



ΗΜΙΑΓΩΓΑ ΥΛΙΚΑ: ΘΕΩΡΙΑ-ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ

Μέρος 1^ο: Στοιχεία Θεωρίας Ημιαγωγών
Ενότητα 5^η: Κατανομή ηλεκτρονίων στις ενεργειακές
καταστάσεις.

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.





5. Κατανομή ηλεκτρονίων στις ενεργειακές καταστάσεις.



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. Πιθανότητα κατάληψης – Κατανομή Fermi-Dirac.



Αριθμός ηλεκτρονίων σε μια περιοχή ενεργειών

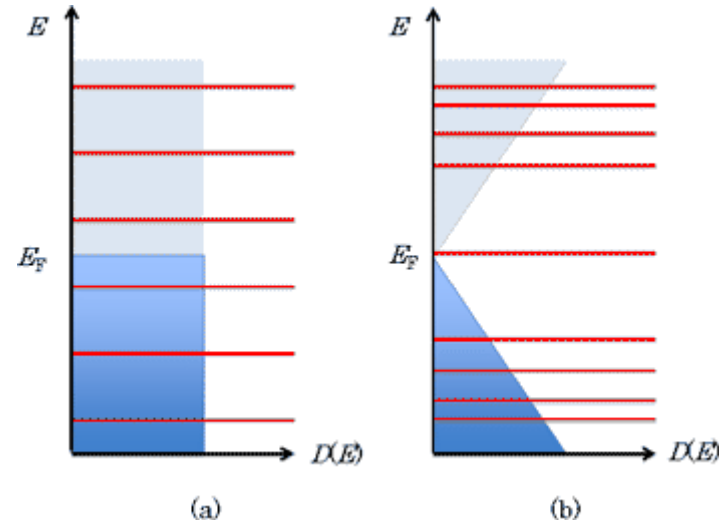
? Πόσες καταστάσεις υπάρχουν σε μια περιοχή ενεργειών $E+dE$?

➤ Πυκνότητα καταστάσεων :
 $g(E) = dw/dE$

? Σε πόσες από τις καταστάσεις υπάρχουν ηλεκτρόνια ?

➤ Πιθανότητα κατάληψης :
 $f(E,T)$

➤ Αριθμός ηλεκτρονίων :
 $\int N(E) \cdot dE = \int g(E) \cdot f(E) \cdot dE$



Ενεργειακές Στάθμες

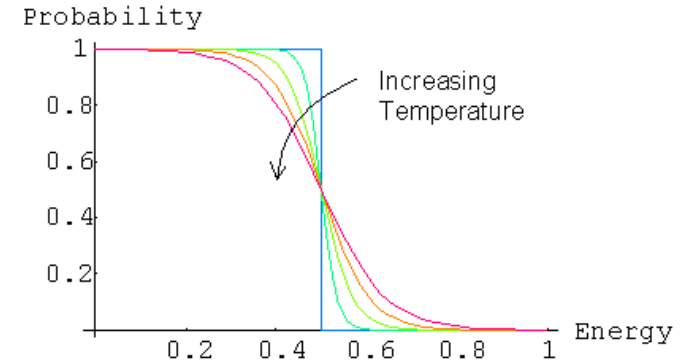
Πηγή: First Thermodynamic Evidence for Massless Dirac Fermion System
by Toshihiro Takahashi (Department of Physics, Gakushuin University)
Published April 10, 2012,
http://storagex.ipap.jp/~jpsioffice/jpsi.ipap.jp/news/jpsi-nc_106.html



Η συνάρτηση κατανομής Fermi-Dirac

- πιθανότητα κατάληψης μιας στάθμης E σε θερμοκρασία T ($T \neq 0$)

$$f(E) = \frac{1}{1 + \exp\left(\frac{E - E_F}{k_B T}\right)}$$

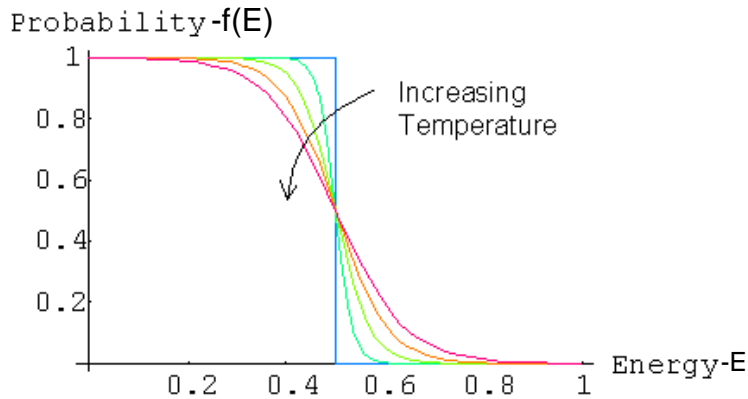


Γραφική απεικόνιση συνάρτησης Maxwell-Boltzman

Πηγή: <http://britneyspears.ac/physics/fdstats/fdstats.htm>

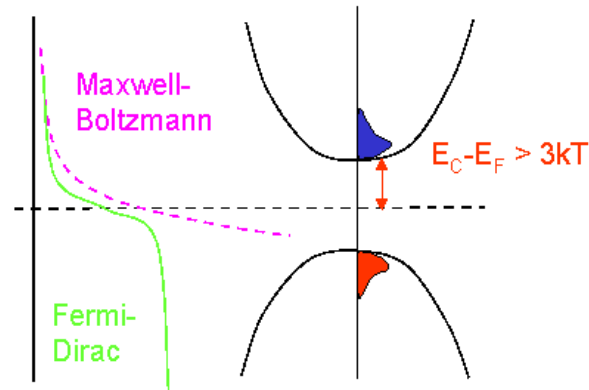
- E_F η στάθμη Fermi
- k_B η σταθερά Boltzmann
 $k_B = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K} = 8.6 \times 10^{-5} \text{ eV/K}$
 $kT_{300} = 4.2 \times 10^{-21} \text{ J} = 0.026 \text{ eV}$
- Για $E = E_F$ και $T \neq 0$, ο εκθέτης μηδενίζεται και $f(E) = 1/2$

Η συνάρτηση κατανομής Fermi-Dirac (2)



Γραφική απεικόνιση συνάρτησης Maxwell-Boltzman

Πηγή: <http://britneyspears.ac/physics/fdstats/fdstats.htm>



Ενεργειακές θέσεις κατάληψης και επιρροή τους από τη θερμοκρασία.

Πηγή: <http://www.superstrate.net/pv/physics/band-electron.html>

$$f(E) = \frac{1}{1 + \exp\left(\frac{E - E_F}{k_B T}\right)}$$

- $E - E_F \gg kT$: $f(E) = \exp[-(E - E_F)/kT]$ (MB)
- $E - E_F \ll kT$: $f(E) = 1 - \exp[(E - E_F)/kT] \cong 1$
- κοντά στην E_F $f(E) = 0 \sim 1$
- $E = E_F$ ($T \neq 0$), ο εκθέτης μηδενίζεται και $f(E) = 1/2$

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