

## Κοσμολογική γραμμή ώρας

**Rosa M. Ros, Beatriz García, Ricardo Moreno, Pilar Orozco, Juan Antonio Prieto, Ivo Jokin**

International Astronomical Union, Polytechnical University of Catalonia, Spain, ITeDA and National Technological University, Argentina, Colegio Retamar, Spain, Diverciencia, Spain, Municipal Center for Extracurricular Activities, Dolna Mitropolia Municipality, Bulgaria.

### Περίληψη

Η ιστορία του Σύμπαντος εκτείνεται σε 13800 εκατομμύρια χρόνια. Σε αυτό το χρονικό διάστημα, το Σύμπαν μεταμόρφωσε την ενέργεια σε άτομα αρχέγονων στοιχείων σε χρόνο ρεκόρ. Τα άτομα σχημάτισαν αστέρια και αυτά, με τη σειρά τους, μεταμόρφωσαν το υλικό για να παράγουν τα περίπου 100 στοιχεία που απαρτίζουν τον Περιοδικό Πίνακα. Τα χημικά στοιχεία ήταν οργανωμένα, αλλά για να πάρουμε το πρεβιοτικό υλικό που αργότερα οδήγησε στις διάφορες μορφές ζωής που γνωρίζουμε στη Γη, η διαδικασία ήταν μακρά και περίπλοκη. Μπορούμε να πούμε ότι η ζωή είναι συνέπεια μιας σειράς παραγόντων που την παρήγαγαν και της επέτρεψαν να εξελιχθεί. Να γνωρίσουν στιγμές που αποτέλεσαν θεμελιώδη ορόσημα για την εμφάνιση της ζωής σε όλη την ιστορία του Σύμπαντος, να προσεγγίσουν τα εργαλεία που οι αστρονόμοι επινόησαν, κατασκεύασαν και εγκατέστησαν, ακόμη και έξω από τη Γη, να μελετήσουν τη δυνατότητα ύπαρξης ζωής πέρα από το μοναδικό μέρος στο Σύμπαν όπου εντοπίστηκε, και ανακαλύψτε τις θεωρίες που επιχειρούν να εξηγήσουν πώς, τότε και από πού προήλθε η ζωή, είναι η αποστολή αυτού του Εργαστηρίου.

### Στόχοι

- Οπτικοποιήστε την ιστορία του Σύμπαντος μέσα από ένα χρονοδιάγραμμα
- Κατανοήστε τη σημασία της διαδικασίας που ήταν απαραίτητη για να επιτευχθεί ο σχηματισμός της ζωής
- Κατανοήστε την προσαρμογή της ζωής σε πολλές ποικίλες συνθήκες

### Κοσμολογική εισαγωγή

Το Σύμπαν είναι το μόνο σύστημα απομονωμένο από τη φύση: δεν ανταλλάσσει ούτε ενέργεια ούτε ύλη με το περιβάλλον, επειδή είναι το μέσο.

Εκτιμάται ότι το σύμπαν προέκυψε πριν από 13800 εκατομμύρια χρόνια, ως αποτέλεσμα της απελευθέρωσης ενέργειας. Η διαδικασία γέννησης και εξέλιξης του σύμπαντος, καθώς και τα πιθανά σενάρια για τον τελικό προορισμό του, εξετάστηκαν στο Εργαστήριο Εξέλιξης του Σύμπαντος.

Πέρα από τη μελέτη του Σύμπαντος στο σύνολό του, είναι ενδιαφέρον να επεκτείνουμε την πρόταση που σχετίζεται με μοντέλα κλίμακας που μας επιτρέπουν να δούμε τι σημαίνει η

ηλικία του Κόσμου, αλλά ταυτόχρονα να εισαγάγουμε μια θεμελιώδη έννοια για το ανθρώπινο είδος: αυτή της ζωής, ένα από τα χαρακτηριστικά ή τις μοναδικές ιδιότητες του Σύμπαντος.

Το ζήτημα της προέλευσης της ζωής, και το επακόλουθό της, η ύπαρξη νοήμονος ζωής, είναι το κύριο επίκεντρο της εξω και της αστροβιολογίας. Πρόκειται για ένα ασυνήθιστο γεγονός, το οποίο μπορεί να μελετηθεί από επιστημονική άποψη, με στόχο την κατανόηση του πώς συνέβη στη Γη και πώς θα μπορούσε να συμβεί αλλού.

Η αναζήτηση της ζωής είναι ένας κοινός στόχος στην Αστρονομία και την Αστροφυσική και ως εκ τούτου, η τοποθέτηση του θέματος σε κοσμολογική κλίμακα μας επιτρέπει να κατανοήσουμε το μεγάλο χρονικό διάστημα που χωρίζει την προέλευση του Σύμπαντος με την εμφάνιση των πιο πρωτόγονων μορφών ζωής.

Για την αναζήτηση ζωής, έχουμε κάποια εργαλεία που αποτελούν τη βάση της εργασίας στην Αστροβιολογία και την Αστροχημεία.

Στη διαδικασία σχηματισμού και γέννησης ενός άστρου από τη βαρυτική κατάρρευση ενός νέφους διαστρικού αερίου και σκόνης, μπορεί να σχηματιστεί ένα πλανητικό σύστημα με τα υπολείμματα υλικού από αυτό το νέφος.

Με τον ίδιο τρόπο που μπορούμε να γνωρίζουμε τη σύνθεση του άστρου μελετώντας το φάσμα του, είναι δυνατόν να γνωρίζουμε την ύπαρξη και τη χημική σύνθεση μιας πλανητικής ατμόσφαιρας, στην περίπτωση του Ηλιακού Συστήματος, ή των εξωπλανητών, στην περίπτωση των Εξωπλανητικών ή Εξωηλιακών Συστημάτων. Κάθε χημικό στοιχείο, κάθε μόριο, έχει ένα συγκεκριμένο και μοναδικό φάσμα.

Εάν ένας πλανήτης ή εξωπλανήτης έχει ατμόσφαιρα και εάν το φάσμα του άστρου είναι γνωστό, όταν το φως από αυτό το αστέρι περνά μέσα από την ατμόσφαιρα του εξωπλανήτη, θα απορροφηθεί εν μέρει από τα χημικά στοιχεία αυτής της ατμόσφαιρας. Με αυτόν τον τρόπο, θα είμαστε σε θέση να προσδιορίσουμε τη χημική σύνθεση οποιασδήποτε ατμόσφαιρας.

Ένα παράδειγμα αυτού είναι οι πρόσφατες ανακαλύψεις του James Web Telescope, σε αυτό που κάνει διάφορα εξωπλανητικά συστήματα.

Ένα παράδειγμα: για το πώς είναι δυνατόν να προσεγγίσουμε την αναζήτηση ζωής, θα ήταν το ακόλουθο. στη λεπτομερή μοντελοποίηση του εξωπλανήτη WASP-39b, που έγινε χάρη στις παρατηρήσεις του Web Telescope, αποκάλυψε ότι το SO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρά του παράγεται από τη φωτοχημεία, η οποία είναι εξαιρετικά σημαντική επειδή η φωτοχημεία είναι θεμελιώδης για να ευδοκιμήσει η ζωή στη Γη, δεδομένου ότι συνδέεται με την παραγωγή O<sub>3</sub> (όζον), με φωτοσύνθεση και με την παραγωγή βιταμίνης D θεμελιώδους για τον ανθρώπινο οργανισμό.

Από τη στιγμή μηδέν στο χρονοδιάγραμμα που θα προτείνουμε, μόνο περίπου 100 δευτερόλεπτα πέρασαν μέχρι τη μετατροπή αυτού που ήταν όλη η ενέργεια σε άτομα. Για την εμφάνιση της ζωής, οι γαλαξίες έπρεπε πρώτα να αναδυθούν, μετά τα αστέρια, αυτά έπρεπε να μετατρέψουν τα χημικά στοιχεία, να εμπλουτίσουν το διαγαλαξιακό και διαστρικό περιβάλλον και έπρεπε να δοθούν οι συνθήκες έτσι ώστε τα διαταραγμένα μόρια να διαταχθούν να

σχηματίσουν πολύπλοκες δομές που θα μπορούσαν να αναπαραχθούν και τελικά να δώσουν τη θέση τους στηζωή.

Στις επόμενες ενότητες θα δούμε αυτή τη μακρά διαδικασία που, δεν είναι θαυματουργή, είναι συνέπεια της εξέλιξης του Κόσμου.

## Δραστηριότητα 1: Χρονολόγιο

Πρόκειται για την οπτικοποίηση του χρονοδιαγράμματος της ιστορίας του Σύμπαντος σε μια κασέτα. χρησιμοποιώντας ως μονάδα μέτρησης ένα μέτρο ίσο με ένα δισεκατομμύριο χρόνια ( $1m = 10^9$  έτη , δηλαδή  $10\text{ cm} = 10^6$  έτη).

Καθώς η επιστήμη προοδεύει και ακριβέστερα όργανα γίνονται διαθέσιμα, ο προσδιορισμός μεγεθών τόσο σημαντικών για την ιστορία του Σύμπαντος, όπως ο χρόνος και η απόσταση, μπορεί να οδηγήσει σε ορισμένες αλλαγές στις περιόδους κατά τις οποίες συμβαίνουν τα πιο σημαντικά γεγονότα στον Κόσμο. Θυμηθείτε ότι αυτό που γνωρίζουμε για το Σύμπαν είναι στατιστικό, περισσότερες και καλύτερες παρατηρήσεις μπορούν να μας αναγκάσουν να αναθεωρήσουμε όλα τα αποτελέσματά μας.

Το Bing Bang, το big bang, έλαβε χώρα πριν από 13800 εκατομμύρια χρόνια ( $13,8 \cdot 10^9$  χρόνια), τότε, για ένα σύντομο χρονικό διάστημα,  $10^{-45}$  δευτερόλεπτα, δεν είναι γνωστό πολύ καλά να εξηγήσουμε τι συνέβη γιατί δεν μπορείτε καν να εφαρμόσετε τη θεωρία της σχετικότητας του Αϊνστάιν, αυτή είναι η λεγόμενη εποχή του Planck.



Εικόνα 1: Απλή παρουσίαση του χρονοδιαγράμματος σε ταινία μήκους 13,8 μ. Ορισμένα αντικείμενα είναι ραμμένα μαζί που διευκολύνουν τη σχέση και τη σύγκριση των τιμών και επιτρέπουν τον καθορισμό της κλίμακας.

Μετά τις  $10^{-35}$  της Μεγάλης Έκρηξης, αρχίζει ο ΠΛΗΘΩΡΙΣΜΟΣ, ο οποίος ανταποκρίνεται σε μια εκθετική διαστολή του Σύμπαντος. Ένα μικροδευτερόλεπτο ( $10^{-6}$  δευτερόλεπτα) μετά το Big Bang αρχίζει το σχηματισμό της αρχέγονης σούπας (που αποτελείται από διάφορα στοιχειώδη σωματίδια).

Μετά από 3 λεπτά της Μεγάλης Έκρηξης, ξεκινά η Αρχέγονη Νουκλεοσύνθεση του "H". Όλο αυτό το πρώτο μέρος δεν μπορεί πραγματικά να αναπαρασταθεί στο χρονοδιάγραμμα από ένα πρόβλημα κλιμάκωσης, δεδομένου ότι θεωρούμε ότι 1 χιλιοστό ισοδύναμο με ένα εκατομμύριο χρόνια, δευτερόλεπτα ή λεπτά είναι αόρατα. Για το λόγο αυτό δεν εμφανίζεται στο χρονοδιάγραμμα, αλλά παρουσιάζεται ξεχωριστά.

Μετά από 100 εκατομμύρια χρόνια (μετά από 10 cm), δηλαδή πριν από 13700 εκατομμύρια χρόνια, σχηματίστηκαν τα πρώτα αρχέγονα στοιχεία. Μετά από άλλα 100 εκατομμύρια χρόνια, ή άλλα 10 cm,  $13,6 \cdot 10^9$  χρόνια πριν σχηματίστηκαν τα πρώτα μόρια, και μεταξύ αυτών, τα πρώτα μόρια νερού.

Περίπου, επίσης σε αυτό το χρονικό διάστημα, η άσος 13600 εκατομμύρια χρόνια σχηματίστηκαν τα πρώτα αστέρια και κάτι αργότερα, πριν από 13100 εκατομμύρια χρόνια οι πρώτοι γαλαξίες. Μετά από εκατό εκατομμύρια χρόνια, σχηματίστηκε ο πρωτόγονος Γαλαξίας μας ( $13,0 \cdot 10^9$  χρόνια) (Εικόνα 1).



Σχήμα 2: 4600 εκατομμύρια χρόνια πριν, σχηματίζεται ο Ήλιος και μαζί του εμφανίζονται τα διάφορα σώματα του ηλιακού συστήματος, ιδιαίτερα η Γη και οι βραχώδεις πλανήτες σχηματίστηκαν πριν από 4560 εκατομμύρια χρόνια. Περίπου 20 εκατομμύρια χρόνια αργότερα, εμφανίστηκε το μαγνητικό πεδίο της Γης, το οποίο χρησιμεύει ως προστασία από διάφορες ακτινοβολίες επικίνδυνες για τη ζωή όπως την ξέρουμε.

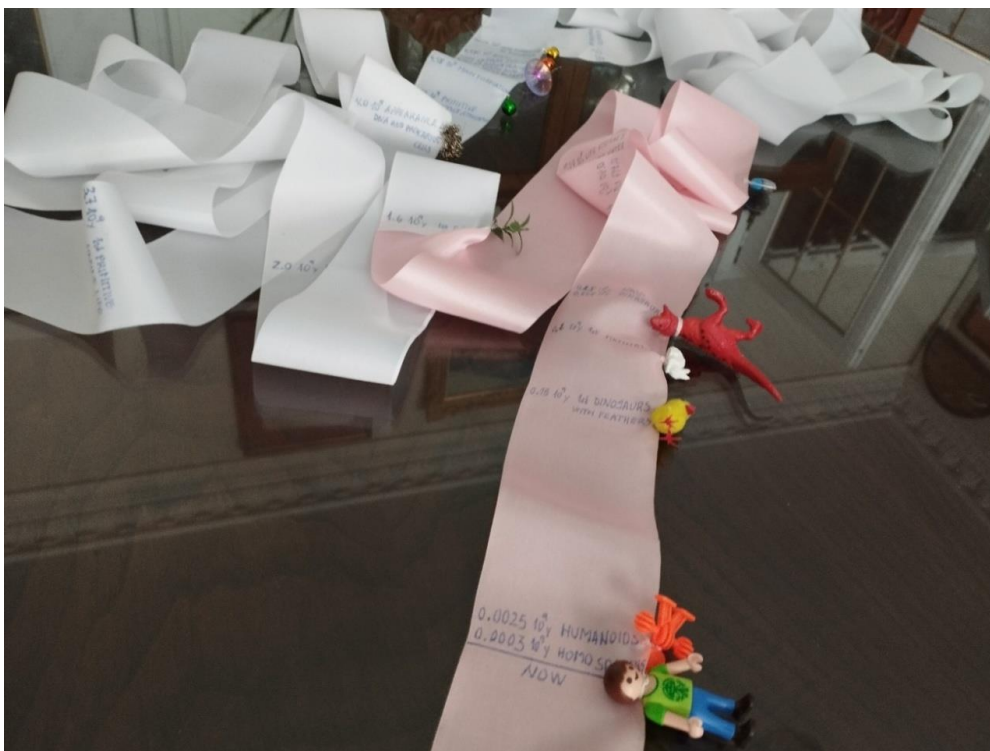
Για περίπου 8400 εκατομμύρια χρόνια (8,4 μέτρα: στην κλίμακα μας,  $10^9$  χρόνια ισούνται με ένα μέτρο) λαμβάνει χώρα μια σειρά ταυτόχρονων φαινομένων. Τα πρώτα αστέρια εξελίσσονται, προκαλώντας διαφορετικές εκρήξεις που αποβάλλουν διαφορετικούς τύπους ατόμων και εμφανίζεται η ποικιλομορφία των αρχέγονων στοιχείων του περιοδικού πίνακα. Ταυτόχρονα, συνεχίζουν να σχηματίζονται νέα αστέρια, τα οποία επίσης εξελίσσονται και προκύπτουν διαφορετικοί τύποι αντικειμένων, σε διαφορετικά στάδια εξέλιξης.

Μετά τα προαναφερθέντα 8,4 εκατομμύρια χρόνια, δηλαδή  $4,6 \cdot 10^9$  χρόνια πριν, λαμβάνει χώρα ο σχηματισμός του Ήλιου μας, καθώς και ο σχηματισμός των πρώτων αλκοολών. Οι ομάδες OH είναι απαραίτητες αργότερα επειδή εμφανίζονται στο σχηματισμό πολλών μορίων που θα είναι σημαντικά για την επίτευξη της σύστασης του DNA.

Περίπου 3 εκατοστά αργότερα, 4570 εκατομμύρια χρόνια πριν, γεννήθηκε το ηλιακό σύστημα, 4 χιλιοστά αργότερα, 4566 εκατομμύρια χρόνια πριν, σχηματίστηκαν οι αέριοι πλανήτες και 6 χιλιοστά αργότερα, πριν από 4560 εκατομμύρια χρόνια, σχηματίστηκε η Γη και οι άλλοι βραχώδεις πλανήτες (εικόνα 2).

Περίπου 2 εκατοστά αργότερα, το μαγνητικό πεδίο της Γης αναδύθηκε, από αυτό πριν από 4540 εκατομμύρια χρόνια, με αυτό που αντιπροσώπευε προστασία από διάφορους τύπους ακτινοβολίας επιβλαβείς για τη ζωή στον πλανήτη μας.

Στη συνέχεια, στα 6 εκατοστά, άρχισε ο σχηματισμός της Σελήνης, περίπου 4480 εκατομμύρια χρόνια πριν, αποτελώντας το σύστημα Γης-Σελήνης στο πλανητικό μας σύστημα.



Εικ. 3: Η γραμμή είναι κενή από την αρχή της μέχρι την εμφάνιση των πρώτων πράσινων φυτών. Σε ροζ από αυτό το σημείο μέχρι σήμερα.

Μόλις 3 εκατοστά αργότερα, 4450 εκατομμύρια χρόνια πριν, συγκροτείται η πρωτόγονη ατμόσφαιρα της Γης.

4.1  $10^9$  χρόνια πριν, αυτό είναι μετά από 45 εκατοστά, έλαβε χώρα ο τελευταίος έντονος βομβαρδισμός, ο οποίος επηρέασε τα σώματα του ηλιακού συστήματος, καθώς και τη Γη και τη Σελήνη.

Πριν από 4000 εκατομμύρια χρόνια ( $4.0 \cdot 10^9$  χρόνια), δηλαδή 10 εκατοστά αργότερα, εμφανίζονται τα πρώτα προκαρυωτικά κύτταρα (χωρίς πυρήνα) και εμφανίζεται το μόριο DNA.

Μετά από 2 μέτρα, αυτό είναι πριν από 2 δισεκατομμύρια χρόνια, αρχίζει η ζωή που αναπνέει οξυγόνο  $O_2$ .

Μετά από 40 cm,  $1,6 \cdot 10^9$  χρόνια πριν, αρχίζει η εμφάνιση πράσινων φυτών στον πλανήτη μας, δηλαδή μπαίνει στο παιχνίδι η λειτουργία χλωροφύλλης (εικόνα 3).

Πέρα από 90 cm ή 90 εκατομμύρια χρόνια, δηλαδή πριν από 700 εκατομμύρια χρόνια, ( $0,7 \cdot 10^9$  χρόνια), αρχίζουν να εμφανίζονται οι πρώτοι εξειδικευμένοι ιστοί και όργανα.

Μετά από 18 εκατοστά, για  $0,52 \cdot 10^9$  χρόνια εμφανίζονται αυτά των Τριλοβιτών, απολιθώματα γνωστά σε όλους μας.

Μετά από 5 εκατομμύρια χρόνια, δηλαδή 5 εκατοστά αργότερα, για 470 εκατομμύρια χρόνια πραγματοποιείται η πρώτη έξοδος ζώων από το νερό στην χερσαία ζώνη.

Μετά από μόλις 7 εκατοστά, 400 εκατομμύρια χρόνια πριν, εμφανίζονται οι Αμμωνίτες (γνωστά απολιθώματα).

3 χιλιοστά αργότερα, πριν από 397 εκατομμύρια χρόνια, τα πρώτα σπονδυλωτά εμφανίζονται στη Γη.

Αν κινηθούμε 14,7 εκατοστά, περίπου 250 εκατομμύρια χρόνια πριν, εμφανίζονται οι Ναυτίλοι, ζώα που μπορούν ακόμα να βρεθούν στον πλανήτη μας.

Μόνο 5 εκατομμύρια αργότερα, αυτό είναι 5 χιλιοστά αργότερα, πριν από 245 εκατομμύρια χρόνια, εμφανίζονται οι πρώτοι δεινόσαυροι.

Μετά από 4,5 εκατοστά, πριν από 200 εκατομμύρια χρόνια, εμφανίζονται αυτά τα πρώτα θηλαστικά, αρχικά ήταν μικρά, αν και αργότερα εμφανίζονται τα μεγαλύτερα.

5 εκατοστά αργότερα, από αυτό πριν από 150 εκατομμύρια χρόνια, εμφανίζονται οι πρώτοι φτερωτοί δεινόσαυροι, οι πρόγονοι των πουλιών μας. Στην πραγματικότητα, ένας από τους λιγότερο εξελιγμένους και πιο κοντινούς στους αρχαίους φτερωτούς δεινόσαυρους είναι τα απλά κοτόπουλα που έχουμε στα μαντριά μας (εικόνα 3).

Πέρα από 14,75 εκατοστά, δηλαδή μετά από 14,75 εκατομμύρια χρόνια,  $0,0025 \cdot 10^9$  χρόνια πριν = 2,5 εκατομμύρια χρόνια = 2 500 000 χρόνια, εμφανίζονται τα πρώτα ανθρωποειδή.

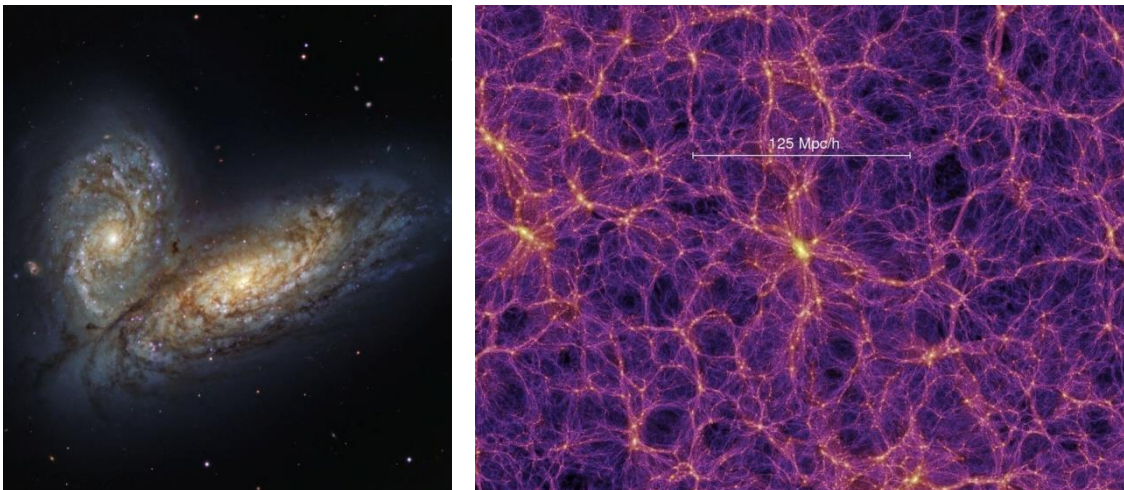
Μετά από μόλις 2, 2 mm, δηλαδή μόνο  $0,0003 \cdot 10^9$  χρόνια πριν =  $0,3 \cdot 10^6$  χρόνια = 300 000 χρόνια, εμφανίζεται ο Homo sapiens.

## Κανίβαλοι Γαλαξίες

Οι γαλαξίες είναι ομάδες αστεριών που συνδέονται μεταξύ τους με τη βαρύτητα και περιστρέφονται γύρω τους. Οι διάφορες ομάδες γαλαξιών σχηματίζουν νήματα όπου η δραστηριότητα του σχηματισμού νέων γαλαξιών είναι πολύ ενεργή.

Όλα τα σμήνη γαλαξιών περιλαμβάνονται σε ένα μεγάλο κοσμικό μπαλέτο όπου συναντιούνται, συγκρούονται και ο κανιβαλισμός των μεγαλύτερων έναντι των μικρότερων κάνει τους νεαρούς γαλαξίες να ανταγωνίζονται για να αποκτήσουν το ελεύθερο αέριο που απομένει για την προώθηση του σχηματισμού νέων άστρων (εικόνα 4).

Αυτός είναι ο τρόπος με τον οποίο οι πλουσιότερες περιοχές σχηματισμού αστεριών αντιστοιχούν σε περιοχές μεγάλων συγκρούσεων, όπου οι μεγάλοι νικητές είναι πάντα οι μεγαλύτεροι γαλαξίες. Όλη αυτή η δραστηριότητα λαμβάνει χώρα στις νηματώδεις περιοχές του σύμπαντος, αφήνοντας μεγάλους χώρους πιο ελεύθερους από την ύλη (εικόνα 5).

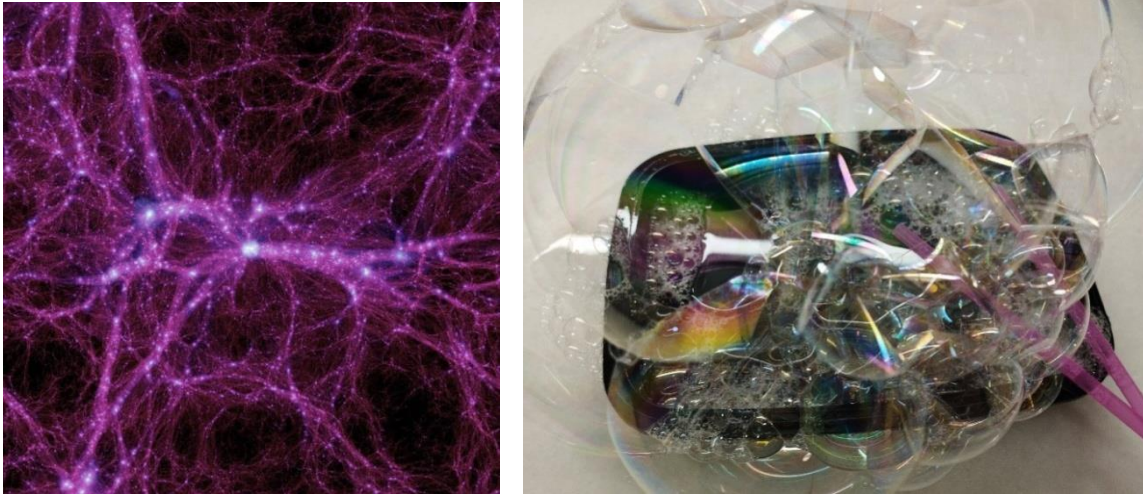


Εικόνα 4: Σύγκρουση κανιβαλικών γαλαξιών (Credit: ESO). Σχήμα 5: Μοντελοποίηση της νηματοειδούς δομής του σύμπαντος (Credit: Springel et al.)

## Δραστηριότητα 2: Νηματοειδές μοντέλο

Η νηματώδης δομή του σύμπαντος μπορεί να προσομοιωθεί με ένα δίσκο ή ένα πιάτο όπου μπορεί να τοποθετηθεί νερό με απορρυπαντικό. Εισάγοντας μερικά καλαμάκια για να πιείτε αναψυκτικά, ενεργείτε αντίστροφα, φυσώντας αέρα μέσα από αυτά και έτσι παίρνετε έναν καλό αριθμό φυσαλίδων σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα.

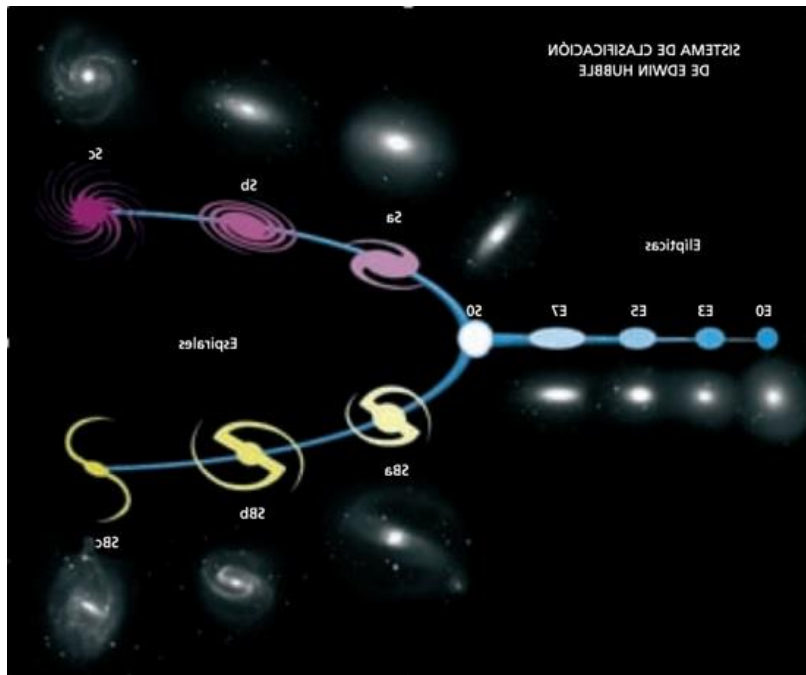
Όπως μπορεί να φανεί στο μοντέλο με μεγάλες φυσαλίδες σαπουνιού, το μεγαλύτερο μέρος του σαπουνιού είναι διατεταγμένο στις περιοχές τομής μεταξύ φυσαλίδων, δημιουργώντας περιοχές περισσότερο ή λιγότερο νηματοειδούς εμφάνισης.



Εικόνα 6: Μοντελοποίηση της νηματώδους δομής του σύμπαντος (Credit: Illustris Project). Εικόνα 7: Μοντελοποίηση της προαναφερθείσας δομής σε νήματα χρησιμοποιώντας νερό και απορρυπαντικό.

## Ταξινόμηση των γαλαξιών

Υπάρχουν σπειροειδείς, ραβδωτοί, ελλειπτικοί, σφαιρικοί και ανώμαλοι γαλαξίες, οι οποίοι συνήθως ταξινομούνται σύμφωνα με τη μορφολογία τους στη γνωστή ακολουθία του Hubble. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, αυτή η ταξινόμηση παρακολουθεί μόνο τη μορφή της και δεν αντιστοιχεί στην εξέλιξη της ίδιας.



Σχήμα 8: Σύστημα ταξινόμησης Edwin Hubble (Πίστωση: NASA-ESO)



## Δραστηριότητα 3: Προσομοίωση σχηματισμού σπειροειδών γαλαξιών

Ένα μοντέλο σπειροειδών γαλαξιών (Εικ. 9α) μπορεί να κατασκευαστεί με ένα ποτήρι γεμάτο νερό και ένα προϊόν που έχει πολύ λεπτούς κόκκους, για παράδειγμα, όξινο ανθρακικό νάτριο (Εικ. 9β), επιτραπέζιο αλάτι (NaCl), αν και διαλύεται πιο εύκολα στο νερό, και άμμο (Εικ. 9c), εφόσον είναι πολύ λεπτό, ακόμη και να περάσει από κόσκινο.



Σύκο. 9α. Γαλαξίας NGC 5457 (ESA/Hubble)



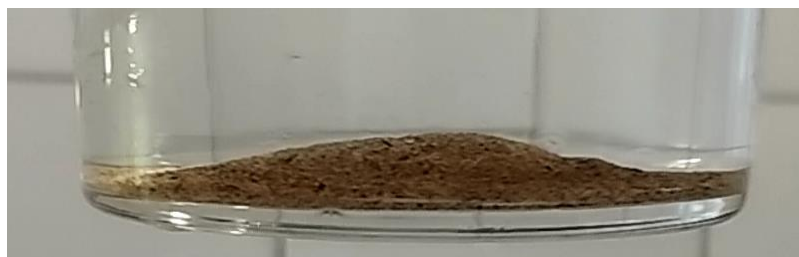
Σύκο. 9β. Γαλαξίας με διττανθρακικό.



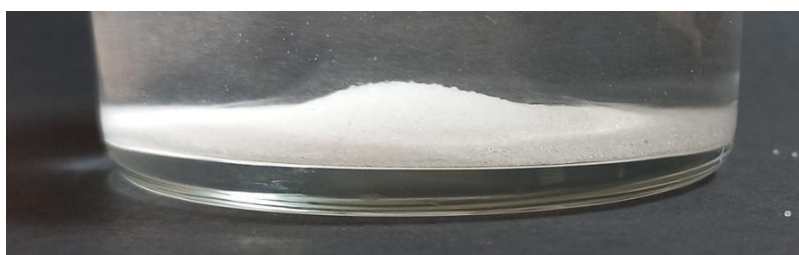
Σύκο. 9γ. Γαλαξίας με άμμο.

Ανακατέψτε το νερό από το ποτήρι με ένα κουταλάκι του γλυκού και με ενέργεια, σταματήστε να ανακατεύετε, ρίξτε μια κουταλιά της σούπας του προϊόντος και περιμένετε να εγκατασταθούν οι κόκκοι. Έχετε έναν κεντρικό σωρό και σπειροειδείς βραχίονες, πολύ παρόμοιους με εκείνους των γαλαξιών.

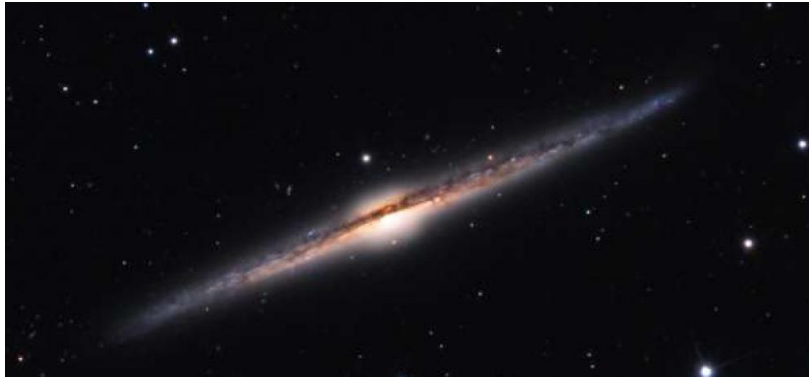
Κοιτάζοντας το γυαλί από το πλάι, το μοντέλο προσομοιώνει επίσης το σχήμα των γαλαξιών που φαίνονται από την άκρη, με την κεντρική διόγκωση (Εικ. 10 a, b και c).



Εικ. 10α, Μοντέλο γαλαξία άμμου, όπως φαίνεται από το πλάι.



Σύκο. 10β. Διττανθρακικό μοντέλο, επίσης φαίνεται από το πλάι.

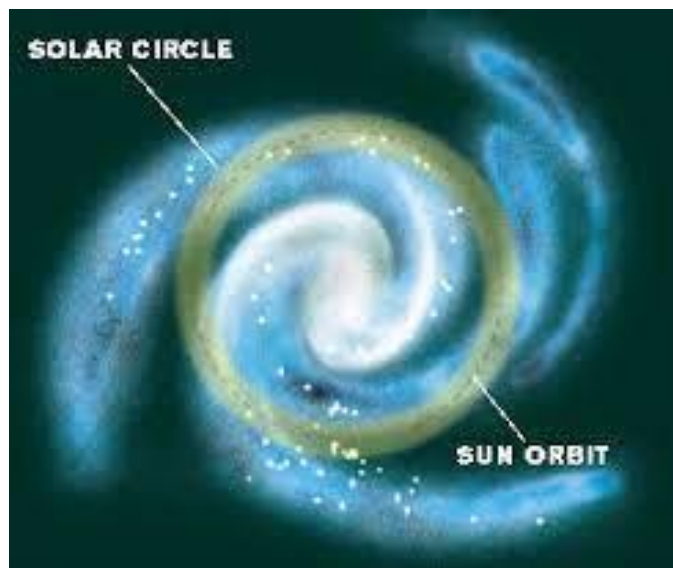


Σύκο. 10γ. Γαλαξίας NGC 4565, με κεντρική δίογκωση (Πίστωση: ESO / NASA)

Αν συνεχίσετε να ανακατεύετε αργά, μπορείτε να μοντελοποιήσετε τους σπειροειδείς βραχίονες και να πάρετε κάτι παρόμοιο με τους ελλειπτικούς γαλαξίες, έναν άλλο τύπο γαλαξία στην ακολουθία του Hubble (Εικ. 8). Το μοντέλο μας από μόνο του αποτυγχάνει να αναπαράγει τους φραγμένους γαλαξίες.

## Κατοικήσιμη Ζώνη στους Γαλαξίες

Στην κεντρική ζώνη των γαλαξιών υπάρχει υψηλό επίπεδο ενέργειας, υπάρχουν μαζικές εκρήξεις ακτίνων γάμμα και τεράστια πολύ ενεργητικά και βίαια γεγονότα, τα οποία καθιστούν αδύνατη τη ζωή. Από την άλλη, στην περιοχή της άκρης του γαλαξία υπάρχει έλλειψη ατόμων βαρύτερων από το υδρογόνο και το ήλιο, τα οποία είναι απαραίτητα για τη ζωή, οπότε η κατοικήσιμη ζώνη αντιστοιχεί σε μια κυκλική περιοχή όπως ο θάλαμος ενός ελαστικού αυτοκινήτου και αντιστοιχεί στην περιοχή όπου κινείται ο Ήλιος. Η κατοικήσιμη ζώνη στους γαλαξίες βρίσκεται κανονικά σε ακτίνα μεταξύ 23000 a.l. και 30000 a.l. από το κέντρο του γαλαξία (ο Ήλιος είναι στα 27000 a.l.).



Εικόνα 11: Κατοικήσιμη ζώνη του γαλαξία (Credit: NASA)

## Πλάσμα και μαγνητικό πεδίο

Στο διαγαλαξιακό μέσο, στο διαστρικό μέσο και στα ίδια τα αστέρια, η ύλη βρίσκεται συνήθως σε κατάσταση πλάσματος. Αυτό το πλάσμα αποτελείται από ηλεκτρόνια, πρωτόνια, σωματίδια υψηλής ενέργειας και ιονισμένο αέριο.



Εικόνα 12α: Νεφέλωμα πέπλου, (Credit Hubble), Εικ. 12β: Κομήτης C/2002 E3 (Πίστωση Rykis Babianskas και Carlos Viscasillas)

Στη Γη υπάρχει ύλη σε αυτή την κατάσταση, όπως κεραυνός, το εσωτερικό σωλήνων φθορισμού ή λαμπτήρων εξοικονόμησης ενέργειας, οθόνες και οθόνες τηλεόρασης, μπάλες πλάσματος ή η φλόγα ενός κεριού.

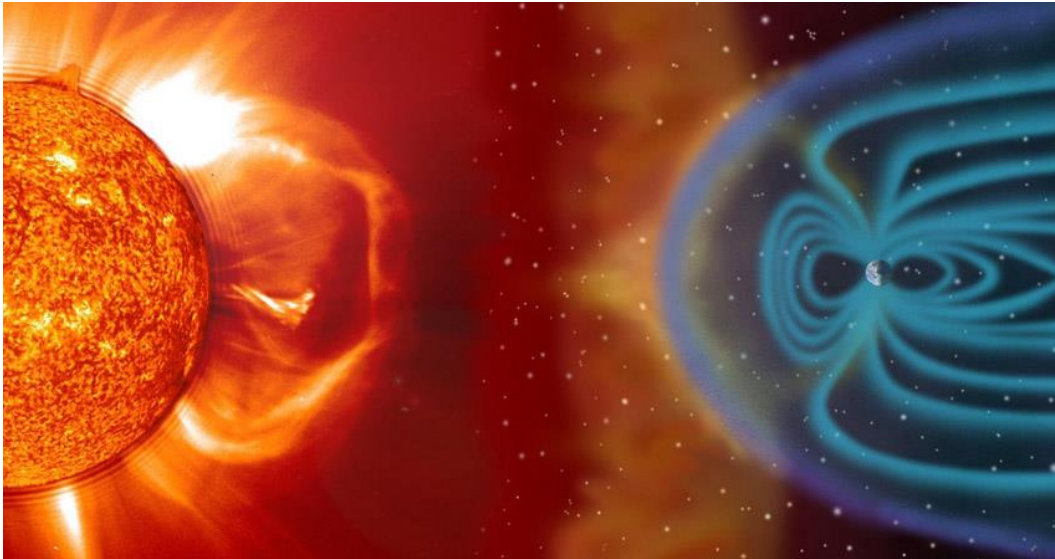


Σχήματα 13α, 13β και 13γ: Υπάρχει ύλη στην κατάσταση πλάσματος στη σφαίρα πλάσματος, σε φλόγα και σε σωλήνα φθορισμού

Είναι επίσης πλάσμα ο ηλιακός άνεμος, ένα ρεύμα φορτισμένων σωματιδίων που απελευθερώνονται από το στέμμα του Ήλιου σε όλο το ηλιακό σύστημα, προς όλες τις κατευθύνσεις. Η ροή αυτών των σωματιδίων είναι μεταβλητή, επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από την ηλιακή δραστηριότητα, η οποία παράγει ηλιακές κηλίδες και εκλάμψεις. Ο ηλιακός άνεμος μπορεί να στρεβλώσει το πλάσμα των ουρών των κομητών, οι οποίες πάντα δείχνουν προς τον Ήλιο.

Στη Γη μπορεί να δημιουργήσει γεωμαγνητικές καταιγίδες και δημιουργεί σέλας (φάτα στο βορρά και το νότο). Τα σωματίδια του ηλιακού ανέμου ταξιδεύουν με μεγάλη ταχύτητα και με

πολλή ενέργεια, έχουν μεγάλη διεισδυτική δύναμη και μπορούν να βλάψουν το DNA των κυττάρων. Το μαγνητικό πεδίο της Γης σχηματίζει τη μαγνητόσφαιρα, η οποία λειτουργεί ως προστατευτική ασπίδα, όπως μια ομπρέλα, εκτρέποντας φορτισμένα σωματίδια που είναι τόσο επικίνδυνα για τη ζωή, εμποδίζοντάς τα να φτάσουν στην επιφάνεια της Γης.



Εικόνα 14: Το μαγνητικό πεδίο της Γης χρησιμεύει ως ασπίδα ή ομπρέλα ενάντια στον ηλιακό άνεμο.

Όταν υπάρχουν ισχυρές στεμματικές εκτινάξεις στον Ήλιο, η ένταση του ηλιακού ανέμου αυξάνεται σημαντικά και μπορεί να διαπεράσει τη μαγνητόσφαιρα της Γης. Σε αυτές τις περιπτώσεις, μέρος του ηλιακού ανέμου φτάνει στην ατμόσφαιρα στις περιοχές κοντά στους πόλους, δημιουργώντας όμορφο βόρειο σέλας (στο βόρειο ημισφαίριο) και νότιο σέλας (στο νότιο ημισφαίριο).

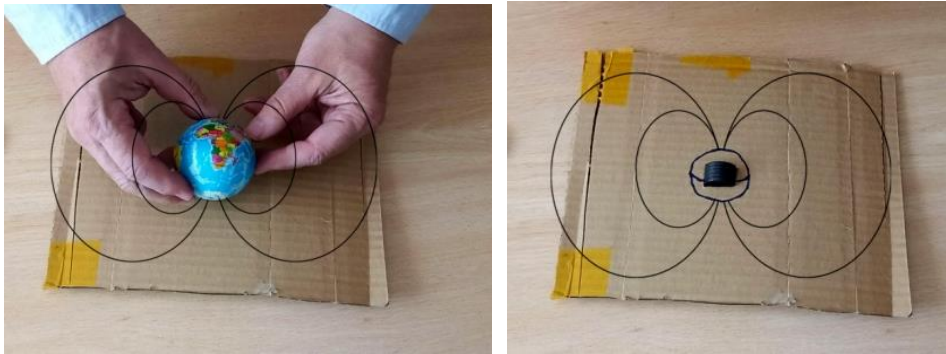


Εικ. 15α και 15β: Τα διαφορετικά χρώματα στο σέλας εξαρτώνται από τον ιονισμό του οξυγόνου και του αζώτου.  
(Συντελεστές , S.Ekko, Φινλανδία)

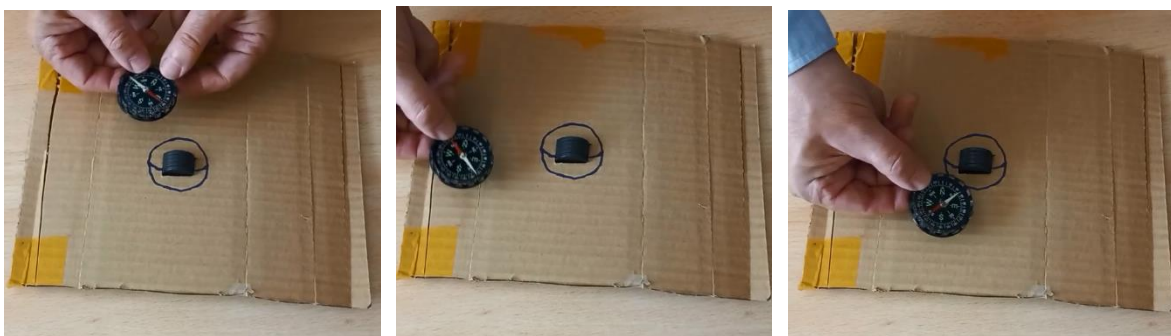
Η ενέργεια αυτών των σωματιδίων διεγείρει τα άτομα στην ατμόσφαιρα, προκαλώντας τα ηλεκτρόνια τους να εκπέμπουν φωτόνια διαφορετικών μηκών κύματος. Εάν τα σωματίδια είναι υψηλής ενέργειας, το οξυγόνο παράγει ένα πράσινο/κίτρινο φως, και εάν είναι χαμηλής ενέργειας, κόκκινο/μοβ φως. Στην περίπτωση του αζώτου, παράγει ένα μπλε, ή κόκκινο/μοβ φως στα κάτω άκρα του σέλαος.

## Δραστηριότητα 4: Το μαγνητικό πεδίο της Γης

Μπορούμε να απεικονίσουμε το μαγνητικό πεδίο της Γης με έναν μαγνήτη, ο οποίος αντιπροσωπεύει το μαγνητικό πεδίο της Γης, και μια πυξίδα, με την οποία περνάμε μέσα από τις γραμμές δύναμης του πεδίου. Αρκεί να καταλάβουμε ότι η βελόνα του μαγνήτη τοποθετείται "εφαπτομένη" στις γραμμές του μαγνητικού πεδίου (Σχήματα 17α, 17β και 17γ).



Σχήμα 16α, 16β Μοντέλο του μαγνητικού πεδίου της Γης με μερικές γραμμές δύναμης που αντιπροσωπεύονται.

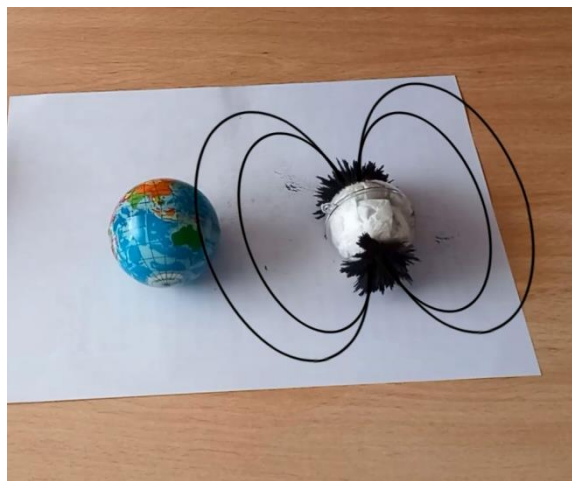


Εικ. 17α, 17β, 17γ: Με μια πυξίδα, οι γραμμές πεδίου «σχεδιάζονται» (η βελόνα της πυξίδας εφάπτεται πάντα στις γραμμές πεδίου).

Μέσα σε μια πλαστική σφαίρα, βάζουμε έναν μαγνήτη τυλιγμένο σε χαρτοπετσέτα. Αντιπροσωπεύει τη Γη. Πασπαλίζουμε κοντά στους πόλους ρινίσματα σιδήρου, τα οποία απεικονίζουν πολύ καλά τις γραμμές του μαγνητικού πεδίου σε εκείνη την περιοχή.



Εικόνα 18: Ένας μαγνήτης μέσα σε μια πλαστική σφαίρα, ως μοντέλο του μαγνητικού πεδίου της Γης.



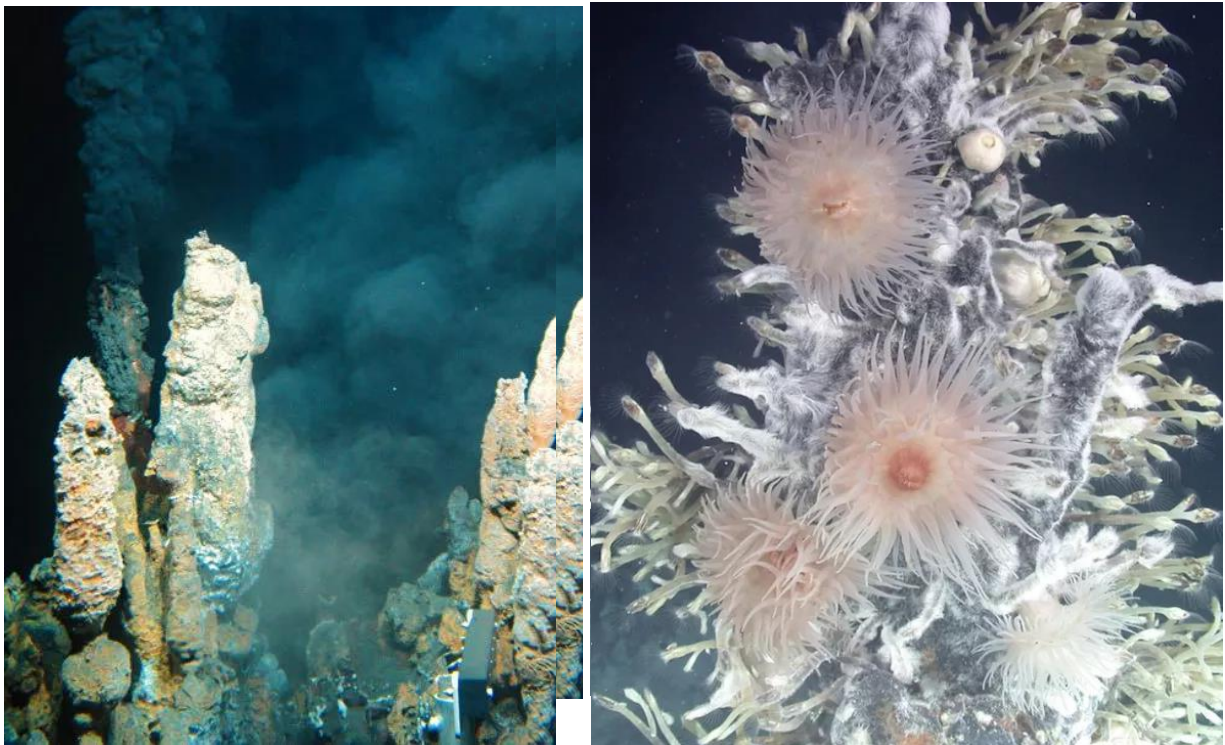
Εικ. 19α και 19β: Με ρινίσματα σιδήρου, απεικονίζονται οι γραμμές πεδίου στις πολικές περιοχές. Σε αυτές τις περιοχές εμφανίζονται σέλας.

## Η προέλευση της ζωής στη Γη

Είναι αποδεκτό ότι η προέλευση της ζωής στη Γη χρονολογείται πριν από περισσότερα από 3 δισεκατομμύρια χρόνια, εξελισσόμενη από τα πιο βασικά μικρόβια σε μεγάλη πολυπλοκότητα με την πάροδο του χρόνου. Αλλά πώς αναπτύχθηκαν οι πρώτοι οργανισμοί στο μόνο γνωστό σπίτι της ζωής στο σύμπαν;

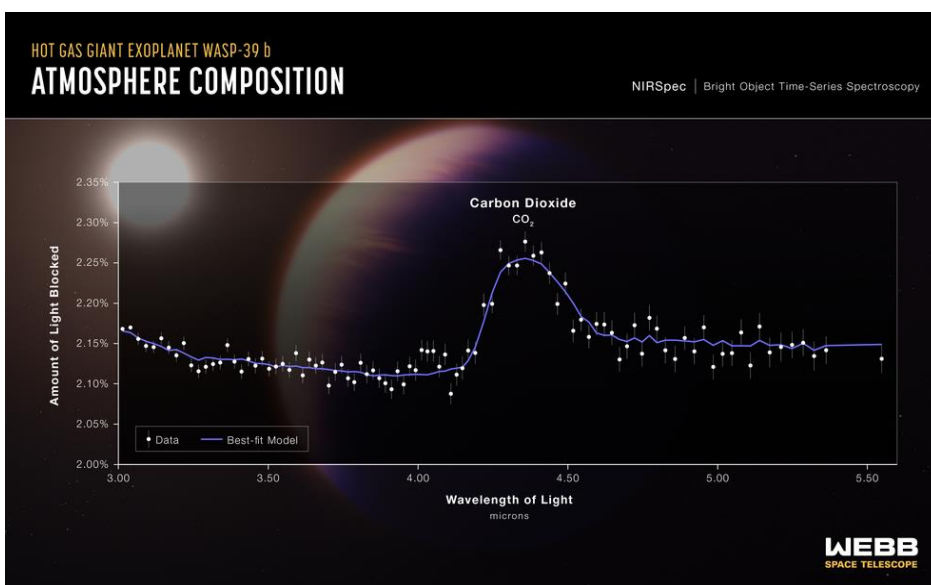
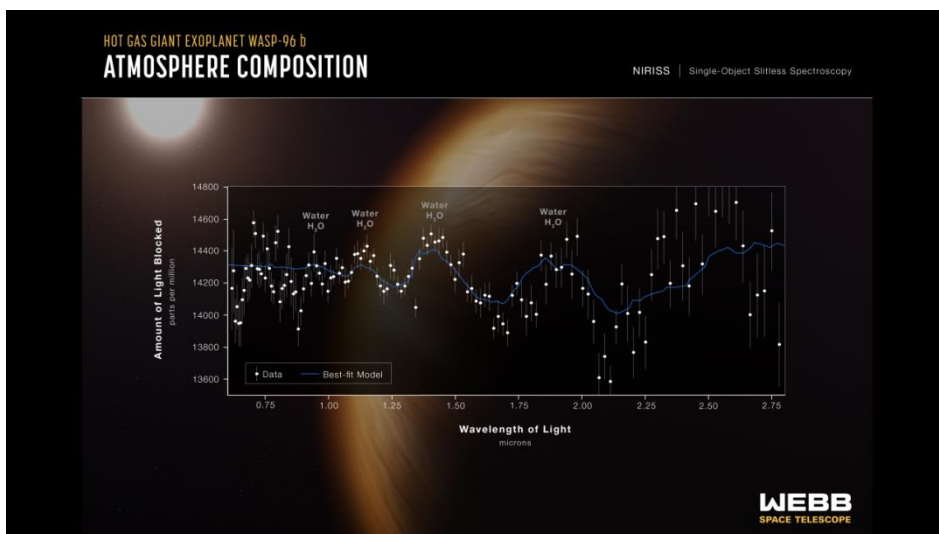
Η επιστήμη παραμένει αναποφάσιστη και αντιφατική ως προς την ακριβή προέλευση της ζωής, ακόμη και ο ίδιος ο ορισμός της ζωής αμφισβητείται και ξαναγράφεται. Μερικές από τις πολλές επιστημονικές θεωρίες σχετικά με την προέλευση της ζωής στη Γη που ισχύουν είναι:

- Μία από τις πιο αποδεκτές θεωρίες είναι αυτή που προτείνει ότι η ζωή μπορεί να έχει ξεκινήσει σε υδροθερμικές αναβλύσεις που μπορούν να βρεθούν στον βαθύ ωκεανό, συνήθως σε αποκλίνουσες ηπειρωτικές πλάκες και που ρίχνουν βασικά στοιχεία για τη ζωή, όπως ο άνθρακας και το υδρογόνο. Τα αποβαλλόμενα υγρά ψύχονται καθώς περνούν μέσα από το φλοιό της γης, απορροφώντας διαλυμένα αέρια και μέταλλα, όπως ο άνθρακας και το υδρογόνο. Γνωρίζουμε τώρα ότι αυτοί οι αεραγωγοί, πλούσιοι σε χημική και θερμική ενέργεια, θερμοί και αλκαλικοί, έχουν μια μεγάλη ποικιλία ειδών (Σχήμα 20α και 20β).



Εικ. 20α: Η ζωή μπορεί να ξεκίνησε σε υδροθερμικές αναβλύσεις όπου όξινο θαλασσινό νερό συνάντησε ένα αλκαλικό υγρό από το φλοιό της Γης (Credit: Woods Hole Oceanographic Institution). Εικ. 20β: Ανεμώνες που ευδοκούν στα ζεστά νερά των αεραγωγών (Credit: NERC ChEso Consortium)

- Ο κεραυνός μπορεί να παρείχε τη σπύθα που χρειαζόταν για να ξεκινήσει η ζωή. Οι ηλεκτρικοί σπινθήρες μπορούν να παράγουν αμινοξέα και σάκχαρα από μια ατμόσφαιρα φορτισμένη με νερό, μεθάνιο, αμμωνία και υδρογόνο. Κατά τη διάρκεια εκατομμυρίων ετών, μεγαλύτερα, πιο σύνθετα μόρια θα μπορούσαν να σχηματιστούν. Αν και η έρευνα έχει αποκαλύψει από τότε ότι η πρώιμη ατμόσφαιρα της Γης ήταν στην πραγματικότητα φτωχή σε υδρογόνο, οι επιστήμονες έχουν προτείνει ότι τα ηφαιστειακά σύννεφα στην πρώιμη ατμόσφαιρα θα μπορούσαν να περιέχουν μεθάνιο, αμμωνία και υδρογόνο και ηλεκτρικές εκκενώσεις, τα πρώτα μόρια ζωής θα μπορούσαν να έχουν βρεθεί σε πηλό, ορυκτοί κρύσταλλοι σε πηλό θα μπορούσαν να έχουν οργανώσει οργανικά μόρια σε οργανωμένα μοτίβα. Ωστόσο, αυτή η θεωρία δεν έχει αποδειχθεί κατηγορηματικά (Σχήμα 21α και 21β).



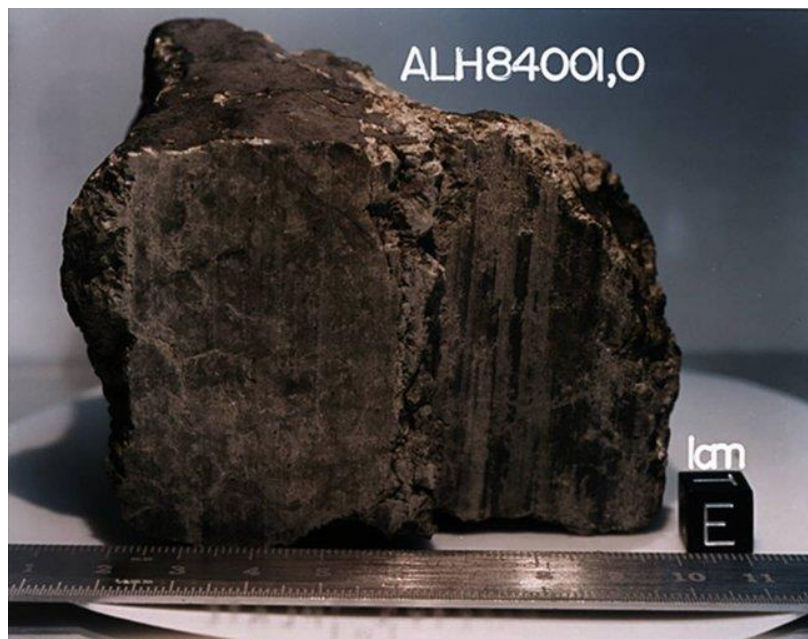
Εικόνα 21α. Φάσματα εξωπλανητικών ατμοσφαιρών, που αποκτήθηκαν με το τηλεσκόπιο James Web. WASP-96 b (πάνω) Σχήμα 21b: σημειώνεται η παρουσία του μορίου νερού. WASP-39 b (κάτω): η ζώνη διοξειδίου του άνθρακα δεν βρίσκεται στο κέντρο του φάσματος. Σημειώστε ότι αυτά τα φάσματα είναι φάσματα μετάδοσης και τα μήκη κύματος αντιστοιχούν στο εγγύς υπέρυθρο, δηλαδή οι ζώνες εμφανίζονται έξω από την ορατή περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος.

- Πριν από 3 δισεκατομμύρια χρόνια ο πάγος μπορεί να κάλυπτε τους ωκεανούς και να διευκόλυε τη γέννηση της ζωής, καθώς οι οργανικές ενώσεις πιστεύεται ότι είναι πιο σταθερές σε χαμηλές θερμοκρασίες. Ο πάγος θα μπορούσε επίσης να προστατεύσει τις εύθραυστες οργανικές ενώσεις από τη δράση του υπεριώδους φωτός και τις κοσμικές συγκρούσεις. Σήμερα γνωρίζουμε ότι στο παγωμένο έδαφος, γνωστό ως permafrost, υπάρχουν μορφές ζωής σε αδρανή κατάσταση.

Αλλά, θα ήταν επίσης δυνατό να υποστηριχθεί ότι η ζωή αρχίζει έξω από τη Γη και θα είχε φτάσει με την ανταλλαγή βράχων για εκατομμύρια χρόνια χάρη στην πρόσκρουση κομητών,



αστεροειδών, μετεωριτών, στο πλαίσιο της θεωρίας που ονομάζεται πανσπερμία. Προστατευμένα από τις συνθήκες του διαστήματος, τα μικρόβια θα μπορούσαν να επιβιώσουν παγιδευμένα σε βράχους, αλλά το ζήτημα πρέπει να ληφθεί πολύ σοβαρά, διότι είναι επίσης πιθανό ότι όταν φτάσουν στη Γη, εξωγήινο υλικό θα μολυνθεί με προϋπάρχουσα ζωή στον πλανήτη, όπως συνέβη με τον διάσημο μετεωρίτη ALH 84001 (Εικ. 22), για τον οποίο πρόσφατες έρευνες, Χρηματοδοτούμενο από το Πρόγραμμα Αστροβιολογίας της NASA, δείχνει ότι το οργανικό υλικό σε αυτό δεν σχηματίστηκε βιολογικά, αλλά από γεωχημικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ νερού και βράχου.



Εικ. 22. Μετεωρίτης ALH 84001: έφτασε από τον Άρη, ήταν ο πρωταγωνιστής της πρόωρης ανακοίνωσης της ζωής που φτάνει από αυτόν τον πλανήτη. Σήμερα γνωρίζουμε ότι αυτό που ανιχνεύεται ως οργανική ύλη δεν έχει βιολογική προέλευση.

Ωστόσο, ακόμη και αν η πανσπερμία ήταν αληθινή, το ερώτημα πώς ξεκίνησε η ζωή στη Γη θα άλλαζε μόνο στο πώς ξεκίνησε η ζωή αλλού στο Πανεπιστήμιο.

Η εξερεύνηση ακραίων περιβαλλόντων στη Γη οδήγησε στην ανακάλυψη πολυάριθμων οικοτόπων που θεωρούνταν ακατοίκητοι μόλις πριν από λίγα χρόνια. Το ενδιαφέρον για την ποικιλομορφία και την οικολογία των ακραίων περιβαλλόντων έχει αυξηθεί για διάφορους λόγους, όχι μόνο λόγω της πιθανής χρήσης των ακραιόφιλων και των συστατικών τους σε βιοτεχνολογικές διεργασίες (όπως η βιο-εξόρυξη, η βιο-αποκατάσταση), αλλά και λόγω της αναζήτησης ορίων στην ύπαρξη της ζωής.

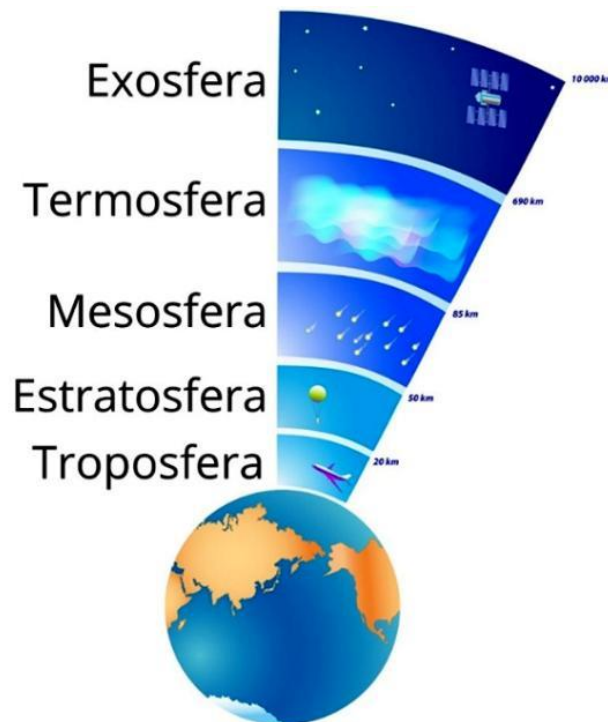
Τα πρώτα ζωντανά είδη πρέπει να ήταν απλές μορφές ζωής που χρησίμευαν ως σύνδεση μεταξύ του πρώτου οργανισμού (όπως τα βακτήρια) και της ζωής όπως την γνωρίζουμε hoy.

Όπως είναι γνωστό, δεν είναι δυνατόν απλά να βάλουμε μερικά χημικά στοιχεία μαζί σε έναν δοκιμαστικό σωλήνα και να περιμένουμε ότι ένας νέος τύπος ζωής θα εμφανιστεί αυθόρμητα. Η προέλευση της ζωής είναι ένα γεγονός που χρειάζεται εκατομμύρια χρόνια για να συμβεί,

αλλά μόλις ξεκινήσει, η ζωή μπορεί να πολλαπλασιαστεί εκθετικά και να προσαρμοστεί σε περιοχές ενός πλανήτη που μπορεί να είναι πολύ διαφορετικές από εκεί που προήλθε.

## Μικρομετεωρίτες

Το στερεό υλικό που προερχόταν από το ηλιακό σύστημα, σχημάτιζε τα φεγγάρια και τους πλανήτες. Αυτή η αύξηση δεν έχει τελειώσει και περίπου 5 τόνοι υλικού από το διάστημα εξακολουθούν να πέφτουν στη Γη. Αυτοί οι μετεωρίτες περνούν μέσα από την εξωσφαίρα και τη θερμόσφαιρα με μεγάλη ταχύτητα χωρίς δυσκολία, επειδή αυτά τα στρώματα δεν είναι πολύ πυκνά. Αλλά όταν φτάσουν στη μεσόσφαιρα, η πυκνότητα είναι μεγαλύτερη και υπάρχει μεγάλη τριβή που μπορεί να λιώσει το υλικό. Όταν ψύχονται στη στρατόσφαιρα και την τροπόσφαιρα, στο τέλος παρουσιάζουν σφαιρικό σχήμα, άλλοτε με ραβδώσεις και άλλοτε με μικρές φυσαλίδες αποτέλεσμα ταχείας στερεοποίησης.



Εικ. 23 Στρώματα της ατμόσφαιρας (Credit: Lifeder)

## Δραστηριότητα 5: Προσομοίωση σφαιρικών μικρομετεωριτών.

Γεμίστε ένα ψηλό, κυλινδρικό διαφανές δοχείο με ηλιέλαιο ως στήλη. Με τη βοήθεια μιας σύριγγας (Εικόνα 24α και 24β), πέφτουν μερικές σταγόνες νερού ή κόλα (επειδή το χρώμα της φαίνεται καλύτερο). Η αρχική φυσική κατάσταση του νερού ή του αναψυκτικού προκαλεί τον άμεσο σχηματισμό μικρών σφαιρών που σιγά-σιγά φαίνονται να πέφτουν κάτω από τη στήλη λαδιού.



Εικ. 24α: Στάγδην με σύριγγα, Εικ. 24β: Στήλη όπου σχηματίζονται οι σφαίρες.

## Δραστηριότητα 6: Αναζήτηση μικρομετεωριτών

Μικρομετεωρίτες μπορούν να ληφθούν στο υλικό που εναποτίθεται συνεχώς σε στέγες, δρόμους κ.λπ. Όταν βρέχει, το νερό τα πλένει μέσα από τις υδρορροές αποστράγγισης των στεγών και στα χαντάκια των δρόμων ή των διαδρομών. Συλλέγεται σε ένα φύλλο χαρτιού με μια βούρτσα λίγο άμμο από αυτές τις τοποθεσίες.



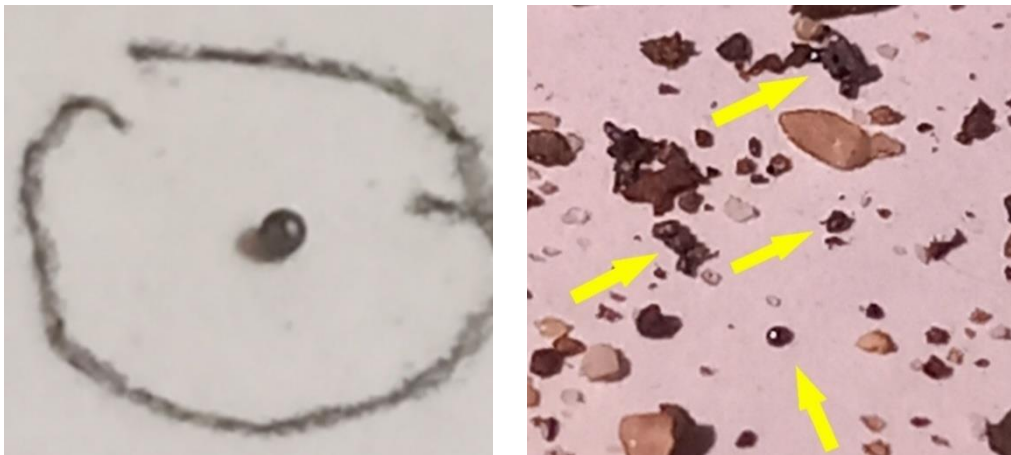
Εικ. 25α: Στοδημόσιο δρόμο μπορείτε να βρείτε τάφρους ή υδρορροές με χαλίκια όπου μπορούμε να εντοπίσουμε μετεωρίτες. Εικ. 25β: Συλλέγουμε αυτό το τρίξιμο με ένα χαρτί για να το αναλύσουμε.

Ένας μαγνήτης στη συνέχεια περνά κάτω από το φύλλο χαρτιού με το υλικό: θα φανεί καθαρά πόσο μικρά σωματίδια σιδηρούχου υλικού έλκονται από τον μαγνήτη (Εικόνα 26). Χωρίς να διαχωρίσετε τον μαγνήτη, αναποδογυρίστε το χαρτί και όλη η άμμος θα πέσει, εκτός από εκείνα τα λεπτά σκοτεινά σωματίδια, τα οποία θα προσελκύονται από το μαγνητικό πεδίο του μαγνήτη. Αναποδογυρίστε το χαρτί και αφαιρέστε το μαγνήτη. Μπορεί να υπάρχουν πιθανοί μικρομετεωρίτες εκεί.



Σχήματα 26α και 26β: Περνώντας τον μαγνήτη κάτω από το φύλλο χαρτιού, σύρετε το σιδηρομαγνητικό υλικό

Κατά την προβολή του δείγματος με την κάμερα του κινητού τηλεφώνου στο μέγιστο ζουμ, τα σωματίδια που είναι μικρομετεωρίτες έχουν σφαιρικό σχήμα, όπως τα μικρά μάρμαρα.



Εικόνα 27α: Φωτογραφία ενός απομονωμένου μικρομετεωρίτη με την κινητή κάμερα, Εικόνα 27β: Φωτογραφία με πολλούς μικρομετεωρίτες χρησιμοποιώντας την ίδια κάμερα.

Μπορείτε επίσης να δημιουργήσετε απλές "παγίδες". Αυτό απαιτεί τα ακόλουθα στοιχεία: ένα δίσκο κουζίνας και διαφανές χαρτί σελοφάν (χαρτί φιλμ κουζίνας). Καλύψτε το δίσκο με το χαρτί σελοφάν διπλώνοντας τις άκρες ή κολλώντας το σελοφάν από κάτω, για να μην πετάξει (Εικόνα 28α, 28β και 28γ).



Εικ. 28α: Δίσκος, χαρτί σελοφάν και ταινία για κόλληση, Εικ. 28β: Κόλληση του χαρτιού σελοφάν στο πίσω μέρος του δίσκου, Εικ. 28γ: « παγίδα» μικρομετεωρίτη εγκατεστημένη στον κήπο.

Τοποθετήστε το δίσκο ελαφρώς μακριά από το έδαφος, για να αποτρέψετε τη μόλυνση του δείγματος από την περιβάλλουσα σκόνη ή την παρουσία ζώων (εικόνα 28γ), σε μέρος όπου δεν υπάρχει πολύς άνεμος και όπου τίποτα δεν καλύπτει τον ουρανό. Αφήστε αυτήν την εγκατάσταση σε εξωτερικούς χώρους για τουλάχιστον μία εβδομάδα. Το χαρτί θα αρχίσει να φαίνεται "βρώμικο". Στο τέλος της εβδομάδας, μετακινήστε όλο το συσσωρευμένο υλικό σε ένα φύλλο χαρτιού. Ο μαγνήτης περνά από κάτω και αναλύεται με την κάμερα του τηλεφώνου.

Είναι επίσης δυνατό να προετοιμάσετε μια ατομική παγίδα για κάθε μαθητή. Χρειάζεστε ένα χάρτινο κύπελλο, ένα σχοινί για να το δέσετε και έναν μικρό μαγνήτη.



Εικ. 29α και 29β: Το γυαλί δεμένο με μια κλωστή και ένα μικρό μαγνήτη μέσα. Εικ. 29γ: Μαθητής που χρησιμοποιεί το γυαλί, ψάχνοντας για τους μικρομετεωρίτες.

Για να προετοιμάσουμε την παγίδα για κάθε μαθητή, συνδέουμε το γυαλί με ένα νήμα και βάζουμε ένα μικρό μαγνήτη μέσα στο γυαλί. Οι μαθητές κινούνται γύρω από το χώρο της αυλής του σχολείου με τα μαγνητικά κύπελλα. Στη συνέχεια αφαιρούν τον μαγνήτη και αν υπάρχουν σωματίδια σιδήρου (μικρομετεωρίτες), θα πέσουν στο λευκό φύλλο χαρτιού. Οι μαθητές παρακολουθούν με τις κάμερες του τηλεφώνου τους για να βρουν μικρομετεωρίτες, αναγνωρίζοντάς τους ως μικροσκοπικές σφαίρες.

## Ταξινόμηση των ακραιόφιλων

Ένα ακραιόφιλο είναι ένας οργανισμός, συχνά ένας μικροοργανισμός, που ζει σε ακραίες συνθήκες, δηλαδή σε εκείνες τις συνθήκες που είναι πολύ διαφορετικές από εκείνες που βιώνουν οι περισσότερες γήινες μορφές ζωής.

Μέχρι πρόσφατα, θεωρήθηκε ότι στα μέρη όπου γνωρίζουμε τώρα ότι αναπτύσσονται τα ακραιόφιλα ήταν αδύνατο να υπάρξει ζωή. Για παράδειγμα, στις εξαιρετικά ψυχρές περιοχές της Ανταρκτικής, στα εξαιρετικά όξινα και πλούσια σε μέταλλα νερά του Rio Tinto ή στην εξαιρετικά ξηρή και βαρέα μέταλλα έρημο της Atacama. Αλλά έχει αποδειχθεί ότι υπάρχουν οργανισμοί που ζουν σε όλες αυτές τις περιοχές.

Οι αστροβιολόγοι της NASA και της ESA μελετούν στο έδαφος (Ανταρκτική, έρημος Atacama, ορυχεία Río Tinto κ.λπ.) πώς εξελίσσεται ή προσαρμόζεται η ζωή για να κατανοήσουν πώς προήλθε.

Η Ανταρκτική, ως επί το πλείστον, είναι κρύα και έρημη, ωστόσο, αρκετές ομάδες επιστημόνων κατάφεραν να βρουν μεγάλη ποσότητα ζωής κάτω από την επιφάνεια της. Έχουν βρει ακραιόφιλα μικρόβια που ζουν σε βάθη 36m με θερμοκρασίες  $-20^{\circ}\text{C}$  σε αλμυρό νερό (το οποίο δεν παγώνει λόγω της υψηλής συγκέντρωσης αλατιού), μια άλλη ομάδα έχει βρει σε βάθος 800m ένα ολόκληρο οικοσύστημα σε πλήρη απουσία φωτός (εικόνα 30).



Εικόνα 30: Διαφορετικές επιστημονικές ομάδες βρίσκουν ακραιόφιλα κάτω από την επιφάνεια της Ανταρκτικής

Ορισμένα ακραιόφιλα ζουν απουσία νερού ή είναι σε θέση να αντισταθούν στην αποξήρανση ζώντας με πολύ λίγα. Όπως τα μικρόβια του εδάφους της ερήμου Atacama.

Υπάρχει ένα πολύ θεαματικό φαινόμενο: η ανθισμένη έρημος. Αυτή είναι η ξηρότερη έρημος στον κόσμο, σε χρόνια που υπάρχει περισσότερη βροχόπτωση από το κανονικό και στη συνέχεια εμφανίζεται ένα ψυχρό μέτωπο ένας μεγάλος αριθμός και ποικιλία λουλουδιών (μέχρι 14 ποικιλίες) που παραμένει για λίγους μήνες.

Η περιοχή εξόρυξης του Riotinto από τον πρώτο αιώνα π.Χ. αξιοποιήθηκε από τη Ρωμαϊκή Αυτοκρατορία και η κατάσταση σήμερα, μετά από εκατοντάδες χρόνια επιφανειακής εξόρυξης όπου έχουν εξαχθεί βαριά ορυκτά, έχει μεγάλο ενδιαφέρον για τη μελέτη της ζωής σε ακραίες συνθήκες.



Εικ. 31: Φωτογραφία από τον Αύγουστο του 2022 Μετά από αρκετά χρόνια ξηρασίας, τα τελευταία χρόνια ήταν το 2015 και το 2017

Άλλα ακραιόφιλα αναπτύσσονται σε περιβάλλοντα υψηλής οξύτητας και υψηλών συγκεντρώσεων μετάλλων (Σίδηρος, Χαλκός, Κάδμιο, Αρσενικό, Ψευδάργυρος, Μόλυβδος). Οι αντιδράσεις σε αυτόν τον ποταμό καταλύονται από οξύφιλα βακτήρια, έτσι ώστε εάν μειωθεί η οξύτητα, ο πληθυσμός των βακτηρίων πολλαπλασιάζεται, γεγονός που δημιουργεί περισσότερη οξείδωση σουλφιδίων και περισσότερη οξύτητα σε μια διαδικασία που ανατροφοδοτεί. Οι κάτοικοι της περιοχής γνωρίζουν πόσοθα βρέξει λόγω των αλλαγών στο χρώμα του ποταμού (τα βακτήρια παράγουν περισσότερη οξύτητα για να διατηρήσουν το pH κατά τη διάρκεια της πλημμύρας του ποταμού).



Εικ. 32: Τα κόκκινα νερά του Rio Tinto όπου ζουν τα οξύφιλα βακτήρια.



Εικ. 33: Η *Erica andevalensis* είναι ευρέως διαδεδομένη σε όλη την περιοχή, της οποίας οι ρίζες βρίσκονται σε όξινα εδάφη και με πολύ λίγα θρεπτικά συστατικά

Υπάρχουν εκτεταμένες περιοχές θάμνων της *Erica Andevalencis* ή "ερείκης εξόρυξης", που διανέμονται κατά μήκος της κοίτης του ποταμού. Αυτά τα φυτά έχουν τις ρίζες τους σε πολύ όξινα εδάφη με λίγα θρεπτικά συστατικά. Ακόμη και μερικά φυτά αναπτύσσονται στις όχθες του ποταμού με τις ρίζες τους μερικώς βυθισμένες σε όξινο νερό και εδάφη με υψηλές συγκεντρώσεις χαλκού και μολύβδου.

Η διαστημική έρευνα απαιτεί το έργο αστροβιολόγων σε ακραίες περιοχές όπως η Ανταρκτική, η έρημος Ατακάμα ή τα ορυχεία Río Tinto. Το πρώτο βήμα πολλών από τα πρωτόκολλα που εκτελούνται για την ανακάλυψη ακραιόφιλων είναι η διαδικασία εξαγωγής DNA και για το λόγο αυτό αυτή η δραστηριότητα εκτελείται παρακάτω.

## Δραστηριότητα 7: Εξαγωγή DNA

Αφού παρατηρήσατε ότι υπάρχει ζωή σε πολύ ακραίες συνθήκες, αποφασίστηκε να κάνετε το τεστ DNA όταν θέλετε να ανιχνεύσετε την ύπαρξη ζωής. Τα υπολείμματα του DNA επιτρέπουν την ανίχνευση της ύπαρξης ζωής (τρέχουσας ή παρελθούσας) και αυτό χρησιμοποιείται για την αναζήτηση ζωής στο διάστημα.

Το μόριο DNA είναι ένα πολύ μακρύ μόριο και συμπιέζεται με πρωτεΐνες (σαν ένα μπέρδεμα) μέσα στα κύτταρα. Έτσι, προκειμένου να ανιχνευθεί η παρουσία υπολειμμάτων DNA, είναι απαραίτητο να παρασκευαστεί μια λύση με την οποία μπορούμε να σπάσουμε την περιβάλλουσα μεμβράνη του κυττάρου.



Θα προχωρήσουμε ως παράδειγμα για να εξαγάγουμε το DNA μιας ώριμης ντομάτας επειδή είναι πολύ εύκολο να το υγροποιήσουμε.

Λύση για να σπάσει το κελί

Σε μισό ποτήρι νερό, ένα κουταλάκι του γλυκού αλάτι (χλωριούχο νάτριο) διαλύεται για να απελευθερώσει τις πρωτεΐνες και έτσι να απελευθερώσει το DNA που θα φαίνεται λευκό λόγω της παρουσίας αλατιού. Τρία κουταλάκια του γλυκού ψήσιμο νατρίου, για να διατηρηθεί το pH του διαλύματος σταθερό και ότι το DNA δεν αποικοδομείται. Στη συνέχεια, προσθέστε πλυντήριο πιάτων μέχρι το νερό να έχει το χρώμα αυτού, για να σπάσει η μεμβράνη των λιπαρών κυττάρων. Είναι απαραίτητο να αναμειγνύεται χωρίς αφρισμό για να μπορεί να δει καλά το DNA.

Προετοιμάστε το χυμό των κυττάρων "της ντομάτας"

Θα ξεκινήσουμε εξάγοντας δύο κουταλιές της σούπας πολύ ντομάτας, συνθλίβοντάς το με ένα κουτάλι και συνθλίβοντάς το με ένα πιρούνι μέχρι να έχουμε έναν περισσότερο ή λιγότερο υγρό πουρέ (εικόνα 34).

Ρίξτε το διάλυμα θραύσης των κυττάρων πάνω από τον πουρέ ντομάτας. Διπλάσιος όγκος διαλύματος από τον πουρέ ντομάτας. Για να σπάσουν τα κύτταρα ανακινήστε προσέχοντας να μην αφρίσετε και στραγγίστε για να αφαιρέσετε τα μεγάλα κομμάτια. Το περιεχόμενο μέσα στα κύτταρα βρίσκεται στο χυμό και εκεί βρίσκεται το DNA που θέλουμε να εξαγάγουμε.

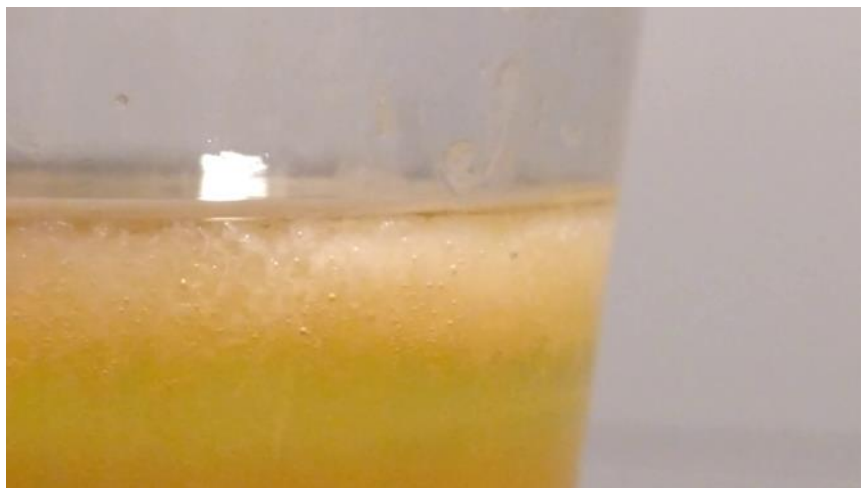


Εικ. 34: Προετοιμασία του υγρού πουρέ ντομάτας, για να προχωρήσει να χύσει διπλάσιο διάλυμα θραύσης από τις μεμβράνες, για να εξαχθεί το DNA.

Κάνοντας το DNA ορατό

Όταν υπάρχουν πολλά σκέλη του DNA μοιάζει με ένα λευκό σύννεφο (το αλάτι του δίνει το υπόλευκο χρώμα). Ρίχνουμε αλκοόλ στον τοίχο του ποτηριού χυμού, επειδή θέλουμε ένα στρώμα αλκοόλ να παραμείνει πάνω από το χυμό χωρίς να αναμειχθεί με αυτό. Σε τρία ή τέσσερα λεπτά σχηματίζεται ένα λευκό σύννεφο DNA και συσσωρεύεται και γίνεται ορατό

(ανεβαίνει). Προστίθεται αλκοόλη επειδή το DNA δεν είναι διαλυτό στην αλκοόλη και σχηματίζεται το νέφος του DNA που είναι καλά ορατό (εικόνα 35).



Εικόνα 35: Το νέφος DNA είναι πολύ ορατό να επιπλέει πάνω από το μείγμα

## Βιβλιογραφία

- Arisa, E., Mazón, J. and Ros, R.M. 2012, Looking for the north, EU-UNAWA, Barcelona, Spain.
- Dill K.A. and Agozzino L. 2021, “Driving forces in the origins of life”, Open biology, Volume 11, <https://doi.org/10.1098/rsob.200324>
- Kostov, R. I., Kurchatov, V. 2001. Bulgarian meteorites – history and stage of study. – Geology and Mineral Resources, 8, 10, 16-20, Bulgaria.
- Larsen L., 2019, On the Trail of Stardust: The Guide to Finding Micrometeorites: Tools, Techniques, and Identification, Voyageur Press, Beverly, MA (USA).
- Levy M. et al. 2000, “Prebiotic Synthesis of Adenine and Amino Acids Under Europa-like Conditions”, Icarus, Volume 145, <https://doi.org/10.1006/icar.2000.6365>
- Martin W. 2008, “Hydrothermal vents and the origin of life”, Nature Reviews Microbiology, Volume 6, <https://doi.org/10.1038/nrmicro1991>
- Moreno, R., 2022, Experimentos para todas las edades, 3ª Edición. Editorial Rialp, Madrid (Spain).
- Declaration for scientists/researchers using the NHM Collection, 2013.
- La plus Grande Histoire jamais contée, Des Origines de l’Univers a la vie sur Terre, Belin, Paris, France, 2017.
  - <https://www.sciencefriday.com/articles/up-on-the-roof-a-handful-of-urban-stardust/>
  - <https://micro-meteorites.com/>
  - <https://www.astrogc.com/index-otros-projects-met.html>
  - <https://www.pbslearningmedia.org/resource/5762943c-af62-4a3b-8340-36660545628a/go-outside-and-play-micrometeorites-young-explorers/>

