

#135

ΠΡΙΣΜΑ

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

Η ΑΥΓΗ

Παρασκευή 10 Ιουνίου 2022

Από την ιστορία των επιστημών στη δημόσια εικόνα τους

Τι είναι η επιστήμη για το ευρύ κοινό; Όταν αναφερόμαστε στην εικόνα που έχει το κοινό για την επιστήμη, συνήθως αναφερόμαστε σε δύο σημαντικά πεδία της δημόσιας σφαίρας. Πρόκειται για την εικόνα που διαμορφώνεται μέσω των ΜΜΕ και την εικόνα που διαμορφώνεται μέσω της εκπαίδευσης.

ΣΕΛΙΔΑ 8



Έμποροι της αμφιβολίας

Ακούμε συχνά ότι δεν υπάρχει πλήρης συμφωνία στην επιστημονική κοινότητα για την κλιματική κρίση και την ανθρωπογενή της προέλευση. Είναι όμως ακριβώς έτσι; Ποιοι και με ποια ιδεολογική αφετηρία έχουν καλλιεργήσει αυτή την αμφιβολία;

ΣΕΛΙΔΕΣ 4-5

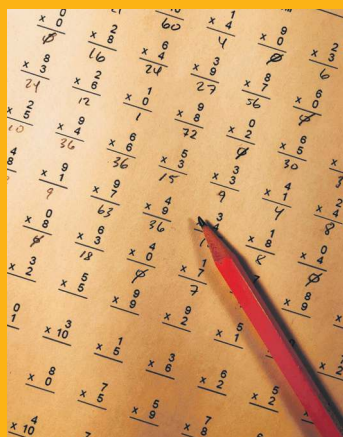


Η επιβλαβής ανθρώπινη επίδραση στα θαλάσσια οικοσυστήματα: το παράδειγμα των κοραλλιών

Ενώ η ρύπανση και η κλιματική αλλαγή είναι οι κυριότεροι παράγοντες που απειλούν την επιβίωση των κοραλλιών και γενικότερα των ευαίσθητων τροπικών και υποτροπικών υδάτινων οικοσυστημάτων, η επιβάρυνση του νερού με ρυπαντές όπως η οξυβενζόνη των αντηλιακών, φαίνεται ότι προσθέτει έναν ακόμα σοβαρό κίνδυνο.

ΣΕΛΙΔΑ 6

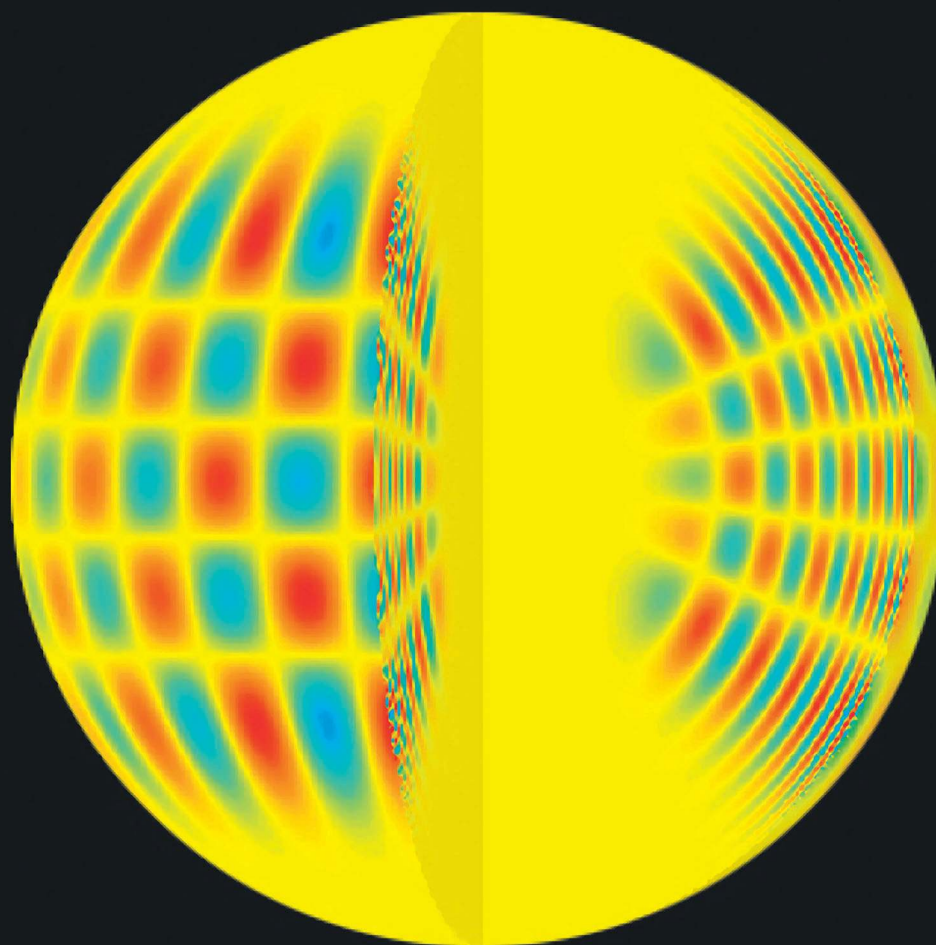
Όλοι μαζί μετράμε καλύτερα!



Αιώνες πριν ο Γαλιλαίος είχε προσπαθήσει να εμπεύσει με τα εξής λόγια: «Μετρήστε ό,τι είναι μετρήσιμο και κάντε μετρήσιμο ό,τι δεν μπορεί να μετρηθεί». Τώρα πια φαίνεται ότι δεν αρκεί απλώς και μόνο η μέτρηση, αλλά και η ορθή εφαρμογή στατιστικής ανάλυσης των αποτελεσμάτων της.

ΣΕΛΙΔΑ 7

Σεισμοί στον Ήλιο και τους αστέρες



Τη δεκαετία του 1970 αναπτύχθηκαν οι τεχνικές της ηλιοσεισμολογίας και αστροσεισμολογίας, οι οποίες μας επιτρέπουν να «βλέπουμε» στο εσωτερικό των αστεριών. Για αυτό το λόγο τρεις επιστήμονες βραβεύτηκαν φέτος με το υψηλό κύρους βραβείο αστροφυσικής του Ιδρύματος Κάβλι.

ΣΕΛΙΔΕΣ 2-3



Για τα σκουπίδια

ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΤΑ ΣΚΟΥΠΙΔΙΑ; Είναι αντικείμενα, τα οποία έχουν χάσει την αξία χρήσης τους και αποβάλλονται από τις διαδικασίες παραγωγής και αναπαραγωγής της κοινωνικής ζωής. Οι συσκευασίες των προϊόντων που αγοράζουμε, τα λιπαντικά που χρησιμοποιούμε για να κάνουμε τις μηχανές να δουλέψουν, τα αντικείμενα μιας χρήσης, αλλά και οι χαλασμένες συσκευές, τα φθαρμένα ρούχα, το φαγητό που δεν φάγαμε. Πετώ κάτι στα σκουπίδια σημαίνει το βγάζω από τη ζωή μου. Κάνω τη δήλωση ότι δεν το χρειάζομαι και *παραιτούμαι από την κατοχή του*. Τα σκουπίδια ανήκουν σ' εκείνη τη νομικά απροσδιόριστη κατηγορία των αντικειμένων που κάποτε είχαν ιδιοκτητή, αλλά εκείνος παραιτήθηκε από τα ιδιοκτησιακά του δικαιώματα χωρίς να αντικατασταθεί από κάποιον άλλο (ποιος θα ήθελε ένα μισοφαγωμένο σάντουιτς;). Έτσι, τα σκουπίδια, με δεδομένο ότι είναι γενικώς ανεπιθύμητα, ξαναγίνονται *φύση*.

Βέβαια, θα μπορούσε κάποιος να αντιτείνει ότι πολλοί θα ήθελαν ένα μισοφαγωμένο σάντουιτς. Και ένα μισοκαπνισμένο τσιγάρο και μια σαραβαλιασμένη καρέκλα. Το τι είναι σκουπίδι και τι όχι δεν καθορίζεται από ένα αντικειμενικό κριτήριο αρτιότητας ή χρησιμότητας. Καθορίζεται από κοινωνικά και πολιτισμικά κριτήρια. Θα μπορούσαμε να ισχυριστούμε ότι ακόμα και η ύπαρξη σκουπιδιών είναι θέμα κοινωνικής οργάνωσης. Στις αγροτικές κοινωνίες υπάρχουν λιγότερα έως και καθόλου σκουπίδια. Στις σύγχρονες καταναλωτικές κοινωνίες, τα σκουπίδια απειλούν να καταπιούν ολόκληρες πόλεις αν σταματήσει η συλλογή τους για δυο μέρες. Κι αυτό δεν συμβαίνει επειδή, όπως συχνά λέγεται, ο καπιταλισμός παράγει σκουπίδια, αλλά επειδή η βασική επιδίωξη του κεφαλαίου είναι η παραγωγή κέρδους. Στο επίπεδο της παραγωγής δεν υφίσταται καμία *καταρχήν* διάκριση ανάμεσα σε χρήσιμα και άχρηστα προϊόντα: όσο περισσότερες αξίες παράγονται τόσο μεγαλύτερο είναι το περιθώριο κερδοφορίας. Η διάκριση γίνεται, μέσω της χρήσης, στη σφαίρα της κατανάλωσης. Δεδομένου, όμως, ότι η μεγιστοποίηση της κερδοφορίας προϋποθέτει τη διατήρηση υψηλών ρυθμών κατανάλωσης, η ταχύτητα απαξίωσης των προϊόντων αποτελεί βασικό συντελεστή της διαδικασίας αξιοποίησης του κεφαλαίου. Με αποτέλεσμα, όλο και μεγαλύτερο μέρος των αξιών που παράγονται στη σφαίρα της παραγωγής να οδηγούνται στα σκουπίδια.

Πράγμα που έχει ένα παράδοξο αποτέλεσμα. Τη διεύρυνση της φύσης. Μιας ανθρωπογενούς, όμως, φύσης η οποία αποτελείται από αντικείμενα που έχοντας χάσει τον ιδιοκτήτη τους επανεντάσσονται στην κατηγορία των φυσικών πόρων. Ο ρακοςυλλέκτης που από ένα πλήθος άχρηστων μικροαντικειμένων θα φτιάξει ένα παιδικό παιχνίδι θα έχει δημιουργήσει ένα νέο χρηστικό αντικείμενο με υλικά που βρήκε στη φύση. Το ίδιο και ο καπιταλισμός, όμως! Οι τεράστιοι όγκοι των σκουπιδιών που ντύνουν τις κοινωνίες της κατανάλωσης γίνονται το νέο Eldorado, από το οποίο ο καπιταλισμός αντλεί πόρους με μηδαμινό κόστος: ακριβά μέταλλα, πλαστικά, γυαλί, λιπάσματα και βιοκαύσιμα. Η ανθρωπογενής φύση γίνεται το πεδίο μιας νέας οικονομικής στρατηγικής που αποβλέπει στη διεύρυνση της κερδοφορίας του κεφαλαίου μέσω της μαζικής οικειοποίησης της απαξιωμένης ανθρώπινης εργασίας.

Μ.Π.

Σεισμοί στον Ήλιο και τους α

Κάθε δυο χρόνια το Ίδρυμα Κάβλι απονέμει βραβεία σε επιστήμονες στους τομείς της αστροφυσικής, της νανοτεχνολογίας και των νευροεπιστημών για την πρωτοποριακή τους εργασία στα αντίστοιχα πεδία. Φέτος το βραβείο της αστροφυσικής μοιράστηκαν οι Κόνι Αρτς (Conny Aerts), Γιούργκεν Κρίστενσεν-Ντάλσγκαρντ (Jørgen Christensen-Dalsgaard) και Ρότζερ Ούλριχ (Roger Ulrich) επειδή με την έρευνά τους θεμελίωσαν και ανέπτυξαν τα πεδία της ηλιοσεισμολογίας και αστροσεισμολογίας. Κατά τις πέντε τελευταίες δεκαετίες συνέβαλαν στην ανάπτυξη εργαλείων που μας επιτρέπουν να «δούμε» μέσα στο εσωτερικό των αστεριών και του Ήλιου και να βελτιώσουμε τα μοντέλα και τη θεωρία που περιγράφουν την γέννηση και εξέλιξή τους.

Το αόρατο εσωτερικό των αστεριών

Τα αστέρια είναι τεράστιες σφαίρες πλάσματος στο εσωτερικό των οποίων παράγεται ενέργεια μέσω της σύντηξης υδρογόνου. Η ενέργεια αυτή, αφού ταξιδεύει στο εσωτερικό τους εκπέμπεται τελικά από την επιφάνειά τους, την φωτόσφαιρα, ενώ οτιδήποτε βρίσκεται κάτω από αυτή παραμένει αόρατο. Η ακτινοβολία της φωτόσφαιρας κατανέμεται σε όλα τα μήκη κύματος από τα ραδιοκύματα ως τις ακτίνες Χ και γ. Καθώς διασχίζει την ατμόσφαιρα ενός αστεριού απορροφάται από τα στοιχεία που την απαρτίζουν με αποτέλεσμα να εμφανίζονται οι λεγόμενες φασματικές γραμμές απορρόφησης (ή εκπομπής υπό συγκεκριμένες συνθήκες), σε συγκεκριμένα μήκη κύματος, αναλόγως με τη θερμοκρασία και τη χημική σύσταση της.

Η πρώτη παρατήρηση ενός τέτοιου γραμμικού φάσματος έγινε για τον Ήλιο από τον Φραουνχόφερ στις αρχές του 19^{ου} αιώνα. Επειδή την ίδια εποχή αναπτυσσόταν η φασματοσκοπία, δηλαδή η



μελέτη του φωτός που εκπέμπουν διάφορα αέρια όταν θερμαίνονται, διαπιστώθηκε ότι οι γραμμές απορρόφησης που παρατήρησε ο Φραουνχόφερ αντιστοιχούν σε συγκεκριμένα χημικά στοιχεία, τα οποία προφανώς βρίσκονταν στην ατμόσφαιρα του Ήλιου. Η ανάπτυξη των τηλεσκοπίων και των κατάλληλων οργάνων παρατήρησης επέτρεψε τη λήψη και μελέτη των φασμάτων των αστεριών, με αποτέλεσμα να διαπισωθεί ότι και αυτά παρουσιάζουν (διαφορετικές εν γένει) γραμμές απορρόφησης. Το σχήμα των φασματικών γραμμών απορρόφησης και η ακριβής θέση τους μπορούν να μας δώσουν, μεταξύ άλλων, πληροφορίες για την αφθονία των χημικών στοιχείων που τα προκαλούν, για τη θερμοκρασία και την πίεση των περιοχών από τις οποίες προέρχο-

νται για τα μαγνητικά πεδία και για τις ταχύτερες κινήσεις των αστεριών και των ατμοσφαιρικών στρωμάτων. Ο δρόμος για την κατανόηση της σύστασης του Ήλιου, των αστεριών και, κατά συνέπεια, του σύμπαντος είχε ανοίξει. Μέχρι τα μέσα του 20^{ου} αιώνα, η επιστήμη της αστροφυσικής είχε πάρει τα ηνία από την αστρονομία και είχε προτείνει μοντέλα που περιέγραφαν τις διεργασίες γέννησης και εξέλιξης των αστεριών, ως συνάρτηση της αρχικής τους μάζας και χημικής σύστασης. Μέχρι σήμερα η μελέτη των αστεριών και του Ήλιου βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στη μελέτη των ιδιοτήτων των φασματικών γραμμών τους. Για αυτό το λόγο μεγάλο μέρος της έρευνας αφιερώνεται στο σχεδιασμό και κατασκευή νέων οργάνων παρατήρησης, θεωρητικών εργαλείων ερμηνείας

Συνδεθείτε με το ΠΡΙΣΜΑ στο facebook
www.facebook.com/PRISMASCIENCEMAGAZINE/

ΣΥΝΤΑΚΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

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

στέρες

των παρατηρήσεων και μεθόδων εξαγωγής πληροφοριών από αυτές.

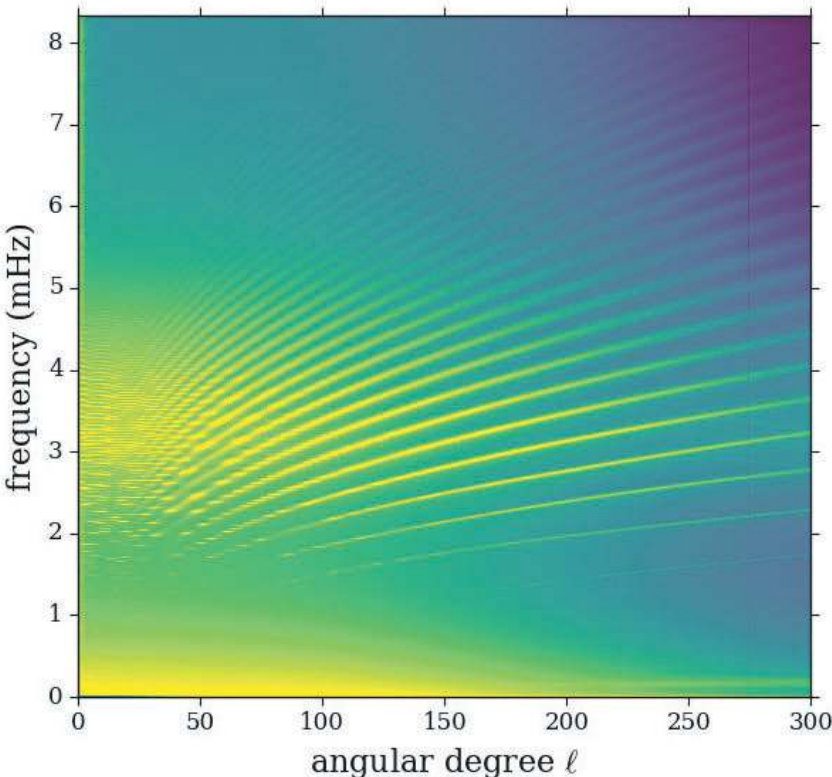
Ωστόσο, όπως ήδη προαναφέρθηκε, όλες αυτές οι πληροφορίες βασίζονται στο φως που εκπεμπόταν από τις αστρικές επιφάνειες και ατμόσφαιρες και τις γνώσεις μας από τη θερμοδυναμική, την κβαντική φυσική και τη σχετικότητα. Ως εκ τούτου, δεν υπήρχε κανένας άλλος τρόπος να αντλήσουμε πληροφορίες για το εσωτερικό των αστεριών και να επιβεβαιώσουμε ή να τροποποιήσουμε τα υπάρχοντα μοντέλα αστρικής δομής.

Αυτό επρόκειτο να αλλάξει στις δεκαετίες του 1960 και 1970, όταν η περαιτέρω ανάπτυξη των μεθόδων παρατήρησης επέτρεψε τη λήψη φασματοσκοπικών παρατηρήσεων μεγάλης ακριβείας και την εξαγωγή, από αυτές, πλήθους πληροφοριών. Ταυτόχρονα, χρειάστηκε να αναπτυχθεί ένα θεωρητικό πλαίσιο ερμηνείας των παρατηρήσεων, ώστε να αξιοποιηθεί η πληροφορία που κρύβονταν στην χρονική εξέλιξη των σχημάτων των φασματικών γραμμών των αστεριών. Και πάλι η παρατήρηση του Ήλιου ήταν αυτή που άνοιξε νέους δρόμους και για την κατανόηση των άλλων αστεριών.

Από τις ταλαντώσεις του ήλιου στη σεισμολογία των αστέρων

Το παρατηρητήριο του όρους Γουίλσον στην Καλιφόρνια ιδρύθηκε στις αρχές του 20^{ου} αιώνα από τον Τζορτζ Έλερι Χέλ, οποίος με τα ηλιακά παρατηρητήρια και όργανα που εγκατέστησε ανακάλυψε ότι οι ηλιακές κηλίδες φιλοξενούν πολύ ισχυρά μαγνητικά πεδία. Από παρατηρήσεις του ίδιου αστεροσκοπείου, λίγες δεκαετίες αργότερα, το 1960, ο Αμερικανός αστροφυσικός Ρόμπερτ Λέιτον ανακάλυψε ότι η φωτόσφαιρα του Ήλιου παρουσιάζει μια ταλάντωση με περίοδο πέντε λεπτών. Ταυτόχρονες παρατηρήσεις από το Σακραμέντο Πικ των ΗΠΑ από τον αστροφυσικό Τζον Έβανς (ο οποίος έχασε την πατρότητα της ανακάλυψης της ταλάντωσης των πέντε λεπτών για πολύ λίγο) έδειξαν πώς αυτές οι ταλαντώσεις εμφανίζονται στην ατμόσφαιρα και δημιουργούν στάσιμα κύματα. Η εικόνα που σχηματίστηκε από πολύ νωρίς ήταν ότι ο Ήλιος ταλαντώνεται με μια περίοδο πέντε λεπτών και έπρεπε να βρεθεί ο λόγος για τον οποίο αυτό συμβαίνει καθώς και η θεωρητική περιγραφή του φαινομένου.

Όπως γίνεται πάντα σε αυτές τις περιπτώσεις, τις ανακαλύψεις ακολούθησε εντατική μελέτη του φαινομένου και από άλλους μελετητές. Ωστόσο η δεκαετία του 1960 κύλησε χωρίς οριστικές απαντήσεις, καθώς τα αποτελέσματα έδειχναν συχνά να είναι αντικρουόμενα. Άλλοι ερευνητές έβρισκαν ταλαντώσεις διαφορετικές των πέντε λεπτών, με τις περιοχές που ταλαντώνονταν σε φάση να ποικίλουν σε μέγεθος. Σε αυτό το περιβάλλον και ελλείψει θεωρητικής περιγραφής, ήταν δύσκολο να σχεδιαστούν κατάλληλες παρατηρήσεις που θα οδηγούσαν σε οριστικές απαντήσεις. Αντίστοιχα, χωρίς σαφή παρατηρησιακά συμπεράσματα, οι προσπάθειες των θεωρητικών να καταστρώσουν μοντέλα ήταν άκαρπες.



Οι ταλαντώσεις στον Ήλιο παρουσιάζονται σε συγκεκριμένους συνδυασμούς μήκους κύματος-συχνότητας. Ένα τέτοιο «διαγνωστικό διάγραμμα» που προκύπτει από παρατηρήσεις συμφωνεί με τις θεωρητικές προβλέψεις. Πηγή: nasa.gov

Τα σενάρια που εξέταζε η κοινότητα ήταν αυτά της διέγερσης των κυμάτων στην ατμόσφαιρα από τις θερμές φυσαλίδες του πλάσματος που μεταφέρουν τη θερμότητα στην επιφάνεια. Με βάση αυτή τη θεωρία, τα ερωτήματα που προκύπταν ήταν για ποιο λόγο η ατμόσφαιρα να λειτουργεί σαν φίλτρο μιας συγκεκριμένης περιόδου ή γιατί να συντονίζεται μόνο σε αυτή, όπως συμβαίνει δηλαδή σε μια χορδή ενός μουσικού οργάνου.

Προς το τέλος της δεκαετίας, παρατηρήσεις κομβικής σημασίας ξεκαθάρισαν το τοπίο των αντικρουόμενων αποτελεσμάτων, δείχνοντας ότι τα κύματα των πέντε λεπτών πιθανότατα έχουν αφετηρία στο εσωτερικό του Ήλιου. Με αφορμή αυτές τις παρατηρήσεις, ήρθε το 1970 ένα θεωρητικό μοντέλο, που διατυπώθηκε από τον Ρότζερ Ούλριχ. Προερχόμενος από τη θεωρητική μελέτη του εσωτερικού των αστερών και όχι από την ηλιακή φυσική, ο Ούλριχ είχε στη διάθεσή του τα θεωρητικά εργαλεία να προσεγγίσει το πρόβλημα. Με αφετηρία την υπόθεση ότι τα κύματα διεγείρονται στο εσωτερικό έλυσε τις εξισώσεις που περιγράφουν τη δομή του εσωτερικού ενός αστεριού και κατέληξε σε μια θεωρητική πρόβλεψη των συγκεκριμένων περιόδων και μηκών κύματος των κυμάτων. Ο Ούλριχ θεώρησε ότι τα κύματα αυτά διεγείρονται από την τύρβη στο εσωτερικό του Ήλιου και ανακλώνται μεταξύ δυο περιοχών, μιας που βρίσκεται μερικές εκατοντάδες χιλιόμετρα πάνω από την επιφάνεια και μιας που βρίσκεται μερικές δεκάδες χιλιάδες χιλιόμετρα στο εσωτερικό του Ήλιου. Με αυτό τον τρόπο τα κύματα διασχίζουν το εσωτερικό, ανακλώμενα μεταξύ των δυο αυτών περιοχών, των οποίων η ακριβής θέση εξαρτάται από την περίοδο και μήκος κύματός τους. Το σημαντικότερο, το μοντέλο του Ούλριχ υποδείκνυε και το είδος των παρατηρήσεων που θα μπορούσαν να το διαψεύσουν ή επιβεβαιώσουν.

Πράγματι, μόλις πέντε έτη αργότερα, ο Γερμανός αστροφυσικός Φράντς Λούντβικ Ντόιμπνερ, σε μια από τις πιο ξεκάθαρες περιπτώσεις επιβεβαίωσης θεωρίας στην αστροφυσική, επιβεβαίωσε το μοντέλο

του Ούλριχ με τις παρατηρήσεις του. Ο Ήλιος, σα μια γιγάντια σφαιρική καμπίνα αντηχεί ως αποτέλεσμα της τυρβώδους κίνησης του πλάσματος στο εσωτερικό του. Τα χρόνια που ακολούθησαν, η μελέτη των κυμάτων στην ατμόσφαιρα του Ήλιου κυριαρχούσε στα θέματα προτίμησης των ηλιακών αστροφυσικών. Ερωτήματα σχετικά με το πώς τα κύματα αυτά διαδίδονται στην ατμόσφαιρα, πού ανακλώνται και ποια είναι η επίδραση του μαγνητικού πεδίου και των διάφορων σχηματισμών που παρατηρούνται στον Ήλιο παραμένουν επίκαιρα μέχρι σήμερα.

Ο σημαντικότερος, όμως, αντίκτυπος αφορά το εσωτερικό του Ήλιου και των αστεριών. Έχοντας πλέον ένα θεωρητικό μοντέλο, βασισμένο σε συγκεκριμένες παραδοχές, και τις προδιαγραφές για παρατηρήσεις, οι ερευνητές μπορούσαν πλέον συγκεντρώνοντας καλύτερες παρατηρήσεις να βελτιώσουν το μοντέλο του εσωτερικού του Ήλιου. Αυτό μπορούσε να γίνει εντοπίζοντας τις περιοχές στις οποίες το μοντέλο δεν ταυτιζόταν με τις παρατηρήσεις και αλλάζοντας τις παραδοχές που είχαν γίνει για να φτιαχτεί το μοντέλο.

Αυτή είναι η βασική ιδέα που βρίσκεται πίσω από την ηλιοσεισμολογία και κατ' επέκταση την αστροσεισμολογία: εστιάζοντας σε συγκεκριμένα είδη παρατηρήσεων και βελτιώνοντας την ακρίβειά τους μπορούμε να «μετρήσουμε» χαρακτηριστικά όπως η ακριβής ακτίνα του Ήλιου, η διαφορική περιστροφή στο εσωτερικό του Ήλιου, η έκταση των διαφορετικών περιοχών που το απαρτίζουν και η κυκλοφορία του πλάσματος σε αυτές. Σε μια ακόμα εντυπωσιακή εφαρμογή των αρχών της ηλιοσεισμολογίας, το 2000 παρουσιάστηκε η πρώτη απεικόνιση της επιφάνειας του αόρατου από τη Γη ημισφαιρίου του Ήλιου, που μας δίνει τη δυνατότητα να «δούμε» τις περιοχές με μεγάλες ηλιακές κηλίδες που πρόκειται να περιστραφούν εντός του οπτικού μας πεδίου λίγες ημέρες αργότερα. Επιπλέον, σε περιπτώσεις έκτακτων γεγονότων, όπως οι εκλάμψεις που προκαλούν παλμούς που ταξιδεύουν μέσα στην ατμόσφαιρα, μπορούμε να μελετήσουμε τις ιδιότητες αυτών των παλμών εξάγοντας συμπεράσματα για τις φυσικές συνθήκες της ατμόσφαιρας.

Τις τελευταίες δεκαετίες η σεισμολογία των αστερών και του Ήλιου, τόσο σε θεωρητικό όσο και σε παρατηρησιακό επίπεδο ωφελείται από τις ανυπολόγιστες αξίες παρατηρήσεις από τα διαστημικά όργανα. Αυτά, ανεμπρέαστα από τη γήινη ατμόσφαιρα παρέχουν μακράς διάρκειας και ποιότητας παρατηρήσεις και σε συνδυασμό με την «παραδοσιακή» φασματοσκοπία και τις μετρήσεις νετρίνων βελτιώνουν συνεχώς τις γνώσεις μας για το εσωτερικό του Ήλιου και των αστερών, παρόλο που η άμεση παρατήρησή του είναι αδύνατη.

Γ.Κ.

Πηγές

<https://www.iau.org/news/pressreleases/detail/iau2205/>
<https://www.kavliprize.org/conny-aerts-autobiography>
 “Sunquakes, Probing the interior of the Sun”, J. B. Zirker, 2003 The Johns Hopkins University Press

Έμποροι της αμφιβολίας

Ακούμε συχνά ότι για θέματα όπως η κλιματική κρίση η επιστημονική διαμάχη είναι ακόμα ανοικτή επομένως η λήψη αποφάσεων σχετικά με τον περιορισμό δραστηριοτήτων και την αλλαγή συμπεριφοράς των πολιτών και των βιομηχανιών δεν είναι επαρκώς δικαιολογημένη. Ειδικότερα από όσους αρνούνται την ύπαρξη της κλιματικής κρίσης, γίνεται συχνά επίκληση αποτελεσμάτων μελετών που υποτίθεται πως έχουν αποκρυφθεί εσκεμμένα ή αγνοηθεί από την επιστημονική κοινότητα, και διατυπώνεται ότι η επιστήμη του κλίματος είναι πολύπλοκη σε βαθμό που τα συμπεράσματα περί κλιματικής κρίσης είναι απλουστευμένα ή εσφαλμένα. Είναι όμως ακριβώς έτσι; Υπάρχει εν γένει συμφωνία μέσα στην επιστημονική κοινότητα περί ανθρωπογενούς κλιματικής κρίσης; Πού στηρίζονται όσοι υποστηρίζουν το αντίθετο; Η Ναόμι Ορέσκες, Καθηγήτρια σπουδών ιστορίας και επιστήμης στο Πανεπιστήμιο Χάρβαρντ και ο Έρικ Κόνγουει, ιστορικός της NASA, στο βιβλίο τους *Merchants of Doubt* (έμποροι της αμφιβολίας), παρουσίασαν μια εκτενή και εμπειριστατωμένη μελέτη σχετικά με τα κίνητρα, την ιδεολογική αφετηρία, την τακτική και την τεκμηρίωση όσων πρωτοστάτησαν στην καλλιέργεια της αμφιβολίας στις ΗΠΑ σε ζητήματα όπως οι επιπτώσεις του καπνίσματος και των χημικών και η ανθρωπογενής κλιματική κρίση.

Η επιστημονική διαμάχη στην κλιματική κρίση

Η Ορέσκες ξεκίνησε την έρευνά της με αφορμή τη διαρκή επίκληση των συντηρητικών υποψηφίων ότι δεν υπάρχει συμφωνία στην επιστημονική κοινότητα σχετικά με την ύπαρξη του φαινομένου της παγκόσμιας θέρμανσης και την ανθρωπογενή του προέλευση. Στον αντίποδα αυτών των ισχυρισμών βρίσκονται οι αποφάσεις θεσμών όπως το Διακρατικό Συμβούλιο για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change), οι οποίες ήδη από τη δεκαετία του 1990 αναφέρουν ότι τα ευρήματα των μελετών αποδεικνύουν την επίπτωση των ανθρωπινων δραστηριοτήτων στο κλίμα. Μάλιστα χώρες όπως οι ΗΠΑ είχαν ήδη διατυπώσει από τότε τη στήριξή τους στην λήψη μέτρων για τον περιορισμό των επιβλαβών για το κλίμα ανθρωπινων δραστηριοτήτων. Προκειμένου να διαπιστώσει το βαθμό στον οποίο υπήρχε συμφωνία στην επιστημονική κοινότητα γύρω από το θέμα, η Ορέσκες συγκέντρωσε όλες τις σχετικές μελέτες και μελέτησε τα αποτελέσματά τους.

Ήδη από το 1850, ο Ιρλανδός φυσικός Τζον Τίνταλ είχε διαπιστώσει τις ιδιότητες του διοξειδίου του άνθρακα: ένα αέριο αόρατο που αν και δεν απορροφά την άμεση ηλιακή ακτινοβολία έχει τη δυνατότητα να απορρο-



φά την υπέρυθρη ακτινοβολία του πλανήτη μας. Σήμερα γνωρίζουμε ότι μικρές συγκεντρώσεις του διοξειδίου του άνθρακα και άλλων αερίων με παρόμοιες ιδιότητες συγκρατούν τη θερμότητα και εξομαλύνουν τις θερμοκρασιακές διαφορές μεταξύ ημέρας και νύχτας, προκαλώντας το ατμοσφαιρικό φαινόμενο, το οποίο είναι απαραίτητο για τη δημιουργία ευνοϊκών συνθηκών σε ένα πλανήτη. Ωστόσο, σε μεγάλες συγκεντρώσεις ανεβάζουν τη θερμοκρασία δραματικά κάνοντας την ατμόσφαιρα αφιλόξενη (ένα τέτοιο παράδειγμα αποτελεί η Αφροδίτη). Η πρώτη διαπίστωση των αποτελεσμάτων που θα είχε ο διπλασιασμός του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα έγινε το 1900 από τον Σουηδό Σβάντε Αρένιους, ο οποίος ανέφερε ότι το αποτέλεσμα θα ήταν μια αύξηση στη μέση θερμοκρασία μεταξύ 1.5 και 4.5 βαθμών. Στη δεκαετία του 1930 ο Άγγλος μηχανικός Γκάι Κάλενταρ δημοσίευσε μια σειρά άρθρων στα οποία διαπίστωνε αύξηση της μέσης θερμοκρασίας σε συμφωνία με τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Οι μελέτες αυτές είχαν σίγουρα επηρεαστεί από την ανάπτυξη της βιομηχανίας που είχε συντελεστεί από τα μέσα του 19ου αιώνα. Η επιστημονική κοινότητα της εποχής, πάντως, δεν ήταν ακόμα πεισμένη για την ύπαρξη αυτής της συσχέτισης

ενώ ακόμα και οι Αρένιους και Κάλενταρ θεωρούσαν ότι η αύξηση της θερμοκρασίας ήταν κάτι θετικό καθώς θα μπορούσε να αποτρέψει μια εποχή παγετώνων.

Μετά το τέλος του Β' Παγκοσμίου Πολέμου, η έρευνα στο θέμα επανήλθε. Ένας από τους παράγοντες που διερευνήθηκαν ήταν ο ρόλος των υδρατμών, που έχουν παρόμοιες ιδιότητες ως προς την απορρόφηση της υπέρυθρης ακτινοβολίας με το διοξείδιο του άνθρακα. Ωστόσο, ήδη από τα μέσα της δεκαετίας του 1950 διαπιστώθηκε ότι η απορρόφηση των υδρατμών συμβαίνει σε διαφορετικά μήκη κύματος και επιπλέον ότι το νερό συμπυκνώνεται και απομακρύνεται από την ατμόσφαιρα όταν η αύξηση της θερμοκρασίας είναι μεγάλη, κάτι που δεν συμβαίνει με το διοξείδιο του άνθρακα. Οι ωκεανογράφοι Σους και Ρεβέλ αναφέρουν χαρακτηριστικά σε μια δημοσίευσή τους το 1957 ότι η ανθρωπότητα κάνει πλέον ένα τεράστιο κλίμακα γεωφυσικό πείραμα, εννοώντας την επίδραση των ανθρωπινων δραστηριοτήτων στο κλίμα. Κατά συνέπεια, στα πλαίσια του Διεθνούς Έτους Γεωφυσικής το 1958 αποφασίστηκε η επίσημη έναρξη της καταγραφής των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα ώστε να μελετηθούν οι τυχόν επιπτώσεις στο κλίμα.

Κάπως έτσι γεννήθηκε η καμπύλη του Κί-

λινγκ, δηλαδή η καταγραφή της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Και πάλι, αξίζει να σημειωθεί ότι η κοινότητα δεν ήταν πεισμένη για τις καταστροφικές συνέπειες αλλά είχε ως σκοπό να εκμεταλλευτεί την ευκαιρία για περαιτέρω μελέτη του φαινομένου. Μέχρι τα μέσα της δεκαετίας του 1960 έγινε σαφές ότι υπήρχε διαρκής αύξηση του διοξειδίου του άνθρακα και οι εκτιμήσεις έκαναν λόγο για αύξησή του κατά 25% μέχρι το τέλος του αιώνα, με πιθανές αξιοσημείωτες και σοβαρές αλλαγές στο κλίμα. Η δεκαετία του 1970 έφερε περισσότερες αποδείξεις καθώς σε συνδυασμό με τη συνεχιζόμενες μετρήσεις από επίγεια αλλά και διαστημικά παρατηρητήρια αναπτύχθηκαν και εργαλεία των αριθμητικών προσομοιώσεων.

Σήμερα μπορεί κανείς να αναζητήσει και να βρει περισσότερες αποδείξεις για την ύπαρξη της κλιματικής αλλαγής, καθώς και το ότι δεν οφείλεται στον Ήλιο και τη δραστηριότητά του αλλά είναι ανθρωπογενής. Το σημαντικό συμπέρασμα, όμως, από αυτή την ανασκόπηση είναι ότι υπάρχει συμφωνία στην επιστημονική κοινότητα επί του θέματος εδώ και δεκαετίες. Ταυτόχρονα, φαίνεται ότι κρατικοί και διακρατικοί θεσμοί έχουν υιοθετήσει τα επιστημονικά πορίσματα και έχουν δείξει μια

αρχική τάση να προχωρήσουν σε μέτρα. Το ερώτημα είναι για ποιο λόγο το ζήτημα παρουσιάζεται συχνά στη δημόσια σφαίρα ως ανοιχτό και από ποιους;

Εμπόριο αμφιβολίας

Η έρευνα των Ορέσκες και Κόνγουεϊ παρουσιάζει τον τρόπο με τον οποίο αναδύθηκε μια προσπάθεια να παρουσιαστεί το ζήτημα της κλιματικής κρίσης ως ένα ανοιχτό και αβέβαιο ζήτημα στις αρχές της δεκαετίας του 1990. Αυτή η προσπάθεια εντοπίζεται από τους ερευνητές στη δράση του Ινστιτούτου Μάρσαλ, μιας συντηρητικής δεξαμενής σκέψης που ιδρύθηκε υπό τη μορφή μη κερδοσκοπικού οργανισμού στα μέσα της δεκαετίας του 1980.

Ο οργανισμός ιδρύθηκε από τον αστροφυσικό Ρόμπερτ Τζάστροου, τον πυρηνικό φυσικό Γουίλιαμ Νίρενμπεργκ και τον φυσικό Φρέντερικ Ζάιτς, τρεις επιστήμονες με ιδιαίτερα ενεργό ρόλο σε ερευνητικά και στρατιωτικά προγράμματα κατά τη διάρκεια του ψυχρού πολέμου. Αφορμή για την ίδρυσή του ήταν η διαφωνία περίπου εξήντα πέντε χιλιάδων Αμερικανών επιστημόνων στην επιθετική πολιτική που προωθούσε η κυβέρνηση Ρίγκαν απέναντι στη Σοβιετική Ένωση. Θέλοντας να αντιδράσουν σε αυτή τη στάση της κοινότητας, οι τρεις συντηρητικοί επιστήμονες έθεσαν ως στόχο του οργανισμού την ενίσχυση της επιστήμης και της τεχνολογίας στις ΗΠΑ με σκοπό την προστασία από τη σοβιετική απειλή. Βέβαια, μόλις λίγα χρόνια αργότερα η Σοβιετική Ένωση διαλύθηκε και ήταν πλέον σαφές ότι δεν αποτελούσε απειλή για τις ΗΠΑ. Ωστόσο οι δραστηριότητες του ινστιτούτου Μάρσαλ συνεχίστηκαν, προωθώντας τη συντηρητική ρητορική και περιγράφοντας ως απειλητικές για τον τρόπο ζωής των Αμερικανών τις «προοδευτικές» απόψεις περί αναγκαίων κρατικών παρεμβάσεων για την προστασία του κλίματος.

Ο Ζάιτς ήταν ήδη σύμβουλος σε εταιρεία της βιομηχανίας καπνού και είχε ήδη συνεισφέρει στις εκ-



στρατείες κατά του περιορισμού του καπνίσματος. Η στρατηγική του ήταν να επιμένει δημόσια ότι δεν υπάρχει εν γένει συμφωνία στην επιστημονική κοινότητα σχετικά με τις επιπτώσεις του καπνίσματος στον άνθρωπο, μια στρατηγική που εφάρμοσε και ανέπτυξε περαιτέρω στις εκστρατείες του ινστιτούτου κατά των μέτρων περιορισμού για την κλιματική αλλαγή. Γενικά, η δραστηριότητα του ινστιτούτου Μάρσαλ ήταν να παρέχει επιχειρήματα και οδηγίες σε όσους ήθελαν να τοποθετηθούν δημόσια κατά της ύπαρξης της ανθρωπογενούς κλιματικής αλλαγής. Αυτές οι δημόσιες δηλώσεις ήταν στην πραγματικότητα αρκετές για να καλλιεργήσουν την αμφιβολία και στο κοινό καθώς τις εξέφραζαν επιστήμονες κύρους και τις προέβαλαν τα μέσα ενημέρωσης που έβρισκαν αυτές τις δημόσιες διαμάχες ένα ελκυστικό τηλεοπτικό προϊόν.

Ωστόσο, παρά το κύρος και την ιστορία τους, κανένας από τους επιστήμονες που εξέφραζαν αυτές τις απόψεις δεν ήταν κλιματικοί επιστήμονες και δεν είχαν κάνει και δημοσιεύσει μελέτες σε επιστημονικά περιοδικά. Επρόκειτο απλώς για εκστρατεία διασποράς αμφιβολίας. Στις δημόσιες τοποθετήσεις τους επικαλούνταν την πολυπλοκότητα της κλιματικής επιστήμης για να δικαιολογήσουν την άποψή τους ότι δεν μπορούμε να γνωρίζουμε με σαφήνεια τις αι-

τίες και την εξέλιξη του φαινομένου. Οι ίδιοι συχνά έπεφταν σε αντιφάσεις υποστηρίζοντας ότι η παγκόσμια θέρμανση δεν υπάρχει, αργότερα ότι υπάρχει αλλά δεν είναι ανθρωπογενής ή ότι δεν είναι απαραίτητως κάτι κακό. Στα μέσα της δεκαετίας του 1990 ανακοίνωσαν ότι περίπου τριάντα χιλιάδες επιστήμονες υπέγραψαν ψήφισμα που αμφισβητούσε τα ευρήματα περί κλιματικής κρίσης, αλλά, αργότερα αποδείχτηκε ότι το ψήφισμα αυτό δεν είχε τις υπογραφές επιστημόνων και έχει από τότε αποσυρθεί ως μη έγκυρο. Η αμφιβολία όμως έχει μείνει. Μέχρι και στα μέσα της δεκαετίας του 2000 κυκλοφορούσαν οδηγίες για τους υποψηφίους του συντηρητικού κόμματος σχετικά με τακτικές επιχειρηματολογίας κατά της κλιματικής κρίσης και της ανθρωπογενούς της προέλευσης ενώ η βασική επιχειρηματολογία περί πολυπλοκής επιστήμης, κρυφών μελετών και επιστημόνων με αντίθετες απόψεις αναπαράγεται ακόμα, καλλιεργώντας την εντύπωση ότι η επιστημονική κοινότητα δεν βρίσκεται σε συμφωνία.

Η Ορέσκες τονίζει την ιδεολογική αφετηρία των επιστημόνων του ινστιτούτου Μάρσαλ. Με την εξαφάνιση της σοβιετικής απειλής η νέα απειλή βρισκόταν πλέον εντός των συνόρων. Ήταν οι υποτιθέμενες αριστερές ατζέντες των περιβαλλοντολόγων, οι οποίοι εναντιώνονταν στα συμφέροντα των ΗΠΑ, στην ελεύθερη αγορά, την ελεύθερη ανάπτυξη της τεχνολογίας και στον αμερικανικό τρόπο ζωής εν γένει. Επομένως, σύμφωνα με την Ορέσκες η συγκεκριμένη προσέγγιση και πρακτικές προέκυψαν από το νεοφιλελεύθερο δόγμα, το οποίο αναδύθηκε στον δυτικό κόσμο προς τα τέλη της δεκαετίας του 1980 και κυριάρχησε μετά τη λήξη του ψυχρού πολέμου.

Ένα ζήτημα όπως η κλιματική κρίση δεν είναι μόνο επιστημονικό. Η επιστήμη είναι γνωστή και εδραιωμένη εδώ και δεκαετίες αλλά δεν μπορεί να μας υποδείξει τι θα κάνουμε ως κοινωνίες και η αντιμετώπισή του περιλαμβάνει δράσεις και περιορισμούς από θεσμούς και κράτη. Υπό αυτό το πρίσμα, τα μέτρα, που αφορούν μια σειρά από ζητήματα που ξεπερνούν την κλιματική κρίση, όπως οι επιβλαβείς συνέπειες του ενεργητικού και παθητικού καπνίσματος και η χρήση συγκεκριμένων χημικών οδηγούν, σύμφωνα με το νεοφιλελεύθερο δόγμα, στον σοσιαλισμό και στον περιορισμό των ατομικών ελευθεριών. Από την άλλη, είναι πλέον σαφές ότι στα πλαίσια της ίδιας νεοφιλελεύθερης προσέγγισης το άτομο δεν μπορεί με τις επιλογές του να επιβάλει την αλλαγή κατεύθυνσης που απαιτείται για την αντιμετώπιση της κλιματικής κρίσης, με τον ίδιο τρόπο που δεν μπορεί να επιβάλει στο διπλανό του να μην καπνίζει σε ένα κλειστό χώρο. Επομένως, μπορεί να ισχυριστεί κανείς ότι η αποτυχία μας να διαχειριστούμε το πρόβλημα της κλιματικής κρίσης, αλλά και του καπνίσματος και των επιβλαβών χημικών, μεταφράζεται σε μια αποτυχία της ελεύθερης αγοράς να διαχειριστεί τις καταστροφικές συνέπειες του φαινομένου και είναι ενδεικτική των περιορισμών αυτού του μοντέλου καπιταλισμού.

Γ.Κ.

Πηγές:

<https://www.youtube.com/watch?v=GXRuxuTyrxo>

“Merchants of doubt: How a Handful of Scientists Obscured the Truth on Issues from Tobacco Smoke to Global Warming”, N. Oreskes & E. M. Conway, 2010 Bloomsbury Press.



Η επιβλαβής ανθρώπινη επίδραση στα θαλάσσια οικοσυστήματα

Το παράδειγμα των κοραλλιών

Ενα χημικό συστατικό που χρησιμοποιείται ευρέως για την παρασκευή των αντηλιακών προκαλεί ανεπανόρθωτες βλάβες στα κοράλλια και στις ανεμώνες, θέτοντας σε άμεσο κίνδυνο την επιβίωσή τους. Αποδεικνύεται ότι εκτός από τη ρύπανση των θαλασσών και την κλιματική αλλαγή, τα υδάτινα οικοσυστήματα έρχονται αντιμέτωπα και με άλλους επιβλαβείς παράγοντες.

Οι κοραλλιογενείς ύφαλοι είναι από τα μέρη με τη μεγαλύτερη βιοποικιλότητα στη Γη. Παρόλο που αποτελούν μόλις το 1% της έκτασης του πυθμένα των ωκεανών, προσφέρουν τροφή και καταφύγιο σε περισσότερο από ένα εκατομμύριο είδη ψαριών, φυκών και ασπόνδυλων ζώων. Αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι των παράκτιων περιοχών των τροπικών και υποτροπικών οικοσυστημάτων. Πέρα από τον εξέχοντα ρόλο τους στη διατήρηση της βιοποικιλότητας, εκτιμάται ότι περίπου μισό εκατομμύριο άνθρωποι, που κατοικούν σε παραθαλάσσιες περιοχές, εξαρτώνται από τους κοραλλιογενείς υφάλους για την εξασφάλιση της τροφής και των βασικών αναγκών τους.

Απειλητικές παράμετροι για την επιβίωσή τους

Τα κοράλλια, παρά την εντυπωσιακή μορφή τους που θυμίζει φυτό, ανήκουν στο βασίλειο των ζώων. Σχηματίζονται από πολλά πανομοιότυπα ζώα, τους πολύποδες, που ζουν το ένα δίπλα στο άλλο, διαμορφώνοντας μεγάλες αποικίες ή σχηματισμούς. Ανήκουν ταξινομικά στην ίδια ομάδα με τις θαλάσσιες ανεμώνες και τις μέδουσες. Οι πολύποδες των κοραλλιών φιλοξενούν στο εσωτερικό τους μικροσκοπικά, κίτρινα ή καστανά, μονοκύτταρα φύκη, τις ζωοξανθέλλες. Σε αυτές οφείλουν τα κοράλλια τα εντυπωσιακά τους χρώματα. Οι ζωοξανθέλλες βοηθούν τα κοράλλια να φτιάξουν τον σκελετό τους από ανθρακικό ασβέστιο και τους παρέχουν τροφή και ενέργεια, μέσω της φωτοσύνθεσης. Εκτός από την τροφή που τους προσφέρει η συμβίωση με τις ζωοξανθέλλες, τα κοράλλια τρέφονται, επίσης, με ζωοπλαγκτόν και με οργανική ύλη που βρίσκεται διαλυμένη στο νερό.

Παρά την τεράστια περιβαλλοντική και οικονομική σημασία τους, τα κοράλλια απειλούνται από διάφορους παράγοντες. Υπολογίζεται ότι περισσότερο από το 60% των κοραλλιογενών υφάλων απειλείται από τη ρύπανση των υδάτινων περιοχών, από την υπέρμετρη αλιεία και από τις διάφορες ασθένειες. Η αυξημένη ευαισθησία των κοραλλιών στην άνοδο της θερμοκρασίας τα καθιστά ιδιαίτερα ευάλωτα στην κλιματική αλλαγή. Όταν η θερμοκρασία του νερού αυξηθεί έστω και ελάχιστα, τα κοράλλια αποβάλλουν τα συμβιωτικά φύκη που ζουν στο εσωτερικό τους και έτσι χάνουν, εκτός από το χρώμα τους, μια σημαντική πηγή τροφής. Με την πάροδο του χρόνου και τη διατήρηση των υψηλών θερμοκρασιών, γίνονται όλο και πιο ευαίσθητα σε ασθένειες και δεν μπορούν να επιβιώσουν. Οι εκπομπές ρύπων από τη χρήση ορυκτών καυσίμων επηρεάζουν, επίσης, την επιβίωση των κοραλλιών. Περίπου το 48% των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα καταλήγει στους ωκεανούς, οι οποίοι το απορροφούν, γεγονός που έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της οξύτητάς τους. Η αλλαγή στην οξύτητα του νερού έχει αποδειχθεί ότι επηρεάζει αρνητικά



κά την ικανότητα των κοραλλιών να αναπτυχθούν, προκαλεί τον αποχρωματισμό τους και τα καθιστά ευάλωτα σε ασθένειες καθώς επίσης και στα έντονα καιρικά φαινόμενα.

Χημικές ουσίες αντηλιακών: μια ακόμα επικίνδυνη απειλή

Εκτός από την κλιματική αλλαγή, τη ρύπανση και την εντατική αλιεία, τα κοράλλια απειλούνται και από έναν ακόμη παράγοντα: την οξυβενζόνη. Πρόκειται για μια χημική ουσία που χρησιμοποιείται ευρέως στην παρασκευή αντηλιακών, εξαιτίας της ικανότητάς της να απορροφά μέρος της αντηλιακής ακτινοβολίας και να εμποδίζει την επαφή με της με το δέρμα. Η βλαβερή επίδραση της οξυβενζόνης στη θαλάσσια ζωή είναι αποδεδειγμένη. Σύμφωνα με αρκετά δεδομένα από επιστημονικές δημοσιεύσεις, η συγκεκριμένη χημική ουσία μπορεί να καταστρέψει το γενετικό υλικό των κοραλλιών και να προκαλέσει προβλήματα στην αναπαραγωγή τους. Αυτά τα στοιχεία οδήγησαν αρκετές παραθαλάσσιες περιοχές, για παράδειγμα στη Χαβάη, στις Αμερικανικές Παρθένες Νήσους και στην Ταϊλάνδη, να απαγορεύσουν τη χρήση αντηλιακών που περιέχουν οξυβενζόνη, σε μια προσπάθεια προστασίας των υδάτινων οικοσυστημάτων. Είναι ένα αρκετά αμφιλεγόμενο συστατικό και για έναν ακόμη λόγο: έχει συνδεθεί με ερεθισμό και με αλλεργική αντίδραση στους ανθρώπους¹.

Πρόσφατη μελέτη ρίχνει φως στον μηχανισμό με τον οποίο δρα η οξυβενζόνη στα κοράλλια². Η ερευνητική ομάδα προσομοίωσε εργαστηριακά τις συνθήκες έκθεσης των κοραλλιών

στην οξυβενζόνη. Χρησιμοποίησε ως υλικό μελέτης τις θαλάσσιες ανεμώνες εξαιτίας της συγγένειάς τους και των πολλών ομοιοτήτων τους με τα κοράλλια. Οι θαλάσσιες ανεμώνες που εκτέθηκαν στην υπεριώδη ακτινοβολία και στην οξυβενζόνη, μετέτρεπαν την χημική ουσία σε ένα τοξικό συστατικό και μέσα σε δύο βδομάδες πέθαιναν. Μόνο παρουσία της υπεριώδους ακτινοβολίας μπορούσαν τα κύτταρα των κοραλλιών να μετατρέψουν την οξυβενζόνη σε μια επικίνδυνη, τοξική ουσία για την επιβίωσή τους. Η χημική μετατροπή της οξυβενζόνης σε τοξικό προϊόν αποσαφηνίστηκε από τους ερευνητές, οι οποίοι ανέδειξαν και την προστατευτική επίδραση των συμβιωτικών φυκών στην επιβίωση των κοραλλιών.

Ενώ οι ανθρωπογενείς επιδράσεις και κυρίως η ρύπανση και η κλιματική αλλαγή είναι οι κυριότεροι παράγοντες που απειλούν την επιβίωση των κοραλλιών και γενικότερα των ευαίσθητων τροπικών και υποτροπικών υδάτινων οικοσυστημάτων, η επιβάρυνση του νερού με επιπρόσθετους ρυπαντές, όπως η οξυβενζόνη, φαίνεται ότι προσθέτει μια ακόμα απειλή για αυτά τα πολύτιμα οικοσυστήματα.

M.T.

Πηγές:

- <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>
- Vuckovic, D. *et al.* Conversion of oxybenzone sunscreen to phototoxic glucoside conjugates by sea anemones and corals. *Science* 376, 644–648 (2022).

Όλοι μαζί μετράμε καλύτερα!

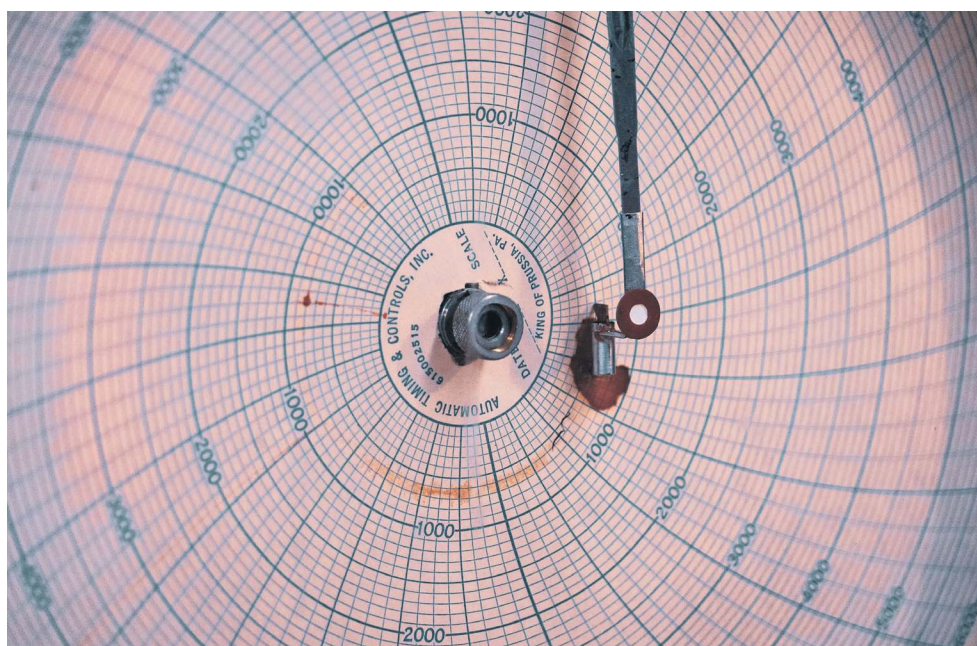
«Μετρήστε ό,τι είναι μετρήσιμο και κάντε μετρήσιμο ό,τι δεν μπορεί να μετρηθεί»

Galileo Galilei

Με το παραπάνω απόφθεγμα ο Γαλιλαίος καλούσε τους επιστήμονες της εποχής του να στηρίζουν τα συμπεράσματά τους σε πειραματικά δεδομένα. Ήταν η αντίδραση ενός σκεπτόμενου ανθρώπου στον μη εμπειρικό χαρακτήρα μελέτης και ερμηνείας της φύσης που εφάρμοζε και μονοπωλούσε η εκκλησία. Στις μέρες μας, αιώνες μετά, εκατομμύρια πειράματα μετά, δισεκατομμύρια terabytes παραγόμενων πειραματικών δεδομένων μετά, βρισκόμαστε σε μία αντιφατική κατάσταση: δεν μπορούμε να είμαστε σίγουροι για τα δεδομένα επιστημονικών μελετών – και συνεπακόλουθα για τα συμπεράσματα που προκύπτουν από αυτά – παρότι αυτά στηρίζονται σε πλήρως εμπειρικές μεθόδους.

Για παράδειγμα, το 2020, η βρετανική Επιστημονική Ομάδα για την Πανδημία της Γρίπης ζήτησε από εννέα ερευνητικές ομάδες να υπολογίσουν τον παράγοντα αναπαραγωγής R των μολύνσεων από COVID-19. Οι ομάδες είχαν να επιλέξουν να χρησιμοποιήσουν μία πληθώρα δεδομένων (θάνατοι, εισαγωγές σε νοσοκομεία, αποτελέσματα ελέγχων) και διαφορετικών μεθόδων προσομοίωσης. Παρά το γεγονός του ότι το ερευνητικό ερώτημα ήταν σαφές, τα αποτελέσματα στα οποία κατέληξαν οι εννιά ομάδες ήταν, σε σημαντικό βαθμό, διαφορετικά. Η πιο αισιόδοξη πρόβλεψη υπολόγισε ότι κάθε 100 νοσούντες COVID-19 θα μολύναν άλλους 96, ενώ η πιο απαισιόδοξη ανέβαζε τον αριθμό σε 182, δυο φορές μεγαλύτερο. Τα δύο αυτά ακραία αποτελέσματα έβγαζαν δύο εντελώς αντίθετα συμπεράσματα: το πρώτο ότι η πανδημία υποχωρούσε, το δεύτερο ότι η πανδημία ήταν σε έξαρση.

Αξίζει να σημειωθεί ότι οι αναγνωρισμένες αβεβαιότητες των αποτελεσμάτων στην τιμή του παράγοντα αναπαραγωγής R ήταν σημαντικά μικρότερες από τις διαφορές μεταξύ των αποτελεσμάτων από διαφορετικές ομάδες. Πιο απλά, ήταν σαν δύο ομάδες να είχαν μετρήσει τη χιλιομετρική απόσταση Αθήνας-Θεσσαλονίκης και η μία να την είχε βγάλει 517 ± 2 χιλιόμετρα, ενώ η άλλη 276 ± 4 χιλιόμετρα. Δηλαδή, δεν υπήρχε περίπτωση να ήταν και οι δύο μετρήσεις σωστές. Μάλιστα, ίσως να ήταν και οι δύο λάθος! Επιστρέφοντας στις εννιά μετρήσεις του παράγοντα αναπαραγωγής R , είναι σαφές ότι δεν θα μπορούσαν να δώσουν ένα σαφές μήνυμα για το ποια πολιτική θα έπρεπε να εφαρμοστεί για



την αντιμετώπιση της πανδημίας. Και το παραπάνω παράδειγμα είναι ένα από τα πολλά που έχουν παρατηρηθεί σε διαφορετικά επιστημονικά πεδία.

Επίσης το 2020, στα πλαίσια της μελέτης «Αναπαραγωγής και Πρόβλεψης Νευροαπεικονίσεων», 70 ερευνητικές ομάδες χρησιμοποίησαν τα ίδια απεικονιστικά δεδομένα που προέρχονταν από μαγνητικές τομογραφίες, για να μελετήσουν 9 υποθέσεις που αφορούσαν στην εγκεφαλική δραστηριότητα κατά τη διάρκεια λήψης αποφάσεων υψηλού ρίσκου, π.χ. πως μία συγκεκριμένη εγκεφαλική περιοχή ενεργοποιείται όταν ένας άνθρωπος ζυγίζει την πιθανότητα ενός μεγάλου οικονομικού κέρδους. Κατά μέσο όρο καμία

από τις 9 υπό μελέτη υποθέσεις δεν συγκέντρωσε άνω του 80% συμφωνία μεταξύ των 70 ερευνητικών ομάδων. Μάλιστα, υπήρξαν τρεις υποθέσεις για τις οποίες μόλις το ένα τρίτο των ερευνητικών ομάδων ανέφερε ότι κατέληξαν σε παρόμοια αποτελέσματα, με τα υπόλοιπα δύο τρίτα να καταλήγουν σε αντίθετα αποτελέσματα. Οι επικεφαλής της έρευνας αυτής κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι για τέτοιου είδους ερωτήματα θα πρέπει να απαιτείται εφαρμογή διαφορετικών μεθόδων ανάλυσης.

Τέτοια μετρητικά «δυστυχήματα» αποδεικνύουν ότι ανεξάρτητοι μεταξύ τους στατιστικοί σπανίως εφαρμόζουν την ίδια διαδικασία ανάλυσης. Παρόλα αυτά, σε πεδία που

εκτείνονται από την οικολογία ως την ψυχολογία και από την ιατρική ως την τεχνολογία των υλικών, μία και μόνο μέθοδος στατιστική ανάλυση θεωρείται επαρκής για να παράσχει αρκούντως αξιόπιστες αποδείξεις ενός ερευνητικού ισχυρισμού. Μάλιστα, έχει παρατηρηθεί όχι λίγες φορές ότι η επιλογή μιας συγκεκριμένης μεθόδου ανάλυσης στηρίζεται στο εάν αυτή επιβεβαιώνει τους αρχικούς ερευνητικούς ισχυρισμούς. Ακόμα όμως και να μην ισχύει μια τέτοια, καθόλα απαράδεκτη χειραγώγηση των συμπερασμάτων, παραμένει η εξής δυστοκία: ότι, εν τέλει, οι ερευνητές συστηματικά υποεκτιμούν την αβεβαιότητα των συμπερασμάτων τους εξαιτίας της προσήλωσης τους σε μία και μόνη μέθοδο στατιστικής ανάλυσης.

Ερευνητικά πεδία, όπως η φυσική υψηλών ενεργειών, η κλιματολογία και η αστρονομία, έχουν μακρά παράδοση εφαρμογής πολλών μεθόδων στατιστικής ανάλυσης από διαφορετικές ερευνητικές ομάδες. Συνεπώς, μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως παραδείγματα και να επικοινωνήσουν τις καλές πρακτικές που εφαρμόζουν. Προφανώς, προϋποθέσεις για τέτοιου είδους συλλογικές προσπάθειες είναι αφενός η ελεύθερη διάθεση των υπό ανάλυση δεδομένων μέσω σύγχρονων αποθετηρίων, για παράδειγμα του zenodo, και αφετέρου η διασφάλιση της αξιοπιστίας αυτών των δεδομένων, για παράδειγμα μέσω τεχνολογιών block chain.

Μία απάντηση στο εισαγωγικό απόφθεγμα του Γαλιλαίου θα μπορούσαμε να είναι ότι δεν αρκεί πια απλώς και μόνο η μέτρηση. Αυτό που χρειάζεται είναι να «ξεσκεπαστούν» δύο μύθοι γύρω από την εφαρμοσμένη στατιστική. Ο πρώτος είναι ότι για κάθε ομάδα δεδομένων υπάρχει μία μοναδική κατάλληλη διαδικασία στατιστικής ανάλυσης. Στην πραγματικότητα, ακόμα και όταν τα δεδομένα είναι σχετικά απλά, σπανίως διαφορετικοί στατιστικοί ακολουθούν την ίδια διαδικασία ανάλυσης. Για να αποτιμηθεί η ακεραιότητα των συμπερασμάτων οι ερευνητές θα πρέπει να υποβάλουν τα δεδομένα τους στη βάσανο διαφορετικών μεθόδων στατιστικών αναλύσεων, οι οποίες μάλιστα να εφαρμοστούν από ανεξάρτητες ερευνητικές ομάδες. Κάτι τέτοιο αποτελεί μία σημαντική μετατόπιση στον τρόπο με τον οποίο γίνεται η έρευνα, χωρίς να ξεχνάμε ότι οι τεχνικές υποδομές που απαιτούνται για να υποστηριχθούν τέτοια εγχειρήματα είναι πολυέξοδες. Παρόλα αυτά, οι ωφέλειες σε μεσοπρόθεσμο και μακροπρόθεσμο επίπεδο φαντάζουν να είναι πολύ σημαντικές.

Π.Κ.



Από την ιστορία των επιστημών στη δημόσια εικόνα τους

Τι είναι η επιστήμη για το ευρύ κοινό; Όταν αναφερόμαστε στην εικόνα που έχει το κοινό για την επιστήμη, συνήθως αναφερόμαστε σε δύο σημαντικά πεδία της δημόσιας σφαίρας. Πρόκειται για την εικόνα που διαμορφώνεται μέσω των ΜΜΕ και την εικόνα που διαμορφώνεται μέσω της εκπαίδευσης. Υπάρχουν δύο ενδιαφέροντα στοιχεία σε σχέση με αυτά τα δύο πεδία. Σε μία μελέτη που είχε κάνει ο Κώστας Δημόπουλος (2001), είχε παρατηρήσει ότι η παρουσία των επιστημών στον Ελληνικό Τύπο ήταν εξαιρετικά περιορισμένη. Ωστόσο, ακόμη και σε αυτά τα ελάχιστα άρθρα, η εικόνα για τις επιστήμες είχε συγκεκριμένα χαρακτηριστικά. Σε άρθρα εφημερίδων η επιστήμη παρουσιαζόταν ως διαδικασία απλής μέτρησης και παρατήρησης. Πρόκειται για την παραδοσιακή θέση ότι οι επιστήμονες κάνουν συγκεκριμένους υπολογισμούς και παρατηρούν τα αποτελέσματα των πειραμάτων τους. Το δεύτερο χαρακτηριστικό, που προβάλλεται αρκετά συχνά, είναι ότι η επιστήμη αποτελεί μια διαδικασία που βασίζεται στην επαγωγική μέθοδο και αυτή η μέθοδος μας οδηγεί στη διατύπωση φυσικών νόμων. Αυτό σημαίνει ότι η επιστήμη εξάγει γενικές αρχές για τη φύση, οι οποίες προκύπτουν από τη συλλογή πολλών και διαφορετικών εμπειρικών τεκμηρίων.

Όσον αφορά το πεδίο της εκπαίδευσης, ο Ludwik Fleck στο βιβλίο του «Genesis and development of a scientific fact» (1979) είχε σημειώσει ότι τα τεχνοεπιστημονικά κείμενα έχουν ως στόχο την εκπαίδευση των νέων σε διαφορετικά επιστημονικά πεδία. Συνήθως, τα κείμενα αυτά αναπαράγουν το κυρίαρχο τεχνοεπιστημονικό «παράδειγμα» του κάθε πεδίου. Αυτό είναι απολύτως λογικό, καθώς οι νέοι επιστήμονες πρέπει να εκπαιδευτούν στους τρόπους με τους οποίους παράγεται η γνώση στην εποχή τους. Τα κείμενα αυτά δίνουν ιδιαίτερη έμφαση στις κεντρικές έννοιες με τις οποίες περιγράφουμε και εξηγούμε τη φύση και παρουσιάζουν την επιστήμη ως μια γραμμική πορεία εξέλιξης της γνώσης. Με αυτή τη λογική γράφονται τα εκπαιδευτικά εγχειρίδια των φυσικών επιστημών και της τεχνολογίας σε διάφορες εκπαιδευτικές βαθμίδες (Γυμνάσιο, Λύκειο, Πανεπιστήμιο, κλπ). Ωστόσο, το γεγονός αυτό, δηλαδή ότι ο στόχος των εκπαιδευτικών εγχειριδίων είναι να εκπαιδεύσουν σε πρακτικό επίπεδο τους υποψήφιους επιστήμονες, παράγει τις περισσότερες φορές μια συγκεκριμένη εικόνα για την επιστήμη. Η εικόνα αυτή είναι πως (1) η επιστήμη ακολουθεί μια γραμμική πορεία



εξέλιξης και προόδου, (2) μέσα στην πορεία των αιώνων τα εσφαλμένα συμπεράσματα μένουν στην άκρη ενώ τα ορθά επιβιώνουν, (3) η επιστήμη ανακαλύπτει διαρκώς κρυφές αλήθειες και φυσικούς νόμους, (4) οι μέθοδοί μας είναι αντικειμενικά ορθές και (5) ό,τι δεν προκύπτει επαγωγικά/πειραματικά δεν μπορεί να είναι επιστημονικό.

Σε αρκετά άρθρα έχουμε δείξει ότι η πορεία των επιστημών κάθε άλλο παρά αυτά τα χαρακτηριστικά έχει. Τα χαρακτηριστικά που έχει η όποια νέα γνώση προκύπτουν, πρωτίτως, από το πολιτισμικό πλαίσιο μέσα από το οποίο αναδύεται. Η ιστορία των επιστημών δείχνει με τον καλύτερο τρόπο αυτούς τους πολλαπλούς υποκαθορισμούς της γνώσης, σκιαγραφώντας μια εικόνα για την επιστήμη

αρκετά πιο σύνθετη και πλούσια. Τι μας έχει δείξει η ιστορία των επιστημών τον τελευταίο αιώνα; Μας έχει δείξει ότι η νέα γνώση μπορεί να παραχθεί ακόμη και αν τα πειραματικά δεδομένα είναι διαφορετικά ή έρχονται σε σύγκρουση με μια θεωρία. Κάποιες φορές μας έχει δείξει ότι η νέα γνώση μπορεί να ανατρέψει πλήρως την υπάρχουσα γνώση και όχι να χτίσει συσσωρευτικά πάνω σε αυτή. Μας έχει δείξει ότι οι μέθοδοί μας διαρκώς αναθεωρούνται, επανεπιννοούνται, προσαρμόζονται σε νέα δεδομένα και κανένας φυσικός νόμος δεν ήρθε για να μείνει για πάντα. Μας έχει δείξει ότι οι επιστήμες δεν είναι ιδεολογικά ουδέτερες και πως ενσωματώνουν αξίες και προκαταλήψεις. Μας έχει δείξει ότι, ακόμη και θεωρίες που βρίσκονται σε σύγκρουση

μεταξύ τους, μπορούν να συνυπάρχουν για αρκετά χρόνια, επειδή δεν υπάρχουν ακόμη τα κριτήρια που θα γείρουν την πλάστιγγα υπέρ της μίας ή της άλλης. Οι ιστορίες που λέμε για την επιστήμη δεν είναι σημαντικές επειδή αφορούν την επιστήμη. Είναι σημαντικές επειδή αφορούν τους ανθρώπους. Οι άνθρωποι έχουν την ικανότητα να προσαρμόζονται διαρκώς, να αναθεωρούν, να επιχειρούν να λύσουν τα προβλήματά τους με διαφορετικούς τρόπους, να μην ακολουθούν ευλαβικά τους κανόνες που νομίζουμε ότι έχει η επιστήμη, να συγκρούονται με την εποχή τους και να κατασκευάζουν διαρκώς νέες σκαλωσιές για να εξηγήσουν τον κόσμο. Άλλωστε, αν η επιστήμη λειτουργούσε τόσο απλά όσο είναι το σχήμα «μέτρηση-παρατήρηση-επαγωγή-φυσικός νόμος», δεν θα χρειαζόταν να τα συζητάμε όλα αυτά. Θα τα είχαμε λύσει εδώ και αιώνες. Ευτυχώς ή δυστυχώς, δεν είναι έτσι.

Αν, επομένως, προσφέρει κάτι η ιστορία των επιστημών, δεν είναι ότι λέμε ωραίες ιστορίες για την επιστήμη και το παρελθόν της. Αυτό που προσφέρει είναι ότι λέμε ιστορίες για *εμάς*. Προσπαθούμε μέσα από την ιστορία να καταλάβουμε τους εαυτούς μας στο παρόν μας. Μέσα από την ιστορία, μπορούμε να καταλάβουμε ποιες είναι οι αξίες, οι ανησυχίες, οι συγκρούσεις, τα ερωτήματα και προβλήματα μέσα από τα οποία συγκροτήθηκε ο κόσμος στον οποίο σήμερα ζούμε. Αυτός ο γόνιμος προβληματισμός διαμορφώνει και μια διαφορετική δημόσια εικόνα για τις επιστήμες. Δεν είναι μια εικόνα που ακινητοποιεί κάποια φαντασιακά χαρακτηριστικά. Αντιθέτως, είναι μια δυναμική εικόνα που αξιώνει να αλλάξει διαρκώς.

Μία από τις πιο σημαντικές βιογραφίες του Ισαάκ Νεύτωνα είχε γραφτεί από τον Richard Westfall και είχε τον τίτλο «Never at Rest» (1983). Αυτός ο τίτλος αποτυπώνει με τον καλύτερο τρόπο πώς πρέπει να συγκροτείται η δημόσια εικόνα της επιστήμης, ως κάτι που δεν βρίσκεται ποτέ σε ηρεμία, ως κάτι που πάντα κινείται, γιατί αυτό κάνουν οι άνθρωποι.

Δ.Π.

Πηγές

Δημόπουλος, Κ. (2001). Η εικόνα της Επιστήμης και της Τεχνολογίας στον Ελληνικό Ημερήσιο Τύπο. Διδακτορική διατριβή, Πανεπιστήμιο Πατρών: Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης.

Fleck, L. (1979). Genesis and development of a scientific fact. Chicago: University of Chicago Press. Hawking, S. (1988). A brief history of time. New York: Bantam Books.