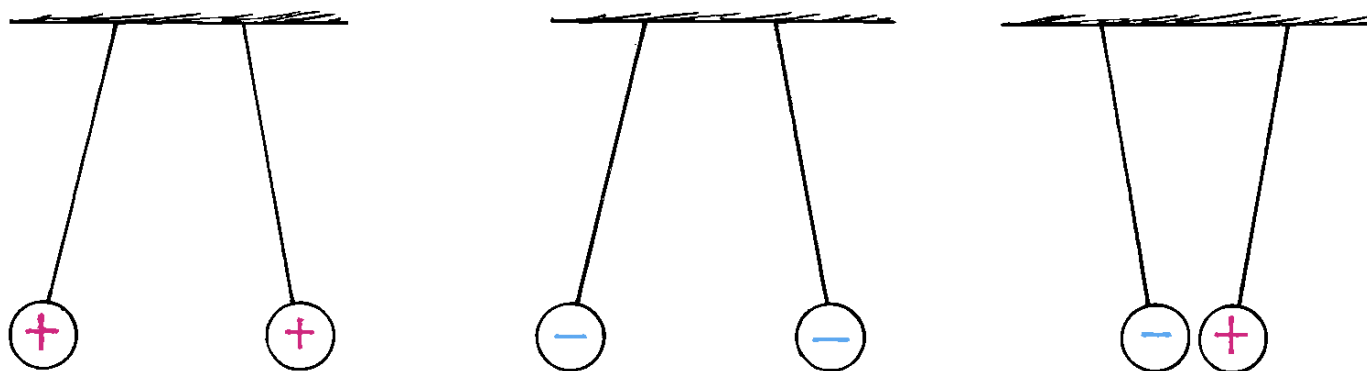


Βασικές έννοιες ηλεκτρισμού και μαγνητισμού

Η φυσική του ηλεκτρομαγνητισμού εξετάστηκε για πρώτη φορά από τους αρχαίους Έλληνες φιλοσόφους, οι οποίοι ανακάλυψαν ότι εάν τρίψουμε ένα κομμάτι κεχριμπαριού και στη συνέχεια το φέρουμε κοντά σε κομμάτια άχυρου, το άχυρο θα μετακινηθεί στο κεχριμπαρι

ΕΙΚΟΝΑ 22.1 Τα ομώνυμα φορτία απωθούνται. Τα ετερόνυμα έλκονται.

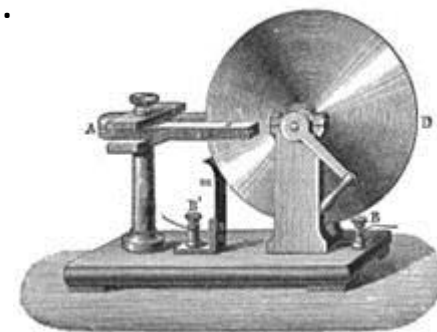


ΟΙ ΕΝΝΟΙΕΣ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ – ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΕΣ ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΚΡΗΤΗΣ

1820, Hans Christian Oersted : ένα ηλεκτρικό ρεύμα σε ένα σύρμα μπορεί να εκτρέψει μια μαγνητική βελόνα πυξίδας (σχέση ηλεκτρισμού και μαγνητισμού).

1831, Faraday: Πείραμα επαγωγής και ηλεκτρική γεννήτρια

1855, Maxwell: Μοντελοποίηση πειραμάτων Faraday και ΗΜ πεδίο με ταχύτητα διάδοσης κυμάτων 310,740,000 m/s



Θεμελιώδεις Εξισώσεις του Maxwell για την περιγραφή των ΗΜ φαινομένων

Νόμος	Εξίσωση	Φυσική Σημασία
Gauss για E	$\oiint_S \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q}{\epsilon_0}$	Η ηλεκτρική ροή διαμέσου κλειστής επιφάνειας είναι ανάλογη στο φορτίο που περιέχει
Faraday	$\oint \vec{E} \cdot d\vec{s} = -\frac{d\Phi_B}{dt}$	Μεταβαλλόμενο μαγνητικό πεδίο δημιουργεί ηλεκτρικό πεδίο
Gauss για B	$\oiint_S \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0$	Η ολική μαγνητική ροή διαμέσου κλειστής επιφάνειας είναι μηδέν
Ampere-Maxwell	$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \mu_0 I + \mu_0 \epsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt}$	Ηλεκτρικό ρεύμα και μεταβαλλόμενο ηλεκτρικό πεδίο δημιουργούν μαγνητικό πεδίο

Σε διαφορική μορφή

$$\nabla \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0},$$

$$\nabla \cdot \vec{B} = 0,$$

$$\nabla \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t},$$

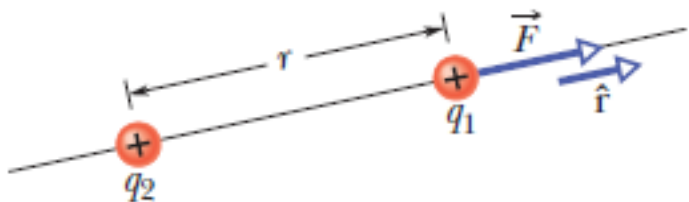
$$\nabla \times \vec{B} = \mu_0 \vec{J} + \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$$

όπου ρ και \vec{J} είναι το ελεύθερο φορτίο και η πυκνότητα ρεύματος αγωγιμότητας, αντίστοιχα, ϵ_0 η διηλεκτρική σταθερά κενού και μ_0 η μαγνητική διαπερατότητα κενού ³

Ηλεκτρικό φορτίο: ενδογενής ιδιότητα των θεμελιωδών σωματιδίων που φτιάχνουν τα αντικείμενα και εμφανίζεται αυτόματα ως ελκτική ή απωστική δύναμη όταν τα φέρνουμε κοντά. Εμφάνιση της ιδιότητας σε δύο είδη που ονομάστηκαν αλγεβρικά από τον Franklin ως θετικό ή αρνητικό φορτίο.

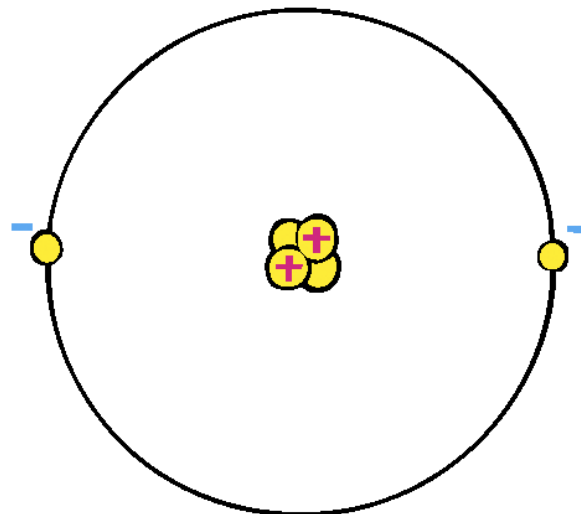
Νόμος Coulomb:
$$\vec{F} = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \hat{r}$$

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 8.99 \times 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2.$$



Ηλεκτροστατική: τα φορτία είναι σε ισορροπία

Θετικό φορτίο: Μόνο με απομάκρυνση ηλεκτρονίων



ΕΙΚΟΝΑ 22.2 Μοντέλο του ατόμου του ηλίου. Ο πυρήνας του ατόμου αποτελείται από δύο πρωτόνια και δύο νετρόνια. Τα θετικώς φορτισμένα πρωτόνια έλκουν δύο αρνητικά ηλεκτρόνια. Ποιο είναι το ολικό φορτίο του ατόμου;

Το φορτίο εμφανίζεται σε ποσά κβάντων και διατηρείται

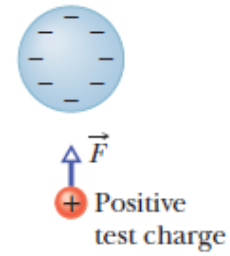
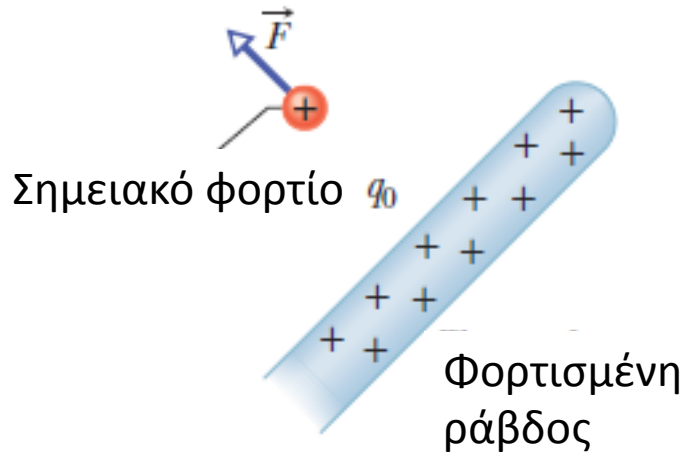
$$q = ne, \quad n = \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots,$$

$$e = 1.602 \times 10^{-19} \text{ C}.$$

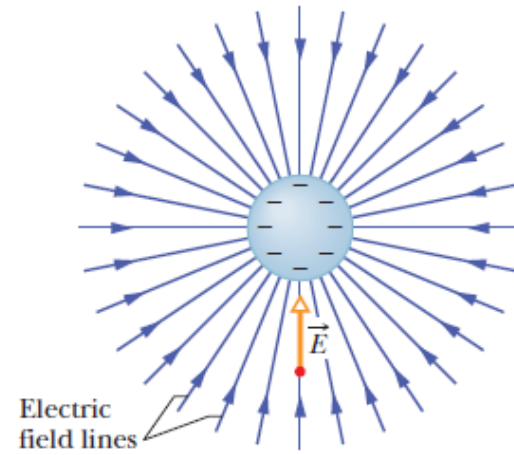
Ηλεκτρικό Πεδίο

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}$$

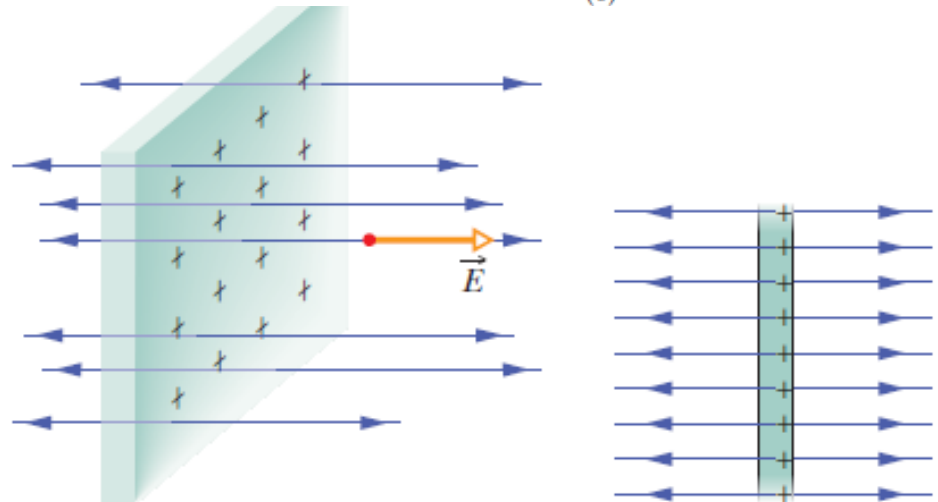
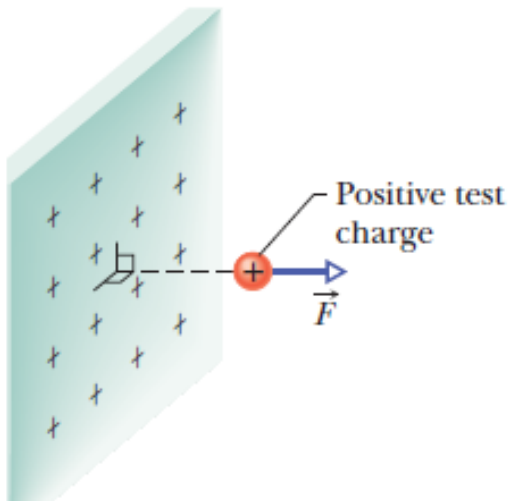
$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \hat{r}$$



(a)



(b)



Ηλεκτρικό Δυναμικό: ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας ανά μονάδα φορτίου για να φέρουμε θετικό δοκιμαστικό φορτίο q_0 από το άπειρο σε κάποιο σημείο ενός ηλεκτρικού πεδίου

$$V = \frac{-W_\infty}{q_0} = \frac{U}{q_0} \quad 1 \text{ volt} = 1 \text{ joule ανά coulomb}$$

Διαφορά δυναμικού: $\Delta U = q \Delta V = q(V_f - V_i)$ $1\text{eV} = e(1 \text{ V}) = (1.602 \times 10^{-19} \text{ C})(1 \text{ J/C}) = 1.602 \times 10^{-19} \text{ J}$

Διατήρηση ενέργειας: $U_i + K_i + W_{\text{app}} = U_f + K_f$

Νόμος Gauss:

$$\epsilon_0 \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \epsilon_0 \oint E dA = q_{\text{enc}}$$

$$\epsilon_0 E \oint dA = q$$

Για σημειακό φορτίο

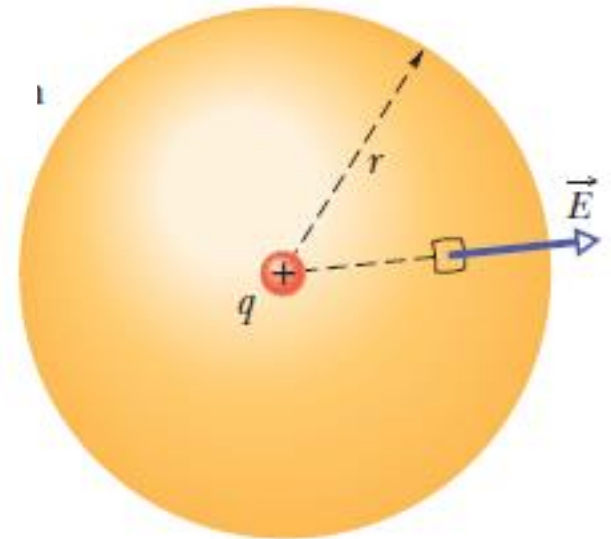
$$\epsilon_0 E (4\pi r^2) = q$$

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2}$$

και $V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r}$

Γενικά: $E_s = -\frac{\partial V}{\partial s}$

Γκαουσιανή
επιφάνεια





ΕΙΚΟΝΑ 22.3 Όταν τρίψουμε τη ράβδο με το γούνινο ύφασμα, μεταφέρονται από το ύφασμα στη ράβδο ηλεκτρόνια. Επομένως, η ράβδος φορτίζεται αρνητικά. Το ύφασμα φορτίζεται και αυτό; Πόσο φορτίζεται, σε σύγκριση με τη ράβδο; Θετικά ή αρνητικά;



ΕΙΚΟΝΑ 22.4 Είναι πιο εύκολο να δημιουργηθεί ηλεκτρικό ρεύμα δια μέσου εκατοντάδων χιλιομέτρων μεταλλικού καλωδίου απ' ό,τι δια μέσου λίγων εκατοστομέτρων μονωτικού υλικού.

Αγωγοί: Ελεύθερη κίνηση ηλεκτρονίων με αρνητικό φορτίο

Μονωτές: Τα ηλεκτρόνια δεν μπορούν να κινηθούν ελεύθερα

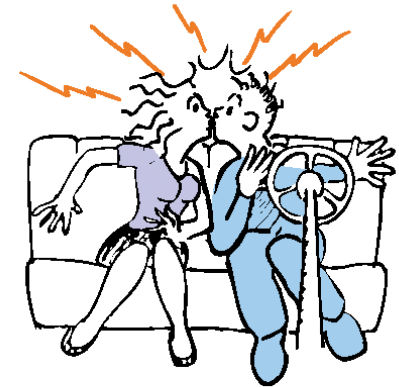
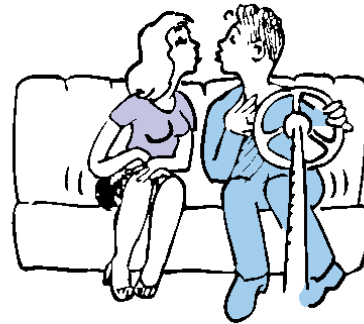
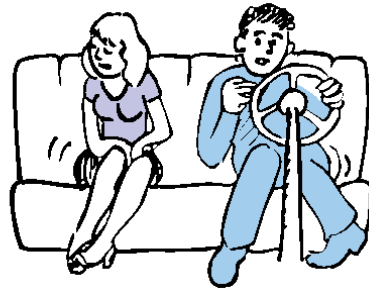
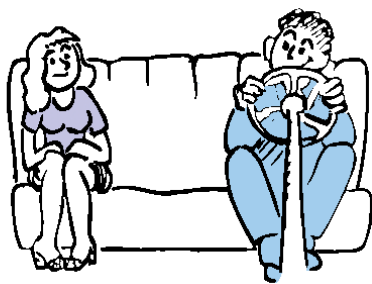
Ημιαγωγοί: Ενδιάμεση κίνηση μεταξύ αγωγού και μονωτές

Υπεραγωγοί : Τέλειοι αγωγοί και κίνηση χωρίς καμιά αντίσταση

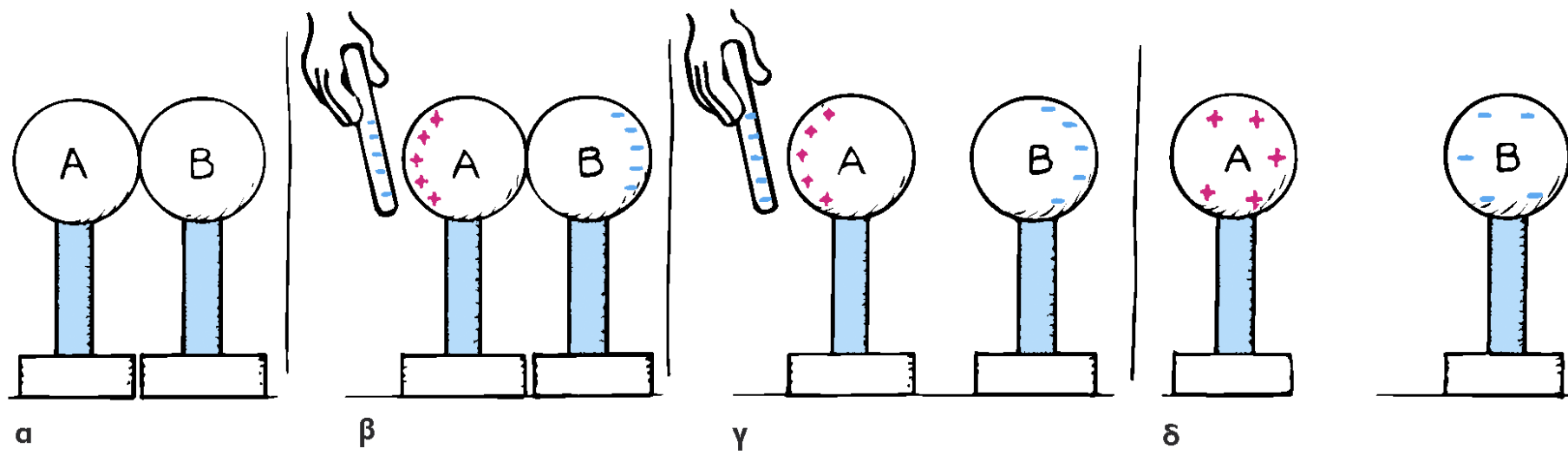


β

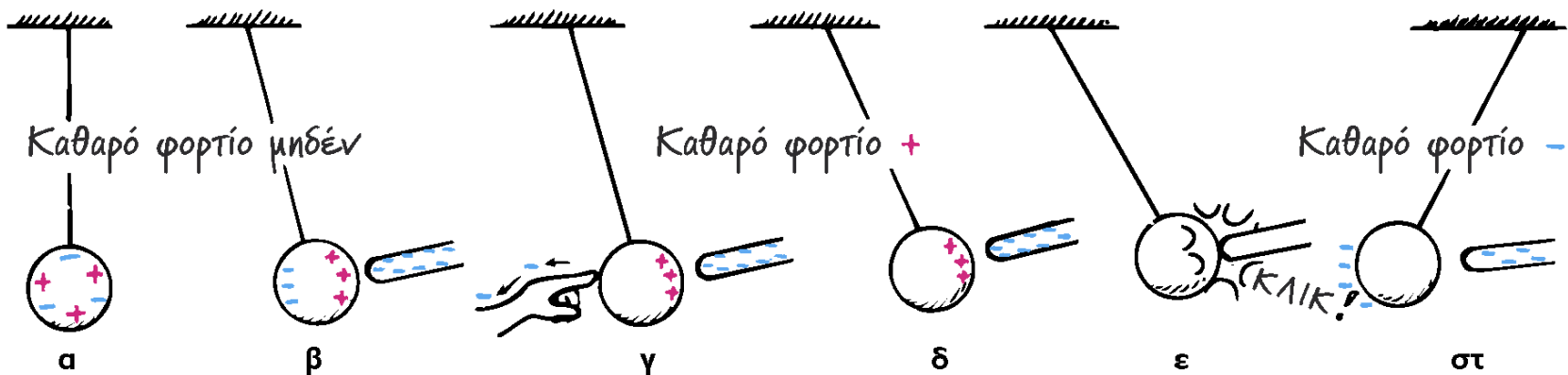
ΕΙΚΟΝΑ 22.5 (α) Τρία τρανζίστορ. (β) Πολλά τρανζίστορ σε ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα.



ΕΙΚΟΝΑ 22.6 Φόρτιση με τριβή και κατόπιν με επαφή.



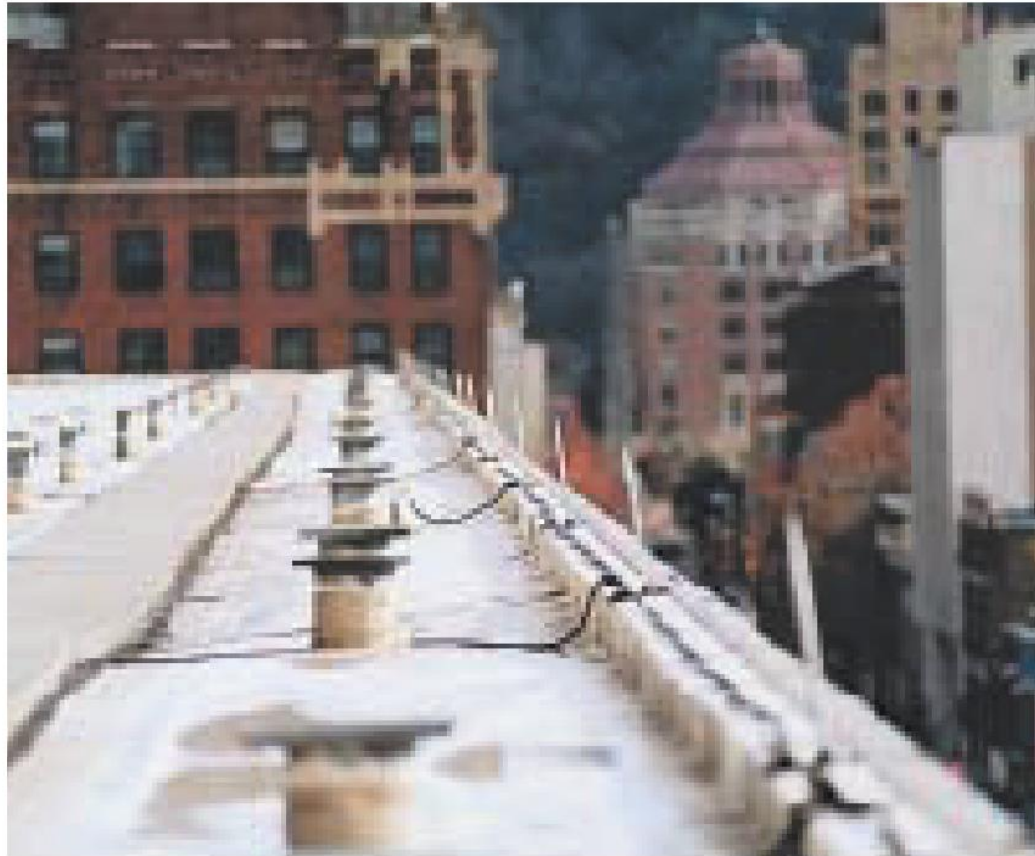
ΕΙΚΟΝΑ 22.7 Διάφορα στάδια της φόρτισης με επαγωγή.



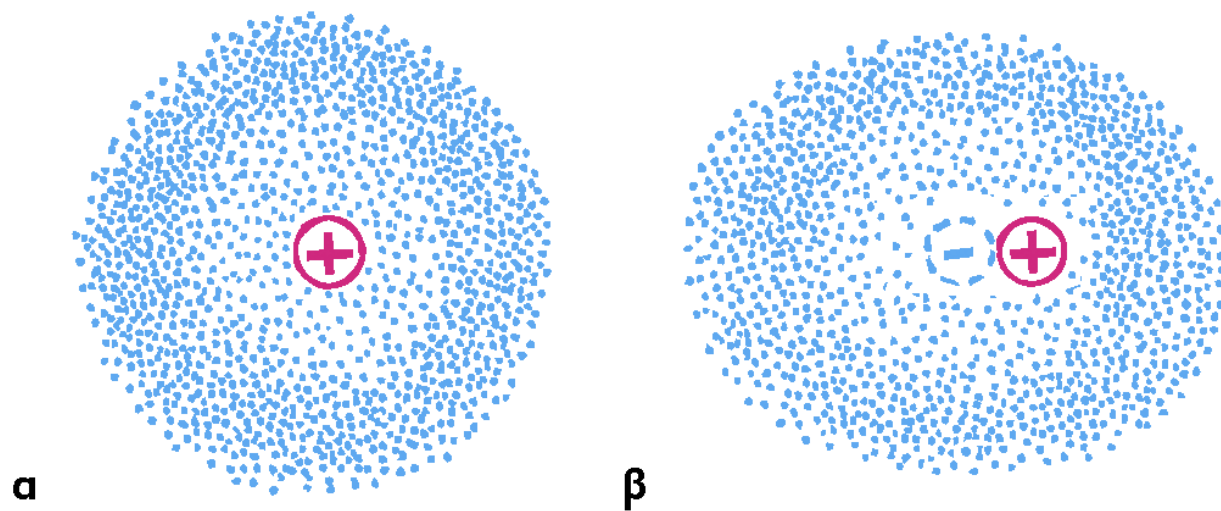
ΕΙΚΟΝΑ 22.8 Διάφορα στάδια της επαγωγής φορτίου μέσω γείωσης. (α) Το καθαρό φορτίο της μεταλλικής σφαίρας είναι μηδέν. (β) Η παρουσία της φορτισμένης ράβδου επάγει ανακατανομή του φορτίου στη σφαίρα. (γ) Όταν αγγίζουμε την αρνητική πλευρά της σφαίρας απομακρύνονται από αυτήν ηλεκτρόνια με επαφή. (δ) Με τον τρόπο αυτόν, η σφαίρα μένει φορτισμένη θετικά. (ε) Η σφαίρα έλκεται πιο έντονα προς την αρνητική ράβδο, και όταν αγγίζει σε αυτήν φορτίζεται με επαφή. (στ) Η αρνητικά φορτισμένη σφαίρα απωθείται από τη ράβδο, που εξακολουθεί να είναι φορτισμένη αρνητικά σε κάποιο βαθμό.



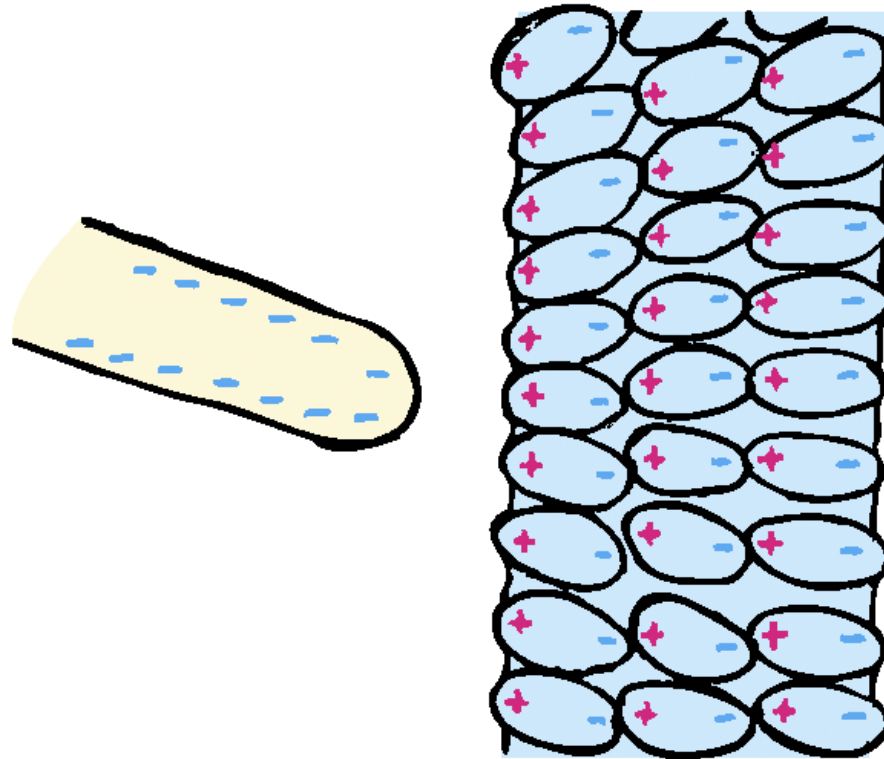
ΕΙΚΟΝΑ 22.9 Το αρνητικό φορτίο στο κάτω μέρος του νέφους επάγει θετικό φορτίο στην επιφάνεια του εδάφους από κάτω.



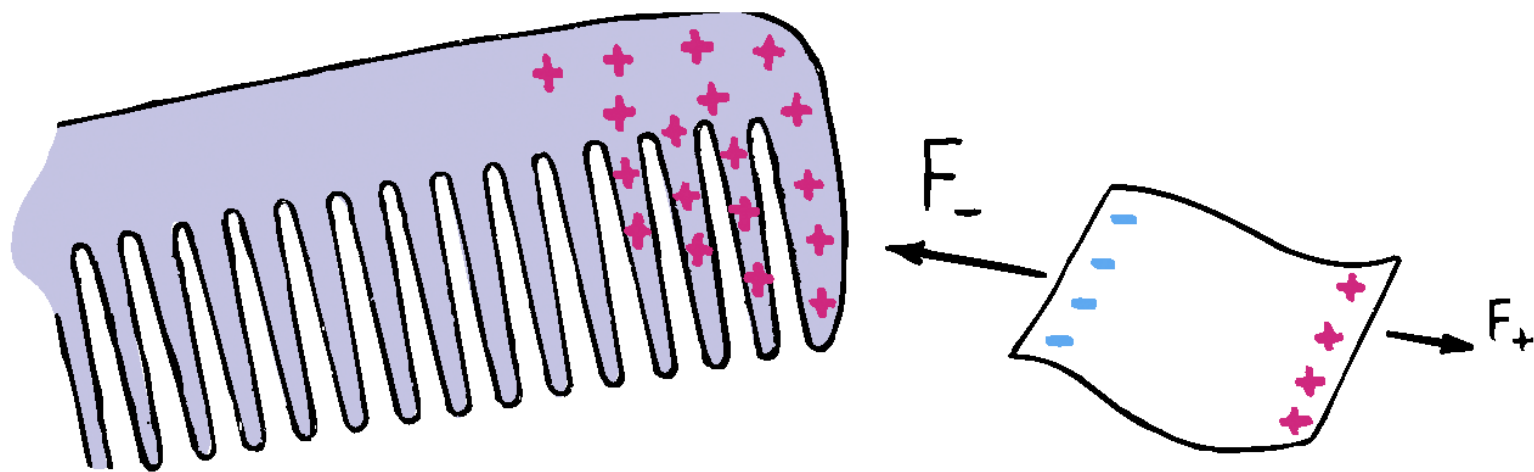
ΕΙΚΟΝΑ 22.10 Το αλεξικέραυνο είναι συνδεδεμένο με καλώδιο μεγάλης αντοχής ώστε να μπορεί να άγει πολύ μεγάλο ρεύμα στο έδαφος, αν δεχθεί έναν κεραυνό. Συνήθως, όμως, το φορτίο διαρρέει σταδιακά μέσω της αιχμηρής ακίδας, και με τον τρόπο αυτό αποτρέπεται η εκδήλωση κεραυνού.



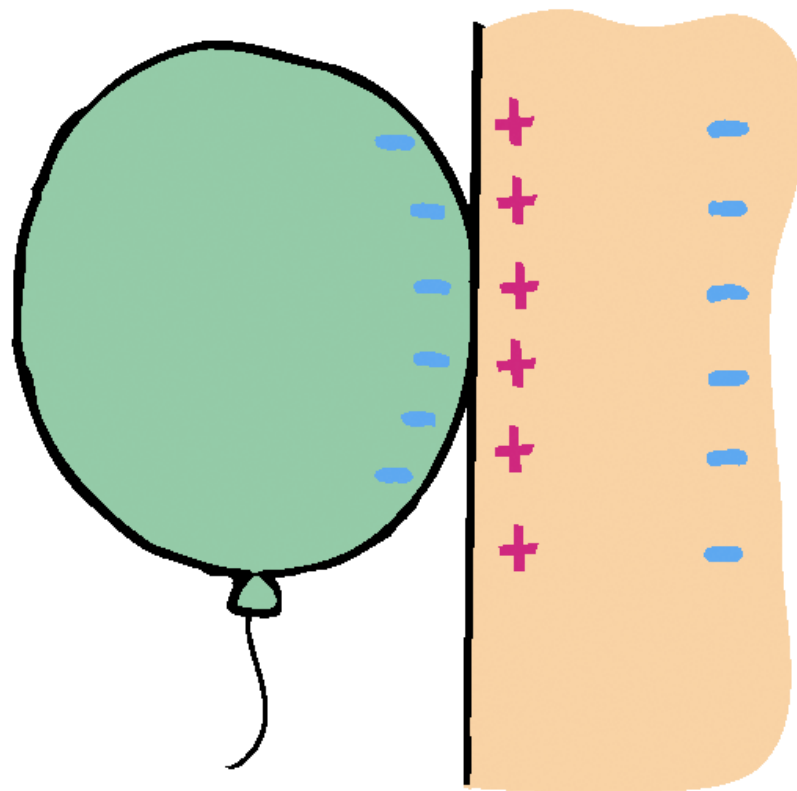
ΕΙΚΟΝΑ 22.11 Τα ηλεκτρόνια που στροβιλίζονται γύρω από τον πυρήνα του ατόμου δημιουργούν ένα ηλεκτρονιακό νέφος. (α) Το κέντρο του αρνητικού νέφους συμπίπτει με το κέντρο του θετικού πυρήνα. (β) Όταν πλησιάσει κοντά στο άτομο ένα εξωτερικό αρνητικό φορτίο από δεξιά, π.χ. ένα φορτισμένο μπαλόνι, το ηλεκτρονιακό νέφος παραμορφώνεται και τα κέντρα του αρνητικού και του θετικού φορτίου παύουν να συμπίπτουν. Το άτομο είναι ηλεκτρικά πολωμένο.



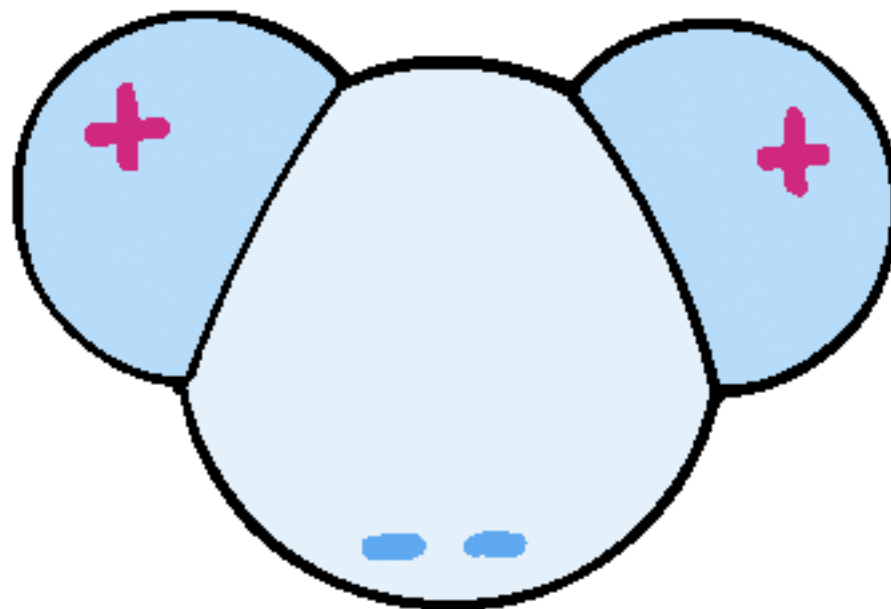
ΕΙΚΟΝΑ 22.12 Τα άτομα ή τα μόρια κοντά στην επιφάνεια πολώνονται. Στις απέναντι επιφάνειες του υλικού επάγονται επιφανειακά φορτία ίσου μεγέθους και αντίθετου προσήμου.



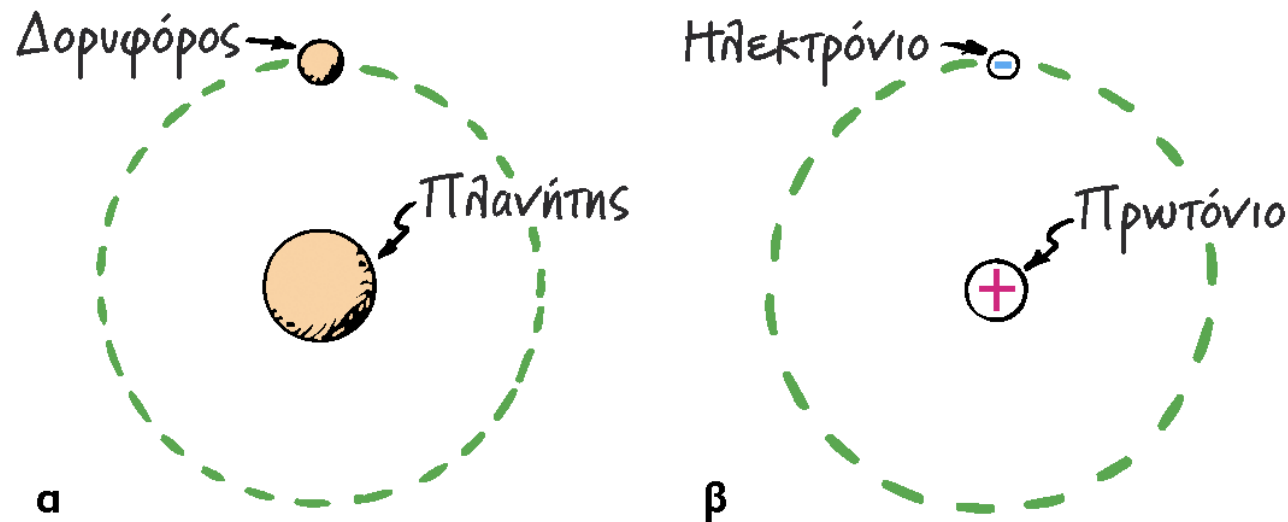
ΕΙΚΟΝΑ 22.13 Μια φορτισμένη χτένα έλκει ένα αφόρτιστο κομμάτι χαρτί, επειδή η ελκτική δύναμη που ασκείται στο πλησιέστερο φορτίο είναι μεγαλύτερη από την απωστική που ασκείται στο πιο απομακρυσμένο.



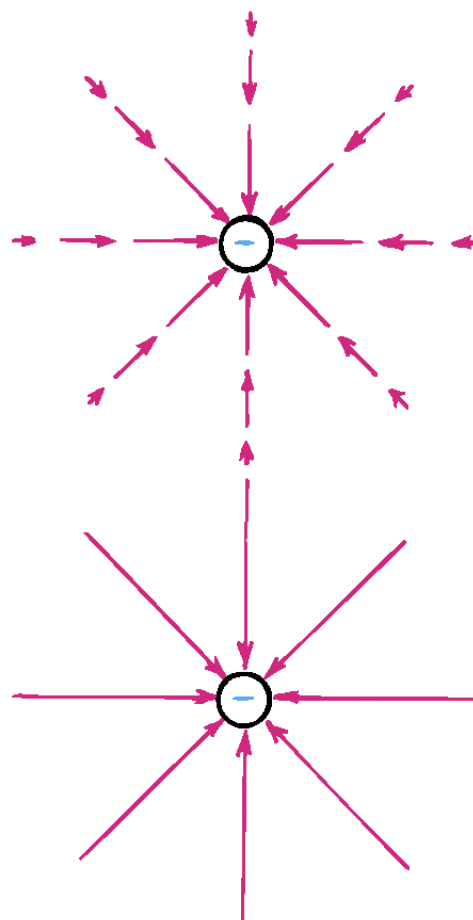
ΕΙΚΟΝΑ 22.14 Το αρνητικά φορτισμένο μπαλόνι πολώνει τα άτομα στον ξύλινο τοίχο, οπότε δημιουργείται μια θετικά φορτισμένη επιφάνεια, και το μπαλόνι κολλά στον τοίχο.



ΕΙΚΟΝΑ 22.15 Το μόριο H_2O είναι ένα ηλεκτρικό δίπολο.

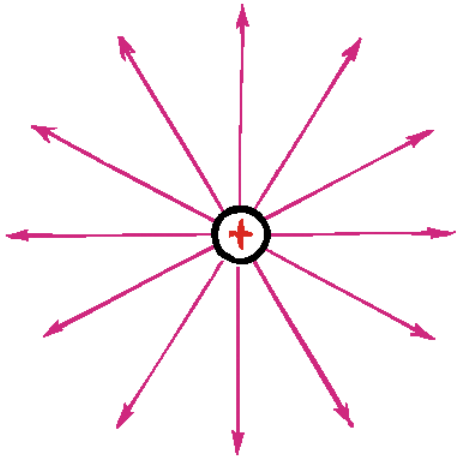


ΕΙΚΟΝΑ 22.16 (α) Η βαρυτική δύναμη συγκρατεί τον δορυφόρο σε τροχιά γύρω από τον πλανήτη, ενώ (β) η ηλεκτρική δύναμη συγκρατεί το ηλεκτρόνιο σε τροχιά γύρω από το πρωτόνιο. Και στις δύο περιπτώσεις, δεν υπάρχει επαφή μεταξύ των σωμάτων. Μπορούμε να θεωρήσουμε ότι τα σώματα που βρίσκονται σε τροχιά αλληλεπιδρούν με τα πεδία δυνάμεων του πλανήτη και του πρωτονίου, αντίστοιχα, και βρίσκονται παντού σε επαφή με τα πεδία αυτά. Έτσι, η δύναμη που ασκεί ένα ηλεκτρικά φορτισμένο σώμα σε ένα άλλο μπορεί να περιγραφεί ως αλληλεπίδραση μεταξύ του ενός σώματος και του πεδίου που δημιουργεί το άλλο.



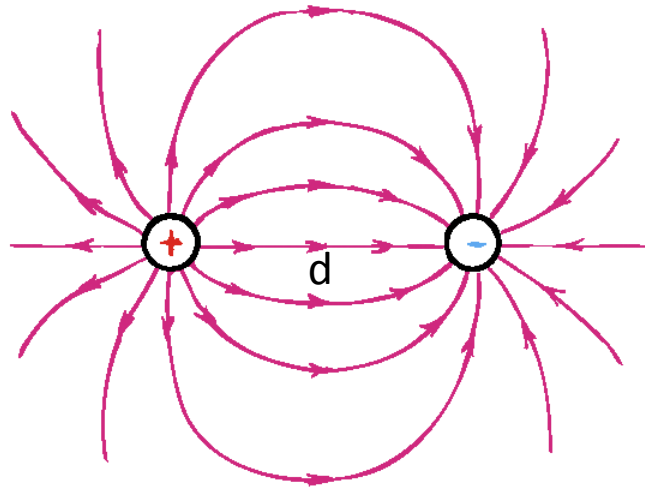
ΕΙΚΟΝΑ 22.17 Αναπαραστάσεις του ηλεκτρικού πεδίου γύρω από ένα αρνητικό φορτίο. (επάνω) Διανυσματική αναπαράσταση. (κάτω) Αναπαράσταση μέσω δυναμικών γραμμών.

Ηλεκτρικό Μονόπολο



α
ΟΙ ΕΝΝΟΙΕΣ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ – ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΕΣ ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΚΡΗΤΗΣ

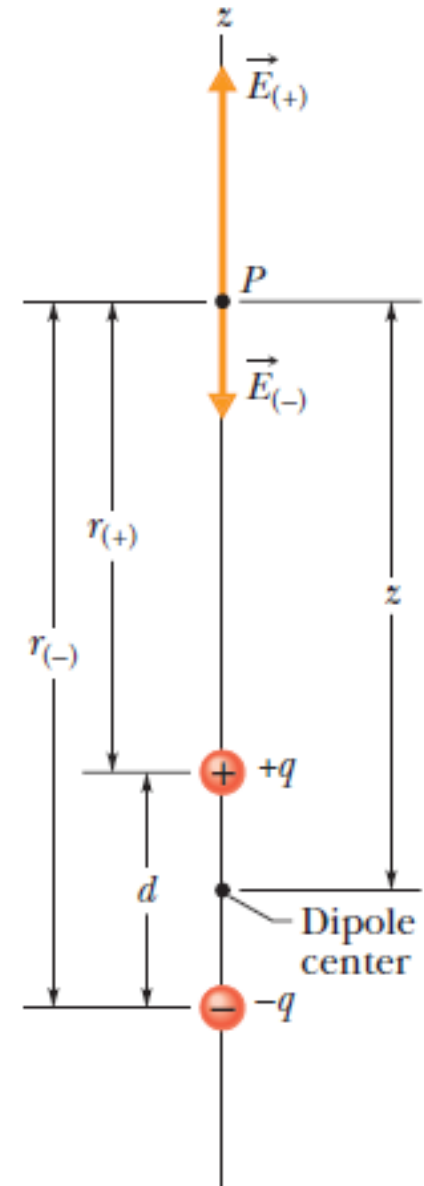
Ηλεκτρικό Δίπολο



β

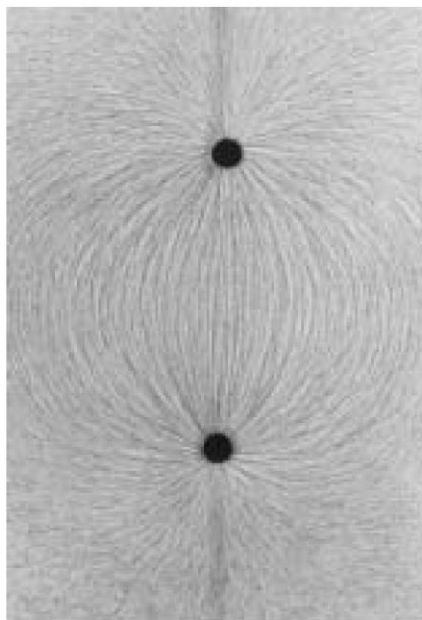
$$E = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \frac{qd}{z^3}$$

Διπολική Ροπή: $p = q \cdot d$

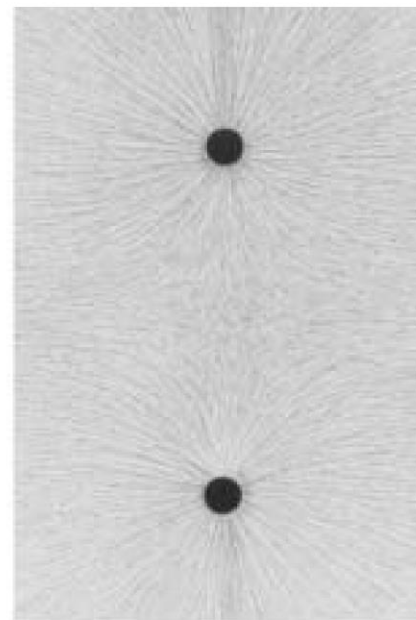


ΕΙΚΟΝΑ 22.19 Οι δυναμικές γραμμές του ηλεκτρικού πεδίου που δημιουργείται από ένα ζεύγος φορτισμένων αγωγών. Οι γραμμές σχηματίζονται από μικρά κομμάτια νήματος τα οποία αιωρούνται σε λουτρό ελαίου που περιβάλλει τους αγωγούς. Παρατηρήστε ότι τα κομμάτια του νήματος διατάσσονται κατά τη διεύθυνση του ηλεκτρικού πεδίου.

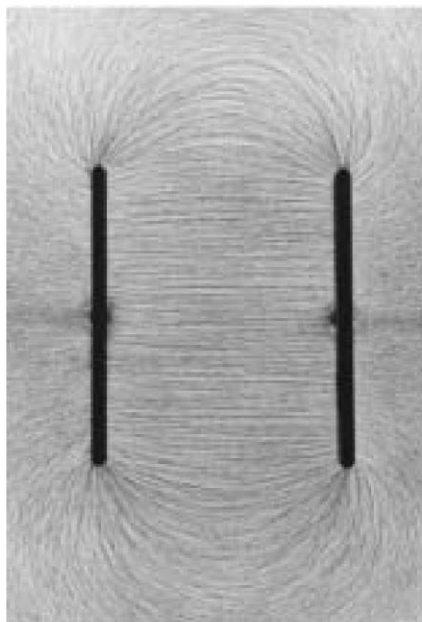
(α) Αγωγοί με ίσα και αντίθετα φορτία (όπως στην Εικόνα 22.18β). (β) Αγωγοί με ίσα και ομόσημα φορτία. (γ) Πλάκες με αντίθετα φορτία. (δ) Κύλινδρος και πλάκα με αντίθετα φορτία.



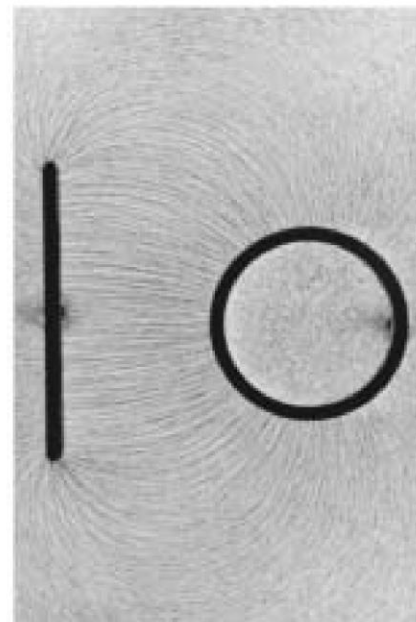
α



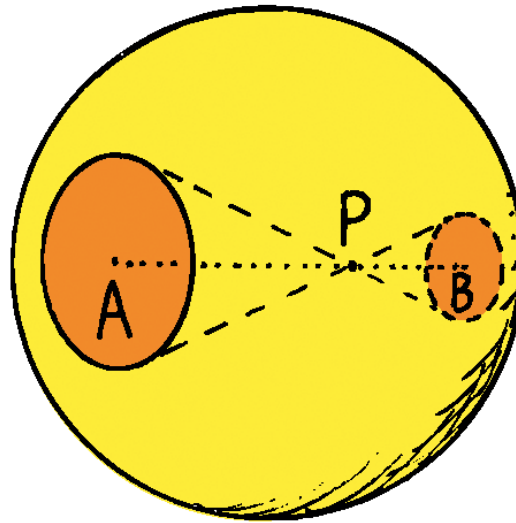
β



γ

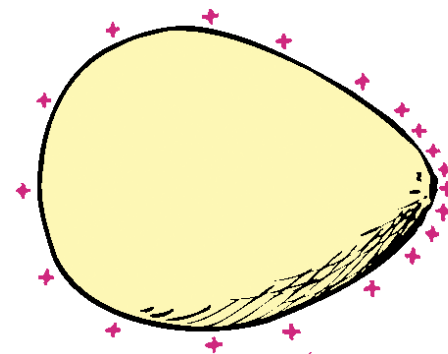
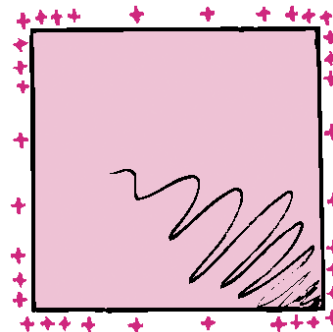
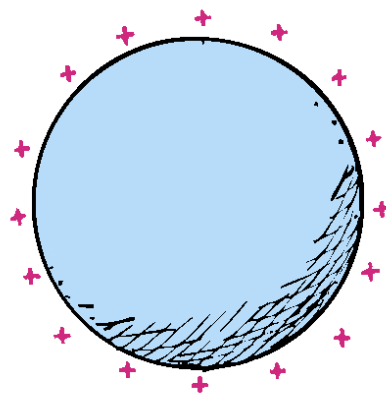


δ

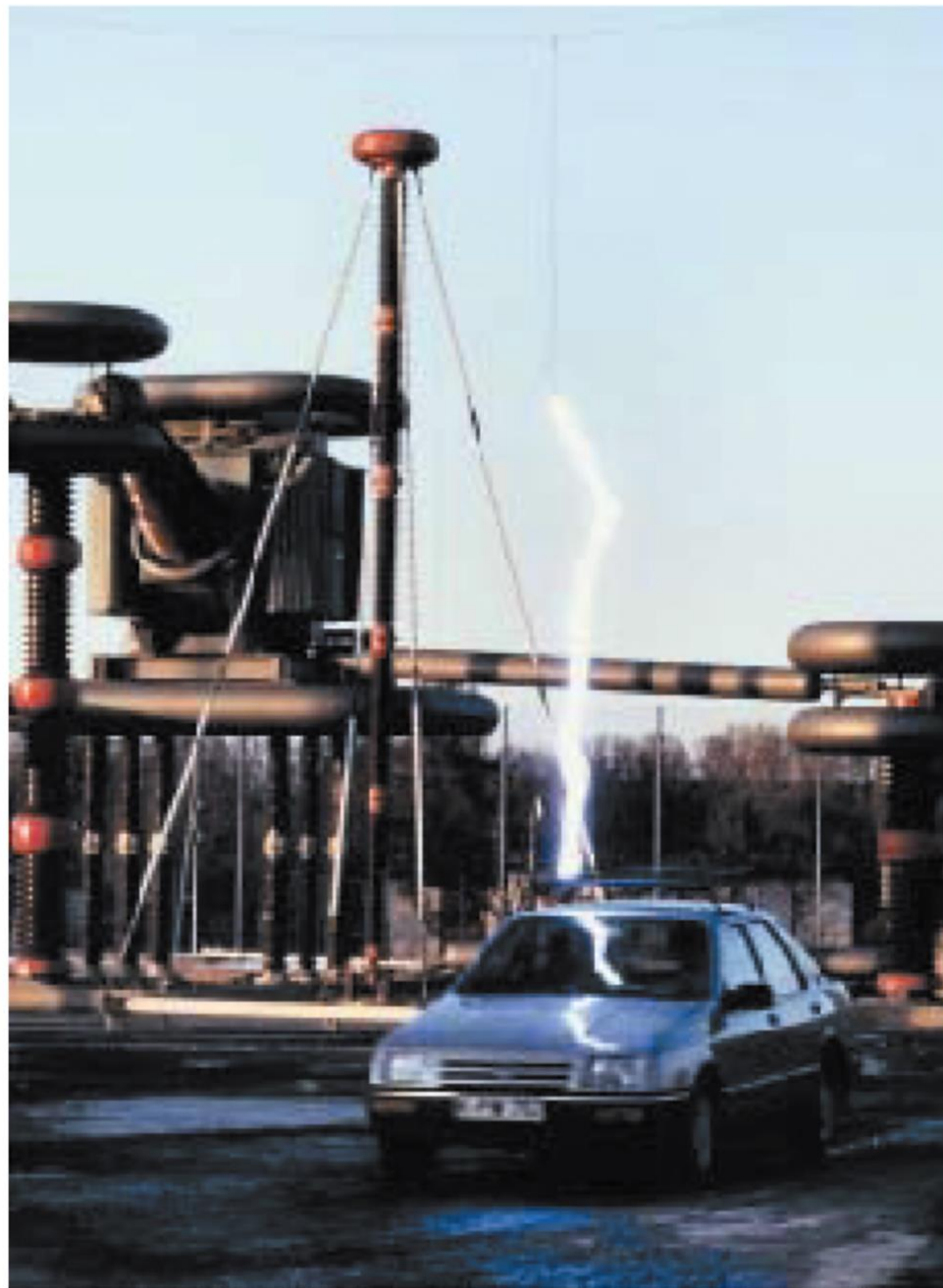


ΕΙΚΟΝΑ 22.20 Το δοκιμαστικό φορτίο στο σημείο P έλκεται εξίσου προς το μεγαλύτερο και πιο απομακρυσμένο φορτίο της περιοχής A όπως και προς το μικρότερο και πλησιέστερο φορτίο της περιοχής B. Η ολική δύναμη στο δοκιμαστικό φορτίο είναι μηδέν – και αυτό ισχύει για οποιοδήποτε σημείο στο εσωτερικό του αγωγού. Το ηλεκτρικό πεδίο στο εσωτερικό του αγωγού είναι επίσης μηδέν.

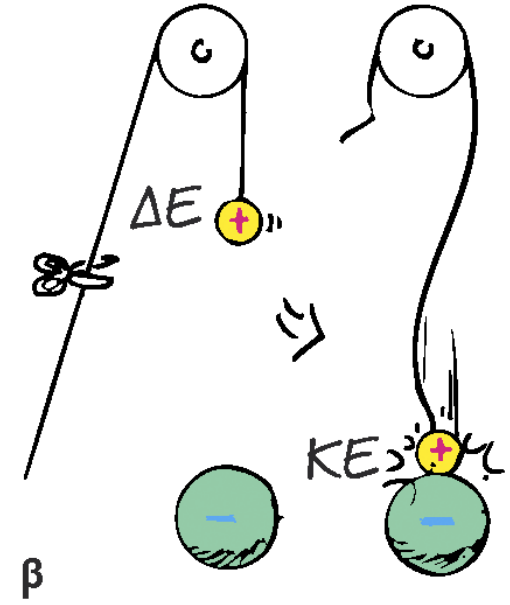
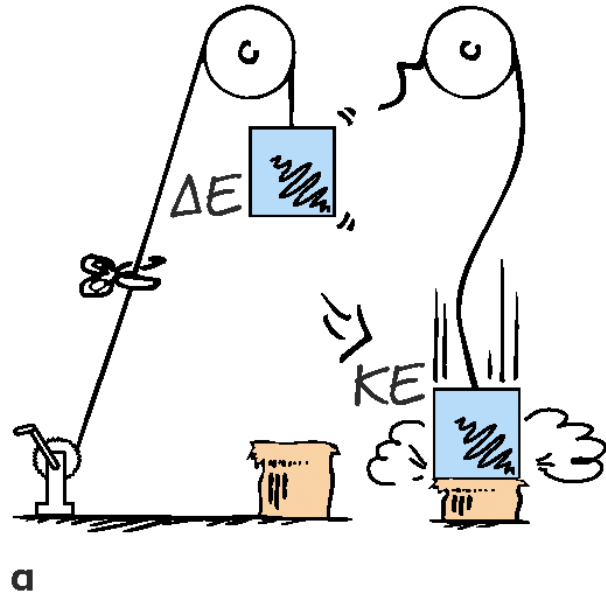
ΕΙΚΟΝΑ 22.21 Το ηλεκτρικό φορτίο κατανέμεται στην επιφάνεια οποιουδήποτε αγωγού με τέτοιο τρόπο ώστε το ηλεκτρικό πεδίο στο εσωτερικό του αγωγού να είναι μηδέν.

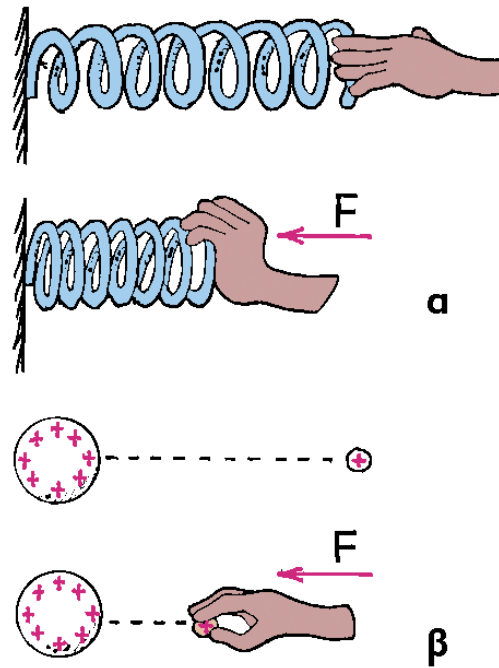


ΕΙΚΟΝΑ 22.22 Τα ηλεκτρόνια από την ηλεκτρική εκκένωση του κεραυνού απωθούνται μεταξύ τους στην εξωτερική μεταλλική επιφάνεια. Παρ' όλο που το ηλεκτρικό πεδίο που δημιουργούν μπορεί να είναι μεγάλο έξω από το αυτοκίνητο, το καθαρό ηλεκτρικό πεδίο μέσα στο αυτοκίνητο είναι μηδέν.

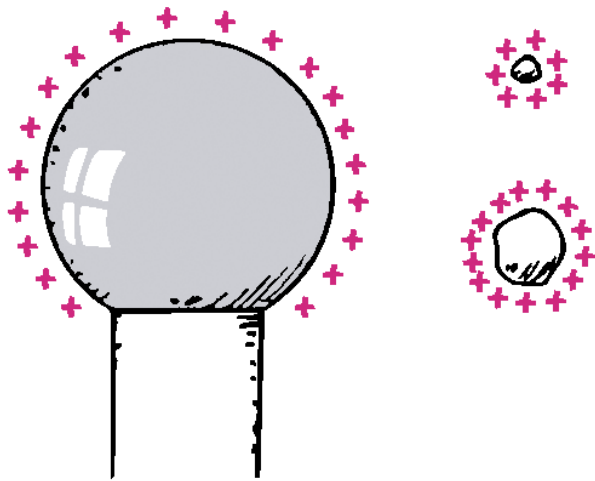


ΕΙΚΟΝΑ 22.23 (α) Όταν μια μάζα που συγκρατείται σε ένα βαρυτικό πεδίο αφεθεί ελεύθερη, η βαρυτική δυναμική της ενέργεια (ΔE) μετατρέπεται σε κινητική (ΚΕ). (β) Όταν ένα φορτισμένο σώμα που συγκρατείται σε ένα ηλεκτρικό πεδίο αφεθεί ελεύθερο, η δυναμική του ενέργεια μετατρέπεται σε κινητική. Πόση είναι η κινητική ενέργεια που αποκτά το κάθε σώμα σε σχέση με την ελάττωση της δυναμικής ενέργειας;

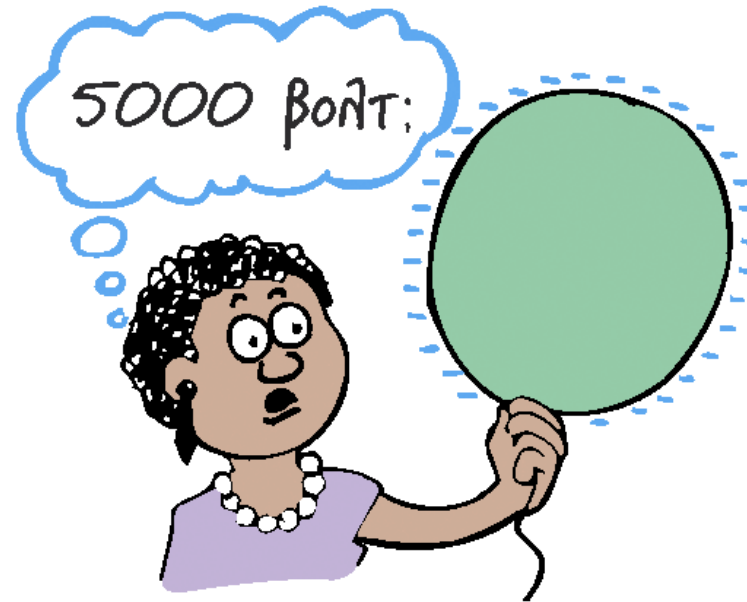




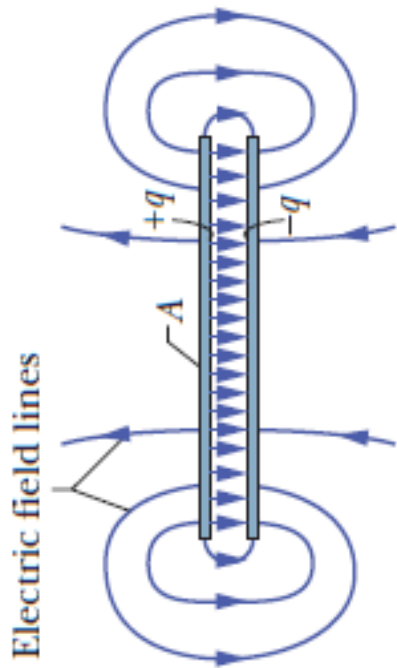
ΕΙΚΟΝΑ 22.24 (α) Όταν το ελατήριο συμπιέζεται, η μηχανική δυναμική του ενέργεια αυξάνεται. (β) Αντίστοιχα, όταν το φορτισμένο σωματίο ωθείται πλησιέστερα προς τη φορτισμένη σφαίρα, η ηλεκτρική δυναμική του ενέργεια αυξάνεται. Και στις δύο περιπτώσεις, η αύξηση της δυναμικής ενέργειας είναι αποτέλεσμα του έργου που καταβλήθηκε.



ΕΙΚΟΝΑ 22.25 Μεταξύ των δύο φορτισμένων σωμάτων κοντά στη φορτισμένη σφαίρα, αυτό με το μεγαλύτερο φορτίο έχει μεγαλύτερη ηλεκτρική ΔΕ στο πεδίο της σφαίρας. Το ηλεκτρικό δυναμικό, όμως, των δύο σωμάτων είναι το ίδιο – όπως και οποιουδήποτε άλλου σώματος στην ίδια θέση. Γιατί;



ΕΙΚΟΝΑ 22.26 Παρ' όλο που το ηλεκτρικό δυναμικό του φορτισμένου μπαλονιού είναι υψηλό, η ηλεκτρική δυναμική ενέργεια είναι μικρή, λόγω της μικρής ποσότητας του φορτίου. Έτσι, όταν το μπαλόκι εκφορτίζεται, μεταβιβάζεται ελάχιστη ενέργεια.

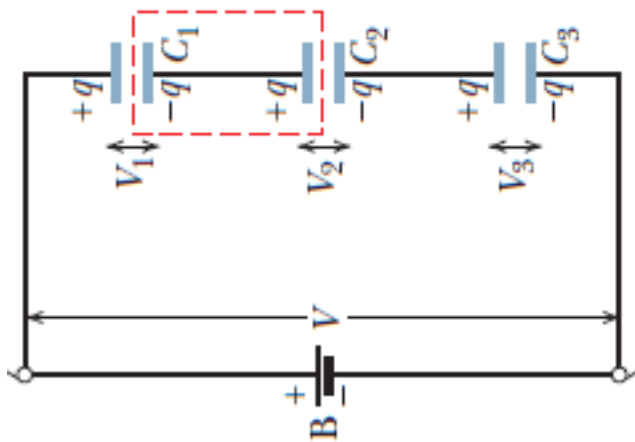
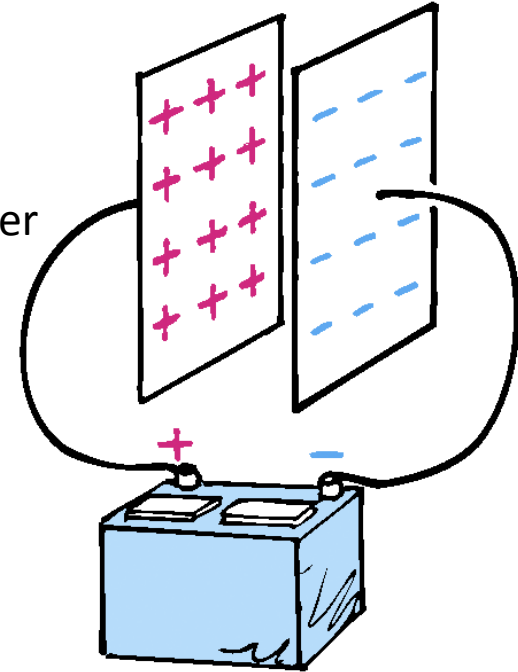


Χωρητικότητα: $C = \frac{q}{V}$
 1 farad = 1 F = 1 coulomb per
 volt = 1 C/V

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

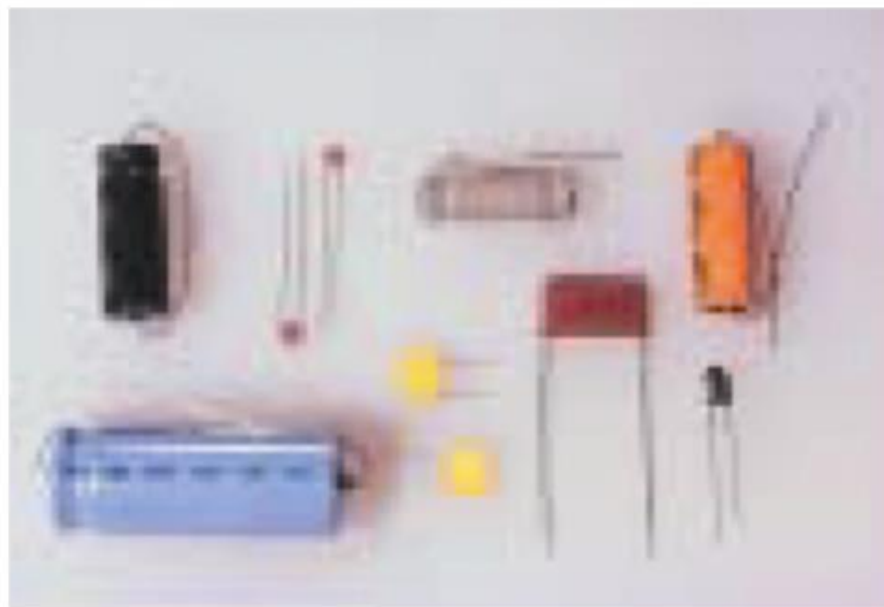
$$U = \frac{1}{2} CV^2$$

Φόρτιση Πυκνωτή



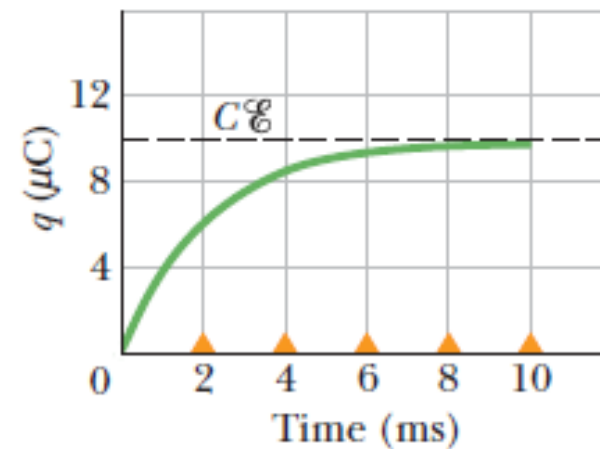
$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

ΕΙΚΟΝΑ 22.27 Πυκνωτής αποτελούμενος από δύο κοτινές παράλληλες μεταλλικές πλάκες. Όταν συνδέονται με τους πόλους μιας μπαταρίας, οι πλάκες αποκτούν ίσα και αντίθετα φορτία. Επιπλέον, η διαφορά δυναμικού μεταξύ των πλακών ισούται με τη διαφορά δυναμικού μεταξύ των ακροδεκτών της μπαταρίας.

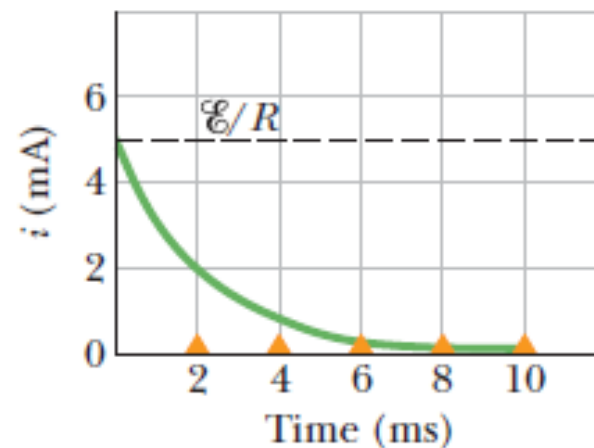


ΕΙΚΟΝΑ 22.28 Κοινοί πυκνωτές του εμπορίου.

Φόρτιση



Εκφόρτιση (a)



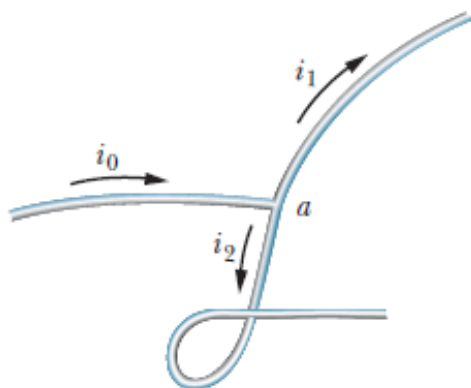


ΕΙΚΟΝΑ 22.29 Το κάθε πλήκτρο του πληκτρολογίου είναι τμήμα ενός πυκνωτή. Όταν πιέζεται, οι οπλισμοί του πυκνωτή ωθούνται πιο κοντά μεταξύ τους, οπότε αυξάνεται η χωρητικότητα, μεταβιβάζοντας το σήμα στον υπολογιστή.

$$i = \frac{dq}{dt}$$

1 ampere = 1 A = 1 coulomb per second = 1 C/s

$$i_0 = i_1 + i_2$$



Αντίσταση: $R = \frac{V}{i}$ $R = \rho \frac{L}{A}$

1 ohm = 1 Ω = 1 volt per ampere
= 1 V/A.

$$\rho - \rho_0 = \rho_0 \alpha (T - T_0)$$

Ισχύς:

$$P = iV$$

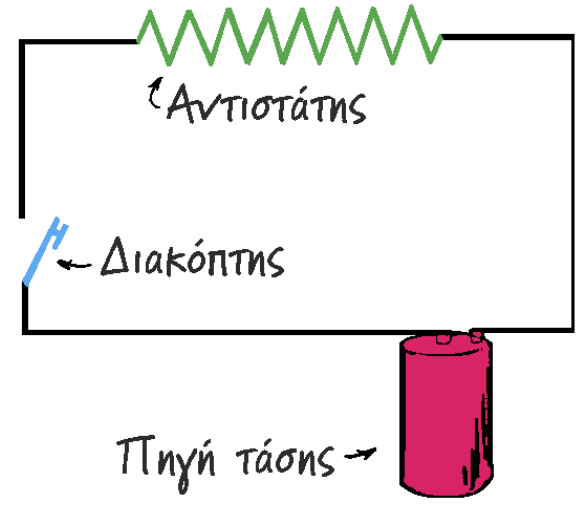
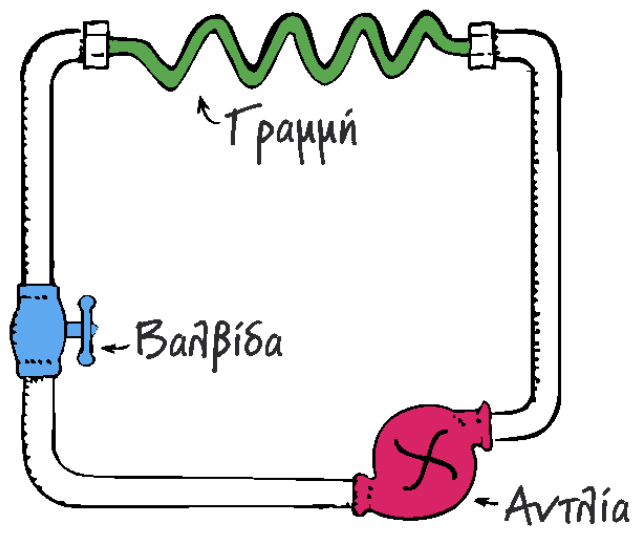


ΕΙΚΟΝΑ 23.2 Σε κάθε κουλόμπ φορτίου που διαρρέει ένα κύκλωμα το οποίο συνδέει τους ακροδέκτες αυτής της μπαταρίας 1,5V παρέχεται ενέργεια 1,5 J.



ΕΙΚΟΝΑ 23.3 Μια ασυνήθιστη πηγή τάσης. Η διαφορά ηλεκτρικού δυναμικού μεταξύ της κεφαλής και της ουράς του ηλεκτροφόρου χελιού (*Electrophorus electricus*) μπορεί να είναι μέχρι και 600 V.

ΕΙΚΟΝΑ 23.4 (αριστερά) Σε ένα υδραυλικό κύκλωμα, ένας στενός σωλήνας (πράσινο χρώμα) προβάλλει αντίσταση στη ροή του νερού. (δεξιά) Σε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα, ένας λαμπτήρας ή κάποια ηλεκτρική συσκευή (που απεικονίζεται με το πριονωτό σύμβολο της αντίστασης) προβάλλει αντίσταση στη ροή των ηλεκτρονίων.

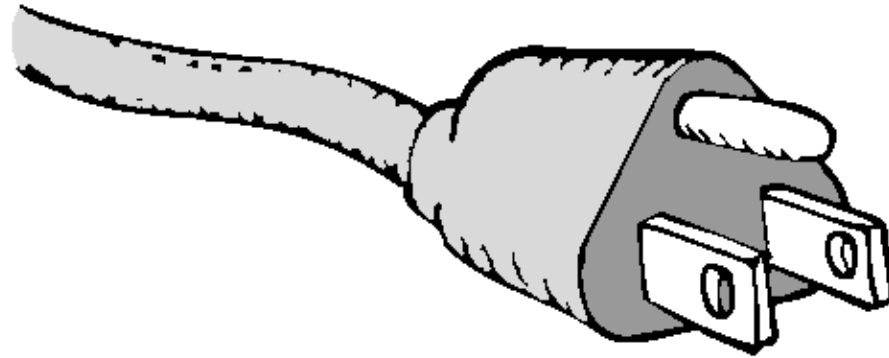




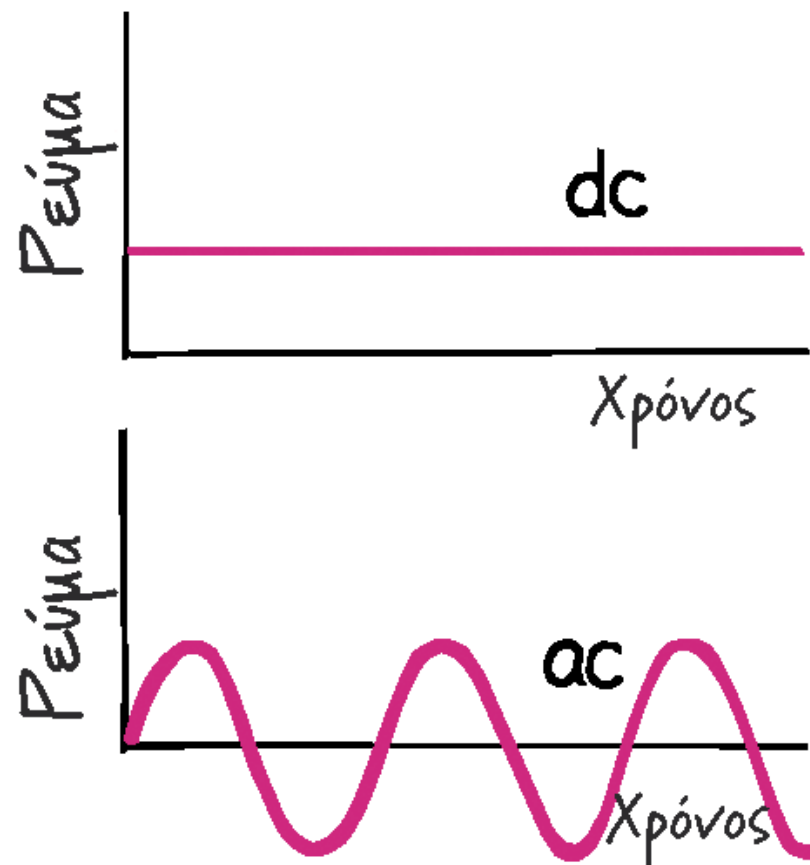
ΕΙΚΟΝΑ 23.5 Σε έναν σωλήνα μεγάλης διατομής ρέει μεγαλύτερη ποσότητα νερού απ' ό,τι σε έναν άλλο μικρότερης διατομής, όταν είναι και οι δύο συνδεδεμένοι στο δημοτικό δίκτυο ύδρευσης (ίδια πίεση νερού). Κάτι αντίστοιχο συμβαίνει και με το ηλεκτρικό ρεύμα σε δύο καλώδια διαφορετικής διατομής στα άκρα των οποίων επικρατεί η ίδια διαφορά δυναμικού.



ΕΙΚΟΝΑ 23.6 Αντιστάτες. Το σύμβολο της αντίστασης σε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα είναι \sim .



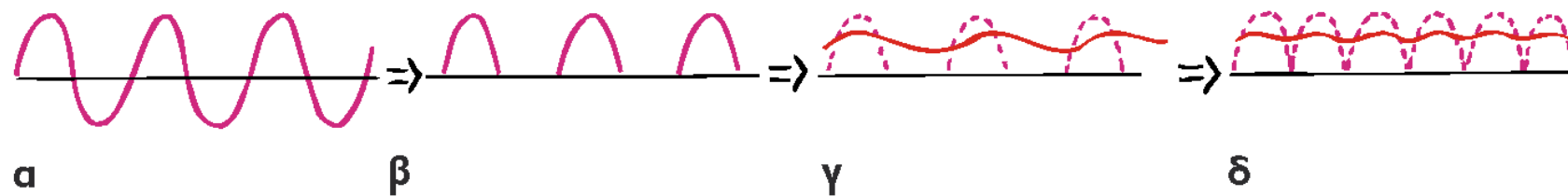
ΕΙΚΟΝΑ 23.8 Ο στρογγυλός ακροδέκτης συνδέει το κάλυμμα της συσκευής απευθείας με το έδαφος (τη γη). Επομένως, αν τυχόν αναπτυχθεί κάποιο φορτίο στη συσκευή, άγεται προς το έδαφος – και με τον τρόπο αυτό αποτρέπεται η ηλεκτροπληξία.



ΕΙΚΟΝΑ 23.9 Γραφική παράσταση συνεχούς (dc) και εναλλασσόμενου (ac) ρεύματος συναρτήσει του χρόνου.



ΕΙΚΟΝΑ 23.10 Δίοδοι. Όπως υποδηλώνει το σύμβολο $\rightarrow|$, το ρεύμα κινείται κατά τη φορά του βέλους, άλλα όχι και αντίθετα.

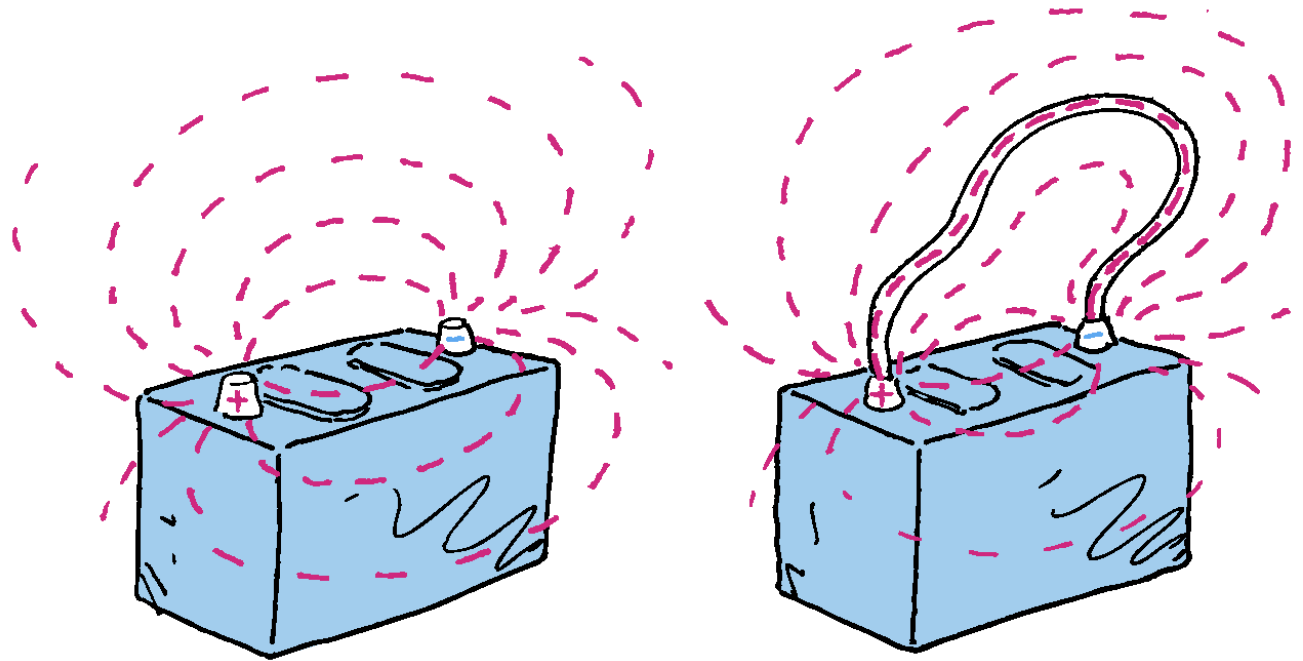


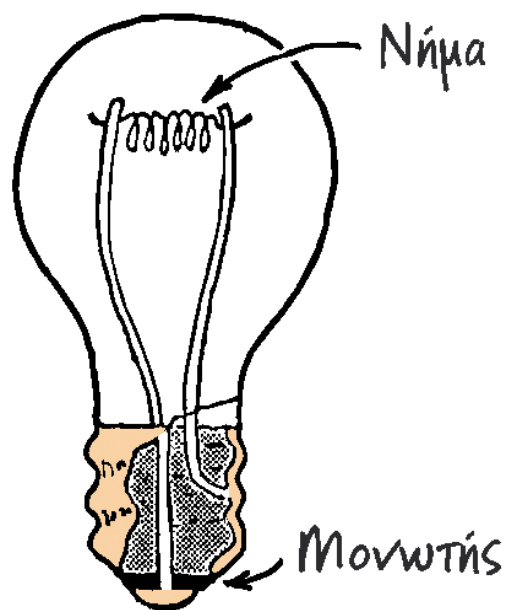
ΕΙΚΟΝΑ 23.11 (α) Όταν μια δίοδος δέχεται ως είσοδο εναλλασσόμενο ρεύμα, (β) δίνει ως έξοδο συνεχές σε μορφή παλμών. (γ) Με την αργή φόρτιση και εκφόρτιση ενός πυκνωτή έχουμε διαρκές και πιο ομαλό ρεύμα. (δ) Στην πράξη, χρησιμοποιείται ένα ζεύγος διόδων, έτσι ώστε να μην υπάρχουν χάσματα στο ρεύμα εξόδου. Με το ζεύγος των διόδων, αντί για εξάλειψη του ρεύματος στο ήμισυ του κάθε κύκλου, έχουμε αναστροφή της πολικότητας σε αυτά τα διαστήματα.



ΕΙΚΟΝΑ 23.12 Παρ' όλο που το νερό μπορεί να εισρέει στη δεξαμενή με διαδοχικές εγχύσεις («παλμούς»), εκρέει με συνεχή και ομαλό τρόπο. Κάτι αντίστοιχο συμβαίνει με έναν πυκνωτή.

ΕΙΚΟΝΑ 23.13 Οι γραμμές του ηλεκτρικού πεδίου μεταξύ των ακροδεκτών της μπαταρίας κατευθύνονται δια μέσου ενός αγωγού που τους συνδέει. Στο συγκεκριμένο σχήμα, απεικονίζεται ένα απλό μεταλλικό καλώδιο, αλλά συνήθως ο αγωγίμος δρόμος από τον ένα ακροδέκτη στον άλλον είναι ένα ηλεκτρικό κύκλωμα. (Αν αγγίξετε αυτό το καλώδιο, δεν θα χτυπηθείτε από το ρεύμα, αλλά μπορεί να καείτε, καθώς το καλώδιο πιθανότατα θα θερμανθεί σύντομα σε υψηλή θερμοκρασία!)



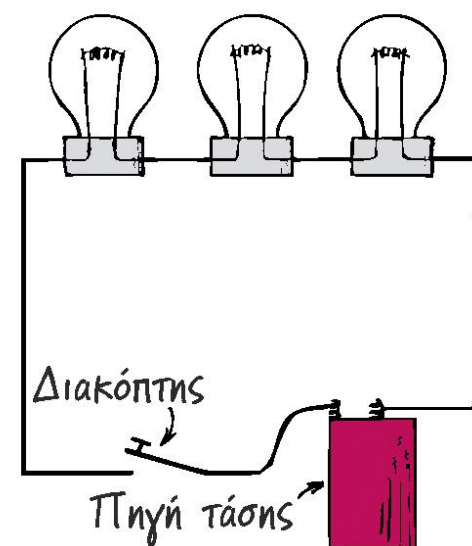
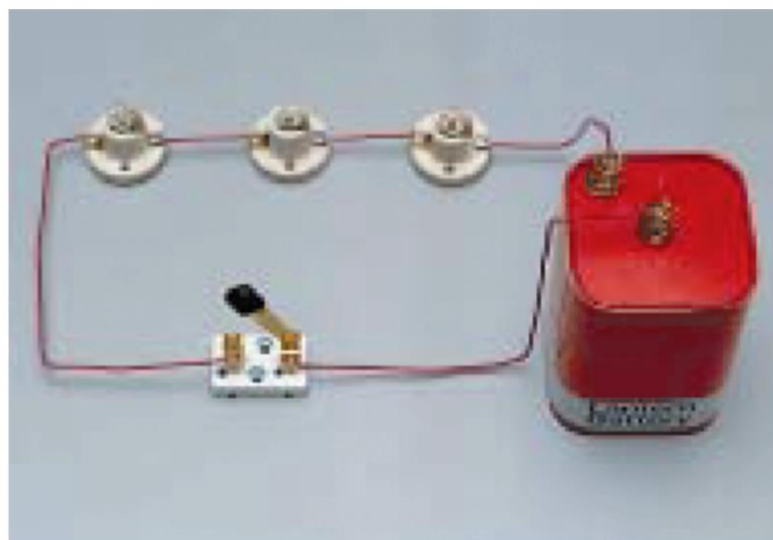


ΕΙΚΟΝΑ 23.15 Τα ηλεκτρόνια αγωγιμότητας που παλινδρομούν μπρος-πίσω στον νήμα της λάμπας δεν προέρχονται από την πηγή τάσης, αλλά βρίσκονται στο νήμα εξ αρχής. Η πηγή τάσης απλώς τα τροφοδοτεί με ενέργεια.



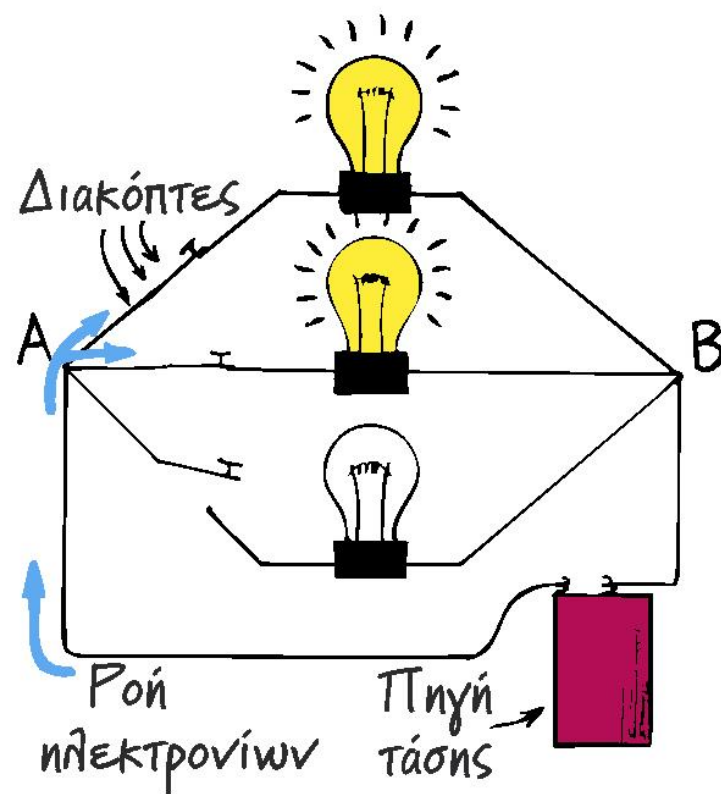
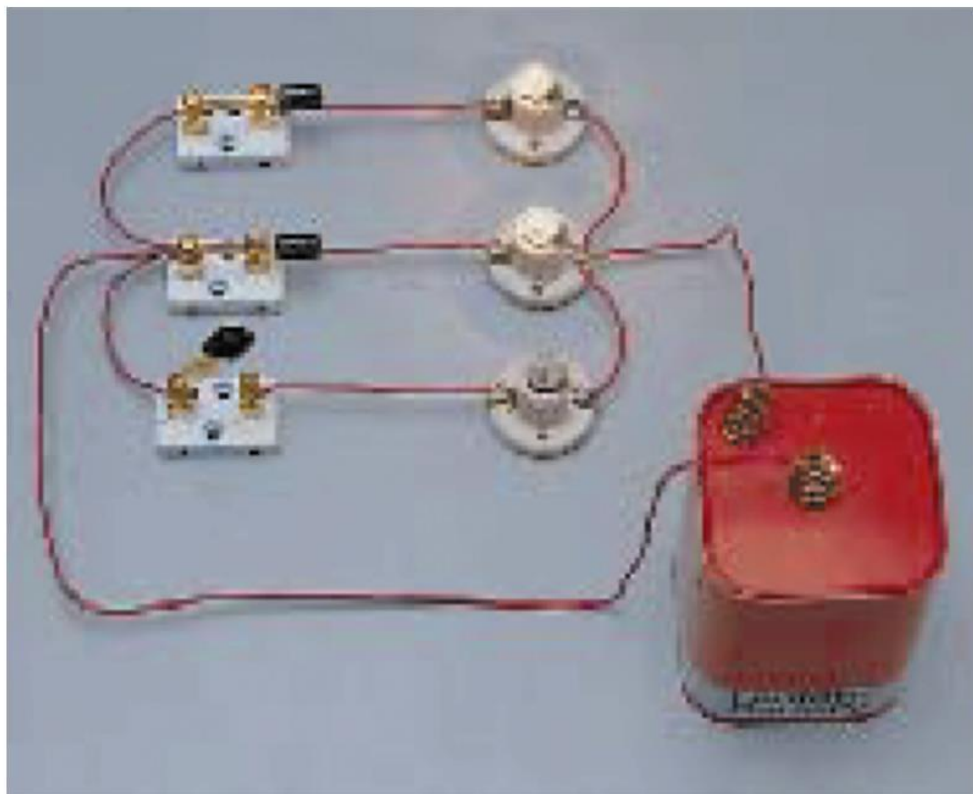
ΕΙΚΟΝΑ 23.16 Οι ενδείξεις ισχύος και τάσης πάνω στον λαμπτήρα είναι «100 W» και «230 V», αντίστοιχα. Ποια θα είναι η ένταση του ρεύματος που θα διαρρεύσει τον λαμπτήρα;

ΕΙΚΟΝΑ 23.17 Ένα απλό κύκλωμα σε σειρά. Η μπαταρία των 6 V παρέχει τάση 2 V στα άκρα κάθε λάμπας.

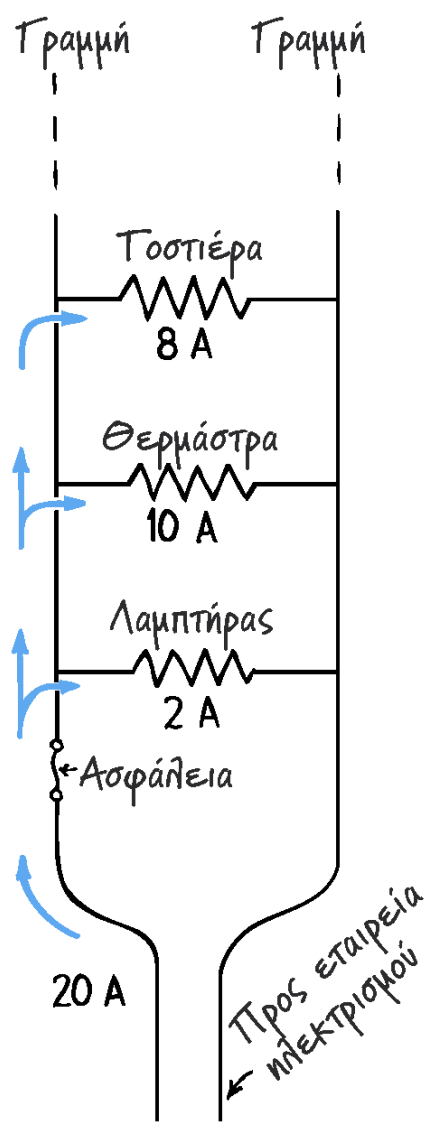


$$R_{\text{eq}} = \sum_{j=1}^n R_j$$

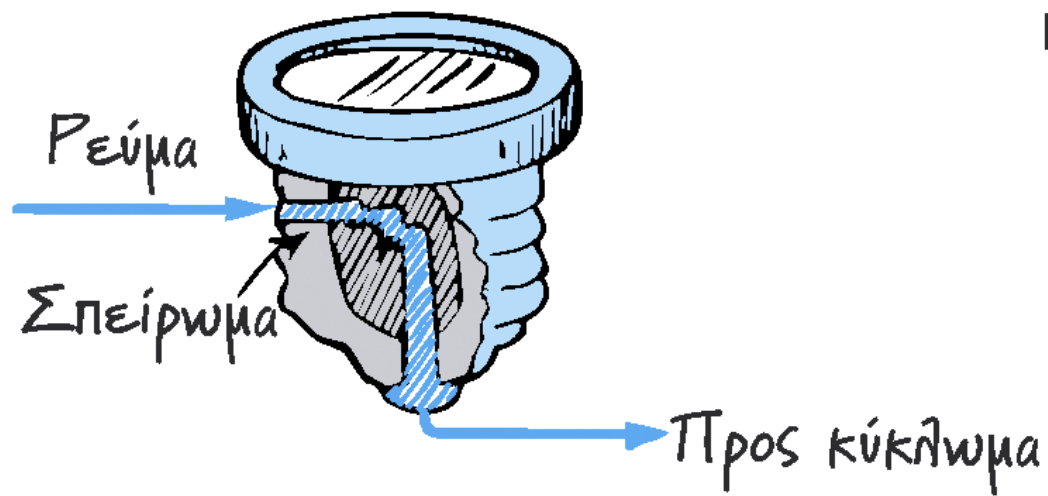
$$\frac{1}{R_{\text{eq}}} = \sum_{j=1}^n \frac{1}{R_j}$$



ΕΙΚΟΝΑ 23.18 Ένα απλό παράλληλο κύκλωμα. Η μπαταρία των 6 V παρέχει τάση 6 V στα άκρα κάθε λάμπας.



ΕΙΚΟΝΑ 23.19 Διάγραμμα κυκλώματος για συσκευές που συνδέονται σε οικιακή γραμμή μεταφοράς.



ΕΙΚΟΝΑ 23.20 Ηλεκτρική ασφάλεια.

Μαγνητισμός

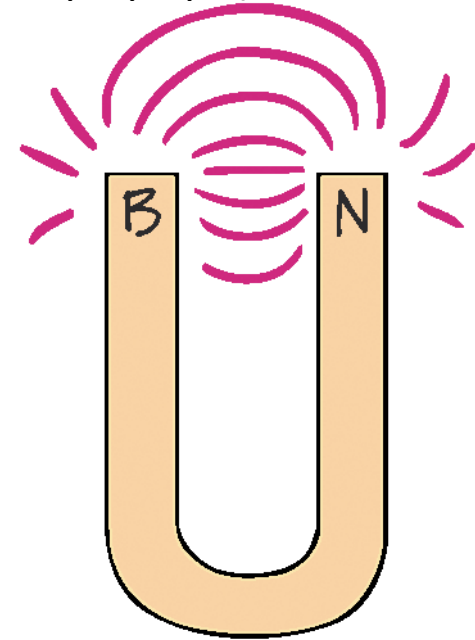
Μαγνητικό Πεδίο
κινούμενου φορτίου

$$B = \frac{F_B}{|q|v},$$

$$\vec{F}_B = q\vec{v} \times \vec{B}$$

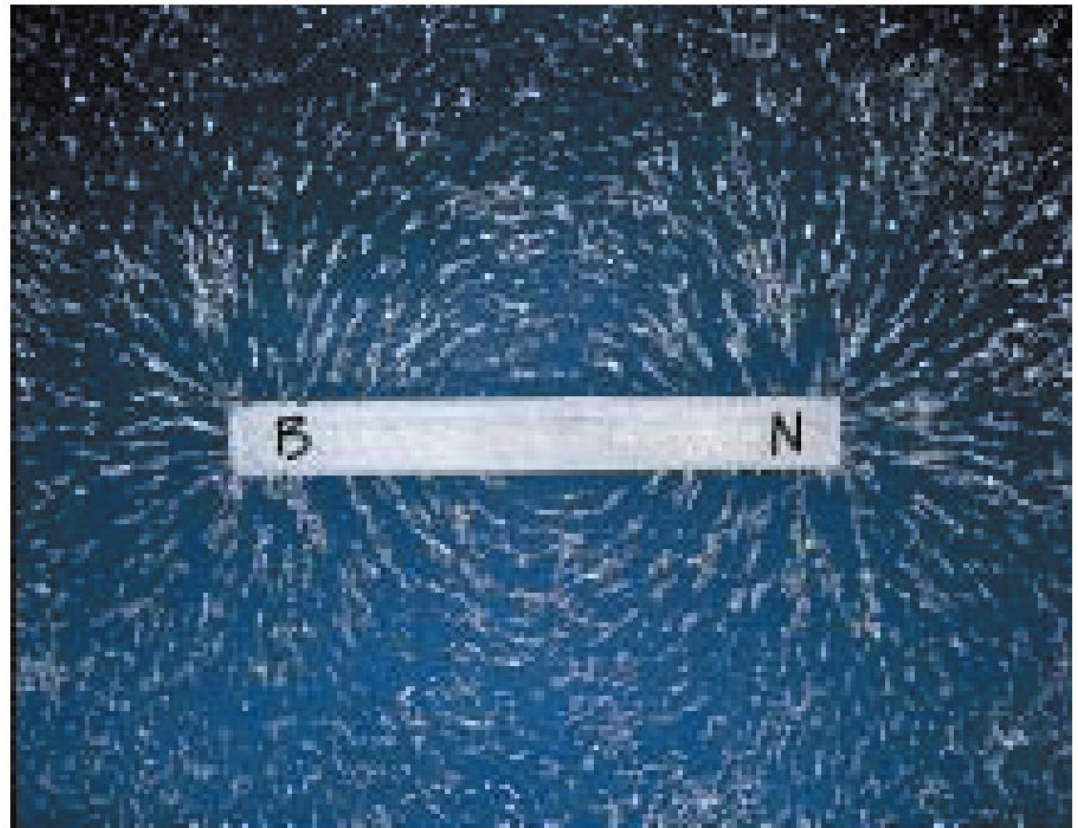
$$1 \text{ T} = 1 \frac{\text{newton}}{(\text{coulomb/second})(\text{meter})} = 1 \frac{\text{N}}{\text{A} \cdot \text{m}}$$

Μόνιμο μαγνητικό δίπολο

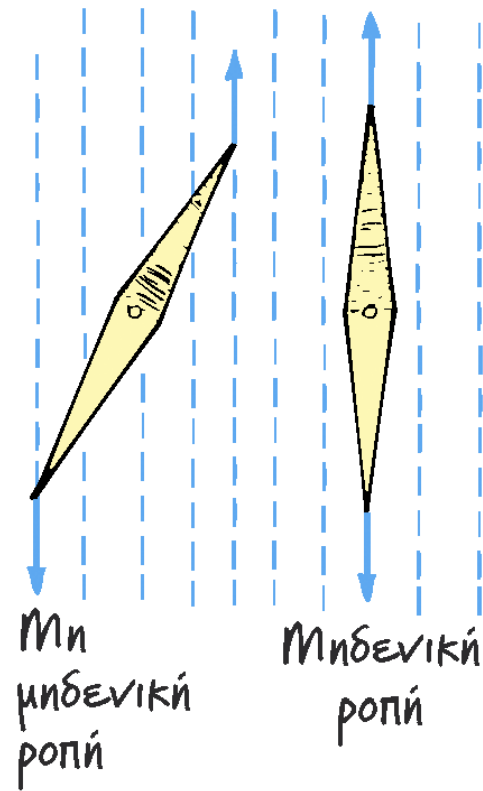


ΕΙΚΟΝΑ 24.1 Ένας πεταλοειδής μαγνήτης.

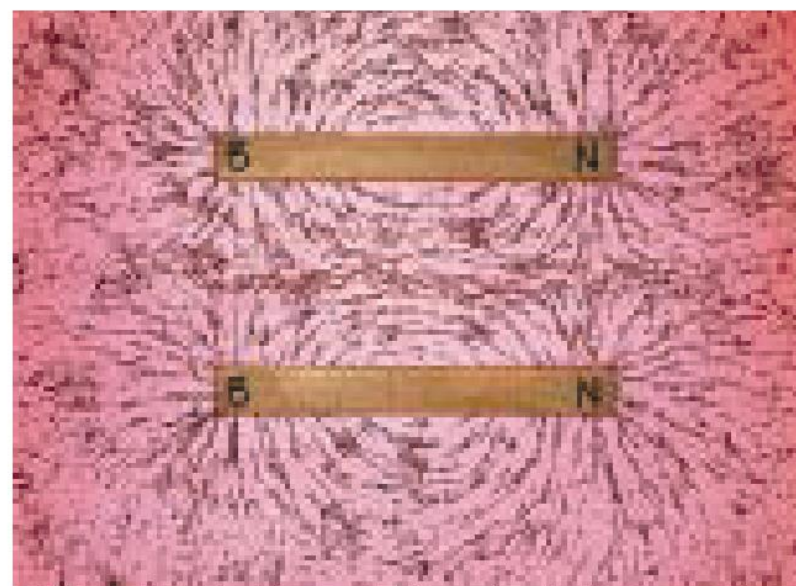
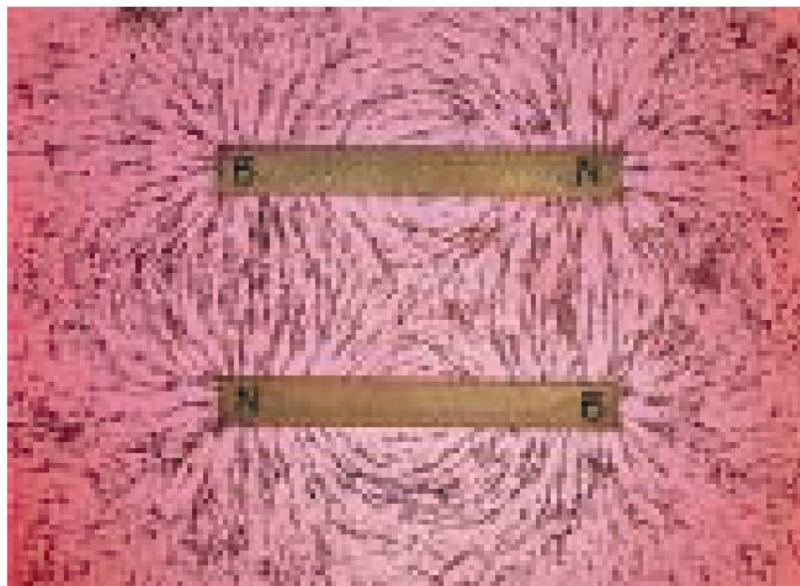
ΕΙΚΟΝΑ 24.2 Ρινίσματα σιδήρου σκορπισμένα γύρω από έναν μαγνήτη (σε κάτοψη). Τα ρινίσματα είναι διατεταγμένα σε έναν ευδιάκριτο σχηματισμό μαγνητικών δυναμικών γραμμών στον χώρο που περιβάλλει τον μαγνήτη. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι μαγνητικές δυναμικές γραμμές συνεχίζονται και μέσα στον μαγνήτη (κάτι που δεν φαίνεται από τα ρινίσματα), σχηματίζοντας κλειστούς βρόχους.



$$B = \frac{F_B}{|q|v},$$



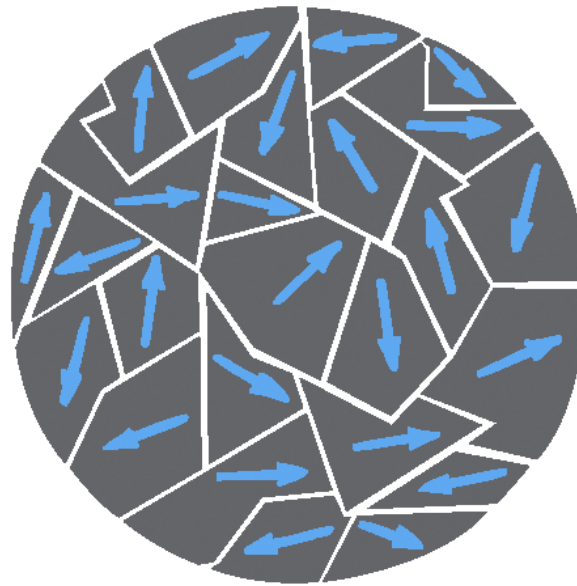
ΕΙΚΟΝΑ 24.3 Όταν η βελόνα της πυξίδας δεν είναι ευθυγραμμισμένη με το μαγνητικό πεδίο (αριστερά), οι αντίθετες δυνάμεις που ασκούνται πάνω της δημιουργούν ένα ζεύγος ροπών που την αναγκάζουν να περιστραφεί και να ευθυγραμμιστεί (δεξιά).



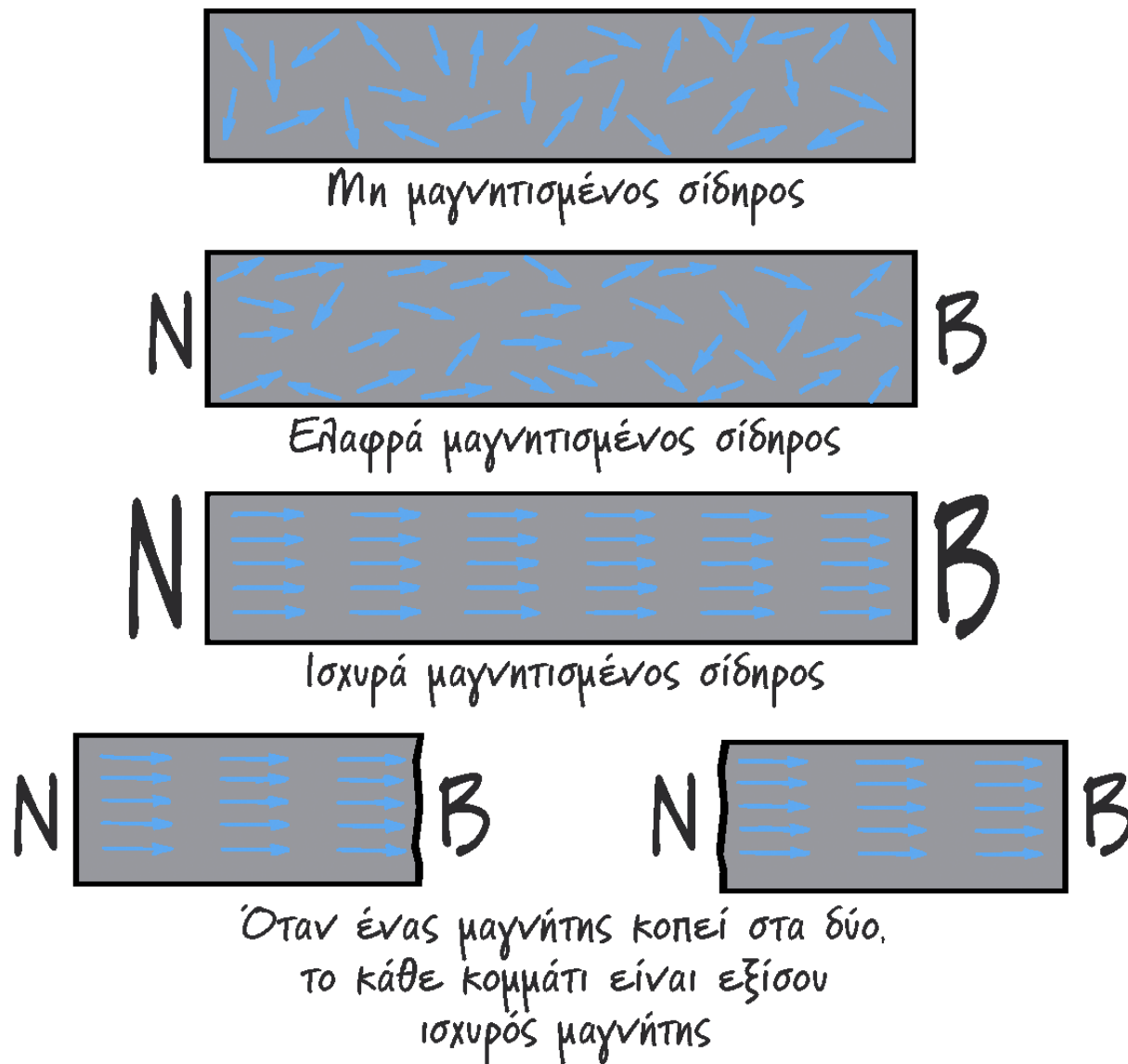
ΕΙΚΟΝΑ 24.4 Η μορφή του μαγνητικού πεδίου που δημιουργείται από ένα ζεύγος μαγνητών, όταν οι αντικρουστοί πόλοι είναι ετερώνυμοι (αριστερά), και ομώνυμοι (δεξιά).



ΕΙΚΟΝΑ 24.5 Τα σιδερένια καρφάκια μετατρέπονται σε μαγνήτες.



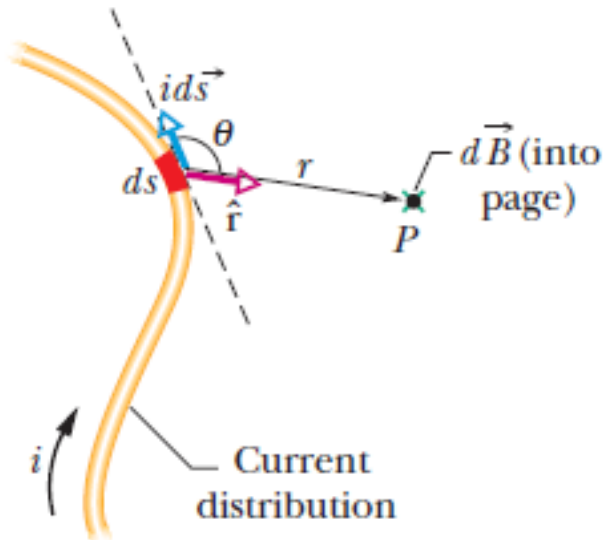
ΕΙΚΟΝΑ 24.6 Απεικόνιση των μικροσκοπικών μαγνητικών περιοχών ενός κρυστάλλου σιδήρου σε μεγέθυνση. Η κάθε περιοχή αποτελείται από δεσεκατομμύρια ευθυγραμμισμένα άτομα σιδήρου. Οι διαφορετικές κατευθύνσεις των γαλάζιων τόξων δείχνουν ότι οι περιοχές αυτές δεν είναι ευθυγραμμισμένες.



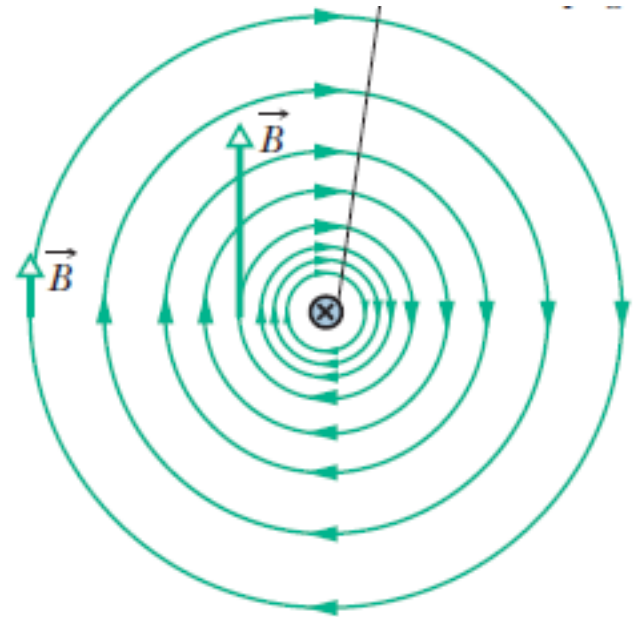
ΕΙΚΟΝΑ 24.7 Ράβδοι σιδήρου με διαδοχικά αυξανόμενη μαγνήτιση. Τα βέλη αναπαριστούν μαγνητικές περιοχές: η κεφαλή είναι ο βόρειος πόλος και η ουρά ο νότιος. Οι πόλοι γειτονικών περιοχών αλληλοεξουδετερώνονται, με εξαίρεση τα δύο άκρα της ράβδου.

Μαγνητικό Πεδίο από Ηλεκτρικό Ρεύμα

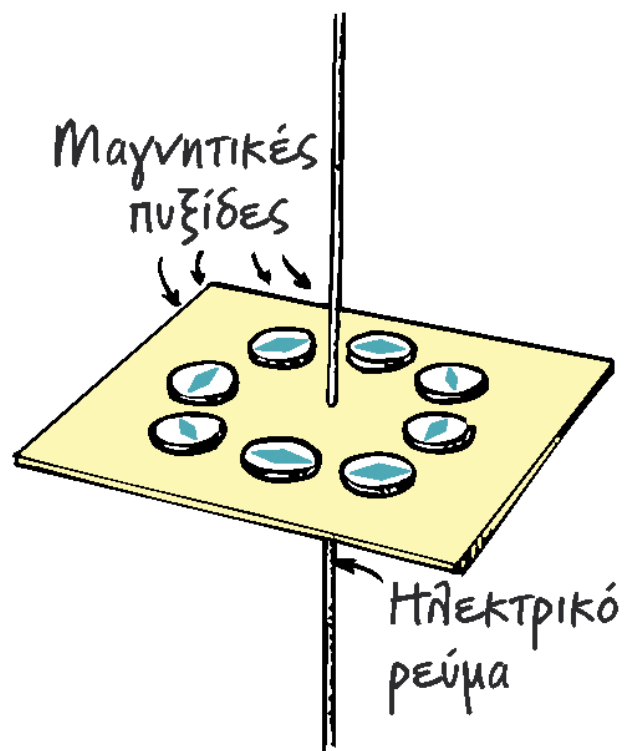
$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{i d\vec{s} \times \hat{r}}{r^2} \quad (\text{Biot-Savart law}).$$



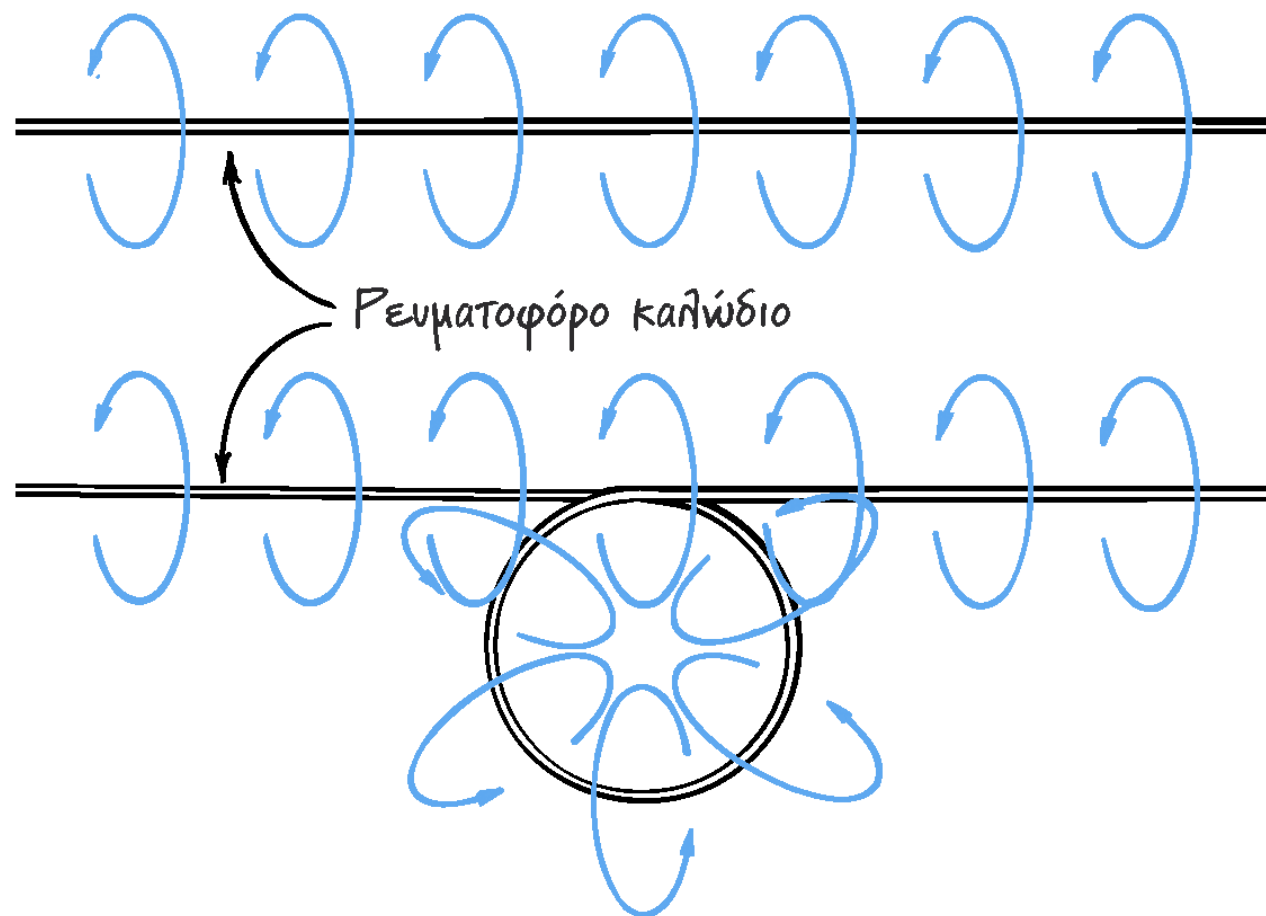
$$B = \frac{\mu_0 i}{4\pi R}$$



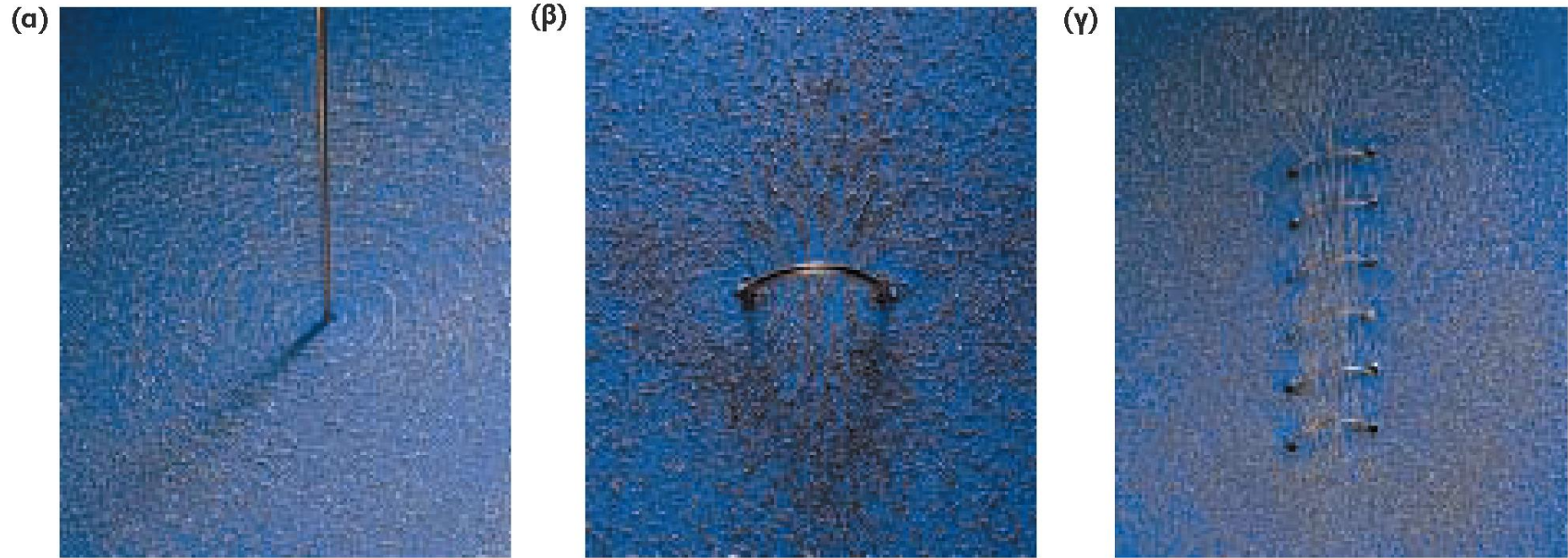
$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \mu_0 i_{\text{enc}} \quad (\text{Ampere's law})$$



ΕΙΚΟΝΑ 24.8 Οι πυξίδες δείχνουν ότι το μαγνητικό πεδίο που περιβάλλει ένα ρευματοφόρο καλώδιο έχει μορφή κύκλου.



ΕΙΚΟΝΑ 24.9 Όταν ένα ρευματοφόρο καλώδιο καμφθεί σε σχήμα βρόχου, οι γραμμές του μαγνητικού πεδίου που το περιβάλλει «συνωθούνται» στο εσωτερικό του βρόχου.

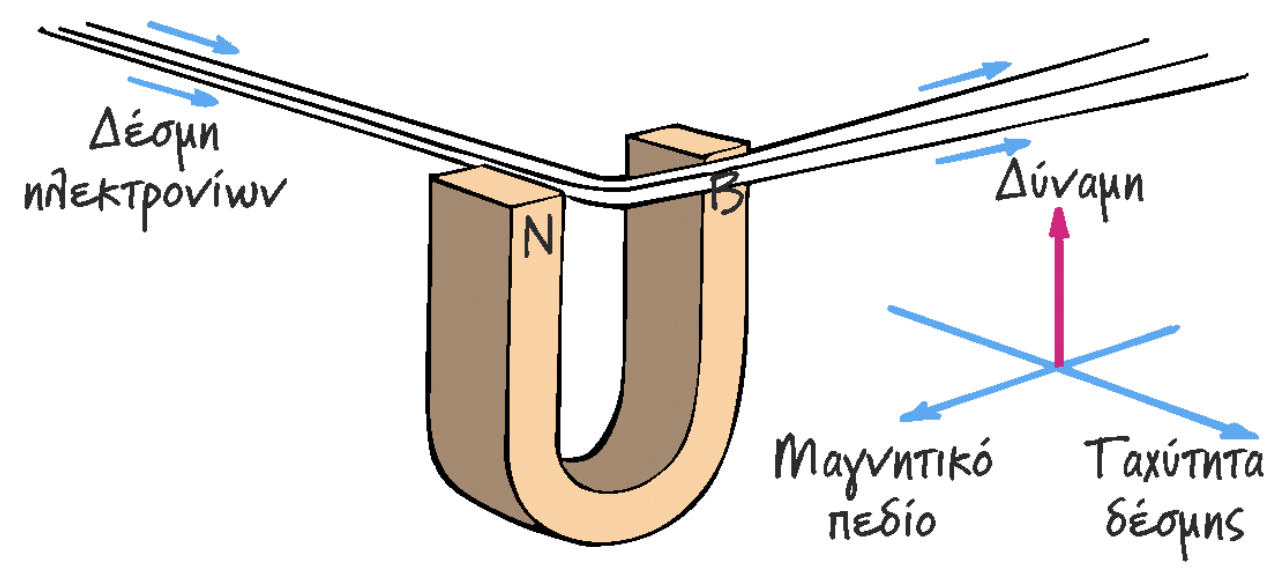


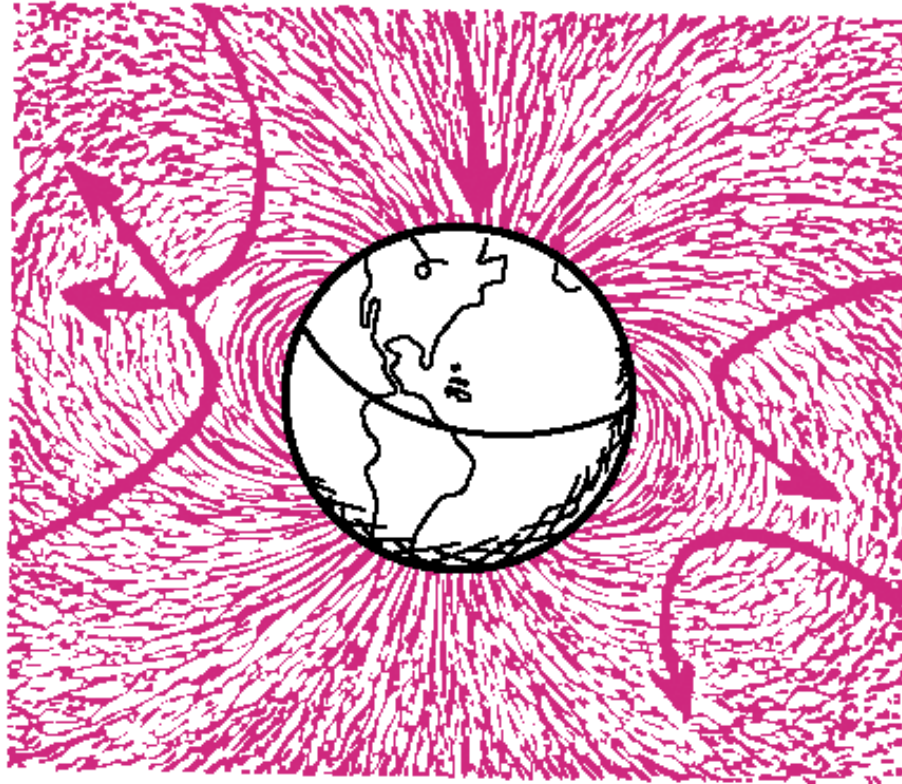
ΕΙΚΟΝΑ 24.10 Οι σχηματισμοί των ριτισμάτων σιδήρου που έχουν σκορπιστεί πάνω σε χαρτί αποκαλύπτουν τη μορφή του μαγνητικού πεδίου που υπάρχει στον χώρο γύρω από (α) ένα ρευματοφόρο καλώδιο, (β) έναν ρευματοφόρο βρόχο, και (γ) ένα ρευματοφόρο σπειροειδές πηνίο.



ΕΙΚΟΝΑ 24.11 Μοντέλο ενός πρότυπου μαγνητικά αιωρούμενου οχήματος – ενός μαγνητοπλάνου. Ενώ τα συμβατικά τρένα παρουσιάζουν κραδασμούς όταν κινούνται με υψηλή ταχύτητα πάνω στις ράγες, τα μαγνητοπλάνα μπορούν να ταξιδεύουν με μεγάλες ταχύτητες χωρίς κραδασμούς, καθώς δεν βρίσκονται σε φυσική επαφή με τον δίαυλο καθοδήγησης πάνω από τον οποίο γλιστρούν.

ΕΙΚΟΝΑ 24.12 Μια δέσμη ηλεκτρονίων εκτρέπεται από ένα μαγνητικό πεδίο.

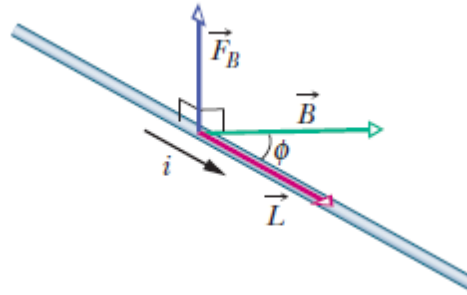




ΕΙΚΟΝΑ 24.13 Το μαγνητικό πεδίο της Γης εκτρέπει πολλά φορτισμένα σωμάτια της κοσμικής ακτινοβολίας.

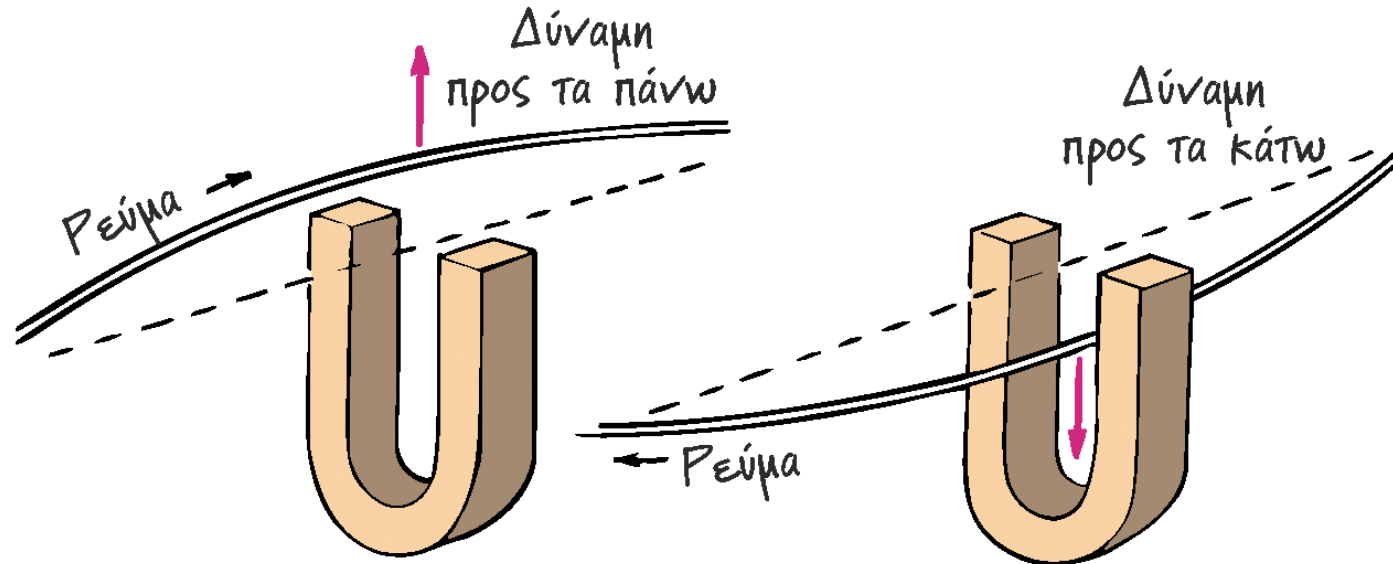
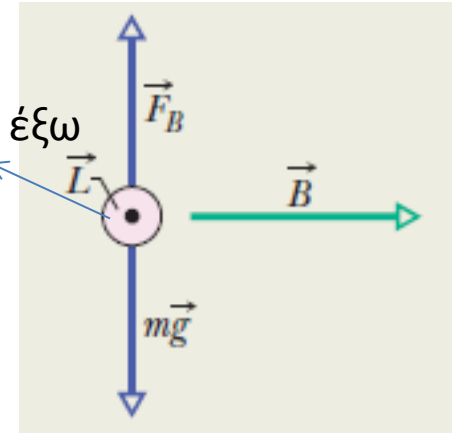
Μαγνητική δύναμη

$$\vec{F}_B = i\vec{L} \times \vec{B}$$



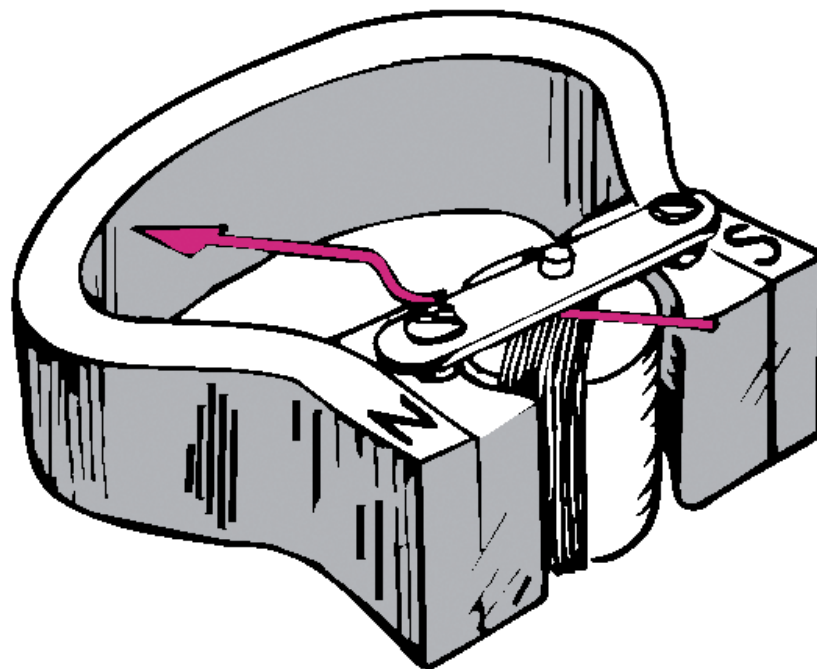
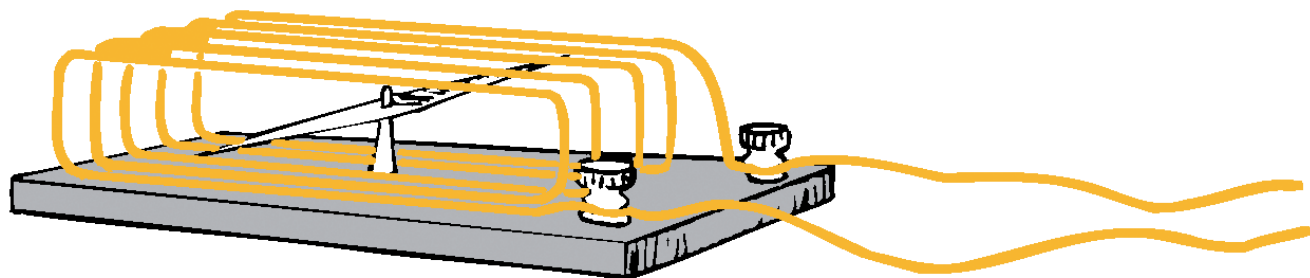
Ισορροπία Δυνάμεων

Προς τα έξω



ΕΙΚΟΝΑ 24.14 Ένα ρευματοφόρο καλώδιο που βρίσκεται σε μαγνητικό πεδίο υφίσταται μια δύναμη. (Αντιλαμβάνεστε ότι αυτό αποτελεί άμεση συνέπεια αυτού που βλέπουμε στην Εικόνα 24.12;)

ΕΙΚΟΝΑ 24.15 Ένα πολύ απλό γαλβανόμετρο.

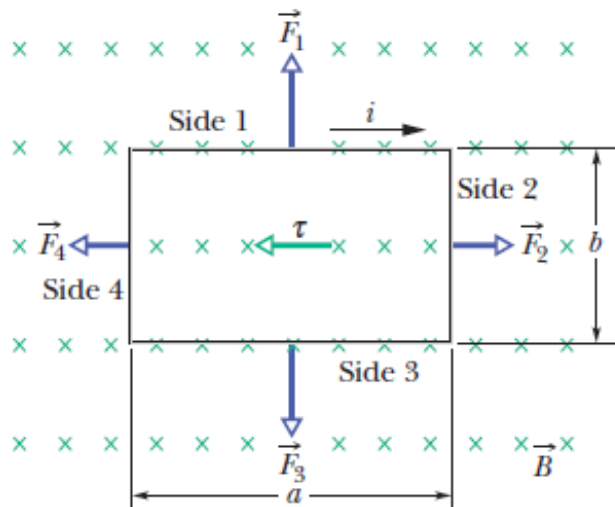
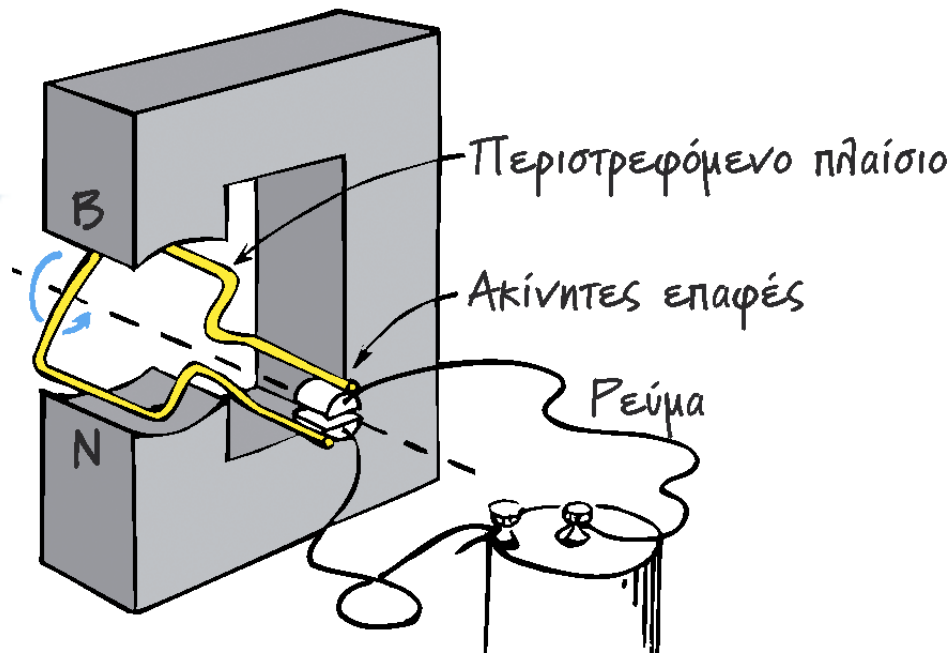
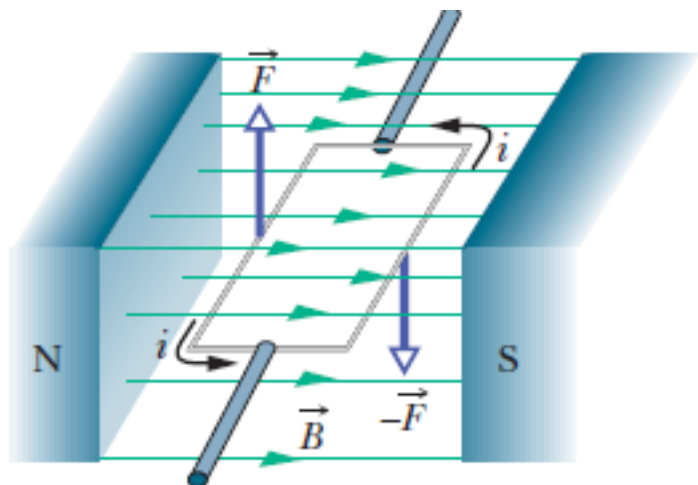


ΕΙΚΟΝΑ 24.16 Ένας συνηθισμένος τύπος γαλβανομέτρου.

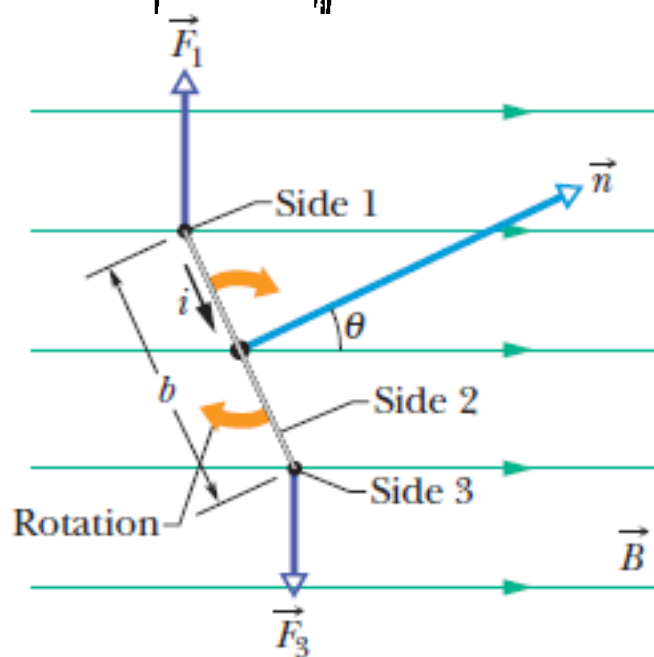


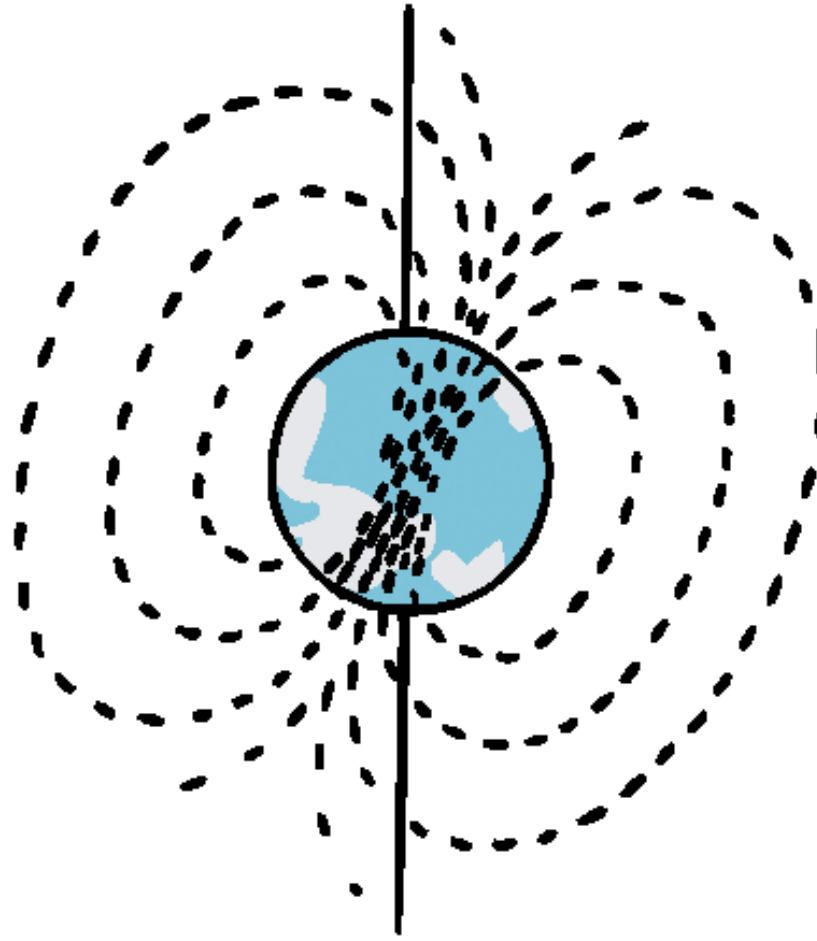
ΕΙΚΟΝΑ 24.17 Τόσο το αμπερόμετρο όσο και το βολτόμετρο είναι ουσιαστικά γαλβανόμετρα. (Η ηλεκτρική αντίσταση του οργάνου ρυθμίζεται ώστε να είναι πολύ χαμηλή για το αμπερόμετρο και πολύ υψηλή για το βολτόμετρο.)

ΕΙΚΟΝΑ 24.18 Απλουστευμένος ηλεκτρικός κινητήρας.

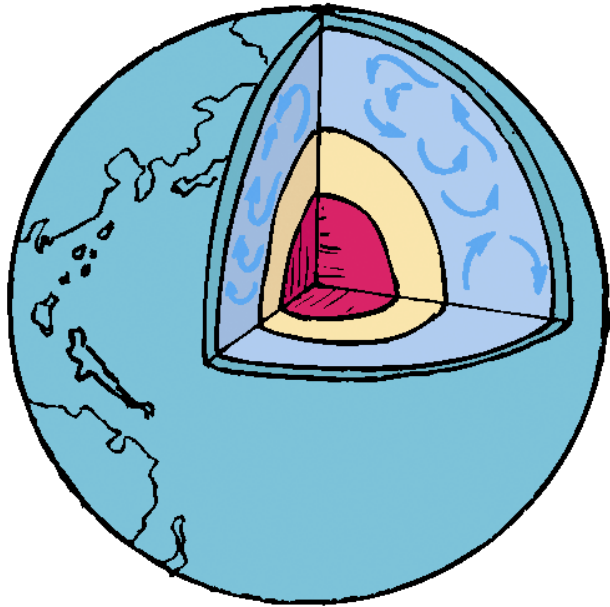


$$F_2 = -F_4$$



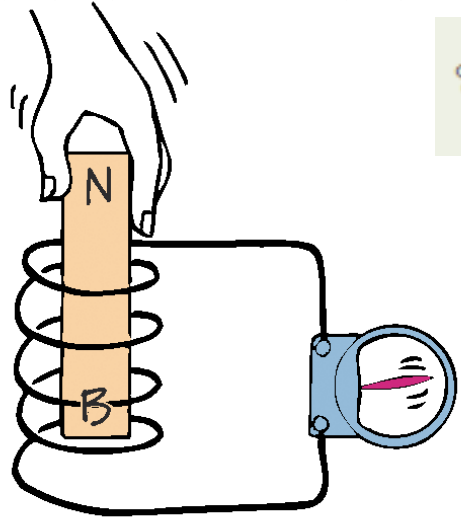


ΕΙΚΟΝΑ 24.19 Η Γη είναι ένας τεράστιος μαγνήτης. 10^{-4} T



ΕΙΚΟΝΑ 24.20 Το γήινο μαγνητικό πεδίο πιθανόν να οφείλεται σε ηλεκτρικά ρεύματα τα οποία δημιουργούνται από ρεύματα μεταφοράς στα ρευστά μέρη του εσωτερικού της Γης.

Ηλεκτρομαγνητική Επαγωγή



$$\mathcal{E} = - \frac{d\Phi_B}{dt} \quad (\text{Faraday's law})$$

Πηνίο N
σπειρών

$$\mathcal{E} = - N \frac{d\Phi_B}{dt}$$

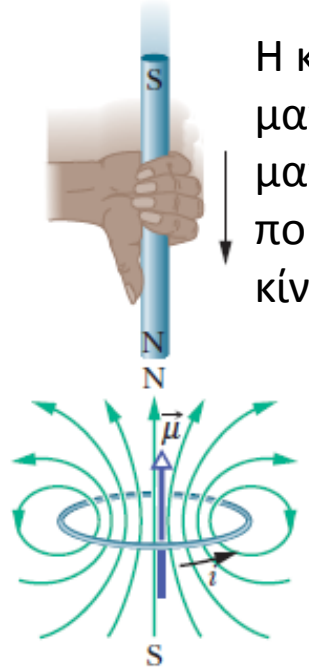
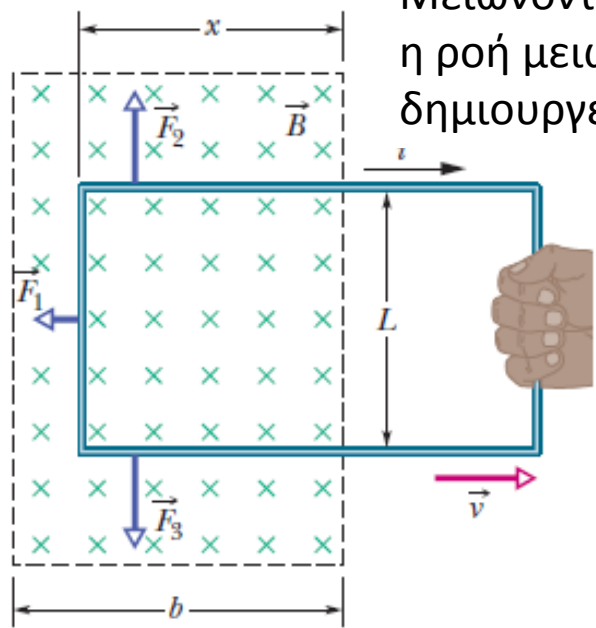
$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{s} = - \frac{d\Phi_B}{dt} \quad (\text{Faraday's law})$$

Μεταβαλλόμενο ΜΠ δημιουργεί ΗΠ

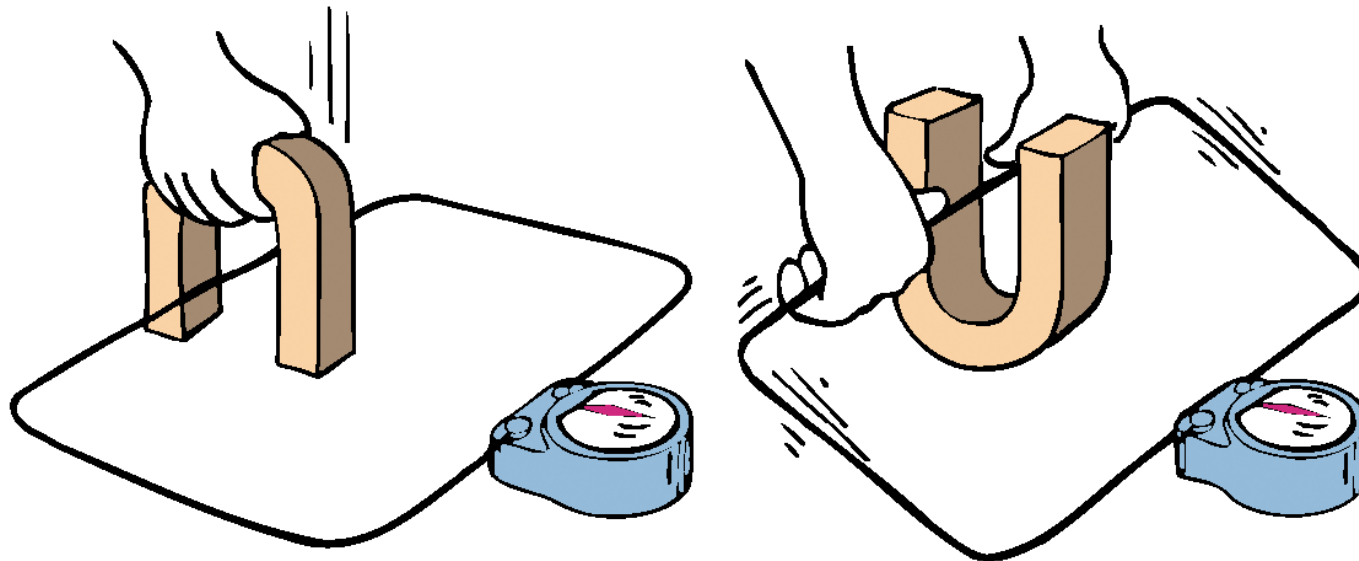
ΕΙΚΟΝΑ 25.1 Όταν ο μαγνήτης βυθίζεται στο πηνίο, επάγεται σε αυτό τάση, η οποία θέτει τα φορτία του σε κίνηση.

ΟΙ ΕΝΝΟΙΕΣ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ – ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΕΣ ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΚΡΗΤΗΣ

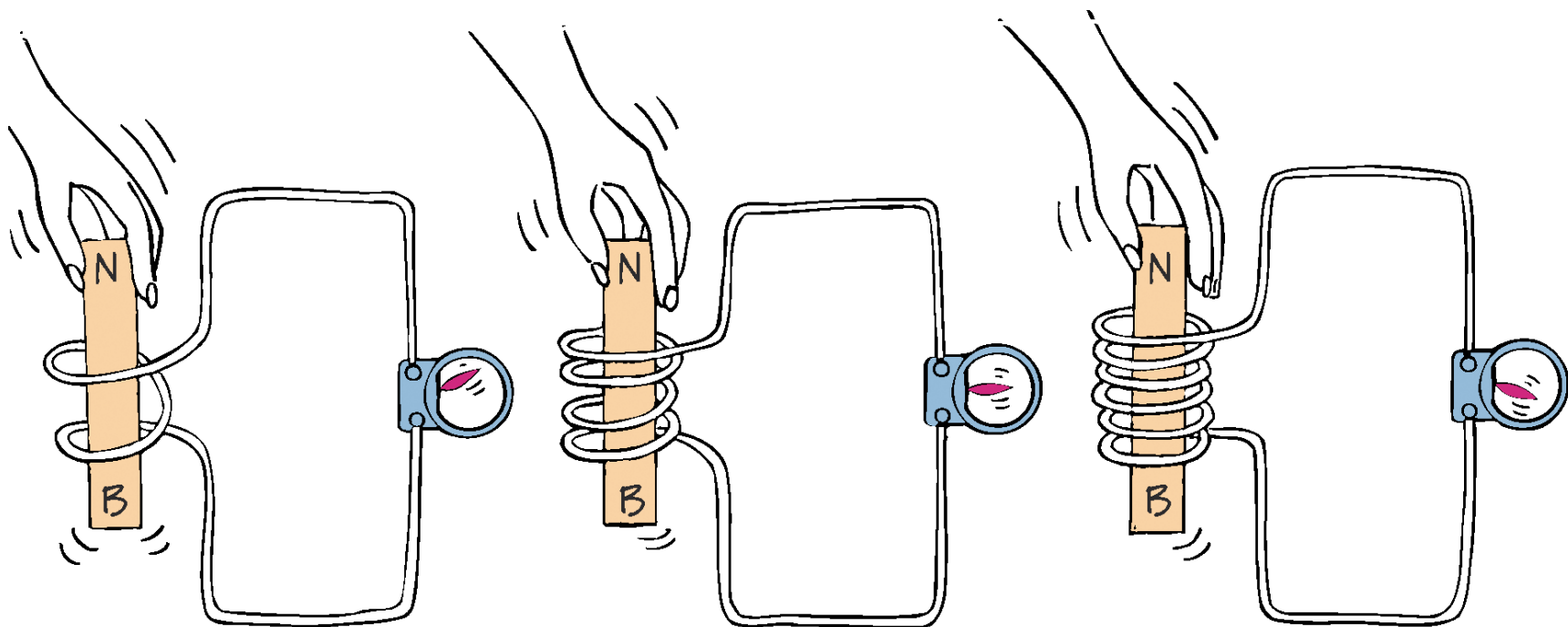
Μειώνοντας την επιφάνεια,
η ροή μειώνεται και
δημιουργείται ρεύμα



Η κίνηση του
μαγνήτη δημιουργεί
μαγνητικό δίπολο
που αντιτίθεται στην
κίνηση



ΕΙΚΟΝΑ 25.2 Στον αγώγιμο βρόχο, επάγεται τάση είτε όταν το μαγνητικό πεδίο κινείται προς τον αγωγό είτε όταν ο αγωγός κινείται δια μέσου του μαγνητικού πεδίου.

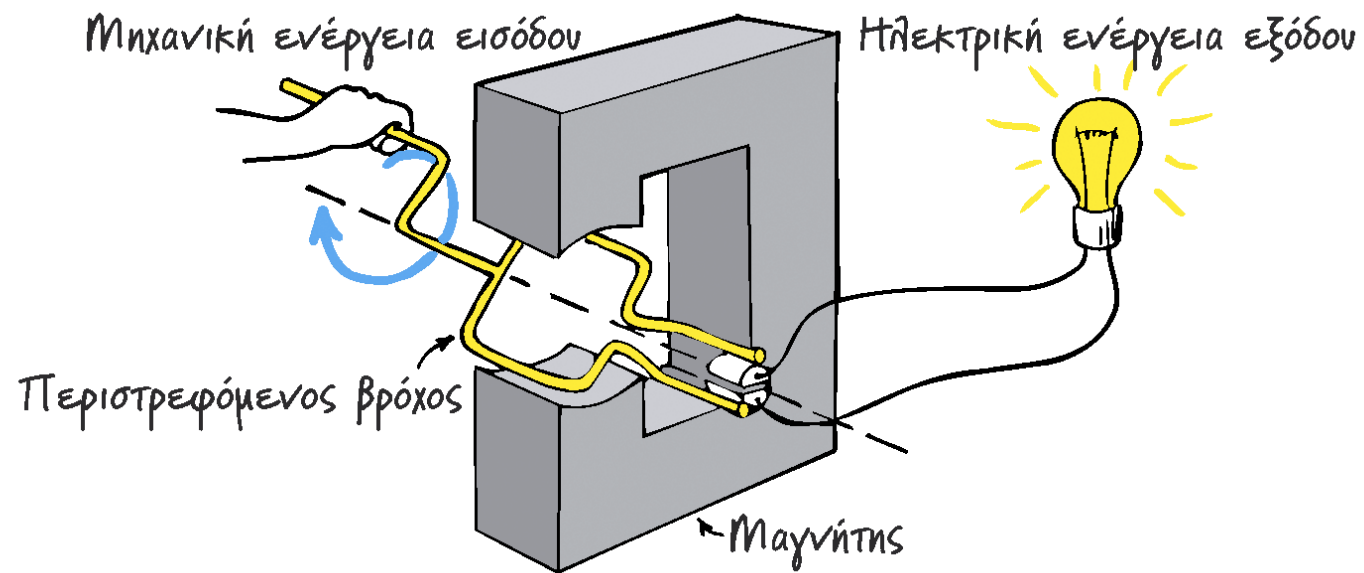


ΕΙΚΟΝΑ 25.3 Όταν ένας μαγνήτης βυθίζεται μέσα σε ένα πηνίο με διπλάσιες σπείρες από ένα άλλο, επάγεται διπλάσια τάση. Όταν βυθίζεται σε πηνίο με τριπλάσιες σπείρες, επάγεται τριπλάσια τάση.

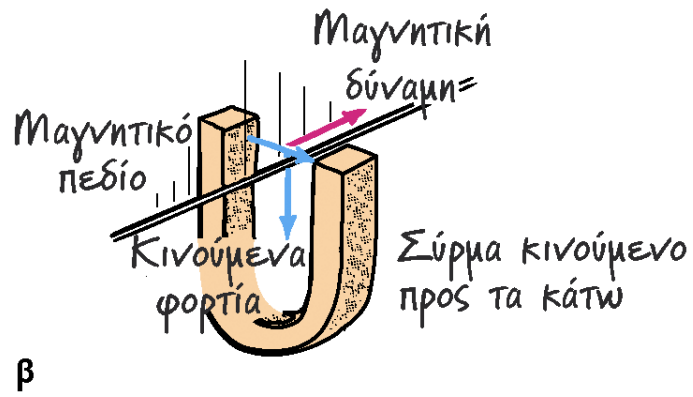
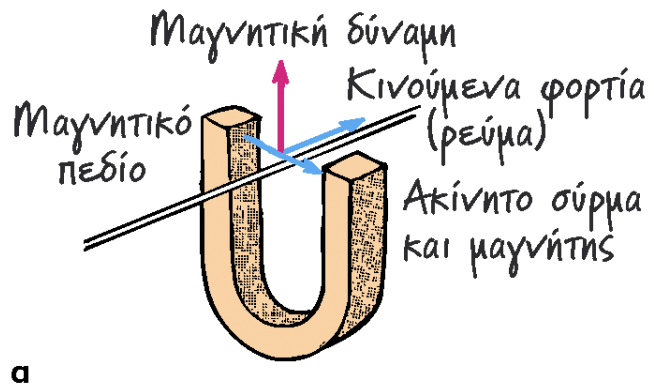


ΕΙΚΟΝΑ 25.4 Είναι πιο δύσκολο να σπρώξουμε έναν μαγνήτη μέσα σε ένα πηνίο με περισσότερες σπείρες, διότι το μαγνητικό πεδίο της κάθε ρευματοφόρου σπείρας προβάλλει αντίσταση στην κίνηση του μαγνήτη.

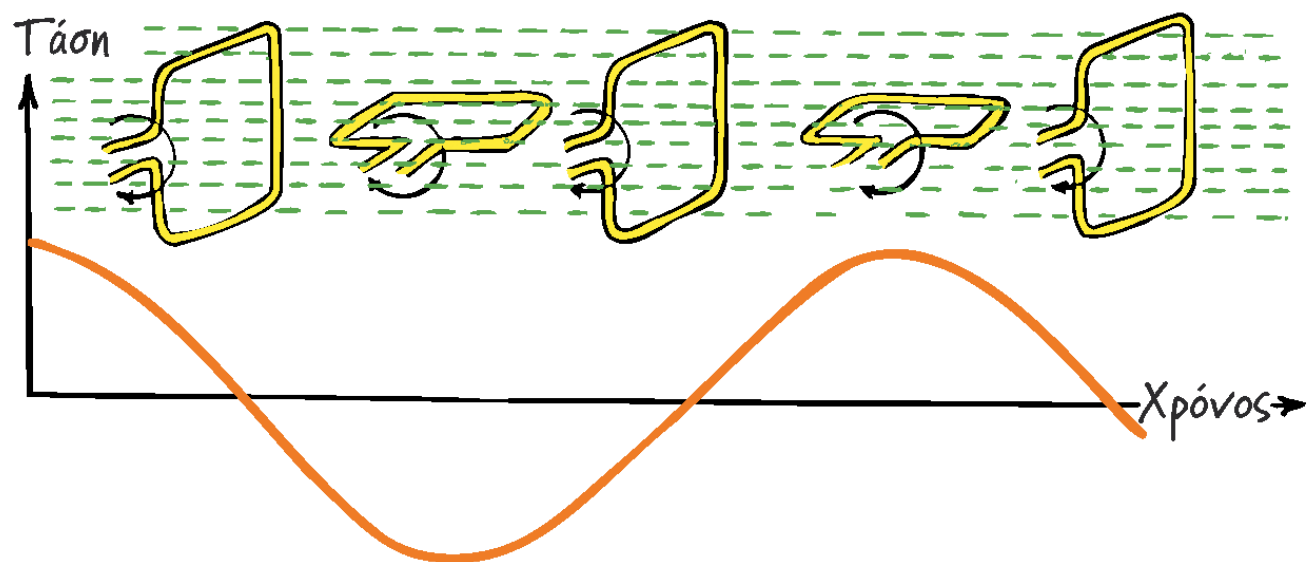
ΕΙΚΟΝΑ 25.5 Μια απλή γεννήτρια. Όταν ο βρόχος περιστρέφεται μέσα στο μαγνητικό πεδίο, επάγεται σε αυτόν τάση.

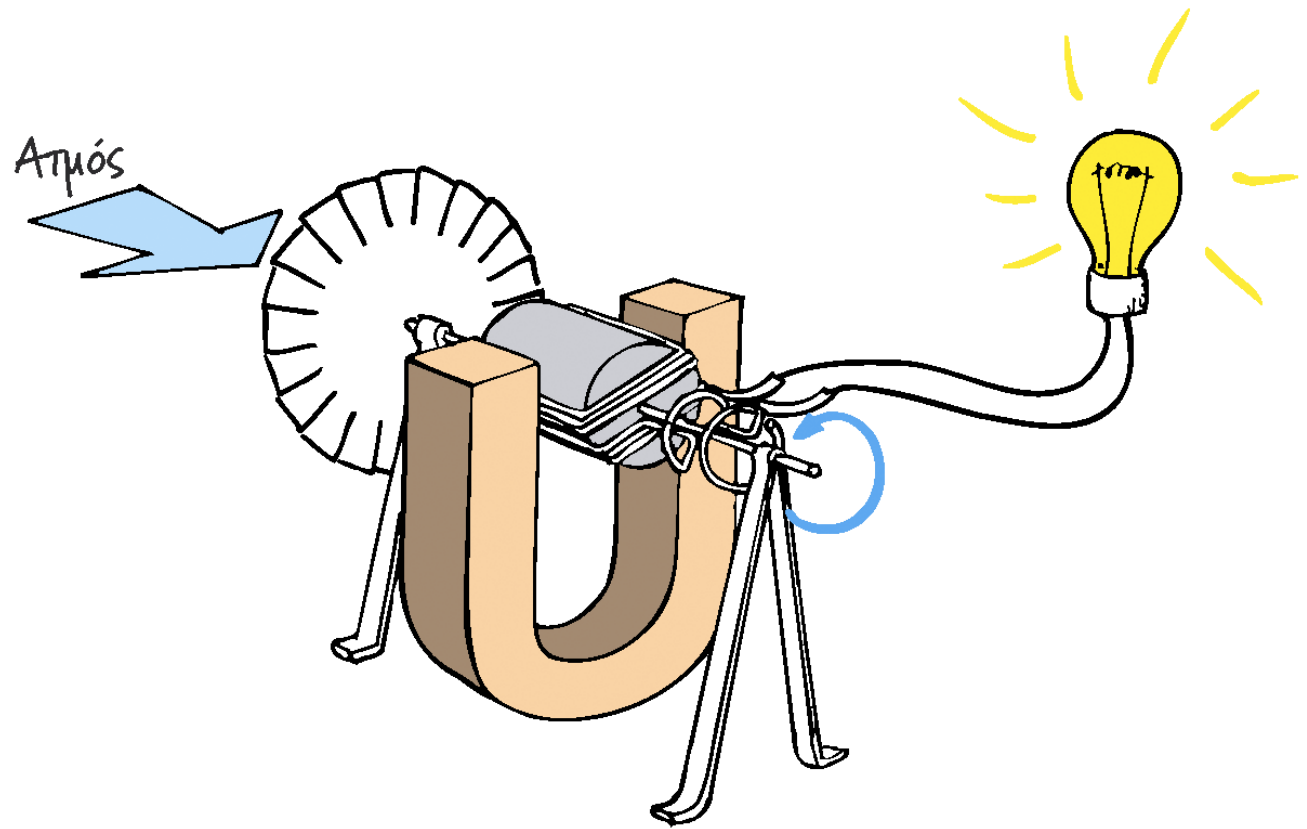


ΕΙΚΟΝΑ 25.6 (α) Το φαινόμενο του κινητήρα: Όταν το αγώγιμο σύρμα διαρρέεται από ρεύμα, τα ηλεκτρόνια υφίστανται μια κάθετη δύναμη προς τα πάνω. Αφού προς την κατεύθυνση αυτή δεν υπάρχει αγώγιμος δρόμος, το σύρμα ωθείται προς τα πάνω μαζί με τα ηλεκτρόνια. (β) Το φαινόμενο της γεννήτριας: Όταν ένα αγώγιμο σύρμα που αρχικά δεν διαρρέεται από ρεύμα κινείται προς τα κάτω, τα ηλεκτρόνά του υφίστανται μια δύναμη εκτροπής κάθετη προς την κίνησή τους. Κατά την κατεύθυνση αυτή υπάρχει αγώγιμος δρόμος, τον οποίο τα ηλεκτρόνια ακολουθούν, δημιουργώντας έτσι ρεύμα.



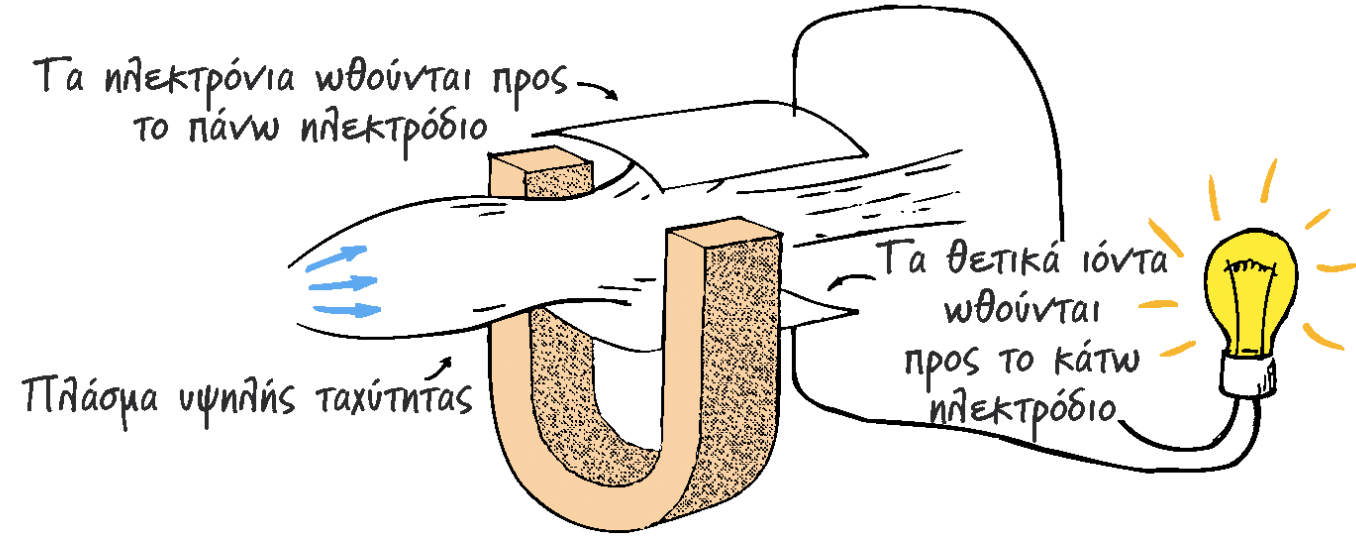
ΕΙΚΟΝΑ 25.7 Καθώς ο βρόχος περιστρέφεται, η επαγόμενη τάση (ρεύμα) μεταβάλλεται τόσο σε μέτρο όσο και σε πολικότητα (φορά). Μια πλήρης περιστροφή του βρόχου αντιστοιχεί σε έναν πλήρη κύκλο της τάσης (του ρεύματος).





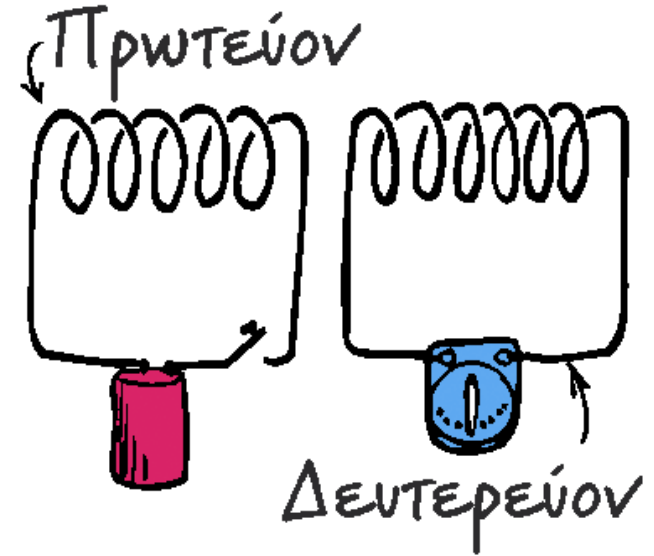
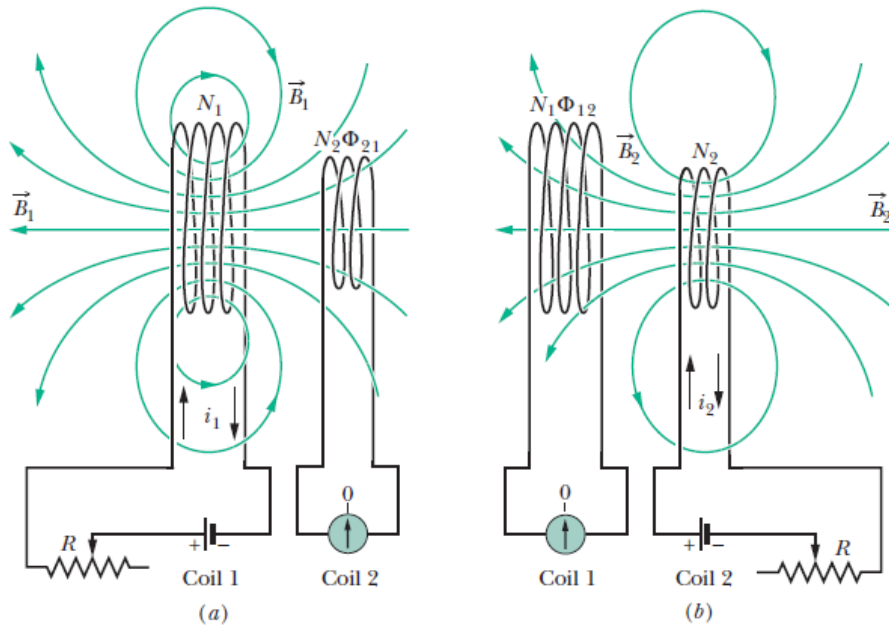
ΕΙΚΟΝΑ 25.8 Ο ατμός κινεί τον στρόβιλο, ο οποίος είναι συνδεδεμένος με τον σπλισμό της γεννήτριας.

ΕΙΚΟΝΑ 25.9 Σχηματική απεικόνιση της λειτουργίας της μαγνητοϋδροδυναμικής γεννήτριας. Στα θετικά και τα αρνητικά σωματίδια του υψηλής ταχύτητας πλάσματος που κινείται δια μέσου του μαγνητικού πεδίου ασκούνται δυνάμεις αντίθετης κατεύθυνσης. Το αποτέλεσμα είναι να αναπτύσσεται μεταξύ των δύο ηλεκτροδίων διαφορά δυναμικού. Με τον τρόπο αυτό, αποκαθίσταται ροή ρεύματος από το ένα ηλεκτρόδιο προς το άλλο δια μέσου ενός εξωτερικού κυκλώματος. Δεν υπάρχουν κινούμενα μέρη· το μόνο που κινείται είναι το πλάσμα. Στην πράξη, χρησιμοποιούνται υπεραγώγιμοι ηλεκτρομαγνήτες.

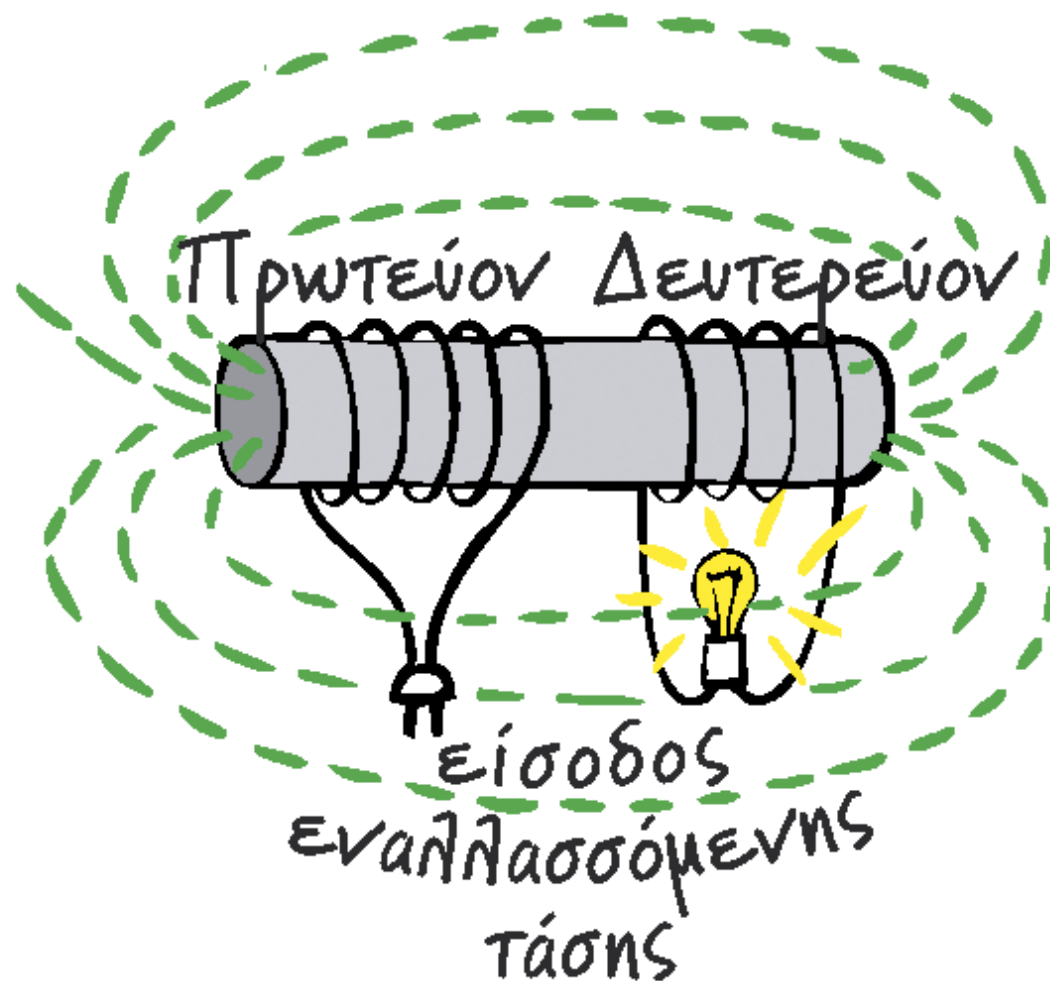


$$\mathcal{E}_2 = -M \frac{di_1}{dt}$$

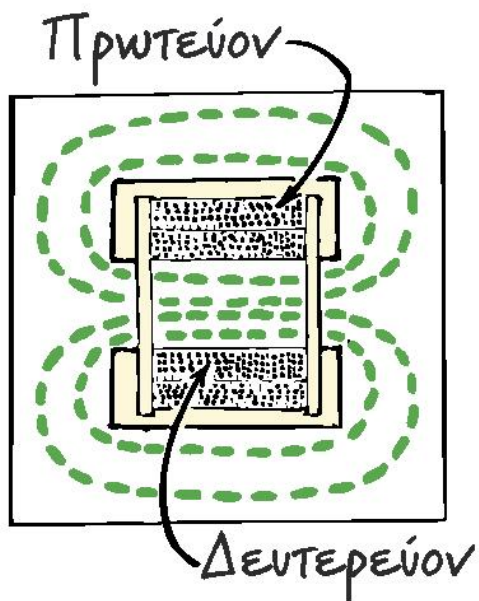
$$\mathcal{E}_1 = -M \frac{di_2}{dt}$$



ΕΙΚΟΝΑ 25.10 Όταν ο διακόπτης του πρωτεύοντος ανοίγει ή κλείνει, επάγεται στο κύκλωμα του δευτερεύοντος τάση.

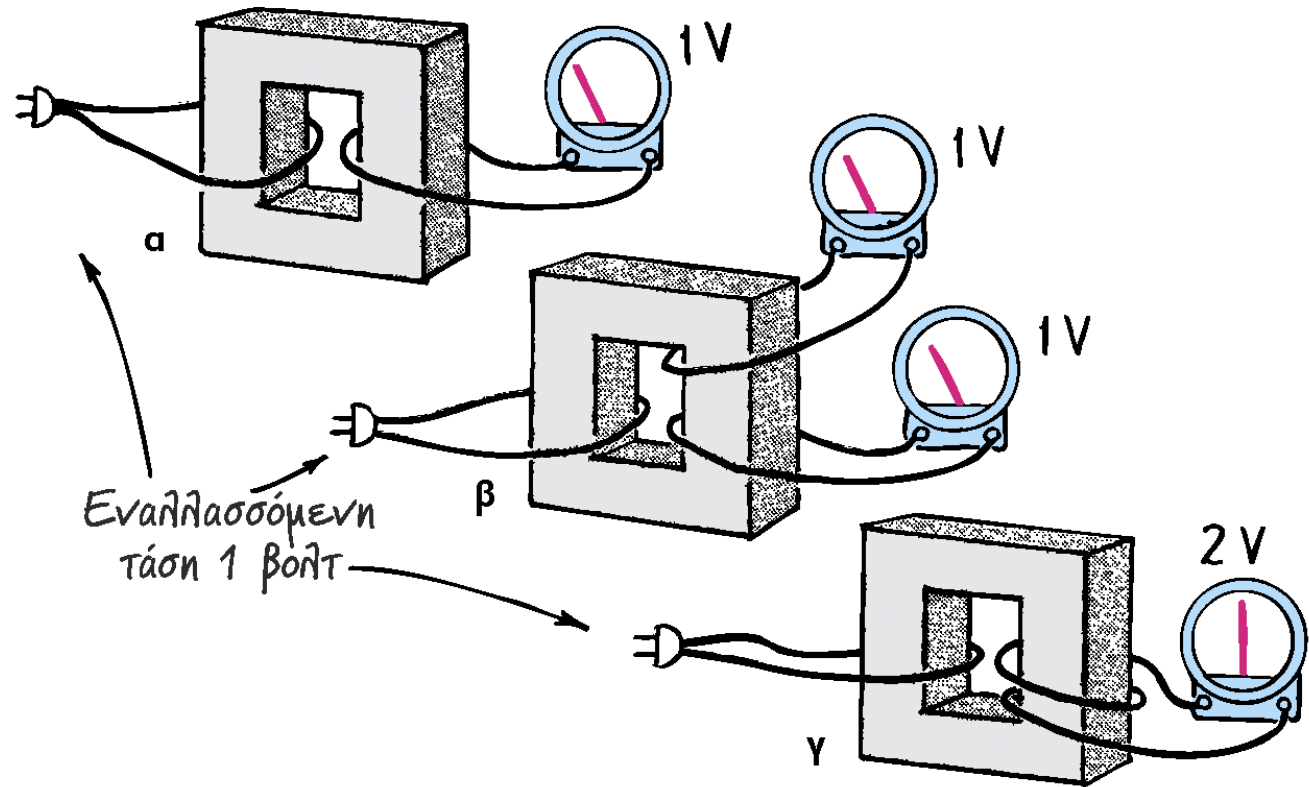


ΕΙΚΟΝΑ 25.11 Ένας απλός μετασχηματιστής.



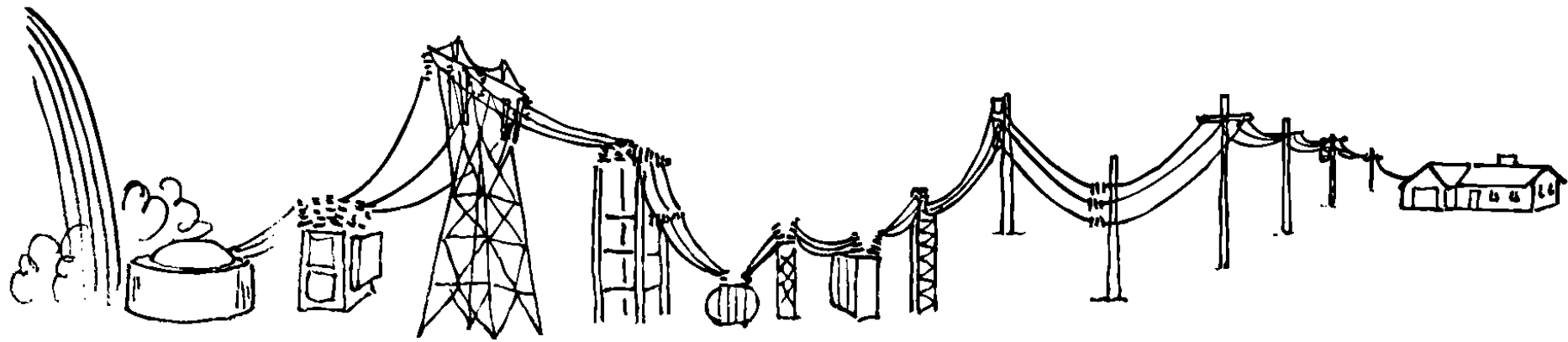
ΕΙΚΟΝΑ 25.12 Ένας πιο αποδοτικός μετασχηματιστής του εμπορίου. Τόσο το πρωτεύον όσο και το δευτερεύον είναι τυλιγμένα γύρω από το εσωτερικό τμήμα του σιδερένιου πυρήνα (κίτρινο χρώμα), το οποίο καθοδηγεί τις εναλλασσόμενες μαγνητικές γραμμές (πράσινο χρώμα) που δημιουργούνται από το εναλλασσόμενο ρεύμα στο πρωτεύον. Με τον τρόπο αυτό, η ισχύς που παρέχεται υπό κάποια δεδομένη τάση στο πρωτεύον μεταβιβάζεται στο δευτερεύον υπό διαφορετική τάση.

ΕΙΚΟΝΑ 25.13 (α) Η τάση που επάγεται στο δευτερεύον ισούται με την τάση του πρωτεύοντος, δηλ. με 1 βολτ. (β) Το επιπλέον δευτερεύον τέμνει τις ίδιες δυναμικές γραμμές του μεταβαλλόμενου μαγνητικού πεδίου που προκαλεί το πρωτεύον, οπότε και σε αυτό επάγεται τάση 1 βολτ. (γ) Οι δύο τάσεις του ενός βολτ που επάγονται η καθεμία σε καθενα από τα δύο δευτερεύοντα της μίας σπείρας είναι ισοδύναμες με τάση 2 βολτ που επάγεται σε ένα μόνο δευτερεύον δύο σπειρών.





ΕΙΚΟΝΑ 25.14 Όταν ανοίγουμε τον διακόπτη, το μαγνητικό πεδίο του πηνίου καταρρέει. Αυτή η απότομη μεταβολή του πεδίου μπορεί να επαγάγει τεράστια τάση.



ΕΙΚΟΝΑ 25.15 Μεταφορά ενέργειας.