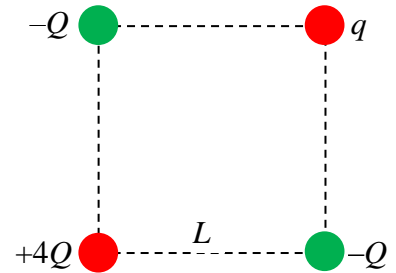


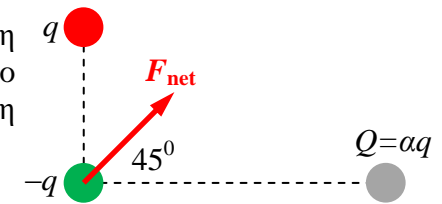
ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΠΕΔΙΟ

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

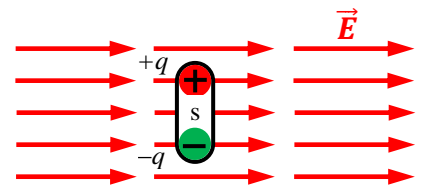
1. Το διπλανό σχήμα δείχνει τέσσερα ηλεκτρικά φορτία στις κορυφές ενός τετραγώνου που έχει πλευρά L . Να επιλέξετε ένα βολικό σύστημα συντεταγμένων και με βάση αυτό να βρείτε το διάνυσμα της δύναμης που ασκείται στο φορτίο q .



2. Το διπλανό σχήμα δείχνει τρία ηλεκτρικά φορτία και τη συνισταμένη δύναμη που ασκείται πάνω στο φορτίο $-q$. Το φορτίο Q είναι πολλαπλάσιο του q , δηλαδή $Q = \alpha q$. Ποια είναι η τιμή του α ;

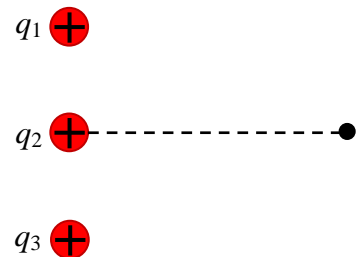


3. Ένα ηλεκτρικό δίπολο αποτελείται από δυο αντίθετα ηλεκτρικά φορτία $\pm q$ που απέχουν μεταξύ τους απόσταση s . Το γινόμενο $p = qs$ ονομάζεται ηλεκτρική διπολική ροπή. Το διπλανό σχήμα δείχνει το ηλεκτρικό δίπολο σε θέση κάθετη στις δυναμικές ενός ηλεκτρικού πεδίου \vec{E} . Να προσδιορίσετε τη ροπή που ασκεί το ηλεκτρικό πεδίο πάνω στο ηλεκτρικό δίπολο συναρτήσει των παραμέτρων p και E .



4. Ένα ηλεκτρικό φορτίο $q = -10,0 \text{ nC}$ είναι τοποθετημένο στη θέση $(x, y) = (2,0 \text{ cm}, 1,0 \text{ cm})$. Σε ποια θέση ή σε ποιες θέσεις (x, y) η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου είναι ίση με:
- $\vec{E} = -225000\hat{i} \text{ N/C}$
 - $\vec{E} = (161000\hat{i} - 80500\hat{j}) \text{ N/C}$
 - $\vec{E} = (28800\hat{i} + 21600\hat{j}) \text{ N/C}$

5. Τρία ηλεκτρικά φορτία $q_1 = q_2 = q_3 = 1,0 \text{ nC}$ είναι τοποθετημένα όπως δείχνει το διπλανό σχήμα. Η απόσταση του φορτίου q_2 από τα φορτία q_1 και q_3 είναι $1,0 \text{ cm}$. Κάθε ένα από τα φορτία αυτά δημιουργεί ένα ηλεκτρικό πεδίο σε ένα σημείο που βρίσκεται σε απόσταση $3,0 \text{ cm}$ μπροστά από το μεσαίο ηλεκτρικό φορτίο.

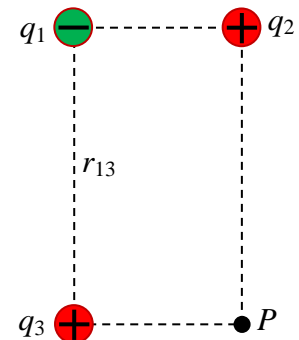


- Να υπολογίσετε τις εντάσεις \vec{E}_1 , \vec{E}_2 και \vec{E}_3 που δημιουργεί το κάθε ένα από τα φορτία q_1 , q_2 και q_3 στο σημείο A.
- Να υπολογίσετε τη συνισταμένη ένταση του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο A.

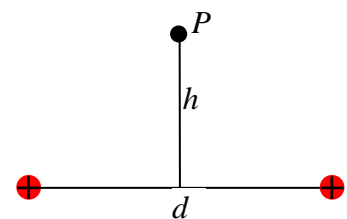
6. Ένα ηλεκτρικό πεδίο με ένταση $\vec{E} = 100000 \hat{i} \text{ N/C}$ εξαναγκάζει την σημειακή μάζα $5,0 \text{ g}$ ενός εκκρεμούς, η οποία είναι φορτισμένη με φορτίου q , να εκτραπεί κατά γωνία 20° . Να υπολογίσετε το φορτίο q της σημειακής μάζας.

7. Μια λεπτή ράβδος που έχει μήκος 10 cm και είναι ομοιόμορφα φορτισμένη με ηλεκτρικό φορτίο +10 nC είναι τοποθετημένη παράλληλα και σε απόσταση 4,0 cm από μια λεπτή πλαστική ράβδο που έχει μήκος 10 cm και η οποία είναι φορτισμένη με ηλεκτρικό φορτίο -10 nC. Να υπολογίσετε την ένταση του ηλεκτρικού πεδίου:
- Σε ένα σημείο που βρίσκεται πάνω στο ευθύγραμμο τμήμα που συνδέει τα μέσα των δυο ράβδων και απέχει από τη γυάλινη ράβδο 1,0cm.
 - Σε ένα σημείο που βρίσκεται πάνω στην ευθεία που συνδέει τα μέσα των δυο ράβδων και απέχει από τη γυάλινη ράβδο απόσταση 5,0 cm. Να εξετάσετε δυο περιπτώσεις.
8. Δυο κυκλικοί δίσκοι είναι παράλληλοι και απέχουν μεταξύ τους απόσταση 0,50 mm δημιουργώντας ένα πυκνωτή με παράλληλους οπλισμούς. Με κάποιο τρόπο μεταφέρουμε $3,0 \times 10^9$ ηλεκτρόνια από τον ένα δίσκο στον άλλο προκαλώντας έτσι ένα ηλεκτρικό πεδίο με ένταση $2,0 \times 10^5$ N/C/. Πόση είναι η διάμετρος των δίσκων;
9. Ένα σημειακό ηλεκτρικό φορτίο Q βρίσκεται σε απόσταση r από το μέσο ενός ηλεκτρικού δίπολου το οποίο αποτελείται από δυο αντίθετα φορτία που έχουν μέτρο q και απέχουν μεταξύ τους απόσταση s. Το σημειακό φορτίο Q είναι τοποθετημένο πάνω στο επίπεδο που διχοτομεί το ηλεκτρικό δίπολο. Σε αυτή ακριβώς την κατάσταση, να υπολογίσετε:
- Το διάνυσμα της δύναμης που ασκεί το ηλεκτρικό δίπολο πάνω στο φορτίο Q.
 - Το μέτρο της ροπής που ασκείται πάνω στο δίπολο. Να υποθέσετε ότι $r \gg s$.

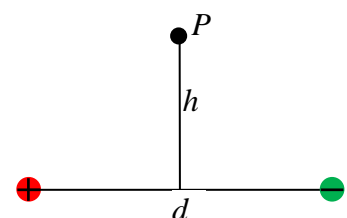
10. Στο διπλανό σχήμα δίνονται τα ηλεκτρικά φορτία $q_1 = -5,0$ nC, $q_2 = 10$ nC και $q_3 = 5,0$ nC καθώς και οι αποστάσεις $r_{12} = 2,0$ cm και $r_{13} = 4,0$ cm μεταξύ των φορτίων. Να επιλέξετε το πιο βολικό σύστημα συντεταγμένων για να υπολογίσετε την ένταση του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο P. Η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου να εκφραστεί:
- Σε διανυσματική μορφή με x και y συνιστώσες.
 - Με το μέτρο της έντασης και τη γωνία θ που σχηματίζει το διάνυσμα της έντασης με τον x-άξονα.



11. Δύο σύρματα εκτείνονται κάθετα προς το επίπεδο της σελίδας (ή της οθόνης του υπολογιστή), απέχουν μεταξύ τους απόσταση $d = 4,0$ cm και φέρουν θετικό ηλεκτρικό φορτίο με γραμμική πυκνότητα $\lambda = +2,0$ nC/cm. Στο διπλανό σχήμα φαίνονται τα ίχνη των συρμάτων. Να επιλέξετε το πιο βολικό σύστημα συντεταγμένων για να υπολογίσετε το διάνυσμα της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο P το οποίο απέχει απόσταση $h = 2,0$ cm από το μέσο του διαστήματος που είναι κάθετο στα δυο σύρματα.

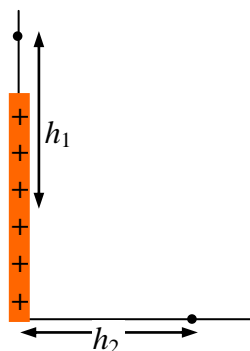


12. Δύο σύρματα εκτείνονται κάθετα προς το επίπεδο της σελίδας (ή της οθόνης του υπολογιστή), απέχουν μεταξύ τους απόσταση $d = 4,0$ cm και φέρουν αντίθετα ηλεκτρικά φορτία με γραμμικές πυκνότητες $\lambda_1 = +2,0$ nC/cm και $\lambda_2 = -2,0$ nC/cm. Στο διπλανό σχήμα φαίνονται τα ίχνη των συρμάτων. Να επιλέξετε το πιο βολικό σύστημα συντεταγμένων για να υπολογίσετε το



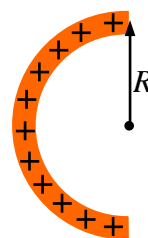
διάνυσμα της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο P το οποίο απέχει απόσταση $h = 2,0$ cm από το μέσο του διαστήματος που είναι κάθετο στα δυο σύρματα.

13. Το διπλανό σχήμα δείχνει μια λεπτή ράβδο η οποία έχει μήκος $L = 5,0$ cm και η οποία φέρει ηλεκτρικό φορτίο $Q = +3,0$ nC. Να υπολογίσετε την ένταση του ηλεκτρικού πεδίου:
- Στο σημείο P_1 κατά μήκος της ράβδου και σε απόσταση $h_1 = 3,0$ cm από το μέσο της.
 - Στο σημείο P_2 της ευθείας που διέρχεται από το άκρο της ράβδου, είναι κάθετη στη διεύθυνσή της και απέχει από το άκρο της ράβδου απόσταση $h_2 = 3,0$ cm.

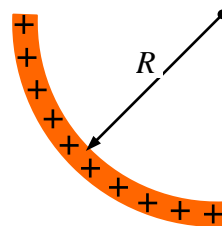


14. Ηλεκτρικό φορτίο $Q = 30,0$ nC κατανέμεται ομοιόμορφα σε λεπτή εύκαμπτη ράβδο η οποία έχει μήκος $L = 10,0$ cm. Η ράβδος κάμπτεται σε μορφή ημικυκλίου όπως δείχνει το διπλανό σχήμα. Να υπολογίσετε την ένταση του ηλεκτρικού πεδίου στο κέντρο του ημικυκλίου.

Υπόδειξη: Να χωρίσετε το ημικύκλιο σε τμήματα τόξου μήκους ds στα οποία αντιστοιχεί στοιχειώδη $d\theta = ds/R$, όπου R είναι η ακτίνα του ημικυκλίου.



15. Μια πλαστική ράβδος μήκους $L = 10,0$ cm και με γραμμική πυκνότητα φορτίου $\lambda = 2,0$ nC/cm κάμπτεται σε σχήμα τεταρτοκυκλίου όπως δείχνει το διπλανό σχήμα. Να επιλέξετε το πιο βολικό σύστημα συντεταγμένων για να υπολογίσετε το διάνυσμα της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου στο κέντρο του τεταρτοκυκλίου.



16. Η καύση των ορυκτών καυσίμων παράγει μικροσκοπικά σωματίδια αιθάλης. Τα σωματίδια αυτά της αιθάλης αποτελούν τη σημαντικότερη συνιστώσα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Οι οριακές ταχύτητες των σωματιδίων αυτών μέσα στην ατμόσφαιρα είναι εξαιρετικά μικρές, με αποτέλεσμα αυτά να παραμένουν μέσα στην ατμόσφαιρα για μεγάλο χρονικό διάστημα. Επί πλέον, τα πολύ μικρά σωματίδια αποκτούν σχεδόν πάντοτε μικρές ποσότητες ηλεκτρικού φορτίου από την κοσμική ακτινοβολία αλλά και από άλλους ατμοσφαιρικούς παράγοντες, με αποτέλεσμα η κίνησή τους να μην επηρεάζεται μόνο από τη βαρύτητα αλλά και από το ασθενές ηλεκτρικό πεδίο της γης. Θεωρήστε ότι τα μικροσκοπικά σωματίδια αιθάλης είναι σφαιρικά με ακτίνα r , πυκνότητα ρ και φορτίο q . Ένα τέτοιο μικρό σφαιρίδιο που κινείται με ταχύτητα v υφίσταται μια οπισθέλκουσα δύναμη $F_{\text{drag}} = 6\pi\eta r v$, όπου η είναι το ιξώδες του αέρα της ατμόσφαιρας.

- Ένα σωματίδιο που κινείται προς τα κάτω μέσα στην ατμόσφαιρα με οριακή ταχύτητα v_{term} βρίσκεται σε δυναμική ισορροπία, δηλαδή η συνισταμένη δύναμη που ασκείται πάνω στο σωματίδιο είναι μηδέν. Να γράψετε τον πρώτο νόμο του Νεύτωνα για το σωματίδιο αυτό που πέφτει υπό την επίδραση ενός ηλεκτρικού πεδίου έντασης E που έχει φορά προς τα κάτω, αλλά και του βαρυντικού πεδίου και στη συνέχεια να βρείτε τη σχέση με την οποία μπορείτε να υπολογίσετε την οριακή ταχύτητα v_{term} .
- Η αιθάλη είναι κυρίως από άνθρακα με τη δομή του γραφίτη και ως εκ τούτου οι κόκκοι αιθάλης έχουν πυκνότητα περίπου 2200 kg/m³. Χωρίς την ύπαρξη του ηλεκτρικού πεδίου της γης, πόση θα είναι η οριακή ταχύτητα σε mm/s ενός σφαιρικού κόκκου αιθάλης

που έχει ακτίνα $r = 1,0 \mu\text{m}$; Το ιξώδες του ατμοσφαιρικού αέρα στη θερμοκρασία 20°C είναι $1,8 \times 10^{-5} \text{ kg/ms}$.

γ. Το ηλεκτρικό πεδίο της γης είναι τυπικά 150 N/C και έχει φορά προς τα κάτω. Με την παρουσία αυτού του πεδίου, πόση θα είναι η οριακή ταχύτητα σε mm/s ενός σφαιρικού κόκκου αιθάλης διαμέτρου $1,0 \mu\text{m}$ το οποίο είναι φορτισμένο με 250 ηλεκτρόνια;

17. Μια ράβδος μήκους L είναι τοποθετημένη κατά μήκος του άξονα y με το κέντρο της να βρίσκεται στη θέση $y = 0$. Η ράβδος είναι φορτισμένη ανομοιόμορφα με γραμμική κατανομή φορτίου που δίνεται από τη σχέση $\lambda = a|y|$, όπου είναι μια σταθερή ποσότητα με μονάδες C/m^2 .
- α. Να σχεδιάσετε κατ' εκτίμηση τη γραφική παράσταση της γραμμικής πυκνότητας λ συναρτήσει του y , στο διάστημα από $-L/2$ έως $+L/2$.
- β. Να προσδιορίσετε τη σταθερά a συναρτήσει του μήκους της ράβδου και του ολικού φορτίου Q που έχει η ράβδος.
- γ. Να βρείτε την ένταση του ηλεκτρικού πεδίου που οφείλεται στη φορτισμένη ράβδο σε ένα σημείο που βρίσκεται πάνω στον x -άξονα και απέχει από την αρχή απόσταση $x = h$.

18. Είστε ασκούμενος σε μια εταιρεία η οποία σχεδιάζει και κατασκευάζει νανομηχανισμούς. Ένας μηχανικός της εταιρείας σχεδιάζει ένα μικροσκοπικό ταλαντωτή και σας έχει αναθέσει να τον βοηθήσετε στην ανάλυση του μικρομηχανισμού. Ο μηχανικός θέλει να θέσει ένα αρνητικό φορτίο στο κέντρο ενός πολύ μικρού μεταλλικού δακτυλιδιού, το οποίο είναι θετικά φορτισμένο, και η επιδίωξή του είναι το αρνητικό φορτίο να τεθεί σε απλή αρμονική κίνηση της οποίας η συχνότητα να προσδιορίζεται από την ποσότητα φορτίου που έχει το μεταλλικό μικροσκοπικό δακτυλίδι. Το πλέον βολικό σύστημα συντεταγμένων είναι αυτό στο οποίο το δακτυλίδι βρίσκεται στο xy -επίπεδο και το κέντρο του είναι στην αρχή του συστήματος. Ο z -άξονας είναι κάθετος στο δακτυλίδι και διέρχεται από το κέντρο του.

- α. Να θεωρήσετε ένα αρνητικό φορτίο κοντά στο κέντρο του θετικά φορτισμένου μεταλλικού δακτυλιδιού. Να αποδείξετε ότι το αρνητικό φορτίο δέχεται μια δύναμη επαναφοράς εάν αυτό υποστεί μικρή μετατόπιση κατά μήκος του z -άξονα. Να αποδείξετε δηλαδή ότι υπάρχει μια δύναμη η οποία προσπαθεί να κρατήσει το αρνητικό φορτίο στη θέση $z = 0$.
- β. Να αποδείξετε ότι για μικρές ταλαντώσεις, με πλάτη πολλές φορές μικρότερα από τη ακτίνα R του δακτυλιδιού, ένα σωματίδιο μάζας m και φορτίου $-q$ υπόκειται σε απλή αρμονική κίνηση με συχνότητα:

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{qQ}{4\pi\epsilon_0 m R^3}}$$

όπου R και Q είναι η ακτίνα και το φορτίο του μεταλλικού δακτυλιδιού.

- γ. Να υπολογίσετε τη συχνότητα ταλάντωσης ενός ηλεκτρονίου στο κέντρο ενός δακτυλιδιού που έχει ακτίνα $R = 2,0 \mu\text{m}$ και φέρει φορτίο $Q = +1,0 \times 10^{-13} \text{ C}$.