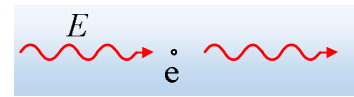


## Ενέργειες και ορμές στο φαινόμενο Compton

- 1) Ένα φωτόνιο με ενέργεια  $E=6.000\text{eV}$  προσπίπτει σε ακίνητο ελεύθερο ηλεκτρόνιο. Μετά την αλληλεπίδραση φωτονίου – ηλεκτρονίου, το φωτόνιο συνεχίζει διαδιδόμενο στην ίδια διεύθυνση.



Να υπολογιστούν η ενέργεια και η ορμή φωτονίου και ηλεκτρονίου, μετά την αλληλεπίδραση.

Δίνεται  $c=3\cdot 10^8\text{m/s}$ .

### Απάντηση:

Για το μήκος κύματος του σκεδαζόμενου φωτονίου ισχύει η εξίσωση:

$$\lambda' - \lambda = \frac{h}{mc}(1 - \sigma \nu \varphi) \quad (1)$$

Θέτοντας στην εξίσωση αυτή  $\varphi=0$  οπότε  $\sigma \nu \varphi=1$ , βρίσκουμε ότι  $\lambda' = \lambda$ .

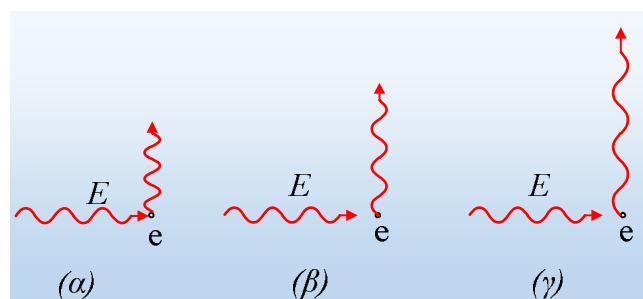
Δηλαδή από την στιγμή που δεν άλλαξε πορεία το φωτόνιο, δεν υπάρχει καμιά «αλληλεπίδραση» με το ηλεκτρόνιο, διατηρώντας ενέργεια και ορμή. Έτσι το φωτόνιο συνεχίζει να διαδίδεται με ενέργεια  $E=6.000\text{eV}$ , έχοντας ορμή:

$$p = \frac{E}{c} = \frac{6.000 \times 1,6 \times 10^{-19}}{3 \times 10^8} \text{kgm/s} = 3,2 \times 10^{-24} \text{kgm/s}$$

Αλλά τότε από την διατήρηση της ενέργειας προκύπτει ότι το ηλεκτρόνιο δεν θα αποκτήσει ενέργεια και θα παραμείνει ακίνητο.

- 2) Φωτόνια με ενέργεια  $E=6.000\text{eV}$  προσπίπτουν σε ακίνητα και ελεύθερα ηλεκτρόνια.

- i) Για την περίπτωση σκέδασης κατά  $90^\circ$ , ποιο από τα παρακάτω σχήματα, παριστάνει το ηλεκτρομαγνητικό κύμα, για τα σκεδαζόμενα φωτόνια;



- ii) Να υπολογιστεί η ορμή που αποκτά το ηλεκτρόνιο, πάνω στο οποίο σκεδάστηκε το παραπάνω φωτόνιο, στην αρχική διεύθυνση διάδοσης του φωτονίου.

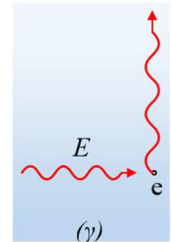
Δίνεται  $c=3\cdot 10^8\text{m/s}$ .

**Απάντηση:**

- i) Στην περίπτωση της σκέδασης κατά  $90^\circ$ , όπου  $\cos 90^\circ = 0$ , το μήκος κύματος του σκεδαζόμενου φωτονίου είναι:

$$\lambda' - \lambda = \frac{h}{mc} (1 - \cos 90^\circ) \rightarrow \lambda' = \lambda + \frac{h}{mc} > \lambda$$

Βλέπουμε δηλαδή η σκεδαζόμενη δέσμη να έχει μεγαλύτερο μήκος κύματος, οπότε σωστό είναι το (γ) σχήμα.

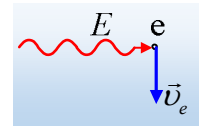


- ii) Εφαρμόζουμε την διατήρηση της ορμής στην αρχική διεύθυνση διάδοσης του φωτονίου, παίρνοντας:

$$p_{\text{πριν},x} = p_{\text{μετ},x} \rightarrow p = p_{\phi x} + p_e \rightarrow$$

$$p_e = p = \frac{E}{c} = \frac{6.000 \times 1,6 \cdot 10^{-19}}{3 \cdot 10^8} \text{ kgm/s} = 3,2 \cdot 10^{-24} \text{ kgm/s}$$

- 3) Ένας συμμαθητής σας, στην παραπάνω αλληλεπίδραση μελέτησε, όχι την πορεία του σκεδαζόμενου φωτονίου, αλλά την διεύθυνση κίνησης του ηλεκτρονίου και σχεδίασε το διπλανό σχήμα, όπου η ταχύτητα  $\vec{v}_e$  που αποκτά το ηλεκτρόνιο είναι κάθετη στην διεύθυνση διάδοσης του φωτονίου. Να εξετάσετε την ορθότητα ή μη του αποτελέσματος της μελέτης του.

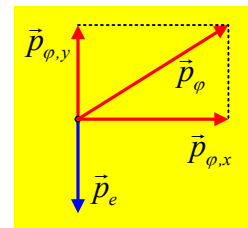
**Απάντηση:**

Αν εφαρμόσουμε την διατήρηση της ορμής για το σύστημα, σε άξονες, θα πάρουμε:

$$p_{\text{πριν},x} = p_{\text{μετ},x} \rightarrow p = p_{\phi x} + p_e \rightarrow$$

$$p_{\phi x} = p = 3,2 \cdot 10^{-24} \text{ kgm/s} \quad \text{και}$$

$$p_{\text{πριν},y} = p_{\text{μετ},y} \rightarrow 0 = p_{\phi y} + p_{e,y} \rightarrow p_{\phi y} = -p_{e,y}$$



Αλλά τότε η τελική ορμή του φωτονίου  $\vec{p}_\phi$  έχει μεγαλύτερο μέτρο (βλέπε σχήμα) από την αρχική του ορμή, ίση με την συνιστώσα  $p_{\phi x}$ . Αλλά η ορμή συνδέεται με την ενέργεια με την εξίσωση  $E=pc$ , οπότε αύξηση της ορμής σημαίνει και αύξηση της ενέργειας, πράγμα αδύνατον. Το ηλεκτρόνιο δηλαδή μπορεί να κινηθεί, αλλά όχι σε κάθετη διεύθυνση, ως προς το κινούμενο φωτόνιο.

[dmargaris@gmail.com](mailto:dmargaris@gmail.com)