

#128

ΠΡΙΣΜΑ

ΕΝΘΕΤΟ ΓΙΑ ΤΙΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ,
ΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΤΗΝ ΚΟΙΝΩΝΙΑ
www.facebook.com/PRISMASCIENCEMAGAZINE

Η ΑΥΓΗ

Παρασκευή 4 Μαρτίου 2022

Ποιοι είναι επιστήμονες;

Υπήρξε κάποια κρίσιμη ιστορική στιγμή, κατά την οποία χαρακτήκε μία διαχωριστική γραμμή ανάμεσα σε όσους δεν ήταν επιστήμονες και σε όσους ήταν επιστήμονες;

ΣΕΛΙΔΑ 8



Ο 2ος νόμος της θερμοδυναμικής ως ενοποιητική θεωρία των πάντων

Σύμφωνα με τους νόμους της Θερμοδυναμικής σε ένα απομονωμένο σύστημα η ενέργεια μένει σταθερή και η εντροπία, ως μέτρο της αταξίας, δεν ελαττώνεται. Είναι, λοιπόν, η Θερμοδυναμική μια οικουμενική θεωρία με εγγενή ενοποιητικά στοιχεία φιλόξενα για όλα τα επιστημονικά πεδία;

ΣΕΛΙΔΕΣ 4-5

Γυναίκες στη Διαστημική Εποχή



Μέχρι να λήξουν οι δεκαετίες υποεκπροσώπησης των γυναικών στη διαστημική εξερεύνηση, οι γυναίκες πρωτοπόροι είναι εδώ για να εμπνεύσουν μία ολόκληρη γενιά κοριτσιών και νεαρών γυναικών που ονειρεύονται να κατακτήσουν το διάστημα.

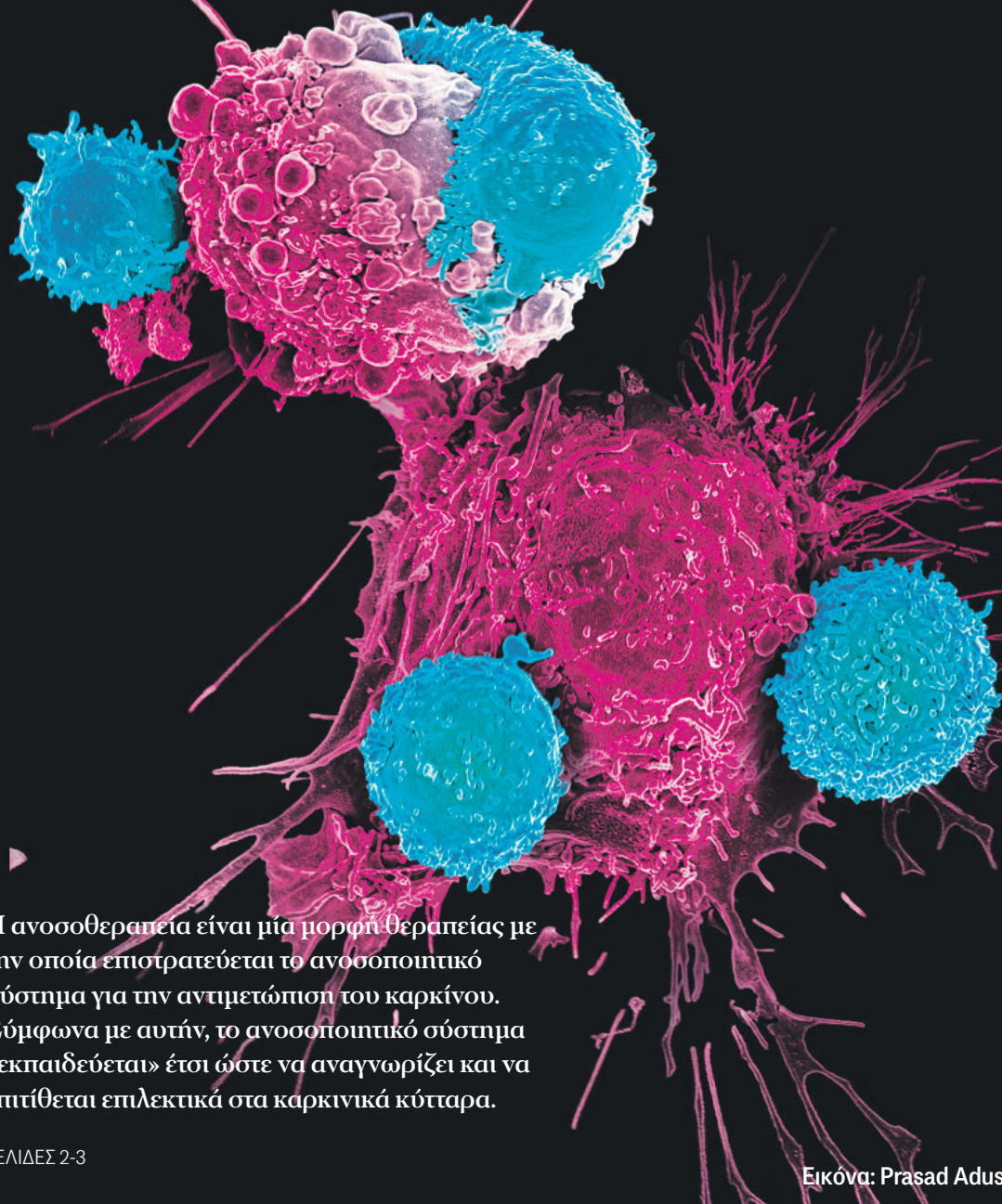
ΣΕΛΙΔΑ 6

Ανοικτή επιστήμη στην πράξη: ευκαιρίες και προβληματισμοί

Ανοικτά ή κλειστά ερευνητικά δεδομένα; Ιδού η απορία! Η απόφαση του Εθνικού Ινστιτούτου Υγείας των ΗΠΑ, του μεγαλύτερου χρηματοδότη βιοϊατρικής έρευνας στον κόσμο, για υποχρεωτικό άνοιγμα όλων των δεδομένων που προέρχονται από έρευνα που έχει χρηματοδοτήσει έχει προκαλέσει ανάμεικτες αντιδράσεις.

ΣΕΛΙΔΑ 7

Ανοσοθεραπεία με CAR-T κύτταρα: ένα ορόσημο στην αντιμετώπιση του καρκίνου



Η ανοσοθεραπεία είναι μία μορφή θεραπείας με την οποία επιστρατεύεται το ανοσοποιητικό σύστημα για την αντιμετώπιση του καρκίνου. Σύμφωνα με αυτήν, το ανοσοποιητικό σύστημα «εκπαιδεύεται» έτσι ώστε να αναγνωρίζει και να επιτίθεται επιλεκτικά στα καρκινικά κύτταρα.

ΣΕΛΙΔΕΣ 2-3

Εικόνα: Prasad Adusumilli



Ευρώπη από τα Lidl

ΕΧΟΥΝ ΠΕΡΑΣΕΙ καμιά εικοσαριά μέρες από τότε που συνέβη και το έχουμε ήδη ξεχάσει. Καλό είναι, όμως, να μην ξεχνάμε και να μην συνθηζουμε. Το συμβάν αφορούσε μια ηλικιωμένη γυναίκα που έκλεψε κάποια προϊόντα από ένα κατάστημα Lidl. Οι υπεύθυνοι του καταστήματος τη συνέλαβαν, την παρέδωσαν στην αστυνομία και υπέβαλαν μήνυση. Όταν το πράγμα μαθεύτηκε υπήρξε αντίδραση από τον κόσμο. Τόσο στον τύπο όσο και στα μέσα κοινωνικής δικτύωσης υποστηρίχτηκε ότι επρόκειτο για μια φτωχή γυναίκα, η οποία έκλεψε από ανάγκη λίγο τυρί και λίγο κρέας. Η αλυσίδα θα μπορούσε να αποσύρει τη μήνυση και το πράγμα να τελειώσει εκεί. Η επιχείρηση, όμως, επέμεινε στη στάση της –έκλεψε, άρα έπρεπε να αντιμετωπίσει τις συνέπειες του νόμου– και μόνο όταν η κατακραυγή διογκώθηκε υπέρμετρα απέσυρε τη μήνυσή της.

Δεν μπορώ να μην σκεφτώ ότι το Lidl είναι γερμανική επιχείρηση. Και δεν μπορώ να μην σκεφτώ την εξόφθαλμη ομοιότητα αυτού του περιστατικού με τον τρόπο που η Γερμανία της Μέρκελ και του Σόιμπλε κυβέρνησε την Ευρώπη σε όλη τη διάρκεια της πρόσφατης οικονομικής κρίσης: Πρέπει να εφαρμόζουμε τους κανόνες. Κατανοούμε τα δεινά που μπορεί να επιφέρουν τα μέτρα σε μεγάλο μέρος του πληθυσμού και τη δυσφορία που κάτι τέτοιο συνεπάγεται· ωστόσο, πρέπει να καταλάβετε ότι το μακροπρόθεσμο συμφέρον της χώρας σας βρίσκεται στην πάση θυσία εφαρμογή των δημοσιονομικών κανόνων. Και για να γίνει αυτό χωρίς τις παλινωδίες και τα παζαρέματα που χαρακτηρίζουν τον πολιτικό βίο των νοτίων, η κοινωνία πρέπει να μετασχηματιστεί κατά τρόπον ώστε η εφαρμογή των κανόνων να εγγραφεί στην ίδια τη δομή της. TANE (η αδελφή της TINA): There are no exceptions!

Όμως, υπάρχουν κανόνες για την εφαρμογή των κανόνων; Ο αυστριακός φιλόσοφος Ludwig Wittgenstein έγραφε στις *Φιλοσοφικές Έρευνές* του: «Το παράδοξο μας ήταν τούτο: ένας κανόνας δεν μπορεί να προσδιορίσει κανένα τρόπο εκτέλεσης της πράξης, γιατί κάθε τρόπος μπορεί να γίνει συμβιβαστός με τον κανόνα. Η απάντηση ήταν: αν καθετί μπορεί να γίνει συμβιβαστό με τον κανόνα, μπορεί εξίσου και να συγκρουσθεί με αυτόν. Και, άρα, εδώ δεν υπάρχει ούτε συμβιβασμός ούτε σύγκρουση [...] Γι' αυτό το να 'ακολουθείς τον κανόνα' είναι μια πρακτική. Και το να νομίζεις πως ακολουθείς τον κανόνα δεν είναι το να τον ακολουθείς. [...] Το να ακολουθείς έναν κανόνα είναι ανάλογο με το να ακολουθείς μια προσαγή. Μας εξασκούν να υπακούμε και να αντιδρούμε σ' αυτόν με ορισμένο τρόπο. Αλλά τι γίνεται αν στην προσαγή και στην εξάσκηση ο ένας αντιδρά έτσι και ο άλλος αλλιώς; Ποιος έχει δίκιο;» (§201, 202, 206· μετάφραση Παύλος Χριστοδουλίδης). Το ερώτημα, επομένως, δεν είναι ποιος είναι ο κανόνας και ποιος τον ακολουθεί, αλλά ποιος ερμηνεύει τον κανόνα και ποιος αποφασίζει τι συνιστά συνεπή εφαρμογή του.

Μ.Π.

Ανοσοθεραπεία με CAR-T κύτταρα

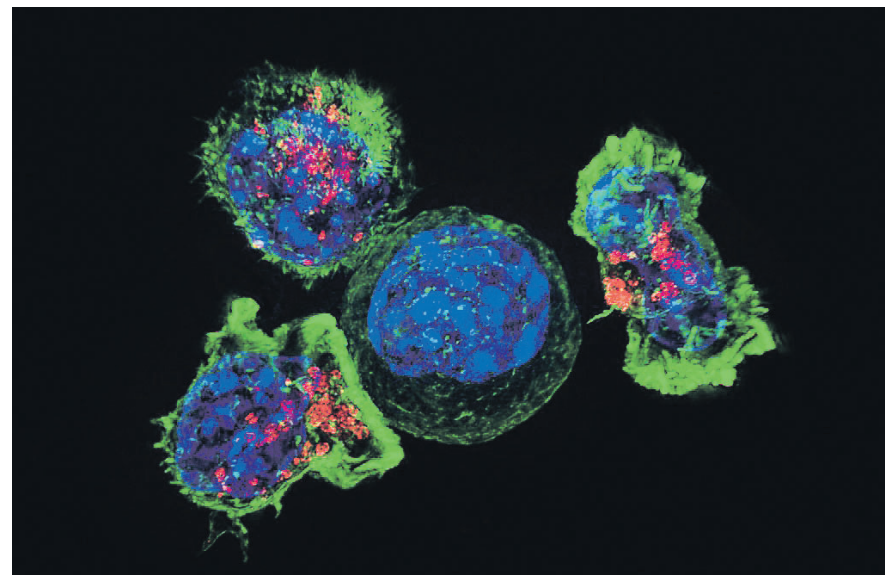
Ένα ορόσημο στην αντιμετώπιση

Ένα πρωτοποριακό εργαλείο με ελπιδοφόρα αποτελέσματα για την αντιμετώπιση συγκεκριμένων μορφών καρκίνου θεωρείται η ανοσοθεραπεία. Η νέα γενιά εξατομικευμένης ανοσοθεραπείας, η θεραπεία με CAR-T κύτταρα, χρησιμοποιείται τα τελευταία χρόνια σε ασθενείς με καρκίνο του αίματος, με αίσια έκβαση τόσο στις κλινικές δοκιμές όσο και στην ιατρική πράξη. Η θεραπεία βασίζεται στη συλλογή και στην τροποποίηση των κυττάρων του ανοσοποιητικού του ασθενούς ώστε να μπορούν να αντιμετωπίσουν τα καρκινικά κύτταρα. Μέχρι στιγμής τρία φάρμακα της συγκεκριμένης θεραπείας έχουν εγκριθεί από τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Φαρμάκων για την αντιμετώπιση καρκίνων του αίματος ενώ η έρευνα και οι κλινικές δοκιμές προχωρούν με ταχύτατους ρυθμούς και αναμένεται να οδηγήσουν στην εφαρμογή της συγκεκριμένης θεραπευτικής προσέγγισης και σε άλλες μορφές καρκίνου.

Οι βασικές αρχές της ανοσοθεραπείας στον καρκίνο

Ο καρκίνος αποτελεί ένα σύνολο παθολογικών καταστάσεων με κοινό σημείο αναφοράς την ανώμαλη ανάπτυξη και πολλαπλασιασμό των κυττάρων. Έχοντας πολλά πρόσωπα και επηρεάζοντας ποικιλοτρόπως τον οργανισμό, προκαλεί σοβαρά προβλήματα για τη σωματική και την ψυχική υγεία των ανθρώπων που υποφέρουν από κάποια μορφή του. Τα άλματα προόδου στην ιατρική και τη βιολογία έχουν καταστήσει τις περισσότερες μορφές του αντιμετωπίσιμες, ενώ η ποικιλία θεραπευτικών εργαλείων που οπλίζουν τη φαρέτρα των γιατρών καθιστά τη φράση «επάραιτη νόσος» πιο παρωχημένη από ποτέ.

Η ανοσοθεραπεία είναι μία μορφή थे-



Τ κύτταρα περικυκλώνουν ένα καρκινικό κύτταρο. Πηγή: NICHD/J. Lippincott-Schwartz, Creative Commons.

ραπείας με την οποία επιστρατεύεται το ανοσοποιητικό σύστημα για την αντιμετώπιση και τον περιορισμό του καρκίνου. Σύμφωνα με αυτήν, το ανοσοποιητικό σύστημα «εκπαιδεύεται» έτσι ώστε να αναγνωρίζει και να επιτίθεται επιλεκτικά στα καρκινικά κύτταρα. Μπορούν επίσης να ενισχυθούν τα κύτταρα του ανοσοποιητικού συστήματος έτσι ώστε να ανταποκρίνονται πιο γρήγορα και αποτελεσματικά. Μια μεγάλη ποικιλία θεραπευτικών σχημάτων περιλαμβάνεται στην ανοσοθεραπεία: στοχευμένα αντισώματα, εμβόλια εναντίον του καρκίνου, κύτταρα του ανοσοποιητικού και πρωτεΐνες που το ενισχύουν, ογκολυτικοί ιοί που στοχεύουν καρκινικά κύτταρα κ.ά. Σε πολλές περιπτώσεις χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με συμβατικές θεραπείες, όπως η χημειοθεραπεία. Η ανοσοθεραπεία είναι ένα ταχέως εξελισσόμενο πεδίο τα τελευταία χρόνια με εντυπωσιακά αποτελέσματα. Μια μορφή ανοσοθεραπείας είναι η θεραπεία με T κύτταρα με χι-

μαιρικούς υποδοχείς αντιγόνου ή αλλιώς με CAR-T cells (Chimeric Antigen Receptor T cells). Η συγκεκριμένη θεραπεία βασίζεται στη γενετική τροποποίηση των T- κυττάρων του ασθενούς με σκοπό να μπορούν να στοχεύσουν τα καρκινικά κύτταρα. Θεωρείται πρωτοποριακή για τη διαχείριση ασθενειών όπως η λευχαιμία και το λέμφωμα.

Η θεραπεία με CAR-T κύτταρα

Η θεραπεία αυτή αποτελεί μια κυτταρική θεραπεία, διότι για την αντιμετώπιση των νοσημάτων χρησιμοποιούνται κύτταρα του ασθενούς. Συγκεκριμένα κύτταρα του ασθενούς συλλέγονται, τροποποιούνται και επανεισέρχονται στον οργανισμό του προκειμένου να εντοπίσουν και να εξολοθρεύσουν τα καρκινικά κύτταρα. Τα κύτταρα που συλλέγονται είναι τα T λεμφοκύτταρα. Πρόκειται για μια κατηγορία κυττάρων του ανοσοποιητικού συστήματος που μετακινούνται με

Συνδεθείτε με το ΠΡΙΣΜΑ 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

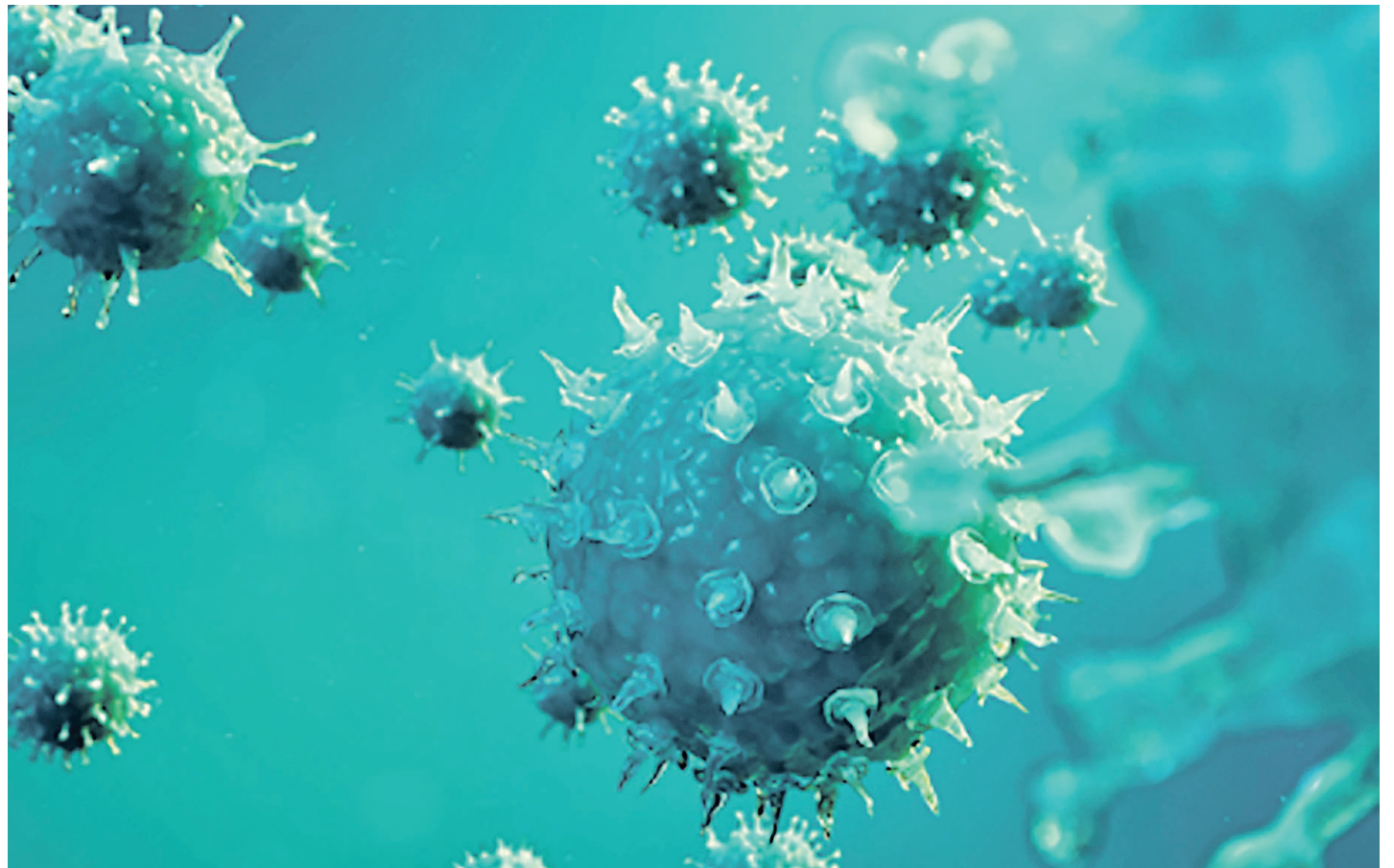
Επιμέλωση του καρκίνου

την κυκλοφορία του αίματος και που φέρουν ειδικούς υποδοχείς στην επιφάνειά τους. Αυτοί οι υποδοχείς μπορούν να προσδεθούν σε μόρια που φέρουν διάφοροι ξένοι εισβολείς, όπως βακτήρια και ιοί. Τα μόρια αυτά ονομάζονται αντιγόνα. Οι υποδοχείς των Τ κυττάρων συνδέονται με τα αντιγόνα των ξένων εισβολέων, όπως ένα κλειδί με την κλειδαριά. Με αυτόν τον τρόπο τα Τ κύτταρα εξολοθρεύουν τους μικροοργανισμούς που απειλούν την υγεία του ανθρώπου. Παρόλο που τα καρκινικά κύτταρα φέρουν, επίσης, αντιγόνα στην επιφάνειά τους, αυτά συνήθως δεν αναγνωρίζονται από τα Τ κύτταρα κι έτσι δεν μπορούν να τα καταστρέψουν. Η θεραπεία με Τ κύτταρα με χιμαιρικούς υποδοχείς αντιγόνου στοχεύει σε αυτό ακριβώς: στην εκπαίδευση των Τ κυττάρων ώστε να ξεχωρίζουν τα καρκινικά κύτταρα, να προσκολλώνται σε αυτά και να τα εξολοθρεύουν.

Αρχικά τα Τ κύτταρα συλλέγονται από το αίμα του ασθενούς. Στη συνέχεια, στο εργαστήριο, με τη χρήση κατάλληλης μεθοδολογίας και εξοπλισμού, τροποποιείται το γενετικό τους υλικό έτσι ώστε να μπορούν να αναγνωρίσουν τα αντιγόνα στην επιφάνεια των καρκινικών κυττάρων. Τα γενετικά τροποποιημένα Τ κύτταρα που προκύπτουν φέρουν κάποια μόρια στην επιφάνειά τους που ονομάζονται χιμαιρικοί υποδοχείς. Αυτοί οι υποδοχείς προσδένονται στα καρκινικά κύτταρα. Στο επόμενο στάδιο αναπτύσσονται και πολλαπλασιάζονται σε εργαστηριακές συνθήκες έτσι ώστε να εξασφαλιστούν επαρκείς ποσότητες για τη θεραπεία. Έπειτα χορηγούνται στην κυκλοφορία του αίματος του ασθενούς. Μόλις εισέλθουν στον οργανισμό αρχίζουν να εντοπίζουν και να προσδένονται με επιλεκτικό και εξειδικευμένο τρόπο στα καρκινικά κύτταρα, χρησιμοποιώντας τους χιμαιρικούς υποδοχείς τους. Τα Τ κύτταρα είναι τροποποιημένα με τέτοιο τρόπο ώστε να διατηρούνται στην κυκλοφορία του αίματος για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Από τη θεραπεία με Τ κύτταρα με χιμαιρικούς υποδοχείς αντιγόνου μπορούν να επωφεληθούν, σήμερα, ασθενείς με καρκίνο του αίματος. Τα CAR- Τ κύτταρα θεωρούνται προηγμένα θεραπευτικά προϊόντα και η απόκτηση, η γενετική τροποποίηση και η χρήση τους υπόκεινται σε αυστηρούς κανονισμούς στις χώρες- μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης που έχουν καθοριστεί από νομοθετικές ρυθμίσεις.

Σημαντικά οφέλη αλλά και προβλήματα προς επίλυση

Η πρώτη θεραπεία με CAR- Τ κύτταρα εγκρίθηκε το 2017 για την αντιμετώπιση της υποτροπιάζουσας οξείας λεμφοκυτταρικής λευχαιμίας σε παιδιά και ενήλικες κάτω των 25 ετών. Με τον εξειδικευμένο και εξατομικευμένο τρόπο δράσης της, η συγκεκριμένη ανοσοθεραπεία προκάλεσε κλίμα ενθουσιασμού και αισιοδοξίας, σε ασθενείς και γιατρούς, διότι προσφέρει νέες δυνατότητες θεραπείας σε ασθενείς με μειωμένες θεραπευτικές επιλογές. Εκτοτε άλλες τέσσερις θεραπείες έχουν εγκριθεί από τον Αμερικάνικη Υπηρεσία Τροφίμων και Φαρ-



μάκων και τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Φαρμάκων. Περισσότερες από 700 κλινικές δοκιμές βρίσκονται εν εξέλιξη σε διάφορα μέρη του κόσμου, στοχεύοντας στην ανάπτυξη θεραπευτικών σχημάτων για διάφορους τύπου καρκίνου και οδηγώντας σε απτά αποτελέσματα¹. Πιο πρόσφατα, τον Ιούνιο 2012, εγκρίθηκε ένα ακόμα σχετικό φάρμακο που αφορά την αντιμετώπιση του πολλαπλού μυελώματος, ενός καρκίνου του αίματος, σε ασθενείς με υποτροπές μετά από τις ήδη διαθέσιμες θεραπείες. Σύμφωνα με διαθέσιμα στοιχεία² η Κίνα προηγείται σε αριθμό μελετών, με τις ΗΠΑ να ακολουθούν, ενώ η Ευρώπη συντονίζει μόλις το 10% των μελετών.

Παρόλα αυτά υπάρχουν ακόμα σοβαρά προβλήματα προς διευθέτηση. Ο χρόνος διάρκειας της θεραπείας είναι ένα ζήτημα πάνω στο οποίο εργάζονται επιστημονικές ομάδες σε διάφορα ερευνητικά κέντρα. Τα διαθέσιμα στοιχεία είναι πολύ ενθαρρυντικά: δέκα χρόνια μετά τη συμμετοχή σε κλινική δοκιμή που ανέδειξε το πρώτο εγκεκριμένο φάρμακο, οι δύο άνδρες που έπασχαν από χρόνια λεμφοκυτταρική λευχαιμία, παραμένουν υγιείς, ενώ τα Τ κύτταρα εξακολουθούν να εντοπίζονται στο αίμα τους³. Οι έρευνες εστιάζουν, επίσης, στη βελτιστοποίηση των θεραπειών έτσι ώστε να υπάρχει η μέγιστη αποδοτικότητα με τις λιγότερες δυνατές παρενέργειες. Η πιο συχνή παρενέργεια είναι το σύνδρομο απελευθέρωσης κυτοκινών, μορίων, δηλαδή, που υποστηρίζουν τη λειτουργία των Τ κυττάρων και που απελευθερώνονται με την είσοδο των τελευταίων στην κυκλοφορία του αίματος. Για την αντιμετώπιση των πιθανών παρενεργειών οι ασθενείς

μετά τη θεραπεία με CAR- Τ κύτταρα βρίσκονται σε στενή ιατρική παρακολούθηση. Το σημαντικό κόστος της θεραπείας αλλά και η απαραίτητη υποδομή και εργαστηριακός εξοπλισμός είναι σημαντικά εμπόδια για την εφαρμογή της σε πιο μαζική κλίμακα.

Η δυνατότητα διεύρυνσης των θεραπευτικών σχημάτων έτσι ώστε να μπορούν να επωφεληθούν περισσότεροι ασθενείς και με άλλες μορφές καρκίνου είναι ένα ακόμα ζήτημα προς διερεύνηση. Η επιστημονική κοινότητα έχει στραφεί στη δυνατότητα χρήσης της ανοσοθεραπείας με CAR-Τ κύτταρα σε άλλες μορφές καρκίνου, γεγονός που αποδεικνύεται και στις κλινικές δοκιμές. Ο καρκίνος του πνεύμονα, των ωοθηκών και του εγκεφάλου είναι μερικά μόνο παραδείγματα. Παρά τις προκλήσεις και τις δυσκολίες, η συγκεκριμένη ανοσοθεραπεία αποτελεί ορόσημο για την αντιμετώπιση του καρκίνου, με πολλαπλά οφέλη για τους ασθενείς.

Μ.Τ.

Πηγές:

¹<https://www.clinicaltrials.gov/>

²Vucinic, V. *et al.* Production and Application of CAR T Cells: Current and Future Role of Europe. *Front. Med.*, 16 August 2021

³Melenhorst, J.J. *et al.* Decade-long leukaemia remissions with persistence of CD4⁺ CAR T cells. *Nature* 602, 503–509 (2022).

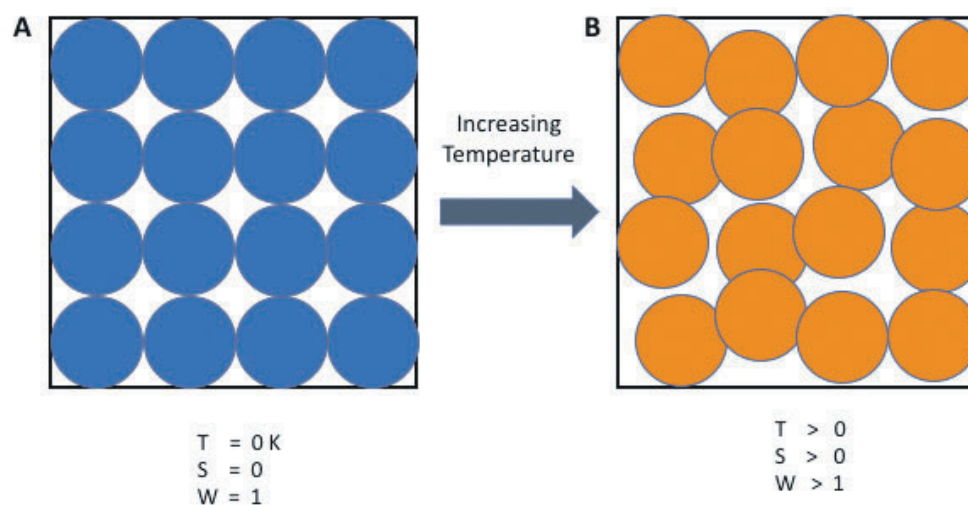
Ο δεύτερος νόμος της θερμοδυναμικής

Η προοπτική διατύπωσης μιας θεωρίας, που να ενοποιεί όλες τις φυσικές επιστήμες, άσκησε και ασκεί μεγάλη γοητεία στους φυσικούς επιστήμονες. Το σημείο εκκίνησης αυτού του εγχειρήματος βρίσκεται στον 17^ο αιώνα με αφετηρία την ερμηνεία των ελλειπτικών τροχιών των πλανητών, συνδυάζοντας τη δύναμη της βαρύτητας και τους 3 νόμους της κίνησης του Isaac Newton. Το εγχείρημα συνεχίστηκε με την ηλεκτρομαγνητική θεωρία του James Maxwell, τη Γενική θεωρία της Σχετικότητας του Albert Einstein και τον συνδυασμό της με την Κβαντική Μηχανική και φθάνει μέχρι τις μέρες μας με το Καθιερωμένο Πρότυπο και τη λεγόμενη Θεωρία των Πάντων. Παρά τις δυσκολίες και τις ανατροπές που αντιμετώπισε, το ενοποιητικό εγχείρημα συνεχίζει δικαιολογημένα να συγκινεί.

Μια αντίστοιχη και ίσως ευρύτερη ενοποιητική τάση διαπιστώνεται στα πεδία των κοινωνικών και ανθρωπιστικών επιστημών. Στην περίπτωση αυτή η ενιαία θεωρητική πλατφόρμα είναι η Θερμοδυναμική και ειδικά ο 2^{ος} θερμοδυναμικός νόμος, ο οποίος συγκεντρώνει διαχρονικά το ενδιαφέρον του επιστημονικού κόσμου. Σ' αυτό έχουν συνηγορήσει κορυφαίες φυσιογνωμίες στην ιστορία των επιστημών, όπως ο Albert Einstein που φέρεται ότι κάποτε είχε δηλώσει ότι «Η Θερμοδυναμική είναι η μοναδική φυσική θεωρία οικουμενικού περιεχομένου, η οποία μέσα στα πλαίσια της εφαρμοσιμότητας των βασικών της εννοιών ποτέ δεν θα ανατραπεί».

Στην Ελλάδα, η πρώτη ευκαιρία επαφής με τα θέματα αυτά δόθηκε στα τέλη της δεκαετίας του 1960 με τα βιβλία «Κυβερνητική ή έλεγχος & επικοινωνία στα ζώα και στις μηχανές» του Norbert Wiener και «Κυβερνητική και Διαλεκτικός Υλισμός» του Jacques Guillaumaud, το δεύτερο σε μετάφραση του αείμνηστου Κώστα Φιλίππ.

Η διάρρηξη των ορίων των Φυσικών Επιστημών από τη Θερμοδυναμική εγκαινιάστηκε το 1850 από τους William Thomson και Rudolf Clausius με την υπόθεση περί θερμικού θανάτου του σύμπαντος. Σύμφωνα με τον 1^ο και τον 2^ο νόμο της Θερμοδυναμικής σε ένα απομονωμένο σύστημα η ενέργεια μένει σταθερή και η εντροπία, ως μέτρο της αταξίας ή αλλιώς της αποδιοργάνωσης του συστήματος, ποτέ δεν ελαττώνεται. Μάλιστα, στη διάρκεια αυθόρμητων μεταβολών πάντοτε αυξάνεται. Η αυξητική τάση της εντροπίας συμπίπτει με την υποκειμενική ροή του χρόνου και γι' αυτό το λόγο λέγεται



ότι ο 2^{ος} νόμος της θερμοδυναμικής ορίζει το βέλος του χρόνου.

Βάσει αυτών το σύμπαν, θεωρούμενο ως απομονωμένο σύστημα, οδεύει αναπότρεπτα προς μια κατάσταση μέγιστης εντροπίας, η οποία δεν θα επιτρέπει την πραγματοποίηση κανενός φυσικού φαινομένου. Μοιραία αυτή η θεωρία συνδέθηκε με εσχατολογικές απόψεις περί δημιουργίας του κόσμου. Σ' αυτή τη διαμάχη ενεπλάκησαν μεταξύ άλλων ο Μαρξ και κυρίως ο Έγκελς, με τα έργα του Αντι-Ντύρινγκ και Διαλεκτική της Φύσης, ακολουθούμενοι από πολλούς άλλους σύγχρονους τους και νεώτερους.

Το ενδιαφέρον για αυτή την επιστημονική διαμάχη διατηρείται μέχρι τις μέρες μας, όπως ενδεικτικά επιβεβαιώνεται από δημοσίευμα των J. Bellamy-Foster και P. Burkett [1] αναφορικά με τη σχέση μαρξισμού και 2^{ου} νόμου της Θερμοδυναμικής. Με βάση τις ει-

σαγωγικές έννοιες που εκτίθενται στα σύγχρονα συγγράμματα της Θερμοδυναμικής, η υπόθεση του θερμοδυναμικού θανάτου μπορεί να κριθεί σε σχέση με τις προϋποθέσεις ορισμού ενός φυσικού συστήματος ως θερμοδυναμικού. Οι προϋποθέσεις αυτές είναι, να μπορούν να ορισθούν πραγματικά ή ιδεατά όρια για το σύστημα και να λαμβάνουν χώρα σ' αυτό μετασχηματισμοί ενέργειας που μπορούν να εκφραστούν βάσει αμοιβαίων μετατροπών θερμότητας και μηχανικού έργου. Βάσει της πρώτης από αυτές τις προϋποθέσεις το σύμπαν δεν μπορεί να οριστεί ως απομονωμένο θερμοδυναμικό σύστημα, γεγονός που ακυρώνει την υπόθεση περί θερμοδυναμικού θανάτου.

Ξεκινώντας από τα τέλη της 2ης δεκαετίας του 20^{ου} αιώνα, ο 2^{ος} νόμος της Θερμοδυναμικής αποκαλούμενος επίσης νόμος της εντροπίας, χρησιμοποιήθηκε ως ερμηνευτι-

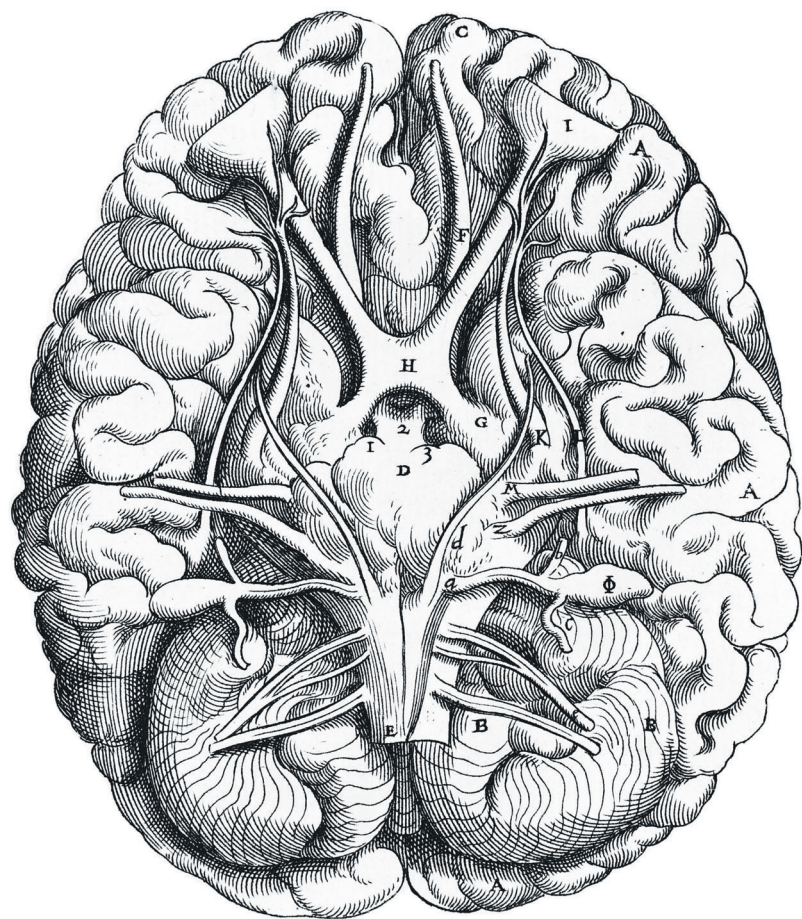
κό εργαλείο στα πεδία της οικονομικής θεωρίας, της πολιτικής θεωρίας, της οικολογίας, της κοινωνιολογίας, της ψυχολογίας, των επιστημών του νευρικού συστήματος ακόμη και του πολιτισμού και των τεχνών.

Το ερώτημα που ανακύπτει είναι, αν η Θερμοδυναμική είναι όντως μια οικουμενική θεωρία με εγγενή ενοποιητικά στοιχεία φιλόξενα για όλα τα επιστημονικά πεδία. Δηλαδή, χρησιμοποιώντας τον γνωστό ψευδο-λατινικό όρο, αν η Θερμοδυναμική είναι το omnium gatherum πασών των επιστημών. Προκειμένου να δώσουμε μια στοιχειώδως επαρκή απάντηση σ' αυτό το ερώτημα, πρέπει να επιχειρήσουμε μια κατά το δυνατόν σύντομη περιγραφή της διείσδυσης των θερμοδυναμικών εννοιών μέσα στα έργα του ανθρώπινου πνεύματος.

Πρωτοπόρος στη μελέτη της σχέσης της οικονομίας, της πολιτικής και της οικολογίας με βάση την έννοια της εντροπίας υπήρξε ο Frederick Soddy (Nobel Χημείας 1921). Από τους μεταγενέστερους επιστήμονες που δραστηριοποιήθηκαν στο πεδίο αυτό αναφέρουμε ενδεικτικά τους Nicholas Georgescu-Roegen, Herman Daly, και Jeremy Rifkin, των οποίων οι απόψεις μπορούν να συνοψιστούν στα εξής. Για να κατανοήσουμε τι είναι η εντροπία ξεκινάμε από την πρωταρχική διάκριση μεταξύ διαθέσιμης και μη-διαθέσιμης ενέργειας. Η εντροπία είναι το μέτρο της ποσότητας της διαθέσιμης ενέργειας που μετατρέπεται σε μορφές ενέργειας μη-διαθέσιμες για την παραγωγή έργου. Οι μορφές ενέργειας που δεν είναι διαθέσιμες για παραγωγή έργου, είναι μορφές ρύπανσης και αντιπροσωπεύουν απόβλητα. Τελικά, η ρύπανση είναι ένα άλλο όνομα για την εντροπία [2,3].



ως ενοποιητική θεωρία των πάντων



Στις κοινωνικές και ανθρωπιστικές επιστήμες η ενσωμάτωση των θερμοδυναμικών αρχών γίνεται κατ' αρχήν περιγραφικά με επιχειρήματα που απηχούν τον 2^ο νόμο σύμφωνα με τα οποία, τα κοινωνικά συστήματα παρουσιάζουν αυθόρμητη τάση αύξησης της αταξίας και απομάκρυνσης από κατεστημένες οργανωμένες δομές [4]. Η λειτουργία του πολιτικο-κοινωνικού συστήματος, μέσω αναδραστικών μηχανισμών, ως μια αυτοοργανούμενη πολυπλοκότητα, έχει ως αποτέλεσμα αυτή η αύξηση της αταξίας να μην αναιρεί τη δυνατότητα αποκατάστασης της τάξης σε ένα ανώτερο επίπεδο. Από τον μεγάλο Ρουμάνο φυσικοχημικό Ilya Prigogine (Nobel 1977) οι διεργασίες αυτές αναφέρονται ως δημιουργία «τάξης από το χάος» [5].

Η μαθηματοποίηση των εφαρμογών της Θερμοδυναμικής έξω από το πλαίσιο των Φυσικών Επιστημών δεν προχώρησε χωρίς αντιρρήσεις. Ο Georgescu-Roegen [2] εξέφραζε επιφυλάξεις για την εφαρμογή στις οικονομικές και κοινωνικές επιστήμες αυτού που ονόμαζε θερμοδυναμικό αριθμομορφισμό, δηλαδή την ανάπτυξη ενός θερμοδυναμικού φορμαλισμού που θα μαθηματοποιούσε τις οικονομικές και κοινωνικές μελέτες, προκρίνοντας αντίθετα μια μάλλον φαινομενολογική και μη-φορμαλιστική αναφορά στον 2^ο νόμο ως ερμηνευτική βάση.

Οι παλαιότερες μελέτες στα πεδία της πολιτικής, οικονομικής και κοινωνικής θεωρίας αποκαλύπτουν ότι δεν λαμβάνονταν υπόψη το γεγονός ότι η κλασική Θερμοδυναμική αναφέρεται αυστηρά σε απομονωμένα συστήματα υπό συνθήκες αποκατεστημένης ισορροπίας και όχι σε ανοικτά συστήματα μακράν της ισορροπίας. Σ' αυτά τα πλαίσια καταγράφονται στη βιβλιογραφία εμπεριστατωμένες αναλύσεις [6].

Η κατάσταση αυτή έδωσε το έναυσμα της εφαρμογής της Θερμοδυναμικής της μη-ισορροπίας, αλλιώς μη-αντιστρεπτής θερμοδυναμικής, στην οποία άφησε το ισχυρό του αποτύπωμα ο Ilya Prigogine, σύμφωνα με τον οποίο «η μη-αντιστρεπτή θερμοδυναμική είναι ένα απαραίτητο συμπλήρωμα των μεγάλων θεωριών της μακροφυσικής στην οποία παρέχει μια ενοποίηση που έλλειπε». Μια από τις πιο σημαντικές συνεισφορές του Prigogine είναι η απόδειξη, ότι με βάση τη Θερμοδυναμική μη-ισορροπίας η διατήρηση της τάξης μέσα στα έμβια συστήματα δεν παραβιάζει τον 2^ο νόμο της Θερμοδυναμικής. Το έργο του αν και εστιάστηκε σε χημικά και βιολογικά συστήματα, εντούτοις ενέπνευσε επιστήμονες από τις ανθρωπιστικές και κοινωνικές επιστήμες για την εφαρμογή των αρχών της Θερμοδυναμικής της μη-ισορροπίας στα πεδία αυτά [7].

Ιδιαίτερη αναφορά αξίζει να κάνουμε στις πιο πρόσφατες θεωρητικές και υπολογιστικές μελέτες του νευρικού συστήματος και του εγκεφάλου με βάση τη λεγόμενη Αρχή της Ελεύθερης Ενέργειας, όπου η έμφαση δίνεται σε όρους δανεισμένους από τη Θερμοδυναμική, όπως η εντροπία και η ελεύθερη ενέργεια. Πρέπει να επισημανθεί όμως, ότι εννοιολογικά οι όροι αυτοί απέχουν πολύ από τις αντίστοιχες θερμοδυναμικές έννοιες. Με τη μεθοδολογία αυτή μελετούνται οι διεργασίες, με τις οποίες ο εγκεφαλος ως προσαρμοστικό σύστημα ανθίσταται στην φυσική τάση προς την αταξία, δηλαδή διατηρεί την εντροπία του σε χαμηλό επίπεδο. Η εντροπία στα πλαίσια αυτής της θεωρίας κατανοείται ως μέτρο των απρόσμενων συμβάντων, τα οποία αποκαλούνται «εκπλήξεις» και αντιπροσωπεύουν την απόκλιση ανάμεσα σε ενδογενείς, δηλαδή εσωτερικευμένες πάγιες αντιλήψεις του όντος και εξωγενείς επιδράσεις από το περιβάλλον. Η επίτευξη της χαμηλής εντροπίας προκύπτει ως αποτέλεσμα της ελαχιστοποίησης των διαφορών ανάμεσα στις ενδογενείς αντιλήψεις που συγκροτούν το κοσμοείδωλο του όντος και στις εξωγενείς αισθητηριακές επιδράσεις του περιβάλλοντός του. Αν οι εσωτερικευμένες αντιλήψεις και οι εξωγενείς επιδράσεις εκφραστούν βάσει της εφαρμοσμένης στατιστικής ανάλυσης με τις αντίστοιχες κατανομές πιθανότητας, τότε η ελεύθερη ενέργεια ορίζεται ως συνάρτηση της διαφοράς μεταξύ των δύο κατανομών. Έτσι, προκειμένου το όν, ως αυτο-οργανούμενο σύστημα, να αποκαθιστά την ισορροπία με το περιβάλλον του, η ελεύθερη ενέργεια πρέπει να ελαχιστοποιείται. Η συμφωνία ανάμεσα στο κοσμοείδωλο και το περιβάλλον επι-

τυγχάνεται κυρίως με δύο τρόπους: ο πρώτος είναι η βελτιστοποίηση της δυνατότητας αναγνώρισης των πιο πιθανών χαρακτηριστικών του περιβάλλοντος και ο δεύτερος είναι οι μεταβολές που πρέπει το όν να κάνει στο περιβάλλον, ώστε αυτό να γίνει πιο συμβατό με τις ενδογενείς αντιλήψεις. Ρυθμίζοντας τις διαφορές ανάμεσα σε κοσμοείδωλο και περιβάλλον, ο εγκεφαλος αυτό-οργανώνεται για να αποφύγει κατά το δυνατόν δυσάρεστες εκπλήξεις και υπαρξιακές ανατροπές. Η Αρχή της Ελεύθερης Ενέργειας είναι σημαντική για την κατανόηση καταστάσεων όπως, ο εθισμός, η νόσος Parkinson και η σχιζοφρένεια. Οι μελέτες αυτές συνοδεύτηκαν από την ανάπτυξη ενός περίπλοκου αλλά και αποδοτικού μαθηματικού φορμαλισμού, όπως αποδεικνύεται από την επεξεργασία και ερμηνεία πρωτογενών κλινικών δεδομένων [8].

Όλα τα προηγούμενα συνηγορούν στο ότι ο 2^{ος} νόμος της Θερμοδυναμικής αναγνωρίζεται πλέον ως ένα από τα κυρίαρχα παραδείγματα της επιστήμης, γιατί συμβαδίζει με τον κοινό νου και υποδεικνύει τρόπους με τους οποίους θα διασφαλιστεί μια μακρά και αξιοβίωτη κατάσταση για το σύνολο της βιοσφαιρας.

Τάσος Αναστόπουλος

Συνταξιούχος πανεπιστημιακός
Καθηγητής Φυσικοχημείας, Τμήμα Χημείας
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης (ΑΠΘ).
Προσωπικό ιστολόγιο: aganastop.blogspot.com

Ενδεικτική βιβλιογραφία

- [1] J. Bellamy-Foster and P. Burkett, **Classical Marxism and the 2nd law of thermodynamics, Organization and Environment**, 21(2008)3.
- [2] N. Georgescu-Roegen, **The entropy law and the economic process in retrospect**, *Eastern Economic Journal*, 12(1986)3.
- [3] J. Rifkin and T. Howard, **Entropy: A New World View**, Viking Press, New York, 1980.
- [4] J. Tooby and L. Cosmides, **The 2nd law of thermodynamics is the 1st law of psychology**, *Psychological Bulletin*, 129(2003)858.
- [5] I. Prigogine, G. Nicolis and A. Babloyantz, **Thermodynamics of evolution**, *Physics Today* (1972)23.
- [6] B. G. Kyle, **The mystique of entropy**, *Chemical Engineering Education* (1988)92.
- [7] J. H. Byeon, **Non-equilibrium thermodynamic approach to the change in political systems**, *Systems Research and Behavioral Science*, 16(1999)283.
- [8] K. Friston, J. Kilner, L. Harrison, **A free energy principle for the brain**, *Journal of Physiology*, 100(2006)70.

Γυναίκες στη Διαστημική Εποχή

Yuri Gagarin, Neil Armstrong, Buzz Aldrin. Οι περισσότεροι από εμάς έχουμε ακούσει αυτά τα ονόματα τουλάχιστον μία φορά. Ο πρώτος άνδρας που πέταξε στο διάστημα, τα πρώτα βήματα στη Σελήνη. Πόσοι, όμως, ξέρουμε την πρώτη γυναίκα στο διάστημα; Ή την πρώτη γυναίκα διοικητή του Διαστημικού Σταθμού;

Οι πρώτες γυναίκες κοσμοναύτες

Δύο χρόνια μετά το Yuri Gagarin, η σοβιετική κοσμοναύτης Valentina Tereshkova γίνεται η πρώτη γυναίκα που ταξιδεύει στο διάστημα. Με 126 πτήσεις με αλεξιπτωτο στο ενεργητικό της επιλέχθηκε ανάμεσα σε πάνω από 400 υποψηφίους. Στις 16 Ιουνίου του 1963, σε ηλικία μόλις 26 ετών, η Tereshkova απογειώθηκε με το διαστημικό σκάφος Vostok 6, με στόχο τη μελέτη των λειτουργιών του γυναικείου σώματος στο διαστημικό περιβάλλον. Μέσα σε περίπου 70 ώρες εκτέλεσε 48 περιστροφές γύρω από τη Γη. Αποτέλεσε ένα σύμβολο της Σοβιετικής διαστημικής εξερεύνησης και τιμήθηκε με πλήθος μεταλλίων και βραβείων, όπως το Βραβείο Λένιν. Μέχρι και σήμερα, είναι η νεότερη γυναίκα που έχει ταξιδέψει στο διάστημα και παρόλο που δεν επέστρεψε ποτέ εκεί, παραμένει ενεργή σε θέματα που αφορούν τη διαστημική εξερεύνηση, ενώ έχει δηλώσει ήδη την επιθυμία της να συμμετέχει σε μία αποστολή στον Άρη, ακόμα κι αν ήταν ένα ταξίδι χωρίς επιστροφή.

Θα περίμενε κανείς μετά από την επιτυχημένη αυτή αποστολή να ανοίξει ο δρόμος του διαστήματος για τις γυναίκες. Μάλιστα τη δεκαετία του 1960, διάφορες μελέτες υποστήριζαν ότι οι γυναίκες θα μπορούσαν να είναι καταλληλότερες για τις διαστημικές αποστολές λόγω μικρότερου αναστήματος και χαμηλότερου βάρους, γεγονός που τις κάνει πιο «ελκυστικές» για τα μικρά διαστημικά οχήματα, ενώ αντίστοιχα θα μπορούσαν να συναγωνιστούν ή και να ξεπεράσουν τους άντρες συναδέλφους τους. Παρόλα αυτά, το χάσμα ανάμεσα στα δύο φύλα συνέχισε να μεγαλώνει και χρειάστηκε να περάσουν σχεδόν 20 χρόνια, μέχρι την επόμενη φορά που γυναίκα θα ταξίδευε στο διάστημα.

Αυτή ήταν και πάλι μία σοβιετική κοσμοναύτης, η Svetlana Savitskaya, η οποία ήταν μέλος της αποστολής Soyuz T-7 το 1982. Η Savitskaya έγινε η πρώτη γυναίκα που θα πετάξει δύο φορές στο διάστημα, αλλά και η πρώτη γυναίκα που θα εκτελέσει ένα διαστημικό περίπατο (spacewalk) τον Ιούλιο του 1984. Κατά την άφιξή της, όμως, στο Salyut 7 της δίνεται μία ποδιά και της ζητείται να «πιάσει δουλειά». Η αντιμετώπιση της αυτή από τους άντρες συναδέλφους, αποτελεί ίσως μονάχα την κορυφή του παγόβουνου, από όσα καθημερινά υπομένουν οι γυναίκες τόσο στο χώρο της επιστήμης όσο και γενικότερα σε διάφορους εργασιακούς χώρους.

Μερικές πρωτιές ακόμα

Στα χρόνια που ακολούθησαν, περισσότερες γυναίκες έχουν πετάξει στο διάστημα. Παρόλα αυτά, αν και μέχρι σήμερα έχουν ταξιδέψει στο διάστημα πάνω από 600 άτομα, το ποσοστό των γυναικών δεν υπερβαίνει το 15%.

Η πρώτη τάξη αστροναυτών της NASA που περιλαμβάνει γυναίκες επιλέχθηκε το 1978. Τον Ιούνιο του 1983 η Sally Ride γίνεται η πρώτη Αμερικανίδα αστροναύτης. Η ίδια έχει να θυμάται πλήθος σεξιστικών σχολίων, όπως αν θα φοράει μακιγιάζ



στο διάστημα, αν θα καθυστερήσει την αναχώρηση του διαστημικού λεωφορείου στην προσπάθειά της να βρει τσάντα που να ταιριάζει με τα παπούτσια της ή αν επαρκούν εκατό ταμπόν για μία αποστολή διάρκειας μίας εβδομάδας. Στην ίδια τάξη με τη Ride, η Kathryn Sullivan γίνεται η γυναίκα – θρύλος του τηλεσκοπίου Hubble, συνεισφέροντας σημαντικά τόσο στην εκτόξευση όσο και στην επισκευή και συντήρησή του, ενώ είναι και η πρώτη Αμερικανίδα που έκανε διαστημικό περίπατο.

Στα βήματα της Ride, η Mae Jemison υποβάλλει αίτηση στο διαστημικό πρόγραμμα της NASA το 1987 και επιλέγεται ανάμεσα σε 2000 υποψηφίους. Έτσι, γίνεται η πρώτη Αφροαμερικανίδα που ταξιδεύει στο διάστημα, μπαίνοντας σε τροχιά γύρω από τη Γη με το Διαστημικό Λεωφορείο (Space Shuttle) Endeavor τον Σεπτέμβριο του 1992. Η Jemison, εμπνευσμένη από την ηθοποιό Nichelle Nichols, που υποδύονταν την Υπολοχαγό Uhura στην τηλεοπτική σειρά Star Trek, επιστρέφοντας από τις διαστημικές εξερευνήσεις της, εμφανίζεται και σε ένα από τα επεισόδια της σειράς αυτής το 1993. Δύο χρόνια αργότερα, η Eileen Collins γίνεται η πρώτη γυναίκα πιλότος του Διαστημικού Λεωφορείου, οδηγώντας το Discovery στο ρωσικό διαστημικό σταθμό Mir.

Το 2001, η αστροναύτης της NASA Susan Helms γίνεται η πρώτη γυναίκα μέλος πληρώματος του Διεθνούς Διαστημικού Σταθμού στα πλαίσια της αποστολής Expedition 2, ενώ η

Peggy Whitson σηματοδοτεί μία νέα περίοδο, όντας η πρώτη γυναίκα διοικητής του Διεθνούς Διαστημικού Σταθμού, σε μία εξάμηνη αποστολή τον Απρίλιο του 2008. Η Whitson έχει περάσει συνολικά 665 ημέρες στο διάστημα, κατά τη διάρκεια τριών αποστολών στο διαστημικό σταθμό, καταγράφοντας έτσι τις περισσότερες ώρες στο διάστημα από οποιονδήποτε άλλο Αμερικανό αστροναύτη, ανεξαρτήτως φύλου.

Το 2014 έχουμε πλέον την πρώτη τάξη αστροναυτών της NASA με ίσο αριθμό αντρών και γυναικών, ενώ μόλις το 2021 η NASA υιοθετεί πρωτόκολλα ακτινοπροστασίας που δεν επηρεάζουν το χρόνο παραμονής των γυναικών στο διάστημα.

Στις αρχές του 2019, προγραμματίστηκε και ο πρώτος διαστημικός περίπατος μόνο από γυναίκες, ο οποίος όμως τελικά ακυρώθηκε, καθώς δεν υπήρχαν στολές κατάλληλου μεγέθους και για τις δύο γυναίκες, αφού είχαν πακεταριστεί μόνο μεγάλες και πολύ μεγάλες στολές. Τον Οκτώβριο του 2019, στα πλαίσια συντήρησης του Διαστημικού Σταθμού, πραγματοποιήθηκε τελικά ο ιστορικός αυτός διαστημικός περίπατος, από τις Jessica Meir και Christina Koch.

Τον Απρίλιο της ίδιας χρονιάς, ανακοινώθηκε η παράταση της παραμονής της Koch στο Διαστημικό Σταθμό, η οποία συμπληρώνοντας 328 συνεχόμενες ημέρες, κατέχει πλέον το ρεκόρ για τη μεγαλύτερη διάρκεια παραμονής γυναίκας στο διάστημα κατά τη διάρκεια μιας αποστολής, μόλις 12 μέρες λιγότερες από τον Αμερικανό αστροναύτη Scott Kelly. Τέλος, η Ιταλίδα Samantha Cristoforetti, η Ευρωπαία με το ρεκόρ συνεχόμενης παραμονής στο διάστημα διάρκειας 199 ημερών, προγραμματίζεται να αναλάβει τη διοίκηση του Διαστημικού Σταθμού το 2022.

Κάτι φαίνεται να αλλάζει

Καθώς οι διαστημικές πτήσεις γίνονται συχνότερες και με εντονότερο πολυεθνικό χαρακτήρα, οι γυναίκες αρχίζουν να αποκτούν όλο και πιο ενεργό ρόλο στον αγώνα της διαστημικής εξερεύνησης, χωρίς όμως αυτό να είναι ακόμα αρκετό. Παρόλα αυτά σημειώνονται βήματα προόδου. Η αποστολή ARTEMIS της NASA υπόσχεται να φέρει τον επόμενο άντρα και την πρώτη γυναίκα στη Σελήνη το 2024 καθώς και ίση εκπροσώπηση των δύο φύλων στα μέλη του πληρώματος. Μέχρι να λήξουν οι δεκαετίες υποεκπροσώπησης των γυναικών στη διαστημική εξερεύνηση, οι γυναίκες πρωτοπόροι είναι εδώ για να εμπνεύσουν μία ολόκληρη γενιά κοριτσιών και νεαρών γυναικών που ονειρεύονται να κατακτήσουν το διάστημα. Όπως άλλωστε είπε και η Sullivan: «Σε αμέτρητα νεαρά κορίτσια θα έδινε ένα όνειρο, ένα σημείο στον ορίζοντα και μια δόση αυτοπεποίθησης - θα μπορούσαν να δουν κάποιον άλλο να το κάνει και να ξέρουν ότι είναι δυνατό».

Αναστασία Τεζάρη

Φυσικός, Διδάκτωρ Ιατρικής Φυσικής ΕΚΠΑ

Πηγές

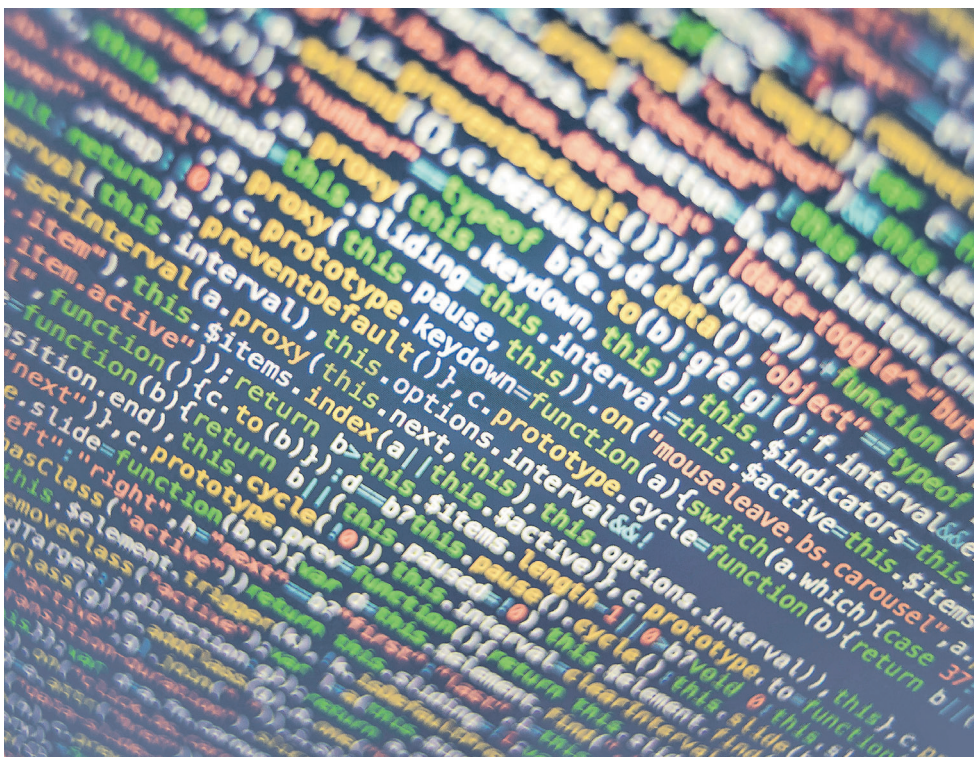
https://www.nasa.gov/mission_pages/station/research/news/whm-recent-female-astronauts

<https://www.space.com/16143-women-space-firsts-gallery.html>

ΕΡΕΥΝΑ



Ανοικτή επιστήμη στην πράξη: ευκαιρίες και προβληματισμοί



Η ανοικτή ανταλλαγή ερευνητικών δεδομένων παρότι ενδέχεται να επικρατήσει, δημιουργεί σοβαρά ερωτήματα σχετικά με την ισότητα των ερευνητών σε παγκόσμιο επίπεδο. Αφορμή για την αναζωπύρωση των συζητήσεων δόθηκε από το Εθνικό Ινστιτούτο Υγείας των ΗΠΑ (NIH – National Institutes of Health), το οποίο από τον Ιανουάριο του 2023 θα απαιτεί από τους ερευνητές που χρηματοδοτεί να δημοσιοποιούν τα δεδομένα που παραγάγουν. Υπάρχουν πολλοί ερευνητές που ανησυχούν για τις υλικοτεχνικές προκλήσεις που θα αντιμετωπίσουν αυτοί και τα ιδρύματα στα οποία εργάζονται (ΠΡΙΣΜΑ 122). Ο προβληματισμός είναι εντονότερος στους ερευνητές που βρίσκονται στην αρχή της καριέρας τους ή/και σε εκείνους που εργάζονται σε σχετικά μικρά πανεπιστήμια των ΗΠΑ.

Η παραπάνω απόφαση του NIH στοχεύει, μεταξύ άλλων, στην αντιμετώπιση της «κρίσης της επαναληψιμότητας» (ΠΡΙΣΜΑ 101) στην επιστημονική έρευνα, η οποία έχει υπολογιστεί ότι στοιχίζει, μόνο στις ΗΠΑ, δέκα έως 50 δισεκατομμύρια δολάρια. Μία ακόμα οδηγός δύναμη για το άνοιγμα των δεδομένων, παρά τις προκλήσεις που δημιουργεί, είναι η ενίσχυση της εμπιστοσύνης του κοινού προς την επιστήμη. Λαμβάνοντας υπόψη το μέγεθος του NIH, που είναι ο μεγαλύτερος δημόσιος χρηματοδότης βιοϊατρικής έρευνας στον κόσμο, προβλέπεται ότι τα αποτελέσματα της πολιτικής αυτής θα γίνουν αισθητά πολύ πέρα από τα σύνορα των ΗΠΑ.

Μία «τεκτονική» μετατόπιση

Σύμφωνα με τη νέα πολιτική, όλες οι προτάσεις για χρηματοδότηση προς το NIH θα πρέπει να περιλαμβάνουν ένα σχέδιο «διαχείρισης και κοινής χρήσης δεδομένων» που θα παρέχει λεπτομέρειες σχετικά με το λογισμικό και τα εργαλεία που θα χρησιμοποιηθούν για την ανάλυση των δεδομένων, πότε και που αυτά θα δημοσιευθούν, καθώς και τα σχέδια για την ανοικτή διάθεση αυτών των δεδομένων.

Μια τέτοια απόφαση έχει αφήσει πολλούς ερευνητές προβληματισμένους σε σχέση με την επιπρόσθετη εργασία που ένα τέτοιο μέτρο προϋποθέτει· πιθανότατα θα απαιτηθεί όχι μόνο επιπρόσθετη εργασία από μεριάς των ερευνητών, αλλά και η βοήθεια ειδικών στη διαχείριση δεδομένων. Επειδή όμως η συντριπτική πλειονότητα των εργαστηρίων και των ιδρυμάτων δεν έχουν στο προσωπικό

τους τους ειδικούς στην οργάνωση και επιμέλεια δεδομένων, η απόφαση του NIH, αν και καλών προθέσεων, πιθανότατα θα δυσκολεύει ιδιαίτερα τα σχετικά μικρά πανεπιστήμια.

Πιθανές παγίδες

Ως μέρος της πολιτικής ανοίγματος δεδομένων, όταν ένα ερευνητικό έργο ολοκληρω-

θεί, οι υπεύθυνοι παρακολούθησης του προγράμματος, από πλευράς του NIH, θα επανεξετάζουν το σχέδιο διαχείρισης και κοινής χρήσης δεδομένων, για να διαπιστώσουν ότι οι ερευνητές το έχουν τηρήσει. Οι ερευνητές θα πρέπει να μοιράζονται όλα τα επιστημονικά δεδομένα που απαιτούνται για την επικύρωση και αναπαραγωγή των ερευνητικών ευρημάτων, ανεξάρτητα από το εάν τα δεδομένα

έχουν χρησιμοποιηθεί για την υποστήριξη επιστημονικών δημοσιεύσεων. Αφήνει, βεβαίως, μία ανοικτή πόρτα στη διατήρηση κλειστών δεδομένων στις περιπτώσεις όπου το άνοιγμά τους θα προκαλούσε σημαντική νομική, ηθική ή τεχνική επιβάρυνση.

Κάτι που επίσης προκαλεί αβεβαιότητα είναι η ευρύτητα που δίνει το NIH στον όρο «επιστημονικά δεδομένα», καθώς και η δυσκολία πρόβλεψης των δεδομένων που μπορεί να είναι χρήσιμα για άλλους ερευνητές. Είναι χαρακτηριστικό ότι η Αμερικανική Ένωση Πανεπιστημίων, ένας οργανισμός που εδρεύει στην Ουάσιγκτον και εκπροσωπεί 66 πανεπιστήμια, ανακοίνωσε το 2020 ότι ο ορισμός που δίνει το NIH για τα επιστημονικά δεδομένα έπρεπε να περιοριστεί αποκλειστικά στα δεδομένα που υποστηρίζουν επιστημονικές δημοσιεύσεις. Δηλαδή, να μην επεκτείνεται σε όλα τα δεδομένα που παράγονται από ένα ερευνητικό έργο.

Ο αντίλογος στην παραπάνω πρόταση της Αμερικανικής Ένωσης Πανεπιστημίων στηρίζεται στο ότι όλα τα δεδομένα που συλλέγονται, εφόσον έχουν ακολουθηθεί αξιόπιστες πειραματικές πρακτικές, είναι εξίσου σημαντικά για επικοινωνία, μιας και μπορεί να περιλαμβάνουν πληροφορίες που θα μπορούσαν να βοηθήσουν άλλους ερευνητές. Για παράδειγμα, θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν στο πλαίσιο μετα-ανάλυσεων για τις οποίες απαιτείται μεγάλος όγκος δεδομένων, τα οποία συνήθως συλλέγονται από πολλά διαφορετικά εργαστήρια.

Η απόφαση αυτή του NIH παρότι είναι ένα «σημαντικό ορόσημο για την ωρίμανση του κινήματος της ανοικτής επιστήμης», όπως σχολιάζει ο εκτελεστικός διευθυντής του Κέντρου Ανοικτής Επιστήμης Brian Nosek θα πρέπει να συνδυάζεται και από συγκεκριμένες προβλέψεις για όσους ερευνητές ή ερευνητικά ιδρύματα δεν έχουν τους πόρους για να την εφαρμόσουν. Εκτιμάται ότι μία επιτυχής εφαρμογή του μέτρου, από πλευράς του NIH, θα προσφέρει το κατάλληλο πρότυπο και για μικρότερους οργανισμούς και για τη βιομηχανία. Σε κάθε περίπτωση, ανεξαρτήτως της επιτυχίας εφαρμογής του μέτρου από το NIH, η πλειοψηφία των ερευνητών συμφωνεί ότι η κουλτούρα της έρευνας πρέπει να αλλάξει.

Παναγιώτης Κάβουρας

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

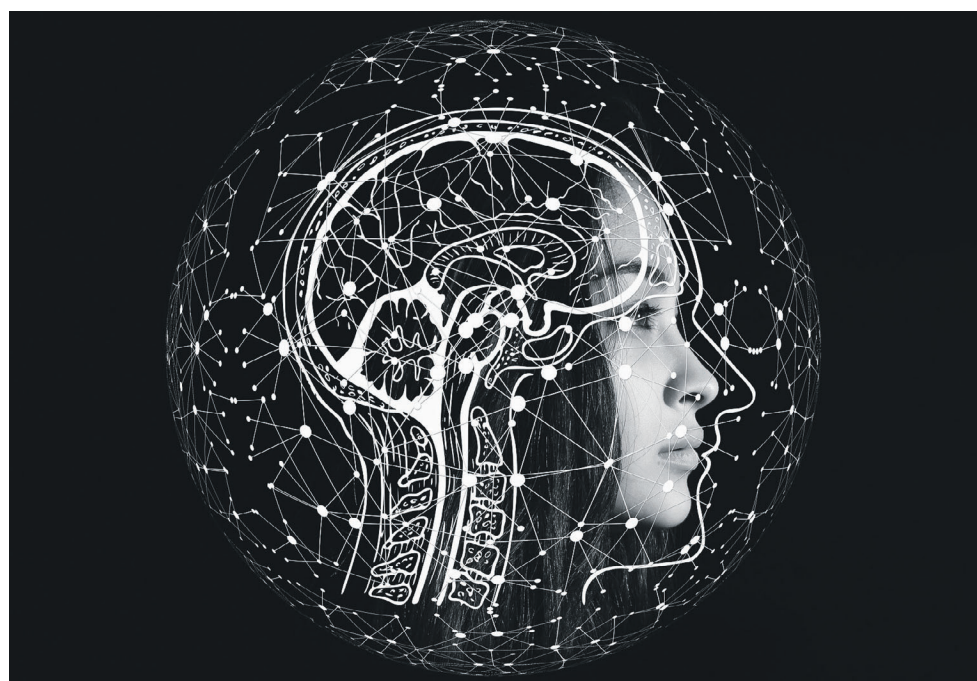
Ποιοι είναι επιστήμονες;

Στο προηγούμενο άρθρο σχολίασαμε την έννοια της ιδέας στην ιστορία των επιστημών και επικεντρωθήκαμε κυρίως στο γεγονός ότι μια ιδέα δεν είναι δυνατόν να αυτονομηθεί από το περιβάλλον και τους ανθρώπους που την παρήγαγαν. Ποιοι είναι, τελικά, αυτοί οι άνθρωποι που παράγουν ιδέες; Σήμερα τους λέμε επιστήμονες. Κάποτε τους λέγαμε φιλοσόφους ή φυσικούς φιλοσόφους. Υπήρξε κάποια κρίσιμη ιστορική στιγμή, κατά την οποία χαρακτηρίστηκε μία διαχωριστική γραμμή ανάμεσα σε όσους δεν ήταν επιστήμονες και σε όσους ήταν επιστήμονες;

Η ιστορία δεν έχει διαχωριστικές γραμμές, αν και θα μπορούσαμε να πούμε ότι έχει αλλαγές, επαναστάσεις, μετατοπίσεις, μεταμορφώσεις κοκ. Συνήθως, οι αλλαγές αυτές είναι τόσο σταδιακές ώστε οι άνθρωποι που συμμετέχουν ή συμβάλλουν σε αυτές δεν συνειδητοποιούν αυτή τη διαδικασία μεταβολής. Παραδοσιακά, οι ιστορικοί των επιστημών αναφέρονται σε κάποιες ιστορικές περιόδους για να σηματοδοτήσουν αυτές τις αλλαγές, όμως και οι ίδιοι γνωρίζουν ότι αυτά τα χρονικά όρια δεν είναι αυστηρά οριοθετημένα. Πόση ακρίβεια, άλλωστε, μπορεί να κρύβουν χρονικοί προσδιορισμοί, όπως το δεύτερο μισό του 19^{ου} αιώνα ή το πρώτο μισό του 20^{ου} ή ο Ύστερος Μεσαίωνας; Παρόλα αυτά, κάπως έτσι κάνουν τη δουλειά τους οι ιστορικοί.

Οι επιστήμες επινοήθηκαν στο δεύτερο μισό του 19^{ου} αιώνα και εκείνη την περίοδο απέκτησαν την επαγγελματική διάσταση που έχουν και σήμερα. Θα περίμενε, επομένως, κανείς να αντικρίσει μόνο επιστήμονες όταν ρίχνει το βλέμμα του σε εκείνη την ιστορική περίοδο. Ποιος ήταν ο πιο διάσημος επιστήμονας του 19^{ου} αιώνα; Ένα όνομα έρχεται μόνο στο μυαλό, ο Δαρβίνος (1809-1882). Ήταν, όμως, επιστήμονας; Στην πραγματικότητα, ο Κάρολος Δαρβίνος ήταν ερασιτέχνης και ευγενής. Θα έλεγε κανείς ότι δεν έχει ιδιαίτερη σημασία, γιατί ο Δαρβίνος παρήγαγε νέα γνώση. Αν ήταν ή δεν ήταν επιστήμονας, έχει ελάχιστη σημασία γιατί σήμερα μπορούμε να τον δούμε ως έναν σημαντικό επιστήμονα. Αν, όμως, ο ίδιος δεν θεωρούσε ότι έχει την ταυτότητα του επιστήμονα, έχουμε το δικαίωμα να τον καταγράψουμε ως επιστήμονα; Έχουμε το δικαίωμα να του αλλάξουμε την ταυτότητα και να του δώσουμε μία ταυτότητα που, κατά πάσα πιθανότητα, είτε δεν θα επιζητούσε είτε δεν θα καταλάβαινε το νόημά της;

Επίσης, υπάρχει και μια άλλη πολύ σημαντική λεπτομέρεια που συχνά παραβλέπουμε. Τον Δαρβίνο δεν τον μίσθωσε κάποιος για να παράγει νέα γνώση. Η γνώση που παρήγαγε δεν προοριζόταν να είναι ωφέλιμη ή να χρησιμοποιηθεί ως μέσο παραγωγής κέρδους. Είναι γνωστό ότι ο Δαρβίνος συνέλαβε τις ιδέες



του στα ταξίδια που έκανε με το διάσημο πλοίο Beagle. Στα ταξίδια αυτά ήταν απλώς καλεσμένος του καπετάνιου και, μάλιστα, πλήρωνε ο ίδιος ένα μικρό ποσό για να τρώει με τον καπετάνιο. Όχι μόνο δεν έλαβε κάποιου είδους αμοιβή αλλά ο πατέρας του επωμίστηκε για το ταξίδι αυτό ένα συνολικό κόστος της τάξεως των 1.200 λιρών περίπου. Είναι εξαιρετικά ενδιαφέρον ότι μερικές από τις πιο εμβληματικές φυσιογνωμίες της περιόδου εκείνης στην Αγγλία ήταν ερασιτέχνες «επιστήμονες». Ο άνθρωπος, του οποίου το όνομα έχει συνδεθεί με τη γέννηση του κλάδου της γενετικής, ήταν μοναχός. Προφανώς, αναφερόμαστε στον Γκρέγκορ Μέντελ (1822-1884). Αρκετοί Βρετανοί, επίσης, που ασχολήθηκαν συστηματικά με τη γεωλογία είχαν θέσεις κληρικών, ενώ διατηρούσαν και ακαδημαϊκές έδρες.

Στην ιστορία των επιστημών αρκετές φορές αναφέρεται ότι η σταδιακή ενσωμάτωση της επιστήμης στους κρατικούς θεσμούς και στις εμπορικές δραστηριότητες ήταν εκείνη η κομβική μεταμόρφωση που μετέτρεψε την επιστήμη σε καριέρα και σταδιοδρομία. Ωστόσο, αυτό είναι κάπως ανακριβές. Οι κρατικοί και εμπορικοί θεσμοί αποζητούσαν, πρωτίτως, τεχνογνωσία και ειδημοσύνη. Τους ενδιέφερε να υπάρχει αυστηρή και βέβαιη γνώση από ανθρώπους που γνώριζαν καλά ένα συγκεκριμένο αντικείμενο. Αν αυτή η τεχνογνωσία μπορούσε να φανεί ωφέλιμη στην οικονομία και βιομηχανία, ακόμη καλύτερα. Αυτό δεν σημαίνει ότι η τεχνογνωσία δεν αποτελούσε αίτημα και σε εκείνους τους κλάδους που δεν θεωρούνταν-σε πρώτη ανάγνωση τουλάχιστον-οικονομικά ωφέλιμοι. Επιστήμες, όπως

η γεωλογία, η βιολογία ή και η φυσική ακόμη, δεν θεωρούνταν επιστήμες που μπορούσαν να συμβάλλουν στην οικονομική ή βιομηχανική ανάπτυξη. Χαρακτηριστική είναι η απάντηση που είχε δώσει ο εμβληματικός φυσικός Μάικλ Φάραντεϊ (1791-1867) στον Υπουργό Οικονομικών Ουίλιαμ Γκλάντστοουν όταν τον ρώτησε «Τι χρησιμότητα έχει η δουλειά σου πάνω στον ηλεκτρομαγνητισμό;». Η απάντηση του Φάραντεϊ ήταν «Δεν γνωρίζω αλλά είμαι βέβαιος ότι μία μέρα θα τον φορολογήσεις». Τελικά, ο Βρετανός φυσικός είχε δίκιο αλλά το ενδιαφέρον είναι ότι ο ίδιος δεν μπορούσε καν να διανοηθεί την ωφελιμότητα της εργασίας του.

Κατά τη διάρκεια του 19^{ου} αιώνα, η επαγγελματικοποίηση της επιστήμης δεν περνούσε απαραίτητα μέσα από την εμπορική εκμετάλλευση ή τη βιομηχανία. Αυτό είχε ως συνέπεια να σημειωθεί μια θεμελιώδης διάκριση, η οποία αναπαράγεται έως και σήμερα. Από τη μία πλευρά, βρίσκονταν οι επιστήμες που δεν είχαν άμεση εφαρμογή και είχαν αυτοσκοπό την εύρεση της αλήθειας, την απλή κατανόηση των φυσικών διεργασιών. Από την άλλη, βρίσκονταν οι εφαρμοσμένες επιστήμες, οι οποίες είχαν άμεσο αντίκτυπο στην οικονομία και βιομηχανία. Αναπόφευκτα, εγείρονταν ερωτήματα σχετικά με τους λόγους για τους οποίους θα έπρεπε να χρηματοδοτούνται έρευνες που δεν είχαν καμία ωφελιμότητα αλλά έμοιαζαν περισσότερο ως ένα χόμπι πολυτελείας. Αυτή η αμφισβήτηση είναι που γέννησε έναν άλλο οικείο σε εμάς μύθο, ότι οι επιστήμονες που δεν ασχολούνταν με τις εφαρμοσμένες επιστήμες ήταν άνθρωποι που ανήκαν σε μια άλλη διανοητική σφαίρα. Ήταν εκείνοι που, με τη δύναμη του νου και μόνο, μπορούσαν να ανακαλύψουν νόμους της φύσης. Αυτό σήμαινε ότι ο νους που συλλαμβάνει τέτοιου είδους ιδέες είναι ένας ανώτερος νους. Οι κατώτεροι νότες μάλλον γίνονταν μηχανικοί ή κάτι αντίστοιχο. Κάποιοι αναγκάζονταν, οριακά σαν να είχαν τύψεις, να σημειώσουν ότι «δεν ήταν άτιμο για έναν επιστήμονα να κερδίζει τα προς το ζην».

Ποιοι είναι, επομένως, επιστήμονες και τι είναι αυτό που παράγουν; Όποιοι και αν είναι και ό,τι και αν παράγουν παραμένει ένα ανοιχτό ζήτημα. Κάθε φορά που παράγεται νέα γνώση, οι διαδικασίες και προθέσεις των πρωταγωνιστών είναι ανοιχτές σε ερμηνεία και κάθε ερμηνεία είναι αρκετές φορές μια διαισθητική κρίση ή και μια αισθητική επιλογή, περίπου όπως και οι εργασίες των ανθρώπων που ονομάζουμε επιστήμονες.

Δ.Π.

Πηγή

Shapin, S. (2009). *The scientific life*. University of Chicago Press.

