

SEARS & ZEMANSKY

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΦΥΣΙΚΗ με Σύγχρονη Φυσική

3Η ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΕΚΔΟΣΗ

Τόμος Β

ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ ΟΠΤΙΚΗ - ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΦΥΣΙΚΗ

YOUNG ΚΑΙ FREEDMAN

ΔΙΑΦΑΝΕΙΕΣ
ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ

1. ΗΛΕΚΤΡΟΣΤΑΤΙΚΗ

ΕΠΙΛΟΓΗ,
ΣΥΝΘΕΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ
ΚΑΙ ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ:
Ηλίας Κατσούφης

ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΚΟ
ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗΣ:
Τζένη Πάλμου

Θ.Η. Αλεξόπουλος, ΕΜΠ
Ι.Α. Αρβανιτίδης, ΑΠΘ
Α.Α. Αργυρίου, Π. Πατρών
Ε.Α. Δρης, ΕΜΠ
Η.Σ. Ζουμπούλης, ΕΜΠ
Η.Κ. Κατσούφης, ΕΜΠ
Γ.Α. Κουρούκλης, ΑΠΘ
Κ.Ε. Παρασκευαΐδης, ΕΜΠ
Μ.Ν. Πιζάνιας, Π. Πατρών
Ι.Π. Ρίζος, Π. Ιωαννίνων
Θ.Ν. Τομαράς, Π. Κρήτης
Κ. Χριστοδουλίδης, ΕΜΠ

Απόδοση βιβλίου στην Ελληνική γλώσσα και Επιμέλεια (αλφαβητικά):

Θ.Η. Αλεξόπουλος, Καθηγητής Φυσικής της Σχολής Εφαρμοσμένων Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών του Ε.Μ. Πολυτεχνείου

Ι.Α. Αρβανιτίδης, Αναπλ. Καθηγητής Φυσικής του Τμήματος Φυσικής του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης

Α.Α. Αργυρίου, Καθηγητής του Τμήματος Φυσικής του Πανεπιστημίου Πατρών

Ε.Α. Δρης, Ομότιμος Καθηγητής Φυσικής της Σχολής Εφαρμοσμένων Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών, του Ε.Μ. Πολυτεχνείου

Η.Σ. Ζουμπούλης, Ομότιμος Καθηγητής Φυσικής της Σχολής Εφαρμοσμένων Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών του Ε.Μ. Πολυτεχνείου

Η.Κ. Κατσούφης, Ομότιμος Καθηγητής Φυσικής της Σχολής Εφαρμοσμένων Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών του Ε.Μ. Πολυτεχνείου

Γ.Α. Κουρούκλης, Ομότιμος Καθηγητής Φυσικής του Τμήματος Χημικών Μηχανικών της Πολυτεχνικής Σχολής του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης

Κ.Ε. Παρασκευαΐδης, τ. Αναπλ. Καθηγητής Φυσικής της Σχολής Εφαρμοσμένων Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών του Ε.Μ. Πολυτεχνείου

Μ.Ν. Πιζάνιας, Ομότιμος Καθηγητής του Τμήματος Φυσικής του Πανεπιστημίου Πατρών

Ι.Π. Ρίζος, Καθηγητής του Τμήματος Φυσικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων

Θ.Ν. Τομαράς, Καθηγητής του Τμήματος Φυσικής του Πανεπιστημίου Κρήτης

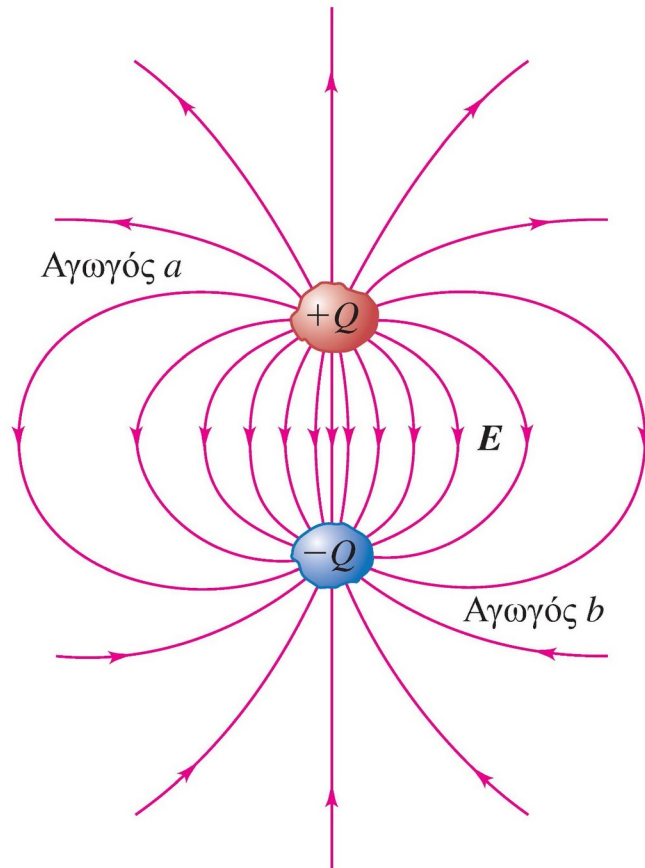
Κ. Χριστοδουλίδης, Ομότιμος Καθηγητής Φυσικής της Σχολής Εφαρμοσμένων Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών του Ε.Μ. Πολυτεχνείου

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 24

ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΔΙΗΛΕΚΤΡΙΚΑ

Πυκνωτές και χωρητικότητα

24.1 Δύο αγωγοί a και b , μονωμένοι μεταξύ τους, αποτελούν πυκνωτή.



Χωρητικότητα του πυκνωτή $\rightarrow C = \frac{Q}{V_{ab}}$ (24.1)

Μέτρο του φορτίου στον κάθε αγωγό
Διαφορά δυναμικού μεταξύ των οπλισμών (ο a έχει φορτίο $+Q$ και ο b $-Q$)

Η μονάδα χωρητικότητας στο σύστημα SI ονομάζεται **farad** (φαράντ) (1 F), προς τιμή του Michael Faraday (Μάικλ Φαραντέι, Άγγλος φυσικός και χημικός, 1791-1867). Από την Εξ. (24.1), ένα farad = ένα *coulomb ανά volt* (1 C/V):

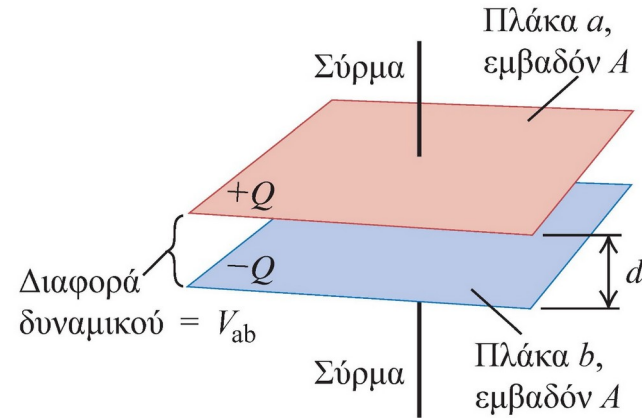
$$1 \text{ F} = 1 \text{ farad} = 1 \text{ C/V} = 1 \text{ coulomb ανά volt}$$

Όσο μεγαλύτερη η χωρητικότητα C ενός πυκνωτή, τόσο μεγαλύτερο το μέτρο Q του φορτίου του κάθε οπλισμού για δεδομένη διαφορά δυναμικού V_{ab} και επομένως τόσο μεγαλύτερη η αποθηκευμένη ενέργεια.

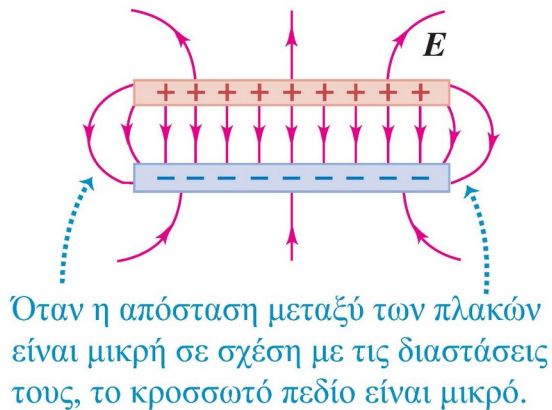
Πυκνωτής με παράλληλες πλάκες

24.2 Φορτισμένος επίπεδος πυκνωτής.

(a) Διάταξη των πλακών του πυκνωτή



(b) Πλευρική όψη του ηλεκτρικού πεδίου E



$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} = \frac{Q}{\epsilon_0 A}$$

$$V_{ab} = Ed = \frac{1}{\epsilon_0} \frac{Qd}{A}$$

**Χωρητικότητα
επίπεδου πυκνωτή
στο κενό**

$$C = \frac{Q}{V_{ab}} = \epsilon_0 \frac{A}{d}$$

Μέτρο του φορτίου στον κάθε σπλισμό
Εμβαδόν του κάθε σπλισμού
Απόσταση μεταξύ των πλακών
Ηλεκτρική σταθερά

Διαφορά δυναμικού μεταξύ των πλακών

(24.2)

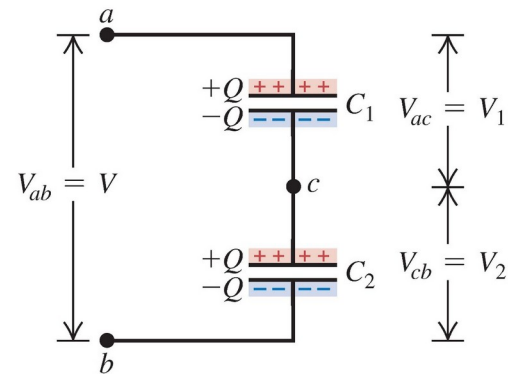
Πυκνωτές συνδεδεμένοι σε σειρά και παράλληλα

24.8 Σύνδεση σε σειρά δύο πυκνωτών.

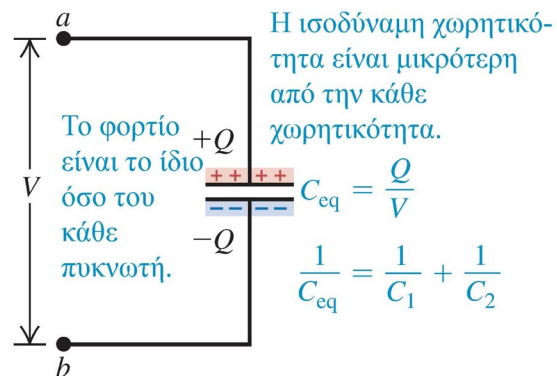
(a) Δύο πυκνωτές σε σειρά

Πυκνωτές σε σειρά:

- Οι πυκνωτές έχουν ίδιο φορτίο Q .
- Οι διαφορές δυναμικού τους προστίθενται:
 $V_{ac} + V_{cb} = V_{ab}$.



(b) Ο ισοδύναμος πυκνωτής

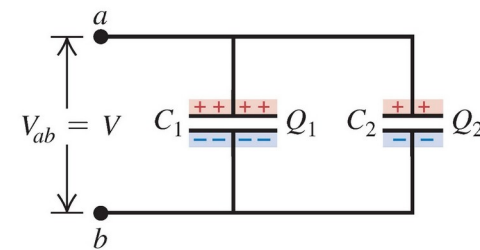


24.9 Παράλληλη σύνδεση δύο πυκνωτών.

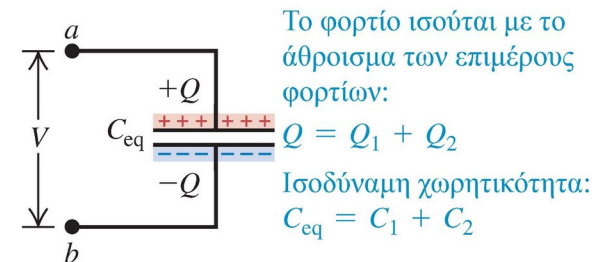
(a) Δύο πυκνωτές παράλληλα

Πυκνωτές παράλληλα:

- Οι πυκνωτές έχουν το ίδιο δυναμικό V .
- Το φορτίο του κάθε πυκνωτή εξαρτάται από τη χωρητικότητά του: $Q_1 = C_1 V$, $Q_2 = C_2 V$.



(b) Ο ισοδύναμος μοναδικός πυκνωτής



Αποθήκευση ενέργειας σε πυκνωτές και ενέργεια ηλεκτρικού πεδίου

Δυναμική ενέργεια αποθηκευμένη σε πυκνωτή

$$U = \frac{Q^2}{2C} = \frac{1}{2}CV^2 = \frac{1}{2}QV \quad (24.9)$$

Μέτρο του φορτίου σε κάθε οπλισμό

Χωρητικότητα

Διαφορά δυναμικού μεταξύ οπλισμών

$$u = \text{Πυκνότητα ενέργειας} = \frac{\frac{1}{2}CV^2}{Ad} \quad (24.10)$$

Πυκνότητα ηλεκτρικής ενέργειας στο κενό

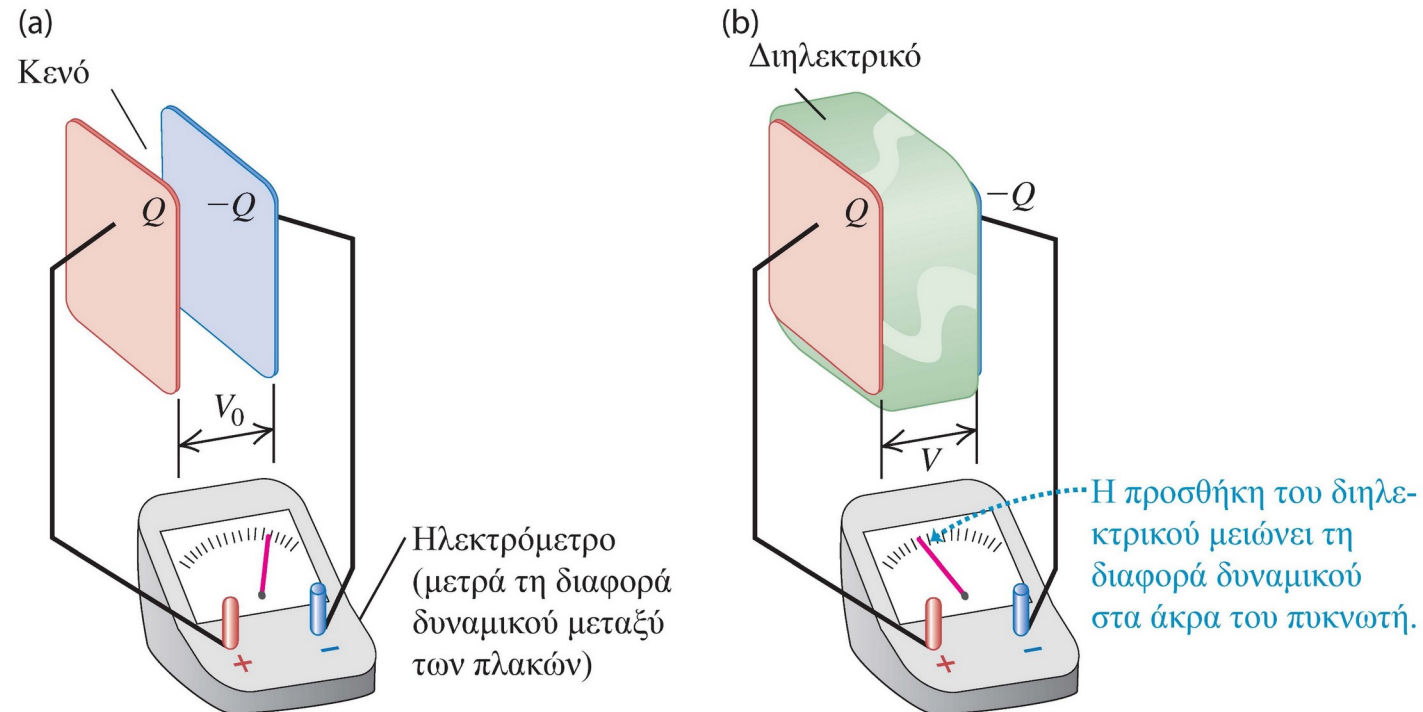
$$u = \frac{1}{2}\epsilon_0 E^2 \quad (24.11)$$

Μέτρο του ηλεκτρικού πεδίου

Ηλεκτρική σταθερά

Διηλεκτρικά

24.14 Επίδραση διηλεκτρικού μεταξύ των πλακών επίπεδου πυκνωτή. (a) Για δεδομένο φορτίο, η διαφορά δυναμικού είναι V_0 . (b) Για το ίδιο φορτίο αλλά με διηλεκτρικό μεταξύ των πλακών, η διαφορά δυναμικού V είναι μικρότερη από V_0 .

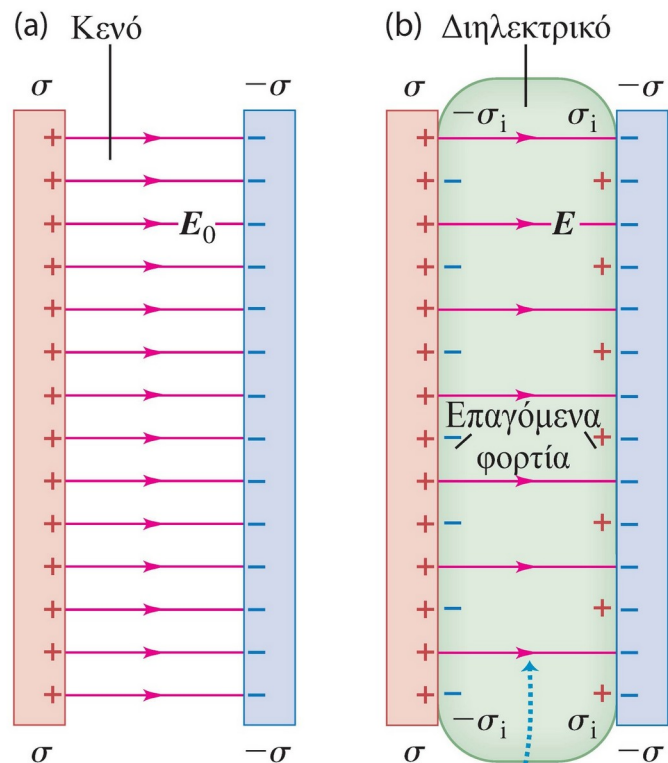


$$K = \frac{C}{C_0} \quad (\text{ορισμός της διηλεκτρικής σταθεράς}) \quad (24.12)$$

$$V = \frac{V_0}{K} \quad (\text{όταν το } Q \text{ είναι σταθερό}) \quad (24.13)$$

Επαγόμενο φορτίο και πόλωση

24.15 Γραμμές ηλεκτρικού πεδίου με (a) κενό μεταξύ των οπλισμών και (b) διηλεκτρικό μεταξύ των οπλισμών.



Για δεδομένη πυκνότητα φορτίου σ , τα επαγόμενα φορτία στις επιφάνειες του διηλεκτρικού μειώνουν το ηλεκτρικό πεδίο μεταξύ των οπλισμών.

$$E = \frac{E_0}{K} \quad (\text{όταν το } Q \text{ είναι σταθερό}) \quad (24.14)$$

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \quad (24.18)$$

Χωρητικότητα ενός επίπεδου πυκνωτή, διηλεκτρικό μεταξύ των οπλισμών

$$C = KC_0 = K\epsilon_0 \frac{A}{d} = \epsilon \frac{A}{d} \quad (24.19)$$

Διηλεκτρική σταθερά K ϵ_0 Επιφάνεια του κάθε οπλισμού A ϵ Επιτρεπτότητα ϵ
 Χωρητικότητα χωρίς διηλεκτρικό ϵ_0 Ηλεκτρική σταθερά ϵ Απόσταση μεταξύ των οπλισμών d

Πυκνότητα ηλεκτρικής ενέργειας στο διηλεκτρικό

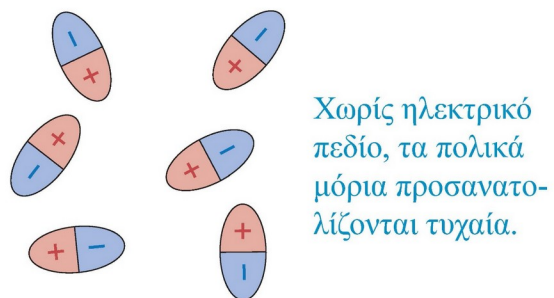
$$u = \frac{1}{2}K\epsilon_0 E^2 = \frac{1}{2}\epsilon E^2 \quad (24.20)$$

Διηλεκτρική σταθερά K ϵ_0 Επιτρεπτότητα ϵ
 Ηλεκτρική σταθερά ϵ Μέτρο του ηλεκτρικού πεδίου E

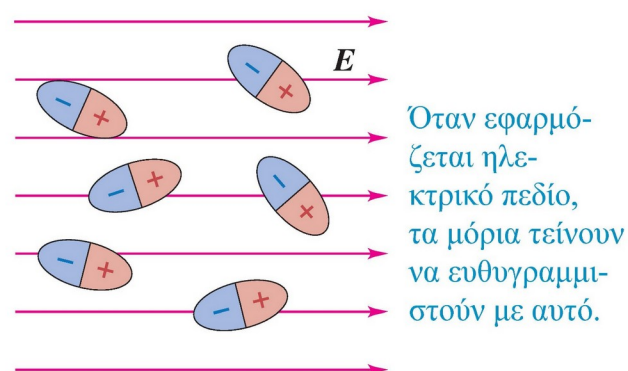
Μοριακό πρότυπο του επαγόμενου φορτίου

24.17 Πολικά μόρια (a) χωρίς και (b) με εφαρμοζόμενο ηλεκτρικό πεδίο E .

(a)



(b)

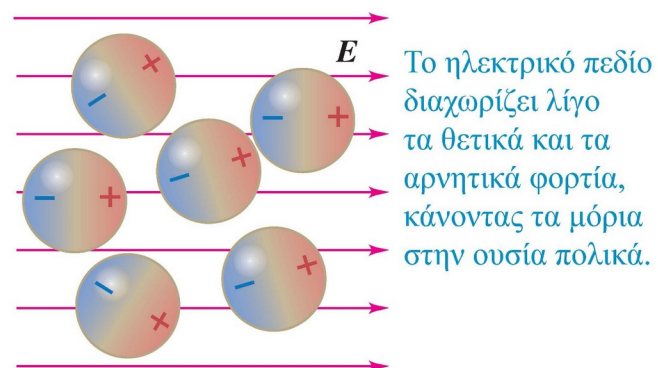


24.18 Μη πολικά μόρια (a) χωρίς και (b) με εφαρμοζόμενο ηλεκτρικό πεδίο E .

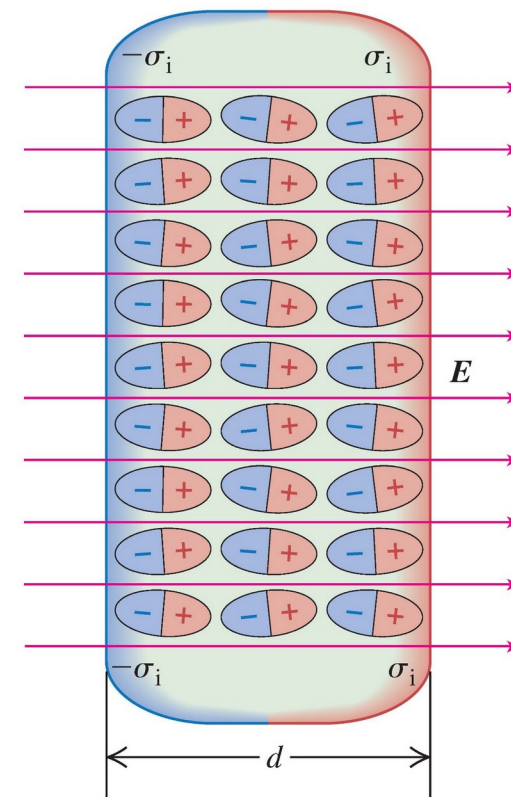
(a)



(b)

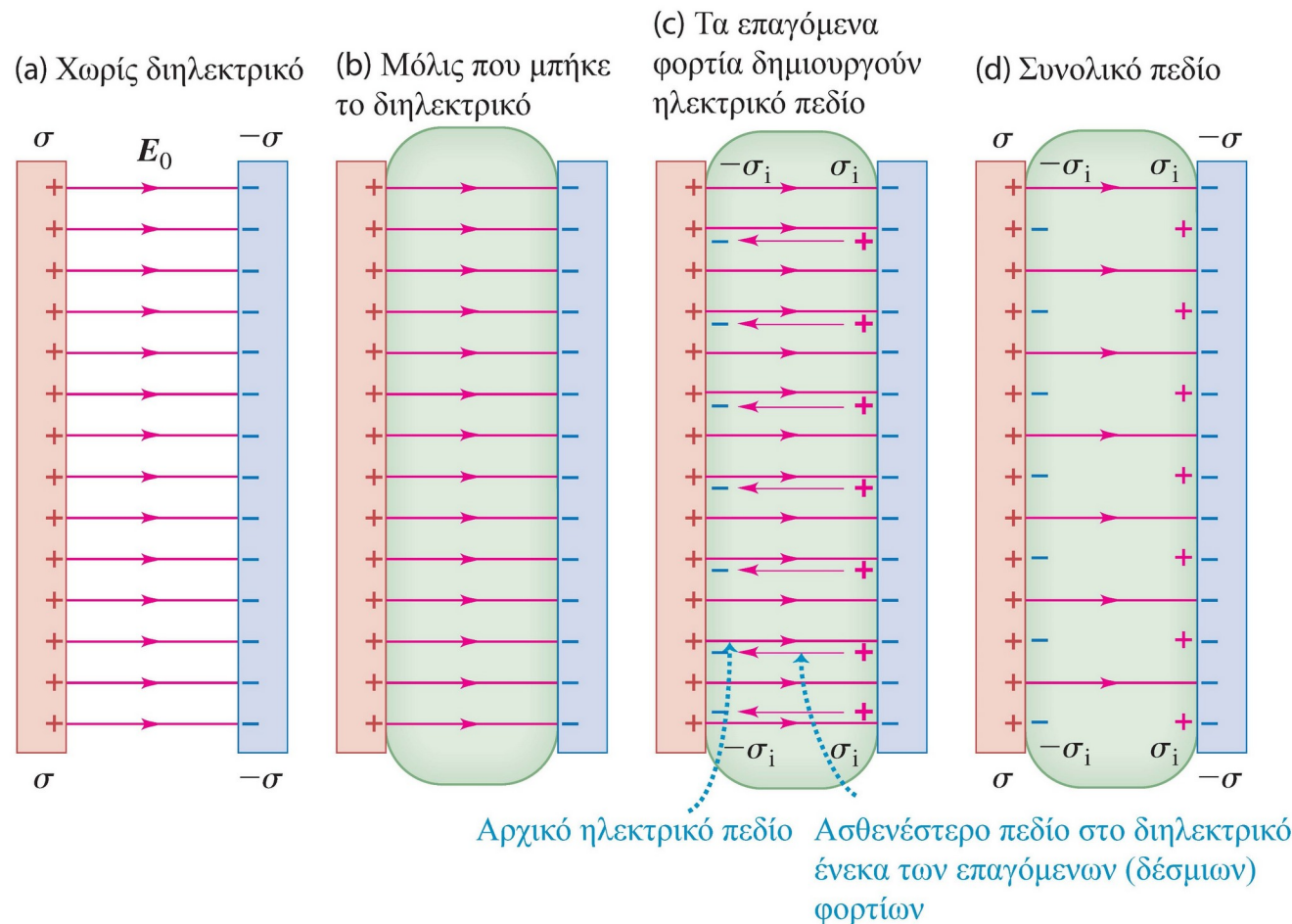


24.19 Η πόλωση διηλεκτρικού μέσα σε ηλεκτρικό πεδίο E δημιουργεί λεπτά στρώματα δέσμιων φορτίων στις επιφάνειες, με επιφανειακές πυκνότητες φορτίου σ_i και $-\sigma_i$. Τα μεγέθη των μορίων αναπαριστώνται υπερβολικά μεγάλα για μεγαλύτερη σαφήνεια.



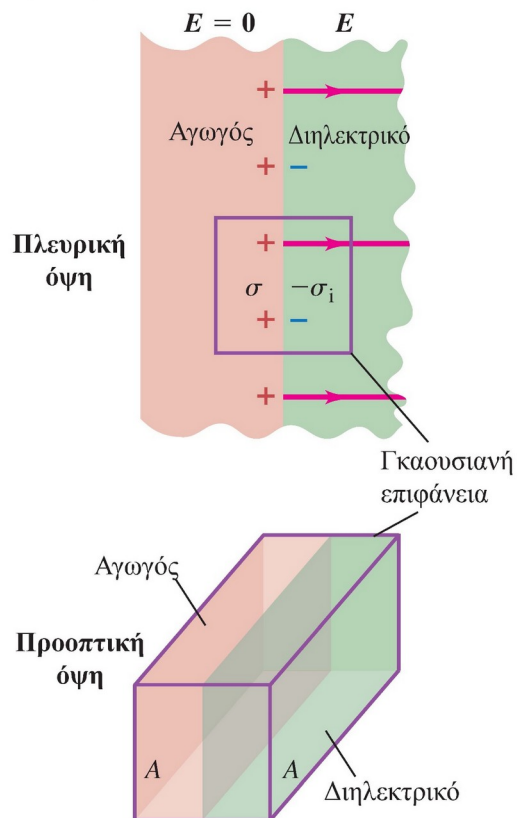
Μοριακό πρότυπο του επαγόμενου φορτίου

24.20 (a) Ηλεκτρικό πεδίο μέτρου E_0 μεταξύ δύο φορτισμένων πλακών. (b) Εισαγωγή διηλεκτρικού διηλεκτρικής σταθεράς K . (c) Τα επαγόμενα επιφανειακά φορτία και το πεδίο τους. (d) Συνολικό πεδίο μέτρου E_0 / K .



Ο Νόμος του Gauss στα Διηλεκτρικά

24.22 Ο νόμος του Gauss με διηλεκτρικό. Αυτό το σχήμα δείχνει μια κοντινή όψη της αριστερής πλάκας του πυκνωτή του Σχ. 24.15b. Η γκαουσιανή επιφάνεια είναι ένα τετράγωνο κουτί που βρίσκεται κατά το μισό μέσα στον αγωγό και κατά το άλλο μισό μέσα στο διηλεκτρικό.



Νόμος του Gauss σε διηλεκτρικό:

$$\oint KE \cdot dA = \frac{Q_{\text{encl-free}}}{\epsilon_0} \quad (24.23)$$

Διηλεκτρική σταθερά
 Ολικό ελεύθερο φορτίο μέσα στην επιφάνεια
 Ηλεκτρική σταθερά
 Επιφανειακό ολοκλήρωμα του KE πάνω στην κλειστή επιφάνεια

