

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ 2

Επίδραση της θερμοκρασίας στο ιξώδες καθαρού υγρού
και
προσδιορισμός της ενέργειας ενεργοποίησης ιξώδους ροής.

ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΟ ΙΞΩΔΕΣ

Το ιξώδες αποτελεί την έκφραση της αντίστασης στην ροή ενός συστήματος όταν εφαρμόζεται εξωτερική δύναμη σε αυτό (πρόκειται για εσωτερική ιδιότητα κάθε υλικού)

Ταχύτητα Μετατόπισης (βάθμωση ταχύτητας), dv/dr :

η διαφορά ταχύτητας dv ανάμεσα σε δύο γειτονικά επίπεδα του ρευστού που διαχωρίζονται με απειροστή απόσταση dr

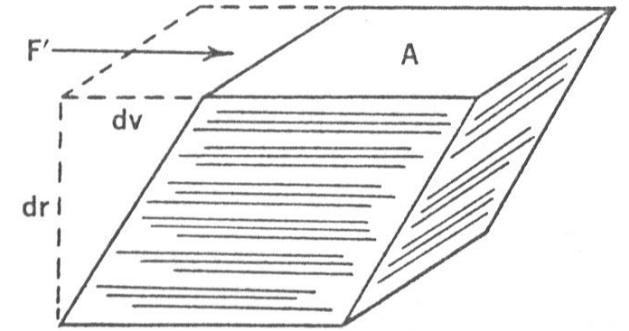
Δύναμη Μετατόπισης: η δύναμη ανά μονάδα εμβαδού F'/A που χρειάζεται για την ροή

Νόμος Newton

$$\frac{F'}{A} = \eta \frac{dv}{dr}$$

Απόλυτο Ιξώδες: ο λόγος της δύναμης μετατόπισης προς την ταχύτητα μετατόπισης

$$\text{Κινηματικό Ιξώδες} = \frac{\text{Απόλυτο Ιξώδες}}{\text{Πυκνότητα}}$$



ΜΟΝΑΔΕΣ

A) Απόλυτο Ιξώδες

SI : Pa.s

CGS : poise (centipoise)

1cP = 1mPa.s

B) Κινηματικό Ιξώδες

SI : $m^2 \cdot s^{-1}$

CGS : Stokes (centistokes, millistokes)

$1m^2 \cdot s^{-1} = 10^6$ centistokes

ΕΙΔΗ ΡΟΗΣ

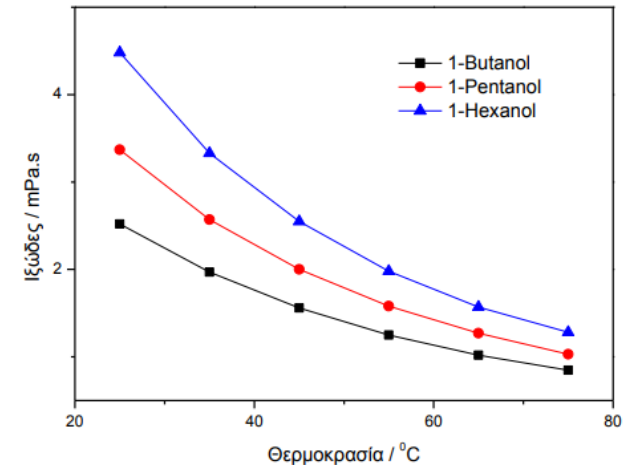
- ΝΕΥΤΩΝΕΙΑ ΥΛΙΚΑ : αυτά που ακολουθούν το νόμο του Newton (σταθερή αναλογία δύναμης μετατόπισης προς ταχύτητα μετατόπισης)
- ΜΗ – ΝΕΥΤΩΝΕΙΑ ΥΛΙΚΑ : όσα παρουσιάζουν αποκλίσεις από την νευτώνεια συμπεριφορά
- ΜΗ – ΝΕΥΤΩΝΕΙΑ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ
 - ΠΛΑΣΤΙΚΗ ΡΟΗ
 - ΨΕΥΔΟΠΛΑΣΤΙΚΗ ΡΟΗ
 - ΔΙΑΣΤΑΛΤΙΚΗ ΡΟΗ

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΣΤΟ ΙΞΩΔΕΣ ΥΓΡΟΥ

Το ιξώδες ενός υγρού **μειώνεται** με την αύξηση της θερμοκρασίας

Το ιξώδες ενός αερίου **αυξάνεται** με την αύξηση της θερμοκρασίας

Διαφορετικός μηχανισμός επίδρασης της θερμοκρασίας στα υγρά και στα αέρια

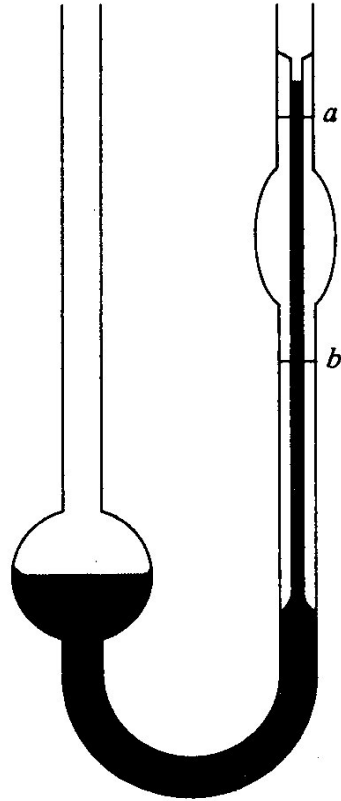


Στα υγρά, ο ελεύθερος χώρος ανάμεσα στα μόρια είναι πολύ περιορισμένος σε σύγκριση με τα αέρια, όμως η αύξηση της θερμοκρασίας προκαλεί την χαλάρωση των δυνάμεων συνοχής και συνάφειας ανάμεσα στα μόρια και λόγω δημιουργίας κενού χώρου ανάμεσα στα μόρια λόγω εξάτμισης. Έτσι προκαλείται διαστολή του χώρου που καταλαμβάνουν τα μόρια κατά συνέπεια υπάρχει περισσότερος χώρος διαθέσιμος για την κίνηση των μορίων οδηγώντας σε μείωση του ιξώδους των υγρών.

$$n = A e^{\frac{E_u}{RT}} \Rightarrow \ln(n) = \ln A + \frac{E_u}{R} \frac{1}{T}$$

E_u : ενέργεια ενεργοποίησης για την έναρξη ροής ανάμεσα στα μόρια

ΙΞΩΔΟΜΕΤΡΑ



Ιξωδόμετρο Ostwald

Ιξωδόμετρο ενός σημείου – δύναμη μετατόπισης : βαρύτητα

Χρόνος εκροής: ο χρόνος που μετρείται ανάμεσα στις χρονικές στιγμές διόδου του μηνίσκου του διαλύματος στον τριχοειδή σωλήνα από τα σημεία a και b.

Το ιξώδες του διαλύματος υπολογίζεται πολλαπλασιάζοντας τον χρόνο εκροής (σε sec) με την σταθερά του ιξωδομέτρου (κ ή c)

ΠΡΟΣΟΧΗ: το ιξώδες που μετρείται με τα ιξωδόμετρα είναι το κινηματικό ιξώδες

Η σταθερά του ιξωδομέτρου παρέχεται από τον αντίστοιχο κατασκευαστή ή μπορεί να προσδιορισθεί πειραματικά από την μέτρηση του χρόνου εκροής υγρού με γνωστό ιξώδες σε ορισμένη θερμοκρασία (συνήθως στους 25°C)

Η σταθερά ιξωδομέτρου επηρεάζεται σε ορισμένο βαθμό από την θερμοκρασία αλλά μπορεί να θεωρηθεί περίπου σταθερή σε μικρό εύρος θερμοκρασιών

Σταθερά Ιξωδομέτρου

$$\eta = \frac{\pi r^4 g}{8V} \rho t = c \rho t \quad (\text{g} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{s}^{-1})$$

$$c = \frac{\pi r^4 g}{8V}$$

Ακτίνα του τριχοειδούς

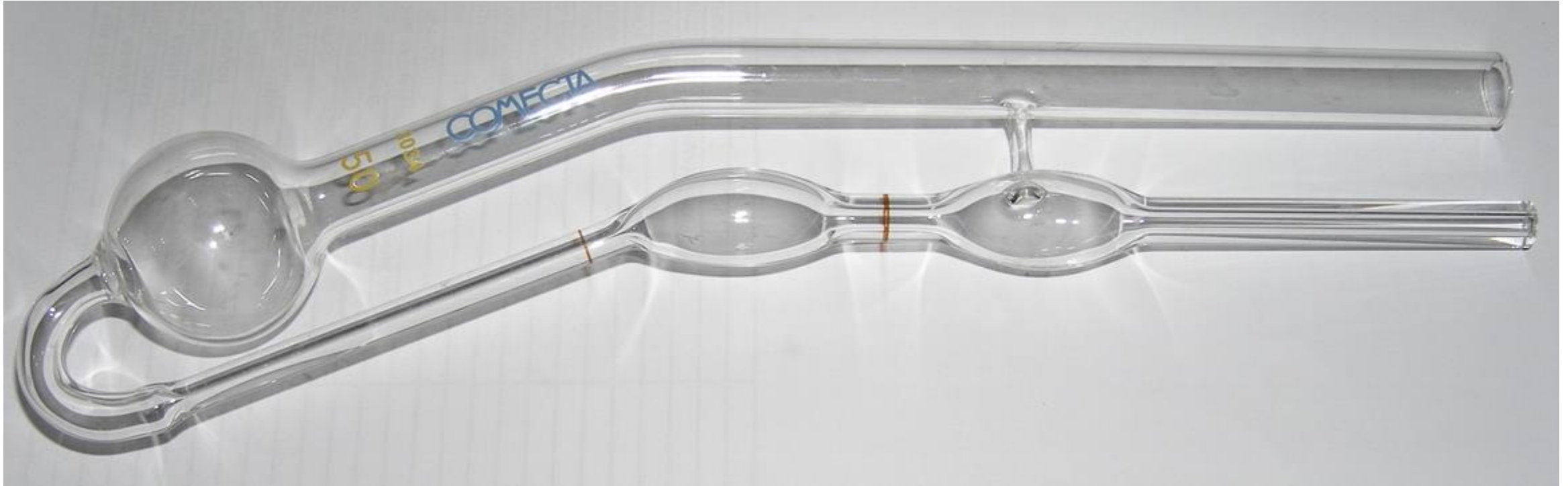
Όγκος του ιξωδομέτρου
ανάμεσα στα σημεία a και b

Επιτάχυνση της βαρύτητας

Κατασκευαστικά χαρακτηριστικά
του ιξωδομέτρου

Η επαναβαθμολόγηση του ιξωδομέτρου είναι απαραίτητη μετά τον καθαρισμό του με διαβρωτικά ως προς την ύαλο διαλύματα, όπως αιθανολικό διάλυμα νατρίου

Ιξωδόμετρο Canon-Fenske Size: 50



Η επιλογή του κατάλληλου ιξωδομέτρου γίνεται με βάση τα κριτήρια:

- A) ο χρόνος εκροής δεν πρέπει να είναι μικρότερος από 100 sec (ή όπως ορίζει ο κατασκευαστής) για το διάλυμα με το μικρότερο ιώδες – διαφορετικά χρησιμοποιούμε ιξωδόμετρο με μικρότερο μέγεθος
- B) ο χρόνος εκροής δεν πρέπει να είναι υπερβολικά μεγάλος (> 20 min) – διαφορετικά χρησιμοποιούμε ιξωδόμετρο με μεγαλύτερο μέγεθος

Canon-Fenske routine viscometers

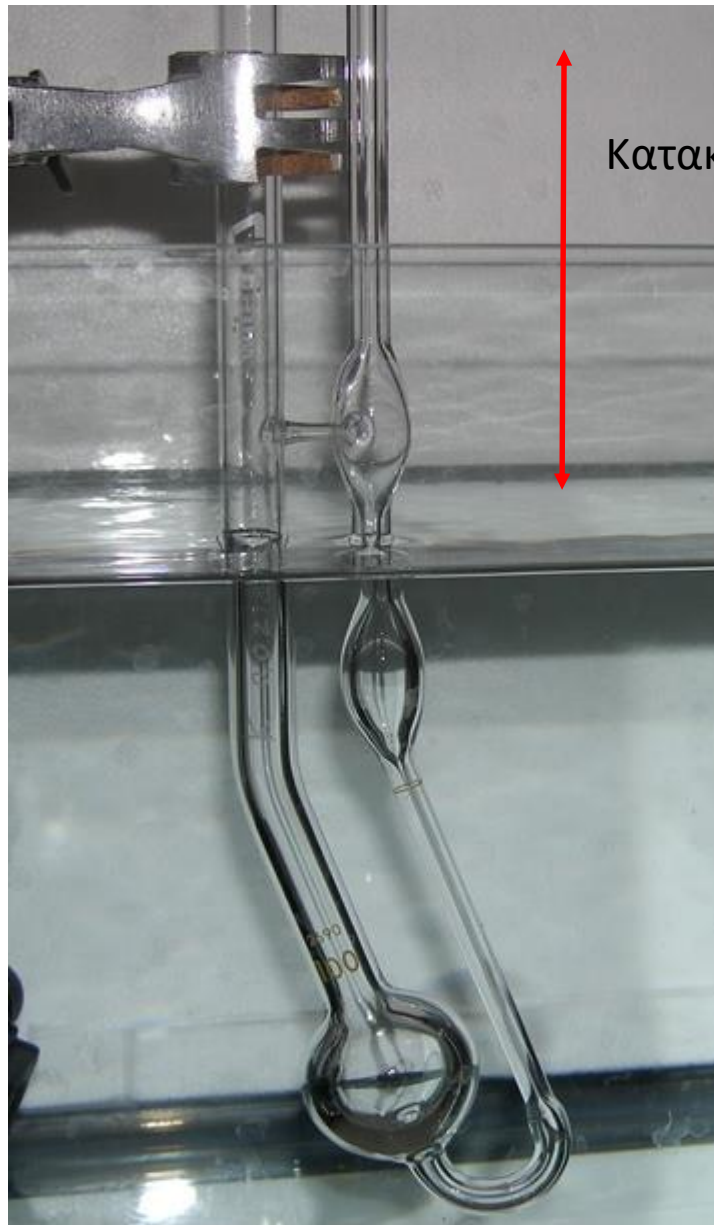
| Size | Approximate Constant (mm ² /s ²)† | Viscosity Range (mm ² /s)† | |
|------|--|---------------------------------------|--------|
| | | Low | High |
| 25 | 0.002 | 0.5 | 2.0 |
| 50 | 0.004 | 0.8 | 4.0 |
| 75 | 0.008 | 1.6 | 8.0 |
| 100 | 0.015 | 3.0 | 15 |
| 150 | 0.035 | 7.0 | 35 |
| 200 | 0.1 | 20 | 100 |
| 300 | 0.25 | 50 | 250 |
| 350 | 0.5 | 100 | 500 |
| 400 | 1.2 | 240 | 1200 |
| 450 | 2.5 | 500 | 2500 |
| 500 | 8.0 | 1600 | 8000 |
| 600 | 20 | 4000 | 20000 |
| 650 | 45 | 9000 | 45000 |
| 700 | 100 | 20000 | 100000 |

Μέγεθος 25: χρόνοι εκροής 250 – 1000 sec

Υπόλοιπα μεγέθη: χρόνοι εκροής 200 – 1000 sec

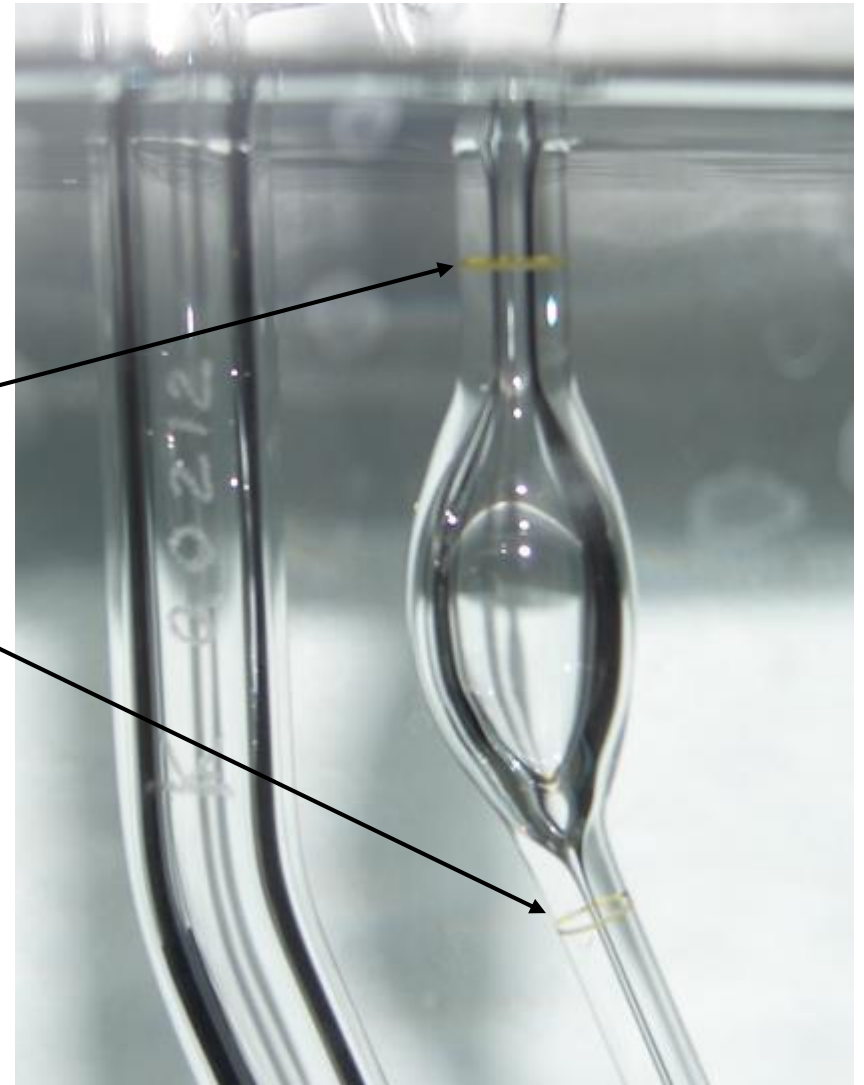
Πηγή : ιστοσελίδα της CANON INSTRUMENTS COMPANY

Τοποθέτηση του ιζωδομέτρου στο υδατόλουτρο



Κατακόρυφη θέση

Πρέπει να είναι κάτω από την επιφάνεια του νερού

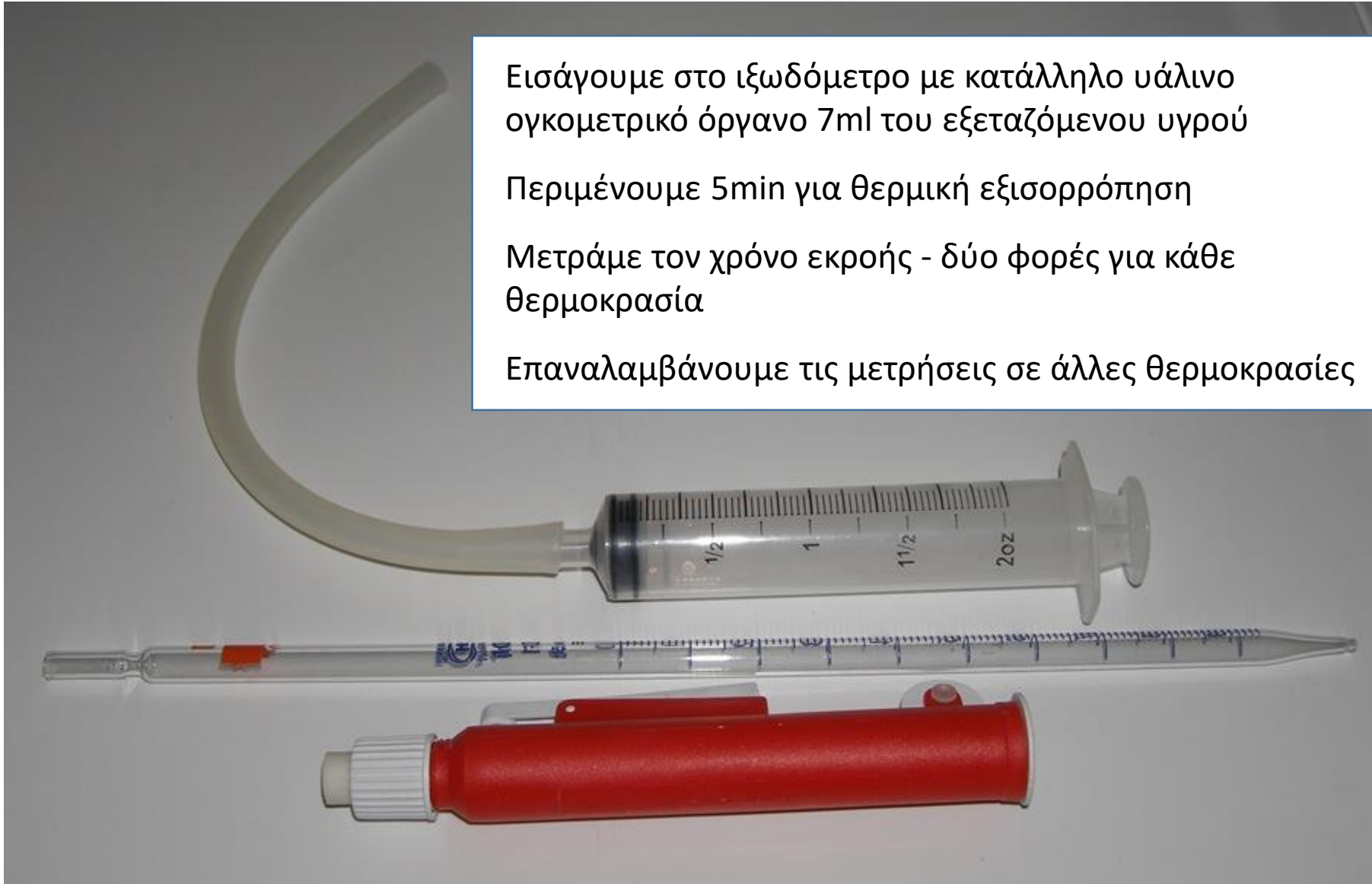


Εισάγουμε στο ιξωδόμετρο με κατάλληλο υάλινο
ογκομετρικό όργανο 7ml του εξεταζόμενου υγρού

Περιμένουμε 5min για θερμική εξισορρόπηση

Μετράμε τον χρόνο εκροής - δύο φορές για κάθε
θερμοκρασία

Επαναλαμβάνουμε τις μετρήσεις σε άλλες θερμοκρασίες





Περιοχή θερμοκρασιών : 20 – 40°C

Εύκαμπτος
σωλήνας
σιλικόνης

Πλαστική
σύριγγα

Βοηθητικό
σύστημα
αναρρόφησης

Επεξεργασία πειραματικών δεδομένων (1)

Πειραματικά δεδομένα :

- A) θερμοκρασία ($^{\circ}\text{C}$)
- B) Χρόνοι εκροής (sec)

Υπολογίζετε το κινηματικό ιξώδες του υγρού σε κάθε θερμοκρασία πολλαπλασιάζοντας την μέση τιμή των αντίστοιχων δύο (2) μετρήσεων των χρόνων εκροής με τον συντελεστή βαθμονόμησης του ιξωδομέτρου. Η τιμή του απόλυτου ιξώδους προσδιορίζετε από τον πολλαπλασιασμό της μέσης τιμής του κινηματικού ιξώδους με την πυκνότητα του καθαρού υγρού στην αντίστοιχη θερμοκρασία.

Καταγράφετε σε πίνακα Α για κάθε θερμοκρασία :

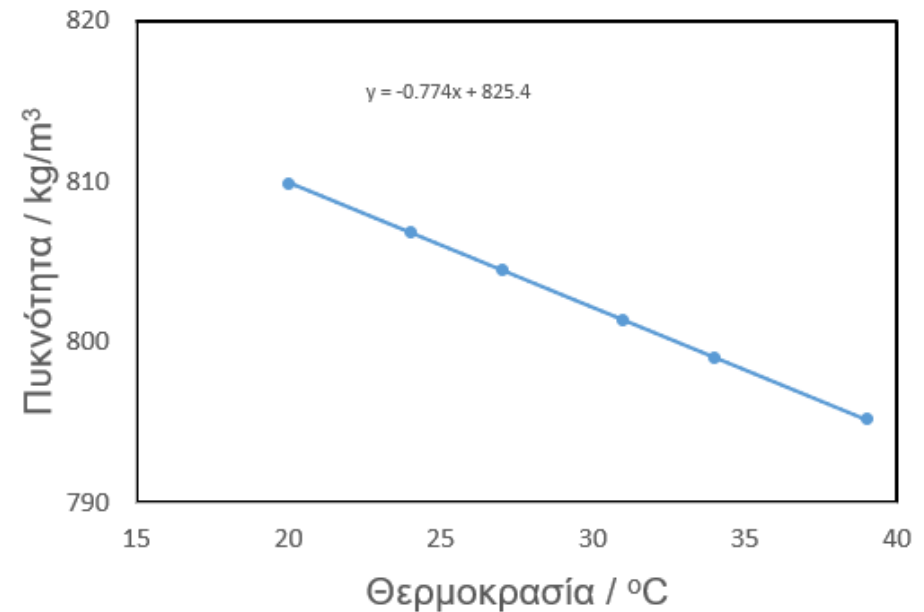
- A) του μετρούμενους χρόνους εκροής,
- B) την μέση τιμή τους και
- Γ) το υπολογιζόμενο κινηματικό ιξώδες.

Επεξεργασία πειραματικών δεδομένων (2)

Για τον προσδιορισμό της πυκνότητας του υγρού στις θερμοκρασίες που έγιναν μετρήσεις ιξώδους κατασκευάζετε την γραφική παράσταση της πυκνότητας του υγρού έναντι της θερμοκρασίας (σε °C) με τις τιμές πυκνότητας-θερμοκρασίας που δίνονται από τον επιβλέποντα της άσκησης για το καθαρό υγρό που χρησιμοποιείτε στο πείραμα. Ακολουθώντας να κάνετε γραμμική προσαρμογή στα δεδομένα αυτά και με την βοήθεια της εξίσωσης που προκύπτει προσδιορίζετε τις τιμές της πυκνότητας του υγρού στις θερμοκρασίες μέτρησης.

Propanol-1

| Θερμοκρασία / °C | Πυκνότητα / g/ml | Πυκνότητα / kg/m ³ |
|------------------|------------------|-------------------------------|
| 20 | 0.80992 | 809.920 |
| 24 | 0.806824 | 806.824 |
| 27 | 0.804502 | 804.502 |
| 31 | 0.801406 | 801.406 |
| 34 | 0.799084 | 799.084 |
| 39 | 0.795214 | 795.214 |

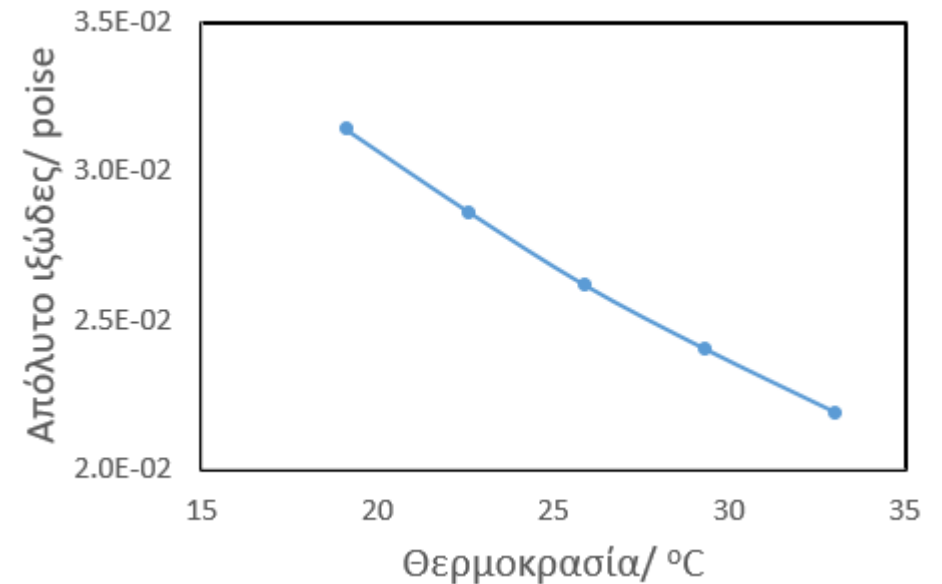


Επεξεργασία πειραματικών δεδομένων (3)

Καταγράψτε σε πίνακα Β για κάθε θερμοκρασία :

- A) την θερμοκρασία σε °C,
- B) την απόλυτη θερμοκρασία σε °K,
- Γ) το αντίστροφο της απόλυτης θερμοκρασίας σε K⁻¹,
- Δ) την πυκνότητα του υγρού,
- E) την τιμή του απόλυτου ιξώδους και
- Z) τον φυσικό λογάριθμο του απόλυτου ιξώδους.

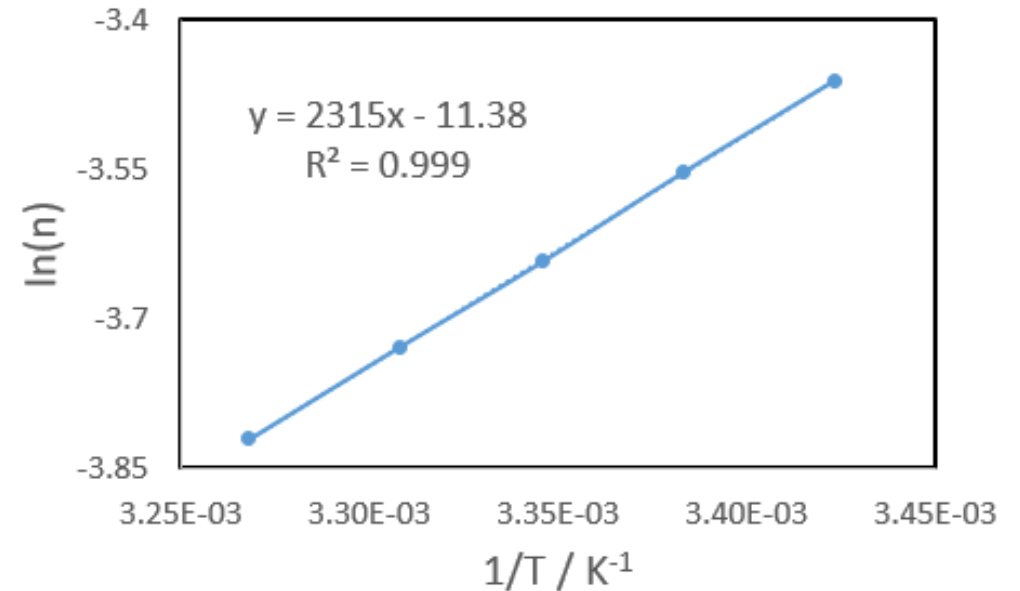
Να κατασκευάσετε την γραφική παράσταση του απόλυτου ιξώδους έναντι της θερμοκρασίας (σε °C) και να προσαρμόσετε την βέλτιστη καμπύλη. Είναι γραμμική η εξάρτηση του ιξώδους από την θερμοκρασία?



Επεξεργασία πειραματικών δεδομένων (4)

Να κατασκευάσετε την γραφική παράσταση του φυσικού λογαρίθμου του απόλυτου ιξώδους έναντι του αντιστρόφου της απόλυτης θερμοκρασίας (σε K) και να προσαρμόσετε την βέλτιστη καμπύλη. Από την κλίση προσδιορίζεται η ενέργεια ενεργοποίησης ιξώδους ροής (E_a = κλίση * R, όπου R είναι η παγκόσμια σταθερά των αερίων, $8.314 \text{ Joule.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$)

Το τελικό αποτέλεσμα δίνεται σε μονάδες στο Διεθνές Σύστημα SI



$$\% \text{ Απόκλιση από την θεωρητική τιμή} = \frac{\text{Πειραματική τιμή} - \text{Θεωρητική τιμή}}{\text{Θεωρητική τιμή}} * 100$$