

ΦΩΤΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΜΕ ΑΠΛΑ ΥΛΙΚΑ

Εισαγωγή

Φωτοηλεκτρικό φαινόμενο ονομάζεται η απελευθέρωση των ηλεκτρονίων από την επιφάνεια ενός μετάλλου όταν πέσει σε αυτή συγκεκριμένης συχνότητας ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία με αποτέλεσμα την φόρτιση του μετάλλου. Η ερμηνεία του φωτοηλεκτρικού φαινομένου έγινε το 1905 από τον Άλμπερτ Αϊνστάιν που πήρε το βραβείο Νόμπελ για αυτή του την εργασία. Η επίδειξη του συγκεκριμένου φαινομένου γίνεται κυρίως σε εργαστήρια με δαπανηρό εξοπλισμό. Παρ' όλα αυτά εμείς προσπαθήσαμε να το υλοποιήσουμε με καθημερινά υλικά.

Θεωρία πίσω από το φαινόμενο

Το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο παρατηρήθηκε το 1887 από τον Χέρτζ όταν είδε ότι μεταξύ δυο ηλεκτρικά φορτισμένων σφαιρών μπορούσε να προκληθεί ευκολότερα σπινθήρας αν οι επιφάνειες τους φωτίζονταν από την λάμψη κάποιου άλλου σπινθήρα. Έπειτα, οι Βίλχελμ Χάλβακς και Φίλιπ Λέναρντ προσπάθησαν να ερμηνεύσουν το φαινόμενο, το οποίο όμως δεν μπορούσε να εξηγηθεί με τα τότε δεδομένα της Κλασικής Φυσικής. Για να υπάρξει φωτοηλεκτρικό φαινόμενο και να φορτιστεί το μέταλλο πρέπει να "φωτίσουμε" το μέταλλο με μεγαλύτερη ή ίση συχνότητας ακτινοβολία από την Συχνότητα κατωφλίου (η ελάχιστη ενέργεια που

απαιτείται για να αποσπαστεί ένα ηλεκτρόνιο από την επιφάνεια και εξαρτάται από το υλικό). Αντίθετα, η Κλασσική Φυσική υποστηρίζει ότι (ανεξαρτήτως από την συχνότητα της ακτινοβολίας) τα ηλεκτρόνια θα μπορούσαν να αποσπαστούν από την επιφάνεια ενός μετάλλου αν δέχονταν αρκετή ακτινοβολία. Επιπλέον, γίνεται εκπομπή ηλεκτρονίων από το μέταλλο σχεδόν ταυτόχρονα με το φωτισμό της επιφάνειάς, ενώ η Κλασσική Φυσική υποδεικνύει ότι η απελευθέρωση των ηλεκτρονίων θα απαιτούσε τον "φωτισμό" του μετάλλου για κάποιο χρονικό διάστημα. Παράλληλα, η κινητική ενέργεια με την οποία τα ηλεκτρόνια απελευθερώνονται από το μέταλλο είναι ανάλογη με την συχνότητα της ακτινοβολίας και όχι με την ένταση της, όπως υποστήριξε η Κλασσική Φυσική.

Η τελική ερμηνεία έγινε από τον Αϊνστάιν το 1905. Η πρωτοπόρα σκέψη που έκανε ο Αϊνστάιν ήταν ότι κάθε φωτόνιο, όταν "δίνει" την ενέργειά του στο μέταλλο, τη δίνει ολόκληρη και σε μόνο ένα ηλεκτρόνιο κάθε φορά. Αν αυτή είναι αρκετή για να υπερνικήσει την έλξη που δέχεται το ηλεκτρόνιο από τον πυρήνα τότε το ηλεκτρόνιο απελευθερώνεται. Διαφορετικά, το μέταλλο εκπέμπει την ακτινοβολία που απορρόφησε στο περιβάλλον. Το τελευταίο εξηγεί γιατί αν η ακτινοβολία έχει συχνότητα μικρότερη της Συχνότητας κατωφλίου, το μέταλλο δεν φορτίζεται, όσο και να το "φωτίσουμε".

Άρα, η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που δέχεται το σώμα αποτελείται από "πακέτα" φωτονίων. Η ενέργεια του κάθε φωτονίου είναι ανάλογη της συχνότητάς του ($E_{\phi} = hf$ όπου h είναι η σταθερά του Πλανκ, που χρησιμοποιείται για να περιγράψει το μέγεθος των κβάντων/φωτονίων και f η συχνότητα της προσπίπτουσας ακτινοβολίας).

Όταν η συχνότητα της ακτινοβολίας είναι υψηλότερη από τη Συχνότητα κατωφλίου, η μέγιστη κινητική ενέργεια ενός φωτοηλεκτρονίου είναι $E_{Kmax} = hf - b$ (b είναι η ελάχιστη ενέργεια που πρέπει να προσφερθεί σε ένα ηλεκτρόνιο ώστε να μπορέσει να εγκαταλείψει την επιφάνεια του μετάλλου).

Υλικά

Γυάλινο βάζο με πλαστικό καπάκι
Καλώδιο χαλκού
Μονωτική ταινία
Αλουμινόχαρτο
Αλουμινένιο κουτί αναψυκτικού
Λάμπα UVC
Μηχανή Wimshurst
Γυαλόχαρτο

Το πείραμα

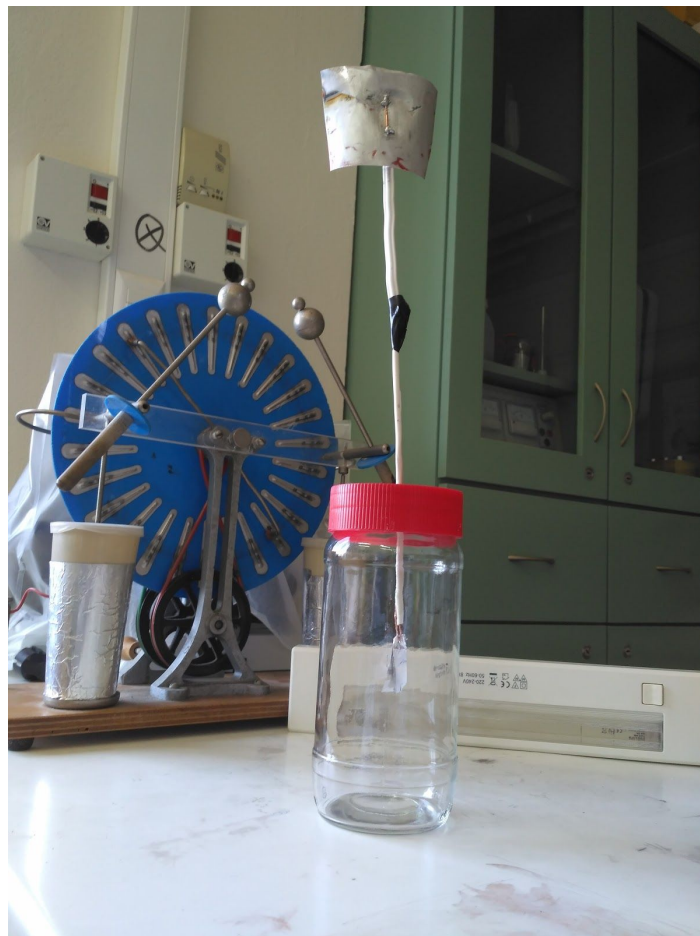
Αρχικά, φτιάξαμε το δικό μας ηλεκτροσκόπιο. Ανοίξαμε μια τρύπα στο πλαστικό καπάκι του βάζου και περάσαμε το καλώδιο χαλκού. Έπειτα, αφού αφαιρέσαμε ένα κομμάτι πλαστικού από το καλώδιο, σχηματίσαμε στην άκρη του ένα γάντζο. Κρεμάσαμε μετά δύο κομμάτια αλουμινόχαρτου πάνω στον γάντζο, ανοίγοντας τρύπες σε αυτά.

Στη συνέχεια, φτιάξαμε την επιφάνεια την οποία θα χρησιμοποιούσαμε για φόρτιση και αποφόρτιση. Κόψαμε ένα κομμάτι από ένα αλουμινένιο κουτάκι και το "καθαρίσαμε" με γυαλόχαρτο από το χρώμα. Κολλήσαμε έπειτα σε αυτή την επιφάνεια ένα άλλο καλώδιο χαλκού με καλάι.

Τέλος, ενώσαμε τα δύο κομμάτια μεταξύ τους, τοποθετώντας το ένα πάνω στο άλλο.

Η αρχική σκέψη για τη φόρτιση του σώματος ήταν με σωλήνα PVC και χαρτοσακούλα. Επειδή όμως δεν καταφέραμε να πετύχουμε μεγάλη φόρτιση, αποφασίσαμε για την πιο εμφανή διεξαγωγή του πειράματος, να φορτίσουμε το σώμα με μηχανή Wimshurst.

Για να αποδείξουμε την αποφόρτιση του μετάλλου, άρα και το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο χρησιμοποιήσαμε μία λάμπα UVC με μήκος κύματος 253nm (αρκετό για να αποσπάσει τα ηλεκτρόνια από το αλουμίνιο), με την οποία "φωτίσαμε" την αλουμινένια πλάκα και παρατηρήσαμε τα φύλλα αλουμινίου να αποφορτίζονται.





Επίλογος

Παρά τις δυσκολίες που παρουσιάστηκαν κατά τη διάρκεια του πειράματος (υγρασία, οξείδωση αλουμινίου κ.α.), καταφέραμε να αποφορτίσουμε τα φορτισμένα φύλλα αλουμινίου και να αποσπάσουμε τα ελεύθερα ηλεκτρόνια που βρίσκονταν στο εσωτερικό τους. Συνεπώς, επιβεβαιώσαμε το αποτέλεσμα το οποίο προβλέπεται από τη θεωρία του φωτοηλεκτρικού φαινομένου.