



Φύλλο Εργασίας στο

“Φωτοηλεκτρικό Φαινόμενο”

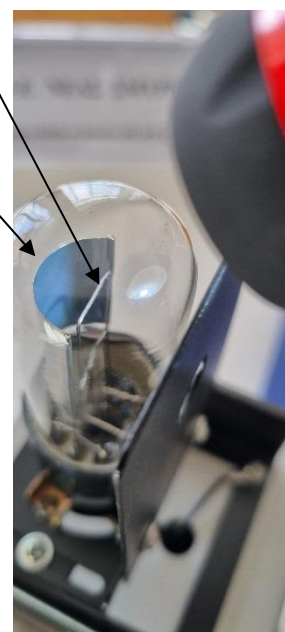
Του μαθητή/μαθήτριας Τάξη/τμήμα

Περιέγραψε, με σύντομο τρόπο, το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο:

.....
.....

Παρακάτω φαίνεται η διάταξη για την παρατήρηση και την διεξοδικότερη μελέτη του φωτοηλεκτρικού φαινομένου. Να βάλετε αριθμούς στα βέλη:

- 1) Άνοδος
- 2) Κάθοδος
- 3) Πηγή Φωτός
- 3) Διακόπτης επιλογής Αμπερομέτρου/Βολτομέτρου
- 4) Επιλογέας πολικότητας Ανόδου/Καθόδου
- 5) Ρυθμιστικό Τάσης
- 6) Ρυθμιστικό Έντασης Φωτός



Σημείωση: Οι δύο πειραματικές δραστηριότητες του φωτοηλεκτρικού φαινομένου που ακολουθούν, υπάρχουν και βιντεοσκοπημένες στο site του ΕΚΦΕ Ν. Σμύρνης: <http://ekfe-n-smyrn.att.sch.gr> (Εκπαιδευτικό υλικό – Λύκειο - Φυσική Γ' Λυκείου...)

Δραστηριότητα 1^η :

Μέτρηση της σταθεράς h του Planck και του έργου εξαγωγής ϕ του υλικού της Καθόδου.

Αντιστοιχεί στο video : <https://youtu.be/7CkhdXXZm4M>



Γράψτε την Αρχή Διατήρησης της Ενέργειας για το «Μηχανισμό» απορρόφησης ακτινοβολίας από ένα ηλεκτρόνιο και εκπομπής του από το φωτιζόμενο μέταλλο, σύμφωνα με την υπόθεση του Einstein,

.....
(Ονομάζεται και **Φωτοηλεκτρική εξίσωση του Einstein**)

Θα εκτελέσουμε μία πειραματική δραστηριότητα, ώστε :

1^ο) να εξετάσουμε, **αν** ισχύει η παραπάνω σχέση Κινητικής Ενέργειας και Συχνότητας και

2^ο) υπό τον όρο ότι ισχύει το 1^ο (παραπάνω), να υπολογίσουμε τη σταθερά h του Planck και το έργο εξαγωγής ϕ του μετάλλου της Καθόδου.

Διαθέτουμε τέσσερις διαφορετικές («μονοχρωματικές») πηγές φωτός (4 διαφορετικά LED) με γνωστό το μήκος κύματος λ της ακτινοβολίας της κάθε μίας. Βάζουμε τον Επιλογέα Πολικότητας Τάσης Ανόδου

Καθόδου στο $-$. Αυτό σημαίνει ότι η Άνοδος θα φορτίζεται αρνητικά και η κάθοδος θετικά.

Τι θα κάνουν τα ηλεκτρόνια που θα εκπέμπονται στο χώρο Καθόδου -Ανόδου;

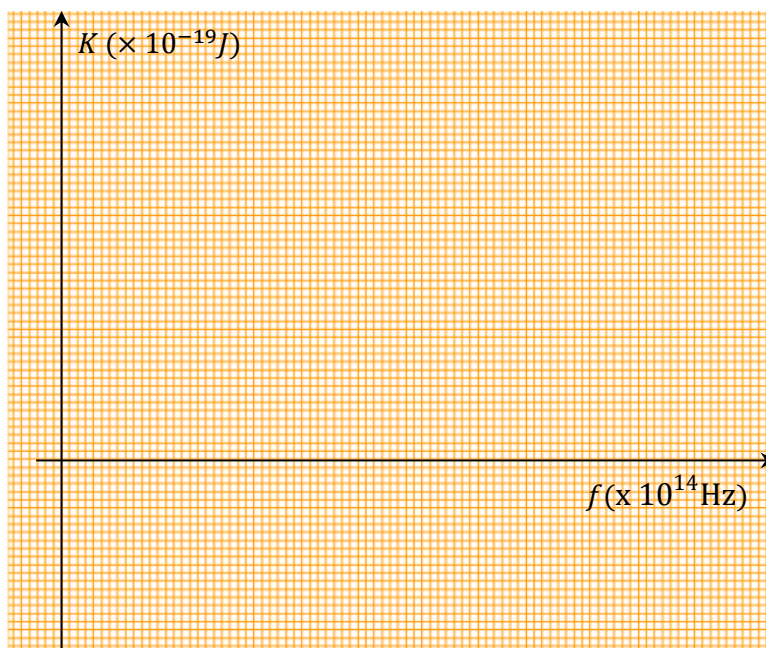
.....
Θα τοποθετήσουμε το κόκκινο LED μπροστά από το Φωτοκύτταρο και παρατηρώντας την Ένταση του φωτορεύματος, αυξάνουμε την Τάση (Ανόδου-Καθόδου) μέχρις ότου μηδενιστεί η Ένταση του Φωτορεύματος. Τότε, μετακινώντας τον επιλογέα Αμπερομέτρου/Βολτομέτρου διαβάζουμε την Τάση Αποκοπής.

Συμπληρώστε τον παρακάτω πίνακα με την τάση αποκοπής V_0 και τη μέγιστη Κινητική Ενέργεια εκπομπής K και επαναλάβετε για άλλο LED.

Μήκος Κύματος λ του LED (σε nm)	Συχνότητα $f = c/\lambda$ του LED (x 10 ¹⁴ Hz)	Ενέργεια φωτονίου $E_\phi = hf$ σε eV	Τάση Αποκοπής V_0 (σε V)	Μέγιστη Κινητική Ενέργεια εκπομπής K σε eV	Μέγιστη Κινητική Ενέργεια εκπομπής K (x 10 ⁻¹⁹ J)
620 (κόκκινο)	4,84				
586 (πορτοκαλί)	5,12				
530 (πράσινο)	5,66				
485 (μπλε)	6,19				
400 (ιώδες)	7,50				

κτλ.... εκτός από την τελευταία γραμμή που θα συμπληρώσετε από κοινού με το διδάσκοντα (είναι ένα πρόσθετο LED που δεν υπάρχει στην κασετίνα σας)

- Να παραστήσετε γραφικά την μέγιστη κινητική ενέργεια K των εκπεμπόμενων ηλεκτρονίων σε σχέση με τη συχνότητα f του προσπίπτοντος φωτός. (ο άξονας της συχνότητας f , οριζόντιος)
- Χαράξτε με μολύβι την «καλύτερη» γραμμή (γρ. παράσταση). Λέγοντας καλύτερη, εννοούμε μία γραμμή που περνά ανάμεσα στα σημεία αφήνοντας ισάριθμα δεξιά και αριστερά της.



Σχόλιο 1: Εάν η «καλύτερη» γρ. παράσταση που χαράξατε είναι ευθεία, τότε δικαιώνετε μέσω του πειράματος, την Υπόθεση του Einstein για σωματιδιακή φύση του φωτός. (Σκεφτείτε το γιατί.)

- **Υπολογίστε το h** , από αυτή τη γρ. παράσταση (επιλέξτε δύο απομακρυσμένα σημεία της – ΌΧΙ σημεία του πίνακα που συμπληρώσατε, αλλά σημεία της γρ. παράστασης, εκτός φυσικά αν η γραφική παράσταση περνάει από αυτά):

- Προεκτείνετε τη γρ. παράσταση προς τα κάτω, μέχρις ότου τμήσει τον άξονα συχνότητας. Σε ποια τιμή συχνότητας γίνεται αυτό; Συμπληρώστε την τιμή:
Αυτή η τιμή συχνότητας λέγεται **συχνότητα κατωφλιού f_0** . Τι εκφράζει;

Αυτή η συχνότητα εξαρτάται από το υλικό της Καθόδου. Εξάλλου, γνωρίζοντας τη συχνότητα κατωφλιού υπολογίζουμε το έργο εξαγωγής του μετάλλου της καθόδου. Υπολογίστε το για την Κάθοδο που διαθέτει η συσκευή μας (είναι από Καίσιο Cs):

Δίπλα, υπάρχουν τιμές έργων εξαγωγής σε eV για μερικά ακόμα μέταλλα. Συγκρίνετε αυτό που βρήκατε για το Cs μέσω του πειράματός μας, με αυτό που δίνει η βιβλιογραφία.

Cs	Rb	Na	Zn	Cu
1,94	2,13	2,28	3,31	4,48

Παρατήρηση: σε ορισμένα βιβλία και σε τμήμα των επίσημων οδηγιών διδασκαλίας, προτείνεται η γραφική παράσταση να είναι όχι K σε σχέση με το f , αλλά η Τάση Αποκοπής V_0 σε σχέση με το f . Σε μία τέτοια περίπτωση η κλίση της γρ. παράστασης θα είναι $h/|q_e|$ και ο σταθερός όρος, όχι το έργο εξαγωγής, αλλά το πηλίκο $\phi/|q_e|$. Χρειάζεται λοιπόν να μην ξεχάσει κάποιος να πολλαπλασιάσει με το φορτίο του ηλεκτρονίου για να βρει τα μεγέθη που μας ενδιαφέρουν (h και ϕ) σε μονάδες SI. Εάν όμως ζητούνται: το h σε μονάδες eV·s και το έργο εξαγωγής ϕ σε eV, τότε δε χρειάζεται καμία επεξεργασία.

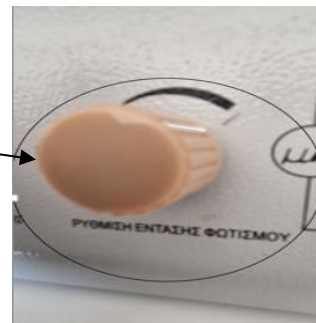
Η Φωτοηλεκτρική εξίσωση, η οποία από μία ΥΠΟΘΕΣΗ που ήταν αρχικά – τώρα, μετά το πείραμα, είναι σε συμφωνία με τα πειραματικά δεδομένα και άρα, γίνεται αποδεκτή ως ερμηνεία του φωτοηλεκτρικού φαινομένου;

Δραστηριότητα 2^η : Καμπύλη «φωτορεύματος»

Αντιστοιχεί στο video: <https://youtu.be/YfE3ra7A-RM>



Για τάση Ανόδου – Καθόδου = 0, τοποθετείτε το πράσινο φίλτρο μπροστά από το φωτοκύτταρο, την πηγή φωτισμού στα 40cm απόσταση, και θέστε τη πηγή φωτός έως τη στάθμη που φαίνεται στο σχήμα:



Τι ένταση ρεύματος καταγράφουμε;

Συμπληρώστε την παραπάνω τιμή στο αντίστοιχο κελί του πίνακα που ακολουθεί.

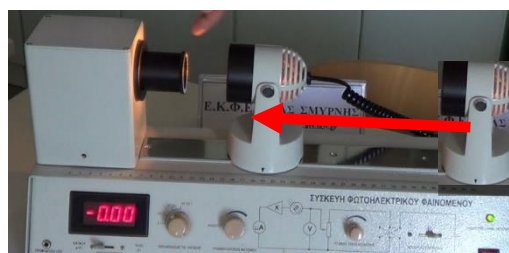
Τάση V (σε Volt) Εννοούμε: Δυναμικό Ανόδου – Δυναμικό Καθόδου	Ένταση Ρεύματος I (σε μA) για σχετικά χαμηλό φωτισμό	Ένταση Ρεύματος I (σε μA) για σχετικά εντονότερο φωτισμό
0		
0,1		
0,2		
0,3		
0,4		
0,5		
1		
1,5		
2		
2		
3		
-0,1		
-0,2		
	0	

➤ **Αυξάνουμε** την τάση όπως δείχνει η 1^η στήλη του πίνακα και **καταγράφουμε** την αντίστοιχη ένταση του ρεύματος στη δεύτερη στήλη του πίνακα. Επαναλαμβάνουμε μέχρι περίπου 3 V.

(Μην ασχοληθείτε, για την ώρα, καθόλου με την τρίτη στήλη)

➤ Γιατί σταματάμε την Τάση Ανόδου – Καθόδου στα 3V;

➤ Παίρνουμε μία-δύο τιμές Έντασης Φωτορεύματος με αρνητική τάση, και στη συνέχεια, βρίσκουμε για ποιά αρνητική τάση η Ένταση του ηλ. ρεύματος των φωτο-ηλεκτρονίων **μηδενίζεται**. Αυτή η τάση, κατ' απόλυτη τιμή, λέγεται **Τάση Αποκοπής (V_0)**.



Θα εξετάσουμε τι επίπτωση έχει στην Ένταση του ηλ. ρεύματος των «φωτο-ηλεκτρονίων», το **πλησίασμα της πηγής φωτισμού ως τα 30cm από το φωτοκύτταρο (σχήμα!)**.

Τι κάνουμε έτσι στο φωτισμό που πέφτει στο φωτοκύτταρο;..... ..

«Αποκαταστάθηκε» η ένταση του ηλ. ρεύματος ή παρέμεινε 0;

➤ **Συνεχίζουμε** την εκτέλεση του πειράματος, ρυθμίζοντας την Τάση Ανόδου- Καθόδου στις ίδιες τιμές όπως πριν, για να προκύψουν άμεσες συγκρίσεις «φωτορεύματος» με χαμηλό (40cm απόσταση) και ισχυρότερο φωτισμό (30cm απόσταση) του φωτοκυττάρου.

Συμπληρώνουμε την τρίτη στήλη του παραπάνω πίνακα με τις τιμές της έντασης του ρεύματος που προέκυψαν έχοντας τη φωτεινή πηγή στην απόσταση των 30cm.

➤ Στο ίδιο σύστημα αξόνων I και V (με την Τάση στον οριζόντιο άξονα) να κάνετε τις δύο γρ. παραστάσεις, σημειώνοντας ποια αντιστοιχεί σε μεγαλύτερη φωτεινότητα στο φωτοκύτταρο. Παρατηρείστε πόσες διαφορετικές φάσεις (τμήματα) έχουν και την κοινή Τάση Αποκοπής

-Αναγνωρίστε τις διαφορετικές «φάσεις» (τμήματα) της γραφικής παράστασης που παρουσιάζουν ενδιαφέρον. Σκεφτείτε τι αντιπροσωπεύουν:

.....

-Επίσης, αναγνωρίστε την Τάση αποκοπής.

$V_0 =$

-Κάποιος αντί να πλησιάσει την πηγή φωτισμού στο φωτοκύτταρο, όπως κάναμε εμείς για να πάρουμε άλλη μια καμπύλη φωτο-ρεύματος, προτείνει να αυξήσει τη φωτεινότητα στρέφοντας το κουμπί ρύθμισής της. Τι γνώμη έχετε για την πρότασή του ;

.....

.....

.....

