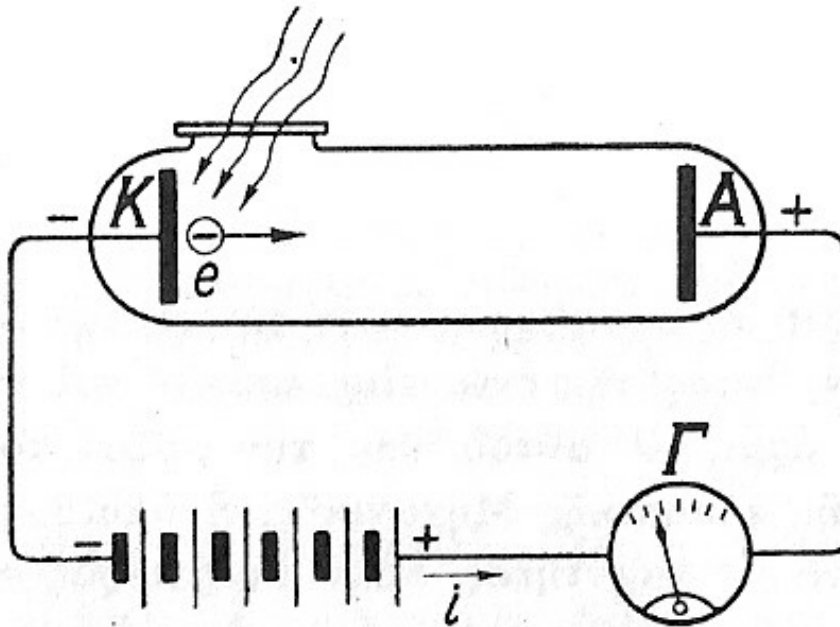


ΦΩΤΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ

Το **φωτοηλεκτρικό φαινόμενο** είναι μια κβαντική διεργασία κατά την οποία απελευθερώνονται ηλεκτρόνια από μια επιφάνεια αγωγού όταν προσπέσει σε αυτή ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία συχνότητας τέτοιας ώστε τα ηλεκτρόνια να κατορθώσουν να υπερπηδήσουν το φράγμα δυναμικής ενέργειας που τα συγκρατεί στην επιφάνεια αυτή. Τα ηλεκτρόνια που εκπέμπονται μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να παραχθεί ηλεκτρικό ρεύμα. Εφαρμογές του φωτοηλεκτρικού φαινομένου απαντώνται στα φωτοκύτταρα ή φωτοστοιχεία, τα φωτοβολταϊκά στοιχεία, τα ηλιακά στοιχεία κ.ά.

Το 1899 οι φυσικοί γνωρίζανε ότι η αλληλεπίδραση φωτός με ένα υλικό (μεταλλική επιφάνεια) εκπέμπει ηλεκτρόνια. Ο Lenard στη συνέχεια με πειράματα με ισχυρές φωτεινές πηγές βολταϊκού τόξου διαπίστωσε ότι η μέγιστη κινητική ενέργεια K_{\max} φωτοηλεκτρονίων δεν εξαρτάται από την ένταση του φωτός.

Πειραματική διάταξη φωτοηλεκτρικού φαινομένου:



Η ανασχετική τάση V_s αυξάνεται βαθμιαία μέχρις ότου τα ηλεκτρόνια να ακινητοποιηθούν στο συλλέκτη και το φωτορεύμα να γίνει μηδενικό, δηλαδή για $V=V_s$ (τάση αποκοπής) είναι $v_{τελ}=0$.

Για την κίνηση κάθε ηλεκτρονίου ισχύει το θεώρημα έργου-κινητικής ενέργειας:

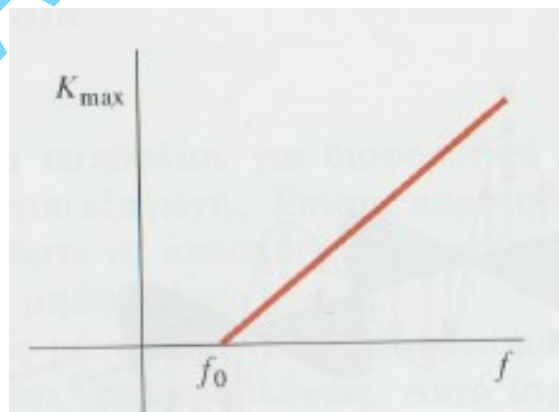
$$W = \Delta K = K_{τελ} - K_{αρχ} = 0 - \frac{1}{2} m v_{\max}^2 \Rightarrow W = -K_{\max}$$

Αλλά: $W = q_e V_s = -eV_s$ οπότε $-eV_s = -K_{\max} \Rightarrow K_{\max} = eV_s$

Έτσι ρυθμίζοντας την τάση V κατόρθωσαν να προσδιορίσουν τη μέγιστη κινητική ενέργεια των εκπεμπόμενων ηλεκτρονίων από την επιφάνεια του μετάλλου.

Οι πειραματικές παρατηρήσεις συνολικά ήταν:

- Η ένταση του ρεύματος I αυξάνεται με την ένταση της προσπίπτουσας ακτινοβολίας.
- Ανεξάρτητα από την ένταση της προσπίπτουσας ακτινοβολίας, ρεύμα εμφανίζεται μόνο όταν η συχνότητα της f περνά μια κατώτερη τιμή f_0 , δηλαδή όταν $f > f_0$ η οποία εξαρτάται από το υλικό της καθόδου.
- Η κινητική ενέργεια των ηλεκτρονίων εξαρτάται γραμμικά από την συχνότητα της προσπίπτουσας ακτινοβολίας και είναι ανεξάρτητη της έντασής της.



- Το ρεύμα I εμφανίζεται σχεδόν ταυτόχρονα με την πρόσπτωση της ακτινοβολίας.

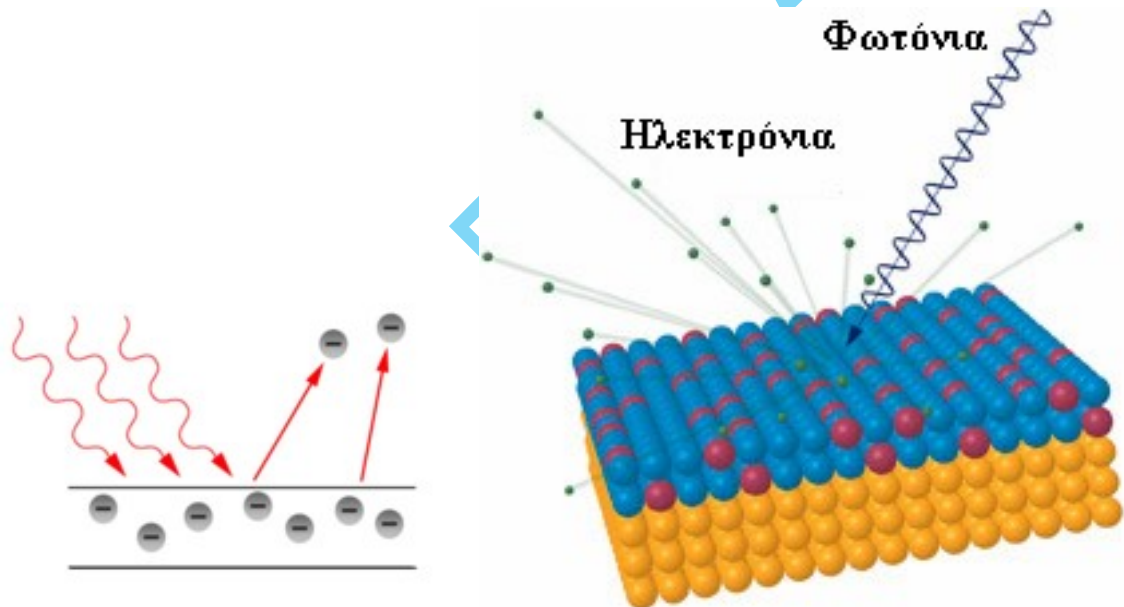
Η εξήγηση του Einstein:

Ο Einstein θεώρησε ότι κάθε ηλεκτρομαγνητικό κύμα αποτελείται από φωτόνια (κβάντα φωτός) ενέργειας hf .

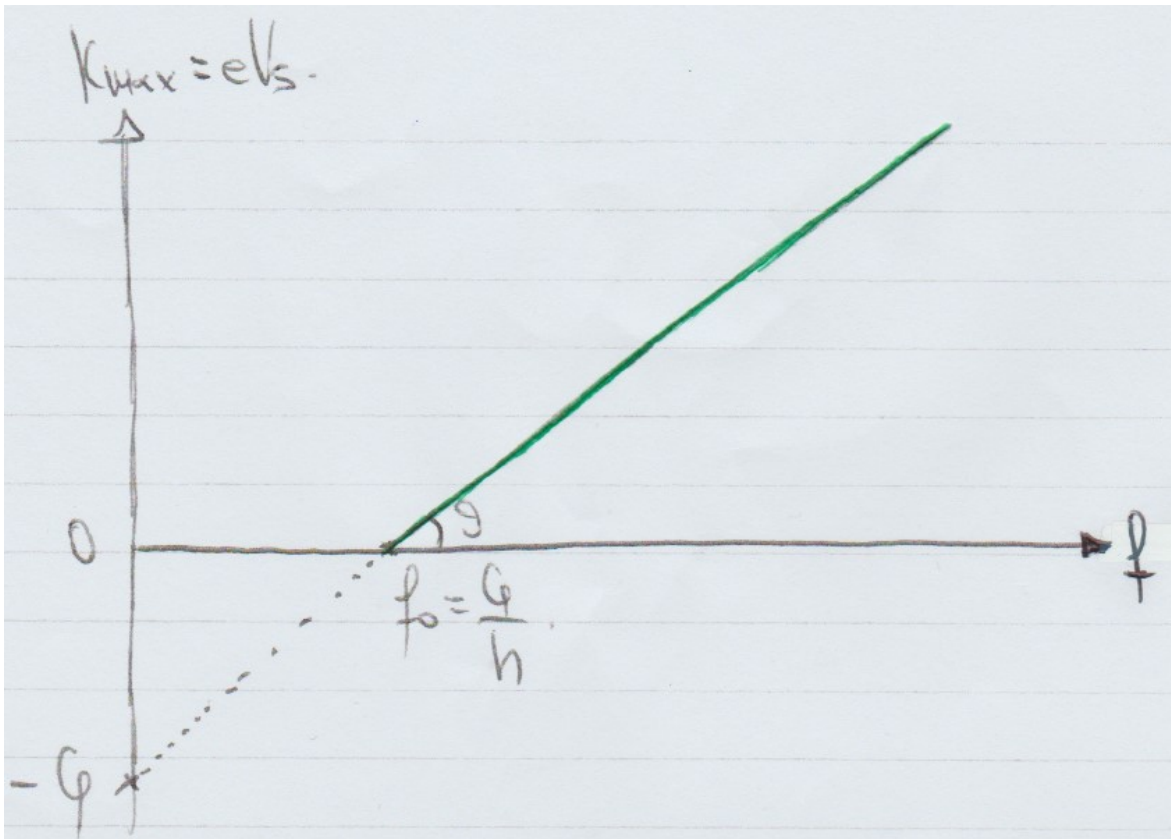
Στο φωτοηλεκτρικό φαινόμενο εξήγησε ότι ένα φωτόνιο (κβάντο φωτός) δίνει όλη την ενέργειά του hf σε ένα μόνο ηλεκτρόνιο του μετάλλου.

Επομένως λόγω της αρχής διατήρησης της ενέργειας η ενέργεια αυτή hf θα ισούται με το έργο εξαγωγής ϕ και τη μέγιστη κινητική ενέργεια $K_{\max} = eV_s$ που αποκτά. Δηλαδή:

$$hf = \phi + K_{\max} \Rightarrow K_{\max} = hf - \phi$$



Η γραφική παράσταση της K_{\max} συναρτήσεως της συχνότητας f της προσπίπτουσας ακτινοβολίας δίνεται στο ακόλουθο διάγραμμα.



☞ Παρατηρήσεις:

- Για $K_{\max}=0$ είναι: $0 = hf_0 - \phi \Rightarrow hf_0 = \phi \Rightarrow \boxed{f_0 = \frac{\phi}{h}}$

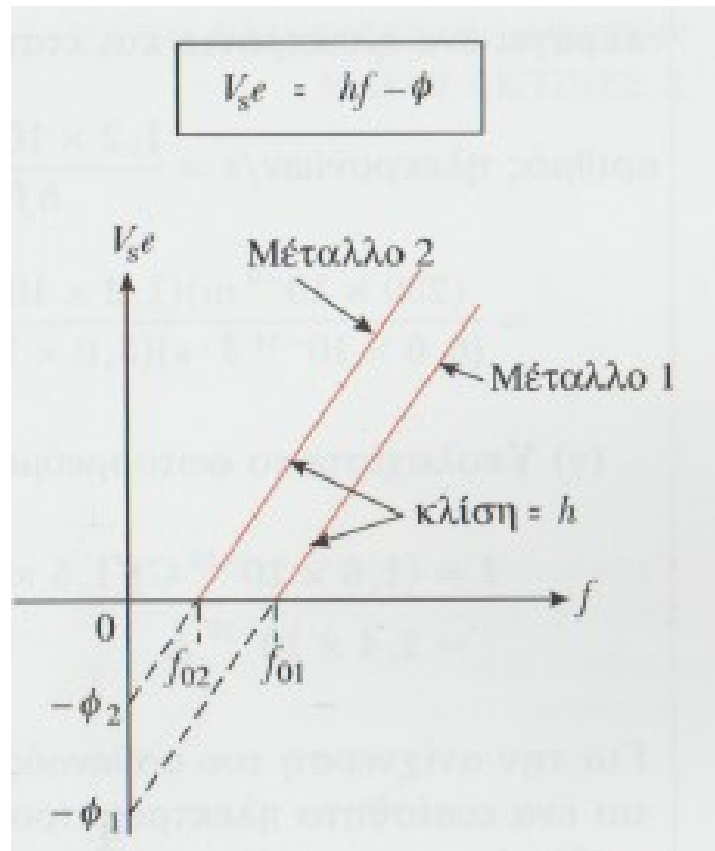
(συχνότητα κατωφλίου)

- Για $f=0$ είναι: $K_{\max} = -\phi$

- Η κλίση της ευθείας αυτής δίνει τη σταθερά του Planck h . Δηλαδή:

$$\tan\theta = h$$

Για δυο διαφορετικά μέταλλα, τα οποία υποβάλλονται σε φωτοηλεκτρικό φαινόμενο:

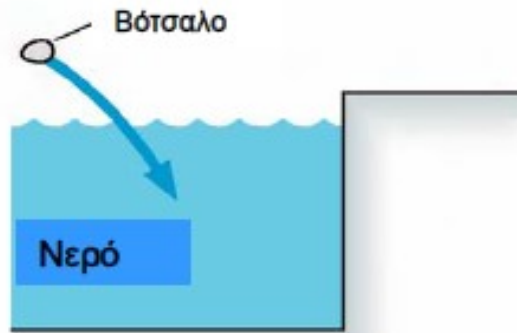


Το 1921 ο Albert Einstein τιμήθηκε με το βραβείο Νόμπελ Φυσικής για την ερμηνεία του φωτοηλεκτρικού φαινομένου και τη συνεισφορά του στη θεωρητική φυσική.

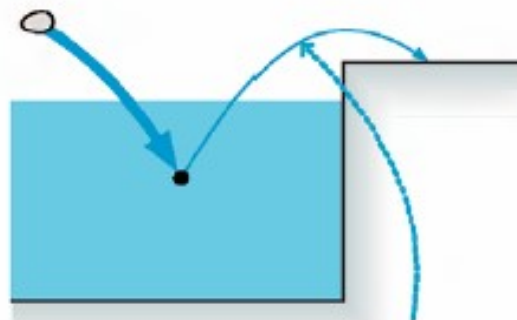
Συγγραφή – Επιμέλεια: Παναγιώτης Φ. Μοίρας

Το Μηχανικό Ανάλογο του ΦΦ

FIGURE 39.9 Ένα βότσαλο μεταφέρει ενέργεια στο νερό



Κλασικά, η ενέργεια του βότσαλου μοιράζεται σε όλα τα μορια του νερού. Ένα βότσαλο προκαλεί μόνο ελαφρύ κυματισμό.



Αν το βότσαλο μπορούσε να μεταφέρει όλη την ενέργειά του σε μια σταγόνα νερό, αυτή η σταγόνα θα μπορούσε εύκολα να πεταχτεί έξω από το δοχείο.

Άσκηση 1

Σε ένα φωτοηλεκτρικό πείραμα όπου χρησιμοποιείται επιφάνεια Νατρίου βρίσκετε ότι η ανασχετική τάση είναι 1.85V για μήκος κύματος 300nm και 0.820V για μήκος κύματος 400nm . Από αυτά τα δεδομένα προσδιορίστε

- (Α) τη σταθερά του Planck
- (Β) Το έργο εξαγωγής για το Νάτριο και
- (Γ) τη συχνότητα αποκοπής.

(Απ.: Α) $h=4,12 \times 10^{-15} \text{ eVs}$, Β) $\phi=2,27 \text{ eV}$, Γ) $f_0=0,55 \times 10^{15} \text{ Hz}$)

Άσκηση 2

Μια δέσμη φωτός μηκούς κύματος 124 nm και ισχύος 2.50 W προσπίπτει σε μεταλλική επιφάνεια. Παρατηρούμε ότι η μέγιστη κινητική ενέργεια των φωτοηλεκτρονίων είναι 4.16 eV . Υποθέτουμε ότι κάθε φωτόνιο στην δέσμη προκαλεί την έξοδο από το μέταλλο ενός ηλεκτρονίου.

- (Α) Ποιό τό έργο εξαγωγής του μετάλλου σε eV .
- (Β) Πόσα φωτοηλεκτρόνια εκπέμπονται από το μέταλλο ανά δευτερόλεπτο;
- (Γ) Αν η ισχύς της δέσμης ελαττωθεί στο μισό χωρίς να αλλάξει το μήκος κύματός της, πως αλλάζει η απάντηση στο (Β).
- (Δ) Αν το μήκος κύματος ελαττωθεί στο μισό χωρίς να αλλάξει η ισχύς, πως αλλάζει η απάντηση στο (Β).

(Απ.: Α) $\phi=5,84 \text{ eV}$, Β) $N=15,6 \times 10^{17} \text{ ηλεκτρόνια/sec}$, Γ) $N=7,8 \times 10^{17} \text{ ηλ/sec}$
 Δ) $N=7,8 \times 10^{17} \text{ ηλεκτρόνια/sec}$)

Άσκηση 3

Φωτίζοντας διαδοχικά την επιφάνεια ενός μετάλλου με φως μηκών κύματος $\lambda_1 = 0.35 \mu\text{m}$ και $\lambda_2 = 0.54 \mu\text{m}$ βρίσκουμε ότι οι αντίστοιχες μέγιστες ταχύτητες των εκπεμπόμενων φωτοηλεκτρονίων έχουν λόγο 2. Να υπολογιστούν

- Α) το έργο εξαγωγής του μετάλλου
- Β) οι μέγιστες ταχύτητες των φωτοηλεκτρονίων

(Απ.: Α) $\phi=1,9 \text{ eV}$, Β) $v_{\text{max}1}=7,6 \times 10^5 \text{ m/s}$ $v_{\text{max}2}=3,8 \times 10^5 \text{ m/s}$)

Συγγραφή – Επιμέλεια: Παναγιώτης Φ. Μοίρας