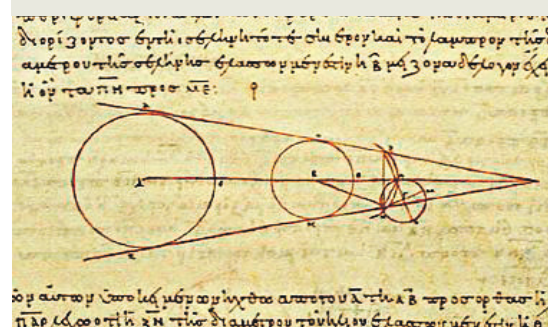


ΙΣΤΟΡΙΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ

Αρίσταρχος εναντίον Κοπέρνικου: Ένας μύθος που αντέχει

Ο μύθος είναι ότι ο Κοπέρνικος έκλεψε τον Αρίσταρχο και σκοπίμως δεν τον ανέφερε. Η εσφαλμένη ερμηνεία είναι ότι ο Αρίσταρχος υποστήριξε την κίνηση της Γης αιώνες πριν από τον Κοπέρνικο και πρέπει να αποκαταστήσουμε το όνομά του στην ιστορία.

►► 8



Επιστημονικά μοντέλα, αλήθεια και χρησιμότητα

ΤΑ ΜΟΝΤΕΛΑ είναι από τα πιο χρήσιμα εργαλεία των επιστημόνων και μας δίνουν τη δυνατότητα να μελετήσουμε απλουστευμένες εκδοχές των φαινομένων και να εντοπίσουμε τις πιο σημαντικές παραμέτρους. Διέπονται ωστόσο και από περιορισμούς, οι οποίοι πρέπει να λαμβάνονται σοβαρά υπόψη στην ερμηνεία των αποτελεσμάτων, στις προσδοκίες μας να προβλέπουμε την έκβαση των φαινομένων και στη λήψη αποφάσεων.

►► 4-5

Ανθρώπινο αποτύπωμα και βιοποικιλότητα

Βρισκόμαστε στην εποχή μιας πρωτόγνωρης παγκόσμιας κρίσης βιοποικιλότητας· ο ρυθμός των ειδών μειώνεται με ταχύτετους ρυθμούς, γεγονός που αναδεικνύει την ανεπάρκεια και αναποτελεσματικότητα των μέτρων προστασίας τους. Πρόσφατα συσχετίστηκε η εξελικτική ιστορία των χορδωτών με την ανθρώπινη επίδραση στο περιβάλλον και αναδείχθηκε ακόμη μια φορά η πίεση που υφίστανται τα ζώα από την παρουσία του ανθρώπου.

►► 6



Έρευνα, ακαδημία και συστημικός ρατσισμός

Στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής ο συστημικός ρατσισμός έχει βαθιές ρίζες και είναι απόλυτα ενσωματωμένος στην καθημερινή ζωή. Το ακαδημαϊκό και ερευνητικό πλαίσιο φυσικά δεν αποτελούν εξαίρεση.

►► 7

Ανιχνεύσαμε τα πρώτα σωματίδια σκοτεινής ύλης;

Η πιο ευαίσθητη διάταξη ανίχνευσης σκοτεινής ύλης βρίσκεται σε βάθος περίπου ενάμισι χιλιομέτρου κάτω από το όρος Gran Sasso της Ιταλίας. Η ομάδα που λειτουργεί τον ανιχνευτή XENON ανακοίνωσε μόλις πριν από μερικές ημέρες τον εντοπισμό σήματος, το οποίο θα μπορούσε να σχετίζεται με ένα από τα πιθανά συστατικά της σκοτεινής ύλης.

►► 2-3



Κρίση

ΠΕΡΝΑΜΕ διαδοχικές κρίσεις. Πρώτα η οικονομική κρίση, μετά η υγειονομική και, απ' ό,τι φαίνεται, σύντομα πρόκειται να ακολουθήσει και νέα οικονομική. Η χρήση της συγκεκριμένης λέξης δηλώνει τη σοβαρότητα της κατάστασης και το μέγεθος του διακυβεύματος: Επιβίωση ή απώλεια. Ο συνήθης τρόπος με τον οποίο αναφερόμαστε στις κρίσεις παραπέμπει στην ιατρική σημασία του όρου. Τα ζευγάρια περνούν κρίσεις στις σχέσεις τους, ο καπιταλισμός περνάει κυκλικές οικονομικές κρίσεις, η περιβαλλοντική κρίση απειλεί το μέλλον του πλανήτη, οι προσωπικές μας κρίσεις μπορεί να έχουν τραγική ή αναγεννητική κατάληξη. Σε όλες αυτές τις εκδοχές είναι παρούσα η έννοια της αποφασιστικής καμπής της νόσου κατά την οποία ο ασθενής θα κατευθυνθεί προς την ανάρρωση ή προς τη μοιραία επιδείνωση. Η κρίση συνδέεται με την κρισιμότητα.

Ασφαλώς, σύμφωνα με την πολυακουσμένη έκφραση, κάθε κρίση είναι και μια ευκαιρία. Η συγκεκριμένη έκφραση υπονοεί ότι η κρίση είναι ένα ρευστό πεδίο δυνατοτήτων, μια αναστάτωση της κανονικής ροής των πραγμάτων, την οποία το επιδέξιο άτομο ή ομάδα μπορούν να εκμεταλλευτούν προς όφελός τους. Κάπως έτσι, ας πούμε, εμφανίζεται η κρίση Παραδείγματος στη θεωρία του Thomas Kuhn: το γόνιμο πεδίο διανοητικής δημιουργικότητας που επιτρέπει στο νέο Παράδειγμα να αναδυθεί χάρη στην επιτυχημένη αξιοποίηση μιας σειράς κοινωνικών, πολιτικών, αισθητικών και γνωσιακών παραγόντων. Η κρίση σε αυτή την εκδοχή της συνδέεται με κερδισμένες και χαμένες ευκαιρίες.

Ο συνδυασμός κρισιμότητας και ευκαιρίας ορίζει το πεδίο στο οποίο λειτουργεί η σύγχρονη τέχνη του μάνατζμεντ. Η κρίση αφορά όλους, αλλά η επιτυχημένη διαχείρισή της αφορά τους ειδικούς. Αν δεν θέλουμε η κρίση να καταβροχθίσει το σύμπαν πρέπει να ακούσουμε τους οικονομολόγους, τους επιδημιολόγους, τους περιβαλλοντολόγους... Η διαχείριση της κρίσης γίνεται μια δουλειά όπως όλες οι άλλες – η κρισιμότητα καθαυτή δεν φτάνει ποτέ να αγγίξει τα θεμέλια του οικοδομήματος.

Σπάνια σκεφτόμαστε ότι κρίση δεν είναι μόνο μια κατάσταση που οφείλουμε να υπερβούμε, αλλά και η απόφαση στην οποία οδηγούμαστε μετά από προσεκτική αποτίμηση της πορείας των πραγμάτων. Η κρίση με αυτή την έννοια συνδέεται με τη δυνατότητα της επιλογής. Η ικανότητά μας να κρίνουμε μας επιτρέπει να αντιλαμβανόμαστε τις διαφορετικές εκδοχές της πραγματικότητας και να διαμορφώνουμε τη στάση μας απέναντί τους βάσει των αρχών που διέπουν τον βίο μας: να εγκρίνουμε, να επικρίνουμε, να κατακρίνουμε - και να ενεργούμε αναλόγως. Είναι προφανές ότι οι δύο έννοιες της κρίσης συνδέονται στενά μεταξύ τους. Ωστόσο, στο πλαίσιο του σύγχρονου τεχνοεπιστημονικού πολιτισμού, η εκχώρηση της διαχείρισης των κρίσεων σε ειδικούς υποβαθμίζει την αξία των κρίσεων που μπορούν να εκφέρουν οι πολίτες. Υπό αυτή την έννοια, η κρίση είναι πρωτίστως μια πολιτική συνθήκη. Μολονότι παρουσιάζεται ως το αναπόφευκτο και καθολικό αποτέλεσμα μιας «φυσικής» διεργασίας, η κρισιμότητά της έγκειται στον συγκεκριμένο τρόπο με τον οποίο αυτή εγγράφεται στις υπάρχουσες κοινωνικές σχέσεις και στις δυνατότητες δράσης που ενεργοποιεί ή ακυρώνει.

Μ. Π.

Ανιχνεύσαμε τα πρώτα

Η σκοτεινή ύλη και τα συστατικά της

Στον αγώνα για την κατανόηση του Σύμπαντος συναντιούνται πολλοί κλάδοι της φυσικής, όπως η αστροφυσική, η φυσική των στοιχειωδών σωματιδίων, η επιστήμη των υλικών κ.ά. Πρόκειται πραγματικά για ένα πεδίο έρευνας όπου η έρευνα στις μικρότερες δυνατές κλίμακες (υποατομικά σωματίδια) συναντά αυτή που αφορά τους μεγαλύτερους σχηματισμούς του Σύμπαντος (γαλαξίες, σμήνη γαλαξιών). Κεντρικό ερώτημα σε αυτή την προσπάθεια: Από τι είναι φτιαγμένο το Σύμπαν; Όπως έχουμε αναφέρει και σε προηγούμενα άρθρα, το συντριπτικά μεγαλύτερο μέρος του διαφεύγει των δυνατοτήτων παρατήρησης. Μόλις ένα 5% βρίσκεται σε μορφή παρατηρήσιμης ύλης, ενώ περίπου το ένα τέταρτο αποτελείται από σκοτεινή ύλη.

Η σκοτεινή και η «κανονική» ύλη αλληλεπιδρούν μέσω της βαρύτητας και δίνουν στους γαλαξίες του Σύμπαντος τη μορφή και τις ιδιότητές τους. Το παζλ συμπληρώνεται από την, ακόμη πιο μυστηριώδη, σκοτεινή ενέργεια, η οποία εξασφαλίζει τη διαστολή του Σύμπαντος με τρόπους που ακόμη προσπαθούμε να κατανοήσουμε.

Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενο άρθρο, τα πρώτα σημάδια για την ύπαρξη της σκοτεινής ύλης εντοπίστηκαν τη δεκαετία του 1930 και από τη δεκαετία του 1970 θεωρείται πλέον δεδομένη. Τότε οι επιστήμονες άρχισαν να διατυπώνουν πιθανά σενάρια για την ταυτότητα της σκοτεινής ύλης και πώς θα μπορούσε αυτή να ανιχνευθεί, συνδυάζοντας αστρονομικές παρατηρήσεις με ευρήματα σε πειράματα επιταχυντών και θεωρητικές προβλέψεις της φυσικής των στοιχειωδών σωματιδίων.

Από την τελευταία έρχονται κάποια από τα υποψήφια σωματίδια που μπορεί να αποτελούν τη σκοτεινή ύλη. Στην προσπάθειά μας να ενοποιήσουμε τις θεμελιώδεις αλληλεπιδράσεις και τα στοιχειώδη σωματίδια σε ένα ολοκληρωμένο οικοδόμημα, έχουμε οδηγηθεί στο Καθιερωμένο Πρότυπο (Standard Model). Στο πλαίσιο αυτού του προτύπου υπάρχουν ακόμη «κενά» (αναπάντητα ερωτήματα), τα οποία ενδεχομένως να γεφυρώνονται εάν υ-



πάρχουν κάποια σωματίδια, τα οποία δεν έχουν ανιχνευθεί ακόμη.

Ένα από αυτά είναι το αξιόνιο, η ύπαρξη του οποίου προτάθηκε το 1977 και θα μπορούσε να εξηγήσει κάποιες από τις ιδιότητες της ισχυρής αλληλεπίδρασης (της δύναμης που εμφανίζεται ανάμεσα στα κουάρκ, τα συστατικά των πρωτονίων και των νετρονίων). Αν υπάρχουν, τα αξιόνια θα πρέπει να έχουν εξαιρετικά μικρή μάζα, αλλά είναι πιθανό να έχουν σχηματιστεί σε τεράστιες ποσότητες κατά τη Μεγάλη Έκρηξη γεμίζοντας το Σύμπαν, αλληλεπιδρώντας όμως πολύ ασθενώς με τη συνη-

θισμένη ύλη.

Άλλες πιθανές πηγές αξιονίων είναι οι θερμοπυρηνικές αντιδράσεις στο εσωτερικό των αστεριών. Επομένως αποτελούν ένα πιθανό συστατικό της σκοτεινής ύλης, το οποίο όμως δεν έχει ανιχνευτεί μέχρι στιγμής.

Στο πλαίσιο του Καθιερωμένου Προτύπου έχουν προταθεί και άλλα τέτοια σωματίδια, ικανά να εξηγήσουν κάποιες από τις ιδιότητες που εμφανίζουν οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ στοιχειωδών σωματιδίων, αλλά και να ενσωματώσουν στο πρότυπο τη δύναμη της βαρύτητας.

Τα σωματίδια αυτά, τα οποία έχουν κατά κανόνα σημαντική μάζα, ονομάζονται συλλογικά ασθενώς αλληλεπιδρώντα μαζικά σωματίδια (weakly interacting massive particles, WIMPs) και αναδείχθηκαν ως πιθανά συστατικά της σκοτεινής ύλης στα μέσα της δεκαετίας του 1980, στο πλαίσιο της υπερσυμμετρίας, μιας πιθανής βελτίωσης του Καθιερωμένου Προτύπου.

Τα WIMPs θα μπορούσαν, λοιπόν, να βρίσκονται σε αφθονία στο Σύμπαν και να αλληλεπιδρούν πολύ ασθενώς με τη συνηθισμένη ύλη. Ωστόσο τα σωματίδια αυτά δεν έχουν ανιχνευτεί τόσο από ανιχνευτές όσο και στον Μεγάλο Αδρονικό Επιταχυ-



Ο ανιχνευτής XENON1T, που βρίσκεται σε βάθος 1.400 μέτρων κάτω από το ιταλικό όρος Gran Sasso. Πηγή: XENON1T COLLABORATION

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

ΣΥΝΤΑΚΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

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

σωματίδια σκοτεινής ύλης;

ντή του CERN, κάτι που οδηγεί και στην αμφισβήτηση της ίδιας της υπερσυμμετρίας.

Ένα πιο πρόσφατο σενάριο είναι αυτό των ισχυρά αλληλεπιδρώντων μαζικών σωματιδίων (strongly interacting massive particles, SIMPs). Αυτά θα μπορούσαν να είναι πιο σύνθετα σωματίδια και όχι θεμελιώδη όπως τα WIMPs, τα οποία θα αλληλεπιδρούσαν σε μεγαλύτερο βαθμό με τη συνήθη ύλη. Αυτή η ιδιότητά τους θα μπορούσε να εξηγήσει κάποιες από τις παρατηρήσεις γαλαξιών, οι οποίες δείχνουν ότι η σκοτεινή ύλη είναι κατανεμημένη σχεδόν ομοιόμορφα, παρότι οι προσομοιώσεις που βασίζονται σε WIMPs προβλέπουν ότι θα έπρεπε να σχηματίζει τοπικές συγκεντρώσεις.

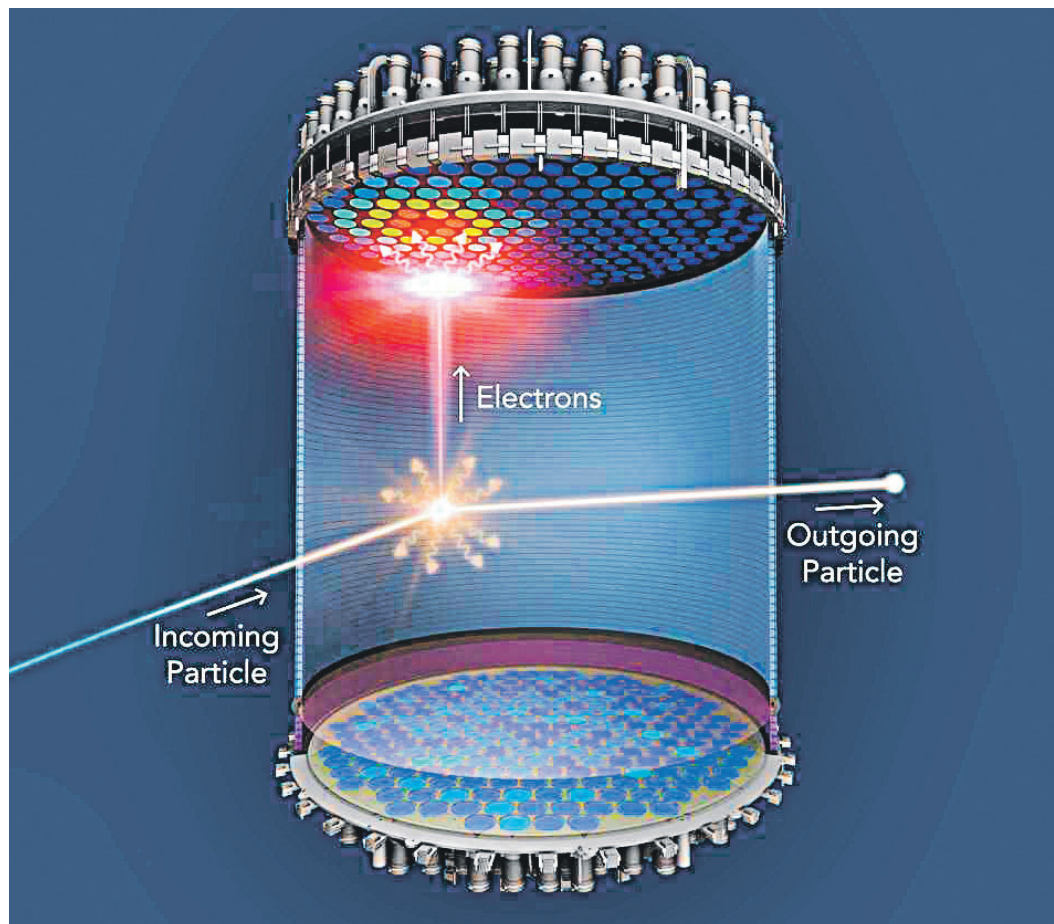
Τέλος, ένα απλούστερο αλλά λιγότερο πιθανό σενάριο προβλέπει ότι η σκοτεινή ύλη αποτελείται από μαζικά συμπαγή αντικείμενα της άλω (massive astrophysical compact halo objects, MACHOs). Τα αντικείμενα αυτά είναι μαζικά αστροφυσικά αντικείμενα, όπως σκοτεινοί πλανήτες, μελανές οπές, αμυδροί λευκοί νάνοι και αστέρες νετρονίων ή αστέρια που δεν κατάφεραν να «γεννηθούν». Δυστυχώς οι υπολογισμοί με βάση τα μοντέλα αστρικής εξέλιξης και εξέλιξης των γαλαξιών δεν προβλέπουν επαρκείς ποσότητες από αυτά τα αντικείμενα ώστε να μπορούν να «αναπληρώσουν» τη σκοτεινή ύλη.

Το πείραμα XENON

Η πιο ευαίσθητη διάταξη ανίχνευσης σκοτεινής ύλης βρίσκεται σε βάθος περίπου ενάμισι χιλιομέτρου κάτω από το όρος Gran Sasso της Ιταλίας. Αποτελείται από μια δεξαμενή που περιέχει 62 κιλά ευγενούς αερίου Ξένο (Xe) σε υγρή μορφή. Η αρχή λειτουργίας της συσκευής βασίζεται στο ότι, εάν ένα σωματίδιο διαπεράσει το υγρό, θα προκαλέσει την εκπομπή ηλεκτρονίων λόγω της αλληλεπίδρασής τους με τα άτομα που το απαρτίζουν.

Το Ξένο είναι ένα ευγενές αέριο, επομένως δεν αντιδρά εύκολα με άλλα χημικά στοιχεία και η τοποθέτησή του σε μεγάλο βάθος εξασφαλίζει την ελάχιστη αλληλεπίδραση με άλλα «συνήθη» σωματίδια κοσμικών ακτίνων, τα οποία διαπερνούν τον πλανήτη μας. Η δεξαμενή περιστοιχίζεται από συσκευές ενίσχυσης και ανίχνευσης των ασθενών ηλεκτρικών σημάτων που παράγονται από τις αλληλεπιδράσεις.

Μεγάλο μέρος της διαδικασίας ανίχνευσης αποτελεί ο προσδιορισμός των παραγόντων θορύβου, δηλαδή των μετρήσεων που δεν οφείλονται στα προσδοκώμενα σωματίδια σκοτεινής ύλης που θέλουμε να ανιχνεύσουμε με το XENON, αλλά σε άλλες διαδικασίες. Αυτές μπορεί να είναι, για παράδειγμα, κοσμικές ακτίνες, νετρίνα, ραδιενεργές



Σχηματική απεικόνιση της αλληλεπίδρασης ενός εισερχόμενου σωματιδίου με τον πυρήνα του Xe στο εσωτερικό του XENON1T. Κατά την αλληλεπίδραση εκπέμπονται ηλεκτρόνια τα οποία κατευθύνονται στον ανιχνευτή. Πηγή: LUX-ZEPLIN (LZ) COLLABORATION / SLAC NATIONAL ACCELERATOR LABORATORY

διασπάσεις που συμβαίνουν στο υπέδαφος, νετρίνα και μόνια (τα βαρύτερα «ξαδέλφια» των ηλεκτρονίων).

Προφανώς, όπως ήδη αναφέρθηκε, η τοποθέτηση της διάταξης σε τόσο μεγάλο βάθος και η θωράκισή της ελαχιστοποιούν αλλά δεν εκμηδενίζουν αυτούς τους παράγοντες.

Το πείραμα XENON αναβαθμίστηκε πρόσφατα στο XENON1t και σύντομα θα τεθεί σε λειτουργία η τελευταία εκδοχή του, η XENONnT. Μέχρι στιγμής ο ανιχνευτής XENON αποτελεί τον πιο ακριβή και ευαίσθητο ανιχνευτή σημάτων και οι μετρήσεις του έχουν χρησιμοποιηθεί για να περιοριστούν οι προβλέψεις των πιθανών σεναρίων για τη σύσταση της σκοτεινής ύλης.

Ανίχνευσε σωματίδια της σκοτεινής ύλης το XENON;

Η ομάδα που λειτουργεί τον ανιχνευτή XENON ανακοίνωσε μόλις πριν από μερικές ημέρες (στις 17 Ιουνίου 2020) τον εντοπισμό σήματος ισχυρότερου του αναμενόμενου υποβάθρου, με πολύ σημαντικές πιθανές επιπτώσεις σε όσα γνωρίζουμε μέχρι στιγμής για τη σκοτεινή ύλη. Τα ευρήματα του ανιχνευτή αποκτούν μεγαλύτερη σημασία αν αναλογιστεί κάποιος ότι η ίδια διάταξη έχει χρησιμοποιηθεί στο παρελθόν ως σημείο αναφοράς για να εξακριβωθεί η ορθότητα πιθανών ανιχνεύσεων από άλλες επιστημονικές ομάδες.

Τι εντόπισε λοιπόν η ομάδα του XENON; Η διάταξη του πειράματος είναι ευαίσθητη σε γεγονότα (δηλαδή αλληλε-

πιδράσεις μεταξύ των προσπιπτουσών ακτίνων και των ατόμων Xe) διαφόρων ενεργειών, από μερικές χιλιάδες έως μερικά δισεκατομμύρια ηλεκτρονιοβόλτ. Ως ηλεκτρονιοβόλτ (eV) ορίζεται η μονάδα ενέργειας που αντιστοιχεί στην κινητική ενέργεια που αποκτά ένα ηλεκτρόνιο όταν επιταχύνεται από διαφορά δυναμικού ενός Volt και είναι η μονάδα που κατεχοχόν χρησιμοποιείται στην σωματιδιακή φυσική.

Σωματίδια της ομάδας των WIMP θα ήταν αναμενόμενο να εντοπιστούν μέσω γεγονότων ενέργειας μερικών δισεκατομμυρίων eV. Αυτό που εντόπισε ωστόσο η ομάδα ήταν ένα πλεόνασμα 53 γεγονότων στην μπάντα των χιλιάδων eV, δηλαδή 287 αντί για 232 που ήταν αναμενόμενα μετά τη βαθμονόμηση του ανιχνευτή. Η διαφορά αυτή, αν και φαινομενικά μικρή, είναι πολύ πιθανό να αντιστοιχεί σε πραγματικό σήμα και το μόνο που απομένει είναι να βρεθεί η αιτία του.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι το πιθανότατα πραγματικό αυτό σήμα δεν αποτελεί ακλόνητη ένδειξη σκοτεινής ύλης. Οι ερευνητές της ομάδας έχουν προτείνει τρία πιθανά σενάρια, που μπορεί να έχουν προκαλέσει αυτά τα γεγονότα.

Ο πρώτος έλεγχος που γίνεται πάντοτε σε αυτές τις περιπτώσεις είναι να εξακριβωθεί κατά πόσον το σήμα μπορεί να οφείλεται σε κάποια πηγή θορύβου η οποία να μην έχει ληφθεί υπόψη κατά τη βαθμονόμηση του οργάνου. Μια από αυτές μπορεί να είναι η ύπαρξη τριτίου στο νερό που περιστοιχίζει τη συσκευή. Το τρίτιο είναι ένα ισότοπο του υδρογόνου,

το οποίο περιέχει στον πυρήνα του δυο επιπλέον νετρίνια (ο πυρήνας του υδρογόνου αποτελείται από ένα μόνο πρωτόνιο).

Τα μόνια των κοσμικών ακτίνων, αν και η επίδρασή τους έχει ληφθεί υπόψη στις μετρήσεις του XENON, μπορεί να έχουν δημιουργήσει τρίτιο αλληλεπιδρώντας με το υδρογόνο του νερού. Η εξήγηση αυτή θα είναι η λιγότερο ενδιαφέρουσα, αλλά δεν μπορεί να αποκλειστεί, παρότι είναι πολύ δύσκολο να εξακριβωθεί χρησιμοποιώντας ανεξάρτητες μετρήσεις.

Μια άλλη πιθανή εξήγηση του σήματος μπορεί να οφείλεται στα νετρίνα. Τα νετρίνα είναι σωματίδια που διαπερνούν τον πλανήτη μας σε τεράστιες ποσότητες, αλλά αλληλεπιδρούν πολύ ασθενώς με την ύλη. Η συνεισφορά των νετρίνων έχει ληφθεί υπόψη, ωστόσο, αν κάποια από αυτά παρουσιάζουν μαγνητικές ιδιότητες πέραν του αναμενόμενου (δηλαδή μαγνητική διπολική ροπή περίπου ένα δισεκατομμύριο μεγαλύτερη από ό,τι προβλέπει το Καθιερωμένο Πρότυπο), μπορεί να έχουν προκαλέσει το σήμα που κατεγράφη.

Πάντως, μετρήσεις από ανεξάρτητα πειράματα και προηγούμενες μελέτες δείχνουν ότι η πιθανότητα τα νετρίνα να έχουν κάποια μέχρι στιγμής άγνωστη ιδιότητα δεν είναι μεγάλη.

Τέλος, ένα πιθανό και συναρπαστικό σενάριο είναι το σήμα που ανιχνεύθηκε στο XENON να οφείλεται στα αξίνια. Αυτά θα μπορούσαν να παράγονται σε μεγάλες ποσότητες στο εσωτερικό του Ήλιου και κάποια από αυτά να ανιχνεύονται από το XENON.

Επιπλέον η ανίχνευση των γεγονότων σε τόσο συγκεκριμένες ενέργειες δείχνει ότι αυτά δεν οφείλονται γενικώς σε σωματίδια σκοτεινής ύλης, αλλά θα μπορούσαν να οφείλονται μόνο σε αξίνια, αν αποκλειστούν, φυσικά, τα άλλα δυο ενδεχόμενα.

Όποιο και αν είναι το αποτέλεσμα, πάντως, οι μετρήσεις του XENON αποτελούν μια από τις σημαντικότερες πρόσφατες εξελίξεις, αφού είναι πολύ πιθανό είτε να δώσουν μια πρώτη απάντηση σε ένα θεμελιώδες ερώτημα είτε να μας αναγκάσουν να αναθεωρήσουμε πολλά από αυτά που πιστεύαμε ότι γνωρίζουμε για τα στοιχειώδη σωματίδια.

Γ.Κ.

https://www.forbes.com/sites/s-tartswithabang/2020/06/17/is-it-dark-matter-mystery-signal-goes-bump-in-worlds-most-sensitive-detector/?fbclid=IwAR2mWNsFDtM4_2CkB-me4jEoYiy-oHID5M4nPCs-Guenl0BGp4SFVmfafxqQ#2ab95b367179

<http://www.xenon1t.org/>

<https://www.discovermagazine.com/the-sciences/what-is-dark-matter-made-of-these-are-the-top-candidates>

Επιστημονικά μοντέλα, αλήθεια

Τα εργαλεία της επιστημονικής μεθόδου

Όσοι παρακολουθούν τις εξελίξεις στις επιστήμες θα έχουν παρατηρήσει τους ποικίλους τρόπους που βελτιώνουμε τη γνώση μας για τα φυσικά συστήματα.

* Σχεδιάζουμε πειράματα, λιγότερο ή περισσότερο πολύπλοκα, για να αναπαράγουμε «ζωντανά» και σε ελεγχόμενες συνθήκες φυσικές, χημικές, βιολογικές κ.ά. διαδικασίες, με σκοπό να τις μελετήσουμε και να κατανοήσουμε τον τρόπο που αυτές εξελίσσονται στη φύση.

* Κατασκευάζουμε τεράστια τηλεσκόπια και ανιχνευτές στη Γη και στο Διάστημα για να παρατηρήσουμε τα φαινόμενα που συμβαίνουν μακριά από το οικείο περιβάλλον της Γης.

* Διατυπώνουμε θεωρίες που εξηγούν τις παρατηρούμενες μεταβολές και διερευνούμε τις μαθηματικές σχέσεις ανάμεσα στις κρίσιμες παραμέτρους των διαφόρων συστημάτων. Από πολλές τέτοιες μαθηματικές διερευνήσεις, υποθέσεις και λογικές συνεπαγωγές έχουν προκύψει νέες θεωρίες, οι οποίες στη συνέχεια φάνηκαν να υποστηρίζονται από νέα πειράματα και παρατηρήσεις.

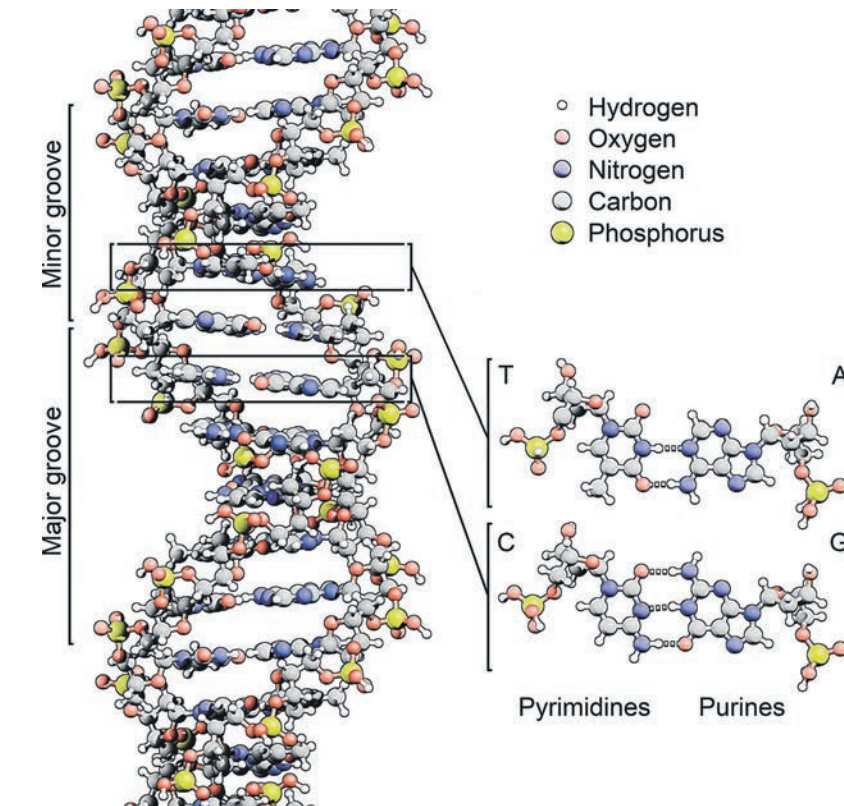
Μπροστά σε πιο πολύπλοκα συστήματα, συχνά χρησιμοποιούμε αναγωγές σε απλούστερες κατασκευές και σχήματα, ώστε να αποκτήσουμε μια πρώτη εικόνα γι' αυτά προτού εμβαθύνουμε σε περισσότερες λεπτομέρειες. Οι αναγωγές αυτές μας βοηθούν να προβλέψουμε την εξέλιξη φαινομένων με τα οποία δεν είμαστε πλήρως εξοικειωμένοι ή δεν έχουμε ακόμα αρκετά δεδομένα και να εφαρμόσουμε / δοκιμάσουμε την προϋπάρχουσα γνώση προτού την βελτιώσουμε ή αναθεωρήσουμε. Αυτές οι απλούστερες κατασκευές είναι τα μοντέλα.

Πριν εστιάσουμε στα επιστημονικά μοντέλα αξίζει να σημειωθεί ότι όλες αυτές οι πρακτικές που συνθέτουν την επιστημονική μέθοδο βρίσκονται σε μια συνεχή αλληλεπίδραση και οι ερευνητές τις συνδυάζουν στην πράξη, όχι απαραίτητα γραμμικά (π.χ. υπόθεση, παρατήρηση, πείραμα, συμπεράσμα), αλλά με τρόπους που καταδεικνύονται από τα φαινόμενα και τους πόρους που έχουν στη διάθεσή τους, ώστε να κατανοήσουν όσο γίνεται καλύτερα τα φαινόμενα.

Επιστημονικά μοντέλα

Τα μοντέλα μπορεί να είναι απτά ή νοητά ανάλογα ιδεών, θεωριών και φαινομένων, όπως για παράδειγμα μια πραγματική τρισδιάστατη έλικα DNA φτιαγμένη από μπίλιες και βραχίονες ή το να φαντάζεται κάποιος το ηλεκτρικό ρεύμα σε ένα κύκλωμα ως ένα ρευστό σε σωλήνες. Από αυτά τα σχεδόν καθημερινά και προσιτά παραδείγματα αναδεικνύεται ο ρόλος των μοντέλων ως κατασκευών που διευκολύνουν τη σκέψη και την περαιτέρω επεξεργασία ενός πιο αφηρημένου ή μη προσιτού συστήματος.

Στη σημερινή εποχή της σχεδόν πλήρους μαθηματικοποιημένης και ποσοτικοποιημένης επιστήμης τα μοντέλα βασίζονται σε μεγάλο βαθμό σε μαθηματικές εκφράσεις, οι οποίες με τη σειρά τους εκφράζουν (και «περιορίζονται» από) τις βα-



σικές αρχές κάθε επιστήμης.

Τέτοια μοντέλα ποικίλουν σε πολυπλοκότητα. Μπορεί να είναι απλώς μια εξίσωση, ένα σύστημα από εξισώσεις ή ένα σύνολο από πολύπλοκες μαθηματικές εκφράσεις των οποίων την αναλυτική επίλυση δεν γνωρίζουμε, οι οποίες όμως διέπουν την εξέλιξη κάποιων σημαντικών μεγεθών. Τα μεγέθη αυτά χαρακτηρίζουν ένα σύστημα ή, συνηθέστερα, μια απλοποιημένη εκδοχή του και εμείς δίνουμε κάποιες αρχικές τιμές και συνθήκες ώστε να παρατηρήσουμε την μεταβολή αυτών των μεγεθών στον χώρο ή/και τον χρόνο.

Για τη δημιουργία τέτοιων μοντέλων χρησιμοποιούμε τις τεράστιες υπολογιστικές δυνατότητες των ηλεκτρονικών υπολογιστών καταστρώνοντας αριθμητικές προσομοιώσεις (simulations), οι οποίες αποτελούν, στην ουσία, πειράματα στο «in silico» περιβάλλον ενός υπολογιστή. Συχνά, μάλιστα, χρησιμοποιούμε τον όρο «πείραμα προσομοίωσης», ο οποίος αναδεικνύει και τις ομοιότητες μεταξύ ενός πειράματος και ενός μοντέλου. Και τα δυο αποτελούν μια απλουστευμένη εκδοχή της πραγματικότητας και μας επιτρέπουν (λιγότερο ή περισσότερο) την επανάληψη με ελεγχόμενο τρόπο.

Ενώ το απτό μοντέλο μιας έλικας DNA επιτρέπει την κατανόηση μιας πιο αφηρημένης έννοιας ή αντικειμένου (π.χ. της χωρικής δομής ενός μορίου DNA) από κάποιον που δεν είναι μυημένος στην επιστημονική ορολογία και μέθοδο, δεν ισχύει το ίδιο για τις προσομοιώσεις. Αυτές παραμένουν εξαιρετικά πολύπλοκες και έως έναν βαθμό αφηρημένες, ενώ απαιτείται η περαιτέρω επεξεργασία τους ώστε να μπορεί η πληροφορία τους να κωδικοποιηθεί με τρόπο κατανοητό από το ευρύτερο κοινό.

Το τελευταίο στάδιο είναι απαραίτητο σε περίπτωση που τα αποτελέσματα μιας μελέτης που

Η διπλή έλικα του μορίου του DNA είναι ένα μοντέλο που εξηγεί τις παρατηρήσεις περίθλασης ακτίνων X σε κρυστάλλους DNA. Γνωρίζουμε ότι τα άτομα δεν είναι μπάλες που συνδέονται με ακλόνητους βραχίονες, αλλά το μοντέλο αυτό μας δίνει συνοπτικά μια εικόνα του μορίου.

βασίζεται σε μοντέλα πρόκειται να χρησιμοποιηθούν για τη λήψη αποφάσεων και την χάραξη πολιτικών. Ας δούμε όμως μερικά παραδείγματα.

Οι Michael Levitt, Martin Karplus και Arieh Warshel, καθηγητές στο Stanford, στο Harvard και στο Πανεπιστήμιο της Νότιας Καλιφόρνιας αντιστοίχως, βραβεύτηκαν με το Νόμπελ Χημείας του 2013 για τα μοντέλα τους, που περιέγραφαν τις χημικές αντιδράσεις ανάμεσα σε πολύ μεγάλα μόρια. Παρότι γνωρίζουμε ότι η κβαντομηχανική μπορεί να περιγράψει τη συμπεριφορά των μορίων και των δομικών τους στοιχείων όταν αυτά συμμετέχουν σε αυτές είναι πρακτικά αδύνατη. Προκειμένου να απλουστεύσουν το πρόβλημα, οι τρεις καθηγητές κατασκεύασαν μοντέλα τα οποία εστίαζαν στη λεπτομερή περιγραφή της συμπεριφοράς μόνο των σημαντικών τμημάτων των μεγάλων μορίων. Αντιθέτως τα υπόλοιπα τμήματα αντιμετωπίστηκαν σαν απλές μπάλες συνδεδεμένες με ελατήρια, με απλή μηχανική συμπεριφορά. Γνωρίζουμε ότι αυτά τα άτομα των μορίων δεν είναι «μπάλες», αλλά ο σκοπός αυτής της προσέγγισης ήταν να απλοποιηθεί το πρόβλημα, όχι όμως στον βαθμό που θα παρέλειπε τις σημαντικές λεπτομέρειες. Αυτή η ισορροπία είναι μια από τις προκλήσεις της κατάστρωσης μοντέλων.

Άλλη μια διάσημη προσπάθεια που στηρίχτηκε σε μαθηματικά μοντέλα είναι η απεικόνιση του περιβάλλοντος μιας μελανής οπής. Το 1979 ο Γάλλος αστροφυσικός Jean - Pierre Luminet δημοσίευσε την πρώτη εικόνα του περιβάλλοντος μιας μελανής οπής, όπως υπολογίστηκε από μαθηματικές εξισώσεις. Οι πρώτες πραγματικές εικόνες που συντέθηκαν από τις παρατηρήσεις του Τηλεσκοπίου Ορίζοντα Γεγονότων (Event Horizon Telescope, EHT) επιβεβαίωσαν την προσπάθεια του Luminet. Ακόμα όμως και η φωτογραφία αυτή βασίστηκε σε μοντέλα τα οποία χρησιμοποιήθηκαν σαν πρότυπα, ώστε να καθαριστούν και να συνδυαστούν με αποτελεσματικό τρόπο οι παρατηρήσεις της συστοιχίας των ραδιοτηλεσκοπίων του EHT.

Η χρήση προσομοιώσεων στην αστροφυσική είναι σχεδόν εξίσου εκτεταμένη όσο και οι παρατηρήσεις. Τα φυσικά φαινόμενα που εκτυλίσσονται σε όλα σχεδόν τα αστροφυσικά περιβάλλοντα είναι εξαιρετικά πολύπλοκα και μέσω των παρατηρήσεων μπορούμε να δούμε περιορισμένες πτυχές τους.

Γνωρίζοντας τις βασικές αρχές που διέπουν τις αλληλεπιδράσεις του πλάσματος που αποτελεί όλα τα αστροφυσικά αντικείμενα μπορούμε να αναπαράγουμε τα φαινόμενα που εμφανίζονται στο εσωτερικό και τις ατμόσφαιρες των αστεριών, τους γαλαξίες κ.λπ. Η ανάπτυξη των υπολογιστών μας έχει δώσει τη δυνατότητα να αυξάνουμε συνεχώς τη λεπτομέρεια και την πολυπλοκότητα αυτών των μοντέλων ενσωματώνοντας συνεχώς περισσότερες και πιο ρεαλιστικές υποθέσεις στους υπολογισμούς.

Τα μοντέλα μπορεί να αποτελούν απλουστευμένες εκδοχές των πραγματικών φαινομένων, ωστόσο η αντιπαραβολή των προσομοιώσεων αυτών με τις πραγματικές παρατηρήσεις μας δίνουν τη

και χρησιμότητα

δυνατότητα να κατανοήσουμε ακόμη περισσότερο το Σύμπαν, ακόμη και αν δεν γνωρίζουμε όλες τις λεπτομέρειες που διέπουν τους φυσικούς μηχανισμούς.

Παρομοίως η κλιματολογία και η μετεωρολογία βασίζονται σε μεγάλο βαθμό σε μοντέλα, ώστε να παρέχουν ακριβείς προγνώσεις για το εξαιρετικά πολύπλοκο φυσικό σύστημα της γήινης ατμόσφαιρας. Το πλεονέκτημα στη μελέτη της ατμόσφαιρας είναι ότι συγκεντρώνουμε συνεχώς μετρήσεις των σημαντικών παραμέτρων σε πραγματικό χρόνο για περίπου έναν αιώνα. Με αυτές και με τη βοήθεια βασικών φυσικών αρχών κατασκευάζουμε μοντέλα προσπαθώντας να προβλέψουμε τις μελλοντικές τιμές των παραμέτρων όπως η θερμοκρασία, η πίεση, η υγρασία κ.λπ., ενώ κάθε νέα μέτρηση έρχεται να βελτιώσει τα μοντέλα αυτά.

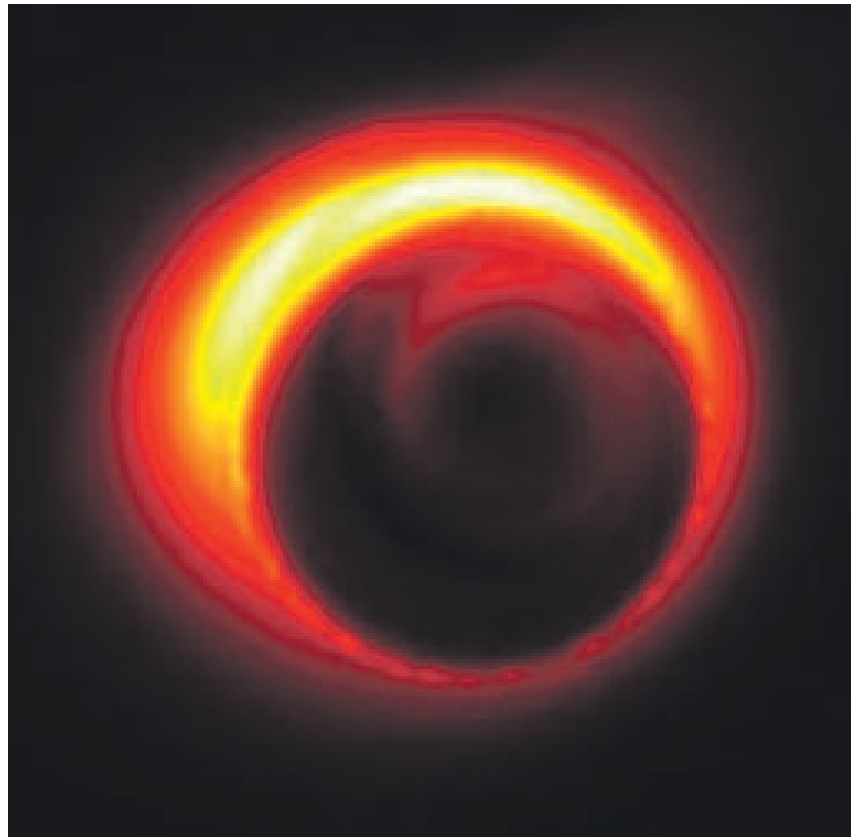
Η περίπτωση της επιστήμης του κλίματος είναι χαρακτηριστικό παράδειγμα πεδίου έρευνας με άμεσο αντίκτυπο στην καθημερινότητα όλων, αλλά και στη χάραξη πολιτικών και στη λήψη αποφάσεων. Άλλοι τέτοιοι τομείς είναι η οικονομία και η επιδημιολογία, η οποία βρίσκεται στο προσκήνιο λόγω της πανδημίας της Covid-19, που οφείλεται στον νέο κορωνοϊό SARS - Cov-2. Σε αυτές τις περιπτώσεις, η ερμηνεία των μοντέλων και η επήνωση των δυνατοτήτων και περιορισμών τους αφορούν όχι μόνο τους επιστήμονες αλλά και τους πολίτες.

Δυνατότητες και περιορισμοί των μοντέλων

Μέσα από τα παραδείγματα που παρουσιάστηκαν μπορεί κάποιος να εντοπίσει τόσο τις δυνατότητες που προσφέρει η χρήση επιστημονικών μοντέλων όσο και τους περιορισμούς τους. Η χρήση μοντέλων ενισχύει την αναλυτική ικανότητα των επιστημόνων, καθώς αναπαράγουν απλοποιημένες εκδοχές των υπό μελέτη φαινομένων και «ρίχνουν φως» στις πτυχές που πιστεύουν ότι μπορούν να βοηθήσουν στην καλύτερη κατανόησή τους.

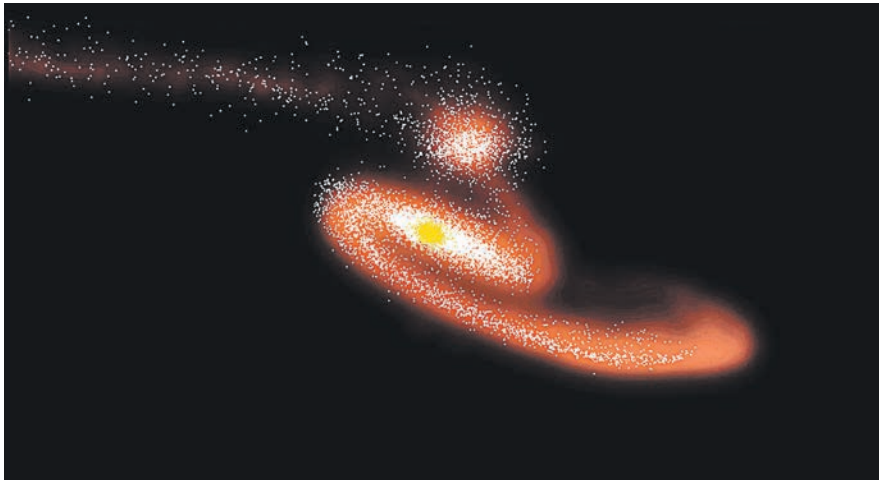
Έχουμε, μάλιστα, πολλές φορές τη δυνατότητα να το κάνουμε αυτό όσο συχνά θέλουμε, χωρίς να χρειάζεται να επαναλάβουμε κάποιο πείραμα ή παρατήρηση.

Ακόμη σημαντικότερο, με τη βοήθεια μοντέλων μπορούμε να μελετήσουμε φαινόμενα που δεν εμφανίζονται αρκετά συχνά, όπως μεγάλες καταστροφές και επιδημίες, ενώ η γνώση που αποκτούμε μας βοηθά να αντιμετωπίσουμε τέτοια γεγονό-



Προσομοίωση του περιβάλλοντος της μελανής οπής που βρίσκεται στο κέντρο του γαλαξία μας. Δεν γνωρίζουμε πολλές από τις λεπτομέρειες των φαινομένων που λαμβάνουν χώρα σε ένα τέτοιο περιβάλλον και έχουμε πολλά αναπάντητα ερωτήματα σχετικά με τις ίδιες τις μελανές οπές. Ωστόσο μπορούμε να κατασκευάσουμε μοντέλα με βάση τα όσα γνωρίζουμε και να κατανοήσουμε σε μεγαλύτερο βάθος τις παρατηρήσεις μας.

Προσομοίωση σύγκρουσης δυο γαλαξιών. Δεν έχουμε παρατηρήσει ποτέ την εξέλιξη ενός τέτοιου φαινομένου, διότι διαρκεί εκατοντάδες εκατομμύρια χρόνια. Ωστόσο μπορούμε να το αναπαραστήσουμε χρησιμοποιώντας βασικές φυσικές αρχές και να κατευθύνουμε τις παρατηρήσεις μας.



τα στο μέλλον.

Μπροστά σε άγνωστα φαινόμενα ή καταστάσεις χρησιμοποιούμε την ήδη υπάρχουσα γνώση δανειζόμενοι την εμπειρία από άλλες περιπτώσεις και (μαθηματικές) αναλογίες με άλλα φαινόμενα, ώστε να καταστρώσουμε τα μοντέλα που θα μας επιτρέψουν να προβλέψουμε την πιθανή έκβαση ενός φαινομένου και να επιλέξουμε την πιο αποτελεσματική τακτική. Είναι προφανές ότι σε αυτές τις περιπτώσεις τα δεδομένα αναθεωρούνται συνεχώς, ενώ το ίδιο συμβαίνει και με τα μοντέλα.

Ωστόσο θα πρέπει να τονιστεί ότι ένα μοντέλο δεν αποτελεί πρόβλεψη της έκβασης ενός φαινομένου, αλλά προβολή πιθανών μελλοντικών σεναρίων. Το πόσο ρεαλιστικά θα είναι αυτά τα σενάρια εξαρτάται από τη δυνατότητά μας να εντοπίσουμε εκείνες τις «σημαντικές» αρχικές υποθέσεις και παραμέτρους στις οποίες θα βασιστεί το μοντέλο μας. Με αυτόν τον τρόπο θα μπορούσαμε να εντοπίσουμε ποιοι είναι οι σημαντικοί παράγοντες που μπορούν να ερμηνεύσουν τα πραγματικά δεδομένα.

Εάν είχαμε τη δυνατότητα, νοητική και υπολογιστική, να συμπεριλάβουμε όλες τις λεπτομέρειες, έως τη μικρότερη δυνατή, φτιάχνοντας ένα εξαιρετικά πολύπλοκο μοντέλο το οποίο να εξηγεί όλα τα δεδομένα, τότε η πληροφορία που θα μας έδινε αυτό το μοντέλο ως προς τους σημαντικούς παράγοντες ενός φαινομένου θα ήταν μηδαμινή.

Για παράδειγμα, στην περίπτωση της εξέλιξης μιας πανδημίας, ακούμε στην επικαιρότητα ότι ο παράγοντας που παίζει μεγαλύτερο ρόλο είναι ο ρυθμός μετάδοσης του ιού, ο R_0 . Ένας μεγάλος ρυθμός αναπαραγωγής σημαίνει ότι η επιδημία είναι δυσκολότερο να περιοριστεί, επομένως χρειάζονται μέτρα για να μειωθεί.

Για να προβλεφθεί η έκβαση μιας επιδημίας σε έναν πληθυσμό θα πρέπει να ληφθούν υπόψη και άλλοι παράγοντες, όπως η πιθανή ύπαρξη εμβολίου ή φαρμάκου, η πρόσβαση σε δομές παροχής υπηρεσιών υγείας, το ανοσοποιητικό σύστημα των ατόμων, οι ηλικίες, η κινητικότητα του πληθυσμού, το πόσο εύκολο είναι να μείνει κάποιος στο σπίτι ενώ έχει εκδηλώσει συμπτώματα κ.λπ.

Τα αντίστοιχα μοντέλα θα παραγάγουν πιθανές εκβάσεις και ενδεχομένως θα αναδείξουν τους καθοριστικούς παράγοντες. Στη συνέχεια επιλέγουμε τον τρόπο αντιμετώπισης βασισμένοι στα δεδομένα των μοντέλων, αλλά και των αναθεωρημένων πραγματικών δεδομένων.

Πόσο χρήσιμο θα ήταν άραγε ένα μοντέλο που απλώς θα προέβλεπε με απόλυτη επιτυχία την έκβαση του φαινομένου χωρίς να μας έχει βοηθήσει να εντοπίσουμε ποιοι είναι οι καθοριστικοί παράγοντες και επομένως χωρίς να μας έχει επιτρέψει να αποτρέψουμε μια πιθανή καταστροφή;

Σύμφωνα με τον μεγάλο Βρετανό επιστήμονα της στατιστικής George Box, «όλα τα μοντέλα είναι λάθος, απλώς κάποια από αυτά είναι χρήσιμα». Η προκλητική αυτή φράση χαρακτηρίζει πλήρως τα μοντέλα και τη χρησιμότητά τους. Ως απλουστευμένες ανακατασκευές της πραγματικότητας, τα μοντέλα δεν μπορεί να είναι σωστά.

Ωστόσο δεν είναι αυτός ο σκοπός τους. Στο πλαίσιο της επιστημονικής διερεύνησης προσπαθούμε να κατανοήσουμε καλύτερα τον κόσμο. Υπ' αυτό το πρίσμα κατανόηση σημαίνει διάκριση των σημαντικών σχέσεων ανάμεσα σε παράγοντες και αποτελέσματα. Σε αυτό μπορούν να μας βοηθήσουν τα μοντέλα και όχι στην πρόβλεψη του μέλλοντος.

Η αδυναμία των μοντέλων να προβλέψουν με ακρίβεια το μέλλον βρίσκεται συχνά στο στόχαστρο σκεπτικιστών, συνωμοσιολόγων, αρνητών της κλιματικής αλλαγής, αντιεμβολιαστών κ.λπ., συχνά με σκοπό να βάλουν κατά της εγκυρότητας των επιστημών γενικότερα. Αυτή η στάση τροφοδοτείται σε μεγάλο βαθμό από την άγνοια (εκούσια ή μη) των δυνατοτήτων και των περιορισμών που έχουν τα μοντέλα.

Στο άλλο άκρο του φάσματος (αν υπάρχει τέτοιο) βρίσκεται η άνευ όρων αναγνώρισή τους ως δρόμου προς την αλήθεια. Ωστόσο η συλλήβδην απόρριψη τους ως ατελών είναι εξίσου παράλογη με την τυφλή αποδοχή τους.

Γ.Κ.

Πηγές και περαιτέρω μελέτη:

<https://www.scientificamerican.com/article/the-truth-about-scientific-models/>

<https://aeon.co/essays/all-scientific-models-are-wrong-but-some-at-least-are-useful>

ΑΝΘΡΩΠΙΝΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ ΚΑΙ ΒΙΟΠΟΙΚΙΛΟΤΗΤΑ

Ποσοτικοποίηση της καταστροφής

Η ανθρώπινη παρουσία είναι πλέον αδιαμφισβήτητη ο πιο σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει όλες τις μορφές ζωής. Βρισκόμαστε στην εποχή μιας πρωτόγνωρης παγκόσμιας κρίσης βιοποικιλότητας: ο ρυθμός των ειδών μειώνεται με ταχύτατους ρυθμούς, γεγονός που αναδεικνύει την ανεπάρκεια και αναποτελεσματικότητα των μέτρων προστασίας τους. Πρόσφατα συσχετίστηκε η εξελικτική ιστορία των χερσαίων χορδωτών (θηλαστικών, αμφιβίων, ερπετών και πτηνών) με την ανθρώπινη επίδραση στο περιβάλλον και αναδείχθηκε ακόμη μια φορά η πίεση που υφίστανται τα ζώα από την παρουσία του ανθρώπου.

Μεγαδιαπλάσεις και ανθρώπινο αποτύπωμα

Τα είδη υπό εξαφάνιση έχουν μία κοινή απειλή: τον άνθρωπο. Η ανθρώπινη δραστηριότητα συντελεί στην καταστροφή ή υποβάθμιση των βιοτόπων τους, στην υπερκατανάλωσή τους ή στην εισαγωγή ξένων ειδών. Η επιστημονική κοινότητα ανησυχούσε επί σειρά ετών, αλλά δεν υπήρχαν ποσοτικές μετρήσεις που θα επέτρεπαν την δημιουργία συγκεκριμένων στρατηγικών διαχείρισης. Πλέον έχουν αναπτυχθεί εργαλεία που μπορούν να προσδιορίσουν ποσοτικά την ανθρώπινη επίδραση στα οικοσυστήματα σε παγκόσμιο επίπεδο.

Οι βιολόγοι έχουν χωρίσει τις χερσαίες περιοχές της Γης με γνώμονα κυρίως τη βλάστησή τους σε μεγάδιαπλάσεις (biomes). Οι μεγάδιαπλάσεις χαρακτηρίζονται από συγκεκριμένες κλιματολογικές συνθήκες και μορφές ζωής. Παραδείγματα μεγάδιαπλάσεων είναι τα τροπικά δάση βροχής, τα εύκρατα δάση φυλλοβόλων, τα μεσογειακά οικοσυστήματα, η σαβάννα, η έρημος, η στέπα, η τούνδρα κ.ά.

Η ανθρώπινη επίδραση, ή αλλιώς «αποτύπωμα», σε κάθε μεγάδιαπλάση έχει προσδιοριστεί και έχουν προκύψει χάρτες που απεικονίζουν την επιβάρυνση των μεγάδιαπλάσεων από τις ανθρώπινες δραστηριότητες. Σε αυτούς τους χάρτες η ανθρώπινη επίδραση βαθμολογείται σε μια κλίμακα από το 0 έως το 100 για κάθε μεγάδιαπλάση.

Πρόσφατα ερευνητική ομάδα ανέπτυξε μια μεθοδολογία που συνδυάζει τη φυλογενετική ανάλυση των υπό μελέτη ειδών ως μέτρο ποσοτικής εκτίμησης της βιοποικιλότητας με την καταγραφή της ανθρώπινης παρέμβασης στα οικοσυστήματα όπου εντοπίζονται αυτά, μέσω του προσδιορισμού του ανθρώπινου αποτυπώματος. Η μελέτη με επικεφαλής τον Rikki Gumbs, μεταδιδακτορικό ερευνητή στο Imperial College του Λονδίνου, δημοσιεύτηκε στο περιοδικό *Nature Communications* τον Μάιο.

Η έρευνα επικεντρώθηκε στα ερπετά που υποεκπροσωπούνται στις υπάρχουσες μελέτες και επεκτάθηκε και σε άλλα ζώα. Τα ερπετά παραμένουν τα λιγότερο μελετημένα είδη όσον αφορά τις μελέτες καταγραφής και διαχείρισης των απειλούμενων ειδών, παρότι αντιπροσωπεύουν περίπου το 30% των ειδών που ταξινομούνται στα χερσαία χορδωτά.

Πρωτοφανής απώλεια βιοποικιλότητας

Η επιστημονική ομάδα συγκέντρωσε στοιχεία από τον «Δείκτη Ανθρώπινου Αποτυπώματος» (Human Footprint Index). Ο συγκεκριμένος δείκτης απο-



© Chris Van Wyk

Η χελώνα του ποταμού Mary της Αυστραλίας *Elusor macrurus* είναι ένα από τα σπάνια ερπετά που απειλούνται με εξαφάνιση. Πηγή: The EDGE of Existence programme (<http://www.edgeofexistence.org/>).

τελεί ένα επιστημονικό εγχείρημα από το Πανεπιστήμιο Columbia σε συνεργασία με την μη κυβερνητική οργάνωση για την διατήρηση της άγριας ζωής «Wildlife Conservation Society», που στοχεύει στη δημιουργία ενός συνόλου δεδομένων με στόχο την ποσοτικοποίηση της ανθρώπινης επίδρασης στο περιβάλλον. Συνδυάζει 8 μεταβλητές που μετρούν την επιβάρυνση των οικοσυστημάτων από τις ανθρώπινες δραστηριότητες, όπως οι γεωργικές εκτάσεις, τα αστικά περιβάλλοντα και η πυκνότητα των ανθρώπινων πληθυσμών.

Επιπρόσθετα αξιολογήθηκε η φυλογενετική ποικιλότητα των ειδών, που αποτελεί μέτρηση του μήκους των κλάδων σε ένα φυλογενετικό δέντρο και που αποτυπώνει τη βιοποικιλότητα, δηλαδή την ποικιλία των διαφορετικών μορφών ζωής σε μια περιοχή.

Από την επεξεργασία δεδομένων από 25.000 είδη, η επιστημονική ομάδα κατέληξε στο συμπέρασμα ότι τουλάχιστον 50 δισεκατομμύρια χρόνια εξελικτικής κληρονομιάς απειλούνται με εξαφάνιση. Ο κίνδυνος είναι ακόμα μεγαλύτερος διότι για πολλά είδη υπάρχουν ελλιπή στοιχεία. Τα νησιά της Καραϊβικής, τα Δυτικά Γκατ της Ινδίας, οι Φιλιππίνες και η Ιαπωνία είναι πλέον αντιμέτωπες με πρωτόγνωρη απώλεια βιοποικιλότητας η οποία σχετίζεται με τον άνθρωπο. Πρόκειται για περιοχές όπου ζουν είδη με μοναδική εξελικτική ιστορία πολλών ετών.

Μέσα από τη συγκεκριμένη ερευνητική προσπάθεια αναδείχθηκαν οι περιοχές που χρήζουν άμεσης παρέμβασης προκειμένου να αντιμετωπιστεί η ραγδαία μείωση των ειδών και άλλες λιγότερο επιβαρυνμένες περιοχές που θα μπορούσαν να επωφεληθούν από μέτρα προστασίας και διατήρησης της βιοποικιλότητας.

Η σημαντική συμβολή της συγκεκριμένης έρευνας είναι η ανάδειξη και κατηγοριοποίηση των ειδών που απειλούνται με εξαφάνιση, ώστε να δοθεί προτεραιότητα σε αυτά που χρειάζονται άμεση

προστασία. Σε αυτά περιλαμβάνεται και η χελώνα του ποταμού Mary της Αυστραλίας *Elusor macrurus*, ο μωβ βάτραχος *Nasikabatrachus sahyadrensis* και ο μυρμηγκοφάγος *Myrmecobius fasciatus*, αλλά και αρκετά είδη λιγότερο μελετημένα.

Τα ερπετά φαίνεται να διατρέχουν μεγάλο κίνδυνο. Σύμφωνα με άλλη έρευνα, που περιλάμβανε χιλιάδες είδη ερπετών, περίπου 60% των ειδών των χελωνών και 20% των ειδών των σαυρών και φιδιών απειλούνται με εξαφάνιση, ενώ υπολογίζεται ότι οι πληθυσμοί τους έχουν υποστεί μείωση κατά 55% από το 1970 μέχρι το 2012.

Ο σχεδιασμός των διαθέσιμων στρατηγικών για τη διατήρηση της βιοποικιλότητας, όπως η ύπαρξη προστατευόμενων περιοχών, χαρακτηρίζεται άλλωστε από την υποεκπροσώπηση των ερπετών σε σχέση με τα πτηνά ή τα θηλαστικά.

Περιοχές όπου αφθονούσαν πολλά εξελικτικά διακριτά είδη φαίνεται ότι έχουν επηρεαστεί σημαντικά από την καταστροφή των βιοτόπων τους. Πρόκειται για είδη που έχουν διαχωριστεί εδώ και πολλά χρόνια από τον κοινό πρόγονό τους και που έχουν πλέον μια διακριτή και μοναδική εξελικτική ιστορία. Η καταγραφή των ειδών που υφίστανται εξελικτική «πίεση» και η συσχέτιση αυτής με την ανθρώπινη παρουσία και δραστηριότητα αναδεικνύει τον ταχύτατο ρυθμό απώλειας της βιοποικιλότητας και την επιτακτική ανάγκη για δράση.

M.T.

Πηγές:

1. Gumbs, R., et al., *Global priorities for conservation of reptilian phylogenetic diversity in the face of human impacts*. Nat Commun, 2020. 11(1): p. 2616.
2. BöhmM. et al. *The conservation status of the world's reptiles*. Biological Conservation, 2013 (157): p.372-385.
3. <https://earthdata.nasa.gov/learn/sensing-our-planet/the-human-footprint>

Έρευνα, ακαδημία και συστημικός ρατσισμός

Στις 25 Μαΐου 2020 ο 46χρονος Αφροαμερικανός Τζορτζ Φλόιντ πέθανε από ασφυξία κάτω από το γόνατο ενός λευκού αστυνομικού στη Μινεάπολη των Ηνωμένων Πολιτειών.

Τα εννιά λεπτά ωμής βίας κατεγράφησαν σε βίντεο από περαστικούς και κάμερες ασφαλείας της περιοχής κλονίζοντας ανθρώπους σε όλο τον πλανήτη. Κι ενώ οι ψηφιακές τεχνολογίες βοηθούν στη μετάδοση του μηνύματος, αλλά συνήθως περιέχουν την απόσταση της διαμεσολάβησης, σε αυτή την περίπτωση η διαμεσολάβηση των ψηφιακών μέσων δεν στάθηκε αρκετή για να αναχαιτίσει τη φρίκη του μηνύματος. Το συναίσθημα αποδείχθηκε σαρωτικό ισοπεδώνοντας στο πέρασμά του ακόμα και τα μέτρα προφύλαξης για τον νέο κορωνοϊό SARS - Cov-2. Μαζικές κινητοποιήσεις, με τα συνθήματα “Οι ζωές των μαύρων μετρούν” και “Χωρίς δικαιοσύνη δεν υπάρχει ειρήνη”, έγιναν σε κάθε γωνιά του πλανήτη δίνοντας ένα κοινό σημείο εστίασης για τον κόσμο, για δεύτερη φορά μετά την πανδημία της νόσου Covid-19.

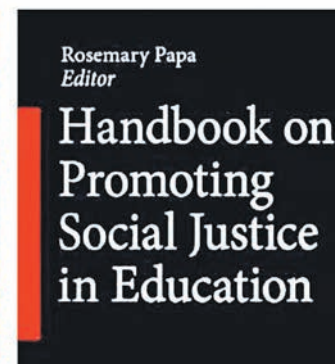
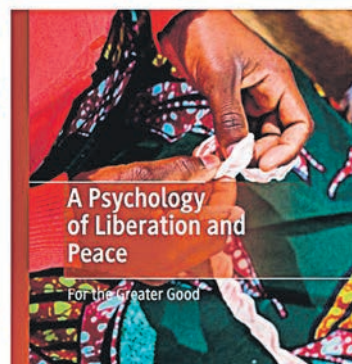
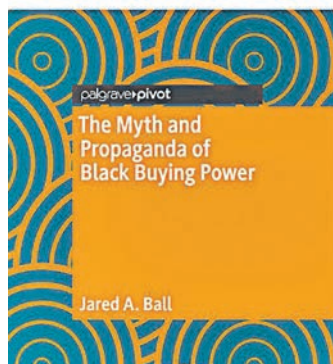
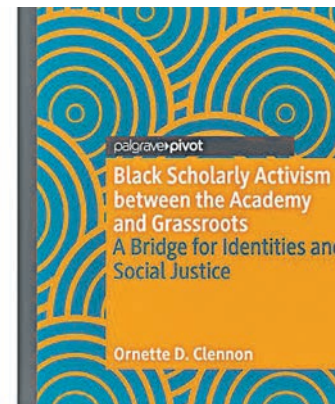
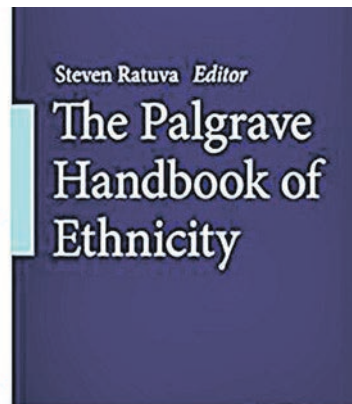
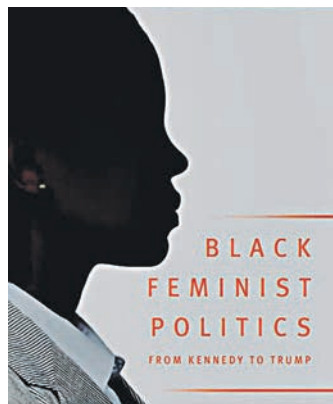
Στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής ο συστημικός ρατσισμός έχει βαθιές ρίζες και είναι απόλυτα ενσωματωμένος στην καθημερινή ζωή. Στο βιβλίο τους του 2018 “Συστημικός ρατσισμός στις Ηνωμένες Πολιτείες” οι Tourse, Hamilton - Mason και Wewiorski συζητούν σημαντικές έννοιες που βοηθούν στην εξήγηση του συστημικού χαρακτήρα του θεσμοθετημένου ρατσισμού στις ΗΠΑ -με έμφαση στις έννοιες της κοινωνικής κατασκευής, της καταπίεσης και του θεσμικού ιστού- παρέχοντας μια εικόνα για τη ρατσιστική σκέψη και συμπεριφορά που κατασκευάζουν και σηματοδοτούν ανθρώπους διαφορετικού χρώματος ως «ένα πρόβλημα». Το βιβλίο παρέχει μία επισκόπηση του ρατσισμού στις ΗΠΑ: τι είναι, πώς λειτουργεί και τις κοινωνικές, πολιτισμικές και θεσμικές δομές που εξελίχθηκαν ώστε να τον διατηρούν. Ο ρατσισμός αυτού του είδους συχνά περνά απαρατήρητος, παρότι μπορεί να έχει επιπτώσεις στην απονομή δικαιοσύνης, στην πρόσβαση στην υγεία, την εργασία, τη στέγαση, την πολιτική και την εκπαίδευση.

Το ακαδημαϊκό και ερευνητικό πλαίσιο φυσικά δεν αποτελεί εξαίρεση. Με το hashtag #BlackInTheIvory χιλιάδες ακαδημαϊκοί μοιράστηκαν στο Twitter ιστορίες για το πώς έχουν αντιμετωπίσει προκαταλήψεις στον χώρο της επιστήμης εξαιτίας της ταυτότητάς τους.

Στις 10 Ιουνίου ακαδημαϊκοί και επιστημονικοί φορείς σε όλο τον κόσμο κήρυξαν απεργία και σταμάτησαν κάθε ερευνητική δραστηριότητα για τη μέρα αυτή με στόχο την ευαισθητοποίηση και τη δράση κατά των ανισοτήτων στην επιστήμη. Το ακαδημαϊκό περιοδικό *Nature* σε σχετικό editorial αναφέρει ότι οι επαναλαμβανόμενες δολοφονίες Αφροαμερικανών αποτελούν υπενθύμιση της αδικίας, της βίας και των συστημικών ανισοτήτων που αντιμετωπίζουν οι άνθρωποι αυτοί σε κάθε πτυχή της καθημερινότητάς τους.

Οι Αφροαμερικανοί έχουν περισσότερες πιθανότητες να πεθάνουν υπό αστυνομική κράτηση, είναι πιθανότερο να μείνουν άνεργοι και, όπως έδειξε η πανδημία της Covid-19, έχουν περισσότερες πιθανότητες να αρρωστήσουν. Τέλος, περιθωριοποιούνται στις περισσότερες χώρες στις οποίες αποτελούν μειονότητα. Το περιοδικό καταδικάζει την αστυνομική προκατάληψη και βία, δηλώνει ξεκάθαρα ότι στέκεται απέναντι σε κάθε μορφή ρατσισμού και στηρίζει το κίνημα.

Στο ερευνητικό και ακαδημαϊκό γίγνεσθαι, σε πανεπιστήμια και εκδόσεις όπως το *Nature*, οι Αφροαμερικανοί αντιμετωπίζουν ανισότητες και προκαλεί



έκπληξη το ότι το ίδιο το περιοδικό αναγνωρίζει, στο εν λόγω editorial, την ευθύνη του στη δημιουργία και τη διαιώνιση των προκαταλήψεων. Η επιστημονική διαδικασία, τονίζει, συνεχίζει να συνεπικουρεί στον συστημικό ρατσισμό και οι επιστημονικοί φορείς χρειάζεται να προσπαθήσουν περισσότερο προκειμένου να διορθώσουν αυτές τις αδικίες και να ενισχύσουν τις περιθωριοποιημένες φωνές. Στο *Nature* δεσμεύονται να εντατικοποιήσουν τις προσπάθειες σε αυτή την κατεύθυνση εγκαθιδρύοντας διαδικασίες που θα αναδείξουν τις απαραίτητες αλλαγές αλλά και ένα σύστημα ελέγχου. Ο εκδοτικός οίκος δεσμεύεται, επίσης, να διευρύνει το περιεχόμενο των δημοσιεύσεών του σε ολόκληρο τον κόσμο σε ζητήματα σχετικά με τον συστημικό ρατσισμό, τον αυταρχισμό, τις διακρίσεις και τη βία κατά των Αφροαμερικανών, την αστυνόμευση, την ανισότητα, τις ανισότητες στην υγεία και την πρόσβαση στη Δικαιοσύνη. Η ρητή πρόθεση είναι να αναπτύξουν το περιεχόμενό τους με έναν τρόπο που αντικατοπτρίζει τις τρέχουσες κοινωνικές προκλήσεις, αλλά και να βελτιώσουν τη συμμετοχή Αφροαμερικανών στην

διαδικασία των εκδόσεων, ως εκδοτών ή μελών των συμβουλίων των εκδόσεων.

Στα άμεσα σχέδια είναι η δημιουργία ενός ειδικού τεύχους του περιοδικού που θα αφορά τον συστημικό ρατσισμό στην έρευνα, την ερευνητική πολιτική και τις δημοσιεύσεις και μεταξύ άλλων θα διερευνά και τον ρόλο του ίδιου του περιοδικού σε αυτόν. Όπως αναφέρεται: “Σε συνεργασία με την υπόλοιπη ερευνητική κοινότητα πρέπει να ακούσουμε, να αναλογιστούμε, να μάθουμε και να δράσουμε και δεν πρέπει ποτέ να αποφύγουμε την ευθύνη μας για τον τερματισμό του συστημικού ρατσισμού”.

Στα κολλέγια του Cambridge οι φοιτητές και οι φοιτήτριες δεν έχουν δικαίωμα να πατήσουν το γκαζόν, πράξη που αποτελεί λόγο αποβολής. Το δικαίωμα αυτό έχουν μόνο οι καθηγητές. Αν ωστόσο ένας καθηγητής σε προσκαλέσει να περπατήσετε μαζί του, η επιλογή του σου επιτρέπει την πρόσβαση και θεωρείσαι ευνοούμενος. Ο ακαδημαϊκός και ερευνητικός χώρος αποτελεί συχνά έναν γυάλινο πύργο, η ανάβαση προς τον οποίο είναι σπαρμένη με ελιτισμό, προκαταλήψεις και ανισότητα.

Τα στοιχεία αυτά είναι συνήθως τόσο αριστοτεχνικά υφασμένα στο σύστημα, τόσο βαθιά ριζωμένα σε παραδόσεις και διαδικασίες, ώστε ακόμα και όσοι τα βιώνουν δυσκολεύονται να τα αναγνωρίσουν. Πέρα από τα προφανή ηθικά ζητήματα θα πρέπει να αναρωτηθούμε: Αν συμφωνήσουμε να αποκλείσουμε κάποιους από την παραγωγή γνώσης, τότε τι χαρακτηριστικά θα έχει η γνώση αυτή;

Λ.Α.

Ελεύθερη πρόσβαση σε βιβλία και άρθρα

Ο ακαδημαϊκός εκδοτικός οίκος Springer Nature στήριξε το κίνημα #BlackLivesMatter με ένα ακόμα βήμα προσφέροντας πρόσβαση στη γνώση. Ο εκδοτικός οίκος επέλεξε μια ελεύθερα διαθέσιμη συλλογή περιεχομένου που σχετίζεται με θέματα ανισοτήτων και ρατσισμού. Η συλλογή, που περιέχει άρθρα, βιβλία και αναρτήσεις σε ιστολόγια, θα βοηθήσει τους αναγνώστες να αποκτήσουν καλύτερη εικόνα των θεμάτων μέσα από ευρήματα ερευνών για θέματα ρατσισμού και αστυνομικής βίας, από τα πεδία της Ιστορίας και των κοινωνικών επιστημών. Στη συλλογή επιδίωξαν ενεργά να ενισχύσουν τις φωνές των Αφροαμερικανών κοινοποιώντας την έρευνά τους, τις προσωπικές ιστορίες τους και την προσωπική τους διαδρομή.

Τη συλλογή θα βρείτε στον σύνδεσμο:

<https://www.springernature.com/gp/researchers/campaigns/black-lives-matter>

ΑΡΙΣΤΑΡΧΟΣ ΕΝΑΝΤΙΟΝ ΚΟΠΕΡΝΙΚΟΥ:

Ένας μύθος που αντέχει

Υπάρχει ένα βιβλίο που αφορά «άγνωστα» γεγονότα της ιστορίας ή της καθημερινότητάς μας, απευθύνεται στο ευρύ κοινό και ο τίτλος του είναι «Το βιβλίο της ολικής άγνοιας». Συγγραφείς του είναι οι Τζον Λόιντ και Τζον Μίταινσον. Στο βιβλίο υπάρχει το εξής απόσπασμα:

«Ο Κοπέρνικος γνώριζε τις θεωρίες του Αρίσταρχου όπως αποδεικνύεται από το χειρόγραφο του μνημειώδους βιβλίου του 'Σχετικά με τις περιστροφικές κινήσεις των ουράνιων σωμάτων', στο οποίο ο Κοπέρνικος μνημόνευε τον διορατικό Έλληνα επιστήμονα. Ωστόσο, όταν το βιβλίο εκδόθηκε, το 1514, δεν περιείχε καμία αναφορά στον Αρίσταρχο. Κατά πάσα πιθανότητα ο εκδότης φοβήθηκε ότι κάτι τέτοιο μπορεί να υπονόμει το κύρος του βιβλίου ως πρωτότυπου έργου».

Αυτό το απόσπασμα είναι απολύτως ανακριβές και στηρίζεται σε έναν μύθο και μια εσφαλμένη ερμηνεία. Ο μύθος είναι ότι ο Κοπέρνικος έκλεψε τον Αρίσταρχο και σκοπίμως δεν τον ανέφερε. Η εσφαλμένη ερμηνεία είναι ότι ο Αρίσταρχος υποστήριξε την κίνηση της Γης αιώνες πριν από τον Κοπέρνικο και πρέπει να αποκαταστήσουμε το όνομά του στην Ιστορία.

Η παραπάνω στερεοτυπική, αναχρονιστική και ανακριβής ερμηνεία βασίζεται σε μια αντίστοιχη προσέγγιση για το τι είναι η Ιστορία. Στην ιστορία των επιστημών, ωστόσο, οι ερμηνείες είναι αρκετά πιο σύνθετες και δεν περιορίζονται απλώς σε αναφορές σχετικά με την προτεραιότητα ανακάλυψης μιας θεωρίας ή ενός γεγονότος.

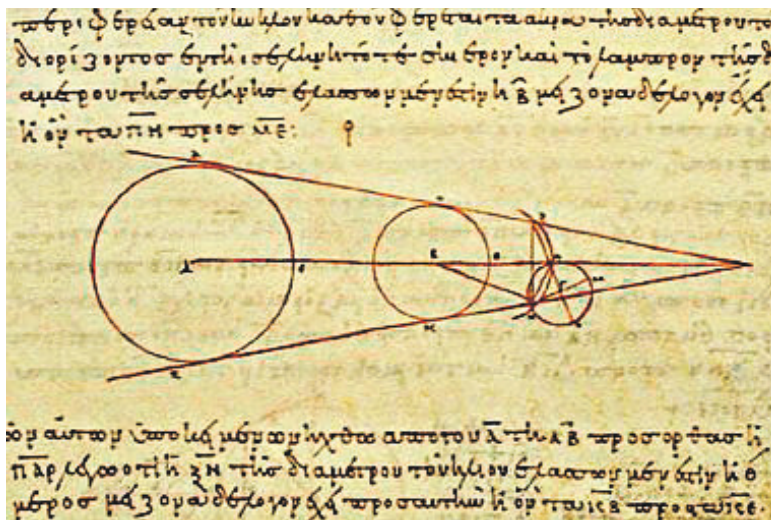
Η ιστορία των επιστημών δεν είναι η ιστορία των πραγμάτων που είναι αληθή στο παρόν μας, αλλά η ιστορία ανθρώπων που επινόησαν πολλούς και διαφορετικούς τρόπους για να περιγράψουν και να εξηγήσουν τα φυσικά φαινόμενα και να επιλύσουν προβλήματα που υπήρχαν στην εποχή τους.

Τι γνωρίζουμε για τον Αρίσταρχο;

Γνωρίζουμε ελάχιστα. Καταγόταν από τη Σάμο και έζησε περίπου ανάμεσα στο 310 π.Χ. και 230 π.Χ. Το μόνο έργο που σώζεται ολόκληρο είναι το «Περί μεγεθών και αποστημάτων ηλίου και σεληνής», όπου δεν γίνεται καμία αναφορά στο ηλιοκεντρικό σύστημα. Όλα όσα γνωρίζουμε για τον ηλιοκεντρισμό του Αρίσταρχου είναι από τον «Ψαμμίτη» του Αρχιμήδη, ο οποίος ήταν περίπου 25 χρόνια νεότερος του, και είναι το εξής απόσπασμα:

«Αρίσταρχος ο Σάμιος υποτίθεται γαρ τα μεν απλανέα των άστρων και τον Άλιον μένειν ακίνητον, ταν δε Γαν περιφέρεσθαι περί τον Άλιον κατά κύκλου περιφέρειαν, ός εστιν εν μέσω τω δρόμω κείμενος».

Η υπόθεση του Αρίσταρχου προέβλεπε ότι η Γη περιφερόταν γύρω από τον ακίνητο Ήλιο. Οι απλανείς αστέρες παρέμεναν ακίνητοι. Ωστόσο δεν είναι γνωστές οι λεπτομέρειες της κίνησης της Γης. Επίσης δεν είναι βέβαιο τι προέβλεπε η ηλιοκεντρική υπόθεση για την κίνηση των άλλων πλανητών. Ο Αρχιμήδης έχει μεγάλο θαυμασμό για τον Αρίσταρχο καθώς τον αναφέρει συνολικά δέκα φορές στο κείμενό του. Να σημειωθεί ότι ο Αρχιμήδης είχε μεγάλο κύρος κατά την Αναγέννηση. Επομένως ο Κοπέρνικος, ο οποίος ήξερε ελληνικά,



σίγουρα θα τον είχε διαβάσει.

Ο Αρίσταρχος ήταν ο μοναδικός που υποστήριξε τον ηλιοκεντρισμό στην αρχαιότητα;

Η ηλιοστατική και ηλιοκεντρική θεώρηση του κόσμου δεν ήταν περιθωριακή στην αρχαιότητα. Από τους Πυθαγόρειους (6ος αιώνας π.Χ.) έως και τον 1ο αιώνα μ.Χ. αποτελούσε μια θεωρία που διαρκώς επανερχόταν. Δεν ήταν η κυρίαρχη, όπως ο γεωκεντρισμός, αλλά ήταν διαρκώς παρούσα με διαφορετικούς τρόπους.

Γιατί ο Αρίσταρχος δεν έπεισε τους σύγχρονούς του; Η αριστοτελική φυσική φιλοσοφία είχε πολύ σοβαρά επιχειρήματα εναντίον της κίνησης της Γης. Αυτά τα επιχειρήματα δεν μπορούσε να τα αντιμετωπίσει ένας αστρονόμος. Η διερεύνηση της φύσης και των αιτίων όλων των φαινομένων ήταν στην επικράτεια της φυσικής φιλοσοφίας (η φυσική της εποχής), ενώ η αστρονομία ασχολούνταν με τη μαθηματική περιγραφή των ουράνιων φαινομένων. Ήταν δύο επικράτειες πλήρως διακριτές.

Τους επόμενους αιώνες, μετά τον Αρίσταρχο, η αστρονομία θα αλλάξει δραματικά. Αστρονόμοι, όπως ο Ίππαρχος ο Ρόδιος και ο Κλαύδιος Πτολεμαίος, θα χρησιμοποιήσουν εντελώς διαφορετικές μεθόδους και σύνθετα μαθηματικά εργαλεία για να περιγράψουν τις τροχιές των ουράνιων σωμάτων.

Ο κόσμος παρέμεινε γεωκεντρικός και η αστρονομία όφειλε να ακολουθήσει. Οι εκλεπτυσμένες μέθοδοι και τα εργαλεία της μοναδικού σκοπού είχαν να σώσουν τα φαινόμενα όπως τα περιέγραφε η αριστοτελική φυσική φιλοσοφία. Η πτολεμαϊκή αστρονομία, επί της ουσίας, απλώς επιβεβαίωσε την αλήθεια της αριστοτελικής φυσικής και τον γεωκεντρισμό.

Ο Κοπέρνικος γνώριζε τον Αρίσταρχο;

Ο Κοπέρνικος στον πρόλογο του έργου του ανέφερε ότι ανακάλυψε στον Πλούταρχο πως και μερικοί άλλοι συμμερίζονταν τις απόψεις του. Ανέφερε ενδεικτικά τον Ηρακλείδη, τον Φιλόλαο, τον Ικέτα και τον Έκφαντο. Επομένως, αν κάτι είναι βέβαιο, αυτό είναι ότι δεν ήθελε να κρατήσει τη διατύπωση του ηλιοκεντρισμού ως δική του ιδέα.

Επίσης ο Πλούταρχος, τον οποίο επικαλείται, είναι ο ψευδο-Πλούταρχος και το έργο «Περί Αρεσκόντων τοις Φιλοσόφοις». Στο ίδιο έργο γίνεται α-

ναφορά και στον Αρίσταρχο, άρα ο Κοπέρνικος θα είχε διαβάσει για εκείνον. Επέλεξε, όμως, να τον αποσιωπήσει. Γιατί; Ο Κοπέρνικος ήταν πτολεμαϊκός αστρονόμος. Είχε πραγματευθεί την ηλιοκεντρική υπόθεση χρησιμοποιώντας τις έννοιες και τις γεωμετρικές μεθόδους της πτολεμαϊκής αστρονομίας, την οποία ο Αρίσταρχος προφανώς δεν γνώριζε επειδή έζησε αρκετούς αιώνες πριν.

Όπως φαίνεται, ο Κοπέρνικος δεν ήθελε να επιλέξει ως αντίπαλο παράδειγμα της γεωκεντρικής θεώρησης κάποιον που ηττήθηκε από τον Αριστοτέλη και αντικαταστάθηκε από την πτολεμαϊκή αστρονομία. Επέλεξε κάποιους αστρονόμους για τους οποίους, πέρα από το γεγονός ότι ήταν πυθαγόρειοι φιλόσοφοι, ελάχιστα πράγματα ήταν γνωστά.

Επίσης ο Κοπέρνικος είχε δεχτεί σημαντική επίδραση από τον Νεοπυθαγορισμό της Αναγέννησης και είναι αρκετά πιθανό να επέλεξε εκπροσώπους αυτής της παράδοσης, στην οποία ο Αρίσταρχος δεν ανήκε. Τα κριτήρια του Κοπέρνικου είχαν, δηλαδή, και μια φιλοσοφική πλαισίωση.

Αν εξαιρέσουμε την κεντρική θέση του Ήλιου, η οποία είχε και έντονη μεταφυσική σημασία, ο Κοπέρνικος χρησιμοποιούσε αποκλειστικά την πτολεμαϊκή αστρονομία και το μόνο που ήθελε ήταν να ελαχιστοποιήσει τα σφάλματα που προέκυπταν από αυτή και να την κάνει απλούστερη τοποθετώντας τον Ήλιο στο κέντρο.

Επομένως ο Αρίσταρχος, ο οποίος δεν είχε καμία σχέση με την πτολεμαϊκή αστρονομία, δεν ήταν καλός σύμμαχος. Επίσης ο Αρίσταρχος δεν ήταν σοφή επιλογή σε μια εποχή που θα έμοιαζε ασέβεια προς τον Χριστιανισμό να υποστηρίξει κάποιος τον ηλιοκεντρισμό ως ρεαλιστική εικόνα του κόσμου. Ο ίδιος ο Αρίσταρχος είχε κατηγορηθεί στην εποχή του, από κάποιον Κλεάνθη, ως ασεβής επειδή κίνησε τη Γη.

Επομένως;

Στην Ιστορία ο μόνος δρόμος για να πάρουμε καλές απαντήσεις είναι να κάνουμε καλές ερωτήσεις.

Μία τέτοια ερώτηση είναι: Υπήρχαν μεθοδολογικές διαφορές μεταξύ της εποχής του Αρίσταρχου και της εποχής του Κοπέρνικου; Προφανώς. Πρακτικά, αν εξαιρέσουμε τον γεωκεντρισμό, οι περιγραφές των κινήσεων των ουράνιων σωμάτων γίνονταν με εντελώς διαφορετικό τρόπο. Δεν γνωρίζουμε καν γιατί ο Αρίσταρχος υπέθεσε ότι η Γη κινείται γύρω από τον Ήλιο. Επομένως, οποιαδήποτε σύγκριση μεταξύ Κοπέρνικου και Αρίσταρχου είναι, στην καλύτερη περίπτωση, άστοχη.

Μία δεύτερη ερώτηση που οφείλουμε να θέσουμε είναι η εξής: Πώς πρέπει να αντιμετωπίζουμε τις διανοητικές διεργασίες μίας εποχής και των επιτευγμάτων της; Η απάντηση είναι απλή: Με τους κανόνες της εποχής που εξετάζουμε. Οτιδήποτε άλλο αποτελεί αναχρονιστική προσέγγιση και προβολή δικών μας πεποιθήσεων και αντιλήψεων περί αλήθειας και επιστήμης σε μια εποχή που είχε εντελώς διαφορετικά κριτήρια, τόσο για την αλήθεια όσο και για την επιστήμη.

Η Ιστορία είναι πολύ πιο σύνθετη από το «Ο Κοπέρνικος έκλεψε τον Αρίσταρχο και δεν είπε κουβέντα». Ίσως να μην είναι τόσο εμπορική όσο ένα βιβλίο με «θαυμαστές και άγνωστες ιστορίες», αλλά σίγουρα είναι πολύ πιο ακριβής, ενδιαφέρουσα και πλούσια.

