

**ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ,
ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ**

ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΕΚΠ/ΚΗΣ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ

Φυσική

**Ομάδας Προσανατολισμού Θετικών
Σπουδών**

Β΄ ΤΑΞΗ ΓΕΝΙΚΟΥ ΛΥΚΕΙΟΥ

Τόμος 6ος

ΟΜΑΔΑ ΣΥΓΓΡΑΦΗΣ

**Ιωάννης Α. Βλάχος, Διδάκτορας,
Σχολικός Σύμβουλος του κλάδου
ΠΕ4.**

**Ιωάννης Γ. Γραμματικάκης,
Επικουρος Καθηγητής Φυσικής στο
Πανεπιστήμιο Αθηνών.**

**Βασίλης Α. Καραπαναγιώτης,
Φυσικός, Καθηγητής Πειραματικού
Σχολείου Πανεπιστημίου Αθηνών.**

**Περικλής Εμ. Περιστερόπουλος,
Φυσικός, Υποψήφιος Διδάκτορας,
Καθηγητής στο 3ο Λύκειο Βύρωνα.**

**Γιώργος Β. Τιμόθεου, Φυσικός,
Λυκειάρχης στο 2ο Λύκειο Αγ.
Παρασκευής.**

Αλέκος Ιωάννου

Γιάννης Ντάνος

Άγγελος Πήττας

Σταύρος Ράπτης

ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΤΗΣ ΣΥΓΓΡΑΦΙΚΗΣ ΟΜΑΔΑΣ

**Παναγιώτης Β. Κόκκοτας,
Καθηγητής της Διδακτικής των
Φυσικών Επιστημών του
Πανεπιστημίου Αθηνών.**

**Οι συγγράφεις ευχαριστούν τον
Ιωάννη Βαγιωνάκη, Φυσικό, για τη
συμβολή του στη συγγραφή
ασκήσεων και ερωτήσεων, για τις
παρατηρήσεις και υποδείξεις του,
καθώς και για τη βοήθειά του στην
επιμέλεια έκδοσης.**

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΚΡΙΣΗΣ

**Φλυτζάνης Νικόλαος (Πρόεδρος),
Καθηγητής Τμήματος Φυσικής του
Πανεπιστημίου Κρήτης.**

**Καλοψικάκης Εμμανουήλ, Φυσικός,
τ. Σχολικός Σύμβουλος.**

**Ξενάκης Χρήστος, Δρ. Φυσικός,
Σχολικός Σύμβουλος Φθιώτιδος.**

**Πάλλας Δήμος, Φυσικός,
Υποδιευθυντής 1ου Λυκείου Λαμίας.
Στεφανίδης Κωνσταντίνος, Δρ.
Φυσικός, Σχολικός Σύμβουλος
Πειραιά**

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΠΑΝΕΚΔΟΣΗΣ

**Η επανέκδοση του παρόντος
βιβλίου πραγματοποιήθηκε από το
Ινστιτούτο Τεχνολογίας
Υπολογιστών & Εκδόσεων
«Διόφαντος» μέσω ψηφιακής
μακέτας, η οποία δημιουργήθηκε με
χρηματοδότηση από το ΕΣΠΑ / ΕΠ
«Εκπαίδευση & Διά Βίου Μάθηση» /
Πράξη «ΣΤΗΡΙΖΩ».**

**Οι αλλαγές που ενσωματώθηκαν
στην παρούσα επανέκδοση έγιναν
με βάση τις διορθώσεις του
Παιδαγωγικού Ινστιτούτου.**



**ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΒΙΒΛΙΟΥ ΓΙΑ
ΜΑΘΗΤΕΣ ΜΕ ΜΕΙΩΜΕΝΗ ΟΡΑΣΗ**
Ομάδα Εργασίας Ινστιτούτου
Εκπαιδευτικής Πολιτικής (Ι.Ε.Π.)

Μετατροπή: Ιουστίνα Φλεμοτόμου

Επιμέλεια: Άννα Σπανάκη

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ, ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ

ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΕΚΠ/ΚΗΣ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ

ΙΩΑΝΝΗΣ Α. ΒΛΑΧΟΣ

ΙΩΑΝΝΗΣ Γ. ΓΡΑΜΜΑΤΙΚΑΚΗΣ

ΒΑΣΙΛΗΣ Α. ΚΑΡΑΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ

ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ Β. ΚΟΚΚΟΤΑΣ

ΠΕΡΙΚΛΗΣ ΕΜ. ΠΕΡΙΣΤΕΡΟΠΟΛΟΣ

ΓΙΩΡΓΟΣ Β. ΤΙΜΟΘΕΟΥ

ΑΛΕΚΟΣ ΙΩΑΝΝΟΥ ΓΙΑΝΝΗΣ ΝΤΑΝΟΣ ΑΓΓΕΛΟΣ ΠΗΤΤΑΣ

ΣΤΑΥΡΟΣ ΡΑΠΤΗΣ

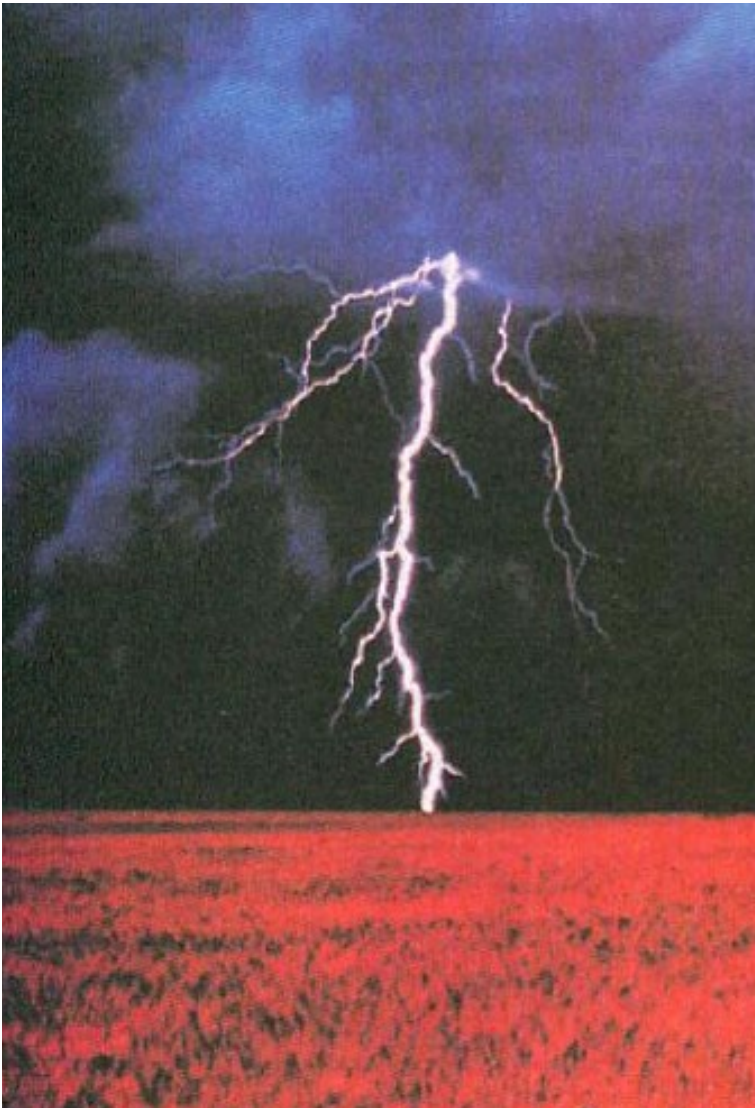
Η συγγραφή και η επιμέλεια του βιβλίου

πραγματοποιήθηκε υπό την αιγίδα του Παιδαγωγικού
Ινστιτούτου

Φυσική **Ομάδας Προσανατολισμού** **Θετικών Σπουδών** **Β΄ τάξη** **Γενικού Λυκείου**

ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ ΚΑΙ ΕΚΔΟΣΕΩΝ
«ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ»

5 ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΠΕΔΙΟ



Σύνοψη

Δραστηριότητες

Ερωτήσεις

Ασκήσεις

Προβλήματα

Ένθετο. Το πείραμα του Millikan

ΣΥΝΟΨΗ

Πεδίο ονομάζεται ο χώρος εκείνος στον οποίο αν βρεθεί το κατάλληλο κάθε φορά υπόθεμα δέχεται δύναμη.

Ένταση σ' ένα σημείο A ενός ηλεκτροστατικού πεδίου είναι το σταθερό πηλίκο της δύναμης που ασκείται από το πεδίο σ' ένα φορτίο q που θα βρεθεί στο σημείο A προς το φορτίο αυτό.

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

Η φορά της έντασης του ηλεκτροστατικού πεδίου συμπίπτει με τη φορά της δύναμης που ασκείται σε θετικά φορτία. Το μέτρο της έντασης πεδίου σημειακού φορτίου q

είναι $E = K_C \frac{|Q|}{r^2}$

Η ηλεκτρική ροή Φ_E που διέρχεται από μια επίπεδη επιφάνεια, εμβαδού A , η οποία βρίσκεται μέσα σε ομογενές ηλεκτρικό πεδίο έντασης E , είναι $\Phi_E = EA \cos \theta$, όπου θ η γωνία που σχηματίζει το κάθετο στην επιφάνεια διάνυσμα A με τη διεύθυνση των δυναμικών γραμμών. Η ηλεκτρική ροή μετριέται σε μονάδες $N \cdot m^2/C$.

Η ηλεκτρική ροή που διέρχεται από μια κλειστή επιφάνεια ισούται με το πηλίκο του ολικού φορτίου που περικλείει η επιφάνεια, προς τη σταθερά ϵ_0 .

(νόμος του Gauss)

$$\Phi_E = \frac{Q_{\text{εγκ}}}{\epsilon_0}$$

Δυναμικό του ηλεκτρικού πεδίου
σε ένα του σημείο A (συμβολίζεται V_A), ονομάζεται το σταθερό πηλίκο, του έργου της δύναμης του πεδίου που ασκείται σε φορτίο q κατά τη μετακίνηση του φορτίου q από το σημείο A στο άπειρο, προς το φορτίο που μετακινείται.

$$V_A = \frac{W_{A \rightarrow \infty}}{q}$$

Το δυναμικό είναι μονόμετρο μέγεθος και στο σύστημα SI έχει μονάδα το $1V=1 \text{ J/C}$.

Η διαφορά δυναμικού, $V_A - V_B$, ανάμεσα σε δύο σημεία A και B του ηλεκτρικού πεδίου είναι ίση με το πηλίκο του έργου που παράγει ή καταναλώνει η δύναμη του πεδίου κατά τη μετακίνηση ενός φορτίου

από το σημείο A στο σημείο B,
προς το φορτίο q.

$$V_A - V_B = \frac{W_{A \rightarrow B}}{q}$$

Το δυναμικό ηλεκτρικού πεδίου που δημιουργείται από ένα σημειακό φορτίο Q σε ένα σημείο του που απέχει από το Q απόσταση r, έχει τιμή

$$V = K_C \frac{Q}{r}$$

Ένας ηλεκτροστατικά φορτισμένος αγωγός έχει παντού το ίδιο δυναμικό.

Η δυναμική ενέργεια συστήματος δύο σημειακών φορτίων q_1 και q_2 που απέχουν μεταξύ τους απόστα-

ση r είναι $U = K_C \frac{q_1 q_2}{r}$

Η ένταση στο ομογενές ηλεκτρικό πεδίο είναι ίση με το πηλίκο της διαφοράς δυναμικού δύο οποιωνδήποτε σημείων του ηλεκτρικού πεδίου προς την μεταξύ τους απόσταση x , μετρημένης κατά μήκος μιας δυναμικής γραμμής.

$$E = \frac{V}{x}$$

Πυκνωτής ονομάζεται το σύστημα δύο γειτονικών αγωγών (οπλισμοί) που χωρίζονται μεταξύ τους με κάποιο μονωτικό υλικό. Οι αγωγοί φορτίζονται με φορτία. $+Q$ και $-Q$.

Χωρητικότητα C ενός πυκνωτή ονομάζεται το σταθερό πηλίκο του φορτίου του προς την τάση του .

$$C = \frac{Q}{V}$$

Μονάδα χωρητικότητας είναι το Farad (F). $1F=1 \text{ C/V}$.

Η χωρητικότητα ενός επίπεδου πυκνωτή είναι ανάλογη με την επιφάνεια A των οπλισμών και αντίστροφα ανάλογη με την απόσταση d μεταξύ των οπλισμών

$$C = \epsilon_0 \frac{A}{d}$$

Η χωρητικότητα ενός πυκνωτή εξαρτάται από τα γεωμετρικά στοιχεία της διάταξης (δηλαδή από το μέγεθος, το σχήμα, τις σχετικές θέσεις των δύο αγωγών) και από το είδος του μονωτικού υλικού (ονομάζεται και διηλεκτρικό) ανάμεσα στους οπλισμούς του.

Η ενέργεια που έχει αποθηκευμένη ένας φορτισμένος πυκνωτής είναι

$$U = \frac{1}{2} C V^2$$

Η μέγιστη ένταση ηλεκτρικού πεδίου στην οποία αντέχει ένας μονωτής ονομάζεται διηλεκτρική αντοχή. Ένας μονωτής (διηλεκτρικό) μεταξύ των οπλισμών ενός πυκνωτή απόμονώνει τους οπλισμούς, έχει μεγαλύτερη διηλεκτρική αντοχή από τον αέρα, αυξάνει τη χωρητικότητα του πυκνωτή.

Ονομάζουμε διηλεκτρική σταθερά K ενός υλικού, το λόγο της χωρητικότητας του πυκνωτή με το διηλεκτρικό προς τη χωρητικότητα του πυκνωτή χωρίς το διηλεκτρικό.

$$K = \frac{C}{C_0}$$

Η βαρυτική έλξη ανάμεσα σε δύο σώματα με πολύ μικρές διαστάσεις (σημειακές μάζες) που έχουν μάζες m_1 και m_2 και βρίσκονται σε απόσταση r μεταξύ τους, έχει μέτρο ίσο με

$$F=G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

όπου G η σταθερά παγκοσμίου έλξης, $G=6,673 \times 10^{-11} \text{ N} \times \text{m}^2 / \text{kg}^2$. Η δύναμη αυτή είναι διατηρητική και κεντρική.

Πεδίο βαρύτητας ονομάζεται ο χώρος εκείνος στον οποίο αν βρεθεί κάποια μάζα θα δεχτεί δύναμη.

Ένταση (g) του πεδίου βαρύτητας σε ένα του σημείο ονομάζουμε το σταθερό πηλίκο της δύναμης (F)

που θα δεχτεί μια μάζα (m) αν βρεθεί σε εκείνο το σημείο, προς τη μάζα αυτή

$$g = \frac{F}{m}$$

Μονάδα της έντασης του βαρυτικού πεδίου είναι το 1N/kg ή 1m/s^2 .

Δυναμικό (V) του πεδίου βαρύτητας σε ένα του σημείο A , ονομάζεται το σταθερό πηλίκο του έργου της δύναμης του πεδίου κατά τη μετακίνηση μάζας m από το σημείο A στο άπειρο, προς τη μάζα αυτή.

$$V_A = \frac{W_{A \rightarrow \infty}}{m}$$

Μονάδα δυναμικού του βαρυτικού πεδίου είναι το 1J/kg .

Διαφορά δυναμικού μεταξύ δύο σημείων A και B του πεδίου βαρύτητας ονομάζεται το πηλίκο του έργου της δύναμης του πεδίου κατά τη μετακίνηση μιας μάζας m από το σημείο A στο σημείο B, προς τη μάζα αυτή.

$$V_A - V_B = \frac{W_{A \rightarrow B}}{m}$$

Η ένταση σε ένα σημείο A βαρυτικού πεδίου που δημιουργείται από μια σημειακή μάζα M είναι

$$g_A = G \frac{M}{r^2}$$

Το δυναμικό βαρυτικού πεδίου σημειακής μάζας M σε σημείο A που απέχει απόσταση r από αυτήν είναι

$$V_A = -G \frac{M}{r}$$

Η δυναμική ενέργεια συστήματος δύο σημειακών μαζών m_1 , m_2 , που απέχουν μεταξύ τους απόσταση r είναι

$$U = -G \frac{m_1 m_2}{r}$$

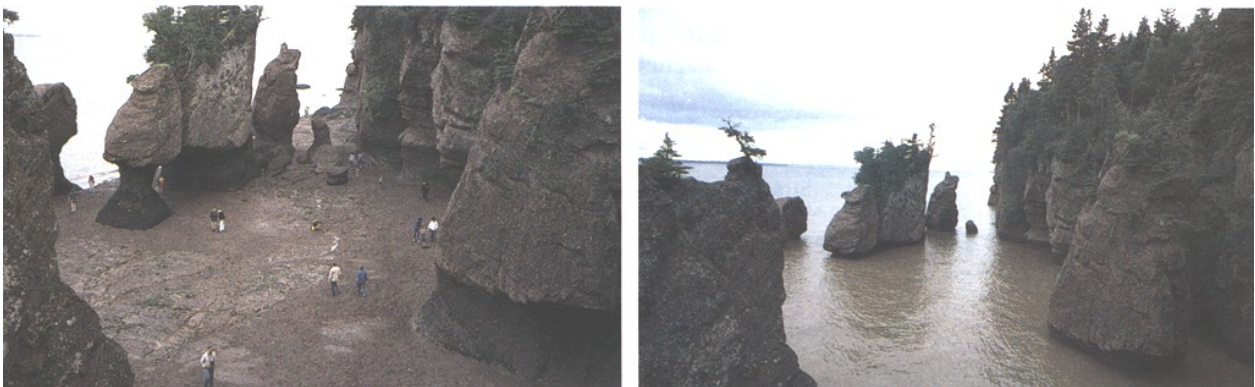
Ταχύτητα διαφυγής από το βαρυτικό πεδίο της Γης είναι η ελάχιστη ταχύτητα με την οποία πρέπει να εκτοξευθεί ένα σώμα από σημείο που βρίσκεται σε ύψος h από την επιφάνεια της Γης, για να διαφύγει από το βαρυτικό της πεδίο.

$$u_\delta = \sqrt{\frac{2GM_\Gamma}{R_\Gamma + h}}$$

ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ

1. Το φαινόμενο της παλίρροιας

Αποτέλεσμα των βαρυτικών έλξεων της Σελήνης και του Ήλιου, σε μερικές περιοχές το φαινόμενο της παλίρροιας μπορεί να είναι θαυματικό, όπως συμβαίνει στον κόλπο του Fundy, που δείχνει η φωτογραφία. Αναζητήστε, με τη βοήθεια του καθηγητή σας σχετική βιβλιογραφία για το φαινόμενο. Το θέμα προσφέρεται για μια σύντομη εργασία.



Εικ. 5.14 Το φαινόμενο της άμπωτης και της πλημμυρίδας στον κόλπο του Fundy στον Καναδά.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

Ηλεκτρική ροή - Νόμος του Gauss

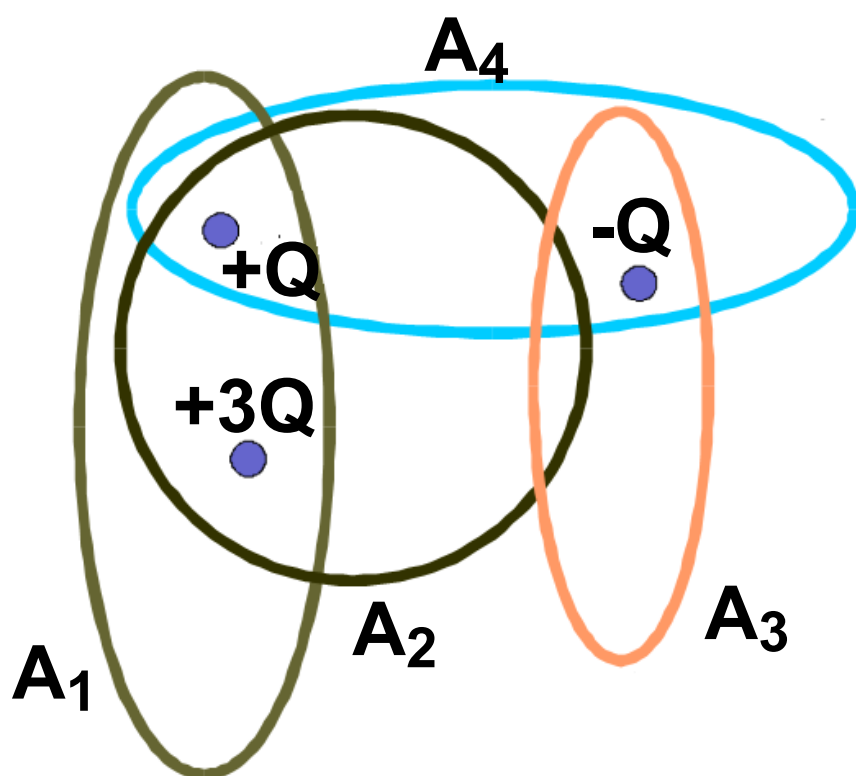
1 Η ηλεκτρική ροή που περνάει από μια κλειστή επιφάνεια εξαρτάται:

- α) Μόνο από το φορτίο που περικλείει η επιφάνεια.
- β) Από το φορτίο που περικλείει η επιφάνεια και από το σχήμα της.
- γ) Από το συνολικό φορτίο που δημιουργεί το πεδίο, δηλαδή από φορτία που βρίσκονται εντός ή εκτός της επιφάνειας.
- δ) Από το συνολικό φορτίο που υπάρχει μέσα και έξω από την επιφάνεια και από το σχήμα της.

Επιλέξτε τη σωστή απάντηση.

2 Σε μια κλειστή επιφάνεια εισέρχονται περισσότερες δυναμικές γραμμές από όσες εξέρχονται. Τι συμπεραίνετε για το είδος του φορτίου που περικλείει η επιφάνεια;

3



Σχ. 5.54

Στο σχήμα 5.54 απεικονίζονται τέσσερις κλειστές επιφάνειες A_1 , A_2 , A_3 , A_4 καθώς και τα φορτία $+Q$, $-Q$ και $+3Q$. Αν Φ_1 , Φ_2 , Φ_3 και Φ_4

είναι η ηλεκτρική ροή που διέρχεται από την αντίστοιχη επιφάνεια. Αντιστοιχίστε στα στοιχεία της πρώτης στήλης στοιχεία της δεύτερης.

	$-Q/\epsilon_0$
Φ_1	$2Q/\epsilon_0$
Φ_2	$3Q/\epsilon_0$
Φ_3	0
Φ_4	$4Q/\epsilon_0$
	$-Q$

4 Στο εσωτερικό μιας σφαίρας υπάρχουν τα φορτία $+Q$ και $-Q$. Ποιες από τις επόμενες προτάσεις είναι σωστές;

α) Η ηλεκτρική ροή που διέρχεται από τη σφαίρα είναι μηδέν.

β) Την επιφάνεια της σφαίρας δεν τη διαπερνούν δυναμικές γραμμές.

γ) Το μέτρο της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου στην επιφάνεια της σφαίρας είναι μηδέν.

δ) Ο αριθμός των δυναμικών γραμμών που εισέρχονται στη σφαίρα είναι ίσος με τον αριθμό των δυναμικών γραμμών που εξέρχονται από αυτήν .

5 Ένα σημειακό φορτίο βρίσκεται στο κέντρο σφαιρικής επιφάνειας. Η ηλεκτρική ροή που διέρχεται από την επιφάνεια μεταβάλλεται όταν:

α) το φορτίο μετακινηθεί από το κέντρο αλλά παραμένει μέσα στην σφαίρα.

β) το φορτίο μετακινηθεί έξω από τη σφαίρα.

γ) τοποθετηθεί δεύτερο φορτίο κοντά, αλλά έξω από τη σφαίρα.

Επιλέξτε τη σωστή απάντηση.

6 Ποιες από τις προτάσεις που ακολουθούν και αφορούν στο φορτίο και το ηλεκτρικό πεδίο φορτισμένου σφαιρικού αγωγού είναι σωστές;

α) Το φορτίο του αγωγού κατανέμεται ομοιόμορφα σε όλο το χώρο που καταλαμβάνει.

β) Στο εσωτερικό του ο αγωγός δεν είναι φορτισμένος.

γ) Το πεδίο έξω από τον αγωγό είναι όμοιο με το πεδίο που δημιουργεί ένα σημειακό φορτίο.

δ) Στο εσωτερικό του αγωγού, το μέτρο της έντασης είναι αντίστροφα ανάλογο της απόστασης από το κέντρο του σφαιρικού αγωγού.

7 Να παρασταθεί γραφικά το μέτρο της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου που δημιουργεί σφαιρικός φορτισμένος αγωγός ακτίνας R , σε συνάρτηση με την απόσταση x από το κέντρο του αγωγού, για $x < R$ και $x > R$.

Δυναμικό του ηλεκτρικού πεδίου – Ενέργεια συστήματος σημειακών φορτίων

8 Φορτίο q , μετακινείται μέσα σε ηλεκτρικό πεδίο, από το σημείο A στο σημείο B . Το έργο της δύναμης του πεδίου:

α) Είναι μικρότερο αν το φορτίο ακολουθήσει την πιο σύντομη διαδρομή.

β) Είναι ίδιο σε όλες της δυνατές διαδρομές.

γ) Εξαρτάται από την ταχύτητα με την οποία μετακινείται το φορτίο.

δ) Εξαρτάται από το πόσο χρόνο διαρκεί η μετακίνηση.

Επιλέξτε τη σωστή απάντηση.

9 Συμπληρώστε τα κενά.

Εάν μετακινηθεί ένα σημειακό φορτίο q από σημείο Α σε σημείο Β, μέσα σε ηλεκτρικό πεδίο, το έργο της δύναμης του πεδίου είναι ίσο με το γινόμενο

..... των δύο σημείων επί το φορτίο q που μετακινείται.

Το έργο αυτό είναι ανεξάρτητο

..... που ακολουθεί το φορτίο κατά τη μετακίνησή του από το Α στο Β. Τέτοια πεδία, όπως το ηλεκτρικό, που το έργο τους εξαρτάται μόνο

από την αρχική και τελική θέση του σώματος που μετακινείται ονομάζονται

10 Το ηλεκτρονιοβόλτ (eV) είναι

- α) Το φορτίο του ηλεκτρονίου;**
- β) Μονάδα δυναμικού;**
- γ) Μονάδα έντασης ηλεκτρικού πεδίου;**
- δ) Μονάδα έργου ή ενέργειας;**

11 Το δυναμικό του ηλεκτρικού πεδίου σε ένα σημείο που απέχει απόσταση r από το σημειακό φορτίο στο οποίο οφείλεται το πεδίο είναι -200V . Ένα άλλο σημείο που απέχει απόσταση $2r$ από το σημειακό φορτίο έχει δυναμικό

- α) -100V ; β) -50V ; γ) -200V ; δ) -400V ;**

Δικαιολογήστε την απάντησή σας.

12 Δύο σημειακά φορτία $+Q$ και $-Q$ είναι τοποθετημένα στα σημεία A και B ευθύγραμμου τμήματος AB. Ποια από τις προτάσεις που ακολουθούν είναι σωστή;

α) Η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου στο μέσο M του τμήματος AB είναι μηδέν.

β) Το δυναμικό του ηλεκτρικού πεδίου στο μέσο M του τμήματος AB είναι μηδέν.

γ) Η δυναμική ενέργεια του συστήματος των δύο φορτίων είναι μηδέν.

δ) Η δυναμική ενέργεια του συστήματος των δύο φορτίων είναι θετική.

13 Διατρέχοντας μια δυναμική γραμμή κατά τη φορά της έντασης, τα δυναμικά

α) Αυξάνονται.

- β) Ελαττώνονται.**
 - γ) Έχουν την ίδια τιμή.**
 - δ) Τίποτα από τα παραπάνω.**
- Επιλέξτε τη σωστή απάντηση.**

14 Ένα αρνητικό φορτίο, αφήνεται μέσα σε ηλεκτρικό πεδίο. Το φορτίο θα κινηθεί:

- α) Προς τα εκεί που τα δυναμικά αυξάνονται.**
- β) Προς τα εκεί που τα δυναμικά μειώνονται.**
- γ) Προς την κατεύθυνση που το δυναμικό έχει την ίδια τιμή.**
- δ) Η κατεύθυνση στην οποία θα κινηθεί δεν έχει να κάνει με το δυναμικό.**

Δικαιολογήστε την απάντησή σας.

**15 Δικαιολογήστε την πρόταση:
«Το δυναμικό ενός ηλεκτροστατικά**

φορτισμένου αγωγού είναι ίδιο σε όλα του τα σημεία ».

16 Να παρασταθεί γραφικά το δυναμικό σφαιρικού αγωγού ακτίνας R , φορτισμένου με θετικό φορτίο Q , σε συνάρτηση με την απόσταση x από το κέντρο του, για $x < R$ και $x > R$.

Ομογενές ηλεκτρικό πεδίο

17 Η διαφορά δυναμικού μεταξύ δύο σημείων A και B , που βρίσκονται πάνω στην ίδια δυναμική γραμμή μέσα σε ομογενές ηλεκτρικό πεδίο

α) δεν εξαρτάται από την απόσταση των σημείων A και B .

β) είναι ανάλογη με την απόστασή τους.

γ) είναι ανάλογη με το τετράγωνο της απόστασής τους.

δ) είναι αντίστροφα ανάλογη με την απόστασή τους.

Επιλέξτε τη σωστή απάντηση.

18 Ένα ηλεκτρόνιο εκτοξεύεται με ταχύτητα u_0 παράλληλα στις δυναμικές γραμμές ομογενούς ηλεκτρικού πεδίου, στην κατεύθυνση των δυναμικών γραμμών. Η κίνηση που θα κάνει είναι:

α) Ευθύγραμμη ομαλή.

β) Ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη.

γ) Ευθύγραμμη ομαλά επιβραδυνόμενη.

Δικαιολογήστε την απάντησή σας.

19 Ένα ηλεκτρόνιο εκτοξεύεται με ταχύτητα u_0 κάθετα στις δυναμικές γραμμές ομογενούς ηλεκτρικού πεδίου. Η κίνηση που θα κάνει

- α) είναι ευθύγραμμη ομαλή.**
- β) είναι ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη.**
- γ) έχει σταθερή επιτάχυνση.**
- δ) είναι κυκλική.**

Ποια πρόταση είναι σωστή;

20 Η επιτάχυνση που αποκτάει φορτισμένο σωματίδιο μέσα σε ομογενές ηλεκτρικό πεδίο

- α) Μένει σταθερή.**
- β) Έχει σταθερό μέτρο αλλά η κατεύθυνση της εξαρτάται από την κατεύθυνση της αρχικής ταχύτητας του σωματιδίου.**
- γ) Είναι ανάλογη με τη μάζα του μάζας του.**

δ) Είναι αντίστροφα ανάλογη με το φορτίο του.

ε) Είναι ανάλογη με την ένταση του πεδίου.

Επιλέξτε τις σωστές προτάσεις.

21 Πρωτόνια και πυρήνες He (He: ήλιον, ατομικός αριθμός 2, μαζικός αριθμός 4) βάλλονται με την ίδια ταχύτητα κάθετα στις δυναμικές γραμμές ομογενούς ηλεκτρικού πεδίου που δημιουργείται από ζεύγος φορτισμένων πλακιδίων. Ποιες από τις προτάσεις που ακολουθούν είναι σωστές;

α) Ο χρόνος κίνησης όλων των σωματιδίων μέσα στο πεδίο είναι ίδιος.

β) Η δύναμη που δέχονται οι πυρήνες ηλίου είναι μεγαλύτερη

από τη δύναμη που δέχονται τα πρωτόνια

γ) Τα πρωτόνια αποκτούν μεγαλύτερη επιτάχυνση από τους πυρήνες ηλίου.

δ) Οι πυρήνες του ηλίου υφίστανται τη μεγαλύτερη εκτροπή.

22 Δέσμη ηλεκτρονίων, με την ίδια ταχύτητα, εισέρχεται κάθετα στις δυναμικές γραμμές ομογενούς ηλεκτρικού πεδίου που δημιουργείται από ζεύγος φορτισμένων πλακιδίων. Αν αυξηθεί η τάση ανάμεσα στα φορτισμένα πλακίδια που δημιουργούν το πεδίο:

1) Ο χρόνος εξόδου των ηλεκτρονίων από το πεδίο:

α) αυξάνεται;

β) μειώνεται;

γ) παραμένει ίδιος;

2) Η εκτροπή που υφίσταται η δέσμη από το πεδίο:

- α) αυξάνεται;**
- β) μειώνεται;**
- γ) παραμένει ίδια;**

Επιλέξτε τις σωστές απαντήσεις.

23 Με ποιο τρόπο παράγονται και επιταχύνονται τα ηλεκτρόνια στον καθοδικό σωλήνα; Σε τι χρησιμεύουν τα πλακίδια απόκλισης στον καθοδικό σωλήνα; Γιατί είναι απαραίτητο στο εσωτερικό του να υπάρχει κενό αέρα;

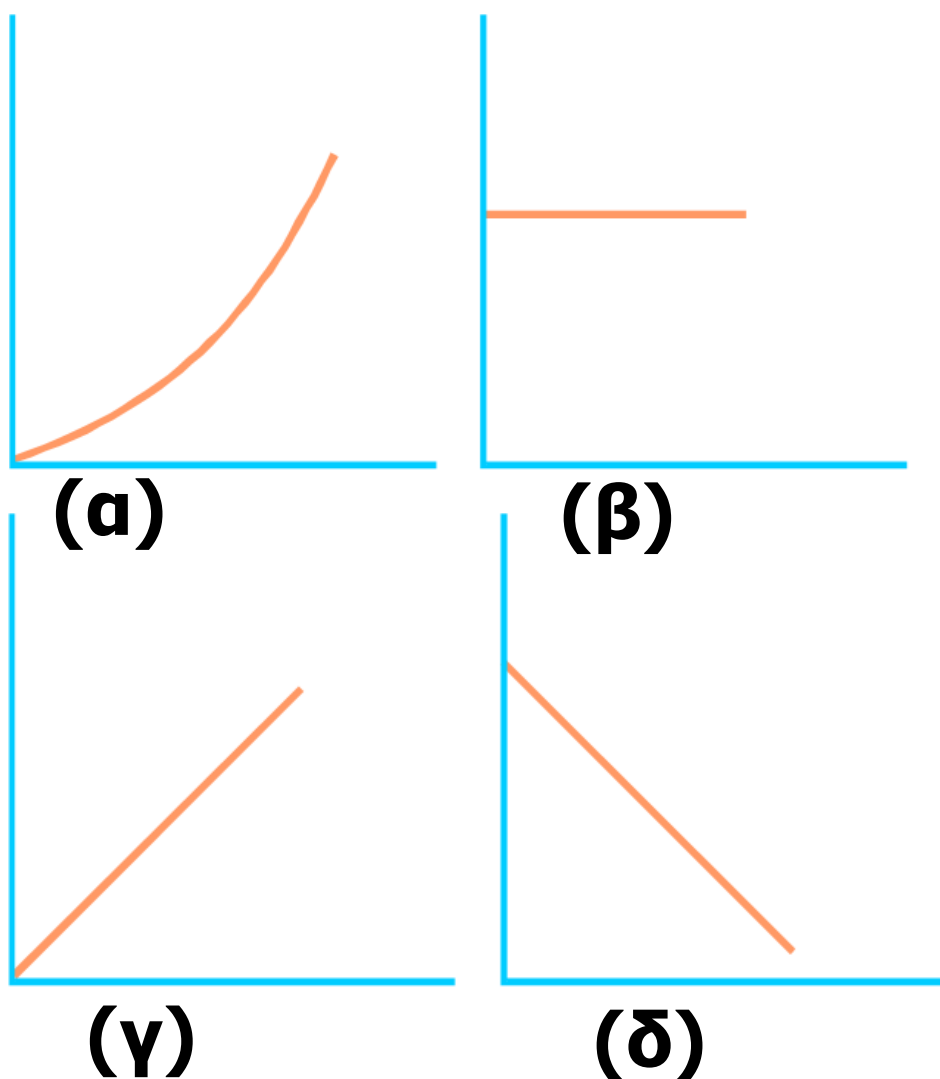
Πυκνωτής και διηλεκτρικά

24 Η χωρητικότητα ενός πυκνωτή εξαρτάται:

- α) από το υλικό των οπλισμών του.**
- β) από την τάση των οπλισμών του.**
- γ) από το φορτίο του.**
- δ) από τα γεωμετρικά του χαρακτηριστικά.**

Ποια πρόταση είναι σωστή;

25 Ποιο από τα παρακάτω διαγράμματα παριστάνει 1) τη χωρητικότητα του πυκνωτή σε συνάρτηση με τη τάση του; 2) το φορτίο του πυκνωτή σε συνάρτηση με την τάση του; 3) την ενέργεια του πυκνωτή συναρτήσει της τάσης του;



26 Φορτισμένος πυκνωτής έχει ενέργεια 0,2J. Αν διπλασιάσουμε την τάση στους οπλισμούς του η ενέργειά του:

- α) θα παραμείνει ίδια.**
- β) θα γίνει 0,4J.**
- γ) θα γίνει 0,8J.**
- δ) θα γίνει 1,6J.**

Επιλέξτε τη σωστή απάντηση.

27 Επίπεδος πυκνωτής χωρητικότητας C φορτίζεται και στη συνέχεια αποσυνδέεται από την πηγή που τον φόρτισε. Αν μετά την απόσυνδεση του από την πηγή διπλασιάσουμε την απόσταση των οπλισμών του, τι θα συμβεί με

- 1) τη χωρητικότητα του;**
- 2) το φορτίο του;**
- 3) την τάση του;**

Σε κάθε περίπτωση δώστε μία από τις τρεις απαντήσεις:

- α) αυξάνεται**
- β) μειώνεται**
- γ) δεν μεταβάλλεται.**

28 Πυκνωτής χωρητικότητας C_0 φορτίζεται σε πηγή τάσης V και αποκτά φορτίο q . Αν, χωρίς να αποσυνδέσουμε τον πυκνωτή από την τάση που τον φόρτισε, βάλουμε

ανάμεσα στους οπλισμούς του διηλεκτρικό σταθεράς K , τι θα συμβεί με

- 1) τη χωρητικότητα του;
- 2) το φορτίο του;
- 3) την τάση του;

Σε κάθε περίπτωση δώστε μία από τις απαντήσεις:

- α) δεν μεταβάλλεται
- β) αυξάνεται K φορές
- γ) μειώνεται K φορές.

29 Ένας φορτισμένος πυκνωτής έχει αποσυνδεθεί από την πηγή που τον φόρτισε. Γεμίζουμε το χώρο ανάμεσα στους οπλισμούς του με διηλεκτρικό. Ποιο από τα παρακάτω μεγέθη μειώνεται;

- α) Η χωρητικότητα.
- β) Το φορτίο του.
- γ) Η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου ανάμεσα στους οπλισμούς.

δ) Η τάση των οπλισμών.

ε) Κανένα από τα παραπάνω.

30 Εξηγήστε γιατί αυξάνεται η χωρητικότητα ενός πυκνωτή όταν μεταξύ των οπλισμών του τοποθετηθεί διηλεκτρικό.

31 Συμπληρώστε τα κενά:

**Αν ένας μονωτής τοποθετηθεί μέσα σε ηλεκτρικό πεδίο πολύ μεγάλης έντασης είναι πιθανό να καταστραφούν οι μονωτικές του ιδιότητες και να γίνει αγωγός. Η χαρακτηριστική τιμή της έντασης στην οποία αντέχει ένας μονωτής ονομάζεται
..... και μετριέται σε
.....**

32 Για ποιους λόγους χρησιμοποιούνται τα διηλεκτρικά στους πυκνωτές;

33 Ποιο φαινόμενο ονομάζεται πόλωση του διηλεκτρικού;

34 Να αντιστοιχίσετε τα μεγέθη της πρώτης στήλης της μονάδες της δεύτερης.

- | | |
|-----------------------|--------|
| 1. Ένταση | A) F |
| 2. Δυναμικό | B) V/m |
| 3. Ενέργεια | Γ) eV |
| 4. Διηλεκτρική αντοχή | Δ) V |
| 5. Χωρητικότητα | |

Πεδίο βαρύτητας της Γης

35 Συμπληρώστε τις προτάσεις:
Ένταση του πεδίου βαρύτητας, σε ένα σημείο του, ονομάζεται το σταθερό πηλίκο
που θα ασκηθεί σε μια μάζα m αν βρεθεί στο σημείο αυτό, προς τη μάζα. Η ένταση είναι

μέγεθος και έχει την ίδια κατεύθυνση με τη δύναμη. Μονάδα έντασης του πεδίου βαρύτητας είναι το

.....

36 Ποιες από τις προτάσεις που ακολουθούν είναι σωστές;

α) Η ένταση του πεδίου βαρύτητας σε ένα του σημείο έχει πάντα την κατεύθυνση της δύναμης που θα ασκηθεί σε μια μάζα αν βρεθεί σε εκείνο το σημείο.

β) Σε κάθε σημείο του πεδίου βαρύτητας η ένταση ταυτίζεται με την επιτάχυνση της βαρύτητας.

γ) Το πεδίο βαρύτητας της Γης είναι ομογενές.

δ) Το πεδίο βαρύτητας της Γης είναι ακτινικό και η έντασή του έχει κατεύθυνση προς το κέντρο της.

ε) Η ένταση του πεδίου βαρύτητας της Γης μειώνεται αντίστροφα ανάλογα με την απόσταση από το κέντρο της Γης.

37 Συμπληρώστε τις προτάσεις:

**Όταν μια μάζα κινείται στο πεδίο βαρύτητας το έργο της δύναμης του πεδίου είναι ανεξάρτητο της διαδρομής που ακολουθεί το σώμα, εξαρτάται μόνο από
..... θέση του σώματος. Το πεδίο βαρύτητας, όπως και το ηλεκτρικό πεδίο, είναι πεδίο Την ιδιότητα αυτή του πεδίου βαρύτητας την εκμεταλλευόμαστε για να ορίσουμε το μέγεθος δυναμικό. Ονομάζουμε δυναμικό του πεδίου βαρύτητας της Γης σε ένα σημείο του το σταθερό πηλίκο της δύναμης**

του πεδίου κατά τη μετακίνηση μιας μάζας m από το σημείο αυτό στο άπειρο προς

38 Σώμα που βρίσκεται στο Διάστημα, μακριά από τη Γη, κατευθύνεται προς αυτή. Η Γη θεωρείται ακίνητη και χωρίς ατμόσφαιρα και το σώμα, μέχρι να φτάσει στην επιφάνεια της Γης, κινείται ευθύγραμμα. Τι είδους κίνηση θα κάνει, από τη στιγμή που θα μπει στο πεδίο βαρύτητας της Γης μέχρι να φτάσει στην επιφάνειά της;

- α) Ευθύγραμμη ομαλή;**
- β) Ομαλά επιταχυνόμενη;**
- γ) Επιταχυνόμενη με επιτάχυνση που διαρκώς αυξάνεται;**
- δ) Επιταχυνόμενη με επιτάχυνση που διαρκώς μικραίνει;**

Δικαιολογήστε την απάντησή σας.

39 Ποιες από τις προτάσεις που ακολουθούν είναι σωστές;

α) Το δυναμικό του πεδίου βαρύτητας της Γης αυξάνεται όταν απομακρυνόμαστε από τη Γη.

β) Αν μια μάζα αφεθεί ελεύθερη στο πεδίο βαρύτητας κινείται προς σημεία όπου τα δυναμικά αυξάνονται.

γ) Για να μεγαλώσουμε την απόσταση δύο μαζών απαιτείται ενέργεια.

δ) Η δυναμική ενέργεια συστήματος σημειακών μαζών είναι πάντα αρνητική.

40 Η ταχύτητα διαφυγής:

α) Είναι ίδια για όλα τα σώματα που εκτοξεύονται από το ίδιο ύψος.

β) Είναι ανάλογη της μάζας του σώματος που εκτοξεύεται.

γ) Είναι αντίστροφα ανάλογη με τη μάζα του σώματος που εκτοξεύεται.

δ) Εξαρτάται από την κατεύθυνση στην οποία ρίχνεται το σώμα (δηλαδή, από το εάν ρίχνεται κατάκόρυφα ή πλάγια).

ε) Είναι μικρότερη σε μεγαλύτερα ύψη.

Ποιες προτάσεις είναι ορθές;

41 Να γραφούν οι σχέσεις που δίνουν την ένταση, το δυναμικό και την ταχύτητα διαφυγής, σε ύψος h από την επιφάνεια της Γης, σε συνάρτηση με την ακτίνα της (R_{Γ}), την ένταση του πεδίου στην επιφάνειά της (g_0) και το ύψος h από την επιφάνεια της Γης.

42 Η Γη περιστρέφεται σε ελλειπτική τροχιά γύρω από τον Ήλιο. Η μηχανική ενέργειά της διατηρείται ή όχι κατά την περιστροφή της; Αιτιολογήστε την απάντησή σας.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

Ηλεκτρική ροή - νόμος του Gauss

43 Ένας δίσκος ακτίνας $r=0,2\text{m}$ βρίσκεται μέσα σε ομογενές ηλεκτρικό πεδίο έντασης $E=500\text{N/C}$. Υπολογίστε την ηλεκτρική ροή που διέρχεται από το δίσκο, αν:

- α) Είναι τοποθετημένος με το επίπεδό του κάθετο στις δυναμικές γραμμές του πεδίου.
- β) Το επίπεδό του είναι παράλληλο στις δυναμικές γραμμές.
- γ) Η κάθετη στο επίπεδό του σχηματίζει με τις δυναμικές γραμμές του πεδίου γωνία 60° .

[Απ: α) $62,8 \text{ Nm}^2/\text{C}$, β) 0, γ) $31,4 \text{ Nm}^2/\text{C}$]

44 Μια κλειστή επιφάνεια περικλείει φορτίο $10\mu\text{C}$. Ποια είναι η ηλεκτρική ροή που περνάει από την επιφάνεια;

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

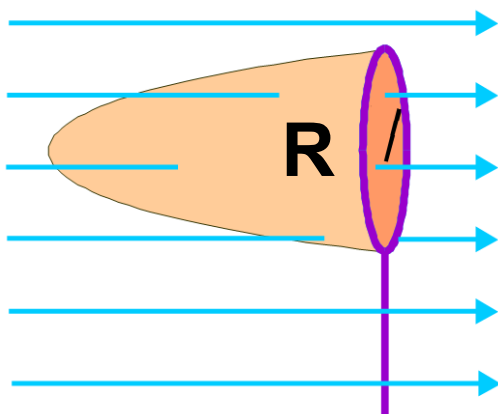
[Απ: $1,13 \times 10^6 \text{ Nm}^2/\text{C}$]

45 Η ηλεκτρική ροή που διέρχεται από μια κλειστή επιφάνεια είναι $\Phi = 2 \text{ Nm}^2/\text{C}$. Υπολογίστε το φορτίο που περικλείει η επιφάνεια.

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

[Απ: $17,7 \times 10^{-12} \text{ C}$]

46



Σχ. 5.55

Μια απόχρη είναι τοποθετημένη μέσα σε ομογενές ηλεκτρικό πεδίο έντασης E με τρόπο ώστε η κυκλική στεφάνη της να είναι κάθετη στις δυναμικές γραμμές του (σχ. 3.55). Υπολογίστε την ηλεκτρική ροή που διέρχεται από τη επιφάνεια που ορίζει το δίχτυ της απόχρης. Δίνονται η ένταση E του πεδίου και η ακτίνα R της κυκλικής στεφάνης της απόχρης.

$$[\text{Απ} : -E\pi R^2]$$

47 Όπως γνωρίζετε, στην ατμόσφαιρα υπάρχει ηλεκτρικό πεδίο. Τις ημέρες με καλοκαιρία το πεδίο είναι ασθενές. Αν μια τέτοια μέρα το πεδίο, κοντά στην επιφάνεια της Γης, έχει μέτρο $E=100\text{N/C}$, κατεύθυνση κατακόρυφη προς τα κάτω, και υποθέσουμε ότι είναι

παντού (σε όλη την επιφάνεια της Γης) το ίδιο, υπολογίστε το φορτίο που φέρει η Γη. Δίνεται η ακτίνα της Γης $R_{\Gamma} = 6400 \text{ km}$ και η σταθερά $\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/(\text{Nm}^2)$.

[Απ: -455.295 C]

48 Ένας λεπτός σφαιρικός φλοιός ακτίνας $R=20\text{cm}$ φέρει ηλεκ-τρικό φορτίο $Q=24\mu\text{C}$, ομοιόμορφα κατανεμημένο στην επιφάνειά του. Να υπολογιστεί η ένταση του ηλεκ-τρικού πεδίου σε σημεία που απέ-χουν από το κέντρο του

α) $r_1 = 40 \text{ cm}$, και

β) $r_2 = 10 \text{ cm}$.

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

[Απ: α) $1,35 \times 10^6 \text{ N/C}$ β) μηδέν]

49 Μια σφαίρα ακτίνας $R=1\text{m}$, από μονωτικό υλικό, φέρει φορτίο $Q=12\mu\text{C}$, ομοιόμορφα κατανεμημένο σε ολόκληρο τον όγκο της. Πόση είναι η ηλεκτρική ροή που διέρχεται από μια σφαιρική επιφάνεια, ομόκεντρη με τη φορτισμένη σφαίρα, ακτίνας

- α) 20 cm
- β) 60 cm
- γ) 80 cm
- δ) 1,2m
- ε) 2m;

Ο όγκος σφαίρας ακτίνας r υπολογίζεται από τη σχέση $V=\frac{4}{3}\pi r^3$.

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

- [Απ : α) $10,8\times 10^3 \text{ Nm}^2/\text{C}$
β) $29,2\times 10^4 \text{ Nm}^2/\text{C}$
γ) $69,4\times 10^4 \text{ Nm}^2/\text{C}$

$$\delta) 135 \times 10^4 \text{ Nm}^2/\text{C},$$
$$\varepsilon) 135 \times 10^4 \text{ Nm}^2/\text{C}]$$

50 Ένα σύρμα πολύ μεγάλου μήκους έχει φορτίο $4\mu\text{C}$ ανά μέτρο μήκους του. Υπολογίστε την ένταση του ηλεκτρικού πεδίου που δημιουργεί το σύρμα σε απόσταση

α) 10 cm και

β) 20 cm από το σύρμα.

Δίνεται : $\varepsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/(\text{Nm}^2)$.

[Απ : $720 \times 10^3 \text{ N/C}$, $360 \times 10^3 \text{ N/C}$]

**Δυναμικό του ηλεκτρικού πε-δίου
- ενέργεια συστήματος φορτίων.**

**51 Σημειακό φορτίο $Q=2\times 10^{-7}\text{ C}$
δημιουργεί πεδίο που σε ένα ση-
μείο του A έχει δυναμικό $V=300\text{ V}$.
Να υπολογιστεί η απόσταση του
σημείου A από το φορτίο. Δίνεται η
σταθερά $K_c=9\times 10^9\text{ N m}^2/\text{C}^2$.**

[Απ : 6m]

**52 Σημειακό φορτίο $q=2\times 10^{-8}\text{ C}$
βρίσκεται τοποθετημένο στο ευθύ-
γραμμο τμήμα AB, μήκους 3m σε
απόσταση 2m από το A (μεταξύ
των A και B). Υπολογίστε τη διαφο-
ρά δυναμικού V_A-V_B .**

Δίνεται η σταθερά $K_c=9\times 10^9\text{ Nm}^2/\text{C}^2$.

[Απ : -90V]

53 Το πεδίο που δημιουργεί ένα σημειακό φορτίο Q σε ένα ση-μείο A έχει ένταση $E=60 \text{ N/C}$ και δυναμικό $V=180 \text{ V}$. Να υπολογίσετε το φορτίο και την απόσταση του σημείου A από το σημειακό φορτίο Q . Δίνεται η σταθερά $K_c=9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$.

[Απ : $6 \times 10^{-8} \text{ C}$, 3 m]

54 Σημειακό φορτίο $Q=2 \times 10^{-6} \text{ C}$, βρίσκεται στο σημείο A . Να υπολογίσετε το έργο της δύναμης του ηλεκτρικού πεδίου κατά τη μετακίνηση φορτίου $q=10^{-8} \text{ C}$ από ένα σημείο B , το οποίο απέχει $r_1=(AB)=1 \text{ cm}$ από το φορτίο Q , σε σημείο Γ , το οποίο απέχει $r_2=(A\Gamma)=4 \text{ cm}$ από το Q . Δίνεται: $K_c=9 \times 10^9 \text{ N m}^2 / \text{C}^2$.

[Απ : $13,5 \times 10^{-3} \text{ J}$]

55 Στις κορυφές Β και Γ, ορθογωνίου τριγώνου ΑΒΓ, με $\hat{A}=90^0$, βρίσκονται τα φορτία $Q_1=4\times 10^{-8}$ C και $Q_2=5\times 10^{-8}$ C. Αν $AB=3\text{cm}$ και $AG=4\text{cm}$, να υπολογιστούν:

α) Τα δυναμικά στα σημεία Α και Μ, όπου Μ το μέσον της ΒΓ.

β) Το έργο που παράγεται από το ηλεκτρικό πεδίο κατά τη μετακίνηση φορτίου 2×10^{-10} C από το σημείο Α στο Μ.

Δίνεται : $K_c=9\times 10^9 \text{ N m}^2 / \text{C}^2$.

[Απ : 23250V, 32400V, -183×10^{-8} J]

56 Σε κάθε κορυφή ενός ισόπλευρου τριγώνου ΑΒΓ, πλευράς $a=30\text{cm}$, βρίσκεται φορτίο $q=2\mu\text{C}$. Να υπολογιστεί η ενέργεια του συστήματος των τριών φορτίων.

Δίνεται: $K_c=9\times 10^9 \text{ N m}^2 / \text{C}^2$.

[Απ : 36×10^{-2} J]

57 Ακίνητο σημειακό φορτίο
 $Q=100\mu\text{C}$, βρίσκεται στο σημείο A.
Μικρή σφαίρα με μάζα $m=10\text{g}$ και
φορτίο $q=20\text{nC}$ βρίσκεται στο σημείο
B, στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο με το A
και σε απόσταση $r_1=30\text{ cm}$ από αυτό.
Αν η σφαίρα που βρίσκεται στο ση-
μείο B αφεθεί ελεύθερη, λόγω της
απωστικής δύναμης που δέχεται,
κινείται χωρίς τριβές. Να υπολογίσε-
τε την ταχύτητά της:

α) Όταν βρίσκεται σε απόσταση
 $r_2=60\text{cm}$ από το A.

β) Όταν βρίσκεται σε πολύ μεγά-
λη απόσταση από το σημείο A.

Δίνεται : $K_c=9\times 10^9\text{ N m}^2/\text{C}^2$.

[Απ : α) $\sqrt{6}\text{ m/s}$, β) $2\sqrt{3}\text{ m/s}$]

Ομογενές ηλεκτρικό πεδίο.

58 Σε ομογενές ηλεκτρικό πεδίο, κατά μήκος μιας δυναμικής γραμμής, βρίσκονται, διαδοχικά, τα σημεία A, B και Γ. Εάν $V_A - V_B = 5V$ και οι αποστάσεις μεταξύ των σημείων είναι $AB = x$ και $BΓ = x$, ποια είναι η διαφορά δυναμικού ανάμεσα στα σημεία A-Γ και B-Γ;

[Απ : 10V, 5V]

59 Ο αέρας είναι μονωτής, αλλά για ηλεκτρικό πεδίο έντασης μεγαλύτερης από $3 \times 10^6 V/m$ γίνεται αγωγός (δημιουργείται ηλεκτρικός σπινθήρας). Η απόσταση μεταξύ των ηλεκτροδίων σε ένα μπουζί είναι περίπου 0,5mm. Πόση είναι η ελάχιστη διαφορά δυναμικού που πρέπει να εφαρμοστεί στα ηλεκτρόδια, ώστε να παραχθεί ηλεκτρι-

κός σπινθήρας; Θεωρήστε το πεδίο που δημιουργείται ανάμεσα στα ηλεκτρόδια ομογενές.

[Απ : 1500 V]

60 Στο ομογενές ηλεκτρικό πεδίο που υπάρχει ανάμεσα σε δυο οριζόντιες πλάκες με φορτία $+Q$ και $-Q$, αιωρείται (ισορροπεί) σωματίδιο μάζας $m=10^{-3}\text{kg}$ και φορτίου $q=5\times 10^{-7}\text{C}$. Αν οι δύο πλάκες απέχουν μεταξύ τους απόσταση $l=2\text{cm}$, να υπολογιστεί η διαφορά δυναμικού που παρουσιάζουν. Δίνεται $g=10\text{m/s}^2$.

[Απ : 400V]

61 Ανάμεσα σε δύο παράλληλες κατακόρυφες μεταλλικές πλάκες, που είναι φορτισμένες με φορτία $+Q$ και $-Q$, ισορροπεί μια μικρή φορτισμένη σφαίρα εκκρεμούς, σε

θέση τέτοια ώστε το νήμα του να σχηματίζει γωνία 6^0 με την κατακόρυφο. Οι δύο παράλληλες μεταλλικές πλάκες απέχουν απόσταση $d=10\text{cm}$ και παρουσιάζουν διαφορά δυναμικού $V=200\text{V}$. Η σφαίρα του εκκρεμούς έχει μάζα $m=2\text{mg}$. Να υπολογιστεί το φορτίο της σφαίρας. Δίνονται $g=10\text{m/s}^2$, $\epsilon\phi 6^0=0,1$.

[Απ : 10^{-9} C]

62 Ηλεκτρόνιο βάλλεται με ταχύτητα $u_0=2\times 10^4\text{m/s}$ παράλληλα στις δυναμικές γραμμές ομογενούς ηλεκτρικού πεδίου έντασης $E=91\text{V/m}$.

α) Να υπολογιστεί η δύναμη που δέχεται το ηλεκτρόνιο και η επιτάχυνση που θα αποκτήσει.

β) Να γραφούν οι σχέσεις που περιγράφουν την κίνησή του μέσα στο πεδίο. Εξετάστε τις περι-

πτώσεις στις οποίες η ταχύτητα του ηλεκτρονίου είναι I) ομόρροπη και II) αντίρροπη προς τις δυναμικές γραμμές.

Δίνονται η μάζα του ηλεκτρονίου $m_e = 9,1 \times 10^{-31} \text{ Kg}$ και το στοιχειώδες φορτίο $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$.

[Απ: $1,456 \times 10^{-17} \text{ N}$, $16 \times 10^{12} \text{ m/s}^2$]

63 Ηλεκτρόνιο βάλλεται με ταχύτητα u_0 ομόρροπη με τις δυναμικές γραμμές ομογενούς ηλεκτροστατικού πεδίου έντασης E . Να βρεθεί σε πόσο χρόνο θα μηδενιστεί στιγμιαία η ταχύτητά του, σε πόσο χρόνο θα επιστρέψει στην αρχική του θέση και τι ταχύτητα θα έχει τότε. Σχολιάστε το αποτέλεσμα. Δίνονται η μάζα του ηλεκτρονίου m_e και το στοιχειώδες φορτίο e .

[Απ : $mu_0/E.e$, $2 mu_0/E.e$, $-u_0$]

64 Δέσμη ηλεκτρονίων εισέρχεται κάθετα στις δυναμικές γραμμές ομογενούς ηλεκτρικού πεδίου που σχηματίζουν δύο παράλληλες φορτισμένες πλάκες. Αν η ταχύτητα των ηλεκτρονίων της δέσμης είναι u_0 να βρεθεί η απόκλιση που θα υποστεί η δέσμη από το πεδίο καθώς και η ταχύτητα με την οποία εξέρχονται τα ηλεκτρόνια από το πεδίο. Δίνονται η ταχύτητα u_0 , το μήκος l των φορτισμένων πλακών, η ένταση E του πεδίου, η μάζα του ηλεκτρονίου m_e και το στοιχειώδες φορτίο e .

$$[\text{Απ : } y = \frac{Eel^2}{2m_e u_0^2}, u = \sqrt{u_0^2 + \frac{E^2 e^2 l^2}{m_e^2 u_0^2}}, \\ \varphi = \frac{Eel}{m_e u_0^2}]$$

Χωρητικότητα - ενέργεια φορτισμένου πυκνωτή

65 Πυκνωτής χωρητικότητας $6\mu\text{F}$, φορτίζεται σε διαφορά δυναμικού 12V . Να υπολογιστεί το φορτίο του.

[Απ: $72\mu\text{C}$]

66 Οι οπλισμοί επίπεδου πυκνωτή έχουν σχήμα δίσκου ακτίνας 4cm και απέχουν μεταξύ τους 1mm . Τι φορτίο θα αποκτήσει ο πυκνωτής όταν συνδεθεί σε τάση $V=10\text{V}$; Δίνεται : $\epsilon_0=8,85\times 10^{-12} \text{ C}^2 / (\text{N m}^2)$.

[Απ : $444,6 \mu\text{C}$]

67 Οι οπλισμοί ενός επίπεδου πυκνωτή έχουν εμβαδόν $A=72\text{cm}^2$ και απέχουν μεταξύ τους $d=1,2\text{mm}$. Στον πυκνωτή εφαρμόζεται τάση $V=12\text{V}$. Υπολογίστε:

α) Την ένταση του ηλεκτρικού πεδίου μεταξύ των οπλισμών του.

β) Τη χωρητικότητά του.

γ) Το φορτίο του.

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

[Απ : 10^4 V/m , $53,1 \text{ pF}$, $637,2 \text{ pC}$]

68 Επίπεδος πυκνωτής με χωρητικότητα $C = 10 \mu\text{F}$ συνδέεται με πηγή που τον φορτίζει σε τάση $V = 100 \text{ V}$. Χωρίς να απομακρυνθεί ο πυκνωτής από την πηγή διπλασιάζουμε την απόσταση των οπλισμών του. Να υπολογιστούν :

α) Η νέα χωρητικότητα του πυκνωτή.

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

[Απ : $5 \mu\text{F}$, $1000 \mu\text{C}$, $500 \mu\text{C}$]

69 Πυκνωτής χωρητικότητας $C=20\mu\text{F}$ φορτίζεται σε τάση $V=500\text{V}$. Πόση ενέργεια μπορεί να δώσει ο πυκνωτής αν εκφορτιστεί;.

[Απ : 2,5 J]

70 Πυκνωτής χωρητικότητας $C_1=20\mu\text{F}$ φορτίζεται σε τάση $V_1=80\text{V}$. Ο πυκνωτής αποσυνδέεται από την πηγή που τον φόρτισε και συνδέεται με αφόρτιστο πυκνωτή χωρητικότητας $C_2=5\mu\text{F}$. Να υπολογιστούν :

- α) Η τάση που θα αποκτήσουν οι δύο πυκνωτές μετά τη σύνδεσή τους.**
- β) Το φορτίο κάθε πυκνωτή μετά τη σύνδεση.**
- γ) Η ηλεκτρική δυναμική ενέργεια που θα χαθεί με τη σύνδεση των δύο πυκνωτών.**

[Απ : α) 64V, β) 1280μC, 320μC
γ) $12,8 \times 10^{-3} \text{ J}$]

Διηλεκτρικά

71 Ανάμεσα στους οπλισμούς πυκνωτή χωρητικότητας $C=12\mu\text{F}$ τοποθετείται διηλεκτρικό με διηλεκτρική σταθερά 5. Να υπολογιστεί η νέα χωρητικότητα του πυκνωτή.

[Απ : 60μF]

72 Ένας πυκνωτής, χωρίς διηλεκτρικό, φορτίζεται σε τάση 240V. Στη συνέχεια αποσυνδέεται από την πηγή και ανάμεσα στους οπλισμούς του εισάγεται γυαλί, έτσι ώστε να γεμίσει όλος ο χώρος. Παρατηρούμε ότι η τάση του πυκνωτή μειώνεται σε 40V. Να υπολογιστεί η διηλεκτρική σταθερά του γυαλιού.

[Απ : 6]

73 Πυκνωτής χωρητικότητας $C=5\mu\text{F}$, χωρίς διηλεκτρικό, συνδέεται με πηγή τάσης $V=10\text{V}$. Διατηρώντας τον πυκνωτή συνδεδεμένο με την πηγή, γεμίζουμε το χώρο ανάμεσα στους οπλισμούς του με χαρτί. Παρατηρούμε ότι το φορτίο του αυξάνεται κατά $\Delta Q=150\mu\text{C}$. Να υπολογίσετε τη διηλεκτρική σταθερά του χαρτιού.

[Απ : 4]

74 Θέλουμε να κατασκευάσουμε επίπεδο πυκνωτή με χωρητικότητα $C=44\text{nF}$ και τάση λειτουργίας $V=2000\text{V}$. Ως διηλεκτρικό θα χρησιμοποιήσουμε βακελίτη, που έχει διηλεκτρική αντοχή $E=24\times 10^6\text{V/m}$ και διηλεκτρική σταθερά $K=5$. Υπολογίστε το ελάχιστο εμβαδόν των οπλισμών του.

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

[Απ : $0,083 \text{m}^2$]

75 Οι οπλισμοί ενός επίπεδου πυκνωτή έχουν εμβαδόν $A = 3 \text{cm}^2$. Ανάμεσα στους οπλισμούς του υπάρχει χαρτί, διηλεκτρικής σταθεράς $K = 4$. Να υπολογιστεί το μέγιστο φορτίο που μπορεί να φέρει ο πυκνωτής.

**Δίνονται : $\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \text{C}^2 / (\text{N m}^2)$
και η διηλεκτρική αντοχή του χαρτιού $E = 16 \times 10^6 \text{V/m}$.**

[Απ : $169,9 \text{nC}$]

Πεδίο βαρύτητας

76 Να υπολογιστεί η ένταση και το δυναμικό του πεδίου βαρύτητας της Γης σε ένα σημείο που βρίσκεται σε ύψος $h=R_{\Gamma}$ από τη επιφάνειά της. Δίνονται η ακτίνα της Γης $R_{\Gamma} = 6400 \text{ km}$ και η ένταση του πεδίου βαρύτητας στην επιφάνεια της Γης $g_0=10 \text{ m/s}^2$.

[Απ : $2,5 \text{ m/s}^2$, $-32 \times 10^6 \text{ J/kg}$]

77. Σώμα μάζας m εκτοξεύεται από την επιφάνεια της Γης κατακόρυφα προς τα πάνω με ταχύτητα $u_0=10^3 \text{ m/s}$. Υπολογίστε πόσο ψηλά θα φτάσει το σώμα. Δίνεται η ακτίνα της Γης $R_{\Gamma} = 6400 \text{ km}$ και η ένταση του πεδίου βαρύτητας στην επιφάνεια της Γης $g_0=10 \text{ m/s}^2$.

Η αντίσταση του αέρα δε λαμβάνεται υπόψη.

[Απ : 50 km]

78 Η μάζα της Γης είναι 81 φορές μεγαλύτερη από τη μάζα της Σελήνης και ο λόγος των ακτίνων τους είναι $11/3$.

α) Αν η ένταση του πεδίου βαρύτητας στην επιφάνεια της Γης είναι $g_0=10\text{N/kg}$ να υπολογιστεί η ένταση του πεδίου βαρύτητας στην επιφάνεια της Σελήνης.

β) Ένα σώμα έχει στην επιφάνεια της Γης βάρος 700 N. Ποιο θα είναι το βάρος του στην επιφάνεια της Σελήνης;

[Απ : 1,66 N/kg , 116,2 N]

79 Από διαστημική εξέδρα που βρίσκεται σε ύψος h από την επιφάνεια

νεια της Γης θέλουμε να εκτοξεύσουμε διαστημόπλοιο ώστε να εγκαταλείψει το πεδίο βαρύτητας της Γης. Να βρεθεί η ελάχιστη ταχύτητα που πρέπει να δώσουμε στο διαστημόπλοιο. Αγνοήστε τις επιδράσεις των άλλων ουράνιων σωμάτων πλην της Γης. Δίνονται η ακτίνα της Γης R_{Γ} και η ένταση του πεδίου βαρύτητας στην επιφάνειά της g_0 .

$$[\text{Απ} : u_{\delta} = \sqrt{\frac{2g_0 R_{\Gamma}^2}{R_{\Gamma} + h}}]$$

80 Να βρείτε την ταχύτητα διαφυγής ενός σώματος από την επιφάνεια πλανήτη με μάζα $m = M_{\Gamma}/8$ και πυκνότητα ίση με αυτή της Γης. Η ταχύτητα διαφυγής από τη Γη είναι $u = 11,2 \text{ km/s}$. Η Γη και ο πλανήτης να θεωρηθούν ομογενείς

ακίνητες σφαίρες. Ο όγκος μιας σφαίρας δίνεται από τη σχέση

$$V = \frac{4}{3} \pi R^3.$$

[Απ : 5,6 km/s]

81 Η ταχύτητα με την οποία φτάνει ένας μετεωρίτης στη Γη μπορεί να εκτιμηθεί από το μέγεθος του κρατήρα που θα ανοίξει κατά την πρόσκρουσή του στην επιφάνεια της Γης. Από το μέγεθος ενός τέτοιου κρατήρα εκτιμάμε ότι ένας μετεωρίτης έφτασε στην επιφάνεια της Γης με ταχύτητα $u = 65.000 \text{ km/h}$. Υπολογίστε την ταχύτητα που είχε ο μετεωρίτης όταν έμπαινε στα όρια της βαρυτικής επίδρασης της Γης. Θεωρήστε τις τριβές που αναπτύσσονται κατά την κίνηση του μετεωρίτη στην ατμόσφαιρα της Γης αμελητέες και αγνοήστε την επίδραση των άλλων

ουράνιων σωμάτων, πλην της Γης, στην κίνησή του. Δίνονται $R_{\Gamma}=6400$ km, και $g_0=10 \text{ m/s}^2$.

$$[\text{Απ} : 14 \times 10^3 \text{ m/s}]$$

82 Δύο μικρές σφαίρες με μάζες $m_1 = m$ και $m_2 = 2m$ βρίσκονται σε απόσταση l μεταξύ τους και έξω από οποιοδήποτε πεδίο βαρύτητας. Να βρεθεί το σημείο του χώρου στο οποίο η ένταση του βαρυτικού πεδίου που δημιουργούν οι σφαίρες είναι μηδέν και στη συνέχεια να υπολογισθεί γι' αυτό το σημείο το δυναμικό του βαρυτικού πεδίου. Δίνεται η σταθερά παγκόσμιας έλξης G .

$$[\text{Απ} : x=l(\sqrt{2}-1) \text{ από την } m_1, \\ -\frac{Gm}{l}(2\sqrt{2}+3)]$$

83 Στις κορυφές Α, Β, Γ ενός τριγώνου με πλευρές α, β, γ βρίσκονται οι σφαιρικές μάζες m_1 , m_2 , και m_3 . Να υπολογιστεί η ενέργεια που απαιτείται για να τις απομακρύνουμε σε άπειρη απόσταση μεταξύ τους. Δίνεται η σταθερά G .

$$[Aπ : G \frac{m_1 m_2}{\gamma} + G \frac{m_1 m_3}{\beta} + G \frac{m_2 m_3}{\alpha}]$$

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

84 Μια σφαίρα ακτίνας R από μονωτικό υλικό φέρει φορτίο, ομοιόμορφα κατανεμημένο σε ολόκληρο τον όγκο της. Το φορτίο ανά μονάδα όγκου είναι ρ . Βρείτε τη σχέση που δίνει την ένταση του ηλεκτρικού πεδίου της σφαίρας τόσο στο εσωτερικό της όσο και στο εξωτερικό της. Παραστήστε γραφικά το μέτρο της έντασης σε συνάρτηση με την απόσταση r από το κέντρο της σφαίρας.

Ο όγκος σφαίρας ακτίνας r είναι

$$V = \frac{4}{3} \pi r^3$$

$$[\text{Απ: για } r < R \quad E = \frac{\rho r}{3\epsilon_0},$$

$$\text{για } r \geq R \quad E = \frac{R^3 \rho}{3\epsilon_0 r^2}]$$

85 Ένας κύλινδρος, πολύ μεγάλου μήκους, έχει ακτίνα R και είναι ομοιόμορφα φορτισμένος σε όλο του τον όγκο. Το φορτίο του ανά μονάδα όγκου είναι ρ . Βρείτε την ένταση του ηλεκτρικού πεδίου στο εσωτερικό και στο εξωτερικό του κυλίνδρου. Παραστήστε γραφικά το μέτρο της έντασης σε συνάρτηση με την απόσταση από τον άξονα του κυλίνδρου.

$$[\text{Απ : για } r < R \quad E = \frac{\rho \cdot r}{2\epsilon_0},$$

$$\text{για } r \geq R \quad E = \frac{R^2 \rho}{2\epsilon_0 r}]$$

86 Σφαιρικός αγωγός ακτίνας $R=10\text{cm}$ είναι φορτισμένος με φορτίο $Q=20\text{nC}$. Βρείτε την ένταση του ηλεκτρικού πεδίου που δημιουργεί σε σημεία που απέχουν από το

κέντρο του $r_1=2\text{cm}$, $r_2=8\text{cm}$ και $r_3=20\text{cm}$ από το κέντρο του.

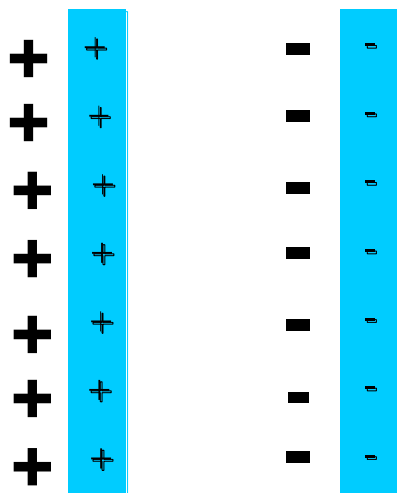
Δίνεται : $\epsilon_0=8,85\times 10^{-12}\text{C}^2/(\text{Nm}^2)$.

[Απ: α) 0 β) 0 γ) $45\times 10^2\text{N/C}$]

87 Ένα μακρύ ευθύγραμμο σύρμα περιβάλλεται από κοίλο μεταλλικό κύλινδρο ο άξονας του οποίου συμπίπτει με το σύρμα. Το σύρμα είναι ομοιόμορφα φορτισμένο με φορτίο $+\lambda$ ανά μονάδα μήκους. Ο κυλινδρικός αγωγός είναι επίσης φορτισμένος με το φορτίο ομοιόμορφα κατανεμημένο στην επιφάνειά του και με φορτίο $-\lambda$ ανά μονάδα μήκους. Βρείτε την ένταση του ηλεκτρικού πεδίου στο εσωτερικό και στο εξωτερικό του κυλινδρικού αγωγού.

[Απ : Στο εσωτερικό $E = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \frac{\lambda}{r}$,
στο εξωτερικό 0]

88



Σχ. 5.56

Δύο φορτισμένα μονωτικά φύλλα άπειρων διαστάσεων είναι παράλληλα μεταξύ τους, όπως φαίνεται στο σχήμα 5.56. Το αριστερό φύλλο έχει ανά μονάδα επιφάνειας φορτίο $+\sigma$, ενώ το δεξιό έχει ανά μονάδα επιφάνειας φορτίο $-\sigma$. Να βρείτε την ένταση του ηλεκτρικού πεδίου σε σημεία που βρίσκονται α) αριστερά των δύο φύλλων β) ανάμεσα στα

δύο φύλλα και γ) δεξιά των δύο φύλλων.

[Απ : α) 0, β) $E=\sigma/\epsilon_0$ γ) 0]

89 Στο σωλήνα της τηλεόρασης, τα ηλεκτρόνια που εκπέμπονται από τη θερμαινόμενη κάθοδο με αμελητέα ταχύτητα επιταχύνονται, από ένα ομογενές ηλεκτρικό πεδίο και αφού διανύσουν απόσταση $l=1,5\text{cm}$ με την επίδραση του ηλεκτρικού πεδίου αποκτούν ταχύτητα $v=4\times 10^7\text{ m/s}$, με την οποία και συνεχίζουν να κινούνται μέχρι να πέσουν στην οθόνη. Να υπολογιστεί η ένταση του πεδίου. Δίνονται : $e=1,6\times 10^{-19}\text{C}$, $m_e=9\times 10^{-31}\text{kg}$.

[Απ : $3\times 10^5\text{N/C}$]

90 Το άτομο του υδρογόνου αποτελείται από ένα πρωτόνιο (πυρήνας) και ένα ηλεκτρόνιο, που περιστρέφεται γύρω από τον πυρήνα. Να υπολογιστούν:

α) Η κινητική ενέργεια του ηλεκτρονίου.

β) Η δυναμική ενέργεια του ατόμου.

γ) Η ολική ενέργεια του ατόμου.

δ) Η ενέργεια που πρέπει να προσφέρουμε στο ηλεκτρόνιο ώστε αυτό να ξεφύγει από την έλξη του πυρήνα (η ενέργεια αυτή ονομάζεται έργο ιονισμού).

Δίνονται: το στοιχειώδες φορτίο e , η ακτίνα περιστροφής του ηλεκτρονίου r και η σταθερά K_C .

[Απ : α) $\frac{1}{2}K_C \frac{e^2}{r}$, β) $-K_C \frac{e^2}{r}$,

$$\gamma) -\frac{1}{2}K_C \frac{e^2}{r}, \quad \delta) \frac{1}{2}K_C \frac{e^2}{r}]$$

91 Δύο παράλληλες μεταλλι-κές πλάκες, φορτισμένες με αντί-θετα φορτία, δημιουργούν ανάμεσά τους ομογενές ηλεκτρικό πεδίο. Έ-να πρωτόνιο βάλλεται από την αρνητική προς τη θετική πλάκα με ταχύτητα $u_0=5 \times 10^5 \text{ m/s}$, παράλληλα προς τις δυναμικές γραμμές. Ποια πρέπει να είναι η διαφορά δυναμικού ανάμεσα στις δύο πλάκες, ώστε το πρωτόνιο μόλις να φτάσει στη θετική πλάκα;

Δίνονται : το στοιχειώδες φορτίο $e=1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ και η μάζα του πρωτονίου $m_p=1,6 \times 10^{-27} \text{ kg}$.

[Απ : 1250 V]

92 Φορτισμένο σφαιρίδιο μάζας $m=0,5 \text{ g}$ και φορτίου $q=-10^{-8} \text{ C}$ βάλλεται κατακόρυφα προς τα πάνω με αρχική ταχύτητα $u_0=85 \text{ cm/s}$ από το θετικό προς τον αρνητικό οπλισμό πυκνωτή, παράλληλα στις δυναμικές γραμμές του πεδίου του πυκνωτή. Εάν η διαφορά δυναμικού μεταξύ των οπλισμών είναι $V=4 \text{ kV}$ και η μεταξύ τους απόσταση $d=4 \text{ cm}$, να βρεθεί η ελάχιστη απόσταση από τον αρνητικό οπλισμό στην οποία θα φτάσει το σφαιρίδιο. Μπορούμε στο πρόβλημα αυτό να θεωρήσουμε το βάρος του σφαιριδίου αμελητέο; Δίνεται $g=10 \text{ m/s}^2$.

[Απ : 1 cm]

93 Λεπτή δέσμη ηλεκτρονίων μπαίνει με ταχύτητα $u_0=2\times 10^7$ m/s στο πεδίο φορτισμένου επίπεδου πυκνωτή παράλληλα με τους οπλισμούς του. Η τάση μεταξύ των οπλισμών του πυκνωτή είναι 80V, η απόστασή τους είναι $d=2$ cm και το μήκος τους είναι $l=12$ cm. Να βρεθεί ή απόκλιση της δέσμης κατά την έξοδό της από το πεδίο του καθώς και η διαφορά δυναμικού μεταξύ του σημείου εισόδου και του σημείου εξόδου. Δίνεται το ειδικό φορτίο του ηλεκτρονίου

$$\frac{e}{m_e} = 1,75 \times 10^{11} \text{ C/kg.}$$

[Απ : 12,6 mm, 50,4 V]

94 Σφαιρικός αγωγός έχει ακτίνα $R=10\text{cm}$ και φορτίο $Q=-\frac{1}{3}\times 10^{-9}\text{C}$.

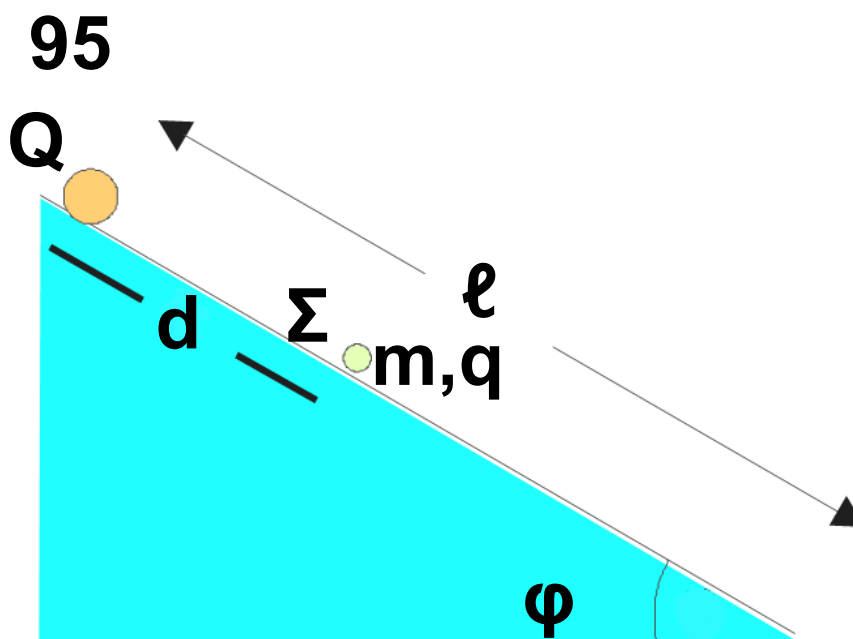
Κάποια στιγμή ένα ηλεκτρόνιο ξεφεύγει από την επιφάνειά της με μηδαμινή αρχική ταχύτητα.

α) Να υπολογιστεί η ταχύτητά του όταν έχει φτάσει σε απόσταση $r=30\text{cm}$ από το κέντρο της σφαίρας.

β) Να υπολογιστεί η μέγιστη ταχύτητα που θα αποκτήσει το ηλεκτρόνιο.

Δίνονται: : $e=1,6\times 10^{-19}\text{C}$, $m_e=9\times 10^{-31}\text{kg}$, $K_c=9\times 10^9\text{Nm}^2/\text{C}^2$

[Απ: $2,66\times 10^6\text{m/s}$, $3,26\times 10^6\text{m/s}$]



Σχ. 5.57

Σώμα που έχει φορτίο $Q=2 \times 10^{-7} \text{ C}$ είναι στερεωμένο στην κορυφή πλάγιου επιπέδου. Το σωματίδιο Σ έχει μάζα $m=1 \text{ mg}$ και φορτίο $q=3 \times 10^{-8} \text{ C}$. Το σωματίδιο Σ αφήνεται ελεύθερο σε ένα σημείο του πλάγιου επιπέδου που απέχει απόσταση d από το φορτισμένο σώμα. Υπολογίστε την ταχύτητά του τη στιγμή που θα φτάσει στη βάση του πλάγιου επιπέδου. Θεωρήστε ότι η

κίνηση του Σ γίνεται χωρίς τριβές.
Εφαρμογή για $l=3\text{m}$, $d=1\text{m}$, $\varphi=30^\circ$.
Δίνονται : $g = 10 \text{ m/s}^2$ και
 $K_c = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$.

[Απ : 9,6 m/s]

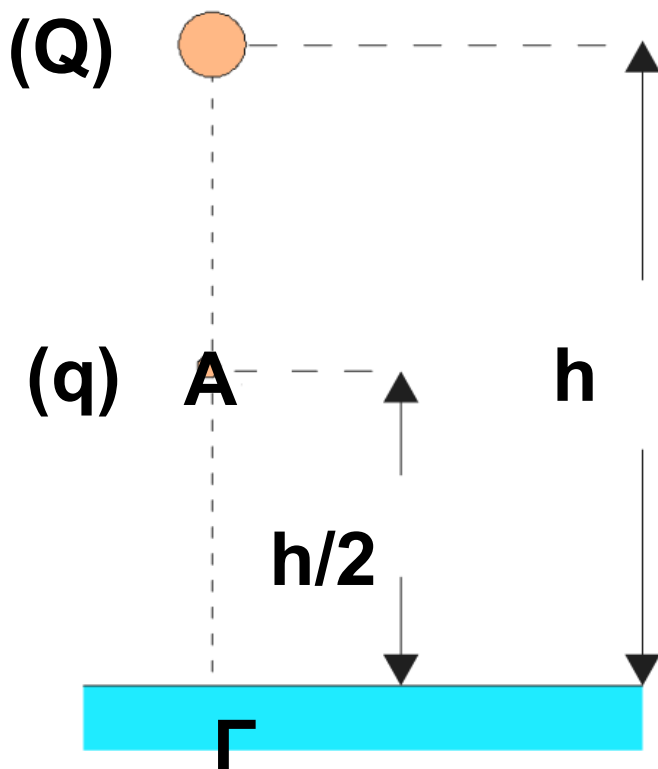
96 Σφαιρικός αγωγός με ακτίνα $R=10\text{cm}$ και φορτίο $Q=2 \times 10^{-7} \text{ C}$, έχει μια λεπτή οπή, κατά μήκος μιας διαμέτρου. Σε απόσταση $d=30\text{cm}$ από το κέντρο της και στην προέκταση της ευθείας που ορίζει η οπή, αφήνεται σημειακό φορτίο, με μάζα $m=0,5 \times 10^{-6} \text{ kg}$ και φορτίο $q=-4 \times 10^{-9} \text{ C}$, το οποίο κινείται προς τη σφαίρα. Το φορτίο μπαίνει στην οπή και διαπερνά τη σφαίρα. Να υπολογιστεί η χρονική διάρκεια της κίνησης του φορτίου μέσα στην οπή. Δίνεται $K_c = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$.

[Απ : 14,4 ms]

97 Δυο μικρές φορτισμένες σφαίρες που έχουν ίσα φορτία q και μάζες m και $2m$ αντίστοιχα, είναι ενωμένες με λεπτό νήμα και ισορροπούν σε λείο οριζόντιο επίπεδο σε απόσταση l μεταξύ τους. Κάποια στιγμή το νήμα σπάει και οι σφαίρες αρχίζουν να κινούνται λόγω των απωστικών δυνάμεων που αναπτύσσονται μεταξύ τους. Να υπολογιστεί η ταχύτητα που θα έχει κάθε σφαίρα τη στιγμή που η απόσταση ανάμεσά τους θα έχει γίνει $2l$.

$$[Aπ : \quad 2q\sqrt{\frac{K_c}{6lm}} \quad , \quad q\sqrt{\frac{K_c}{6lm}} \quad]$$

98



Σχ. 5.58

Ένα σημειακό φορτίο $Q=7 \times 10^{-6} \text{ C}$ είναι τοποθετημένο σε ύψος $h=3,6 \text{ m}$ από το έδαφος. Από το σημείο A που βρίσκεται σε ύψος $h/2$ από το έδαφος αφήνεται μια μικρή σφαίρα μάζας $m=10^{-3} \text{ kg}$, που φτάνει στο έδαφος (στο σημείο Γ) με ταχύτητα $v=8 \text{ m/s}$.

α) Είναι φορτισμένη η μικρή σφαίρα ή όχι;

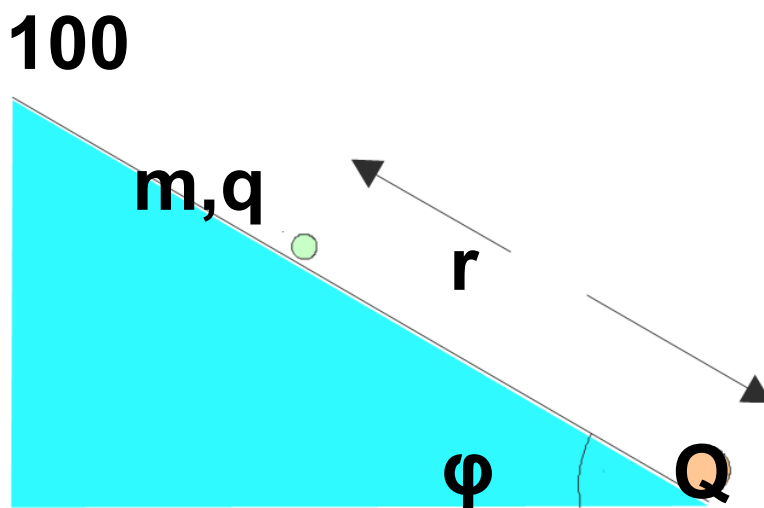
β) Αν αποδειχθεί ότι είναι φορτισμένη να υπολογιστεί το φορτίο της q .

**Δίνονται : $K_C = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$,
 $g = 10 \text{ m/s}^2$.**

[Απ : $0,8 \times 10^{-6} \text{ C}$]

99 Η βάση ενός ισοσκελούς τριγώνου είναι οριζόντια και στις άκρες της βρίσκονται τα φορτία $Q_1 = Q_2 = 5 \times 10^{-6} \text{ C}$. Από την κορυφή του τριγώνου που το επίπεδο του είναι κατακόρυφο αφήνεται σωμάτιο με μάζα $m = 5 \text{ mg}$ και φορτίο $q = -2 \times 10^{-10} \text{ C}$. Να υπολογιστεί η ταχύτητά του τη στιγμή που πέφτοντας διέρχεται από το μέσο της βάσης ΒΓ. Δίνονται: Μήκος βάσης $l = 60 \text{ cm}$, ύψος τριγώνου $h = 40 \text{ cm}$, $g = 10 \text{ m/s}^2$, $K_C = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$.

[Απ : $4,2 \text{ m/s}$]



Σχ. 5.59

Στη βάση του πλάγιου επιπέδου του σχήματος βρίσκεται στερεωμένο το φορτίο $Q=4 \times 10^{-6} \text{ C}$. Σε απόσταση $r=40 \text{ cm}$ από το Q αφήνουμε ένα φορτισμένο σώμα με μάζα $m=4 \times 10^{-4} \text{ kg}$ και φορτίο $q=2 \times 10^{-8} \text{ C}$ (σχ. 3.59). Αν η κίνηση του σωματιδίου γίνεται χωρίς τριβές, να υπολογιστεί:

- α) Η μέγιστη απόσταση από το Q στην οποία θα φτάσει το σωματίδιο.
- β) Η μέγιστη ταχύτητα που θα αποκτήσει όταν απομακρύνεται.

Δίνονται: $g=10\text{m/s}^2$, $\varphi=30^0$,
 $K_c=9\times 10^9\text{Nm}^2/\text{C}^2$.

[Απ : 0,9m, 1m/s]

101 Ένας πυκνωτής έχει από-
συνδεθεί από την πηγή που τον
φόρτισε. Οι οπλισμοί του A και B,
έχουν δυναμικά $V_A=50\text{V}$ και
 $V_B=-50\text{V}$, αντίστοιχα.

α) Ποια είναι η τάση του
πυκνωτή;

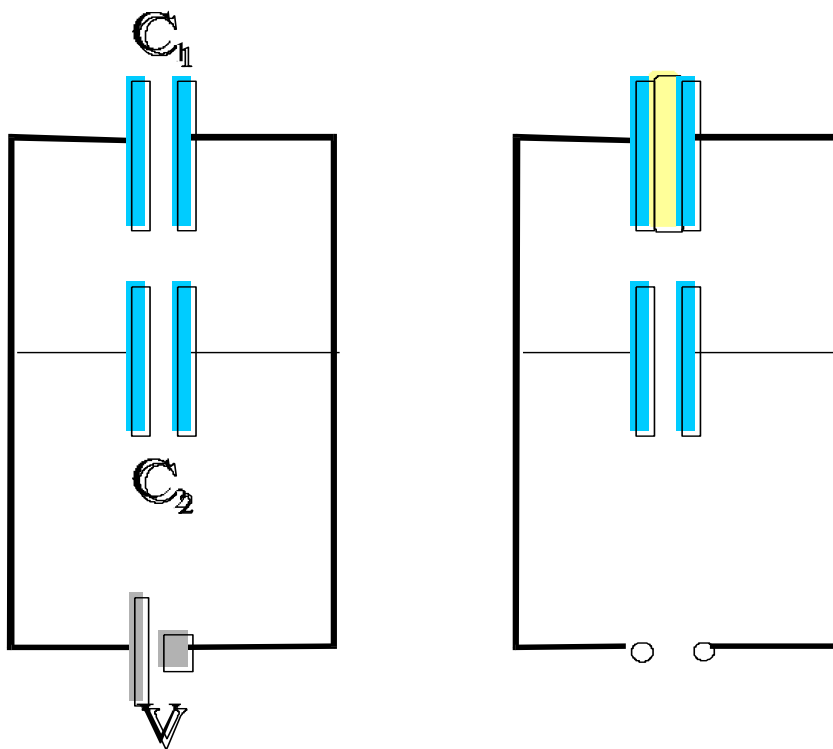
β) Αν γειώσουμε τον οπλισμό B,
θα αλλάξει το φορτίο του πυκνω-
τή;

γ) Ποιο θα είναι το δυναμικό κάθε
οπλισμού, μετά τη γείωση του
οπλισμού B;

[Απ : α) 100 V, β) ΟΧΙ,
γ) 100 V, 0]

102 Το μέγιστο φορτίο επίπεδου πυκνωτή, όταν μεταξύ των οπλισμών του έχει αέρα, είναι $2\mu\text{C}$. Ποιο είναι το μέγιστο φορτίο που μπορεί να φέρει ο πυκνωτής αν ανάμεσα στους οπλισμούς του τοποθετήσουμε γυαλί; Η διηλεκτρική αντοχή του αέρα είναι $E_{\alpha}=3\times 10^6 \text{ V/m}$ και του γυαλιού $E_{\gamma}=14\times 10^6 \text{ V/m}$. Διηλεκτρική σταθερά του γυαλιού $K=5$.
[Απ: $46,7\mu\text{C}$]

103



Σχ. 5.60

Σύστημα δύο πυκνωτών με χωρητικότητες $C_1 = C_2 = 4\mu\text{F}$ συνδέονται μεταξύ τους παράλληλα. Το σύστημα των δύο πυκνωτών συνδέεται με πηγή τάσης $V = 30\text{V}$ (σχ. 5.60) και οι πυκνωτές φορτίζονται. Στη συνέχεια αφού αποσυνδέσουμε την πηγή ανάμεσα στους οπλισμούς του πυκνωτή C_1 εισάγουμε διηλεκτρικό σταθεράς $K = 5$.

α) Να υπολογιστεί το φορτίο κάθε πυκνωτή όταν ήταν συνδεδεμένοι με την πηγή.

β) Να υπολογιστεί η τάση και το φορτίο κάθε πυκνωτή μετά την αποσύνδεσή τους από την πηγή και την εισαγωγή του διηλεκτρικού.

[Απ: α) $q_1=q_2=120\mu\text{C}$,

β) $V'=10\text{V}$, $q_1'=200\mu\text{C}$, $q_2'=40\mu\text{C}$]

104 Διαστημικό όχημα με μάζα $m=8000\text{ kg}$ κατευθύνεται προς τη Γη. Τη στιγμή που βρίσκεται σε ύψος $h=R_\Gamma$ η ταχύτητά του είναι $u_0=8\times 10^3\text{ m/s}$.

α) Αν δεν λειτουργήσουν οι ανασχετικοί πύραυλοί του να υπολογιστεί η ταχύτητα με την οποία θα προσκρούσει στην επιφάνεια της Γης.

β) Αν κατά τη διάρκεια της καθόδου του οχήματος, από το ύψος h μέχρι την επιφάνεια της Γης, λειτουργήσουν οι πύραυλοι, δημιουργώντας σταθερή ανασχετική δύναμη F , να υπολογιστεί η τιμή της ώστε το όχημα να φτάσει στην επιφάνεια της Γης με μηδενική ταχύτητα. Δίνεται η ακτίνα της Γης $R_{\Gamma} = 6400 \text{ km}$ και η ένταση του πεδίου βαρύτητας στην επιφάνεια της Γης $g_0 = 10 \text{ m/s}^2$. Η αντίσταση του αέρα δεν λαμβάνεται υπόψη.

[Απ : $8\sqrt{2} \times 10^3 \text{ m/s}$, $8 \times 10^4 \text{ N}$]

105 Διαστημικός σταθμός περιστρέφεται σε ελλειπτική τροχιά γύρω από τη Γη, με ελάχιστη και μέγιστη απόσταση από το κέντρο της $r_1 = 7 \times 10^6 \text{ m}$ και $r_2 = 9 \times 10^6 \text{ m}$, αντίστοιχα. Αν η ταχύτητά του όταν

βρίσκεται σε απόσταση r_1 (ελάχιστη) είναι $u_1=8\times 10^3\text{ m/s}$, να υπολογιστούν:

α) Η ταχύτητά του όταν βρίσκεται σε απόσταση r_2 (μέγιστη)

β) Η ελάχιστη ενέργεια που πρέπει να προσφερθεί σε μια συσκευή, μάζας $m=140\text{ kg}$, που βρίσκεται στο διαστημικό σταθμό, για να φτάσει στο άπειρο.

Δικαιολογήστε γιατί η ενέργεια αυτή είναι ίδια από οποιοδήποτε σημείο της ελλειπτικής τροχιάς και αν πραγματοποιηθεί η βολή.

Δίνονται η ακτίνα της Γης $R_\Gamma = 6400\text{ km}$ και η ένταση του πεδίου βαρύτητας στην επιφάνεια της Γης $g_0=10\text{ m/s}^2$.

Σημειώσεις: I) Η περιστροφή του διαστημικού σταθμού γίνεται χωρίς οποιαδήποτε χρήση πυραύλων.

II) Η ελκτική δύναμη μεταξύ συσκευής και διαστημικού σταθμού είναι αμελητέα.

$$\text{[Απ : } 6,16 \times 10^3 \text{ m/s, } 3,7 \times 10^9 \text{ J]}$$

106 Ένα διαστημικό όχημα ξεκινά χωρίς αρχική ταχύτητα από το έδαφος και κινείται κατακόρυφα με σταθερή επιτάχυνση $a=32 \text{ m/s}^2$. Τη στιγμή που η ταχύτητά του αποκτά τιμή τέτοια που του επιτρέπει να απομακρυνθεί από το πεδίο βαρύτητας της Γης σταματά η λειτουργία των πυραύλων και το όχημα συνεχίζει την πορεία του. Να υπολογιστεί το ύψος στο οποίο παύουν να λειτουργούν οι πύραυλοι. Δίνονται η ακτίνα της Γης $R_{\Gamma}=6400 \text{ km}$ και η

ένταση του πεδίου βαρύτητας στην επιφάνεια της Γης $g_0=10\text{m/s}^2$.

[Απ : $1,6 \times 10^6 \text{ m}$]

107 Θέλουμε να στείλουμε στο Διάστημα ένα σώμα μάζας $m=200\text{kg}$. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούμε πύραυλο που εκτοξεύεται από την επιφάνεια της Γης, κατακόρυφα προς τα πάνω. Ο πύραυλος ξεκινάει με ταχύτητα μηδέν. Θεωρούμε ότι το σώμα δέχεται από τον πύραυλο σταθερή προωστική δύναμη $F=4000\text{N}$ και ότι τα καύσιμα του πυραύλου διαρκούν μέχρι να φτάσει σε ύψος $0,6 R_\Gamma$ από την επιφάνεια της Γης.

Να υπολογίσετε το ύψος στο οποίο το σώμα θα έχει αποκτήσει την απαραίτητη ταχύτητα για να

διαφύγει στο Διάστημα και την ταχύτητα που θα έχει το σώμα όταν βγει από το πεδίο βαρύτητας της Γης.

Δίνονται η ακτίνα της Γης $R_{\Gamma} = 6400$ km και η ένταση του πεδίου βαρύτητας στην επιφάνεια της Γης $g_0 = 10 \text{ m/s}^2$.

[Απ : $3,2 \times 10^6$ m, $5,06 \times 10^3$ m/s]

108 Ο λόγος των μαζών της Γης και της Σελήνης είναι $\frac{M_{\Gamma}}{M_{\Sigma}} = 81$ και η

απόσταση των κέντρων τους είναι $d = 60 R_{\Gamma}$. Να βρεθεί σε ποιο σημείο της ευθείας που ενώνει τα κέντρα Γης και Σελήνης η ένταση του πεδίου βαρύτητας είναι μηδενική.

Δίνεται η ακτίνα της Γης R_{Γ} .

Αγνοήστε οποιαδήποτε άλλη βαρυ-

τική επίδραση εκτός από αυτές της Γης και της Σελήνης.

[Απ : $x=54R_{\Gamma}$ από το κέντρο της Γης]

109 Διαστημικό όχημα ξεκινά από την επιφάνεια της Γης και κινείται κατακόρυφα. Η προωστική δύναμη των πυραύλων του είναι σε κάθε θέση, για όλη τη διάρκεια της κίνησης, διπλάσια κατά μέτρο και αντίθετης φοράς με το βάρος του. Υπολογίστε την ταχύτητα του όταν φτάσει σε ύψος $h=R_{\Gamma}$.

Δίνονται: $R_{\Gamma}=6400\text{km}$, $g_0=10\text{m/s}^2$.

[Απ : $8 \times 10^3 \text{ m/s}$]



Εικ. 5.15 Ο αστροναύτης στηρίζεται στο δορυφόρο που βρίσκεται σε τροχιά

Ένας δορυφόρος με μάζα $m=100\text{ kg}$ περιστρέφεται, αρχικά σε ύψος R_T πάνω από την επιφάνεια της Γης. Μετά από ορισμένο χρόνο, χάνοντας σιγά – σιγά ύψος, λόγω της αραιής ατμόσφαιρας, περιστρέφεται σε ύψος $7R_T/9$.

α) Να υπολογιστεί η μεταβολή της κινητικής ενέργειας του δορυφόρου.

β) Αν η αραιή ατμόσφαιρα δημιουργεί στην περιοχή της περιστροφής αντίσταση $A=0,2N$, να υπολογιστεί το συνολικό μήκος της ελικοειδούς τροχιάς που διέγραψε ο δορυφόρος για να φτάσει από την αρχική στην τελική τροχιά.

Δίνονται: $R_{\Gamma}=6400km$, $g_0=10m/s^2$.

[Απ: α) $2 \times 10^8 J$, β) $10^9 m$]

111 Διαστημικό όχημα με μάζα $M=8ton$ που μεταφέρει σεληνάκατο μάζας $m=1,5ton$, τίθεται σε τροχιά γύρω από τη Σελήνη σε ύψος $h=R/20$ από την επιφάνειά της (R : η ακτίνα της Σελήνης). Κατά τη διάρκεια της περιστροφής κάποια στιγμή το διαστημικό όχημα ελευθερώνει τη σεληνάκατο με τέτοιο τρόπο ώστε η ταχύτητα της να είναι μηδέν. Η σεληνάκατος αρχίζει τότε

να κατεβαίνει προς τη Σελήνη εκτελώντας ευθύγραμμη κίνηση και φτάνει στην επιφάνειά της με την κατάλληλη χρήση των ανασχετικών πυραύλων έχοντας ταχύτητα μηδέν.

α) Να υπολογιστεί η ταχύτητα του διαστημικού οχήματος αμέσως μετά την αποβολή της σεληνακάτου.

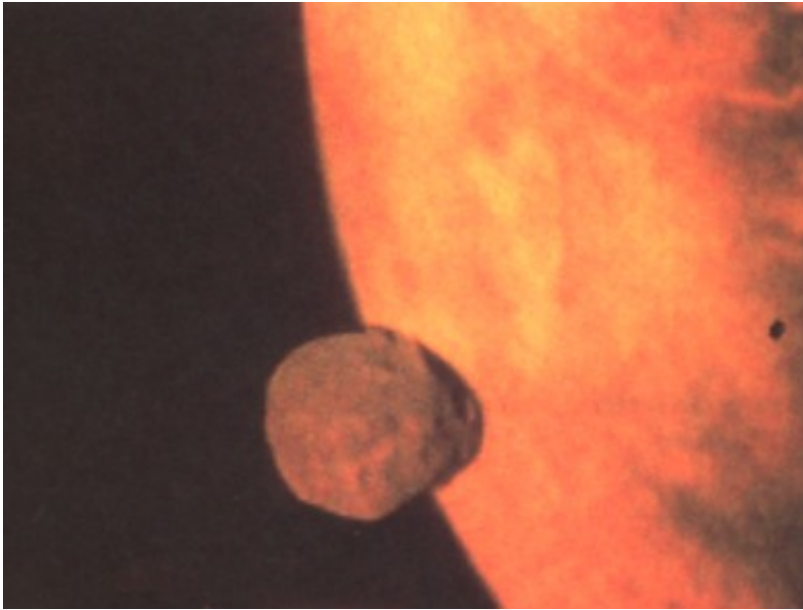
β) Να υπολογιστεί το έργο της δύναμης των ανασχετικών πυραύλων.

Δίνονται: Η επιτάχυνση της βαρύτητας στην επιφάνεια της Σελήνης $g_0 = 1,6 \text{ m/s}^2$ και η ακτίνα της Σελήνης $R = 1680 \text{ km}$. Αγνοήστε την επίδραση άλλων σωμάτων, πλην της Σελήνης.

[Απ : 1900 m/s , $-192 \times 10^6 \text{ J}$]

112 Ένας δορυφόρος με μάζα m κινείται κυκλικά γύρω από τη Γη με ταχύτητα u . Εσωτερική διάταξη προκαλεί έκρηξη με αποτέλεσμα ο δορυφόρος να χωριστεί σε δύο μέρη, από τα οποία το ένα, μάζας m_1 , συνεχίζει να κινείται στην ίδια κυκλική τροχιά που είχε ο δορυφόρος πριν την έκρηξη ενώ το άλλο, μάζας m_2 , αποκτά την απαραίτητη ταχύτητα για να διαφύγει από την έλξη της Γης. Υπολογίστε τις μάζες m_1 και m_2 στις οποίες χωρίστηκε ο δορυφόρος.

$$\text{[Απ: } 2m(\sqrt{2}-1), m(3-2\sqrt{2}) \text{]}$$



Εικ. 5.16 Ο Φόβος, δορυφόρος του Άρη.

Δύο σφαιρικοί πλανήτες έχουν, ο πρώτος ακτίνα $R_1=1334 \times 10^3 \text{ m}$ και μάζα $m_1=1209 \times 10^{19} \text{ kg}$ και ο δεύτερος μάζα $m_2=4m_1$. Οι πλανήτες περιστρέφονται γύρω από το κοινό κέντρο μάζας τους, εκτελώντας κυκλικές κινήσεις χωρίς την επίδραση άλλων δυνάμεων εκτός από τη μεταξύ τους έλξη. Η απόσταση

ανάμεσα στα κέντρα τους είναι $l=40R_1$.

Δίνεται $G=6,673 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$.

- α) Να υπολογιστούν οι ακτίνες περιστροφής τους.
- β) Να υπολογιστεί η ελάχιστη ταχύτητα με την οποία πρέπει να βληθεί ένα βλήμα από την επιφάνεια του πρώτου πλανήτη ώστε να φτάσει στο δεύτερο.

Σημείωση: Θα θεωρήσετε ότι οι πλανήτες δεν περιστρέφονται γύρω από τον άξονά τους και ότι δεν έχουν ατμόσφαιρα.

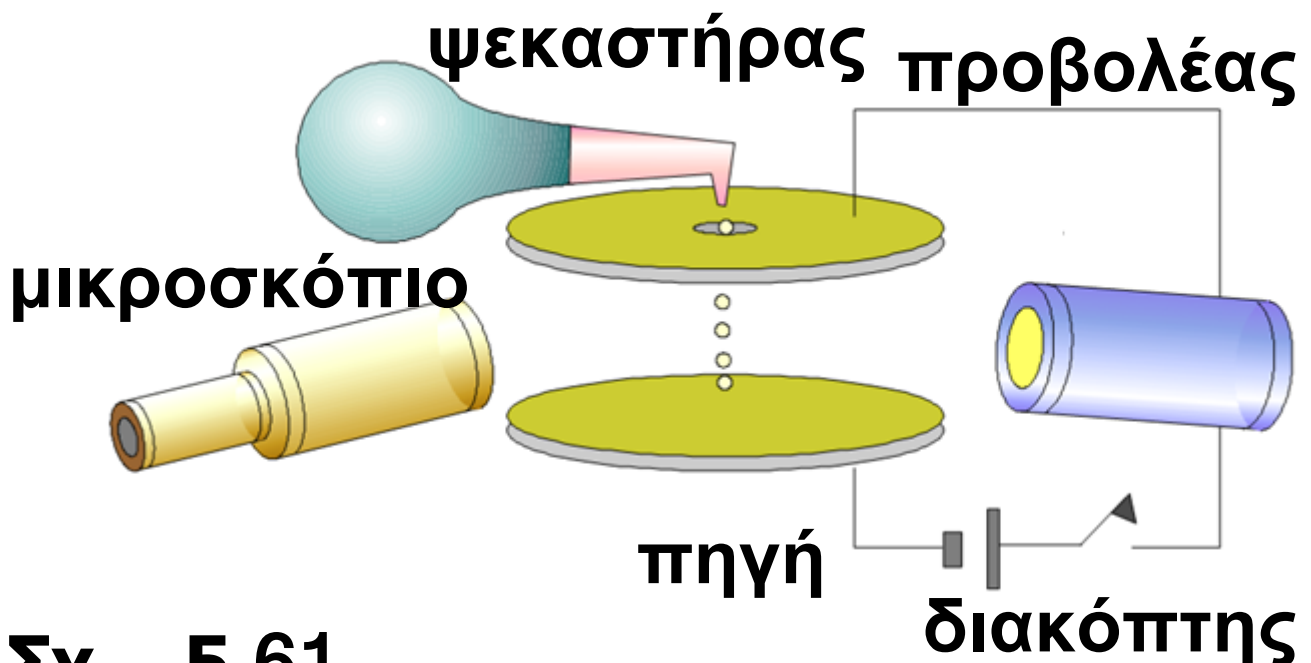
[Απ: $42,69 \times 10^6 \text{ m}$, $10,67 \times 10^6 \text{ m}$, $1025,8 \text{ m/s}$]

ΕΝΘΕΤΟ ΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ ΤΟΥ MILLIKAN

Την περίοδο 1909-1913, ο Robert Millikan (Μίλικαν), με ένα εμπνευσμένα απλό πείραμα που πραγματοποίησε στο πανεπιστήμιο του Σικάγου, μέτρησε για πρώτη φορά το στοιχειώδες φορτίο e και απέδειξε ότι το ηλεκτρικό φορτίο είναι κβαντισμένο -υπάρχει δηλαδή μόνο σε διακριτές ποσότητες, που είναι ακέραια πολλαπλάσια του στοιχειώδους φορτίου e .

Στο σχήμα βλέπουμε το μοντέλο της πειραματικής συσκευής του Millikan. Αποτελείται από δύο παράλληλες μεταλλικές πλάκες. Η πάνω πλάκα έχει μια μικρή τρύπα από την οποία διέρχονται μικρά σταγονίδια λαδιού. Τα σταγονίδια αυτά είναι φορτισμένα λόγω της τριβής τους με το ακροφύσιο του

ψεκαστήρα με το οποίο ψεκάζεται το λάδι. Μια οριζόντια δέσμη φωτός φωτίζει τα σταγονίδια λαδιού, τα οποία μπορούν να παρατηρηθούν με ένα μικροσκόπιο. Καθώς το φως πέφτει πάνω στα σταγονίδια αυτά φαίνονται σαν λαμπερά σημεία μέσα στο σκοτάδι.



Σχ. 5.61

Το μοντέλο της συσκευής του Millikan

Έστω ένα σταγονίδιο μάζας m που είναι φορτισμένο με αρνητικό φορτίο q , λόγω της τριβής του με το ακροφύσιο του ψεκαστήρα. Εάν δεν

υπάρχει ηλεκτρικό πεδίο ανάμεσα στις πλάκες, στο σταγονίδιο δρουν δυο δυνάμεις : το βάρος του $m\mathbf{g}$ που κατευθύνεται προς τα κάτω, και η αντίσταση του αέρα $\mathbf{F}$, που κατευθύνεται προς τα πάνω.



**Εικ. 5.17 Robert Millikan (1868-1953).
Ηνωμένες Πολιτείες..**

Η αντίσταση (F) δεν είναι σταθερή αλλά εξαρτάται από την ταχύτητα με την οποία πέφτει το σταγονίδιο. Για μικρές ταχύτητες, η αντίσταση που δέχεται στον αέρα μια μικρή σφαίρα, όπως οι σταγόνες του λαδιού, δίνεται από τη σχέση

$$F = C u = 6 \pi \mu r u$$

όπου μ το ιξώδες του αέρα
(ιξώδες: ένα μέγεθος που δείχνει
πόσο παχύρρευστο είναι ένα
ρευστό), r η ακτίνα της σταγόνας
και u η ταχύτητά της.

Όσο το βάρος mg είναι μεγαλύτερο από την αντίσταση, η σταγόνα επιταχύνεται. Καθώς όμως η ταχύτητά της αυξάνεται, μεγαλώνει η αντίσταση και σύντομα γίνεται αντίθετη με το βάρος. Τότε η σταγόνα αποκτά μια τελική, οριακή ταχύτητα.

$$mg = F \quad \text{άρα} \quad mg = 6\pi\mu ru \quad (5.65)$$

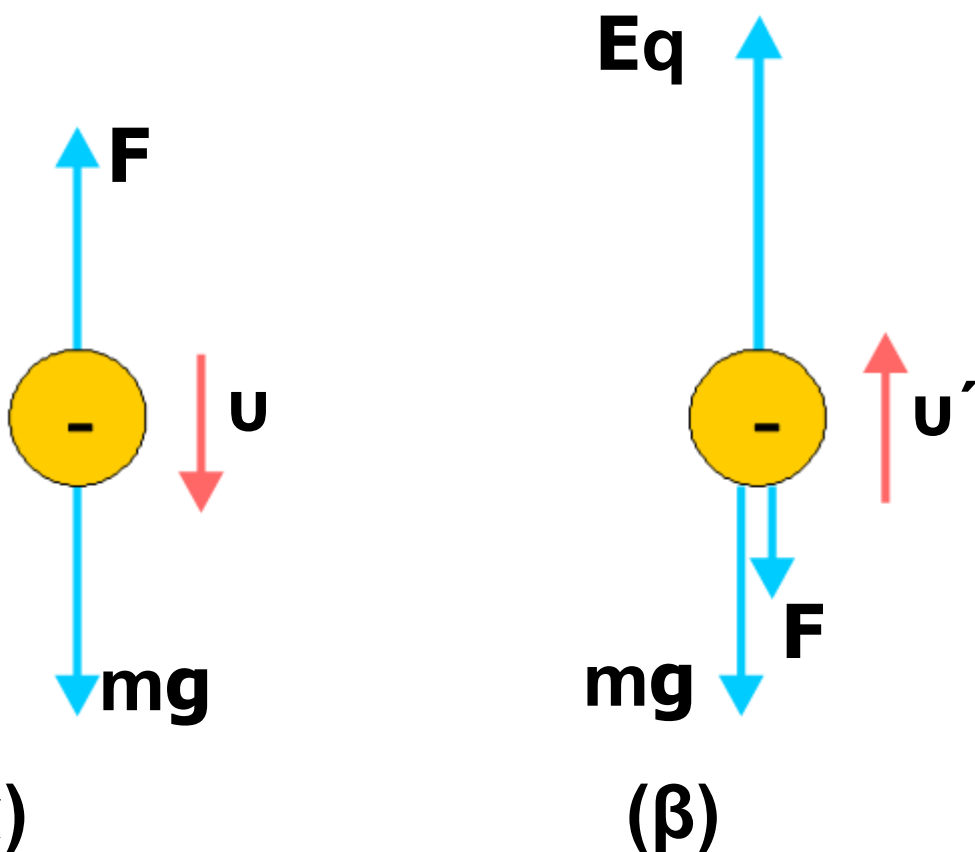
Η μάζα της σταγόνας μπορεί να γραφεί $m = V\rho$, όπου ρ η πυκνότητα και V ο όγκος της σταγόνας. Ο

$$\text{όγκος της σταγόνας είναι } V = \frac{4}{3}\pi r^3$$

(όγκος σφαίρας). Οπότε η σχέση (5.65) γίνεται

$$\frac{4}{3}\pi r^3 \rho g = 6\pi \mu r v \quad \text{ή}$$
$$\frac{4}{3}\pi r^2 \rho g = 6\pi \mu v \quad (5.66)$$

Η ταχύτητα με την οποία κινείται ένα σταγονίδιο είναι μερικά εκατοστά του εκατοστού του μέτρου το δευτερόλεπτο και επομένως είναι δυνατόν να μετρηθεί, οπότε η σχέση (5.66) μας δίνει την ακτίνα της σταγόνας.



Σχ. 5.62 (α) Οι δυνάμεις στην σταγόνα που πέφτει με την οριακή της ταχύτητα u . (β) Οι δυνάμεις παρουσία του ηλεκτρικού πεδίου.

Έστω τώρα ότι συνδέουμε τις δύο πλάκες με τους πόλους μιας πηγής, έτσι ώστε η επάνω πλάκα να έχει το υψηλό δυναμικό. Τώρα εκτός από τις δύο δυνάμεις που αναφέρθηκαν προηγουμένως, στο σταγονίδιο ασκείται και μια δύναμη από το πεδίο Eq . Υποθέσαμε ότι το

φορτίο q είναι αρνητικό, επομένως η ηλεκτρική δύναμη κατευθύνεται προς τα πάνω. Από το μέτρο της δύναμης θα εξαρτηθεί αν το σταγονίδιο θα συνεχίσει να κινείται προς τα κάτω, με μικρότερη ταχύτητα, ή θα αντιστρέψει την κίνησή του. Όπως και να 'χει η συνισταμένη των τριών δυνάμεων γίνεται πάλι μηδέν και τότε η σταγόνα τελικά αποκτά μια νέα οριακή ταχύτητα.

Ας πάρουμε την περίπτωση όπου η ηλεκτρική δύναμη είναι αρκετά μεγάλη και το σταγονίδιο κινείται προς τα πάνω, τότε η αντίσταση F , κατευθύνεται προς τα κάτω. Αν u' είναι η νέα οριακή ταχύτητα που θα αποκτήσει η σταγόνα, ισχύει

$$\Sigma F = 0 \quad \text{επομένως}$$

$$qE - \frac{4}{3}\pi r^3 \rho g - 6\pi \mu r u' = 0$$

Μετρώντας την $υ'$ και έχοντας ήδη υπολογίσει την ακτίνα, από την σχέση (3.66) μπορούμε να υπολογίσουμε το φορτίο q .

Με μια μεγάλη σειρά μετρήσεων ο Millikan βρήκε ότι το φορτίο κάθε σταγόνας ήταν ακέραιο πολλαπλάσιο μιας στοιχειώδους ποσότητας φορτίου e . Έκανε ακόμα την υπόθεση ότι, το φορτίο αυτό ήταν ίσο, σε απόλυτη τιμή, με το φορτίο ενός ηλεκτρονίου. Η υπόθεσή του επιβεβαιώθηκε. Για την εργασία του αυτή ο Millikan τιμήθηκε το 1923 με το βραβείο Νόμπελ.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ 6ου τόμου

5. Ηλεκτρικό πεδίο

Σύνοψη	5
Δραστηριότητες	16
Ερωτήσεις	17
Ασκήσεις	45
Προβλήματα	72
Ένθετο. Το πείραμα του Millikan.....	104

Βάσει του ν. 3966/2011 τα διδακτικά βιβλία του Δημοτικού, του Γυμνασίου, του Λυκείου, των ΕΠΑ.Λ. και των ΕΠΑ.Σ. τυπώνονται από το ΙΤΥΕ - ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ και διανέμονται δωρεάν στα Δημόσια Σχολεία. Τα βιβλία μπορεί να διατίθενται προς πώληση, όταν φέρουν στη δεξιά κάτω γωνία του εμπροσθόφυλλου ένδειξη «ΔΙΑΤΙΘΕΤΑΙ ΜΕ ΤΙΜΗ ΠΩΛΗΣΗΣ». Κάθε αντίτυπο που διατίθεται προς πώληση και δεν φέρει την παραπάνω ένδειξη θεωρείται κλεψίτυπο και ο παραβάτης διώκεται σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου 7 του νόμου 1129 της 15/21 Μαρτίου 1946 (ΦΕΚ 1946,108, Α').

Απαγορεύεται η αναπαραγωγή οποιουδήποτε τμήματος αυτού του βιβλίου, που καλύπτεται από δικαιώματα (copyright), ή η χρήση του σε οποιαδήποτε μορφή, χωρίς τη γραπτή άδεια του Υπουργείου Παιδείας, Θρησκευμάτων και Αθλητισμού / ΙΤΥΕ - ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ.