



ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ
ΝΕΟ ΨΗΦΙΑΚΟ ΠΛΑΝΗΤΑΡΙΟ

Η παράσταση «Γένεση και Κατακλυσμός» παρουσιάζει τα πορίσματα των ερευνών που διεξήχθησαν από επιστήμονες πολλών και διαφορετικών επιστημών τις τελευταίες, μερικές, δεκαετίες σχετικά με τη γέννηση, την εξέλιξη και το μέλλον του πλανήτη, στον οποίο γεννήθηκε ο άνθρωπος. Πρόκειται δηλαδή για μια σύντομη αλλά περιεκτική «Βιογραφία της Γης», η οποία εξετάζει με θεαματικό τρόπο την ιστορία του πλανήτη μας διά μέσου των αιώνων. Παρουσιάζει επίσης το μονοπάτι της εξέλιξης της ζωής, που οδήγησε στην παρουσία του ανθρώπου στη Γη, αλλά και τα πιθανά σενάρια, που μπορεί να μας οδηγήσουν σ' ένα πρόωρο τέλος. Η παράσταση τελειώνει με τον αναπόφευκτο θάνατο του Ήλιού μας, σε πέντε δισεκατομμύρια χρόνια, αλλά και με το αισιόδοξο μήνυμα ότι κάθε τέλος είναι και μια νέα αρχή.



Οδηγός Παράστασης

Γένεση και Κατακλυσμός

Η βιογραφία της Γης

ΔΙΟΝΥΣΗΣ Π. ΣΙΜΟΠΟΥΛΟΣ
Διευθυντής Ευγενιδείου Πλανηταρίου



ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

Νέο Ψηφιακό Πλανητάριο

Οδηγός Παράστασης

Γένεση και Κατακλυσμός

Η Βιογραφία της Γης

ΔΙΟΝΥΣΗΣ Π. ΣΙΜΟΠΟΥΛΟΣ

Διευθυντής Ευγενιδείου Πλανηταρίου

ΑΘΗΝΑ

2006



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Πρόλογος	4
1. Ο Άνθρωπος και το Σύμπαν	7
2. Αστρικά Βρεφοκομεία	13
3. Η Γέννηση του Ηλιακού μας Συστήματος	19
4. Η Γέννηση της Γης	25
5. Η Εμφάνιση της Ζωής <i>Γιώργου Γραμματικάκη</i>	31
6. Η Εξέλιξη της Ζωής στη Γη	37
7. Μαζικοί Αφανισμοί στη Γη	43
8. Ο Θάνατος των Δεινοσαύρων	51
9. Η Εμφάνιση του Ανθρώπου <i>Γιώργου Γραμματικάκη</i>	57

10. Ο Ανθρώπινος Πολιτισμός <i>Γιώργου Γραμματικάκη</i>	63
11. Εξωγήινοι Επιδρομείς	69
12. Πυρηνική Απειλή	77
13. Περιβαλλοντική Καταστροφή	85
14. Η Δοκιμασία ενός Πολιτισμού <i>Γιώργου Γραμματικάκη</i>	91
15. Η Εξέλιξη του Ανθρώπινου Πολιτισμού <i>Χάρη Βάρβογλη</i>	97
16. Η Εξέλιξη των Άστρων	103
17. Κόκκινοι Γίγαντες και Άσπροι Νάνοι	109
18. Ο Θάνατος του Ήλιου	115
Ενδεικτική Βιβλιογραφία	120
Συντελεστές της Παράστασης	123



ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παράσταση του Νέου Ψηφιακού Πλανηταρίου με τίτλο «Γένεση και Κατακλυσμός» παρουσιάζει τα πορίσματα των ερευνών που διεξήχθησαν από επιστήμονες πολλών και διαφορετικών επιστημών τις τελευταίες, μερικές, δεκαετίες σχετικά με τη γέννηση, την εξέλιξη και το μέλλον του πλανήτη, στον οποίο γεννήθηκε ο άνθρωπος. Πρόκειται δηλαδή για μια σύντομη αλλά περιεκτική «Βιογραφία της Γης», η οποία εξετάζει με θεαματικό τρόπο την ιστορία του πλανήτη μας διά μέσου των αιώνων. Παρουσιάζει επίσης το μονοπάτι της εξέλιξης της ζωής, που οδήγησε στην παρουσία του ανθρώπου στη Γη, αλλά και τα πιθανά σενάρια, που μπορεί να μας οδηγήσουν σ’ ένα πρόωρο τέλος. Η παράσταση τελειώνει με τον αναπόφευκτο θάνατο του Ήλιού μας, σε πέντε δισεκατομμύρια χρόνια, αλλά και με το αισιόδοξο μήνυμα ότι κάθε τέλος είναι και μια νέα αρχή.

Όπως είναι ευνόητο, σ’ ένα σενάριο 40 λεπτών δεν θα ήταν δυνατόν να παρουσιαστούν όλες οι πιθανές απαντήσεις και πληροφορίες, που ίσως κάποιος να ήθελε να μάθει γύρω από τα διάφορα θέματα που παρουσιάζονται στη διάρκεια της παράστασης. Γι’ αυτό και ο κύριος σκοπός του Οδηγού αυτού είναι να προσφέρει πρόσθετα στοιχεία, ώστε να γίνει καλύτερα κατανοητό το περιεχόμενο της νέας μας παράστασης. Η δομή του παρόντος Οδηγού είναι παρόμοια με αυτήν που ακολουθεί και το σπονδυλωτό σενάριο της παράστασης. Κάθε ενότητα περιλαμβάνει μέρος της αφήγησης του σεναρίου εμπλουτισμένη με περισσότερα στοιχεία, ενώ στο τέλος του Οδηγού παραπέμπουμε σε ενδεικτική βιβλιογραφία απ’ όπου ο αναγνώστης θα μπορέσει να αντλήσει ακόμη πιο πολλές σχετικές πληροφορίες. Μ’ αυτόν τον τρόπο πιστεύουμε ότι οι θεατές θα μπορέσουν να αποκομίσουν μεγαλύτερα οφέλη από την εμπειρία τους στη διάρκεια της παράστασης.

Όπως ισχύει και με τις προηγούμενες παραστάσεις του Νέου Ψηφιακού Πλανηταρίου, το ίδιο και στην παρούσα, η «από καθέδρας» παρουσίαση και διάδοση των νέων γνώσε-

ων έχει αντικατασταθεί από μια παρουσίαση «ψυχαγωγικής επιμόρφωσης». Η μεγάλη ποικιλία θεμάτων που εκτυλίσσονται στον τρισδιάστατο χώρο του Πλανηταρίου, κερδίζει τη συμμετοχή των θεατών του οι οποίοι «ψυχαγωγούνται» (με όλη τη σημασία της λέξης) μαθαίνοντας. Μετά από 50 χρόνια εξέλιξης, άλλωστε, το Νέο Ψηφιακό Πλανητάριο του Ιδρύματος Ευγενίδου έχει μεταμορφωθεί σ’ ένα ευέλικτο δι-επιστημονικό κέντρο παρουσιάσεων, που υπηρετεί, όχι μόνο τις επιστήμες αλλά και τις τέχνες, απευθυνόμενο σ’ ένα ευρύ κοινό ανεξαρτήτου ηλικίας και μορφωτικού επιπέδου.

Στις υπερσύγχρονες εγκαταστάσεις του περιλαμβάνονται πλέον όλες οι δημιουργικές και τεχνικές δυνατότητες που παρέχουν σήμερα τα οπτικοακουστικά μέσα και οι νέες τεχνολογίες, οι οποίες συνδυαζόμενες αφηγούνται την ιστορία της επιστήμης με συναρπαστικό τρόπο. Πρόκειται, δηλαδή, για ένα επιστημονικό κέντρο με τη σημαντική αποστολή της διάδοσης των επιστημονικών επιτευγμάτων στο ευρύ κοινό με απλό και κατανοητό τρόπο.

Η προώθηση των επιστημών, όμως, δεν είναι η μόνη αποστολή του Νέου Ψηφιακού Πλανηταρίου. Είναι προφανές ότι η ευρύτερη χρήση του μπορεί να προσελκύσει πολύ μεγαλύτερο ακροατήριο. Η χρήση της αίθουσας ως κέντρου πολυμέσων όχι μόνο δεν αντιβαίνει στους πρωταρχικούς σκοπούς του, αλλά τους ενισχύει, κερδίζοντας τη συμμετοχή και εκείνων που δεν θα το επισκέπτονταν υπό άλλες συνθήκες. Γιατί ένα σύγχρονο Πλανητάριο πρέπει να επιδιώκει την ευρύτερη δυνατή επικοινωνία με το κοινωνικό σύνολο, αφού μόνον έτσι μπορεί να επιτύχει τους στόχους του και να αναπτυχθεί με σκοπό να ικανοποιήσει τις αυξανόμενες απαιτήσεις της κοινωνίας.

Σ’ αυτό το πλαίσιο το Νέο Ψηφιακό Πλανητάριο μπορεί να διαδραματίσει ένα σημαντικό ρόλο γιατί αποτελεί μια υποδομή συνθετικής εκπαίδευσης, του πλέον συναρπαστικού τρόπου εκπαίδευσης που έχει χρησιμοποιηθεί μέχρι σήμερα, προκειμένου να πετύχει την πλήρη συναισθηματική συμμε-

τοχή των θεατών. Επομένως τέτοιου είδους κέντρα αποτελούν εξαιρετικές υποδομές, όπου εκατομμύρια άνθρωποι μπορούν να ενημερωθούν, να επιμορφωθούν και τελικά να κάνουν κτήμα τους γνώσεις που μέχρι πρότινος θεωρούσαν ότι δεν θα μπορούσαν ποτέ να κατανοήσουν. Αυτό εξάλλου είναι και το κύριο χαρακτηριστικό γνώρισμα της συνθετικής εκπαίδευσης που απευθύνεται σε ένα ευρύτατο κοινωνικό φάσμα.

Η εκπαίδευση, άλλωστε, δεν προωθείται πλέον αποκλειστικά μέσα από το επίσημο εκπαιδευτικό σύστημα, αφού η «άτυπη εκπαίδευση» και το Νέο Ψηφιακό Πλανητάριο του Ιδρύματος Ευγενίδου μπορεί να διαδραματίσει το ρόλο ενός φόρουμ διαρκούς εκπαίδευσης, προσελκύνοντας επισκέπτες όλων των ηλικιών και εισαγάγοντάς τους σε νέους τρόπους σκέψης. Ένα κέντρο, όμως, που επικεντρώνεται μόνο στην Αστρονομία και στο Διάστημα δεν εξυπηρετεί πλήρως τα ενδιαφέροντα της κοινωνίας, αφού η παρουσίαση αστρονομικών θεμάτων δεν αρκεί από μόνη της να προσφέρει μια συναρπαστική εμπειρία. Γι’ αυτό το Νέο Ψηφιακό Πλανητάριο μεταφέρει στο κοινό του μία ευρεία ποικιλία εμπειριών από τις επιστήμες και τις τέχνες, ούτως ώστε οι θεατές του να απολαμβάνουν μια ολοκληρωμένη «θεατρική» εμπειρία.

Θα θέλαμε επίσης να καταστεί σαφές ότι ούτε ο Οδηγός αυτός, και ακόμη περισσότερο, ούτε και το σενάριο μιας παράστασης Πλανηταρίου και η αφήγησή της, αποτελούν κάποιο είδος «πανεπιστημιακής διατριβής». Αποτελούν απλώς μια σύντομη και εκλαϊκευμένη παρουσίαση των θεμάτων στα οποία αναφέρονται. Τίποτε περισσότερο και τίποτε λιγότερο. Παρ’ όλα αυτά οι παραστάσεις μας και οι Οδηγοί που τις συνοδεύουν δεν φαλκιδεύουν ούτε στο ελάχιστο τον πραγματικό προορισμό του Πλανηταρίου ως ένα ισχυρό εκπαιδευτικό εργαλείο που προωθεί τη διάχυση και την κατανόηση των επιστημών από μικρούς και μεγάλους.

Κλείνοντας θέλω να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στον πρώην Πρύτανη και καθηγητή Φυσικής του Πανεπιστημίου Κρήτης Γιώργο Γραμματικάκη, ο οποίος μου επέτρεψε να αναδημοσιεύσω ορισμένα αποσπάσματα που σταχυολόγησα από τα περιεχόμενα του υπέροχου βιβλίου

του «Η Κόμη της Βερενίκης» (20η Έκδοση, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης) εμπλουτίζοντας μ’ αυτόν τον τρόπο ακόμη περισσότερο τον παρόντα Οδηγό. Ανάλογες ευχαριστίες οφείλω επίσης και στον Χάρη Βάρβογλη, καθηγητή Αστρονομίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, ο οποίος μου επέτρεψε να αναδημοσιεύσω ένα άρθρο του από την εφημερίδα το «Βήμα της Κυριακής».

Η διαμόρφωση του τελικού κειμένου οφείλει επίσης πολλά στους φίλους Χάρη Βάρβογλη, καθηγητή Αστρονομίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, Αντώνη Κονταράτο, ομότιμο καθηγητή του Πανεπιστημίου Πατρών, Χαμπίκ Μαρουκιάν, καθηγητή Γεωλογίας του Πανεπιστημίου Αθηνών, Γιώργο Ροδάκη, καθηγητή Μοριακής Βιολογίας του Πανεπιστημίου Αθηνών και Πάννη Σειραδάκη, καθηγητή Αστρονομίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, οι οποίοι διέθεσαν ευχαρίστως μέρος του πολύτιμου χρόνου τους, προκειμένου να κάνουν τις παρατηρήσεις τους στα αρχικά κείμενα του παρόντος Οδηγού. Τους ευχαριστώ θερμά.

Θέλω επίσης να ευχαριστήσω θερμά τη φίλη Lynette Cook, καλλιτέχνη του Πλανηταρίου Morrison στο Σαν Φρανσίσκο και διεθνώς αναγνωρισμένη ζωγράφο αστρονομικών θεμάτων, της οποίας οι ζωγραφικές απεικονίσεις κοσμούν τις σελίδες αυτού του Οδηγού και επικουρούν στη συνολική του αισθητική. Θα ήταν, επίσης, μεγάλη παράλειψη αν δεν ευχαριστούσα ιδιαιτέρως τους συναδέλφους του Εκδοτικού Τμήματος του Ιδρύματος Ευγενίδου που άοκνα επιμελούνται όλες μας τις εκδόσεις. Στην επίπονη προσπάθειά τους οφείλεται η φροντισμένη σελιδοποίηση, η αισθητική καθώς και η όλη εμφάνιση του παρόντος Οδηγού, στοιχεία που προϊδεάζουν θετικά τον αναγνώστη. Ευχαριστίες οφείλω, τέλος, και στους φίλους διευθυντές και εκδότες των περιοδικών που μου επέτρεψαν να αναπαραγάγω ορισμένες επιλεγμένες σελίδες από τα περιοδικά τους.

Διονύσης Π. Σιμόπουλος
Διευθυντής Ευγενιδείου Πλανηταρίου

1

Ο ΑΝΘΡΩΠΟΣ ΚΑΙ ΤΟ ΣΥΜΠΑΝ

Πολύ πριν από τους πρώτους χτύπους κάποιας ανθρώπινης καρδιάς, μια υπέρλαμπρη κοσμική σπίθα ξεκίνησε τους χτύπους του ρολογιού που καθοδηγεί την εξέλιξη του Σύμπαντος. Πολύ πριν από τη δημιουργία ή τη γένεση του πρώτου ανθρώπινου εγκεφάλου, ένας αμέτρητος αριθμός γαλαξιών έπλεαν σαν αστρικά νησιά στον τεράστιο κοσμικό ωκεανό. Παρασυρμένο από τις δυνάμεις δισεκατομμυρίων άστρων ένα τέτοιο κοσμικό νησί γέννησε πριν από πέντε δισεκατομμύρια χρόνια το άστρο που μας χαρίζει σήμερα τη ζωή: τον Ήλιο μας.

Λουσμένος από το φως και τη θερμότητα του Ηλίου ένας μικρός σχετικά πλανήτης, η Γη μας, ξεκίνησε μαζί με το άστρο του το δρόμο προς την εξέλιξή του. Έτσι πολύ πριν γεννηθεί οποιοδήποτε ανθρώπινο μάτι για να βλέπει, χιλιάδες λαμπρά άστρα στόλιζαν με το φως τους το σκοτεινό πέπλο τ' ουρανού. Πολύ πριν το πρώτο ανθρώπινο αντί μπορέσει ν' ακούσει, οι ωκεανοί βούιζαν και

οι αφροί των κυμάτων τους χόρευαν στις ακρογιαλιές του πλανήτη μας. Και μέσα σ' αυτούς τους ωκεανούς γεννήθηκαν τα πρώτα μάτια, τα πρώτα αυτιά και οι πρώτοι εγκεφαλοι που άρχισαν σιγά-σιγά να σκέφτονται, να δημιουργούν πολιτισμό και συγχρόνως να διερωτώνται για την ομορφιά του Σύμπαντος που τους περιέβαλλε.

Σήμερα ο άνθρωπος ατενίζει με θαυμασμό και ταπεινότητα την υπέροχη και πολύπλοκη δομή του Σύμπαντος, την οποία μας έχουν αποκαλύψει οι διάφοροι επιστήμονες των αστροσκοπειών και των ερευνητικών εργαστηρίων. Αυτές οι νέες ανακαλύψεις μας οδηγούν στην αναζήτηση του τρόπου με τον οποίο δημιουργήθηκε η δομή και η μορφή που έχει σήμερα το Σύμπαν. Οι δυνατότητες εξάλλου των τεράστιων ατομικών επιταχυντών των πυρηνικών φυσικών και η ευκρίνεια των τηλεσκοπίων, με τα οποία μπορούμε να παρατηρήσουμε γεγονότα στο Σύμπαν, που απέχουν μεταξύ τους


δισεκατομμύρια έτη φωτός στο χώρο και στο χρόνο, μας έχουν δώσει τα στοιχεία εκείνα, με τα οποία μπορούμε να διατυπώσουμε, με αρκετή μάλιστα βεβαιότητα, ακόμη και τις λεπτομέρειες των πρώτων στιγμών της δημιουργίας.

Η πρόσφατη απεικόνιση του Σύμπαντος, όπως ήταν 380.000 χρόνια μετά τη γέννησή του, από τα στοιχεία που μας έστειλε η διαστημοσυσκευή WMAP το 2003, μας παρουσιάζει τις απειροελάχιστες θερμοκρασιακές διαφοροποιήσεις που επικρατούσαν τότε και μας αποκαλύπτει, επίσης, την ηλικία του Σύμπαντος που σήμερα πλέον υπολογίζεται ότι είναι 13,7 δισεκατομμύρια χρόνια, συν ή πλην 1%! Εκτός αυτού από τα νέα στοιχεία προσδιορίσαμε επίσης και το χρόνο της γέννησης των πρώτων άστρων, που υπολογίζεται στα 200, μόλις, εκατομμύρια χρόνια μετά τη γέννηση του Σύμπαντος, 500 δηλαδή εκατομμύρια χρόνια νωρίτερα απ' ό,τι νομίζαμε!

Την εποχή εκείνη και κάτω από την αδύνατη, αλλά επίμονη πίεση της βαρύτητας, το ομοιογενές Σύμπαν άρχισε να «διασπάται», ενώ μεγάλες ποσότητες υδρογόνου άρχισαν να συμπυκνώνονται γύρω από τα πρωταρχικά «ραγίσματα» του χωρόχρονου. Αυτές οι συγκεντρώσεις ύλης άρχισαν να διασπώνται σιγά-σιγά κάτω από τις βαρυτικές τους επιδράσεις σχηματίζοντας μικρότερες ακόμη συγκεντρώσεις, που αργότερα γέννησαν τους πρωτογαλαξίες. Τελι-


κά, στις επόμενες μερικές εκατοντάδες εκατομμύρια χρόνια, μέσα σ' αυτούς τους πρωτογαλαξίες τα νέφη υδρογόνου συνέχισαν τη σύμπτυξή τους, έως ότου δισεκατομμύρια άστρα άρχισαν να λαμπυρίζουν σε δισεκατομμύρια γαλαξίες, που ακόμη και σήμερα φαίνονται να είναι προσκολλημένα στο εξωτερικό της επιφάνειας κοσμικών «φουσαλίδων», απολειφάδια μιας εποχής όπου το Σύμπαν ήταν ακόμη «μωρό».





Απ' τα νέα στοιχεία ανακαλύψαμε επίσης ότι όλα αυτά τα «ορατά» υλικά αντικείμενα δεν αποτελούν παρά το 4% μόνο όσων αποτελούν το Σύμπαν, γιατί το 23% αποτελείται από την επονομαζόμενη **σκοτεινή ύλη** (που δεν γνωρίζουμε ακόμη τι μπορεί να είναι), ενώ το 73% αποτελείται από την επονομαζόμενη **σκοτεινή ενέργεια**, ένα είδος απωθητικής δύναμης, το ίδιο κι αυτή άγνωστη σε μας, που εδώ και επτά δισεκατομμύρια χρόνια υποχρεώνει το Σύμπαν να διαστέλλεται με αυξανόμενο ρυθμό.

Αν και κάθε γαλαξίας στο Σύμπαν έχει τη δική του μορφή, σε γενικές γραμμές μπορούμε να διακρίνουμε σ' αυτούς τρία κύρια τμήματα: ένα **λεπτό δίσκο** αποτελούμενο από άστρα, αέρια και διαστημική σκόνη, έναν **κεντρικό σφαιροειδή** πυρήνα και τέλος ένα διάχυτο **σφαιρικό φωτοστέφανο** αποτελούμενο από αρχέγονα άστρα. Το ίδιο ισχύει και με το δικό μας Γαλαξία, του οποίου τα περισσότερα άστρα συγκεντρώνονται σ' ένα γιγάντιο δίσκο. Παρ' όλα αυτά οι σπείρες που τον περιβάλλουν είναι αρκετά πιο φωτεινές από ό,τι ο δίσκος του, γιατί φωτίζονται από λαμπερά νέα άστρα, τα οποία γεννήθηκαν σχετικά πρόσφατα από τα σύννεφα αερίων και σκόνης που είναι διασκορπισμένα στις σπείρες αυτές. Ο γαλαξιακός δίσκος αντίθετα περιβάλλεται από ένα σφαιρικό φωτοστέφανο, που αποτελείται από ηλικιωμένα αμυδρά άστρα και σφαιρωτά σμήνη αρχέ-



γωνων άστρων διάσπαρτα εδώ κι εκεί. Όλα αυτά τα άστρα περιφέρονται γύρω από το γαλαξιακό κέντρο και μαζί μ' αυτά το ίδιο κάνει και ο Ήλιός μας που χρειάζεται 250 εκατομμύρια χρόνια περίπου για να συμπληρώσει μια πλήρη **γαλακτοκεντρική τροχιά**.

Ολάκερος ο Γαλαξιακός δίσκος έχει διάμετρο 100.000 ετών φωτός, κάτι που σημαίνει ότι μια ακτίνα φωτός κινούμενη με ταχύτητα 300.000 χιλιομέτρων το δευτερόλεπτο, χρειάζεται 100.000 χρόνια για να διασχίσει το Γαλαξία μας από τη μίαν άκρη στην άλλη. Ο Ήλιός μας βρίσκεται στα δύο τρίτα περίπου της απόστασης από το κέντρο προς τα άκρα του Γαλαξιακού δίσκου και ανάμεσα σε δύο από τους βραχίονες του Γαλαξία μας. Η θέση μας αυτή μέσα στο Γαλαξία προσδιορίζει και όλα όσα βλέπουμε από τη Γη μας στο νυχτερινό ουρανό. Όταν κοιτάζουμε προς το επίπεδο του Γαλαξιακού δίσκου μπορούμε να διακρίνουμε τη μεγάλη μάζα των νεφελωμάτων και των άστρων που τον αποτελούν. Όταν κοιτάζουμε προς τα πάνω ή προς τα κάτω του δίσκου, διακρίνουμε λίγα σχετικά άστρα. Η φωτεινή λοιπόν λωρίδα που φαίνεται στον ουρανό, η **Γαλαξία Οδός** των αρχαίων προγόνων μας, δεν είναι τίποτε άλλο από το επίπεδο του δίσκου του Γαλαξία μας, όπως αυτός φαίνεται από τη δική μας οπτική γωνία στο εσωτερικό του.

2

ΑΣΤΡΙΚΑ ΒΡΕΦΟΚΟΜΕΙΑ

Σήμερα γνωρίζουμε ότι ανάμεσα στα άστρα του Γαλαξία μας 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 λεγόμενα **μεσογαλαξιακά** μας **νεφελώματα**. Από τις αρχές της δεκαετίας του 1920 ανακαλύψαμε ότι η ύπαρξη των διαστρικών αυτών νεφελωμάτων προσδιόριζε και τις τοποθεσίες όπου βρίσκονταν τα λίκνα των άστρων, οι τοποθεσίες δηλαδή της γέννησής τους. Γιατί τα άστρα, όπως κι εμείς, γεννιούνται, εξελίσσονται και πεθαίνουν.

Τα διαστρικά νεφελώματα, των οποίων η σκόνη αντανακλά και διαχέει το φως των άστρων που βρίσκονται κοντά τους ονομάζονται **νεφελώματα ανάκλασης** και έχουν γαλαζωπή εμφάνιση. Αντίθετα τα φωτεινά νεφελώματα, που αποτελούνται κυρίως από

αέρια, αποδυναμώνουν το φως των άστρων, καθώς αυτό περνάει 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 (γραμμή H α του υδρογόνου). Τα νεφελώματα αυτά έχουν την ιδιότητα να εκπέμπουν και δικό τους φως γιατί η ακτινοβολία των άστρων, τα οποία βρίσκονται στο εσωτερικό τους διεγείρει τα υλικά που τα αποτελούν.

Τα μεσογαλαξιακά νεφελώματα μάς έχουν δώσει τα στοιχεία εκείνα που χρειαζόμαστε σήμερα, για να μπορέσουμε να σκιαγραφήσουμε την εξέλιξη των διάφορων διεργασιών, 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 πραγματικά θέαμα.

Το εσωτερικό τέτοιων νεφελωμάτων αποτελεί τις περιοχές, στις οποίες γεννιούνται τα άστρα με μια πολύχρονη και αρκετά πολύπλοκη διαδικασία. Κάτω από ορισμένες συνθήκες, ένα τέτοιο νεφέλωμα με διάμετρο πολλών ετών φωτός διασπάται, με αποτέλεσμα μία ή περισσότερες από τις περιοχές αυτές να αρχίσει μια αργή αλλά σταθερή συστολή κάτω από τη δύναμη της βαρύτητας των υλικών που το αποτελούν. Με 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.

Όταν η θερμοκρασία αυτή φτάσει τους 10-15 εκατομμύρια βαθμούς Κελσίου αρχίζουν οι πυρηνικές αντιδράσεις που μετατρέπουν το υδρογόνο σε ήλιο σηματοδοτώντας έτσι τη γέννηση ενός νέου άστρου. Αέρια υλικά, που προσελκύονται από την περιφέρεια του νεφελώματος στροβιλίζονται με τεράστιες ταχύτητες γύρω από το νεογέννητο άστρο σχηματίζοντας μια τεράστια δίνη υπερθερμασμένων υλικών. Η πίεση της ακτινοβολίας που παράγει το νεαρό άστρο εξισορροπεί την πίεση της βαρύτητας κι έτσι σταματά η περαιτέρω συστολή και επέρχεται μία



Τα στάδια στη γένεση πλανητικών συστημάτων

«ισορροπία». Το άστρο σταθεροποιείται και αρχίζει να ακτινοβολεί έντονα, θερμαίνοντας, φωτίζοντας και ionίζοντας τον περιβάλλοντα χώρο γύρω του.

Από τους πόλους του περιστρεφόμενου αεριώδους δίσκου ξεπηδούν γιγάντιοι πίδακες υλικών, πάνω και κάτω από το δίσκο, σαν τεράστια εκρηγνύομενα 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, που μετατρέπονται σε πλανήτες και δορυφόρους, ενώ η ακτινοβολία του νέου άστρου σαν μανιασμένος άνεμος εκσφενδονίζει σιγά-σιγά τα υπολειπόμενα υλικά του δίσκου, τα οποία αφήνουν πίσω τους πλανήτες που περιφέρονται γύρω από το άστρο τους.

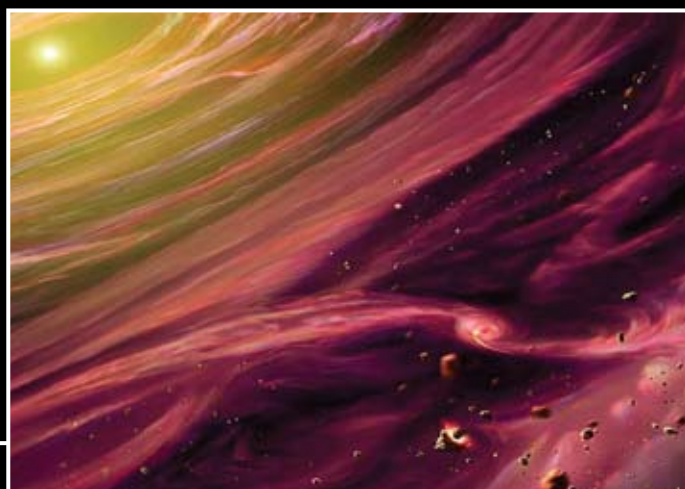
Μετά τη γέννησή του ένα άστρο συνεχίζει να μετατρέπει το υδρογόνο του σε ήλιο εξαιτίας των θερμοπυρηνικών αντιδράσεων που εκτελούνται στο κέντρο του, με τον ίδιο άλλωστε τρόπο με τον οποίο συμπεριφέρεται και ο Ήλιός μας. Η σύγχρονη άποψη της αστροφυσικής διακρίνει τέσσερα στάδια στη διαδικασία της γένεσης των άστρων.

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

- Στο δεύτερο, ο πυρήνας αυτός καταρρέει σχηματίζοντας ένα πρωτόαστρο με ένα δίσκο υλικών γύρω του, που περιβάλλονται από ένα καταρρέον πέπλο αερίων και σκόνης.

- Στο τρίτο έχουμε την απαρχή των πρώτων θερμοπυρηνικών αντιδράσεων και την εκπομπή ενέργειας. Ο ενεργός «αστρικός άνεμος» σχηματίζει τελικά πίδακες υλικών οι οποίοι εκτοξεύονται από τους πόλους περιστροφής του πρωτόαστρου και

- στο τελευταίο στάδιο ο αστρικός αυτός 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 δημιουργούνται κατά ομάδες σχηματίζοντας τα λεγόμενα **σμήνη** άστρων. Όταν ο Γαλαξίας μας ήταν ακόμη νέος και το διαθέσιμο υδρογόνο, που υπήρχε σε τεράστιες ποσότητες ήταν διασκορπισμένο τριγύρω του, 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 άστρα στα λεγόμενα **ανοιχτά 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 Ήλιός μας γεννήθηκε σ' ένα παρόμοιο σμήνος.



3

Η ΓΕΝΝΗΣΗ ΤΟΥ ΗΛΙΑΚΟΥ ΜΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Στη διάρκεια της αρχικής τους εξέλιξης τα περισσότερα άστρα αντιμετωπίζουν συνήθως το πρόβλημα μιας ταχύτατης περιστροφής, η οποία τα εμποδίζει να συμπυκνωθούν όπως πρέπει και να εξελιχθούν κανονικά. Γι' αυτό από μόνα τους προσπαθούν να δώσουν διάφορες λύσεις στο πρόβλημά τους. Μερικά απ' αυτά περιστρέφονται τόσο γρήγορα κατά τη διάρκεια της δημιουργίας τους, ώστε αναγκάζονται να διαχωριστούν και να μετατραπούν σε ένα **σύστημα διπλών ή πολλαπλών άστρων**.

Άλλα άστρα πάλι, όπως ο Ήλιός μας, σχηματίζουν πλανήτες, οι οποίοι με την παρουσία τους ελαττώνουν την περιστροφή του άστρου. Απ' τις παρατηρήσεις μάλιστα της τελευταίας δεκαετίας τείνουμε να επιβεβαιώσουμε την ύπαρξη τέτοιων διαδικασιών.

Η ύπαρξη πλανητών γύρω από άλλα άστρα δεν είναι άλλωστε κάτι το καινούργιο γιατί τέτοιου είδους παρατηρήσεις έχουν ξεκι-

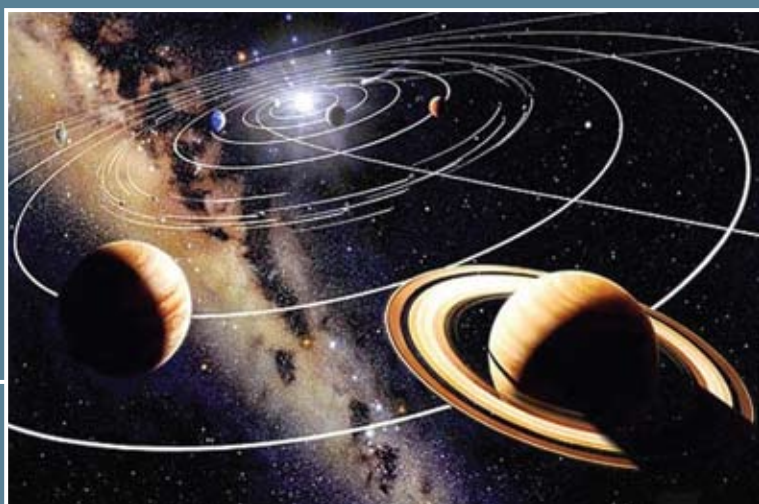
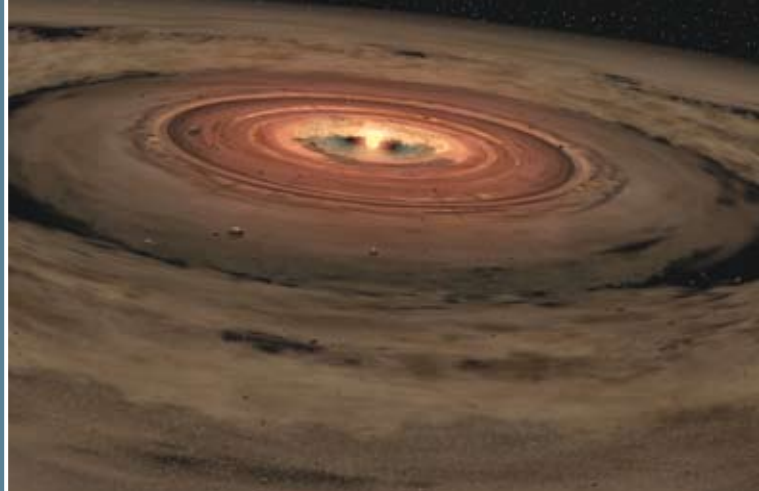
νήσει πριν από μισό περίπου αιώνα, ενώ πολλές από τις παρατηρήσεις αυτές μας έχουν δώσει αρκετά στοιχεία τα οποία μας οδηγούν στο συμπέρασμα ότι η ύπαρξη πλανητών γύρω από άλλα άστρα είναι ένα αρκετά συνηθισμένο φαινόμενο. Ένα φαινόμενο που τα τελευταία χρόνια έχει επιβεβαιωθεί πανηγυρικά σε 150, περίπου, κοντινά μας άστρα.

Στην περίπτωση της γέννησης του δικού μας Ηλιακού Συστήματος υπολογίζεται ότι οι διαδικασίες της γένεσης άρχισαν πριν από περίπου πέντε δισεκατομμύρια χρόνια. Την εποχή εκείνη η περιοχή που καταλάμβανε το Ηλιακό μας Σύστημα ήταν γεμάτη από αέρια και διαστημική σκόνη, τα οποία προέρχονταν από κοινά άστρα ή απόμακρες αστρικές εκρήξεις. Σύννεφα υλικών που πλανιόνταν στο κενό και αναμειγνύονταν με άλλα σύννεφα σχημάτιζαν θύλακες μεγαλύτερης πυκνότητας, οι οποίοι προσέλκυαν όλο και περισσότερη ύλη με τη

δύναμη της βαρύτητάς τους. Εκατομμύρια χρόνια πέρασαν μέχρις ότου κάποια μικρή αστάθεια, που ίσως ήταν η έκρηξη ενός κοντινού άστρου, διατάραξε την ισορροπία του νεφελώματος με αποτέλεσμα τη συμπύκνυσή του προς το κέντρο.

Τα άτομα του νεφελώματος κινούνταν με χαώδη τρόπο προς όλες τις κατευθύνσεις. Ο συνδυασμός των κινήσεών τους, όμως, έδωσε στο σύννεφο αυτό μια μικρή αλλά συγκεκριμένη φορά περιστροφής. Εκεί όπου η ταχύτητα της περιστροφής ήταν μεγάλη τα άτομα κρατήθηκαν στις τροχιές τους, χωρίς η βαρύτητα να μπορέσει να τα έλξει προς το κέντρο, όπου σχηματιζόταν το άστρο. Έτσι το ακανόνιστο διαστημικό σύννεφο πήρε σιγά-σιγά τη μορφή ενός περιστρεφόμενου δίσκου, ενώ με την πάροδο του χρόνου δημιουργήθηκαν μικρότερες δίνες και ζώνες σαν τους κύκλους που σχηματίζει ένα βότσαλο όταν πέφτει στα γαλήνια νερά μιας λίμνης.

Όταν ο πυρήνας του νέφους έφτασε σε θερμοκρασία 15 εκατομμυρίων βαθμών Κελσίου, οι πυρηνικές αντιδράσεις άρχισαν να μεταστοιχειώνουν το αέριο υδρογόνο σε αέριο ήλιο και να μετατρέπουν, κάθε δευτερόλεπτο, 4 εκατομμύρια τόνους ύλης σε ενέργεια, σχηματίζοντας έτσι ένα νέο άστρο που κάποτε θα το ονομάζαμε Ήλιο. Οι διάφορες ζώνες υλικών που είχαν σχηματιστεί γύρω του, άρχισαν σιγά-σιγά να συμπύκνυνται και να συμπυκνώνονται σχημα-



τίζοντας μικρές και μεγάλες υπέρθερμες αεριώδεις σφαίρες που έσερναν πίσω τους, σαν τεράστιοι κομήτες, τα υπολείμματα των αερίων από τα οποία σχηματίστηκαν.

Από τα αχρησιμοποίητα υλικά σκόνης και αερίων που περιέβαλλαν το νεογέννητο Ήλιο δημιουργήθηκαν μικρότερα σώματα. Τα σχηματιζόμενα αυτά σώματα δεν απέκτησαν ποτέ την κατάλληλη μάζα για να λάμψουν κάποτε ως άστρα. Έτσι το μέγλωμά τους σταμάτησε, παρέμειναν σκοτεινά και έγιναν **πλανήτες**. Παρ' όλα αυτά, τα αέρια και η σκόνη που απέμειναν δεν κατέληξαν όλα στους πλανήτες και τους δορυφόρους τους. Δισεκατομμύρια κομμάτια βράχων (οι πλανητοειδείς ή οι αστεροειδείς) διέφυ-

γαν από τη σύλληψη αυτών των πλανητών.

Χιλιάδες αιώνες πέρασαν από τότε και οι υπέρθερμασμένες σφαίρες των πλανητών άρχισαν να κρυώνουν. Σιγά-σιγά η ηλιακή ακτινοβολία έδιωξε μακριά τα υπολειπόμενα αέρια, ενώ τα υλικά που είχαν παραμείνει σε τροχιά γύρω από τους πλανήτες συμπυκνώθηκαν σχηματίζοντας τους δορυφόρους τους. Κοντά στον Ήλιο τα υλικά ήταν λιγότερα με αποτέλεσμα να σχηματιστούν μικρότεροι πλανήτες. Πιο μακριά, οι μεγαλύτερες μάζες των πλανητών κατόρθωσαν να συγκρατήσουν τα ελαφρά αέρια –το υδρογόνο και το ήλιο– που σχημάτιζαν το γενεσιουργό νεφέλωμα, και μετατράπησαν έτσι σε αεριώδεις γίγαντες.

4

Η ΓΕΝΝΗΣΗ ΤΗΣ ΓΗΣ

Από την αρχαιότητα ακόμη πολλοί ήσαν αυτοί που προσπάθησαν να υπολογίσουν με διάφορους τρόπους την ηλικία της Γης. Τον 17^ο αιώνα, για παράδειγμα, ο Αρχιεπίσκοπος James Usher (1580-1656) «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 η δημιουργία τους θα χρειαζόνταν πολύ περισσότερες χιλιετίες απ' ό,τι υπολόγιζε ο Usher για τη δημιουργία του Σύμπαντος.

Στη διάρκεια του 19^{ου} και στις αρχές του 20^{ου} 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 ανακαλύφθηκε η τεχνική του υπολογισμού της ηλικίας των διαφόρων πετρωμάτων. Η τεχνική αυτή βασίστηκε στην ανακάλυψη της ραδιενέργειας, το 1896, από τον Γάλλο φυσικό Ανρί Αντουάν Μπεκερέλ (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 μπορούμε 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 ανακαλύφθηκαν τα πιο ηλικιωμένα πετρώματα της Γης ηλικίας 3,96 δισεκατομμυρίων ετών, ενώ ορισμένοι κρύσταλλοι που βρέθηκαν στην Αυστραλία διαπιστώθηκε πως έχουν ηλικία 4,3 δισεκατομμυρίων ετών. Το γεγονός αυτό μας υπο-

δεικνύει 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 υπολογίζεται από 50 έως 90 εκατομμύρια χρόνια. Μ' αυτό το σκεπτικό λοιπόν μπορούμε σήμερα να πούμε με αρκετή βεβαιότητα ότι ο πλανήτης μας έχει ηλικία 4,6 δισεκατομμυρίων ετών.

Μετά τη γέννησή της η Γη άρχισε να κρύνει. Τεράστιες χαράδρες παρα-

μόρφωναν την επιφάνειά της, ενώ οι εκρήξεις των ηφαιστείων υπενθύμιζαν τη μεγάλη θερμότητα που ήταν φυλακισμένη στο εσωτερικό της. Μαζί με τη λάβα των ηφαιστειακών εκρήξεων, τεράστιες ποσότητες αερίων εκτοξεύτηκαν στην επιφάνεια. Άζωτο, διοξείδιο του άνθρακα, αμμωνία, μεθάνιο και υδρατμοί περιέβαλλαν τη Γη σχηματίζοντας την πρώτη της ατμόσφαιρα, μian ατμόσφαιρα

εντελώς διαφορετική απ' αυτήν που σήμερα γνωρίζουμε.

Από τον ουρανό, χιλιάδες μικρά και μεγάλα μετέωρα, βομβάρδιζαν συνεχώς, από τη μία άκρη στην άλλη, το νεαρό μας πλανήτη. Τα απομεινάρια αυτά της αρχικής δημιουργίας, γεμάτα από πλούσια κοιτάσματα οργανικών μορίων και παγωμένου νερού, εμπλούτισαν ακόμη περισσότερο τη χημική αφθονία του νεογέννητου πλανήτη μας. Η επιφάνεια της Γης μετατράπηκε σε πεδίο μάχης γεμάτη διαστημικά συντρίμια, βάραθρα και κρατήρες επί κρατήρων.

Στα πρώτα στάδια της εξέλιξης του πλανήτη μας, κάτω από την επιφάνειά του τα διάφορα ραδιενεργά στοιχεία παρήγαγαν θερμότητα ικανή να λιώσει τα έγκατά του. Από τις ρωγμές του φλοιού του τα λιωμένα βράχια άνοιγαν δρόμο προς την επιφάνειά

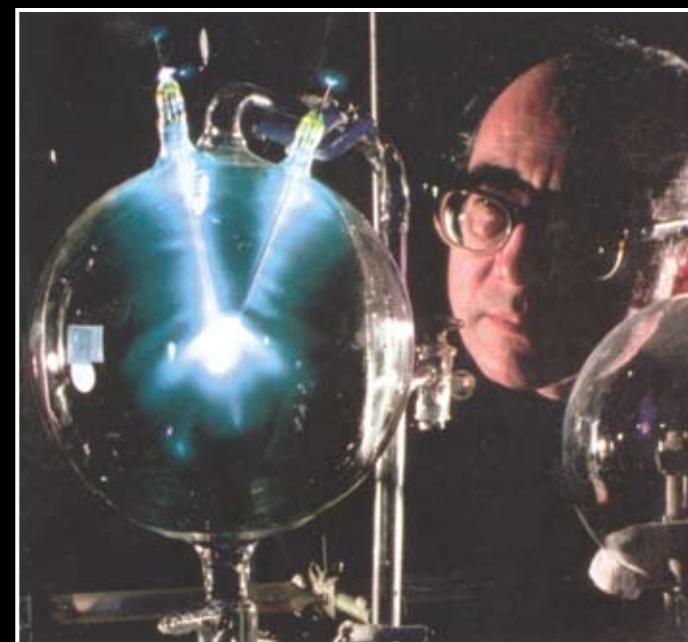
του ξεπηδώντας βίαια ως ηφαίστεια σ' αυτήν. Κι έτσι βαθμιαία, σε μια περίοδο δεκάδων εκατομμυρίων χρόνων, η Γη άρχισε να κρύνει, ενώ οι πυκνές ποσότητες ατμών που κάλυπταν τον πλανήτη μας προκάλεσαν τις πρώτες κατακλυσιμώδεις βροχές, οι οποίες συνεχίστηκαν για εκατομμύρια χρόνια μέχρις ότου η επιφάνεια της Γης κρύωσε αρκετά, προκειμένου να σχηματιστούν οι πρώτες θάλασσες και οι πρώτοι ωκεανοί.

Εξακόσια, περίπου, εκατομμύρια χρόνια μετά τη γέννηση της Γης, μέσα στις χλιαρές θάλασσες και στους ωκεανούς άρχισε να δημιουργείται κάτι το υπέροχο και μυστηριώδες. Η υπεριώδης ακτινοβολία του Ηλίου και οι συνεχείς ηλεκτρικές εκκενώσεις των κεραυνών, βοήθησαν σιγά-σιγά τα διάφορα χημικά συστατικά που έπεσαν με τη βροχή να δημιουργήσουν όλο και πιο πολύπλοκες χημικές ενώσεις,

σχηματίζοντας έτσι αμινοξέα και πρωτεΐνες. Τα χημικά αυτά συστατικά ενώθηκαν σε τυχαίους συνδυασμούς άπειρες φορές, έως ότου, πριν από περίπου 3,9 δισεκατομμύρια χρόνια, δημιουργήθηκε ένα μόριο που μπορούσε να αντιγράψει τον εαυτό του.

Σύγχρονα εργαστηριακά πειράματα, που αναπαριστούν τη χημική σύνθεση της ατμόσφαιρας της αρχέγονης Γης και τις συνθήκες που επικρατούσαν τότε, είχαν ως αποτέλεσμα τη δημιουργία μορίων, όπως είναι τα αμινοξέα και οι οργανικές βάσεις, που μαζί με τα σάκχαρα (πεντόζες) και τα φωτολιπίδια αποτελούν τα θεμελιώδη συστατικά της ζωής. Σύμφωνα λοιπόν με τη σύγχρονη αντίληψη που έχουμε

για τη γέννηση της ζωής στη Γη οι οργανικές βάσεις και οι κυκλοποιημένες πεντόζες σχημάτισαν τα πρώτα νουκλεοτίδια. Ο πολυμερισμός αυτών οδήγησε στην εμφάνιση των πρώτων νουκλεϊκών οξέων (RNA), ενώ ο πολυμερισμός των αμινοξέων οδήγησε στην εμφάνιση των πρωτεϊνών. Εκείνο το μόριο RNA που μετέφερε τις πληροφορίες για την αναπαραγωγή του, αποτέλεσε το πρώτο «ζωντανό μόριο», ενώ η οργάνωση της ζωντανής ύλης σε σύνθετους υπερμοριακούς σχηματισμούς οδήγησε τελικά στη γένεση των πρώτων αρχέγονων κυττάρων. Έτσι, με τις συνθήκες που επικρατούσαν στην αρχέγονη Γη και με την πάροδο εκατοντάδων εκατομμυρίων χρόνων η συνταγή φαίνεται ότι «έπιασε».



5

Η ΕΜΦΑΝΙΣΗ ΤΗΣ ΖΩΗΣ

του Γιώργου Γραμματικάκη*

Η εμφάνιση της ζωής, γεγονός καθοριστικό στην εξέλιξη του Σύμπαντος και αυτή, που θα του δώσει έκτοτε ένα ολότελα διαφορετικό νόημα, αποτελεί δύσκολο πεδίο δοκιμασίας για την επιστήμη. Γιατί, όπως είναι φανερό, απαιτεί τη συνεργασία πολλών κλάδων επιστημονικών –της Φυσικής, της Χημείας, της Βιολογίας αλλά και της Γεωλογίας– για τη σύνθεση μιας πειστικής εικόνας. ...

Πριν από μερικά δισεκατομμύρια χρόνια, η επιφανειακή μορφή του πλανήτη μας δεν θύμιζε, ασφαλώς, σε τίποτα τη σημερινή εικόνα. ...

Ασφαλώς, είναι δύσκολο να φαντασθεί κανείς ότι σ' αυτόν τον ταραγμένο πλανήτη –που χαρακτηρίζεται από έντονη ηφαιστειακή δράση, μεγάλες γεωλογικές μεταβολές, και περιβάλλεται από ατμόσφαιρα δηλητηριωδών αερίων– είναι εφικτό η ζωή να κάνει

το πρώτο της βήμα. Τούτο υποστηρίζεται, εν τούτοις, από εντυπωσιακά όσο και απλά πειράματα, που άρχισαν να γίνονται πριν από τέσσερις περίπου δεκαετίες. Μέσα σε δοκιμαστικούς σωλήνες που μιμούνται τη σύσταση της αρχέγονης ατμόσφαιρας και υφίστανται την επίδραση ηλεκτρικών εκκενώσεων ή υπεριώδους ακτινοβολίας, έγινε δυνατή η παραγωγή αμινοξέων των χημικών, δηλαδή, ενώσεων που ανευρίσκονται και στη δομή των βιολογικών οργανισμών.

Δεν υπάρχει αμφιβολία ότι ο δρόμος από αυτές τις χημικές ενώσεις ως το κύτταρο –τη βασική μονάδα της ζωής– είναι μακρύς και δαιδαλώδης. Διότι το κύτταρο αποτελεί μια αξιοθαύμαστη σύνθεση ενός δισεκατομμυρίου μορίων, διατεταγμένων σε πολύπλοκες δομές. Μόνο στο ανθρώπινο σώμα υπάρχουν 200 περίπου ποικιλίες κυττάρων, η κάθε ποικιλία έχοντας μια ειδική λειτουργία και

*Γιώργος Γραμματικάκης, Η Κόμη της Βερενίκης, κεφ. V Η Σιωπηλή Γένεση της Ζωής (Η εμφάνιση της ζωής), Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, Ηράκλειο 2000²⁰, σελ. 91-96.

Η ζωή στη Γη εμφανίστηκε σε τρία στάδια

αποστολή να επιτελέσει. Άλλα κύτταρα συνιστούν το δέρμα, άλλα τα οστά, κάποια, ως αιμοσφαίρια, κολυμπούν στο αίμα. Το κύτταρο συνιστά μια εκπλήσσοσα μικρογραφία των ζωικών λειτουργιών: της κίνησης, της ανάπτυξης, της προστασίας και της αναπαραγωγής.

Οι αναγκαίες πληροφορίες γι' αυτή τη χημική πολυπλοκότητα και τις απαραίτητες δραστηριότητες του κυττάρου είναι καταγραμμένες στα γονίδια που βρίσκονται στον πυρήνα του. Είναι, όμως, πληροφορίες κωδικοποιημένες και, μάλιστα, με κώδικα μια ειδική αλφάβητο που χρησιμοποιεί μόνον τέσσερα γράμματα! Τα «γράμματα» είναι στην περίπτωση αυτή πολύπλοκα μόρια, που ονομάζονται νουκλεοτίδια. Τα ίδια τα νουκλεοτίδια συνδέονται σε ακόμα πιο πολύπλοκα μόρια. Έτσι σχηματίζονται αλυσίδες νουκλεοτιδίων που αποτελούν το περίφημο DNA – ακρωνύμιο, από τα χαρακτηρίζοντα, πιθανόν, ολόκληρο τον αιώνα μας! Η ακριβής χημική ονομασία του DNA – δεσοξυριβονουκλεϊκό οξύ – αποτελεί ασφαλώς άσκηση για τη γλώσσα: άσκηση, όμως, για την επιστήμη αυτή τη φορά, απετέλεσε και η ανακάλυψη της δομής του DNA. ...

Η ανακάλυψη της δομής του DNA, που έγινε από τους J. Watson και F. Crick το 1953, σωστά θεωρείται μια μεγάλη στιγμή της σύγχρονης επιστήμης. ...

Πού έγκειται όμως η σημασία του DNA για το φαινό-

μενο της ζωής; Τα μόρια αυτά έχουν μια κατ' αρχήν απίστευτη ιδιότητα: Ότι αυτοαντιγράφονται. Κατασκευάζουν, δηλαδή, αντίγραφα του εαυτού τους. Κάθε μια από τις δυο αλυσίδες χρησιμοποιείται σαν καλούπι για να συνθέσει την αντικρουστή της· κι έτσι από τη μια διπλή έλικα δημιουργούνται δύο. Τούτο άρχισε ασταμάτητα από τότε που άρχισε η ζωή και θα διαρκέσει όσο εκείνη.

Η αναπαραγωγή, λοιπόν, των φυτών και των ζώων έχει ως βάση την αναπαραγωγή των κυττάρων, βάσει σχεδίων που μεταφέρονται από το DNA. Προς τούτο, τα μόρια του DNA κατασκευάζουν πρώτα ένα ακριβές αντίγραφο του εαυτού τους. Τα αντίγραφα αυτά μεταναστεύουν σε αντίθετες περιοχές του κυττάρου, το κύτταρο διαχωρίζεται κατά μήκος και δύο πανομοιότυπα κύτταρα δημιουργούνται. Η ζωή για τον καθένα μας αρχίζει από ένα μόνο κύτταρο: το μητρικό ωάριο, που τη στιγμή της γονιμοποίησης περιέχει ένα και μοναδικό αντίγραφο των σχεδίων. Τότε όμως αποκτά και ένα δεύτερο από το σπερματοζωάριο.

Το γονιμοποιημένο ωάριο διπλασιάζει το DNA και διαιρείται σε δύο, δίδοντας στο καθένα θυγατρικό κύτταρο το δικό του διπλό αντίγραφο. Διαδοχικές διαιρέσεις καταλήγουν σε ένα σύνολο 10^{14} – εκατό τρισεκατομμυρίων! – κυττάρων στον ενήλικο άνθρωπο. Ένα βακτήριο, μια μέλισσα ή ο άνθρωπος έχουν, συνεπώς, δομές κατ' επιταγή των μορίων DNA των κυττάρων τους. Τα σχέδια, όμως, του ανθρώπου που

Η ζωή εμφανίστηκε στη Γη πριν από 4 περίπου δισεκατομμύρια χρόνια, όταν τα μόρια στη λεγόμενη προβιοτική «σούπα» άρχισαν να αντιδρούν και να σχηματίζουν πιο προηγμένες δομές. Αυτό συνέβη, πιθανώς, σε τρία αποφασιστικά στάδια, τα οποία οι επιστήμονες έχουν προσομοιώσει πολλές φορές στα εργαστήρια.

1. Οι πρώτοι δομικοί λίθοι

Απλά μόρια, όπως π.χ. υδρογόνο, μεθάνιο και αμμωνία, μετατράπηκαν σε περίπλοκες οργανικές ουσίες, τους δομικούς λίθους της ζωής. Η απαραίτητη ενέργεια για τη διαδικασία αυτή μπορεί να προήλθε, μεταξύ άλλων, από τους κεραυνούς.



2. Από μικρο- σε μακρο-

Οι οργανικές αυτές ουσίες αντέδρασαν μεταξύ τους και μετατράπηκαν σε μακρομόρια – σε RNA, για παράδειγμα, το οποίο θεωρείται πρόδρομο του DNA. Αυτή η διαδικασία μπορούσε να συμβεί σε λιμνάζοντα νερά που εξατμίζονταν, πιθανόν γύρω από σωματίδια πηλού.



3. Ένα, περισσότερα, πολλά

Τα μακρομόρια περιβάλλονταν από τα λεγόμενα κυστίδια, πρωτόγονες κυτταρικές δομές λιπαρών οξέων. Όταν αυτά αποκτούσαν ένα ορισμένο μέγεθος, άρχιζαν να διαιρούνται ελεγχόμενα – ολοκληρώνοντας το τελευταίο αποφασιστικό στάδιο προς τη ζωή.



ενυπάρχουν σε κάθε κύτταρο, αποτελούνται από τρία δισεκατομμύρια νουκλεοτίδια των τεσσάρων ειδών.

Οι διάφοροι τρόποι να συνδυασθούν αυτά τα νουκλεοτίδια είναι, προφανώς, ανεξάντλητοι υπολογίζεται ότι αντιστοιχούν σε όλους τους δυνατούς συνδυασμούς γραμμάτων, είτε έχουν νόημα είτε όχι, σε ένα βιβλίο ενός εκατομμυρίου σελίδων. ...

Μετά από αυτά, δεν είναι περίεργη η αδιανόητη ποικιλία έμβιων μορφών ύλης. Διότι οι ζωντανοί οργανισμοί διαβάζουν το αλφάβητο του DNA και είναι γνώστες άριστοι της γλώσσας του. Όπως είναι ευνόητο, το DNA του ανθρώπου είναι πολύ μεγαλύτερο και ουσιωδώς διαφοροποιημένο από το DNA των μονοκύτταρων προγόνων, απ' όπου και ο άνθρωπος κατάγεται.

Ο τρόπος που αυτό το αξιοθαύμαστο μόριο, το «αθάνατο σπείρωμα» όπως ονομάστηκε, κάνει την εμφάνισή του στη Γη, θέλει ασφαλώς αρετήν και τόλμη για να κατανοηθεί. Διότι από τα απλά μόρια, που με αισιοδοξία δέχεται κανείς ότι σχηματίστηκαν με τη δράση των κεραυνών ή της υπεριώδους ακτινοβολίας, έως τον σχηματισμό του πρώτου «αυτοαντιγραφέα», απαιτείται ένα τεράστιο άλμα. Η σύγχρονη Βιολογία υποθέτει ότι η διαδικασία αυτή χρειάστηκε εκατομμύρια χρόνια και ότι τα απλά οργανικά μόρια συμπυκνώνονται τοπικά, πιθανόν στις ακτές ή σε μικρές λίμνες και βαλτονέρια. Άπειροι συνδυασμοί πρέπει να

έγιναν σ' αυτόν τον αρχέγονο «ζωμό», που δεν είχαν ιδιαίτερη σημασία ή εξαφανίσθηκαν, έως ότου αναδυθούν τα βασικά για τη βιολογική εξέλιξη μόρια. ...

Εάν πάντως δεχθεί κανείς ότι, με κάποιον τρόπο, τα μόρια DNA κάνουν την εμφάνισή τους στη Γη, ο δρόμος έκτοτε προς το κύτταρο, παρ' όλο που επίσης δυσδιάκριτος, στηρίζεται τουλάχιστον σε κατανοητές χημικές διεργασίες. Διότι η αλυσίδα των μορίων DNA δεν περιέχει απλώς ένα σύνολο σχεδίων για την αναπαραγωγή. Επιβλέπει, επίσης, και στην υλοποίηση αυτών των σχεδίων, μεταφράζοντάς τα σε σωματικές δομές. Τούτο γίνεται έμμεσα, με τη βοήθεια του «αγγελιαφόρου» RNA, ουσίας παρόμοιας σε σύσταση με το DNA. Εάν το περιβάλλον διαθέτει αμινοξέα, δίδονται οδηγίες για τη σύνθεση πρωτεϊνών. Οι πρωτεΐνες παίζουν στο εξής καθοριστικό ρόλο στη βιολογία του κυττάρου και ελέγχουν σε σημαντικό βαθμό τις χημικές διεργασίες του. ...

Είναι αλήθεια ότι η Βιολογία έχει διευκρινίσει πολλά σε ό,τι αφορά τους ηθοποιούς και τους σκηνοθέτες της ζωής. Αυτό που δεν έχει διευκρινισθεί ούτε από αυτήν, ούτε από κανέναν άλλο, είναι το νόημα του έργου που παίζεται.



6

Η ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΖΩΗΣ ΣΤΗ ΓΗ

Στα πρώτα στάδια η εξέλιξη της ζωής ήταν αργή. Επί δύο δισεκατομμύρια χρόνια η διαδικασία της αναπαραγωγής των πρωτόγονων βακτηριδίων συνεχιζόταν, ενώ παράλληλα τα βακτηρίδια αυτά έμαθαν να χρησιμοποιούν το ηλιακό φως και το διοξείδιο του άνθρακα για τροφή και να αποβάλλουν το οξυγόνο ως απόβλητο της πρώτης φωτοσυνθετικής διαδικασίας. Το αποβαλλόμενο οξυγόνο μετέτρεψε σιγά-σιγά την ατμόσφαιρα της Γης, σχηματίζοντας συγχρόνως ένα λεπτό στρώμα όζοντος που παρεμπόδιζε την υπεριώδη ακτινοβολία του Ηλίου να φτάσει στην επιφάνειά της, δίνοντας έτσι την ευκαιρία να γεννηθούν οι πρώτες πολυκύτταρες μορφές ζωής πριν από τουλάχιστον 700 εκατομμύρια χρόνια.

Οι πρωτόγονοι οργανισμοί μετεξελίχθηκαν σιγά-σιγά στους πολυκύτταρους ζωικούς και φυτικούς οργανισμούς κατά την περίοδο μίας «εκρηκτικής» φάσης εμφάνισης των διάφορων μορφών ζωής, που είναι γνωστή

ως **Έκρηξη της Κάμβριας Περιόδου** και η οποία συνέβη πριν από 542-488 εκατομμύρια χρόνια. Την εποχή εκείνη η επιφάνεια της Γης ήταν κερματισμένη σε τεράστιες λιθοσφαιρικές πλάκες που έπλεαν σαν παγόβουνα πάνω στο ρευστό υπόστρωμα του γήινου φλοιού. Με το τέλος της Κάμβριας Περιόδου και την απαρχή της **Ορδοβίκιας Περιόδου** (πριν από 588-444 εκατομμύρια χρόνια) όλες σχεδόν οι λιθοσφαιρικές πλάκες είχαν συγκεντρωθεί στα νότια δημιουργώντας μια υπερήπειρο που ονομάστηκε **Γκοντουάνα**, ενώ στα βόρεια των τροπικών υπήρχε ένας τεράστιος ωκεανός. Στη θάλασσα αναπτύχθηκαν τα πρώτα ζώα με όστρακα, τα πρώτα πρωτόγονα ψάρια, τα ασπόνδυλα αρθρωτά όπως οι τριλοβίτες, τα βραχιονόποδα, τα κοράλλια, τα κρινοειδή, τα φύκια και τα πρώτα πρωτόγονα φυτά, τα οποία προς το τέλος της περιόδου «μετανάστευσαν» σιγά-σιγά και στην ξηρά.

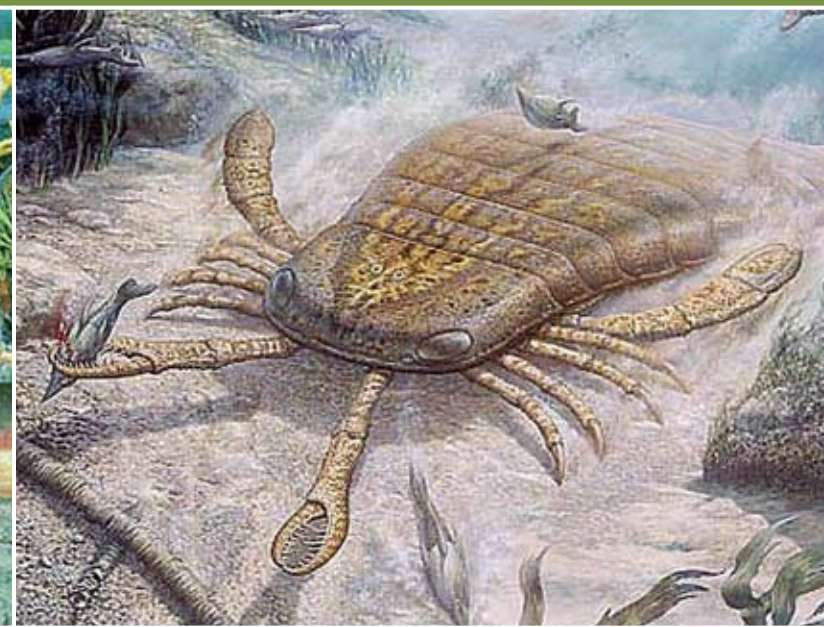
Στην επόμενη γεωλογική περίοδο, τη Σι-



Κάμβρια Περίοδος



Ορδοβίκια Περίοδος



Σιλούρια Περίοδος



Δεβόνια Περίοδος

Λούρια (πριν από 444-416 εκατομμύρια χρόνια) οι κλιματολογικές συνθήκες στη Γη άρχισαν να σταθεροποιούνται με αποτέλεσμα το λιώσιμο των παγετώνων, που οδήγησε στην άνοδο της θαλάσσιας στάθμης. Την περίοδο αυτή εμφανίστηκαν οι πρώτοι κοραλλιογενείς ύφαλοι και τα πρώτα σπονδυλωτά ψάρια που εξελίχθηκαν γρήγορα, ενώ στην ξηρά «βλέπουμε» εκτεταμένη αύξηση στη διασπορά της ζωής με την εμφάνιση των πρώτων φυτών (βρύα). Εμφανίζονται επίσης οι σαρανταποδαρούσες και οι πρώτοι συγγενείς των αραχνοειδών.

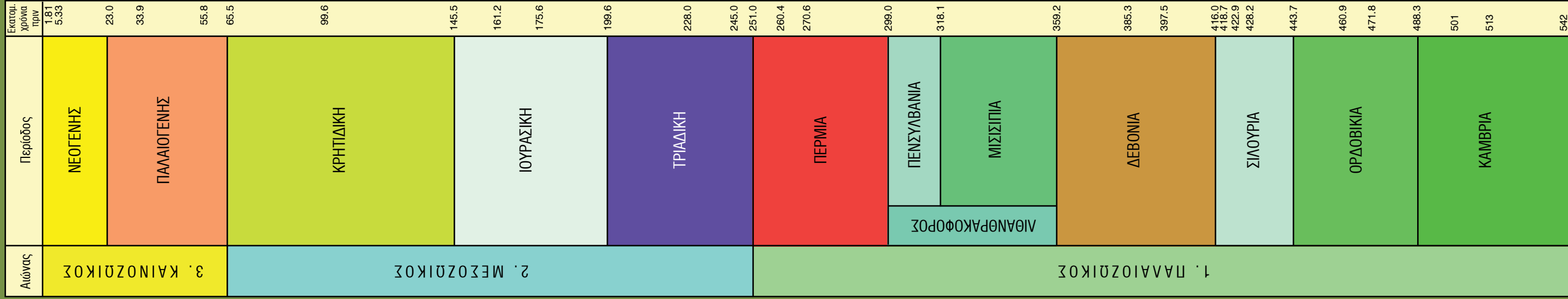
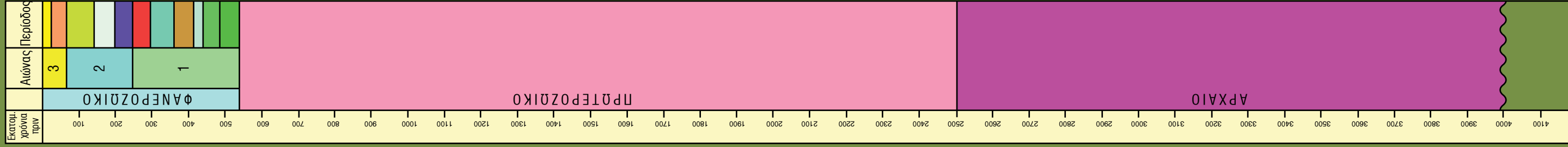
Στη συνέχεια, κατά τη διάρκεια της **Δεβόνιας Περιόδου** (πριν από 416-360 εκατομμύρια χρόνια), δημιουργήθηκαν τρεις ήπειροι. Η Βόρειος Αμερική μαζί με την Ευρώπη (Λαυρασία) βρίσκονταν κοντά στον ισημερινό, αν και οι μεγαλύτερες σημερινές περιοχές τους ήταν βυθισμένες στη θάλασσα. Στα βόρεια βρίσκονταν ένα τμήμα της σημερινής Σιβηρίας, ενώ το νότιο ημισφαίριο καλύπτονταν από τις ενωμένες περιοχές της Νότιας Αμερικής, της Αφρικής, της Ανταρκτικής, της Ινδίας και της Αυστραλίας. Την περίοδο εκείνη τα φυτά δεν είχαν ύψος μεγαλύτερο

του ενός μέτρου, ενώ προς τα τέλη της εμφανίστηκαν οι φτέρες, τα πρώτα δέντρα και τα πρώτα δάση. Επίσης άρχισαν να εμφανίζονται και τα πρώτα αρθρόποδα, περιλαμβανόμενων των πρώτων άπτερων εντόμων και των αραχνοειδών, ενώ στις θάλασσες υπήρχαν τα εχινόδερμα, οι αμμωνίτες και πολλά νέα είδη ψαριών.

Τα χρόνια πέρασαν και πάνω στον πλανήτη μας οι ήπειροι είχαν αρχίσει να ενώνονται και πάλι σε μια υπερήπειρο, την Παγγαία II, που εκτεινόταν από το βόρειο έως το νότιο πόλο. Το υπόλοιπο μέρος

του πλανήτη μας καλύπτονταν από έναν ωκεανό γνωστό ως **Πανθάλασσα** και μια μικρότερη θάλασσα περιοχή με την ονομασία **Τηθύς**. Στην ξηρά είχε αρχίσει ήδη η περίοδος που είναι γνωστή ως **Εποχή των Δεινοσαύρων**, ενώ τα δάση με τις φτέρες σταδιακά έδωσαν τη θέση τους στα πρώτα κωνοφόρα. Έτσι στη διάρκεια της **Ιουρασικής Περιόδου** (πριν από 199-145 εκατομμύρια χρόνια), τη Γη «εξουσίαζαν» κάθε λογής δεινόσαυροι, που αποτελούσαν το αντιπροσωπευτικότερο στοιχείο ζωής του πλανήτη μας.

Η Ιστορία της Γης



7

ΜΑΖΙΚΟΙ ΑΦΑΝΙΣΜΟΙ ΣΤΗ ΓΗ

Οι μελέτες που έχουν εκπονηθεί, για την εξέλιξη της ζωής τα τελευταία 500 εκατομμύρια χρόνια, μας έχουν αποκαλύψει τις ενδείξεις αρκετών μαζικών αφανισμών. Αν και είναι αρκετά δύσκολο να εντοπίσουμε επακριβώς πότε συνέβησαν αυτοί, εντούτοις υπάρχουν ορισμένες εκτιμήσεις, που οδηγούν τους επιστήμονες να προτείνουν ότι μαζικές εξαφανίσεις συμβαίνουν κάθε 26 περίπου εκατομμύρια χρόνια, πράγμα που σημαίνει ότι τα τελευταία 500 εκατομμύρια χρόνια είχαμε συνολικά 20, περίπου, τέτοιους μαζικούς αφανισμούς.

Απ' όλους όμως αυτούς τους αφανισμούς έχουν εντοπιστεί πέντε που ήταν ιδιαίτερα καταστροφικοί, μερικοί μάλιστα πρέπει να οφείλονται σε εξωγήινους παράγοντες όπως συγκρούσεις του πλανήτη μας με αστεροειδείς. Ο πρώτος από τους κυριότερους αυτούς μαζικούς αφανισμούς συνέβη πριν από 440 περίπου εκατομμύρια χρόνια, στα τέλη της Ορδοβίκιας περιόδου, όταν

η Γκοντουάνα σταθεροποιήθηκε στο Νότιο Πόλο. Τότε σχηματίστηκαν τεράστιοι παγετώνες που κατά συνέπεια μείωσαν τη στάθμη της θάλασσας τόσο πολύ, ώστε οι μαζικοί αφανισμοί της εποχής εκείνης θεωρούνται ως η δεύτερη μεγαλύτερη σε έκταση περίοδος αφανισμών.

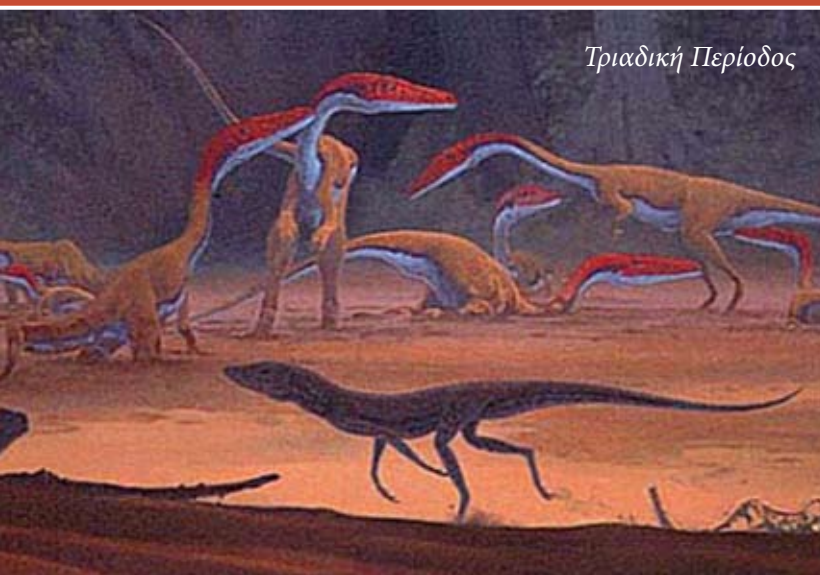
Μία ακόμη από τις μεγαλύτερες μαζικές εξαφανίσεις των ειδών ζωής συνέβη προς τα τέλη της **Δεβόνιας Περιόδου**, πριν από περίπου 360 εκατομμύρια χρόνια, όταν το 70% περίπου όλων των ειδών ζωής εξαφανίστηκε από προσώπου Γης. Οι θαλάσσιοι οργανισμοί υπέστησαν τη μεγαλύτερη ζημιά σ' ένα γεγονός που ίσως να συνδέεται με τη σύγκρουση της Γης μας μ' ένα μεγάλο αστεροειδή ή με τη σύγκρουση πολλών μικρότερων εξωγήινων εισβολέων, κομητών ή μετεωριτών. Σύμφωνα με μια άλλη υπόθεση υπολογίζεται ότι η αιτία του μεγάλου αυτού αφανισμού οφείλεται στην κάλυψη της μεγάλης ηπείρου Γκοντουάνα από ένα παχύ



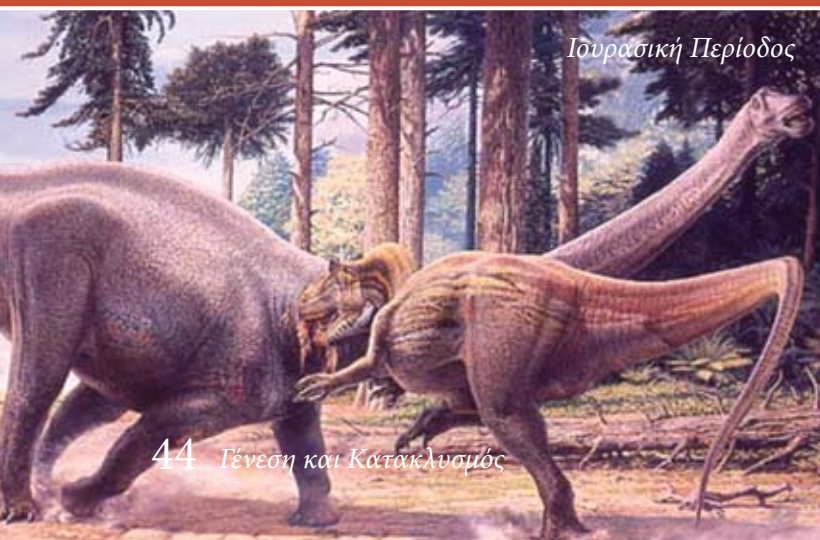
Πέρμια Περίοδος

στρώμα πάγου, όπως φαίνεται από τα ευρήματα παγετώνων στη βόρεια Βραζιλία που ανάγονται σ' εκείνη την περίοδο.

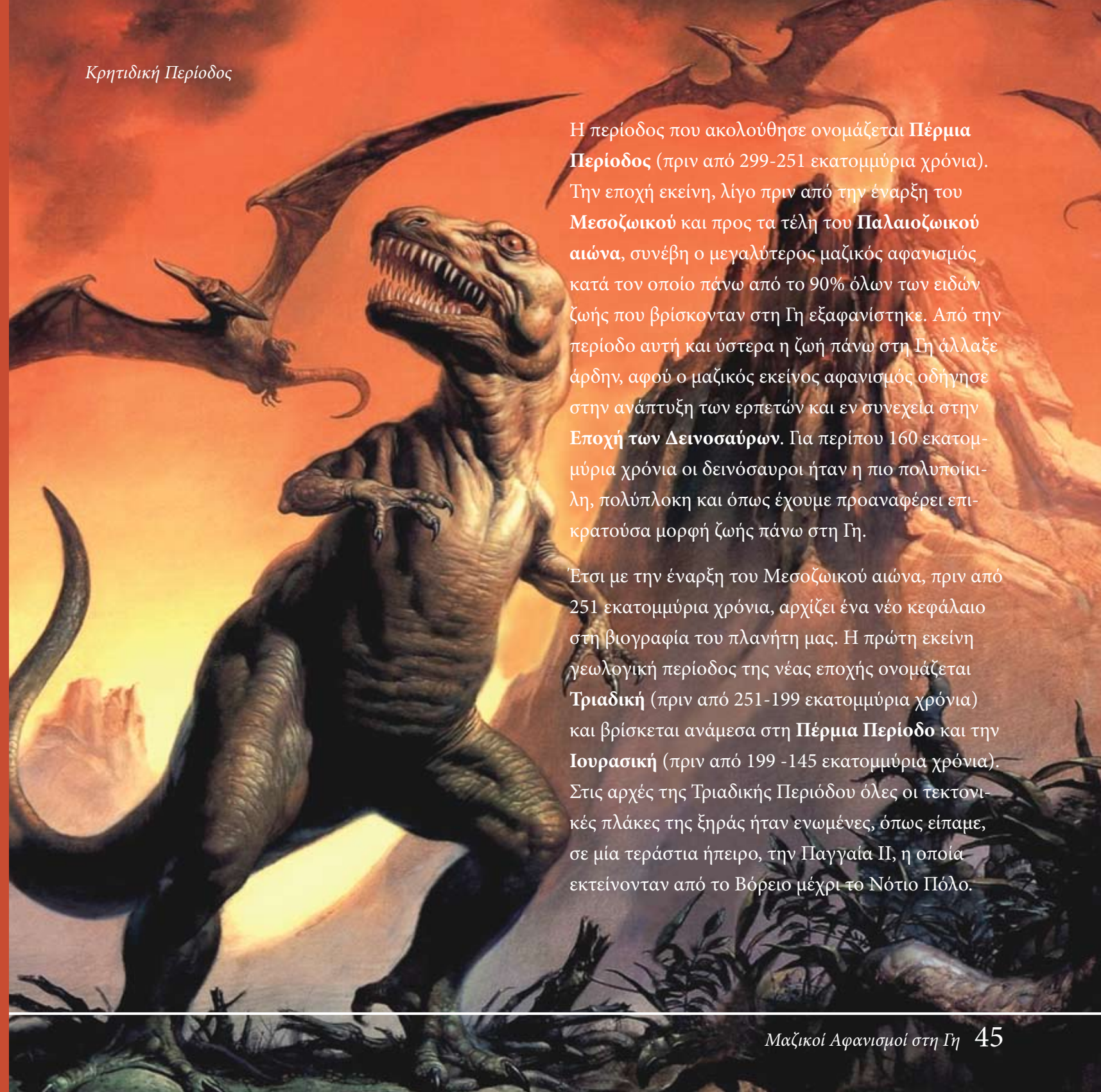
Πριν από την καταστροφή αυτή είχε κάνει την εμφάνισή του στη θάλασσα ένα είδος ψαριού, ο **δίπνευστος**, το οποίο ανέπτυξε σιγά-σιγά και πνεύμονες που του επέτρεψαν αργότερα να μπορεί να αναπνέει κι έξω από το νερό. Μερικά από τα ψάρια αυτά μετανάστευσαν στην ξηρά κατά τη διάρκεια της **Λιθανθρακοφόρου Περιόδου** (πριν από 359-299 εκατομμύρια χρόνια) και μεταμορφώθηκαν στα πρώτα αμφίβια. Στη διάρκεια αυτής της περιόδου μεγάλες περιοχές της ξηράς καλύπτονταν από βάλτους με υδρόβια δάση, που σήμερα αποτελούν τα ανθρακοφόρα στρώματα της Γης. Παράλληλα η ραγδαία ανάπτυξη των κωνοφόρων δασών απελευθέρωσε τεράστιες ποσότητες οξυγόνου, το οποίο ήταν αναγκαίο για την ανάπτυξη των ζώων της ξηράς. Την περίοδο αυτή εξελίχθηκε και η δυνατότητα της αναπαραγωγής στην ξηρά δίνοντας έτσι την ευκαιρία στους προγόνους των πουλιών, των θηλαστικών και των ερπετών να αναπτυχθούν. Την ίδια περίοδο η Λαυρασία συγκρούστηκε με την Γκοντουάνα με αποτέλεσμα τη δημιουργία της οροσειράς των Απαλαχίων στη Βόρεια Αμερική, ενώ η σύγκρουση της Σιβηρίας με την ανατολική πλευρά της Λαυρασίας δημιούργησε τα Ουράλια Όρη.



Τριαδική Περίοδος



Ιουρασική Περίοδος



Κρητιδική Περίοδος

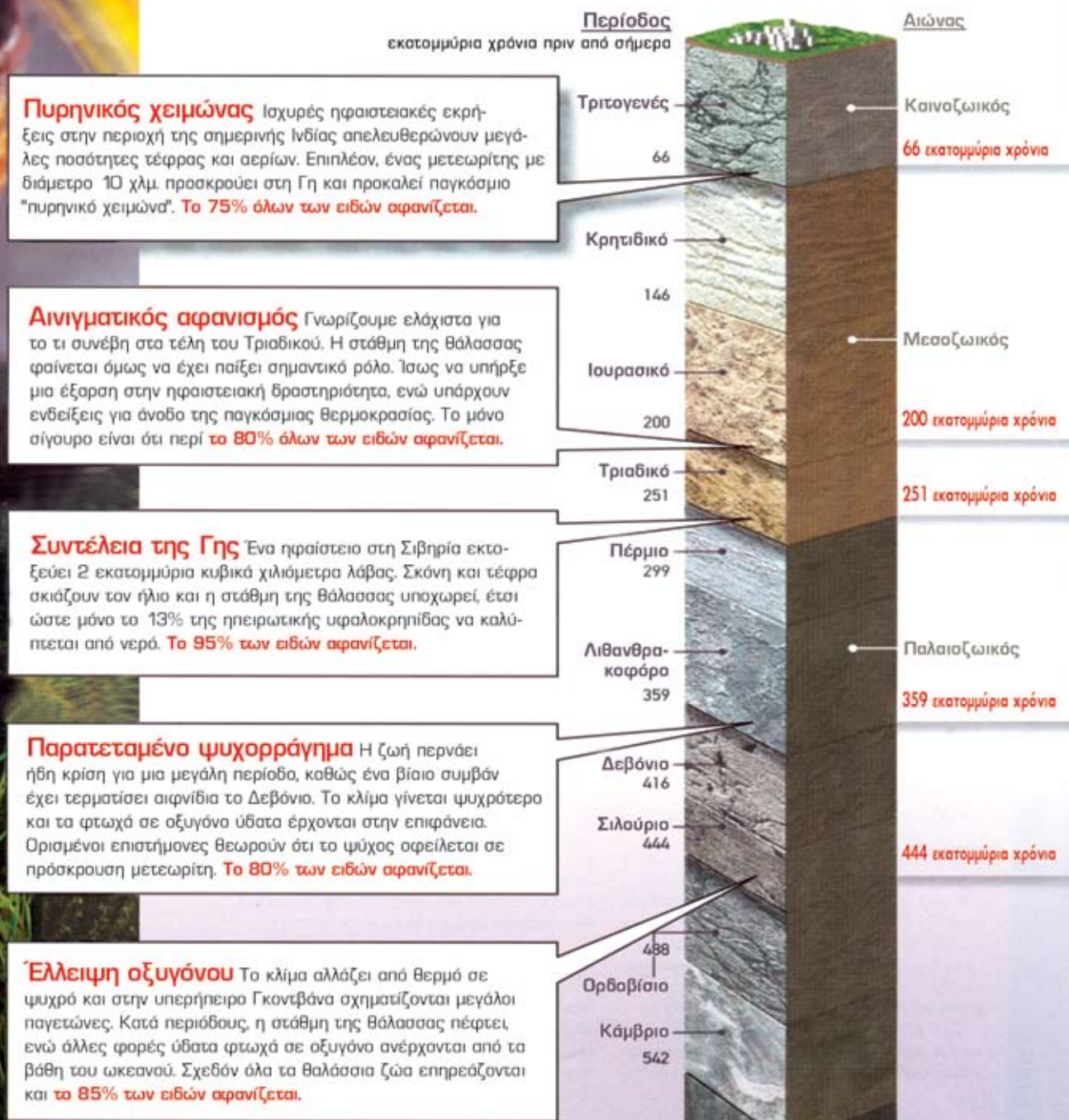
Η περίοδος που ακολούθησε ονομάζεται **Πέρμια Περίοδος** (πριν από 299-251 εκατομμύρια χρόνια). Την εποχή εκείνη, λίγο πριν από την έναρξη του **Μεσοζωικού** και προς τα τέλη του **Παλαιοζωικού αιώνα**, συνέβη ο μεγαλύτερος μαζικός αφανισμός κατά τον οποίο πάνω από το 90% όλων των ειδών ζωής που βρίσκονταν στη Γη εξαφανίστηκε. Από την περίοδο αυτή και ύστερα η ζωή πάνω στη Γη άλλαξε άρδην, αφού ο μαζικός εκείνος αφανισμός οδήγησε στην ανάπτυξη των ερπετών και εν συνεχεία στην **Εποχή των Δεινοσαύρων**. Για περίπου 160 εκατομμύρια χρόνια οι δεινόσαυροι ήταν η πιο πολυποικίλη, πολύπλοκη και όπως έχουμε προαναφέρει επικρατούσα μορφή ζωής πάνω στη Γη.

Έτσι με την έναρξη του Μεσοζωικού αιώνα, πριν από 251 εκατομμύρια χρόνια, αρχίζει ένα νέο κεφάλαιο στη βιογραφία του πλανήτη μας. Η πρώτη εκείνη γεωλογική περίοδος της νέας εποχής ονομάζεται **Τριαδική** (πριν από 251-199 εκατομμύρια χρόνια) και βρίσκεται ανάμεσα στη **Πέρμια Περίοδο** και την **Ιουρασική** (πριν από 199 -145 εκατομμύρια χρόνια). Στις αρχές της Τριαδικής Περιόδου όλες οι τεκτονικές πλάκες της ξηράς ήταν ενωμένες, όπως είπαμε, σε μία τεράστια ήπειρο, την Παγγαία II, η οποία εκτεινόταν από το Βόρειο μέχρι το Νότιο Πόλο.

Αναγέννηση μετά τη Συντέλεια

Η ζωή στη Γη θα έπρεπε να έχει αφανιστεί προ πολλού. Από τη στιγμή που τα πρώτα φυτά και τα πρώτα ζώα έκαναν την εμφάνισή τους, η Γη έζησε πολλές φορές τον Αρμαγεδώνα. Η τελευταία φορά που συνέβη αυτό ήταν πριν από περίπου 65 εκατομμύρια χρόνια, όταν ο πλανήτης μας χτυπήθηκε από έναν κομήτη ή ένα μεγάλο αστεροειδή. Ωστόσο, κάθε φορά η ζωή ανέκαμψε ξανά, βγαίνοντας, μάλιστα, ενισχυμένη μέσα από τη Συντέλεια.

Τα γεωλογικά στρώματα της Γης αποκαλύπτουν μια πολυτάραχη ιστορία. Από τότε που εμφανίστηκαν οι πρώτοι πολυκύτταροι οργανισμοί που γνωρίζουμε, πριν από 540 εκατομμύρια χρόνια, η Γη έχει υποστεί πέντε παγκόσμιες καταστροφές, οι οποίες αφάνισαν μέχρι και το 95% όλων των ειδών που υπήρχαν τότε. Κάθε καταστροφή άφησε ένα ορατό αποτύπωμα στα γεωλογικά στρώματα, το οποίο σηματοδοτεί τη μετάβαση από τη μια γεωλογική περίοδο στην άλλη.





8

Ο ΘΑΝΑΤΟΣ ΤΩΝ ΔΕΙΝΟΣΑΥΡΩΝ

Η κίνηση των ηπείρων είναι μία αργή διαδικασία, αλλά στην περίοδο των 185 εκατομμυρίων χρόνων που διήρκεσε ο Μεσοζωικός αιώνας των γεωλογικών ανακατατάξεων (πριν από 251-65 εκατομμύρια χρόνια) οι δεινόσαυροι κυριάρχησαν σε όλα τα μήκη και τα πλάτη της Γης, από τους πόλους μέχρι τον Ισημερινό. Οι δεινόσαυροι ήταν πλάσματα ιδιαίτερα προικισμένα και προσαρμοσμένα με ιδανικό τρόπο στο περιβάλλον τους, ενώ αξίζει να επισημάσουμε ότι η νοημοσύνη τους συναγωνίζονταν και ίσως ξεπερνούσε εκείνη πολλών σύγχρονων ζώων. Υπήρχαν σαρκοφάγοι δεινόσαυροι, όπως ο Τυραννόσαυρος, θωρακισμένοι φυτοφάγοι όπως ο Τρικέρατος και αδηφάγοι καταναλωτές φυτών όπως ο Εντμοντόσαυρος και ο Τιτανόσαυρος, που είχε μήκος 21 μέτρων. Μία ολόκληρη ποικιλία πλασμάτων που ζούσαν σε αρμονία με τη φύση γύρω τους. Και ξαφνικά, τα τερά-

στια αυτά κοπάδια εξαφανίστηκαν.

Παρ' όλο, δηλαδή, που η εμφάνιση και η εξαφάνιση των πρώτων ειδών δεινοσαύρων ήταν μία αργή και βαθμιαία διαδικασία, η τελική εξαφάνιση επήλθε ξαφνικά. Το ίδιο συνέβη και στα περισσότερα είδη ζώων και φυτών της Γης, αφού το κύμα αφανισμού δεν περιορίστηκε μόνο στα γιγάντια ερπετά. Το 70% έως 90% των φυτών και των ζώων χάθηκε σε ένα φαινόμενο που δικαίως χαρακτηρίζεται ως ένα από τα πλέον δραματικά φαινόμενα αφανισμού στην ιστορία του πλανήτη μας.

Οτιδήποτε και αν προξένησε τον όλεθρο στην ξηρά, δεν άφησε τη θάλασσα ανέπαφη. Κάτω από την επιφάνεια των ωκεανών, η ζωή αφθονούσε. Χιλιάδες είδη οστρακοειδών, σπόγγων, κοραλλιών και ψαριών συνωστίζονταν μέσα στα χλιαρά νερά, όπου γιγάντια υδρόβια ερπετά τρέφονταν με μικρότερα θαλάσσια ζώα. Παρ' όλο που

οι καρχαρίες είχαν ήδη κάνει την εμφάνισή τους, τα μεγαλύτερα σαρκοβόρα των θαλασσών ήταν τα ερπετά, όπως ο Ιχθυόσαυρος, τα οποία ήταν ευκίνητα, γρήγορα και καλά οπλισμένα με δόντια και νύχια. Και ξαφνικά, το 90% της θαλάσσιας ζωής αφανίστηκε. Όλα τα μεγάλα θαλάσσια ερπετά, τα 3/4 των σπόγγων, τα μισά σαλιγκάρια και μεγάλο μέρος των κοραλλιών εξαφανίστηκαν για πάντα.

Όπως σε αρκετές προηγούμενες καταστροφές, ο μεγάλος αφανισμός φαίνεται ότι ήρθε κι αυτός από τον ουρανό. Πριν από 65 εκατομμύρια χρόνια, στο τέλος του Κρητιδικού (πριν από 145-65 εκατομμύρια χρόνια) και στις αρχές του Τριτογενούς (πριν από 65-1,8 εκατομμύρια χρόνια), ένα τεράστιο βουνό, διπλάσιο σε μέγεθος από το Έβερεστ, κάλυπτε με μεγάλη ταχύτητα προς τον πλανήτη μας. Πάνω στη Γη οι ήπειροι είχαν ήδη πάρει τη σημερινή τους, σχεδόν, μορφή αν και η Βόρειος Αμερική δεν είχε ακόμη αποκοπεί εντελώς από την Ευρώπη, ούτε η Ινδία είχε ακόμη συγκρουστεί με την Ασία για να σχηματίσει την οροσειρά των Ιμαλαΐων. Εκείνο το πρωινό στις απέραντες πεδιάδες της Μεσοαμερικής και παντού σ' ολόκληρη τη Γη, οι δεινόσαυροι, όπως επίσης και όλα τα άλλα ζώα, ήσαν απασχολημένα με την εξεύρεση της καθημερινής τους τροφής.

Η εμφάνιση του επερχόμενου εξολοθρευτή πρέπει να ήταν πραγματικά θεαματική, αλλά κανένας από

τους κατοίκους του πλανήτη μας δεν πρέπει να του έδωσε και μεγάλη σημασία. Οι υπολογισμοί που έχουν γίνει απέδειξαν ότι η πτώση του αστεροειδούς εκείνου δεν επιβραδύνθηκε ουσιαστικά από την ατμόσφαιρα, την οποία διέσχισε σε χρόνο μερικών δευτερολέπτων προσκρούοντας στην επιφάνεια της Γης με ταχύτητα 110.000 χιλιομέτρων την ώρα. Μέσα σε ένα δευτερόλεπτο μετά τη σύγκρουση, ολόκληρη η μάζα του αστεροειδούς, που έφτανε τα έξι τρισεκατομμύρια τόνους, εξαερώθηκε δημιουργώντας έναν κρατήρα με διάμετρο 300 χιλιομέτρων, ενώ η ενέργεια που απελευθερώθηκε εκείνη τη στιγμή ισοδυναμούσε με την έκρηξη 3.000.000 βομβών υδρογόνου, αντίστοιχη με την έκρηξη 6,25 δισεκατομμυρίων ατομικών βομβών τύπου Χιροσίμα.

Η δύναμη της πρόσκρουσης ήταν τέτοια, ώστε εκτίναχτηκαν στην ατμόσφαιρα υλικά 600 τρισεκατομμυρίων τόνων με όγκο 50.000 κυβικών χιλιομέτρων και σε ύψος 160 περίπου χιλιομέτρων, καλύπτοντας έτσι ολόκληρη την υδρόγειο. Μικρότερες ποσότητες υπερθερμασμένης σκόνης κάλυψαν τη Γη σε ύψος 9 χιλιομέτρων. Το χαμηλό αυτό στρώμα της θερμής σκόνης μετέφερε τη μεγαλύτερη ποσότητα θερμότητας της σύγκρουσης και προκάλεσε μια ξαφνική και καταστροφική άνοδο της θερμοκρασίας στην ατμόσφαιρα και στους ωκεανούς. Μικρά θραύσματα πετρωμάτων εκσφενδονίστηκαν στην ατμόσφαι-

ρα με τρομαχτικές ταχύτητες, απελευθερώνοντας συγχρόνως θερμότητα. Σε ύψος 70 χιλιομέτρων η θερμοκρασία έφτασε τους 1.000 βαθμούς Κελσίου, μετατρέποντας την επιφάνεια του πλανήτη μας σε μια υπέρθερμη κόλαση. Η ξαφνική αυτή υπερθέρμανση πρέπει να θανάτωσε τα περισσότερα είδη των δεινοσαύρων μέσα σε λίγες ώρες.

Οι καυτές βολίδες των πετρωμάτων, που ταξίδεψαν ολόγυρα στον πλανήτη, έπεφταν σαν φλεγόμενα μετέωρα, πυρπολώντας την επιφάνειά του. Το 1/5 της σκόνης που απέμεινε στα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας κάλυψε τη Γη επί χιλιάδες, ίσως, χρόνια βυθίζοντάς την στο σκοτάδι. Χωρίς τον Ήλιο, τα φυτά «πέθαναν» και χωρίς τα φυτά, πρώτα τα φυτοφάγα και κατόπιν τα σαρκοφάγα ζώα εξαφανίστηκαν από το πρόσωπο της Γης. Οι σπόροι, καθώς και μερικά είδη φυτών επέζησαν, όπως επέζησαν επίσης και ορισμένα μικρόσωμα ζώα με βάρος μέχρι 25 κιλά που ζούσαν σε λαγούμια κάτω από το έδαφος και τρέφονταν με υπολείμματα φυτών και ζώων. Οι δεινόσαυροι, όμως, όχι.

Το 1990, ο Άλαν Χίλντεμπραντ εντόπισε έναν τεράστιο κρατήρα με διάμετρο 180 χιλιομέτρων στη Χερσόνησο Γιουκατάν στον κόλπο του Μεξικού. Η σύγκρουση που σχημάτισε τον κρατήρα αυτόν πρέπει να σήκωσε ένα τεράστιο παλιρροϊκό κύμα, ένα τσουνάμι ύψους 3.000 μέτρων, το οποίο εκτινά-



χτηκε με την ταχύτητα του ήχου. Παρ' όλα αυτά, οι καταστροφές από το τσουνάμι δεν θα μπορούσαν να είναι παρά ηπειρωτικής μόνον έκτασης και θα επηρέαζαν την εξέλιξη της ζωής στις γειτονικές μόνον ηπείρους.

Η τοποθεσία, όμως, στην οποία έπεσε ο εξωγήινος επιδρομέας περιείχε πετρώματα γύψου (CaSO_4), από τον οποίο ελευθερώθηκαν τεράστιες ποσότητες διοξειδίου του θείου. Πέντε εκατομμύρια τόνοι αυτού του δηλητηριώδους αερίου μετατράπηκαν με τη σειρά τους σε τριοξείδιο του θείου, από την υπεριώδη ακτινοβολία στα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας, και στη συνέχεια με τη βοήθεια υδρατμών, σε θειικό οξύ, που έπεσε με μορφή βροχής σε ξηρά και θάλασσα. Επί πλέον τεράστιες ποσότητες οξειδίων του αζώτου μόλυναν την ατμόσφαιρα, ενώ αντίστοιχα μεγάλες ποσότητες νιτρικού οξέος έπεσαν στη Γη θανατώνοντας καθετί το ζωντανό. Έτσι οι θαλάσσιοι οργανισμοί, που δεν είχαν μέρος να κρυφτούν, πέθαναν από το θανατηφόρο συνδυασμό θερμότητας και χημικής αλλαγής.

Παρ' όλες, φυσικά, τις ενδείξεις που έχουμε συγκεντρώσει μέχρι τώρα κανένας δεν μπορεί να είναι

απόλυτα βέβαιος ότι τα σενάρια που περιγράψαμε παραπάνω ήταν πράγματι η αιτία του αφανισμού των δεινοσαύρων. Επί 25 σχεδόν χρόνια, η θεωρία αυτή αποτελεί αντικείμενο δισταμένων απόψεων στα διεθνή συνέδρια που οργανώνονται συχνά σε διάφορες χώρες του κόσμου. Εν τούτοις, και παρ' όλες τις αντιρρήσεις, οι ενδείξεις που έχουμε μας πληροφορούν ότι ο θάνατος των δεινοσαύρων οφείλεται πραγματικά σε ένα ξεχωριστό συμβάν που ίσως επαναληφθεί και στο μέλλον, γιατί το μονοπάτι της εξέλιξης δεν είναι προκαθορισμένο και υπάρχουν πολλές κρίσιμες καμπές. Ακόμη όμως κι αν ο αφανισμός των δεινοσαύρων δεν οφείλονταν στη σύγκρουση της Γης μας μ' έναν αστεροειδή, είναι γεγονός αναμφισβήτητο ότι τέτοιου είδους συγκρούσεις έχουν, κατά καιρούς, συμβεί στο παρελθόν και πρέπει να έχουν προκαλέσει τεράστιες καταστροφές, ενώ συγχρόνως αποτέλεσαν το γενεσιουργό αίτιο νέων μορφών ζωής. Φυσικά, αν οι δεινόσαυροι συνέχιζαν να βασιλεύουν ανεμπόδιστα, είναι πιθανόν εμείς οι άνθρωποι να μην είχαμε εμφανιστεί ποτέ, πράγμα που σημαίνει ότι όλοι μας οφείλουμε την ύπαρξή μας σ' εκείνο το καταστροφικό γεγονός που συνέβη πριν από 65 εκατομμύρια χρόνια.

9

Η ΕΜΦΑΝΙΣΗ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ

του Γιώργου Γραμματικάκη*

Το ποιος, ωστόσο, πού και πότε μπορεί να διεκδικήσει τον τίτλο του πρώτου «πραγματικού» ανθρώπου, παραμένει ένα ζήτημα με μεγάλη ασάφεια. Εν πολλοίς, είναι ασφαλώς θέμα ορισμού. Τα ευρήματα άλλωστε των ανθρωπολόγων, περιορισμένα μέχρι στιγμής και διάσπαρτα, αφήνουν περιθώρια για έντονες αμφισβητήσεις. Κρανία που προσομοιάζουν με τα ανθρώπινα ανευρέθηκαν σε πολλά σημεία της γης –την Ιάβα, τη Γαλλία, την Αφρική– και αποδίδονται στον *Homo erectus*, ανθρωποειδές με μεγάλη ικανότητα στα χέρια και με όρθιο βάδισμα. Ο *Homo erectus* πρέπει να έζησε πριν από ένα εκατομμύριο χρόνια. Ακόμη παλαιότερα ευρήματα στους τροπικούς της Αφρικής, που έχουν ηλικία δύο ή και περισσότερα εκατομμύρια χρόνια, ανήκουν στον Αυστραλοπίθηκο, μικρόσωμο ον με χαρακτηριστικά ενδιάμεσα μεταξύ του πιθήκου και του ανθρώπου.

Κοντινοί πρόγονοι του σημερινού ανθρώπου, πάντως, θεωρούνται οι παραλλαγές που έζησαν πριν από μερικές εκατοντάδες χιλιάδες χρόνια. Τούτο δεν θίγει πολύ τον εγωισμό μας. Διότι οι άνθρωποι αυτοί, με χαρακτηριστικό εκπρόσωπο τον άνθρωπο του Νεάντερταλ, ήδη χρησιμοποιούν πέτρινα εργαλεία και έχουν επαρκή ανάπτυξη του εγκεφάλου. Έτσι δικαιολογείται η προσωνυμία του σοφού ανθρώπου –*Homo sapiens*– με την οποία αυτοπροσαγόρευσε ο σημερινός άνθρωπος το είδος του.

Η ασάφεια της ιστορίας μας ως είδους δεν πρέπει, πάντως, να εκπλήσσει τον αναγνώστη. Περισσότερο από το ενενήντα εννιά τοις εκατό αυτής της ιστορίας έχει ως μόνες της πηγές ευρήματα παλαιοντολογικά.

* * *

Από αυτήν την άποψη, η ιστορία του ανθρώπου χωρίζεται σε δύο άνισα μέρη. Δύο

*Γιώργος Γραμματικάκης, Η Κόμη της Βερενίκης, κεφ. VI Ο Άνθρωπος Παρών στο Κοσμικό Παιχνίδι (Ο μηχανισμός της εξέλιξης, Η ιδιαιτερότητα του ανθρώπου, Ο ανθρώπινος πολιτισμός), Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, Ηράκλειο 2000²⁰, σελ. 103-104, 105, 106-107.

εκατομμύρια χρόνια, ή και περισσότερα, αναλώνονται για τη μετάβαση από τον Αυστραλοπίθηκο της κεντρικής Αφρικής στον *Homo sapiens*: Είναι η βιολογική του εξέλιξη. Σε λιγότερα όμως από είκοσι χιλιάδες χρόνια, οι κυνηγετικές φυλές της Αφρικής ή της Αυστραλίας, υπό τον επιταχυνόμενο ρυθμό της πολιτιστικής εξέλιξης, γίνονται οι σημερινοί άνθρωποι. Καλλιτέχνες ή επιστήμονες, επινοητές τεχνολογικών εξελίξεων, με συνείδηση του κόσμου και του εαυτού τους, πλούσιοι σε εμπειρίες ή γνώσεις. ...

* * *

Η τελευταία εποχή παγετώνων άρχισε ίσως πριν από εκατό χιλιάδες χρόνια. ... Οι εποχές αυτές, με το δριμύ ψύχος και την κάλυψη μέρους των ηπείρων από πάγους, έχουν περιοδική εμφάνιση στη Γη και οφείλονται πιθανότατα σε αστρονομικά αίτια. ... Καθώς οι περίοδοι των παγετώνων διαρκούν δεκάδες χιλιάδες χρόνια, είναι ευνόητη η βαθύτατη επίδρασή τους στο κλίμα και στην ανθρώπινη διαβίωση. ...

Η εποχή αυτή υποχρέωσε τους ήδη κοντινούς προγόνους του σημερινού ανθρώπου, που ήσαν κυνηγοί και συλλέκτες, σε μεγάλες προσαρμογές για να επιβιώσουν στις σκληρές της συνθήκες. ...

Περί το τέλος της εποχής των παγετώνων, μια σπουδαία μορφή τέχνης, η ζωγραφική, κάνει την εμφάνισή της. Η ζωγραφική των σπηλαίων, που χρονολογείται πριν από είκοσι χιλιάδες χρόνια, καταγράφει τις γνώ-





σεις του κυνηγού για τα ζώα, τον κόσμο του και τους κινδύνους που τον απειλούν. Όταν στο τέλος οι πάγοι αποτραβιούνται, μια εκτεταμένη άνοιξη αρχίζει στην Ευρώπη και στην Ασία κι αυτό, πριν από δέκα χιλιάδες χρόνια. Ο επί μακρόν περιπλανώμενος άνθρωπος βρίσκεται, έτσι, σ' ένα περιβάλλον φιλικό, που του επιτρέπει να εξερευνά με άνεση τη φύση, να καλλιεργεί φυτά και να έχει οικιακά ζώα. Ο νομάς μετατρέπεται σε αγρότη. Αυτή όμως η αγροτική «επανάσταση», που αποτελεί και την αυγή του ανθρώπινου πολιτισμού, έχει κάποιες ευρύτερες διαστάσεις. Όπως σημειώνει ο J. Bronowski, «Κάπου ανάμεσα στην καλλιέργεια των φυτών και την εξημέρωση των ζώων υπάρχει κάτι πολύ σημαντικό. Υπάρχει ένα διανοητικό άλμα, που είναι η συνειδητοποίηση από τον άνθρωπο ότι μπορεί να κυριαρχήσει στο περιβάλλον και μάλιστα στο σπουδαιότερο επίπεδό του – αυτό των ζώντων οργανισμών».

Οι ανάγκες, όμως, εξοικείωσης με τον ζωικό και φυτικό κόσμο οδηγούν σε τεχνολογικές επινοήσεις: το σφυρί, τη βίδα, το σκοινί. Έτσι, η γεωργία που αναπτύσσεται στους μόνιμους πια, τόπους κατοικίας του ανθρώπου, δίδει το έναυσμα για την ανάπτυξη της τεχνολογίας και των πρώτων μορφών επιστήμης. Πάντως, η τεχνολογική πρόοδος σφραγίζεται δραστικά από τη χρήση της φωτιάς. Γνωστή στον άνθρωπο από πολύ παλαιότερα, όταν ακόμα ζούσε σε σπήλαια, η φωτιά γίνεται τώρα μέσο κατασκευής αγγείων ή κατεργασίας μετάλλων. Ο τροχός, που σωστά θεωρείται σημείο καμπής για την τεχνολογία, ανακαλύπτεται στη Νότια Ρωσία πολύ αργότερα, γύρω στο 3.000 π. Χ. Με τις ευρύτερες χρήσεις του και τη συμμετρία της περιστροφής του, ο τροχός ανάγεται συχνά σε σύμβολο θεϊκής τάξεως. Έτσι, οι Βαβυλώνιοι και οι Έλληνες πλάθουν μύθους όπου ο ουρανός νοείται σαν ένας τεράστιος τροχός και ο Ήλιος άμαξα φλογοβόλος. ...

10

Ο ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΣ ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΣ

του Γιώργου Γραμματικάκη*

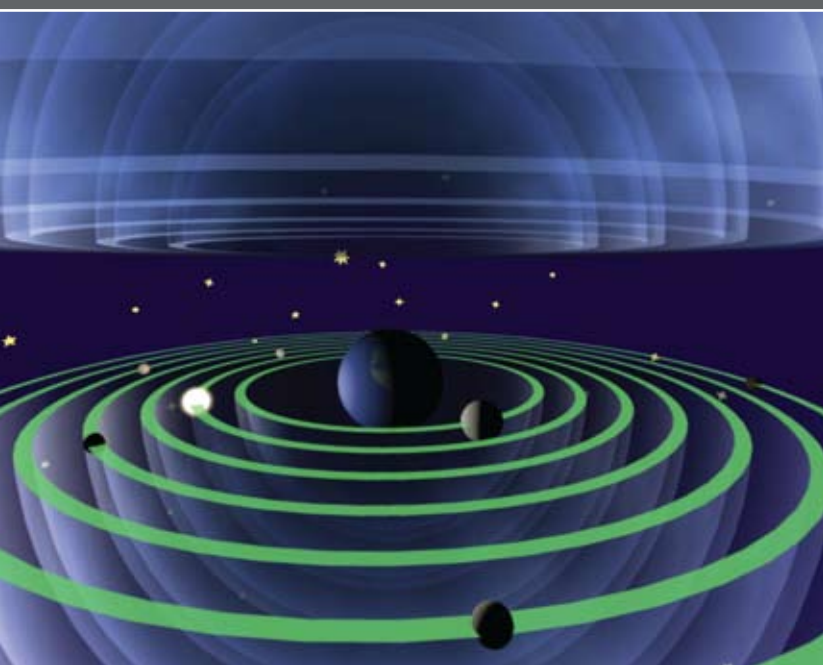
Η υπεροχή, όμως, του ανθρώπου από τους ζωικούς επί της Γης συγγενείς του συνδέεται, και όχι αδικαιολόγητα, με την ανάπτυξη της γλώσσας και της γραφής. Υπάρχουν βάσιμες υποθέσεις ότι υποτυπώδης γλωσσική επικοινωνία υπήρχε ήδη μεταξύ των μακρινών προγόνων του ανθρώπου. Την προκαλούσαν, ίσως, οι ποικίλες ανάγκες για το κυνήγι και την κατασκευή εργαλείων. Η γλώσσα, όμως, ως περίλαμπρο αποτέλεσμα της ομιλίας και των διανοητικών ικανοτήτων του ανθρώπου, έχει την αρχή της πολύ αργότερα, ίσως πριν από πενήντα χιλιάδες χρόνια. Αυτό υπονοούν, τουλάχιστον, η χαρακτηριστική ή σημάδια συμβολικά, που απαντώνται σε πρωτόγονα καλλιτεχνήματα και ανευρέθησαν μέσα σε σπήλαια.

Ως προς τα πρώτα γραπτά κείμενα, η εικόνα εμφανίζεται διαυγέστερη. Οι Σουμέριοι, κάτοικοι της Μεσοποταμίας, φέρουν την

τιμή ότι πριν από 6.000 χρόνια διέθεταν ανεπτυγμένη γραφή με πολυάριθμα σύμβολα εικόνων και αριθμών που αντιστοιχούσαν, συνεπώς, σε ευρύτατο λεξιλόγιο. Παλαιότερα γραπτά μνημεία, πιθανόν πάνω σε παπύρους – οι Σουμέριοι έγραφαν σε ψημένο πηλό – δεν άντεξαν ίσως τη φθορά του χρόνου. Η σημασία της γραπτής επικοινωνίας για την εξέλιξη του ανθρώπινου πολιτισμού, είναι, βέβαια, αυτονόητη. Η διάδοση των ιδεών και των γνώσεων έχει τώρα μόνιμη και όχι παροδική την παρουσία της, ο ποιητικός ή ο φιλοσοφικός λόγος, που αναπτύσσεται με την πάροδο των αιώνων, επενεργεί προς το μέλλον και δεν περιορίζεται στο παρόν, η γλώσσα γίνεται όργανο τέχνης και όχι αποκλειστικά της ανάγκης.

Αν κάτι αξίζει να σημειωθεί εδώ, και με την πρόποσα έμφαση, είναι η έκρηξη και η αλλαγή μορφής στη γραπτή επικοινωνία που

*Γιώργος Γραμματικάκης, Η Κόμη της Βερενίκης, κεφ. VI Ο Άνθρωπος Παρών στο Κοσμικό Παιχνίδι (Ο ανθρώπινος πολιτισμός, Η συνείδηση του εαυτού μας και του Όλου), Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, Ηράκλειο 2000²⁰, σελ. 107-109, 110-111.



επισυμβαίνει την τελευταία δεκαετία: τηλετυπικά και φωτοτυπικά μηχανήματα, φωτοσύνθεση του Τύπου, συγγραφή και αποθήκευση κειμένων από υπολογιστές. Εν τούτοις, λίγες εκατονταετίες έχουν περάσει από την εποχή που τα χειρόγραφα εγράφοντο με αφάνταστο μόχθο και υπομονή ή σπουδαίοι λογισμοί του ανθρώπινου πνεύματος παρέμειναν λόγος προφορικός. Το γεγονός υπογραμμίζει την επιταχυνόμενη – σε σχέση με τη βιολογική – εξωγενή εξέλιξη του ανθρώπου. Η αλλαγή συμπεριφοράς που κληρονομείται από τη γνώση και την παράδοση έχει προσλάβει σήμερα ρυθμό και έκταση ασύλληπτη.

Προϋπόθεση προφανής για την εξέλιξη αυτή είναι και η ανάπτυξη της επιστήμης. Σπέρματα της επιστήμης ανευρίσκονται ήδη στους Αιγυπτίους, με τρισχιλιετή ιερογλυφικά που υποδηλώνουν γνώση του ηλιακού ημερολογίου. Ενώ μεγαλοπρεπείς κατασκευές, όπως οι Πυραμίδες ή τα μεγαλιθικά μνημεία της Αγγλίας, προϋποθέτουν γνώσεις και χρήσεις που έχουν ως πρό-έλευση την παρατήρηση του ουρανού. Στον σπουδαίο, άλλωστε, πολιτισμό των Μάγια, που άνθησε γύρω στα 1.000 μ.Χ. στον Ισθμό της Κεντρικής Αμερικής, η Αστρονομία κατέχει περίοπτη θέση και η μελέτη της ροής του χρόνου συναντάται στα μνημεία και τους μύθους τους. Σημείο διδακτικό ότι στους ιερείς των Μάγια, που κατείχαν και τον επίσημο τίτλο του Αστρονόμου, είχε δοθεί το δικαίωμα να ρυθμίζουν τα της τύχης των ανθρώπων ή των πόλεων. Και τούτο,





επειδή ήσαν γνώστες των μυστικών των ουράνιων σωμάτων.

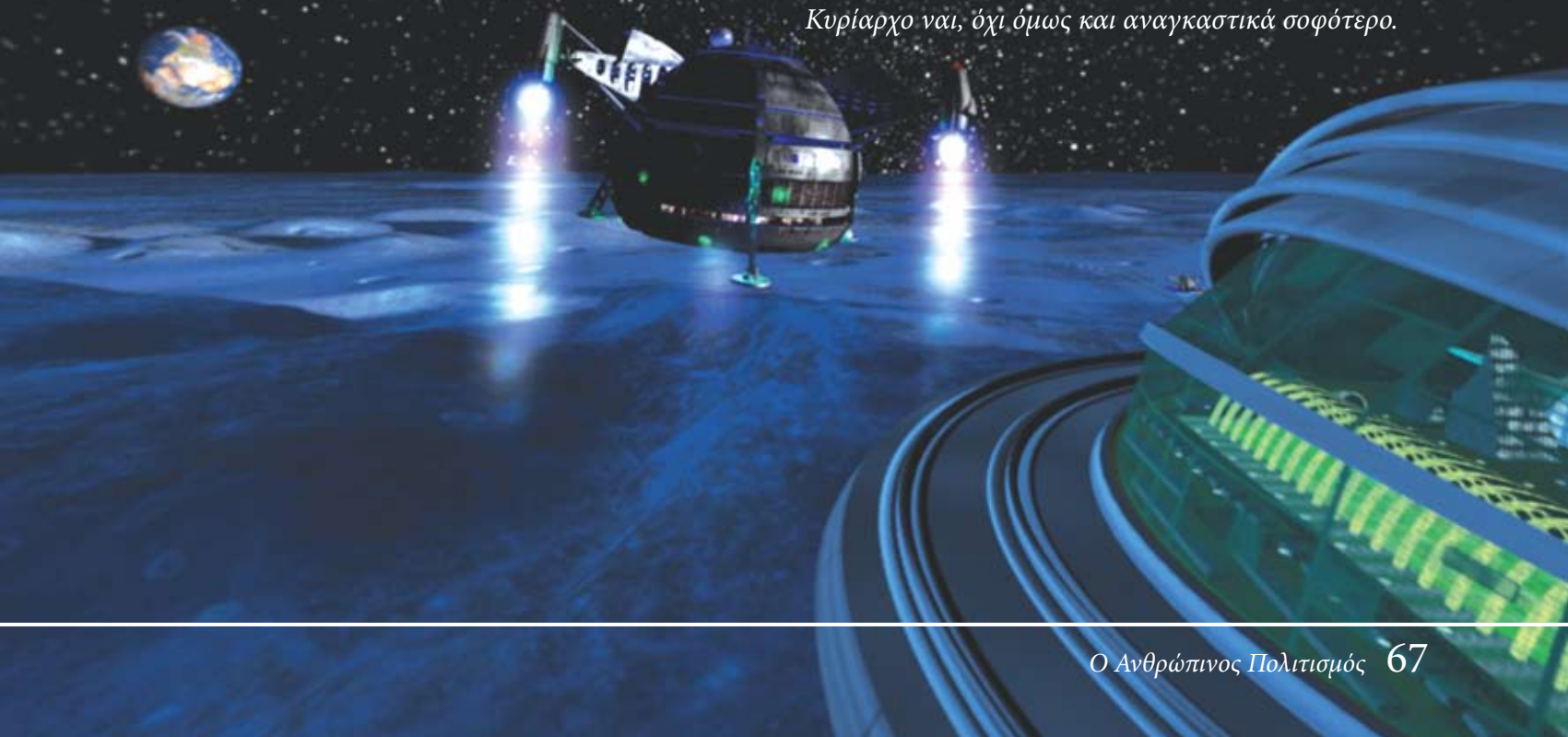
Όσο κι αν η σύγχρονη επιστημονική έρευνα θεωρείται ότι αρχίζει τις τελευταίες μόνον εκατονταετίες και αναπτύσσεται εκρηκτικά τον παρόντα αιώνα περίπου – το ενενήντα πέντε τοις εκατό των επιστημόνων, σε όλη την πορεία του ανθρώπινου πολιτισμού, είναι αυτήν τη στιγμή εν ζωή! – οι ρίζες της πρέπει να αναζητηθούν πολύ ενωρίτερα. Η επιστήμη αποσκοπεί στην κατανόηση του κόσμου· αλλά το ίδιο, με τον τρόπο τους, πράττουν η θρησκεία, η φιλοσοφία, ή η τέχνη. Αν, ωστόσο, χαρακτηρίζει κάτι την επιστήμη και τις ιδέες τις επιστημονικές, είναι μια απαραίτητη συνθήκη: η στήριξή τους σε δεδομένα και στη λογική, και –πράγμα καθοριστικό– η επιβεβαίωσή τους από τον

πειραματικό έλεγχο. Υπ' αυτό το πρίσμα, η επιστημονική μέθοδος έχει πράγματι την απαρχή της στην Αρχαία Ελλάδα. Με τον λόγο δε του Αριστοτέλη απλώνει την επιρροή της στους επερχόμενους αιώνες. ...

Έτσι ή αλλιώς, η λειτουργία της συνειδήσεως επιτρέπει τώρα να ανακεφαλαιώσουμε συνοπτικά την ιστορία της Γης και του ανθρώπου επί της Γης. Ας αντιστοιχίσουμε αυτήν την ιστορία των περίπου πενήντε δισεκατομμυρίων ετών, με κάτι πιο προσιτό στη σκέψη: τη διαδρομή ενός και μόνον ημερολογιακού

έτους. Η πρώτη του ημέρα –η 1η Ιανουαρίου– ταυτίζεται με τον σχηματισμό του πλανήτη μας και η τελευταία –η 31η Δεκεμβρίου– με το «σήμερα». Για τους δύο πρώτους μήνες αυτού του υποθετικού έτους, μέχρι δηλαδή τις αρχές Μαρτίου, δεν υπάρχουν αρκετά στοιχεία. Η Γη είναι, πιθανόν, μια στροβιλιζόμενη μάζα αερίων και σκόνης, ενώ στη συνέχεια στερεοποιείται και αποκτά μια δηλητηριώδη ατμόσφαιρα. Η ζωή εμφανίζεται μέσα στον Απρίλιο ... Έκτοτε, και για πολλούς μήνες, υπάρχει πάλι μια σχετική ασάφεια ως προς τη διαμόρφωση του πλανήτη. Η σύγκρουση των τεκτονικών πλακών δημιουργεί ηπείρους, όροσειρές και βαθύτατα ωκεάνια ρήγματα, ενώ η εξέλιξη της ζωής προχωρά με ανεπαίσθητα βήματα. Είναι μόνο στα μέσα Νοεμβρίου –σαράντα πέντε ημέρες πριν από

το «σήμερα»– που η ζωή κυριαρχεί στους ωκεανούς. Προς τη στεριά εξέρχεται δεκαπέντε μέρες αργότερα. Κατά τα μέσα Δεκεμβρίου, την επιφάνεια της Γης καλύπτουν δάση, λουλούδια και πρωτόγονες μορφές ζώων. Μια εβδομάδα πριν από σήμερα, οι δεινόσαυροι κυριαρχούν, ενώ οι ανθρωπόμορφοι πίθηκοι εμφανίσθηκαν πριν λίγες ώρες και ο Homo sapiens πριν από μια ώρα. Σ' αυτήν τη μία και μόνον ώρα στη διαδρομή ενός ολόκληρου έτους, επισυμβαίνει ουσιαστικά η ανθρώπινη εξέλιξη· λίγα μόνον λεπτά κατέχει η γραπτή ανθρώπινη ιστορία· και μόνο σε μερικά δευτερόλεπτα μετρείται η περίοδος που η επιστήμη και η τεχνολογία μετατρέπουν τον άνθρωπο, από υπόδουλο, σχεδόν σε κυρίαρχο του φυσικού κόσμου. Κυρίαρχο ναι, όχι όμως και αναγκαστικά σοφότερο.



11

ΕΞΩΓΗΙΝΟΙ ΕΠΙΔΡΟΜΕΙΣ

Πάνω στις πολικές περιοχές της Γης, και με την πάροδο του χρόνου, η εξάπλωση και η απόσυρση των πολικών πάγων οφείλεται γενικότερα σε αστρονομικά αίτια όπως είναι οι αλλαγές της έντασης της ακτινοβολίας του Ήλιου, η αλλαγή της κλίσης του άξονα της Γης ή της γενικής ατμοσφαιρικής ισορροπίας. Στα τελευταία 750.000 χρόνια έχουν εντοπιστεί οκτώ τέτοιες επεκτάσεις στο βόρειο ημισφαίριο. Η τελευταία περίοδος παγετώνων άρχισε να αποσύρεται πριν από 20.000 περίπου χρόνια δίνοντας έτσι στον άνθρωπο την ευκαιρία να σταματήσει τις περιπλανήσεις του και να εγκατασταθεί στους πρώτους μόνιμους καταυλισμούς του, να καλλιεργήσει τη Γη και να αναπτύξει τους πρώτους πολιτισμούς. Η ευτυχισμένη, όμως, περίοδος της ανθρώπινης ύπαρξης και της ανάπτυξής του στη Γη δεν πρόκειται να διαρκέσει για πάντα γιατί, είτε μας αρέσει είτε όχι, οι αστεροειδείς και οι κομήτες караδοκούν συνεχώς.

Θα μπορούσε άραγε συγκρούσεις με εξωγήινα αντικείμενα να συμβούν και στο μέλλον; Η απάντηση δυστυχώς είναι θετική! Στις 23 Μαρτίου 1989, ένας αστεροειδής 800 περίπου μέτρων προσπέρασε τη Γη μας σε απόσταση 640.000 χιλιομέτρων, ενώ το Δεκέμβριο του 1994 ένας μικρός αστεροειδής προσπέρασε τη Γη μας σε απόσταση 100.000 χιλιομέτρων. Έτσι τα τελευταία χρόνια διάφορες ανακοινώσεις σχετικές με την πιθανότητα σύγκρουσης της Γης με μικρούς και μεγάλους αστεροειδείς ξανάφεραν στο προσκήνιο ένα πρόβλημα που, αργά ή γρήγορα, πρέπει να αντιμετωπίσουμε με μεγαλύτερη σοβαρότητα. Γιατί, αν ένας παρόμοιος αστεροειδής με μέγεθος 1.500 μέτρων συγκρουόταν με τη Γη με 100 φορές την ταχύτητα μιας σφαίρας, θα απελευθέρωνε ενέργεια 500.000 μεγατόνων TNT, που ισοδυναμεί με την έκρηξη 25.000.000 βομβών τύπου Χιροσίμα.

Η γήινη ατμόσφαιρα, φυσικά, μπορεί να μας προστατέψει αρκετά από την εισβολή αντικειμένων με διάμετρο μέχρι 50 μέτρων. Από τους αστεροειδείς όμως που διασχίζουν την τροχιά της Γης υπάρχουν συνολικά 500.000 με διάμετρο από 50 έως 100 μέτρα και άλλοι 200.000 με διάμετρο πάνω από 100 μέτρα, ενώ 500 έως 1.000 περίπου απ' αυτούς έχουν μέγεθος πάνω από ένα χιλιόμετρο. Σχεδόν καθημερινά ανακαλύπτονται νέοι αστεροειδείς και ήδη γνωρίζουμε το 80%, περίπου, των «παραγίνων» αστεροειδών με διάμετρο μεγαλύτερη του ενός χιλιομέτρου.

Σήμερα πιστεύουμε ότι η σύγχρονη διαστημική μας τεχνολογία μπορεί να μας προφυλάξει από μία τέτοια καταστροφή, αρκεί να έχουμε μια έγκαιρη προειδοποίηση, η οποία θα μπορούσε να μας δοθεί από την καταγραφή των τροχιών των πιθανών αυτών επιδρομέων. Γιατί, στην περίπτωση αυτή, θα είχαμε την άνεση να προετοιμαστούμε προκειμένου να αντιμετωπίσουμε τον επερχόμενο εισβολέα με την αποστολή ενός πυραύλου ή μιας συστοιχίας πυραύλων, που θα μπορούσαν είτε να τον καταστρέψουν, αν βρισκόταν αρκετά μακριά, είτε να του δώσουν ένα αρκετά μεγάλο «σπρώξιμο» που θα του άλλαζε την πορεία.

Είναι πάντως γεγονός ότι ακόμη και σήμερα διατηρούνται πάμπολλες αποδείξεις γιγαντιαίων συγκρούσεων, που συνέβησαν κατά το παρελθόν. Από

την Αριζόνα έως τη Σιβηρία και έως την Αυστραλία, 150 περίπου κρατήρες από προσκρούσεις αστεροειδών έχουν εντοπιστεί στην επιφάνεια της Γης, αν και οι περισσότεροι έχουν διαβρωθεί από τη δράση διάφορων γεωλογικών παραγόντων αλλά και των καιρικών συνθηκών που επικρατούν στον πλανήτη μας.

Οι μετρήσεις των σεληνιακών κρατήρων μάς πληροφορούν επίσης ότι τα τελευταία τρία δισεκατομμύρια χρόνια 250 αντικείμενα με μέγεθος μεγαλύτερο του

ενός χιλιομέτρου συγκρούστηκαν με το δορυφόρο της Γης, ένας, δηλαδή, αστεροειδής κάθε 12 περίπου εκατομμύρια χρόνια. Άλλες πάλι μετρήσεις κρατήρων στους άλλους δορυφόρους και στους πλανήτες

του Ηλιακού μας Συστήματος, καθώς επίσης και ο αριθμός των **αστεροειδών Απόλλων** που διασχίζουν την τροχιά του πλανήτη μας, μας έχουν οδηγήσει στο συμπέρασμα ότι μικροί αστεροειδείς, με μέγεθος από 100 έως 1.000 μέτρα, συγκρούονται με τη Γη μία φορά κάθε 250.000 χρόνια. Η στατιστική μας πληροφορεί, επίσης, ότι η Γη συγκρούεται με έναν αστεροειδή μεγαλύτερο από ένα χιλιόμετρο, μία ή δύο φορές κάθε ένα εκατομμύριο χρόνια, ενώ πτώσεις αστεροειδών, με μέγεθος όπως αυτός που ίσως να αφάνισε τους δεινόσαυρους, αναμένονται μία φορά κάθε 100 εκατομμύρια χρόνια.



φή ενός «στραπαταρισμένου κομήτη», αλλά όπως αποδείχτηκε αργότερα επρόκειτο για έναν κομήτη με 21 τουλάχιστον πυρήνες.

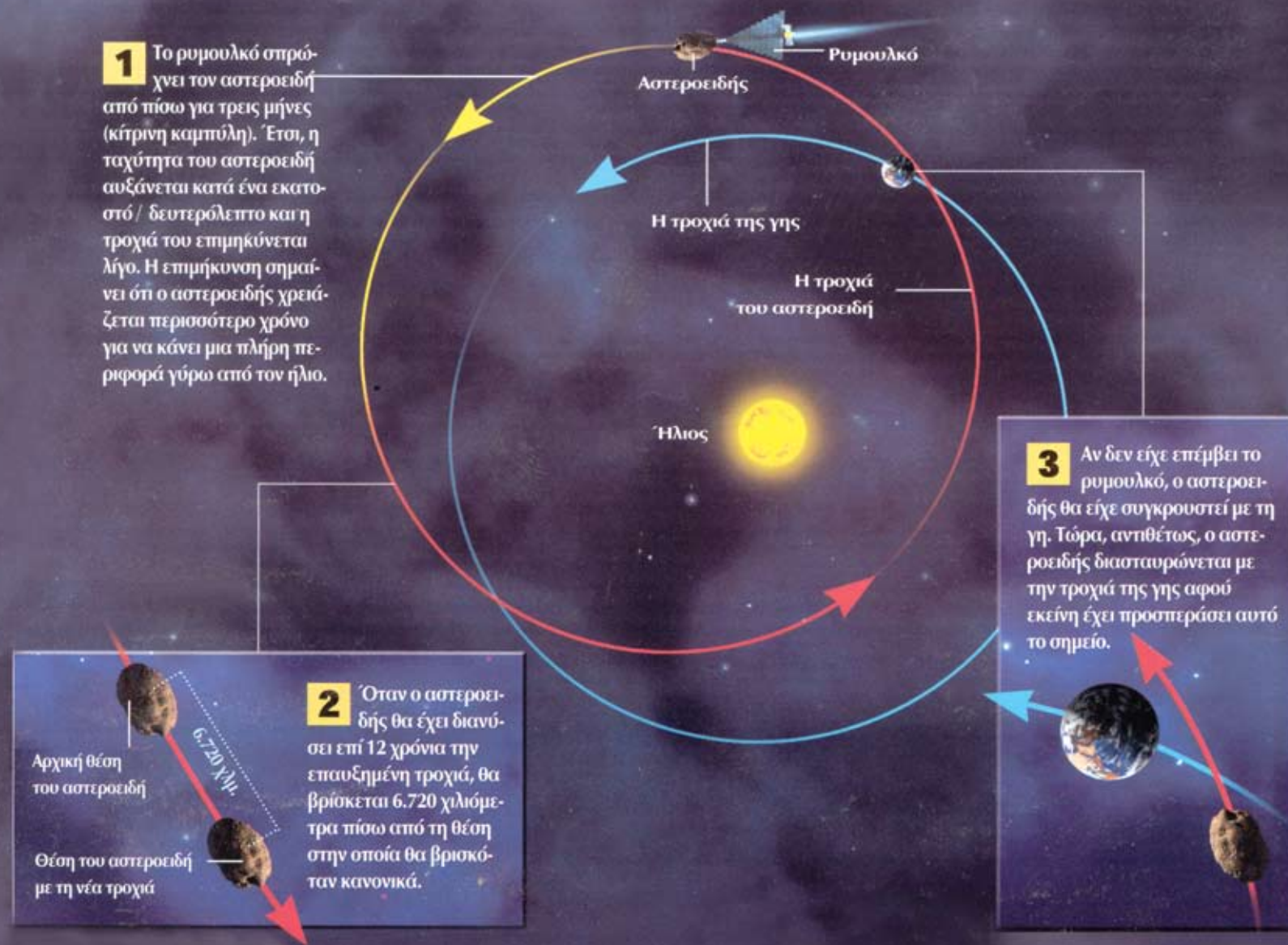
Οι υπολογισμοί που έγιναν μετά την ανακάλυψή του μας αποκάλυψαν ότι ο κομήτης αυτός βρισκονταν σε τροχιά γύρω από το Δία, του οποίου η βαρυτική δύναμη πρέπει να τον είχε αιχμαλωτίσει πριν από πολύ καιρό. Τον Ιούλιο του 1992 ο άτυχος αυτός επισκέπτης προσπέρασε το Δία σε πολύ κοντινή απόσταση, με αποτέλεσμα να διασπαστεί ο πυρήνας του σε 21 ή και περισσότερα κομμάτια που σχημάτισαν μια αρμάδα, η οποία έμοιαζε με ένα «περιδέραιο μαργαριταριών». Αν και ο αρχικός κομήτης δεν πρέπει να ήταν πάρα πολύ μεγάλος καθένα από τα κομμάτια που τον αποτελούσαν είχε διάμετρο μερικών χιλιομέτρων.

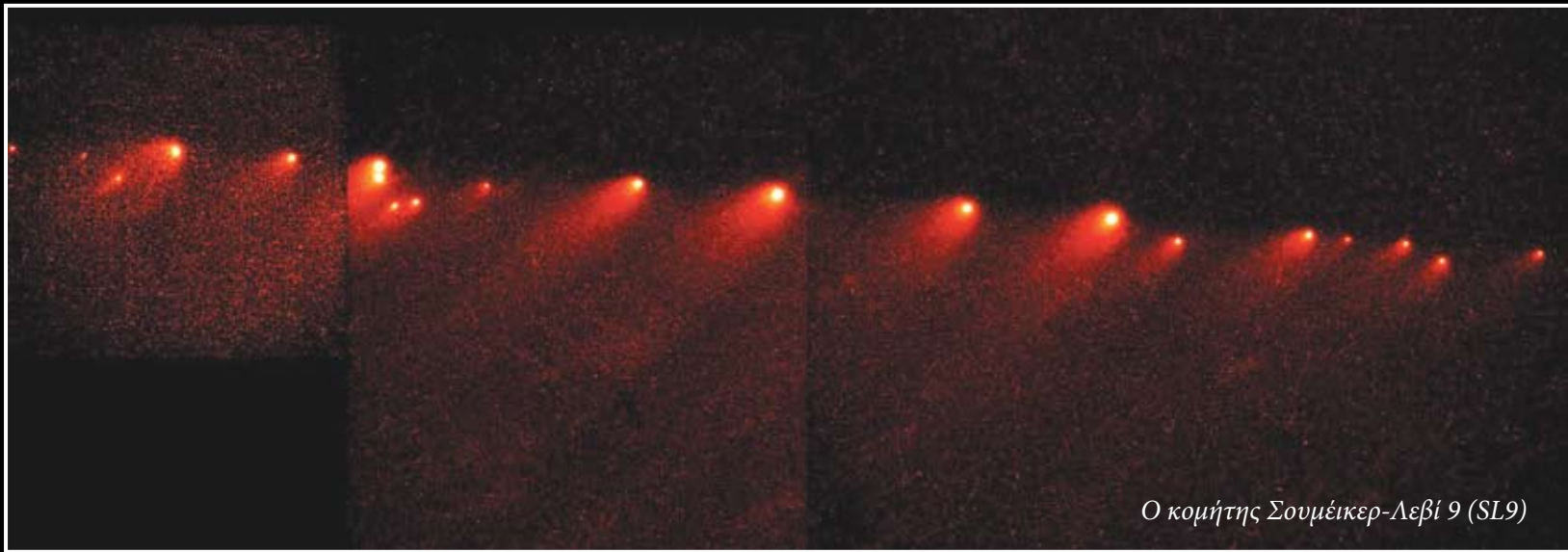
Γι' αυτό, όταν τον Ιούλιο του 1994 οι διαστημικές αυτές βολίδες συγκρούστηκαν με την ατμόσφαιρα του Δία με ταχύτητα 216.000 χιλιομέτρων την ώρα, εκτίναξαν στο διάστημα τεράστιες ποσότητες υλικών από τα απόκρυφα μέρη του γιγάντιου πλανήτη αποκαλύπτοντάς μας μερικά από τα βαθύτερα μυστικά του. Οι εκρήξεις από τη σύγκρουση ανατάραξαν την ατμόσφαιρα του Δία, αφήνοντας πίσω τους ζεστές φουσαλίδες αερίων στην ατμόσφαιρα καθώς και μεγάλα σκοτεινά σημάδια, τα οποία ήταν ορατά για αρκετό καιρό μετά την πρόσκρουση.

Στις 21 Ιουλίου 1994 ένας από τους πιο παράξενους κομήτες, που έχουν παρατηρηθεί ποτέ, συγκρούστηκε με τον πλανήτη Δία. Πρόκειται για τον κομήτη Σουμέικερ-Λεβί 9, τον ένατο κομήτη που ανακαλύφθηκε από το ζευγάρι Γιουτζίν και Καρολίν Σουμέικερ και το φίλο τους Ντέιβιντ Λεβί. Η πρώτη του εμφάνιση έγινε αντιληπτή στις 25 Μαρτίου 1993 με τη βοήθεια του τηλεσκοπίου των 46 εκατοστών στο Αστεροσκοπείο Πάλομαρ στην Καλιφόρνια. Η εμφάνισή του στη φωτογραφική πλάκα είχε τη μορ-

Μια μαλακή σπρωξιά αποτρέπει την καταστροφή

Το ρυμουλκό επιμηκύνει την τροχιά ενός αστεροειδή σπρώχνοντάς τον. Η τροχιά μεγαλώνει και η περιφορά του αστεροειδή διαρκεί περισσότερο, παρ' ότι ο αστεροειδής αναπτύσσει υψηλότερη ταχύτητα. Η αποστολή εκτελείται σε 3 βήματα, και ξεκινάει 12 χρόνια πριν από την αναμενόμενη σύγκρουση του αστεροειδή με τη γη. Ο αστεροειδής εκτελεί μια πλήρη περιφορά γύρω από τον ήλιο μέσα σε περίπου 13 μήνες.





Ο κομήτης Σουμέικερ-Λεβί 9 (SL9)



Πιστεύεται ότι τα κομμάτια του κομήτη κατάφεραν να φτάσουν σε βάθος 600 χιλιομέτρων στην «αέρια σούπα» της ατμόσφαιρας του Δία, ενώ η πρόσκρουσή του ήταν η πρώτη τέτοια σύγκρουση ενός σώματος στην επιφάνεια ενός πλανήτη, που μπόρεσε να παρακολουθήσει ο άνθρωπος, εξαγοντας έτσι χρήσιμα συμπεράσματα για τα αποτελέσματα μιας πιθανής σύγκρουσης του πλανήτη μας με τα «βρώμικα παγόβουνα» του διαστήματος.



12

ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΑΠΕΙΛΗ

Δεν είναι όμως μόνον οι φυσικές καταστροφές που μπορούν να φέρουν το τέλος του κόσμου μας το οποίο ίσως έλθει πολύ νωρίτερα. Γιατί, κάτω από τις σημερινές συνθήκες, δεν είναι καθόλου απίθανο να φέρουμε εμείς οι ίδιοι, και από τη μια μέρα στην άλλη, την αναπόφευκτη καταστροφή του ανθρώπινου πολιτισμού είτε με ένα πυρηνικό ολοκαύτωμα είτε με τη διασπορά βιολογικών όπλων μαζικής καταστροφής, όσο κι αν κάτι τέτοιο φαίνεται ως σενάριο επιστημονικής φαντασίας.

Την άνοιξη του 2005, για παράδειγμα, ο Τόμας Γκράχαμ, πρώην ειδικός εκπρόσωπος των ΗΠΑ για τον έλεγχο των όπλων, προειδοποιούσε ότι αν δεν παρθούν τα κατάλληλα μέτρα «ένας πυρηνικός εφιαλτικός κόσμος μπορεί να γίνει πραγματικότητα», ενώ σε άρθρο του ο διάσημος Αμερικανός διανοητής Νόαμ Τσόμσκι αναφέρει: «Η κρατική τρομοκρατία και άλλες μορφές

απειλής και χρήσης βίας έχουν φέρει τον κόσμο πολύ κοντά στο χείλος του πυρηνικού αφανισμού». Στη συνέχεια μάλιστα επισημαίνει και μία άλλη πτυχή ανησυχίας γιατί «τα πυρηνικά όπλα μπορεί αργά ή γρήγορα να πέσουν στα χέρια τρομοκρατικών ομάδων, ενδεχόμενο που γίνεται πιθανότερο δεδομένου ότι η Ρωσία πρέπει να διατηρήσει το δικό της οπλοστάσιο, που είναι διασκορπισμένο στην τεράστια έκτασή της και με υλικά που διακινούνται συχνά».

Τις απόψεις αυτές φαίνεται να συμπληρώνει και ο πρώην γερουσιαστής του Δημοκρατικού Κόμματος και πρόεδρος της επιτροπής της γερουσίας Σαμ Ναν για τις ένοπλες δυνάμεις των ΗΠΑ: «Η απειλή πυρηνικού αφανισμού ενισχύεται από το γεγονός ότι το ρωσικό σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης βρίσκεται σε τέτοιο χάλι που είναι πλέον πιθανό να δώσει ένα εσφαλμένο σήμα επικείμενης πυραυλικής επίθεσης».

ΑΓΩΝΑΣ ΔΡΟΜΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΩΤΙΑ [1938-1955]

ΚΑΘΩΣ ΟΙ ΣΤΡΑΤΙΕΣ ΤΟΥ ΧΙΤΛΕΡ προήλυναν στην Ευρώπη, οι ΗΠΑ και η Γερμανία συναγωνίζονταν για το ποια θα κατασκευάσει πρώτα πυρηνικά όπλα. Η τομή έγινε το 1942, όταν φυσικοί που εργάζονταν στις ΗΠΑ κατάφεραν να διασπάσουν τους πυρήνες βαρέων ατόμων κάτω από συνθήκες αυτόνομης και ελεγχόμενης αλυσιδωτής αντίδρασης. Τρία χρόνια αργότερα, το Σχέδιο Μανχάταν, το μυστικό πρόγραμμα εξοπλισμού των Αμερικανών, αξιοποίησε τη νέα τεχνολογία για να κατασκευάσει μια ατομική βόμβα, η οποία χρησιμοποιήθηκε εναντίον της Ιαπωνίας. Στα τέλη της δεκαετίας του 1940 οι ΗΠΑ και η ΕΣΣΔ επιδόθηκαν σε ένα νέο αγώνα για την κατασκευή της βόμβας υδρογόνου.



ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 1938
Οι επιστήμονες Ότο Χαν, Φριτς Στράσμαν και Λίζε Μάιτνερ ανακαλύπτουν την πυρηνική σχάση. Βομβαρδίζουν πυρήνες ουρανίου με θερμικά νετρόνια, με

αποτέλεσμα να διασπαστούν μερικοί από αυτούς εκλύοντας τεράστιες ποσότητες ενέργειας.

2 ΑΥΓΟΥΣΤΟΥ 1939
Παρακινήμενος από το συνάδελφό του Λέο Σίλαρντ (αριστερά, στα δεξιά), ο Άλμπερτ Αϊνστάιν (αριστερά, στα αριστερά) γράφει στον πρόεδρο Ρούσβελτ ότι οι ΗΠΑ δεν πρέπει να επιτρέψουν στη Γερμανία να προπορευτεί στις έρευνες για την ατομική βόμβα.

ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 1941
Ο Αμερικανός χημικός

Γκλεν Σίμποργκ και οι συνεργάτες του ανακαλύπτουν το πλουτώνιο. Οι ιδιότητες σχάσης του μοιάζουν με αυτές του ουρανίου υψηλού εμπλουτισμού και το καθιστούν κατάλληλο εκρηκτικό υλικό για πυρηνικά όπλα.

7 ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΥ 1941
Οι Ιάπωνες επιτίθενται στην αμερικανική βάση του Περλ Χάρμπορ στη Χαβάη.

ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ 1942
Ο φυσικός Έντουαρντ Τέλερ συλλαμβάνει την ιδέα της βόμβας υδρογόνου.

ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 1942
Ο στρατηγός Λέσλι Γκρόουβς (κάτω, στα δεξιά)



διορίζεται υπεύθυνος του μυστικού αμερικανικού Σχεδίου Μανχάταν για την κατασκευή ατομικής βόμβας. Ο Γκρόουβς προσλαμβάνει τον Ρόμπερτ Οπενχάιμερ, αριστερά, ως επιστημονικό υπεύθυνο.

2 ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΥ 1942
Μια ομάδα υπό τη διεύθυνση του Ενρίκο Φέρμι επιτυγχάνει την πρώτη ελεγχόμενη αλυσιδωτή πυρηνική αντίδραση στο Πανεπιστήμιο του Σικάγο.

ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 1944
Στο πλαίσιο του Σχεδίου Μανχάταν ξεκινά στο Χάνφορντ της πολιτείας Ουάσιγκτον η μαζική παραγωγή πλουτωνίου. Σε ένα εργοστάσιο στο Όουκ Ριτζ του Τενεσί πραγματοποιείται εμπλουτισμός ουρανίου.

16 ΙΟΥΛΙΟΥ 1945
Οι ΗΠΑ κάνουν την πρώτη δοκιμή ατομικής βόμβας στο Αλαμογκόρντο του Νιου Μέξικο.

6 ΑΥΓΟΥΣΤΟΥ 1945
Το βομβαρδιστικό Επολα Γαυ ρίχνει μια βόμβα ουρανίου ισχύος 15 κιλοτόνων στη Χιροσίμα της Ιαπωνίας. Περίπου 68.000 άνθρωποι πεθαίνουν επίπου, ενώ άλλοι 70.000 περίπου τα επόμενα χρόνια.

9 ΑΥΓΟΥΣΤΟΥ 1945
Ο Fat Boy, μια βόμβα πλουτωνίου ισχύος 21 κιλοτόνων, εκτοξεύεται πάνω από το Ναγκασάκι της Ιαπωνίας σκοτώνοντας 38.000 ανθρώπους. Υπολογίζεται ότι σύντομα άλλοι 35.000 άνθρωποι έχασαν τη ζωή τους.

ΙΟΥΛΙΟΣ 1946
Υπέργειες και υποθαλάσσιες δοκιμές όπλων των ΗΠΑ στα νησιά Μάρσαλ.

29 ΑΥΓΟΥΣΤΟΥ 1949
Η Σοβιετική Ένωση γίνεται η δεύτερη πυρηνική δύναμη στον κόσμο, όταν δοκιμάζει ένα αντίγραφο του Fat Boy στο Καζακστάν.



ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 1950
Ο πρόεδρος Χάρι Σ. Τρούμαν εγκρίνει την επίσχευση των ερευνών για τη βόμβα υδρογόνου.

1 ΝΟΕΜΒΡΙΟΥ 1951
Επιστήμονες μελετούν τις επιπτώσεις της έκρηξης και της ραδιενέργειας σε στρατιώτες που αφέθηκαν εκτεθειμένοι σε μια δοκιμή βόμβας ισχύος 21 κιλοτόνων στη Νεβάντα κατά τη διάρκεια του Σχεδίου Μπάστερ-Τζανγκλ.

3 ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ 1952
Το Ηνωμένο Βασίλειο

πραγματοποιεί δοκιμή ατομικής βόμβας στην Αυστραλία.

1 ΝΟΕΜΒΡΙΟΥ 1952
Οι ΗΠΑ δοκιμάζουν στην ατόλη Ενιγουετόκ των νησιών Μάρσαλ την πρώτη βόμβα υδρογόνου στον κόσμο, στην οποία είχαν δώσει την κωδική ονομασία Mike.

22 ΝΟΕΜΒΡΙΟΥ 1955
Η Σοβιετική Ένωση δοκιμάζει με επιτυχία τη βόμβα υδρογόνου, με μια έκρηξη ισχύος 1,6 μεγατόνων στο Καζακστάν.

ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΙ ΣΑΝ ΑΣΤΑΚΟΙ [1956-1984]

ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΔΟ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΗΣ ΕΝΤΑΣΗΣ του Ψυχρού Πολέμου ανάμεσα στις ΗΠΑ και τη Σοβιετική Ένωση, οι δύο υπερδυνάμεις επιδόθηκαν σε έναν αγώνα δρόμου για πυρηνικό εξοπλισμό που ανέβασε επικίνδυνα το θερμόμετρο. Οι κρίσεις στην Κούβα και στη Μέση Ανατολή λίγο έλειψε να προκαλέσουν πυρηνική σύρραξη και παγκόσμιο όλεθρο. Τα πυρηνικά όπλα αυξάνονταν σε αριθμό, ισχύ και μέγεθος ανάμεσά τους η βόμβα Mk-17 (κάτω, αριστερά), η μεγαλύτερη που κατασκευάστηκε ποτέ από τις ΗΠΑ. Ο φόβος της ολοκληρωτικής καταστροφής ως αντίποινα σε περίπτωση προειδοποιητικού πυρηνικού πλήγματος υποχρέωσε τις υπερδυνάμεις να υπογράψουν τις πρώτες συνθήκες ελέγχου των εξοπλισμών.



ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ 1957
Οι Σοβιετικοί δοκιμάζουν με επιτυχία ένα διηπειρωτικό βαλλιστικό πύραυλο.

19 ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΥ 1957
Οι ΗΠΑ πραγματοποιούν την πρώτη υπόγεια πυρηνική δοκιμή στην έρημο της Νεβάντα.

4 ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ 1957
Η ΕΣΣΔ εκτοξεύει τον Σπούτνικ, τον πρώτο τεχνητό δορυφόρο, προκαλώντας φόβους στις ΗΠΑ για επίθεση από το διάστημα.

8 ΝΟΕΜΒΡΙΟΥ 1957
Το ΗΒ δοκιμάζει με επιτυχία βόμβα υδρογόνου.

15 ΝΟΕΜΒΡΙΟΥ 1960
Το U.S.S. George Washing-



τον είναι το πρώτο υποβρύχιο που μεταφέρει πυρηνικούς βαλλιστικούς πυραύλους.

ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 1961
Ο πρόεδρος Τζον Κένεντι προτρέπει τους Αμερικανούς να κατασκευάσουν πυρηνικά καταφύγια (δεξιά).

30 ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ 1961
Η ΕΣΣΔ δοκιμάζει τη μεγαλύτερη πυρηνική βόμβα του κόσμου, ισχύος περίπου 50 μεγατόνων.

ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 1962
Το ναυτικό των ΗΠΑ αποκλείει την Κούβα, όταν πληροφορείται ότι η ΕΣΣΔ μεταφέρει πυρηνικούς πυραύλους στο νησί. Η πυραυλική κρίση της Κούβας φέρνει τον κόσμο στα πρόθυρα πυρηνικού πολέμου.

7 ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ 1963
Ο πρόεδρος Κένεντι υπογράφει Συνθήκη για την Απαγόρευση των Πυρ-

νικών Δοκιμών στην ατμόσφαιρα, στο βυθό της θάλασσας και στο διάστημα (απέναντι).

17 ΙΟΥΝΙΟΥ 1967
Επιτυχημένη δοκιμή βόμβας υδρογόνου από την Κίνα.

1 ΙΟΥΛΙΟΥ 1968
Οι ΗΠΑ, η ΕΣΣΔ και το Ηνωμένο Βασίλειο υπογράφουν τη Συνθήκη για τη Μη Διάδοση των Πυρηνικών Όπλων. Σήμερα η συνθήκη έχει επικυρωθεί από 188 χώρες.

24 ΑΥΓΟΥΣΤΟΥ 1968
Η Γαλλία πραγματοποιεί δοκιμή βόμβας υδρογόνου στον Ειρηνικό Ωκεανό.

26 ΜΑΪΟΥ 1972
Ο πρόεδρος Ρίτσαρντ Νίξον και ο Σοβιετικός Γενικός Γραμματέας Λεονίντ Μπρέζνιεφ υπογράφουν τη Συνθήκη SALT 1, την πρώτη συμφωνία που περιόριζε τον αριθμό των αντιβαλλι-



στικών πυραύλων και των επιθετικών όπλων στρατηγικής σημασίας.

ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 1973
Οι ΗΠΑ σε κατάσταση πυρηνικού συναγερμού κατά τη διάρκεια του αραβοϊσραηλινού πολέμου του Γιομ-Κιπούρ.

18 ΜΑΪΟΥ 1974
Στην έρημο του Ρατζαστάν η Ινδία πραγματοποιεί

υπόγεια δοκιμή ενός πυρηνικού όπλου.

23 ΜΑΡΤΙΟΥ 1983
Ο πρόεδρος Ρόναλντ Ρίγκαν ανακοινώνει τα σχέδιά του για την Πρωτοβουλία Στρατηγικής Άμυνας, ένα σύστημα αντιπυραυλικής προστασίας απέναντι σε πυρηνική επίθεση, που αργότερα επονομάστηκε «Πόλεμος των Άστρων».

ΜΑΚΡΙΑ ΑΠΟ ΤΟ ΧΕΙΛΟΣ ΤΟΥ ΓΚΡΕΜΟΥ [1985-2005]

ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΕΝΗ έπειτα από δεκαετίες εξοντωτικού στρατιωτικού ανταγωνισμού, η ΕΣΣΔ κατέρρευσε το 1991 θέτοντας τέλος στον Ψυχρό Πόλεμο. Μία από τις συνέπειες: Οι ΗΠΑ και η Ρωσία απέσυραν από τότε σχεδόν 25.000 πυρηνικά όπλα, κατέστρεψαν εκατοντάδες πυραυλικά συστήματα και συνεργάζονται για τη φύλαξη του εναπομείναντος πυρηνικού οπλοστασίου της Ρωσίας. Ο κίνδυνος, ωστόσο, παραμονεύει. Οι ΗΠΑ και η Ρωσία διατηρούν χιλιάδες κεφαλές, οι όμορες πυρηνικές δυνάμεις, Ινδία και Πακιστάν, βρίσκονται σε διαμάχη για το Κασμίρ, η πυρηνική δυνατότητα και οι προθέσεις της Βόρειας Κορέας παραμένουν αινιγματικές, ενώ οι τρομοκράτες αλωνίζουν στη μαύρη αγορά πυρηνικών όπλων.



ΜΑΡΤΙΟΣ 1985
Ανέρχεται στην εξουσία της Σοβιετικής Ένωσης ο 54χρονος μεταρρυθμιστής Μιχαήλ Γκορμπατσόφ.

ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 1985
Ο Αμερικανός πρόεδρος Ρόναλντ Ρίγκαν και ο Σοβιετικός ηγέτης Μιχαήλ Γκορμπατσόφ εγκαινιάζουν μια νέα εποχή για τον έλεγχο των εξοπλισμών, καθώς συμφωνούν ότι ένας πυρηνικός πόλεμος «δεν μπορεί να έχει νικητή, γι' αυτό και δεν πρέπει να συμβεί ποτέ».

ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 1986
Οι ΗΠΑ εγκαθιστούν διπλωματικούς βαλλιστικούς πυραύλους Peacekeeper, με δέκα πυρηνικές κεφαλές ο καθένας (δεξιά).

8 ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΥ 1987
Ο πρόεδρος Ρίγκαν και ο Σοβιετικός ηγέτης Γκορμπατσόφ υπογράφουν τη Συνθήκη Κατάργησης Πυρηνικών Όπλων Μέσου Βεληνεκούς.

ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 1989
Η Νότια Αφρική συμφωνεί να καταστρέψει τις έξι ατομικές βόμβες που διαθέτει.

31 ΙΟΥΛΙΟΥ 1991
Ο πρόεδρος Τζορτζ Χ.Γ. Μπους και ο Σοβιετικός ηγέτης Γκορμπατσόφ υπογράφουν τη Συμφωνία για τη Μείωση Στρατιγι-



κών Όπλων (START 1), που καταργεί περίπου τις μισές από τις διαθέσιμες πυρηνικές κεφαλές στρατηγικής σημασίας.

25 ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΥ 1991
Κατάρρευση της ΕΣΣΔ

23 ΜΑΪΟΥ 1992
Η Λευκορωσία, το Καζακστάν και η Ουκρανία –κράτη που δημιουργήθηκαν μετά την κατάρρευση της Σοβιετικής Ένωσης– συμφωνούν να παροπλίσουν τα πυρηνικά τους (άκρη αριστερά) και να τα επιστρέψουν στη Ρωσία.

11 ΜΑΪΟΥ 1995
Οι χώρες που έχουν επικυρώσει τη Συνθήκη για τη Μη Διάδοση των Πυρηνικών Όπλων συμφωνούν να επεκτείνουν την ισχύ της για αόριστο χρόνο.

10 ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΥ 1996
Ο ΟΗΕ εγκρίνει τη Συνθήκη Ολικής Απαγόρευσης των Πυρηνικών Δοκιμών

και την αποστέλλει στα μέλη της για επικύρωση.

11, 13 ΜΑΪΟΥ 1998
Η Ινδία πραγματοποιεί υπόγειες πυρηνικές δοκιμές- οι πολίτες της χώρας πανηγυρίζουν (δεξιά).

28, 30 ΜΑΪΟΥ 1998
Το Πακιστάν απαντά στην Ινδία κάνοντας κι αυτό πυρηνικές δοκιμές.

13 ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ 1999
Η αμερικανική γερουσία απορρίπτει τη Συνθήκη Ολικής Απαγόρευσης Πυρηνικών Δοκιμών.

24 ΜΑΪΟΥ 2002
Οι ΗΠΑ και η Ρωσία υπογράφουν τη Συνθήκη για τη Μείωση των Οπλοστασίων των Βαλλιστικών Πυραύλων.

ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ 2002
Ιρανοί αντιφρονούντες αναφέρουν ότι το Ιράν αναπτύσσει μυστικά δύο πυρηνικές εγκαταστάσεις.



Ακολουθούν επιθεωρήσεις της Διεθνούς Επιτροπής Ατομικής Ενέργειας που αποκαλύπτουν ένα πρόγραμμα ανάπτυξης τεχνολογίας εμπλουτισμού ουρανίου, που βρίσκεται σε εξέλιξη εδώ και δεκαετίες.

ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2002
Η Βόρεια Κορέα διώχνει τους επιθεωρητές της Επιτροπής.

10 ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ 2003
Η Βόρεια Κορέα ανακοινώνει ότι αποσύρεται από τη Συνθήκη για τη Μη Διάδοση των Πυρηνικών Όπλων.

ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2004
Το Πακιστάν παραδέχεται ότι ο επικεφαλής του πυρηνικού του προγράμματος, Αμπντούλ Καντίρ Χαν, παρέδωσε πυρηνικά μυστικά σε άλλες χώρες, αλλά απαγορεύει στα μέλη της Διεθνούς Επιτροπής να τον ανακρίνουν.

10 ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΥ 2005
Η Βόρεια Κορέα ανακοινώνει ότι έχει στην κατοχή της πυρηνικά όπλα, αν και ο ισχυρισμός δεν επιβεβαιώνεται από την Επιτροπή ή άλλους ανεξάρτητους εμπειρογνώμονες.

13

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΗ

Και σαν να μην έφταναν όλα αυτά εμείς σήμερα καταγινόμαστε στη δημιουργία και των δικών μας «ηφαιστειών». Έχετε άραγε αναλογισθεί πόσα εκατομμύρια τόνοι αποβλήτων από τις ανθρώπινες δραστηριότητες ρυπαίνουν καθημερινά το περιβάλλον της Γης μας; Εάν αυτό συνεχιστεί και στο μέλλον, μέσα σε μερικές δεκάδες, μόνο, χρόνια οι κλιματολογικές συνθήκες του πλανήτη μας θα έχουν διαταραχθεί σε μεγάλο βαθμό με ανυπολόγιστες επιπτώσεις για το μέλλον της ζωής πάνω του.

Πάρτε για παράδειγμα τη ρύπανση αλλά και τη μόλυνση του περιβάλλοντος από την αλόγιστη χρήση ουσιών που, εκτός από την καταστροφή του όζοντος, συμβάλλουν και στο «φαινόμενο του θερμοκηπίου» και στη σταδιακή αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη μας. Οι ουσίες αυτές καθ' αυτές δεν είναι άμεσα επικίνδυνες για τον άνθρωπο ή το ζωικό και φυτικό περιβάλλον του πλανήτη μας. Οι ποσότητες όμως των καθημερινά εκλυόμενων ουσιών στην ατμό-

σφαιρα είναι τόσο μεγάλες, ώστε έχουν κυριολεκτικά «βραχυκυκλώσει» τις φυσικές διαδικασίες ανακύκλησης. Με άλλα λόγια η φύση είναι αδύνατον πλέον να μας προστατέψει από την ανοησία μας.

Μέχρι πρόσφατα σ' ολόκληρο τον κόσμο παράγονταν κάθε χρόνο σχεδόν ένα δισεκατομμύριο τόνοι τέτοιων βλαβερών ουσιών. Απ' αυτές τις ποσότητες το 35% παράγονταν στις χώρες της Ε.Ε., άλλο τόσο στις ΗΠΑ, ενώ το υπόλοιπο σε διάφορες άλλες χώρες. Από τη δεκαετία του 1970, όμως, όταν για πρώτη φορά γνωστοποιήθηκε η βλαπτική δραστηριότητα των χλωροφθορανθράκων διάφορες κυβερνήσεις ευαισθητοποιήθηκαν με αποτέλεσμα να καταλήξουν σε ορισμένες συμφωνίες απαγόρευσης της χρήσης τους. Παρ' όλα αυτά η δράση των δισεκατομμυρίων τόνων χημικών που έχουν ήδη απελευθερωθεί στην ατμόσφαιρα, θα μας κατατρέχει για τα επόμενα 100 περίπου χρόνια, όση δηλαδή είναι η χρονική περίοδος που παραμένουν ενεργά τα μόριά τους.



Σύμφωνα με τις τελευταίες επιστημονικές μελέτες η βλαπτική τους δράση έχει δυο μορφές. Η πρώτη συμβαίνει στα κατώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας και μέχρι ύψους 15 περίπου χιλιομέτρων, όπου οι ουσίες αυτές παραμένουν τα πρώτα 5 έως 10 χρόνια της ζωής τους. Σ' αυτό το ύψος φαίνεται ότι συμβάλουν κατά ένα μεγάλο ποσοστό στο **φαινόμενο του θερμοκηπίου**. Το φαινόμενο αυτό οφείλεται κυρίως στην παρουσία του διοξειδίου του άνθρακα, που στη διάρκεια του 20ου αιώνα αυξάνονταν με γεωμετρική πρόοδο λόγω του άνθρακα και των παραγώγων του πετρελαίου που καίγονταν για να ικανοποιηθούν οι ενεργειακές ανάγκες του ανθρώπου. Το διοξείδιο του άνθρακα έχει την ιδιότητα να αιχμαλωτίζει τη θερμότητα που προέρχεται από τον Ήλιο, με αποτέλεσμα τη συνεχή αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη μας.

Η παγκόσμια αυξητική τάση της θερμοκρασίας τα τελευταία χρόνια σημαίνει ότι στα επόμενα 20-50 χρόνια η αύξηση της θερμοκρασίας μπορεί να φτάσει τους 3°C ή έστω τους 1,5°C. Γεγονός είναι ότι ακόμα και αυτή η μικρότερη αύξηση σύμφωνα με την άποψη των αισιόδοξων ερευνητών είναι επικίνδυνη. Η αύξηση της θερμοκρασίας κατά 1,5°C δεν σημαίνει μόνο ότι θα είναι δυσκολότερη η διαβίωσή μας τα καλοκαίρια. Το κύριο πρόβλημα είναι το λιώσιμο των πάγων στους πόλους και στις οροσειρές, οπότε θα αυξηθεί η μέση στάθμη της θάλασσας κατά μερικά μέτρα. Αυτό με τη σειρά του σημαίνει ότι οι παραθα-

λάσσιες περιοχές θα αρχίσουν να κατακλύζονται από τα νερά της θάλασσας κι επειδή το μεγαλύτερο μέρος του πληθυσμού της γης κατοικεί σε παραθαλάσσιες περιοχές είναι κατανοητό ότι θα αντιμετωπίσουμε άμεσα πρακτικά προβλήματα με ανυπολόγιστες οικονομικές, κοινωνικές και οικολογικές επιπτώσεις.

Όμως η απειλή δεν προέρχεται μόνο από την άνοδο της στάθμης των υδάτων. Τυφώνες, ξηρασίες και άλλες φυσικές καταστροφές πιστεύεται ότι συνδέονται άμεσα με τις αλλαγές στο κλίμα. Εύκρατες περιοχές θα μετατραπούν σε έρημους. Πολλά είδη φυτών και ζώων αναμένεται να εξαφανιστούν, καθώς δεν θα μπορέσουν να προσαρμοστούν στις μεταβαλλόμενες θερμοκρασίες. Η άνοδος της θερμοκρασίας θα δημιουργήσει ιδανικές συνθήκες για την εμφάνιση ασθενειών, που εμφανίζονται μόνο σε θερμές περιοχές. Όλα αυτά όμως δεν αποτελούν τις μοναδικές επιστημονικές προβλέψεις.



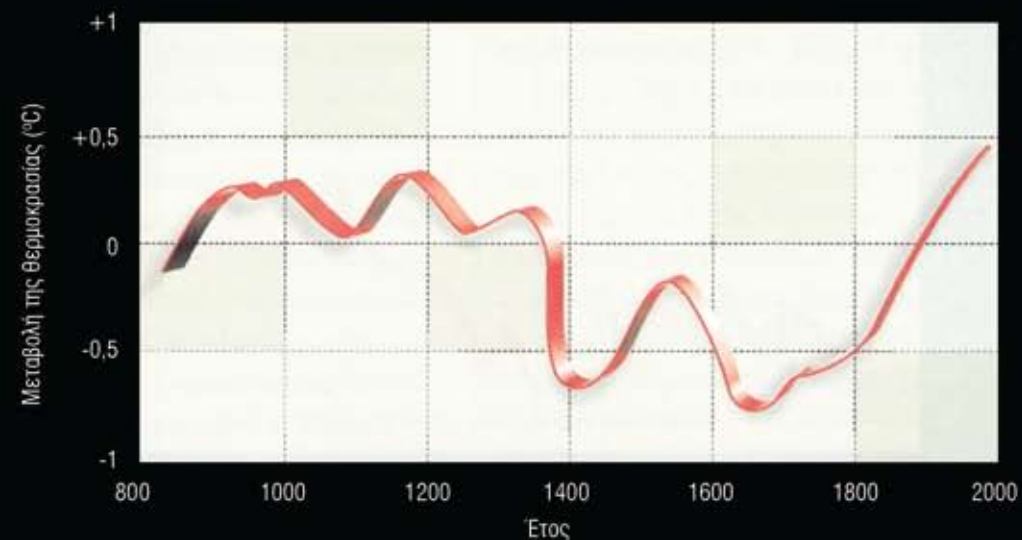
ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΑΛΛΑΓΕΣ ΤΗΝ ΤΕΛΕΥΤΑΙΑ ΧΙΛΙΕΤΙΑ

Απαραίτητη προϋπόθεση για την κατανόηση μιας νέας κλιματικής αλλαγής είναι η μελέτη του κλίματος του παρελθόντος.

Η τελευταία χιλιετία είναι η περίοδος για την οποία έχουμε αξιόλογα κλιματικά δεδομένα για πολλές περιοχές του πλανήτη μας. Για τα τελευταία 300 περίπου χρόνια υπάρχουν διαθέσιμες συστηματικές μετεωρολογικές μετρήσεις, ενώ για παλαιότερες περιόδους χρησιμοποιούνται διάφορες τεχνικές, όπως η εξέταση των δακτυλίων ανάπτυξης των δένδρων, η μελέτη ιστορικών αρχείων, η εξέταση ιζημάτων σε λίμνες, η σύσταση πάγων, καθώς και η έρευνα με ραδιοϊσότοπα. Από στοιχεία που έχουν συλλεγεί στο βόρειο ημισφαίριο αποκαλύπτονται δύο σημαντικά γεγονότα κλιματικής αλλαγής την τελευταία χιλιετία. Επιπλέον, ενδείξεις από χώρες όπως η Νέα Ζηλανδία και η Αυστραλία οδηγούν στο συμπέρασμα ότι οι παραπάνω αλλαγές ισχύουν και για το νότιο ημισφαίριο.

Ανάμεσα στο 10ο και το 14ο αιώνα το βόρειο ημισφαίριο γνώρισε μια σχετικά θερμή και ξηρή περίοδο (Μεσαιωνική Θερμή Περίοδος), της οποίας το μέγι-

στο παρουσιάστηκε το 12ο αιώνα. Οι θερμοκρασιακές συνθήκες αυτής της περιόδου φαίνεται ότι είχαν ευεργετικές συνέπειες κυρίως στη χλωρίδα και την πανίδα. Πράγματι, αναπτύχθηκε η καλλιέργεια της αμπέλου και ξεκίνησε η παραγωγή κρασιού στην Αγγλία. Επίσης, αποικίστηκαν η Γροιλανδία και η Ισλανδία από τους Βίκινγκς. Για τους λόγους αυτούς η περίοδος ονομάζεται και «Μικρή Περίοδος



Διακύμανση της μέσης θερμοκρασίας τα τελευταία 1.200 χρόνια στην Ευρώπη.



14

Η ΔΟΚΙΜΑΣΙΑ ΕΝΟΣ ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ

του Γιώργου Γραμματικάκη*

Το τέλος της δεύτερης χιλιετίας –παρ' όλο που είναι ορόσημο αυθαίρετο– βρίσκει τη Γη και τους κατοίκους της απειλούμενους από μίαν ανάπτυξη χωρίς μέτρο· που μίητε το φυσικό περιβάλλον σέβεται, αλλά και τις πραγματικές ανάγκες του ανθρώπου αλλοιώνει. Αν ληφθεί υπ' όψιν ότι, κατά την ίδια περίοδο, μεγάλες είναι οι κατακτήσεις της επιστήμης και ότι η πρόοδος της τεχνολογίας είναι ικανή να απαλλάξει το ανθρώπινο είδος από πολλά προβλήματα, η κατάληξη αυτή των πραγμάτων έχει δυσδιάκριτες τις ερμηνείες.

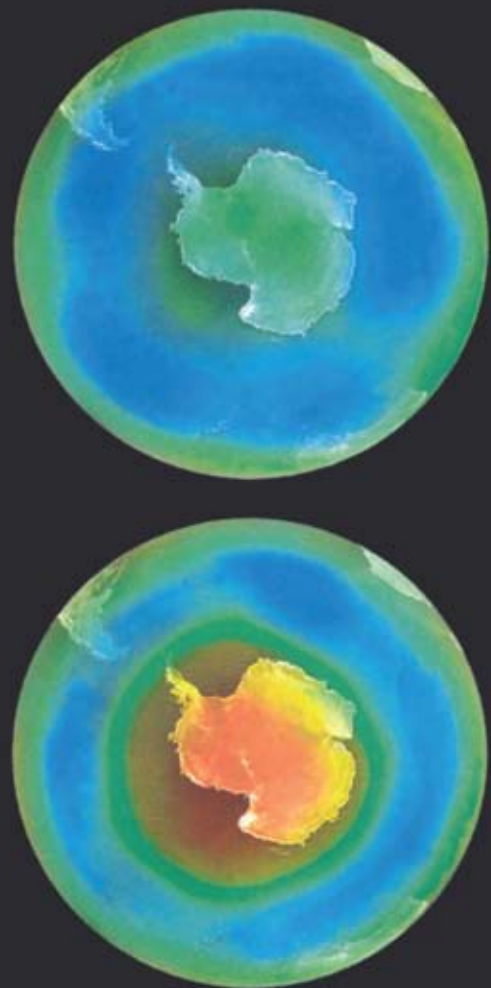
Είναι αναμφισβήτητο ότι οι αντιλήψεις ή πρακτικές που οδήγησαν σ' αυτόν τον τύπο αναπτύξεως είναι βαθύτατα ριζωμένες στον σύγχρονο πολιτισμό. Κάποιες από τις αντιλήψεις αυτές, πιθανόν, ανακλούν στο βιολογικό μας παρελθόν: Ότι η φύση υπάρχει για να εξυπηρετεί τις ανθρώπινες ανάγκες

και ότι με τα άλλα είδη ζώων ευρισκόμαστε εξ ανάγκης σε εμπόλεμη κατάσταση. Άλλες υποδηλώνουν μια εκπλήσσοσα αφέλεια, που οφείλεται ίσως στη γεωκεντρική αντίληψη για τον κόσμο –που εδέσποζε επί αιώνες– και στην άγνοια: Η πίστη για το ανεξάντλητο, για παράδειγμα, των ενεργειακών πηγών της Γης και τις απέραντες δυνατότητες των φυσικών της πόρων. ...

Ασφαλώς, πολλές από τις γνώσεις ή τα προβλήματα που αναφέρονται στο περιβάλλον έχουν πρόσφατα μόνον και με πολλά κενά κατανοηθεί από την επιστήμη. Η πολυπλοκότητα, για παράδειγμα, και ο ρόλος των οικοσυστημάτων ή οι χημικές διεργασίες στην ατμόσφαιρα. Έτσι, δεν υπήρχε ίσως ο χρόνος να αφομοιωθούν οι πληροφορίες και να καταστεί συνείδηση η πραγματικότητα της απειλής.

Όποιες και αν είναι πάντως οι αιτίες γι' αυ-

*Γιώργος Γραμματικάκης, Η Κόμη της Βερενίκης, κεφ. VII Η Γη και ο Άνθρωπος σε Μεταίχμιο (Η δοκιμασία ενός πολιτισμού), Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, Ηράκλειο 2000²⁰, σελ. 146-149.



ΥΨΗΛΗ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΧΑΜΗΛΗ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ

Οι εικόνες δείχνουν τις συγκεντρώσεις του όζοντος στη στρατόσφαιρα τον Οκτώβριο και τον Αύγουστο. Στο νότιο ημισφαίριο την άνοιξη περισσότερα από τα δύο τρίτα του όζοντος καταστρέφονται και έτσι έχουμε την εμφάνιση της τρύπας του όζοντος. Αυτή εξαφανίζεται το καλοκαίρι επειδή υπάρχει είσοδος νέου όζοντος από τις περιοχές του Ισημερινού.

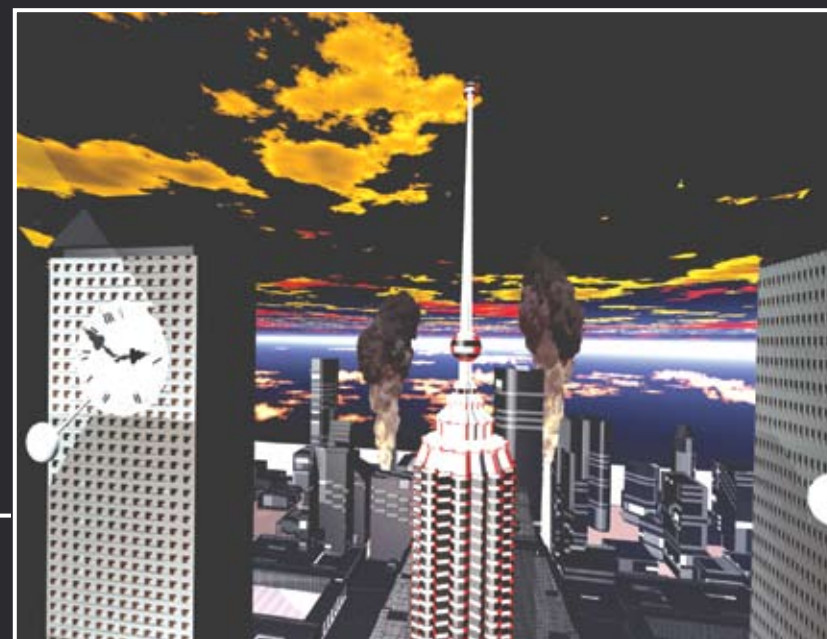
τήν την αλόγιστη στάση, ούτε η έκταση, ούτε οι συνέπειες της καταστροφής μπορούν να αμφισβητηθούν. Αποτελούν, άλλωστε, καθημερινή πια εμπειρία για τον άνθρωπο, είτε στις μεγάλες πόλεις ασφυκτιά είτε στη θάλασσα ή τη φύση αναζητά τη διέξοδο. Πολλοί, ασφαλώς, δεν συμερίζονται την απαισιοδοξία ως προς τα περιθώρια που υπάρχουν να αποφευχθεί το χειρότερο· και υπολογίζουν ότι η τεχνολογία, που δίκαια βρίσκεται στο επίκεντρο των επικρίσεων, θα αποτελέσει και τον κύριο μοχλό για την αναστροφή της πορείας. ...

Ενώ όμως η σχετική αφύπνιση των εθνών και του ανθρώπου ως προς τους οικολογικούς κινδύνους είναι μια νέα και σημαντική παράμετρος, τα περιθώρια για κάποιου είδους αισιοδοξία παραμένουν αναιμικά. Ο λόγος είναι ότι ο πλανήτης έχει ήδη τραυματιστεί σοβαρά· και το κοινωνικό κόστος ή η δράση που απαιτούνται για μιαν αργή ανάκαμψη υπερβαίνουν κατά πολύ τις παρούσες δυνατότητες κινήσεων. Διότι οι διεθνείς διαδικασίες είναι πολύπλοκες και χρονοβόρες και η απαραίτητη εμπιστοσύνη –ως προς τη μείωση, για παράδειγμα, των εξοπλισμών ή της παραγωγής διοξειδίου του άνθρακος– δεν είναι πάντοτε δεδομένη. Συχνά, επίσης, είναι ανάγκη να θιγεί το συμφέρον ατόμων, ομάδων ή εταιριών για να βελτιωθούν τα πράγματα· και τούτο, σε μια εποχή καταναλωτισμού που εκτρέφει αντίθετες αξίες, είναι συχνά αδιανόητο.

Έτσι, μήτε η χρήση των φυτοφαρμάκων έχει περιοριστεί, τα λύματα των ξενοδοχείων και των βιομηχανικών εξακολουθούν να μολύνουν τις θάλασσες, και οι πλαστικές σακκούλες, για τις οποίες μια απλή απαγόρευση θα ήταν αρκετή, κυριαρχούν άφθαρτες στα τοπία της Γης. Η αντιμετώπιση, άλλωστε, του υπερπληθυσμού παρουσιάζει εγγενείς δυσκολίες: Είναι φανερό ότι απαιτείται προοδευτικός έλεγχος των γεννήσεων σε παγκόσμιο επίπεδο. Τούτο, όμως, προσκρούει στις φοβερές κοινωνικές ανισότητες μεταξύ των εθνών, σε θρησκευτικές προκαταλήψεις ή ακόμη και στην αδυναμία ενός γενικά παραδεκτού τρόπου υλοποίησης του ελέγχου.

Το συμπέρασμα έχει, λοιπόν, μια δραματική διάσταση. Για να απαλλαγεί η Γη από τους εφιάλτες της, χρειάζεται ίσως κάτι ριζικότερο από τις βραδύτατες κινήσεις σε τοπικό ή παγκόσμιο επίπεδο. Η περιβαλλοντική κρίση είναι, σε πρωτογενές επίπεδο, κρίση του

σύγχρονου πολιτισμού και των αξιών του. Αυτό που χρειάζεται, συνεπώς, είναι να αμφισβητηθεί η ίδια η έννοια της προόδου και η μονομέρεια της πρακτικής της. Διότι η πρόοδος, μέχρι τώρα, περίπου ταυτίζεται με τα τεχνολογικά αγαθά και τη βελτίωση των οικονομικών παραμέτρων. Ελάχιστα αναφέρεται σε ποιοτικές παραμέτρους, στην αρμονική ισορροπία του ανθρώπου με το περιβάλλον του, σ' αυτόν καθ' εαυτόν τον εσωτερικό άνθρωπο και στην ανάγκη του να υπάρξει με τους άλλους. Η τυφλή επιδίωξη της ανόδου του ατομικού ή εθνικού εισοδήματος δεν οδηγεί πάντοτε στην άνοδο του βιοτικού –με την έννοια του βίου, της ζωής– επιπέδου. Οδηγεί, συνήθως, σε έναν άνθρωπο χωρίς σοφία και ευθύνη, στερημένο από την παρηγοριά της τέχνης και την ανάσα του διπλανού, έρμαιο δυνάμεων που στηρίζουν την εξουσία τους στην ισοπέδωση τη δική τους και της φύσεως. ...



Μέχρι σήμερα απλώς ανέβαινε η θερμοκρασία της Γης. Για το μέλλον, κάποιοι επιστήμονες προβλέπουν ακραία φαινόμενα

Η υπερθέρμανση του πλανήτη: Τα αίτια

Τα αδύναμα σημεία του πλανήτη

...και οι πρώτες συνέπειες



Οι ρύποι των αυτοκινήτων
Οι κινητήρες των αυτοκινήτων εκλύουν θερμοκηπιακά αέρια όπως όζον, διοξείδιο του άνθρακα και άλλες ρυπαντικές ουσίες.

Τα κακά των βοοειδών
Τα μηρυκαστικά -υπάρχουν 1,4 δισεκατομμύρια βοοειδή- συγκαταλέγονται στις κύριες αιτίες εκπομπής μεθανίου.



Το Ρεύμα του Κόλπου. Η υπερθέρμανση ίσως προκαλέσει αύξηση της ατμοποίησης, των νεφών και των κατακρημνισμάτων. Το γλυκό νερό που εκβάλλει στη θάλασσα μπορεί να εμποδίσει το ζεστό Ρεύμα του Κόλπου στον Βόρειο Ατλαντικό και να ψύξει το Βόρειο Ημισφαίριο.



Το μεθάνιο που παγιδεύεται στο παγωμένο έδαφος και στον πυθμένα των ωκεανών μπορεί να απελευθερωθεί και να επιτείνει το φαινόμενο του θερμοκηπίου.



Αντίο δάση
Τα δάση συμβάλλουν στην απορρόφηση του διοξειδίου του άνθρακα, όχι όμως εσαεί. Έτσι κι αλλιώς, τα αποφιλώνουμε.

Επιζήμια χωράφια
Το έδαφος παράγει πρωτοξείδιο του αζώτου, προκαλώντας όξινη βροχή.

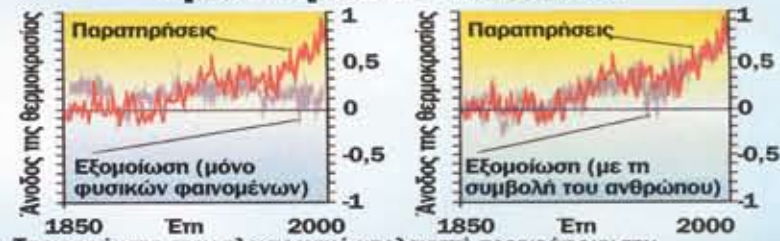


Ρύζι σε αφθονία
Οι ορυζώνες συγκαταλέγονται στις σημαντικότερες πηγές μεθανίου. Το αέριο παράγεται από μικροοργανισμούς.

Πινηρές βιομηχανίες
Τα εργοστάσια παράγουν CO₂ και όζον, θειώδη ανυδρίτη και οξείδια του αζώτου, προκαλώντας όξινη βροχή.



Εμείς είμαστε οι υπαίτιοι



Τα γραφήματα στον ηλεκτρονικό υπολογιστή περιγράφουν την υπερθέρμανση της Γης λόγω θερμοκηπιακών αερίων.

Περισσότερη ζέση στο μέλλον



Ακόμη κι αν σταματήσει η παραγωγή αερίων, οι θάλασσες θα φουσκώνουν



Άρρωστα δάση
Ένα δάσος στην Αλάσκα κατεστραμμένο από επιδρομή εντόμων.



Κίνδυνος στη Γροιλανδία
Αν οι πάγοι της λιώσουν, η στάθμη των θαλασσών θα ανέβει επτά μέτρα.



Θεμέλια σε κίνδυνο
Σπίτια στην Αλάσκα. Το παγωμένο έδαφος έχει ήδη υποχωρήσει.



15

Η ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΥ ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ

του Χάρη Βάρβογλη*

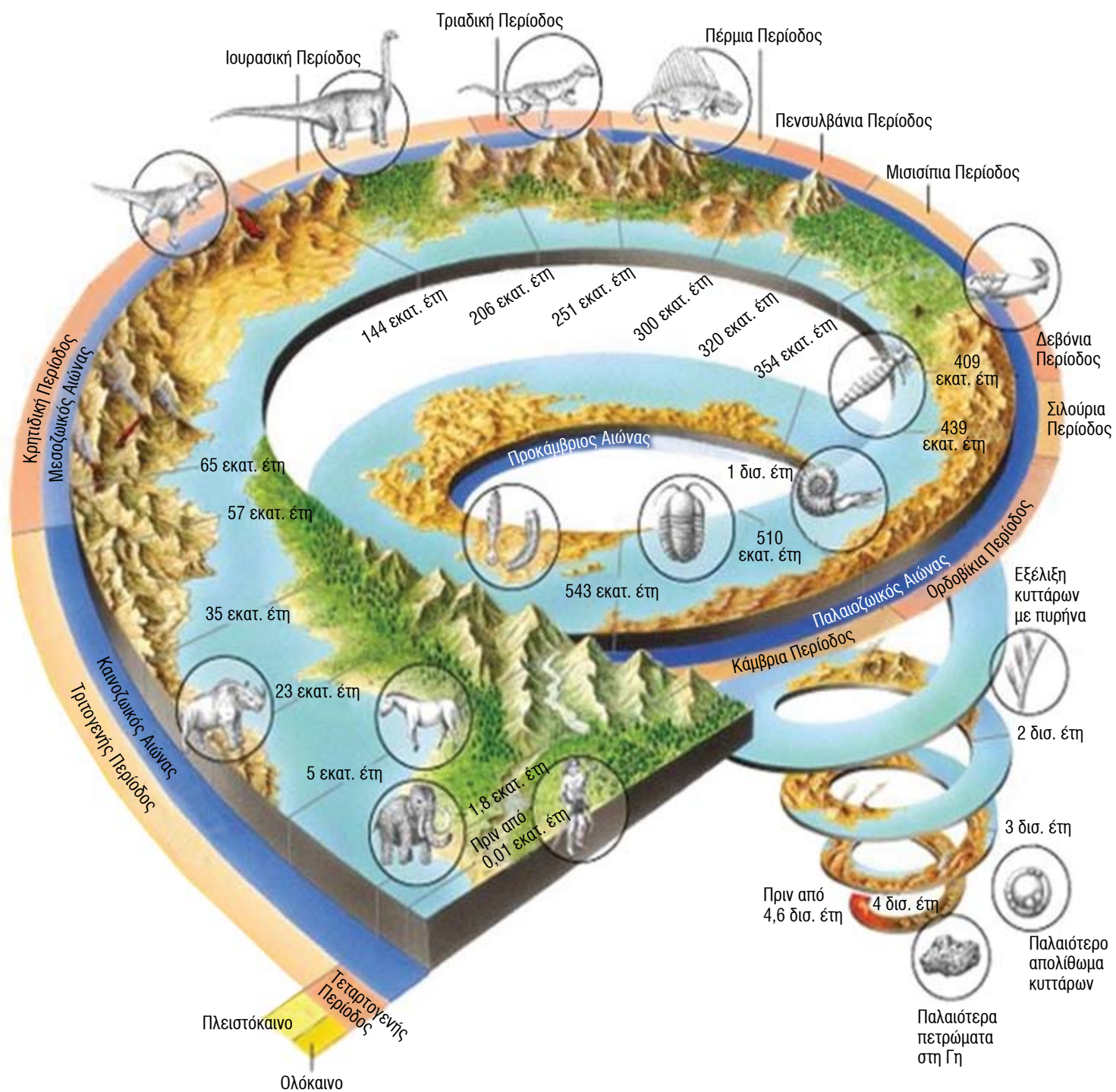
Τα τελευταία χρόνια η πρόβλεψη της εξέλιξης της επιστήμης και του τεχνολογικού πολιτισμού απασχολεί όλο και περισσότερο τόσο τους επιστήμονες όσο και τον απλό κόσμο. Οι μεν επιστήμονες προσπαθούν να μαντέψουν αν η επιστημονική γνώση συγκλίνει προς κάποιο όριο, που θα είναι η απόλυτη αλήθεια, οι δε απλοί πολίτες θα ήθελαν να γνωρίζουν σε ποιον κόσμο θα ζήσουν τα παιδιά τους. Όσοι ασχολούνται με τη μελλοντολογία όμως, όπως ονομάζεται αυτό το νέο είδος επιστήμης, πρέπει να είναι πολύ προσεκτικοί, επειδή η ιστορία έχει διδάξει ότι σπάνια προβλέψεις για τη μελλοντική εξέλιξη επιστήμης και τεχνολογίας επαληθεύονται.

Η δυσκολία στην πρόβλεψη οποιασδήποτε πλευράς του σημερινού πολιτισμού βρίσκεται στον ραγδαίο ρυθμό εξέλιξής του. Οποιαδήποτε πρόβλεψη βασίζεται, αναγκαστικά, στο επίπεδο γνώσεων που υπάρχουν τη στιγμή της πρόβλεψης, και έτσι δεν λαμ-

βάνει υπόψη τις νέες θεωρίες και τις νέες τεχνολογίες που σίγουρα θα εμφανιστούν στο μέλλον. Όταν η εξέλιξη είναι αργή, όπως για παράδειγμα στον Μεσαίωνα, αυτό το πρόβλημα γίνεται σημαντικό ύστερα από εκατονταετίες. Όταν όμως είναι γρήγορη, τότε δεν θα έπρεπε κανείς να διακινδυνεύει προβλέψεις πέρα από μία δεκαετία. Κλασικό παράδειγμα αποτελεί η εντελώς αποτυχημένη πρόβλεψη του Τζον φον Νόιμαν για το μέλλον του ηλεκτρονικού υπολογιστή, της μηχανής που ο ίδιος είχε εφεύρει: «Δεν μπορώ να γνωρίζω από τώρα τις λεπτομέρειες, αλλά δύο πράγματα είναι σίγουρα: Πρώτον, ότι οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές θα μπορούν στο μέλλον να προβλέπουν τον καιρό και, δεύτερον, ότι θα είναι τόσο ακριβοί που μόνο μεγάλα κράτη θα μπορούν να τους αγοράζουν». Αμφότερα δεν επαληθεύθηκαν!

Αν η πρόβλεψη του μέλλοντος είναι τόσο δύσκολη, τι αξία μπορεί να έχει μια επιστήμη

* Εφημερίδα το «Βήμα της Κυριακής» 3/11/2002, Μελλοντολογία, η επιστήμη του ... μέλλοντος, Ο έλεγχος της ενέργειας στη Γη κλειδί για την εξέλιξη του ανθρώπινου πολιτισμού.



όπως η μελλοντολογία; Κατ' αρχήν είναι σίγουρο ότι προβλέψεις, και μάλιστα αξιόπιστες, είναι δυνατό να γίνουν για σύντομα χρονικά διαστήματα από επιστήμονες που γνωρίζουν καλά τις υπάρχουσες θεωρίες και έχουν κατανοήσει τον τρόπο εξέλιξης της τεχνολογίας που βασίζεται σε αυτές. Για παράδειγμα, πριν από 10 χρόνια ο γνωστός «γκουρου» της Πληροφορικής Νίκολας Νεγκροπόντε διέβλεψε την επίδραση που θα είχε στην καθημερινή ζωή η ανάπτυξη του Διαδικτύου. Σήμερα πάλι είναι προφανές ότι έχουμε μπει στην εποχή του διαστημικού τουρισμού. Ήδη τους τελευταίους μήνες τρεις «ερασιτέχνες» αστροναύτες πέρασαν μία εβδομάδα ο καθένας στον Διεθνή Διαστημικό Σταθμό «Άλφα», πληρώνοντας από 20 εκατ. δολάρια. Σε περίπου τρία χρόνια όμως οι Ρώσοι σχεδιάζουν να θέσουν σε τροχιά έναν νέο διαστημικό σταθμό, με μοναδικό προορισμό τη φιλοξενία τουριστών και όχι τις επιστημονικές έρευνες. Ο σταθμός αυτός θα μπορεί να φιλοξενεί μια ομάδα τριών ατόμων για 20 ημέρες με κόστος 40

φορές μικρότερο. Σε 20 χρόνια προβλέπεται ότι με τον ανταγωνισμό που θα υπάρξει οι διαστημικές διακοπές θα κοστίζουν 50.000 δολάρια, όσο δηλαδή μια ακριβή κρουαζιέρα σήμερα.

Τι γίνεται όμως με τις προβλέψεις πέρα από τα αμέσως προσεχή χρόνια; Δεν μπορούμε άραγε να πούμε τίποτε για το τι επιφυλάσσει το μέλλον για τον ανθρώπινο πολιτισμό; Η απάντηση είναι ότι μπορούμε! Αν σκεφθούμε προσεκτικά, είναι εύκολο να κατανοήσουμε ότι, κατά βάση, ο ρυθμός εξέλιξης του πολιτισμού μας βασίζεται κυρίως στη διαθεσίμη ενέργεια. Όταν στον Μεσαίωνα η μόνη πηγή ενέργειας ήταν ο Ήλιος και τα ξύλα του δάσους, ο ρυθμός ήταν αργός. Μόλις εμφανίστηκαν το κάρβουνο, το πετρέλαιο και η ατομική ενέργεια, ο ρυθμός έγινε θυελλώδης. Με βάση αυτή την παρατήρηση ο ρώσος αστροφυσικός Νικολάι Καρντάσεφ κατέταξε τους πολιτισμούς σε τρεις κατηγορίες. Στους πολιτισμούς τύπου Ι οι «άνθρωποι» ή όποια άλλα λογικά όντα μπορούν και ελέγχουν την ενέρ-



γεια που υπάρχει διαθέσιμη σε έναν πλανήτη. Στους πολιτισμούς τύπου II μπορούν να ελέγχουν την ενέργεια που έχει διαθέσιμη το κεντρικό αστέρι γύρω από το οποίο περιφέρεται ο πλανήτης τους. Τέλος, στον πολιτισμό τύπου III μπορούν και ελέγχουν την ενέργεια που υπάρχει σε έναν ολόκληρο γαλαξία! Προσέξτε ότι στην κατάταξη αυτή δεν λαμβάνονται υπόψη οι μέθοδοι με τις οποίες αυτό γίνεται κατορθωτό αλλά μόνο το τελικό αποτέλεσμα. Έτσι δεν υπάρχει περίπτωση να κάνουμε λάθη όπως αυτό του Νόιμαν.

Το ελάττωμα του είδους αντιμετώπισης που εισήγαγε ο ρώσος αστροφυσικός είναι ότι δεν μπορούμε να εκτιμήσουμε πότε θα εξελιχθεί ο πολιτισμός μας στις διάφορες κατηγορίες, αν βεβαίως δεν έχουμε γυρίσει «πίσω» στην εποχή ενός νέου Μεσαίωνα από κάποιον πυρηνικό πόλεμο ή από κάποια φυσική καταστροφή. Εκείνο που είναι σίγουρο είναι ότι σήμερα ο πολιτισμός μας ανήκει στον τύπο 0! Γνωρίζουμε δηλαδή την τεράστια ενέργεια της βόμβας υδρογόνου και την ακόμη μεγαλύτερη ενός κυκλώνα, αντί όμως να ελέγχουμε αυτή την ενέργεια απλώς προσπαθούμε να αποφύγουμε τις καταστροφές που προκαλεί. Όταν ο πολιτισμός μας προχωρήσει στο επόμενο επίπεδο, τότε ελέγχοντας την ενέργεια του πλανήτη μας δεν θα χρειάζεται πια να προβλέπουμε τον καιρό, αφού θα μπορούμε να τον ορίζουμε κατά βούληση! Φυσικά με τόση ενέργεια διαθέσιμη η παρουσία των ανθρώπων θα έχει επεκταθεί σε όλο το ηλιακό σύστημα.



Προχωρώντας στο δεύτερο επίπεδο, θα μπορούμε να οργανώνουμε ταξίδια σε άλλα πλανητικά συστήματα που βρίσκονται στη «γειτονιά» του δικού μας. Τέλος, για να φθάσουμε στο τρίτο επίπεδο θα σημαίνει ότι έχουμε προχωρήσει τόσο στην κατανόηση της Φυσικής, ώστε θα είμαστε σε θέση να διαμορφώνουμε τον χωρόχρονο κατά βούληση. Με αυτόν τον τρόπο θα γίνουν πραγματικότητα οι σήραγγες χρόνου (ή αλλιώς σκουληκότρυπες) και τα ταξίδια σε άλλους γαλαξίες.

Πότε θα γίνουν όλα αυτά; Όπως ήδη αναφέρθηκε, η κατάταξη του Καρντάσεφ δεν περιλαμβάνει κανένα χρονοδιάγραμμα. Με βάση όμως την εκθετική αύξηση του ρυθμού εξέλιξης της επιστήμης και της τεχνολογίας από τον καιρό της βιομηχανικής επανάστασης, θα έλεγε κανείς ότι η «προαγωγή» μας σε πολιτισμό τύπου I αναμένεται στο τέλος του 21ου αιώνα. Αν ο ρυθμός αύξησης διατηρηθεί, τότε η μετεξέλιξή μας σε πολιτισμό τύπου II θα γίνει ύστερα από 1.000 χρόνια και σε πολιτισμό τύπου III ύστερα από 10.000 χρόνια.

Τα χρονικά διαστήματα αυτά ίσως σήμερα να φαίνονται τεράστια, στην πραγματικότητα όμως είναι ασήμαντα. Χρειάστηκαν 2 εκατομμύρια χρόνια για να εγκαταλείψουμε την ασφάλεια των δασών και να φθάσουμε στη βιομηχανική επανάσταση, ενώ θα φθάσουν μόλις 10.000 χρόνια για να εγκαταλείψουμε την ασφάλεια του πλανήτη μας και να κατακτήσουμε την απεραντοσύνη του Σύμπαντος.

16

Η ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΑΣΤΡΩΝ

Ατενίζοντας σήμερα τη Γη μας, θαυμάζουμε τα δάση και τις πεδιάδες της, τις κοιλάδες και τις πλαγιές της, τους ποταμούς και τις λίμνες της καθώς και την πλειάδα των ζωντανών πλασμάτων που συντηρεί, γνωρίζοντας ότι η σημερινή της μορφή δεν είναι παρά μια από τις πολλές και διαφορετικές μορφές που είχε στο παρελθόν ή που θα διαμορφωθούν στο μέλλον. Και κάθε μία από τις μορφές αυτές συγχωνεύεται σιγά-σιγά, με την πάροδο των μεγάλων περιόδων της γεωλογικής διαμόρφωσης, με τις άλλες διαφορετικές μορφές που θ' ακολουθήσουν. Η Γη των παγετώνων, η Γη με τις δεκάδες μορφές που κάποτε υπήρξαν, μετατράπηκε στη Γη που κατοικεί σήμερα η ανθρωπότητα. Κι είναι απόλυτα βέβαιο ότι και άλλες μορφές θα ακολουθήσουν τη σημερινή καθώς η μακρινή ιστορία του πλανήτη μας θα ξετυλίγεται στο μέλλον.

Τι γίνεται όμως με την εξέλιξη του Ήλιού μας; Θα παραμείνει άραγε ο Ήλιος καλό-

βολος όπως είναι σήμερα ή μήπως άραγε στο μέλλον θα μπορούσε να προκαλέσει αυτός το τέλος του κόσμου μας; Ο Ήλιος έχει πράγματι παραμείνει σταθερός στην εκπομπή των ακτινοβολιών του τα τελευταία 5, περίπου, δισεκατομμύρια χρόνια και θα παραμείνει έτσι για τα επόμενα 5 δισεκατομμύρια χρόνια. Κάποια στιγμή όμως θα σταματήσει να παράγει ενέργεια, με τον τρόπο που κάνει τώρα, και θα αρχίσει να διογκώνεται μετατρέπόμενος σιγά-σιγά σε έναν τεράστιο κόκκινο γίγαντα. Ας πάρουμε όμως τα πράγματα με τη σειρά.

Το πιο σημαντικό στοιχείο στη ζωή και στην εξέλιξη ενός άστρου καθορίζεται από την ποσότητα της μάζας που περιλαμβάνει. Ακόμη και η εμφάνιση των άστρων στον ουρανό εξαρτάται από την ποσότητα της ύλης που περιλαμβάνουν τη στιγμή που γεννιούνται. Μερικά άστρα γεννιούνται με μικρή μάζα, λάμπουν αμυδρά μ' ένα αδύνατο φως, έχουν μία κοκκινωπή φαιά από-



χρωση και επιφανειακή θερμοκρασία 3.000 βαθμών Κελσίου. Άστρα όπως ο Ήλιός μας, έχουν μεγαλύτερη μάζα, είναι θερμότερα και λάμπουν στους 6.000 βαθμούς μ' έντονο κιτρινωπό φως. Μερικά άλλα πάλι, έχουν πολλαπλάσια μάζα απ' ό,τι ο Ήλιος, είναι κυανόλευκα, με θερμοκρασία 20.000 βαθμών Κελσίου και λάμπουν με την ένταση ενός εκατομμυρίου Ηλίων. Η μάζα πάντως του κάθε άστρου δεν καθορίζει την εμφάνιση μόνο που θα έχει όταν γεννηθεί. Καθορίζει επίσης και τι είδους άστρο θα γίνει, πόσα χρόνια θα ζήσει, πώς θα είναι στη γεροντική του ηλικία και τέλος πώς θα πεθάνει. Όλα εξαρτώνται από την ποσότητα της μάζας που έχει.

Ένα άστρο ενηλικιώνεται όταν η πίεση της βαρύτητας των εξωτερικών του στρωμάτων εξισορροπείται από την πίεση της ακτινοβολίας και της ενέργειας, που παράγεται στον πυρήνα του από τις θερμοπυρηνικές αντιδράσεις, οι οποίες μετατρέπουν το υδρογόνο σε ήλιο. Έτσι το άστρο αυτό παραμένει σε ισορροπία όσο καιρό η «καύση» του υδρογόνου είναι η μοναδική θερμοπυρηνική αντίδραση που εκτελείται στον πυρήνα του. Η περίοδος αυτή της ωριμότητας ενός άστρου, διαρκεί το μεγαλύτερο μέρος της ζωής του και ονομάζεται από τους αστρονόμους **Κύρια Ακολουθία**.

Όταν ένα νέο άστρο σταθεροποιηθεί και μπει στο δρόμο του, η μάζα του είναι αυτή που θα του καθο-

ρίσει πόσα χρόνια θα ζήσει σταθερά, πόσα χρόνια δηλαδή θα παραμείνει στην Κύρια Ακολουθία. Στα μικρά κοκκινωπά άστρα, που είναι και τα πιο πολυάριθμα, οι θερμοπυρηνικές αντιδράσεις εκτελούνται αργά και γι' αυτό λάμπουν αμυδρά. Θα χρειαστεί πάρα πολύς καιρός να περάσει, προκειμένου να εξαντλήσουν το καύσιμο υδρογόνο τους. Τα μικρά κόκκινα άστρα μπορούν να λάμπουν για δεκάδες δισεκατομμύρια χρόνια χωρίς καμία εμφανή αλλαγή. Αντίθετα, οι τεράστιοι γαλάζιοι γίγαντες είναι άστρα πλούσια σε υλικά και γι' αυτό ιδιαίτερα σπάταλα. Οι θερμοπυρηνικές τους αντιδράσεις εκτελούνται με ταχύτατο ρυθμό, με αποτέλεσμα να εκπέμπουν τεράστιες ποσότητες ενέργειας μέσα σε λίγο χρόνο. Γι' αυτό άλλωστε και η ζωή τους δεν πρόκειται να διαρκέσει πολύ.

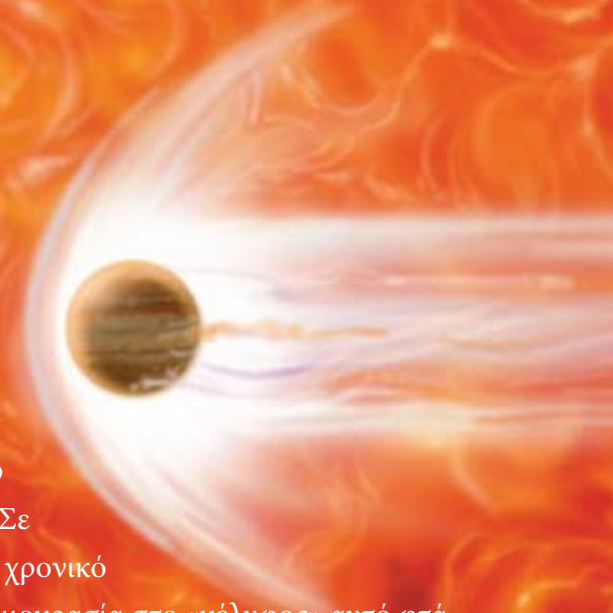
Ένα άστρο με υλικά 25 ηλιακών μαζών, για παράδειγμα, τα σπαταλάει γρήγορα λάμποντας 80.000 φορές πιο έντονα απ' ό,τι ο Ήλιός μας, με θερμοκρασία 35.000 βαθμών Κελσίου. Γι' αυτό η ζωή ενός τέτοιου άστρου στην Κύρια Ακολουθία δεν διαρκεί περισσότερο από 3 εκατομμύρια χρόνια. Στην άλλη άκρη, ένα άστρο με το 1/2 της μάζας του Ήλιού μας είναι πολύ πιο συντηρητικό και δαπανά το «καύσιμο» υδρογόνο που διαθέτει με μεγάλη «τσιγκουνιά», με αποτέλεσμα να λάμπει 40 φορές λιγότερο έντονα απ' ό,τι ο Ήλιός μας έχοντας επιφανειακή θερμο-

κρασία 4.000 βαθμών Κελσίου. Ένα τέτοιο άστρο θα ζήσει σταθερά, στην Κύρια Ακολουθία, επί 200 δισεκατομμύρια χρόνια.

Στο στάδιο της ωριμότητας ενός άστρου η καύση του υδρογόνου είναι η κύρια θερμοπυρηνική αντίδραση που συμβαίνει στην καρδιά του. Η μετατροπή όμως του υδρογόνου σε ήλιο δεν είναι η μοναδική θερμοπυρηνική αντίδραση που μπορεί να συμβεί. Κι εδώ πάλι η ποσότητα της ύλης, που περιλαμβάνει ένα άστρο, είναι ο βασικός συντελεστής για την έναρξη μιας νέας αλυσίδας θερμοπυρηνικών αντιδράσεων. Όταν σ' ένα άστρο η περιεκτικότητα του πυρήνα του σε υδρογόνο πέσει κάτω από το 1%, η κεντρική «καύση» παύει σχεδόν ολοκληρωτικά. Μ' αυτόν τον τρόπο η «υδροστατική ισορροπία» που επικρατούσε ανατρέπεται. Το βάρος των εξωτερικών στρωμάτων του άστρου συμπιέζει το κέντρο, με αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας του πυρήνα. Η βαρύτητα των εξωτερικών στρωμάτων υπερνικάει την πίεση της εσωτερικής ακτινοβολίας κι έτσι ο αστρικός του πυρήνας θερμαίνεται περισσότερο απ' ό,τι προηγουμένως.

Σ' αυτό το σημείο τα εξωτερικά στρώματα υδρογόνου, γύρω από τον πυρήνα, υπερθερμαίνονται αυξάνοντας έτσι το ρυθμό των εκεί πραγματοποιούμενων θερμοπυρηνικών αντιδράσεων. Η αυξανόμενη όμως θερμοκρασία του πυρήνα θερμαίνει σιγά-σιγά όλο

και πιο πολύ το «κέλυφος» υδρογόνου που το περιβάλλει. Σε μικρό, σχετικά, χρονικό διάστημα η θερμοκρασία στο «κέλυφος» αυτό φτάνει τα 4 εκατομμύρια βαθμούς «πυροδοτώντας» τις θερμοπυρηνικές αντιδράσεις του υδρογόνου που υπάρχει εκεί. Η καινούργια αυτή εκροή ενέργειας σπρώχνει τα εξωτερικά στρώματα του άστρου προς τα πάνω μετατρέποντάς το σιγά-σιγά σε κόκκινο γίγαντα. Αυτήν τη φάση, με την ίδια διαδικασία, θα την περάσουν όλα τ' άστρα, οποιαδήποτε κι αν είναι η μάζα τους, γιατί το στάδιο του «κόκκινου γίγαντα» είναι η αρχή του τέλους για κάθε άστρο.



17

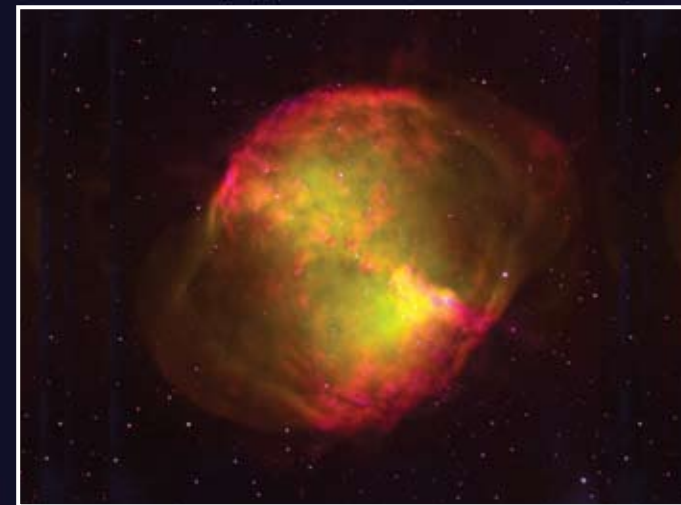
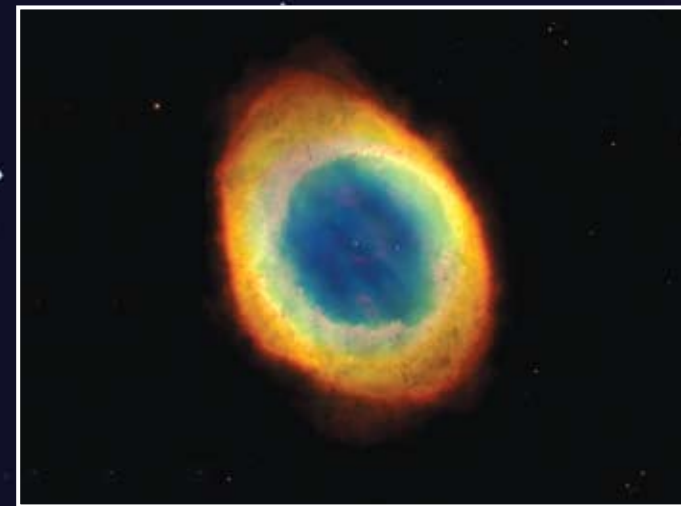
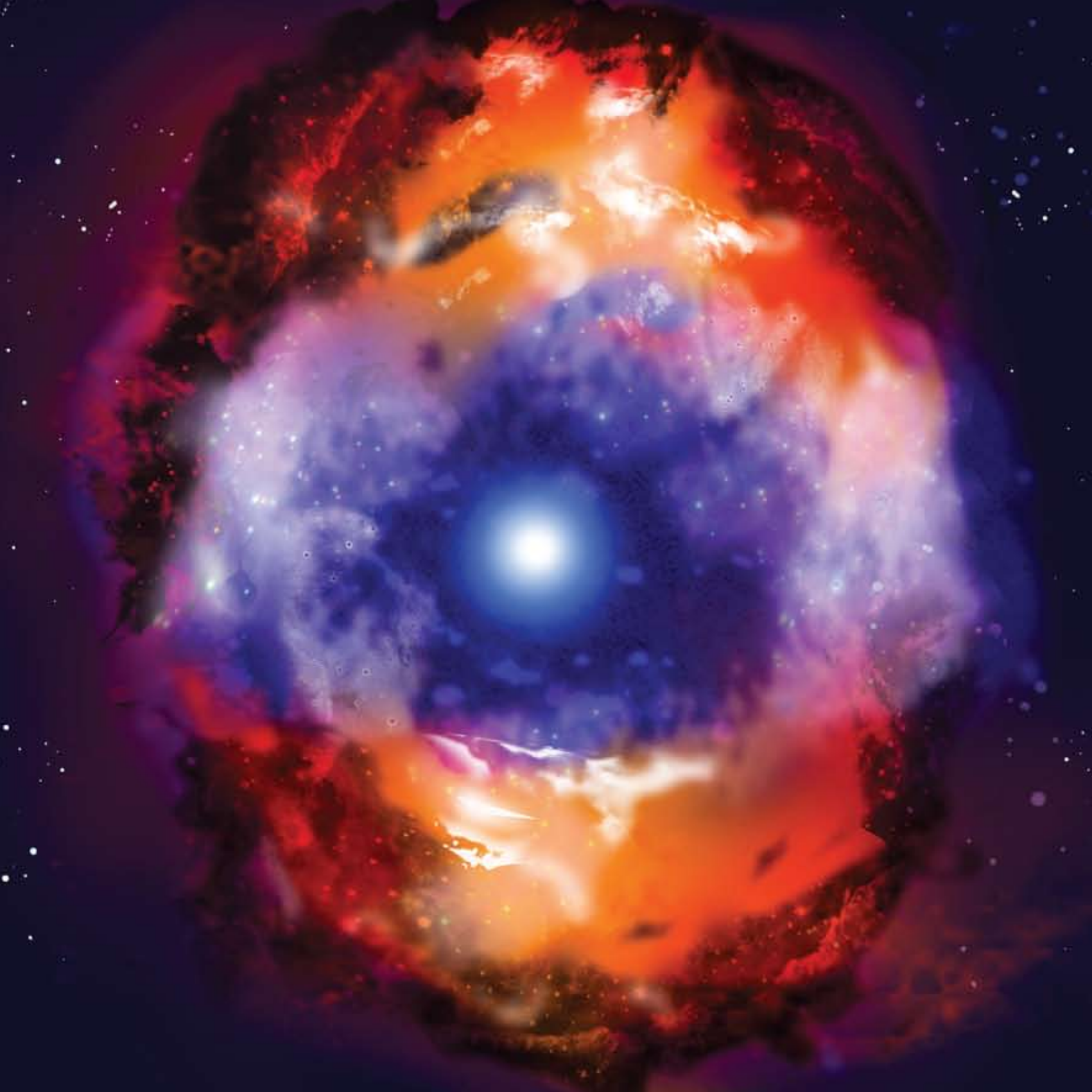
ΚΟΚΚΙΝΟΙ ΓΙΓΑΝΤΕΣ ΚΑΙ ΑΣΠΡΟΙ ΝΑΝΟΙ

Το στάδιο του κόκκινου γίγαντα για κάθε άστρο που υπάρχει στο Σύμπαν, αποτελεί το προτελευταίο κεφάλαιο της ζωής του. Σ' αυτό το στάδιο ένα άστρο βρίσκεται στον προθάλαμο του θανάτου του. Ενώ θανάτου που θ' αφήσει πίσω του ένα από τα τρία μόνο πιθανά «λείψανα» ανάλογα με τη μάζα που έχει κάθε άστρο. Άστρα με λιγότερα υλικά από 4 ηλιακές μάζες θα μετατραπούν σε άσπρους νάνους. Άστρα με 4 έως 25 ηλιακές μάζες θα γίνουν πάλσαρ ή άστρα νετρονίων. Και άστρα με ακόμη μεγαλύτερες μάζες θα καταλήξουν να γίνουν μαύρες τρύπες.

Όταν ένα άστρο αρχίσει να μετατρέπεται σε κόκκινο γίγαντα ο πυρήνας του είναι ανεργός και αποτελείται κυρίως από ήλιο. Σ' αυτό το σημείο οι θερμοπυρηνικές αντιδράσεις του υδρογόνου έχουν περιοριστεί μόνο στο κέλυφος των στρωμάτων που περιβάλλουν τον πυρήνα αυτόν. Όσο μεγαλύτερη όμως είναι η μάζα ενός κόκκινου γίγαντα

τόσο μεγαλύτερη είναι και η θερμοκρασία που δημιουργείται στον πυρήνα του. Στους κόκκινους γίγαντες, που έχουν μάζα πάνω από το 1/2 του Ήλιού μας η θερμοκρασία του πυρήνα αυξάνει ραγδαία. Έτσι όταν η κεντρική αυτή θερμοκρασία φτάσει τα 100 εκατομμύρια βαθμούς, τα άτομα του ηλίου «πιάνουν φωτιά». Αρχίζουν δηλαδή οι θερμοπυρηνικές αντιδράσεις που μετατρέπουν το ήλιο σε βηρύλλιο και αμέσως μετά σε άνθρακα.

Σε άστρα με ακόμη μεγαλύτερη μάζα, και με την ίδια διαδικασία σύντηξης, οι θερμοπυρηνικές αντιδράσεις στο κέντρο τους συνεχίζονται, με αποτέλεσμα την επανάληψη του ίδιου κύκλου: καύσης, συστολής του πυρήνα λόγω βαρύτητας, αύξησης της θερμοκρασίας, σύντηξης των υλικών του πυρήνα, και πάλι από την αρχή. Μ' αυτόν τον τρόπο το υδρογόνο μετατρέπεται σε ήλιο, το ήλιο σε βηρύλλιο και άνθρακα, κ.ο.κ. σε οξυγόνο, νέον, μαγνήσιο, πυρίτιο,



φωσφόρο, αργό, ασβέστιο και μέχρι το 26^ο χημικό στοιχείο, τον σίδηρο. Στη συνεχή τους δηλαδή πάλη ενάντια στη βαρύτητα, τ' άστρα «καίνε» διαδοχικά τη «στάχτη» τους, τα προϊόντα δηλαδή της καύσης των προηγούμενων θερμοπυρηνικών αντιδράσεων. Πρόκειται όμως για μία πάλη που, όπως είπαμε, αργά ή γρήγορα θα χάσουν. Γιατί όλα τ' άστρα κάποια μέρα θα πεθάνουν. Θα πεθάνουν ακριβώς επειδή λάμπουν.

Όταν ένα άστρο με λιγότερα υλικά από 4 ηλιακές μάζες γίνει κόκκινος γίγαντας, μπαίνει σε μία περίοδο αστάθειας. Η βαρυτική του δύναμη δεν είναι ικανή να συγκρατήσει τα εξωτερικά τόν στρώματα, τα οποία αποχωρίζονται σιγά-σιγά και διαφεύγουν στο Διάστημα. Τα αέρια αυτά στρώματα αποχωρώντας σχηματίζουν ένα διαστελλόμενο κέλυφος, το οποίο στα τηλεσκόπιά μας φαίνεται σαν ένας δακτύλιος αερίων. Οι αστρονόμοι των περασμένων αιώνων, με τα μικρά τους τηλεσκόπια νόμιζαν ότι τα αντικείμενα αυτά 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, αποκαλύπτοντας συγχρόνως, τον 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 εντελώς), εκπέμπει τεράστιες ποσότητες υπεριώδους ακτινοβολίας, ενώ η επιφανειακή του θερμοκρασία φτάνει τους 100.000 βαθμούς Κελσίου. Η μεγάλη όμως αυτή θερμότητα οφείλεται στην τρομαχτική συμπίεση των υλικών του, που έχουν περιοριστεί σε μία σφαίρα ίση με το μέγεθος της Γης μας. Δηλαδή το αρχικό μας 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 τον νεοαποκαλυφθέντα άσπρο νάνο «ερεθίζονται» από την υπεριώδη ακτινοβολία του και λάμπουν.

Χίλια μόνο πλανητικά νεφελώματα έχουν ανακαλυφτεί μέχρι τώρα γιατί 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. Έτσι στα τελευταία 60 χρόνια με τη βοήθεια της κβαντομηχανικής και της θεωρίας της σχετικότητας έχει δημιουργηθεί ένα ικανό θεωρητικό υπόβαθρο που επεξηγεί την εξέλιξη αυτών των άστρων.

Σ' αυτήν τη μελέτη σημαντικότερη ήταν η προσφορά του Ινδοαμερικανού αστροφυσικού S. Chandrasekhar (Νόμπελ Φυσικής 1983), ο οποίος υπολόγισε ότι το μέγιστο όριο της μάζας ενός άσπρου νάνου δεν μπορεί να υπερβεί τις 1,4 ηλιακές μάζες. Όσο μάλιστα πιο μεγάλη είναι η μάζα του τόσο πιο μικρή είναι και η διάμετρός του. Το μικρό όμως μέγεθος, σε συνδυασμό με τη μεγάλη μάζα, έχει ως αποτέλεσμα η βαρύτητα που επικρατεί στην επιφάνεια του άσπρου νάνου να είναι 200.000 φορές μεγαλύτερη της γήινης, πράγμα που σημαίνει ότι ένα μωρό πέντε κιλών θα είχε σ' αυτήν βάρος χιλίων τόνων!

18

Ο ΘΑΝΑΤΟΣ ΤΟΥ ΗΛΙΟΥ

Η ίδια όμως μοίρα επιφυλάσσεται και για τον Ήλιό μας. Όλοι μας φυσικά ξέρουμε ότι ο Ήλιός μας είναι ένα μέσο άστρο: ούτε πολύ μεγάλο ούτε πολύ μικρό, ούτε πολύ κρύο ούτε πολύ θερμό. Η ενηλικίωσή του έγινε πριν από πέντε δισεκατομμύρια χρόνια και θα παραμείνει σ' αυτήν τη φάση, στην Κύρια Ακολουθία, για πέντε ακόμη δισεκατομμύρια χρόνια. Σ' όλη αυτήν την περίοδο ο Ήλιός μας μετέτρεπε και θα μετατρέπει 655 εκατομμύρια τόνους υδρογόνου σε ήλιο κάθε δευτερόλεπτο. Κάποια όμως στιγμή θα σταματήσει να παράγει ενέργεια με τον τρόπο που κάνει τώρα και θα αρχίσει να διογκώνεται μετατρέπόμενος σιγά-σιγά σε έναν τεράστιο κόκκινο γίγαντα.

Όταν ο Ήλιός μας, σε περίπου 5 δισεκατομμύρια χρόνια, μετατραπεί σε κόκκινο γίγαντα, η αλλαγή του αυτή θα κάνει τους ωκεανούς της Γης να βράζουν γεμίζοντας τον ουρανό με βαριά ζεστά σύννεφα υδρατμών. Οι βροχές που θα

συγκλονίζουν τον πλανήτη μας δεν θα είναι αρκετές για να ξαναγεμίσουν τους ωκεανούς που σιγά-σιγά θα εξαφανιστούν αφανίζοντας συγχρόνως κάθε είδος ζωής. Και όταν οι βροχές σταματήσουν, η Γη μας θα συνεχίσει να ζεσταίνεται όλο και πιο πολύ. Οι βράχοι θ' αρχίσουν να λιώνουν και τα άλλοτε μεγαλόπρεπα βουνά μας θα λυγίσουν και θα βυθιστούν σ' έναν απέραντο ωκεανό καυτής λάβας. Τον ίδιο καιρό ο διογκωμένος Ήλιός μας θα κοιτάζει από ψηλά ατάραχος τη μετατροπή του αλλοτινού γαλαζοπράσινου πλανήτη μας σε μια καυτή κόλαση.

Η διαστολή του όμως θα συνεχιστεί ακάθεκτη και ενώ η σημερινή του διάμετρος, η οποία δεν υπερβαίνει το 1,4 εκατομμύρια χιλιόμετρα, όταν μετατραπεί σε κόκκινο γίγαντα θα έχει γίνει 250 φορές μεγαλύτερη φθάνοντας τα 300 εκατομμύρια χιλιόμετρα. Σ' αυτήν τη φάση, δηλαδή, η τροχιά της Γης μας θα βρίσκεται

στο εσωτερικό των εξωτερικών στρωμάτων του διογκωμένου Ήλιου. Παρ' όλα αυτά η Γη μας δεν θα προλάβει να εξαερωθεί. Η επιφάνειά της, θα έχει θερμανθεί στους 3.000 βαθμούς Κελσίου, επειδή όμως η πυκνότητα των εξωτερικών στρωμάτων ενός κόκκινου γίγαντα είναι μικρότερη ακόμη και από το καλύτερο τεχνητό κενό που μπορούμε να επιτύχουμε στα εργαστήριά μας, δεν θα έχει το χρόνο να εξαερωθεί σιγά-σιγά, γιατί η ελκτική δύναμη της ηλιακής βαρύτητας θα «καταπιεί» κυριολεκτικά τον πλανήτη μας στο εσωτερικό του και σε μια περίοδο που δεν θα υπερβαίνει τα 200, περίπου, χρόνια.

Εκατό εκατομμύρια χρόνια αργότερα ο Ήλιος θ' αρχίσει να χάνει σιγά-σιγά το γιγάντιο όγκο του και

θα προσπαθεί να μετατραπεί σε άσπρο νάνο. Η μάζα του όμως ίσως να μην είναι αρκετή για να επιτρέψει τη μετατροπή του σε πλανητικό νεφέλωμα και ίσως μετατραπεί απευθείας σε άσπρο νάνο. Για να επιτύχει όμως ο Ήλιος τη μετατροπή του σε άσπρο νάνο ίσως τελικά αναγκαστεί να εκσφενδονίσει τα εξωτερικά του αέρια στρώματα σε μία απέλπιδα προσπάθεια να χάσει αρκετή από τη μάζα του και να αποφύγει την καταστροφική μοίρα που τον περιμένει. Τρισεκατομμύρια τόνοι από τη μάζα του θα εκσφενδονίζονται ολόγυρα, σχηματίζοντας ένα διαστελλόμενο κέλυφος αερίων μετατρέποντάς τον σε πλανητικό νεφέλωμα. Οι μικρές αυτές εκτοξεύσεις θα έχουν τελικά το περιπόθητο αποτέλεσμα. Επειδή η μάζα του Ήλιου δεν είναι πάρα πολύ μεγάλη, η μοίρα του θα τον οδηγήσει στην τελική ευθεία για τη μετατροπή του σε άσπρο νάνο.

Έτσι καθώς το νεφέλωμα αερίων που εκτόξευσε θα απομακρύνεται, ο Ήλιος θα συνεχίσει να συρρικνώνεται. Και όταν τελικά η διάμετρός του φτάσει τα 12.000 χιλιόμετρα, το μέγεθος δηλαδή της Γης μας, ο Ήλιος θα έχει φτάσει στο τελευταίο στάδιο της ζωής του. Θα έχει μετατραπεί σε άσπρο νάνο. Το λευκό του φως θα φωτίζει αχνά τις «κόκκινες» επιφάνειες των πλανητών που θα έχουν διασωθεί από το γιγαντισμό του, ενώ το τέλος του θα караδοκεί αμείλι-



κτο. Αργά, αλλά σταθερά και μοιραία, οι τελευταίες σταγόνες θερμότητας θα τον εγκαταλείψουν. Και έτσι δεκάδες δισεκατομμύρια χρόνια αργότερα ο Ήλιος θα φτάσει στο τέλος της ζωής του μετατρέπόμενος σε έναν παγωμένο μαύρο νάνο, χαμένος μέσα στο απέραντο Σύμπαν, χωρίς ν' αφήσει πίσω του

τίποτα που να θυμίζει τη σημερινή του μεγαλοπρέπεια.

Είτε έτσι όμως είτε αλλιώς, αργά ή γρήγορα, ο γαλαξοπράσινος πλανήτης μας θα πάρει αναγκαστικά ένα τέλος. Και τότε, τι θα απογίνει άραγε ο άνθρωπος;

Τα παλιά, τα πολύ παλιά χρόνια, όπως λέει μια ιστορία, ένας μεγάλος κατακλυσμός κάλυψε με νερό ολάκερη τη Γη, εξαφανίζοντας κάθε είδος ζωής πάνω στον πλανήτη μας, εκτός από έναν άνθρωπο και την οικογένειά του. Η οικογένεια αυτή πήρε μαζί της, σε μια κιβωτό, ένα ζευγάρι από κάθε ζώο που υπήρχε τότε στη Γη κι όλοι μαζί ξεκίνησαν να βρουν ένα καινούργιο μέρος, όπου άρχισαν μια νέα ζωή.

Ποιος ξέρει; Ίσως κάποτε, μια κάποια μέρα, να λένε μια κάποια παρόμοια ιστορία πάνω σε κάποιον άλλο πλανήτη, κάποιου άλλου από τα τόσα άστρα του ουρανού.



ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Αλαχιώτης, Σταμάτης Ν., Από τους Ωκεανούς στ' Αστέρια: το οδοιπορικό της ζωής, Αθήνα: Κωσταράκης, 1995.
- Γραμματικάκης, Γιώργος, Η Κόμη της Βερενίκης, Ηράκλειο: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, 2000.
- Δανέζης, Μάνος και Θεοδοσίου, Στράτος, Το Σύμπαν που Αγάπησα, τόμοι Α-Β, Αθήνα: Δίαυλος, 1999.
- Δελημπάσης, Ν. Δ., Εισαγωγή στην τεκτονική των λιθοσφαιρικών πλακών, Αθήνα: Ζήτη, 1999.
- Δερμιτζάκης, Μιχαήλ, Αναζητώντας τους προγόνους μας, Αθήνα: Μαυρομάτη Δέσποινα, 1998.
- Οικονόμου, Ν. Ε., Συμβίωση χωρίς μέλλον: πυρηνικά όπλα και ανθρώπινος πολιτισμός, Ηράκλειο: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, 1991.
- Ροδάκης, Γιώργος, Εισαγωγή στην Εξελικτική Βιολογία, Αθήνα: Ιατρικές Εκδόσεις Λίτσας, 2001.
- Σιμόπουλος, Διονύσης, Στη Γειτονιά της Γης, Αθήνα: Ερευνητές, 2001.
- Σιμόπουλος, Διονύσης, Ο Θάνατος των Άστρων, Αθήνα: Ερευνητές, 1997.
- Biological Sciences Curriculum Study, Η Βιολογική Επιστήμη: Μοριακή Προσέγγιση, Αθήνα: Ίδρυμα Ευγενίδου, 1998.
- Brahic, Andre, Τα Παιδιά του Ήλιου, Αθήνα: Κάτοπτρο, 2002.
- Diamond, Jared, Collapse, London: Allen Lane, 2005.
- Gribbin, John, Ο Θάνατος του Ήλιου: θα σημάνει το τέλος του πολιτισμού μας;, Αθήνα: Ωρόρα, 1990.
- Hallam, A. και Wignall, P. B. Mass Extinctions and their Aftermath Oxford University Press, 2000, ©1997.
- Mayr, Ernest, Τι είναι η Εξέλιξη;, Αθήνα: Κάτοπτρο, 2002.
- Rose, Steven, Μονοπάτια της Ζωής, Αθήνα: Κάτοπτρο, 2005.
- Steel, Duncan, Rogue Asteroids and Doomsday Comets: the search for the million megaton menace that threatens life on earth, New York: Wiley, 1995.
- Sykes, Bryan, Οι Επτά Κόρες της Εύας, Αθήνα: Ωκεανίδα, 2005.

Για περισσότερες πληροφορίες ανατρέξτε στη Βιβλιοθήκη του Ιδρύματος Ευγενίδου:

- Αλαχιώτης, Σταμάτης Ν., Εξέλιξη και μοριακή εξέλιξη, Αθήνα: Συμμετρία, 1992.
- Εθνικό Ίδρυμα Ερευνών, Η θεωρία της εξελίξεως: επιστημονικές-επιμορφωτικές διαλέξεις, Αθήνα: Εθνικό Ίδρυμα Ερευνών, 1996.
- Brack, Andre, The molecular origins of life: assembling pieces of the puzzle, Cambridge: Cambridge University Press, 1998.
- Carlowicz, Michael J. and Lopez, Ramon E., Storms from the sun: the emerging science of space weather, Washington: Joseph Hentry, 2002.
- Colub, Leon and Pasachoff, Jay M., Nearest Star: the surprising science of our sun, Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1999.
- Darling David J., Life everywhere: the Maverick science of astrobiology, New York: Basic Books, 2001.
- Dawkins, Richard, Ο ποταμός της ζωής: μια δαρβινική θεώρηση, Αθήνα: Κάτοπτρο, 1995.
- Dick, Steven J., The biological universe: the twentieth-century extraterrestrial life debate and the limits of science, Cambridge: Cambridge University Press, 1996.
- Fry, Iris, The emergence of life on earth: a historical and scientific overview, London: Free Association, 2000.
- Gehrels, Tom, Hazards due to comets and asteroids, Tucson: The University of Arizona Press, 1994.
- Graur, Dan and Li, Wen-Hsiung, Fundamentals of molecular evolution, Sunderland, Mass: Sinauer, 2000.
- Gribbin, John and Gribbin Mary, Stardust, London: Penguin, 2000.
- Hawkes, Jacquetta, Man and the sun, London: Cresset Press, 1962.
- Jastrow, Robert, Until the sun dies, London: Souvenir, 1977.
- Kearey, Philip and Vine, Frederick J., Global tectonics, Oxford: 1996.
- Leakey, Richard, Η απαρχή του ανθρώπινου είδους: μια παλαιοανθρωπολογική εξερεύνηση, Αθήνα: Κάτοπτρο, 1996.

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΤΗΣ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗΣ

Lewin, Roger, Human evolution: an illustrated introduction, Malden, Mass: 1999.
Lewin, Roger, Patterns in evolution: the new molecular view, New York: Scientific American Library, 1999.
Lewis, John S., Rain of iron and ice: the very real threat of comet and asteroid bombardment, Reading MAS: Addison-Wesley, 1996.
Li, Wen-Hsiung, Molecular evolution, Sunderland, Mass: Sinauer, 1997.
Margulis, Lynn and Dolan, Michael F, Early life: evolution on the Precambrian earth, Boston: Jones and Bartlett, 2002.
Mason, Stephen F., Chemical evolution: origin of the elements, molecules and living systems, Oxford: Clarendon, 1991.
Maynard Smith, John, Η θεωρία της εξέλιξης, Αθήνα: Αίολος, 1987.
Mayr, Ernst, Αυτή είναι η βιολογία: η επιστήμη του έμβιου κόσμου, Αθήνα: Κάτοπτρο, 2002.
Peebles, Curtis, Asteroids: a history, Washington; London: Smithsonian Institution, 2000.
Phillips, Kenneth J.H., Guide to the sun, Cambridge: Cambridge University Press, 1992.
Thompson, J.M.T., Visions of the future: astronomy and earth science, Cambridge: Cambridge University Press, 2001.
Wentzel, Donat G., The restless sun, Washington: Smithsonian Institution, 1989.
Zirker, Jack B., Journey from the center of the sun, Princeton, New Jersey: Princeton University Press, 2000.

Σενάριο-Σκηνοθεσία
Επιστημονική Επιμέλεια
Διονύσης Π. Σιμόπουλος

Ελληνική Αφήγηση
Κώστας Καζάκος

Αγγλική Αφήγηση
Dunkan Skinner

Μουσική Σύνθεση και Εκτέλεση
Sound Design-Μείξη Ήχου
Αναστάσιος Κ. Κατσάρης

Τεχνική Διεύθυνση
Μάνος Κιτσώνας

Μοντάζ Εικόνας
Παναγιώτης Δ. Σιμόπουλος

Διεύθυνση Παραγωγής
Michael Daut
Διονύσης Π. Σιμόπουλος

Εικονική Πραγματικότητα
3D Animations

Κώστας Αμβροσιάδης

Burke Baker Planetarium
Houston, Texas, USA

Evans & Sutherland
Digital Theater Division
Salt Lake City, Utah, USA

Minds & Bytes
Αλέξανδρος Αραπαντώνης

Mirage 3D
Robin Sip

National Space Center
Leicester, UK

Pictus
Τάσος Ζέρβας
Κωνσταντίνος Κατράκης
Παναγιώτης Κατσαχνιάς

Rice University
«Immersive Earth Project, NASA»
Houston Museum of Science

Sky Skan, Inc.
Nashua, N.H., USA

Spitz, Inc.
Chadds Ford, Pa., USA

Starlight Productions
Aaron McEuen

Verkehrshaus.ch
Werner Pfaeffli

Προγραμματισμός Αυτοματισμών
Μάνος Κιτσώνας

Τεχνικοί Παραγωγής
Γιώργος Μαυρίκος
Χρήστος Χρηστογιώργος

Διαφάνειες & Γραφικά
Μάριος Παρίσης

Διεύθυνση Λειτουργίας
Σάκης Νικολακόπουλος
Κώστας Πανταζόπουλος

Τεχνική Υποστήριξη
Γιώργος Τσεμελής
Λουκάς Αρμπιλιάς
Άρης Νουκάκης

Χειριστές-Τεχνικοί Πλανηταρίου
Χριστόδουλος Χαλικιόπουλος
Γιάννης Χειράκης

Γραμματεία-Κρατήσεις-Ταμείο
Νάντια Σινοπούλου
Σπυριδούλα Χαλικιόπουλου
Ευαγγελία Κοσιάδου
Γιώργος Παππούς
Ταρσίτσα Χρηστίδη

Διεύθυνση Επικοινωνίας
Γλυκερία Ανυφαντή

Δημόσιες Σχέσεις
Εύη Γαρδίκη
Νίκος Θωμαΐδης
Πένυ Θωμοπούλου
Ναυσικά Πολενάκη

Ηχοληψία
StarGazer Audio
Ιδρύματος Ευγενίδου

Αναπαραγωγή Ήχου
6.1 Surround Sound 40.000 w

Συστήματα Παρουσίασης
Digistar 3
Digital Sky
SkyVision

Παραγωγή
Ίδρυμα Ευγενίδου
© 2005

