



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Αθηνών

ΙΑΤΡΙΚΗ ΦΥΣΙΚΗ

Π. Παπαγιάννης
Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής,
Ιατρική Σχολή Αθηνών
Κτίριο 5, Γραφείο 21



210 746 2442



ppapagi@med.uoa.gr



<https://eclass.uoa.gr/>

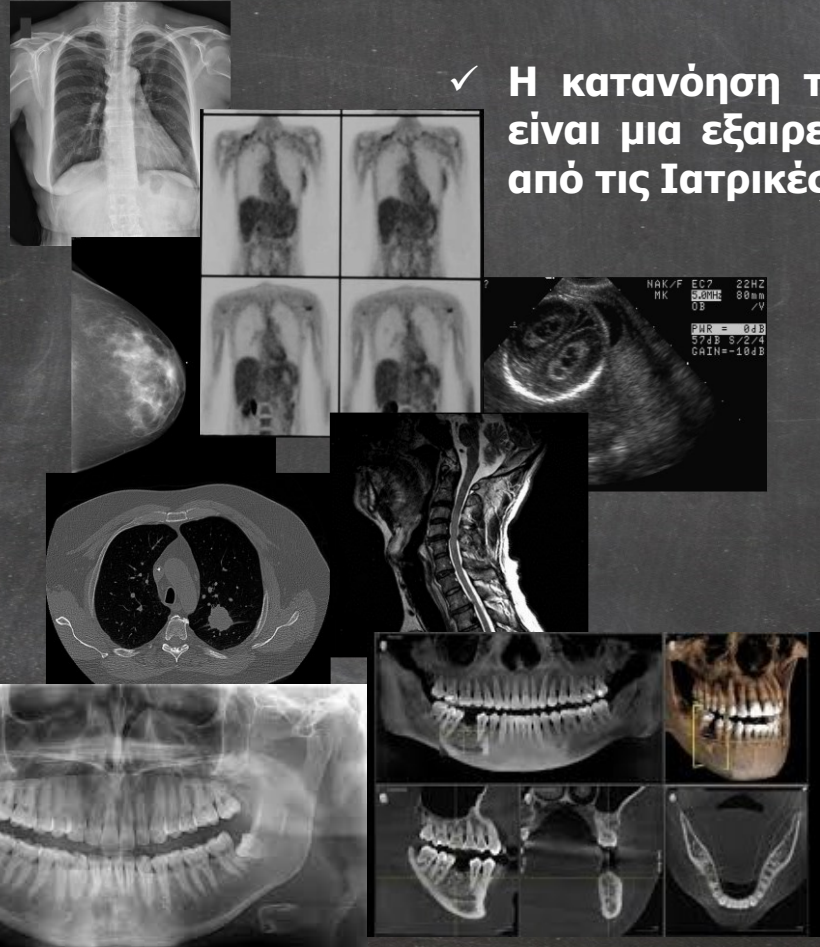
**ΙΑΤΡΙΚΗ ΦΥΣΙΚΗ - ΟΔΟΝΤΙΑΤΡΙΚΗ
(MED684)**

Αντί εισαγωγής ...

Τι είναι η Ιατρική Φυσική και γιατί χρειάζεται;

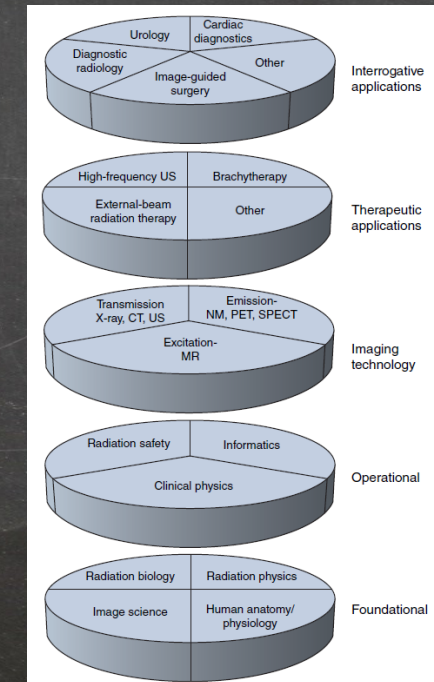
1. Φυσική των διαγνωστικών και θεραπευτικών εφαρμογών ακτινοβολίας (ιοντίζουσας & μη-ιοντίζουσας)

- ✓ Εισάγονται διαρκώς νέα ερωτήματα που αφορούν την πολυπλοκότητα του ανθρώπινου σώματος και τις στατικές ή δυναμικές ιδιότητες του.
- ✓ Οι διαγνωστικές και θεραπευτικές εφαρμογές είναι ευρέως διαθέσιμες & εξελίσσονται διαρκώς.
- ✓ Η ιατρική εικόνα είναι ήδη πολύ περισσότερο από μια αποτύπωση της ανατομίας.



2. Φυσική του ανθρώπινου σώματος

- ✓ Η κατανόηση της «ανθρώπινης μηχανής» είναι μια εξαιρετική εισαγωγή σε κάθε μια από τις Ιατρικές ειδικότητες.



Επίσης ... :

Η φυσική είναι το τέλειο μέσο για να αναπτύξετε τις δεξιότητές σας στην αναγωγική και επαγωγική συλλογιστική ...

αναγωγή

αυστηρή εξαγωγή μιας δήλωσης (το συμπέρασμα) από μία ή περισσότερες προτάσεις (προκείμενα)

Π.χ.: Κύρια πρόταση: Όλα τα θηλαστικά έχουν σπονδ. στήλη.

Δευτερεύουσα πρόταση: Οι άνθρωποι είναι θηλαστικά.

Συμπέρασμα: Οι άνθρωποι έχουν σπονδ. στήλη.

επαγωγή

γενικεύσεις από παρατηρήσεις

Π.χ.: Δεδομένα: Έχω την τάση να κρυολογώ όταν οι άνθρωποι γύρω μου είναι άρρωστοι.

Υπόθεση: Το κρυολόγημα είναι μεταδοτικό.

... καθώς και ένα επεξηγηματικό εργαλείο της πραγματικότητας.



Τα πρακτικά: Πρόγραμμα διαλέξεων

Δευτέρα 12:00-14:00 ΑΕΠ

ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ

ΟΔΟΝΤΙΑΤΡΙΚΗ Ακαδημαϊκό έτος 2025– 2026				
Δευτέρα	16/2/2026	ΑΕΠ	12:00 - 14:00	Π. Παπαγιάννης (εναρκτήριο μάθημα)
Δευτέρα	23/2/2026	ΑΕΠ	12:00 - 14:00	ΚΑΘΑΡΑ ΔΕΥΤΕΡΑ
Δευτέρα	2/3/2026	ΑΕΠ	12:00 - 14:00	Π. Παπαγιάννης (Κεφ. 1)
Δευτέρα	9/3/2026	ΑΕΠ	12:00 - 14:00	Ελ. Παππάς (Κεφ. 2)
Δευτέρα	16/3/2026	ΑΕΠ	12:00 - 14:00	Ελ. Παππάς (Κεφ. 2)
Δευτέρα	23/3/2026	ΑΕΠ	12:00 - 14:00	Ελ. Παππάς (Κεφ. 4)
Δευτέρα	30/3/2026	ΑΕΠ	12:00 - 14:00	Ελ. Παππάς (Κεφ. 5)
Δευτέρα 6/4/2026 έως και Παρασκευή 17/4/2026 διακοπές Πάσχα				
Δευτέρα	20/4/2026	ΑΕΠ	12:00 - 14:00	Ε. Παντελής (Κεφ. 6)
Δευτέρα	27/4/2026	ΑΕΠ	12:00 - 14:00	Ε. Παντελής (Κεφ. 7,9)
Δευτέρα	4/5/2026	ΑΕΠ	12:00 - 14:00	Π. Καραϊσκος (Κεφ. 11)
Δευτέρα	11/5/2026	ΑΕΠ	12:00 - 14:00	Π. Καραϊσκος (Κεφ. 15)
Δευτέρα	18/5/2026	ΑΕΠ	12:00 - 14:00	Κ. Λουκάς (Κεφ. 17)
Δευτέρα	25/5/2026	ΑΕΠ	12:00 - 14:00	Κ. Λουκάς (Κεφ. 3, Cameron)
Δευτέρα	1/6/2026	ΑΕΠ	12:00 - 14:00	ΑΓΙΟΥ ΠΝΕΥΜΑΤΟΣ

Τα πρακτικά: Στόχος μαθήματος

Η διδασκαλία των βασικών αρχών της Φυσικής που συνδέονται:

- **με τη χρήση των ακτινοβολιών στην Ιατρική και την Οδοντιατρική με έμφαση στην ΑΚΤΙΝΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑ**
- **με την ιατρική τεχνολογία που χρησιμοποιείται στην διάγνωση**
- **με τις λειτουργίες του ανθρωπίνου σώματος**

Τα πρακτικά: Περιεχόμενα

- Κατανόηση των τρόπων αλληλεπίδρασης της ιοντίζουσας ακτινοβολίας και ύλης.
- Βιολογικές Επιδράσεις της Ιοντίζουσας Ακτινοβολίας: Κατανόηση των βιολογικών επιδράσεων της ιοντίζουσας ακτινοβολίας και τους μηχανισμούς με τους οποίους αυτές προκαλούνται.
- Βασικές γνώσεις ακτινοπροστασίας: Κατανόηση των βασικών κανόνων ακτινοπροστασίας που αφορούν τόσο τη δόση στο προσωπικό που ασχολείται με ακτινοβολίες όσο και τη δόση στους εξεταζόμενους-ασθενείς.
- Διαγνωστικές εφαρμογές των ακτίνων-Χ στην Ιατρική και την Οδοντιατρική: Κατανόηση των κρίσιμων παραμέτρων που επηρεάζουν την ποιότητα της εικόνας και κατ' επέκταση τη διάγνωση στις ιατρικές εφαρμογές των ακτίνων-χ.
- Αξονική Τομογραφία (CT): Κατανόηση των βασικών αρχών και του τρόπου παραγωγής της εικόνας κατά την απεικόνιση αξονικής τομογραφίας.
- Υπέρηχοι. Γνώση των βασικών αρχών που διέπουν τους υπερήχους (παραγωγή, αλληλεπίδραση με την ύλη) καθώς και τον τρόπο με τον οποίο χρησιμοποιούνται στη διάγνωση και παράγεται η εικόνα.
- Ιατρική εικόνα: Κατανόηση των βασικών μεγεθών που χαρακτηρίζουν την ποιότητα της ιατρικής εικόνας , των βημάτων επεξεργασίας των εικόνων και των βασικών αρχών αποθήκευσης και ανάκλησης τους σε ψηφιακά συστήματα.
- Φυσική του Ανθρώπινου Σώματος: Γνώση των βασικών φυσικών αρχών που συνδέονται με εφαρμογές της Μηχανικής καθώς και τα σήματα από το ανθρώπινο σώμα (βιοσήματα)

Τα πρακτικά: Εργαστήρια

2 ασκήσεις
(θα ακολουθήσει ανακοίνωση για το πρόγραμμα)



Αίθουσα 34



Αίθουσα 39

Τα πρακτικά: Συγγράμματα

Ιατρική Φυσική 2η έκδοση

Διαγνωστικές και θεραπευτικές εφαρμογές των ακτινοβολιών

Κωδικός Βιβλίου στον Εύδοξο: 32997826

Συγγραφείς: Γεωργίου Ε., Γιακουμάκης Ε., Δημητρίου Π.,Καραϊσκος Π., Κόττου Σ., Λουίζη Α., Μαλαμίτση Ι.,Παπαγιάννης Π.

Αριθμός Έκδοσης	2η έκδ.
Έτος Τρέχ. Έκδοσης	2013
Λέξεις κλειδιά	
Θεματικές Ενότητες	
ISBN	9789963716722
Εκδόσεις	BROKEN HILL PUBLISHERS
Δέσιμο	Μαλακό Εξώφυλλο
Διαστάσεις	[21 x 29]
Αριθμός Σελίδων	600
Διαθέτης (Εκδότης)	BROKEN HILL PUBLISHERS LTD
Τύπος	Σύγγραμμα
Ιστοσελίδα Βιβλίου	Εδώ

[Πίνακας Περιεχομένων](#)
[Ενδεικτικό Απόσπασμα](#)

Επιπλέον:

- Διαφάνειες διαλέξεων
- Σημειώσεις: Φυσική του ανθρώπινου σώματος

... αναρτημένα στο e-class του μαθήματος
(<https://eclass.uoa.gr/courses/MED684/>)



Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Ἀθηνῶν
ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΤΟ ΧΕΙΡ

Αναζήτηση...

- Εκλογές Μαθήματος
- Απαντήσεις
- Αιτήσεις
- Γνωστικά
- Εργασίες
- Ερευνητολόγια
- Ημερολόγιο
- Ομάδες Χρηστών
- Συνέδρια

Καρτοφολέο / ΙΑΤΡΙΚΗ ΦΥΣΙΚΗ - ΟΔΟΝΤΙΑΤΡΙΚΗ

ΙΑΤΡΙΚΗ ΦΥΣΙΚΗ - ΟΔΟΝΤΙΑΤΡΙΚΗ

Μέλη ΔΕΠ Εργαστηρίου Ιατρικής Φυσικής

Περιγραφή

Περιλαμβάνονται παρουσιάσεις από αμφιθέατρο καθώς και κεφάλαια υπό μορφή σημειώσεων που δεν περιέχονται στο σύγγραμμα "Ιατρική Φυσική: Διαγνωστικές και θεραπευτικές εφαρμογές των ακτινοβολιών".

Πληροφορίες

Ημερολόγιο

Φεβρουάριος 2023						
Κυριακή	Δευτέρα	Τρίτη	Τετάρτη	Πέμπτη	Παρασκευή	Σάββατο
29	30	31	1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	1	2	3	4

ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΔΙΑΛΕΞΕΩΝ ΑΚΑΔ. ΕΤΟΥΣ 2022 - 2023

Εξέταση του μαθήματος ΙΦ-ΟΔ/ΚΗ (9/2/2023)

Βαθμολογία μαθήματος ΙΑΤΡΙΚΗ ΦΥΣΙΚΗ στις 19-9-2022

Εξέταση με φυσική παρουσία του μαθήματος ΙΦ /ΟΔΟΝΤΙΑΤΡΙΚΗ (1...

Βαθμολογία ΙΦ στην ΟΔΟΝΤΙΑΤΡΙΚΗ - Εξετάσεις 5-7-2022

περισσότερα...

Τα πρακτικά ...: *εξετάσεις*

2 ώρες, 3 θέματα ίσης βαρύτητας (άνευ επιλογής) με πολλαπλά ερωτήματα, που μπορεί να περιλαμβάνουν:

- Ερωτήσεις θεωρίας
- Ασκήσεις
- Ερωτήσεις κρίσης-συνδυαστικές

Ακαδ. έτος 2023-2024

Εαρινό εξάμηνο 6/2024: συμμετείχαν στις εξετάσεις 126 φοιτητές και πέρασαν οι 98.

Περίοδος Σεπτεμβρίου 9/2024: συμμετείχαν στις εξετάσεις 43 φοιτητές και πέρασαν οι 30.

Ακαδ. έτος 2024-2025

Εαρινό εξάμηνο 6/2025: συμμετείχαν στις εξετάσεις 122 φοιτητές και πέρασαν οι 97.

Περίοδος Σεπτεμβρίου 9/2025: συμμετείχαν στις εξετάσεις 43 φοιτητές και πέρασαν οι 24.

Τις προσεχείς (4) ώρες θα συζητήσουμε το πρώτο κεφάλαιο του συγγράμματός σας, ή απλούστερα... :

- **Στοιχεία Σύγχρονης Φυσικής**
- **Ατομικός Πυρήνας - Ραδιενέργεια**

Η Φυσική στις αρχές του 20^{ου} αιώνα ή κλασική Φυσική εναντίον του μικρόκοσμου ...

Η **μηχανική**, η μελέτη της κίνησης των υλικών σωμάτων (και επομένως και των υλικών κυμάτων) υπό την επίδραση δυνάμεων χρησιμοποιώντας τους νόμους του Νεύτωνα, είναι σε θέση να προβλέψει με απόλυτη ακρίβεια τόσο την απόλυτα καθορισμένη τροχιά των σωμάτων όσο και όλα τα σχετικά φυσικά μεγέθη (ταχύτητα, ορμή, ενέργεια) που έχουν συνεχείς τιμές.

Η **κλασική θεωρία πεδίου** με το νόμο της παγκόσμιας βαρύτητας του Νεύτωνα και την ηλεκτρομαγνητική θεωρία του Maxwell, περιγράφει τα δύο θεμελιώδη πεδία δυνάμεων. Αν και τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα ικανοποιούν την κυματική εξίσωση που προκύπτει από τη Νευτώνεια μηχανική, διαδίδονται επίσης στο κενό και επομένως δεν μπορούν να αναχθούν σε ταλάντωση οποιουδήποτε υλικού μέσου διάδοσης. Έτσι, εκτός από τα εντοπισμένα και αδιαίρετα σωματίδια, φορείς ενέργειας είναι επίσης τα εκτεταμένα και διαίρετα κύματα.

Η **στατιστική φυσική** περιγράφει τις θερμοδυναμικές ποσότητες ενός συνόλου μικροσκοπικών σωματιδίων με τη βοήθεια στατιστικών, νόμων καθώς η επίλυση των νόμων κίνησης καθενός από αυτά είναι πρακτικά αδύνατη και δεν χρειάζεται, και προσθέτει το νόμο της εντροπίας στην κλασική φυσική.

Η θεωρία της **σχετικότητας** είναι ένα συμπλήρωμα έτσι ώστε οι νόμοι της φυσικής να ισχύουν για οποιοδήποτε αδρανειακό σύστημα αναφοράς ακόμη και αν κινείται με πολύ μεγάλη ταχύτητα.

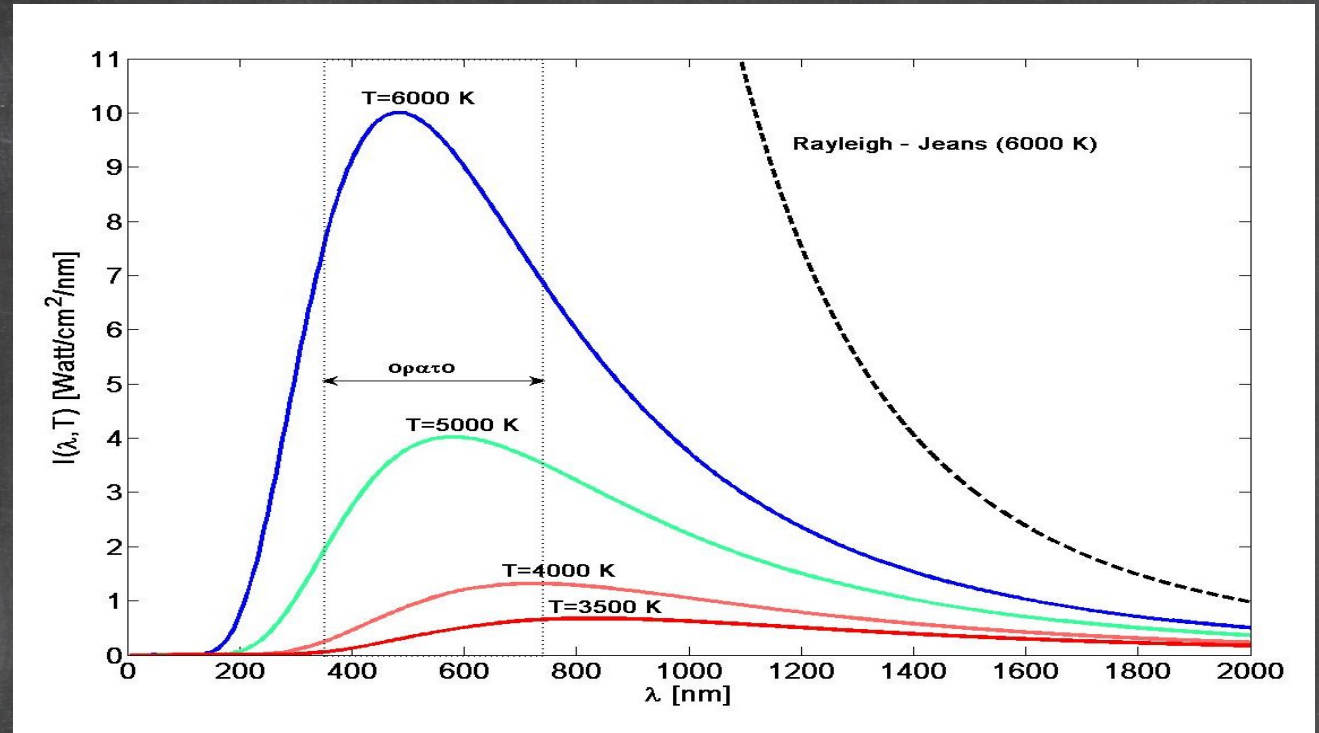
Εν ολίγοις, σε φυσική και μακροσκοπική κλίμακα υπάρχουν όλα τα εργαλεία έτσι ώστε οι ποσότητες που περιγράφουν ένα φυσικό φαινόμενο να υπολογίζονται με ακρίβεια και οι φορείς ενέργειας είναι δύο ξεχωριστές οντότητες, σωματίδια και κύματα, τα οποία μπορούν να έχουν ένα συνεχές εύρος τιμών ενέργειας.

Και τότε, κατέστησαν διαθέσιμα πειραματικά αποτελέσματα από το μικρόκοσμο ...

Μέλαν σώμα και η αρχή της κβάντωσης

Παρατηρήσεις:

- Φάσμα εξαρτώμενο μόνο από T
- Μέγιστη ένταση για μήκος κύματος:
 $\lambda_{\max} T = 2,9 \cdot 10^{-3} \text{ m K}^{\circ}$
(N. Wien)
- συνολική ένταση $\sim \sigma T^4$
(N. Stefan-Boltzman)



Κλασική ερμηνεία Rayleigh-Jeans:

Οι στοιχειώδεις ταλαντωτές έχουν συνεχές φάσμα E και εκπέμπουν H/M ακτ. με συνεχές φάσμα E

Ερμηνεία Planck:

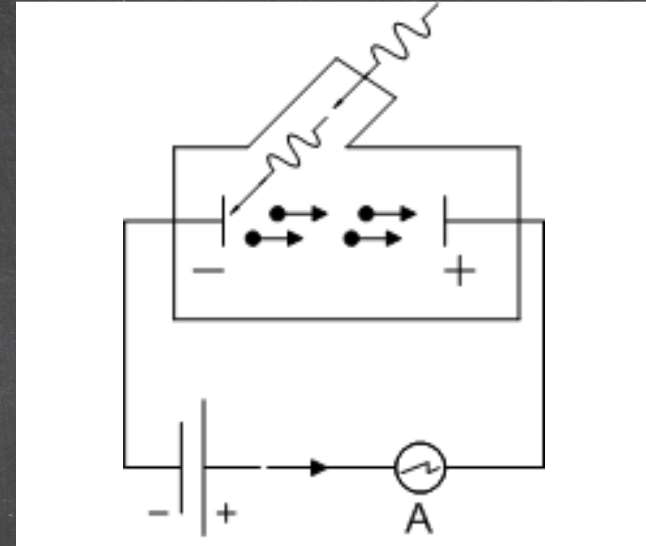
Οι στοιχειώδεις ταλαντωτές έχουν διακριτό φάσμα $E=nhf=nhc/\lambda$ και απορροφούν/εκπέμπουν H/M ακτ. κατά **κβάντα** $\Delta E=hf=hc/\lambda$

$$h=6.63 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$$

Φωτοηλεκτρικό φαινόμενο: από το κύμα στο σωματίδιο

Κλασική θεώρηση:

- ✓ Αυξάνοντας την ένταση Η/Μ ακτινοβολίας εξάγονται περισσότερα e ανά μονάδα t
- X Αυξάνοντας την ένταση Η/Μ ακτινοβολίας αυξάνει η $U_{\max}$ των e
- X e εξάγονται ανεξαρτήτως της f της Η/Μ ακτινοβολίας



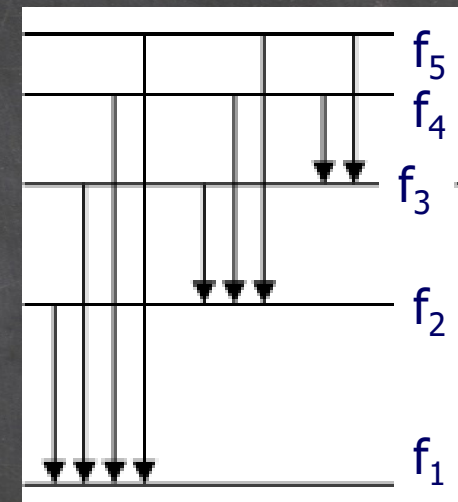
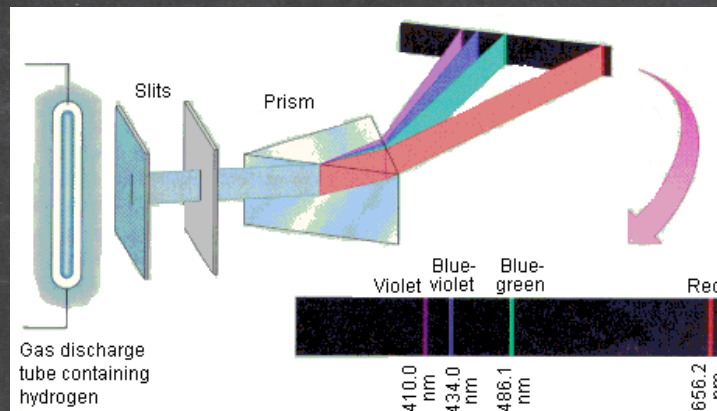
Ερμηνεία Einstein: η Η/Μ ακτινοβολία αποτελείται από κβάντα φωτός ή φωτόνια, ενέργειας ίσης με $E=hf$ και η απορρόφηση τους γίνεται ασυνεχώς

Ατομικό πρότυπο Bohr για τα υδρογονοειδή άτομα

Δεδομένα:

- Ανακάλυψη του e^-
- Πείραμα Rutherford
- Φάσματα εκπομπής αερίων:

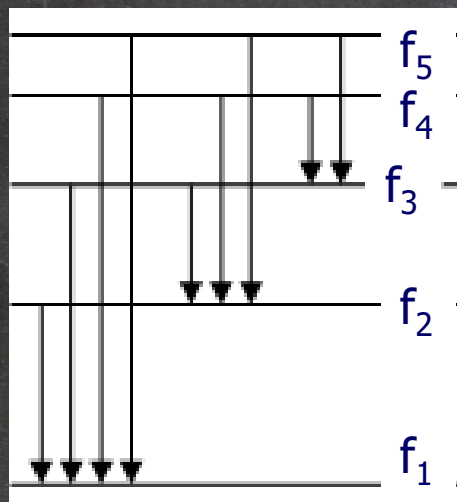
$$\frac{1}{\lambda_{i \rightarrow f}} = R \left(\frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2} \right)$$



Πρότυπο Bohr:

- Σε ένα ατομικό σύστημα επιτρέπονται μόνο συγκεκριμένες καταστάσεις σταθερής ενέργειας που αντιστοιχούν σε κυκλικές τροχιές του ηλεκτρονίου γύρω από τον πυρήνα ώστε η στροφορμή του να είναι ακέραιο πολλαπλάσιο της σταθεράς του Planck.
- Η απορρόφηση και η εκπομπή ακτινοβολίας επιτρέπονται μόνο κατά τη μετάβαση του ηλεκτρονίου μεταξύ δύο τέτοιων επιτρεπόμενων καταστάσεων σταθερής ενέργειας.

Ατομικό πρότυπο Bohr για τα υδρογονοειδή άτομα



$$E_n = -\frac{1}{n^2} \frac{m [e^2 / (4\pi\epsilon_0)]^2}{2\hbar^2} = -\frac{1}{n^2} E_1$$

$$r_n = n^2 \frac{4\pi\epsilon_0 \hbar^2}{e^2 m} = r_1 n^2$$

$$U_n = \frac{e^2 / 4\pi\epsilon_0}{n \cdot \hbar} = \frac{1}{n} U_1$$

ΝΑ ΘΥΜΑΣΤΕ:

$$E_1 = 13,6 \text{ eV}$$

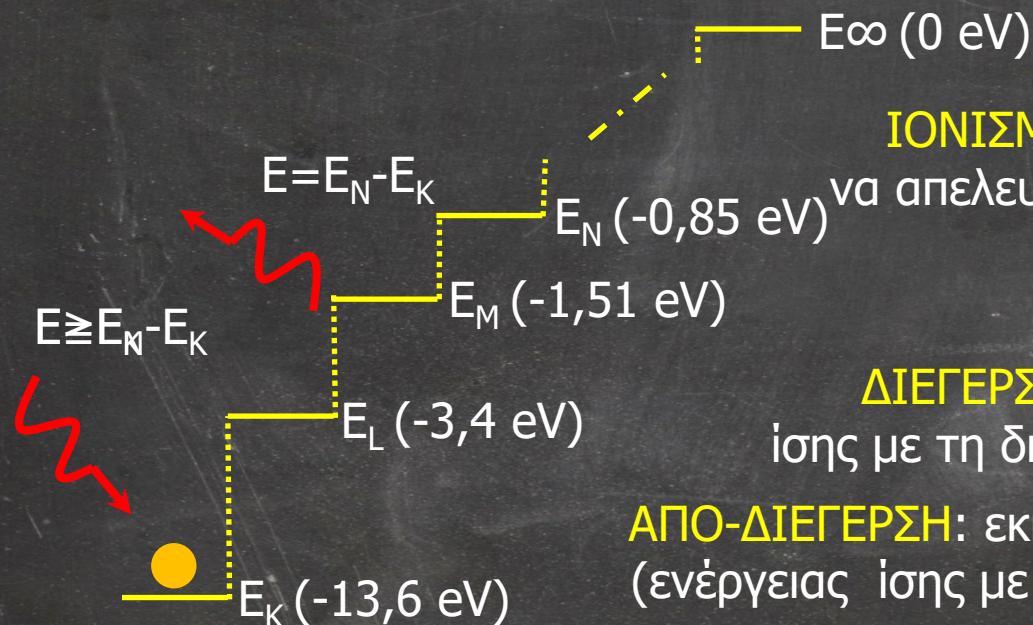
$$r_1 = 0,5 \cdot 10^{-10} \text{ m}$$

$$\text{και } U_1 = 2 \cdot 10^6 \text{ m s}^{-1}$$

Διέγερση-Αποδιέγερση-Ιονισμός

Τα ηλεκτρόνια:

- ✓ είναι δέσμια στο άτομο και κινούνται σε καθορισμένες στοιβάδες περί τον πυρήνα υπό την επίδραση της δύναμης Coulomb
- ✓ έχουν καθορισμένες τιμές ενέργειας (ανάλογα με τον ατομικό αριθμό και την στοιβάδα)



ΙΟΝΙΣΜΟΣ: απορρόφηση ενέργειας ικανής να απελευθερώσει ένα ηλεκτρόνιο από το άτομο

ΔΙΕΓΕΡΣΗ: απορρόφηση ενέργειας ίσης με τη διαφορά 2 ενεργειακών σταθμών

ΑΠΟ-ΔΙΕΓΕΡΣΗ: εκπομπή χαρακτηριστικής ακτινοβολίας (ενέργειας ίσης με τη διαφορά 2 ενεργειακών σταθμών)

Κύματα de Broglie: από το σωματίδιο στο κύμα

Όλες οι μορφές της ύλης εμφανίζουν κυματικές και σωματιδιακές ιδιότητες κατά την κίνηση:

➤ $E=hf$

➤ $p=h/\lambda$

ποιό είναι το δικό σας μήκος κύματος de Broglie όταν τρέχετε;

Ποιο είναι το μήκος κύματος de Broglie ενός e με ενέργεια 1 eV;

Κύματα de Broglie: από το σωματίδιο στο κύμα

Ποιο είναι το μέγεθος που ικανοποιεί την κυματική εξίσωση;

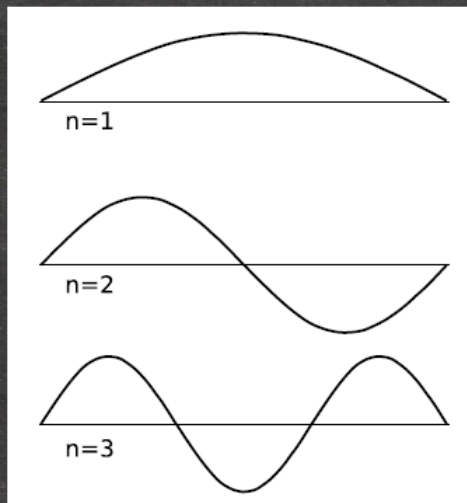
Μια συνάρτηση το τετράγωνο της τιμής της οποίας σε τυχόν σημείο δίνει την πιθανότητα να απαντηθεί στο σημείο αυτό το σωματίδιο.

Μα αν γνωρίζω θέση και ταχύτητα ενός σωματιδίου κάποια στιγμή δεν μπορώ με τη βοήθεια της μηχανικής να προβλέψω τη θέση οποιαδήποτε άλλη στιγμή;

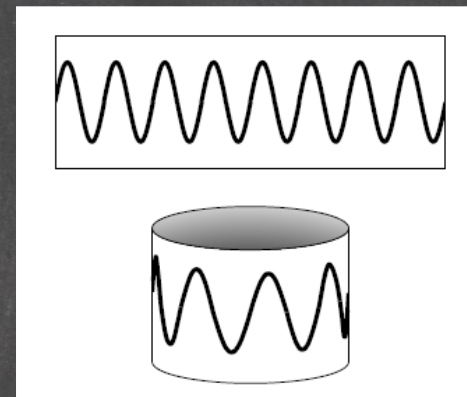
Αρχή της απροσδιοριστίας του Heisenberg:
 $\Delta x \Delta p \geq \hbar/2$

Η κβαντική μηχανική...

Στάσιμα κύματα
στην κλασική φυσική



Το κύμα de Broglie του e
που περιορίζεται στο άτομο
είναι ένα στάσιμο κύμα



Η κβαντική μηχανική...

Εξίσωση του Shrodinger:

$$E \psi(x) = -\frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2}{dx^2} \psi(x) + V(x)\psi(x)$$

$$V(x) = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0} \frac{1}{x}$$

$$V(\vec{r}) = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0} \frac{1}{\vec{r}}$$

Κυματοσυναρτήσεις $\psi_{n,l,m_l}(\vec{r})$ που ικανοποιούν την εξίσωση αποτελούν μέτρα της πιθανότητας να βρεθεί το ηλεκτρόνιο σε συγκεκριμένη θέση με συγκεκριμένη ενέργεια. Οι τρεις κβαντικοί αριθμοί n , l , m_l που αναδύονται από τη θεωρία και από τους οποίους εξαρτάται κάθε κυματοσυνάρτηση είναι:

- n , ο κύριος κβαντικός αριθμός που παίρνει τιμές $n=1,2,3,\dots,\infty$
- l , ο κβαντικός αριθμός της τροχιακής στροφορμής που παίρνει τιμές $l=0, 1, 2,\dots, n-1$
- m_l , ο μαγνητικός κβαντικός αριθμός που παίρνει τιμές $m_l=-l,-l+1,\dots, l-1, l$

Η κβαντική μηχανική ... για το άτομο του H

$$E_n = -\frac{1}{n^2} \frac{m [e^2 / (4\pi\epsilon_0)]^2}{2\hbar^2} = -\frac{1}{n^2} E_1$$

$$r_n = n^2 \frac{4\pi\epsilon_0 \hbar^2}{e^2 m} = r_1 n^2$$

$$U_n = \frac{e^2 / 4\pi\epsilon_0}{n \cdot \hbar} = \frac{1}{n} U_1$$

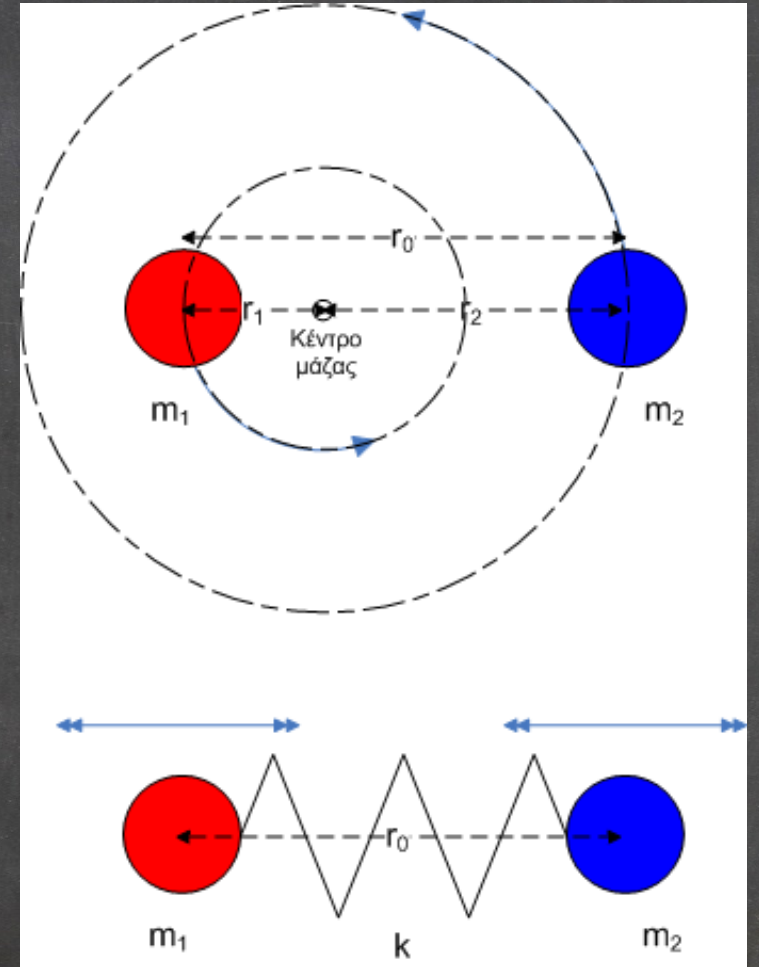
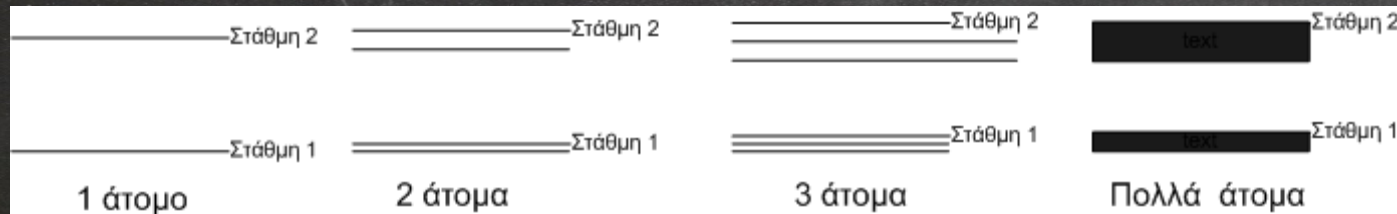
Η κβαντομηχανική δίνει τις ίδιες τιμές ενέργειας και ταχύτητας v στο άτομο του υδρογόνου με το πρότυπο του Bohr.

Η ακτίνα του Bohr στο άτομο του υδρογόνου έχει το νόημα της απόστασης στην οποία αντιστοιχεί η μέγιστη πιθανότητα θέσης του e .

Πολυ-ηλεκτρονιακά άτομα...?

Μόρια και συμπυκνωμένη ύλη...

- Ετεροπολικός δεσμός
- Ομοιοπολικός δεσμός
- Ενεργειακές καταστάσεις μορίων
- Υγρά
- Στερεά



«σύνοψη»...

- Χαρακτηριστικά μεγέθη του ατόμου
- Το ατομικό πρότυπο του Bohr είναι μια ικανοποιητική υπόθεση εργασίας για τις ανάγκες της συζήτησης μας στα επόμενα
- Η H/M ακτινοβολία έχει κυματικό και σωματιδιακό χαρακτήρα
- Φωτόνια απορροφούνται μόνο εάν έχουν ενέργεια ίση με τη διαφορά δύο ενεργειακών καταστάσεων της ύλης
- Ο σωματιδιακός χαρακτήρας της H/M ακτινοβολίας εκδηλώνεται όταν η παραπάνω διαφορά είναι σημαντική σε σχέση με τη συνολική ενέργεια
- Το παραπάνω ισχύει σε ατομικό επίπεδο, οπότε στα επόμενα θα θεωρούμε το σωματιδιακό χαρακτήρα της H/M ακτινοβολίας

Υλικό περαιτέρω μελέτης

- § 3, Κεφάλαιο 1 Συγγράμματος
- Ερωτήσεις κατανόησης
- Υλικό διαθέσιμο στο HyperPhysics (<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/index.html>) που σχετίζεται με την «Κβαντομηχανική» ΚΑΙ τα θέματα που συζητήθηκαν σε αυτή την παρουσίαση

