

Ο Γαλιλαίος και η διάψευση της πτολεμαϊκής κοσμολογίας

Σε μια επιστολή του προς τον Ιουλιανό των Μεδίκων με ημερομηνία 1 Ιανουαρίου 1611 ο Γαλιλαίος ανέφερε τις παρατηρήσεις του για την Αφροδίτη, τις οποίες είχε καταγράψει τους τρεις προηγούμενους μήνες, καθώς και τον τρόπο με τον οποίο είχε καταφέρει «να δει με τις ίδιες τις αισθήσεις όσα δεν είχε ποτέ αμφισβητήσει ο νους». Καταρχήν είχε παρατηρήσει ότι η Αφροδίτη ήταν στρογγυλή και πολύ μικρή· στη συνέχεια παρέμεινε στρογγυλή για ένα διάστημα, αν και φαινόταν να αυξάνει τη διάμετρό της· όταν έφτασε τη γωνία της μέγιστης απόστασης από τον Ήλιο άρχισε να γίνεται λιγότερο στρογγυλή και σε μερικές ημέρες είχε ελαττωθεί σε «ένα τέλειο ημικύκλιο»· κατόπιν άρχισε και πάλι να ελαττώνεται και να εμφανίζει «κέρατα», τα οποία διαμορφώνονταν ολοένα και εντονότερα, ώσπου στο τέλος ο πλανήτης διέθετε «πολύ έντονα διαμορφωμένα κέρατα»!

Στο Σχ. 1 απεικονίζονται ορισμένες από τις φάσεις της Αφροδίτης, όπως ακριβώς τις σχεδίασε ο Γαλιλαίος. Η «γεμάτη» Αφροδίτη έχει μια διάμετρο καταφανώς μικρότερη από όταν εμφανίζεται με «κέρατα». Ο λόγος είναι απλός: η παρατήρηση της πλήρους Αφροδίτης από τη Γη προϋποθέτει ότι σε σχέση με τη Γη βρίσκεται πέρα από τον Ήλιο. Επομένως, παρατηρούμε την πλήρη Αφροδίτη όταν βρίσκεται σε μεγάλη απόσταση από μας. Όταν είναι πιο κοντά, παρατηρούμε μόνο ένα μικρό τμήμα της, το οποίο φωτίζεται, και ο πλανήτης λαμβάνει, έτσι, το χαρακτηριστικό σχήμα που προαναφέραμε, ή ακόμη εξαφανίζεται τελείως στην ακραία περίπτωση που βρίσκεται ουσιαστικά επί της ευθείας που συνδέει τη Γη με τον Ήλιο.

Συνεπώς, παρατηρούμε μόνο ένα μέρος της Αφροδίτης όταν βρίσκεται κοντά στη Γη και η διάμετρός της μας παρουσιάζεται αντίστοιχα μεγαλύτερη. Οι παρατηρήσεις αυτές ήταν σημαντικές για δύο λόγους: από τη μια εξάλειψαν μια δυσκολία υπέρ του κοπερνίκειου συστήματος και από την άλλη ήταν σε πλήρη ασυμφωνία με το πτολεμαϊκό σύστημα.

Στο πτολεμαϊκό σύστημα η Αφροδίτη εκινείτο σε περιφέρεια (επίκυκλος) της

οποίας το κέντρο εκτελούσε ομαλή κυκλική κίνηση γύρω από τη Γη, το ακίνητο κέντρο του σύμπαντος. Ωστόσο, η περιφορά αυτή ήταν σε συμφωνία με την περιφορά του Ηλίου και μάλιστα με τέτοιο τρόπο ώστε το σημείο Ε βρισκόταν πάντοτε πάνω στην ευθεία που συνέδεε τη Γη με τον Ήλιο (βλ. Σχ. 2). Η υπόθεση αυτή ήταν αναπόφευκτη για τη ψυχρή κοσμολογία, αφού χρησίμευσε για την εξήγηση της σταθερότητας της θέσης της Αφροδίτης στη γειτονιά του Ηλίου: Η Αφροδίτη δεν είναι παρά ο «Αυγερινός» λίγο πριν την ανατολή του Ηλίου. Σε κάθε περίπτωση, η Αφροδίτη, όπως φαίνεται από τη Γη, βρίσκεται πάντα κοντά στον Ηλιο και δεν υπάρχει αποδεκτή κοσμολογία που να παραβλέπει αυτό το παρατηρησιακό δεδομένο. Γι' αυτό το λόγο το κέντρο Ε του επίκυκλου της Αφροδίτης είχε τοποθετηθεί στο τμήμα που συνδέει τη Γη με τον Ήλιο.

Εάν ο Πτολεμαίος είχε δίκιο θα ήταν δυνατή η παρατήρηση μόνο τμημάτων της Αφροδίτης, αλλά ποτέ ολόκληρης. Ο Γαλιλαίος παρατηρώντας την Αφροδίτη να «γεμίζει» είχε την απόδειξη ότι ο πλανήτης αυτός μπορεί να βρεθεί πέρα από τον Ήλιο (σε σχέση με τη Γη), υπογράφοντας, έτσι, τη θανατική καταδίκη του πτολεμαϊκού συστήματος.

Επιπλέον, ο Γαλιλαίος διεπίστωσε ότι το ίδιο συνέβαινε «με τον Ερμή, όπως και με την Αφροδίτη», και συνεπέρανε: «Η Αφροδίτη πρέπει οπωσδήποτε να περιφέρεται γύρω από τον Ήλιο, το ίδιο ο Ερμής και όλοι οι υπόλοιποι πλανήτες, κάτι που υποστήριξαν οι Πυθαγόρειοι, ο Κοπέρνικος, ο Κεπλερ κι εγώ, αλλά δεν ήταν αποδεδειγμένο από τις αισθήσεις όπως τώρα, στην περίπτωση της Αφροδίτης και του Ερμή».

Διαστάσεις Αφροδίτης και Άρη

Υπήρξε ένα σημαντικό πρόβλημα στην κοπερνίκεια κοσμολογία, το οποίο δεν κατόρθωσε να λύσει ούτε ο ίδιο ο Κοπέρνικος. Εάν ήταν αληθές ότι όλοι οι πλανήτες περιφέρονται γύρω από τον Ήλιο (και όχι γύρω από τη Γη), η απόσταση Γης - Αφροδίτης θα μεταβαλλόταν περισσότερο από 6 φορές όταν η τελευταία εκινείτο από το ελάχιστο (συζυγία με τη Γη) προς το μέγιστό της (αντίθεση). Αντίστοιχα, η ορατή επιφάνεια του δίσκου της Αφροδίτης θα αυξανόταν κατά 40 φορές. Υποθέτοντας ότι ένας δίσκος 40 φορές μεγαλύτερος παρήγαγε κατά 40 φορές εντονότερο φως, θα έπρεπε να είναι παρατηρήσιμες ανάλογες μεγάλες μεταβολές στη φωτεινότητα της Αφροδίτης· όμως στην πραγματικότητα αυτές κυμαίνονται από 1-2 μεγέθη. Η ύπαρξη αυτής της αναντιστοιχίας μεταξύ πρόβλεψης και παρατήρησης ήταν γνωστή την εποχή του Κοπέρνικου και χρησίμευσε στον Οσίανδρο, στην πολύ προσεκτική εισαγωγή στο *De Revolutionibus*, ως απόδειξη του ισχυρισμού του ότι οι προτάσεις του Κοπέρνικου θα έπρεπε να εκλαμβάνονται ως μια βολική μέθοδος υπολογισμού και όχι ως η πραγματική δομή του σύμπαντος.

Οι παρατηρήσεις του Γαλιλαίου συνεισέφεραν σημαντικά στην επίλυση αυτού του προβλήματος: Όταν η Αφροδίτη είναι «γεμάτη» έχει μικρό μέγεθος επειδή

βρίσκεται σε μεγάλη απόσταση, ενώ τα κέρατά της είναι μεγάλα επειδή τότε ο πλανήτης είναι κοντά στη Γη. Τα δύο φαινόμενα (της αύξησης του δίσκου και της ελάττωσης του φωτιζόμενου μέρους της) αλληλοαναιρούνται σε μεγάλο βαθμό και, όπως παρατηρούμε, η φωτεινότητα της Αφροδίτης μπορεί πρακτικά να μεταβληθεί λίγο. Όπως λέει ο ίδιος ο Γαλιλαίος, «η Αφροδίτη, στη νυχτερινή της συζυγία όταν βρίσκεται κάτω από τον Ήλιο θα έπρεπε να λάμπει σχεδόν κατά 4 φορές περισσότερο απ' ότι στην πρωινή συζυγία: όμως στην ουσία δεν φαίνεται ούτε καν να διπλασιάζει το φως της. Εκτός του φαινομένου του φωτισμού η Αφροδίτη έχει σχήμα δρεπανιού και τα άκρα του, που είναι λεπτά, δέχονται το φως του Ηλίου υπό γωνία, και επομένως, μάλλον αδύναμα: οπότε, αφού είναι μικρή και εξασθενημένη, ο φωτισμός της δεν διαθέτει την ισχύ και τη λαμπρότητα που έχει όταν μας αποκαλύπτει ολόκληρο το ημισφαίριό της να λάμπει».

Το προηγούμενο απόσπασμα αφηγείται ο Salviati στο *Dialogue Concerning the Two Chief World Systems*, και αμέσως μετά, ο Sagredo αναφωνεί στο ίδιο ζήτημα: «Ω, Nicholas Copernicus, πόσο ευτυχισμένος θα ήσουν αν έβλεπες αυτό το μέρος του συστήματός σου να επιβεβαιώνεται με τόσο σαφή πειράματα!»

Μια περαιτέρω επιβεβαίωση του κοπερνίκειου συστήματος προέρχεται από τις παρατηρήσεις του δίσκου του Άρη, ο οποίος, παρατηρούμενος με τηλεσκόπιο, παρουσιάζει μεταβολές κατά 60 περίπου φορές στην ορατή επιφάνειά του, όπως προέβλεψε ο Κοπέρνικος, και όχι μόνο λίγες φορές, όπως είχε προβλέψει ο Πτολεμαίος. Και σ' αυτή την περίπτωση έχουμε άλλη μια αυστηρή απόρριψη του πτολεμαϊκού συστήματος.

Εύκολα αναρωτάται κάποιος: γιατί πριν τον Γαλιλαίο οι αστρονόμοι δεν συνειδητοποίησαν δια γυμνού οφθαλμού ότι η φωτεινότητα του Άρη και της Αφροδίτης δεν μεταβαλλόταν όπως προέβλεπε το πτολεμαϊκό σύστημα; Η λύση που έδωσε ο Γαλιλαίος σ' αυτό το δευτερεύον πρόβλημα δεν μπορούσε να είναι η ορθή: αυτή βρέθηκε μόνο μετά την κατασκευή οργάνων κατάλληλων για την ποσοτική μέτρηση της μεταβολής του φωτός. Σύμφωνα με την αρχαία συνήθεια οι λαμπρότεροι αστέρες στον ουρανό ονομάζονταν «πρώτου μεγέθους», ενώ οι μόλις διακρινόμενοι δια γυμνού οφθαλμού «έκτου μεγέθους». Όλοι οι ενδιάμεσοι ονομάζονταν ανάλογα δευτέρου, τρίτου, τετάρτου ή πέμπτου μεγέθους. Η Αφροδίτη ήταν πολύ λαμπρότερη από τους αστέρες πρώτου μεγέθους, οπότε η ταξινόμησή της χρειαζόταν την εισαγωγή αρνητικών μεγεθών (-1, -2,...). Πράγματι, η υποκειμενική εντύπωση που αποκομίζει ένας παρατηρητής είναι ότι ένας αστέρας πρώτου μεγέθους λάμπει εντονότερα από έναν δευτέρου μεγέθους κ.ο.κ.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της σύγχρονης έρευνας, ο ανθρώπινος οφθαλμός είναι ένα λογαριθμικό όργανο και μεταξύ των ορατών μεγεθών m , και m , δύο αστέρων και της έντασης I_1 και I_2 των μεταβολών στη φωτεινότητά τους, ισχύει η σχέση $m_2 - m_1 = 2.512 \log (I_2/I_1)$.

Η σχέση αυτή μπορεί να εφαρμοστεί στον ίδιο πλανήτη από τον οποίο λαμβάνουμε διαφορετικές εντάσεις φωτός, όταν ο πλανήτης βρίσκεται σε διαφορετικές στιγμές σε διαφορετικές αποστάσεις από τη Γη. Στην περίπτωση της Αφροδίτης

έχουμε $I_2/I_1=4$, όπως προκύπτει και από το Σχ. 1. Άρα, η Αφροδίτη πρέπει να εμφανίζει μια μεταβολή λίγο μεγαλύτερη του ενός μεγέθους, όπως παρατηρούμε. Στην περίπτωση του Άρη έχουμε $I_2/I_1=60$, οπότε βρίσκουμε $m_2-m_1=4.5$, σε συμφωνία με τις παρατηρήσεις, οι οποίες δείχνουν μεταβολές κατά 4-5 μεγέθη για τον πλανήτη αυτό.

Με λίγα λόγια, η φωτεινότητα του Άρη και της Αφροδίτης φαινόταν να συμφωνεί με το πτολεμαϊκό σύστημα λόγω της παλαιάς σύγχυσης μεταξύ του m και του I . Παρότι ο Γαλιλαίος δεν γνώριζε αυτή τη σύγχυση ήταν αρκετά προσεκτικός, και έλυσε το πρόβλημα λέγοντας ότι οι αστέρες και οι πλανήτες, όταν διακρίνονται ως σημεία, προκαλούν ένα «φωτισμό» στον οφθαλμό μας, έτσι ώστε να παραποιείται η λαμπρότητά τους. Μέσω του τηλεσκοπίου αναιρείται αυτός ο «φωτισμός» και το πρόβλημα εξαλείφεται. Εκτός απ' αυτό το δευτερεύον πρόβλημα, μπορούμε να πούμε ότι οι διαστάσεις της Αφροδίτης και του Άρη, όπως προέκυψαν από τα τηλεσκόπια, αποτέλεσαν άλλο ένα θανατηφόρο πλήγμα για το πτολεμαϊκό σύστημα.

Ο Γαλιλαίος αναφέρεται σ' αυτό ρητά, σε διάφορα σημεία στα γραπτά του, όπως, π.χ., στη επιστολή του προς τον Cristino di Lovenza (1615), όπου βεβαιώνει ότι η συντήρηση της πίστης στην ισχύ του πτολεμαϊκού συστήματος «θα απαιτούσε την απαγόρευση της άσκησης της αστρονομικής επιστήμης και της παρατήρησης του στερεώματος από τους ανθρώπους· έτσι, οι άνθρωποι θα έπρεπε να σταματήσουν να βλέπουν ότι ο Άρης και η Αφροδίτη εμφανίζουν μεγάλες μεταβολές και είναι 40 και 60 φορές μεγαλύτεροι όταν βρίσκονται πλησιέστερα στη Γη, και ακόμη ότι η Αφροδίτη άλλοτε παρουσιάζεται στρογγυλή και άλλοτε με σχήμα δρεπανισύ και λεπτά κέρατα· παράλληλα, θα ήταν απαραίτητο να εμποδιστούν οι άνθρωποι από τη χρήση των αισθήσεών τους σε πολλές άλλες παρατηρήσεις, οι οποίες δεν μπορούν με κανένα τρόπο να εξηγηθούν με το πτολεμαϊκό σύστημα, αλλά αποτελούν στέρεα επιχειρήματα υπέρ του Κοπέρνικου».

Οι ηλιακές κηλίδες

Εντούτοις, δεν ήταν η παρατήρηση των φάσεων της Αφροδίτης και οι μεταβαλλόμενες διαστάσεις αυτής και του Άρη που τράβηξαν την προσοχή στα έργα του Γαλιλαίου και κέντρισαν το ενδιαφέρον των ανθρώπων της εποχής εκείνης. Αυτό οφειλόταν πιθανότατα στο γεγονός ότι μόνο οι βαθείς γνώστες της αστρονομίας και της κοσμολογίας ήταν σε θέση να συλλάβουν τη σημασία αυτών των παρατηρήσεων. Ωστόσο, οι υπόλοιπες ανακαλύψεις του έρχονταν σε εντυπωσιακή αντίθεση με πολλές προκαταλήψεις της εποχής κατά έναν άμεσο και προφανή τρόπο, ώστε να απαιτούνται μόνο γενικές και όχι τεχνικές γνώσεις για την κατανόησή τους. Γνωρίζοντας τη μεγάλη δυσκολία της μάχης που έδινε ο Γαλιλαίος συμπεράνεωστά ότι η καλύτερη προπαγάνδα υπέρ των ανακαλύψεών του δεν θα προερχόταν από τις φάσεις της Αφροδίτης, αλλά από όσα είχε παρατηρήσει στη Σελήνη, τον Ήλιο και την περιοχή γύρω από το Δία.

Σύμφωνα με τον ίδιο, «η επιφάνεια της Σελήνης δεν είναι καθόλου λεία, ομοιόμορφη και τέλεια σφαιρική, όπως πιστεύει ένα πλήθος φιλοσόφων γι' αυτήν, καθώς και για άλλα ουράνια σώματα· είναι μάλλον ανώμαλη, τραχεία και γεμάτη από κοιλότητες και προεξοχές· δεν διαφέρει, δηλαδή, από την επιφάνεια της ίδιας της Γης... Όταν η Σελήνη μας παρουσιάζεται με τα λαμπερά κέρατά της, το όριο μεταξύ σκοτεινού και φωτεινού δεν εκτείνεται ομοιόμορφα κατά μήκος μιας οβάλ γραμμής, όπως θα συνέβαινε στην περίπτωση ενός τέλεια σφαιρικού στερεού, αλλά χαρακτηρίζεται από μια ακανόνιστη, τραχεία και αρκετά ελικοειδή γραμμή, καθώς, πέρα από το διαχωρισμό μεταξύ φωτός και σκότους, υπάρχουν πολλές λαμπρές προεξοχές στη σκοτεινή πλευρά και, από την άλλη πλευρά, σκοτεινά σωματίδια στη φωτισμένη περιοχή».

Ο Γαλιλαίος προσθέτει ότι ένας μεγάλος αριθμός μελανών κηλίδων, αρκετά απομακρυσμένων από τη σκοτεινή πλευρά, είναι διάσπαρτος σε ολόκληρη σχεδόν την πλευρά που φωτίζεται ήδη από τον Ήλιο: «Παρατηρήσαμε κατόπιν ότι οι προαναφερθείσες μικρές κηλίδες είναι μεταξύ τους όμοιες στο ότι στρέφουν προς τον Ήλιο το μαύρο μέρος τους· ενώ, στο αντίθετο προς τον Ήλιο τμήμα εμφανίζονται να περιβάλλονται από ένα πολύ λαμπερό περίγραμμα σχεδόν σαν φωταγωγημένα βουνά. Όμως έχουμε ακριβώς το ίδιο φαινόμενο... την αυγή· προτού οι κοιλάδες πλημμυρίσουν από φως βλέπουμε τα βουνά που τις περιβάλλουν, στη διεύθυνση αντίθετα προς τον Ήλιο, να είναι ήδη λαμπερά και φωτισμένα. Ακριβώς όπως εμφανίζεται η σκιά των γήινων κοιλοτήτων καθώς ανατέλλει βαθμιαία ο Ήλιος, έτσι και αυτές οι σεληνιακές κηλίδες, βαθμιαία χάνουν τη σκιά τους καθώς αυξάνει το φωτιζόμενο τμήμα της Σελήνης».

Είναι δύσκολο να βρεθούν πιο ακριβείς και συναρπαστικές λέξεις για να περιγράψουν τη Σελήνη· καταλαβαίνουμε, λοιπόν, γιατί ο Italo Calvino είπε ότι όταν εμφανίζεται το φεγγάρι «ένα είδος αραίωσης, μια ανύψωση, μπορούμε να νοιώσουμε στα λόγια του Γαλιλαίου: μεταφερόμαστε προς τα πάνω, αιωρούμενοι μέσα σε γοητεία».

Οι παρατηρήσεις της Σελήνης από τον Γαλιλαίο έδωσαν ένα τέλος στην ιδέα ότι η Γη δεν ήταν τέλεια σε σύγκριση με την τελειότητα των ουρανίων αντικειμένων· αντίθετα, η Σελήνη φαινόταν να είναι λιγότερο σφαιρική και από την ίδια τη Γη. Αυτό αποδείχτηκε από τις μετρήσεις του ύψους των σεληνιακών βουνών με τη βοήθεια αλάνθαστων τριγωνομετρικών μεθόδων που εφάρμοσε ο Γαλιλαίος. Ο τελευταίος συμπίεσε ότι η υψομετρική διαφορά μεταξύ διαφόρων επιπέδων στη Σελήνη ήταν ορισμένες φορές υπερτετραπλάσια της μέγιστης διαφοράς στη Γη. Μια άλλη απόδειξη υπέρ της μη τελειότητας του ουρανού προέκυψε από παρατηρήσεις του Ηλίου, του οποίου η επιφάνεια φαινόταν να περιέχει διάφορες σκοτεινές κηλίδες: πώς ήταν δυνατόν ο Ήλιος να είναι τέλειος όταν εμφανίζει τέτοιες ανωμαλίες στην επιφάνειά του;

Εδώ, η συλλογιστική του Γαλιλαίου, βασιζόμενη στις παρατηρήσεις του, διακρίνεται για την πραγματικά ασυνήθιστη διαύγειά της. Συμπέρανε ότι οι κηλίδες πρέπει να βρίσκονται στην επιφάνεια του Ηλίου και ότι δεν πρόκειται για σκιές σκο-

τεινών σωμάτων, όπως ο Ερμής και η Αφροδίτη που περιφέρονται γύρω από τον Ήλιο, αλλά βρίσκονται πολύ πιο κοντά σ' αυτόν. Καταρχήν, παρατήρησε ότι οι ηλιακές κηλίδες όχι μόνο είχαν «πολύ ακανόνιστο» σχήμα, αλλά επιπλέον, το μετέβαλλαν συνεχώς: έτσι, ορισμένες κηλίδες διαλύονται στο κενό μόλις 3 ή 4 ημέρες μετά την πρώτη τους εμφάνιση, κάτι που ασφαλώς δεν ήταν δυνατό να αποδοθεί στη σκιά στερεών σωμάτων.

Στη συνέχεια, ο Γαλιλαίος έκανε μια ακόμη σημαντικότερη παρατήρηση: όλες οι κηλίδες περιστρέφονταν γύρω από τον ηλιακό δίσκο, ακριβώς σαν να μεταφέρονταν από μια περιστροφή του ίδιου του δίσκου. Έτσι, ήταν εύκολο να οριστούν ο βόρειος και ο νότιος πόλος της περιστροφής του Ηλίου, για τους οποίους μέχρι τότε υπήρχαν μόνο εικασίες. Ορίζοντας το πλάτος και το μήκος μιας κηλίδας, αντίστοιχα, ως την απόσταση από Βορρά προς Νότο και την κάθετη σ' αυτήν απόσταση, διαπιστώθηκε ότι το μήκος κάθε κηλίδας είχε την τάση να ελαττώνεται βαθμιαία καθώς πλησίαζε το χείλος του δίσκου.

Όμως, να τι λέει ο ίδιος ο Γαλιλαίος: «Εν γένει, οι κηλίδες παρατηρούνται, κατά την πρώτη και την τελευταία εμφάνισή τους κοντά στην περίμετρο του Ηλίου, να μην έχουν μεγάλο μήκος, ενώ το πλάτος τους ισούται με αυτό που έχουν όταν βρίσκονται σε πιο κεντρικές περιοχές του ηλιακού δίσκου.... αυτό δεν θα μπορούσε να συμβαίνει αν η κίνησή τους, καθώς διασχίζουν το δίσκο του Ηλίου, αποτελείτο από κύκλους οι οποίοι, έστω και για μικρό χρονικό διάστημα, βρίσκονταν μακριά από τον ήλιο: αφού η εξαφάνιση συμβαίνει στο απώτατο σημείο, δηλαδή στην περιφέρεια του κύκλου, η οποία θα βρισκόταν πέρα από το σώμα του Ηλίου αν οι κηλίδες μεταφέρονταν, κατά μήκος της περιφέρειας του Ηλίου, πέρα από την επιφάνειά του». Συνεπώς, ο Γαλιλαίος συμπεράνει ότι οι κηλίδες βρίσκονταν επί του Ηλίου, και από το γεγονός της ομαλής κυκλικής κίνησής τους εξήγαγε και ένα δεύτερο συμπέρασμα, ότι, δηλαδή, ο ίδιος ο ηλιακός δίσκος περιστρεφόταν γύρω από τον άξονά του συμπαρασύροντας, έτσι, τις κηλίδες μαζί του. Έτσι, η υποτιθέμενη περιστροφή κατέληξε να είναι, με λογική βεβαιότητα, ένα καθιερωμένο πλέον φαινόμενο.

Ένα άλλο θριαμβευτικό συμπέρασμα του Γαλιλαίου αφορούσε την ύπαρξη λιγότερο λαμπρών από αυτούς του έκτου μεγέθους και, κατά συνέπεια, μη ορατούς στον ανθρώπινο οφθαλμό. Με τη βοήθεια ενός τηλεσκοπίου αντελήφθη «ένα τόσο μεγάλο πλήθος άλλων οι οποίοι διαφεύγουν της φυσικής όρασης, ώστε να είναι μετά βίας πιστευτοί». Και έτσι μπόρεσε να ανασχεδιάσει τους περισσότερους γνωστούς αστερισμούς, προσθέτοντας 36 αστέρες στους 7 γνωστούς των Πλειάδων, 80 στους 9 του Ξίφους και της ζώνης του Ωρίωνος, κ.ο.κ. Και βεβαίως συμπεράνει ότι ο Γαλιλαίος «δεν ήταν τίποτε άλλο παρά μια μάζα από αναρίθμητους αστέρες, κατανεμημένους σε σωρούς». Οι παρατηρήσεις αυτές κατάφεραν επίσης ένα ισχυρό πλήγμα σε εκείνες τις τελεολογικές αντιλήψεις που θεμελιώναν ένα σύμπαν κατασκευασμένο για τον άνθρωπο. Πώς ήταν δυνατό να είναι κάτι κατασκευασμένο για τον άνθρωπο τη στιγμή που αυτός δεν διέθετε τη δυνατότητα να το αντιληφθεί;

Η πλέον εκπληκτική από τις ανακαλύψεις του Γαλιλαίου ήταν ίσως εκείνη των

τεσσάρων μικρών φωτεινών αντικειμένων που περιφέρονταν γύρω από το Δία (οι αστέρες των Μεδίκων.). Κατέγραφε τη θέση τους κάθε νύχτα σε περισσότερες από 400 σελίδες σημειώσεων, παρατηρώντας τις εξαφανίσεις και τις διαδοχικές επανεμφανίσεις τους, τη θέση τους ανατολικά και δυτικά του Δία και την απόστασή τους από αυτόν. Σύντομα κατάλαβε ότι το φως τους οφειλόταν στο ανακλώμενο ηλιακό φως, καθώς τα αντικείμενα αυτά εξαφανίζονταν κάθε φορά που εισέρχονταν στον κώνο σκιάς του Δία. Επιπλέον, «καθώς στη συνέχεια ακολουθούν ή προηγούνται του Δία σε όμοια απόσταση και δεν απομακρύνονται πολύ από αυτόν προς την ανατολή ή τη δύση, συνοδεύοντάς τον τόσο στην κίνησή του προς τα εμπρός όσο και προς τα πίσω, δεν μπορεί να υπάρχει αμφιβολία ότι περιφέρονται γύρω από αυτόν».

Επρόκειτο για μια παρατήρηση πολύ μεγάλης σημασίας για εκείνη την εποχή, καθώς κατέδειξε την ύπαρξη περισσότερων του ενός κέντρων περιφοράς στο σύμπαν· ένα άλλο τέτοιο κέντρο ήταν η Γη, γύρω από την οποία περιφερόταν αναμφίβολα η Σελήνη. Στο *De Coelum* (*Περί Ουρανού*) ο Αριστοτέλης είχε γράψει ότι η τελειότητα του ουρανού απαιτούσε την ύπαρξη ενός μοναδικού κέντρου περιφοράς και, χρησιμοποιώντας αυτή την ιδέα με δεδομένη την περιφορά της Σελήνης γύρω από τη Γη, συνήγαγε ότι όλοι οι πλανήτες, ο Ήλιος και η Σελήνη περιφέρονταν γύρω μας.

Καθώς αυτή η συλλογιστική είχε γίνει το δόγμα τόσων σύγχρονων αριστοτελικών ενώ είχε επίσης επηρεάσει διάφορους οπαδούς του κοπερνίκειου συστήματος, ο Γαλιλαίος τόνισε ότι: «Διαθέτουμε επίσης ένα πολύ καλό, εξαιρετικό επιχείρημα για να απομακρύνουμε τα αισθήματα φόβου εκείνων οι οποίοι, ενώ αποδέχονται με νηφαλιότητα την περιφορά των πλανητών γύρω από τον Ήλιο στο κοπερνίκειο σύστημα, τα προαναφερθέντα αισθήματα φόβου τους κάνουν να αρνούνται τελικά αυτό το πρότυπο του σύμπαντος ως αδύνατον». Και αν τα κέντρα περιφοράς είναι πολλαπλά, τότε εξαλείφεται μια ισχυρή αντίρρηση προς το κοπερνίκειο σύστημα. Φυσικά, ο Γαλιλαίος κατάλαβε ότι οι «αστέρες των Μεδίκων» ήταν στην πραγματικότητα δορυφόροι του Δία, ακριβώς όπως η Σελήνη είναι ένας δορυφόρος της Γης:

«Sagredo: Γιατί αποκαλείς τους τέσσερις πλανήτες του Δία, φεγγάρια;

Salviati: Έτσι παρουσιάζονται σε παρατηρητές πάνω στο Δία. Τα ίδια είναι σκοτεινά σώματα και λημβάνουν φως από τον Ήλιο· αυτό φαίνεται από την έκλειψη τους όταν εισέρχονται στον κώνο σκιάς του Δία και μόνο το ημισφαίριό τους προς το Δία φαίνεται λαμπρό σε μας που είμαστε έξω από τις τροχιές τους και κοννότερα στον Ήλιο· αλλά για κάποιον πάνω στο Δία... τα σώματα θα φαινόταν να διαθέτουν κέρατα: και με μια λέξη θα παρουσιάζονταν στους κατοίκους της Γης».

Η λογική του πτολεμαϊκού συστήματος κατεστράφη από τα επιχειρήματα του Γαλιλαίου και ολέκληρη η αριστοτελική κουλτούρα κλονίστηκε συθέμελα με τέτοια δύναμη, ώστε να προκληθούν ρωγμές σε εκείνα τα κέντρα ισχύος, τα οποία την είχαν αναγάγει σε έναν από τους άξονες της ίδιας της επιβιώσής τους.

Αστρονομία και Αγία Γραφή

Ποιες ήταν οι δυνατότητες για έναν από τους μεγαλύτερους ορθολογιστές όλων των εποχών, που γεννήθηκε σε μια Ιταλία της οποίας ο νότος (ανήκε στην Ισπανία), ήταν διερεμένος στα βασίλεια της Σαρδηνίας, της Σικελίας και της Νάπολης, και του οποίου το κέντρο ήταν βασικά το Κράτος της Εκκλησίας (και σε μικρότερο βαθμό το Μεγάλο Δουκάτο της Τοσκάνης), ενώ ο βορράς περιελάμβανε, μεταξύ άλλων, τη Δημοκρατία της Βενετίας (που εκτεινόταν εκείνη την εποχή μέχρι το Μπέργκαμο), τη Δημοκρατία της Γένοβας, τα Δουκάτα του Μιλάνου, της Πάρμας της Μοντένας και το Πριγκιπάτο του Πεδεμοντίου;

Μπορούμε να πούμε ότι δύο δρόμοι ήταν ανοικτοί για τον Γαλιλαίο. Ο πρώτος ήταν η μοναχική ενασχόληση με την επιστήμη, χωρίς να ενδιαφέρεται να κατανοηθεί άμεσα και να γίνει γενικά αποδεκτός. Αυτό έπραξε ο γερμανός σύγχρονός του Κέπλερ. Ο δεύτερος δρόμος, σκληρότερος αλλά πιο παραγωγικός σε άμεσα αποτελέσματα και πιο σίγουρος για την επίδρασή του στο μέλλον, συνίστατο στο να εργαστεί στην κατεύθυνση της αποδοχής των ιδεών του από τους σύγχρονούς του, δηλαδή εκείνους τους πρίγκηπες και δούκες που ήταν οι πάτρωνες της τέχνης και των επιστημών εκείνη την εποχή και εκείνες τις θρησκευτικές μορφές (πάπας, επίσκοποι) οι οποίοι, για προφανείς λόγους, έδιναν τόση σημασία σε φιλοσοφικά ερωτήματα. Ο πρώτος δρόμος ακολουθήθηκε από τον Κέπλερ, αλλά ήταν ακατάλληλος για τον Γαλιλαίο, του οποίου οι ρίζες βρίσκονταν βαθιά μέσα στην ιταλική Αναγέννηση.

Το αποτέλεσμα ήταν το «πρόγραμμα της πολιτικής κουλτούρας», το οποίο ο Γαλιλαίος αγκάλιασε με πάθος για σχεδόν δύο δεκαετίες. Ήταν ένα πρόγραμμα που τελείωσε με μια ήττα (τη δίκη του 1633), αλλά και ένα μεγάλο αριθμό επίμέρους νικών για τον Γαλιλαίο. Έτσι, ο Γαλιλαίος κατόρθωσε να κερδίσει υπέρ της υπόθεσης του Κοπέρνικου αρκετούς ανθρώπους με επιρροή. Πράγματι, η δράση του είχε την αληθινά ηρωική πλευρά της εάν θυμηθούμε τη σύγχυση που κατάφερε να επιφέρει, τελειώς μόνος του, στις υψηλές τάξεις της Εκκλησίας καθώς και μεταξύ των αριστοτελικών φιλοσόφων της εποχής. Το ότι ο Γαλιλαίος εμφανίστηκε εκατό χρόνια μετά τον Μακιαβέλλι είναι κάτι που πρέπει να μην ξεχνάμε και να μην εκπλησσόμαστε αν, περιστασιακά, διεξάγοντας τη μάχη του έδρασε με μια μικρή δόση κυνισμού.

Το μεγαλύτερο εμπόδιο στο δρόμο προς το θρίαμβο των κοπερνίκειων αντιλήψεων στάθηκε, χωρίς αμφιβολία, η ιδέα ότι η κίνηση της Γης και η ακινησία του Ηλίου ήταν σε αντίθεση με την Αγία Γραφή. Η ενασχόληση με αυτά τα ζητήματα σήμαινε τον κίνδυνο να καταδικαστεί ως αιρετικός, και η περίπτωση του Giordano Bruno (1600) αποτελούσε ένα κραυγαλέο παράδειγμα για το ρεαλισμό αυτού του κινδύνου! Ο Γαλιλαίος ήταν όσο προσεκτικός μπορούσε, χωρίς ωστόσο να αποκλίνει ούτε εκατοστό από τον αντικειμενικό του σκοπό. Προσπαθούσε να δείξει με κάθε τρόπο ότι ήταν ένας καλός Καθολικός, μέχρι που αντιμετώπισε το πρόβλημα της Αγίας Γραφής στις περιφωμένες «κοπερνίκειες επιστολές» του (προς τους

Benedetto Castelli, Piero Dini και Cristina di Lorena).

Στην τελευταία αυτών των επιστολών ο Γαλιλαίος σημείωνε ότι στην Αγία Γραφή «οι πλανήτες ούτε καν ονομάζονται, εκτός του Ηλίου και της Σελήνης, και μόνο 1-2 φορές η Αφροδίτη με το όνομα Εωσφόρος. Επιπλέον, εάν η Αγία Γραφή είχε την πρόθεση να πείσει τον κόσμο για τη θέση και τις κινήσεις των ουρανίων σωμάτων και επομένως επρόκειτο να μάθουμε ακόμη από αυτήν, τότε πιστεύω δεν θα έλεγε τόσο λίγα, σχεδόν τίποτε, σε σύγκριση με τα άπειρα θαυμαστά συμπεράσματα που περιέχονται και παρουσιάζονται σ' εκείνη την επιστήμη».

Ακολουθώντας προσθέτει αυτό, που κατά τη γνώμη μου είναι ένα λογικά καθοριστικό επιχείρημα, κατάλληλο να πείσει και τον πλέον ένθερμο αντίπαλο, με την προϋπόθεση ότι ο τελευταίος είναι καλόπιστος. «Εάν αληθεύει ότι η Γραφή δεν μπορεί να σφάλει, είναι παρόλα αυτά δυνατό να σφάλουν, με διάφορους τρόπους, ορισμένοι από τους ερμηνευτές και παρουσιαστές της: ένα από τα σοβαρά και συχνά σφάλματά τους είναι ότι περιορίζουν τις λέξεις στο πλέον απλό νόημά τους. Κατ' αυτό τον τρόπο, όχι μόνο ανακύπτουν διάφορες αντιφάσεις, αλλά και σοβαρές αιρέσεις και βλασφημίες, ώστε να είναι απαραίτητο να αποδοθούν στο Θεό πόδια, χέρια, μάτια και ακόμη ανθρώπινα αισθήματα όπως η οργή, η μετάνοια, το μίσος και μερικές φορές η λησμοσύνη του παρελθόντος και του μέλλοντος».

Εδώ έχουμε απόδειξη ότι σε πολλά σημεία η Γραφή, «χρειάζεται αναγκαία αποκαλίψεις που πηγαινούν πολύ πέρα από το προφανές νόημα των λέξεων». Επομένως, αν η Αγία Γραφή, για να γίνει κατανοητή «σε ακαλλιέργητους και απλούς ανθρώπους, δεν απείχε από την απόκριση των πλέον σημαντικών δογμάτων της, αποδίδοντας στον ίδιο το Θεό χαρακτηριστικά που απέχουν αλλά και αντιτίθενται στην ουσία του, ποιος θα ήθελε να αποφανθεί αυθαίρετα ότι η Γραφή, μιλώντας τυχαία περί της Γης ή του Ηλίου ή άλλων δημιουργημάτων, είχε επιλέξει να παραμένει αυστηρά εντός του περιορισμένου νοήματος των λέξεων;»

Είναι η φωνή της λογικής που μιλά στους καθολικούς, και ο de Santillana έχει δίκιο όταν παρατηρεί ότι οι αρχές που διατυπώνονται στην επιστολή προς την Cristina di Lorena έχουν γίνει επίσημες ντιρεκτίβες σε ζητήματα φυσικής φιλοσοφίας, χάρη στην εγκύκλιο *Providentissimus Deus* του Πάπα Λέοντος XIII (1878-1903). Όμως η φωνή της λογικής δεν κατάφερε να πείσει το κατεστημένο που ασκούσε την εξουσία και το οποίο κυρίως ενδιαφερόταν κάθε ημέρα που περνούσε για τον πιο αποτελεσματικό τρόπο διατήρησής του. Ό,τι αποτελούσε αγνή και ανταπόδοκτη αλήθεια για τον Γαλιλαίο και κάθε ελεύθερο νου, έκφραζε αίρεση για την Ιερά Εξέταση και τον Πάπα Ουρβανό VIII, για την εκλογή του οποίου ο Γαλιλαίος είχε χαρεί, ελπίζοντας στην αυγή μιας νέας εποχής ανοχής και προόδου, και, κατά συνέπεια, μιας πραγματικής δυνατότητας νίκης στην πολιτισμική μάχη που έδινε.

Τα έργα του Γαλιλαίου είναι σαν να έχουν γραφτεί από δύο διαφορετικούς συγγραφείς. Ο πρώτος είναι πλήρης σεβασμού για το αναγνωστικό κοινό (πρίγκιπες, δούκες, αρχιεπίσκοποι, πάπας...), στο οποίο απευθύνεται με δουλοπρέπεια, υπα-

κοή και καταφανή ρητορική. Ο δεύτερος δεν προβληματίζεται, ενώ είναι σίγουρος για τον εαυτό του, τις θέσεις του, τη σημασία και καινοτομία των ανακαλύψεων του. Ο δεύτερος Γαλιλαίος παραμένει σωπηλός μόνο για σύντομες περιόδους, αλλά όταν μιλά και γράφει, αφού πρώτα εμπιστευτεί το άνοιγμα και το κλείσιμο της πραγματείας του στον πρώτο Γαλιλαίο, δεν επιδεικνύει κανενός είδους υποχωρητικότητα πέραν αυτής που οφείλεται στη συναισθηση ότι μπορεί να έχει κάνει λάθος.

Ο δεύτερος Γαλιλαίος αναπαριστά την ανθρώπινη λογική στο ψηλότερό της επίπεδο, με τρόπο που δύσκολα θα επανεκφραστεί μετά από αυτόν. Ο Battistini έχει δίκιο όταν σημειώνει πάνω σ' αυτό ότι «αντί να αποκλείεται από την επιστήμη, η ρητορική μπορεί να θεωρηθεί μέρος της και, κατά συνέπεια, η έννοια του επιστημονικού ορθολογισμού πρέπει να επεκταθεί, ώστε να αποκτήσει επιχειρηματολογικές συνιστώσες και ακόμη και πάθος». Οπωσδήποτε, αυτή η προσέγγιση ήταν αναγκαία για τον Γαλιλαίο, αν ληφθεί υπόψη η εποχή στην οποία ζούσε· και είναι γελοίο να τον κατηγορούν γι' αυτή τη ρητορική στάση του, όπως κάνει ο Feyereabend και άλλοι συγγραφείς.

Ο Γαλιλαίος πιστεύει ότι σκοπός της επιστήμης είναι η κατάκτηση της αλήθειας και προσθέτει: «Πόσο γελοίο είναι να λέμε ότι η αλήθεια παραμένει κρυμμένη και ότι είναι δύσκολο να ξεχωρίσει από το ψέμμα: παραμένει κρυμμένη όσο κυριαρχούν λανθασμένες απόψεις που γεννούν μόνο απλές πιθανότητες· όχι όμως εάν βγει σταθερά στο προσκήνιο ρίχνοντας φως σαν του Ηλίου και σκορπίζοντας τα ψεύδη». Φυσικά ο Γαλιλαίος είναι βαθιά πεπεισμένος για την αλήθεια του κοπερνίκειου συστήματος.

Κατηγορεί εκείνους που προσπαθούν να μας κάνουν να πιστέψουμε ότι ο ίδιος ο Κοπέρνικος δεν πίστευε στην αλήθεια του ηλιοκεντρικού συστήματός του: «Το επιχείρημα ότι ο Κοπέρνικος δεν θεωρούσε την κίνηση της Γης ως αληθινή, κατά τη γνώμη μου, μπορούσε να βρει ανταπόκριση μόνο μεταξύ εκείνων που δεν τον είχαν διαβάσει ποτέ». Και μετά από μια ανασκόπηση των ενδείξεων υπέρ της κίνησης της Γης, προσθέτει: «και σε όλα αυτά τα ζητήματα και πολλά άλλα παρόμοια, πρόσφατες ανακαλύψεις μας πρόσφεραν συνετή εμπειρία, ώστε το να αποδέχεσαι την κίνηση της Γης... σημαίνει να την αποδέχεσαι με πλήρη βεβαιότητα, ειλικρινά και χωρίς συζήτηση».

Ο ορθολογισμός του Γαλιλαίου τον κάνει κατά φυσικό τρόπο, να εκδηλώνεται εναντίον των ιδεαλιστικών τάσεων, όταν για παράδειγμα, γράφει: «ειλικρινά αυτές είναι γελοίες απόψεις, τώρα που αρχίζουμε να ανακαλύπτουμε και να κατανοούμε τα φυσικά πράγματα». Επιπλέον, ο Γαλιλαίος έχει τόσο λίγη εκτίμηση στην αστρολογία... ώστε αρνείται και αυτή την έννοια της έλξης (των σωμάτων από τη Γη, της Σελήνης από τη Γη, της Γης από τον Ήλιο...), τη σημασία της οποίας θεωρούσε βασικά αστρολογικού χαρακτήρα. Για το ζήτημα αυτό έχει ενδιαφέρον να επισημάνουμε δύο σημεία.

1. Ο Κέπλερ, ενώ απέδιδε την πτώση των σωμάτων στην έλξη της Γης, ήταν ευνοϊκά διατεθειμένος απέναντι στην αστρολογία, ίσως ως απόδειξη της ρήσης ότι

«ουδέν κακόν αμιγές καλού»

2. Ο Γαλιλαίος, παρότι αντίταλος της αστρολογίας, σε μια επιστολή του προσπαθεί να πείσει τον παραλήπτη της, ο οποίος ήταν άνθρωπος με επιρροή, υπέρ της αστρολογίας και της πιθανής αστρολογικής σημασίας των δορυφόρων του Δία, τους οποίους είχε ανακαλύψει. Αυτό είναι ένα παράδειγμα της διπλωματικής στρατηγικής που ανθεί στο έργο του ως μέρους των προσπαθειών του να εξασφαλίσει την αποδοχή του επιστημονικού του έργου.

Επιστρέφοντας στον ορθολογισμό του Γαλιλαίου, έχει ενδιαφέρον να δούμε πώς υλοποιείται τις στιγμές της μέγιστης αντιπαράθεσης με τις αρχές. Το 1624, στην απάντησή του στον Ingoli γράφει: «Η Φύση, αγαπητέ κύριε, γελά με τους θεσμούς και τα διατάγματα των πριγκίπων, των αυτοκρατόρων και των μοναρχών κατά παραγγελία των οποίων δεν θα πρέπει να αλλάξει ούτε έναν κόκκο από το περιεχόμενο των νόμων και των θεσπισμάτων της». Επιπλέον, είναι αυτή ακριβώς η σαφής πεποίθηση που έχει ο Γαλιλαίος για τη γνωστική αξία της επιστημονικής θεωρίας, η οποία τον οδήγησε να αρνηθεί το συμβιβασμό που του πρότεινε ο Bellarmino, αναφορικά με τη σύγκρουση κοπερνίκειου και πτολεμαϊκού συστήματος. Αυτός ο συμβιβασμός θα είχε τον ίδιο «θετικιστικό» τόνο όπως στην εισαγωγή του Οσίανδρου στο *De revolutionibus* του Κοπέρνικου, και θα σήμαινε ότι η ηλιοκεντρική υπόθεση, αν και χρήσιμη για μαθηματικούς υπολογισμούς, στην ουσία δεν είναι ορθή.

Ο Γαλιλαίος δεν αποδέχτηκε αυτή την ιδέα και επέλεξε να συνεχίσει τη θαρραλέα πολιτισμική μάχη του. Η καταδίκη του, το 1633 τον εξανάγκασε να κάνει μια τυπική αποκήρυξη, όμως σίγουρα δεν υποχώρησε σε σημαντικά επιστημονικά ερωτήματα. Ανάμεσα στην πληθώρα αποδείξεων γι' αυτό μπορεί να αναφερθεί μια επιστολή του το 1635 προς τον Peiresc: «Μπορούσα να ελπίζω ότι θα κέρδιζα τη συγχώρεση και τη χάρη αν είχα σφάλει, καθώς τα σφάλματα είναι το υλικό στο οποίο ο πρίγκιπας εξασκεί τη συγχώρεση και την απονομή γενικής αμνηστίας, ενώ η καταδίκη ενός αθώου ανθρώπου έπρεπε να διατηρηθεί ώστε να δείχνει ότι η δικαστική διαδικασία ήταν ορθή». Ο πολιτικός πεσσιμισμός, αν και πολύ κατανοητός, εμφανίζει μια αξιοσημείωτη ομοιότητα με αυτόν στο έργο του Μακιαβέλλι. Ο *Ηγεμόνας*.

Η πτώση των σωμάτων

Ας επιστρέψουμε όμως στις επιστημονικές ανακαλύψεις του Γαλιλαίου και ειδικότερα σε εκείνες που συνεισέφεραν στη διάψευση του πτολεμαϊκού συστήματος. Έχουμε ήδη αναφέρει ότι η παρατήρηση των φάσεων της Αφροδίτης (ιδιαίτερα της «γεμάτης» Αφροδίτης), καθώς και η συνειδητοποίηση ότι ο δίσκος της Αφροδίτης και του Άρη μεταβάλλονταν αρκετά στο μέγεθος κατά την πάροδο ενός έτους, συνιστούσαν κατηγορηματική ένδειξη για το εσφαλμένο του πτολεμαϊκού συστήματος. Μια απόδειξη του ιδίου τύπου αλλά ανεξάρτητη από αστρονομικές

παρατηρήσεις βρέθηκε από τον Γαλιλαίο κατά τη μελέτη της πτώσης των σωμάτων σχετικά με κινούμενα συστήματα αναφοράς.

Σύμφωνα με τον Αριστοτέλη, τα σώματα πέφτουν επειδή αναζητούν τη φυσική τους θέση, το κέντρο της Γης. Πρέπει να φανταστούμε ότι κάθε σώμα, παρά την τυφλή υλικότητά του, γνωρίζει που βρίσκεται το κέντρο της Γης και πασχίζει να το φτάσει μέσω μιας ευθείας γραμμής που είναι η πιο άμεση δυνατή διαδρομή. Εάν αυτό ήταν αληθές, ο Αριστοτέλης θα είχε δίκιο όταν αρνείτο την περιστροφή της Γης.

Μπορούμε να επαναλάβουμε την άμεμπτη συλλογιστική του (βασίζόμενοι, εντούτοις, σε μια πρόταση που ο Γαλιλαίος θα δείξει ότι είναι λάθος), ως εξής. Στις περιοχές μας μια παράλληλη γεωγραφικού πλάτους έχει μήκος περίπου 28.000 km. Αν η Γη περιστρέφεται γύρω από τον άξονά της, μια ιταλική πόλη καλύπτει αυτή την απόσταση σε 24 ώρες. Επομένως, καλύπτει 1170 km την ώρα, δηλαδή 325 m το δευτερόλεπτο.

Αυτή την εικόνα σχεδίαζαν οι αριστοτελικοί που επαναλάμβαναν τη συλλογιστική του μεγάλου φιλόσοφου της αρχαιότητας: αν ένα σώμα αφηθεί να πέσει από το ύψος ενός κτιρίου, δεν μπορεί να αισθανθεί την επίδραση της περιστροφής της Γης, αλλά, δοθείσης της επείγουσας ανάγκης να φτάσει στο κέντρο της Γης, το σώμα πρέπει να κινηθεί κατά μήκος μιας γραμμής που συνδέει την αρχική θέση του με το κέντρο της Γης. Κατά τη διάρκεια της πτώσης, που μπορεί να είναι κάποια δευτερόλεπτα, η Γη περιστρέφεται κάτω από το σώμα με 325 μέτρα το δευτερόλεπτο: άρα το σώμα θα αγγίξει το έδαφος όχι στη βάση του κτιρίου, αλλά κάπου ένα χιλιόμετρο δυτικότερα. Όλοι γνωρίζουμε, ωστόσο, ότι ένα σώμα αγγίζει το έδαφος στη βάση του κτιρίου, από το οποίο ερρίφθη. Επομένως, η Γη δεν περιστρέφεται γύρω από τον άξονά της.

Η λανθασμένη πρόταση του Αριστοτέλη έχει να κάνει με την κίνηση ενός σώματος κατά μήκος μιας γραμμής που συνδέει την αρχική θέση του σώματος με το κέντρο της Γης. Το σφάλμα συνεχίστηκε στο διάσημο πείραμά του, με το σώμα που πέφτει από ένα πλοίο εν κινήσει σε ήρεμη θάλασσα. Ας υποθέσουμε ότι το πλοίο κινείται ομαλά με μικρή ταχύτητα, έστω 8 km/h, ή ισοδύναμα 2.2 m/s. Στο εσωτερικό μας καμπίνας μια σταγόνα υγρού αφήνεται να πέσει από την οροφή, σε ύψος 2.5 m. Αν ο Αριστοτέλης είχε δίκιο, ο επιβάτης θα έπρεπε να δει τη σταγόνα του υγρού να πέφτει όχι κατακόρυφα, αλλά κατά μήκος μιας ευθείας με κλίση περίπου 30 μοίρες.

Ουσιαστικά, για έναν παρατηρητή ακίνητο ως προς την ακτή, η τροχιά της σταγόνας θα έπρεπε να είναι η ίδια, είτε το πλοίο κινείται είτε όχι δηλαδή, θα έπρεπε να έχει τροχιά τη γραμμή που συνδέει την αρχική θέση της (βλ. Σχήμα 3) και του κέντρου της Γης. Ωστόσο, για έναν επιβάτη, δοθέντος ότι το πλοίο κινείται προς τα αριστερά, μια τέτοια γραμμή πρέπει να τμήσει το πάτωμα της καμπίνας στο σημείο A, καθώς το πλοίο θα έχει διανύσει εν τω μεταξύ την απόσταση GA.

Όμως, ο Γαλιλαίος παρατήρησε ότι η σταγόνα του υγρού έπεσε στο σημείο G επί της κατακόρυφου από το I, ακόμη κι όταν το πλοίο ήταν εν κινήσει. Μάλιστα,

εισήλθε στο στενό στόμιο μιας φιάλης τοποθετημένης ακριβώς στο σημείο G.

Χωρίς να προχωρήσουμε σε ποσοτική μελέτη, ο ποιοτικός κοινός νους μας λέγει ότι η απόσταση GA είναι αρκετά μεγάλη, ώστε το πείραμα να αποκτά σπουδαιότητα. Εάν επιθυμούμε να υποστηρίξουμε τον κοινό νου με λίγους υπολογισμούς, προχωρούμε ως εξής:

$h=IG=2.5\text{m}$, $g=\text{επιτάχυνση της βαρύτητας}=9.8\text{ m/s}^2$, $v=\text{ταχύτητα του πλοίου}=2.2\text{ m/s}$, $t=\text{χρόνος πτώσης}=(2h/g)^{1/2}\approx 0.71\text{ sec}$, $x=\text{απόσταση GA από την κατακόρυφο}=vt=1.56\text{m}$. Η εφαπτομένη της γωνίας α είναι $x/h=0.62$ και συνεπώς η ίδια η γωνία ισούται με 32 μοίρες.

Εδώ έχουμε άλλη μια άψογη διάψευση της αριστοτελικής φυσικής και την κάτarrευση ενός από τα θεμέλια βάσει των οποίων τεκμηριωνόταν η ακινησία της Γης.

Έχει ενδιαφέρον να ακούσουμε την παραπάνω συλλογιστική και πάλι, αυτή τη φορά με τα λόγια του Γαλιλαίου, για τον επιπλέον λόγο ότι κάποιοι αριστοτελικοί δεν δίσταζαν να ψευδολογήσουν όταν το έκριναν απαραίτητο: «Αν, ενώ ένα πλοίο δεν είναι αγκυροβολημένο, αφεθεί να πέσει ελεύθερα μια πέτρα από την κορυφή ενός καταρτιού, τότε, κατερχόμενη κατά την κατακόρυφο, θα κτυπήσει σ' ένα σημείο στη βάση του καταρτιού, ακριβώς κάτω από το σημείο που αφέθηκε. Αυτό δεν συμβαίνει (έτσι θεωρούν) όταν το πλοίο βρίσκεται εν πλω. Κατά το διάστημα που η πέτρα πέφτει κατακόρυφα, το πλοίο συνεχίζει να κινείται προς τα εμπρός και η πέτρα θα πέσει πολλούς βραχίονες μακριά από τη βάση του καταρτιού. Αυτό είναι το φαινόμενο που θα πρέπει να παράγει μια πέτρα, η οποία πέφτει από την κορυφή ενός πύργου, όταν η Γη κινείται με την ταχύτητα με την οποία κινείται».

Ακόμη πιο άμεση είναι η ακόλουθη επιβεβαίωση: «Και ένα τέτοιο πείραμα είναι ακριβώς αυτό που γίνεται με μια πέτρα η οποία πέφτει από την κορυφή του καταρτιού ενός πλοίου... υπήρξα δύο φορές καλύτερος φιλόσοφος από αυτούς, διότι όχι μόνο πιστεύουν το αντίθετο, αλλά προσθέτουν και ένα ψεύδος, ισχυριζόμενοι ότι έχουν παρατηρήσει το πείραμα, ενώ εγώ εκτέλεσα το πείραμα προτού ακόμη με πείσει ισχυρά ο κοινός νους ότι το φαινόμενο που τελικά συνέβη έπρεπε να συμβεί».

Φυσικά, η συμπεριφορά της πέτρας (ή της σταγόνας του υγρού), που πέφτει ελεύθερα από ένα πλοίο εν κινήσει, προφανώς συνδέεται με την αρχή της αδράνειας του Γαλιλαίου· παρότι, εδώ έχουμε αναφερθεί μόνο σ' εκείνα τα χαρακτηριστικά της, τα οποία επαρκούν από μόνα τους για τη διάψευση του πτολεμαϊκού συστήματος.

Το τηλεσκόπιο του Γαλιλαίου

Υπάρχει ένα τελευταίο ερώτημα που θα ήθελα να θίξω προτού τελειώσω· αυτό της αξιοπιστίας του οργάνου που επέτρεψε στον Γαλιλαίο να κάνει τις ανακαλύψεις του στην αστρονομία. Σ' αυτό το καθοριστικό σημείο έγινε και συνεχίζεται να

γίνεται ένας μεγάλος αριθμός επιθέσεων κατά του Γαλιλαίου που δείχνουν, στο πέρας των αιώνων, την αντίθεση που συνάντησε, όσο ζούσε, ο επιστήμονας από την Πίζα. Οι κατηγορίες είναι τουλάχιστον δύο ειδών: από τη μία είναι ο ισχυρισμός ότι το τηλεσκόπιο ανεκαλύφθη όχι από αυτόν αλλά από έναν ολλανδό τεχνίτη, ενώ από την άλλη έχουμε το επιχείρημα ότι ο Γαλιλαίος δεν είχε λόγους να υποθέσει ότι το όργανό του παρείχε μια πιστή ανακατασκευή των αντικειμένων που παρατηρούσε. Ο *Feyerabend* προχωρά ακόμη παραπέρα και περιγράφει ως «μια αντικρουόμενη έννοια» την ιδέα ότι τα φαινόμενα που παρατηρούνται μ' ένα τηλεσκόπιο αποτελούν μια πιστή εικόνα του ουρανού.

Υπάρχουν πολύ σημαντικά αντεπιχειρήματα στις επιθέσεις κατά του Γαλιλαίου και ως προς τα δύο ζητήματα. Η πρώτη κριτική, εμπνευσμένη από το γεγονός που δέχτηκε ατάραχα και ο ίδιος ο Γαλιλαίος, ότι δεν κατασκεύασε ο ίδιος το τηλεσκόπιο, είναι μια προσπάθεια υποτίμησης των αποτελεσμάτων που πέτυχε, σχεδόν σαν να είχε αντιγράψει με δόλο την ιδέα κάποιου άλλου χωρίς να προσθέσει τίποτε δικό του. Ο Γαλιλαίος αφηγείται την ιστορία της ανακάλυψής του σε διάφορες θέσεις, και ίσως οι περισσότερες λεπτομέρειες να βρίσκονται στην παράγραφο 13 του *Il Saggiatore*. Δεν είναι απαραίτητο να αναφέρουμε όλη τη σειρά των γεγονότων, των οποίων την αλήθεια ο Γαλιλαίος στηρίζει ως ακολούθως: «Αυτές οι ενέργειες, κύριε Sarsi, δεν έλαβαν χώρα σε ένα δάσος ή σε μια έρημο· έλαβαν χώρα στη Βενετία όπου, αν ήσασταν εκεί, δεν θα με είχατε εγκαταλείψει τόσο απλά όπως μια παραμάν· όμως, δόξα τω Θεώ, οι περισσότεροι από εκείνους τους κυρίους είναι ακόμη ζωντανοί, καλά εξοικειωμένοι με ό,τι συνέβη, και επομένως μπορούν να σας πληροφορήσουν λεπτομερέστερα».

Όμως, ακόμη πιο συναρπαστική είναι η ιστορία της διαδικασίας επιχειρηματολόγησης με την οποία ο Γαλιλαίος πέτυχε να κατασκευάσει το τηλεσκόπιο: «Η πραγματεία μου ήταν η ακόλουθη. Το όργανο αυτό θα έχει είτε ένα φακό είτε περισσότερους. Δεν μπορεί να έχει μόνο έναν επειδή η μορφή του θα είναι είτε κυρτή - δηλαδή παχύτερη στο μέσον από τα άκρα - ή κοίλη - δηλαδή λεπτότερη στο μέσον - ή αλλιώς θα έχει και τις δύο επιφάνειες παράλληλες: όμως η τελευταία περίπτωση δεν μεταβάλλει καθόλου τα ορατά αντικείμενα, ούτε τα μεγεθύνει ή τα σμικρύνει. Ο κοίλος τα σμικρύνει και ο κυρτός τα μεγεθύνει αρκετά, αλλά ασαφώς και ακαθόριστα, και γι' αυτό ένας μόνο φακός δεν επαρκεί για να παράγει το φαινόμενο. Περνώντας στους δύο και γνωρίζοντας ότι ο φακός με παράλληλες επιφάνειες δεν μεταβάλλει τίποτε, όπως προαναφέρθηκε, συμέρανα ότι το φαινόμενο δεν μπορούσε να προκύψει από το συνδυασμό του τελευταίου με οποιονδήποτε από τους άλλους δύο. Εξ αυτού περιορίστηκα στο να πειραματιστώ με συνδυασμούς των άλλων δύο, του κυρτού και του κοίλου, και είδα πως αυτό εκπλήρωνε το σκοπό μου και, έτσι, μπόρεσα να σημειώσω πρόοδο στην ανακάλυψή μου, χωρίς να έχω βοήθεια από τη γνώση ότι το συμπέρασμα ήταν σωστό».

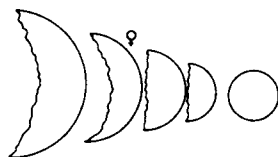
Εάν η επιστημονική αξία του Γαλιλαίου φάνηκε αναμφισβήτητα στην κατασκευή του τηλεσκοπίου, είναι παρόλα αυτά αληθές, όπως έχει υπογραμμιστεί από διάφορους συγγραφείς, ότι η μεγαλύτερη επιτυχία του βρίσκεται στη χρησιμοποίη-

ση του τηλεσκοπίου. Επίσης συνίσταται στη συνεχή τελειοποίηση του οργάνου του, κατασκευάζοντας μοντέλα που επέτρεπαν ολοένα και μεγαλύτερη μεγέθυνση. Τέλος, σαν κορωνίδα των επιτευγμάτων του, συγκέντρωσε τις έννοιες που ήταν απαραίτητες για να πείσει τον εαυτό του ότι αυτά που έβλεπε αντιστοιχούσαν στην πραγματικότητα των παρατηρούμενων αντικειμένων.

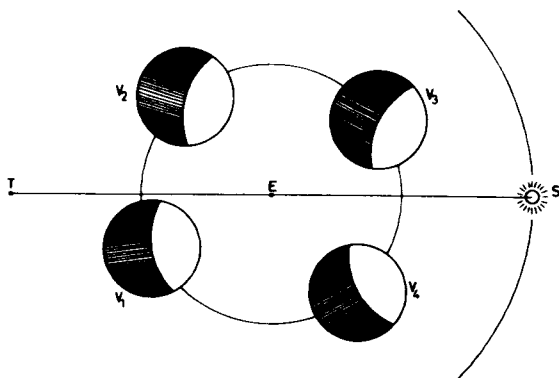
Έτσι, φτάσαμε στη δεύτερη ένσταση που αφορούσε την αξιοπιστία των ανακατασκευών μέσω του τηλεσκοπίου. Στα *Sidereus Nuncius* και *Il Saggiatore* ο Γαλιλαίος ισχυρίζεται ότι εφηύρε το τηλεσκόπιο βασιζόμενος στο «δόγμα της διάθλασης», ενώ σε επιστολές του προς το Δόγη και το Landucci επιμένει ότι χρησιμοποίησε τους «νόμους της προοπτικής». Ωστόσο, δεν υπάρχει αντίφαση, αφού ο Γαλιλαίος πρέπει να έκανε χρήση και των δύο της διάθλασης, ως θεωρίας της κίνησης του φωτός στο εσωτερικό του οργάνου, και της προοπτικής, ως θεωρίας της κίνησης στον εξωτερικό χώρο, που έδωσε τη δυνατότητα σύνδεσης της παρατηρούμενης διοδιαστάτης εικόνας με το πραγματικό σώμα των τριών χωρικών διαστάσεων.

Προφανώς ο Γαλιλαίος αναφέρεται στη διάθλαση όταν θέλει να υπογραμμίσει το φαινόμενο του φακού και στην προοπτική όταν θέλει να υπογραμμίσει τη σύνδεση μεταξύ του παρατηρούμενου και της ίδιας της πραγματικότητας στον απώτερο διαπλανητικό χώρο. Οι κανόνες της σωστής προοπτικής στην κατασκευή εφευρέθηκαν από τον Brunelleschi και κωδικοποιήθηκαν από τον L.B. Alberti σε μια πραγματεία ειδικά απευθυνόμενη σε ζωγράφους (1436). Η προοπτική χαρακτηριζε τότε την καλύτερη ιταλική παράδοση και πιθανότατα ο Γαλιλαίος να έμαθε τους κανόνες της από τον Ostilio Ricci, που του έκανε ιδιαίτερο μάθημα στη Φλωρεντία και ήταν καθηγητής στην Ακαδημία Σχεδίου, «μια σχολή για καλλιτέχνες, η οποία άνοιξε το 1563, και όπου, μεταξύ των διαφόρων θεμάτων επιστημονικής και τεχνικής φύσεως που διδάσκονταν, ήταν τα μαθηματικά, η θεωρία της προοπτικής, η αστρονομία...»

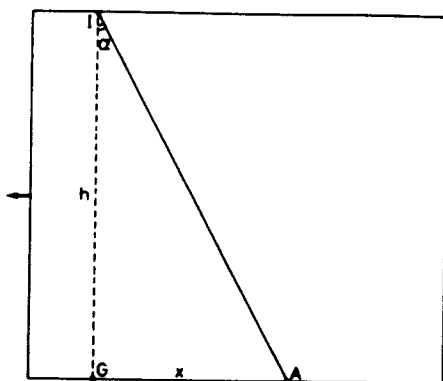
Στο σημείο αυτό, ένας αναρχικός επιστημολόγος θα επεδίωκε να προβάλλει αμφιβολίες περί της ορθότητας της επέκτασης της θεωρίας της προοπτικής από την ουράνια στη γήινη σφαίρα. Όμως την απάντηση δίνει η εμπειρία. Εφαρμόζοντας αυτή την επέκταση, τα παρατηρούμενα φαινόμενα είναι ουσιαστικά και όχι απλώς ένα ανακάτεμα οπτικών εντυπώσεων δίχως σημασία. Σε τελευταία ανάλυση η μόνη υπόθεση του Γαλιλαίου ήταν ότι το φως ταξιδεύει σε ευθεία γραμμή και στο διαπλανητικό χώρο. Η υπόθεση ήταν η απλούστερη δυνατή, χαρακτηριστική των καλύτερων επιστημονικών παραδόσεων, και ο Γαλιλαίος διέθετε εκατοντάδες αποδείξεις *a posteriori* για την ορθότητά της. Δεν εκπλήσσει το ότι η σύγχρονη επιστήμη απέδειξε την ορθότητα αυτής της υπόθεσης.



Σχ. 1: Οι φάσεις της Αφροδίτης



Σχ. 2: Σύμφωνα με τον Πτολεμαίο, η Γη (T), ο Ήλιος (S) και το κέντρο (E) του επικύκλου της Αφροδίτης διατηρούν πάντα την ίδια σχέση, δηλαδή τα τμήματα TE και TS περιφέρονται γύρω από το T με την ίδια γωνιακή ταχύτητα. Επομένως, η Αφροδίτη, όπως παρατηρείται από τη Γη, π.χ. στις θέσεις V_1 , V_2 , V_3 και V_4 , παρουσιάζει μόνο τα φωτιζόμενα τμήματά της, ενώ δεν μπορεί ποτέ να φανεί ολόκληρη.



Σχ. 3: Το πείραμα του Γαλιλαίου με τη σταγόνα υγρού που πέφτει στο εσωτερικό της καμπίνας ενός κινούμενου πλοίου. Σύμφωνα με την εμπειρία, η πτώση εξελίσσεται κατά μήκος της κατακορύφου IG ενώ κατά τον Αριστοτέλη θα αναμενόταν μια πτώση κατά μήκος της κεκλιμένης ΙΑ.