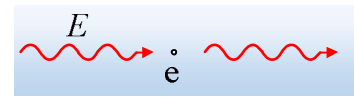


Ενέργειες και ορμές στο φαινόμενο Compton

- 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 $\lambda' = \lambda$.

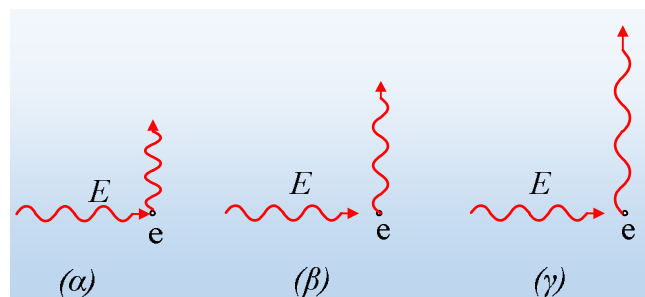
Δηλαδή από την στιγμή που δεν άλλαξε πορεία το φωτόνιο, δεν υπάρχει καμιά «αλληλεπίδραση» με το ηλεκτρόνιο, διατηρώντας ενέργεια και ορμή. Έτσι το φωτόνιο συνεχίζει να διαδίδεται με ενέργεια $E=6.000\text{eV}$, έχοντας ορμή:

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

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° , 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.

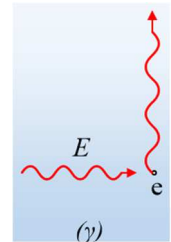
Δίνεται $c=3\cdot 10^8\text{m/s}$.

Απάντηση:

- i) Στην περίπτωση της σκέδασης κατά 90° , 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.

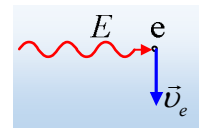


- ii) Εφαρμόζουμε την διατήρηση της ορμής στην αρχική διεύθυνση διάδοσης του φωτονίου, παίρνοντας:

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

$$p_e = p = \frac{E}{c} = \frac{6.000 \times 1,6 \cdot 10^{-19}}{3 \cdot 10^8} \text{ kgm/s} = 3,2 \cdot 10^{-14} \text{ kgm/s}$$

- 3) Ένας συμμαθητής σας, στην παραπάνω περίπτωση 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.



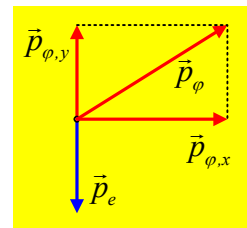
Απάντηση:

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

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

$$p_{\phi x} = p = 3,2 \cdot 10^{-14} \text{ kgm/s} \quad \text{και}$$

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



Αλλά τότε η τελική ορμή του φωτονίου \vec{p}_ϕ 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