

Εκπομπή ακτινοβολίας από επιταχυνόμενο φορτίο

Κλασική (μη σχετικιστική) λύση. Η λύση έχει δοθεί από τον W. Thompson. Δεν χρησιμοποιεί τις εξισώσεις Maxwell αλλά τον νόμο του Coulomb και την αρχή της σχετικότητας.

Σύστημα κινούμενο με το φορτίο

Αρχική θέση $t=0$

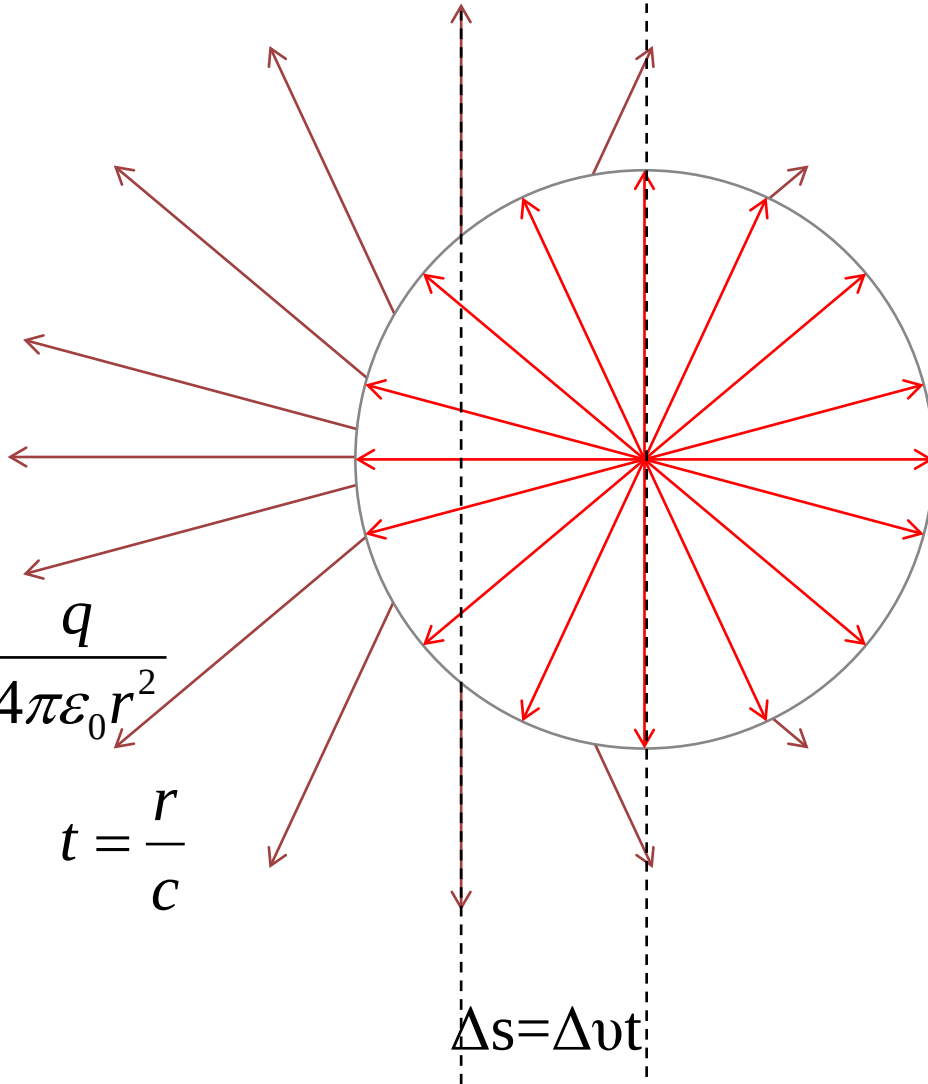
Τελική θέση t

Στη νέα θέση το ηλεκτρικό πεδίο θα είναι ακτινικό μέσα σε ακτίνα: **$r=ct$**
Έξω από την ακτίνα αυτήν το πεδίο δεν προλαβαίνει να αλλάξει. 2^{ος} νόμος
Σχετικότητας

$$E_r = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

$$r = ct \quad t = \frac{r}{c}$$

$$\Delta s = \Delta vt$$



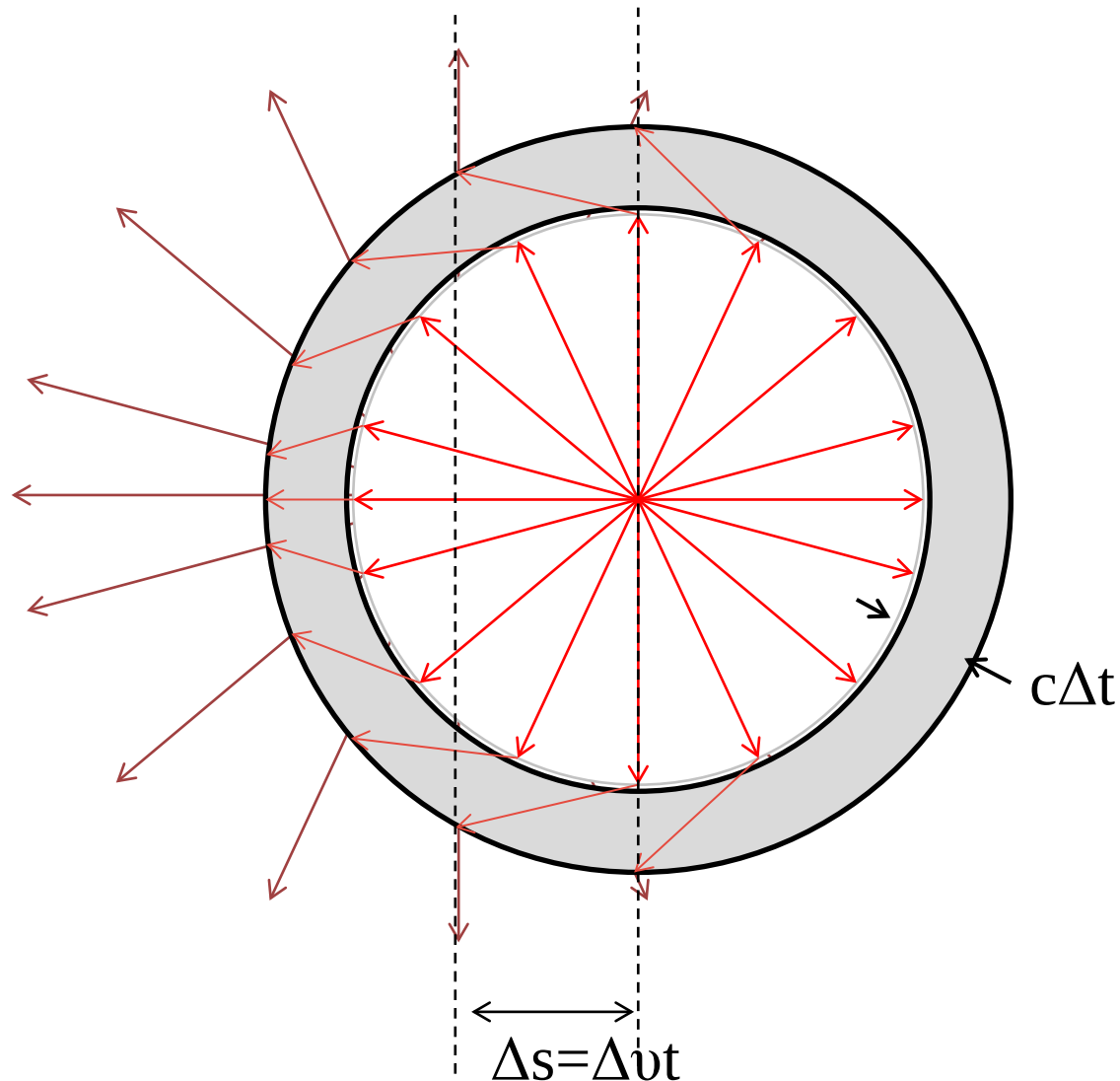
Στο σύστημα S που κινείται με στιγμιαία
ταχύτητα v

Τη χρονική στιγμή
 $t=0$, το φορτίο είναι
ακίνητο στην αρχή
των αξόνων O στο
σύστημα S .

Οι δυναμικές γραμμές
εκτείνονται ακτινικά.

Αν το φορτίο κινείται με
ταχύτητα v , το
ηλεκτρικό πεδίο θα είναι
ακτινικό προς το φορτίο,
μέσα σε μία σφαίρα με
ακτίνα $r=vt$

Συνέχεια δυναμικών γραμμών



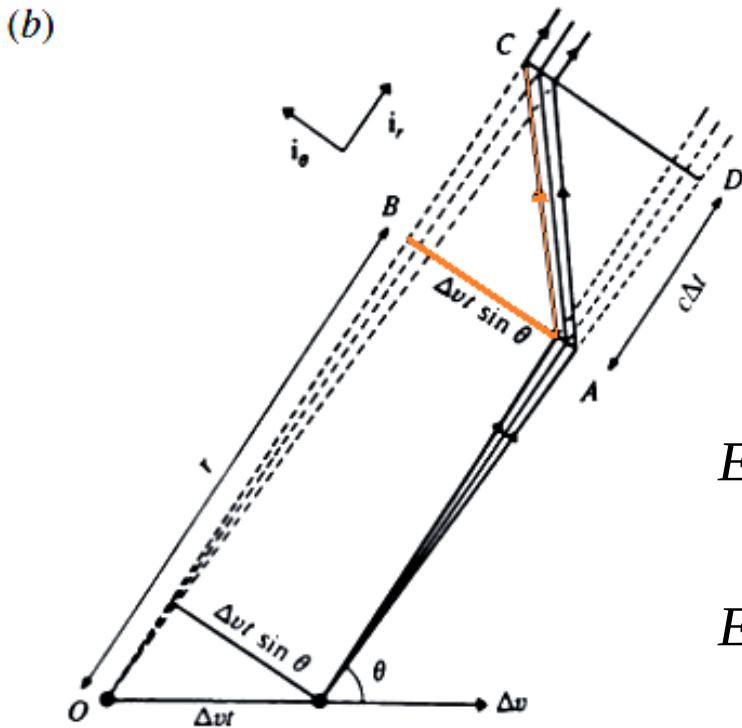
Λόγω της συνέχειας των ηλεκτρικών δυναμικών γραμμών, υπάρχει ένας φλοιός πάχους $c\Delta t$ όπου οι γραμμές δεν είναι αντινικές!

Συνέχεια δυναμικών γραμμών

Έστω η μεταβολή της ταχύτητας Δv . Σε χρόνο t το φορτίο θα μετατοπιστεί κατά Δvt , και το πεδίο είναι ακτινικό σε σφαίρα ακτίνας $r=ct$.

Το Ηλεκτρικό πεδίο έξω από την ακτίνα r δεν έχει αλλάξει. Για να υπάρχει συνέχεια των ηλεκτρικών δυναμικών υπάρχει ένας φλοιός πάχους $c\Delta t$ όπου η γραμμή σχηματίζει γωνία με την ακτίνα δηλαδή έχει συνιστώσες E_r και E_θ

Η εφαπτομενική συνιστώσα είναι ανάλογη προς την επιτάχυνση



$$\frac{E_g}{E_r} = \frac{\Delta v t \sin \theta}{c \Delta t}$$

$$E_r = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

$$r = ct \quad t = \frac{r}{c}$$

$$E_{\theta} = E_r \frac{\Delta v t \sin \theta}{c \Delta t} = \frac{q \sin \theta}{4 \pi \epsilon_0 r^2 c} \frac{r}{c} = q \frac{\Delta v}{\Delta t} \frac{\sin \theta}{4 \pi \epsilon_0 c^2 r}$$

$$E_{\theta} = q\ddot{r} \frac{\sin \theta}{4\pi\epsilon_0 c^2 r}$$

$$p = qr \quad (\text{Ηλεκτρική διπολική ροπή})$$

$$E_{\theta} = \ddot{p} \frac{\sin \theta}{4\pi\epsilon_0 c^2 r}$$

Ακτινοβολούμενη ενέργεια

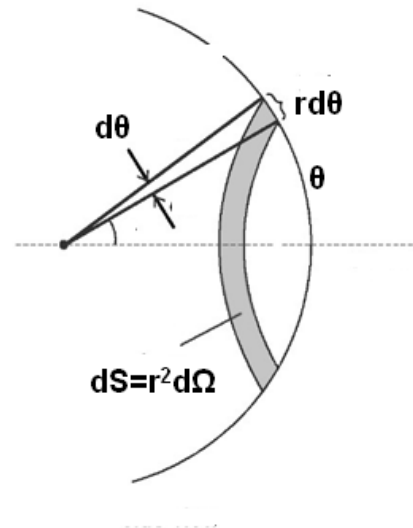
Ακτινοβολούμενη ενέργεια: (Poynting) $\rightarrow |\vec{E} \times \vec{H}| = \frac{E^2}{Z_0}$

Μέσα από επιφάνεια dS

$$-\left(\frac{dE}{dt}\right)dS = \ddot{p}^2 \frac{\sin^2 \theta}{16\pi^2 \varepsilon_0^2 c^4 r^2} r^2 d\Omega = \ddot{p}^2 \frac{\sin^2 \theta}{16\pi^2 \varepsilon_0^2 c^4} d\Omega \quad Z_0 = \sqrt{\frac{\mu_0}{\varepsilon_0}}$$

Για στοιχειώδη στερεα γωνία $d\Omega$,
διαλέγουμε τη ταινία :

$$d\Omega = 2\pi \sin \theta d\theta$$

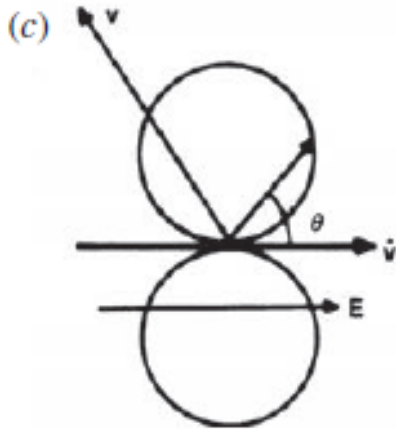


Τελικά

$$\left(\frac{dE}{dt}\right) = \int_0^\pi \ddot{p}^2 \frac{\sin^2 \theta}{16\pi^2 \epsilon_0^2 c^4} 2\pi \sin \theta d\theta$$

$$\left(\frac{dE}{dt}\right) = \frac{\ddot{p}^2}{6\pi\epsilon_0 c^2} = \frac{q |\ddot{r}|^2}{6\pi\epsilon_0 c^2}$$

Τύπος Larmor



Η γωνία θ σε σχέση με
το διάνυσμα της
επιτάχυνσης

Εκπομπή διπόλου

Οι ισοδυναμκές επιφάνειες σε σχήμα doughnut!

