

Γενική Φυσική

Κωνσταντίνος Χ. Παύλου
Φυσικός – Ραδιοηλεκτρολόγος (MSc)
Καστοριά, Σεπτέμβριος 14

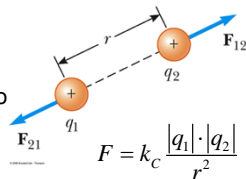
Το ηλεκτρικό πεδίο

1. Η έννοια του ηλεκτρικού πεδίου
2. Η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου
3. Πεδίο σημειακού φορτίου
4. Οι δυναμικές γραμμές
5. Η αρχή της υπέρθεσης (επαλληλίας)
6. Μορφές πεδίων
7. Ομογενές πεδίο

Σχολικό βιβλίο: σελ 82 – 88 (§3.2)

Ο νόμος Coulomb

- **Δράση από απόσταση:**
- Οι δυνάμεις μεταφέρονται ακαριαία από το ένα φορτίο στο άλλο χωρίς να είναι αναγκαία η μεσολάβηση κάποιου μέσου.
- Όμως η μέγιστη ταχύτητα στη φύση είναι 300.000 km/s. Έχει νόημα η ακαριαία μεταφορά?



3

(c) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός – Ρ/Η (MSc)

19-Σεπ-14

Σχολικό βιβλίο: σελ 82 – 88 (§3.2)

Το ηλεκτρικό πεδίο

- Σύμφωνα με τη θεωρία του (ηλεκτρικού) πεδίου, η δύναμη μεταξύ των φορτίων q_1 και q_2 είναι αποτέλεσμα δυο βημάτων:
 1. Το φορτίο q_1 δημιουργεί γύρω της ηλεκτρικό πεδίο (άγνωστο πως).
 2. το ηλεκτρικό πεδίο αλληλεπιδρά με το φορτίο q_2 (δλδ, το πεδίο ασκεί τη δύναμη στο q_2 και όχι το q_1).
- Άρα, η δύναμη ασκείται στο q_2 από κάτι (το πεδίο) που βρίσκεται στο ίδιο σημείο (με το q_2) και όχι μακριά απ' αυτό (όπως το q_1).

4

(c) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός – Ρ/Η (MSc)

19-Σεπ-14

Σχολικό βιβλίο: σελ 82 – 88 (§3.2)

Το ηλεκτρικό πεδίο

Τελικά, τι ακριβώς είναι αυτό το... πεδίο?



- Ηλεκτρικό πεδίο ονομάζουμε το χώρο ο οποίος ασκεί δυνάμεις σε φορτία που θα βρεθούν σ' αυτόν.
- Άρα, είναι μια ιδιότητα που αποκτά ο χώρος!

5

(c) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός – Ρ/Η (MSc)

19-Σεπ-14

Σχολικό βιβλίο: σελ 82 – 88 (§3.2)

Το ηλεκτρικό πεδίο

- Πως μπορούμε να διαπιστώσουμε την ύπαρξη ενός ηλεκτρικού πεδίου?
- Αρκεί να φέρουμε στο χώρο ένα δοκιμαστικό φορτίο (που συνήθως το ονομάζουμε **υπόθεμα**):
 - Αν ασκηθεί πάνω του κάποια δύναμη τότε μπορούμε να πούμε πως βρίσκεται μέσα σε κάποιο ηλεκτρικό πεδίο (το οποίο το δημιουργούν κάποια άλλα φορτία)...
- Υποθέτουμε πως δεν υπάρχουν άλλες αλληλεπιδράσεις, οποιουδήποτε είδους.

6

(c) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός – Ρ/Η (MSc)

19-Σεπ-14

Σχολικό βιβλίο: σελ 82 – 88 (§3.2)

Η έννοια του πεδίου γενικά...

- Ως πεδίο αναφέρεται ο χώρος ο οποίος έχει την ιδιότητα να ασκεί δυνάμεις σε “κατάλληλα” υποθέματα:
- **Βαρυτικό πεδίο:** ασκεί δυνάμεις σε μάζες.
- **Μαγνητικό πεδίο:** ασκεί δυνάμεις σε μαγνήτες.
- **Ηλεκτρικό πεδίο:** ασκεί δυνάμεις σε ηλεκτρικά φορτία.

7

(λ) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός – Ρ/Η (H5c)

19-Σεπ-14

Σχολικό βιβλίο: σελ 82 – 88 (§3.2)

Περιγραφή του πεδίου

- Η περιγραφή ενός πεδίου δυνάμεων γίνεται χρησιμοποιώντας δύο μεγέθη:
 1. Την **ένταση** του πεδίου (διανυσματικό μέγεθος), που έχει να κάνει με τις δυνάμεις που ασκεί το πεδίο...
 2. Το **δυναμικό** του πεδίου (μονόμετρο μέγεθος), που έχει να κάνει με την ενέργεια και το έργο...

8

(λ) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός – Ρ/Η (H5c)

19-Σεπ-14

Σχολικό βιβλίο: σελ 82 – 88 (§3.2)

Η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου

- Ως ένταση ενός πεδίου ορίζουμε τη δύναμη που ασκείται στη μονάδα του υποθέματος.
- Άρα, η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου θα ισούται με τη βαρυτική δύναμη που ασκείται σε φορτίο ίσο με 1 C.
- Αν συμβολίσουμε με \vec{E} την ένταση του ηλεκτρικού πεδίου θα έχουμε:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$$

- Άρα μονάδα της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου:

$$[\vec{E}] = \frac{[\vec{F}]}{[q]} \Rightarrow [\vec{E}] = \frac{1N}{1C} = 1 \frac{N}{C}$$

9

(λ) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός – Ρ/Η (H5c)

19-Σεπ-14

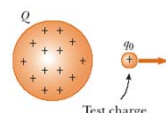
Σχολικό βιβλίο: σελ 82 – 88 (§3.2)

Η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου

- Εξ' ορισμού λοιπόν, η ένταση \vec{E} δημιουργεί ένα φορτίο Q (πηγή του πεδίου) στη θέση όπου βρίσκεται ένα μικρό φορτίο q_0 (υπόθεμα) δίνεται από τη σχέση

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}$$

- όπου \vec{F} είναι η δύναμη που δέχεται το υπόθεμα.



Θεωρητικά, στον υπολογισμό της έντασης το υπόθεμα πρέπει να είναι πάρα πολύ μικρό για να μην επηρεάζει την κατανομή των φορτίων της πηγής.

10

(λ) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός – Ρ/Η (H5c)

19-Σεπ-14

Σχολικό βιβλίο: σελ 82 – 88 (§3.2)

Η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου

Σύμφωνα με τον ορισμό, η ένταση είναι μέγεθος διανυσματικό:

- το μέτρο της έντασης ισούται με το μέτρο της δύναμης προς την απόλυτη τιμή του φορτίου που δέχεται τη δύναμη:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} \Rightarrow |\vec{E}| = \frac{|\vec{F}|}{|q|} \Rightarrow E = \frac{F}{|q|}$$

- η κατεύθυνση της έντασης συμπίπτει με την κατεύθυνση της δύναμης αν το υπόθεμα είναι θετικό. Αλλιώς είναι αντίρροπη απ' αυτή.

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} \Rightarrow \begin{cases} \vec{E} \uparrow \vec{F}, & q > 0 \\ \vec{E} \downarrow \vec{F}, & q < 0 \end{cases}$$

11

(λ) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός – Ρ/Η (H5c)

19-Σεπ-14

Σχολικό βιβλίο: σελ 82 – 88 (§3.2)

Παράδειγμα 3, σελ 84

Παράδειγμα 3

Ποια είναι η δύναμη που ασκείται σε ένα ηλεκτρόνιο το οποίο βρίσκεται σε σημείο «Σ» ηλεκτρικού πεδίου, στο οποίο η ένταση έχει μέτρο $E = 4 \cdot 10^6 \text{ N/C}$; (Εικ. 11).

Δίνεται: φορτίο ηλεκτρονίου $q_e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

12

(λ) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός – Ρ/Η (H5c)

19-Σεπ-14

Σχολικό βιβλίο: σελ 82 – 88 (§3.2)

Η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου

- Στο σημείο Α φέρουμε ένα θετικό υπόθεμα q_{01} .
- Δέχεται απωστική δύναμη \vec{F}_1 .
- Η ένταση \vec{E}_A θα είναι

$$\vec{E}_A = \frac{\vec{F}_1}{q_{01}}$$

- ομόρροπη της \vec{F}_1 αφού $q_{01} > 0$.

13 (c) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός – Ρ/Η (H5c) 19-Σεπ-14

Σχολικό βιβλίο: σελ 82 – 88 (§3.2)

Η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου

- Στο σημείο Β φέρουμε ένα αρνητικό υπόθεμα q_{02} .
- Δέχεται ελκτική δύναμη \vec{F}_2 .
- Η ένταση \vec{E}_B θα είναι

$$\vec{E}_B = \frac{\vec{F}_2}{q_{02}}$$

- αντίρροπη της \vec{F}_2 αφού $q_{02} < 0$.

14 (c) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός – Ρ/Η (H5c) 19-Σεπ-14

Σχολικό βιβλίο: σελ 82 – 88 (§3.2)

Η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου

- Άρα, όταν το πεδίο δημιουργείται από θετικό φορτίο, η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου έχει κατεύθυνση ακτινική “προς τα έξω”, ανεξάρτητα από το υπόθεμα.

15 (c) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός – Ρ/Η (H5c) 19-Σεπ-14

Σχολικό βιβλίο: σελ 82 – 88 (§3.2)

Η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου

- Στο σημείο Α φέρουμε ένα αρνητικό υπόθεμα q_{01} .
- Δέχεται απωστική δύναμη \vec{F}_1 .
- Η ένταση \vec{E}_A θα είναι

$$\vec{E}_A = \frac{\vec{F}_1}{q_{01}}$$

- αντίρροπη της \vec{F}_1 αφού $q_{01} < 0$.

16 (c) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός – Ρ/Η (H5c) 19-Σεπ-14

Σχολικό βιβλίο: σελ 82 – 88 (§3.2)

Η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου

- Στο σημείο Β φέρουμε ένα αρνητικό υπόθεμα q_{02} .
- Δέχεται ελκτική δύναμη \vec{F}_2 .
- Η ένταση \vec{E}_B θα είναι

$$\vec{E}_B = \frac{\vec{F}_2}{q_{02}}$$

- ομόρροπη της \vec{F}_2 αφού $q_{02} > 0$.

17 (c) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός – Ρ/Η (H5c) 19-Σεπ-14

Σχολικό βιβλίο: σελ 82 – 88 (§3.2)

Η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου

- Άρα, όταν το πεδίο δημιουργείται από αρνητικό φορτίο, η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου έχει κατεύθυνση ακτινική “προς τα μέσα”, ανεξάρτητα από το υπόθεμα.

18 (c) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός – Ρ/Η (H5c) 19-Σεπ-14

Σχολικό βιβλίο: σελ 82 – 88 (§3.2)

Πεδίο Coulomb

- Αν η πηγή του πεδίου, όπως και το υπόθεμα είναι σημειακά φορτία, τότε για τη μεταξύ τους δύναμη ισχύει ο νόμος του Coulomb. Άρα για την ένταση του πεδίου κατά μέτρο θα έχουμε:

$$E = \frac{F}{|q_0|} \xrightarrow{F=k_c \frac{|Q||q_0|}{r^2}} E = \frac{k_c \frac{|Q| \cdot |q_0|}{r^2}}{|q_0|} \Rightarrow E = k_c \frac{|Q|}{r^2}$$

- Ανεξάρτητη του υποθέματος.

19

(c) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός – Ρ/Η (Φ5c)

19-Σεπ-14

Σχολικό βιβλίο: σελ 82 – 88 (§3.2)

Η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου

- Συνεπώς, έχουμε καταλήξει στο εξής συμπέρασμα:
- Ενώ κατά τον ορισμό της έντασης εισέρχεται η έννοια του δοκιμαστικού φορτίου (υποθέματος), τελικά η ένταση δεν εξαρτάται απ' αυτό:
 - Ούτε κατά κατεύθυνση
 - Ούτε κατά μέτρο.
- Η ένταση του πεδίου εξαρτάται από
 1. Την πηγή του πεδίου
 2. Την απόσταση από την πηγή
 3. Το μέσο μέσα στο οποίο βρίσκεται η πηγή

20

(c) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός – Ρ/Η (Φ5c)

19-Σεπ-14

Σχολικό βιβλίο: σελ 82 – 88 (§3.2)

Η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου

- Μπορούμε λοιπόν γύρω από κάποιο φορτίο (πηγή του πεδίου) να σχεδιάσουμε το διάνυσμα της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου που η αυτή δημιουργεί, σε κάθε σημείο.
- Αν στο χώρο αυτό, φέρουμε κάποιο (θετικό) φορτίο q:
 - η κατεύθυνση του διανύσματος της έντασης θα μας δείχνει την κατεύθυνση της δύναμης που θα δεχθεί το φορτίο q (αντίθετη αν q < 0),
 - Το μήκος του διανύσματος (που εκφράζει το μέτρο του διανύσματος) θα μας δείχνει πόσο ισχυρή θα είναι αυτή η δύναμη.

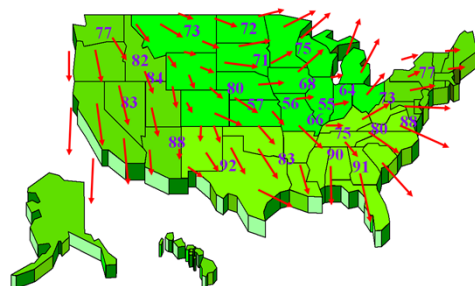
21

(c) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός – Ρ/Η (Φ5c)

19-Σεπ-14

Σχολικό βιβλίο: σελ 82 – 88 (§3.2)

Παράδειγμα διανυσματικού πεδίου



22

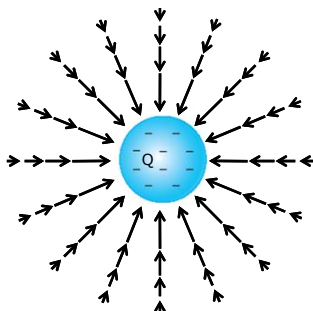
(c) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός – Ρ/Η (Φ5c)

19-Σεπ-14

Σχολικό βιβλίο: σελ 82 – 88 (§3.2)

Το πεδίο ενός σημειακού φορτίου

- Αν η πηγή του πεδίου είναι αρνητική τότε το πεδίο έχει τη μορφή που φαίνεται δίπλα.



23

(c) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός – Ρ/Η (Φ5c)

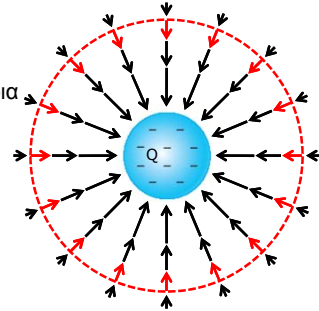
19-Σεπ-14

Σχολικό βιβλίο: σελ 82 – 88 (§3.2)

Το πεδίο ενός σημειακού φορτίου

- Όλα τα σημεία που ισαπέχουν από το σημειακό φορτίο (πηγή), έχουν την ίδια κατά μέτρο ένταση.

$$E = k_c \frac{|Q|}{r^2}$$



24

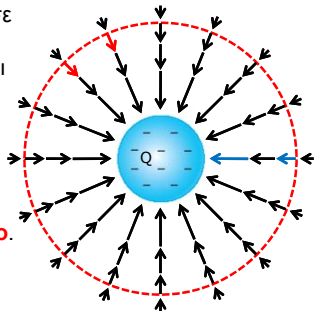
(c) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός – Ρ/Η (Φ5c)

19-Σεπ-14

Σχολικό βιβλίο: σελ 82 – 88 (§3.2)

Το πεδίο ενός σημειακού φορτίου

- Παρατηρούμε πως σε κάθε σημείο του χώρου, η ένταση έχει γενικώς διαφορετική κατεύθυνση και διαφορετικό μέτρο.
- Ένα τέτοιο πεδίο χαρακτηρίζεται ως **ανομοιογενές πεδίο**.



25

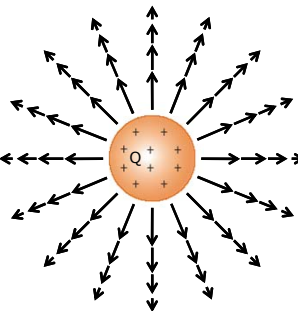
(λ) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός - Π/Η (Φ5c)

19-Σεπ-14

Σχολικό βιβλίο: σελ 82 – 88 (§3.2)

Το πεδίο ενός σημειακού φορτίου

- Αν η πηγή του πεδίου είναι θετική τότε το πεδίο έχει τη μορφή που φαίνεται δίπλα και ισχύουν τα ίδια με τα προηγούμενα.



26

(λ) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός - Π/Η (Φ5c)

19-Σεπ-14

Σχολικό βιβλίο: σελ 82 – 88 (§3.2)

Οι δυναμικές γραμμές

- Όπως είδαμε στα προηγούμενα είναι δύσκολο να σχεδιάζουμε όλα αυτά τα διανύσματα της έντασης για να περιγράψουμε το πεδίο.
- Γι' αυτό έχει εισαχθεί η έννοια της δυναμικής γραμμής.
- Η **δυναμική γραμμή** είναι μια νοητή γραμμή, σε κάθε σημείο της οποίας, το διάνυσμα της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου είναι εφαπτόμενο σ' αυτή.
 - Θυμηθείτε την τροχιά ενός σώματος και το διάνυσμα της ταχύτητάς του.
- Η δυναμική γραμμή έχει "φορά" η οποία συμπίπτει με τη φορά του διανύσματος της έντασης.

27

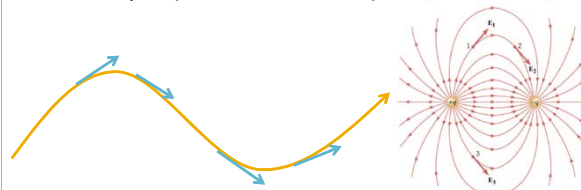
(λ) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός - Π/Η (Φ5c)

19-Σεπ-14

Σχολικό βιβλίο: σελ 82 – 88 (§3.2)

Οι δυναμικές γραμμές

- Η **δυναμική γραμμή** είναι μια νοητή γραμμή, σε κάθε σημείο της οποίας, το διάνυσμα της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου είναι εφαπτόμενο σ' αυτή



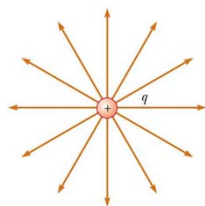
28

(λ) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός - Π/Η (Φ5c)

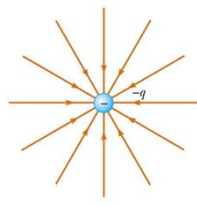
19-Σεπ-14

Δυναμικές γραμμές σημειακών φορτίων

Θετικό φορτίο



Αρνητικό φορτίο



29

(λ) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός - Π/Η (Φ5c)

19-Σεπ-14

Σχολικό βιβλίο: σελ 82 – 88 (§3.2)

Ιδιότητες δυναμικών γραμμών

1. "Ξεκινάνε" από
 - θετικά φορτία και καταλήγουν:
 - είτε σε αρνητικά φορτία
 - είτε στο άπειρο (ανοιχτές δυναμικές γραμμές)
 - το άπειρο και καταλήγουν:
 - σε αρνητικά φορτία (ανοιχτές δυναμικές γραμμές)
2. Δεν τέμνονται μεταξύ τους
3. Εκεί που είναι πιο πυκνές, η ένταση του πεδίου κατά μέτρο είναι μεγαλύτερη.
 - Ο αριθμός των δυναμικών γραμμών γύρω από κάθε φορτίο είναι ανάλογος του φορτίου.

30

(λ) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός - Π/Η (Φ5c)

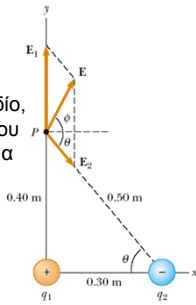
19-Σεπ-14

Σχολικό βιβλίο: σελ 82 – 88 (§3.2)

Η αρχή της υπέρθεσης

- Η αρχή της υπέρθεσης ισχύει και στην περίπτωση υπολογισμού της έντασης.
- Αν πολλά φορτία δημιουργούν ένα πεδίο, τότε το συνολικό πεδίο σ' ένα σημείο του χώρου είναι το **διανυσματικό** άθροισμα των επιμέρους εντάσεων.
- Σ' ένα σημείο P θα είναι:

$$\vec{E}_P = \vec{E}_{P,(q_1)} + \vec{E}_{P,(q_2)} + \dots$$



31

(c) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός - Π/Η (Φ5c)

19-Σεπ-14

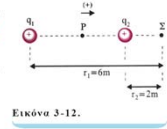
Σχολικό βιβλίο: σελ 82 – 88 (§3.2)

Παράδειγμα 4, σελ 85

Παράδειγμα 4

Ένα θετικό φορτίο $q_1 = +4 \cdot 10^{-9} \text{ C}$ βρίσκεται στη θέση $x = 0$ ημάξονα ΟΧ. Στη θέση $x_1 = 4 \text{ m}$ βρίσκεται ηλεκτρικό φορτίο $q_2 = +16 \cdot 10^{-9} \text{ C}$ (Εικ. 12).

1. Να βρεθεί η ένταση του πεδίου που δημιουργείται από τα δύο φορτία:
 - (α) Στο σημείο (Σ) που βρίσκεται στη θέση $x = 6 \text{ m}$.
 - (β) Στο σημείο (Ρ) που βρίσκεται στη θέση $x = 2 \text{ m}$.



Εικόνα 3-12.

32

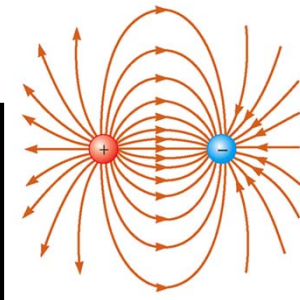
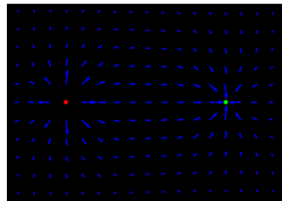
(c) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός - Π/Η (Φ5c)

19-Σεπ-14

Σχολικό βιβλίο: σελ 82 – 88 (§3.2)

Μορφές πεδίων (δίπολο)

- Το **ηλεκτρικό δίπολο** αποτελείται από ένα θετικό και ένα αρνητικό φορτίο, ίσα κατ' απόλυτη τιμή.



33

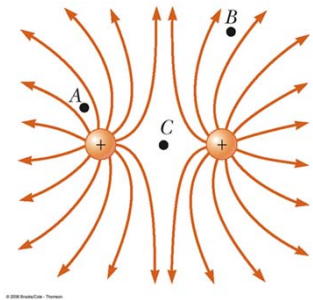
(c) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός - Π/Η (Φ5c)

19-Σεπ-14

Σχολικό βιβλίο: σελ 82 – 88 (§3.2)

Μορφές πεδίων (2 όμοια φορτία)

- Ποια μορφή θα έχει το πεδίο αν τα δυο φορτία ήταν αρνητικά?



34

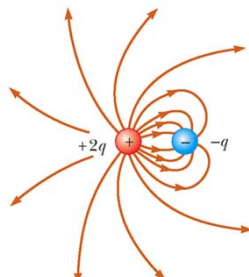
(c) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός - Π/Η (Φ5c)

19-Σεπ-14

Σχολικό βιβλίο: σελ 82 – 88 (§3.2)

Μορφές πεδίων (2 ανόμοια φορτία)

- Για κάθε μια δυναμική γραμμή στο $-q$ ξεκινάνε δυο από το $+q$ που είναι μεγαλύτερο (κατ' απόλυτη τιμή).
- Πως θα ήταν το πεδίο αν το αρνητικό φορτίο ήταν το μεγαλύτερο (κατ' απόλυτη τιμή)?



35

(c) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός - Π/Η (Φ5c)

19-Σεπ-14

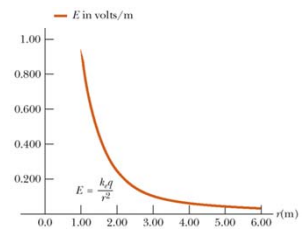
Σχολικό βιβλίο: σελ 82 – 88 (§3.2)

Πεδίο Coulomb

- Για το πεδίο Coulomb είδαμε πως ισχύει η σχέση

$$E = k_C \frac{|Q|}{r^2}$$

- Δλδ η ένταση του πεδίου είναι αντιστρόφως ανάλογη της απόστασης.



36

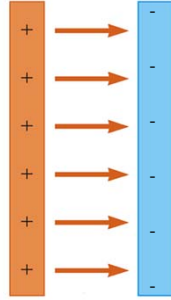
(c) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός - Π/Η (Φ5c)

19-Σεπ-14

Σχολικό βιβλίο: σελ 82 – 88 (§3.2)

Ομογενές πεδίο

- Μια ιδιαίτερη μορφή πεδίου είναι το ομογενές πεδίο.
- **Ομογενές** ονομάζουμε το πεδίο, σε κάθε σημείο του οποίου η ένταση είναι ακριβώς η ίδια (κατά μέτρο και κατεύθυνση).
- παριστάνεται με δυναμικές γραμμές οι οποίες είναι:
 - παράλληλες
 - ισαπέχουσες



37

(α) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός – Ρ/Η (ΗΣ)

19-Σεπ-14

Σχολικό βιβλίο: σελ 82 – 88 (§3.2)

Ερωτήσεις – Ασκήσεις – Προβλήματα

- Σελίδα 111 – 114:
 - 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 22, 23
- Σελίδα 119 – 120:
 - 7, 8, 9, 10, 11

38

(ε) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου

19-Σεπ-14