

ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ : HALLIDAY + RESNICK  
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 21

26.2.21 ①

ΚΟΣΤΑΣ ΦΟΥΝΤΑΣ : Costas Fountas @ceen.ch

[https://alpha.physics.uoi.gr/foudas\\_public/](https://alpha.physics.uoi.gr/foudas_public/)

---

ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ (ΔΥΝΑΜΕΙΣ) ΣΤΗ ΦΥΣΗ

- ΒΑΡΥΤΗΤΑ (ΚΙΝΗΣΗ ΠΛΑΝΗΤΩΝ, ΠΤΩΞΗ ΑΝΤΙΚΟΙΜΕΝΩΝ...)
- ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ (ΦΩΣ, RADIO, TV, ΧΗΜΙΚΕΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ)
- ΑΣΘΕΝΗΣ ΠΥΡΗΝΙΚΗ (ΗΛΙΟΣ, ΓΙΑΤΙ ΦΩΤΑΕΙ...)
- ΙΣΧΥΡΗ ΠΥΡΗΝΙΚΗ (ΓΙΑΤΙ ΥΠΑΡΧΟΥΝ ΠΥΡΗΝΕΣ ΑΤΟΜΩΝ)

# ΑΣΘΕΝΗΣ Π ΥΡΗΝΙΚΗ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ

26.2.21

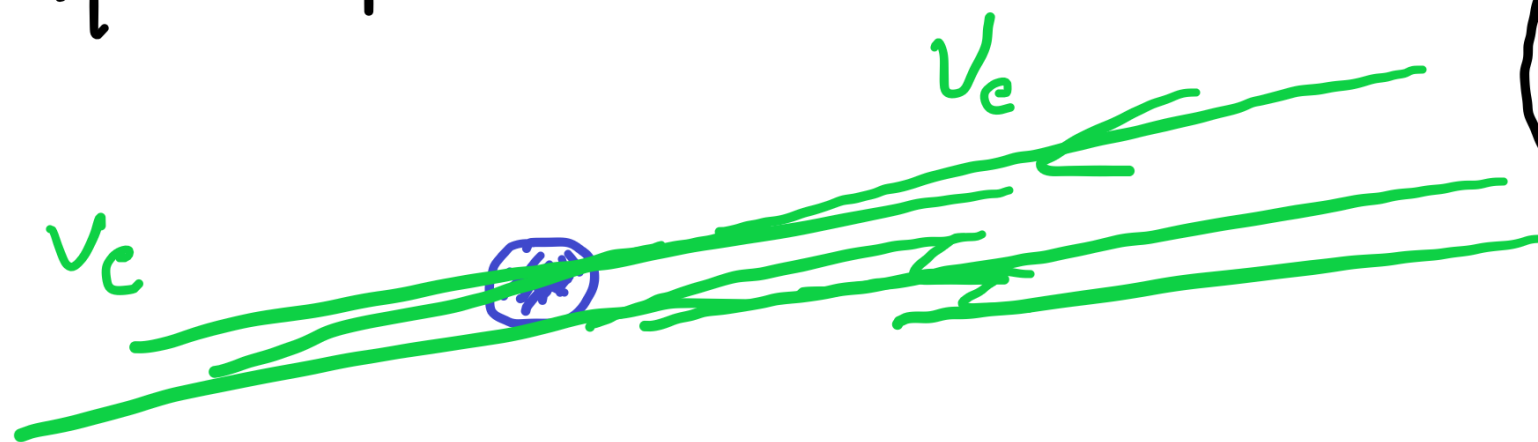
1α

$$\eta \longrightarrow p^+ e^- + \bar{\nu}_e$$

$$p \longrightarrow n + e^+ + \nu_e$$

(ΜΟΝΟ ΜΕΣΑ ΣΤΩΝ  
ΠΥΡΗΝΑΙ

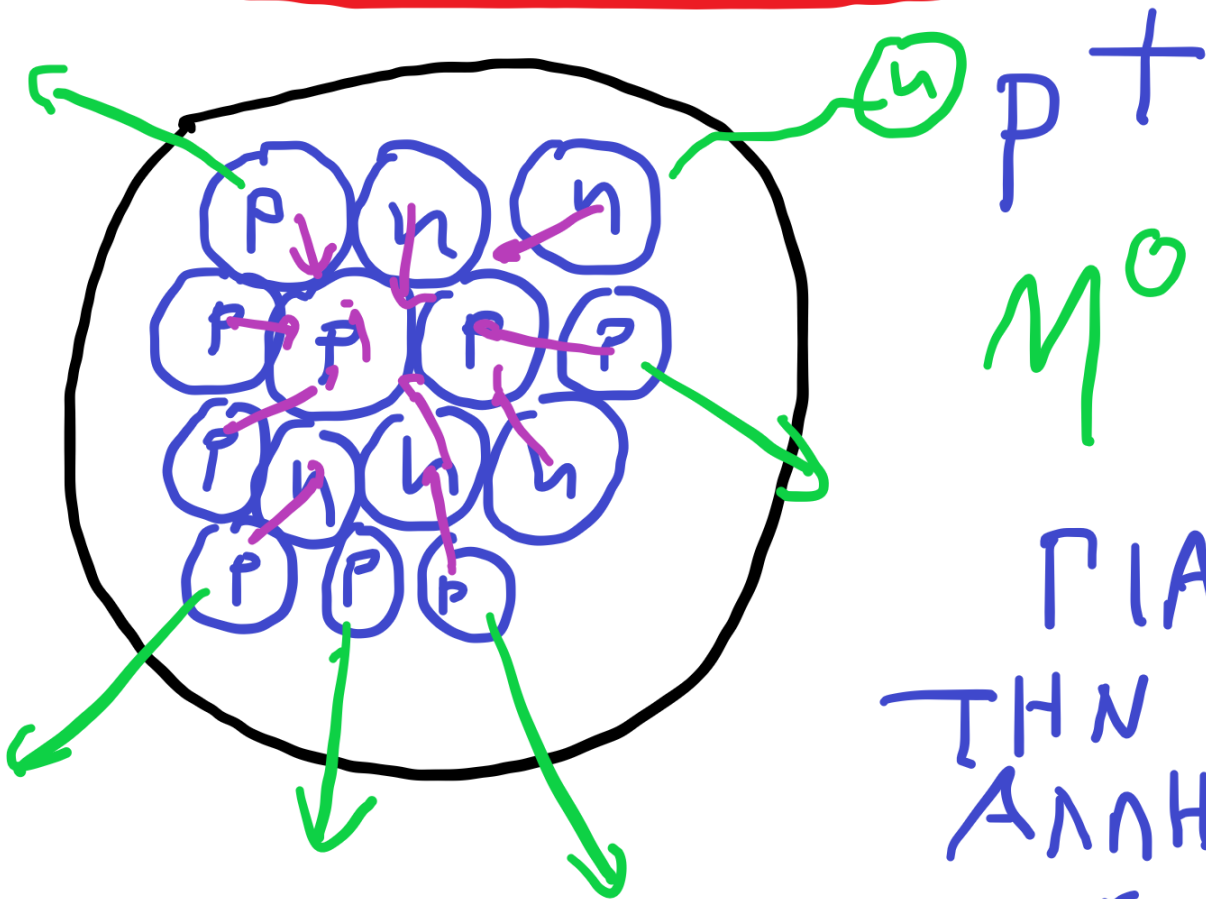
$$m_\eta > m_p$$



ΙΣΧΥΡΗ ΠΥΡΗΝΙΚΗ  $\Rightarrow$  ΠΥΡΗΝΕΣ

26/2/2

(1β)



ΓΙΑΤΙ ΥΠΑΡΧΟΥΝ  
ΠΥΡΗΝΕΣ ??

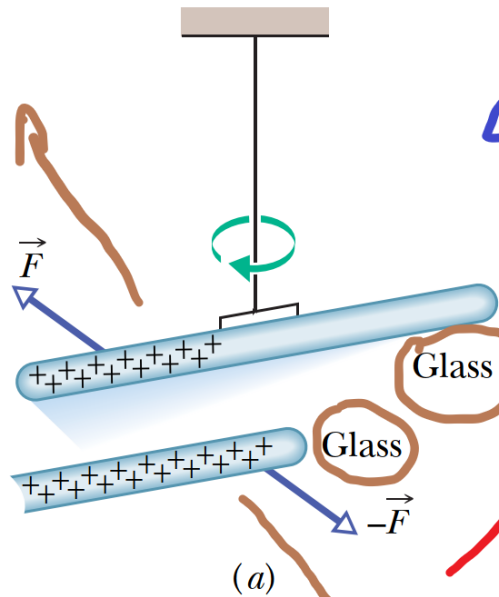
ΓΙΑΤΙ ΔΕΝ ΕΧΟΥΜΕ ΜΟΝΟ  
ΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ  
ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ ΑΛΛΑ  
ΕΧΟΥΜΕ ΚΑΙ ΤΗΝ ΙΣΧΥΡΗ  
ΟΠΟΙΑ ΑΣΚΕΠΑΙΣΕ  $P$  ΚΑΙ  $N$

# ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ ΙΣΤΟΡΙΑ

26.2.21

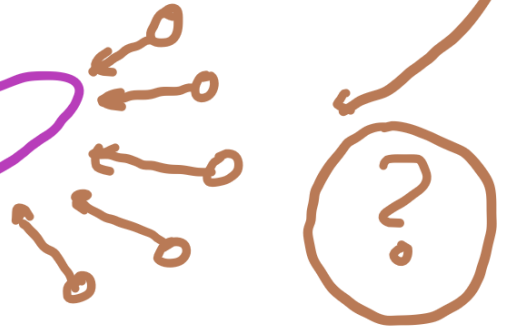
2

- ΘΑΛΗΣ ΜΗΛΙΣΙΟΣ 600 Π.Χ. → ΚΕΧΡΙΜΠΑΡΙ  
"ΑΝ ΤΡΙΦΤΕΙ ΕΛΚΕΙ ΜΙΚΡΑ ΚΟΜΜΑΤΙΑ ΑΠΟ ΑΧΥΡΟ"



ΛΙΓΟΤΕΡΑ  $e^-$  ⇒  
ΘΕΤΙΚΑ  
ΦΟΡΤΙΣΜΕΝΟ

"ΑΝ ΤΡΙΦΤΕΙ ΕΛΚΕΙ ΜΙΚΡΑ ΚΟΜΜΑΤΙΑ ΑΠΟ ΑΧΥΡΟ"



ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ = ??




ΠΕΡΙΣΟΤΕΡΑ  $e^-$  ΑΠΟ  $p^+$  ⇒  
ΑΡΝΗΤΙΚΑ ΦΟΡΤΙΣΜΕΝΟ

# ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ ΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ ΙΣΤΟΡΙΑ

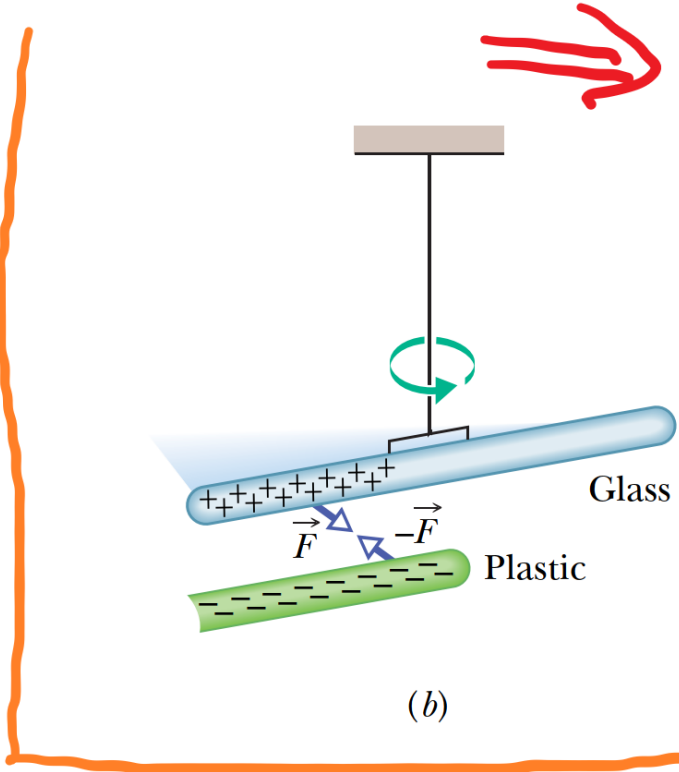
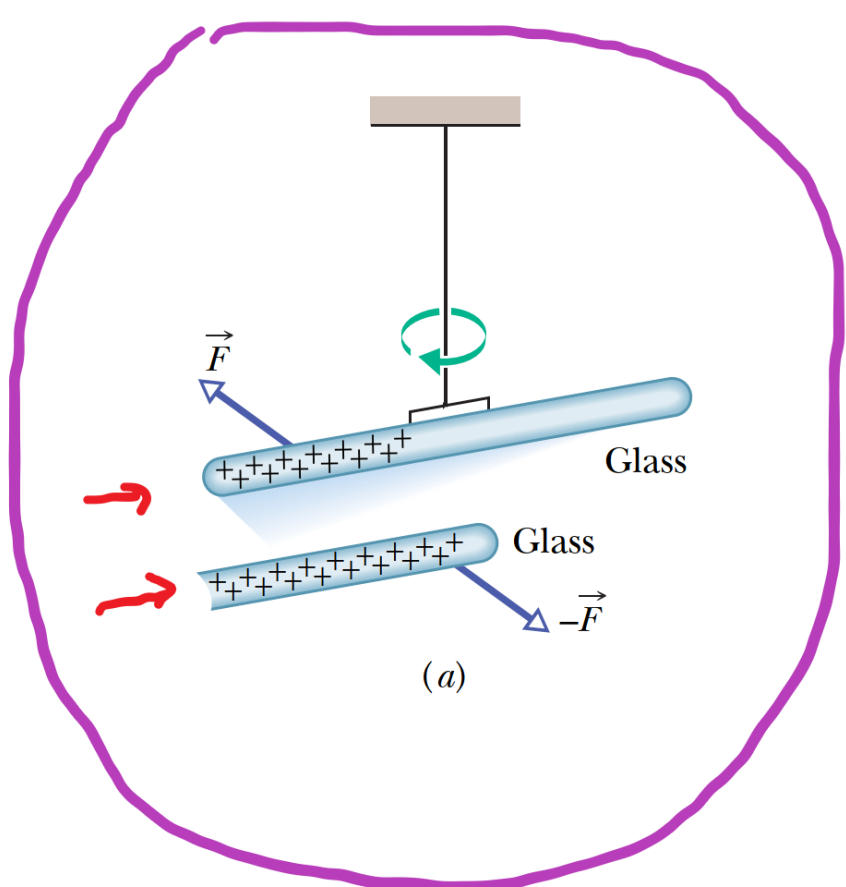
26.2.21

③

- ΦΥΣΙΚΟΙ ΜΑΓΝΗΤΕΣ ... ΜΑΓΝΗΣΙΑ ΜΙΚΡΑ ΑΣΙΑ
- ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ, COULOMB, GAUSS  
(1763-1806) (1777-1855)
- ΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ, AMPERE FARADAY  
(1775-1863) (1791-1867)
- H. C. OERSTED  ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ ΕΙΝΑΙ ΤΟ ΙΑΙΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ } !!!  
○○○
- J. C. MAXWELL (1831-1879) → ΠΡΩΤΗ ΕΝΩΤΟΙΗΜΕΝΗ ΘΕΩΡΙΑ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ + ΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΥ

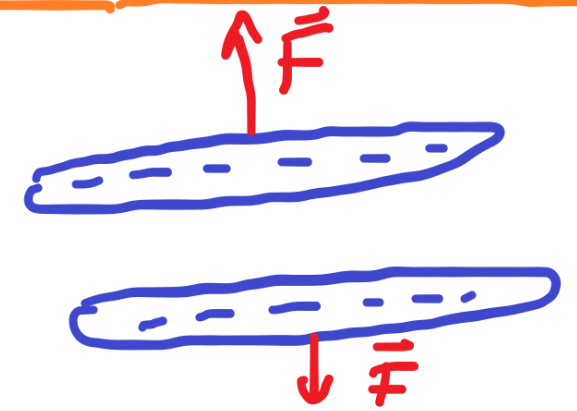
- H. HERZ (1857-1894) ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΚΥΜΑΤΑ (RADIO, TV, Τηλεφ.·)
- A. EINSTEIN (1905) ΕΙΔΙΚΗ ΘΕΩΡΙΑ ΤΗΣ ΣΧΕΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΑΠΟ ΤΙΣ ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ ΤΟΥ MAXWELL
- A. SALAM, S. WEINBERG, S. GLASOW ... ΚΑΙ ΑΛΛΟΙ  
"ΚΑΘΙΕΡΟΜΕΝΟ ΠΡΟΤΥΠΟ" ⇒ ΕΝΟΠΟΙΗΣΑΝ ΣΕ ΜΙΑ ΘΕΩΡΙΑ ΤΟΝ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟ ΜΕ ΤΙΣ ΑΣΘΕΝΕΙΣ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ.....

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 21: ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ 26.2.21 (5)



ΦΟΡΤΙΑ ΜΕ ΤΟ ΙΔΙΟ ΠΡΟΣΗΜΟ ΑΠΟΘΥΝΤΑΙ  
 ΦΟΡΤΙΑ ΜΕ ΑΝΤΙΘΕΤΟ ΠΡΟΣΗΜΟ ΕΛΚΩΝΤΑΙ  
ΕΛΚΩΝΤΑΙ

ΟΙ ΔΥΟ ΧΑΡΑΚΕΣ ΕΧΟΥΝ  
 ΤΟ ΙΔΙΟ ΦΟΡΤΙΟ → ΘΕΤΙΚΟ } ⇒ ΑΠΟΘΥΝΤΑ!!

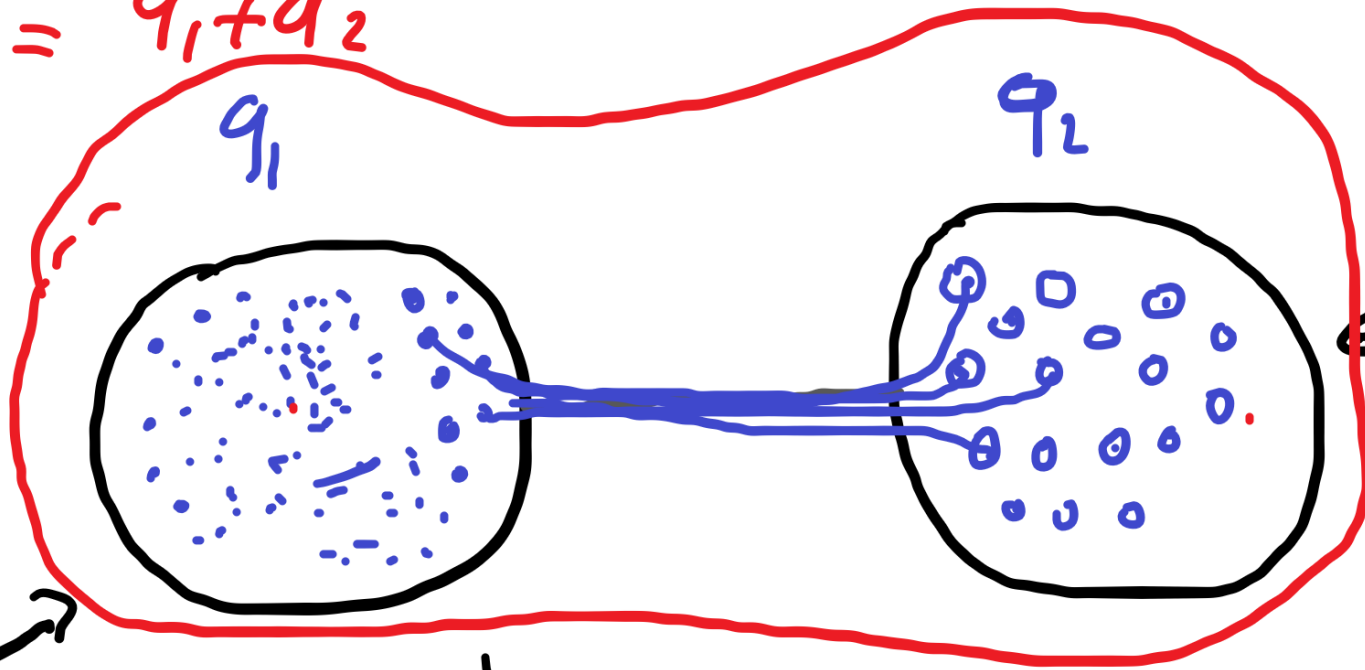




$Q_{ox} = q_1 + q_2$

26/2/21

5A



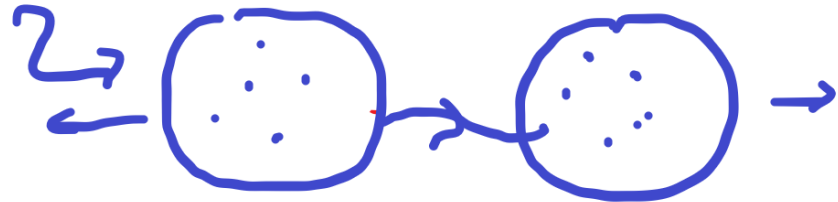
ΘΕΤΙΚΑ  
ΦΟΡΤΙΣΜΕΝΗ

ΑΡΝΗΤΙΚΑ  
ΦΟΡΤΙΣΜΕΝΗ

1)  $|q_1| = |q_2| \rightarrow$

ΟΛΑ ΤΑ  $e^-$  ΚΑΤΑΛΕΜΝΑΝ ΤΗ  
ΜΙΑ ΤΡΥΠΑ  $\rightarrow$   
ΑΦΟΡΤΗΣΤΑ = ΟΥΔΕΤΑΙΡΑ

2)  $|q_1| > |q_2| \rightarrow$



3)  $|q_1| < |q_2| \rightarrow$





# ΑΓΩΓΟΙ, ΗΜΙΑΓΩΓΟΙ, ΜΟΝΩΤΕΣ

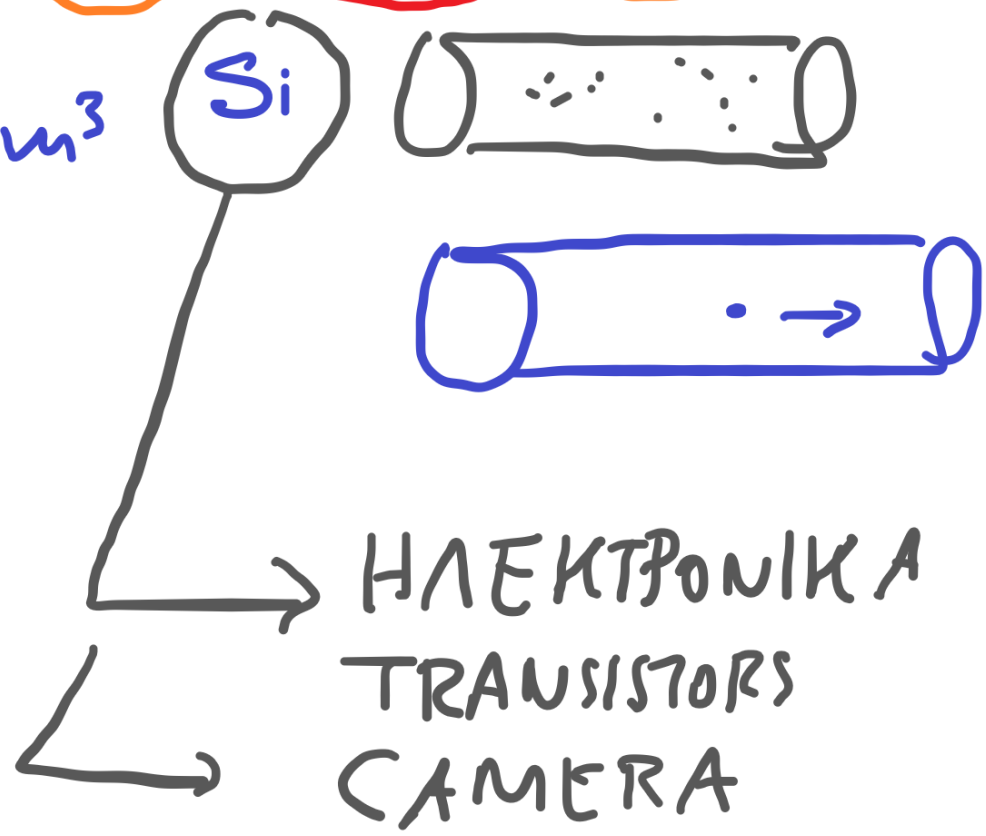
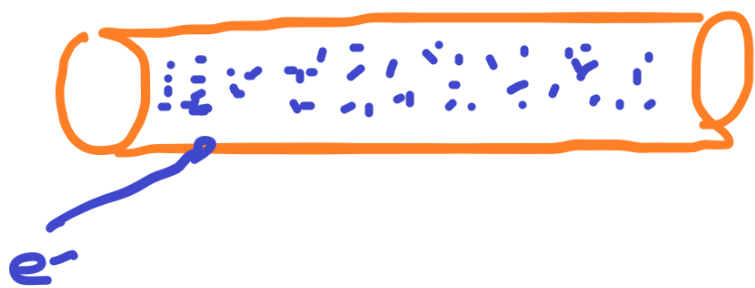
26.2.21

6

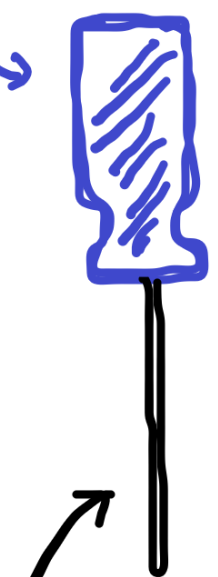
ΑΓΩΓΟΙ:  $\sim 10^{23} \text{ e/cm}^3$  : Cu, Ag, Au, Al

ΗΜΙΑΓΩΓΟΙ:  $\sim 10^{10} - 10^{12} \text{ e/cm}^3$

ΜΟΝΩΤΕΣ:  $\sim 10^0 \text{ e/cm}^3$



ΜΟΝΩΤΗΣ

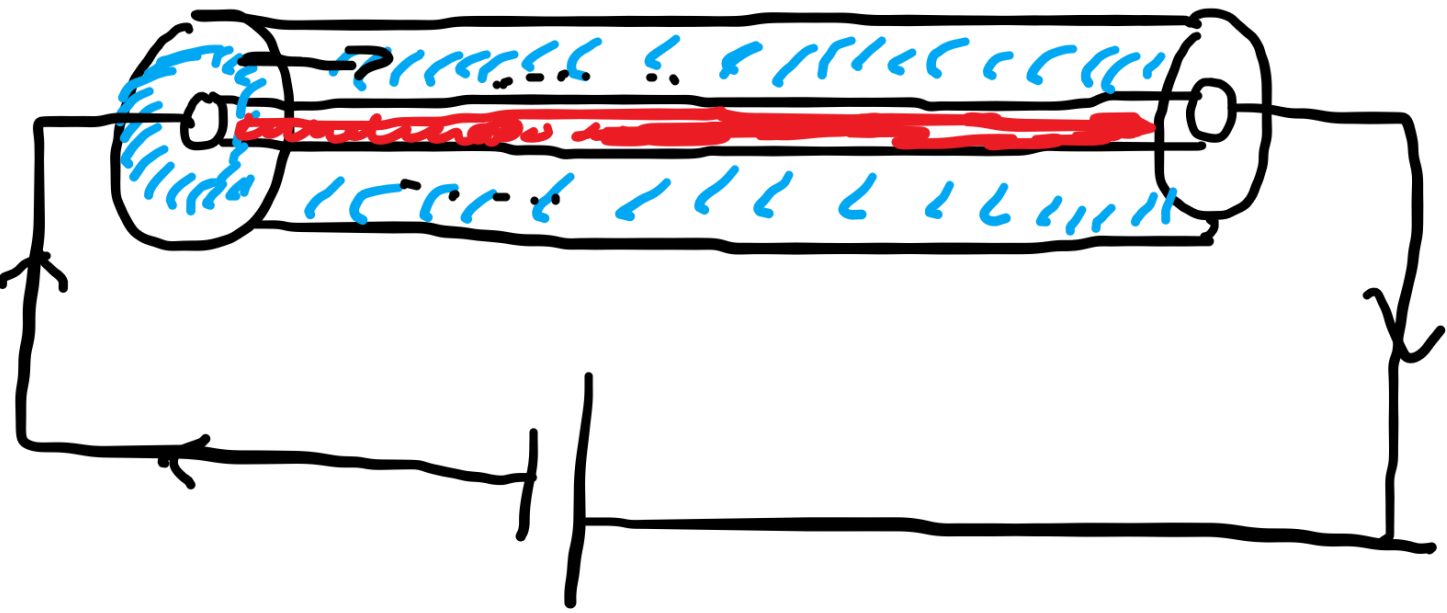


ΑΓΩΓΟΣ

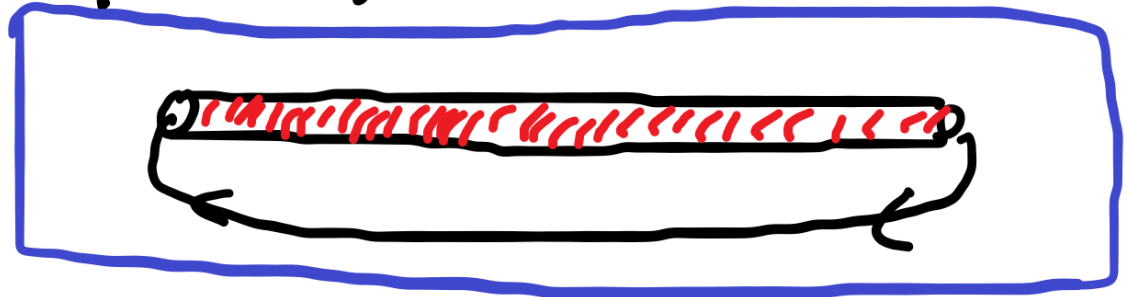


26.2.21

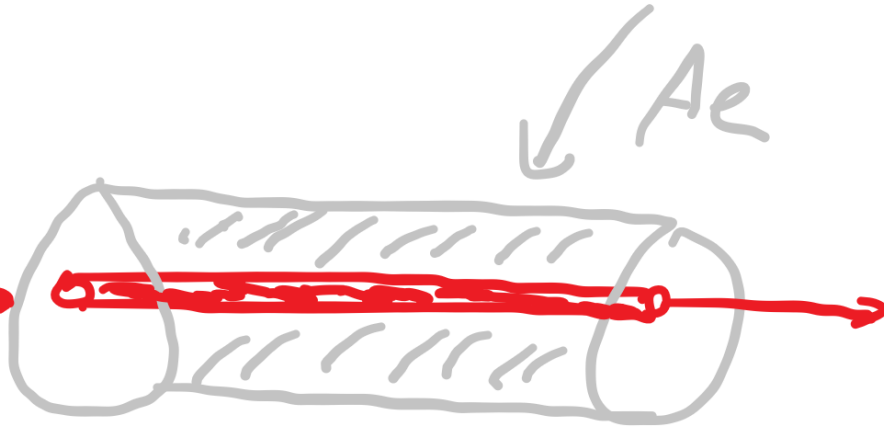
6A



ΥΠΕΡΑΓΩΓΟΙ.



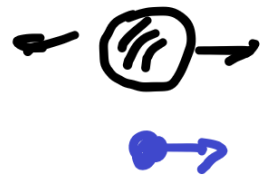
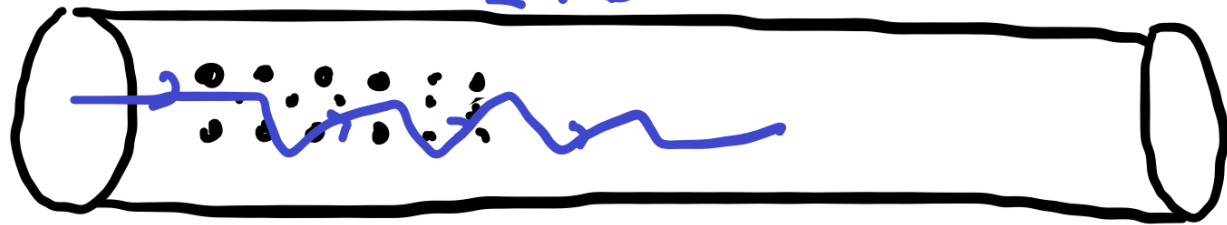
$-273 \text{ C}^{\circ} = 0 \text{ K}^{\circ}$



$R=0$

$R>0$

ΑΓΩΓΟΣ



26.2.31

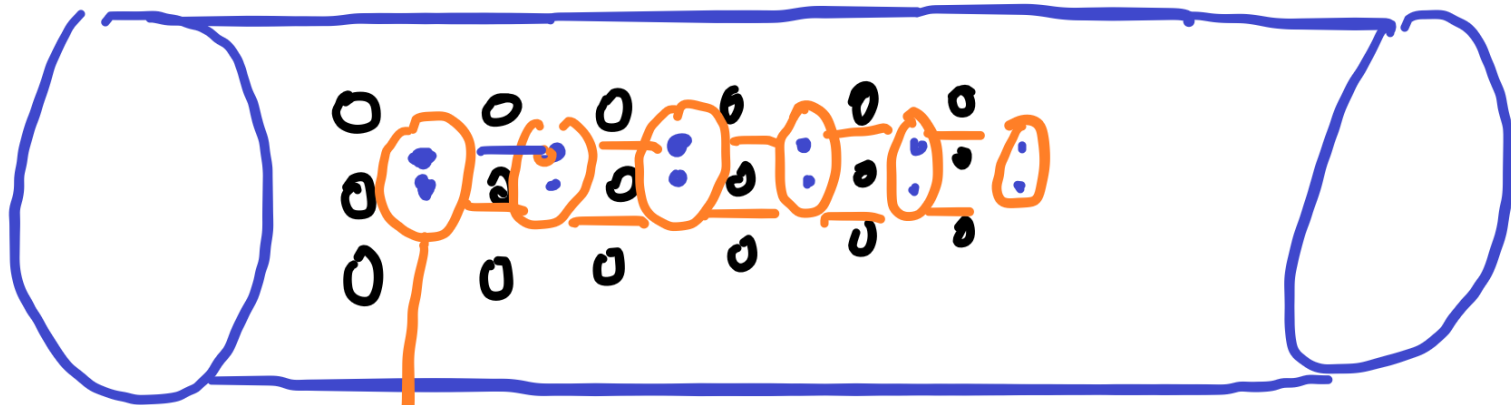
6B

$$T \uparrow \Rightarrow R \uparrow$$

$$T \downarrow \Rightarrow R \downarrow$$

$$R \neq 0 !!!$$

ΥΠΕΡΑΓΩΓΟΣ



$$T < T_c$$

$\rightarrow$  ΖΕΥΓΟΣ COOPER  
 COOPER PAIRS

# Ο ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ COULOMB

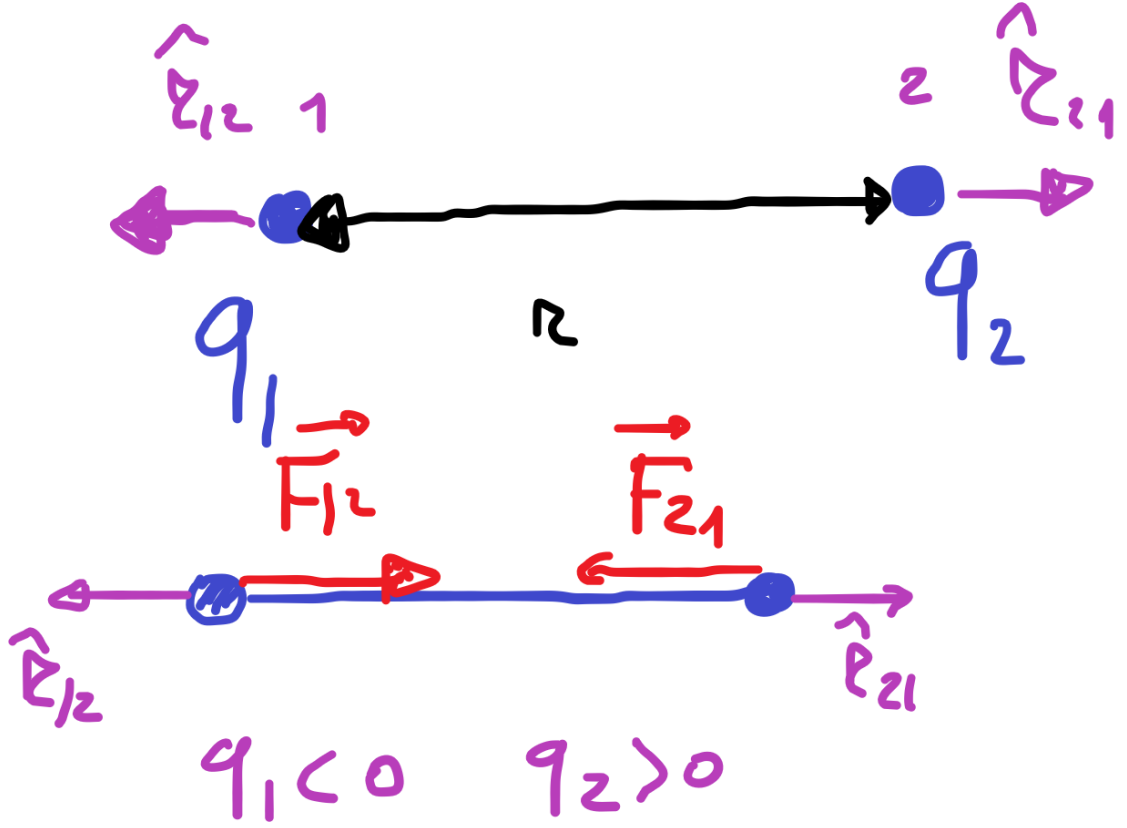
26.2.21 (7)

N

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{|q_1||q_2|}{r^2} \quad (\text{Coulomb's law}).$$

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 8.99 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2.$$

$$\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N} \cdot \text{m}^2.$$



$$\vec{F}_{12} = \underbrace{\frac{1}{4\pi\epsilon_0}}_k \frac{q_1 q_2}{r^2} \hat{r}_{12}$$

Πάνω στο #1      λογό του #2

$$\vec{F}_{21} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2} \hat{r}_{21}$$

$q_1 > q_2 > 0$

$$\hat{r}_{21} = -\hat{r}_{12}$$

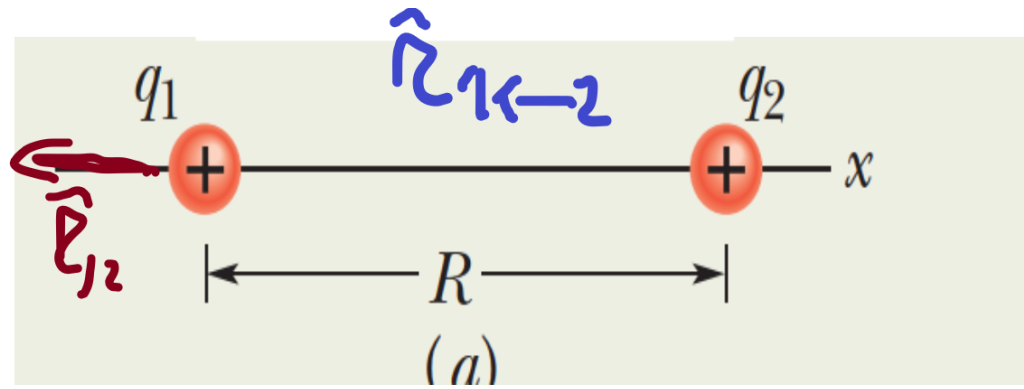
# ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ - ΒΑΡΥΤΗΤΑ

26.2.21 (8)

$$\vec{F}_{12} = G \frac{M_1 M_2}{r^2} \quad (\text{ΠΑΝΤΑ ΕΛΚΤΙΚΗ}) \quad \text{ΒΑΡΥΤΗΤΑ}$$

$$\vec{F}_{12} = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2} \hat{r} \quad \text{H+M} \quad (\text{ΕΛΚΤΙΚΗ Η ΑΠΟΣΤΙΚΗ})$$





$R = 0.02 \text{ m}$   
 $q_1 = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C} \text{ (e}^+)$   
 $q_2 = 3.2 \times 10^{-19} \text{ C} \text{ (e}^+ \text{e}^+)$

$\frac{26.2.21}{\rightarrow} \text{ (9)}$

$F_{12} = ?$

$q_{e^-} = -1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$

$q_{e^+} = +1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$

$$\vec{F}_{12} = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \hat{r}_{12} = 8.99 \times 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2} \frac{1.6 \times 10^{-19} \text{ C} \times 3.2 \times 10^{-19} \text{ C}}{(0.02 \text{ m})^2} \hat{r}_{12}$$

$$\vec{F}_{12} = \frac{8.99 \times 10^9 \times 1.6 \times 3.2 \times 10^{-38}}{4 \times 10^{-4}} \text{ N} \hat{r}_{12} = 1.15 \times 10^{-24} \text{ N} \hat{r}_{12} \leftarrow -\hat{r}$$

$$\vec{F}_{12} = -1.15 \times 10^{-24} \text{ N} \hat{r}$$

$$q_1 \cdot q_2 > 0$$