

## Γενική Φυσική

Κωνσταντίνος Χ. Παύλου  
 Φυσικός – Ραδιοηλεκτρολόγος (MSc)  
 Καστοριά, Ιούλιος 14

---

---

---

---

---

---

---

---

## Εισαγωγή

1. Τι (δεν) είναι η Φυσική;
2. Εξέλιξη της Φυσικής

---

---

---

---

---

---

---

---

### Τι **δεν** είναι η Φυσική;

- 物理是基礎科學的一個分支,是應用科學的基礎.
- 物理是探討基礎科學的原理,用以了解自然現象與提升生活科技.

- 學習物理可以加強思考邏輯判斷: 
$$\begin{cases} \nabla \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \\ \nabla \times \vec{B} = \frac{1}{c^2} \left( \vec{J} + \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \right) \end{cases}$$

- 物理背景與基礎可以作為研究科技產物的基石.

---

---

---

---

---

---

---

---

### Τι είναι η Φυσική;

1. Έρευνα και μελέτη της φύσης.
2. Θεμέλιος λίθος όλων των φυσικών επιστημών:
  - φυσική,
  - χημεία,
  - βιολογία,
  - αστρονομία,
  - γεωλογία, ...
3. ...αλλά και της τεχνολογίας:
  - μηχανολογία,
  - ηλεκτρονική, ...
4. Η Φυσική μελετά τα κοινά χαρακτηριστικά όλων των φαινομένων.

4

© Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός - Ρ/Η (ΦΣ)

25-Ιουλ-14

---

---

---

---

---

---

---

---

### Τι είναι η Φυσική;

5. Είναι η μελέτη των ιδιοτήτων των φυσικών σωμάτων
  - Θέση,
  - μάζα,
  - θερμοκρασία,
  - φορτίο, ...
6. Η Φυσική **προβλέπει**:
  - Γνωρίζοντας τις ιδιότητες ενός αντικειμένου (ή ενός συστήματος) τώρα, μπορούμε να υπολογίσουμε τις ιδιότητές του αργότερα.



5

© Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός - Ρ/Η (ΦΣ)

25-Ιουλ-14

---

---

---

---

---

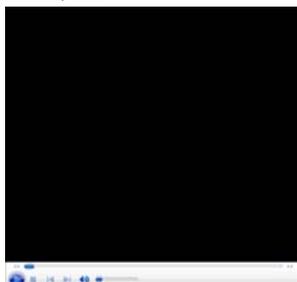
---

---

---

### Σε τι μας χρειάζεται;

Tacoma Narrows Bridge, November 7, 1940



6

© Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός - Ρ/Η (ΦΣ)

25-Ιουλ-14

---

---

---

---

---

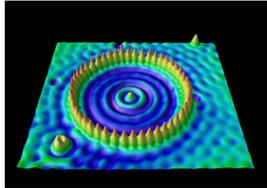
---

---

---

## Τα όρια της Φυσικής

Από το πολύ μικρό:  
Άτομα, κβαντικά κύματα, ...



στο πολύ μεγάλο:  
γαλαξίες, σύμπαν

7

© Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός - Ρ/Η (ΦΣ)

25-Ιουλ-14

---

---

---

---

---

---

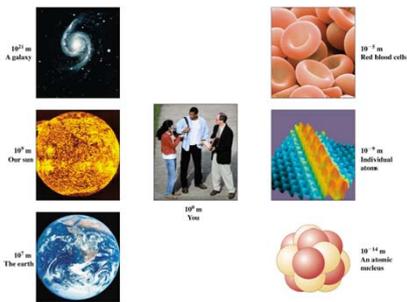
---

---

---

---

## Τα όρια της Φυσικής



8

© Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός - Ρ/Η (ΦΣ)

25-Ιουλ-14

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Το πρόβλημά μας ...



Η δημιουργία, η δομή, η εξέλιξη...

• Τα πανάρχαια και πάντα επίκαιρα ερωτήματα:

- Πώς είναι φτιαγμένος ο Κόσμος;
- Γιατί είναι όπως είναι;
- Πως έγινε ο Κόσμος;
- Εξελισσεται ή μένει στατικός;

9

© Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός - Ρ/Η (ΦΣ)

25-Ιουλ-14

---

---

---

---

---

---

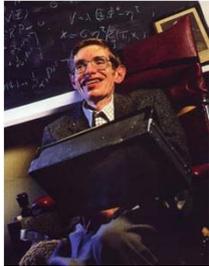
---

---

---

---

### Το πρόβλημά μας ...



*"My goal is simple. It is complete understanding of the universe, why it is as it is and why it exists at all."*

*Stephen Hawking*

10

© Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός - Ρ/Η (ΦΣ)

25-Ιουλ-14

---

---

---

---

---

---

---

---

### Η "παλιά" Φυσική



11

© Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός - Ρ/Η (ΦΣ)

25-Ιουλ-14

---

---

---

---

---

---

---

---

### Η "νέα" Φυσική



12

© Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός - Ρ/Η (ΦΣ)

25-Ιουλ-14

---

---

---

---

---

---

---

---

### Τα πεδία της φυσικής

13 (c) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός - Ρ/Η (ΦΣε) 25-Ιουλ-14

---

---

---

---

---

---

---

---

### Η Φυσική ως επιστήμη

- **Παρατήρηση:** όσο κι αν ακούγεται αυτονόητο, παλιότερα την απέριπταν μερικές φορές.
- **Πείραμα:** μέτρηση μεγεθών για την επιβεβαίωση ή απόρριψη μιας **υπόθεσης**. Ολοκληρώνεται με τη γενίκευση της υπόθεσης οπότε προκύπτει μια **θεωρία**.
- Στο πλαίσιο της θεωρίας εμφανίζονται νέες **προβλέψεις** που πρέπει να **επιβεβαιωθούν** με την παρατήρηση και το πείραμα.

14 (c) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός - Ρ/Η (ΦΣε) 25-Ιουλ-14

---

---

---

---

---

---

---

---

### Η θεωρία

- Η επιβεβαίωση μιας θεωρίας είναι αδύνατη !

Όσα πειράματα κι αν γίνουν δεν μπορούν να αποδείξουν την ορθότητα μιας θεωρίας. Ένα όμως αρκεί για να την καταρρίψει!!!

15 (c) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός - Ρ/Η (ΦΣε) 25-Ιουλ-14

---

---

---

---

---

---

---

---

### Οι πρώτες γνώσεις

- Οι πρώτες γνώσεις για τη φύση χάνονται στα βάθη της προϊστορίας.
  - Ανακάλυψη φωτιάς & τροχού.
- Οι πρώτοι αστρονόμοι (Αιγύπτιοι, Κινέζοι, Βαβυλώνιοι, ...) μελετούσαν τις κινήσεις του ήλιου και των άλλων άστρων για πρακτικούς σκοπούς (προσανατολισμός, ημερολόγια).
- Δεν γινόταν καμία προσπάθεια ερμηνείας των παρατηρήσεών τους.



16

© Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός - Ρ/Η (ΉΣ)

25-Ιουλ-14

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Η εξέλιξη...

- Σε γενικές γραμμές, η εξέλιξη των **φυσικών επιστημών** μπορεί να χωριστεί στις εξής περιόδους:
  1. Έλληνες “φυσικοί φιλόσοφοι” (6<sup>ος</sup> – 4<sup>ος</sup> πΧ αιώνας).
  2. Μεσαίωνας (1200 – 1600).
  3. Επιστημονική επανάσταση (~1600).
  4. 19<sup>ος</sup> αιώνας.
  5. 20<sup>ος</sup> αιώνας.

17

© Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός - Ρ/Η (ΉΣ)

25-Ιουλ-14

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Η εξέλιξη... με δύο λόγια

- Μυθολογικές ή/και Θρησκευτικές απαντήσεις:
  - Βασισμένες στην πίστη
- Επιστημονικές απαντήσεις:
  - Υποκείμενες σε διάψευση / επαληθεύσεις

18

© Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός - Ρ/Η (ΉΣ)

25-Ιουλ-14

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Έλληνες φυσικοί φιλόσοφοι

- Προσεκτική παρατήρηση.
- Εξαγωγή συμπερασμάτων με λογικά επιχειρήματα.
- Δεν ήθελαν να καταλάβουν **τι** ακριβώς συμβαίνει σ' ένα φαινόμενο ή **πως** συμβαίνει αυτό.
- Ήθελαν να εξηγήσουν για ποιο **σκοπό** συμβαίνει το φαινόμενο.



19

© Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός - Ρ/Η (ΦΣ)

25-Ιουλ-14

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Το σύμπαν του Πλάτωνα (427-347)

- Τα ουράνια σώματα έχουν μόνο τέλειες γεωμετρικές μορφές:
  - Τετράεδρο, οκτάεδρο, εξαέδρο, εικοσαέδρο, δωδεκάεδρο.
- Παριστάνουν τα 4 στοιχεία και το δωδεκάεδρο παριστάνει το σύμπαν ως όλον.



20

© Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός - Ρ/Η (ΦΣ)

25-Ιουλ-14

---

---

---

---

---

---

---

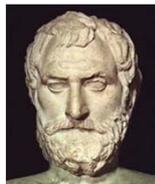
---

---

---

### Θαλής ο Μιλήσιος (~624 - 546 πΧ)

- Πριν από τον Θαλή, οι αρχαίοι Έλληνες εξηγούσαν την απαρχή, τη φύση και την εξέλιξη του κόσμου με μύθους ανθρωπόμορφων θεών και ηρώων (πχ, αστραπές και σεισμοί αποδίδονταν σ' αυτούς).
- Αντίθετα, ο Θαλής προσπάθησε να δώσει πιο φυσικές εξηγήσεις χωρίς αναφορές στο υπερφυσικό. Πχ, εξήγησε τους σεισμούς θεωρώντας ότι η Γη επιπλέει σε νερό, και ότι αυτοί δημιουργούνται από κύματα που χτυπάνε στη Γη.



21

© Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός - Ρ/Η (ΦΣ)

25-Ιουλ-14

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Θαλής ο Μιλήσιος

- Η πιο φημισμένη δοξασία του Θαλή ήταν το κοσμολογικό του πιστεύω:

Ο κόσμος δημιουργήθηκε από το νερό.

- Ο Αριστοτέλης θεώρησε αυτή την άποψη περίπου ίδια μ' αυτήν του Αναξίμανη (τα πάντα στον κόσμο είναι φτιαγμένα από αέρα)

22

© Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φιλικός - Ρ/Η (H5c)

25-Ιουλ-14

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Δημόκριτος (~460 πΧ)

- Δημιουργία πρώτης ατομικής υπόθεσης.

- Ο Δημόκριτος όριζε ότι άτομα είναι
  - τα ελάχιστα μόρια ύλης που δεν επιδέχονται τομές (άτμητα) ή αυξομειώσεις,
  - αγέννητα,
  - άφθαρτα,
  - αναλλοίωτα και αδιαίρετα,
  - πλήρη και τέλεια,
  - συμπαγή,
  - ενιαία και απλά,
  - αριθμητικά άπειρα,
  - απέραντα ποικιλόμορφα σε σχήμα και κινούνται αδιάκοπα στο κενό.



23

© Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φιλικός - Ρ/Η (H5c)

25-Ιουλ-14

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Δημόκριτος (~460 πΧ)

- Με σημερινή ορολογία εισήγαγε δηλαδή ο Δημόκριτος και μία «**αρχή διατηρήσεως**» του ατόμου ή όπως θα ονομαζόταν σήμερα το ελάχιστο άτμητο τμήμα της ύλης.
- Επίσης, λόγω του διαφορετικού σχήματος που έχουν τα άτομα κάθε υλικού, σύμφωνα με τον Δημόκριτο, έχουν τα υλικά και διαφορετικές ιδιότητες.
- Έτσι, τα άτομα των υγρών είναι σφαιρικά, γι' αυτό τα υγρά απλώνονται στις επιφάνειες, ενώ τα άτομα των στερεών έχουν ακανόνιστο σχήμα κι έτσι το στερεό σώμα διατηρεί τη μορφή του.

24

© Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φιλικός - Ρ/Η (H5c)

25-Ιουλ-14

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Δημόκριτος (~460 πΧ)

- Ο Δημόκριτος εφάρμοξε την ατομική θεωρία του για **κοσμολογικές εξηγήσεις** του σύμπαντος: Το σύμπαν (κόσμος) δεν ήταν δημιουργήμα, ούτε έχει κατάληξη! Στο εσωτερικό του υπάρχουν όμως άπειροι «κόσμοι», οι οποίοι γεννιούνται και πεθαίνουν. Γι' αυτό οι «κόσμοι» του σύμπαντος: έχουν διαφορετική ηλικία.
- Με αυτές τις απόψεις ξέφυγε ο Δημόκριτος από την ανάγκη ύπαρξης θεών και καθιέρωνε την ύλη ως θεμέλιο της ύπαρξης και λειτουργίας του σύμπαντος.

25

© Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός - Ρ/Η (ΦΣ)

25-Ιουλ-14

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Εμπεδοκλής (~490 – 430 πΧ)

- Ο Εμπεδοκλής απορρίπτει τη γένεση και τη φθορά.
- Στη θέση τους χρησιμοποιεί δύο άλλες έννοιες που τις περιγράφει ως μείξη (γέννηση) και χωρισμός (φθορά) «αγέννητων στοιχείων».
- Κρατά το μηδέν έξω από τον κόσμο και ανάγει την γέννηση του κόσμου και τις κοσμικές μεταβολές σε τέσσερις θεμελιώδεις υποστάσεις, ισοδύναμες μεταξύ τους. Αυτές οι υποστάσεις είναι τα «ριζώματα», δηλαδή:
  - η γη (Αἰδωνεύς ή Ἄδης),
  - το νερό (Νήσις),
  - η φωτιά (Ζεὺς) και
  - ο αέρας (Ἡρα).



26

© Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός - Ρ/Η (ΦΣ)

25-Ιουλ-14

---

---

---

---

---

---

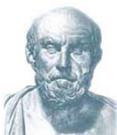
---

---

---

---

### Εμπεδοκλής (~490 – 430 πΧ)



- Τα ριζώματα, αντίθετα από τα φυσικά στοιχεία δεν χάνουν την ταυτότητά τους. Οι δε μεταξύ τους σχέσεις διέπονται από την επιδραση δύο κοσμικών δυνάμεων, που είναι επίσης αγέννητες και αιώνιες:
  - της φιλότητας, (έλξης και συνένωσης) και
  - του νείκους, (έχθρας διάσπασης και διάλυσης).
- Η σχέση αυτών των αντίρροπων δυνάμεων είναι αυτή που διατηρεί την ισορροπία στο σύμπαν ("Σφαίρος").
- Η γένεση και ο θάνατος, η Φιλότητα και το Νείκος είναι για τον Εμπεδοκλή ένας αιώνιος κύκλος, μία εναλλαγή που εξασφαλίζει τη διαίωνιση του κόσμου

27

© Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός - Ρ/Η (ΦΣ)

25-Ιουλ-14

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Εμπεδοκλής (~490 – 430 πΧ)

- Στην κοσμολογία του περιγράφει το κοσμικό γίγνεσθαι ως αιώνια κυκλική πορεία. Τα δύο ορόσημα αυτής της κυκλικής πορείας είναι ο θείκος σφαιρός και η χασοτική θίνη, (δίνος) και η συνολική πορεία διακρίνεται σε τέσσερις φάσεις.
  1. Στη αρχή επικρατεί απόλυτα η φιλότιτα και τα τέσσερα ριζώματα βρίσκονται σε πλήρη αρμονία μεταξύ τους, σε κατάσταση μείξης, στη μορφή του σφαιρού.
  2. Κατόπιν η είσοδος του νείκους στον σφαιρό οδηγεί σε διαδικασία σταδιακής διάλυσης και αποσύνθεσης. Μέσω μιας επεκτεινόμενης θίνης τα ριζώματα ξεχωρίζονται και απομακρύνονται. Τα έμβια όντα που δημιουργούνται σε αυτή τη φάση του κοσμικού γίγνεσθαι υπόκεινται στην αυξανόμενη επιρροή του νείκους. Σε αυτή τη φάση βρίσκεται ο κόσμος μας, που βαδίζει σε κατάσταση αυξανόμενης διαμάχης και εχθρότητας.
  3. Ο δίνος είναι η φάση της πλήρους κυριαρχίας του νείκους, στην οποία προκαλείται χάος, διάλυση και ολοκληρωτική αποσύνθεση.
  4. Εν τέλει εισέρχεται βαθμιαία η φιλότιτα και ο κόσμος επιστρέφει στη συγκρότηση του σφαιρού. Η φιλότιτα και το νείκος είναι δυνάμεις που ασκούνται πάνω στα τέσσερα στοιχεία τα οποία τα φέρνουν σε κατάσταση ισοροπίας.

28

© Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φινακός - Ρ/Η (H5c)

25-Ιουλ-14

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Αριστοτέλης (384-322 πΧ)

- Μαθητής του Πλάτωνα.
- Δημιούργησε την βιβλιοθήκη της Αλεξάνδρειας.
- Χρησιμοποίησε σχήματα για εξηγήσεις.
- Διατήρησε μεγάλο μέρος των γνώσεων του αρχαίου κόσμου.
- Υιοθέτησε την υπόθεση των τεσσάρων στοιχείων του Εμπεδοκλή, και πρόσθεσε κι ένα πέμπτο στοιχείο: τον **αιθέρα** (μέχρι και τον 19<sup>ο</sup> αιώνα θεωρούσαμε τον αιθέρα ως το μέσο διάδοσης του φωτός !!!)



29

© Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φινακός - Ρ/Η (H5c)

25-Ιουλ-14

---

---

---

---

---

---

---

---

---

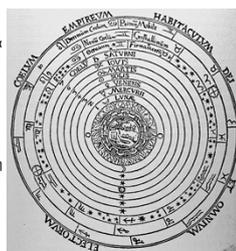
---

---

---

### Αριστοτέλης (384-322 πΧ)

- Το σύμπαν του Αριστοτέλη:
  1. Η Γη αποτελείται από 4 στοιχεία (γη, νερό, φωτιά και αέρας).
  2. Η Γη δεν περιστρέφεται γύρω από τον άξονά της, ούτε γύρω από κάποιο άλλο σώμα.
  3. Η περιβάλλεται από 10 ομόκεντρες σφαίρες, φτιαγμένες από ένα τέλειο διαφανές υλικό (αιθέρας ή πεμππουσία).
  4. Οι σφαίρες "κρατάνε" τους πλανήτες.
  5. Τα αστέρια δεν κινούνται.
  6. Το "βασιλείο των ουρανών" εκτείνεται μετά τη 10<sup>η</sup> σφαίρα.
  7. Δεν υπάρχει αποτέλεσμα χωρίς αιτία
  8. Δεν υπάρχει κενό.



30

© Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φινακός - Ρ/Η (H5c)

25-Ιουλ-14

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Αριστοτέλης (384-322 πΧ)

- Ονομασίες των σφαιρών
  1. Γαϊόσφαιρα (η γη στο κέντρο του σύμπαντος).
  2. Υδρόσφαιρα (τα νερά της γης)
  3. Ατμόσφαιρα (ο αέρας πάνω από τη γη)
  4. Πυρόσφαιρα (φως/αστραπές ?)
  5. Stellarsphere (όλα τα αστέρια βρίσκονται στην ίδια σφαίρα)
  6. Prime mover ή first cause (κρατάει όλα σε κίνηση)



31 (c) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φινακός - Ρ/Η (H5c) 25-Ιουλ-14

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Το σύμπαν του Πτολεμαίου



Στοιχεία του Πτολεμαίου για τις πλανήτες.

ΕΣΟΣΗ	1	2	3	4	5	6
Εξημερησια ταχύτητα	0	11	10	9	8	7
Μεγιστή ταχύτητα						
ΕΝ ΕΡΟΣ ΕΝ ΝΗΣ						
Μεγιστή ταχύτητα						

Observational notes from Ptolemy's Almagest

32 (c) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φινακός - Ρ/Η (H5c) 25-Ιουλ-14

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Το σύμπαν του Πτολεμαίου

- Το σύμπαν του Αριστοτέλη παρουσίαζε ένα παρατηρησιακό πρόβλημα:
  - την **ανάδρομη κίνηση των πλανητών.**



33 (c) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φινακός - Ρ/Η (H5c) 25-Ιουλ-14

---

---

---

---

---

---

---

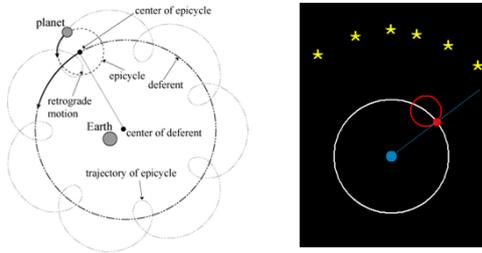
---

---

---

### Το σύμπαν του Πτολεμαίου

- Έτσι, εισήχθησαν οι **επίκυκλοι** και οι **φέροντες**.



34

© Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός - Ρ/Η (ΦΣ)

25-Ιουλ-14

---

---

---

---

---

---

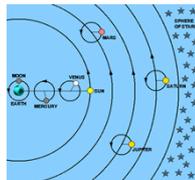
---

---

### Το σύμπαν του Πτολεμαίου

- Στην τελική του μορφή:

- 40 επίκυκλοι και φέροντες
- Προσέφερε λεπτομερειακές υποδείξεις θέσεων των πλανητών για ~1500 χρόνια.
- Πολύ σύνθετο !



35

© Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός - Ρ/Η (ΦΣ)

25-Ιουλ-14

---

---

---

---

---

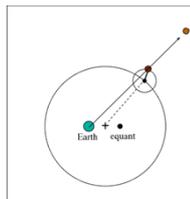
---

---

---

### Το σύμπαν του Πτολεμαίου

- Το σύστημα του Πτολεμαίου δούλεψε, αλλά ήταν πολύ δύσχερηστο.
- Απαιτούσε ακριβή "ρύθμιση" των τροχιών των πλανητών για να αναπαράγει τις παρατηρήσεις.
- Ο Copernicus επανέφερε το ηλιοκεντρικό σύμπαν.



36

© Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός - Ρ/Η (ΦΣ)

25-Ιουλ-14

---

---

---

---

---

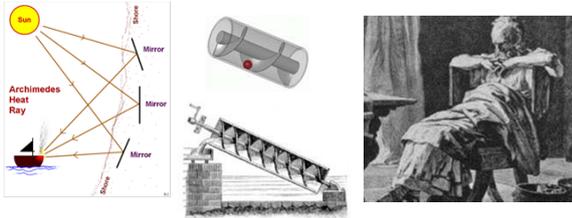
---

---

---

### Αρχιμήδης (~287-212 πΧ)

- Υπολόγισε την τιμή του  $\pi$ :  $3\frac{10}{70} < \pi < 3\frac{1}{7}$



37 (c) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φιναλές - Ρ/Η (H5c) 25-Ιουλ-14

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Αρχιμήδης (~287-212 πΧ)

- Δημιούργησε νόμους για μοχλούς και τροχαλίες...



38 (c) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φιναλές - Ρ/Η (H5c) 25-Ιουλ-14

---

---

---

---

---

---

---

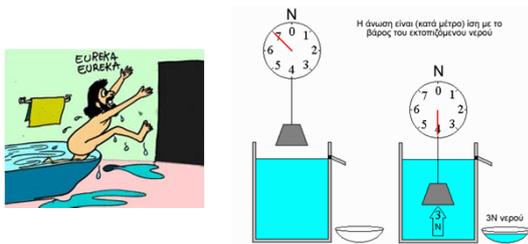
---

---

---

### Αρχιμήδης (~287-212 πΧ)

- Ανακάλυψε την ομώνυμη αρχή...



39 (c) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φιναλές - Ρ/Η (H5c) 25-Ιουλ-14

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Μεσαίωνας

- Ανάπτυξη της **αλχημείας**
- Ανάπτυξη και τελειοποίηση τεχνικών διαχωρισμού φυσικών ουσιών.
- Ανακάλυψη πολλών νέων ουσιών (οινόπνευμα, αιθέρας, θειικό οξύ).
- Στόχοι:
  - Ανακάλυψη της "**φιλοσοφικής λίθου**" για τη μετατροπή σε χρυσό διαφόρων μη ευγενών μετάλλων (σίδηρου, χαλκού, κλπ).
  - Ανακάλυψη του "**ελιξήριου της ζωής**" για μακροζωία και διαρκή νεότητα.



40

© Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φινακέας - Ρ/Η (Φ5c)

25-Ιουλ-14

---

---

---

---

---

---

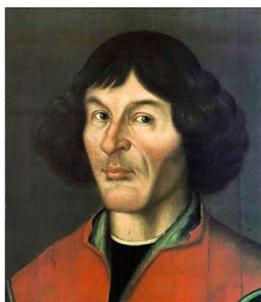
---

---

---

---

### Nicolaus Copernicus (1473-1543)



41

© Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φινακέας - Ρ/Η (Φ5c)

25-Ιουλ-14

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Nicolaus Copernicus (1473-1543)

- Τα πράγματα μπαίνουν στη θέση τους...
- **Ηλιοκεντρικό**
- Οι πλανήτες περιφέρονται γύρω από τον ήλιο.
- Η θεωρία δεν προέβλεπε τέλεια τις πλανητικές κινήσεις.
- ...αλλά η θεωρία αυτή ήταν πολύ ελκυστική για διάφορους λόγους...



42

© Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φινακέας - Ρ/Η (Φ5c)

25-Ιουλ-14

---

---

---

---

---

---

---

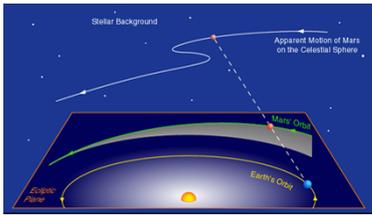
---

---

---

### Nicolaus Copernicus (1473-1543)

- ... “Φυσική” εξήγηση της ανάδρομης κίνησης: παρατηρείται καθώς οι πλανήτες περνάνε ο ένας τον άλλον.



43 (c) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός - Ρ/Η (Φ5c) 25-Ιουλ-14

---

---

---

---

---

---

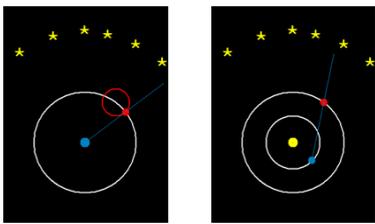
---

---

---

---

### Ptolemy vs Copernicus !!!



44 (c) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός - Ρ/Η (Φ5c) 25-Ιουλ-14

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Tycho Brahe (1546-1601)

- Οι ακριβείς μετρήσεις (~20 χρόνια παρατηρήσεων) του Brahe απαιτούσαν δραματικές αλλαγές στις κινήσεις των πλανητών.
- Και οι δυο θεωρίες δέχτηκαν ισχυρές πιέσεις από τις λεπτομέρειες του Brahe.



45 (c) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός - Ρ/Η (Φ5c) 25-Ιουλ-14

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Johannes Kepler (1571 – 1630)

- Μετά από ~1000 χρόνια σκέψης ήταν η πρώτη φορά που το θέμα των **μη-κυκλικών τροχιών** “μπήκε στο τραπέζι”.
- Οι επίκυκλοι δεν χρειαζότανε πλέον
- Οι λεπτομερείς παρατηρήσεις απαιτούσαν ριζοσπαστικούς τρόπους σκέψης για να εξηγηθούν.



46

© Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός - Ρ/Η (ΦΣ)

25-Ιουλ-14

---

---

---

---

---

---

---

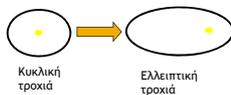
---

---

---

### Johannes Kepler (1571-1630)

- Ο Johannes Kepler αποδέχτηκε τις παρατηρήσεις του Tycho Brahe και προσπάθησε να τις εξηγήσει χρησιμοποιώντας άλγεβρα, τριγωνομετρία και γεωμετρία.
- Μετά από 10 χρόνια κατέληξε στο ότι οι τροχιές των πλανητών περιγράφονται καλύτερα από ελλείψεις παρά από κύκλους.



47

© Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός - Ρ/Η (ΦΣ)

25-Ιουλ-14

---

---

---

---

---

---

---

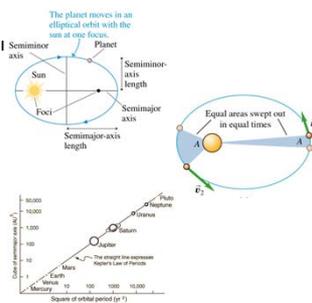
---

---

---

### Johannes Kepler (1571-1630)

- **Οι τρεις νόμοι του Kepler:**
  1. Όλοι οι πλανήτες κινούνται σε ελλειπτικές τροχιές, με τον ήλιο σε μια εστία της έλλειψης.
  2. Η ευθεία που ενώνει τον πλανήτη με τον ήλιο, σε ίσους χρόνους διαγράφει ίσα εμβαδά.
  3. Το τετράγωνο της περιόδου είναι ανάλογο του κύβου του μεγάλου ημιάξονα της ελλειπτικής τροχιάς.



48

© Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός - Ρ/Η (ΦΣ)

25-Ιουλ-14

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Μερικά κοινά σημεία...

- Φιλοσοφικές απόψεις όπως η πολυπλοκότητα και η συμμετρία, μπορούν να οδηγήσουν σε επαναστατικές σκέψεις.
- Μελέτη απόψεων που αρχικά φαινόταν εξωπραγματικές.
- Υπολογισμοί, παρατηρήσεις και συγκρίσεις με πειραματικά δεδομένα οδηγούν σε αλλαγές στις θεωρίες.
- Το ίδιο συνέβη και αργότερα: θεωρία της σχετικότητας, κβαντομηχανική, θεωρίες σωματιδιακών πεδίων.

49

(c) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός - Ρ/Η (ΦΣ)

25-Ιουλ-14

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Μια σημαντική διαφορά

- Οι "αρχαίες" θεωρίες εστίαζαν στην περιγραφή της κίνησης, σε εμπειρικούς νόμους, χωρίς να απαντούν στο "γιατί?".
- Συμμετρίες υπήρχαν στο σχήμα και στην κίνηση.
- Οι επόμενες εξελίξεις εστίασαν στους φυσικούς νόμους που κυβερνούν τις κινήσεις.
- Η καθαυτού κίνηση μπορεί να είναι πολύ σύνθετη, όμως οι νόμοι παρουσιάζουν μια εκπληκτική απλότητα, ομορφιά και συμμετρία.

50

(c) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός - Ρ/Η (ΦΣ)

25-Ιουλ-14

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Επιστημονική Επανάσταση

- Ο **sir Francis Bacon** (1561 – 1626) ("the father of science") στο βιβλίο του **novum organum** παρουσιάζει την:
  - **Επιστημονική μέθοδο:**
    1. Συλλογή αξιόπιστων δεδομένων
    2. Ταξινόμηση των δεδομένων
    3. Γενίκευση, πειρατισμός
    4. Δημιουργία υπόθεσης ή θεωρίας
    5. Απόδειξη της θεωρίας με επιπλέον πειράματα



51

(c) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός - Ρ/Η (ΦΣ)

25-Ιουλ-14

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Galileo Galilei (1564-1642)

- Βελτίωσε το τηλεσκόπιο
- Ανακάλυψε τους δορυφόρους του Δια.
- Ανακάλυψε το θερμόμετρο.
- Έδειξε ότι η γη κινείται και δεν είναι το κέντρο του σύμπαντος.
- Τον αποκαλούν:
  - Πατέρα της σύγχρονης αστρονομίας
  - Πατέρα της σύγχρονης φυσικής
  - Πατέρα της επιστήμης.



52

© Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός - Ρ/Η (ΦΣ)

25-Ιουλ-14

---

---

---

---

---

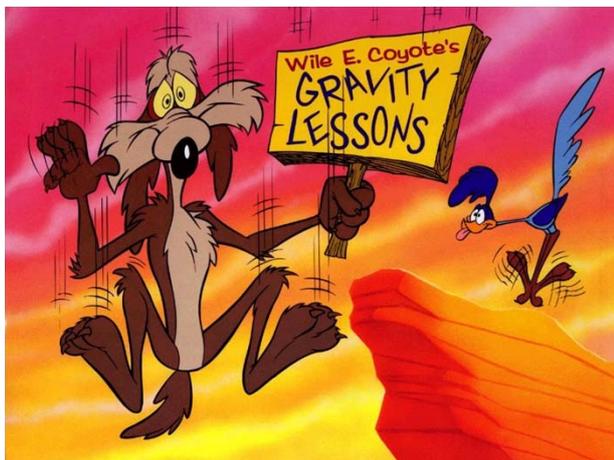
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### sir Isaac Newton (1643-1727)

- Στη μελέτη του: **"Philosophiae Naturalis Principia Mathematica"** (1687) περιγράφει το νόμο της παγκόσμιας έλξης και τους τρεις νόμους της κίνησης.
- Η ενοποίηση και ο ντετερμινισμός των νόμων του έπαιξε καθοριστικό ρόλο στην επιστημονική εξέλιξη και προώθησε τον "ηλιοκεντρισμό".



54

© Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός - Ρ/Η (ΦΣ)

25-Ιουλ-14

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### 18<sup>ος</sup> αιώνας

- Θερμοδυναμική (Robert Boyle, Thomas Young).
- 1746: ανακάλυψη του δοχείου Leyden (πυκνωτής)
- 1788: Ο Joseph Louis Lagrange εισάγει έναν νέο φορμαλισμό στη μηχανική χρησιμοποιώντας τον λογισμό των μεταβολών, την αρχή της ελάχιστης δράσης και τις εξισώσεις Euler-Lagrange.

55

© Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός - Ρ/Η (ΦΣ)

25-Ιουλ-14

---

---

---

---

---

---

---

---

### 19<sup>ος</sup> αιώνας

- 1800: Ο Alessandro Volta ανακαλύπτει τη μπαταρία.
- Michael Faraday, Georg Ohm, Christain Orsted: μελετούν τα φαινόμενα του ηλεκτρισμού και του μαγνητισμού.
- Ο Faraday δείχνει την παραγωγή κίνησης από τον ηλεκτρισμό (1821) και παρουσιάζει το νόμο της μαγνητικής επαγωγής (1831).



56

© Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός - Ρ/Η (ΦΣ)

25-Ιουλ-14

---

---

---

---

---

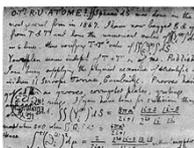
---

---

---

### 19<sup>ος</sup> αιώνας

- 1885: Ο James Clerk Maxwell δημιουργεί την ηλεκτρομαγνητική θεωρία.
- 1879: το φαινόμενο Hall δίνει ενδείξεις ότι οι φορείς του ηλεκτρισμού είναι αρνητικά φορτισμένοι.
- 1847: James Prescott Joule: Διατήρηση της ενέργειας



57

© Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός - Ρ/Η (ΦΣ)

25-Ιουλ-14

---

---

---

---

---

---

---

---

### 19<sup>ος</sup> αιώνας

- Roudolph Clausius: εντροπία και 2<sup>ος</sup> νόμος της θερμοδυναμικής.
- 1875: Ludwig Boltzmann: σχέση καταστάσεων ενός συστήματος και της εντροπίας του.
- 1876-1878 Josiah Willard Gibbs: θεωρητικός φορμαλισμός της θερμοδυναμικής, βάσεις της στατιστικής φυσικής.

58

© Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός - Ρ/Η (ΦΣ)

25-Ιουλ-14

---

---

---

---

---

---

---

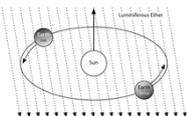
---

---

---

### 19<sup>ος</sup> αιώνας

- 1883: William Rowan Hamilton: εισάγει νέο φορμαλισμό με τη βοήθεια της "Χαμιλτονιανής" (100 χρόνια μετά θα βρει εφαρμογή στη κβαντική μηχανική)
- 1887: Michelson – Morley: έδειξαν ότι δεν υπάρχει ο "φωτοφόρος αιθέρας".
- 1895: Wilhelm Conrad Rontgen: αναλύει τις ακτίνες Χ.



59

© Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός - Ρ/Η (ΦΣ)

25-Ιουλ-14

---

---

---

---

---

---

---

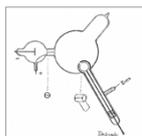
---

---

---

### 19<sup>ος</sup> αιώνας

- 1896: Henry Becquerel: ανακάλυψη της ραδιενέργειας
- 1897: J.J. Thomson μελετά τις καθοδικές ακτίνες.



60

© Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός - Ρ/Η (ΦΣ)

25-Ιουλ-14

---

---

---

---

---

---

---

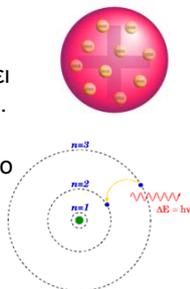
---

---

---

### 20<sup>ος</sup> αιώνας

- 1904: Ο Thomson εισάγει το πρώτο μοντέλο του ατόμου.
- 1911: Ο Rutherford υποδεικνύει την ύπαρξη πυρήνα στο άτομο.
- 1913: Ο Niels Bohr εισάγει το πρώτο κβαντομηχανικό μοντέλο για το άτομο.
- 1932: Ο James Chadwick ανακαλύπτει το νετρόνιο.



61

© Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός - Ρ/Η (Φ5ς)

25-Ιουλ-14

---

---

---

---

---

---

---

---

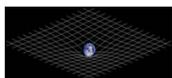
### 20<sup>ος</sup> αιώνας

- 1900: Παρουσιάζονται οι μετασχηματισμοί Lorentz (βασικές εξισώσεις της θεωρίας της σχετικότητας)
- 1905: ο Einstein παρουσιάζει την ειδική θεωρία της σχετικότητας.
- 1915: ο Einstein γενικεύει την ΕΘΣ για να καλύψει και τη βαρύτητα. Δημιουργείται έτσι η Γενική ΘΣ.

$$t' = \gamma \left( t - \frac{\vec{r} \cdot \vec{v}}{c^2} \right)$$

$$\vec{r}' = \vec{r}_\perp + \gamma (\vec{r}_\parallel - \vec{v}t)$$

$$\gamma \equiv \frac{1}{\sqrt{1 - \vec{v} \cdot \vec{v} / c^2}}$$



62

© Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός - Ρ/Η (Φ5ς)

25-Ιουλ-14

---

---

---

---

---

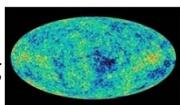
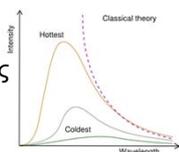
---

---

---

### 20<sup>ος</sup> αιώνας

- Αρχές του 1900: Max Planck, Einstein, Niels Bohr, κ.α., δημιουργούν κβαντικές θεωρίες για να εξηγήσουν το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο, την ακτινοβολία του μελανού σώματος,...
- 1925: Ο Wolfgang Pauli παρουσιάζει την απαγορευτική του αρχή εισάγοντας τις έννοιες του spin και των φερμιονίων.



63

© Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός - Ρ/Η (Φ5ς)

25-Ιουλ-14

---

---

---

---

---

---

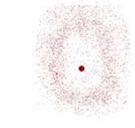
---

---

### 20<sup>ος</sup> αιώνας

- 1925: Ο Erwin Schrodinger θεμελιώνει την κυματομηχανική.
- 1925: Ο Werner Heisenberg παρουσιάζει τη μηχανική των πινάκων η οποία είναι ισοδύναμη με την κυματομηχανική.
- 1928: ο Paul Dirac παρουσιάζει τον σχετικιστικό φορμαλισμό της κυματομηχανικής και προβλέπει την ύπαρξη του ποζιτρονίου. Η κβαντική ηλεκτροδυναμική μόλις ξεκίνησε.

$$\left[ -\frac{\hbar^2}{2m}\nabla^2 + U(r) \right] \psi(r) = E\psi(r).$$



$$\mathcal{L} = \bar{\psi}(i\gamma^\mu D_\mu - m)\psi - \frac{1}{4}F_{\mu\nu}F^{\mu\nu}.$$

64

© Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός - Π/Η (ΦΣ)

25-Ιουλ-14

---

---

---

---

---

---

---

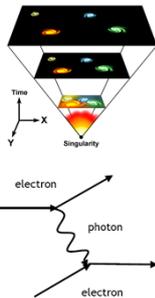
---

---

---

### 20<sup>ος</sup> αιώνας

- 1929: Ο Edwin Hubble ανακαλύπτει τη απομάκρυνση των γαλαξιών (διαστελλόμενο σύμπαν)
- 1940: Ο George Gamow προτείνει τη θεωρία του Big Bang.
- 1947: Οι Shockley, Brattain, Bardeen ανακαλύπτουν το Transistor.
- Ο Richard Feynman κ.α. δημιουργούν τη θεωρία του κβαντικού πεδίου. Το 1954 δημιουργούνται οι πρώτες θεωρίες βαθμίδας που παρέχουν το υπόβαθρο του Standard Model.



65

© Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός - Π/Η (ΦΣ)

25-Ιουλ-14

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Σήμερα...

- Θεωρία χορδών
- Θερμοδυναμική μελανών οπών
- Fractals & scaling
- Πολύπλοκα συστήματα & χάος
- Θερμοδυναμική σε καταστάσεις μη-ισορροπίας
- Νανοτεχνολογία
- Κυψελωτα αυτόματα (Cellular automata)
- Ανθρωπική αρχή (anthropic principle)



66

© Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός - Π/Η (ΦΣ)

25-Ιουλ-14

---

---

---

---

---

---

---

---

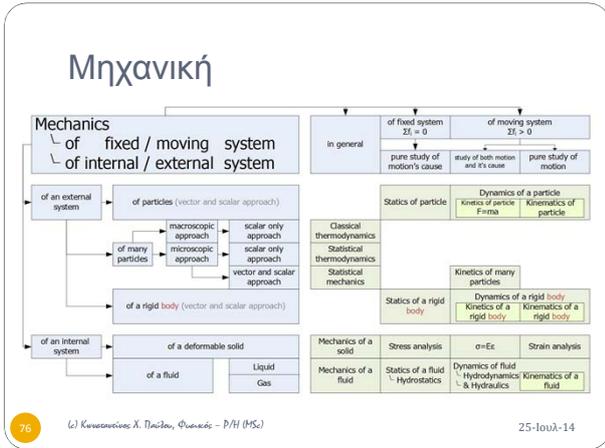
---

---










---

---

---

---

---

---

---

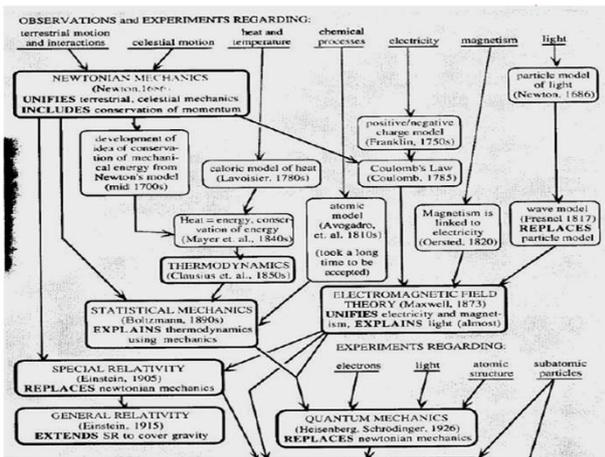
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

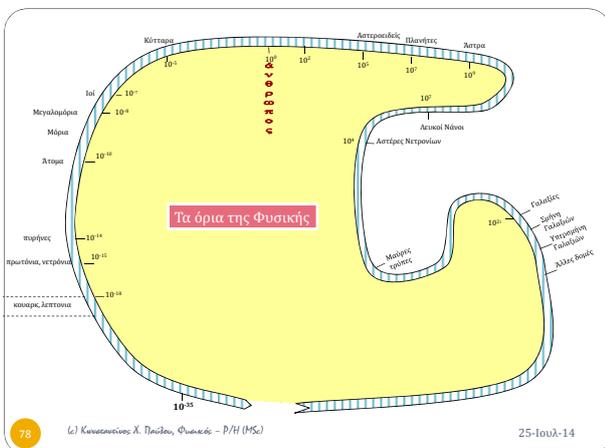
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---