

## Η ΕΜΒΕΛΕΙΑ ΤΩΝ ΕΞΗΓΗΣΕΩΝ

*Πίσω από όλα αυτά βρίσκεται σίγουρα μια ιδέα τόσο απλή, τόσο όμορφη που, όταν την αντιληφθούμε –σε δέκα, εκατό ή χίλια χρόνια– θα πούμε όλοι μας, ο ένας στον άλλο, πώς θα μπορούσε να ήταν αλλιώς;*

John Archibald Wheeler, *Annals of the New York Academy of Sciences*, 480 (1986)

Στα γυμνά ανθρώπινα μάτια, το σύμπαν, πέρα από το ηλιακό μας σύστημα, μοιάζει με μερικές χιλιάδες αστραφτερές κουκκίδες στον νυχτερινό ουρανό, συν τις αγνές, θολές λωρίδες του Γαλαξία μας. Αν, όμως, ρωτήσετε έναν αστρονόμο τι πραγματικά υπάρχει εκεί έξω, δεν θα σας πει για κουκκίδες ή λωρίδες, αλλά για αστέρες: σφαιρές πυρακτωμένου αερίου με διάμετρο εκατομμυρίων χιλιομέτρων, έτη φωτός μακριά από μας. Θα σας πει ότι ο ήλιος είναι ένας συνηθισμένος αστέρας και φαίνεται διαφορετικός από τους άλλους μόνο και μόνο επειδή βρισκόμαστε πιο κοντά του – αν και 150 εκατομμύρια χιλιόμετρα μακριά. Κι ωστόσο, ακόμη και δεδομένων αυτών των αδιανόητων αποστάσεων, έχουμε την πεποίθηση ότι γνωρίζουμε τι κάνει έναν αστέρα να λάμπει: θα σας πει ότι κινητήρια δύναμή του είναι η πυρηνική ενέργεια που απελευθερώνεται μέσω της μεταστοιχείωσης – της μετατροπής ενός χημικού στοιχείου σε ένα άλλο (κυρίως του υδρογόνου σε ήλιο).

Ορισμένοι τύποι μεταστοιχείωσης συμβαίνουν ταυτόχρονα στη Γη, κατά την αποσύνθεση ραδιενεργών στοιχείων. Αυτό καταδείχθηκε για πρώτη φορά το 1901, από τους φυσικούς Φρέντερικ Σόντι και Έρνεστ Ράδερφορντ [Frederick Soddy & Ernest Rutherford], αλλά η έννοια της μεταστοιχείωσης ήταν πολύ παλαιά. Οι αλχημιστές ονειρεύονταν για αιώνες τη μεταστοιχείωση «βασικών μετάλλων», όπως ο σίδηρος ή ο μόλυβδος, σε χρυσό. Ποτέ δεν κατάφεραν ούτε κατά προσέγγιση να κατανοήσουν τι χρειαζόταν για να πετύχουν κάτι τέτοιο, οπότε ποτέ δεν το πέτυχαν. Οι επιστήμονες του 20ού αιώνα, όμως, τα κατάφεραν. Και το ίδιο κάνουν κι οι αστέρες, όταν εκρήγνυνται ως σουπερνόβα. Τα βασικά μέταλλα μπορούν να μεταστοιχειωθούν σε χρυσό από τους αστέρες κι από νοήμονα όντα, τα οποία κατανοούν τη διαδικασία που αποτελεί κινητήρια δύναμη των αστέρων, αλλά από τίποτε άλλο μέσα στο σύμπαν.

Όσο για τον Γαλαξία μας, θα σας πει πως, παρά τη σκόρπια όψη του, είναι μακράν το μεγαλύτερο αντικείμενο που μπορούμε να δούμε διά γυμνού οφθαλμού: ένας γαλαξίας που περιλαμβάνει αστέρες κατά εκατοντάδες δισεκατομμύρια, δεμένους μεταξύ τους από την αμοιβαία βαρύτητά τους σε έκταση δεκάδων χιλιάδων ετών φωτός. Τον βλέπουμε έσωθεν γιατί είμαστε μέρος του. Θα σας πει πως, αν και ο νυχτερινός ουρανός μας φαίνεται γαλήνιος και σε μεγάλο βαθμό αμετάβλητος, το σύμπαν κοχλάζει, όλο βίαιη δραστηριότητα. Ακόμη κι ένας συνηθισμένος αστέρας μετατρέπει εκατομμύρια τόνους μάζας σε ενέργεια ανά δευτερόλεπτο, με κάθε γραμμάριο να απελευθερώνει ενέργεια ίση με εκείνη μιας ατομικής βόμβας. Θα σας πει πως, εντός της εμβέλειας των καλύτερων τηλεσκοπίων που διαθέτουμε, τα οποία μπορούν να δουν περισσότερους γαλαξίες από τους αστέρες του δικού μας γαλαξία, γίνονται κάμποσες σουπερνόβα εκρήξεις ανά δευτερόλεπτο, με την καθεμιά να είναι, για λίγο, φωτεινότερη από όλους μαζί τους άλλους αστέρες στον γαλαξία της. Δεν γνωρίζουμε πού υπάρχουν –αν υπάρχουν– ζωή και νοημοσύνη εκτός του ηλιακού μας συστήματος, οπότε δεν γνωρίζουμε πόσες από τούτες τις εκρήξεις είναι τελικά φρικτές τραγωδίες. Γνωρίζουμε, όμως, πως ένας σουπερνόβα συντρίβει όλους τους πλανήτες που ενδεχομένως βρίσκονται σε τροχιά γύρω από αυτόν, σαρώνοντας κάθε ζωή που μπορεί να υπάρχει εκεί – περιλαμβανομένων των νοημόνων όντων, εκτός αν διαθέτουν τεχνολογία κατά πολύ ανώτερη από τη δική μας. Μόνο η ακτινοβολία των νετρίνων του θα μπορούσε να σκοτώσει έναν άνθρωπο σε ακτίνα δισεκατομμυρίων χιλιομέτρων, ακόμη κι αν μια μολύβδινη ασπίδα κάλυπτε τούτη την απόσταση στο σύνολό της. Κι όμως, χρωστάμε την ύπαρξή μας στους σουπερνόβα: αυτοί είναι η πηγή, μέσω μεταστοιχείωσης, των περισσότερων στοιχείων από τα οποία αποτελούνται τα σώματά μας – και ο πλανήτης μας.

Υπάρχουν φαινόμενα που επισκιάζουν τις εκρήξεις σουπερνόβα. Τον Μάιο του 2008, ένα τηλεσκόπιο ακτίνων Χ, σε τροχιά γύρω από τη Γη, ανίχνευσε έναν τύπο έκρηξης, που είναι γνωστή ως «έκλαμψη ακτίνων γ», 7,5 δισεκατομμύρια έτη φωτός μακριά. Αυτό αντιστοιχεί στα μισά του γνωστού σε μας σύμπαντος. Επρόκειτο πιθανότατα για έναν και μόνο αστέρα που κατέρρευσε σχηματίζοντας μια μαύρη τρύπα – ένα αντικείμενο του οποίου η βαρύτητα είναι τόσο έντονη που ούτε και το φως δεν μπορεί να ξεφύγει από το εσωτερικό της. Η έκρηξη ήταν εγγενώς φωτεινότερη από ένα εκατομμύριο σουπερνόβα εκρήξεις και ενδεχομένως να ήταν ορατή διά γυμνού οφθαλμού από τη Γη – αν και μόνο αμυδρά και για λίγα μόνο δευτερόλεπτα, οπότε είναι απίθανο να την είδε κανείς εδώ. Οι σουπερνόβα εκρήξεις διαρκούν περισσότερο, ξεθωριάζοντας συνήθως σε διάστημα κάποιων μηνών, πράγμα που επέτρεψε στους αστρονόμους να δουν μερικές στον γαλαξία μας, ακόμη και πριν από την εφεύρεση των τηλεσκοπίων.

Άλλη μια τάξη κοσμικών τεράτων, τα εντόνως λαμπρά αντικείμενα που είναι γνωστά ως *κβάζαρ*, κινείται σε διαφορετικό επίπεδο. Υπερβολικά μακριά

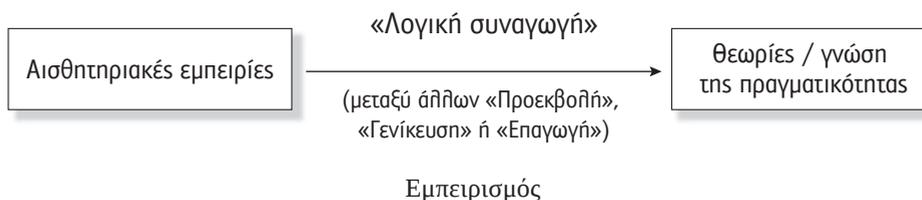
από μας για να τα δει κανείς διά γυμνού οφθαλμού, μπορούν να επισκιάσουν έναν σουπερνόβα για εκατομμύρια χρόνια κάθε φορά. Η ενέργειά τους πηγάζει από τεράστιες μαύρες τρύπες στα κέντρα γαλαξιών, μέσα στις οποίες πέφτει διαστρικό αέριο. Στην περίπτωση των πιο λαμπερών κβάζαρ, ανά μερικές μέρες πέφτει μάζα αρκετή για να φτιάξει έναν συνηθισμένο αστέρα. Περιστασιακά, καταπίνονται ολόκληροι αστέρες, που διαλύονται σε κομμάτια από παλιρροϊκά φαινόμενα κατά τη σπειροειδή κεντρομόλο κίνησή τους. Έντονα μαγνητικά πεδία οδηγούν μέρος της βαρυτικής ενέργειας ξανά έξω, με τη μορφή πιδάκων υψηλών ενεργειακά σωματιδίων, που φωτίζουν το περιβάλλον αέριο με ενέργεια που αντιστοιχεί σε ένα τρισεκατομμύριο ήλιους.

Οι συνθήκες είναι ακόμη πιο ακραίες μέσα στις μαύρες τρύπες (στη χωρίς επιστροφή επιφάνεια που είναι γνωστή ως «ορίζοντας συμβάντος»), στις οποίες το ίδιο το πλέγμα του χώρου και του χρόνου μπορεί να διαρραγεί. Όλα αυτά συμβαίνουν μέσα σε ένα αδιάκοπα εκτεινόμενο σύμπαν, το οποίο ξεκίνησε πριν από περίπου δεκατέσσερα εκατομμύρια χρόνια με μια καθολική έκρηξη, τη Μεγάλη Έκρηξη, και το οποίο κάνει όλα τα υπόλοιπα φαινόμενα που περιέγραψα να δείχνουν, συγκριτικά, ήπα και χωρίς σημαντικές συνέπειες. Κι ολόκληρο το σύμπαν είναι απλώς ένα κομματάκι μιας άπειρα μεγαλύτερης οντότητας, του πολυσύμπαντος, που περιλαμβάνει τεράστιους αριθμούς τέτοιων συμπάντων.

Ο φυσικός κόσμος δεν είναι μόνο πολύ μεγαλύτερος και πιο βίαιος απ' ό,τι κάποτε έμοιαζε, είναι επίσης άπειρα πλουσιότερος σε λεπτομέρειες, ποικιλομορφία και συμβάντα. Κι ωστόσο όλα προχωρούν σύμφωνα με τους κομψούς νόμους της φυσικής που κατανοούμε ως ένα σημείο. Δεν ξέρω τι είναι πιο εντυπωσιακό: τα ίδια τα φαινόμενα ή το γεγονός ότι γνωρίζουμε τόσα πολλά γι' αυτά.

Πώς γνωρίζουμε; Ένα από τα πλέον αξιοσημείωτα πράγματα σχετικά με την επιστήμη είναι η αντίθεση ανάμεσα στην τεράστια εμβέλεια και ισχύ των καλύτερων θεωριών μας και στα επισφαλή, τοπικά μέσα με τα οποία τις δημιουργούμε. Κανένας άνθρωπος δεν έχει ποτέ βρεθεί πάνω στην επιφάνεια ενός αστέρα, πολλώ δε μάλλον δεν έχει επισκεφτεί τον πυρήνα όπου λαμβάνει χώρα η μεταστοιχείωση και παράγεται η ενέργεια. Κι όμως, βλέπουμε αυτές τις ψυχρές κουκκίδες στον ουρανό μας και γνωρίζουμε ότι κοιτάμε τις αστραφτερές πυρακτωμένες επιφάνειες μακρινών πυρηνικών καυστήρων. Σε επίπεδο φυσιολογίας, αυτή η εμπειρία συνίσταται αποκλειστικά στην ανταπόκριση των εγκεφάλων μας σε ηλεκτρικά ερεθίσματα που στέλνουν τα μάτια μας. Και τα μάτια μπορούν να ανιχνεύσουν μόνο το φως που βρίσκεται μέσα τους εκείνη τη στιγμή. Το γεγονός πως το φως εκπέμφθηκε από πολύ μακριά και πριν πολύ καιρό και πως εκεί συνέβησαν πολύ περισσότερα από μια απλή εκπομπή φωτός, αυτά δεν είναι πράγματα που βλέπουμε. Τα γνωρίζουμε μόνο μέσω της θεωρίας.

Οι επιστημονικές θεωρίες είναι *εξηγήσεις*: βεβαιώσεις ως προς το τι υπάρχει εκεί έξω και πώς συμπεριφέρεται. Από πού προέρχονται αυτές οι θεωρίες; Για πάρα πολλά χρόνια στην ιστορία της επιστήμης, υπήρχε η εσφαλμένη πεποίθηση ότι τις «συνάγουμε λογικά» από τις ενδείξεις των αισθήσεών μας – ένα φιλοσοφικό δόγμα που είναι γνωστό ως *εμπειρισμός*:



Για παράδειγμα, ο φιλόσοφος Τζον Λοκ [John Locke] έγραψε το 1689 ότι ο νους είναι σαν «λευκό χαρτί» πάνω στο οποίο γράφει η αισθητηριακή εμπειρία και ότι από 'κει προέρχεται όλη η γνώση μας για τον φυσικό κόσμο. Άλλη μια μεταφορά των εμπειριστών ήταν ότι μπορούσε κανείς να *διαβάσει* τη γνώση από το «Βιβλίο της Φύσης» κάνοντας παρατηρήσεις. Όπως και να 'χει, εκείνος που ανακαλύπτει τη γνώση είναι ο παθητικός δέκτης της και όχι ο δημιουργός της.

Στην πραγματικότητα, όμως, οι επιστημονικές θεωρίες δεν «συνάγονται λογικά» από τίποτα. Δεν τις διαβάζουμε μέσα στη φύση ούτε και τις εγγράφει μέσα μας η φύση. Είναι υποθέσεις – γενναίες εικασίες. Τις δημιουργεί ο ανθρώπινος νους, αναδιαρρυθμίζοντας, συνδυάζοντας, μεταβάλλοντας και κάνοντας προσθήκες σε υπάρχουσες ιδέες με την πρόθεση να τις βελτιώσει. Δεν ξεκινάμε ως «λευκό χαρτί» όταν γεννιόμαστε, αλλά με έμφυτες προσδοκίες και προθέσεις και με μια εγγενή ικανότητα να τις βελτιώνουμε, με τη χρήση της σκέψης και της εμπειρίας. Η εμπειρία είναι πράγματι ουσιώδης για την επιστήμη, ο ρόλος της, όμως, διαφέρει από αυτόν που υποθέτει ο εμπειρισμός. Δεν είναι η πηγή από την οποία συνάγονται λογικά οι θεωρίες. Η κύρια χρήση της έγκειται στην επιλογή μεταξύ θεωριών που έχουμε ήδη υποθέσει. Είναι αυτό που λέμε «μαθαίνοντας μέσα από την εμπειρία».

Εντούτοις, τούτο δεν έγινε κατανοητό στις σωστές του διαστάσεις μέχρι τα μέσα του 20ού αιώνα, μέσω του έργου του φιλοσόφου Καρλ Πόπερ [Karl Popper]. Έτσι, ιστορικά, ο εμπειρισμός ήταν αυτός που αρχικά πρόσφερε μια ευλογοφανή στήριξη στην πειραματική επιστήμη, όπως την ξέρουμε σήμερα. Οι εμπειριστές φιλόσοφοι άσκησαν κριτική και απέρριψαν παραδοσιακές προσεγγίσεις της γνώσης, όπως ο σεβασμός στην αυθεντία των ιερών βιβλίων και άλλων αρχαίων γραφών, καθώς και στην ανθρώπινη αυθεντία των ιερέων και των ακαδημαϊκών, αλλά και η πίστη στην παραδοσιακή λαϊκή σοφία, στα γιατροσόφια και τις προφορικές παραδόσεις. Ο εμπειρισμός εναντιώθηκε,