίπου 100.000 χρόνια αργότερα αρχαιολογικά ευρήματα τους εντοπίζουν σε σπηλιές του Ισραήλ, ενώ πριν από 45.000 χρόνια φαίνεται πως είχαν ήδη εξαπλωθεί στη νότια Ευρώπη, μεταναστεύοντας έως τη βόρεια Ευρώπη 15.000 χρόνια αργότερα. Καθόλη τη διάρκεια αυτής της εποχής τα λίθινα και οστέινα εργαλεία και όπλα βελτιώνονται συνεχώς, ενώ παράλληλα εμφανίζονται και οι πρώτες ευδιάκριτες μορφές τέχνης, έργα σκαλισμένα σε ελεφαντόδοτο και οστά ζώων, όπως επίσης και οι περίφημες τοιχογραφίες σπηλαιών. Οι παλαιότερες και αδιαμφισβήτητες αποδείξεις για την ταφή των νεκρών χρονολογούνται πριν από 35.000 χρόνια περίπου. Την ίδια περίοδο εμφανίζονται και τα πρώτα αγαλμάτια γυναικείων μορφών, που έχουν γίνει γνωστά ως Αφροδίτες.

Στη διάρκεια της Ανώτερης Παλαιολιθικής περιόδου και μέχρι περίπου το 30.000 π.Χ. ο άνθρωπος του Νεάντερταλ εξαφανίζεται σταδιακά από την Ευρώπη και επικρατεί ο Homo Sapiens. Καθώς, όμως, στο χρονικό διάστημα 21.000-18.000 π.Χ. το κλίμα ψυχραίνει, οι μακρινοί μας αυτοί πρόγονοι εγκαταλείπουν σιγά-σιγά τις παγωμένες βόρειες περιοχές της Ευρώπης και συγκεντρώνονται στις θερμότερες νότιες εκτάσεις της. Με τη βελτίωση του κλίματος ο ύστερος παλαιολιθικός «πρωτο-πολιτισμός» θα εξαπλωθεί εκ νέου, φτάνοντας στη Βρετανία πριν από περίπου 14.000 χρόνια. Σύμφωνα με τα υπάρχοντα ευρήματα, οι ενδείξεις για την ύπαρξη συστημάτων πίστης επικεντρωμένων στη μαγεία και το υπερφυσικό είναι αδιαμφισβήτητες, ενώ η πρωτόγονη γλυπτική και ζωγραφική συνεχίζει να αναπτύσσεται. Οι σημαντικότερες, μάλιστα, από τις σπηλαιογραφίες που έχουν βρεθεί, όπως των σπηλαιών της Αλταμίρα στην Ισπανία και του Lascaux στη Γαλλία, καθώς και οι γνωστότερες από τις σωζόμενες Αφροδίτες χρονολογούνται σε αυτή την περίοδο, δηλαδή μεταξύ 18.000-14.000 π.Χ. περίπου. Οι αναπαραστάσεις ζώων στις τοιχογραφίες



*Τμήματα από τις σπηλαιογραφίες του σπηλαίου Lascaux.*



αφενός και τα παράξενα αγαλματίδια με τα υπερτονισμένα αναπαραγωγικά όργανα αφετέρου έχουν εξάψει τη φαντασία των μελετητών και πολλές ερμηνείες έχουν προταθεί για να εξηγηθούν οι πρώτες «καλλιτεχνικές ανησυχίες» των πρωτόγονων ανθρώπων. Ορισμένοι, για παράδειγμα, υποστηρίζουν ότι οι σπηλαιογραφίες αποτυπώνουν μαγικές τελετουργίες των ανθρώπων της εποχής εκείνης για ένα καλό κυνήγι, ενώ άλλοι διακρίνουν στις πρώιμες μορφές γλυπτικής και τα αγαλματίδια της Αφροδίτης ένα φόρο τιμής και λατρείας προς μια αρχέγονη θεότητα-μητέρα της γονιμότητας ή και πρωτόγονες ακόμα πορνογραφικές αναπαραστάσεις. Όποια, όμως, ερμηνεία και αν δεχτούμε, ένα είναι βέβαιο: ότι οι αρχέγονες αυτές μορφές τέχνης αποτελούν την πρώτη καταγεγραμμένη προσπάθεια του ανθρώπου να εκφραστεί μέσω της Τέχνης. Υπό αυτή την έννοια σηματοδοτούν ένα ακόμη σημαντικό βήμα προς τον πολιτισμό. Την ίδια περίοδο πρέπει να εμφανίζονται οι περισσότερες οργανωμένες μορφές λατρείας και να συστηματοποιείται η ταφή των νεκρών.

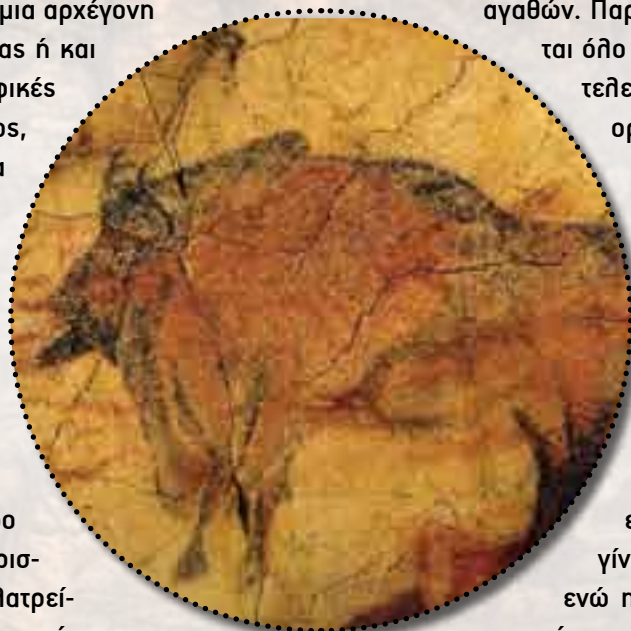
Η Νεολιθική εποχή αρχίζει πριν από περίπου 12.000 χρόνια και με τη λήξη της τελευταίας εποχής των Παγετώνων, σηματοδοτεί την πρώτη μεγάλη πολιτισμική επανάσταση. Με την εξημέρωση των πρώτων φυτών και ζώων και κατά συνέπεια με την ανακάλυψη της γεωργίας και της κτηνοτροφίας, οι άνθρωποι μαθαίνουν να παράγουν οι ίδιοι τα «προς το ζην», καθώς το κυνήγι και η συλλογή «άγριων» καρπών και φρούτων παύουν να είναι οι αποκλειστικές πη-

γές της διατροφής. Το γεγονός αυτό θα ωθήσει τους νομάδες, μέχρι πρότινος κυνηγούς και συλλέκτες, στη διαμόρφωση των πρώτων μόνιμων οικισμών. Καθώς οι πρώτες κοινότητες θηρευτών-συλλεκτών εγκαταλείπουν το νομαδικό τρόπο ζωής και αρχίζουν σταδιακά να αναπτύσσονται οι πρώτοι μόνιμοι οικισμοί, τα πρώτα χωριά και οι πρώτες πόλεις, σηματοδοτείται παράλληλα και η μετάβαση σε μια πρωτόγονη ακόμα αλλά παραγωγική οικονομία, την οποία χαρακτηρίζει η πρώτη ατομική συσσώρευση πλούτου και αγαθών. Παράλληλα, η τεχνολογία αναπτύσσεται όλο και περισσότερο, επινοούνται απο-

τελεσματικότεροι τρόποι άρδευσης και οργώματος, κατασκευάζονται ξερολιθικές, προκειμένου να προστατευτεί το έδαφος από τη διάβρωση και να αυξηθεί η καλλιέργησιμη έκταση κ.λπ., εμφανίζονται οι πρώτοι μάστορες, χειροτέχνες και αγχειοπλάστες και εξειδικευμένοι τεχνίτες. Παρατηρείται δηλαδή η πρώτη συστηματική μορφή εξειδίκευσης και καταμερισμού εργασίας. Η κοινωνική οργάνωση γίνεται τώρα όλο και πιο σύνθετη και ενώ η εμφάνιση της ιδιοκτησίας οδηγεί σε έναν πρώτο διαχωρισμό μεταξύ πλούσιων και φτωχών, αρχίζουν να διαμορφώνονται οι πρώτες κοινωνικές τάξεις. Η συσσώρευση της εξουσίας σε μία κάστα ελίτ, οι πρώτες οργανωμένες θρησκείες με τα ιερατεία και την αντίστοιχα μεγάλη δύναμη, καθώς και τα πρώτα πολιτικά συστήματα δεν θα αργήσουν να ακολουθήσουν.

Καθώς οι μικροί αρχικά μόνιμοι οικισμοί διευρύνονται και μεγαλώνουν, αρχίζουν να δημιουργούνται οι πρώτες «σύγχρονες» πόλεις με αποθήκες, οχυρωματικά έργα και παλάτια, ναούς και μνημεία. Κάπως έτσι, με τη πάροδο των

Καθώς οι μικροί αρχικά μόνιμοι οικισμοί διευρύνονται και μεγαλώνουν, αρχίζουν να δημιουργούνται οι πρώτες «σύγχρονες» πόλεις με αποθήκες, οχυρωματικά έργα και παλάτια, ναούς και μνημεία. Κάπως έτσι, με τη πάροδο των



αιώνων, εμφανίζονται σταδιακά και οι κοιτίδες των πρώτων μεγάλων πολιτισμών: αρχικά της Μεσοποταμίας, που αναπτύχθηκε στις εύφορες κοιλάδες του Τίγρη και του Ευφράτη, και λίγο αργότερα της Αιγύπτου στο Νείλο. Την ίδια περίοδο περίοδο, δηλαδή γύρω στο 3.500 π.Χ., ανακαλύπτεται ο τροχός και η μεταλλουργία. Και καθώς τα πρώτα εργαλεία από χαλκό αντικαθιστούν τα λίθινα εργαλεία, η Εποχή του Λίθου ολοκληρώνει τον κύκλο της και δίνει τη θέση της στην Εποχή του Χαλκού. Η μετάβαση στην Εποχή του Σιδήρου θα πραγματοποιηθεί γύρω στο 1.200 π.Χ.. Αρκετά νωρίτερα, όμως, είχε ήδη πραγματοποιηθεί μια άλλη επαναστατική ανακάλυψη, της γραφής. Παρόλο που η γραφή πρέπει να ανακαλύφθηκε από διαφορετικούς πολιτισμούς, σε διαφορετικές περιοχές του αρχαίου κόσμου και σε διαφορετικές εποχές, η πλέον πρώιμη μορφή γραφής που μας είναι γνωστή, η σφηνοειδής, εμφανίστηκε γύρω στο 3.500 π.Χ. και αποδίδεται στους Σουμέριους της αρχαίας Μεσοποταμίας. Με την εμφάνιση της γραφής η εποχή της Προϊστορίας τελειώνει και ξεκινά η εποχή της Ιστορίας.

## 2. Μεγάλοι Πολιτισμοί της Αρχαιότητας

.....

Η ανακάλυψη της γεωργίας, εκτός από το γεγονός ότι έδωσε τη δυνατότητα στους ανθρώπους να εγκαταλείψουν το νομαδικό τρόπο ζωής τους και να εγκατασταθούν σε μόνιμους οικισμούς, έδωσε το έναυσμα για την ανάπτυξη της αστρονομίας, της γραφής και των μαθηματικών. Για παράδειγμα, η προσεκτική παρακολούθηση της κίνησης των πλανητών, του Ήλιου και της Σελήνης και η δημιουργία των πρώτων ημερολογίων προέκυψε από την ανάγκη να προβλεφθεί η κατάλληλη εποχή για τη σπορά. Εκτός αυτού, με την ανάπτυξη της γεωργίας και του εμπορίου, την πρώτη διαμόρφωση κοινωνικών τάξεων και τη συσσώρευση

πλούτου, πήγασε από νωρίς η ανάγκη να καταμετρηθούν οι σπόροι και να υπολογιστεί η σοδειά, να οριοθετηθεί η επιφάνεια των γεωργικών εκτάσεων και να εκτιμηθεί η αξία των εμπορευμάτων, κυρίως όμως να καταχωριστούν τα σχετικά στοιχεία σε αρχεία. Προκειμένου να πραγματοποιηθούν όλα αυτά απαιτείται η ύπαρξη ενός συστήματος καταμέτρησης και ενός συστήματος γραφής. Γι αυτό, τόσο η γραφή όσο και τα μαθηματικά αλλά και η αστρονομία «γεννήθηκαν» εκεί ακριβώς που εμφανίστηκαν οι πρώτοι πολιτισμοί: στην αρχαία Μεσοποταμία και λίγο αργότερα στην αρχαία Αίγυπτο.

Ήδη από το 5.000 π.Χ. οι πρώτες ομάδες των μέχρι πρότινος νομάδων θηρευτών και κυνηγών είχαν εγκατασταθεί σε μόνιμους οικισμούς, στις εύφορες κοιλάδες του Τίγρη και του Ευφράτη, καλλιεργώντας για πρώτη φορά σιτάρι και κριθάρι και κατασκευάζοντας τα πρώτα υποτυπώδη αρδευτικά συστήματα. Έως το 3.500 π.Χ. οι Σουμέριοι είχαν δημιουργήσει τις πρώτες πόλεις, ανεπτυγμένες περιμετρικά γύρω από έναν κεντρικό ναό που ήταν αφιερωμένος στους πολιούχους θεούς τους. Αργότερα, οι ναοί αυτοί κατασκευάζονταν πάνω σε βαθμιδωτές πυραμίδες, τα επονομαζόμενα ζιγκουράτ, τα οποία χρησίμευαν και σαν αστρονομικά παρατηρητήρια, ενώ οι πόλεις τους προστατεύονταν από τείχη, εξελισσόμενες σταδιακά στις πρώτες πόλεις-κράτη. Η αρχαιολογική σκαπάνη έφερε στο φως εντυπωσιακά ευρήματα, όπως το βασιλικό νεκροταφείο της πόλης Ουρ με 2.000 τάφους, εντυπωσιακά έργα τέχνης, κοσμήματα και όπλα από χρυσό, καθώς και μία βιβλιοθήκη με 4.000 πήλινες πινακίδες σφηνοειδούς γραφής. Ευρήματα δηλαδή, που μαρτυρούν ότι ο Πολιτισμός των Σουμερίων ήταν ο πρώτος πραγματικά μεγάλος πολιτισμός. Οι Σουμέριοι εκτός από τη γραφή ανέπτυξαν τη μεταλλουργία, ανακάλυψαν τον τροχό, επινόησαν ένα πολύπλοκο σύστημα μετρολογίας και το πρώτο σεληνιακό ημερολόγιο.

Παρόλο που οι Σουμέριοι κατακτήθηκαν από τον σημιτι-



κής καταγωγής λαό των Ακκάδων, ο πολιτισμός τους υιοθετήθηκε, αφομοιώθηκε και εξελίχτηκε αρχικά από τους Ακκάδες και αργότερα από τους Βαβυλώνιους, τους Ασσύριους και τους Χαλδαίους. Κατά τη διάρκεια, μάλιστα, της μακρόχρονης βασιλείας του Χαμουραπί (1792-1750 π.Χ.) ολόκληρη σχεδόν η Μεσοποταμία ενοποιήθηκε στην πρώτη βαβυλωνιακή αυτοκρατορία, οι επιστήμες και οι τέχνες γνώρισαν μεγάλη άνθηση και η νομοθεσία και η απονομή της δικαιοσύνης κωδικοποιήθηκαν στον περίφημο πλέον Κώδικα του Χαμουραπί.

Οι Βαβυλώνιοι ήταν ίσως οι πρώτοι συστηματικοί παρατηρητές του έναστρου ουρανού και οι πρώτοι που αναγνώρισαν την περιοδικότητα των αστρονομικών φαινομένων, καταγράφοντας τις κινήσεις των άστρων και των πλανητών, των ηλιακών και των σεληνιακών εκλείψεων και συντάσσοντας τους πρώτους αστρικούς καταλόγους. Οι ίδιοι έκαναν παράλληλα τα πρώτα βήματα για την ανάπτυξη της αριθμητικής, της άλγεβρας και της γεωμετρίας.

Την ίδια περίπου εποχή, ή λίγο αργότερα, οι ομάδες των αρχαίων Αιγυπτίων άρχισαν να εγκαθίστανται στους μόνιμους



*Ο πρόλογος από τον κώδικα του Χαμουραπί.*



*Χρυσή περικεφαλαία από τους βασιλικούς τάφους της πόλης Ουρ.*



*Το Ζιγκουράτ της πόλης Ουρ.*

οικισμούς τους στην κοιλάδα του Νείλου. Μέσα σε 2.000 χρόνια είχαν ήδη ανακαλύψει τη γραφή, είχαν κατασκευάσει τεράστια αρδευτικά έργα και είχαν θέσει τις βάσεις για την ανάπτυξη ενός από τους μεγαλύτερους πολιτισμούς της αρχαιότητας. Με το τέλος της προϊστορικής περιόδου το 3.200 π.Χ., η Αίγυπτος είχε ήδη διαχωριστεί στα βασίλεια της Κάτω και της Άνω Αιγύπτου, τα οποία ενοποιήθηκαν από τον Μήνη, τον πρώτο, σύμφωνα με την παράδοση, φαραώ της Αιγύπτου και ιδρυτή της Πρώτης Δυναστείας.

Ο αρχαίος Αιγυπτιακός πολιτισμός, εάν συμπεριλάβουμε και την προδυναστική εποχή, καλύπτει μια περίοδο περίπου 5 χιλιετιών, μέχρι δηλαδή την κατάκτηση της Αιγύπτου από τον Μέγα Αλέξανδρο το 332 π.Χ.. Μεταξύ των άλλων, οι Αιγύπτιοι επινόησαν την ιερογλυφική γραφή, ανακάλυψαν το ηλιακό ημερολόγιο των 365 ημερών και το άροτρο, συνέβαλλαν στην ανάπτυξη των μαθηματικών και της αστρονομίας και άφησαν πίσω τους εντυπωσιακά ταφικά μνημεία, παλάτια και ναούς.

*Το Αμπού Σμπέη.*





Ήδη, όμως, από το 2500 π.Χ. ένας άλλος σημαντικός πολιτισμός είχε κάνει την εμφάνισή του στο νησί της Κρήτης. Οι αρχαιολογικές ανασκαφές που έφεραν στο φως τα εντυπωσιακά παλάτια της Κνωσού και της Φαιστού μας αποκάλυψαν τον Μινωικό πολιτισμό, που ανέπτυξε το δικό του σύστημα ιερογλυφικών, από το οποίο εξελίχτηκαν τόσο η Μινωική Γραμμική Α, όσο και η Μυκηναϊκή Γραμμική Β. Ο Μινωικός πολιτισμός από το 1.450 π.Χ. άρχισε να παρακμάζει. Έχοντας ήδη κλονιστεί από τα χτυπήματα του Εγκέλαδου και τις εκρήξεις του ηφαιστείου της Σαντορίνης, ο Μινωικός πολιτισμός δεν κατόρθωσε να αντισταθεί στις εισβολές των Μυκηναίων και έσβησε, επιτρέποντας σε έναν άλλο ναυτικό και εμπορικό πολιτισμό να ακμάσει: τον Φοινικικό. Η σημαντικότερη ίσως συνεισφορά του Φοινικικού πολιτισμού στην ανθρωπότητα ήταν ένα αλφάβητο, αποκλειστικά από σύμφωνα που υπήρξε ο πρόδρομος όλων σχεδόν των σύγχρονων δυτικών αλφαβήτων. Χάρη στο ναυτικό εμπόριο και την κυριαρχία των Φοινίκων στη Μεσόγειο μεταξύ 1100-800 π.Χ., το φοινικικό αλφάβητο έγινε γνωστό σε όλη τη Μεσόγειο, υιοθετήθηκε από άλλους πολιτισμούς και εξελίχθηκε. Το Αραμαϊκό αλφάβητο, για παράδειγμα, από το οποίο εξελίχθηκε τόσο το σύγχρονο αραβικό όσο και το εβραϊκό σύστημα γραφής, προέρχεται από το φοινικικό αλφάβητο, ενώ η υιοθέτηση του φοινικικού αλφαβήτου από τους Αρχαίους Έλληνες και ο εμπλουτισμός του με φωνήεντα δημιούργησε το ελληνικό αλφάβητο, από το οποίο εξελίχθηκε τόσο το Λατινικό όσο και το Κυριλλικό.

Με ένα υποχρεωτικά μεγάλο άλμα στο χώρο και στο χρόνο, θα παρακάμψουμε την παλαιολιθική και τη νεολιθική εποχή της Ελλάδας, την εποχή του Χαλκού, η οποία σηματοδεύτηκε από την ανάπτυξη του Μυκηναϊκού πολιτισμού, και την εποχή του Σιδήρου, η οποία χαρακτηρίστηκε από την εισβολή των Δωρικών φυλών και την παρακμή του Μυκη-

ναϊκού πολιτισμού. Θα μεταφερθούμε λοιπόν στην αρχαία Ιωνία, στα παράλια της Μικράς Ασίας και στις πόλεις τις οποίες θεμελίωσαν εκεί όσα ιωνικά φύλα μετανάστευσαν από την ηπειρωτική Ελλάδα. Στην περιοχή δηλαδή όπου, χάρη στην κοινωνική και πολιτική ελευθερία, στην επαφή με διαφορετικούς πολιτισμούς και λαούς και στη μεγάλη οικονομική ανάπτυξη πραγματοποιήθηκε η πρώτη προσπάθεια του ανθρώπου να ερμηνεύσει τον κόσμο και τα φυσικά φαινόμενα με ορθολογικό τρόπο.

Καθ' όλη τη διάρκεια του 6<sup>ου</sup> και 5<sup>ου</sup> αιώνα π.Χ., αρχικά σε πόλεις της Μικράς Ασίας, όπως η Μίλητος, η Έφεσος και η Κολλοφώνα και αργότερα στις ελληνικές αποικίες της Σικελίας και της κάτω Ιταλίας, οι προσωκρατικοί φυσικοί φιλόσοφοι έθεσαν τα θεμέλια για την ανάπτυξη της δυτικής φιλοσοφίας και επιστήμης. Αυτοί ήταν οι πρώτοι που προσπάθησαν να δώσουν μια ορθολογική και επιστημονική, για τα μέτρα της εποχής τους, ερμηνεία του κόσμου και των φυσικών φαινομένων. Από το Θαλή, τον Αναξίμανδρο και τον Αναξίμανη στον Ξενοφάνη και τον Πυθαγόρα, που έζησαν κατά τη διάρκεια του 6<sup>ου</sup> π.Χ. αιώνα, και από τον Παρμενίδα, τον Ηράκλειτο και τον Εμπεδοκλή στο Λεύκιππο και στο Δημόκριτο, που έζησαν έναν αιώνα αργότερα, οι προσωκρατικοί φιλόσοφοι θεώρησαν ότι ο φυσικός κόσμος είναι αξιωματικά κατανοητός, ότι δεν υπόκειται σε υπερφυσικές «παρεμβάσεις» και ότι μπορεί να ερμηνευτεί με αποκλειστικά όπλα την παρατήρηση, τη λογική και τη σκέψη. Δεν υπάρχει αμφιβολία ότι οι αρχαίοι Έλληνες φυσικοί φιλόσοφοι είχαν έρθει σε επαφή και γνώριζαν πολλούς από τις αστρολογικές-αστρονομικές παρατηρήσεις και τα μαθηματικά των Βαβυλωνίων και των Αιγυπτίων. Η διαφορά, όμως, και η μεγαλοφυΐα τους συνίσταται στο ότι στηριζόμενοι σε αυτήν ακριβώς την τεχνική γνώση, υιοθετώντας τη λογική μέθοδο, παρατηρώντας το φυσικό κόσμο που τους περιέβαλλε και αντικαθιστώντας την αυθεντία και το δόγμα με την ελευθερία της σκέψης και της



Το θέατρο της αρχαίας Μιλήτου.



Ο Δημόκριτος.

κριτικής, ήταν οι πρώτοι που προσπάθησαν να απαντήσουν με ορθολογισμό σε θεμελιώδη ερωτήματα για την απαρχή και τη δομή του Κόσμου, για το μηδέν και το άπειρο, το εί-ναι και το γίγνεσθαι. Παράλληλα, ήταν οι πρώτοι που έθε-σαν τις βάσεις για την ανάπτυξη των μαθηματικών και της αστρονομίας ως **επιστήμες**. Γι' αυτό και ρόλος τους στη διαμόρφωση της δυτικής φιλοσοφικής παράδοσης και της επιστημονικής σκέψης ήταν καθοριστικός.

Κάπου εδώ αναγκαστικά θα σταματήσουμε, καθώς ο περι-ορισμένος χώρος δεν μας επιτρέπει να επεκταθούμε πε-ρισσότερο. Από το χρυσό αιώνα του Περικλή, δηλαδή την εποχή που ο Φειδίας φιλοτεχνούσε τον Παρθενώνα, στη βιβλιοθήκη της Αλεξάνδρειας των ελληνιστικών χρόνων, όπου είχε καταγραφεί και φυλασσόταν η συσσωρευμέ-νη γνώση αιώνων, από τη θεμελίωση του δημοκρατικού πολιτεύματος στα Γράμματα και στις Τέχνες και από τις επιστήμες στη φιλοσοφία, σε κάθε σχεδόν έκφανση του Ελληνικού Πολιτισμού και σε κάθε σωζόμενο γραπτό ή αρ-χαιολογικό μνημείο παρατηρούμε τις απαρχές της Δυτικής σκέψης και του δυτικού Πολιτισμού. Τα λαμπρά δείγματα γλυπτικής, αρχιτεκτονικής και κεραμικής, το θέατρο και οι τραγωδίες του Αισχύλου, του Σοφοκλή και του Ευριπίδη, οι Ιστορίες του Ηροδότου και του Θουκυδίδη, τα σωζόμενα αποσπάσματα των μαθηματικών και της γεωμετρίας, της μηχανικής και της αστρονομίας, της φυσιολογίας και της ιατρικής συνιστούν μια παγκόσμια κληρονομιά και απο-δεικνύουν ότι κάθε σχεδόν επιστήμη και κάθε γνωστικό αντικείμενο θεμελιώθηκε εδώ. Ο Σωκράτης, ο Πλάτωνας και ο Αριστοτέλης, με την ανεκτίμητη συνεισφορά τους στη θεμελίωση της διαλεκτικής, της πολιτικής φιλοσοφίας, της ηθικής, της αισθητικής, της ρητορικής και της λογικής έθεσαν τις βάσεις για την ανάπτυξη της φιλοσοφικής σκέ-ψης και στη Δύση.

Η συνέχεια είναι λίγο ως πολύ γνωστή. Ο Μέγας Αλέξαν-δρος θα θεμελιώσει την ελληνική κυριαρχία μέχρι την



Αίγυπτο και την Ινδία, δημιουργώντας μια τεράστια αυτοκρατορία και δίνοντας το έναυσμα για την εξάπλωση του ελληνιστικού πολιτισμού, κατά τη διάρκεια του οποίου θα αναπτυχθούν οι φιλοσοφικές «σχοιές» των Στωικών και των Επικούρειων, ενώ, χάρη στο έργο του Αρχιμήδη, του Ευκλείδη, του Ερατοσθένη, του Ιππάρχου, του Αρίσταρχου και του Πτολεμαίου τα μαθηματικά και η αστρονομία θα γνωρίσουν πρωτοφανή ανάπτυξη. Η παρακμή του Ελληνιστικού πολιτισμού, και εντέλει η κατάκτηση της Αιγύπτου το 30 π.Χ. από τους Ρωμαίους σηματοδοτεί τη μετάβαση σ' έναν άλλο μεγάλο πολιτισμό: το Ρωμαϊκό.

### 3. Από το Μεσαίωνα στην Αναγέννηση

.....

Με το τέλος των Ελληνιστικών χρόνων η Ρωμαϊκή Αυτοκρατορία και ο Ρωμαϊκός πολιτισμός εξαπλώνονται από τη μέση Ανατολή και τη Βόρεια Αφρική, έως την Αγγλία στα δυτικά και τη Γερμανία στα βόρεια. Έχοντας ήδη προσφέρει στην ανθρωπότητα το λατινικό αλφάβητο και το Ρωμαϊκό Δίκαιο, έχοντας να επιδείξει εντυπωσιακά αρχιτεκτονικά και κατασκευαστικά επιτεύγματα, έχοντας αναδείξει μεγάλους ρήτορες και πολιτικούς, όπως ο Κικέρωνας (106-43 π.Χ.), ποιητές και φιλοσόφους, όπως ο Λουκρήτιος (99-55 π.Χ.), φυσικούς φιλοσόφους και ιστοριογράφους όπως ο Πλίνιος ο Πρεσβύτερος (23-79 π.Χ.), φιλόσοφος και τραγωδούς όπως ο Σενέκας (4 π.Χ.-65 μ.Χ.), ο Ρωμαϊκός πολιτισμός θα ακοιουθήσει τη φθίνουσα πορεία της Ρωμαϊκής Αυτοκρα-

τορίας. Δοκιμαζόμενη συνεχώς από εσωτερικές διαμάχες και δολοπλοκίες, καθώς και από την άνοδο ανίκανων, διεφθαρμένων και παρανοϊκών αυτοκρατόρων, αδυνατώντας να προστατεύσει αποτελεσματικά τις πιο απομακρυσμένες επαρχίες απέναντι στις συνεχείς εξεγέρσεις και στις εισβολές βαρβαρικών φυλών του Βορρά, η Ρωμαϊκή Αυτοκρατορία από τον 3<sup>ο</sup> αιώνα θα οδηγηθεί στο χείλος της κατάρρευσης. Η άνοδος του Διοκλητιανού (244-311 μ.Χ.) θα καθυστερήσει απλώς το αναπόφευκτο. Ο Διοκλητιανός, συνειδητοποιώντας ότι η αχανής αυτοκρατορία του ήταν ουσιαστικά αδύνατο να κυβερνηθεί αποτελεσματικά, θα τη διαιρέσει το 286 στη Δυτική και στην Ανατολική Ρωμαϊκή, τη μετέπειτα Βυζαντινή αυτοκρατορία. Και ενώ κατά τη διάρκεια του 5<sup>ου</sup> αιώνα η Δυτική Ρωμαϊκή αυτοκρατορία θα καταρρεύσει οριστικά, η Βυζαντινή αυτοκρατορία και ο Βυζαντινός πολιτισμός θα κατορθώσουν να επιβιώσουν για μία περίπου χιλιετία, έως την άλωση της Κωνσταντινούπολης το 1453 από τους Οθωμανούς Τούρκους. Η χρονική αυτή περίοδος, από την κατάλυση της Δυτικής Ρωμαϊκής αυτοκρατορίας και την εκθρόνιση του τελευταίου Ρωμαίου αυτοκράτορα το 476 μ.Χ. μέχρι την πτώση της Κωνσταντινούπολης, ονομάζεται Μεσαίωνας.

Ορόσημο στη γένεση και στην ανάπτυξη του Βυζαντινού πολιτισμού θεωρείται η μεταφορά της πρωτεύουσας από τη Ρώμη στην περιοχή

*Το Κολοσσαίο.*



του Βυζαντίου, που πραγματοποιήθηκε από τον προσηλυτισμένο στο χριστιανισμό αυτοκράτορα Κωνσταντίνο. Οι εργασίες για την οικοδόμηση της νέας πρωτεύουσας, της Κωνσταντινούπολης, οι οποίες άρχισαν το 324, κατέληξαν στη δημιουργία μιας μητρόπολης με εντυπωσιακά οικοδομήματα, παλάτια και υδραγωγεία, που αποτέλεσε το πολιτισμικό, οικονομικό και εμπορικό, το θρησκευτικό και πολιτικό κέντρο της Βυζαντινής αυτοκρατορίας. Βασιζόμενος στις παραδόσεις της Ρωμαϊκής οργάνωσης και διοίκησης αλλά και της αρχαίας ελληνικής διάνοησης, και έντονα επηρεασμένος από την ορθόδοξη θρησκεία, ο Βυζαντινός πολιτισμός άφησε πίσω του εντυπωσιακά έργα τέχνης και αρχιτεκτονικής, σχεδόν πάντα σχετιζόμενα με την ορθόδοξη πίστη, όπως η αγιογραφία, τα ψηφιδωτά, οι τοιχογραφίες και οι εκκλησίες, με λαμπρότερο παράδειγμα

την εκκλησία της Αγίας Σοφίας. Μεγάλη προσφορά του βυζαντινού πολιτισμού θεωρείται η διαφύλαξη του πνευματικού έργου της κλασικής αρχαιότητας, η διάσωση του Ρωμαϊκού Δικαίου με τον Κώδικα του Ιουστινιανού, όπως επίσης και το γεγονός ότι αποτέλεσε τον κυματοθραύστη της Δύσης, αναχαιτίζοντας για περισσότερο από μία χιλιετία τις εισβολές των λαών της Ανατολής. Αλλά και με την οριστική κατάρρευση της Βυζαντινής αυτοκρατορίας το 1453, η φυγή των Βυζαντινών λογίων προς τη Δύση θα συμβάλλει ξανά στη διάδοση του αρχαίου ελληνικού πνεύματος, δίνοντας έτσι την ευκαιρία στους αναγεννησιακούς μελετητές να γνωρίσουν την αρχαία ελληνική

λογοτεχνία, τα έπη του Ομήρου και τα δράματα των τραγικών ποιητών, καθώς και τα κείμενα των μεγάλων ιστορικών και ρητόρων της Αρχαιότητας.

Ο Ισλαμικός πολιτισμός, παράλληλα, άρχισε να εξαπλώνεται στη διάρκεια του 7<sup>ου</sup> και του 8<sup>ου</sup> αιώνα και στο απόγειό του εκτεινόταν από τον Ινδό ποταμό έως τη Μέση Ανατολή και από εκεί, διαμέσου των βόρειων ακτών της Αφρικής, μέχρι την Ισπανία και τη νότια Γαλλία. Τα εντυπωσιακά δείγματα της ισλαμικής τέχνης και αρχιτεκτονικής, τα λογοτεχνικά και φιλοσοφικά έργα που έχουν διασωθεί, η μεγάλη ανάπτυξη στην αστρονομία, στα μαθηματικά και στην ιατρική αποτελούν αδιάψευστους μάρτυρες ενός πολιτισμού, που όπως και αρχαίος ελληνικός εξάλλου, χαρακτηρίστηκε από τη «χρυσή εποχή» του. Μεταφράζοντας στα αραβικά την πνευματική κληρονομιά της κλασικής αρχαιότητας, οι Άραβες μελετητές συνέβαλλαν στην «ανακάλυψη» εκ νέου των φυσικών επιστημών, της φιλοσοφίας και των μαθηματικών της Αρχαίας Ελλάδας από τη Δυτική Ευρώπη, χάρη στις λατινικές μεταγραφές των κειμένων που πραγματοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια του 12<sup>ου</sup> αιώνα. Ιδιαίτερα σημαντική θεωρείται η υποδοχή του ινδοαραβικού αριθμητικού συστήματος από το δυτικό κόσμο, η ανάπτυξη της άλγεβρας και της σφαιρικής τριγωνομετρίας, της αστρονομίας και της χημείας, καθώς και η θεμελίωση

Η Αγία Σοφία.

της επιστημονικής μεθόδου από τον Ibn al Haytham ή Al-hazen. Οι συνεχείς, όμως, εισβολές των Σελτζούκων Τούρκων και των Μογγόλων από τις στέπες της Ασίας, καθώς και οι Σταυροφορίες των Ευρωπαίων, θα αποδυναμώσουν την Ισλαμική αυτοκρατορία, η οποία θα καταρρεύσει εντέλει με την κατάληψη και λεηλασία της Βαγδάτης το 1258 από τους Μογγόλους.

Σε αντίθεση με τους πολιτισμούς του Ισλάμ και του Βυζαντίου, η πρώιμη μεσαιωνική περίοδος στη δυτική Ευρώπη χαρακτηρίζεται από μια γενικότερη πολιτική, οικονομική, πολιτιστική και αστική παρακμή, που θα μείνει γνωστή ως η Περίοδος των Σκοτεινών Χρόνων. Οι εισβολές των γερμανικών φυλών του βορρά, που είχαν ήδη ξεκινήσει προτού ακόμη καταρρεύσει η Δυτική Ρωμαϊκή Αυτοκρατορία, συνεχίζονται έως τα τέλη περίπου του 5<sup>ου</sup> αιώνα, όταν οι φυλές αυτές αρχίζουν και εγκαθίστανται στην Ευρώπη, εγκαθιδρύοντας σταδιακά τις δικές τους τοπικές ηγεμονίες και βασιλίες. Δεν θα επιβιώσουν, όμως, για πολύ, καθώς τα περισσότερα από αυτά θα κατακτηθούν από τον Καρλομάγνο, βασιλιά των Φράγκων. Ο Καρλομάγνος (724-814) θα επανενώσει ένα μεγάλο κομμάτι της Ευρώπης, θέτοντας τα θεμέλια της Καρολίγγειας Δυναστείας, η οποία μετά το θάνατό του και μέχρι τα τέλη περίπου του 9<sup>ου</sup> αιώνα θα παρακμάσει και εντέλει θα διασπαστεί. Την ίδια αυτή περίοδο αναπτύσσεται το σύστημα της φεουδαρχίας, που μέχρι τα τέλη του 11<sup>ου</sup> αιώνα θα καθιερωθεί σε ολόκληρη σχεδόν την Ευρώπη, ενώ το 1054 θα πραγματοποιηθεί το Μεγάλο Σχίσμα, ο οριστικός δηλαδή διαχωρισμός της Καθολικής από την Ορθόδοξη Εκκλησία.

Κατά τη διάρκεια του 11<sup>ου</sup> και του 12<sup>ου</sup> αιώνα και μέχρι τις αρχές του 13<sup>ου</sup> ο Ευρωπαϊκός πληθυσμός αυξάνεται σημαντικά, αναπτύσσονται η γεωργία, το εμπόριο και η οικονομία, θεμελιώνονται τα πρώτα ισχυρά κράτη, οι μοναρχίες της Γαλλίας, της Γερμανίας και της Αγγλίας και, με την παρότρυνση της Καθολικής Εκκλησίας, δρομολογούνται οι σταυροφορίες της Δύσης εναντίον της Ανατολής με πρό-

σχημα την απελευθέρωση των Αγίων Τόπων. Την περίοδο αυτή, και κυρίως κατά τη διάρκεια του 12<sup>ου</sup> αιώνα, παρατηρείται μια πρώτη σημαντική αύξηση του αλφαριθμητισμού και ιδρύονται τα πρώτα πανεπιστήμια, αρχής γενομένης από αυτό της Μπολόνιας. Παράλληλα, η συνεχώς αυξανόμενη επαφή με τον Βυζαντινό και τον Ισλαμικό πολιτισμό θα δώσει την ευκαιρία σε Ευρωπαίους λόγιους και μελετητές να ανακαλύψουν τα έργα των αρχαίων Ελλήνων και Αράβων φιλοσόφων, μαθηματικών και αστρονόμων, τα οποία μεταφράζονται στα λατινικά. Η εκ νέου ανακάλυψη της Αριστοτέλειας λογικής, ειδικότερα, θα επηρεάσει σημαντικά τη μεσαιωνική φιλοσοφία και θεολογία στην Ευρώπη. Θα αναπτυχθεί έτσι ο Σχολαστικισμός, ένα φιλοσοφικό ρεύμα που προσπαθούσε να «συμφιλιώσει» την Αριστοτέλεια λογική με τη μεσαιωνική θεολογία. Από την άλλη, σημαντικές εφευρέσεις, όπως η πυρίτιδα, το μετάξι, η πυξίδα και ο αστρολάβος μεταφέρονται από την Ανατολή στη Δύση και εισάγεται το ινδοαραβικό αριθμητικό σύστημα. Η μεσαιωνική τέχνη και αρχιτεκτονική θα εκφραστεί μέσω δύο νέων σχολών, της ρομανικής και της γοθικής, ενώ η επική ποίηση του πρώιμου μεσαίωνα θα αντικατασταθεί από τα τραγούδια των τροβαδούρων.

Από τον ύστερο Μεσαίωνα έως και τα μέσα περίπου του 14<sup>ου</sup> αιώνα οι κλιματικές αλλαγές, ο Μεγάλος Λιμός του 1315-17, οι συνεχείς πόλεμοι και οι μεταδοτικές ασθένειες, όπως η βουβωνική πανώλη, θα αφανίσουν ακόμη και το 40% του ευρωπαϊκού πληθυσμού. Την περίοδο αυτή σηματοδοτεί ο Εκατονταετής Πόλεμος, ο οποίος θα λήξει το 1453, καθώς και η εξάπλωση της Οθωμανικής αυτοκρατορίας. Ενώ όμως, η ύστερη περίοδος του Μεσαίωνα οδεύει προς το τέλος της, οι κρατούσες συνθήκες αντί να οδηγήσουν σε μια νέα «σκοτεινή εποχή», στη Φλωρεντία αρχικά και στην υπόλοιπη Ευρώπη αργότερα αρχίζει να φυσά ένας άνεμος αλλαγής.

Οι κρίσεις που βίωναν ο παπισμός και οι αυτοκρατορικοί θεσμοί, η παρακμή της αγροτικής και φεουδαρχικής κοινωνίας και η άνοδος της αστικής τάξης, ο περιορισμός



του κυρίαρχου ρόλου της θρησκείας και η αναβίωση της πνευματικής κληρονομιάς της αρχαιότητας πυροδότησαν μια ριζική αναθεώρηση του τρόπου με τον οποίο αντιμετωπιζόταν έως τότε η ζωή και ο άνθρωπος. Ξεκινώντας από τη Φλωρεντία της Ιταλίας στη διάρκεια του 14<sup>ου</sup> αιώνα, το πνευματικό και καλλιτεχνικό «κίνημα» της Αναγέννησης επηρέασε όλες τις εκφάνσεις της ανθρώπινης διανόησης, από τη λογοτεχνία, τη φιλοσοφία και την τέχνη μέχρι την πολιτική και τις επιστήμες. Σε αντίθεση με τον 12<sup>ο</sup> αιώνα, όπου μελετητές και διανοούμενοι έστρεψαν το ενδιαφέρον τους προς τις φυσικές επιστήμες, τα μαθηματικά και τη φιλοσοφία του αρχαίου ελληνικού, ρωμαϊκού και αραβικού πολιτισμού, το ενδιαφέρον τους τώρα στρέφεται κατά κύριο λόγο στα λογοτεχνικά, ιστορικά και ρητορικά έργα, όπως επίσης και στις τέχνες και στις ευρύτερες αξίες της κλασικής αρχαιότητας, που κατά το μεγαλύτερο μέρος είχαν χαθεί για αιώνες από τη Δύση. Στην αναζωπύρωση του ενδιαφέροντος για την πνευματική κληρονομιά της αρχαίας Ελλάδας συνέβαλλαν καιρία και οι Βυζαντινοί λόγιοι που, με την άλωση της Κωνσταντινούπολης διέφυγαν προς την Ιταλία και την υπόλοιπη Ευρώπη, φέρνοντας μαζί τους ελληνικά χειρόγραφα και τη γνώση της κλασικής ελληνικής λογοτεχνίας. Παράλληλα, οι διανοούμενοι της Αναγέννησης άρχισαν να χρησιμοποιούν σταδιακά τις επί μέρους καθομιλούμενες εθνικές διαλέκτους, γεγονός που, σε συνδυασμό με την εφεύρεση της κινητής τυπογραφίας από το Γουτεμβέργιο (1398-1468) στα μισά του 15<sup>ου</sup> αιώνα, θα δώσει τη δυνατότητα σε όλο και περισσότερους ανθρώπους να έχουν πρόσβαση σε βιβλία.

Κύριο χαρακτηριστικό της Ιταλικής Αναγέννησης είναι ο Ανθρωπισμός ή Ουμανισμός, ένα πνευματικό «κίνημα», με τη βοήθεια του οποίου θα εγκαταλειφθεί η θεοκρατική κοσμοθεώρηση του Μεσαίωνα, που υμνούσε το θείο και θεωρούσε το γήινο διεφθαρμένο και αμαρτωλό, προς όφελος μιας ανθρωποκεντρικής θεώρησης, όπου κυριαρχούν οι ανθρώπινες αξίες. Αυτό φαίνεται ιδιαίτερα στα



*Ο Θωμάς Ακινάτης, ένας από τους κυριότερους εκπροσώπους του Σcholαστικισμού.*



*Ο άνθρωπος του Βιτρούβιου, ένα από τα γνωστότερα σχέδια του Λεονάρντο Ντα Βίντσι.*



έργα της γλυπτικής και της ζωγραφικής, όπου για πρώτη φορά μετά την κλασική περίοδο «τιμάται» το ανθρώπινο σώμα. Στις Τέχνες, πλούσιες οικογένειες, όπως αυτή των Μεδίκων, αλλά και η Εκκλησία, προστάτευαν και ενίσχυαν οικονομικά μεγάλους καλλιτέχνες, όπως το Λεονάρντο ντα Βίντσι (1452-1519), το Μιχαήλ Άγγελο (1475-1564), το Ραφαήλ (1483-1520), τον Μποτιτσέλλι (1445-1510) και τον Τισιανό (1488-1576). Στην Αρχιτεκτονική ο Filippo Brunelleschi (1377-1446), έχοντας μελετήσει τα κείμενα του Ρωμαίου αρχιτέκτονα Βιτρούβιου αλλά και τα ερείπια των ρωμαϊκών οικοδομημάτων, επινόησε τη γραμμική προοπτική και κατασκεύασε το θόλο του καθεδρικού ναού της Φλωρεντίας. Η ανακατασκευή, όμως, της βασιλικής του Αγίου Πέτρου από τους

Μιχαήλ Άγγελο, Ραφαήλ, Μπραμάντε (1444-1514), Σανγκάλο (1484-1546) και Μοντέρνο (1556-1629) είναι το σπουδαιότερο ίσως αρχιτεκτονικό επίτευγμα της εποχής.

Η περίοδος της Αναγέννησης συμπίπτει χρονικά με την εποχή των μεγάλων εξερευνήσεων, την εποχή δηλαδή που οι σημαντικότερες ναυτικές δυνάμεις, η Πορτογαλία και η Ισπανία αρχικά, η Γαλλία και η Αγγλία αργότερα, ανακάλυψαν νέες ηπείρους, πραγματοποίησαν τον περίπλοκο της Γης και ίδρυσαν τις πρώτες αποικίες, θέτοντας τις βάσεις για την ανάπτυξη των πρώτων αποικιοκρατικών αυτοκρατοριών. Προς το τέλος αυτής της εποχής τέθηκαν οι βάσεις για την πρώτη μεγάλη Επιστημονική Επανάσταση που θα ακολουθούσε.

*Η Βασιλική του Αγίου Πέτρου*



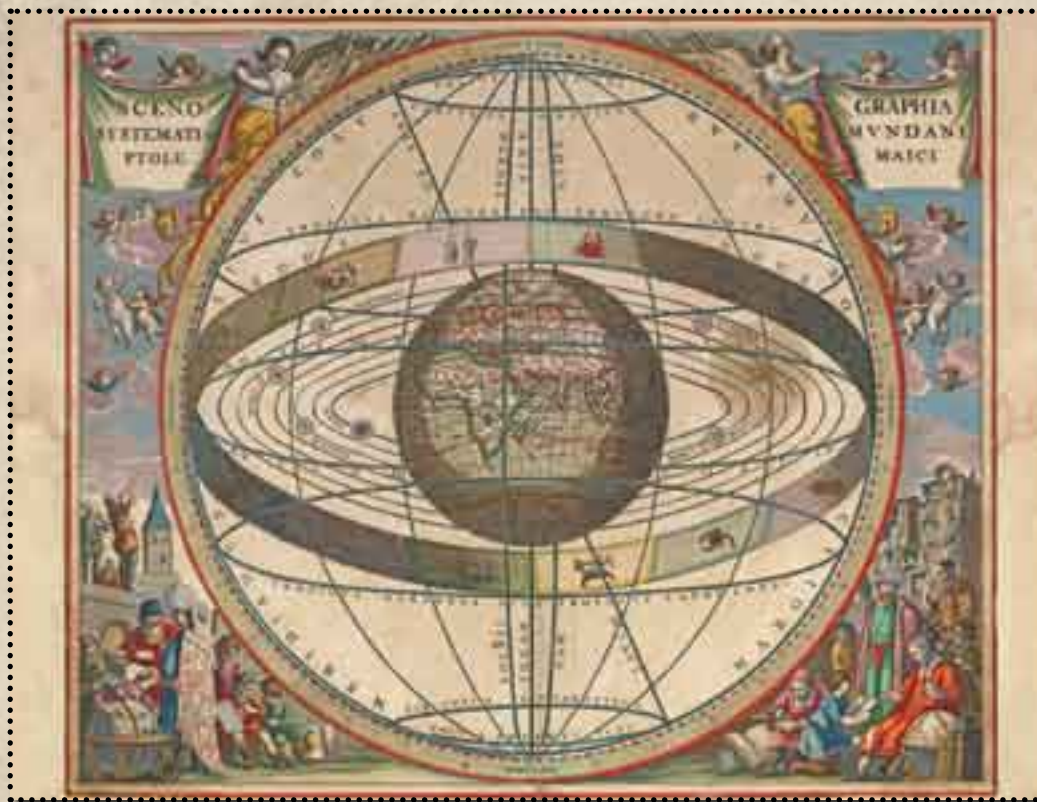
## 4. Η Επιστημονική Επανάσταση

---

Είναι αδύνατο σε ένα κεφάλαιο λίγων σελίδων να αναφερθούμε, έστω και αποσπασματικά, στις κοσμογονικές, πολιτικές, κοινωνικές, φιλοσοφικές, οικονομικές και επιστημονικές αλληλαγές που συντελέστηκαν από τα τέλη της Αναγέννησης έως τις μέρες μας. Μπορούμε, όμως, να πούμε ότι τα ιδανικά και οι αρχές του σύγχρονου Δυτικοευρωπαϊκού πολιτισμού διαμορφώθηκαν μέσα από ένα «νέο» φιλοσοφικό ρεύμα, που αναπτύχθηκε κατά τη διάρκεια του 18<sup>ου</sup> αιώνα, στην εποχή του Διαφωτισμού. Η μεγαλύτερη, ίσως, κατάκτηση του Διαφωτισμού ήταν η ανάπτυξη της «νέας φιλοσοφίας», η οποία αντιπαλεύοντας την παραδοσιακή και οπισθοδρομική κοσμοθεωρία της επίσημης θρησκείας και αμφισβητώντας με ριζοσπαστικό τρόπο τις εξουσίες των παλαιών καθεστώτων, τόσο των πολιτικών όσο και των θρησκευτικών, ανέδειξε την εκκοσμίκευση της γνώσης, την πίστη στον ορθό λόγο και στην ιδέα της προόδου, την ελευθερία και τα ατομικά και ανθρώπινα δικαιώματα, ως ύψιστα ιδανικά της «Νέας Εποχής». Το «μικρόβιο», όμως, αυτό της υγιούς αμφισβήτησης, που εξαπλώθηκε σε όλη την Ευρώπη κατά τον 18<sup>ο</sup> αιώνα, είχε ήδη εμφανιστεί περίπου έναν αιώνα νωρίτερα, στην εποχή της Επιστημονικής Επανάστασης. Στο κεφάλαιο αυτό, το τελευταίο της ενότητας «Πολιτισμός», θα περιγράψουμε εν συντομία τον τρόπο με τον οποίο συντελέστηκε το σπουδαίο αυτό επιστημονικό άλμα, το οποίο δεν μετέβαλε ριζικά μόνο τις κρατούσες ως τότε αντιλήψεις για τον κόσμο, τα φυσικά φαινόμενα και τις μεθόδους διεξαγωγής των επιστημονικών διερευνήσεων, αλλά αποτέλεσε και τη «μαγιά» για την εξέλιξη των φιλοσοφικών και επιστημονικών ιδεών που παρατηρήθηκε στη διάρκεια του Διαφωτισμού. Κατά το Μεσαίωνα η επιστημονική διερεύνηση των φυσικών φαινομένων, ο ορθολογισμός και η υγιής αμφισβήτηση

των παγιωμένων και αδιαμφισβήτητων κοσμοθεωρήσεων του παρελθόντος υποτάσσονται στην εκκλησιαστική αυθεντία. Με το τέλος, όμως, της Αναγέννησης και καθώς νέες ιδέες στη φυσική και στην αστρονομία αρχίζουν να θέτουν όλο και πιεστικότερα «ενοχλητικά» ερωτήματα, η όλο και εντονότερη αμφισβήτηση της Αριστοτελικής και Πτολεμαϊκής θεώρησης του φυσικού κόσμου και του εκκλησιαστικού «αλάθητου» δόγματος θα θέσουν τις βάσεις για την πρώτη Επιστημονική Επανάσταση, η οποία φτάνει μέχρι σήμερα. Η απαρχή της Επιστημονικής Επανάστασης μπορεί να προσδιοριστεί χρονικά με τη δημοσίευση το 1543 των πρώτων έργων που θα αμφισβητούσαν με ριζοσπαστικό τρόπο προηγούμενες αυθεντίες και παγιωμένες αντιλήψεις: το *De Humani Corporis Fabrica* (Περί της Δομής του Ανθρώπινου Σώματος) του Andreas Vesalius (1514-1564), με τη βοήθεια του οποίου θεμελιώθηκε ουσιαστικά η επιστήμη της ανατομίας, και το *Revolutionibus Orbium Coelestium* (Περί της Περιφοράς των Ουράνιων Σφαιρών) του Πολωνού ιερέα και μαθηματικού Νικόλαου Κοπέρνικου (1473-1543), στο οποίο και θα εστιάσουμε την προσοχή μας.

Στο βιβλίο αυτό, που δημοσιεύτηκε τη χρονιά του θανάτου του, ο Κοπέρνικος αναβιώνει το ξεχασμένο για αιώνες Ηλιοκεντρικό σύστημα του Αρίσταρχου, υποστηρίζοντας ότι ο Ήλιος και όχι η Γη βρίσκεται στο κέντρο του Κόσμου και ότι όλοι οι πλανήτες, συμπεριλαμβανομένης και της Γης, περιφέρονται σε κυκλικές τροχιές γύρω από τον Ήλιο. Ένας από τους λόγους που ώθησαν ενδεχομένως τον Κοπέρνικο να αμφισβητήσει το Πτολεμαϊκό σύστημα του κόσμου ήταν ο πολύπλοκος χαρακτήρας του, με τους πολυάριθμους επίκυκλους που απαιτούσε, προκειμένου να περιγράψει με κάποια ακρίβεια την παρατηρούμενη κίνηση των πλανητών. Το Ηλιοκεντρικό σύστημα του κόσμου, αντίθετα, περιέγραφε με την ίδια ή και μεγαλύτερη ακρίβεια τις θέσεις των πλανητών, ήταν όμως απλούστερο. Πρόκειται για



Το Πτολεμαϊκό σύστημα του κόσμου, όπως το σχεδίασε ο Andreas Cellarius (1596-1665).

μια κλασική περίπτωση εφαρμογής της «αρχής» που έχει μείνει γνωστή ως το *Ξυράφι του Όκκαμ*, η οποία αποδίδεται στον Άγγλο φιλόσοφο και φραγκισκανό μοναχό William of Ockham (1288-1348). Χωρίς να είναι θέσφατο, η αρχή αυτή πρεσβεύει ότι κανείς δεν πρέπει να προβαίνει σε περισσότερες εικασίες απ' όσες είναι απαραίτητες για την περιγραφή των φυσικών φαινομένων ή, για να το πούμε διαφορετικά, εάν δύο θεωρίες παρέχουν εξίσου ακριβείς προβλέψεις, επιλέγεται η απλούστερη. Το ίδιο εξάλλου υποστήριζε και ο Νεύτωνας όταν έλεγε ότι *δεν αποδεχόμαστε περισσότερες αιτίες για τα φυσικά πράγματα απ' όσες είναι ταυτόχρονα και αληθείς και επαρκείς για να εξηγήσουν την εμφάνισή τους*. Όπως και να' χει, το Ηλιοκεντρικό σύστημα του Κοπέρνικου με την πρώτη απομάκρυνση

του ανθρώπου από το κέντρο του κόσμου σηματοδότησε μια από τις μεγαλύτερες «αλληλαγές παραδείγματος» στην παγκόσμια ιστορία, ανοίγοντας το δρόμο για τη σύγχρονη αστρονομία και επηρεάζοντας καθοριστικά τη μετέπειτα εξέλιξη των ιδεών στις επιστήμες και στη φιλοσοφία.

Η Ηλιοκεντρική θεωρία του Κοπέρνικου δεν συνάντησε την άμεση και καθολική αποδοχή των στοχαστών που τον ακολούθησαν. Ο Δανός αστρονόμος Τύχωνας Μπραχέ (1546-1601), για παράδειγμα, απέρριπτε το Ηλιοκεντρικό σύστημα επειδή ερχόταν σε αντίθεση με τα γραπτά της Βίβλου. Υποστήριζε, αντίθετα, ότι οι 5 γνωστοί τότε πλανήτες περιφέρονταν γύρω από τον Ήλιο, ενώ ο Ήλιος και η Σελήνη περιφέρονταν γύρω από τη Γη, περιβαλλόμενοι από



το σταθερό, αιώνιο και αμετάβλητο ουράνιο στερέωμα. Το ότι με τις παρατηρήσεις του συνέβαλλε αποφασιστικά στην κατάρριψη του Γεωκεντρικού συστήματος, αποτελεί σίγουρα ειρωνεία. Στο βιβλίο του *De Nova Stella* (Περί του Νέου Άστρου), για παράδειγμα, στο οποίο περιέγραφε την ξαφνική εμφάνιση και διατήρηση για αρκετούς μήνες στο ουράνιο στερέωμα ενός «νέου» υπέρλαμπρου άστρου (γνωρίζουμε σήμερα ότι το άστρο αυτό ήταν μία σουπερνόβα), αποδείκνυε ότι το άστρο αυτό βρισκόταν πολύ μακρύτερα από τη Σελήνη και τους άλλους πλανήτες, και κατά συνέπεια ότι η ουράνια σφαίρα δεν ήταν αιώνια, αμετάβλητη και για πάντα τέλεια, όπως υπέθεταν ο Αριστοτέλης και ο Πτολεμαίος. Επιπλέον, σε αντίθεση με τον Κοπέρνικο, ο Μπραχέ ήταν δεινός παρατηρητής του έναστρου ουρανού και οι λεπτομερέστερες παρατηρήσεις του για τις θέσεις των πλανητών, αποτέλεσαν τη βάση πάνω στην οποία ο Γερμανός μαθηματικός και αστρονόμος Γιόχαν Κέπλερ (1571-1630) θα «έχτιζε» τους τρεις νόμους που περιγράφουν την κίνηση των πλανητών γύρω από τον Ήλιο. Βοήθησε, έτσι, σημαντικά, έστω και εάν δεν το ήθελε, ώστε να καθιερωθεί το σύστημα του κόσμου που απέρριπτε.

Ο Κέπλερ, βαθύτατα θρησκευόμενος ο ίδιος αλλά και ένθερμος υποστηρικτής της Ηλιοκεντρικής θεωρίας του Κοπέρνικου, εργάστηκε το 1600 και για έναν περίπου χρόνο ως βοηθός του Μπραχέ, ξεκινώντας μάλιστα, υπό την επίβλεψη του Δανού αστρονόμου, και μια πρώτη ανάλυση για τη τροχιά του Άρν. Με το θάνατο του Μπραχέ το 1601, ο Κέπλερ συνέχισε τους υπολογισμούς του, προσπαθώντας να ανακαλύψει τι είδους τροχιά θα ταίριαζε καλύτερα στα παρατηρησιακά δεδομένα του Μπραχέ, που είχαν περιέλθει στα χέρια του. Η χαρακτηριστική επιμονή του να απορρίπτει το οποιοδήποτε συμπέρασμα που δεν ταίριαζε απολύτως με τα δεδομένα αυτά, τον ώθησε εντέλει να εξετάσει και την πιθανότητα ότι η τροχιά του Άρν δεν είναι κυκλική αλλά ελλειπτική. Το αποτέλεσμα ήταν εντυπωσιακό



*Ο Γερμανός αστρονόμος Γιόχαν Κέπλερ.*



*Το βιβλίο Astronomia Nova.*





Ο Ιταλός αστρονόμος Γαλιλαίος.



Ο διάλογος Περί των Δύο Κυρίων Συστημάτων του Κόσμου.

αφού, κατορθώνοντας να τοποθετήσει τα δεδομένα για την κίνηση του Άρη σε μια έλλειψη, προσέδωσε μαθηματική αξιοπιστία στην Κοπερνίκεια θεώρηση. Τα πρώτα του αυτά συμπεράσματα κωδικοποιήθηκαν σε δύο νόμους, οι οποίοι περιγράφονται στο βιβλίο *Astronomia Nova* (Νέα Αστρονομία) που δημοσιεύτηκε το 1609. Περίπου 10 χρόνια αργότερα, με τη δημοσίευση του *Harmonices Mundi* (Αρμονίες του Κόσμου), διατυπώνει και τον τρίτο νόμο, σύμφωνα με τον οποίο το τετράγωνο της περιόδου περιφοράς κάθε πλανήτη είναι ανάλογο με τον κύβο του μήκους του μεγάλου ημιάξονα της έλλειψης που διαγράφει. Ένθετος οπαδός της βαθύτερης μαθηματικής αρμονίας του Σύμπαντος, μιας ιδιαιτέρως πυθαγόρειας αντίληψης, ο Κέπλερ δεν μπορεί παρά να ένιωθε ενθουσιασμένος με τη μαθηματική σχέση στην οποία κατέληξε. Η αλήθεια, όμως, είναι ότι οι νόμοι του Κέπλερ ενώ περιγράφουν τον τρόπο με τον οποίο κινούνται οι πλανήτες γύρω από τον Ήλιο, δηλαδή το πώς, δεν ερμηνεύουν ταυτόχρονα και το αίτιο της κίνησής τους αυτής, δηλαδή το γιατί. Αυτό θα επιτευχθεί κάπου 70 χρόνια αργότερα από τον Ισαάκ Νεύτωνα, έναν από τους κορυφαίους επιστήμονες όλων των εποχών.

Προτού, όμως πάμε στο Νεύτωνα, θα μεταφερθούμε στην Πίζα των αρχών του 17<sup>ου</sup> αιώνα, εκεί που ο Ιταλός αστρονόμος Γαλιλαίος Γαλιλέι (1564-1642) θα θέσει τις βάσεις για μία επιστημονική επανάσταση που εντέλει θα άλλαζε ριζικά τα όσα γνωρίζαμε για το Σύμπαν και τους νόμους που διέπουν τη λειτουργία του. Πραγματοποιώντας τις πρώτες συστηματικές παρατηρήσεις με τηλεσκόπιο, ο Γαλιλαίος θα ανακαλύψει μεταξύ άλλων και τους 4 μεγαλύτερους δορυφόρους του Δία, δηλαδή τα πρώτα ουράνια σώματα που αποδεδειγμένα πλέον δεν περιφέρονταν γύρω από τη Γη, δίνοντας έτσι ένα συντριπτικό πλήγμα στο Γεωκεντρικό σύστημα του κόσμου. Παρόλο που, σε αντίθεση με την κοινή αντίληψη, δεν πρέπει να έριχνε αντικείμενα από τον κεκλιμένο πύργο της Πίζας, με τα αντίστοιχα πειράματα

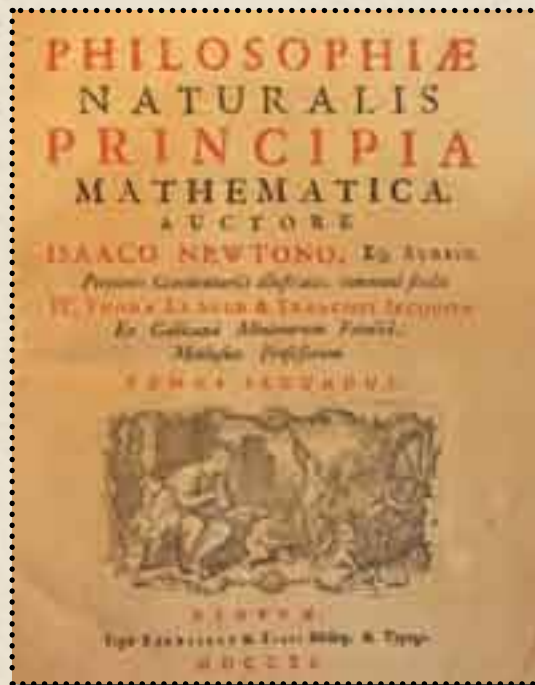


που πραγματοποίησε στο εργαστήριό του κατέρριψε και την άλληλ δισχιλιετή Αριστοτελική θεώρηση, ότι δηλαδή τα βαρύτερα αντικείμενα πέφτουν ταχύτερα από τα ελαφρύτερα. Διατυπώνοντας, μεταξύ άλλων το Αξίωμα της Αδράνειας, το οποίο συμπεριλαμβάνεται στους τρεις νόμους του Νεύτωνα, και την Αρχή της Σχετικότητας, σύμφωνα με την οποία οι νόμοι της φυσικής είναι οι ίδιοι για κάθε σύστημα που κινείται με σταθερή ταχύτητα σε ευθεία γραμμή, η συνεισφορά του Γαλιλαίου στην εξέλιξη τόσο των θεωριών της Μηχανικής από το Νεύτωνα όσο και της Ειδικής Θεωρίας της Σχετικότητας από τον Αϊνστάιν υπήρξε ανεκτίμητη. Ανεξάρτητα, όμως από τις ανακαλύψεις του αυτές, η παρατήρηση και το πείραμα ανάγονται από το Γαλιλαίο σε καθοριστικούς παράγοντες της επιστημονικής διερεύνησης των φυσικών φαινομένων. Με τη στάση του αυτή, σε συνδυασμό με την πεποίθησή του ότι οι φυσικοί νόμοι, το βιβλίο της Φύσης, όπως έλεγε, «γράφεται» με τη γλώσσα των μαθηματικών, ο Γαλιλαίος συνέβαλλε όσο κανένας άλλος στη γέννηση της σύγχρονης επιστήμης. Δεν είναι λοιπόν παράξενο που κορυφαίοι επιστήμονες, όπως ο Αϊνστάιν, τον έχουν χαρακτηρίσει ως τον «πατέρα της σύγχρονης επιστήμης».

Καθ' όλη τη διάρκεια αυτής της περιόδου η αντίδραση της Καθολικής Εκκλησίας στις νέες ιδέες που αρχίζουν να αναδύονται παραμένει οργανωμένη, αδυσώπητη και συχνά βίαιη. Όταν, για παράδειγμα, ο καθολικός ιερέας και στοχαστής Giordano Bruno υποστήριζε στα 1584 ότι υπάρχουν αμέτρητοι ήλιοι και πλανήτες που στροβιλιζονται γύρω τους, κάτι που πρώτος είχε υποστηρίξει ο αρχαίος Έλληνας φιλόσοφος Επίκουρος, αυτή η αιρετική, για την εποχή της, άποψη ήταν ένας από τους λόγους που τον οδήγησε 16 χρόνια αργότερα στην πυρά. Η Καθολική Εκκλησία προσπαθούσε ακόμα και τότε να επιβάλλει «με νύχια και με δόντια» τη Βιβλική ερμηνεία του κόσμου, όπως αποδεικνύεται εξάλλου και από το γεγονός ότι το 1616 απαγόρευσε στο Γαλιλαίο να υποστηρίζει δημόσια και να



*Ο Ισαάκ Νεύτωνας, ένας από τους κορυφαίους επιστήμονες όλων των εποχών.*



*Ο δεύτερος τόμος των Μαθηματικών Αρχών της Φυσικής Φιλοσοφίας, σε έκδοση του 1790.*

διδάξει το Ηλιοκεντρικό σύστημα. Όταν όμως δημοσιεύτηκε το 1632 στη Φλωρεντία το έργο του *Διάλογος Περί των Δύο Κύριων Συστημάτων του Κόσμου*, η αντιπαράθεση του Γαλιλαίου με το εκκλησιαστικό κατεστημένο κορυφώθηκε. Η δημοσίευση του Διαλόγου του προκάλεσε τεράστια αναστάτωση, καθώς ήταν γραμμένος στα ιταλικά και όχι στα λατινικά, και ως εκ τούτου θα μπορούσε να διαβαστεί όχι μόνο από τους λόγιους και τους μελετητές, αλλά και από το λαό. Κυρίως όμως επειδή σε αυτόν ο Γαλιλαίος υπερασπιζόταν με σαρκασμό, σε βάρος της Εκκλησίας και του Πάπα, τις απαγορευμένες αρχές του Κοπέρνικου και υποστήριζε ευθαρσώς ότι το Ηλιοκεντρικό σύστημα δεν ήταν υπόθεση αλλά η αλήθεια. Γι' αυτό και τον Οκτώβριο του ίδιου έτους διατάχθηκε να παρουσιαστεί ενώπιον της Αγίας Έδρας στη Ρώμη. Στη δίκη που ακολούθησε, αντιμετώπισε την κατηγορία του υπόπτου ως αιρετικού και καταδικάστηκε σε φυλάκιση, ποινή που αργότερα μετατράπηκε σε κατ' οίκον περιορισμό, ενώ η δημοσίευση όλων των έργων του απαγορεύτηκε. Σύμφωνα με το θρύλο, όταν ο Γαλιλαίος αναγκάστηκε ενώπιον της Ιεράς Εξέτασης να αποκηρύξει τη θεωρία ότι η Γη κινείται γύρω από τον Ήλιο, ψιθύρισε στον εαυτό του «και όμως κινείται», φράση που δεν είναι ιστορικά βέβαιο ότι την είπε, αλλά που συμβολίζει έκτοτε τη δύναμη του κριτικού πνεύματος και του ορθολογισμού ενάντια στο σκοταδισμό και την εκκλησιαστική αυθεντία.

Το ποτάμι, όμως, δεν γύριζε πια πίσω. Η διατύπωση της ηλιοκεντρικής θεωρίας του κόσμου από τον Κοπέρνικο, οι λεπτομερείς παρατηρήσεις του Τύχωνα Μπραχέ, η διατύπωση από τον Κέπλερ των τριών νόμων που διέπουν την κίνηση των πλανητών γύρω από τον Ήλιο, οι παρατηρήσεις με τηλεσκόπιο, τα πειράματα και οι μελέτες που πραγματοποίησε ο Γαλιλαίος είχαν πλέον κλονίσει ουθέμελα την Αρι-

στοτέλεια φυσική φιλοσοφία και το Πτολεμαϊκό σύστημα του κόσμου. Και τότε, ο Άγγλος φυσικός και μαθηματικός Ισαάκ Νεύτωνας (1643-1727), στηριζόμενος στους ώμους των γιγάντων που προηγήθηκαν και αναπτύσσοντας τα νέα μαθηματικά εργαλεία που του ήταν απαραίτητα για τη μαθηματική διατύπωση των θεωριών του (κάτι που ανεξάρτητα από αυτόν πραγματοποίησε και ο μαθηματικός και φιλόσοφος Λάιμπνιτς), διατύπωσε την πρώτη σύγχρονη φυσική θεωρία. Στις *Μαθηματικές Αρχές της Φυσικής Φιλοσοφίας*, ένα από τα κορυφαία επιστημονικά συγγράμματα όλων των εποχών, που εκδόθηκε το 1687, ο Νεύτωνας περιέγραφε τη βαρύτητα και τους τρεις νόμους που διέπουν την κίνηση των σωμάτων, κατορθώνοντας παράλληλα μέσα από αυτή τη θεώρηση να καταλήξει στους νόμους του Κέπλερ, οι οποίοι περιέγραφαν την κίνηση των πλανητών. Έτσι, ο Νεύτωνας ήταν ο πρώτος επιστήμονας που απέδειξε ότι η κίνηση των σωμάτων στη Γη και των ουράνιων σωμάτων στο Σύμπαν περιγράφονται από τους ίδιους φυσικούς νόμους. Πολλά έχουν γραφτεί για το δύσκολο και δύστροπο χαρακτήρα του, για το φθόνο, τη μνησικακία και τη βίαιη αντιπαράθεσή του με άλλους συναδέλφους του, όπως ο Hook και ο Leibniz, και είναι όλα αλήθεια. Όμως, την επιστημονική προσπάθεια για την αποκρυπτογράφηση των μυστικών του Σύμπαντος την αντιμετώπιζε με μεγάλο σεβασμό και ταπεινότητα γιατί, όπως έλεγε και ο ίδιος:

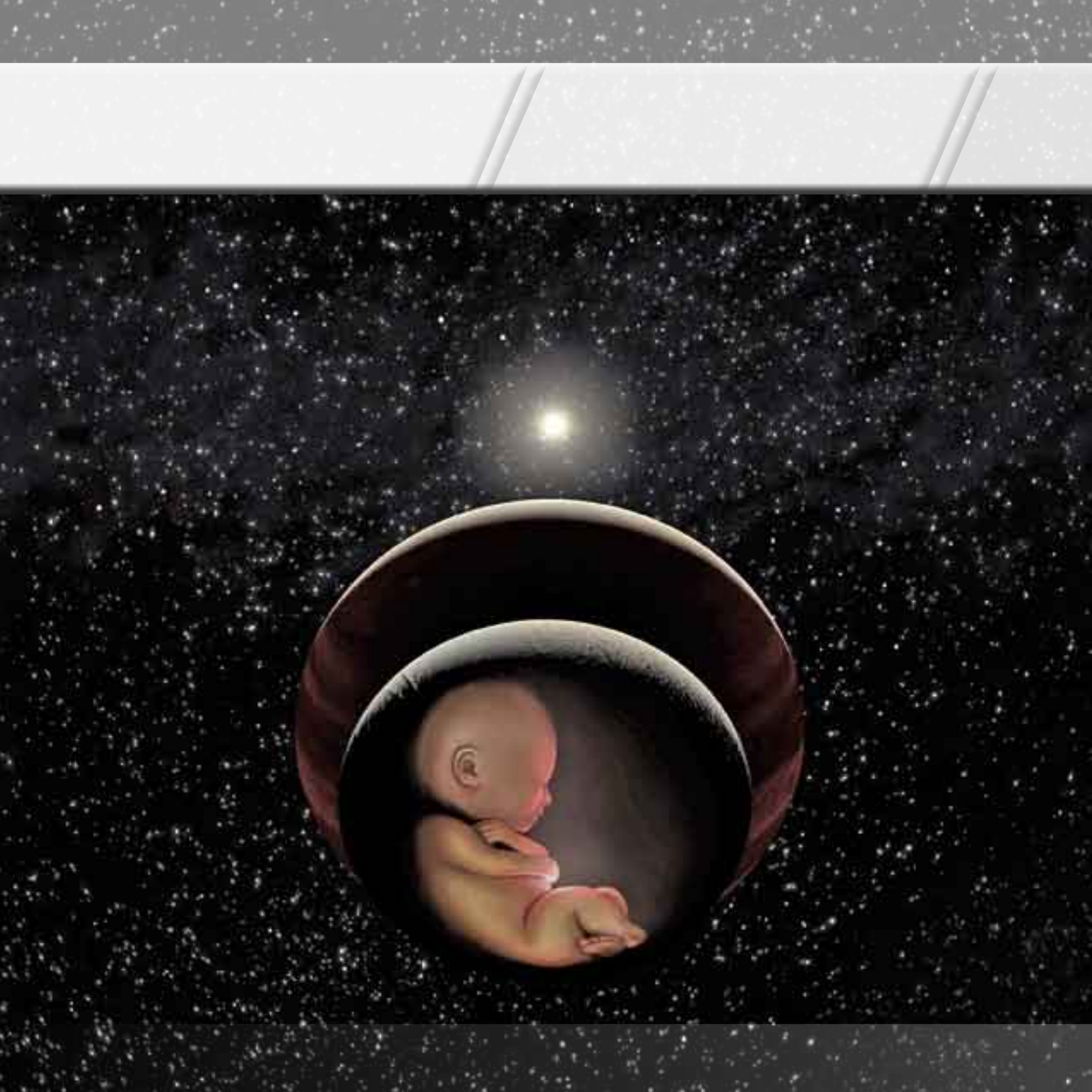
*Δεν ξέρω πώς μπορεί να με βλέπει ο κόσμος, αλλά στα δικά μου μάτια φαίνομαι απλώς σαν ένα αγόρι που παίζει στην ακροθαλασσιά: πού και πού διασκεδάζω ανακαλύπτοντας ένα πιο λείο βότσαλο ή ένα κοχύλι πιο όμορφο από τα συνηθισμένα, ενώ ο μεγάλος ωκεανός της αλήθειας απλώνεται ανεξερεύνητος εμπρός μου.*



## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

.....

- \* Βαμβακάς, Κωνσταντίνος Ι., Οι θεμελιωτές της δυτικής σκέψης: ένας διαχρονικός παραλληλισμός μεταξύ προσωκρατικού στοχασμού, φιλοσοφίας και φυσικής επιστήμης, Ηράκλειο: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, 2001.
- \* Baynes, Norman H., Moss, L. B., Βυζάντιο: εισαγωγή στο Βυζαντινό πολιτισμό, Αθήνα: Παπαδήμας, 1988.
- \* Beckett, Wendy, Wright, Patricia, Ο κόσμος της ζωγραφικής, Αθήνα: Πατάκης, 1996.
- \* Besnier, Jean-Michel, Ιστορία της νεωτερικής και σύγχρονης φιλοσοφίας: φυσιογνωμίες και έργα, Αθήνα: Καστανιώτης, 2001.
- \* Brummett, Palmira Johnson, Civilization: past & present, New York: Longman, c2000.
- \* Γλύκατζη-Ahrweiler, Ελένη, Aymard, Οι Ευρωπαίοι, Maurice Αθήνα : Σαββάλας, 2003.
- \* Cameron, Averil, Η ύστερη ρωμαϊκή αυτοκρατορία: (248 μ.Χ. - 430 μ.Χ.), Καρδαμίτσα, 2000.
- \* Cesarsky, Catherine, Η περιπέτεια του σύμπαντος από τον Γαλιλαίο ως σήμερα, Αθήνα: Δημοσιογραφικός Οργανισμός Λαμπράκη / Ελευθεροτυπία, 2009.
- \* Cole, Alison, Αναγέννηση, Αθήνα: Δελθθανάσης - Ερευνητές, c1994.
- \* Crombie, Alistair Cameron, Από τον Αυγουστίνο στον Γαλιλαίο, Αθήνα: ΜΙΕΤ, 1989, 1994.
- \* Drake, Stillman, Γαλιλαίος, Ηράκλειο: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης
- \* Faure, Elie, Ιστορία της τέχνης: η τέχνη της αναγέννησης, Αθήνα: Εξάντας, 1993.
- \* Gombrich, Ernst H., Το χρονικό της τέχνης, Αθήνα: ΜΙΕΤ, 2005.
- \* Guillou, Andre, Ο βυζαντινός πολιτισμός, Αθήνα: Ελληνικά Γράμματα, 1996.
- \* Gympel, Jan, Ιστορία της αρχιτεκτονικής: από την αρχαιότητα έως σήμερα, Αθήνα: Ελευθερουδάκης, c2006.
- \* Hall, Marie Boas, The scientific renaissance 1450-1630, New York: Dover, c 1994.
- \* Hankins, T., Επιστήμη και διαφωτισμός, Ηράκλειο: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, 1998.
- \* Hawking, S. W., Στους ώμους γιγάντων, Αθήνα: Τραυλός, 2006. Lloyd, G. E. R., Αρχαία ελληνική επιστήμη: από τον Θαλή ως τον Αριστοτέλη, Ηράκλειο: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, 2005.
- \* Kaku, Michio, Οράματα του μέλλοντος: η επιστημονική επανάσταση στον 21ο αιώνα, Αθήνα: Anubis, 2000.
- \* Kragh, Helge, Οι γενιές των κβάντων: η ιστορία της φυσικής του 20ου αιώνα, Αθήνα: Κάτοπτρο, 2004.
- \* Krausse, Anna C., Ιστορία της ζωγραφικής: από την Αναγέννηση έως σήμερα, Αθήνα: Ελευθερουδάκης, c2006.
- \* Lucie - Smith, Edward, Παγκόσμια ιστορία τέχνης & πολιτισμού, Αθήνα: Αθηναίος, 1992.
- \* Magalhaes, Roberto Carvalho, Το μικρό βιβλίο των μεγάλων ζωγράφων: από τους προϊστορικούς χρόνους στο μετα – ιμπρεσιονισμό, Αθήνα: Ψυχογιός, 2006.
- \* Μπακαλάκης, Γεώργιος, Από τον Φειδία ως τον Πραξιτέλη, Θεσσαλονίκη: Κυριακίδη Αφοί, 1990.
- \* Murray, Peter, Murray, Linda, Η τέχνη της αναγέννησης, Αθήνα: Υποδομή, 1995.
- \* Orpie, Mary-Jane, Γλυπτική, Αθήνα: Δελθθανάσης - Ερευνητές, c 1995.
- \* Russ, Jacqueline, Η περιπέτεια της ευρωπαϊκής σκέψης: μια ιστορία των ιδεών της δύσης, Αθήνα: Τυπωθήτω - Δαρδανός, 2005.
- \* Τιβέριος, Μιχάλης Α. Εισαγωγή στην αρχαία ελληνική τέχνη, Αθήνα: Ίδρυμα Γουλιανδρή - Χορν, 1995.
- \* Ubaldo, Nicola, Εικονογραφημένος άτλας της φιλοσοφίας, Αθήνα: Ενάλιος, c 2008.
- \* Westfall, Richard S., Η ζωή του Ισαάκ Νεύτωνα, Ηράκλειο: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, 1999.
- \* Zeller, Eduard, Nestle, Wilhelm, Ιστορία της ελληνικής φιλοσοφίας, Αθήνα: Εστία, 1994.





## Η ΕΞΕΛΙΞΗ ΣΥΝΕΧΙΖΕΤΑΙ

Η ανάπτυξη των επιστημών και της τεχνολογίας από την εποχή του Διαφωτισμού και μετά επιταχύνεται. Η όλη και μεγαλύτερη κατανόηση των ηλεκτρικών και μαγνητικών φαινομένων κορυφώνεται στη διάρκεια του 19<sup>ου</sup> αιώνα με τη διατύπωση από τον Σκοτσέζο James Clerk Maxwell (1831-1879) της κλασικής θεωρίας του ηλεκτρομαγνητισμού, της πρώτης ενοποιημένης φυσικής θεωρίας, και την ανακάλυψη της ηλεκτρομαγνητικής φύσης του φωτός. Παράλληλα, με την ανάπτυξη νέων μαθηματικών εργαλείων και τις μελέτες μεταξύ άλλων του Nicolas Carnot (1796-1832), του Benoit Claireyron (1799-1864), του Rudolf Clausius (1822-1888) και του William Thomson, Λόρδου Kelvin (1824-1907) θεμελιώνονται επίσης η κλασική θερμοδυναμική και η στατιστική φυσική, ενώ προς τα τέλη του 19<sup>ου</sup> αιώνα οι Albert Mickelson (1852-1931) και Edward Williams Morley (1838-1923) καταρρίπτουν με το περίφημο πείραμά τους τη θεώρηση για την ύπαρξη μιας μυστηριώδους ουσίας, του αιθέρα, ως απαραίτητης για τη διάδοση του φωτός στο κενό. Λίγο αργότερα ανακαλύπτονται τα ραδιοκύματα, οι ακτίνες Χ, η ραδιενέργεια και το ηλεκτρόνιο.

Με την αυγή, όμως του 20<sup>ου</sup> αιώνα η εξέλιξη των ιδεών στις φυσικές επιστήμες είναι καταγιγιστική. Στα 1900 ο Γερμανός φυσικός Max Planck (1858-1947) υποστηρίζει ότι η ηλεκτρομαγνητική ενέργεια λαμβάνει μόνο συγκεκριμένες διακριτές τιμές, είναι δηλαδή κβαντισμένη. Τη σκυτάλη θα πάρει στη συνέχεια ο Αϊνστάιν, ο οποίος βασισμένος στην ιδέα του Πλανκ για τα κβάντα, θα εξηγήσει το φωτοηλε-

κτρικό φαινόμενο, προτείνοντας παράλληλα ότι και το φως θα μπορούσε να θεωρηθεί ότι αποτελείται από παρόμοια διακριτά ποσά ή κβάντα ενέργειας, που ονομάστηκαν φωτόνια. Για την ερμηνεία του αυτή ο Αϊνστάιν κέρδισε το Νόμπελ Φυσικής το 1921. Πολύ περισσότερο όμως, άνοιξε διήρητα το δρόμο για την ανάπτυξη της κβαντικής φυσικής, με τη συνεισφορά μεταξύ άλλων του Niels Bohr (1885-1962), του Louis de Broglie (1892-1987), του Werner Heisenberg (1901-1976), του Max Born (1882-1970) και του Erwin Schrödinger (1887-1961). Η κβαντική φυσική, ο ένας από τους δύο θεμέλιους λίθους της σύγχρονης επιστήμης, έδωσε με τη σειρά του το έναυσμα για την ανάπτυξη των κβαντικών θεωριών πεδίου, μέσα από τις οποίες διαμορφώθηκε σιγά-σιγά το Καθιερωμένο Πρότυπο, που περιγράφει με μεγάλη ακρίβεια το μικρόκοσμο των στοιχειωδών σωματιδίων.

Ο δεύτερος από τους δύο θεμέλιους λίθους της σύγχρονης φυσικής ήταν εν πολλοίς το έργο ενός και μόνο ανθρώπου: του Αϊνστάιν. Αρχικά, με τη διατύπωση της Ειδικής θεωρίας της Σχετικότητας το 1905 ο Αϊνστάιν θα αλλιάξει ριζικά την αντίληψή μας για το χώρο, το χρόνο, τη μάζα και την ενέργεια, ενώ 10 χρόνια αργότερα θα κάνει το ίδιο και για τη βαρύτητα. Η Γενική θεωρία της Σχετικότητας ερμηνεύει τη βαρύτητα ως τη στρέβλωση που προκαλεί η παρουσία της ύλης στο χωροχρονικό ιστό και περιγράφει με εξίσου μεγάλη επιτυχία όλα εκείνα τα μακροσκοπικά φαινόμενα που σχετίζονται με τη βαρύτητα, από την πτώση ενός μήλου, τη μετάπτωση του περιηλίτου του Ερμή και την καμπύλωση του φωτός ως τη μεγάλη κλίμακα εξέλιξη του





*Πέμπτο Συνέδριο Solvay, Οκτώβριος 1927, Βρυξέλλες. Ποτέ άλλοτε δεν συγκεντρώθηκαν τόσο πολλοί και κορυφαίοι επιστήμονες σε ένα μόνο συνέδριο. Στην εικόνα διακρίνονται μεταξύ άλλων οι Planck, H.A. Lorentz, Einstein, Schrödinger, Pauli, Dirac, Compton, de Broglie, Born και Bohr.*

σύμπαντος. Όμως, αν και πολλές από τις συγκλονιστικές προβλέψεις που έχουν διατυπωθεί στο θεωρητικό πλαίσιο, τόσο της κβαντικής φυσικής όσο και της Γενικής θεωρίας της Σχετικότητας έχουν ήδη επιβεβαιωθεί με την παρατήρηση και το πείραμα, γνωρίζουμε ότι κάτι λείπει. Και αυτό που λείπει δεν είναι άλλο από το «πάντρεμα» των δύο θεωριών σε μια ευρύτερη θεωρία κβαντικής βαρύτητας, που αποκαλείται συχνά το **«Άγιο Δισκοπότηρο της σύγχρονης φυσικής»**.

Παρόλο που σύμφωνα με το κοσμοείδωλο των αρχών του 20<sup>ου</sup> αιώνα, αλλά και του ίδιου του Αϊνστάιν, το σύμπαν θεωρούνταν στατικό, αρχικά ο Ρώσος μαθηματικός Alexander

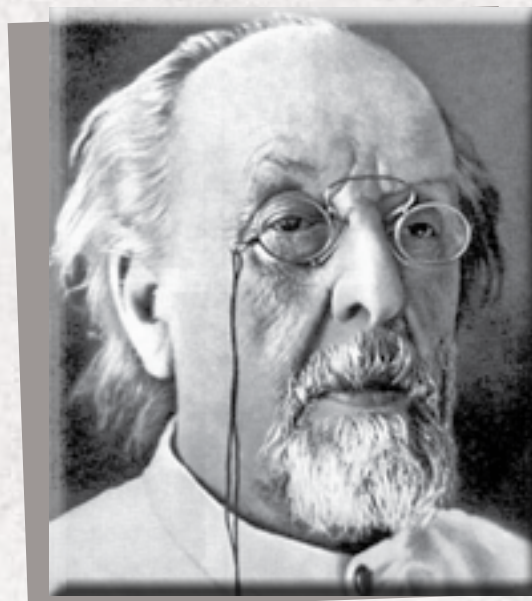
Friedman (1888-1925) και αργότερα ο Βέλγος αστρονόμος και ιερέας Georges Lemaître (1894-1966), διαπιστώνουν λίγα χρόνια αργότερα ότι η επίλυση των εξισώσεων της Σχετικότητας αναδεικνύει δυναμικές και όχι στατικές λύσεις, με άλλα λόγια επιτρέπει την ύπαρξη είτε διασπείρομενων είτε συσπείρομενων συμπάντων. Οι πρώτες όμως ισχυρές παρατηρησιακές ενδείξεις ότι «υπάρχουν πολλά περισσότερα εκεί έξω απ' όσα ονειρεύονταν» ως τότε οι επιστήμονες παρουσιάζονται στη διάρκεια της δεκαετίας του 1920, αρχικά από τις μελέτες του αστρονόμου Vesto Slipher (1875-1969), για να κορυφωθούν το 1929 με τις πρωτοποριακές μελέτες του Αμερικανού αστρονόμου Edwin Hubble. Μ' αυτές, ο άνθρωπος θα απομακρυν-



θεί ακόμη περισσότερο από το κέντρο του κόσμου, απ' όσο είχε απομακρυνθεί με τις μελέτες του Κοπέρνικου, του Κέπλερ και του Γαλιλαίου. Το σύμπαν, έτσι, έγινε «μονομιάς» ασύλληπτα μεγαλύτερο απ' όσο νομίζαμε ότι είναι μέχρι τότε. Παράλληλα, με τις θεωρητικές μελέτες για την αποκρυπτογράφηση των νόμων που διέπουν τη λειτουργία του, άρχισε να αναπτύσσεται έντονα και το ενδιαφέρον για την εξερεύνησή του.

Κατά γενική ομολογία, τις θεωρητικές βάσεις για την εξερεύνηση του Διαστήματος τις έθεσε ο Ρώσος επιστήμονας Konstantin Tsiolkovsky (1857-1935), ο οποίος ήδη από το 1898 είχε προτείνει τη χρήση υγρών καυσίμων για την προώθηση των πυραύλων, ενώ οι μαθηματικές του θεωρίες για την κίνηση των πυραύλων εν γένει και για την προώθηση σωμάτων στο κενό, τον οδήγησαν στη διατύπωση του θεμελιώδους νόμου που περιγράφει την τελική ταχύτητα ενός πυραύλου με βάση το απόθεμα των καυσίμων του και την ταχύτητα εκτόνωσης των προϊόντων της καύσης. Εάν ο Tsiolkovsky αποτέλεσε το θεωρητικό πρόδρομο των σύγχρονων πυραύλων, ο Αμερικανός Robert Goddard (1881-1945) δεν περιορίστηκε μόνο στη θεωρητική τους μελέτη, αλλά προχώρησε και στην πειραματική δοκιμή των πυραύλων που κατασκεύαζε, βελτιώνοντας συνεχώς την αποδοτικότητά τους. Οι άλλοι δύο της παρέας των μεγάλων προδρόμων της Διαστημικής ήταν ο Γερμανός Hermann Oberth (1894-1989) και ο Γάλλος Robert Esnault-Pelterie (1881-1957).

Τη χρονιά του θανάτου του Esnault-Pelterie, μάλιστα, ξεκίνησε ουσιαστικά και η αμερικανοσοβιετική διεلكυστίνδα για την κατάκτηση του Διαστήματος, με την επιτυχή εκτόξευση του σοβιετικού Sputnik 1 στις 4 Οκτωβρίου 1957, του πρώτου τεχνητού δορυφόρου που τέθηκε σε τροχιά γύρω από τη Γη. Στα επόμενα 4 χρόνια, που ακολούθησαν την εκτόξευση του Sputnik 1, η Σοβιετική Ένωση σημείωσε αρκετές ακόμα διαστημικές πρωτιές, με αναμφισβήτητο



*Ο Konstantin Tsiolkovsky.*



*Ο Robert Goddard.*





*Yuri Gagarin  
Ο πρώτος άνθρωπος στο Διάστημα.*



*Neil Armstrong  
Τα πρώτα βήματα του ανθρώπου στο Διάστημα.*

αποκορύφωμα τη θρυλική πτήση του Vostok 1, που μετέφερε τον πρώτο άνθρωπο στο Διάστημα, στις 12 Απριλίου 1961. Η μεγάλη εκείνη επιτυχία των Σοβιετικών ανάγκασε τον Αμερικανό πρόεδρο Kennedy να ανακοινώσει στον αμερικανικό λαό, λίγες εβδομάδες αργότερα, το στόχο του να σταλεί ο πρώτος άνθρωπος στη Σελήνη μέχρι το πέρας της δεκαετίας του 1960. Ο αγώνας για την κατάκτηση της Σελήνης είχε και επισήμως πλέον αρχίσει. Περίπου 8 χρόνια αργότερα, στις 20 Ιουλίου 1969, ο Αμερικανός αστροναύτης Neil Armstrong (1930-) και μέλος του πληρώματος της διαστημικής αποστολής Apollo 11, έκανε το πρώτο του βήμα στην επιφάνεια της Σελήνης διατυπώνοντας τη φράση που θα μείνει για πάντα χαραγμένη στην ιστορία: «Ένα μικρό βήμα για τον άνθρωπο, ένα γιγάντιο άλμα για την ανθρωπότητα». Με την ολοκλήρωση, όμως, και της αποστολής Apollo 17 το ενδιαφέρον για τη Σελήνη ατονεί και οι δύο μεγάλες διαστημικές δυνάμεις της εποχής αρχίζουν να στρέφουν το ενδιαφέρον τους προς την εξερεύνηση των άλλων πλανητών του Ηλιακού συστήματος. Η αρχή, μάλιστα, του τέλους του διαστημικού ανταγωνισμού των δύο υπερδυνάμεων σηματοδοτήθηκε με την κοινή αμερικανοσοβιετική αποστολή Apollo-Soyuz (Ιούλιος 1975), ενώ η συνεργασία Ρωσίας και Αμερικής κορυφώθηκε στις μέρες μας με την κοινή τους προσπάθεια για την κατασκευή του Διεθνούς Διαστημικού Σταθμού.

Αξίζει εδώ να αναφερθεί ότι για 400 περίπου χρόνια, από τότε δηλαδή που ο Γαλιλαίος έστρεψε



για πρώτη φορά το τηλεσκόπιό του στον έναστρο ουρανό, η παρατηρησιακή αστρονομία βασιζόταν αποκλειστικά στα οπτικά τηλεσκόπια, στα τηλεσκόπια δηλαδή που κατέγραφαν το ορατό φάσμα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Με την πρώτη όμως ανίχνευση μιας αστρονομικής πηγής ραδιοκυμάτων στις αρχές της δεκαετίας του '30 μέχρι την κατασκευή των σύγχρονων γιγάντιων ραδιοτηλεσκοπίων και ραδιοσυμβολομέτρων, ο νέος κλάδος της ραδιοαστρονομίας έδωσε για πρώτη φορά την ευκαιρία να δούμε το Σύμπαν και σε μήκη κύματος διαφορετικά από το ορατό φως. Το επόμενο ορόσημο στην εξέλιξη των τηλεσκοπίων πραγματοποιήθηκε στη διάρκεια της δεκαετίας του '70, όταν άρχισαν να τίθενται σε τροχιά διαστημικά τηλεσκόπια και αστεροσκοπεία που, παρακάμπτοντας τη γήινη ατμόσφαιρα, μπορούσαν να παρατηρήσουν και τις υψηλότερες ενέργειες ακτινοβολίες, όπως τις υπεριώδεις, τις ακτίνες Χ και τις ακτίνες γ. Τα τελευταία χρόνια, μάλιστα, οι επιστήμονες συνειδητοποίησαν ότι είναι πραγματικά δυνατό να δούμε το σύμπαν «με άλλα μάτια» και να συλλέξουμε πληροφορίες, οι οποίες δεν μεταδίδονται με τη μορφή της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, δυνατότητα που μας την προσφέρουν τα νετρίνα

και τα βαρυτικά κύματα. Το πρώτο βήμα για την κατασκευή τηλεσκοπίων νετρίνων και ανιχνευτών βαρυτικών κυμάτων έχει πραγματοποιηθεί και η εποχή της Αστρονομίας των Νετρίνων και της Αστρονομίας των Βαρυτικών Κυμάτων έχει ήδη ανατείλει. Μελλοντικά, μάλιστα, θα επιτρέψει στους αστρονόμους να συλλέξουν πληροφορίες για τα βίαια φαινόμενα του σύμπαντος που η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία αδυνατεί, από τη φύση της, να μας μεταφέρει.

Ο 20<sup>ος</sup> αιώνας χαρακτηρίστηκε από πολλούς ως ο αιώνας του Διαστήματος, και όχι άδικα, αφού οι διαστημικές αποστολές σε άλλους πλανήτες του Ηλιακού μας συστήματος έχουν πλέον γίνει ρουτίνα, ενώ ήδη διαστημικές υπηρεσίες ανά τον κόσμο επεξεργάζονται σχέδια για την κατασκευή μόνιμων βάσεων στη Σελήνη καθώς και για την πρώτη επανδρωμένη αποστολή στον Άρη. Παράλληλα, έχει ήδη αρχίσει να κατασκευάζεται η επόμενη γενιά των μεγάλων επίγειων τηλεσκοπίων και τροχιακών αστεροσκοπειών, η λειτουργία των οποίων θα συμβάλει σημαντικά στις προσπάθειες των αστρονόμων να απαντήσουν στα αναπάντητα ακόμη ερωτήματα που αντιμετωπίζει η σύγχρονη αστρονομία.

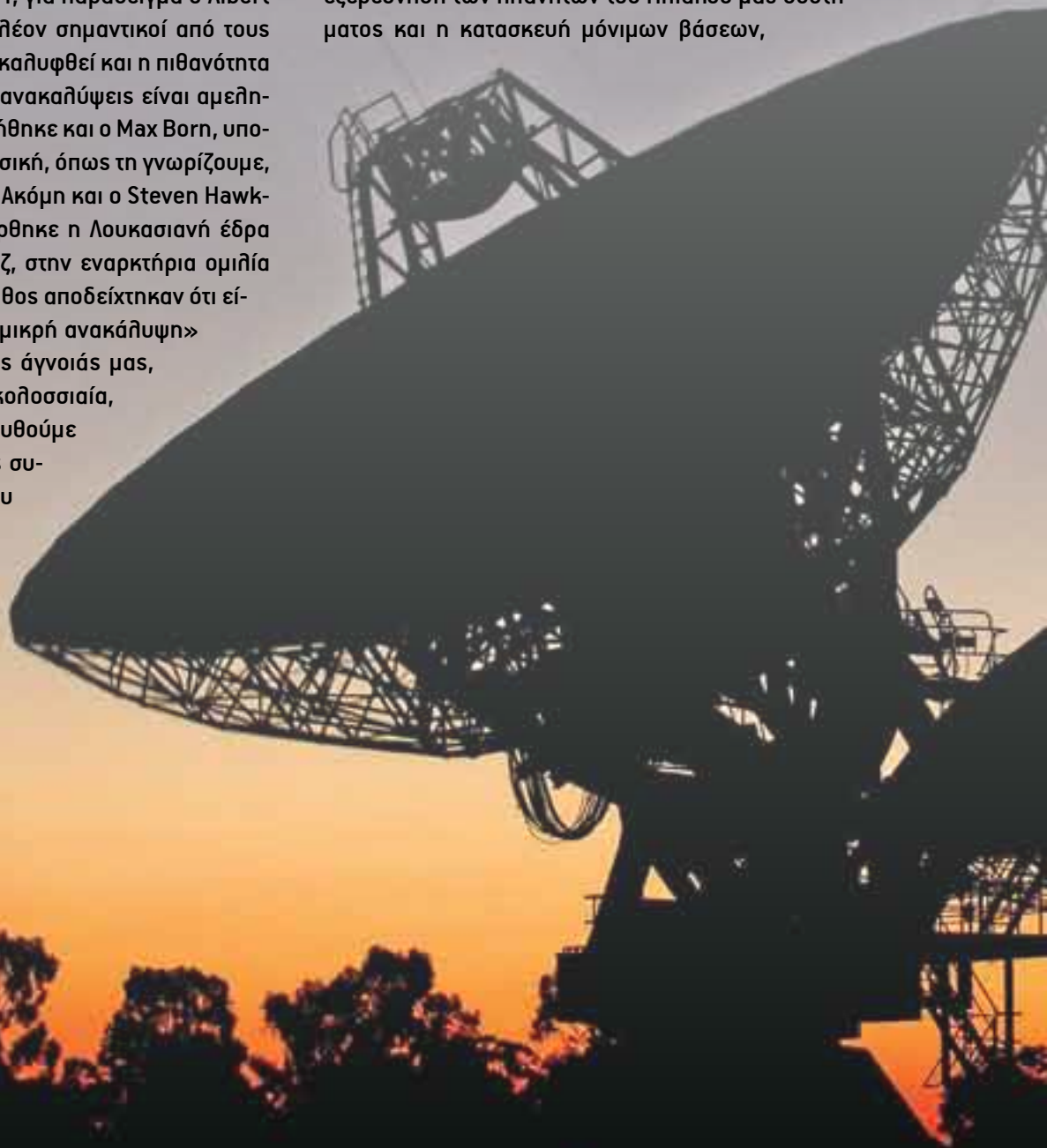
Πρέπει ακόμη να τονιστεί ότι κατά καιρούς πολλοί επιφανείς επιστήμονες




είχαν ισχυριστεί ότι «το τέλος της φυσικής πλησίαζε» και ότι σύντομα θα γνωρίζαμε όλα όσα ήταν δυνατό να γνωρίζουμε για το σύμπαν. Στα 1894, για παράδειγμα ο Albert Michelson υποστήριζε ότι οι πλέον σημαντικοί από τους θεμελιώδεις νόμους έχουν ανακαλυφθεί και η πιθανότητα να εκτοπιστούν μέσα από νέες ανακαλύψεις είναι αμελητέα. Στο ίδιο μήκος κύματος κινήθηκε και ο Max Born, υποστηρίζοντας στα 1928 ότι η «φυσική, όπως τη γνωρίζουμε, θα έχει τελειώσει σε 6 μήνες». Ακόμη και ο Steven Hawking, όταν το 1980 του προσφέρθηκε η Λουκασιανή έδρα στο Πανεπιστήμιο του Κέιμπριτζ, στην εναρκτήρια ομιλία του υποστήριζε το ίδιο. Πόσο λίθος αποδείχτηκαν ότι είχαν! Κάθε φορά, ερχόταν μια «μικρή ανακάλυψη» που αποδείκνυε το μέγεθος της άγνοιάς μας, η οποία υπενθυμίζουμε είναι κολλοσσιαία, εάν αναλογιστούμε ότι εξακολουθούμε να μην κατανοούμε το 96% της συνολικής μάζας και ενέργειας του σύμπαντος.

Πού θα μας οδηγήσει όμως αυτή η συναρπαστική

περιπέτεια του Διαστήματος; Κανείς δεν το γνωρίζει ακόμη με βεβαιότητα. Γιατί, αν υποθέσουμε ότι η επανδρωμένη εξερεύνηση των πλανητών του Ηλιακού μας συστήματος και η κατασκευή μόνιμων βάσεων,







αρχικά στη Σελήνη και αργότερα αλλού, είναι κάτι που σίγουρα μπορούμε να επιτύχουμε, τα πρώτα μας βήματα εκτός του Ηλιακού συστήματος, προς την απεραντοσύνη του Διαστήματος ίσως είναι ακόμη μακριά. Και αυτά όμως θα γίνουν... Γιατί όσο διευρύνονται οι επιστημονικές μας γνώσεις και όσο βελτιώνεται και προοδεύει η τεχνολογία μας, θα ανοίγονται νέοι δρόμοι προς εξερεύνηση.

Απ' όσα είπαμε ως τώρα γίνεται φανερό ότι η εξέλιξη των ιδεών μας για τον κόσμο και τα φυσικά φαινόμενα, αυτό το συναρπαστικό «Βιβλίο της Φύσης», το οποίο άρχισε να συγγράφεται εδώ και 2,5 χιλιάδες, είναι ένα βιβλίο που ποτέ δεν θα ολοκληρωθεί, ένα βιβλίο το οποίο δεν θα έχει επίλογο σαν κι αυτό που διαβάζετε τώρα. Γιατί η εξέλιξη συνεχίζεται και θα συνεχίζεται και στο μέλλον: στο Σύμπαν, στα

άστρα, στη Γη μας, σε εμάς τους ίδιους και στον Πολιτισμό μας.

Ποιο θα είναι άραγε το απώτερο μέλλον του σύμπαντος; Προς το παρόν, μόνο εικασίες μπορούμε να κάνουμε. Εάν, όμως, η σκοτεινή ενέργεια, αυτό το

παράξενο και άγνωστο ακόμη στους επιστήμονες «κάτι» που προκαλεί την επιταχυνόμενη διαστολή του, θα συνεχίσει και στο απώτερο μέλλον να καθοδηγεί την εξέλιξη του, τότε η τοπική μας ομάδα των γαλαξιών θα καταρρεύσει σε ένα τεράστιο υπερσμήνος άστρων, ενώ όλοι οι άλλοι γαλαξίες θα συνεχίσουν να απομακρύνονται μέχρις ότου εξαφανιστούν πέρα από τον ορίζοντα γεγονότων, και η ακτινοβολία που εκπέμπουν δεν θα μπορεί πλέον να μας φτάσει. Αυτό βέβαια δεν αναμένεται να συμβεί νωρίτερα από 100 τουλάχιστον δισεκατομμύρια χρόνια, όταν, υπενθυμίζουμε, η ηλικία του σύμπαντος είναι μόλις 13,7 δισεκατομμύρια χρόνια.

Τα άστρα, ωστόσο, θα συνεχίσουν να γεννιούνται βαθιά μέσα στα αστρικά μαιευτήρια αερίων και σκόνης, να εξελίσσονται καίγοντας τα πυρηνικά τους καύσιμα και να «πεθαίνουν» είτε ως λευκοί και μαύροι νάνοι, είτε ως αστέρες νετρονίων και μαύρες τρύπες. Θα φτάσει, όμως μια στιγμή που τα αέρια και η σκόνη θα έχουν εξαντληθεί, μια στιγμή που όλα τα άστρα θα έχουν εξαντλήσει τα πυρηνικά τους καύσιμα και το ένα μετά το άλλο θα «σβήνουν» σαν κεριά στον παγωμένο αέρα. Πολύ νωρίτερα, όμως, ακόμη και σε 100 εκατομμύρια χρόνια από τώρα, ο ίδιος ο πλανήτης μας θα έχει γίνει αγνώριστος, καθώς η μετατόπιση των λιθοσφαιρικών πηλακών του θα συνεχιστεί και στο μέλλον,

έτσι ώστε σε τίποτα δεν θα θυμίζει τον παγκόσμιο χάρτη που όλοι γνωρίζουμε. Αντίστοιχα θα συνεχιστεί και η βιολογική εξέλιξη των έμβιων οργανισμών της Γης. Θα υπάρξουν και στο μέλλον άλλες μαζικές εξαφανίσεις και εάν ναι ποια είδη θα επηρεαστούν περισσότερο; Εμείς οι ίδιοι πώς θα εξελιχθούμε βιολογικά

στο απώτερο μέλλον; Ούτε σε αυτά τα ερωτήματα γνωρίζουμε ακόμη τις απαντήσεις.

Όσον αφορά στον Πολιτισμό μας πρέπει πάντως να παραδεχτούμε ότι πολλά από τα ιδανικά και τις αξίες του αρχαίου Ελληνικού πολιτισμού, του Ανθρωπισμού και του Διαφωτισμού είτε τις έχουμε ξεχάσει είτε τις καταπατούμε καθημερινά. Αυτό είναι κάτι που το βιώνουμε, εξάλλου όλοι μας. Οι πόλεμοι, η καταπίεση των ατομικών και ανθρωπίνων δικαιωμάτων, το κέρδος πάνω από τον άνθρωπο, το μίσος για τη διαφορετικότητα, η συνεχιζόμενη υποβάθμιση του περιβάλλοντος, η υποκοιλούρα της τηλεόρασης και η συνεχής υποβάθμιση της Παιδείας είναι ελάχιστα μόνο παραδείγματα, τα οποία πιστοποιούν με τον πιο έντονο τρόπο την κρίση που βιώνει στις μέρες μας ο Παγκόσμιος Πολιτισμός και το γένος των ανθρώπων. Θα αλλιάξουν άραγε τα πράγματα; Θέλουμε να πιστεύουμε πως ναι. Και το βασικό εργαλείο για την αλλαγή αυτή, η οποία θα προσφέρει νέα οράματα και νέες

ελπίδες είναι η Παιδεία.

Όχι η απομνημόνευση και η στείρα εγκυκλοπαιδική συσσώρευση πληροφοριών, αλλά η Παιδεία. Στα χέρια όλων μας είναι. Και θέλουμε να πιστεύουμε πως όταν οι μακρινοί μας απόγονοι σαλπάρουν για πρώτη φορά στα αχαρτογράφητα «νερά» των άστρων και των γαλαξιών του σύμπαντος θα κουβαλούν στην ψυχή τους τα μεγάλα επιτεύγματα της διανόησης των προγόνων τους...των προγόνων μας...και της γενιάς μας της ίδιας.



# ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΤΗΣ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗΣ

---

## **Σκηνοθεσία**

ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΣΙΜΟΠΟΥΛΟΣ

## **Διεύθυνση φωτογραφίας**

ΙΩΣΗΦ ΨΙΣΤΑΚΗΣ

## **Μουσική**

ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ Κ. ΚΑΤΣΑΡΗΣ

## **Επιστημονική επιμέλεια**

ΔΙΟΝΥΣΙΟΣ Π. ΣΙΜΟΠΟΥΛΟΣ

## **Κείμενο αφήγησης**

ΑΛΕΞΗΣ ΔΕΛΗΒΟΡΙΑΣ

## **Διεύθυνση παραγωγής**

ΜΑΝΟΣ ΚΙΤΣΩΝΑΣ

## **Αφήγηση**

ΑΦΡΟΔΙΤΗ ΣΗΜΙΤΗ

ΧΡΗΣΤΟΣ ΣΙΜΑΡΔΑΝΗΣ

## **Διεύθυνση λογισμικού**

ΝΙΚΟΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΥ

## **3D graphics programming**

ΝΙΚΟΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΥ

ΛΟΥΚΑΣ ΑΝΤΙΟΧΟΣ

ΓΙΩΡΓΟΣ ΒΡΕΝΤΖΟΣ

## **3D modeling**

ΟΔΥΣΣΕΑΣ ΣΤΑΜΟΓΛΟΥ

ΑΝΤΩΝΗΣ ΓΑΡΝΕΛΗΣ

ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΔΙΑΜΑΝΤΗΣ

ΣΩΚΡΑΤΗΣ ΓΑΛΙΑΤΣΑΤΟΣ

## **3D animation**

ΣΩΚΡΑΤΗΣ ΓΑΛΙΑΤΣΑΤΟΣ

ΙΩΣΗΦ ΨΙΣΤΑΚΗΣ

## **Storyboard**

ΟΔΥΣΣΕΑΣ ΣΤΑΜΟΓΛΟΥ

## **Σχεδιασμός & μείξη ήχου**

ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ Κ. ΚΑΤΣΑΡΗΣ

## **Συμμετέχουν οι μουσικοί**

ΕΙΡΗΝΗ ΤΣΙΡΑΚΙΔΟΥ, σοπράνο

ΚΩΣΤΑΣ ΧΑΤΖΟΠΟΥΛΟΣ (ΑΝΕΜΟΣ), πίπιζα & λασούτο

ΚΑΤΕΡΙΝΑ ΝΙΤΣΟΠΟΥΛΟΥ (ΑΝΕΜΟΣ), φωνητικά

ΣΕΡΓΙΟΣ ΧΡΥΣΟΒΙΤΣΑΝΟΣ, ηλεκτρική κιθάρα

## **Full-dome technical support**

ΓΙΩΡΓΟΣ ΜΑΥΡΙΚΟΣ

## **Full-dome production assistants**

ΦΙΛΙΠΠΟΣ ΛΟΥΒΑΡΗΣ

ΧΡΗΣΤΟΣ ΧΡΗΣΤΟΓΙΩΡΓΟΣ

## **Print illustration**

ΜΑΡΙΟΣ ΠΑΡΙΣΗΣ

ΕΥΓΕΝΙΑ ΣΤΑΒΑΡΗ

## **3D animation & rendering software**

HIVE 3D DEVELOPMENT PLATFORM

Computer graphics & 3D animation services

EYELEAD SOFTWARE

Αθήνα

## **Full-dome services**

ΕΥΓΕΝΙΔΕΙΟ ΠΛΑΝΗΤΑΡΙΟ

## **Post-production video services**

EYELEAD SOFTWARE

ΕΥΓΕΝΙΔΕΙΟ ΠΛΑΝΗΤΑΡΙΟ

## **Post-production audio services**

STARGAZER AUDIO

Ιδρύματος Ευγενίδου

## **Ευχαριστούμε θερμά τους**

Bjorn Jonsson και John Van Vliet

για τη παροχή γραφικά διορθωμένων πλανητικών χαρτών.

## **Ευχαριστούμε τους**

ΙΩΑΝΝΗ ΚΙΚΙΔΗ

ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟ ΠΟΛΥΧΡΟΝΟΠΟΥΛΟ

EUROPEAN SPACE AGENCY

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION

Χρησιμοποιήθηκαν οπτικό υλικό και πλανητικοί χάρτες

από τη NASA, που διατίθενται ελεύθερα.

## **Αφιερωμένο εις μνήμη των**

ΕΛΕΥΘΕΡΙΟΥ ΠΟΛΥΧΡΟΝΟΠΟΥΛΟΥ

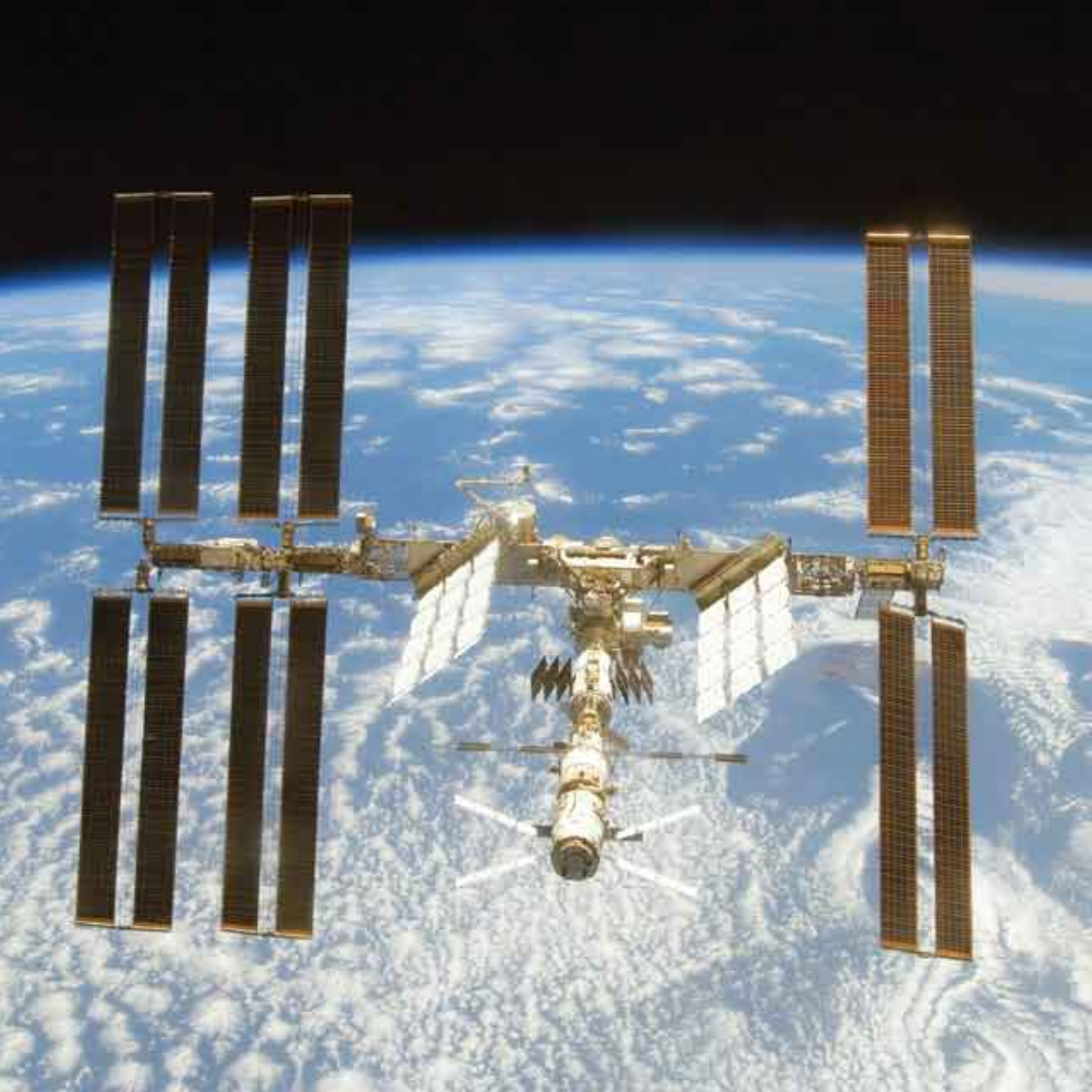
ΓΕΩΡΓΙΟΥ ΒΡΕΝΤΖΟΥ

## **Παραγωγή**

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

EYELEAD SOFTWARE

© 2011





Με θέμα και τίτλο την «Εξέλιξη», η παράσταση αυτή ταξιδεύει τους θεατές σ' ολόκληρο το Σύμπαν. Πρόκειται για μία σπονδυλωτή 40-λεπτη παράσταση με πέντε ενότητες που αφηγούνται την συναρπαστική ιστορία του Σύμπαντος, των Άστρων, του Πλανήτη μας, των Έμβιων οργανισμών που φιλοξενεί, αλλά και του Ανθρώπινου Πολιτισμού μας. Στην διάρκεια της παράστασης οι θεατές θα διαπιστώσουν ότι το Σύμπαν, αλλά και όλα όσα εμπεριέχει, δεν είναι σταθερό, αιώνιο και αμετάβλητο. Αντίθετα εξελίσσεται συνεχώς από τότε που «γεννήθηκε», πριν από περίπου 13,7 δισεκατομμύρια χρόνια, με αποτέλεσμα την δημιουργία νέων άστρων, νέων πλανητών και νέων ειδών ζωής, που στην περίπτωση του δικού μας πλανήτη οδήγησε στην εξελικτική πορεία του ανθρώπου και του πολιτισμού του.

