

## Δραστηριότητα A3 - Φυσική

### Ιξώδες και δείκτης διάθλασης ελαιόλαδου

---

Πολλές από τις φυσικές ιδιότητες του ελαιόλαδου ήταν γνωστές στους αρχαίους Έλληνες και τις χρησιμοποιούσαν για να ελέγχουν την ποιότητά του: ο Αριστοτέλης περιέγραψε τον τρόπο καλλιέργειας του ελαιόδεντρου και ο Ιπποκράτης χρησιμοποίησε το ελαιόλαδο ως συστατικό των φαρμακευτικών παρασκευασμάτων. Το ελαιόλαδο είναι ένα υγρό με εξαιρετικά πολύπλοκη σύνθεση. Παρόλα αυτά, μπορούμε να προσδιορίσουμε αρκετά φυσικά χαρακτηριστικά του ελαιόλαδου και να τα συγκρίνουμε με τα αντίστοιχα χαρακτηριστικά άλλων υγρών.

Κατά την διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας του θέματος A3, πρόκειται να μετρήσουμε τις τιμές δύο φυσικών ιδιοτήτων του ελαιόλαδου: (α) του συντελεστή ιξώδους και (β) το δείκτη διάθλασης.

#### Δραστηριότητα A3.1 – Μέτρηση του συντελεστή ιξώδους

Οι αρχαίοι Έλληνες συνήθιζαν να καλύπτουν το σώμα τους με ελαιόλαδο! Το έκαναν αυτό επειδή πίστευαν ότι το ελαιόλαδο ήταν πηγή δύναμης καθώς και ότι μείωνε την τριβή κατά τη διάρκεια της πάλης. Η τελευταία επιλογή εξηγείται στις μέρες μας επιστημονικά μέσω της μελέτης μιας ιδιότητας των υγρών που, ονομάζεται “ιξώδες”.

Σ’ αυτό το τμήμα του θέματος θα μετρήσουμε τον συντελεστή ιξώδους του ελαιόλαδου.

# Θεωρητικό πλαίσιο – Σχεδιάζοντας την πειραματική διαδικασία

## Κίνηση μικρής σφαίρας στο εσωτερικό κατακόρυφου σωλήνα γεμάτου με υγρό:

Μια μικρή πλαστική σφαίρα κινείται κατά μήκος του άξονα συμμετρίας του κατακόρυφου κυλινδρικού σωλήνα που περιέχει υγρό (εικόνα 1). Σύμφωνα με τον 2<sup>ο</sup> νόμο του Νεύτωνα, μπορούμε να γράψουμε:

$$ma = F_g - F_b - F_v \quad (1)$$

Όπου  $m$  είναι η μάζα της σφαίρας και  $a$  επιτάχυνσή της.

Οι παρακάτω δυνάμεις ασκούνται στη σφαίρα:

a) Η βαρυτική δύναμη  $F_g$ :

$$F_g = mg = \rho_s Vg \quad (2)$$

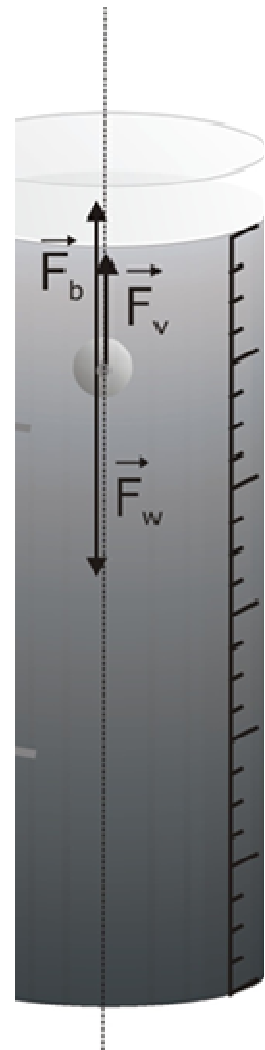
Όπου  $\rho_s$  είναι η πυκνότητα της σφαίρας και  $V$  ο όγκος της. Υποθέστε  $g = 9,81 \text{ ms}^{-2}$ . Αν η ακτίνα της σφαίρας συμβολίζεται με  $r$ , τότε ο όγκος της δίνεται από τη σχέση:  $V = \frac{4}{3}\pi r^3$

b) Η δύναμη της άνωσης  $F_b$ . Σύμφωνα με την αρχή του Αρχιμήδη, η διεύθυνση αυτής της δύναμης είναι κατακόρυφη προς τα πάνω και το μέτρο της ίσο με:

$$F_b = \rho_L gV \quad (3)$$

όπου  $\rho_L$  είναι η πυκνότητα του υγρού.

c) Η δύναμη τριβής  $F_v$ . Αυτή η δύναμη προκαλείται από την κίνηση της σφαίρας μέσα στο υγρό και η κατεύθυνσή της είναι αντίθετη της ταχύτητας της σφαίρας. Δεδομένου ότι η ταχύτητα της σφαίρας είναι



Εικόνα 1

μικρή (όπως στην περίπτωση μας), τότε το μέτρο  $F_v$  της δύναμης τριβής είναι ανάλογο της ταχύτητας  $v$  της σφαίρας και δίνεται από το νόμο του Stoke για ένα σφαιρικό σώμα ακτίνας  $r$ :

$$F_v = 6\pi r\eta v \quad (4)$$

(Σημείωση: Υποθέτουμε ότι η απόσταση της σφαίρας και των τοιχωμάτων του κυλινδρικού δοχείου είναι μεγάλη σε σύγκριση με την ακτίνα της σφαίρας. Έτσι, στους υπολογισμούς μας δεν λαμβάνουμε υπ' όψιν την επίδραση των τοιχωμάτων του δοχείου).

Ο συντελεστής  $\eta$  ονομάζεται **συντελεστής ιξώδους του υγρού** και εξαρτάται από το είδος του υγρού και την θερμοκρασία του. Οι μονάδες μέτρησης στο SI είναι  $1 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ . Σ' αυτό το πείραμα πρόκειται να υπολογίσουμε το συντελεστή ιξώδους μελετώντας την κίνηση μερικών πλαστικών σφαιρών κατά μήκος του άξονα του κυλινδρικού δοχείου που περιέχει το υγρό.

Η σφαίρα αποκτάει την οριακή της ταχύτητα σχεδόν αμέσως. Το μέτρο αυτής της ταχύτητας δίνεται από τη σχέση:

$$v = \frac{2}{9} \frac{gr^2(\rho_s - \rho_L)}{\eta} \quad (5)$$

Αποδείξτε την πιο πάνω σχέση στο φύλλο απαντήσεων.

Στην εξίσωση (5), οι ποσότητες  $\rho_L$ ,  $r$ ,  $\rho_s$  και  $v$  μπορούν να μετρηθούν πειραματικά ή να υπολογισθούν. Η τιμή του  $g$  είναι:  $g=9,81 \text{ m/s}^2$ . Ο μόνος άγνωστος παράγοντας είναι ο συντελεστής ιξώδους  $\eta$ .

Στην πειραματική διαδικασία A3.1, θα χρησιμοποιήσουμε την εξίσωση 5 για να προσδιορίσουμε πειραματικά τον συντελεστή ιξώδους του ελαιόλαδου.

## Εξοπλισμός και υλικά

1. Πανομοιότυπες πλαστικές σφαίρες (~20), μέσα σε κυλινδρικό πλαστικό κουτί
2. Βερνιέρος (Διαστημόμετρο)[x1]
3. Ηλεκτρονικός ζυγός, με ακρίβεια 0,1 g [x1]

4. Ογκομετρικός κύλινδρος 250 mL [x1]
5. Ηλεκτρονικό χρονόμετρο[x1]
6. Σύριγγα 20 mL [x1]
7. Νήμα στάθμης [x1]
8. Φελλός που εφαρμόζει στον ογκομετρικό κύλινδρο, με σωλήνα εσωτερικής διαμέτρου 8 mm [x1]
9. Ελαιόλαδο (περίπου 0,3 L)
10. Μαρκαδόρος [x1]
11. Χαρτί κουζίνας [1 ρολό]
12. Υπολογιστής τσέπης
13. Χάρακας 30cm

## Πειραματική διαδικασία

[Όλες οι μετρήσεις και υπολογισμοί πρέπει να φαίνονται στο τμήμα A3.1 του φύλλου απαντήσεων]

**A3.1a** Μετρήστε την ακτίνα  $r$  μιας πλαστικής σφαίρας. Προσδιορίστε τη μάζα της πλαστικής σφαίρας. Υπολογίστε την πυκνότητα  $\rho_s$  των πλαστικών σφαιρών. Χρησιμοποιώντας την σύριγγα και την ζυγαριά, προσδιορίστε την πυκνότητα ( $\rho_{oil}$ ) του ελαιόλαδου.

Εκφράστε τις τιμές των μεγεθών που υπολογίσατε με τον σωστό αριθμό σημαντικών ψηφίων.

**A3.1b** Χρησιμοποιήστε τον μαρκαδόρο για να σημειώσετε πάνω στον ογκομετρικό κύλινδρο δύο οριζόντιες γραμμές, σε απόσταση 10 cm η μία από την άλλη. Φροντίστε η πάνω γραμμή να είναι περίπου 6 – 7 cm κάτω από την ελεύθερη επιφάνεια του υγρού. (βλέπε εικόνα 1). Χρησιμοποιήστε νήμα στάθμης για να ελέγξετε αν ο κύλινδρος είναι κατακόρυφος. Τοποθετήστε τον φελλό με το σωληνάκι στο στόμιο του κυλίνδρου. Αφήστε προσεκτικά μία σφαίρα διαμέσου του σωλήνα, έτσι ώστε να κινηθεί κατά μήκος του άξονα συμμετρίας

του κυλίνδρου.

Χρησιμοποιώντας το χρονόμετρο, μετρήστε το χρονικό διάστημα που διανύει την απόσταση  $s$  ( $s=10\text{ cm}$ ) μεταξύ των δύο οριζόντιων γραμμών που έχετε χαραξει στον κύλινδρο. Επαναλάβετε την ίδια διαδικασία για πέντε σφαίρες συνολικά. Καταγράψτε τις απαντήσεις σας στον πίνακα Β του φύλλου απαντήσεων. Υπολογίστε τη μέση τιμή αυτού του χρονικού διαστήματος ( $\overline{t_{oil}}$ ) και μετά την τιμή της οριακής ταχύτητας μέσα στο ελαιόλαδο.

Χρησιμοποιώντας τη σχέση (5), υπολογίστε την τιμή του συντελεστή ιξώδους του ελαιόλαδου.

## Δραστηριότητα A3 - Φυσική – Απαντητικό φύλλο Ιξώδες και δείκτης διάθλασης του ελαιόλαδου

---

Δραστηριότητα A3.1 – Μέτρηση του συντελεστή ιξώδους του ελαιόλαδου  
[Χρησιμοποιήστε τον σωστό αριθμό σημαντικών ψηφίων στις μετρήσεις και στους υπολογισμούς σας]

Απόδειξη της σχέσης (5):

---

---

---

---

---

---

---

Σύνολο: 2 μονάδες

**A3.1a** Μετρήσεις της ακτίνας  $r$  των πλαστικών σφαιρών. Προσδιορίστε τις μάζες τους. Πειραματικός προσδιορισμός της πυκνότητας  $\rho_s$  των σφαιρών.  
Πειραματικός προσδιορισμός της πυκνότητας ( $\rho_{ol}$ ) του ελαιόλαδου.

Υπολογισμοί:

---

---

---

---

---

---

---

$r =$  \_\_\_\_\_

$m =$  \_\_\_\_\_

$\rho_s =$  \_\_\_\_\_

$\rho_{ol} =$  \_\_\_\_\_

Σύνολο: 6 μονάδες

**A3.1b** Υπολογισμός του συντελεστή ιξώδους του ελαιόλαδου: Ακολουθήστε τις οδηγίες του βήματος A3.1b του φύλλου εργασίας και συμπληρώστε τον πίνακα Β:

Πίνακας Β Ελαιόλαδο (S=10,0cm)							
Χρονικό διάστημα t (s)					μέσο- χρονικό διάστημα (s)	υ (cm/s)	Συντελεστής ιξώδους (Pa.s)

Σύνολο: 5 μονάδες