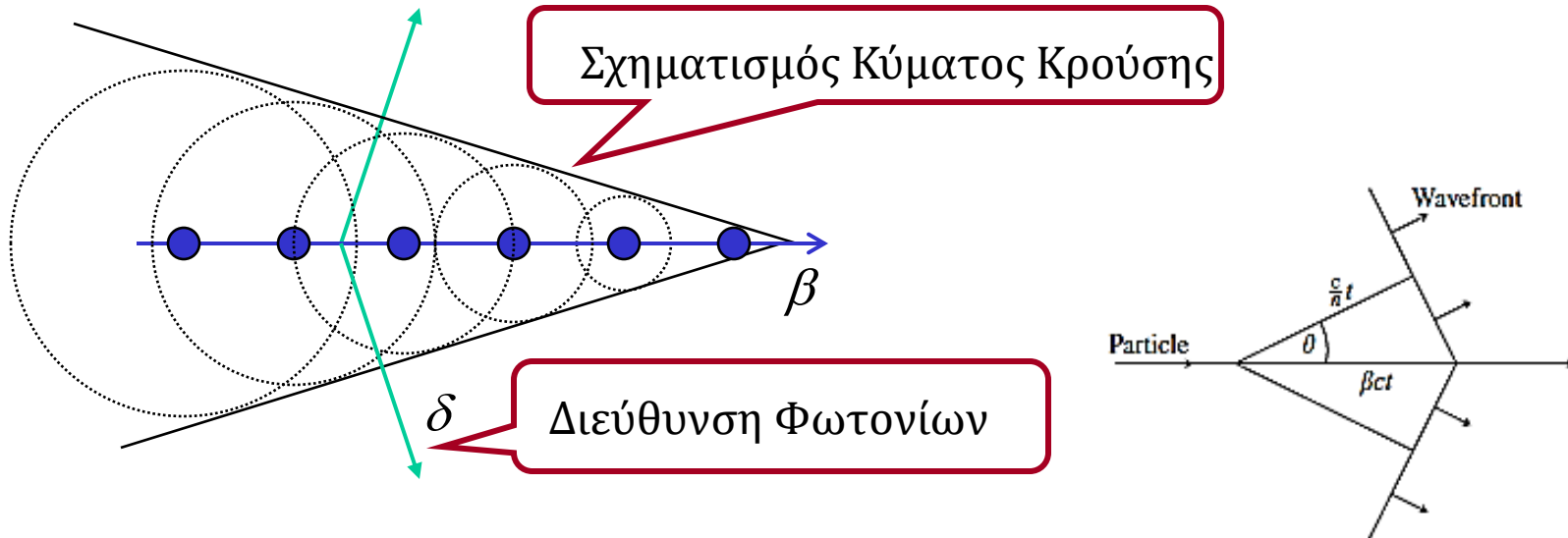


Ακτινοβολία Cerenkov

Ακτινοβολία Cerenkov

- Η ακτινοβολία Cerenkov, μελετήθηκε πειραματικά από τους Cerenkov και Vavilof το 1933 και η θεωρητική ερμηνεία της δόθηκε από τους Tamn και Frank.
Όταν ένα φορτισμένο σωματίδιο διασχίζει ένα διηλεκτρικό, με ταχύτητα μεγαλύτερη από την ταχύτητα του φωτός στο διηλεκτρικό, τότε εκπέμπεται φως κατά μήκος της τροχιάς του σωματιδίου.
Το φαινόμενο προκαλείται από τη διηλεκτρική σταθερά του υλικού. Γνωρίζετε ότι σε ένα υλικό με δείκτη διάθλασης n , το φως ταξιδεύει με ταχύτητα c/n , Ο δείκτης n είναι πάντοτε μεγαλύτερος από την μονάδα, άρα $v < c$.
- Αν θεωρήσουμε ότι ένα μόριο του διηλεκτρικού παραμορφώνεται από το Ηλεκτρικό Πεδίο του σωματιδίου που περνά δίπλα του, και σχηματίζει ένα ηλεκτρικό δίπολο. Το δίπολο, καθώς επιστρέφει στο αρχικό σχήμα του, εκπέμπει ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία με μορφή σφαιρικού κύματος. Τα κύματα διαδίδονται ενώ το φορτίο δημιουργεί καινούργιες διεγέρσεις. Τα κύματα συμβάλουν και σχηματίζουν ένα μέτωπο το οποίο διαδίδεται προς τα εμπρός υπό γωνία.
- Το φαινόμενο είναι ανάλογο με το φαινόμενο του μετώπου Mach που προκαλείται από την κίνηση αντικειμένων με ταχύτητα μεγαλύτερη από την ταχύτητα του ήχου στον αέρα.
- Αναλυτική απόδειξη στο βιβλίο Jackson «Classical Electromagnetism»

Ακτινοβολία Cerenkov



Το συνημίτιο της γωνίας υπολογίζεται από την απόσταση που διανύει το Η.Μ. κύμα, προς την απόσταση που διανύει το σωματίδιο.

$$\cos \theta = \frac{(ct/n)}{\beta ct} = \frac{1}{\beta n}, \quad \beta > \frac{1}{n}$$

Η προϋπόθεση $\beta > 1/n$, βάζει ένα κατώφλι στην ενέργεια για την εκπομπή φωτός. Αν θέσουμε $\beta = 1/n$ στον τύπο της σχετικιστικής ενέργειας για το σωματίδιο, υπολογίζουμε την ενέργεια κατωφλίου.

$$E_{Thr} = \frac{mc^2}{\sqrt{1 - \beta^2}}$$

Υπολογισμός ενέργειας κατωφλίου για τον αέρα.

Για ηλεκτρόνιο και μιονίο.

$$e^- \quad mc^2 = 0,51 \text{ MeV} \quad E_T = 21 \text{ MeV}$$

$$\mu^- \quad mc^2 = 106 \text{ MeV} \quad E_T = 4.3 \text{ GeV}$$

$$n = 1.0003$$

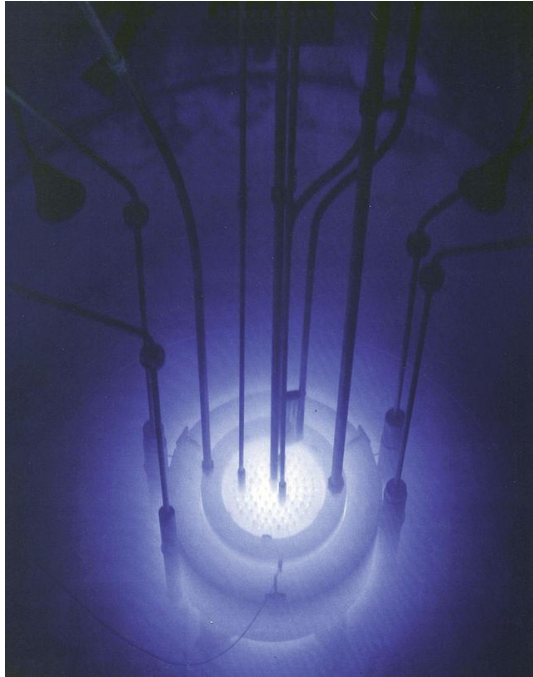
$$\beta = 1/n$$

$$E_{Thr} = \frac{mc^2}{\sqrt{1 - \beta^2}}$$

CERENKOV RADIATION and its applications,

by J. V. JELLEY

Ακτινοβολία Cerenkov



Αριθμός φωτονίων ανα μονάδα διαδρομής και μήκους κύματος.

$$\frac{\partial^2 N}{\partial x \partial \lambda} = 2\pi\alpha \left(1 - \frac{1}{\beta^2 n^2} \right) \frac{1}{\lambda^2}$$

Αριθμός φωτονίων ανά μονάδα διαδρομής.

$$\frac{\partial N}{\partial x} = 2\pi\alpha \left(1 - \frac{1}{\beta^2 n^2} \right) \left(\frac{1}{\lambda_L} - \frac{1}{\lambda_H} \right)$$

Ο αριθμός των φωτονίων που εκπέμπονται είναι αντιστρόφως ανάλογος του μήκους κύματος. Δηλαδή έχουμε περισσότερα φωτόνια στο υπεριώδες, ιώδες και μπλε. Συνήθως το υπεριώδες απορροφάται από το υλικό και ανιχνεύουμε κυρίως το μπλε. Για τον λόγο αυτό οι φωτοπολλαπλασιαστές που χρησιμοποιούμε για την ανίχνευση, πρέπει να έχουν υψηλή ευαισθησία στο μπλέ φως.

Ανιχνευτές Cherenkov

Παρά τον μικρό αριθμό φωτονίων που εκπέμπονται, οι ανιχνευτές που στηρίζονται στο φαινόμενο Cherenkov, είναι εξαιρετικά χρήσιμοι στη φυσική των στοιχειωδών σωματιδίων λόγω των ιδιοτήτων τους.

Παράδειγμα:

Ανιχνευτές αερίου. Χρησιμοποιούνται για τον διαχωρισμό σωματιδίων ίδιας ορμής σε δέσμες επιταχυντών. π.χ. πιόνια , πρωτόνια.

Ανιχνευτές απεικόνισης δακτυλίων, όπου μετρούμε τη διάμετρο του δακτυλίου που σχηματίζουν τα φωτόνια για να ταυτοποιήσουμε το σωματίδιο.

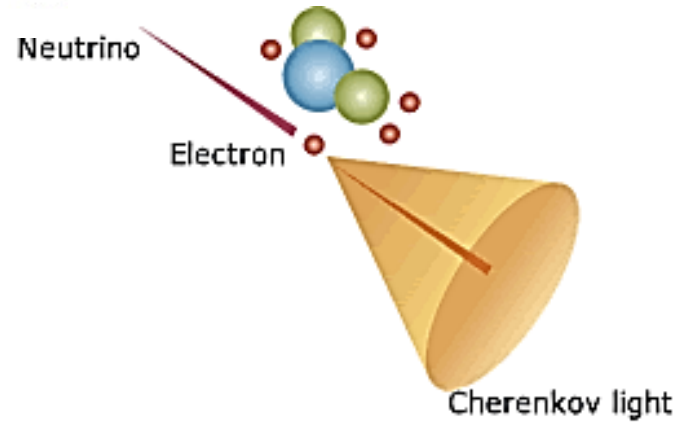
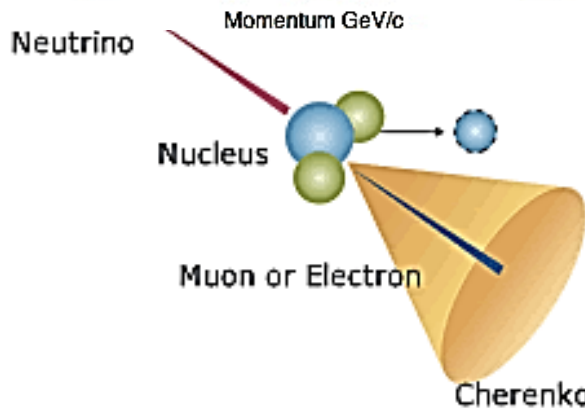
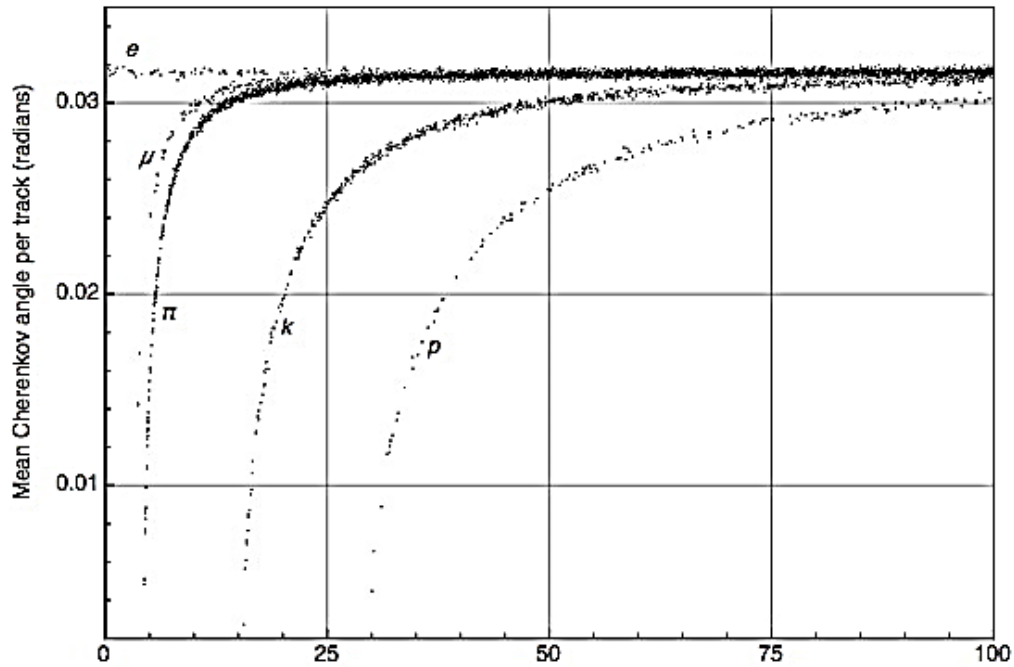
Ανιχνευτές ολικής απορρόφησης H.M. καταιονισμών, συνήθως από μολυβδούχο γυαλί.

Στο πεδίο των κοσμικών, θα συναντήσουμε ανιχνευτές **ολικής απορρόφησης,** δηλαδή δεξαμενή νερού όπου μετρούμε τη συνολική ποσότητα φωτός που παράγουν οι καταιονισμοί μέσα στη δεξαμενή (Auger)

Ανιχνευτές δακτυλίων, μια μεγάλη δεξαμενή νερού με φωτοπολλαπλασιαστές στα τοιχώματα, ανιχνεύει τους δακτυλίους που σχηματίζει η ακτινοβολία Cherenkov, (KAMIOKANDE), Στην ίδια κατηγορία κατατάσσουμε και το πείραμα ICECUBE, Που αξιοποιεί τον πάγο της ανταρκτικής σαν μέσο.

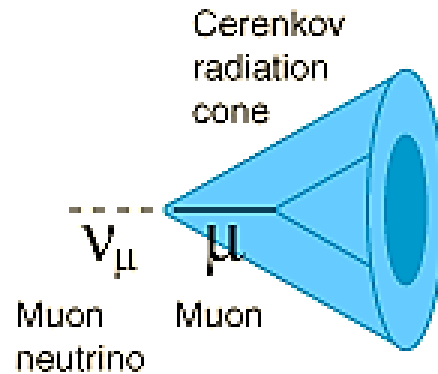
Ακόμη μια εξαιρετικά σημαντική εφαρμογή είναι η ανίχνευση των H.M. καταιονισμών που δημιουργούν στην ατμόσφαιρα οι **κοσμικές ακτίνες γ.**

Mean Cherenkov Angle per track

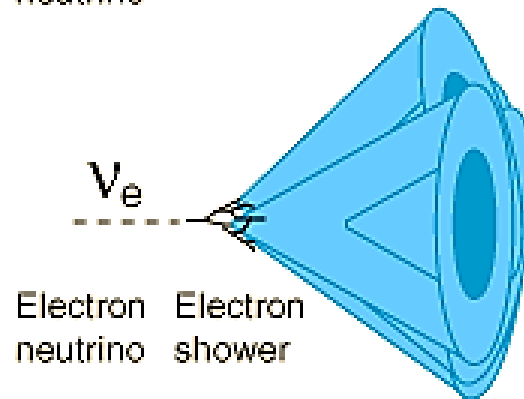


The generated charged particle emits the Cherenkov light.

Διαχωρισμός μιονίου από ηλεκτρόνιο



The Cerenkov radiation from a muon produced by a muon neutrino event yields a well defined circular ring in the photomultiplier detector bank.



The Cerenkov radiation from the electron shower produced by an electron neutrino event produces multiple cones and therefore a diffuse ring in the detector array.