

**Αυτεπαγωγή. Μία ακόμα  
έκφραση της  
ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής.**

**Γ. Πανταζής**

Τι (πρέπει να) γνωρίζουμε;

Το μαγνητικό πεδίο του σωληνοειδούς:  $B = \mu_0 \frac{N}{l} i$

Μαγνητική ροή σε επιφάνεια:  $\Phi = BA \sin \varphi$

Το νόμο της επαγωγής:  $E_{\text{επ}} = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$

Όπου:

$B$ , η ένταση του μαγνητικού πεδίου.

$N, l$  οι σπείρες και το μήκος του σωληνοειδούς

$\Phi$ , η μαγνητική ροή

$A$ , το εμβαδόν

$\varphi$ , η γωνία ανάμεσα στο διάνυσμα που προσανατολίζει την επιφάνεια και το  $B$

$i$ , η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει το σωληνοειδές

$E_{\text{επ}}$ , η ΗΕΔ από επαγωγή

$\mu_0$ , η μαγνητική διαπερατότητα του κενού.

ΓΙΑΤΙ ΟΤΑΝ  
ΜΕΤΑΒΑΛΕΤΑΙ ΤΟ  
ΡΕΥΜΑ ΣΕ ΈΝΑ  
ΠΗΝΙΟ,  
ΠΕΡΙΜΕΝΟΥΜΕ ΝΑ  
ΑΝΑΠΤΥΧΘΕΙ ΗΕΔ  
ΑΠΟ ΕΠΑΓΩΓΗ ΣΕ  
ΑΥΤΟ;

Μεταβολή ρεύματος  $\Delta i$  στο πηνίο

Μεταβολή της έντασης του  
Μαγνητικού πεδίου

Μεταβολή ροής  $\Delta \Phi$  στις σπείρες  
του πηνίου

Εμφάνιση  $E_{επ}$  στο πηνίο

Αυτή η ΗΕΔ ονομάζεται, ειδικότερα,  
ΗΕΔ αυτεπαγωγής, γιατί προκύπτει  
από μεταβολές στο ίδιο το πηνίο

# Υπολογισμοί:

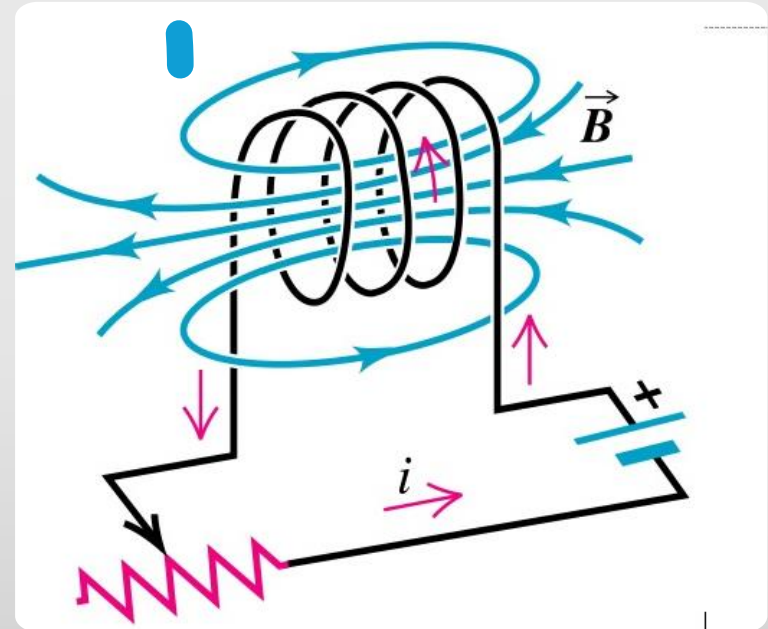
Αν μεταβληθεί κατά  $\Delta i$  η ένταση ρεύματος στο σωληνοειδές, τότε μεταβάλλεται και η ένταση μαγνητικού πεδίου στο εσωτερικό του:

- $\Delta B = \mu_0 \frac{N}{l} \Delta i$

Άρα, μεταβάλλεται και η μαγνητική ροή στις σπείρες του:

- $\Delta \Phi = A \Delta B = \mu_0 \frac{NA}{l} \Delta i$  και επάγεται ΗΕΔ

- $E_{\varepsilon\pi} = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = -\mu_0 \frac{N^2 A}{l} \frac{\Delta i}{\Delta t}$



Στην τελευταία σχέση:

$$\bullet E_{\varepsilon\pi} = -\mu_0 \frac{N^2 A \Delta i}{l \Delta t}$$

η ποσότητα  $\mu_0 \frac{N^2 A}{l}$  περιέχει μόνο σταθερές και μεγέθη χαρακτηριστικά του σωληνοειδούς πηνίου.

Σε περίπτωση που το πηνίο έχει  
σιδηρομαγνητικό πυρήνα,  
μαγνητικής διαπερατότητας  $\mu$ ,  
 $L = \mu \mu_0 \frac{N^2 A}{l}$ .

Θέτουμε:  $L = \mu_0 \frac{N^2 A}{l}$ .

Το  $L$  έχει διαστάσεις μαγνητικής ροής προς ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος, ονομάζεται συντελεστής αυτεπαγωγής πηνίου, μετρείται σε Henry (H) και με τη βοήθεια του τελικά γράφουμε:

$$\Phi = \frac{L}{N} I \Rightarrow L = N \frac{\Phi}{I}$$

$$E_{\text{αυτεπ.}} = -L \frac{\Delta i}{\Delta t}$$



# Joseph Henry

- **Αμερικανός φυσικός** (17/12/1797-13/5/1878).
- Ο πρώτος διευθυντής του ιδρύματος Smithsonian.
- Ο πρώτος πρόεδρος της Ακαδημίας Φυσικών Επιστημών των Η.Π.Α.
- Βελτίωσε τη σχεδίαση του ηλεκτρομαγνήτη.
- Κατασκεύασε έναν από τους πρώτους ηλεκτροκινητήρες.
- Τελειοποίησε το ηλεκτρομαγνητικό ρελέ που αποτέλεσε βασικό εξάρτημα για την κατασκευή του τηλέγραφου.
- Ανακάλυψε το φαινόμενο της αυτεπαγωγής. (Δεν δημοσίευσε τα αποτελέσματά του)
- **Η μονάδα του συντελεστή αυτεπαγωγής έχει ονομαστεί Henry προς τιμή του.**

# ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

- Ο νόμος της επαγωγής  $E_{\varepsilon\pi} = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$
- Παίρνει την ειδικότερη μορφή  $E_{\alpha\nu\tau\varepsilon\pi.} = -L \frac{\Delta i}{\Delta t}$

Η τιμή του  $L$  εξαρτάται από

- 🍷 τον αριθμό σπειρών του πηνίου
- 🍷 τη διατομή των σπειρών και το μήκος του πηνίου
- 🍷 το υλικό του πυρήνα του πηνίου

# ΤΙ ΠΕΡΙΜΕΝΟΥΜΕ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΟΛΙΚΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΗΕΔ ΑΥΤΕΠΑΓΩΓΗΣ

ΌΤΑΝ ΑΥΞΑΝΕΤΑΙ  
Η ΕΝΤΑΣΗ ΤΟΥ  
ΡΕΥΜΑΤΟΣ;

ΌΤΑΝ ΜΕΙΩΝΕΤΑΙ  
Η ΕΝΤΑΣΗ ΤΟΥ  
ΡΕΥΜΑΤΟΣ;

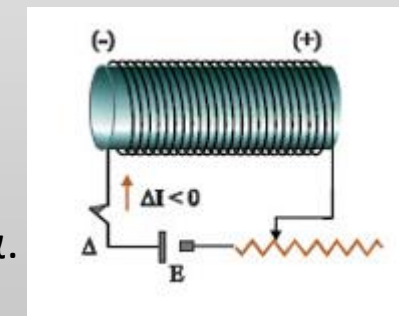
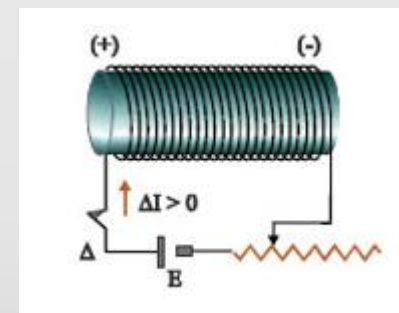
# ΑΥΤΕΠΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΚΑΝΟΝΑΣ LENZ

- Το επαγωγικό ρεύμα έχει τέτοια φορά ώστε να αντιτίθεται στην αιτία που το προκαλεί. (Κανόνας LENZ). Η ΗΕΔ αυτεπαγωγής θα έχει τέτοια πολικότητα, ώστε να αντιστέκεται στη μεταβολή έντασης που την προκαλεί.

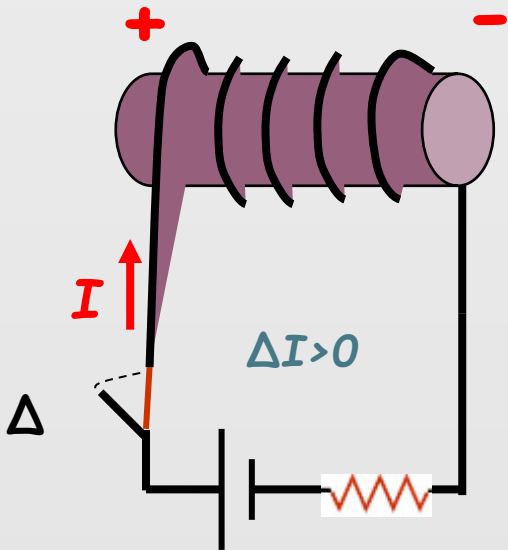
- Αν το ρεύμα που διαρρέει ένα πηνίο αυξάνεται στο πηνίο δημιουργείται ηλεκτρεγερτική δύναμη που αντιστέκεται στην αύξηση του ρεύματος.

(Δεν την απαγορεύει)

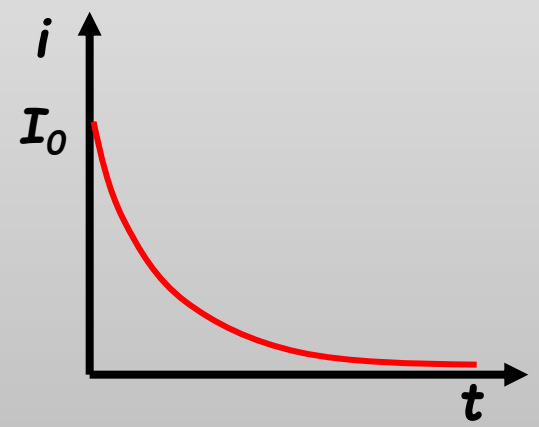
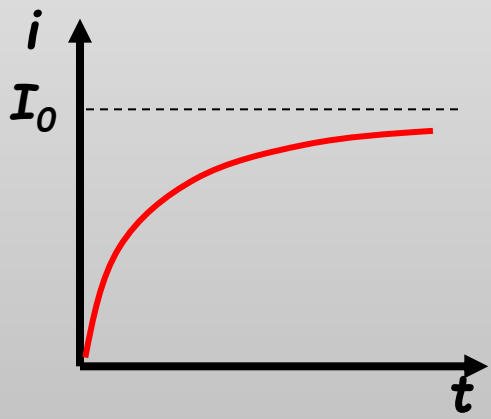
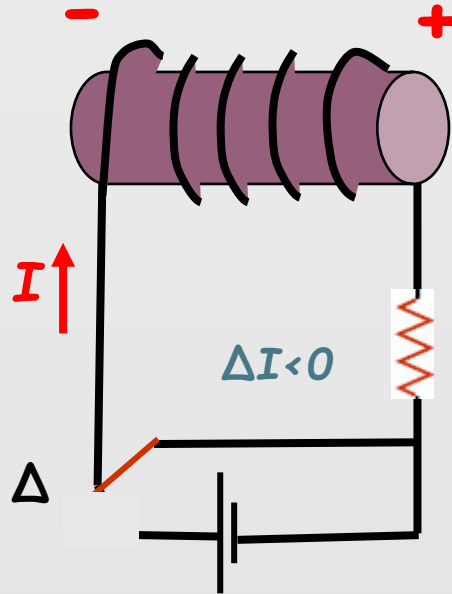
- Αν το ρεύμα στο πηνίο μειώνεται, η ηλεκτρεγερτική δύναμη που δημιουργείται, αντιστέκεται στη μείωση, άρα έχει πολικότητα που τείνει να διατηρήσει το υπάρχον ρεύμα.



Κλείσιμο διακόπτη



Άνοιγμα διακόπτη



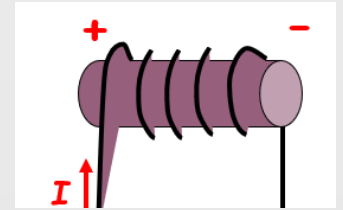
Η αυτεπαγωγή είναι ιδιότητα των κυκλωμάτων αντίστοιχη με την αδράνεια των σωμάτων.

Αυτεπαγωγή εμφανίζουν όλα τα κυκλώματα.

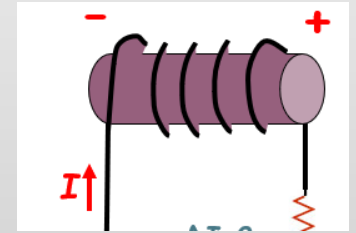
- Τα σώματα αντιστέκονται στη μεταβολή της ταχύτητάς τους.
- Μέτρο της αδράνειας των σωμάτων είναι η μάζα τους.
  - $\Sigma F = m \frac{\Delta u}{\Delta t}$

- Τα κυκλώματα αντιστέκονται στη μεταβολή του ρεύματος που τα διαρρέει.
- Μέτρο της αδράνειας των κυκλωμάτων είναι ο συντελεστής αυτεπαγωγής τους.
  - $E_{\text{αυτεπ.}} = -L \frac{\Delta i}{\Delta t}$

# ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ



- Στο κλείσιμο διακόπτη, στο σωληνοειδές εμφανίζεται τάση και διαρρέεται από ρεύμα, άρα παρέχεται ισχύς, άρα αποταμιεύεται ενέργεια.
- Στο άνοιγμα διακόπτη το σωληνοειδές παρέχει τάση και ρεύμα άρα είχε αποταμιευμένη ενέργεια.



- Αποδεικνύεται πως η ενέργεια που έχει αποθηκευτεί σε ρευματοφόρο σωληνοειδές, ισούται με: 
$$U = \frac{1}{2} Li^2 \quad (K = \frac{1}{2} mu^2)$$

# Μελέτη κυκλώματος όπου κλείνει ο διακόπτης (μαγνήτιση πηνίου)

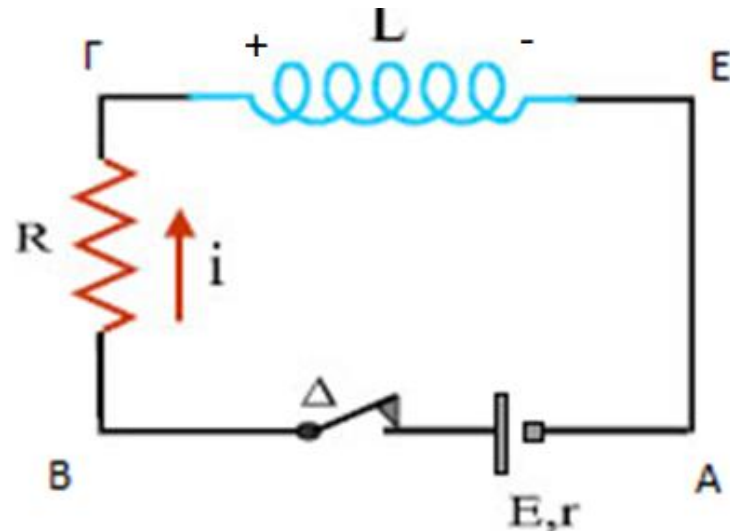
Η εφαρμογή του **δεύτερου κανόνα του Κίρχοφ**, στο κύκλωμα δίνει:

$$\bullet V_{AB} + V_{B\Gamma} + V_{\Gamma E} + V_{EA} = 0 \Rightarrow$$

$$E - Ir + (-IR) + \left(-L \frac{\Delta i}{\Delta t}\right) + 0 = 0 \Rightarrow$$
$$E - Ir - IR - L \frac{\Delta i}{\Delta t} = 0$$

Που γράφεται και ως:

$$\mathbf{E} - \mathbf{IR}_{ολ} - |\mathbf{E}_{αντ}| = \mathbf{0}$$



# Μελέτη κυκλώματος μαγνήτισης πηνίου

**Αμέσως μετά το κλείσιμο του διακόπτη  
( $t=0$ )**

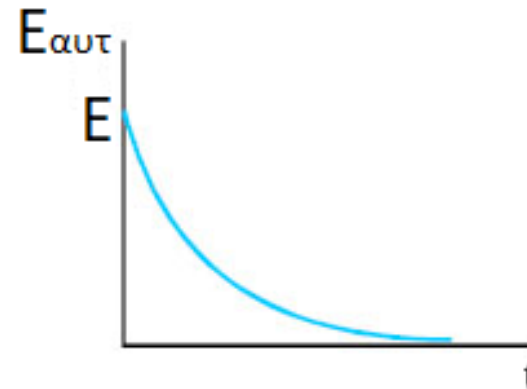
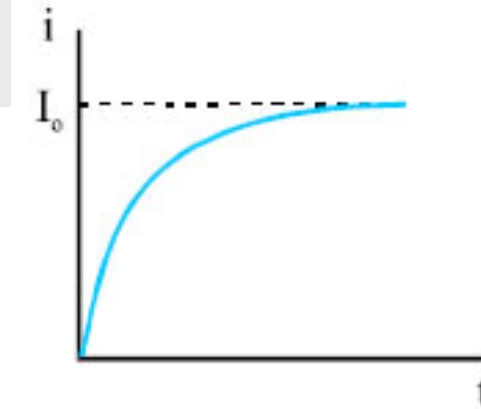
$$I=0, \text{ \acute{a}\rho\alpha } E = |E_{\alpha\upsilon\tau}| \text{ \acute{\eta} } L \frac{\Delta i}{\Delta t} = E \text{ και } \frac{\Delta i}{\Delta t} = \frac{E}{L}.$$

**Μετά από αρκετό χρόνο ( $t \rightarrow \infty$ )**

$I = \text{σταθερό} \text{ \acute{\eta} } \Delta I = 0 \text{ \acute{\eta} } E_{\alpha\upsilon\tau} = 0$ , οπότε

$$E - IR_{o\lambda} = 0 \Rightarrow$$

$$I_0 = \frac{E}{R_{o\lambda}}$$



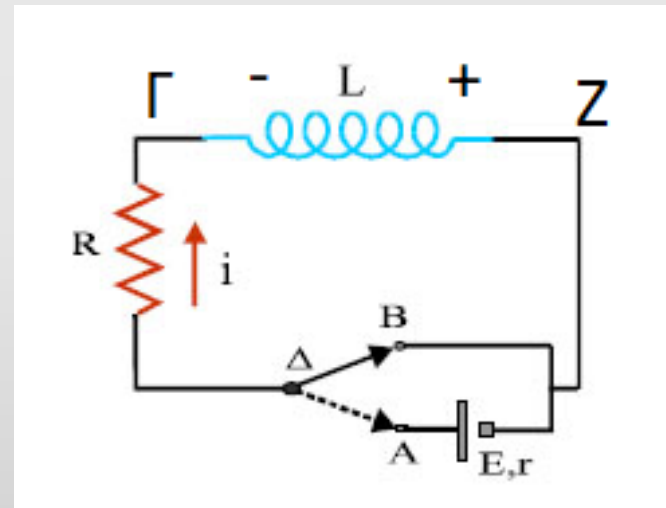
# Μελέτη κυκλώματος όπου ανοίγουμε τον διακόπτη (απομαγνήτιση του πηνίου)

Η εφαρμογή του δεύτερου κανόνα του Κίρχοφ, στο κύκλωμα δίνει:

- $V_{\Gamma Z} + V_{\Delta\Gamma} = 0 \Rightarrow$

$$E_{αυτ} + (-IR) = 0 \Rightarrow$$

$$-L \frac{\Delta i}{\Delta t} - IR = 0$$



# Μελέτη κυκλώματος απομαγνήτισης πηνίου

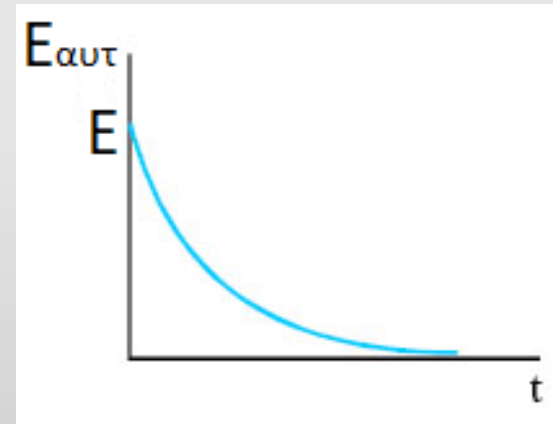
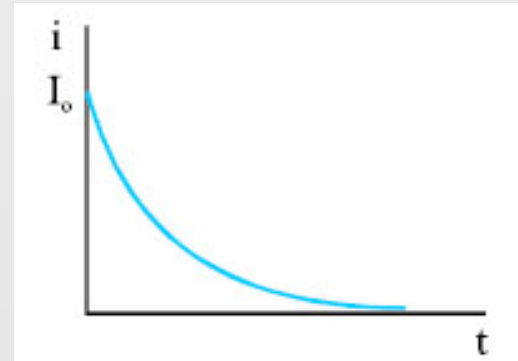
**Αμέσως μετά το κλείσιμο του διακόπτη ( $t=0$ )**

$I=I_0$ , δηλαδή έχει την ίδια τιμή με αυτή πριν αλλάξει ο διακόπτης.

Οπότε  $E_{\text{αυτ}} = I_0 R$  και  $\frac{\Delta i}{\Delta t} = -\frac{I_0 R}{L}$

**Μετά από αρκετό χρόνο ( $t \rightarrow \infty$ )**

Όλα τα μεγέθη ( $I$ ,  $E_{\text{αυτ}}$ , κλπ) μηδενίζονται.



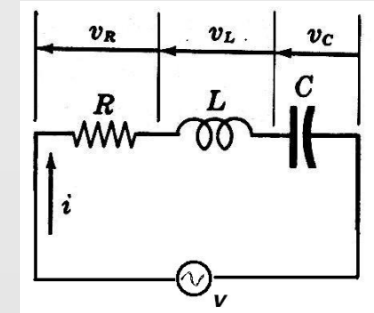
The screenshot displays the PhET Circuit Construction Kit: AC simulation. On the left, a toolbar contains icons for Wire, Battery, AC Voltage, Light Bulb, Resistor, Capacitor, and Switch. The main workspace shows a circuit with a battery, a switch (highlighted in yellow), a light bulb, a resistor, and a capacitor. A red voltmeter is connected across the capacitor, and a blue ammeter is connected in series with the circuit. Two graphs are displayed: 'Current (A) vs Time' and 'Voltage (V) vs Time'. The current graph shows a constant current of approximately 0.5 A. The voltage graph shows a constant voltage of approximately 10 V across the capacitor.

# Εφαρμογές

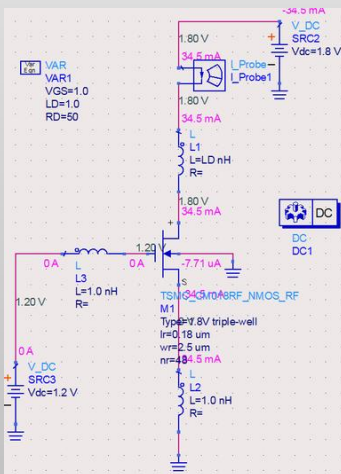
## Κυκλώματα ηλεκτρικών ταλαντώσεων



### Επαγωγικός κλίβανος



## Εκπομπή και λήψη Η/Μ κυμάτων



### Σε κάθε κύκλωμα

