



ΗΜΙΑΓΩΓΑ ΥΛΙΚΑ: ΘΕΩΡΙΑ-ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ

Μέρος 1^ο: Στοιχεία Θεωρίας Ημιαγωγών
Ενότητα 6^η: Πυκνότητα ενεργειακών καταστάσεων.

Γεώργιος Λιτσαρδάκης
Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών
& Μηχανικών Υπολογιστών



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.





6. Πυκνότητα ενεργειακών καταστάσεων.



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

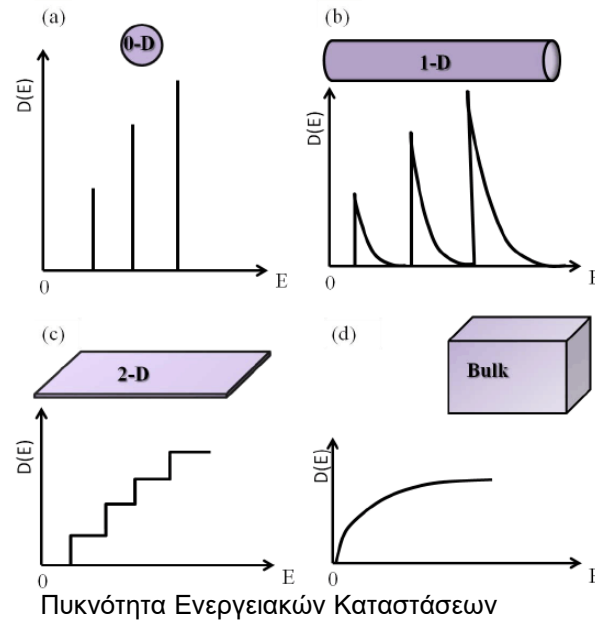
Περιεχόμενα ενότητας

1. Ορισμός.
2. Υπολογισμός σε μία και τρεις διαστάσεις.
3. Υπολογισμός ενέργειας Fermi.



Πυκνότητα ενεργειακών καταστάσεων

Πυκνότητα ενεργειακών καταστάσεων $g(E) = dw/dE$
 αριθμός w των καταστάσεων από E έως $E + dE$



Πηγή: White LEDs Printed on Paper—A Doctoral Thesis—Part I
 Gul Amin -August 06, 2012, <http://www.edn.com/design/led/4391796/White-LEDs-Printed-on-Paper-A-Doctoral-Thesis-Part-I>

$$(E = h^2 k^2 / 8m\pi^2 = h^2 n^2 / 8mL^2)$$

Σε τρεις διαστάσεις:

$$g(E) = \frac{V}{2\pi^2} \cdot \left(\frac{8m\pi^2}{h^2} \right)^{3/2} \sqrt{E}$$



Υπολογισμός πυκνότητας καταστάσεων

- Σε μια διάσταση: $E(n) = h^2 n^2 / 8mL^2$ και ο δείκτης n δίνει τον αριθμό w των καταστάσεων

Στην περιοχή E έως $E+dE$ είναι ο αριθμός dw των καταστάσεων είναι dn .

Παραγωγίζουμε την $E(n) = h^2 n^2 / 8mL^2 \Rightarrow$

$$dE = (2h^2 n / 8mL^2) dn = [h\sqrt{E} / L\sqrt{(2m)}] dn \Rightarrow g(E) = dn/dE \\ = L\sqrt{(2m)} / h\sqrt{E} = \alpha / \sqrt{E}$$



Υπολογισμός πυκνότητας καταστάσεων

Σε τρεις διαστάσεις $E_n = h^2 n^2 / 8mL^2$, αλλά $w \neq n$

$$(\text{επειδή } n^2 = n_x^2 + n_y^2 + n_z^2)$$

Ο αριθμός διακριτών συνδυασμών (n_x, n_y, n_z) μέχρι την τιμή n είναι $4\pi n^3 / 3$. Στην περιοχή n έως $n+dn$ είναι $4\pi n^2 dn$. Οι καταστάσεις στην περιοχή $E+dE$ είναι (θετικά μόνο n_i)

$$dw = (1/8)4\pi n^2 dn$$

$$E_n = (h^2/8mL^2)n^2 \Rightarrow n^2 = (8mL^2/h^2)E \text{ και}$$

$$dn = [1/2(8mL^2/h^2)^{1/2} / \sqrt{E}] dE$$

$$\Rightarrow dw = (1/8)4\pi(1/2)(8mL^2/h^2)^{3/2} \sqrt{E} dE$$

$$\Rightarrow g(E) = dw/dE = (\pi/4)(8mL^2/h^2)^{3/2} \sqrt{E}$$

$$= (L^3/4\pi^2)(8m\pi^2/h^2)^{3/2} \sqrt{E} \quad [\text{και } \times 2 \text{ λόγω σπιν γίνεται :}]$$

$$g(E) = \frac{V}{2\pi^2} \cdot \left(\frac{8m\pi^2}{h^2} \right)^{3/2} \sqrt{E}$$



Η στάθμη Fermi E_F

- Είναι η υψηλότερη ενεργειακή κατάσταση που είναι κατειλημμένη από ηλεκτρόνια στη θερμοκρασία $T=0^\circ\text{K}$
- αριθμός w των διαθέσιμων ενεργειακών καταστάσεων μέχρι E_n :

$$w = \int_0^{E_n} g(E) dE = \frac{V}{3\pi^2} \cdot \left(\frac{8m\pi^2 E_n}{h^2} \right)^{3/2} = \frac{V}{3\pi^2} k_n^3$$

- Αριθμός καταστάσεων μέχρι E_F = αριθμός ηλεκτρονίων

$$w = (V/3\pi^2)k_F^3 = N \Rightarrow k_F = (3\pi^2 N/V)^{1/3}$$

$$E_F = \frac{h^2}{8m\pi^2} \cdot k_F^2 = \frac{h^2}{8m\pi^2} \cdot \left(3\pi^2 \frac{N}{V} \right)^{2/3}$$

- Η ενέργεια Fermi εξαρτάται από τον αριθμό των ελεύθερων ηλεκτρονίων ανά μονάδα όγκου του στερεού



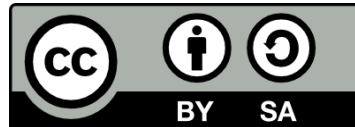
Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Λιτσαρδάκης Γεώργιος.
«Ημιαγωγά Υλικά: Θεωρία – Διατάξεις» Έκδοση: 1.0. Θεσσαλονίκη 2015.
Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση:
<http://eclass.auth.gr/courses/OCRS463>.



Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά - Παρόμοια Διανομή [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>





Τέλος ενότητας

Επεξεργασία: Καρανάσιος Νικόλαος
Θεσσαλονίκη, 2015



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ