5. ΚΡΟΥΣΕΙΣ

Ορμή	**Κινητική ενέργεια**	**Μεταβολή Ορμής**
$\vec{p} = m\vec{\upsilon}$	$K = \dfrac{p^2}{2m}$	$\Delta\vec{p} = \vec{p}_{\tau\varepsilon\lambda} - \vec{p}_{\alpha\rho\chi} = \vec{p}_{\tau\varepsilon\lambda} + \left(-\vec{p}_{\alpha\rho\chi}\right)$

Κρούση δύο ελεύθερων σωμάτων

Διατήρηση Ορμής:

$$\vec{p}_{\alpha\rho\chi} = \vec{p}_{\tau\varepsilon\lambda} \Rightarrow \vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{p}_1' + \vec{p}_2'$$

Διατήρηση Δυναμικής Ενέργειας:

$$\Delta U = 0$$

- Αν $\Delta K = 0 \Rightarrow$ Ελαστική Κρούση
- Αν $\Delta K < 0 \Rightarrow$ Ανελαστική Κρούση (π.χ. πλαστική κρούση)

Ελαστική Κρούση Σφαίρας - Τοίχου

υ, υ': ταχύτητες σφαίρας πριν και μετά την κρούση.

- Για κεντρική κρούση: $\vec{\upsilon}' = -\vec{\upsilon}$.
- Για πλάγια κρούση:
  - ❶ γωνία πρόσπτωσης = γωνία ανάκλασης
  - ❷ $\upsilon' = \upsilon$

Έκκεντρη και Πλάγια Κρούση

$$\vec{p}_{\alpha\rho\chi} = \vec{p}_{\tau\varepsilon\lambda} \quad \begin{matrix} \nearrow \begin{bmatrix} \text{ίσα μέτρα} \Rightarrow p_{\alpha\rho\chi} = p_{\tau\varepsilon\lambda} \\ p_{\alpha\rho\chi} = \sqrt{p_1^2 + p_2^2} \ \text{ και } p_{\tau\varepsilon\lambda} = \sqrt{p_1'^2 + p_2'^2} \end{bmatrix} \\ \searrow \begin{bmatrix} p_{\alpha\rho\chi(x)} = p_{\tau\varepsilon\lambda(x)} \\ p_{\alpha\rho\chi(y)} = p_{\tau\varepsilon\lambda(y)} \end{bmatrix} \end{matrix}$$

(η ορμή μπορεί να διατηρείται μόνο στον έναν άξονα)

4. ΣΤΕΡΕΟ

ΚΙΝΗΣΕΙΣ ΣΤΕΡΕΟΥ

Μεταφορική Κίνηση

Μεγέθη:

$$\Delta x_{cm}, \upsilon_{cm}, a_{cm}$$

Θεμελιώδης νόμος:

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

Περιστροφική Κίνηση

Μεγέθη: $\Delta\theta_{cm}$, ω, α_γ. Ορισμοί:

$$\omega = \frac{d\theta}{dt} \text{ και } \alpha_\gamma = \frac{d\omega}{dt}$$

Για τυχαίο σημείο σε απόσταση r από τον άξονα περιστροφής ισχύουν:

$$s = r\theta \quad \upsilon = r\omega \quad a_\varepsilon = r\alpha_\gamma$$

Ομαλή Περιστροφή (ω = σταθ.)

$$\omega = \text{σταθ.} \Rightarrow \omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$$

$$\Delta\theta = \omega\Delta t \text{ ή } \theta = \omega t$$

Ομαλά Επιταχυνόμενη Περιστροφή (α_γ = σταθ.)

$$\alpha_\gamma = \text{σταθ.} \Rightarrow \alpha_\gamma = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}$$

$$\omega = \omega_0 + \alpha_\gamma\Delta t$$

$$\Delta\theta = \omega_0\Delta t + \frac{1}{2}\alpha_\gamma(\Delta t)^2$$

Κύλιση

Τα σημεία επαφής με το δάπεδο έχουν $\upsilon = 0$ ως προς το δάπεδο.

$$\Delta x_{cm} = R\Delta\theta \quad \upsilon_{cm} = R\omega \quad a_{cm} = R\alpha_\gamma$$

ΡΟΠΗ ΔΥΝΑΜΗΣ – ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ ΣΤΕΡΕΟΥ

Ροπή Δύναμης ως προς άξονα

$$\tau = Fd$$

d: η απόσταση του φορέα της δύναμης από τον άξονα.

Ροπή Ζεύγους

$$\tau = Fd$$

d: η απόσταση των δύο δυνάμεων που είναι αντίρροπες, έχουν ίσα μέτρα και είναι παράλληλες μεταξύ τους.

Ισορροπία Στερεού

$$\Sigma F_x = 0 \text{ και } \Sigma F_y = 0$$

Ως προς κάθε άξονα:

$$\Sigma\tau = 0$$

ΣΤΡΟΦΟΡΜΗ

Στροφορμή Υλικού Σημείου

$$L = m\upsilon r \quad \text{με } \vec{L} \perp (\vec{\upsilon}, \vec{r})$$

2ος Νόμος του Newton

$$\boxed{\Sigma\tau = \frac{dL}{dt}}$$

Αν $\Sigma\tau$ = σταθ. τότε:

$$\Sigma\tau = \frac{\Delta L}{\Delta t}$$

Αρχή Διατήρησης Στροφορμής

- Για ένα σώμα:

  Αν $\Sigma\tau = 0$ τότε L = σταθ. (π.χ. Γη)

- Για ένα σύστημα σωμάτων:

  Αν $\Sigma\tau_{εξ} = 0$ τότε L = σταθ. (π.χ. ανακατανομή μάζας)

ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΗ ΚΙΝΗΣΗ	ΓΙΑ ΤΗ ΣΤΡΟΦΙΚΗ ΚΙΝΗΣΗ	
Μεταφορικά μεγέθη	**Γραμμικά μεγέθη**	**Γωνιακά μεγέθη**
x_{cm}	**S**	**θ**
$\upsilon_{cm}=\frac{dx_{cm}}{dt}$	$\upsilon_{\gamma\rho}$ ή $\upsilon=\frac{ds}{dt}$	$\omega=\frac{d\theta}{dt}$
$a_{cm}=\frac{d\upsilon_{cm}}{dt}$	$a_{\varepsilon\pi}=\frac{d\upsilon}{dt}$	$a_{\gamma\omega\nu}=\frac{d\omega}{dt}$
ΟΜΑΛΗ ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΗ	**ΟΜΑΛΗ ΣΤΡΟΦΙΚΗ**	
$\alpha_{cm}=0$, υ_{cm} = σταθερή , $x_{cm}=\upsilon_{cm}t$	$\alpha_{\varepsilon\pi}=0$, υ = σταθ $\alpha_{\kappa}=\upsilon^2/r=\omega^2 r$ $s=\upsilon t$	$\alpha_{\gamma\omega\nu}=0$, ω = σταθ $\theta=\omega t$
Ομαλά μεταβαλλόμενη μεταφορική	**Ομαλά μεταβαλλόμενη στροφική**	
α_{cm} = σταθερή $\upsilon_{cm}=\upsilon_0\pm\alpha_{cm}t$ $x_{cm}=\upsilon_o t\pm\frac{1}{2}a_{cm}t^2$	$\alpha_{\varepsilon\pi}$ = σταθερή $\upsilon=\upsilon_0\pm\alpha_{\varepsilon\pi}t$ $\Delta s=\upsilon_o t\pm\frac{1}{2}a_{\varepsilon\pi}t^2$	$\alpha_{\gamma\omega\nu}$ = σταθερή $\omega=\omega_o\pm\alpha_{\gamma\omega\nu}t$ $\Delta\theta=\omega_o t\pm\frac{1}{2}a_{\gamma\omega\nu}t^2$
$\boldsymbol{\chi_{cm}=S=\theta R}$ $\boldsymbol{\upsilon_{cm}=\upsilon=\omega R}$ $\boldsymbol{\alpha_{cm}=\alpha_{\varepsilon\pi}=\alpha_{\gamma\omega\nu}R}$	Σχέσεις μεταφορικών γραμμικών και γωνιακών μεγεθών για να έχω κύλιση χωρίς ολίσθηση	
Δύναμη **F**	Ροπή **τ**	
$\Sigma F=0 \Leftrightarrow \upsilon=0$ ή υ = σταθερή	$\Sigma\tau=0 \Leftrightarrow \omega=0$ ή ω = σταθερή (Ισορροπία)	
$\frac{dp}{dt}=\Sigma F$	$\frac{dL}{dt}=\Sigma\tau$	
ΑΔΟ αν $\Sigma F_{\varepsilon\xi}=0 \Rightarrow \vec{p}$ = σταθερή	ΑΔΣτροφορμής αν $\Sigma\tau_{\varepsilon\xi}=0 \Rightarrow \vec{L}$ = σταθερή	

1. ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΙΣ

ΑΠΛΗ ΑΡΜΟΝΙΚΗ ΤΑΛΑΝΤΩΣΗ

Απλή Αρμονική Ταλάντωση ⇔ $\Sigma F = -Dx, -A \leq x \leq A$	$\omega = \sqrt{\frac{D}{m}} \Rightarrow T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{D}}$ και $f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{D}{m}}$

Θέση Ισορροπίας ⇒ $\Sigma F = 0$. Ισχύουν: $x = 0, \upsilon = \pm\omega A$.

Φάση $\varphi = \omega t + \varphi_0$ **Αρχική φάση** φ_0	Αν για $t = 0$ είναι $x = 0$ και $\upsilon > 0$ τότε $\varphi_0 = 0$.

Εξισώσεις που επηρεάζονται από τη φ_0 $x = A\eta\mu(\omega t + \varphi_0)$ $\upsilon = \omega A\sigma\upsilon\nu(\omega t + \varphi_0)$ $a = -\omega^2 A\eta\mu(\omega t + \varphi_0)$	**Εξισώσεις που δεν επηρεάζονται από τη φ_0** $a = -\omega^2 x$ $\upsilon = \pm\omega\sqrt{A^2 - x^2}$

Ενέργεια Ταλάντωσης E $E = K + U =$ σταθ. $E = \frac{1}{2}DA^2 = \frac{1}{2}m\upsilon_{max}^2$	$U = \frac{1}{2}Dx^2$	$K = \frac{1}{2}m\upsilon^2$
	Οι ενέργειες U και K είναι περιοδικές συναρτήσεις του χρόνου με συχνότητα f' και περίοδο T': $f' = 2f$ και $T' = \frac{1}{2}T$	

Ρυθμοί μεταβολής

$\frac{dx}{dt} = \upsilon$	$\frac{d\upsilon}{dt} = a$	$\frac{dp}{dt} = \Sigma F = -Dx$
$\frac{dU}{dt} = -\frac{dW_{F_{\varepsilon\pi}}}{dt} = +Dx\upsilon$	$\frac{dK}{dt} = \frac{dW_{\Sigma F}}{dt} = -Dx\upsilon$	$\frac{dE}{dt} = 0$

ΦΘΙΝΟΥΣΑ ΤΑΛΑΝΤΩΣΗ

Συχνότητα $f = f_0 = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{D}{m}}$	**Έργο αντιστάσεων** $W = E_{\tau\varepsilon\lambda} - E_{\alpha\rho\chi}$	**Δύναμη απόσβεσης** $F' = -b\upsilon$ • Το b εξαρτάται από το μέγεθος, το σχήμα και το περιβάλλον. • Μονάδα SI: $b = 1$ kg/s.

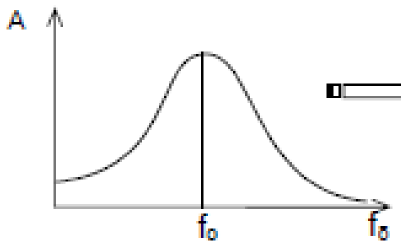
Εκθετική μείωση πλάτους $\frac{A_0}{A_1} = \frac{A_1}{A_2} = \cdots = \frac{A_N}{A_{N+1}}$ $A = A_0 e^{-\Lambda t}$ $\Lambda = f(b, m)$ με μονάδα SI: $\Lambda = 1\ \mathrm{s}^{-1}$	**Εξίσωση κίνησης** $\Sigma F = ma \Rightarrow F_{\varepsilon\pi} + F' = ma \Rightarrow$ $-Dx - b\upsilon = ma$

Ρυθμοί μεταβολής	
$\frac{dU}{dt} = -\frac{dW_{F_{\varepsilon\pi}}}{dt} = Dxv$	$\frac{dQ}{dt} = \frac{\lvert dW_{F'}\rvert}{dt} = \frac{\lvert F'dx\rvert}{dt} = bv^2$
$\frac{dK}{dt} = \frac{dW_{\Sigma F}}{dt} = (-Dx - bv)v = -Dxv - bv^2$	

ΕΞΑΝΑΓΚΑΣΜΕΝΗ ΤΑΛΑΝΤΩΣΗ

Συχνότητα Ταλάντωσης = Συχνότητα Διεγέρτη $f = f_\delta$	**Σταθερό πλάτος** $A = \text{σταθ.}$
Συντονισμός Συντονισμός $\xrightarrow{f=f_0}$ Μέγιστο πλάτος $A = (max)$ $E_{\pi\rho o\sigma\varphi} = (max)$ $Q = (max)$	**Εξίσωση κίνησης** $\Sigma F = ma \Rightarrow F_{\varepsilon\xi} + F_{\varepsilon\pi} + F' = ma \Rightarrow$ $F_{\varepsilon\xi} - Dx - bv = -m\omega^2 x$ Στον συντονισμό: $\omega = \omega_0$, οπότε: $F_{\varepsilon\xi} - bv = 0 \Rightarrow F_{\varepsilon\xi} = bv$ $\frac{dW_{F_{\varepsilon\xi}}}{dt} = \frac{dQ}{dt}$

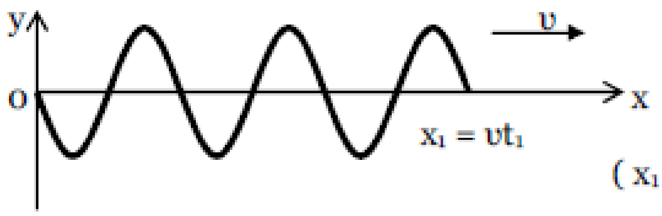
Ένα σύστημα κάνει εξαναγκασμένη ταλάντωση όταν δρα πάνω του μία εξωτερική περιοδική δύναμη (διεγέρτης). Στην εξαναγκασμένη ταλάντωση το σύστημα έχει την συχνότητα f_δ του διεγέρτη και όχι την ιδιοσυχνότητά του f_o δηλαδή την συχνότητα της ελεύθερης ταλάντωσης. $f = f_{\delta\iota\varepsilon\gamma\acute{\varepsilon}\rho\tau\eta}$

Συντονισμός	 Καμπύλη συντονισμού $\Rightarrow$ $f_{\delta\iota\varepsilon\gamma\acute{\varepsilon}\rho\tau\eta} = f_o$ οπότε Α = μέγιστο

Ιδιοσυχνότητα αρμονικού ταλαντωτή: $f_0 = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{D}{m}}$

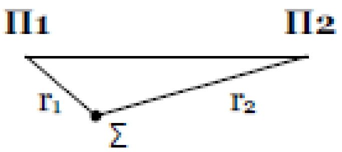
Ρυθμοί μεταβολής	
$\frac{dU}{dt} = -\frac{dW_{F_{\varepsilon\pi}}}{dt} = Dxv$	$\frac{dQ}{dt} = \frac{\lvert dW_{F'}\rvert}{dt} = \frac{\lvert F'dx\rvert}{dt} = bv^2$
$\frac{dK}{dt} = \frac{dW_{\Sigma F}}{dt} = \Sigma F v = -m\omega^2 xv$	

ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΚΥΜΑΤΑ

Ταχύτητα διάδοσης κύματος	$\upsilon = \frac{x}{t}$ $\boxed{\text{θεμελιώδης εξίσωση της κυματικής } \upsilon = \lambda f}$ Άρα $\upsilon = \frac{\lambda}{T}$
Εξίσωση ταλάντωσης της αρχής Ο (χωρίς φ_o)	$y = A\eta\mu\omega t$
Εξίσωση του αρμονικού κύματος	$y = A\,\eta\mu\,2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right)$ διάδοση προς τα θετικά $y = A\,\eta\mu\,2\pi\left(\frac{t}{T} + \frac{x}{\lambda}\right)$ διάδοση προς τ' αρνητικά
Η ταχύτητα και η **επιτάχυνση** της **ταλάντωσης** ενός οποιουδήποτε σωματιδίου του μέσου διάδοσης ενός κύματος	$\upsilon = \omega A\sigma\upsilon\nu 2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right)$ ή $\boldsymbol{\upsilon = \pm\,\omega\sqrt{A^2 - y^2}}$ $\alpha = -\omega^2 A\eta\mu 2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right)$ ή $\boldsymbol{\alpha = -\omega^2 y}$
Φάση **φ** ενός κύματος που διαδίδεται στον θετικό ημιάξονα	$\boldsymbol{\varphi = 2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right)}$
Κύμα με αρχική φάση (πηγή $y = A\eta\mu(\omega t + \phi_0)$)	$\boldsymbol{y = A\eta\mu\left[2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right) + \varphi_o\right]}$
Διαφορά φάσης Δφ της ταλάντωσης μεταξύ δύο τυχαίων σημείων του μέσου που απέχουν μεταξύ τους απόσταση Δx, την ίδια χρονική στιγμή t: $\boldsymbol{\Delta\varphi = 2\pi\frac{\Delta x}{\lambda}}$	Η μεταβολή της φάσης ενός σημείου του μέσου δύο χρονικές στιγμές που διαφέρουν κατά Δt $\Delta\varphi = \omega\cdot\Delta t \Rightarrow$ $\boldsymbol{\Delta\varphi = 2\pi\frac{\Delta t}{T}}$
Στιγμιότυπο του κύματος *(για $t = t_1$)*	$y = A\eta\mu 2\pi\left(\sigma\tau\alpha\theta - \frac{x}{\lambda}\right)$
$\boxed{t_1}$	 ($x_1 = 12\lambda/4 = 3\lambda$)

ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΩΝ ΚΥΜΑΤΩΝ

Απομάκρυνση των σημείων του μέσου



Αρχή της επαλληλίας : $y = y_1 + y_2$

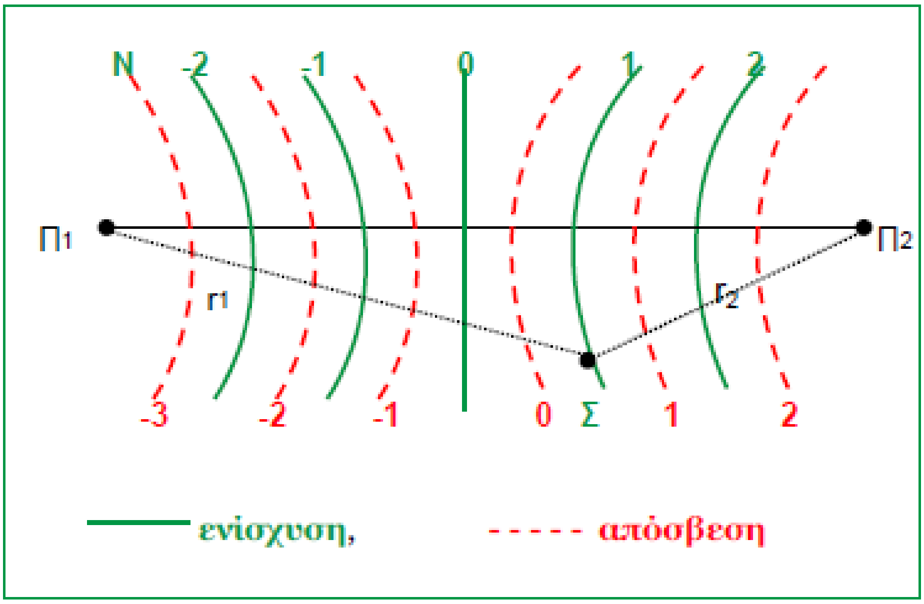
- Για $0 \le t < t_1 = \frac{r_1}{\upsilon}$ είναι $y = 0$
- Για $t_1 \le t < t_2 = \frac{r_2}{\upsilon}$ είναι $y = A\eta\mu 2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{r_1}{\lambda}\right)$
- Για $t \ge t_2$ είναι $y = y_1 + y_2$

τότε έχω συμβολή και των δύο κυμάτων στο σημείο Σ.

Ενίσχυση έχω όταν	$r_1 - r_2 = N\lambda$	όπου $N = 0, \pm1, \pm2, \ldots$
Απόσβεση έχω όταν	$r_1 - r_2 = (2N+1)\frac{\lambda}{2}$	όπου $N = 0, \pm1, \pm2, \ldots$

Υπερβολές ενισχυτικής και ακυρωτικής συμβολής

Όλα τα σημεία ενισχυτικής και ακυρωτικής συμβολής βρίσκονται πάνω σε υπερβολές όπως φαίνεται στο διπλανό σχήμα:

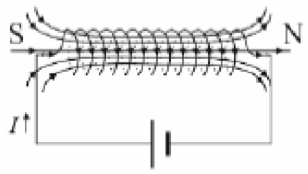


Όπως παρατηρούμε από το σχήμα ο αριθμός των υπερβολών ενίσχυσης που τέμνει το ευθύγραμμο τμήμα $\Pi_1\Pi_2$ είναι **περιττός**, ενώ ο αντίστοιχος αριθμός των υπερβολών απόσβεσης είναι **ζυγός**.

ΣΤΑΣΙΜΑ ΚΥΜΑΤΑ	
Αρχή της επαλληλίας : $y = y_1 + y_2$	
Εξίσωση του στάσιμου κύματος	$y = 2A\sigma\upsilon\nu 2\pi \frac{x}{\lambda} \eta\mu 2\pi \frac{t}{T}$
Ταχύτητα και επιτάχυνση των σημείων του μέσου	$\upsilon = \omega A' \sigma\upsilon\nu \frac{2\pi t}{T}$ $\alpha = -\omega^2 A' \eta\mu \frac{2\pi t}{T}$ όπου $A' = 2A\sigma\upsilon\nu \frac{2\pi x}{\lambda}$
Θέσεις Κοιλιών	$x = K\frac{\lambda}{2}$ όπου $K = 0,1,2,.....$
Θέσεις Δεσμών	$x = (2K+1)\frac{\lambda}{4}$ όπου $K = 0,1,2,.....$
Διαφορά φάσης των διαφόρων σημείων του μέσου	► **ανάμεσα** σε δύο διαδοχικούς δεσμούς ή όταν μεταξύ δύο σημείων **δεν υπάρχει** δεσμός ή υπάρχει **άρτιος αριθμός δεσμών** : $\Delta\varphi = 0$ ► **εκατέρωθεν** ενός δεσμού ή αν μεταξύ των σημείων **υπάρχει περιττός αριθμός δεσμών** : $\Delta\varphi = \pi$ rad

2. ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ

ΜΑΓΝΗΤΕΣ

Έλκουν σιδερένια αντικείμενα.	Φυσικοί	
	Τεχνητοί (ηλεκτρομαγνήτες)	

ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ

Ο χώρος στον οποίο αν βρεθεί μία μαγνητική βελόνα, κάθε μαγνητικός της πόλος δέχεται δύναμη.

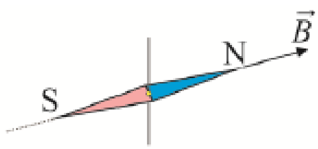
Ένταση μαγνητικού πεδίου ($\vec{B}$)

Είναι διανυσματικό μέγεθος $\xrightarrow{(SI)}$ 1 T (Tesla)

Δείχνει πόσο ισχυρό είναι το πεδίο σε κάποιο σημείο

Η μαγνητική βελόνα προσανατολίζεται έτσι ώστε να ισχύει:

$$\overrightarrow{SN} \upuparrows \vec{B}$$



Δυναμικές Γραμμές (Δ.Γ.)

Είναι κλειστές γραμμές.

Πυκνές όπου το πεδίο είναι ισχυρό.

Ποτέ δεν τέμνονται.

Ομογενές Μαγνητικό Πεδίο (Ο.Μ.Π.)

$\vec{B}$ = σταθερό ⇒ Δ.Γ. είναι παράλληλες

Δημιουργείται στο εσωτερικό σωληνοειδούς πηνίου που διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα.

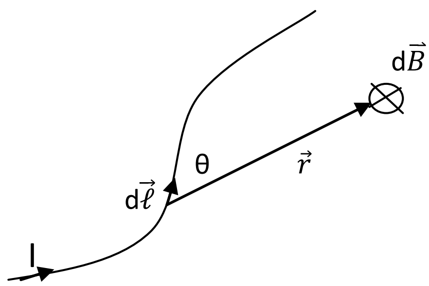
Πείραμα Oersted

Το ηλεκτρικό ρεύμα (κίνηση φορτίων) δημιουργεί μαγνητικό πεδίο.

Καθοδικές Ακτίνες

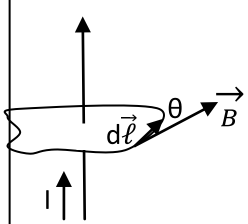
Δέσμη από κινούμενα ηλεκτρόνια.

ΝΟΜΟΣ ΤΩΝ BIOT ΚΑΙ SAVART

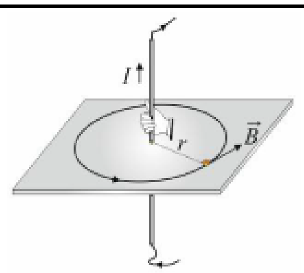
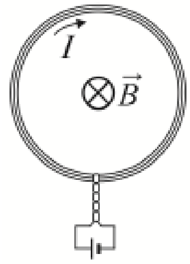
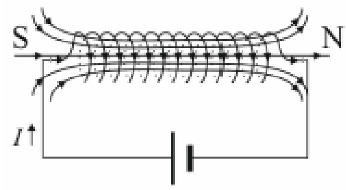


$$\boxed{dB = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I \cdot d\ell}{r^2}\eta\mu\theta}$$

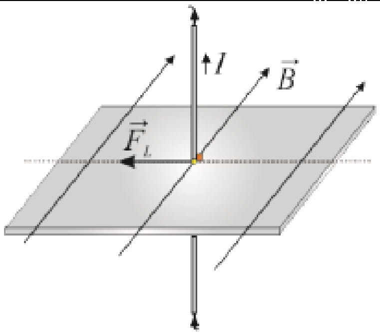
ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ AMPERE

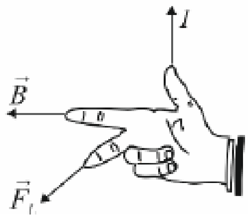


$$\boxed{\sum B \cdot d\ell \cdot \sigma\upsilon\nu\theta = \mu_0 \cdot I_{\pi\varepsilon\rho}}$$

ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ ΡΕΥΜΑΤΟΦΟΡΩΝ ΑΓΩΓΩΝ		
Ευθύγραμμος Αγωγός	**Κυκλικός Αγωγός – Κυκλικό Πλαίσιο**	**Σωληνοειδές Πηνίο**
		
$B = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{2I}{r}$	Η ένταση στο κέντρο του: $B = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{2\pi I}{r}N$	Στο κέντρο του: $B = \mu_0 \frac{N}{l} I$ Στα άκρα του: $B' = \frac{B}{2}$
Η **φορά** της έντασης του μαγνητικού πεδίου βρίσκεται με τον κανόνα του δεξιού χεριού.		

ΔΥΝΑΜΗ LAPLACE		
$F_L = BIl\eta\mu\varphi$ φ = η γωνία του αγωγού με τις δυναμικές γραμμές	**Αγωγός παράλληλος στις Δ.Γ. ($\varphi = 0°$ ή $180°$)** $F_L = 0$	**Αγωγός κάθετος στις Δ.Γ. ($\varphi = 90°$)** $F_{L,max} = BIl$





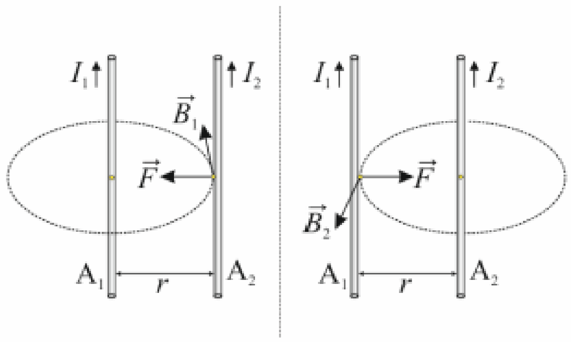
Παράλληλοι Αγωγοί

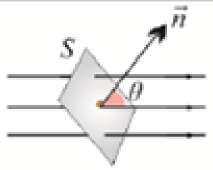
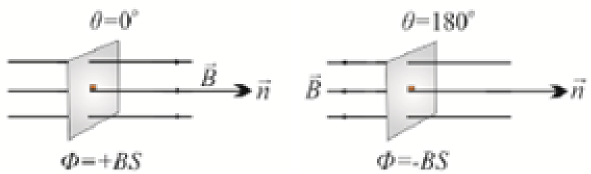
Ρεύματα Ομόρροπα: Έλκονται

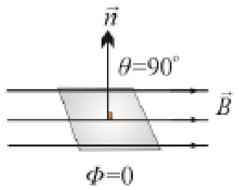
Ρεύματα Αντίρροπα: Απωθούνται

$$F = \frac{\mu_0}{2\pi}\frac{I_1 I_2}{r} l$$

$$\left.\begin{matrix} I_1 = I_2 \\ r = 1\ \text{m} \\ l = 1\ \text{m} \end{matrix}\right\} + \{F = 2 \cdot 10^{-7}\text{N}\} \Rightarrow I_1 = I_2 = 1\ \text{A}$$



ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΕΠΑΓΩΓΗ		
Μαγνητική ροή		
Εκφράζει τον αριθμό των δυναμικών γραμμών που διέρχονται μέσα από την επιφάνεια. Μονάδα SI: το 1 Wb (Weber).		
Επίπεδη Επιφάνεια σε Ομογενές Μαγνητικό Πεδίο	$\boldsymbol{\Phi = BS\sigma\upsilon\nu\theta}$	
Επιφάνεια κάθετη στις δυναμικές γραμμές	$\Phi = \pm BS$	

Επιφάνεια παράλληλη στις δυναμικές γραμμές	$\Phi = 0$	

Ηλεκτρομαγνητική Επαγωγή

Μεταβολή μαγνητικής ροής ⇒ Επαγωγική ΗΕΔ ($\mathcal{E}_{\varepsilon\pi}$)

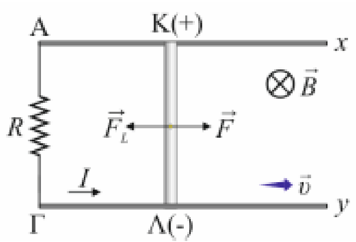
Μέση επαγωγική ΗΕΔ ($\mathcal{E}_{\varepsilon\pi}$)	**Στιγμιαία επαγωγική ΗΕΔ**	**Επαγωγικό φορτίο (Τύπος του Neumann)**
$\mathcal{E}_{\varepsilon\pi} = -N\dfrac{\Delta\Phi}{\Delta t}$	$\mathcal{E}_{\varepsilon\pi} = -N\dfrac{d\Phi}{\Delta t}$	$q = -N\dfrac{\Delta\Phi}{R_{o\lambda}}$

Κανόνας Lenz

Η επαγωγική ΗΕΔ έχει τέτοια πολικότητα ώστε το ρεύμα που δημιουργεί να αντιστέκεται στη μεταβολή της μαγνητικής ροής.

ΗΕΔ σε κινούμενο αγωγό

$$|\mathcal{E}_{\varepsilon\pi}| = \frac{d\Phi}{dt} = \frac{BdS}{dt} = B\upsilon l$$



ΑΥΤΕΠΑΓΩΓΗ

<u>Τα μεγέθη του κυκλώματος</u>: **i, I$_0$** (στιγμιαία και μέγιστη ένταση ρεύματος, A), $\frac{\Delta i}{\Delta t}$ (ρυθμός μεταβολής ρεύματος, A/s), **E$_{αυτ}$** (τάση από αυτεπαγωγή, V), **E** (ΗΕΔ πηγής, V), **V$_π$** (πολική τάση, V), **V$_R$** (τάση στα άκρα αντίστασης, V), **r** (εσωτερική αντίσταση πηγής, Ω), **R** (εξωτερική αντίσταση, Ω), **L** (συντελεστής αυτεπαγωγής, H)

<u>Ενεργειακά μεγέθη</u>: **U$_L$** (ενέργεια μαγνητικού πεδίου πηνίου, J), **P$_{ηλ}$** (ισχύς πηγής, W), **P$_L$** (ισχύς στο πηνίο, W), **P$_R$** (ισχύς αντίστασης, W), **P$_r$** (ισχύς εσωτερικής αντίστασης, W)

Α. Αποκατάσταση ρεύματος σε κύκλωμα με ιδανικό πηνίο L και πηγή E, r

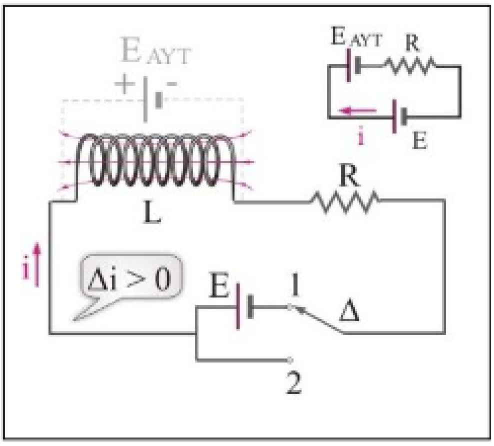
<u>Βασικές σχέσεις</u> (t_0=0: κλείσιμο κυκλώματος, θέση 1)

$E_{AYT} = -L\dfrac{\Delta i}{\Delta t}$ (φαινόμενο αυτεπαγωγής)

$E = |E_{AYT}| + i(R + r)$ (2^{ος} κανόνας Κίρκοφ)

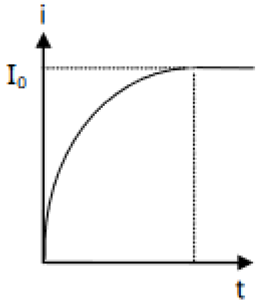
$L = \mu\mu_0\dfrac{N^2 A}{l}$ (εξάρτηση συντελεστή αυτεπαγωγής από τα χαρακτηριστικά του πηνίου)

$U_L = \dfrac{1}{2}Li^2$



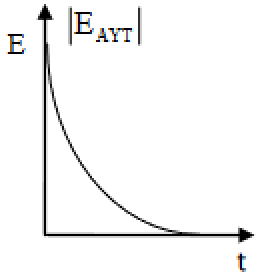
$P_{ηλ} = P_L + P_R + P_r \Rightarrow Ei = |E_{αυτ}|i + i^2R + i^2r$ (αρχή διατήρησης της ενέργειας – η πηγή προσφέρει ενέργεια που μετατρέπεται σε ενέργεια μαγνητικού πεδίου στο πηνίο και θερμική στις αντιστάσεις)

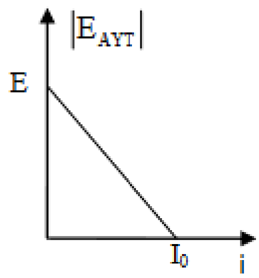
- Η ένταση του ρεύματος, $i = \dfrac{E - |E_{AYT}|}{R + r}$, ξεκινάει από την τιμή μηδέν και διαρκώς αυξάνεται μέχρι την τελική μέγιστη τιμή, όπου σταθεροποιείται $I_0 = \dfrac{E}{R_{ολ}} = \dfrac{E}{R + r}$ (για ιδανική πηγή $I_0 = \dfrac{E}{R}$)



- Ο ρυθμός μεταβολής του ρεύματος (η κλίση του γραφήματος) είναι θετικός, ξεκινάει από τη μέγιστη τιμή $\left(\dfrac{\Delta i}{\Delta t}\right)_{max} = \dfrac{E}{L}$ και διαρκώς μειώνεται μέχρι να μηδενιστεί.

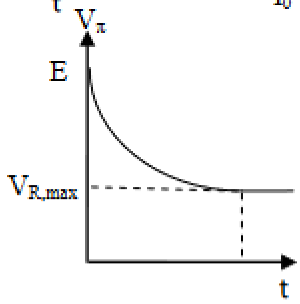
- Η τάση από αυτεπαγωγή, $|E_{AYT}| = E - i(R + r)$, ξεκινάει από την τιμή E και διαρκώς μειώνεται μέχρι να μηδενιστεί, αναλογικά με τον ρυθμό μεταβολής της έντασης του ρεύματος, σύμφωνα και με τη σχέση $|E_{AYT}| = L\dfrac{\Delta i}{\Delta t}$



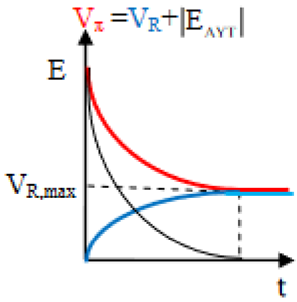


- Η πολική τάση, $V_π = E - ir = |E_{αυτ}| + V_R = |E_{αυτ}| + iR$, ξεκινάει από την τιμή E και μειώνεται μέχρι την τελική ελάχιστη τιμή, όπου σταθεροποιείται, $V_{π,min} = E - I_0r = I_0R = V_{R,max}$

(για ιδανική πηγή $V_π = E = I_0R = V_{R,max} = σταθερή$)



- Η τάση στα άκρα της αντίστασης, $V_R = iR$, ξεκινάει από την τιμή μηδέν και αυξάνεται μέχρι την τελική μέγιστη τιμή $V_{R,max} = I_0R$, αναλογικά με την ένταση του ρεύματος.



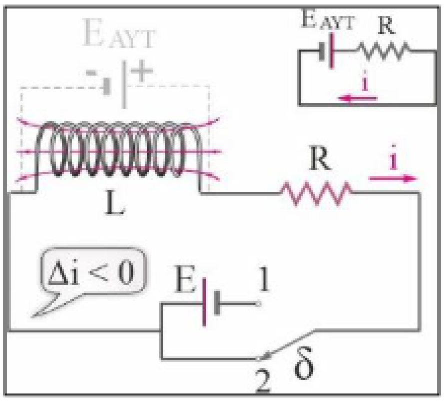
- Η ενέργεια μαγνητικού πεδίου του πηνίου ξεκινάει από την τιμή μηδέν και αυξάνεται μέχρι την τελική μέγιστη τιμή, όπου σταθεροποιείται, $U_{L(max)} = \dfrac{1}{2}LI_0^2$

- Η ισχύς της πηγής, $P_{ηλ} = Ei$, ξεκινάει από την τιμή μηδέν και αυξάνεται μέχρι την τελική μέγιστη τιμή $P_{ηλ,max} = EI_0$, αναλογικά με την ένταση του ρεύματος, όπου σταθεροποιείται.
- Η ισχύς του πηνίου, $P_L = |E_{αυτ}|i$, ξεκινάει από την τιμή μηδέν, αυξάνεται μέχρι μια τιμή κι έπειτα μειώνεται μέχρι να ξαναμηδενιστεί (στην αρχή i=0 και στο τέλος $E_{αυτ} = 0$).

- Η ισχύς στις αντιστάσεις, $P_R = i^2R,\ P_r = i^2r$, ξεκινάνε από την τιμή μηδέν και αυξάνονται μέχρι την τελική μέγιστη τιμή, $P_R = I_0^2R,\ P_r = I_0^2r$ αναλογικά με το τετράγωνο της έντασης του ρεύματος, όπου σταθεροποιούνται.

- Η πολικότητα στην τάση από αυτεπαγωγή είναι τέτοια, ώστε να τείνει το πηνίο να «αντιστέκεται» στην αύξηση του ρεύματος (οι πηγές – μπαταρία, πηνίο – αντίθετης πολικότητας)
- Αν το πηνίο είναι ιδανικό, μετά την αποκατάσταση του ρεύματος θεωρείται απλό σύρμα και αν δεν είναι ιδανικό, έχοντας και ωμική αντίσταση, στο τέλος απλά είναι άλλος ένας αντιστάτης.

Β. Μηδενισμός ρεύματος μετά την αφαίρεση της πηγής από το κύκλωμα



Βασικές σχέσεις (t_0=0: αλλαγή στον μεταγωγό, θέση 2)

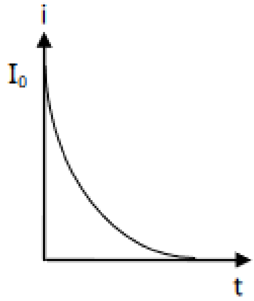
$E_{AYT} = -L\dfrac{\Delta i}{\Delta t}$ (φαινόμενο αυτεπαγωγής)

$|E_{AYT}| = iR = V_R$ ($2^{ος}$ κανόνας Κίρκοφ)

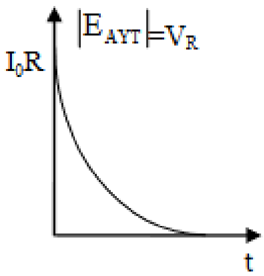
$U_L = \dfrac{1}{2}Li^2$

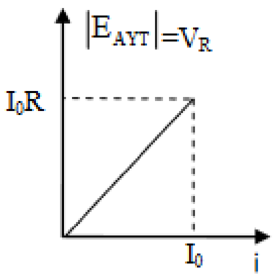
$P_L = P_R \Rightarrow |E_{αυτ}|i = i^2R$ (αρχή διατήρησης της ενέργειας – το πηνίο προσφέρει την αποθηκευμένη ενέργεια που μετατρέπεται σε θερμική στις αντιστάσεις)

- Η ένταση του ρεύματος, $i = \dfrac{|E_{AYT}|}{R}$, ξεκινάει από τη μέγιστη τιμή, πριν την αλλαγή στον μεταγωγό, $I_0 = \dfrac{E}{R+r}$ (για ιδανική πηγή: $I_0 = \dfrac{E}{R}$) και διαρκώς μειώνεται μέχρι την τιμή μηδέν.



- Ο ρυθμός μεταβολής του ρεύματος (η κλίση του γραφήματος) είναι αρνητικός και ξεκινάει από την τιμή $\dfrac{\Delta i}{\Delta t} = -\dfrac{|E_{AYT}|_{max}}{L}$ και το μέτρο του διαρκώς μειώνεται μέχρι να μηδενιστεί.
- Η τάση από αυτεπαγωγή, $|E_{AYT}| = iR$, ξεκινάει από την τιμή $|E_{AYT}|_{max} = I_0R = \dfrac{ER}{R+r}$ (E, για ιδανική πηγή) και διαρκώς μειώνεται μέχρι να μηδενιστεί, αναλογικά με το μέτρο του ρυθμού μεταβολής της έντασης του ρεύματος, σύμφωνα και με τη σχέση $|E_{AYT}| = L\left|\dfrac{\Delta i}{\Delta t}\right|$





- Η τάση στα άκρα της αντίστασης, $V_R = iR$, ξεκινάει από τη μέγιστη τιμή $V_{R,max} = I_0R$ και διαρκώς μειώνεται μέχρι να μηδενιστεί, έχοντας ίδιο διάγραμμα με την $|E_{AYT}|$.
- Η ενέργεια μαγνητικού πεδίου του πηνίου ξεκινάει από τη μέγιστη τιμή $U_{L(max)} = \dfrac{1}{2}LI_0^2$ και μειώνεται μέχρι την τελική τιμή μηδέν.

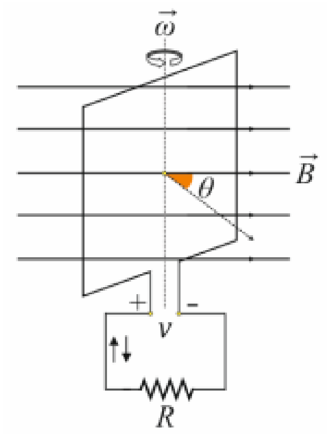
- Η ισχύς του πηνίου, $P_L = |E_{αυτ}| i$, και της αντίστασης $P_R = i^2 R$, ξεκινάνε από τη μέγιστη τιμή $P_{L,max} = P_{R,max} \Rightarrow |E_{αυτ}|_{max} I_0 = I_0^{\,2} R$ και διαρκώς μειώνονται μέχρι να μηδενιστούν.

- Η πολικότητα στην τάση από αυτεπαγωγή είναι τέτοια, ώστε να τείνει το πηνίο να «αντιστέκεται» στη μείωση του ρεύματος (ίδια πολικότητα με τη μπαταρία).

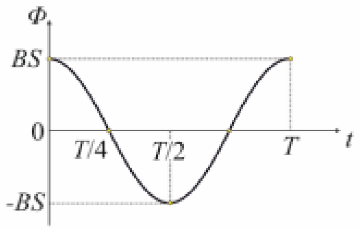
ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟ ΡΕΥΜΑ (Ε.Ρ.)

Εναλλασσόμενη Τάση ⇒ Η πολικότητα μεταβάλλεται περιοδικά

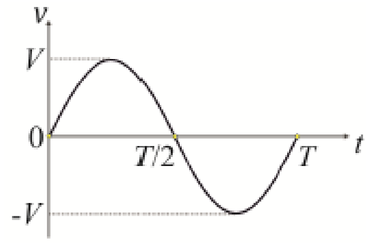
Τρόπος Παραγωγής



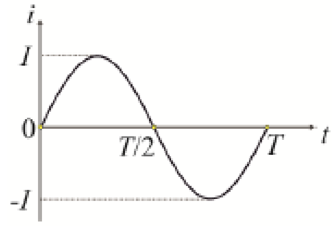
$$\Phi = BS\sigma\upsilon\nu\omega t$$

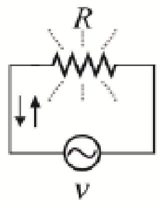


$$v = V\eta\mu\omega t$$



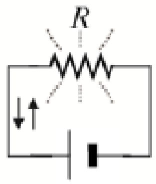
$$i = \frac{v}{R} = \frac{V\eta\mu\omega t}{R} \Rightarrow i = I\eta\mu\omega t$$





Η θερμότητα σε χρόνο T είναι Q

$$Q_\sigma = Q \Rightarrow \boldsymbol{I_\sigma = I_{\varepsilon\nu}}$$



Η θερμότητα σε χρόνο T είναι Q_σ

$$\boldsymbol{I_{\varepsilon\nu} = \frac{I}{\sqrt{2}}}$$

$$\boldsymbol{V_{\varepsilon\nu} = \frac{V}{\sqrt{2}}}$$

Ο νόμος του Ohm ισχύει για:

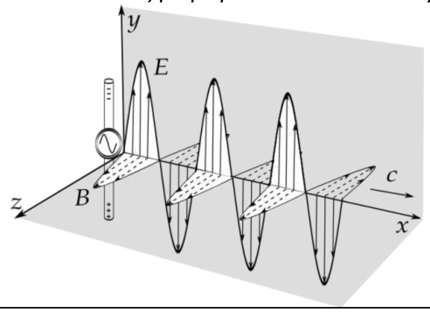
στιγμιαίες τιμές	πλάτη	ενεργές τιμές
$i = v/R$	$I = V/R$	$I_{\varepsilon\nu} = V_{\varepsilon\nu}/R$

Ενέργεια εναλλασσόμενου ρεύματος σε χρόνο Δt	Ενέργεια εναλλασσόμενου ρεύματος σε χρόνο dt	Στιγμιαία Ισχύς	Μέση Ισχύς
$W_{\eta\lambda} = Q = I_{\varepsilon\nu}^2 R\Delta t$	$dW_{\eta\lambda} = Q = i^2 Rdt$	$p = \frac{dW_{\eta\lambda}}{dt}$	$P_\mu = \frac{W_{\eta\lambda}}{\Delta t}$
$W_{\eta\lambda} = Q = V_{\varepsilon\nu} I_{\varepsilon\nu} R\Delta t$	$dW_{\eta\lambda} = Q = viRdt$	$p = i^2 R$	$P_\mu = I_{\varepsilon\nu}^2 R$
$W_{\eta\lambda} = \frac{V_{\varepsilon\nu}^2}{R}\Delta t$	$dW_{\eta\lambda} = \frac{v^2}{R}dt$	$p = vi$	$P_\mu = V_{\varepsilon\nu} I_{\varepsilon\nu}$
		$p = \frac{v^2}{R}$	$P_\mu = \frac{V_{\varepsilon\nu}^2}{R}$

Ηλεκτρομαγνητικό κύμα

$$E = E_{max} \eta\mu 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right)$$
$$B = B_{max} \eta\mu 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right)$$

Ηλεκτρομαγνητικό κύμα είναι η ταυτόχρονη διάδοση ενός ηλεκτρικού και ενός μαγνητικού πεδίου στον χώρο.

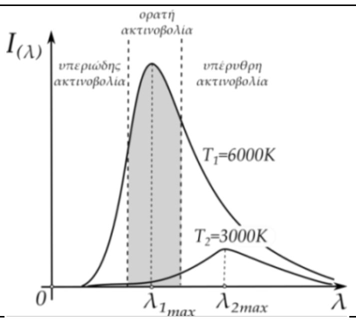


- ✓ *η αιτία δημιουργίας του ηλεκτρομαγνητικού κύματος είναι η επιταχυνόμενη κίνηση ηλεκτρικών φορτίων*
- ✓ *το ηλεκτρομαγνητικό κύμα είναι εγκάρσιο. Τα διανύσματα του ηλεκτρικού και του μαγνητικού πεδίου είναι κάθετα μεταξύ τους και κάθετα στη διεύθυνση διάδοσης του κύματος.*
- ✓ *κάθε χρονική στιγμή το πηλίκο των μέτρων των εντάσεων του ηλεκτρικού και του μαγνητικού πεδίου είναι ίσο με την ταχύτητα διάδοσης του ηλεκτρομαγνητικού κύματος. Δηλαδή:*
$$c = \frac{E}{B} = \frac{E_{max}}{B_{max}}$$
- ✓ *τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα, όπως και τα μηχανικά, υπακούουν στην αρχή της επαλληλίας.*
- ✓ *κοντά στην κεραία το ηλεκτρικό και το μαγνητικό πεδίο έχουν διαφορά φάσης $90°$, ενώ μακριά από την κεραία μπορούμε να θεωρήσουμε ότι βρίσκονται σε φάση (δηλαδή μηδενίζονται ταυτόχρονα και μεγιστοποιούνται ταυτόχρονα).*

Ονομασία	***Μήκος κύματος***	***Πώς παράγονται***	***Πώς ανιχνεύονται***	***Χρήσεις***
Ραδιοκύματα	*Από 10^5 m έως μερικά εκατοστά περίπου*	*Από ηλεκτρονικά κυκλώματα, όπως το κύκλωμα LC*	*Με κεραίες ραδιοφώνου, τηλεόρασης κ.λπ.*	*Ραδιοφωνία, τηλεόραση, τηλεφωνία κ.λπ.*
Μικροκύματα	*Από 30 cm έως 1 mm περίπου*	*Από ηλεκτρονικά κυκλώματα*	*Με ραντάρ*	*Φούρνοι μικροκυμάτων, ραδιοαστρονομία, ραντάρ κ.λπ.*
Υπέρυθρη ακτινοβολία	*Από 1 mm έως $7 \cdot 10^{-7}$ m $(700$ $nm)$ περίπου*	*Εκπέμπεται από θερμά σώματα*	*Με φωτογραφικό φιλμ, με θέρμανση του δέρματος κ.λπ.*	*Ειδικές φωτογραφήσεις τη νύχτα ή μέσα στα σύννεφα*
Ορατή ακτινοβολία	*Από 400 nm έως 700 nm περίπου*	*Από τις υπερδιεγέρσεις των ατόμων*	*Από το ανθρώπινο μάτι, φωτοκύτταρα, φωτογραφικά φιλμ κ.λπ.*	*Όραση, φωτοσύνθεση, οπτικές ίνες, φασματοσκοπία κ.λπ.*
Υπεριώδης ακτινοβολία	*Από 400 nm έως $6 \cdot 10^{-8}$ m περίπου*	*Από τον ήλιο και από τις υπερδιεγέρσεις ορισμένων ατόμων*	*Με φωτογραφικά φιλμ και φωτοκύτταρα*	*Αισθητική Ιατρική, αποστείρωση ιατρικών εργαλείων κ.λπ.*
Ακτίνες X (ή ακτίνες $Roentgen$)	*Από 10^{-8} m έως 10^{-13} m περίπου*	*Από την επιβράδυνση ταχέως κινούμενων ηλεκτρονίων καθώς προσκρούουν σε μεταλλικό στόχο*	*Με φωτογραφικά φιλμ*	*Στην Ιατρική για διαγνωστικούς σκοπούς και στη μελέτη της δομής των κρυστάλλων*
Ακτίνες γ	*Από 10^{-10} m έως 10^{-14} m περίπου*	*Από τις αποδιεγέρσεις ραδιενεργών πυρήνων και από πυρηνικές αντιδράσεις*	*Με απαριθμητή $Geiger - Mueller$*	*Εργαστηριακή μελέτη κρυσταλλικών δομών (ιδιαίτερα επικίνδυνες για τον άνθρωπο)*

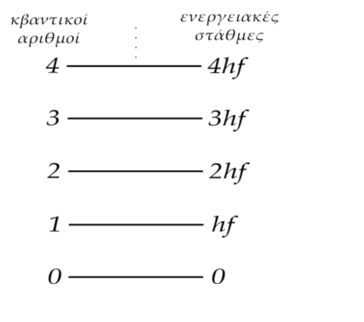
Μήκος κύματος στο κενό σε nm	*Χρώμα*
700-630	*Ερυθρό*
630-590	*Πορτοκαλί*
590-560	*Κίτρινο*
560-480	*Πράσινο*
480-440	*Κυανό*
440-400	*Ιώδες*

Κβαντική
Μέλαν σώμα

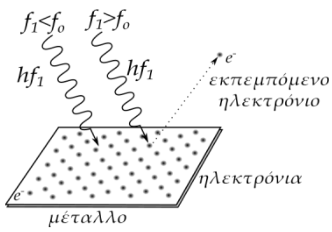
<u>Μέλαν σώμα</u> *στη φυσική θεωρείται το σώμα που απορροφά την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που προσπίπτει σ' αυτό, σε όλο το φάσμα της (όλες τις συχνότητες).*	*Απορροφά όλα τα μήκη κύματος της ακτινοβολίας που προσπίπτει σε αυτό.* ☑ *Εκπέμπει ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία σε όλα τα μήκη κύματος (συνεχές φάσμα) που ονομάζεται θερμική ακτινοβολία.* ☑ *Μέλαν σώμα δεν σημαίνει «μαύρο σώμα», αφού αν βρίσκεται σε κατάλληλη υψηλή θερμοκρασία μπορεί να φαίνεται πως έχει κάποια κυρίαρχη απόχρωση η οποία εξαρτάται μόνο από τη θερμοκρασία του.* ☑ *Μπορεί να έχει οποιαδήποτε θερμοκρασία.* ☑ *Σε θερμοκρασία περιβάλλοντος φαίνεται μαύρο, διότι απορροφά όλο το φάσμα του φωτός που πέφτει πάνω του, ενώ η ακτινοβολία που εκπέμπει δεν είναι ορατή (είναι υπέρυθρη).* ☑ *Το επικρατέστερο μήκος κύματος που καθορίζει το χρώμα του εξαρτάται από τη θερμοκρασία του.* ☑ *Η ακτινοβολία που εκπέμπει δεν εξαρτάται από την χημική του σύσταση.*
	◆ *Η κορυφή (μέγιστο της καμπύλης) αντιστοιχεί σε κάποια τιμή του μήκους κύματος που συμβολίζεται με λ_{max}* ◆ *Το συνολικό εμβαδόν κάτω από την καμπύλη είναι η συνολική ισχύς της ακτινοβολίας ανά μονάδα επιφάνειας.* ◆ *Το μήκος κύματος μέγιστης εκπομπής λ_{max} μετατοπίζεται σε μικρότερα μήκη κύματος όταν αυξάνεται η θερμοκρασία.*

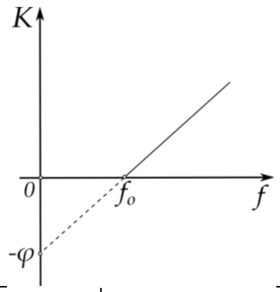
$\boldsymbol{I = \frac{E}{dSdt} = \frac{P}{dS}}$	*ένταση της ακτινοβολί ας*	*εκφράζει την ενέργεια που εκπέμπεται από τη μονάδα της επιφανείας ενός σώματος στη μονάδα του χρόνου* *μονάδα μέτρησης* $\frac{J}{m^2 s}$ ή $\frac{W}{m^2}$

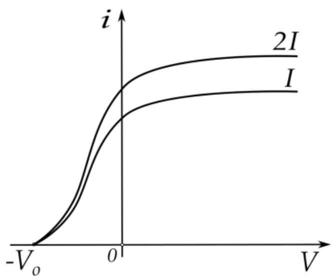
$\boldsymbol{\lambda_{max} \cdot T = σταθ}$	*νόμος μετατόπισης $Wien$*
$\boldsymbol{E = hf}$	*Ενέργεια φωτονίου*
$\boldsymbol{E = Nhf}$	*Ενέργεια δέσμης φωτονίων*

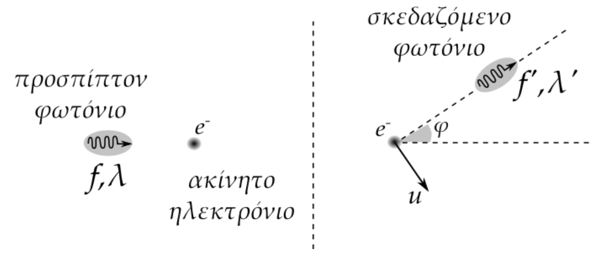
Η ενέργεια των ταλαντούμενων ατόμων δεν μπορεί να πάρει οποιαδήποτε τιμή, αλλά μπορεί να πάρει μόνο διακριτές (κβαντισμένες) τιμές. Οι τιμές της ενέργειας E που μπορεί να έχει το ταλαντούμενο άτομο είναι ακέραια πολλαπλάσια μιας ελάχιστης τιμής $\boldsymbol{E_n = nhf}$ *όπου n ένας θετικός ακέραιος αριθμός που ονομάζεται κβαντικός αριθμός* $n = 1$ *θεμελιώδη κατάσταση* $n > 1$ *διεγερμένες ενεργειακές καταστάσεις*	$\boldsymbol{\lvert \Delta E \rvert_{min} = hf}$ *Η μικρότερη δυνατή ενέργεια*	

Φωτοηλεκτρικό φαινόμενο

$\boldsymbol{K = hf - \varphi}$	*φωτοηλεκτρική εξίσωση του $Einstein$*	
Έργο Εξαγωγής ($\boldsymbol{\varphi}$)	*Η ελάχιστη ενέργεια που πρέπει να προσφερθεί σε ένα ελεύθερο ηλεκτρόνιο, ώστε να μπορέσει να*	☑ *Αναφέρεται σε κάποιο δέσμιο ηλεκτρόνιο του μετάλλου χαλαρά*

	εγκαταλείψει οριστικά την επιφάνεια του μετάλλου	*συνδεδεμένο (επιφανειακό).* ☑ *Είναι διαφορετικό από μέταλλο σε μέταλλο.*
$\boldsymbol{f_o = \frac{\varphi}{h}}$	*συχνότητα κατωφλίου*	$K \geq 0 \Rightarrow hf \geq \varphi \Rightarrow f \geq \frac{\varphi}{h}$ Η ελάχιστη τιμή της συχνότητας του φωτονίου συμβολίζεται με f_o και εξαρτάται από το υλικό της καθόδου
$\boldsymbol{V = V_o \Rightarrow i = 0}$	*Τάση αποκοπής ονομάζεται η τάση για την οποία κανένα ηλεκτρόνιο δεν κατορθώνει να φτάσει στην άνοδο και έτσι η ένταση του ρεύματος θα είναι μηδέν.*	$\Theta MKE: K_{\tau\varepsilon\lambda} - K_{\alpha\rho\chi} = W_{o\lambda} \Rightarrow$ $0 - K = -e(V_K - V_A) \Rightarrow$ $-K = -e(V_K - V_A) \Rightarrow$ $K = eV_o$
$\boldsymbol{V_o = \frac{hf}{e} - \frac{\varphi}{e}}$	*Η τάση αποκοπής για κάποια συχνότητα δεν εξαρτάται από την ένταση της ακτινοβολίας και είναι γραμμική συνάρτηση της συχνότητας f της προσπίπτουσας ακτινοβολίας $(f > f_o)$*	$K = eV_o \Rightarrow$ $hf - \varphi = eV_o \Rightarrow \varphi = hf - eV_o$ $\Rightarrow$ $V_o = \frac{hf}{e} - \frac{\varphi}{e}$
Η κινητική ενέργεια των φωτοηλεκτρονίων K είναι γραμμική συνάρτηση της συχνότητας. Την K μπορούμε να την υπολογίσουμε μετρώντας πειραματικά την τάση αποκοπής (V_o)		*Η κλίση της ευθείας είναι ίση με:* $\frac{\Delta K}{\Delta f} = \frac{0-(-\varphi)}{f_o - 0} = \frac{\varphi}{\frac{\varphi}{h}} = h$

	☑ *Ο αριθμός των ηλεκτρονίων που αποσπώνται από το μέταλλο ανά μονάδα χρόνου είναι ανάλογος της έντασης της φωτεινής ακτινοβολίας που προσπίπτει στο μέταλλο. Άρα η ένταση του ρεύματος αυξάνει, όταν αυξάνει η ένταση της προσπίπτουσας ακτινοβολίας.* ☑ *Η ταχύτητα με την οποία εξέρχονται τα ηλεκτρόνια δεν εξαρτάται από την ένταση της φωτεινής ακτινοβολίας αλλά μόνο από τη συχνότητά της και αυξάνεται όταν η συχνότητα της ακτινοβολίας αυξηθεί.* ☑ *Για θετικές τιμές της τάσης V το ρεύμα αυξάνει όταν αυξάνει η τάση και τελικά αποκτά μέγιστη σταθερή τιμή i_{max} που ονομάζεται ρεύμα κόρου*
$\boldsymbol{E = pc}$	*ενέργεια φωτονίου*
$\boldsymbol{p = \frac{h}{\lambda}}$	*Ορμή φωτονίου*
Φαινόμενο Compton	
$\boldsymbol{\lambda' - \lambda = \frac{h}{mc}(1 - \sigma\upsilon\nu\varphi)}$	*εξίσωση μετατόπισης Compton* *η διαφορά $\lambda' - \lambda$ ονομάζεται μετατόπιση Compton*

Όταν ακτίνες X αλληλεπιδρούν με την ύλη σκεδάζονται, δηλαδή αλλάζουν πορεία και το μήκος κύματος της σκεδαζόμενης ακτινοβολίας είναι μεγαλύτερο από το μήκος κύματος της προσπίπτουσας ακτινοβολίας ☑ *Η σκεδαζόμενη ακτινοβολία ανιχνεύεται σε κάθε διεύθυνση.* ☑ *Το σκεδαζόμενο τμήμα της ακτινοβολίας έχει μήκος κύματος λ' μεγαλύτερο από το μήκος κύματος λ της προσπίπτουσας ακτινοβολίας.* ☑ *Η μεταβολή του μήκους κύματος ανάμεσα στην προσπίπτουσα και τη σκεδαζόμενη δέσμη εξαρτάται μόνο από τη γωνία φ ανάμεσα στην προσπίπτουσα και τη σκεδαζόμενη ακτινοβολία.*	 ➢ *Το φως συμπεριφέρεται σαν να έχει ορμή, δηλαδή ως σωματίδιο (φωτόνιο)* ➢ *Τα φωτόνια μεταφέρουν ενέργεια και ορμή.* ➢ *Το μήκος κύματος της σκεδαζόμενης ακτινοβολίας εξαρτάται από τη γωνία σκέδασης.* ✓ *Για $\varphi = 0°$ είναι $\Delta\lambda = \lambda' - \lambda = 0$.* ✓ *Για $\varphi = 180°$ είναι $\Delta\lambda = \lambda' - \lambda = max$.* ➢ *Η μετατόπιση $Compton$ είναι ανεξάρτητη του μήκους κύματος λ.*
$\Delta\lambda = \frac{h}{m_e c}(1-\sigma\upsilon\nu\varphi) \xrightarrow{\lambda_c = \frac{h}{m_e c}} \Delta\lambda = \lambda_c\,(1-\sigma\upsilon\nu\varphi) \Rightarrow$ $\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{\lambda_c}{\lambda}(1-\sigma\upsilon\nu\varphi)$	*λ_c: μήκος κύματος Compton* *$\frac{\Delta\lambda}{\lambda}$: ποσοστιαία μεταβολή του λ*
$\Delta E = E - E' = h(f - f')$	*ΔΕ : ενέργεια που χάνει το φωτόνιο*
$K_e = \Delta E = hf - hf' = \frac{hc}{\lambda} - \frac{hc}{\lambda'}$	*K_e: κινητική ενέργεια του ανακρουόμενου ηλεκτρονίου*

Η κυματική φύση της ύλης	
$\boldsymbol{\lambda = \frac{h}{p}}$	*Κάθε σωματίδιο μάζας m που κινείται με ορμή $p = mu$ (με $u << c$) είναι συνδεδεμένο με ένα μήκος κύματος λ.* $\lambda = \frac{h}{p} \xrightarrow{u<<c} \lambda = \frac{h}{mu}$ *Και με συχνότητα* $f = \frac{E}{h}$ *Ένα σώμα του μακρόκοσμου συνδέεται με μήκος κύματος τόσο μικρό που μάλλον δεν θα μπορέσουμε να το ανιχνεύσουμε ποτέ. Έτσι μπορούμε να πούμε ότι η υπόθεση του $de\ Broglie$ για την κυματική φύση της ύλης έχει ουσιαστικά εφαρμογή μόνο για σωμάτια ατομικής και υποατομικής κλίμακας.*
Αρχή της αβεβαιότητας	
$\boldsymbol{\Delta p_x \cdot \Delta x \geq \frac{h}{2\pi}}$	*Η αρχή της απροσδιοριστίας του $Heisenberg$* ***Δεν είναι δυνατόν να μετρήσουμε ταυτόχρονα και τη θέση και την ορμή ενός σωματιδίου με απεριόριστη ακρίβεια.***
$\boldsymbol{\Delta E \cdot \Delta t \geq \frac{h}{2\pi}}$	***Δεν είναι δυνατόν να μετρήσουμε ταυτόχρονα και την ενέργεια ενός σωματιδίου και χρονική διάρκεια που το σωματίδιο έχει αυτή την ενέργεια.***
Κυματοσυνάρτηση	
Η Κυματοσυνάρτηση Ψ είναι η συνάρτηση της θέσης και του χρόνου που περιγράφει ένα σωματίδιο - κύμα.	
$\boldsymbol{\lvert\Psi\rvert^2 = \frac{dP}{dV}}$	*Το τετράγωνο του μέτρου της κυματοσυνάρτησης δίνει την πιθανότητα θέσης ανά μονάδα όγκου δηλαδή την πυκνότητα της πιθανότητας να βρίσκεται ένα σωμάτιο σε ένα στοιχειώδη όγκο dV, γύρω από ένα σημείο.*

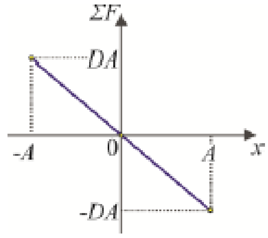
συνθήκη κανονικοποίησης $$\sum \|\boldsymbol{\Psi}\|^2\, \boldsymbol{dV} = \mathbf{1}$$	*Αν χωρίσουμε το σύνολο του χώρου σε στοιχειώδεις όγκους dV και σε κάθε σημείο του χώρου βρούμε την τιμή της Ψ για κάποια χρονική στιγμή, το άθροισμα των γινομένων $\|\Psi\|^2 dV$ πρέπει να είναι ίσο με τη μονάδα (πιθανότητα 100%)*

ΓΡΑΦΙΚΕΣ ΠΑΡΑΣΤΑΣΕΙΣ

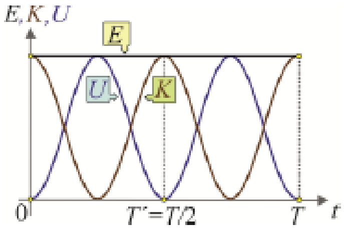
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 Ταλαντώσεις

Απλή αρμονική ταλάντωση

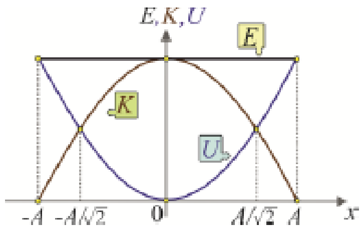
Δύναμη επαναφοράς



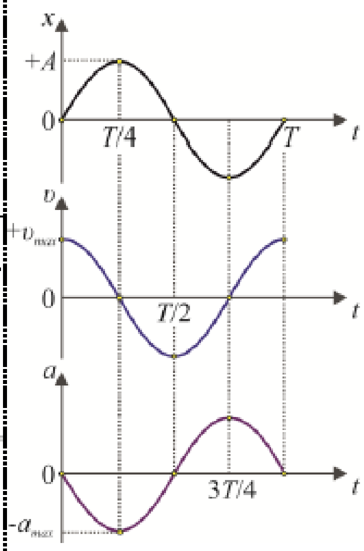
Ενέργειες ($\varphi_0 = 0$)



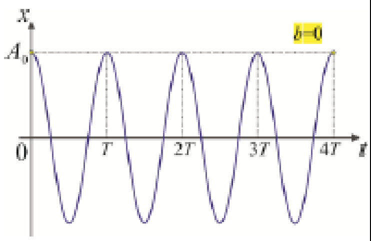
Ενέργειες

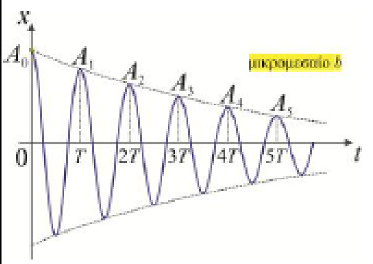


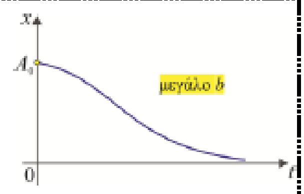
Απομάκρυνση, ταχύτητα, επιτάχυνση ($\varphi_0 = 0$)



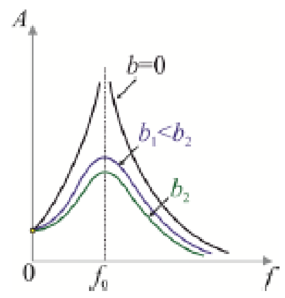
Φθίνουσα ταλάντωση







Εξαναγκασμένη ταλάντωση



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 Ηλεκτρομαγνητισμός

Εναλλασσόμενο ρεύμα

Στιγμιαίες τιμές

- **τάσης,**
- **έντασης ηλεκτρικού ρεύματος και**
- **ισχύος**

για αντιστάτη σε κύκλωμα εναλλασσόμενου ρεύματος