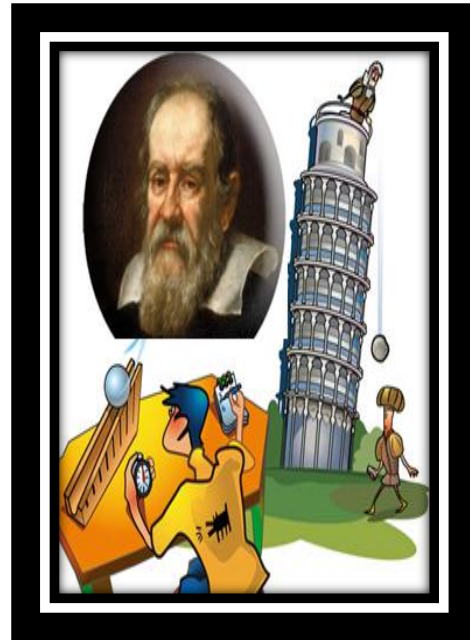


# Γαλιλαίος Γαλιλέι

(Galileo Galilei, 15 Φεβ 1564 - 8 Ιαν 1642)



1



Galileo Galilei.

Δεν νιώθω υποχρεωμένος να πιστέψω πως ο ίδιος Θεός που μας προίκισε με αισθήσεις, λογική και πνεύμα, μας προόριζε να απαρνηθούμε τη χρήση τους και με κάποιους άλλους τρόπους να μας δώσει τις γνώσεις που μπορούμε να αποκτήσουμε μέσω αυτών.

**ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗΣ:  
Π. ΚΑΛΟΓΕΡΑΚΟΣ (ΦΥΣΙΚΟΣ)**

Ο Γαλιλαίος Γαλιλέι (Galileo Galilei, 15 Φεβρουαρίου 1564 – 8 Ιανουαρίου 1642), γνωστός ως Γαλιλαίος, ήταν Ιταλός φυσικός, μαθηματικός, αστρονόμος και φιλόσοφος, που έπαιξε σημαντικό ρόλο στην επιστημονική επανάσταση.

Γεννήθηκε στην Πίζα της Ιταλίας και από νωρίς έδειξε σημεία μιας αξιοσημείωτης ιδιοφυΐας. Επιβάλλοντας μεγάλες στερήσεις στον εαυτό του και τα άλλα παιδιά του, ο πατέρας του μπόρεσε να στείλει τον Γαλιλαίο στο σχολείο και αργότερα στο Πανεπιστήμιο της Πίζας, όπου ο Γαλιλαίος γράφτηκε στην Ιατρική Σχολή.

Ο Γαλιλαίος άρχισε να ευημερεί, αλλά δεν του έμενε καιρός να σπουδάξει Ιατρική. Η φήμη του Γαλιλαίου άρχισε να απλώνεται. Οι ευγενείς, ακόμη και βασιλείς των διαφόρων χωρών της Ευρώπης παρακολουθούσαν τις διαλέξεις του και σύντομα έφτασε να ομιλεί σε ακροατήριο που το αποτελούσαν πάνω από 2.000 διακεκριμένες προσωπικότητες της Ευρώπης.

Ο Γαλιλαίος ήταν τώρα ελεύθερος να αξιοποιήσει τα χαρίσματά του. Ο κόσμος τον εκτιμούσε και τον σεβόταν, αν και υπήρχαν και μερικοί που τον φοβόταν και τον μισούσαν. Κανένα πεδίο γνώσεως δεν ήταν για τον Γαλιλαίο απρόσφορο για έρευνα, κανείς νόμος ή ανόητη προκατάληψη δεν είχαν τόση δύναμη ώστε να τον εμποδίσουν από την εργασία του. Αντιμέτωπος έναν κόσμο που έμενε προσηλωμένος στην άγνοια και απέδειξε ότι το θάρρος είναι μια αρετή χρήσιμη όχι μόνο στα πεδία των μαχών.

Ο Γαλιλαίος συνέβαλλε σημαντικά στην επιστημονική επανάσταση του 17ου αιώνα. Ανάμεσα σε άλλα, βελτίωσε το τηλεσκόπιο και το χρησιμοποίησε πρώτος συστηματικά για αστρονομικές παρατηρήσεις, ανακάλυψε τους τέσσερις δορυφόρους του Δία, ανακάλυψε τις ηλιακές κηλίδες και κατέγραψε πρώτος τις κινήσεις τους, εφηύρε τους νόμους του εκκρεμούς που χρησιμοποιήθηκαν στα ρολόγια, διατύπωσε το νόμο της πτώσεως των σωμάτων (που αποδεικνύει ότι η βαρύτητα επιδρά στην ταχύτητα των σωμάτων όταν υψώνονται ή πέφτουν), εφηύρε ένα θερμομέτρο και ένα υπολογιστικό διαβήτη, και υποστήριξε τις θεωρίες του Κοπέρνικου για το Ηλιακό σύστημα.

Αναφέρεται ως ο «πατέρας της σύγχρονης Αστρονομίας» και ο πρώτος φυσικός με τη σύγχρονη σημασία του όρου, καθώς ήταν ο πρώτος που αντικατέστησε την υποθετική-επαγωγική μέθοδο με την πειραματική και εισηγήθηκε τη μαθηματικοποίηση της φυσικής. Η σταδιοδρομία του συνέπεσε με αυτή του Γιοχάνες Κέπλερ. Η θεωρία του ηλιακού συστήματος υποστήριξε ότι η Γη και οι άλλοι πλανήτες, στρέφονται γύρω από τον Ήλιο. Η κοινή αντίληψη της εποχής ήταν ότι ο Ήλιος, η Σελήνη και τα άστρα γύριζαν γύρω από τη Γη, η οποία έμενε ακίνητη.

Επειδή ο Γαλιλαίος τόλμησε να αντιταχθεί στην παραδεδεγμένη διδασκαλία, δημιούργησε πολλούς εχθρούς, και τον θεώρησαν αιρετικό. Η σύγκρουσή του με τη Ρωμαιοκαθολική Εκκλησία αναφέρεται πολλές φορές ως παράδειγμα σύγκρουσης της εξουσίας με την ελευθερία της σκέψης και ειδικά με την επιστήμη στην Δυτική κοινωνία, αν και στην πραγματικότητα, μετά την κατασκευή του τηλεσκοπίου από τον Γαλιλαίο το 1609 και τις παρατηρήσεις του, ο διωγμός, πρωτογενώς, εξυφάνθηκε στο χώρο των αριστοτελικών επιστημόνων του Πανεπιστημίου της Πάδοβας, που αμφέβαλαν για την εγκυρότητα των αστρονομικών του ανακαλύψεων και αγωνίστηκαν να συγκεντρώσουν υποψίες για το άτομο του στα μάτια των εκκλησιαστικών αρχών. Την ποινή φυλάκισης του Γαλιλαίου μετέτρεψε σε κατ' οίκον περιορισμό ο Πάπας Ουρβανός Η΄, ενώ τρεις από τους δέκα καρδινάλιους δικαστές αρνήθηκαν να υπογράψουν την καταδίκη του.

Αν και τον ανάγκασαν να αποκηρύξει δημόσια τις πεποιθήσεις του, ο Γαλιλαίος μυστικά εξακολουθούσε να πιστεύει στην ηλιοκεντρική θεωρία του και ποτέ δεν άλλαξε γνώμη. Από την ιστορία του Γαλιλαίου έμεινε παροιμιώδης η φράση: "Και όμως κινείται". Κατά την παράδοση, ο Γαλιλαίος τελειώνοντας την απαγγελία της "απαρνήσεως" των πεποιθήσεών του, που έκανε γονατιστός μπροστά στην Ιερά Εξέταση και καθώς σηκωνόταν, χτύπησε το πόδι του στο έδαφος και πρόσθεσε: "Και όμως κινείται" (εννοώντας τη Γη). Στην πραγματικότητα, τη φράση αυτή ή δεν την είπε ποτέ ή κι αν την είπε δεν την άκουσαν οι δικαστές του. Γιατί τότε δεν θα ξέφευγε την καταδίκη του σε θάνατο "επί της πυράς". Πάντως η φράση αυτή απέμεινε σαν σύμβολο της δύναμης της επιστήμης έναντι σε κάθε προσπάθεια να σκεπαστεί το φως της αληθινής γνώσης.

Ο τάφος του μεγάλου επιστήμονα βρίσκεται στον Καθεδρικό Ναό του Σάντα Κρότσε (του Τιμίου Σταυρού) της Φλωρεντίας. Ανά τους αιώνες, χιλιάδες κόσμου έχουν επισκεφτεί το μέρος εκείνο για να τιμήσουν τη μνήμη του μεγάλου ανδρός που είχε το θάρρος να κηρύξει εκείνο που πίστευε σ' έναν κόσμο που του ήταν εχθρικός. Τη χρονιά του θανάτου του Γαλιλαίου γεννήθηκε ο Ισαάκ Νεύτων, που βασιζόμενος μεταξύ άλλων στη δουλειά του Γαλιλαίου και του Κέπλερ ολοκλήρωσε την επιστημονική επανάσταση στον τομέα της φυσικής και έθεσε τα θεμέλια της κλασικής φυσικής. Ο Πάπας αποκατέστησε τη μνήμη του Γαλιλαίου στις 31 Οκτωβρίου 1992, 300 χρόνια μετά το διωγμό του.

## Αστρονομικές ανακαλύψεις

Ο Γαλιλαίος με τηλεσκόπιο δικής του κατασκευής παρατήρησε πρώτος τους κρατήρες, τα όρη και τις πεδιάδες στην επιφάνεια της Σελήνης. Ανακάλυψε ότι η Σελήνη στρέφει πάντα προς τη Γη το ίδιο ημισφαίριο της. Παρατήρησε τις ηλιακές κηλίδες, τον δακτύλιο του Κρόνου, χωρίς ωστόσο να μπορέσει να εξηγήσει ακριβώς την παρατήρησή του αυτή, αποκάλυψε την αστρική φύση του Γαλαξία μας και απέδειξε την ισχύ της ηλιοκεντρικής θεωρίας, παρατηρώντας τις φάσεις της Αφροδίτης και ανακαλύπτοντας 4 από τους δορυφόρους του Δία, την Ιώ, την Ευρώπη, το Γανυμήδη και την Καλλιστώ τους οποίους ονόμασε Άστρα των Μεδίκων, προς τιμή του προστάτη του, Κόσμο Β' των Μεδίκων. Οι παρατηρήσεις του αυτές αποτέλεσαν την αρχή του τέλους για την πεποίθηση, που υποστηριζόταν μέχρι τότε από το εκκλησιαστικό και επιστημονικό κατεστημένο, πως το Σύμπαν είναι τέλεια πλασμένο και πως η Γη είναι στο κέντρο του Σύμπαντος και αποτελεί μοναδικότητα: οι κρατήρες της Σελήνης και οι κηλίδες του Ήλιου, καθώς και το γεγονός ότι τέσσερα σώματα περιστρέφονταν γύρω από έναν άλλο πλανήτη, το Δία, αποτέλεσαν αποδείξεις για το αντίθετο.

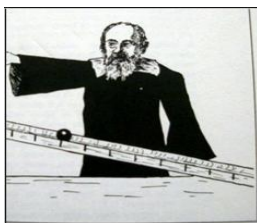
*Δεν νιώθω υποχρεωμένος να πιστέψω πως ο ίδιος Θεός που μας προίκισε με αισθήσεις, λογική και πνεύμα, μας προόριζε να απαρνηθούμε τη χρήση τους και με κάποιους άλλους τρόπους να μας δώσει τις γνώσεις που μπορούμε να αποκτήσουμε μέσω αυτών.*

## **.ΘΕΜΕΛΙΩΤΗΣ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ: ΓΑΛΙΛΑΙΟΣ**

1. -Εισαγωγή της πειραματικής απόδειξης στην επιστημονική σκέψη
2. -Καθηγητής μαθηματικών στην Πίζα (1589-1592): επαφή με κοπερνίκαιο σύστημα, σημειώσεις Μηχανικής
3. -Πάδοβα, πανεπιστήμιο Βενετίας (1592-1610): πίστεψε στο κοπερνίκαιο σύστημα, εφεύρε τον αναλογικό διαβήτη, απέκτησε μαθητές
4. 1602: μελέτη ισόχρονων ταλαντώσεων εκκρεμούς
5. 1609: παρατηρήσεις με τηλεσκόπιο, δορυφόροι του Δία, αστρική φύση του Γαλαξία, φάσεις Αφροδίτης, ιδιομορφία Κρόνου, ηλιακές κηλίδες, όρη Σελήνης (απόσταση Γης-Σελήνης 60 γήινες ακτίνες). Διακριτική ικανότητα τηλεσκοπίου: 1 πρώτο λεπτό.
6. -1610: επιστροφή στη Φλωρεντία, δημόσια υποστήριξη Κοπέρνικου. 1611 επίσκεψη στη Ρώμη, μέλος Ακαδημίας Lincei. Πρόβλημα συμφωνίας παρατηρήσεως με Αγία Γραφή.
7. 1616: Κλήση για απολογία στη Ρώμη. Ιερά εξέταση. Φαινομενική επιτυχία.
8. 1630: Διάλογος μεταξύ δύο Παγκοσμίων Συστημάτων
9. "Σύγχρονη" αντιμετώπιση επιστήμης και μαθηματικών (αντίθεση με μυστικισμό Κοπέρνικου, σημερινή αναγνωσιμότητα του έργου του). Έγκριση βιβλίου από το Βατικανό το 1631
10. 1633: δραματική αλλαγή. Νέα πρόσκληση στη Ρώμη. Καταδίκη Γαλιλαίου. Αποκήρυξη ιδεών (και όμως κινείται).
11. 1634-1642(θάνατος): κατ' οίκον περιορισμός
12. 1641: ιδέα χρήσης του εκκρεμούς ως ρολογιού (υλοποίηση από Χάουχενς)
13. Βιβλίο "Δύο νέες επιστήμες". 1-2ο Κεφάλαιο: αντοχή υλικών, νόμοι ομοιότητας,

μοντέλα, φύση του κενού, αντλίες, ταλαντώσεις εκκρεμούς, μαθηματικά προβλήματα.  
3ο-4ο Κεφάλαιο: κίνηση με σταθερή επιτάχυνση, κίνηση βλημάτων, νόμοι Δυναμικής για σταθερή δύναμη. Παραβολική κίνηση βλημάτων. Αντιμετώπιση "απειροστών" προς αυθεντία Αριστοτέλη

## ΤΑ ΚΕΚΛΙΜΕΝΑ ΕΠΙΠΕΔΑ ΤΟΥ ΓΑΛΙΛΑΙΟΥ



(Galileo Galilei) *Όλες οι αλήθειες είναι εύκολα κατανοητές από τη στιγμή που ανακαλυφθούν. Το θέμα είναι να ανακαλυφθούν!!!*

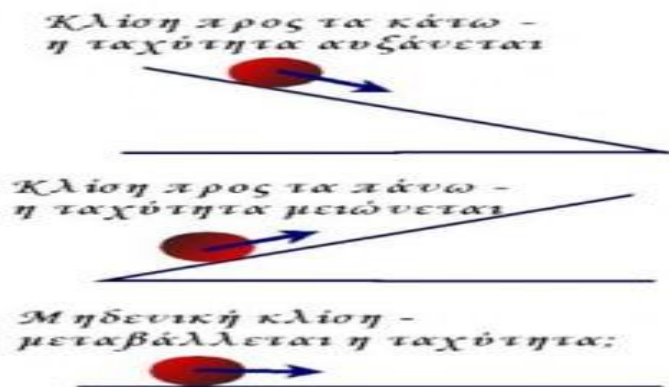
Ο Αριστοτέλης πίστευε ότι η κίνηση συναντά πάντα αντίσταση από κάποιο μέσο, όπως ο αέρας ή το νερό. Θεωρούσε, ως βασική αρχή για τη διατήρηση της κίνησης, κάποια έλξη ή ώθηση.



**Ο Αριστοτέλης (αρχ. Άριστοτέλης. Στάγειρα 384 - Χαλκίδα 322 π.Χ.) ήταν αρχαίος Έλληνας φιλόσοφος και πολυεπιστήμονας.**

Ο Γαλιλαίος αρνήθηκε ακριβώς αυτή την αρχή, ισχυριζόμενος ότι αν δεν υπάρχει καμία επέμβαση στο κινούμενο σώμα, θα συνεχίσει να κινείται για πάντα σε ευθεία γραμμή χωρίς να απαιτείται καμία ώθηση ή έλξη η οποιοδήποτε είδους δύναμη.

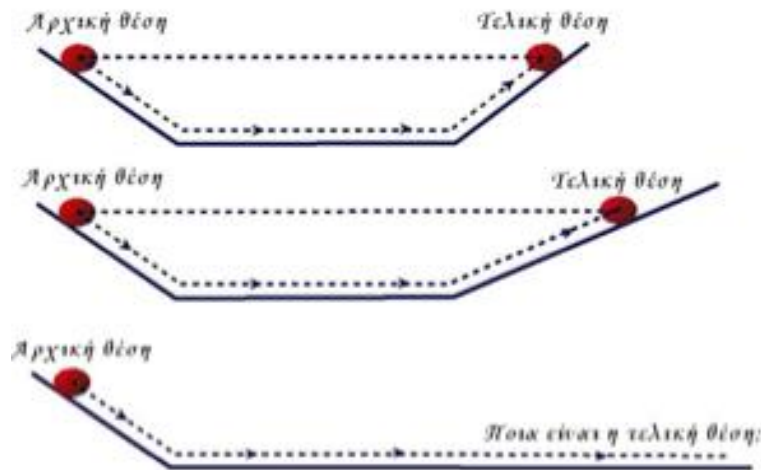
Ο Γαλιλαίος έλεγξε αυτή την υπόθεση εκτελώντας πειράματα με διάφορα αντικείμενα κινούμενα σε κεκλιμένα επίπεδα. Παρατηρούσε ότι σφαίρες που κυλούσαν προς τα κάτω σε ένα κεκλιμένο επίπεδο κέρδιζαν ταχύτητα ενώ όσες κυλούσαν προς τα πάνω έχαναν ταχύτητα. Συμπέρανε λοιπόν ότι οι σφαίρες που κυλούν σε οριζόντιο επίπεδο ούτε επιταχύνονται ούτε επιβραδύνονται. Στην πράξη βέβαια μια σφαίρα που κυλά σε οριζόντιο επίπεδο επιβραδύνεται (χάνει ταχύτητα) και τελικά σταματά, όμως αυτό δε συμβαίνει εξ αιτίας της «φύσης» της, αλλά εξ αιτίας της τριβής, η οποία διέφευγε ως έννοια από τον Αριστοτέλη.



Ο Γαλιλαίος ενίσχυσε αυτή την ιδέα με πειράματα σωμάτων που τα κινούσε πάνω σε λείες επιφάνειες: όσο μικρότερη ήταν η τριβή η κίνηση διαρκούσε περισσότερο χρόνο. Όσο μικρότερη ήταν η

τριβή τόσο περισσότερο η κίνηση προσέγγιζε τη σταθερή ταχύτητα. Άρα αν δεν υπήρχε τριβή ή άλλες δυνάμεις που να αντιτίθενται στην κίνηση, ένα σώμα που κινείται οριζόντια θα συνεχίσει να κινείται επ' άπειρο.

Κατόπιν ο Γαλιλαίος για να ενισχύει περαιτέρω τον ισχυρισμό του προχώρησε στα περίφημα πειράματα των δύο κεκλιμένων επιπέδων. Ο Γαλιλαίος τοποθέτησε δύο κεκλιμένα επίπεδα το ένα απέναντι στο άλλο. Παρατήρησε ότι αν αφήσει κάποιος μία σφαίρα ελεύθερη, από τη θέση ηρεμίας, στην κορυφή του ενός επιπέδου, θα κυλήσει προς τα κάτω και στη συνέχεια προς τα πάνω, στο άλλο επίπεδο, φτάνοντας σχεδόν στο ίδιο ύψος. Το ότι δε φτάνει ακριβώς στο ίδιο ύψος είναι γιατί τη σφαίρα την εμποδίζει η τριβή. Γι αυτό όσο πιο λεία είναι τα επίπεδα τόσο περισσότερο η σφαίρα πλησιάζει το ύψος αυτό.



Στη συνέχεια μείωσε την κλίση του επιπέδου στο οποίο ανέβαινε η σφαίρα και διαπίστωσε ότι η σφαίρα ανέβηκε στο ίδιο ύψος, αλλά για να συμβεί αυτό χρειάστηκε να διανύσει μεγαλύτερη απόσταση. Περαιτέρω μειώσεις της κλίσης έδωσαν παρόμοια αποτελέσματα. Κάθε φορά, για να φτάσει η σφαίρα στο ίδιο ύψος έπρεπε να διανύσει μεγαλύτερη απόσταση. Έθεσε τότε το ερώτημα: «αν έχω ένα άπειρου μήκους οριζόντιο επίπεδο, πόση απόσταση πρέπει να διανύει η σφαίρα για να φτάσει στο αρχικό ύψος;» Η προφανής απάντηση είναι: «άπειρη – δηλαδή δε θα φτάσει ποτέ στο αρχικό ύψος»

Ο Γαλιλαίος προσέγγισε το θέμα και με έναν άλλο τρόπο. Από την πλευρά της χρονικής διάρκειας της κίνησης. Επειδή η κλίση του πρώτου επιπέδου παρέμενε σταθερή και άλλαζε μόνο η κλίση του δεύτερου, προφανώς οι σφαίρες άρχιζαν να ανεβαίνουν από τη βάση του δεύτερου επιπέδου με την ίδια ταχύτητα. Τώρα, όσο πιο απότομη ήταν η κλίση του δεύτερου επιπέδου τόσο πιο γρήγορα έχανε ταχύτητα η σφαίρα ανεβαίνοντας.

Αν η κλίση γινόταν μικρότερη, η σφαίρα έχανε πιο αργά την ταχύτητά της και η κίνηση προς τα πάνω διαρκούσε πιο πολύ. Στην ακραία περίπτωση που το επίπεδο γινόταν οριζόντιο και δεν υπάρχει καμία επιβραδυντική δύναμη, η σφαίρα θα κινούνταν επ' άπειρο, χωρίς να χάνει καθόλου ταχύτητα.

Ο Γαλιλαίος ονόμασε την ιδιότητα ενός υλικού αντικειμένου να τείνει να παραμείνει σε ευθύγραμμη κίνηση **αδράνεια**.

Η έννοια της αδράνειας που εισήγαγε ο Γαλιλαίος κατέρριψε τη θεωρία κίνησης του Αριστοτέλη. Ο Αριστοτέλης δε είχε συλλάβει την έννοια αυτή, διότι δεν είχε φανταστεί πώς θα ήταν η κίνηση χωρίς τριβή. Σύμφωνα με τις εμπειρίες του, σε κάθε κίνηση υπήρχε αντίσταση και αυτό το είχε αναγάγει σε πρωταρχικό στοιχείο της θεωρίας του.

Η αποτυχία του Αριστοτέλη να αναγνωρίσει τι ήταν η τριβή – μια δύναμη όπως οποιαδήποτε άλλη – εμπόδισε την πρόοδο της Φυσικής επί δύο χιλιετίες, μέχρι την εποχή του

# *Η σανίδα του Ιταλού*

## *ΓΑΛΙΛΑΙΟΣ . Το κρίσιμο πείραμα*

Το έργο Φυσική άρχισε με την μακρόστενη σανίδα του Ιταλού και με την καινοτόμο τότε ιδέα του για τον ρόλο του ΧΡΟΝΟΥ κατά την εξέλιξη των πραγμάτων.

Η σανίδα ξύλινη, μακρόστενη, επτά περίπου μέτρα και με ένα αυλάκι ώστε να κυλάει μια μικρή αλλά βαριά μπίλια από ορείχαλκο. Κεκλιμένο επίπεδο είναι ο όρος που θα επικρατήσει αργότερα. Ο Ιταλός, εκείνη την εποχή 40 ετών, ήταν βέβαια ο Galileo Galilei.

Η ΙΔΕΑ για τον ρόλο του χρόνου σημάδεψε τα όσα ακολούθησαν στη Φυσική.

### Το φαινόμενο

Στην άκρη του νήματος βρίσκεται η ΠΡΟΘΕΣΗ του να ερευνήσει το φαινόμενο πτώση κάθε σώματος προς το έδαφος. Μπορούσε εύκολα να διαπιστώνει το «εάν μια πέτρα βιάζεται να φθάσει στο έδαφος περισσότερο από μια σιδερένια μπάλα» αλλά εκείνος σκέφτηκε να ερευνήσει τη ΜΟΡΦΗ της κατακόρυφης αυτής κίνησης για κάθε αντικείμενο και η ιδέα «να μετρά τον χρόνο» έκανε την εμφάνισή της.

Η πτώση όμως ήταν και είναι μια κίνηση τρομακτικά «βιαστική». Οποιαδήποτε πέτρα αφήσει κανείς από το χέρι του, ακόμα κι αν το ύψος είναι δύο μέτρα, «εκείνη» θα προσγειωθεί στο έδαφος σε έξι δέκατα του δευτερολέπτου. Με ποιο τρόπο θα μπορούσε εκείνος να ερευνήσει το «πώς εξελίσσεται μέσα στον ελάχιστο αυτό χρόνο» το φαινόμενο; Μπορούσε βέβαια να διακρίνει άμεσα, βασιζόμενος στην όραση, ότι, καθώς το σώμα κινείται βιαστικά προς το έδαφος, η θέση του αλλάζει, όπως επίσης το ότι αυξάνεται και ο ρυθμός μεταβολής της θέσης – πρώτη παράγωγο της θέσης θα το λένε αργότερα οι μαθηματικοί, οι φυσικοί το λένε ταχύτητα – ήταν όμως το ακόμα πιο δύσκολο ερώτημα «τι συμβαίνει, σε κάθε χρονική στιγμή, με τον χρονικό ρυθμό μεταβολής της ταχύτητας – δεύτερη παράγωγο της θέσης θα το λένε μετά από έναν αιώνα οι μαθηματικοί, εκείνος το είπε επιτάχυνση. Μήπως το μυστικό της πτώσης ήταν ότι κατά την εξέλιξή της, ο ρυθμός αυτός είναι χρονικά αναλλοίωτος ή μήπως έπρεπε να ελέγξει τον ρυθμό μεταβολής του ρυθμού μεταβολής της ταχύτητας – τρίτη παράγωγο της θέσης το λένε σήμερα οι μαθηματικοί. Ή μήπως κάτι ακόμα πιο σύνθετο;

Το να ερευνήσει τέτοιες εξελίξεις μέσα σε λιγότερο από ένα δευτερόλεπτο, χωρίς να διαθέτει κάποιο χρονόμετρο ήταν στα όρια του ανέφικτου. Μπροστά στο κατ' αρχήν ανέφικτο η σκέψη του Γαλιλαίου λειτούργησε εντυπωσιακά.

### Τα μεγάλα ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ πριν από το πείραμα

Το πρώτο μεγάλο πρόβλημα ήταν η εδραιωμένη πεποίθηση ότι ο ρυθμός πτώσης κάθε σώματος είναι ανάλογος προς το βάρος του

Το πρόβλημα ήταν δύσκολο να αντιμετωπιστεί διότι η άποψη αυτή με βασικό της στήριγμα το ότι είχε διατυπωθεί από τον Αριστοτέλη είχε αποκρυσταλλωθεί σε ένα είδος «αλήθειας»

Την αντιμετώπισε, δείχνοντας, μέσα από ένα συλλογισμό, ότι η συγκεκριμένη άποψη ήταν ΑΝΤΙΦΑΤΙΚΗ.

Υποθέτουμε ότι η βαρύτερη πέτρα είναι Β και μόνη της πέφτει με V, ενώ η λιγότερο βαριά είναι β και μόνη της πέφτει με v. Εάν τις συνδέσουμε – δημιουργώντας ένα ακόμα βαρύτερο σώμα - ώστε να πέσουν μαζί, έστω με ταχύτητα v', το β θα έπρεπε να επιβραδύνει το Β, ενώ το Β θα έπρεπε να κάνει το β να πέφτει πιο γρήγορα. Με σύμβολα  $v < v' < V$ . Ωστόσο το Β+β σώμα που δημιουργήθηκε είναι βαρύτερο από το Β και θα έπρεπε να πέφτει πιο γρήγορα από ότι το Β μόνο του. Με σύμβολα  $v' > V$

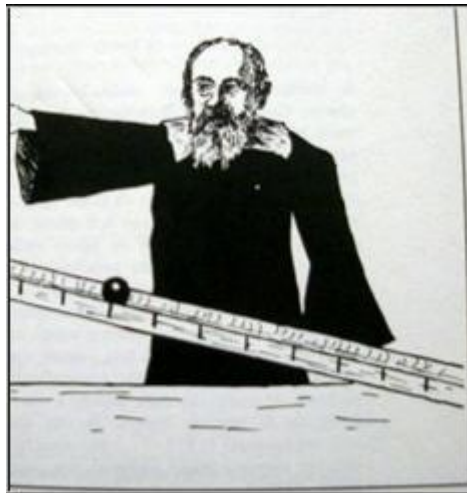
Ο συλλογισμός οδηγεί σε ασυνέπεια και η μόνος τρόπος για να αποφευχθεί είναι να ισχύει  $v = v' = V$ .

Ο συλλογισμός έδειχνε βάσιμος αλλά δεν αρκούσε για να ανατρέψει την εδραιωμένη αλήθεια. Ο Γαλιλαίος κατανόησε ότι όφειλε να ερευνήσει την εξέλιξη του φαινομένου από στιγμή σε στιγμή.

## Το δεύτερο μεγάλο πρόβλημα ήταν το αστραπιαίο της πτώσης .

Το αντιμετώπισε με την ιδέα « κεκλιμένη σανίδα επτά μέτρων, αυλάκι και μπίλια» σε μια κίνηση την οποία θεώρησε ΙΔΙΑΣ ΜΟΡΦΗΣ με την ελεύθερη πτώση . Εάν μπορούσε να διακρίνει κάτι σε αυτή την κίνηση και αυτό το κάτι ίσχυε για οποιαδήποτε γωνία κλίσης, η λογική του τον έπειθε ότι θα ίσχυε και για κλίση 90 μοιρών δηλαδή για κατακόρυφη κίνηση.

Τέσσερεις περίπου δεκαετίες αργότερα θα καταγράψει και θα δημοσιεύσει την εμπειρία, - Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze, 1638, Leynden- γράφοντας στα ιταλικά : Χρησιμοποιήσαμε μια ξύλινη σανίδα που είχε μήκος δώδεκα περίπου πήχεις , πλάτος μισό πήχυ και πάχος τρία δάκτυλα. Στην ακμή της ανοίχτηκε ένα αυλάκι με πλάτος λίγο μεγαλύτερο από ένα δάκτυλο. Αφού κάναμε αυτό το αυλάκι πολύ ίσιο, λείο και γυαλιστερό και το στρώσαμε με περγαμηνή, επίσης όσο πιο λεία και ομαλή γινόταν, αφήσαμε να κυλήσει μέσα του μια σκληρή λεία και πολύ στρογγυλή ορειχάλκινη μπάλα.



7

## Το Τρίτο πρόβλημα ήταν οι λογικές διεργασίες που θα οδηγούσαν από τα δεδομένα στη διατύπωση κάποιου νόμου

Μετά από επανειλημμένες προσπάθειες, τα δεδομένα– αποστάσεις μετρημένες με χάρακα και αντίστοιχα χρονικά διαστήματα - ήταν πλέον μπροστά του και έπρεπε με τη σκέψη του να τα επεξεργαστεί. Ο Drake υποστηρίζει ότι αυτό που περιγράφει Discorsi είναι μια πειραματική επίδειξη η οποία επιβεβαιώνει τον νόμο και όχι οι προσπάθειες και οι δυσκολίες που αντιμετώπισε μέχρι να φθάσει εκεί. Ωστόσο μέσα από τα σημειωματάριά του αποκαλύπτονται οι δυσκολίες που αντιμετώπισε. Η «ανάκριση» στην οποία είχε υποβάλει τη Φύση – με ξύλινη σανίδα, ορειχάλκινες μπίλιες και νερό - ώστε να ομολογήσει το μυστικό της οποιασδήποτε πτώσης του είχε δώσει ποσότητες με αριθμούς και έπρεπε μέσα από τους αριθμούς – οι οποίοι δεν ήταν απόλυτα ακριβείς - να βρει τον δρόμο.

Στο πρώτο χρονικό διάστημα – ας το πούμε  $t$ , θεωρώντας το μονάδα χρόνου – η μπίλια είχε μετακινηθεί κατά 33 μονάδες μήκους – ας το συμβολίσουμε με  $33d$  - σε διάστημα  $2t$  είχε συνολικά καλύψει  $130d$ , σε  $3t$ , σύμφωνα με τις μετρήσεις του,  $298 d$  και σε χρονικό διάστημα  $4t$  είχε μετακινηθεί κατά  $526d$  . Τι σχέση μπορούσε να έχει το 33, το 130, το 298 και το 526 ;

Ο Γαλιλαίος «έπαιξε» με διάφορους τρόπους τόσο με αυτούς τους αριθμούς όσο και με τα διαστήματα που φαινόταν να καλύπτει η μπίλια κατά τη διάρκεια κάθε διαδοχικής μονάδας χρόνου μέχρι να διακρίνει ότι, σύμφωνα με την Αριθμητική, το 130 είναι 3,93 φορές μεγαλύτερο από το 33, ότι το 298 είναι 9,03 φορές μεγαλύτερο από το 33 και ότι  $526 = 15,93 \cdot 33$  . Τελικά στρογγυλοποίησε τους αριθμούς, στο σημειωματάριό του, και, χρησιμοποιώντας διαφορετικό μελάνι και πένα έγραψε σε μια στήλη τους ακέραιους . Στη θέση του 3,93 έγραψε 4 και στη θέση του 9,03 έγραψε τον ακέραιο 9 και στη θέση του 15,94 έγραψε τον ακέραιο 16. Αποδεχόμενος κάποια σφάλματα στις μετρήσεις, είχε βρει το κλειδί.

Η απόσταση της μπίλιας από το σημείο που κάθε φορά αφηνόταν ήταν ανάλογη με το τετράγωνο του αντίστοιχου χρόνου.

Ο George Johnson στο The Ten most Beautiful Experiments ( 2008) γράφει :

**Το ότι οι αριθμοί του Γαλιλαίου δεν ήταν ακριβείς καταδεικνύει ότι το πείραμα είχε πραγματοποιηθεί. Το ότι ήταν τόσο κοντά στις ακριβείς τιμές καταδεικνύει τις δεξιότητές του ως πειραματιστή.**

### Τα μετά από το πείραμα

Οι έννοιες .

Η εμπειρία οδήγησε και σε μια ακόμα ΙΔΕΑ από την οποία «γεννήθηκε» μια καινούρια έννοια . Η ιδέα ήταν ότι «ένα αντικείμενο, θα μπορούσε, κατά την κίνησή του, να έχει, σε κάθε στιγμή, μια διαφορετική ταχύτητα και ότι θα μπορούσαμε να προτείνουμε μια καινούρια ΕΝΝΟΙΑ ικανή να περιγράφει τις αλλαγές της ταχύτητάς του».

Ο Γαλιλαίος αρχικά σκέφτηκε ότι η καινούρια έννοια θα μπορούσε να περιγράφει το «πόσο αυξάνεται η ταχύτητα σε κάθε μονάδα μετατόπισης» αλλά τελικά κατέληξε στην επιλογή η καινούρια έννοια να περιγράφει το «πόσο αυξάνεται η ταχύτητα σε κάθε μονάδα χρόνου ». Η καινούρια ΕΝΝΟΙΑ θα πάρει το όνομα ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ, αν και στα χρόνια που ακολούθησαν η έννοια διαμορφώθηκε σε κάτι ευρύτερο.

Η εμπειρία «διαστήματα ανάλογα με τα τετράγωνα των χρόνων» μπορούσε πλέον να περιγραφεί και με την έννοια επιτάχυνση και να διατυπωθεί με το «κατά την εξέλιξη της κίνησης η επιτάχυνση διατηρείται σταθερή».

Επαναλαμβάνοντας τους πειραματισμούς με άλλη μπίλια και με διαφορετικές γωνίες της σανίδας με το έδαφος διαπίστωνε πως όταν μεγάλωνε τη γωνία η μπίλια κατηφόριζε πιο γρήγορα, όσο ανύψωνε τη σανίδα η επιτάχυνση γινόταν μεγαλύτερη αλλά κατά την εξέλιξη της κίνησης σταθερή και ότι ο κανόνας «διαστήματα ανάλογα με το τετράγωνο του χρόνου» ήταν πάντα ίδιος .

### Οι νόμοι

#### 1. Ο νόμος για την πτώση

Ο «κανόνας» έδειχνε να ισχύει για ΚΑΘΕ γωνία, άρα «λογικά» έπρεπε να ισχύει ακόμα κι αν η γωνία της σανίδας με το οριζόντιο έδαφος γινόταν γωνία ενενήντα μοιρών. Ο κανόνας έπρεπε να ισχύει ακόμα κι αν η μπίλια έπεφτε κατακόρυφα. Υποστήριξε γενικεύοντας ότι πρόκειται για έναν ΝΟΜΟ της φύσης .

ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΠΤΩΣΗ ΟΠΟΙΟΥΔΗΠΟΤΕ ΣΩΜΑΤΟΣ τα διαστήματα είναι ανάλογα με τα τετράγωνα των αντίστοιχων χρόνων . Κατά τη διάρκεια της πτώσης η επιτάχυνση είναι σταθερή

Στην παγκόσμια γλώσσα των φυσικών η επιτάχυνση της ελεύθερης πτώσης συμβολίζεται προς τιμήν με το γράμμα  $g$  , αρχικό του ονόματός του.

Στην ελληνική σημειολογική παράδοση η έννοια επιτάχυνση, για έναν αιώνα περίπου – μέχρι το 1984 –, συμβολιζόταν με το ελληνικό γράμμα  $\gamma$ .

Αν και δεν έχει γίνει σχετική ιστορική έρευνα που να το βεβαιώνει,

η προσωπική μου άποψη για την ελληνική αυτή επιλογή είναι ότι το  $\gamma$  είναι το ελληνικό αρχικό του ονόματος Γαλιλαίος .

#### 2. Ο νόμος της αδράνειας

Η εμπειρία, δίδασκε επίσης ότι όσο μίκραινε τη γωνία της σανίδας με το οριζόντιο έδαφος η επιτάχυνση γινόταν όλο και μικρότερη και οδηγούσε τη σκέψη προς την ιδέα ότι εάν η σανίδα γινόταν οριζόντια - και το σώμα είχε ήδη ταχύτητα - η κίνηση θα γινόταν με επιτάχυνση μηδέν. Η σχετική εμπειρία με τη σανίδα είχε δείξει εξάλλου πως όταν η μπίλια διέσχιζε όλο το αυλάκι, συνέχιζε τη διαδρομή της στην οριζόντια επιφάνεια του πατώματος με μηδενική επιτάχυνση .



Η ιδέα ήταν – ιδιαίτερα εικονοκλαστική σε σχέση με τα ισχύοντα – ήταν ότι η μπίλια κάποτε σταματούσε επειδή στο πάτωμα υπάρχει τριβή και ότι σε οριζόντιο έδαφος χωρίς τριβή η μπίλια θα συνέχιζε να κινείται ίσια με μηδενική επιτάχυνση, χωρίς η κίνησή της να χρειάζεται την οποιαδήποτε «βοήθεια» ώστε να διατηρείται αναλλοίωτη.

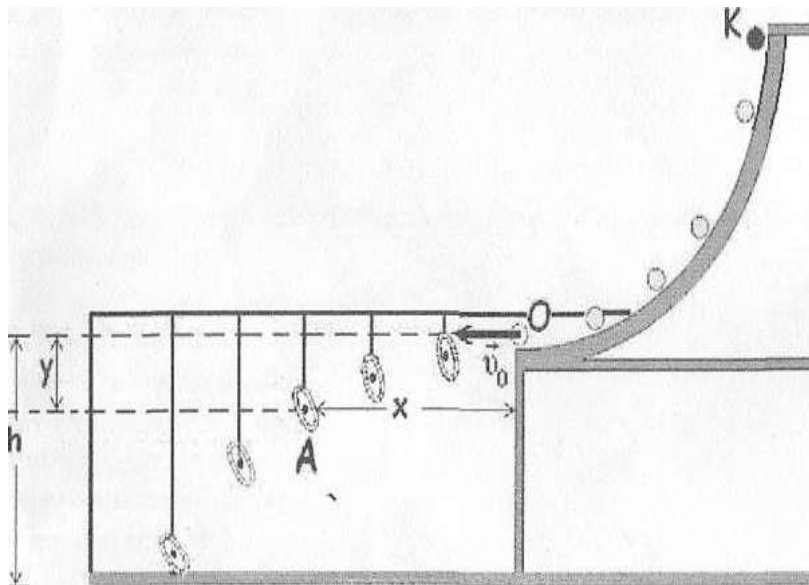
Ο Γαλιλαίος είχε οδηγηθεί στον νόμο της αδράνειας.

Από τα γνωστά κείμενα δεν απορρέει είναι σαφές αν «η χωρίς δυνάμεις αυτή κίνηση» είναι μια ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΗ ΚΙΝΗΣΗ ή μια κίνηση πάνω σε κύκλο παράλληλο προς την επιφάνεια της Γης. Σε ορισμένα κείμενα διακρίνει κανείς ότι η φυσική – αδρανειακή – κίνηση είναι για αυτόν μια κίνηση που δεν κατευθύνεται ούτε προς τα πάνω ούτε προς τα κάτω, αλλά το αντικείμενο διατηρείται σε σταθερή απόσταση από το κέντρο της Γης.

Τον νόμο της αδράνειας για ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΗ κίνηση θα τον διατυπώσει ο Descartes – Καρτέσιος στο Αρχές της Φιλοσοφίας, το 1644, θα τον επαναφέρει δέκα χρόνια αργότερα ο Huygens και ο Newton - Νεύτων θα τον θεωρήσει πρώτο αξίωμα – νόμο της κίνησης, στο Principia, το 1686.

## ΕΦΑΡΜΟΓΗ

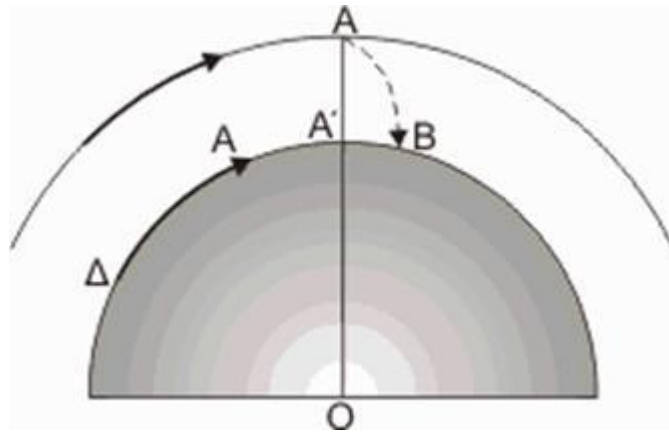
Γαλιλαίος πρώτος αναφέροθηκε στη ΣΥΝΘΕΣΗ ΚΙΝΗΣΕΩΝ "ενός σώματος σύμφωνα με την οποία «σε μια κίνηση που η σκέψη μας μπορεί να θεωρήσει σύνθετη, οι συνιστώσες κινήσεις λαμβάνουν χάρη ανεξάρτητα η μία από την άλλη» με αποτέλεσμα η εξέλιξη της μιας κίνησης να μην αλλοιώνεται από την ύπαρξη της ταυτόχρονης άλλης. Το 1742 ο Willem Jacob's Gravesande κατασκεύασε τη συσκευή του διπλανού σχήματος, για να αποδείξει ότι η οριζόντια βολή στο πεδίο βαρύτητας έχει τροχιά παραβολή όπως προβλέπεται από την αρχή της ανεξαρτησίας των κινήσεων. Από το υψηλότερο σημείο K αφήνουμε να κυλήσει μικρή σφαίρα η οποία κατάληγοντας στο τέλος του τεταρτοκυκλίου (σημείο O) έχει



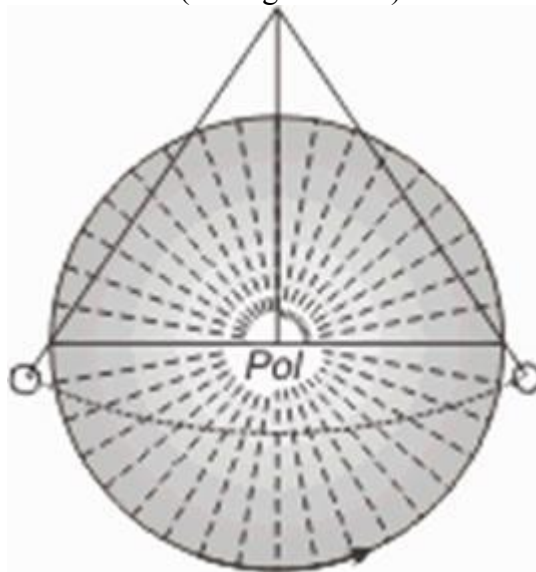
οριζόντια ταχύτητα  $u_0 = 1,5\text{m/s}$  και βρίσκεται σε ύψος  $h=0,2\text{m}$  από τη βάση.  
 Η κίνησή της στη συνέχεια είναι οριζόντια βολή που περνά από τα σημεία που είναι κρεμασμένοι οι μεταλλικοί κρίκοι όπως φαίνεται στο σχήμα.  
 α. Να γράψετε τις εξισώσεις που περιγράφουν την οριζόντια και την κατακόρυφη κίνηση, β. Να βρείτε την εξίσωση της τροχιάς για την οριζόντια βολή.  
 γ. Να προσδιορίσετε το σημείο A υπολογίζοντας το  $x$  και  $y$  αντίστοιχα αν γνωρίζετε ότι κάθε κρίκος βρίσκεται στη θέση που θα περάσει η σφαίρα, σύμφωνα με τους θεωρητικούς υπολογισμούς, κάθε πέμπτο του συνολικού χρόνου, δηλ. το χρονικό διάστημα που περνά για να φτάσει η σφαίρα από έναν κρίκο στον επόμενο είναι πάντα το ίδιο και ίσο με το  $1/5$  του συνολικού χρόνου που διαρκεί η βολή.

### **Αποδείξεις για την περιστροφή της Γης**

Όλα τα σώματα που πέφτουν προς τη Γη από μεγάλο ύψος δεν πέφτουν κατακόρυφα κάτω από το σημείο ρίψης στην επιφάνεια της, αλλά λίγο ανατολικότερα. Η επίδραση του ανέμου έχει αποκλειστεί. Η μη κατακόρυφη πτώση ενός σώματος στην επιφάνεια της Γης, αποδεικνύει την περιστροφή της Γης από δυτικά προς τα ανατολικά.



Όπως γνωρίζουμε από τη φυσική, ο Φουκό απέδειξε με το εκκρεμές την περιστροφή της Γης. Οι αιωρήσεις ενός εκκρεμούς, εάν αποκλειστούν εξωτερικές δυνάμεις, γίνονται πάντοτε στο ίδιο επίπεδο. Το επίπεδο αιωρήσεων ενός εκκρεμούς φαίνεται να διαγράφει έναν πλήρη κύκλο στο επίπεδο του πόλου (J. Wagner 1979).



10

Εάν η Γη ήταν μια ακίνητη σφαίρα, τότε οι άνεμοι που πνέουν προς τον ισημερινό, θα έπρεπε να έφταναν σ' αυτόν πνέοντας κατά μήκος ενός μεσημβρινού. Δεν συμβαίνει όμως αυτό στην πραγματικότητα. Στο Β. ημισφαίριο αποκλίνουν προς τα δεξιά και στο Ν. ημισφαίριο προς τα αριστερά, εξαιτίας της περιστροφής που κάνει η Γη. Η απόκλιση των ανέμων είναι μια απόδειξη της περιστροφής της Γης (J. Wagner 1979)

## Το εκκρεμές του Φουκώ

Η παρούσα εργασία είναι μια προσπάθεια να επαναλάβουμε το πείραμα του Φουκώ και να επαληθεύσουμε τα ευρήματά του. Παρατηρώντας ένα εκκρεμές θα επιχειρήσουμε να επιβεβαιώσουμε την περιστροφή της Γης. Τέλος θα επιχειρήσουμε να υπολογίσουμε την γωνιακή ταχύτητα της Γης καθώς και το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής που βρίσκεται το εκκρεμές που χρησιμοποιήσαμε.

Την εποχή του Φουκώ η περιστροφή της Γης ήταν πλέον δεδομένη. Όμως, κανείς ακόμα δεν την είχε αποδείξει πειραματικά. Ο Φουκώ, γνωρίζοντας ότι το επίπεδο ταλάντωσης του εκκρεμούς δεν αλλάζει αν περιστραφεί το σημείο στήριξής του, σκέφτηκε ότι μπορεί να το χρησιμοποιήσει σαν σταθερό σημείο ή καλύτερα σαν σταθερό επίπεδο και ότι αν κατά την παρατήρηση ενός εκκρεμούς το επίπεδο ταλάντωσης του φαινόταν να αλλάζει, αυτό θα οφειλόταν στην περιστροφή του επιπέδου κάτω από το εκκρεμές και συνεπώς στην περιστροφή της Γης.

Σκοπός αυτής της εργασίας είναι να επαληθεύσουμε το πείραμα του Φουκώ. Χρησιμοποιώντας ένα μικρό εκκρεμές θα ελέγξουμε αν η αρχική υπόθεση του Φουκώ για το επίπεδο ταλάντωσης είναι σωστή. Χρησιμοποιώντας ένα μεγαλύτερο εκκρεμές, όπως έκανε και Φουκώ, θα επιχειρήσουμε να επιβεβαιώσουμε πειραματικά την περιστροφή της Γης. Με βάση το γεγονός ότι η Γη είναι σφαίρα και τα δεδομένα που συλλέξαμε χρησιμοποιώντας το εκκρεμές θα υπολογίσουμε την γωνιακή ταχύτητα της Γης καθώς και το γεωγραφικό πλάτος του σχολείου της Ελληνογερμανικής Αγωγής.

Προκειμένου να επαληθευτεί η κίνηση ενός επιπέδου πρέπει κανείς να επιλέξει ένα σημείο του επιπέδου και ένα σταθερό σημείο εκτός αυτού και να συγκρίνει την μεταξύ τους απόσταση κατά τακτά χρονικά διαστήματα. Αν η απόσταση αυτή μεταβάλλεται, δεδομένου ότι το σημείο εκτός του επιπέδου είναι σταθερό, τότε κινείται το επίπεδο.

Η περιστροφή της Γης μπορεί να αποδειχθεί χρησιμοποιώντας τον παραπάνω τρόπο. Ίδανικά, για να μπορέσει κανείς να δει την περιστροφή της Γης θα πρέπει να μην είναι πάνω σε αυτή. Δεδομένου όμως ότι εμείς είμαστε πάνω στη Γη πρέπει να χρησιμοποιήσουμε κάποιο έμμεσο τρόπο. Για να χρησιμοποιήσουμε την λογική που περιγράφηκε παραπάνω μένει να βρεθεί ένα σταθερό σημείο. Αν βρεθεί ένα τέτοιο

σημείο, συγκρίνοντας την θέση του με το επίπεδο από κάτω μπορούμε να αποδείξουμε την περιστροφή της Γης.

Ο Φουκώ, γνωρίζοντας ότι το επίπεδο ταλάντωσης του εκκρεμούς δεν αλλάζει αν περιστραφεί το σημείο στήριξής του, σκέφτηκε ότι μπορεί να το χρησιμοποιήσει σαν σταθερό σημείο ή καλύτερα σαν σταθερό επίπεδο και ότι αν κατά την παρατήρηση ενός εκκρεμούς το επίπεδο ταλάντωσης του φαινόταν να αλλάζει, αυτό θα οφειλόταν στην περιστροφή του επιπέδου κάτω από το εκκρεμές και συνεπώς στην περιστροφή της Γης.

Αν αυτή η υπόθεση είναι σωστή, τότε μπορεί να αποδείξει κανείς της περιστροφής της Γης γύρω από τον άξονα της. Επίσης, μετρώντας πόσο χρόνο χρειάζεται το επίπεδο για να περιστραφεί υπό ορισμένη γωνία και με χρήση των εξισώσεων για την κυκλική κίνηση μπορεί κανείς να υπολογίσει την γωνιακή ταχύτητα της Γης καθώς και το γεωγραφικό πλάτος του τόπου όπου διεξάγεται το πείραμα.

1

## Πειραματική διάταξη

Το πείραμα διεξήχθη χρησιμοποιώντας το εκκρεμές στο σχολείο της Ελληνογερμανικής Αγωγής (Εικ 1). Η σφαίρα του εκκρεμούς ζυγίζει 61 κιλά και το συρματοσχοίνο έχει μήκος 7,8 μέτρα. Ο συνολικός αριθμός των πείρων στην βάση κάτω από το εκκρεμές είναι 87. Το εκκρεμές είναι εξοπλισμένο με ένα ηλεκτρομαγνήτη που έχει τοποθετηθεί από κάτω του στο κέντρο του δίσκου, προκειμένου να μπορεί να ταλαντώνεται αδιάκοπα. Επίσης, χρησιμοποιήθηκε ένα μικρότερο εκκρεμές (Εικ 2.) για να ελέγξουμε αν η αρχική υπόθεση του Φουκώ για το επίπεδο ταλάντωσης είναι σωστή.



**Εικ 1.** Το εκκρεμές του Φουκώ στην Ελληνογερμανική Αγωγή.



**Εικ 2.** Το μικρό εκκρεμές που χρησιμοποιήθηκε για τον έλεγχο σχετικά με την επίδραση της περιστροφής το σημείου εξάρτησης στο επίπεδο ταλάντωσης του εκκρεμούς.

## Διεξαγωγή του πειράματος

Χρησιμοποιώντας το εκκρεμές της εικόνας 2, επιβεβαιώσαμε ότι η αρχική υπόθεση του Φουκώ είναι σωστή. Κάτω από το εκκρεμές υπάρχει ένας δίσκος με άμμο ο οποίος επιτρέπει την ευκολότερη παρατήρηση της τροχιάς του εκκρεμούς. Αφού θέσαμε το σημείο στήριξης του εκκρεμούς σε κίνηση (και μαζί με αυτό και τον δίσκο με την άμμο) παρατηρήσαμε ότι πραγματικά το επίπεδο ταλάντωσης του εκκρεμούς δεν άλλαξε.

Το εκκρεμές του Φουκώ της Ελληνογερμανικής Αγωγής ταλαντώνεται αδιάκοπα λόγω του ηλεκτρομαγνήτη που διαθέτει. Ο ηλεκτρομαγνήτης δεν επηρεάζει την ταλάντωση του εκκρεμούς ούτε αλλάζει το επίπεδο ταλάντωσης του. Χρησιμοποιείτε μόνο για να αντισταθμίσει την απώλεια ενέργειας του εκκρεμούς λόγω της αντίστασης του αέρα. Σε μια ώρα παρατήρησης το εκκρεμές είχε ρίξει δυο από τους πείρους του δίσκου μαρτυρώντας έτσι την σχετική κίνηση των δυο. Χρησιμοποιώντας ένα χρονόμετρο μετρήσαμε την περίοδο του εκκρεμούς και πόσο χρόνο χρειάζεται το επίπεδο για να διαγράψει διάφορες γωνίες.

## Συμπεράσματα

Το γεγονός ότι η Γη περιστρέφεται γύρω από τον άξονά της είναι γνωστό εδώ και αιώνες. Την εποχή του Φουκώ όμως δεν είχε αποδειχθεί πειραματικά ακόμα. Σε αυτήν την εργασία επαναλάβαμε το πείραμα του Φουκώ με το οποίο απέδειξε πειραματικά την περιστροφή της Γης.

Με βάση τις παρατηρήσεις και τις μετρήσεις μας μπορούμε εύκολα να πιστοποιήσουμε ότι το πείραμα του Φουκώ ήταν επιτυχές και ακριβές. Με βάση αυτό, όπως ο Φουκώ, έτσι και εμείς παρατηρήσαμε την περιστροφή της Γης. Προκειμένου να κάνουμε τους υπολογισμούς μας, θεωρήσαμε ότι η Γη είναι σφαιρική και χρησιμοποιώντας τις αντίστοιχες εξισώσεις υπολογίσαμε με επιτυχία την γωνιακή ταχύτητα της Γης καθώς και το γεωγραφικό πλάτος του σχολείου της Ελληνογερμανικής Αγωγής.

### Πηγές

[1] [www.physics4u.gr](http://www.physics4u.gr)

[2] [http://www.sciencenetlinks.com/lessons\\_printable.php?DocID=180](http://www.sciencenetlinks.com/lessons_printable.php?DocID=180)

[3] <http://www.calacademy.org/products/pendulum/>

[4] <http://itotd.com/articles/362/foucaults-pendulum/>

[5] <http://www.cmnh.org/site/AtTheMuseum/OnExhibit/PermanentExhibits/Foucault.aspx>

6. [http://www.osrportal.eu/files/uploads/objects/Report\\_Example\\_GR\\_Foucault.pdf](http://www.osrportal.eu/files/uploads/objects/Report_Example_GR_Foucault.pdf)

7. <http://users.sch.gr/kassetas/education.htm>

8. <https://physicsandroid.wordpress.com>

9. [https://el.wikipedia.org/wiki/Γαλιλαίος\\_Γαλιλέι](https://el.wikipedia.org/wiki/Γαλιλαίος_Γαλιλέι)