



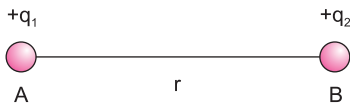
## Απάντηση σε ερωτήσεις

**5.14** Ποια είναι η σχέση μεταξύ της ηλεκτρικής δύναμης και της απόστασης;

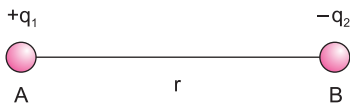
**5.15** Ποια είναι η σχέση ανάμεσα στην ηλεκτρική δύναμη και στο ηλεκτρικό φορτίο;

**5.16** Να διατυπώσεις το νόμο του Κουλόμπ.

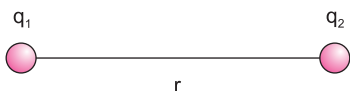
**5.17** Τα όμοια σημειακά ηλεκτρικά φορτία  $+q_1$  και  $+q_2$  βρίσκονται σε απόσταση  $r$  μεταξύ τους. Να σχεδιάσεις τις ηλεκτρικές δυνάμεις με τις οποίες αλληλεπιδρούν.



**5.18** Τα αντίθετα σημειακά φορτία  $+q_1$  και  $-q_2$  βρίσκονται σε απόσταση  $r$  μεταξύ τους. Να σχεδιάσεις τις ηλεκτρικές δυνάμεις με τις οποίες αλληλεπιδρούν.



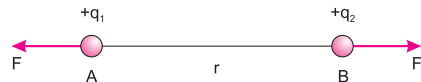
**5.19** Τα σημειακά ηλεκτρικά φορτία  $q_1$  και  $q_2$  απέχουν μεταξύ τους απόσταση  $r$ .



Αν διπλασιάσουμε την απόσταση διατηρώντας σταθερά τα φορτία, οι ηλεκτρικές δυνάμεις που ανταλλάσσουν:

- (α) Θα διπλασιαστούν και αυτές.
  - (β) Θα τετραπλασιαστούν.
  - (γ) Θα παραμείνουν ίδιες.
  - (δ) Θα υποτετραπλασιαστούν.
- Ποια είναι η σωστή απάντηση;

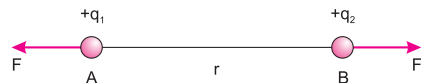
**5.20** Αν αντικαταστήσουμε το φορτίο  $+q_2$  του σχήματος με ένα άλλο διπλάσιο ( $+2q_2$ ) διατηρώντας σταθερά το φορτίο  $+q_1$  και την απόσταση  $r$ , τότε οι ηλεκτρικές δυνάμεις  $F$  θα γίνουν:



- (α)  $\frac{F}{2}$ .
- (β)  $\frac{F}{4}$ .
- (γ)  $2F$ .
- (δ)  $4F$ .

Ποια είναι η σωστή απάντηση;

**5.21** Αν διπλασιάσουμε ταυτόχρονα το φορτίο  $q_1$ , το φορτίο  $q_2$  και την απόσταση  $r$ , οι ηλεκτρικές δυνάμεις  $F$  θα γίνουν:



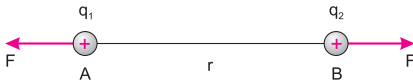
- (α)  $4F$ .
- (β)  $16F$ .
- (γ)  $\frac{F}{16}$ .
- (δ) Δε θα μεταβληθούν.

Ποια είναι η σωστή απάντηση;

**5.22** Να χαρακτηρίσεις καθεμία από τις προτάσεις που ακολουθούν ως σωστή (Σ) ή ως λανθασμένη (Λ).

- (α) Η ηλεκτρική σταθερά  $K$  εξαρτάται από το υλικό μέσα στο οποίο βρίσκονται τα φορτισμένα σώματα.
- (β) Η σταθερά  $K$  έχει πάντοτε την ίδια τιμή, ανεξάρτητα από το σύστημα μονάδων που χρησιμοποιούμε.
- (γ) Η ηλεκτρική δύναμη είναι μονόμετρο μέγεθος.
- (δ) Οι ηλεκτρικές δυνάμεις παίζουν κυρίαρχο ρόλο στο σχηματισμό των ατόμων.

**5.23** Τα φορτία  $q_1$  και  $q_2$  απέχουν απόσταση  $r$  και αλληλεπιδρούν με τις ηλεκτρικές δυνάμεις  $F$ .



Με βάση αυτό να αντιστοιχίσεις κάθε στοιχείο της στήλης 1 του πίνακα που ακολουθεί με το κατάλληλο στοιχείο από τη στήλη 2.

	ΣΤΗΛΗ 1		ΣΤΗΛΗ 2
	Ηλεκτρικά φορτία		Δυνάμεις με τις οποίες αλληλεπιδρούν
1.	$q_1' = q_1$ $q_2' = 2q_2$	α.	$F$
2.	$q_1' = q_2$ $q_2' = q_1$	β.	$\frac{F}{2}$
3.	$q_1' = \frac{q_1}{2}$ $q_2' = q_2$	γ.	$2F$
		δ.	$4F$

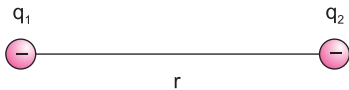
Γράψε στα κουτάκια τους σωστούς συνδυασμούς.

**5.24** Με τη βοήθεια του νόμου του Κουλόμπ να αποδείξεις ότι η μονάδα της ηλεκτρικής σταθεράς αναλογίας  $K$  είναι το  $1 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$ .



## Λύσε ασκήσεις

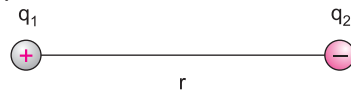
**5.25** Τα σημειακά ηλεκτρικά φορτία  $q_1 = -8 \mu C$  και  $q_2 = -2 \mu C$  του σχήματος απέχουν μεταξύ τους απόσταση  $r = 4 \text{ cm}$ .



- (α) Να σχεδιάσεις τις ηλεκτρικές δυνάμεις με τις οποίες αλληλεπιδρούν.
- (β) Να υπολογίσεις τα μέτρα αυτών των δυνάμεων.

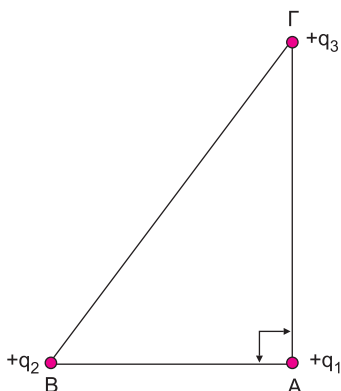
(Δίνεται ότι  $K = 9 \cdot 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$ .)

**5.26** Τα σημειακά ηλεκτρικά φορτία  $q_1 = +4 \mu C$  και  $q_2 = -2 \mu C$  βρίσκονται σε απόσταση  $r$  μεταξύ τους και έλκονται με ηλεκτρικές δυνάμεις μέτρου  $F = 45 \text{ N}$  η καθεμία.



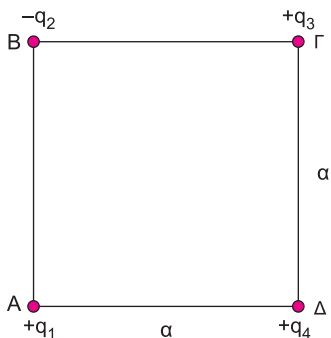
Αν  $K = 9 \cdot 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$ , να υπολογίσεις την απόσταση  $r$  ανάμεσα στα φορτία.

**5.27** Στις κορυφές A, B και Γ του ορθογώνιου τριγώνου ABΓ βρίσκονται τα σημειακά ηλεκτρικά φορτία  $+q_1$ ,  $+q_2$  και  $+q_3$  όπως φαίνονται στο σχήμα.



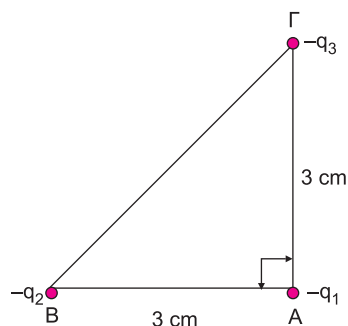
Να σχεδιάσεις τις δυνάμεις που δέχεται το φορτίο  $+q_1$  της κορυφής A από τα άλλα δύο ηλεκτρικά φορτία.

**5.28** Στις κορυφές A, B, Γ και Δ του τετραγώνου ABΓΔ βρίσκονται τα σημειακά ηλεκτρικά φορτία  $+q_1$ ,  $-q_2$ ,  $+q_3$  και  $+q_4$  αντίστοιχα.



Να σχεδιάσεις τις δυνάμεις που δέχεται το φορτίο  $+q_4$  της κορυφής Δ από τα άλλα ηλεκτρικά φορτία.

**5.29** Στις κορυφές A, B και Γ του ορθογώνιου τριγώνου ABΓ βρίσκονται τα σημειακά ηλεκτρικά φορτία  $q_1 = -1 \mu\text{C}$ ,  $q_2 = -3 \mu\text{C}$  και  $q_3 = -4 \mu\text{C}$  αντίστοιχα. Η πλευρά AB έχει μήκος 3 cm και η πλευρά ΑΓ = 3 cm.



- (α) Να σχεδιάσεις τις δυνάμεις που δέχεται το φορτίο  $-q_1$  της κορυφής A από τα άλλα δύο ηλεκτρικά φορτία.
- (β) Αν  $K = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}$ , να υπολογίσεις τα μέτρα αυτών των δυνάμεων.
- (γ) Να υπολογίσεις το μέτρο  $F_{\text{ολ}}$  της συνισταμένης των παραπάνω δυνάμεων.

(β) Δες πάλι το παράδειγμα 4.16. Ισχύει:

$$q_{\rho_{\text{τελ}}} + q_{\sigma\phi} = q_{\rho_{\text{αρχ}}} \quad \text{ή} \quad +2 \text{ nC} + q_{\sigma\phi} = +3 \text{ nC} \quad \text{ή} \quad q_{\sigma\phi} = 3 \text{ nC} - 2 \text{ nC} \quad \text{ή} \quad q_{\sigma\phi} = +1 \text{ nC}.$$

**4.37 (α)** Θα μετακινηθούν κάποια ηλεκτρόνια από την αρχικά αρνητικά φορτισμένη πλαστική ράβδο προς την αρχικά ουδέτερη μεταλλική σφαίρα. Έτσι θα φορτιστεί αρνητικά και η σφαίρα.

(β) Ισχύει ότι:  $q_{\rho_{\text{τελ}}} + q_{\sigma\phi} = q_{\rho_{\text{αρχ}}}$  (1)

Αλλά  $q_{\rho_{\text{τελ}}} = 2q_{\sigma\phi}$ , οπότε η σχέση (1) γίνεται:

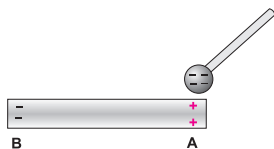
$$q_{\rho_{\text{τελ}}} + q_{\sigma\phi} = q_{\rho_{\text{αρχ}}} \quad \text{ή} \quad 3q_{\sigma\phi} = q_{\rho_{\text{αρχ}}} \quad \text{ή}$$

$$q_{\sigma\phi} = \frac{q_{\rho_{\text{αρχ}}}}{3} = \frac{-3 \text{ nC}}{3} \quad \text{ή} \quad q_{\sigma\phi} = -1 \text{ nC}.$$

Έτσι ισχύει ότι και  $q_{\rho_{\text{τελ}}} = 2q_{\sigma\phi} = -2 \text{ nC}$ .

## Κριτήριο αξιολόγησης

1. Δες σελίδα 41.
2. Δες την ερώτηση εμβάθυνσης 4.2.
3. (α)



Ελεύθερα ηλεκτρόνια της ράβδου θα απωθηθούν προς το άκρο της Β. Έτσι, σε αυτό το άκρο θα δημιουργηθεί περίσσεια ηλεκτρονίων και θα αποκτήσει αρνητικό φορτίο.

Αντίθετα, το άκρο Α θα αποκτήσει θετικό φορτίο, εφόσον εκεί δημιουργείται έλλειμμα ηλεκτρονίων.

(β) Η ράβδος ούτε απέβαλε αλλά ούτε και προσέλαβε ηλεκτρόνια. Ανακατανομή της πυκνότητάς τους δημιουργήθηκε πάνω στη ράβδο. Επομένως το ολικό ηλεκτρικό φορτίο της ράβδου ΑΒ είναι ίσο με μηδέν.

(γ) Η ράβδος ΑΒ δεν είναι φορτισμένη. Είναι απλά ηλεκτρισμένη.

(δ) Αν απομακρύνουμε την αρνητικά φορτισμένη σφαίρα από τη ράβδο, τα ηλεκτρόνια της θα ανακατανομηθούν ομοιόμορφα και θα είναι μηδέν το ηλεκτρικό φορτίο σε κάθε περιοχή της.

**4. (α)** Όπως στην άσκηση 4.37.

(β) Ισχύει ότι:  $q_{\rho_{\text{τελ}}} + q_{\sigma\phi} = q_{\rho_{\text{αρχ}}}$  ή

$$-3,2 \text{ nC} + q_{\sigma\phi} = -4,8 \text{ nC} \quad \text{ή} \quad q_{\sigma\phi} = -1,6 \text{ nC}.$$

(γ)  $q_{\sigma\phi} = N \cdot e$ , όπου Ν είναι το πλήθος των ηλεκτρονίων που κινήθηκαν προς τη σφαίρα.

$$\text{Έτσι: } N = \frac{q_{\sigma\phi}}{e} \quad \text{ή} \quad N = \frac{1,6 \text{ nC}}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}} \quad \text{ή}$$

$$N = \frac{1,6 \cdot 10^{-9} \text{ C}}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}} = 10^{-9 - (-19)} \quad \text{ή} \quad N = 10^{10}$$

ηλεκτρόνια.

## 5. Νόμος του Κουλόμπ

**5.5** αντιστρόφως ανάλογη, τετράγωνο.

**5.6** αλληλεπιδρούν, ανάλογη, ηλεκτρικό φορτίο, γινόμενο, απόσταση.

**5.7** μέτρο, ανάλογο, γινομένου, αντιστρόφως, τετραγώνου, απόστασης,  $K \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$ .

**5.8** αναλογίας, υλικό, φορτισμένα, σύστημα.

**5.9** ευθεία.

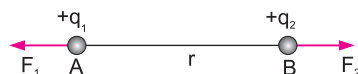
**5.10** ελκτική, απωστική.

**5.14** Δες σελίδα 51.

**5.15** Δες σελίδα 51.

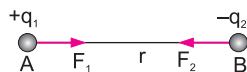
**5.16** Δες σελίδα 52.

**5.17** Εφόσον τα σημειακά φορτία είναι όμοια (ομώνυμα), απωθούνται.



(Κατά μέτρο ισχύει ότι:  $F_1 = F_2$ .)

**5.18** Εφόσον τα σημειακά φορτία είναι αντίθετα (ετερώνυμα), έλκονται.



(Κατά μέτρο ισχύει ότι:  $F_1 = F_2$ .)

**5.19** Ισχύει ότι:

$$F_{\alpha\rho\chi} = K \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2} \quad (1)$$

$$F_{\text{τελ}} = K \frac{q_1 \cdot q_2}{(2r)^2} = K \frac{q_1 \cdot q_2}{4r^2} \quad \text{ή}$$

$$F_{\text{τελ}} = \frac{1}{4} K \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2} \quad \text{και λόγω της σχέσης (1)}$$

$$F_{\text{τελ}} = \frac{1}{4} F_{\alpha\rho\chi} = \frac{F_{\alpha\rho\chi}}{4}.$$

Δηλαδή το μέτρο των ηλεκτρικών δυνάμεων

που ανταλλάσσουν τα φορτία υποτετραπλασιάζεται. Σωστή είναι η πρόταση **δ**.

**5.20**  $F_{\tau\epsilon\lambda} = K \frac{q_1 \cdot (2q_2)}{r^2} = 2 \cdot K \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$  ή  $F_{\tau\epsilon\lambda} = 2F$ .

Επομένως σωστή είναι η πρόταση **γ**.

**5.21**  $F_{\tau\epsilon\lambda} = K \frac{(2q_1) \cdot (2q_2)}{(2r)^2} = K \frac{4q_1 \cdot q_2}{4r^2}$  ή

$F_{\tau\epsilon\lambda} = F$ .

Επομένως οι ηλεκτρικές δυνάμεις δε θα μεταβληθούν. Σωστή είναι η πρόταση **δ**.

**5.22** α. Σ, β. Λ, γ. Λ, δ. Σ.

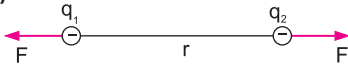
**5.23** 1γ, 2α, 3β.

**5.24**  $F = K \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$  ή  $F \cdot r^2 = K \cdot q_1 \cdot q_2$  ή

$K = \frac{F \cdot r^2}{q_1 \cdot q_2}$ , οπότε:

Μονάδα  $K = 1 \frac{N \cdot m^2}{C \cdot C} = 1 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$ .

**5.25** (α)



(β)  $F = K \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$  ή  
 $F = 9 \cdot 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2} \cdot \frac{8 \cdot 10^{-6} C \cdot 2 \cdot 10^{-6} C}{(4 \cdot 10^{-2})^2 m^2}$  ή

$F = 9 \cdot 10^9 \frac{16 \cdot 10^{-12}}{16 \cdot 10^{-4}} N$  ή

$F = 9 \cdot \frac{10^{-3}}{10^{-4}} N$  ή

$F = 9 \cdot 10^{-3 - (-4)} N = 9 \cdot 10^{-3 + 4} N$  ή

$F = 90 N$ .

(1  $\mu C = 10^{-6} C$ , 1 cm =  $10^{-2} m$ .)

**5.26** Μετατροπές στο S.I.

•  $q_1 = +4 \mu C = +4 \cdot 10^{-6} C$ .

•  $q_2 = -2 \mu C = -2 \cdot 10^{-6} C$ .

Στη συνέχεια εφαρμόζουμε το νόμο του Κουλόμπ και λύνουμε ως προς r:

$F = K \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$  ή  $F \cdot r^2 = K \cdot q_1 \cdot q_2$  ή

$r^2 = K \frac{q_1 \cdot q_2}{F}$  ή  $r = \sqrt{\frac{K \cdot q_1 \cdot q_2}{F}}$ .

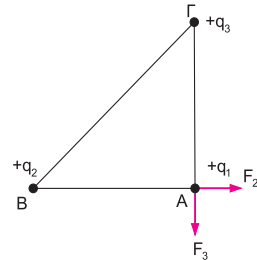
Αντικατάσταση:

$r = \sqrt{\frac{9 \cdot 10^9 \cdot 4 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 10^{-6}}{45}} m$  ή

$r = \sqrt{1,6 \cdot 10^{-3}} m = \sqrt{16 \cdot 10^{-4}} m$  ή

$r = 4 \cdot 10^{-2} m$  ή  $r = 4 cm$ .

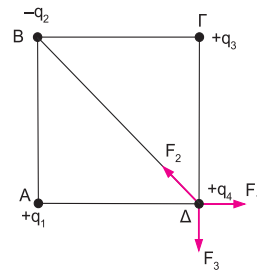
**5.27**



• Το φορτίο  $+q_1$  απωθείται από το φορτίο  $+q_2$  της κορυφής B με τη δύναμη  $\vec{F}_2$ .

• Το φορτίο  $+q_1$  απωθείται από το φορτίο  $+q_3$  της κορυφής Γ με τη δύναμη  $\vec{F}_3$ .

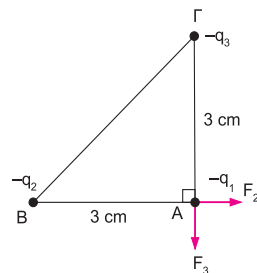
**5.28**



Το φορτίο  $+q_4$  της κορυφής Δ απωθείται από τα φορτία  $+q_1$  και  $+q_3$ .

Αντίθετα, έλκεται από το φορτίο  $-q_2$  της κορυφής B.

**5.29** (α)



(β) Μετατροπές στο S.I.

•  $q_1 = -1 \mu C = -1 \cdot 10^{-6} C$ .

•  $q_2 = -3 \mu C = -3 \cdot 10^{-6} C$ .

•  $q_3 = -4 \mu C = -4 \cdot 10^{-6} C$ .

• (AB) = 3 cm =  $3 \cdot 10^{-2} m$  = (AG).

Μέτρο της  $\vec{F}_2$

$F_2 = K \frac{q_1 \cdot q_2}{(AB)^2} =$

$= 9 \cdot 10^9 \frac{1 \cdot 10^{-6} \cdot 3 \cdot 10^{-6}}{(3 \cdot 10^{-2})^2} N$  ή

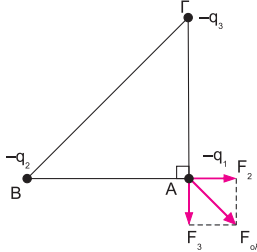
$F_2 = 3 \cdot 10^1 N$  ή  $F_2 = 30 N$ .

Μέτρο της  $\vec{F}_3$

$$F_3 = K \frac{q_1 \cdot q_3}{(AF)^2} = 9 \cdot 10^9 \frac{1 \cdot 10^{-6} \cdot 4 \cdot 10^{-6}}{(3 \cdot 10^{-2})^2} \text{ N} \quad \text{ή}$$

$$F_3 = 4 \cdot 10^1 \text{ N} \quad \text{ή} \quad F_3 = 40 \text{ N.}$$

(γ) Μέτρο της  $\vec{F}_{ολ}$



$$F_{ολ}^2 = F_2^2 + F_3^2 \quad \text{ή}$$

$$F_{ολ}^2 = 30^2 \text{ N}^2 + 40^2 \text{ N}^2 \quad \text{ή}$$

$$F_{ολ}^2 = (900 + 1.600) \text{ N}^2 \quad \text{ή}$$

$$F_{ολ}^2 = 2.500 \text{ N}^2 \quad \text{ή}$$

$$F_{ολ}^2 = \sqrt{2.500 \text{ N}^2} \quad \text{ή}$$

$$F_{ολ} = 50 \text{ N.}$$

## Κριτήριο αξιολόγησης

1. Δες σελίδα 52.

2.  $F_{τελ} = K \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$  ή

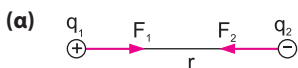
$$F_{τελ} = K \frac{(2q_1) \cdot (2q_2)}{r^2} \quad \text{ή}$$

$$F_{τελ} = 4 \cdot K \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2} \quad \text{ή}$$

$$F_{τελ} = 4F.$$

Επομένως σωστή είναι η πρόταση γ.

3.



Τα φορτία  $q_1$  και  $q_2$  είναι αντίθετα (ετερόνυμα), οπότε έλκονται. (Οι δυνάμεις  $\vec{F}_1$  και  $\vec{F}_2$  έχουν ίσα μέτρα.)

(β) Οι δυνάμεις  $\vec{F}_1$  και  $\vec{F}_2$  ασκούνται σε διαφορετικά σώματα, στο φορτίο  $q_1$  η  $\vec{F}_1$  και στο φορτίο  $q_2$  η  $\vec{F}_2$ . Επομένως δεν έχει νόημα να μιλάμε για τη συνισταμένη τους.

4. Μετατροπές στο S.I.

$$q_1 = +1 \mu\text{C} = +1 \cdot 10^{-6} \text{ C.}$$

$$r = 3 \text{ cm} = 3 \cdot 10^{-2} \text{ m.}$$

Στη συνέχεια θα εφαρμόσουμε το νόμο του Κουλόμπ και θα λύσουμε ως προς το φορτίο  $q_2$ .

Έχουμε:

$$F = K \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2} \quad \text{ή}$$

$$F \cdot r^2 = K \cdot q_1 \cdot q_2 \quad \text{ή}$$

$$q_2 = \frac{F \cdot r^2}{K \cdot q_1}$$

Αντικατάσταση:

$$q_2 = \frac{10 \cdot (3 \cdot 10^{-2})^2}{9 \cdot 10^9 \cdot 1 \cdot 10^{-6}} \text{ C} \quad \text{ή}$$

$$q_2 = \frac{10 \cdot 9 \cdot 10^{-4}}{9 \cdot 10^3} \quad \text{ή}$$

$$q_2 = 10^{-6} \text{ C} \quad \text{ή} \quad q_2 = 1 \mu\text{C.}$$

## 6. Το ηλεκτρικό πεδίο

6.4 φορτισμένο, ηλεκτρικές.

6.5 πεδίο, ηλεκτρικές, φορτισμένο.

6.6 ηλεκτρικών πεδίων.

6.7 δύναμη, θετικό, 1 C.

6.8 γραμμές, οπτική, ηλεκτρικού.

6.9 σημείο, συμπίπτει, διεύθυνση.

6.10 πυκνότητα, πεδίου, ισχυρό.

6.11 δυναμικές, γραμμές, παράλληλες, δύναμη, οποιοδήποτε, σταθερή.

6.12 ενέργεια, ενέργεια, αποθηκευμένη, φορτισμένο.

6.13 Μία περιοχή του χώρου ονομάζεται ηλεκτρικό πεδίο, αν ασκούνται ηλεκτρικές δυνάμεις σε κάθε φορτισμένο σώμα που φέρνουμε μέσα σ' αυτή.

6.14 Σωστή είναι η πρόταση δ.

6.15 α. Σ, β. Λ, γ. Σ, δ. Σ.

6.16 Η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου συνδέεται με τη δύναμη που ασκείται από το πεδίο σε θετικό ηλεκτρικό φορτίο 1 C.

6.17 α. Σ, β. Λ, γ. Λ, δ. Λ.

6.18 Ο ισχυρισμός αυτός είναι σωστός, γιατί η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου συνδέεται με τη δύναμη που ασκείται από το πεδίο σε θετικό ηλεκτρικό φορτίο 1 C και, βέβαια, το 1 C είναι η μονάδα θετικού ηλεκτρικού φορτίου.