4.1 - 4.2 - 4.3 Ταλαντώσεις - Μεγέθη που χαρακτηρίζουν μία ταλάντωση - Ενέργεια και Ταλάντωση

Τι κοινό έχουν μία κούνια, η Γη και η καρδιά;

H κίνηση της Γης γύρω από τον Ήλιο, επαναλαμβάνεται με τον ίδιο τρόπο κάθε χρόνο.

Η κίνηση της κούνιας παρόμοια επαναλαμβάνεται καθώς κινείται μεταξύ των δύο ακραίων σημείων της.

Η καρδιά σου πάλλεται ξανά και ξανά, καθώς εσύ αναπνέεις με αργό ή γρήγορο ρυθμό.

Όλα αυτά είναι παραδείγματα αυτού που ονομάζουμε **περιοδική κίνηση**, δηλαδή **κίνηση που επαναλαμβάνεται σε ίσα χρονικά διαστήματα**.

Ωστόσο, **δεν είναι όλες οι περιοδικές κινήσεις ίδιες!** Από αυτά τα τρία παραδείγματα, η κούνια κινείται ανάμεσα σε δύο ακραία σημεία, σε αντίθεση με την κίνηση της Γης ή τους παλμούς της καρδιάς. Η κούνια λοιπόν κάνει μια κίνηση που ονομάζεται ταλάντωση.

**Ταλάντωση**, λοιπόν, **ονομάζουμε την περιοδική κίνηση ενός σώματος, που πραγματοποιείται ανάμεσα σε δύο ακραία σημεία της τροχιάς κίνησής του**.

Παραδείγματα ταλαντώσεων είναι: η κίνηση ενός σώματος δεμένου σε ελατήριο, η κίνηση της χορδής της κιθάρας, η επαναλαμβανόμενη κίνηση του εκκρεμούς ενός ρολογιού, ακόμα και το κούνημα μιας βάρκας όταν περάσει δίπλα της ένα άλλο σκάφος.

Ας μελετήσουμε πιο προσεκτικά την κίνηση ενός **σώματος δεμένου οριζόντια σε ελατήριο.**

Αν απλά το δέσουμε, τότε το σύστημα ελατηρίου – σώματος ηρεμεί εκεί όπου το ελατήριο έχει το φυσικό του μήκος, στη λεγόμενη θέση ισορροπίας του. Ωστόσο, μόλις το τραβήξουμε ή συμπιέσουμε, εμφανίζεται μία δύναμη από το ελατήριο στο σώμα, ανάλογη της επιμήκυνσης ή συμπίεσής του σύμφωνα με το νόμο του Hooke.

Το **μέτρο** αυτής της δύναμης Fελ που ασκεί το ελατήριο στο σώμα είναι ανάλογο της επιμήκυνσης (ή συμπίεσης) x του ελατηρίου:

Fελ= k∙x, όπου k η σταθερά του ελατηρίου που εκφράζει το πόσο «σκληρό» είναι.

Η κατεύθυνση αυτής της δύναμης είναι πάντα προς τη θέση ισορροπίας του ταλαντευόμενου σώματος. Αυτό σημαίνει πως ενώ υπολογίζουμε το μέτρο της μέσω της σχέσης Fελ= k∙x, όταν το ελατήριο έχει επιμηκυνθεί (δηλαδή βρισκόμαστε σε θετικά x) η δύναμη είναι αρνητική, ενώ όταν το ελατήριο έχει συμπιεστεί (δηλαδή βρισκόμαστε σε αρνητικά x) η δύναμη είναι θετική.

Μόλις λοιπόν αφήσουμε το σώμα ελεύθερο, αυτό ξεκινά να εκτελεί ταλάντωση γύρω από τη θέση ισορροπίας του. Καθώς απομακρύνεται από τη θέση ισορροπίας, η δύναμη Fελ τείνει να το επαναφέρει προς αυτήν, ενώ όταν περνά από εκεί, η δύναμη Fελ στιγμιαία μηδενίζεται (αφού δεν υπάρχει επιμήκυνση ή συμπίεση).

Μάλιστα, αφού το ελατήριο είναι οριζόντιο, και αυτή η δύναμη Hooke είναι που τείνει να επαναφέρει τη σφαίρα στη θέση ισορροπίας, λέμε ότι **η δύναμη επαναφοράς είναι η δύναμη Hooke**. Σε περιπτώσεις όπως αυτή, όπου η δύναμη επαναφοράς είναι **ανάλογη** με την απομάκρυνση του σώματος από τη θέση ισορροπίας, η κίνηση που κάνει το σώμα ονομάζεται **απλή αρμονική ταλάντωση**και το διάγραμμα Δύναμης - Απομάκρυνσης έχει τη μορφή που βλέπεις:



**Προσοχή!**
Το **μέτρο**της **δύναμης Hooke** υπολογίζεται κατά τα γνωστά από τη σχέση**Fελ= k∙x**, αλλά η **κατεύθυνση**της είναι **προς**τη **θέση ισορροπίας**! Έτσι για θετικά x η δύναμη Fελ είναι αρνητική (αφού στο σχήμα μας «τραβάει» προς τα αριστερά) ενώ για αρνητικά x είναι θετική (αφού στο σχήμα μας «σπρώχνει» προς τα δεξιά).

Στην περίπτωση που τοποθετούμε το σύστημα σώμα-ελατήριο κατακόρυφα, το απομακρύνουμε από τη θέση ισορροπίας και το αφήνουμε, βλέπουμε μία παρόμοια κίνηση.

Καθώς αυτό κινείται, του ασκείται το βάρος του, αλλά και η δύναμη από το ελατήριο Fελ, τέτοια ώστε να επαναφέρει το ελατήριο στο φυσικό του μήκος.

Τελικά, σε αυτή την περίπτωση είναι η συνισταμένη της δύναμης Hooke Fελ= k∙x και του βάρους w = mg που λειτουργεί ως δύναμη επαναφοράς.

Μέχρι εδώ, περιγράψαμε τις ταλαντώσεις με την καθημερινή μας γλώσσα, και με έννοιες που ήδη γνωρίζεις από τη δυναμική. Υπάρχουν όμως και συγκεκριμένα φυσικά μεγέθη, με τα οποία περιγράφουμε ταλαντώσεις: η **περίοδος**, η **συχνότητα**και το**πλάτος**.

Θυμήσου το παράδειγμα με το σώμα που κρέμεται από ένα ελατήριο. Αν για παράδειγμα το τραβήξουμε προς τα κάτω και το αφήσουμε, αυτό ξεκινά από αυτή την κατώτατη θέση, περνά από την θέση ισορροπίας, φτάνει σε μία ανώτατη θέση, ξαναπερνάει από τη θέση ισορροπίας και επιστρέφει τελικά στη θέση απ’ όπου το αφήσαμε, ξεκινώντας και πάλι την ίδια κίνηση.

Το παραπάνω είναι μία **πλήρης** **ταλάντωση**και **ο χρόνος μίας πλήρους ταλάντωσης ονομάζεται περίοδος (Τ) της ταλάντωσης**. Αφού πρόκειται για χρονικό διάστημα, η **μονάδα μέτρησης** της περιόδου στο**S.I.** είναι το **δευτερόλεπτο**(**1s**).

Αν παρακολουθήσουμε την κίνηση του σώματος, μπορούμε να μετρήσουμε το πλήθος των ταλαντώσεων που κάνει σε κάποιο συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Μπορεί για παράδειγμα να δούμε ότι κάνει 30 ταλαντώσεις σε ένα λεπτό.

**Συχνότητα (f) της ταλάντωσης ονομάζουμε τον αριθμό των πλήρων ταλαντώσεων (Ν) που εκτελεί το σώμα σε χρονικό διάστημα Δt προς το αντίστοιχο χρονικό διάστημα**. Δηλαδή:



Σε αυτό λοιπόν το παράδειγμα, η συχνότητα της ταλάντωσης είναι:



**Μονάδα μέτρησης** της **συχνότητας**στο **S.I.** είναι το **1Hz**, για το οποίο ισχύει ότι:



Έτσι, μπορούμε να πούμε ότι στο παράδειγμά μας:



Συχνότητα  σημαίνει λοιπόν ότι το σώμα πραγματοποιεί **μισή** ταλάντωση σε 1s.

Υπάρχει κάποια σχέση μεταξύ της περιόδου και της συχνότητας μίας ταλάντωσης;
Φυσικά. Όπως είπαμε, η περίοδος είναι ο χρόνος μίας πλήρους ταλάντωσης. Αφού , αν αντικαταστήσουμε Ν = 1 (δηλαδή μία πλήρη ταλάντωση), τότε το αντίστοιχο χρονικό διάστημα, θα είναι μια περίοδος, δηλαδή Δt = Τ, οπότε η προηγούμενη εξίσωση παίρνει τη μορφή .

Βλέπουμε λοιπόν ότι **η συχνότητα και η περίοδος είναι μεγέθη αντίστροφα, δηλαδή f∙T = 1!**

Όπως είπαμε, υπάρχει και ένα τρίτο, πολύ σημαντικό μέγεθος για τις ταλαντώσεις. Καθώς το σώμα ταλαντώνεται γύρω από το σημείο ισορροπίας του, κινείται γύρω από δυο ακραίες θέσεις.

Η **απόσταση αυτών των ακραίων θέσεων της ταλάντωσης από τη θέση ισορροπίας**, ονομάζεται **μέγιστη απομάκρυνση** ή **πλάτος** της **ταλάντωσης**.

Πέρα από σώματα δεμένα σε ελατήρια, όλα τα **μεγέθη**που **χαρακτηρίζουν**μια **ταλάντωση**, **εμφανίζονται**και στην **κίνηση - ταλάντωση**ενός **εκκρεμούς**.

Το **απλό εκκρεμές ή μαθηματικό εκκρεμές** (όπως λέγεται), **αποτελείται**από έ**να μικρό σώμα μάζας m**, **κρεμασμένο από νήμα μήκους l που το άλλο άκρο του είναι στερεωμένο σ' ένα σταθερό σημείο**.

Κατασκευάζοντάς το, βλέπουμε ότι **ισορροπεί**στην **κατακόρυφη θέση**, η οποία είναι και η **θέση ισορροπίας** του. Αν τώρα το **απομακρύνουμε λίγο** **από**τη **θέση ισορροπίας του**και **το αφήσουμε ελεύθερο**, εκτελεί **ταλάντωση ανάμεσα στις ακραίες θέσεις Β και Γ λόγω του βάρους του W και της τάσης του νήματος T**.

Όπως και πριν, **η περίοδος αυτής της ταλάντωσης είναι ο χρόνος μίας πλήρους ταλάντωσης ενώ η συχνότητα είναι το πλήθος των ταλαντώσεων σε χρόνο Δt προς αυτό το χρονικό διάστημα**.

Κάνοντας πειράματα με αυτή τη διάταξη, μπορούμε να διαπιστώσουμε ότι **η περίοδος του απλού εκκρεμούς**:

* **Δεν εξαρτάται από το πλάτος, όταν εκτρέπεται κατά μικρή γωνία θ (μικρότερη από 10°)**
* **Αυξάνεται όταν μεγαλώσουμε το μήκος του νήματος l**
* **Εξαρτάται από τον τόπο στον οποίο βρίσκεται, δηλαδή εξαρτάται από την επιτάχυνση της βαρύτητας g, η οποία αλλάζει από τόπο σε τόπο**
* **Δεν εξαρτάται από τη μάζα του μικρού σώματος που κρεμάμε.**

 **Ενέργεια και Ταλάντωση**

Τόσο στο σώμα δεμένο σε ελατήριο, όσο και στο απλό εκκρεμές που είδαμε, η **ταλάντωση ξεκινά αφού ασκήσουμε στο σώμα μια αρχική δύναμη**, μέσω της οποίας **το απομακρύνουμε από τη θέση ισορροπίας του**.

Και στις δύο περιπτώσεις, με το **έργο** αυτής της **δύναμης δίνουμε**στο **σώμα**μια **αρχική δυναμική ενέργεια**.
Πώς άραγε μεταβάλλεται αυτή η ενέργεια καθώς το σώμα εκτελεί την ταλάντωση που είδαμε;

Αυτό που συμβαίνει, είναι ότι **κατά τη διάρκεια της ταλάντωσης πραγματοποιείται περιοδικά μετατροπή της δυναμικής ενέργειας σε κινητική και αντίστροφα**.

Ξεκινώντας με δυναμική ενέργεια, αυτή σταδιακά μετατρέπεται σε κινητική **καθώς το σώμα πλησιάζει την θέση ισορροπίας** (όπου η συνισταμένη των δυνάμεων είναι μηδέν) και **η ταχύτητά του αυξάνεται**. Εκεί, το **σώμα έχει πλέον μόνο κινητική και καθόλου δυναμική ενέργεια**. Καθώς το **σώμα πλησιάζει**και πάλι **κάποια από τις 2 ακραίες θέσεις της τροχιάς του, η κινητική μετατρέπεται και πάλι σε δυναμική**.

Εφόσον δεν υπάρχουν τριβές (με το δάπεδο, με τον αέρα η ακόμα και του ίδιου του ελατηρίου) η **συνολική μηχανική ενέργεια** (δηλαδή το άθροισμα της κινητικής και της δυναμικής) **παραμένει σταθερή**. Με άλλα λόγια, η μέγιστη δυναμική ενέργεια (εκεί όπου η κινητική είναι μηδέν) είναι ίση με τη μέγιστη κινητική ενέργεια (εκεί όπου η δυναμική είναι μηδέν) και ταυτόχρονα ίση με το άθροισμα της κινητικής και της δυναμικής σε κάθε ενδιάμεση θέση.

Αφού δεν φεύγει με κάποιο τρόπο ενέργεια από το σύστημα, τότε αυτό θα συνεχίζει να ταλαντώνεται μέχρι εμείς να το σταματήσουμε!

Φυσικά, το ίδιο παρατηρούμε και σε ένα απλό εκκρεμές.

Γιατί όμως η κούνια (της οποίας η κίνηση μοιάζει με αυτή του εκκρεμούς) σταματά από μόνη της; Η απάντηση κρύβεται στην υπόθεση που κάναμε: ότι δεν υπάρχουν τριβές.

Σε πραγματικά συστήματα όπως η κούνια, λόγω τριβών ή αντιστάσεων του αέρα η μηχανική ενέργεια μετατρέπεται σταδιακά σε θερμική και μεταφέρεται στο περιβάλλον. Επομένως το πλάτος της ταλάντωσης μειώνεται και η κούνια τελικά σταματά.

 **Συνοπτικά:**

* **Περιοδική ονομάζουμε μία κίνηση που επαναλαμβάνεται σε ίσα χρονικά διαστήματα.**
* **Ταλάντωση ονομάζουμε την περιοδική κίνηση ενός σώματος, που πραγματοποιείται ανάμεσα σε δύο ακραία σημεία της τροχιάς κίνησης του.**
* Σε μία ταλάντωση, καθώς το σώμα απομακρύνεται από τη θέση ισορροπίας, μία δύναμη επαναφοράς τείνει να το επαναφέρει προς αυτήν. Όταν το **ελατήριο**είναι **οριζόντιο**, αυτή **είναι η δύναμη Hooke Fελ= k∙x**ενώ όταν το ελατήριο είναι **κάθετο**, είναι η **συνισταμένη της δύναμης Hooke και του βάρους.**
* Υπάρχουν **συγκεκριμένα φυσικά μεγέθη**, με τα οποία **περιγράφουμε ταλαντώσεις: η περίοδος, η συχνότητα, και το πλάτος**.
* **Περίοδος (Τ) μίας ταλάντωσης ονομάζεται ο χρόνος μίας πλήρους ταλάντωσης** και η **μονάδα μέτρησης**της στο **S.I.** είναι **το δευτερόλεπτο** (**1s**).
* **Συχνότητα (f) της ταλάντωσης**ονομάζεται ο **αριθμός των πλήρων ταλαντώσεων (Ν) που εκτελεί το σώμα σε χρονικό διάστημα Δt προς το αντίστοιχο χρονικό διάστημα**. **Μονάδα μέτρησης** της συχνότητας στο **S.I.** είναι το **1Hz**, για το οποίο ισχύει ότι .
* Για την **περίοδο και την συχνότητα μίας ταλάντωσης ισχύει ότι**.
* **Η απόσταση των ακραίων θέσεων μίας ταλάντωσης από τη θέση ισορροπίας ονομάζεται μέγιστη απομάκρυνση ή πλάτος της ταλάντωσης**.
* Το **απλό εκκρεμές ή μαθηματικό εκκρεμές**(όπως λέγεται), **αποτελείται**από **ένα μικρό σώμα μάζας m**, **κρεμασμένο από νήμα μήκους l,**που **το άλλο άκρο του είναι στερεωμένο σ' ένα σταθερό σημείο**.
* Η **περίοδος**του **απλού εκκρεμούς**είναι **ανεξάρτητη της μάζας του,** **ανεξάρτητη του πλάτους**όταν **εκτρέπεται κατά μικρή γωνία θ**, **αυξάνεται όταν μεγαλώσουμε το μήκος του νήματος** και **εξαρτάται από τον τόπο στον οποίο βρίσκεται το εκκρεμές**.
* Κατά τη **διάρκεια της ταλάντωσης πραγματοποιείται περιοδικά μετατροπή της δυναμικής ενέργειας σε κινητική και αντίστροφα**. Μάλιστα, **όταν δεν υπάρχουν τριβές ή δυνάμεις που να αντιστέκονται στην κίνηση**, η **συνολική μηχανική ενέργεια** (δηλαδή το άθροισμα της κινητικής και της δυναμικής) παραμένει **σταθερή**.