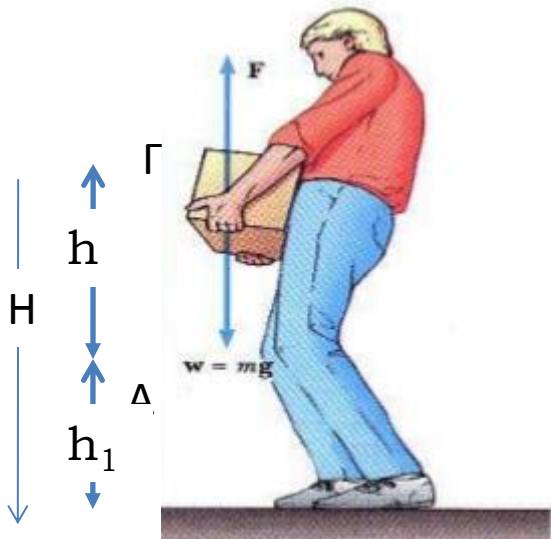


Υπενθύμιση από την Α τάξη

Το **έργο του βάρους** κατά την ανύψωση του κουτιού από τη θέση Α στη θέση Γ είναι ίσο με  $W = -mgh$



$$W_{\text{βάρους}} = -mgh = -mg(H - h_1) = mgh_1 - mgH$$

$$W_{\text{βάρους}} = mgh_1 - mgH$$

ποσότητα που σχετίζεται με την αρχική θέση του σώματος

ποσότητα που σχετίζεται με την τελική θέση (σημείο Γ)

Ονομάζουμε την παραπάνω ποσότητα **δυναμική ενέργεια** της μάζας (του κουτιού)

$$W_{\text{Βάρους}} = U_{\alphaρχ} - U_{\tauελ}$$

**Το έργο της ηλεκτρικής δύναμης που δρα σε δοκιμαστικό φορτίο q κατά την μετακίνηση του από ένα σημείο A σε άλλο σημείο Γ**



Σχόλια για το **έργο** της ηλεκτρικής δύναμης

- Είναι **ανεξάρτητο από τη διαδρομή** του φορτισμένου σωματιδίου (δεν μαθαίνουμε στη τάξη αυτή την απόδειξη)
- μπορεί να είναι **Θετικό ή αρνητικό** ανάλογα με τη φορά της ηλεκτρικής δύναμης και της μετατόπισης
- Γενικά είναι δύσκολο με τις υπάρχουσες μαθηματικές γνώσεις να το υπολογίσουμε

Οι παρατηρήσεις ισχύουν για κάθε μορφή ηλεκτροστατικού πεδίου



Το έργο της ηλεκτρικής δύναμης που δρα σε δοκιμαστικό φορτίο q κατά την μετακίνηση του από ένα σημείο A σε άλλο σημείο Γ

Q

q ● μετατόπιση

Γ

Επειδή **το έργο** βρίσκεται με πολλαπλασιασμό της ηλεκτρικής δύναμης επί τη μετατόπιση, και επειδή η δύναμη είναι **ανάλογη με το δοκιμαστικό φορτίο (N Coulomb)** το έργο αυτό θα είναι **ανάλογο** με τη ποσότητα του δοκιμαστικού φορτίου δηλαδή

**W=ανάλογο του q**

Η σταθερά αναλογίας ανάμεσα σε **έργο** και **φορτίο** είναι απαραίτητη για τον υπολογισμό του έργου της ηλεκτρικής δύναμης που δρα σε γνωστή ποσότητα φορτίου

**το έργο είναι ανάλογο με το φορτίο άρα το πηλίκο :έργο προς φορτίο**

➤ **είναι σταθερό!!**

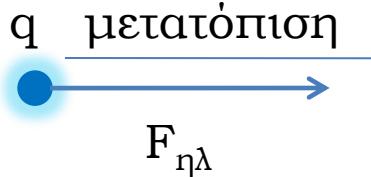
➤δεν εξαρτάται από το **φορτίο** και προφανώς το **πηλίκο αυτό** είναι η παραπάνω σταθερά αναλογίας

➤Σχετίζεται με τη πηγή Q του πεδίου

Q



A



Γ



Ονομάζουμε διαφορά δυναμικού δύο σημείων Α και Γ σε ηλεκτροστατικό πεδίο το πηλίκο του το πηλίκο του έργου της ηλεκτρικής δύναμης που δρα σε φορτισμένο σωματίδιο με φορτίο  $q$  κατά τη μετακίνηση δοκιμαστικού φορτίου από το σημείο Α στο Γ προς το φορτίο αυτό

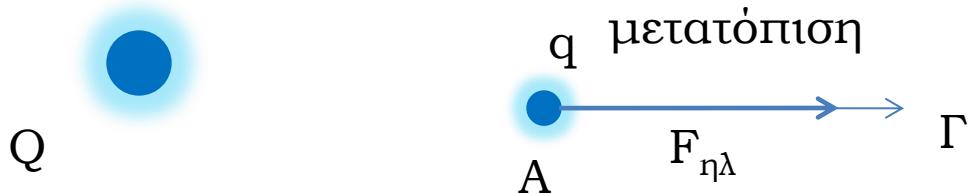
σχόλια

$$V_A - V_\Gamma = \frac{W_{F_{\eta\lambda}}^{A \rightarrow \Gamma}}{q}$$

➤ Προφανώς η διαφορά δυναμικού **δεν** εξαρτάται από τη ποσότητα του δοκιμαστικού φορτίου  $q$ , σχετίζεται με το πεδίο και όχι με το δοκιμαστικό φορτίο  $q$ !

➤ Η πρακτική χρησιμότητα της είναι για να υπολογίζουμε το έργο της ηλεκτρικής δύναμης κατά τη μετακίνηση μεσα σε πεδίο ενός φορτισμένου σωματιδίου με φορτίο  $q$ .

## Σχόλια για τη διαφορά δυναμικού δύο σημείων σε ηλεκτροστατικό πεδίο



Μονάδα: το  $\frac{1Joule}{1C}$  η οποία ονομάστηκε Volt

Ονομάζουμε 1 Volt τη διαφορά δυναμικού δύο σημείων στη περίπτωση που φορτίο 1 C μετακινηθεί από το ένα στο άλλο και το έργο της ηλεκτρικής δύναμης είναι 1 Joule

Θυμάμαι!

το δοκιμαστικό φορτίο μπορεί να είναι θετικό ή αρνητικό δηλ δεν είναι όπως στην ένταση του πεδίου που όταν ορίζουμε πρέπει να είναι θετικό

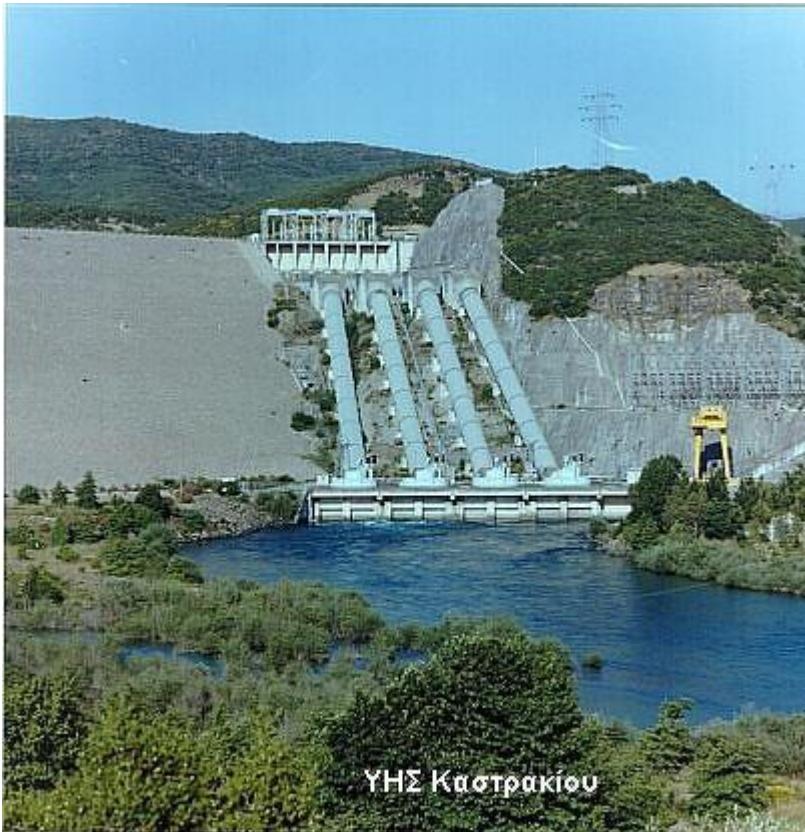
**'Έργο= διαφορά δυναμικού επί μετακινούμενο φορτίο**

<http://vgargan.gr/ducation/odigos-gia-ti-mixani-wimshurst/3#>

Με τη μηχανή Wimshurst η διαφορά δυναμικού στα σφαιρίδια φθάνει τα 100.000V.....

<http://vgargan.gr/education/odigos-gia-ti-mixani-wimshurst/3#>





ΥΗΣ Καστρακίου

Η διαφορά δυναμικού στη βαρύτητα



Οι μηχανικοί λένε ότι: η διαφορά δυναμικού της επιφάνειας νερού στο φράγμα με την επιφάνεια του νερού στο κατώτερο σημείο (εξόδου από το εργοστάσιο) είναι πχ 300 Joule/Kg που σημαίνει ότι αν κατέβει 1 κιλό νερού μεσα αοι το σωλήνα θα χάσει 300 Joule δυναμικής ενέργειας και το έργο του βάρους θα είναι 300 Joule

Προφανώς για να υπολογίσουμε το έργο βάρους μιας μάζας νερού που μετακινηθεί προς τα κάτω αρκεί να πολλαπλασιάσουμε τη διαφορά δυναμικού επί τη μάζα του νερού

Για τη κατανόηση της διαφοράς δυναμικού

$$\text{τιμή προϊόντος} = \frac{\text{κόστος προϊόντος}}{\text{κιλά προϊόντος}}$$



dreamersim.com

$$\text{διαφορά δυναμικών} = \frac{\text{έργο κατα τη μετακίνηση φορτίου από ένα σημείο σε άλλο δοκιμαστικό φορτίο}}{\text{δοκιμαστικό φορτίο}}$$

Η τιμή ενός προϊόντος είναι το αντίστοιχο της διαφοράς δυναμικού στη καθημερινή ζωή!!!!!!

$$\text{πυκνότητα σώματος} = \frac{\text{μάζα σώματος}}{\text{όγκο σώματος}}$$

Η πυκνότητα σώματος είναι αντίστοιχο της διαφοράς δυναμικού

## **ανακεφαλαιώση**

Δύο σπουδαιές αλληλεπιδράσεις (δυνάμεις)!!!!!!!

Το **βάρος** και η **ηλεκτρική δύναμη** ανάμεσα σε φορτισμένα σώματα είναι δύο δυνάμεις, που το **έργο τους** έχει δύο ιδιότητες:

➤ Είναι **ανεξάρτητο** από τη διαδρομή μιας μάζας σε βαρυτικό πεδίο ή του φορτισμένου σωματιδίου σε ηλεκτροστατικό πεδίο

➤ Σχετίζεται με φυσική ποσότητα και μάλιστα είναι ίσο με τη **διαφορά** δύο τιμών ποσότητας αυτής

$$W_{\text{Βάρους}} = U_{\alpha\rho\chi} - U_{\tau\epsilon\lambda}$$

Η απόδειξη έγινε στην Α τάξη, για τον ηλεκτρισμό η απόδειξη δεν είναι εύκολη με τις υπάρχουσες γνώσεις ,έτοι

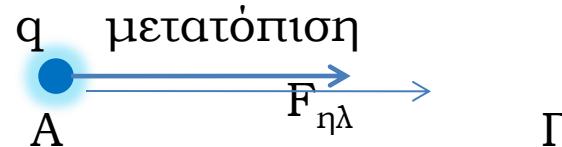
$$W_{F_{\eta\lambda}}^{A \rightarrow \Gamma} = U_{a\rho\chi} - U_{\tau\epsilon\lambda}$$

Δεν ξεχνώ!!!!!!!

$$W_{F_{\eta\lambda}}^{A \rightarrow \Gamma} = U_{a\rho\chi}^{\eta\lambda\varepsilon\kappa} - U_{\tau\varepsilon\lambda}^{\eta\lambda\varepsilon\kappa}$$

$$W_{F_{\eta\lambda}}^{A \rightarrow \Gamma} = -\Delta U$$

## Το έργο της ηλεκτρικής δύναμης και η σχέση του με την μεταβολή της ενέργειας



$$W_{F_{\eta\lambda}}^{A \rightarrow \Gamma} = U_{a\rho\chi} - U_{\tau\varepsilon\lambda}$$

Επειδή

$$\Delta U = U_{\tau\varepsilon\lambda} - U_{a\rho\chi}$$

$$W_{F_{\eta\lambda}}^{A \rightarrow \Gamma} = -\Delta U$$

Δηλ **το έργο είναι ίσο με την αντίθετη αριθμητική τιμή που έχει η μεταβολή της δυναμικής ενέργειας** των δύο φορτισμένων όταν το ένα μετακινηθεί από το σημείο A στο σημείο Γ

Η σχέση:

$$W = -\Delta U$$

↗ Χορίζει για τη δύναμη του βάρους

↗ Χορίζει για τη δύναμη ελατηρίου

↗ Για τη δύναμη που ασκεί το ηλεκτροστατικό πεδίο

### **Μια πρόταση είναι σωστή**

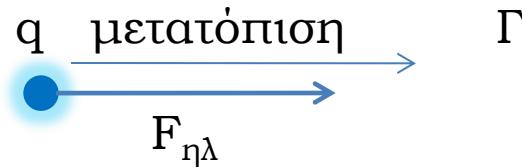
ένα φορτισμένο σωματίδιο μετακινείται από ένα σημείο Α ενός ηλεκτροστατικού πεδίου σε ένα άλλο σημείο Β οπότε η δυναμική του ενέργεια μεταβάλλεται κατά  $\Delta U$ , ενώ παράλληλα το έργο της ηλεκτρικής δύναμης σ αυτή τη μετακίνηση είναι : τότε

a.  $W_{A \rightarrow B}^{F_{\eta\lambda}} = \Delta U$

β.  $W_{A \rightarrow B}^{F_{\eta\lambda}} + \Delta U = 0$

$$W_{A \rightarrow B}^{F_{\eta\lambda}} = U_B - U_A$$

Η διαφορά δυναμικού δύο σημείων Α και Γ σε ηλεκτροστατικό πεδίο και η σχέση της με τη **μεταβολή της δυναμικής ενέργειας** δυο φορτισμένων σωματιδίων



$$V_A - V_\Gamma = \frac{W_{F_{\eta\lambda}}^{A \rightarrow \Gamma}}{q}$$

επειδή

$$W = U_{a\rho\chi} - U_{\tau\varepsilon\lambda} = -\Delta U$$

$$V_A - V_\Gamma = \frac{U_A - U_\Gamma}{q} = \frac{-\Delta U}{q}$$

## Η δυναμική ενέργεια συστήματος δύο φορτίων , ο ορισμός



$$W = U_{a\rho\chi} - U_{\tau\varepsilon\lambda} = -\Delta U$$

Αν το δοκιμαστικό φορτίο μετατοπιστεί από το  $A$  στο άπειρο έχουμε

$$W_F^{A \rightarrow \infty} = U_{a\rho\chi} - U_{\infty}$$

$$W_F^{A \rightarrow \infty} = U_{a\rho\chi}$$

Η δυναμική ενέργεια δύο φορτισμένων σωματιδίων είναι ίση με το έργο της ηλεκτρικής δύναμης που δρα στο ένα κατά τη μετακίνηση από το σημείο που βρίσκεται σε πολύ μεγάλη απόσταση από το άλλο

σχόλια

➤ Η αριθμητική τιμή της ενέργειας δυο σωματιδίων είανι θετική αν πρόκειται για σωματίδια με ίδιο είδος φορτίου

➤ Ο τύπος ισχύει μόνο για δύο όχι για περισσότερα!

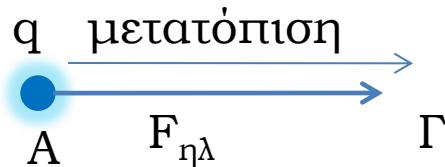
**το δυναμικό σε ένα σημείο ενός ηλεκτροστατικού πεδίου**

**διαφορά δυναμικών =  $\frac{\text{έργο κατα τη μετακινηση φορτίου από ένα σημείο σε άλλο φορτίο}}{\text{φορτίο}}$**

Q



$$V_A - V_\Gamma = \frac{W_{F_{\eta\lambda}}^{A \rightarrow \Gamma}}{q}$$



Θεωρώ ότι το σημείο  $\Gamma$  είναι πολύ μακριά από το φορτισμένο σωματίδιο τότε:

$$V_A - V_\infty = \frac{W_{A \rightarrow \infty}^{A \rightarrow \infty}}{q} \quad \text{μπορώ να θέσω όπότε}$$

$$V_A = \frac{W_{F_{\eta\lambda}}^{A \rightarrow \infty}}{q}$$

Ονομάζουμε δυναμικό σημείου  $A$  σε ηλεκτροστατικό πεδίο, το πηλίκο του το πηλίκο του έργου της ηλεκτρικής δύναμης που δρα σε φορτισμένο σωματίδιο κατά τη μετακίνηση δοκιμαστικού φορτίου από το σημείο  $A$  στο άπειρο, προς το φορτίο αυτό.

## Συνέχεια για το δυναμικό

$$V_A = \frac{W_{F_{\eta\lambda}}^{A \rightarrow \infty}}{q}$$

επειδή

$$W_F^{A \rightarrow \infty} = U_{a\rho\chi}$$

$$V_A = \frac{U_A}{q}$$



Το δυναμικό σε ένα σημείο του πεδίου είναι ένας αριθμός χρήσιμος που όταν τον πολλαπλασιάσουμε με το μετακινούμενο φορτίο  $q$  θα βρούμε **το έργο της δύναμης του πεδίου κατά τη μετακίνηση από το σημείο που βρισκόταν σε μια θέση όπου δεν υπάρχει πεδίο**(στο άπειρο με τη μαθηματική γλώσσα)

$$W_{A \rightarrow \infty} = V_A q$$

Το δυναμικό σε ένα σημείο του πεδίου είναι ένας αριθμός χρήσιμος που όταν τον πολλαπλασιάσουμε με το μετακινούμενο φορτίο  $q$  θα βρούμε **δυναμική ενέργεια του φορτισμένου σωματιδίου στη θέση που βρίσκεται**

$$U_A = V_A q$$

## αξιολόγηση



Το δυναμικό σε ένα σημείο A ενός ηλεκτροστατικού πεδίου είναι -10 Volt Αυτό σημαίνει ότι: (**μια η σωστή**)

α) κατά τη μετακίνηση ενός σωματιδίου , με φορτίο  $q = +1\text{mC}$ , από το σημείο A στο άπειρο το έργο της ηλεκτρικής δύναμης ,που δρα στο σωματίδιο, είναι 10 Joule

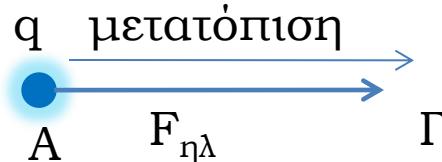
β) η δυναμική ενέργεια ενός σωματιδίου με φορτίο  $q_1$ ,που μετρήθηκε με Coulomb όταν τοποθετηθεί στο σημείο A είναι ίση με την ποσότητα  $-10.q_1$  (Joule)

γ) ένα σωματίδιο με θετικό φορτίο που θα τοποθετηθεί στο σημείο A, θα κινηθεί σε σημεία θα έχουν μεγαλύτερο δυναμικό από το δυναμικό του σημείου A

Δυναμική ενέργεια φορτισμένου σωματιδίου = δυναμικό στο σημείο A επί τη ποσότητα του φορτίου του

**το δυναμικό σε ένα σημείο ενός ηλεκτροστατικού πεδίου στη περίπτωση ενός πεδίου Coulomb**

Q



Με βάση τον ορισμό έχουμε

$$V_A = \frac{W_{F_{\eta\lambda}}^{A \rightarrow \infty}}{q}$$

Το έργο της ηλεκτρικής δύναμης είναι **ανάλογο** με το φορτίο  $q$  οπότε το δυναμικό του σημείο A **δεν εξαρτάται** από τη ποσότητα του φορτίου, προφανώς **εξαρτάται** από την απόσταση και το φορτίο της πηγής του πεδίου

Δεν μπορεί να υπολογισθεί εύκολα το έργο επειδή όσο απομακρύνεται το φορτισμένο σωματίδιο η ηλεκτρική δύναμη μικραίνει

Η αριθμητική τιμή του φορτίου  $q$  μπορεί να είναι θετική ή αρνητική  
Με βάση μαθηματικά το έργο είναι ίσο με

$$W_{F_{\eta\lambda}}^{A \rightarrow \infty} = K_{\eta\lambda} \frac{Qq}{r}$$

οπότε

$$V_A = \frac{W_{F_{\eta\lambda}}^{A \rightarrow \infty}}{q} = \frac{K_{\eta\lambda} \frac{Qq}{r}}{q} = K_{\eta\lambda} \frac{Q}{r}$$

αξιολόγηση

Η σχέση

$$V_A = \frac{W_{F\eta\lambda}}{q}$$

αποτελεί τον **ορισμό** του δυναμικού για ένα σημείο A το οποίο βρίσκεται σε ένα χώρο όπου υπάρχει ηλεκτροστατικό πεδίο.

Τρεις μαθητές υποστηρίζουν τα εξής:

Μαθητής α: το δυναμικό του πεδίου σε ένα σημείο A εξαρτάται από τη ποσότητα που έχει το δοκιμαστικό φορτίο q

Μαθητής β: το δυναμικό σε ένα σημείο A ενός πεδίου είναι αρνητικό αν το δοκιμαστικό φορτίο q είναι αρνητικό

Μαθητής γ : Η έννοια του δυναμικού είναι χρήσιμη γιατί το γινόμενο του δυναμικού, στο σημείο A, επί το δοκιμαστικό φορτίο παριστάνει έργο της ηλεκτρικής δύναμης , που δέχεται το δοκιμαστικό φορτίο, κατά την μετακίνηση του από το “άπειρο” στο σημείο A

**και οι τρεις μαθητές κάνουν λάθος. Ποιο είναι το λάθος του κάθε ενός**

Μαθητής α: το έργο είναι ανάλογο του q οπότε το δυναμικό δεν εξαρτάται από το φορτίο, το πηλικό ανάλογων ποσών δεν εξαρτάται από τα ποσά!

Μαθητής β για τον ίδιο λόγο

Μαθητής γ: είναι λάθος η διαδρομή από το άπειρο στο σημείο A

## αξιολόγηση

Ένα φορτισμένο σωματίδιο α ,έχει φορτίο -2nC . Πόσο είναι το δυναμικό του πεδίου σε ένα σημείο Α σε απόσταση 30 από αυτό

$$V_A = K \frac{Q}{r} = 9.10^9 \frac{-2.10^{-9}}{3.10^{-1}} = -60V$$

β. Στο σημείο Α τοποθετούμε ένα άλλο φορτισμένο σωματίδιο β με φορτίο q=-0,1nC. Πόση είναι η δυναμική ενέργεια των δύο φορτισμένων σωματιδίων;

$$W_F^{A \rightarrow \infty} = V_A \cdot q = -60.0,1.10^{-9} = 6.10^{-9} J$$

γ. αν αφήσουμε το β σωματίδιο να κινηθεί σε πολύ μεγάλη απόσταση είναι το έργο της ηλεκτρικής δύναμης που δρά αυτό για τη μετακίνηση αυτή

$$W_F^{A \rightarrow \infty} = U_{a\rho\chi}$$

Πόση κινητική ενέργεια θα έχει το β σωματίδιο όταν βρεθεί σε πολύ μεγάλη από το σωματίδιο α;

$$W_F^{A \rightarrow \infty} = K_{\tau\varepsilon\lambda} - K_{\alpha\rho\chi} = K_{\tau\varepsilon\lambda} = 6.10^{-9} J$$

## **αξιολόγηση**

Ένα φορτισμένο σωματίδιο με αρνητικό φορτίο -0,5nC μεταφέρεται από ένα σημείο Α ενός πεδίου σε σημείο Γ. Η δυναμική του ενέργεια αυξάνει κατά  $10^{-9}$  J. Πόση είναι η διαφορά δυναμικού  $V_A - V_\Gamma$

$$W_{F_{\eta\lambda}}^{A \rightarrow \Gamma} = U_{\alpha\rho\chi} - U_{\tau\varepsilon\lambda} = -10^{-9} J$$

$$V_A - V_\Gamma = \frac{W_{F_{\eta\lambda}}^{A \rightarrow \Gamma}}{q} = \frac{-10^{-9}}{-0,5 \cdot 10^{-9}} = 20V$$

**'Ενα φορτισμένο σωματίδιο μέσα σε ηλεκτροστατικό πεδίο προς τα πού θα κινηθεί;**

- a. με θετικό φορτίο

Η ηλεκτρική δύναμη, που θα δεχτεί από το πεδίο, θα το μετατοπίσει κατά  $\Delta x$  σε μια νέα θέση  $\Gamma$ , όποτε το έργο της δύναμης θα είναι θετικό και επειδή  $W=-\Delta U$  η δυναμική του ενέργεια μειώνεται.

$$\text{Επειδή } \Delta U = (V_A - V_\Gamma)q$$

Το δυναμικό στο σημείο  $A$  θα είναι μεγαλύτερο από το δυναμικό στο  $\Gamma$

Άρα το **θετικό φορτίο** μετακινείται σε σημεία με μικρότερο δυναμικό και η **δυναμική του ενέργεια μικραίνει**



## 'Ενα φορτισμένο σωματίδιο μέσα σε ηλεκτροστατικό πεδίο προς τα πού θα κινηθεί

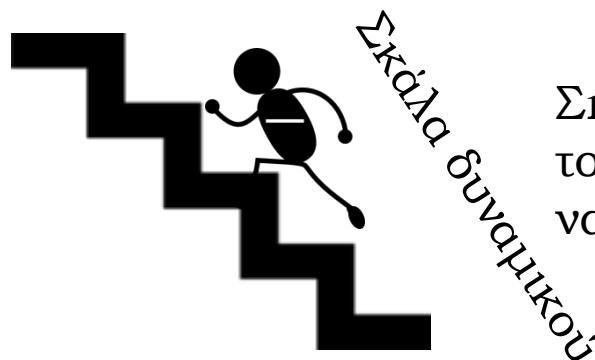
β. με αρνητικό φορτίο

Η ηλεκτρική δύναμη, που θα δεχτεί από το πεδίο, θα το μετατοπίσει κατά Δx σε μια νέα θέση Γ, όποτε το έργο της δύναμης θα είναι **Θετικό** και επειδή  $W=-\Delta U$  η δυναμική του ενέργεια **μειώνεται**.

Επειδή  $\Delta U = (V_A - V_\Gamma)q < 0$  και επειδή  $q < 0$  θα έχουμε  $(V_A - V_\Gamma) < 0$

Δηλ το δυναμικό στο σημείο A θα είναι **μικρότερο** από το δυναμικό στο Γ

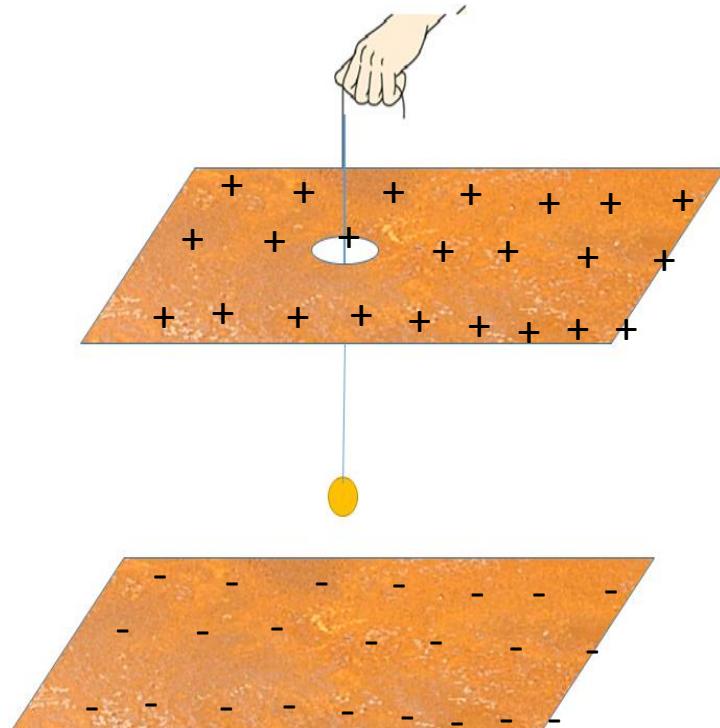
Άρα το αρνητικό φορτίο μετακινείται σε σημεία με μεγαλύτερο δυναμικό και η δυναμική του ενέργεια **μικραίνει**



Σημείωση: Το ηλεκτρόνιο απλά να τοποθετηθεί σε ένα σημείο του πεδίου χωρίς να εχει κινητική ενέργεια

# Μία ειδική μορφή ηλεκτροστατικού πεδίου που δημιουργείται από πολλά φορτία

Φορτίζουμε με αντίθετα φορτία δύο μεταλλικές πλάκες που είναι παράλληλες



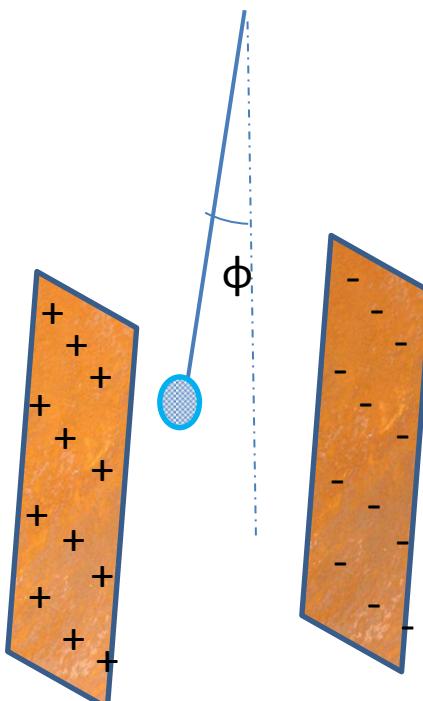
## a. Οι πλάκες οριζόντιες

Κρεμάμε ανάμεσα στο χώρο ένα φορτισμένο σφαιρίδιο. Το σχοινί είναι κατακόρυφο σε οποιαδήποτε θέση (μόνο στο εσωτερικό των πλακών)

Η ηλεκτρική δύναμη που δέχεται το σφαιρίδιο από το πεδίο έχει **κατακόρυφη** διεύθυνση

## β. Οι πλάκες κατακόρυφες

Σε οποιαδήποτε θέση στο εσωτερικό των πλακών το φορτισμένο σφαιρίδιο ισορροπεί έτσι ώστε η γωνία του σχοινιού με την κατακόρυφη να είναι ίδια



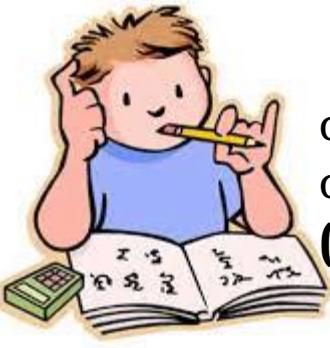
Η ηλεκτρική δύναμη που δέχεται το σφαιρίδιο από το πεδίο είναι **σταθερή σε μέτρο και κατεύθυνση**

Το δυναμικό σε ένα σημείο ενός ηλεκτροστατικού πεδίου είναι -10 Volt Αυτό σημαίνει ότι: (μια η σωστή)

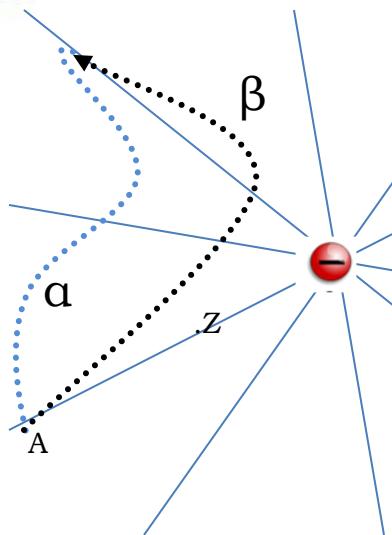
a) κατά τη μετακίνηση ενός σωματιδίου , με φορτίο  $q = -1\text{mC}$ , από το σημείο A στο άπειρο το έργο της ηλεκτρικής δύναμης ,που δρα στο σωματίδιο, είναι 10 Joule

(β) η δυναμική ενέργεια ενός σωματιδίου με φορτίο  $q_1$ ,που μετρήθηκε με Coulomb όταν τοποθετηθεί στο σημείο A είναι ίση με την ποσότητα  $-10 \cdot q_1$  (Joule)

γ) ένα σωματίδιο με θετικό φορτίο που θα τοποθετηθεί στο σημείο A, θα κινηθεί σε σημεία θα έχουν μεγαλύτερο δυναμικό από το δυναμικό του σημείου A

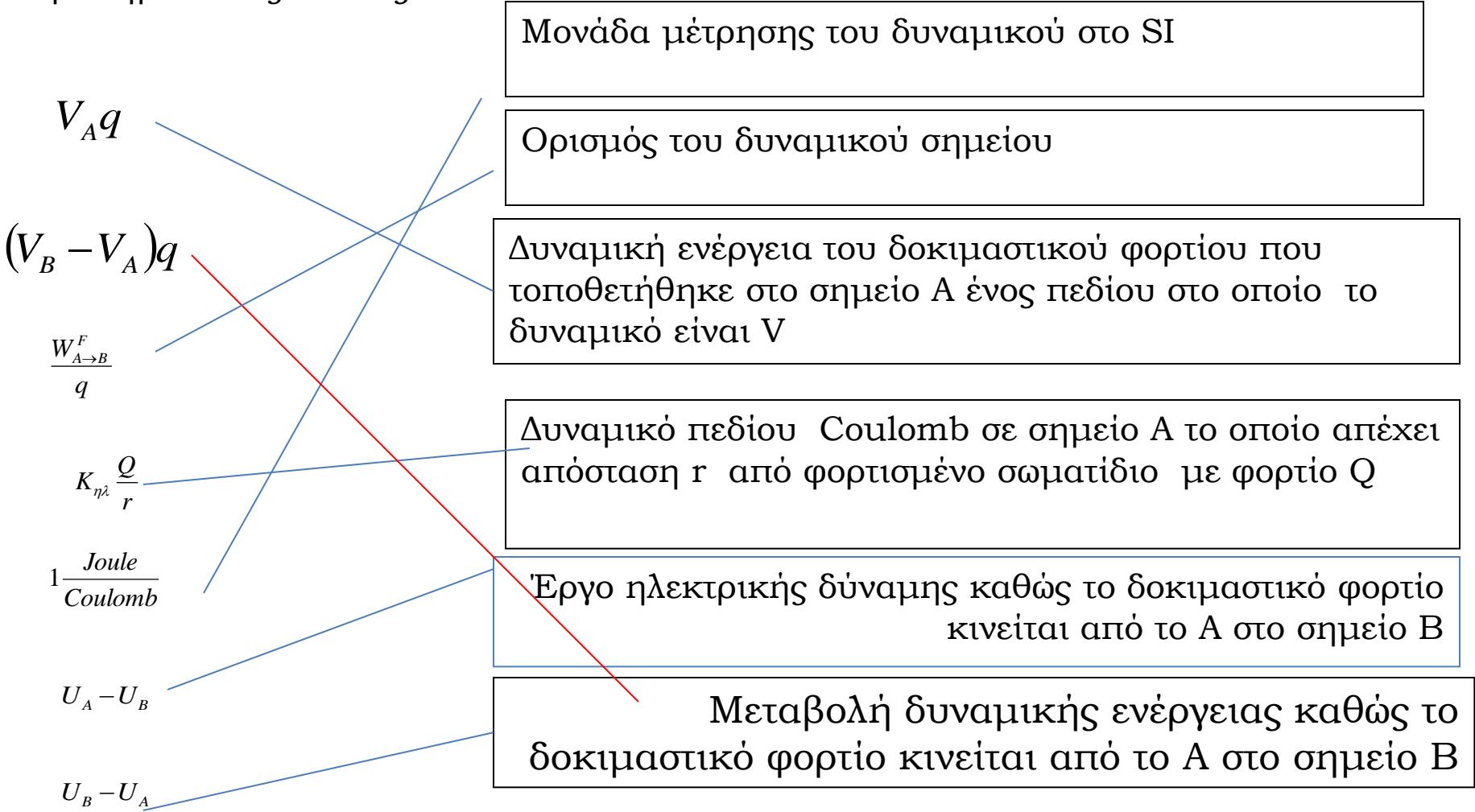


Ένα σημειακό φορτίο δημιουργεί πεδίο. Στην εικόνα φαίνονται δύο διαδρομές που μπορεί να κάνει ένα δοκιμαστικό φορτίο μέσα στο πεδίο, τη διαδρομή α και τη διαδρομή β, τότε (**βάλτε Σ η Λ μπροστά από κάθε πρόταση**)



- Σ α. Το έργο της ηλεκτρικής δύναμης, στο δοκιμαστικό φορτίο, στη διαδρομή α είναι ίσο με το έργο στη διαδρομή β παρ ότι οι διαδρομές δεν έχουν ίδιο μήκος
- Σ β. Στη περίπτωση που το δοκιμαστικό φορτίο έχει αρνητικό φορτίο, στη διαδρομή από το σημείο A στο σημείο Z το έργο της ηλεκτρικής δύναμης που δέχεται είναι αρνητικό
- Σ γ. Αν η δυναμική ενέργεια ενός φορτισμένου σωματιδίου στη θέση A είναι όση στη θέση Γ το έργο της ηλεκτρικής δύναμης κατά τη μετακίνηση του από το A στο Z, είναι μηδέν

Μέσα σε ηλεκτροστατικό πεδίο ένα δοκιμαστικό φορτίο q μπορεί να κινηθεί από σημείο A σε σημείο B. Αν  $W_{A \rightarrow B}^F$  είναι το **έργο της ηλεκτρικής δύναμης** που ασκείται σ' αυτό, και  $V_A, V_B$  τα δυναμικά των σημείων A και B να αντιστοιχίσετε με μια γραμμή τις προτάσεις με το σχετικό μαθηματικό τύπο .Σε μια μονο πρόταση θα ενώσετε τη πρόταση με δύο μαθηματικούς τύπους



## αξιολόγηση

Ένα ηλεκτρόνιο όταν τοποθετηθεί μέσα σε ηλεκτροστατικό πεδίο σε σημεία  $A$  μετακινείται σε σημείο  $\Gamma$  που έχει υψηλότερο δυναμικό από το δυναμικό του σημείου  $A$  που βρισκόταν αρχικά. **Κερδίζει ή χάνει δυναμική ενέργεια;**

$$\left. \begin{array}{l} W_{F_{\eta\lambda}}^{A \rightarrow \Gamma} = (V_A - V_\Gamma) q_e \Rightarrow \\ (V_A - V_\Gamma) < 0 \\ q_e < 0 \Rightarrow \end{array} \right\} W : \text{θετικό}$$

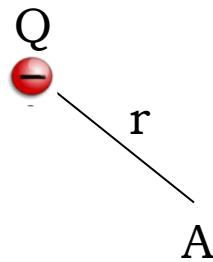
$$W = U_{\alpha\rho\chi} - U_{\tau\varepsilon\lambda} \quad \Rightarrow \quad U_{\alpha\rho\chi} > U_{\tau\varepsilon\lambda} \quad \text{άρα χάνει δυναμική}$$

Σημαντική παρατήρηση ιδιαίτερα χρήσιμα στα κυκλώματα του επόμενου κεφαλαίου



## αξιολόγηση

Θεωρούμε ένα φορτισμένο σωματίδιο με **αρνητικό φορτίο Q (πηγή πεδίου)**. Σε ένα σημείο A το οποίο απέχει απόσταση  $r$  από το φορτισμένο σωματίδιο το μέτρο της έντασης του πεδίου είναι  $E_A$  και η τιμή του δυναμικού  $V_A$ . Να αποδείξετε ότι  $V_A = -E_A \cdot r$

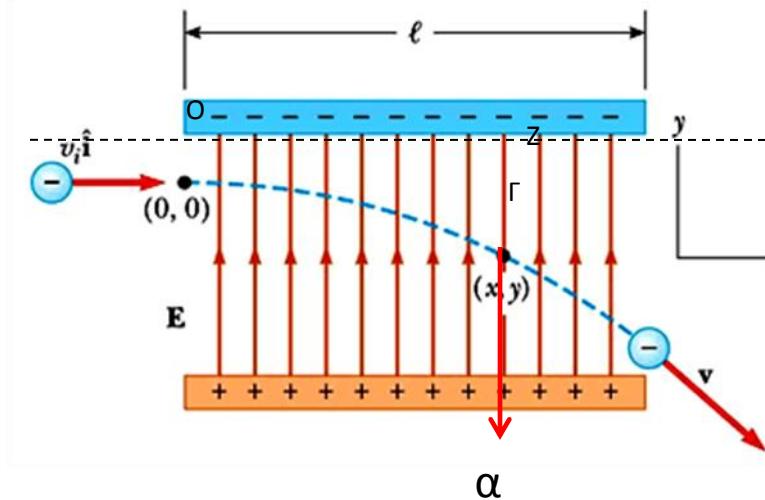


$$\left. \begin{aligned} V_A &= K_{\eta\lambda} \frac{Q}{r} \\ E_A &= K_{\eta\lambda} \frac{|Q|}{r^2} \end{aligned} \right\} \quad \left. \begin{aligned} \frac{V_A}{E_A} &= \frac{Q}{|Q|} r \\ |Q| &= -Q \end{aligned} \right\} \quad V_A = -E_A \cdot r$$

## άσκηση

Μια δέσμη ηλεκτρονίων μπαίνει σε ομογενές ηλεκτροστατικό πεδίου και ακολουθεί τη πορεία που φαίνεται στο σχήμα . Η δύναμη που δέχεται ένα κινούμενο ηλεκτρόνιο είναι όση και όταν το ηλεκτρόνιο δεν κινείται δηλαδή η σχέση  $F = E|q|$  είναι σωστή

εξακολουθεί να ισχύει . Ονομάζουμε με  $V_O$  και  $V_\Gamma$  τα δυναμικά των σημείων Ο και Γ. Η ένταση του πεδίου έχει μέτρο  $400\text{N/C}$



- a. Στο σημείο Γ με συντεταγμένες ( $x, y$ ) σχεδιάστε την επιτάχυνση του ηλεκτρονίου και υπολογίστε το μέτρο της Δίνεται για το ηλεκτρόνιο : το πηλίκο το πηλίκο του φορτίου προς τη μάζα του

$$\frac{|q_e|}{m} = 175 \cdot 10^9 \text{ C/Kg}$$

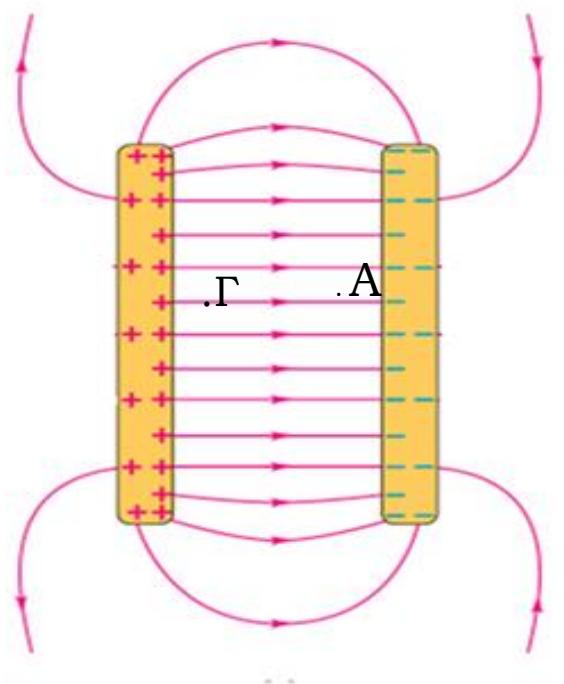
$$a = \frac{F}{m} = \frac{E|q_e|}{m} = 400 \cdot 175 \cdot 10^9 \text{ m/s}^2$$

- β. να υπολογίσετε τη μεταβολή της κινητικής ενέργειας του ηλεκτρονίου της δέσμης από το σημείο Ο στο σημείο Γ σαν συνάρτηση των μεγεθών  $V_O, V_\Gamma$  και φορτίου  $q_e$  του ηλεκτρονίου

$$\Delta K = (V_O - V_\Gamma) q_e$$

αξιολόγηση

**Κατά τη φορά της γραμμής του πεδίου τα δυναμικά ελαττώνονται!**

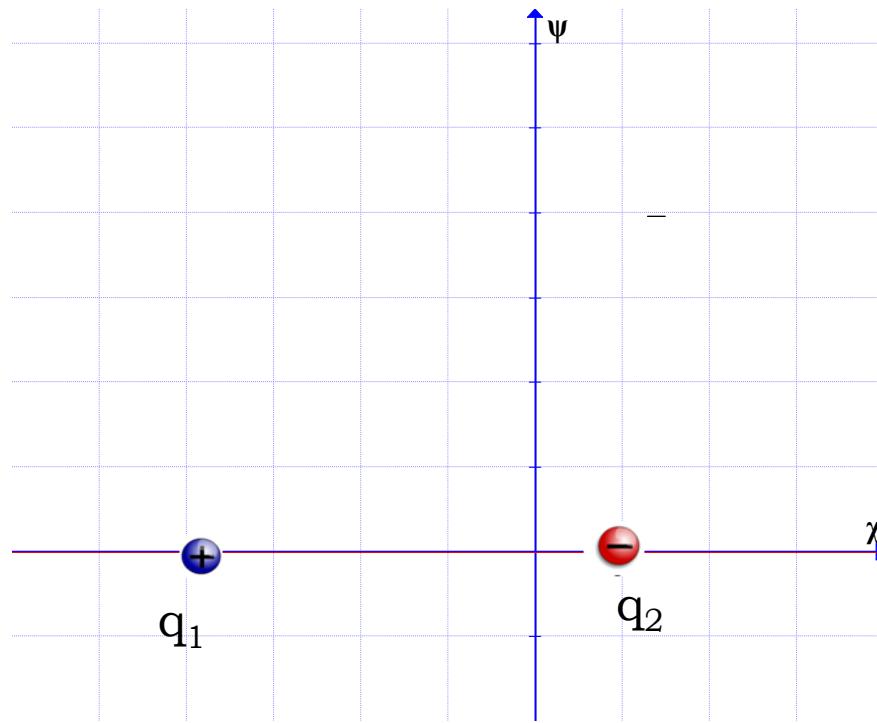


Θεωρούμε δοκιμαστικό φορτίο με θετικό φορτίο στο σημείο  $\Gamma$ . Η ηλεκτρική δύναμη θα έχει τη φορά της γραμμής οπότε θα το μετακινήσει και κάποια στιγμή θα βρεθεί στο σημείο A

$$\left. \begin{aligned} W_F &> 0 \\ W_F &= (V_\Gamma - V_A)q \end{aligned} \right\} \quad V_\Gamma > V_A$$

Σημεία του πεδίου όπου το δυναμικό μπορεί να είναι μηδέν

Ένα φορτισμένο σωματίδιο, με φορτίο  $q_1 = +1\text{nC}$ , βρίσκεται στο σημείο  $(-8\text{cm}, 0)$  ενώ ένα άλλο με φορτίο  $q_2 = -4\text{nC}$  βρίσκεται στο σημείο  $(2\text{cm}, 0)$ .  
a .Να βρείτε σε ποιο σημείο, ονομάστε το  $\Delta$ , του άξονα  $\chi'$  οχ το δυναμικό του πεδίου είναι μηδέν



$$V_{1\Delta} = K_{\eta\lambda} \frac{q_2}{r_1}$$

$$V_{2\Delta} = K_{\eta\lambda} \frac{q_2}{r_2}$$

$$V_{1\Delta} + V_{2\Delta} = 0$$

$$\left. \begin{array}{l} \frac{r_1}{r_2} = -\frac{q_2}{q_1} = 4 \\ r_1 + r_2 = 10 \end{array} \right\}$$

$$K_{\eta\lambda} \frac{q_2}{r_1} + K_{\eta\lambda} \frac{q_1}{r_2} = 0$$

$$r_1 = 2\text{cm} \quad r_2 = 8\text{cm}$$

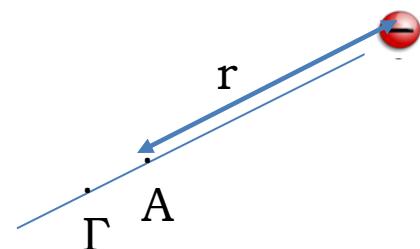
## αξιολόγηση

Θεωρείστε ένα πεδίο Coulomb το οποίο οφείλεται σε σωματίδιο με αρνητικό φορτίο. Σε απόσταση 1m από φορτισμένο σωματίδιο, το οποίο δημιουργεί το πεδίο ,θεωρείστε ένα σημείο A. Αν μετακινηθούμε στη κατεύθυνση της γραμμής κατά 20cm από το A σε ένα σημείο Γ, το δυναμικό στο αυξάνεται κατά 1 Volt

- a. Πόσο είναι το φορτίο του σωματιδίου
- β. Πόσο είναι το μέτρο της έντασης του πεδίου στο σημείο A
- γ. πόσο μεταβάλλεται η δυναμική ενέργεια ενός φορτισμένου σωματιδίου το οποίο μετακινείται από το σημείο A στο Γ

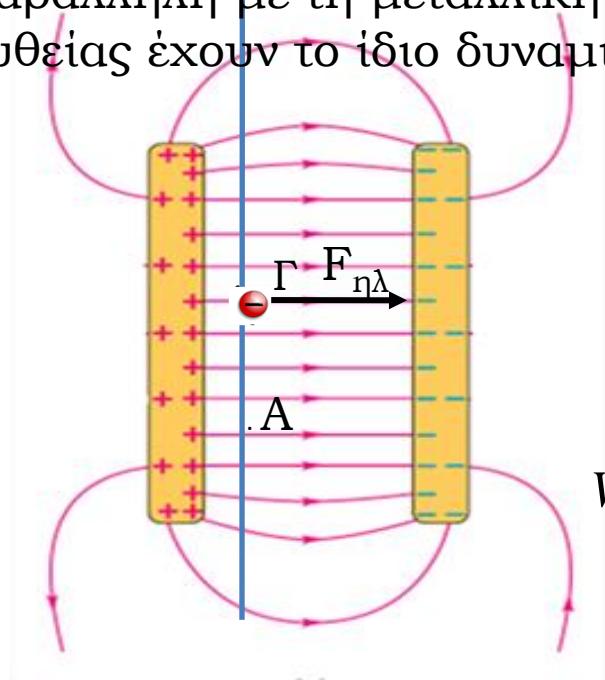
$$\left. \begin{array}{l} V_A = K_{\eta\lambda} \frac{Q}{r} \\ V_\Gamma = K_{\eta\lambda} \frac{Q}{r+0,2} \\ V_\Gamma = V_A + 1 \end{array} \right\} Q = -\frac{r(r+0,2)}{0,2K_{\eta\lambda}} = -\frac{2}{3}nC$$

$$\Delta U = (V_A - V_\Gamma)q = -1.0,2 \cdot 10^{-9} \text{ J}$$



## αξιολόγηση

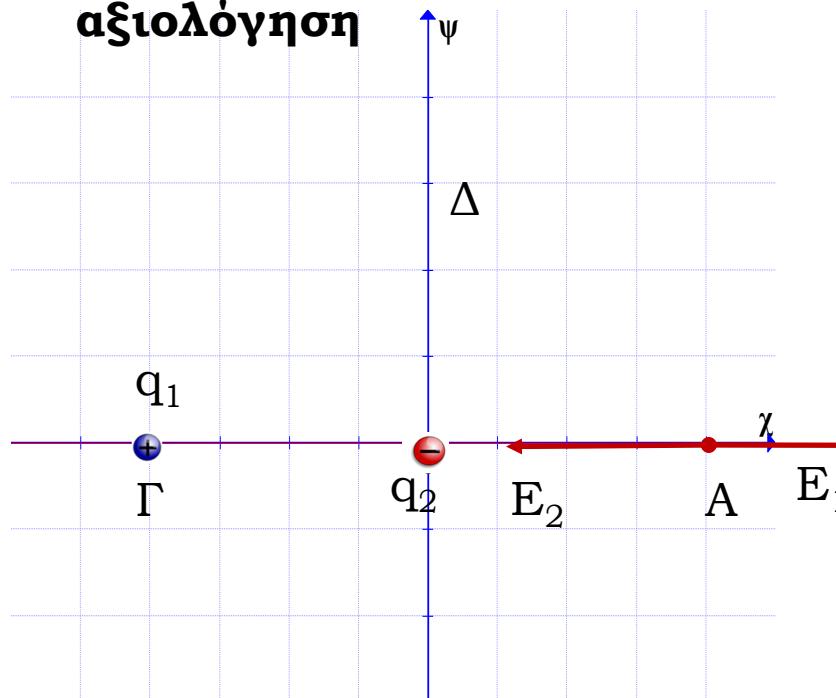
Θεωρούμε το ομογενές ηλεκτροστατικό πεδίο και την ευθεία ε που είναι παράλληλη με τη μεταλλική πλάκα Na εξηγήσετε γιατί όλα τα σημεία της ευθείας έχουν το ίδιο δυναμικό.



Θεωρούμε ένα σωματίδιο με θετικό φορτίο και ότι μετακινείται από το σημείο  $\Gamma$  στο σημείο  $A$

$$\begin{aligned} W_{\text{ηλεκτρ}} &= F_{\eta\lambda} \cdot (\Gamma A) \text{ συν } 90^\circ = 0 \\ W_{\text{ηλεκτρ}} &= (V_\Gamma - V_A)q \end{aligned} \quad ] \quad V_\Gamma = V_A$$

## αξιολόγηση



δίνονται  $q_1 = 2,4 \text{ nC}$  και  $q_2 = -1,6 \text{nC}$

$$K_{\eta\lambda} = 9 \cdot 10^9 \frac{Nm^2}{C}$$

α. Να υπολογίσετε την ένταση του πεδίου στο σημείο  $A(0, 4\text{cm})$

β. Να υπολογίσετε το δυναμικό του πεδίου στο σημείο A

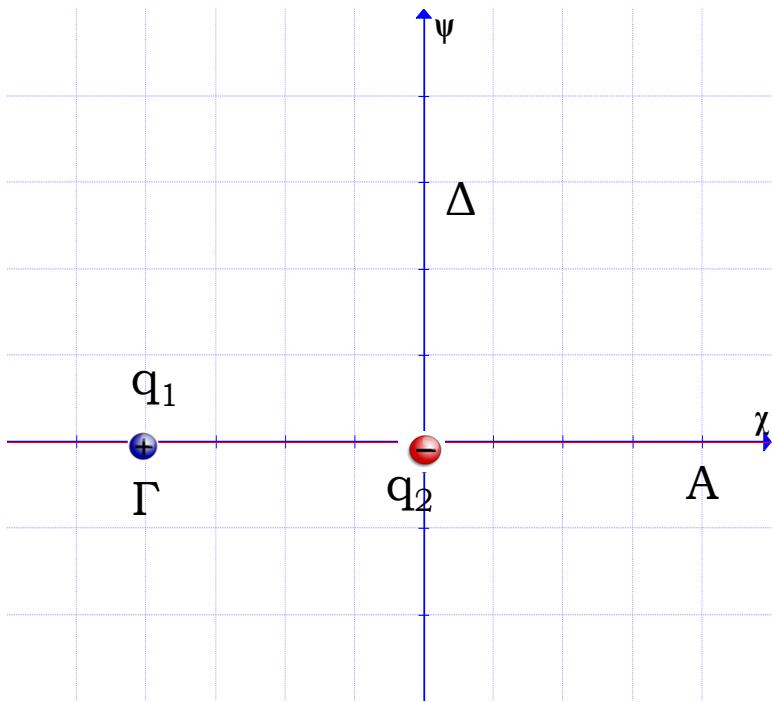
$$E_1 = K_{\eta\lambda} \frac{|q_1|}{r_1} = 9 \cdot 10^9 \frac{2,4 \cdot 10^{-9}}{(8 \cdot 10^{-2})^2} \frac{27 \cdot 10^3}{8} (N/C)$$

$$E_2 = K_{\eta\lambda} \frac{|q_2|}{r_2} = 9 \cdot 10^9 \frac{1,6 \cdot 10^{-9}}{(4 \cdot 10^{-2})^2} = 9 \cdot 10^3 (N/C)$$

$$E_A = E_2 - E_1 = \frac{45}{8} \cdot 10^3 (N/C)$$

$$V_A = K_{\eta\lambda} \frac{q_1}{r_1} + K_{\eta\lambda} \frac{q_2}{r_2} = K_{\eta\lambda} \left( \frac{q_1}{r_1} + \frac{q_2}{r_2} \right) = 9 \cdot 10^9 \left( \frac{2,4 \cdot 10^{-9}}{8 \cdot 10^{-2}} - \frac{1,6 \cdot 10^{-9}}{3 \cdot 10^{-2}} \right) = -90V$$

## συνέχεια



γ. να υπολογίσετε τη δυναμική ενέργεια φορτισμένου σωματιδίου, με φορτίο  $+0,2\text{nC}$  που θα τοποθετηθεί στο σημείο  $\Delta(0, -3\text{cm})$

$$O\Delta = r_\gamma$$

$$\Delta\Gamma = r_a$$

$$V_\Delta = K_{\eta\lambda} \frac{q_1}{r_a} + K_{\eta\lambda} \frac{q_2}{r_\gamma} = K_{\eta\lambda} \left( \frac{q_1}{r_a} + \frac{q_2}{r_\gamma} \right) = 9 \cdot 10^9 \left( \frac{2,4 \cdot 10^{-9}}{5 \cdot 10^{-2}} + \frac{-1,6 \cdot 10^{-9}}{3 \cdot 10^{-2}} \right) = -48V$$

$$U_\Delta = V_\Delta q = -48 \cdot 0,2 \cdot 10^{-9} \text{J}$$

























