

## 1. ΚΥΚΛΙΚΗ ΚΙΝΗΣΗ - ΥΛΙΚΟ ΣΗΜΕΙΟ

$x = R\theta$	ΣΧΕΣΗ ΤΟΞΟΥ ΓΩΝΙΑΣ (σε ακτίνια)	(1)
---------------	------------------------------------	-----

$\theta^{\circ} = \frac{180}{\pi} \theta_{rad}$	Από ΑΚΤΙΝΙΑ σε ΜΟΙΡΕΣ	(2)
---	--------------------------	-----

$\theta_{rad} = \frac{\pi}{180} \theta^{\circ}$	Από ΜΟΙΡΕΣ σε ΑΚΤΙΝΙΑ	(3)
---	--------------------------	-----

$\omega = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \theta}{\Delta t} = \frac{d\theta}{dt}$	ΣΤΙΓΜΙΑΙΑ ΓΩΝΙΑΚΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ	(4)
--	----------------------------------	-----

$\alpha = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \omega}{\Delta t} = \frac{d\omega}{dt}$	ΓΩΝΙΑΚΗ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ	(5)
--	-----------------------	-----

### Ομαλή κυκλική κίνηση

$\theta = \theta_0 + \omega t$	ΟΜΑΛΗ ΚΥΚΛΙΚΗ ΚΙΝΗΣΗ	(6)
--------------------------------	----------------------------	-----

$\omega = \frac{\theta - \theta_0}{t}$	ΟΜΑΛΗ ΚΥΚΛΙΚΗ ΚΙΝΗΣΗ	(7)
--	----------------------------	-----

$\omega = \frac{\theta - \theta_0}{t - t_0} = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$	ΟΜΑΛΗ ΚΥΚΛΙΚΗ ΚΙΝΗΣΗ	(8)
--	----------------------------	-----

$\theta = \omega t$	ΟΜΑΛΗ ΚΥΚΛΙΚΗ ΚΙΝΗΣΗ	(9)
---------------------	----------------------------	-----

$f = \frac{1}{T}$	ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ	(10)
-------------------	-----------	------

$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \pm \frac{2\pi}{T} = \pm 2\pi f$	ΓΩΝΙΑΚΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ	(11)
--	---------------------	------

$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \pm \frac{2\pi R}{T} = \pm 2\pi R f = \omega R$	ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ	(12)
--	----------------------	------

$f = \frac{n}{t}$	ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ	(13)
-------------------	-----------	------

### Κεντρομόλος δύναμη - κεντρομόλος επιτάχυνση.

$a_K = \omega^2 R$	ΚΕΝΤΡΟΜΟΛΟΣ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ	(14)
--------------------	------------------------	------

$a_K = v^2 / R$	ΚΕΝΤΡΟΜΟΛΟΣ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ	(15)
-----------------	------------------------	------

$F_K = ma_K = m\omega^2 R = \frac{mv^2}{R}$	ΚΕΝΤΡΟΜΟΛΟΣ ΔΥΝΑΜΗ	(16)
---	--------------------	------

### Σύνδεση με γραμμικά μεγέθη

$v = R\omega$	ΣΧΕΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ	(17)
---------------	-----------------	------

$a_E = R\alpha$	ΣΧΕΣΗ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΕΩΝ	(18)
-----------------	--------------------	------

### Ομαλά επιταχυνόμενη κυκλική κίνηση

Γραμμική Κίνηση	Εξίσωση Νο	Γωνιακή Κίνηση
$v = v_0 + a_E t$	1	$\omega = \omega_0 + \alpha t$
$x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a_E t^2$	2	$\theta = \theta_0 + \omega_0 t + \frac{1}{2} \alpha t^2$
$2a_E(x - x_0) = v^2 - v_0^2$	3	$2\alpha(\theta - \theta_0) = \omega^2 - \omega_0^2$
$a_E = \frac{v - v_0}{t}$	4	$\alpha = \frac{\omega - \omega_0}{t}$

### Μοναδιαία διανύσματα στην κυκλική κίνηση

$\vec{F}_K = -F_K \vec{e}_r = -\frac{mv^2}{R} \vec{e}_r$	ΚΕΝΤΡΟΜΟΛΟΣ ΔΥΝΑΜΗ - ΔΙΑΝΥΣΜΑ	(19)
--	-------------------------------	------

$\vec{a}_K = -a_K \vec{e}_r = -\frac{v^2}{R} \vec{e}_r$	ΚΕΝΤΡΟΜΟΛΟΣ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ - ΔΙΑΝΥΣΜΑ	(20)
---	-----------------------------------	------

$\vec{v} = v \vec{e}_\theta = \omega R \vec{e}_\theta$	ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ- ΔΙΑΝΥΣΜΑ	(21)
--	-----------------------------	------

$\vec{e}_r = (\cos\theta, \sin\theta)$	ΜΟΝΑΔΙΑΙΟ	(22)
--	-----------	------

$\vec{e}_\theta = (-\sin\theta, \cos\theta)$	ΜΟΝΑΔΙΑΙΟ	(23)
--	-----------	------

## 2. ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΗ ΚΙΝΗΣΗ - ΣΤΕΡΕΟ ΣΩΜΑ

### Εισαγωγή

$\omega = \frac{d\theta}{dt}$	ΓΩΝΙΑΚΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ	(1)
-------------------------------	---------------------	-----

$\alpha = \frac{d\omega}{dt}$	ΓΩΝΙΑΚΗ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ	(2)
-------------------------------	-----------------------	-----

$v = \omega r$	ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ	(3)
----------------	----------------------	-----

$\theta = \theta_0 + \omega t$	ΟΜΑΛΗ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΗ ΚΙΝΗΣΗ	(4)
--------------------------------	---------------------------------	-----

$\Delta\theta = \omega t$	ΟΜΑΛΗ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΗ ΚΙΝΗΣΗ	(5)
---------------------------	---------------------------------	-----

$\omega = \omega_0 + \alpha t$	ΕΠΙΤΑΧ. ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΗ ΚΙΝΗΣΗ	(6)
--------------------------------	-----------------------------------	-----

$\Delta\theta = \omega_0 t + \frac{1}{2} \alpha t^2$	ΕΠΙΤΑΧ. ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΗ ΚΙΝΗΣΗ	(7)
--	-----------------------------------	-----

### Ροπή Δύναμης στην περιστροφική κίνηση

$\tau = rF$	Ροπή δύναμης, $F$ κάθετη στο $r$	(8)
-------------	-------------------------------------	-----

$\tau = \pm rF$	Ροπή δύναμης, (+) αντίθετα με το ρολόι (-) σύμφωνα με το ρολόι	(9)
-----------------	--	-----

$\tau = \pm rF \sin\theta$	Ροπή δύναμης, (+) αντίθετα με το ρολόι (-) σύμφωνα με το ρολόι	(10)
----------------------------	--	------

### Ροπή Δύναμης - Εναλλακτικός ορισμός

$\tau = \pm rF_{\perp}$	Ροπή δύναμης, κάθετη δύναμη $F_{\perp}$	(11)
-------------------------	--	------

$\tau = \pm r_{\perp} F$	Ροπή δύναμης, κάθετη απόσταση $r_{\perp}$	(12)
--------------------------	--	------

### Ισορροπία

$\Sigma \vec{F} = 0$	Συνιστάμενη Δύναμη = 0	ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ (13)
----------------------	------------------------	-------------------

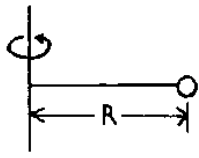
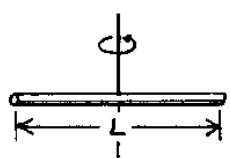
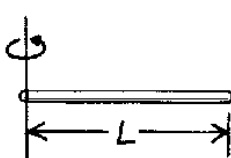
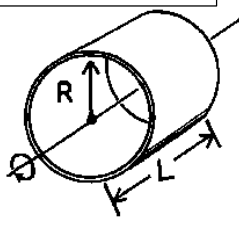
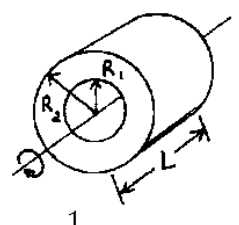
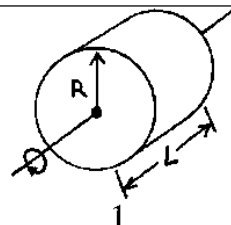
$\Sigma \tau = 0$	Συνιστάμενη Ροπή = 0	
-------------------	----------------------	--

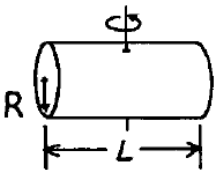
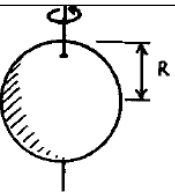
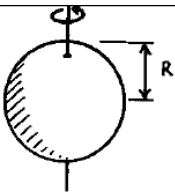
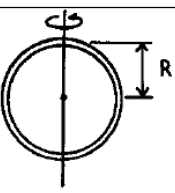
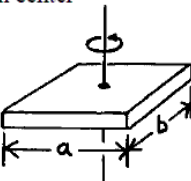
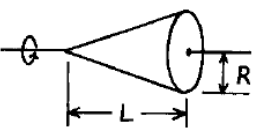
## Ροπή Αδράνειας

$I = mr^2$	ΡΟΠΗ ΑΔΡΑΝΕΙΑΣ – ΥΛΙΚΟ ΣΗΜΕΙΟ	(14)
------------	----------------------------------	------

$I = \sum_{i=1}^N m_i r_i^2$	ΡΟΠΗ ΑΔΡΑΝΕΙΑΣ – ΣΥΝΟΛΟ ΥΛΙΚΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ	(15)
------------------------------	--	------

$I = \int r^2 dm$	ΡΟΠΗ ΑΔΡΑΝΕΙΑΣ – ΣΤΕΡΕΟ	(16)
-------------------	----------------------------	------

<p>Point mass at a radius R</p>  <p><math>I = MR^2</math></p>	<p>Thin rod about axis through center perpendicular to length</p>  <p><math>I = \frac{1}{12} ML^2</math></p>	<p>Thin rod about axis through end perpendicular to length</p>  <p><math>I = \frac{1}{3} ML^2</math></p>
<p>ΣΩΛΗΝΑΣ</p>  <p><math>I = MR^2</math></p>	<p>Thick-walled cylinder about central axis</p>  <p><math>I = \frac{1}{2} M(R_1^2 + R_2^2)</math></p>	<p>ΣΥΜΠΑΓΗΣ ΚΥΛΙΝΔΡΟΣ</p>  <p><math>I = \frac{1}{2} MR^2</math></p>

<p>Solid cylinder about central diameter</p>  $I = \frac{1}{4}MR^2 + \frac{1}{12}ML^2$	<p>ΣΥΜΠΑΓΗΣ ΣΦΑΙΡΑ</p>  $I = \frac{2}{5}MR^2$	<p>ΛΕΠΤΗ ΚΟΙΛΗ ΣΦΑΙΡΑ</p>  $I = \frac{2}{3}MR^2$
<p>ΛΕΠΤΟΣ ΔΑΚΤΥΛΙΟΣ</p>  $I = \frac{1}{2}MR^2$	<p>Slab about perpendicular axis through center</p>  $I = \frac{1}{12}M(a^2 + b^2)$	<p>Cone about central axis</p>  $I = \frac{3}{10}MR^2$

Πίνακας 8.1

$I = I_{KM} + md^2$	ΘΕΩΡΗΜΑ STEINER	(17)
---------------------	-----------------	------

## Ο 2ος Νόμος του Νεύτωνα στη Περιστροφική Κίνηση

$\Sigma\tau = I\alpha$	2 <sup>ος</sup> ΝΟΜΟΣ ΝΕΥΤΩΝΑ ΓΙΑ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗ	(18)
------------------------	---	------

## Κινητική Ενέργεια στην Περιστροφική Κίνηση

$K = \frac{1}{2}I\omega^2$	ΚΙΝΗΤΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗΣ	(19)
----------------------------	----------------------------------	------

## Έργο και Ισχύς στην Περιστροφική Κίνηση

$W = \int_{\theta_1}^{\theta_2} \tau d\theta$	ΕΡΓΟ – ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΗ ΚΙΝΗΣΗ	(20)
---	-------------------------------	------

$P = \frac{W}{t}$	ΙΣΧΥΣ	(21)
-------------------	-------	------

$P = \frac{dW}{dt}$	ΣΤΙΓΜΙΑΙΑ ΙΣΧΥΣ	(22)
---------------------	--------------------	------

$P = \tau\omega$	ΙΣΧΥΣ	(23)
------------------	-------	------

### Θεώρημα Έργου - Ενέργειας στην Περιστροφική Κίνηση

$W = K_B - K_A$	ΘΕΩΡΗΜΑ ΕΡΓΟΥ- ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	(24)
-----------------	--------------------------------	------

### 3. ΣΤΡΟΦΟΡΜΗ

$L = \pm mvr \sin\theta$	ΣΤΡΟΦΟΡΜΗ	(1)
--------------------------	-----------	-----

$L = \pm mrv_{\perp}$	Στροφορμή, κάθετη ταχύτητα $v_{\perp}$	(2)
-----------------------	---	-----

$L = \pm mvr_{\perp}$	Στροφορμή, κάθετη απόσταση $r_{\perp}$	(3)
-----------------------	---	-----

### Στροφορμή Στερεού σώματος

$L = I\omega$	ΣΤΡΟΦΟΡΜΗ ΣΤΕΡΕΟΥ	(4)
---------------	-------------------	-----

### Διατήρηση της Στροφορμής - Κεντρικές Δυνάμεις



$\tau = \frac{dL}{dt}$	2 <sup>ος</sup> ΝΟΜΟΣ του ΝΕΥΤΩΝΑ - Περιστροφή	(5)
------------------------	--	-----

$L_1 = L_2 \Rightarrow I_1\omega_1 = I_2\omega_2$	ΔΙΑΤΗΡΗΣΗ ΣΤΡΟΦΟΡΜΗΣ	(6)
---	-------------------------	-----

#### 4. ΣΥΝΘΕΤΗ ΚΙΝΗΣΗ

$\Sigma \vec{F} = M\vec{a}$	ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΗ ΚΙΝΗΣΗ ΤΟΥ Κ.Μ.	(1)
-----------------------------	-------------------------------	-----

$\Sigma \tau = I\alpha$	ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΗ ΚΙΝΗΣΗ ΓΥΡΩ ΑΠΟ Κ.Μ.	(2)
-------------------------	--------------------------------------	-----

#### Κύλιση

$x = R\theta$	ΚΥΛΙΣΗ χωρίς ολίσθηση	(3)
---------------	-----------------------	-----

$v = R\omega$	ΚΥΛΙΣΗ χωρίς ολίσθηση	(4)
---------------	-----------------------	-----

$a_{KM} = R\alpha$	ΚΥΛΙΣΗ χωρίς ολίσθηση	(5)
--------------------	-----------------------	-----

#### Θεώρημα Έργου Ενέργειας για την Κύλιση

Κίνηση	Κινητική Ενέργεια	Έργο
Μεταφορική	$K = \frac{1}{2}mv^2$	$W = \int_{x_1}^{x_2} Fdx$

Περιστροφική	$K = \frac{1}{2} I \omega^2$	$W = \int_{\theta_1}^{\theta_2} \tau d\theta$
--------------	------------------------------	---

## Κέντρο Μάζας

$x_{KM} = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^N m_i x_i$	x-ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΗ ΚΕΝΤΡΟΥ ΜΑΖΑΣ	(6α)
$y_{KM} = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^N m_i y_i$	y-ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΗ ΚΕΝΤΡΟΥ ΜΑΖΑΣ	(6β)

$x_{KM} = \frac{1}{M} \int x dm$	x-ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΗ Κ. Μ. ΣΤΕΡΕΟ	(7α)
$y_{KM} = \frac{1}{M} \int y dm$	y-ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΗ Κ. Μ. ΣΤΕΡΕΟ	(7β)

## 5. ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΙΣ

### Απλός Αρμονικός Ταλαντωτής

$x''(t) = -\frac{k}{m} x(t)$	ΔΙΑΦΟΡΙΚΗ ΕΞΙΣΩΣΗ ΤΑΛΑΝΤΩΤΗ	(1)
------------------------------	--------------------------------	-----

$x(t) = A \cos(\omega t + \varphi)$	ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗ	(2)
-------------------------------------	-------------	-----

$\omega^2 = \frac{k}{m}$	ΚΥΚΛΙΚΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ	(3)
--------------------------	-------------------	-----

$\omega = 2\pi f$	ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ	(4)
-------------------	-----------	-----

$T = 1/f$	ΠΕΡΙΟΔΟΣ	(5)
-----------	----------	-----

$v(t) = -\omega A \sin(\omega t + \varphi)$	ΤΑΧΥΤΗΤΑ	(6)
---	----------	-----

### Ενέργεια Ταλαντωτή

$U(x) = \frac{1}{2} kx^2$	ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	(7)
---------------------------	-------------------	-----

$E = \frac{1}{2} mv^2 + \frac{1}{2} kx^2$	ΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	(8)
---	----------------	-----

$E = \frac{1}{2} kA^2$	ΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	(9)
------------------------	----------------	-----

$E = \frac{1}{2} m\omega^2 A^2$	ΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	(10)
---------------------------------	----------------	------

### Απόσβεση

$m\ddot{x}(t) = -kx(t) - b\dot{x}(t)$	ΔΙΑΦΟΡΙΚΗ ΕΞΙΣΩΣΗ ΑΠΟΣΒΕΣΗΣ	(11)
---------------------------------------	--------------------------------	------

$x(t) = Ae^{-\beta t} \cos(\omega t)$	ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗ – ΑΠΟΣΒΕΣΗ	(12)
---------------------------------------	---------------------------	------

$b = 2m\beta$	ΣΤΑΘΕΡΑ ΑΠΟΣΒΕΣΗΣ	(13)
---------------	-------------------	------

$\omega = \sqrt{\frac{k}{m} - \beta^2} = \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}$	ΚΥΚΛΙΚΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ	(14)
---	-------------------	------

## Εξαναγκασμένες Ταλαντώσεις -Συντονισμός

$mx''(t) + kx(t) + bx'(t) = F_0 \cos \omega_F t$	ΔΙΑΦ. ΕΞΙΣ. ΜΕ ΕΞΑΝΓΚΑΣΜΟ	(15)
--	------------------------------	------

$x(t) \approx A_F \cos(\omega_F t + \varphi)$	ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗ – ΜΕ ΕΞΑΝΓΚΑΣΜΟ	(16)
---	--------------------------------	------

$\varphi = \tan^{-1} \frac{b\omega_F}{m(\omega_0^2 - \omega_F^2)}$	ΦΑΣΗ – ΕΞΑΝΓΚΑΣΜΟΣ	(17)
--	--------------------	------

$A_F = \frac{F_0/m}{\sqrt{(\omega_0^2 - \omega_F^2)^2 + (b\omega_F)^2}}$	ΠΛΑΤΟΣ – ΕΞΑΝΓΚΑΣΜΟΣ	(18)
--	-------------------------	------

## Μικρές Ταλαντώσεις

$x'' = -\omega^2 x$	ΚΥΚΛΙΚΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ	(3)
---------------------	-------------------	-----

## 6. ΚΥΜΑΤΑ

### Μαθηματική Περιγραφή Κύματος

$y = f(x \pm vt)$	ΕΞΙΣΩΣΗ ΚΥΜΑΤΟΣ	(12.1)
-------------------	-----------------	--------

$f(x) = A \sin kx$	ΕΞΙΣΩΣΗ ΗΜΙΤΟΝΟΥ	(12.2)
--------------------	------------------	--------

$y(x, t) = A \sin k(x - vt)$	ΗΜΙΤΟΝΟΕΙΔΕΣ ΚΥΜΑ	(12.3)
------------------------------	-------------------	--------

$\omega = kv$	ΣΧΕΣΗ ΣΤΑΘΕΡΩΝ	(12.2)
---------------	----------------	--------

$y(x, t) = A\sin(kx - \omega t)$	ΗΜΙΤΟΝΟΕΙΔΕΣ ΚΥΜΑ ΑΡΜΟΝΙΚΟ ΚΥΜΑ	(12.5)
----------------------------------	------------------------------------	--------

$\varphi = kx - \omega t$	ΦΑΣΗ	(12.6)
---------------------------	------	--------

$k = \frac{2\pi}{\lambda}$	ΚΥΜΑΤΑΡΙΘΜΟΣ	(12.7)
----------------------------	--------------	--------

$y(x, t) = A\sin(-\omega t) = -A\sin(\omega t)$	ΗΜΙΤΟΝΟΕΙΔΕΣ ΚΥΜΑ ΣΤΟ $x = 0$	(12.8)
---	----------------------------------	--------

$\omega = \frac{2\pi}{T}$	ΚΥΚΛΙΚΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ	(12.9)
---------------------------	-------------------	--------

$f = \frac{1}{T} = \frac{n}{t}$	ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ	(12.10)
---------------------------------	-----------	---------

$v = \frac{\lambda}{T} = \lambda f$	ΣΧΕΣΗ ΚΥΜΑΤΙΚΩΝ ΜΕΓΕΘΩΝ	(12.11)
-------------------------------------	----------------------------	---------

### Κύματα σε Χορδές

$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$	Ταχύτητα κύματος σε Χορδή	(12.12)
----------------------------	---------------------------------	---------

$\mu = \frac{dm}{dx} = \frac{m}{L}$	ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ	(12.13)
-------------------------------------	-----------------------	---------

## Ταχύτητα Διαφόρων Κυμάτων

Είδος κύματος	Παράδειγμα	Πηγή	Μέσο	Κατεύθυνση	Τυπικό $v$
Μηχανικά κύματα	Κραδασμοί σε κινητήρες, δρόμους, γέφυρες	Κινητήρες, κινούμενα οχήματα, αέρας	Υλη	Κυρίως εγκάρσια	Μερικά $m/s$
Σεισμικά		Τεκτονικές πλάκες	Φλοιός της γης	Κυρίως διαμήκη	Μερικά $km/h$
Ήχος	Ομιλία, Θόρυβος, Μουσική	Φωνητικές Χορδές + γλώσσα, Κίνηση, Μουσικά όργανα	Αέρας	Διαμήκη	$330 m/s$
Ηλεκτρο-μαγνητικά	Τηλεπικοινωνίες, TV, Ράδιο, Ακτίνες - X, Φως	Κεραία	Αέρας-Κενό	Εγκάρσια	$3 \times 10^8 m/s$
Θαλάσσια		Αέρας + Σεισμοί (tsunami!)	Νερό	Κυρίως εγκάρσια	Μερικά $m/s$

Πίνακας 12.1: Είδη κυμάτων

Είδος κύματος	Ταχύτητα $v$	Παράμετροι
Κύμα σε Χορδή	$\sqrt{F/\mu}$	$F$ : Δύναμη, $\mu$ : Γραμμική πυκνότητα
Ήχος σε Στερεά	$\sqrt{E/\rho}$	$E$ : Μέτρο ελαστικότητας Young, $\rho$ : Πυκνότητα
Ήχος στον Αέρα	$\sqrt{\gamma/RT}$	$\gamma, R$ : Θερμοδυναμικές σταθερές, $T$ η θερμοκρασία σε Kelvin
Φως σε κενό ή αέρα	$c = 3 \times 10^8 m/s$	Σταθερή
Φως σε υλικό	$c/n$	$n$ : Δείκτης διάθλασης του υλικού
Ηλεκτρομαγ. Κύματα	$c$	Ίδια με την ταχύτητα του φωτός

Πίνακας 12.2: Ταχύτητες διαφόρων κυμάτων

Υλικό	E(GPa)	Υλικό	E(GPa)
Καουτσούκ	0.1	Χρυσός	74
Πολυαιθυλένιο	0.8	Ορείχαλκος	100
Πλαστικό	2.3	Χαλκός	117
Nylon	3	Μπρούντζος	120
Ακρυλικά	3.2	Πλαστικό με ίνες	150
Ξύλο	11	Νικέλιο	170
Μετόν	17	Χάλυβας	200
Κόκκαλο	18	Σίδηρος	210
Κασσίτερος	47	Βολφράμιο (W)	400
Αλουμίνιο	69	Tungsten Carbide (WC)	500
Γυαλί	70	Διαμάντι (C)	1220

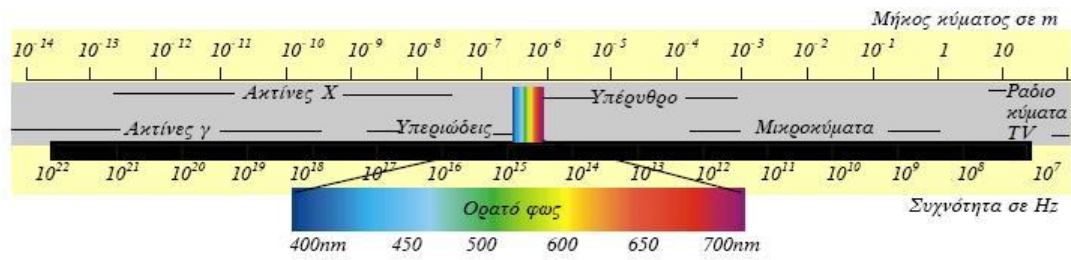
Πίνακας 12.3: Μέτρο ελαστικότητας του Young διάφορων υλικών

Υλικό - Ουσία	Πυκνότητα (kg/m <sup>3</sup> )	Πυκνότητα (g/cm <sup>3</sup> )
Αέρας	1.2	0.0012
Αιθανόλη	810	0.81
Πάγος	920	0.92
Νερό	1000	1.0
Νερό θαλάσσης	1030	1.03
Αίμα	1600	1.6
Μπετόν	2000	2.0
Αλουμίνιο	2700	2.7
Σίδηρος	7800	7.8
Χάλυβας	7800	7.8
Ορείχαλκος	8600	8.6
Χαλκός	8900	8.9
Άργυρος	10500	10.0
Χρυσός	19300	19.3
Πλατίνα	21400	21.4

Πίνακας 12.4: Πυκνότητα διάφορων υλικών

## Ηλεκτρομαγνητικά κύματα

$c = \lambda f$	ΣΧΕΣΗ ΜΕΓΕΘΩΝ Η/Μ ΚΥΜΑΤΑ	(12.14)
-----------------	-----------------------------	---------



Σχήμα 12.8

## Ενέργεια Κύματος - Ισχύς Κύματος

$p = \frac{1}{2} \mu v A^2 \omega^2$	ΙΣΧΥΣ ΚΥΜΑΤΟΣ	(12.15)
--------------------------------------	---------------	---------

## Επαλληλία Κυμάτων

### α) Στάσιμα κύματα

$y = 2A \sin(kx) \cos(\omega t)$	ΣΤΑΣΙΜΟ ΚΥΜΑ	(12.16)
----------------------------------	--------------	---------

$\lambda_n = \frac{2L}{n} \quad n = 1, 2, 3, \dots$	ΣΤΑΣΙΜΟ ΚΥΜΑ	(12.17)
---	--------------	---------

$f_n = n \frac{v}{2L} \quad n = 1, 2, 3, \dots$	ΑΡΜΟΝΙΚΕΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ	(12.17)
---	----------------------	---------

$f_n = n f_1 \quad n = 1, 2, 3, \dots$	ΑΡΜΟΝΙΚΕΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ	(12.18)
--	----------------------	---------

### β) Συμβολή κυμάτων

$y = 2A \cos(\varphi/2) \sin(kx - \omega t + \varphi/2)$	ΣΥΜΒΟΛΗ ΚΥΜΑΤΩΝ	(12.19)
--	-----------------	---------



$\varphi = 2n\pi \quad n = 0,1,2 \dots$	ΕΝΙΣΧΥΤΙΚΗ ΣΥΜΒΟΛΗ	(12.20 α)
$\varphi = (2n + 1)\pi \quad n = 0,1,2 \dots$	ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΙΚΗ ΣΥΜΒΟΛΗ	(12.20 β)

## 7. ΗΧΟΣ

### Εισαγωγή - Τι είναι ο Ήχος

$$20 \text{ Hz} < f < 20 \text{ kHz}$$

$y = A \sin(kx - \omega t)$	ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗ ΜΟΡΙΩΝ ΑΕΡΑ	(13.1)
-----------------------------	----------------------------	--------

$\Delta P = -P_0 \cos(kx - \omega t)$	ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΠΙΕΣΗΣ ΑΕΡΑ	(13.2)
---------------------------------------	--------------------------	--------

$P = P_{atm} - P_0 \cos(kx - \omega t)$	ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΠΙΕΣΗΣ ΑΕΡΑ	(13.3)
---	--------------------------	--------

### Ταχύτητα του ήχου

$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$	ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΗΧΟΥ ΣΤΕΡΕΑ	(13.4)
-----------------------------	-------------------------	--------

$v = \sqrt{\frac{B}{\rho}}$	ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΗΧΟΥ ΡΕΥΣΤΑ	(13.5)
-----------------------------	-------------------------	--------

$v = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M_A}}$	ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΗΧΟΥ ΙΔΑΝΙΚΟ ΑΕΡΙΟ	(13.6)
------------------------------------	--------------------------------	--------

Πίνακας 13.1: Σύσταση Αέρα

Συστατικά	%	$M_A$ (g/mol)	(Γινόμενο)
Οξυγόνο	21	32.00	6.704
Άζωτο	78	28.02	21.88
Διοξείδιο του Άνθρακα	0.03	44.01	0.013
Υδρογόνο	0.00005	2.02	0
Αργό	1	39.94	0.373
Νέο	0.0018	20.18	0
Ήλιο	0.0005	4.00	0
Κρυπτό	0.0001	83.8	0
Ξένο	$0.09 \cdot 10^{-4}$	131.29	0
Μοριακή μάζα Αέρα- $M_A$			28.97

$v = 331 \text{ m/s}$	ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΗΧΟΥ στο $\theta = 0^\circ$	(13.7)
-----------------------	---	--------

$v(\theta) = 331 \sqrt{\frac{\theta + 273}{273}} \text{ m/s}$	ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΗΧΟΥ ΣΕ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ $\theta$	(13.8)
---	--	--------

### Ένταση του Ήχου

$I = \frac{p}{A}$	ΕΝΤΑΣΗ ΤΟΥ ΗΧΟΥ	(13.8)
-------------------	--------------------	--------

$\beta = 10 \cdot \log_{10} \frac{I}{I_0}$	ΚΛΙΜΑΚΑ Decibel	(13.9)
--	-----------------	--------

### Εξάρτηση της Έντασης από την απόσταση

$I = \frac{p}{4\pi r^2}$	ΕΝΤΑΣΗ ΣΗΜΕΙΑΚΗΣ ΠΗΓΗΣ	(13.10)
--------------------------	---------------------------	---------

$\frac{I_A}{I_B} = \frac{r_B^2}{r_A^2}$	ΣΧΕΤΙΚΗ ΕΝΤΑΣΗ	(13.11)
---	----------------	---------

### Φαινόμενο Doppler

$f_o = \frac{v + v_o}{v - v_s} f_s$	Συχνότητα Doppler	(13.12)
-------------------------------------	----------------------	---------

### ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α. Διαφορική Εξίσωση Κύματος

$\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 y}{\partial t^2}$	ΕΞΙΣΩΣΗ ΚΥΜΑΤΟΣ	(A.1)
---	-----------------	-------