الفصل الاول

مفاهيم أساسية في الحركة الموجية

وسائل انتقال الحركة :

تنتقل الطاقة في الطبيعة من موقع لأخر بطريقتين : الأولى بواسطة انتقال المادة والثانية بواسطة انتقال الموجات او ((الحركة الموجية))

في الطريقة الأولى تنتقل الطاقة من مكان لأخر مع انتقال المادة أي يصاحب انتقال الطاقة انتقال في الكتلة .

اما الطريقة الثانية تنتقل الطاقة من موقع الى اخر بواسطة الموجة دون ان يصاحب انتقالها أي انتقال في الكتلة.

ويمكن للموجة ان تنتقل في وسط مادي او بدون وسط مادي وذلك حسب طبيعة الموجة.

من اهم الأمثلة على الموجات التي تنتقل في الوسط المادي هي موجات الصوت في الهواء والموجات على سطح الماء وهذه الموجات لا يمكن ان تنتقل في الفراغ مطلقا

اما الموجات التي تنتقل في الفراغ هي الموجات الكهرومغناطيسية ومنها الموجات الضوئية.

ماهي الحركة الموجية ؟

الحركة الموجية هي شكل من الاضطراب ينتقل من نقطة الى أخرى عبر وسط مادي او في الفراغ . (الاضطراب هو نمط لحالة فيزيائية يولدها مصدر متحرك) فمثلا الشوكة الرنانة المهتزة تولد اضطرابا في الهواء المحيط بها يكون نمطه على شكل تضاغط وتخلخل وهذه الحالة الفيزيائية المتولدة في نقطة في الهواء تنتقل الى نقاط أخرى دون انتقال جزيئات الهواء من مواضع توازنها والوتر المشدود مثال اخر على نمط الاضطراب .

أنواع الحركة الموجية:- يمكن تقسيم الحركة الموجية الى ثلاث أنواع رئيسية هي :

1- الحركة الموجية الميكانيكية :- هي تلك الحركة التي تحتاج بالضرورة الى وسط مادي لانتقالها وقد يكون هذا الوسط المادي صلبا او مائعا والامثلة على هذه الموجات الصوتية والموجات على سطح الماء والموجات الزلزالية والموجات في الاسلاك والقضبان المعدنية والموجات في الاوتار المهتزة والموجات في الاغشية والرقائق المهتزة والموجات في هياكل الأبنية والمكائن....

2- الحركة الموجية الكهرومغناطيسية :- هي تلك التي لا تحتاج بالضرورة الى وسط مادي لانتقالها فهي تنتقل في الفراغ كما تنتقل في بعض الأوساط المادية مثل جميع أمواج الطيف الكهرومغناطيسي كموجات الراديو والتلفزيون والرادار والموجات الدقيقة والموجات تحت الحمراء والضوء وموجات الاشعة فوق البنفسجية .....

3- الحركة الموجية المادية:- هي الصفة الموجية المصاحبة لحركة الجسيمات المادية .فقد دلت الدراسات على حيود الالكترونات ان الجسيم المتحرك يقرن بموجة .فالجسيم الذي كتلته m والمتحرك بسرعة u يكون مقرونا بموجة طولها الموجي λ وهو

$$\lambda = \frac{h}{mu}$$

h ثابت بلانك ويساوي 6.626×10^{34} J/s

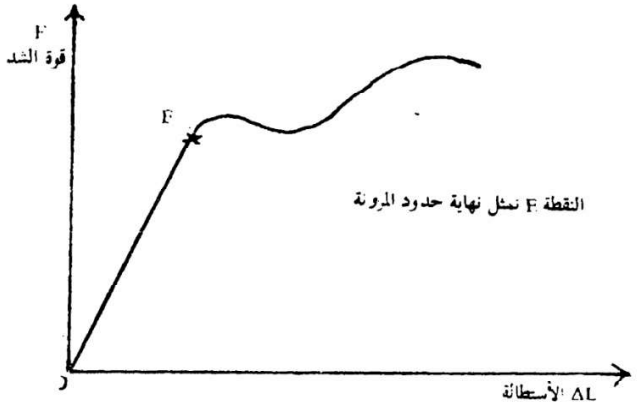
في هذا الفصل سوف يتم التركيز على الحركة الموجية الميكانيكية فقط التي يشكل الصوت أحد اهم اشكالها

الخواص الأساسية لانتقال الحركة الموجية الميكانيكية :-

ان انتقال الحركة الموجية في أي وسط مادي يعزى الى خاصيتين أساسيتين لذلك الوسط هما خاصيتا المرونة والقصور الذاتي

1- **خاصية المرونة :** ان المقصود بمرونة الوسط هي خاصيته على مقاومة أي تشوه فيه وقابليته على استعادة شكله او حجمه او وضعه بعد زوال القوة المشوه المؤثرة عليه والقانون الذي يتحكم في سلوك المواد هو قانون هوك . قانون هوك يشير الى ان أي قوة خارجية تسلط على جسم ما تحدث فيه تشويها يؤدي الى تغيير حالته (الشكل والحجم او كليهما)
كمثال التشويه الذي يحصل على سلك بعد سحبه واستطالته بتأثير قوة شد. هذه الاستطالة تحدث بسبب تباعد الجزيئات عن بعضها البعض في نفس اتجاه القوة . وفي نفس الوقت فان مساحة المقطع العرضي تتغير أيضا وكنتيجة لتأثير قوة الشد الخارجية (القوة المشوهة) فان قوة التماسك بين الجزيئات تحاول إعادة السلك الى وضعه الأصلي ان مقدار الاستطالة الكلية في طول السلك تتناسب طرديا مع قوة الشد وهذه ابسط صيغة لقانون هوك.

اما اذا كانت القوة المشوهة كبيرة وتجاوزت الكثافة الفاصلة بين الجزيئات (حدود المرونة) فان الجزيئات لا تعود الى سابق وضعها بعد زوال القوة المؤثرة .وبذلك يفقد السلك مرونته ولا يستعيد طوله الأصلي .



يمكن التعبير عن قانون هوك بلالة الاجهاد والمطاوعة والذي يعرف بانه القوة المسلطة على وحدة المساحات من السطح المعرض لتلك القوة

$$\text{الاجهاد} = \frac{\text{القوة}}{\text{المساحة}}$$

اما المطاوعة فهي النسبة بين مقدار التشوه في الجسم الذي تسببه القوة المشوه على بعده الأصلي قبل التشوه

$$\text{المطاوعة} = \frac{\text{مقدار التشوه}}{\text{البعد الاصلي}}$$

ان العلاقة بين الاجهاد والمطاوعة ضمن حدود المرونة كالاتي :

المطاوعة $\propto$ الاجهاد

المطاوعة $\times$ ثابت=الاجهاد

ان الثابت هو معامل المرونة وبذلك تكون المناسب لقانون هوك هو

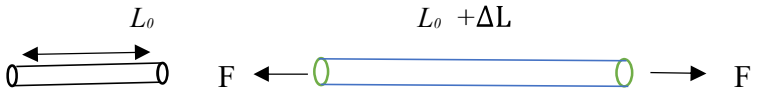
$$\textbf{معامل المرونة} = \frac{\text{الاجهاد}}{\text{المطاوعة}}$$

هناك ثلاث أنواع مختلفة لمعامل المرونة كل منها يعتمد على طبيعة المادة والشكل الهندسي ونوع التشوه الذي تحدثه القوة المشوهة وهي :-

أولا: معامل المرونة الخطي
ثانيا: الحجمي
ثالثا: معامل الصلابة

أولا: **معامل المرونة الخطي((معامل يونك Y))**

فلو كان لدينا سلك طوله الأصلي L_0 وتم التأثير عليه بقوة مشوهة هي F لتغير طول السلك بمقدار ΔL



المطاوعة الطولية هي $\frac{\Delta L}{L0}$

اما الاجهاد الطولي فهو $\frac{F}{A}$

فان معامل يونك هو النسبة بين الاجهاد الى المطاوعة ضمن حدود المرونة

$$Y = (\frac{F}{A})/(\frac{\Delta L}{L0})$$

ان القوة المشوهة (قوة الشد) تتناسب طرديا مع التشوه الطولي ((الاستطالة)) ΔL

ثانيا :**معامل المرونة الحجمي:-**

هذه المعامل يقابل التشوه الحجمي الذي يحدث في الموائع ((السوائل والغازات)) فاذا كان حجم المائع تحت ضغط معين هو V_0 ثم ازداد الضغط بمقدار ΔP فان حجم المائع سينكمش بمقدار ΔV ان الزيادة بالضغط ΔP تمثل الزيادة بالقوة المسلطة على وحدة المساحة أي انها تساوي $\frac{F}{A}$ حيث F يمثل مقدار الزيادة بالقوة المؤثرة عموديا وبانتظام على كل سطح المائع A لذا فان ΔP يمثل الاجهاد والنسبة بين التغير في الحجم ΔV الى الحجم الأصلي V_0 تمثل المطاوعة الحجمية فاذا رمزنا الى معامل المرونة الحجمي بالحرف K فان

$$\mathrm{K} = \frac{\Delta P}{\Delta V / V_0} = V_0 \frac{\Delta P}{\Delta V}$$

ولما كانت الكميات K, A ،V_0 ثوابت ينتج :

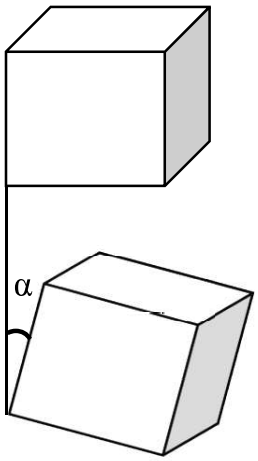
$$F \propto \Delta V$$

أي ان القوة المشوهة $F = A\Delta P$ تتناسب طرديا مع التشوه الحجمي ΔV

ثالثا : **معامل الصلابة ((معامل القص))**

ان هذا المعامل يقابل التشوه في الشكل الهندسي للجسم الصلب دون ان يصاحبه تغير في الحجم فاذا كان هنالك مكعبا صلبا ماسحة وجهه A ومثبت من الاسفل كما في الشكل وسلطت على احدى الوجوه قوة و مماسيه (موازية) مقدارها F تسمى (قوة القص) ان هذه القوة تودي الى حدوث تشوه يقاس من خلال الزاوية α هذه الزاوية تسمى المطاوعة القصية ان النسبة بين الاجهاد القصي $\frac{F}{A}$ الى المطاوعة القصية α يدعى معامل الصلابة او معامل القص ويرمز له بالحرف n

$$n = \frac{F/A}{\alpha}$$



حيث $A\ C\ n$ ثوابت ينتج ان $F \propto \alpha$

أي ان القوة المشوهة F تتناسب طرديا مع التشوه القصي α

ان الصيغة العامة لقانون هوك يمكن وصفها بالصيغة التالية "القوة المشوهة تتناسب طرديا مع مقدارر التشوه ضمن حدود المرونة "

هنالك كميات ذات أهمية في المرونة تدى نسبة بويسون ويرمز لها بالحرف σ وتعرف على انها النسبة بين المطاوعة العرضية الى المطاوعة الطولية فاذا كان لدينا وتر أسطواني منتظم من المطاط مثلا طوله L_0 وقطره D_0 فعند تسليط قوة شد عليه فان طوله يزداد بمقدار ΔL وقطره ينقص بمقدار ΔD وبذلك يكون

$$\sigma = \frac{\Delta D/D_0}{\Delta L/L_0}$$

ان معامل المرونة Y, K, n ونسبة بويسون ترتبط مع بعضها وفق العلاقة التالية

$$Y = 2n(1+\sigma)$$

$$K = Y/3(1-2\sigma)$$

2- خاصية القصور الذاتي :

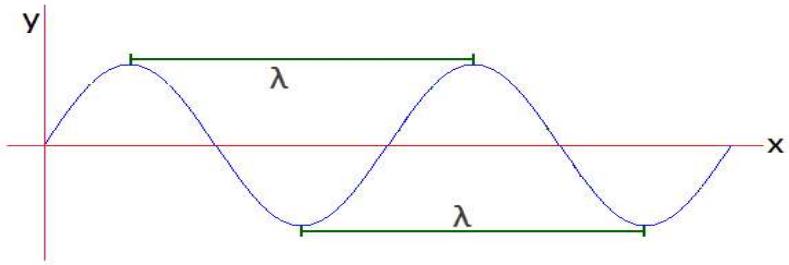
ان خاصية القصور الذاتي تمثل صفة استمرارية الجسم او أجزاء الوسط المادية على البقاء في حالة حركة ثابتة مالم تؤثر عليه قوة خارجية تغير تلك الحاله.

القانون الذي يطبق هذه الحالة يدعى بقانون الاستمرارية والذي ينص على ان كل جسم يبقى في حاله السكون او الحركة مالم يؤثر عليه بقوة خارجية ويوصف أي جسم بدلالة كمية مادته التي تعرف بالكتلة وكتلة الجسم تحدد مقدار مقاومته لتغير حالته الحركية وعليه فان خاصية الكتلة تمثل القصور الذاتي , لذلك فان الكتلة هي المقياس الكمي للقصور الذاتي .وغالبا مايعبر عن خاصية الاستمرارية او القصور الذاتي لاي جسم من خلال كتلة وحدة الحجوم أي الكثافة .لذلك فان القصور الذاتي لاي وسط مادي يزداد بازدياد كثافته . أي ان كثافة الوسط تحدد اثر القوة المؤثرة عليه .فكلما ازدادت كثافة الوسط قلت استجابته لتأثير القوة الخارجية فيه لتغير حالته الحركية .

الفصل الثاني

مفاهيم في الحركة التوافقية البسيطة :

1- الذبذبة الكاملة :- هي حركة الجسم التي يقطع فيها مسارا رواحا ومجيئا

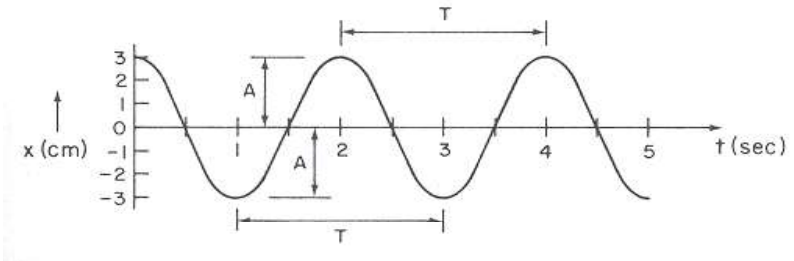


2- مدة الذبذبة T Reriod وهي الزمن اللازم لذبذبة كاملة.

3- التردد (f) frequency وهو عدد الذبذبات التي يصنعها الجسم المهتز حيث $T = \frac{1}{f}$.

4- الازاحة (x) Displacement وهي بعد الجسم عن موقع استقراره في اية لحظة .

5- السعة (A) Amplitude هي اعظم قيمة للإزاحة وعليه مدى الحركة الكلي هو 2A ويصح هذا في كون الحركة توافقية بسيطة غير متضائلة . أي حين لا يتعرض المهتز او المتذبذب لقوى تعيق حركته .

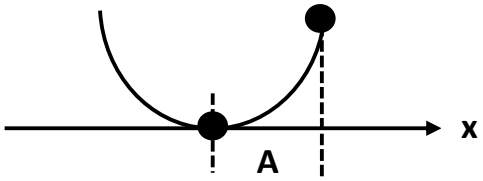


في المنحني التالي رقم 1 يمثل $x_1=asinwt$ اما المنحني رقم 2 فيمثل $X_2=asinwt+\frac{\pi}{2}$ وعليه يمون الطور متقدما بمقدار $\frac{\pi}{2}$ ويساوي ربع موجة $(\frac{1}{4})$ الزمن لذبذبة واحدة .اما المنحني رقم 3 فانه يمثل $X_3=asin(wt+\frac{\pi}{2})$ ويكون الطور مختلفا بمقدار $(\frac{1}{4})$ زمن ذبذبة واحده بالنسبة للمنحني الأول.

معادلة الحركة التوافقية البسيطة:-

هي تلك الحركة التي تكون فيها القوة المؤثرة F على جسم او نظام متناسبة طرديا مع الازاحة(x) بالنسبة لنقطة ثابتة وتتجه نحو تلك النقطة دائما ضمن حدود المرونة .

لو اخذنا شريطا رقيقا من الفولاذ وعلقنا في طرفه جسما صلب وجعلناه يتحرك بدفعة صغيرة بحيث تكون حركته مستقيمة . فان القوة المعيدة الناتجة من تأثير الشريط الفولاذي تحاول ارجاع اللجسم نحو وضع الاستقرار .فيتحرك الجسم نحو المركز بسرعة متزايدة غير ان معدل الزيادة لا يكون ثابتا لأن القوة المسرعة تصغر كلما اقرب الجسم من المركز .وعندما يبلغ الجسم المركز تكون القوة المعيدة قد تناقصت الى الصفر. ولكن الجسم يتخطى وضع الوازن ويواصل حركته نحو الجهة الثانية وذلك بسبب السرعة التي اكتسبها فلو لم يكن هناك ضياع في الطاقة بالاحتكاك لاستمرة الحركة بدون توقف لايجاد العلاقة الناتجة من هذه الحركة كما في الشكل



في أي خط لجسم يتذبذب على بعد X من موضع الاستقرار

حيث F محصلة القوى على الجسم

وتساوي القوة المرنة المعيدة Kx- حسب قانون هوك أي ان F=-kx ومن قانون نيوتن الثاني فان

$$F = -Kx = ma = mv\frac{dv}{dx}$$

حيث K ثابت التناسب

m كتلة الجسم المتحرك

a التعجيل و v السرعة

$$mv\frac{dv}{dx} + Kx = 0 => m\int vd\,v + k\int x\,dx = 0$$

$$\frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2 = c_1$$

الحد الأول يمثل الطاقة الحركية اما الحد الثاني عبارة عن الطاقة الكامنة اما c_1 يمثل الطاقة الكلية للجسم