

Εργαστηριακή άσκηση
ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΟΥ ΙΞΩΔΟΥΣ ΤΟΥ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟΥ
 (Ευρωπαϊκή Ολυμπιάδα Επιστημών – EUSO 2014 (τροποποιημένη))

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 πρόκειται να μετρήσουμε τις τιμές μιας φυσικής ιδιότητας του ελαιόλαδου: του συντελεστή ιξώδους.

ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΓΝΩΣΕΙΣ

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.

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^ο νόμο του Νεύτωνα, μπορούμε να γράψουμε:

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

Όπου m είναι η μάζα της σφαίρας και a η επιτάχυνσή της. Οι παρακάτω δυνάμεις ασκούνται στη σφαίρα:

α) Η βαρυντική δύναμη F_g : $F_g = mg = \rho_s V g$

Όπου ρ_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: $V = \frac{4}{3}\pi r^3$ (2)

β) 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: $F_b = \rho_L g V$ (3)

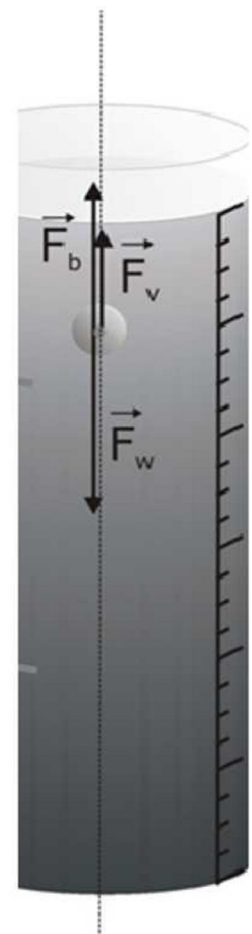
όπου ρ_L είναι η πυκνότητα του υγρού.

γ) 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 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 :

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

(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 η ονομάζεται **συντελεστής ιξώδους του υγρού** και



Εικόνα 1

εξαρτάται από το είδος του υγρού και την θερμοκρασία του. Οι μονάδες μέτρησης στο SI είναι $Pa \cdot s$. 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 ρ_L , r , ρ_S και v μπορούν να μετρηθούν πειραματικά ή να υπολογισθούν. Η τιμή του g είναι: $g = 9,81m/s^2$. Ο μόνος άγνωστος παράγοντας είναι ο συντελεστής ιξώδους η .

Στην πειραματική διαδικασία θα χρησιμοποιήσουμε την εξίσωση (5) για να προσδιορίσουμε πειραματικά τον συντελεστή ιξώδους του ελαιόλαδου.

ΟΡΓΑΝΑ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ

1. Πανομοιότυπες πλαστικές σφαίρες (~10), μέσα σε ποτήρι
2. Βερνιέρος (Διαστημόμετρο)
3. Ηλεκτρονικός ζυγός, με ακρίβεια 0,1 g
4. Ογκομετρικός κύλινδρος 100 mL
5. Ογκομετρικός κύλινδρος 10 mL
6. Ηλεκτρονικό χρονόμετρο
7. Φελλός που εφαρμόζει στον ογκομετρικό κύλινδρο, με τρύπα διαμέτρου 8 mm
8. Ελαιόλαδο (περίπου 0,1 L)
9. Μαρκαδόρος
10. Χαρτί κουζίνας (1 ρολό)
11. Υπολογιστής τσέπης
12. Χάρακας 30cm

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

(Όλες οι μετρήσεις και υπολογισμοί πρέπει να φαίνονται στο φύλλο απαντήσεων)

1. Μετρήστε την ακτίνα r μιας πλαστικής σφαίρας. Προσδιορίστε τη μάζα της πλαστικής σφαίρας. Υπολογίστε την πυκνότητα ρ_S των πλαστικών σφαιρών. Χρησιμοποιώντας τον ογκομετρικό κύλινδρο των 10 mL και την ζυγαριά, προσδιορίστε την πυκνότητα (ρ_{oil}) του ελαιόλαδου. Εκφράστε τις τιμές των μεγεθών που υπολογίσατε με τον σωστό αριθμό σημαντικών ψηφίων.

2. 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). Τοποθετήστε τον φελλό με την τρύπα στο στόμιο του κυλίνδρου. Αφήστε προσεκτικά μία σφαίρα δια μέσου 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 ($s = 10$ cm) μεταξύ των δύο οριζόντιων γραμμών που έχετε χαράξει στον κύλινδρο. Επαναλάβετε την ίδια διαδικασία για πέντε σφαίρες συνολικά. Καταγράψτε τις απαντήσεις σας στον πίνακα του φύλλου απαντήσεων. Υπολογίστε τη μέση τιμή αυτού του χρονικού διαστήματος (t_{oil}) και μετά την τιμή της οριακής ταχύτητας μέσα στο ελαιόλαδο. Χρησιμοποιώντας τη σχέση (5), υπολογίστε την τιμή του συντελεστή ιξώδους του ελαιόλαδου.

Εργαστηριακή άσκηση
ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΟΥ ΞΕΛΟΥΣ ΤΟΥ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟΥ

ΦΥΛΛΟ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΟΝΟΜΑ
ΟΜΑΔΑ ΕΠΩΝΥΜΟ

[Χρησιμοποιήστε τον σωστό αριθμό σημαντικών ψηφίων στις μετρήσεις και στους υπολογισμούς σας]

Απόδειξη της σχέσης (5):

1. Μετρήσεις της ακτίνας r των πλαστικών σφαιρών. Προσδιορίστε τις μάζες τους. Πειραματικός προσδιορισμός της πυκνότητας ρ_s των σφαιρών. Πειραματικός προσδιορισμός της πυκνότητας (ρ_{oil}) του ελαιολάδου.

Υπολογισμοί:

$r =$

$m =$

$\rho_s =$

$\rho_{oil} =$

2. Υπολογισμός του συντελεστή ιξώδους του ελαιόλαδου: Ακολουθήστε τις οδηγίες του βήματος 2 του φύλλου εργασίας και συμπληρώστε τον πίνακα Β:

Πίνακας Β Ελαιόλαδο ($S = 10,0 \text{ cm}$)							
Χρονικό διάστημα t (s)					μέσο χρονικό διάστημα (s)	v (cm/s)	Συντελεστής ιξώδους (Pa·s)