



ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΑΝΟΙΚΤΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗ ΚΑΘΗΓΗΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
(ΚΦΕ)**

**Το τηλεσκόπιο του Γαλιλαίου ως ιστορικό επιστημονικό
όργανο: Σχεδιασμός διερευνητικής διδακτικής παρέμβασης
στις Φυσικές Επιστήμες**

Διπλωματική εργασία

του:

Τσίτσκος Κωνσταντίνος

A.M. 167114

Επιβλέπουσα καθηγήτρια: **Στεφανίδου Κωνσταντίνα**

Καστοριά

Μάιος, 2026

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, ολόκληρης ή τμήματος αυτής, για εμπορικούς σκοπούς. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικό ή ερευνητικό σκοπό, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν αποκλειστικά τον συγγραφέα και δεν αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Ελληνικού Ανοικτού Πανεπιστημίου. Ως συγγραφέας της παρούσας εργασίας, δηλώνω πως η εργασία αυτή δεν αποτελεί προϊόν λογοκλοπής και δεν περιέχει υλικό από μη αναφερόμενες πηγές.

Περιεχόμενα

Περίληψη	6
Abstract.....	8
1. Εισαγωγή και θεωρητικό πλαίσιο.....	9
1.1 Η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών και η ανάγκη ενεργητικών διδακτικών προσεγγίσεων.....	9
1.2 Η διερευνητική διδασκαλία και μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες.....	10
1.3 Η Ιστορία της Επιστήμης και η Φύση της Επιστήμης στη διδασκαλία.....	12
1.4 Τα ιστορικά επιστημονικά όργανα ως διδακτικά εργαλεία.....	14
1.5 Το τηλεσκόπιο του Γαλιλαίου ως μελέτη περίπτωσης.....	16
1.6 Σκοπός και ερευνητικά ερωτήματα της εργασίας.....	17
2. Το τηλεσκόπιο του Γαλιλαίου: ιστορικό και επιστημονικό πλαίσιο.....	19
2.1 Η αστρονομία πριν από το τηλεσκόπιο.....	19
2.2 Ο Γαλιλαίος και η αξιοποίηση του τηλεσκοπίου.....	20
2.3 Οι πρώτες τηλεσκοπικές παρατηρήσεις.....	22
2.4 Το τηλεσκόπιο ως όργανο παραγωγής επιστημονικής γνώσης.....	24
2.5 Η σύνδεση επιστήμης, τεχνολογίας και κοινωνίας μέσα από το τηλεσκόπιο...	26
3. Φυσικές αρχές λειτουργίας του γαλιλαϊκού τηλεσκοπίου.....	28
3.1 Το μοντέλο της ακτίνας φωτός.....	28
3.2 Διάθλαση του φωτός.....	29
3.3 Συγκλίνοντες και αποκλίνοντες φακοί.....	30
3.4 Εστιακή απόσταση, διοπτρική ισχύς και σχηματισμός ειδώλου.....	32
3.5 Η οπτική διάταξη του γαλιλαϊκού τηλεσκοπίου.....	33
3.6 Μεγέθυνση, εστίαση και περιορισμοί του οργάνου.....	35
3.7 Σύγκριση γαλιλαϊκού και κεπλεριανού τηλεσκοπίου.....	37
4. Σχεδιασμός διδακτικής παρέμβασης.....	40
4.1 Ταυτότητα του διδακτικού σεναρίου.....	40
4.2 Ομάδα-στόχος και προαπαιτούμενες γνώσεις.....	41
4.3 Διδακτικοί στόχοι.....	42
4.4 Επιλογή διδακτικού μοντέλου.....	43
4.5 Υλικά και μέσα.....	44
4.6 Φάσεις της διδακτικής παρέμβασης.....	46

4.7 Ρόλος εκπαιδευτικού και μαθητών	47
4.8 Αξιολόγηση της μαθησιακής διαδικασίας	48
5. Φύλλο εργασίας	51
5.1 Θεωρητικό πλαίσιο για τον εκπαιδευτικό	51
5.2 Εκπαιδευτικό και διδακτικό πλαίσιο	52
5.3 Διδακτικοί στόχοι του φύλλου εργασίας	54
5.4 Φύλλο εργασίας μαθητών	55
5.5 Ενδεικτικές απαντήσεις και οδηγίες για τον εκπαιδευτικό	55
6. Συζήτηση	59
6.1 Παιδαγωγικά οφέλη της προτεινόμενης παρέμβασης.....	59
6.2 Ανάδειξη πτυχών της Φύσης της Επιστήμης.....	61
6.3 Πιθανές δυσκολίες εφαρμογής.....	64
6.4 Περιορισμοί της εργασίας.....	66
7. Συμπεράσματα και προεκτάσεις	69
7.1 Συμπεράσματα ως προς τα ερευνητικά ερωτήματα	69
7.2 Συμβολή της προτεινόμενης διδακτικής παρέμβασης	70
7.3 Προεκτάσεις και προτάσεις για μελλοντική αξιοποίηση	71
7.4 Τελικό συμπέρασμα	73
Παράρτημα Α.....	75
Φύλλο εργασίας μαθητών	75
Βιβλιογραφία	83

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει ως αντικείμενο το τηλεσκόπιο του Γαλιλαίου και τη διδακτική αξιοποίησή του στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Το γαλιλαϊκό τηλεσκόπιο προσεγγίζεται ως ιστορικό επιστημονικό όργανο, το οποίο επιτρέπει τη σύνδεση βασικών εννοιών της γεωμετρικής οπτικής με την Ιστορία και τη Φύση της Επιστήμης. Η εργασία δεν αποτελεί εμπειρική έρευνα εφαρμογής σε σχολική τάξη, αλλά εργασία θεωρητικής τεκμηρίωσης και σχεδιασμού διδακτικής παρέμβασης.

Στο θεωρητικό μέρος εξετάζονται η διερευνητική διδασκαλία και μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες, η σημασία της Ιστορίας της Επιστήμης στη σχολική εκπαίδευση, καθώς και η διδακτική αξία των ιστορικών επιστημονικών οργάνων. Στη συνέχεια παρουσιάζεται το ιστορικό πλαίσιο του τηλεσκοπίου του Γαλιλαίου, οι πρώτες τηλεσκοπικές παρατηρήσεις και ο ρόλος του οργάνου στην παραγωγή νέας επιστημονικής γνώσης. Παράλληλα, αναλύονται οι βασικές φυσικές αρχές λειτουργίας του γαλιλαϊκού τηλεσκοπίου, με έμφαση στη διάθλαση του φωτός, στους συγκλίνοντες και αποκλίνοντες φακούς, στην εστιακή απόσταση, στη μεγέθυνση και στους περιορισμούς του οπτικού πεδίου.

Στο διδακτικό μέρος σχεδιάζεται μια παρέμβαση βασισμένη στην καθοδηγούμενη διερευνητική διδασκαλία και στο μοντέλο των 5Ε. Η παρέμβαση περιλαμβάνει δραστηριότητες παρατήρησης, πειραματισμού με φακούς, κατασκευής ή ανάλυσης μιας απλής εκπαιδευτικής εκδοχής του γαλιλαϊκού τηλεσκοπίου και αναστοχασμού γύρω από τη σχέση επιστήμης, τεχνολογίας και κοινωνίας. Το φύλλο εργασίας που προτείνεται στοχεύει στην ενεργητική εμπλοκή των μαθητών, στη σύνδεση της θεωρίας με την πράξη και στην ανάδειξη πτυχών της Φύσης της Επιστήμης.

Η εργασία καταλήγει ότι το τηλεσκόπιο του Γαλιλαίου μπορεί να αποτελέσει ένα γόνιμο διδακτικό εργαλείο, καθώς συνδυάζει φυσικές έννοιες, ιστορικό πλαίσιο, τεχνολογική κατασκευή και επιστημολογικό αναστοχασμό. Μέσα από τη μελέτη του, οι μαθητές μπορούν να προσεγγίσουν τη Φυσική όχι μόνο ως σύνολο εννοιών και νόμων, αλλά ως ανθρώπινη, ιστορικά πλαισιωμένη και εξελισσόμενη δραστηριότητα γνώσης.

Λέξεις-κλειδιά: τηλεσκόπιο του Γαλιλαίου, διερευνητική διδασκαλία, Φυσικές Επιστήμες, γεωμετρική οπτική, ιστορικά επιστημονικά όργανα, Φύση της Επιστήμης

Abstract

This thesis focuses on Galileo's telescope and its educational use in science teaching. The Galilean telescope is approached as a historical scientific instrument that enables the connection of basic concepts of geometrical optics with the History and Nature of Science. The study is not an empirical classroom-based research project, but a theoretically grounded work that proposes the design of an inquiry-based teaching intervention.

The theoretical part examines inquiry-based teaching and learning in science education, the role of the History of Science in school science teaching, and the educational value of historical scientific instruments. It then presents the historical context of Galileo's telescope, the first telescopic observations, and the role of the instrument in the production of new scientific knowledge. In addition, the basic physical principles underlying the operation of the Galilean telescope are discussed, with emphasis on the refraction of light, converging and diverging lenses, focal length, magnification, and the limitations of the field of view.

The educational part proposes a teaching intervention based on guided inquiry and the 5E instructional model. The intervention includes activities involving observation, experimentation with lenses, construction or analysis of a simple educational version of the Galilean telescope, and reflection on the relationship between science, technology, and society. The proposed worksheet aims to actively engage students, connect theory with practice, and highlight aspects of the Nature of Science.

The thesis concludes that Galileo's telescope can serve as a meaningful educational tool, as it combines physical concepts, historical context, technological construction, and epistemological reflection. Through its study, students can approach physics not merely as a set of concepts and laws, but as a human, historically situated, and evolving activity of knowledge production.

Keywords: Galileo's telescope, inquiry-based teaching, science education, geometrical optics, historical scientific instruments, Nature of Science.

1. Εισαγωγή και θεωρητικό πλαίσιο

1.1 Η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών και η ανάγκη ενεργητικών διδακτικών προσεγγίσεων

Η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών αποτελεί ένα ιδιαίτερα σημαντικό πεδίο της εκπαιδευτικής διαδικασίας, καθώς συνδέεται με την προσπάθεια των μαθητών να κατανοήσουν τον φυσικό κόσμο, να ερμηνεύσουν φαινόμενα της καθημερινής ζωής και να αναπτύξουν τρόπους σκέψης που σχετίζονται με την επιστημονική διερεύνηση. Οι Φυσικές Επιστήμες δεν αποτελούν απλώς ένα σύνολο έτοιμων γνώσεων, νόμων και τύπων, αλλά ένα δυναμικό πεδίο στο οποίο η γνώση διαμορφώνεται μέσα από την παρατήρηση, τον πειραματισμό, τη διατύπωση υποθέσεων, την ερμηνεία δεδομένων και την αναθεώρηση προηγούμενων αντιλήψεων ([Matthews, 2015](#); [Σκορδούλης & Στεφανίδου, 2021](#)).

Στο πλαίσιο αυτό, η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών δεν μπορεί να περιορίζεται αποκλειστικά στη μετάδοση πληροφοριών από τον εκπαιδευτικό προς τους μαθητές. Αντίθετα, χρειάζεται να δημιουργεί συνθήκες ενεργητικής εμπλοκής των μαθητών με τα υπό μελέτη φαινόμενα, ώστε αυτοί να έχουν τη δυνατότητα να εκφράζουν τις ιδέες τους, να διατυπώνουν ερωτήματα, να παρατηρούν, να συλλέγουν δεδομένα και να οδηγούνται σταδιακά σε επιστημονικά τεκμηριωμένες εξηγήσεις ([National Research Council, 2000](#); [Σκορδούλης & Στεφανίδου, 2021](#)). Με αυτόν τον τρόπο, οι μαθητές δεν μαθαίνουν μόνο το τελικό αποτέλεσμα της επιστημονικής γνώσης, αλλά έρχονται σε επαφή και με διαδικασίες που χαρακτηρίζουν τον τρόπο με τον οποίο παράγεται και ελέγχεται η επιστημονική γνώση.

Η ανάγκη αξιοποίησης ενεργητικών διδακτικών προσεγγίσεων συνδέεται και με το γεγονός ότι οι μαθητές προσέρχονται στη σχολική τάξη με προϋπάρχουσες ιδέες και αντιλήψεις για τα φυσικά φαινόμενα. Οι αντιλήψεις αυτές δεν είναι πάντοτε συμβατές με τις επιστημονικές εξηγήσεις και, για τον λόγο αυτό, η απλή παρουσίαση της επιστημονικής γνώσης δεν είναι πάντα αρκετή για την αλλαγή ή τον εμπλουτισμό τους. Μέσα από κατάλληλα οργανωμένες διερευνητικές δραστηριότητες, οι μαθητές μπορούν να ελέγχουν τις αρχικές τους υποθέσεις, να συγκρίνουν τις προβλέψεις τους με τα δεδομένα και να αναδομούν σταδιακά τον τρόπο με τον οποίο κατανοούν τα φαινόμενα ([Stefanidou et al., 2020](#); [Σκορδούλης & Στεφανίδου, 2021](#)).

Η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών αποκτά ιδιαίτερη αξία όταν οι μαθητές καλούνται να συνδέσουν τις έννοιες με πραγματικά αντικείμενα, πειραματικές διαδικασίες και επιστημονικά όργανα. Στην περίπτωση της οπτικής, για παράδειγμα, έννοιες όπως η διάδοση του φωτός, η διάθλαση, οι φακοί, η εστιακή απόσταση και η μεγέθυνση μπορούν να γίνουν περισσότερο κατανοητές όταν οι μαθητές έχουν τη δυνατότητα να παρατηρήσουν, να πειραματιστούν και να συνδέσουν τις παρατηρήσεις τους με ένα συγκεκριμένο όργανο ή μια κατασκευή ([De Vidi, 2025a](#), [2025b](#)). Η αξιοποίηση του τηλεσκοπίου του Γαλιλαίου στη διδασκαλία εντάσσεται ακριβώς σε αυτή τη λογική, καθώς επιτρέπει τη σύνδεση φυσικών εννοιών με τη λειτουργία ενός ιστορικού επιστημονικού οργάνου.

Η ενεργητική εμπλοκή των μαθητών δεν σημαίνει ότι ο εκπαιδευτικός αποσύρεται από τη μαθησιακή διαδικασία. Αντίθετα, ο ρόλος του εκπαιδευτικού παραμένει καθοριστικός, καθώς οργανώνει το πλαίσιο της διερεύνησης, επιλέγει τα κατάλληλα υλικά, θέτει ερωτήματα, υποστηρίζει τη συζήτηση και βοηθά τους μαθητές να περάσουν από την απλή παρατήρηση στην επιστημονική ερμηνεία ([Σκορδούλης & Στεφανίδου, 2021](#)). Ιδιαίτερα σε έννοιες όπως η διάθλαση και η λειτουργία των φακών, η καθοδήγηση αυτή είναι απαραίτητη, διότι οι μαθητές χρειάζονται σταδιακή υποστήριξη για να συνδέσουν αυτό που βλέπουν με το αντίστοιχο επιστημονικό μοντέλο.

1.2 Η διερευνητική διδασκαλία και μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες

Η διερευνητική διδασκαλία και μάθηση αποτελεί μία από τις σημαντικές προσεγγίσεις στη διδακτική των Φυσικών Επιστημών. Η βασική της ιδέα είναι ότι οι μαθητές μαθαίνουν αποτελεσματικότερα όταν συμμετέχουν σε διαδικασίες που προσεγγίζουν, σε κατάλληλα διαμορφωμένο σχολικό επίπεδο, πρακτικές της επιστημονικής έρευνας. Τέτοιες πρακτικές είναι η διατύπωση ερωτημάτων, η διαμόρφωση υποθέσεων, ο σχεδιασμός και η εκτέλεση πειραματικών διαδικασιών, η συλλογή δεδομένων, η ερμηνεία αποτελεσμάτων και η επικοινωνία συμπερασμάτων ([National Research Council, 2000](#); [Σκορδούλης & Στεφανίδου, 2021](#)).

Σύμφωνα με τους Σκορδούλη και Στεφανίδου, η διερευνητική διδασκαλία δεν ταυτίζεται απλώς με τη χρήση πειραμάτων ή δραστηριοτήτων χειρωνακτικού τύπου.

Μία δραστηριότητα μπορεί να είναι πρακτική, χωρίς απαραίτητα να είναι διερευνητική, εάν οι μαθητές απλώς ακολουθούν οδηγίες χωρίς να καλούνται να σκεφτούν, να προβλέψουν, να ελέγξουν ή να εξηγήσουν τα αποτελέσματα της διαδικασίας. Επομένως, το κρίσιμο στοιχείο της διερεύνησης δεν είναι μόνο η χρήση υλικών, αλλά ο τρόπος με τον οποίο οι μαθητές εμπλέκονται νοητικά στη διαδικασία της μάθησης.

Η διερευνητική προσέγγιση μπορεί να οργανωθεί με διαφορετικό βαθμό καθοδήγησης. Στη σχολική τάξη, ιδιαίτερα όταν οι μαθητές προσεγγίζουν σύνθετες έννοιες, η καθοδηγούμενη διερεύνηση θεωρείται συχνά περισσότερο λειτουργική. Στην περίπτωση αυτή, ο εκπαιδευτικός θέτει το αρχικό ερώτημα ή πρόβλημα, προσφέρει τα κατάλληλα υλικά, οργανώνει τη διαδικασία και υποστηρίζει τους μαθητές στην ερμηνεία των δεδομένων, χωρίς όμως να τους στερεί τον ενεργό ρόλο στη διερεύνηση ([Stefanidou et al., 2020](#); [Σκορδούλης & Στεφανίδου, 2021](#)). Η καθοδήγηση αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική όταν οι μαθητές καλούνται να συνδέσουν πειραματικές παρατηρήσεις με έννοιες που απαιτούν αφαιρετική σκέψη, όπως το μοντέλο της ακτίνας φωτός ή η εστιακή απόσταση.

Ένα μοντέλο που συνδέεται στενά με τη διερευνητική διδασκαλία είναι το μοντέλο των 5Ε. Το μοντέλο αυτό περιλαμβάνει τις φάσεις της εμπλοκής, της εξερεύνησης, της επεξήγησης, της επεξεργασίας και της αξιολόγησης. Στη φάση της εμπλοκής οι μαθητές έρχονται σε επαφή με ένα ενδιαφέρον ερώτημα ή πρόβλημα. Στη φάση της εξερεύνησης παρατηρούν, πειραματίζονται και συλλέγουν δεδομένα. Στη φάση της επεξήγησης οργανώνουν τις παρατηρήσεις τους και εισάγονται οι επιστημονικές έννοιες. Στη φάση της επεξεργασίας εφαρμόζουν ή επεκτείνουν τη νέα γνώση, ενώ στη φάση της αξιολόγησης αποτιμάται τόσο η κατανόηση των εννοιών όσο και η διαδικασία που ακολουθήθηκε ([Bybee et al., 2006](#); [Σκορδούλης & Στεφανίδου, 2021](#)).

Η οργάνωση μιας διδακτικής παρέμβασης με βάση τις φάσεις της διερεύνησης είναι ιδιαίτερα χρήσιμη στην περίπτωση του τηλεσκοπίου του Γαλιλαίου. Οι μαθητές μπορούν αρχικά να εμπλακούν μέσα από ένα ερώτημα, όπως το πώς είναι δυνατό να παρατηρήσουμε καθαρότερα ένα μακρινό αντικείμενο. Στη συνέχεια μπορούν να εξερευνήσουν τη λειτουργία συγκλινόντων και αποκλινόντων φακών, να πειραματιστούν με διαφορετικές αποστάσεις μεταξύ φακών και να οδηγηθούν σταδιακά στην κατανόηση της βασικής αρχής λειτουργίας ενός γαλιλαϊκού

τηλεσκοπίου ([De Vidi, 2025a](#), [2025b](#), [2025c](#)). Με αυτόν τον τρόπο, το ιστορικό επιστημονικό όργανο δεν παρουσιάζεται απλώς ως πληροφορία, αλλά μετατρέπεται σε μέσο ενεργητικής διερεύνησης.

Η διερευνητική διδασκαλία δίνει επίσης ιδιαίτερη σημασία στη διατύπωση ερευνητικών ερωτημάτων, στη διατύπωση υποθέσεων και στην καταγραφή δεδομένων. Στο πλαίσιο ενός σχεδίου εργασίας ή μιας μικρής διερεύνησης, οι μαθητές μπορούν να ξεκινήσουν από ένα ερώτημα, να διατυπώσουν μια αρχική υπόθεση, να σχεδιάσουν ή να ακολουθήσουν μια διαδικασία ελέγχου, να παρατηρήσουν, να καταγράψουν τα αποτελέσματα και να οδηγηθούν σε συμπεράσματα ([National Research Council, 2000](#); [Σκορδούλης & Στεφανίδου, 2021](#)). Η δομή αυτή είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για τον σχεδιασμό φύλλου εργασίας, καθώς επιτρέπει στους μαθητές να οργανώσουν τη σκέψη τους και να συνδέσουν την πειραματική διαδικασία με την ερμηνεία.

1.3 Η Ιστορία της Επιστήμης και η Φύση της Επιστήμης στη διδασκαλία

Η Ιστορία της Επιστήμης μπορεί να συμβάλει σημαντικά στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, καθώς βοηθά τους μαθητές να κατανοήσουν ότι η επιστημονική γνώση δεν εμφανίζεται έτοιμη και αμετάβλητη, αλλά διαμορφώνεται μέσα σε συγκεκριμένα ιστορικά, κοινωνικά και πολιτισμικά πλαίσια. Η επιστημονική γνώση αναπτύσσεται μέσα από διαδικασίες παρατήρησης, πειραματισμού, θεωρητικής ερμηνείας, αμφισβήτησης και αναθεώρησης. Για τον λόγο αυτό, η ιστορική διάσταση της επιστήμης μπορεί να συμβάλει στην κατανόηση της Φύσης της Επιστήμης και στην ανάπτυξη του επιστημονικού γραμματισμού ([Abd-El-Khalick & Lederman, 2000](#); [Matthews, 2015](#)).

Η Φύση της Επιστήμης αφορά, μεταξύ άλλων, τον τρόπο με τον οποίο παράγεται, τεκμηριώνεται και μεταβάλλεται η επιστημονική γνώση. Μέσα από ιστορικά παραδείγματα, οι μαθητές μπορούν να αντιληφθούν ότι η επιστήμη δεν είναι μια απλή συσσώρευση αδιαμφισβήτητων δεδομένων, αλλά μια ανθρώπινη δραστηριότητα που περιλαμβάνει ερωτήματα, θεωρίες, πειράματα, όργανα, διαφωνίες και κοινωνικές συνθήκες ([Matthews, 2015](#); [Stefanidou & Skordoulis, 2014](#)). Η προσέγγιση αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική, επειδή απομακρύνει τη διδασκαλία από την εικόνα της επιστήμης

ως έτοιμης και ουδέτερης γνώσης και την παρουσιάζει ως διαδικασία διερεύνησης και τεκμηρίωσης.

Η ιστορική πλαισίωση μπορεί να βοηθήσει τους μαθητές να κατανοήσουν ότι η επιστημονική γνώση συνδέεται με τα ερωτήματα, τα μέσα και τις δυνατότητες κάθε εποχής. Τα επιστημονικά όργανα παίζουν σημαντικό ρόλο σε αυτή τη διαδικασία, επειδή επιτρέπουν την επέκταση των αισθήσεων και τη συλλογή δεδομένων που δεν θα ήταν διαφορετικά διαθέσιμα. Η περίπτωση του τηλεσκοπίου του Γαλιλαίου είναι χαρακτηριστική, καθώς η χρήση του οργάνου επέτρεψε την παρατήρηση ουράνιων φαινομένων που δεν ήταν ορατά με γυμνό μάτι και οδήγησε σε νέες ερμηνείες για τη δομή του κόσμου ([De Vidi, 2025a](#); [Talas et al., 2025](#)).

Η ένταξη της Ιστορίας και Φιλοσοφίας της Επιστήμης στη διδασκαλία δεν είναι, ωστόσο, μια απλή διαδικασία. Η σχετική βιβλιογραφία επισημαίνει ότι οι εκπαιδευτικοί συχνά αντιμετωπίζουν δυσκολίες στην επιλογή κατάλληλου υλικού, στην προσαρμογή ιστορικών επεισοδίων στο επίπεδο των μαθητών και στη σύνδεση της ιστορικής αφήγησης με το επιστημονικό περιεχόμενο του μαθήματος ([Henke & Höttecke, 2015](#); [Höttecke & Silva, 2011](#)). Για τον λόγο αυτό, η ιστορική πλαισίωση δεν πρέπει να λειτουργεί ως απλή προσθήκη πληροφοριών, αλλά να εντάσσεται οργανικά στη διδακτική διαδικασία.

Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας, η ιστορική πλαισίωση του τηλεσκοπίου του Γαλιλαίου δεν έχει στόχο μόνο να παρουσιάσει γεγονότα από την ιστορία της αστρονομίας. Στόχος είναι να αναδειχθεί πώς η χρήση ενός οργάνου μπορεί να μεταβάλει το πεδίο της παρατήρησης, να δημιουργήσει νέα επιστημονικά δεδομένα και να οδηγήσει σε αμφισβήτηση παλαιότερων θεωρητικών σχημάτων. Η προσέγγιση αυτή συνδέεται με βασικές πτυχές της Φύσης της Επιστήμης, όπως η σχέση παρατήρησης και θεωρίας, ο ρόλος των επιστημονικών οργάνων, η αναθεωρησιμότητα της γνώσης και η κοινωνική διάσταση της επιστημονικής αποδοχής ([Abd-El-Khalick & Lederman, 2000](#); [Stefanidou & Skordoulis, 2017](#); [Talas et al., 2025](#)).

Η Ιστορία της Επιστήμης μπορεί επίσης να συμβάλει στην κατανόηση της επιστήμης ως ανθρώπινης δραστηριότητας. Οι μαθητές μπορούν να αντιληφθούν ότι η επιστημονική γνώση αναπτύσσεται μέσα από προσπάθειες, σφάλματα, τεχνικές δυσκολίες, νέες παρατηρήσεις και συχνά μέσα από αντιπαραθέσεις. Στην περίπτωση

του Γαλιλαίου, η χρήση του τηλεσκοπίου δεν οδήγησε απλώς σε νέες παρατηρήσεις, αλλά έθεσε και ζητήματα αξιοπιστίας των οργάνων, αποδοχής των δεδομένων και σχέσης ανάμεσα στην τεχνολογία και την επιστημονική θεωρία ([Matthews, 2015](#); [Talas et al., 2025](#)).

1.4 Τα ιστορικά επιστημονικά όργανα ως διδακτικά εργαλεία

Τα επιστημονικά όργανα κατέχουν σημαντική θέση τόσο στην ιστορία της επιστήμης όσο και στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Μέσω αυτών καθίσταται δυνατή η ακριβέστερη παρατήρηση, η μέτρηση φυσικών μεγεθών και η διερεύνηση φαινομένων που δεν είναι άμεσα αντιληπτά με τις αισθήσεις. Παράλληλα, τα όργανα αποτελούν υλικά τεκμήρια της επιστημονικής σκέψης και της τεχνολογικής ανάπτυξης μιας εποχής. Η μελέτη τους μπορεί να βοηθήσει τους μαθητές να κατανοήσουν τη σχέση ανάμεσα στη θεωρητική γνώση, την πρακτική εφαρμογή και την υλική διάσταση της επιστήμης ([Baird, 2004](#)).

Στη σύγχρονη επιστημονική και εκπαιδευτική πρακτική, πολλά όργανα λειτουργούν συχνά ως «μαύρα κουτιά». Οι χρήστες τους μπορούν να λαμβάνουν δεδομένα ή μετρήσεις χωρίς να κατανοούν απαραίτητα τον τρόπο λειτουργίας τους ή τις φυσικές αρχές στις οποίες στηρίζονται ([Latour, 1987](#); [Maas, 2013](#)). Το γεγονός αυτό μπορεί να περιορίσει την εκπαιδευτική τους αξία, όταν οι μαθητές τα χρησιμοποιούν μόνο ως μέσα παραγωγής αριθμητικών αποτελεσμάτων, χωρίς να αντιλαμβάνονται τη σύνδεση ανάμεσα στη φυσική αρχή, τη λειτουργία του οργάνου και τη γνώση που παράγεται.

Τα ιστορικά επιστημονικά όργανα παρουσιάζουν ιδιαίτερο διδακτικό ενδιαφέρον, επειδή συχνά έχουν πιο εμφανή και κατανοητή αρχή λειτουργίας σε σχέση με πολλά σύγχρονα επιστημονικά όργανα. Η σχετική διαφάνεια της κατασκευής τους επιτρέπει στους μαθητές να παρατηρήσουν πιο άμεσα τη σχέση ανάμεσα στο υλικό αντικείμενο, στο φυσικό φαινόμενο και στην επιστημονική ερμηνεία ([Baird, 2004](#); [Heering, 2015](#)). Με αυτόν τον τρόπο, τα ιστορικά όργανα μπορούν να λειτουργήσουν όχι μόνο ως αντικείμενα ιστορικού ενδιαφέροντος, αλλά και ως μέσα κατανόησης φυσικών εννοιών.

Η εκπαιδευτική αξιοποίηση των ιστορικών επιστημονικών οργάνων μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους. Μπορεί να περιλαμβάνει την παρατήρηση αυθεντικών οργάνων

σε μουσεία, τη χρήση ανακατασκευών, τη μελέτη εικόνων και ιστορικών πηγών, τη δημιουργία απλών μοντέλων με καθημερινά υλικά ή την ένταξη των οργάνων σε ιστορικά πλαίσιοι δραστηριότητες. Η ανακατασκευή ή η χρήση εκπαιδευτικών μοντέλων είναι ιδιαίτερα σημαντική, επειδή επιτρέπει στους μαθητές να μην περιορίζονται στην παθητική παρατήρηση, αλλά να εμπλέκονται ενεργά με τη λειτουργία του οργάνου ([Cavicchi, 2008](#); [Heering, 2015](#)).

Καταγεγραμμένες προσπάθειες αξιοποίησης ιστορικών επιστημονικών οργάνων και ανακατασκευών δείχνουν ότι τέτοιες δραστηριότητες μπορούν να ενισχύσουν το ενδιαφέρον των μαθητών, να καλλιεργήσουν δεξιότητες παρατήρησης και χειρισμού υλικών, αλλά και να συμβάλουν στην κατανόηση πτυχών της Φύσης της Επιστήμης ([Alisir & Irez, 2020](#); [Cavicchi, 2008](#)). Η αξία τους βρίσκεται στο ότι οι μαθητές έρχονται σε επαφή με την επιστήμη ως πρακτική δραστηριότητα, η οποία περιλαμβάνει όργανα, υλικά, τεχνικές επιλογές, περιορισμούς και ερμηνευτικές διαδικασίες.

Στο ελληνικό πλαίσιο, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι προσπάθειες ανάδειξης και εκπαιδευτικής αξιοποίησης συλλογών ιστορικών επιστημονικών οργάνων. Η συλλογή επιστημονικών οργάνων του Μαρασλείου Διδασκαλείου, για παράδειγμα, έχει μελετηθεί ως περίπτωση επιστημονικής κληρονομιάς που μπορεί να συνδεθεί με τη σύγχρονη εκπαίδευση και με δραστηριότητες STEM ([Lazos et al., 2024](#); [Λάζος et al., 2023](#)). Τέτοιες προσεγγίσεις δείχνουν ότι τα ιστορικά επιστημονικά όργανα μπορούν να λειτουργήσουν ως γέφυρα ανάμεσα στην ιστορική γνώση, στη διδακτική των Φυσικών Επιστημών και στη σύγχρονη εκπαιδευτική πράξη.

Ωστόσο, η αξιοποίηση ιστορικών επιστημονικών οργάνων δεν είναι πάντοτε εύκολη. Υπάρχουν περιορισμοί που σχετίζονται με την πρόσβαση στα όργανα, την ασφάλεια, τη δυνατότητα χρήσης τους από μαθητές, τον διαθέσιμο χρόνο και την ανάγκη ιστορικής και επιστημονικής πλαίσιωσης ([Höttecke & Silva, 2011](#); [Maas, 2013](#)). Για τον λόγο αυτό, συχνά προτείνονται ανακατασκευές ή εκπαιδευτικά μοντέλα με απλά υλικά, τα οποία διατηρούν τη βασική αρχή λειτουργίας του ιστορικού οργάνου, χωρίς να απαιτούν πρόσβαση σε αυθεντικά αντικείμενα. Αυτή η λογική είναι ιδιαίτερα χρήσιμη στην περίπτωση του γαλιλαϊκού τηλεσκοπίου, καθώς μπορεί να κατασκευαστεί μια απλή εκπαιδευτική εκδοχή του με φακούς και σωλήνες ([De Vidi, 2025c](#)).

1.5 Το τηλεσκόπιο του Γαλιλαίου ως μελέτη περίπτωσης

Το τηλεσκόπιο του Γαλιλαίου αποτελεί ένα από τα πιο χαρακτηριστικά ιστορικά επιστημονικά όργανα, καθώς συνδέεται με μια καθοριστική περίοδο στην ιστορία της αστρονομίας και της επιστημονικής σκέψης. Παρόλο που ο Γαλιλαίος δεν ήταν ο πρώτος που κατασκεύασε διοπτρικό όργανο, ήταν εκείνος που το βελτίωσε και το αξιοποίησε συστηματικά για την παρατήρηση ουράνιων σωμάτων. Η χρήση του τηλεσκοπίου για αστρονομικούς σκοπούς επέτρεψε την παρατήρηση φαινομένων που δεν ήταν ορατά με γυμνό μάτι και οδήγησε στη διαμόρφωση νέων ερωτημάτων για τη δομή του κόσμου ([Galilei, 1610/1989](#); [Talas et al., 2025](#)).

Η ιστορική σημασία του τηλεσκοπίου του Γαλιλαίου δεν βρίσκεται μόνο στην τεχνολογική του κατασκευή, αλλά κυρίως στη χρήση του ως μέσου παραγωγής επιστημονικής γνώσης. Οι παρατηρήσεις της επιφάνειας της Σελήνης, των πολυάριθμων αστέρων και των δορυφόρων του Δία ανέδειξαν ότι το τηλεσκόπιο δεν επέκτεινε απλώς την ανθρώπινη όραση, αλλά διαμόρφωσε νέες δυνατότητες παρατήρησης και ερμηνείας του ουρανού ([Galilei, 1610/1989](#); [Talas et al., 2025](#)). Με αυτή την έννοια, το τηλεσκόπιο αποτελεί χαρακτηριστική περίπτωση οργάνου που συνέβαλε στην αλλαγή της επιστημονικής εικόνας του κόσμου.

Η διδακτική αξιοποίηση του τηλεσκοπίου του Γαλιλαίου παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον, καθώς επιτρέπει τη σύνδεση ιστορικού περιεχομένου και φυσικών εννοιών. Μέσα από τη μελέτη του τηλεσκοπίου οι μαθητές μπορούν να προσεγγίσουν βασικές έννοιες της γεωμετρικής οπτικής, όπως το μοντέλο της ακτίνας φωτός, η διάθλαση, η λειτουργία των συγκλινόντων και αποκλινόντων φακών, η εστιακή απόσταση, η μεγέθυνση και το οπτικό πεδίο ([De Vidi, 2025a, 2025b](#)). Παράλληλα, μπορούν να κατανοήσουν πώς οι επιστημονικές παρατηρήσεις συνδέονται με την τεχνολογία και πώς η χρήση ενός οργάνου μπορεί να επηρεάσει την ανάπτυξη επιστημονικών θεωριών ([Baird, 2004](#); [Talas et al., 2025](#)).

Το τηλεσκόπιο του Γαλιλαίου μπορεί επίσης να αξιοποιηθεί για την ανάδειξη πτυχών της Φύσης της Επιστήμης. Η περίπτωση αυτή δείχνει ότι τα επιστημονικά δεδομένα δεν προκύπτουν ανεξάρτητα από τα μέσα παρατήρησης, αλλά εξαρτώνται από τα διαθέσιμα όργανα, τις τεχνικές δυνατότητες και τις θεωρητικές ερμηνείες κάθε εποχής ([Matthews, 2015](#); [Stefanidou & Skordoulis, 2014](#)). Η χρήση του τηλεσκοπίου έθεσε

ζητήματα αξιοπιστίας των οργάνων, αποδοχής των νέων παρατηρήσεων και αναθεώρησης παλαιότερων κοσμολογικών αντιλήψεων, τα οποία μπορούν να αποτελέσουν γόνιμο υλικό για διδακτική συζήτηση.

Η επιλογή του τηλεσκοπίου του Γαλιλαίου ως αντικείμενου της παρούσας εργασίας βασίζεται ακριβώς σε αυτή τη διπλή του σημασία. Από τη μία πλευρά, αποτελεί ιστορικό επιστημονικό όργανο με μεγάλη σημασία για την εξέλιξη της αστρονομίας. Από την άλλη πλευρά, προσφέρει τη δυνατότητα σχεδιασμού μιας διερευνητικής διδακτικής παρέμβασης, στην οποία οι μαθητές μπορούν να πειραματιστούν με φακούς, να κατασκευάσουν ή να αναλύσουν μια απλή εκπαιδευτική εκδοχή του τηλεσκοπίου και να συνδέσουν τη λειτουργία του με την ιστορική του σημασία ([De Vidi, 2025a, 2025c](#)).

1.6 Σκοπός και ερευνητικά ερωτήματα της εργασίας

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η διερεύνηση της διδακτικής αξιοποίησης του τηλεσκοπίου του Γαλιλαίου στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, μέσα από τον σχεδιασμό μιας διερευνητικής διδακτικής παρέμβασης που συνδέει τη μελέτη των φακών και της γεωμετρικής οπτικής με την Ιστορία και τη Φύση της Επιστήμης. Η εργασία εξετάζει το τηλεσκόπιο του Γαλιλαίου ως ιστορικό επιστημονικό όργανο, αναλύει τις βασικές φυσικές αρχές που διέπουν τη λειτουργία του και προτείνει δραστηριότητες μέσα από τις οποίες οι μαθητές μπορούν να εμπλακούν ενεργά στη διερεύνηση της λειτουργίας ([De Vidi, 2025a, 2025b](#); [Σκορδούλης & Στεφανίδου, 2021](#)).

Η εργασία δεν αποτελεί εμπειρική έρευνα εφαρμογής σε σχολική τάξη, αλλά εργασία θεωρητικής τεκμηρίωσης και σχεδιασμού διδακτικού σεναρίου. Στο πλαίσιο αυτό, αξιοποιούνται βιβλιογραφικές πηγές από τη διδακτική των Φυσικών Επιστημών, τη διερευνητική διδασκαλία, την Ιστορία και Φύση της Επιστήμης, καθώς και εκπαιδευτικά και ιστορικά υλικά που αφορούν το τηλεσκόπιο του Γαλιλαίου. Η προτεινόμενη παρέμβαση βασίζεται σε καθοδηγούμενη διερευνητική προσέγγιση, καθώς οι μαθητές οδηγούνται σταδιακά από την παρατήρηση και τον πειραματισμό με φακούς στην κατανόηση της λειτουργίας του γαλιλαϊκού τηλεσκοπίου ([Bybee et al., 2006](#); [National Research Council, 2000](#); [Σκορδούλης & Στεφανίδου, 2021](#)).

Τα βασικά ερευνητικά ερωτήματα που καθοδηγούν την παρούσα εργασία είναι τα εξής:

1. Πώς μπορεί το τηλεσκόπιο του Γαλιλαίου να αξιοποιηθεί ως ιστορικό επιστημονικό όργανο στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών;
2. Ποιες φυσικές έννοιες και αρχές της γεωμετρικής οπτικής μπορούν να διδαχθούν μέσα από τη μελέτη και την κατασκευή μιας εκπαιδευτικής εκδοχής του γαλιλαϊκού τηλεσκοπίου;
3. Με ποιον τρόπο η διερευνητική διδασκαλία και μάθηση μπορεί να οργανώσει δραστηριότητες σχετικές με φακούς, διάθλαση και τηλεσκόπια;
4. Πώς μπορεί η ιστορική πλαισίωση του τηλεσκοπίου του Γαλιλαίου να συμβάλει στην κατανόηση πτυχών της Φύσης της Επιστήμης;
5. Ποια παιδαγωγικά οφέλη και ποιοι πιθανοί περιορισμοί προκύπτουν από την αξιοποίηση του τηλεσκοπίου του Γαλιλαίου σε μια διερευνητική διδακτική παρέμβαση;

Τα ερωτήματα αυτά διαμορφώνουν τη δομή της εργασίας. Αρχικά παρουσιάζεται το θεωρητικό πλαίσιο της διερευνητικής διδασκαλίας, της Ιστορίας της Επιστήμης και της αξιοποίησης ιστορικών επιστημονικών οργάνων στην εκπαίδευση. Στη συνέχεια εξετάζεται το ιστορικό και επιστημονικό πλαίσιο του τηλεσκοπίου του Γαλιλαίου, καθώς και οι φυσικές αρχές λειτουργίας του. Τέλος, προτείνεται διδακτικό σενάριο και φύλλο εργασίας, με στόχο την αξιοποίηση του τηλεσκοπίου στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών μέσω καθοδηγούμενης διερευνητικής μάθησης.

2. Το τηλεσκόπιο του Γαλιλαίου: ιστορικό και επιστημονικό πλαίσιο

2.1 Η αστρονομία πριν από το τηλεσκόπιο

Η ιστορική σημασία του τηλεσκοπίου του Γαλιλαίου γίνεται περισσότερο κατανοητή, όταν εξεταστεί το αστρονομικό και επιστημονικό πλαίσιο που προηγήθηκε της χρήσης του. Πριν από τις πρώτες τηλεσκοπικές παρατηρήσεις, η μελέτη του ουρανού βασιζόταν κυρίως στην παρατήρηση με γυμνό μάτι, στη γεωμετρική περιγραφή των κινήσεων των ουράνιων σωμάτων και στη χρήση οργάνων μέτρησης γωνιών και θέσεων. Η αστρονομία, ήδη πριν από την εμφάνιση του τηλεσκοπίου, δεν αποτελούσε απλή καταγραφή ουράνιων φαινομένων, αλλά ένα σύνθετο πεδίο μαθηματικής γνώσης, το οποίο συνδεόταν με την πρόβλεψη των κινήσεων των πλανητών, τη ναυσιπλοΐα, τη χαρτογραφία και τη μέτρηση του χρόνου ([Talas et al., 2025](#); [Van Helden et al., 2010](#)).

Για πολλούς αιώνες, η κυρίαρχη κοσμολογική αντίληψη στην ευρωπαϊκή επιστημονική παράδοση ήταν το γεωκεντρικό σύστημα, όπως αυτό είχε συνδεθεί με την πτολεμαϊκή αστρονομία και την αριστοτελική φυσική φιλοσοφία. Σύμφωνα με αυτή την αντίληψη, η Γη βρισκόταν ακίνητη στο κέντρο του κόσμου, ενώ γύρω της κινούνταν η Σελήνη, ο Ήλιος, οι πλανήτες και η σφαίρα των απλανών αστερών. Το πτολεμαϊκό σύστημα είχε μεγάλη ιστορική διάρκεια, διότι μπορούσε να προσφέρει ένα μαθηματικό πλαίσιο για την περιγραφή και την πρόβλεψη των φαινόμενων κινήσεων των ουράνιων σωμάτων ([Talas et al., 2025](#); [Van Helden et al., 2010](#)).

Η παραδοσιακή αυτή εικόνα του κόσμου συνδεόταν και με τη διάκριση ανάμεσα στον γήινο και στον ουράνιο κόσμο. Ο γήινος κόσμος θεωρούνταν χώρος μεταβολής, φθοράς και ατέλειας, ενώ ο ουράνιος κόσμος αντιμετωπιζόταν ως τέλειος, αμετάβλητος και οργανωμένος σύμφωνα με κανονικές κινήσεις. Η διάκριση αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική, επειδή ορισμένες από τις πρώτες τηλεσκοπικές παρατηρήσεις του Γαλιλαίου, όπως η ανώμαλη επιφάνεια της Σελήνης, ήρθαν σε αντίθεση με την ιδέα της τελειότητας των ουράνιων σωμάτων ([Galilei, 1610/1989](#); [Talas et al., 2025](#)).

Κατά την Αναγέννηση, το επιστημονικό και τεχνολογικό περιβάλλον άρχισε να μεταβάλλεται. Η ανάπτυξη των πρακτικών μαθηματικών και η διάδοση οργάνων που βασίζονταν στη γεωμετρία συνέβαλαν στη βελτίωση δραστηριοτήτων όπως η

τοπογραφία, η χαρτογραφία, η ναυσιπλοΐα, η αστρονομία, η μέτρηση του χρόνου και η στρατιωτική τεχνολογία. Τα όργανα αυτά δεν χρησιμοποιούνταν μόνο για θεωρητικούς σκοπούς, αλλά ανταποκρίνονταν σε πρακτικές ανάγκες μιας εποχής που χαρακτηριζόταν από θαλάσσια ταξίδια, εμπορικές και στρατιωτικές απαιτήσεις, καθώς και από αυξανόμενο ενδιαφέρον για ακριβέστερες μετρήσεις ([Bucciantini et al., 2012](#); [Talas et al., 2025](#)).

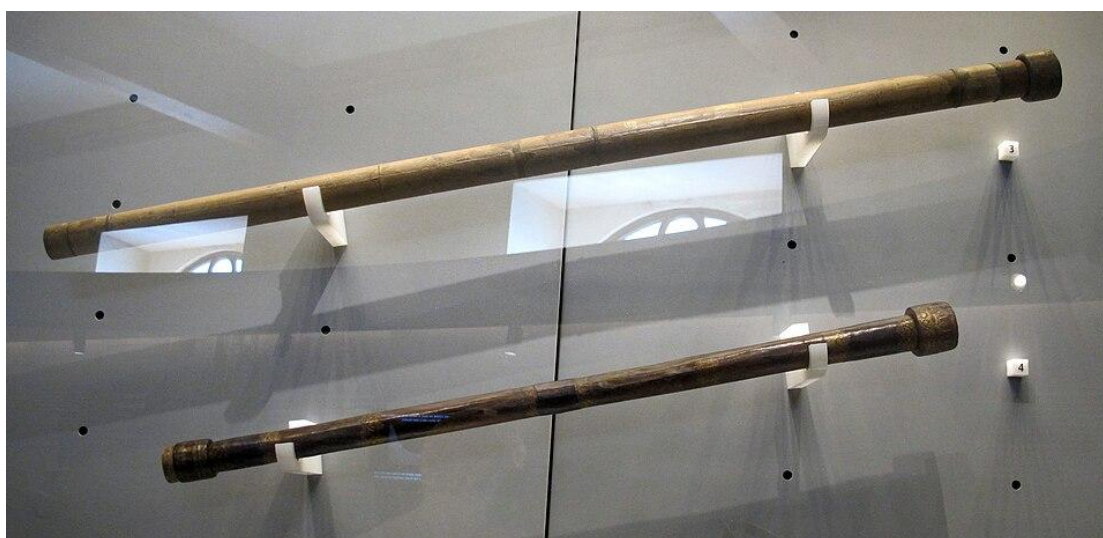
Ωστόσο, τα πρακτικά μαθηματικά και η φυσική φιλοσοφία δεν ταυτίζονταν ακόμη πλήρως. Η φυσική φιλοσοφία ήταν συχνά συνδεδεμένη με την ερμηνεία των κειμένων του Αριστοτέλη και των σχολιαστών του, ενώ τα μαθηματικά όργανα θεωρούνταν κυρίως εργαλεία πρακτικής χρήσης. Μέσα σε αυτό το πλαίσιο, η χρήση του τηλεσκοπίου από τον Γαλιλαίο είχε ιδιαίτερη σημασία, διότι συνέβαλε στη μετατροπή ενός τεχνικού οργάνου παρατήρησης μακρινών αντικειμένων σε όργανο διερεύνησης της φύσης και παραγωγής νέας επιστημονικής γνώσης ([Baird, 2004](#); [Talas et al., 2025](#)).

2.2 Ο Γαλιλαίος και η αξιοποίηση του τηλεσκοπίου

Ο Γαλιλαίος Γαλιλέι κατέχει κεντρική θέση στην ιστορία της νεότερης επιστήμης, επειδή συνέβαλε στη διαμόρφωση ενός νέου τρόπου μελέτης της φύσης, ο οποίος συνδύαζε τη μαθηματική περιγραφή, την παρατήρηση, το πείραμα και τη χρήση οργάνων. Η πορεία του συνδέεται στενά με το Πανεπιστήμιο της Πάδοβας, όπου εργάστηκε από το 1592 έως το 1610 ως καθηγητής μαθηματικών. Η περίοδος αυτή υπήρξε καθοριστική, καθώς ο Γαλιλαίος ασχολήθηκε με μαθηματικά όργανα, τεχνικές κατασκευές και πρακτικές εφαρμογές, όπως ο γεωμετρικός και στρατιωτικός διαβήτης ([Bucciantini et al., 2012](#); [Talas et al., 2025](#)).

Η ενασχόληση του Γαλιλαίου με όργανα και μετρήσεις δεν ήταν δευτερεύον στοιχείο του έργου του. Αντίθετα, αποτέλεσε μέρος μιας ευρύτερης αντίληψης για τη μελέτη της φύσης. Ο Γαλιλαίος δεν περιορίστηκε στη θεωρητική συζήτηση των φυσικών φαινομένων, αλλά επιδίωξε να τα μελετήσει μέσα από παρατηρήσεις, πειραματικές διατάξεις και όργανα που είτε κατασκεύαζε είτε βελτίωνε ο ίδιος. Η περίπτωση του τηλεσκοπίου είναι χαρακτηριστική, διότι δείχνει πώς ένα όργανο που είχε αρχικά πρακτική χρήση μπορούσε να αποκτήσει νέο επιστημονικό ρόλο ([Baird, 2004](#); [Strano, 2009](#); [Talas et al., 2025](#)).

Το τηλεσκόπιο δεν εφευρέθηκε από τον Γαλιλαίο. Η είδηση για ένα οπτικό όργανο που έκανε τα μακρινά αντικείμενα να φαίνονται κοντινότερα συνδέεται με την Ολλανδία και με τεχνίτες φακών, όπως ο Hans Lipperhey. Η είδηση αυτή διαδόθηκε γρήγορα στην Ευρώπη και έφτασε στον Γαλιλαίο, ο οποίος κατασκεύασε τη δική του εκδοχή του οργάνου και άρχισε να τη βελτιώνει ([Talas et al., 2025](#); [Van Helden et al., 2010](#)). Τον Αύγουστο του 1609 παρουσίασε στη Βενετική Σύγκλητο ένα τηλεσκόπιο περίπου οκτώ μεγεθύνσεων, δίνοντας ιδιαίτερη έμφαση στις πρακτικές του δυνατότητες, όπως η παρατήρηση πλοίων από μεγάλη απόσταση και η στρατιωτική του χρησιμότητα ([Bucciantini et al., 2012](#); [Talas et al., 2025](#)).



Εικόνα 1 Τα τηλεσκόπια του Γαλιλαίου που εκτίθενται στο Museo Galileo της Φλωρεντίας.

Πηγή: Sailko, Wikimedia Commons, άδεια CC BY-SA 3.0.

Η σημασία του Γαλιλαίου δεν βρίσκεται μόνο στο ότι κατασκεύασε ή βελτίωσε το όργανο, αλλά κυρίως στο ότι το έστρεψε προς τον ουρανό και το χρησιμοποίησε συστηματικά για αστρονομικές παρατηρήσεις. Με αυτή την κίνηση, ένα όργανο που αρχικά είχε κυρίως πρακτική χρήση μετατράπηκε σε επιστημονικό όργανο. Το τηλεσκόπιο επέτρεψε στον Γαλιλαίο να παρατηρήσει φαινόμενα που δεν ήταν ορατά με γυμνό μάτι και να τα παρουσιάσει ως νέα δεδομένα για τη μελέτη του ουρανού ([Galilei, 1610/1989](#); [Strano, 2009](#); [Talas et al., 2025](#)).

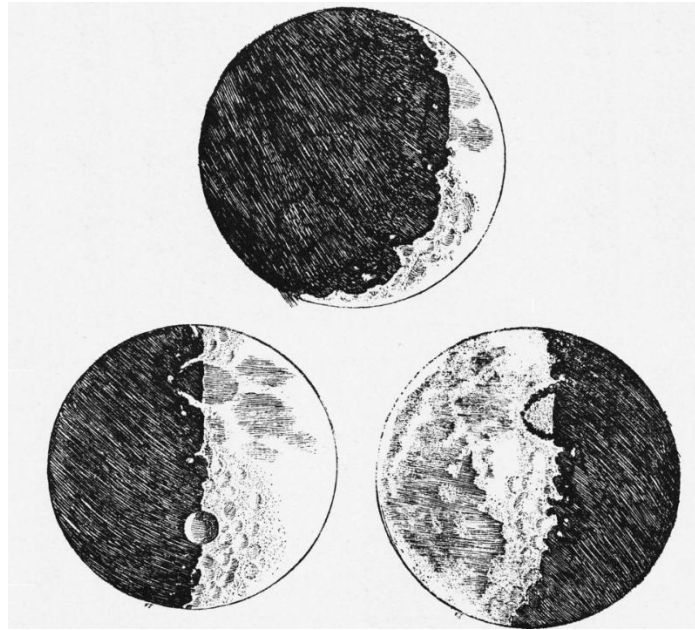
Η χρήση του τηλεσκοπίου έθεσε, όμως, και ένα νέο επιστημολογικό ζήτημα: κατά πόσο ένα τεχνητό όργανο μπορεί να θεωρηθεί αξιόπιστο μέσο παρατήρησης της φύσης. Η

εμπιστοσύνη σε ένα όργανο που παρεμβάλλεται ανάμεσα στο μάτι και στο αντικείμενο δεν ήταν αυτονόητη για όλους τους λογίους της εποχής. Το ζήτημα αυτό είναι σημαντικό για τη Φύση της Επιστήμης, επειδή δείχνει ότι τα επιστημονικά δεδομένα δεν είναι ανεξάρτητα από τα μέσα με τα οποία παράγονται, αλλά συνδέονται με όργανα, μεθόδους, θεωρητικές προσδοκίες και διαδικασίες αποδοχής από την επιστημονική κοινότητα ([Baird, 2004](#); [Matthews, 2015](#); [Stefanidou & Skordoulis, 2014](#); [Talas et al., 2025](#)).

2.3 Οι πρώτες τηλεσκοπικές παρατηρήσεις

Οι πρώτες σημαντικές τηλεσκοπικές παρατηρήσεις του Γαλιλαίου δημοσιεύθηκαν το 1610 στο έργο *Sidereus Nuncius*. Το έργο αυτό είχε ιδιαίτερη σημασία, διότι παρουσίαζε παρατηρήσεις που δεν μπορούσαν να γίνουν με γυμνό μάτι και έθετε υπό αμφισβήτηση βασικά στοιχεία της παραδοσιακής κοσμολογικής εικόνας. Ο Γαλιλαίος δεν περιορίστηκε στην περιγραφή του οργάνου, αλλά χρησιμοποίησε τις παρατηρήσεις του για να υποστηρίξει ότι ο ουρανός ήταν πολύ πιο σύνθετος και διαφορετικός από ό,τι επέτρεπε να φανεί η άμεση ανθρώπινη όραση ([Bucciantini et al., 2012](#); [Galilei, 1610/1989](#); [Talas et al., 2025](#)).

Μία από τις πρώτες παρατηρήσεις αφορούσε τη Σελήνη. Ο Γαλιλαίος παρατήρησε ότι η επιφάνειά της δεν ήταν λεία και τέλεια, αλλά παρουσίαζε περιοχές φωτός και σκιάς, τις οποίες ερμήνευσε ως ένδειξη ύπαρξης βουνών, κοιλάδων και ανωμαλιών. Η παρατήρηση αυτή είχε ιδιαίτερη σημασία, διότι η Σελήνη εμφανιζόταν να έχει χαρακτηριστικά παρόμοια με τη Γη. Με αυτόν τον τρόπο, αμφισβητούνταν η παραδοσιακή διάκριση ανάμεσα στον ατελή γήινο και στον τέλει ουράνιο κόσμο ([Galilei, 1610/1989](#); [Strano, 2009](#); [Talas et al., 2025](#)).



Εικόνα 2 Σχέδια της επιφάνειας της Σελήνης από το έργο *Sidereus Nuncius* του Γαλιλαίου (1610).

Πηγή: Galileo Galilei, *Sidereus Nuncius*, Wikimedia Commons, Public Domain.

Μια δεύτερη σημαντική παρατήρηση ήταν η ύπαρξη πολυάριθμων αστερών που δεν ήταν ορατοί με γυμνό μάτι. Ο Γαλιλαίος παρατήρησε ότι περιοχές του ουρανού που φαίνονταν σκοτεινές ή σχετικά φτωχές σε άστρα αποκάλυπταν, μέσω του τηλεσκοπίου, μεγάλο αριθμό νέων αστερών. Το τηλεσκόπιο, επομένως, δεν μεγέθυνε απλώς γνωστά αντικείμενα, αλλά αποκάλυπτε νέα στοιχεία του παρατηρήσιμου κόσμου ([Galilei, 1610/1989](#); [Talas et al., 2025](#)). Η παρατήρηση αυτή έχει ιδιαίτερη σημασία για τη διδακτική αξιοποίηση του τηλεσκοπίου, επειδή δείχνει με σαφή τρόπο ότι τα επιστημονικά όργανα μπορούν να επεκτείνουν τις ανθρώπινες αισθήσεις και να δημιουργήσουν νέες δυνατότητες γνώσης ([Baird, 2004](#); [De Vidi, 2025a](#)).

Ιδιαίτερη σημασία είχαν και οι παρατηρήσεις του Γαλιλαίου στον Δία. Τον Ιανουάριο του 1610 παρατήρησε μικρά φωτεινά σημεία κοντά στον πλανήτη, τα οποία άλλαζαν θέση από νύχτα σε νύχτα, αλλά παρέμεναν κοντά του. Μέσα από συνεχείς παρατηρήσεις, κατέληξε ότι επρόκειτο για τέσσερα σώματα που περιφέρονταν γύρω από τον Δία. Η ανακάλυψη αυτή είχε μεγάλη θεωρητική σημασία, διότι έδειχνε ότι δεν περιφέρονται όλα τα ουράνια σώματα γύρω από τη Γη ([Galilei, 1610/1989](#); [Talas et al., 2025](#)).

Οι δορυφόροι του Δία δεν αποτελούσαν από μόνοι τους οριστική απόδειξη του ηλιοκεντρικού συστήματος, όμως υπονόμευαν την ιδέα ότι η Γη είναι το μοναδικό κέντρο όλων των ουράνιων κινήσεων. Επιπλέον, οι μεταγενέστερες παρατηρήσεις των φάσεων της Αφροδίτης αποτέλεσαν σημαντικό επιχείρημα κατά του παραδοσιακού πτολεμαϊκού συστήματος, καθώς έδειχναν ότι η Αφροδίτη περιφέρεται γύρω από τον Ήλιο ([Bucciantini et al., 2012](#); [Strano, 2009](#); [Talas et al., 2025](#)). Έτσι, οι τηλεσκοπικές παρατηρήσεις του Γαλιλαίου συνέβαλαν στη σταδιακή αποδυνάμωση της γεωκεντρικής κοσμολογίας και στην ενίσχυση νέων τρόπων κατανόησης του ουρανού.

Η εκπαιδευτική αξία των παρατηρήσεων αυτών είναι σημαντική. Προσφέρουν ένα ιστορικό παράδειγμα στο οποίο η χρήση ενός οργάνου οδηγεί σε νέα δεδομένα και αυτά τα δεδομένα προκαλούν θεωρητικές αναθεωρήσεις. Στο πλαίσιο της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών, οι παρατηρήσεις του Γαλιλαίου μπορούν να αξιοποιηθούν για να συζητηθούν ζητήματα όπως ο ρόλος των εμπειρικών δεδομένων, η αμφισβήτηση καθιερωμένων αντιλήψεων, η σχέση παρατήρησης και θεωρίας και η κοινωνική διάσταση της αποδοχής της νέας γνώσης. Η αξιοποίηση ιστορικών επεισοδίων, όπως η περίπτωση του Γαλιλαίου, μπορεί να συμβάλει στην κατανόηση πτυχών της Φύσης της Επιστήμης, καθώς βοηθά τους μαθητές να δουν την επιστήμη ως ανθρώπινη, ιστορικά πλαίσιοι και αναθεωρήσιμη δραστηριότητα ([De Vidi, 2025a](#); [Matthews, 2015](#); [Stefanidou & Skordoulis, 2014, 2017](#)).

2.4 Το τηλεσκόπιο ως όργανο παραγωγής επιστημονικής γνώσης

Το τηλεσκόπιο του Γαλιλαίου αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα επιστημονικού οργάνου που δεν λειτούργησε απλώς ως βοηθητικό μέσο παρατήρησης, αλλά ως εργαλείο παραγωγής νέας γνώσης. Πριν από τη χρήση του, τα όρια της ανθρώπινης όρασης καθόριζαν σε μεγάλο βαθμό και τα όρια της αστρονομικής εμπειρίας. Με το τηλεσκόπιο, τα όρια αυτά διευρύνθηκαν, καθώς έγινε δυνατή η παρατήρηση φαινομένων που ήταν μέχρι τότε αόρατα ([Galilei, 1610/1989](#); [Talas et al., 2025](#)).

Η περίπτωση του τηλεσκοπίου δείχνει ότι η επιστημονική γνώση δεν παράγεται μόνο μέσα από αφηρημένες θεωρίες, αλλά και μέσα από συγκεκριμένες υλικές και τεχνολογικές πρακτικές. Τα επιστημονικά όργανα διαμορφώνουν τις συνθήκες της παρατήρησης, καθορίζουν τι μπορεί να παρατηρηθεί και συχνά δημιουργούν νέα

ερωτήματα. Με αυτή την έννοια, το τηλεσκόπιο δεν ήταν ένα ουδέτερο μέσο που απλώς μετέφερε την εικόνα του ουρανού στο μάτι του παρατηρητή, αλλά ένας ενεργός παράγοντας στην αλλαγή της αστρονομικής γνώσης ([Baird, 2004](#); [Strano, 2009](#)).

Η διάσταση αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική για τη διδακτική των Φυσικών Επιστημών, επειδή επιτρέπει στους μαθητές να προσεγγίσουν την επιστημονική γνώση όχι ως ένα σύνολο απομονωμένων συμπερασμάτων, αλλά ως αποτέλεσμα διαδικασιών παρατήρησης, τεκμηρίωσης, χρήσης οργάνων και ερμηνείας. Η Φύση της Επιστήμης, όπως έχει αναδειχθεί σε σχετικές διδακτικές προσεγγίσεις, δεν αφορά μόνο το περιεχόμενο της επιστήμης, αλλά και τον τρόπο με τον οποίο η γνώση παράγεται, ελέγχεται, επικοινωνείται και γίνεται αποδεκτή ή αμφισβητείται ([Stefanidou & Skordoulis, 2014](#); [Stefanidou et al., 2018](#)).

Η χρήση του τηλεσκοπίου από τον Γαλιλαίο φανερώνει επίσης ότι η επιστημονική παρατήρηση δεν είναι ανεξάρτητη από την τεχνολογία. Το όργανο έκανε δυνατές νέες παρατηρήσεις, αλλά ταυτόχρονα έθεσε και ερωτήματα για την αξιοπιστία των εικόνων που παρήγαγε. Η αποδοχή των τηλεσκοπικών δεδομένων προϋπέθετε εμπιστοσύνη στο όργανο, κατανόηση της λειτουργίας του και δυνατότητα επαλήθευσης των παρατηρήσεων. Για τον λόγο αυτό, η ιστορία του τηλεσκοπίου μπορεί να αξιοποιηθεί διδακτικά για να φανεί ότι η επιστημονική γνώση παράγεται μέσα από αλληλεπίδραση θεωρίας, παρατήρησης, τεχνικών μέσων και κοινωνικής αποδοχής ([Matthews, 2015](#); [Talas et al., 2025](#)).

Η μετατροπή του τηλεσκοπίου σε επιστημονικό όργανο συνδέεται με μια ευρύτερη αλλαγή στη νεότερη επιστήμη. Κατά τον 17ο αιώνα, όργανα όπως το τηλεσκόπιο, το μικροσκόπιο, το βαρόμετρο και το θερμόμετρο άρχισαν να αποκτούν κεντρική θέση στη διερεύνηση της φύσης. Τα όργανα αυτά δεν λειτουργούσαν απλώς ως βοηθητικά μέσα, αλλά ως μέσα που μπορούσαν να παράγουν νέα δεδομένα και να αναδείξουν φαινόμενα τα οποία δεν ήταν άμεσα διαθέσιμα στις ανθρώπινες αισθήσεις ([Baird, 2004](#); [Talas et al., 2025](#)).

Η διδακτική αξιοποίηση αυτής της διάστασης είναι ιδιαίτερα σημαντική. Μέσα από τη μελέτη του τηλεσκοπίου, οι μαθητές μπορούν να κατανοήσουν ότι τα επιστημονικά όργανα δεν είναι απλά αντικείμενα χρήσης, αλλά υλικές διατάξεις που ενσωματώνουν θεωρητικές γνώσεις, τεχνικές δυνατότητες και συγκεκριμένους περιορισμούς. Η

κατανόηση αυτή βοηθά τους μαθητές να προσεγγίσουν την επιστήμη ως ανθρώπινη δραστηριότητα που συνδέεται με την τεχνολογία, την ιστορία και την κοινωνία ([Baird, 2004](#); [De Vidi, 2025a](#); [Matthews, 2015](#)).

2.5 Η σύνδεση επιστήμης, τεχνολογίας και κοινωνίας μέσα από το τηλεσκόπιο

Το τηλεσκόπιο του Γαλιλαίου προσφέρει ένα κατάλληλο παράδειγμα για τη μελέτη της σχέσης ανάμεσα στην επιστήμη, την τεχνολογία και την κοινωνία. Η εμφάνιση και η διάδοσή του συνδέονται με τεχνικές εξελίξεις στην κατασκευή φακών, με πρακτικές ανάγκες της ναυσιπλοΐας και της άμυνας, με το πολιτικό πλαίσιο της Βενετικής Δημοκρατίας και με το αυξανόμενο κύρος των μαθηματικών οργάνων κατά την Αναγέννηση ([Bucciantini et al., 2012](#); [Talas et al., 2025](#); [Van Helden et al., 2010](#)).

Αρχικά, το τηλεσκόπιο παρουσιάστηκε κυρίως ως όργανο με πρακτική χρησιμότητα. Η δυνατότητα παρατήρησης μακρινών αντικειμένων μπορούσε να αξιοποιηθεί στη θάλασσα και στην άμυνα, καθώς επέτρεπε την έγκαιρη αναγνώριση πλοίων ή άλλων στόχων. Ο Γαλιλαίος, όταν παρουσίασε το όργανο στη Βενετία, τόνισε ακριβώς αυτές τις πρακτικές του δυνατότητες. Η μεταγενέστερη όμως χρήση του για αστρονομικούς σκοπούς δείχνει πώς ένα τεχνολογικό αντικείμενο μπορεί να αποκτήσει νέο επιστημονικό ρόλο και να οδηγήσει στη διατύπωση νέων ερωτημάτων για τη φύση ([Bucciantini et al., 2012](#); [Talas et al., 2025](#)).

Η περίπτωση του τηλεσκοπίου δείχνει επίσης ότι η τεχνολογία δεν είναι εξωτερική προς την επιστήμη. Οι τεχνολογικές δυνατότητες επηρεάζουν το τι μπορεί να παρατηρηθεί, ποια ερωτήματα μπορούν να τεθούν και ποιες θεωρίες μπορούν να ελεγχθούν. Στην περίπτωση του Γαλιλαίου, το τηλεσκόπιο επέτρεψε την παρατήρηση φαινομένων που είχαν συνέπειες για την κοσμολογία, αλλά ταυτόχρονα ανέδειξε και τους περιορισμούς της ίδιας της τεχνολογίας, όπως το στενό οπτικό πεδίο και οι οπτικές ατέλειες των πρώτων φακών ([Strano, 2009](#); [Talas et al., 2025](#)).

Οι αντιδράσεις στις τηλεσκοπικές παρατηρήσεις δείχνουν ότι η επιστήμη αναπτύσσεται μέσα σε κοινωνικά και πολιτισμικά πλαίσια. Οι παρατηρήσεις του Γαλιλαίου δεν αξιολογήθηκαν σε ένα ουδέτερο περιβάλλον, αλλά σε μια εποχή όπου υπήρχαν ισχυρές φιλοσοφικές, θεολογικές και θεσμικές δεσμεύσεις. Η αποδοχή ή η

απόρριψη των νέων παρατηρήσεων συνδέθηκε με ευρύτερες αντιπαραθέσεις γύρω από την αυθεντία, την εμπειρική απόδειξη, τον ρόλο των μαθηματικών και τη θέση της Γης στο σύμπαν ([Bucciantini et al., 2012](#); [Matthews, 2015](#); [Talas et al., 2025](#)).

Από διδακτική άποψη, η ιστορία αυτή προσφέρει σημαντικές δυνατότητες. Οι μαθητές μπορούν να μελετήσουν το τηλεσκόπιο όχι μόνο ως οπτικό όργανο, αλλά και ως τεχνολογική και ιστορική κατασκευή που άλλαξε τον τρόπο με τον οποίο οι άνθρωποι παρατηρούσαν τον ουρανό. Μέσα από τη διερεύνηση της λειτουργίας του και την ιστορική του πλαισίωση, μπορούν να συνδέσουν φυσικές έννοιες, όπως η διάθλαση και οι φακοί, με ευρύτερα ζητήματα της Φύσης της Επιστήμης, όπως ο ρόλος των οργάνων, η σχέση τεχνολογίας και επιστημονικής γνώσης και η αμφισβήτηση καθιερωμένων μοντέλων. Η σύνδεση ιστορικού πλαισίου και επιστημονικού περιεχομένου θεωρείται ιδιαίτερα σημαντική, καθώς μπορεί να βοηθήσει τους μαθητές να κατανοήσουν ότι οι επιστημονικές θεωρίες, τα μοντέλα και οι παρατηρήσεις αναπτύσσονται μέσα σε συγκεκριμένα ιστορικά και κοινωνικά συμφραζόμενα ([De Vidi, 2025a](#); [Matthews, 2015](#); [Stefanidou & Skordoulis, 2017](#); [Talas et al., 2025](#)).

Η ιστορία του Γαλιλαίου έχει αξιοποιηθεί και σε εκπαιδευτικά πλαίσια που δεν περιορίζονται στην τυπική σχολική τάξη. Η χρήση ιστορικών επεισοδίων εμπνευσμένων από το έργο και τον διάλογο του Γαλιλαίου μπορεί να συμβάλει στην ανάδειξη πολιτισμικών και επιστημολογικών πτυχών της επιστήμης, ιδιαίτερα όταν συνδέεται με δραστηριότητες μη τυπικής ή άτυπης εκπαίδευσης ([Stefanidou & Panagopoulou, 2019](#)). Το στοιχείο αυτό είναι σημαντικό, διότι δείχνει ότι η ιστορία του Γαλιλαίου μπορεί να λειτουργήσει όχι μόνο ως ιστορικό παράδειγμα, αλλά και ως διδακτικό πλαίσιο μέσα από το οποίο οι μαθητές προσεγγίζουν την επιστήμη ως ανθρώπινη και κοινωνικά ενταγμένη δραστηριότητα.

Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας, το τηλεσκόπιο του Γαλιλαίου αντιμετωπίζεται επομένως ως μελέτη περίπτωσης που συνδυάζει ιστορική, επιστημονική και διδακτική αξία. Από τη μία πλευρά, αποτελεί ιστορικό επιστημονικό όργανο που συνδέεται με την αλλαγή της αστρονομικής εικόνας του κόσμου. Από την άλλη πλευρά, προσφέρει τη δυνατότητα σχεδιασμού διερευνητικών δραστηριοτήτων μέσα από τις οποίες οι μαθητές μπορούν να πειραματιστούν με φακούς, να κατανοήσουν τη βασική αρχή λειτουργίας του γαλιλαϊκού τηλεσκοπίου και να αναστοχαστούν γύρω από τη σχέση επιστήμης, τεχνολογίας και κοινωνίας ([De Vidi, 2025a, 2025c](#)).

3. Φυσικές αρχές λειτουργίας του γαλιλαϊκού τηλεσκοπίου

3.1 Το μοντέλο της ακτίνας φωτός

Για να γίνει κατανοητή η λειτουργία του τηλεσκοπίου του Γαλιλαίου, είναι απαραίτητο να παρουσιαστούν αρχικά ορισμένες βασικές έννοιες της γεωμετρικής οπτικής. Η γεωμετρική οπτική αποτελεί ένα μοντέλο περιγραφής της διάδοσης του φωτός, στο οποίο το φως αναπαρίσταται με ακτίνες. Το μοντέλο αυτό δεν εξετάζει σε βάθος τη φύση του φωτός, δηλαδή αν το φως έχει κυματική ή σωματιδιακή συμπεριφορά, αλλά εστιάζει στην πορεία που ακολουθεί και στον τρόπο με τον οποίο μεταβάλλεται η διεύθυνσή του όταν συναντά επιφάνειες, φακούς ή διαφορετικά οπτικά μέσα ([De Vidi, 2025b](#)).

Η επιλογή του μοντέλου της ακτίνας φωτός είναι ιδιαίτερα χρήσιμη στη σχολική διδασκαλία, επειδή επιτρέπει την απλή και οπτική αναπαράσταση φαινομένων όπως η ευθύγραμμη διάδοση, η ανάκλαση, η διάθλαση και ο σχηματισμός ειδώλων. Στο επίπεδο μιας διδακτικής παρέμβασης που αφορά το γαλιλαϊκό τηλεσκόπιο, δεν είναι απαραίτητο να παρουσιαστεί αναλυτικά η φυσική φύση του φωτός. Αντίθετα, είναι περισσότερο λειτουργικό να χρησιμοποιηθεί ένα μοντέλο που επιτρέπει στους μαθητές να παρακολουθούν τη διαδρομή των φωτεινών ακτίνων μέσα από φακούς και απλές οπτικές διατάξεις ([De Vidi, 2025a](#), [2025b](#)).

Στην περίπτωση του τηλεσκοπίου, το μοντέλο της ακτίνας φωτός είναι απαραίτητο, καθώς επιτρέπει να αναπαρασταθεί η πορεία των ακτίνων που προέρχονται από ένα μακρινό αντικείμενο και διέρχονται από τους φακούς του οργάνου. Όταν το παρατηρούμενο αντικείμενο βρίσκεται σε πολύ μεγάλη απόσταση, οι φωτεινές ακτίνες που προέρχονται από ένα σημείο του αντικειμένου μπορούν να θεωρηθούν πρακτικά παράλληλες μεταξύ τους. Αυτή η παραδοχή είναι βασική για την κατανόηση της λειτουργίας των τηλεσκοπίων, επειδή η οπτική διάταξη σχεδιάζεται ώστε να διαχειρίζεται παράλληλες ή σχεδόν παράλληλες δέσμες φωτός που φτάνουν από πολύ μακρινά αντικείμενα ([De Vidi, 2025b](#)).

Η χρήση διαγραμμάτων ακτίνων έχει και σημαντική διδακτική αξία. Μέσα από τέτοια διαγράμματα, οι μαθητές μπορούν να δουν σχηματικά πώς οι φακοί μεταβάλλουν την

πορεία του φωτός, πού θα σχηματιζόταν ένα είδωλο και πώς ο συνδυασμός δύο φακών μπορεί να οδηγήσει στη μεγέθυνση ενός μακρινού αντικειμένου. Για τον λόγο αυτό, στο εκπαιδευτικό υλικό του INSIGHT προτείνεται η ενασχόληση των μαθητών με προκαταρκτικές δραστηριότητες και διαγράμματα ακτίνων πριν από την κατασκευή ή την ανάλυση του γαλιλαϊκού τηλεσκοπίου ([De Vidi, 2025a](#)).

Η έννοια του μοντέλου είναι επίσης σημαντική από διδακτική άποψη. Οι μαθητές χρειάζεται να κατανοήσουν ότι τα διαγράμματα ακτίνων δεν είναι μια φωτογραφική αναπαράσταση του φωτός, αλλά ένα εργαλείο σκέψης που βοηθά στην ερμηνεία της πορείας του. Η κατανόηση αυτή συνδέεται με τη Φύση της Επιστήμης, καθώς δείχνει ότι η επιστημονική γνώση αξιοποιεί μοντέλα για να περιγράψει, να εξηγήσει και να προβλέψει φαινόμενα ([Stefanidou & Skordoulis, 2017](#)). Στην περίπτωση του τηλεσκοπίου, το μοντέλο της ακτίνας φωτός γίνεται το βασικό εργαλείο για να συνδεθεί η παρατήρηση με τη φυσική ερμηνεία.

3.2 Διάθλαση του φωτός

Η διάθλαση είναι ένα από τα βασικά φαινόμενα στα οποία στηρίζεται η λειτουργία των φακών και, κατά συνέπεια, του γαλιλαϊκού τηλεσκοπίου. Το φαινόμενο της διάθλασης εμφανίζεται όταν το φως περνά από ένα οπτικό μέσο σε ένα άλλο, για παράδειγμα από τον αέρα στο γυαλί ή από τον αέρα στο νερό. Κατά τη μετάβαση αυτή, η ταχύτητα διάδοσης του φωτός αλλάζει και, εφόσον η ακτίνα προσπίπτει πλάγια στη διαχωριστική επιφάνεια των δύο μέσων, μεταβάλλεται και η διεύθυνσή της ([De Vidi, 2025b](#)).

Σύμφωνα με την ποιοτική περιγραφή του φαινομένου, όταν μια φωτεινή ακτίνα περνά από ένα οπτικά αραιότερο μέσο σε ένα οπτικά πυκνότερο, όπως από τον αέρα στο γυαλί, διαθλάται προς την κάθετη στη διαχωριστική επιφάνεια. Αντίθετα, όταν περνά από ένα οπτικά πυκνότερο μέσο σε ένα οπτικά αραιότερο, όπως από το γυαλί στον αέρα, απομακρύνεται από την κάθετη. Αν η ακτίνα προσπίπτει κάθετα στη διαχωριστική επιφάνεια, τότε δεν αλλάζει διεύθυνση, αλλά συνεχίζει ευθύγραμμα ([De Vidi, 2025b](#)).

Η ποσοτική περιγραφή της διάθλασης γίνεται μέσω του νόμου του Snell, ο οποίος συνδέει τη γωνία πρόσπτωσης με τη γωνία διάθλασης. Ωστόσο, στο επίπεδο της παρούσας διδακτικής πρότασης, μεγαλύτερη σημασία έχει αρχικά η ποιοτική

κατανόηση του φαινομένου. Οι μαθητές χρειάζεται να αντιληφθούν ότι η αλλαγή οπτικού μέσου μπορεί να προκαλέσει αλλαγή στην πορεία του φωτός και ότι αυτή η αλλαγή αποτελεί τη φυσική βάση πάνω στην οποία στηρίζεται η λειτουργία των φακών ([De Vidi, 2025b](#)).

Η διάθλαση προσφέρεται για διερευνητική διδασκαλία, επειδή μπορεί να παρατηρηθεί με απλά μέσα. Οι μαθητές μπορούν να δουν την αλλαγή της πορείας μιας φωτεινής δέσμης όταν περνά από τον αέρα σε γυαλί ή πλαστικό, να συζητήσουν τις μεταβολές στην πορεία της και να συνδέσουν αυτές τις παρατηρήσεις με τη λειτουργία των φακών. Στο εκπαιδευτικό υλικό του INSIGHT προτείνεται η χρήση οπτικών διατάξεων, ακτίνων laser και φακών, ώστε οι μαθητές να προσεγγίσουν πειραματικά το φαινόμενο της διάθλασης και να το συνδέσουν με την κατασκευή του τηλεσκοπίου ([De Vidi, 2025a](#)).

Η διδασκαλία της διάθλασης μπορεί επίσης να αποκτήσει ιστορική διάσταση. Οι [Stefanidou et al. \(2020\)](#), αξιοποιώντας τα πειράματα του Πτολεμαίου για τη διάθλαση στην τάξη, δείχνουν ότι ιστορικές προσεγγίσεις της οπτικής μπορούν να συνδέσουν το επιστημονικό περιεχόμενο με τη διερεύνηση και τη Φύση της Επιστήμης. Η σύνδεση αυτή είναι χρήσιμη και στην περίπτωση του γαλιλαϊκού τηλεσκοπίου, καθώς η κατανόηση της διάθλασης δεν παρουσιάζεται απομονωμένα, αλλά εντάσσεται σε μια ευρύτερη ιστορική και διδακτική πορεία που οδηγεί στη λειτουργία των φακών και του τηλεσκοπίου.

Επομένως, η διάθλαση δεν αποτελεί απλώς ένα ακόμη φαινόμενο της οπτικής. Αποτελεί τον βασικό μηχανισμό μέσω του οποίου οι φακοί μεταβάλλουν την πορεία του φωτός. Χωρίς την κατανόηση της διάθλασης, οι μαθητές είναι δύσκολο να εξηγήσουν γιατί ένας φακός συγκεντρώνει ή αποκλίνει τις ακτίνες και πώς δύο φακοί μπορούν να συνδυαστούν σε μια διάταξη που μεγεθύνει μακρινά αντικείμενα.

3.3 Συγκλίνοντες και αποκλίνοντες φακοί

Οι φακοί είναι διαφανή οπτικά σώματα, συνήθως κατασκευασμένα από γυαλί ή πλαστικό, τα οποία μεταβάλλουν την πορεία του φωτός λόγω διάθλασης. Ανάλογα με το σχήμα τους και τον τρόπο με τον οποίο επηρεάζουν τις φωτεινές ακτίνες, οι φακοί διακρίνονται σε συγκλίνοντες και αποκλίνοντες. Η διάκριση αυτή είναι βασική για την

κατανόηση της λειτουργίας του γαλιλαϊκού τηλεσκοπίου, καθώς το συγκεκριμένο όργανο συνδυάζει έναν συγκλίνοντα φακό και έναν αποκλίνοντα φακό ([De Vidi, 2025b](#); [Museo Galileo, n.d.](#)).

Ο συγκλίνων φακός έχει την ιδιότητα να συγκεντρώνει παράλληλες φωτεινές ακτίνες σε ένα σημείο μετά τη διέλευσή τους από αυτόν. Το σημείο στο οποίο συγκλίνουν οι ακτίνες που προσπίπτουν παράλληλα στον κύριο άξονα του φακού ονομάζεται εστία. Η απόσταση της εστίας από το κέντρο του φακού ονομάζεται εστιακή απόσταση. Οι συγκλίνοντες φακοί έχουν θετική εστιακή απόσταση και μπορούν, υπό κατάλληλες συνθήκες, να σχηματίζουν πραγματικά είδωλα, τα οποία είναι δυνατό να προβληθούν σε οθόνη ([De Vidi, 2025b](#)).

Αντίθετα, ο αποκλίνων φακός προκαλεί απόκλιση των παράλληλων ακτίνων μετά τη διέλευσή τους από αυτόν. Οι ακτίνες φαίνονται σαν να προέρχονται από ένα σημείο που βρίσκεται στην ίδια πλευρά του φακού από την οποία προσπίπτει το φως. Το σημείο αυτό αποτελεί την εικονική εστία του αποκλίνοντα φακού. Οι αποκλίνοντες φακοί έχουν αρνητική εστιακή απόσταση και δεν σχηματίζουν πραγματικό είδωλο πάνω σε οθόνη με τον ίδιο τρόπο που το κάνει ένας συγκλίνων φακός ([De Vidi, 2025b](#)).

Η διάκριση ανάμεσα στους δύο τύπους φακών μπορεί να γίνει αντικείμενο απλής διερευνητικής δραστηριότητας. Οι μαθητές μπορούν να παρατηρήσουν την πορεία παράλληλων φωτεινών ακτίνων μέσα από διαφορετικούς φακούς, να καταγράψουν αν οι ακτίνες συγκλίνουν ή αποκλίνουν και να συσχετίσουν το αποτέλεσμα με το είδος του φακού. Η δραστηριότητα αυτή βοηθά τους μαθητές να περάσουν από την παρατήρηση στην κατηγοριοποίηση και από εκεί στην ερμηνεία της λειτουργίας των φακών ([De Vidi, 2025a](#)).

Η κατανόηση της λειτουργίας των φακών είναι απαραίτητη για τη συνέχεια, διότι το γαλιλαϊκό τηλεσκόπιο δεν μπορεί να εξηγηθεί αν εξεταστεί μόνο ένας φακός μεμονωμένα. Η λειτουργία του προκύπτει από τον κατάλληλο συνδυασμό δύο φακών διαφορετικού τύπου. Ο πρώτος φακός, ο αντικειμενικός, είναι συγκλίνων και συλλέγει το φως από το μακρινό αντικείμενο. Ο δεύτερος φακός, ο προσοφθάλμιος, είναι αποκλίνων και τοποθετείται σε κατάλληλη θέση ώστε να μεταβάλει την πορεία των ακτίνων πριν αυτές συγκλίνουν πλήρως στο εστιακό επίπεδο του αντικειμενικού φακού ([De Vidi, 2025b](#); [Museo Galileo, n.d.](#)).

Η συγκεκριμένη διάταξη έχει ιδιαίτερη διδακτική αξία, επειδή δείχνει ότι η λειτουργία ενός επιστημονικού οργάνου δεν εξαρτάται μόνο από τα επιμέρους εξαρτήματα, αλλά από τον τρόπο με τον οποίο αυτά συνδυάζονται. Έτσι, οι μαθητές μπορούν να αντιληφθούν ότι η επιστημονική γνώση και η τεχνολογική κατασκευή συνδέονται μεταξύ τους: η κατανόηση της φυσικής αρχής οδηγεί στην κατασκευή του οργάνου, ενώ το όργανο με τη σειρά του επιτρέπει νέες παρατηρήσεις.

3.4 Εστιακή απόσταση, διοπτρική ισχύς και σχηματισμός ειδώλου

Η έννοια της εστιακής απόστασης είναι κεντρική για την κατανόηση της λειτουργίας των φακών και του τηλεσκοπίου. Η εστιακή απόσταση εκφράζει την απόσταση ανάμεσα στον φακό και στο εστιακό σημείο του, δηλαδή στο σημείο όπου συγκλίνουν οι ακτίνες στην περίπτωση ενός συγκλίνοντα φακού ή από το οποίο φαίνονται να προέρχονται στην περίπτωση ενός αποκλίνοντα φακού. Στο γαλιλαϊκό τηλεσκόπιο, οι εστιακές αποστάσεις του αντικειμενικού και του προσοφθάλμιου φακού καθορίζουν τόσο τη θέση των φακών όσο και τη μεγέθυνση του οργάνου ([De Vidi, 2025b](#), [2025c](#)).

Στην οπτική χρησιμοποιείται συχνά και η έννοια της διοπτρικής ισχύος. Η διοπτρική ισχύς ενός φακού συνδέεται με την εστιακή του απόσταση μέσω της σχέσης $f = 1/D$, όπου f είναι η εστιακή απόσταση σε μέτρα και D η διοπτρική ισχύς σε διοπτρίες. Με βάση αυτή τη σχέση, ένας ασθενής συγκλίνων φακός περίπου +1 διοπτρίας έχει εστιακή απόσταση περίπου 1 μέτρο, ενώ ένας ισχυρότερος αποκλίνων φακός, για παράδειγμα -6 διοπτριών, έχει εστιακή απόσταση περίπου -16,7 εκατοστά ([De Vidi, 2025c](#)).

Ο σχηματισμός ειδώλου από έναν συγκλίνοντα φακό εξαρτάται από τη θέση του αντικειμένου σε σχέση με την εστιακή απόσταση. Όταν το αντικείμενο βρίσκεται πολύ μακριά, όπως συμβαίνει στην περίπτωση των αστρονομικών αντικειμένων, οι ακτίνες που φτάνουν στον αντικειμενικό φακό μπορούν να θεωρηθούν πρακτικά παράλληλες. Ένας συγκλίνων φακός, εάν χρησιμοποιηθεί μόνος του, θα συγκεντρώσει αυτές τις ακτίνες κοντά στο εστιακό του επίπεδο, σχηματίζοντας πραγματικό είδωλο ([De Vidi, 2025b](#)).

Στο γαλιλαϊκό τηλεσκόπιο, όμως, οι ακτίνες δεν αφήνονται να συγκλίνουν πλήρως στο εστιακό επίπεδο του αντικειμενικού φακού. Πριν από το σημείο αυτό παρεμβάλλεται ο αποκλίνων προσοφθάλμιος φακός, ο οποίος μεταβάλλει την πορεία των ακτίνων και τις κάνει να εξέρχονται από το τηλεσκόπιο σχεδόν παράλληλες. Έτσι, ο παρατηρητής βλέπει ένα φανταστικό, μεγεθυμένο και ορθό είδωλο, το οποίο φαίνεται να βρίσκεται σε μεγάλη απόσταση ([De Vidi, 2025b](#); [Museo Galileo, n.d.](#)).

Η απόσταση των δύο φακών είναι κρίσιμη για την καθαρή παρατήρηση. Για πολύ μακρινά αντικείμενα, η απόσταση ανάμεσα στον αντικειμενικό και στον προσοφθάλμιο φακό αντιστοιχεί στο αλγεβρικό άθροισμα των εστιακών τους αποστάσεων. Επειδή ο αντικειμενικός φακός είναι συγκλίνων, έχει θετική εστιακή απόσταση, ενώ ο προσοφθάλμιος φακός είναι αποκλίνων και έχει αρνητική εστιακή απόσταση. Για παράδειγμα, αν χρησιμοποιηθεί αντικειμενικός φακός με εστιακή απόσταση 100 cm και προσοφθάλμιος φακός με εστιακή απόσταση -16,7 cm, η κατάλληλη απόσταση των φακών για παρατήρηση πολύ μακρινών αντικειμένων είναι περίπου 83,3 cm ([De Vidi, 2025c](#)).

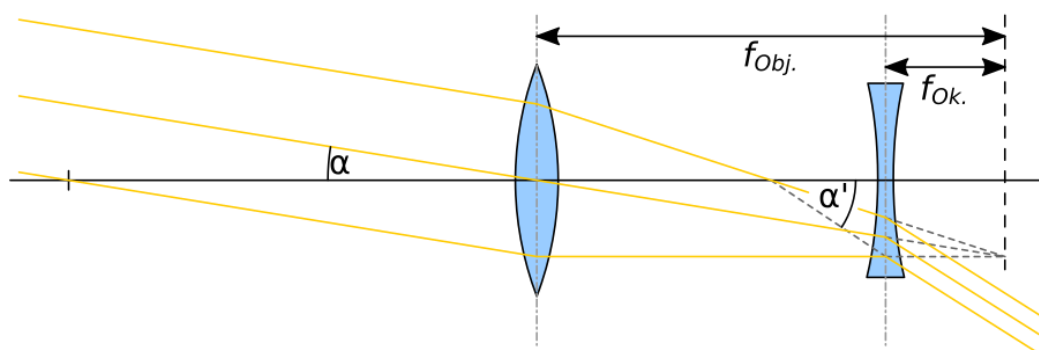
Η σχέση αυτή έχει σημαντική διδακτική αξία, διότι επιτρέπει στους μαθητές να συνδέσουν μια θεωρητική έννοια, την εστιακή απόσταση, με μια πρακτική ενέργεια, δηλαδή την αλλαγή της απόστασης των φακών μέχρι να επιτευχθεί καθαρή εικόνα. Με αυτόν τον τρόπο, οι μαθητές μπορούν να αντιληφθούν ότι η λειτουργία ενός οργάνου δεν είναι τυχαία, αλλά εξαρτάται από συγκεκριμένες φυσικές σχέσεις που μπορούν να παρατηρηθούν, να ελεγχθούν και να ερμηνευθούν.

3.5 Η οπτική διάταξη του γαλιλαϊκού τηλεσκοπίου

Το γαλιλαϊκό τηλεσκόπιο αποτελείται από δύο βασικούς φακούς: έναν συγκλίνοντα αντικειμενικό φακό και έναν αποκλίνοντα προσοφθάλμιο φακό. Ο αντικειμενικός φακός βρίσκεται στην πλευρά του οργάνου που είναι στραμμένη προς το παρατηρούμενο αντικείμενο, ενώ ο προσοφθάλμιος βρίσκεται στην πλευρά του παρατηρητή. Ο αντικειμενικός φακός είναι συνήθως ασθενής, με μεγάλη εστιακή απόσταση, ενώ ο προσοφθάλμιος είναι ισχυρότερος αποκλίνων φακός, με μικρότερη κατά απόλυτη τιμή εστιακή απόσταση ([De Vidi, 2025b](#); [Museo Galileo, n.d.](#)).

Για την παρατήρηση ενός πολύ μακρινού αντικειμένου, οι ακτίνες φωτός που προέρχονται από ένα σημείο του αντικειμένου φτάνουν στον αντικειμενικό φακό σχεδόν παράλληλες. Ο αντικειμενικός φακός αρχίζει να τις συγκλίνει προς το εστιακό του επίπεδο. Πριν όμως οι ακτίνες φτάσουν εκεί, συναντούν τον αποκλίνοντα προσοφθάλμιο φακό. Ο προσοφθάλμιος μεταβάλλει την πορεία τους έτσι ώστε να βγαίνουν από το τηλεσκόπιο ως παράλληλη δέσμη, κατάλληλη για παρατήρηση από το ανθρώπινο μάτι ([De Vidi, 2025b](#)).

Η ιδιαιτερότητα της γαλιλαϊκής διάταξης είναι ότι ο αποκλίνων προσοφθάλμιος φακός τοποθετείται πριν από το εστιακό σημείο του αντικειμενικού φακού. Με τον τρόπο αυτό, δεν σχηματίζεται ενδιάμεσο πραγματικό είδωλο όπως στο κεπλεριανό τηλεσκόπιο. Αντίθετα, ο παρατηρητής βλέπει ένα φανταστικό, ορθό και μεγεθυμένο είδωλο. Αυτός είναι και ένας από τους λόγους για τους οποίους το γαλιλαϊκό τηλεσκόπιο ήταν χρήσιμο και για γήινες παρατηρήσεις, αφού η εικόνα δεν εμφανίζεται ανεστραμμένη ([De Vidi, 2025b](#); [Museo Galileo, n.d.](#)).



Σχήμα 1 Σχηματική απεικόνιση της πορείας των φωτεινών ακτίνων στο γαλιλαϊκό τηλεσκόπιο.

Πηγή: LehrerCN, Wikimedia Commons, άδεια CC BY-SA 3.0.

Η μεγέθυνση του γαλιλαϊκού τηλεσκοπίου είναι γωνιακή. Αυτό σημαίνει ότι το αντικείμενο φαίνεται μεγαλύτερο επειδή οι ακτίνες που φτάνουν στο μάτι του παρατηρητή εξέρχονται από το τηλεσκόπιο με μεγαλύτερη γωνία σε σχέση με εκείνη με την οποία θα έφταναν στο γυμνό μάτι. Η γωνιακή μεγέθυνση εξαρτάται από τον λόγο της εστιακής απόστασης του αντικειμενικού φακού προς την εστιακή απόσταση του προσοφθάλμιου φακού. Στο εκπαιδευτικό μοντέλο του INSIGHT, για παράδειγμα,

ο συνδυασμός ενός αντικειμενικού φακού 100 cm και ενός προσοφθάλμιου φακού - 16,7 cm οδηγεί σε μεγέθυνση περίπου 6x ([De Vidi, 2025c](#)).

Η οπτική αυτή διάταξη μπορεί να γίνει κατανοητή από τους μαθητές μέσα από τη σταδιακή διερεύνηση των επιμέρους στοιχείων της. Αρχικά μπορούν να παρατηρήσουν τη συμπεριφορά ενός συγκλίνοντα φακού, στη συνέχεια ενός αποκλίνοντα φακού και τέλος τον συνδυασμό των δύο. Η πορεία αυτή ακολουθεί μια λογική διερεύνησης, καθώς οι μαθητές δεν ξεκινούν από το έτοιμο τηλεσκόπιο, αλλά οδηγούνται σταδιακά στην κατανόησή του μέσα από επιμέρους παρατηρήσεις και ερμηνείες ([De Vidi, 2025a](#)).

Η λειτουργία του γαλιλαϊκού τηλεσκοπίου έχει απασχολήσει και την ιστορική έρευνα, καθώς η μετατροπή ενός απλού διοπτρικού βοηθήματος σε αστρονομικό τηλεσκόπιο απαιτούσε κατανόηση της μεγέθυνσης, των φακών και των περιορισμών της διάταξης. Οι [Zik και Hon \(2012, 2017\)](#) αναδεικνύουν ότι η λειτουργία του τηλεσκοπίου του Γαλιλαίου δεν μπορεί να ιδωθεί μόνο ως τεχνικό ζήτημα, αλλά και ως ιστορικό πρόβλημα που συνδέει την οπτική, την κατασκευή οργάνων και την παραγωγή επιστημονικής γνώσης. Η αναφορά αυτή είναι χρήσιμη στη διδακτική προσέγγιση, επειδή δείχνει ότι η φυσική ερμηνεία ενός οργάνου μπορεί να συνδεθεί με την ιστορική του σημασία.

3.6 Μεγέθυνση, εστίαση και περιορισμοί του οργάνου

Η μεγέθυνση αποτελεί ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά του τηλεσκοπίου. Στην περίπτωση του γαλιλαϊκού τηλεσκοπίου, η μεγέθυνση είναι γωνιακή και εξαρτάται από τον λόγο των εστιακών αποστάσεων του αντικειμενικού και του προσοφθάλμιου φακού. Όσο μεγαλύτερη είναι η εστιακή απόσταση του αντικειμενικού φακού και όσο μικρότερη είναι, κατά απόλυτη τιμή, η εστιακή απόσταση του προσοφθάλμιου φακού, τόσο μεγαλύτερη είναι η μεγέθυνση που μπορεί να επιτευχθεί ([De Vidi, 2025b, 2025c](#)).

Ωστόσο, η αύξηση της μεγέθυνσης δεν σημαίνει απαραίτητα καλύτερη παρατήρηση. Στα πρώτα τηλεσκόπια, η ποιότητα των φακών, οι οπτικές ατέλειες και το περιορισμένο οπτικό πεδίο έθεταν σημαντικούς περιορισμούς. Στο γαλιλαϊκό τηλεσκόπιο, όσο αυξάνεται η μεγέθυνση, το οπτικό πεδίο γίνεται όλο και πιο στενό, γεγονός που δυσκολεύει την παρατήρηση και τον εντοπισμό ουράνιων σωμάτων. Για τον λόγο αυτό,

τηλεσκόπια με πολύ μεγάλη μεγέθυνση ήταν δύσχρηστα, ιδιαίτερα για παρατηρήσεις με μικρό οπτικό πεδίο ([Strano, 2009](#); [Talas et al., 2025](#)).

Η εστίαση του οργάνου επιτυγχάνεται με μικρή μεταβολή της απόστασης ανάμεσα στους δύο φακούς. Για πολύ μακρινά αντικείμενα, η κατάλληλη απόσταση των φακών προκύπτει από το αλγεβρικό άθροισμα των εστιακών αποστάσεων. Για πιο κοντινά αντικείμενα, όμως, η απόσταση αυτή χρειάζεται να μεταβληθεί. Στο κατασκευαστικό υλικό του INSIGHT επισημαίνεται ότι η δυνατότητα επιμήκυνσης ή σμίκρυνσης του σωλήνα είναι σημαντική, καθώς επιτρέπει την προσαρμογή του οργάνου σε διαφορετικές αποστάσεις παρατήρησης και σε ατομικές διαφορές της όρασης του παρατηρητή ([De Vidi, 2025c](#)).

Από διδακτική άποψη, η διαδικασία της εστίασης είναι ιδιαίτερα χρήσιμη. Οι μαθητές μπορούν να μεταβάλλουν την απόσταση των φακών και να παρατηρήσουν πότε η εικόνα γίνεται καθαρότερη ή θολότερη. Μέσα από αυτή τη διαδικασία, αντιλαμβάνονται ότι η καθαρή εικόνα δεν προκύπτει τυχαία, αλλά εξαρτάται από τη σχέση των εστιακών αποστάσεων και από τη θέση των φακών. Έτσι, η εστίαση μπορεί να λειτουργήσει ως δραστηριότητα διερεύνησης, στην οποία οι μαθητές συνδέουν την παρατήρηση με μια φυσική εξήγηση ([De Vidi, 2025a](#), [2025c](#)).

Ένας από τους σημαντικότερους περιορισμούς του γαλιλαϊκού τηλεσκοπίου είναι το πολύ στενό οπτικό πεδίο. Ο παρατηρητής βλέπει μόνο ένα μικρό τμήμα του χώρου, σαν να κοιτάζει μέσα από μια πολύ στενή οπή. Αυτό οφείλεται στον τρόπο με τον οποίο οι ακτίνες εξέρχονται από τη γαλιλαϊκή διάταξη και φτάνουν στο μάτι. Φως από διαφορετικά σημεία του πεδίου δεν μπορεί πάντοτε να εισέλθει ταυτόχρονα στην κόρη του ματιού από την ίδια θέση παρατήρησης, με αποτέλεσμα ο παρατηρητής να χρειάζεται συχνά να μετακινεί το μάτι του για να δει διαφορετικά τμήματα της εικόνας ([De Vidi, 2025b](#)).

Εκτός από το στενό οπτικό πεδίο, υπήρχαν και άλλοι τεχνικοί περιορισμοί. Οι πρώτοι φακοί παρουσίαζαν οπτικές ατέλειες, οι οποίες επηρέαζαν την καθαρότητα και τη φωτεινότητα της εικόνας. Επιπλέον, η μικρή διάμετρος του ανοίγματος περιόριζε την ποσότητα του φωτός που μπορούσε να εισέλθει στο όργανο. Παρά τους περιορισμούς αυτούς, το τηλεσκόπιο του Γαλιλαίου είχε τεράστια ιστορική σημασία, επειδή επέτρεψε παρατηρήσεις που δεν ήταν δυνατές με γυμνό μάτι και συνέβαλε στη

διαμόρφωση νέων ερωτημάτων για τη δομή του κόσμου ([Strano, 2009](#); [Talas et al., 2025](#)).

Η ανάδειξη των περιορισμών του οργάνου έχει ιδιαίτερη παιδαγωγική σημασία. Οι μαθητές μπορούν να κατανοήσουν ότι τα επιστημονικά όργανα δεν προσφέρουν απλώς «καλύτερη όραση» ή «ακριβέστερη γνώση», αλλά έχουν δυνατότητες και περιορισμούς. Η γνώση που παράγεται με τη βοήθειά τους εξαρτάται από την κατασκευή τους, την ποιότητα των υλικών, τη χρήση τους και την ερμηνεία των δεδομένων που παρέχουν. Με τον τρόπο αυτό, η μελέτη του γαλιλαϊκού τηλεσκοπίου μπορεί να συμβάλει και στην κατανόηση πτυχών της Φύσης της Επιστήμης ([Stefanidou & Skordoulis, 2014](#); [Stefanidou et al., 2018](#)).

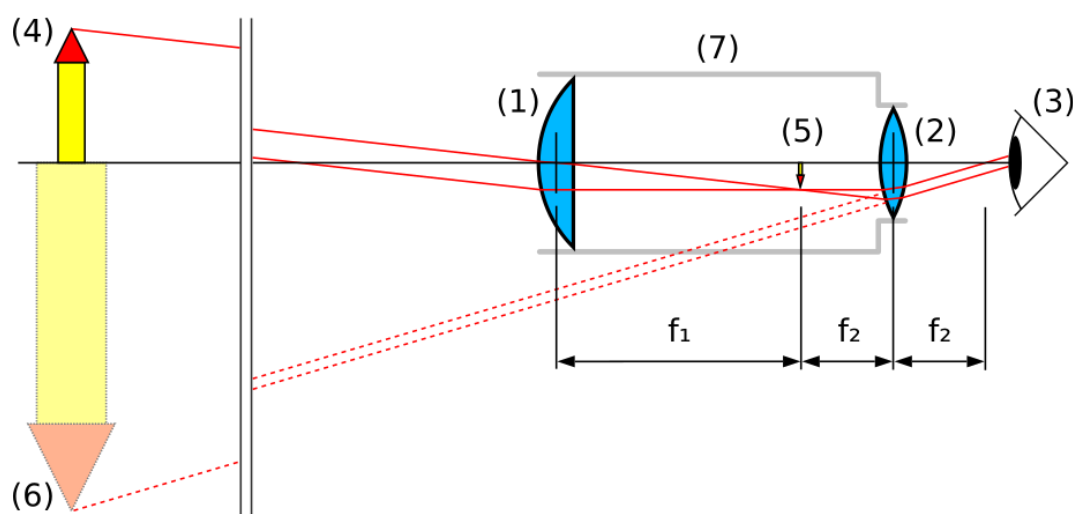
3.7 Σύγκριση γαλιλαϊκού και κεπλεριανού τηλεσκοπίου

Η κατανόηση της γαλιλαϊκής διάταξης μπορεί να ενισχυθεί μέσα από τη σύγκρισή της με το κεπλεριανό τηλεσκόπιο. Και στις δύο περιπτώσεις, ο αντικειμενικός φακός είναι συγκλίνων και συλλέγει το φως που προέρχεται από το μακρινό αντικείμενο. Η βασική διαφορά βρίσκεται στον προσοφθάλμιο φακό. Στο γαλιλαϊκό τηλεσκόπιο ο προσοφθάλμιος είναι αποκλίνων, ενώ στο κεπλεριανό τηλεσκόπιο είναι συγκλίνων ([De Vidi, 2025b](#); [Museo Galileo, n.d.](#)).

Στο γαλιλαϊκό τηλεσκόπιο, ο αποκλίνων προσοφθάλμιος φακός τοποθετείται πριν από το εστιακό σημείο του αντικειμενικού φακού. Με τον τρόπο αυτό, οι συγκλίνουσες ακτίνες που προέρχονται από τον αντικειμενικό φακό αποκλίνουν κατάλληλα και εξέρχονται από το τηλεσκόπιο ως παράλληλη δέσμη. Το είδωλο που βλέπει ο παρατηρητής είναι φανταστικό, μεγεθυμένο και ορθό. Το χαρακτηριστικό αυτό αποτελεί πλεονέκτημα για γήινες παρατηρήσεις, καθώς η εικόνα δεν είναι ανεστραμμένη ([De Vidi, 2025b](#)).

Στο κεπλεριανό τηλεσκόπιο, αντίθετα, ο αντικειμενικός φακός σχηματίζει πρώτα ένα πραγματικό και ανεστραμμένο είδωλο. Ο προσοφθάλμιος συγκλίνων φακός λειτουργεί στη συνέχεια ως μεγεθυντικός φακός για το είδωλο αυτό. Το αποτέλεσμα είναι μια μεγεθυμένη εικόνα, η οποία όμως εμφανίζεται ανεστραμμένη. Για γήινες παρατηρήσεις, αυτό αποτελεί μειονέκτημα και απαιτεί πρόσθετη διάταξη ανόρθωσης

της εικόνας. Για αστρονομικές παρατηρήσεις, όμως, η αντιστροφή της εικόνας δεν αποτελεί τόσο σημαντικό πρόβλημα ([De Vidi, 2025b](#); [Sirola, 2019](#)).



Σχήμα 2 Σχηματική απεικόνιση της πορείας των φωτεινών ακτίνων στο κεπλεριανό τηλεσκόπιο.

Πηγή: Michael Schmid, Wikimedia Commons, άδεια CC BY-SA 2.0 AT.

Η κεπλεριανή διάταξη έχει σημαντικά πλεονεκτήματα ως προς το οπτικό πεδίο και τη φωτεινότητα της εικόνας. Σε σύγκριση με το γαλιλαϊκό τηλεσκόπιο, το κεπλεριανό προσφέρει ευρύτερο πεδίο θέασης και καλύτερη συλλογή φωτός. Αυτό συμβαίνει επειδή η διάταξη των φακών οδηγεί τις ακτίνες από διαφορετικά σημεία του πεδίου με πιο ευνοϊκό τρόπο προς το μάτι του παρατηρητή. Αντίθετα, στο γαλιλαϊκό τηλεσκόπιο το φως από διαφορετικές περιοχές του πεδίου δεν εισέρχεται ταυτόχρονα εύκολα στην κόρη του ματιού, γεγονός που περιορίζει σημαντικά το οπτικό πεδίο ([De Vidi, 2025b](#)).

Παρόλα αυτά, το γαλιλαϊκό τηλεσκόπιο είχε σημαντικά πλεονεκτήματα για την εποχή του. Ήταν σχετικά απλούστερο στην κατασκευή, είχε μικρότερο μήκος σε σχέση με ένα αντίστοιχο κεπλεριανό τηλεσκόπιο και παρήγαγε ορθή εικόνα. Αυτά τα χαρακτηριστικά το καθιστούσαν χρήσιμο για πρακτικές παρατηρήσεις, όπως η παρατήρηση μακρινών αντικειμένων στη στεριά ή στη θάλασσα. Η ιστορική του σημασία, όμως, οφείλεται κυρίως στο γεγονός ότι χρησιμοποιήθηκε από τον Γαλιλαίο για αστρονομικές παρατηρήσεις που άλλαξαν τον τρόπο με τον οποίο οι άνθρωποι αντιλαμβάνονταν τον ουρανό ([Strano, 2009](#); [Talas et al., 2025](#)).

Η σύγκριση των δύο τηλεσκοπικών διατάξεων έχει ιδιαίτερη διδακτική αξία. Επιτρέπει στους μαθητές να κατανοήσουν ότι η τεχνολογική εξέλιξη των επιστημονικών οργάνων δεν είναι απλή αντικατάσταση ενός οργάνου από ένα άλλο, αλλά διαδικασία βελτίωσης, επίλυσης προβλημάτων και αντιμετώπισης περιορισμών. Το γαλιλαϊκό τηλεσκόπιο επέτρεψε τις πρώτες καθοριστικές παρατηρήσεις, αλλά είχε στενό οπτικό πεδίο και περιορισμένη πρακτική μεγέθυνση. Το κεπλεριανό τηλεσκόπιο αντιμετώπισε ορισμένα από αυτά τα προβλήματα, αλλά εισήγαγε άλλα, όπως η ανεστραμμένη εικόνα και η ανάγκη μεγαλύτερου μήκους σωλήνα ([De Vidi, 2025b](#); [Zik & Hon, 2012](#)).

Μέσα από αυτή τη σύγκριση, οι μαθητές μπορούν να δουν την επιστήμη και την τεχνολογία ως διαδικασίες που εξελίσσονται μέσα από δοκιμές, περιορισμούς και βελτιώσεις. Η μελέτη του γαλιλαϊκού και του κεπλεριανού τηλεσκοπίου δεν οδηγεί μόνο στην κατανόηση της γεωμετρικής οπτικής, αλλά και στην κατανόηση του τρόπου με τον οποίο τα επιστημονικά όργανα διαμορφώνονται ιστορικά, τεχνολογικά και επιστημολογικά ([Baird, 2004](#); [Zik & Hon, 2017](#)).

4. Σχεδιασμός διδακτικής παρέμβασης

4.1 Ταυτότητα του διδακτικού σεναρίου

Η διδακτική παρέμβαση που προτείνεται στην παρούσα εργασία έχει ως βασικό αντικείμενο το τηλεσκόπιο του Γαλιλαίου και τη διδακτική αξιοποίησή του στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Το σενάριο συνδέει τη μελέτη βασικών εννοιών της γεωμετρικής οπτικής, όπως η διάδοση του φωτός, η διάθλαση, οι συγκλίνοντες και αποκλίνοντες φακοί, η εστιακή απόσταση και η μεγέθυνση, με την ιστορική και επιστημολογική σημασία του γαλιλαϊκού τηλεσκοπίου.

Η προτεινόμενη παρέμβαση δεν αντιμετωπίζει το τηλεσκόπιο μόνο ως τεχνικό αντικείμενο ή ως ιστορική πληροφορία. Αντίθετα, το αξιοποιεί ως ιστορικό επιστημονικό όργανο μέσα από το οποίο οι μαθητές μπορούν να διερευνήσουν φυσικές έννοιες, να πειραματιστούν με φακούς και να συζητήσουν τον ρόλο των επιστημονικών οργάνων στην παραγωγή γνώσης. Η προσέγγιση αυτή συνδέεται με τη λογική της διερευνητικής διδασκαλίας, σύμφωνα με την οποία οι μαθητές δεν περιορίζονται στην αποδοχή έτοιμων πληροφοριών, αλλά εμπλέκονται ενεργά σε διαδικασίες παρατήρησης, διατύπωσης υποθέσεων, πειραματισμού, ερμηνείας και αναστοχασμού ([National Research Council, 2000](#); [Σκορδούλης & Στεφανίδου, 2021](#)).

Το διδακτικό σενάριο προτείνεται να εφαρμοστεί σε μαθητές Γυμνασίου, κυρίως σε ενότητα σχετική με το φως, τη διάθλαση, τους φακούς και τα οπτικά όργανα. Μπορεί επίσης να αξιοποιηθεί, με κατάλληλες προσαρμογές, σε μεγαλύτερες τάξεις ή σε πλαίσια ομίλων, εργαστηριακών δραστηριοτήτων και προγραμμάτων που συνδέουν τη Φυσική με την Ιστορία της Επιστήμης. Η διάρκεια της παρέμβασης μπορεί να κυμανθεί από δύο έως τρεις διδακτικές ώρες, ανάλογα με τον διαθέσιμο χρόνο, το επίπεδο των μαθητών και το αν θα πραγματοποιηθεί πλήρης κατασκευή του εκπαιδευτικού τηλεσκοπίου ή απλή ανάλυση της διάταξης με έτοιμα υλικά.

Η παρέμβαση βασίζεται σε καθοδηγούμενη διερεύνηση. Ο εκπαιδευτικός οργανώνει το πλαίσιο, επιλέγει τα υλικά, θέτει τα αρχικά ερωτήματα και υποστηρίζει τη διαδικασία, χωρίς όμως να αφαιρεί από τους μαθητές τη δυνατότητα να παρατηρήσουν, να δοκιμάσουν, να συγκρίνουν και να οδηγηθούν σε συμπεράσματα. Η καθοδηγούμενη διερεύνηση είναι ιδιαίτερα κατάλληλη για τη συγκεκριμένη περίπτωση, επειδή οι

μαθητές χρειάζεται να συνδέσουν χειροπιαστές παρατηρήσεις με πιο αφηρημένες έννοιες της οπτικής, όπως η εστιακή απόσταση, η πορεία των ακτίνων και η γωνιακή μεγέθυνση ([Stefanidou et al., 2020](#); [Σκορδούλης & Στεφανίδου, 2021](#)).

4.2 Ομάδα-στόχος και προαπαιτούμενες γνώσεις

Η προτεινόμενη διδακτική παρέμβαση απευθύνεται κυρίως σε μαθητές Γυμνασίου, οι οποίοι έχουν ήδη έρθει σε επαφή ή πρόκειται να έρθουν σε επαφή με βασικές έννοιες της οπτικής. Οι μαθητές δεν είναι απαραίτητο να γνωρίζουν εκ των προτέρων τη λειτουργία του τηλεσκοπίου, χρειάζεται όμως να έχουν μια αρχική εξοικείωση με την έννοια του φωτός, την ευθύγραμμη διάδοση και την ιδέα ότι το φως μεταβάλλει πορεία όταν περνά από ένα μέσο σε άλλο. Η παρέμβαση μπορεί να λειτουργήσει είτε ως εισαγωγή στη μελέτη των φακών είτε ως δραστηριότητα σύνθεσης μετά τη διδασκαλία της διάθλασης.

Ως προαπαιτούμενες γνώσεις θεωρούνται η βασική κατανόηση ότι το φως διαδίδεται ευθύγραμμα σε ομογενές μέσο, ότι η πορεία του μπορεί να αλλάξει κατά τη διάθλαση και ότι οι φακοί επηρεάζουν την πορεία των φωτεινών ακτίνων. Δεν απαιτείται πλήρης μαθηματική επεξεργασία των νόμων της οπτικής, καθώς το σενάριο εστιάζει κυρίως στην ποιοτική κατανόηση των φαινομένων. Η έμφαση δίνεται στην παρατήρηση, στη σύγκριση, στη διατύπωση υποθέσεων και στην ερμηνεία των αποτελεσμάτων μέσα από απλές πειραματικές δραστηριότητες ([De Vidi, 2025a, 2025b](#)).

Η επιλογή της συγκεκριμένης ομάδας-στόχου συνδέεται με το γεγονός ότι οι έννοιες της οπτικής συχνά δημιουργούν δυσκολίες στους μαθητές, ιδίως όταν παρουσιάζονται μόνο με λεκτικές περιγραφές ή διαγράμματα στον πίνακα. Η χρήση φακών, φωτεινών δεσμών και μιας απλής τηλεσκοπικής διάταξης επιτρέπει στους μαθητές να συνδέσουν τις έννοιες με ορατές μεταβολές στην πορεία του φωτός και με μια κατασκευή που έχει νόημα για αυτούς. Η ενεργητική αυτή εμπλοκή συμφωνεί με τη λογική της διερευνητικής διδασκαλίας, στην οποία η μάθηση οργανώνεται γύρω από ερωτήματα, υποθέσεις, πειραματισμό και ερμηνεία δεδομένων ([Σκορδούλης & Στεφανίδου, 2021](#)).

Παράλληλα, το θέμα προσφέρεται για διαφοροποιημένη διδασκαλία. Σε μαθητές με μικρότερη εξοικείωση με την οπτική, ο εκπαιδευτικός μπορεί να δώσει μεγαλύτερη έμφαση στην παρατήρηση και στην ποιοτική περιγραφή της λειτουργίας των φακών.

Σε μαθητές με πιο προχωρημένο γνωστικό υπόβαθρο, μπορεί να προστεθεί η έννοια της διοπτρικής ισχύος, ο υπολογισμός της απόστασης των φακών και η συζήτηση για τη γωνιακή μεγέθυνση. Έτσι, το ίδιο σενάριο μπορεί να προσαρμοστεί ανάλογα με το επίπεδο της τάξης και τους διαθέσιμους διδακτικούς στόχους.

4.3 Διδακτικοί στόχοι

Οι διδακτικοί στόχοι της παρέμβασης οργανώνονται σε τρία επίπεδα: γνώσεων, δεξιοτήτων και επιστημολογικής κατανόησης. Η διάκριση αυτή είναι χρήσιμη, επειδή η αξιοποίηση του τηλεσκοπίου του Γαλιλαίου δεν αποσκοπεί μόνο στην κατανόηση ενός οπτικού οργάνου, αλλά και στην ανάπτυξη δεξιοτήτων διερεύνησης και στην ανάδειξη πτυχών της Φύσης της Επιστήμης.

Σε γνωστικό επίπεδο, οι μαθητές αναμένεται να κατανοήσουν ότι η λειτουργία του γαλιλαϊκού τηλεσκοπίου βασίζεται στη διάθλαση του φωτός και στον συνδυασμό ενός συγκλίνοντα αντικειμενικού φακού με έναν αποκλίνοντα προσοφθάλμιο φακό. Αναμένεται επίσης να διακρίνουν τους συγκλίνοντες από τους αποκλίνοντες φακούς, να αναγνωρίζουν τον ρόλο της εστιακής απόστασης και να περιγράφουν με απλό τρόπο γιατί η κατάλληλη απόσταση των φακών είναι απαραίτητη για την καθαρή εικόνα ([De Vidi, 2025b, 2025c](#)).

Σε επίπεδο δεξιοτήτων, οι μαθητές αναμένεται να παρατηρήσουν την πορεία του φωτός μέσα από φακούς, να πειραματιστούν με διαφορετικές θέσεις φακών, να καταγράψουν τις παρατηρήσεις τους και να συγκρίνουν τα αποτελέσματα διαφορετικών διατάξεων. Η παρέμβαση επιδιώκει να τους οδηγήσει σε μια απλή μορφή επιστημονικής διερεύνησης, όπου ξεκινούν από ένα ερώτημα, διατυπώνουν υποθέσεις, δοκιμάζουν, παρατηρούν και στη συνέχεια επιχειρούν να εξηγήσουν αυτό που διαπίστωσαν ([National Research Council, 2000; Σκορδούλης & Στεφανίδου, 2021](#)).

Σε επιστημολογικό επίπεδο, οι μαθητές αναμένεται να κατανοήσουν ότι τα επιστημονικά όργανα δεν είναι ουδέτερα αντικείμενα, αλλά μέσα που επεκτείνουν τις ανθρώπινες αισθήσεις και επηρεάζουν το τι μπορεί να παρατηρηθεί και να κατανοηθεί. Η περίπτωση του τηλεσκοπίου του Γαλιλαίου προσφέρεται για την ανάδειξη αυτής της διάστασης, καθώς συνδέεται με ιστορικές παρατηρήσεις που αμφισβήτησαν

καθιερωμένες αντιλήψεις για τον ουρανό και τη θέση της Γης στο σύμπαν ([Stefanidou & Skordoulis, 2014](#); [Talas et al., 2025](#)).

Η παρέμβαση στοχεύει επίσης στην καλλιέργεια ενδιαφέροντος για τη Φυσική και την Ιστορία της Επιστήμης. Η σύνδεση ενός φυσικού φαινομένου με ένα ιστορικό όργανο μπορεί να βοηθήσει τους μαθητές να αντιληφθούν ότι η Φυσική δεν είναι μόνο τύποι και ορισμοί, αλλά και ανθρώπινη δραστηριότητα που αναπτύσσεται μέσα σε ιστορικά, τεχνολογικά και κοινωνικά πλαίσια. Η σύνδεση αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική για την κατανόηση της Φύσης της Επιστήμης, καθώς βοηθά τους μαθητές να προσεγγίσουν τις επιστημονικές θεωρίες, τα μοντέλα και τα όργανα ως στοιχεία μιας εξελισσόμενης διαδικασίας γνώσης ([Stefanidou & Skordoulis, 2017](#); [Stefanidou et al., 2018](#)).

4.4 Επιλογή διδακτικού μοντέλου

Η διδακτική παρέμβαση οργανώνεται με βάση την καθοδηγούμενη διερευνητική διδασκαλία και τη λογική του μοντέλου των 5E. Η επιλογή αυτή κρίνεται κατάλληλη, επειδή το αντικείμενο της παρέμβασης δεν μπορεί να προσεγγιστεί αποτελεσματικά μόνο με περιγραφική διδασκαλία. Η λειτουργία του τηλεσκοπίου γίνεται περισσότερο κατανοητή όταν οι μαθητές παρατηρούν, δοκιμάζουν, συγκρίνουν και συνδέουν σταδιακά τα αποτελέσματα των δραστηριοτήτων τους με τις έννοιες της οπτικής.

Το μοντέλο των 5E περιλαμβάνει τις φάσεις της εμπλοκής, της εξερεύνησης, της επεξήγησης, της επεξεργασίας και της αξιολόγησης. Στην παρούσα παρέμβαση, οι φάσεις αυτές δεν λειτουργούν ως τυπικά βήματα που ακολουθούνται μηχανικά, αλλά ως οργανωτική λογική για τη διαμόρφωση μιας διδακτικής πορείας. Η εμπλοκή επιδιώκει να κινητοποιήσει το ενδιαφέρον των μαθητών, η εξερεύνηση να τους φέρει σε επαφή με τα υλικά και τα φαινόμενα, η επεξήγηση να συνδέσει τις παρατηρήσεις με τις έννοιες, η επεξεργασία να οδηγήσει σε εφαρμογή της νέας γνώσης και η αξιολόγηση να αναδείξει τον βαθμό κατανόησης και αναστοχασμού ([Bybee et al., 2006](#); [Σκορδούλης & Στεφανίδου, 2021](#)).

Η καθοδηγούμενη διερεύνηση είναι ιδιαίτερα σημαντική στη συγκεκριμένη περίπτωση, επειδή οι μαθητές χρειάζεται να στηριχθούν από τον εκπαιδευτικό για να περάσουν από την εμπειρική παρατήρηση στην επιστημονική ερμηνεία. Δεν αρκεί να δουν ότι ένας φακός μεγαλώνει ή μικραίνει την εικόνα. Χρειάζεται να οδηγηθούν

σταδιακά στο να συνδέσουν τη συμπεριφορά του φακού με τη διάθλαση, την εστιακή απόσταση, τη θέση των φακών και τη λειτουργία του τηλεσκοπίου. Η βιβλιογραφία για τη διερευνητική διδασκαλία επισημαίνει ότι η ενεργητική συμμετοχή των μαθητών χρειάζεται κατάλληλη οργάνωση, ώστε να μη μετατραπεί η δραστηριότητα σε απλή χρήση υλικών χωρίς ουσιαστική νοητική εμπλοκή ([Stefanidou et al., 2020](#); [Σκορδούλης & Στεφανίδου, 2021](#)).

Η επιλογή του μοντέλου των 5E συνδέεται επίσης με τη μορφή του φύλλου εργασίας που ακολουθεί στο επόμενο κεφάλαιο. Το φύλλο εργασίας δεν έχει μόνο ρόλο καταγραφής απαντήσεων, αλλά λειτουργεί ως μέσο οργάνωσης της διερεύνησης. Καθοδηγεί τους μαθητές να διατυπώσουν αρχικές ιδέες, να πραγματοποιήσουν παρατηρήσεις, να καταγράψουν δεδομένα, να διαμορφώσουν εξηγήσεις και να αναστοχαστούν πάνω στη λειτουργία του τηλεσκοπίου και στην ιστορική του σημασία. Αυτή η λογική συνδέεται με τον τρόπο με τον οποίο οι [Σκορδούλης και Στεφανίδου \(2021\)](#) περιγράφουν τη διερευνητική μάθηση και τη δομή δραστηριοτήτων στις Φυσικές Επιστήμες.

Η ιστορική πλαίσισωση ενσωματώνεται στο διδακτικό μοντέλο όχι ως απλό εισαγωγικό σχόλιο, αλλά ως μέρος της ίδιας της μαθησιακής διαδικασίας. Οι μαθητές καλούνται να κατανοήσουν ότι το τηλεσκόπιο του Γαλιλαίου δεν ήταν μόνο μια τεχνική διάταξη φακών, αλλά ένα όργανο που επέτρεψε νέες παρατηρήσεις και συνέβαλε στην αλλαγή της επιστημονικής εικόνας του κόσμου. Η σύνδεση αυτή συμφωνεί με προσεγγίσεις που αναδεικνύουν τη σημασία της Ιστορίας της Επιστήμης και της Φύσης της Επιστήμης στη διδασκαλία ([Matthews, 2015](#); [Stefanidou & Panagopoulou, 2019](#); [Stefanidou & Skordoulis, 2014](#)).

4.5 Υλικά και μέσα

Για την υλοποίηση της διδακτικής παρέμβασης απαιτούνται απλά και σχετικά εύκολα προσβάσιμα υλικά. Τα βασικά υλικά είναι ένας συγκλίνων φακός, ένας αποκλίνων φακός, σωλήνες από χαρτόνι ή άλλο ελαφρύ υλικό, βάση ή στηρίγματα για τους φακούς, χάρακας ή μετροταινία, φύλλο εργασίας και, εφόσον είναι διαθέσιμη, μια απλή φωτεινή πηγή ή διάταξη με ακτίνες φωτός. Η χρήση καθημερινών ή χαμηλού κόστους υλικών είναι σημαντική, επειδή καθιστά τη δραστηριότητα περισσότερο εφαρμόσιμη σε πραγματικές σχολικές συνθήκες ([De Vidi, 2025c](#)).

Στο εκπαιδευτικό υλικό του INSIGHT προτείνεται η κατασκευή μιας απλής εκπαιδευτικής εκδοχής του γαλιλαϊκού τηλεσκοπίου με έναν ασθενή συγκλίνοντα φακό ως αντικειμενικό και έναν ισχυρότερο αποκλίνοντα φακό ως προσοφθάλμιο. Ενδεικτικά, ένας συγκλίνων φακός με εστιακή απόσταση περίπου 1 μέτρο και ένας αποκλίνων φακός με εστιακή απόσταση περίπου -16,7 εκατοστά μπορούν να δώσουν μια διάταξη με μεγέθυνση περίπου 6x, όταν η απόσταση των φακών είναι κατάλληλα ρυθμισμένη ([De Vidi, 2025c](#)).

Τα υλικά δεν χρησιμοποιούνται απλώς για την κατασκευή ενός αντικειμένου, αλλά ως μέσα διερεύνησης. Οι μαθητές μπορούν να παρατηρήσουν τι συμβαίνει όταν κοιτούν μέσα από έναν μόνο φακό, τι αλλάζει όταν μεταβάλλεται η απόσταση μεταξύ δύο φακών και πότε η εικόνα γίνεται καθαρότερη. Με αυτόν τον τρόπο, η κατασκευή του τηλεσκοπίου δεν αποτελεί μια χειροτεχνική δραστηριότητα αποκομμένη από τη Φυσική, αλλά συνδέεται με την κατανόηση της διάθλασης, της εστιακής απόστασης και της μεγέθυνσης ([De Vidi, 2025a](#), [2025b](#)).

Η επιλογή απλών υλικών συνδέεται και με τη γενικότερη λογική αξιοποίησης ιστορικών επιστημονικών οργάνων στην εκπαίδευση. Όταν δεν είναι δυνατή η πρόσβαση σε αυθεντικά ιστορικά όργανα, οι ανακατασκευές ή οι εκπαιδευτικές εκδοχές μπορούν να διατηρήσουν τη βασική αρχή λειτουργίας τους και να επιτρέψουν στους μαθητές να έρθουν σε ενεργή επαφή με τη λειτουργία τους. Η προσέγγιση αυτή έχει ιδιαίτερη αξία, επειδή οι μαθητές δεν βλέπουν απλώς ένα όργανο, αλλά συμμετέχουν στη διαδικασία κατανόησης της λειτουργίας του ([Cavicchi, 2008](#); [Heering, 2015](#); [Λάζος et al., 2023](#)).

Εκτός από τα υλικά κατασκευής, μπορούν να αξιοποιηθούν εικόνες του τηλεσκοπίου του Γαλιλαίου, ιστορικά αποσπάσματα, σχεδιαγράμματα ακτίνων και σύντομα στοιχεία για τις πρώτες τηλεσκοπικές παρατηρήσεις. Τα μέσα αυτά βοηθούν στη σύνδεση της πειραματικής δραστηριότητας με το ιστορικό πλαίσιο. Η χρήση ιστορικού υλικού πρέπει να είναι σύντομη και στοχευμένη, ώστε να μην αποσπά τους μαθητές από τη διερεύνηση, αλλά να τους βοηθά να κατανοήσουν γιατί το συγκεκριμένο όργανο είχε επιστημονική και κοινωνική σημασία ([Stefanidou & Panagopoulou, 2019](#); [Talas et al., 2025](#)).

4.6 Φάσεις της διδακτικής παρέμβασης

Η διδακτική παρέμβαση οργανώνεται σε πέντε βασικές φάσεις, σύμφωνα με τη λογική του μοντέλου των 5Ε. Οι φάσεις αυτές είναι η εμπλοκή, η εξερεύνηση, η επεξήγηση, η επεξεργασία και η αξιολόγηση. Η οργάνωση αυτή επιτρέπει τη σταδιακή μετάβαση από το αρχικό ενδιαφέρον και την παρατήρηση προς την εννοιολογική κατανόηση και τον αναστοχασμό.

Στην πρώτη φάση, την εμπλοκή, ο εκπαιδευτικός θέτει ένα ερώτημα που μπορεί να κινητοποιήσει το ενδιαφέρον των μαθητών: «Πώς μπορούμε να δούμε καθαρότερα ένα μακρινό αντικείμενο;» ή «Γιατί το τηλεσκόπιο του Γαλιλαίου άλλαξε τον τρόπο με τον οποίο οι άνθρωποι παρατηρούσαν τον ουρανό;». Μπορεί επίσης να παρουσιαστεί μια εικόνα του γαλιλαϊκού τηλεσκοπίου ή ένα σύντομο ιστορικό επεισόδιο από τις παρατηρήσεις του Γαλιλαίου. Σκοπός δεν είναι να δοθούν από την αρχή όλες οι απαντήσεις, αλλά να ενεργοποιηθούν οι ιδέες των μαθητών και να δημιουργηθεί ένα πλαίσιο ερωτημάτων ([Bybee et al., 2006](#); [De Vidi, 2025a](#)).

Στη δεύτερη φάση, την εξερεύνηση, οι μαθητές εργάζονται με φακούς και απλές οπτικές διατάξεις. Παρατηρούν τη συμπεριφορά ενός συγκλίνοντα και ενός αποκλίνοντα φακού, δοκιμάζουν διαφορετικές αποστάσεις και καταγράφουν τι συμβαίνει στην εικόνα που βλέπουν. Η φάση αυτή έχει καθαρά διερευνητικό χαρακτήρα, καθώς οι μαθητές καλούνται να παρατηρήσουν πρώτα το φαινόμενο πριν δοθεί η πλήρης επιστημονική εξήγηση. Με αυτόν τον τρόπο, οι έννοιες δεν παρουσιάζονται ως αφηρημένες πληροφορίες, αλλά προκύπτουν μέσα από την ανάγκη ερμηνείας των παρατηρήσεων ([De Vidi, 2025a](#); [Σκορδούλης & Στεφανίδου, 2021](#)).

Στην τρίτη φάση, την επεξήγηση, οι παρατηρήσεις των μαθητών συνδέονται με τις φυσικές έννοιες. Ο εκπαιδευτικός εισάγει ή συστηματοποιεί έννοιες όπως η διάθλαση, ο συγκλίνων και ο αποκλίνων φακός, η εστιακή απόσταση και η βασική διάταξη του γαλιλαϊκού τηλεσκοπίου. Η επεξήγηση δεν λειτουργεί ως απλή διάλεξη, αλλά ως οργάνωση και επιστημονική ερμηνεία όσων οι μαθητές έχουν ήδη παρατηρήσει. Η φάση αυτή είναι κρίσιμη, επειδή βοηθά τους μαθητές να περάσουν από την εμπειρική διαπίστωση στην εννοιολογική κατανόηση ([Bybee et al., 2006](#); [Σκορδούλης & Στεφανίδου, 2021](#)).

Στην τέταρτη φάση, την επεξεργασία, οι μαθητές αξιοποιούν όσα έμαθαν για να κατανοήσουν τη λειτουργία μιας απλής γαλιλαϊκής διάταξης. Μπορούν να δοκιμάσουν να ευθυγραμμίσουν τους δύο φακούς, να μεταβάλουν την απόστασή τους και να παρατηρήσουν πότε επιτυγχάνεται καθαρότερη εικόνα. Εφόσον υπάρχει χρόνος, μπορούν να κατασκευάσουν μια απλή εκπαιδευτική εκδοχή του τηλεσκοπίου με χαρτονένιους σωλήνες. Σε αυτή τη φάση, η γνώση εφαρμόζεται σε ένα σύνθετο αντικείμενο, το οποίο συνδυάζει φυσική αρχή, τεχνολογική διάταξη και ιστορική σημασία ([De Vidi, 2025c](#)).

Στην πέμπτη φάση, την αξιολόγηση, οι μαθητές καλούνται να απαντήσουν σε ερωτήσεις κατανόησης και αναστοχασμού. Η αξιολόγηση δεν περιορίζεται στο αν μπορούν να ονομάσουν τους φακούς ή να περιγράψουν τη διάταξη. Περιλαμβάνει επίσης ερωτήματα όπως: «Γιατί χρειάζονται δύο διαφορετικοί φακοί;», «Τι αλλάζει όταν μεταβάλλεται η απόσταση των φακών;», «Πώς το τηλεσκόπιο επέτρεψε στον Γαλιλαίο να δει πράγματα που δεν φαίνονταν με γυμνό μάτι;» και «Τι μας δείχνει αυτή η περίπτωση για τον ρόλο των επιστημονικών οργάνων στην επιστήμη;». Με αυτόν τον τρόπο, η αξιολόγηση περιλαμβάνει τόσο γνωστικές όσο και επιστημολογικές διαστάσεις ([Stefanidou & Skordoulis, 2014, 2017](#); [Stefanidou et al., 2018](#)).

4.7 Ρόλος εκπαιδευτικού και μαθητών

Ο ρόλος του εκπαιδευτικού στην προτεινόμενη παρέμβαση είναι καθοδηγητικός, οργανωτικός και υποστηρικτικός. Ο εκπαιδευτικός δεν περιορίζεται στην παρουσίαση πληροφοριών, αλλά σχεδιάζει το μαθησιακό περιβάλλον, επιλέγει τα υλικά, θέτει ερωτήματα, ενθαρρύνει τη διατύπωση υποθέσεων και βοηθά τους μαθητές να συνδέσουν τις παρατηρήσεις τους με τις έννοιες της οπτικής. Η καθοδήγηση αυτή είναι απαραίτητη, επειδή η διερευνητική διδασκαλία δεν σημαίνει ότι οι μαθητές αφήνονται χωρίς υποστήριξη. Αντίθετα, ο εκπαιδευτικός δημιουργεί τις συνθήκες μέσα στις οποίες η διερεύνηση μπορεί να οδηγήσει σε ουσιαστική μάθηση ([Stefanidou et al., 2020](#); [Σκορδούλης & Στεφανίδου, 2021](#)).

Ο εκπαιδευτικός χρειάζεται επίσης να διαχειριστεί τη σύνδεση ανάμεσα στο φυσικό φαινόμενο και στο ιστορικό πλαίσιο. Στην περίπτωση του τηλεσκοπίου του Γαλιλαίου υπάρχει ο κίνδυνος η δραστηριότητα να περιοριστεί είτε σε μια απλή κατασκευή είτε σε μια ιστορική αφήγηση. Για να αποφευχθεί αυτό, ο εκπαιδευτικός πρέπει να

φροντίσει ώστε οι μαθητές να μελετήσουν και τη φυσική αρχή λειτουργίας του οργάνου και την ιστορική του σημασία. Η ισορροπία αυτή είναι σημαντική για την ουσιαστική αξιοποίηση των ιστορικών επιστημονικών οργάνων στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών ([Lazos et al., 2024](#); [Λάζος et al., 2023](#)).

Οι μαθητές, από την πλευρά τους, αναλαμβάνουν ενεργό ρόλο. Παρατηρούν, δοκιμάζουν, συζητούν, καταγράφουν, συγκρίνουν και εξηγούν. Η συμμετοχή τους δεν περιορίζεται στην εκτέλεση οδηγιών, αλλά περιλαμβάνει τη διατύπωση ιδεών και την προσπάθεια ερμηνείας των αποτελεσμάτων. Μέσα από αυτή τη διαδικασία, οι μαθητές καλλιεργούν δεξιότητες που σχετίζονται με την επιστημονική διερεύνηση, όπως η παρατήρηση, η σύγκριση, η τεκμηρίωση και η επικοινωνία συμπερασμάτων ([National Research Council, 2000](#); [Σκορδούλης & Στεφανίδου, 2021](#)).

Η συνεργασία μεταξύ των μαθητών αποτελεί επίσης βασικό στοιχείο της παρέμβασης. Οι μαθητές μπορούν να εργαστούν σε μικρές ομάδες, ώστε να μοιραστούν ρόλους, όπως χειρισμός των φακών, καταγραφή παρατηρήσεων, μέτρηση αποστάσεων και παρουσίαση συμπερασμάτων. Η ομαδική εργασία μπορεί να ενισχύσει τη συζήτηση και να βοηθήσει τους μαθητές να συγκρίνουν διαφορετικές ερμηνείες. Παράλληλα, επιτρέπει στον εκπαιδευτικό να παρακολουθεί τη μαθησιακή πορεία και να παρεμβαίνει με ερωτήσεις όταν χρειάζεται.

Ιδιαίτερα σημαντικός είναι ο ρόλος των ερωτήσεων του εκπαιδευτικού. Ερωτήσεις όπως «τι παρατηρείτε;», «τι αλλάζει όταν μετακινείτε τον φακό;», «γιατί πιστεύετε ότι η εικόνα γίνεται πιο καθαρή;» ή «τι θα μπορούσε να δει ο Γαλιλαίος με ένα τέτοιο όργανο που δεν μπορούσε να δει με γυμνό μάτι;» βοηθούν τους μαθητές να μεταβούν από την παρατήρηση στον συλλογισμό. Με αυτόν τον τρόπο, η δραστηριότητα αποκτά διερευνητικό και αναστοχαστικό χαρακτήρα, αντί να περιορίζεται σε μια απλή πρακτική διαδικασία.

4.8 Αξιολόγηση της μαθησιακής διαδικασίας

Η αξιολόγηση της μαθησιακής διαδικασίας στην προτεινόμενη παρέμβαση έχει διαμορφωτικό χαρακτήρα. Δεν αποσκοπεί μόνο στον έλεγχο του τελικού αποτελέσματος, αλλά κυρίως στην παρακολούθηση της πορείας των μαθητών κατά τη διάρκεια της διερεύνησης. Ο εκπαιδευτικός μπορεί να αξιολογήσει τον τρόπο με τον

οποίο οι μαθητές διατυπώνουν υποθέσεις, χειρίζονται τα υλικά, καταγράφουν παρατηρήσεις, συνδέουν τα δεδομένα με έννοιες και εξηγούν τη λειτουργία του τηλεσκοπίου ([Σκορδούλης & Στεφανίδου, 2021](#)).

Το φύλλο εργασίας αποτελεί βασικό εργαλείο αξιολόγησης. Μέσα από αυτό, οι μαθητές καλούνται να απαντήσουν σε ερωτήσεις πριν, κατά τη διάρκεια και μετά τη διερεύνηση. Οι αρχικές απαντήσεις μπορούν να δείξουν τις προϋπάρχουσες ιδέες τους, οι απαντήσεις κατά τη διάρκεια των δραστηριοτήτων δείχνουν την πορεία της παρατήρησης και της ερμηνείας, ενώ οι τελικές απαντήσεις αναδεικνύουν τον βαθμό εννοιολογικής κατανόησης και αναστοχασμού. Η χρήση του φύλλου εργασίας συνδέεται με τη λογική της διερευνητικής διδασκαλίας, καθώς οργανώνει τη σκέψη των μαθητών χωρίς να αφαιρεί τον ενεργό τους ρόλο ([Σκορδούλης & Στεφανίδου, 2021](#)).

Η αξιολόγηση μπορεί να περιλαμβάνει τόσο γνωστικά όσο και επιστημολογικά κριτήρια. Σε γνωστικό επίπεδο, εξετάζεται αν οι μαθητές μπορούν να διακρίνουν τον συγκλίνοντα από τον αποκλίνοντα φακό, να περιγράψουν τη βασική διάταξη του γαλιλαϊκού τηλεσκοπίου και να εξηγήσουν γιατί η απόσταση των φακών επηρεάζει την καθαρότητα της εικόνας. Σε επιστημολογικό επίπεδο, εξετάζεται αν μπορούν να εξηγήσουν γιατί το τηλεσκόπιο αποτέλεσε σημαντικό επιστημονικό όργανο και πώς η χρήση του συνδέθηκε με νέες παρατηρήσεις και με την αμφισβήτηση παλαιότερων αντιλήψεων ([Stefanidou & Skordoulis, 2014, 2017](#); [Talas et al., 2025](#)).

Μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν σύντομες δραστηριότητες αναστοχασμού στο τέλος της παρέμβασης. Οι μαθητές μπορούν να κληθούν να γράψουν τι άλλαξε στην κατανόησή τους, ποια δυσκολία αντιμετώπισαν, τι τους βοήθησε περισσότερο και πώς αντιλαμβάνονται πλέον τον ρόλο των επιστημονικών οργάνων στην επιστήμη. Η αναστοχαστική αυτή διαδικασία είναι σημαντική, επειδή βοηθά τους μαθητές να συνειδητοποιήσουν όχι μόνο τι έμαθαν, αλλά και πώς το έμαθαν.

Τέλος, η αξιολόγηση μπορεί να αξιοποιηθεί από τον εκπαιδευτικό για τη βελτίωση της ίδιας της παρέμβασης. Οι απαντήσεις των μαθητών, οι δυσκολίες που εμφανίζονται κατά τον χειρισμό των φακών και οι συζητήσεις που αναπτύσσονται στην τάξη μπορούν να δείξουν ποια σημεία χρειάζονται περισσότερη υποστήριξη. Η διερευνητική διδασκαλία απαιτεί συνεχή προσαρμογή στις ανάγκες των μαθητών και δεν μπορεί να

εφαρμοστεί αποτελεσματικά ως άκαμπτη διαδικασία. Για τον λόγο αυτό, η αξιολόγηση λειτουργεί όχι μόνο ως έλεγχος μάθησης, αλλά και ως εργαλείο ανατροφοδότησης για τον εκπαιδευτικό σχεδιασμό ([Bybee et al., 2006](#); [Stefanidou et al., 2020](#)).

5. Φύλλο εργασίας

5.1 Θεωρητικό πλαίσιο για τον εκπαιδευτικό

Το φύλλο εργασίας που προτείνεται στην παρούσα εργασία έχει ως αντικείμενο τη διερευνητική προσέγγιση της λειτουργίας του γαλιλαϊκού τηλεσκοπίου, μέσα από δραστηριότητες σχετικές με τους φακούς, τη διάθλαση του φωτός, την εστιακή απόσταση και τη μεγέθυνση. Η μορφή του φύλλου εργασίας ακολουθεί τη λογική της καθοδηγούμενης διερευνητικής διδασκαλίας, καθώς οι μαθητές δεν καλούνται απλώς να απαντήσουν σε ερωτήσεις θεωρητικού τύπου, αλλά να παρατηρήσουν, να διατυπώσουν υποθέσεις, να πειραματιστούν, να καταγράψουν αποτελέσματα και να οδηγηθούν σε συμπεράσματα ([National Research Council, 2000](#); [Σκορδούλης & Στεφανίδου, 2021](#)).

Η αξιοποίηση φύλλου εργασίας στη συγκεκριμένη παρέμβαση κρίνεται αναγκαία, επειδή η λειτουργία του τηλεσκοπίου δεν είναι άμεσα προφανής στους μαθητές. Το γαλιλαϊκό τηλεσκόπιο αποτελεί μια σύνθετη οπτική διάταξη, στην οποία δύο φακοί διαφορετικού τύπου συνεργάζονται ώστε να παραχθεί μια μεγεθυμένη και ορθή εικόνα ενός μακρινού αντικειμένου. Οι μαθητές μπορούν να προσεγγίσουν τη λειτουργία του μόνο αν οδηγηθούν σταδιακά από απλούστερες παρατηρήσεις, όπως η συμπεριφορά ενός συγκλίνοντα και ενός αποκλίνοντα φακού, προς τη σύνθεση των δύο φακών σε ενιαίο οπτικό σύστημα ([De Vidi, 2025a, 2025b](#)).

Στο πλαίσιο της διερευνητικής διδασκαλίας, το φύλλο εργασίας δεν λειτουργεί ως απλό μέσο ελέγχου γνώσεων, αλλά ως εργαλείο οργάνωσης της σκέψης των μαθητών. Οι ερωτήσεις και οι δραστηριότητες που περιλαμβάνει καθοδηγούν τους μαθητές να εκφράσουν τις αρχικές τους ιδέες, να ελέγξουν τις υποθέσεις τους μέσα από πειραματικές δοκιμές και να συγκρίνουν τις παρατηρήσεις τους με τις επιστημονικές εξηγήσεις. Με αυτόν τον τρόπο, η μάθηση δεν περιορίζεται στην απομνημόνευση ορισμών, αλλά συνδέεται με τη διαδικασία παραγωγής και τεκμηρίωσης της γνώσης ([Stefanidou et al., 2020](#); [Σκορδούλης & Στεφανίδου, 2021](#)).

Η δομή του φύλλου εργασίας συνδέεται με το μοντέλο των 5E, δηλαδή τις φάσεις της εμπλοκής, της εξερεύνησης, της επεξήγησης, της επεξεργασίας και της αξιολόγησης. Στην αρχή, οι μαθητές έρχονται αντιμέτωποι με ένα πρόβλημα ή ερώτημα που

κινητοποιεί το ενδιαφέρον τους. Στη συνέχεια διερευνούν τη λειτουργία των φακών, οργανώνουν τις παρατηρήσεις τους, συνδέουν τις παρατηρήσεις με τις επιστημονικές έννοιες και, τέλος, αναστοχάζονται πάνω στη λειτουργία και στην ιστορική σημασία του τηλεσκοπίου ([Bybee et al., 2006](#); [Σκορδούλης & Στεφανίδου, 2021](#)).

Ιδιαίτερη σημασία έχει το γεγονός ότι το φύλλο εργασίας δεν περιορίζεται στη φυσική λειτουργία του οργάνου. Η μελέτη του γαλιλαϊκού τηλεσκοπίου συνδέεται και με την Ιστορία και τη Φύση της Επιστήμης. Οι μαθητές καλούνται να σκεφτούν πώς ένα επιστημονικό όργανο μπορεί να επεκτείνει τις ανθρώπινες αισθήσεις, να επιτρέψει νέες παρατηρήσεις και να οδηγήσει σε αμφισβήτηση παλαιότερων αντιλήψεων. Η διάσταση αυτή συνδέεται με τη θέση ότι η επιστημονική γνώση δεν είναι στατική και αποκομμένη από την ιστορία της, αλλά αναπτύσσεται μέσα από παρατήρηση, ερμηνεία, χρήση οργάνων και κοινωνική αποδοχή ή αμφισβήτηση ([Stefanidou & Skordoulis, 2014, 2017](#); [Talas et al., 2025](#)).

Η ιστορική πλαίσισή της δραστηριότητας δεν έχει στόχο να μετατρέψει το μάθημα σε ιστορική αφήγηση. Αντίθετα, λειτουργεί υποστηρικτικά στη διδασκαλία της Φυσικής, καθώς βοηθά τους μαθητές να κατανοήσουν γιατί η λειτουργία ενός οργάνου είχε σημασία για την εξέλιξη της επιστημονικής γνώσης. Η περίπτωση του Γαλιλαίου είναι κατάλληλη για αυτόν τον σκοπό, επειδή συνδέει άμεσα την κατασκευή και χρήση ενός οπτικού οργάνου με νέες παρατηρήσεις για τον ουρανό και με ευρύτερα ζητήματα της Φύσης της Επιστήμης ([De Vidi, 2025a](#); [Stefanidou & Panagopoulou, 2019](#)).

5.2 Εκπαιδευτικό και διδακτικό πλαίσιο

Το φύλλο εργασίας απευθύνεται κυρίως σε μαθητές Γυμνασίου, οι οποίοι έχουν ήδη διδαχθεί ή πρόκειται να διδαχθούν βασικές έννοιες της οπτικής. Μπορεί να αξιοποιηθεί σε ενότητα σχετική με το φως, τη διάθλαση, τους φακούς και τα οπτικά όργανα. Με κατάλληλες προσαρμογές μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί σε μεγαλύτερες τάξεις, σε σχολικούς ομίλους, σε εργαστηριακές δραστηριότητες ή σε προγράμματα που συνδέουν τη Φυσική με την Ιστορία της Επιστήμης.

Η διάρκεια της δραστηριότητας μπορεί να κυμανθεί από δύο έως τρεις διδακτικές ώρες. Σε δύο διδακτικές ώρες μπορεί να πραγματοποιηθεί η βασική διερεύνηση των φακών και η ανάλυση της διάταξης του τηλεσκοπίου. Σε τρεις διδακτικές ώρες μπορεί να

προστεθεί η κατασκευή μιας απλής εκπαιδευτικής εκδοχής του γαλιλαϊκού τηλεσκοπίου με σωλήνες και φακούς. Η επιλογή εξαρτάται από τον διαθέσιμο χρόνο, τα υλικά και την εξοικείωση των μαθητών με εργαστηριακές δραστηριότητες.

Η δραστηριότητα προϋποθέτει έναν ασθενή συγκλίνοντα αντικειμενικό φακό με εστιακή απόσταση περίπου $+1,0\text{ m}$ και έναν ισχυρότερο αποκλίνοντα προσοφθάλμιο φακό με εστιακή απόσταση περίπου $-16,7\text{ cm}$, φωτεινή πηγή ή φακό LED, λευκό χαρτί ή επιφάνεια προβολής, χάρακα ή μετροταινία, καθώς και δύο σωλήνες διαφορετικής διαμέτρου που μπορούν να ολισθαίνουν μεταξύ τους. Το συγκεκριμένο ζεύγος φακών δίνει θεωρητική γωνιακή μεγέθυνση περίπου $6\times$ και αρχική απόσταση μεταξύ των φακών περίπου $83,3\text{ cm}$. Η δυνατότητα μικρής μεταβολής αυτής της απόστασης είναι απαραίτητη για την εστίαση. Πριν από τη δραστηριότητα, ο εκπαιδευτικός πρέπει να ελέγξει ότι οι φακοί είναι σωστά ευθυγραμμισμένοι και ότι η διάταξη δίνει καθαρό, όρθιο είδωλο ([De Vidi, 2025a](#), [2025c](#)).

Οι μαθητές εργάζονται σε μικρές ομάδες. Η ομαδοσυνεργατική μορφή εργασίας διευκολύνει τη διανομή ρόλων και την ανταλλαγή ιδεών. Κάθε ομάδα μπορεί να έχει έναν μαθητή που χειρίζεται τα υλικά, έναν που καταγράφει τις παρατηρήσεις, έναν που μετρά αποστάσεις και έναν που παρουσιάζει τα συμπεράσματα. Με αυτόν τον τρόπο ενισχύεται η συμμετοχή όλων των μαθητών και αποφεύγεται η μετατροπή της δραστηριότητας σε απλή επίδειξη από τον εκπαιδευτικό.

Ο ρόλος του εκπαιδευτικού είναι καθοδηγητικός. Ο εκπαιδευτικός οργανώνει το πλαίσιο, δίνει τις βασικές οδηγίες, θέτει ερωτήσεις και παρεμβαίνει όταν χρειάζεται, χωρίς όμως να δίνει εξαρχής τις απαντήσεις. Η καθοδήγηση είναι απαραίτητη, επειδή οι μαθητές μπορούν να παρατηρήσουν μεταβολές στην εικόνα και στην πορεία του φωτός, αλλά χρειάζονται υποστήριξη για να συνδέσουν τις παρατηρήσεις αυτές με τη διάθλαση, τους φακούς, την εστιακή απόσταση και τη λειτουργία του τηλεσκοπίου ([Stefanidou et al., 2020](#); [Σκορδούλης & Στεφανίδου, 2021](#)).

Το φύλλο εργασίας οργανώνεται σε πέντε φάσεις. Στην πρώτη φάση οι μαθητές διατυπώνουν αρχικές ιδέες και υποθέσεις. Στη δεύτερη φάση διερευνούν τη λειτουργία των φακών. Στην τρίτη φάση συνδυάζουν τους φακούς και προσεγγίζουν τη διάταξη του γαλιλαϊκού τηλεσκοπίου. Στην τέταρτη φάση συνδέουν τη λειτουργία του οργάνου με το ιστορικό πλαίσιο. Στην πέμπτη φάση αξιολογούν και αναστοχάζονται πάνω στη

διαδικασία. Η δομή αυτή ακολουθεί τη λογική της διερευνητικής μάθησης και του μοντέλου των 5E ([Bybee et al., 2006](#); [Σκορδούλης & Στεφανίδου, 2021](#)).

5.3 Διδακτικοί στόχοι του φύλλου εργασίας

Με την ολοκλήρωση του φύλλου εργασίας, οι μαθητές αναμένεται να έχουν προσεγγίσει βασικές έννοιες της οπτικής, να έχουν εμπλακεί σε διαδικασίες διερεύνησης και να έχουν συνδέσει τη λειτουργία του τηλεσκοπίου με την ιστορική και επιστημολογική του σημασία.

Σε γνωστικό επίπεδο, οι μαθητές αναμένεται:

1. Να αναγνωρίζουν ότι η λειτουργία των φακών βασίζεται στη διάθλαση του φωτός.
2. Να διακρίνουν τον συγκλίνοντα από τον αποκλίνοντα φακό με βάση τη συμπεριφορά των φωτεινών ακτίνων.
3. Να περιγράφουν με απλό τρόπο τον ρόλο του αντικειμενικού και του προσοφθάλμιου φακού στο γαλιλαϊκό τηλεσκόπιο.
4. Να κατανοούν ότι η απόσταση των φακών επηρεάζει την καθαρότητα της εικόνας.
5. Να εξηγούν ότι το γαλιλαϊκό τηλεσκόπιο δημιουργεί ορθή και μεγεθυμένη εικόνα, αξιοποιώντας συνδυασμό συγκλίνοντα και αποκλίνοντα φακού ([De Vidi, 2025b, 2025c](#)).

Σε επίπεδο δεξιοτήτων διερεύνησης, οι μαθητές αναμένεται:

1. Να διατυπώνουν αρχικές υποθέσεις για τη λειτουργία των φακών και του τηλεσκοπίου.
2. Να πραγματοποιούν απλές παρατηρήσεις και δοκιμές με φακούς.
3. Να καταγράφουν οργανωμένα τα αποτελέσματα των παρατηρήσεών τους.
4. Να συγκρίνουν διαφορετικές διατάξεις φακών.
5. Να τεκμηριώνουν τα συμπεράσματά τους με βάση τις παρατηρήσεις και όχι μόνο με βάση έτοιμες πληροφορίες ([National Research Council, 2000](#); [Σκορδούλης & Στεφανίδου, 2021](#)).

Σε επιστημολογικό επίπεδο, οι μαθητές αναμένεται:

1. Να κατανοούν ότι τα επιστημονικά όργανα επεκτείνουν τις ανθρώπινες αισθήσεις.

2. Να αναγνωρίζουν ότι η χρήση ενός οργάνου μπορεί να οδηγήσει σε νέες παρατηρήσεις.
3. Να συνδέουν το τηλεσκόπιο του Γαλιλαίου με την αμφισβήτηση παλαιότερων αντιλήψεων για τον ουρανό.
4. Να αντιλαμβάνονται ότι η επιστημονική γνώση μεταβάλλεται μέσα από νέα δεδομένα, ερμηνείες και τεχνολογικά μέσα.
5. Να προσεγγίζουν την επιστήμη ως ανθρώπινη, ιστορικά πλαίσιοι και αναθεωρήσιμη δραστηριότητα ([Stefanidou & Skordoulis, 2014, 2017](#); [Stefanidou et al., 2018](#)).

Σε επίπεδο στάσεων, επιδιώκεται οι μαθητές να αναπτύξουν ενδιαφέρον για τη μελέτη της Φυσικής, να συνεργαστούν με τους συμμαθητές τους, να εκφράσουν τις ιδέες τους και να αντιληφθούν ότι η κατανόηση ενός επιστημονικού οργάνου μπορεί να συνδέεται με την ιστορία, την τεχνολογία και την κοινωνία.

5.4 Φύλλο εργασίας μαθητών

Στο πλαίσιο της προτεινόμενης διδακτικής παρέμβασης σχεδιάστηκε φύλλο εργασίας μαθητών με τίτλο «Πώς λειτουργεί το τηλεσκόπιο του Γαλιλαίου; Μια διερεύνηση με φακούς». Το φύλλο εργασίας ακολουθεί τη λογική της καθοδηγούμενης διερεύνησης και οργανώνεται σε επιμέρους φάσεις που περιλαμβάνουν τη διατύπωση αρχικών ιδεών, τη διερεύνηση συγκλινόντων και αποκλινόντων φακών, τον συνδυασμό των φακών σε απλή γαλιλαϊκή διάταξη, τη σύνδεση με το ιστορικό πλαίσιο του Γαλιλαίου και τον τελικό αναστοχασμό των μαθητών.

Το πλήρες φύλλο εργασίας μαθητών παρατίθεται στο Παράρτημα Α.

5.5 Ενδεικτικές απαντήσεις και οδηγίες για τον εκπαιδευτικό

Οι ενδεικτικές απαντήσεις που ακολουθούν δεν έχουν στόχο να περιορίσουν τη σκέψη των μαθητών σε μία μόνο διατύπωση. Αντίθετα, μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τον εκπαιδευτικό ως οδηγός για την ερμηνεία των μαθητικών απαντήσεων και για την υποστήριξη της συζήτησης στην τάξη. Στη διερευνητική διδασκαλία έχει σημασία όχι μόνο το τελικό συμπέρασμα, αλλά και η πορεία με την οποία οι μαθητές φτάνουν σε αυτό ([Σκορδούλης & Στεφανίδου, 2021](#)).

Στην ενότητα Α, οι μαθητές είναι πιθανό να απαντήσουν ότι για να δούμε καθαρότερα ένα μακρινό αντικείμενο χρειάζεται «μεγεθυντικός φακός», «κιάλια» ή «τηλεσκόπιο». Ο εκπαιδευτικός μπορεί να αξιοποιήσει αυτές τις απαντήσεις για να δείξει ότι οι μαθητές έχουν ήδη εμπειρική γνώση για οπτικά όργανα, χωρίς όμως απαραίτητα να γνωρίζουν τη φυσική αρχή λειτουργίας τους. Σκοπός δεν είναι να διορθωθούν αμέσως οι απαντήσεις, αλλά να λειτουργήσουν ως αφετηρία για τη διερεύνηση.

Στην ενότητα Β, οι μαθητές αναμένεται να παρατηρήσουν ότι ο συγκλίνων φακός μπορεί να μεγεθύνει ή να σχηματίσει εικόνα υπό ορισμένες συνθήκες, ενώ ο αποκλίνων φακός κάνει την εικόνα να φαίνεται μικρότερη ή διαφορετική. Με τη βοήθεια φωτεινής πηγής, μπορούν να διαπιστώσουν ότι ο συγκλίνων φακός τείνει να συγκεντρώνει τις ακτίνες, ενώ ο αποκλίνων να τις απομακρύνει. Ο εκπαιδευτικός μπορεί εδώ να εισαγάγει ή να υπενθυμίσει τις έννοιες της διάθλασης, της εστίας και της εστιακής απόστασης ([De Vidi, 2025b](#)).

Στην ενότητα Γ, οι μαθητές αναμένεται να διαπιστώσουν ότι η εικόνα γίνεται καθαρότερη μόνο όταν οι φακοί βρίσκονται σε κατάλληλη απόσταση μεταξύ τους. Η παρατήρηση αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική, επειδή τους βοηθά να κατανοήσουν ότι το τηλεσκόπιο δεν λειτουργεί απλώς επειδή περιέχει φακούς, αλλά επειδή οι φακοί τοποθετούνται σε συγκεκριμένη διάταξη. Ο εκπαιδευτικός μπορεί να εξηγήσει ότι στο γαλιλαϊκό τηλεσκόπιο ο συγκλίνων φακός λειτουργεί ως αντικειμενικός και ο αποκλίνων ως προσοφθάλμιος, ενώ η απόσταση των φακών συνδέεται με τις εστιακές τους αποστάσεις ([De Vidi, 2025b](#), [2025c](#)).

Είναι πιθανό κάποιοι μαθητές να δυσκολευτούν να πετύχουν καθαρή εικόνα, ιδιαίτερα αν οι φακοί δεν είναι καλά ευθυγραμμισμένοι ή αν η απόσταση του παρατηρούμενου αντικειμένου δεν είναι αρκετά μεγάλη. Ο εκπαιδευτικός χρειάζεται να επισημάνει ότι τέτοιες δυσκολίες δεν αποτελούν αποτυχία της δραστηριότητας, αλλά μέρος της διερεύνησης. Η λειτουργία ενός επιστημονικού οργάνου εξαρτάται από υλικά, ευθυγράμμιση, σωστή χρήση και περιορισμούς. Το σημείο αυτό μπορεί να συνδεθεί με τη Φύση της Επιστήμης και με το γεγονός ότι τα όργανα δεν είναι ουδέτερα ή αλάνθαστα μέσα παρατήρησης ([Stefanidou & Skordoulis, 2014](#); [Stefanidou et al., 2018](#)).

Στην ενότητα Δ, οι μαθητές αναμένεται να αναφέρουν ότι ο Γαλιλαίος μπόρεσε να παρατηρήσει χαρακτηριστικά της Σελήνης, περισσότερα άστρα και σώματα κοντά στον Δία που δεν ήταν ορατά με γυμνό μάτι. Ο εκπαιδευτικός μπορεί να αξιοποιήσει τις απαντήσεις αυτές για να συζητήσει ότι το τηλεσκόπιο επέκτεινε την ανθρώπινη όραση και, επομένως, διεύρυνε το πεδίο του παρατηρήσιμου. Το βασικό συμπέρασμα είναι ότι τα επιστημονικά όργανα μπορούν να δημιουργήσουν νέες δυνατότητες παρατήρησης και να οδηγήσουν σε νέες ερμηνείες για τον φυσικό κόσμο ([De Vidi, 2025a](#); [Talas et al., 2025](#)).

Στην ίδια ενότητα μπορεί να αναδειχθεί και η σχέση επιστήμης, τεχνολογίας και κοινωνίας. Οι μαθητές μπορούν να οδηγηθούν στο συμπέρασμα ότι η αποδοχή νέων παρατηρήσεων δεν είναι πάντοτε άμεση ή εύκολη, ιδιαίτερα όταν οι παρατηρήσεις αυτές αμφισβητούν καθιερωμένες αντιλήψεις. Η ιστορία του Γαλιλαίου προσφέρεται για τη συζήτηση αυτής της διάστασης, καθώς δείχνει ότι η επιστήμη αναπτύσσεται μέσα σε ιστορικά και κοινωνικά πλαίσια και ότι οι νέες ιδέες συχνά συναντούν αντιστάσεις ([Matthews, 2015](#); [Stefanidou & Panagopoulou, 2019](#)).

Στην ενότητα Ε, οι μαθητές θα πρέπει να είναι σε θέση να διατυπώσουν με απλό τρόπο ότι το γαλιλαϊκό τηλεσκόπιο χρησιμοποιεί έναν συγκλίνοντα αντικειμενικό φακό και έναν αποκλίνοντα προσοφθάλμιο φακό. Ο πρώτος συγκεντρώνει το φως από το μακρινό αντικείμενο και ο δεύτερος βοηθά ώστε η εικόνα να φαίνεται μεγεθυμένη και όρθια. Δεν είναι απαραίτητο όλοι οι μαθητές να δώσουν πλήρη τεχνική περιγραφή. Σημαντικό είναι να κατανοήσουν ότι η λειτουργία του οργάνου προκύπτει από τον συνδυασμό των φακών και όχι από έναν φακό μεμονωμένα.

Η αξιολόγηση των απαντήσεων μπορεί να βασιστεί σε τέσσερα βασικά κριτήρια. Πρώτον, αν οι μαθητές διακρίνουν τον συγκλίνοντα από τον αποκλίνοντα φακό. Δεύτερον, αν μπορούν να εξηγήσουν ότι η απόσταση των φακών επηρεάζει την καθαρότητα της εικόνας. Τρίτον, αν μπορούν να περιγράψουν, έστω απλά, τη βασική λειτουργία του γαλιλαϊκού τηλεσκοπίου. Τέταρτον, αν μπορούν να συνδέσουν το τηλεσκόπιο με τη δυνατότητα νέων παρατηρήσεων και με τη Φύση της Επιστήμης.

Ο εκπαιδευτικός μπορεί να ολοκληρώσει τη δραστηριότητα με σύντομη συζήτηση στην ολομέλεια. Κάθε ομάδα μπορεί να παρουσιάσει ένα συμπέρασμα για τη λειτουργία των φακών και ένα συμπέρασμα για την ιστορική σημασία του

τηλεσκοπίου. Με αυτόν τον τρόπο, η δραστηριότητα κλείνει συνδέοντας τη φυσική εξήγηση με την ιστορική και επιστημολογική διάσταση του οργάνου. Η τελική συζήτηση είναι σημαντική, επειδή βοηθά τους μαθητές να αντιληφθούν ότι η μελέτη του τηλεσκοπίου δεν αφορά μόνο τη γεωμετρική οπτική, αλλά και τον τρόπο με τον οποίο η τεχνολογία μπορεί να μεταβάλει την επιστημονική γνώση.

6. Συζήτηση

6.1 Παιδαγωγικά οφέλη της προτεινόμενης παρέμβασης

Η προτεινόμενη διδακτική παρέμβαση επιχειρεί να αξιοποιήσει το τηλεσκόπιο του Γαλιλαίου ως μέσο σύνδεσης της γεωμετρικής οπτικής, της διερευνητικής μάθησης, της Ιστορίας της Επιστήμης και της Φύσης της Επιστήμης. Η βασική παιδαγωγική της αξία βρίσκεται στο ότι οι μαθητές δεν προσεγγίζουν τις έννοιες της οπτικής ως απομονωμένες θεωρητικές γνώσεις, αλλά μέσα από ένα ιστορικό επιστημονικό όργανο με συγκεκριμένη λειτουργία, κατασκευή και ιστορική σημασία. Με αυτόν τον τρόπο, η διδασκαλία των φακών, της διάθλασης και της μεγέθυνσης αποκτά πιο συγκεκριμένο και νοηματοδοτημένο χαρακτήρα ([De Vidi, 2025a, 2025b](#)).

Ένα πρώτο παιδαγωγικό όφελος αφορά την ενεργητική συμμετοχή των μαθητών. Η παρέμβαση δεν βασίζεται αποκλειστικά στη λεκτική παρουσίαση της λειτουργίας του τηλεσκοπίου, αλλά οργανώνεται γύρω από δραστηριότητες παρατήρησης, δοκιμής, σύγκρισης και ερμηνείας. Οι μαθητές καλούνται να πειραματιστούν με συγκλίνοντες και αποκλίνοντες φακούς, να μεταβάλουν την απόσταση μεταξύ τους, να παρατηρήσουν την εικόνα που σχηματίζεται και να συνδέσουν τις παρατηρήσεις τους με την επιστημονική εξήγηση. Η λογική αυτή συμφωνεί με τη διερευνητική διδασκαλία, σύμφωνα με την οποία η μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες ενισχύεται όταν οι μαθητές εμπλέκονται σε διαδικασίες διατύπωσης υποθέσεων, συλλογής δεδομένων, ερμηνείας και επικοινωνίας συμπερασμάτων ([National Research Council, 2000](#); [Σκορδούλης & Στεφανίδου, 2021](#)).

Ένα δεύτερο όφελος αφορά τη σύνδεση της θεωρίας με την πράξη. Η λειτουργία του γαλιλαϊκού τηλεσκοπίου επιτρέπει στους μαθητές να κατανοήσουν ότι οι έννοιες της οπτικής δεν είναι αφηρημένες και αποκομμένες από πραγματικές εφαρμογές. Η διάθλαση, η εστιακή απόσταση και η συμπεριφορά των φακών αποκτούν νόημα μέσα από τη λειτουργία ενός οργάνου που ιστορικά χρησιμοποιήθηκε για να επεκτείνει την ανθρώπινη όραση και να οδηγήσει σε νέες αστρονομικές παρατηρήσεις. Έτσι, οι μαθητές μπορούν να αντιληφθούν ότι η φυσική γνώση συνδέεται με την τεχνολογική κατασκευή και με την επίλυση πραγματικών προβλημάτων παρατήρησης ([Baird, 2004](#); [Talas et al., 2025](#)).

Η αξιοποίηση ενός ιστορικού επιστημονικού οργάνου μπορεί επίσης να ενισχύσει το ενδιαφέρον των μαθητών. Τα ιστορικά επιστημονικά όργανα συχνά διαθέτουν μεγαλύτερη διαφάνεια ως προς την αρχή λειτουργίας τους σε σχέση με πολλά σύγχρονα όργανα, τα οποία λειτουργούν συχνά ως «μαύρα κουτιά». Το γαλιλαϊκό τηλεσκόπιο, ειδικά στην εκπαιδευτική του ανακατασκευή με απλούς φακούς και σωλήνες, επιτρέπει στους μαθητές να δουν τη σχέση ανάμεσα στο υλικό αντικείμενο, στο φυσικό φαινόμενο και στην επιστημονική ερμηνεία. Η προσέγγιση αυτή συνδέεται με τη θέση ότι τα επιστημονικά όργανα δεν είναι απλά βοηθητικά μέσα, αλλά υλικές διατάξεις που ενσωματώνουν γνώση και συμμετέχουν στη διαδικασία παραγωγής της ([Baird, 2004](#); [Heering, 2015](#)).

Η παιδαγωγική αξία της παρέμβασης ενισχύεται και από τη δυνατότητα κατασκευής ή αναπαράστασης του οργάνου με απλά υλικά. Η κατασκευή μιας εκπαιδευτικής εκδοχής του τηλεσκοπίου επιτρέπει στους μαθητές να κατανοήσουν ότι η λειτουργία ενός επιστημονικού οργάνου δεν είναι ανεξάρτητη από τις τεχνικές επιλογές και τους περιορισμούς του. Η διαδικασία της κατασκευής και της ρύθμισης των φακών μπορεί να καλλιεργήσει δεξιότητες χειρισμού υλικών, προσεκτικής παρατήρησης και επίλυσης προβλημάτων. Παρόμοιες προσεγγίσεις με ιστορικά όργανα και ανακατασκευές έχουν αναδειχθεί ως παιδαγωγικά γόνιμες, καθώς επιτρέπουν στους μαθητές να προσεγγίσουν την επιστήμη μέσα από δράση, ιστορικό πλαίσιο και υλική εμπειρία ([Alisir & Irez, 2020](#); [Cavicchi, 2008](#)).

Σημαντικό όφελος αποτελεί επίσης η δυνατότητα σύνδεσης της τυπικής σχολικής γνώσης με ευρύτερα πολιτισμικά και ιστορικά συμφραζόμενα. Το τηλεσκόπιο του Γαλιλαίου δεν αποτελεί μόνο εφαρμογή της οπτικής, αλλά και ιστορικό αντικείμενο που συνδέεται με τη μεταβολή της αστρονομικής εικόνας του κόσμου. Μέσα από τη μελέτη του, οι μαθητές μπορούν να αντιληφθούν ότι η επιστήμη αναπτύσσεται σε συγκεκριμένες ιστορικές περιόδους, με συγκεκριμένα διαθέσιμα μέσα, τεχνικές δυνατότητες και κοινωνικές αντιδράσεις. Η σύνδεση αυτή είναι σημαντική για τη διδασκαλία, καθώς βοηθά τους μαθητές να απομακρυνθούν από την αντίληψη της επιστήμης ως απλής απομνημόνευσης γνώσεων και να την προσεγγίσουν ως ανθρώπινη και ιστορικά πλαίσιοι δραστηριότητα ([Matthews, 2015](#); [Stefanidou & Skordoulis, 2014](#)).

Η προτεινόμενη παρέμβαση έχει επίσης αξία ως παράδειγμα διδακτικής σύνδεσης Φυσικής, Ιστορίας της Επιστήμης και STEM προσεγγίσεων. Η αξιοποίηση ιστορικών επιστημονικών οργάνων μπορεί να λειτουργήσει ως γέφυρα ανάμεσα στην επιστημονική γνώση του παρελθόντος και στις σύγχρονες εκπαιδευτικές πρακτικές. Στο ελληνικό πλαίσιο, οι προσπάθειες ανάδειξης και εκπαιδευτικής αξιοποίησης συλλογών ιστορικών επιστημονικών οργάνων δείχνουν ότι τέτοια αντικείμενα μπορούν να αποτελέσουν αφετηρία για δραστηριότητες που συνδυάζουν ιστορική πλαισίωση, φυσικές έννοιες και τεχνολογική κατανόηση ([Lazos et al., 2024](#); [Λάζος et al., 2023](#)).

Τέλος, η παρέμβαση μπορεί να συμβάλει στην καλλιέργεια συνεργατικών και επικοινωνιακών δεξιοτήτων. Οι μαθητές εργάζονται σε ομάδες, μοιράζονται ρόλους, συζητούν τις παρατηρήσεις τους, συγκρίνουν τις απόψεις τους και παρουσιάζουν τα συμπεράσματά τους. Με αυτόν τον τρόπο, η μάθηση δεν περιορίζεται στην ατομική κατανόηση, αλλά συνδέεται με τη συζήτηση, την επιχειρηματολογία και την επικοινωνία. Η διάσταση αυτή συμφωνεί με τη διερευνητική προσέγγιση, όπου η γνώση οικοδομείται μέσα από την ενεργό συμμετοχή, τη συνεργασία και την τεκμηρίωση των συμπερασμάτων ([Σκορδούλης & Στεφανίδου, 2021](#)).

6.2 Ανάδειξη πτυχών της Φύσης της Επιστήμης

Η μελέτη του τηλεσκοπίου του Γαλιλαίου προσφέρει σημαντικές δυνατότητες για την ανάδειξη πτυχών της Φύσης της Επιστήμης. Η Φύση της Επιστήμης δεν αφορά μόνο το τι γνωρίζει η επιστήμη, αλλά και το πώς παράγεται, τεκμηριώνεται, ελέγχεται, μεταβάλλεται και γίνεται αποδεκτή η επιστημονική γνώση. Η περίπτωση του Γαλιλαίου είναι ιδιαίτερα κατάλληλη, επειδή συνδέει την παρατήρηση, το όργανο, την τεχνολογική καινοτομία, τη θεωρητική ερμηνεία και την κοινωνική αποδοχή ή αμφισβήτηση της νέας γνώσης ([Abd-El-Khalick & Lederman, 2000](#); [Matthews, 2015](#)).

Μία πρώτη πτυχή που μπορεί να αναδειχθεί είναι ο εμπειρικός χαρακτήρας της επιστημονικής γνώσης. Οι παρατηρήσεις του Γαλιλαίου με το τηλεσκόπιο έφεραν στο προσκήνιο δεδομένα που δεν ήταν διαθέσιμα στην άμεση ανθρώπινη όραση. Η ανώμαλη επιφάνεια της Σελήνης, οι πολυάριθμοι αστέρες και οι δορυφόροι του Δία αποτέλεσαν παρατηρήσεις που αμφισβήτησαν παλαιότερες αντιλήψεις για τον ουρανό. Μέσα από αυτό το παράδειγμα, οι μαθητές μπορούν να κατανοήσουν ότι τα εμπειρικά

δεδομένα έχουν κεντρική θέση στην επιστήμη, αλλά και ότι τα δεδομένα αυτά συχνά εξαρτώνται από τα μέσα παρατήρησης που είναι διαθέσιμα σε κάθε εποχή ([Galilei, 1610/1989](#); [Talas et al., 2025](#)).

Μια δεύτερη πτυχή αφορά τον ρόλο των επιστημονικών οργάνων. Το τηλεσκόπιο δεν λειτούργησε απλώς ως βοηθητικό μέσο που έκανε τα μακρινά αντικείμενα να φαίνονται κοντινότερα. Λειτούργησε ως όργανο που επέκτεινε το πεδίο του παρατηρήσιμου και δημιούργησε νέες δυνατότητες επιστημονικής γνώσης. Με αυτή την έννοια, οι μαθητές μπορούν να κατανοήσουν ότι η επιστημονική παρατήρηση δεν είναι πάντοτε άμεση και ανεξάρτητη από την τεχνολογία, αλλά συχνά διαμεσολαβείται από όργανα, τα οποία έχουν δυνατότητες αλλά και περιορισμούς ([Baird, 2004](#); [Stefanidou & Skordoulis, 2014](#)).

Η παρέμβαση μπορεί επίσης να αναδείξει τη σχέση ανάμεσα στην παρατήρηση και τη θεωρία. Οι παρατηρήσεις του Γαλιλαίου δεν ήταν απλές εικόνες χωρίς ερμηνεία. Έπρεπε να κατανοηθούν, να συγκριθούν με τις υπάρχουσες αντιλήψεις και να ενταχθούν σε ένα ευρύτερο θεωρητικό πλαίσιο. Για παράδειγμα, οι δορυφόροι του Δία δεν αποτελούσαν απλώς νέα αντικείμενα στον ουρανό, αλλά είχαν σημασία επειδή έδειχναν ότι δεν περιφέρονται όλα τα ουράνια σώματα γύρω από τη Γη. Έτσι, η περίπτωση του τηλεσκοπίου μπορεί να βοηθήσει τους μαθητές να κατανοήσουν ότι στην επιστήμη τα δεδομένα και οι θεωρίες βρίσκονται σε συνεχή αλληλεπίδραση ([Matthews, 2015](#); [Stefanidou & Skordoulis, 2017](#)).

Η αναθεωρησιμότητα της επιστημονικής γνώσης αποτελεί μια ακόμη βασική πτυχή. Η ιστορία του τηλεσκοπίου δείχνει ότι η επιστημονική γνώση μπορεί να μεταβληθεί όταν εμφανίζονται νέα δεδομένα, νέα όργανα ή νέες ερμηνείες. Αυτό δεν σημαίνει ότι η επιστήμη είναι αυθαίρετη ή ασταθής, αλλά ότι οι επιστημονικές γνώσεις υπόκεινται σε έλεγχο, συζήτηση και αναθεώρηση. Η κατανόηση αυτής της πτυχής είναι σημαντική, επειδή βοηθά τους μαθητές να δουν την επιστήμη ως δυναμική διαδικασία και όχι ως σύνολο αμετάβλητων αληθειών ([Abd-El-Khalick & Lederman, 2000](#); [Stefanidou et al., 2018](#)).

Η ιστορική πλαισίωση του τηλεσκοπίου μπορεί επίσης να συμβάλει στην κατανόηση της κοινωνικής και πολιτισμικής διάστασης της επιστήμης. Οι παρατηρήσεις του Γαλιλαίου δεν έγιναν αποδεκτές σε ένα ουδέτερο περιβάλλον. Συνδέθηκαν με

φιλοσοφικές, θρησκευτικές και θεσμικές αντιπαραθέσεις, καθώς αμφισβητούσαν πλευρές της καθιερωμένης εικόνας του κόσμου. Μέσα από τη συζήτηση αυτής της διάστασης, οι μαθητές μπορούν να κατανοήσουν ότι η επιστήμη αναπτύσσεται μέσα σε κοινωνικά πλαίσια και ότι η αποδοχή της νέας γνώσης συχνά επηρεάζεται από ευρύτερους παράγοντες ([Matthews, 2015](#); [Talas et al., 2025](#)).

Οι εργασίες της Στεφανίδου και των συνεργατών της για τη Φύση της Επιστήμης είναι ιδιαίτερα χρήσιμες για την τεκμηρίωση της διδακτικής αυτής διάστασης. Η ανάδειξη ζητημάτων όπως η αντικειμενικότητα, η υποκειμενικότητα, ο ρόλος των μοντέλων, η σχέση θεωρίας και παρατήρησης και η σύνδεση επιστημονικών απόψεων με τη διδακτική πράξη μπορεί να ενισχύσει σημαντικά την ιστορικά πλαισιωμένη διδασκαλία ([Stefanidou & Skordoulis, 2014, 2017](#); [Stefanidou et al., 2018](#)). Στην περίπτωση του γαλιλαϊκού τηλεσκοπίου, οι έννοιες αυτές μπορούν να προσεγγιστούν όχι αφηρημένα, αλλά μέσα από ένα συγκεκριμένο ιστορικό και επιστημονικό παράδειγμα.

Ιδιαίτερη σημασία έχει και η δυνατότητα αξιοποίησης ιστορικών επεισοδίων γύρω από τον Γαλιλαίο σε εκπαιδευτικά πλαίσια. Η εργασία των [Stefanidou και Panagopoulou \(2019\)](#) δείχνει ότι η ιστορία του Γαλιλαίου μπορεί να αποτελέσει βάση για δραστηριότητες που αναδεικνύουν πτυχές της Ιστορίας και Φιλοσοφίας της Επιστήμης, ακόμη και σε μη τυπικά εκπαιδευτικά περιβάλλοντα. Η αναφορά αυτή είναι χρήσιμη για την παρούσα εργασία, επειδή δείχνει ότι ο Γαλιλαίος δεν αποτελεί μόνο ιστορικό πρόσωπο προς παρουσίαση, αλλά μπορεί να λειτουργήσει ως διδακτικό πλαίσιο για την κατανόηση της επιστήμης ως ανθρώπινης και κοινωνικά ενταγμένης δραστηριότητας.

Συνεπώς, η προτεινόμενη παρέμβαση δεν υπηρετεί μόνο γνωστικούς στόχους σχετικούς με την οπτική. Μπορεί ταυτόχρονα να συμβάλει στην κατανόηση βασικών πτυχών της Φύσης της Επιστήμης. Οι μαθητές μπορούν να δουν πώς ένα όργανο επιτρέπει νέες παρατηρήσεις, πώς οι παρατηρήσεις αυτές συνδέονται με θεωρητικά ερωτήματα, πώς η γνώση μπορεί να αναθεωρηθεί και πώς η επιστήμη αναπτύσσεται μέσα σε ιστορικά και κοινωνικά πλαίσια. Αυτή η σύνδεση αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα της αξιοποίησης του τηλεσκοπίου του Γαλιλαίου στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών.

6.3 Πιθανές δυσκολίες εφαρμογής

Παρά τα σημαντικά παιδαγωγικά οφέλη της προτεινόμενης παρέμβασης, η εφαρμογή της μπορεί να συνοδεύεται από ορισμένες δυσκολίες. Οι δυσκολίες αυτές δεν αναιρούν την αξία της πρότασης, αλλά χρειάζεται να ληφθούν υπόψη κατά τον σχεδιασμό και την πιθανή εφαρμογή της σε πραγματικό σχολικό περιβάλλον.

Μία πρώτη δυσκολία αφορά τον διαθέσιμο διδακτικό χρόνο. Η παρέμβαση συνδυάζει ιστορική πλαίσια, διερεύνηση με φακούς, κατασκευή ή ανάλυση τηλεσκοπικής διάταξης και αναστοχασμό γύρω από τη Φύση της Επιστήμης. Όλα αυτά είναι δύσκολο να αναπτυχθούν σε βάθος μέσα σε μία μόνο διδακτική ώρα. Για τον λόγο αυτό, η παρέμβαση είναι περισσότερο λειτουργική όταν οργανώνεται σε δύο ή τρεις διδακτικές ώρες ή όταν εντάσσεται σε εργαστηριακή δραστηριότητα, σχολικό όμιλο ή πρόγραμμα που επιτρέπει περισσότερο χρόνο για διερεύνηση και συζήτηση.

Μία δεύτερη δυσκολία σχετίζεται με τα υλικά και την τεχνική υλοποίηση. Αν και η κατασκευή μιας απλής εκπαιδευτικής εκδοχής του γαλιλαϊκού τηλεσκοπίου μπορεί να γίνει με σχετικά απλά υλικά, απαιτείται κατάλληλη επιλογή φακών, σωστή ευθυγράμμιση και δυνατότητα ρύθμισης της απόστασης μεταξύ τους. Αν οι φακοί δεν είναι κατάλληλοι ή αν η διάταξη δεν είναι σταθερή, οι μαθητές μπορεί να δυσκολευτούν να δουν καθαρή εικόνα και να απογοητευτούν. Το κατασκευαστικό υλικό του INSIGHT επισημαίνει ότι η σωστή επιλογή εστιακών αποστάσεων και η δυνατότητα μεταβολής του μήκους του σωλήνα είναι σημαντικές για τη λειτουργία της εκπαιδευτικής διάταξης ([De Vidi, 2025a](#)).

Μία τρίτη δυσκολία αφορά τη σύνδεση της πρακτικής δραστηριότητας με την εννοιολογική κατανόηση. Υπάρχει ο κίνδυνος οι μαθητές να αντιμετωπίσουν τη δραστηριότητα ως απλή κατασκευή ή ως παιχνίδι με φακούς, χωρίς να κατανοήσουν τη φυσική αρχή λειτουργίας του τηλεσκοπίου. Η διερευνητική διδασκαλία δεν ταυτίζεται με τη χρήση υλικών ή με δραστηριότητες χειρωνακτικού τύπου. Χρειάζεται κατάλληλη καθοδήγηση, ώστε οι μαθητές να παρατηρούν, να εξηγούν, να συγκρίνουν και να συνδέουν τις παρατηρήσεις τους με τις έννοιες της οπτικής ([Stefanidou et al., 2020](#); [Σκορδούλης & Στεφανίδου, 2021](#)).

Μία ακόμη δυσκολία αφορά την ιστορική πλαισίωση. Η ένταξη της Ιστορίας της Επιστήμης στη διδασκαλία απαιτεί προσοχή, ώστε να μην περιοριστεί σε μια απλή αφήγηση γεγονότων ή σε μια ηρωοποιημένη παρουσίαση του Γαλιλαίου. Η ιστορική πλαισίωση πρέπει να συνδέεται ουσιαστικά με το επιστημονικό περιεχόμενο και με ερωτήματα για τη Φύση της Επιστήμης. Η σχετική βιβλιογραφία έχει δείξει ότι η αξιοποίηση της Ιστορίας και Φιλοσοφίας της Επιστήμης στη σχολική πράξη παρουσιάζει δυσκολίες, κυρίως ως προς την επιλογή κατάλληλου υλικού, την προσαρμογή του στο επίπεδο των μαθητών και τη σύνδεσή του με τους διδακτικούς στόχους ([Henke & Höttecke, 2015](#); [Höttecke & Silva, 2011](#)).

Επιπλέον, η ανάδειξη πτυχών της Φύσης της Επιστήμης δεν προκύπτει αυτόματα από την ιστορική αφήγηση ή από τη χρήση ενός ιστορικού οργάνου. Χρειάζεται ο εκπαιδευτικός να θέτει κατάλληλες ερωτήσεις, να κατευθύνει τη συζήτηση και να βοηθά τους μαθητές να αναστοχαστούν πάνω στον ρόλο των οργάνων, των δεδομένων, των θεωριών και της κοινωνικής αποδοχής της γνώσης. Χωρίς αυτή την καθοδήγηση, οι μαθητές μπορεί να συγκρατήσουν μόνο επιμέρους ιστορικές πληροφορίες, χωρίς να κατανοήσουν τη βαθύτερη επιστημολογική σημασία τους ([Stefanidou & Skordoulis, 2014](#); [Stefanidou et al., 2018](#)).

Ο ρόλος του εκπαιδευτικού είναι επομένως κρίσιμος. Ο εκπαιδευτικός χρειάζεται να είναι εξοικειωμένος τόσο με τις βασικές έννοιες της οπτικής όσο και με το ιστορικό πλαίσιο του τηλεσκοπίου. Χρειάζεται επίσης να μπορεί να διαχειριστεί μια διερευνητική δραστηριότητα, στην οποία οι μαθητές εργάζονται με υλικά, κάνουν παρατηρήσεις και διατυπώνουν διαφορετικές ερμηνείες. Η βιβλιογραφία για τη διερευνητική διδασκαλία επισημαίνει ότι ο σχεδιασμός και η υλοποίηση τέτοιων δραστηριοτήτων απαιτούν προσεκτική προετοιμασία, καθώς οι εκπαιδευτικοί συχνά αντιμετωπίζουν δυσκολίες στη διατύπωση κατάλληλων ερωτημάτων, στη διαχείριση της διερεύνησης και στη σύνδεση των δραστηριοτήτων με τους διδακτικούς στόχους ([Stefanidou et al., 2020](#); [Σκορδούλης & Στεφανίδου, 2021](#)).

Μία ακόμη πιθανή δυσκολία συνδέεται με τις αρχικές αντιλήψεις των μαθητών. Οι μαθητές μπορεί να θεωρούν ότι η μεγέθυνση οφείλεται απλώς στο ότι «ο φακός μεγαλώνει την εικόνα», χωρίς να κατανοούν τον ρόλο της διάθλασης, της εστιακής απόστασης και της διάταξης των δύο φακών. Μπορεί επίσης να δυσκολευτούν να κατανοήσουν ότι η καθαρή εικόνα εξαρτάται από την κατάλληλη απόσταση των φακών

και όχι μόνο από την ύπαρξη φακών. Για τον λόγο αυτό, η παρέμβαση χρειάζεται να ξεκινά από απλές παρατηρήσεις και να οδηγεί σταδιακά στη σύνθετη λειτουργία του τηλεσκοπίου ([De Vidi, 2025a](#), [2025b](#)).

Παρά τις δυσκολίες αυτές, η παρέμβαση μπορεί να εφαρμοστεί με κατάλληλη προσαρμογή. Ο εκπαιδευτικός μπορεί να περιορίσει το εύρος της δραστηριότητας, να χρησιμοποιήσει έτοιμη τηλεσκοπική διάταξη αντί για πλήρη κατασκευή, να δώσει περισσότερο χρόνο στη διερεύνηση των φακών ή να μεταφέρει το ιστορικό μέρος σε σύντομη συζήτηση ή δραστηριότητα αναστοχασμού. Το σημαντικό είναι να διατηρηθεί ο βασικός στόχος: η σύνδεση της φυσικής λειτουργίας του τηλεσκοπίου με τη διερευνητική μάθηση και την ιστορική του σημασία.

6.4 Περιορισμοί της εργασίας

Η παρούσα εργασία αποτελεί εργασία θεωρητικής τεκμηρίωσης και σχεδιασμού διδακτικής παρέμβασης. Δεν αποτελεί εμπειρική έρευνα εφαρμογής σε σχολική τάξη. Αυτός είναι ο βασικός περιορισμός της, καθώς δεν μπορεί να τεκμηριώσει με δεδομένα από μαθητές την αποτελεσματικότητα της προτεινόμενης παρέμβασης. Η εργασία προτείνει ένα διδακτικό σενάριο και ένα φύλλο εργασίας, αλλά δεν εξετάζει στην πράξη τον τρόπο με τον οποίο οι μαθητές θα ανταποκριθούν σε αυτά.

Επομένως, τα παιδαγωγικά οφέλη που συζητήθηκαν στις προηγούμενες ενότητες δεν πρέπει να θεωρηθούν ως εμπειρικά επιβεβαιωμένα αποτελέσματα της συγκεκριμένης παρέμβασης. Αποτελούν δυνατότητες που προκύπτουν από τη βιβλιογραφία σχετικά με τη διερευνητική διδασκαλία, την Ιστορία και Φύση της Επιστήμης, την αξιοποίηση ιστορικών επιστημονικών οργάνων και το εκπαιδευτικό υλικό για το τηλεσκόπιο του Γαλιλαίου ([Alisir & Irez, 2020](#); [De Vidi, 2025a](#); [Σκορδούλης & Στεφανίδου, 2021](#)). Για να επιβεβαιωθούν στην πράξη, θα χρειαζόταν εφαρμογή της παρέμβασης σε πραγματική τάξη και συλλογή δεδομένων από τη μαθησιακή διαδικασία.

Ένας δεύτερος περιορισμός αφορά την ομάδα-στόχο. Η παρέμβαση έχει σχεδιαστεί κυρίως για μαθητές Γυμνασίου, αλλά δεν έχει προσαρμοστεί αναλυτικά σε συγκεκριμένη τάξη, σχολικό εγχειρίδιο ή αναλυτικό πρόγραμμα. Σε πραγματικές συνθήκες εφαρμογής, ο εκπαιδευτικός θα χρειαστεί να λάβει υπόψη το γνωστικό

επίπεδο των μαθητών, τον διαθέσιμο χρόνο, τα υλικά που υπάρχουν στο σχολείο και τις προηγούμενες γνώσεις τους για το φως, τη διάθλαση και τους φακούς.

Ένας τρίτος περιορισμός αφορά το ίδιο το επιστημονικό όργανο. Το γαλιλαϊκό τηλεσκόπιο είναι διδακτικά πλούσιο, αλλά η λειτουργία του δεν είναι πάντα εύκολη για τους μαθητές. Η διάταξη απαιτεί κατανόηση της συμπεριφοράς δύο διαφορετικών φακών και της μεταξύ τους απόστασης. Επιπλέον, το στενό οπτικό πεδίο και η δυσκολία εστίασης μπορούν να δημιουργήσουν πρακτικά προβλήματα κατά τη χρήση μιας απλής εκπαιδευτικής ανακατασκευής ([De Vidi, 2025b](#), [2025c](#)). Για τον λόγο αυτό, η εφαρμογή της δραστηριότητας χρειάζεται προετοιμασία και δοκιμή των υλικών από τον εκπαιδευτικό πριν από τη χρήση τους στην τάξη.

Ένας τέταρτος περιορισμός αφορά την ιστορική πλαισίωση. Η εργασία αξιοποιεί το ιστορικό πλαίσιο του Γαλιλαίου και του τηλεσκοπίου, αλλά δεν μπορεί να εξαντλήσει την ιστορία της αστρονομίας, της οπτικής ή των επιστημονικών αντιπαραθέσεων της εποχής. Η ιστορική παρουσίαση γίνεται επιλεκτικά, με κριτήριο τη διδακτική της χρησιμότητα. Αυτό σημαίνει ότι ορισμένες ιστορικές λεπτομέρειες παραλείπονται ή απλοποιούνται, ώστε το υλικό να είναι κατάλληλο για σχολική χρήση. Η επιλογή αυτή είναι αναγκαία σε μια διδακτική παρέμβαση, αλλά αποτελεί ταυτόχρονα περιορισμό ως προς την ιστορική πληρότητα.

Ένας πέμπτος περιορισμός αφορά την αξιολόγηση. Το φύλλο εργασίας περιλαμβάνει ερωτήσεις κατανόησης και αναστοχασμού, όμως δεν έχει συνοδευτεί από αναλυτικό ερευνητικό εργαλείο αξιολόγησης της μαθησιακής αλλαγής. Δεν υπάρχουν προ- και μετα-τεστ, συνεντεύξεις, παρατηρήσεις τάξης ή ανάλυση μαθητικών απαντήσεων. Συνεπώς, η εργασία δεν μπορεί να αποτιμήσει με εμπειρικό τρόπο αν και σε ποιον βαθμό οι μαθητές θα κατανοήσουν καλύτερα τη διάθλαση, τους φακούς, τη λειτουργία του τηλεσκοπίου ή τις πτυχές της Φύσης της Επιστήμης.

Παρά τους περιορισμούς αυτούς, η εργασία μπορεί να αποτελέσει βάση για μελλοντική εφαρμογή και έρευνα. Η προτεινόμενη παρέμβαση θα μπορούσε να εφαρμοστεί σε σχολική τάξη ή σε εκπαιδευτικό όμιλο και να αξιολογηθεί με βάση τις απαντήσεις των μαθητών, τις παρατηρήσεις του εκπαιδευτικού, τις δυσκολίες που θα εμφανιστούν και τον βαθμό στον οποίο οι μαθητές θα συνδέσουν τη λειτουργία του τηλεσκοπίου με τη γεωμετρική οπτική και τη Φύση της Επιστήμης. Μια τέτοια μελλοντική έρευνα θα

μπορούσε να προσφέρει πιο συγκεκριμένα συμπεράσματα για την αποτελεσματικότητα της παρέμβασης.

Συνολικά, οι περιορισμοί της εργασίας δεν μειώνουν τη σημασία της προτεινόμενης διδακτικής προσέγγισης, αλλά καθορίζουν με σαφήνεια τα όριά της. Η εργασία δεν ισχυρίζεται ότι αποδεικνύει εμπειρικά την αποτελεσματικότητα του σεναρίου. Αντίθετα, προτείνει ένα θεωρητικά τεκμηριωμένο πλαίσιο διδακτικής αξιοποίησης του τηλεσκοπίου του Γαλιλαίου, το οποίο μπορεί να αποτελέσει αφετηρία για μελλοντική εφαρμογή, αξιολόγηση και περαιτέρω βελτίωση.

7. Συμπεράσματα και προεκτάσεις

7.1 Συμπεράσματα ως προς τα ερευνητικά ερωτήματα

Ως προς το πρώτο ερευνητικό ερώτημα, δηλαδή πώς μπορεί το τηλεσκόπιο του Γαλιλαίου να αξιοποιηθεί ως ιστορικό επιστημονικό όργανο στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, προκύπτει ότι η διδακτική του αξία βρίσκεται ακριβώς στη διπλή του διάσταση. Το τηλεσκόπιο μπορεί να μελετηθεί τόσο ως τεχνικό οπτικό όργανο όσο και ως ιστορικό μέσο παραγωγής νέας γνώσης. Η αξιοποίησή του στη διδασκαλία μπορεί να βοηθήσει τους μαθητές να κατανοήσουν ότι τα επιστημονικά όργανα επεκτείνουν τις ανθρώπινες αισθήσεις και δημιουργούν νέες δυνατότητες παρατήρησης ([Baird, 2004](#); [Talas et al., 2025](#)).

Ως προς το δεύτερο ερευνητικό ερώτημα, δηλαδή ποιες φυσικές έννοιες και αρχές της γεωμετρικής οπτικής μπορούν να διδαχθούν μέσα από τη μελέτη και την κατασκευή μιας εκπαιδευτικής εκδοχής του γαλιλαϊκού τηλεσκοπίου, η εργασία έδειξε ότι το συγκεκριμένο όργανο προσφέρεται για τη διδασκαλία της διάθλασης, της λειτουργίας συγκλινόντων και αποκλινόντων φακών, της εστιακής απόστασης, της διοπτρικής ισχύος, της μεγέθυνσης και των περιορισμών του οπτικού πεδίου. Η φυσική λειτουργία του τηλεσκοπίου επιτρέπει στους μαθητές να συνδέσουν τις έννοιες αυτές σε ένα ενιαίο και λειτουργικό παράδειγμα ([De Vidi, 2025b, 2025c](#)).

Ως προς το τρίτο ερευνητικό ερώτημα, δηλαδή με ποιον τρόπο η διερευνητική διδασκαλία και μάθηση μπορεί να οργανώσει δραστηριότητες σχετικές με φακούς, διάθλαση και τηλεσκόπια, προκύπτει ότι η καθοδηγούμενη διερεύνηση είναι ιδιαίτερα κατάλληλη. Οι μαθητές μπορούν να ξεκινήσουν από απλές παρατηρήσεις με φακούς και να οδηγηθούν σταδιακά στην κατανόηση της σύνθετης διάταξης του τηλεσκοπίου. Η χρήση φύλλου εργασίας, η διατύπωση υποθέσεων, η πειραματική διερεύνηση και η καταγραφή παρατηρήσεων βοηθούν ώστε η δραστηριότητα να μη μείνει στο επίπεδο μιας κατασκευής, αλλά να αποκτήσει εννοιολογικό και διερευνητικό χαρακτήρα ([Stefanidou et al., 2020](#); [Σκορδούλης & Στεφανίδου, 2021](#)).

Ως προς το τέταρτο ερευνητικό ερώτημα, δηλαδή πώς μπορεί η ιστορική πλαισίωση του τηλεσκοπίου του Γαλιλαίου να συμβάλει στην κατανόηση πτυχών της Φύσης της Επιστήμης, η εργασία ανέδειξε ότι η περίπτωση του Γαλιλαίου είναι ιδιαίτερα

κατάλληλη. Η χρήση του τηλεσκοπίου δείχνει ότι η επιστημονική γνώση δεν παράγεται μόνο μέσα από θεωρητική σκέψη, αλλά και μέσα από όργανα, παρατηρήσεις, τεχνικές δυνατότητες, ερμηνείες και κοινωνικές διαδικασίες αποδοχής ή αμφισβήτησης. Έτσι, οι μαθητές μπορούν να κατανοήσουν πτυχές όπως η εμπειρική βάση της επιστήμης, η σχέση παρατήρησης και θεωρίας, ο ρόλος των μοντέλων και η αναθεωρησιμότητα της γνώσης ([Stefanidou & Skordoulis, 2014, 2017](#); [Stefanidou et al., 2018](#)).

Ως προς το πέμπτο ερευνητικό ερώτημα, δηλαδή ποια παιδαγωγικά οφέλη και ποιοι πιθανοί περιορισμοί προκύπτουν από την αξιοποίηση του τηλεσκοπίου του Γαλιλαίου σε μια διερευνητική διδακτική παρέμβαση, προκύπτει ότι τα οφέλη είναι σημαντικά, αλλά η εφαρμογή χρειάζεται προσεκτικό σχεδιασμό. Η παρέμβαση μπορεί να ενισχύσει το ενδιαφέρον των μαθητών, να βοηθήσει στην κατανόηση εννοιών της οπτικής, να καλλιεργήσει δεξιότητες διερεύνησης και να αναδείξει τη σχέση επιστήμης, τεχνολογίας και κοινωνίας. Παράλληλα, όμως, απαιτεί κατάλληλα υλικά, επαρκή χρόνο, καθοδήγηση από τον εκπαιδευτικό και προσεκτική σύνδεση του ιστορικού πλαισίου με το επιστημονικό περιεχόμενο ([De Vidi, 2025c](#); [Höttecke & Silva, 2011](#)).

7.2 Συμβολή της προτεινόμενης διδακτικής παρέμβασης

Η συμβολή της παρούσας εργασίας εντοπίζεται κυρίως στον σχεδιασμό μιας διδακτικής πρότασης που συνδέει οργανικά τρία πεδία: τη γεωμετρική οπτική, την Ιστορία της Επιστήμης και τη διερευνητική διδασκαλία. Η σύνδεση αυτή είναι σημαντική, επειδή επιτρέπει την υπέρβαση μιας στενά γνωσιοκεντρικής προσέγγισης της Φυσικής. Οι μαθητές δεν καλούνται απλώς να μάθουν τι είναι φακός ή τι είναι διάθλαση, αλλά να κατανοήσουν πώς αυτές οι έννοιες συνδέονται με τη λειτουργία ενός οργάνου που είχε καθοριστική ιστορική σημασία.

Η παρέμβαση συμβάλλει επίσης στην ανάδειξη των ιστορικών επιστημονικών οργάνων ως διδακτικών εργαλείων. Τα ιστορικά όργανα μπορούν να λειτουργήσουν ως υλικά αντικείμενα που φέρνουν τους μαθητές σε επαφή με τη φυσική αρχή λειτουργίας τους, με τις τεχνικές συνθήκες της κατασκευής τους και με το ιστορικό πλαίσιο μέσα στο οποίο χρησιμοποιήθηκαν. Η αξιοποίηση ανακατασκευών ή εκπαιδευτικών μοντέλων με απλά υλικά μπορεί να ενισχύσει αυτή τη δυνατότητα, ειδικά όταν τα αυθεντικά όργανα δεν είναι διαθέσιμα στη σχολική τάξη ([Cavicchi, 2008](#); [Heering, 2015](#)).

Η παρούσα πρόταση μπορεί να συμβάλει και στη συζήτηση για τη θέση της Φύσης της Επιστήμης στη διδασκαλία. Το τηλεσκόπιο του Γαλιλαίου επιτρέπει να προσεγγιστούν ζητήματα που συχνά παραμένουν αφηρημένα όταν παρουσιάζονται μόνο θεωρητικά. Μέσα από ένα συγκεκριμένο ιστορικό παράδειγμα, οι μαθητές μπορούν να συζητήσουν τι σημαίνει επιστημονική παρατήρηση, πώς λειτουργούν τα όργανα, πώς νέα δεδομένα μπορούν να αμφισβητήσουν παλαιότερες αντιλήψεις και γιατί η αποδοχή της νέας γνώσης δεν είναι πάντοτε άμεση ([Matthews, 2015](#); [Stefanidou & Skordoulis, 2014](#)).

Ιδιαίτερη συμβολή έχει η σύνδεση με το έργο της Στεφανίδου και των συνεργατών της, καθώς η παρούσα εργασία αξιοποιεί τόσο τη διερευνητική μεθοδολογία όσο και τη διδακτική σημασία της Ιστορίας και της Φύσης της Επιστήμης. Οι σχετικές εργασίες αναδεικνύουν ότι η Φύση της Επιστήμης μπορεί να διδαχθεί μέσα από κατάλληλα οργανωμένες δραστηριότητες, στις οποίες οι μαθητές δεν μαθαίνουν μόνο επιστημονικό περιεχόμενο, αλλά και στοιχεία για το πώς συγκροτείται και μεταβάλλεται η επιστημονική γνώση ([Stefanidou & Skordoulis, 2017](#); [Stefanidou et al., 2018](#)).

Η εργασία μπορεί επίσης να λειτουργήσει ως αφετηρία για περαιτέρω εκπαιδευτικές εφαρμογές. Η χρήση του τηλεσκοπίου του Γαλιλαίου μπορεί να συνδεθεί με δράσεις STEM, με προγράμματα Ιστορίας της Επιστήμης, με δραστηριότητες σε σχολικούς ομίλους ή με εκπαιδευτικά προγράμματα σε μουσεία και μη τυπικά περιβάλλοντα μάθησης. Η αξιοποίηση ιστορικών επιστημονικών οργάνων στο ελληνικό εκπαιδευτικό πλαίσιο έχει ήδη αναδειχθεί ως γόνιμο πεδίο, ιδιαίτερα όταν συνδυάζεται με κατασκευές, ιστορική πλαisiώση και ενεργητική συμμετοχή των μαθητών ([Lazos et al., 2024](#); [Λάζος et al., 2023](#)).

7.3 Προεκτάσεις και προτάσεις για μελλοντική αξιοποίηση

Η εργασία επικεντρώνεται στον σχεδιασμό ενός συγκεκριμένου διδακτικού σεναρίου και φύλλου εργασίας. Εναλλακτικές μορφές αξιοποίησης του τηλεσκοπίου, όπως ψηφιακές προσομοιώσεις, μουσειακές δραστηριότητες, θεατρικές αναπαραστάσεις, διαθεματικά σχέδια εργασίας και δραστηριότητες εκτός σχολικής τάξης, αποτελούν πεδία για μελλοντική ανάπτυξη.

Μια πρώτη προέκταση θα ήταν η εφαρμογή της προτεινόμενης διδακτικής παρέμβασης σε πραγματική σχολική τάξη. Η εφαρμογή αυτή θα μπορούσε να συνοδευτεί από συλλογή δεδομένων, όπως φύλλα εργασίας μαθητών, παρατηρήσεις του εκπαιδευτικού, σύντομες συνεντεύξεις ή ερωτηματολόγια πριν και μετά τη δραστηριότητα. Με αυτόν τον τρόπο θα μπορούσε να διερευνηθεί κατά πόσο οι μαθητές κατανοούν καλύτερα τη διάθλαση, τη λειτουργία των φακών, τη γαλιλαϊκή διάταξη και τον ρόλο των επιστημονικών οργάνων.

Μια δεύτερη προέκταση θα ήταν η προσαρμογή της παρέμβασης σε διαφορετικές ηλικιακές ομάδες. Σε μικρότερους μαθητές, η έμφαση θα μπορούσε να δοθεί περισσότερο στην παρατήρηση, στην περιγραφή και στην κατασκευή. Σε μεγαλύτερους μαθητές, θα μπορούσε να προστεθεί πιο συστηματική ανάλυση της εστιακής απόστασης, της γωνιακής μεγέθυνσης, των περιορισμών του οπτικού πεδίου και της σύγκρισης γαλιλαϊκού και κεπλεριανού τηλεσκοπίου. Έτσι, το ίδιο ιστορικό όργανο μπορεί να λειτουργήσει σε διαφορετικά επίπεδα πολυπλοκότητας.

Μια τρίτη προέκταση αφορά τη σύνδεση της παρέμβασης με άλλα ιστορικά επιστημονικά όργανα. Το τηλεσκόπιο μπορεί να αποτελέσει μέρος μιας ευρύτερης ενότητας για τον ρόλο των οργάνων στην επιστήμη, μαζί με όργανα όπως το μικροσκόπιο, το θερμόμετρο, το βαρόμετρο ή το εκκρεμές. Μια τέτοια ενότητα θα μπορούσε να βοηθήσει τους μαθητές να κατανοήσουν ότι η επιστημονική γνώση δεν αναπτύσσεται μόνο μέσα από θεωρίες, αλλά και μέσα από τεχνικές κατασκευές, μετρήσεις, παρατηρήσεις και υλικά μέσα ([Baird, 2004](#); [Heering, 2015](#)).

Μια τέταρτη προέκταση θα ήταν η αξιοποίηση του τηλεσκοπίου σε μη τυπικά περιβάλλοντα μάθησης, όπως μουσεία, σχολικοί όμιλοι, εργαστήρια Φυσικών Επιστημών ή δράσεις επιστημονικής επικοινωνίας. Η ιστορία του Γαλιλαίου προσφέρεται για δραστηριότητες που συνδυάζουν αφήγηση, παρατήρηση, κατασκευή και αναστοχασμό. Η σχετική εργασία των [Stefanidou και Panagopoulou \(2019\)](#) δείχνει ότι ιστορικά επεισόδια γύρω από τον Γαλιλαίο μπορούν να αξιοποιηθούν δημιουργικά σε εκπαιδευτικά πλαίσια πέρα από την τυπική σχολική διδασκαλία.

Μια πέμπτη προέκταση αφορά την επιμόρφωση εκπαιδευτικών. Η αξιοποίηση ιστορικών επιστημονικών οργάνων στη διδασκαλία απαιτεί από τον εκπαιδευτικό να συνδυάζει επιστημονική γνώση, ιστορική πλαίσισωση και διδακτική οργάνωση. Για τον

λόγο αυτό, θα ήταν χρήσιμο να σχεδιαστούν επιμορφωτικές δράσεις που να βοηθούν τους εκπαιδευτικούς να χρησιμοποιούν ιστορικά όργανα, να οργανώνουν διερευνητικές δραστηριότητες και να ενσωματώνουν πτυχές της Φύσης της Επιστήμης στη διδασκαλία τους. Η ανάγκη υποστήριξης των εκπαιδευτικών σε τέτοιες προσεγγίσεις έχει αναδειχθεί στη βιβλιογραφία, καθώς η Ιστορία και Φιλοσοφία της Επιστήμης δεν εντάσσονται πάντα εύκολα στη σχολική πράξη ([Henke & Höttecke, 2015](#); [Höttecke & Silva, 2011](#)).

Τέλος, η παρέμβαση θα μπορούσε να εμπλουτιστεί με ψηφιακά μέσα. Προσομοιώσεις της πορείας των ακτίνων, ψηφιακές εικόνες ιστορικών τηλεσκοπίων, βίντεο από ανακατασκευές και διαδραστικά μοντέλα μπορούν να υποστηρίξουν τους μαθητές, ιδιαίτερα όταν δεν υπάρχουν επαρκή υλικά για κατασκευή σε όλες τις ομάδες. Ωστόσο, τα ψηφιακά μέσα δεν θα πρέπει να αντικαταστήσουν πλήρως την εμπειρία χειρισμού πραγματικών φακών, διότι η υλική διάσταση της δραστηριότητας αποτελεί βασικό στοιχείο της διδακτικής αξίας της.

7.4 Τελικό συμπέρασμα

Συνολικά, η παρούσα εργασία ανέδειξε ότι το τηλεσκόπιο του Γαλιλαίου μπορεί να αποτελέσει ένα ιδιαίτερα αξιόλογο διδακτικό εργαλείο για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Η αξία του δεν περιορίζεται στη διδασκαλία μιας οπτικής διάταξης, αλλά επεκτείνεται στη σύνδεση της Φυσικής με την Ιστορία της Επιστήμης, τη Φύση της Επιστήμης και τη σχέση επιστήμης και τεχνολογίας. Μέσα από τη μελέτη του, οι μαθητές μπορούν να κατανοήσουν ότι η επιστημονική γνώση δεν είναι στατική, αλλά αναπτύσσεται μέσα από παρατηρήσεις, όργανα, ερμηνείες, αμφισβητήσεις και αναθεωρήσεις.

Η προτεινόμενη διδακτική παρέμβαση επιχειρεί να αξιοποιήσει αυτή τη δυνατότητα μέσα από ένα πλαίσιο καθοδηγούμενης διερευνητικής μάθησης. Οι μαθητές καλούνται να πειραματιστούν με φακούς, να παρατηρήσουν τη λειτουργία τους, να κατανοήσουν τη διάταξη του γαλιλαϊκού τηλεσκοπίου και να συνδέσουν τη φυσική αρχή λειτουργίας του με την ιστορική του σημασία. Με αυτόν τον τρόπο, η διδασκαλία της οπτικής αποκτά πιο βιωματικό, ιστορικά πλαίσιο και επιστημολογικά ουσιαστικό χαρακτήρα.

Η εργασία δεν ισχυρίζεται ότι η προτεινόμενη παρέμβαση έχει ήδη αποδειχθεί αποτελεσματική στην πράξη, καθώς δεν πραγματοποιήθηκε εμπειρική εφαρμογή σε σχολική τάξη. Ωστόσο, προσφέρει ένα θεωρητικά τεκμηριωμένο διδακτικό πλαίσιο, το οποίο μπορεί να αξιοποιηθεί, να προσαρμοστεί και να ελεγχθεί σε μελλοντικές εκπαιδευτικές εφαρμογές. Η μελλοντική εφαρμογή του σε πραγματικές συνθήκες θα μπορούσε να προσφέρει πολύτιμα δεδομένα για τη διδακτική αξία των ιστορικών επιστημονικών οργάνων και ειδικότερα του τηλεσκοπίου του Γαλιλαίου.

Το τελικό συμπέρασμα είναι ότι το τηλεσκόπιο του Γαλιλαίου μπορεί να λειτουργήσει ως γέφυρα ανάμεσα στη φυσική γνώση, την ιστορική κατανόηση και τη διερευνητική μάθηση. Ως ιστορικό επιστημονικό όργανο, επιτρέπει στους μαθητές να προσεγγίσουν τη Φυσική όχι μόνο ως σύνολο εννοιών, αλλά ως ζωντανή ανθρώπινη προσπάθεια κατανόησης του φυσικού κόσμου. Αυτή ακριβώς η δυνατότητα καθιστά τη διδακτική αξιοποίησή του ιδιαίτερα σημαντική για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών.

Παράρτημα Α

Φύλλο εργασίας μαθητών

Τίτλος δραστηριότητας: «Πώς λειτουργεί το τηλεσκόπιο του Γαλιλαίου; Μια διερεύνηση με φακούς»

Ονοματεπώνυμο μαθητών/ομάδας:

Ημερομηνία:

Στόχος της δραστηριότητας

Στη δραστηριότητα αυτή θα διερευνήσετε πώς οι φακοί αλλάζουν την πορεία του φωτός και πώς ένας συνδυασμός δύο φακών μπορεί να λειτουργήσει ως απλό γαλιλαϊκό τηλεσκόπιο. Θα διατυπώσετε υποθέσεις, θα κάνετε παρατηρήσεις, θα καταγράψετε αποτελέσματα και θα συνδέσετε τη λειτουργία του τηλεσκοπίου με την ιστορική του σημασία.

Υλικά

Ασθενής συγκλίνων αντικειμενικός φακός εστιακής απόστασης περίπου $+1,0\text{ m}$, ισχυρότερος αποκλίνων προσοφθάλμιος φακός εστιακής απόστασης περίπου $-16,7\text{ cm}$, φωτεινή πηγή ή φακός LED, λευκή επιφάνεια ή χαρτί, χάρακας ή μετροταινία, δύο σωλήνες διαφορετικής διαμέτρου που ολισθαίνουν μεταξύ τους ή βάση στήριξης φακών, καθώς και εικόνα ή σύντομο κείμενο για το τηλεσκόπιο του Γαλιλαίου.

Α. Αρχικές ιδέες και υποθέσεις

1. Πώς πιστεύετε ότι μπορούμε να δούμε καθαρότερα ένα μακρινό αντικείμενο;

.....

.....

.....

.....

.....

2. Τι νομίζετε ότι κάνει ένας φακός στο φως που περνά μέσα από αυτόν;

.....

.....

.....

.....

.....

3. Ένα τηλεσκόπιο χρειάζεται έναν ή περισσότερους φακούς; Γράψτε την αρχική σας άποψη και εξηγήστε την.

.....

.....

.....

.....

.....

4. Πιστεύετε ότι όλοι οι φακοί επηρεάζουν το φως με τον ίδιο τρόπο;

.....

.....

.....

.....

.....

B. Διερεύνηση φακών

1. Παρατηρήστε τον συγκλίνοντα φακό. Κοιτάξτε μέσα από αυτόν ένα αντικείμενο και μετακινήστε τον αργά πιο κοντά ή πιο μακριά από το αντικείμενο. Τι παρατηρείτε;

.....

.....

.....

.....

.....

2. Παρατηρήστε τον αποκλίνοντα φακό. Κοιτάξτε μέσα από αυτόν το ίδιο αντικείμενο.
Τι παρατηρείτε;

.....

.....

.....

.....

.....

3. Αν υπάρχει φωτεινή πηγή, παρατηρήστε την πορεία του φωτός όταν περνά από κάθε φακό.

Συμπληρώστε τον πίνακα:

Είδος φακού	Τι συμβαίνει στις ακτίνες φωτός;	Τι παρατηρούμε στην εικόνα;
Συγκλίνων φακός		
Αποκλίνων φακός		

4. Με βάση τις παρατηρήσεις σας, ποια είναι η βασική διαφορά ανάμεσα στον συγκλίνοντα και στον αποκλίνοντα φακό;

.....

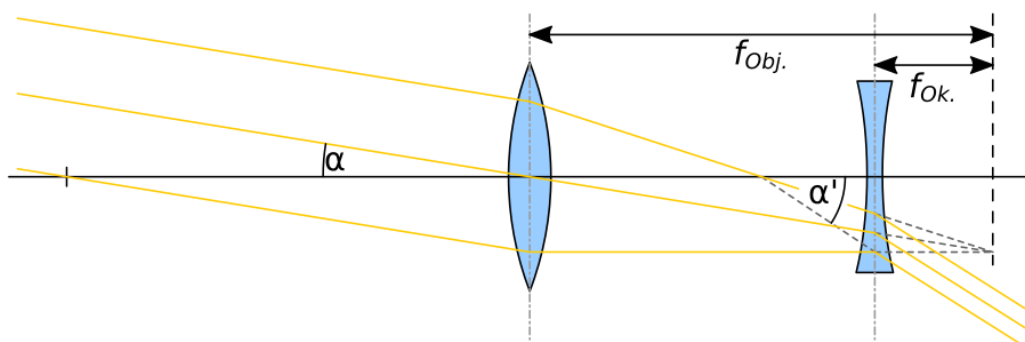
.....

.....

.....

.....

Γ. Συνδυασμός φακών και τηλεσκόπιο



Σχήμα 3 Οπτική διάταξη του γαλιλαϊκού τηλεσκοπίου: συγκλίνων αντικειμενικός και αποκλίνων προσοφθάλμιος φακός.

Πηγή: LehrerCN, Wikimedia Commons, άδεια CC BY-SA 3.0.

1. Τοποθετήστε τον συγκλίνοντα φακό στην πλευρά του μακρινού αντικειμένου. Αυτός θα λειτουργήσει ως αντικειμενικός φακός.
2. Τοποθετήστε τον αποκλίνοντα φακό κοντά στο μάτι σας. Αυτός θα λειτουργήσει ως προσοφθάλμιος φακός.
3. Μετακινήστε προσεκτικά τους δύο φακούς ώστε να βρείτε τη θέση όπου η εικόνα φαίνεται όσο γίνεται πιο καθαρή.

Τι παρατηρείτε όταν αλλάζει η απόσταση των δύο φακών;

.....

.....

.....

.....

.....

4. Σε ποια θέση των φακών η εικόνα φαίνεται καθαρότερη;

.....

.....

.....

.....
.....

5. Η εικόνα που βλέπετε είναι όρθια ή ανεστραμμένη;

.....
.....

6. Η εικόνα φαίνεται μεγαλύτερη, μικρότερη ή ίδια σε σχέση με την παρατήρηση χωρίς φακούς;

.....
.....

7. Γιατί πιστεύετε ότι χρειάζονται δύο διαφορετικοί φακοί για να λειτουργήσει το γαλιλαϊκό τηλεσκόπιο;

.....
.....
.....
.....
.....

Δ. Σύνδεση με την ιστορία του Γαλιλαίου

Διαβάστε το σύντομο κείμενο:

Ο Γαλιλαίος δεν ήταν ο πρώτος που κατασκεύασε τηλεσκόπιο. Όμως βελτίωσε το όργανο και το χρησιμοποίησε για να παρατηρήσει τον ουρανό. Με το τηλεσκόπιό του παρατήρησε, μεταξύ άλλων, ότι η Σελήνη δεν έχει τέλεια λεία επιφάνεια και ότι γύρω από τον Δία κινούνται μικρά ουράνια σώματα. Οι παρατηρήσεις αυτές έδειξαν ότι το τηλεσκόπιο μπορούσε να αποκαλύψει πράγματα που δεν φαίνονταν με γυμνό μάτι.

1. Τι μπορούσε να δει ο Γαλιλαίος με το τηλεσκόπιο που δεν μπορούσε να δει μόνο με τα μάτια του;

.....

.....

.....

.....

.....

2. Γιατί ένα επιστημονικό όργανο, όπως το τηλεσκόπιο, μπορεί να αλλάξει τον τρόπο με τον οποίο οι άνθρωποι κατανοούν τη φύση;

.....

.....

.....

.....

.....

3. Πιστεύετε ότι οι παρατηρήσεις με ένα όργανο είναι πάντα εύκολο να γίνουν αποδεκτές από όλους; Γιατί;

.....

.....

.....

.....

.....

4. Τι μας δείχνει η ιστορία του τηλεσκοπίου για τη σχέση επιστήμης και τεχνολογίας;

.....

.....

.....

.....

.....

Ε. Συμπεράσματα και αναστοχασμός

1. Γράψτε με δικά σας λόγια πώς λειτουργεί το γαλιλαϊκό τηλεσκόπιο.

.....

.....

.....

.....

.....

2. Ποια έννοια της οπτικής σας βοήθησε περισσότερο να κατανοήσετε τη λειτουργία του τηλεσκοπίου;

.....

.....

.....

.....

.....

4. Τι σας δυσκόλεψε περισσότερο στη δραστηριότητα;

.....

.....

.....

.....

.....

5. Τι μάθατε για τον ρόλο των επιστημονικών οργάνων στην επιστήμη;

.....

.....

.....

.....

.....

6. Αν έπρεπε να εξηγήσετε σε έναν συμμαθητή σας γιατί το τηλεσκόπιο του Γαλιλαίου ήταν σημαντικό, τι θα του λέγατε;

.....

.....

.....
.....
.....

Βιβλιογραφία

- Abd-El-Khalick, F., & Lederman, N. G. (2000). Improving science teachers' conceptions of nature of science: A critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, 22(7), 665–701.
<https://doi.org/10.1080/09500690050044044>
- Alisir, Z. N., & Irez, S. (2020). The effect of replicating historical scientific apparatus on high school students' attitudes towards science and their understanding of nature of science. *Science & Education*, 29, 1201–1234.
<https://doi.org/10.1007/s11191-020-00148-0>
- Baird, D. (2004). *Thing knowledge: A philosophy of scientific instruments*. University of California Press.
- Bucciantini, M., Camerota, M., & Giudice, F. (2012). *Il telescopio di Galileo: Una storia europea*. Einaudi.
- Bybee, R. W., Taylor, J. A., Gardner, A., Van Scotter, P., Carlson Powell, J., Westbrook, A., & Landes, N. (2006). *The BSCS 5E instructional model: Origins, effectiveness, and applications*. BSCS.
https://media.bscs.org/bscsmw/5es/bscs_5e_full_report.pdf
- Cavicchi, E. M. (2008). Historical experiments in students' hands: Unfragmenting science through action and history. *Science & Education*, 17, 717–749.
<https://doi.org/10.1007/s11191-006-9005-2>
- De Vidi, L. (2025a). *Construction instructions: Galileo's telescope* [Educational material]. INSIGHT Toolkit, University of Padua.
<https://insight4schools.eu/wp-content/uploads/2025/10/4.-Construction-Instructions-Galileo-Telescope.pdf>
- De Vidi, L. (2025b). *Educational materials: Galileo's telescope* [Educational material]. INSIGHT Toolkit, University of Padua.
<https://insight4schools.eu/wp-content/uploads/2025/10/1.-Educational-Materials-Galileo-Telescope.pdf>

- De Vidi, L. (2025c). *Scientific background: The physics behind Galileo's telescope* [Educational material]. INSIGHT Toolkit, University of Padua.
<https://insight4schools.eu/wp-content/uploads/2025/10/2.-Scientific-Background-Galileo-Telescope.pdf>
- Galilei, G. (1989). *Sidereus nuncius, or The sidereal messenger* (A. Van Helden, Trans.). University of Chicago Press. (Original work published 1610)
- Heering, P. (2015). Make–keep–use: Bringing historical instruments into the classroom. *Interchange*, 46, 5–18. <https://doi.org/10.1007/s10780-015-9228-8>
- Henke, A., & Höttecke, D. (2015). Physics teachers' challenges in using history and philosophy of science in teaching. *Science & Education*, 24, 349–385.
<https://doi.org/10.1007/s11191-014-9737-3>
- Höttecke, D., & Silva, C. C. (2011). Why implementing history and philosophy in school science education is a challenge: An analysis of obstacles. *Science & Education*, 20, 293–316. <https://doi.org/10.1007/s11191-010-9285-4>
- Latour, B. (1987). *Science in action: How to follow scientists and engineers through society*. Harvard University Press.
- Lazos, P., Stefanidou, C., & Skordoulis, C. (2024). Bridging the gap: From the laboratory science education of the 19th century in Greece to STEM education. *European Journal of Science and Mathematics Education*, 12(1), 1–10. <https://doi.org/10.30935/scimath/13826>
- Maas, A. (2013). How to put a black box in a showcase: History of science museums and recent heritage. *Studies in History and Philosophy of Science Part A*, 44(4), 660–668. <https://doi.org/10.1016/j.shpsa.2013.07.013>
- Matthews, M. R. (2015). *Science teaching: The contribution of history and philosophy of science* (2nd ed.). Routledge.
- Museo Galileo. (n.d.). *Galileo's telescope*.
https://catalogue.museogalileo.it/object/GalileosTelescope_n01.html

- National Research Council. (2000). *Inquiry and the national science education standards: A guide for teaching and learning*. National Academies Press.
<https://doi.org/10.17226/9596>
- Sirola, C. (2019). Galileo's telescope. *The Physics Teacher*, 57(1), 56–57.
<https://doi.org/10.1119/1.5084934>
- Stefanidou, C., & Panagopoulou, M. (2019). Informal science education in the footsteps of Galileo's dialogue. *Advances in Historical Studies*, 8(5), 175–191.
<https://doi.org/10.4236/ahs.2019.85013>
- Stefanidou, C., Psoma, V., & Skordoulis, C. (2020). Ptolemy's experiments on refraction in science class. *Physics Education*, 55(3), 035027.
<https://doi.org/10.1088/1361-6552/ab7c80>
- Stefanidou, C., & Skordoulis, C. (2014). Subjectivity and objectivity in science: An educational approach. *Advances in Historical Studies*, 3(4), 183–193.
<https://doi.org/10.4236/ahs.2014.34016>
- Stefanidou, C., & Skordoulis, C. (2017). Primary student teachers' understanding of basic ideas of nature of science: Laws, theories and models. *Journal of Studies in Education*, 7(1), 127–153. <https://doi.org/10.5296/jse.v7i1.10599>
- Stefanidou, C., Skordoulis, C., & Kechagias, C. (2018). The relationship between student science teachers' views on nature of science and classroom practice: Is there any? *Journal of Studies in Education*, 8(4), 28–44.
<https://doi.org/10.5296/jse.v8i4.13720>
- Stefanidou, C., Stavrou, I., Kyriakou, K., & Skordoulis, C. (2020). Inquiry-based teaching and learning in the context of pre-service teachers' science education. *Universal Journal of Educational Research*, 8(11B), 5894–5900.
<https://doi.org/10.13189/ujer.2020.082223>
- Strano, G. (2009). Galileo's telescope: History, scientific analysis, and replicated observations. *Experimental Astronomy*, 25, 17–31.

<https://doi.org/10.1007/s10686-009-9142-0>

Talas, S., Marcon, F., & De Vidi, L. (2025). *History and socio-cultural context: Galileo's telescope* [Educational material]. INSIGHT Toolkit, University of Padua. <https://insight4schools.eu/wp-content/uploads/2025/10/3.-Historical-Context-Galileo-Telescope.pdf>

Van Helden, A., Dupré, S., van Gent, R., & Zuidervaat, H. (Eds.). (2010). *The origins of the telescope*. KNAW Press.

Zik, Y., & Hon, G. (2012). Magnification: How to turn a spyglass into an astronomical telescope. *Archive for History of Exact Sciences*, 66(4), 439–464. <https://doi.org/10.1007/s00407-012-0099-4>

Zik, Y., & Hon, G. (2017). History of science and science combined: Solving a historical problem in optics—the case of Galileo and his telescope. *Archive for History of Exact Sciences*, 71(4), 337–344. <https://doi.org/10.1007/s00407-016-0187-y>

Λάζος, Π., Στεφανίδου, Κ., & Σκορδούλης, Κ. (2023). Η συλλογή επιστημονικών οργάνων στο Μαρασλείο Διδασκαλείο και προσπάθειες εκπαιδευτικής αξιοποίησής της. *MusEd: Μουσείο–Σχολείο–Εκπαίδευση*, 3(3), 12–25. <https://doi.org/10.26220/mused.4833>

Σκορδούλης, Κ., & Στεφανίδου, Κ. (2021). *Διδακτική μεθοδολογία των Φυσικών Επιστημών: Θεωρία και πρακτική*. Προπομπός.