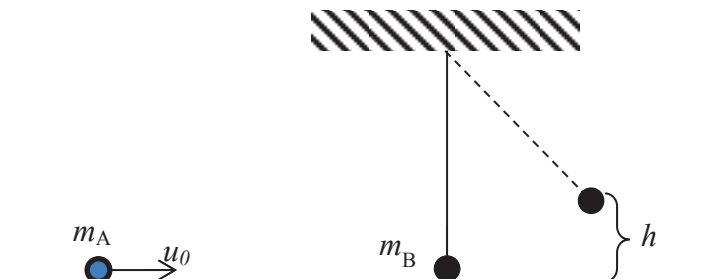


ΘΕΜΑ Δ

Το σώμα Α μάζας $m_A = 1 \text{ kg}$ κινείται με ταχύτητα $u_0 = 8 \text{ m/s}$ σε λείο οριζόντιο δάπεδο και συγκρούεται μετωπικά με το σώμα Β, που έχει μάζα $m_B = 3 \text{ kg}$ και βρίσκεται στο άκρο αβαρούς και μη εκτατού (που δεν αλλάζει το μήκος του) σχοινιού. Μετά τη σύγκρουση το σώμα Β ανυψώνεται κατά $h = 0,45 \text{ m}$ από την αρχική του θέση.



Δ1) Να υπολογιστεί η ταχύτητα του σώματος Β, αμέσως μετά την κρούση.

Μονάδες 8

Δ2) Να υπολογιστεί η μεταβολή της ορμής του σώματος Α κατά την κρούση, λαμβάνοντας ως θετική την αρχική φορά κίνησης του σώματος Α.

Μονάδες 6

Δ3) Να υπολογιστεί η μεταβολή της κινητικής ενέργειας του σώματος Α πριν και μετά την κρούση.

Μονάδες 6

Δ4) Να υπολογιστεί το ποσό θερμικής ενέργειας (θερμότητας) που ελευθερώνεται εξ αιτίας της κρούσης των δύο σωμάτων.

Μονάδες 5

Δίνεται η επιτάχυνση της βαρύτητας στην επιφάνεια της γης $g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$. Η αντίσταση του αέρα θεωρείται αμελητέα.

ΘΕΜΑ Δ

Το εξωτερικό φλας μιας φωτογραφικής μηχανής χρησιμοποιεί έναν επίπεδο πυκνωτή για να αποθηκεύσει την απαιτούμενη ηλεκτρική ενέργεια που απαιτείται για να φωτίσει το χώρο. Η χρονική διάρκεια λειτουργίας του φλας είναι περίπου $1/500$ s και η μέση ισχύς του φωτός που αποδίδεται στο περιβάλλον είναι 0,25 MW.

Δ1) Να υπολογίσετε την ηλεκτρική ενέργεια που είχε αποθηκεύσει ο πυκνωτής και που απελευθερώθηκε μέσω του φλας, αν γνωρίζουμε ότι η μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας σε φωτεινή είναι πλήρης.

Μονάδες 6

Δ2) Αν ο πυκνωτής που παρέχει ενέργεια στο παραπάνω φλας τροφοδοτείται από μια πηγή με τάση 200 V, ποια είναι η χωρητικότητα του πυκνωτή;

Μονάδες 6

Δ3) Αν θελήσουμε να τετραπλασιάσουμε την απόσταση μεταξύ των οπλισμών του πυκνωτή, χωρίς όμως να μεταβληθεί η ποσότητα του φορτίου που αποθηκεύει ο πυκνωτής, ποια πρέπει να είναι η τιμή της τάσης που θα χρησιμοποιούμε για να τον φορτίσουμε;

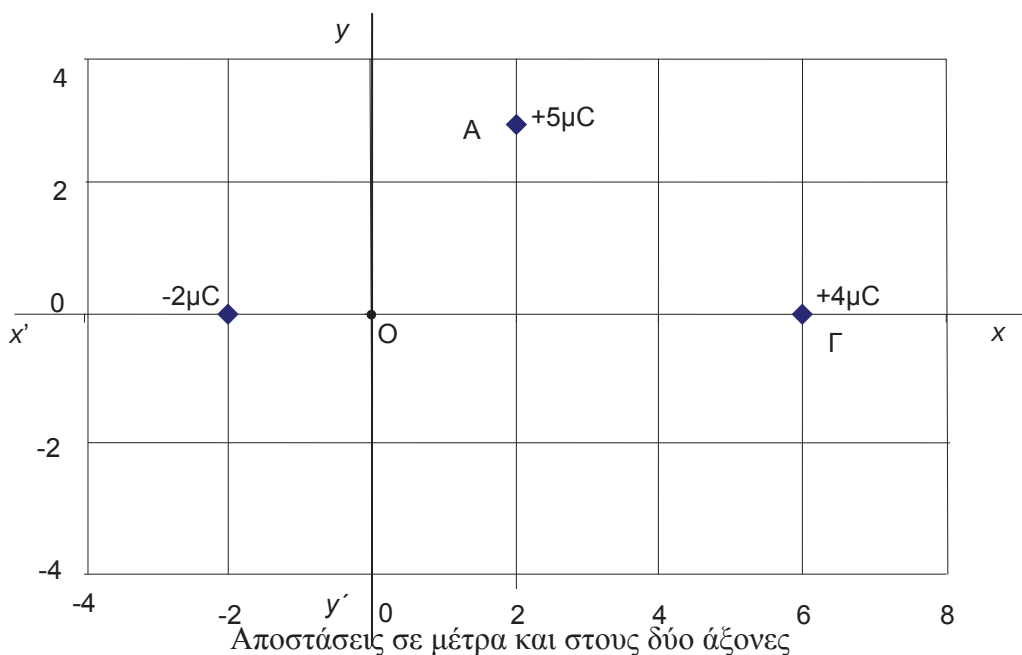
Μονάδες 6

Δ4) Να υπολογιστεί η ηλεκτρική δυναμική ενέργεια που αποθηκεύεται από τον πυκνωτή όταν τετραπλασιάζουμε την απόσταση μεταξύ των οπλισμών του, διατηρώντας το φορτίο του σταθερό.

Μονάδες 7

ΘΕΜΑ Δ

Ακινητοποιούμε τρία σημειακά ηλεκτρικά φορτία, στις θέσεις που φαίνονται στο παρακάτω σχήμα, πάνω σε λείο οριζόντιο δάπεδο κατασκευασμένο από κάποιο μονωτικό υλικό.



Δ1) Να υπολογίσετε τη δυναμική ενέργεια του συστήματος των φορτίων.

Μονάδες 8

Δ2) Να υπολογίσετε το έργο της ηλεκτρικής δύναμης κατά τη μετακίνηση του φορτίου που βρίσκεται στη θέση A του σχήματος, σε άπειρη απόσταση.

Μονάδες 8

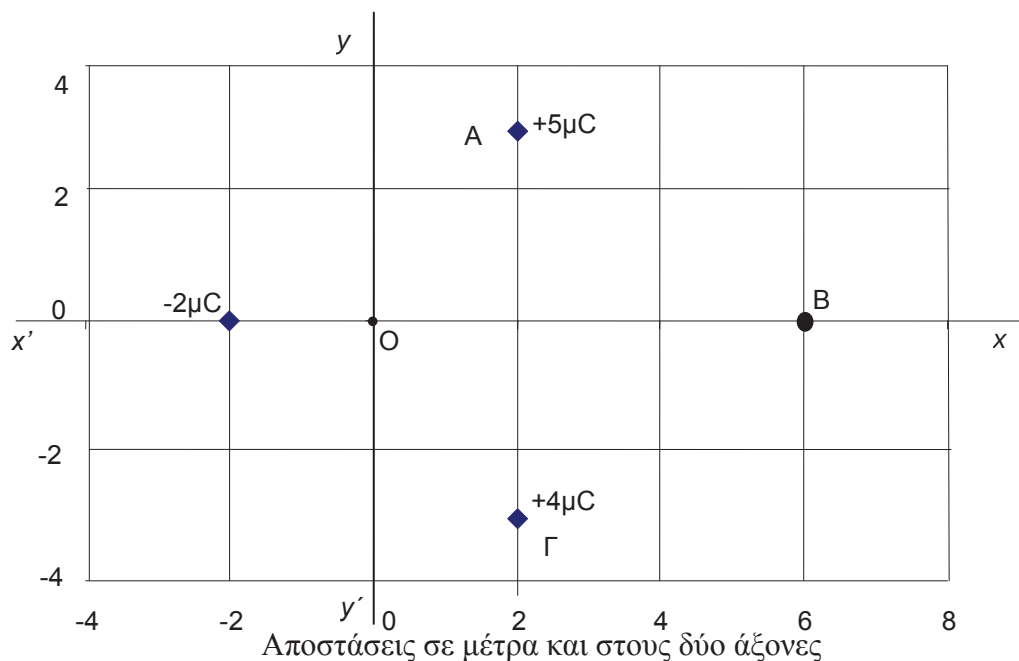
Δ3) Στη συνέχεια, και στο σύστημα των δύο ηλεκτρικών φορτίων που έχουν μείνει, αποφασίζουμε να μετακινήσουμε προς τα δεξιά το φορτίο που είναι στη θέση Γ (και έχει μάζα 0,01 g) κατά 8 m μέχρι να βρεθεί σε μια νέα θέση Δ, επίσης στον οριζόντιο άξονα $x'x$. Αν το ηλεκτρικό αυτό φορτίο όταν βρεθεί στη θέση Δ έχει ταχύτητα $v = 10 \text{ m/s}$, ποιο είναι το έργο που απαιτείται για αυτή τη μετακίνηση;

Μονάδες 9

$$\text{Δίνεται } k_C = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}.$$

ΘΕΜΑ Δ

Ακινητοποιούμε σε λείο οριζόντιο δάπεδο κατασκευασμένο από μονωτικό υλικό, τρία σημειακά ηλεκτρικά φορτία στις θέσεις που φαίνονται στο πιο κάτω σχήμα.



Δ1) Να υπολογίσετε τη δυναμική ενέργεια του συστήματος των τριών φορτίων.

Μονάδες 8

Δ2) Το έργο της ηλεκτρικής δύναμης κατά τη μετακίνηση του φορτίου που βρίσκεται στη θέση Α του σχήματος, σε άπειρη απόσταση.

Μονάδες 8

Δ3) Στη συνέχεια, και στο σύστημα των δύο ηλεκτρικών φορτίων που έχουν μείνει, αποφασίζουμε να μετακινήσουμε το φορτίο που είναι αρχικά στη θέση Γ (και έχει μάζα 0,01 g) προς τη θέση Β. Αν το ηλεκτρικό αυτό φορτίο όταν βρεθεί στη θέση Β έχει ταχύτητα $v = 10 \text{ m/s}$, ποιο είναι το έργο που απαιτείται για αυτή τη μετακίνηση;

Μονάδες 9

$$\text{Δίνεται } k_C = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}.$$

ΘΕΜΑ Δ

Ποσότητα ιδανικού αερίου εκτελεί την κυκλική μεταβολή ΑΒΓΔΑ του σχήματος για την οποία δίνεται ότι $p_A = 4 \text{ atm}$, $V_A = 2 \text{ L}$, $T_A = 400 \text{ K}$, $V_B = 4 \text{ L}$, $T_B = 200 \text{ K}$.

Δ1) Να υπολογίσετε τις πιέσεις p_Γ και p_Δ και τη θερμοκρασία T_B .

Μονάδες 2+2+2

Δ2) Να υπολογίσετε τη μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας στις αντιστρεπτές μεταβολές ΓΔ, ΔΑ και ΑΒ.

Μονάδες 2+2+2

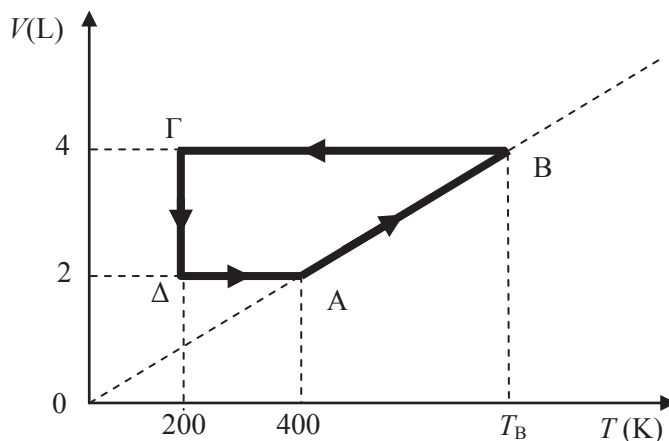
Δ3) Να ονομάσετε κάθε μια από τις αντιστρεπτές μεταβολές του σχήματος και να υπολογίσετε το ποσό του έργου που παράγει το αέριο κατά τη διάρκεια αυτού του κύκλου.

Μονάδες 4+3

Δ4) Να υπολογίσετε το συντελεστή απόδοσης μιας θερμικής μηχανής, το αέριο της οποίας λειτουργεί με βάση τον παραπάνω κύκλο.

Μονάδες 6

Δίνονται: $1 \text{ atm} = 10^5 \text{ N/m}^2$, $\ln 2 = 0,7$ και ότι $C_V = 3 \cdot R/2$.



ΘΕΜΑ Δ

Ποσότητα ιδανικού αερίου εκτελεί την αντιστρεπτή κυκλική μεταβολή ΑΒΓΔΑ του σχήματος για την οποία δίνεται ότι $p_A = 4 \text{ atm}$, $V_A = 2 \text{ L}$, $T_A = 400 \text{ K}$, $V_B = 4 \text{ L}$, $T_\Gamma = 200 \text{ K}$.

Δ1) Να υπολογίσετε τις πιέσεις p_Γ και p_Δ και τη θερμοκρασία T_B .

Μονάδες 2+2+2

Δ2) Να ονομάσετε κάθε μια από τις αντιστρεπτές μεταβολές του σχήματος και να σχεδιάσετε τη γραφική παράσταση της κυκλικής μεταβολής σε βαθμολογημένους άξονες p - V .

Μονάδες 4+3

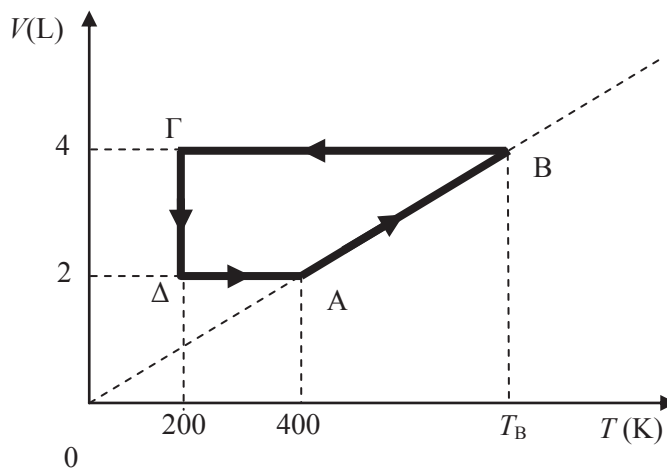
Δ3) Να υπολογίσετε το ποσό του έργου που παράγει το αέριο κατά τη διάρκεια αυτού του κύκλου.

Μονάδες 6

Δ4) Να υπολογίσετε το συντελεστή απόδοσης μια μηχανής Carnot που θα λειτουργούσε μεταξύ των ακραίων θερμοκρασιών της πιο πάνω κυκλικής μεταβολής.

Μονάδες 6

Δίνονται: $1 \text{ atm} = 10^5 \text{ N/m}^2$, $\ln 2 = 0,7$ και ότι $C_V = 3R/2$:



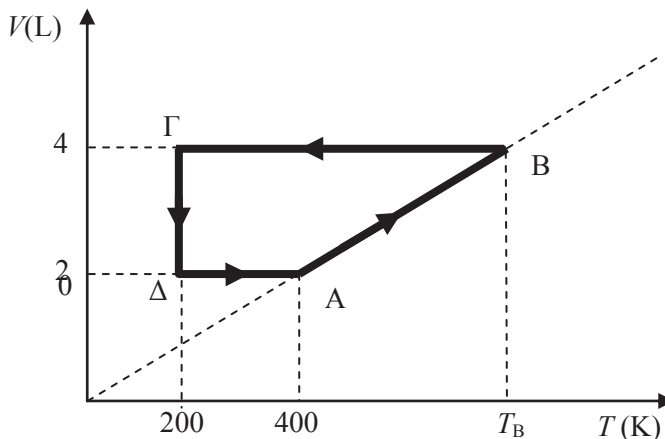
ΘΕΜΑ Δ

Ένα ιδανικό αέριο εκτελεί την κυκλική μεταβολή ΑΒΓΔΑ του σχήματος. Αν $p_A = 4 \text{ atm}$, $V_A = 2 \text{ L}$, $T_A = 400 \text{ K}$, $V_B = 4 \text{ L}$, $T_\Gamma = 200 \text{ K}$.

Δ1) Να υπολογίσετε τις πιέσεις p_Γ και p_Δ και τη θερμοκρασία T_B .

Μονάδες 2+2+2

Δ2) Να ονομάσετε κάθε μια από τις αντιστρεπτές μεταβολές του σχήματος και να σχεδιάσετε τη γραφική παράσταση της κυκλικής μεταβολής σε βαθμολογημένους άξονες $p-V$ και $p-T$.



Μονάδες 4+2+2

Δ3) Να υπολογίσετε τη μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας στις μεταβολές ΓΔ, ΔΑ και ΑΒ.

Μονάδες 2+2+2

Δ4) Να υπολογίσετε το συντελεστή απόδοσης μια μηχανής Carnot που θα λειτουργούσε μεταξύ των ακραίων θερμοκρασιών της πιο πάνω κυκλικής μεταβολής.

Μονάδες 5

Δίνεται ότι $1 \text{ atm} = 10^5 \text{ N/m}^2$, $\ln 2 = 0,7$ και ότι $C_V = 3R/2$.

ΘΕΜΑ Δ

Ορισμένη ποσότητα ιδανικού αερίου, που βρίσκεται στην κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας Α (p_0, V_0, T_0), υπόκειται στην παρακάτω αντιστρεπτή κυκλική μεταβολή:

ΑΒ-ισοβαρής εκτόνωση μέχρι να τετραπλασιαστεί ο όγκος του,

ΒΓ-ισόχωρη μεταβολή μέχρι τη θερμοκρασία T_0 ,

ΓΑ-ισόθερμη μεταβολή.

Δ1) Να γίνει η γραφική παράσταση των μεταβολών σε άξονες p - V , όπου θα φαίνονται οι τιμές της πίεσης, του όγκου και της θερμοκρασίας του αερίου στις καταστάσεις Α, Β, και Γ, συναρτήσει των p_0, V_0, T_0 . (Οι τιμές της θερμοκρασίας να σημειωθούν πάνω στις ισόθερμες καμπύλες).

Μονάδες 5

Δ2) Να υπολογιστεί η θερμότητα που αποβάλλει το αέριο στην κυκλική μεταβολή συναρτήσει των p_0, V_0, T_0 .

Μονάδες 6

Δ3) Να υπολογιστεί το ολικό έργο στην κυκλική μεταβολή συναρτήσει των p_0, V_0, T_0 .

Μονάδες 7

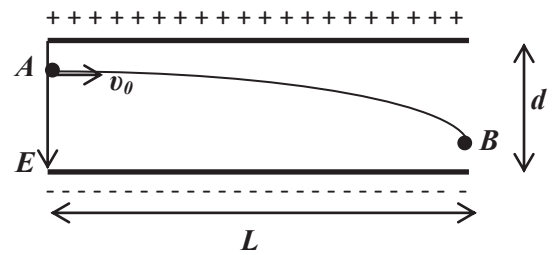
Δ4) Να υπολογίσετε την απόδοση μηχανής Carnot που λειτουργεί μεταξύ των ακραίων ισόθερμων του παραπάνω κύκλου, καθώς και την απόδοση θερμικής μηχανής που λειτουργεί σύμφωνα με την παραπάνω αντιστρεπτή κυκλική μεταβολή (οι αποδόσεις να εκφραστούν ως κλάσματα).

Μονάδες 7

Δίνονται η γραμμομοριακή ειδική θερμότητα του αερίου υπό σταθερό όγκο $C_V = 3 \cdot R/2$ και ότι $\ln 2 = 0,7$.

ΘΕΜΑ Δ

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 . Το φορτισμένο σωματίδιο εισέρχεται στο πεδίο από σημείο A και εξέρχεται από σημείο B, όπως φαίνεται στο σχήμα.

Δ1) 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.

Μονάδες 6

Δ2) Να υπολογίσετε τη διαφορά δυναμικού μεταξύ των σημείων A και B.

Μονάδες 6

Δ3) Να υπολογίσετε τη μεταβολή της κινητικής ενέργειας του φορτισμένου σωματιδίου εξαιτίας της κίνησης του εντός του πεδίου.

Μονάδες 7

Δ4) Αν θεωρήσουμε ορθογώνιο σύστημα συντεταγμένων με αρχή το 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

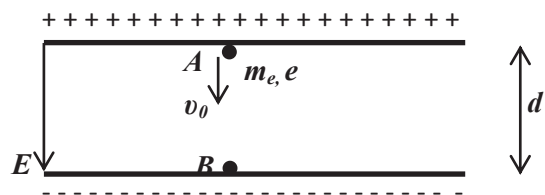
$$t = \frac{d}{2v_0}.$$

Μονάδες 7

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.

ΘΕΜΑ Δ

Δύο οριζόντιοι μεταλλικοί οπλισμοί είναι φορτισμένοι και η μεταξύ τους διαφορά δυναμικού είναι V . Ένα ηλεκτρόνιο εισέρχεται από μικρή οπή, που βρίσκεται στο θετικό οπλισμό (σημείο A), με ταχύτητα μέτρου $v_0 = 7 \cdot 10^6$ m/s. Η ταχύτητα του ηλεκτρονίου είναι παράλληλη στις δυναμικές γραμμές του ομογενούς ηλεκτρικού πεδίου μεταξύ των οπλισμών με κατεύθυνση προς τον αρνητικό οπλισμό. Η απόσταση μεταξύ των οπλισμών είναι $d = 10$ mm. Να υπολογίσετε:



Δ1) την τάση V έτσι ώστε το ηλεκτρόνιο να ακινητοποιηθεί στιγμιαία ακριβώς πριν ακουμπήσει τον αρνητικό οπλισμό,

Μονάδες 6

Δ2) την ταχύτητα κατά μέτρο και κατεύθυνση με την οποία το ηλεκτρόνιο θα επιστρέψει στο σημείο A,

Μονάδες 5

Δ3) το χρονικό διάστημα που απαιτείται για να επιστρέψει το ηλεκτρόνιο στο σημείο A,

Μονάδες 7

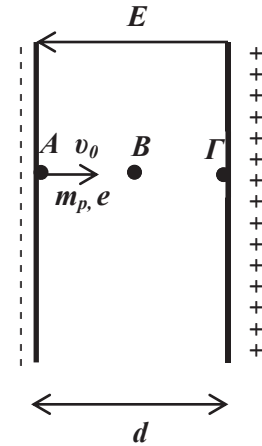
Δ4) το έργο της ηλεκτρικής δύναμης κατά την κίνηση του ηλεκτρονίου από το σημείο A στο σημείο B, $W_{A \rightarrow B}$, καθώς και το έργο της ηλεκτρικής δύναμης κατά την κίνηση του ηλεκτρονίου από το σημείο A στο σημείο B και την επιστροφή του στο σημείο A, $W_{A \rightarrow B \rightarrow A}$.

Μονάδες 7

Δίνονται το πηλίκο της απόλυτης τιμής του φορτίου του ηλεκτρονίου προς τη μάζα του, $\frac{e}{m_e} = 1,75 \cdot 10^{11}$ C/kg καθώς και το φορτίο του ηλεκτρονίου $e = -1,6 \cdot 10^{-19}$ C. Οι βαρυτικές αλληλεπιδράσεις παραλείπονται και η αντίσταση του αέρα θεωρείται αμελητέα.

ΘΕΜΑ Δ

Δύο κατακόρυφοι μεταλλικοί οπλισμοί είναι φορτισμένοι με τάση V . Ένα πρωτόνιο εισέρχεται από μικρή οπή που βρίσκεται σε σημείο του αρνητικού οπλισμού (σημείο Α), με ταχύτητα μέτρου $v_0 = 10^5$ m/s. Η ταχύτητα του πρωτονίου είναι παράλληλη στις δυναμικές γραμμές του ομογενούς ηλεκτρικού πεδίου που επικρατεί μεταξύ των οπλισμών, με κατεύθυνση προς τον θετικό οπλισμό. Η απόσταση μεταξύ των οπλισμών είναι $d=10$ mm. Να υπολογίσετε:



Δ1) την τιμή της τάσης V έτσι ώστε το πρωτόνιο να ακινητοποιηθεί στιγμιαία ακριβώς πριν ακουμπήσει το θετικό οπλισμό,

Μονάδες 6

Δ2) το λόγο μεταξύ των διαφορών δυναμικού μεταξύ των σημείων Α, Β και των σημείων Α,Γ $\frac{V_{AB}}{V_{AG}}$,

Μονάδες 6

Δ3) το χρονικό διάστημα που απαιτείται για να φτάσει το πρωτόνιο στη θετική πλάκα, καθώς και το χρονικό διάστημα που απαιτείται για να επιστρέψει στο σημείο εκτόξευσης,

Μονάδες 6

Δ4) την κινητική ενέργεια του πρωτονίου στο μέσο της απόστασης μεταξύ των δύο οπλισμών (σημείο Β).

Μονάδες 7

Δίνεται η μάζα του πρωτονίου $m_p = 1,6 \cdot 10^{-27}$ kg και το στοιχειώδες ηλεκτρικό φορτίο $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C. Οι βαρυτικές αλληλεπιδράσεις παραλείπονται.

ΘΕΜΑ Δ

Σε έναν επίπεδο πυκνωτή οι οπλισμοί του είναι τετράγωνοι με πλευρά 10cm και απέχουν μεταξύ τους απόσταση 8,85 mm.

Δ1) Να υπολογίσετε τη χωρητικότητα του πυκνωτή.

Μονάδες 5

Δ2) Συνδέουμε τον πυκνωτή με πηγή ηλεκτρεγερτικής δύναμης 100 V προκειμένου να τον φορτίσουμε. Να υπολογίσετε τη δυναμική ενέργεια που έχει αποθηκευτεί στον πυκνωτή μετά την πλήρη φόρτισή του.

Μονάδες 5

Διατηρώντας τον πυκνωτή συνδεδεμένο με την πηγή, διπλασιάζουμε την απόσταση μεταξύ των οπλισμών του.

Δ3) Υπολογίστε το επί τοις εκατό ποσοστό μεταβολής της χωρητικότητας και του φορτίου του πυκνωτή, εξαιτίας της απομάκρυνσης των οπλισμών του.

Μονάδες 7

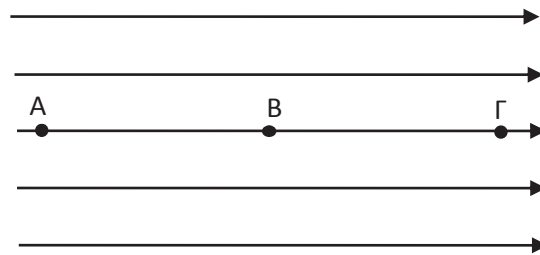
Δ4) Στη συνέχεια αποσυνδέουμε τον πυκνωτή από την πηγή και τον συνδέουμε με έναν αντιστάτη. Πόσο θα έχει αυξηθεί η θερμική ενέργεια στον αντιστάτη όταν ο πυκνωτής έχει εκφορτιστεί πλήρως; Αν η εκφόρτιση του πυκνωτή είχε διάρκεια 10^{-4} s ποιος είναι ο μέσος ρυθμός με τον οποίο η ενέργεια του ηλεκτρικού πεδίου του πυκνωτή μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια στον αντιστάτη;

Μονάδες 8

Δίνεται η σταθερά $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2/(\text{N} \cdot \text{m}^2)$.

ΘΕΜΑ Δ

Τρία σημεία A, B και Γ βρίσκονται κατά μήκος μιας δυναμικής γραμμής ενός ομογενούς ηλεκτρικού πεδίου και για τις μεταξύ τους αποστάσεις ισχύει $(ΑΓ) = 2 \cdot (ΑΒ) = 5 \text{ cm}$, όπως φαίνεται στο διπλανό σχήμα. Πρωτόνιο διέρχεται τη χρονική στιγμή $t = 0$ από το σημείο Γ, με κατεύθυνση προς το σημείο Α με ταχύτητα μέτρου $v_0 = 10^6 \text{ m/s}$, η οποία έχει αντίθετη κατεύθυνση από αυτή της δυναμικής γραμμής. Να υπολογίσετε:



Δ1) τη διαφορά δυναμικού μεταξύ των σημείων Γ και Α, αν γνωρίζετε ότι το πρωτόνιο ακινητοποιείται στιγμιαία ακριβώς στο σημείο Α,

Μονάδες 6

Δ2) την ταχύτητα, σε μέτρο και κατεύθυνση με την οποία το πρωτόνιο θα επιστρέψει στο σημείο Γ,

Μονάδες 5

Δ3) τη χρονική στιγμή που το πρωτόνιο διέρχεται από το σημείο Β κινούμενο προς το σημείο Γ,

Μονάδες 7

Δ4) το έργο της ηλεκτρικής δύναμης κατά την κίνηση του πρωτονίου από το σημείο Γ στο σημείο Β, $(W_{Γ \rightarrow Β})$ καθώς και το έργο της ηλεκτρικής δύναμης κατά την κίνηση του πρωτονίου από το σημείο Γ στο σημείο Α και την επιστροφή του στο σημείο Γ $(W_{Γ \rightarrow Α \rightarrow Γ})$.

Μονάδες 7

Δίνεται η μάζα του πρωτονίου $m_p = 1,6 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ και το στοιχειώδες ηλεκτρικό φορτίο $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$. Οι βαρυτικές αλληλεπιδράσεις παραλείπονται και η επίδραση του αέρα είναι αμελητέα. Θεωρήστε για τις πράξεις $\sqrt{2} = 1,4$.

ΘΕΜΑ Δ

Ορισμένη ποσότητα μονατομικού ιδανικού αερίου που βρίσκεται στην κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας Α (p_0, V_0, T_0), υπόκειται στην παρακάτω αντιστρεπτή κυκλική μεταβολή:

ΑΒ-ισοβαρής εκτόνωση μέχρι να τετραπλασιαστεί ο όγκος του,

ΒΓ-αδιαβατική μεταβολή μέχρι τη θερμοκρασία T_0 ,

ΓΑ-ισόθερμη μεταβολή.

Δ1) Να γίνει η γραφική παράσταση των μεταβολών σε άξονες p - V , όπου θα φαίνονται οι τιμές της πίεσης, του όγκου και της θερμοκρασίας του αερίου στις καταστάσεις Α, Β, και Γ, συναρτήσει των p_0, V_0, T_0 . (Οι τιμές της θερμοκρασίας θα σημειωθούν πάνω στις ισόθερμες καμπύλες).

Μονάδες 6

Δ2) Να υπολογιστεί ο λόγος των έργων που ανταλλάσσεται μεταξύ αερίου και περιβάλλοντος για τις μεταβολές ΒΓ και ΑΒ, $\frac{W_{ΒΓ}}{W_{ΑΒ}}$.

Μονάδες 6

Δ3) Να υπολογιστεί ο λόγος των θερμοτήτων που ανταλλάσσεται μεταξύ αερίου και περιβάλλοντος για τις μεταβολές ΑΒ και ΓΑ, $\frac{Q_{ΑΒ}}{Q_{ΓΑ}}$.

Μονάδες 6

Δ4) Να υπολογίσετε την απόδοση μηχανής Carnot που λειτουργεί μεταξύ των ακραίων θερμοκρασιών του παραπάνω κύκλου καθώς και την απόδοση θερμικής μηχανής που λειτουργεί σύμφωνα με την παραπάνω αντιστρεπτή κυκλική μεταβολή (οι αποδόσεις να εκφραστούν ως κλάσματα).

Μονάδες 7

Δίνονται η γραμμομοριακή ειδική θερμότητα του αερίου υπό σταθερό όγκο $C_v = 3R/2$, $\ln 2 = 0,7$ και ο αδιαβατικός συντελεστής $\gamma = 5/3$.

ΘΕΜΑ Δ

Δύο φορτισμένα σωματίδια (1) και (2) έχουν μάζες m_1 και m_2 και ηλεκτρικά φορτία q_1 και q_2 αντίστοιχα και βρίσκονται αρχικά σε άπειρη απόσταση μεταξύ τους. Το σωματίδιο (1) εκτοξεύεται με ταχύτητα μέτρου v_0 και κατεύθυνση προς το σωματίδιο (2). Το σωματίδιο (2) ήταν αρχικά ακίνητο. Να υπολογίσετε:

Δ1) τα μέτρα των ταχυτήτων των δύο σωματιδίων, όταν η μεταξύ τους απόσταση γίνει ελάχιστη,

Μονάδες 8

Δ2) την ελάχιστη απόσταση στην οποία θα πλησιάσουν,

Μονάδες 8

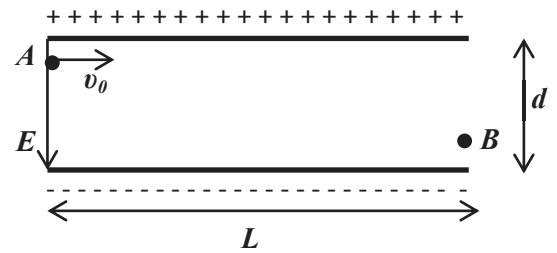
Δ3) την απόσταση των δύο σωματιδίων, τη χρονική στιγμή που θα μηδενιστεί η ταχύτητα του σωματιδίου (1).

Μονάδες 9

Δίνονται: $m_1 = 10^{-6} \text{ kg}$, $m_2 = 2 \cdot 10^{-6} \text{ kg}$, $q_1 = -5 \text{ } \mu\text{C}$ και $q_2 = -10 \text{ } \mu\text{C}$, $v_0 = 3 \cdot 10^4 \text{ m/s}$, $k_C = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$. Η αντίσταση του αέρα, τριβές και η επίδραση της βαρύτητας θεωρούνται αμελητέες.

ΘΕΜΑ Δ

Φορτισμένο σωματίδιο μάζας m και 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 . Το φορτισμένο σωματίδιο εισέρχεται στο πεδίο από σημείο A και εξέρχεται από σημείο B, όπως φαίνεται στο σχήμα. Να υπολογίσετε:

Δ1) το χρόνο παραμονής του σωματιδίου στο ομογενές ηλεκτρικό πεδίο και να σχεδιάσετε την τροχιά του σωματιδίου στο παραπάνω σχήμα,

Μονάδες 5

Δ2) την κατακόρυφη μετατόπιση του σωματιδίου μέσα στο ηλεκτρικό πεδίο,

Μονάδες 6

Δ3) την ταχύτητα εξόδου (μέτρο και κατεύθυνση) του φορτισμένου σωματιδίου από το πεδίο,

Μονάδες 7

Δ4) τη διαφορά δυναμικού μεταξύ των σημείων A και B.

Μονάδες 7

Δίνονται $m = 10^{-8} \text{ kg}$, $q = 1 \text{ } \mu\text{C}$, $v_0 = 100 \text{ m/s}$, $E = 100 \text{ V/m}$, $d = 0,1 \text{ m}$, $L = 0,2 \text{ m}$. Οι βαρυτικές αλληλεπιδράσεις παραλείπονται.

ΘΕΜΑ Δ

Ορισμένη ποσότητα ιδανικού αερίου μιας θερμικής μηχανής εκτελεί κυκλική αντιστρεπτή μεταβολή ΑΒΓΑ, η οποία αποτελείται από τις παρακάτω επιμέρους αντιστρεπτές μεταβολές:

- από την κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας Α με $p_A = 10 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ και $V_A = 1 \text{ L}$, εκτονώνεται ισοβαρώς στην κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας Β με $V_B = 2 \text{ L}$,
- από την κατάσταση Β εκτονώνεται αδιαβατικά στην κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας Γ με $V_\Gamma = 4\sqrt{2} \text{ L}$,
- και τέλος από την κατάσταση Γ επανέρχεται ισόθερμα στην κατάσταση Α.

Δ1) Να απεικονίσετε την κυκλική μεταβολή σε διάγραμμα p - V σημειώνοντας τα δεδομένα για την πίεση και τον όγκο.

Μονάδες 8

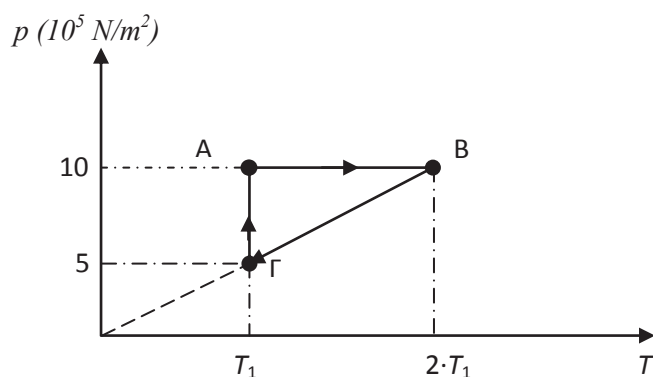
Δ2) Να υπολογίσετε, για κάθε επιμέρους μεταβολή, τη θερμότητα Q , το έργο W και τη μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας ΔU του αερίου.

Μονάδες 9

Δ3) Να υπολογίσετε τον συντελεστή απόδοσης της θερμικής αυτής μηχανής, καθώς επίσης και τον συντελεστή απόδοσης μιας μηχανής Carnot που θα λειτουργούσε μεταξύ των ίδιων ακραίων θερμοκρασιών της παραπάνω κυκλικής μεταβολής.

Μονάδες 8

Δίνονται: $\gamma = 5/3$, $\ln 2 = 0,7$, $\ln(4\sqrt{2}) = \frac{5}{2} \cdot 0,7$.

ΘΕΜΑ Δ

Ορισμένη ποσότητα ιδανικού αερίου μιας θερμικής μηχανής εκτελεί την κυκλική αντιστρεπτή μεταβολή ABΓΑ που φαίνεται στο παραπάνω διάγραμμα p - T .

Δ1) Να υπολογίσετε, για κάθε επιμέρους μεταβολή, τη θερμότητα Q , το έργο W και τη μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας ΔU του αερίου, εάν το έργο κατά τη μεταβολή ΓΑ είναι $W_{\Gamma \rightarrow A} = -700 \text{ J}$.

Μονάδες 8

Δ2) Να υπολογίσετε το συντελεστή απόδοσης της θερμικής αυτής μηχανής καθώς επίσης και τον συντελεστή απόδοσης μιας μηχανής Carnot που θα λειτουργούσε μεταξύ των ίδιων ακραίων θερμοκρασιών της παραπάνω κυκλικής μεταβολής.

Μονάδες 7

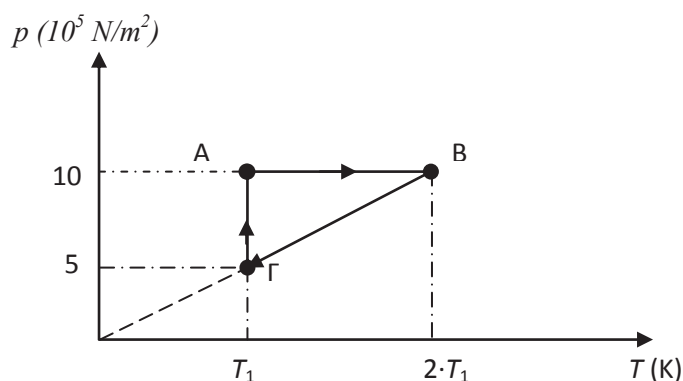
Δ3) Εάν η μηχανή πραγματοποιεί 120 κύκλους σε 1 λεπτό να υπολογίσετε τη μηχανική ισχύ που αποδίδει η μηχανή.

Μονάδες 5

Δ4) Εάν αυτή η θερμική μηχανή κινεί όχημα μάζας $m = 600 \text{ kg}$, πόσο χρόνο θα χρειαστεί το όχημα, ξεκινώντας από ακινησία, για να αποκτήσει ταχύτητα μέτρου 72 km/h ; Να θεωρήσετε ότι όλη η μηχανική ενέργεια που αποδίδει η μηχανή μετατρέπεται σε κινητική ενέργεια του οχήματος χωρίς απώλειες.

Μονάδες 5

Δίνονται $C_V = 3 \cdot R/2$ και $\ln 2 = 0,7$.

ΘΕΜΑ Δ

Θερμική μηχανή υφίσταται την κυκλική μεταβολή που παριστάνεται στο παραπάνω διάγραμμα p - T .

Δ1) Να παραστήσετε την παραπάνω μεταβολή σε διάγραμμα p - V , εάν δίνεται ότι $V_A = 1$ L, και να υπολογίσετε για κάθε επιμέρους μεταβολή, τη θερμότητα Q , το έργο W και τη μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας ΔU του αερίου.

Μονάδες 8

Δ2) Να υπολογίσετε τον συντελεστή απόδοσης της θερμικής αυτής μηχανής καθώς επίσης και τον συντελεστή απόδοσης μιας μηχανής Carnot που θα λειτουργούσε μεταξύ των ίδιων ακραίων θερμοκρασιών της παραπάνω κυκλικής μεταβολής.

Μονάδες 7

Δ3) Εάν η μηχανή πραγματοποιεί 120 κύκλους σε 1 λεπτό να υπολογίσετε την μηχανική ισχύ που αποδίδει η μηχανή.

Μονάδες 5

Δ4) Εάν αυτή η θερμική μηχανή κινεί όχημα μάζας $m = 300$ kg, πόσα λίτρα βενζίνης θα καταναλώσει το όχημα ξεκινώντας από την ακινησία μέχρι να αποκτήσει ταχύτητα μέτρου 72 km/h; Να θεωρήσετε ότι όλη η μηχανική ενέργεια που αποδίδει η μηχανή μετατρέπεται σε κινητική ενέργεια του οχήματος χωρίς απώλειες.

Μονάδες 5

Δίνονται: $C_V = 3 \cdot R/2$, $\ln 2 = 0,7$, θερμότητα που παράγεται κατά την καύση της βενζίνης ανά μονάδα μάζας είναι $4 \cdot 10^6$ J/kg και η πυκνότητα βενζίνης $\rho = 800$ kg/m³.

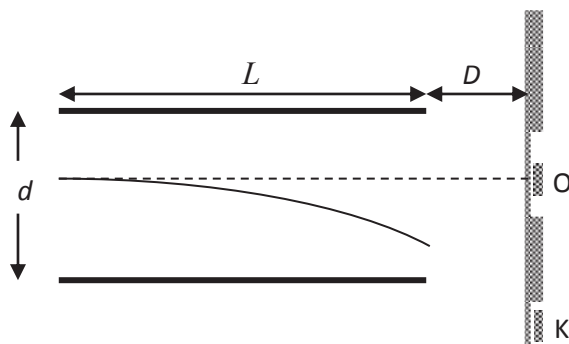
ΘΕΜΑ Δ

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

Δ1) Να υπολογίσετε την ταχύτητα που απέκτησε το σωματίδιο εξαιτίας της τάσης V .

Μονάδες 4

Στη συνέχεια, το σωματίδιο εισέρχεται σε ομογενές ηλεκτρικό πεδίο, που δημιουργείται μεταξύ των οριζόντιων πλακών ενός επίπεδου πυκνωτή, κάθετα στις δυναμικές γραμμές του πεδίου. Οι οπλισμοί του πυκνωτή έχουν μήκος $L = 0,8$ m, ενώ η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου μεταξύ των οπλισμών είναι 5000 N/C. Το σωματίδιο διαγράφει, εντός του πεδίου, την τροχιά που φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Μετά την έξοδο του από το πεδίο του πυκνωτή, το σωματίδιο χτυπάει στο σημείο K φθορίζουσας οθόνης η οποία απέχει απόσταση $D = 0,2$ m από το άκρο του πυκνωτή. Να υπολογίσετε:

Δ2) το μέτρο της επιτάχυνσης που αποκτά το σωματίδιο κατά την κίνησή του μέσα στο ομογενές ηλεκτρικό πεδίο.

Μονάδες 7

Δ3) το χρόνο κίνησης του σωματιδίου μέσα στο ηλεκτρικό πεδίο του πυκνωτή και την ταχύτητα εξόδου του σωματιδίου σε μέτρο και κατεύθυνση.

Μονάδες 8

Δ4) την απόσταση (OK) στην οθόνη, όπου O το σημείο της φθορίζουσας οθόνης που βρίσκεται στην προέκταση της διεύθυνσης της ταχύτητας με την οποία εισέρχεται το σωματίδιο στο ηλεκτρικό πεδίο.

Μονάδες 6

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

ΘΕΜΑ Δ

Δύο φορτισμένα σωματίδια έχουν μάζες $m_1 = 0,2 \text{ kg}$, $m_2 = 0,3 \text{ kg}$ και φορτία $q_1 = +\frac{7}{5} \cdot 10^{-4} \text{ C}$,

$q_2 = +\frac{1}{6} \cdot 10^{-4} \text{ C}$ αντίστοιχα. Το σωματίδιο (2) αρχικά συγκρατείται ακίνητο, ενώ το (1) εκτοξεύεται

από το άπειρο, με ταχύτητα μέτρου v_0 , προς το σωματίδιο (2). Τη χρονική στιγμή t_1 η ηλεκτρική δυναμική ενέργεια του συστήματος των δύο σωματιδίων είναι ίση με $U_1 = 210 \text{ J}$ και η ταχύτητα του σωματιδίου (1) είναι $v_1 = 100 \text{ m/s}$.

Δ1) Να υπολογίσετε το μέτρο της ταχύτητας v_0 και την απόσταση των δύο σωματιδίων τη χρονική στιγμή t_1 .

Μονάδες 6

Τη χρονική στιγμή t_1 το σωματίδιο (2) αφήνεται ελεύθερο να κινηθεί.

Δ2) Να περιγράψετε το είδος της κίνησης που θα κάνουν τα δύο σωματίδια μετά την χρονική στιγμή t_1 .

Μονάδες 5

Δ3) Να υπολογίσετε την ελάχιστη απόσταση στην οποία θα πλησιάσουν τα δύο σωματίδια, καθώς και το μέτρο της ταχύτητας των δύο σωματιδίων τη στιγμή που η απόσταση γίνεται ελάχιστη.

Μονάδες 8

Δ4) Τη μέγιστη ηλεκτρική δυναμική ενέργεια του συστήματος των δύο σωματιδίων.

Μονάδες 6

Δίνεται ότι $K_c = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$. Η αντίσταση του αέρα και η βαρυτική δύναμη θεωρούνται αμελητέες.

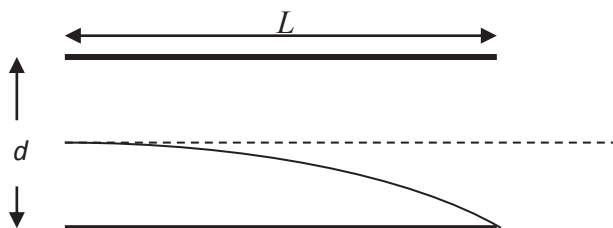
ΘΕΜΑ Δ

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.

Δ1) Να υπολογίσετε την ταχύτητα που απέκτησε το σωματίδιο εξαιτίας της τάσης V .

Μονάδες 4

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 εφάπτομενικά στο άκρο του κάτω οπλισμού.



Να υπολογίσετε:

Δ2) Το μέτρο της επιτάχυνσης που αποκτά το σωματίδιο κατά την κίνησή του μέσα στο ομογενές ηλεκτρικό πεδίο.

Μονάδες 6

Δ3) Το μήκος L των οπλισμών του πυκνωτή.

Μονάδες 8

Δ4) Την ταχύτητα εξόδου του σωματιδίου σε μέτρο και κατεύθυνση.

Μονάδες 7

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

ΘΕΜΑ Δ

Δύο σημειακά σωματίδια με ηλεκτρικά φορτία $q_1 = 10^{-5} \text{ C}$ και $q_2 = -10^{-5} \text{ C}$ και ίσες μάζες $m = 0,1 \text{ kg}$ βρίσκονται σε οριζόντιο δάπεδο σε απόσταση $0,5 \text{ m}$.

Δ1) Να υπολογιστεί η ηλεκτρική δυναμική ενέργεια των δύο φορτίων.

Μονάδες 5

Δ2) Να προσδιοριστεί το μέτρο της ταχύτητας που πρέπει να προσδώσουμε σε καθένα από τα δύο σωματίδια ώστε να μπορούν να εκτελούν ομαλή κυκλική κίνηση με την επίδραση της δύναμης Coulomb που θα παίζει το ρόλο κεντρομόλου δύναμης, γύρω από το μέσο του ευθύγραμμου τμήματος που ενώνει τα δύο σημειακά σωματίδια.

Μονάδες 8

Δ3) Να υπολογίσετε την κινητική και την ολική ενέργεια του συστήματος των δύο σωματίδιων.

Μονάδες 8

Δ4) Να υπολογίσετε το ποσό της ενέργειας που πρέπει να προσδοθεί στα δύο φορτία, όταν αυτά εκτελούν κυκλική κίνηση, ώστε να φτάσουν σε άπειρη απόσταση με μηδενικές ταχύτητες.

Μονάδες 4

Τριβές δεν υπάρχουν, η βαρύτητα δεν παίζει ρόλο, ενώ η αντίσταση του αέρα θεωρείται αμελητέα.

Δίνεται: $k_C = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}$.

ΘΕΜΑ Δ

Σημειακό σωματίδιο (1) με ηλεκτρικό φορτίο $q_1 = 10^{-5} \text{ C}$ είναι ακλόνητα στερεωμένο σε σημείο οριζόντιου δαπέδου κατασκευασμένο από μονωτικό υλικό. Σημειακό σωματίδιο (2) με ηλεκτρικό φορτίο $q_2 = -10^{-5} \text{ C}$ και μάζα $m = 0,1 \text{ kg}$ βρίσκεται στο ίδιο οριζόντιο δάπεδο σε σημείο Α που απέχει απόσταση $r = 1 \text{ m}$ από το σωματίδιο (1).

Δ1) Να υπολογιστεί η ηλεκτρική δυναμική ενέργεια των δύο φορτίων.

Μονάδες 5

Δ2) Ποια πρέπει να είναι η ταχύτητα κατά μέτρο που πρέπει να προσδώσουμε στο σωματίδιο (2) ώστε να εκτελεί ομαλή κυκλική κίνηση γύρω από το σωματίδιο (1) και σε ακτίνα $r = 1 \text{ m}$ από αυτό, αν θεωρήσουμε ότι η δύναμη Coulomb παίζει το ρόλο κεντρομόλου δυνάμεως;

Μονάδες 8

Δ3) Να υπολογίσετε την κινητική και την ολική ενέργεια του συστήματος των δύο σωματιδίων.

Μονάδες 8

Δ4) Να υπολογίσετε το ποσό της ενέργειας που πρέπει να προσδοθεί στο σύστημα το δύο φορτίων, όταν το ένα εκτελεί ομαλή κυκλική κίνηση, ώστε να φτάσει σε άπειρη απόσταση από το άλλο με μηδενική ταχύτητα.

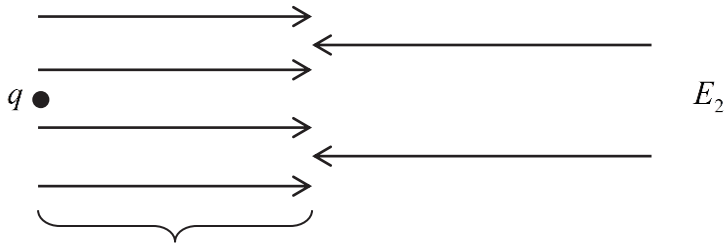
Μονάδες 4

Τριβές δεν υπάρχουν, η βαρύτητα δεν παίζει ρόλο, ενώ η αντίσταση του αέρα θεωρείται αμελητέα.

Δίνεται: $k_C = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}$.

ΘΕΜΑ Δ

Σημειακό σώμα με ηλεκτρικό φορτίο $q = 1\mu\text{C}$ και μάζα $m = 1\text{g}$ αφήνεται από την ηρεμία σε ομογενές οριζόντιο ηλεκτροστατικό πεδίο έντασης μέτρου $E_1 = 2 \cdot 10^3 \text{ N/C}$. Το φορτίο διανύει απόσταση $d = 4\text{ m}$ μέσα στο ηλεκτροστατικό πεδίο, όπως στο σχήμα.



Δ1) Να βρεθεί το μέτρο της επιτάχυνσης του σημειακού φορτίου q .

Μονάδες 5

Δ2) Να βρεθεί ο χρόνος που χρειάζεται το σώμα για να διανύσει την απόσταση d μέσα στο ηλεκτροστατικό πεδίο έντασης E_1 και η ταχύτητα που έχει αποκτήσει τότε.

Μονάδες 8

Το σώμα αφού εξέλθει από το ηλεκτρικό πεδίο έντασης E_1 , εισέρχεται αμέσως σε δεύτερο ομογενές ηλεκτροστατικό πεδίο έντασης μέτρου E_2 , και αντίθετης κατεύθυνσης από το πεδίο έντασης E_1 .

Δ3) Αν ο χρόνος κίνησης από τη στιγμή που αφήνεται από την ηρεμία μέχρι να σταματήσει στιγμιαία για πρώτη φορά είναι 6 s , να βρεθεί το μέτρο της έντασης του δεύτερου πεδίου E_2 .

Μονάδες 6

Δ4) Αν W_1 είναι το έργο που εκτελείται στο σωματίδιο από το ηλεκτρικό πεδίο έντασης $\vec{E}_1$ κατά τη διάρκεια της κίνησης του σωματιδίου μέσα στο πεδίο, ενώ W_2 είναι το έργο που εκτελείται στο σωματίδιο από το ηλεκτρικό πεδίο έντασης $\vec{E}_2$, από τη χρονική στιγμή που το σωματίδιο εισέρχεται στο πεδίο αυτό, μέχρι να σταματήσει στιγμιαία, να βρεθεί το πηλίκο W_1/W_2 .

Μονάδες 6

Να αγνοήσετε τη βαρυτική δύναμη, τριβές και την αντίσταση του αέρα.

ΘΕΜΑ Δ

Σημειακό σωματίδιο (1) με ηλεκτρικό φορτίο $q_1 = 10^{-4} \text{ C}$ είναι ακλόνητα στερεωμένο σε σημείο οριζόντιου δαπέδου κατασκευασμένο από μονωτικό υλικό. Σημειακό σωματίδιο (2) με ηλεκτρικό φορτίο $q_2 = -10^{-5} \text{ C}$ και μάζα $m = 0,2 \text{ g}$ βρίσκεται στο ίδιο οριζόντιο δάπεδο σε σημείο Α που απέχει απόσταση $r = 9 \text{ m}$ από το σωματίδιο (1).

Δ1) Να υπολογίσετε τη δυναμική ενέργεια του συστήματος των δύο σημειακών φορτίων, όταν απέχουν απόσταση r .

Μονάδες 6

Δ2) Σε ποια απόσταση από το σωματίδιο (1) θα φτάσει το σωματίδιο (2) αν εκτοξευτεί με ταχύτητα μέτρου $v = 50\sqrt{2} \text{ m/s}$ και κατεύθυνσης αντίθετης από την κατεύθυνση στην οποία βρίσκεται το σωματίδιο (1);

Μονάδες 6

Δ3) Ποιο θα έπρεπε να ήταν το μέτρο της ταχύτητας του σωματιδίου (2) ώστε να φτάσει στο άπειρο με μηδενική ταχύτητα;

Μονάδες 6

Επαναφέρουμε το σωματίδιο (2) στο σημείο Α και το εκτοξεύουμε ξανά με ταχύτητα μέτρου $v = 50\sqrt{2} \text{ m/s}$ κατεύθυνσης αντίθετης από την κατεύθυνση στην οποία βρίσκεται το σωματίδιο (1). Αυτή τη φορά το στήριγμα που κρατούσε το σωματίδιο (1) ακλόνητα στερεωμένο σπάει ταυτόχρονα με την εκτόξευση του σωματιδίου (2), οπότε το σωματίδιο (1) μπορεί να κινείται χωρίς τριβές. Η μάζα του σωματιδίου (1) είναι ίση με τη μάζα του σωματιδίου (2).

Δ4) Να βρεθεί η μέγιστη απόσταση στην οποία μπορούν να φτάσουν τα δύο σωματίδια.

Μονάδες 7

Τριβές δεν υπάρχουν, η βαρύτητα δεν παίζει ρόλο, ενώ η αντίσταση του αέρα θεωρείται αμελητέα.

Δίνεται: $k_C = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}$.

ΘΕΜΑ Δ

Σημειακό σωματίδιο (1) με ηλεκτρικό φορτίο $q_1 = 10^{-5} \text{ C}$ είναι ακλόνητα στερεωμένο σε σημείο οριζόντιου δαπέδου που είναι κατασκευασμένο από μονωτικό υλικό. Σημειακό σωματίδιο (2) με ηλεκτρικό φορτίο $q_2 = 10^{-4} \text{ C}$ και μάζα $m = 0,2 \text{ g}$ βρίσκεται στο ίδιο οριζόντιο δάπεδο σε σημείο που απέχει απόσταση $r = 9 \text{ m}$ από το σωματίδιο (1) και εκτοξεύεται με ταχύτητα μέτρου $v = 100 \text{ m/s}$ με κατεύθυνση προς το σωματίδιο (1).

Δ1) Να βρεθεί η ηλεκτρική δυναμική ενέργεια που έχει αρχικά το σύστημα των δύο φορτίων.

Μονάδες 6

Δ2) Να βρεθεί η πλησιέστερη απόσταση από το σωματίδιο (2) στην οποία θα φτάσει το σωματίδιο (1).

Μονάδες 6

Δ3) Να βρεθεί το μέτρο της ταχύτητας που έχει το σωματίδιο (2) όταν φτάσει σε άπειρη απόσταση από το σωματίδιο (1).

Μονάδες 6

Επαναφέρουμε το σωματίδιο (2) στην αρχική του θέση που απέχει απόσταση $r = 9 \text{ m}$ από το σωματίδιο (1), το εκτοξεύουμε ξανά με ταχύτητα μέτρου $v = 100 \text{ m/s}$ με κατεύθυνση προς το σωματίδιο (1), αλλά τώρα στην κίνηση του σωματίδιου (2) παρεμβάλλεται ομογενές ηλεκτροστατικό πεδίο με ένταση που έχει μέτρο $E = \frac{10^4}{6} \text{ N/C}$ και κατεύθυνση από το σωματίδιο (2) προς το σωματίδιο (1).

Δ4) Να βρεθεί η απόσταση από το σωματίδιο (1) στην οποία μεγιστοποιείται η ταχύτητα του σωματιδίου (2).

Μονάδες 7

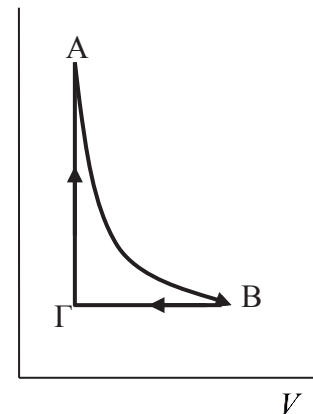
Τριβές δεν υπάρχουν, η βαρύτητα δεν παίζει ρόλο, ενώ η αντίσταση του αέρα θεωρείται αμελητέα.

$$\text{Δίνεται } k_C = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}.$$

ΘΕΜΑ Δ

Ιδανική θερμική μηχανή λειτουργεί με ποσότητα $n = \frac{2}{R} \text{ mol}$ μονοατομικού ιδανικού αερίου, το οποίο υφίσταται τις παρακάτω αντιστρεπτές μεταβολές:

A $\rightarrow$ B: Αδιαβατική εκτόνωση, από την κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας A με $p_A = 32 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ και $V_A = 10^{-3} \text{ m}^3$, στην κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας B με $p_B = 10^5 \text{ N/m}^2$.



B $\rightarrow$ Γ: Ισοβαρής συμπίεση μέχρι το αέριο να αποκτήσει τον όγκο V_A .

Γ $\rightarrow$ A: Ισόχωρη θέρμανση μέχρι το αέριο να επανέλθει στην αρχική του κατάσταση.

Δ1) Να υπολογιστεί η θερμοκρασία του αερίου στην κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας A.

Μονάδες 4

Δ2) Να βρεθεί ο όγκος του αερίου στην κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας B.

Μονάδες 4

Δ3) Να υπολογιστεί ο συντελεστής απόδοσης της θερμικής μηχανής.

Μονάδες 12

Δ4) Να υπολογιστεί ο συντελεστής απόδοσης μιας μηχανής Carnot που θα λειτουργούσε μεταξύ των ίδιων ακραίων θερμοκρασιών με αυτές που λειτουργεί η παραπάνω θερμική μηχανή.

Μονάδες 5

Οι συντελεστές απόδοσης να εκφραστούν ως κλάσματα.

Δίνεται ότι για τα μονοατομικά ιδανικά αέρια ισχύει: $C_V = \frac{3}{2} R$.

ΘΕΜΑ Δ

Ποσότητα $n = \frac{16}{R}$ mol μονοατομικού ιδανικού αερίου υφίσταται τις παρακάτω αντιστρεπτές μεταβολές:

A $\rightarrow$ B: Ισοβαρής θέρμανση, από την κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας A με $p_A = 32 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ και $V_A = 2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$, στην κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας B με $V_B = 16 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$.

B $\rightarrow$ Γ: Ισόχωρη ψύξη μέχρι την κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας Γ.

Γ $\rightarrow$ A: Αδιαβατική συμπίεση μέχρι το αέριο να επανέλθει στην αρχική κατάσταση A.

Δ1) Να υπολογιστεί η θερμοκρασία του αερίου στην κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας A.

Μονάδες 4

Δ2) Να βρεθεί η πίεση του αερίου στην κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας Γ.

Μονάδες 4

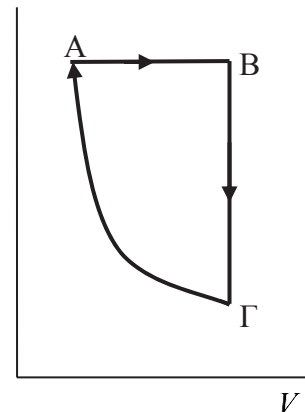
Δ3) Να υπολογιστούν για κάθε μία από τις επιμέρους μεταβολές το έργο και η θερμότητα που ανταλλάσσει το αέριο με το περιβάλλον.

Μονάδες 12

Δ4) Να υπολογιστεί ο συντελεστής απόδοσης (να εκφραστεί ως κλάσμα) μιας υποθετικής μηχανής Carnot εάν λειτουργούσε μεταξύ των δύο ακραίων θερμοκρασιών της παραπάνω κυκλικής μεταβολής.

Μονάδες 5

Δίνεται ότι για τα μονοατομικά ιδανικά αέρια ισχύει: $C_V = \frac{3}{2} R$.



ΘΕΜΑ Δ

Ποσότητα $n = \frac{1,6}{R}$ mol μονοατομικού ιδανικού αερίου βρίσκεται σε μια ιδανική μηχανή Carnot και κατά τη λειτουργία της μηχανής εκτελεί τον αντιστρεπτό κύκλο Carnot ABΓΔΑ με τις παρακάτω αντιστρεπτές μεταβολές:

A $\rightarrow$ B: Ισόθερμη εκτόνωση.

B $\rightarrow$ Γ: Αδιαβατική εκτόνωση.

Γ $\rightarrow$ Δ: Ισόθερμη συμπίεση.

Δ $\rightarrow$ A: Αδιαβατική συμπίεση.

Για τη θερμοκρασία της ψυχρής και της θερμής δεξαμενής ισχύει αντίστοιχα: $T_c = 300$ K, $T_h = 1200$ K.

Δ1) Να υπολογίσετε το συντελεστή απόδοσης της μηχανής αυτής.

Μονάδες 5

Δ2) Αν για τον όγκο του αερίου στις καταστάσεις θερμοδυναμικής ισορροπίας A και B ισχύει αντίστοιχα: $V_A = 10^{-3}$ m³, $V_B = 2,718 \cdot 10^{-3}$ m³, να υπολογίσετε τη θερμότητα που προσφέρει η θερμή δεξαμενή στο αέριο καθώς και το έργο που παράγεται από το αέριο σε έναν κύκλο.

Μονάδες 8

Δ3) Να αποδείξετε ότι τα έργα των αδιαβατικών μεταβολών B $\rightarrow$ Γ και Δ $\rightarrow$ A στον κύκλο Carnot είναι αντίθετα.

Μονάδες 6

Δ4) Να βρείτε το έργο που ανταλλάσσεται μεταξύ της μηχανής και του περιβάλλοντος κατά την ισόθερμη συμπίεση Γ $\rightarrow$ Δ.

Μονάδες 6

Θεωρήστε ότι $\ln 2,718 = 1$.

ΘΕΜΑ Δ

Ποσότητα $n = \frac{1,6}{R}$ mol μονοατομικού ιδανικού αερίου βρίσκεται σε μια ιδανική μηχανή Carnot και κατά τη λειτουργία της μηχανής εκτελεί τον αντιστρεπτό κύκλο Carnot ABΓΔΑ με τις παρακάτω αντιστρεπτές μεταβολές:

A $\rightarrow$ B: Ισόθερμη εκτόνωση.

B $\rightarrow$ Γ: Αδιαβατική εκτόνωση.

Γ $\rightarrow$ Δ: Ισόθερμη συμπίεση.

Δ $\rightarrow$ A: Αδιαβατική συμπίεση.

Για τη θερμοκρασία της ψυχρής και της θερμής δεξαμενής ισχύει αντίστοιχα: $T_c = 500$ K, $T_h = 2000$ K.

Δ1) Να υπολογίσετε το συντελεστή απόδοσης της μηχανής αυτής.

Μονάδες 5

Δ2) Αν για τον όγκο του αερίου στις καταστάσεις θερμοδυναμικής ισορροπίας Γ και Δ ισχύει αντίστοιχα: $V_\Gamma = 4,482 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$, $V_\Delta = 10^{-3} \text{ m}^3$, να υπολογίσετε τη θερμότητα που αποβάλλει η μηχανή στην ψυχρή δεξαμενή καθώς και το έργο που παράγει η μηχανή σε ένα κύκλο.

Μονάδες 8

Δ3) Να αποδείξετε ότι τα έργα των αδιαβατικών μεταβολών B $\rightarrow$ Γ και Δ $\rightarrow$ A στον κύκλο Carnot είναι αντίθετα.

Μονάδες 6

Δ4) Να βρείτε το έργο που ανταλλάσσεται μεταξύ της μηχανής και του περιβάλλοντος κατά την ισόθερμη εκτόνωση A $\rightarrow$ B.

Μονάδες 6

Θεωρήστε ότι $\ln 4,482 = 1,5$.

ΘΕΜΑ Δ

Δύο σφαιρίδια Σ1 και Σ2, τα οποία θεωρούμε σημειακά σώματα έχουν μάζες $m_1 = 0,1 \text{ kg}$ και $m_2 = 0,3 \text{ kg}$ αντίστοιχα και ηλεκτρικά φορτία $q_1 = 10^{-5} \text{ C}$ και $q_2 = 10^{-4} \text{ C}$ αντίστοιχα. Τα δύο σφαιρίδια βρίσκονται σε λείο οριζόντιο επίπεδο, κατασκευασμένο από μονωτικό υλικό.

Δ1) Να υπολογίσετε την ηλεκτρική δυναμική ενέργεια του συστήματος των δύο φορτισμένων σφαιριδίων όταν το Σ1 βρίσκεται σε απόσταση $r = 18 \text{ m}$ από το Σ2.

Μονάδες 5

Φέρουμε το Σ1 σε πολύ μεγάλη (άπειρη) απόσταση από το Σ2 και το εκτοξεύουμε με ταχύτητα μέτρου $v_1 = 12 \text{ m/s}$ στην κατεύθυνση που βρίσκεται το Σ2, ενώ διατηρούμε το Σ2 ακίνητο με κάποιο μηχανισμό.

Δ2) Να υπολογίσετε την ελάχιστη απόσταση από το Σ2 στην οποία μπορεί να φτάσει το Σ1.

Μονάδες 6

Φέρουμε το Σ1 ξανά σε πολύ μεγάλη (άπειρη) απόσταση από το Σ2 και το εκτοξεύουμε με ταχύτητα μέτρου $v_1 = 12 \text{ m/s}$ στην κατεύθυνση που βρίσκεται το Σ2, ενώ ταυτόχρονα αφήνουμε το Σ2 ελεύθερο να κινηθεί στο επίπεδο χωρίς τριβές.

Δ3) Να βρεθεί η ελάχιστη απόσταση στην οποία μπορούν να πλησιάσουν τα δύο σφαιρίδια.

Μονάδες 7

Δ4) Κάποια χρονική στιγμή, και ενώ το Σ2 είναι ελεύθερο να κινείται χωρίς τριβές, παρατηρούμε ότι το Σ1 έχει ταχύτητα μέτρου $v'_1 = 3 \text{ m/s}$ με κατεύθυνση αντίθετη της αρχικής ταχύτητάς του. Να βρεθεί εκείνη τη χρονική στιγμή, η απόσταση μεταξύ των δύο σφαιριδίων.

Μονάδες 7

Δίνεται: $k_C = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}$, και ότι η αντίσταση του αέρα θεωρείται αμελητέα.

ΘΕΜΑ Δ

Δύο σφαιρίδια Σ1 και Σ2, τα οποία θεωρούμε σημειακά σώματα έχουν μάζες $m_1 = 4 \cdot 10^{-2} \text{ kg}$ και $m_2 = 10^{-2} \text{ kg}$ αντίστοιχα και ηλεκτρικά φορτία $q_1 = \frac{10^{-4}}{3} \text{ C}$ και $q_2 = -\frac{10^{-5}}{3} \text{ C}$ αντίστοιχα. Τα δύο σφαιρίδια βρίσκονται σε λείο οριζόντιο δάπεδο, κατασκευασμένο από μονωτικό υλικό.

Δ1) Να υπολογίσετε την ηλεκτρική δυναμική ενέργεια του συστήματος των δύο φορτισμένων σφαιριδίων όταν η μεταξύ τους απόσταση είναι $r = 0,2 \text{ m}$.

Μονάδες 5

Ενώ τα σφαιρίδια βρίσκονται σε απόσταση $r = 0,2 \text{ m}$, κρατάμε το Σ1 ακίνητο και εκτοξεύουμε το Σ2 με ταχύτητα μέτρου $v = 10\sqrt{8} \text{ m/s}$ σε κατεύθυνση αντίθετη από τη θέση στην οποία βρίσκεται το Σ1.

Δ2) Να υπολογίσετε τη μέγιστη απόσταση από το Σ1 στην οποία μπορεί να φτάσει το Σ2.

Μονάδες 6

Δ3) Ποιο είναι το μέτρο της ταχύτητας την οποία θα έπρεπε να δώσουμε στο Σ2 από την απόσταση των $r = 0,2 \text{ m}$, ώστε το Σ2 να φτάσει στο άπειρο με μηδενική ταχύτητα, ενώ το Σ1 διατηρείται ακίνητο;

Μονάδες 7

Δ4) Επαναφέρουμε τα δύο φορτία στην αρχική τους απόσταση $r = 0,2 \text{ m}$, και εκτοξεύουμε το Σ2 με ταχύτητα μέτρου $v_2 = 20 \text{ m/s}$ όπως στο σχήμα,



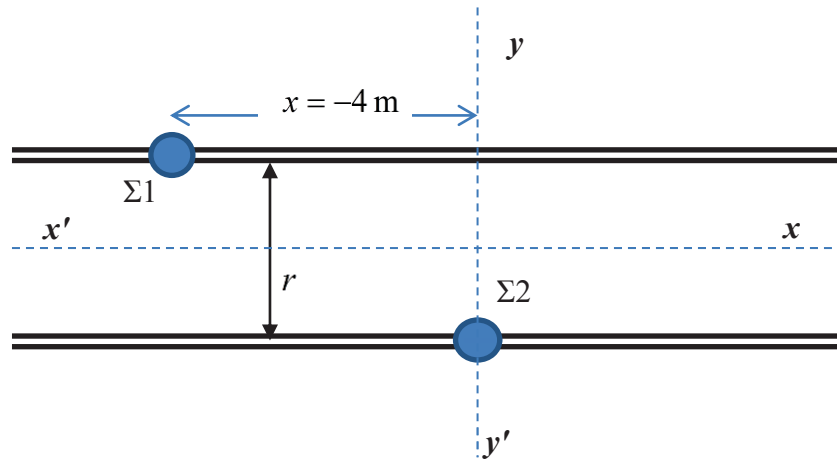
ενώ αφήνουμε το Σ1 ελεύθερο να κινηθεί στο λείο οριζόντιο επίπεδο. Κάποια στιγμή η ταχύτητα του Σ2 έχει μέτρο $v'_2 = 8 \text{ m/s}$ και ίδια κατεύθυνση με τη v_2 . Να βρείτε τη δυναμική ενέργεια που έχουν τότε τα δύο σφαιρίδια.

Μονάδες 7

Δίνεται: $k_C = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}$, και ότι η αντίσταση του αέρα θεωρείται αμελητέα.

ΘΕΜΑ Δ

Δύο σφαιρίδια μπορούν να κινούνται χωρίς τριβές πάνω σε παράλληλες οριζόντιες ράγες που βρίσκονται στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο και είναι κατασκευασμένες από κάποιο μονωτικό υλικό. Οι ράγες απέχουν μεταξύ τους απόσταση $r = 3 \text{ m}$. Την κάτοψη από τις



ράγες και τα σφαιρίδια βλέπουμε στο διπλανό σχήμα. Θεωρούμε ότι οι ράγες είναι παράλληλες στον άξονα $x'x$, ενώ ο άξονας $y'y$ είναι κάθετος στις ράγες. Τα σφαιρίδια μπορούν με κάποιο μηχανισμό να αποκτήσουν ηλεκτρικό φορτίο. Για τις μάζες των δύο σφαιριδίων ισχύει:

$$m_1 = m_2 = 2 \cdot 10^{-2} \text{ kg}, \text{ ενώ για τα ηλεκτρικά τους φορτία ισχύει: } q_1 = \frac{\sqrt{5}}{3} 10^{-4} \text{ C}, q_2 = \frac{\sqrt{5}}{3} 10^{-5} \text{ C}.$$

Δ1) Να βρεθεί η δυναμική ενέργεια του συστήματος των δύο φορτίων όταν το Σ2 βρίσκεται σε ένα σημείο του άξονα $y'y$, ενώ το Σ1 βρίσκεται σε θέση με $x = -4 \text{ m}$.

Μονάδες 6

Δ2) Να βρείτε την ταχύτητα του σώματος Σ1 όταν φτάσει σε πολύ μεγάλη (άπειρη) απόσταση από το Σ2, αν το αφήσουμε ελεύθερο να κινηθεί από την αρχική θέση που σημειώνεται στο σχήμα, ενώ το Σ2 συγκρατείται ακίνητο.

Μονάδες 6

Δ3) Να βρεθεί η ελάχιστη ταχύτητα με την οποία πρέπει να εκτοξεύσουμε το Σ1 από το άπειρο (δηλαδή από πολύ μεγάλη απόσταση) ώστε να φτάσει στην ελάχιστη δυνατή απόσταση από το Σ2, αν το Σ2 συγκρατείται στην αρχική του θέση.

Μονάδες 6

Δ4) Αν εκτοξεύαμε και τα δύο φορτία το ένα προς το μέρος που βρίσκεται το άλλο με ταχύτητες ίσων μέτρων από πολύ μεγάλη (άπειρη) μεταξύ τους απόσταση, να βρείτε την ελάχιστη απαιτούμενη τιμή του μέτρου των δύο ταχυτήτων, ώστε να έφταναν στην ελάχιστη μεταξύ τους απόσταση.

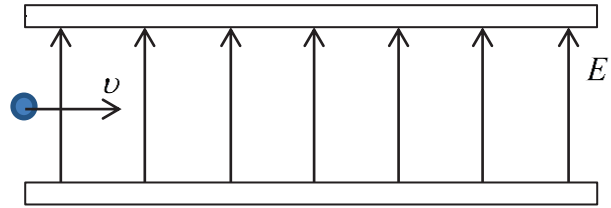
Μονάδες 7

Δίνεται: $k_C = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}$, και ότι η αντίσταση του αέρα θεωρείται αμελητέα. Οι βαρυτικές αλληλεπιδράσεις είναι αμελητέες.

ΘΕΜΑ Δ

Σε έναν επίπεδο πυκνωτή οι οπλισμοί του είναι οριζόντιοι, ενώ στο εσωτερικό του υπάρχει ομογενές ηλεκτρικό πεδίο με ένταση μέτρου

$$E = 10^3 \frac{\text{N}}{\text{C}} \text{ και κατεύθυνσης αντίθετης από την}$$



κατεύθυνση της επιτάχυνσης της βαρύτητας, όπως φαίνεται στο σχήμα. Οι οπλισμοί του πυκνωτή έχουν μήκος $L = 0,1 \text{ m}$, ενώ η απόσταση μεταξύ τους είναι $d = 2 \text{ cm}$. Ο πυκνωτής είναι μόνιμα συνδεδεμένος με πηγή σταθερής τάσης. Φορτισμένο σημειακό σώμα με μάζα $m = 4 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$ και φορτίο $q = 3 \cdot 10^{-5} \text{ C}$ εισέρχεται στο πεδίο του πυκνωτή με ταχύτητα κάθετη στις δυναμικές γραμμές του ομογενούς ηλεκτρικού πεδίου και στο μέσο της απόστασης μεταξύ των δύο οπλισμών.

Δ1) Να βρεθεί η επιτάχυνση του φορτίου για όσο διάστημα βρίσκεται στο εσωτερικό του πυκνωτή.

Μονάδες 6

Δ2) Να βρεθεί το μέτρο της ταχύτητας του σώματος για να περάσει «ξυστά» από τον κάτω οπλισμό του πυκνωτή.

Μονάδες 6

Δ3) Αν εκτοξεύαμε κάθετα στις δυναμικές γραμμές του πυκνωτή ένα σημειακό σώμα με μάζα $m = 4 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$ και φορτίο q' ποια θα ήταν η τιμή του φορτίου, ώστε αυτό να εκτελεί ευθύγραμμη ομαλή κίνηση στο εσωτερικό του πυκνωτή;

Μονάδες 6

Ο πυκνωτής αποσυνδέεται από την πηγή με την οποία ήταν συνδεδεμένος αρχικά και συνδέεται με μια πηγή τάσης V_0 ίδιας πολικότητας με την προηγούμενη.

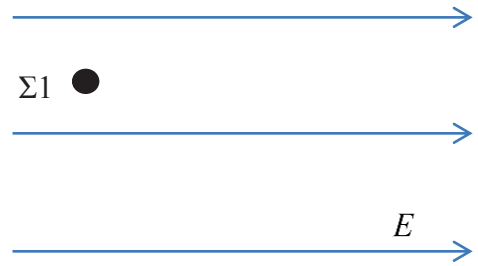
Δ4) Να βρείτε την τιμή της τάσης V_0 ώστε αν το φορτίο $q = 3 \cdot 10^{-5} \text{ C}$ εκτοξευτεί κάθετα στις δυναμικές γραμμές του πεδίου στο μέσο της απόστασης μεταξύ των οπλισμών με ταχύτητα μέτρου $v_0 = 1 \text{ m/s}$, να περάσει «ξυστά» από τον πάνω οπλισμό του πυκνωτή.

Μονάδες 7

Δίνεται η επιτάχυνση της βαρύτητας $g = 10 \text{ m/s}^2$. Η αντίσταση του αέρα θεωρείται αμελητέα.

ΘΕΜΑ Δ

Σημειακό σώμα Σ1 μάζας $m = 10^{-3} \text{ kg}$ και φορτίου $q = 10^{-5} \text{ C}$ αφήνεται ακίνητο σε σημείο ομογενούς ηλεκτρικού πεδίου έντασης μέτρου $E = 10^3 \text{ N/C}$. Το σώμα μπορεί να κινείται σε οριζόντιο δάπεδο μεγάλης έκτασης, κατασκευασμένο από κάποιο μονωτικό υλικό, χωρίς τριβές. Στο σχήμα βλέπουμε την κάτοψη του ηλεκτρικού πεδίου.



Δ1) Να υπολογιστεί η επιτάχυνση του σώματος και η ταχύτητα που αυτό θα έχει αποκτήσει όταν διανύσει απόσταση $d = 20 \text{ m}$.

Μονάδες 8

Δ2) Να υπολογιστεί η απόλυτη τιμή της διαφοράς δυναμικού μεταξύ της θέσης από την οποία αφέθηκε το σώμα και της τελικής του θέσης.

Μονάδες 4

Δ3) Όταν το σώμα Σ1 διανύσει την απόσταση $d = 20 \text{ m}$, συναντά δεύτερο σημειακό σώμα Σ2, το οποίο έχει μηδενικό ηλεκτρικό φορτίο και αρχικά βρίσκεται ακίνητο. Τα δύο σώματα συγκρούονται πλαστικά. Να υπολογίσετε τη μάζα του δεύτερου σώματος ώστε κατά τη σύγκρουση η απώλεια μηχανικής ενέργειας να είναι ίση με το 75% της αρχικής ενέργειας του σώματος Σ1.

Μονάδες 6

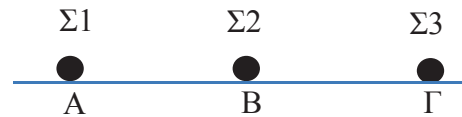
Δ4) Να υπολογίσετε την ταχύτητα που θα έπρεπε να είχε το δεύτερο σώμα, κατά μέτρο και κατεύθυνση, ώστε όταν συγκρουστεί πλαστικά με το Σ1, το συσσωμάτωμα να επιστρέψει με μηδενική ταχύτητα στην αρχική θέση από την οποία αφέθηκε το Σ1.

Μονάδες 7

Η αντίσταση του αέρα θεωρείται αμελητέα.

ΘΕΜΑ Δ

Τρία σημειακά σώματα Σ1, Σ2 και Σ3 βρίσκονται σε ευθεία, στις θέσεις Α, Β και Γ ενός οριζοντίου μονωτικού επιπέδου μεγάλων διαστάσεων. Για τις μεταξύ τους αποστάσεις ισχύει $AB = BG = 3 \text{ m}$. Οι



μάζες των σωμάτων είναι $m_1 = m_3 = 3 \cdot 10^{-2} \text{ kg}$, $m_2 = 2 \cdot 10^{-2} \text{ kg}$, ενώ για τα φορτία τους ισχύει: $q_1 = q_2 = q_3 = 10^{-4} \text{ C}$.

Δ1) Να υπολογιστεί η ηλεκτρική δυναμική ενέργεια του συστήματος των τριών φορτίων.

Μονάδες 6

Δ2) Ποιο ή ποια από τα φορτία του παραπάνω συστήματος δέχεται μηδενική συνισταμένη δύναμη όταν βρίσκονται στις θέσεις που έχουν τοποθετηθεί αρχικά; Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

Μονάδες 4

Δ3) Αφήνουμε τα φορτία Σ1 και Σ3 ελεύθερα να κινηθούν ενώ το Σ2 παραμένει στην αρχική του θέση. Να βρείτε τα μέτρα των ταχυτήτων τους όταν θα έχουν φτάσει σε πολύ μεγάλη (άπειρη) απόσταση.

Μονάδες 8

Επαναφέρουμε τα φορτία στις αρχικές τους θέσεις. Ακινητοποιούμε τα Σ1 και Σ3 στις θέσεις Α και Γ και τα κρατάμε σταθερά σε αυτές και εκτοξεύουμε το Σ2 με οριζόντια ταχύτητα μέτρου $v_0 = 20\sqrt{21} \text{ m/s}$ (σε διεύθυνση διαφορετική από την ευθεία στην οποία βρίσκονται τα τρία φορτία).

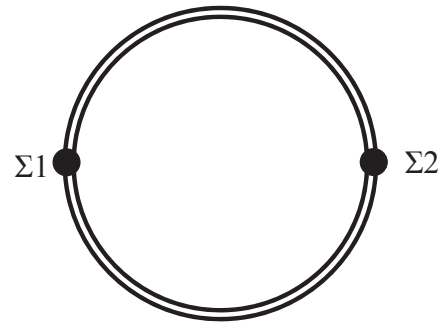
Δ4) Ποια είναι η ταχύτητα με την οποία το Σ2 φτάνει στο άπειρο;

Μονάδες 7

Δίνεται $k_C = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}$. Η επίδραση της βαρύτητας, οι τριβές και η αντίσταση του αέρα θεωρούνται αμελητέα.

ΘΕΜΑ Δ

Δύο σημειακά φορτισμένα σώματα με φορτία $q_1 = q_2 = 10^{-4} \text{ C}$ και μάζες $m_1 = m_2 = 1 \text{ g}$ μπορούν να κινούνται στις ράγες μιας οριζόντιας κυκλικής διαδρομής ακτίνας $r = 3 \text{ m}$, χωρίς τριβές. Το σύστημα βρίσκεται πάνω σε οριζόντιο μονωτικό επίπεδο μεγάλων διαστάσεων. Την κάτοψη του συστήματος των δύο σωμάτων με τις ράγες βλέπουμε στο διπλανό σχήμα. Τα σώματα βρίσκονται αρχικά ακίνητα σε δύο αντιδιαμετρικές θέσεις της κυκλικής διαδρομής, όπως φαίνεται στο σχήμα.



Δ1) Να βρείτε την ηλεκτρική δυναμική ενέργεια του συστήματος των δύο σωμάτων.

Μονάδες 6

Δ2) Ο μηχανισμός ο οποίος κρατάει τα σώματα στην κυκλική διαδρομή απορρυθμίζεται (την ίδια χρονική στιγμή και για τα δύο σώματα) και τα σώματα μπορούν να κινηθούν ελεύθερα. Να βρεθεί το μέτρο της ταχύτητας με την οποία φτάνουν στο άπειρο.

Μονάδες 6

Επαναφέρουμε τα δύο σώματα στις αντιδιαμετρικές θέσεις της κυκλικής διαδρομής, ρυθμίζουμε το μηχανισμό που τα κρατά σε αυτή τη διαδρομή και τους δίνουμε ταχύτητες με μέτρο

$$v = 100\sqrt{\frac{5}{2}} \text{ m/s} \text{ και αντίθετες κατευθύνσεις.}$$

Δ3) Αν απελευθερώσουμε ξανά το μηχανισμό που διατηρεί τα σώματα στην κυκλική τροχιά (την ίδια χρονική στιγμή και για τα δύο σώματα), ποιο είναι το μέτρο της ταχύτητας με την οποία θα φτάσουν στο άπειρο;

Μονάδες 7

Δ4) Να βρείτε το μέτρο της δύναμης που πρέπει να ασκείται από τις κυκλικές ράγες στα σημειακά

σώματα, ώστε αυτά να εκτελούν ομαλή κυκλική κίνηση με ταχύτητες μέτρου $v = 100\sqrt{\frac{5}{2}} \text{ m/s}$.

Μονάδες 6

Δίνεται $k_C = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}$. Οι τριβές και η αντίσταση του αέρα θεωρούνται αμελητέες.

ΘΕΜΑ Δ

Δύο σημειακά φορτισμένα σώματα με φορτία $q_1 = q_2 = 3 \cdot 10^{-4} \text{ C}$ βρίσκονται στις θέσεις Α και Β, πάνω σε



οριζόντιο μονωμένο επίπεδο μεγάλων διαστάσεων, για τις οποίες ισχύει $AB = 3 \text{ m}$. Η μάζα του σώματος που βρίσκεται στο σημείο Α είναι $m = 0,2 \text{ kg}$.

Δ1) Να βρείτε την ηλεκτρική δυναμική ενέργεια του συστήματος των δύο σωμάτων.

Μονάδες 6

Δ2) Να βρεθεί η τιμή του φορτίου q_3 τρίτου σημειακού φορτισμένου σώματος, το οποίο πρέπει να τοποθετηθεί στο σημείο Γ της ευθείας ΑΒ, για το οποίο ισχύει $B\Gamma = 3 \text{ m}$, ώστε η ολική δυναμική ενέργεια του συστήματος των τριών σωμάτων να είναι μηδενική.

Μονάδες 6

Δ3) Να εξετάσετε αν σε κάποιο από τα φορτία q_1 , q_2 και q_3 η συνισταμένη δύναμη από τα άλλα είναι μηδέν στις θέσεις Α, Β και Γ αντίστοιχα.

Μονάδες 6

Ακινητοποιούμε τα φορτία q_2 και q_3 στις θέσεις Β και Γ και αφήνουμε το q_1 ελεύθερο να κινηθεί.

Δ4) Αφού αιτιολογήσετε γιατί το φορτίο q_1 μπορεί να φτάσει στο άπειρο (δηλαδή σε πολύ μεγάλη απόσταση από τα άλλα δύο φορτία), να βρείτε την ταχύτητά του όταν φτάνει στο άπειρο.

Μονάδες 7

Δίνεται $k_C = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}$. Η επίδραση της βαρύτητας, οι τριβές και η αντίσταση του αέρα θεωρούνται αμελητέα.

ΘΕΜΑ Δ

Θερμική μηχανή χρησιμοποιεί μονοατομικό ιδανικό αέριο. Στην διάρκεια ενός κύκλου το αέριο εκτελεί τέσσερις αντιστρεπτές μεταβολές. Συγκεκριμένα, από την κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας Α, με πίεση $P_0 = 10^5 \text{ N/m}^2$, όγκο $V_0 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ και θερμοκρασία T_0 , το αέριο συμπιέζεται ισόθερμα έως την κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας Β, όπου ο όγκος του είναι $V_0/2$. Στη συνέχεια το αέριο θερμαίνεται ισόχωρα έως την κατάσταση Γ, όπου η θερμοκρασία του γίνεται $2T_0$. Ακολούθως το αέριο εκτονώνεται ισόθερμα ως την κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας Δ, ώστε κατόπιν με ισόχωρη μεταβολή να επανέλθει στην κατάσταση Α.

Να υπολογιστούν:

Δ1) Οι τιμές της πίεσης του αερίου στις καταστάσεις Β, Γ και Δ.

Μονάδες 6

Δ2) Το έργο που παράγει το αέριο κατά την ισόθερμη εκτόνωση.

Μονάδες 5

Δ3) Ο συντελεστής απόδοσης της μηχανής (να εκφραστεί ως κλάσμα).

Μονάδες 9

Δ4) Η απόδοση μιας μηχανής Carnot η οποία θα λειτουργούσε μεταξύ των δύο παραπάνω ακραίων θερμοκρασιών, δηλαδή T_0 και $2T_0$

Μονάδες 5

Δίνεται $\ln 2 = 0,7$ και $\ln \frac{1}{2} = -0,7$

ΘΕΜΑ Δ

Πρωτόνιο κινείται με οριζόντια ταχύτητα μέτρου $v_0 = 10^5$ m/s και τη χρονική στιγμή $t_1 = 0$ εισέρχεται στο σημείο Ο σε κατακόρυφο ομογενές ηλεκτρικό πεδίο, η φορά των γραμμών του οποίου είναι από πάνω προς τα κάτω και το μέτρο της έντασής του είναι $E = 10^3$ N/C. Τη χρονική στιγμή $t_2 = 1$ μs το πρωτόνιο βρίσκεται στη θέση Α του πεδίου.

Να υπολογιστούν:

Δ1) Η επιτάχυνση που αποκτά το πρωτόνιο κατά μέτρο και κατεύθυνση.

Μονάδες 6

Δ2) Η οριζόντια καθώς και η κατακόρυφη απόσταση μεταξύ των σημείων Ο και Α.

Μονάδες 6

Δ3) Το μέτρο και η κατεύθυνση της ταχύτητας του πρωτονίου στο σημείο Α

Μονάδες 7

Δ4) Η διαφορά δυναμικού μεταξύ των σημείων Ο και Α

Μονάδες 6

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

ΘΕΜΑ Δ

Δύο σφαίρες Α και Β μικρών διαστάσεων βρίσκονται πάνω σε λείο οριζόντιο δάπεδο κατασκευασμένο από κάποιο μονωτικό υλικό και έχουν μάζες $m_A = 1 \text{ g}$ και $m_B = 2 \text{ g}$. Οι σφαίρες φέρουν ηλεκτρικά φορτία $Q_A = 0,1 \text{ }\mu\text{C}$ και $Q_B = 0,2 \text{ }\mu\text{C}$. Κρατάμε ακίνητες τις σφαίρες σε απόσταση $x = 2 \text{ cm}$ και κάποια στιγμή αφήνουμε ελεύθερη την Α ενώ η Β συνεχίζει να κρατείται ακίνητη.

Δ1) Να υπολογιστεί η επιτάχυνση της σφαίρας Α μόλις αυτή αφήνεται ελεύθερη.

Μονάδες 5

Δ2) Να υπολογιστεί η ταχύτητα της σφαίρας Α όταν απέχει απόσταση $2x$ από την Β.

Μονάδες 7

Επαναφέρουμε τις σφαίρες στην αρχική τους θέση, δηλαδή σε απόσταση x και στη συνέχεια τις αφήνουμε ταυτόχρονα ελεύθερες και τις δύο. Τη χρονική στιγμή που αυτές απέχουν απόσταση $2x$ να υπολογιστούν:

Δ3) Το μέτρο της επιτάχυνσης της κάθε σφαίρας,

Μονάδες 5

Δ4) Το μέτρο της ταχύτητας της κάθε σφαίρας.

Μονάδες 8

Δίνεται $k_C = 9 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$. Η αντίσταση του αέρα θεωρείται αμελητέα.

ΘΕΜΑ Δ

Θερμική μηχανή χρησιμοποιεί μονοατομικό ιδανικό αέριο. Στην διάρκεια ενός κύκλου το αέριο εκτελεί τρεις αντιστρεπτές μεταβολές. Από την κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας Α, όπου οι τιμές της πίεσης του όγκου και της θερμοκρασίας είναι αντίστοιχα $p_0 = 3 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$, $V_0 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ και T_0 , το αέριο εκτονώνεται ισοβαρώς έως την κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας Β, όπου ο όγκος του είναι $3V_0$. Στη συνέχεια το αέριο ψύχεται ισόχωρα έως την κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας Γ, ώστε κατόπιν με ισόθερμη μεταβολή να επανέλθει στην κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας Α.

Δ1) Να γίνει η γραφική παράσταση της κυκλικής μεταβολής σε βαθμολογημένους άξονες πίεσης - όγκου.

Μονάδες 6

Δ2) Να υπολογιστεί ο λόγος των ενεργών ταχυτήτων των μορίων του αερίου στις καταστάσεις Α και Γ, $v_{\text{εν(Α)}}/v_{\text{εν(Γ)}}$.

Μονάδες 5

Δ3) Να υπολογιστεί το έργο του αερίου για την κυκλική μεταβολή.

Μονάδες 7

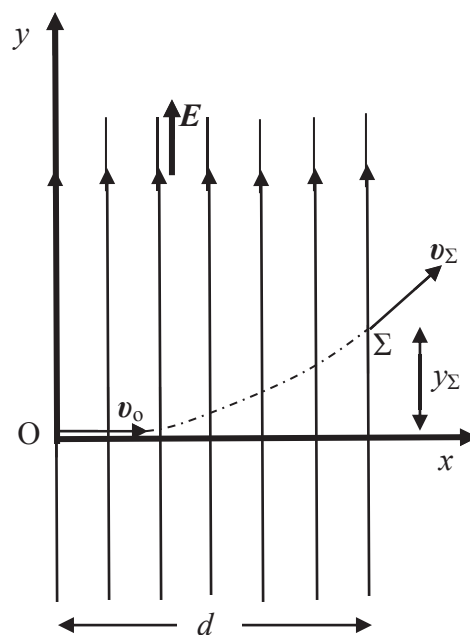
Δ4) Να υπολογιστεί η επί τοις εκατό απόδοση της θερμικής μηχανής που λειτουργεί με βάση τον παραπάνω κύκλο.

Μονάδες 7

Δίνεται $\ln \frac{1}{3} = -\ln 3 = -1,1$ και ότι για τα μονοατομικά ιδανικά αέρια ισχύει: $C_V = \frac{3}{2} R$.

ΘΕΜΑ Δ

Πρωτόνιο επιταχύνεται από ένα ομογενές ηλεκτρικό πεδίο, ξεκινώντας από την ηρεμία κινούμενο μεταξύ δύο σημείων με διαφορά δυναμικού $V = 200 \text{ V}$, οπότε αποκτά οριζόντια ταχύτητα μέτρου v_0 κατά την έξοδό του από το πεδίο. Στη συνέχεια εισέρχεται από ένα σημείο O σε ένα δεύτερο ομογενές ηλεκτρικό πεδίο, έντασης μέτρου $E = 10^3 \text{ N/C}$, κάθετα στις δυναμικές γραμμές, όπως παριστάνεται στο σχήμα. Το δεύτερο ηλεκτρικό πεδίο εκτείνεται σε οριζόντια απόσταση $d = 0,2 \text{ m}$. Το πρωτόνιο εξέρχεται από το δεύτερο πεδίο από το σημείο Σ έχοντας αποκτήσει ταχύτητα μέτρου v_Σ . Να υπολογιστούν:



Μονάδες 6

Δ2) ο χρόνος κίνησης του πρωτονίου στο δεύτερο ηλεκτρικό πεδίο,

Μονάδες 6

Δ3) η εκτροπή του πρωτονίου y_Σ κατά μήκος του άξονα y ,

Μονάδες 7

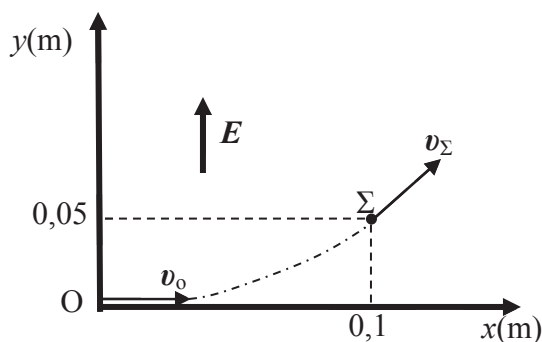
Δ4) το μέτρο της ταχύτητας εξόδου v_Σ του πρωτονίου από το δεύτερο πεδίο.

Μονάδες 6

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.

ΘΕΜΑ Δ

Πρωτόνιο κινείται με οριζόντια ταχύτητα μέτρου $v_0 = 10^5$ m/s και τη χρονική στιγμή $t_1 = 0$ εισέρχεται, από το σημείο O, σε κατακόρυφο ομογενές ηλεκτρικό πεδίο του οποίου η φορά της έντασης είναι όπως φαίνεται στο σχήμα. Το σημείο O είναι η αρχή των αξόνων συστήματος συντεταγμένων (x,y) , (στο O 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:



Δ1) Η χρονική στιγμή t_2 κατά την οποία το πρωτόνιο βρίσκεται στο σημείο Σ.

Μονάδες 6

Δ2) Το μέτρο E της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου.

Μονάδες 6

Δ3) Η κινητική ενέργεια του πρωτονίου στο σημείο Σ.

Μονάδες 7

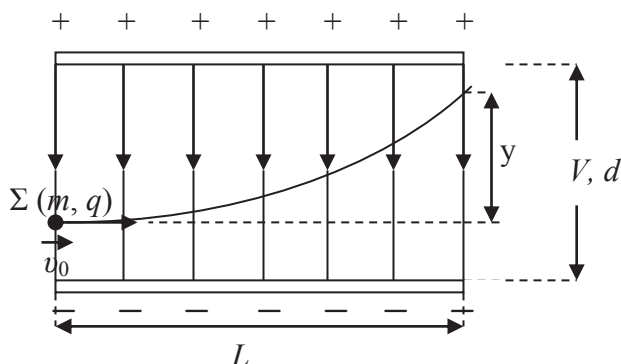
Δ4) Η εξίσωση της τροχιάς του πρωτονίου.

Μονάδες 6

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.

ΘΕΜΑ Δ

Ένα σωματίδιο Σ έχει μάζα $m = 2 \cdot 10^{-9} \text{ kg}$ και ηλεκτρικό φορτίο $q = -10 \text{ } \mu\text{C}$. Το σωματίδιο εισέρχεται με αρχική ταχύτητα μέτρου $v_0 = 10^4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ σε κατακόρυφο ομογενές ηλεκτρικό πεδίο, το οποίο δημιουργείται ανάμεσα στους οριζόντιους οπλισμούς επίπεδου πυκνωτή που απέχουν μεταξύ τους $d = 10 \text{ cm}$. Η κατεύθυνση της ταχύτητας



εισόδου του σωματιδίου είναι κάθετη στις δυναμικές γραμμές του πεδίου, ενώ το σημείο εισόδου του βρίσκεται κοντά στον αρνητικό οπλισμό του πυκνωτή, όπως φαίνεται στο σχήμα. Το σωματίδιο κινείται μέσα στο ομογενές ηλεκτρικό πεδίο για χρόνο $t = 2 \cdot 10^{-5} \text{ s}$ και στη συνέχεια εξέρχεται από αυτό. Στα άκρα του πυκνωτή επικρατεί ηλεκτρική τάση $V = 2 \cdot 10^3 \text{ V}$, ενώ το μήκος του κάθε οπλισμού του πυκνωτή είναι L . Να θεωρήσετε τις βαρυτικές αλληλεπιδράσεις αμελητέες. Να υπολογίσετε:

Δ1) το μήκος L του κάθε οπλισμού του επίπεδου πυκνωτή.

Μονάδες 5

Δ2) την κατακόρυφη απόκλιση y του σωματιδίου από την αρχική του διεύθυνση, κατά την έξοδό του από το ηλεκτρικό πεδίο.

Μονάδες 7

Δ3) το μέτρο του ρυθμού μεταβολής της ορμής του σωματιδίου κατά τη κίνησή του μέσα στο ηλεκτρικό πεδίο.

Μονάδες 6

Δ4) το μέτρο της ταχύτητας με την οποία εξέρχεται το σωματίδιο από το ηλεκτρικό πεδίο.

Μονάδες 7

ΘΕΜΑ Δ

Μια θερμική μηχανή λειτουργεί με ποσότητα n mol ενός ιδανικού αερίου. Η παραπάνω ποσότητα του ιδανικού αερίου βρίσκεται αρχικά στη κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας Α, όπου η πίεση είναι $p_A = 3 \text{ atm}$, ο όγκος $V_A = 1 \text{ L}$, και η απόλυτη θερμοκρασία T_A . Το αέριο υποβάλλεται διαδοχικά στις ακόλουθες αντιστρεπτές μεταβολές:

A $\rightarrow$ B : ισοβαρής θέρμανση μέχρι να τριπλασιαστεί ο όγκος του.

B $\rightarrow$ Γ : ισόχωρη ψύξη μέχρι την αρχική του θερμοκρασία.

Γ $\rightarrow$ Α : ισόθερμη μεταβολή μέχρι την αρχική του κατάσταση.

Δ1) Να υπολογίσετε τη θερμότητα που αντάλλαξε το αέριο με το περιβάλλον του κατά τη διάρκεια της ισοβαρούς θέρμανσης.

Μονάδες 6

Δ2) Να σχεδιάσετε τη κυκλική μεταβολή σε διάγραμμα p - V με βαθμολογημένους άξονες.

Μονάδες 7

Δ3) Να υπολογίσετε το συνολικό έργο που παράγει η θερμική μηχανή σε ένα κύκλο λειτουργίας της.

Μονάδες 7

Δ4) Να υπολογίσετε το συντελεστή απόδοσης της θερμικής μηχανής.

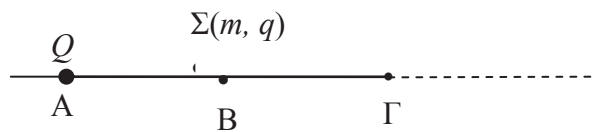
Μονάδες 5

Δίνονται οι γραμμομοριακές ειδικές θερμότητες του αερίου $C_p = \frac{5}{2}R$ και $C_v = \frac{3}{2}R$, ότι

$$1 \text{ atm} = 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \text{ και } \ln 3 = 1,1.$$

ΘΕΜΑ Δ

Σημειακό ηλεκτρικό φορτίο $Q = 0,4 \mu\text{C}$ βρίσκεται σταθερά στερεωμένο στο σημείο Α λείου οριζόντιου επιπέδου. Το δάπεδο είναι κατασκευασμένο από μονωτικό υλικό. Τοποθετούμε στο σημείο Β του οριζόντιου επιπέδου, ένα σημειακό φορτισμένο αντικείμενο Σ , το οποίο έχει μάζα $m = 2 \text{ mg}$ και ηλεκτρικό φορτίο $q = 2 \cdot 10^{-8} \text{ C}$, και στη συνέχεια το αφήνουμε ελεύθερο, όπως φαίνεται στο σχήμα. Να υπολογίσετε:



Δ1) την ηλεκτρική δυναμική ενέργεια του συστήματος, σημειακό ηλεκτρικό φορτίο Q - σημειακό φορτισμένο αντικείμενο Σ , όταν το Σ βρίσκεται στο σημείο Β.

Μονάδες 5

Δ2) το έργο της ηλεκτρικής δύναμης που δέχεται το φορτισμένο αντικείμενο Σ από το φορτίο Q , κατά τη μετακίνηση του αντικειμένου Σ από το σημείο Β στο σημείο Γ.

Μονάδες 6

Δ3) την ταχύτητα με την οποία φτάνει το αντικείμενο Σ στο σημείο Γ. Θεωρούμε ότι η μοναδική δύναμη που ασκείται στο Σ είναι η δύναμη Coulomb.

Μονάδες 7

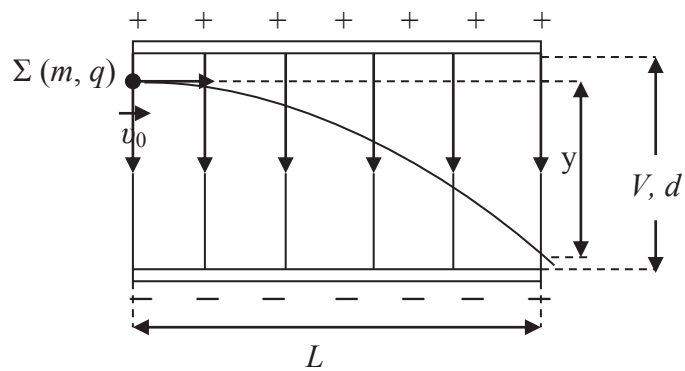
Δ4) την ταχύτητα του φορτισμένου αντικειμένου Σ , μόλις αυτό φτάσει σε σημείο εκτός του ηλεκτρικού πεδίου του σημειακού φορτίου Q . Θεωρούμε ότι η μοναδική δύναμη που ασκείται στο Σ είναι η δύναμη Coulomb.

Μονάδες 7

Δίνονται ότι $(AB) = (B\Gamma) = 1 \text{ m}$, και η ηλεκτρική σταθερά $k_C = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}$.

ΘΕΜΑ Δ

Ένα σωματίδιο Σ έχει μάζα m και ηλεκτρικό φορτίο $q = 2 \mu\text{C}$. Το σωματίδιο εισέρχεται με αρχική ταχύτητα μέτρου $v_0 = 2 \cdot 10^3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ σε κατακόρυφο ομογενές ηλεκτρικό πεδίο, το οποίο δημιουργείται ανάμεσα στους οριζόντιους οπλισμούς επίπεδου



πυκνωτή που απέχουν μεταξύ τους $d = 8 \text{ cm}$. Η κατεύθυνση της ταχύτητας εισόδου του σωματιδίου είναι κάθετη στις δυναμικές γραμμές του πεδίου, ενώ το σημείο εισόδου του βρίσκεται κοντά στο θετικό οπλισμό του πυκνωτή, όπως φαίνεται στο σχήμα. Το σωματίδιο κινείται μέσα στο ομογενές ηλεκτρικό πεδίο για χρόνο t και στη συνέχεια εξέρχεται από αυτό. Στα άκρα του πυκνωτή επικρατεί ηλεκτρική τάση $V = 8 \cdot 10^3 \text{ V}$, ενώ το μήκος του κάθε οπλισμού του πυκνωτή είναι $L = 10 \text{ cm}$.

Να υπολογίσετε:

Δ1) Το χρόνο t που διαρκεί η κίνηση του σωματιδίου Σ μέσα στο ομογενές ηλεκτρικό πεδίο.

Μονάδες 5

Δ2) Τη μάζα m του σωματιδίου, αν η κατακόρυφη απόκλιση του σωματιδίου, από την αρχική του διεύθυνση, κατά την έξοδό του από το ηλεκτρικό πεδίο είναι $y = 5 \text{ cm}$.

Μονάδες 7

Δ3) Το μέτρο του ρυθμού μεταβολής της ορμής του σωματιδίου κατά τη κίνησή του μέσα στο ηλεκτρικό πεδίο.

Μονάδες 6

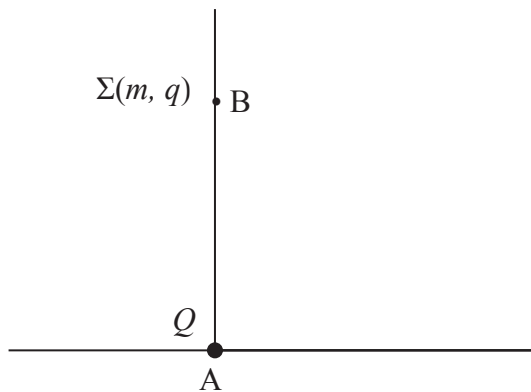
Δ4) Τη ταχύτητα με την οποία εξέρχεται το σωματίδιο από το ηλεκτρικό πεδίο.

Μονάδες 7

Να θεωρήσετε τις βαρυτικές αλληλεπιδράσεις και την αντίσταση του αέρα μηδενικές.

ΘΕΜΑ Δ

Σημειακό ηλεκτρικό φορτίο $Q = 4 \mu\text{C}$ βρίσκεται σταθερά στερεωμένο στο σημείο Α οριζόντιου μονωτικού δαπέδου. Σε σημείο Β που βρίσκεται στην ίδια κατακόρυφο με το φορτίο Q και σε απόσταση $(AB) = 20 \text{ cm}$ από αυτό, αφήνουμε ελεύθερο ένα σημειακό φορτισμένο σώμα Σ , όπως φαίνεται στο σχήμα. Το σώμα Σ έχει μάζα $m = 20 \text{ g}$ και ηλεκτρικό φορτίο $q = 2 \mu\text{C}$. Να θεωρήσετε μηδενική την αντίσταση του αέρα.



Δ1) Να υπολογίσετε την ηλεκτρική δυναμική ενέργεια του συστήματος: σημειακό ηλεκτρικό φορτίο Q - σημειακό φορτισμένο σώμα Σ , όταν το Σ βρίσκεται στο σημείο Β.

Μονάδες 5

Δ2) Να βρείτε τη κατεύθυνση προς την οποία θα κινηθεί το σώμα Σ , όταν το αφήσουμε ελεύθερο στο σημείο Β.

Μονάδες 6

Το σώμα Σ μετακινείται «αυθόρμητα» λόγω της αλληλεπίδρασής του με το φορτίο Q . Για μετακίνηση του σώματος Σ κατά $d = 10 \text{ cm}$, από το σημείο Β όπου το αφήσαμε ελεύθερο, να υπολογίσετε:

Δ3) Τη μεταβολή της ηλεκτρικής δυναμικής ενέργειας του συστήματος: σημειακό ηλεκτρικό φορτίο Q - σημειακό φορτισμένο σώμα Σ .

Μονάδες 7

Δ4) Την ταχύτητα που θα έχει το φορτισμένο σώμα Σ στο τέλος της μετακίνησης αυτής.

Μονάδες 7

Δίνονται: η ηλεκτρική σταθερά $k_c = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}$ και η επιτάχυνση της βαρύτητας $g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$.

ΘΕΜΑ Δ

Θερμική μηχανή λειτουργεί με ποσότητα n mol ιδανικού αερίου. Η παραπάνω ποσότητα του ιδανικού αερίου βρίσκεται αρχικά στη κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας Α, όπου η πίεση είναι $p_A = 6 \text{ atm}$, ο όγκος $V_A = 2 \text{ L}$, και η απόλυτη θερμοκρασία T_A . Το αέριο υποβάλλεται διαδοχικά στις παρακάτω αντιστρεπτές μεταβολές:

A $\rightarrow$ B : ισόθερμη εκτόνωση μέχρι να διπλασιαστεί ο όγκος του.

B $\rightarrow$ Γ : ισόχωρη ψύξη μέχρι να υποτριπλασιαστεί η απόλυτη θερμοκρασία του.

Γ $\rightarrow$ Δ : ισόθερμη συμπίεση μέχρι τον αρχικό του όγκο.

Δ $\rightarrow$ Α : ισόχωρη μεταβολή μέχρι την αρχική του κατάσταση.

Δ1) Να υπολογίσετε τη θερμότητα που αντάλλαξε το αέριο με το περιβάλλον του κατά τη διάρκεια της ισόχωρης ψύξης.

Μονάδες 5

Δ2) Να σχεδιάσετε την παραπάνω κυκλική μεταβολή του αερίου σε διάγραμμα p - V με βαθμολογημένους άξονες.

Μονάδες 7

Δ3) Να υπολογίσετε το συνολικό έργο που παράγει η θερμική μηχανή σε ένα κύκλο λειτουργίας της.

Μονάδες 7

Δ4) Να υπολογίσετε το συντελεστή απόδοσης της θερμικής μηχανής που λειτουργεί με βάση τον παραπάνω κύκλο (ο συντελεστής να εκφραστεί ως κλάσμα).

Μονάδες 6

Δίνονται: η γραμμομοριακή ειδική θερμότητα του αερίου υπό σταθερό όγκο $C_v = \frac{3}{2}R$,

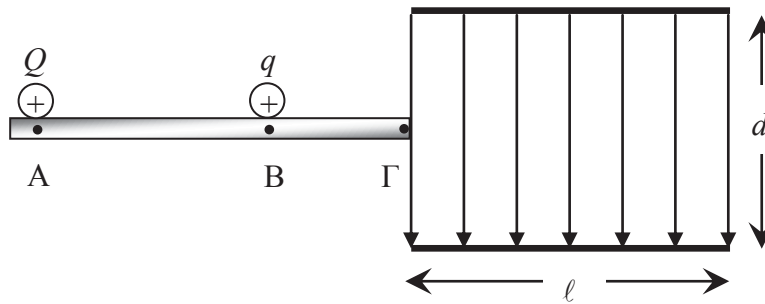
$1 \text{ atm} = 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$ και $\ln 2 = 0,7$.

ΘΕΜΑ Δ

Φορτίο $Q = 20 \cdot 10^{-9}$ C βρίσκεται στερεωμένο στην θέση Α σε οριζόντιο επίπεδο. Ένα άλλο σωματίο, με μάζα $m = 10^{-6}$ kg και φορτίο $q = 4 \cdot 10^{-6}$ C, βρίσκεται δεξιά από αυτό, στην θέση Β. Τα δύο φορτία απέχουν απόσταση $AB = r_1 = 2$ m. Κάποια στιγμή το q αφήνεται ελεύθερο και κινείται λόγω της αλληλεπίδρασής του με το φορτίο Q πάνω στο οριζόντιο επίπεδο, χωρίς τριβές, προς την θέση Γ. Το σημείο Α απέχει από το σημείο Γ απόσταση $AG = r_2 = 2,5$ m.

Μετά το σημείο Γ το q εισέρχεται κάθετα στις δυναμικές γραμμές ομογενούς ηλεκτρικού πεδίου έντασης $E = 10^2$ V/m και μήκους $\ell = 0,12$ m. Το ομογενές πεδίο δημιουργείται ανάμεσα στους παράλληλους οριζόντιους οπλισμούς φορτισμένου πυκνωτή που απέχουν απόσταση d . Το φορτίο q εισέρχεται στο μέσο της απόστασης d και όταν το q εισέρχεται στο ομογενές πεδίο απομακρύνουμε το φορτίο Q ώστε τα δύο φορτία πλέον να μην αλληλεπιδρούν.

Κατά την κίνηση του q μέσα στο ομογενές πεδίο θεωρούμε ότι η επίδραση του βαρυτικού πεδίου είναι αμελητέα.



Να υπολογίσετε :

Δ1) Την ηλεκτρική δυναμική ενέργεια του συστήματος των φορτίων Q και q , όταν το q είναι στην θέση Β και όταν είναι στην θέση Γ.

Μονάδες 5

Δ2) Το χρόνο που κάνει το q για να διασχίσει το ομογενές ηλεκτρικό πεδίο.

Μονάδες 6

Δ3) Την εφαπτομένη της γωνίας που σχηματίζει η ταχύτητα του φορτίου q με το οριζόντιο επίπεδο όταν αυτό εξέρχεται από το ομογενές πεδίο.

Μονάδες 7

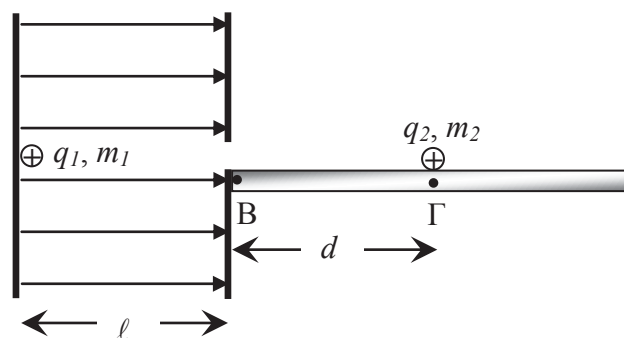
Δ4) Την απόσταση d ώστε όταν το q εξέρχεται από το πεδίο, να περνά εφαπτομενικά από την κάτω πλάκα του πυκνωτή.

Μονάδες 7

Δίνεται η σταθερά του νόμου του Coulomb $k_C = 9 \cdot 10^9$ N·m²/C².

ΘΕΜΑ Δ

Πυκνωτής αποτελείται από κατακόρυφους οπλισμούς που απέχουν απόσταση $\ell = 0,1 \text{ m}$. Η τάση ανάμεσα στους οπλισμούς του είναι $V = 100 \text{ V}$. Στο θετικό οπλισμό αφήνουμε, χωρίς αρχική ταχύτητα, φορτισμένο σώματιο (I) μάζας $m_1 = 10^{-6} \text{ kg}$ και φορτίου $q_1 = 2 \cdot 10^{-6} \text{ C}$. Το σώματιο (I) επιταχύνεται υπό την επίδραση του πεδίου του πυκνωτή και τελικά εξέρχεται από μία οπή στον αρνητικό οπλισμό του πυκνωτή στο σημείο B.



Κατά αυτή την κίνηση του σώματιου (I) θεωρούμε την επίδραση του βαρυτικού πεδίου αμελητέα.

Δ1) Να υπολογίσετε την επιτάχυνση του σώματιου (I) κατά την κίνησή του μέσα στον πυκνωτή.

Μονάδες 6

Δ2) Να υπολογίσετε την ταχύτητα v_B του σώματιου (I) όταν φτάνει στον αρνητικό οπλισμό (σημείο B).

Μονάδες 6

Μόλις το σώματιο (I) εξέρχεται από τον πυκνωτή, συνεχίζει να κινείται σε λείο μονωμένο οριζόντιο επίπεδο με την ταχύτητα v_B . Με κατάλληλη διάταξη το πεδίο του πυκνωτή περιορίζεται μόνο εντός των οπλισμών του πυκνωτή και επομένως δεν επηρεάζει πλέον την κίνηση του φορτισμένου σώματιου (I).

Τη χρονική στιγμή που το σώματιο (I) εξέρχεται από το ηλεκτρικό πεδίο του πυκνωτή, τοποθετείται πάνω στο οριζόντιο επίπεδο σε σημείο που απέχει από το B απόσταση $B\Gamma = d = 2 \text{ m}$, ελεύθερο ακίνητο φορτισμένο σώματιο (II), μάζας $m_2 = 4 \cdot 10^{-6} \text{ kg}$ και φορτίου $q_2 = 2 \cdot 10^{-9} \text{ C}$. Το σώματιο (II) αλληλεπιδρά με το σώματιο (I).

Δ3) Να εξηγήσετε τι συμβαίνει όταν τα δύο σώματια (I) και (II) απέχουν την ελάχιστη απόσταση μεταξύ τους και να υπολογίσετε τότε την ταχύτητά τους.

Μονάδες 6

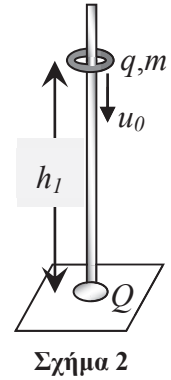
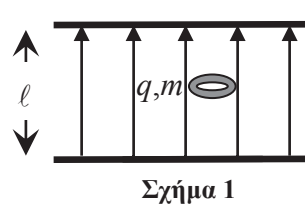
Δ4) Να υπολογίσετε την ενέργεια του συστήματος των σωμάτων (I) και (II) όταν απέχουν την ελάχιστη απόσταση μεταξύ τους.

Μονάδες 7

Δίνεται η σταθερά του νόμου του Coulomb $k_C = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$. Οι διαστάσεις του πυκνωτή και η απόσταση d , έχουν σχεδιαστεί στο σχήμα εκτός κλίμακας.

ΘΕΜΑ Δ

Μικρή, θετικά φορτισμένη χάντρα, μάζας $m = 6 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$ και φορτίου q ισορροπεί ανάμεσα στους οριζόντιους οπλισμούς πυκνωτή (σχήμα 1). Η τάση μεταξύ των οπλισμών είναι $V = 12000 \text{ V}$ και η απόστασή τους είναι $\ell = 0,2 \text{ m}$.



Δ1) Να υπολογίσετε το φορτίο της χάντρας.

Μονάδες 6

Διπλασιάζουμε την απόσταση των οπλισμών χωρίς να μεταβάλλουμε την τάση ανάμεσά τους. Η χάντρα αρχίζει να κινείται. Αν κινηθεί για $0,2 \text{ s}$ μεταβαίνει από τη θέση Α στην οποία ισορροπούσε αρχικά σε μια τελική θέση Γ.

Δ2) Να υπολογίσετε την απόλυτη τιμή της διαφοράς δυναμικού ανάμεσα στις θέσεις Α και Γ.

Μονάδες 6

Αφαιρούμε τη φορτισμένη χάντρα από το πεδίο του πυκνωτή και την περνάμε μέσα σε πολύ λεπτή κατακόρυφη ράβδο, από μονωτικό υλικό (σχήμα 2). Η χάντρα μπορεί να κινείται κατά μήκος της ράβδου χωρίς τριβές. Στη βάση της ράβδου, που είναι στερεωμένη σε οριζόντιο επίπεδο, βρίσκεται στερεωμένο σώμα με φορτίο $Q = 2 \cdot 10^{-6} \text{ C}$.

Δ3) Να υπολογίσετε την ηλεκτρική δυναμική ενέργεια που έχει το σύστημα χάντρα – φορτίο Q όταν η χάντρα απέχει $h_1 = 1 \text{ m}$ από το Q .

Μονάδες 6

Από ύψος $h_1 = 1 \text{ m}$ εκτοξεύουμε τη χάντρα προς τα κάτω με αρχική ταχύτητα u_0 . Η χάντρα φτάνει σε ύψος $h_2 = 0,2 \text{ m}$ από το φορτίο Q και σταματά στιγμιαία.

Δ4) Να υπολογίσετε την ταχύτητα με την οποία εκτοξεύσαμε την χάντρα προς τα κάτω.

Μονάδες 7

Δίνεται η σταθερά του νόμου του Coulomb $k_C = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$ και η επιτάχυνση της βαρύτητας $g = 10 \text{ m/s}^2$. Τριβές δεν υπάρχουν και η αντίσταση του αέρα θεωρείται αμελητέα.

ΘΕΜΑ Δ

Δύο σωματίδια καθένα από τα οποία έχει φορτίο Q και μάζα m συνδέονται με αβαρές και μη εκτατό (που δεν αλλάζει το μήκος του) νήμα, από κάποιο μονωτικό υλικό με μήκος d . Το νήμα δεν επηρεάζει με οποιονδήποτε τρόπο τις ηλεκτρικές δυνάμεις.

Δ1) Υπολογίστε τη δυναμική ενέργεια των δύο φορτίων.

Μονάδες 5

Από πολύ μεγάλη (άπειρη) απόσταση φέρουμε δύο άλλα σωματίδια, επίσης καθένα με φορτίο Q και μάζα m τα οποία συνδέονται με αβαρές μη εκτατό νήμα μήκους d . Τα τέσσερα φορτία τοποθετούνται έτσι ώστε να βρίσκονται στις κορυφές τετραγώνου, πλευράς d .

Δ2) Να δείξετε ότι η δυναμική ενέργεια και των του συστήματος των τεσσάρων σημειακών φορτίων που βρίσκονται στις κορυφές του παραπάνω τετραγώνου δίνεται από τη σχέση

$$U = k_c \frac{Q^2}{d} (4 + \sqrt{2}).$$

Μονάδες 7

Δ3) Κρατάμε το ένα ζευγάρι από τα φορτία ακίνητο, και αφήνουμε το άλλο να κινηθεί, χωρίς να αφαιρέσουμε το νήμα που τα ενώνει. Να αποδείξετε ότι η ταχύτητα με την οποία θα απομακρύνεται καθένα από τα δύο φορτία θα έχει διεύθυνση κάθετη στο νήμα που τα ενώνει.

Μονάδες 6

Δ4) Αν αφήσουμε και τα δύο ζεύγη φορτίων ελεύθερα να κινηθούν, χωρίς να αφαιρέσουμε το νήμα που ενώνει κάθε ζεύγος φορτίων, να υπολογίσετε το μέτρο της ταχύτητας που θα έχει κάθε σωματίδιο όταν τα δύο ζεύγη φτάσουν σε πολύ μεγάλη (άπειρη) μεταξύ τους απόσταση.

Μονάδες 7

Οι απαντήσεις να δοθούν συναρτήσει των δεδομένων φυσικών ποσοτήτων Q , m , d , k_c . Οι βαρυτικές αλληλεπιδράσεις, η αντίσταση του αέρα και οι τριβές παραλείπονται.

ΘΕΜΑ Δ

Ποσότητα ιδανικού αερίου υφίσταται αντιστρεπτή αδιαβατική εκτόνωση από την κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας Α (P_A, V_A, T_A), στην κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας Β (P_B, V_B, T_B).

Δ1) Να αποδείξετε ότι ισχύει η σχέση : $T_A V_A^{\gamma-1} = T_B V_B^{\gamma-1}$.

Μονάδες 6

Δ2) Θερμική μηχανή Carnot λειτουργεί με θερμοκρασία θερμής δεξαμενής $T_1 = 500 \text{ K}$. Να αναπαραστήσετε γραφικά το συντελεστή απόδοσης της θερμικής μηχανής σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία T_2 της ψυχρής δεξαμενής. Η θερμοκρασία της θερμής δεξαμενής να θεωρηθεί σταθερή. Περιγράψτε τη φυσική σημασία των ακραίων τιμών της θερμοκρασίας T_2 .

Μονάδες 8

Δ3) Στην παραπάνω μηχανή Carnot, με θερμοκρασία θερμής δεξαμενής $T_1 = 500 \text{ K}$, θεωρήστε ότι η θερμοκρασία της ψυχρής δεξαμενής είναι $T_2 = 200 \text{ K}$ και ότι για το πηλίκο του τελικού προς τον αρχικό όγκο του αερίου κατά την αδιαβατική συμπίεση ισχύει: $(V_4/V_3) = (2/5)^{3/2}$. Να υπολογιστεί η σταθερά γ .

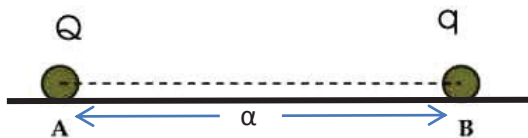
Μονάδες 7

Δ4) Αν η παραπάνω μηχανή Carnot λειτουργεί με ποσότητα αερίου $n = 2/R$, υπολογίστε το έργο κατά την αδιαβατική εκτόνωση της μηχανής.

Μονάδες 4

ΘΕΜΑ Δ

Θεωρούμε ακλόνητο σωματίδιο Α που έχει θετικό φορτίο Q . Δεύτερο φορτισμένο σωματίδιο Β, που έχει μάζα m και θετικό φορτίο q , μπορεί να κινείται ελεύθερα στο πεδίο του φορτισμένου σωματιδίου Q . Το επίπεδο στο οποίο βρίσκονται τα δύο σωματίδια είναι λείο και οριζόντιο και κατασκευασμένο από μονωτικό υλικό.



Το σώμα με φορτίο q τοποθετείται αρχικά σε απόσταση $a = 1 \text{ m}$ από το Α και αφήνεται ελεύθερο.

Δ1) Υπολογίστε την επιτάχυνση του σωματιδίου Β σε απόσταση $x = 2 \text{ m}$ από το Α.

Μονάδες 6

Δ2) Υπολογίστε την ταχύτητα του σωματιδίου Β σε απόσταση $x = 2 \text{ m}$ από το Α.

Μονάδες 7

Κατόπιν, το Β τοποθετείται σε απόσταση $b = 2 \text{ m}$ από το Α και εκτοξεύεται με ταχύτητα $v_0 = 3 \text{ m/s}$ προς το Α.

Δ3) Να περιγράψετε ποιοτικά τα είδη των κινήσεων που θα ακολουθήσει το Β, από την αρχική του θέση, μέχρι να απομακρυνθεί σε πολύ μεγάλη απόσταση από το Α.

Μονάδες 5

Δ4) Υπολογίστε την ελάχιστη απόσταση των δύο σωματιδίων.

Μονάδες 7

Για να διευκολυνθείτε στις πράξεις θεωρήστε ότι $\frac{k_c \cdot Q \cdot q}{m} = 1$.

ΘΕΜΑ Δ

Σε κατάλληλο δοχείο περιέχεται ορισμένη ποσότητα ιδανικού αερίου. Το αέριο εκτονώνεται αδιαβατικά από την αρχική κατάσταση (p_0, V_0, T_0) έως ότου η πίεσή του γίνει $p_0 / 32$. Κατόπιν συμπιέζεται ισόθερμα έως ότου η πίεσή του να επανέλθει στην αρχική της τιμή.

Δ1) Να σχεδιαστούν ποιοτικά, σε διάγραμμα p - V , οι μεταβολές του αερίου.

Μονάδες 5

Δ2) Να υπολογίσετε την πίεση, τον όγκο και τη θερμοκρασία της τελικής κατάστασης του αερίου.

Μονάδες 8

Δ3) Να υπολογίσετε το συνολικό ποσό θερμότητας που ανταλλάσσει το αέριο με το περιβάλλον.

Μονάδες 8

Δ4) Να υπολογίσετε την μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας του αερίου.

Μονάδες 4

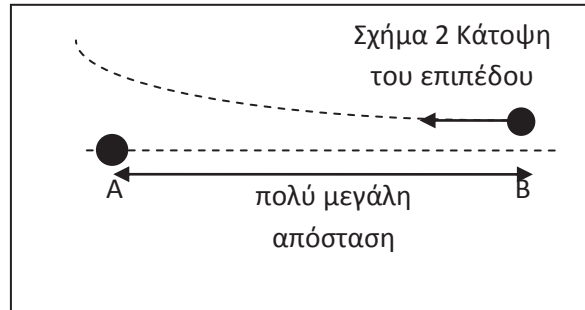
Όλες οι απαντήσεις να εκφραστούν ως συνάρτηση των p_0, V_0 , και T_0 . Για τις πράξεις θεωρείστε ότι $\ln 2 = 0,7$, ενώ ο λόγος των γραμμομοριακών ειδικών θερμοτήτων είναι $\gamma = 5/3$.

ΘΕΜΑ Δ

Τα σωματίδια A και B συγκρατούνται ακίνητα σε λείο οριζόντιο επίπεδο κατασκευασμένο από μονωτικό υλικό, όπως φαίνεται στο σχήμα 1. Τα σωματίδια έχουν ίσα θετικά φορτία $Q = q$ μάζες m_A και m_B αντίστοιχα, ηλεκτρική δυναμική ενέργεια U και αφήνονται να κινηθούν.



Σχήμα 1



Δ1) Να δείξετε ότι οι ταχύτητες που έχουν κάθε χρονική στιγμή τα δύο σωματίδια είναι αντιστρόφως ανάλογες με τις μάζες τους.

Μονάδες 5

Δ2) Να δείξετε ότι η κινητική ενέργεια του B, σε πολύ μεγάλη απόσταση από το A (στην απόσταση αυτή τα σωματίδια δεν αλληλεπιδρούν), δίνεται από τη σχέση $K_B = \frac{m_A}{m_A + m_B} \cdot U$.

Μονάδες 8

Δ3) Δίνεται επιπλέον ότι η μάζα του A είναι πολύ μεγαλύτερη της μάζας του B ($m_A \gg m_B$), τόσο όσο στους υπολογισμούς η μάζα του B να θεωρείται αμελητέα σε σχέση με τη μάζα του A. Να υπολογίσετε, αξιοποιώντας το αποτέλεσμα του ερωτήματος Δ2 ή με όποιο άλλο τρόπο σκεφτείτε, την κινητική ενέργεια του σωματιδίου B όταν βρίσκεται σε πολύ μεγάλη απόσταση από το A. Από το αποτέλεσμα που βρήκατε να υπολογίσετε άμεσα και την κινητική ενέργεια του A.

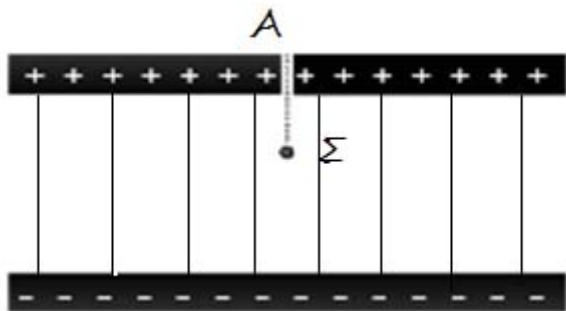
Μονάδες 7

Δ4) Όταν το B φθάνει σε μεγάλη απόσταση από το A, το εκτοξεύουμε και πάλι προς τα πίσω αλλά όχι ακριβώς στην ευθεία που ενώνει τα δύο σωματίδια αλλά λίγο έκκεντρα, όπως φαίνεται στο σχήμα 2 που αποτελεί κάτοψη του επιπέδου στο οποίο γίνεται η κίνηση. Εξηγήστε γιατί το B θα ακολουθήσει μια τροχιά όπως αυτή που φαίνεται στο σχήμα.

Μονάδες 5

ΘΕΜΑ Δ

Αρνητικά φορτισμένες σταγόνες λαδιού εισέρχονται, με μηδενική περίπου ταχύτητα, από την οπή Α που υπάρχει στο θετικό οπλισμό επίπεδου πυκνωτή. Όλο το σύστημα βρίσκεται σε κενό. Η σταγόνα Σ, με μάζα $m = 0,1 \text{ g}$ και φορτίο $q = 1,5 \cdot 10^{-8} \text{ C}$, κινείται ήδη εντός του ομογενούς ηλεκτρικού πεδίου του πυκνωτή, που έχει ένταση $E = 60 \text{ kV/m}$. Η απόσταση μεταξύ των οπλισμών του πυκνωτή είναι $d = 10 \text{ mm}$.



Δ1) Να σχεδιάσετε τη φορά των δυναμικών γραμμών του ομογενούς ηλεκτρικού πεδίου του πυκνωτή, και να υπολογίσετε την ηλεκτρική δύναμη που δέχεται η σταγόνα Σ.

Μονάδες 5

Δ2) Να σχεδιάσετε τις δυνάμεις που δέχεται η σταγόνα, καθώς και την κατεύθυνση της

κίνησής της. Υπολογίστε την επιτάχυνση με την οποία κινείται.

Μονάδες 6

Δ3) Να υπολογίσετε το έργο της ηλεκτρικής δύναμης κατά τη μετακίνηση της σταγόνας λαδιού από τον ένα στον άλλο οπλισμό του πυκνωτή.

Μονάδες 6

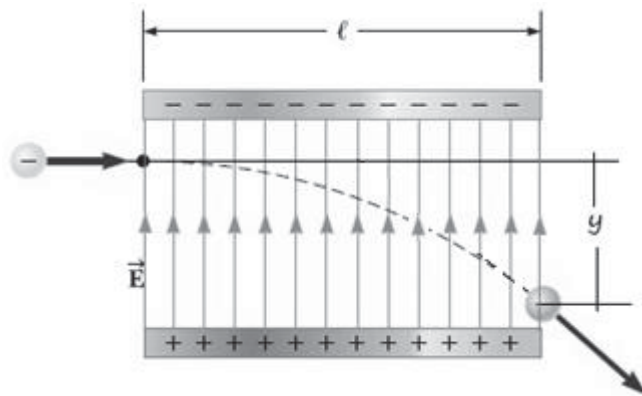
Δ4) Να υπολογίσετε τη μεταβολή της κινητικής ενέργειας της σταγόνας κατά την κίνησή της από τον ένα στον άλλο οπλισμό του πυκνωτή.

Μονάδες 8

Δίνεται η επιτάχυνση της βαρύτητας στην επιφάνεια της Γης $g = 10 \text{ m/s}^2$. Η αντίσταση του αέρα είναι αμελητέα.

ΘΕΜΑ Δ

Οι παράλληλοι οπλισμοί ενός επίπεδου πυκνωτή απέχουν μεταξύ τους απόσταση $d = 1 \text{ cm}$, και έχουν διαφορά δυναμικού $V = 1000 \text{ V}$. Ο κάθε οπλισμός είναι τετράγωνος με πλευρά $\ell = 10 \text{ cm}$. Δέσμη ηλεκτρονίων, κινητικής ενέργειας $K = 10^{-14} \text{ J}$, εισέρχεται κάθετα στις δυναμικές γραμμές του ηλεκτρικού πεδίου του πυκνωτή και τελικά εξέρχεται εφαπτομενικά από τον κάτω οπλισμό του πυκνωτή, όπως φαίνεται στο σχήμα που ακολουθεί. Να υπολογιστούν:



Δ1) Η χωρητικότητα του πυκνωτή.

Μονάδες 4

Δ2) Η ένταση E του ηλεκτρικού πεδίου και η ηλεκτρική δύναμη F που δέχεται κάθε ηλεκτρόνιο. Να σχεδιάσετε το διάνυσμα της δύναμης $\vec{F}$.

Μονάδες 6

Δ3) Η απόσταση y του σημείου εξόδου της δέσμης από την αρχική διεύθυνσή της.

Μονάδες 10

Δ4) Η διαφορά δυναμικού μεταξύ των σημείων εισόδου και εξόδου, καθώς και το έργο της ηλεκτρικής δύναμης που ασκείται σε καθένα από τα ηλεκτρόνια της δέσμης κατά τη διάρκεια της κίνησής τους στο ομογενές ηλεκτρικό πεδίο του πυκνωτή.

Μονάδες 5

Δίνονται η σταθερά $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2/(\text{N} \cdot \text{m}^2)$ και το φορτίο του ηλεκτρονίου $e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

ΘΕΜΑ Δ

Στο φλας των φωτογραφικών μηχανών, ένα πυκνωτής μεγάλης χωρητικότητας και ειδικής κατασκευής φορτίζεται από μπαταρίες και την κατάλληλη στιγμή μεταβιβάζει την αποθηκευμένη ηλεκτρική ενέργεια σε μια λυχνία Xenon, η οποία φωτοβολεί έντονα. Στο φλας μιας τέτοιας φωτογραφικής μηχανής, ο πυκνωτής έχει χωρητικότητα $C = 1100 \mu\text{F}$ και φορτίζεται από τάση $V = 6 \text{ V}$.

Δ1) Να υπολογιστεί το φορτίο Q και η ενέργεια U που αποθηκεύεται στον πυκνωτή, όταν αυτός φορτιστεί σε τάση V .

Μονάδες 6

Δ2) Αν η διάρκεια της λάμψης τους φλας είναι $\Delta t = 10^{-3} \text{ s}$, να υπολογιστεί η μέση τιμή του ρυθμού με τον οποίο η ηλεκτρική ενέργεια του πυκνωτή μεταβιβάζεται στη λυχνία.

Μονάδες 6

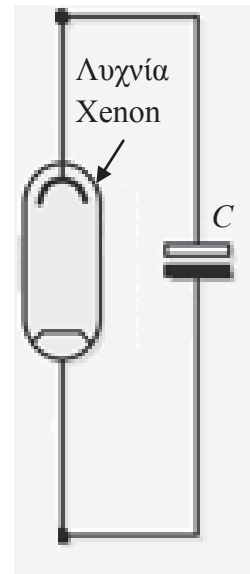
Δ3) Στο Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών του Λυκείου, τέθηκε το εξής ερώτημα: «Ποιο πρέπει να είναι το εμβαδόν A , της κάθε μεταλλικής πλάκας ενός επίπεδου πυκνωτή Π, ώστε αυτός να έχει χωρητικότητα $C = 1100 \mu\text{F}$, αν η απόσταση μεταξύ των οπλισμών του πυκνωτή είναι $d = 3,54 \text{ mm}$; ».

Μονάδες 6

Δ4) Εάν ο πυκνωτής της φωτογραφικής μηχανής ήταν ένας συνηθισμένος επίπεδος πυκνωτής, φορτιζόταν σε τάση $V = 6 \text{ V}$ και στη συνέχεια η πηγή φόρτισης απομακρυνόταν, να υπολογίσετε το έργο που θα χρειαζόταν για το διπλασιασμό της απόστασης μεταξύ των οπλισμών του πυκνωτή.

Μονάδες 7

Δίνεται η σταθερά $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2/(\text{N} \cdot \text{m}^2)$ και ότι $3,54 / 8,85 = 0,4$.



ΘΕΜΑ Δ

Ηλεκτρόνιο επιταχύνεται εντός ομογενούς ηλεκτρικού πεδίου, κατά μήκος δυναμικής γραμμής και μεταξύ δυο σημείων με διαφορά δυναμικού V_1 . Στη συνέχεια εισέρχεται κάθετα στις δυναμικές γραμμές άλλου ομογενούς ηλεκτρικού πεδίου που δημιουργείται μεταξύ των παράλληλων οπλισμών επίπεδου πυκνωτή με τάση $V_2 = 300 \text{ V}$. Το σημείο εισόδου του ηλεκτρονίου είναι πολύ κοντά στον αρνητικό οπλισμό, ενώ το σημείο εξόδου είναι πολύ κοντά στον θετικό οπλισμό. Το μήκος των οπλισμών του πυκνωτή είναι L και η απόσταση μεταξύ τους είναι $d = 1 \text{ cm}$.

Δ1) Να υπολογίσετε το μέτρο της έντασης E του ηλεκτρικού πεδίου του πυκνωτή και το μέτρο της δύναμης F που ασκείται στο ηλεκτρόνιο κατά τη διάρκεια της κίνησής του εντός του ηλεκτρικού πεδίου.

Μονάδες 6

Δ2) Να δείξετε ότι ο χρόνος κίνησης του ηλεκτρονίου εντός του ηλεκτρικού πεδίου του πυκνωτή

είναι $t = d \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot m_e}{|e| \cdot V_2}}$, όπου m_e η μάζα του ηλεκτρονίου και e το φορτίο του.

Μονάδες 5

Δ3) Αν η κινητική ενέργεια K_2 με την οποία φτάνει το ηλεκτρόνιο στην έξοδο από το ηλεκτρικό πεδίο του πυκνωτή είναι 30% μεγαλύτερη από την κινητική ενέργεια K_1 που είχε κατά την είσοδό του στον πυκνωτή, να υπολογίσετε τη διαφορά δυναμικού V_1 .

Μονάδες 8

Δ4) Να υπολογίσετε τη γωνιακή εκτροπή του ηλεκτρονίου (δηλαδή τη γωνία που σχηματίζει η ταχύτητα τη στιγμή της εξόδου με την αρχική διεύθυνση κίνησης) κατά τη διέλευσή του από τον πυκνωτή.

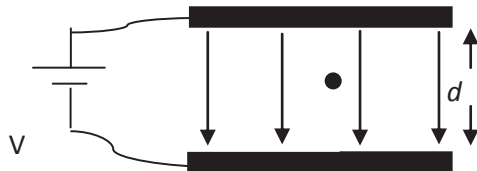
Μονάδες 6

Δίνονται η απόλυτη τιμή του ηλεκτρικού φορτίου του ηλεκτρονίου $|e| = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ και

$\sin 40^\circ = \sqrt{\frac{10}{13}}$. Να αγνοήσετε την επίδραση της βαρύτητας και του ατμοσφαιρικού αέρα στην κίνηση του ηλεκτρονίου.

ΘΕΜΑ Δ

Οι δύο φορτισμένες οριζόντιες μεταλλικές πλάκες του σχήματος συνδέονται με πηγή συνεχούς τάσης V και απέχουν απόσταση d . Στο χώρο μεταξύ των πλακών, στο μέσο της απόστασης τους, αιωρείται μικρή σταγόνα μάζας $m = 2 \cdot 10^{-4}$ kg και φορτίου $q = -2 \cdot 10^{-7}$ C.



Δ1) Αν η σταγόνα ισορροπεί, να υπολογίσετε την ένταση του ηλεκτρικού πεδίου μεταξύ των πλακών.

Μονάδες 6

Διπλασιάζουμε την τάση της πηγής, διατηρώντας σταθερή την απόσταση των πλακών, οπότε η σταγόνα αρχίζει να κινείται κατακόρυφα.

Δ2) Να προσδιορίσετε την κατεύθυνση προς την οποία θα κινηθεί η σταγόνα και να υπολογίσετε το μέτρο της επιτάχυνσης που θα αποκτήσει.

Μονάδες 6

Δ3) Αν η σταγόνα φτάνει στη πλάκα, προς την οποία κινήθηκε, με ταχύτητα μέτρου $1 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, να υπολογίσετε την απόσταση d μεταξύ των πλακών.

Μονάδες 7

Δ4) Να υπολογίσετε το έργο της δύναμης του βάρους της σταγόνας καθώς και το έργο της ηλεκτρικής δύναμης του πεδίου κατά τη μετακίνηση της σταγόνας από την αρχική της θέση μέχρι τη στιγμή που φτάνει στην πλάκα προς την οποία κινήθηκε.

Μονάδες 6

Δίνεται ότι η επιτάχυνση της βαρύτητας έχει τιμή $g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$. Η επίδραση του αέρα θεωρείται αμελητέα.

ΘΕΜΑ Δ

Δυο κατακόρυφες, παράλληλες, μεταλλικές πλάκες ιδίου εμβαδού και σχήματος απέχουν μεταξύ τους $d = 10 \text{ cm}$ και είναι φορτισμένες με τάση $V = 1000 \text{ V}$. Ένα αρνητικά σωματίδιο, μάζας $m = 2 \cdot 10^{-4} \text{ kg}$ και ηλεκτρικού φορτίου $q = -6 \cdot 10^{-8} \text{ C}$ εισέρχεται τη χρονική στιγμή $t_0 = 0$, με ταχύτητα μέτρου $v_0 = 0,6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, παράλληλα στις δυναμικές γραμμές του πεδίου, από μια οπή της θετικά φορτισμένης πλάκας. Η ταχύτητα του σωματιδίου μηδενίζεται στιγμιαία αφού διανύσει απόσταση x μέσα στο πεδίο.

Δ1) Να υπολογίσετε το μέτρο της επιτάχυνσης του σωματιδίου κατά την κίνησή του μέσα στο πεδίο.

Μονάδες 6

Δ2) Να υπολογίσετε τη διαφορά δυναμικού μεταξύ του σημείου εισόδου του σωματιδίου και του σημείου στο οποίο μηδενίζεται στιγμιαία η ταχύτητά του.

Μονάδες 6

Δ3) Να υπολογίσετε την απόσταση x .

Μονάδες 6

Δ4) Κάποια χρονική στιγμή t_1 , ενώ η φορά κίνησης του σωματιδίου έχει αντιστραφεί, το σωματίδιο έχει κινητική ενέργεια $K = \frac{1}{4} K_0$, όπου K_0 η κινητική ενέργεια που είχε τη στιγμή $t_0 = 0$. Να υπολογίσετε το μέτρο της μεταβολής της ορμής του σωματιδίου στο χρονικό διάστημα $t_0 \rightarrow t_1$, καθώς και τη χρονική στιγμή t_1 .

Μονάδες 7

Η αντίσταση του αέρα θεωρείται αμελητέα, και οι βαρυτικές δυνάμεις δε λαμβάνονται υπόψη.

ΘΕΜΑ Δ

Επίπεδος πυκνωτής φορτίζεται από τάση $V = 100 \text{ V}$ και αποκτά φορτίο $Q = 4 \text{ } \mu\text{C}$. Ο πυκνωτής αποτελείται από δυο κατακόρυφες μεταλλικές πλάκες, ιδίου εμβαδού και σχήματος οι οποίες απέχουν μεταξύ τους $d = 10 \text{ cm}$. Ένα ηλεκτρόνιο εισέρχεται τη χρονική στιγμή $t_0 = 0$, με ταχύτητα μέτρου v_0 , παράλληλα στις δυναμικές γραμμές του πεδίου, από μια οπή της θετικά φορτισμένης πλάκας. Η ταχύτητα του ηλεκτρονίου μηδενίζεται στιγμιαία μόλις φτάνει στην αρνητικά φορτισμένη πλάκα, αποκλειστικά λόγω της επίδρασης του ηλεκτρικού πεδίου.

Δ1) Να υπολογίσετε την ηλεκτρική δυναμική ενέργεια που είναι αποθηκευμένη στον παραπάνω πυκνωτή.

Μονάδες 5

Δ2) Να υπολογίσετε το μέτρο του ρυθμού μεταβολής της ορμής του ηλεκτρονίου κατά τη κίνησή του μέσα στο ηλεκτρικό πεδίο του πυκνωτή.

Μονάδες 6

Δ3) Να υπολογίσετε την αρχική κινητική ενέργεια του ηλεκτρονίου.

Μονάδες 7

Δ4) Αν το ηλεκτρόνιο εισέρχονταν με την ίδια αρχική ταχύτητα v_0 από μια οπή της αρνητικά φορτισμένης πλάκας θα έφτανε στη θετικά φορτισμένη πλάκα με ταχύτητα μέτρου v_1 . Να υπολογίσετε το πηλίκο των μέτρων των ταχυτήτων $\frac{v_1}{v_0}$.

Μονάδες 7

Η αντίσταση του αέρα θεωρείται αμελητέα, και οι βαρυτικές δυνάμεις δεν λαμβάνονται υπόψη. Το φορτίο του ηλεκτρονίου είναι $e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

ΘΕΜΑ Δ

Δυο μικρές σφαίρες Α και Β με μάζες $m_A = 1 \text{ g}$ και m_B έχουν ίσα θετικά φορτία $Q = 2 \text{ }\mu\text{C}$ και συγκρατούνται ακίνητες πάνω σε λείο οριζόντιο μονωτικό δάπεδο, σε απόσταση $r = 15 \text{ cm}$.

Δ1) Να υπολογιστεί η ηλεκτρική δυναμική ενέργεια του συστήματος των δυο σφαιρών όταν βρίσκονται σε απόσταση $r = 15 \text{ cm}$.

Μονάδες 5

Στη συνέχεια αφήνουμε ελεύθερη τη σφαίρα Α να κινηθεί.

Δ2) Να υπολογίσετε την τιμή της αρχικής επιτάχυνσης της σφαίρας.

Μονάδες 6

Δ3) Να υπολογίσετε το μέτρο της ταχύτητάς της, όταν η απόστασή της από τη σφαίρα Β γίνει $r' = 4r$.

Μονάδες 6

Δ4) Αν οι δυο σφαίρες αφήνονταν ταυτόχρονα ελεύθερες θα απομακρύνονταν μεταξύ τους μέχρι η επίδραση της μιας πάνω στη άλλη να είναι αμελητέα. Αν εκείνη τη στιγμή είχαν αποκτήσει ταχύτητες μέτρου v_A και $v_B = 4v_A$, να υπολογίσετε τη μάζα της σφαίρας Β καθώς και την ολική κινητική ενέργεια του συστήματος των δυο σφαιρών όταν θα έχουν απομακρυνθεί μέχρι η επίδραση της μιας πάνω στη άλλη να είναι αμελητέα.

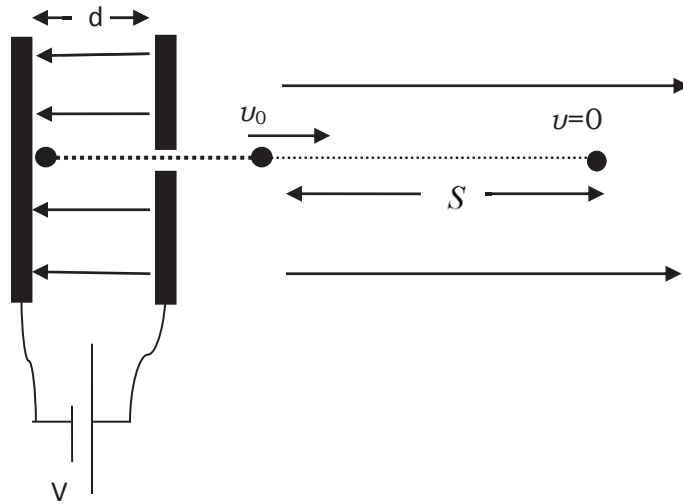
Μονάδες 8

Η αντίσταση του αέρα θεωρείται αμελητέα. Η τιμή της ηλεκτρικής σταθεράς είναι

$$k_C = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}.$$

ΘΕΜΑ Δ

Ηλεκτρόνιο ξεκινά από τον αρνητικό οπλισμό ενός πυκνωτή, στο χώρο μεταξύ των οπλισμών του οποίου υπάρχει ομογενές ηλεκτρικό πεδίο. Η απόσταση μεταξύ των οπλισμών του είναι $d = 3,5 \text{ cm}$, και η τάση που εφαρμόζεται στους οπλισμούς του είναι $V = 35 \text{ V}$. Τη στιγμή που εξέρχεται από τον θετικό οπλισμό έχει αποκτήσει ταχύτητα μέτρου v_0 . Στη συνέχεια μπαίνει σε δεύτερο ομογενές ηλεκτρικό πεδίο ομόρροπα με τη φορά των δυναμικών γραμμών του πεδίου.



Δ1) Να υπολογίσετε το ρυθμό με τον οποίο μεταβάλλεται η ορμή του ηλεκτρονίου κατά τη διάρκεια της κίνησής του μέσα στο πρώτο πεδίο.

Μονάδες 5

Δ2) Να υπολογίσετε το μέτρο της ταχύτητας v_0 .

Μονάδες 6

Δ3) Να υπολογίσετε την ένταση $\vec{E}$ του δεύτερου πεδίου ώστε το ηλεκτρόνιο να σταματήσει για πρώτη φορά αφού διανύσει στο δεύτερο πεδίο απόσταση $S = 0,07 \text{ m}$.

Μονάδες 7

Δ4) Αν t_1 είναι το χρονικό διάστημα κίνησης του ηλεκτρονίου στο πρώτο πεδίο και t_2 το χρονικό διάστημα κίνησης του ηλεκτρονίου στο δεύτερο πεδίο να υπολογιστεί ο λόγος $\frac{t_1}{t_2}$.

Μονάδες 7

Δίνονται: φορτίο ηλεκτρονίου $e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, μάζα ηλεκτρονίου $m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$, το πηλίκο $e/m = 1,75 \cdot 10^{11} \text{ C/kg}$. Οι βαρυτικές δυνάμεις θεωρούνται αμελητέες.

ΘΕΜΑ Δ

Δυο παράλληλες μεταλλικές πλάκες ίδιου εμβαδού και σχήματος απέχουν μεταξύ τους $d = 10 \text{ cm}$ και είναι φορτισμένες με τάση $V = 100 \text{ V}$. Ένα αρνητικά φορτισμένο σωματίδιο εισέρχεται με ταχύτητα μέτρου v_0 , με κατεύθυνση αντίθετη στις δυναμικές γραμμές του πεδίου, από μια οπή της θετικά φορτισμένης πλάκας και σταματά αφού διανύσει απόσταση $x = 6 \text{ cm}$ μέσα στο πεδίο. Η μάζα του σωματιδίου είναι $m = 2 \cdot 10^{-4} \text{ kg}$ και το φορτίο του $q = -6 \cdot 10^{-7} \text{ C}$.

Δ1) Να υπολογίσετε το ρυθμό με τον οποίο μεταβάλλεται η ορμή του σωματιδίου κατά τη διάρκεια της κίνησής του μέσα στο πεδίο.

Μονάδες 5

Δ2) Να υπολογίσετε τη διαφορά δυναμικού μεταξύ του σημείου εισόδου και του σημείου στο οποίο μηδενίζεται στιγμιαία η ταχύτητα του σωματιδίου.

Μονάδες 5

Δ3) Να υπολογίσετε το μέτρο της αρχικής ταχύτητας $\vec{v}_0$ καθώς και τη χρονική στιγμή που η ταχύτητα του σωματιδίου μηδενίζεται στιγμιαία.

Μονάδες 8

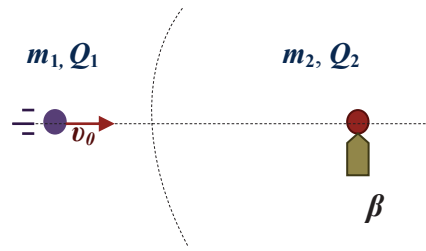
Δ4) Να υπολογίσετε τη μέγιστη τιμή της διαφοράς δυναμικού μεταξύ των πλακών, ώστε το σωματίδιο να φτάνει πάντα στην αρνητική πλάκα, αν οι πλάκες απέχουν σε κάθε περίπτωση απόσταση $d = 10 \text{ cm}$.

Μονάδες 7

Η αντίσταση του αέρα θεωρείται αμελητέα και οι βαρυτικές δυνάμεις δε λαμβάνονται υπόψη.

ΘΕΜΑ Δ

Ηλεκτρικά φορτισμένο σωματίδιο (Σ_1), μάζας $m_1 = 16 \cdot 10^{-8} \text{ kg}$ με ηλεκτρικό φορτίο $Q_1 = 7 \cdot 10^{-8} \text{ C}$, βάλλεται εναντίον άλλου φορτισμένου σωματιδίου (Σ_2), ίσης μάζας ($m_1 = m_2$) και διπλάσιου φορτίου ($Q_2 = 2Q_1$), με αρχική ταχύτητα μέτρου $v_0 = 100 \text{ m/s}$, όπως στο διπλανό σχήμα.



Το σωματίδιο (Σ_2) είναι στερεωμένο πάνω σε μονωτική βάση β και η αρχική απόσταση των δύο σωματιδίων είναι αρκετά μεγάλη, ώστε να θεωρούμε ότι δεν αλληλεπιδρούν ηλεκτρικά μεταξύ τους όταν εκτοξεύεται το (Σ_1) εναντίον του (Σ_2). Τη στιγμή που η ταχύτητα του (Σ_1) έχει γίνει η μισή της αρχικής, τότε λόγω της ηλεκτρικής άπωσης το στήριγμα που συγκρατεί το (Σ_2) σπάει και το (Σ_2) μπορεί να κινείται ελεύθερο, χωρίς τριβές, ξεκινώντας από την ηρεμία. Να υπολογίσετε:

Δ1) Την απόσταση r_1 μεταξύ των δύο σωματιδίων τη στιγμή που το (Σ_2) ξεκόλλησε από τη βάση β και άρχισε να κινείται.

Μονάδες 6

Δ2) Το μέτρο της ταχύτητας των δύο σωματιδίων τη στιγμή που βρίσκονται στην ελάχιστη μεταξύ τους απόσταση.

Μονάδες 6

Δ3) Την ελάχιστη απόσταση r_2 , στην οποία θα πλησιάσουν τα δύο σωματίδια.

Μονάδες 7

Δ4) Το μέτρο της μεταβολής ορμής του συστήματος των δύο σωματιδίων από τη στιγμή που το (Σ_1) βάλλεται εναντίον του (Σ_2), μέχρι τη στιγμή που πλησίασαν στην ελάχιστη μεταξύ τους απόσταση.

Μονάδες 6

Δίνεται η σταθερά $k_C = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}$. Οι βαρυτικές αλληλεπιδράσεις, η αντίσταση του αέρα και οι τριβές παραλείπονται.

ΘΕΜΑ Δ

Δύο μικρά μεταλλικά σφαιρίδια Σ_1 και Σ_2 με μάζες $m_1 = 2 \text{ g}$ και $m_2 = 4 \text{ g}$ αντίστοιχα, συγκρατούνται αρχικά ακίνητα πάνω σε λείο οριζόντιο μονωτικό δάπεδο, σε θέσεις τέτοιες, ώστε τα κέντρα τους να απέχουν μεταξύ τους $r = 3 \text{ cm}$. Τα δύο σφαιρίδια Σ_1 και Σ_2 είναι ηλεκτρικά φορτισμένα με φορτία $Q_1 = 4 \text{ }\mu\text{C}$ και $Q_2 = 9 \text{ }\mu\text{C}$ αντίστοιχα. Τη χρονική στιγμή $t_0 = 0$ τα δύο σφαιρίδια αφήνονται ταυτόχρονα ελεύθερα και αρχίζουν να κινούνται εξαιτίας των ηλεκτρικών δυνάμεων με τις οποίες αλληλεπιδρούν μεταξύ τους. Να υπολογίσετε:

Δ1) Τη δυναμική ενέργεια του συστήματος των δύο σφαιριδίων τη στιγμή που απέχουν μεταξύ τους απόσταση $r = 3 \text{ cm}$.

Μονάδες 6

Δ2) Τα μέτρα των ταχυτήτων των δύο σφαιριδίων τη χρονική στιγμή t_1 , κατά την οποία η μεταξύ τους απόσταση έχει διπλασιαστεί.

Μονάδες 7

Δ3) Το μέτρο του ρυθμού μεταβολής της ορμής κάθε σφαιριδίου τη χρονική στιγμή t_1 .

Μονάδες 6

Δ4) Αν εκτοξεύαμε τα δύο φορτία από άπειρη απόσταση, το ένα προς το άλλο, πάνω στην ευθεία που ορίζουν τα κέντρα τους, ποια θα έπρεπε να είναι τα μέτρα των ταχυτήτων τους ώστε να φτάσουν σε ελάχιστη απόσταση 3 cm με μηδενικές ταχύτητες;

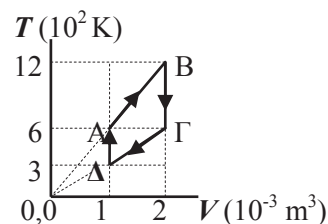
Μονάδες 6

Να θεωρήσετε ασήμαντες τις αντιστάσεις του αέρα. Δίνεται η ηλεκτρική σταθερά στο κενό (αέρα)

$$k_C = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{C}^2}.$$

ΘΕΜΑ Δ

Θερμική μηχανή σχεδιάστηκε ώστε θεωρητικά να λειτουργεί με ιδανικό αέριο που εκτελεί θερμοδυναμικό κύκλο αντιστρεπτών μεταβολών, οι οποίες αποδίδονται στο διπλανό διάγραμμα θερμοκρασίας – όγκου του αερίου. Η θερμική μηχανή λειτουργεί με μια ποσότητα ιδανικού αερίου ίση με $\frac{2}{3 \cdot R}$ mol, όπου η ποσότητα R είναι αριθμητικά ίση με την σταθερά των ιδανικών αερίων εκφρασμένη σε $\frac{J}{mol \cdot K}$.



Δ1) Να αποδώσετε γραφικά τον θερμοδυναμικό κύκλο του αερίου σε διάγραμμα πίεσης – όγκου.

Μονάδες 6

Δ2) Να υπολογίσετε την ωφέλιμη μηχανική ισχύ της θερμικής μηχανής αν ο θερμοδυναμικός της κύκλος επαναλαμβάνεται 600 φορές κάθε ένα λεπτό (1 min).

Μονάδες 6

Δ3) Να υπολογίσετε (δίνοντας ένα κλάσμα) τον συντελεστή απόδοσης της παραπάνω θερμικής μηχανής.

Μονάδες 7

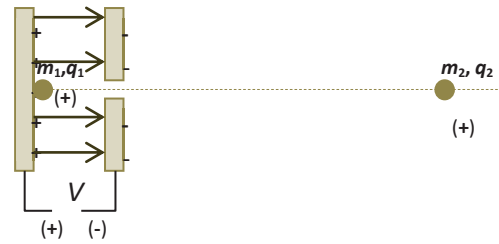
Δ4) Να υπολογίσετε τον συντελεστή απόδοσης μιας μηχανής Carnot, η οποία θα λειτουργούσε μεταξύ των δύο ακραίων θερμοκρασιών του αερίου της θερμικής μηχανής που περιγράψαμε με το προηγούμενο διάγραμμα και να δείξετε ότι επιβεβαιώνεται το θεώρημα Carnot.

Μονάδες 6

Δίνονται οι γραμμομοριακές ειδικές θερμότητες ιδανικού αερίου $C_V = \frac{3R}{2}$ και $C_P = \frac{5R}{2}$.

ΘΕΜΑ Δ

Σωματίδιο (Σ_1), με μάζα $m_1 = 4 \cdot 10^{-13} \text{ kg}$ και θετικό φορτίο $q_1 = 10^{-8} \text{ C}$, αφήνεται χωρίς αρχική ταχύτητα πολύ κοντά στο θετικό οπλισμό φορτισμένου πυκνωτή και στο εσωτερικό του ομογενούς ηλεκτρικού πεδίου που έχει δημιουργηθεί μεταξύ των οπλισμών του.



Η τάση φόρτισης του πυκνωτή είναι $V = 2000 \text{ V}$ και η απόσταση μεταξύ των οπλισμών του $d = 8 \text{ cm}$. Η κίνηση του σωματιδίου (Σ_1) είναι ευθύγραμμη, παράλληλη με τις δυναμικές γραμμές του ομογενούς πεδίου του πυκνωτή και ακριβώς πάνω στην ευθεία της τροχιάς αυτής, υπάρχει μια τρύπα στον αρνητικό οπλισμό του πυκνωτή. Από το άνοιγμα αυτό, το σωματίδιο εξέρχεται από το ηλεκτρικό πεδίο του πυκνωτή με την ταχύτητα $\vec{v}_0$ που απέκτησε στο τέλος της κίνησής του μέσα σε αυτό το πεδίο. Στην ευθεία της κίνησης του σωματιδίου (Σ_1) και σε μεγάλη απόσταση από το σημείο εξόδου του από τον πυκνωτή, υπάρχει άλλο σωματίδιο (Σ_2) της ίδια μάζας ($m_2 = m_1$) αλλά διπλάσιου θετικού φορτίου ($q_2 = 2q_1$) από το (Σ_1). Το (Σ_2) είναι αρχικά ακίνητο, αλλά είναι ελεύθερο να κινηθεί.

Δ1) Να υπολογίσετε την επιτάχυνση του σωματιδίου (Σ_1) κατά την κίνησή του στο ομογενές πεδίο του πυκνωτή.

Μονάδες 6

Δ2) Να υπολογίσετε το χρόνο κίνησης του σωματιδίου (Σ_1) στο ομογενές πεδίο του πυκνωτή και το μέτρο v_0 της ταχύτητάς του καθώς εξέρχεται μέσω της τρύπας του αρνητικού οπλισμού από το πεδίο αυτό.

Μονάδες 6

Δ3) Να εξηγήσετε, καθώς το (Σ_1) κινείται προς το (Σ_2), ποια είναι η προϋπόθεση για να μειώνεται η μεταξύ τους απόσταση, και να υπολογίσετε το μέτρο της ταχύτητας του σωματιδίου (Σ_1), όταν βρεθεί στην ελάχιστη απόσταση από το (Σ_2).

Μονάδες 6

Δ3) Να υπολογίσετε την ελάχιστη απόσταση μεταξύ των δύο σωματιδίων.

Μονάδες 7

Δίνεται η σταθερά $k_e = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$. Να θεωρήσετε το ηλεκτρικό πεδίο του πυκνωτή ομογενές και σημαντικό μόνο μεταξύ των οπλισμών του, δηλαδή να θεωρήσετε ασήμαντη τη δράση του στο σωματίδιο (Σ_1), μετά την έξοδό του από αυτό. Να θεωρήσετε επίσης ότι οι βαρυτικές δυνάμεις μπορούν να αγνοηθούν και ότι οι πάσης φύσης αντιστάσεις στην κίνηση των σωματιδίων είναι ασήμαντες.

ΘΕΜΑ Δ

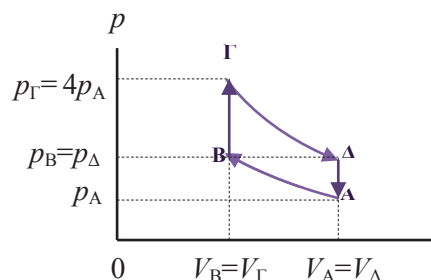
Μια θερμική μηχανή λειτουργεί με ποσότητα μονοατομικού ιδανικού αερίου το οποίο υφίσταται τις παρακάτω αντιστρεπτές μεταβολές:

$A \rightarrow B$: Ισόθερμη συμπίεση.

$B \rightarrow \Gamma$: Ισόχωρη θέρμανση.

$\Gamma \rightarrow \Delta$: Ισόθερμη εκτόνωση.

$\Delta \rightarrow A$: Ισόχωρη ψύξη.



Όπως φαίνεται και στο σχήμα, στις καταστάσεις θερμοδυναμικής ισορροπίας B και Δ το αέριο έχει την ίδια πίεση ($p_B = p_\Delta$) ενώ η πίεσή του στην κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας Γ είναι τετραπλάσια από αυτή της κατάστασης A ($p_\Gamma = 4 \cdot p_A$).

Δ1) Να αποδείξετε ότι ο λόγος των όγκων $\frac{V_\Delta}{V_B}$ του αερίου στις καταστάσεις A και B του παραπάνω θερμοδυναμικού κύκλου ισούται με 2.

Μονάδες 6

Δ2) Να υπολογίσετε το συντελεστή απόδοσης ενός κύκλου Carnot ο οποίος θα λειτουργούσε μεταξύ των ίδιων ακραίων θερμοκρασιών που εμφανίζονται στον παραπάνω κύκλο.

Μονάδες 7

Δ3) Να υπολογίσετε το συντελεστή απόδοσης (με τη μορφή ενός κλάσματος) της μηχανής που λειτουργεί με βάση τον παραπάνω κύκλο και να τον συγκρίνετε με την απόδοση του κύκλου Carnot.

Μονάδες 12

Δίνεται γραμμομοριακή ειδική θερμότητα με σταθερό όγκο για το αέριο της μηχανής $C_V = \frac{3}{2}R$.

Για τις πράξεις σας να θεωρήσετε ότι κατά προσέγγιση ισχύει $\ln 2 = 0,7$.

ΘΕΜΑ Δ

Ένα σωματίδιο (Σ_1), με μάζα $m_1 = 18 \cdot 10^{-5} \text{ kg}$ και θετικό ηλεκτρικό φορτίο $Q_1 = 4 \text{ } \mu\text{C}$, εκτοξεύεται με αρχική ταχύτητα $v_0 = 400 \text{ m/s}$ εναντίον άλλου φορτισμένου σωματιδίου (Σ_2), μάζας m_2 και θετικού ηλεκτρικού φορτίου $Q_2 = 2 \cdot Q_1$, το οποίο είναι αρχικά ακίνητο. Τη στιγμή της εκτόξευσης του (Σ_1) η απόσταση είναι αρκετά μεγάλη, ώστε τα δύο φορτία να μην αλληλεπιδρούν.

Δ1) Αν το (Σ_2) είναι στερεωμένο, ώστε να παραμένει συνεχώς ακίνητο, να υπολογίσετε την ελάχιστη απόσταση προσέγγισης r_1 μεταξύ των δύο σωματιδίων.

Μονάδες 6

Στην περίπτωση που το (Σ_2) είναι αρχικά ακίνητο, αλλά είναι ελεύθερο να κινηθεί κάτω από την αλληλεπίδραση του με το (Σ_1), γνωρίζουμε ότι αν εκτοξεύσουμε το (Σ_1) με την ίδια ταχύτητα ($\vec{v}_0' = \vec{v}_0$) εναντίον του (Σ_2), θα κατάφερνε να το πλησιάσει σε διπλάσια απόσταση ($r_2 = 2 \cdot r_1$) σε σχέση με το προηγούμενο πείραμα. Σε αυτή την περίπτωση να υπολογίσετε:

Δ2) τη μάζα του (Σ_2)

Μονάδες 7

Δ3) την ταχύτητα των δύο σωματιδίων όταν βρεθούν στην ελάχιστη απόσταση

Μονάδες 6

Δ4) το ποσοστό της αρχικής κινητικής ενέργειας του (Σ_1) που έχει μεταβιβαστεί ως κινητική ενέργεια στο (Σ_2) όταν τα σωματίδια βρίσκονται στην ελάχιστη απόσταση r_2 .

Μονάδες 6

Να θεωρήσετε ότι οι βαρυτικές δυνάμεις μπορούν να αγνοηθούν και κάθε μορφής αντιστάσεις και τριβές στην κίνηση των σωματιδίων είναι ασήμαντες. Δίνεται η ηλεκτρική σταθερά

$$k_C = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}.$$

ΘΕΜΑ Δ

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:

Δ1) Το μέτρο της ταχύτητας εισόδου του φορτισμένου σωματιδίου στο ηλεκτρικό πεδίο των πλακών.

Μονάδες 5

Δ2) Το χρόνο παραμονής του σωματιδίου στο ηλεκτρικό πεδίο των πλακών.

Μονάδες 5

Δ3) Την κατακόρυφη απόκλιση του φορτισμένου σωματιδίου κατά την έξοδό του από το ηλεκτρικό πεδίο των πλακών.

Μονάδες 7

Δ4) Την ταχύτητα εξόδου του φορτισμένου σωματιδίου από το ηλεκτρικό πεδίο των πλακών.

Μονάδες 8

Η βαρύτητα αγνοείται και η αντίσταση του αέρα θεωρείται αμελητέα.

ΘΕΜΑ Δ

Επίπεδος πυκνωτής έχει οπλισμούς εμβαδού $A = 2 \text{ cm}^2$ που απέχουν $d = 1,77 \text{ mm}$. Μεταξύ των οπλισμών του πυκνωτή υπάρχει αέρας. Ο πυκνωτής φορτίζεται από πηγή τάσης $V = 10 \text{ V}$ και στη συνέχεια αποσυνδέεται από την πηγή και διπλασιάζουμε την απόσταση των οπλισμών του. Να υπολογίσετε:

Δ1) Τη χωρητικότητα του πυκνωτή πριν και μετά την απομάκρυνση των οπλισμών του.

Μονάδες 5

Δ2) Την τάση στα άκρα του πυκνωτή μετά την απομάκρυνση των οπλισμών του.

Μονάδες 7

Δ3) Τη δυναμική ενέργεια του πυκνωτή πριν και μετά την απομάκρυνση των οπλισμών του.

Μονάδες 6

Δ4) Πόσο μεταβλήθηκε η δυναμική ενέργεια που αποθηκεύεται στον πυκνωτή μετά την απομάκρυνση των οπλισμών του;

Μονάδες 7

Δίνεται $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2/(\text{N} \cdot \text{m}^2)$.

ΘΕΜΑ Δ

Σε έναν επίπεδο πυκνωτή οι οπλισμοί του έχουν εμβαδό $A = 2 \text{ cm}^2$ ενώ η απόσταση μεταξύ των οπλισμών του είναι $d = 1,77 \text{ mm}$. Μεταξύ των οπλισμών του πυκνωτή υπάρχει αέρας. Ο πυκνωτής φορτίζεται από πηγή τάσης $V_1 = 10 \text{ V}$ και ενώ ο πυκνωτής παραμένει συνδεδεμένος με την πηγή, διπλασιάζουμε την απόσταση των οπλισμών του. Να υπολογίσετε:

Δ1) Τη χωρητικότητα του πυκνωτή πριν και μετά την απομάκρυνση των οπλισμών του.

Μονάδες 6

Δ2) Το φορτίο του πυκνωτή πριν και μετά την απομάκρυνση των οπλισμών του.

Μονάδες 7

Δ3) Την ενέργεια του πυκνωτή πριν και μετά την απομάκρυνση των οπλισμών του.

Μονάδες 6

Αφού απομακρύνουμε τους οπλισμούς του πυκνωτή, εκτοξεύουμε από το θετικό οπλισμό του πυκνωτή πρωτόνιο με ηλεκτρικό φορτίο $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ και κινητική ενέργεια $K_0 = 1,6 \cdot 10^{-18} \text{ J}$ στην κατεύθυνση των δυναμικών γραμμών του πεδίου.

Δ4) Να βρεθεί η κινητική ενέργεια του πρωτονίου όταν φτάνει στον αρνητικό οπλισμό του πυκνωτή. Κατά την κίνηση του πρωτονίου αγνοούμε την αντίσταση του αέρα.

Μονάδες 6

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

ΘΕΜΑ Δ

Μια ποσότητα $n = 1$ mol ιδανικού αερίου μιας θερμικής μηχανής, βρίσκεται στην κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας Α όπου $p_A = 10$ atm και $V_A = 4,1$ L. Το αέριο υφίσταται κυκλική μεταβολή αποτελούμενη από μια ισόχωρη θέρμανση ΑΒ, στο τέλος της οποίας είναι $p_B = 20$ atm, μια ισόθερμη εκτόνωση ΒΓ, μετά το πέρας της οποίας είναι $V_\Gamma = 16,4$ L, μια ισόχωρη ψύξη ΓΔ και μια ισόθερμη συμπίεση ΔΑ. Όλες οι μεταβολές είναι αντιστρεπτές και το αέριο διέρχεται μόνο από καταστάσεις θερμοδυναμικής ισορροπίας.

Δ1) Να σχεδιάσετε ποιοτικά (χωρίς αριθμούς) η κυκλική μεταβολή σε άξονες p - V και p - T .

Μονάδες 5

Δ2) Να υπολογίσετε τις απόλυτες θερμοκρασίες στις οποίες πραγματοποιούνται οι ισόθερμες μεταβολές.

Μονάδες 6

Δ3) Να υπολογίσετε το συνολικό έργο της κυκλικής μεταβολής.

Μονάδες 8

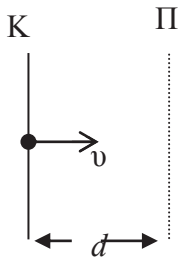
Δ4) Να υπολογίσετε τον συντελεστή απόδοσης της θερμικής μηχανής (ο συντελεστής να εκφραστεί ως κλάσμα).

Μονάδες 6

Δίνονται η γραμμομοριακή ειδική θερμότητα υπό σταθερό όγκο $C_V = 3 \cdot R/2$, η σταθερά των ιδανικών αερίων $R = 0,082$ L·atm/(mole·K) = 8,314 J/(mole·K) ότι 1L·atm=101 J και $\ln 2 = 0,7$.

ΘΕΜΑ Δ

Επίπεδη μεταλλική πλάκα Κ έχει δυναμικό $V_0 = -100 \text{ V}$. Σε απόσταση $d = 10 \text{ cm}$ από το Κ τοποθετείται μεταλλικό πλέγμα Π, παράλληλα προς το Κ, που έχει δυναμικό μηδέν. Μεταξύ των Κ και Π το ηλεκτρικό πεδίο θεωρείται ομογενές. Ένα ηλεκτρόνιο εκπέμπεται από το Κ χωρίς αρχική ταχύτητα, φθάνει στο Π και το διαπερνά. Η μάζα του ηλεκτρονίου είναι $m_e = 9,1 \times 10^{-31} \text{ kg}$ και το φορτίο του είναι $e = -1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$. Να θεωρήσετε ότι $\frac{1,6}{9,1} = 0,18$.

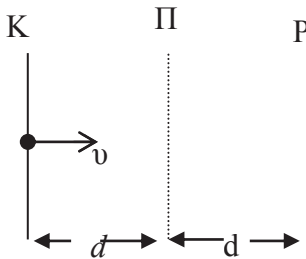


Δ1) Να σχεδιαστεί το διάγραμμα, σε βαθμολογημένους άξονες, του τετραγώνου της ταχύτητας του ηλεκτρονίου σε συνάρτηση με την απόσταση x από το ηλεκτρόδιο Κ ($v^2 = f(x)$), μέχρι το ηλεκτρόνιο να φτάσει στο Π.

Μονάδες 6

Δ2) Να υπολογιστούν η μέγιστη ταχύτητα με την οποία το ηλεκτρόνιο φθάνει στο πλέγμα Π και ο χρόνος που χρειάζεται γι' αυτό.

Μονάδες 6



Σε απόσταση $d = 10 \text{ cm}$ από το πλέγμα Π, τοποθετούμε μία μεταλλική πλάκα Ρ παράλληλα σε αυτό, η οποία έχει επίσης αρνητικό δυναμικό $V = 2V_0$. Το ηλεκτρόνιο που εκπέμπεται από το Κ όταν διαπερνά το πλέγμα Π κατευθύνεται προς την πλάκα Ρ. Μεταξύ των Π και Ρ το ηλεκτρικό πεδίο θεωρείται επίσης ομογενές.

Δ3) Θα φθάσει το ηλεκτρόνιο στην πλάκα Ρ;

Μονάδες 6

Δ4) Ποια είναι η τιμή του δυναμικού που πρέπει να έχει η πλάκα Ρ ώστε το ηλεκτρόνιο μόλις να φτάνει σε αυτή;

Μονάδες 7

ΘΕΜΑ Δ

Μία θερμική μηχανή λειτουργεί μεταξύ των θερμοκρασιών $T_h = 400\text{ K}$ και T_c με $T_c < T_h$. Η μηχανή έχει απόδοση $e = 0,2$ και αποβάλλει στη δεξαμενή χαμηλής θερμοκρασίας θερμότητα με σταθερό ρυθμό $\frac{\Delta Q_c}{\Delta t} = -16 \times 10^3\text{ J/s}$.

Δ1) Να υπολογιστεί η ωφέλιμη μηχανική ισχύς $P_{\omega\phi}$ που αποδίδει η μηχανή.

Μονάδες 6

Δ2) Αν για την απόδοση e της μηχανής ισχύει ότι $e = \frac{2}{3} e_c$ όπου e_c είναι η απόδοση της μηχανής Carnot που λειτουργεί μεταξύ των ίδιων θερμοκρασιών, να υπολογιστεί η τιμή της θερμοκρασίας T_c .

Μονάδες 7

Δ3) Αν ο ρυθμός $\frac{\Delta Q_c}{\Delta t}$ διατηρηθεί ο ίδιος, ποια θα είναι η ωφέλιμη ισχύς της μηχανής Carnot;

Μονάδες 6

Η θερμική μηχανή θεωρούμε ότι χρησιμοποιεί μία ποσότητα n mol ιδανικού αερίου, το οποίο βρίσκεται σε αρχική κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας (P_0, V_0, T_0). Η κυκλική μεταβολή που εκτελεί το αέριο αποτελείται από τις παρακάτω αντιστρεπτές μεταβολές:

- (1) Ισόχωρη θέρμανση από P_0, V_0 σε $2P_0, V_0$
- (2) Ισοβαρή εκτόνωση από $2P_0, V_0$ σε $2P_0, 2V_0$
- (3) Ισόχωρη ψύξη από $2P_0, 2V_0$ σε $P_0, 2V_0$
- (4) Ισοβαρή συμπίεση από $P_0, 2V_0$ σε P_0, V_0

Δ4) Να κατασκευαστούν τα διαγράμματα P-V, P-T γι' αυτήν την κυκλική μεταβολή.

Μονάδες 6

ΘΕΜΑ Δ

Ορισμένη ποσότητα ιδανικού αερίου, μεταβαίνει αντιστρεπτά από την κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας Α ($p_A = 2 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$, $V_A = 6 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$) στην κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας Γ ($p_\Gamma = 4 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$, $V_\Gamma = 3 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$), περνώντας ενδιάμεσα από μια κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας Β. Η μεταβολή από την Α στη Β είναι ισοβαρής ψύξη και ακολουθείται από ισόχωρη θέρμανση, που οδηγεί το αέριο στην κατάσταση Γ.

Δ1) Να παρασταθεί η μεταβολή σε διάγραμμα p – V , με κατάλληλα βαθμολογημένους άξονες.

Μονάδες 4

Δ2) Ναδειχθεί ότι η ποσότητα του αερίου μπορεί να μεταβεί από την κατάσταση Γ στην κατάσταση Α υποκείμενη σε μία ισόθερμη εκτόνωση ΓΑ.

Μονάδες 6

Δ3) Να υπολογιστούν, για κάθε μια από τις μεταβολές ΑΒ, ΒΓ και ΓΑ, η θερμότητα και το έργο που αντάλλαξε το αέριο με το περιβάλλον, καθώς και η μεταβολή της εσωτερικής του ενέργειας.

Μονάδες 9

Δ4) Να υπολογιστεί η απόδοση e της θερμικής μηχανής, το αέριο της οποίας εκτελεί τον αντιστρεπτό κύκλο ΑΒΓΑ (Η απόδοση να εκφραστεί ως κλάσμα).

Μονάδες 6

Δίνεται για το αέριο η γραμμομοριακή ειδική θερμότητα υπό σταθερό όγκο $C_V = 3 \cdot R/2$ και ότι $\ln 2 = 0,7$.

ΘΕΜΑ Δ

Σε ένα διαστημόπλοιο (στο οποίο η βαρυτική δύναμη είναι αμελητέα) πραγματοποιούνται πειράματα με έναν επίπεδο πυκνωτή, η απόσταση μεταξύ των οπλισμών του οποίου είναι $d = 4 \text{ cm}$. Ο πυκνωτής φορτίζεται από πηγή σταθερής τάσης $V = 4000 \text{ V}$.

Δ1) Να υπολογιστεί το μέτρο της έντασης του ομογενούς ηλεκτρικού πεδίου στο εσωτερικό του πυκνωτή.

Μονάδες 6

Σωματίδιο με μάζα $m = 1,6 \cdot 10^{-15} \text{ kg}$ και ηλεκτρικό φορτίο $q = 3,2 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ αφήνεται με μηδενική αρχική ταχύτητα πολύ κοντά στο θετικά φορτισμένο οπλισμό του πυκνωτή.

Δ2) Να υπολογιστεί η επιτάχυνση του σωματιδίου.

Μονάδες 6

Δ3) Να υπολογιστεί η απόσταση που έχει διανύσει το σωματίδιο όταν το μέτρο της ταχύτητάς του

είναι $v = \frac{\sqrt{10}}{5} \text{ m/s}$.

Μονάδες 6

Το διαστημόπλοιο επιστρέφει στην επιφάνεια της γης. Ο πυκνωτής παραμένει συνδεδεμένος με την πηγή και οι οπλισμοί του είναι οριζόντιοι. Ο θετικός οπλισμός βρίσκεται κάτω και ο αρνητικός οπλισμός πάνω από το θετικό. Το σωματίδιο αφήνεται ξανά με μηδενική ταχύτητα πολύ κοντά στο θετικό οπλισμό του πυκνωτή.

Δ4) Να υπολογιστεί η απόσταση που θα έχει διανύσει το σωματίδιο όταν το μέτρο της ταχύτητάς

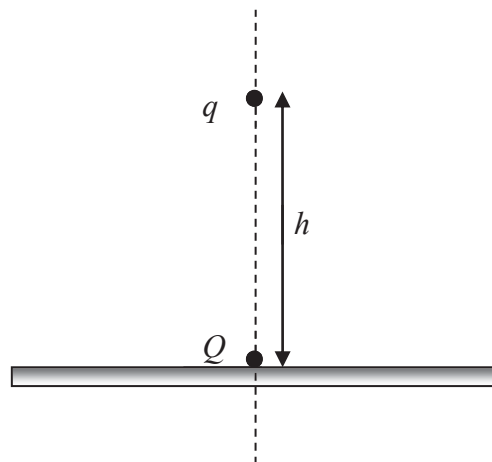
του είναι $v = \frac{\sqrt{10}}{5} \text{ m/s}$.

Μονάδες 7

Δίνεται η επιτάχυνση της βαρύτητας στην επιφάνεια της γης $g = 10 \text{ m/s}^2$. Η αντίσταση του αέρα σε κάθε περίπτωση θεωρείται αμελητέα.

ΘΕΜΑ Δ

Ένα σημειακό φορτίο $Q = 4 \cdot 10^{-5} \text{ C}$ βρίσκεται ακίνητο στην επιφάνεια της Γης, και στην κατακόρυφο που διέρχεται από το Q σε ύψος $h = 0,1 \text{ m}$ από αυτό, κρατείται ακίνητο δεύτερο σημειακό σωματίδιο μάζας $m = 0,1 \text{ kg}$ και φορτίου $q = 10^{-6} \text{ C}$ όπως φαίνεται στο διπλανό σχήμα. Κάποια στιγμή αφήνουμε ελεύθερο το φορτίο q .



Δ1) Να εξηγήσετε γιατί το φορτίο q θα ξεκινήσει να κινείται προς τα επάνω.

Μονάδες 5

Δ2) Να υπολογίσετε τη μέγιστη απόσταση, από το φορτίο Q , στην οποία θα φθάσει το q .

Μονάδες 6

Δ3) Σε ποια θέση, κατά την άνοδό του, θα αποκτήσει το φορτίο q την μέγιστη ταχύτητα;

Μονάδες 6

Δ4) Υπολογίστε αυτή τη μέγιστη ταχύτητα.

Μονάδες 8

Δίνεται η επιτάχυνση της βαρύτητας στην επιφάνεια της Γης $g = 10 \text{ m/s}^2$, η σταθερά του νόμου του Coulomb $k_c = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$, και ότι $\sqrt{12,25} = 3,5$.

ΘΕΜΑ Δ

Σε έναν επίπεδο πυκνωτή οι μεταλλικές πλάκες έχουν εμβαδό $0,2 \text{ m}^2$, και απέχουν απόσταση $8,85 \text{ mm}$ ενώ μεταξύ των οπλισμών του μεσολαβεί αέρα.

Δ1) Υπολογίστε τη χωρητικότητα του πυκνωτή.

Μονάδες 5

Δ2) Συνδέουμε τον πυκνωτή με μια πηγή με ηλεκτρεγερτικής δύναμη 100 V και περιμένουμε ικανό χρονικό διάστημα ώστε ο πυκνωτής να φορτιστεί πλήρως. Πόση είναι η ενέργεια που έχει αποθηκευτεί στον πυκνωτή;

Μονάδες 5

Δ3) Απομακρύνουμε τον πυκνωτή από την πηγή και διπλασιάζουμε την απόσταση μεταξύ των οπλισμών του. Υπολογίστε την μεταβολή της χωρητικότητας, του φορτίου του και της διαφοράς δυναμικού πριν και μετά την απομάκρυνση των οπλισμών του πυκνωτή.

Μονάδες 7

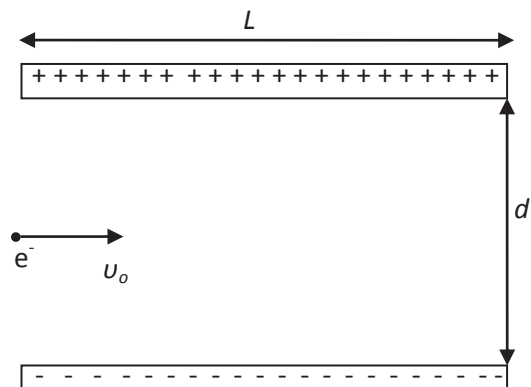
Δ4) Συνδέουμε τον πυκνωτή με έναν αντιστάτη. Πόσο θα έχει αυξηθεί η θερμική ενέργεια στον αντιστάτη όταν ο πυκνωτής έχει εκφορτιστεί πλήρως; Αν η εκφόρτιση του πυκνωτή είχε διάρκεια $0,01 \text{ s}$ ποιος είναι ο μέσος ρυθμός με τον οποίο η ενέργεια του ηλεκτρικού πεδίου του πυκνωτή μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια στον αντιστάτη;

Μονάδες 8

Δίνεται η σταθερά $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2/(\text{N} \cdot \text{m}^2)$.

ΘΕΜΑ Δ

Δύο οριζόντιες μεταλλικές πλάκες έχουν μήκος $L = 4 \text{ cm}$, απέχουν απόσταση $d = 1,6 \text{ cm}$ ενώ η μεταξύ τους διαφορά δυναμικού είναι $V = 90 \text{ V}$. Ένα ηλεκτρόνιο εισέρχεται στο ομογενές ηλεκτρικό πεδίο που δημιουργείται μεταξύ των πλακών με ταχύτητα μέτρου $v_0 = 10^7 \text{ m/s}$ που είναι κάθετη στις δυναμικές γραμμές του πεδίου και εξέρχεται από αυτό. Να υπολογίσετε:



Δ1) το χρόνο για τον οποίο το ηλεκτρόνιο θα κινείται εντός του πεδίου.

Μονάδες 5

Δ2) την απόσταση από τη θετικά φορτισμένη μεταλλική πλάκα στην οποία πρέπει να εισέλθει το ηλεκτρόνιο ώστε να βγεί οριακά από το ομογενές ηλεκτρικό πεδίο.

Μονάδες 7

Δ3) τη διαφορά δυναμικού μεταξύ των σημείων εισόδου και εξόδου του ηλεκτρονίου από το πεδίο.

Μονάδες 6

Δ4) τη μεταβολή της ορμής του ηλεκτρονίου κατά την προηγούμενη κίνησή του.

Μονάδες 7

Δίνεται η μάζα του ηλεκτρονίου $m_e = 9 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ και το φορτίο του $q_e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$. Κατά την κίνηση του ηλεκτρονίου να αγνοήσετε τη δύναμη του βάρους του.

ΘΕΜΑ Δ

Δύο σημειακά φορτία $Q_1 = 2 \mu\text{C}$ και $Q_2 = 3 \text{ nC}$, με μάζες $m_1 = 6 \text{ g}$ και $m_2 = 3 \text{ g}$ αντιστοίχως, συγκρατούνται ακίνητα σε απόσταση $d = 3 \text{ cm}$. Κάποια στιγμή τα φορτία αφήνονται ελεύθερα να κινηθούν. Θεωρήστε ότι τα φορτία βρίσκονται σε περιοχή του χώρου που δεν υφίστανται καμία άλλη επίδραση πέρα από την ηλεκτρική δύναμη που ασκεί το ένα στο άλλο. Να υπολογίσετε:

Δ1) Την αρχική ηλεκτρική δυναμική ενέργεια του συστήματος των δύο φορτίων. Τι εκφράζει αυτή η ενέργεια;

Μονάδες 5

Δ2) Την αρχική ηλεκτρική δύναμη με την οποία αλληλεπιδρούν τα δύο φορτία, καθώς και την επιτάχυνση που θα αποκτήσει το κάθε σώμα τη στιγμή που θα αφεθούν ελεύθερα.

Μονάδες 7

Δ3) Τη σχέση των ταχυτήτων των δύο φορτίων οποιαδήποτε χρονική στιγμή καθώς αυτά απομακρύνονται.

Μονάδες 6

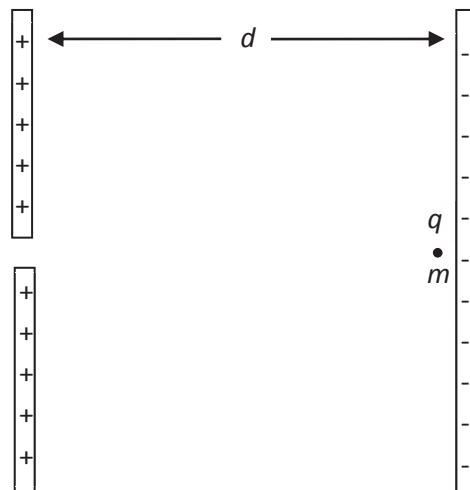
Δ4) Τις μέγιστες κινητικές ενέργειες που θα αποκτήσουν τα φορτία, καθώς και το που θα συμβεί αυτό.

Μονάδες 7

Δίνεται η σταθερά του νόμου του Coulomb $k_c = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$.

ΘΕΜΑ Δ

Δύο φορτισμένες κατακόρυφες μεταλλικές πλάκες διατηρούνται με κάποιο μηχανισμό σε σταθερή μεταξύ τους απόσταση $d = 20 \text{ cm}$, ενώ μεταξύ τους επικρατεί διαφορά δυναμικού $V = 2000 \text{ V}$. Σε κάποιο σημείο, μέσα στο ομογενές πεδίο που δημιουργείται μεταξύ των πλακών, και κοντά στην αρνητικά φορτισμένη πλάκα, αφήνεται ελεύθερο ένα σωματίδιο που με φορτίο $q = -2 \cdot 10^{-5} \text{ C}$ και μάζα $m = 0,2 \text{ g}$. Στη θετικά φορτισμένη μεταλλική πλάκα υπάρχει μικρό άνοιγμα που όμως δεν επηρεάζει το πεδίο.



Δ1) Ποιο είναι το μέτρο της δύναμης που δέχεται το σωματίδιο και το μέτρο της επιτάχυνσης που αποκτά;

Μονάδες 6

Δ2) Με ποια ταχύτητα θα βγεί το σωματίδιο από το άνοιγμα που φέρει η θετικά φορτισμένη πλάκα;

Μονάδες 6

Δ3) Ας υποθέσουμε ότι στον πυκνωτή δεν ασκούνται δυνάμεις από τη βαρύτητα, το δάπεδο ή άλλα σώματα που δεν εικονίζονται στο σχήμα. Ένας μαθητής Α υποστηρίζει ότι το σύστημα πυκνωτής – σωματίδιο είναι μονωμένο άρα θα πρέπει να διατηρείται η ορμή. Ένας μαθητής Β διαφωνεί, με βασικό επιχείρημα ότι το σωματίδιο ενώ αρχικά δεν έχει ορμή, καταλήγει εκτός του πεδίου με ορμή διαφορετική του μηδενός. Με ποια άποψη από τις δύο συμφωνείτε; Πως θα υποστηρίζατε την άποψή σας;

Μονάδες 6

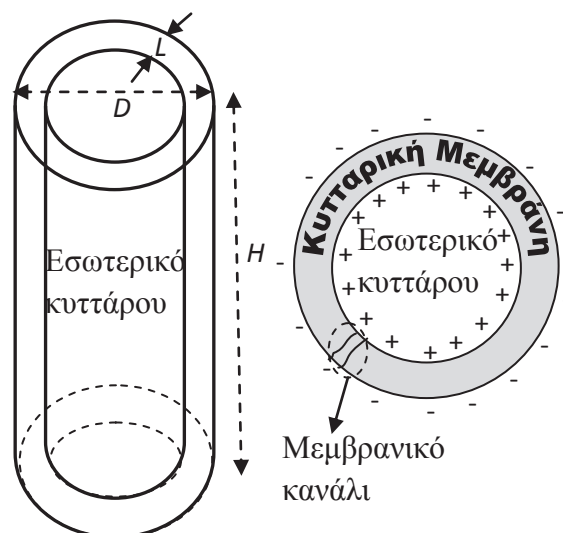
Δ4) Από το ίδιο σημείο που αφήσαμε προηγουμένως το αρνητικά φορτισμένο σωματίδιο, εκτοξεύουμε τώρα ένα θετικά φορτισμένο σωματίδιο με φορτίο διπλάσιο κατά απόλυτη τιμή και με τη μισή μάζα σε σχέση με το αρχικό σωματίδιο. Να υπολογίσετε την ελάχιστη ταχύτητα με την οποία πρέπει να γίνει η εκτόξευση ώστε το δεύτερο σωματίδιο οριακά να διαφύγει από το ηλεκτρικό πεδίο μέσω του ανοίγματος στη θετική πλάκα.

Μονάδες 7

Κατά την κίνηση των σωματιδίων να αγνοήσετε τη δύναμη του βάρους και να θεωρήσετε ότι το ηλεκτρικό πεδίο εκτείνεται μόνο μεταξύ των μεταλλικών πλακών.

ΘΕΜΑ Δ

Στο διπλανό σχήμα φαίνεται ένα απλοποιημένο μοντέλο κυττάρου στο οποίο θεωρούμε ότι το σχήμα είναι κυλινδρικό, με ύψος $H = 100 \mu\text{m}$ και διάμετρο $D = 2 \mu\text{m}$. Το κύτταρο χωρίζεται από το περιβάλλον του μέσω της κυτταρικής μεμβράνης που έχει πάχος $L = 2 \cdot \pi \text{ nm}$. Το εσωτερικό και το εξωτερικό αυτής της κυτταρικής μεμβράνης φέρει αντιστοίχως θετικό και αρνητικό φορτίο όπως φαίνεται στο διπλανό σχήμα. Έχει διαπιστωθεί ότι αυτή η μεμβράνη έχει παρόμοια συμπεριφορά με αυτή ενός πυκνωτή.



Δ1) Φανταστείτε ότι κάνοντας μια τομή κατά μήκος

του ύψους του κυλίνδρου, ανοίγουμε το κύτταρο, κάνοντάς το επίπεδο. Με αυτόν τον τρόπο έχουμε ένα επίπεδο πυκνωτή η χωρητικότητα του οποίου θεωρούμε ότι ταυτίζεται με τη χωρητικότητα της κυτταρικής μεμβράνης. Υπολογίστε αυτή τη χωρητικότητα.

Μονάδες 6

Δ2) Ας θεωρήσουμε ότι κάποια στιγμή μετράται η διαφορά δυναμικού μεταξύ των δύο πλευρών της κυτταρικής μεμβράνης και είναι ίση με 100 mV . Πόσο φορτίο είναι αποθηκευμένο εκείνη τη στιγμή στην κυτταρική μεμβράνη;

Μονάδες 5

Δ3) Υπολογίστε την ένταση του ηλεκτρικού πεδίου που εμφανίζεται στο εσωτερικό της κυτταρικής μεμβράνης υπό αυτές τις συνθήκες.

Μονάδες 6

Δ4) Η κυτταρική μεμβράνη διασχίζεται από τα ονομαζόμενα μεμβρανικά κανάλια, εντός των οποίων γίνεται η μεταφορά ιόντων αντίθετα από το πεδίο που επικρατεί. Υπολογίστε την ελάχιστη ενέργεια που απαιτείται για τη μεταφορά ενός ιόντος Na^+ (φορτίο $+e$) κατά μήκος της μεμβράνης από την εξωτερική στην εσωτερική πλευρά της. Πόση ενέργεια θα ξοδέψει το κύτταρο κατά τη μεταφορά 1 mol τέτοιων ιόντων;

Μονάδες 8

Δίνεται η σταθερά $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2/(\text{N} \cdot \text{m}^2)$, το στοιχειώδες φορτίο του ηλεκτρονίου $|e| = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ και ο αριθμός Avogadro $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ ιόντα/mol}$.

ΘΕΜΑ Δ

Ορισμένη ποσότητα του μονοατομικού ιδανικού αερίου ηλίου (He) βρίσκεται σε δοχείο σε κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας Α καταλαμβάνοντας όγκο 2 L, σε θερμοκρασία 27° C και πίεση 0,1 N/m².

Δ1) Να υπολογισθεί ο αριθμός των μορίων του αερίου που περιέχονται στο δοχείο.

Μονάδες 4

Στη συνέχεια το αέριο πραγματοποιεί διαδοχικά μια ισόθερμη αντιστρεπτή συμπίεση ΑΒ, μέχρι ο όγκος να γίνει 1 L, και μια ισοβαρή θέρμανση ΒΓ, μέχρι ο όγκος του να γίνει 4 L.

Δ2) Να υπολογισθεί ο λόγος των ενεργών ταχυτήτων των μορίων του αερίου στις καταστάσεις Α και Β ($v_{\text{ενΑ}} / v_{\text{ενΒ}}$), καθώς και στις καταστάσεις Β και Γ ($v_{\text{ενΒ}} / v_{\text{ενΓ}}$).

Μονάδες 8

Από την κατάσταση Γ με μία ισόχωρη αντιστρεπτή μεταβολή ΓΔ επανέρχεται στην αρχική θερμοκρασία.

Δ3) Να υπολογισθεί η θερμότητα που ανταλλάσσει το αέριο με το περιβάλλον κατά την μεταβολή ΓΔ.

Μονάδες 6

Από την κατάσταση Δ επανέρχεται στον αρχικό όγκο Α με μία ισοβαρή μεταβολή ΔΕ.

Δ4) Να υπολογισθεί η θερμότητα που ανταλλάσσει το αέριο με το περιβάλλον κατά την μεταβολή ΔΕ και να γίνει το διάγραμμα πίεσης και όγκου για όλες τις μεταβολές.

Μονάδες 7

Δίνεται η γραμμομοριακή ειδική θερμότητα του αερίου υπο σταθερό όγκο $C_V = 3 \cdot R/2$, η σταθερά των ιδανικών αερίων $R = 8,314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$, ο αριθμός Avogadro $N_A = 6 \cdot 10^{23}$ άτομα/mol, και η γραμμοατομική μάζα του He είναι 4g/mol. Επίσης ότι $1 \text{ L} = 10^{-3} \text{ m}^3$.

ΘΕΜΑ Δ

Ποσότητα ιδανικού αερίου $n = 1/R \text{ mol}$ (όπου το R είναι αριθμητικά ίσο με τη σταθερά των ιδανικών αερίων σε μονάδες του S.I.) καταλαμβάνει όγκο $V_A = 3 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ σε πίεση $p_A = 10^5 \text{ N/m}^2$. Το αέριο πραγματοποιεί την κυκλική μεταβολή ΑΒΓΔΑ που αποτελείται από τις παρακάτω διαδοχικές αντιστρεπτές μεταβολές.

ΑΒ: ισοβαρής θέρμανση μέχρι τη θερμοκρασία 600K.

ΒΓ: ισόχωρη ψύξη μέχρι τη θερμοκρασία 400K.

ΓΔ: ισοβαρής ψύξη και

ΔΑ: ισόθερμη συμπίεση

Δ1) Να αναπαραστήσετε τις μεταβολές σε διάγραμμα p - V .

Μονάδες 6

Δ2) Να υπολογισθούν οι θερμότητες που ανταλλάσσει το αέριο με το περιβάλλον σε κάθε μεταβολή.

Μονάδες 7

Δ3) Να υπολογισθεί ο συντελεστής απόδοσης της κυκλικής μεταβολής (ο συντελεστής απόδοσης να εκφραστεί ως κλάσμα).

Μονάδες 8

Δ4) Να υπολογισθεί πόσο θα διέφερε ο συντελεστής απόδοσης μιας θερμικής μηχανής Carnot που θα λειτουργούσε μεταξύ των ίδιων ακραίων θερμοκρασιών, από το συντελεστή απόδοσης μιας μηχανής, το αέριο της οποίας λειτουργεί με βάση τον κύκλο ΑΒΓΔΑ.

Μονάδες 4

Δίνεται ότι $C_V = 3R/2$, $\ln 2 = 0,69$ και $\ln 3 = 1,09$.

ΘΕΜΑ Δ

Δύο φορτισμένα σωμάτια με ετερόνυμα φορτία για τα οποία ισχύει $|q_1| = |q_2| = q$ βρίσκονται στο κενό και απέχουν απόσταση $d = 10 \text{ cm}$. Η απόσταση των οπλισμών ενός επίπεδου πυκνωτή, ο οποίος δεν είναι συνδεδεμένος με πηγή είναι $d = 10 \text{ cm}$ και το φορτίο του επίσης q . Η ενέργεια του πυκνωτή είναι κατ' απόλυτη τιμή ίση με την ενέργεια του συστήματος των δύο φορτίων.

Δ1) Να βρεθεί η χωρητικότητα του πυκνωτή.

Μονάδες 6

Δ2) Να βρεθεί το εμβαδόν των οπλισμών του.

Μονάδες 6

Δ3) Αν $q = 20/9 \text{ } \mu\text{C}$, να βρεθεί η ένταση του ομογενούς ηλεκτρικού πεδίου μεταξύ των οπλισμών του πυκνωτή.

Μονάδες 6

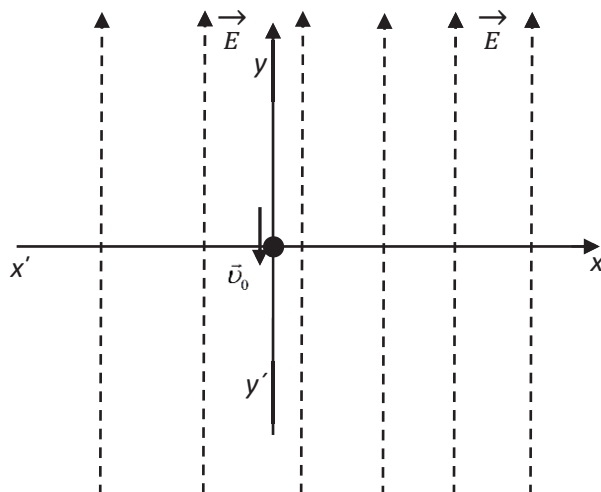
Δ4) Αν απομακρυνθούν οι οπλισμοί του πυκνωτή σε διπλάσια απόσταση να βρεθεί η μεταβολή της δυναμικής ενέργειας που αποθηκεύεται στον πυκνωτή.

Μονάδες 7

Δίνεται $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2/(\text{N} \cdot \text{m}^2)$ και $K_c = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$.

ΘΕΜΑ Δ

Πρωτόνιο εκτοξεύεται με αρχική ταχύτητα $\vec{v}_0$, όπως φαίνεται στο σχήμα, από τη θέση $(0,0)$, τη χρονική στιγμή $t = 0$ μέσα σε περιοχή όπου επικρατεί ομογενές ηλεκτροστατικό πεδίο έντασης $E = 1000 \text{ N/C}$. Το πρωτόνιο διανύει απόσταση ίση με $7,5 \text{ cm}$ μέχρι να σταματήσει στιγμιαία.



Μονάδες 6

Δ2) Να υπολογισθεί το μέτρο της αρχικής του ταχύτητας v_0 .

Μονάδες 6

Δ3) Να υπολογισθεί ο χρόνος μέχρι το πρωτόνιο να σταματήσει στιγμιαία.

Μονάδες 6

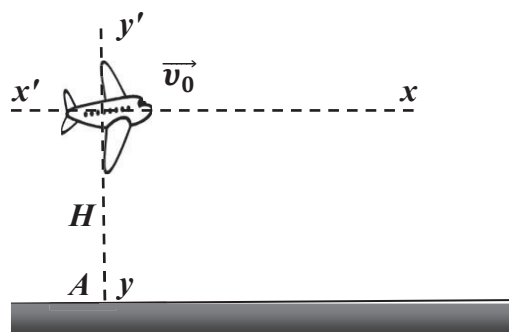
Δ4) Να βρεθεί σε πόσο χρόνο και με τί ταχύτητα, από τη χρονική στιγμή $t = 0$, το πρωτόνιο θα επιστρέψει στην αρχική του θέση.

Μονάδες 7

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

ΘΕΜΑ Δ

Ένα αεροπλάνο πετάει οριζόντια σε σταθερό ύψος $H = 12500 \text{ m}$ πάνω από την επιφάνεια του εδάφους, με σταθερή ταχύτητα μέτρου $v_0 = 900 \text{ km/h}$. Τη χρονική στιγμή $t = 0$ που το αεροπλάνο βρίσκεται πάνω από ένα σημείο A του εδάφους, ο πιλότος του αφήνει να πέσει μία βόμβα, ενώ το αεροπλάνο συνεχίζει την κίνηση του με την ίδια σταθερή ταχύτητα.



Δ1) Να υπολογιστούν η χρονική διάρκεια πτώσης της βόμβας καθώς και η απόσταση ανάμεσα στο σημείο A και στο σημείο του εδάφους που θα πέσει η βόμβα.

Μονάδες 6

Δ2) Να βρεθεί η ταχύτητα, κατά μέτρο και κατεύθυνση, με την οποία η βόμβα φθάνει στο έδαφος.

Μονάδες 6

Δ3) Να εξαχθεί η εξίσωση της τροχιάς που θα διαγράψει η βόμβα, θεωρώντας ως αρχή των αξόνων (0,0) τη θέση του αεροπλάνου τη στιγμή που αφήνει τη βόμβα, όπως φαίνεται στο σχήμα.

Μονάδες 8

Δ4) Τι είδους τροχιά θα διαγράψει η βόμβα για τον πιλότο του αεροπλάνου και γιατί;

Μονάδες 5

Η επιτάχυνση της βαρύτητας είναι $g = 10 \text{ m/s}^2$ και η αντίσταση του αέρα θεωρείται αμελητέα.