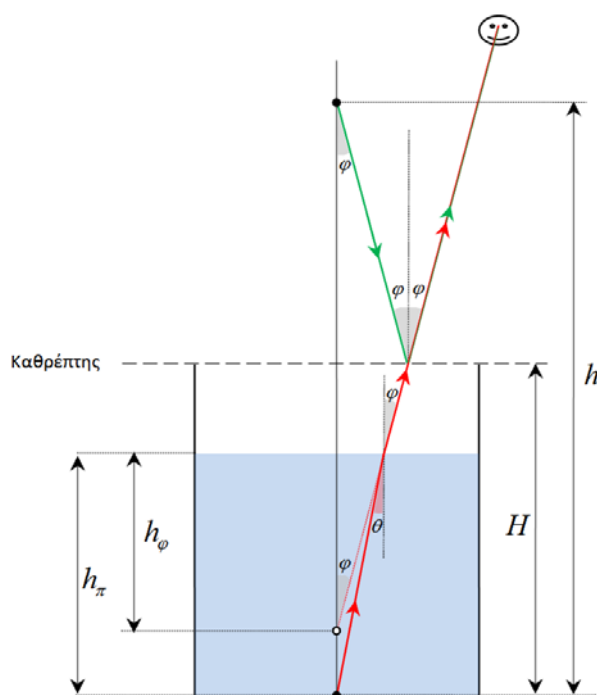


ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟΣ ΔΙΑΓΩΝΙΣΜΟΣ ΒΟΡΕΙΑΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

ΦΥΣΙΚΗ



25 Ιανουαρίου 2020

ΛΥΚΕΙΟ:

ΟΜΑΔΑ ΜΑΘΗΤΩΝ: 1.

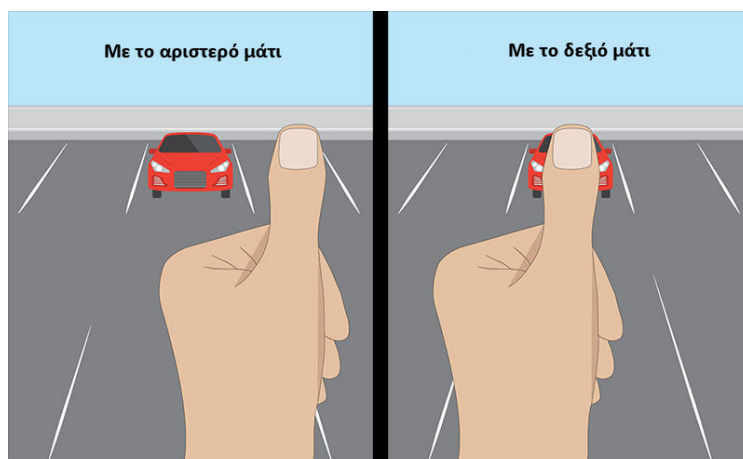
2.

3.

ΜΟΝΑΔΕΣ:

Παράλλαξη

Κάντε με το χέρι σας το σήμα «like / thumbs up» (👍 : η παλάμη κλειστή και ο αντίχειρας τεντωμένος επάνω). Τεντώστε το χέρι σας όσο πιο μακριά πάει και φέρτε τον τεντωμένο αντίχειρα κατευθείαν μπροστά από το πρόσωπό σας. Κλείστε το δεξιό μάτι σας και κοιτάξτε τον αντίχειρα με το αριστερό, και μετά κλείστε το αριστερό μάτι και κοιτάξτε τον αντίχειρά σας με το δεξιό. Αλλάζοντας μάτι παρατήρησης θα διαπιστώσετε πως ο αντίχειράς σας φαίνεται να μετακινείται πλάγια σε σχέση με τα μακρινά ακίνητα αντικείμενα του υποβάθρου.



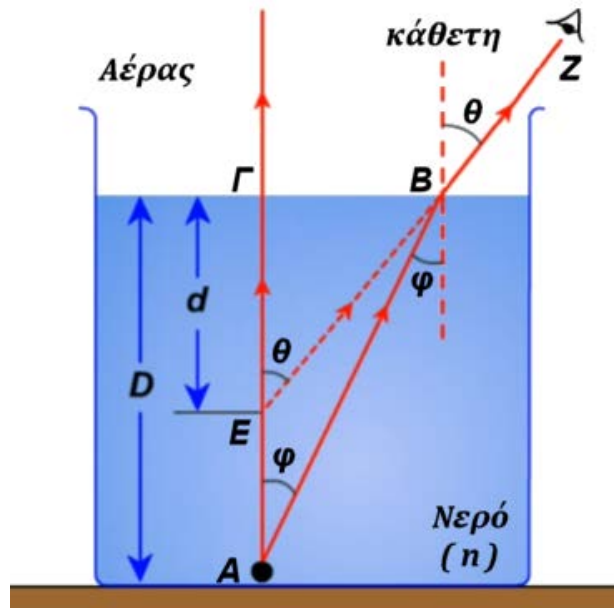
Αυτή η φαινομενική μετατόπιση της θέσης του αντίχειρά σας, σε σχέση με κάποιο απομακρυσμένο ακίνητο αντικείμενο, που οφείλεται στην αλλαγή της θέσης παρατήρησής του ονομάζεται παράλλαξη. Το φαινόμενο είναι γενικό, και εμφανίζεται είτε παρατηρούμε εναλλάσσοντας μάτι παρατήρησης πως προβάλλεται στο υπόβαθρο ο τεντωμένος αντίχειράς μας (ή οποιοδήποτε άλλο κοντινό μας αντικείμενο), είτε παρατηρούμε με ένα τηλεσκόπιο πως προβάλλεται ένα αστέρι στην ουράνια σφαίρα.

Αν επαναλάβετε την παρατήρηση πλησιάζοντας τον αντίχειρα προς το πρόσωπο σας, θα παρατηρήσετε ότι η μετατόπιση στη φαινόμενη θέση του αντίχειρα αυξάνεται καθώς η απόσταση μεταξύ του αντίχειρα και των ματιών σας μειώνεται.

Ένα από τα συνηθέστερα σφάλματα μέτρησης είναι το σφάλμα λόγω παράλλαξης, που εμφανίζεται όταν παρατηρούμε την κλίμακα ενός οργάνου υπό γωνία. Άλλοτε όμως η παράλλαξη γίνεται σημαντικό επιστημονικό εργαλείο: για παράδειγμα οι αστρονόμοι από τα μέσα του 19^{ου} αιώνα μέσω της παράλλαξης υπολογίζουν τις αποστάσεις από τον Ήλιο των κοντινότερων αστερών. Εμείς σήμερα εδώ θα χρησιμοποιήσουμε αφενός την παράλλαξη, και αφετέρου τη φαινόμενη ανύψωση λόγω διάθλασης για τον υπολογισμό του δείκτη διάθλασης ενός υγρού.

Διάθλαση και φαινόμενη ανύψωση

Διάθλαση είναι το φαινόμενο κατά το οποίο, όταν φωτεινή ακτίνα περνάει τη διαχωριστική επιφάνεια δύο διαφανών υλικών, εκτρέπεται από την ευθύγραμμη πορεία της. Η διάθλαση οφείλεται στη διαφορετική ταχύτητα διάδοσης του φωτός στα δύο διαφανή υλικά (οπτικά μέσα).



Μαθηματικά το φαινόμενο της διάθλασης περιγράφεται από το νόμο του Snell, ο οποίος στην περίπτωση που το φως μεταβαίνει από κάποιο διαφανές υλικό (π.χ. νερό) στον αέρα έχει τη μορφή:

$$n\mu\theta = n \cdot n\mu\varphi \quad (1)$$

όπου:

- φ είναι η γωνία πρόσπτωσης, δηλ. η γωνία που σχηματίζει η προσπίπτουσα ακτίνα (AB) με την κάθετη στη διαχωριστική επιφάνεια των δύο οπτικών μέσων,
- θ είναι η γωνία διάθλασης, δηλ. η γωνία που σχηματίζει η διαθλώμενη ακτίνα (BZ) με την κάθετη στη διαχωριστική επιφάνεια,
- n είναι ο δείκτης διάθλασης του οπτικού μέσου (νερό στην περίπτωση μας), που για φως συγκεκριμένου χρώματος μας δείχνει πόσο διαφέρει η ταχύτητα διάδοσής του στο διαφανές μέσο από την ταχύτητα του φωτός στο κενό (ή τον αέρα).

Παράπλευρο αποτέλεσμα της διάθλασης είναι και η φαινομενική ανύψωση: Οι ακτίνες που, ξεκινώντας από το σημείο A, βγαίνουν από το νερό στον αέρα, όταν φτάνουν στο μάτι του παρατηρητή δίνουν την εντύπωση πως το σημείο αυτό βρίσκεται στο E, ψηλότερα από την πραγματική του θέση¹. Αν παρατηρούμε σχεδόν κάθετα στη διαχωριστική επιφάνεια υγρού-αέρα, τότε τόσο η γωνία πρόσπτωσης, όσο και η γωνία διάθλασης είναι πολύ μικρές και μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε την προσέγγιση μικρών γωνιών: $n\mu\hat{\alpha} \approx \varepsilon\varphi\hat{\alpha} \approx \hat{\alpha}$, οπότε η σχέση (1) γράφεται:

$$(1) \Rightarrow \varepsilon\varphi\theta = n \cdot \varepsilon\varphi\varphi \Rightarrow \frac{\Gamma B}{\Gamma E} = n \frac{\Gamma B}{\Gamma \Delta} \Rightarrow \Gamma \Delta = n \cdot \Gamma E$$

¹ Ακριβέστερα, η φαινόμενη θέση δεν βρίσκεται ακριβώς πάνω στην ίδια κατακόρυφο με το A, αλλά η οριζόντια μετατόπιση γίνεται αμελητέα όταν η παρατήρηση γίνεται από σημείο πολύ κοντά στην κατακόρυφο και δεν επηρεάζει τα αποτελέσματά μας.

Τότε το πραγματικό βάθος D της ακίδας A1 από την επιφάνεια του νερού είναι:

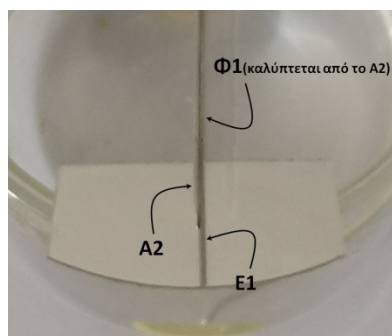
$$D = y - a \quad \text{ή} \quad D = (y - 0,9) \text{ cm} \quad (3)$$

Πάνω από τον καθρέφτη και προσαρμοσμένο στον μεταλλικό ορθοστάτη μπορεί να μετακινείται κατακόρυφα ένα μανταλάκι, το οποίο φέρει στο ένα σκέλος του στερεωμένη μια δεύτερη όμοια μεταλλική ακίδα (A2 στο σχήμα). Στο σχήμα της διάταξης με H έχουμε συμβολίσει την απόσταση της δεύτερης ακίδας από τη μεταλλική βάση στήριξης.

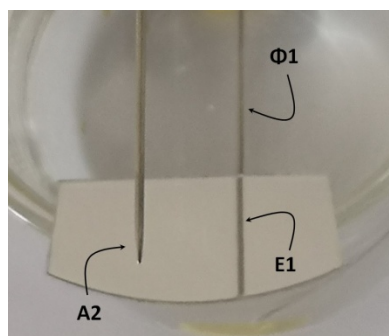
Κοιτάζοντας τη διάταξη από πάνω από το μανταλάκι βλέπουμε:

- Την ακίδα που βρίσκεται μέσα στο ποτήρι λίγο πιο πάνω από την πραγματική της θέση λόγω της φαινόμενης ανύψωσης (αντικείμενο $\Phi 1$ στο σχήμα).
- Το είδωλο από τον καθρέφτη της ακίδας A2 που είναι προσαρμοσμένη στο μανταλάκι (αντικείμενο E1 στο σχήμα).

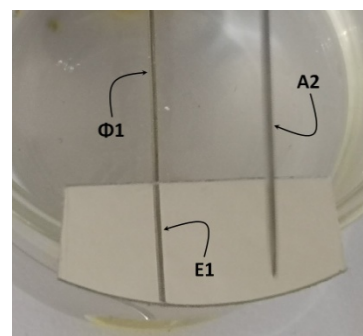
!!! Δείτε τα σχετικά αντικείμενα στις φωτ. 4 ή φωτ. 5 και εντοπίστε τα στην πειραματική διάταξη.



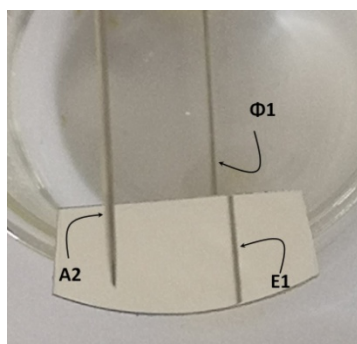
φωτ. 1



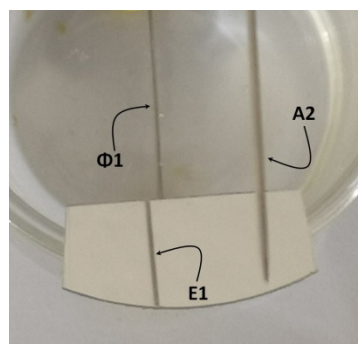
φωτ.2



φωτ.3



φωτ. 4



φωτ. 5

Στο σχήμα της διάταξης (στην προηγούμενη σελίδα) τα $\Phi 1$ και E1 φαίνονται στην ίδια κατακόρυφη απόσταση από τον παρατηρητή, και συνεπώς έχουν την ίδια ακριβώς παράλλαξη, οπότε για κάθε μικρή γωνία παρατήρησης τα βλέπουμε να ταυτίζονται (δηλ. εξακολουθούν να φαίνονται πάνω στην ίδια ευθεία γραμμή) (φωτ. 2, φωτ. 3). Αυτό όμως ισχύει μόνο για συγκεκριμένη κατακόρυφη θέση της ακίδας A2, **τέτοια ώστε η απόσταση, A2 – καθρέπτης, να είναι ίση με την απόσταση, καθρέπτης – $\Phi 1$** . Εύκολα μπορούμε να διαπιστώσουμε πως, αν δεν ισχύει η παραπάνω σχέση αλλάζοντας την γωνία παρατήρησης αλλάζει και η σχετική θέση των $\Phi 1$, E1 (φωτ.4, φωτ. 5)

Στη θέση της A2 για την οποία ισχύει η παραπάνω ισότητα το βάθος d από την επιφάνεια του νερού στο οποίο λόγω φαινόμενης ανύψωσης φαίνεται η ακίδα A1, με βάση τις σχέσεις:

$$d = x - z, \quad x = H - h \quad \text{και} \quad z = h - y$$

υπολογίζεται ως:

$$d = H - 2h + y \quad (4)$$

Πειραματική διαδικασία

1. Με το ποτήρι πάνω στη μεταλλική βάση μετράμε την απόσταση από τη μεταλλική βάση, μέχρι την κορυφή του πλαστικού καθρέφτη που είναι στερεωμένος στο χείλος του ποτηριού (μέγεθος h στο σχήμα). Είναι:

$$h = \dots\dots\dots \text{cm}$$

2. Στο πλαστικό ποτήρι ρίχνουμε νερό μέχρι ύψους περίπου 6 – 6,5 cm και το τοποθετούμε πάνω στη μεταλλική βάση. Μετράμε το ύψος y του νερού στο ποτήρι και σημειώνουμε την τιμή στο σχετικό κελί του Πίνακα 1 (τον οποίο θα βρείτε στην επόμενη σελίδα).

3. Στη συνέχεια περιστρέφοντας το μανταλάκι ή και το ποτήρι παραλληλίζουμε την ακίδα A2 με την ακίδα A1. Στη θέση παραλληλίας κοιτάζοντας κατακόρυφα προς τα κάτω και με το μάτι μας πάνω από το μανταλάκι, **θα πρέπει οι ακίδες A2, Φ1 και το είδωλο E1 να φαίνονται σε μια ευθεία γραμμή (φωτ. 1)**

4. Με μικρά και προσεκτικά βήματα (πάντα προσέχοντας την παραλληλία A1, A2) μετακινούμε κατακόρυφα το μανταλάκι μέχρι να πετύχουμε τη θέση όπου τα E1 και Φ1 ταυτίζονται για κάθε μικρή γωνία παρατήρησης. Κοιτάζουμε τη διάταξη από πάνω προς τα κάτω με το ένα μάτι μας (δηλ. έχοντας το άλλο κλειστό). Αλλάζουμε θέση παρατήρησης τότε λίγο δεξιά και τότε λίγο αριστερά από την ακίδα A2. Όταν κατά την αλλαγή της θέσης παρατήρησης δεν αλλάζει η σχετική θέση των E1 και Φ1 (δηλ. εξακολουθούν να φαίνονται πάνω στην ίδια ευθεία γραμμή) έχουμε βρει τη θέση όπου Φ1 και E1 βρίσκονται στην ίδια κατακόρυφη απόσταση από το μάτι μας. Στη θέση αυτή μετράμε την απόσταση H της ακίδας A2 από τη μεταλλική βάση στήριξης της διάταξης, και σημειώνουμε την τιμή στο σχετικό κελί του Πίνακα 1.

Σε αυτή ή σε κάποια από τις επόμενες σειρές μετρήσεων καλέστε τον επιβλέποντα καθηγητή για έλεγχο.

5. Προσθέτουμε στο ποτήρι ποσότητα νερού ώστε να ανέβει η στάθμη του κατά περίπου 2 cm και επαναλαμβάνουμε το βήμα (4).

!!! Προσοχή !!! Απαιτούνται πολύ μικρές (της τάξης των λίγων χιλιοστών), πολύ προσεκτικές μετακινήσεις της ακίδας A2 προς τα κάτω, μέχρι να πετύχουμε και πάλι τη θέση όπου για μικρές γωνίες παρατήρησης τα E1 και Φ1 ταυτίζονται (φαίνονται πάνω στην ίδια ευθεία).

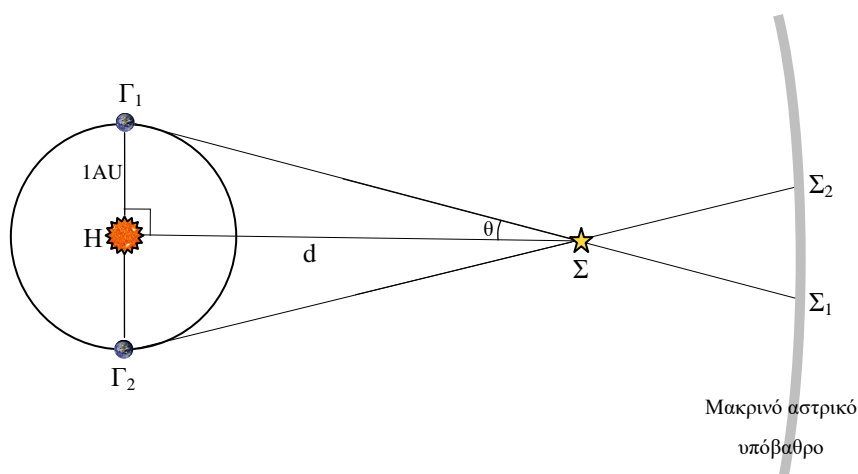
6. Επαναλαμβάνουμε το βήμα (5) ακόμη τρεις φορές ανεβάζοντας τη στάθμη

Αστρική παράλλαξη

Όπως αναφέρθηκε και στην εισαγωγή το φαινόμενο της παράλλαξης μπορεί να αξιοποιηθεί για την μέτρηση της απόστασης κοντινών σε μας αστέρων. Λόγω της περιστροφής της γης γύρω από τον ήλιο η προβολή ενός παρατηρούμενου κοντινού αστέρα ανάμεσα στα άστρα του μακρινού υποβάθρου κατά τη διάρκεια του έτους, φαίνεται να μετακινείται πραγματοποιώντας μια ελλειπτική εν γένει τροχιά (ή ευθύγραμμη στην περίπτωση όπου το παρατηρούμενο αστέρι βρίσκεται πάνω στο επίπεδο της εκλειπτικής), που ονομάζεται *παραλλακτική τροχιά*.

Οι παραλλακτικές τροχιές των αστέρων είναι απόδειξη της περιφοράς της γης γύρω από τον ήλιο. Επειδή όμως η παράλλαξη ακόμα και των πιο κοντινών αστέρων είναι πολύ μικρή, δεν μπόρεσε να παρατηρηθεί μέχρι το 1836, οπότε ο γερμανός αστρονόμος, **Friedrich Wilhelm Bessel** κατάφερε να την μετρήσει για το άστρο 61 του αστερισμού του Κύκνου. Η αδυναμία παρατήρησης της παράλλαξης των αστέρων λειτούργησε παλαιότερα ως επιχείρημα των πολέμιων της ηλιοκεντρικής θεωρίας.

Στο σχήμα φαίνεται (όχι σε κλίμακα) η τροχιά της γης γύρω από τον ήλιο και οι ευθείες παρατήρησης από τις θέσεις Γ_1 , Γ_2 του άστρου Σ που απέχει από τον ήλιο απόσταση d . Η γη περνά από τις θέσεις αυτές με διαφορά 6 μηνών. Κατά την διάρκεια αυτών των έξι μηνών η φαινόμενη θέση του άστρου όπως προβάλλεται στο μακρινό αστρικό υπόβαθρο κινείται από τη θέση Σ_1 στη θέση Σ_2 .



Η γωνία $\text{H}\hat{\Sigma}\Gamma_1 = \theta$ ονομάζεται γωνία παράλλαξης του αστέρα και είναι μικρότερη από ένα δευτέρο λεπτό της μοίρας ($1^\circ = 3600''$). Επειδή η γωνία παράλλαξης είναι πολύ μικρή ισχύει:

$$\frac{\text{H}\Gamma_1}{d} = \varepsilon\theta \cong \theta \text{ (μετρημένη σε rad)}$$

Η μέση απόσταση γης – ήλιου (ΗΓ) χρησιμοποιείται ως μονάδα μέτρησης αποστάσεων στο ηλιακό σύστημα και ονομάζεται *αστρονομική μονάδα (AU)*. Ισχύει:

$$1 \text{ AU} = 149,6 \cdot 10^6 \text{ km}$$

Η γωνία παράλλαξης μπορεί να μετρηθεί, μετρώντας την γωνία που σχηματίζουν οι ευθείες παρατήρησης του αστέρα από τις θέσεις Γ_1 , Γ_2 και διαιρώντας με το 2. Έτσι μπορεί να υπολογιστεί η απόσταση του αστέρα από τη σχέση,

$$d = \frac{1 \text{ AU}}{\theta} \text{ , όπου } \theta \text{ η γωνία παράλλαξης σε ακτίνια (rad)}$$

Σημειώνεται ότι η μέθοδος αυτή δεν μπορεί να εφαρμοστεί για τη μέτρηση αποστάσεων πολύ μακρινών αστερών, γιατί η παράλλαξη είναι τόσο μικρή που είναι πολύ δύσκολο να μετρηθεί.

Μέσω της παράλλαξης ορίζεται στην αστρονομία μια βολική μονάδα μέτρησης αποστάσεων. Είναι η απόσταση στην οποία η παράλλαξη ισούται με ένα δευτερο λεπτό της μοίρας ($1''$). Η μονάδα αυτή ονομάζεται *parsec* από τη σύντμηση των λέξεων **parallax second**.

Για τον **Σείριο**, το φωτεινότερο αστέρι στον νυχτερινό ουρανό, μετρήθηκε παράλλαξη $0,38''$.

Υπολογίστε την απόσταση d του Σείριου από τον ήλιο σε parsec, χιλιόμετρα, αστρονομικές μονάδες και έτη φωτός.

Δίνεται η ταχύτητα του φωτός στο κενό: $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m / s}$

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Καλή επιτυχία!!!

