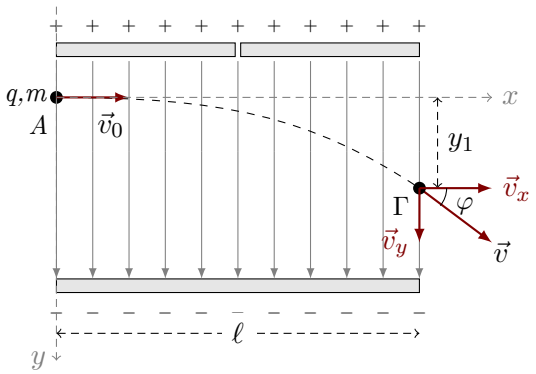
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

Πεδία δυνάμεων

Ηλεκτρικό πεδίο
Πυκνωτές

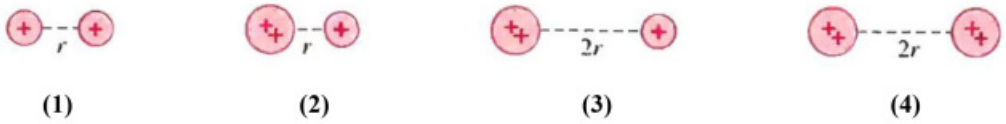


Γιώργος Χ. Παπαδημητρίου
© *Ναύπακτος 2012-2020*
Made with LaTeX and TikZ

5.1 Ηλεκτρικό Πεδίο

5.1.1 Ερωτήσεις

1. Στο παρακάτω σχήμα εμφανίζονται τέσσερα ζεύγη σημειακών φορτίων. Το σύμβολο (+) παριστάνει δεδομένη ποσότητα ηλεκτρικού φορτίου. [1] Για τις ηλεκτρικές δυναμικές ενέργειες των



τεσσάρων συστημάτων φορτίων ισχύει:

(α′) $U_1 = U_3 < U_2 = U_4$ (β′) $U_1 < U_3 < U_2 = U_4$ (γ′) $U_1 = U_3 < U_2 < U_4$

Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

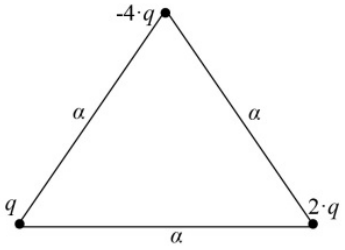
2. Δύο μικρά μεταλλικά σφαιρίδια είναι φορτισμένα με ηλεκτρικά φορτία Q_1 και Q_2 και συγκρατούνται αρχικά ακίνητα πάνω σε λείο μονωτικό οριζόντιο δάπεδο, σε κοντινή σχετικά μεταξύ τους απόσταση ώστε να αλληλεπιδρούν ηλεκτρικά. Η αρχική ηλεκτρική δυναμική ενέργεια του συστήματος των δύο φορτίων είναι $U = -0,8\text{J}$. Κάποια στιγμή αφήσαμε ελεύθερα και τα δύο φορτία ταυτόχρονα να κινηθούν. Η αντίσταση του αέρα θεωρείται αμελητέα. [1]

Μια επόμενη χρονική στιγμή, ενώ ακόμη τα φορτία κινούνται ελεύθερα, η δυναμική ενέργεια του συστήματος είναι δυνατόν να έχει γίνει:

(α′) $U' = -1,2\text{J}$ (β′) $U' = -0,4\text{J}$ (γ′) $U' = 0,8\text{J}$

Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

3. Τρία σημειακά φορτία διατηρούνται ακίνητα στις κορυφές ισόπλευρου τριγώνου πλευράς α, όπως φαίνεται στο σχήμα.

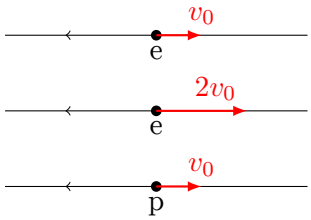


Η δυναμική ενέργεια του συστήματος των τριών φορτίων είναι: [1]

(α′) $U = -10\frac{q^2}{a}$ (β′) $U = -12\frac{q^2}{a}$ (γ′) $U = 10\frac{q^2}{a}$

Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

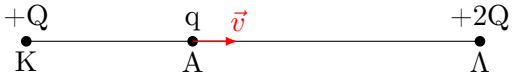
4. Δύο ηλεκτρόνια (e) και ένα πρωτόνιο (p) βάλλονται μέσα σε ομογενές ηλεκτρικό πεδίο όπως φαίνεται στο σχήμα.



(α′) Να σχεδιαστούν οι δυνάμεις που δέχονται από το πεδίο και να συγκριθούν τα μέτρα τους.

(β′) Να συγκριθούν οι χρόνοι που χρειάζονται τα τρία σωματίδια να μετατοπιστούν ίδια απόσταση d.

5. Στα άκρα Κ και Λ ενός ευθυγράμμου τμήματος βρίσκονται ακλόνητα δύο σημειακά φορτία +Q και +2Q αντίστοιχα. Ένα φορτισμένο σωματίδιο κινείται κατά μήκος του ευθυγράμμου τμήματος ΚΛ και περνά από το Α με μέγιστη ταχύτητα. [2]

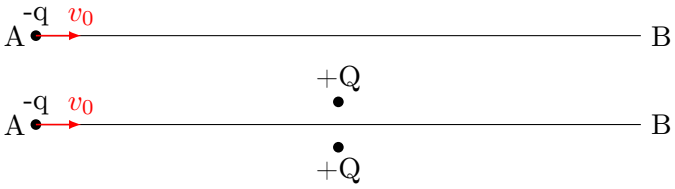


(α′) Ποιο το πρόσημο του φορτίου του σωματιδίου;

(β′) Σε ποιο σημείο του ευθυγράμμου τμήματος η ένταση του πεδίου είναι μηδέν.

(γ′) Υπάρχει σημείο του τμήματος ΚΛ που να έχει δυναμικό ίσο με μηδέν.

6. Ένα αρνητικά φορτισμένο σωματίδιο κινούμενο με σταθερή ταχύτητα v_0 διανύει μια μεγάλη απόσταση (ΑΒ) σε χρονικό διάστημα t_1. Επαναλαμβάνουμε το πείραμα, αλλά στο μέσον της διαδρομής, έχουμε τοποθετήσει δύο ίσα θετικά σημειακά φορτία, σε σημεία Κ και Λ, σε μικρή απόσταση, με αποτέλεσμα το σωματίδιο να κινείται πάνω στην μεσοκάθετο του ευθύγραμμου τμήματος (ΚΛ). Η δύναμη που δέχεται αρχικά το φορτισμένο σωματίδιο στο σημείο Α, θεωρείται μηδενική ή διαφορετικά τα σημεία Α και Β θεωρούνται σε άπειρη απόσταση από τα φορτία στα σημεία Κ και Λ. [2]



(α′) Το μέτρο της ταχύτητας με την οποία το σωματίδιο θα φτάσει τώρα στο Β, θα είναι;

i. μικρότερο από v_0. ii. ίσο με v_0. iii. μεγαλύτερο από v_0.

(β′) Το χρονικό διάστημα της κίνησης θα είναι:

i. μικρότερο από t_1. ii. ίσο με t_1. iii. μεγαλύτερο από t_1.

(γ′) Να χαράξετε ένα ποιοτικό διάγραμμα της ταχύτητας του σωματιδίου σε συνάρτηση με το χρόνο.

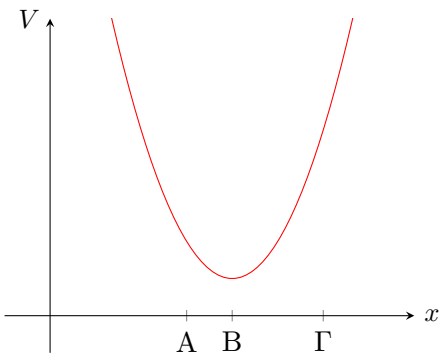
7. Στο ομώνυμο πείραμά του ο Rutherford χρησιμοποίησε κινούμενα σωματίδια α (άλφα), δηλαδή πυρήνες ηλίου ${}^4_2He$, για να εξερευνήσει το εσωτερικό του ατόμου. Σαν στόχους είχε άτομα χρυσού. Το πείραμα έδειξε ότι όλη σχεδόν η μάζα του ατόμου, και όλο το θετικό του φορτίο, βρίσκεται σε μία πολύ μικρή περιοχή στο εσωτερικό του, που ονομάστηκε *πυρήνας*.

Θεωρούμε τον πυρήνα του χρυσού ακίνητο και το σωμάτιο α να ξεκινάει από μακρυά με κινητική ενέργεια Κ και να κινείται ακριβώς προς το κέντρο του πυρήνα, ώστε σε κάποια απόσταση d από αυτόν να σταματάει στιγμιαία πριν γυρίσει στο σημείο από το οποίο ξεκίνησε (σκέδαση 180°). Αν αντί για σωμάτια α χρησιμοποιήσουμε πρωτόνια p με την ίδια αρχική κινητική ενέργεια Κ, η απόσταση d' που θα πλησιάζουν τον πυρήνα

(α′) θα είναι μεγαλύτερη από d. (β′) θα είναι μικρότερη από d.

Δίνεται ότι $q_\alpha = 2q_p$ και $m_\alpha = 4m_p$.

8. Στα σημεία μίας ευθείας (έστω ότι είναι ο θετικός ημιάξονας 0x') το δυναμικό V μεταβάλλεται σύμφωνα με την απόσταση x όπως φαίνεται στο σχήμα:



(α′) Ένα θετικό φορτίο αφήνεται στο σημείο Α. Αυτό θα κινηθεί:

i. προς το Β. ii. προς το Ο. iii. Θα παραμείνει ακίνητο.

(β′) Ένα θετικό φορτίο αφήνεται στο σημείο Β. Αυτό θα κινηθεί:

i. προς το Γ. ii. προς το Α. iii. Θα παραμείνει ακίνητο.

(γ′) Ένα αρνητικό φορτίο αφήνεται στο σημείο Γ. Αυτό θα κινηθεί:

i. προς το $x = +\infty$. ii. προς το Α. iii. Θα παραμείνει ακίνητο.

Να δικαιολογηθούν οι επιλογές σας.

9. Σε ένα ομογενές ηλεκτρικό πεδίο θεωρούμε άξονα x'x που ταυτίζεται με μία δυναμική γραμμή του. Δύο σημεία Α και Β στις θέσεις $x_1 = +1\,cm$ και $x_2 = +3\,cm$, έχουν διαφορά δυναμικού 500 Volt.

(α′) Μεγαλύτερο δυναμικό έχει το σημείο:

i. Α. ii. Β.

(β′) Σωματίδιο με Θετικό φορτίο $q = +2$ μC αφήνεται στο σημείο Α. Η δυναμική του ενέργεια U όταν περνάει από το σημείο Β:

i. θα έχει αυξηθεί κατά 10^{-3} J.

ii. θα έχει μειωθεί κατά 10^{-3} J.

iii. δεν θα μεταβληθεί.

(γ′) Η κινητική του ενέργεια K όταν περνάει από το σημείο Β:

i. θα είναι 10^{-3} J.

ii. δεν είναι δυνατό να υπολογιστεί γιατί εξαρτάται από τη μάζα του.

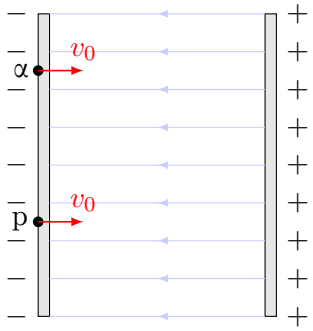
10. Σημειακό ηλεκτρικό φορτίο $q = 2$ μC όταν βρίσκεται σε ένα σημείο ηλεκτροστατικού πεδίου που έχει δυναμικό $V = -2 \cdot 10^4$ V έχει κινητική ενέργεια K. Το σημειακό ηλεκτρικό φορτίο φτάνει σε άπειρη απόσταση έχοντας κινητική ενέργεια 0,07 J. [1]

Για την κινητική ενέργεια K ισχύει:

(α′) $K = 0,11$J (β′) $K = 0,28$J (γ′) $K = 0,03$J

Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

11. Σωματίδιο α και πρωτόνιο εισέρχονται με την ίδια αρχική ταχύτητα v_0 σε πυκνωτή διαφοράς δυναμικού V, παράλληλα με τις δυναμικές γραμμές του. Το πρωτόνιο μόλις που δεν ακουμπά τον θετικά φορτισμένο οπλισμό του πυκνωτή.
Τότε, το σωμάτιο α



(α′) δεν θα φτάσει μέχρι τον θετικά φορτισμένο οπλισμό.

(β′) θα φτάσει οριακά μέχρι τον θετικά φορτισμένο οπλισμό.

(γ′) θα χτυπήσει τον θετικά φορτισμένο οπλισμό.

Δίνεται ότι $q_\alpha = 2q_p$, $q_p = +e$ και $m_\alpha = 4m_p$.

12. Πρωτόνιο βάλλεται με ταχύτητα v_0 προς σωμάτιο α ($q_\alpha = 2q_p$ και $m_\alpha = 4m_p$). Να συγκριθούν οι ελάχιστες αποστάσεις των δύο σωματιδίων αν

(α′) το σωμάτιο α είναι ακίνητο.

(β′) αν το σωμάτιο α είναι ελεύθερο να κινηθεί.

13. Δύο σωματίδια Σ1 και Σ2 με μάζες m_1 και m_2 και θετικά φορτία q_1 και q_2 αντίστοιχα συγκρατούνται ακίνητα πάνω σε λείο οριζόντιο μονωτικό δάπεδο, σε τέτοιες θέσεις ώστε η μεταξύ τους απόσταση να είναι r. Αν τα σωματίδια αφεθούν ταυτόχρονα ελεύθερα αποκτούν ταχύτητες μέτρου $v_1 = 4 \cdot 10^{-2}\text{m/s}$ και $v_2 = 2 \cdot 10^{-2}\text{m/s}$ αντίστοιχα όταν η μεταξύ τους απόσταση έχει γίνει $4r$. [1]

Ο λόγος των κινητικών ενεργειών των δυο σωματιδίων, όταν βρίσκονται σε απόσταση $4r$ θα είναι ίσος με:

(α′) $\dfrac{K_1}{K_2} = \dfrac{1}{2}$ (β′) $\dfrac{K_1}{K_2} = 1$ (γ′) $\dfrac{K_1}{K_2} = 2$

Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

14. Δύο σώματα, το ένα με μάζα m_1 και θετικό φορτίο q_1 και το δεύτερο με μάζα $m_2 = 4m_1$ και αρνητικό φορτίο q_2 , βρίσκονται πάνω σε λείο οριζόντιο επίπεδο και αρχικά ηρεμούν. Τα δύο σώματα αφήνονται την ίδια στιγμή ελεύθερα. Κάποια επόμενη χρονική στιγμή οι κινητικές ενέργειες των σωμάτων (1) και (2) είναι K_1 και K_2 αντίστοιχα. [1]

Ο λόγος των κινητικών ενεργειών K_1 και K_2 των δύο σωμάτων είναι:

(α′) $\dfrac{K_1}{K_2} = 1$ (β′) $\dfrac{K_1}{K_2} = 2$ (γ′) $\dfrac{K_1}{K_2} = 4$

Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

15. Δύο σωματίδια με μάζες m_1 και m_2 και θετικά φορτία q_1 και q_2 αντίστοιχα συγκρατούνται ακίνητα πάνω σε λείο οριζόντιο μονωτικό δάπεδο, σε τέτοιες θέσεις ώστε η μεταξύ τους απόσταση να είναι r. Αν το m_1 συγκρατηθεί ακίνητο και το m_2 αφεθεί ελεύθερο να κινηθεί, θα φτάσει στο άπειρο με ταχύτητα μέτρου $v_2 = 2 \cdot 10^{-2}\text{m/s}$.

Αν αφηνόταν το m_1 ελεύθερο συγκρατώντας το m_2 ακίνητο, αυτό θα έφτανε στο άπειρο με ταχύτητα $v_1 = 4 \cdot 10^{-2}\text{m/s}$. [1]

Ο λόγος των μαζών των δυο σωματιδίων θα είναι ίσος με:

(α′) $\dfrac{m_1}{m_2} = 2$ (β′) $\dfrac{m_1}{m_2} = \dfrac{1}{2}$ (γ′) $\dfrac{m_1}{m_2} = \dfrac{1}{4}$

Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

16. Ηλεκτρόνιο εισέρχεται τη χρονική στιγμή $t_0 = 0\text{s}$, ομόρροπα στις δυναμικές γραμμές, σε ομογενές ηλεκτρικό πεδίο, έντασης E, με ταχύτητα μέτρου v_0. Η ταχύτητα του ηλεκτρονίου μηδενίζεται τη χρονική στιγμή t. Η μόνη δύναμη που δέχεται το ηλεκτρόνιο είναι αυτή από το ηλεκτρικό πεδίο.

Αν η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου διπλασιαστεί η ταχύτητα του ηλεκτρονίου μηδενίζεται τη χρονική στιγμή t' για την οποία θα ισχύει:

(α′) $t' = \dfrac{t}{2}$ (β′) $t' = 2t$ (γ′) $t' = t$

Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

17. Ένα ιόν υδρογόνου (φορτίου e και μάζας m) και ένα ιόν δευτερίου (φορτίου e και μάζας $2m$) επιταχύνονται από την ηρεμία, στο κενό, με τη βοήθεια ομογενούς ηλεκτρικού πεδίου εντάσεως E.

Αν μετά από χρονικό διάστημα Δt από τη στιγμή που αφέθηκαν, η κινητική ενέργεια του ιόντος του δευτερίου είναι K, η κινητική ενέργεια του ιόντος του υδρογόνου είναι:

(α′) K (β′) $2K$ (γ′) $K/2$

Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

18. Τρία σημεία Α, Β και Γ βρίσκονται κατά μήκος μιας δυναμικής γραμμής ενός ομογενούς ηλεκτρικού πεδίου και για τις μεταξύ τους αποστάσεις ισχύει $(\text{ΑΓ}) = 3(\text{ΑΒ})$

Αν τα δυναμικά στα σημεία Β και Γ είναι αντιστοίχως 100 και -200 V, τότε το δυναμικό στο σημείο Α είναι ίσο με:

(α′) 250V (β′) -250V (γ′) 300V

Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

19. Δύο αντίθετα φορτισμένες μεταλλικές πλάκες απέχουν μεταξύ τους απόσταση d και δημιουργούν ανάμεσά τους ομογενές ηλεκτρικό πεδίο έντασης E. Από την αρνητικά φορτισμένη πλάκα ξεκινά ένα ηλεκτρόνιο, με μηδενική αρχική ταχύτητα, το οποίο κινείται προς τη θετικά φορτισμένη πλάκα. Η μάζα του ηλεκτρονίου είναι m_e και το φορτίο του ηλεκτρονίου είναι ίσο με $-e$.

Το ηλεκτρόνιο φθάνει στη θετικά φορτισμένη πλάκα με ταχύτητα:

(α′) $\sqrt{2dEem_e}$ (β′) $\sqrt{\dfrac{2dm_e}{eE}}$ (γ′) $\sqrt{\dfrac{2dEe}{m_e}}$

Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

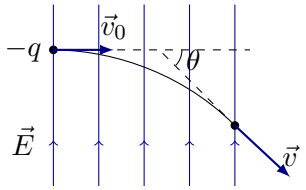
20. Πρωτόνιο εισέρχεται με ταχύτητα v_0 σε ομογενές ηλεκτρικό πεδίο παράλληλα στις δυναμικές γραμμές και με αντίθετη με αυτές φορά, οπότε σταματά στιγμιαία αφού διανύσει διάστημα x_p. Με τον ίδιο τρόπο και με την ίδια αρχική ταχύτητα υο εισέρχεται στο πεδίο πυρήνας Ηλίου, οπότε σταματά στιγμιαία αφού διανύσει διάστημα x_H. Δίνεται ότι ο πυρήνας Ηλίου έχει τετραπλάσια μάζα και διπλάσιο ηλεκτρικό φορτίο από το πρωτόνιο.

Η σχέση που συνδέει τα διαστήματα x_p και x_H είναι,

(α′) $x_p = x_H$ (β′) $x_p = \sqrt{2}x_H$ (γ′) $x_p = 2x_H$

Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

21. Ηλεκτρικά φορτισμένο σωματίδιο εισέρχεται σε χώρο ομογενούς ηλεκτρικού πεδίου μεγάλης έκτασης με αρχική κινητική ενέργεια K, κάθετα στις δυναμικές γραμμές του πεδίου όπως φαίνεται στο σχήμα. Οι βαρυτικές δυνάμεις και κάθε μορφής αντιστάσεις στην κίνηση του φορτίου μπορούν να αγνοηθούν.



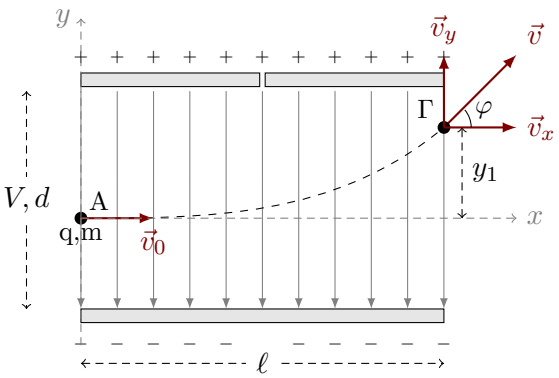
Κάποια στιγμή η διεύθυνση της κίνησης του σωματιδίου (όπως ορίζεται από την ταχύτητα $\vec{v}$ εκείνη τη χρονική στιγμή), εμφανίζει γωνιακή εκτροπή $\theta = 60^\circ$ σε σχέση με την αρχική διεύθυνση κίνησης (όπως ορίζεται από την αρχική ταχύτητα $\vec{v}_0$).

Το έργο της δύναμης του πεδίου, από την είσοδο του σωματιδίου στο πεδίο μέχρι τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή, είναι:

(α′) $W = K$ (β′) $W = 3K$ (γ′) $W = 4K$

Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

22. Μια οριζόντια δέσμη από ηλεκτρόνια εισέρχεται με ταχύτητα $\vec{v}_0$ σε ομογενές ηλεκτρικό πεδίο κάθετα στις δυναμικές γραμμές του πεδίου όπως φαίνεται στο σχήμα. Η απόσταση μεταξύ των πλακών είναι d και η διαφορά δυναμικού V. Κατά την έξοδό τους από το πεδίο τα ηλεκτρόνια αποκλίνουν από την αρχική διεύθυνση κίνησής τους κατά y_1. Η βαρυτική δύναμη αγνοείται και η επίδραση του αέρα θεωρείται αμελητέα. Αμελητέες θεωρούνται και οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των ηλεκτρονίων της δέσμης.



Αν υποδιπλασιάσουμε την τάση μεταξύ των πλακών, χωρίς να μεταβληθεί το μέτρο ταχύτητας εισόδου των ηλεκτρονίων στο πεδίο, η κατακόρυφη απόκλιση των ηλεκτρονίων από την αρχική τους διεύθυνση κίνησης:

(α′) διπλασιάζεται (β′) παραμένει σταθερή (γ′) υποδιπλασιάζεται

Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

23. Σημειακό φορτισμένο σώμα εισέρχεται κάθετα στο ομογενές ηλεκτρικό πεδίο πυκνωτή, στο μέσο της απόστασης μεταξύ των οπλισμών του. Η απόσταση μεταξύ των οπλισμών του πυκνωτή είναι d. Παρατηρούμε ότι το σώμα όταν εξέρχεται από το πεδίο έχει αποκλίνει από την αρχική διεύθυνση κατά $y = d/4$.

Αν τριπλασιάσουμε την ταχύτητα με την οποία βάλλεται το σώμα, τότε η απόκλισή του κατά την έξοδό του από το πεδίο θα είναι:

(α′) $y' = \frac{3d}{4}$ (β′) $y' = \frac{d}{36}$ (γ′) $y' = \frac{d}{12}$

Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

24. Φορτισμένο σωμάτιο εισέρχεται με ταχύτητα μέτρου υ0 κάθετα στις δυναμικές γραμμές ομογενούς ηλεκτρικού πεδίου που δημιουργείται από πυκνωτή. Το σημείο εισόδου του σωματίου είναι στο μέσο της απόστασης μεταξύ των οπλισμών του πυκνωτή. Ο πυκνωτής είναι συνδεδεμένος με πηγή σταθερής τάσης V. Παρατηρούμε ότι το σωμάτιο κατά την έξοδό του από το πεδίο του πυκνωτή περνάει «ξυστά» από τον ένα οπλισμό του.

Αν διπλασιάσουμε την απόσταση μεταξύ των οπλισμών του πυκνωτή, διατηρώντας τον συνδεδεμένο με την πηγή, ποιο θα πρέπει να είναι το μέτρο της ταχύτητας του σωματίου που θα εισέλθει κάθετα στο πεδίο και στο μέσο της νέας απόστασης μεταξύ των δύο οπλισμών του, ώστε να περάσει ξυστά από τον οπλισμό του πυκνωτή όταν εξέρχεται από το πεδίο;

(α′) v_0 (β′) $\frac{v_0\sqrt{2}}{2}$ (γ′) $\frac{v_0}{2}$

Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

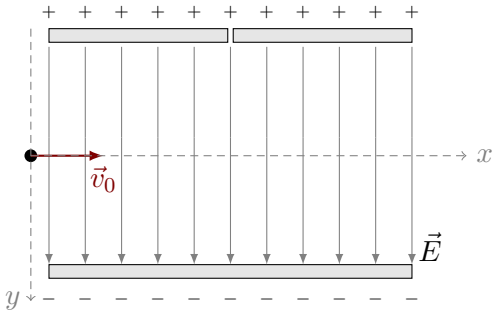
25. Φορτισμένο σωματίδιο εισέρχεται τη χρονική στιγμή $t_0 = 0$ με ορμή μέτρου p μέσα σε ομογενές ηλεκτρικό πεδίο. Το διάνυσμα της ορμής τη στιγμή της εισόδου του σωματιδίου στο πεδίο έχει διεύθυνση κάθετη στις γραμμές του. Η μοναδική δύναμη που δέχεται το σωματίδιο είναι αυτή από το ηλεκτρικό πεδίο και έχει μέτρο F. Τη χρονική στιγμή $t_0 = 0$ η κινητική ενέργεια του σωματιδίου είναι K_0, ενώ την χρονική στιγμή $t_1 = p/F$ η κινητική ενέργεια του σωματιδίου είναι K.

Να επιλέξετε τη σωστή σχέση μεταξύ των κινητικών ενεργειών K_0 και K:

(α′) $K = 2K_0$ (β′) $K = 3K_0$ (γ′) $K = 4K_0$

Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

26. Ένα πρωτόνιο, με φορτίο q και μάζα m_p και ένα σωμάτιο α, με φορτίο $2q$ και μάζα $4m_p$, εισέρχονται μέσα στο ίδιο ομογενές ηλεκτρικό πεδίο E, κάθετα στις δυναμικές γραμμές όπως φαίνεται στο σχήμα. Η ταχύτητα του πρωτονίου έχει μέτρο v_p διπλάσιο από το μέτρο της ταχύτητας υα του σωμάτιου α ($v_p = 2v_a$). Αγνοούμε τη βαρύτητα και την αντίσταση του αέρα.



Για τις κατακόρυφες αποκλίσεις y_p και y_a των σωματιδίων τη στιγμή που αυτά εξέρχονται από το ηλεκτρικό πεδίο, ισχύει:

(α′) $y_p = y_a$ (β′) $y_p = 2y_a$ (γ′) $y_p = y_a/2$

Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

27. Ένας επίπεδος πυκνωτής έχει χωρητικότητα C. Συνδέουμε τον πυκνωτή με ηλεκτρική πηγή τάσης V, οπότε αυτός φορτίζεται με ηλεκτρικό φορτίο Q. Η απόσταση ανάμεσα στους οπλισμούς του πυκνωτή είναι d.

Διατηρώντας τον επίπεδο πυκνωτή συνδεδεμένο με την ηλεκτρική πηγή τάσης V, πλησιάζουμε τους οπλισμούς του, έτσι ώστε η μεταξύ τους απόσταση να υποτριπλασιαστεί.

Τότε για το ηλεκτρικό φορτίο Q' που θα έχει ο πυκνωτής, ισχύει:

(α′) $Q' = Q$ (β′) $Q' = Q/3$ (γ′) $Q' = 3Q$

Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

28. Επίπεδος πυκνωτής έχει φορτίο Q. Κάποια χρονική στιγμή αφήνεται στο εσωτερικό του και πολύ κοντά στο θετικό οπλισμό, θετικά φορτισμένο σημειακό σώμα. Το σώμα φτάνει στον αρνητικό οπλισμό του πυκνωτή μετά από χρονικό διάστημα Δt από τη στιγμή που αφέθηκε. Αποσυνδέουμε τον πυκνωτή από την πηγή από την οποία φορτίστηκε, διπλασιάζουμε την απόσταση μεταξύ των οπλισμών του και στη συνέχεια αφήνεται ένα δεύτερο, όμοιο με το παραπάνω, θετικά φορτισμένο σώμα από το θετικό οπλισμό του πυκνωτή.

Το χρονικό διάστημα Δt′ που θα χρειαστεί το δεύτερο σώμα για να φτάσει στον αρνητικό οπλισμό από τη στιγμή που αφέθηκε θα είναι:

(α′) $\Delta t' = \Delta t$ (β′) $\Delta t' = 2\Delta t$ (γ′) $\Delta t' = \sqrt{2}\Delta t$

Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

29. Επίπεδος πυκνωτής χωρητικότητας C φορτίζεται από πηγή τάσης V.

Αν διπλασιάσουμε την απόσταση των οπλισμών του πυκνωτή, διατηρώντας συνδεδεμένη την πηγή, τότε η ενέργεια του πυκνωτή:

(α′) παραμένει η ίδια. (β′) διπλασιάζεται. (γ′) υποδιπλασιάζεται.

Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

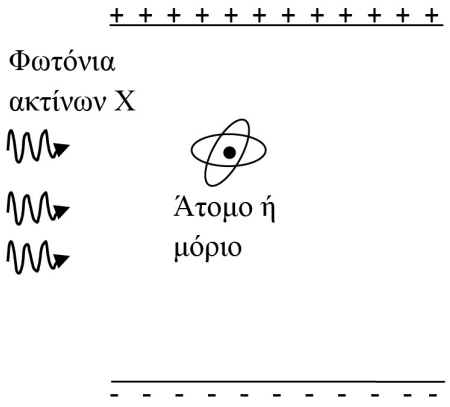
30. Ένας επίπεδος πυκνωτής με χωρητικότητα C φορτίζεται σε πηγή τάσης V. Ενώ ο πυκνωτής είναι συνεχώς συνδεδεμένος στην πηγή, οι οπλισμοί του απομακρύνονται μέχρι η μεταξύ τους απόσταση να διπλασιαστεί.

Η ένταση του ομογενούς ηλεκτρικού πεδίου ανάμεσα στους οπλισμούς του πυκνωτή,

(α′) παραμένει η ίδια. (β′) διπλασιάζεται. (γ′) υποδιπλασιάζεται.

Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

31. Ορισμένες ακτινοβολίες (όπως για παράδειγμα οι ακτίνες Χ) προκαλούν ιονισμό του αέρα μέσα στον οποίο διαδίδονται. Τα φωτόνια αυτών των ακτινοβολιών, απορροφώνται από μόρια ή άτομα στον αέρα και προκαλούν ιονισμό (απελευθερώνουν ηλεκτρόνια των ατόμων από την έλξη του πυρήνα με αποτέλεσμα το άτομο να μετατρέπεται σε ιόν). Μπορούμε να ανιχνεύσουμε αυτές τις ακτινοβολίες βασιζόμενοι σε αυτή τους την ιδιότητα, με τη βοήθεια ενός φορτισμένου πυκνωτή όπως αυτός που φαίνεται στο σχήμα.



Κατά την ανίχνευση της ακτινοβολίας, και υπό την προϋπόθεση ότι ο πυκνωτής δεν είναι συνδεδεμένος με κάποια πηγή και μεταξύ των οπλισμών υπάρχει κενό, θα παρατηρήσουμε ότι:

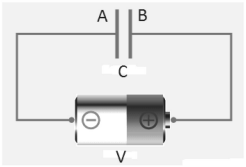
(α′) το φορτίο και η διαφορά δυναμικού στον πυκνωτή θα αυξάνονται.

(β′) το φορτίο και η διαφορά δυναμικού στον πυκνωτή θα μειώνονται.

(γ′) το φορτίο θα αυξάνεται και η διαφορά δυναμικού στον πυκνωτή θα μειώνεται.

Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

32. Ο επίπεδος πυκνωτής του παρακάτω κυκλώματος έχει χωρητικότητα $C = 2,2$ μF και τροφοδοτείται από πηγή σταθερής τάσης $V = 12$ V.
Να επιλέξετε τη σωστή πρόταση:



(α′) Το φορτίο $|Q|$ του πυκνωτή προέρχεται από την μπαταρία γι' αυτό μετά από πολλές φορτίσεις, η μπαταρία θα «αδειάσει».

(β′) Το φορτίο $|Q|$ του πυκνωτή οφείλεται στην μετακίνηση 165 τρισεκατομμυρίων ηλεκτρονίων από τον οπλισμό Β στον οπλισμό Α.

(γ′) Το φορτίο Q του πυκνωτή είναι 26,4 C.

Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.
Δίνεται η απόλυτη τιμή του φορτίου του ηλεκτρονίου $|e| = 1,6 \cdot 10^{-19}$C.

33. Επίπεδος πυκνωτής χωρητικότητας C φορτίζεται από πηγή τάσης V και κατόπιν αποσυνδέεται από την πηγή.
Αν διπλασιάσουμε την απόσταση των οπλισμών του πυκνωτή, μετά την αποσύνδεση από την πηγή, τότε η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου μεταξύ των οπλισμών του πυκνωτή:

(α′) παραμένει η ίδια. (β′) διπλασιάζεται. (γ′) υποδιπλασιάζεται.

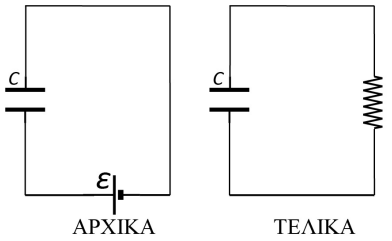
Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

34. Διαθέτουμε δύο όμοιους επίπεδους πυκνωτές, (1) και (2), συνδεδεμένους με πηγές ίδιας τάσης V. Αποσυνδέουμε τον πυκνωτή (1) από την πηγή, ενώ διατηρούμε τον πυκνωτή (2) συνδεδεμένο με τη δική του πηγή.
Αν διπλασιάσουμε την απόσταση των οπλισμών και των δύο πυκνωτών, τότε για το πηλίκο των μεταβολών των ενεργειών των δύο πυκνωτών ισχύει:

(α′) $\dfrac{\Delta U_1}{\Delta U_2} = 1$ (β′) $\dfrac{\Delta U_1}{\Delta U_2} = -1$ (γ′) $\dfrac{\Delta U_1}{\Delta U_2} = -2$

Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

35. Ο πυκνωτής του σχήματος έχει χωρητικότητα $C = 10$mF και είναι αρχικά συνδεδεμένος στα άκρα πηγής ηλεκτρεγερτικής δύναμης $E = 100$V για μεγάλο χρονικό διάστημα.
Κάποια στιγμή αποσυνδέουμε την πηγή και συνδέουμε τον πυκνωτή με έναν αντιστάτη.



Όταν συνδέσουμε αντίσταση στα άκρα του πυκνωτή, ο πυκνωτής προσφέρει την ενέργεια που έχει αποθηκεύσει σε χρονική διάρκεια 0,01s. Η μέση ισχύς που αποδίδει ο πυκνωτής είναι:

(α′) 10000 W (β′) 5000 W (γ′) 500 W

Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

36. Ηλεκτρόνιο και νετρόνιο (ουδέτερο σωματίδιο) εισέρχονται διαδοχικά και από το ίδιο σημείο σε ομογενές ηλεκτρικό πεδίο, που δημιουργείται από επίπεδο φορτισμένο πυκνωτή, του οποίου οι οπλισμοί είναι οριζόντιοι. Τα δύο σωματίδια κατά την είσοδο τους έχουν ταχύτητες ίσων μέτρων που είναι παράλληλες με τους οπλισμούς του πυκνωτή, και εξέρχονται από σημεία που βρίσκονται ανάμεσα στους οπλισμούς του πυκνωτή. Με αμελητέες τις βαρυτικές αλληλεπιδράσεις τότε για το χρόνο παραμονής του ηλεκτρονίου t_e και του νετρονίου t_n, εντός του πεδίου ισχύει: [3]

(α′) $t_e > t_n$ (β′) $t_e = t_n$ (γ′) $t_e < t_n$

Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

5.1.2 Ασκήσεις

Κίνηση σε ανομοιογενές πεδίο

1. Ηλεκτρόνιο βάλλεται με αρχική ταχύτητα v_o προς αρχικά ακίνητο αωμάτιο α, από πολύ μεγάλη απόσταση. Το σωμάτιο α είναι ελεύθερο να κινηθεί. Να βρείτε:

(α′) Την ελάχιστη απόσταση των δύο σωματιδίων.

(β′) Τις τελικές τους ταχύτητες (όταν η απόστασή τους ξαναγίνει πολύ μεγάλη).

Δίνεται ότι $q_\alpha = 2q_p$ και $m_\alpha = 4m_p$.

2. Ακλόνητο σημειακό ηλεκτρικό φορτίο $Q = -100$ μC βρίσκεται πάνω σε λείο και μονωτικό δάπεδο. Σφαιρίδιο με φορτίο $q = 1$ μC και μάζα $m = 10$ g βρίσκεται αρχικά σε απόσταση $r = 10$ cm από το Q και εκτοξεύεται με αρχική ταχύτητα μέτρου $v_0 = 30$ m/s έτσι ώστε να απομακρύνεται από το Q.

Να υπολογίσετε:

(α′) την μέγιστη απόσταση στην οποία θα βρεθεί το q,

(β′) την μέγιστη και την ελάχιστη δυναμική ενέργεια του συστήματος των δύο φορτίων,

(γ′) το ρυθμό μεταβολής της ορμής του q, όταν αυτό βρεθεί στη μέγιστη δυνατή απόσταση,

(δ′) την ελάχιστη αρχική ταχύτητα, που πρέπει να δώσουμε στο q, έτσι ώστε αυτό να απομακρυνθεί από το πεδίο που δημιουργεί το Q.

Αγνοήστε τις βαρυτικές και τις μαγνητικές αλληλεπιδράσεις.

3. Σημειακό φορτίο $Q = 5$ μC είναι ακλόνητα στερεωμένο στο έδαφος. Σωματίδιο με φορτίο $q = 2$ μC και μάζα $m = 10$ g αφήνεται σε ύψος $h = 0,6$ m πάνω από το Q και μπορεί να κινείται κατά μήκος της κατακόρυφου που περνάει από το Q.

(α′) Να βρείτε προς τα πού θα κινηθεί.

(β′) Να υπολογίσετε το μέτρο της αρχικής επιτάχυνσης του σωματιδίου q.

(γ′) Να υπολογίσετε το μέτρο του αρχικού ρυθμού μεταβολής της ορμής του q.

(δ′) Να υπολογίσετε το σημείο που η ταχύτητα του q είναι μέγιστη και να εξηγήσετε γιατί είναι μέγιστη.

(ε′) Να υπολογίσετε την μέγιστη ταχύτητα.

(Γ′) Να βρείτε το μέγιστο ύψος στο οποίο φτάνει το σώμα.

Δίνεται: $kc = 9{\cdot}10^9\, N{\cdot}m^2/C^2$, και $g = 10\, m/s^2$.

4. Σωμάτιο α (πυρήνας $^4_2$He) με μάζα m_a και φορτίο $q_a = 2e$ και πυρήνας ασβεστίου $^{40}_{20}$Ca με μάζα $m_{\pi\upsilon\rho} = 10m_a$ και φορτίο $Q_{\pi\upsilon\rho} = 20e$, βρίσκονται αρχικά σε πολύ μεγάλη απόσταση μεταξύ τους. Τα δύο σωματίδια εκτοξεύονται ταυτόχρονα το ένα ενάντια στο άλλο, με ταχύτητες ίσου μέτρου v_0. [4]

Να υπολογισθούν:

(α′) Ο λόγος των μέτρων των επιταχύνσεων των στοιχειωδών σωματιδίων κάθε χρονική στιγμή.

(β′) Η ταχύτητα του πυρήνα ασβεστίου $^{40}_{20}$Ca τη στιγμή που μηδενίζεται η ταχύτητα του σωματιδίου α.

(γ′) Η ελάχιστη απόσταση στην οποία πλησιάζουν το σωμάτιο α και ο πυρήνας $^{40}_{20}$Ca.

(δ′) Η μέγιστη ηλεκτρική δυναμική ενέργεια του συστήματος των δύο σωματιδίων και οι ενεργειακές μετατροπές μέχρι εκείνη τη στιγμή.

(ε′) Οι τελικές ταχύτητες των σωματιδίων και οι ενεργειακές μετατροπές.

Δίνεται η σταθερά $_c$, το στοιχειώδες ηλεκτρικό φορτίο e και η μάζα m_a του σωματιδίου α.

5. Δύο σημειακά και ακίνητα ηλεκτρικά φορτία Q βρίσκονται στις άκρες ευθύγραμμου τμήματος ΑΒ το οποίο έχει μήκος $L = 1$ m. Σημειακό φορτίο q αφήνεται ελεύθερο να κινηθεί σε ένα σημείο Γ το οποίο βρίσκεται ανάμεσα στα Α και Β και σε απόσταση $L/4$ από το Α.

(α′) Να βρείτε πόση απόσταση θα διανύσει μέχρι να σταματήσει για πρώτη φορά.

(β′) Σε ποια θέση η ταχύτητα γίνεται μέγιστη;

(γ′) Στην θέση που υπολογίσατε το δυναμικό έχει την μέγιστη ή την ελάχιστη τιμή αιτιολογήστε κατάλληλα

Δίνεται ότι η κίνηση γίνεται πάνω σε λείο και μονωτικό επίπεδο και το φορτίο q δεν επηρεάζει το πεδίο των φορτίων Q. Οι βαρυτικές και οι μαγνητικές αλληλεπιδράσεις θεωρούνται αμελητέες.

6. Σφαιρίδιο Α, το οποίο έχει μάζα $m_1 = 2 \cdot 10^{-10}$ kg και φορτίο $q_1 = 10^{-8}$ C, εκτοξεύεται με αρχική ταχύτητα μέτρου $v_0 = 60$ m/s από πολύ μεγάλη απόσταση προς ένα αρχικά ακίνητο σφαιρίδιο Β, το οποίο έχει μάζα $m_2 = 2m_1 = 4 \cdot 10^{-10}$ kg και φορτίο $q_2 = 2q_1 = 2 \cdot 10^{-8}$ C. Τα δύο σφαιρίδια βρίσκονται πάνω σε λεία οριζόντια επιφάνεια από μονωτικό υλικό. Να υπολογίσετε:

(α′) Τα μέτρα των ταχυτήτων των δύο σφαιριδίων, τη χρονική στιγμή t_1 που η ηλεκτρική δυναμική ενέργεια του συστήματος των δύο φορτίων είναι μέγιστη.

(β′) Τη μέγιστη ηλεκτρική δυναμική ενέργεια του συστήματος των δύο φορτίων.

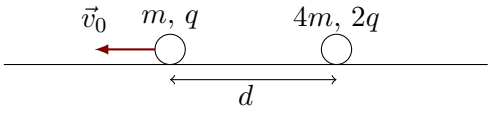
(γ′) Την απόσταση των δύο σφαιριδίων τη χρονική στιγμή t_1.

(δ′) Την ταχύτητα του σωματιδίου Β, όταν το σωματίδιο Α έχει ταχύτητα μέτρου $v_1 = 400$ m/s.

(ε′) Τις ταχύτητες των δύο σωματιδίων όταν πάψουν να αλληλεπιδρούν.

Δίνεται: $kc = 9 \cdot 10^9\, N \cdot m^2/C^2$. Η βαρυτική αλληλεπίδραση των δύο σφαιριδίων να θεωρηθεί αμελητέα.

7. Σφαιρίδιο με μάζα m και φορτίο q, εκτοξεύεται με αρχική ταχύτητα $\vec{v}_0$ από απόσταση d ώστε να απομακρύνεται από ένα αρχικά ακίνητο σφαιρίδιο το οποίο έχει μάζα $4m$ και φορτίο $2q$. Τα δύο σφαιρίδια βρίσκονται πάνω σε λεία οριζόντια επιφάνεια από μονωτικό υλικό. Να υπολογίσετε:



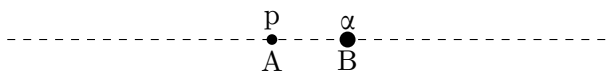
(α′) Τα μέτρα των ταχυτήτων των δύο σφαιριδίων όταν η ηλεκτρική δυναμική ενέργεια του συστήματος των δύο φορτίων είναι μέγιστη.

(β′) Τη μέγιστη ηλεκτρική δυναμική ενέργεια του συστήματος των δύο φορτίων.

(γ′) Την ταχύτητα v_0 ώστε το πρώτο σωματίδιο να βρεθεί σε άπειρη απόσταση από το άλλο.

(δ′) Τις ταχύτητες των δύο σωματιδίων όταν πάψουν να αλληλεπιδρούν.

8. Ένα πρωτόνιο και ένα σωμάτιο α (πυρήνας Ηλίου $^4_2$He) συγκρατούνται σε απόσταση r=5,12 mm. Δίνονται $m_\alpha = 4m_p$ και $q_\alpha = 2q_p$, ενώ $q_p = +e = +1,6 \cdot 10^{-19}$ C. Να βρεθούν:



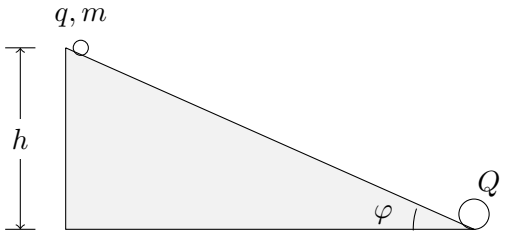
(α′) Η μέγιστη κινητική ενέργεια που θα αποκτήσει το πρωτόνιο αν αφεθεί να κινηθεί, ενώ το σωμάτιο α παραμένει στη θέση του.

(β′) Η μέγιστη κινητική ενέργεια που θα αποκτήσει το σωμάτιο α αν αφεθεί να κινηθεί, ενώ το πρωτόνιο παραμένει στη θέση του.

(γ′) Η μέγιστη κινητική ενέργεια που θα αποκτήσει κάθε σωματίδιο αν αφεθούν ελεύθερα.

(δ′) Πόσο είναι το έργο της δύναμης του πεδίου που ασκείται στο πρωτόνιο στις παραπάνω περιπτώσεις;

9. Στη βάση του πλάγιου επιπέδου του σχήματος βρίσκεται στερεωμένο φορτίο $Q = 4$ μC. Από ύψος $h = 6$ m στο κεκλιμένο επίπεδο γωνίας $\varphi = 30°$ αφήνουμε ένα φορτισμένο σώμα με μάζα $m = 0,2$ g και φορτίο $q = 1$ μC. Θεωρούμε ότι η κίνηση του σωματιδίου γίνεται χωρίς τριβές. Να υπολογιστεί:



(α′) Να εξετάσετε προς τα που θα κινηθεί το φορτίο.

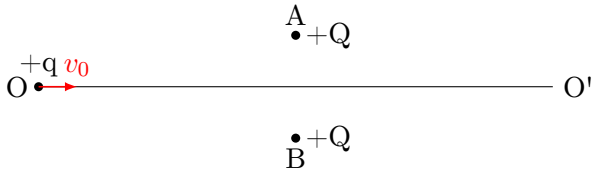
(β′) Η θέση στην οποία το σωματίδιο θα αποκτήσει την μέγιστη ταχύτητα κατά την κάθοδό του.

(γ′) Η μέγιστη ταχύτητα κατά την κάθοδο.

(δ′) Η ελάχιστη απόσταση από το Q στην οποία θα φτάσει το σωματίδιο.

Δίνονται $g = 10$ m/s^2, $k_c = 9 \cdot 10^9$ N·m^2/C^2.

10. Δύο ακλόνητα ίσα σημειακά φορτία $Q = 2$ μC βρίσκονται στα σημεία Α και Β, που απέχουν απόσταση $2d = 6$ cm. Από σημείο Ο της μεσοκαθέτου του ευθυγράμμου τμήματος ΑΒ, το οποίο απέχει μεγάλη απόσταση από τα σημεία Α και Β, εκτοξεύεται ένα μικρό σωματίδιο μάζας 2mg και φορτίου $q_1 = 3$ nC, με αρχική ταχύτητα v_0, με κατεύθυνση το μέσον Μ του ευθυγράμμου τμήματος ΑΒ, όπως στο σχήμα.



(α′) Να αποδειχθεί ότι το σωματίδιο θα κινηθεί ευθύγραμμα.

(β′) Υπολογίστε την ελάχιστη αρχική κινητική ενέργεια $K_{ελ}$ του μικρού φορτίου ώστε να βρεθεί στο αντίθετο άκρο της μεσοκαθέτου σε μεγάλη απόσταση από τα σημεία Α και Β.

(γ′) Θεωρήστε ξανά την ίδια βολή με αρχική κινητική ενέργεια $K = 2K_{ελ}$.

i. Ποιος ο ρυθμός μεταβολής της ορμής του σωματιδίου τη στιγμή που θα απέχει κατά $r_1 = 6$ cm από το σημείο Α;

ii. Ποιά είναι η ελάχιστη ταχύτητα του σωματιδίου;

iii. Να βρεθεί η μέγιστη κινητική ενέργεια που θα αποκτήσει το σωματίδιο.

Κίνηση παράλληλη στις δυναμικές γραμμές

11. Ηλεκτρόνιο εισέρχεται τον χώρο ανάμεσα στους οπλισμούς πυκνωτή παράλληλα και ομόρροπα στις δυναμικές γραμμές με αρχική ταχύτητα v_o. Η απόσταση των πλακών είναι d. Να βρείτε:

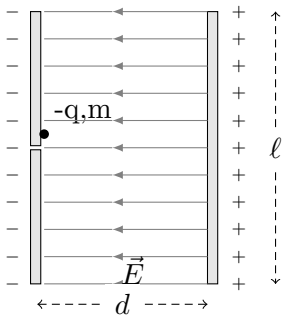
(α′) Την ελάχιστη διαφορά δυναμικού των πλακών ώστε το σωματίδιο να φτάνει στην άλλη πλάκα

i. με ταχύτητα μηδέν

ii. με ταχύτητα $v_o/2$

(β′) Τον χρόνο κίνησης του σωματιδίου

12. Δύο παράλληλες μεταλλικές πλάκες είναι φορτισμένες με αντίθετα φορτία. Φορτισμένο σωματίδιο με μάζα $m = 10^{-10}$ kg και φορτίου $q = -1$ μC αφήνεται τη χρονική στιγμή $t_0 = 0$ πολύ κοντά στην αρνητικά φορτισμένη πλάκα. Τη χρονική στιγμή $t_1 = 2 \cdot 10^{-3}$ s το σωματίδιο φτάνει στην θετικά φορτισμένη πλάκα με ταχύτητα μέτρου $v_1 = 4 \cdot 10^4$ m/s. Να υπολογίσετε:



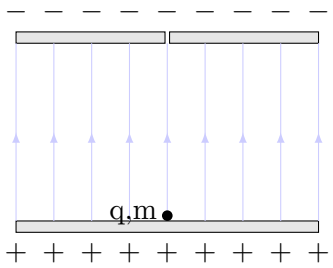
(α′) την απόσταση d μεταξύ των δύο πλακών.

(β′) το μέτρο της έντασης $\vec{E}$ του ηλεκτρικού πεδίου στο χώρο μεταξύ των πλακών.

(γ′) την διαφορά δυναμικού V μεταξύ των πλακών και το έργο της δύναμης που δέχεται το σωματίδιο από το ηλεκτρικό πεδίο, όταν αυτό μετατοπίζεται από τη μια πλάκα στην άλλη.

Η επίδραση του πεδίου βαρύτητας να θεωρηθεί αμελητέα.

13. Πυκνωτής με διαφορά δυναμικού 100 Volt και απόσταση οπλισμών $\ell = 10$ cm, βρίσκεται με τους οπλισμούς του οριζόντιους. Από τον θετικό του οπλισμό ξεκινά να επιταχύνεται μικρή σταγόνα λαδιού μάζας 10 mg και φορτίου $q = +2 \cdot 10^{-7}$ C. Η σταγόνα περνάει από μικρή οπή του αρνητικού οπλισμού και κινείται πάνω από τον πυκνωτή, όπου θεωρούμε ότι το ηλεκτρικό πεδίο είναι μηδαμινό. Να βρείτε:

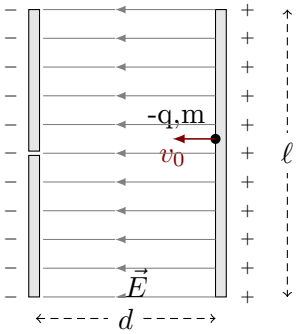


(α′) Είναι σκόπιμο να αγνοήσουμε το βαρυτικό πεδίο κατά την κίνηση της σταγόνας στο εσωτερικό του πυκνωτή;

(β′) Υπολογίστε την ταχύτητα με την οποία περνάει η σταγόνα από τον αρνητικό οπλισμό.

(γ′) Σε ποιό μέγιστο ύψος θα φτάσει η σταγόνα;

14. Δύο παράλληλες μεταλλικές πλάκες απέχουν μεταξύ τους απόσταση $d = 16$ cm και είναι φορτισμένες με τάση $V = 18$ V. Ένα ηλεκτρόνιο βάλλεται από ένα σημείο πολύ κοντά στην θετικά φορτισμένη πλάκα με ταχύτητα μέτρου v_0, παράλληλα προς τις δυναμικές γραμμές του πεδίου που δημιουργούν ανάμεσα τους οι δύο πλάκες. Να υπολογίσετε:



(α′) το μέτρο της επιβράδυνσης του ηλεκτρονίου.

(β′) το μέτρο της ταχύτητας $\vec{v}_0$, ώστε το ηλεκτρόνιο να φθάσει στην αρνητικά φορτισμένη πλάκα με μηδενική ταχύτητα.

(γ′) το χρόνο που χρειάζεται το ηλεκτρόνιο για να επιστρέψει στην αρχική του θέση.

(δ′) το έργο της ηλεκτρικής δύναμης κατά την κίνηση του ηλεκτρονίου από το σημείο Α (από το οποίο ξεκίνησε) στο σημείο Β (της άλλης πλάκας), $W_{A\to B}$, καθώς και το έργο της ηλεκτρικής δύναμης κατά την κίνηση του ηλεκτρονίου από το σημείο Α στο σημείο Β και την επιστροφή του στο σημείο Α, $W_{A\to B\to}$.

Δίνεται η μάζα του ηλεκτρονίου $m = 9 \cdot 10^{-31}$ kg και το στοιχειώδες ηλεκτρικό φορτίο $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C. Η επίδραση του πεδίου βαρύτητας να θεωρηθεί αμελητέα.

15. Σημειακό φορτίο $q = 2$ nC και μάζας $m = 1$ mgr τοποθετείται στο σημείο Α στο εσωτερικό επίπεδου πυκνωτή με κατακόρυφους οπλισμούς κοντά στον θετικά φορτισμένο οπλισμό του. Οι οπλισμοί του πυκνωτή απέχουν $\ell = 4$cm είναι ακλόνητα στερεωμένοι, ενώ ο πυκνωτής είναι φορτισμένος. Το ομογενές ηλεκτρικό πεδίο στο εσωτερικό του πυκνωτή έχει μέτρο $E = 2,5 \cdot 10^4$N/C . Το σημειακό φορτίο q επιταχύνεται από την ηρεμία στο εσωτερικό του πυκνωτή και εξέρχεται από πολύ μικρό άνοιγμα του οπλισμού στο σημείο Γ. [1] Να υπολογιστούν :

Σχήμα 5.1: Άσκηση **15.**

(α′) Η επιτάχυνση που αποκτά το σημειακό φορτίο q κατά την κίνηση του στο εσωτερικό του πυκνωτή.

(β′) Η διαφορά δυναμικού μεταξύ των οπλισμών του πυκνωτή.

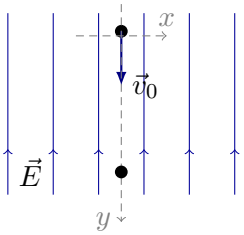
(γ′) Η ταχύτητα v που αποκτά το σημειακό φορτίο q στο σημείο Γ.

Το σημειακό φορτίο q μετά την έξοδο του από το σημείο Γ κινείται ευθύγραμμα δεδομένου ότι δεν υπάρχουν αλληλεπιδράσεις . Σε αρκετά μεγάλη απόσταση (ώστε να μην αλληλεπιδρά με τον πυκνωτή) βρίσκεται ακλόνητα τοποθετημένο σημειακό φορτίο $Q = 40$nC πάνω στη διεύθυνση κίνησης του φορτίου q.

(δ′) Να υπολογίσετε την ελάχιστη απόσταση που θα πλησιάσει το φορτίο q το ακλόνητο φορτίο Q.

Δίνεται $k_c = 9 \cdot 10^9$ Nm^2/C^2. Οι βαρυτικές επιδράσεις να θεωρηθούν αμελητέες.

16. Πρωτόνιο εκτοξεύεται με αρχική ταχύτητα v_0, όπως φαίνεται στο σχήμα, από τη θέση $(0, 0)$, τη χρονική στιγμή $t = 0$ μέσα σε περιοχή όπου επικρατεί ομογενές ηλεκτροστατικό πεδίο έντασης $E = 1000$N/C. Το πρωτόνιο διανύει απόσταση ίση με 7,5 cm μέχρι να σταματήσει στιγμιαία. [1]



(α′) Να υπολογισθεί το μέτρο της επιτάχυνσης του πρωτονίου και να σημειωθεί το διάνυσμά της.

(β′) Να υπολογισθεί το μέτρο της αρχικής του ταχύτητας v_0.

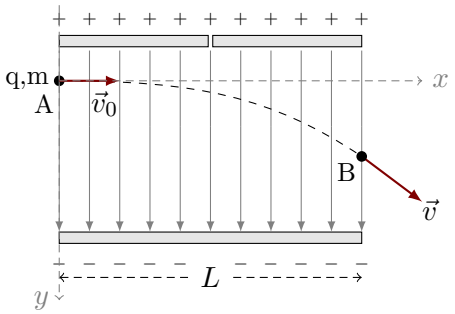
(γ′) Να υπολογισθεί ο χρόνος μέχρι το πρωτόνιο να σταματήσει στιγμιαία.

(δ′) Να βρεθεί σε πόσο χρόνο και με τι ταχύτητα, από τη χρονική στιγμή $t = 0$, το πρωτόνιο θα επιστρέψει στην αρχική του θέση.

Δίνεται το φορτίο και η μάζα του πρωτονίου $q_p = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C και $m_p = (5/3) \cdot 10^{-27}$ kg. Η βαρυτική δύναμη στο πρωτόνιο, όπως και η αντίσταση του αέρα, είναι αμελητέες.

Κίνηση κάθετη στις δυναμικές γραμμές

17. Φορτισμένο σωματίδιο μάζας m και θετικού ηλεκτρικού φορτίου q, εισέρχεται με ταχύτητα μέτρου v_0 σε ομογενές ηλεκτρικό πεδίο έντασης μέτρου E, κάθετα στις δυναμικές γραμμές. Το ομογενές ηλεκτρικό πεδίο δημιουργείται μεταξύ των οριζόντιων οπλισμών επίπεδου πυκνωτή, όπως φαίνεται στο σχήμα. Η απόσταση μεταξύ των οπλισμών του πυκνωτή είναι d και το μήκος του κάθε οπλισμού του είναι L. [1] Το φορτισμένο σωματίδιο εισέρχεται στο πεδίο από σημείο Α και εξέρχεται από σημείο Β, όπως φαίνεται στο σχήμα.



(α′) Να υπολογίσετε την κατακόρυφη μετατόπιση του σωματιδίου τη στιγμή της εξόδου του από το ηλεκτρικό πεδίο, καθώς και το χρόνο παραμονής του εντός του πεδίου.

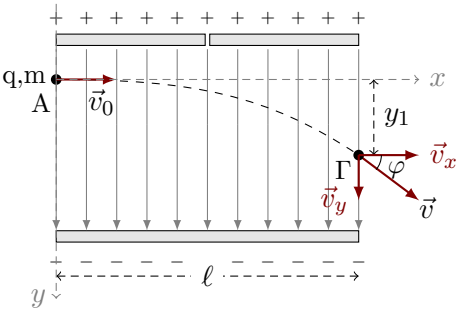
(β′) Να υπολογίσετε τη διαφορά δυναμικού μεταξύ των σημείων Α και Β.

(γ′) Να υπολογίσετε τη μεταβολή της κινητικής ενέργειας του φορτισμένου σωματιδίου εξαιτίας της κίνησης του εντός του πεδίου.

(δ′) Αν θεωρήσουμε ορθογώνιο σύστημα συντεταγμένων με αρχή το $\mathrm{A}(0,0)$ και ως χρονική στιγμή $t=0$, την στιγμή εισόδου του σωματιδίου στο ομογενές ηλεκτρικό πεδίο να υπολογίσετε την εξίσωση τροχιάς του σωματιδίου και να δώσετε τις συντεταγμένες της θέσης του τη χρονική στιγμή $t=\frac{d}{2v_0}$.

Οι απαντήσεις σας να δοθούν σε συνάρτηση με τα φυσικά μεγέθη m, q, v_0, E, d, L που αναφέρονται στην εκφώνηση και θεωρούνται δεδομένα. Οι βαρυτικές αλληλεπιδράσεις παραλείπονται και η αντίσταση του αέρα θεωρείται αμελητέα.

18. Πρωτόνιο μάζας m και φορτίου q εισέρχεται στο ομογενές ηλεκτρικό πεδίο επίπεδου φορτισμένου πυκνωτή με ταχύτητα μέτρου $v_0 = 2\cdot 10^5$ m/s παράλληλη προς τους οπλισμούς του. Μετά χρόνο $t_1 = 4\cdot 10^{-5}$ s το πρωτόνιο εξέρχεται από το πεδίο με ταχύτητα μέτρου $v = 2v_0$. Να υπολογίσετε:



(α′) τη γωνία που σχηματίζει η ταχύτητα $\vec{V}$ με την ταχύτητα $\vec{v}_0$, κατά την έξοδο του πρωτονίου από το πεδίο.

(β′) το μέτρο της επιτάχυνσης που αποκτά το πρωτόνιο μέσα στο πεδίο.

(γ′) το μέτρο της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου.

(δ′) τη διαφορά δυναμικού ανάμεσα στο σημείο εισόδου και στο σημείο εξόδου του πρωτονίου από το πεδίο.

Η επίδραση του πεδίου βαρύτητας να θεωρηθεί αμελητέα. Δίνεται το ειδικό φορτίο του πρωτονίου $q/m = 10^8$ C/kg.

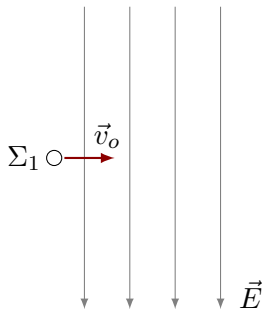
19. Δύο φορτισμένες μεταλλικές πλάκες έχουν μήκος $L = 20\mathrm{cm}$ και στο χώρο ανάμεσά τους δημιουργείται ομογενές ηλεκτρικό πεδίο με ένταση μέτρου $E = 16\cdot 10^5 \mathrm{N/C}$. Σωματίδιο μάζας $m = 4\cdot 10^{10}\mathrm{kg}$ και φορτίου $q = +2\mu\mathrm{C}$ εισέρχεται στο ομογενές ηλεκτρικό πεδίο με ταχύτητα $\vec{v}_0$, κάθετη στις δυναμικές γραμμές του πεδίου. Το σωματίδιο εξέρχεται από το πεδίο με κινητική ενέργεια που είναι διπλάσια της κινητικής ενέργειας εισόδου. Να υπολογίσετε:

(α′) τη γωνία που σχηματίζει η διεύθυνση της ταχύτητας εισόδου του σωματιδίου με τη διεύθυνση της ταχύτητας εξόδου του,

(β′) το μέτρο της ορμής του σωματιδίου κατά τη διάρκεια της κίνησής του στο πεδίο.

Να θεωρήσετε αμελητέες τις βαρυτικές αλληλεπιδράσεις.

20. Φορτισμένο σωματίδιο Σ_1 με τιμή φορτίου $q = -1,2 \cdot 10^{-7}$ C και μάζα $m_1 = 10^{-4}$ kg βάλλεται με αρχική ταχύτητα $v_0 = 4$ m/s κάθετα προς τις δυναμικές γραμμές ομογενούς ηλεκτρικού πεδίου έντασης $E = 10^4$ N/C μεγάλης έκτασης όπως φαίνεται στο σχήμα. [5]



(α′) Υπολογίστε την επιτάχυνση που αποκτά το φορτίο Σ_1.

(β′) Υπολογίστε τη μεταβολή της ορμής του φορτίου Σ_1 και το ρυθμό μεταβολής της στο χρονικό διάστημα από 0 έως $t_1 = 2$ s

Τη χρονική στιγμή t_1 αφόρτιστο σωματίδιο Σ_2 τριπλάσιας μάζας του Σ_1 κινείται προς τα αριστερά με οριζόντια ταχύτητα μέτρου $v_2 = \frac{4\sqrt{57}}{3}$ m/s και συγκρούεται πλαστικά με το φορτίο Σ_1. Αν η κρούση διαρκεί $\Delta t = 10^{-3}$ s και κατά τη διάρκειά της το σύστημα των φορτίων δεν αλλάζει θέση να:

(γ′) Βρείτε την οριζόντια ταχύτητα του συσσωματώματος μετά την κρούση.

(δ′) Ελέγξτε αν μπορούμε να εφαρμόσουμε την διατήρηση της ορμής στον κατακόρυφο άξονα. Βρείτε την κατακόρυφη ταχύτητα του συσσωματώματος μετά την κρούση.

(ε′) Την δύναμη που δέχτηκε το φορτίο Σ_1 κατά τη διάρκεια της κρούσης.

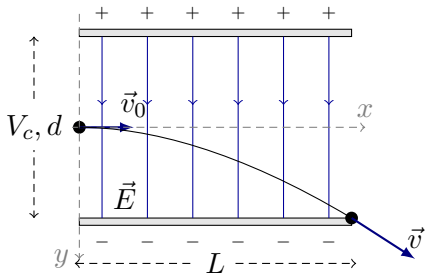
(Γ′) Βρείτε που βρίσκεται το συσσωμάτωμα την χρονική στιγμή $t_2 = \frac{15+\sqrt{57}}{7}$ s

(ζ′) Σχεδιάστε ποιοτικά ένα διάγραμμα της τροχιάς του φορτίου Σ_1 και του συστήματος που προκύπτει.

21. Σωματίδιο μάζας $m = 3,2 \cdot 10^{-16}$ kg και ηλεκτρικού φορτίου $q = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C επιταχύνεται από τάση $V = 4000$ V.

(α′) Να υπολογίσετε την ταχύτητα που απέκτησε το σωματίδιο εξαιτίας της τάσης V.

Στη συνέχεια, το σωματίδιο εισέρχεται στο ομογενές ηλεκτρικό πεδίο, που δημιουργείται μεταξύ των οριζόντιων πλακών ενός επίπεδου πυκνωτή, κάθετα στις δυναμικές γραμμές του πεδίου. Οι οπλισμοί του πυκνωτή έχουν μήκος L, απέχουν απόσταση $d = 0,4$ m, και η διαφορά δυναμικού μεταξύ τους είναι $V_c = 2000$ V. Το σωματίδιο διαγράφει την τροχιά που φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Το σημείο εισόδου του σωματιδίου είναι στη μέση της απόστασης των δύο οπλισμών. Το σημείο εξόδου είναι εφαπτομενικά στο άκρο του κάτω οπλισμού. Να υπολογίσετε:

(β′) Το μέτρο της επιτάχυνσης που αποκτά το σωματίδιο κατά την κίνησή του μέσα στο ομογενές ηλεκτρικό πεδίο.

(γ′) Το μήκος L των οπλισμών του πυκνωτή.

(δ′) Την ταχύτητα εξόδου του σωματιδίου σε μέτρο και κατεύθυνση.

Να θεωρήσετε τις βαρυτικές δυνάμεις και την αντίσταση του αέρα αμελητέες.

22. Φορτισμένο σωματίδιο μάζας 10^{-10} kg και φορτίου 10^{-10} C επιταχύνεται από την ηρεμία από διαφορά δυναμικού $V = 200$ V και στη συνέχεια εισέρχεται σε ομογενές ηλεκτρικό πεδίο που σχηματίζεται μεταξύ δύο οριζοντίων μεταλλικών πλακών κάθετα στις δυναμικές γραμμές αυτού του δεύτερου πεδίου. Η ένταση του δεύτερου ηλεκτροστατικού πεδίου είναι 2000 N/C και το μήκος των παράλληλων φορτισμένων πλακών είναι $L = 10$ cm. Να υπολογίσετε:

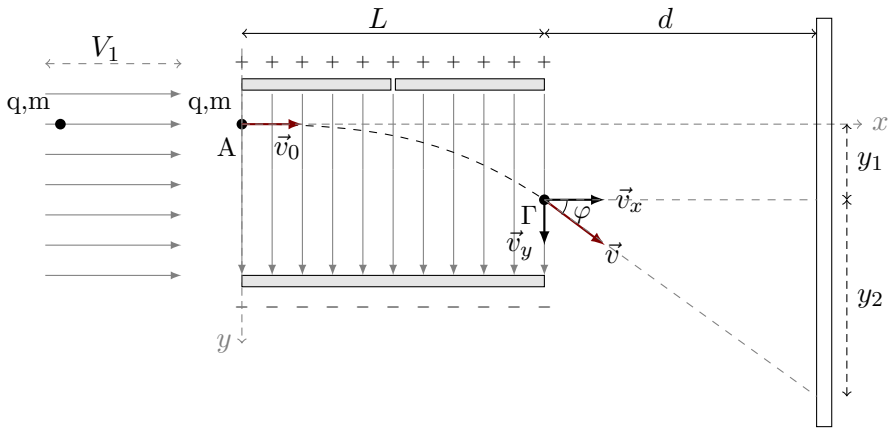
(α′) Το μέτρο της ταχύτητας εισόδου του φορτισμένου σωματιδίου στο ηλεκτρικό πεδίο των πλακών.

(β′) Το χρόνο παραμονής του σωματιδίου στο ηλεκτρικό πεδίο των πλακών.

(γ′) Την κατακόρυφη απόκλιση του φορτισμένου σωματιδίου κατά την έξοδό του από το ηλεκτρικό πεδίο των πλακών.

(δ′) Την ταχύτητα εξόδου του φορτισμένου σωματιδίου από το ηλεκτρικό πεδίο των πλακών.

23. Ένα σωματίδιο μάζας m και θετικού φορτίου q επιταχύνεται από την ηρεμία μέσω μιας διαφοράς δυναμικού $V_1 = 2 \cdot 10^3$ V και στη συνέχεια εισέρχεται στο ομογενές ηλεκτρικό πεδίο που δημιουργούν ανάμεσα τους δύο παράλληλες και οριζόντιες μεταλλικές πλάκες, με ταχύτητα $\vec{v}_0$ κάθετη στις δυναμικές γραμμές του πεδίου. Το μέτρο της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου είναι $E = 10^4$ N/C. Η κατακόρυφη απόκλιση του σωματιδίου από την αρχική του θέση, κατά την έξοδο του από το πεδίο, είναι $y_1 = 20$ cm. Μετά την έξοδο του από το πεδίο, το σωματίδιο πέφτει σε επίπεδη επιφάνεια, η οποία είναι κάθετη στη διεύθυνση της ταχύτητας $\vec{v}_0$ του σωματιδίου και απέχει από τα πλησιέστερα άκρα των δύο πλακών απόσταση $d = 50$ cm. Να υπολογίσετε:



(α′) το μέτρο της ταχύτητας v_0

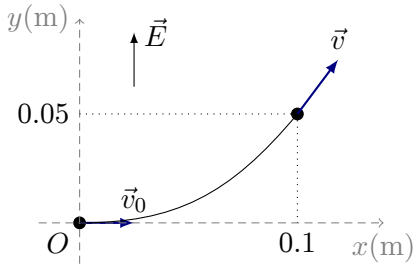
(β′) το μήκος L των πλακών.

(γ′) το μέτρο της ταχύτητας v του σωματιδίου τη στιγμή που εξέρχεται από το ηλεκτρικό πεδίο.

(δ′) την κατακόρυφη απόκλιση του σωματιδίου από τη στιγμή που εισέρχεται στο ηλεκτρικό πεδίο μέχρι τη στιγμή που πέφτει στην επίπεδη επιφάνεια.

Δίνεται για το σωματίδιο: $q/m = 10^5$ C/kg. Η επίδραση του πεδίου βαρύτητας να θεωρηθεί αμελητέα.

24. Πρωτόνιο κινείται με οριζόντια ταχύτητα μέτρου $v_0 = 10^5$ m/s και τη χρονική στιγμή $t_1 = 0$ εισέρχεται, από το σημείο Ο, σε κατακόρυφο ομογενές ηλεκτρικό πεδίο του οποίου η φορά της έντασης είναι όπως φαίνεται στο σχήμα. Το σημείο Ο είναι η αρχή των αξόνων συστήματος συντεταγμένων (x, y), (στο Ο είναι η τιμή μηδέν και για τους δύο άξονες). Την χρονική στιγμή t_2 το πρωτόνιο βρίσκεται στη θέση Σ του πεδίου με συντεταγμένες $x = 0,1$ m, και $y = 0,05$ m.
Να υπολογιστούν:



(α′) Η χρονική στιγμή t_2 κατά την οποία το πρωτόνιο βρίσκεται στο σημείο Σ.

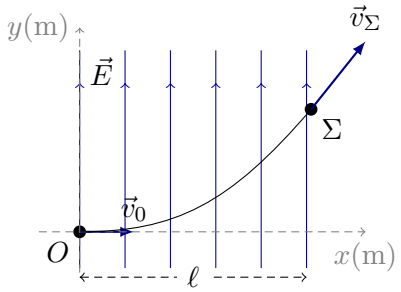
(β′) Το μέτρο E της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου.

(γ′) Η κινητική ενέργεια του πρωτονίου στο σημείο Σ.

(δ′) Η εξίσωση της τροχιάς του πρωτονίου.

Δίνεται η μάζα του πρωτονίου $m = 1,6 \cdot 10^{-27}$ kg, το ηλεκτρικό του φορτίο, $q = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C, καθώς και ότι αυτό πρακτικά δέχεται μόνο τη δύναμη από το προαναφερόμενο ηλεκτρικό πεδίο.

25. Πρωτόνιο επιταχύνεται από ένα ομογενές ηλεκτρικό πεδίο, ξεκινώντας από την ηρεμία κινούμενο μεταξύ δύο σημείων με διαφορά δυναμικού $V = 200$ V, οπότε αποκτά οριζόντια ταχύτητα μέτρου v_0 κατά την έξοδό του από το πεδίο. Στη συνέχεια εισέρχεται από ένα σημείο Ο σε ένα δεύτερο ομογενές ηλεκτρικό πεδίο, έντασης μέτρου $E = 10^3$ N/C, κάθετα στις δυναμικές γραμμές, όπως παριστάνεται στο σχήμα.



Το δεύτερο ηλεκτρικό πεδίο εκτείνεται σε οριζόντια απόσταση $d = 0,2$ m. Το πρωτόνιο εξέρχεται από το δεύτερο πεδίο από το σημείο Σ έχοντας αποκτήσει ταχύτητα μέτρου v_Σ. Να υπολογιστούν:

(α′) το μέτρο της ταχύτητας v_0,

(β′) ο χρόνος κίνησης του πρωτονίου στο δεύτερο ηλεκτρικό πεδίο,

(γ′) η εκτροπή του πρωτονίου $y + \Sigma$ κατά μήκος του άξονα y,

(δ′) το μέτρο της ταχύτητας εξόδου v_Σ του πρωτονίου από το δεύτερο πεδίο.

Δίνεται ότι το πηλίκο του ηλεκτρικού φορτίου προς τη μάζα του πρωτονίου είναι ίσο με 10^8 C/kg και ότι το πρωτόνιο δέχεται δύναμη μόνο από τα αναφερόμενα ηλεκτρικά πεδία.

Πυκνωτές

26. Οι οπλισμοί ενός επίπεδου πυκνωτή είναι τετράγωνες πλάκες πλευράς $\alpha = 2$ cm. Η απόσταση μεταξύ των δύο οπλισμών του πυκνωτή είναι $d = 17,7$ mm. Μεταξύ των οπλισμών του πυκνωτή υπάρχει κενό. Ο πυκνωτής συνδέεται με πηγή τάσης $V = 88,5$ V. Να υπολογίσετε:

(α′) Τη χωρητικότητα του επίπεδου πυκνωτή.

(β′) Το φορτίο που αποκτά ο πυκνωτής.

(γ′) Την ενέργεια του πυκνωτή.

(δ′) Το μέτρο της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου που δημιουργείται ανάμεσα στους δύο οπλισμούς του πυκνωτή.

Δίνεται: $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ C^2/Nm^2.

27. Επίπεδος πυκνωτής χωρητικότητας $C = 8$ μF συνδέεται με ηλεκτρική πηγή και φορτίζεται με διαφορά δυναμικού $V = 200$ V. Μεταξύ των οπλισμών του πυκνωτή υπάρχει κενό, ενώ η απόσταση τους είναι $d = 5$ mm.

Στη συνέχεια ο πυκνωτής αποσυνδέεται από την πηγή και η απόσταση μεταξύ των οπλισμών του διπλασιάζεται.

Να βρείτε για τον πυκνωτή, πριν και μετά το διπλασιασμό της απόστασης μεταξύ των οπλισμών του:

(α′) Το φορτίο του.

(β′) Τη χωρητικότητα του.

(γ′) Την τάση του.

(δ′) Το μέτρο της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου ανάμεσα στους οπλισμούς του.

(ε′) Την ενέργεια του.

28. Επίπεδος πυκνωτής χωρητικότητας $C = 4$ μF συνδέεται με ηλεκτρική πηγή και φορτίζεται με διαφορά δυναμικού $V = 400$ V. Μεταξύ των οπλισμών του πυκνωτή υπάρχει κενό, ενώ η απόσταση τους είναι $d = 10$ mm.

Χωρίς να αποσυνδέσουμε τον πυκνωτή από την πηγή, υποδιπλασιάζουμε την απόσταση μεταξύ των οπλισμών του. Να βρείτε για τον πυκνωτή, πριν και μετά τον υποδιπλασιασμό της απόστασης μεταξύ των οπλισμών του:

(α′) Την τάση του.

(β′) Τη χωρητικότητα του.

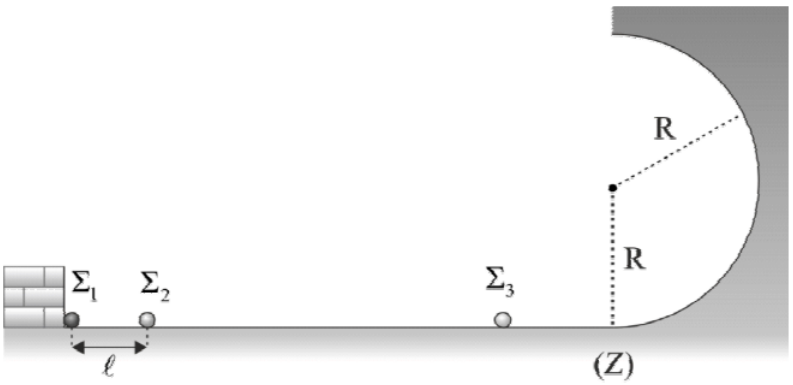
(γ′) Το φορτίο του.

(δ′) Την ένταση του ηλεκτρικού πεδίου ανάμεσα στους οπλισμούς του.

(ε′) Την ενέργεια του.

Συνδυαστικές Ασκήσεις

29. Πάνω σε λείο οριζόντιο μονωτικό επίπεδο συγκρατούνται ακίνητα σε απόσταση $l = 9$ cm δύο σημειακά ηλεκτρικά φορτία Σ1 και Σ2. Το Σ1 έχει φορτίο $Q = 2 \cdot 10^{-5}$ C, είναι ακλόνητα στερεωμένο ενώ το Σ2 έχει φορτίο $q = 2 \cdot 10^{-8}$ C και μάζα $m_2 = 0,2$ g και μπορεί να κινηθεί αν αφεθεί ελεύθερο. Κάποια στιγμή αφήνουμε ελεύθερο το φορτίο Σ2 να κινηθεί. Όταν βρεθεί σε απόσταση που δεν θα αλληλεπιδρά ηλεκτρικά με το Σ1 συγκρούεται κεντρικά με ακίνητο ουδέτερο μονωμένο σημειακό σωματίδιο Σ3 μάζας $m_3 = 2$g. Το σωματίδιο Σ3 μετά τη κρούση εισέρχεται από το σημείο (Z) στο εσωτερικό λείου ημικυκλίου ακτίνας $R = 0,4$ m όπως φαίνεται στο σχήμα.



(α′) Να υπολογίσετε την αρχική δυναμική ενέργεια των φορτίων Σ1 και Σ2.

(β′) Να υπολογίσετε τη μέγιστη ταχύτητα που θα αποκτήσει το φορτίο Σ2.

(γ′) Το σωματίδιο Σ3 μετά τη κρούση και καθώς μπαίνει στο ημικύκλιο στο σημείο Z δέχεται δύναμη από το δάπεδο που έχει μέτρο διπλάσιο του βάρους του. α) Να υπολογίσετε το μέτρο της ταχύτητας του σωματιδίου Σ3 στο σημείο (Z). β) Να υπολογίσετε την απώλεια της μηχανικής ενέργειας κατά την κρούση των σωμάτων Σ2 – Σ3.

(δ′) Να υπολογίσετε το μέτρο της κάθετης αντίδρασης που δέχεται το σώμα Σ3 από το ημικύκλιο όταν βρεθεί στο σημείο που μηδενίζεται στιγμιαία η ταχύτητα του.

Δίνονται: Η επιτάχυνση της βαρύτητας $g = 10$ m/s^2 και η ηλεκτρική σταθερά $k = 9 \cdot 10^9, \mathrm{Nm^2/C^2}$. Η αντίσταση του αέρα είναι αμελητέα. Όλες οι κινήσεις γίνονται στο ίδιο κατακόρυφο επίπεδο. Οι διαστάσεις του παραπάνω σχήματος έχουν σχεδιαστεί εκτός κλίμακας. [3]

Βιβλιογραφία

[1] Τράπεζα Θεμάτων Β' Λυκείου.

[2] Διονύσιος Μάργαρης. Υλικό φυσικής - χημείας, https://ylikonet.gr, 2018.

[3] Θέματα ΟΕΦΕ Β' Λυκείου.

[4] Θοδωρής Παπασγουρίδης. Υλικό φυσικής - χημείας, https://ylikonet.gr, 2019.

[5] Χρήστος Αγριοδήμας. Υλικό φυσικής - χημείας, https://ylikonet.gr, 2019.