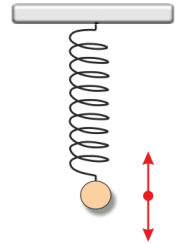


ΕΞΑΝΑΓΚΑΣΜΕΝΕΣ ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΙΣ

Μια ταλάντωση, της οποίας το πλάτος διατηρείται σταθερό με την επίδραση εξωτερικής περιοδικής δύναμης, ονομάζεται **εξαναγκασμένη ταλάντωση**.

Έστω ένα σύστημα κατακόρυφου ελατηρίου-σώματος το οποίο μπορεί να εκτελέσει ταλαντώσεις. Εκτρέπουμε κατακόρυφα το σώμα από τη θέση ισορροπίας (Θ.Ι.) και το αφήνουμε ελεύθερο να κινηθεί. Το σύστημα θα εκτελέσει μια ταλάντωση η οποία θα είναι αμείωτη αν δεν υπάρχουν αντιστάσεις, δηλαδή Α.Α.Τ. με σταθερό πλάτος ταλάντωσης και ενέργεια ταλάντωσης. Στην πραγματικότητα όμως επειδή πάντα έχουμε αντιστάσεις, η ταλάντωση θα είναι φθίνουσα και θα έχουμε σταδιακά μείωση του πλάτους και της ενέργειας ταλάντωσης. Η ταλάντωση λοιπόν στην οποία δίνουμε αρχικά μία ενέργεια στο σύστημα και στη συνέχεια το αφήνουμε ελεύθερο να ταλαντωθεί ονομάζεται ελεύθερη ταλάντωση.



Η ελεύθερη ταλάντωση μπορεί να είναι αμείωτη ή φθίνουσα και έχει σταθερή συχνότητα η οποία εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά του συστήματος. Η συχνότητα αυτή λέγεται ιδιοσυχνότητα (f_0) της ταλάντωσης και υπολογίζεται από

$$\text{τη σχέση: } f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{D}{m}}.$$

Στην περίπτωση που έχουμε σύστημα ελατηρίου σώματος, είναι: $f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$.

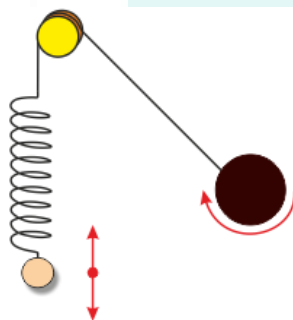
Για να διατηρηθεί σταθερό το πλάτος σε μια ταλάντωση, έτσι ώστε να είναι αμείωτη, πρέπει να παρέχουμε στο σύστημα την ενέργεια που χάνει σε κάθε περίοδο. Γι' αυτό ασκούμε μια περιοδική δύναμη που ονομάζεται διεγείρουσα δύναμη. Η δύναμη αυτή αναπληρώνει, μέσω του έργου της, την ενέργεια που μετατρέπεται σε θερμότητα λόγω των αντιστάσεων.

Το σώμα που ασκεί την περιοδική δύναμη στο σύστημα ελατήριο – μάζα είναι ο διεγέρτης. Το σύστημα κάνει μια κίνηση που ονομάζεται εξαναγκασμένη ταλάντωση, της οποίας η συχνότητα ταλάντωσης τελικά είναι ίση με τη συχνότητα του διεγέρτη (f).

Στην εξαναγκασμένη ταλάντωση το σύστημα ελατήριο – μάζα ταλαντώνεται με την f και όχι την f_0 . Δηλαδή ο διεγέρτης επιβάλλει τη συχνότητά του στην ταλάντωση.

Παράδειγμα συστήματος που εκτελεί εξαναγκασμένη ταλάντωση

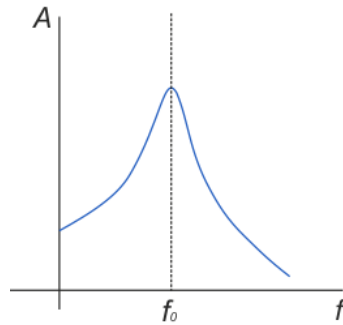
ΔΙΕΓΕΡΤΗΣ



Άλλα παραδείγματα εξαναγκασμένης ταλάντωσης:

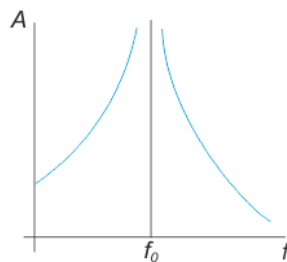
- Κουρδιστό ρολόι.
- Γέφυρα που ταλαντώνεται υπό την επίδραση του αέρα.
- Φίλαθλοι που χτυπάνε ρυθμικά τα πόδια τους σε ένα γήπεδο ποδοσφαίρου.

Το πλάτος της εξαναγκασμένης ταλάντωσης εξαρτάται από τη συχνότητα f του διεγέρτη και πιο συγκεκριμένα από τη διαφορά της συχνότητας αυτής από την ιδιοσυχνότητα f_0 . Αν αλλάξει η f_0 αλλάζει και το πλάτος της ταλάντωσης. Στο διάγραμμα φαίνεται πως μεταβάλλεται το πλάτος της εξαναγκασμένης ταλάντωσης (A) σε σχέση με τη συχνότητα του διεγέρτη (f) για ένα σύστημα που παρουσιάζει σταθερά απόσβεσης b :

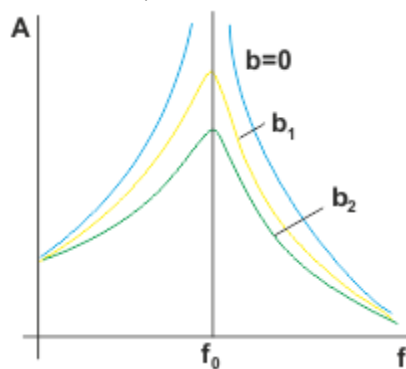


Παρατηρούμε ότι αν η $f < f_0$ και αυξήσουμε την f , αυξάνεται και το A . Όταν η $f = f_0$, τότε το πλάτος παίρνει μια μέγιστη τιμή και στη συνέχεια αν αυξηθεί και άλλο, το πλάτος της ταλάντωσης μειώνεται. Όταν λοιπόν $f = f_0$ τότε το πλάτος της ταλάντωσης άρα και η ενέργεια της ταλάντωσης παίρνουν τις μέγιστες τιμές τους. Σε αυτή την περίπτωση λέμε ότι έχουμε **συντονισμό**.

Στην ιδανική περίπτωση όπου η σταθερά απόσβεσης είναι μηδέν ($b=0$), κάτι που είναι πρακτικά αδύνατο, στο συντονισμό το πλάτος της ταλάντωσης γίνεται άπειρο όπως φαίνεται και στο διάγραμμα:



Το πλάτος της ταλάντωσης στο συντονισμό εξαρτάται από την σταθερά απόσβεσης b του συστήματος. Στο διάγραμμα φαίνεται ότι όσο μεγαλύτερη είναι η σταθερά απόσβεσης ενός ταλαντούμενου συστήματος τόσο μικρότερο είναι το πλάτος ταλάντωσης στο συντονισμό:

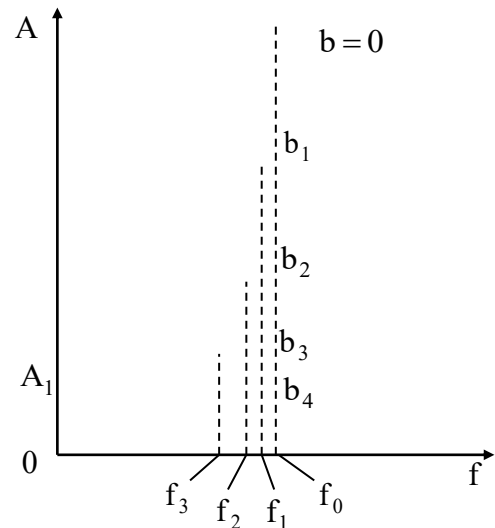


Στην εξαναγκασμένη ταλάντωση το σύστημα ταλαντώνεται με τη συχνότητα του διεγέρτη (f). Το πλάτος της ταλάντωσης, άρα και η ενέργεια της ταλάντωσης, εξαρτώνται από τη συχνότητα του διεγέρτη (f) και παίρνουν τις μέγιστες τιμές τους όταν $f_{εξ} = f_0$ δηλαδή στο συντονισμό.

Άρα ο τρόπος με τον οποίο το σύστημα αποδέχεται την ενέργεια έχει να κάνει με τη συχνότητα υπό την οποία του προσφέρεται.

Στο συντονισμό η ενέργεια μεταφέρεται με το βέλτιστο τρόπο και γι' αυτό το πλάτος της ταλάντωσης είναι μέγιστο.

Όταν $b = 0$ (ιδανική περίπτωση) το πλάτος της ταλάντωσης τείνει να πάρει άπειρη τιμή και επιτυγχάνεται όταν $f_{εξ} = f_0$, ενώ όταν $b \neq 0$ και για τις τιμές της b συνεχώς αυξανόμενες το μέγιστο πλάτος γίνεται μικρότερο και η συχνότητα f_1 για την οποία επιτυγχάνεται γίνεται λίγο μικρότερη της f_0 (στο σχήμα φαίνεται η μετατόπιση της f_1 αριστερά της f_0).



Μπορούμε να δεχτούμε για λόγους απλότητας και χωρίς να έχουμε σημαντικό σφάλμα ότι το πλάτος της εξαναγκασμένης ταλάντωσης γίνεται μέγιστο όταν η συχνότητα $f_{εξ}$ του διεγέρτη γίνεται ίση με την ιδιοσυχνότητα f_0 του ταλαντούμενου συστήματος. Η κατάσταση που προκύπτει όταν $f_{εξ} = f_0$ ονομάζεται **συντονισμός**.

Τα παραδείγματα συντονισμού στην καθημερινή ζωή είναι πάρα πολλά.

1. Όταν το έλασμα AB κάνει ελεύθερη ταλάντωση, ταλαντώνεται με την f_0 . Αν εκτελέσει εξαναγκασμένη ταλάντωση με $f=f_0$ τότε έχουμε συντονισμό και μέγιστο πλάτος.

Ομοίως, ένα κτίριο υπό την επίδραση ενός σεισμού εκτελεί εξαναγκασμένη ταλάντωση της οποίας η συχνότητα μπορεί να είναι ίση με την ιδιοσυχνότητα του συστήματος με αποτέλεσμα να έχουμε συντονισμό, μέγιστο πλάτος ταλάντωσης και κατάρρευση του κτιρίου.



2. Η χορδή είναι στερεωμένη στα δύο άκρα της. Αν ασκήσουμε μια δύναμη στο μέσο M και την αφήσουμε, θα εκτελέσει ελεύθερη ταλάντωση με την ιδιοσυχνότητά της. Αν εξαναγκαστεί σε ταλάντωση με $f=f_0$ τότε έχουμε συντονισμό και μέγιστο πλάτος ταλάντωσης.

Ομοίως μια γέφυρα πάνω στην οποία κινείται μια ομάδα ανθρώπων με βηματισμό, μπορεί να συντονιστεί και να καταρρεύσει στην περίπτωση που η συχνότητα f του βηματισμού γίνει ίση με τη φυσική συχνότητα f_0 ταλάντωσης της γέφυρας.

