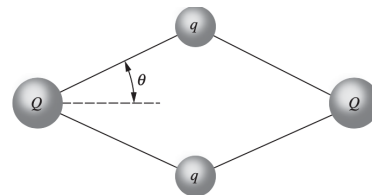
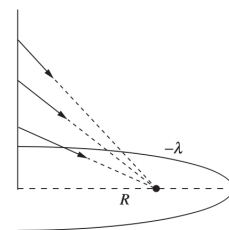


1. Θεωρήστε την περίπτωση ενός πρωτονίου και δύο ηλεκτρονίων. Βρείτε την γεωμετρική διάταξη του συστήματος των 3 αυτών φορτίων τέτοια ώστε η δυναμική ενέργεια που θα αντιστοιχεί στην κατανομή να είναι μηδέν. Υπάρχουν άπειρες τέτοιες διατάξεις στο επίπεδο και στον χώρο. Πόσες τέτοιες διαφορετικές διατάξεις υπάρχουν για τα 3 αυτά σωματίδια στην ίδια ευθεία γραμμή; Χρησιμοποιώντας *PYTHON* να κάνετε το γράφημα των πιθανών διατάξεων των σωματιδίων που αντιστοιχούν στο επίπεδο.
2. Προσδιορίστε τη δυναμική ενέργεια, ανά ιόν, για μια μονοδιάστατη κρυσταλλική δομή ιόντων απείρου μήκους. Αυτό σημαίνει ότι θα έχετε μία κατανομή φορτίων τα οποία βρίσκονται σε μία γραμμή, ισαπέχουν μεταξύ τους και το φορτίο τους είναι ίσο με e και εναλλάσσεται από το ένα φορτίο στο άλλο. Υπόδειξη: μπορεί να βρείτε χρήσιμο το ανάπτυγμα του $\ln(1+x)$.
3. (α) Μία σφαίρα ακτίνα a είναι φορτισμένη με ομοιόμορφη κατανομή φορτίου πυκνότητας ρ . Υπολογίστε την δυναμική ενέργεια U της σφαίρας αυτής, δηλαδή το έργο που απαιτήθηκε ώστε να έρθουν τα φορτία στην σφαίρα. Για να το υπολογίσετε θα πρέπει να σκεφθείτε ότι «χτίζετε» τη σφαίρα αυτή φλοιό-φλοιό και χρησιμοποιώντας το γεγονός ότι το ηλεκτρικό πεδίο έξω από την σφαιρική κατανομή φορτίου είναι σταθερό και ίσο με το πεδίο ενός σημειακού φορτίου ίσου με το φορτίο της σφαιρικής κατανομής στο κέντρο της κατανομής. Εκφράστε το αποτέλεσμα σας συναρτήσει του ολικού φορτίου της σφαίρας.
 (β) Στην αρχή του 20^{ου} αιώνα υπήρχε η ιδέα ότι η μάζα ηρεμίας του ηλεκτρονίου μπορεί να είναι καθαρά ηλεκτρικής προέλευσης. Αυτή η αντίληψη ενισχύθηκε με την εισαγωγή της ειδικής θεωρίας της σχετικότητας και την έννοια της ισοδυναμίας μεταξύ μάζας και ενέργειας. Φανταστείτε ότι το ηλεκτρόνιο είναι μια συμπαγής φορτισμένη σφαίρα ομοιόμορφης κατανομής φορτίου και ακτίνας r_0 . Χρησιμοποιώντας το αποτέλεσμα του ερωτήματος (α) και θέτοντας τη δυναμική ενέργεια της σφαίρας του ηλεκτρονίου ίση με τη μάζα ηρεμίας του mc^2 υπολογίστε την ακτίνα r_0 του ηλεκτρονίου. Ένα προφανές πρόβλημα της θεώρησης αυτής είναι ότι τίποτα δεν προσφέρεται για να διατηρήσει αυτή την κατανομή φορτίου. Δίνεται ότι η μάζα του ηλεκτρονίου είναι $m_e = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$.
4. Θεωρήστε 2 απείρου μήκους επίπεδες επιφάνειες με ομοιόμορφη κατανομή φορτίου σ_1 και σ_2 αντίστοιχα όπου $\sigma_1 = +6 \text{ nC/cm}^2$ 0 ενώ $\sigma_2 = -4 \text{ nC/cm}^2$. Οι δύο επιφάνειες είναι αρχικά παράλληλα μεταξύ τους και σε απόσταση $d=2 \text{ cm}$. (α) Υπολογίστε και σχεδιάστε το ηλεκτρικό πεδίο της διάταξης αυτής. (β) Θεωρήστε τώρα ότι οι δύο αυτές επιφάνειες αντί να είναι παράλληλες, τέμνονται κάθετα μεταξύ τους. Σχεδιάστε το πεδίο και τις δυναμικές γραμμές σε κάθε μία από τις 4 περιοχές που ορίζονται στο χώρο από την τομή των δύο επιφανειών.
5. Θεωρήστε 4 φορτισμένα σώματα, 2 με φορτίο Q και 2 με φορτίο q , όπως στο σχήμα. Τα φορτία συνδέονται μεταξύ τους με 4 μη εκτατά νήματα ίσου μήκους. Απουσία εξωτερικής δύναμης τα 4 φορτία αποκτούν την διάταξη του σχήματος. Δείξτε ότι η γωνία θ ικανοποιεί τη σχέση $\tan^3 \theta = q^2/Q^2$. Μπορείτε να το κάνετε με δύο τρόπους. Είτε (α) να δείξετε ότι η συνισταμένη δύναμη σε κάθε σώμα που προκύπτει από την ηλεκτροστατική δύναμη και τη δύναμη της τάσης νήματος είναι μηδέν. Ή (β) να γράψετε τη δυναμική ενέργεια

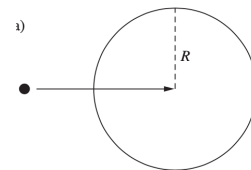


της διάταξης των 4 φορτίων και να την ελαχιστοποιήσετε.

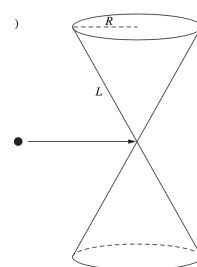
6. Ένα σύρμα σε σχήμα ημικυκλίου ακτίνας R , είναι φορτισμένο με ομοιόμορφη πυκνότητα φορτίου $-\lambda$. Δείξτε ότι για όλα τα σημεία κατά μήκος του άξονα που περνά από το κέντρο του ημικυκλίου και είναι κάθετος στο επίπεδο του ημικυκλίου, η ένταση του πεδίου δείχνει προς το ίδιο σημείο στο επίπεδο του ημικυκλίου. Ποιο σημείο είναι αυτό;



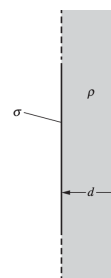
7. (α) Θεωρήστε έναν φορτισμένο κοίλο σφαιρικό φλοιό ακτίνας R και επιφανειακής πυκνότητας φορτίου σ . Ένα σωματίδιο μάζας m και φορτίου $-q$ το οποίο είναι αρχικά ακίνητο και αρχίζει να πλησιάζει από το άπειρο. Υποθέτοντας ότι υπάρχει μια μικρή τρύπα στην επιφάνεια του φλοιού, βρείτε την ταχύτητά του όταν φθάσει στο κέντρο του σφαιρικού φλοιού.



(β) Θεωρήστε στην περίπτωση αυτή ότι έχετε δύο κωνικούς φλοιούς με ακτίνα βάσης R , και μήκους κωνικής επιφάνειας L . Οι δύο κωνικές επιφάνειες έχουν επιφανειακή πυκνότητα φορτίου σ και η διάταξή τους είναι όπως στο διπλανό σχήμα. Ένα σωματίδιο μάζας m και φορτίου $-q$ το οποίο είναι αρχικά ακίνητο, αρχίζει να κινείται από το άπειρο και να πέφτει προς τη διάταξη. Βρείτε τη ταχύτητα του σωματιδίου καθώς αυτό περνά από την κορυφή των 2 κώνων. Θα πρέπει να βρείτε ότι η απάντησή σας σχετίζεται με την απάντησή σας στο ερώτημα (α).

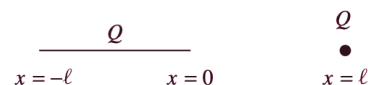


8. Μια επιφάνεια απείρων διαστάσεων έχει επιφανειακή πυκνότητα φορτίου σ . Ακριβώς εφαπτομενικά στην επιφάνεια αυτή υπάρχει ένα στρώμα υλικού απείρων διαστάσεων, πάχους d και επιφανειακής πυκνότητας ρ . Τα φορτία δεν μπορούν να κινηθούν. Βρείτε το ηλεκτρικό πεδίο E σε τυχαίο σημείο στο χώρο.



9. Ένα τετραγωνικό φύλλο έχει ομοιόμορφη επιφανειακή πυκνότητα φορτίου σ . Θεωρείστε ότι το ηλεκτρικό δυναμικό V σε άπειρη απόσταση από το φύλλο είναι μηδέν ενώ το δυναμικό στο κέντρο του τετραγώνου είναι V_0 ενώ σε μία από τις κορυφές του είναι ίσο με V_1 . Προσδιορίστε το λόγο V_0/V_1 .

10. Μία ράβδος μήκους l είναι φορτισμένη με φορτίο Q το οποίο είναι ομοιόμορφα κατανομημένο στο μήκος της. Είναι τοποθετημένη κατά μήκος του x -άξονα μεταξύ των σημείων $x = -l$ και $x = 0$. Ένα σημειακό φορτίο επίσης Q βρίσκεται στον x -άξονα στη θέση $x = l$ όπως φαίνεται στο διπλανό σχήμα.



(α) Έστω $x = a$ το σημείο στον x -άξονα ανάμεσα στα δύο φορτία στο οποίο το ηλεκτρικό πεδίο είναι 0. Βρείτε το a .

(β) Υπάρχει ακόμα ένα σημείο στο οποίο το ηλεκτρικό πεδίο είναι μηδέν (το σημείο βρίσκεται στο εσωτερικό της ράβδου). Επιπλέον αυτού του σημείου, υπάρχουν άλλα σημεία στο χώρο που το ηλεκτρικό πεδίο είναι 0; Εξηγήστε την απάντησή σας (γιατί ναι ή γιατί όχι).

(γ) Ζωγραφίστε τις δυναμικές και ισοδυναμικές καμπύλες στο επίπεδο της σελίδας. Δείξτε πως οι γραμμές μετατρέπουν το σχήμα τους από την περιοχή που είναι κοντά στα φορτία στην περιοχή μακριά από τα πεδία. Μην σας απασχολεί ιδιαίτερα η περιοχή πολύ κοντά στη ράβδο. Τι συμβαίνει στην περιοχή κοντά στο σημείο που βρήκατε στο ερώτημα (α);