

Φυσική

Τεύχος Β΄
Ομάδας Προσανατολισμού
Θετικών Σπουδών &
Σπουδών Υγείας

Γ΄ τάξη
Γενικού Λυκείου

5ος τόμος

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΡΧΙΚΗΣ ΕΚΔΟΣΗΣ

**ΣΥΓΓΡΑΦΕΙΣ: ΑΛΕΚΟΣ ΙΩΑΝΝΟΥ
ΓΙΑΝΝΗΣ ΝΤΑΝΟΣ
ΑΓΓΕΛΟΣ ΠΗΤΤΑΣ
ΣΤΑΥΡΟΣ ΡΑΠΤΗΣ**

Ε.Π.Ε.Α.Ε.Κ.

**Υποπρόγραμμα 1: ΓΕΝΙΚΗ ΚΑΙ
ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ**

**Μέτρο 1.1: ΑΝΑΜΟΡΦΩΣΗ ΠΡΟ-
ΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΓΕΝΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙ-
ΔΕΥΣΗΣ**

**Ενέργεια 1.1α: Προγράμματα -
βιβλία**

**ΕΡΓΟ: ΑΝΑΔΙΑΤΥΠΩΣΗ ΚΑΙ ΕΚ-
ΣΥΓΧΡΟΝΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΠΡΟΓΡΑΜ-
ΜΑΤΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ
ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΜΕ ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΠΑ-
ΡΑΓΩΓΗ ΔΙΔΑΚΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ**

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»



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
ανάπτυξη στην κοινωνία της γνώσης
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ
2007-2013
Πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Οι διορθώσεις πραγματοποιήθηκαν κατόπιν έγκρισης του Δ.Σ. του Ινστιτούτου Εκπαιδευτικής Πολιτικής

**Η αξιολόγηση, η κρίση
των προσαρμογών και
η επιστημονική επιμέλεια
του προσαρμοσμένου βιβλίου
πραγματοποιείται από τη Μονάδα
Ενταξιακής και Ειδικής
Εκπαίδευσης του Ινστιτούτου
Εκπαιδευτικής Πολιτικής.**

**Η προσαρμογή του βιβλίου
για μαθητές με μειωμένη όραση
από το ΙΤΥΕ – ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ
πραγματοποιείται με βάση
τις προδιαγραφές που έχουν
αναπτυχθεί από ειδικούς
εμπειρογνώμονες για το ΙΕΠ.**

**ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΒΙΒΛΙΟΥ
ΓΙΑ ΜΑΘΗΤΕΣ
ΜΕ ΜΕΙΩΜΕΝΗ ΟΡΑΣΗ**

ΙΤΥΕ - ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ

**ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ,
ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗΣ
ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ**

**Α. ΙΩΑΝΝΟΥ - Γ. ΝΤΑΝΟΣ
Α. ΠΗΤΤΑΣ - Σ. ΡΑΠΤΗΣ**

**Η συγγραφή και η επιστημονική
επιμέλεια του βιβλίου
πραγματοποιήθηκε υπό την αιγίδα
του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου**

Φυσική

Τεύχος Β΄

Ομάδας Προσανατολισμού

Θετικών Σπουδών &

Σπουδών Υγείας

Γ΄ τάξη Γενικού Λυκείου

5ος τόμος

Ι.Τ.Υ.Ε. «ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ»



ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΠΕΔΙΟ

3

Διηλεκτρικά 6

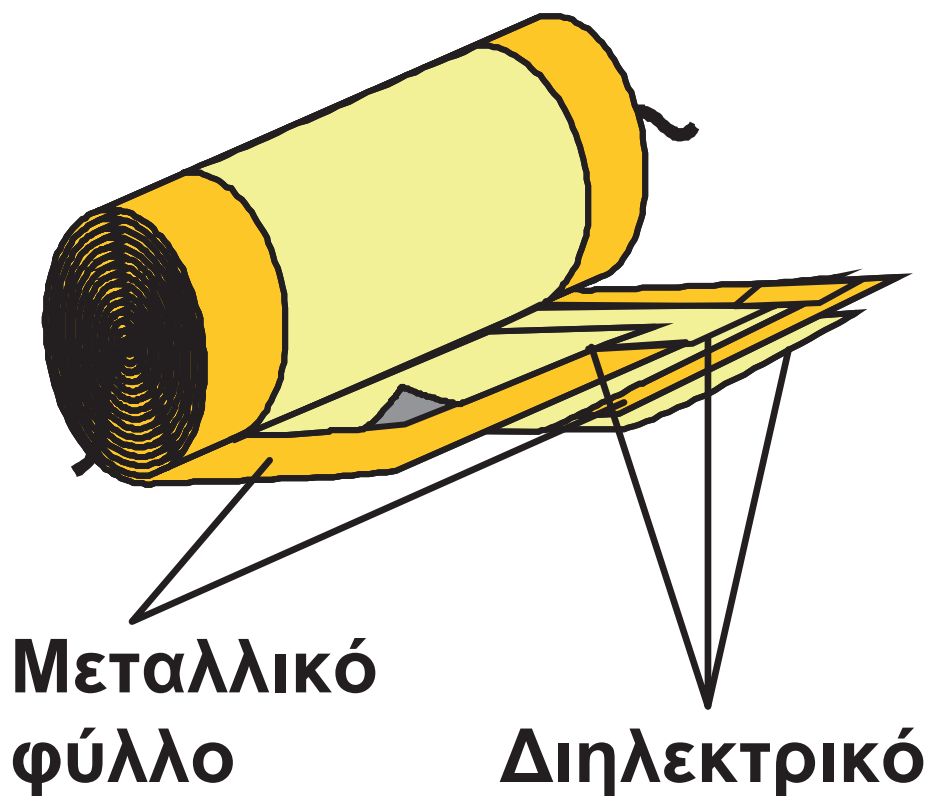
Βαρυτικό πεδίο 26

Σύνοψη 62

Ασκήσεις..... 88

3-11 ΠΥΚΝΩΤΕΣ ΚΑΙ ΔΙΗΛΕΚΤΡΙΚΑ

Διηλεκτρικά ή μονωτές ονομάζονται τα υλικά όπως το λάδι, το γυαλί, το λαδόχαρτο κ.ά., που δεν επιτρέπουν την κίνηση ηλεκτρικών φορτίων στο εσωτερικό τους. Οι περισσότεροι πυκνωτές έχουν ένα διηλεκτρικό ανάμεσα στους οπλισμούς τους. Ένας συνηθισμένος τύπος πυκνωτή αποτελείται από δύο μακριές λουρίδες μεταλλικών φύλλων, που είναι οι οπλισμοί, ανάμεσα στις οποίες βρίσκεται ένα φύλλο πλαστικού. Ένα τέτοιο σύστημα «σάντουιτς» (σχ. 3.40) τυλίγεται σε μορφή ρολού και ο πυκνωτής που δημιουργείται με αυτόν τον τρόπο μπορεί να έχει χωρητικότητα αρκετά μικροφάραντ.



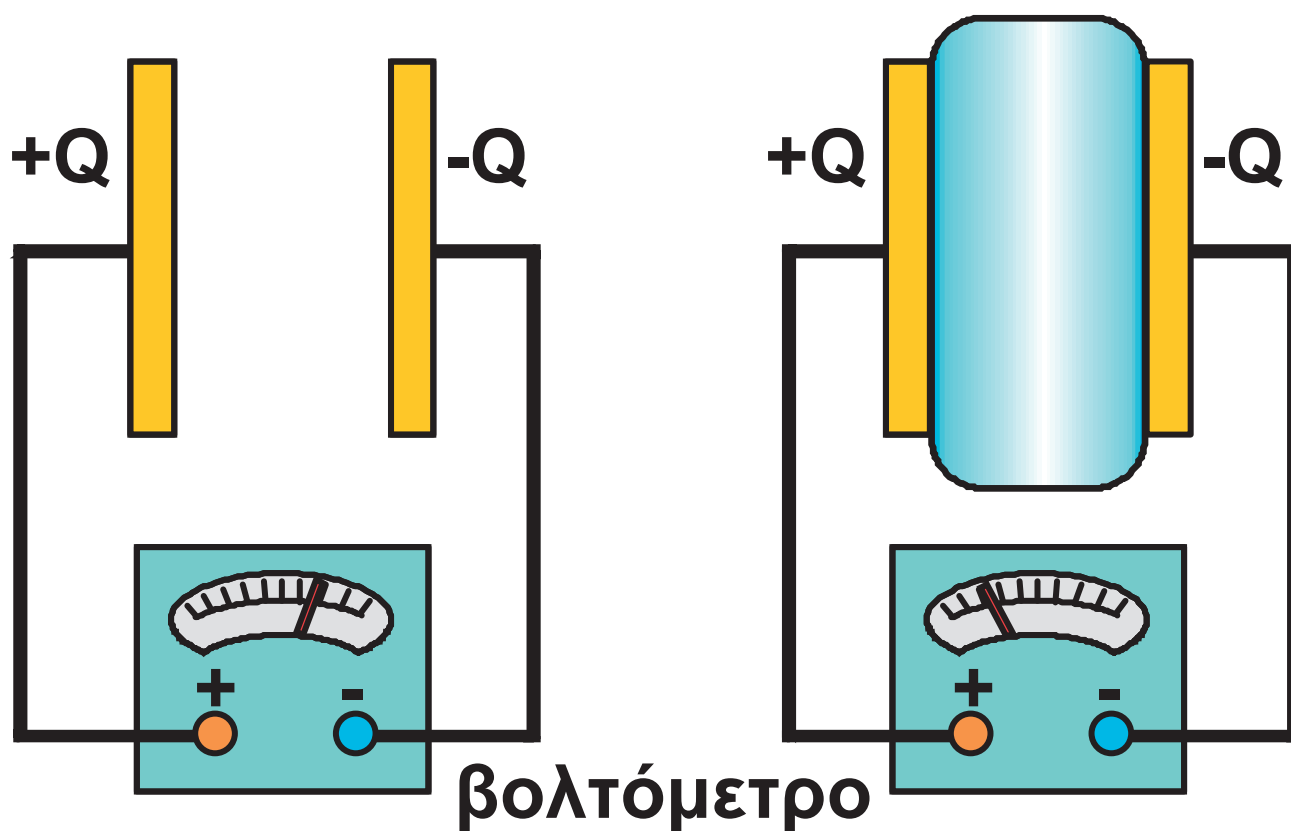
Σχ. 3.40 Πυκνωτής «σάντουιτς».
Αποτελείται από δυο μεταλλικά
φύλλα που διαχωρίζονται από διη-
λεκτρικό.

Η τοποθέτηση διηλεκτρικού με-
ταξύ των οπλισμών ενός πυκνωτή
εξυπηρετεί τρεις λειτουργίες. α) λύ-
νει το πρόβλημα της συγκράτησης
των οπλισμών του πυκνωτή σε μι-
κρή απόσταση μεταξύ τους χωρίς

να έρχονται σε επαφή (οι οπλισμοί του πυκνωτή επειδή έχουν αντίθετα φορτία, έλκονται και έχουν την τάση να ακουμπήσουν). β) πολλές φορές τα ηλεκτρικά πεδία που δημιουργούνται ανάμεσα στους οπλισμούς του πυκνωτή είναι πολύ ισχυρά και υπάρχει ο κίνδυνος να δημιουργηθεί σπινθήρας, ο οποίος καταστρέφει τον πυκνωτή. Επειδή πολλοί μονωτές αντέχουν σε ισχυρότερα πεδία από τα πεδία που αντέχει ο αέρας είναι προτιμότερη η χρήση τους. Η μέγιστη ένταση ηλεκτρικού πεδίου στην οποία αντέχει ένας μονωτής ονομάζεται διηλεκτρική αντοχή. γ) με τη χρήση διηλεκτρικού αυξάνεται η χωρητικότητα ενός πυκνωτή.

Το τελευταίο μπορούμε να το παρατηρήσουμε εύκολα ως εξής.

Με ένα βολτόμετρο μετράμε τη διαφορά δυναμικού ανάμεσα στους οπλισμούς ενός φορτισμένου πυκνωτή που έχει αποσυνδεθεί από την πηγή που τον φόρτισε. Έστω ότι μας δείχνει τιμή V_0 . Αν ανάμεσα στους οπλισμούς του πυκνωτή βάλουμε ένα φύλλο διηλεκτρικού -γυαλί, χαρτί, πλαστικό- η διαφορά δυναμικού παίρνει τιμή V μικρότερη από την αρχική. Όταν απομακρύνουμε το διηλεκτρικό η διαφορά δυναμικού επανέρχεται στην αρχική της τιμή V_0 .



Σχ. 3.41 Εάν τοποθετήσουμε διηλεκτρικό ανάμεσα στους οπλισμούς φορτισμένου πυκνωτή το βολτόμετρο δείχνει ότι η διαφορά δυναμικού μειώνεται.

Αφού με την εισαγωγή του διηλεκτρικού η τάση ελαττώνεται ενώ το φορτίο παραμένει αμετάβλητο, η χωρητικότητα του πυκνωτή αυξάνεται.
Αν η χωρητικότητα του πυκνωτή

με το διηλεκτρικό είναι C ενώ χωρίς το διηλεκτρικό είναι C_0 , ο λόγος

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

(3.49)

λέγεται διηλεκτρική σταθερά του υλικού.

Η διηλεκτρική σταθερά K είναι καθαρός αριθμός, μεγαλύτερος της μονάδας και χαρακτηρίζει το υλικό.

Η χωρητικότητα ενός επίπεδου πυκνωτή με διηλεκτρικό είναι:

$$C = K C_0 \quad \text{ή} \quad C = K \epsilon_0 \frac{A}{d}$$

Ας δούμε όμως πού οφείλεται η αύξηση της χωρητικότητας ενός πυκνωτή όταν ανάμεσα στους οπλισμούς του τοποθετηθεί διηλεκτρικό.

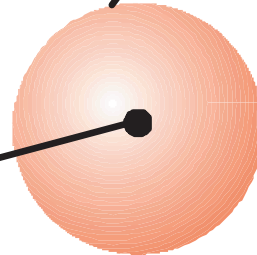
Από τη σχέση $C = Q/V$ προκύπτει ότι εφ' όσον το φορτίο παραμένει

αμετάβλητο και η χωρητικότητα αυξάνεται κατά τον παράγοντα K , με την εισαγωγή του διηλεκτρικού η τάση του πυκνωτή ελαττώνεται κατά τον ίδιο παράγοντα (K). Γνωρίζουμε ότι στο ομογενές ηλεκτρικό πεδίο ή ένταση είναι $E = V/d$. Αφού η τάση του πυκνωτή ελαττώνεται κατά τον παράγοντα K και η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου μεταξύ των οπλισμών του γίνεται K φορές μικρότερη. Επομένως τα φορτία που δημιουργούν το πεδίο πρέπει να έχουν μειωθεί. Αν και το φορτίο στους οπλισμούς του πυκνωτή παραμένει αμετάβλητο, το ηλεκτρικό του πεδίο προκαλεί ανακατανομή στα φορτία του διηλεκτρικού. Το φαινόμενο ονομάζεται πόλωση.

Τα μόρια του διηλεκτρικού ή είναι δίπολα ή γίνονται δίπολα όταν εισάγονται σε ηλεκτρικό πεδίο (σχ. 3.42).

Σφαιρική κατανομή
φορτίου $-Ze$

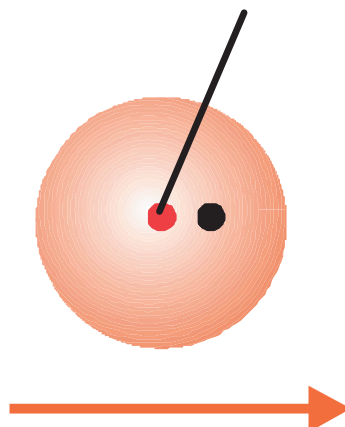
Πυρήνας
φορτίο
 $+Ze$



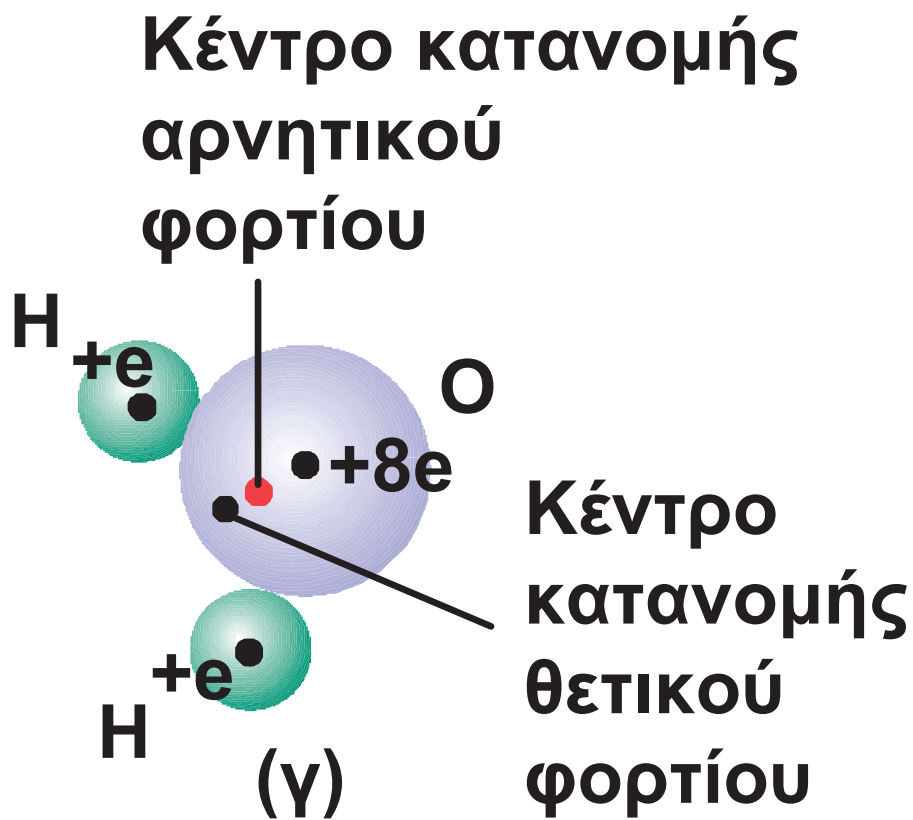
$$E = 0$$

(α)

Κέντρο σφαιρικής
κατανομής αρνητικού
φορτίου

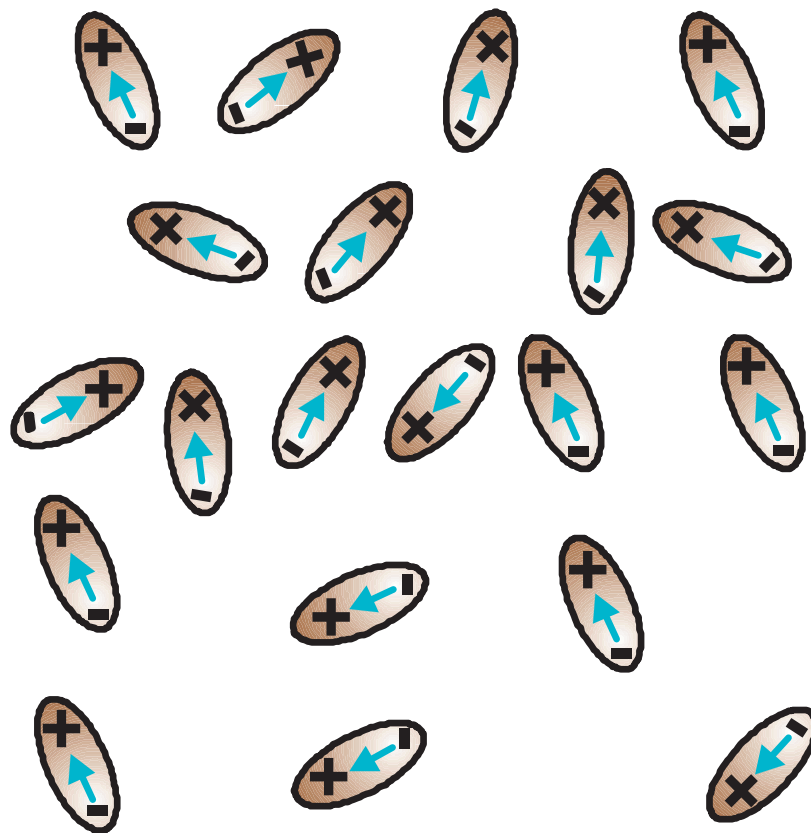


(β)



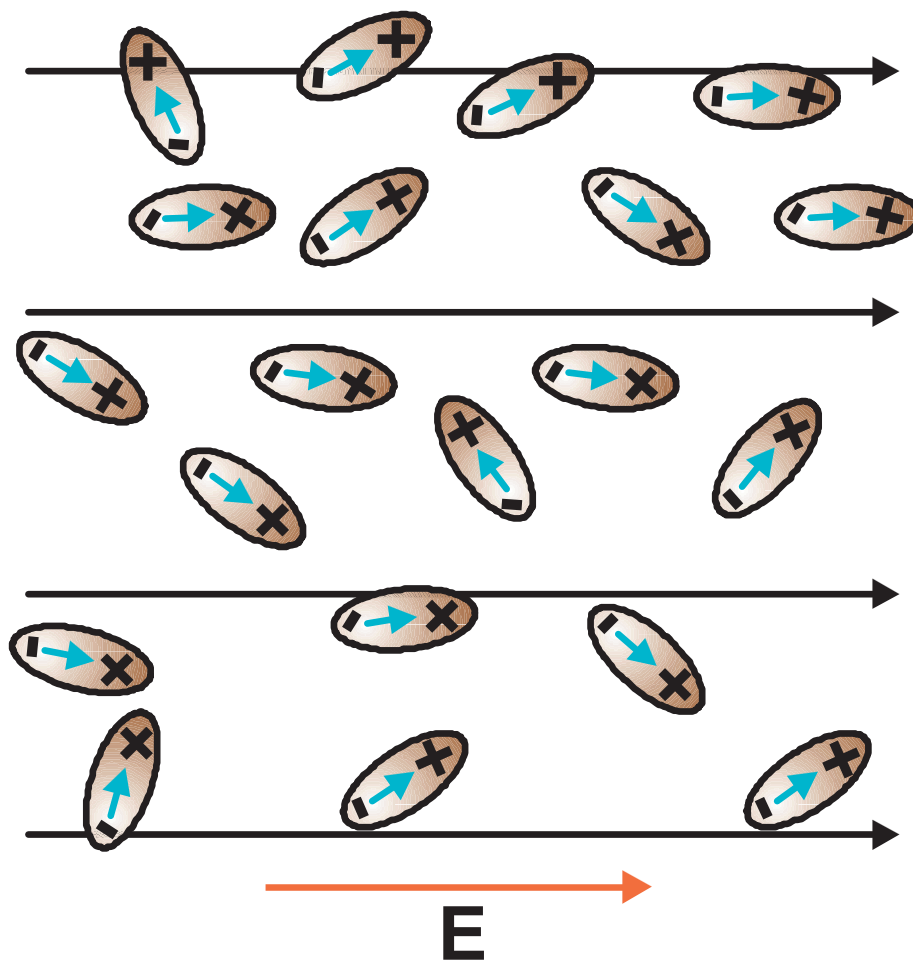
Σχ. 3.42 (α) Ένα απλό μονοατομικό μόριο εκτός ηλεκτρικού πεδίου δεν είναι δίπολο. Το κέντρο της κατανομής του αρνητικού φορτίου συμπίπτει με τον πυρήνα όπου είναι συγκεντρωμένο το θετικό φορτίο. **(β)** Το ίδιο μόριο όταν βρίσκεται μέσα σε ηλεκτρικό πεδίο μετατρέπεται σε δίπολο. **(γ)** Κάποια μόρια, όπως αυτό του νερού, είναι δίπολα από την κατασκευή τους, είτε βρίσκονται σε ηλεκτρικό πεδίο είτε όχι.

Τα δίπολα αυτά προσανατολίζονται όταν βρεθούν στο ομογενές ηλεκτρικό πεδίο που δημιουργείται μεταξύ των οπλισμών του πυκνωτή (σχ. 3.43).



$$E = 0$$

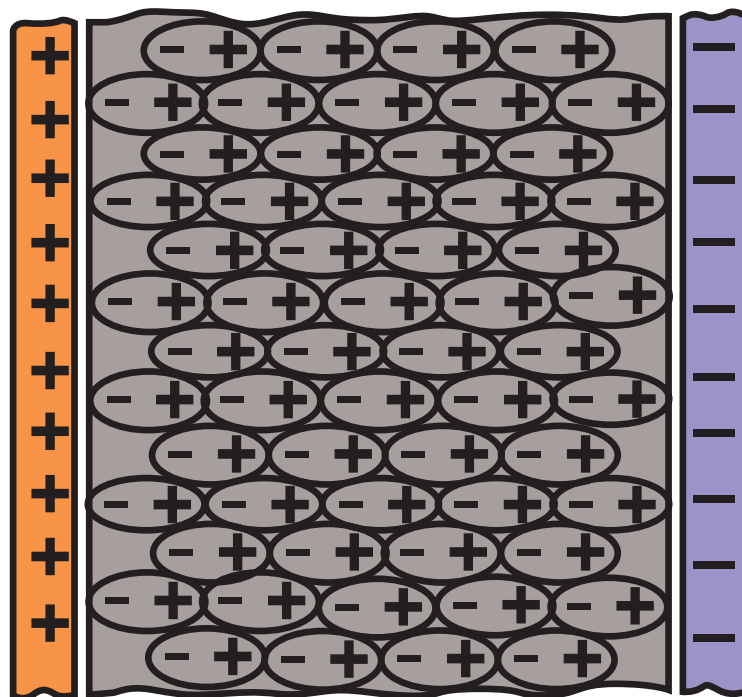
(α)

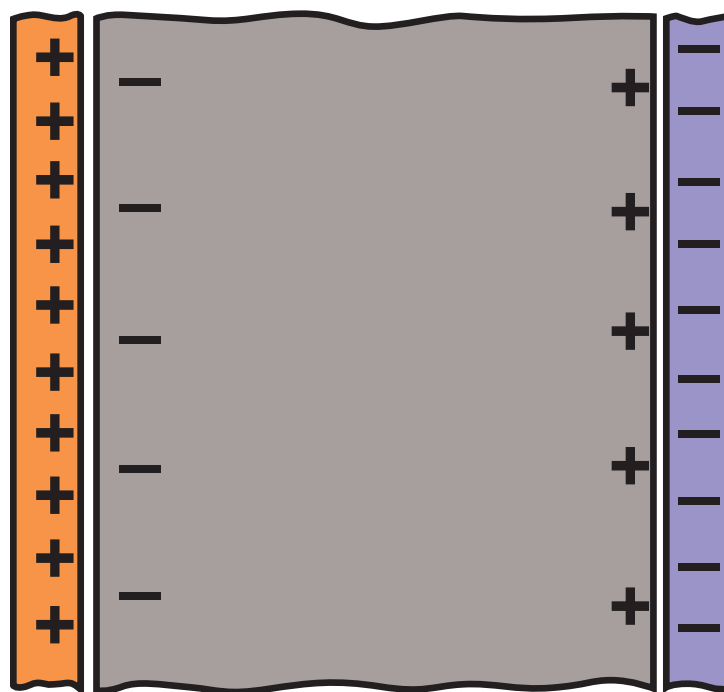


(β)

Σχ. 3.43 (α) Όταν τα δίπολα βρίσκονται εκτός ηλεκτρικού πεδίου είναι τυχαία προσανατολισμένα. (β) Τα δίπολα που βρίσκονται μέσα σε ηλεκτρικό πεδίο τείνουν να ευθυγραμμισθούν με αυτό. Η ευθυγράμμιση δεν είναι απόλυτη, λόγω της θερμικής κίνησης των μορίων.

Ο προσανατολισμός των διπόλων έχει ως αποτέλεσμα η επιφάνεια του διηλεκτρικού που βρίσκεται σε επαφή με τον θετικό οπλισμό να εμφανίζει αρνητικό φορτίο και η επιφάνεια που βρίσκεται σε επαφή με τον αρνητικό οπλισμό, θετικό φορτίο (σχ. 3.44). Έτσι το συνολικό φορτίο που δημιουργεί το πεδίο είναι μικρότερο από το φορτίο που φέρουν οι οπλισμοί.





Σχ. 3.44 Το διηλεκτρικό μέσα στο ομογενές πεδίο του πυκνωτή πολώνεται. Τα επαγόμενα φορτία στις επιφάνειες του διηλεκτρικού ελαττώνουν το ηλεκτρικό πεδίο στο εσωτερικό του πυκνωτή.

Η διηλεκτρική σταθερά και η διηλεκτρική αντοχή διαφόρων υλικών

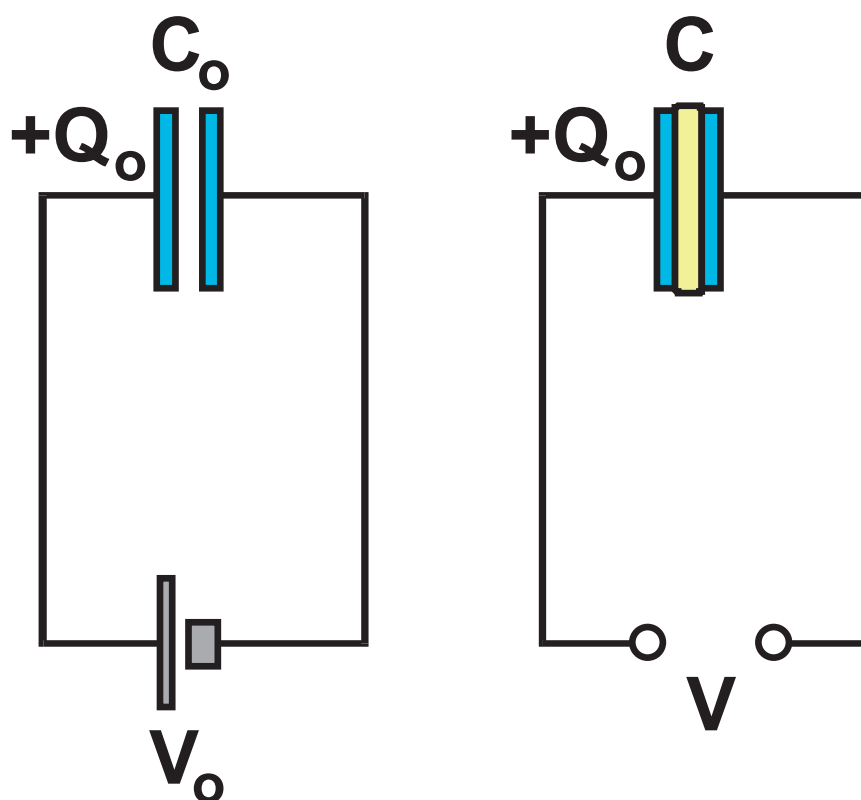
Υλικό	Διηλεκτρική σταθερά κ	Διηλεκτρική αντοχή (V/m)
Κενό	1	Άπειρη
Αέρας	1,00059	$3 \cdot 10^6$
Γυαλί	5,6	$14 \cdot 10^6$
Νάιλον	3,4	$14 \cdot 10^6$
Χαρτί	3,7	$16 \cdot 10^6$
Λάδι σιλικόνης	2,5	$15 \cdot 10^6$



Εικ. 3.8 Καταιγίδα πάνω από το Manhattan. Όταν η ένταση του πεδίου ανάμεσα στα σύννεφα και την επιφάνεια της Γης γίνει μεγαλύτερη από τη διηλεκτρική αντοχή του αέρα ο αέρας γίνεται αγώγιμος. Με τους κεραυνούς μεγάλες ποσότητες φορτίου μεταφέρονται, μέσω του αέρα, στη Γη. Κάθε κεραυνός φέρει περίπου 10^{20} ηλεκτρόνια.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 3.11

Φορτίζουμε πυκνωτή χωρητικότητας C_0 , σε τάση V_0 . Στη συνέχεια αποσυνδέουμε την πηγή και εισάγουμε ανάμεσα στους οπλισμούς του πυκνωτή διηλεκτρικό με διηλεκτρική σταθερά K . Βρείτε την τάση του πυκνωτή μετά την εισαγωγή του διηλεκτρικού.



Σχ. 3.45

Απάντηση:

Το φορτίο που απέκτησε ο πυκνωτής κατά τη φόρτισή του είναι

$$Q_o = C_o V_o \quad (3.50)$$

Μετά την εισαγωγή του διηλεκτρικού, το φορτίο του παραμένει το ίδιο, αφού ο πυκνωτής έχει αποσυνδεθεί από την πηγή, όμως η χωρητικότητά του έγινε

$$C = KC_o \quad (3.51)$$

Αν V η τάση του πυκνωτή μετά την εισαγωγή του διηλεκτρικού είναι

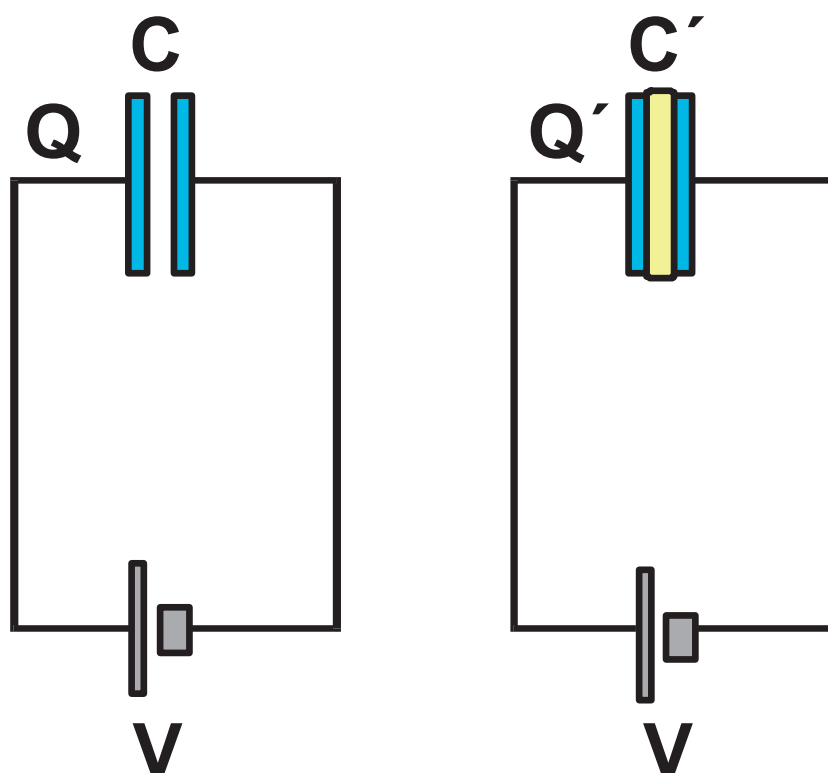
$$V = \frac{Q_o}{C} \text{ και λόγω των (3.50)}$$

$$\text{και (3.51)} \quad V = \frac{C_o V_o}{KC_o} = \frac{V_o}{K}$$

Παρατηρούμε ότι η τάση του πυκνωτή είναι K φορές μικρότερη από την αρχική.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 3.12

Επίπεδος πυκνωτής με χωρητικότητα $C = 5 \mu\text{F}$, συνδέεται με πηγή τάσης $V = 10 \text{ V}$. Χωρίς να αποσυνδέσουμε τον πυκνωτή από την πηγή, εισάγουμε ανάμεσα στους οπλισμούς του μια πλάκα διηλεκτρικού, διηλεκτρικής σταθεράς $K = 5$, που καταλαμβάνει ολόκληρο το χώρο μεταξύ των οπλισμών του. Να υπολογιστεί η αύξηση του φορτίου, που προκάλεσε η εισαγωγή του διηλεκτρικού.



Σχ. 3.46

Απάντηση:

Το φορτίο του πυκνωτή, πριν εισαχθεί το διηλεκτρικό, ήταν:

$$Q = C V = 50 \mu\text{C}$$

Μετά την εισαγωγή του διηλεκτρικού η χωρητικότητα του πυκνωτή έγινε C' :

$$C' = K C = 25 \mu\text{F}$$

**Εφ' όσον ο πυκνωτής παρέμεινε
συνδεδεμένος με την πηγή, η τάση
στους οπλισμούς του έμεινε σταθε-
ρή, ίση με την τάση V της πηγής.
Το φορτίο του, μετά την εισαγωγή
του διηλεκτρικού, είναι:**

$$Q' = C'V = 250 \mu\text{C}$$

**Επομένως η αύξηση φορτίου που
προκάλεσε η εισαγωγή του διηλε-
κτρικού στον πυκνωτή είναι:**

$$Q' - Q = 200 \mu\text{C}$$

3-12 ΤΟ ΒΑΡΥΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ

Δύο σώματα με πολύ μικρές διαστάσεις (σημειακές μάζες), που έχουν μάζες m_1 και m_2 και βρίσκονται σε απόσταση r μεταξύ τους, έλκονται με δύναμη που έχει μέτρο

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

όπου G η σταθερά της παγκόσμιας έλξης, $G = 6,673 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$. Η δύναμη αυτή, όπως και η δύναμη Coulomb, είναι διατηρητική και κεντρική¹.

¹ Κεντρικές λέγονται οι δυνάμεις που ασκούνται μεταξύ δύο σωμάτων και των οποίων ο φορέας συμπίπτει με την ευθεία που ενώνει τα κέντρα μάζας των σωμάτων.



Σχ. 3.47 Δυο σημειακές μάζες που απέχουν απόσταση r έλκονται με δύναμη που είναι ανάλογη του γινομένου των μαζών και αντίστροφα ανάλογη του τετραγώνου της απόστασής τους.

Η παραπάνω σχέση δίνει και τη δύναμη που αναπτύσσεται μεταξύ δύο ομογενών σφαιρικών μαζών m_1 και m_2 . Στην περίπτωση αυτή απόσταση r είναι η απόσταση μεταξύ των κέντρων των σφαιρών και οι ελκτικές δυνάμεις έχουν σημεία εφαρμογής τα κέντρα των σφαιρών.

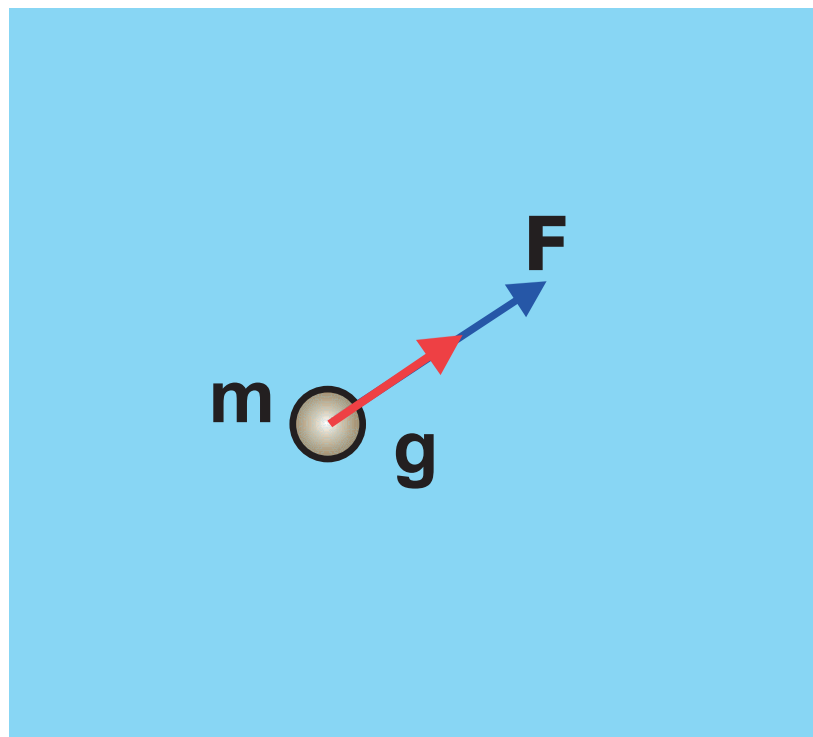
Η έλξη ανάμεσα σε δύο σώματα, με αίτιο το ότι έχουν μάζα, είναι δύναμη από απόσταση. Η αλληλεπίδραση μεταξύ μαζών περιγράφεται με την έννοια του πεδίου. Κάθε μάζα δημιουργεί γύρω της πεδίο. Αν κάποια μάζα βρεθεί μέσα στο πεδίο, το πεδίο της ασκεί δύναμη.

Το πεδίο που δημιουργείται από μάζες ονομάζεται βαρυτικό πεδίο ή πεδίο βαρύτητας.

Βαρυτικό πεδίο ονομάζεται ο χώρος εκείνος στον οποίο κάθε μάζα δέχεται δύναμη.



Εικ. 3.9 Τμήμα του γαλαξία μας. Η συγκρότηση και η κίνηση των γαλαξιών οφείλεται σε βαρυτικές δυνάμεις. Η φωτεινή γραμμή που φαίνεται στη φωτογραφία είναι η τροχιά ενός μετεωρίτη που διασχίζει τη γήινη ατμόσφαιρα.



Σχ. 3.48 Εάν σ' ένα σημείο του χώρου που καταλαμβάνει το βαρυτικό πεδίο βρεθεί μια μάζα m θα δεχθεί δύναμη. Η δύναμη είναι πάντα ομόρροπη της έντασης.

Για την περιγραφή του βαρυτικού πεδίου χρησιμοποιούμε τα μεγέθη ένταση και δυναμικό.

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

$$g = \frac{F}{m} \quad (3.52)$$

Η ένταση έχει την ίδια κατεύθυνση με τη δύναμη. Μονάδα της έντασης είναι το $1 \text{ N} / \text{kg}$ ή $1 \text{ m} / \text{s}^2$, δηλαδή μετριέται σε μονάδες επιτάχυνσης.

Η επιτάχυνση που θα αποκτήσει ένα σώμα αν αφεθεί ελεύθερο στο πεδίο βαρύτητας είναι $a = \frac{F}{m}$ και από τη (3.52) προκύπτει ότι $g = a$, επομένως:

Στο πεδίο βαρύτητας, η ένταση του πεδίου σε ένα σημείο ταυτίζεται με την επιτάχυνση που θα αποκτήσει ένα σώμα αν αφεθεί ελεύθερο σε εκείνο το σημείο.

Το πεδίο βαρύτητας, όπως και το ηλεκτροστατικό πεδίο, είναι διατηρητικό. Επομένως για την περιγραφή του είναι χρήσιμο το μέγεθος δυναμικό που ορίζεται με τρόπο ανάλογο. Συγκεκριμένα:

Δυναμικό (V) του πεδίου βαρύτητας, σε ένα του σημείο A , ονομάζεται το σταθερό πηλίκο του έργου της δύναμης του πεδίου, όταν μεταφέρεται μάζα 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 $1 \text{ J} / \text{ kg}$

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 διαφορά δυναμικού εκφράζει το έργο της δύναμης του πεδίου ανά μονάδα μάζας κατά τη μετακίνηση μιας μάζας από το σημείο A στο σημείο B.

Το πεδίο που δημιουργείται από σημειακή μάζα

Η ένταση βαρυτικού πεδίου

Έστω μια σημειακή μάζα M . Για να βρούμε την ένταση του βαρυτικού πεδίου που δημιουργεί η μάζα M σε σημείο A που απέχει απόσταση r απ' αυτήν, τοποθετούμε στο σημείο αυτό μάζα m .

Η μάζα m δέχεται από τη μάζα M δύναμη

$$F = G \frac{Mm}{r^2} \quad (3.53)$$

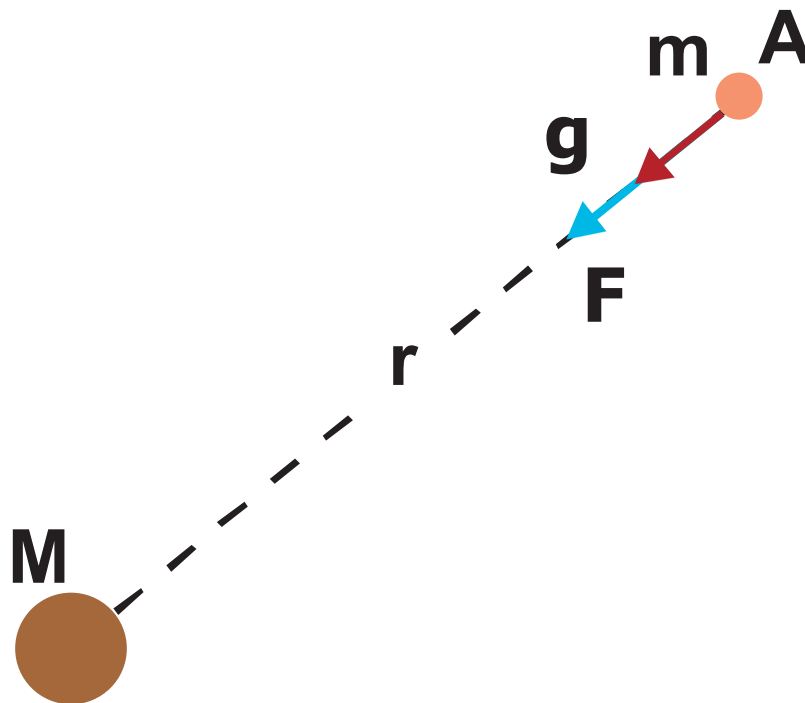
Η ένταση του πεδίου στο σημείο A είναι

$$g = \frac{F}{m} \quad (3.54)$$

Αντικαθιστώντας την (3.53) στην
(3.54) έχουμε

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

(3.55)



Σχ. 3.49 Η ένταση του πεδίου που δημιουργεί η σημειακή μάζα M έχει σε κάθε σημείο κατεύθυνση προς τη μάζα.

Το δυναμικό του βαρυτικού πεδίου που δημιουργεί η σημειακή μάζα M σε σημείο A , που απέχει απόσταση r από το υλικό σημείο, έχει τιμή

$$V_A = -G \frac{M}{r} \quad (3.56)$$

Η δυναμική ενέργεια συστήματος δύο υλικών σημείων με μάζες m_1, m_2 , που απέχουν μεταξύ τους απόσταση r , είναι ίση με το έργο που απαιτείται για να μεταφερθούν οι μάζες από πολύ μακριά και να τοποθετηθούν στις θέσεις τους και είναι

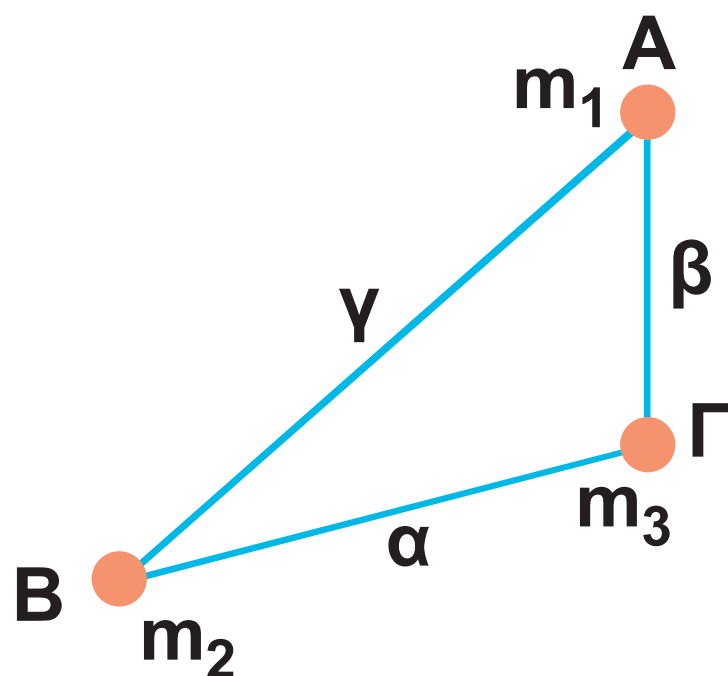
$$U = -G \frac{m_1 m_2}{r} \quad (3.57)$$



Εικ. 3.10 Το σύστημα Γη-Σελήνη.

Η δυναμική ενέργεια συστήματος τριών υλικών σημείων (σχ. 3.50) υπολογίζεται με τρόπο ίδιο με αυτόν που ακολουθήσαμε στην παράγραφο 3-5. Η δυναμική ενέργεια του συστήματος είναι:

$$U = -G \frac{m_1 m_2}{\gamma} - G \frac{m_1 m_3}{\beta} - G \frac{m_2 m_3}{\alpha}$$



Σχ. 3.50 Σύστημα τριών υλικών σημείων.

Παρατηρήσεις

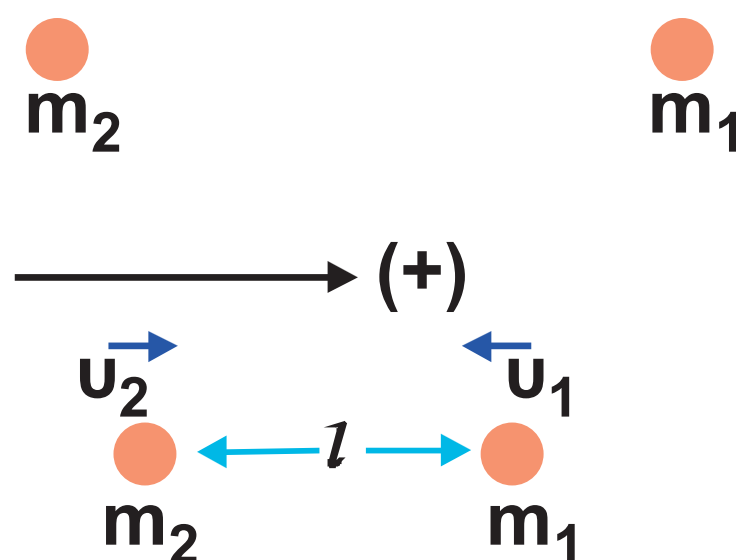
1. Μια σφαιρική ομογενής μάζα M συμπεριφέρεται εξωτερικά σαν όλη η μάζα της να είναι συγκεντρωμένη στο κέντρο. Επομένως οι παραπάνω σχέσεις ισχύουν πανομοιότυπα και για την περιγραφή του βαρυτικού πεδίου ομογενούς σφαιρικού σώματος

**μάζας M ακτίνας R , υπό την προ-
ϋπόθεση ότι εξετάζουμε το πεδίο
στο χώρο έξω από τη μάζα του
σώματος ($r \geq R$). Εδώ τις αποστά-
σεις τις μετράμε από το κέντρο
του σφαιρικού σώματος.**

**2. Το αρνητικό πρόσημο στη σχέση
(3.57) υποδηλώνει ότι για να κά-
νουμε άπειρη την απόσταση δυο
μαζών που βρίσκονται αρχικά σε
απόσταση r πρέπει να προσφέ-
ρουμε ενέργεια στο σύστημα.**

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 3.13

Δυο σφαιρικές μάζες m_1 και m_2 ηρεμούν σε άπειρη απόσταση μεταξύ τους. Εξαιτίας της βαρυτικής δύναμης που ασκεί η μια στην άλλη αρχίζουν να κινούνται πλησιάζοντας μεταξύ τους. Αν κατά τη διάρκεια της κίνησής τους δεν ασκείται σε αυτές άλλη δύναμη, να βρείτε τις ταχύτητες των μαζών τη στιγμή που βρίσκονται σε απόσταση l μεταξύ τους. Δίνεται το G .



Σχ. 3.51

Απάντηση:

Εφόσον οι μάζες δε δέχονται άλλες δυνάμεις εκτός από τη μεταξύ τους ελκτική δύναμη, το σύστημά τους είναι απομονωμένο και η ορμή του διατηρείται.

Αν θεωρήσουμε ως αρχική θέση τη θέση όπου οι μάζες ηρεμούν και ως τελική αυτή όπου οι μάζες απέχουν μεταξύ τους απόσταση l θα ισχύει:

$$P_{\text{αρχ}} = P_{\text{τελ}}$$

Θεωρώντας θετική την κατεύθυνση προς τα δεξιά, η παραπάνω σχέση γράφεται

$$0 = m_2 u_2 - m_1 u_1$$

Λύνοντας ως προς u_1 έχουμε

$$u_1 = u_2 \frac{m_2}{m_1} \quad (3.58)$$

Το πεδίο βαρύτητας είναι διατηρητικό, δηλαδή η μηχανική ενέργεια του συστήματος διατηρείται σταθερή

$$U_{\alpha\rho\chi} + K_{\alpha\rho\chi} = U_{\tau\epsilon\lambda} + K_{\tau\epsilon\lambda}$$

ΟΠΟΤΕ

$$0 = -G \frac{m_1 m_2}{l} + \frac{1}{2} m_1 u_1^2 + \frac{1}{2} m_2 u_2^2$$

αντικαθιστώντας τη u_1 από την (3.58) βρίσκουμε

$$0 = -G \frac{m_1 m_2}{l} + \frac{1}{2} \frac{m_2^2}{m_1} u_2^2 + \frac{1}{2} m_2 u_2^2$$

Από τη σχέση αυτή προκύπτει

$$u_2 = m_1 \sqrt{\frac{2G}{l(m_1 + m_2)}}$$

και από την (3.58) βρίσκουμε

$$u_1 = m_2 \sqrt{\frac{2G}{l(m_1 + m_2)}}$$

3-13 ΤΟ ΒΑΡΥΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ ΤΗΣ ΓΗΣ

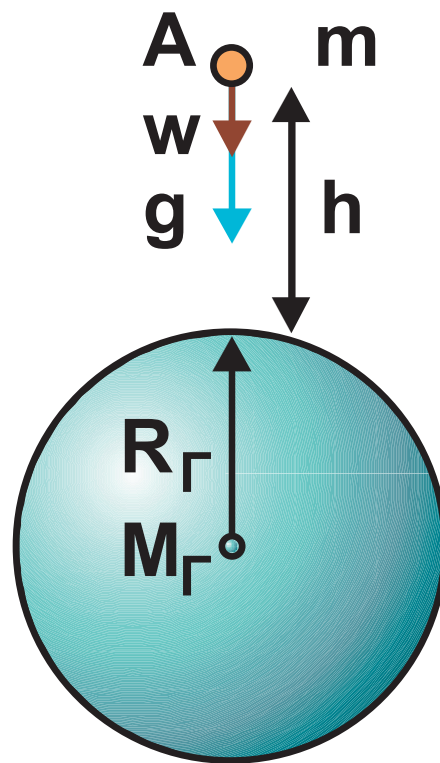
Με ικανοποιητική προσέγγιση, μπορούμε να θεωρήσουμε τη Γη σαν μια ομογενή σφαίρα ακτίνας $R_{\Gamma} = 6,38 \times 10^6 \text{ m}$ και μάζας $M_{\Gamma} = 5,98 \times 10^{24} \text{ kg}$. Το βαρυτικό πεδίο της Γης σε ένα σημείο Α, στο εξωτερικό της θα περιγράφεται από τις σχέσεις (3.55) και (3.56) του πεδίου που δημιουργεί μια σημειακή μάζα. Επειδή συνήθως η θέση ενός σημείου στο πεδίο βαρύτητας της Γης προσδιορίζεται από το ύψος στο οποίο βρίσκεται το σημείο, είναι σκόπιμο στις σχέσεις αυτές να αντικαταστήσουμε την απόσταση r από το κέντρο της Γης με το άθροισμα $R_{\Gamma} + h$ όπου h το ύψος του σημείου που μας ενδιαφέρει από την επιφάνεια της Γης. Έτσι οι σχέσεις

που δίνουν την ένταση και το δυναμικό στο πεδίο βαρύτητας της Γης
-πάντα αναφερόμαστε στον εξωτερικό της χώρο- είναι

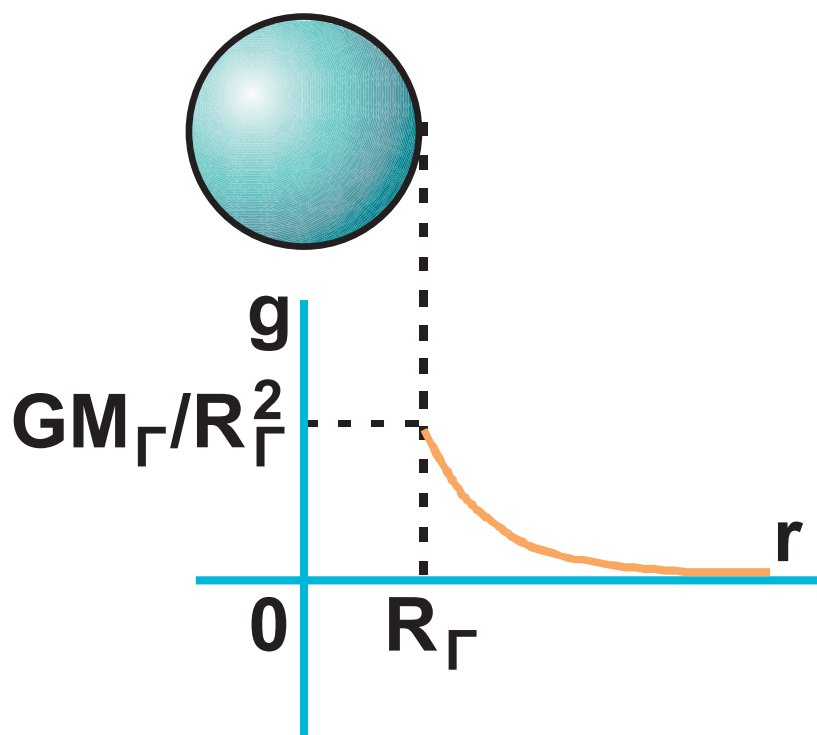
$$g = G \frac{M_{\Gamma}}{(R_{\Gamma} + h)^2} \quad (3.59)$$

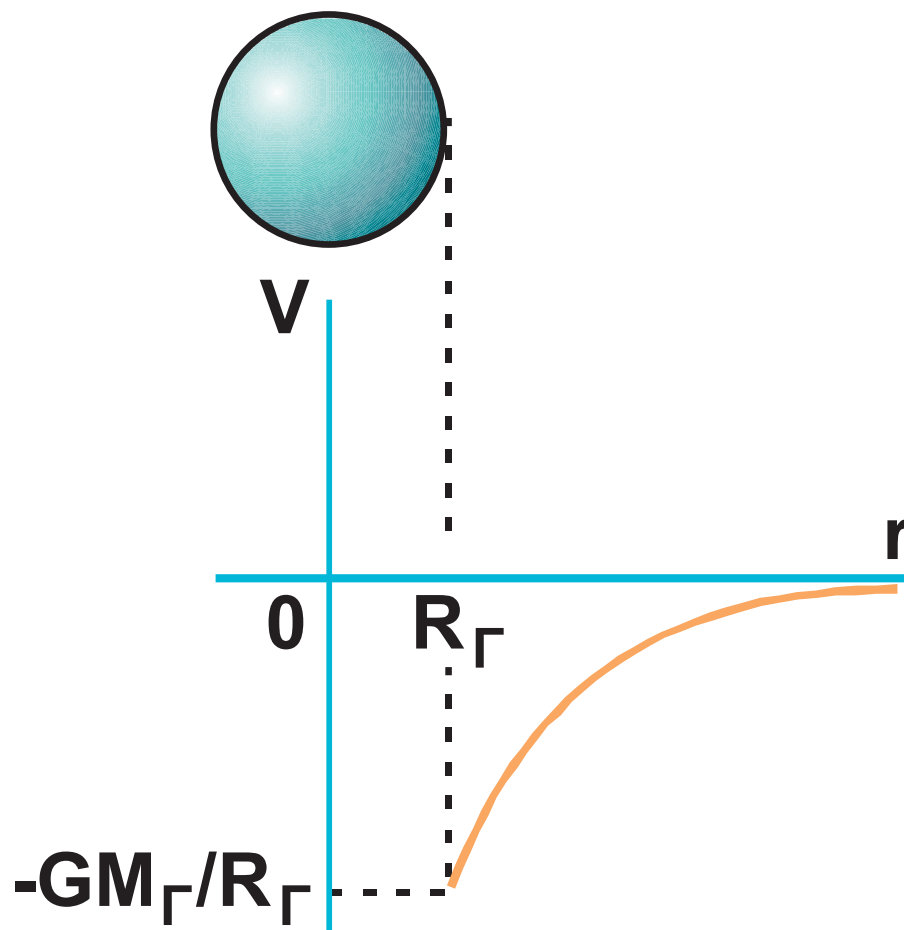
και

$$V = -G \frac{M_{\Gamma}}{R_{\Gamma} + h} \quad (3.60)$$



Σχ. 3.52 Το σημείο A βρίσκεται σε ύψος h , πάνω από την επιφάνεια της Γ ης.





Σχ. 3.53 Γραφικές παραστάσεις του μέτρου της έντασης και του δυναμικού σε συνάρτηση με την απόσταση από το κέντρο της Γης, για σημεία που βρίσκονται έξω από αυτή.

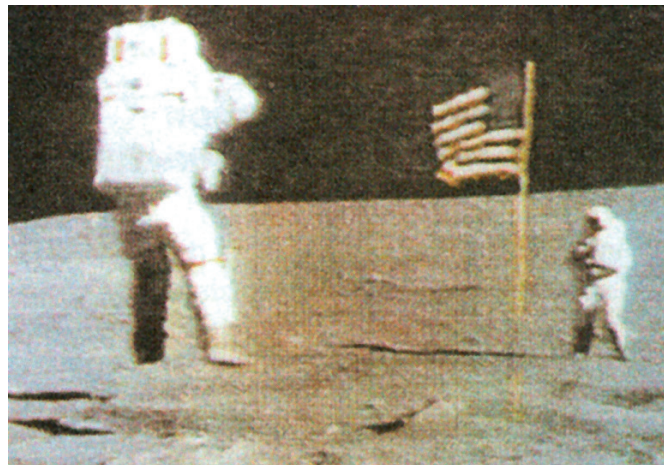
Παρατήρηση

Εάν στη σχέση της έντασης (3.59) θέσουμε $h = 0$ προκύπτει η ένταση

του πεδίου βαρύτητας στην επιφάνεια της Γης

$$g_0 = G \frac{M_\Gamma}{R_\Gamma^2}$$

Με αντικατάσταση των τιμών των μεγεθών βρίσκουμε $g_0 = 9,8 \text{ m / s}^2$.



Εικ. 3.11 Αστροναύτες στην επιφάνεια της Σελήνης. Παρά τον βαρύ εξοπλισμό τους (180 kg), μπορούν να κάνουν εντυπωσιακά άλματα. Στην επιφάνεια της Σελήνης η ένταση του βαρυτικού πεδίου είναι έξι φορές μικρότερη από αυτή στην επιφάνεια της Γης.

3-14 ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΔΙΑΦΥΓΗΣ - ΜΑΥ- ΡΕΣ ΤΡΥΠΕΣ

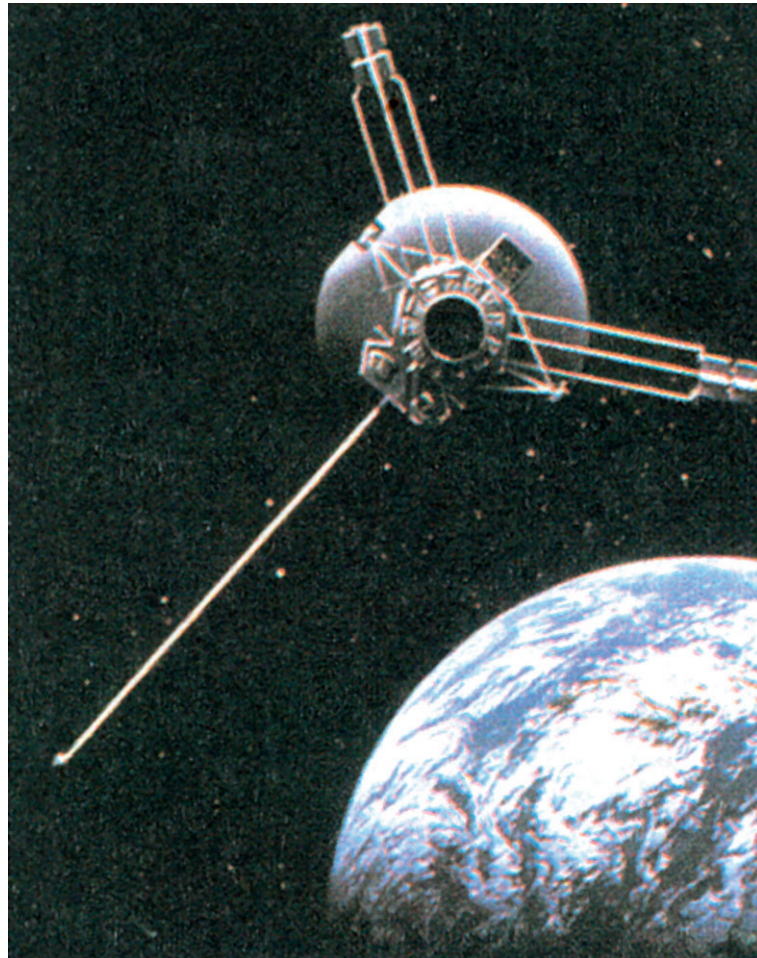
Με ποια ταχύτητα πρέπει να εκτοξευθεί ένα αντικείμενο μάζας m , από την επιφάνεια της Γης ώστε να διαφύγει οριστικά από το πεδίο βαρύτητας της Γης;

Για να απλουστεύσουμε το πρόβλημα θα θεωρήσουμε ότι η Γη δεν κινείται, θα αγνοήσουμε τις βαρυτικές επιδράσεις από τα άλλα ουράνια σώματα και θα αγνοήσουμε την αντίσταση του ατμοσφαιρικού αέρα.

Εφόσον το βαρυτικό πεδίο είναι διατηρητικό η μηχανική ενέργεια του συστήματος των δύο σωμάτων (Γη και σώμα) διατηρείται. Επομένως κατά την κίνηση του σώματος

μεταξύ δύο θέσεων θα ισχύει

$$K_1 + U_1 = K_2 + U_2 \quad (3.61)$$



Εικ. 3.12 Το διαστημόπλοιο Pioneer εγκαταλείπει το βαρυτικό πεδίο της Γης. Εκτοξεύθηκε το 1973 και τώρα βρίσκεται έξω από τα όρια του ηλιακού μας συστήματος.

Εφαρμόζουμε τη σχέση αυτή για ένα σημείο πάνω στην επιφάνεια της Γης και για το άπειρο (εκεί όπου δεν υπάρχει πλέον βαρυτική επίδραση και η δυναμική ενέργεια του συστήματος σώμα - Γη είναι μηδέν $U_2 = 0$). Η ελάχιστη τιμή της ταχύτητας με την οποία πρέπει να εκτοξεύσουμε το σώμα είναι εκείνη για την οποία το σώμα θα φτάνει στο άπειρο με μηδενική ταχύτητα, άρα $K_2 = 0$.

Από την (3.61) έχουμε $K_1 + U_1 = 0 + 0$ οπότε

$$\frac{1}{2} m u_{\delta}^2 + \left(-G \frac{M_{\Gamma} m}{R_{\Gamma}} \right) = 0$$

Λύνοντας ως προς u_{δ} βρίσκουμε

$$u_{\delta} = \sqrt{\frac{2GM_{\Gamma}}{R_{\Gamma}}} = 11,2 \text{ km/s} = 40320 \text{ km/h}$$

Την ταχύτητα u_δ την ονομάζουμε **ταχύτητα διαφυγής** από την επιφάνεια της Γης.

Εάν το σημείο εκτόξευσης βρίσκεται σε ύψος h από την επιφάνεια της Γης με τον ίδιο τρόπο προκύπτει ότι η ταχύτητα διαφυγής δίνεται από τη σχέση

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

Ακολουθώντας την ίδια διαδικασία μπορούμε να βρούμε την ταχύτητα διαφυγής από την επιφάνεια άλλων ουράνιων σωμάτων. Έτσι για παράδειγμα για τη Σελήνη βρίσκουμε $2,37 \text{ km / s}$, για τον Άρη $4,97 \text{ km / s}$, για το Δία $59,1 \text{ km / s}$ και για τον Ήλιο 618 km / s .

Ας δούμε τώρα το πρόβλημα της ταχύτητας διαφυγής με άλλο τρόπο. Αντί να ψάξουμε να βρούμε με ποια ταχύτητα πρέπει να εκτοξευθεί ένα σώμα από την επιφάνεια ενός ουράνιου σώματος μάζας M και ακτίνας R ώστε να διαφύγει από τη βαρυτική του έλξη θα βρούμε τι ακτίνα πρέπει να έχει ένα ουράνιο σώμα μάζας M ώστε να μην επιτρέπει σε τίποτα να διαφύγει από την επιφάνειά του.

Η μεγαλύτερη ταχύτητα στη φύση είναι η ταχύτητα του φωτός $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$.

Αν στη σχέση $u_\delta = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$ που

δίνει την ταχύτητα διαφυγής θέσουμε όπου

$u_\delta = c$ και λύσουμε ως προς R βρίσκουμε $R_S = \frac{2GM}{c^2}$. Η ακτίνα αυτή

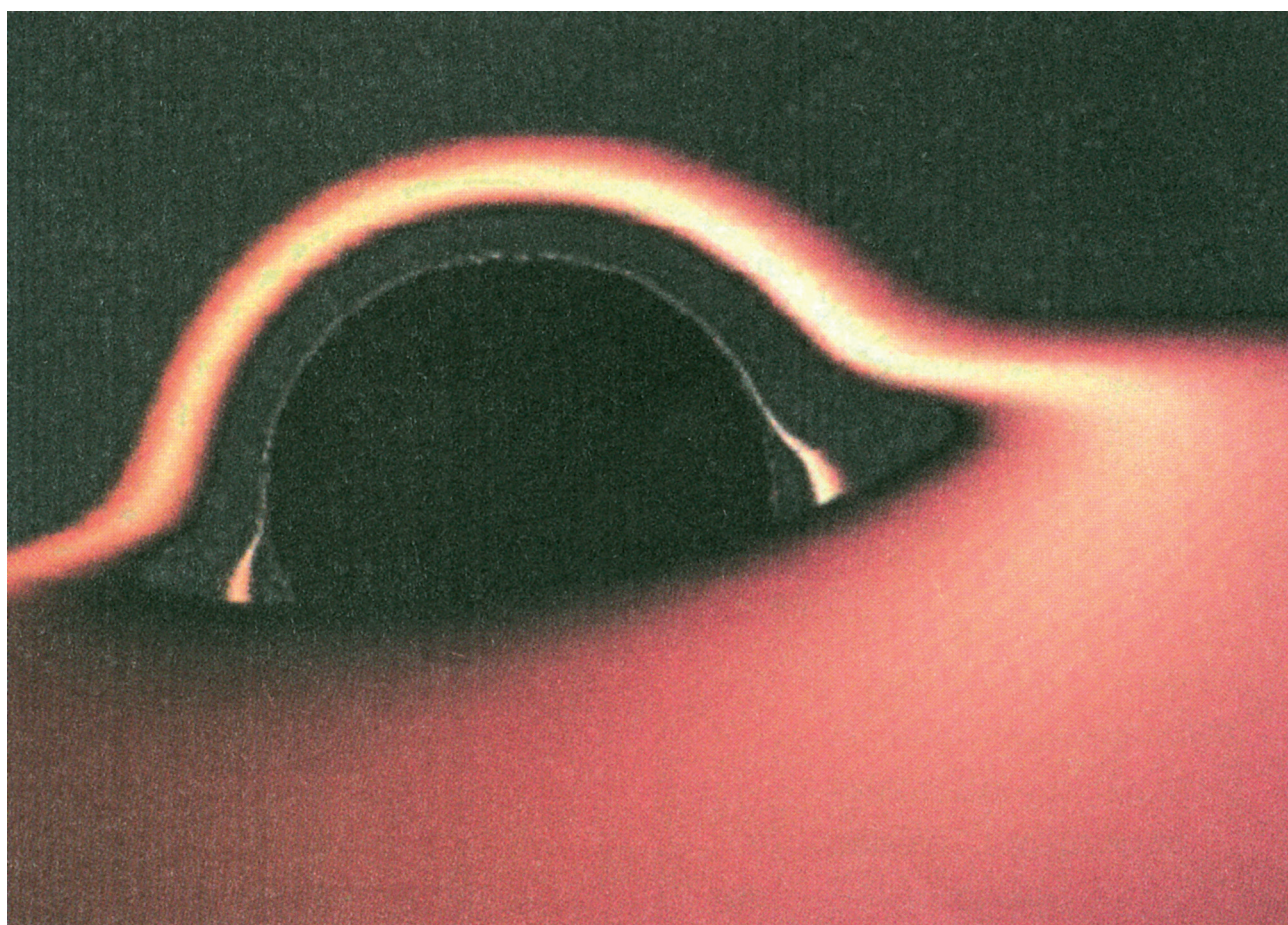
είναι γνωστή ως **ακτίνα Schwarzschild**. Ένα ουράνιο σώμα μάζας M με ακτίνα μικρότερη από αυτή την ακτίνα δεν επιτρέπει σε τίποτε, ούτε καν στο φως, να διαφύγει από το πεδίο βαρύτητάς του. Ένα τέτοιο σώμα δεν είναι άμεσα παρατηρήσιμο κάνει όμως αντιληπτή την παρουσία του από τις ισχυρότατες βαρυτικές έλξεις που ασκεί στον περίγυρό του. Τέτοια σώματα στη σύγχρονη φυσική χαρακτηρίζονται **μαύρες τρύπες**.

Οι συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή μιας μαύρης τρύπας και οι ταχύτητες διαφυγής για τις οποίες μιλάμε είναι πολύ μακριά

από αυτό που ο καθένας μας αντιλαμβάνεται σαν πραγματικότητα και δεν περιγράφονται από τους νόμους της νευτώνειας μηχανικής. Η σχέση που δίνει την ακτίνα Schwarzschild παράγεται λαμβάνοντας υπόψη τις διορθώσεις που επέφερε η θεωρία της σχετικότητας στην κλασική μηχανική. Το γεγονός όμως ότι συμπίπτει με τη σχέση που βρήκαμε για την ταχύτητα διαφυγής χρησιμοποιώντας το νόμο διατήρησης της μηχανικής ενέργειας μάς επιτρέπει μια πρώτη προσέγγιση στο φαινόμενο.

Για να αποκτήσουμε ένα μέτρο της πυκνότητας στην οποία βρίσκεται η ύλη σε μια μαύρη τρύπα αναφέρουμε ότι για να περιπέσει σε κατάσταση μαύρης τρύπας ο Ήλιος

πρέπει να συμπιεσθεί σε μια σφαίρα ακτίνας 3 km, από $6,96 \times 10^5$ km που είναι σήμερα. Όσο για τη Γη θα έπρεπε να συμπιεσθεί σε μια σφαίρα ακτίνας 9 mm. Δηλαδή όλη η μάζα της θα έπρεπε να συγκεντρωθεί σ' ένα μπαλάκι μεγέθους ίσου με αυτό του πινγκ πονγκ.



Εικ. 3.13 Προσομοίωση μαύρης τρύπας σε υπολογιστή. Η ύλη έλκεται από μια μαύρη τρύπα σχηματίζοντας γύρω της έναν περιστρεφόμενο δίσκο. Τα άτομα των αερίων που σχηματίζουν το δίσκο επιταχυνόμενα αποκτούν τόση ενέργεια ώστε μετατρέπονται σε ισχυρότατες πηγές ακτίνων Χ. Σε περιοχές του σύμπαντος όπου ανιχνεύουμε ασυνήθιστα μεγάλης έντασης εκπομπή ακτινοβολίας Χ υποπτευόμαστε την ύπαρξη μιας μαύρης τρύπας.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 3.14

Από το σημείο Α του πεδίου βαρύτητας της Γης, που βρίσκεται σε ύψος $h = R_{\Gamma}$ από την επιφάνεια της Γης (R_{Γ} η ακτίνα της Γης), βάλεται προς το Διάστημα ένα σώμα με ταχύτητα $u_0 = 16 \times 10^3 \text{ m/s}$. Να εξετάσετε αν το σώμα θα διαφύγει από τη βαρυτική έλξη της Γης. Αν θα διαφύγει να βρείτε την ταχύτητά του όταν φτάσει σε πολύ μεγάλη απόσταση από τη Γη. Δίνονται: η ακτίνα της Γης $R_{\Gamma} = 6400 \text{ km}$ και η ένταση του πεδίου βαρύτητας στην επιφάνειά της $g_0 = 10 \text{ m/s}^2$.

Απάντηση: α) Η ταχύτητα διαφυγής, σε ύψος h , δίνεται από τη σχέση

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

Αν στη θέση του h βάλουμε την ακτίνα της Γης

$$\text{έχουμε } u_{\delta} = \sqrt{\frac{2GM_{\Gamma}}{2R_{\Gamma}}} = \sqrt{\frac{GM_{\Gamma}}{R_{\Gamma}}} \quad (3.62)$$

Η ένταση του πεδίου βαρύτητας στην επιφάνεια της Γης είναι

$$g_o = \frac{GM_{\Gamma}}{R_{\Gamma}^2} \text{ οπότε } GM_{\Gamma} = g_o R_{\Gamma}^2 \quad (3.63)$$

Αντικαθιστώντας την (3.63) στην (3.62) έχουμε

$$u_{\delta} = \sqrt{g_o R_{\Gamma}} = 8 \times 10^3 \text{ m/s}$$

Επειδή $u_o > u_{\delta}$ το σώμα θα διαφύγει.

β) Έστω u η ταχύτητα με την οποία το σώμα φτάνει στο άπειρο. Για τον υπολογισμό της θα εφαρμόσουμε το θεώρημα έργου - ενέργειας κατά την κίνηση του σώματος από το

σημείο A μέχρι το άπειρο.

$W = K_{\infty} - K_A$ οπότε

$$(V_A - V_{\infty})m = \frac{1}{2} m u^2 - \frac{1}{2} m u_0^2 \quad (3.64)$$

Είναι $V_{\infty} = 0$ και $V_A = -\frac{GM_{\Gamma}}{2R_{\Gamma}}$ που

λόγω της (3.63) γίνεται $V_A = -\frac{g_0 R_{\Gamma}}{2}$

Αντικαθιστώντας στην (3.64) έχουμε
 $-g_0 R_{\Gamma} = u^2 - u_0^2$ επομένως

$$u = \sqrt{u_0^2 - g_0 R_{\Gamma}} = 8\sqrt{3} \times 10^3 \text{ m/s}$$

3-15 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΗΛΕΚΤΡΟΣΤΑΤΙΚΟΥ ΚΑΙ ΒΑΡΥΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ

Η μαθηματική ομοιότητα ανάμεσα στο νόμο του Coulomb και το νόμο της παγκόσμιας έλξης (και οι δύο δυνάμεις είναι αντίστροφα ανάλογες με το τετράγωνο της απόστασης), καθώς και το γεγονός ότι και οι δύο είναι διατηρητικές και κεντρικές, οδηγεί σε σκέψεις ότι υπάρχουν και περαιτέρω αναλογίες ανάμεσα στα δύο πεδία.

Στην πραγματικότητα όμως πρόκειται για δύο πεδία στα οποία οι διαφορές είναι περισσότερες από τις ομοιότητες.

Ενδεικτικά αναφέρουμε κάποιες διαφορές.

- Υπάρχουν δύο ειδών ηλεκτρικά φορτία ενώ υπάρχει ένα είδος μάζας.
- Οι ηλεκτροστατικές δυνάμεις είναι είτε απωστικές είτε ελκτικές ενώ οι βαρυτικές μόνο ελκτικές.
- Οι ηλεκτροστατικές δυνάμεις εξαρτώνται από το είδος του υλικού που υπάρχει ανάμεσα στα φορτία, ενώ οι βαρυτικές δυνάμεις δεν εξαρτώνται από το υλικό που υπάρχει ανάμεσα στις μάζες.

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 μετρείται 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 πη-
λίο, 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 μέ-
γεθος και στο σύστημα SI έχει μο-
νάδα το $1 \text{ V} = 1 \text{ J/C}$.

Η διαφορά δυναμικού, $V_A - V_B$,
ανάμεσα σε δύο σημεία A και B
του ηλεκτρικού πεδίου είναι ίση
με το πηλίο του έργου που πα-
ράγει 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 απόσταση 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). $1 \text{ F} = 1 \text{ C/V}$.

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

$$U = \frac{1}{2} CV^2$$

Η μέγιστη ένταση ηλεκτρικού πεδίου στην οποία αντέχει ένας μονωτής ονομάζεται διηλεκτρική αντοχή. Ένας μονωτής (διηλεκτρικό) μεταξύ των οπλισμών ενός πυκνωτή απομονώνει 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 έλξεως, $G = 6,673 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$. 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 1 N / kg ή 1 m / s².

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 1 J / 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 θεαματικό, 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 σύνομη εργασία.



**Εικ. 3.14 Το φαινόμενο της άμπω-
της και της πλημμυρίδας στον κόλ-
πο του Fundy στον Καναδά.**

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

Πυκνωτής και διηλεκτρικά

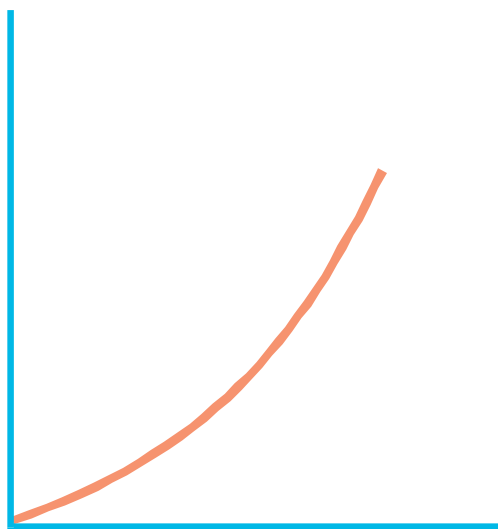
3.24 Η χωρητικότητα ενός πυκνωτή εξαρτάται:

- 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.

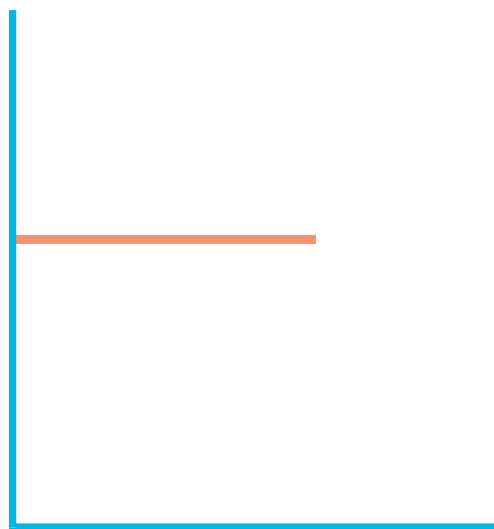
Ποια πρόταση είναι σωστή;

3.25 Ποιο από τα παρακάτω διαγράμματα παριστάνει 1) τη χωρητικότητα του πυκνωτή σε συνάρτηση με την τάση του; 2) το φορτίο του πυκνωτή σε συνάρτηση με την τάση του;

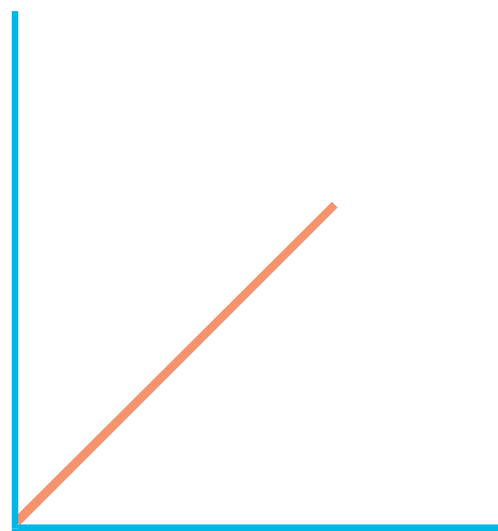
3) την ενέργεια του πυκνωτή συναρτήσει της τάσης του;



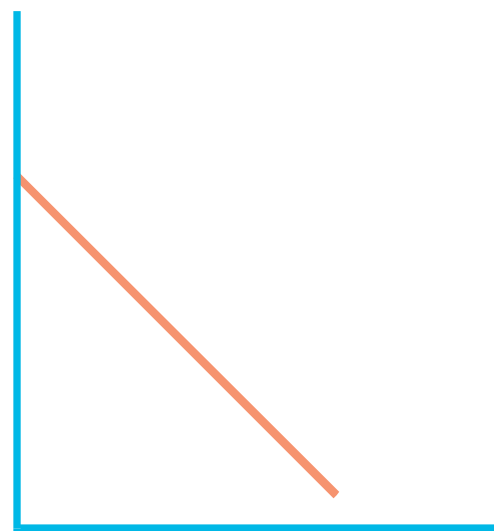
(α)



(β)



(γ)



(δ)

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

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

Επιλέξτε τη σωστή απάντηση.

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

- 1) τη χωρητικότητά 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.

3.28 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 χωρητικότητά 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.

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

- 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.**

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

3.31 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 μετρίεται σε

3.32 Για ποιους λόγους χρησιμοποιούνται τα διηλεκτρικά στους πυκνωτές;

3.33 Ποιο φαινόμενο ονομάζεται πόλωση του διηλεκτρικού;

3.34 Να αντιστοιχίσετε τα μεγέθη της πρώτης στήλης στις 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

3.35 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 δύνα-

μη. Μονάδα έντασης του πεδίου βαρύτητας είναι το

3.36 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.

3.37 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

- 3.38 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.

3.39 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.**

3.40 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 κατακόρυφα ή πλάγια).
- ε) Είναι μικρότερη σε μεγαλύτερα ύψη.

Ποιες προτάσεις είναι ορθές;

3.41 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.

3.42 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

Διηλεκτρικά

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

[Απ: $60 \mu\text{F}$]

3.72 Ένας πυκνωτής, χωρίς διηλεκτρικό, φορτίζεται σε τάση 240 V . 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 40 V . Να υπολογιστεί η διηλε-

κτρική σταθερά του γυαλιού.

[Απ: 6]

3.73 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]

3.74 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:

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

$$[\text{Απ: } 0,083 \text{ m}^2]$$

3.75 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 $E = 16 \times 10^6 \text{ V/m}$.

$$[\text{Απ: } 169,9 \text{ nC}]$$

Πεδίο βαρύτητας

3.76 Να υπολογιστεί η ένταση και το δυναμικό του πεδίου βαρύτητας της Γης σε ένα σημείο που βρίσκεται σε ύψος $h = R_T$ από την επιφάνειά της. Δίνονται η ακτίνα της Γης $R_T = 6400$ km και η ένταση του πεδίου βαρύτητας στην επιφάνεια της Γης $g_0 = 10 \text{ m/s}^2$.
[Απ: $2,5 \text{ m/s}^2$, $-32 \times 10^6 \text{ J/kg}$]

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

νεια της Γης $g_0 = 10 \text{ m/s}^2$.
Η αντίσταση του αέρα δε λαμβάνεται υπόψη.
[Απ: 50 km]

3.78 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: $1,66 \text{ N / kg}$, 116,2 N]

3.79 Από διαστημική εξέδρα που βρίσκεται σε ύψος h από την επιφάνεια 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 και την κίνηση της εξέδρας. Δίνονται η ακτίνα της Γης R_{Γ} και η ένταση του πεδίου βαρύτητας στην επιφάνειά της g_0 .

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

3.80 Να βρείτε την ταχύτητα διαφυγής ενός σώματος από την επιφάνεια πλανήτη με μάζα $m = M_T/8$ 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: $5,6 \text{ km / s}$]

3.81 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

νεια 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 $R_{\Gamma} = 6400 \text{ km}$, και $g_0 = 10 \text{ m/s}^2$. [Απ: $14 \times 10^3 \text{ m/s}$]

3.82 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 .

[Απ: $x = l(\sqrt{2} - 1)$ από την m_1 ,

$$- \frac{Gm}{l}(2\sqrt{2} + 3)]$$

3.83 Στις κορυφές A, B, 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 .

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

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

3.84 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

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

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

$$E = \frac{R^3 \rho}{3\epsilon_0 r^2}]$$

3.85 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.

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

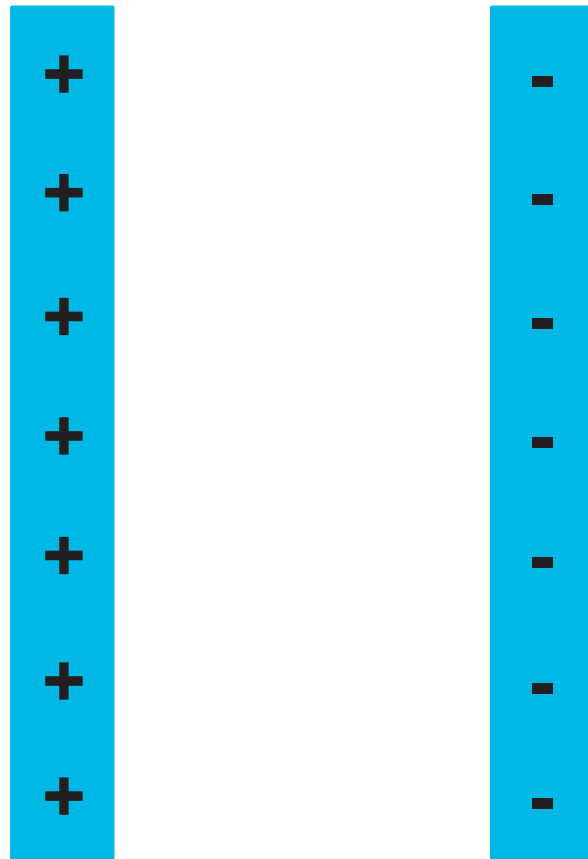
$$E = \frac{R^2 \rho}{3\epsilon_0 r}]$$

3.86 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 $r_3 = 20$
 cm από το κέντρο του. Δίνεται:
 $\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \text{ C}^2 / (\text{N m}^2)$.
[Απ: α) 0 β) 0 γ) $45 \times 10^2 \text{ N / C}$]

3.87 Ένα μακρύ ευθύγραμμο σύρμα περιβάλλεται από κοίλο μεταλλικό κύλινδρο ο άξονας του οποίου συμπίπτει με το σύρμα. Το σύρμα είναι ομοιόμορφα φορτισμένο με φορτίο $+λ$ ανά μονάδα μήκους. Ο κυλινδρικός αγωγός είναι επίσης φορτισμένος με το φορτίο ομοιόμορφα κατανεμημένο στην επιφάνειά του και με φορτίο $-λ$ 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]

**3.88 Δύο φορτισμένα μονωτικά φύλλα άπειρων διαστάσεων είναι παράλληλα μεταξύ τους, όπως φαίνεται στο σχήμα 3.56. 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]**



$\Sigma\chi$. 3.56

3.89 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 $l = 1,5$ cm με την επίδραση του ηλεκτρικού πεδίου αποκτούν ταχύτητα $u = 4 \times 10^7$ m/s, με την οποία και συνεχίζουν να κινούνται μέχρι να πέσουν στην οθόνη. Να υπολογιστεί η ένταση του πεδίου.

Δίνονται: $e = 1,6 \times 10^{-19}$ C,

$m_e = 9 \times 10^{-31}$ kg.

[Απ: 3×10^5 N / C]

3.90 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 .

$$[\text{Απ: } \alpha) \frac{1}{2}K_c \frac{e^2}{r}, \beta) -K_c \frac{e^2}{r},$$

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

3.91 Δύο παράλληλες μεταλλικές πλάκες, φορτισμένες με αντίθετα φορτία, δημιουργούν ανάμεσά τους ομογενές ηλεκτρικό πεδίο. Ένα 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]**

**3.92 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]**

3.93 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 80 V, η απόστασή τους είναι $d = 2$ cm και το μήκος τους είναι $l = 12$ cm. Να βρεθεί η 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]

3.94 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: $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C},$

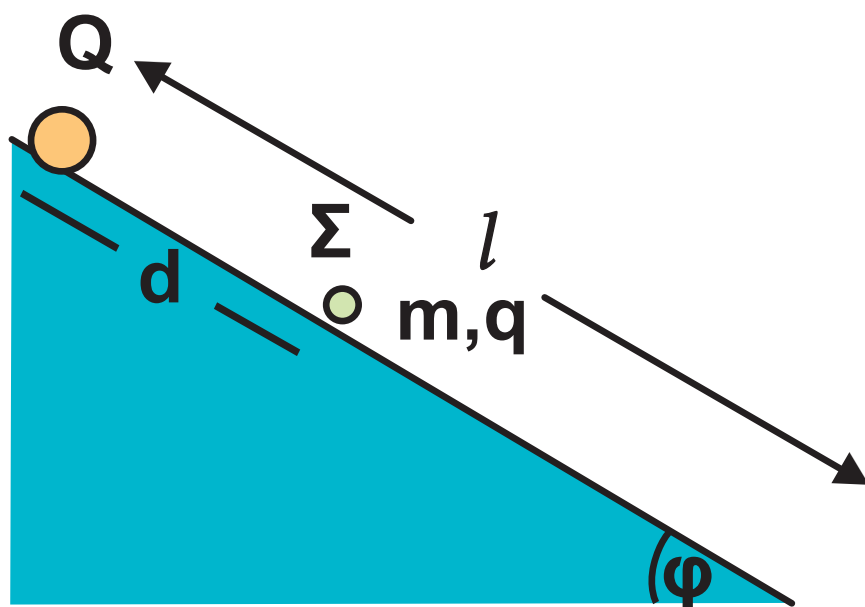
$m_e = 9 \times 10^{-31} \text{ kg},$

$K_c = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$

[Απ: $2,66 \times 10^6 \text{ m/s},$

$3,26 \times 10^6 \text{ m/s}]$

3.95 Σώμα που έχει φορτίο
 $Q = 2 \times 10^{-7} \text{ C}$ είναι στερεωμέ-
νο στην κορυφή πλάγιου επι-
πέδου. 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 ση-
μείο του πλάγιου επιπέδου
που απέχει απόσταση d από
το φορτισμένο σώμα. Υπολογί-
στε την ταχύτητά του τη στιγμή
που θα φτάσει στη βάση του
πλάγιου επιπέδου. Θεωρήστε
ότι η κίνηση του Σ γίνεται χω-
ρίς τριβές. Εφαρμογή για $l = 3$
 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: $9,6 \text{ m / s}$]



Σ x. 3.57

**3.96 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]**

3.97 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 $2l$. Δίνεται η σταθερά K_c .

$$[\text{Απ: } 2q\sqrt{\frac{K_c}{6lm}}, q\sqrt{\frac{K_c}{6lm}}]$$

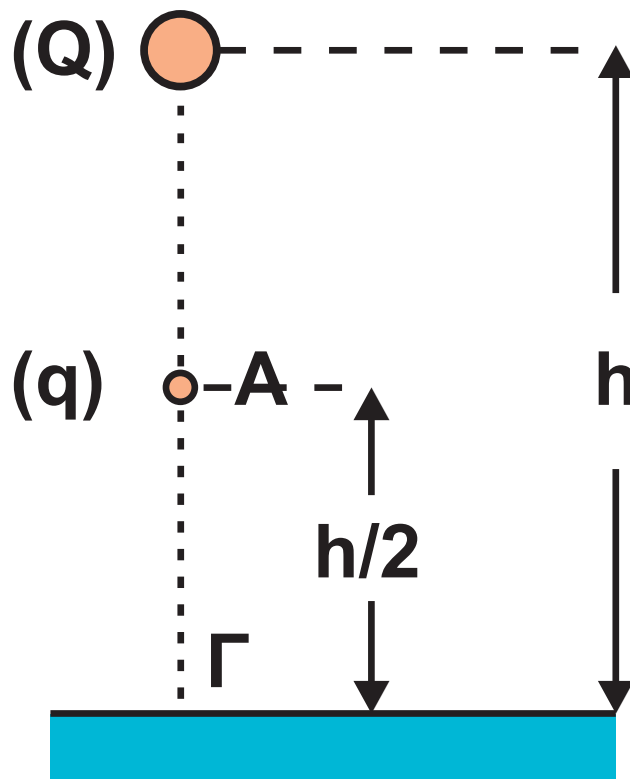
3.98 Ένα σημειακό φορτίο

$Q = 7 \times 10^{-6} \text{ C}$ είναι τοποθετημένο σε ύψος $h = 3,6 \text{ m}$ από το έδαφος. Από το σημείο Α 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 $u = 8 \text{ m / s}$.

- 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: $0,8 \times 10^{-6} \text{ C}$]



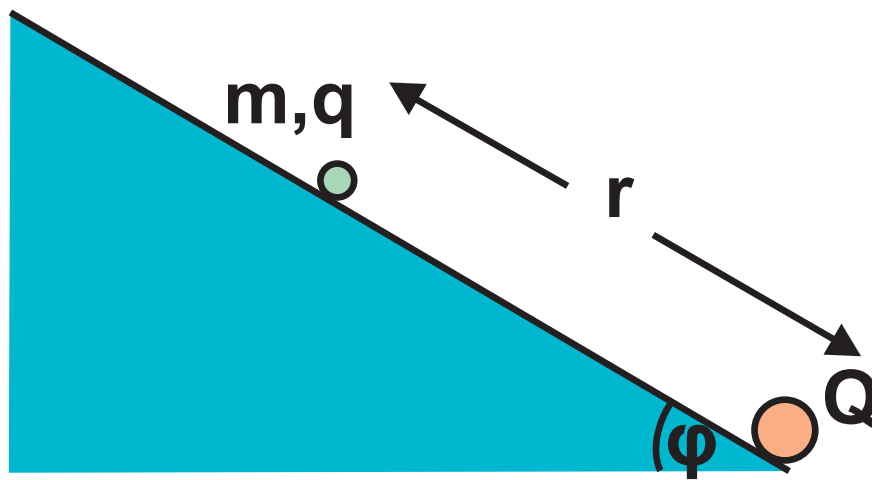
Σχ. 3.58

3.99 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 επίπεδό 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 $l = 60$ cm, ύψος τριγώνου $h = 40$ cm, $g = 10 \text{ m/s}^2$, $K_c = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$. [Απ: 4,2 m / s]

- 3.100 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: $g = 10 \text{ m/s}^2$,
 $\varphi = 30^\circ$, $K_c = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$.
[Απ: 0,9 m, 1 m / s]



Σχ. 3.59

3.101 Ένας πυκνωτής έχει αποσυνδεθεί 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 πυκνωτή;**
- γ) Ποιο θα είναι το δυναμικό κάθε οπλισμού, μετά τη γείωση του οπλισμού B;**
- [Απ: α) 100 V, β) ΟΧΙ, γ) 100 V, 0]**

3.102 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 $K = 5$.

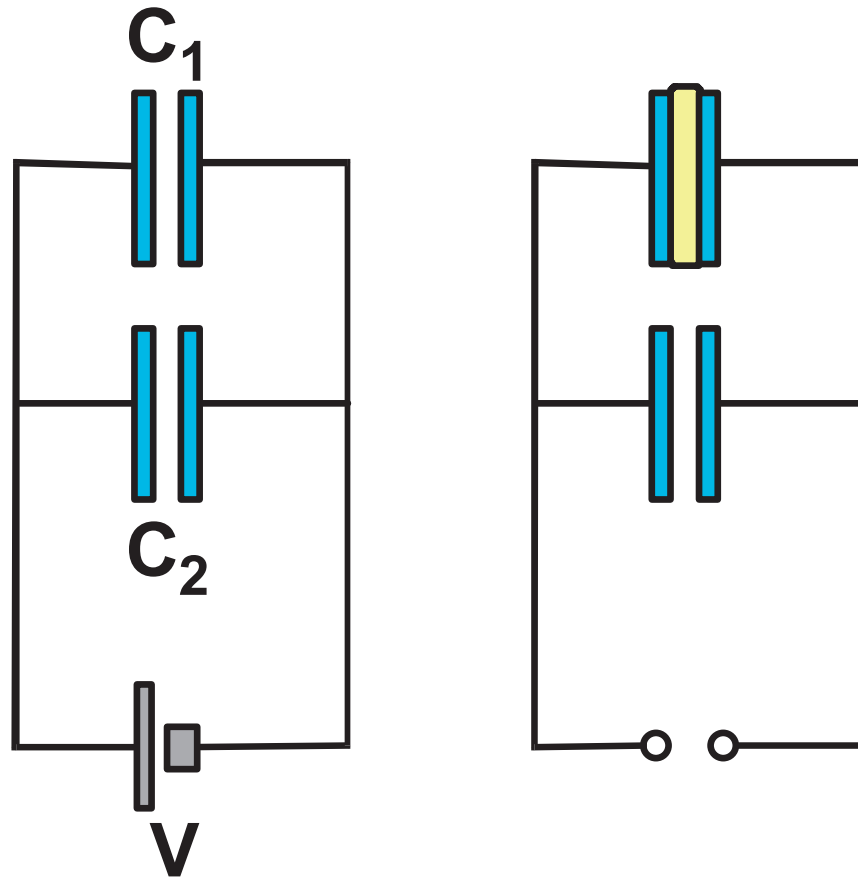
[Απ: $46,7 \mu\text{C}$]

3.103 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. 3.60) 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) $V' = 10 \text{ V}$, $q_1' = 200 \text{ } \mu\text{C}$,
 $q_2' = 40 \text{ } \mu\text{C}$



Σχ. 3.60

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

**3.105 Διαστημικός σταθμός περι-
στρέφεται 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) εί-
ναι $u_1 = 8 \times 10^3 \text{ m/s}$, να υπολο-
γιστούν:**

**α) Η ταχύτητά του όταν βρί-
σκεται σε απόσταση r_2 (μέ-
γιστη).**

**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. Δι-
καιολογήστε γιατί η ενέρ-
γεια 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 επι-
φάνεια της Γης $g_0 = 10 \text{ m/s}^2$.
Σημειώσεις: I) Η περιστρο-
φή του διαστημικού σταθμού
γίνεται χωρίς οποιαδήποτε
χρήση πυραύλων. II) Η ελκτι-
κή δύναμη μεταξύ συσκευής
και διαστημικού σταθμού είναι
αμελητέα.
[Απ: $6,16 \times 10^3 \text{ m/s}$, $3,7 \times 10^9 \text{ J}$]

**3.106 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: $1,6 \times 10^6 \text{ m}$]**

3.107 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 $0,6 R_{\text{Γ}}$ 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
 $R_{\Gamma} = 6400 \text{ km}$ και η ένταση του
πεδίου βαρύτητας στην επι-
φάνεια της Γης $g_0 = 10 \text{ m/s}^2$.
[Απ: $3,2 \times 10^6 \text{ m}$, $5,06 \times 10^3 \text{ m/s}$]

3.108 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 βρε-
θεί σε ποιο σημείο της ευθείας
που ενώνει τα κέντρα Γης και
Σελήνης η ένταση του πεδί-
ου βαρύτητας είναι μηδενική.
Δίνεται η ακτίνα της Γης R_{Γ} .
Αγνοήστε οποιαδήποτε άλλη
βαρυτική επίδραση εκτός από
αυτές της Γης και της Σελήνης.
[Απ: $x = 54 R_{\Gamma}$ από το κέντρο
της Γης]

**3.109 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 ταχύτητά 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. 3.15 Ο αστροναύτης στηρίζεται στο δορυφόρο που βρίσκεται σε τροχιά.

3.110 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 $7R_{\Gamma}/9$.

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

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

Δίνονται: $R_{\Gamma} = 6400 \text{ km}$,

$g_0 = 10 \text{ m/s}^2$.

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

3.111 Διαστημικό όχημα με μάζα $M = 8 \text{ ton}$ που μεταφέρει σεληνάκατο μάζας $m = 1,5 \text{ ton}$, 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 , $-192 \times 10^6 \text{ J}$]

3.112 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.

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

3.113 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 $l = 40R_1$.

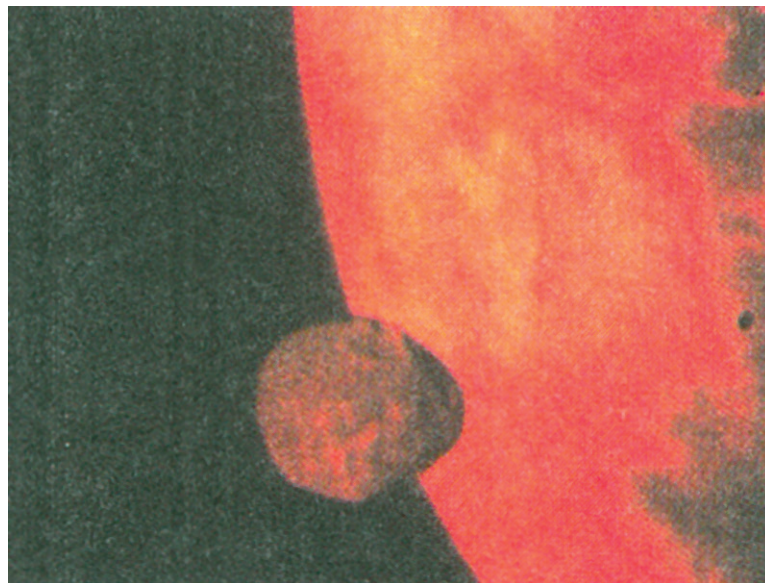
Δίνεται

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

- 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 περιστρέφο-
νται γύρω από τον άξονά τους
και ότι δεν έχουν ατμόσφαιρα.
[Απ: $42,69 \times 10^6$ m,
 $10,67 \times 10^6$ m, $1025,8$ m / s]



**Εικ. 3.16 Ο Φόβος, δορυφόρος του
Άρη.**

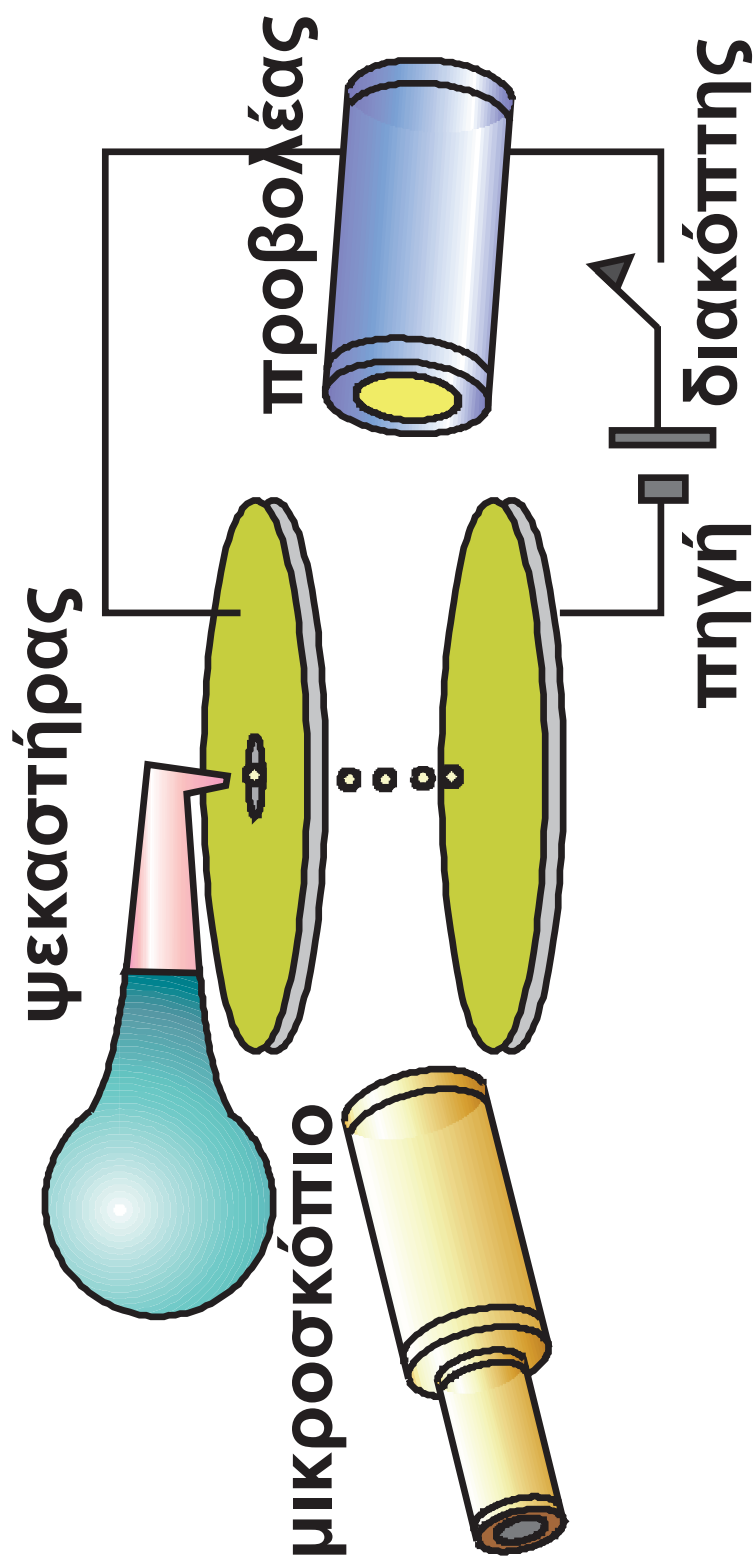
ΕΝΘΕΤΟ

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. 3.61 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 mg που κατευθύνεται προς τα κάτω, και η αντίσταση του αέρα F , που κατευθύνεται προς τα πάνω.

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

$$F = Cu = 6\pi\mu ru$$

όπου μ το ιξώδες του αέρα (ιξώδες: ένα μέγεθος που δείχνει πόσο πα-

χύρρευστο είναι ένα ρευστό), r η ακτίνα της σταγόνας και u η ταχύτητά της.



**Εικ. 3.17 Robert Millikan (1868-1953).
Ηνωμένες Πολιτείες.**

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.

$$mg = F \text{ άρα } mg = 6\pi\mu r v \quad (3.65)$$

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

Ο όγκος της σταγόνας είναι $\frac{4}{3}\pi r^3$ (όγκος σφαίρας).

Οπότε η σχέση (3.65) γίνεται

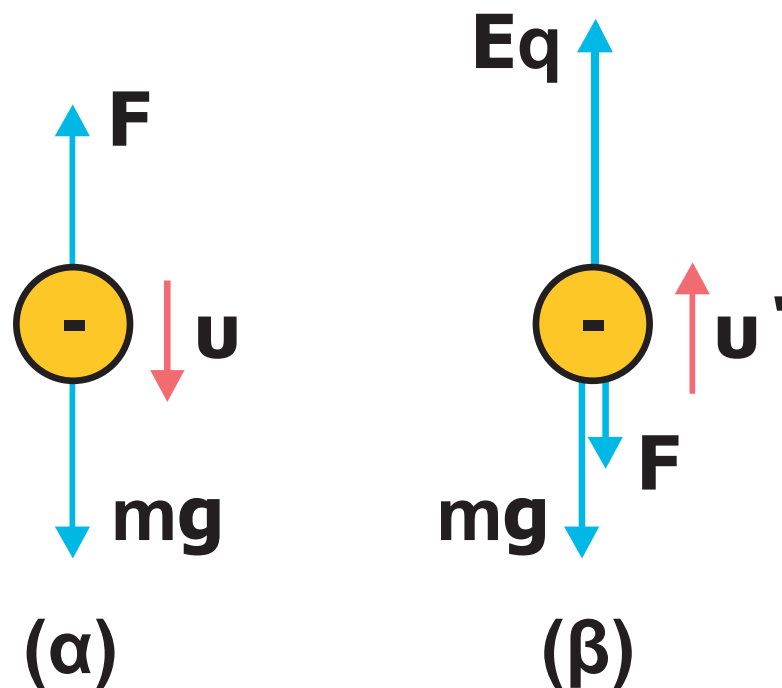
$$\frac{4}{3}\pi r^3 \rho g = 6\pi\mu r v \text{ ή}$$

$$\frac{4}{3}\pi r^2 \rho g = 6\pi\mu v \quad (3.66)$$

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 (3.66) μας δίνει την ακτίνα της σταγόνας.

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 E_q . 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.



Σχ. 3.62 (α) Οι δυνάμεις στην σταγόνα που πέφτει με την οριακή της ταχύτητα u . (β) Οι δυνάμεις παρουσία του ηλεκτρικού πεδίου.

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

$$\Sigma F = 0 \text{ επομένως}$$

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

Μετρώντας την u' και έχοντας ήδη υπολογίσει την ακτίνα, από τη 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 υπό-

θεση 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.



ΠΙΝΑΚΕΣ ΣΤΑΘΕΡΩΝ - ΧΡΗΣΙΜΑ ΜΕΓΕΘΗ

ΘΕΜΕΛΙΩΔΕΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΣΤΑΘΕΡΕΣ

Όνομα

Ταχύτητα του φωτός

Φορτίο ηλεκτρονίου (απόλυτη τιμή)

Βαρυτική σταθερά

Σταθερά Planck

Σταθερά Boltzmann

Σταθερά Avogadro

Σταθερά των αερίων

Μάζα ηλεκτρονίου

Μάζα νετρονίου

Μάζα πρωτονίου

Διηλεκτρική σταθερά του κενού

Σταθερά Coulomb

Μαγνητική διαπερατότητα του κενού

Σύμβολο Τιμή

c	$3 \times 10^8 \text{ m/s}$
e	$1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$
G	$6,67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$
h	$6,626 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$
k	$1,38 \times 10^{-23} \text{ J / K}$
N_A	$6,022 \times 10^{23} \text{ μόρια/mol}$
R	$8,314 \text{ J / mol} \cdot \text{K}$
m_e	$9,1 \times 10^{-31} \text{ kg}$
m_n	$1,675 \times 10^{-27} \text{ kg}$
m_p	$1,673 \times 10^{-27} \text{ kg}$
ε_o	$8,85 \times 10^{-12} \text{ C}^2 / \text{N} \cdot \text{m}^2$
K_c	$9 \times 10^9 \text{ Nm}^2 / \text{C}^2$
μ_o	$4\pi \times 10^{-7} \text{ Wb / A} \cdot \text{m}$

ΑΛΛΕΣ ΧΡΗΣΙΜΕΣ ΣΤΑΘΕΡΕΣ

Όνομα

Μηχανικό ισοδύναμο της θερμότητας

Κανονική ατμοσφαιρική πίεση

Απόλυτο μηδέν

Ηλεκτρονιοβόλτ

Ενέργεια ηρεμίας ηλεκτρονίου

Γραμμομοριακός όγκος ιδανικού
αερίου (s.t.p.)

Σύμβολο Τιμή

	4,186 J / cal
1 atm	$1,013 \times 10^5 \text{ P (N / m}^2\text{)}$
0 K	-273 °C
1 eV	$1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$
mc^2	0,511 MeV
V_{mol}	22,4 L / mol

ΛΕΞΙΛΟΓΙΟ ΟΡΩΝ

A

αδιαβατική μεταβολή: μεταβολή στη διάρκεια της οποίας το σύστημα δεν ανταλλάσσει θερμότητα με το περιβάλλον.

αδιαβατικό τοίχωμα: τοίχωμα που δεν επιτρέπει την ανταλλαγή θερμότητας.

ακτίνα Schwarzschild: η μέγιστη ακτίνα που πρέπει να έχει ένα ουράνιο σώμα μάζας M για να είναι μαύρη τρύπα.

ακτινοβολία Cerenkov: ορατή ακτινοβολία που προέρχεται από τις κρούσεις φορτισμένων σωματιδίων με τα άτομα.

αμοιβαία επαγωγή: η εμφάνιση ηλεκτρεγερτικής δύναμης σε ένα κύκλωμα εξαιτίας της μεταβολής

του ρεύματος σε ένα άλλο κύκλωμα.

ανόρθωση εναλλασσόμενης τάσης: η μετατροπή της σε συνεχή τάση.

αντιστρεπτή μεταβολή: μεταβολή στην οποία υπάρχει δυνατότητα επαναφοράς του συστήματος και του περιβάλλοντος στην αρχική τους κατάσταση.

απόλυτη θερμοκρασία: η θερμοκρασία στην κλίμακα Kelvin. Το μηδέν της κλίμακας είναι το απόλυτο μηδέν.

απόλυτο μηδέν: η θερμοκρασία κάτω από την από την οποία δεν είναι δυνατό να φτάσουμε. Αντιστοιχεί στους $-273\text{ }^{\circ}\text{C}$.

ατμομηχανή: είδος θερμικής μηχανής. Σε αυτή το «μέσον» είναι το νερό, δεξαμενή υψηλής θερμοκρασίας

ο λέβητας όπου θερμαίνεται το νερό και δεξαμενή χαμηλής θερμοκρασίας ο συμπυκνωτής όπου ψύχεται το νερό.

αυτεπαγωγή: η εμφάνιση ηλεκτρεγερτικής δύναμης σε ένα κύκλωμα όταν μεταβάλλεται το ρεύμα που το διαρρέει.

B

βαρυτικό πεδίο: ο χώρος στον οποίο όταν βρεθεί μια μάζα θα δεχθεί δύναμη.

βόρειο σέλας: φωτεινό φαινόμενο που εκδηλώνεται κοντά στο βόρειο πόλο της Γης και οφείλεται στις κρούσεις φορτισμένων σωματιδίων με τα άτομα του αέρα.

βρασμός: φαινόμενο κατά το οποίο ένα υγρό μεταβαίνει στην αέρια φάση από όλη τη μάζα του.

Γ

γαλβανόμετρο: όργανο που δείχνει αν περνάει ρεύμα.

γραμμική πυκνότητα φορτίου: το πηλίκο του φορτίου Δq που αντιστοιχεί σε μήκος Δl ενός αγωγού προς το μήκος αυτό.

Δ

διατηρητικό πεδίο: πεδίο στο οποίο η δύναμη που ασκεί δεν παράγει έργο κατά τη μετακίνηση του υποθέματος σε κλειστή τροχιά.

διαφορά δυναμικού (μεταξύ δύο σημείων βαρυτικού πεδίου): το πηλίκο του έργου που παράγει ή καταναλώνει η δύναμη του πεδίου κατά τη μετακίνηση μιας μάζας m από το ένα σημείο στο άλλο προς τη μάζα αυτή.

διαφορά δυναμικού (μεταξύ δύο σημείων ηλεκτρικού πεδίου): το πηλίκο του έργου που παράγει ή καταναλώνει η δύναμη του πεδίου κατά τη μετακίνηση φορτίου q από το ένα σημείο στο άλλο προς το φορτίο αυτό.

διηλεκτρική αντοχή: η τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου πάνω από την οποία το διηλεκτρικό συμπεριφέρεται ως αγωγός.

διηλεκτρική σταθερά (διηλεκτρικού): ο λόγος της χωρητικότητας ενός πυκνωτή με το διηλεκτρικό προς τη χωρητικότητα του ίδιου πυκνωτή στο κενό.

διηλεκτρικό: σώμα στο οποίο δεν μπορούν να κινηθούν ηλεκτρικά φορτία, ο μονωτής.

δίοδος: συσκευή που επιτρέπει την κίνηση των ηλεκτρονίων μόνο προς μία κατεύθυνση.

δύναμη Laplace: η δύναμη που δέχεται ρευματοφόρος αγωγός που βρίσκεται σε μαγνητικό πεδίο.

δύναμη Lorentz: η δύναμη που δέχεται ένα ηλεκτρικό φορτίο που κινείται σε μαγνητικό πεδίο.

δύναμη κεντρική: η δύναμη αλληλεπίδρασης μεταξύ δύο μαζών ή δύο φορτίων που έχει τη διεύθυνση της ευθείας που ορίζεται από τα κέντρα μάζας ή τα κέντρα φορτίων αντίστοιχα.

δυναμικό βαρυτικού πεδίου: το σταθερό πηλίκο του έργου που παράγει η δύναμη του πεδίου κατά τη μετακίνηση μάζας m από ένα σημείο του πεδίου μέχρι το άπειρο προς τη μάζα αυτή.

δυναμικό ηλεκτρικού πεδίου: το σταθερό πηλίκο του έργου που παράγει η δύναμη του πεδίου κατά

τη μετακίνηση φορτίου q από ένα σημείο του πεδίου μέχρι το άπειρο προς το φορτίο αυτό.
δυναμό: γεννήτρια.

E

ειδική γραμμομοριακή θερμότητα υπό σταθερή πίεση (C_p): το ποσό της θερμότητας που πρέπει να προσφέρουμε σε 1 mol αερίου, του οποίου η πίεση μένει σταθερή, για να αυξηθεί η θερμοκρασία του κατά 1°C .

ειδική γραμμομοριακή θερμότητα υπό σταθερό όγκο (C_v): το ποσό της θερμότητας που πρέπει να προσφέρουμε σε 1 mol αερίου, του οποίου ο όγκος είναι σταθερός για να αυξηθεί η θερμοκρασία του κατά 1°C .

ειδική γραμμομοριακή θερμότητα: το ποσό της θερμότητας που πρέπει να προσφέρουμε στη μονάδα μάζας του υλικού για να αυξηθεί η θερμοκρασία του κατά $1\text{ }^{\circ}\text{C}$.

ειδική θερμότητα: το ποσό της θερμότητας που πρέπει να προσφέρουμε σε 1 g του υλικού για να αυξήσουμε τη θερμοκρασία του κατά $1\text{ }^{\circ}\text{C}$.

εκτόνωση ελεύθερη: η αύξηση του όγκου του αερίου που γίνεται χωρίς παραγωγή έργου, η ανεμπόδιστη αύξηση του όγκου ενός αερίου.

εναλλακτήρας: η γεννήτρια εναλλασσόμενης τάσης.

εναλλασσόμενο ρεύμα: ρεύμα του οποίου η ένταση είναι αρμονική συνάρτηση του χρόνου.

ενεργός ένταση (εναλλασσόμενου ρεύματος): η ένταση ενός συνεχούς

ρεύματος που έχει τα ίδια θερμικά αποτελέσματα με το εναλλασσόμενο. **ενεργός τάση** (εναλλασσόμενης τάσης): η τιμή της συνεχούς τάσης που όταν εφαρμόζεται σε μια αντίσταση δίνει ρεύμα με ένταση ίση με την ενεργό τιμή του εναλλασσόμενου ρεύματος που προκαλεί η εναλλασσόμενη τάση.

ενεργός ταχύτητα: η τετραγωνική ρίζα της μέσης τιμής των τετραγώνων των ταχυτήτων.

ένταση βαρυτικού πεδίου: το πηλίκο της δύναμης που δέχεται μάζα m σε ένα σημείο του πεδίου προς τη μάζα αυτή.

ένταση ηλεκτρικού πεδίου: το πηλίκο της δύναμης που δέχεται φορτίο q σε ένα σημείο του πεδίου προς το φορτίο αυτό. Η κατεύθυνσή της συμπίπτει με την κατεύθυνση

της δύναμης που ασκείται σε θετικό φορτίο.

ένταση μαγνητικού πεδίου: το πηλίκο της μέγιστης δύναμης που δέχεται από μαγνητικό πεδίο ένας αγωγός μήκους l , που διαρρέεται από ρεύμα έντασης I , προς το γινόμενο Il .

εντροπία: μέγεθος που συνδέεται με την αταξία που επικρατεί στα δομικά συστατικά του συστήματος και με την ικανότητα του συστήματος να παράγει έργο.

εξαερίωση: η μετάβαση ενός σώματος από την υγρή στην αέρια φάση.

εξάτμιση: η εξαερίωση που γίνεται μόνο από την επιφάνεια του υγρού.

εξίσωση της τροχιάς: η συνάρτηση $y = f(x)$ των συντεταγμένων του σώματος.

επαγωγή: η εμφάνιση ηλεκτρεγερτικής δύναμης σε έναν αγωγό όταν μεταβάλλεται η μαγνητική ροή που περνάει από την επιφάνεια που ορίζει με το σχήμα του ή όταν διέρχεται μαγνητική ροή από την επιφάνεια που ορίζει με την κίνησή του.

επαγωγική σύζευξη δύο κυκλωμάτων: δύο κυκλώματα βρίσκονται σε επαγωγική σύζευξη όταν η μεταβολή του ρεύματος στο ένα δημιουργεί ηλεκτρεγερτική δύναμη από επαγωγή στο άλλο.

επιλογέας ταχυτήτων: διάταξη που επιτρέπει να περάσουν μόνο φορτισμένα σωματίδια που έχουν ορισμένη ταχύτητα. Βασίζεται στο συνδυασμό μαγνητικού και ηλεκτρικού πεδίου με τις δυναμικές γραμμές τους κάθετες μεταξύ τους.

επίπεδος πυκνωτής: πυκνωτής του οποίου οι οπλισμοί είναι παράλληλες επίπεδες μεταλλικές επιφάνειες.

επιφάνεια Gauss: μια κλειστή επιφάνεια που επιλέγουμε για να εφαρμόσουμε το νόμο του Gauss.

επιφανειακή πυκνότητα φορτίου: το πηλίκο του φορτίου Δq που αντιστοιχεί σε επιφάνεια ΔA προς την επιφάνεια αυτή.

εσωτερική ενέργεια: ενέργεια που εμπεριέχει ένα σώμα και είναι το άθροισμα των ενεργειών των σωματιδίων που το απαρτίζουν, ως αποτέλεσμα της σχετικής τους κίνησης ως προς το κέντρο μάζας του σώματος και των αλληλεπιδράσεων μεταξύ τους. Εξαρτάται από τη θερμοκρασία.

Z

ζώνες Van Allen: ζώνες που περιβάλλουν τη Γη στις οποίες παρατηρήθηκε μεγάλη πυκνότητα φορτισμένων σωματιδίων.

H

ηλεκτρική ροή από στοιχειώδη επιφάνεια ΔA : το γινόμενο του μέτρου της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου επί το εμβαδόν της επιφάνειας ΔA επί το συνημίτονο της γωνίας ανάμεσα στην ένταση και την κάθετη στην επιφάνεια.

ηλεκτρικό πεδίο: ο χώρος στον οποίο όταν βρεθεί ένα φορτίο θα δεχθεί δύναμη.

ηλεκτρονικό τηλεβόλο: τμήμα του καθοδικού σωλήνα που εξασφαλίζει την εκπομπή, επιτάχυνση και εστίαση των ηλεκτρονίων.

ηλεκτρονιοβόλτ: το έργο που παράγει η δύναμη του πεδίου όταν μετατοπίζεται το στοιχειώδες φορτίο μεταξύ δύο σημείων που έχουν διαφορά δυναμικού 1 V.
(1 eV = $1,6 \times 10^{-19}$ Joule).



θερμικά μονωμένο σύστημα: σύστημα που δεν αλληλεπιδρά με το περιβάλλον του. Θερμικά μονωμένο αν δεν ανταλλάσσει θερμότητα με το περιβάλλον.

θερμική μηχανή: μηχανή που μετατρέπει τη θερμότητα σε μηχανικό έργο.

θερμοδυναμική ισορροπία: η κατάσταση στην οποία οι θερμοδυναμικές μεταβλητές του συστήματος παραμένουν σταθερές.

θερμοδυναμική μεταβλητή: μέγεθος που χρησιμοποιούμε για να περιγράψουμε ένα θερμοδυναμικό σύστημα.

θερμοδυναμική: η επιστήμη που εξετάζει τις μετατροπές της θερμότητας σε μηχανικό έργο.

θερμότητα: μορφή ενέργειας που μεταφέρεται από ένα σώμα σε ένα άλλο που έχει χαμηλότερη θερμοκρασία.

I

ιδανικά αέρια: Μακροσκοπικά, τα αέρια που υπακούουν στην καταστατική εξίσωση, σε όλες τις συνθήκες. Από μικροσκοπική άποψη τα αέρια των οποίων τα μόρια είναι τέλειες σφαίρες, δεν αλληλεπιδρούν μεταξύ τους παρά μόνο όταν συγκρούονται και οι συγκρούσεις

με τα τοιχώματα του δοχείου στο οποίο βρίσκονται είναι τελείως ελαστικές.

ισοβαρής μεταβολή: μεταβολή στη διάρκεια της οποίας η πίεση του αερίου μένει σταθερή.

ισόθερμη μεταβολή: μεταβολή στη διάρκεια της οποίας η θερμοκρασία του αερίου μένει σταθερή.

ισότοπα (άτομα): άτομα που έχουν τον ίδιο ατομικό αριθμό αλλά διαφορετικό μαζικό αριθμό - άτομα του ίδιου στοιχείου που έχουν διαφορετικό αριθμό νετρονίων, άρα διαφορετική μάζα.

ισόχωρη μεταβολή: μεταβολή στη διάρκεια της οποίας ο όγκος του αερίου μένει σταθερός.

K

κινητική θεωρία: θεωρία που διατυπώθηκε για να ερμηνευτεί η συμπεριφορά των αερίων. Βασική της παραδοχή ότι τα αέρια αποτελούνται από μεγάλο αριθμό σωματιδίων που κινούνται άτακτα.

κορεσμένοι ατμοί: Ατμοί που συνυπάρχουν σε ισορροπία με την υγρή φάση του σώματος.

κυκλική μεταβολή: κάθε μεταβολή στο τέλος της οποίας το αέριο επανέρχεται στην αρχική του κατάσταση.

κύκλος Carnot: Κυκλική αντιστρεπτή μεταβολή ορισμένης ποσότητας αερίου που περιλαμβάνει ισόθερμη εκτόνωση, αδιαβατική εκτόνωση, ισόθερμη συμπίεση και αδιαβατική συμπίεση.

M

μαγνητική ροή από επιφάνεια ΔA :
το γινόμενο του μέτρου της έντασης του μαγνητικού πεδίου επί το εμβαδόν της επιφάνειας ΔA επί το συνημίτονο της γωνίας ανάμεσα στην ένταση και την κάθετη στην επιφάνεια.

μαγνητική φιάλη: μαγνητικό πεδίο που εγκλωβίζει φορτισμένα σωματίδια. Είναι ισχυρό στα άκρα και ασθενές στο μέσο.

μαγνητικό πεδίο: ο χώρος στον οποίο δέχονται δυνάμεις κινούμενα ηλεκτρικά φορτία ή ρευματοφόροι αγωγοί.

μακροσκοπική μελέτη: η μελέτη ενός συστήματος κατά τη διάρκεια της οποίας αδιαφορούμε για τους δομικούς του λίθους (άτομα, μόρια, κ.λπ.).

μαύρη τρύπα: ουράνιο σώμα για το οποίο η ταχύτητα διαφυγής ισούται με την ταχύτητα του φωτός-που δεσμεύει στο βαρυτικό του πεδίο και τα φωτόνια.

μέση ισχύς (εναλλασσόμενου ρεύματος): το πηλίκο της ενέργειας που μεταφέρει το εναλλασσόμενο ρεύμα σε χρόνο μιας περιόδου προς το χρόνο αυτό.

μέση ταχύτητα μορίων: ο μέσος όρος των ταχυτήτων των μορίων.

μηχανή Carnot: Μια ιδανική θερμική μηχανή που έχει το μεγαλύτερο συντελεστή απόδοσης από όλες τις μηχανές που λειτουργούν ανάμεσα στις θερμοκρασίες T_1 και T_2 .

μικροσκοπική μελέτη: η μελέτη ενός συστήματος με βάση τη συμπεριφορά των δομικών του λίθων.

Π

παλμογράφος: ηλεκτρονική διάταξη που επιτρέπει να παρακολουθούμε και να μετράμε μεταβαλλόμενες τάσεις.

πεδίο δυνάμεων: χώρος στον οποίο ασκείται δύναμη στο κατάλληλο υπόθεμα που βρίσκεται σε αυτόν.

πιο πιθανή ταχύτητα (των μορίων ενός αερίου): αν ομαδοποιήσουμε τα μόρια ενός αερίου με βάση την ταχύτητά τους, η ταχύτητα της πιο πολυπληθούς ομάδας.

πόλωση διηλεκτρικού: η ανακατανομή των ηλεκτρικών φορτίων του διηλεκτρικού όταν εισάγεται σε ηλεκτρικό πεδίο.

πυκνωτής: σύστημα δυο αγωγών που βρίσκονται σε μικρή απόσταση και χωρίζονται από το κενό ή από ένα διηλεκτρικό.

P

ρότορας: το κινητό μέρος μιας γεννήτριας ή ενός ηλεκτροκινητήρα.

Σ

σημειακή μάζα: μάζα που είναι συγκεντρωμένη σε ένα σημείο- σώμα που έχει πολύ μικρές διαστάσεις.

σημείο βρασμού: το σημείο ζέσεως.

σημείο ζέσεως: η θερμοκρασία στην οποία βράζει ένα υγρό.

σταθερά του Boltzmann: το πηλίκο της παγκόσμιας σταθεράς των ιδανικών αερίων με τον αριθμό N_A .

στάτορας: το ακίνητο μέρος μιας γεννήτριας ή ενός ηλεκτροκινητήρα.

συντελεστής αμοιβαίας επαγωγής δυο κυκλωμάτων: το πηλίκο της

επαγωγικής ηλεκτρεγερτικής δύναμης που αναπτύσσεται σε ένα κύκλωμα προς το ρυθμό μεταβολής του ρεύματος στο άλλο κύκλωμα. συντελεστής αυτεπαγωγής ενός κυκλώματος: το πηλίκο της επαγωγικής ηλεκτρεγερτικής δύναμης που αναπτύσσεται στο κύκλωμα προς το ρυθμό μεταβολής του ρεύματος που το διαρρέει.

συντελεστής απόδοσης θερμικής μηχανής: ο λόγος του έργου που αποδίδει σε έναν κύκλο η μηχανή προς τη θερμότητα που παίρνει από τη θερμή δεξαμενή στον ίδιο χρόνο.

συντελεστής απόδοσης θερμικής μηχανής: ο λόγος του ωφέλιμου έργου που αποδίδει μια θερμική μηχανή προς τη θερμότητα που προσλαμβάνει από το περιβάλλον.

T

τάση σάρωσης: η περιοδική τάση που εφαρμόζεται στα πλακίδια οριζόντιας εκτροπής ενός παλμογράφου. Χαρακτηριστικό της είναι ότι αυξάνεται γραμμικά και μηδενίζεται απότομα.

ταχύτητα διαφυγής: η ελάχιστη ταχύτητα που πρέπει να έχει ένα σώμα για να εγκαταλείψει το βαρυτικό πεδίο ενός ουράνιου σώματος.

Φ

φασματογράφος μάζας: διάταξη που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση του πηλίκου m/q φορτισμένων σωματιδίων.

φθορισμός: η εκπομπή ακτινοβολίας από ένα σώμα στο οποίο προσπίπτουν φωτόνια ή φορτισμένα

σωματίδια που έχουν ενέργεια μεγαλύτερη από ορισμένη τιμή.

X

χωρητικότητα πυκνωτή: το σταθερό πηλίκο του φορτίου του πυκνωτή προς τη διαφορά δυναμικού ανάμεσα στους οπλισμούς του.

ΑΛΦΑΒΗΤΙΚΟ ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ

A

ακτίνα Schwarzschild53

B

βαρυτικό πεδίο της Γης43

Δ

διηλεκτρική αντοχή8, 19

διηλεκτρική σταθερά11

διηλεκτρικό6

διηλεκτρικού πόλωση.....12

δύναμη κεντρική.....26

δυναμικό βαρυτικού πεδίου32

E

ενέργεια δυναμική36

ένταση βαρυτικού πεδίου34

Μ

μάζα σημειακή	27
μαύρη τρύπα.....	53

Π

πεδίο βαρυτικό	28
πεδίο βαρυτικό βαρυτικό της Γης.....	43

Τ

ταχύτητα διαφυγής.....	51
------------------------	----

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1. Πανεπιστημιακή Φυσική Hugh D. Young Εκδόσεις Παπαζήση.**
- 2. Physics for scientists & engineers Serway.**
- 3. Φυσική Halliday Resnick Εκδόσεις Πνευματικός.**
- 4. Halliday - Resnick - Walker Fundamentals of Physics Extended (fifth edition).**
- 5. F.J. Keller - W.E. Gettys - M.J. Skove Physics (second edition).**
- 6. ΟΗΑΝΙΑΝ Physics - Εκδόσεις Συμμετρία - Μετάφραση Α. Φίλιππα.**

- 7. Edward M. Purcell Ηλεκτρισμός
- Μαγνητισμός. Μαθήματα Φυσικής - Πανεπιστήμιο Berkeley.
Έκδοση Ε.Μ.Π.**
- 8. Κ.Δ. Αλεξόπουλος - Δ.Ι. Μαρίνος
Γενική Φυσική - Εκδόσεις ΟΛΥΜΠΙΑ.**
- 9. Οι έννοιες της Φυσικής Paul G.
Hewitt - Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.**
- 10. Εισαγωγή στην Ηλεκτροδυναμική David J. Griffiths - Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.**
- 11. Κλασσική και σύγχρονη Φυσική Kenneth W. Ford - Εκδόσεις Πνευματικός.**

**12. Η εξέλιξη των ιδεών στη Φυσική
Einstein, Infeld - Εκδόσεις Δω-
δώνη.**

**13. Η ελαφρότητα της Βαρύτητας
Jayant Narlikar - Εκδόσεις Τρο-
χαλία.**

**14. Robert March Φυσική για ποιη-
τές - Εκδόσεις Δίαυλος.**

**15. Ιστορία της Φυσικής Emilio
Segre - Εκδόσεις Δίαυλος.**



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

3 Ηλεκτρικό πεδίο

Πυκνωτές και διηλεκτρικά6

Το βαρυτικό πεδίο26

Το βαρυτικό πεδίο της Γης.....43

Ταχύτητα διαφυγής -

Μαύρες τρύπες48

Σύγκριση ηλεκτροστατικού -

βαρυτικού πεδίου60

Σύνοψη62

Δραστηριότητες.....73

Ερωτήσεις.....75

Ασκήσεις88

Προβλήματα.....97

Ένθετο.

Το πείραμα του Millikan135

Παραρτήματα

Πίνακες σταθερών.....146

Λεξιλόγιο όρων.....150

Αλφαβητικό ευρετήριο.....174

Βιβλιογραφία176

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.