



# ΗΜΙΑΓΩΓΑ ΥΛΙΚΑ: ΘΕΩΡΙΑ-ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ

Μέρος 1<sup>ο</sup>: Στοιχεία Θεωρίας Ημιαγωγών  
Ενότητα 4<sup>η</sup>: Φράγμα δυναμικού-φαινόμενο σήραγγας.

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.





## 4. Φράγμα δυναμικού- φαινόμενο σήραγγας.



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

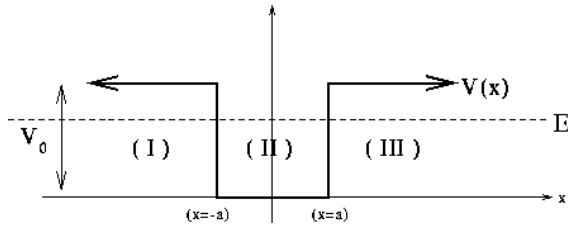
# Περιεχόμενα ενότητας

---

1. Πεπερασμένο φρεάτιο δυναμικού.
2. Πεπερασμένο φράγμα δυναμικού.
3. Κβαντικό φαινόμενο σήραγγας.



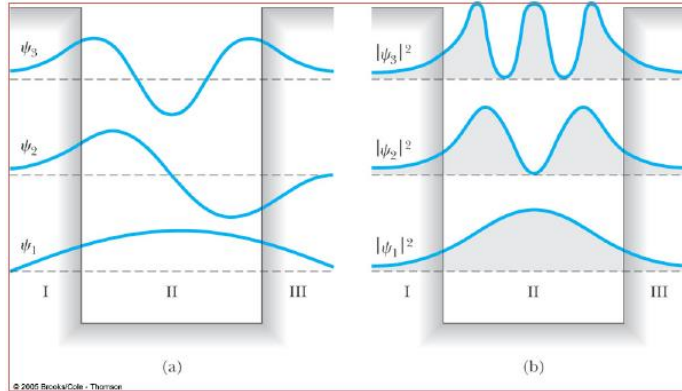
# πεπερασμένο πηγάδι δυναμικού



Πεπερασμένο πηγάδι δυναμικού.

Πηγή: Cornell University

[http://muchomas.lassp.cornell.edu/8.04/Lecs/lec\\_TISE-SquareWell/node1.html](http://muchomas.lassp.cornell.edu/8.04/Lecs/lec_TISE-SquareWell/node1.html)



Κυματοσυναρτήσεις σε πεπερασμένα πηγάδια δυναμικού.

Πηγή: Wilfrid Laurier University, Faculty of Science, Instructor: Dr. Shohini Ghose  
<http://bohr.wlu.ca/pc321/Phys321Lec6.pdf>

(Αν στα όρια του πηγαδιού το δυναμικό δεν είναι άπειρο, τότε η κυματοσυνάρτηση  $\psi$  δεν έχει οπωσδήποτε τιμή  $\psi=0$ .)

- $\psi(0)=\psi(L)=A$  (κυκλικές οριακές συνθήκες),
- λύση της εξίσωσης Schrodinger

$$\psi = (1/\sqrt{L}) \exp(ikx)$$

- Από τις οριακές συνθήκες:  $\exp(ikL) = \exp(ik0) = 1$   $k = 2m\pi/L$ ,  $m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$
- Η ενέργεια και στην περίπτωση αυτή είναι κβαντισμένη.
- Επιπλέον, η συνέχεια της  $\psi$  και της  $d\psi/dx$  συνεπάγεται ότι η  $\psi$  έχει μη μηδενική τιμή και έξω από το πηγάδι του δυναμικού, δηλ. **πιθανότητα ύπαρξης του σωματίου και σε κλασικά απαγορευμένες περιοχές**



# Φράγμα δυναμικού-φαινόμενο σήραγγας

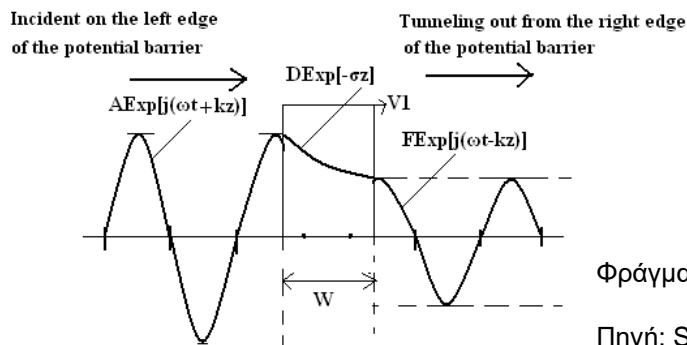


Figure 1.31. Quantum Mechanical tunneling through a potential barrier of height  $V_1$  and width  $W$ .

Φράγμα δυναμικού και φαινόμενο σήραγγας

Πηγή: Solid State Physics and Devices-the Harbinger of Third Wave of Civilization ,[http://cnx.org/contents/94919e72-7573-4ed4-828e-673c1fe0cf9b@86.3:40/Solid\\_State\\_Physics\\_and\\_Device](http://cnx.org/contents/94919e72-7573-4ed4-828e-673c1fe0cf9b@86.3:40/Solid_State_Physics_and_Device)

- πεπερασμένο ύψος και πλάτος: στα όρια του φράγματος η  $\psi$  δεν είναι υποχρεωτικά  $\psi=0$ .
- Επειδή η  $\psi$  και η  $d\psi/dx$  πρέπει να είναι συνεχείς, υπάρχει μη μηδενική τιμή της  $\psi$  (άρα και του  $\psi^*\psi$ ) μέσα και πέρα από το φράγμα. **Υπάρχει δηλαδή πιθανότητα το σωματίο να ξεπεράσει το φράγμα**
- Μέσα στο φράγμα το πλάτος της  $\psi$ , άρα και η πυκνότητα πιθανότητας, μειώνεται εκθετικά. (→Αν το φράγμα έχει μεγάλο πλάτος, τότε η πιθανότητα φαινομένου σήραγγας είναι αμελητέα.)



# Σημείωμα Αναφοράς

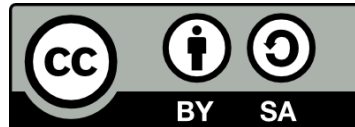
Copyright Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Λιτσαρδάκης Γεώργιος.  
«Ημιαγωγά Υλικά: Θεωρία – Διατάξεις» Έκδοση: 1.0. Θεσσαλονίκη 2015.  
Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση:  
<http://eclass.auth.gr/courses/OCRS463>.





# 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