



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ  
Εθνικό και Καποδιστριακό  
Πανεπιστήμιο Αθηνών

---

**Θεωρητική Φυσική II (Κβαντική Μηχανική)**

Ενότητα: Αρμονικός Ταλαντωτής

Όνομα Καθηγητή: Ξάνθος Μαϊντάς

Τμήμα: Μαθηματικό

---



1. Αρμονικός Ταλαντωτής.....4

# 1. Αρμονικός Ταλαντωτής

1. Αρμονικός ταλαντωτής βρίσκεται σε ιδιοκατάσταση  $u_n(x)$  με ιδιοτιμή ενέργειας  $E_n = \left(n + \frac{1}{2}\right) \frac{h}{2\pi} \omega$ . Να δειχθούν τα παρακάτω:

α)  $\langle V \rangle_n = \langle T \rangle_n = \frac{1}{2} E_n$  ,

β)  $\langle x^2 \rangle_n = \left(n + \frac{1}{2}\right) \frac{1}{a^2}$  όπου  $a^2 = \frac{m\omega}{\hbar}$  και

γ)  $\langle \Delta x \rangle_n \langle \Delta p \rangle_n = \left(n + \frac{1}{2}\right) \hbar$ .

2. Να βρεθεί η θέση και η ορμή στην αναπαράσταση πινάκων ως προς βάση τις ιδιοκατάστασεις  $u_n = |n\rangle, n = 0, 1, 2, \dots$

(Υπόδειξη: 1° βήμα  $\hat{A}^+ |n\rangle = d_{n+1} |n+1\rangle$  ,  $d_{n+1} =$ ;

2° βήμα  $\hat{A} |n\rangle = b_{n-1} |n-1\rangle$  ,  $b_{n-1} =$ ;

3° βήμα Να υπολογίσετε τα στοιχεία πίνακα των τελεστών δημιουργίας και καταστροφής

4° βήμα Να υπολογίσετε του πίνακες  $(\hat{x})_{nm}$  και  $(\hat{p})_{nm}$  . )

3. Αρμονικός ταλαντωτής μάζας  $m$  και συχνότητας  $\omega$  την χρονική στιγμή  $t = 0$  βρίσκεται στην κατάσταση  $|\Psi\rangle_o = \frac{1}{\sqrt{2}}|0\rangle + \frac{1}{2}|1\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}|2\rangle$ . Να βρεθούν οι μέσες τιμές της ενέργειας, θέσης και ορμής μετά από χρόνο  $t$ .

4. Την χρονική στιγμή  $t = 0$  αρμονικός ταλαντωτής μάζας  $m$  και συχνότητας  $\omega$  έχει ενέργεια  $E_1 = \frac{3}{2} \hbar\omega$  με πιθανότητα 36% και  $E_2 = \frac{5}{2} \hbar\omega$  με πιθανότητα 64%. Η μέση τιμή θέσης είναι  $\langle x \rangle_o = -0.96a^{-1}$ . Να υπολογισθεί η μέση τιμή της ορμής την χρονική στιγμή  $t$ .

# Σημειώματα

## Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την έκδοση 1.00

## Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Εθνικών και Καποδιστριακών Πανεπιστημίων Αθηνών, Ξάνθος Μαϊντάς, 2015. Ξάνθος Μαϊντάς «Θεωρητική Φυσική II (Κβαντική Μηχανική). Αρμονικός Ταλαντωτής». Έκδοση: 1.0. Αθήνα 2015. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: <http://opencourses.uoa.gr/courses/MATH22/>

## Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή 4.0 [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».



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

Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

- που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
- που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
- που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

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

## Διατήρηση Σημειωμάτων

- Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:
- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.

## Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αθηνών**» 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.



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο

