

Διδάσκοντας Σύγχρονη Φυσική στο σχολείο!

Δρ. Μιχάλης Καραδημητρίου

Σύλλογος Φυσικών Κρήτης
www.sfkritis.gr

Τι είναι το μάθημα της «Φυσικής» ;

2

Είναι ένα άσχημο μάθημα με τύπους και εξισώσεις;;
ή μήπως είναι η επιστήμη που μελετάει την φύση και
προσπαθεί να κατανοήσει την συμπεριφορά
του κόσμου γύρω μας ::

Τι λένε μαθητές μας για την Φυσική ;

3

- ✓ Εγώ θα πάω Θεωρητική Κατεύθυνση γιατί δεν καταλαβαίνω τίποτα!
- ✓ Εγώ θα πάω στον ψυχολόγο !
- ✓ Δεν θέλω να κάνω Φυσική!
- ✓ Το μάθημα που ποτέ δεν θα καταλάβω στην ζωή μου είναι η Φυσική!
- ✓ Καταραμένη Φυσική!!!



Φυσική πριν το 1900 μ.Χ.

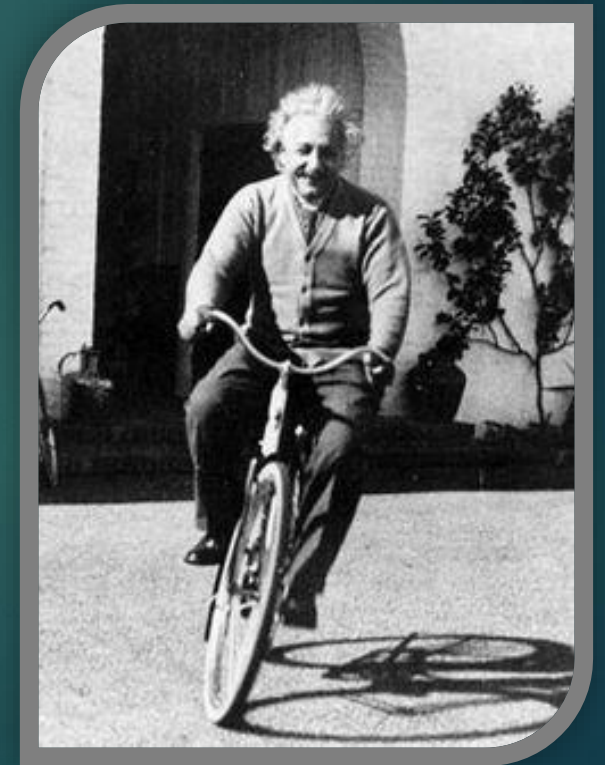
4

- ✓ «Φυσική Φιλοσοφία» ξεκινά στην Ελλάδα 650 – 480 π.Χ. όταν οι προσωκρατικοί φιλόσοφοι, αναζητούν την αιτία για τα Φυσικά Φαινόμενα .
- ✓ «Επιστημονική Επανάσταση» με τον Κοπέρνικο στα **1543** και εν συνεχεία με τον Γαλιλαίο που είναι και ο «πατέρας» της πειραματικής διαδικασίας.
- ✓ «Principia» Μαθηματικές Αρχές Φυσικής Φιλοσοφίας - Νεύτωνα **1687**
- ✓ Εξισώσεις Maxwell **1865** / Θεμελίωση Ηλεκτρομαγνητισμού

Μετά το 1900 μ.Χ

5

- ✓ **Κβαντική «Επανάσταση» 1900 - 1930** και συνεχίζει!
- ✓ Γενική Θεωρία της Σχετικότητας 1915
- ✓ Πρόβλεψη ύπαρξης των Quarks 1960
- ✓ Σωματίδιο Higgs 2012
- ✓ Ανίχνευση Βαρυτικών Κυμάτων 2016



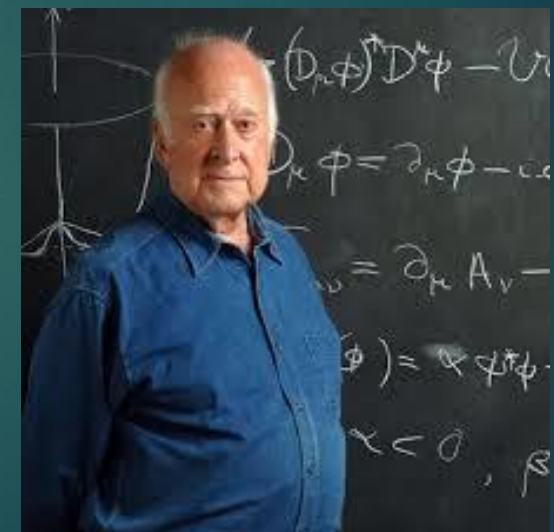
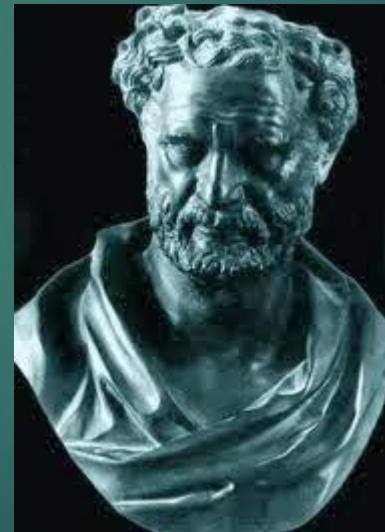
Κάποιες ημερομηνίες...

Δημόκριτος (400 π.χ.)

“νόμῳ γλυκύ, νόμῳ πικρόν, νόμῳ θερμόν, νόμῳ ψυχρόν, νόμῳ χροίή, ἔτεῃ δὲ ἄτομα καὶ κενόν”

«κατά σύμβαση υπάρχει το γλυκό, κατά σύμβαση το πικρό, κατά σύμβαση το θερμό, κατά σύμβαση το ψυχρό, κατά σύμβαση το χρώμα, στην πραγματικότητα όμως υπάρχουν τα άτομα και το κενό.»

- ✓ **Thomson (1897 μ.χ.):** Ανακάλυψη του Ηλεκτρονίου
- ✓ **Rutherford (1920 μ.χ.) :** Ανακάλυψη Πρωτονίου
- ✓ **Chadwick (1932 μ.χ.):** Ανακάλυψη Νετρονίου
- ✓ **Murray Gell-Mann (1964 μ.Χ):** Ανακάλυψη Quarks
- ✓ **LHC (2013 μ.Χ) :** «ανακάλυψη» Μποζονίου Higgs



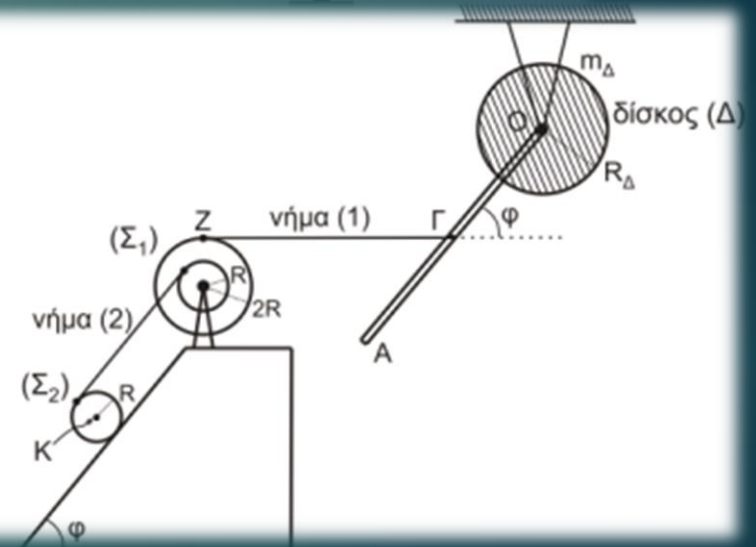
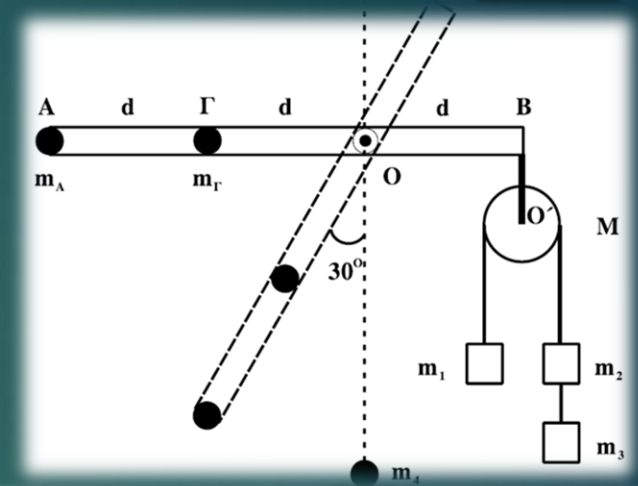


$$\Sigma \vec{F} = m \vec{a}$$

Οι περιπέτειες του σώματος
μάζας m και ο Θεός
Νεύτωνα!

Κάτι παλιές ιστορίες....

και μην ξεχάσω
Η φαντασία των
Πανελληνίων Εξετάσεων!



Τι δεν διδάσκεται σήμερα ένας μαθητής;

8

Τίποτα από την Φυσική του 20^{ου} αιώνα....

Δηλαδή την Φυσική των
μεγάλων τεχνολογικών
εφαρμογών που βελτίωσαν
και βελτιώνουν την ζωή
του ανθρώπου.

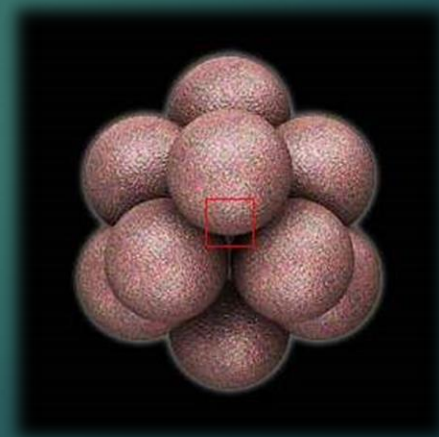
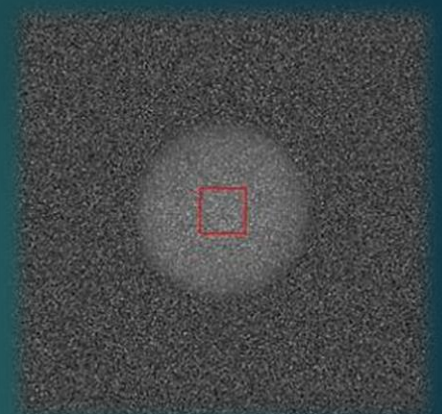
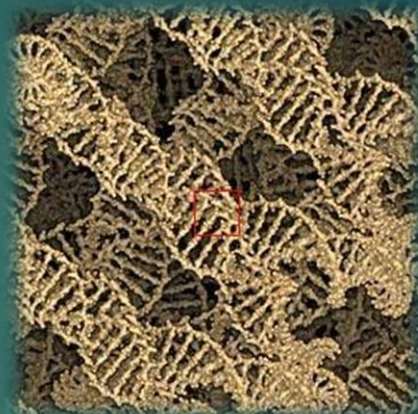
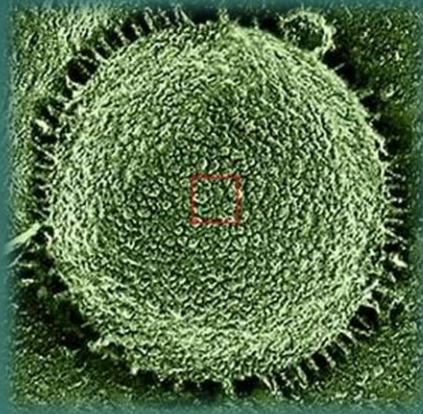


Την Φυσική που απαντάει στα μεγάλα «γιατί» ;

- ✓ Γιατί το **άτομο** να είναι σταθερό;
- ✓ Γιατί υπάρχει **πυρήνας** και είναι τόσο μικρός;
- ✓ Τι είναι η ραδιενέργεια ;
- ✓ Τι είναι το **«Κουαρκ»** ;
- ✓ Τι είναι το **Φωτόνιο** ;
- ✓ Τι κάνουν στον CERN ;
- ✓ Τι είναι η **Κβαντική Μηχανική**;

Κλίμακες της ύλης...

- Κύτταρο $\sim 10^{-5}$ m
- DNA $\sim 10^{-8}$ m
- Άτομο $\sim 10^{-10}$ m
- Πυρήνας $\sim 10^{-13}$ m
- Πρωτόνιο $\sim 10^{-15}$ m
- Quarks $\sim 10^{-16}$ m
- ?????



- ✓ Τα πλαίσια της Κλασσικής Μηχανικής αδυνατούν να περιγράψουν τον μικρόκοσμο και ειδικά την σταθερότητα του! Η σταθερότητα όμως της ύλης, δεν μπορεί να είναι αδιάφορη...
- ✓ Ο μαθητής Λυκείου πρέπει να μάθει και κάτι πέρα από το σώμα μάζας m που κινείται ευθύγραμμα...
- ✓ Η Φυσική δεν μπορεί να αντιμετωπίζεται ως μια σειρά ασκήσεων με περίτεχνα σχήματα και μαθηματικά τρικ

Η Φυσική στο γύρισμα του Αιώνα

12

«Όλοι οι θεμελιώδεις νόμοι και δεδομένα της φυσικής επιστήμης έχουν ήδη ανακαλυφθεί και είναι τόσο σταθερά εδραιωμένοι ώστε η πιθανότητα να ανατραπούν κάποτε, σαν αποτέλεσμα νέων ανακαλύψεων, είναι τελείως μακρινή.»

A. Michelson, γύρω στο 1900

Η Φυσική στο γύρισμα του Αιώνα

13

"Η Φυσική έχει πια λύσει τα θεμελιακά προβλήματα. Από τώρα και μπρος δεν θα είναι παρά απλή εφαρμογή των γενικών νόμων.

Μένουν βέβαια μερικά θεματάκια, που δεν έχουμε κατανοήσει πλήρως: Η κατανομή του μέλανος σώματος, οι φασματικές γραμμές των αερίων..."

Kelvin, γύρω στο 1900

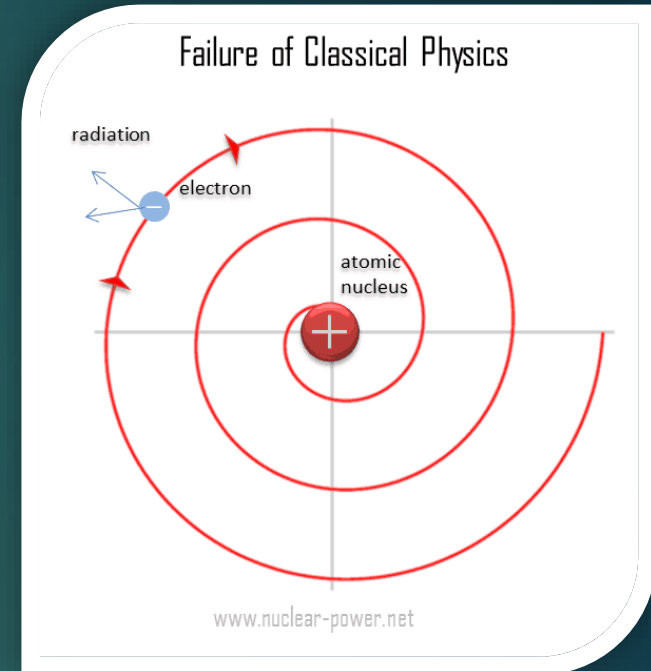
Κάποια «Θεματάκια» αστάθειας!

14

Δεν ισχύει ο Νεύτωνας μέσα στο άτομο και τον πυρήνα;;

ΌΧΙ! Σίγουρα θα αστειεύετε !!

Ο Νεύτωνας και η Κλασσική Φυσική (προ 1900) αδυνατεί να εξηγήσει την σταθερότητα του ατόμου!!



Κάπου στα 1900 γεννιέται η Κβαντική Μηχανική!!

«κβάντωση» , Σωματίδιο - κύμα , Αρχή της Αβεβαιότητας, Κύμα Πιθανότητας

Το «άτομο» στο πέρασμα της ιστορίας...

15

Το «άτομο» του Δημόκριτου δεν είναι
και τόσο «άτμητο»

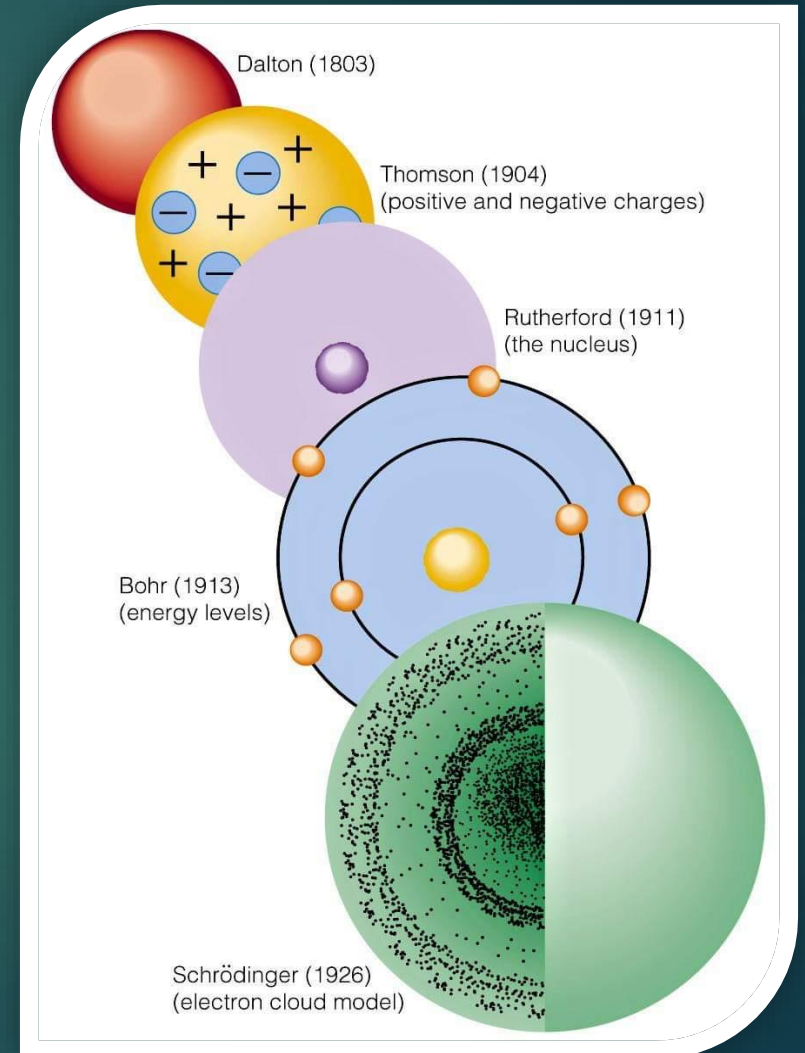
Πυρήνας + Ηλεκτρόνια + Αλληλεπιδράσεις = Άτομο

Ήταν πάντα προφανές ;

Όχι βέβαια!

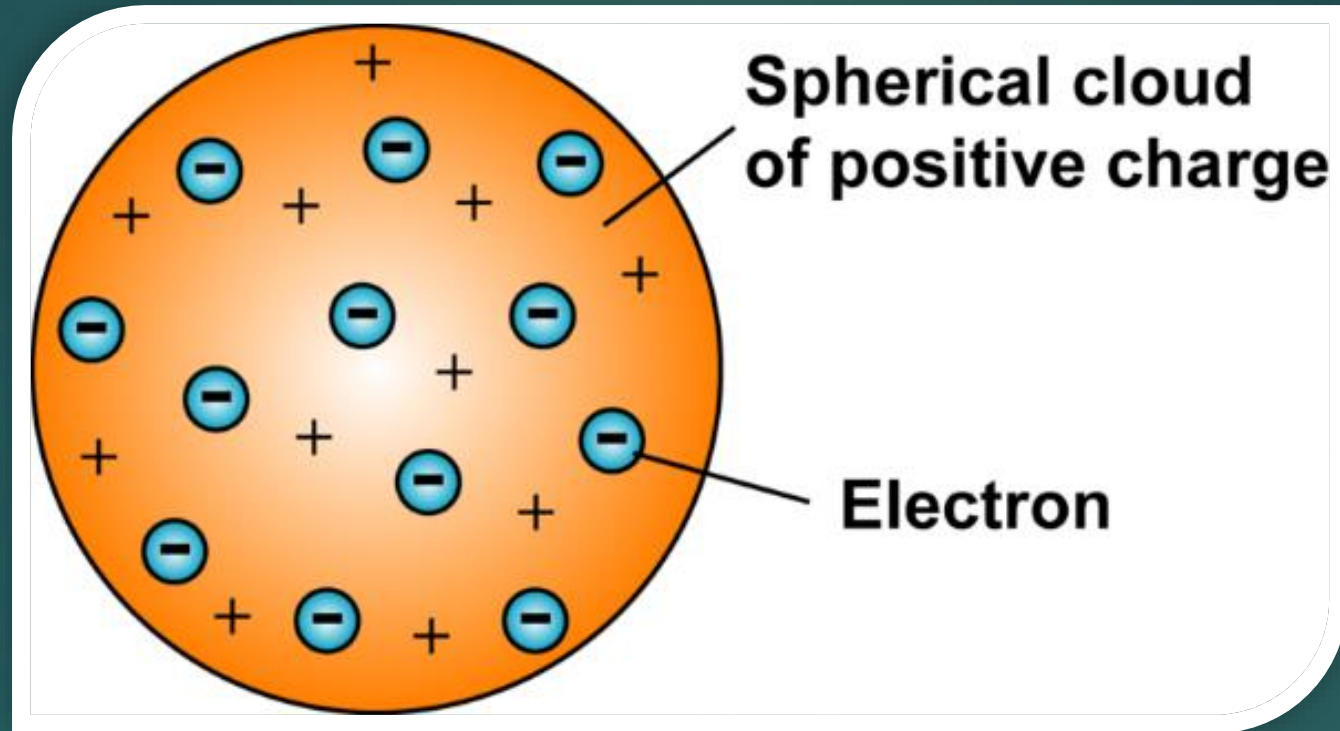
- ❑ Μοντέλο Σταφιδόψωμου - *Thomson*
- ❑ Πλανητικό Μοντέλο - *Rutherford*
- ❑ Ατομικό πρότυπο *Bohr*

Ηράκλειο - Νοέμβρης 2019



Δρ. Μιχάλης Καραδημητρίου

Το Μοντέλο του «Σταφιδόψωμου»



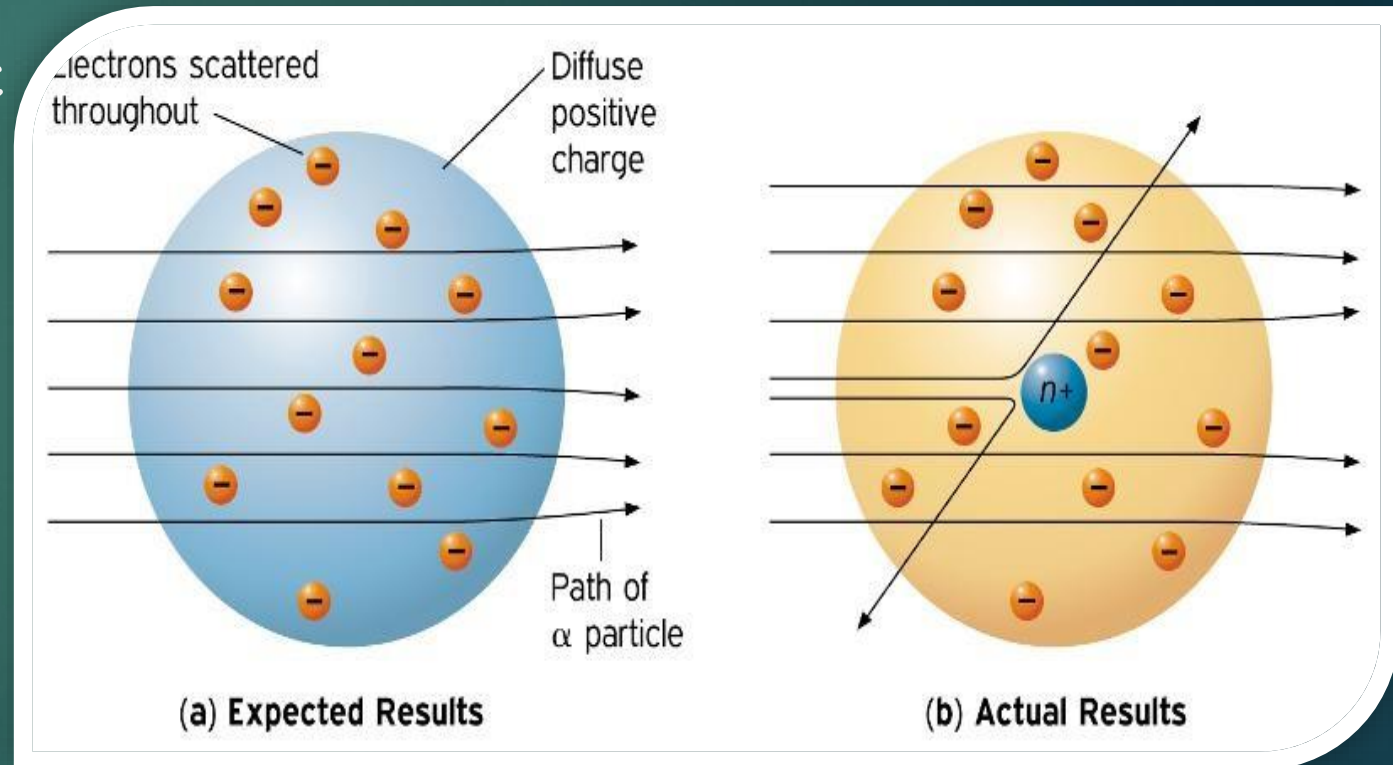
Θρίαμβος; Μάλλον όχι....

Πείραμα Rutherford - 1920

Η αποτυχία της επιβεβαίωσης του μοντέλου του Thomson οδήγησε σε μία σπουδαιά ανακάλυψη.

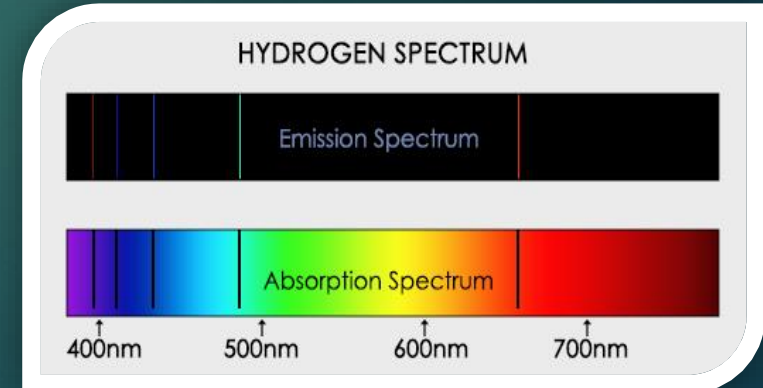
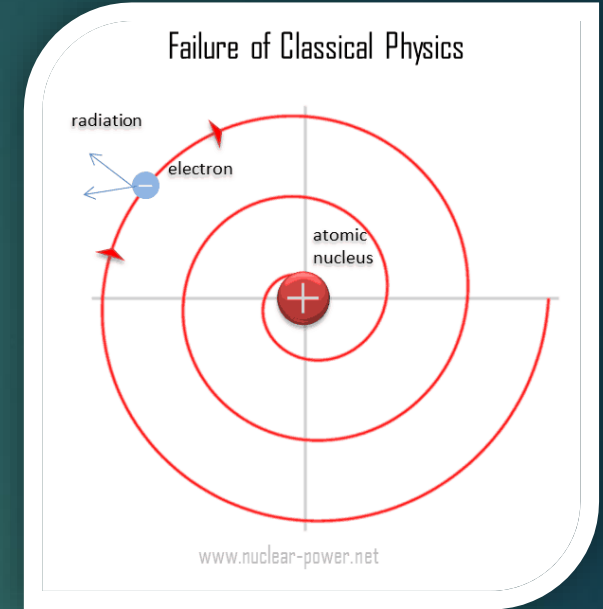
Το πρωτόνιο!!!!

Ο Rutherford προτείνει το
«Πλανητικό Μοντέλο»



Ασταθές «πλανητικό μοντέλο»

- ❑ Τα ηλεκτρόνια περιστρέφονται, άρα σύμφωνα με την κλασσική θεωρία θα ακτινοβολούν και θα χάνουν συνεχώς ενέργεια μέχρι να πέσουν στον πυρήνα με **εκτιμώμενο χρόνο κατάρρευσης $\sim 10^{-10}$ sec**
- ❑ Στο ατομικό επίπεδο συμβαίνουν τουλάχιστον ένα δισεκατομμύριο κρούσεις ανα δευτερόλεπτο ανάμεσα στα άτομα, αυτό θα είχε ως συνέπεια τα ηλεκτρόνια να αλλάζουν συνεχώς τροχιές ή να φεύγουν τελείως από το άτομο. Άρα **τα άτομα δεν θα είχαν σταθερή χημική συμπεριφορά** και τα φάσματα εκπομπής θα άλλαζαν συνεχώς.

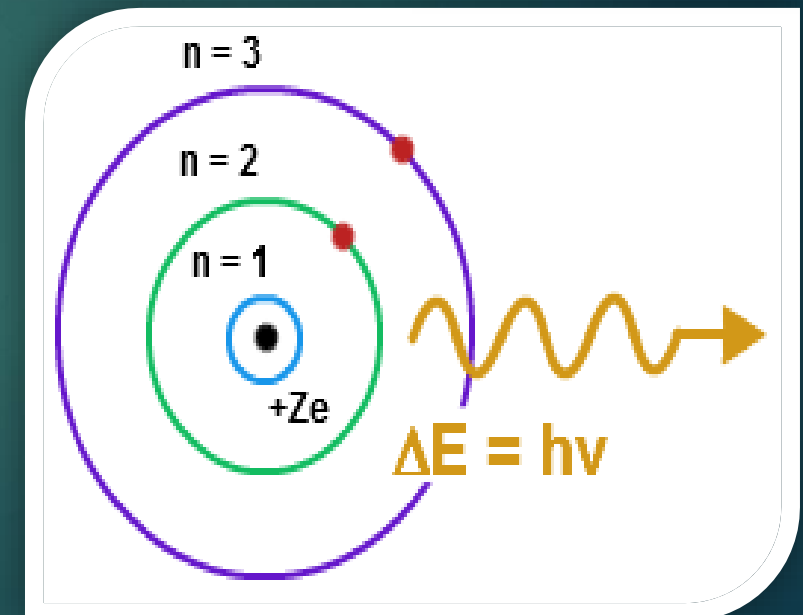
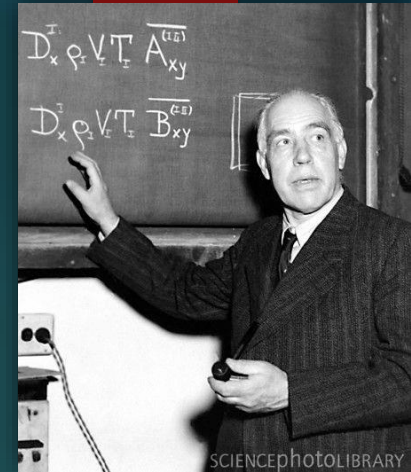


Η Θεωρία του Bohr για το Υδρογόνο

- ❑ Οι ενεργειακές καταστάσεις των ατόμων είναι κβαντωμένες.
- ❑ Ακτινοβολία εκπέμπεται μόνο κατά την μετάβαση του ατόμου από μια ανώτερη σε μια κατώτερη ενεργειακή στάθμη και η συχνότητα του εκπεμπόμενου φωτονίου καθορίζεται από την μεταβολή της ενέργειας.
- ❑ Επιτρέπονται μόνο εκείνες οι κυκλικές τροχιές, για τις οποίες η στροφορμή του ηλεκτρονίου είναι ακέραιο πολλαπλάσιο της σύγχρονης σταθεράς του Planck.

Η Θεωρία προβλέπει σωστά τα πειραματικά αποτελέσματα για το μέγεθος του ατόμου του Υδρογόνου και το έργο Ιονισμού και εξηγεί το ανεξήγητο «γραμμικό φάσμα» του ατόμου.

Η κβάντωση είναι το κλειδί για την ατομική σταθερότητα!



Ο Πυρήνας, αυτός ο μικρός «γίγαντας»

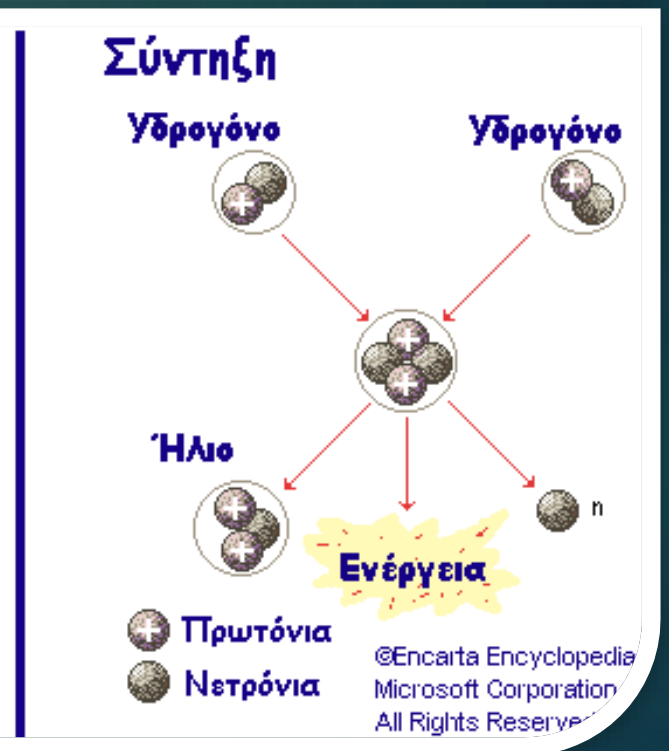
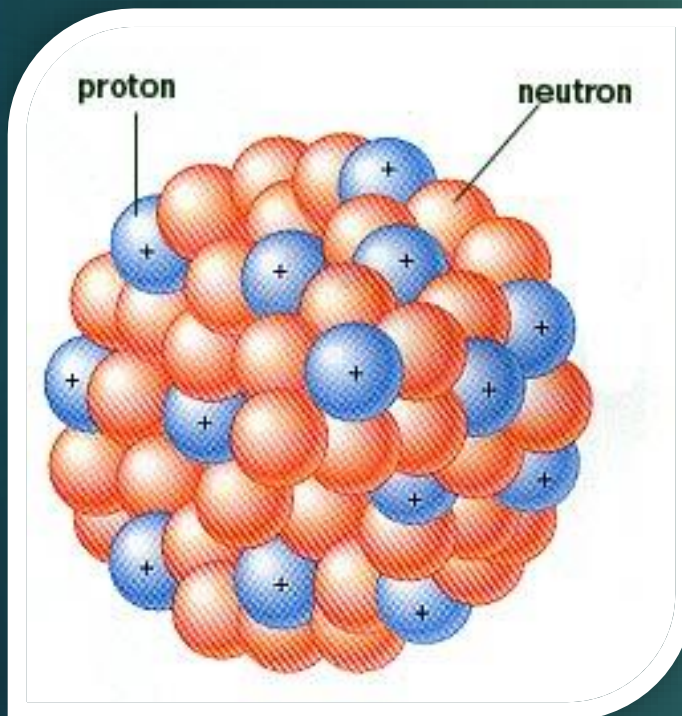
20

Ο πυρήνας έχει και αυτός δομή!

Νετρόνια + Πρωτόνια + Αλληλεπιδράσεις = Πυρήνας

Έχει επίσης τεράστια ενέργεια!

Πυρηνική βόμβα κλπ



Quarks, αυτά τα περίεργα σωματίδια!

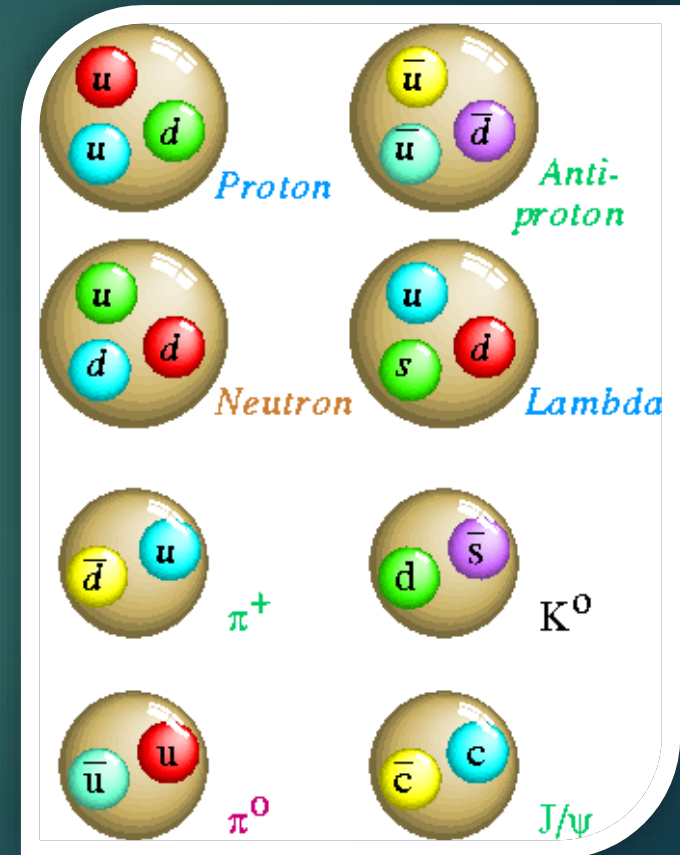
21

Νετρόνια και Πρωτόνια έχουν και αυτά δομή!

Quarks + Αλληλεπιδράσεις = Πρωτόνια, Νετρόνια

Quarks

Name	up	charm	top
Symbol	u	c	t
Charge	$+\frac{2}{3}e$	$+\frac{2}{3}e$	$+\frac{2}{3}e$
	down	strange	bottom
	d	s	b
	$-\frac{1}{3}e$	$-\frac{1}{3}e$	$-\frac{1}{3}e$



Αλληλεπιδράσεις - 4 Μόνο ;

22

Τι συγκρατεί τα **ηλεκτρόνια** γύρω από τον πυρήνα ;

Τι συγκρατεί **πρωτόνια - νετρόνια** ;

Τα **Quarks** πως κολλάνε μεταξύ τους;

Υπάρχει κάτι ακόμα πέρα από
Τριβή, Βάρος, αντίσταση αέρα,
Δύναμη Coulomb, Δύναμη Ελατηρίου
Τάση νήματος ;

Μήπως είναι λιγότερες από 4 ;

Fundamental Forces					
Strong		Force which holds nucleus together	Strength 1	Range (m) 10^{-15} (diameter of a medium sized nucleus)	Particle gluons, π (nucleons)
Electro-magnetic			Strength $\frac{1}{137}$	Range (m) Infinite	Particle photon mass = 0 spin = 1
Weak		neutrino interaction induces beta decay	Strength 10^{-6}	Range (m) 10^{-18} (0.1% of the diameter of a proton)	Particle Intermediate vector bosons W^+ , W^- , Z_0 , mass > 80 GeV spin = 1
Gravity			Strength 6×10^{-39}	Range (m) Infinite	Particle graviton ? mass = 0 spin = 2

Η αρχή της «Επανάστασης» απέναντι στον
Νεύτωνα και την παντοδυναμία του!

Το εργαλείο για την κατανόηση της
συμπεριφοράς της ύλης

Διάλογοι τις εποχής...

Αν αυτά τα καταραμένα κβαντικά άλματά πρόκειται στ' αλήθεια να παραμείνουν στην φυσική, τότε εγώ μετανιώνω που ανακατεύτηκα ποτέ με την κβαντική θεωρία.

Schrodinger

Η όλη υπόθεση (του Bohr) είναι σαν παραμύθι... Όλα αυτά είναι καθαρή τρέλα.
Pauli

Δεν γίνεται ο Θεός να παίζει ζάρια.

Einstein

Όμως παρ' όλο που είναι τρέλα έχει μια μέθοδο μέσα της.
Heisenberg

Από την βεβαιότητα στην Πιθανοκρατία

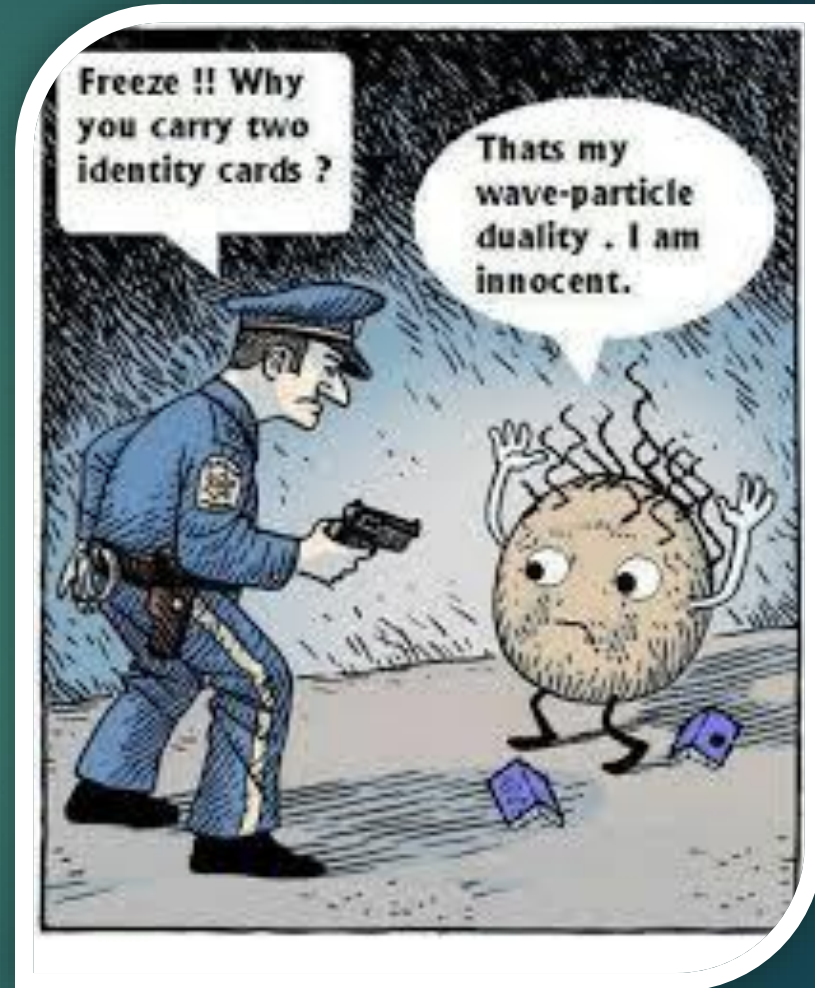
- ✓ Η κίνηση των Υλικών συστημάτων δεν περιγράφεται μέσω της τροχιάς τους, όπως στην κλασσική μηχανική, αλλά μέσω μιας κυματικής συνάρτησης Ψ , που εξαρτάται από την θέση και τον χρόνο.
- ✓ Η κυματοσυνάρτηση Ψ μας δίνει πληροφορίες για την πιθανότητα να βρεθεί ένα σωματίδιο σε κάποια θέση ή την πιθανότητα να μετρήσουμε μια τιμή για ένα φυσικό μέγεθος.
- ✓ Η κατάσταση ενός συστήματος μπορεί να περιγράφεται από μια επαλληλία καταστάσεων με αντίστοιχες πιθανότητες εμφάνισης.

Το σωματίδιο - κύμα / Απίθανο!

26

Όλα τα φυσικά σωματίδια έχουν και κυματική συμπεριφορά παράλληλα με την σωματιδιακή. Είναι σωματίδια και κύματα ταυτόχρονα.

$$f = \frac{E}{h} , \lambda = \frac{h}{p}$$



Αρχή της Αβεβαιότητας

«Το γινόμενο της αβεβαιότητας στην μέτρηση της θέσης, επί την αβεβαιότητα στην μέτρηση της ταχύτητας είναι περίπου σταθερό.»

Δηλαδή:

Είναι αδύνατον να μετρήσεις ταυτόχρονα την θέση και την ορμή ενός σωματιδίου όπως το ηλεκτρόνιο.



Πυρήνας ο ενεργειακός Γίγαντας!

28

Κινητική Ενέργεια σωματιδίου: $K = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{p^2}{2m}$

Αρχή Αβεβαιότητας: $\Delta x \cdot \Delta p \approx \hbar \Rightarrow \Delta p \approx \frac{\hbar}{\Delta x} \quad K \approx \frac{\hbar^2}{2m \Delta x^2}$

Όσο μικρότερη γίνεται η «φυλακή» (Δx) ενός κβαντικού σωματιδίου, τόσο «ζωηρότερο» (E) γίνεται το σωματίδιο. Όσο περισσότερο το «στριμώχνουμε» τόσο περισσότερο «αντιδρά» και «αγριεύει».

Πυρήνας «Νάνος μεγέθους» – «Γίγαντας Ενέργειας»

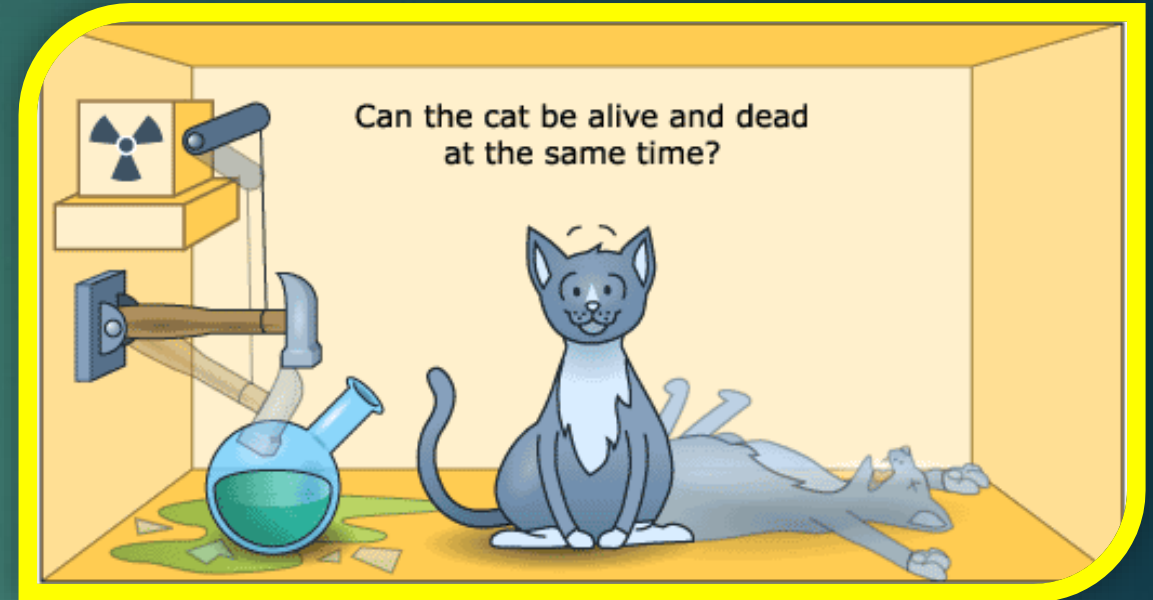
Ο Schrodinger και η γάτα του!

29

Οι πιθανές καταστάσεις της γάτας είναι να είναι ζωντανή ή να έχει πεθάνει εξαιτίας του δηλητηρίου.

Άρα κβαντικά η κατάσταση της γάτας περιγράφεται:

$$\Psi = \frac{1}{\sqrt{2}} \Psi_{\text{alive}} + \frac{1}{\sqrt{2}} \Psi_{\text{dead}}$$



Από την έννοια της τροχιάς του κυρίου Νεύτωνα στην έννοια της Κυματοσυνάρτησης (Ψ) και της πιθανότητας να βρεθείς σε μια θέση!

Γιατί πρέπει να διδάσκεται η Σύγχρονη Φυσική;

30

Η Κβαντομηχανική είναι ένα μόνο τμήμα της «ιστορίας» που ο μαθητής δεν διδάσκεται!

Υπάρχει παράλληλα η Θεωρία της Σχετικότητας και η Κοσμολογία. Βέβαια δεν μπορεί να διδαχτεί όλη η σύγχρονη Φυσική, καθώς οι έννοιες της απαιτούν και μαθηματικά εργαλεία.

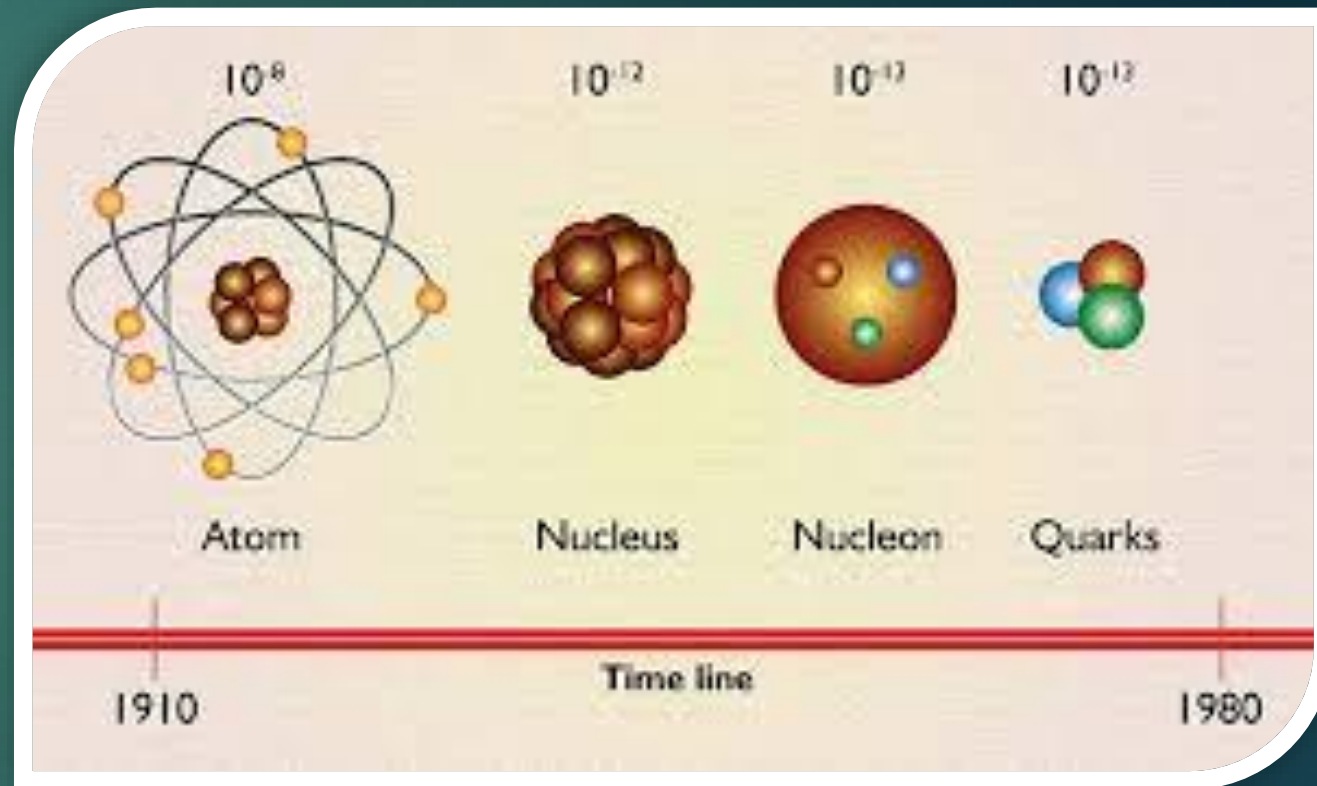
Οφείλουμε να διδάξουμε το πως δομείται ο κόσμος μας. Να διδάξουμε ότι το κινητό τηλέφωνο, οι τηλεοράσεις, ο Υπολογιστής δεν θα υπήρχαν χωρίς την κβαντομηχανική!

Γιατί πρέπει να διδάσκεται η Σύγχρονη Φυσική; 31

Η Σύγχρονη Φυσική, μας ταξιδεύει
πέρα από εκείνα που βλέπουμε
και που μπορούμε να αντιληφθούμε!

Γιατί μας λέει μια «ιστορία» για αυτό
τον κόσμο τον «μικρό τον μέγα» και

την σταθερότητα των βασικών δομών του!



Σε μια σύγχρονη κοινωνία το σχολείο θα πρέπει να εφοδιάσει τα παιδιά μας με ολοκληρωμένη γενική παιδεία. Σε αυτή την Γενική Παιδεία δεν μπορεί να λείπουν οι Φυσικές Επιστήμες!

Άρα έχει έρθει η ώρα να μιλήσουμε όχι για τις ώρες διδασκαλίας, αλλά για την ουσία δηλαδή τα **αναλυτικά προγράμματα** και τον τρόπο της διδασκαλίας τους (εργαστήρια κλπ)