

4^η Σειρά Ασκήσεων Κβαντομηχανικής

Θερμή παράκληση όπως παραδώσετε τις ασκήσεις σε αρχείο .docx, το οποίο θα φέρει στην πρώτη σελίδα του αρχείου σας **ΜΟΝΟ**:

- α) το όνομα σας (με **bold** χαρακτήρες Times New Roman 12pt),
- β) το επώνυμο σας (με **bold** χαρακτήρες Times New Roman 12pt),
- γ) τον αριθμό μητρώου σας (με **bold** χαρακτήρες Times New Roman 12pt),
- δ) την ημερομηνία παράδοσης (με **bold** χαρακτήρες Times New Roman 12pt) και
- ε) τα στοιχεία των συναδέλφων σας που συμμετέχουν στην ομάδα (με απλούς χαρακτήρες Times New Roman 12pt)!!!

Παράδειγμα:

Γεώργιος Λαϊνόπουλος, 2646
30 Νοεμβρίου 2023
Δανάη Κατρινά, 3847
Γεώργιος Καρτούλης, 3745
Ευτέρπη Παραθύρη, 2754

Στο επάνω μέρος της κάθε σελίδας (δηλ. στο header):

- α) την ονομασία και τον αριθμό της σειράς ασκήσεων και

στο κάτω μέρος της κάθε σελίδας (δηλ. στο footer):

- α) τον αριθμό της σελίδας.

Φύλλα ασκήσεων ΜΗ συμμορφούμενα με τις ανωτέρω οδηγίες

ΔΕΝ βαθμολογούνται!!!

Καλείσθε να λειτουργήσετε σε ομάδες των 4-5 ατόμων για την

επίλυση των ασκήσεων, αναλαμβάνοντας κάθε μέλος της ομάδας

συγκεκριμένο αριθμό ασκήσεων. Μετά την επίλυση των ασκήσεων

που αναλάβατε **πρέπει να προχωρήσετε στην επεξήγησή τους και στα**

υπόλοιπα μέλη της ομάδας σας!!!

Οι ασκήσεις θα παραδοθούν την 30^η Νοεμβρίου 2023 και ώρες 12:00 έως 18:00 μέσω

της εφαρμογής Google Forms

(https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSf9q1sUpjZwT_IjONpDVZ)

[nWhJoXoiXyBvOmSIIRY5uEvUHUw/viewform](#)). Αρχεία με εμφανείς ομοιότητες μεταξύ τους, θα μηδενισθούν! Για κανένα λόγο ΔΕΝ θα γίνουν αρχεία δεκτά σε κατοπινό χρόνο!!! Απαιτείται ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ και ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΑΚΗ επίλυση της κάθε άσκησης!!! Πρέπει να αναγράφετε παντού μονάδες (σε κάθε αποτέλεσμα) και να προσέχετε στη χρήση των σημαντικών ψηφίων (απώλεια βαθμολογίας έως και 70 % σε αντίθετη περίπτωση)!!!

Άλλες ηλεκτρονικές διευθύνσεις ΠΕΡΑΝ της ακαδημαϊκής σας ΔΕΝ γίνονται δεκτές και θα ακυρώνεται η συνολική σας απάντηση και κατάθεση αρχείου! Η ονομασία του αρχείου σας θα πρέπει να είναι της μορφής:

"ΕΠΙΘΕΤΟ_ΟΝΟΜΑ_4ο_σετ_Κβαντομηχανικής.docx",

όπου ΕΠΙΘΕΤΟ το/τα επίθετό/επίθετά σας με ελληνικά κεφαλαία και ΟΝΟΜΑ το/τα όνομά/ονόματά σας με ελληνικά κεφαλαία, π.χ.

ΜΙΣΙΟΥ-ΛΕΛΟΥ_ΑΡΙΑΔΝΗ-ΟΛΓΑ_4ο_σετ_Κβαντομηχανικής.docx

ΔΙΑΤΗΡΕΙΣΤΕ ΤΙΣ ΠΑΥΛΕΣ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΣΑΣ ΟΠΩΣ ΣΑΣ ΠΡΟΤΕΙΝΕΤΑΙ!!!

ΜΗΝ ΓΡΑΦΕΤΕ ΤΟ ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΣΑΣ ΔΥΟ ΦΟΡΕΣ ΣΤΟ ΟΝΟΜΑ ΤΟΥ ΑΡΧΕΙΟΥ ΣΑΣ!!!

Όλα τα μέλη της κάθε ομάδας ΟΦΕΙΛΟΥΝ να παραδώσουν αρχείο με τις λυμένες ασκήσεις!!! Δείξτε παρακαλώ συνέπεια στην τήρηση των ανωτέρω οδηγιών!!!

Χρησιμοποιείστε τις ιστοσελίδες <https://www.derivative-calculator.net/> και <https://www.integral-calculator.com/> για την ευκολότερη αντιμετώπιση των επόμενων ερωτήσεων αυτοεξέτασης αλλά και των παρακάτω προβλημάτων (ιδιαίτερα για την απεικόνιση συναρτήσεων!!!).

Από την «Αυτοεξέταση πολλαπλής επιλογής» του **κεφαλαίου 7** του βιβλίου Κβαντομηχανική Ι του Στέφανου Τραχανά: **ΝΑ ΚΑΤΑΝΟΗΣΕΤΕ τις απαντήσεις στις ερωτήσεις 1 έως 11, 13 και 14.**

Σχετικά με το κεφάλαιο 7 του βιβλίου Κβαντομηχανική Ι του Στέφανου Τραχανά **ΝΑ ΛΥΣΕΤΕ** τα ακόλουθα προβλήματα:

1) Αποδείξτε ότι για την περίπτωση αρμονικού ταλαντωτή στο φυσικό σύστημα μονάδων οι κυματοσυναρτήσεις $\psi_1(x)$ και $\psi_2(x)$ ικανοποιούν την εξίσωση Schrödinger.

2) Δείξτε αναλυτικά για την περίπτωση του αρμονικού ταλαντωτή στο φυσικό σύστημα μονάδων ότι η κυματοσυνάρτηση $\psi_0(x)$ είναι ορθογώνια με τις κυματοσυναρτήσεις $\psi_1(x)$, $\psi_2(x)$ και $\psi_3(x)$ και ότι η κυματοσυνάρτηση $\psi_1(x)$ είναι ορθογώνια με τις κυματοσυναρτήσεις $\psi_2(x)$ και $\psi_3(x)$.

3) Στο φυσικό σύστημα μονάδων του αρμονικού ταλαντωτή το σωματίδιο περιγράφεται σε δεδομένη χρονική στιγμή $t = 7 \text{ sec}$ από την κυματοσυνάρτηση:

$$\psi(x) = \sqrt{\frac{\lambda}{\pi}} e^{-\lambda x^2/2}.$$

Υπολογίστε την πιθανότητα να χαρακτηρίζεται το σωματίδιο από ενεργειακή ιδιοτιμή $1/2$ και $3/2$.

4) Σωματίδιο σε φρέαρ αρμονικού ταλαντωτή χαρακτηρίζεται από συνάρτηση δυναμικής ενέργειας:

$$V = \frac{1}{2}x^2 - x$$

στο φυσικό σύστημα μονάδων. Δείξτε ότι ο πρόσθετος όρος έχει ως αποτέλεσμα την μετατόπιση των ενεργειακών ιδιοτιμών του αρμονικού ταλαντωτή κατά σταθερή ποσότητα $-1/2$.

(Βοήθεια: Αποδώστε την συνάρτηση δυναμικής ενέργειας ως: $V = \frac{1}{2}(x-1)^2 - \frac{1}{2}$.)

5) Υπολογίστε το σύνολο των ιδιοκαταστάσεων (ιδιοσυναρτήσεων) και ιδιοτιμών ενέργειας σωματιδίου σε φρέαρ αρμονικού ταλαντωτή που ορίζεται στο διάστημα $0 \leq x < \infty$.

6) τα προβλήματα 6 και 13 του κεφαλαίου 7 στο βιβλίο Κβαντομηχανική Ι του Στέφανου Τραχανά **με πλήρη αιτιολόγηση!!!**

Ενδιαφέρουσες διδακτικές ιστοσελίδες σχετικές με τον κβαντισμένο αρμονικό ταλαντωτή:

Quantum harmonic oscillator: https://en.wikipedia.org/wiki/Quantum_harmonic_oscillator

Quantum harmonic oscillator: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/quantum/hosc.html>

Quantum harmonic oscillator (με θέση ισορροπίας διάφορη του

$x = 0$): http://www.nyu.edu/classes/tuckerman/adv.chem/lectures/lecture_18/node4.html

Quantum harmonic

oscillator: <http://demonstrations.wolfram.com/HarmonicOscillatorEigenfunctions/>

Quantum harmonic oscillator: http://www.st-andrews.ac.uk/~www_pa/quvis/simulations_html5/sims/QuantumOscillator/oscillator2.html

Quantum harmonic oscillator

exercises: http://chemwiki.ucdavis.edu/Physical_Chemistry/Quantum_Mechanics/Quantum_States_of_Atoms_and_Molecules/6._Vibrational_States/6.3%3A_Quantum-Mechanical_Description_of_the_Harmonic_Oscillator

Από την «Αυτοεξέταση πολλαπλής επιλογής» του **κεφαλαίου 8** του βιβλίου Κβαντομηχανική I του Στέφανου Τραχανά: **ΝΑ ΚΑΤΑΝΟΗΣΕΤΕ τις απαντήσεις στις ερωτήσεις 1, 2 και 4 έως 10.**

Σχετικά με το κεφάλαιο 8 του βιβλίου Κβαντομηχανική I του Στέφανου Τραχανά **ΝΑ ΛΥΣΕΤΕ** τα ακόλουθα προβλήματα:

- 1) Δείξτε ότι οι συναρτήσεις $\psi_1(r)$ και $\psi_2(r)$ είναι μεταξύ τους ορθογώνιες.
- 2) Υπολογίστε την πιθανότητα ηλεκτρονίου σε άτομο υδρογόνου στην βασική του κατάσταση θα βρεθεί σε απόσταση δύο, 2, ακτίνων Bohr από τον πυρήνα.
- 3) Υπολογίστε την μέση δυναμική και κινητική ενέργεια του ηλεκτρονίου στην βασική κατάσταση του ατόμου του υδρογόνου.
- 4) Άτομο υδρογόνου δίνεται από την κυματοσυνάρτηση:

$$\psi(r) = Ne^{-r/2}$$

στο ατομικό σύστημα μονάδων. Υπολογίστε τον συντελεστή κανονικοποίησης της κυματοσυνάρτησης και την πιθανότητα να βρεθεί το ηλεκτρόνιο στην βασική κατάσταση του ατόμου του υδρογόνου.

- 5) τα προβλήματα 7 και 9 του κεφαλαίου 8 στο βιβλίο Κβαντομηχανική I του Στέφανου Τραχανά.

Ενδιαφέρουσες διδακτικές ιστοσελίδες σχετικές με το άτομο υδρογόνου:

Hydrogen atom: https://en.wikipedia.org/wiki/Hydrogen_atom

Hydrogen atom: <https://phet.colorado.edu/en/simulation/hydrogen-atom>

Hydrogen atom: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/quantum/hydsch.html>

Hydrogen atom: <http://physicsworld.com/cws/article/news/2013/may/23/quantum-microscope-peers-into-the-hydrogen-atom>

Hydrogen atom: <http://io9.gizmodo.com/the-first-image-ever-of-a-hydrogen-atoms-orbital-struct-509684901>