

# Ιστορία των Θετικών Επιστημών

Ενότητα 12: Ο Ηλεκτρομαγνητισμός  
και η Θεωρία Πεδίου

Ευθύμιος Ντάλλας

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Τμήμα: Ιστορίας, Αρχαιολογίας, Κοινωνικής  
Ανθρωπολογίας

# Σκοποί Ενότητας

Η κατανόηση του πώς η πειραματική μελέτη των ηλεκτρικών και μαγνητικών φαινομένων οδήγησε στην πρώτη ενοποιημένη θεωρία της φυσικής και σε πολύ σημαντικές πρακτικές εφαρμογές.

# Περιεχόμενα Ενότητας

1. Μαγνητίτης και ήλεκτρο
2. Η Πυξίδα
3. Κεραυνοί και ηλεκτρικά χέλια
4. Περεγκρίνους (13ος αι.)
5. Κάρντανο (1501-1576)
6. Γκίλμπερτ (1544-1603)
7. Στατικός ηλεκτρισμός
8. Ηλεκτρικό ρεύμα
9. Η πρώτη ενοποίηση
10. Η δεύτερη ενοποίηση
11. Εξισώσεις του Μάξγουελ
12. Πρακτικές εφαρμογές

# Ο Ηλεκτρομαγνητισμός και η Θεωρία Πεδίου

# Μαγνητίτης και ήλεκτρο

- ▶ Ο μαγνητίτης ήταν γνωστός από το ~900 πΧ
- ▶ Ο πρώτος που περιέγραψε τις ιδιότητες του ήλεκτρου ήταν ο Θαλής (~600 πΧ)



Μαγνητίτης  
(1)



Ήλεκτρο  
(2)

# Η πυξίδα

- ▶ Η ιδιότητα του μαγνήτη να δείχνει το βορρά ανακαλύφθηκε από τους Κινέζους (~200 πΧ)
- ▶ Υπάρχουν ενδείξεις ότι ήταν γνωστή στους Ολμέκους του Μεξικού 900 χρόνια νωρίτερα
- ▶ Αλλά η πυξίδα χρησιμοποιήθηκε στη ναυσιπλοΐα μετά το 1000
- ▶ Στην Ευρώπη έφτασε το 1200



Μοντέλο πρώιμης  
κινέζικης πυξίδας  
(3)



Ευρωπαϊκή πυξίδα  
του 18<sup>ου</sup> αι.  
(4)

# Κεραυνοί και ηλεκτρικά χέλια

- ▶ Οι αρχαίοι αιγύπτιοι παρατήρησαν τα ηλεκτροφόρα ψάρια του Νείλου (~2750 πΧ)
- ▶ Οι Άραβες ονόμασαν το συγκεκριμένο ψάρι “κεραυνό”, μια πρώτη ένδειξη για την προσπάθεια συσχέτισης των δύο φαινομένων (15ος αι.)



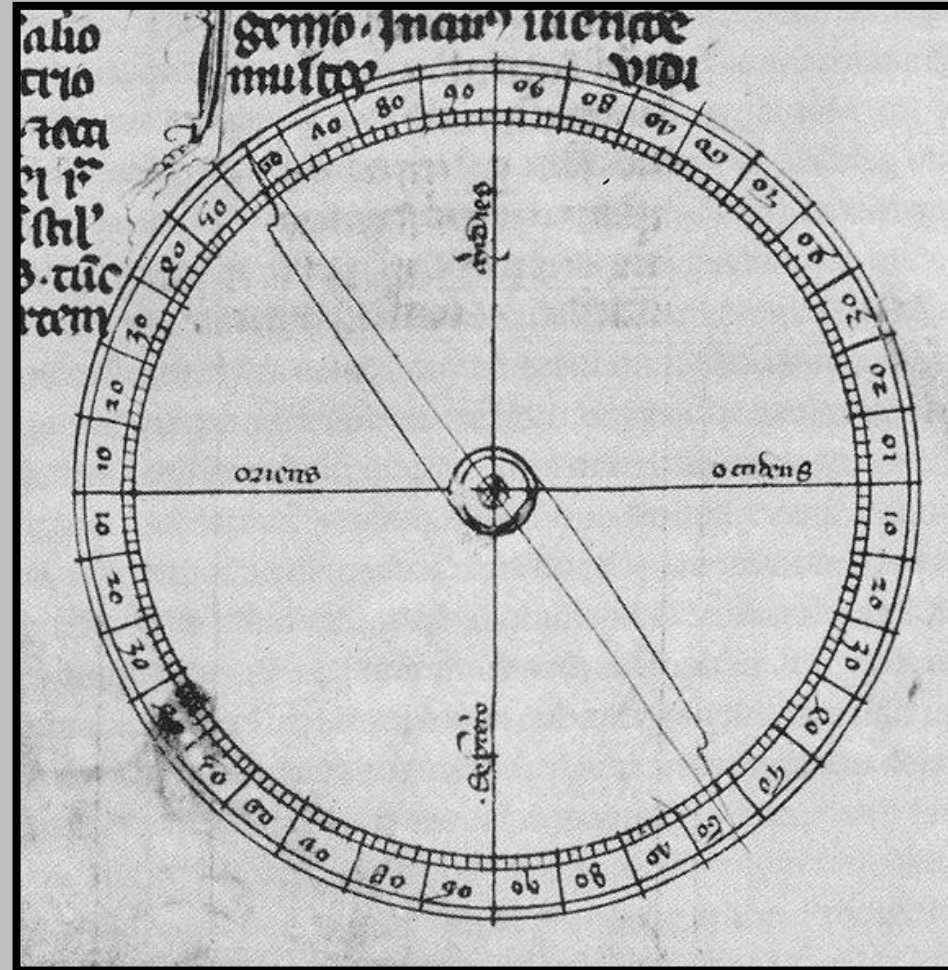
*Malapterurus electricus* (5)



*Torpedo fuscomaculata* (6)

# Περεγκρίνους (13<sup>ος</sup> αι.)

- ▶ Μελέτησε τα μαγνητικά φαινόμενα
- ▶ Περιγράφει πώς να βρεις του πόλους της πυξίδας
- ▶ Μιλάει για μαγνητική έλξη και άπωση
- ▶ Προτείνει το μαγνητικό αεικίνητο

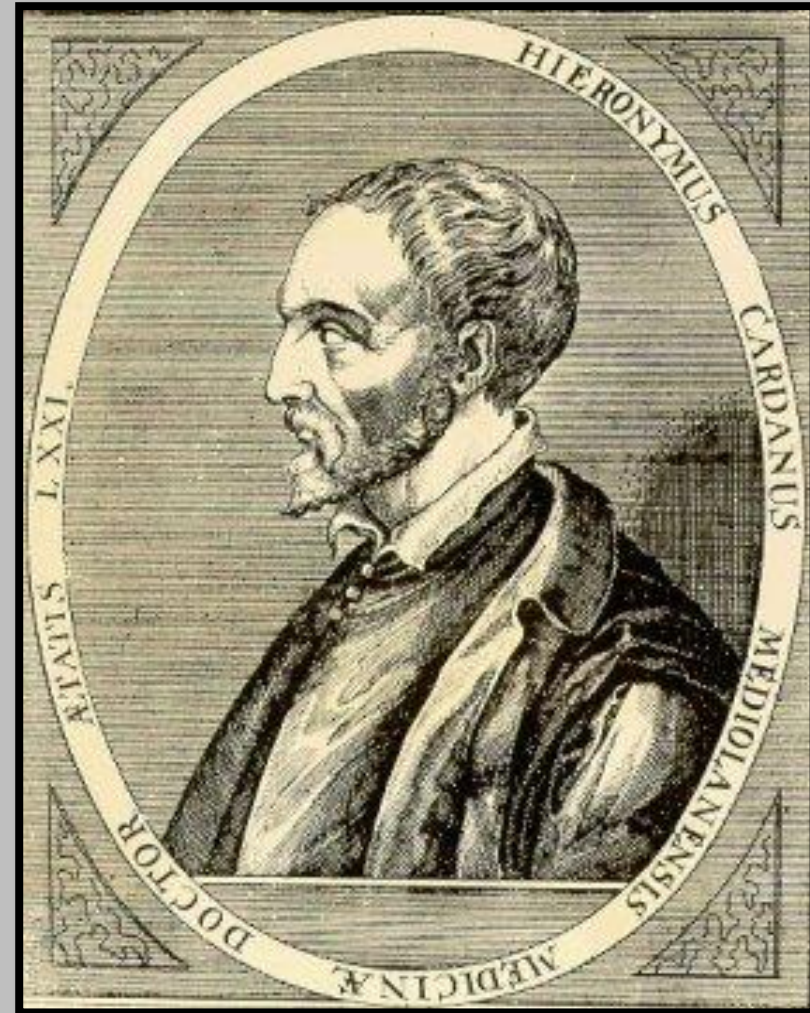


Ο Petrus Peregrinus de Maricourt έγραψε το βιβλίο *Epistola Petri Peregrini de Maricourt ad Sygerum de Foucaucourt, militem, de magnete* που έμεινε γνωστό απλώς ως «Επιστολή για τον μαγνήτη». Από αυτό το βιβλίο είναι το σχεδιάγραμμα της πυξίδας



# Κάρντανο (1501-1576)

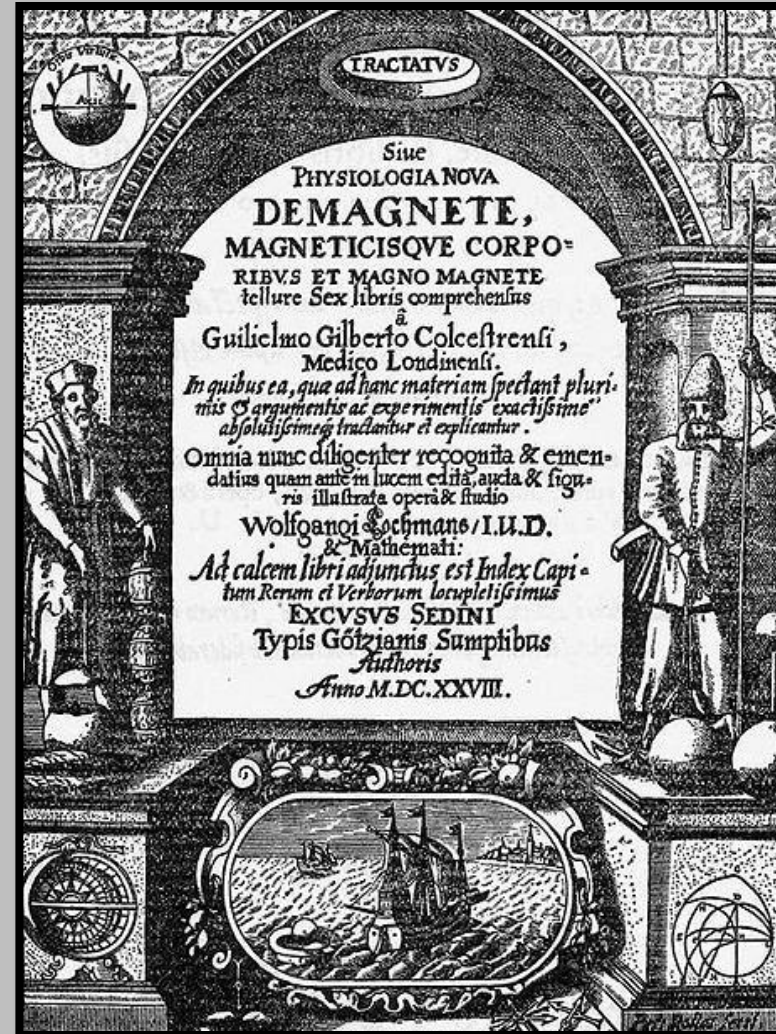
- ▶ Ο ιταλός Κάρντανο διαχώρισε τις μαγνητικές από τις ηλεκτρικές δυνάμεις
- ▶ Τα μόνα αεικίνητα είναι τα ουράνια σώματα



Ο Κάρντανο  
(Gerolamo Cardano,  
1501-1576)

# Γκίλμπερτ (1544-1603)

- ▶ Πρωτοποριακό σύγγραμμα σε 6 βιβλία:
  - Ιστορική ανασκόπηση του μαγνητισμού
  - Διαχωρισμός μεταξύ ηλεκτρισμού και μαγνητισμού
  - Τα πειράματα με τη μαγνητική σφαίρα (terrella)
  - Η μεταβολή του μαγνητικού βορρά ανά τοποθεσία
  - Η κλίση της πυξίδας στο κατακόρυφο επίπεδο
  - Μαγνητική θεωρία της κίνησης
- ▶ Απέδειξε ότι η Γη είναι μαγνήτης
- ▶ Αν και μυστικιστής, ο William Gilbert θεωρείται πρωτοπόρος της πειραματικής έρευνας



Το βιβλίο «Περί του Μαγνήτη»

# Στατικός ηλεκτρισμός

- ▶ Η μελέτη του μαγνητισμού γίνεται εύκολα
- ▶ Η μελέτη του στατικού ηλεκτρισμού απαιτεί εξοπλισμό:
  - 1660: κατασκευή της ηλεκτροστατικής γεννήτριας
  - 1729: διαχωρισμός των καλών και των κακών αγωγών
  - 1747: κατασκευή του πυκνωτή
  - 1752: ερμηνεία του κεραυνού
  - 1784: νόμος της ηλεκτροστατικής έλξης



Ο Φρανγκλίνος (Benjamin Franklin, 1706-1790) πετάει τον χαρταετό στην καταιγίδα για να αποδείξει ότι ο κεραυνός είναι ηλεκτρισμός

(10)



# Ηλεκτρικό ρεύμα

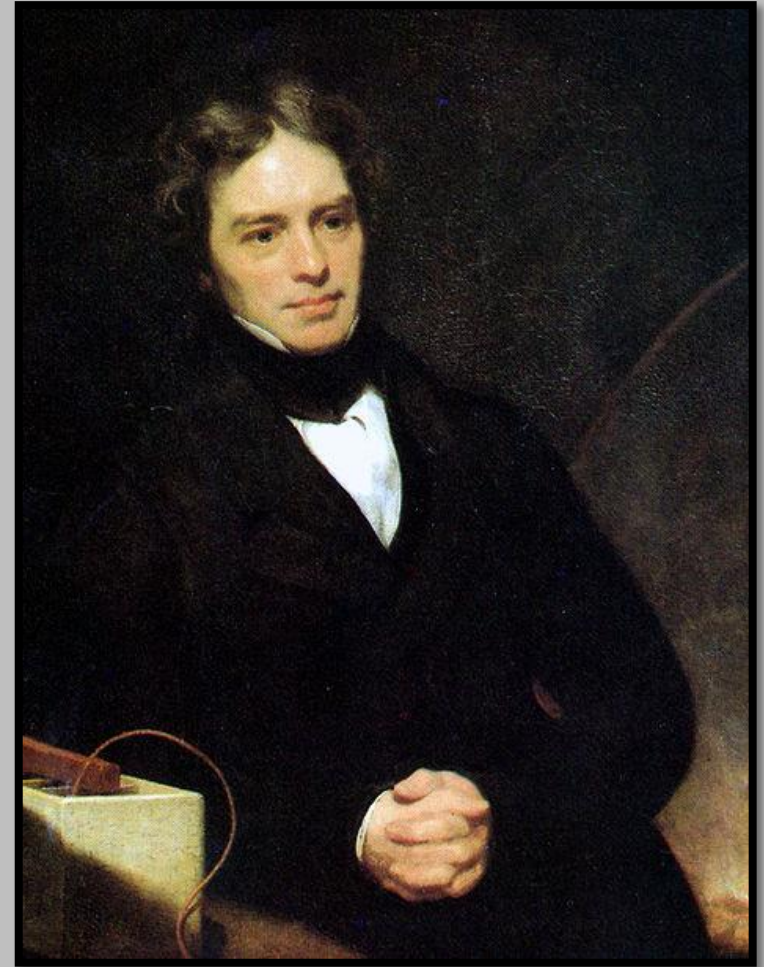
- ▶ Το 1800 ο Βόλτα έφτιαξε την πρώτη μπαταρία
- ▶ Το 1821 ο Αμπέρ ερμήνευσε το ηλεκτρικό ρεύμα
- ▶ Το 1831 ο Φάρανταϋ απέφάνθει ότι ο στατικός και ο γαλβανικός ηλεκτρισμός είναι το ίδιο φαινόμενο



Η μπαταρία του Βόλτα  
(11)

# Η πρώτη ενοποίηση

- ▶ Το 1819 ο Όρσεντ ανακάλυψε ότι το ηλεκτρικό ρεύμα επιδρά στη μαγνητική βελόνα
- ▶ Το 1855 ο Φάρανταϋ ολοκληρώνει τα πειράματά του και δείχνει ότι και η κίνηση ενός μαγνήτη επιδρά στο ηλεκτρικό ρεύμα



Ο Φάρανταϋ  
(Michael Faraday, 1791-1867)  
(12)

# Η δεύτερη ενοποίηση

- ▶ Το 1864 ο Μάξγουελ παρουσίασε την ηλεκτρομαγνητική θεωρία για το φως
- ▶ Το 1887 ο Χέρτζ παρήγαγε τα ραδιοκύματα, αποδεικνύοντας τη θεωρία του Μάξγουελ



Ο Μάξγουελ  
(James Clerk  
Maxwell, 1831-1879)

(13)

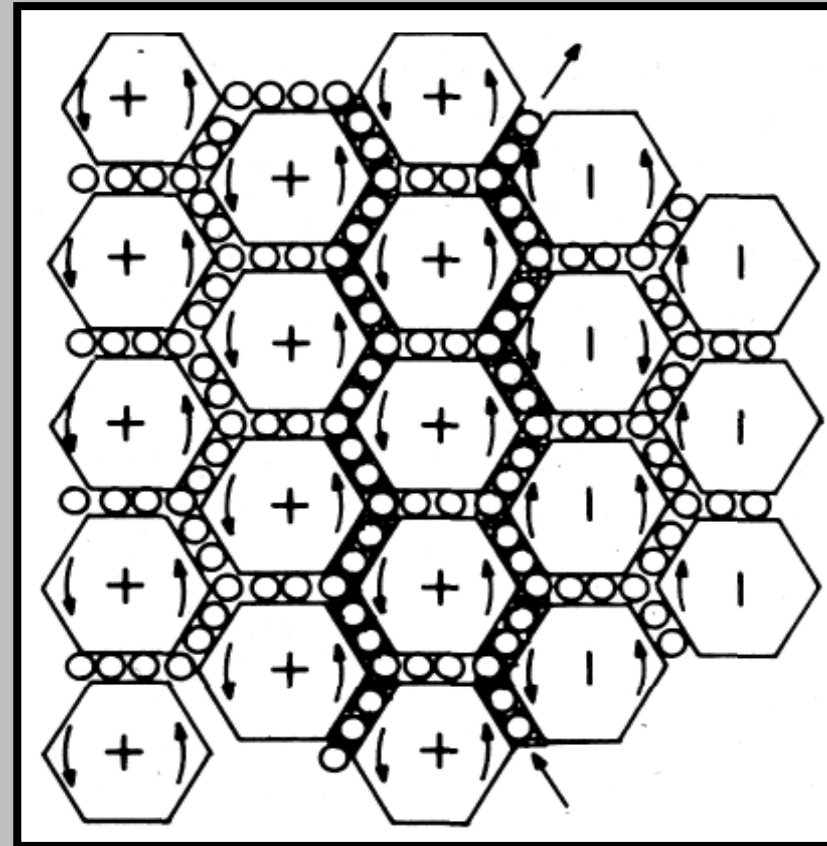
# Εξισώσεις του Μάξγουελ

- ▶ Ο Μάξγουελ πρότεινε και μηχανιστική και μαθηματική ερμηνεία
- ▶ Σήμερα δεχόμαστε μόνο τη δεύτερη

Οι εξισώσεις του Μάξγουελ

(14)

$$\begin{aligned}\nabla \cdot \mathbf{E} &= \frac{\rho_f}{\epsilon} \\ \nabla \cdot \mathbf{B} &= 0 \\ \nabla \times \mathbf{E} &= -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \\ \nabla \times \mathbf{B} &= \mu \mathbf{J}_f + \mu \epsilon \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t}\end{aligned}$$

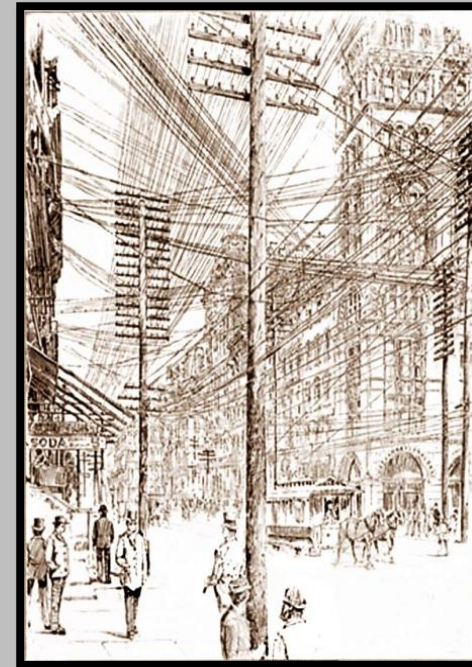


Το μηχανιστικό μοντέλο. Τα εξάγωνα αντιπροσωπεύουν δίνες, οι μικροί κύκλοι μεταξύ τους τα σωματίδια που έχουν σχέση με τον ηλεκτρισμό. Τα σωματίδια και οι δίνες υποτίθεται ότι κυλίνουν το ένα πάνω στο άλλο και έτσι παράγουν το φαινόμενο που περιγράφουμε ως ηλεκτρομαγνητισμό

(15)

# Πρακτικές εφαρμογές

- ▶ Αν η έρευνα στον χώρο του ηλεκτρομαγνητισμού ήταν εντατική, η πρακτική του εφαρμογή ήταν πραγματικά ραγδαία
- ▶ 1832: τηλέγραφος
- ▶ 1870: ηλεκτρικός λαμπτήρας
- ▶ 1871: τηλέφωνο
- ▶ 1882: δίκτυο ρεύματος
- ▶ 1896: ραδιοτηλέγραφος
- ▶ 1901: υπερατλαντική ασύρματη επικοινωνία
- ▶ 1906: ραδιόφωνο
- ▶ 1935: τέλεξ



Άποψη της Νέας  
Υόρκης τη δεκαετία του  
1890

(17)

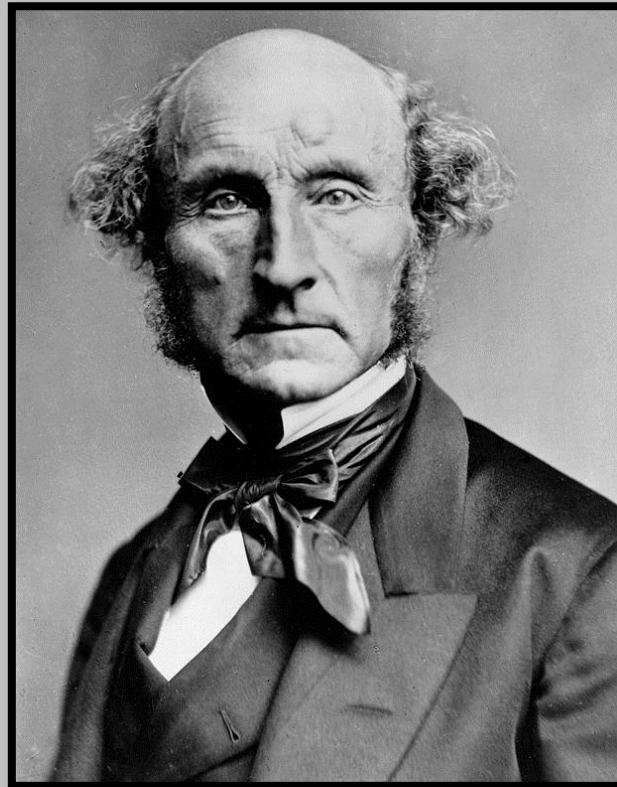


Το πρώτο τηλεγράφημα που έστειλε ο Μορς (Samuel F. B. Morse) από την Ουάσιγκτον στη Βαλτιμόρη το 1844 (16)



# ΣΤΟ ΕΠΌΜΕΝΟ...

- ▶ Η επιστημολογία από το 1800 έως το 1950



John Stuart Mill

(18)

Τέλος Ενότητας

# Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας**» 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.



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



# 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.

# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων 1

- Εικόνα 1: <" Magnetite"><Δημιουργός: Benjamint444>"><CCBYSA> < <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Magnetite444.jpg>><Wikimedia Commons>
- Εικόνα 2: <" Amber - Bernstein"><Δημιουργός: Oxfordian Kissuth>"><CCBYSA> < [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Amber\\_-\\_Bernstein\\_02.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Amber_-_Bernstein_02.jpg)><Wikimedia Commons>
- Εικόνα 3: <" Model Si Nan of Han Dynasty"><Δημιουργός: Typo>"><CCBYSA> < [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Model\\_Si\\_Nan\\_of\\_Han\\_Dynasty.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Model_Si_Nan_of_Han_Dynasty.jpg)><Wikimedia Commons>
- Εικόνα 4: <" Bearing compass"><Δημιουργός: Fanny Schertzer>"><CCBYSA> < [http://en.wikipedia.org/wiki/File:Bearing\\_compass.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Bearing_compass.jpg)><Wikimedia Commons>
- Εικόνα 5: <" Malapterurus electricus"><Δημιουργός: Stan Shebs>"><CCBYSA> < [http://en.wikipedia.org/wiki/File:Malapterurus\\_electricus\\_1.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Malapterurus_electricus_1.jpg)><Wikimedia Commons>
- Εικόνα 6: <" Torpedo fuscomaculata"><Δημιουργός: Mkleine>"><CCBYSA> < [http://en.wikipedia.org/wiki/File:Torpedo\\_fuscomaculata2.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Torpedo_fuscomaculata2.jpg)><Wikimedia Commons>
- Εικόνα 7: <" Epistola-de-magnete"><Δημιουργός: Petrus de Maricourt>"><PD> < <http://pcd.wikipedia.org/wiki/Fichier:Epistola-de-magnete.jpg>><Wikimedia Commons>
- Εικόνα 8: <" Jérôme Cardan"><Δημιουργός: Άγνωστος><PD> < [http://en.wikipedia.org/wiki/File:Jer%C3%B4me\\_Cardan.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Jer%C3%B4me_Cardan.jpg)><Wikimedia Commons>
- Εικόνα 9: <" De Magnete Title Page 1628 edition"><Δημιουργός: Άγνωστος><PD> < [http://en.wikipedia.org/wiki/File:De\\_Magnete\\_Title\\_Page\\_1628\\_edition.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:De_Magnete_Title_Page_1628_edition.jpg)><Wikimedia Commons>
- Εικόνα 10: <" Franklin lightning engraving"><Δημιουργός: Le Roy C. Cooley><PD> < [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Franklin\\_lightning\\_engraving.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Franklin_lightning_engraving.jpg)><Wikimedia Commons>
- Εικόνα 11: <" Volta Battery"><Δημιουργός: GuidoB><CCBYSA> < <http://en.wikipedia.org/wiki/File:VoltaBattery.JPG>><Wikimedia Commons>
- Εικόνα 12: <" M Faraday Th Phillips oil 1842"><Δημιουργός: Thomas Phillips><PD> < [http://en.wikipedia.org/wiki/File:M\\_Faraday\\_Th\\_Phillips\\_oil\\_1842.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:M_Faraday_Th_Phillips_oil_1842.jpg)><Wikimedia Commons>

# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων 2

- Εικόνα 13: <" James Clerk Maxwell as a young man. Pre-1923 photograph (he died 1879)"><Δημιουργός: Άγνωστος><PD> <<http://en.wikipedia.org/wiki/File:YoungJamesClerkMaxwell.jpg>><Wikimedia Commons>
- Εικόνα 14: <Εξισώσεις του Maxwell><Δημιουργός: Maxwell><PD><[http://en.wikipedia.org/wiki/Maxwell%27s\\_equations](http://en.wikipedia.org/wiki/Maxwell%27s_equations)><Wikimedia Commons>
- Εικόνα 15: <Το μηχανιστικό μοντέλο><Δημιουργός: Maxwell><PD>< [http://nemo-ieee.org/images/Fig\\_1\\_EtherModel.jpg](http://nemo-ieee.org/images/Fig_1_EtherModel.jpg)>< <http://nemo-ieee.org/aboutthelogo.html>>
- Εικόνα 16: <" The First Telegraph"><Δημιουργός: Samuel F. B. Morse><PD> < [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:The\\_First\\_Telegraph.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:The_First_Telegraph.jpg)><Wikimedia Commons>
- Εικόνα 17: <" New York utility lines in 1890"><Δημιουργός: Άγνωστος><PD> <[http://commons.wikimedia.org/wiki/File:New\\_York\\_utility\\_lines\\_in\\_1890.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:New_York_utility_lines_in_1890.jpg)><Wikimedia Commons>
- Εικόνα 18: <" John Stuart Mill by London Stereoscopic Company, c1870"><Δημιουργός: London Stereoscopic Company><PD> <[http://en.wikipedia.org/wiki/File:John\\_Stuart\\_Mill\\_by\\_London\\_Stereoscopic\\_Company,\\_c1870.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:John_Stuart_Mill_by_London_Stereoscopic_Company,_c1870.jpg)><Wikimedia Commons>