

## Τι είναι η ζωή;\*

Σε ένα άρθρο του με τον τίτλο «Ζωή», που δημοσιεύτηκε στην *Εγκυκλοπαίδεια Universalis*, ο Ζωρζ Κανγκιλέμ, αναφερόμενος στην ιστορικότητα του ερωτήματος «Τι είναι η ζωή», δήλωνε ότι, ενώ το εν λόγω ερώτημα είχε αναδυθεί με εντυπωσιακό τρόπο στα τέλη του 18ου αιώνα (ταυτόχρονα με τη γένεση του κλάδου της Βιολογίας), στις μέρες του είχε σχεδόν παραγκωνιστεί ως αντικείμενο επιστημονικής αναζήτησης, μακριά από τα ενδιαφέροντα και τους προβληματισμούς των βιολογών<sup>1</sup>.

Αυτός ο παραγκωνισμός του ερωτήματος κράτησε πολλές δεκαετίες. Ομοίως, πριν από μια δεκαετία περίπου, το ερώτημα ήρθε ξαφνικά πάλι στο προσκήνιο ως αντικείμενο επιστημονικής αναζήτησης. Στην ομιλία μου, θα παρουσιάσω εκτενώς την ιστορική διαδρομή του συγκεκριμένου ερωτήματος και θα προσπαθήσω να δώσω τα αίτια αυτής της εξέλιξης. Θα σας παρουσιάσω εν συντομία διάφορες πρόσφατες απαντήσεις στο εν λόγω ερώτημα, πριν θέσω τα δικά μου ερωτήματα και τις δικές μου απαντήσεις για το κατά ποσο είναι όντως αντικείμενο «επιστημονικής αναζήτησης» το συγκεκριμένο ερώτημα.

### **1. Μια πολυτάραχη ιστορία γύρω από την ανάδυση του ερωτήματος «Τι είναι η ζωή»**

Ο Μισέλ Φουκώ, στο σύγγραμμά του *Οι λέξεις και τα πράγματα*<sup>2</sup>, υποστήριξε μια άποψη πιο προκλητική από αυτή του Ζωρζ Κανγκιλέμ σχετικά με τη γένεση του εν λόγω ερωτήματος, δηλώνοντας τα εξής: «Η αιτία που η βιολογία δεν υπήρχε ως επιστήμη ήταν ότι δεν υπήρχε η έννοια της ζωής. Υπήρχαν βέβαια τα έμβια όντα, αλλά αυτά αποτελούσαν αντικείμενο μελέτης της φυσικής ιστορίας. Οι ερευνητές πριν από τα τέλη του 18ου αιώνα είχαν ως κύρια φροντίδα την ταξινόμησή τους και όχι τον προβληματισμό για αυτό το “κάτι τι” το κοινό που ενδεχομένως αυτά να είχαν». Πολλοί ιστορικοί της επιστήμης άσκησαν έντονη κριτική στην ερμηνεία του Μισέλ Φουκώ, χωρίς να αμφισβητούν όμως την άποψη του Ζωρζ Κανγκιλέμ. Επίσης, απέρριπταν την άποψη ότι το ερώτημα δεν είχε απασχολήσει καθόλου νοορδέτερα την επιστημονική κοινότητα και ότι η έννοια της ζωής δεν υπήρχε πριν από την ανάπτυξη της «επιστήμης των ζώντων», δηλαδή της βιολογίας.

Ο Μισέλ Φουκώ είναι καθηγητής στην Ecole Normale Supérieure.

\* Το παρόν κείμενο είναι το κείμενο διάλεξης που πραγματοποιήθηκε στο Κέντρο Ιστορίας της Θεσσαλονίκης μετά από πρόσκληση της Ένωσης Φυσικών Μακεδονίας και του Γαλλικού Ινστιτούτου Θεσσαλονίκης.

Είναι ωστόσο γεγονός αναμφισβήτητο πως το ερώτημα αυτό απέκτησε κομβική θέση στη βιολογία του 19ου αιώνα και γνώρισε μεγάλη δόξα στη δεκαετία του 1940. Αυτό μαρτυρεί και το σύγγραμμα του διάσημου φυσικού Έρβιν Σρέντινγκερ με τον τίτλο «Τι είναι η ζωή»<sup>3</sup>, που δημοσιεύτηκε το 1944 και είχε μεγάλο απόηχο στους μεταγενέστερους μοριακούς βιολόγους. Παρόμοιο απόηχο είχαν επίσης και οι σχετικοί με το «αίνιγμα της ζωής» στοχασμοί του άλλου διάσημου φυσικού της εποχής, του Max Delbrück, που κατέστη ένας από τους πρωταγωνιστές της μοριακής βιολογίας, καθώς επίσης και όλα τα άρθρα που δημοσιεύτηκαν στα επιστημονικά περιοδικά μεγάλης κυκλοφορίας, όπως το *Scientific American*. Εκείνα τα χρόνια, οι προσπάθειες των βιολόγων, αλλά και των χημικών και των φυσικών, είχαν επικεντρωθεί στα πιο μικρά βιολογικά ερευνητικά πεδία, σε αυτά που βρίσκονται στα σύνορα μεταξύ της έμβιας και της άβιας ύλης, δηλαδή στους ιούς και τους βακτηριοφάγους. Η προοδευτική ταυτοποίησή τους έδειξε τελικά ότι τα αντικείμενα αυτά είναι ουσιαστικά μεγαλομοριακές ενώσεις, συνεπώς αποτελούν αντικείμενα του κλάδου της χημείας: ως εκ τούτου, με την ταυτοποίηση αυτή γκρεμίζονταν τα σύνορα ανάμεσα στην έμβια και την άβια ύλη.

Το ερώτημα «Τι είναι η ζωή» είχε θεωρηθεί για ενάμιση αιώνα ως ένα επιστημονικό ερώτημα μεγίστης σημασίας. Η επιστάσή του είναι πρόσφατη και συνδέεται με την πρόοδο του ορθολογισμού: εκτός και αν πιστέψουμε ότι ο ορθολογισμός έκανε την εμφάνισή του εδώ και μισό αιώνα!

Η δήλωση του Ζωρζ Κανγκιλέμ για τον παραγκωνισμό του ερωτήματος επιβεβαιώθηκε πλήρως μετά τη δημοσίευση του άρθρου του «Ζωή». Υπήρξαν ακόμα και κάποιοι βιολόγοι που αποφάνθηκαν ότι «η ζωή δεν υπήρχε».

Πρέπει να δούμε αυτό το κοινούλωμα υπό το πρίσμα του διπλού νοήματός του. Το ερώτημα για το τι είναι ζωή αδρανοποιείται δεδομένου ότι βρήκε την απάντησή του στα πειραματικά και θεωρητικά αποτελέσματα των μοριακών βιολόγων. Σύμφωνα με αυτά τα δεδομένα, η ζωή είναι ταυτόσημη με τη γενετική πληροφορία και με τον γενετικό κώδικα που επιτρέπει τη μετάφρασή της. «Δεν αναρωτιόμαστε πλέον για το τι είναι η ζωή μέσα στα εργαστήρια», γράφει ο Φρανσουά Ζακόμπ<sup>4</sup>. «Το μυστικό της ζωής έχει σχεδόν αποκαλυφθεί», δηλώνει ο Ζακ Μονό<sup>5</sup>. Το να συνεχίζει κανείς να θέτει το ερώτημα είναι απόδειξη άγνοιας ή απόρριψης αυτής της απάντησης και υποδηλώνει ότι αυτός που θέτει το ερώτημα διακατέχεται από την πεποίθηση ότι η ζωή είναι «κάτι τι άλλο», διαφορετικό από τα μοριακά χαρακτηριστικά της έμβιας ύλης, δηλαδή μια μεταφυσική ιδιότητα – πέρα και πάνω από την επιστήμη. Υπό αυτή την έννοια, η μοριακή βιολογία προκάλεσε αυτό που ο Stanley Shostak ονόμασε «θάνατο της ζωής»<sup>6</sup>. Το ερώτημα για τη ζωή μετατράπηκε σε ταμπού για πολλές δεκαετίες.

Το ερώτημα όμως ήρθε πρόσφατα εκ νέου στο προσκήνιο, όπως μαρτυρούν οι πολυάριθμες δημοσιεύσεις συγγραμμάτων που το ξαναφέρουν στην επιφάνεια, είτε μέσα από τους τίτλους τους είτε με το περιεχόμενό τους. Το μαρτυρούν τα άρθρα που είναι αφιερωμένα στις απαρχές της ζωής πάνω στη Γη ή στην έρευνα για ζωή σε άλλους πλανήτες. Το πιο ενδιαφέρον σε αυτή την υπόθεση είναι ότι το ερώτημα έγινε αντικείμενο επιστημονικού στοχασμού ακόμα και από αυτούς που εδώ και κάποιες δεκαετίες το θεωρούσαν τελειωμένο: δηλαδή τους ίδιους τους μοριακούς βιολόγους. Ο Craig Venter, του οποίου ο ρόλος

στην αποκρυπτογράφηση της αλληλουχίας του ανθρώπινου γονιδιώματος είναι γνωστός και αμφιλεγόμενος, θέτει το συγκεκριμένο ερώτημα στην καρδιά των νέων ερευνητικών προγραμμάτων του, που στοχεύουν στο να δημιουργήσουν νέες μορφές ζωής. «Τι είναι η ζωή; Δεν νομίζω ότι οι βιολόγοι προσπαθούν να απαντήσουν στο ερώτημα...εμείς οι βιολόγοι προσπαθούμε με την αναγωγιστική μεθοδολογία να κατανοήσουμε μέσα από τους μηχανισμούς ενός μικρού γονιδιώματος πώς θα συνθέσουμε τη ζωή...». Χωρίς ασφαλώς να είναι ολοφάνερο, το ερώτημα αυτό συνιστά αντικείμενο επιστημονικής αναζήτησης πάρα πολλών ερευνών. Ας αναφέρουμε ένα παράδειγμα: στις αρχές του 2003, πραγματοποιήθηκε στο Λονδίνο από τη Βασιλική Εταιρεία Επιστημών ένα συνέδριο με τίτλο «Μοριακά θεμέλια της ζωής: είναι δυνατή η ύπαρξη της ζωής χωρίς νερό;». Αν και δεν τέθηκε άμεσα το ερώτημα «Τι είναι η ζωή», είναι προφανές ότι ο προβληματισμός που αναπτύχθηκε στο συνέδριο απαιτούσε μια σαφή ιδέα για τον ορισμό της ζωής.

## **II. Ποια είναι τα αίτια της εκ νέου ανάδυσης του ερωτήματος;**

Το ερώτημα «Τι είναι η ζωή» είναι ένας δείκτης για το σχετικό κύρος που έχουν αποκτήσει οι αναγωγιστικές ή οι ολιστικές προσεγγίσεις στο χώρο της βιολογίας: όταν παρακάμπτεται το ερώτημα, η αναγωγιστική αντίληψη καταλαμβάνει δεσποζούσα θέση. Όταν το ερώτημα επανέρχεται στο φως, όπως στις μέρες μας, αυτό σημαίνει ότι ο νικηφόρος αναγωγισμός της μοριακής βιολογίας έχασε μεγάλο μέρος από τη δύναμη και τη γοητεία του.

Τα αίτια για την απογοήτευση που προέκυψε από τον αναγωγισμό βρίσκονται κατάρχας στην ολοκλήρωση των μεγάλων προγραμμάτων για την αποκρυπτογράφηση της αλληλουχίας των γονιδιωμάτων των οργανισμών, και κυρίως του ανθρώπινου γονιδιώματος. Η ολοκλήρωση της αποκρυπτογράφησης του ανθρώπινου γονιδιώματος είχε παρουσιαστεί σαν ένα γεγονός που θα αποτελούσε την αποπεράτωση των προσπαθειών των μοριακών βιολόγων, και ότι τα αποτελέσματά της θα άνοιγαν άμεσα και κατευθείαν το παράθυρο για την πλήρη κατανόηση της λειτουργικότητας των έμβιων όντων. Όμως αυτό δεν συνέβη: είναι σπάνιο φαινόμενο για την ιστορία των επιστημών η συσσώρευση, σε τόσο σύντομο χρόνο και με τόση ταχύτητα, αυτής της τεράστιας πληροφορίας, που όμως οδηγεί σε ελάχιστη ουσιαστική γνώση. Αντίθετα, ο μικρός αριθμός των γονιδίων που έχει το ανθρώπινο είδος –ίδιος με της μύγας του κρασιού, της δροσόφιλας καθώς και με έναν νηματώδη (είδος σκουληκιού)– καθώς και η απουσία εξειδίκευσης αυτών των γονιδίων –(ανάλογα γονίδια υπάρχουν και σε άλλα είδη)– υπονοούν ότι η πολυπλοκότητα στον άνθρωπο δεν εντοπίζεται στα γονίδια αλλά στον τρόπο που τα προϊόντα τους συνδέονται για να συνθέσουν τις δομές και τις πολύπλοκες λειτουργίες. Το συμπέρασμα από το παράδειγμα του ανθρώπινου γονιδιώματος επεκτείνεται και σε άλλους οργανισμούς.

Ένας δεύτερος λόγος για την εκ νέου ανάδυση του ερωτήματος «Τι είναι η ζωή» προκύπτει από τις έρευνες για την καταγωγή της ζωής και ιδιαίτερα από την ανακάλυψη του «κόσμου του RNA». Στον κόσμο των έμβιων όντων, όπως αυτός είναι σήμερα δομημένος, για την ύπαρξη της ζωής είναι απαραίτητα αφενός και τα δύο μόρια, το DNA και οι πρωτεΐνες, αφετέρου και η σχέση που συνδέει αυτά τα δύο μόρια – δηλαδή ο γενετικός κώδικας. Οι μο-

ριακοί βιολόγοι της δεκαετίας του 1960, αυτοί που ερευνούσαν την καταγωγή της ζωής, δεν πίστευαν ότι αυτά τα δύο πολύπλοκα μόρια σχηματίστηκαν ταυτόχρονα, ούτε ότι η σχέση τους είχε προκαθοριστεί εντελώς. Αυτή άλλωστε η δυσκολία ήταν το ερέθισμα που είχε ωθήσει πολλούς ερευνητές να φανταστούν ότι πριν από τον σύγχρονο κόσμο των έμβιων όντων είχε προϋπάρξει ένας διαφορετικός κόσμος. Στον κόσμο αυτό, ένα και μοναδικό μόριο διέθετε τις δύο λειτουργίες που αποδίδονται σήμερα αντιστοίχως στο DNA και στις πρωτεΐνες, δηλαδή ένα και μοναδικό μόριο ήταν αφενός φορέας της γενετικής πληροφορίας και αφετέρου φορέας της ιδιότητας του καταλύτη των χημικών μορίων της ζωής. Από το 1980 και μετά, μια σειρά από πειράματα απέδειξαν ότι τα RNA –που είναι μόρια συγγενικά με το DNA– μπορούσαν να έχουν ανάλογες καταλυτικές λειτουργίες με αυτές των πρωτεϊνών. Αυτή η απόδειξη οδηγούσε στο συμπέρασμα ότι από τον έμβιο κόσμο της εποχής μας, αυτόν που βασίζεται στο DNA, προηγείτο ένας κόσμος των RNA, στον οποίο αυτό το συγκεκριμένο μόριο ήταν ταυτόχρονα φορέας για την ιδιότητα του αυτοδιπλασιασμού καθώς επίσης και καταλύτης για τις μεταβολικές διαδικασίες των εμβίων. Η υπόθεση του κόσμου των RNA είναι ευρέως αποδεκτή σήμερα από την κοινότητα των βιολόγων ερευνητών που εργάζονται πάνω στο θέμα της καταγωγής της ζωής, παρά το ότι η ασάφεια του μορίου του RNA το καθιστά προβληματικό για το ρόλο που του αποδίδεται: πολλές έρευνες είναι αφιερωμένες στη μελέτη και άλλων μορίων που θα μπορούσαν ενδεχομένως να εκπληρώσουν αυτή τη λειτουργία. Αυτό που είναι πάντως σημαντικό είναι το γεγονός ότι, σε αυτόν τον πρωταρχικό κόσμο των έμβιων όντων, οποιοδήποτε και αν ήταν το μεγαλομόριο που ενεχόταν σε αυτή τη λειτουργία, δεν θα μπορούσε να είναι φορέας πληροφορίας με την ίδια έννοια με την οποία εκλαμβάνουμε το DNA ως φορέα σήμερα. Η εμφάνιση της ζωής έχει προηγηθεί της εμφάνισης της γενετικής πληροφορίας και του γενετικού κώδικα. Η διαπίστωση στην οποία είχαν καταλήξει οι μοριακοί βιολόγοι, ότι η καταγωγή της ζωής και η εμφάνιση της γενετικής πληροφορίας έγιναν ταυτόχρονα, αποδείχτηκε ότι δεν ήταν σωστή: το ερώτημα «Τι είναι η ζωή» έχει λοιπόν αποδεσμευτεί από αυτόν τον κατανγκασμό.

Αλλά όλα αυτά τα «ενδογενή» αίτια, που επανέφεραν το ερώτημα «Τι είναι η ζωή», δεν είναι αρκετά ώστε το εν λόγω ερώτημα να καταλάβει εκ νέου τόσο σημαντική θέση. Η εκ νέου ανάδυσή του οφείλεται κυρίως στο ότι τα τελευταία χρόνια έχουν εισβάλει στο χώρο της βιολογίας ερευνητές που είναι μυημένοι σε μια άλλη αντίληψη και φιλοσοφία. Οι ερευνητές αυτοί, ενώ έχουν σπουδάσει σε άλλους επιστημονικούς κλάδους, κατευθύνθηκαν προς το χώρο της βιολογίας λόγω του ενδιαφέροντος που παρουσιάζουν τα προβλήματα που έχει να επιλύσει η επιστήμη αυτή, πιστεύοντας ότι οι ίδιοι θα μπορούσαν να συμβάλουν στην επίλυσή τους. Οι εν λόγω ερευνητές προέρχονται από τον κλάδο της βιοπληροφορικής, της φυσικής και των μαθηματικών. Αυτή η πολυεπιστημονικότητα είναι το αποτέλεσμα των μεγάλων ερευνητικών προγραμμάτων για τη χαρτογράφηση της αλληλουχίας των γονιδιωμάτων και της νέας τεχνολογίας που προέκυψε στη μεταγενομική περίοδο, μετά την ολοκλήρωσή τους. Αυτή η νέα ομάδα των ερευνητών διαφέρει από την προηγούμενη γενιά των μοριακών βιολόγων λόγω του ότι δεν έχει κολυπήσει στα πολιτισμικά νερά της πληροφορίας. Θεωρεί τα έμβια όντα ως «πολύπλοκα συστήματα οργάνωσης», για να χρησιμοποιήσουμε και τον όρο που είχε εισαγάγει ο γνωστός φυσικός και διευθυντής του ιδρύματος Ροκφέλερ τη δεκαετία του 1940 Warren Weaver.

Ένας κλάδος αυτής της νέας μεταγενεομικής βιολογίας είναι ιδιαίτερα σημαντικός για το ερώτημα που θέτουμε εδώ: πρόκειται για τη συνθετική βιολογία. Η αντίληψη που κυριαρχεί στους πρωταγωνιστές αυτής της νέας βιολογίας είναι η αντίληψη που διακατέχει αυτούς που ασχολούνται με τις κατασκευές, δηλαδή τους μηχανικούς. Οι έρευνες των δύο τελευταίων δεκαετιών απέδειξαν ότι η ζωή είναι οργανωμένη σε λειτουργικά σχήματα. Χάρη στις μέχρι τώρα αποκτηθείσες γνώσεις, είναι δυνατόν σήμερα να συνθέσουμε παρόμοια, εντελώς τεχνητά σχήματα και μετά να τα εισαγάγουμε στους οργανισμούς δίνοντάς τους τη δυνατότητα να αποκτήσουν εντελώς νέες πληροφορίες. Μια παρόμοια προσέγγιση θα εμπλουτίσει με τη σειρά της και τις γνώσεις μας για τα εν λόγω λειτουργικά σχήματα. Η συνθετική βιολογία είναι ο κληρονόμος δύο παραδόσεων: πρώτον, μιας παράδοσης που έχει ως πατέρα τον μαθηματικό von Neumann, ο οποίος ασχολήθηκε με την τεχνητή ζωή ήδη από το τέλος της δεκαετίας του 1940. Ταυτόχρονα, όμως, η νέα βιολογία δανείζεται πολλά από τη γνώση που προέκυψε από τη μηχανική γενετική για την επέμβαση στα έμβια όντα, μια γνώση που γκρεμίζει τον αφηρημένο χαρακτήρα που είχαμε για πάρα πολύ μεγάλο διάστημα για τα μοντέλα της τεχνητής ζωής. Ο μακρινός ορίζοντας αυτών των ερευνών είναι σαφώς η δημιουργία μιας εντελώς νέας μορφής ζωής. Για τους συγκεκριμένους ερευνητές, η απάντηση στο ερώτημα «Τι είναι η ζωή» θα προκύψει αβίαστα από την έρευνα για την τροποποίηση των έμβιων όντων και από όλα όσα θα μάθουμε για τις αρχές που διέπουν τη λειτουργικότητά τους.

Το τελευταίο αίτιο για την εκ νέου ανάδυση του ερωτήματος «Τι είναι η ζωή» έχει σχέση με την πρόοδο των ερευνών των τελευταίων χρόνων γύρω από τα προγράμματα της αστροβιολογίας, αυτά που στοχεύουν στο να αποκαλύψουν την ύπαρξη ζωής σε άλλους πλανήτες, πέραν της Γης. Η ανακάλυψη ήδη από το 1995 άλλων πλανητών έπαιξε σημαντικό ρόλο για την ανάπτυξη αυτών των ερευνών, παρά το ότι οι πρώτοι πλανήτες που έγιναν φανεροί έχουν πολύ μεγαλύτερες διαστάσεις από τη Γη και χημική σύσταση ελάχιστα κατάλληλη για τη ζωή, ιδιαίτερα όσον αφορά την ατμόσφαιρα. Η συγκρότηση των αστροβιολογικών προγραμμάτων από τη NASA τής έδωσε την ευκαιρία να εμποδίσει τη φυσιολογική μείωση της χρηματοδότησής της, θέτοντας στην κορυφή των προτεραιοτήτων της ένα στόχο αφενός καθαρό και αφετέρου γοητευτικό: να διερευνήσει την παρουσία άλλων μορφών ζωής στο Διάστημα.

Τα ερευνητικά σχέδια των αστροβιολόγων είναι πολλαπλά. Στο πρώτο στάδιο η προτεραιότητά τους συνίσταται στο να αποδείξουν με έμμεσο τρόπο την ύπαρξη των αποκαλούμενων τελλουρικών πλανητών –που είναι ανάλογοι με τη Γη– γύρω από άλλα άστρα, διάμεσου της μελέτης των αναταράξεων που προκαλούν στην ένταση του φωτός ή στη διαδρομή ενός αστεριού. Ήδη σχεδιάζεται για την επόμενη δεκαετία ένα πιο φιλόδοξο ερευνητικό πρόγραμμα, που στοχεύει στο να γίνουν ορατοί άμεσα οι πλανήτες αυτοί και ιδιαίτερα η ατμόσφαιρά τους, χάρη στα τηλεσκόπια που έχουν τοποθετηθεί στο διάστημα, για να αποκαλύψουν τα ίχνη των χημικών ανισορροπιών που είναι χαρακτηριστικά της ζωής.

Στις μέρες μας, η έρευνα για εξωγήινη ζωή περιορίζεται στους πλανήτες που είναι κοντά στο ηλιακό σύστημα, και κυρίως στον Άρη. Η ελπίδα ότι σε αυτόν τον πλανήτη υπάρχει ζωή είναι πολύ μικρή. Η πιθανότητα ότι στο παρελθόν υπήρχαν ευνοϊκές συνθήκες για την ανάπτυξή της είναι ωστόσο πιο ισχυρή. Οι αμερικανικοί ανιχνευτές που τοποθετήθη-

και προσφάτως στην επιφάνεια του Άρη, οι Spirit και Opportunity, ερευνούν αν υπάρχουν ίχνη νερού. Ο ευρωπαϊκός ανιχνευτής Beagle 2, που δυστυχώς δεν ξαναέστειλε μηνύματα μετά την προσγείωσή του στην επιφάνεια του Άρη, είχε μία πιο φιλόδοξη αποστολή: να αναλύσει τη χημική σύσταση της επιφάνειας του πλανήτη, για να αποκαλύψει τις ισοτοπικές ανισορροπίες του άνθρακα, που συνιστούν το πιο σαφές σημάδι για την ύπαρξη ζωής.

Τα αστροβιολογικά σχέδια ορισμένες φορές δίνουν την εντύπωση ότι δεν είναι όσο θα έπρεπε φιλόδοξα: στόχος τους είναι συχνά η αποκάλυψη μιας ζωής συγγενικής με τη ζωή που εμφανίστηκε στη Γη, ωσάν να είναι αναγκαίο να μοιάζει κάθε μορφή ζωής με τη γήινη και συνεπώς οι έρευνες για τη ζωή να περιορίζονται στις έρευνες για τα συστατικά που ανήκουν στα έμβια όντα της Γης.

Ωστόσο, εάν κανείς μελετήσει διεξοδικά αυτά τα προγράμματα, αντιλαμβάνεται ότι ορισμένα από αυτά στοχεύουν στο να διερευνήσουν μια ιδιότητα που να θεωρείται γενικής θεμελιώδης για τη ζωή. Η έρευνα για τα σημάδια ζωής μέσω των ισοτοπικών ανισορροπιών του άνθρακα βασίζονται στην υπόθεση ότι όλα τα συστήματα των έμβιων όντων απαιτούν μια συγκεκριμένη και πολύπλοκη χημεία. Επίσης, η μελλοντική έρευνα των ανισορροπιών της χημικής σύστασης της ατμόσφαιρας των πλανητών δεν έχει νόημα παρά μόνο αν η ζωή αναπτύχθηκε, από τη στιγμή που εμφανίστηκε στον πλανήτη, με τόσο αποτελεσματικό τρόπο ώστε να αλλάξει τη σύσταση της ατμόσφαιράς του, και εάν η ζωή δεν μπορεί να είναι παρά μόνο ένα σύνολο από ανοικτά χημικά συστήματα με σταθερή και συνεχή ανταλλαγή με το περιβάλλον τους και με έντονη αναπαραγωγική δραστηριότητα.

### **III. Πρόσφατες απαντήσεις στο ερώτημα «Τι είναι η ζωή»**

Οι προηγούμενες παρατηρήσεις μας οδηγούν φυσικά στις σύγχρονες απαντήσεις στο ερώτημα «Τι είναι ζωή». Η χρησιμοποίηση του πληθυντικού εδώ είναι αναγκαία, δεδομένου ότι δεν υπάρχει μία μόνο απάντηση αλλά πολλές και διαφορετικές, και μάλιστα συχνά και αντιφατικές. Στις σαφείς απαντήσεις, που είναι σχετικά σπάνιες, πρέπει να προσθέσουμε και τις υπονοούμενες, ή τις απαντήσεις που έχουν τη ρίζα τους στα μέσα που έχουμε στη διάθεσή μας για να ανακαλύψουμε ζωή σε άλλο πλανήτη – όπως είδαμε στην περίπτωση των πειραμάτων του ανιχνευτή Beagle 2. Επίσης, πρέπει να προσθέσουμε και αυτές που προκύπτουν από τα πειράματα που στοχεύουν στο να αναπαραγάγουν, τουλάχιστον κατά ένα μέρος, τα στάδια που έχουν οδηγήσει στη σύνθεση της ζωής πάνω στη Γη, αλλά και τις απαντήσεις που προκαλούνται από ερωτήματα της μορφής «Είναι δυνατόν να υπάρχει ζωή χωρίς παρουσία νερού;».

Έχουμε επιλέξει τέσσερις τύπους απαντήσεων, που αντιπροσωπεύουν το σύνολο των απαντήσεων που προτείνονται στις μέρες μας. Η πρώτη απάντηση έχει προταθεί από τον M. Perrett τη δεκαετία του 1950 και θεωρείται ακόμη και σήμερα, κυρίως από τους βιοχημικούς, μια πολύ καλή απάντηση. Είναι η εξής: «Η ζωή είναι ένα ανοικτό σύστημα οργανικών αντιδράσεων δυναμικά αυτοσυντηρούμενων, οι οποίες καταλύονται βήμα προς βήμα σε θερμοκρασία του περιβάλλοντος από οργανικούς και πολύπλοκους καταλύτες, που και οι ίδιοι είναι προϊόντα του συστήματος»<sup>7</sup>. Η δεύτερη απάντηση έχει σχέση με τον ορισμό

του Gerald Joyce που χρησιμοποιείται ως οδηγός στα προγράμματα της αστροβιολογίας της NASA: «Η ζωή είναι ένα αυτοσυντηρούμενο χημικό σύστημα, με δυνατότητες που υπακούουν στη δαρβινική εξέλιξη»<sup>8</sup>. Η τρίτη απάντηση έχει δοθεί από τους Jack Cohen και Ian Stewart, οι οποίοι θεωρούν τη ζωή ως ένα ιδιαίτερο πολύπλοκο σύστημα: «Η ζωή είναι το όνομα που δίνουμε σε κάποιες διαδικασίες που αναδύονται από τα πολύπλοκα συστήματα»<sup>9</sup>. Ο τελευταίος ορισμός, που προτάθηκε από τον Alvaro Moreno Bergareche, είναι πιο αφηρημένος: «έμβιο ον είναι κάθε αυτόνομο σύστημα που διαθέτει εξελικτικές ανοικτές ικανότητες»<sup>10</sup>.

Δεν έχω χρόνο για να αναλύσω τον καθένα από αυτούς τους ορισμούς, ούτε και τους ορισμούς που προτείνονται στις μέρες μας, που είναι λίγο πολύ συγγενικοί με τους προηγούμενους. Θα σας παρουσιάσω απλώς κάποια συνολικά συμπεράσματα στα οποία έχω καταλήξει μέσα από αυτή τη μελέτη.

*Το πρώτο συμπέρασμά μου* είναι ότι πίσω από αυτή τη φανερή ποικιλομορφία των ορισμών κρύβεται σαφώς μια καθαρή συμφωνία πάνω σε δύο θεμελιώδη χαρακτηριστικά της ζωής που υπάρχει στη Γη και πιθανώς και σε κάθε μορφή ζωής: τα έμβια όντα είναι ανοικτά συστήματα αυτοσυντηρούμενα –σύμφωνα με τον Francisco Varela και τον Humberto Maturana–, τα οποία είναι ανοικτά στην εξέλιξη διαμέσου της συνεχούς αναπαραγωγής τους.

Αυτή η συμφωνία, ωστόσο, επισκιάζει ενδεχόμενες θεμελιώδεις αποκλίσεις. *Η πρώτη* έχει σχέση με την εξής απόφαση: ποιο από τα δύο παραπάνω θεμελιώδη χαρακτηριστικά θεωρούμε πιο σημαντικό, θεωρούμε το κυριότερο. Για πάρα πολλούς βιοχημικούς, όπως και για τους Francisco Varela και Humberto Maturana, η ζωή συνδέεται με τα συστήματα που αυτοσυντηρούνται, ενώ η *δυνατότητα της αναπαραγωγής και η ικανότητα της εξέλιξης* είναι δύο παράγοντες που εμφανίστηκαν αργότερα και δεν είναι αναγκαίοι για την οικοδόμηση ενός έμβιου όντος. Για τους γενετιστές, όμως, το σημαντικότερο χαρακτηριστικό είναι η *δυνατότητα της αναπαραγωγής*, σε τέτοιο βαθμό μάλιστα που να θεωρείται δευτερεύουσας σημασίας η υλική φύση των συστημάτων που μπορούν να αναπαράγονται, και το ότι μπορούμε να σκεφτούμε ότι υπάρχουν έμβια συστήματα τεχνητά, με υλική σύσταση πολύ διαφορετική από τα συστήματα που γνωρίζουμε.

*Ένα δεύτερο σημαντικό σημείο έντονης ασυμφωνίας* αφορά την ανάγκη ή μη για νέες θεωρίες οι οποίες να ερμηνεύουν το φαινόμενο της ζωής. Η ιδέα ότι η λειτουργικότητα των έμβιων όντων υπακούει σε νόμους που εφαρμόζονται αποκλειστικά στον κόσμο των έμβιων όντων, τα οποία ωστόσο ανήκουν στον φυσικό κόσμο, είναι πολύ παλιά. Σήμερα, η τελευταία απόχρωση αυτής της άποψης δέχεται ότι τα έμβια όντα είναι συστήματα πολύπλοκα που έχουν υπερβεί ένα κάποιο κατώφλι πολυπλοκότητας και ότι η κατανόηση της λειτουργικότητάς τους θα προκύψει από την πρόοδο των θεωριών περί πολυπλοκότητας. Όμως, για την πλειονότητα των ερευνητών, αυτές οι θεωρίες θα αποσαφηνίσουν ορισμένες πλευρές της λειτουργικότητας του έμβιου κόσμου, χωρίς ωστόσο να προσφέρουν μια πλήρη εξήγηση για το φαινόμενο της ζωής.

Σε όλες αυτές τις θεμελιώδεις διαφορές πρέπει να προσθέσουμε και εκείνες που είναι και οι πιο βασικές, αυτές που σχετίζονται με τα δύο θεμελιώδη χαρακτηριστικά της ζωής που έχουμε προαναφέρει: αυτές οι διαφορές έχουν σχέση με το πόσο ξεκάθαρα έχουμε ορί-

σει το καθένα από αυτά τα χαρακτηριστικά και, αν αυτό έχει γίνει, με ποια αλληλουχία έχουν σχηματιστεί τα διάφορα συστατικά των έμβιων όντων και σε ποια στιγμή το εν λόγω σύστημα θεωρήθηκε ότι συνιστά ένα έμβιο ον. Αν τα έμβια όντα είναι ανοικτά αυτοσυντηρούμενα συστήματα, τότε: είναι άραγε απαραίτητο να αποσαφηνίσουμε ότι τα ανοικτά συστήματα είναι συστήματα οργανικής χημείας, δηλαδή συστήματα που θεμελιώνονται στις ιδιότητες του άνθρακα; Χρειάζεται ίσως να λάβουμε υπόψη μας ότι αποτελούνται αποκλειστικά από σύνολα μοριακών συμπλόκων, των μακρομορίων; Από την άλλη, η ιδέα του συστήματος υπονοεί μια ορισμένη οριοθέτηση συνόρων, μια κάποια απομόνωση. Είναι άραγε αναγκαίο να αποσαφηνίσουμε τη φύση αυτών των συνόρων, αυτής της απομόνωσης; Είναι άραγε επαρκής μια απομόνωση χωρική, στην οποία το σύστημα περιορίζεται από κάποια σύνορα, μια μεμβράνη για παράδειγμα, η οποία δημιουργεί ένα εσωτερικό και ένα εξωτερικό περιβάλλον; Επίσης, για να θεωρηθεί ένα σύστημα έμβιο, ποιος αναπαραγωγικός ρυθμός απαιτείται; Ποιας μορφής πρέπει να είναι η κληρονομική πληροφορία που είναι αναγκαία; Είναι αναγκαία μια διαφοροποίηση ανάμεσα σε ένα γονότυπο και σε ένα φαινότυπο;

Ανάλογα με τη φύση των απαντήσεων που θα δοθούν στις διάφορες ερωτήσεις, τα σύνορα ανάμεσα στην έμβια και την άβια κατάσταση θα οριοθετηθούν με διαφορετικό τρόπο: ένα δραστήριο μεταβολικά σύστημα, περιορισμένο μέσα στο χώρο, θα μπορεί άνετα να ονομασθεί έμβιο από ορισμένους, ενώ από άλλους, για να ταξινομηθεί στα έμβια, απαιτείται να περιέχει το σύστημα πληροφοριακά μόρια και μια μεμβράνη που να ξεχωρίζει το εσωτερικό του περιβάλλον από το εξωτερικό. Επίσης δεν αποτελεί αντικείμενο συμφωνίας η αλληλουχία, η σειρά με την οποία αυτά τα διάφορα χαρακτηριστικά –μεμβράνη, πληροφοριακά μόρια– έχουν εμφανιστεί.

Εντούτοις, παρά τις τυχόν διαφορές, το πλαίσιο μέσα στο οποίο αυτές αναδύονται είναι εντελώς καθορισμένο. Είναι αρκετό να πούμε ότι στη σύγχρονη εποχή το ερώτημα «Τι είναι ζωή» αποτελεί όντως αντικείμενο αναζήτησης μέσα στο πεδίο του επιστημονικού διαλόγου.

#### **IV. Είναι άραγε ανάγκη να προσπαθήσουμε να απαντήσουμε στο ερώτημα «Τι είναι η ζωή»;**

Η τελευταία δήλωση συναντά πολλές ενστάσεις. Θα σας παρουσιάσω εν συντομία τον κατάλογο των αντιρρήσεων που διατυπώνονται ενάντια στην αναγκαιότητα να επανέλθουμε σήμερα στο ερώτημα «Τι είναι ζωή», πριν ακόμη προσπαθήσω να σας πείσω ότι, αντίθετα, οι επιστήμονες απαιτείται να θέτουν τέτοιας μορφής ερωτήματα εάν θέλουν να συμβάλουν στην πολιτισμική στοχαστική διαδικασία της εποχής τους.

Ας παραγκωνίσουμε όμως μια δυσκολία. Είναι άραγε προτιμότερο να αναφερόμαστε σε απαντήσεις στο ερώτημα «Τι είναι ζωή», ή σε ορισμούς για το τι είναι η ζωή; Οι περισσότεροι φιλόσοφοι υποστηρίζουν ότι είναι αδύνατον να ορίσουμε τη ζωή, δεδομένου ότι, για να ορίσουμε κάτι, αυτό το κάτι πρέπει να είναι είτε μια αφηρημένη οντότητα ή μια έννοια. Η ζωή δεν είναι μια έννοια, αλλά κάτι που είναι κοινό σε ένα σύνολο αντικειμένων που αποτελούν την ομάδα των έμβιων όντων.

Αυτή η κριτική φιλοσοφική στάση απέναντι στη χρήση ενός ορισμού της ζωής δεν σημα-



τοδοτεί απλά μια αγωνία για ανστηρά γλωσσικά κριτήρια στο διάλογό μας. Στην ουσία σκεπάζει μια οντολογική αντίληψη που δέχεται την κατηγορία «έμβια όντα» ως αιθαίρετη και όχι ως φυσιολογική κατηγορία, ως ένα προϊόν μιας εννοιολογικής κατασκευής. Πίσω από την κριτική για τη δυνατότητα ορισμού της ζωής υποκρύπτεται η κριτική για την κατηγορία «έμβια όντα». Τα ίχνη μιας παρόμοιας κριτικής ήταν ήδη παρόντα στον τρίτο ορισμό που δώσαμε για τη ζωή: «ζωή είναι το όνομα που δίνουμε σε ορισμένες αναδυτικές διαδικασίες των πολύπλοκων συστημάτων (η υπογραμμισμένη είναι δική μας)». Πρόκειται για μια θεμελιώδους σημασίας κριτική, η οποία μακροπρόθεσμα υποσχάττει την αξία που αποδίδεται στην επιστημονική γνώση. Είναι λοιπόν σημαντικό να σταθούμε για λίγο σε αυτό το σημείο. Είναι προφανές ότι οι μετασχηματισμοί της επιστημολογίας του 20ού αιώνα, ξεκινώντας από τον Καρλ Πόπερ και καταλήγοντας στην εποικοδομητική προσέγγιση των επιστημών, χωρίς να παραλείπουμε και τον Τόμας Κουν, έχουν εξασθενήσει τον (αυθόρμητο και αφελή - *sponané et naïf*) ρεαλισμό, στον οποίο ήταν προσκολλημένη η πλειονότητα των επιστημόνων, από την επιστημονική επανάσταση του 18ου αιώνα και μετά. Από τον Πόπερ ήδη γνωρίζουμε ότι δεν υπάρχουν σταθερά κριτήρια για να αξιολογήσουμε την απόσταση που μας χωρίζει από την πραγματικότητα. Αυτή η άρνηση δεν επιτρέπεται να μας οδηγήσει σε έναν ακραίο σχετικισμό, που πάει τόσο μακριά μέχρι του σημείου να αρνείται την πραγματικότητα των αντικειμένων που μας περιβάλλουν και κάθε αξία για τη γνώση που έχουμε γι' αυτά. Είναι σωστό ότι α priori τίποτα δεν δικαιολογεί την οικοδόμηση της κατηγορίας «έμβια όντα» από όλους τους ανθρώπινους πολιτισμούς, η οποία περιλαμβάνει τα ζώα και τα φυτά. Όμως, κανένα επιστημονικό δεδομένο –αντίθετα μάλιστα– δεν έθεσε σε αμφισβήτηση αυτή τη διάκριση ανάμεσα στην έμβια και την άβια κατάσταση. Η απόδειξη για τη μη αυτόματη γένεση τον 19ο αιώνα και η ανακάλυψη, τον 20ο αιώνα, κοινών μηχανισμών στο σύνολο των έμβιων όντων, γεγονός που προδίδει την καταγωγή τους από έναν κοινό πρόγονο, δείχνουν αντίθετα πόσο έχει εδραιωθεί αυτή η αιθαίρετη κατηγορία «έμβια όντα». Είναι συνεπώς νοητικά και επιστημονικά νόμιμο το να θεωρήσει κανείς ότι είναι φυσιολογικό να στοχεύουν οι επιστήμονες στην αποσαφήνιση των χαρακτηριστικών που επιτρέπουν τον ορισμό αυτής της κατηγορίας.

Ένα δεύτερο επιχείρημα που έχει διατυπωθεί ενάντια στο ενδιαφέρον και στην αναγκαιότητα να ασχοληθούμε με το ερώτημα «Τι είναι η ζωή» σχετίζεται με τον ισχυρισμό ότι έχουν ήδη δοθεί ικανοποιητικές απαντήσεις σε αυτό από την πλευρά των φιλοσόφων ή των βιολόγων, όπως για παράδειγμα από τον Αριστοτέλη: «με τον όρο ζωή υπονοούμε το γεγονός ότι ένα ον τρέφεται, αυξάνεται και μαραζώνει», ή από τον Bichat (το 1800): «ζωή είναι το σύνολο των λειτουργιών που αντιτίθενται στο θάνατο».

Η ιδέα να συζητηθεί αυτή η αντίρρηση είναι σημαντική, δεδομένου ότι μας επιτρέπει να ανακαλέσουμε στη μνήμη μας τη μορφή της γνώσης που αναζητά η επιστήμη. Είναι δύσκολο να είσαι επιστήμονας και να αρνείσαι την πρόοδο της γνώσης, ακόμα και αν είναι γνωστό από την ελοχή του Πόπερ ότι αυτή η πρόοδος δεν μπορεί να ερμηνευτεί κατευθείαν ως προσέγγιση ανάμεσα στην περιγραφή της πραγματικότητας και της ίδιας της πραγματικότητας. Ενδεχομένως οι ορισμοί του Αριστοτέλη και του Bichat για τη ζωή, παρά τη γοητεία τους, να είναι εντελώς ξεπερασμένοι. Όπως το ίδιο θα συμβεί και για τις ερευνητικές προσπάθειες του παρόντος, που στο μέλλον θα είναι επίσης ξεπερασμένες. Αυτό που άλλαξε στη σύγχρονη επιστημολογική αντίληψη δεν είναι ότι η έννοια της επιστημονικής προόδου

έχει παραμεριστεί, αλλά απλώς ότι δεν μπορεί πλέον να αφομοιωθεί στο προοδευτικό ξεσκέπασμα μιας εξωτερικής και αιώνιας πραγματικότητας. Πρέπει να αποδεχτούμε ότι οι απαντήσεις που έχουν δοθεί μέχρι σήμερα είναι περιορισμένες και ίσως όχι σωστές. Αλλά αυτός ο περιορισμός ισχύει για όλες τις μορφές γνώσης.

Μια πιο κρίσιμη αντίρρηση είναι αυτή που δέχεται ότι το ερώτημα «Τι είναι ζωή» δεν ανήκει σε αυτά που πρέπει να απαντήσουν οι επιστήμονες. Αυτή η αντίρρηση έχει πολλές μορφές: θα επικεντρωθούμε σε αυτή που έδωσε ο Φρανσουά Ζακόμπ στο βιβλίο του *Παιχνίδια της εξέλιξης*. Η επιστημονική γνώση γεννιέται και εξελίσσεται με τέτοια επιτυχία γιατί, αντίθετα από τις άλλες μορφές γνώσης που προηγούνται, περιορίζεται σε συγκεκριμένα ερωτήματα, που ανήκουν σε μια ιδιαίτερη περιοχή. Κατ' αυτόν τον τρόπο, μια σίγουρη γνώση μπορεί να οικοδομηθεί προοδευτικά πάνω σε στέρεες βάσεις. Αυτή είναι μια σωστή παρατήρηση, αλλά η χρησιμοποίηση αυτού του επιχειρήματος για να αποφευχθεί η απάντηση στο ερώτημα «Τι είναι ζωή» βασίζεται σε μια σύγχυση, ανάμεσα στο ερευνητικό πρόγραμμα που στοχεύει σε ένα συγκεκριμένο ερώτημα και σε ένα πιο ευρύ εννοιολογικό πλαίσιο που βρίσκεται πίσω από την επιστημονική εργασία και συνιστά τον ορίζοντα των προσδοκιών για την επιστημονική γνώση. Εάν είναι προφανές ότι το ερώτημα «Τι είναι ζωή» δεν μπορεί να αποτελέσει θέμα για διδακτορική διατριβή, ωστόσο δεν υπάρχει κανένας λόγος να αποκλεισθεί από το επιστημονικό πεδίο. Ο Τόμας Κουν απέδειξε περίτρανα ότι ένα επιστημονικό παράδειγμα έχει πολύ πιο ευρύ φάσμα από τις θεωρίες και τις επιστημονικές μεθόδους, όπως: διάκριση ανάμεσα στα κατάλληλα και στα μη κατάλληλα ερωτήματα ακόμα και μια ορισμένη αντίληψη για τον κόσμο, μια μεταφυσική. Ας θέσουμε με σαφήνεια τα σύνορα ανάμεσα στη μέθοδο έρευνας και τον επιστημονικό ορίζοντα και ας μην αναγάγουμε την επιστήμη στη μέθοδο της. Είδαμε ότι το ερώτημα «Τι είναι η ζωή» θεωρήθηκε για περισσότερο από ένα αιώνα ένα σημαντικό επιστημονικό ερώτημα. Εάν χρειάζεται να θέσουμε ερωτήματα γύρω από αυτό το θέμα, δεν είναι για να διερευνήσουμε κατά πόσο το εν λόγω ερώτημα είναι επιστημονικό, αλλά κατά πόσο είναι προετοιμασμένη η επιστημονική κοινότητα να ασχοληθεί με αυτό. Γιατί η εποχή μας να διαθέτει τόσο περιορισμένη αντίληψη για το τι είναι η επιστήμη; Διότι έχει ευνοηθεί μια αντίληψη καθαρά ωφελιμιστική για το τι είναι επιστημονική γνώση: ο στοχασμός για κάποια ερωτήματα θεωρείται απώλεια χρόνου, δεδομένου ότι με το να απαντήσεις σε αυτά δεν προωθείται απαραίτητως η ανάπτυξη νέων ερευνητικών πεδίων και συνεπώς δεν προωθείται η ενίσχυση της επιστημονικής «παραγωγικότητας». Αντί λοιπόν να απαντήσουμε άμεσα σε αυτό το προφανές αδιάσειστο ελιχείριμα, ας αντιστρέψουμε την προοπτική, θέτοντας σε συζήτηση την εξής ιδέα: ποια θα είναι η ζημία για την επιστήμη αν δεν απαντήσουμε στο ερώτημα;

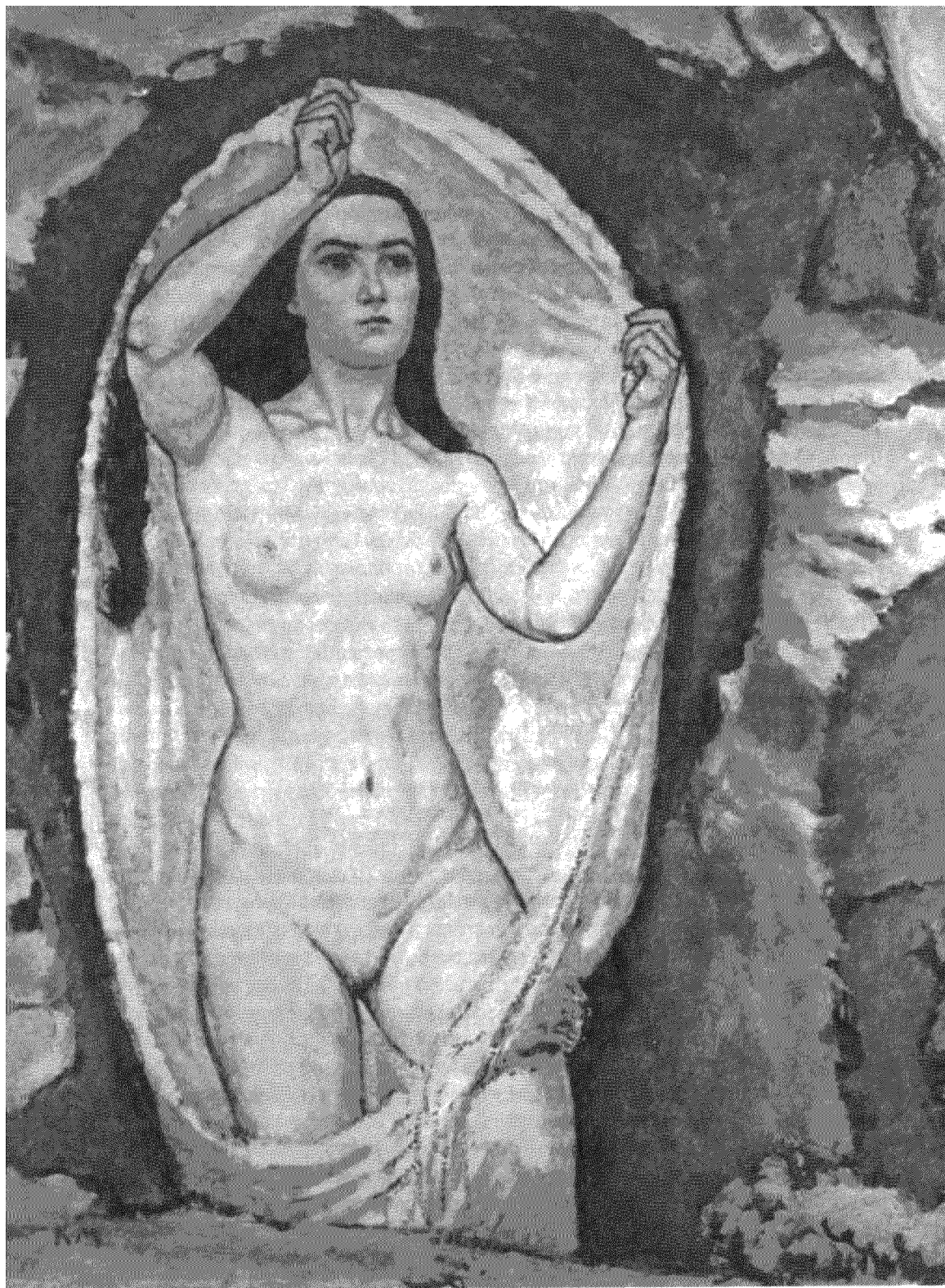
Η πρώτη ζημιά έχει να κάνει με το ότι δεν θέλουμε να δούμε κατάφατσα ένα πρόβλημα φυσιολογικό που τίθεται από το κοινό: πιστεύω ότι όντως είναι δύσκολο για ένα μη εξειδικευμένο και με παιδεία κοινό να κατανοήσει πώς μπορεί να είναι κάποιος βιολόγος, να μελετά καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής του τα έμβια όντα και να μην θέτει το ερώτημα τι είναι η ζωή. Το να αρνηθεί να απαντήσει στο ερώτημα «Τι είναι η ζωή» σημαίνει ότι δεν προσφέρει στη συνολική παιδεία την επιστημονική της συνιστώσα. Είναι σαν να εγκαταλείπει το πεδίο ελεύθερο στις ποιητικές και μεταφυσικές απαντήσεις, που με την ιδιότητά μας ως επιστήμονες τις βρισκόμαστε ανεπαρκείς.

Αλλά ο μεγαλύτερος κίνδυνος είναι μακροπρόθεσμος και αφορά την ίδια την επιστήμη και τη στρατολόγηση νέων ερευνητών. Διότι αυτό που προσέλκυσε και πάντα θα προσελκύει προς την επιστήμη δεν είναι η ελπίδα να δοθούν μικρές απαντήσεις σε περιορισμένα ερωτήματα, αλλά η ελπίδα να απαντηθούν τα μεγάλα ερωτήματα μέσα σε επιστημονικά και φιλοσοφικά περιθώρια. Η επιστημονική μαθητεία γίνεται μέσα από έναν κλάδο όπου κανείς μαθαίνει να επικεντρώνεται σε συγκεκριμένα προβλήματα, διότι μέσα από αυτά μπορούν να βρεθούν οι απαντήσεις. Τίποτα δεν υποχρεώνει όμως τους επιστήμονες να παραγκωνίσουν τα όνειρα της νεότητάς τους καθώς και τις πιο σημαντικές φιλοδοξίες τους! Αντίθετα μάλιστα, η επιστήμη μπορεί να προσελκύσει νέα πνεύματα και να ξανακερδίσει τη θέση που προοδευτικά έχασε μέσα στη γενική κουλτούρα της κοινωνίας, υπερβαίνοντας αυτούς τους άμεσους στόχους.

**Μετάφραση: Λαοκρατία Λάκκα**

### **Σημειώσεις**

1. G. Canguilhem, "Qu'est ce que la vie?", *Encyclopaedia Universalis*, 1982.
2. M. Foucault, *Les mots et les choses*, Paris, Gallimard, 1966, σ. 139.
3. E. Schrödinger, *Τι είναι η ζωή*, Τραυλός, 1995.
4. F. Jacob, *Η λογική του ζώντος*, εκδόσεις Ράππα, 1970.
5. J. Monod, *Η τύχη και η αναγκαιότητα*, εκδόσεις Ράππα, 1971.
6. S. Shostak, *Death of life: The legacy of molecular biology*, Macmillan Press, 1998.
7. M. Perrett, *Beginning of cellular life*, New Haven, Yale University Press, 1992.
8. G. Joyce, "Exobiology: Discipline science plan", Internal NASA document, 1992.
9. J. Cohen and Ian Stewart, "Where are the dolphins?", *Nature* 409, 2001, σ. 1119-1122.
10. Kepa Ruiz-Mirazo, Juli Pereto and Alvaro Moreno, "A universal definition of life: Autonomy and open-ended evolution", *Origins of life and Evolution in the Biosphere*, 34 (3), 2004, σ. 323-346.



*Koloman Moser, Η Αφροδίτη μέσα στη σπηλιά, 1914-1915*