Τάξη Γ΄

Α. Ζωγράφ.

ΦΥΣΙΚΗ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ

Α. ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΙΣ

§1.3 Απλή Αρμονική Ταλάντωση.

Ταλάντωση, κάθε παλινδρομική κίνηση γύρω από μία συγκεκριμένη θέση – θέση αναφοράς (Θ.Α) –.

Θέση ισορροπίας (Θ.Ι), σε μία ταλάντωση, είναι η θέση στην οποία η συνισταμένη των ασκούμενων δυνάμεων στον ταλαντωτή – το σώμα που ταλαντώνεται – είναι μηδέν.

Στις περιοδικές ταλαντώσεις η (Θ.Ι) συμπίπτει με τη (Θ.Α).

Γραμμική ταλάντωση (Γ.Τ), κάθε ταλάντωση στην οποία η τροχιά του ταλαντωτή είναι ευθεία γραμμή.

Στις γραμμικές και περιοδικές ταλαντώσεις ο ταλαντωτής κινείται μεταξύ δύο ακραίων θέσεων που ισαπέχουν από τη (Θ.Ι) του.

Απομάκρυνση (x), σε μία Γ.Π.Τ ονομάζεται η συντεταγμένη του σημείου που βρίσκεται ο ταλαντωτής ως προς τη (Θ.Ι) του και **πλάτος (A)** η μέγιστη τιμή του μέτρου της, δηλαδή

$$A = |x|_{max}.$$

Για την απόσταση (d) του ταλαντωτή από τη (Θ.Ι) του ισχύει ότι $d = |x|$.

Απλή αρμονική ταλάντωση (Α.Α.Τ), λέγεται κάθε Γ.Π.Τ στην οποία η απομάκρυνση του ταλαντωτή από τη (Θ.Ι) του είναι ημιτονοειδής συνάρτηση του χρόνου.

Αν σε μία Π.Τ ο ταλαντωτής, σε χρόνο t

διέρχεται N φορές από ένα συγκεκριμένο σημείο της τροχιάς του με ταχύτητα της ίδιας κατεύθυνσης, ως:

<u>Περίοδος (T)</u> της ταλάντωσης ορίζεται το πηλίκο $T = t/N$, δηλαδή η περίοδος εκφράζει το χρονικό διάστημα μεταξύ δύο διαδοχικών διελεύσεων του ταλαντωτή από το συγκεκριμένο σημείο της τροχιά του με ταχύτητα ίδιας κατεύθυνσης, και τη μετράμε <u>σε s</u>.

<u>Συχνότητα (f)</u> της ταλάντωσης ορίζεται το πηλίκο $f = N/t$, δηλαδή η συχνότητα εκφράζει τον αριθμό των διελεύσεων του ταλαντωτή _ το πόσες φορές περνάει ο ταλαντωτής _ από το συγκεκριμένο σημείο της τροχιάς του με ταχύτητα της ίδιας κατεύθυνσης, σε ένα δευτερόλεπτο, και τη μετράμε σε <u>$c/s = s^{-1}$ (Hz)</u>.

Αν στη σχέση $f = N/t$ θέσουμε όπου $N = 1$ τότε θα είναι $t = T$, οπότε $f = 1/T$. Επομένως τα μεγέθη περίοδος και συχνότητα είναι αντίστροφα.

Σε μία Α.Α.Τ, αν ο ταλαντωτής τη χρονική στιγμή μηδέν _ $t=0$ _ βρίσκεται στη Θ.Ι του _ θέση $x=0$ _ και κινείται κατά τη θετική φορά _ υλο _ η απομάκρυνσή του προκύπτει από τη σχέση <u>$x = A ημωt$</u> (1), όπου A το πλάτος της ταλάντωσης και ω η γωνιακή της συχνότητα.

Σ' αυτή την περίπτωση η ταχύτητα και η επιτάχυνση του ταλαντωτή προκύπτουν από τις σχέσεις <u>$υ = υ_0 συν ωt$</u> (2) και <u>$α = -α_0 ημωt$</u> (3) αντίστοιχα, όπου $υ_0$ το πλάτος της ταχύτητας _ η μέγιστη τιμή του μέτρου της: <u>$υ_0 = |υ|max$</u> _ και $α_0$ το πλάτος της επιτάχυνσης _ η μέγιστη τιμή του μέτρου της: <u>$α_0 = |α| max$</u> _.

Αποδεικνύεται ότι: <u>$υ_0 = ωA$</u> και <u>$α_0 = ω^2 A$</u>.

<u>Παρατηρήσεις</u>

1. <u>Στις σχέσεις (1), (2), (3) τα σύμβολα x, υ,</u>

α παριστάνουν τις αλγεβρικές τιμές των αντίστοιχων διανυσματικών μεγεθών.

Η αλγεβρική τιμή κάθε διανυσματικού μεγέθους είναι το μέτρο του με πρόσημο που καθορίζεται από τη φορά του αντίστοιχου διανύσματος σε σχέση με συμφωνημένο άξονα.

2. Αν τη χρονική στιγμή μηδέν _$t=0$_ ο ταλαντωτής δε βρίσκεται στη Θ.Ι του _ Θέση $x=0$_, ή βρίσκεται στη Θ.Ι του αλλά κινείται κατά την αρνητική φορά _$υ<0$_ οι σχέσεις (1).(2).(3) διαφοροποιούνται και γίνονται:

$$x = A ημ(ωt+φ_0), \quad υ = υ_0 συν(ωt+φ_0),$$
$$α = - α_0 ημ(ωt+φ_0).$$

3. Για τη γωνιακή συχνότητα ισχύει ότι $ω = \frac{2π}{T} = 2πf$ ενώ η μονάδα μέτρησής της είναι το 1rad/s.

Η γωνιακή συχνότητα είναι ένα μέγεθος χωρίς άμεση φυσική σημασία που αναφέρεται σε όλα τα περιοδικά φαινόμενα.

Π.χ στην ομαλή κυκλική κίνηση ορίζεται το μέγεθος γωνιακή ταχύτητα με μέτρο $ω=dφ/dt$.

Η ομαλή κυκλική κίνηση όμως είναι ταυτόχρονα κυκλική κίνηση και περιοδική κίνηση.

Έτσι, στην ομαλή κυκλική κίνηση το μέτρο της γωνιακής ταχύτητας που έχει ως κυκλική κίνηση ισούται με τη γωνιακή συχνότητα που έχει ως περιοδική κίνηση.

Φάση (φ) στην Α.Α.Τ ονομάζουμε την ποσότητα **ωt** εφόσον $x = Aημωt$ ή την ποσότητα **ωt+φ₀** εφόσον $x = Aημ(ωt+φ_0)$ και τη μετράμε σε ακτίνια _rad_.

α. Αν $φ=ωt$ τότε για $t=0$ είναι $φ=0$, ενώ για $t=T$ είναι $φ=ωT=(2π/T)T=2π$ rad.

β. Αν $φ=ωt+φ_0$ τότε για $t=0$ είναι $φ=φ_0$, όπου $φ_0$ η αρχική φάση _ η φάση της ταλάντωσης τη χρονική στιγμή μηδέν.

Η αρχική φάση $φ_0$ μας πληροφορεί για τη θέση, την ταχύτητα και την επιτάχυνση του ταλαντωτή τη χρονική στιγμή μηδέν.

Για την αρχική φάση ισχύει **$0 \leq φ_0 < 2π$**

Διαφορά φάσης, $Δφ = φ_1 - φ_2$, μεταξύ δύο μεγεθών, από αυτά που περιγράφουν την Α.Α.Τ σημαίνει ότι:

1. τα μεγέθη αυτά δεν παίρνουν ταυτόχρονα τη μέγιστη ή την ελάχιστη τιμή τους και γενικότερα τις αντίστοιχες τιμές τους σε αντίθεση με ότι συμβαίνει όταν δύο μεγέθη είναι συμφασικά – έχουν την ίδια φάση.

2. αν κάποια χρονική στιγμή το μέγεθος που προηγείται σε φάση κατά $Δφ$ έχει ορισμένη τιμή, το άλλο μέγεθος θα πάρει την αντίστοιχη τιμή – μέγιστη, ελάχιστη κ.τ.λ – τη χρονική στιγμή $t+Δt$.

Επειδή όμως $ω = Δφ/Δt \rightarrow 2π/T = Δφ/Δt \leftrightarrow$

$$\boxed{Δt = \frac{T}{2π} \cdot Δφ \longleftrightarrow Δφ = \frac{2π}{T} Δt}$$

Π.χ η σχέση $υ = υ_0 συνωt$ γράφεται $υ = υ_0 ημ(ωt + π/2)$, οπότε αν τη συγκρίνουμε με τη σχέση $x = Aημωt$ θα παρατηρήσουμε ότι η φάση της ταχύτητας – $ωt + π/2$ – προηγείται της φάσης της απομάκρυνσης κατά $π/2$, δηλαδή μεταξύ ταχύτητας και απομάκρυνσης υπάρχει διαφορά φάσης $Δφ = π/2$ rad.

Αυτό σημαίνει ότι η ταχύτητα και η απομάκρυνση παίρνουν τις αντίστοιχες τιμές τους με χρονική διαφορά $Δt = (T/2π)π/2 = T/4$.

Κατά τον ίδιο τρόπο και επειδή $α = -α_0 ημωt = α_0 ημ(-ωt) \leftrightarrow α = α_0 ημ(ωt + π)$, $υ = υ_0 συνωt \leftrightarrow υ = υ_0 ημ(ωt + π/2)$ και $x = Aημωt$ προκύπτει ότι η επιτάχυνση προηγείται της ταχύτητας κατά $π/2$ και της απομάκρυνσης κατά $π$ rad. Αυτό σημαίνει ότι η επιτάχυνση, η ταχύτητα και η απομάκρυνση παίρνουν τις αντίστοιχες τιμές τους με χρονική διαφορά $T/4$ η επιτάχυνση από την ταχύτητα και $T/2$ η επιτάχυνση από την απομάκρυνση.

<u>Α.Α.Τ _ Δυναμική προσέγγιση.</u>

Αν ένας σημειακός ταλαντωτής εκτελεί Α.Α.Τ σε μία τυχαία θέση (Τ.Θ) της τροχιάς του έχει επιτάχυνση α, ανεξάρτητη από τη φορά της ταχύτητας στην ίδια θέση.

Σύμφωνα με το 2º νόμο του Νεύτωνα η συνολική δύναμη ΣF που ασκείται στον ταλαντωτή και είναι υπεύθυνη για την επιτάχυνσή του είναι $\Sigma F = m\alpha \longrightarrow \Sigma F = -m\alpha_o \eta\mu\phi$ _ $\phi = \omega t$ ή $\phi = \omega t + \phi_o$ _. Άρα $\Sigma F = -m\omega^2 A \eta\mu\phi \xrightarrow{x = A\eta\mu\phi}$

$$\Sigma F = -m\omega^2 x$$

Αν συμβολίσουμε με D το γινόμενο $m\omega^2$ θα είναι $\Sigma F = -D \cdot x$, όπου $D = m\omega^2$.

Από τη σχέση αυτή φαίνεται ότι,
<u>όταν ένα σώμα _ ταλαντωτής _ εκτελεί Α.Α.Τ η συνισταμένη δύναμη που δέχεται είναι ανάλογη με την απομάκρυνση του σώματος από τη Θ.Ι του και έχει αντίθετη φορά από αυτήν.</u>

Στη σχέση $\Sigma F = -D \cdot x$ η δύναμη ΣF ονομάζεται **<u>δύναμη επαναφοράς</u>** _ γιατί τείνει να επαναφέρει το σώμα που εκτελεί την Α.Α.Τ στη Θ.Ι του _ και η σταθερά αναλογίας D ονομάζεται **<u>σταθερά επαναφοράς</u>**.

Η παραπάνω σχέση είναι γνωστή και σαν <u>συνθήκη για την</u> <u>παραγωγή Α.Α.Τ.</u> Η χρησιμοποίηση όμως μόνο της σχέσης $\Sigma F = -D \cdot x$ ως αναγκαίας και ικανής συνθήκης προκειμένου να έχουμε Α.Α.Τ δεν είναι σωστό με την έννοια ότι με το να ασκηθεί συνισταμένη δύναμη $\Sigma F = -D \cdot x$ σ' ένα σώμα, δε σημαίνει ότι το σώμα θα εκτελέσει σώνει και καλά Α.Α.Τ. <u>Ισχύει βέβαια ως συνθήκη στην περίπτωση που δεν υπάρχουν</u>

τριβές και οι ασκούμενες δυνάμεις στο σώμα είναι διατηρητικές, δηλαδή όταν η ενέργεια διατηρείται.

Παρατηρήσεις

1. Σε ένα πρόβλημα, για να αποδείξουμε ότι ένα σώμα εκτελεί **Α.Α.Τ** θα πρέπει:

α. να βρούμε τη ΣF στο σώμα στη Θ.Ι του και με βάση ότι στη Θ.Ι είναι $\Sigma F=0$ να εξάγουμε τη σχέση που ισχύει ανάμεσα σε μεγέθη που σχετίζονται με το ταλαντούμενο σύστημα.

β. να βρούμε τη ΣF στο σώμα σε μία Τ.Θ της τροχιάς του με απομάκρυνση x από τη Θ.Ι του και να δείξουμε στη συνέχεια ότι η ΣF συνδέεται με την απομάκρυνση x με μία σχέση της μορφής, $\Sigma F=-D\cdot x$, όπου D: σταθερά.

ΠΡΟΣΟΧΗ.

Στην Τ.Θ η ΣF υπολογίζεται αν από τα μέτρα των δυνάμεων που ασκούνται στο σώμα και έχουν τη φορά της απομάκρυνσης x αφαιρέσουμε τα μέτρα των δυνάμεων που έχουν αντίθετη φορά.

Αυτό σημαίνει ότι για το συγκεκριμένο υπολογισμό και μόνο θεωρούμε ως θετική τη φορά της απομάκρυνσης x στην Τ.Θ.

2. Επειδή $D=m\omega^2 \leftrightarrow \omega^2=D/m \leftrightarrow \boxed{\omega=\sqrt{D/m}}$ $\leftrightarrow 2\pi/T=\sqrt{D/m} \leftrightarrow \boxed{T=2\pi\sqrt{m/D}}$, οπότε

$$\boxed{f=\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{D}{m}}}$$

Η σταθερά επαναφοράς D έχει μονάδα μέτρησης στο S.I το 1 N/m.

Η σταθερά D γενικά δεν εξαρτάται από τη μάζα του ταλαντωτή και την κυκλική - γωνιακή - συχνότητα ταλάντωσης.

Η D εξαρτάται από τα φυσικά χαρακ-

τηριστικά του ταλαντούμενου συστήματος.
Π.χ στην περίπτωση οριζόντιου ή κατακόρυφου ελατηρίου είναι $D = K$, όπου K η σταθερά του ελατηρίου. Δηλαδή εξαρτάται από πόσο μαλακό ή σκληρό είναι το ελατήριο.

3. Για τη δύναμη επαναφοράς ισχύει ότι:

$\Sigma F = -D\cdot x = -DA\eta\mu\phi = -\Sigma F_o \eta\mu\phi$, όπου

$\Sigma F_o = |\Sigma F|max = D\cdot A$,

ή $\Sigma F_o = m a_o = m\omega^2 A = D\cdot A$,

ή $\Sigma F_o = |\Sigma F|max = |-D\cdot x|max = D\cdot|x|max = D\cdot A$.

Α.Α.Τ _ Ενεργειακή προσέγγιση.

Ενέργεια ταλάντωσης (Ετ) ονομάζεται η διαφορά ανάμεσα στη μηχανική ενέργεια E που έχει ο ταλαντωτής σε μία Τ.Θ της τροχιάς του όταν ταλαντώνεται και στη μηχανική ενέργεια E_o που έχει όταν ηρεμεί στη Θ.Ι του.

Παρατήρηση

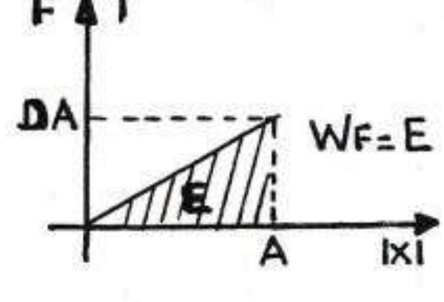
Στην Α.Α.Τ η Ετ είναι σταθερή διότι η διαφορική εξίσωση που παράγει την εξίσωση κίνησης δέχεται μόνο διατηρητικές δυνάμεις με συνέπεια η ίδια η εξίσωση κίνησης να εξασφαλίζει, ευθύς μόλις γραφτεί, τη διατήρηση της Ετ.

Επομένως δε θεωρείται αναγκαίο να μπαίνει ως προϋπόθεση και να τονίζεται κάθε φορά η διατήρηση της Ετ, όπως συμβαίνει και στο σχολικό βιβλίο, είναι δηλαδή πλεονασμός, ιδιαίτερα στην περίπτωση που οι σχέσεις που περιγράφουν την Α.Α.Τ έχουν ήδη χρησιμοποιηθεί.

Η ενέργεια ταλάντωσης Ετ είναι ίση με το έργο W_F της δύναμης F που πρέπει να ασκηθεί στον ταλαντωτή, κατά την ενεργοποίηση του σε Α.Α.Τ, προκειμένου να μεταφερθεί, με σταθερή ταχύτητα (με ταχύτητα περίπου μηδέν),

από τη Θ.Ι του στη θέση μέγιστης απομάκρυνσης $x = +A$.

Κατά τη μεταφορά όμως του ταλαντωτή, η $\vec{F}$ την κάθε χρονική στιγμή, είναι αντίθετη της δύναμης επαναφοράς $\Sigma\vec{F} = -D\cdot\vec{x}$, δηλαδή $F = \Sigma F = D|x|$, όπου $|x|$ το μέτρο της απομάκρυνσης, οπότε $|x| \in [0, A]$.



Η F είναι μεταβλητού μέτρου οπότε από το διάγραμμα της $F = f(|x|)$ προκύπτει ότι $W_F = DA^2/2$, οπότε επειδή $W_F = E_T$ είναι

$$\boxed{E_T = \frac{1}{2} D\cdot A^2}$$

Είναι $E_T = (1/2)DA^2 = (1/2)m\omega^2A^2 \xrightarrow{u_0 = \omega A}$

$$\boxed{E_T = \frac{1}{2} m u_0^2}$$

Επειδή $E_T = (1/2)D\cdot A^2 = (1/2)DA\cdot A \xrightarrow{\Sigma F_0 = DA}$

$$\boxed{E_T = \frac{1}{2}\Sigma F_0\cdot A}$$

Σε μία Α.Α.Τ στον ταλαντωτή, κατά τη διάρκεια της ταλάντωσής του, ασκούνται μόνο δυνάμεις διατηρητικές. Επομένως μέσω του έργου των δυνάμεων αυτών η δυναμική ενέργεια λόγω ταλάντωσης U_T μετατρέπεται περιοδικά σε κινητική ενέργεια λόγω ταλάντωσης K_T και αντιστρόφως, ενώ η μηχανική ενέργεια λόγω ταλάντωσης διατηρείται.

Επομένως σε μία Τ.Θ με απομάκρυνση x από τη Θ.Ι θα είναι $E_T = K_T + U_T$ (1).

Αν σε μία Τ.Θ με απομάκρυνση x από τη Θ.Ι η ταχύτητα του ταλαντωτή λόγω ταλάντωσης είναι u για την κινητική ενέργεια λόγω ταλάντωσης ισχύει ότι $K_T = \frac{1}{2}mu^2$ ενώ από την (1) προκύπτει ότι $U_\tau = E_\tau - K_\tau \rightarrow U_\tau = DA^2/2 - mu^2/2 \rightarrow$

$$U_\tau = DA^2/2 - mu_0^2 συν^2φ/2 =$$
$$= DA^2/2 - mω^2A^2 συν^2φ/2 =$$
$$= DA^2/2 - DA^2 συν^2φ/2 =$$
$$= DA^2/2\,[1 - συν^2φ] =$$
$$= DA^2 ημ^2φ/2 \xrightarrow{x = Aημφ}$$

$$\boxed{U_\tau = \frac{1}{2} D \cdot x^2}$$

Επομένως σε μία Τ.Θ της τροχιάς του ταλαντωτή με απομάκρυνση x από τη Θ.Ι όπου η ταχύτητά του είναι u ισχύει ότι

$$\boxed{E_\tau = \frac{1}{2} mu^2 + \frac{1}{2} D x^2} \quad (2)$$

Όταν $x=0$ είναι $u=u_0$ ενώ όταν $x=\pm A$ είναι $u=0$, οπότε από την (2) $\rightarrow$

$$\boxed{E_\tau = \frac{1}{2} DA^2 = \frac{1}{2} mu_0^2}$$

Σε κάθε θέση ταλάντωσης είναι $E_\tau = K_\tau + U_\tau$ οπότε:

α. $DA^2/2 = K_\tau + Dx^2/2 \rightarrow$

$$\boxed{K_\tau = (1/2)\, D\, (A^2 - x^2)}$$

β. $mu_0^2/2 = mu^2/2 + U_\tau \rightarrow$

$$\boxed{U_\tau = (1/2)\, (u_0^2 - u^2)}$$

Δυναμική ενέργεια λόγω ταλάντωσης. Μία άλλη προσέγγιση

Κατά τη διάρκεια της ταλάντωσης, για τη μεταβολή της U_τ κατά τη μετακίνηση τού ταλαντωτή από μία θέση με απομάκρυνση x_1 σε μία άλλη θέση με απομάκρυνση x_2 ισχύει ότι

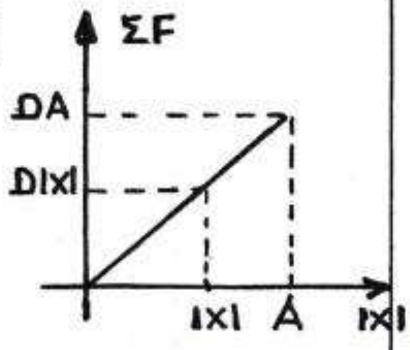
$\Delta U_\tau(x_1 \to x_2) = - W_{\Sigma F}(x_1 \to x_2) \to$

$U_\tau(x_1) - U_\tau(x_2) = W_{\Sigma F}(x_1 \to x_2)$, οπότε αν $x_2 = 0$ η Θ.Ι και $x_1 = x$ μία Τ.Θ επειδή στη Θ.Ι είναι $U_\tau = 0$ θα είναι $\underline{U_\tau(x) = W_{\Sigma F}(x \to 0)}$

Είναι $\Sigma\vec{F} = -D\vec{x}$, οπότε

$\Sigma F = D|x|$, όπου $|x| \in [0, A]$

Η ΣF είναι μεταβλητού μέτρου, οπότε από το διάγραμμα της $\Sigma F = f(|x|)$ προκύπτει ότι



$W_{\Sigma F}(x \to 0) = \frac{1}{2}Dx^2$, οπότε

$U_\tau(x) = \frac{1}{2}Dx^2$

Παρατήρηση

Αποδείξαμε ότι σε κάθε Α.Α.Τ είναι $E_\tau = (1/2)DA^2 = (1/2)mu_0^2$. Επομένως, τόσο το πλάτος **A** όσο και η μέγιστη ταχύτητα u_0 καθορίζονται <u>μόνο από την E_τ</u>, δηλαδή την ενέργεια που δίνεται στον ταλαντωτή κατά την ενεργοποίησή του σε ταλάντωση.

<u>Προεραιτικά</u> <u>για όσους/ες θέλουν κάτι περισσότερα.</u>

Όταν χαρακτηρίζουμε την Αρμονική Ταλάντωση με τον προσδιορισμό Απλή, θέλουμε να δώσουμε έμφαση στο γεγονός ότι η κίνηση αυτή είναι η απλούστερη όλων των ταλαντώσεων, υπό την έννοια ότι <u>"η οποιαδήποτε ταλάντωση μπορεί να αναλυθεί κατά Fourier σε αρμονικές ταλαντώσεις"</u>.

Η **Αρμονική Ταλάντωση** δηλαδή είναι κάτι σαν <u>"δομικός λίθος"</u> όλων των ταλαντώσεων.

<u>Η έννοια **Αρμονικός Ταλαντωτής**</u>

<u>Για τους φυσικούς ο μηχανικός **ΤΑΛΑΝΤΩ**</u>

ΤΗΣ είναι μία έννοια με <u>ειδικό περιεχόμενο</u>.
Πρόκειται για ένα αντικείμενο το οποίο αλληλεπιδρά με το περιβάλλον <u>με ειδικό τρόπο</u>.
Ο τρόπος αυτός μπορεί να περιγραφεί είτε στη Νευτωνική γλώσσα των δυνάμεων είτε στη γλώσσα της ενέργειας.
Ένα <u>**"προσωπικό"**</u> του στοιχείο είναι <u>η **Θέση ισορροπίας του**</u>.
Ένα <u>"στοιχείο ταυτότητας"</u> είναι <u>**η συχνότητα**</u> της ταλάντωσης την οποία θα εκτελέσει εφόσον ενεργοποιηθεί. Ένα δηλαδή από τα <u>"μυστικά"</u> κάθε ταλαντωτή είναι ότι
<u>η συχνότητα με την οποία θα εκτελέσει ταλάντωση είναι πάντοτε η ίδια, ανεξάρτητα από την ποσότητα ενέργειας που θα του μεταβιβάσουμε προκειμένου να τον ενεργοποιήσουμε (ιδιοσυχνότητα)</u>.
Ένας ταλαντωτής όταν βρίσκεται στη Θ.Ι έχει την <u>**ελάχιστη ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ**</u> (ευσταθής ισορροπία).
Όταν ο ταλαντωτής βρίσκεται στη **Θ.Ι** και ενεργοποιηθεί δημιουργείται από το "υπόλοιπο Σύμπαν" <u>Δύναμη επαναφοράς</u> _ λόγω αλληλεπίδρασης του με αντικείμενα του περιβάλλοντος _ η οποία ασκούμενη στον ταλαντωτή τείνει να τον επαναφέρει στη **Θ.Ι** του.
Εφόσον ο ταλαντωτής είναι υλικό σημείο και η ασκούμενη από το περιβάλλον (συνισταμένη) δύναμη επαναφοράς είναι ανάλογη με την απομάκρυνση του ταλαντωτή από τη θέση ισορροπίας, περιγράφεται με άλλα λόγια με μία σχέση της μορφής $\Sigma F = -D \cdot x$, ο ταλαντωτής είναι <u>**αρμονικός**</u> και εφόσον ενεργοποιηθεί θα εκτελέσει **Α.Α.Τ.**
<u>Ένας ταλαντωτής δεν είναι κάποιο συγκεκριμένο αντικείμενο με περιγράψιμη μορφή.</u>
<u>Ο ρόλος του προσδιορίζεται από το πώς αλ</u>

λληλεπιδρά με το περιβάλλον του. Π.χ μία μπίλλια στον πυθμένα μιάς ημισφαιρικής λεκάνης είναι ταλαντωτής. Η ίδια μπίλλια στο κεφάλι ενός φαλακρού δεν είναι ταλαντωτής. Η ισορροπία της είναι ασταθής. Και δεν είναι επίσης ταλαντωτής αν βρεθεί πάνω σ' ένα τραπέζι.

Ειδικά "**μηχανικός ταλαντωτής**" είναι κάθε αντικείμενο σε **ευσταθή ισορροπία**.

Μία ταλάντωση μπορεί να είναι:

α. Ελεύθερη — αμείωτη ή φθίνουσα.

β. Εξαναγκασμένη.

γ. Σύνθετη.

Ελεύθερη ονομάζεται η ταλάντωση στην οποία ο ταλαντωτής δέχεται μιά αρχική διέγερση, προκειμένου να αρχίσει η ταλάντωση, και στη συνέχεια ταλαντώνεται μόνος του, δηλαδή μόνο με την επίδραση της συνισταμένης των δυνάμεων αλληλεπίδρασης με το περιβάλλον του — της δύναμης επαναφοράς —. Δηλαδή είναι η ταλάντωση που διατηρείται μόνο από τη δύναμη επαναφοράς.

Στην Ελεύθερη και αμείωτη το **πλάτος** της ταλάντωσης διατηρείται **σταθερό** ενώ **στην** ελεύθερη και φθίνουσα μειώνεται.

Εξαναγκασμένη κάθε ταλάντωση στην οποία το πλάτος διατηρείται σταθερό όταν στον ταλαντωτή ασκείται εξωτερική περιοδική δύναμη.

Α. Ζυκπής

Σύνθετη κάθε ταλάντωση στην οποία ο ταλαντωτής συμμετέχει ταυτόχρονα σε περισσότερες από μία ταλαντώσεις.

Η περίοδος και η συχνότητα με την οποία ένα σύστημα εκτελεί ελεύθερη και αμείωτη ταλάντωση ονομάζεται **ιδιοπερίοδος** και **ιδιοσυχνότητα** αντίστοιχα του ταλαντούμενου συστήματος.