

ΕΙΔΙΚΗ ΘΕΩΡΙΑ ΤΗΣ ΣΧΕΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

H/M κύματα.

$$\left. \begin{aligned} \vec{\nabla} \cdot \vec{E} &= \frac{\rho}{\epsilon_0} \\ \vec{\nabla} \cdot \vec{B} &= 0 \end{aligned} \right\} \text{Νόμος Gauss}$$

$$\vec{\nabla} \times \vec{E} + \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} = 0 \quad \text{Νόμος Faraday}$$

$$\vec{\nabla} \times \vec{B} - \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} = \mu_0 \vec{J} \quad \text{Νόμος Ampere-Maxwell}$$

Σημειώσεις Σταματίας Μ.

1^η Διάλεξη Κ. Θεοφιλάτου

03.10.2023

> Ήλιος: $\frac{\rho}{\epsilon_0} = 0$ και $\mu_0 \vec{J} = \vec{0}$.

→ μπορούμε να δείξουμε ότι το \vec{B} παραδοει την εξίσωση.

$$\text{Είναι: } \vec{\nabla} \times (\vec{\nabla} \times \vec{B}) - \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial}{\partial t} (\vec{\nabla} \times \vec{E}) = \vec{\nabla} \times \vec{0} \quad (1)$$

$$\text{Επιπέδων ισχύει: } \vec{A} \times (\vec{B} \times \vec{C}) = \vec{B} (\vec{A} \cdot \vec{C}) - \vec{C} (\vec{A} \cdot \vec{B}) \quad \text{Διανυσματική ταυτότητα.}$$

$$\text{Άρα έχουμε } \vec{\nabla} \times (\vec{\nabla} \times \vec{B}) = \vec{\nabla} \cdot (\vec{\nabla} \cdot \vec{B}) - \nabla^2 \vec{B}$$

$$(1) \Rightarrow -\nabla^2 \vec{B} - \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial}{\partial t} \left(-\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \right) = 0$$

$$\Rightarrow \boxed{\nabla^2 \vec{B} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \vec{B}}{\partial t^2} = 0} \quad c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$$

ΚΥΜΑΤΙΚΗ ΕΞΙΣΩΣΗ



κρίνεται καλύτερα
στο μηχανικό
συστήμα.

Όμοια μπορούμε
να δείξουμε ότι

$$\boxed{\nabla^2 \vec{E} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} = 0}$$

και στο ηλεκτρικό
συστήμα



$$\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \text{ A}^2 \text{ s}^4 \text{ kg}^{-1} \text{ m}^{-3}$$

$$\mu_0 = 1.25 \cdot 10^{-6} \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{A}^{-2}$$

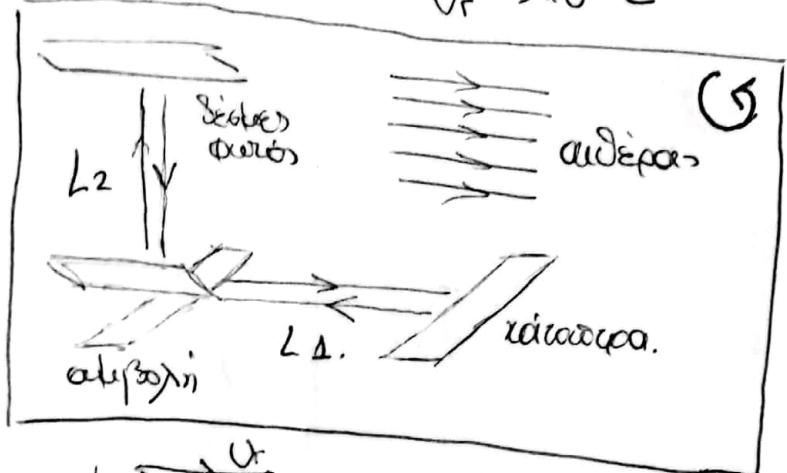
$$\} \Rightarrow c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s.}$$

ταχύτητα του φωτός !!!

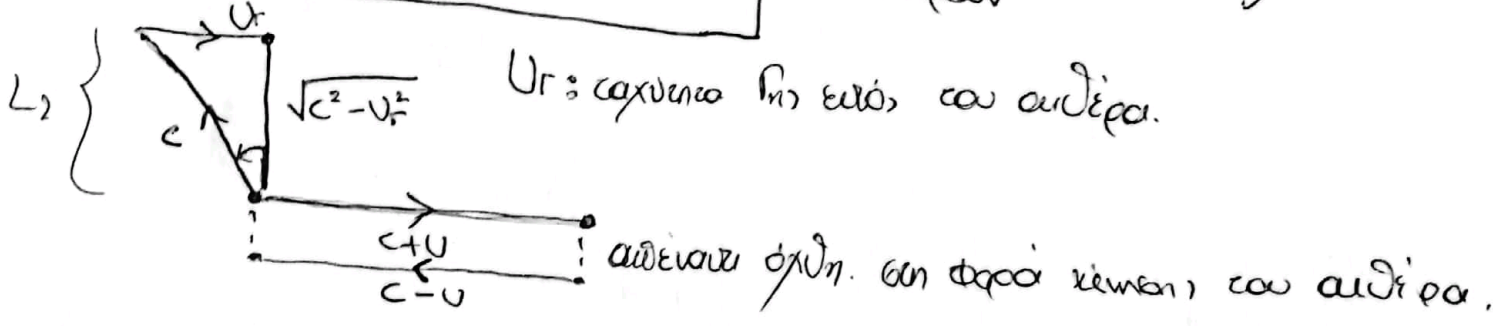
Πείραμα Michelson-Morley

ΑΙΘΕΡΑΣ (!?)

Το φως είναι ένα Η/Μ κύμα.



Είναι πιο εύκολο να δειχθεί η δέσμη κινείται στην ταχύτητα του αιθέρα. Έσχεμα βελτιστοποιεί τις ταχύτητες των αυτών. Εάν υπάρχει αιθέρας οι ~~αυτές~~ ~~αυτές~~ χρόνοι διαφέρουν.



$$T_1 = \frac{L_1}{c+U} + \frac{L_1}{c-U} \approx \frac{2L_1 c}{c^2 - U^2} = \frac{2L_1}{c} \frac{1}{1 - U^2/c^2}$$

$$T_2 = \frac{L_2}{\sqrt{c^2 - U^2}} + \frac{L_2}{\sqrt{c^2 - U^2}} = \frac{2L_2}{\sqrt{c^2 - U^2}}$$

$$|T_2 - T_1| \approx \frac{2L}{c} \left(\frac{U}{c}\right)^2 \approx 2 \cdot 3 \cdot 10^{-16} \text{ sec.}$$

για $L \approx 10 \text{ m}$

$$\Rightarrow T_2 = \frac{2L_2}{c} \frac{1}{\sqrt{1 - U^2/c^2}}$$

LL → ελαττωμένη αριθμοί για αυξημένη ταχύτητα.

Δεν παρατηρήθηκε κίνηση της Γης στον αιθέρα.

Από το Η/Μ κύμα δεν πρέπει να υπάρχει κενό κενό διάδοσης. Το \vec{E} και το \vec{B} "αλληλοεξαρτώνται" και αν διάδοσης.

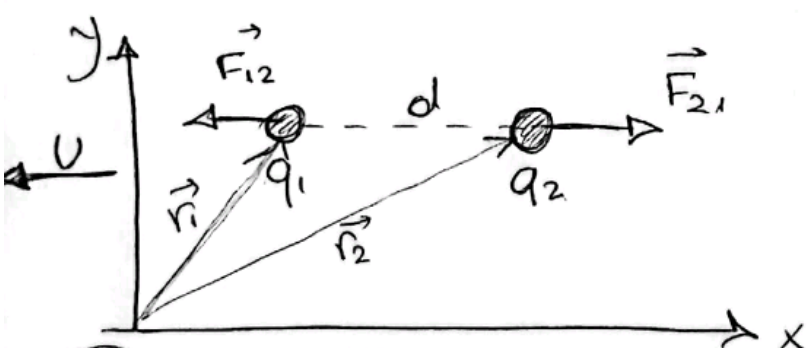
Συμπεράσματα: Το ατομ έχει την ίδια ταχύτητα ανεξάρτητα από το σύστημα.

~~Fitzgerald~~ : $T_1 = T_2$ αν $L_1 = L_2 \sqrt{1 - (v/c)^2}$
 Fitzgerald $L_1 < L_2$.

Lorentz: αναπαριστά να υπολογιστεί η ταχύτητα. \rightarrow η ταχύτητα αυτή έχει κοινές αποστάσεις με αυτή του Einstein αλλά χρησιμοποιεί πολλές υποθέσεις.

Αξιώματα της Σεισμικής Ταχύτητας (ΑΣΤ)

- α) Όλα τα αξιωματικά φυσικά ανατομ (ΑΣΑ) είναι ταυτοτικά.
- β) $c \approx 3 \cdot 10^8 \text{ m/sec} \equiv 1$ είναι η ίδια σε όλα τα ΑΣΑ.
- Αξιωματικό \rightarrow 1ος ΝΝ. \rightarrow στο σύστημα που θα μετρηθείτε. - 1904 Einstein.



$$\vec{F}_{21} = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0} \frac{\vec{r}_2 - \vec{r}_1}{(|\vec{r}_2 - \vec{r}_1|)^3}$$

για αιώματα ταυτοτικά.

Θεωρία ΤΕΔΙΩ: αλληλοειση ταχύτητα διαίρεση για αποσταθμιστεί \vec{v} του αιώματος.

Η \vec{v} του αιώματος είναι km αυξημένη από το "έλεγχος" ταυ. Η ταχύτητα αυτή ταυτοτικά με c.

\Rightarrow T_1 μετασχηματισμός μπορούμε να κείναι για τα ικανοποιούνται τα α, β.

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΘΕΩΡΙΑ ΤΗΣ ΣΧΕΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

$$\nabla^2 \vec{E} - \epsilon_0 \mu_0 \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} = 0$$

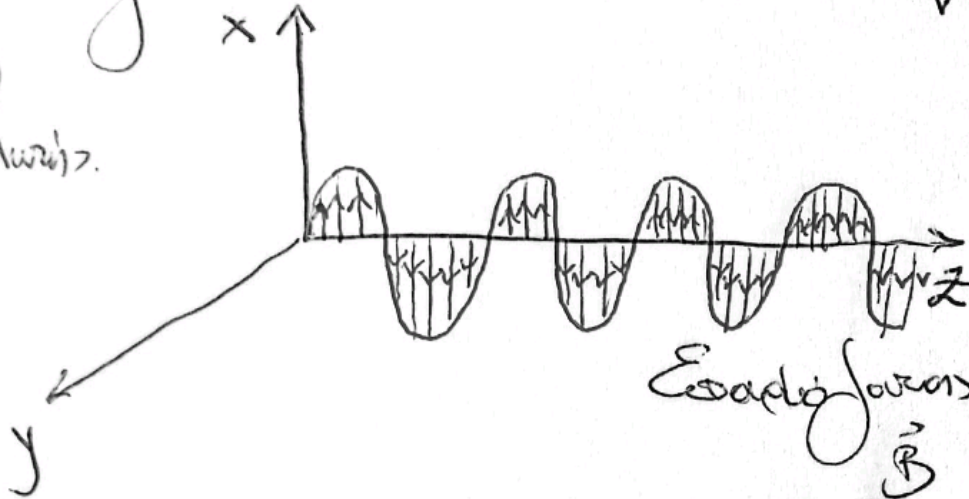
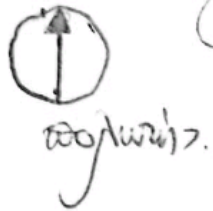
$$\nabla^2 \vec{B} - \epsilon_0 \mu_0 \frac{\partial^2 \vec{B}}{\partial t^2} = 0$$

Η ταχύτητα ενός κύματος κινείται αιώρο μέσο διάδοσης.

$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} \approx 3 \cdot 10^8 \text{ m/sec.}$$

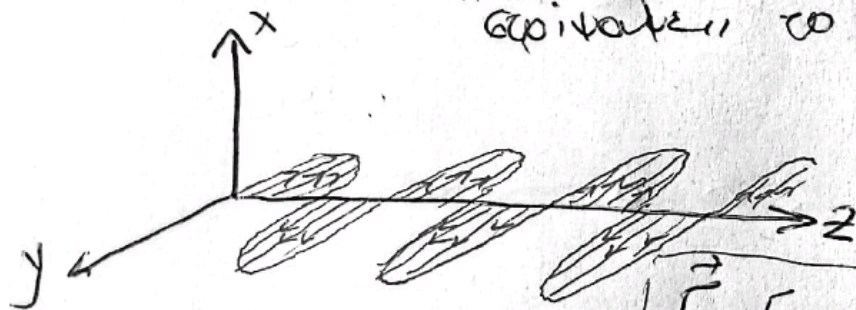
$$\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$$

Faraday effect.



$$\vec{E} = E_0 \cos(kz - \omega t) \hat{x}$$

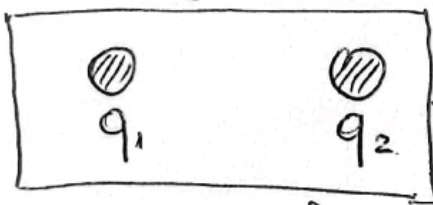
Εφαρμογή του μαγνητικού αιώρου \vec{B} προκαλεί να "σπινάκεν" το \vec{E} .



ω.χ. γροσσόν κατά $\frac{\pi}{2}$

$$\vec{E} = E_0 \cos(kz - \omega t) \hat{y}$$

Έστω δύο φορτία:

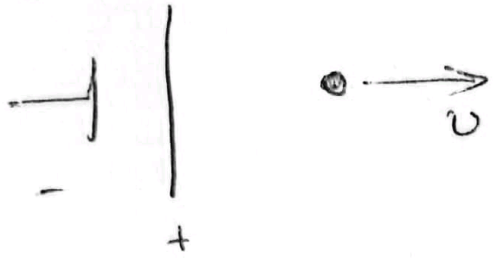


Ο πρώτος μετατόπιση της ηλεκτροστατικής εικόνας ενώ τον v είναι ανεξάρτητος της v.

Η μετατόπιση ηλεκτροστατικής μετατόπισης των δύο είναι απαραίτητα και επιτόπιση χρειάζεται μια διατάραξη στον χώρο. Υπάρχει μια μέγιστη ταχύτητα (αναλλοίωτη) ίση για όλα τα ανατόπιση.

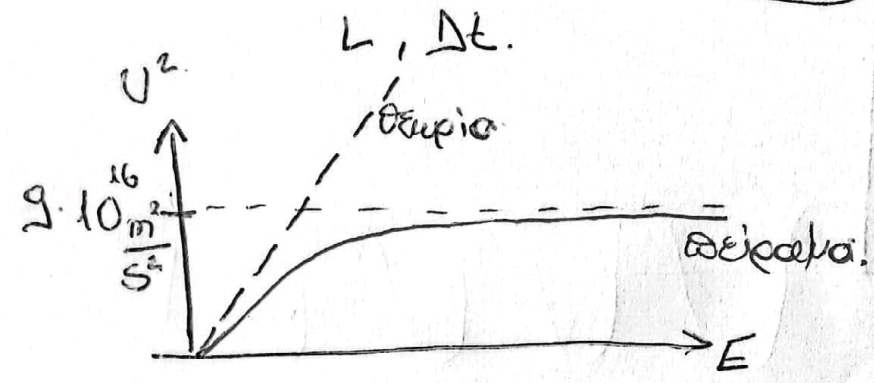
Berizzi

επιταχυντή ηλεκτρονίων και ισοτόπιος ταχυτήτων.



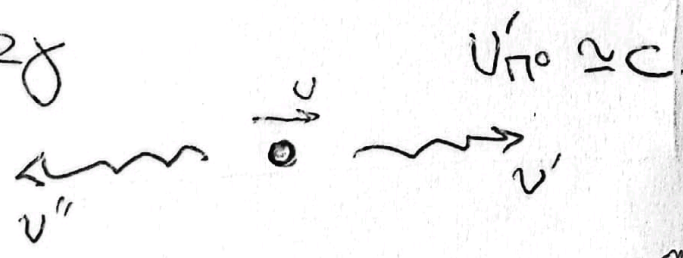
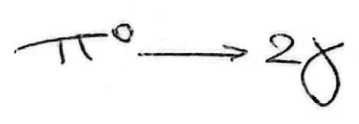
καθαριότερο ή θερμότερο. (E)

Πείρα το δείχνει.



CERN

αέρεα σιόνια = π^0 $t_{1/2} = 8 \cdot 10^{-17}$ sec.



Υπό c

αυξάνοντας την ταχύτητα του π^0 αρχικά, το φωτόνιο φεύγει στο εργαστήριο με ταχύτητα c. !!!

Διάλεξη 2^η 04.10.2023

Αξιογράφοι ΕΘ.Δ.

α) Όλα τα ΑΣΑ είναι ισοδύναμα (εμπειρικά)

β) $c=1$ σε όλα τα ΑΣΑ

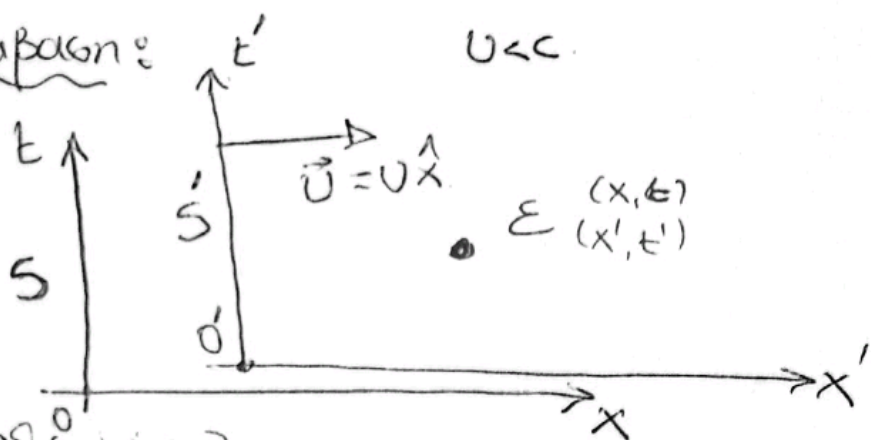
προσεγγιστικά:

→ ΑΣΑ όταν βλίστατε τα όργανα διαδοχικά στον χώρο για μικρό χρονικό διάστημα

Σύμβαση:

$$U < c$$

Τα δύο συστήματα
 κινούνται
 την
 $t = t' = 0$
 και έχουμε
 $O \equiv O'$



(καθ. κίνηση)
 αδρανειακός μετασχηματισμός Lorentz
 $\vec{U} = U \hat{x}$

→ Ψάχνω γενικούς μετασχηματισμούς από Lorentz

$$\begin{cases} t' = At + Bx \\ x' = Ct + Dx \end{cases}$$

① αατός.

② A, B, C, D εξαρτώνται από U.

1. $x' = 0 \Rightarrow x = Ut$

2. $x = 0 \Rightarrow x' = -Ut$

3. Ένα ταχύο σήμα έχει την ίδια ταχύτητα και στα δύο συστήματα αναφοράς.
 $x' = ct'$
 $x = ct$
 $c = 1 \Rightarrow x' = t'$
 $x = t$

4. $U \leftrightarrow -U \iff \begin{cases} x \leftrightarrow x' \\ t \leftrightarrow t' \end{cases}$ Δηλ: αντιστροφή ταχυτήτων (κατάδειξη συνεχούς μετασχηματισμού)

Είναι $x' = 0 = Ct + D(Ut) = 0 \Rightarrow \boxed{C = -DU}$

$$\begin{aligned} x = 0 &= \frac{x' - ct}{D} = \frac{-Ut' - ct}{D} = -\frac{U(At + Bx) - ct}{D} \\ &= \frac{-UAAt - cBt}{D} = 0 \Rightarrow \boxed{UA = c} \end{aligned}$$

Από $\boxed{A = D}$

Επομένως:

$$\begin{cases} t' = Dt + Bx \\ x' = -DUt + Dx \end{cases}$$

$$\begin{cases} X' = D X + B x \\ X' = -D U X + D X \end{cases} \Rightarrow \boxed{B = -D U}$$

* προφορικό επίχειρημα

τίποτα δεν θα πρέπει

να αλλάξει στο $t' = D t - D U x$

με τον μετασχηματισμό

$$x \rightarrow -x$$

$$x' \rightarrow -x'$$

$$u \rightarrow -u$$

$$t' = \tilde{D} t - \tilde{D}(u)(-x)$$

$$= D t - D U x$$

$$\text{αρα } \tilde{D} = D$$

Αρα $\begin{cases} t' = D t - D U x \\ x' = -D U t + D x \end{cases}$

$U \rightarrow -U$ αντιστροφή μετασχηματισμός

$$t = \tilde{D} t' - \tilde{D}(-U)x'$$

$$\text{όπου } \tilde{D} = D(-U) = D(U)$$

\rightarrow θα δείξει ότι είναι αληθ.*

$$x' = \tilde{D} U t' + \tilde{D} x'$$

$$\begin{aligned} t &= D t' + D U x' \\ x &= D U t' + D x' \end{aligned}$$

γιατί $\begin{pmatrix} t' \\ x' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} D & -D U \\ -D U & D \end{pmatrix} \begin{pmatrix} t \\ x \end{pmatrix}$
και δείχνει του αντιστροφής.

Είναι:

$$\begin{aligned} U t' &= U D t - D U^2 x \\ x' &= -U D t + D x \end{aligned}$$

$$\Rightarrow x' + U t' = D(1 - U^2)x$$

$$\Rightarrow x = \frac{1}{D(1 - U^2)}(x' + U t')$$

Όπως $x = D U t' + D x'$

$$\text{άρα } D = \frac{1}{D(1 - U^2)} \Rightarrow D = \pm \sqrt{\frac{1}{1 - U^2}} = \pm \frac{1}{\sqrt{1 - U^2}}$$

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - U^2}} \quad |U| < 1 \quad \text{καθαρός αριθμός}$$

Δε δείχνει στην αριθμητική γίνε $\lim_{U \rightarrow 0} D = +1$ (δείχνει) γιατί $\begin{cases} t' = t \\ x' = x \end{cases}$

$$\Rightarrow \begin{cases} t' = \frac{1}{\sqrt{1 - U^2}}(t - Ux) \\ x' = \frac{1}{\sqrt{1 - U^2}}(x - Ut) \end{cases}$$

υπόκειται ανώτερη αλγεβρία (μεταξύ x και t).