



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

ΑΝΟΙΚΤΑ ακαδημαϊκά
μαθήματα ΠΠ

Φυσική II

Ενότητα 2: Ηλεκτρικό πεδίο

Κουζούδης Δημήτρης

Πολυτεχνική Σχολή

Τμήμα Χημικών Μηχανικών

Σκοποί ενότητας

- Εισαγωγή στην έννοια του ηλεκτρικού πεδίου
- Ηλεκτρικό πεδίο φορτισμένης πηγής
- Ορισμός έντασης ηλεκτρικού πεδίου και μονάδες
- Υπολογισμός έντασης ηλεκτρικού πεδίου σε απλές συμμετρικές γεωμετρίες
 - Σημείο
 - Γραμμή
 - Επιφάνεια
- Παραδείγματα ήδη υπολογισμένων εντάσεων ηλεκτρικών πεδίων για πιο σύνθετες γεωμετρίες



Περιεχόμενα ενότητας

- Η έννοια του πεδίου
- Ηλεκτρικό πεδίο
 - Παραδείγματα
- Υπολογισμός έντασης ηλεκτρικού πεδίου
 - A) Σημειακή πηγή
 - B) Φορτισμένη γραμμή
 - Γ) Φορτισμένο φύλλο
 - Παράδειγμα
- Υπολογισμένες εντάσεις ηλεκτρικού πεδίου



Ηλεκτρικό πεδίο

Η έννοια του πεδίου

- Ιδιότητα του χώρου σε κάποιο σημείο
- Οφείλεται στην «πηγή»
 - Ακουστικό πεδίο
 - Φωτεινό πεδίο
 - Βαρυτικό πεδίο



•
Σημείο Α



•
Σημείο Α



•
Σημείο Α



Ηλεκτρικό πεδίο

- Φορτισμένη πηγή – ασκεί δύναμη εντός πεδίου της
- Ένταση ηλεκτρικού πεδίου
- Μονάδες: N/C
- Φορά πεδίου – αναλόγως φορτίου πηγής
 - Αρνητικό: προς την πηγή – Θετικό: αντίθετα από πηγή
- Φορά δύναμης – αναλόγως φορτίου σημείου
 - Αρνητικό: αντίθετα πεδίου – Θετικό: όπως πεδίο

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

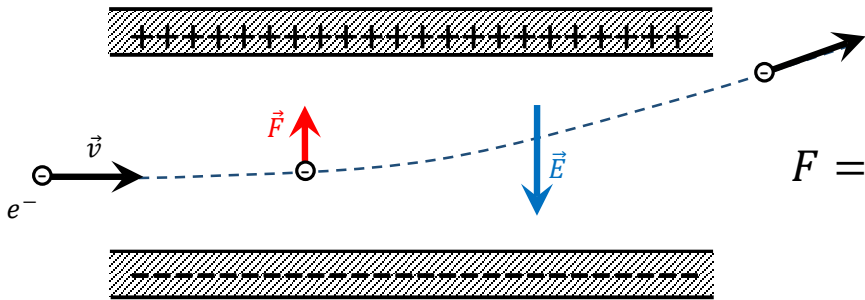


Φορτισμένο
επίπεδο (πηγή)



Παράδειγμα 1

Το ηλεκτρικό πεδίο μεταξύ των δυο αντίθετα φορτισμένων πλακών του παρακάτω σχήματος είναι σταθερό με ένταση 5×10^4 N/C προς τα κάτω. Ποιο είναι το μέγεθος και η φορά της ηλεκτρικής δύναμης που ασκείται σε ένα ηλεκτρόνιο το οποίο εισέρχεται οριζόντια μεταξύ των πλακών;



$$F = |q|E = 1.6 \times 10^{-19} \times 5 \times 10^4 = 8.0 \times 10^{-15} \text{ N}$$

Φορά της F : αφού αρνητικό φορτίο, αντίθετη από το E



Παραδείγματα

2. Ένα σημειακό φορτίο $+2 \mu\text{C}$ τοποθετείται σε ένα σημείο P μέσα σε ηλεκτρικό πεδίο και του ασκείται μια δύναμη $8 \times 10^{-4} \text{ N}$ προς τα κάτω. Ποια είναι η φορά και το μέτρο του ηλεκτρικού πεδίου σε αυτό το σημείο;

$$E = \frac{F}{|q|} = \frac{8 \times 10^{-4}}{2 \times 10^{-6}} = 400 \text{ N/C}$$

Αφού το φορτίο είναι θετικό, η φορά του πεδίου είναι η φορά της δύναμης

3. Ένα σημειακό φορτίο -5 nC τοποθετείται στο ίδιο σημείο P του προηγούμενου προβλήματος. Ποια είναι η φορά και το μέτρο της δύναμης σε αυτό το φορτίο των -5 nC ;

$$F' = |q'|E = 5 \times 10^{-9} \times 400 = 2 \times 10^{-6} \text{ N}$$

Αφού το φορτίο είναι αρνητικό, η δύναμη έχει αντίθετη φορά από το πεδίο, δηλαδή προς τα πάνω. (Η φορά του πεδίου εξαρτάται μόνο από την πηγή.)



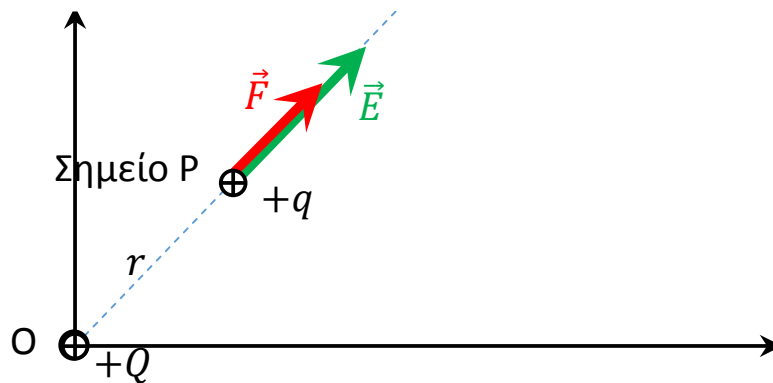
Υπολογισμός έντασης ηλεκτρικού πεδίου

A) Σημειακή πηγή

– N. Coulomb: $F = k \frac{|Q||q|}{r^2}$

– Ορισμός έντασης: $E = \frac{F}{|q|}$

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



Υπολογισμός έντασης ηλεκτρικού πεδίου

B) Φορτισμένη γραμμή απείρου μήκους

- Γραμμική πυκνότητα φορτίου, λ
- Απόσταση ρ από γραμμή
- Απειροστά τμήματα μήκος dz
- Ολοκλήρωση σε όλη τη γραμμή

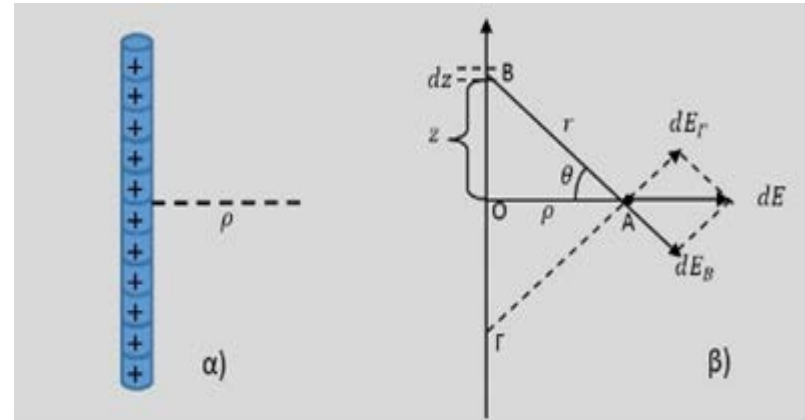
- $E = \int_{\Gamma} dE_B \cos\theta = k\lambda \int_{\Gamma} \frac{dz}{r^2} \cos\theta$

- $dz = \frac{\rho}{\cos^2\theta} d\theta$

- $r = \rho / \cos\theta$



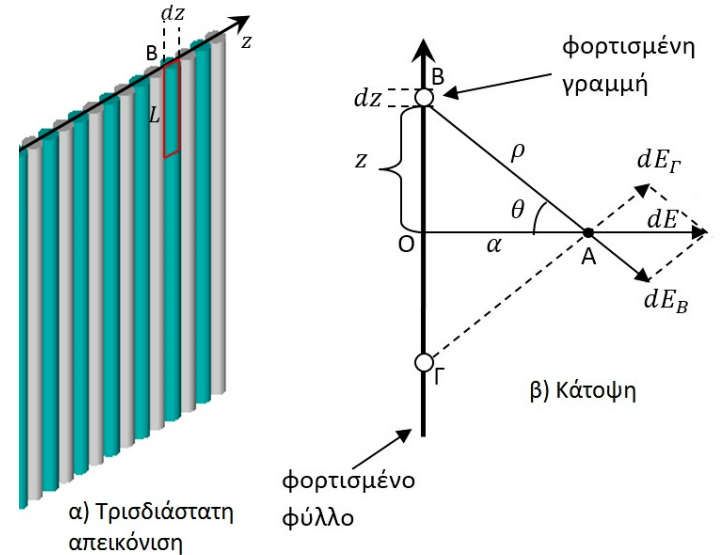
$$E = \frac{2k\lambda}{\rho}$$



Υπολογισμός έντασης ηλεκτρικού πεδίου

Γ) Φορτισμένο φύλλο απείρων διαστάσεων και αμελητέου πάχους

- Επιφανειακή πυκνότητα φορτίου, σ
- Λωρίδες απειροστού πάχους, $dz \rightarrow$ γραμμές φορτίου με γραμμική πυκνότητα $d\lambda = dq/L = \sigma dz$



- Απόσταση α από φύλλο
- Ολοκλήρωση σε όλο το φύλλο

$$\bullet \quad E = \int_{\theta=-\pi/2}^{\pi/2} dE_B \cos\theta = 2k\sigma \int_{\theta=-\pi/2}^{\pi/2} \frac{\cos\theta}{\rho} dz$$

$$\bullet \quad \alpha = \rho \cos\theta$$

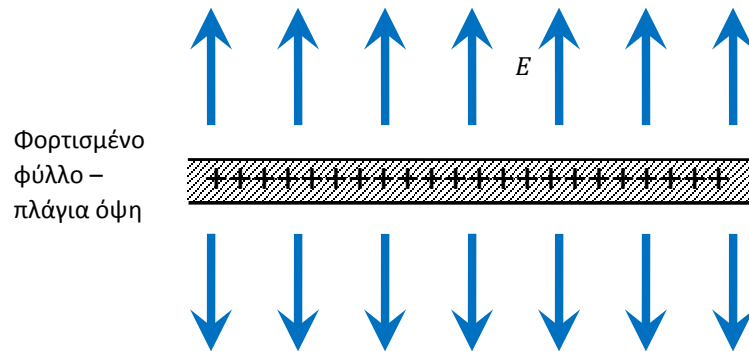
$$\bullet \quad dz = \alpha d\theta / \cos^2 \theta$$

$$E = 2k\pi\sigma$$



Παράδειγμα 4

Ένα φορτισμένο φύλλο διαστάσεων 6 cm×5 cm έχει φορτίο +12μC. Βρείτε το ηλεκτρικό πεδίο σε απόσταση 2 mm από το φύλλο.



Αφού $2\text{mm} \ll 5\text{cm}$ θεωρώ ότι το φύλλο είναι απείρων διαστάσεων

$$E = \frac{1}{2\epsilon_0} \frac{Q}{A}$$

$$A = 0.06 \times 0.05 = 3 \times 10^{-3} \text{m}^2$$

$$Q = 12 \times 10^{-6} \text{C},$$

$$\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}$$

Διηλεκτρική σταθερά του κενού

$$\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi k}$$

$$E = \frac{1}{2 \times 8.85 \times 10^{-12}} \times \frac{12 \times 10^{-6}}{3 \times 10^{-3}} = 2.25 \times 10^8 \text{ N/C}$$

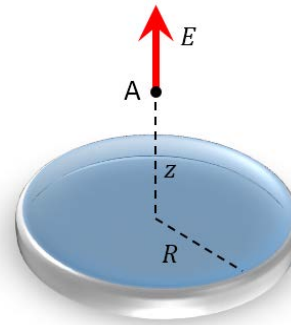
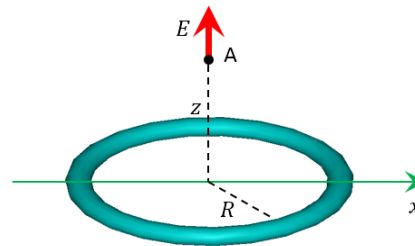


Υπολογισμένες εντάσεις ηλεκτρικού πεδίου

Περιγραφή

- Λεπτή ράβδος μεταξύ $x = a$ και b , γραμμική πυκνότητα φορτίου λ , πεδίο στο $x = 0$.
- Λεπτός δακτύλιος ακτίνας R , φορτίο Q , πεδίο στη μεσοκάθετο, ύψος z
- Λεπτός δίσκος ακτίνας R , φορτίο Q , πεδίο στη μεσοκάθετο, ύψος z

Σχήμα



Πεδίο E

$$k\lambda \left(\frac{1}{\alpha} - \frac{1}{\beta} \right)$$

$$\frac{kQz}{(z^2 + R^2)^{3/2}}$$

$$\frac{2kQ}{R^2} \left(1 - \frac{z}{\sqrt{z^2 + R^2}} \right)$$

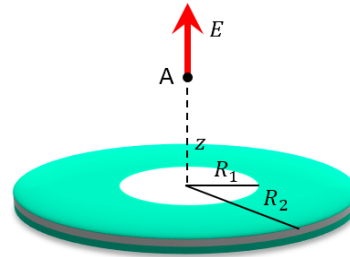


Υπολογισμένες εντάσεις ηλεκτρικού πεδίου

Περιγραφή

- Δακτύλιος, ακτίνες R_1 , R_2 , φορτίο Q , πεδίο στη μεσοκάθετο, ύψος z

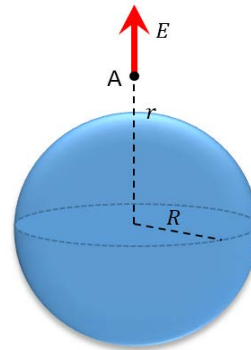
Σχήμα



Πεδίο E

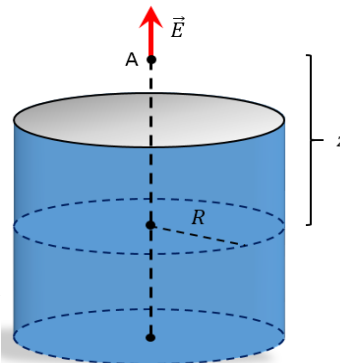
$$\frac{2kQ}{\pi(R_2^2 - R_1^2)} \times \left(\frac{z}{\sqrt{z^2 + R_1^2}} - \frac{z}{\sqrt{z^2 + R_2^2}} \right)$$

- Συμπαγής σφαίρα ακτίνας R , φορτίο Q στον όγκο της, πεδίο σε απόσταση $r > R$



$$k \frac{Q}{R^2}$$

- Σωλήνας ακτίνας R , μήκους L φορτίο Q στην επιφάνεια, πεδίο σε απόσταση z



$$\frac{kQ}{3L} \left[\frac{1}{\sqrt{(z - L/2)^2 + R^2}} - \frac{1}{\sqrt{(z + L/2)^2 + R^2}} \right]$$



Βιβλιογραφία

- Serway R. A., Jewett J. W., 2013, *Φυσική για επιστήμονες και μηχανικούς : ηλεκτρισμός και μαγνητισμός, φώς και οπτική, σύγχρονη φυσική*, Κλειδάριθμος , Αθήνα
- Halliday D., Resnick R, 2009, *Φυσική: μέρος Β*, 4^η εκδ., Γ. & Α. Πνευματικός, Αθήνα
- Young H.D., Freedman R.A., 2010, *Πανεπιστημιακή φυσική με σύγχρονη φυσική, τ. 2: Ηλεκτρομαγνητισμός-Οπτική* , 2^η έκδ., Παπαζήσης , Αθήνα
- Pollack G.L., Stump D. R., 2002, *Electromagnetism*, Addison Wesley, San Francisco
- Hecht E.P., 1975, *Schaum's outline of theory and problems of optics*, McGraw-Hill Book Company, New York



Τέλος Ενότητας

Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αθηνών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Πανεπιστήμιο Πατρών

Δημήτριος Κουζούδης. «Φυσική II»

Έκδοση: 1.0. Πάτρα 2015

Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση:
<https://eclass.upatras.gr/courses/CMNG2165/>



Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά Δημιουργού-Μη Εμπορική Χρήση-Όχι Παράγωγα Έργα 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

- που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
- που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
- που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.