ΦΩΤΕΙΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

ΦΩΤΟΣΤΟΙΧΕΙΟ ΒΑΣΙΣΜΕΝΟ ΣΕ ΤΕΧΝΗΤΗ ΦΩΤΟΣΥΝΘΕΣΗ

15 ΜΑΙΟΥ 2008

- ΕΡΓΑΣΙΑ 2 -

ΛΕΥΚΩΣΙΑ ΚΥΠΡΟΣ

Περιεχόμενα

1. **Γενικές οδηγίες**
2. **Κανονισμός εργαστηρίου**
3. **Κατάλογος χημικών ουσιών**
4. **Όργανα και συσκευές**
5. **Κανονισμοί ασφάλειας R και S**
6. **Πείραμα 1: Διαδικασία κατασκευής νανοκρυσταλλικού φωτοστοιχείου ευαισθητοποιημένου με χρώση (DSSC)**
7. **Πείραμα 2: Ογκομετρικός προσδιορισμός ιόντων ιωδίου σε ηλεκτρολυτικό διάλυμα**
8. **Πείραματ 3: Χημικές ιδιότητες ανθοκυανίνης**
9. **Πείραμα 4: Οι ηλεκτρικές χαρακτηριστικές εξόδου του φωτοστοιχείου**

1. ΓΕΝΙΚΕΣ ΟΔΗΓΙΕΣ

- Γράψτε το όνομα σας και τα προσωπικά σας στοιχεία στο πλαίσιο της πρώτης σελίδας των δύο φύλλων απαντήσεων.
- Έχετε 4 ώρες για να ολοκληρώσετε το πείραμα. Οργανώστε επιτυχώς το χρόνο σας και **τηρείτε με συνέπεια τους ενδεδειγμένους χρόνους**.
- Γράψτε τις απαντήσεις σας και τους υπολογισμούς σας στα προβλεπόμενα γι' αυτό πλαίσια.
- Κανένα επιπλέον αντιδραστήριο δεν προβλέπεται (εκτός από απεσταγμένο νερό). Επιπλέον γυάλινα σκεύη προβλέπονται.
- Καμία επιπλέον εξήγηση δεν προβλέπεται.
- Μετρήσεις όγκου με χρήση προχοΐδας πρέπει να γίνονται με ακρίβεια ±0.05 mL.
- Η χρήση blanco-tippex και προγραμματισμένων υπολογιστών τσέπης απαγορεύεται.
- Χρησιμοποιείστε μόνο μαύρο ή μπλε στυλό.
- Μπορείτε να πάτε στην τουαλέτα μόνο με άδεια.
- Όταν τελειώσετε το πείραμα, τοποθετήστε όλα τα χαρτιά (φύλλα εργασίας και φύλλα απαντήσεων) στον προβλεπόμενο γι' αυτό φάκελο και σφραγίστε **εκτός από ένα συμπληρωμένο σετ των δύο φύλλων απαντήσεων που θα παραδώσετε στον παρατηρητή.**
- Παραμείνετε στη θέση σας μέχρι να σας δοθεί άδεια αποχώρησης από την αίθουσα.

2. ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ

- **Φοράτε γυαλιά ασφαλείας, προστατευτικά γάντια και ποδιά, καθ' όλη τη διάρκεια της παραμονής σας στο εργαστήριο .**
- **Για να γεμίσετε ένα σιφώνιο, χρησιμοποιείτε πουάρ - αναρροφητή.**
- **Σεβαστείτε τους κανονισμούς ασφαλείας R και S.**
- **Μην μυρίζετε τα αντιδραστήρια.**
- **Πετάξτε τα χρησιμοποιημένα χημικά στο δοχείο με ένδειξη "Waste basket" (δοχείο απορριμμάτων).**
- **Πετάξτε χρησιμοποιημένους δοκιμαστικούς σωλήνες και σπασμένα γυαλιά στο δοχείο "Glass disposable" (γυάλινα απορρίμματα).**
- **Το φαγητό και ποτό δεν επιτρέπεται στο εργαστήριο.**
- **Μην μετακινήστε από τη θέση σας και μην δανείζεστε αντιδραστήρια και όργανα από τους άλλους διαγωνιζομένους. Αν χρειάζεστε οποιαδήποτε βοήθεια μην διστάσετε να ρωτήσετε τους παρατηρητές.**
- **Μόρια ποινής θα αφαιρεθούν για παραβίαση των κανόνων ασφαλείας ή οποιαδήποτε καταστροφή γυαλικών και οργάνων.**
- **Ακολουθείτε πάντα τις οδηγίες των παρατηρητών εργαστηρίου.**

3 ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΧΗΜΙΚΩΝ

Αντιδραστήριο	**Ποσότητα**	**Τοποθετημένο σε**	**Ετικέτα**
Διοξείδιο του τιτανίου σε αιώρημα(για κοινή χρήση)	5mL	Σκεπασμένο μπουκάλι	TiO_2 Suspension
Χυμός ροδιού +10% απεσταγμένο νερό	40mL	Σκούρο γυάλινο μπουκάλι	Pomegranate juice
Ηλεκτρολυτικό διάλυμα ιωδίου	15mL	Πλαστικό σταγονομετρικό μπουκάλι	KI / Iodine electrolyte WARNING: contains Ethylene glycol
Θειοθειϊκό νάτριο	60mL	Σκούρο γυάλινο μπουκάλι	$Na_2S_2O_3$ 0.0780M
Διάλυμα ιωδίου \ ιωδιούχου καλίου σε αιθυλενογλυκόλη	45 mL	Σκούρο γυάλινο μπουκάλι	KI_3 $(CH_2OH)_2$ C_x
Αιθανόλη	300 mL	Πλαστικός υδροβολέας	ETHANOL
Ισοπροπανόλη	100 mL	Πλαστικός υδροβολέας	ISOPRORANOL
Απιονισμένο νερό	500mL	Πλαστικός υδροβολέας	DEIONIZED WATER
Διάλυμα αμύλου	10mL	Σταγονομετρικό μπουκάλι	Starch indicator
Υδροχλωρικό οξύ	20mL	Σταγονομετρικό μπουκάλι	HCl 1M
Διάλυμα αμμωνίας	20mL	Σταγονομετρικό μπουκάλι	NH_3 0.5%
Χλωριούχο αργίλιο	3g	Γυάλινο φιαλίδιο	$AlCl_3$

4. ΟΡΓΑΝΑ ΚΑΙ ΣΥΣΚΕΥΕΣ

Είδος	**Ποσότητα**
Γυαλιά ασφαλείας	1
Προστατευτικά γάντια	1
Ψηφιακό πολύμετρο	2
Ποτενσιόμετρο 500 Ω	1
Πιστολάκι στεγνώματος με στήριγμα	1
Γυάλινος κύλινδρος προσαρμοσμένος στο πιστολάκι στεγνώματος	1
Λάμπα αλογόνου	1
Κολλητική ταινία «σελοτέϊπ» μάρκας 3M	1
Αγώγιμα γυάλινα πλακίδια	2
Κλίπς στήριξης (βιβλιοδεσίας)	4
Μολύβι γραφίτη	1
Γυάλινη ράβδος	1
Δοκιμαστικοί σωλήνες με βάση στήριξης (σταν)	4
Τσιμπίδα	1
Δισκίο Petri	2
Καπάκια δισκίων Petri	2
γυάλινο σιφώνιο 10 mL	1
Προχοΐδα 50 mL με βάση στήριξης	1
Κωνική φιάλη	1
Ογκομετρικός κύλινδρος 100mL	1
Ογκομετρικός κύλινδρος 10mL	1
Βαθμονομημένη πλαστική πιπέτα Παστέρ (Pasteur pipette)	2
Ποτήρι ζέσεως	1
Πουάρ- αναρροφητής γεμίσματος σιφωνίου.	1

Λαβίδα	1
Ψαλίδι	1
Μικρή σπάτουλα	1
Μπατονέτες αυτιών	5
Κουτί με χαρτομάντιλα	1
Χάρακας	1
Φύλλο άσπρου χαρτιού	1

5. ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ, SKAI R

Διοξείδιο του τιτανίου	R-καμία S:22-25-36/37
Αιθανόλη	R:11 S:7-16
Ισοπροπανόλη	R:11 S:7-16
Γλυκόλη	R:10-20/21/22 S:53-45
Θειοθειϊκό νάτριο	R- καμία S- καμία
Ιώδιο	R20/21 S:23-25
άμυλο	R-καμία S-καμία
Αιθυλενογλυκόλη	R: 22-26-10-20/21/22 S: 53-45
Χλωριούχο αργίλιο	R34 S7/8-28-45

Κανονισμοί ασφαλείας (R)
R 10 Εύφλεκτο
R 11 Ιδιαίτερα Εύφλεκτο
R 22 Βλαβερό αν το καταπιείς
R 26 Πολύ τοξικό αν το εισπνεύσεις
R34 Προκαλεί εγκαύματα.

Συνδυασμοί κανονισμών (R)
R20/21 Βλαβερό κατά την εισπνοή και την επαφή με το δέρμα.
R20/ 21/22 Βλαβερό κατά την εισπνοή και την επαφή με το δέρμα καθώς και αν το καταπιείς.

Κανονισμοί ασφαλείας (S)
S 7 Κρατήστε το δοχείο ερμητικά κλειστό.
S 16 Κρατήστε το μακριά από πηγές ανάφλεξης – Μην καπνίζετε.
S 22 Η σκόνη να μην αναπνέεται.
S 23 Να μην αναπνέετε το αέριο /καπνό /ατμό/ σπρέϊ (Να διευκρινιστεί από τον κατασκευαστή.)
S 25 Αποφύγετε επαφή με τα μάτια
S28 Μετά από επαφή με το δέρμα, ξεπλύνετε αμέσως με άφθονο νερό.
S 45 Σε περίπτωση ατυχήματος ή αν δεν νιώθετε καλά, συμβουλευθείτε αμέσως γιατρό (δείξτε την ετικέτα αν είναι δυνατόν).
S53 Αποφύγετε την έκθεση-λάβετε οδηγίες πριν τη χρήση.

S7/8 Κρατήστε το δοχείο ερμητικά κλειστό και στεγνό.

Συνδυασμοί κανονισμών (S)
S 36/37 Να φοράτε κατάλληλα προστατευτικά ρούχα, γάντια και προστατευτικά ματιών \ προσώπου.

ΠΕΙΡΑΜΑ 1:

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΦΩΤΟΣΤΟΙΧΕΙΟΥ ΜΕ ΕΥΑΙΣΘΗΤΗ ΝΑΝΟΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΗ ΧΡΩΣΗ

Α. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Β. ΕΝΑΠΟΘΕΣΗ ΣΤΡΩΜΑΤΟΣ TiO_2

Γ. ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗ TiO_2

Δ. ΒΑΨΙΜΟ-ΧΡΩΣΗ TiO_2 ΜΕ ΑΝΘΟΚΥΑΝΙΝΗ & ΕΠΙΣΤΡΩΣΗ ΑΓΩΓΙΜΟΥ ΠΛΑΚΙΔΙΟΥ ΜΕ ΣΤΡΩΜΑ ΑΝΘΡΑΚΑ

Ε. ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ ΦΩΤΟΣΤΟΙΧΕΙΟΥ

Α. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο ήλιος δίνει στον πλανήτη μας εκπληκτικά ποσά ενέργειας. Τα πράσινα μέρη των φυτών μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια μέσω της φωτοσύνθεσης σε βιομάζα, με ετήσια μέση απόδοση λιγότερη από 0,3%.

Η άμεση εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας για παραγωγή ηλεκτρισμού είναι κοντά στην πραγματοποίησή της. Με φωτοβολταϊκά στοιχεία μπορεί να παραχθεί φθηνή ηλεκτρική ενέργεια αποφεύγοντας ρύπους. Τα ηλιακά πλαίσια λειτουργούν χωρίς θόρυβο, δεν είναι τοξικά, δεν συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και απαιτούν ελάχιστη συντήρηση. Ακόμα οι τεράστιες, θεωρητικές δυνατότητες και οι πολύ μεγάλες πρακτικές δυνατότητες της φωτοηλεκτρικής ενέργειας την κάνουν ελκυστική για μεγάλης κλίμακας εκμετάλλευση.

Παρά τις σημαντικές βελτιώσεις των τελευταίων δεκαετιών, το υψηλό κόστος των φωτοστοιχείων περιορίζει σε οριακά επίπεδα την εκμετάλλευση της φωτοηλεκτρικής ενέργειας. Η κλασσική τεχνολογία του φωτοστοιχείου –φωτοκύτταρου πυριτίου έχει φτάσει σε επίπεδα όπου οι μειώσεις του κόστους κυρίως προβλέπονται μόνο σε οικονομίες κλίμακας. Από την άλλη, οι υπολογισμοί του κόστους κατά την τεχνολογία λεπτών στρωμάτων φωτοβολταϊκών κοστίζουν περίπου το ίδιο με την τεχνολογία κατασκευής φωτοκύτταρων πυριτίου. Είναι έτσι επιτακτική η ανάγκη για την εξεύρεση νέων υλικών και αρχών για την φωτοβολταϊκή μετατροπή ώστε να μειωθεί το κόστος των φωτοκύτταρων.

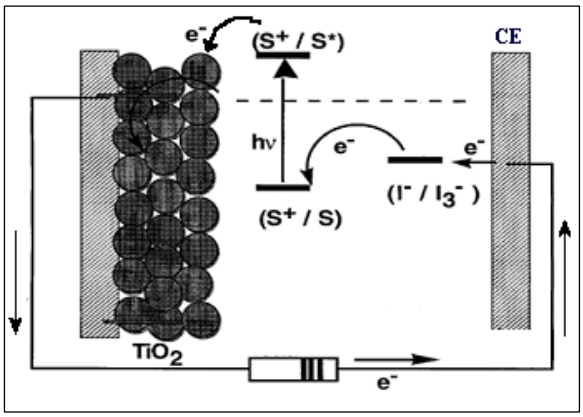
Η γενική γραμμή ανάπτυξης της νανοτεχνολογίας εφαρμόζεται πρόσφατα και στον τομέα της φωτοβολταϊκής μετατροπής ενέργειας. Η ανάπτυξη της Μηχανικής Υλικών σε νανομετρική κλίμακα έχει φέρει στην επιφάνεια νέα φωτοβολταϊκά υλικά και συστήματα που μπορούν να οδηγήσουν στην κατασκευή χαμηλού κόστους φωτοκυττάρων στο μέλλον. Τα υλικά αυτά περιέχουν διαφορετικού τύπου συνθετικά οργανικά υλικά, ανόργανα υλικά, νανοσωματιδία και νανοσωματιδιακά συστήματα. Τα φωτοκύτταρα που βασίζονται σ΄ αυτά τα σωματίδια ονομάζονται οργανικά ή μοριακά φωτοκύτταρα. Έτσι η Χημεία ήλθε στο προσκήνιο στο πλευρό της Φυσικής στην ανάπτυξη των νέων φωτοβολταϊκών διατάξεων.

Ο καθηγητής Grätzel (Lausanne, Switzerland) το 1991 μελέτησε ένα πρωτότυπο φωτοβολταϊκό σύστημα που η κατασκευή του στηρίζεται στην τεχνολογία της ευαίσθητης χρώσης με νανοκρυστάλλους (DSSC). Μέχρι στιγμής αυτό το μοναδικό φωτοηλεκτροχημικό φωτοκύτταρο που αποτελείται από ένα ηλεκτρόδιο TiO_2, το οποίο ευαισθητοποιείται από μια οργανική χρώση που απορροφά το φως βρίσκεται στο κατώφλι της εμπορευματοποίησης προσφέροντας μια ενδιαφέρουσα εναλλακτική λύση έναντι του υφιστάμενου φωτοκυττάρου πυριτίου όπως και των φωτοκυττάρων λεπτών στρωμάτων. Ταυτόχρονα η έρευνητική δραστηριότητα και το βιομηχανικό ενδιαφέρον γύρω απ΄ αυτή τη νέα τεχνολογία αυξάνεται αλματωδώς.

Αρχή Λειτουργίας φωτοκυττάρου ευαισθητοποιημένου με χρώση (DSSC)

Τα φωτοκύτταρα ευαισθητοποιημένα με χρώση είναι νέα φωτοκύτταρα που αναπτύσσονται από τους επιστήμονες. Τα φωτοκύτταρα αυτά πλεονεκτούν επειδή αποτελούνται από φτηνά υλικά και μπορούν να κατασκευαστούν με χαμηλό κόστος. Λειτουργούν ικανοποιητικά και υπό συνθήκες χαμηλού φωτισμού, όπως συννεφιασμένος ουρανός, όπου τα κλασσικά φωτοκύτταρα χάνουν μέρος της ενέργειας τους. Επίσης τα κλασσικά φωτοκύτταρα μετατρέπουν μέρος της ενέργειας τους σε θερμότητα ενώ τα νέα φωτοκύτταρα χρώσης είναι λιγότερο επιρρεπή στη μετατροπή ενέργειας σε θερμότητα.

Ένα φωτοκύτταρο ευαισθητοποιημένο με χρώση αποτελείται από δύο γυάλινα ηλεκτρόδια σ΄ επαφή (sandwich arrangement) όπως φαίνεται στο σχήμα 1. Τα ηλεκτρόδια γίνονται αγώγιμα μέσω λεπτού στρώματος διοξειδίου του κασσιτέρου στη μια πλευρά του κάθε πλακιδίου. Κάθε στρώμα έχει συγκεκριμένη λειτουργία στο φωτοκύτταρο. Τα γυάλινα ηλεκτρόδια είναι διαφανή ώστε να επιτρέπουν στο φως να περάσει διαμέσου του φωτοκυττάρου. Το στρώμα του διοξειδίου του κασσιτέρου (SnO_2) είναι διάφανο και αγώγιμο. Το διοξείδιο Τιτανίου (TiO_2) χρησιμεύει στο να συγκρατεί τη χρώση. Τα μόρια της χρώσης (φυσικά ή τεχνητά) συλλέγουν το φως και προκαλούν εξαγωγή ηλεκτρονίων που προκαλούν ρεύμα στο φωτοκύτταρο. Το ιωδιούχο ηλεκτρολυτικό στρώμα δρα σαν γέφυρα μεταφοράς των ηλεκτρονίων. Το δεξί στην εικόνα 1 αγώγιμο στρώμα αποτελείται από γραφίτη που δρα σαν καταλύτης. Στο σχήμα και στο παρακάτω κείμενο, το S δεν συμβολίζει το θείο αλλά το χρωματικό υπόστρωμα.



Σχήμα 1

Τα φωτοκύτταρα χρώσης παράγουν ηλεκτρισμό με μεταφορά ηλεκτρονίων. Το ηλιακό φως περνά διαμέσου αγώγιμου γυάλινου ηλεκτροδίου (βλέπε το σχήμα 1). Η χρώση απορροφά τα φωτόνια του φωτός και τα ηλεκτρόνια της χρώσης μεταπηδούν από τη θεμελιώδη σε διεγερμένη κατάσταση. Αυτό ονομάζεται φωτοδιέγερση. Τα διεγερμένα ηλεκτρόνια διαχέονται στο υπόστρωμα του διοξειδίου του Τιτανίου (TiO_2). Ακολούθως το ηλεκτρόνια φτάνουν στο αγώγιμο ηλεκτρόδιο, ταξιδεύουν διαμέσου του καλωδίου και καταλήγουν στο ηλεκτρόδιο της ανόδου (γραφίτης+). Τα μόρια της χρώσης έχουν τώρα οξειδωθεί, αφού έχασαν ένα ηλεκτρόνιο που μεταβιβάστηκε στο διοξείδιο του Τιτανίου. Η χρώση η οποία βρίσκεται με_έλλειμμα ηλεκτρονίου προσλαμβάνει ένα ηλεκτρόνιο από τον ιωδιούχο ηλεκτρολύτη (I) ώστε να επανέλθει στην θεμελιώδη της κατάσταση.. Αυτό προκαλεί οξείδωση του ιωδίου. Όταν τα εκπεμπόμενα ηλεκτρόνια φτάσουν στο ηλεκτρόδιο της ανόδου επιστρέφουν στον ηλεκτρολύτη (I_3^-) (σχήμα 1)

$$S + \text{φως} \rightarrow S^*$$

$$S^* + TiO_2 \rightarrow e^-(TiO_2) + S^+$$

$$e^-(TiO_2) + C.E. \rightarrow TiO_2 + e^-(CE) + \text{ηλεκτρική ενέργεια}$$

$$S^+ + 3/2\, I^- \rightarrow S + 1/2\, I_3^-$$

$$1/2\, I_3^- + e^-(C.E) \rightarrow 3/2\, I^- + CE$$

S: μόριο χρώσης

S^*: χρώση σε διεγερμένη κατάσταση

S^+: Οξειδωμένη χρώση (χρώση με έλλειμμα ηλεκτρονίου)

CE: ηλεκτρόδιο ανόδου

Β. ΕΠΙΣΤΡΩΣΗ ΤΟΥ ΦΙΛΜ ΤΟΥ TiO_2

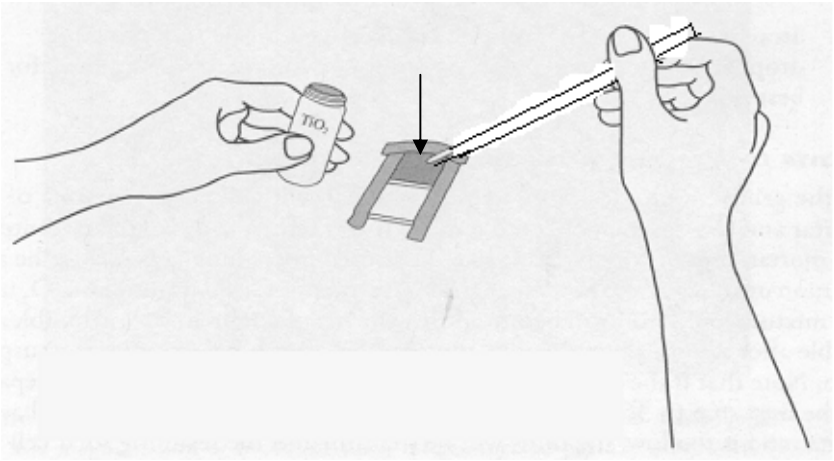
1. Πάρτε δύο αγώγιμα γυάλινα πλακίδια (2.5cm x 2.5cm) και καθαρίστε τα από κατάλοιπα χρησιμοποιώντας αιθανόλη : στη συνέχεια σκουπίστε τα με ένα μαλακό χαρτομάντηλο (χρησιμοποιήστε τον τρόπο με τον οποίο καθαρίζετε τα γυαλιά σας) **Από τη στιγμή που έχετε καθαρίσει τα γυάλινα πλακίδια μην αγγίζετε τις επιφάνειές τους καθώς το λίπος από τα χέρια σας θα τις λερώσει.**

2. **Επισήμανση: Κατά τη διάρκεια του πειράματος χειριστείτε τα γυάλινα πλακίδια χρησιμοποιώντας γάντια, ή πιάνοντάς τα από τις άκρες τους.**

3. Χρησιμοποιήστε ένα ψηφιακό πολύμετρο, τοποθετήστε τον επιλογέα στα ohms, για να ελέγξετε πια πλευρά του γυαλιού είναι αγώγιμη. Η ένδειξη της αγώγιμης πλευράς θα πρέπει να είναι μεταξύ 10 και 30 ohms.

4. Κρατείστε το ένα γυάλινο πλακίδιο με την αγώγιμη πλευρά προς τα πάνω. Αυτό το πλακίδιο θα επικαλυφθεί με την επίστρωση του TiO_2. Κρατήστε ένα άλλο γυάλινο πλακίδιο έτσι ώστε η αγώγιμη πλευρά να είναι προς τα κάτω. Τοποθετήστε το δίπλα και σε επαφή με το πρώτο πλακίδιο. Όταν η κατασκευή έχει τελειώσει το ένα πλακίδιο θα έχει την αγώγιμη πλευρά του προς τα πάνω και το άλλο την αγώγιμη πλευρά του προς τα κάτω. Δηλαδή οι αγώγιμες πλευρές των πλακιδίων θα έρχονται σε επαφή. (Θεωρήστε ως πρώτο πλακίδιο αυτό που η αγώγιμη επιφάνειά του είναι προς τα πάνω). Σ' αυτή τη φάση το δεύτερο πλακίδιο απλά βοηθάει στην διαδικασία επίστρωσης ως οδηγός.

5. Κολλήστε δύο κομμάτια σελοτέιπ (κολλητική ταινία) (μήκους 6-7 cm) στις δύο απέναντι μακρύτερες πλευρές και των δύο πλακιδίων, ώστε να καλυφθεί μια ζώνη σε κάθε άκρη τους όχι μεγαλύτερη από 1mm (Κοιτάξτε την εικόνα 2).

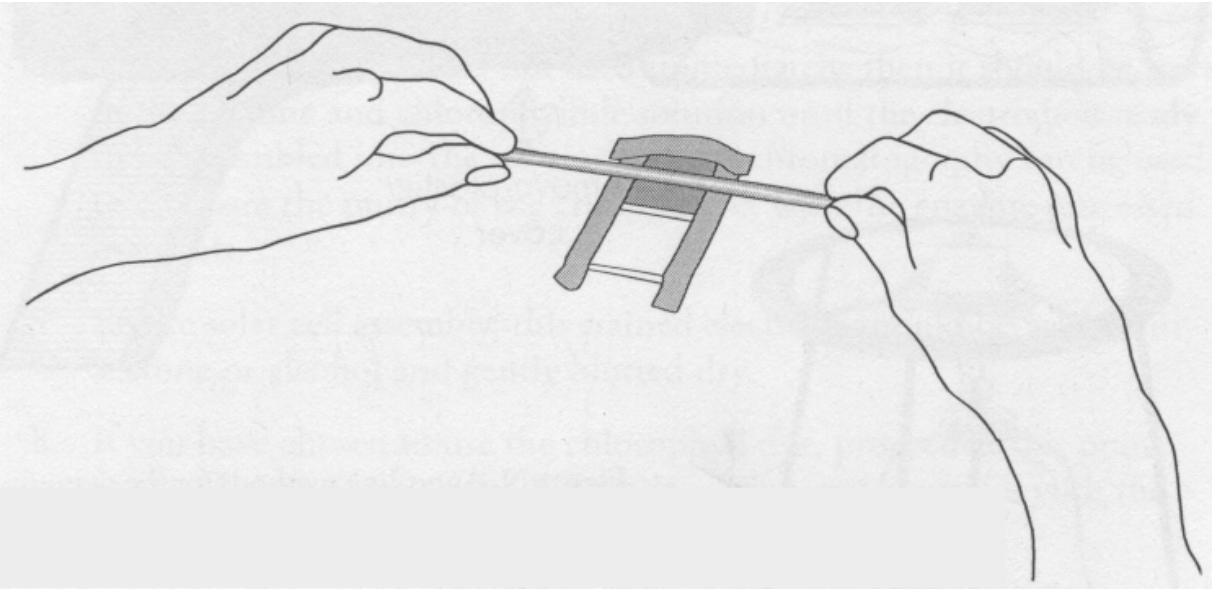


Εικόνα 2: Προσανατολισμός – τοποθέτηση των γυάλινων πλακιδίων, κάλυψη των πλακιδίων και εφαρμογή του διοξειδίου του τιτανίου στην αγώγιμη επιφάνεια του πρώτου πλακιδίου

6. Πάρτε ένα άλλο κομμάτι σελοτέιπ – κολλητικής ταινίας και κολλήστε το στην άκρη της επιφάνειας του πρώτου πλακιδίου που πρόκειται να επικαλυφθεί με διοξείδιο του τιτανίου, έτσι ώστε να καλύψετε μια ζώνη πλάτους 4έως 5 mm. Τα τρία κομμάτια της κολλητικής ταινίας του σελοτέιπ θα πρέπει να εξέχουν γύρω από τα πλακίδια ώστε να κολληθούν στο τραπέζι. Με λίγα λόγια πρέπει να κολλήσετε με τον τρόπο που περιγράφτηκε, τα δύο πλακίδια δίπλα- δίπλα και σταθερά πάνω στο τραπέζι. Με το σελοτέιπ –κολλητική ταινία ελέγχουμε το πάχος του Οξειδίου του Τιτανίου, σχηματίζοντας ένα στρώμα πάχους 40 έως 50 μm. (Δηλαδή όσο είναι το πάχος της κολλητικής ταινίας). Η κολλητική ταινία επίσης καλύπτει μια ζώνη της αγώγιμης επιφάνειας του πρώτου πλακιδίου, έτσι ώστε να τοποθετήσουμε αργότερα κατάλληλα τα ηλεκτρόδια.

7. Ρίξτε 3 σταγόνες TiO_2 πάνω στην αγώγιμη επιφάνεια του γυαλιού του πρώτου πλακιδίου και κοντά στην άκρη που είναι καλυμμένη με το τρίτο κομμάτι του σελοτέιπ. Με τη βοήθεια της γυάλινης ράβδου στρώστε το διοξείδιο του τιτανίου ώστε να σχηματιστεί ένα ομογενές λεπτό στρώμα στο πρώτο πλακίδιο. **Προσέξτε: μη πιέζετε πολύ την γυάλινη ράβδο. Στρώστε με αυτήν απαλά το διοξείδιο του τιτανίου πάνω στην επιφάνεια του γυαλιού.**

8. Πέντε δευτερόλεπτα μετά το στρώσιμο του διοξειδίου του τιτανίου σύρατε (**ΧΩΡΙΣ ΝΑ ΚΥΛΙΕΤΕ)** μία καθαρή γυάλινη ράβδο (κρατώντας την οριζόντια) πάνω στην επιφάνεια, ώστε να απλωθεί και να κατανεμηθεί το υλικό ομοιόμορφα και να δημιουργηθεί ένα ισοπαχές στρώμα. (κοιτάξτε την εικόνα 3). Η πιο επιτυχημένη τεχνική για να πετύχετε ένα ομοιόμορφο- ισοπαχές στρώμα, είναι να εφαρμόσετε μια γρήγορη σαρωτική κίνηση της ράβδου προς τη μία και μετά προς την άλλη κατεύθυνση. Εάν χρειασθεί επαναλάβατε την ίδια κίνηση χωρίς να σηκώσετε τη ράβδο.



Εικόνα 3: Για να στρώσετε ομοιόμορφα το διοξείδιο του τιτανίου πρέπει να κινήσετε γρήγορα και σαρωτικά την γυάλινη ράβδο πάνω στην πλάκα

9. Εάν η επίστρωση φαίνεται να μη είναι ομογενής, τότε μπορείτε να σκουπίσετε το υλικό από την πλάκα και από την γυάλινη ράβδο και να επαναλάβετε τη διαδικασία επίστρωσης από την αρχή. Μετά τη διαδικασία επίστρωσης ξεκολλήστε προσεκτικά το σελοτέιπ-κολλητική ταινία από τα δύο πλακίδια. Τοποθετήστε το πρώτο πλακίδιο το οποίο έχει επιστρωθεί, σε ένα δισκίο Πετρί (κυκλικό δισκάκι με καπάκι που υπάρχει στον πάγκο σας) χωρίς να αγγίξετε την επιφάνειά του και καλύψτε το. Περιμένετε ένα λεπτό μέχρι να ξηρανθεί το στρώμα του διοξειδίου του τιτανίου. Πάρτε το δεύτερο πλακίδιο (εκείνο που είχατε τοποθετήσει με την αγώγιμη επιφάνεια προς τα κάτω,) πλύνετε το με απιονισμένο νερό και αιθανόλη και στεγνώστε το. Στεγνώστε επίσης και τη γυάλινη ράβδο.

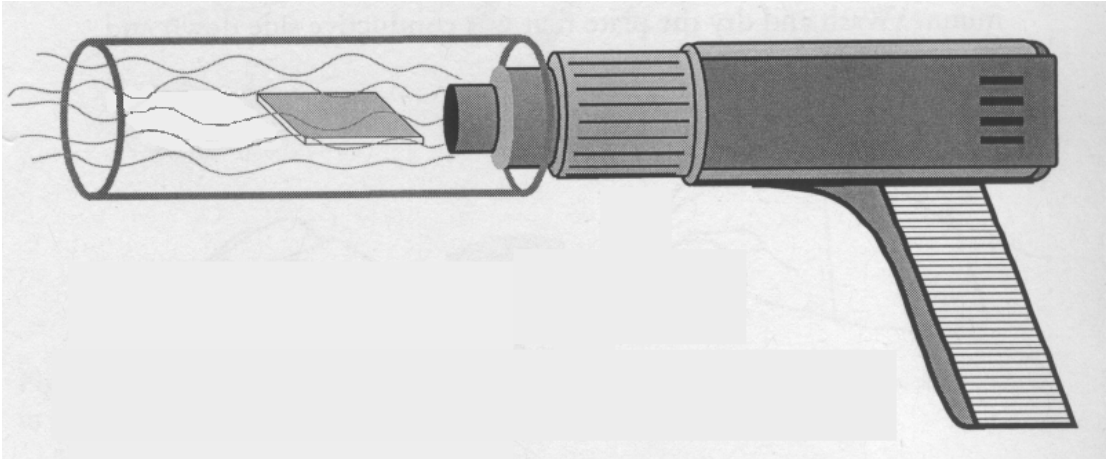
ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗ ΤΟΥ TiO_2

1. Για να σταθεροποιηθεί το στρώμα του διοξειδίου του τιτανίου πάνω στο πλακίδιο θα χρησιμοποιήσετε το πιστολάκι στεγνώματος (στεγνωτήρας). Η θέρμανση του στρώματος θα γίνει μέσα στον απαγωγό αερίων (βλέπε βήμα 2).

2. Βγάλτε το πλακίδιο από το δοχείο Πετρί και μεταφέρατέ το προσεκτικά, με το διοξείδιο του τιτανίου προς τα πάνω, μέσα στον οριζόντιο γυάλινο σωλήνα σπρώχνοντάς το αρκετά βαθιά με τη γυάλινη ράβδο. (βλέπε εικόνα 4). Ζητήστε από τον παρατηρητή να ελέγξει το σύστημά σας και τότε τοποθετήστε το διακόπτη του στεγνωτήρα στη θέση 1 (προς τα πάνω). Η θερμοκρασία του αέρα φθάνει στους 450^oC και το στρώμα του οξειδίου του τιτανίου σταθεροποιείται και συμπυκνώνεται μετά από 30 λεπτά. **ΠΡΟΣΟΧΗ: Μην αγγίζετε τον γυάλινο σωλήνα κατά τη διάρκεια και αμέσως μετά τη λειτουργία του στεγνωτήρα γιατί θα καείτε**.

3. Υπόδειξη: Περιμένοντας για την σταθεροποίηση του στρώματος, να διεξάγετε το ΠΕΙΡΑΜΑ 2

4. Αφού ολοκληρωθεί η σταθεροποίηση αφήστε το πλακίδιο με το Οξείδιο του Τιτανίου να κρυώσει αργά μέσα στον γυάλινο κύλινδρο μέχρι να φθάσει στη θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Γι αυτό θα χρειαστούν τουλάχιστον 15 λεπτά. .



Εικόνα 4: Το πλακίδιο με το στρώμα (φιλμ) του διοξειδίου του τιτανίου τοποθετείται για 30 λεπτά μέσα στον γυάλινο κύλινδρο που έχει προσαρμοσθεί στο πιστολάκι ώστε να σταθεροποιηθεί.

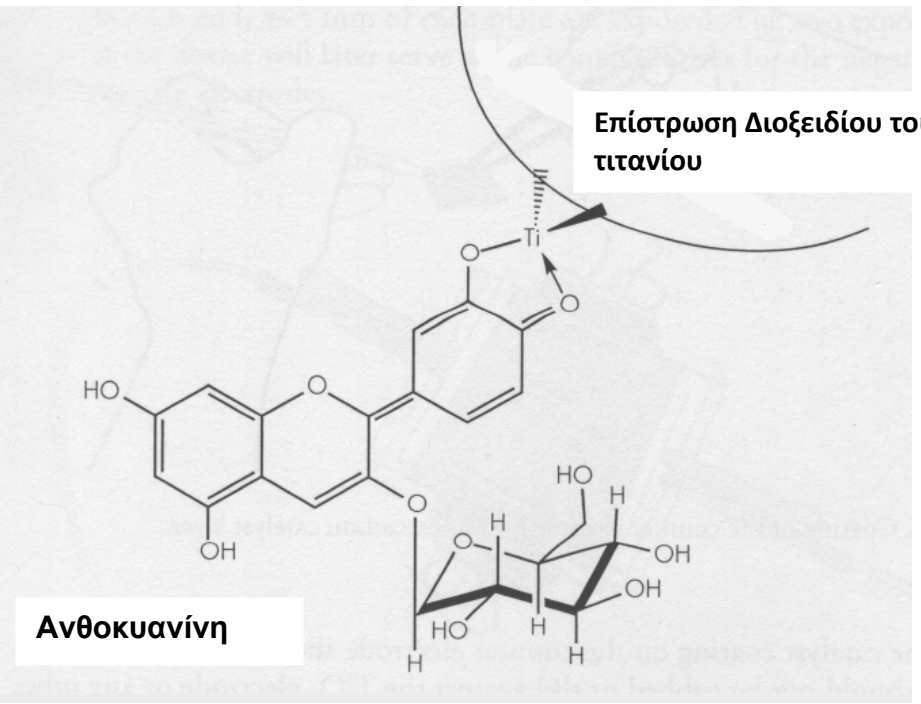
5. Αποθηκεύστε το πλακίδιο με το στρώμα του διοξειδίου του τιτανίου προς τα πάνω, σε ένα καθαρό δισκίο Πετρί και σκεπάστε το.

D. ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ TiO_2 ΜΕ ΑΝΘΟΚΥΑΝΙΝΗ ΚΑΙ ΕΠΙΣΤΡΩΣΗ ΤΟΥ ΔΕΥΤΕΡΟΥ ΠΛΑΚΙΔΙΟΥ ΜΕ ΑΝΘΡΑΚΑ

1. Σε ένα δισκίο Πετρί βάλτε 30 ml διαλύματος ανθοκυανίνης (ζωμός ροδιού). Μεταφέρατε το κρύο πλέον πλακίδιο με την επίστρωση του οξειδίου του τιτανίου και βυθίστε το με την επίστρωση προς τα κάτω, στο διάλυμα της ανθοκυανίνης. Ο σχηματισμός συμπλόκου της ανθοκυανίνης με το οξείδιο του τιτανίου είναι μια γρήγορη διαδικασία. Αφήστε να μουλιάσει (διαποτιστεί καλά) το στρώμα του TiO_2 για 10 minutes στο διάλυμα ανθοκυανίνης. Εάν μετά το μούλισμα το άσπρο χρώμα του TiO_2 μπορεί να φανεί από οποιαδήποτε πλευρά και αν το κοιτάξουμε, τότε πρέπει να τοποθετήσετε ξανά το πλακίδιο στο διάλυμα ανθοκυανίνης (διάλυμα χρώσης) ακόμη για 5 λεπτά.

Υπόδειξη κατά τη διάρκεια της χρώσης του στρώματος οξειδίου του τιτανίου στο διάλυμα ανθοκυανίνης ένα μέλος της ομάδας πρέπει να διεξάγει το πείραμα 3.

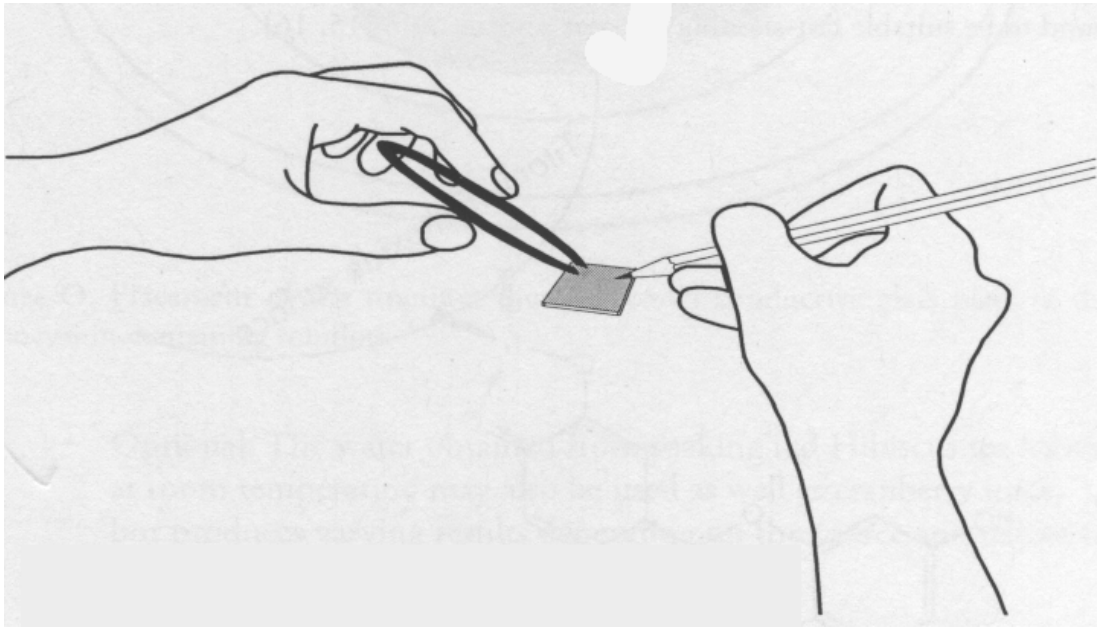
Μη βγάλετε το πλακίδιο από το διάλυμα του ροδιού μέχρι να είστε έτοιμοι να συναρμολογήσετε το φωτοκύτταρο στο επόμενο στάδιο. (όσο περισσότερο μείνει το πλακίδιο στο διάλυμα ροδιού τόσο το καλύτερο)



Εικόνα 5: Η μοριακή χρώση πρέπει να διαθέτει καρβονυλομάδες (- C=O) ή υδροξύλια (-OH) ώστε να σχηματιστεί σύμπολοκο με το TiO_2

2. Αφού το ηλεκτρόδιο του TiO_2 έχει χρωματιστεί μέσα στο διάλυμα του ροδιού μπορείτε να φτιάξετε το άλλο ηλεκτρόδιο επιστρώνοντας άνθρακα στην αγώγιμη επιφάνεια του δεύτερου πλακιδίου.
   Καθαρίστε το δεύτερο πλακίδιο βαπτίζοντάς το σε διάλυμα αιθανόλης και σκουπίζοντάς το με ένα μαλακό χαρτομάντηλο. (Όπως καθαρίζετε τα γυαλιά σας). Χρησιμοποιώντας ένα ψηφιακό πολύμετρο με τον επιλογέα στα ohms βρείτε ποια είναι η αγώγιμη επιφάνεια του πλακιδίου. Στην αγώγιμη επιφάνεια η ένδειξη θα πρέπει να είναι μεταξύ 10 και 30 ohms.

3. Τοποθετήστε και ακινητοποιήστε το πλακίδιο πάνω στο πάγκο κρατώντας το από τις άκρες του ή πιάνοντάς το με μια λαβίδα. Χρησιμοποιώντας το γραφίτη ενός μολυβιού και πιέζοντας το δυνατά πάνω στην αγώγιμη επιφάνεια του πλακιδίου, δημιουργήστε ένα ομοιογενές στρώμα γραφίτη (μουτζουρώστε έντονα την επιφάνεια). Αυτό το στρώμα γραφίτη λειτουργεί ως καταλύτης για τη μεταφορά των ηλεκτρονίων που παράγονται από την μετατροπή του τρισθενούς σε μονοσθενές σύμπλοκο ιόν. Δεν χρειάζεται να χρησιμοποιήσετε σελοτέιπ γι αυτό το πλακίδιο. Ολόκληρη η αγώγιμη επιφάνεια καλύπτεται με το γραφίτη. (Κοιτάξτε την εικόνα 6).



Εικόνα 6: Καλύπτοντας το δεύτερο ηλεκτρόδιο με καταλύτη γραφίτη.

4. Δεν πρέπει να αγγίξετε τον γραφίτη που έχετε επιστρώσει. Δεν πρέπει να το τρίψετε ή να το φέρετε σε επαφή με το ηλεκτρόδιο του TiO_2 ή με οποιαδήποτε άλλη επιφάνεια. Το δεύτερο ηλεκτρόδιο πρέπει να το πιάνετε από τις άκρες του και να το μεταφέρετε προσεκτικά όπου επιθυμείτε.

Ε. ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ ΦΩΤΟΣΤΟΙΧΕΙΟΥ

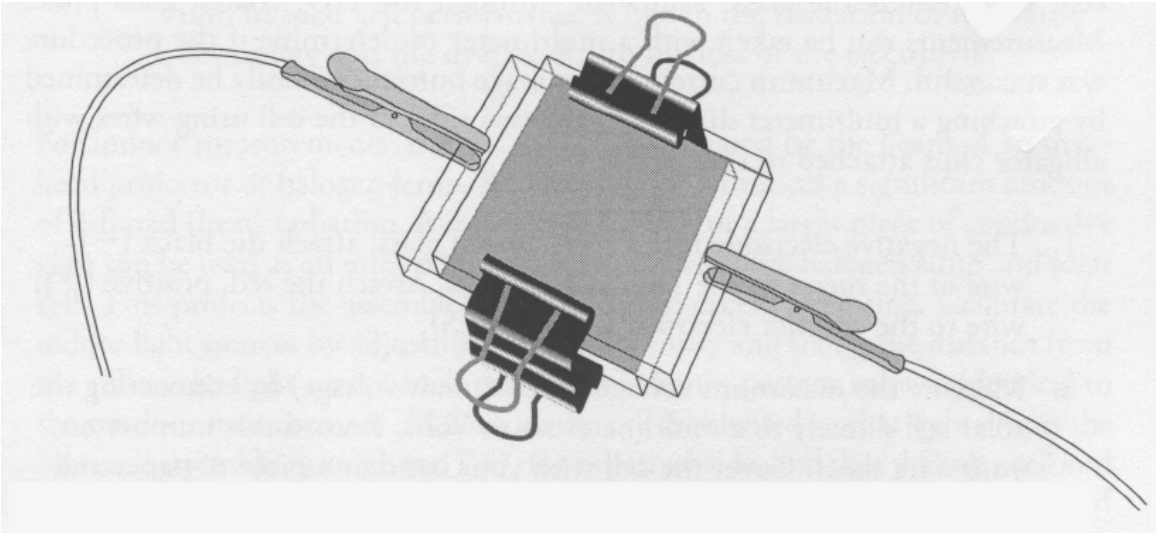
1. Χρησιμοποιώντας μια τσιμπίδα, βγάλτε το πλακίδιο από το διάλυμα του ροδιού (το χρώμα του στρώματος θα πρέπει να είναι βαθύ μωβ) και ξεπλύντε το με απιονισμένο νερό.

2. Τοποθετείστε το πλακίδιο σε ένα χαρτομάντιλο με την επίστρωση προς τα πάνω. Με ένα άλλο στεγνό χαρτομάντιλο σκουπίστε ελαφρά το στρώμα του TiO_2 ώστε να το στεγνώσετε. Στη συνέχεια ξεπλύνετε το με αιθανόλη και επαναλάβατε την ίδια διαδικασία στεγνώματος.

3. **Είναι σημαντικό να στεγνώσετε τη βαμμένη επιφάνεια και να απομακρύνετε το νερό από τους πόρους του οξειδίου του τιτανίου** πριν το ιωδιούχο ηλεκτρολυτικό διάλυμα εφαρμοσθεί στο επίστρωμα. Ένας τρόπος για να βεβαιωθείτε ότι το επίστρωμα του TiO_2 είναι στεγνό, είναι να επαναλάβετε την παραπάνω διαδικασία με ισοπροπανόλη.

4. Για να αποφύγετε εκτεταμένη έκθεση της επίστρωσης του οξειδίου του τιτανίου στον αέρα αυτό το βήμα πρέπει να ολοκληρωθεί μέσα σε 1 λεπτό. Τοποθετήστε το πλακίδιο πάνω στο πάγκο με το επίστρωμα του οξειδίου του τιτανίου προς τα πάνω. Τοποθετήστε το ηλεκτρόδιο από γραφίτη πάνω από την επίστρωση του TiO_2, έτσι ώστε η αγώγιμη πλευρά του ηλεκτροδίου γραφίτη να είναι απέναντί από το επίστρωμα του TiO_2.

5. Σηκώστε με προσοχή το ηλεκτρόδιο του γραφίτη και τοποθετήστε τα δύο πλακίδια έτσι ώστε ολόκληρη η επιφάνεια της επίστρωσης του TiO_2 να καλύπτεται από την επιφάνεια με το στρώμα του γραφίτη. Και από τα δύο ηλεκτρόδια εξέχει ένα τμήμα πλάτους 4-5 mm στο οποίο θα συνδεθούν τα κροκοδειλάκια, όπως φαίνεται στην εικόνα 7 (Κοιτάξτε εικόνα 7).



Εικόνα 7: Συναρμολόγηση του φωτοστοιχείου με χρώση. Τα δύο γυάλινα πλακίδια τοποθετούνται έτσι ώστε το μη επιστρωμένο μέρος της επιφάνειας του TiO_2 να εξέχει. Ένα μέρος του ηλεκτροδίου με το γραφίτη εξέχει επίσης. Το φως πρέπει να εισέρχεται στο σύστημα μέσω του πλακιδίου που περιέχει το στρώμα του TiO_2 .

6. Χρησιμοποιείστε δύο κλιπς ώστε να σταθεροποιήσετε τα δύο πλακίδια στη θέση του βήματος 5 όπως φαίνεται στην εικόνα 7.

7. Το ιωδιούχο ηλεκτρολυτικό διάλυμα δημιουργείται από KI ανακατεμένο με I_2 σε αιθυνελογλυκόλη. Τοποθετείστε προσεκτικά δύο σταγόνες από αυτό διάλυμα (μέσα στο οποίο έχουν δημιουργηθεί ιόντα I_3^-) στη μία άκρη των πλακιδίων. Για να εισχωρήσουν οι σταγόνες ανάμεσα στα δύο πλακίδια ανοιγοκλείστε προσεκτικά ένα από τα δύο κλιπς. Με αυτό τον τρόπο προσπαθήστε ώστε ολόκληρη η επιφάνεια του οξειδίου του τιτανίου να έρθει σε επαφή με το ιωδιούχο διάλυμα.

8. Σκουπίστε τον ηλεκτρολύτη που έχει χυθεί στις δύο πλευρές των πλακιδίων που εξέχουν, χρησιμοποιώντας μπαγιονέτες αυτιών βρεγμένες με αιθανόλη και τέλος σκουπίστε τις επιφάνειες με στεγνά χαρτομάντιλα. **Είναι σημαντικό να απομακρυνθεί πλήρως ο ηλεκτρολύτης από τις δύο προεξέχουσες πλευρές των πλακιδίων του φωτοστοιχείου.**

ΠΕΙΡΑΜΑ 2: ΟΚΟΜΕΤΡΙΚΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΙΩΔΙΟΥΧΩΝ ΣΕ ΔΙΑΛΥΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΤΗ DSSC

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο ηλεκτρολύτης του ευαισθητοποιημένου με χρώση φωτοστοιχείου (DSSC) είναι διάλυμα I_2/KI (I_3^-) σε διαλύτη αιθυλενογλυκόλης . Η ιοντική χημική εξίσωση της αντίδρασης μεταξύ του θειοθειϊκού νατρίου, $Na_2S_2O_3$ και I_3^- δίνεται παρακάτω.

$$I_3^- + 2\,S_2O_3^{2-} \rightarrow 3I^- + S_4O_6^{2-}$$

<u>ΟΔΗΓΙΕΣ</u>

1. Ετοιμάστε και γεμίστε την προχοΐδα με το πρότυπο διάλυμα θειοθειϊκού νατρίου $Na_2S_2O_3$ 0.0780M
2. Καταγράψτε την αρχική ένδειξη της προχοΐδας στο φύλλο απαντήσεων.
3. Με τη χρήση σιφωνίου μεταφέρατε 10mL διαλύματος ιωδίου σε αιθυλενογλυκόλη, σε καθαρή κωνική φιάλη.
4. Ογκομετρήστε, περιστρέφοντας την κωνική φιάλη μέχρι να εμφανιστεί κίτρινο χρώμα. Προσθέστε 2mL δείκτη αμύλου και 10 mL απιονισμένο (αποσταγμένο) νερό και συνεχίστε την ογκομέτρηση μέχρι το σκούρο μπλέ χρώμα να εξαφανιστεί και το διάλυμα να γίνει άχρωμο.
5. Καταγράψτε την τελική ένδειξη της προχοΐδας σας στο φύλλο απαντήσεων.
6. Επαναλάβετε την ογκομέτρηση τρεις φορές.
7. Συμπληρώστε τον πίνακα στο φύλο απαντήσεων.
8. Υπολογίστε την μοριακή συγκέντρωση (Molarity) των I_3^- στο ηλεκτρολυτικό διάλυμα με ακρίβεια τεσσάρων δεκαδικών ψηφίων.

ΠΕΙΡΑΜΑ 3: ΧΗΜΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΑΝΘΟΚΥΑΝΙΝΗΣ

Χρησιμοποιώντας ογκομετρικό κύλινδρο των 10mL μεταφέρετε 1 mL χυμό ροδιού (που περιέχει ανθοκυανίνη) και 9mL αποσταγμένου νερού σε ποτήρι ζέσεως των 100mL (διάλυμα Α). Χρησιμοποιώντας μια βαθμονομημένη πλαστική πιπέτα Παστέρ (Pasteur) μεταφέρετε από 1mL από το αραιωμένο διάλυμα (διάλυμα Α) σε κάθε έναν από τους 4 δοκιμαστικούς σωλήνες (T_1,T_2, T_3, T_4). Πρέπει να βάλετε ετικέτες στους τέσσερις σωλήνες με τα γράμματα από T_1 μέχρι T_4. Στη συνέχεια προσθέστε από 1 σταγόνα HCl στα διαλύμματα T_2, T_3 και T_4. Προσθέστε 5 σταγόνες διαλύματος αμμωνίας στο δοκιμαστικό σωλήνα T_3. Χρησιμοποιώντας μικρή σπάτουλα προσθέστε μια μικρή ποσότητα χλωριούχου αργιλίου από την άκρη της σπάτουλας, στο δοκιμαστικό σωλήνα T_4. Ανακινήστε όλους τους δοκιμαστικούς σωλήνες πολύ καλά.

Συμπληρώστε τον πίνακα στο φύλλο απαντήσεων 1 .

ΠΕΙΡΑΜΑ 4.

ΤΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΞΟΔΟΥ ΤΟΥ ΦΩΤΟΚΥΤΤΑΡΟΥ

Α. ΟΡΓΑΝΑ

Β. ΘΕΩΡΙΑ

Γ. ΠΕΙΡΑΜΑ

Δ. ΑΝΑΛΥΣΗ

Α. ΟΡΓΑΝΑ

- Φωτοκύτταρο TiO_2
- φωτεινή πηγή (λάμπα αλογόνου)
- 2 (ψηφιακά) πολύμετρα
- μεταβλητή αντίσταση 500 Ω σε σύνδεση ροοστάτη
- καλώδια σύνδεσης
- ορθοστάτης
- σφικτήρας
- χάρακας

Β. Θεωρία

Η ισχύς του φωτοστοιχείου ορίζεται ως ο ρυθμός με τον οποίο αυτό παρέχει ενέργεια σ΄ ένα κύκλωμα, δηλαδή:

Ισχύς φωτοστοιχείου = παρεχόμενη ενέργεια από το φωτοστοιχείο/ χρόνος

Η ισχύς (P) που παρέχεται από το φωτοκύτταρο στο κύκλωμα μπορεί επίσης να βρεθεί, πολλαπλασιάζοντας την τάση (V) στα άκρα του φωτοκυττάρου (που μετριέται στο πολύμετρο) επί την ένταση του ρεύματος που διαρρέει το φωτοκύτταρο (που μετριέται στο πολύμετρο), δηλαδή, P=I.V.

Η ισχύς μετριέται σε watts (W), η τάση σε volts (V) και η ένταση ρεύματος σε amperes (A).

Η απόδοση της διαδικασίας μετατροπής της ενέργειας ορίζεται ως:

απόδοση = ωφέλιμη ενέργεια(ηλεκτρική) / παρεχόμενη ενέργεια(φωτεινή)

και εκφράζεται ως κλάσμα ή ως ποσοστό %.

Γ. ΠΕΙΡΑΜΑ

Το φωτοκύτταρο πού έχετε κατασκευάσει θα φωτιστεί από τη δέσμη φωτός μιας λάμπας αλογόνου. Το φωτοκύτταρο είναι ένα είδος μπαταρίας που παίρνει την ενέργεια του από το φως της λάμπας.

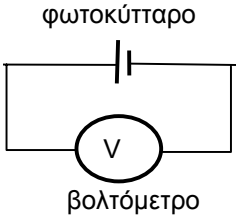
Θα μετρήσετε για διάφορες τιμές της έντασης του ρεύματος τις αντίστοιχες τιμές της τάσης. Χρησιμοποιώντας αυτές τις τιμές θα υπολογίσετε την ισχύ που παρέχεται από το φωτοκύτταρο καθώς και την απόδοσή του.

Ετοιμασία της διάταξης.

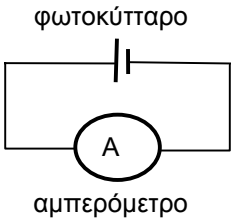
1. Το αρνητικό ηλεκτρόδιο είναι το επικαλυμμένο γυάλινο πλακίδιο με το οξείδιο του Τιτανίου TiO_2. Να συνδέσετε το μαύρο κροκοδειλάκι στο πλακίδιο αυτό. Να συνδέσετε το κόκκινο κροκοδειλάκι στο ηλεκτρόδιο της ανόδου (γραφίτη).
2. Να σιγουρευτείτε ότι το φωτοκύτταρο είναι τοποθετημένο σωστά ώστε το φως να προσπίπτει διαμέσου της πλευράς που βρίσκεται το TiO_2. **Σε καμία περίπτωση δεν πρέπει να μετακινήσετε το φωτοκύτταρο, ούτε τη φωτεινή πηγή κατά τη διάρκεια των επομένων βημάτων του πειράματος**.
3. Να τοποθετήσετε τη φωτεινή πηγή σε απόσταση περίπου 2-3cm, ακριβώς πάνω από το φωτοκύτταρο

Μέτρηση της τάσης στα άκρα του ανοικτού κυκλώματος και της έντασης του ρεύματος βραχυκύκλωσης.

Η μέγιστη τάση εξόδου και η ένταση του <u>ρεύματος βραχυκύκλωσης</u> μπορούν να μετρηθούν με απευθείας επαφή των ακροδεκτών σύνδεσης των πολυμέτρων στις δύο πλευρές του φωτοκυττάρου. Στο σχήμα 1 και στο σχήμα 2 φαίνεται ο τρόπος σύνδεσης του βολτομέτρου και του αμπερομέτρου αντίστοιχα.



Σχήμα 1



Σχήμα 2

4. Να θέσετε σε λειτουργία τη λάμπα αλογόνου ώστε να φωτιστεί το φωτοκύτταρο.

ΜΗΝ ΑΓΓΙΖΕΤΕ ΤΗ ΛΑΜΠΑ ΑΛΟΓΟΝΟΥ. ΕΙΝΑΙ ΠΟΛΥ ΖΕΣΤΗ.

5. Αφήστε το φωτοκύτταρο μπροστά από τη φωτεινή πηγή για πέντε λεπτά και μετά αρχίστε την καταγραφή των μετρήσεων.

6. Να θέσετε τον περιστρεφόμενο επιλογέα του πολυμέτρου στα mV. Να μετρήσετε τη μέγιστη τιμή της τάσης (τάση ανοικτού κυκλώματος) συνδέοντας το πολύμετρο παράλληλα με το φωτοκύτταρο. . Να σημειώσετε αυτό τον αριθμό στο φύλλο απαντήσεων 1 στο ΠΕΙΡΑΜΑ 4.1.
7. Να θέσετε τον περιστρεφόμενο επιλογέα του πολυμέτρου στα mA. Να μετρήσετε τη μέγιστη τιμή της έντασης του ρεύματος (ρεύμα βραχυκύκλωσης). Να σημειώσετε αυτό τον αριθμό στο φύλλο απαντήσεων 1 στο ΠΕΙΡΑΜΑ 4.2.

Αν η μέγιστη ένταση ρεύματος που έχετε μετρήσει είναι μεγαλύτερη από 1,6mA συνεχίστε τις μετρήσεις σε όλη την περιοχή τιμών τάσης - έντασης (βλέπε οδηγίες πιο κάτω).

Αν η μέγιστη ένταση ρεύματος που έχετε μετρήσει είναι μικρότερη από 1,6mA καλέστε το βοηθό και ζητήστε άλλο φωτοκύτταρο.

Ξαναρχίστε το πείραμα τοποθετώντας υγρό διάλυμα I_3 στο νέο φωτοκύτταρο. (ΠΕΙΡΑΜΑ 1.Ε.7).

Επαναλάβατε τα βήματα 5, 6 και 7 και σημειώστε τις νέες τιμές της τάσης και της έντασης στο φύλλο απαντήσεων στο ΠΕΙΡΑΜΑ4.1.1 και στο ΠΕΙΡΑΜΑ 4.2.1

Μετρήσεις στην ευρύτερη περιοχή τιμών τάσης έντασης

Για να πάρετε διαφορετικές τιμές τάσης (V) – έντασης (I) χρησιμοποιείστε τη μεταβλητή αντίσταση των 500 Ωμ. (σύνδεση ροοστάτη).

8. Να σχεδιάσετε το κύκλωμα με το οποίο θα πάρετε τις μετρήσεις σας, στο φύλλο απαντήσεων 2.
9. Να παραδώσετε αυτό το φύλλο απαντήσεων στον βοηθό. Αυτός θα σας προμηθεύσει το διάγραμμα με το σωστό κύκλωμα ώστε να μπορέσετε να συνεχίσετε το πείραμά σας.
10. Χρησιμοποιήστε το διάγραμμα του κυκλώματος που σας δόθηκε και συναρμολογήστε το κύκλωμα.
11. Ελέγξετε το κύκλωμα που συναρμολογήσατε μεταβάλλοντας την αντίσταση του κυκλώματος (μετακινώντας το δρομέα της ρυθμιστικής αντίστασης). Αν οι τιμές της έντασης του ρεύματος και της τάσης αλλάζουν, τότε το κύκλωμα λειτουργεί σωστά. Αν οι τιμές δεν αλλάζουν ελέγξετε τις συνδέσεις σας.

Αν χρειαστείτε βοήθεια με το κύκλωμα καλέστε το βοηθό. Θα χρεωθείτε με μείον 4 μονάδες στις εκατό.

12. Να πάρετε μετρήσεις έντασης ρεύματος - τάσης μεταβάλλοντας σταδιακά την αντίσταση του ροοστάτη. **Μην μετακινήσετε το φωτοκύτταρο κατά τη διάρκεια των μετρήσεων.** Ικανοποιητική μεταβολή για την αύξηση κάθε φορά της τάσης είναι τα 10mV. Να καταγράφετε κάθε ζεύγος τιμών τάσης-έντασης στο φύλλο απαντήσεων 1 στο ΠΕΙΡΑΜΑ 4.3.

13. Όταν τελειώσετε με τις μετρήσεις σας θέστε εκτός λειτουργίας τη λάμπα αλογόνου.

Δ. ΑΝΑΛΥΣΗ

14. Προσδιορίστε την ισχύ εξόδου του φωτοκυττάρου για κάθε ζεύγος τιμών τάσης - έντασης. Να καταγράψετε τις τιμές της ισχύος που βρήκατε στο φύλλο απαντήσεων 1 στο ΠΕΙΡΑΜΑ 4.3.
15. Να χαράξετε τη γραφική παράσταση της έντασης του ρεύματος (I) ως συνάρτηση της τάσης (V) στο τετραγωνισμένο χαρτί (μιλιμετρέ) που σας δίνεται στο ΠΕΙΡΑΜΑ 4.4. Προσθέστε επίσης στο διάγραμμα το σημείο που αντιστοιχεί στη τάση ανοικτού κυκλώματος και το σημείο που αντιστοιχεί στο ρεύμα βραχυκύκλωσης.
16. Σχεδιάστε τη γραφική παράσταση I-V.
17. Σχεδιάστε τη γραφική παράσταση της ισχύος (P) σε συνάρτηση με την τάση (V) στο τετραγωνισμένο χαρτί (μιλιμετρέ) που σας δίνεται στο ΠΕΙΡΑΜΑ 4.5.

Προσδιορισμός της απόδοσης του φωτοκυττάρου από φωτεινή σε ηλεκτρική ενέργεια.

Η ένταση του προσπίπτοντος ηλιακού φωτός στη Γη είναι περίπου 80-100 mW/cm^2.

Περίπου η ίδια ένταση προσπίπτει στο φωτοκύτταρο από τη φωτεινή πηγή όταν αυτή είναι τοποθετημένη σε απόσταση 2 cm – 3 cm από το φωτοκύτταρο.

Σε αυτό το τελικό στάδιο των υπολογισμών σας να προσδιορίσετε την απόδοση στην μετατροπή φωτεινής σε ηλεκτρική ενέργεια.

18. Να προσδιορίσετε από τη γραφική παράσταση του ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ 4.5 τη μέγιστη ισχύ εξόδου του φωτοκυττάρου και να τη σημειώσετε στο φύλλο απαντήσεων 1 του ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ 4.6.
19. Να χρησιμοποιήσετε το χάρακα για να μετρήσετε τις διαστάσεις της ενεργού (βαμμένης) επιφάνειας του φωτοκυττάρου και να τη σημειώσετε στο φύλλο απαντήσεων 1 στο ΠΕΙΡΑΜΑ 4.7.

20. Να διαιρέσετε τη μέγιστη τιμή της ισχύος με το εμβαδό της ενεργού επιφανείας του φωτοκυττάρου (mW/cm^2), και καταγράψετε το αποτέλεσμα που βρήκατε (της ισχύος ανά μονάδα επιφάνειας) στο φύλλο απαντήσεων 1 στο ΠΕΙΡΑΜΑ 4.8.

21. Για να προσδιορίσετε την απόδοση στην μετατροπή φωτεινής σε ηλεκτρική ενέργεια να διαιρέσετε τη μέγιστη ισχύ ανά μονάδα επιφάνειας του φωτοκυττάρου που βρήκατε προηγούμενα, με την προσπίπτουσα ένταση φωτός που είναι 80 mW/cm^2. Να καταγράψετε την επί τοις εκατό, %, απόδοση στο φύλλο απαντήσεων 1 στο ΠΕΙΡΑΜΑ 4.9.

ΤΕΛΟΣ ΤΩΝ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ

Μερικά από τα σχήματα λήφθηκαν από εγχειρίδιο του Institute of chemical education.