

الفصل الثالث

الحركة الموجية المستعرضة

تصدر الموجات من جميع الأجسام المهتزة، فالموجات التي تصدر نتيجة اهتزاز أوتار ممدودة تنتج نغمات تصل إلينا خلال الهواء ، وهناك أشكال كثيرة ومختلفة للموجات حيث إن ما نراه ونسمعه يصلنا عبر موجات الصوت والضوء والطاقة التي تزودنا بها الشمس تصلنا عبر الموجات أيضا .. وعلى الرغم من التباين الظاهر بين مختلف أنواع الموجات إلا إن جميعها تشترك بصفة واحدة وهي إنها وسيلة لانتقال الطاقة. تنتقل الطاقة في الطبيعة من موقع لآخر في بطريقتين : الأولى تتم بواسطة انتقال المادة (الكتلة) والثانية تتم بواسطة انتقال الموجة .

في الطريقة الأولى تنتقل الطاقة من موقع إلى آخر مع انتقال الكتلة (المادة) كما في سيل الالكترونات المسؤولة عن انتقال الطاقة الكهربائية ، وحركة جزيئات المائع المسؤولة عن نقل الطاقة الحرارية كما في طريقة الحمل ... الخ

وفي الطريقة الثانية تنتقل الطاقة من موقع إلى آخر عن طريق الموجة دون أن يصاحبها أي انتقال في الكتلة ، والموجة يمكن أن تنتقل في وسط مادي أو في الفراغ كما في موجات الصوت والموجات الضوئية.

ويقصد بالموجة هي اضطراب لحظي ينتقل في الوسط المحيط بمصدر الاضطراب في اتجاه معين وبسرعة معينة ويقوم بنقل الطاقة في اتجاه انتشاره.

المقصود بالاضطراب نمط لحالة فيزيائية يولده مصدر متحرك مثال ذلك الشوكة الرنانة تولد اضطراب في الهواء نمطه على شكل تضاعطات وتخلخلات وهذه الحالة الفيزيائية المتولدة في الهواء تنتقل إلى نقاط أخرى دون انتقال جزيئات الهواء من مواضع توازنها والوتر المشدود إذا اهتز في نقطة فان نمطا من الاضطراب يتولد يكون على شكل تموج في الوتر ويظهر على شكل قمم وقعور ، والشحنة الكهربائية المهتزة تولد اضطرابا كهرومغناطيسيا ونمطه على شكل تباين في شدتي المجالين الكهربائي والمغناطيسي.

الحركة الموجية

نوع من الاضطراب الذي يتحرك خلال الوسط نتيجة الحركة الدورية المتكررة لدقائق ذلك الوسط حول موضع استقراره وهذا الاضطراب ينتقل من دقيقة إلى أخرى دون أن تنتقل هذه الدقائق نفسها.

أنواع الحركة الموجية

تقسم الحركة الموجية إلى ثلاثة أنواع رئيسية هي:

1- الحركة الموجية الميكانيكية

هي تلك الحركة التي تحتاج إلى وسط مادي لانتقالها ، قد يكون الوسط صلبا أو مائعا (سائلا أو غازيا) مثل موجات الصوت والموجات على سطح الماء والموجات الزلزالية وتصنف إلى :

a- موجات مستعرضة

b- موجات طولية

2- الحركة الموجية الكهرومغناطيسية

هي تلك الحركة التي لا تحتاج إلى وسط لانتقالها فهي تنتقل في الفراغ كما في جميع أمواج الطيف الكهرومغناطيسي كموجات الراديو والضوء والأشعة السينية وأشعة كاما.

3- الحركة الموجية المادية

هي الصفة الموجية المصاحبة لحركة الجسيمات المادية ، فقد دلت الدراسات للعالم دبرولي لحيود الالكترونات إن الجسيم المتحرك يقترب بموجة ، فالجسيم الذي كتلته m ومتحرك بسرعة v تصاحبه موجة طولها الموجي λ من خلال العلاقة

$$\lambda = h / mv$$

حيث h هو ثابت بلانك وقيمته $(6.626 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{sec})$.

الموجات الصوتية : هي موجات ميكانيكية طولية تنتقل خلال الوسط المادي وتعتمد على خاصية الوسط ولها ترددات ضمن المدى المسموع.

عندما تمر الموجة الصوتية خلال الهواء فان الطاقة الكامنة تكون مصاحبة مع التضاضغات والتمددات لجسيمات الهواء الصغيرة الحجم ، إن الخاصية التي تحدد مقدار التغير في حجم جسيمة الوسط بسبب زيادة ونقصان الضغط المسلط عليها تعرف (معامل التمدد الحجمي) ويعطى بالعلاقة التالية:

$$B = - \frac{dP}{dv/v} \quad \text{وتقاس } B \text{ بوحدة الباسكال}$$

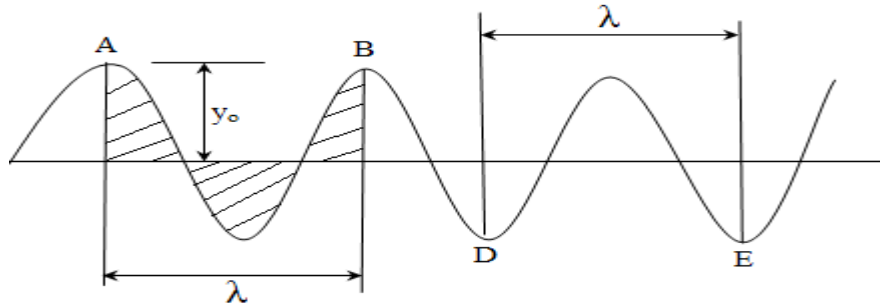
حيث dv إن التغير في الحجم الناتج من تغير الضغط (dP) ويكونان متعاكسان .

أنصاف الحركة الموجية ومميزاتها

إن نمط الحالة الحركية لجسيمات الوسط الناقل للموجة هو الذي يحدد صنف الموجة . واهم هذه الأنماط حركتان هما الحركة الموجية المستعرضة والحركة الموجية الطولية .

الحركة الموجية المستعرضة

هي الموجات التي تهتز فيها جزيئات الوسط حول مواضع اتزانها باتجاه عمودي على اتجاه انتشار (انتقال) الموجة وتتكون من قمم وقعور. وخير مثال هو الموجة المتكونة في حبل أفقي متوتر ومثبت من احد طرفيه ويهتز صعودا ونزولا من طرف لآخر كما موضح في الشكل (1) ، ويمكن اعتبار الموجة الضوئية (الكهرومغناطيسية) موجة مستعرضة لاحتوائها على مجالين احدهما عمودي على اتجاه انتشار الموجة والثانية موازية.



الشكل (3-1) موجة مستعرضة

من الشكل (3-1) تسمى النقطتان A,B قمتان وتسمى النقطتان E,D قعران ، وهو نفس الجزء من الموجة الذي تولده دورة كاملة من المصدر المهتز أي المسافة بين قمتين متتاليتين أو قعرين متتاليتين ، وتسمى المسافة الأفقية بين أي قمتين أو قعرين متتاليتين بالطول الموجي λ وسعة الموجة في الشكل هي y_0 .

هناك علاقة مهمة بين الطول والموجي λ وسرعة الموجة v والتردد f لأي موجة حيث تنطبق على جميع أنواع الموجات.

$$x = v \cdot t$$

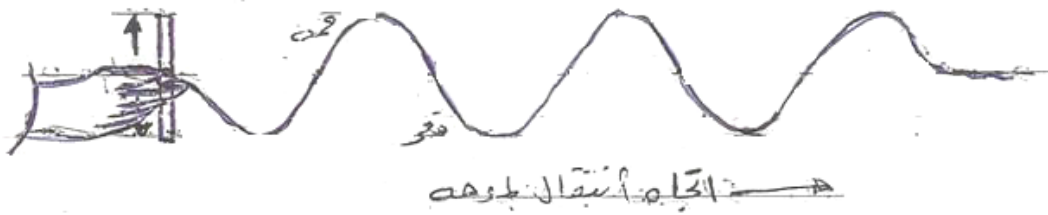
من معادلة الحركة

$$\lambda = v \cdot T$$

يمكن تحويلها إلى الصورة

حيث t الزمن الدوري للاهتزاز ويعطى بالعلاقة الآتية

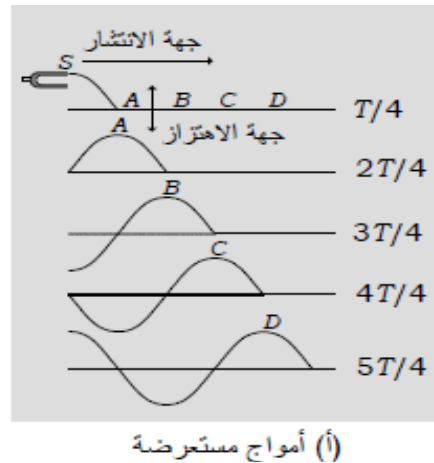
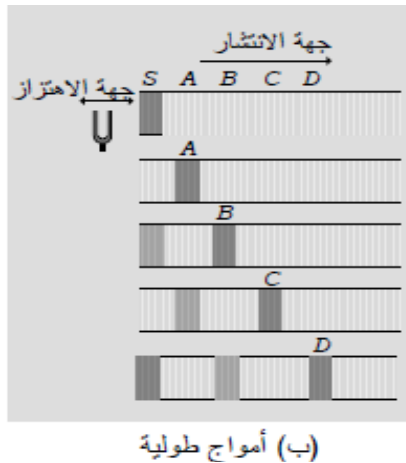
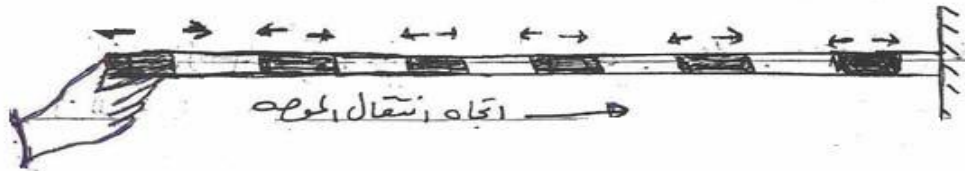
$$T = \frac{1}{f} \quad \rightarrow \quad \lambda = \frac{v}{f}$$



شكل (2-3) الموجة المستعرضة

الحركة الموجية الطولية

هي الموجات التي تهتز فيها جسيمات الوسط باتجاه مواز لاتجاه انتقال الموجة وتتكون من تضاعفات وتخلخلات. مثل الموجات الصوتية في الهواء حيث أن مرور الموجة الصوتية يؤدي إلى اهتزاز جسيمات الوسط إلى الأمام وإلى الخلف بحركة ذهاب وإياب على طول خط انتقال الموجة كذلك في النابض الحلزوني المتوتر يتأثر بضغط أو بسحب أحد طرفيه كما في الشكل أدناه.



شكل (3-3) الموجة الطولية والمستعرضة

لا يمكن اعتبار كل الموجات الميكانيكية على إنها طولية ومستعرضة فمثلا الموجات المتكونة على سطح الماء لا تكون حركة الجزيئات عمودية على سطح الماء بل إن مسار كل جزيء يكون على شكل مسار بيضوي. حيث إن جزيئات الماء تتحرك للأعلى وإلى الأسفل كما تتحرك إلى الأمام وإلى الخلف وهي ترسم مسارات بيضوية الشكل يكون محورها الرئيسي على سطح الماء.

هناك طرق أخرى لتصنيف الموجات الميكانيكية تبعا لعدد الأبعاد التي تنتقل فيها الموجات.

- 1- الموجات في بعد واحد . وهي التي تتقدم باتجاه واحد (على امتداد واحد) كالموجات المنتقلة على طول حبل مشدود أو نابض حلزوني .
- 2- الموجات في بعدين . وهي التي تتقدم على امتداد سطح مستو يتعين بمحورين فقط كالموجات على سطح السائل أو في الأغشية الرقيقة ذات البعدين
- 3- الموجات في ثلاثة أبعاد . وهي التي تتقدم في كلا الاتجاهات ويمكن وصفها بدلالة ثلاثة محاور متعامدة كالموجات الصوتية في الهواء والموجات الزلزالية .

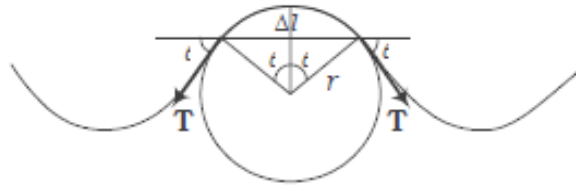
وهناك طرق أخرى لتصنيف الموجات الميكانيكية تبعا لأطوالها الموجية أو تردداتها أو ساعاتها .

خواص الحركة الموجية

- 1- الحركة الموجية عبارة عن اضطراب يحدث في الوسط نتيجة لحركة دورية متكررة لدقائق الوسط حول مواضع استقرارها.
- 2- الموجات هي التي تنتقل أو تنتشر إلى الأمام أما دقائق الوسط فتذبذب حول مواقع استقرارها.
- 3- سرعة الموجة المنتشرة تختلف عن السرعة التي تتذبذب فيها دقائق الوسط حيث إن الموجة تنتشر بسرعة منتظمة بينما تختلف سرعة الدقائق باختلاف مواقعها حيث تكون سرعتها أعظم ما يمكن عندما تقع في موقع الاستقرار .
- 4- هناك فرق في الطور منتظم بين دقائق الوسط المختلفة حيث إن الدقائق التي تقع في الأمام تبدأ بالاهتزاز وبعدها بفترة زمنية تهتز الدقائق التي تليها.

سرعة انتشار الأمواج الميكانيكية في حبل مشدود

تنتشر الأمواج الميكانيكية في الأوساط الصلبة كالأوتار والمعادن وغير الصلبة كالسوائل والغازات وتعتمد سرعة انتشارها على خواص الوسط ومرونته . حيث تنتشر في حبل مشدود بشكل أفضل من آخر غير مشدود وفي حبل خفيف بالمقارنة مع حبل ثقيل ولتحديد سرعة الانتشار نختار عنصر Δl من حبل مشدود من طرفيه بقوة T بينما تنتشر فيه الموجة بسرعة v كما في الشكل (3-4) .



شكل (3-4) جسيم يتحرك على قوس دائري

فلاحظ إن محصلة الشد عليه تتجه نحو مركز النقيوس وقيمتها:

$$2T \sin\theta \approx 2T\theta \approx 2T(\Delta l / 2) = T \Delta l / 2$$

ونظر لأنها قوة مركزية فهي تساوي mv^2/r

$$\therefore \frac{T \Delta l}{2} = \frac{mv^2}{r} = \frac{\rho \Delta l v^2}{r}$$