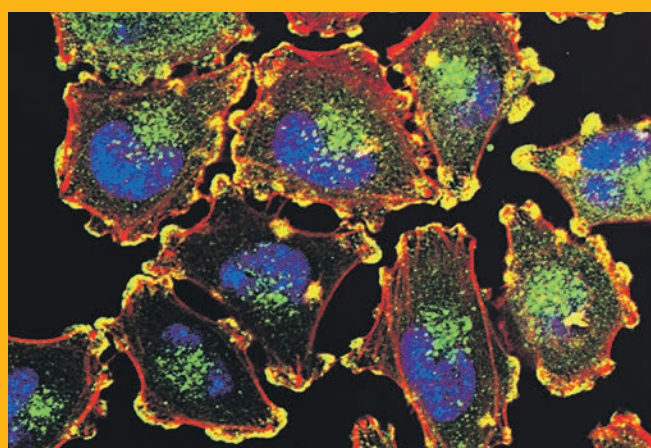
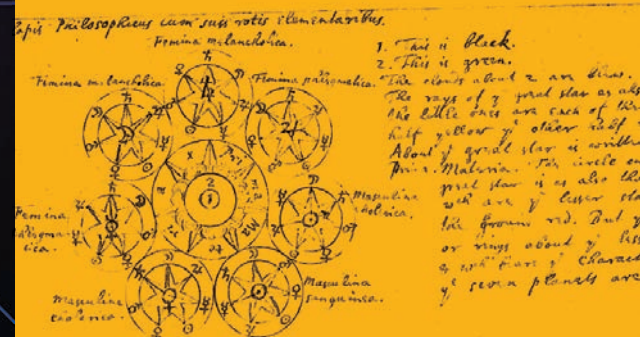


Ήταν ο Ισαάκ Νεύτων μάγος;

Η ανθρώπινη ιστορία είναι πάντα πιο πολύπλοκη και πιο εντυπωσιακή από τις παραδοξότητες που φανταζόμαστε ότι μπορεί να έχει.

ΣΕΛΙΔΑ 8



Οργανοειδή

Η βιοτεχνολογία έχει πολλές φορές προκαλέσει το θαυμασμό, τον αποτροπιασμό, ακόμα και τον τρόμο με τα εκπληκτικά επιτεύγματά της. Εξωσωματική γονιμοποίηση, κλωνοποίηση και εφαρμογές των βλαστοκυττάρων είναι μερικές από τις σχετικά πρόσφατες τεχνολογίες που έγιναν αντικείμενο έντονων συζητήσεων σε επιστημονικό, φιλοσοφικό και κοινωνικό επίπεδο. Εδώ και περίπου μία δεκαετία έχουν κάνει την εμφάνισή τους τα νέα «τρομερά παιδιά» της βιοτεχνολογίας: τα οργανοειδή. Σε αυτό το άρθρο συστήνουμε στους αναγνώστες τα οργανοειδή, παρουσιάζουμε τις βασικές εφαρμογές τους και θίγουμε τις θεμελιώδεις ανησυχίες που προκαλούν στο πλαίσιο της βιοηθικής.

ΣΕΛΙΔΕΣ 4-5

Η κλιματική κρίση πλήττει τις πολικές περιοχές

Η αύξηση της θερμοκρασίας επηρεάζει ήδη κάθε γωνιά του πλανήτη και κάθε έμβιο ον, άμεσα ή έμμεσα. Από τη μάχη για επιβίωση και προσαρμογή στις διαρκώς μεταβαλλόμενες συνθήκες δεν λείπουν τα μικροσκοπικά φύκη των πολικών περιοχών.

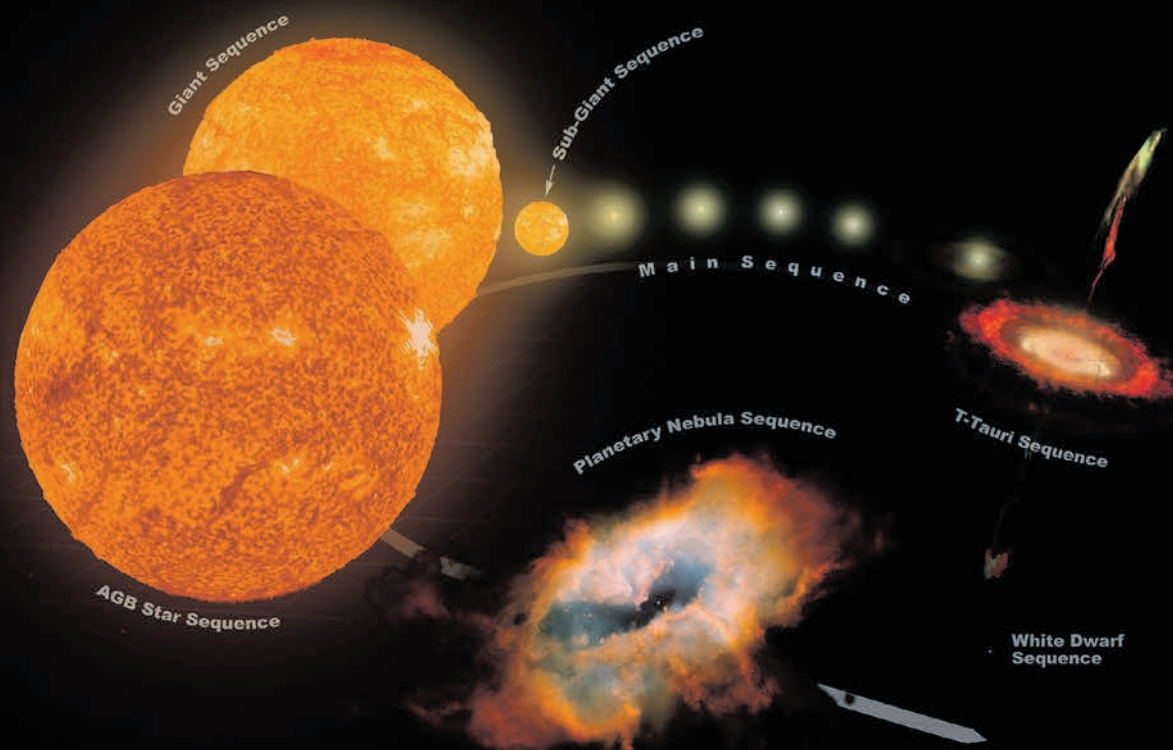
ΣΕΛΙΔΑ 6

29ο Συνέδριο της Ελληνικής Εταιρείας για τις Νευροεπιστήμες

Η Ελληνική Εταιρεία για τις Νευροεπιστήμες (ΕΕΝ) διοργανώνει το 29ο Συνέδριό της, στις 8-10 Οκτωβρίου 2021.

ΣΕΛΙΔΑ 7

Stellar Evolution (0.8 - 8 M_⊙)



Η γέννηση των αστεριών

Πολλές λεπτομέρειες της αστρικής εξέλιξης καθώς και των διαδικασιών που ευνοούν τη γέννηση των άστρων μας είναι ακόμα άγνωστες. Μια πρόσφατη μελέτη αναδεικνύει τη σημασία που έχουν οι εκρήξεις υπερκαινοφανών στη γέννηση νέων άστρων.

ΣΕΛΙΔΕΣ 2-3



Επιστημονικές Διαμάχες

Στο προηγούμενο σημείωμα αναφέρθηκαν στην εγκληματικών διαστάσεων βλακεία που επιχειρεί να εξαφανίσει τις διαμάχες από τη ζωή της επιστήμης. Θυμήθηκα, λοιπόν, μια ιστορία που δείχνει πόσο σημαντικό αλλά και πόσο πολύπλοκο φαινόμενο είναι οι επιστημονικές διαμάχες.

Ο Γαλιλαίος ήταν ο πρώτος άνθρωπος που έστρεψε το τηλεσκόπιο στους ουρανούς. Μέχρι τότε η παρατήρηση των ουρανών με μεγεθυντικά μέσα ήταν αδιανόητη για δύο λόγους. Αφενός επειδή, σύμφωνα με την αριστοτελική κοσμολογία, η «υπερσελήνια» περιοχή του κόσμου ήταν ιερή και διέπονταν από διαφορετικούς κανόνες από εκείνους που ίσχυαν στην «υποσελήνια» περιοχή. Αφετέρου επειδή οι φακοί και τα κάτοπτρα ήταν, κυριολεκτικά, για τα πανηγύρια. Χρησιμοποιούνταν από απατεώνες και θαυματοποιούς για να παρουσιάσουν στις λαϊκές συνάξεις τον «άνθρωπο με τα δύο κεφάλια» και άλλα αξιοπερίεργα της φύσης. Συνεπώς, τόσο η οντολογική θεμελίωση όσο και η επιστημονική μεθοδολογία του εγχειρήματος του Γαλιλαίου παρουσίαζαν σοβαρά προβλήματα. Πώς είναι δυνατό να χρησιμοποιείς γήινα μέσα για να διακρίνεις την υφή των αιώνιων ουρανίων σωμάτων, όταν οι νόμοι της Οπτικής στους ουρανούς είναι ριζικά διαφορετικοί από εκείνους που ισχύουν στο κόσμο «της γενέσεως και της φθοράς»; Και μάλιστα όταν τα μέσα αυτά είναι διατάξεις που κατά κανόνα χρησιμοποιούνται για την εξαπάτηση και όχι για την ενίσχυση των αισθήσεων;

Το 1610, ο Γαλιλαίος δημοσιεύει τον *Αγγελιαφόρο των Άστρων* όπου παρουσιάζει τις ανακαλύψεις του συνοδευόμενες από λεπτομερή σχέδια. Η Σελήνη δεν έχει λεία επιφάνεια, αλλά είναι γεμάτη βουνά και κοιλάδες, ο γαλαξίας είναι μια συνάθροιση εκατομμυρίων αστέρων και ο Δίας περιβάλλεται από δορυφόρους, τους περίφημους Μεδίκανους πλανήτες. Η αντίδραση των αριστοτελικών φιλοσόφων δεν ήταν να σκύψουν στο τηλεσκόπιο για να ελέγξουν την ακρίβεια των ισχυρισμών του, όπως θα κάναμε σήμερα, αλλά να ερμηνεύσουν τις παρατηρήσεις του είτε ως «μετέωρα» (δηλαδή ως ατμοσφαιρικά φαινόμενα) είτε ως παραμορφώσεις των οφείλονται στην κακή ποιότητα των φακών. Ο Γαλιλαίος διακωμώδησε τον φίλο του Cesare Cremonini για την άρνησή του να κοιτάξει από το τηλεσκόπιο του ώστε να διαπιστώσει με τα ίδια του τα μάτια την αλήθεια των λεγόμενων του. Τι θα έβλεπε, όμως, ο Cremonini αν κοίταζε από το τηλεσκόπιο; Σήμερα γνωρίζουμε ότι η χαρτογράφηση της Σελήνης στον *Αγγελιαφόρο των Άστρων* ήταν αρκετά ακριβής. Αυτό δεν σημαίνει, όμως, ότι οι αριστοτελικοί φιλόσοφοι είχαν άδικο: Κάποιοι από τους κρατήρες που ζωγράφησε ο Γαλιλαίος ήταν όντως φανταστικά είδωλα που οφείλονταν στις παραμορφώσεις των φακών!

Seeing is *not* believing, στην προκειμένη περίπτωση· γιατί αυτό που βλέπω εξαρτάται από το εννοιολογικό πλαίσιο στο οποίο το εντάσσω. Κι αν κάποιος έπρεπε να αποδείξει ότι το εννοιολογικό του πλαίσιο ήταν έγκυρο, αυτός ήταν ο Γαλιλαίος κι όχι οι εκπρόσωποι μιας κοσμολογικής παράδοσης που μετρούσε περισσότερους από 17 αιώνες ζωής. Οι επιστημονικές διαμάχες είναι πολύπλοκα παιχνίδια εξουσίας που δεν λύνονται με επιστημονικά μέσα.

Μ.Π.

Η γέννηση των αστεριών

Η ζωή και ο θάνατος των αστεριών είναι ένα από τα πιο συναρπαστικά πεδία μελέτης και η ραχοκοκαλιά της αστροφυσικής. Μια πολύ κοινή παρομοίωση είναι ότι τα αστέρια ακολουθούν μια πορεία όπως οι άνθρωποι, δηλαδή γεννιούνται, ωριμάζουν και πεθαίνουν, αφήνοντας πίσω τους τα αστρικά τους κουφάρια, όπως οι λευκοί νάνοι, οι αστέρες νετρονίων και οι αστρικές μαύρες τρύπες. Ωστόσο πολλές λεπτομέρειες της πορείας αυτής, καθώς και των διαδικασιών που ευνοούν τη γέννηση των άστρων μας είναι ακόμα άγνωστες.

Η αστρική εξέλιξη

Αν και η θεωρία της αστρικής εξέλιξης θεμελιώθηκε στις πρώτες δεκαετίες του 20^{ου} αιώνα, υπάρχουν ακόμα πολλά ανοιχτά ερωτήματα, για τα οποία χρειάζεται μεγάλο πλήθος παρατηρήσεων και υπομονή· τα φαινόμενα στο Σύμπαν εξελίσσονται πολύ αργά για τα ανθρώπινα δεδομένα και οι αποστάσεις τους είναι τεράστιες, επομένως απαιτούν εξειδικευμένα και υψηλής ποιότητα όργανα παρατήρησης. Πρωτοπόρος στη θεωρία της αστρικής εξέλιξης ήταν ο Ινδοαμερικανός μαθηματικός και αστροφυσικός Subramanian Chandrasekhar, ο οποίος μοιράστηκε, για τις εργασίες του, το Βραβείο Νόμπελ του 1983 με τον πυρηνικό φυσικό William Fowler.

Απαραίτητα για την κατανόηση του τρόπου με τον οποίο τα αστέρια δημιουργούνται και εξελίσσονται ήταν η γνώση της σύστασης των αστεριών, της θερμοδυναμικής συμπεριφοράς της ύλης και των ιδιοτήτων των πυρήνων και των πυρηνικών αντιδράσεων. Η σταδιακή ενσωμάτωση αυτών των γνώσεων στην παραδοσιακή παρατηρησιακή αστρονομία κατά τα μέσα του 19^{ου} και αρχές του 20^{ου} αιώνα μετέτρεψαν την παρατήρηση του ουρανού σε αστροφυσική.

Σήμερα γνωρίζουμε ότι στο εσωτερικό των αστεριών παράγεται ενέργεια



Ένας πρωτοπλανητικός δίσκος, δηλαδή μια περιοχή γύρω από ένα σχηματιζόμενο άστρο, όπως φωτογραφήθηκε από το διαστημικό τηλεσκόπιο Hubble. Η δυνατότητά μας να παρατηρήσουμε τέτοια αντικείμενα εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τον αριθμό και το είδος των αστεριών που υπάρχουν ήδη στην περιοχή και «φωτίζουν» το πεδίο. Ταυτόχρονα, η ύπαρξη τέτοιων αστεριών μπορεί να λειτουργήσει ανασταλτικά στην αστρογένεση στην περιοχή καθώς από την εκπεμπόμενη ακτινοβολία το αέριο θερμαίνεται και ιονίζεται με αποτέλεσμα να αποτρέπεται η περαιτέρω συμπίκνωσή του. Ο συγκεκριμένος πρωτοπλανητικός δίσκος είναι ορατός από το πλάι δίνοντας τη δυνατότητα στους ερευνητές να παρατηρήσουν το σχηματισμό σκόνης και βράχων, τα οποία μπορεί να οδηγήσουν στο σχηματισμό πλανητών. Τέλος, η συγκεκριμένη εικόνα υποστηρίζει το σενάριο που θέλει τους πλανήτες να σχηματίζονται σχεδόν ταυτόχρονα με τον αστέρα. Πηγή: NASA-Hubble.

μέσω πυρηνικής σύντηξης. Κατά τη διάρκεια της «κανονικής» ζωής των αστερών, το υδρογόνο του πυρήνα τους μετατρέπεται στο στοιχείο ήλιο, αποδίδοντας τεράστια ποσά ενέργειας, αρκετά για να εξασφαλίσουν τη σταθερότητα των άστρων. Σε αντίθετη περίπτωση, αυτά θα κατέρρεαν και θα διαλύονταν από το ίδιο τους το βάρος. Η ίδια ενέργεια διασχίζει το εσωτερικό των αστεριών και εκπέμπεται στο διάστημα υπό τη μορφή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, όπως το ορατό φως, οι ακτίνες X, κλπ. Αυτή την ακτινοβολία είμαστε σε θέση να συλλέξουμε, επομένως οι πληροφορίες που έχουμε για το (αόρατο) εσωτερικό των άστρων είναι έμμεσες.

Η «κανονική» ζωή των αστεριών δεν διαρκεί για πάντα. Όταν το υδρογόνο στον πυρήνα εξαντληθεί, ο τελευταίος είναι πλέον πλούσιος σε ήλιο. Αρχικά, το βάρος του αστέρα συμπιέζει τον πυρήνα με αποτέλεσμα την περαιτέρω θέρμανσή του και όταν η θερμοκρασία αυξηθεί επαρκώς, θα είναι η σύντηξη του πλίου η διαδικασία που θα παρέχει την απαραίτητη ενέργεια. Η ζωή του αστέρα έχει πάρει πλέον παράταση, αλλά όχι χωρίς τίμημα. Ο αστέρας διαστέλλεται και μετατρέπεται σε έναν ερυθρό γίγαντα, σηματοδοτώντας την αναπόφευκτη πορεία προς το αστρικό τέλος. Ακολουθώντας παρόμοια πορεία, η καύση του πλίου κάποτε τερματίζεται και εφόσον οι συνθή-

Συνδεθείτε με το «Πρίσμα» στο Facebook:
www.facebook.com/PRISMASCIENCEMAGAZINE/

ΣΥΝΤΑΚΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

Λήδα Αρνέλλου, Διδάκτωρ Επικοινωνίας της Επιστήμης
Γιάννης Κοντογιάννης, Διδάκτωρ Αστροφυσικής
Μανώλης Πατνιώτης, Καθηγητής Ιστορίας των Επιστημών ΕΚΠΑ
Δημήτρης Πετάκος, Διδάκτωρ Ιστορίας των Επιστημών
Μαρία Τσίπη, Διδάκτωρ Γενετικής

κες το επιτρέπουν η πυρηνική σύντηξη δημιουργεί συνεχώς βαρύτερα στοιχεία στο εσωτερικό του αστέρα. Όταν στον πυρήνα δημιουργηθεί σίδηρος, ο αστέρας πλέον έχει χάσει κάθε εναλλακτική πηγή ενέργειας και οδεύει με βεβαιότητα προς το τέλος της ζωής του.

Τα αστέρια με πολύ μεγάλη μάζα τελειώνουν τη ζωή τους με μια εντυπωσιακή λαμπερή έκρηξη, μια έκρηξη υπερκαινοφανούς (supernova).

Το μέρος του αστέρα που παραμένει συμπιέζεται με βιαιότητα μέχρι τα ηλεκτρόνια και τα πρωτόνια (τα μικρότερα ελεύθερα σωματίδια που αποτελούν το αστρικό πλάσμα) να ενωθούν και να δημιουργήσουν έναν αστέρα νετρονίων. Αν η μάζα του εναπομείναντα αστέρα είναι ακόμα μεγαλύτερη, τότε ο αστέρας θα καταλήξει σε μια μελανή οπή (μαύρη τρύπα).

Με αφορμή τη σύντομη και απλουστευμένη περιγραφή της αστρικής εξέλιξης που προηγήθηκε αξίζει να σημειωθούν τα εξής:

Πρώτον ότι η σημαντικότερη παράμετρος που καθορίζει την εξέλιξη της ζωής των αστεριών είναι η μάζα τους. Τα πιο μαζικά αστέρια εξελίσσονται και οδηγούνται στο τέλος τους πολύ γρηγορότερα από ό,τι τα μεσαίας και μικρής μάζας. Για παράδειγμα, ο Ήλιος μας, ένα μικρομεσαίο αστέρι, δεν θα οδηγηθεί ποτέ σε έκρηξη υπερκαινοφανούς. Μετά τη φάση του ερυθρού γίγαντα, τα εξωτερικά τμήματα του Ήλιου θα εκσφενδονιστούν στο διάστημα σχηματίζοντας ένα νεφέλωμα ενώ το εναπομείναν εσωτερικό μέρος θα γίνει ένας λευκός νάνος.

Το δεύτερο αφορά στις επιπτώσεις που έχει η αστρική εξέλιξη στη σύσταση του Σύμπαντος. Γνωρίζουμε ότι αρχικά το Σύμπαν αποτελούσαν μόνο από υδρογόνο, το απλούστερο χημικό στοιχείο. Με τις διεργασίες που συμβαίνουν στο εσωτερικό των αστεριών, σχηματίζονται βαρύτερα στοιχεία, τα οποία, χάρη στις εκρήξεις των υπερκαινοφανών διασκορπίζονται στον μεσοαστρικό χώρο και τον εμπλουτίζουν, διευκολύνοντας τη δημιουργία αστερών δεύτερης γενιάς σαν τον Ήλιο. Σύμφωνα με εκτιμήσεις, οι ίδιες οι εκρήξεις συμπιέζουν το υλικό στο περιβάλλον του αστέρα, διαμορφώνοντας ευνοϊκές συνθήκες για τη δημιουργία συμπυκνώσεων που μπορεί να οδηγήσουν στο σχηματισμό πρωτοαστέρων.

Πού και πώς γεννιούνται τα άστρα;



Τα αστέρια συνήθως γεννιούνται κατά ομάδες μέσα σε συγκεκριμένες περιοχές του μεσοαστρικού αερίου, δηλαδή του αερίου που «γεμίζει» το χώρο μέσα στους γαλαξίες. Σε αυτές τις περιοχές το αέριο είναι αρκετά πυκνό και οι συνθήκες κατάλληλες ώστε να σχηματίζονται τοπικές συγκεντρώσεις. Με τη βοήθεια της βαρύτητας, αυτές οι συγκεντρώσεις σταδιακά μεγαλώνουν και θερμαίνονται, σχηματίζοντας τους πρωτοαστέρες, τους προγεννήτορες των αστερών. Από την περαιτέρω συμπίεση, η θερμοκρασία στο εσωτερικό των πρωτοαστέρων αυξάνεται και αν η θερμοκρασία στον πυρήνα τους ξεπεράσει τα μερικά εκατομμύρια βαθμούς, ξεκινούν οι θερμοπυρηνικές αντιδράσεις. Τότε ο αστέρας ξεκινά τη σταθερή φάση της ζωής του, καθώς η πίεση της ακτινοβολίας εξισορροπεί την περαιτέρω συμπίεση λόγω της βαρύτητας.

Πιο συγκεκριμένα, οι περιοχές που ευνοούν την αστρική γένεση είναι τα μοριακά νέφη, που εντοπίζονται κυρίως στις σπείρες των σπειροειδών γαλαξιών. Ένα τέτοιο μοριακό νέφος μπορούμε να παρατηρήσουμε ακόμα και με γυμνό μάτι, κατά τις ανέφελες νύχτες μακριά από τη φωτορρύπανση των πόλεων, στο «ξίφος» του αστερι-

σμού του Ωρίωνα, του πιο χαρακτηριστικού αστερισμού του νυχτερινού ουρανού. Το νεφέλωμα είναι μέρος ενός τεράστιου συμπλέγματος μοριακού νέφους, που φιλοξενεί πολλές περιοχές αστρικής γένεσης, ενώ άλλα τέτοια νέφη βρίσκονται στους αστερισμούς του Περσέα και του Ταύρου.

Ένα σημαντικό ερώτημα είναι πώς δημιουργούνται οι πυκνές αυτές περιοχές που ευνοούν την αστρική γένεση μέσα στα μοριακά νέφη. Σύμφωνα με ένα από τα σενάρια, αυτές οφείλουν την ύπαρξή τους στα κύματα πίεσης που διαδίδονται κατά μήκος των σπειρών των γαλαξιών. Ωστόσο υποστηρίζεται ότι οι περιοχές αστρογένεσης μπορεί επίσης να σχηματίζονται και από τα κρουστικά κύματα των εκρήξεων υπερκαινοφανών που συνέβησαν παλαιότερα σε γειτονικές περιοχές. Το πρώτο σενάριο υποστηρίζεται από παρατηρήσεις, καθώς οι περισσότερες περιοχές αστρογένεσης εντοπίζονται γενικά στις σπείρες των γαλαξιών. Για να εξακριβωθεί η πιθανή ισχύς του δεύτερου σεναρίου απαιτείται πιο ακριβής προσδιορισμός των αποστάσεων μέσα στα μοριακά νέφη και της κατανομής τους στον χώρο.

Υπερκαινοφανείς και φουσαλίδες στο μεσοαστρικό αέριο

Μια νέα μελέτη προσπάθησε να κάνει ακριβώς αυτό χρησιμοποιώντας παρατηρήσεις της διαστημικής αποστολής Gaia, μια αποστολή της Ευρωπαϊκής Υπηρεσίας Διαστήματος (ESA) που εκτοξεύτηκε το 2013 και θα βρίσκεται σε λειτουργία μέχρι το 2022. Σκοπός της αποστολής είναι να συγκεντρώσει λεπτομερείς παρατηρήσεις περίπου ενός δισεκατομμυρίου αστεριών, από τις οποίες εξάγεται η ακριβής θέση (αστρομετρία) και οι ακτινικές ταχύτητες (δηλαδή η ταχύτητα της κίνησης κατά μήκος της ακτίνας παρατήρησης). Με αυτά τα στοιχεία θα είναι εφικτή η κατασκευή του, μέχρι στιγμής, ακριβέστερου τρισδιάστατου χάρτη του Γαλαξία.

Βασιζόμενοι λοιπόν στις παρατηρήσεις του Gaia, η ομάδα ερευνητών κατάφερε να κατασκευάσει τρισδιάστατους χάρτες των μοριακών νεφών που παρατηρούνται στα νεφελώματα στους αστερισμούς του Ταύρου και του Περσέα. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι όλοι αυτοί οι σχηματισμοί είναι κατανεμημένοι στην νοτιή επιφάνεια μιας σφαίρας, με διάμετρο περίπου 500 έτη φωτός. Η ερευνητική ομάδα υποστηρίζει ότι το σχήμα και η δομή της «φουσαλίδας» υποδεικνύουν τη δράση μιας σειράς εκρήξεων υπερκαινοφανών πριν περίπου δέκα εκατομμύρια χρόνια, των οποίων τα κρουστικά κύματα δημιούργησαν την κατανομή αυτών των περιοχών. Επομένως, τα αποτελέσματα υποστηρίζουν την επίδραση των φαινομένων αυτών στην αστρογένεση. Το σημαντικότερο, αποδεικνύουν ότι οι παρατηρήσεις του Gaia επιτρέπουν την χαρτογράφηση περιοχών του ουρανού και τη σύγκρισή τους με πειράματα προσομοιώσεων, συμβάλλοντας στην βαθύτερη κατανόηση των μηχανισμών σχηματισμού των μοριακών νεφών και των αστρικών μαιευτηρίων.

Γ.Κ.

Πηγές

<https://sci.esa.int/web/gaia/>

<https://iopscience.iop.org/article/10.3847/2041-8213/ac1f95>

<https://briankoberlein.com/post/when-worlds-collide/>

Οργανοειδή

Όταν χρησιμοποιούμε τη λέξη «ανθρωποειδές» θέλουμε να περιγράψουμε κάτι το οποίο έχει ορισμένες ομοιότητες με τον άνθρωπο. Διαισθητικά αντιλαμβανόμαστε ότι οι ομοιότητες αυτού του κάτι με τον άνθρωπο θα σχετίζονται τόσο με τη μορφή, όσο και με κάποιες λειτουργίες του. Για παράδειγμα, αυτό το κάτι θα πρέπει να έχει δυο άνω και δυο κάτω άκρα και να έχει την ικανότητα να τρέφεται, να κινείται και να αναπαράγεται. Ακόμα και αν η μορφή ή αυτές οι τρεις λειτουργίες του να είναι διαφορετικές με τις αντίστοιχες του ανθρώπου, ο όρος ανθρωποειδές μπορεί να χρησιμοποιηθεί έστω και απλουστευτικά. Η κατάληξη -ειδές, συνεπώς, έρχεται να σηματοδοτήσει τόσο τις ομοιότητες όσο και τις διαφορές του ανθρώπου με αυτό το κάτι.

Τι είναι τα οργανοειδή;

Τα οργανοειδή είναι μία οργανωμένη συστάδα κυττάρων, η οποία έχει δημιουργηθεί με ανθρώπινη επέμβαση, δηλαδή τεχνητά. Η πρώτη ύλη των οργανοειδών μπορεί να είναι κύτταρα από ιστούς ενήλικου ανθρώπου ή βλαστοκύτταρα από έμβρυα. Η ιδιαιτερότητα των οργανοειδών οφείλεται στο ότι τα κύτταρα από τα οποία απαρτίζονται και έχουν συγκεντρωθεί τεχνητά, έχουν την ικανότητα να αυτό-οργανώνονται σε τρισδιάστατες δομές, οι οποίες παρουσιάζουν ανατομικά χαρακτηριστικά ανάλογα με εκείνα του ιστού από τον οποίο έχουν προέλθει. Για παράδειγμα, εάν ως πρώτη ύλη χρησιμοποιηθούν νεφρικά κύτταρα, τότε η τρισδιάστατη συστάδα που θα προκύψει θα έχει κάποιες ομοιότητες με νεφρό· θα είναι ένα ατελές μοντέλο νεφρού. Έτσι, για να επιστρέψουμε στην εισαγωγή, εφόσον το νεφρό είναι ένα όργανο, η κυτταρική συστάδα θα είναι ένα *οργανοειδές*.

Τα οργανοειδή δεν παρουσιάζουν ομοιότητα ως προς τη μορφή του πλήρους οργάνου από το οποίο έχουν προέλθει. Τα οργανοειδή άλλωστε έως σήμερα, δεν μπορούν να ξεπεράσουν σε μέγεθος τα μερικά χιλιοστά. Η ομοιότητα όμως ορισμένων ανατομικών χαρακτηριστικών τους, σε σχέση με ένα πραγματικό όργανο, τους προσδίδουν ορισμένες λειτουργίες που προσιδιάζουν στο πλήρες όργανο σε ένα πολύ βασικό, ημιτελές, πρωτόλειο επίπεδο.

Η έρευνα στα οργανοειδή ξεκίνησε πριν περίπου δέκα χρόνια. Αποτελεί, δηλαδή, ένα πολύ πρόσφατο ερευνητικό πεδίο, το οποίο μάλιστα χαρακτηρίστηκε ως ένα από τα μεγαλύτερα επιστημονικά επιτεύγματα του 2013, από το περιοδικό The Scientist. Από τότε έχουν αναπτυχθεί πολλά είδη οργανοειδών, που έχουν προέλθει από κύτταρα ιστών, όπως ο αμφιβληστροειδής χιτώνας, το δέρμα και η γλώσσα, καθώς και από κύτταρα οργάνων όπως το στομάχι, το νεφρό, το συκώτι, η καρδιά και ο εγκέφαλος. Ειδική κατηγορία αποτελεί το οργανοειδές

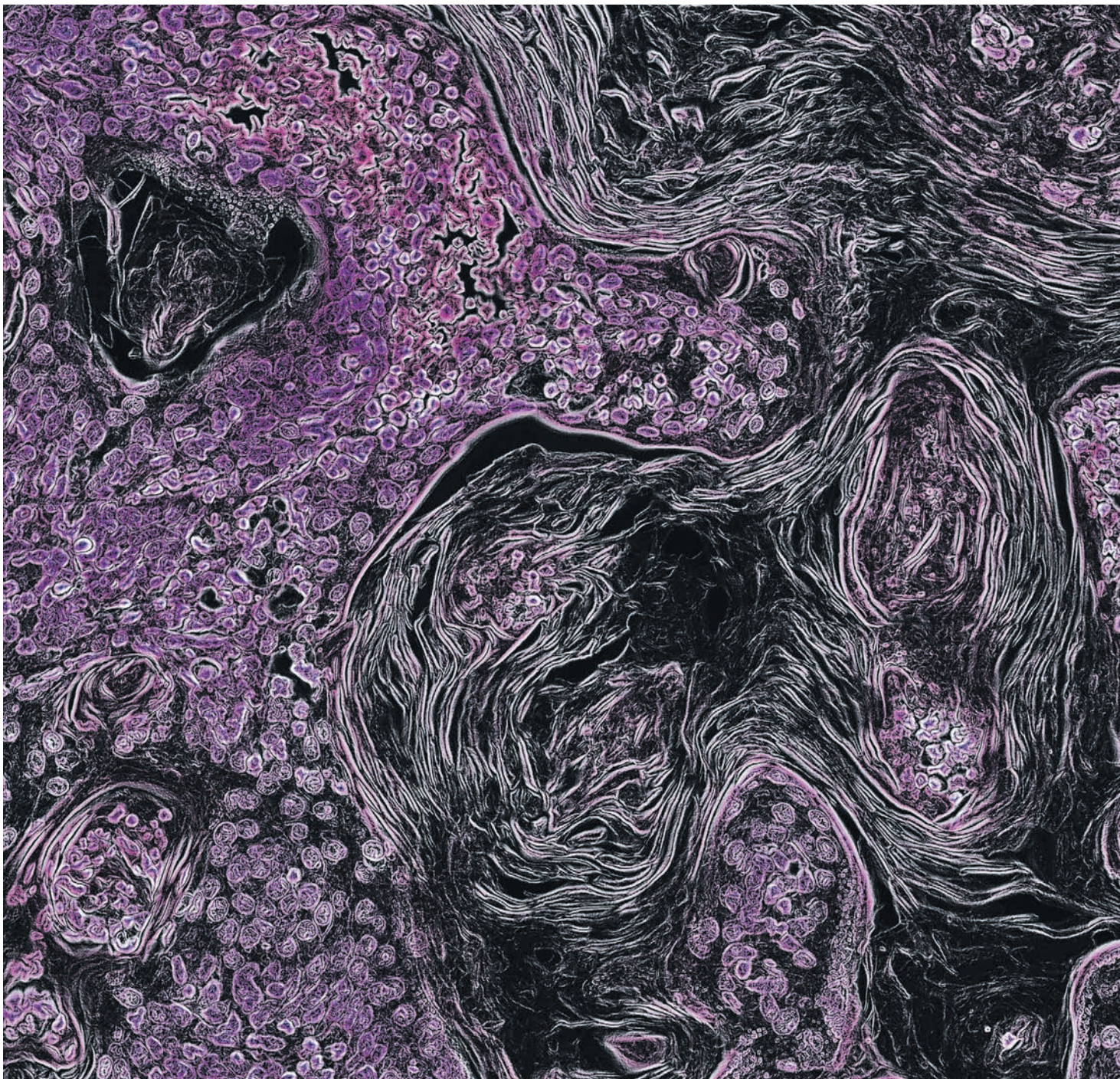
που μιμείται τη βλαστοκύστη, δηλαδή το έμβρυο που έχει ηλικία μερικών ημερών. Όλα τα οργανοειδή καλούνται στην αγγλική γλώσσα με τον όρο *organoids*, με εξαίρεση τα οργανοειδή εγκεφάλου, που ονομάζονται *cerebroids*, και τα οργανοειδή βλαστοκύστης, που ονομάζονται *gastruloids*. Θα δούμε παρακάτω ότι η ιδιαίτερη ονοματοδοσία αυτών των δύο τύπων οργανοειδών συμπλέκεται με ιδιαίτερες ανησυχίες, σε επίπεδο Βιοηθικής.

Ποιες είναι οι εφαρμογές των οργανοειδών;

Βασική έρευνα και ανάπτυξη φαρμάκων: Τα οργανοειδή επιτρέπουν τη μελέτη του τρόπου με τον οποίο τα κύτταρα αλληλεπιδρούν μεταξύ

τους, ως δομικά στοιχεία ενός οργάνου, καθώς και με το περιβάλλον τους. Για παράδειγμα, έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον η μελέτη επίδρασης γνωστών ασθενειών και φαρμακευτικών αγωγών στα οργανοειδή. Η ελεγχόμενη κατασκευή τους τα καθιστά ένα σύστημα που μπορεί να ρυθμιστεί κατά τις επιθυμίες των ερευνητών και να μελετηθεί με σχετική ευκολία, σε σχέση με τα πραγματικά όργανα. Το πρώτο ερευνητικό πεδίο, σε επίπεδο βασικής έρευνας, που εφαρμόστηκαν τα οργανοειδή ήταν η ερμηνεία της ικανότητας των βλαστοκυττάρων να παράγουν κύτταρα διαφόρων οργάνων. Στις μέρες μας χρησιμοποιούνται για τη μελέτη προσρόφησης θρεπτικών συστατικών, τη μετάδοση των φαρμάκων, καθώς και την έκκριση ορμονών. Το τελευταίο σχετίζεται με την καταπολέμηση ασθενειών όπως η παχυσαρκία, η αντίσταση στην ινσουλίνη και ο διαβήτης.

Αναπτυξιακή Βιολογία: Τα οργανοειδή προσφέρουν στους ερευνητές ένα εξαιρετικό μο-



ντέλο για τη μελέτη οργανογένεσης, της μελέτης δηλαδή των διαφόρων σταδίων ανάπτυξης ενός πλήθους ιστών και οργάνων. Για παράδειγμα, τα οργανοειδή έχουν συνεισφέρει στην κατανόηση των φυσικών διεργασιών του κεντρικού νευρικού συστήματος που σχετίζονται με τη δημιουργία του αμφιβλοστροειδούς χιτώνα. Επίσης, συστάδες εγκεφαλικών κυττάρων (cerebroids) έχουν επιδείξει μιας μορφής αντίδραση σε εξωτερικά ερεθίσματα που προσομοιάζει κάποιες πολύ βασικές λειτουργίες του εγκεφάλου. Ακόμα, τα οργανοειδή βλαστοκύστης (gastruloids) προσφέρουν ένα πολλά υποσχόμενο μοντέλο ανάπτυξης του ανθρώπινου εμβρύου, ειδικά μετά την ουσιαστική κατάργηση του κανόνα των 14 ημερών, με βάση τον οποίο ένα έμβρυο που αναπτύσσεται εκτός ανθρώπινης μήτρας θα πρέπει να θανατώνεται μετά την παρέλευση της 14^{ης} μέρας της ανάπτυξής του.

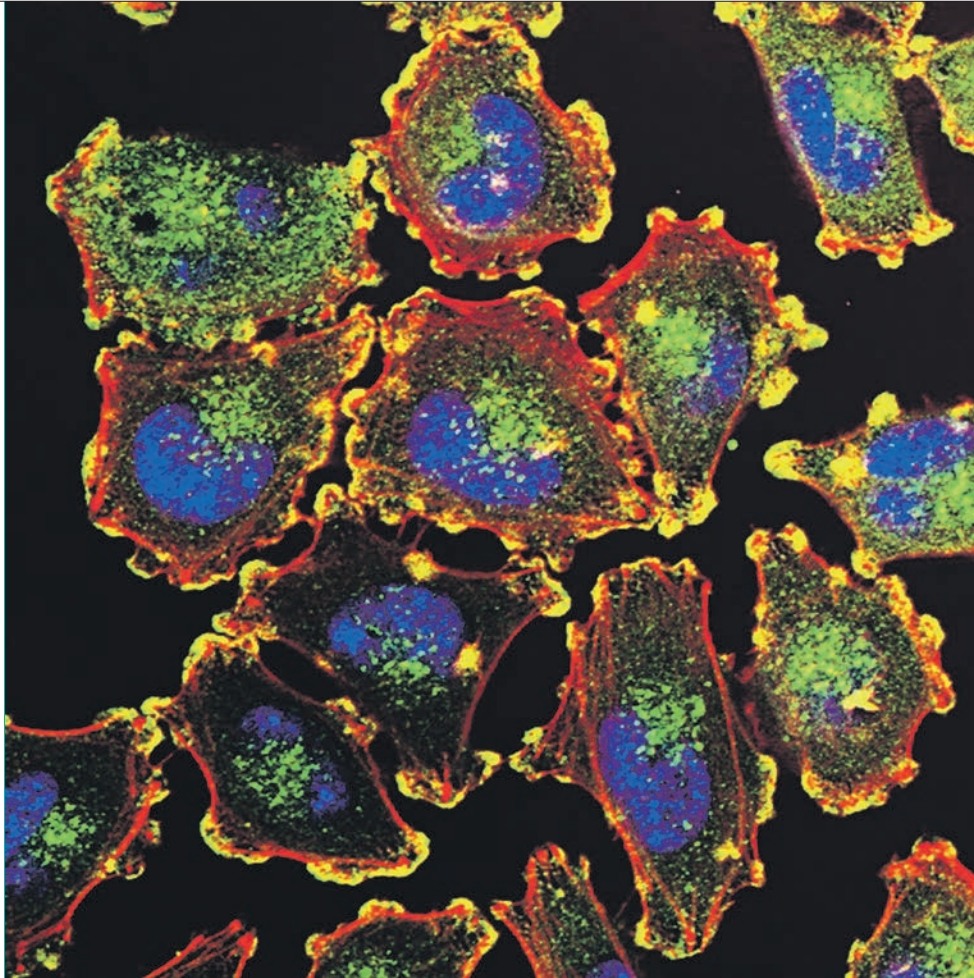
Εξατομικευμένη ιατρική: Η ενδεχόμενη ανάπτυξη πλήρων οργάνων από οργανοειδή ενδέχεται να επιλύσει οριστικά την αναζήτηση συμβατών μοσχευμάτων. Σε ένα ιδανικό σενάριο, ο δότης θα είναι ο ίδιος ο ασθενής ο οποίος θα προσφέρει μερικά κύτταρα του σώματός του από τα οποία θα μπορούν να αναπτυχθούν πλήρως συμβατά όργανα. Ένα ακόμα ενδεχόμενο είναι η κατασκευή εξατομικευμένων φαρμάκων, π.χ. για τον καρκίνο. Αντί να υποβληθεί ο ασθενής σε μιας γενικής χρήσης χημειοθεραπεία με αμφίβολη αποτελεσματικότητα και αποδοτικότητα, θα υποβάλλεται σε διάφορες δοκιμαστικές χημειοθεραπείες ένα οργανοειδές που θα έχει αναπτυχθεί από το προσβεβλημένο με καρκίνο όργανο του συγκεκριμένου ασθενούς. Έτσι, αναπτύσσεται η βέλτιστη, εξατομικευμένη χημειοθεραπεία.

Αντικατάσταση των πειραματόζωνων: Τα οργανοειδή έχουν την προοπτική να αντικαταστήσουν τα πειραματόζωα. Αυτή είναι μια εξέλιξη που ευθυγραμμίζεται με το συνεχές περιορισμό χρήσης πειραματόζωνων, μόνο σε απολύτως απαραίτητες περιπτώσεις και μόνο εφόσον τα αναμενόμενα για τον άνθρωπο οφέλη «ισοσταθμίζουν» τον πόνο στον οποίο υποβάλλονται.

Σύνδεση διαφορετικών τύπων οργανοειδών: Ήδη έχουν γίνει έρευνες επάνω στη σύνδεση οργανοειδών. Τέτοιου είδους οντότητες ονομάζονται assembloids και οι δυνατότητες που εμφανίζονται είναι εκπληκτικές. Για παράδειγμα, η σύνδεση cerebroids που προσομοιάζουν διαφορετικές περιοχές του ανθρώπινου εγκεφάλου μπορούν να οδηγήσει σε ένα ανώτερης λειτουργίας cerebroid, που αναφέρεται σε ορισμένες δημοσιεύσεις ως «εγκέφαλος μινιατούρα» ή «brain assembloid».

Οι προβληματισμοί από πλευράς βιοηθικής

Ποια είναι η υπόσταση των οργανοειδών; Λαμβάνοντας υπόψη ότι τα οργανοειδή δημιουργούνται από βλαστοκύτταρα και έχουν



το δυνατότητα να μιμούνται διαφόρων ειδών κύτταρα, ιστούς και όργανα, εγείρουν σημαντικούς ηθικούς προβληματισμούς. Οι προβληματισμοί αφορούν στην υπόσταση των οργανοειδών και, πιο συγκεκριμένα, στην ηθική αξία τους. Η εξέταση της ηθικής αξίας των οργανοειδών έρχεται να εμπλουτίσει παλιές διαμάχες γύρω από αντίστοιχους προβληματισμούς για το έμβρυο, που σχετίζονται με τη διάκριση μεταξύ προσώπου και πράγματος· μεταξύ υποκειμένου και αντικειμένου. Για παράδειγμα, το gastruloid προσφέρει την ευκαιρία να επανεξεταστούν τέτοιου είδους διαμάχες κάτω από νέες οπτικές γωνίες. Η ομοιότητα των gastruloids με τα έμβρυα προσφέρει νέες αφετηρίες επανεξέτασης της υπόστασης και του gastruloid, αλλά και του εμβρύου.

Έχουν συνείδηση τα οργανοειδή; Ένας άλλος σημαντικός ηθικός προβληματισμός είναι εκείνος της συνειδητότητας, που είναι στενά συνδεδεμένος με την διάκριση μεταξύ προσώπου και πράγματος. Σε αυτή την περίπτωση τα ερωτήματα τίθενται εκ νέου κάτω από την επίδραση των cerebroids. Αυτά τα οργανοειδή έχουν παραχθεί από εγκεφαλικά κύτταρα και εμφανίζουν χαρακτηριστικά παρόμοια με εκείνα ενός εγκεφάλου εμβρύου 19 με 24 εβδομάδων. Η ιδέα ότι τα cerebroids μιμούνται ορισμένες λειτουργίες του εγκεφάλου, και ότι ενδεχομένως να αισθάνονται πόνο, είναι κεντρική στη διαμάχη επάνω στο εάν παρουσιάζουν συνείδηση.

Είναι τα οργανοειδή φυσικές ή αφύσικες οντότητες; Αυτό το ερώτημα σχετίζεται και με οποιουδήποτε άλλο τύπο παρέμβασης στο ανθρώπινο γονιδίωμα, όπως με την δημιουργία ζώντων οργανισμών (μέσω κλωνο-

ποίησης), καθώς και με την δημιουργία τεχνητών οργανισμών στους οποίους συνυπάρχουν δύο γενετικά διακριτοί τύποι κυττάρων (οι επονομαζόμενες χίμαιρες). Σε σχέση με την έρευνα επάνω στα οργανοειδή ένα από τα ζητήματα που εγείρουν διαμάχη είναι ότι τα οργανοειδή μπορούν να κατασκευαστούν μέσω μεθόδων τρισδιάστατης εκτύπωσης, μια τεχνολογική διαδικασία που φαίνεται να προσδίδει κάτι το αφύσικό ή το τεχνητό σε μία ζώσα οντότητα ή σε κάποιο μέρος της.

Σε ποιόν ανήκουν τα οργανοειδή; Όπως αναφέρθηκε, μια σημαντική εφαρμογή των οργανοειδών είναι η χρήση τους στην κατανόηση των ασθενειών, αλλά και στην ανάπτυξη της εξατομικευμένης ιατρικής. Σε κάθε περίπτωση, οι πιθανές ή απίθανες αυτές εφαρμογές απαιτούν τη χρήση της πρώτης ύλης για την κατασκευή των οργανοειδών: τα κύτταρα, που βρίσκονται στις βιοτράπεζες και προέρχονται από δότες. Στο σημείο αυτό δημιουργούνται οι εξής περιπλοκές: Έχει παράσχει ο δότης ενήμερη συγκατάθεση για τη χρήση των κυττάρων του για κατασκευή οργανοειδών; Τι συμβαίνει όταν ο δότης είχε προσφέρει τα κύτταρά του πριν την εμφάνιση του ερευνητικού πεδίου των οργανοειδών; Δικαιούται ο δότης να ενημερωθεί στην περίπτωση που τα κύτταρά του δίνουν γέννηση σε οργανοειδή με ενδείξεις ανωμαλιών που παραπέμπουν σε πιθανή γενετική ασθένειά του; Ποιος είναι ο ιδιοκτήτης ενός οργανοειδούς; Όταν ένα οργανοειδές μετατραπεί σε εμπόρευμα, ποιος έχει δικαιώματα στα κέρδη που θα προκύψουν; Παρότι τα παραπάνω ερωτήματα σχετίζονται με νομικής φύσης προβλήματα, στην πραγματικότητα προέρχονται από την αντίληψη που έχει κάποιος για την υπό-

σταση των οργανοειδών – πρόσωπο ή πράγμα; – και στον τρόπο με τον οποίο ένας δότης αντιλαμβάνεται το σώμα του, ή μέρη του σώματός του.

Τελικά, τι είναι τα οργανοειδή;

Η καλλιέργεια μιας αυτό-οργανούμενης οντότητας που αναπαράγει κάποιες φυσιολογικές λειτουργίες μέσα σε έναν εργαστηριακό δειγματοφορέα δεν έχει τίποτα το πρωτότυπο. Αυτό που είναι πρωτότυπο με τα οργανοειδή είναι οι τεράστιες δυνατότητες που φαίνεται να προσφέρουν. Φαίνεται όμως ότι για να γίνουν πραγματικότητα τα οράματα των ερευνητών θα πρέπει να επιτευχθούν δύο βασικές εξελίξεις. Πρώτον, να μελετηθεί σε βάθος το πόσο πιστά τα οργανοειδή μπορούν να προσομοιάσουν τις λειτουργίες ενός οργάνου. Εκεί θα αποδειχθεί και η αξία τους στους τομείς της αναπτυξιακής βιολογίας, της κατασκευής φαρμάκων και της εξατομικευμένης ιατρικής. Δεύτερον, να καταστεί δυνατή η επαρκής αιμάτωση των οργανοειδών. Όταν αυτό επιτευχθεί τα οργανοειδή θα μπορούν να αναπτύσσονται σε μεγαλύτερα μεγέθη και να διατηρούνται για μεγαλύτερα χρονικά. Συνεπώς, τα οργανοειδή φαντάζουν να είναι οι, ακόμα κλειδωμένες, πύλες για τη λύση μιας πλειάδας προκλήσεων στη Βιολογία και την Ιατρική.

Τα οργανοειδή, όμως, μπορεί να είναι και κάτι ακόμα. Αρκεί να σκεφτούμε τις εκπληκτικές ή τρομακτικές δυνατότητες που φαίνεται να κρύβονται στη σύνδεση διαφορετικών τύπων οργανοειδών. Για παράδειγμα, την πλήρως υποθετική, ίσως ακόμα και δυστοπική, δυνατότητα κατασκευής «οργανισμών» που θα αποτελούνται από όργανα με λειτουργίες ρυθμισμένες για έναν ορισμένο σκοπό και με ορισμένη απόδοση, συνδεδεμένα με ένα νευρικό σύστημα που έχει προέλθει από τρισδιάστατη εκτύπωση και με ένα πλήρως τεχνητό κυκλοφορικό σύστημα που θα επιτρέπει την αιμάτωση με πλήρως τεχνητές διατάξεις (π.χ. organ-on-a-chip). Ποια θα είναι άραγε η υπόσταση τέτοιων οργανισμών; Τα οργανοειδή μας δίνουν μία ακόμη ευκαιρία να σκεφτούμε τους τεράστιους ορίζοντες που προσφέρει η επιστημονική έρευνα και, παράλληλα, τις προκλήσεις που θέτει συνεχώς στις κατεστημένες ηθικές αντιλήψεις.

Ίσως, τελικά, οι ανησυχίες να μην προέρχονται από την ίδια την επιστημονική έρευνα, αλλά από τον τρόπο που αυτή εργαλειοποιείται τόσο σε επίπεδο πραγματικών εφαρμογών, όσο σε επίπεδο πνευματικής καθοδήγησης ή χειραγώγησης των κοινωνιών. Ίσως το ρητό του Αριστοτέλη ότι «*Το Όλον είναι μεγαλύτερο από το άθροισμα των μερών του*» να είναι, στην περίπτωση αυτή, ιδιαίτερος διδακτικό. Επιστήμη ειδωμένη σε απομόνωση από τις πολιτικές, κοινωνικές και οικονομικές συνθήκες είναι ίσως περισσότερο σκοτάδι παρά φως.

Παναγιώτης Κάβουρας

Δρ. Φυσικός, ερευνητής στη Σχολή Χημικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου

Η κλιματική κρίση πλήττει τις πολικές περιοχές

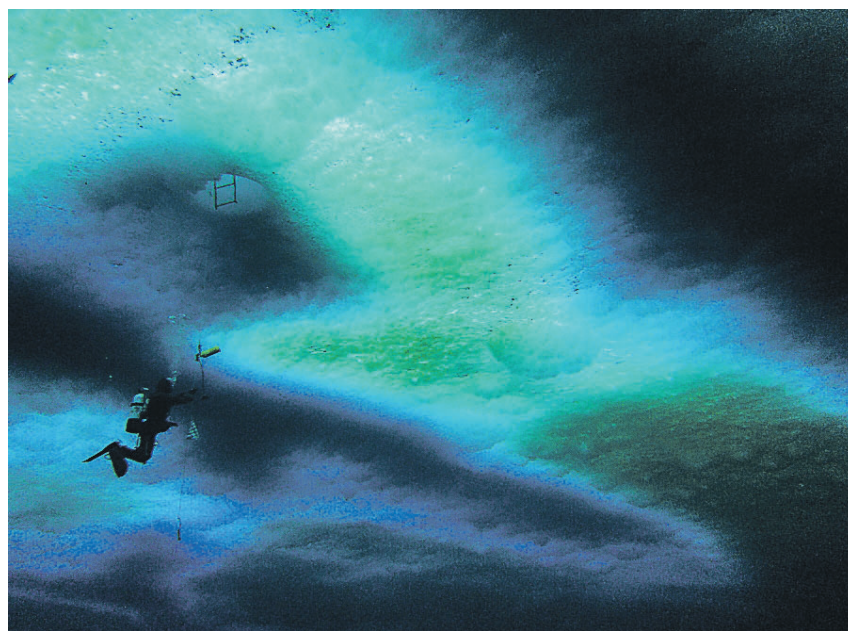
Ευαίσθητα οικοσυστήματα υπό κατάρρευση

Η κλιματική κρίση και ο τρόπος αναχαίτισής της αποτελεί, αδιαμφισβήτητα, το κρίσιμο διακύβευμα της εποχής μας. Η αύξηση της θερμοκρασίας επηρεάζει ήδη κάθε γωνιά του πλανήτη και κάθε έμβιο ον, άμεσα ή έμμεσα. Από τη μάχη για επιβίωση και προσαρμογή στις διαρκώς μεταβαλλόμενες συνθήκες δεν λείπουν τα μικροσκοπικά φύκη των πολικών περιοχών. Πρόσφατη μελέτη που δημοσιεύτηκε στο περιοδικό *Nature Communications*¹ αναδεικνύει τον τρόπο με τον οποίο επηρεάζονται οι ευαίσθητες οικολογικές ισορροπίες στα παγωμένα νερά των ωκεανών στο βόρειο και στο νότιο πόλο.

Οργανισμοί με τεράστια οικολογική σημασία

Οι ωκεανοί της βόρειας και νότιας πολικής ζώνης αποτελούν το μέρος όπου αναπτύσσεται ένα από τα πιο μεγάλα τροφικά πλέγματα της Γης. Σε αυτά τα οικοσυστήματα, παρά τις πολύ χαμηλές θερμοκρασίες, έχουν προσαρμοστεί και επιβιώνουν με μεγάλη επιτυχία πολλά και διαφορετικά είδη φωτοσυνθετικών οργανισμών. Πρόκειται για μικροσκοπικά φύκη, που αναπτύσσονται κάτω από τον πάγο και που αποτελούν τη βάση του τροφικού πλέγματος αυτών των περιοχών. Σε αντίθεση με τα φυτά, τα φύκη δεν αναπτύσσονται άθνη, βλαστό, ρίζες ή φύλλα. Παρόλα αυτά μπορούν να απορροφήσουν το φως του ήλιου και να φωτοσυνθέσουν. Επομένως δεσμεύουν το διοξείδιο του άνθρακα από την ατμόσφαιρα και απελευθερώνουν οξυγόνο. Παρόλο που βρίσκονται στη βάση της τροφικής αλυσίδας αποτελούν τροφή για πολλά ζώα. Εμφανίζουν, επίσης, αξιοσημείωτη ποικιλομορφία και προσαρμοστικότητα σε διαφορετικά περιβάλλοντα. Αυτά που ζουν στις ψυχρές θάλασσες είναι κυρίως ευκαρυωτικά κύτταρα, φέρουν, δηλαδή, πυρήνα, στο εσωτερικό των κυττάρων τους, σε αντίθεση με τα προκαρυωτικά φύκη που συναντάμε κυρίως σε θάλασσες που επικρατούν υψηλότερες θερμοκρασίες.

Παρά τις πολύ χαμηλές θερμοκρασίες και τη μειωμένη διείσδυση του ηλιακού φωτός, τα φύκη των πολικών ωκεανών κατορθώνουν να ζουν και να πολλαπλασιάζονται προμηθεύοντας με τροφή και πολύτιμα θρεπτικά συστατικά ολόκληρο το υδάτινο οικοσύστημα. Αποτελούν χαρακτηριστικό παράδειγμα προσαρμογής σε ακραίες περιβαλλοντικές συνθήκες, όπως αυτές που επικρατούν στον βόρειο και στον νότιο πόλο, διότι κατορθώνουν να φωτοσυνθέσουν παρά το λιγοστό φως που φτάνει κάτω από το παγωμένο νερό. Από αυτούς τους οργανισμούς τρέφονται μικρά καρκινοειδή καθώς και άλλα ζώα που ανήκουν στο ζωπλαγκτόν. Κι έτσι ξεκινά μια τροφική αλυσίδα που φτάνει μέχρι και τα μεγάλα θαλάσσια



Πηγή: Wikimedia Commons

θηλαστικά καθώς επίσης και στα ψάρια που καταναλώνει ο άνθρωπος. Άλλωστε οι πολικές περιοχές, όπως για παράδειγμα ο Αρκτικός Ωκεανός, περιλαμβάνουν περιοχές έντονης αλιευτικής δραστηριότητας και ένα μεγάλο τμήμα της διατροφής του ανθρώπινου πληθυσμού προέρχεται από αυτά τα μέρη.

Η κλιματική αλλαγή ανατρέπει ισορροπίες

Καθώς η κλιματική κρίση εξελίσσεται, ο πάγος στις πολικές περιοχές συρρικνώνεται εξαιτίας της ανόδου της θερμοκρασίας, γεγονός που έχει τεράστια επίδραση στους οργανισμούς που έχουν προσαρμοστεί στα ψυχρά υδάτινα περιβάλλον της πολικής ζώνης. Σύμφωνα με τη μελέτη επιστημονικής ομάδας από οκτώ ερευνητικά κέντρα και πανεπιστήμια του Ηνωμένου Βασιλείου και των Η.Π.Α., η αύξηση της θερμοκρασίας στις πολικές περιοχές μπορεί να οδηγήσει στην κυριαρχία προκαρυωτικών φυκών σε βάρος των ευκαρυωτικών, γεγονός που θα ανατρέψει τις ευαίσθητες οικολογικές ισορροπίες των οικοσυστημάτων. Σύμφωνα με τους συγγραφείς της μελέτης, το γεγονός αυτό θα έχει δραματική επίπτωση σε ολόκληρο το τροφικό πλέγμα από το οποίο εξαρτώνται πάρα πολλά είδη, μεταξύ των οποίων και ο άνθρωπος.

Στην προσπάθειά τους να κατανοήσουν πώς μεταβάλλονται οι κοινότητες του φυτοπλαγκτού ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος, οι ερευνητές κατόρθωσαν να εντοπίσουν, να συλλέξουν και να ταξινομήσουν τα διάφορα είδη φυκών αλλά και να μελετήσουν τις περιβαλλοντικές συνθήκες και τους οργανισμούς με τους οποίους αλληλεπιδρούν. Πραγματοποιήθηκαν τέσσερις

ερευνητικές αποστολές, από τον βόρειο μέχρι τον νότιο πόλο και συλλέχθηκαν φύκη από τον Αρκτικό Ωκεανό, τον Βόρειο και Νότιο Ατλαντικό Ωκεανό μέχρι τον Νότιο Ωκεανό της Ανταρκτικής. Με τη χρήση ειδικών φίλτρων ξεχώρισαν τα φύκη από τους υπόλοιπους οργανισμούς και απομόνωσαν το γενετικό τους υλικό. Στη συνέχεια χρησιμοποιώντας σύγχρονες τεχνικές μοριακής βιολογίας ανέλυσαν τα γονίδια που εκφράζουν στα κύτταρά τους. Με τη βοήθεια εξειδικευμένων υπολογιστικών προγραμμάτων παρατήρησαν ότι οι κοινότητες των φυκών δεν μεταβάλλονται σταδιακά με την αλλαγή του γεωγραφικού πλάτους αλλά διαχωρίζονται με σαφή τρόπο σε δύο μεγάλες ομάδες: σε αυτά που ζουν στα ψυχρά νερά των πολικών ζωνών και στα υπόλοιπα που ζουν στα πιο θερμά νερά των άλλων γεωγραφικών περιοχών. Έτσι ένα αόρατο σύνορο φαίνεται να διαχωρίζει τους πληθυσμούς των φυκών, έτσι ώστε κάποια να παραμένουν στα ψυχρά νερά ενώ κάποια άλλα στα θερμότερα.

Στη συνέχεια η ερευνητική ομάδα χρησιμοποίησε δεδομένα από τη Διακυβερνητική Επιτροπή για την Αλλαγή του Κλίματος (Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC) του Ο.Η.Ε. για να διαπιστώσει ποιες περιοχές επηρεάζονται από την αύξηση της θερμοκρασίας και πόσο γρήγορα. Κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι οι κοινότητες των φυκών των θερμών υδάτων αντικαθιστούν ταχύτατα αυτές των ψυχρών, γεγονός που έχει καταστροφικές επιπτώσεις για τα είδη που εξαρτώνται διατροφικά από αυτές, όπως οι γαρίδες αλλά και οι φάλαινες που μετακινούνται προς τους πόλους για εύρεση τροφής.

Οι αλλαγές στη βάση του τροφικού πλέγματος των ωκεανών, σύμφωνα με την ερευνητική ομάδα, θα επιφέρουν αλυσιδωτές αντιδράσεις στα οικοσυστήματα των περιοχών αυτών. Λαμβάνοντας υπόψη την τεράστια συνεισφορά του φυτοπλαγκτού στη δέσμευση του άνθρακα και στην παραγωγικότητα των ωκεάνιων οικοσυστημάτων, οι μεταβολές στη σύστασή του αναμένεται να έχουν άμεσο αντίκτυπο όχι μόνο στις περιοχές που αυτό εντοπίζεται αλλά και σε ολόκληρο τον πλανήτη.

Μ.Τ.

¹ Martin K et al. The biogeographic differentiation of algal microbiomes in the upper ocean from pole to pole. *Nature Communications*, 2021; 12 (1) DOI: 10.1038/s41467-021-25646-9

ΕΡΕΥΝΑ

29ο Συνέδριο της Ελληνικής Εταιρείας για τις Νευροεπιστήμες

Η Ελληνική Εταιρεία για τις Νευροεπιστήμες (EEN) διοργανώνει το 29^ο Συνεδριό της, στις 8-10 Οκτωβρίου 2021. Σκοπός του συνεδρίου είναι να παρουσιαστούν οι τελευταίες εξελίξεις στον τομέα των Νευροεπιστημών μέσα από ομιλίες κορυφαίων ερευνητών, που δραστηριοποιούνται σε χώρες σε όλο τον κόσμο. Παράλληλα, θα παρουσιαστούν ερευνητικές εργασίες νέων επιστημόνων, εκ των οποίων, μερικές θα βραβευθούν με τη χρηματοδότηση του ταξιδιού στο Συνέδριο της Ομοσπονδίας των Εταιρειών Νευροεπιστημών των Ευρωπαϊκών χωρών που θα διεξαχθεί το 2022, στο Παρίσι.

Το Συνέδριο αφορά σε ερευνητικά πεδία των νευροεπιστημών όπως είναι η νευροεπιστήμη της συμπεριφοράς, ο πόνος, η απεικόνιση του εγκεφάλου, η σχέση του εγκεφάλου με τον εντερικό σωλήνα, η ανάπτυξη και οι νευροεκφυλιστικές ασθένειες. Όπως αναφέρει η Αναστασία Τσιγκοτζίδου, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια του Τμήματος Κτηνιατρικής του Α.Π.Θ. και Πρόεδρος της Οργανωτικής Επιτροπής του Συνεδρίου, εκτός από τα βασικά ερευνητικά πεδία που θα συζητηθούν κατά τη διάρκεια του Συνεδρίου, θα παρουσιαστούν επίσης καινοτόμες ερευνητικές κατευθύνσεις με ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Πιο συγκεκριμένα, ειδικές συνεδριάσεις θα ασχοληθούν με την οπτογενετική, μια σχετικά καινούρια τεχνική, η οποία επιτρέπει τη διέγερση συγκεκριμένων νευρωνικών δικτύων και διερευνά τον ρόλο τους σε συγκεκριμένες λειτουργίες (ή συμπεριφορές). Επίσης, εξειδικευμένοι επιστήμονες, θα μας μιλήσουν για τη χρήση των οργανοειδών, τα οποία είναι δομές ιστού που δημιουργούνται από βλαστοκύτταρα του Κεντρικού Νευρικού Συστήματος και χρησιμοποιούνται τόσο στην έρευνα της αναπτυξιακής νευροβιολογίας, όσο και σε καινοτόμες προσπάθειες για νέες θεραπευτικές προσεγγίσεις. Ταυτόχρονα, θα παρουσιαστούν θέματα όπως η επίδραση του άγχους και των περιβαλλοντικών παραγόντων στην πλαστικότητα των νευρικών κυττάρων και τη συμπεριφορά και η αλληλεπίδραση του μικροβιώματος του εντέρου και του εγκεφάλου. Θα δοθεί ο λόγος σε ερευνητές που ασχολούνται με τη βασική έρευνα στον πόνο μετά από εγκαύματα, στην κεφαλαλγία και στη διέγερση των περιφερικών υποδοχέων του πόνου. Τέλος, επιστήμονες θα μας παρουσιάσουν σύγχρονες τεχνικές που επιτρέπουν την *in vivo* λειτουργική απεικόνιση του εγκεφάλου σε διάφορες καταστάσεις, όπως για παράδειγμα, με τη χρήση σύγχρονων τεχνικών απεικόνισης της δραστηριότητας των νευρικών κυττάρων για την κωδικοποίηση λειτουργιών του εγκεφαλικού φλοιού.

Οι ομιλητές του Συνεδρίου προέρχονται από πανεπιστήμια και ερευνητικούς οργανισμούς της Ελλάδας, από χώρες όπως η Κορέα και η Κίνα, οι Ηνωμένες Πολιτείες, ο Κα-



ναδάς και η Χιλή, αλλά και από χώρες της Ευρώπης, όπως η Ολλανδία, η Ελβετία, το Ηνωμένο Βασίλειο, η Γαλλία και το Ισραήλ. Σε αυτούς συμπεριλαμβάνονται και Έλληνες ερευνητές που εργάζονται στο εξωτερικό.

Ο συνδυασμός του διεθνούς κύρους ερευνητών με τα θέματα αιχμής που θα συζητηθούν συμβάλλουν στην προαγωγή της γνώ-

σης και στην ενημέρωση των νέων επιστημόνων για καινούριες τεχνικές στη μελέτη του υγιούς αλλά και του νοσούντος εγκεφάλου. Οι κεντρικές ομιλίες θα δοθούν από δύο επιστήμονες από την Ευρώπη και άλλους δύο από τις Ηνωμένες Πολιτείες. Ο Καθηγητής των Νευροεπιστημών Menno Witter, από το Πανεπιστήμιο των Επιστημών και Τεχνολο-

γίας της Νορβηγίας, θα μιλήσει για τον ενδορρινικό φλοιό και τη σημασία του στη μνήμη. Όπως ανέφερε ο ίδιος σχετικά: «Η συνειδητή μνήμη εξαρτάται από πολύπλοκες αλληλεπιδράσεις μεταξύ περιοχών του εγκεφάλου και ενός μικρού τμήματος του φλοιού των εγκεφαλικών ημισφαιρίων που ονομάζεται ενδορρινικός φλοιός, η οποία είναι μια βασική δομή για τον έλεγχο αυτών των αλληλεπιδράσεων». Η καθηγήτρια Ιατρικής και Νευροβιολογίας, του Πανεπιστημίου της Καλιφόρνιας στο Λος Άντζελες, Catia Sternini, θα ενημερώσει για τη συμμετοχή των ομοιοειδών υποδοχέων στον εντερικό σωλήνα, τόσο στο υγιές όσο και στο άτομο που νοσεί. Θα παρουσιάσει επίσης τη σχέση των εντερικών νευρώνων με τα κύτταρα του ανοσιακού συστήματος. Στη συνέχεια, ο Καθηγητής στο Ινστιτούτο Ψυχικής Υγείας, του Πανεπιστημίου της Χαϊδελβέργης στη Γερμανία, Valery Grinevich, θα μιλήσει για τη χρήση της οπτογενετικής τεχνικής για την έρευνα του ωκυτοκινεργικού συστήματος στον εγκέφαλο. Η ωκυτοκίνη είναι μια σημαντική ορμόνη που εμπλέκεται σε διάφορες γνωσιακές λειτουργίες του εγκεφάλου, αλλά και σε άλλα θέματα, όπως η διατροφή και η γαλουχία. Τέλος, ο Καθηγητής της Νευροβιολογίας στο Πανεπιστήμιο του Pittsburgh των Ηνωμένων Πολιτειών, Michael Gold θα μιλήσει για τους μηχανισμούς που είναι υπεύθυνοι για την έναρξη και τη διατήρηση του χρόνιου πόνου. Ο χρόνιος πόνος είναι ένα σύμπτωμα πολλών ασθενειών που επηρεάζει την ποιότητα της ζωής και ο Michael Gold έχει ασχοληθεί ερευνητικά με τη βασική έρευνα του χρόνιου πόνου, της οποίας τα αποτελέσματα θα παρουσιαστούν στο Συνέδριο της EEN.

Στο πλαίσιο του Συνεδρίου έχει δημιουργηθεί μια διαδικτυακή πλατφόρμα, διαμέσου του slack, στην οποία, θα μπορούν οι συμμετέχοντες να επικοινωνούν άμεσα με κάθε ομιλητή κατά τη διάρκεια του Συνεδρίου. Με αυτόν τον τρόπο, θα μειωθεί η αδυναμία της επικοινωνίας που δίνει η διαζώσης πραγματοποίηση του Συνεδρίου. Εκτός από το επιστημονικό πρόγραμμα, το διαδικτυακό συνέδριο θα εμπλουτίζεται με προβολές video που δημιουργήθηκαν από τον εικαστικό καλλιτέχνη Σταύρο Παναγιωτάκη. Τα video που θα προβληθούν τόσο στη διάρκεια των διαλειμμάτων, όσο και στην «κοινωνική ώρα» του συνεδρίου, έχουν θεματική που αφορά στην κοσμογονία, στο κύτταρο και στον εγκέφαλο.

Λ.Α.

Πληροφορίες για το Συνέδριο

Το Συνέδριο της Ελληνικής Εταιρείας για τις Νευροεπιστήμες διεξάγεται κάθε δύο χρόνια. Φέτος, λόγω των συνθηκών, θα πραγματοποιηθεί διαδικτυακά. Περισσότερες πληροφορίες και το πρόγραμμα θα βρείτε στην ιστοσελίδα του Συνεδρίου: <https://e-talk.gr/hsfn2021-29th-meeting/>. Ένας από τους στόχους της Ελληνικής Εταιρείας για τις Νευροεπιστήμες, που είναι η παλαιότερη Ελληνική επιστημονική εταιρεία σε αυτόν τον χώρο, είναι η υποστήριξη νέων επιστημόνων για την παρακολούθηση συνεδρίων στην Ευρώπη. Για αυτόν τον σκοπό δίνονται βραβεία στις καλύτερες ανακοινώσεις του Ελληνικού Συνεδρίου. Στις δραστηριότητες εξωστρέφειας της Εταιρείας, περιλαμβάνονται εκδηλώσεις κατά τη διάρκεια της παγκόσμιας εβδομάδας ενημέρωσης για την έρευνα στον εγκέφαλο (<https://brainawareness.org/>), αλλά και δημιουργία σύντομων εκλαϊκευμένων παρουσιάσεων νευροεπιστημονικών θεμάτων οι οποίες βρίσκονται αναρτημένες στην ιστοσελίδα της εταιρείας: <https://www.hsfm.gr/>

Περισσότερες πληροφορίες:

www.ntnu.edu/employees/menno.witter
www.uclahealth.org/gastro/research/sternini-lab
www.uni-heidelberg.de/izn/researchgroups/grinevich/
https://goldlab.neurobio.pitt.edu/?page_id=112
www.stavros-panagiotakis.net

Ήταν ο Ισαάκ Νεύτων μάγος;

Με τέτοιους τίτλους, ξεκινούν αρκετά άρθρα που επιθυμούν να εντυπωσιάσουν τους αναγνώστες τους. Ειδικά ως προς τον Νεύτωνα, τις τελευταίες δεκαετίες έχουν γραφτεί δεκάδες άρθρα για τις «άγνωστες», «μυστήριες», «ιδιαιτέρες» και «αναπάντεχες» ενασχολήσεις του. Είναι αλήθεια ότι ο Νεύτων ασχολήθηκε συστηματικά με την αλχημεία, τη θεολογία και τον απόκρυφο θεολογικό μυστικισμό της Καμπάλα. Το παρόν άρθρο δεν έχει σκοπό να αναφερθεί εξονυχιστικά στις μελέτες του Νεύτωνα στην αλχημεία και τη θεολογία. Για όσους και όσες ενδιαφέρονται, μπορούν να ανατρέξουν στο περίφημο *The Newton Project* (www.newtonproject.ox.ac.uk/), όπου είναι ψηφιοποιημένα και συγκεντρωμένα όλα τα κείμενά του. Σε αυτό το άρθρο θα ασχοληθούμε με τη δημόσια εικόνα αυτής της ιστορίας. Θα τεθούν κάποια ερωτήματα που έχουν σκοπό να θέσουν έναν κρίσιμο τελικό προβληματισμό: Ποια είναι τα κριτήρια με τα οποία διαμορφώνεται η δημόσια εικόνα της επιστήμης και της ιστορίας;

Γιατί ήταν παράδοση η ενασχόληση του Νεύτωνα με την αλχημεία και τη θεολογία;

Δεν ήταν. Ο Νεύτων δεν ήταν το πρωί επιστήμονας και το βράδυ αλχημιστής και θεολόγος. Ήταν ένας φυσικός φιλόσοφος του 17^{ου} αιώνα. Ο Νεύτων θεωρούσε απολύτως φυσιολογικό να έχει και άλλες ενασχολήσεις πέρα από τις μελέτες του στα μαθηματικά, στην οπτική, στη μηχανική και την αστρονομία. Για τον ίδιο, όλες αυτές οι ενασχολήσεις ήταν απολύτως συμβατές και ισοδύναμες. Ως άνθρωπος με συγκεκριμένες θρησκευτικές πεποιθήσεις, θεωρούσε ότι η ανακάλυψη οποιασδήποτε αλήθειας απαιτούσε συστηματική μελέτη και έρευνα. Όπως ερευνούσε τη φύση και επιδίωκε να ξεκλειδώσει τα μυστικά της, ομοίως μελετούσε απόκρυφα κείμενα και τη Βίβλο για να βρει αλήθειες που δεν είχε βρει κανείς έως τότε. Δεν είναι τυχαίο ότι η έννοια της *παγκόσμιας έλξης* δεν προέκυπτε από τις μαθηματικές του μεθόδους αλλά θεωρούσε ότι ήταν μια οντότητα που έχει φυσική υπόσταση και ασκείται μεταξύ των σωμάτων. Για τον Νεύτωνα, ο μόνος που μπορεί να ασκεί αυτή τη δύναμη είναι ο Θεός. Στα μάτια του, η βαρύτητα ήταν απόδειξη του Σχεδίου με το οποίο ο Θεός οργανώνει τη φυσική τάξη. Όπως, επομένως, θεώρησε ότι έλυσε τα μυστήρια του ουρανού, ομοίως επιχείρησε να λύσει και τα μυστήρια της ύλης. Η ενασχόλησή του με την αλχημεία και τα συστηματικά πειράματα που πραγματοποιούσε είχαν στόχο να βρει ποια είναι η έσχατη φύση του υλικού κόσμου. Ομοίως, η ενασχόλησή του με τη θεολογία είχε σκοπό την ανακάλυψη της αλήθειας για τον Θεό. Ο Νεύτων θεωρούσε ότι ο αληθινός Θεός δεν ήταν ο τριαδικός Θεός. Ήταν βέβαιος ότι η Αγία Τριάδα αποτελούσε μια σκόπιμη παραποίηση που είχε γίνει στις πρώτες Οικουμενικές Συνόδους του 4^{ου} και 5^{ου}

αιώνα μ.Χ. Θεωρούσε χρέος του, όπως μελέτησε τη φύση, να μελετήσει και τα ιερά βιβλία και την ιστορία του χριστιανικού δόγματος. Στο μυαλό του όλα είχαν μια ενιαία αφετηρία, την αλήθεια για τον κόσμο.

Μήπως ο Νεύτων γνώριζε κάτι που δεν γνωρίζει η σημερινή επιστήμη;

Προφανώς και όχι. Όποιος/α ισχυρίζεται το αντίθετο, πρέπει να το αποδείξει με ιστορικά και επιστημονικά τεκμήρια. Είναι πολύ σημαντικό να καταλάβουμε ότι η μελέτη της φύσης κατά τον 17^ο αιώνα είχε αυτούς τους κανόνες. Οι φυσικοί φιλόσοφοι δεν ήταν επιστήμονες με τη σημερινή έννοια του όρου. Είναι διάσημη η φράση του Ρόμπερτ Μπόιλ ότι οι φυσικοί φιλόσοφοι ήταν οι ιερείς της φύσης. Ενδιαφέρονταν για τη φύση με ένα βαθύ θρησκευτικό αίσθημα. Η ενασχόλησή τους με τη φύση, δηλαδή, είχε διαφορετικά κριτήρια από τα κριτήρια που έχει η σημερινή επιστήμη. Ήταν μια διαφορετική προσέγγιση στη μελέτη της φύσης. Στη μελέτη της φύσης, σε οποιαδήποτε ιστορική περίοδο, αυτό που έχει μεγαλύτερη σημασία είναι οι μέθοδοι και τα κριτήρια με τα οποία οι άνθρωποι επιχειρούν να κατανοήσουν τον φυσικό κόσμο. Όταν αλλάζουν οι μέθοδοι και τα κριτήρια, αλλάζει και ο τρόπος που κατανοούμε τον κόσμο. Επομένως, ό,τι και αν νομίζει ότι ανακάλυψε ο Νεύτων σε σχέση με τον Θεό, δεν έχει κανένα νόημα να το κρίνουμε με τα κριτήρια των σημερινών επιστημών. Για την ακρίβεια, είναι παντελώς αδιάφορο για τη σημερινή επιστήμη. Αυτό δεν σημαίνει, βέβαια, ότι οι σημερινές επιστήμες δεν ενσωματώνουν μεταφυσικά κριτήρια σε διάφορα επίπεδα, απλώς αυτά τα κριτήρια είναι αρκετά διαφορετικά από τα αυστηρά θεολογικά που έθεσε ο Νεύτων και οι φυσικοί φιλόσοφοι της εποχής του.



Μήπως ο Νεύτων ήταν, τελικά, δεισιδαίμων και ανορθολογιστής;

Με μεγάλη βεβαιότητα μπορούμε να απαντήσουμε αρνητικά σε αυτή την ερώτηση. Ένας άνθρωπος, που θεωρείται από τους πιο εμβληματικούς και επιδραστικούς διανοητές όλων των εποχών και άλλαξε κυριολεκτικά την εικόνα που έχουμε για τον κόσμο, δεν θα μπορούσε να θεωρηθεί ότι δεν έχει ορθολογικό τρόπο σκέψης. Ωστόσο, κάποιος/α θα μπορούσε να ισχυριστεί ότι όλοι οι άνθρωποι έχουν και τις σκοτεινές πτυχές τους. Δεν είναι, όμως, έτσι. Μια απλή ανάγνωση των χειρογράφων του Νεύτωνα στην αλχημεία και τη θεολογία μπορεί να πείσει για το αντίθετο. Εργαζόταν με τον ίδιο συστηματικό, μεθοδικό και συγκροτημένο τρόπο που εργαζόταν και στο «επιστημονικό» του έργο. Ήταν ιδιαίτερα αναλυτικός, εξαντλητικός στα επιχειρήματά του και η βιβλιογραφία που είχε χρησιμοποιήσει ήταν εντυπωσιακή. Όπως είχε δηλώσει και ένας ιστορικός των επιστημών, δεν πρέπει να αναρωτιόμαστε πώς ο σπουδαιότερος φυσικός όλων των εποχών ασχολήθηκε με τη θεολογία. Αντιθέτως, θα έπρεπε να αναρωτιόμαστε πώς ένας από τους μεγαλύτερους θεολόγους της εποχής του ασχολήθηκε με τη φυσική και τα μαθηματικά. Ενδεχομένως, να υπάρχει ένα στοιχείο υπερβολής, ωστόσο είναι ενδεικτική αυτή η παρατήρηση της αφοσίωσης που έδειξε στις μεταφυσικές του αναζητήσεις και μελέτες.

Γιατί μας ενδιαφέρει μια ιστορία που δεν έχει σχέση με την εποχή μας;

Αυτή είναι μια ερώτηση που εύλογα θα μπορούσε κανείς να διατυπώσει. Υπάρχει, όμως, απάντηση. Η ιστορία της ενασχόλησης του Νεύτωνα με την αλχημεία και τη θεολογία δείχνει ότι καθετί πρέπει να το κρίνουμε στο πλαίσιο που βρίσκεται. Η όποια αξιολογική κρίση οφείλει να λαμβάνει υπόψη ιστορικές και πολιτισμικές διαφοροποιήσεις, είτε αφορά το παρελθόν είτε αφορά μια άλλη εντοπιότητα. Επίσης, κάθε ιστορικό και πολιτισμικό πλαίσιο έχει δικούς του κανόνες, κώδικες συμπεριφοράς, έννοιες, σχέσεις μεταξύ των υποκειμένων και θεσμούς. Όλα αυτά υποκαθορίζουν σε σημαντικό βαθμό την παραγωγή γνώσης και δεν μπορούμε να κρίνουμε τιδήποτε παράγεται σαν να είναι αποκομμένο από το πλαίσιο του. Αντιθέτως, μόνο έτσι μπορούμε να το κατανοήσουμε, ανεξάρτητα από τι μπορεί να θεωρούμε ότι ισχύει στο δικό μας πλαίσιο. Ανεξάρτητα, επομένως, από τους εντυπωσιακούς τίτλους που μπορούμε να βάλουμε σε ένα άρθρο ή σε μια είδση, η ανθρώπινη ιστορία είναι πάντα πιο πολύπλοκη και πιο εντυπωσιακή από τις παραδοξότητες που φανταζόμαστε ότι μπορεί να έχει. Αυτές οι παραδοξότητες είναι απλώς το όνομα που δίνουμε σε όσα δεν κάνουμε προσπάθεια να καταλάβουμε. Και δεν είναι τυχαίο ότι οι παραδοξότητες έχουν δύο ενδύματα, εκείνο της εξιδανίκευσης και εκείνο της απαξίωσης.

