

Ελεύθερη ταλάντωση

Έστω ένα αρμονικός ταλαντωτής με μηδενική απόσβεση (χωρίς τριβές ή αντιστάσεις). Δίνουμε στο σύστημα μια αρχική ώθηση (ενέργεια) και το αφήνουμε να ταλαντώνεται μόνο του (χωρίς άλλη εξωτερική επίδραση). Στην περίπτωση αυτή ο ταλαντωτής ταλαντώνεται **πάντα με την ίδια συχνότητα**, ανεξάρτητα από το πλάτος ή την αρχική ενέργεια που θα του δοθεί.

Η συχνότητα αυτή, που εξαρτάται μόνον από τα φυσικά χαρακτηριστικά του (σκληρότητα του ελατηρίου και μάζα σφαίρας), είναι χαρακτηριστική του ταλαντωτή και ονομάζεται **ιδιοσυχνότητα (f_0)** του συστήματος.

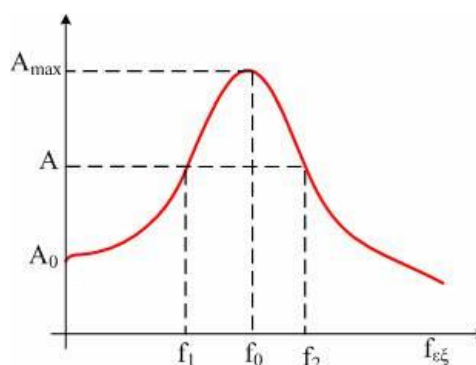
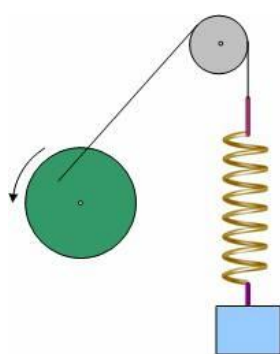
$$f_0 = 1/2\pi \sqrt{m/k}$$

Η περίοδος της ελεύθερης αμείωτης ταλάντωσης είναι προφανώς πάντα η ίδια και καλείται **ιδιοπερίοδος** του συστήματος $T_0 = 2\pi\sqrt{k/m}$

Η ιδιοπερίοδος είναι ανεξάρτητη του πλάτους και μεταβάλλεται μόνον αν αλλάξουμε τη σκληρότητα του ελατηρίου (πχ αν το κόψουμε στη μέση) ή αλλάξουμε τη μάζα του σώματος που εξαρτάται από αυτό.

Εξαναγκασμένη ταλάντωση

Κάθε ταλαντωτής έχει τη δυνατότητα να εκτελεί ταλαντώσεις με διάφορες συχνότητες (μέσα σε ένα φάσμα συχνοτήτων), ακόμα κι αν αυτές είναι πολύ διαφορετικές από την ιδιοσυχνότητά του, όταν εξαναγκάζεται από κάποιο εξωτερικό αίτιο (**διεγέρτης**), που του ασκεί περιοδικά ώθηση (**διεγείρουσα δύναμη**).



Η συχνότητα του διεγέρτη (η συχνότητα περιστροφής του τροχού δηλαδή) μπορεί να πάρει διάφορες τιμές, άρα εν γένει είναι $f_\delta \neq f_0$, οπότε η συχνότητα ταλάντωσης του συστήματος, θα είναι πάντα ίδια με εκείνη του διεγέρτη. **$f_\delta = f$**

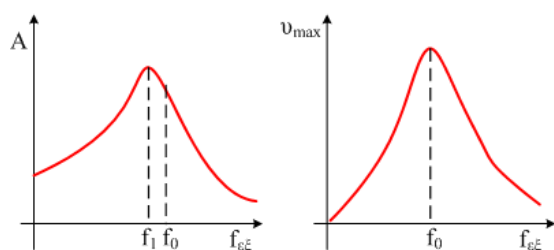
- **Η συχνότητα της εξαναγκασμένης ταλάντωσης είναι πάντα η συχνότητα του διεγέρτη** (η συχνότητα δηλαδή της περιστροφής του τροχού).
- Πειραματικά διαπιστώνουμε ότι **μεταβάλλοντας τη συχνότητα του διεγέρτη, μεταβάλλεται το πλάτος της ταλάντωσης.**

Συντονισμός

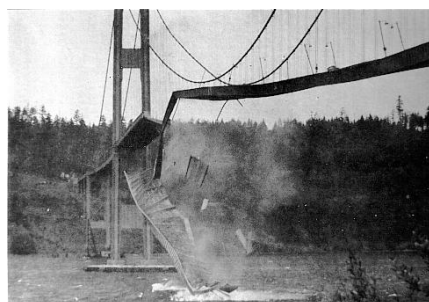
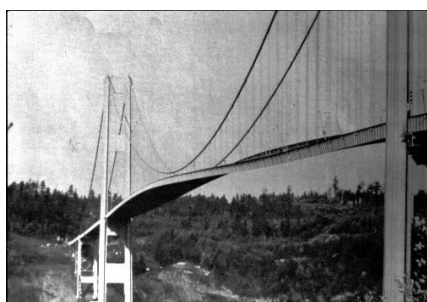
Είναι το φαινόμενο που παρατηρείται όταν η συχνότητα του διεγέρτη, σε μια εξαναγκασμένη ταλάντωση, γίνει ίση με την ιδιοσυχνότητα του ταλαντωτή.

Κατά τον συντονισμό ο ταλαντωτής απορροφά την προσφερόμενη ενέργεια από τον διεγέρτη με τον καλύτερο τρόπο και το πλάτος της ταλάντωσης γίνεται μέγιστο.

- Το σημείο από το οποίο ξεκινούν όλες οι καμπύλες (με διαφορετική απόσβεση) στο διάγραμμα, δηλαδή το αρχικό πλάτος A_0 (που αντιστοιχεί σε πολύ αργή περιστροφή του τροχού), είναι ίσο με την απόσταση του κέντρου του τροχού από το σημείο πρόσδεσης του νήματος.
- Για πολύ μεγάλες συχνότητες περιστροφής του τροχού, η σφαίρα αδυνατεί να ακολουθήσει αυτό τον γρήγορο ρυθμό, με αποτέλεσμα να παραμένει ακίνητη.
- Αν η απόσβεση είναι αμελητέα (μηδέν), ο συντονισμός επιτυγχάνεται όταν η συχνότητα f_1 του διεγέρτη γίνεται ίση με την ιδιοσυχνότητα f_0 του ταλαντούμενου συστήματος και το πλάτος της ταλάντωσης γίνεται άπειρο.
- Όσο αυξάνει όμως το b το μέγιστο πλάτος μειώνεται, η κορυφή γίνεται φαρδύτερη, λιγότερο οξεία και μετατοπίζεται προς χαμηλότερες συχνότητες (η περίοδος αυξάνει λίγο).
- Όταν η απόσβεση γίνει πολύ μεγάλη ($b \gg 2km$), η κορυφή εξαφανίζεται τελείως.



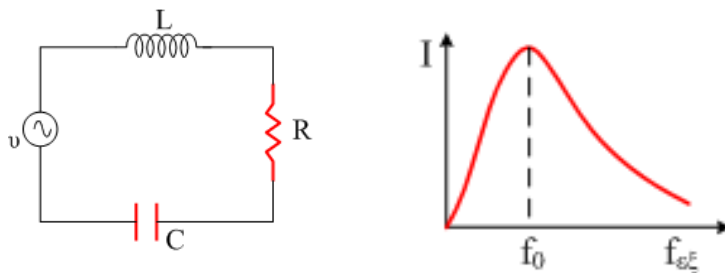
Ενώ το πλάτος της ταχύτητας γίνεται μέγιστο για συχνότητα ακριβώς ίση με την ιδιοσυχνότητα f_0 , το πλάτος (της απομάκρυνσης) γίνεται μέγιστο για μια συχνότητα f_1 λίγο μικρότερη από την ιδιοσυχνότητα f_0 (προσέξτε και τη διαφορά των δύο γραφικών παραστάσεων για πολύ μικρές τιμές της f_δ).



Στιγμιότυπα από την κατάρρευση της γέφυρας **Tacoma Narrows bridge** λόγω συντονισμού με τον άνεμο το 1940.

Εξαναγκασμένες ηλεκτρικές :

- Στις ηλεκτρικές ταλαντώσεις ο διεγέρτης είναι μια γεννήτρια εναλλασσόμενης τάσης, που τροφοδοτεί με ενέργεια το σύστημα, αναπληρώνοντας τις απώλειες λόγω θερμότητας που παράγεται στην ωμική αντίσταση του κυκλώματος (αλλά και την ενέργεια που χάνεται λόγω εκπομπής ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας).
- Το κύκλωμα τότε θα διαρρέεται από (εναλλασσόμενο) ρεύμα, που η συχνότητα του θα είναι ίδια με τη συχνότητα της πηγής.
- Πειραματικά διαπιστώνουμε ότι **μεταβάλλοντας τη συχνότητα του διεγέρτη, μεταβάλλεται η μέγιστη τιμή της έντασης του ρεύματος.**



- Στην ηλεκτρική ταλάντωση συντονισμό έχουμε όταν η συχνότητα του διεγέρτη γίνει ίση ακριβώς με την ιδιοσυχνότητα του κυκλώματος ($f_s = f_0$).
- Συντονισμός είναι η κατάσταση εκείνη που το πλάτος του ρεύματος I που διαρρέει το κύκλωμα γίνεται μέγιστο.
- Αν η ωμική αντίσταση του κυκλώματος είναι αμελητέα, κατά τον συντονισμό το ρεύμα γίνεται (θεωρητικά) άπειρο.

Εφαρμογές του συντονισμού

- Στις **κατασκευές** πρέπει να λαμβάνεται πρόνοια ώστε η ιδιοσυχνότητα ενός κτιρίου πχ ή μια ς γέφυρας, να απέχει πολύ από τις πιθανές συχνότητες της ταλάντωσης του εδάφους που μπορεί να προκαλέσει ένας σεισμός.
- Στη **ραδιοφωνία** η μεταβολή της χωρητικότητας ενός μεταβλητού πυκνωτή του δέκτη, μας επιτρέπει να συντονιστούμε με ένα από τα χιλιάδες σήματα που φτάνουν στην κεραία και ενισχύοντας το να ακούμε ένα συγκεκριμένο επιθυμητό πρόγραμμα (αποκλείοντας όλα τα άλλα).



Τα έξι εκκρεμή στην πειραματική συσκευή αριστερά έχουν διαφορετικό μήκος, ενώ στο έβδομο έχουμε μεγαλύτερη μεταλλική σφαίρα. Το εκκρεμές με τη μεγάλη μεταλλική σφαίρα βρίσκεται στο μέσον των άλλων και παίζει το ρόλο του διεγέρτη, ενώ τα υπόλοιπα εκκρεμή είναι οι ταλαντωτές. Αρχικά θέτουμε σε ταλάντωση τον διεγέρτη και παρακολουθούμε την εξέλιξη του φαινομένου. Αυτό που παρατηρούμε είναι ότι μετά από λίγο το εκκρεμές που έχει το ίδιο μήκος με τον διεγέρτη αποκτά ταλάντωση μέγιστου πλάτους, έχουμε δηλαδή το φαινόμενο του συντονισμού.