

Ο Κέπλερ και η σύγχρονη φυσική

Κάθε γενιά ξαναγράφει την ιστορία της επιστήμης επιλέγοντας με μεροληψία τα θέματα που είναι πιο κοντά στη δική της νοοτροπία, στα ενδιαφέροντα και τις απόψεις της· μοιάζει, έτσι, να προβάλλει τις δυσκολίες και τα προβλήματα της περιόδου της στο παρελθόν. Στις σελίδες αρχαίων πραγματειών, μέσω μιας φρασεολογίας και επιχειρηματολογίας που φαίνονται παράξενες για μας, απροσδόκητα βρίσκουμε την περιλήψη γνώριμων ιδεών, ανιχνεύουμε την ηχώ των αμφιβολιών που μας ανησυχούν, παρατηρούμε την πορεία συλλογισμών όμοιων με τους δικούς μας, και ξάφνου οι συγγραφείς αυτών των βιβλίων, που φαίνονται σαν μπρούτζινα αγάλματα, παίρνουν ζωή, κατεβαίνουν από τα βάθρα τους και οι ιδέες τους μας αγγίζουν και γίνονται κατανοητές.

Στην εργασία μας θα τονίσουμε την παραλληλία μεταξύ των κύκλων των ιδεών που ήταν ενδιαφέρουσες για τον Ι. Κέπλερ και εξέθρεψαν την επιστημονική του ιδιοφυΐα, και των απόψεων που σε μεγάλο βαθμό προσδιορίζουν τη σκοπιά της σύγχρονης φυσικής. Παρά την εσφαλμένη αλλά ευρύτατα διαδεδομένη αντίληψη, ο Κέπλερ δεν μπαίνει στην ιστορία της επιστήμης ως ο άνθρωπος που ανακάλυψε τους τρεις νόμους της κίνησης των πλανητών. Η επιστημονική του κληρονομιά είναι πλούσια αλλά πολύ περίπλοκη και αντιφατική. Το κύριο κίνητρο της ενεργητικότητας του Κέπλερ, δηλαδή η έρευνα για την «αρμονία του κόσμου», έχει αποκτήσει τελευταία ιδιαίτερη σημασία. Σε τούτο το σημείωμα θα θέλαμε ακριβώς να δώσουμε έμφαση σ' αυτό το σημείο.

Ως γνωστόν, η λογικά αδιάσειστη επιχειρηματολογία ποτέ δεν οδηγεί σε κάποια ανακάλυψη που ανατρέπει τις ιδέες μας για τη δομή του κόσμου. Μόνο με την ανατροπή του κύκλου των κοινότυπων ιδεών είμαστε σε θέση να διευρύνουμε τη γνώση μας για τη φύση. Στις μέρες μας, μια τέτοια διάρρηξη των καλά εδραιωμένων κανόνων οφείλεται σε μια «τρελλή» ιδέα του Νιλς Μπορ.

Πολλά θέματα που τώρα μας είναι εντελώς διάφανα και κατανοητά, τη μακρινή εποχή που έζησε ο Κέπλερ εθεωρούντο τρελλές απόψεις. Τρελλή εθεωρείτο η ίδια η δυνατότητα της μαθηματικής περιγραφής της φύσης, η ανάγκη να συγκρίνουμε τη θεωρία με το πείραμα, η φυσική αιτία της κίνησης, η ενότητα του κόσμου, δηλαδή

οι παγκόσμιοι νόμοι που διέπουν διάφορα συμβάντα στη γη και στον ουρανό, η απόρριψη των κυκλικών κινήσεων και η αντικατάστασή τους με ελλειπτικές.

Ακόμη, η πιο τρελή από τις ιδέες του Κέπλερ ήταν αυτή της «παγκόσμιας αρμονίας». Αλλάζοντας και αναπτύσσοντάς την ο Κέπλερ οδηγήθηκε στις πιο σημαντικές του ανακαλύψεις. Σε αυτή βλέπουμε τον πρόδρομο του «παγκόσμιου θρησκευτικού αισθήματος» του Αϊνστάιν, δηλαδή το αίσθημα της παγκόσμιας αντικειμενικής τάξης που υπόκειται στα διάφορα φαινόμενα. Σε αυτή ανιχνεύουμε τη χτυπητή αναλογία μεταξύ των σύγχρονων απόψεων για το ρόλο των αρχών της συμμετρίας στο σύστημα των νόμων της φύσης.

Αμφότεροι, ο Κέπλερ και οι σύγχρονοι φυσικοί, αποδίδουν στη συμμετρία ένα διπλό ρόλο. Η συμμετρία είναι που κάνει δυνατό το κλείσιμο του λογικού κενού στο νόμο που προβλέπει και περιγράφει ένα φαινόμενο, πριν ακόμη γίνει καλά κατανοητό. Ταυτόχρονα η συμμετρία εμφανίζεται ως ο τελικός σκοπός της αναζήτησης νέων νόμων της φυσικής. Η διαφορά είναι ότι ο σύγχρονος φυσικός χρησιμοποιεί την αρχή της συμμετρίας μαζί με άλλες μεθόδους της γνώσης χωρίς να τις θεωρεί απόλυτες, ενώ ο Κέπλερ είδε σε αυτές την ύψιστη αλήθεια, «την έκφανση της σοφίας της δημιουργίας». Οπωσδήποτε, οι ασεβείς αναφορές στον Κέπλερ, ο οποίος πολλές φορές θεωρείται αστρολόγος και μέτριος επιστήμονας που κατόρθωσε εξαιρετικά αποτελέσματα χάρη στη σκληρή δουλειά και τη φιλοπονία του, είναι εσφαλμένες.

Ο Κέπλερ και ο σύγχρονος φυσικός έχουν πολλά κοινά στη μέθοδό τους για την εξερεύνηση των κανονικότητων που υπόκεινται της δομής του κόσμου. Στην πραγματικότητα ο σύγχρονος φυσικός ο οποίος προσπαθεί να περιλάβει μια τεράστια ποσότητα πειραματικών δεδομένων στη συμπαγή μορφή ενός νόμου διατήρησης, που επιχειρεί να ανακαλύψει την υποκείμενη συμμετρία και να ενοποιήσει πολλούς νόμους διατήρησης σε έναν παγκόσμιο νόμο, λύνει το «πρόβλημα του Κέπλερ» όπως για παράδειγμα το γνωστό πρόβλημα των δύο σωμάτων.

Αν ήταν να εκτιμήσουμε τη συνεισφορά του Κέπλερ στη σύγχρονη φυσική με τη συχνότητα των αναφορών στο έργο του - που είναι η μέθοδος που υποδεικνύουν σήμερα πολλοί επιστήμονες - το αποτέλεσμα δεν θα ήταν πολύ ευχάριστο: ο ρόλος του Κέπλερ θα εκτιμάτο ως παντελώς ασήμαντος. Μόνο στην αστρονομία και τους σχετικούς νόμους της μηχανικής μιλάμε για νόμους του Κέπλερ, που ακόμη και σε αυτή τη περίπτωση, αναφέρονται σε απλά πορίσματα των εξισώσεων του Νεύτωνα.

Στην πραγματικότητα, όταν ο Νεύτων έκανε παραγωγή αυτών των νόμων στο έργο του *Principia*, παράβλεψε να ονομάσει τον πρόδρομό του, αναφέροντας τον Κέπλερ μεταξύ άλλων αστρονόμων που επαλήθευσαν τους νόμους με παρατηρήσεις στα περιοδικά τους.

Αλλά αν κοιτάξουμε το θέμα από κάπως διαφορετική γωνία, το όνομα Κέπλερ θα πάρει θέση στον κατάλογο των κορυφαίων φυσικών επιστημόνων στην ιστορία της ανθρωπότητας. Διότι η επιστημονική μεθοδολογία του Κέπλερ αποδείχθηκε ένα από τα πιο επαναστατικά και ισχυρά εργαλεία που έκαναν το θεμελιωτή της να δει την επιστήμη όπως θα ήταν πολλά χρόνια αργότερα.

Στο φυσικό του εικοστού αιώνα οι ιδέες του Κέπλερ φαίνονται ιδιαίτερα μοντέρνες. Ενοραματιζόταν μια παγκόσμια αρμονία, συλλάμβανε την κοινή αρχή σε διαφορετικά φαινόμενα, γεφύρωνε διαφορετικά πεδία της επιστήμης: *Αυτές είναι ιδέες που ηχούν πιο επίκαιρες στη δική μας εποχή.*

Τελικά πόσα ήξερε ο Κέπλερ, αν πραγματικά τον εκτιμήσουμε με τα σημερινά μέτρα; Πολύ λίγα, σχεδόν τίποτα! Ο Γαλιλαίος το μόνο που έκανε ήταν να ανακεφαλαιώσει τη μηχανική που ήταν γνωστή μέχρι τότε και να βάλει τα θεμέλια μιας νέας επιστήμης. Η έννοια της επιτάχυνσης μόλις και εμφανίστηκε στα κείμενά του. Αλλά ακόμη και ο ένδοξος Γαλιλαίος δεν μπορούσε να φανταστεί τι ήταν αυτή η δύναμη. Με αλαζονεία ο μέγας άνδρας απέρριψε την απόπειρα του Κέπλερ να ερμηνεύσει την άμπωτη και την πλημμυρίδα των παλιρροιών από την έλξη της σελήνης που δρα από απόσταση.

Ο Κέπλερ αντιμετώπισε τους μεγαλύτερους σύγχρονούς του με σεβασμό, όμως τον ανησυχούσε μια απορία που δεν κέντριζε το μυαλό κανενός από αυτούς: Γιατί; Ποιά ήταν η αιτία των φαινομένων; Δεν ταίριαζε στον Κέπλερ να αποδώσει την κυκλική κίνηση των πλανητών στο γεγονός ότι η κίνηση σε κύκλους είναι η φυσική κίνησή τους. Ο Κέπλερ αναζήτησε την αιτία των πλανητικών κινήσεων και τη βρήκε στον Ήλιο. Αλλά πώς θα μπορούσε ο Κέπλερ να εκφράσει αυτή την παντελώς αναγκαία αν και ασυνήθιστη ιδέα για την επίδραση του Ηλίου στην κίνηση των πλανητών; Δεν μπορούσε να μιλήσει για δύναμη και, πολύ περισσότερο, για «πεδίο». Το μόνο πράγμα που του απέμεινε ήταν να υποθέσει μια παγκόσμια ψυχή (anima) που κατοικούσε στον Ήλιο και που δρούσε στις ψυχές των πλανητών. Μέσω της αλληλεπίδρασης των ψυχών περιέγραψε αυτό που σήμερα θεωρούμε ως αλληλεπίδραση (δράση από απόσταση) των ουράνιων σωμάτων. Έτσι, ο Κέπλερ σοφίστηκε να παράγει από την αστρολογία ένα σπόρο αληθείας και να διακρίνει σ' αυτή την αρμονία του πλανητικού συστήματος.

Και, ανακαλύπτοντας τον τρίτο νόμο, το νόμο των τριών δευτέρων, επέδειξε εξαιρετική εμπιστοσύνη στην κανονική συσχέτιση περιόδων και αποστάσεων. Ριψοκινδυνεύοντας να πέσουμε σε αναχρονισμό, μπορούμε να δούμε εδώ μια σκιαγράφηση της θεωρίας της ομοιότητας. Η διαπίστωση ότι ο λόγος κάποιας δύναμης της περιόδου προς κάποια δύναμη της απόστασης θα έπρεπε να είναι ο ίδιος για όλους τους πλανήτες, είναι πολύ κοντά στον ισχυρισμό ότι το πεδίο του Ηλίου περιγράφεται από μια σταθερά (σ.μ., όπως ξέρουμε σήμερα).

Ακόμη πιο κοντά σε μας είναι ο νόμος των εμβαδών - ο νόμος της διατήρησης της στροφορμής - τον οποίο ο Κέπλερ πραγματεύθηκε όχι μέσω μαθηματικών σχέσεων (αυτές μπορούσαν να εξαχθούν μόνο μετά τον Νεύτωνα), αλλά μέσω της αναζήτησης της αρμονίας. Η εμπιστοσύνη του ότι υπάρχουν απλές σχέσεις που μπορεί να περιγράψουν τα φαινόμενα σε μεγάλη κλίμακα, η ακλόνητη πεποίθησή του ότι ο άνθρωπος είχε τη δυνατότητα να περιγράψει αυτούς τους νόμους (μια πεποίθηση που εστερείτο της στήριξης πάνω στα μαθηματικά εργαλεία που ήταν διαθέσιμα στον Νεύτωνα) μας αναγκάζει να θεωρήσουμε τον Κέπλερ ως ένα θαύμα, αλλά και ως έναν άνθρωπο που έγινε, σαν νέος Προμηθέας, η δάδα της γνώσης στους αν-

θρώπους, και ο οποίος με τόλμη αψηφούσε τους νόμους των θεών στο νυχτερινό ουρανό των πλανητών μας. «Εκεί συναντάμε έναν ευαίσθητο άνθρωπο ο οποίος είναι αφιερωμένος με πάθος στην έρευνα για μια βαθύτερη ενόραση στην ουσία των φυσικών φαινομένων και που, παρά τις εσωτερικές και τις εξωτερικές δυσκολίες, κατόρθωσε να φτάσει στον υψηλό του στόχο». Αυτά τα λόγια έγραψε γι' αυτόν ο Αϊνστάιν στο βιβλίο *I. Kepler* της Carola Baumgardt.

Μέχρι τώρα μιλήσαμε για τον Κέπλερ μόνο σε σχέση με τους τρεις διάσημους νόμους του για την κίνηση των πλανητών, αλλά τονίσαμε ότι η συμβολή του στη φυσική δεν περιορίζεται εδώ. Εμείς που ζούμε σε μια άλλη εποχή και που σκεφτόμαστε με διαφορετικό τρόπο, είναι δύσκολο να φανταστούμε πόση υπομονή, προσεκτική παρατήρηση και θάρρος απαιτούσε αυτή η ανακάλυψη και πόση αναστάτωση έφεραν αυτοί οι νόμοι στις λαϊκές αντιλήψεις για τη φυσική των ουράνιων και γήινων φαινομένων. Ήταν μια επανάσταση για τον τρόπο που σκέφτονταν οι φυσικοί, της οποίας η σημασία μπορούσε να κατανοηθεί αιώνες αργότερα. Η δραματική ιστορία της ανακάλυψης των δύο πρώτων νόμων, που εκτίθεται με λεπτομέρειες στο βιβλίο του με τον προφητικό τίτλο *Νέα Αστρονομία*, αντιπαραβάλλεται από τον Κέπλερ με τις θαλάσσιες περιπλανήσεις του Κολόμβου, του Μαγγελάνου και του Βάσκο ντε Γάμα. Βυθισμένοι σε μια βαθειά πολυθρόνα διαβάζουμε τις ιστορίες του Κέπλερ σαν να ήταν διασκεδαστικές διηγήσεις των δύσκολων και επικίνδυνων περιπετειών ενός εξερευνητή νέων διαδρομών.

Πράγματι, για μας που ζούμε τρεις αιώνες μετά τον Κέπλερ, οι ιδέες και οι μέθοδοι που τον οδήγησαν στην ανακάλυψη των νόμων της κίνησης των πλανητών, δεν είναι μικρότερης σημασίας από τους ίδιους τους νόμους. Πολλά που φαίνονται σε μας προφανή και γνωστά, ήταν στην εποχή του Κέπλερ παράτολμες και «τρελές ιδέες» κατά τον Μπορ. Επωμένες για πρώτη φορά, οι ιδέες του Κέπλερ ήταν ακατανόητες στους σύγχρονούς του, ακριβώς εξαιτίας της καινοτομίας τους, της ρήξης τους με τους κατεστημένους κανόνες και παραδόσεις. Αυτό είναι κατανοητό σήμερα. Αλλά είναι λυπηρό το ότι ακόμη και στην εποχή μας, που τόσο έχουμε εξοικειωθεί με τις ιδέες του, πολλές φορές οι ιδέες αυτές διαφεύγουν της προσοχής των φυσικών.

Ο Κέπλερ, ήδη από την πρώτη του νεανική δουλειά το *Κοσμογραφικό Μυστήριο*, έδειξε το σπάνιο ταλέντο του και το χάρισμά του να βάζει ερωτήματα για τη φύση, αν και πολύ αργότερα βρήκε τις απαντήσεις γι' αυτά. Σύμφωνα με τη μαρτυρία του Michael Maslin που έγραψε ένα γράμμα τον Ιούνιο του 1596 στον Mathias Jafenreffer, πρύτανη του Πανεπιστημίου του Τίμπινγκεν, τα θέματα και οι ιδέες του Κέπλερ στο *Κοσμογραφικό Μυστήριο* είναι τόσο νέες, ώστε ποτέ δεν πέρασαν από το μυαλό κανενός άλλου. Σε αυτό το ανώριμο έργο ο Κέπλερ τόλμησε να βάλει το ερώτημα που αργότερα τον οδήγησε να αναγνωρίσει τις αιτιακές σχέσεις μεταξύ των φαινομένων και να τον κάνει τον πρώτο σύγχρονο φυσικό. Γιατί; Γιατί να υπάρχουν έξι πλανήτες (τόσοι ήταν γνωστοί τότε); Γιατί οι τροχιές τους έχουν αυτό το μέγεθος και όχι άλλο; Γιατί κάθε πλανήτης έχει καθορισμένη περίοδο περιστροφής; Αν και η απάντηση που δόθηκε στο σύγγραμμα αυτό δεν ήταν η σωστή, εντού-

τους έσπειρε το σπόρο της νεότερης φυσικής. Η καινοτομία στη νεανική αυτή εργασία του Κέπλερ δεν αφορούσε μόνο τα ερωτήματα που έβαλε, αλλά και τη μεθοδολογία που ακολούθησε για τη λύση τους, η οποία, εν πολλοίς εξασφάλισε την επιτυχία της Νέας Αστρονομίας. Και δεν είναι χωρίς λόγο που ο Κέπλερ πολλές φορές ανακαλούσε με ευχαρίστηση την είσοδό του στο στίβο της επιστήμης και θεωρούσε ότι η κατεύθυνση όλης της ζωής του, οι έρευνές του και τα συγγράμματά του είχαν την αρχή τους στο *Κοσμογραφικό Μυστήριο*.

Ας αναλογιστούμε πόσο κοντά στη Νεότερη Φυσική ήταν αυτές οι σκέψεις. Γιατί υπάρχουν τόσα στοιχειώδη σωματίδια στη φύση; Γιατί τα ηλεκτρόνια και το μιονίο μοιάζουν τόσο πολύ; Γιατί ο νόμος της διατήρησης της συζυγίας παραβιάζεται τόσο λίγες φορές στο μικροσκόπιο; Μπροστά μας στέκει η ευταξία της κβαντικής μηχανικής, αλλά δεν δίνει απαντήσεις σε μερικά βασανιστικά ερωτήματα. Ξέρουμε ότι πρέπει να φύγουμε από τις κοινότυπες ιδέες, αλλά σε ποια κατεύθυνση; Και εδώ ακριβώς έρχεται για σωτηρία μια μέθοδος που έχει κοινά στοιχεία με την ευκαταία αρμονία του κόσμου: η μέθοδος της συμμετρίας, η μέθοδος της θεωρίας ομάδων. Στην αφηρημένη γλώσσα της θεωρίας ομάδων, ο φυσικός ξαφνικά μπορεί να ανακαλύψει τους νόμους που θέλει, μπορεί να χίσει γέφυρες μεταξύ διαφορετικών εννοιών και παρόλα αυτά να μην βλέπει ούτε να κατανοεί την πηγή από την οποία πηγάζουν αυτοί οι νόμοι. Σε αυτή τη περιοχή ο φυσικός δεν διεισδύει βαθύτερα απ' ότι οι ιδέες του Κέπλερ που αφορούσαν πολύεδρα και πλανήτες. Ο Κέπλερ ο ίδιος προχώρησε περισσότερο: τόλμησε να υπερβεί αυτό το σπουδαίο αλλά ενδιάμεσο στάδιο στην επιστήμη. Και είναι σε σχέση με αυτό που ζηλεύουμε την τεράστια διανοητική του ικανότητα και την αχαλιναγώγητη φαντασία του.

Αλλά συναντούμε «τρελλές» ιδέες σε μεγάλη αφθονία στο πρώτο βιβλίο Νεότερης Αστρονομίας και Φυσικής, τη *Νεότερη Αστρονομία*, γραμμένη από το χέρι ενός μαέστρου που ήταν σε θέση να υπερβεί όχι μόνο τις εγγενείς δυσκολίες του προβλήματος, αλλά και τη δύναμη της παράδοσης αιώνων. Ιδιαίτερα παράτολμες ήταν οι ιδέες ότι η φύση μπορούσε να περιγραφεί με μαθηματικά, ότι η θεωρία και το πείραμα έπρεπε να συγκρίνονται, ότι οι νόμοι της κίνησης των ουρανίων σωμάτων πηγάζουν από κάποιες κύριες φυσικές αιτίες, ότι υπάρχει ένας ενοποιημένος κόσμος (αυτός είναι βασικός νόμος στη σύγχρονη φυσική) με παγκόσμιους νόμους που κυβερνούν τα πάντα τόσο στη γη όσο και στον ουρανό, ότι η ομαλή τροχιακή κίνηση των πλανητών είναι απορριπτέα, ότι οι κυκλικές τροχιές πρέπει να αντικατασταθούν με ελλειπτικές και άλλα πολλά. Ο Κέπλερ δεν πρότεινε μόνον όλες αυτές τις τρελλές ιδέες, αλλά τις απέδειξε σε μεγάλο βαθμό. Στους σύγχρονούς του όλες αυτές οι ιδέες ήταν πέραν του κατανοητού.

Τό πόσο έντονες διαμαρτυρίες ξεσήκωσαν όλες αυτές οι ιδέες φαίνεται από ένα γράμμα του παλιού του δασκάλου Maslin που αντιτίθεται στο πάθος του Κέπλερ να ανιχνεύει τη φυσική αιτία στο κάθε τι. Να τι λέει αυτό το γράμμα που γράφτηκε την 1η Οκτωβρίου 1616: «Όταν γράφεις για τη Σελήνη, λες ότι θα ήθελες να προβάλεις φυσικές αιτίες για όλες τις ανισότητές της. Αυτό δεν το καταλαβαίνω. Τουναντίον, πιστεύω ότι οι φυσικές αιτίες μπορούν να απορριφθούν παντελώς και

είναι πρέπει τα αστρονομικά φαινόμενα να ερμηνευθούν μόνο με αστρονομικές μεθόδους, με αστρονομικές και όχι φυσικές αιτίες και υποθέσεις. Διότι οι υπολογισμοί απαιτούν βάσεις από τη γεωμετρία και την αριθμητική, οι οποίες κατά κάποιον τρόπο παριστάνουν πτυχές τους μάλλον παρά φυσικές υποθέσεις, που κατά πάσα πιθανότητα θα συγχύσουν παρά θα καθοδηγήσουν τον αναγνώστη. Βέβαια δεν έχω αμφιβολία ότι με τις διανοητικές σου ικανότητες μπορείς να αποκρούσεις αυτή την άποψη».

Πράγματι, μια απάντηση ήταν έτοιμη. Στο περιθώριο του γράμματός του ο Κέπλερ έγραφε: «Οιαδήποτε μέθοδος επιτρέπει τον υπολογισμό των θέσεων των πλανητών μπορεί να ονομάζεται αστρονομική υπόθεση. Μόνο η λέξη *φυσική* είναι αμφίσημη. Καλώ την υπόθεσή μου *φυσική* για δύο λόγους: Πρώτον υπάρχουν πολλοί που ισχυρίζονται ότι όλες οι υποθέσεις της αστρονομίας είναι απλές επινοήσεις. Αλλά τότε, αντίθετα με την υπόθεση του Πτολεμαίου, ούτε η εκκεντρική, ούτε η επικυκλική θα υπήρχαν στους ουρανούς, και η γη δεν θα εκκινείτο όπως υποθέτει ο Κοπέρνικος. Επιπλέον με τέτοιες εσφαλμένες υποθέσεις ως βάση θα ήταν άξιον απορίας αν οι αστρονόμοι θα μπορούσαν να προβλέψουν τις θέσεις των πλανητών. Από την άλλη κάνω την υπόθεση ότι όλοι οι αστρονόμοι εκφράζουν μια δόση αλήθειας, άλλοι λιγότερο και άλλοι περισσότερο και, για να προχωρήσει κανείς πιο σωστά στον υπολογισμό, γίνονται αποδεκτά πολλά πράγματα για τα οποία η Φύση η ίδια δεν γνωρίζει στον ουρανό. Θα αποδεχτώ μόνο αυτά των οποίων η ορθότητα δεν μπορεί να αμφισβητηθεί, θεωρώντάς τα φυσικά, διατηρώντας στο μυαλό τη φύση όχι των στοιχείων αλλά του ουρανού. Αν απορρίπτω παντελώς τις τέλει εκκεντρους και επικυκλικές, το κάνω γιατί είναι καθαρά γεωμετρικές υποθέσεις, που δεν αντιστοιχούν σε τίποτα στον ουρανό.

Ο δεύτερος λόγος για τον οποίο καλώ την υπόθεσή μου *φυσική* είναι ο εξής: Οι αστρονόμοι επιμένουν ότι οι κινήσεις των ουρανίων σφαιρών (που δεν υπάρχουν) είναι απλά ομαλές. Αυτή η υπόθεση είναι απ' εαυτής μια *φυσική* άποψη, που ιδιαίτερα ταιριάζει στη φύση των ουρανών ή περίπου έτσι ισχυρίζονται. Αλλά εν τω μεταξύ δεν παίρνουν υπόψη ότι, όταν συνδυάζουν πολλούς κύκλους διαφορετικών αρχών σε ένα σύνθετο, η κίνηση δεν θα είναι ομαλή.

Εφόσον, λοιπόν, η ομαλή κίνηση μπορεί σπάνια να απαλειφθεί από τον ουρανό από τους υποτιθέμενους κύκλους και, επιπλέον, εφόσον η αστρονομία μπορεί να ερμηνευτεί, και οι τροχιές των πλανητών υπολογίζονται χωρίς τους υποθετικούς κύκλους, αν υποθέσουμε ότι οι κινήσεις, αν και όχι ομαλές, κάνουν γύρο βάσει κάποιου κανόνα, δείχνω ότι η μη ομαλή κίνηση ενυπάρχει στην κίνηση των πλανητών, και ως εκ τούτου είναι *φυσική*.

Έτσι, λοιπόν, εύκολα μπορεί να απαντήσω στον Maslin. Με παρακινεί να απορρίψω τις φυσικές αιτίες. Ξέρω ότι δεν θέλει να μου απαγορεύσει να επαληθεύσω την υπόθεσή μου, διότι αυτή είναι η πρακτική σε όλες τις εργασίες της αστρονομίας. Ούτε θέλει να προτείνω κάτι που δεν είναι σύμφωνο με τη φύση των ουρανών, διότι έτσι θα έπρεπε να κατηγορεί και τον Πτολεμαίο και τον εαυτό του. Αλλά φοβάται ότι θα μπλέξω τον αναγνώστη με τις φυσικές μου υποθέσεις αντί να

τον βοηθήσω με τους υπολογισμούς. Για το λόγο αυτό επιμένει ότι οι αστρονομικές προτάσεις πρέπει να εκφράζονται αστρονομικά. Αλλά κάνω ακριβώς αυτό όταν δείχνω πώς υπολογίζονται οι κινήσεις από τις υποθέσεις».

Ο Maslin δεν ήταν ο μόνος που ήγειρε αντιρρήσεις στην εισαγωγή της φυσικής αιτιότητας στην αστρονομία.

Αιώνες παράδοσης είχαν απονεύει στην αστρονομία μόνο το ρόλο της περιγραφής της κινηματικής των ουρανών. Οι κατασκευές της προ-κεπλερικής αστρονομίας ήταν θεωρησιακού χαρακτήρα. Δεν ήταν τίποτα περισσότερο από βοηθητικές μαθηματικές κατασκευές που έκαναν δυνατή την πρόβλεψη αλλά όχι την ερμηνεία των ουράνιων φαινομένων. Όταν ένας αστρονόμος έβλεπε ότι η πρόβλεψή του δεν ήταν ακριβής, πρόσθετε ακόμη ένα επίκυκλο στο ήδη υπάρχον σύστημα, αλλά ποτέ δεν τολμούσε να αμφισβητήσει ολωσδιόλου το πτολεμαϊκό σύστημα. Η εισαγωγή της φυσικής αιτιότητας στην αστρονομία εκλαμβανόταν από τους σύγχρονους του Κέπλερ ως ανατροπή των θεμελίων, ως ακραία αίρεση. Ακόμη και οι φίλοι του προσπαθούσαν να τον κάνουν να λογικευθεί, να τον εξωθήσουν να αποκηρύξει τις ανόητες απόψεις του. Να για παράδειγμα πως ο Κέπλερ απαντά σε μια τέτοια απόπειρα που έγινε από τον David Fabricius:

«Πράγα, 10 Νοεμβρίου 1608

Δεν ξέρω τι να πω για τις ανακαλύψεις σου για τον Άρη, που μου τις παρουσίασες ως μια Πυθαγόρεια χειρονομία και με προσκαλείς να θαυμάσω. Θα πρέπει να γελάσω; Αλλά με την εξαιρετική σου φιλοπονία και την άμεμπτη φιλοδοξία σου αξίζεις κάτι καλύτερο.

Λες ότι η γεωμετρία γέννησε θυγατέρα; Την είδα. Είναι ωραία αλλά εξελίσσεται σε μια κακή πόρνη που ξελογιάζει τους συζύγους από τόσες θυγατέρες που γέννησε η Φυσική. Η υπόθεσή σου προκαλεί το ενδιαφέρον των αναγνωστών και των φιλοσόφων. Προσφέρει μια διέξοδο για τους αντιπάλους της ουράνιας φυσικής, τους προστάτες της αμάθειας... μέσω της οποίας θα ξεφύγουν από τις αλυσίδες των φυσικών μου αποδείξεων και έτσι θα είναι ελεύθεροι να κατασκευάσουν τους δικούς τους θεούς...

Αφιερώνω την ενέργειά μου στο επάγγελμά μας, αλλά όχι για να αναπτύξω κάτι το άκομψο ή για να αποκτήσω δημοτικότητα. Αν τίποτα δεν διδάσκεται εκτός αν ευχαριστεί το κοινό, τότε γιατί να διδάσκουμε γεωμετρία και ιδιαίτερα αστρονομία, που είναι πέραν των δυνατοτήτων κατανόησης από το ευρύ κοινό, με αποτέλεσμα να βρίσκουμε τόσο λίγη απόκριση; Ούτε κάνω κάτι καλύτερο: Συνυφαίνω βαθειά και τυλίγω τη θεωρία του Κοπέρνικου με μια αναθεωρημένη αστρονομία και φυσική, έτσι ώστε ή θα επιβιώσουν και οι δύο ή θα εξαφανιστούν ταυτόχρονα. Ακόμη, αν εδώ είναι το μέρος για μια προφητεία, τότε κατά τη γνώμη μου, η απέραντη μάζα από συγγράμματα πολεμικής, μαζί με τους συγγραφείς και την κριτική τους, θα φθαρούν πριν ο Αρίσταρχος και ο Κοπέρνικος ξεχαστούν».

Ο θεωρησιακός χαρακτήρας των προ-κεπλεριανών αστρονομικών υποθέσεων, οι οποίες απέκλειαν οποιαδήποτε σκέψη ότι τα φαινόμενα ίσως να χρειαζόταν να ερμηνευτούν, οδήγησε σε μερικούς υπερβολικά δογματικούς ισχυρισμούς. Σε μας

που θεωρούμε τη διαδικασία της γνώσης ως μια ατέλειωτη ακολουθία προσεγγίσεων της αλήθειας δεν είναι πολύ δύσκολο να φανταστούμε τα ενδογενή και εξωγενή εμπόδια στο δρόμο του Κέπλερ. Η κατάσταση επιδεινώθηκε από το γεγονός ότι, ενώ πάλευε για τις ιδέες του, ο Κέπλερ ταυτόχρονα υπερασπιζόταν το κοπερνίκαιο σύστημα. Τεράστιες προσπάθειες απαιτούνταν, καθώς και σημαντική εσωτερική σύγκρουση («ήμουν στημένος πίσω από χίλιους τοίχους») πριν ο αρχικός κύκλος, έχοντας παραμορφωθεί αρχικά σε μια ωοειδή καμπύλη και μετά σε μια έλλειψη με τον Ήλιο στο κέντρο της, τελικά μπορέσει να μετατραπεί σε μια έλλειψη με τον Ήλιο στη μια εστία του. Οι ουράνιοι κύκλοι είχαν μετατραπεί σε ελλείψεις· μια μεγάλη αναταραχή είχε γίνει στην αστρονομία (W. Pauli).

Ανακαλώντας τα ηρωικά χρόνια της ανάπτυξης της Κβαντικής Μηχανικής ο Χάιζενμπεργκ, στο βιβλίο του *Το μέρος και το όλο* και επίσης στο *Schritte uber Grenzen* (σελ. 107)¹, υποστηρίζει ότι η μέγιστη θεώρηση στις ανακαλύψεις του Κολόμβου δεν ήταν η ιδέα του να χρησιμοποιήσει τη σφαιρικότητα της γης για να βρει μια δυτική διαδρομή για την Ινδία, ούτε η προσεχτική προετοιμασία των εκστρατειών και ο επιδέξιος εξοπλισμός των караβελών. Η ανακάλυψη της Αμερικής έγινε δυνατή διότι το Κολόμβος έφερε σε πέρας την απόφασή του να πλεύσει δυτικά τόσο μακριά, ώστε η σκέψη για να επιστρέψει πίσω θα ήταν παράλογη.

Αν συγκρίνουμε τη *Νέα Αστρονομία* του Κέπλερ με τις διηγήσεις των μεγάλων εξερευνητών για τα ταξίδια τους, θα δούμε ότι ο Κέπλερ προχώρησε τόσο με τη πνευματική του Οδύσσεια, ώστε η επιστροφή στις παλιές έννοιες ήταν αδύνατη. Όπως παρατηρεί ο Κέπλερ, έχοντας ανακαλύψει όπως ο Κολόμβος την Αμερική του, ο Κέπλερ πίστευε ότι ανακάλυψε μια Ινδία. Οι νόμοι της κίνησης των πλανητών που ανακάλυψε ήταν πολύ διαφορετικοί από αυτούς που περίμενε από την πλούσια κληρονομιά του Tycho Brahe. Η ιδέα της παγκόσμιας αρμονίας ήταν στην πραγματικότητα ένα τραγούδι που τον τράβηξε μακριά από τις ακτές της πτολεμαϊκής αστρονομίας σε άγνωστες χώρες και τον οδήγησε στις πιο ωραίες του ανακαλύψεις.

Ακολουθώντας την πυθαγόρεια ιδέα της μουσικής των σφαιρών, ο Κέπλερ είχε ελπίσει στο *Κοσμογραφικό Μυστήριο* να βάλει την παγκόσμια αρμονία στο Προκρούστειο κρεβάτι των πέντε πλανητικών σωμάτων, και αναζήτησε τις ίδιες αναλογίες στις κινήσεις των πλανητών που παρουσιάζονται στα κανονικά πολύεδρα. Ήταν αυτή η ιδιότητα, κατά τη γνώμη του νεαρού Κέπλερ, που αντανakλούσε την εξαίσιη παγκόσμια αρμονία που κατόρθωσε να αποκαλύψει.

Αν και το μοντέλο συνολικά ήταν λανθασμένο (όπως λέμε τώρα δεν επαληθεύεται από το πείραμα), εντούτοις περιείχε ένα καταπληκτικό στοιχείο: η Γη πήρε τη θέση της μεταξύ των άλλων πλανητών - και αυτό ήταν που απαιτούσε η αρμονία! Η ανάγκη να αναμορφώσει μερικές λεπτομέρειες του μοντέλου του, ανάγκασε τον Κέπλερ να στραφεί στον Tycho Brahe. Αλλά ο στόχος της δουριάς του Κέπλερ παρέμενε αναλλοίωτος: να επιβεβαιώσει την αρμονία του κόσμου που βρήκε. Να πώς ο ίδιος ο Κέπλερ έγραφε γι' αυτό το γεγονός σε ένα γράμμα στον Hegwart von Hehenburg, στις 12 Ιουλίου του 1600: «...Θα τελειώνω το βιβλίο μου για τις Αρμο-

νίες του Κόσμου, εάν η αστρονομία του Tycho δεν με συντάραζε τόσο που σχεδόν έχασα το μυαλό μου. Προσπάθησα πολύ να σκεφτώ τι επιτέλεον μπορούσε να κάνει κανείς πάνω σ' αυτό το θέμα. Διότι, στ' αλήθεια, ένας από τους κύριους λόγους που τον επισκέφθηκα ήταν να πάρω από αυτόν κάποιες πιο εκκεντρικές ιδέες, με τις οποίες θα μπορούσα να δοκιμάσω το *Μυστήριό* μου καθώς και τις *Αρμονίες* μου».

Η έρευνά του για συμμετρίες (στη γλώσσα του Κέπλερ λέγονται αρμονίες) τον οδήγησε, επίσης, να βρει τον τρίτο νόμο, το νόμο των τριών δευτέρων.

Απ' όλες τις τρελλές σκέψεις του Κέπλερ εκείνη της παγκόσμιας αρμονίας ήταν η πιο ακραία. Ήταν αυτή η έννοια που τον έκανε ικανό να φτάσει στην κορυφή της επιστήμης, ενώ για τον ίδιο λόγο παρέμεινε ακατανόητος τόσο στους σύγχρονούς του όσο και στους μεταγενέστερους.

Αυτό το παράδοξο είχε μια πολύ απλή εξήγηση. Από την εποχή του Κέπλερ μέχρι τη δική μας έχει κυριαρχήσει στην επιστήμη μια τάση που κατά σύμβαση καλείται κλασική, η Νευτώνεια, προς τιμήν του πιο σημαντικού της αντιπροσώπου. Το σύγγραμμα *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* (η λέξη μαθηματικά στον τίτλο αυτού του βιβλίου είναι πλήρης σημασίας) πρέπει να θεωρείται ένα λαμπρό παράδειγμα στην κλασική κατεύθυνση.

Οι υποστηρικτές της άλλης σχολής βλέπουν το κλειδί για την κατανόηση των φυσικών νόμων σε διάφορες ερμηνείες της συμμετρίας, τις παραβιάσεις της, κ.λπ. Στην εποχή του Κέπλερ η αρμονία των πολυέδρων αρχικά εκφραζόταν με το σχήμα των πλανητικών σωμάτων. Το περιεχόμενό της αργότερα εμπλουτίστηκε με στοιχεία δυναμικής, διότι κάποια σχέση ενδογενής στην κίνηση των πλανητών είχε αναγνωριστεί ως αρμονική, και αναγκαία ανεξαρτητο η συμφωνία της με την επιστήμη. Η εμμονή του Κέπλερ στην αρχή της παγκόσμιας αρμονίας ήταν αιτία των πρόσθετων προαισθησών του όταν αποκήρυξε τον κύκλο, την πιο συμμετρική από τις επίπεδες καμπύλες, για χάρη της έλλειψης. Αν και αυτή η παραβίαση της συμμετρίας γεννήθηκε από το πέρασμα σε ένα νέο και βαθύτερο επίπεδο γνώσης και είναι σήμερα ένα θέμα ρουτίνας, την εποχή εκείνη προκάλεσε εξαιρετικές δυσκολίες.

Κατά τη διάρκεια της διαμόρφωσης της θεωρίας της σχετικότητας ο Ανρί Που-ανκαρέ, υποστηρικτής της κλασικής νευτώνειας σχολής στην επιστήμη, θεωρούσε ότι οι εξισώσεις του Μάξγουελ είχαν ιδιαίτερη σημασία για την ανακάλυψη των ομαδοθεωρητικών ιδιοτήτων των μετασχηματισμών του Λόρεντζ, ενώ το λορεντζιανό αναλλοίωτο των εξισώσεων του Μάξγουελ εθεωρείτο ως μια από τις ιδιότητές τους. Αλλά ο Αϊνστάιν, ο οποίος αντιλήφθη το βασικό χαρακτήρα του αναλλοίωτου του Λόρεντζ, αναδείχτηκε ως αντιπρόσωπος της κεπλεριανής σχολής.

Θα ήταν δυνατόν η διάκριση μεταξύ των δύο αυτών σχολών στην επιστήμη να μην είναι υπεύθυνη για τους ασεβείς υπαινιγμούς στον Κέπλερ ως αστρολόγο και ακόμη ως «ένα από τα πιο σπουδαία παραδείγματα για το τι θα μπορούσε να κατορθώσει κανείς με την επιμονή, χωρίς να είναι μεγαλοφυΐα», σχόλια που ακούγονται ακόμη και σήμερα;

Το κείμενο στα εισαγωγικά πάρθηκε από το βιβλίο *Ιστορία της Δυτικής Φιλοσο-*

φίας, του Μπέρτραντ Ράσελ, αλλά μερικές γραμμές μετά από αυτό το χαρακτηρισμό, διαβάζουμε: «Η ανακάλυψη του πρώτου νόμου, σύμφωνα με τον οποίο οι πλανήτες κινούνται σε ελλείψεις, απαιτούσε μια μεγαλύτερη προσπάθεια χειραφέτησης από την παράδοση απ' ότι θα μπορούσε να αντιληφθεί ένας σύγχρονος άνθρωπος... Η αντικατάσταση των κύκλων από ελλείψεις απαιτούσε την εγκατάλειψη της αισθητικής προκατάληψης που κυβερνούσε την αστρονομία από την εποχή του Πυθαγόρα... Έτσι, πολλές βαθιά ριζωμένες προκαταλήψεις έπρεπε να απορριφθούν πριν ο πρώτος νόμος του Κέπλερ γίνει αποδεκτός... Ο δεύτερος νόμος του Κέπλερ ασχολείται με τη διαφορετική ταχύτητα ενός πλανήτη σε διαφορετικά σημεία της τροχιάς του... Αυτό πάλι ήταν σκανδαλιστικό. Ένας πλανήτης θα έπρεπε να είναι πολύ μεγαλοπρεπής για να βιάζεται σε ένα σημείο και να χασομεράει σε άλλο...»

Δεν ήταν αυτές τρελλές ιδέες για έναν άνθρωπο που ήταν προικισμένος μόνο με υπομονή; Ο Αϊνστάιν είναι αλήθεια ότι αναφερόταν με μεγαλύτερη συμπάθεια για τον Κέπλερ και, ενώ τον καλεί εργατικό σαν μέλισσα, ταυτόχρονα τονίζει την εξαιρετική μέγαλοφυΐα της μεθόδου του.

Ακολουθώντας τον Νεύτωνα η Μηχανική αναπτύχθηκε στο δρόμο των μαθηματικών και της λογικής. Δεν υπήρχε πλέον χώρος για φαντασία. Μόνο κατά το τέλος του 19ου αιώνα άρχισε η συμμετρία (αρμονία) να επανεμφανίζεται.

Και είναι μόνο πολύ πρόσφατα, προ των οφθαλμών μας, που η φαντασία έχει διεισδύσει και πάλι στις φυσικές επιστήμες. Κανείς δεν ξέρει τι κρύβεται πίσω από τις λέξεις «παραδοξότητα», «παγκόσμια ασθενής αλληλεπίδραση», «κουώρκ» ...Μερικές τέτοιες λέξεις αναδύθηκαν από βιβλία μακριά από τη φυσική, από τον Τζόις και τον Φράνσις Μπέικον. Μετά βίας θα μπορούσαμε να αποφύγουμε μια νέα εκδοχή της «παγκόσμιας ψυχής» του Κέπλερ, η σημασία της οποίας αναγνωρίστηκε πολύ αργότερα, όταν ήδη ο τάφος του Κέπλερ είχε εξαφανιστεί. Σε μας που ζούμε στα τέλη του εικοστού αιώνα, η φαντασία με κανένα τρόπο δεν φαίνεται ξένη στη φυσική. Το αντίθετο: ξέρουμε με βεβαιότητα ότι ο κόσμος περιέχει πολλές άλλες όμορφες ιδιότητες και στο μέλλον θα φαίνεται ακόμη πιο συμμετρικός και αρμονικός απ' ότι νομίζουμε σήμερα. Και με αυτή την ονειροπόληση ανακαλούμε στη μνήμη μας τον υπέρτατο διανοητή και οπτιμιστή που έζησε πριν τέσσερις αιώνες, και τόλμησε να γεφυρώσει το βαθύ χάσμα που χώριζε τη φαντασία από την πραγματικότητα του σύμπαντος. Η νεότερη φυσική αναμένει τον Νεύτωνα της, αλλά ίσως η ιστορία να επαναλάβει τον εαυτό της και ο πρώτος που θα εμφανιστεί να είναι ένας νέος Κέπλερ.