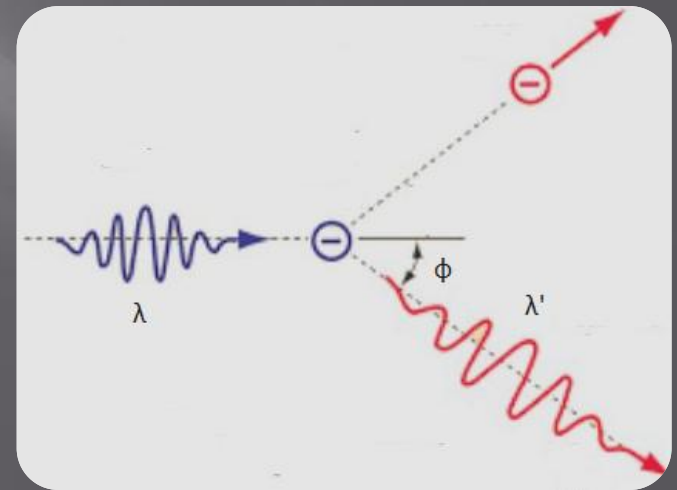


ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ COMPTON

Το φαινόμενο Compton **αποδεικνύει** την ύπαρξη φωτονίων, με τα χαρακτηριστικά της ενέργειας $E = h f$ και της ορμής $P = h/\lambda$

Το πείραμα Compton θέλει ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία να πέφτει πάνω στα ηλεκτρόνια υλικού.

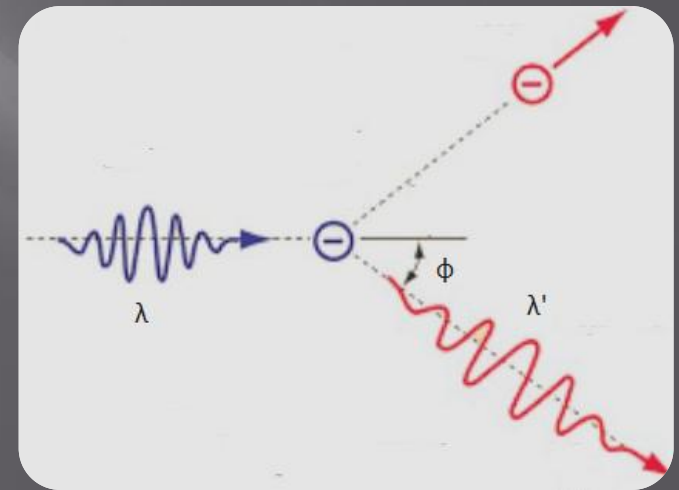
- ▶ Επιλέχθηκε ακτινοβολία X, μιας και τα φωτόνια αυτής -θεωρητικά αποδεκτά- οφείλουν έχουν μεγάλη ενέργεια και ορμή.
- ▶ Τα ηλεκτρόνια του υλικού θεωρούνται πρακτικά ακίνητα και χωρίς ιδιαίτερη σημασία αν είναι ελεύθερα ή δέσμια.
- ▶ Είναι τόσο μεγάλη η ταχύτητα και η ενέργεια των θεωρητικά φωτονίων X, ώστε δεν έχει καμία σημασία η ταχύτητα των e^- , ούτε αν αυτά είναι ελεύθερα ή δέσμια



ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ COMPTON

Το πείραμα λέει ότι :

- I. Το σκεδαζόμενο τμήμα της ακτινοβολίας έχει μήκος κύματος μεγαλύτερο από το μήκος κύματος της προσπίπτουσας ακτινοβολίας (μικρότερη συχνότητα)
- II. Όσο πιο μεγάλη είναι η γωνία σκέδασης ϕ , τόσο μεγαλύτερο εμφανίζεται το νέο μήκος κύματος.



ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ COMPTON

Ο κλασσικός ηλεκτρομαγνητισμός **αδυνατεί** να ερμηνεύσει το πείραμα Compton.

Σύμφωνα με την κλασσική θεωρία, το ηλεκτρικό πεδίο της κύμανσης θέτει σε εξαναγκασμένη ταλάντωση τα ηλεκτρόνια, τα οποία στη συνέχεια εκπέμπουν ένα δευτερογενές κύμα με την συχνότητα με την οποία ταλαντώνονται, δηλαδή με τη συχνότητα του προσπίπτοντος κύματος. Επομένως είναι αδύνατον να εξηγηθεί η αλλαγή του μήκους κύματος λ , ούτε βεβαίως και η εξάρτηση του μεγέθους της μεταβολής του, από τη γωνία σκέδασης φ .

ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ COMPTON

Τα πράγματα φωτίζονται αν δούμε την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία ως ρεύμα φωτονίων, δηλαδή 'σωματίων' με μηδενική μάζα ηρεμίας που μεταφέρουν ενέργεια και ορμή.

Τότε το πρόβλημα της σκέδασης της ακτινοβολίας μετατρέπεται σε πρόβλημα **κρούσης** ανάμεσα σ' ένα φωτόνιο και ένα ηλεκτρόνιο.

Στην εν λόγω κρούση ισχύουν οι αρχές διατήρησης ενέργειας και ορμής.

ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ COMPTON

Η κβαντική εξήγηση φαινομένου Compton

Η σύγκρουση θα έχει ως αποτέλεσμα το ηλεκτρόνιο να πάρει ένα τμήμα της ενέργειας του προσπίπτοντος φωτονίου και έτσι θα εμφανιστεί –μετά την σύγκρουση και την απορρόφηση του- ένα νέο φωτόνιο με ενέργεια μικρότερη εκείνης του προσπίπτοντος.

Δηλαδή :

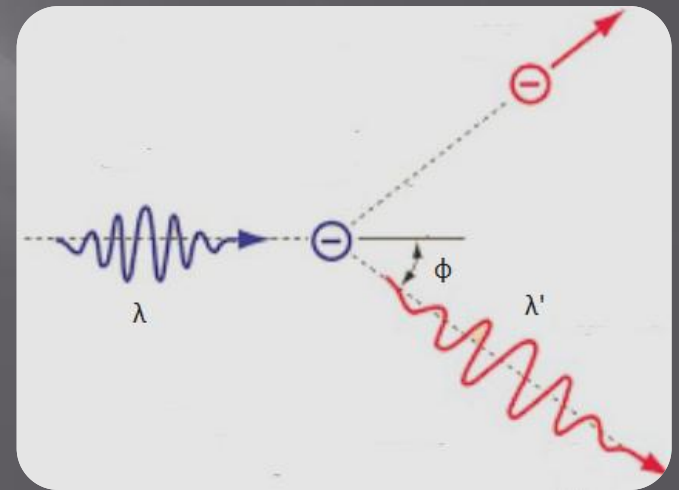
$$E' < E \rightarrow hf' < hf \rightarrow f' < f \text{ ή αν θέλετε } \lambda' > \lambda$$

ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ COMPTON

Να η μαθηματική εξίσωση που ανταποκρίνεται στα πειραματικά δεδομένα :

$$\lambda' - \lambda = \frac{h}{mc}(1 - \cos \varphi)$$

m είναι η μάζα του ακίνητου ηλεκτρονίου



ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ COMPTON

Φαινόμενο Compton μπορούμε να έχουμε με ορατό φως ;

Η απάντηση είναι όχι! Τα ορατά φωτόνια έχουν μικρή ενέργεια $\sim 2\text{eV}$, με συνέπεια η ισοδύναμη μάζα τους ($E = m c^2$) να είναι ιδιαίτερα μικρότερη από αυτή του ηλεκτρονίου και έτσι η σύγκρουση να μοιάζει μεταξύ μιας μπάλας ποδοσφαίρου και ενός ακίνητου αυτοκινήτου, όπου η μπάλα ανακλάται με την ίδια κατά μέτρο ταχύτητα.

Να γιατί επιβάλλεται τα προσπίπτοντα φωτόνια να είναι φωτόνια ακτίνων X.

ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ COMPTON

Ένα διαστατικό σχόλιο πάνω στην εξίσωση του φαινομένου Compton

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

Το πρώτο μέλος έχει διαστάσεις μήκους. Αυτό επιβάλλει η έκφραση h/mc να έχει επίσης διαστάσεις μήκους. Αυτή η ποσότητα ονομάζεται **μήκους κύματος Compton λ_c**

ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ COMPTON

(I) Φωτόνιο μήκους κύματος $\lambda = 2\lambda_c$ υφίσταται σκέδαση Compton από ένα αρχικά ακίνητο ηλεκτρόνιο. Το μήκος κύματος του φωτονίου που σκεδάζεται σε γωνία $\theta = 120^\circ$ θα είναι ίσο με:

$$\lambda' - \lambda = \frac{h}{mc}(1 - \cos\theta) \rightarrow \lambda' = \lambda + \lambda_c \left(1 - \left(-\frac{1}{2}\right)\right) \rightarrow \lambda' = 2\lambda_c \left(\frac{3}{2}\right) \rightarrow \lambda' = 3\lambda_c$$

ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ COMPTON

(II) Ένα φωτόνιο με μήκος κύματος $\lambda = 2\lambda_C$ έχει ισοδύναμη μάζα μ ίση με...
(όπου m ή μάζα του ηλεκτρονίου)

Αρχή ισοδυναμίας μάζας-ενέργειας...

$$hf = \mu c^2 \rightarrow h \frac{c}{\lambda} = \mu c^2 \rightarrow h = \mu c \lambda \rightarrow h = \mu c 2\lambda_C \rightarrow h = \mu c 2 \frac{h}{mc} \rightarrow \mu = \frac{m}{2}$$