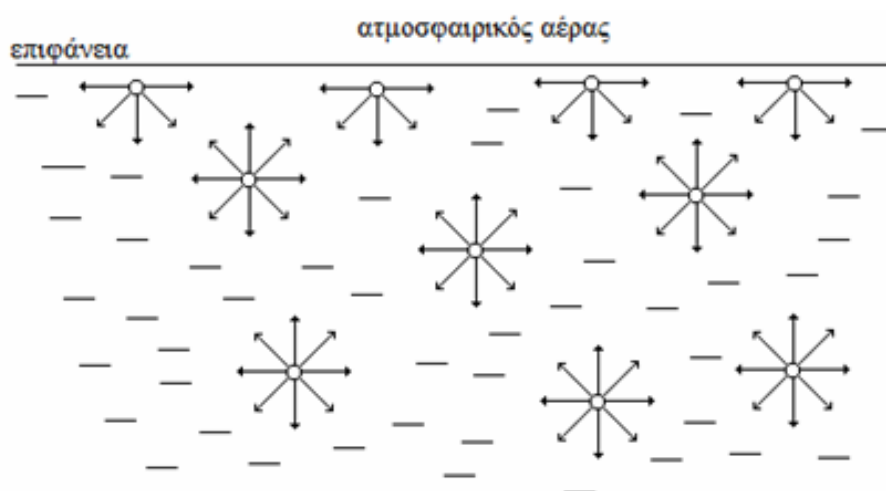


ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΤΑΣΗΣ**9.1. ΓΕΝΙΚΑ**

Η επιφάνεια ενός υγρού παρουσιάζει διαφορετική συμπεριφορά απ' ότι το εσωτερικό του υγρού. Η συμπεριφορά αυτή είναι αποτέλεσμα της μη εξισορροπήσεως των ελκτικών δυνάμεων που εξασκούνται μεταξύ των μορίων του υγρού. Τα επιφανειακά μόρια δέχονται ελκτικές δυνάμεις *van der Waals* μόνο προς το εσωτερικό της μάζας του υγρού, με αποτέλεσμα να υπάρχει μη μηδενική συνισταμένη που δρα σε κάθε μόριο της επιφάνειας. Το γεγονός αυτό τείνει να ελαχιστοποιήσει την επιφάνεια (στις δυνάμεις αυτές οφείλεται ο σχηματισμός σφαιρικών σταγόνων). Το φαινόμενο αυτό το χαρακτηρίζουμε ως επιφανειακή τάση, μία από τις ιδιότητες της ύλης που παρατηρείται ως φυσικό φαινόμενο στην επιφάνεια των υγρών. Αντιθέτως τα μόρια που βρίσκονται στο εσωτερικό του νερού δέχονται ελκτικές δυνάμεις από όλες τις διευθύνσεις, η συνισταμένη των οποίων είναι μηδέν. Για να μετακινηθεί ένα μόριο από το εσωτερικό του υγρού στην επιφάνειά του, πρέπει να υπερνικηθούν δυνάμεις και επομένως να καταναλωθεί ενέργεια, όπως φαίνεται στο **Σχήμα 1** (Χατζηλαζάρου, 2014).



Σχήμα 1. Απεικόνιση των δυνάμεων που αναπτύσσονται μεταξύ των μορίων στην επιφάνεια και το εσωτερικό υγρού (Χατζηλαζάρου, 2014).

9.2. ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΤΑΣΗ

Τα μόρια που βρίσκονται κοντά στην επιφάνεια έχουν περισσότερη ενέργεια από τα αντίστοιχα στο εσωτερικό του υγρού. Για να αυξηθεί η επιφάνεια ενός υγρού επομένως απαιτείται ενέργεια. Το πηλίκο της ενέργειας αυτής ανά μονάδα επιφάνειας είναι τελικά αυτό που ονομάζεται **επιφανειακή τάση**. Οι δυνάμεις που είναι υπεύθυνες για τις επιφανειακές τάσεις περιλαμβάνουν δυνάμεις *van der Waals*, και κυρίως δυνάμεις διασποράς London. Επίσης μπορεί να περιλαμβάνουν δυνάμεις δεσμών υδρογόνου (όπως πχ. στο νερό) ή δεσμούς μεταξύ των μορίων ενός μετάλλου (όπως πχ. στον υδράργυρο).

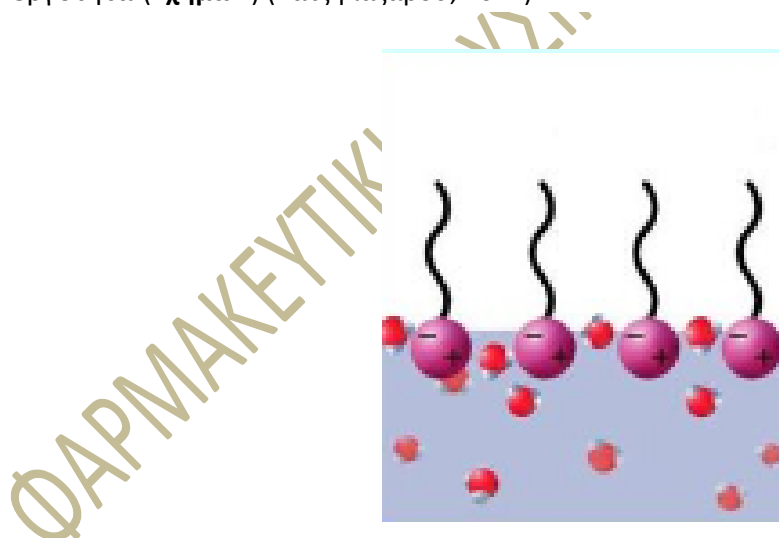


Ως **επιφανειακή τάση** ενός υγρού ορίζεται το **έργο που πρέπει να δαπανηθεί για τη μεταφορά αρκετών μορίων από το εσωτερικό του υγρού στην επιφάνεια ώστε να αυξηθεί το εμβαδόν της επιφάνειας κατά μία μονάδα και μετρείται σε mN/m².**

Η επιφανειακή τάση εκφράζεται με το **συντελεστή επιφανειακής τάσης γ** , ο οποίος ισούται με τη δύναμη F που ασκείται πάνω στη μονάδα μήκους l μιας θεωρούμενης γραμμής πάνω στην επιφάνεια του υγρού, ή με το έργο dW που απαιτείται για να αυξηθεί η επιφάνεια του υγρού κατά dS , δηλαδή :

$$\gamma = F/l \quad \text{ή} \quad \gamma = dW / dS$$

Κατά την διάλυση διαφόρων ουσιών στο υγρό, η επιφανειακή τάση μεταβάλλεται, συνήθως ελαττώνεται (αναφερμένοι κυρίως στο νερό), λόγω εξασθένησης των δυνάμεων μεταξύ των μορίων. Σημαντική είναι η ελάττωση που προκαλούν οι επιφανειοδραστικές ουσίες ή άλλα οργανικά μόρια. Οι επιφανειοδραστικές ουσίες είναι ουσίες που το μόριο τους αποτελείται από ένα υδρόφιλο και ένα υδρόφοβο τμήμα και για τον λόγο αυτό ονομάζονται επίσης αμφίφιλες. Το υδρόφιλο τμήμα είναι συχνά μία πολική ομάδα ($-\text{COOH}$, $-\text{SO}_3\text{Na}$ κ.λ.π.), το δε υδρόφοβο είναι συνήθως μια μεγάλη υδρογονανθρακική αλυσίδα. Το υδρόφιλο τμήμα παρουσιάζει υψηλή συγγένεια προς πολικές ομάδες και μόρια όπως το νερό αντιθέτως με το υδρόφοβο. Τα μόρια αυτά προστιθέμενα στο νερό κατευθύνονται προς την επιφάνεια και προσανατολίζονται με το υδρόφιλο τμήμα στο νερό, ενώ η υδρόφοβη υδρογονανθρακική αλυσίδα διαφεύγει προς την αέρια φάση με αποτέλεσμα την δημιουργία αυξημένης συγκέντρωσης στην επιφάνεια που ονομάζεται επιφανειακή ενεργότητα (**Σχήμα 2**) (Χατζηλαζάρου, 2014).



Σχήμα 2. Προσανατολισμός τασενεργής ουσίας στην επιφάνεια ενός υγρού (Τσιπλακίδης, 2015).



9.3. ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΤΑΣΗΣ

Υπάρχουν πολλές μέθοδοι μετρήσεως της επιφανειακής τάσης. Μπορούν γενικά να ταξινομηθούν σε:

- Στατικές
- Αποκόλλησης και
- Δυναμικές μεθόδους

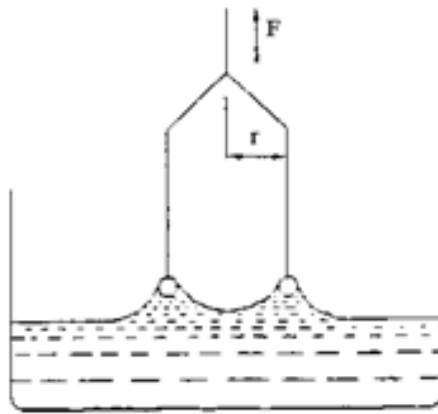
Οι στατικές μέθοδοι είναι πιο ακριβείς από τις μεθόδους αποκόλλησης, αλλά οι τελευταίες είναι ευρύτερα διαδεδομένες. Στατική μέθοδος μετρήσεως είναι η μέθοδος της ανύψωσης του υγρού σε τριχοειδή σωλήνα. Στις μεθόδους αποκόλλησης ανήκουν η μέθοδος της μέγιστης πίεσης των φυσαλίδων, η μέθοδος της αποκόλλησης της πλάκας Wilhelmy ή του δακτυλίου και η μέθοδος του όγκου σταγόνας και του βάρους σταγόνας. Η μέθοδος τέλος του ταλαντευόμενου ακροφυσίου είναι μία δυναμική μέθοδος. Για ακριβείς μετρήσεις επιφανειακής τάσεως απαιτείται σε υπερθετικό βαθμό καθαρότητα των ουσιών και των διατάξεων (Χατζηλαζάρου, 2014).

9.3.1. Μέθοδος δακτυλίου

Η **συνηθέστερη** μέθοδος μέτρησης της επιφανειακής τάσεως είναι η μέθοδος του δακτυλίου. Σύμφωνα με την μέθοδο αυτή προσδιορίζεται η δύναμη για την απόσπαση κυκλικού δακτυλίου, φτιαγμένου από σύρμα Pt, από την επιφάνεια υγρού (**Σχήμα 3**). Ο δακτύλιος κρεμάται στο άκρον της φάλαγγας ζυγού στρέψεως (du Nouy) και βυθίζεται σε μικρή απόσταση από την επιφάνεια. Μετρείται η δύναμη που απαιτείται για την απόσπαση του δακτυλίου από την επιφάνεια και η οποία ισούται προς την έλξη που ασκεί η επιφάνεια στον δακτύλιο. Η τελευταία είναι ίση προς την συνισταμένη δύναμη που ασκείται από τα μόρια του εσωτερικού του διαλύματος στα μόρια της επιφάνειας.

Τα σφάλματα που υπεισέρχονται στην μέτρηση αυτή οφείλονται στην παραμόρφωση του δακτυλίου δηλ. όλα τα σημεία του δακτυλίου πρέπει να βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο αλλά και ο δακτύλιος να είναι οριζόντιος, παράλληλος προς το επίπεδο του υγρού. Για την διόρθωση των τιμών της επιφανειακής τάσεως μετρείται η επιφανειακή τάση νερού ή άλλου υγρού αναφοράς και συγκρίνεται μ' αυτήν της βιβλιογραφίας προς εύρεση διορθωτικού συντελεστή (Χατζηλαζάρου, 2014).



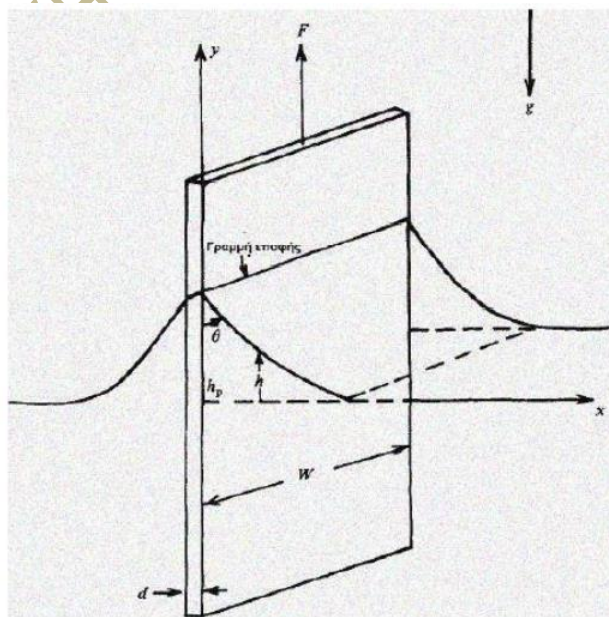


Σχήμα 3. Απεικόνιση τμήματος της διατάξεως του ζυγού στρέψεως (μέθοδος δακτυλίου) (Χατζηλαζάρου, 2014).

Πολλά υγρά παρουσιάζουν επιφανειακή τάση, το νερό όμως έχει την μεγαλύτερη επιφανειακή τάση από όλα, εκτός των μεταλλικών υγρών όπως ο υδράργυρος όπου λόγω της μεγάλης του επιφανειακής τάσης τείνει να πάρει τη μορφή σφαιριδίων (Χατζηλαζάρου, 2014).

9.3.2. Μέθοδος πλακιδίου Wilhelmy

Ο Wilhelmy πρώτος πρότεινε τη μέτρηση της επιφανειακής τάσης υγρού με μέτρηση της μέγιστης απαιτούμενης δύναμης για την έλξη κάθετου πλακιδίου από την επιφάνεια του υγρού (**Σχήμα 4**). Σκοπός είναι η μέτρηση του μέγιστου βάρους του μηνίσκου που σχηματίζεται στο πλακίδιο, όταν αυτό βυθίζεται κατά ένα μέρος κάτω από το επίπεδο της ελεύθερης επιφάνειας του υγρού. Το βάρος αντισταθμίζεται ακριβώς από τη δύναμη της επιφανειακής τάσης (Δούτση, 2017).



Σχήμα 4. Πλακίδιο βυθισμένο στο νερό (Δούτση, 2017).



9.3.3. Μέθοδος βάρους/όγκου σταγόνας

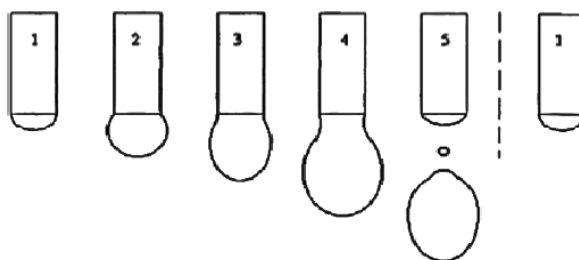
Μεταξύ των πολυάριθμων μεθόδων για μέτρηση της διεπιφανειακής τάσης μεταξύ δύο υγρών, η τεχνική όγκου σταγόνας (drop volume method) έχει κερδίσει τη φήμη της τυπικής μεθόδου. Το κυριότερο πλεονέκτημά της είναι ότι μπορεί να εφαρμοστεί εύκολα και γρήγορα τόσο σε επιφάνειες αέρα-υγρού όσο και υγρού-υγρού.

Η αρχή της μεθόδου όγκου ή βάρους σταγόνας έγκειται στον συσχετισμό του όγκου (βάρους) της σταγόνας με την ακτίνα του τριχοειδούς σωλήνα (r_{cap}), δηλαδή:

$$B = 2\pi r_{cap} \gamma$$

όπου B το βάρος σταγόνας που αποκολλάται από τον τριχοειδή και γ η επιφανειακή τάση. Ο παράγοντας $2\pi r_{cap}$ αποτελεί την περιφέρεια της βάσης της σταγόνας, όπου η διεπιφανειακή τάση δρα και αντισταθμίζει τη δύναμη του βάρους, $V(\Delta\rho)g$.

Αν και η παραπάνω σχέση δίνει μόνο μια χοντρική εκτίμηση της διεπιφανειακής τάσης, χρησιμοποιήθηκε αρκετό καιρό. Στο **Σχήμα 5** φαίνονται σχηματικά τα διαδοχικά στάδια της διαδικασίας αποκόλλησης της σταγόνας από την άκρη του τριχοειδούς σωλήνα (Δούτση, 2017).



Σχήμα 5. Διαδοχικά στάδια αποκόλλησης της σταγόνας από την άκρη του τριχοειδούς σωλήνα (Δούτση, 2017).

9.4. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Δούτση Μ., 2017, “Μελέτη σταθερότητας γαλακτωμάτων που παρασκευάζονται με καταστροφική αναστροφή φάσης και χρήση μη ιονικών τασενεργών”, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Χημείας, Θεσσαλονίκη

Τσιτλακίδης Δ., 2015, «Αγωγιμομετρία», Εργαστήριο Φυσικής Χημείας, Τμήμα Φαρμακευτικής, Αθήνα

Χατζηλαζάρου Α., 2014, “ Φυσικοχημεία (Ε). Ενότητα 9: Μελέτη και μέτρηση επιφανειακής τάσης διαλυμάτων ”, ΤΕΙ Αθήνας, Αθήνα

