



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

ΑΝΟΙΚΤΑ ακαδημαϊκά
μαθήματα ΠΠ

Κβαντική Φυσική Ι

Ενότητα 11: Ασκήσεις

Ανδρέας Τερζής
Σχολή Θετικών Επιστημών
Τμήμα Φυσικής

Άσκηση 11.1

- Να υπολογίσετε τους μεταθέτες:
 1. $[E, t]$
 2. $[E, x]$
 3. $[p, x^n]$

Απάντηση: $[E, t] = i\hbar, [E, x] = 0, [p, x^n] = \frac{\hbar}{i} nx^{n-1}$



Άσκηση 11.2

- (α) Αποδείξτε ότι $(AB)^+ = B^+ A^+$, όπου A, B τελεστές.
- (β) Αποδείξτε ότι ο τελεστής κινητικής ενέργειας, που δρα σε συναρτήσεις τετραγωνικώς ολοκληρώσιμες πάνω στην πραγματική ευθεία, είναι ερμιτιανός.
- (γ) Αν A, B είναι δύο ερμιτιανοί τελεστές, εξετάστε αν το γινόμενο, ο εναλλάκτης και ο αντεναλλάκτης είναι ερμιτιανοί.
- (δ) Αποδείξτε ότι ο τελεστής κινητικής ενέργειας σε τρεις διαστάσεις είναι ερμιτιανός, χρησιμοποιώντας τα αποτελέσματα του ερωτήματος (α).
- (ε) Είναι ερμιτιανός τελεστής το γινόμενο $\mathbf{p} \cdot \mathbf{r}$ του διανύσματος ορμής ενός σωματιδίου επί το διάνυσμα θέσης του;
- (στ) Να εξεταστεί αν το γινόμενο $\mathbf{r} \cdot \mathbf{p}$ του διανύσματος θέσης ενός σωματιδίου επί το διάνυσμα ορμής του είναι ή όχι ερμιτιανός τελεστής;
- (ζ) Να εξεταστεί αν τελεστής που περιγράφει γινόμενα και δυνάμεις συναρτήσεων δυναμικής ενέργειας είναι ερμιτιανός.



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 την 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.



Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Πανεπιστήμιο Πατρών, **Ανδρέας Τερζής**. Ανδρέας Τερζής
«**Κβαντική Φυσική Ι. Ασκήσεις**». Έκδοση: **1.0**. Πάτρα **2015**. Διαθέσιμο από τη
δικτυακή διεύθυνση: <https://eclass.upatras.gr/courses/PHY1957/>



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.