

ΤΟ ΠΕΡΑΣΜΑ ΑΠΟ ΤΟ ΓΕΩΚΕΝΤΡΙΚΟ ΣΤΟ ΗΛΙΟΚΕΝΤΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ: Η ΠΑΡΑΛΛΗΛΗ ΠΟΡΕΙΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΜΕ- ΤΑΦΥΣΙΚΗΣ

Κρυσταλλία Χαλκιά

Τομέας Φυσικών Επιστημών, Τεχνολογίας και Περιβάλλοντος
Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης
Πανεπιστήμιο Αθηνών
Ναυαρίνου 13Α
10680 Αθήνα
email: kxalkia@primedu.uoa.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία επιχειρεί να διερευνήσει τους παράγοντες που επηρέασαν και καθόρισαν την επίπονη μετάβαση της ανθρωπότητας από το γεωκεντρικό στο ηλιοκεντρικό σύστημα του κόσμου. Η μετάβαση αυτή φαίνεται να κυριαρχείται από το δυναμικό διάλογο ανάμεσα στα μαθηματικά και στη φυσική. Συγκεκριμένα, ανάμεσα στο «λόγο» των μαθηματικών, που επιβάλλει την αισθητική στην μαθηματική περιγραφή του κόσμου και στο «λόγο» της φυσικής που διατυπώνει -ανάλογα με τις γνώσεις της εποχής- επιχειρήματα, τα οποία αρχικά στηρίζουν το γεωκεντρικό σύστημα και τελικά βοηθούν στην ανατροπή του. Παράλληλα όμως, κεντρικό και οργανικό στοιχείο στη θεώρηση του κόσμου αναδεικνύεται η μεταφυσική, η οποία υπολανθάνει σε όλες τις προσπάθειες των επιστημόνων για περιγραφή και ερμηνεία του κόσμου. Έτσι, μέχρι και το 17^ο αιώνα, κάθε επιστημονική απόπειρα για περιγραφή του συστήματος του κόσμου, φαίνεται να επικαθορίζεται από τις μεταφυσικές αντιλήψεις των επιστημόνων της εποχής.

Εισαγωγή

Η πορεία διαμόρφωσης του μοντέλου περιγραφής και λειτουργίας του κόσμου, αποτελεί μια από τις πιο σαγηνευτικές ιστορίες του ανθρώπινου

πολιτισμού. Στην ιστορία αυτή περιγράφονται οι αναζητήσεις και οι προσπάθειες του ανθρώπινου πνεύματος να κατανοήσει το πέραν από την κοινή εμπειρία και την κοινή λογική, το ακατανόητο (Χαλκιά & Μποτουροπούλου 2003).

Η μελέτη των αντιλήψεων που επικρατούσαν σε κάθε εποχή για το ισχύον σύστημα του κόσμου (γεωκεντρικό ή ηλιοκεντρικό) φανερώνει ότι η σύνθεση της εκάστοτε εικόνας του κόσμου διαμορφώνονταν από ένα πλήθος παραγόντων. Μεταξύ αυτών, σημαντικό ρόλο φαίνεται να έπαιξαν η μαθηματική σκέψη και η κοινή λογική, οι αισθητηριακές αντιλήψεις και η κοινή εμπειρία, οι μεταφυσικές ανησυχίες και οι θρησκευτικές προκαταλήψεις, τα πολιτικά πιστεύω και τα οικονομικά συμφέροντα, η λαϊκή κουλτούρα και η ψυχολογική στάση της κοινωνίας και τέλος οι αντιλήψεις περί αισθητικής των «επιστημόνων» της εκάστοτε εποχής.

Στο κράμα αυτών των παραγόντων, καθοριστική φαίνεται να είναι η συνεχής διαλεκτική σχέση ανάμεσα στη μαθηματική σκέψη που επιβάλλει την αισθητική στη μαθηματική περιγραφή του κόσμου και στη φυσική σκέψη που διατυπώνει καθοριστικά επιχειρήματα, τα οποία -ανάλογα με τις γνώσεις της εποχής- αρχικά στηρίζουν και τελικά βοηθούν στην ανατροπή της γεωκεντρικής εικόνας του κόσμου. Στόχος της παρούσας εργασίας είναι να αναδείξει την παραπάνω διαλεκτική σχέση μεταξύ μαθηματικών και φυσικής και ταυτόχρονα να επισημάνει την παράλληλη και διαρκή παρουσία της μεταφυσικής στο πυρήνα της σκέψης των «επιστημόνων» της εκάστοτε εποχής που τόλμησαν να διατυπώσουν ριζοσπαστικές προτάσεις για τη δομή του κόσμου.

Η εργασία θα επικεντρωθεί στο έργο μερικών μόνον από τους σημαντικούς μαθηματικούς, φιλοσόφους και φυσικούς που ασχολήθηκαν με το θέμα και οι οποίοι θα χρησιμεύσουν ως «κρίσιμα» παραδείγματα για να αναδειχθούν τα προαναφερόμενα ζητήματα.

Το γεωκεντρικό σύστημα του κόσμου, μια βαθιά ριζωμένη «γνώση»

Ακόμη και σήμερα, που το ηλιοκεντρικό σύστημα θεωρείται κατακτημένη πολιτισμική γνώση, είναι βέβαιο ότι η συντριπτική πλειοψηφία των ανθρώπων δεν μπορεί να υποστηρίξει με επιχειρήματα αυτή τη γνώση. Πολλοί μάλιστα από τους απλούς ανθρώπους πιθανόν να μην μπορούν να συμβιβάσουν τη γνώση που προκύπτει από τις εικόνες που μας έρχονται από το διάστημα με τις τη γνώση που συντίθεται από τις καθημερινές εμπειρίες τους.

Η γεωκεντρική αντίληψη για τη δομή του κόσμου φαίνεται να αντανάκλα τις βαθύτερες διαισθητικές αντιλήψεις της ανθρωπότητας που έρχονται

από τα βάθη των αιώνων και βασίζονται στην αισθητηριακή αντίληψη των ανθρώπων για τον κόσμο. Για πολλούς αιώνες, η καθημερινή εμπειρία επέβαλε συγκεκριμένα εννοιολογικά πλαίσια και νοητικά σχήματα στη ανθρωπότητα, τα οποία ακόμη και σήμερα είναι δύσκολο να ξεπεραστούν. Η καθημερινά επαναλαμβανόμενη αισθητηριακή αντίληψη ότι «ο ήλιος ανατέλλει και δύει κάθε μέρα», είναι απόηχος, αλλά και μέσον επιβολής αυτών των αντιλήψεων. Έτσι, η ανθρωπότητα ήταν απολύτως φυσικό να θεωρεί ότι η γη είναι ακίνητη και ο ήλιος, η σελήνη, οι πλανήτες και ο υπόλοιπος ουράνιος θόλος περιστρέφονται γύρω της (Westfall 1993: σ.21).

Το ανθρώπινο γένος έπρεπε να υπερβεί βαθιά ριζωμένες αντιλήψεις για να αποδεχθεί ότι η γη κινείται και ότι δεν είναι το κέντρο του κόσμου. Η αλλαγή του εννοιολογικού πλαισίου και του αντίστοιχου συστήματος αναφοράς απαιτεί το ξεπέραςμα αυτών των δύο εμποδίων. Το μικρότερο ήταν η καθημερινή εμπειρία που έμοιαζε να κάνει φανερό ότι η γη δεν κινείται. Το μεγαλύτερο εμπόδιο ήταν ότι η κινούμενη γη δεν θα μπορούσε να θεωρηθεί ως το σταθερό κέντρο του σύμπαντος, και επομένως η ανθρωπότητα θα έπρεπε να εκθρονιστεί από τον κεντρικό της ρόλο. Ένα συμπέρασμα ιδιαίτερα τρομακτικό, το οποίο ούτε οι απλοί άνθρωποι, ούτε οι πιστοί των διαφόρων θεολογικών σχημάτων ήταν διατεθειμένοι να αποδεχθούν (Hoffman 1983: p.5).

Σε αυτό το γνωστικό και πολιτισμικό πλαίσιο φαντάζει εντυπωσιακό το γεγονός ότι εμφανίστηκαν διανοητές που υποστήριξαν ανατρεπτικές απόψεις για τη δομή του σύμπαντος. Σύμφωνα με το Γαλιλαίο, για να αποδεχθεί η ανθρωπότητα την ιδέα της κινούμενης γης, έπρεπε να ξεπεράσει την αισθητηριακή αντίληψη για την κατάκτηση της γνώσης. Δηλαδή, να υπερβεί την εντύπωση που είχε, ότι ήταν δυνατόν να «δει» ότι ο ήλιος πράγματι κινείται. Έτσι, στην Τρίτη Μέρα των «Διαλόγων για τα Δύο Κύρια Συστήματα», ο Γαλιλαίος βάζει το Σαλβιάτι να εκφράζει το θαυμασμό του που ο Αρίσταρχος και ο Κοπέρνικος μπόρεσαν να «ασκήσουν τέτοια βία στις αισθήσεις τους», υπακούοντας στη λογική και όχι στις ενδείξεις της εμπειρίας (Holton 1973, p 59).

Όπως χαρακτηριστικά αναφέρει ο Westfall (1993): «*Το ηλιοκεντρικό σύμπαν απαιτούσε να θεωρήσει ο κόσμος απλή ψευδαίσθηση τη μαρτυρία των αισθήσεων σ' αυτά τα θέματα, και να την απαρνηθεί. Αναμφισβήτητα, το σοβαρότερο εμπόδιο για να γίνει αποδεκτή η νέα αστρονομία ήταν η κοινή λογική που τη διακωμωδούσε κάθε μέρα.*»

Έτσι, η υπέρβαση αυτών των δύο εμποδίων απαιτούσε την οικοδόμηση επιχειρημάτων βασισμένων στη φυσική (ερμηνεία και ενσωμάτωση των εν-

δείξεων της κοινής εμπειρίας σε μία νέα θεωρία) και ταυτόχρονα την πρόβλεψη ζωτικού χώρου για μια μεταφυσική θεώρηση των πραγμάτων.

Οι ιδιαιτερότητες της «επιστημονικής» σκέψης

Η διαμόρφωση της εικόνας του σύμπαντος σε κάθε εποχή, ενσωματώνει τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της επιστημονικής σκέψης εκείνης της εποχής. Σύμφωνα με τον Holton (1973), η επιστημονική σκέψη διαμορφώνεται κυρίως από την εμπειρία των παρατηρήσεων, από τις λογικές κατασκευές, αλλά και από την επίδραση μερικών βασικών «θεμάτων» που φαίνεται να διατρέχουν όλη την ιστορία της ανθρώπινης σκέψης και επανέρχονται ως βασικά συστατικά όλων των θεωριών. Ως τέτοια «θέματα», ο Holton (1973: σ. 60) αναφέρει το θέμα του πραγματικού κόσμου που δόθηκε από το Θεό και τον οποίο επιβλέπει από το κέντρο του ναού Του (Νεύτωνας, Κέπλερ), το θέμα της φύσης η οποία διακατέχεται και περιγράφεται από τα μαθηματικά (Γαλιλαίος, Κέπλερ) και το θέμα ότι η συμπεριφορά των πραγμάτων είναι συνέπεια των γεωμετρικών τους σχημάτων (εξαιτίας της οποίας ο Κοπέρνικος είπε ότι η γη περιστρέφεται «διότι» είναι σφαιρική).

Τα τρία αυτά βασικά συστατικά της επιστήμης που προκύπτουν από μια σύνθεση της μαθηματικής σκέψης, της φυσικής σκέψης και της λαϊκής μεταφυσικής σκέψης, φαίνεται να προσδιορίζουν την πορεία της ανθρωπότητας από το γεωκεντρικό (ανθρωποκεντρικό) σύμπαν στο ηλιοκεντρικό σύμπαν και φαίνεται να αποτελούν οργανικά στοιχεία της σκέψης όλων των μεγάλων επιστημόνων.

Τα δεδομένα πριν από τον Αρίσταρχο

Τα ονόματα των ανθρώπων που πρώτοι πρότειναν ότι η γη ίσως να κινείται, έχουν χαθεί στην αχλύ της προϊστορίας. Ο Φιλόλαος (5^{ος} π.χ. αιώνας) είναι από τους πρώτους που υποστήριξε ότι η γη κινείται, γύρω από ένα κέντρο το οποίο καταλαμβάνει όχι ο ήλιος αλλά ένα κεντρικό πυρ. Κατά την κίνησή της η γη εκτελεί δύο κινήσεις: κάθε μέρα διαγράφει μία κυκλική τροχιά και μια φορά τη μέρα περιστρέφεται γύρω από τον άξονά της. Ο Φιλόλαος ανήκε στη σχολή των Πυθαγορείων. Στο σύμπαν του συντονίζονται τα μαθηματικά και ο μυστικισμός, η αισθητική και η τολμηρή νοητική σύλληψη, καθώς και οι πρώτες προσπάθειες για κάποια φυσική εξήγηση των αιτίων κίνησης του σύμπαντος με όρους ενέργειας (κεντρικό πυρ). Το ενδιαφέρον είναι ότι ο Φιλόλαος φαίνεται να υπερβαίνει την κοινή εμπειρία βασιζόμενος όχι στα δεδομένα παρατηρήσεων, αλλά στην εσωτερική συνέπεια και αισθητική της μαθηματικής σκέψης, η οποία εκείνη την εποχή συμβάδιζε με το μυστικισμό.

Πράγματι, η αστρονομία πριν από τον Αρίσταρχο χαρακτηρίζονταν από την αντίθεση ανάμεσα στα παρατηρούμενα φαινόμενα και στη «μαθηματικο – θρησκευτική» βάση της ισχύουσας κοσμοθεωρίας (Farrington 1989, σ. 254). Έτσι, η γεωκεντρική αντίληψη του σύμπαντος δεν μπορούσε να εξηγήσει παρατηρήσεις όπως εκείνες του Μέτωνα (5^{ος} π.χ. αιώνας) και του Ευκλήμονα ότι δηλαδή ο ήλιος δε χρειάζεται τον ίδιο χρόνο για να διαγράψει τα τέσσερα τεταρτοκύκλια της τροχιάς του ανάμεσα στις ισημερίες και τα ηλιοστάσια. Επιπλέον, ο Ηρακλείδης ο Πόντιος (3^{ος} π.χ. αιώνας) κάνοντας εκτενείς παρατηρήσεις των τροχιών της Αφροδίτης και του Ερμή (εσωτερικοί πλανήτες), βγάζει το συμπέρασμα ότι δεν θα πρέπει να περιστρέφονται γύρω από τη Γη, αλλά γύρω από τον ήλιο και προχωρεί παραπέρα προτείνοντας ότι το φαινόμενο της καθημερινής περιστροφής του ουρανού γύρω από τη γη θα μπορούσε να εξηγηθεί πολύ καλά αν η γη καθημερινά γυρνάει γύρω από τον άξονά της. Αυτές οι δύο υποθέσεις κλονίσανε την ισχύουσα εικόνα του σύμπαντος αφενός διότι παραχωρούσαν στον ήλιο πρωταγωνιστικό ρόλο, κάνοντας τον δεύτερο κέντρο του σύμπαντος και αφετέρου γιατί υποχρέωναν τη έως τότε ακίνητη γη να περιστρέφεται.

Οι υποθέσεις του Ηρακλείδη είχαν να αντιμετωπίσουν τη μαθηματικο – θρησκευτική αντίληψη του σύμπαντος, που βασιζόταν στις ιδιότητες του κύκλου και της σφαίρας και εξέφραζε την εικόνα του σύμπαντος σύμφωνα με την πυθαγόρεια, πλατωνική, πρωτοαριστοτελική και στωική αντίληψη. Σύμφωνα με την αντίληψη αυτή τα ουράνια σώματα ήταν η ορατή εικόνα της θεϊκής ύπαρξης. Έτσι, το σύμπαν δεν ανήκε στη σφαίρα μελέτης της επιστήμης, αλλά της μεταφυσικής. Οι εκάστοτε ιερείς ερμήνευαν τα ουράνια δρώμενα στους απλούς ανθρώπους και έτσι έπαιζαν σημαντικό ρόλο στη διακυβέρνηση των πόλεων και των αυτοκρατοριών. Με αυτόν τον τρόπο, η συγκεκριμένη αστρονομική αντίληψη εξασφάλιζε τη σταθερότητα της αρχαίας ολιγαρχικής κοινωνίας. Οι αστρονόμοι για μια μεγάλη χρονική περίοδο από την αρχαιότητα έως της αναγέννηση συχνά έπρεπε να συμβιβάζουν τα δεδομένα των παρατηρήσεων με τις θρησκευτικές τους πεποιθήσεις. Είχαν επίγνωση ότι οποιαδήποτε νεωτεριστική πρόταση θα είχε κοινωνικές και πολιτικές συνέπειες. Γιαυτό και όσοι τόλμησαν να διατυπώσουν τέτοιες προτάσεις αντιμετωπίστηκαν ως αιρετικοί (Farrington 1993: σ.267).

Το σύμπαν του Αρίσταρχου

Σε αυτό το κλίμα εμφανίζεται, λίγο αργότερα, ο Αρίσταρχος ο Σάμιος (3^{ος} π.χ. αιώνας). Το σύμπαν του Αρίσταρχου είναι λιτό, κομψό, τολμηρό και ευθύβολο. Προτείνει με μιας αλλαγή του σκηνικού. Ο ήλιος και όχι η γη βρίσκεται στο σταθερό κέντρο του σύμπαντος. Η γη περιστρέφεται γύρω

από τον άξονά της μια φορά τη μέρα και περιφέρεται σε κυκλική τροχιά γύρω από τον ήλιο μια φορά το χρόνο. Η πιο προφανής αντίρρηση στο σύμπαν του Αρίσταρχου προέκυπτε από τις παρατηρούμενες θέσεις των αστερών, οι οποίες θα έπρεπε να ήταν διαφορετικές από τις προβλεπόμενες, πράγμα που δεν ήταν εμφανές. Ο Αρίσταρχος παραμένοντας πιστός στην πρότασή του υποστήριξε θαρραλέα κάτι ακόμη πιο τολμηρό, ότι δηλαδή τα αστέρια θα έπρεπε να βρίσκονται απείρως μακρύτερα απ' ό,τι μέχρι τότε πίστευαν. Έτσι, το μαθηματικό σύμπαν του Αρίσταρχου όχι μόνον ανέτρεπε την εικόνα του κόσμου, αλλά άπλωνε και τα όρια αυτού του κόσμου.

Εξαιτίας της «αιρετικής» πρότασής του, που μετατόπιζε τη γη από το κέντρο του σύμπαντος, οι σύγχρονοί του (ο Κλεάνθης, αρχηγός της σχολής των στωικών στην Αθήνα) επιτέθηκαν στον Αρίσταρχο, κατηγορώντας τον ως άθεο (Farrington 1993: σ.257). Η κατηγορία αυτή δυστυχώς έμελλε να ακολουθεί όσους τόλμησαν να υποστηρίξουν το ηλιοκεντρικό σύστημα κατά τη διάρκεια των επόμενων 18 αιώνων.

Επιχειρήματα εναντίον του ηλιοκεντρικού συστήματος του Αρίσταρχου

Το ενδιαφέρον είναι ότι το μαθηματικό σύμπαν του Αρίσταρχου, παρά το τολμηρό των προτάσεών του δε χάραξε με οποιονδήποτε τρόπο την εποχή του. Ο μόνος που φάνηκε να το ασπάστηκε με ιδιαίτερη θέρμη και μάλιστα ως φυσικό και όχι ως μαθηματικό γεγονός ήταν 100 χρόνια μετά τον Αρίσταρχο, ο Σέλευκος ο Βαβυλώνιος (.Farrington 1993: 257, Lloyd 1996: 268). Όμως, ούτε το σύμπαν του Σέλευκου βρήκε ιδιαίτερη απήχηση στους αστρονόμους της εποχής του. Και προκαλεί εντύπωση πως αστρονόμοι με ιδιαίτερες γνώσεις, ενόραση και ευφυΐα, όπως ο Ίππαρχος (2^{ος} μ.Χ. αιώνας) και ο Πτολεμαίος (2^{ος} μ.Χ. αιώνας) δεν υιοθέτησαν το ηλιοκεντρικό σύστημα, αλλά αντίθετα προτίμησαν να επεξεργαστούν περαιτέρω το γεωκεντρικό σύστημα, δεχόμενοι ότι αποτελεί απόλυτη και αδιαμφισβήτητη γνώση.

Οι λόγοι για τη μη υιοθέτηση και εγκατάλειψη του ηλιοκεντρικού συστήματος είναι πολλοί. Έτσι, τα επιχειρήματα που κατά καιρούς είχαν προβληθεί ήταν (Lloyd 1996, σ. 269):

α) Επιχείρημα φυσικής ενάντια στην κίνηση της γης, που αφορούσε τα παρατηρούμενα αποτελέσματα της βαρύτητας στη γη. Ο Αριστοτέλης, ήδη τον 4^ο π.χ. αιώνα, είχε προβάλλει το εξής επιχείρημα ενάντια στην κίνηση της γης: Είναι γνωστό ότι τα αντικείμενα τα οποία εκτοξεύονται κατευθείαν προς τα πάνω, ξαναπέφτουν στη γη στο ίδιο μέρος (σημείο) από όπου εκτοξεύτηκαν. Εάν όμως η γη κινούνταν, θα έπρεπε τα εκτοξευόμενα αντικείμενα

να, κατά το ταξίδι τους αρχικά προς πάνω και ύστερα προς τα κάτω, να πέσουν πίσω από το σημείο από το οποίο εκτοξεύτηκαν.

β) Επιχείρημα φυσικής ενάντια στην κίνηση της γης, που αφορούσε τα αποτελέσματα της ταχύτατης περιστροφής της γης στα αντικείμενα που βρίσκονται στον αέρα. Ο Πτολεμαίος, τον 2^ο μ.Χ. αιώνα, πρόβαλλε το εξής επιχείρημα ενάντια στην κίνηση της γης: Εάν η γη περιστρέφεται γύρω από τον άξονά της σε μία μέρα, οι διάφοροι τόποι στην επιφάνειά της θα έπρεπε να έχουν ταχύτητες έως 2000 Km/h. Όμως, τέτοιες ταχύτητες θα δημιουργούσαν ανέμους και καταιγίδες σκόνης απίστευτης ορμής, με αποτέλεσμα τον καταποντισμό πλοίων, το ξερίζωμα δασών, την ερήμωση πόλεων, κ.ο.κ.. Φαινόμενα όμως όπως τα παραπάνω δεν παρατηρούνται.

γ) Επιχείρημα αστρονομίας εναντίον της ηλιοκεντρικότητας. Αφορούσε τη φαινομενική απουσία αστρικής παράλλαξης, δηλαδή της μεταβολής στις σχετικές θέσεις των αστερών, όπως φαίνονται από τη γη σε διαφορετικά σημεία της τροχιάς της.

δ) Επιχείρημα αστρονομίας, που αφορούσε το πρόβλημα της ανισότητας στη διάρκεια των εποχών. Το πρόβλημα, ήδη γνωστό από τον 4^ο π.χ. αιώνα, δεν μπορούσε να εξηγηθεί με μόνη την ηλιοκεντρικότητα.

ε) Επιχείρημα αστρονομίας, που αφορούσε το πρόβλημα των ανώμαλων κινήσεων της σελήνης, και το οποίο η ηλιοκεντρικότητα ήταν ανεπαρκής για να επιλύσει.

Έτσι, το σύμπαν του Πτολεμαίου βασίστηκε σε δύο παραδοχές: 1) Στην άποψη των αρχαίων Ελλήνων ότι οι νόμοι που κυβερνούν τους ουρανοί είναι πολύ διαφορετικοί από εκείνους που κυβερνούν τη γη (μεταφυσική αντίληψη), και 2) στην άποψη των Πυθαγορείων ότι πρέπει να υπάρχει στους ουρανοί μια υπέρτατη τελειότητα, πράγμα που επιβάλλει τον κύκλο ως το σχήμα της τροχιάς των πλανητών (αντίληψη μαθηματικής αισθητικής).

Η τελική αποδοχή του ηλιοκεντρικού συστήματος

Την τελική απάντηση, στη διαμάχη μεταξύ ηλιοκεντρικού και γεωκεντρικού συστήματος, κλήθηκαν να δώσουν οι αστρονόμοι και φυσικοί του 16^{ου} και 17^{ου} μ.Χ. αιώνα.

Πρώτος ο Κοπέρνικος (16^{ος} αιώνας) τοποθετείται και επαναδιατυπώνει το ηλιοκεντρικό σύμπαν του Αρίσταρχου. Ο Κοπέρνικος κατέληξε στο ηλιοκεντρικό σύστημα για λόγους συνέπειας και αισθητικής κομψότητας. Θεώρησε δηλαδή ότι το Πτολεμαϊκό σύμπαν ήταν υπερβολικό και φλύαρο, με τους προτεινόμενους κύκλους και επικύκλους, ενώ αντίθετα το σύμπαν του Κοπέρνικου ήταν πιο λιτό και κομψό, και επομένως πιο συνεπές με τις

θεολογικές πεποιθήσεις του. Το σύμπαν του Κοπέρνικου ήταν μαθηματικά λεπτοδουλεμένο και συνεπώς απλό. Επιτρέπει τον υπολογισμό των σχετικών αποστάσεων των πλανητών από τον ήλιο, κάτι πολύ πέρα από τις δυνατότητες του Πτολεμαϊκού συστήματος.

Ενδιαφέρον έχει να επισημάνουμε μια περίεργη ασυνέπεια στο σύστημα του Κοπέρνικου. Ο Κοπέρνικος δεν τόλμησε να εξοστρακίσει εξ ολοκλήρου τη γη από τον κεντρικό της ρόλο. Τελικά, ο ακίνητος ήλιος δεν ήταν στο κέντρο της γήινης τροχιάς, αλλά ήταν κάπως μετατοπισμένος. Το κεντρικό σημείο των πλανητικών κινήσεων δεν ήταν ο ήλιος, αλλά το άδειο, χωρίς ύλη κέντρο της γήινης τροχιάς (Hoffman, 1983: 11). Επομένως έστω και έμμεσα η γη ήταν ακόμη κυρίαρχη, παραχωρώντας το κέντρο της τροχιάς της στην επίβλεψη του θείου. Από αυτήν την άποψη φαίνεται ότι ο Κοπέρνικος ήταν συντονισμένος με την μακρά μαθηματικο – θρησκευτική παράδοση των αστρονόμων.

Ακολουθώντας αυτήν την παράδοση, οι επόμενοι μεγάλοι αστρονόμοι προτείνουν λύσεις που βασίζονται περισσότερο στα επιχειρήματα της φυσικής. Μεταξύ αυτών ο Κέπλερ (16^{ος} – 17^{ος} αιώνας) ήταν ένας περίεργος συνδυασμός μυστικιστή και επιστήμονα. Πιστός στην παράδοση των πυθαγορείων, προσπάθησε να ερμηνεύσει το σύμπαν με όρους μαθηματικής αισθητικής και μεταφυσικής. Αλλά δεν περιορίστηκε σε αυτό, μελέτησε το σύμπαν με την ανησυχία και τη σκέψη ενός φυσικού. Έτσι, ακολουθώντας πιστά τις εξαντλητικές αστρονομικές παρατηρήσεις του Tycho Brahe, τις οποίες θεώρησε αξιόπιστες, μπόρεσε να υπερβεί την ακλόνητη παράδοση πολλών αιώνων για το κυκλικό σχήμα των πλανητικών τροχιών, των συνυφασμένων με την έννοια της θεϊκής κατασκευής και να οδηγηθεί στις ελλειπτικές τροχιές των πλανητών. Επιπλέον, ακολουθώντας τις έρευνες του άγγλου φυσικού Gilbert, αποδέχθηκε ότι κάποια περιστρεφόμενη μαγνητική επιρροή από τον ήλιο πρέπει να υποχρεώνει τους πλανήτες στην κίνησή τους. Όμως, τότε το κέντρο των πλανητικών τροχιών θα ήταν ο ήλιος και όχι το άδειο, άυλο κέντρο του Κοπερνίκειου συστήματος. Βάσει αυτού, ο Κέπλερ προικισμένος με εξαιρετική μαθηματική ενόραση «διάβασε» τα δεδομένα των παρατηρήσεων και διατύπωσε τρεις εμπειρικούς, απλούς και κομψούς νόμους για το ηλιακό σύστημα.

Έτσι, στην περίπτωση του Κέπλερ, παρατηρούμε πως μια μαθηματική διάνοια με έντονες μυστικιστικές επιρροές μπορεί ταυτόχρονα να λειτουργήσει και ως γνήσιος φυσικός, που προσπαθεί να μείνει πιστός και να ερμηνεύσει τα δεδομένα των παρατηρήσεων, που αναζητά την αιτία κίνησης των πλανητών σε φυσικά αίτια, που είναι έτοιμος να προσαρμόσει τη θεωρία του και τις θεολογικές πεποιθήσεις του στα εμπειρικά δεδομένα των παρα-

τηρήσεων. Όπως σχολιάζει ο Westfall (1993:7): «Ο Κέπλερ επεδίωκε να ανακαλύψει την πραγματική μαθηματική δομή και τα πραγματικά φυσικά αίτια, τα οποία έπρεπε να συμφωνούν με τις παρατηρήσεις, κι αρνιόταν να επιβάλλει στη φύση θεωρίες *a priori*, κατάφωρα αντίθετες με τις διαπιστώσεις των παρατηρήσεων». Ενώ σύμφωνα με τον Holton (1973: 81), ο Κέπλερ αποδίδει στον ήλιο τρεις βασικούς ρόλους, που αποκαλύπτουν και τις βαθύτερες απόψεις του ίδιου του Κέπλερ για την περιγραφή και ερμηνεία του κόσμου. Έτσι, θεωρεί ότι το σύμπαν κατευθύνεται και καθοδηγείται από τον ήλιο ο οποίος φαίνεται να λειτουργεί: α) ως μαθηματικό κέντρο για την περιγραφή των πλανητικών κινήσεων (μαθηματική άποψη), β) ως κεντρικός παράγων και επόπτης για την διασφάλιση της συνεχιζόμενης κίνησης των πλανητών (φυσική άποψη), και γ) πάνω απ' όλα, ως το κέντρο του ναού του Θεού (μεταφυσική άποψη).

Εκείνος όμως που πραγματικά υποστήριξε με επιχειρήματα το Κοπερνίκειο σύστημα ήταν ο Γαλιλαίος (16^{ος} – 17^{ος} αιώνας). Ο Γαλιλαίος με τη βοήθεια του τηλεσκοπίου ανακαλύπτει τα 4 φεγγάρια του Δία να κινούνται γύρω από αυτόν και καταλαβαίνει ότι ο Κοπερνίκος έχει δίκιο. Υποστηρίζει με θέρμη το ηλιοκεντρικό σύστημα και γιαυτό διώκεται από την εκκλησία, η οποία 18 αιώνες μετά τον Αρίσταρχο, χαρακτηρίζει τις ιδέες του ως αιρετικές. Η δημοσίευση του εκλαϊκευτικού βιβλίου του «Διάλογοι για τις δύο νέες επιστήμες» αμφισβητεί τα πιστεύω αιώνων (Hoffman 1986: 24).

Ο Γαλιλαίος όμως, πέρα από την τεκμηρίωση του ηλιοκεντρικού συστήματος, το οποίο -μέσω του τηλεσκοπίου- έγινε πια κτήμα της κοινής εμπειρίας, μελέτησε έννοιες φυσικής και προετοίμασε το έδαφος για το Νεύτωνα. Συγκεκριμένα, άνοιξε το δρόμο στο Νεύτωνα, υποδεικνύοντάς του πώς να σκέφτεται με τα ημιρεαλιστικά (νοητικά) πειράματά του, και σύντομα έφτασε στο δρόμο της αδράνειας.

Πράγματι, ο Γαλιλαίος διαπίστωσε ότι τα συμπεράσματά του τον οδηγούσαν σε μια πανάρχαια ιδέα. Συγκεκριμένα, έφτασε στο συμπέρασμα ότι, με απουσία αντίστασης του αέρα, μια ελεύθερη σφαίρα που κυλάει σε λείο οριζόντιο επίπεδο, θα κινείται επ' άπειρον με σταθερή ταχύτητα. Αλλά, «οριζόντιο» σημαίνει σταθερό ύψος, και σε μία σφαιρική γη, μια γραμμή σταθερού ύψους δεν θα ήταν ούτε ευθεία, ούτε άπειρου μήκους, θα ακολουθούσε τη γη και γιαυτό θα ήταν κυκλική. Στην πραγματικότητα ο Γαλιλαίος απέδειξε ότι η φυσική τάση των ελεύθερων σωμάτων δεν είναι να κινούνται ομοιόμορφα σε ευθεία γραμμή, αλλά να κινούνται ομοιόμορφα σε κύκλους ομόκεντρους της γης. Μια αντίληψη που φαινόταν να επιβεβαιώνει την αρχαία ιδέα της ουράνιας τελειότητας της κυκλικής κίνησης γύρω από τη γη (Hoffman 1986: 30).

Την ιδέα της αδράνειας αξιοποίησε ο Νεύτωνας (17^{ος} αιώνας), ο πρώτος ίσως μεγάλος φυσικός, ο οποίος σε λίγες σύντομες προτάσεις διατυπώνει τους νόμους της κίνησης, που μαζί με το νόμο της παγκόσμιας έλξης αποκαλύπτουν την ενότητα του ουρανού και της γης. Έτσι, ο Νεύτωνας τόλμησε κάτι ακόμη πιο ριζοσπαστικό. Δίνει στους νόμους του κοσμική ισχύ και ισχυρίζεται ότι οι ίδιοι φυσικοί νόμοι ισχύουν παντού στο σύμπαν. Για να το κάνει αυτό χρειάστηκε να εφεύρει τον απόλυτο χώρο και χρόνο, διότι δεδομένου ότι η γη κινείται δεν θα μπορούσε να αναφερθεί σε καταστάσεις οι οποίες απαιτούν συνθήκες ακινησίας.

Όμως, αυτή η προϋπόθεση του ιδεατού χώρου την οποία έθεσε ο Νεύτωνας, προκειμένου να μπορέσει να εντάξει (να δώσει υπόσταση) στους νόμους του, υποδεικνύει εν τέλει το μεταφυσικό στοιχείο από το οποίο διαποτίζεται η κοσμοθεωρία του (Παλαιού 2003). Άλλωστε, η φύση του χωρόχρονου, ο «εγκέφαλος» του Θεού κατά το Νεύτωνα, φαίνεται ότι ήταν από τα κυρίαρχα προβλήματα που τον κυνηγούσαν σε όλη του τη ζωή (Holton, 1973: 53).

Με το Νεύτωνα, η γη χάνει οριστικά τη μοναδικότητά της και οι ουρανοί το ανεξήγητο μυστήριο τους, όχι όμως και ο Θεός στον οποίο επιφυλάσσει μια ιδιαίτερη και ουσιαστική θέση στο σύμπαν του. Το σύμπαν του Νεύτωνα είναι απλό, αλλά καθοδηγείται απόλυτα από το Θεό. Η δε φυσική του περιγράφει ένα σύμπαν το οποίο διαπεράται από την παρουσία του θείου. Σύμφωνα με τον Holton (1973: 52) στη φυσική του Νεύτωνα: *«Ο ίδιος ο θεός βρίσκεται πίσω από τη σκηνή του κόσμου και, όπως ένας κουκλοπαίκτης, κινεί με αόρατα νήματα τις μαριονέτες, οι οποίες εκφράζουν τις σκέψεις Του και λειτουργούν σύμφωνα με τις εντολές της μεγάλης Του διάνοιας».*

Επίλογος

Το μακρύ ταξίδι από το γεωκεντρικό στο ηλιοκεντρικό σύστημα του κόσμου αναδεικνύει τους δαιδάλους που ακολούθησε η επιστημονική σκέψη πριν τελικά αποδεχθεί το ηλιοκεντρικό σύστημα του κόσμου. Στο ταξίδι αυτό, μέσα από μερικά «κρίσιμα» παραδείγματα, προβάλλεται το πολυσύνθετο πλέγμα των παραγόντων οι οποίοι φαίνεται να επηρεάζουν και, εν πολλοίς, καθορίζουν τον τρόπο σκέψης των φιλοσόφων – επιστημόνων της εκάστοτε εποχής. Μεταξύ αυτών, κυρίαρχο ρόλο έχει η μαθηματική σκέψη, αλλά όσο περνούν τα χρόνια εμφανίζεται στο προσκήνιο με δυναμικά επιχειρήματα η φυσική, ενώ η μεταφυσική πάντοτε υπολανθάνει στην ερμηνεία των πραγμάτων. Έτσι, στον πυρήνα της επιστημονικής σκέψης των «επιστημόνων» της εποχής εντοπίζεται η μεταφυσική ως καθοριστικό στοιχείο της θεώρησης του κόσμου. Το στοιχείο αυτό φαίνεται να υποχωρεί

τους επόμενους αιώνες, ιδίως μετά το γαλλικό διαφωτισμό, όταν η επιστήμη θα δώσει μάχες για να αποδεσμευτεί από τα οράματα και τους εφιάλτες της παιδικής της ηλικίας.

Βιβλιογραφία

- Farrington B., *Η επιστήμη στην αρχαία Ελλάδα*, Εκδόσεις Κάλβος (Μετάφρ. Ν. Ραΐση), 1989.
- Hoffman B., *Relativity and its roots*, General Publishing Company, Canada, and Constable and Company, United Kingdom, 1983.
- Holton G., *Thematic Origins of Scientific Thought: Kepler to Einstein*, Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts and London, England, 1973.
- Lloyd G., *Αρχαία Ελληνική Επιστήμη: Μέθοδοι και Προβλήματα*, Εκδόσεις Αλεξάνδρεια (Μεταφρ. Χ. Μπάλλα), 1996.
- Westfall R., *Η συγκρότηση της σύγχρονης επιστήμης*, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης (Μεταφρ. Κ. Ζήση), 1993.
- Παλαιοπούλου Ρ., *Ο Καντ και η Νευτώνεια (μετα)φυσική*, Πρακτικά του 2^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου, με θέμα: «Η συμβολή της Ιστορίας και Φιλοσοφίας των Φυσικών Επιστημών στη Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών», σ. 225-230, 2003.
- Χαλκιά Κ. & Μποτουροπούλου Ι., *Πρώιμες προσπάθειες μετασχηματισμού της επιστημονικής σε δημόσια γνώση: «Ο Ουρανός», ένα εκλαϊκευτικό βιβλίο αστρονομίας του 19^{ου} αιώνα*, Πρακτικά του 2^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου, με θέμα: «Η συμβολή της Ιστορίας και Φιλοσοφίας των Φυσικών Επιστημών στη Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών», σ. 407-413, 2003.

THE PASSAGE FROM THE GEOCENTRIC TO THE HELIOCENTRIC SYSTEM: THE PARALLEL ROUTE OF SCIENCE AND METAPHYSICS

ABSTRACT

The present study attempts to investigate the way humanity's conception of the world has made the critical rite of passage from the geocentric to the heliocentric system of the world. This transition seems to have been dominated by the dynamic dialogue between mathematics and physics. The rhetoric and the rationale of mathematics established the aesthetics in the mathematical description of the world. The rhetoric and rationale of physics supplied various arguments, originally supporting the geocentric system, while later contributing to its rejection. However, parallel to this dialogue, metaphysics proved to be a central and organic element in shaping the humanity's picture of the world. Metaphysics had a latent effect on every scientist's efforts to describe and interpret the world. Thus, up to the 17th century, every scientific effort for describing the structure of the world seems to be colored by the metaphysical conceptions prevailing in each historical period.