



3^η Απριλίου 2014 – Δραστηριότητα Β

Όλα για το Θαλασσινό Νερό

- Φύλλο δραστηριοτήτων -

ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ Β

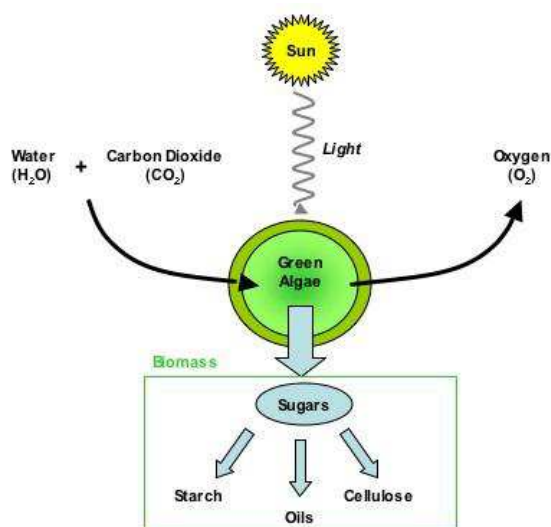
Δραστηριότητα Β1: ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΤΩΝ ΜΙΚΡΟΦΥΚΩΝ *Nannochloropsis sp.* ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΩΝ

Εισαγωγή

Σε μια προσπάθεια να μειώσουμε το αέριο που συμβάλλει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου (**greenhouse gas** - GHG), δηλαδή να μειώσουμε τις εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) που ευθύνεται για τη θέρμανση του πλανήτη (global warming), πολλές μελέτες εστιάζονται στα βιοκαύσιμα και τη δυνατότητα που έχουν να αντικαταστήσουν τα ορυκτά καύσιμα. Η παραγωγή βιοκαυσίμων από τα μικροφύκη θεωρείται μια ελπιδοφόρα για το μέλλον πηγή ενέργειας, κυρίως λόγω της μειωμένης ανάγκης για γη (μείωση του χώρου που απαιτείται για την ανάπτυξη των μικροφυκών σε σύγκριση με αυτόν που απαιτείται για την καλλιέργεια των φυτών), καλύτερης απόδοσης των μικροφυκών στην παραγωγή ελαίων, συγκρινόμενη με αυτή των γεωργικών καλλιεργειών και της δυνατότητας να καλλιεργηθούν σε θαλασσινό νερό, υφάλμυρο νερό ή σε μη αρδεύσιμες περιοχές με βρώμικο νερό. Τα βιοκαύσιμα από τα φύκη έχουν μειωμένες εκπομπές CO_2 μέχρι και 78% σε σχέση με τις εκπομπές του πετρελαίου. Η παραγωγή βιοκαυσίμου από τα μικροφύκη εξαρτάται από το ρυθμό παραγωγής βιομάζας (microalgae biomass production rate) και την περιεκτικότητά τους σε λιπίδια. Η συγκέντρωση των λιπιδίων και η παραγωγή βιομάζας ελέγχονται από πολλούς παράγοντες, όπως τα θρεπτικά συστατικά, η θερμοκρασία, το φως, η αλατότητα, κ.α.

(Green Algae: Πράσινα φύκη, Starch: Άμυλο, Oils: Έλαια, Cellulose: Κυτταρίνη)

Τα **φύκη** αποτελούν μια κατηγορία φωτοσυνθετικών οργανισμών που ζουν στο νερό,





παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλομορφία και επιτελούν περίπου το 50% της φωτοσύνθεσης που πραγματοποιείται στη γη. Παίζουν ένα πολύ σημαντικό ρόλο στον κύκλο του άνθρακα, καθώς απομακρύνουν αρκετό CO₂ από την ατμόσφαιρα. Τα φύκη πιστεύεται ότι αποτελούν ελπιδοφόρα πηγή βιοκαυσίμου εξαιτίας της ικανότητάς τους να απορροφούν την ηλιακή ενέργεια και να τη μετατρέπουν σε χημική ενέργεια. Τα βιοκαύσιμα από τα φύκη προέρχονται από βιομάζα με αποτέλεσμα να είναι ανανεώσιμα, βιοδιασπώμενα και όσο άνθρακα προσλαμβάνουν, τόσο απελευθερώνουν όταν καίγονται (quasi-carbon neutral under sustainable production). Επιπρόσθετα, τα βιοκαύσιμα από τα φύκη δεν είναι τοξικά και περιέχουν μικρές ποσότητες CO, αιθάλης, υδρογονανθράκων και SO_x.

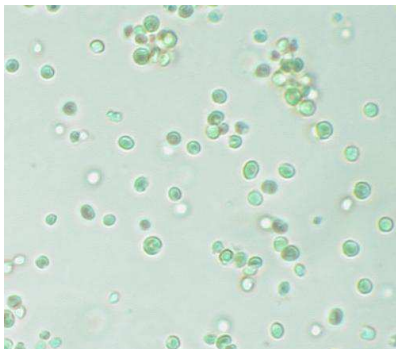
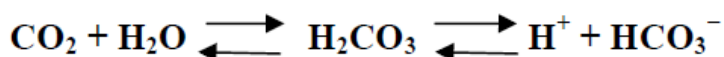
Τα περισσότερα φυτά, τα φύκη και τα κυανοβακτήρια πραγματοποιούν **φωτοσύνθεση** κατά την οποία μετατρέπουν τη φωτεινή ενέργεια, που προέρχεται από τον ήλιο, σε χημική ενέργεια που μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τον οργανισμό για την πραγματοποίηση των λειτουργιών του. Η χημική ενέργεια αποθηκεύεται σε μόρια υδατανθράκων (όπως τα σάκχαρα), που συντίθενται από CO₂ και νερό. Επιπλέον, απελευθερώνεται και οξυγόνο. Τα φύκη είναι περισσότερο αποτελεσματικά στη φωτοσύνθεση, σε σχέση με τα χερσαία φυτά.

Τα πράσινα φυτά έχουν έξι, στενά σχετιζόμενες, φωτοσυνθετικές χρωστικές. Το μικροφύκος *Nannochloropsis sp.* έχει μόνο χλωροφύλλη α, η οποία είναι η πιο κοινή από τις έξι χρωστικές, την οποία συναντάμε σε κάθε φυτό που κάνει φωτοσύνθεση. Η ανάγκη για περισσότερες από μία χρωστικές προκύπτει από το γεγονός ότι κάθε χρωστική απορροφά φως σε διαφορετικές περιοχές του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος και με διαφορετική ικανότητα. Για παράδειγμα η χλωροφύλλη α απορροφά περισσότερο αποτελεσματικά σε μήκη κύματος περίπου 400-450nm και 650-700nm. Η χλωροφύλλη β στα 450-500nm και στα 600-650nm. Επιπλέον η ξανθοφύλλη απορροφά περισσότερο αποτελεσματικά στα 400-530nm και καμία από τις χρωστικές δεν απορροφά αρκετά στην περιοχή του πράσινου και του κίτρινου, γεγονός που ευθύνεται για το πράσινο χρώμα που βλέπουμε στη φύση.

Το διοξείδιο του άνθρακα διαλύεται στο νερό για να σχηματίσει ανθρακικό οξύ (carbonic acid - H₂CO₃), όξινα ανθρακικά ιόντα (bicarbonate- HCO₃⁻) και ανθρακικά ιόντα (carbonate ions CO₃²⁻). Η ποσότητα του CO₂ που είναι διαλυμένη στο νερό των ωκεανών είναι περίπου πενήντα φορές περισσότερη από την ποσότητα που υπάρχει στην ατμόσφαιρα. Στο θαλασσινό νερό, περισσότερο από το 90% της ανόργανης μορφής του διαλυμένου άνθρακα είναι στη

μορφή των όξινων ανθρακικών ιόντων (HCO_3^-). Πολλά μικροφύκη μπορούν να προσλαμβάνουν τα όξινα ανθρακικά ιόντα (HCO_3^-) από το εξωτερικό περιβάλλον προς το κυτταρόπλασμα, με ενεργητική μεταφορά μέσω της πλασματικής μεμβράνης, και παράγουν CO_2 με τη βοήθεια του ενζύμου ανθρακική αφυδρογονάση (carbonic anhydrase). Επιπλέον, η

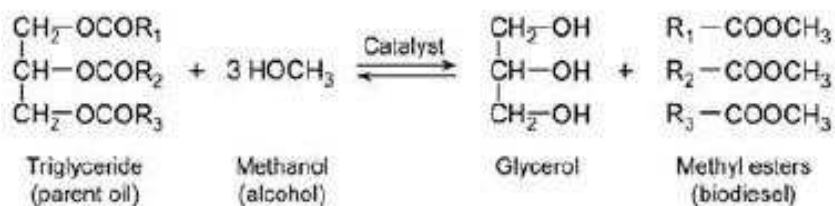
εξωκυττάρια ανθρακική αφυδρογονάση μπορεί να καταλύσει την αμφίδρομη μετατροπή των HCO_3^- σε CO_2 , σύμφωνα με την παρακάτω αντίδραση:



Το μικροφύκος *Nannochloropsis sp.* είναι ένα μικρό ευκαρυωτικό μονοκύτταρο φύκος του νερού, μεγέθους 2-3 μm που ανήκει στην τάξη των Eustigmatales. Η ικανότητα του να συσσωρεύει

πολυακόρεστα λιπαρά οξέα, καθιστά το *Nannochloropsis sp.* ένα πολλά υποσχόμενο εργαλείο για βιομηχανικές εφαρμογές.

Το μικροφύκος *Nannochloropsis sp.*, μαζί με πολλά άλλα μικροφύκη που έχουν μεγάλη περιεκτικότητα λιπιδίων ανά μονάδα ξηρής βιομάζας, έχει την ικανότητα να συσσωρεύει τριγλυκερίδια σε ποσοστό 30% έως 68% στην ξηρή του βιομάζα. Τα έλαια από τα φύκη που χρησιμοποιούνται για την παρασκευή βιοκαυσίμου αποτελούνται από τριγλυκερίδια, τα οποία αντιδρούν με την μεθανόλη με μια αντίδραση γνωστή ως τρανσεστεροποίηση (transesterification). Η τρανσεστεροποίηση απαιτεί 3 moles αλκοόλης για κάθε mole τριγλυκεριδίων και παράγει 1 mole γλυκερόλης και 3 moles μεθυλεστέρων. Όταν η αντίδραση φτάνει σε ισορροπία, παράγονται μεθυλεστέρες (βιοκαύσιμο) και γλυκερόλη. Η γλυκερόλη παράγεται από τα τριγλυκερίδια τα οποία σταδιακά διασπώνται σε διγλυκερίδια, μονογλυκερίδια και τελικά γλυκερόλη.





Τα βιοκαύσιμα είναι η περισσότερο υποσχόμενη πηγή ανανεώσιμης ενέργειας αυτού του αιώνα. Η υπεροχή τους σε σχέση με το πετρέλαιο οφείλεται στις λιγότερες εκπομπές αερίων ρύπων και στο γεγονός ότι τα βιοκαύσιμα είναι βιοδιασπώμενα, μη τοξικά, ανανεώσιμα και απαλλαγμένα από θείο, συγκρινόμενα με το πετρέλαιο. Για όλους αυτούς τους λόγους και τη φιλική προς το περιβάλλον φύση των βιοκαυσίμων, η χρήση αυτής της μορφής των καυσίμων θα συμβάλλει στην προσπάθεια για μεγαλύτερη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Τα βιοκαύσιμα παράγονται από μία διαδικασία τρανσεστεροποίησης, όπου τα τριγλυκερίδια αντιδρούν με μία μικρού μεγέθους αλκοόλη (συνήθως μεθανόλη ή αιθανόλη), αντίδραση που καταλύεται από βάσεις, οξέα ή ένζυμα. Οι κύριες πηγές για την παραγωγή των βιοκαυσίμων μπορούν να διακριθούν σε τέσσερις κατηγορίες: φυτικά έλαια (φαγώσιμα ή μη), ζωικά λίπη, χρησιμοποιημένα μαγειρικά έλαια και φύκη. Η χρήση των βιοκαυσίμων είναι απλή, αλλά αποτελεσματική καθώς μπορούν να αναμιχθούν με πετρελαιοειδή καύσιμα (petroleum-based diesel) σε διαφορετικές αναλογίες και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν καύσιμα, είτε σε καθαρή μορφή, είτε αναμεμιγμένα με πετρελαιοειδή καύσιμα. Στις μέρες μας, η χρήση των μιγμάτων βιοκαυσίμων και πετρελαιοκαυσίμων εξαρτάται από τις ελάχιστες απαιτήσεις κάθε χώρας για να αναμιγμένα βιοκαύσιμα.

Καθώς το ενδιαφέρον για την παραγωγή βιοκαυσίμων από μικροφύκη είναι μεγάλο, μπορούμε να μελετήσουμε την ανάπτυξη αυτών των μικροοργανισμών σε διαφορετικές περιβαλλοντικές συνθήκες (πχ. συγκέντρωση CO_2), ενώ το φως, τα θρεπτικά συστατικά, η αλατότητα, η θερμοκρασία και το pH παραμένουν σταθερά.

Το πρόβλημα:

Σε αυτή τη δραστηριότητα θα μελετήσετε την επίδραση του CO_2 στο ρυθμό ανάπτυξης του μικροφύκου *Nannochloropsis sp.*, λαμβάνοντας υπόψη ότι η διαθεσιμότητα του CO_2 είναι διαφορετική, σε τρεις διαφορετικές περιοχές όπου οι εκπομπές του CO_2 διαφέρουν (από χαμηλές μέχρι υψηλές).

Ζητήθηκε από το εργαστήριό σας να προσδιορίσετε την περιοχή από την οποία ελήφθη ένα άγνωστο δείγμα (το οποίο ανήκει σε κάποια από τις παραπάνω περιοχές από τις οποίες πάρθηκαν δείγματα σ' ένα χρονικό διάστημα δώδεκα ημερών) και να αποφασίσετε ποιά από τις τρεις περιοχές είναι η καλύτερη για την εγκατάσταση μιας μονάδας παραγωγής βιοκαυσίμων από μικροφύκη.

Όργανα και υλικά

- Μαρκαδόρος, μιλιμετρέ χαρτί
- Γυάλινες πιπέτες (2 ml) και πλαστικές πιπέτες Pasteur
- Πλαστικοί σωλήνες με πώμα (Falcon 15 ml) που περιέχουν έτοιμα διαλύματα του μικροφύκους
- Στήριγμα για τα Falcons
- Απιονισμένο νερό
- Διάλυμα άγνωστης συγκέντρωσης που καθορίζεται ως άγνωστο **'Sample 14'**

Στον κεντρικό πάγκο του εργαστηρίου θα βρείτε:

- Φωτόμετρο ρυθμισμένο στα 750nm
- Μηχανικό αναδευτήρα (Vortex)
- Κυψελίδες (cuvette) φασματοφωτόμετρου (4 ανά ομάδα)
- Απορροφητικό χαρτί
- Απιονισμένο νερό
- Δείγμα για το μηδενισμό του φασματοφωτόμετρου

Περιγραφή της δραστηριότητας

Για να καθοριστεί η ξηρή κυτταρική μάζα του μικροφύκους (Dry Cell Weight, DCW) ανά λίτρο (mg L^{-1}), αρχικά είναι απαραίτητο να μετρηθεί η απορρόφηση που αντιστοιχεί σε διαφορετικές συγκεντρώσεις των κυττάρων του μικροφύκους. Μετά την 3rd, 6th, 9th και 12th μέρα της καλλιέργειας, σε διαλύματα των κυττάρων του μικροφύκους θα μετρηθεί η οπτική τους πυκνότητα (Optical Density, OD). Θα χρησιμοποιηθεί ένα UV/Visible φασματοφωτόμετρο για να μετρηθεί η οπτική πυκνότητα στα 750nm και στη συνέχεια πρέπει να κατασκευαστεί μία καμπύλη ανάπτυξης του μικροφύκους *Nannochloropsis sp.* για κάθε περιοχή όπου επικρατούν διαφορετικές συγκεντρώσεις CO_2 . Η περιοχή A (Region A) που έχει χαμηλές



συγκεντρώσεις CO₂ βρίσκεται σε ένα νησί με χαμηλά επίπεδα CO₂. Η περιοχή B (Region B) που έχει μεσαίες συγκεντρώσεις CO₂, βρίσκεται δίπλα σε έναν αυτοκινητόδρομο με φυσιολογικά επίπεδα CO₂. Τέλος, η περιοχή C (Region C) που έχει υψηλές συγκεντρώσεις CO₂, βρίσκεται κοντά σε μία βιομηχανική περιοχή με υψηλά επίπεδα CO₂. Η περιοχή από την οποία ελήφθη το αγνώστο δείγμα πρέπει να προσδιοριστεί από τις καμπύλες ανάπτυξης. Οι καλλιέργειες πραγματοποιούνται κάτω από σταθερές συνθήκες (π.χ. επίπεδα φωτισμού, θερμοκρασία, κ.τ.λ.).

Επιπρόσθετα, πρέπει να αναφερθεί ότι το όξινο ανθρακικό νάτριο χρησιμοποιήθηκε ως πηγή των όξινων ανθρακικών ιόντων σε όλα τα πειράματα.

Πληροφορίες για την φασματοφωτομετρία

Κάθε χημική ένωση απορροφά, μεταδίδει, ή ανακλά το φως (ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία), μέσα σε ένα ορισμένο εύρος μήκους κύματος. Η φασματοφωτομετρία είναι μια ποσοτική μέτρηση της ικανότητας που έχει ένα υλικό ή μια χημική ένωση να ανακλά ή να μεταδίδει το φως συνάρτηση του μήκους κύματος. Το φασματοφωτόμετρο είναι ένα όργανο που μετρά την ποσότητα των φωτονίων (την ένταση του φωτός) που απορροφώνται κατά τη διέλευση των φωτονίων μέσα από ένα διάλυμα. Με το φασματοφωτόμετρο, η ποσότητα μιας γνωστής χημικής ουσίας (συγκέντρωση) μπορεί να προσδιοριστεί με τη μέτρηση της έντασης του φωτός που ανιχνεύεται. Ο νόμος του Beer-Lambert περιγράφει τη σχέση μεταξύ της απορρόφησης και της συγκέντρωσης ενός δείγματος, η οποία εφαρμόζεται όταν υπάρχει μια γραμμική σχέση μεταξύ της απορρόφησης που μετρήθηκε και της συγκέντρωσης ενός δείγματος.

Η εξίσωση του νόμου Beer - Lambert είναι:

$$A = \epsilon l c$$

όπου το A είναι η απορρόφηση (χωρίς μονάδες) ,

το ϵ είναι ο συντελεστής μοριακής απόσβεσης (molar extinction coefficient)

το l είναι το μήκος της διαδρομής του φωτός, και

το c είναι η συγκέντρωση.

Ο συντελεστής μοριακής απόσβεσης δίνεται ως σταθερά και ποικίλλει για κάθε μόριο.



Δεδομένου ότι η απορρόφηση (A), ο συντελεστής μοριακής απόσβεσης (ϵ) και το μήκος της διαδρομής του φωτός (l) είναι γνωστά, μπορούμε να υπολογίσουμε τη συγκέντρωση (c) του δείγματος.

Πειραματική διαδικασία

Σημαντική Σημείωση: Θα υπάρχουν μόνο 3 φασματοφωτόμετρα για τις 12 ομάδες, επομένως πρέπει να ζητήσετε γρήγορα, σηκώνοντας το χέρι σας, να μετρήσετε τα δείγματά σας.

- Έχετε 13 σωλήνες. Ο πρώτος σωλήνας περιέχει μόνο θαλασσινό νερό και θα χρησιμοποιηθεί για να ρυθμίσετε το φασματοφωτόμετρο στη μηδενική απορρόφηση. Οι υπόλοιποι περιέχουν καλλιέργεια του μικροφύκου *Nannochloropsis sp.* που έχει αναπτυχθεί για 3, 6, 9 και 12 ημέρες και είναι αραιωμένη κατά 4 (τέσσερις) φορές, σε σχέση με τις αρχικές καλλιέργειες. Λάβετε υπόψη σας ότι υπάρχουν τρεις αρχικές καλλιέργειες, καθεμία από τις οποίες έχει αναπτυχθεί σε διαφορετική συγκέντρωση CO_2 (χαμηλή, μεσαία και υψηλή).
- Στο σωλήνα 14 περιέχεται το άγνωστο δείγμα το οποίο λαμβάνεται από καλλιέργεια του *Nannochloropsis sp.* άγνωστης συγκέντρωσης, τη 10^η ημέρα και είναι επίσης **αραιωμένο 4 φορές**.
- Ο σωλήνας 0 (blank) περιέχει μόνο θαλασσινό νερό εμπλουτισμένο με θρεπτικά συστατικά και θα χρησιμοποιηθεί για να ρυθμιστεί το φασματοφωτόμετρο στη μηδενική απορρόφηση.

Sample	Region A	Sample	Region B	Sample	Region C
1	0 day				
2	3rd day	6	3 rd day	10	3rd day
3	6th day	7	6th day	11	6th day
4	9th day	8	9th day	12	9th day
5	12th day	9	12th day	13	12th day
14	Unknown sample				

- d. **Σηκώστε το χέρι σας όταν είσαστε έτοιμοι να χρησιμοποιήσετε το φασματοφωτόμετρο.** Πριν από την πραγματοποίηση κάθε μέτρησης, μην ξεχάσετε να αναδεύσετε σχολαστικά στο μηχανικό αναδευτήρα (vortex) κάθε σωλήνα για 3 - 5 δευτερόλεπτα, **ώστε να ομογενοποιήσετε το δείγμα σας.**
- e. **Πρέπει να θυμάστε ότι θα μπορέσετε να χρησιμοποιήσετε το φασματοφωτόμετρο μόνο για 25 λεπτά συνολικά.** Τοποθετήστε προσεκτικά στην κυψελίδα το θαλασσινό νερό που βρίσκεται στο σωλήνα 0 (blank) και τοποθετήστε την στο φασματοφωτόμετρο. **Είναι σημαντικό να μην υπερχυλίσετε την κυψελίδα και να την τοποθετήσετε στο φασματοφωτόμετρο, έτσι ώστε η ακτίνα του φωτός να περνάει μέσα από τη διαφανή πλευρά, η οποία πρέπει να διατηρείται καθαρή.**
- f. Πατήστε το κουμπί "Μηδέν" και η οθόνη του οργάνου θα δείξει 0.000 (calibrated-ρυθμισμένη).
- g. Χρησιμοποιήστε μια πιπέτα (γυάλινη ή πιπέτα Παστέρ) για να μεταφέρετε 3 ml από κάθε δοκιμαστικό που περιέχει κατά τέσσερις φορές αραιωμένη καλλιέργεια που έχει αναπτυχθεί για 3, 6, 9 ή 12 μέρες σε καθαρή κυψελίδα (χρησιμοποιήστε μία κυψελίδα για τη μέτρηση των δειγμάτων κάθε περιοχής). Η ανώτερη στάθμη του διαλύματος της καλλιέργειας πρέπει να είναι περίπου 1 cm κάτω από την κορυφή της κυψελίδας.

Ελέγξτε ότι το φασματοφωτόμετρο λειτουργεί στα 750 nm και ακολουθήστε τις οδηγίες που παρέχονται δίπλα από το φασματοφωτόμετρο (ο εργαστηριακός σύμβουλος θα παρέχει



βοήθεια).

Το διάλυμα της κάθε καλλιέργειας και τα υπολείμματα από το πλύσιμο κάθε κυψελίδας πρέπει να χύνονται μέσα στο δοχείο αποβλήτων όταν το πείραμα τελειώσει.

- h. Καταγράψτε τις μετρήσεις όλων των δειγμάτων στο φύλλο απαντήσεων (Πίνακας 1) .
- i. Σχεδιάστε γραφική παράσταση χρησιμοποιώντας το χαρτί γραφήματος (μιλιμετρέ χαρτί). Στη γραφική παράσταση πρέπει να δείξετε τις τιμές απορρόφησης για κάθε καλλιέργεια σε σχέση με τις ημέρες καλλιέργειας (3, 6, 9 και 12 μέρες). Θα πρέπει να φτιάξετε τρεις γραφικές παραστάσεις, μία για κάθε περιβαλλοντική κατάσταση (διαφορετική συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακα) (A, B, C ανάλογα με την περιοχή). Να ενώσετε όλα τα σημεία που προκύπτουν από τις τιμές σας σχηματίζοντας μία γραμμή. Πρέπει να σχεδιάσετε και τις τρεις γραμμές στο ίδιο γράφημα. Αυτή είναι η γραφική παράσταση 1.
- j. Από τη γραφική παράσταση να καθορίσετε την Περιοχή από την οποία προέρχεται το άγνωστο δείγμα και να γράψετε την απάντησή σας στο Φύλλο των απαντήσεων.
- k. Οι μετρήσεις της οπτικής πυκνότητας (OD) στα 750 nm πρέπει να μετατραπούν σε Ξηρή Κυτταρική Μάζα, Dry Cell Weight (DCW) (mg L^{-1}) χρησιμοποιώντας έναν παράγοντα που προσδιορίστηκε προηγουμένως (**the calibration curve equation appears on the spectrophotometer**). Θα πρέπει να καταγράψετε αυτή την εξίσωση στο φύλλο των απαντήσεων στη Δραστηριότητα B.1.4. Υπολογίστε το DCW για τα δείγματα της αραιωμένης καλλιέργειας (3, 6, 9 και 12 μέρες) μόνο για την περιοχή που έχετε καθορίσει. Να καταγράψετε τις τιμές σας στον Πίνακα 2, στο φύλλο των απαντήσεων.
- l. Χρησιμοποιώντας το χαρτί γραφήματος, να σχεδιάσετε μία γραφική παράσταση που θα αντιπροσωπεύει το DCW για τα δείγματα της καλλιέργειας, σε σχέση με τις μέρες καλλιέργειας 3, 6, 9 και 12. Αυτό θα το κάνετε μόνο για τη συγκεκριμένη περιοχή που έχετε καθορίσει. Αυτή είναι **η γραφική παράσταση 2**. Στη συνέχεια να προσδιορίσετε το **DCW** του άγνωστου δείγματος.
- m. Αν υποθέσουμε ότι τα μικροφύκη *Nannochloropsis sp.* μπορούν να συγκεντρώσουν (συσσωρεύσουν) 50% των τριγλυκεριδίων στην ξηρή τους βιομάζα, να υπολογίσετε τη



συγκέντρωση (mg L^{-1}) των τριγλυκεριδίων που θα μπορούσαν να συγκεντρώσουν τα μικροφύκη της αρχικής καλλιέργειας, για την συγκεκριμένη περιοχή που έχετε καθορίσει και να γράψετε τις τιμές στο φύλλο των απαντήσεων. Για να το κάνετε αυτό επιλέξτε την ημέρα της μέγιστης DCW.

η. Όπως αναφέρθηκε πριν, η αντίδραση τρανσεστεροποίησης απαιτεί 3 moles αλκοόλης για κάθε mole τριγλυκεριδίου ώστε να παραχθούν 1 mole γλυκερόλης και 3 moles των μεθυλεστέρων (βιοντίζελ – biodiesel/ βιοκαύσιμο). Με βάση το ποσό των τριγλυκεριδίων που έχετε υπολογίσει στην προηγούμενη ερώτηση (ερώτηση η), να υπολογίσετε την ποσότητα του βιοντίζελ (σε χιλιοστόγραμμα, mg) που παράγεται σε ένα λίτρο (L), υπό την προϋπόθεση ότι το κύριο τριγλυκερίδιο που είναι παρόν είναι το παλμιτικό τριγλυκερίδιο (palmitic triglyceride) και το μοριακό βάρος του είναι 807. Επιπλέον, το μοριακό βάρος του μεθυλεστέρα του παλμιτικού οξέος (palmitic acid methyl ester - βιοντίζελ) είναι 270.

Δραστηριότητα Β2 – Χημεία

Δραστηριότητα Β2.1- Καθαρισμός του NaCl

ΚΑΝΟΝΕΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ «ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ NaCl»

1. Φοράτε εργαστηριακή ποδιά και γυαλιά ασφαλείας κατά τη διάρκεια των πειραμάτων.
Φορέστε γάντια μιας χρήσης όταν εργάζεστε με χημικά.
2. Μη δοκιμάζετε τίποτα. Ποτέ μη μυρίζετε απευθείας ατμούς ή αέρια.
3. Πολλά κοινά αντιδραστήρια, για παράδειγμα οι αλκοόλες, είναι πολύ εύφλεκτες. **Ποτέ μην τα χρησιμοποιείτε σε ανοικτή φλόγα.**
4. **Αφαιρέστε τα γάντια πριν χρησιμοποιήσετε εργαστηριακό λύχνο.**
5. Ποτέ μην αφήνετε τους λύχνους χωρίς επιτήρηση.
6. Αν κάποια από τις ουσίες έρθει σε επαφή με το δέρμα ή τα μάτια σας, ξεπλύνετε αμέσως με άφθονο νερό και συμβουλευτείτε τον επιβλέποντά σας.
7. Απορρίψτε τα χημικά στα δοχεία που σας παρέχονται.
8. **Προσοχή στη χρήση πυκνού θειικού οξέος H_2SO_4 !!!! Ποτέ μη ρίχνετε νερό στο θειικό οξύ.**

Εισαγωγή

Η χρήση του αλατιού ως **συντηρητικού τροφίμων** είναι γνωστή από την αρχαιότητα. Το αλάτι ήταν αναπόσπαστο μέρος της ζωής των ανθρώπων και αποτελούσε μέρος των συνηθειών, της παράδοσης και των θρησκευτικών τους πεποιθήσεων. Στην Αρχαία Ρώμη ήταν τόσο πολύτιμο που συχνά χρησιμοποιείτο στις συναλλαγές σαν νόμισμα αντί για χρήματα. Αν σκεφτούμε καλύτερα, η Αγγλική λέξη «salary» προέρχεται από το λατινικό “salarium” που σημαίνει πληρωμή σε αλάτι. Κατά τους αρχαίους Έλληνες το αλάτι συμβολίζει τη φιλία και την αλληλεγγύη. Το χρησιμοποιούσαν για να επισφραγίζουν τις συμφωνίες τους, στις θυσίες και στις προσφορές στους θεούς.

Το αλάτι διακρίνεται σε **ορυκτό** και **θαλασσινό**.

Το **ορυκτό αλάτι**, που καλύπτει το 70% της παγκόσμιας κατανάλωσης σχηματίστηκε πριν από εκατομμύρια χρόνια όταν νερό εξατμίστηκε από ωκεανούς καθώς και μετά από γεωλογικές ανακατατάξεις της γης. Περιέχει μεγάλες ποσότητες προσμείξεων και για αυτό χρειάζεται καθαρισμό ώστε αυτές να απομακρυνθούν.

Το **θαλασσινό αλάτι** προέρχεται από τη θάλασσα και συλλέγεται στις αλυκές. Η περιεκτικότητα σε αλάτι διαφέρει από θάλασσα σε θάλασσα. Οι Βόρειες Θάλασσες έχουν περιεκτικότητα 3% ενώ η Νεκρά Θάλασσα έχει 8%. Το NaCl (αλάτι) που συλλέγεται από τις αλυκές, περιέχει διάφορες προσμείξεις. Ορισμένες από αυτές, όπως η άμμος, απομακρύνονται εύκολα, ενώ άλλες όπως τα θειικά άλατα ($MgSO_4$ ή $CaSO_4$) πολύ πιο δύσκολα.

Η αρχή του καθαρισμού των ευδιάλυτων ουσιών (όπως το αλάτι), είναι η διάλυσή τους στο νερό και η ανακρυστάλλωσή τους, είτε μέσω ψύξης είτε με την προσθήκη κατάλληλου αντιδραστηρίου όπως HCl. Με αυτό τον τρόπο η καθαρή ουσία κρυσταλλώνεται ενώ οι προσμείξεις παραμένουν στο διάλυμα. Στο ακόλουθο πείραμα θα χρησιμοποιήσετε μια από αυτές τις μεθόδους για τον καθαρισμό του αλατιού.

Μέθοδος Καθαρισμού

Η μέθοδος που ακολουθείται για τον καθαρισμό περιλαμβάνει τα πιο κάτω βήματα:

1. Παρασκευάζεται ένα κορεσμένο διάλυμα ορυκτού αλατιού. Αν χρειαστεί, πραγματοποιείται απόχυση ώστε να απομακρυνθούν τυχόν δυσδιάλυτες προσμείξεις, όπως άμμος.

2. Όταν προστεθεί πυκνό H_2SO_4 σε στερεό NaCl σχηματίζεται αέριο, το οποίο διοχετεύεται στο παραπάνω διάλυμα και αυξάνει τη συγκέντρωση των ιόντων χλωρίου (Cl^-). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την ανακρυστάλλωση καθαρού NaCl καθώς οι ευδιάλυτες προσμείξεις θα παραμείνουν στο διάλυμα.

3. Το καθαρό NaCl παραλαμβάνεται με διήθηση.

4. Η καθαρή ουσία ξηραίνεται στο φούρνο.

Η παραπάνω διαδικασία επαναλαμβάνεται σε περίπτωση που απαιτείται NaCl υψηλής καθαρότητας.

ΟΡΓΑΝΑ	ΥΛΙΚΑ
<ul style="list-style-type: none"> ▪ 1 κουτάλι ▪ Εργαστηριακός Λύχνος (I) ▪ Σφαιρική φιάλη (A) ▪ Τριοδικός σωλήνας (B) ▪ Σφικτήρες διαφόρων μεγεθών (H) ▪ Συστολέας για τη σύνδεση του τριοδικού σωλήνα με τον εύκαμπτο σωλήνα σιλικόνης (C). ▪ Χωνί προσθήκης (D). ▪ Πλυντρίδα (E) ▪ Υδροβολέας ▪ 2 διάφανοι εύκαμπτοι σωλήνες σιλικόνης ▪ 3 ποτήρια ζέσεως (100, 250 και 400 mL (G)). ▪ 2 ογκομετρικοί κύλινδροι (25 και 100 mL). ▪ 1 μικρό χωνί (F). ▪ 1 μικρό πλαστικό χωνί ▪ 1 μεγάλο χωνί ▪ 1 διηθητικό χαρτί ▪ 4 δοκιμαστικοί σωλήνες ▪ 1 στήριγμα δοκιμαστικών σωλήνων ▪ Κωνική φιάλη(250 mL) για τη διήθηση ▪ 3 ορθοστάτες ▪ 3 μεταλλικοί σφικτήρες (L) ▪ 3 διπλοί σύνδεσμοι (K) ▪ Ύαλος ωρολογίου ▪ Ξύλινες λαβίδες ▪ 1 ράβδος ανάδευσης ▪ Φούρνος ξήρανσης ▪ Χαρτί για τη ζύγιση ▪ Ηλεκτρονικός ζυγός (ακρίβειας ± 0.1 g) ▪ Βαζελίνη ▪ Μολύβι ▪ Αναπτήρας 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Μαγειρικό αλάτι (NaCl) ▪ Ακάθαρτο NaCl ▪ Πυκνό H_2SO_4 ▪ 1 M διάλυμα $\text{BaCl}_2(aq)$ ▪ Αιθανόλη ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$) ▪ Απεσταγμένο νερό

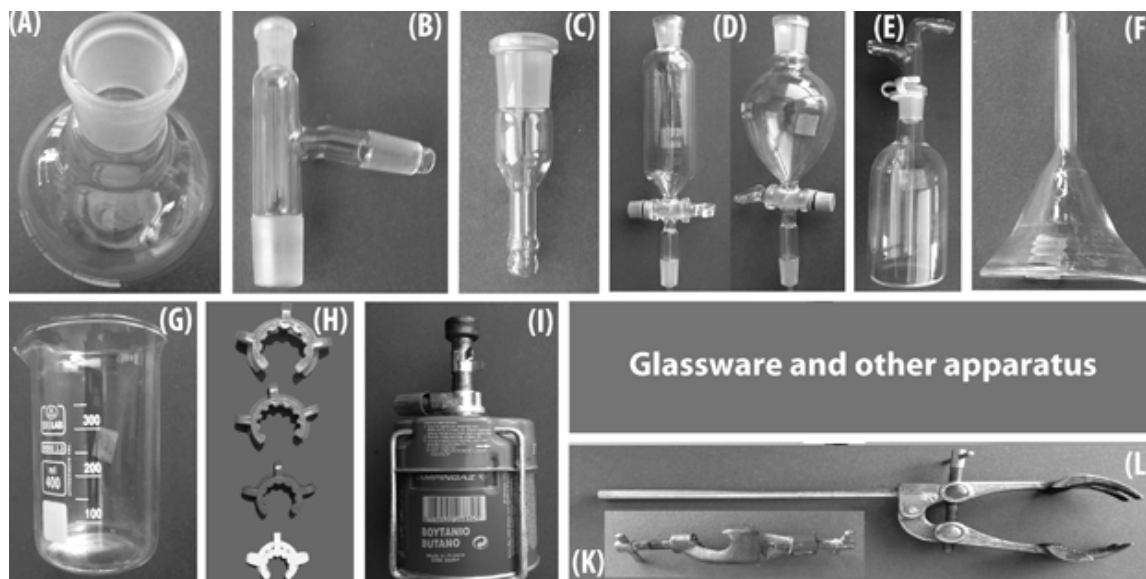
Πειραματική Διαδικασία

Προσοχή, αν παραβιάσετε τους κανόνες ασφαλείας που σας έχουν δοθεί, μπορεί να αποβληθείτε ή να σας δοθούν βαθμοί ποινής.

2.1. Προσθέστε 100ml αποσταγμένου νερού στο ποτήρι ζέσεως των 250ml. Ζυγίστε 37g ακάθαρτου NaCl και μεταφέρετέ το στο ίδιο ποτήρι (η διαλυτότητα του NaCl είναι 35,7 g / 100 mL H₂O στους 20 °C). Αναδεύστε μέχρι να διαλυθεί το NaCl και να σχηματιστεί ένα κορεσμένο διάλυμα. Αν παρατηρήσετε αδιάλυτο υπόλειμμα αποχύστε το διάλυμα σε άλλο ποτήρι ζέσεως των 400 mL (**ποτήρι ζέσεως G του σχήματος 1**).

2.2. Μεταφέρετε 10 mL από το πιο πάνω διάλυμα σε ένα δοκιμαστικό σωλήνα (**Διάλυμα 1**). **Αφήστε το στην άκρη για το βήμα 2.11.**

2.3. Προσθέστε 40 g μαγειρικού αλατιού στη σφαιρική φιάλη (**φιάλη A στο σχήμα 1**) και προσαρμόστε τον τριοδικό σωλήνα (**B**) στο στόμιο της σφαιρικής φιάλης χρησιμοποιώντας τον πράσινο σφικτήρα. **Πριν συνδέσετε κάθε γυάλινο όργανο τοποθετείστε μικρή ποσότητα βαζελίνης στην εσφυρισμένη επιφάνεια.** Στη συνέχεια συναρμολογήστε τη συσκευή όπως φαίνεται στο **Σχήμα 2**. **Η όλη διαδικασία πρέπει να πραγματοποιηθεί στον απαγωγό.** Ακολουθείστε τις λεπτομερείς διαδικασίες που σας δίνονται παρακάτω.



Σχήμα 1: Φωτογραφίες των γυάλινων οργάνων και άλλων εξαρτημάτων που θα χρησιμοποιηθούν στο πείραμα.

(A) Σφαιρική φιάλη.

(B) Τριοδικός σωλήνας.

(C) Συστολέας για τη σύνδεση του τριοδικού σωλήνα με τον εύκαμπτο σωλήνα σιλικόνης.

(D) Χωνί προσθήκης (δύο διαφορετικοί τύποι).

(E) Πλυντρίδα (δοχείο που λειτουργεί ως παγίδα).

(F) Μικρό χωνί

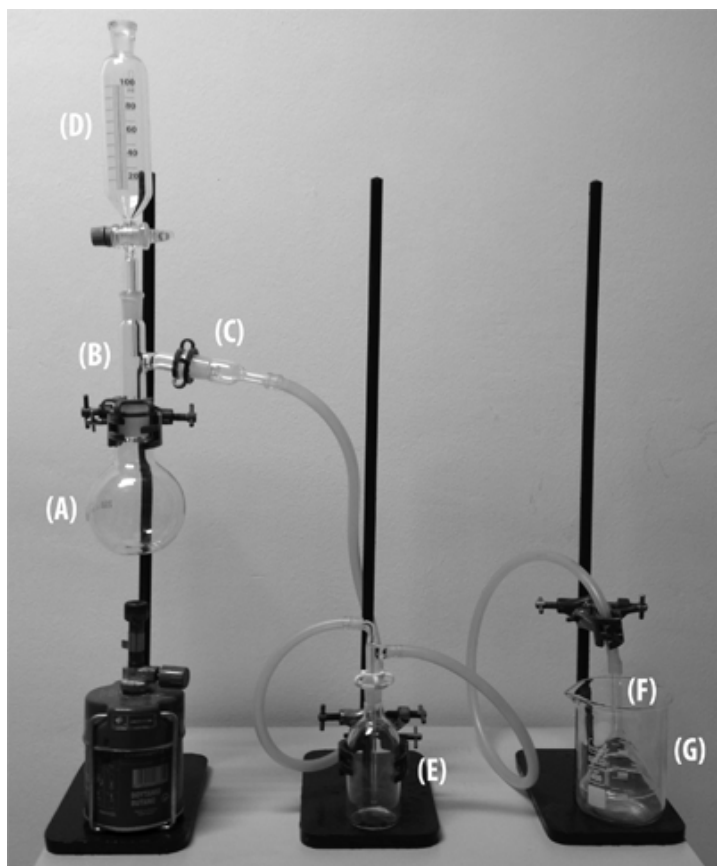
(G) Ποτήρι ζέσεως 400 mL

(H) Σφικτήρες διαφόρων μεγεθών και χρωμάτων

(I) Εργαστηριακός λύχνος

(K) Διπλός σύνδεσμος

(L) Μεταλλικός σφικτήρας



Σχήμα 2: Η πειραματική διάταξη για τον καθαρισμό του NaCl

Με τη βοήθεια του μεταλλικού σφικτήρα και του διπλού συνδέσμου τοποθετείστε τη σφαιρική φιάλη (A) με τον τριοδικό σωλήνα (B) στον ορθοστάτη. Βεβαιωθείτε ότι η απόσταση από το επίπεδο του πάγκου είναι τέτοια ώστε να μπορεί να τοποθετηθεί ο εργαστηριακός λύχνος από κάτω. Συνδέστε το χωνί προσθήκης (D) στο πάνω άκρο του τριοδικού σωλήνα (B) χρησιμοποιώντας τον κίτρινο σφιγκτήρα. **Σιγουρευτείτε ότι η στρόφιγγα του χωνιού προσθήκης είναι κλειστή.** Χρησιμοποιήστε άλλο μεταλλικό σφιγκτήρα και διπλό σύνδεσμο για να στερεώσετε την πλυντρίδα (E) στο δεύτερο ορθοστάτη. Η πλυντρίδα (E) διαθέτει δύο σωλήνες σιλικόνης. Ένα άκρο του σωλήνα σιλικόνης είναι συνδεδεμένο με το συστολέα (C). Συνδέστε το συστολέα (C) στο πλευρικό άκρο του τριοδικού σωλήνα (B) και ασφαλίστε το με το μπλε σφιγκτήρα. Το άλλο άκρο του σωλήνα σιλικόνης είναι συνδεδεμένο με το μικρό γυάλινο χωνί (F). Τέλος τοποθετείστε το χωνί ανάποδα μέσα στο ποτήρι ζέσεως (G) με τρόπο ώστε να βρίσκεται κάτω από την επιφάνεια του κορεσμένου διαλύματος χωρίς να αγγίζει τον πυθμένα του δοχείου. Στερεώστε το χωνί με έναν τρίτο μεταλλικό σφικτήρα και διπλό σύνδεσμο στον τρίτο ορθοστάτη.

Ζητείστε από τον επιβλέποντα να ελέγξει τη διάταξη πριν συνεχίσετε



Χημ 1. Απαντήστε την ερώτηση στο φύλλο απαντήσεων.

2.4. Φορέστε τα γάντια σας και προσεκτικά προσθέστε τα 40 mL πυκνού H_2SO_4 στο χωνί προσθήκης (**D**).

ΠΡΟΣΟΧΗ: Η ΣΤΡΟΦΙΓΓΑ ΤΟΥ ΧΩΝΙΟΥ ΠΡΟΣΘΗΚΗΣ ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ ΕΙΝΑΙ ΚΛΕΙΣΤΗ

2.5. Προσθέστε το πυκνό H_2SO_4 σταγόνα σταγόνα στη σφαιρική φιάλη, θερμαίνοντας **ελαφρά και περιοδικά**. Βγάλτε τα γάντια σας κατά τη διάρκεια της θέρμανσης. Η διαδικασία ολοκληρώνεται όταν όλη η ποσότητα του πυκνού θειϊκού οξέος έχει προστεθεί στο $NaCl$ και δεν παρατηρούνται άλλες φυσαλίδες στο ποτήρι ζέσεως (**G**) που περιέχει το κορεσμένο διάλυμα $NaCl$. Βεβαιωθείτε ότι η στρόφιγγα του χωνιού προσθήκης είναι κλειστή αφότου έχετε προσθέσει όλο το H_2SO_4 .

Χημ 2 – Χημ 4. Απαντήστε τις ερωτήσεις στο φύλλο απαντήσεων

2.6. Γράψτε στην άκρη ενός κομματιού διηθητικού χαρτιού τα αρχικά της χώρας σας με μολύβι. Διηθείστε, στον απαγωγό, το μείγμα που σχηματίστηκε στο ποτήρι ζέσεως (**G**).

2.7. Ξεπλύνετε το ίζημα τρεις φορές χρησιμοποιώντας κάθε φορά 10mL αιθανόλης.

2.8. Τοποθετείστε το διηθητικό χαρτί με το ίζημα σε ύαλο ωρολογίου και απλώστε τη στερεά ουσία σε όλη την επιφάνεια. Τοποθετείστε την ύαλο ωρολογίου σε φούρνο ξήρανσης για 40 min στους $110^\circ C$.

Χημ 5. Απαντήστε την ερώτηση στο φύλλο απαντήσεων

2.9. Βγάλτε με μια ξύλινη λαβίδα την ύαλο ωρολογίου από το φούρνο. Ζυγίστε x g του καθαρού $NaCl$ (βλέπε τους υπολογισμούς στην ερώτηση Χημ 5) και βάλτε το σε ποτήρι ζέσεως των 100 mL που περιέχει 15 mL αποσταγμένου νερού. Αναδεύστε το διάλυμα μέχρι να διαλυθεί εντελώς το $NaCl$ και να σχηματιστεί ένα διάλυμα ίδιας περιεκτικότητας με το αρχικό κορεσμένο **διάλυμα 1**.

2.10. Μεταφέρετε 10 mL του πιο πάνω διαλύματος σε δοκιμαστικό σωλήνα (**Διάλυμα 2**)

2.11. Προσθέστε 3 σταγόνες διαλύματος $BaCl_2(aq)$ στους δοκιμαστικούς σωλήνες 1 και 2 και αναδεύστε με τη ράβδο.

Χημ 6 – Χημ 12. Απαντήστε τις ερωτήσεις στο φύλλο απαντήσεων

Δραστηριότητα Β3 - Φυσική

Δραστηριότητα Β3 – Χρησιμοποιώντας μια ηλεκτρολυτική συσκευή μετράμε την περιεκτικότητα μάζας κατά όγκο του διαλύματος χλωριούχου νατρίου

Περίληψη

Οι στόχοι μας είναι (α) να μελετήσουμε πειραματικά την ηλεκτρική αγωγιμότητα ενός αραιού διαλύματος χλωριούχου νατρίου που περιέχεται σε μια ηλεκτρολυτική συσκευή σε σχέση με την περιεκτικότητα μάζας κατά όγκο του διαλύματος και (β) να βαθμονομήσουμε

την ηλεκτρολυτική συσκευή. $\rho_A = \frac{m_A}{V}$

Η περιεκτικότητα, ρ_A , της διαλυμένης ουσίας Α του διαλύματος ορίζεται από τη σχέση $\rho_A = \frac{m_A}{V}$, όπου m_A είναι η μάζα της διαλυμένης ουσίας Α στο διάλυμα και V είναι ο όγκος του διαλύματος.

Η μελέτη περιορίζεται σε συγκεκριμένο εύρος τιμών της περιεκτικότητας μάζας κατά όγκο, από $2 \frac{\text{g}}{100 \text{ mL}}$ μέχρι $6 \frac{\text{g}}{100 \text{ mL}}$. Τα αποτελέσματά σας θα χρησιμοποιηθούν για την βαθμονόμηση της ηλεκτρολυτικής συσκευής έτσι ώστε να μπορέσουμε να προσδιορίσουμε πειραματικά την άγνωστη περιεκτικότητα ενός διαλύματος άλατος.

Θεωρητικό πλαίσιο – Διάταξη της πειραματικής διαδικασίας

Αγωγιμότητα του ιοντικού διαλύματος χλωριούχου νατρίου – Νόμος του Ohm

Είναι γνωστό ότι ένα ιοντικό διάλυμα επιτρέπει την διέλευση του ηλεκτρικού ρεύματος. Κάτω από ειδικές συνθήκες - που ισχύουν στην περίπτωση που μελετάμε - το διάλυμα αυτό υπακούει στο νόμο του **Ohm**.

Βάζουμε ένα διάλυμα χλωριούχου νατρίου με περιεκτικότητα ρ_A σε ένα δοχείο. Βυθίζουμε δύο πανομοιότυπες μεταλλικές πλάκες (**ηλεκτρόδια**) μέσα στο υγρό. Έτσι έχουμε κατασκευάσει μια ηλεκτρολυτική συσκευή.

Σύμφωνα με το νόμο του Ohm, αν υπάρχει διαφορά δυναμικού V μεταξύ των δύο ηλεκτροδίων, τότε το διάλυμα θα διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα, του οποίου η ένταση θα είναι ανάλογη με την διαφορά δυναμικού:

$$I = G \cdot V \quad (1)$$

G είναι μια σταθερά που αντιπροσωπεύει την αγωγιμότητα της ηλεκτρολυτικής συσκευής. Η αγωγιμότητα είναι το αντίστροφο της αντίστασης της ηλεκτρολυτικής συσκευής, $G = 1/R$.

Έχει μονάδα μέτρησης Ω^{-1} ή siemens (S).

Για να προσδιορίσουμε πειραματικά την αγωγιμότητα της ηλεκτρολυτικής συσκευής: συνδέουμε την ηλεκτρολυτική συσκευή σε σειρά με αντιστάτη των 120Ω σε ένα κλειστό κύκλωμα, χρησιμοποιούμε **βολτόμετρο** για να μετρήσουμε την διαφορά δυναμικού μεταξύ των πόλων της συσκευής και **αμπερόμετρο** για να μετρήσουμε την ένταση του ρεύματος που διαρρέει την συσκευή.

Η αγωγιμότητα μιας ηλεκτρολυτικής συσκευής που περιέχει ιοντικό διάλυμα εξαρτάται από τους παρακάτω παράγοντες:

- 1) Το μέγεθος, τη θέση και το σχήμα των ηλεκτροδίων της συσκευής.
- 2) Την θερμοκρασία του διαλύματος.
- 3) Την περιεκτικότητα του ιοντικού διαλύματος.

Προκύπτει ότι για να μελετήσουμε πειραματικά την αγωγιμότητα σε συνάρτηση με ένα από τους παραπάνω παράγοντες θα πρέπει να κρατήσουμε σταθερούς τους υπόλοιπους παράγοντες σε όλη τη διάρκεια του πειράματος. Έτσι για να μελετήσουμε την αγωγιμότητα σε συνάρτηση με την περιεκτικότητα του διαλύματος, θα πρέπει να διασφαλίσουμε ότι τα ηλεκτρόδια της συσκευής είναι σε συγκεκριμένες θέσεις και η θερμοκρασία του διαλύματος είναι σταθερή.

Κάτω από τις συνθήκες που εκτελείται αυτό το πείραμα μπορούμε να υποθέσουμε ότι υπάρχει μια γραμμική σχέση μεταξύ της αγωγιμότητας και της περιεκτικότητας του διαλύματος σε χλωριούχο νάτριο. Έτσι, αν διαλύσουμε μαγειρικό αλάτι σε νερό της βρύσης και φτιάξουμε ένα διάλυμα περιεκτικότητας ρ_A , τότε η αγωγιμότητα του διαλύματος σε συνάρτηση με την περιεκτικότητα δίνεται από τη σχέση:

$$G = \lambda \cdot \rho_A + G_0 \quad (2)$$

όπου: λ , G_0 είναι σταθερές που εξαρτώνται από την θερμοκρασία, τον τύπο του διαλύματος και τον τρόπο κατασκευής της ηλεκτρολυτικής συσκευής.

Κατά την διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας, για διαφορετικές τιμές της περιεκτικότητας του διαλύματος χλωριούχου νατρίου υπολογίζουμε την αντίστοιχη τιμή της αγωγιμότητας και σχεδιάζουμε την γραφική παράσταση της αγωγιμότητας G σε συνάρτηση με την περιεκτικότητα ρ_A . Θα ελέγξουμε αν τα πειραματικά δεδομένα ικανοποιούν την σχέση (2) και θα προσδιορίσουμε τις τιμές των σταθερών λ , G_0 .

Εξοπλισμός και υλικά

1. Γεννήτρια YB16200. [Ρυθμίσεις: Πατήστε το Power out, επιλέξτε την ημιτονοειδή κυματομορφή AC και ρυθμίστε τη συχνότητα στα $1,5 \text{ kHz}$]
2. Δύο πολύμετρα.
3. Αντιστάτης - 120Ω .
4. Ηλεκτρολυτική συσκευή: σύστημα δύο ηλεκτροδίων και διαλύματος σε δοχείο.
5. Διακόπτης.
6. Καλώδια.

7. Μια ογκομετρική φιάλη των 100mL.
8. Βάση στήριξης δοκιμαστικών σωλήνων.
9. Πλαστική σύριγγα 20mL.
10. Έξι πλαστικά φιαλίδια 100mL.
11. Ζυγός 0,1g.
12. Στερεό χλωριούχο νάτριο.
13. Πλαστικό κουτάλι.
14. Πλαστικό δοχείο.
15. Μαρκαδόρος.
16. Μιλιμετρέ χαρτί.
17. 2 υπολογιστές τσέπης.
18. Χάρακας 20cm-30cm.
19. Μολύβι, 3 στυλό, σβήστρα.
20. Χαρτί κουζίνας.

Πειραματική διαδικασία

Χρησιμοποιήστε τον σωστό αριθμό σημαντικών ψηφίων σε όλες τις μετρήσεις και υπολογισμούς.

1. Χρησιμοποιήστε τις ογκομετρικές φιάλες, την σύριγγα και τον ζυγό για να ετοιμάσετε πέντε υδατικά διαλύματα χλωριούχου νατρίου, με περιεκτικότητες (χρησιμοποιήστε νερό βρύσης ως διαλύτη):

$$2 \frac{\text{g}}{100 \text{ mL}}, 3 \frac{\text{g}}{100 \text{ mL}}, 4 \frac{\text{g}}{100 \text{ mL}}, 5 \frac{\text{g}}{100 \text{ mL}} \text{ και } 6 \frac{\text{g}}{100 \text{ mL}},$$

τα οποία θα τοποθετήσετε στα πλαστικά φιαλίδια. Σημειώστε σε κάθε φιαλίδιο την περιεκτικότητα του διαλύματος.

2. Αντιστοιχίστε ένα δοκιμαστικό σωλήνα με κάθε φιαλίδιο και σημειώστε το. Γεμίστε μέχρι την μέση κάθε δοκιμαστικό σωλήνα με διάλυμα από το αντίστοιχο φιαλίδιο. Σημειώστε σε κάθε δοκιμαστικό σωλήνα την περιεκτικότητα του διαλύματος.
3. Τοποθετήστε το σύστημα των δύο ηλεκτροδίων μέσα στον πρώτο δοκιμαστικό σωλήνα που περιέχει διάλυμα $2 \frac{\text{g}}{100 \text{ mL}}$.
4. Σχεδιάστε στο φύλλο απαντήσεων το κατάλληλο κύκλωμα για τις μετρήσεις σας.
5. Ρυθμίστε την συχνότητα της γεννήτριας στα 1,5kHz και διατηρήστε την σταθερή καθ' όλη την διάρκεια του πειράματος. Φτιάξτε αυτό το κύκλωμα.
6. **Μην κλείσετε τον διακόπτη, πριν αξιολογηθεί το κύκλωμα από τον επιβλέποντα.** Ο επιβλέπων θα διορθώσει το κύκλωμά σας αν χρειαστεί.
Ο διακόπτης πρέπει να παραμένει ανοιχτός όταν δεν λαμβάνονται μετρήσεις.
Ρυθμίστε το πλάτος (amplitude) του σήματος της γεννήτριας στο μέγιστο. Περιμένετε για

λίγο, μέχρι να σταθεροποιηθούν οι ενδείξεις της διαφοράς δυναμικού μεταξύ των πόλων της ηλεκτρολυτικής συσκευής και της έντασης του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα. Καταγράψτε αυτές τις τιμές στον πίνακα Α του φύλλου απαντήσεων και μετά ανοίξτε τον διακόπτη.

Επαναλάβετε την παραπάνω διαδικασία για κάθε διάλυμα που ετοιμάσατε.

Κάθε φορά, βεβαιωθείτε ότι ξεπλύνετε και στεγνώσατε τα ηλεκτρόδια της συσκευής.

Επεξεργασία δεδομένων και συμπεράσματα

[Καταγράψτε όλους τους υπολογισμούς σας στο φύλλο απαντήσεων]

1. Στο μιλιμετρέ χαρτί να σχεδιάσετε την γραφική παράσταση της αγωγιμότητας (G) σε συνάρτηση με την περιεκτικότητα (ρ_A).
2. Βασιζόμενοι στην γραφική παράσταση προσδιορίστε τις τιμές των σταθερών λ , G_0 , της σχέσης (2).
3. Ζητήστε από τον επιβλέποντα να σας δώσει ένα φιαλίδιο που περιέχει διάλυμα χλωριούχου νατρίου άγνωστης περιεκτικότητας, ρ_x . Προσδιορίστε πειραματικά την περιεκτικότητα του διαλύματος σε χλωριούχο νάτριο χρησιμοποιώντας την πειραματική συσκευή και την γραφική σας παράσταση.