

# خواص الأصوات من الناحية الفيزيائية

د. نور البشيتي

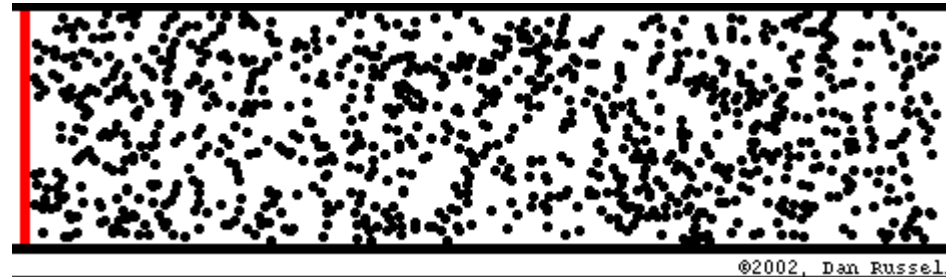
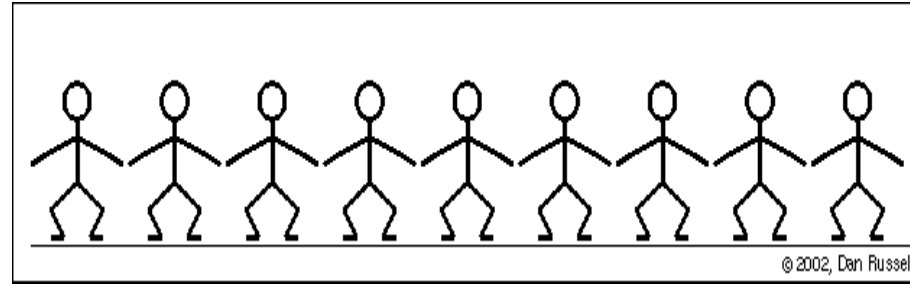
- دراسة الموجات الصوتية الخاصة بأصوات الكلام تعرف باسم صوتيات الموجات (Acoustic phonetics)

## ما هو الصوت؟

اضطراب للجسيمات في وسط (حدث مادي فيزيائي) يسبب الإحساس بالسمع (الإدراك النفسي)

□ مصدر للصوت

□ الاهتزاز (التذبذب)



الوسط الناقل: الهواء (لانتاج الكلام)

السائل (ماء)

صلب (حائط)

## • المرونة:

• قدرة الوسط الناقل على مقاومة التشويه الدائم واستئناف شكله أو حجمه الأصلي بعد تطبيق القوة.

• المطاط مقارنة بالخشب أو المعدن

## • حد المرونة:

• إذا تم تطبيق الكثير من القوة او الحمل على الزنبرك ، فإنه يتشوه ولا يعود إلى طوله الأصلي عند إزالة الحمل.

• يقال أن الزنبرك قد تعرض لتشوه البلاستيك؛ تجاوز الحمل المطبق الحد المرن.

# قوانين نيوتن للحركة

1. الجسم الساكن يبقى ساكناً، والجسم المتحرك يبقى متحركاً، ما لم تؤثر عليه قوى ما.

• القوة الكامنة (Inertia)

• مرتبطة بكتلة الجسم

2. إذا أثرت قوة على جسم ما فإنها تكسبه تسارعاً ، يتناسب طردياً مع قوته وعكسياً مع كتلته.

3. لكل قوة فعل قوة رد فعل، مساوٍ له في المقدار ومعاكس له في الاتجاه

## من الأمثلة على حركات التذبذب



وضع الراحة



قوة (إزاحة باتجاه الداخل)



مرونة (وضع الراحة)



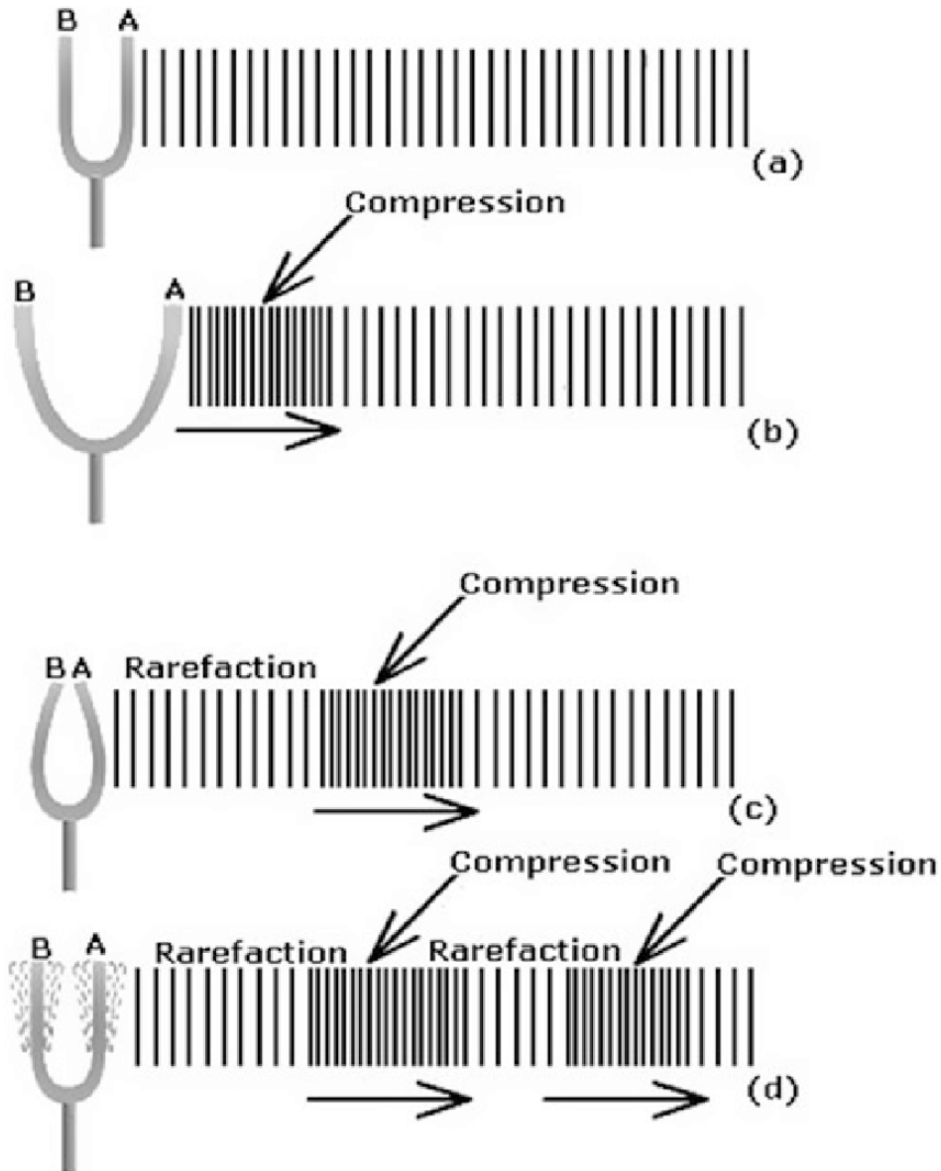
قوة كامنة (إزاحة باتجاه الخارج)



مرونة (وضع الراحة)



وهكذا .....

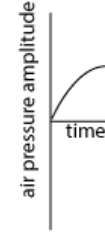


- انضغاط لجزيئات الهواء  
(Compression)

- خلخلة لجزيئات الهواء  
(Rarefaction)



• الشوكة الرنانة في وضع الراحة

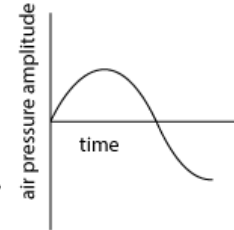


As the tuning fork moves, air pressure amplitude rises in neighboring molecules. Over time, this change propagates out.

• تهتز الشوكة باتجاه الخارج، مما يسبب انضغاط لجزيئات الهواء وزيادة في ضغطه

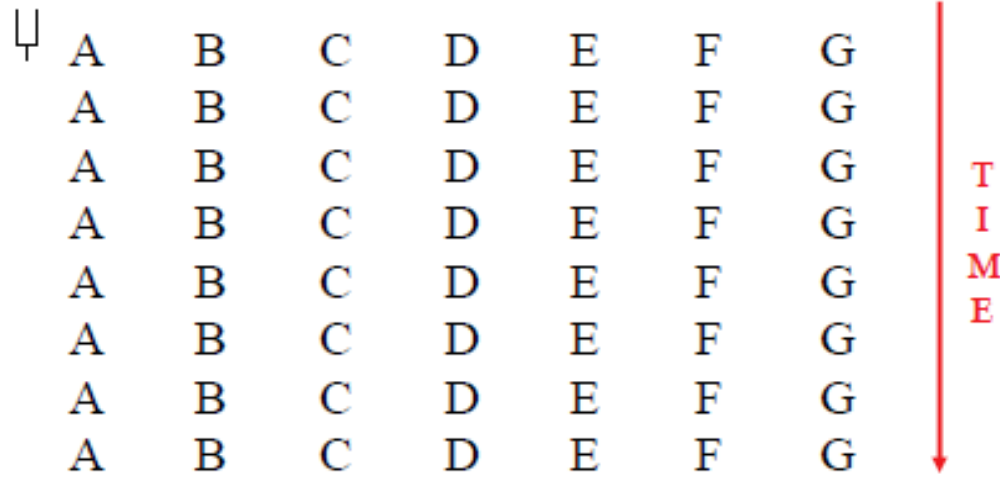


As the tuning fork moves in the opposite direction, air pressure amplitude falls in neighboring molecules. Over time, this change propagates out.



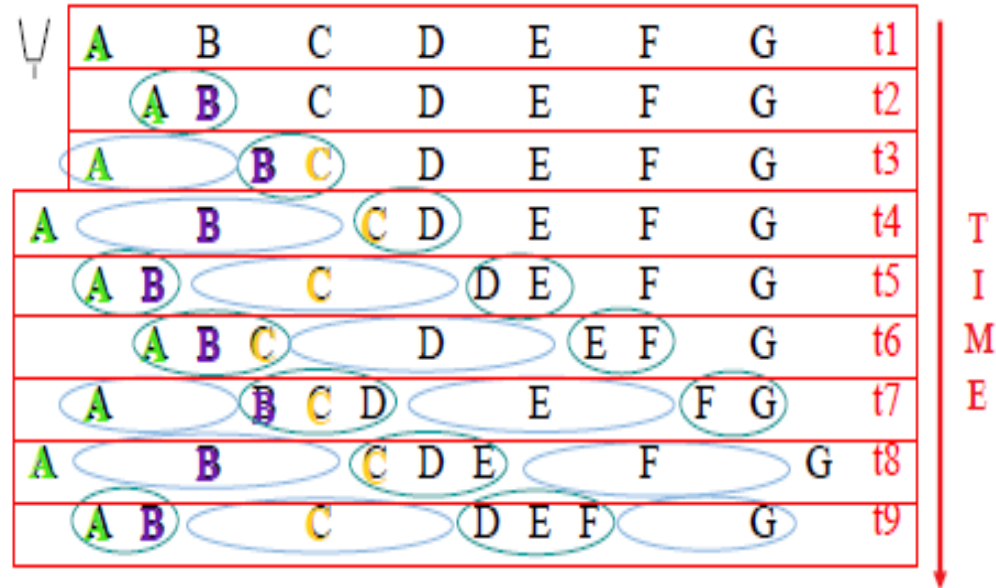
• تهتز الشوكة باتجاه الداخل، مما يسبب خلخلة وتباعد جزيئات الهواء وانخفاض في ضغط الهواء



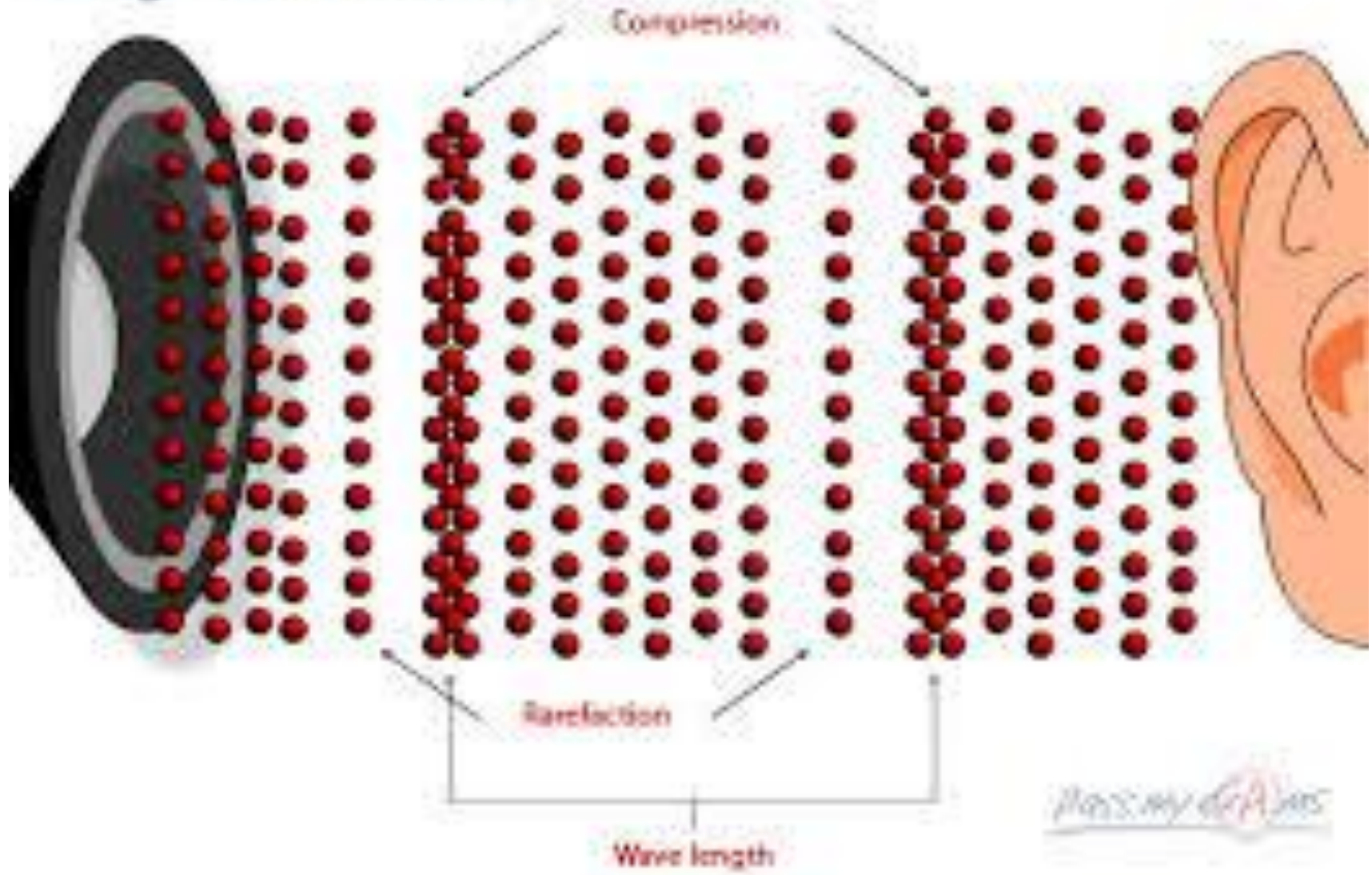


جزيئات الهواء في وضع السكون

جزيئات الهواء عند اهتزاز الشوكة الرنانة



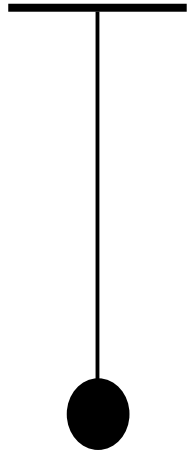
# Longitudinal Waves



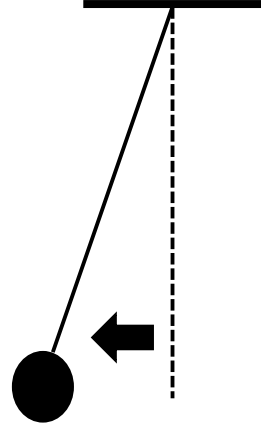
## ما هو الصوت؟

- الاهتزازات تقتضي اضطراب الجزيئات
- الجزيئات المتجاورة "تصطدم" ببعضها البعض
  - تنضغط
  - تتخلخل

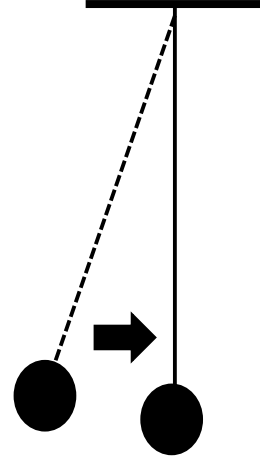
الحركة المتناغمة البسيطة  
Simple Harmonic Motion



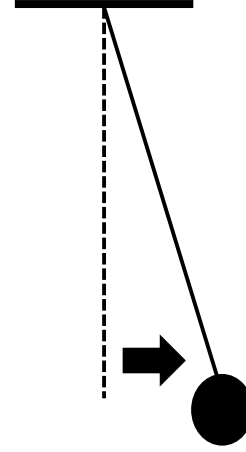
وضع السكون  
Rest  
position



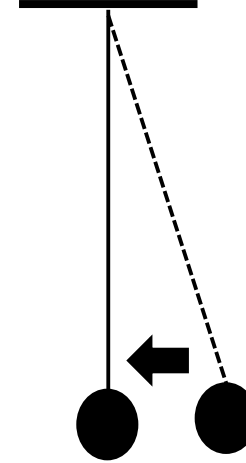
الاضطراب الاولي  
Initial  
disturbance



القوة التي تعيد  
الجسم باتجاه وضع  
السكون  
Restoring force

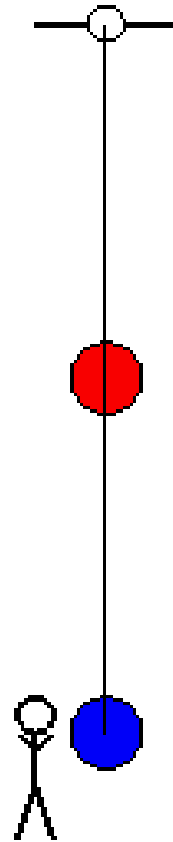


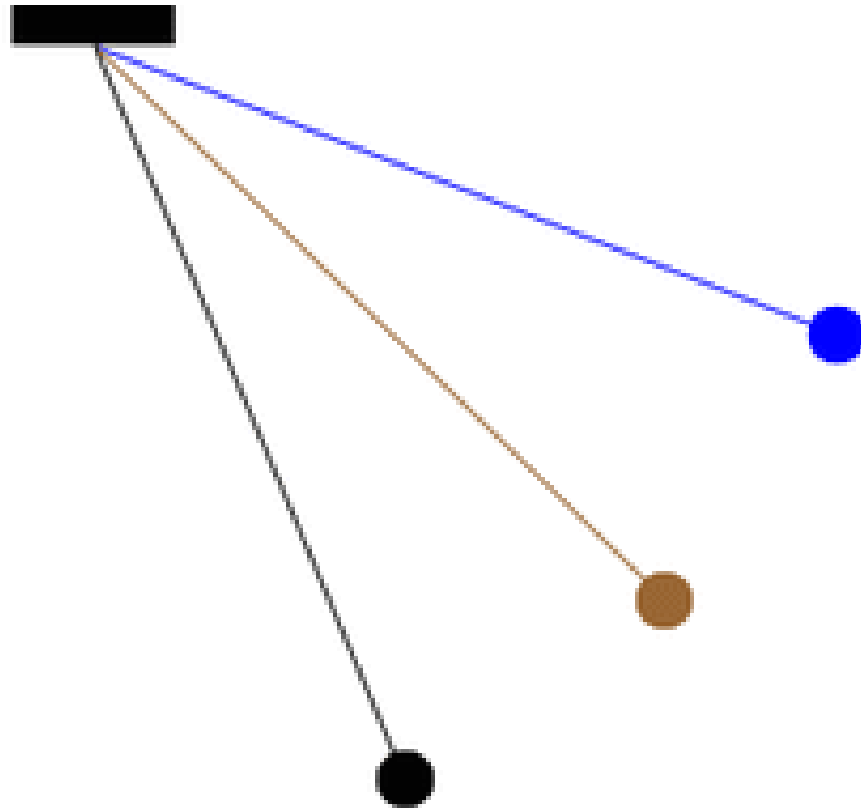
قوة استمرارية الدفع  
Inertia



وضع السكون  
Rest  
position

# Double Pendulum



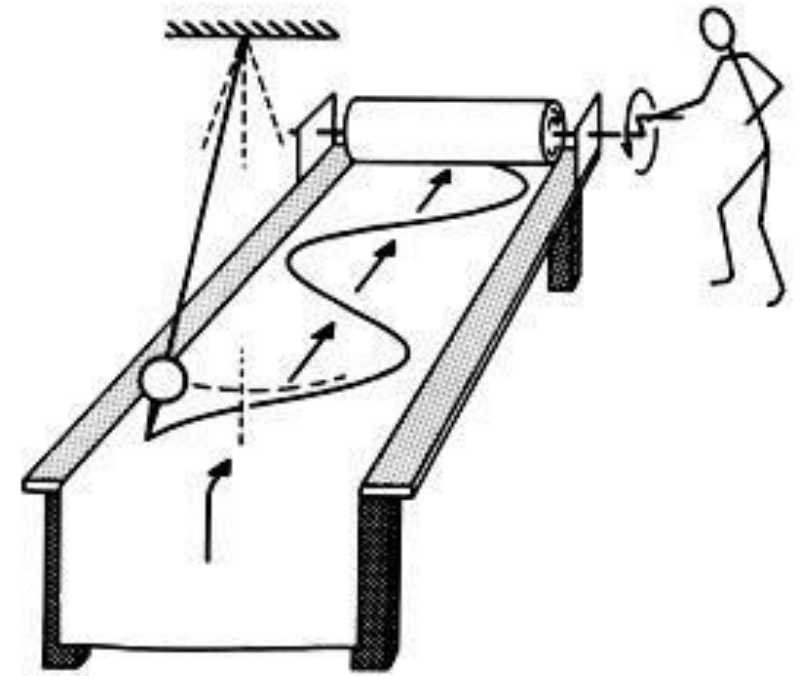
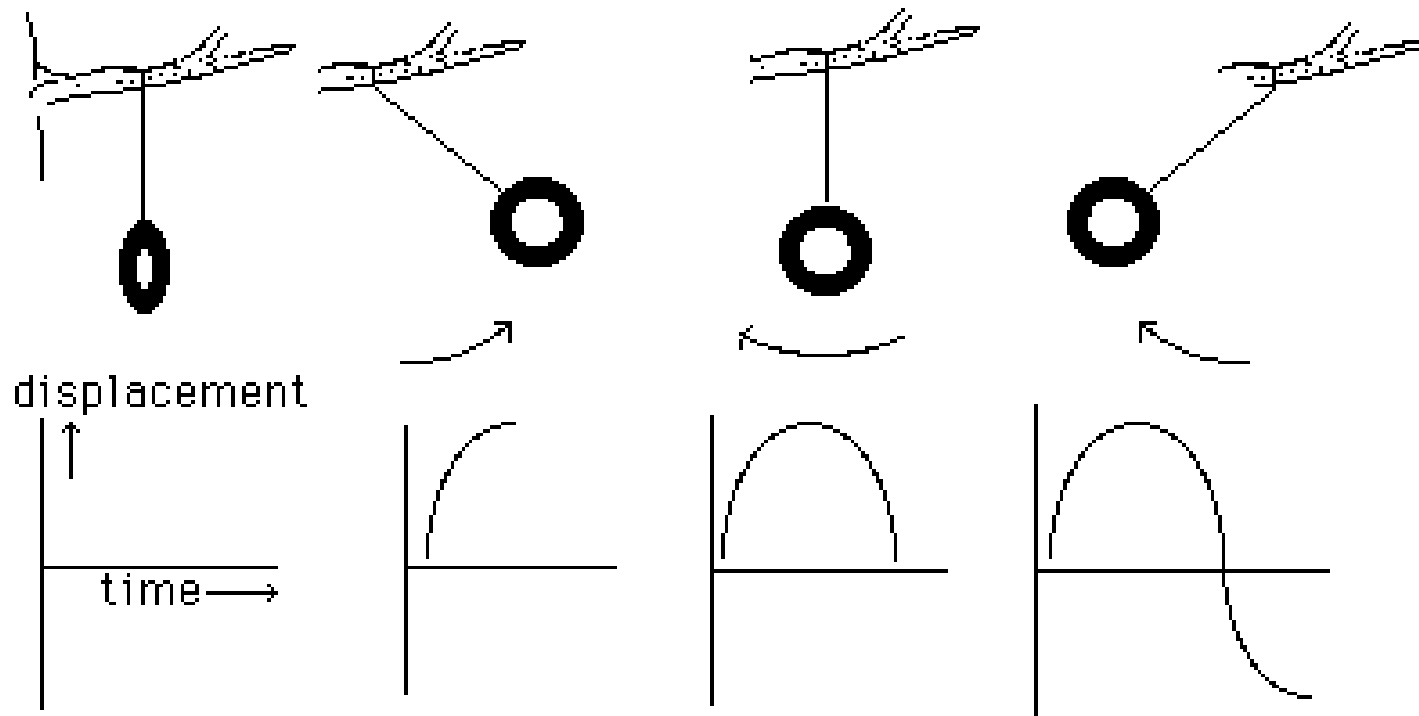




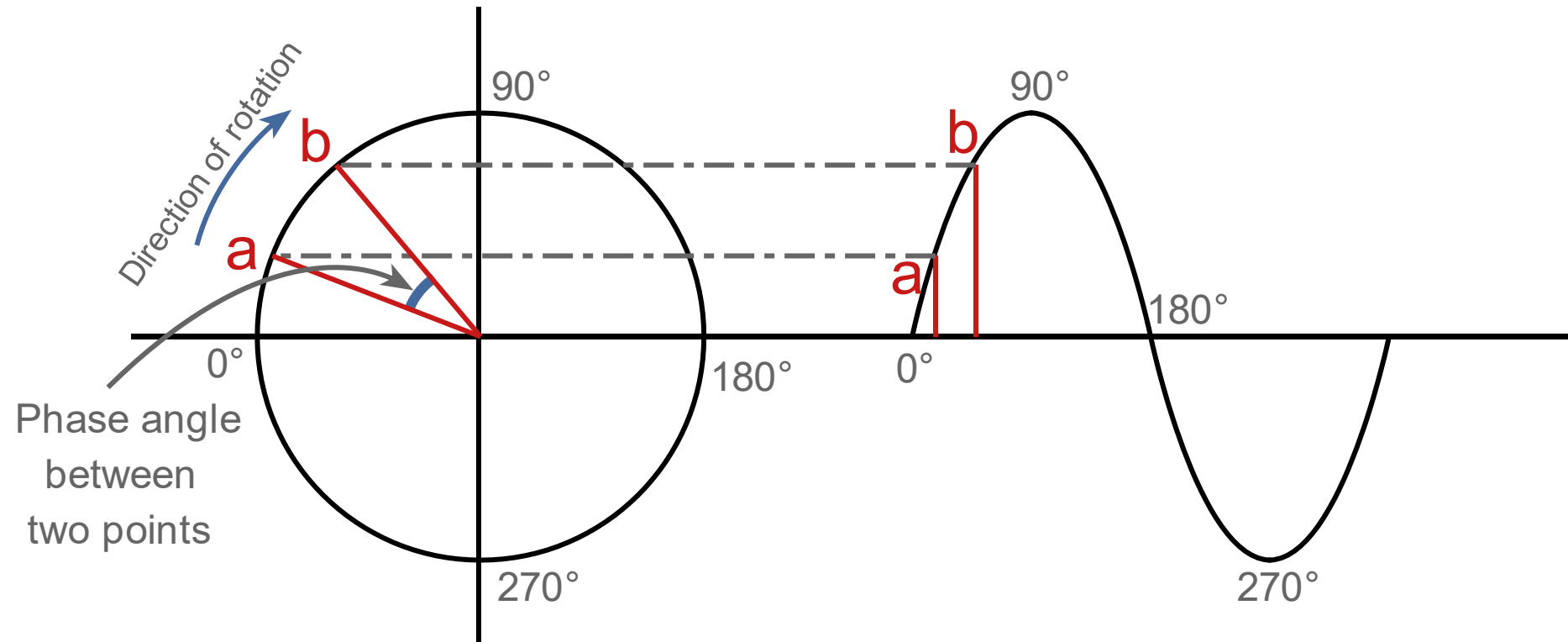
• إن سلوك جزيئات الهواء يشبه إلى حد كبير سلوك حركة البندول حيث أن حركة كل جزيء شبيه بحركة كرة الرقاص

• تنتقل الحركة الاهتزازية عبر الهواء، وتتبع أمواج التضغط شيئاً فشيئاً

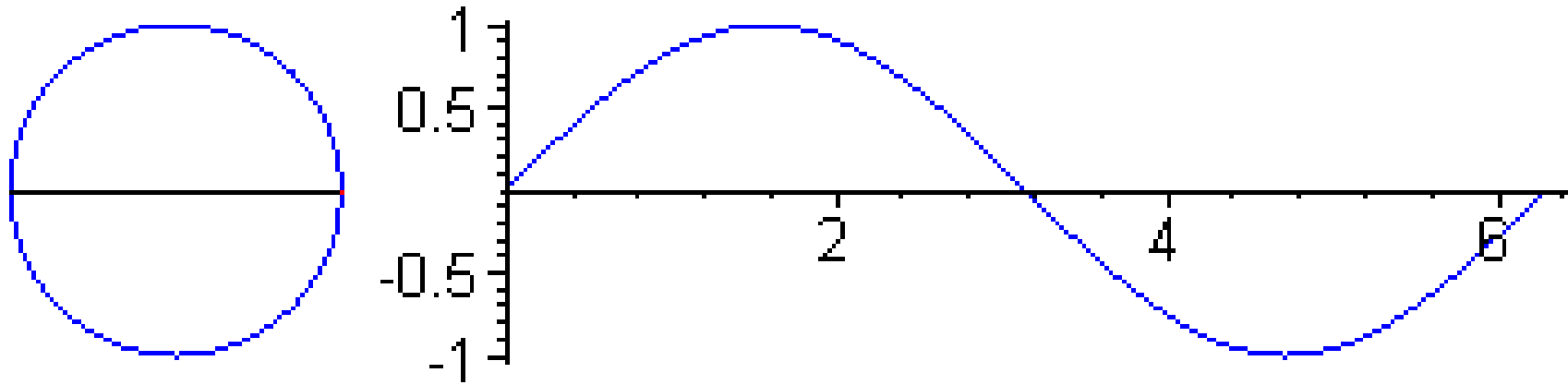
• تحس الأذن بلحظات من الضغط المتزايد يتبعها لحظات من ضغط آخذ في النقصان بحيث يتولد عندنا في النهاية إحساس بالصوت.



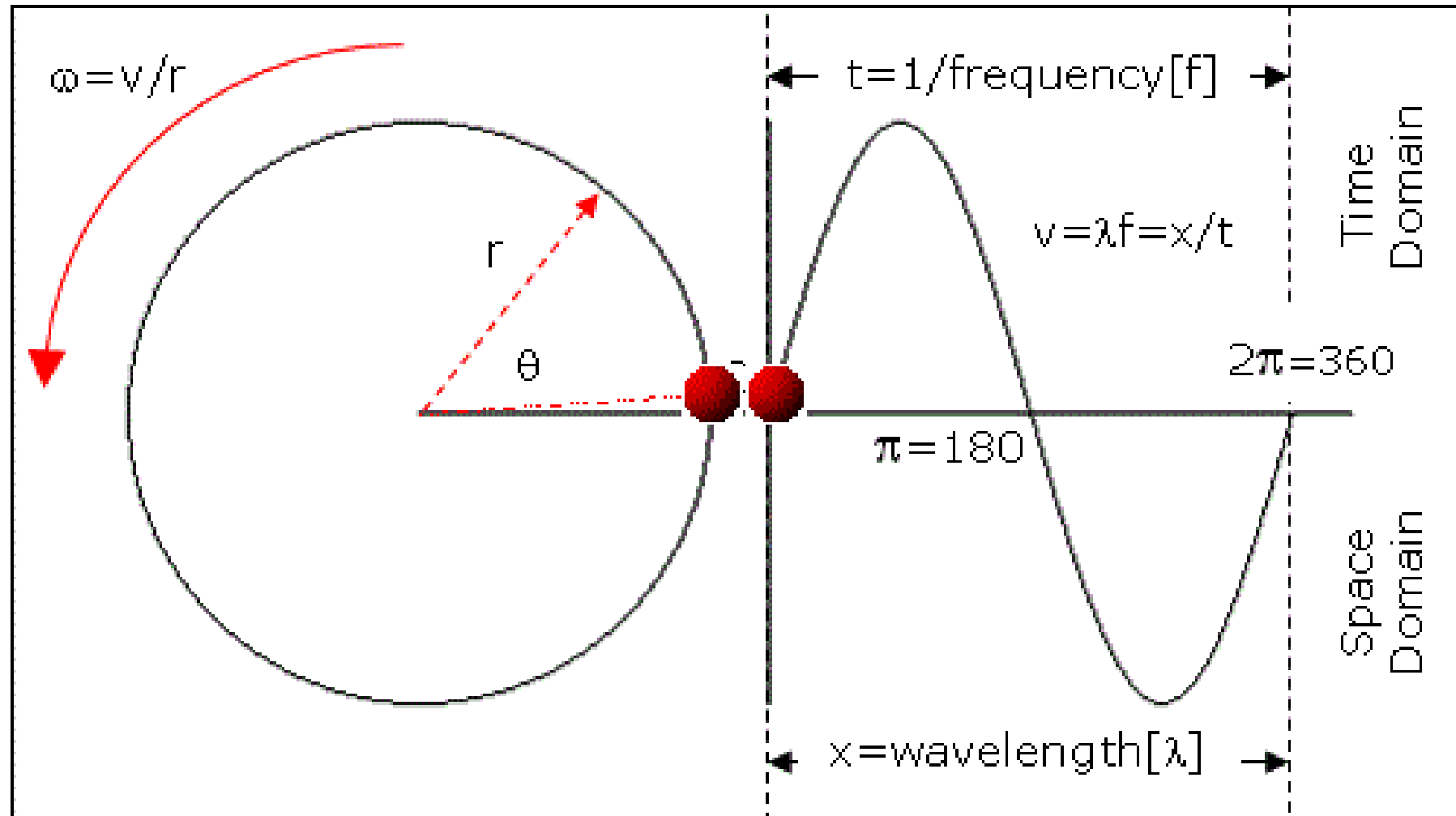
# الدورة (Cycle)



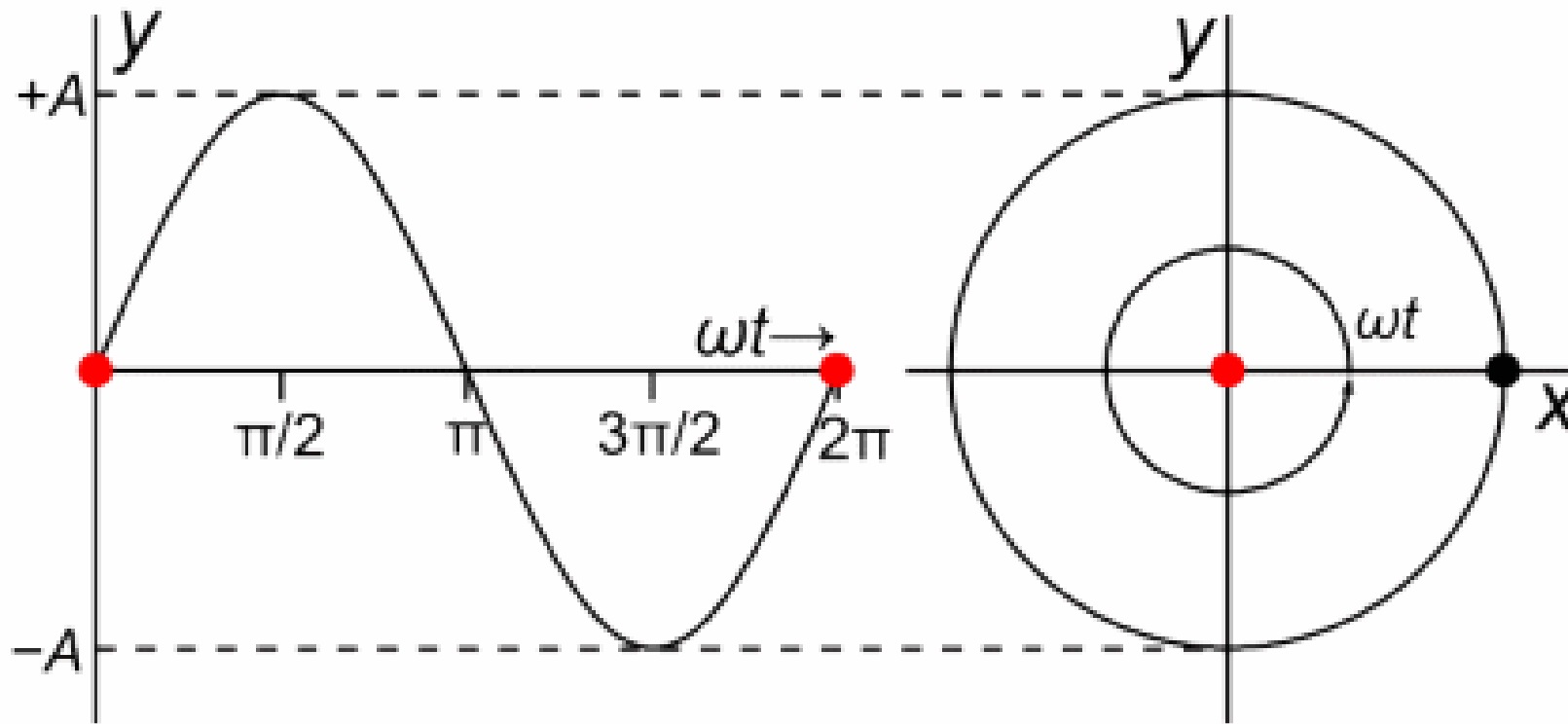
# الدورة (Cycle)



# الدورة (Cycle)

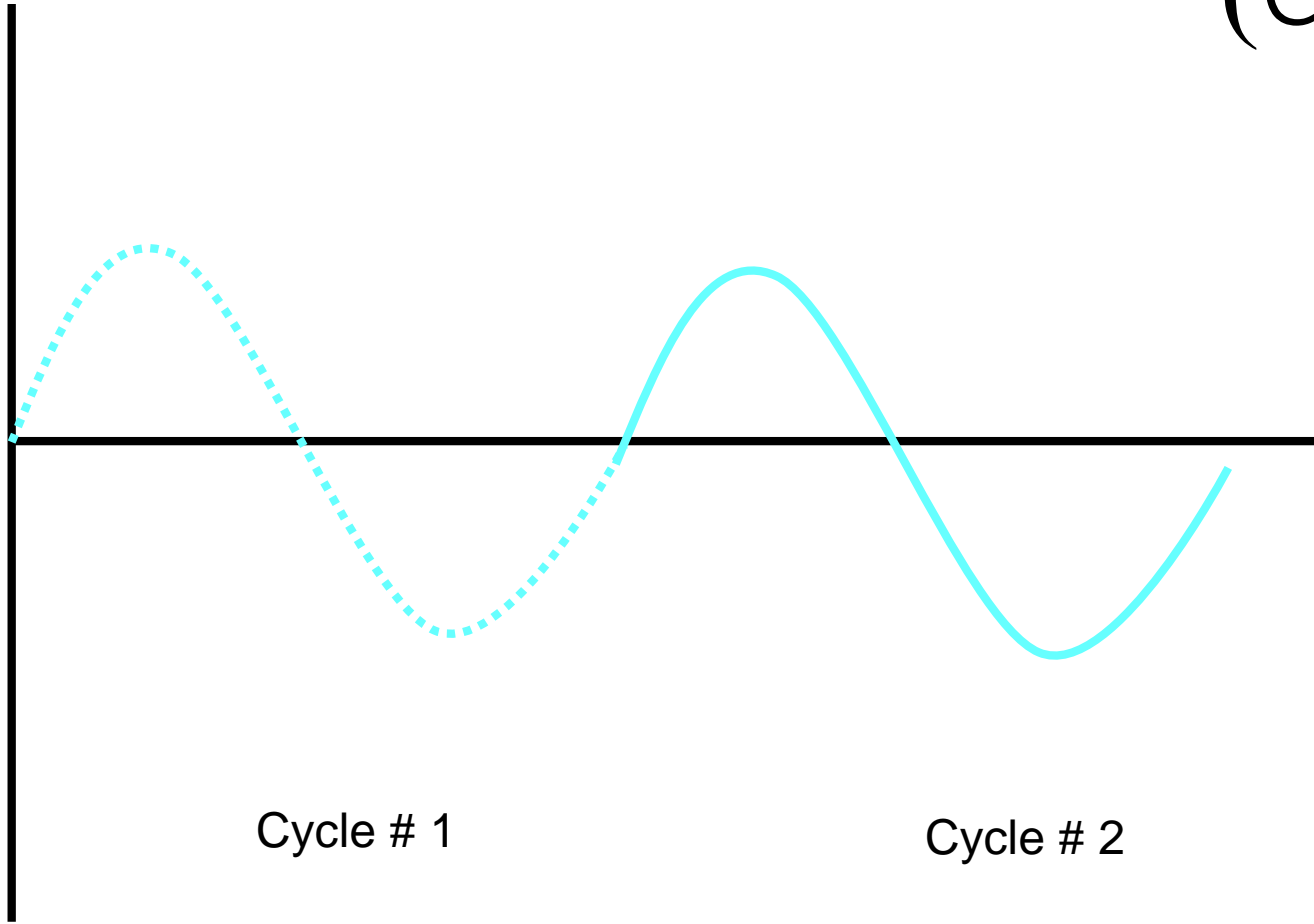


# الدورة (Cycle)



[Simple harmonic motion](#)

# الدورة (Cycle)



Cycle # 1

Cycle # 2

• الموجة : التغيير في الكمية بدلالة الوقت

• أبعاد الموجة الجيبية:

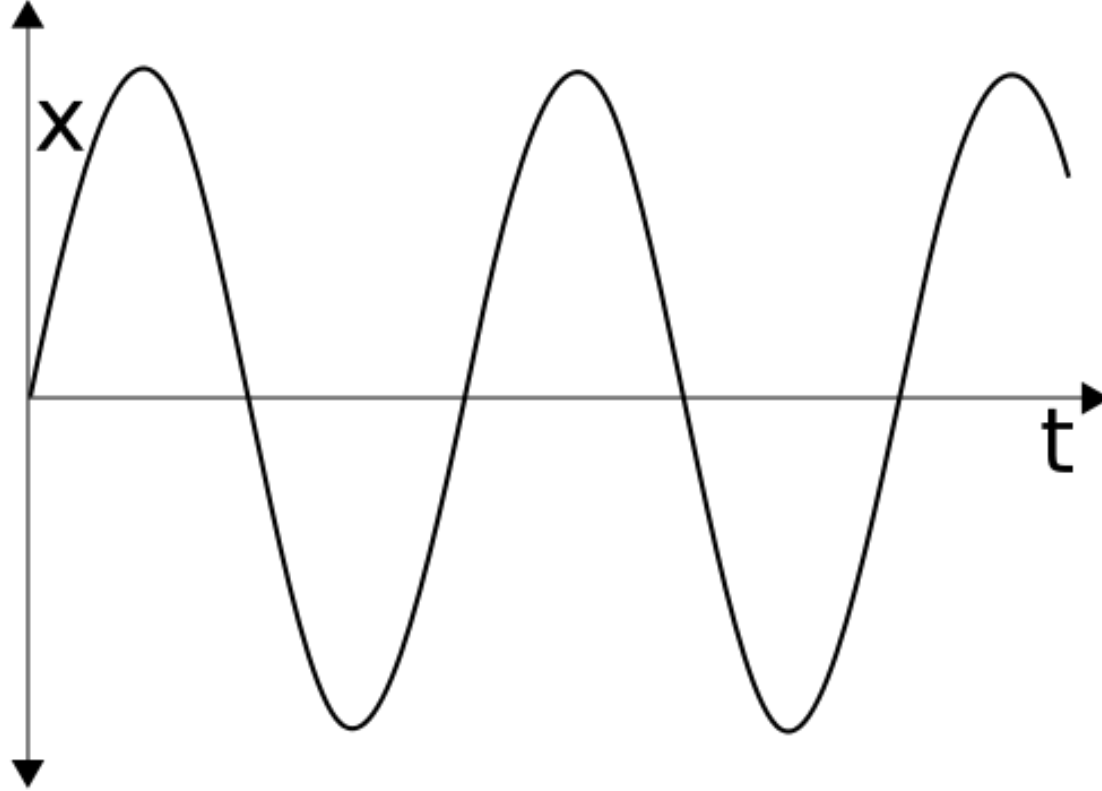
1. الإزاحة Amplitude

2. التردد Frequency

3. الفترة Period

4. طول الموجة Wavelength

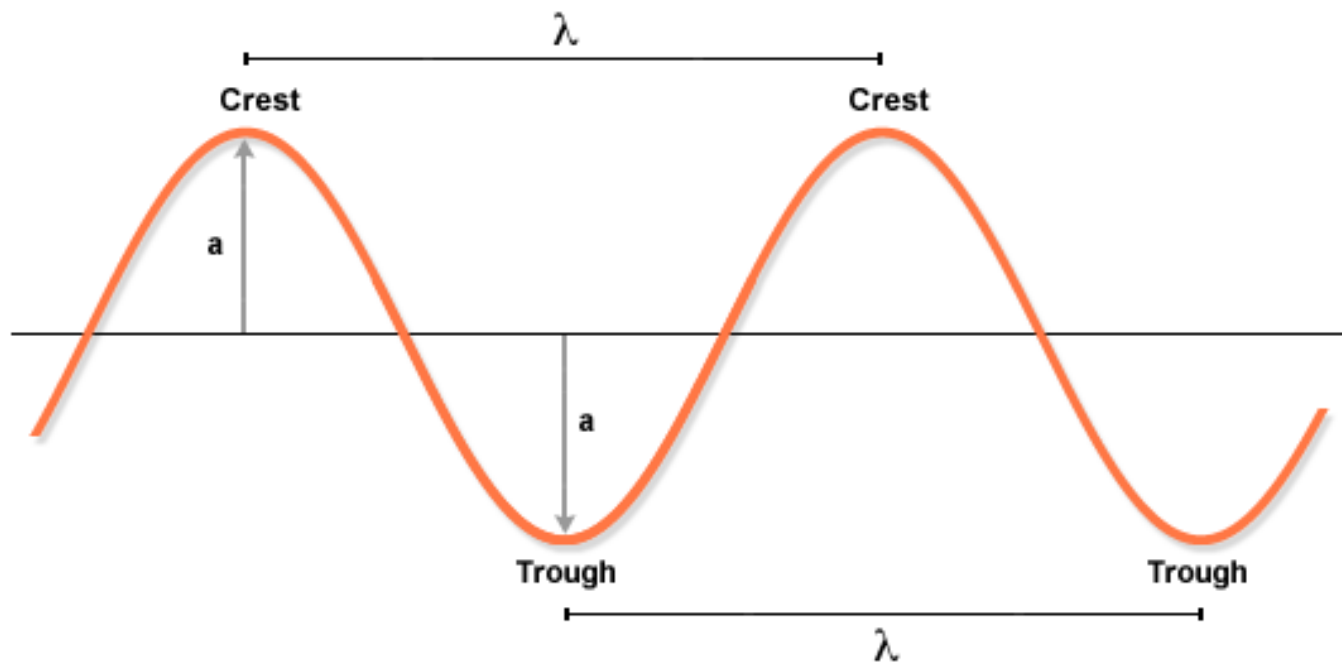
5. المرحلة Phase



موجة الجيب البسيطة Sign Wave

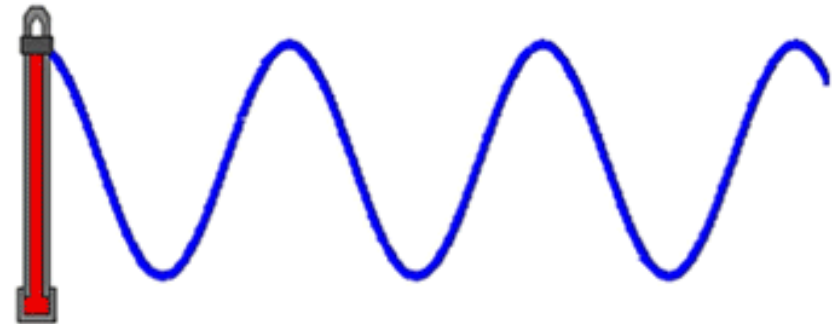
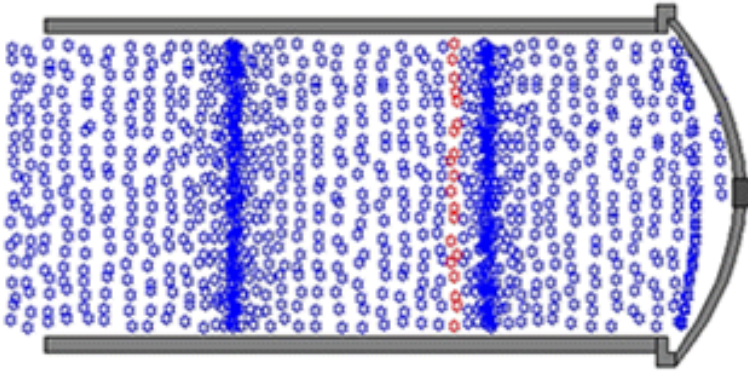


## الإزاحة Amplitude

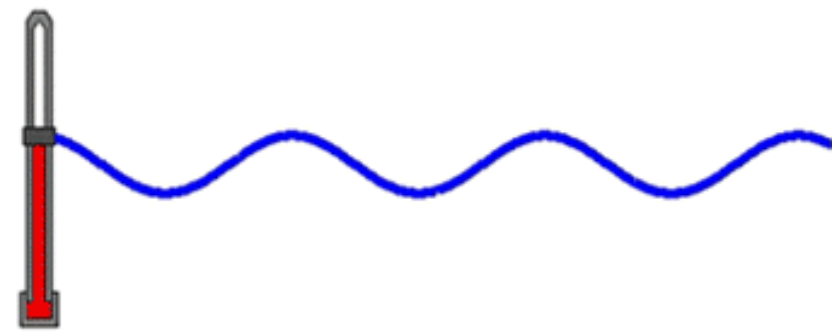
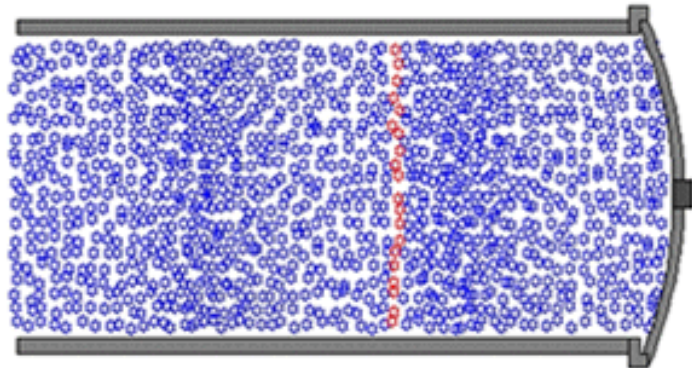


موجة الجيب البسيطة Sign Wave

- مقدار الإزاحة القصوى
- المسافة العمودية ما بين القمة (crest) أو القاع (trough) مع خط التوازن (السكون)
- مقدار الطاقة
- الإدراك الحسي: شدة أو علو الصوت (Loudness)



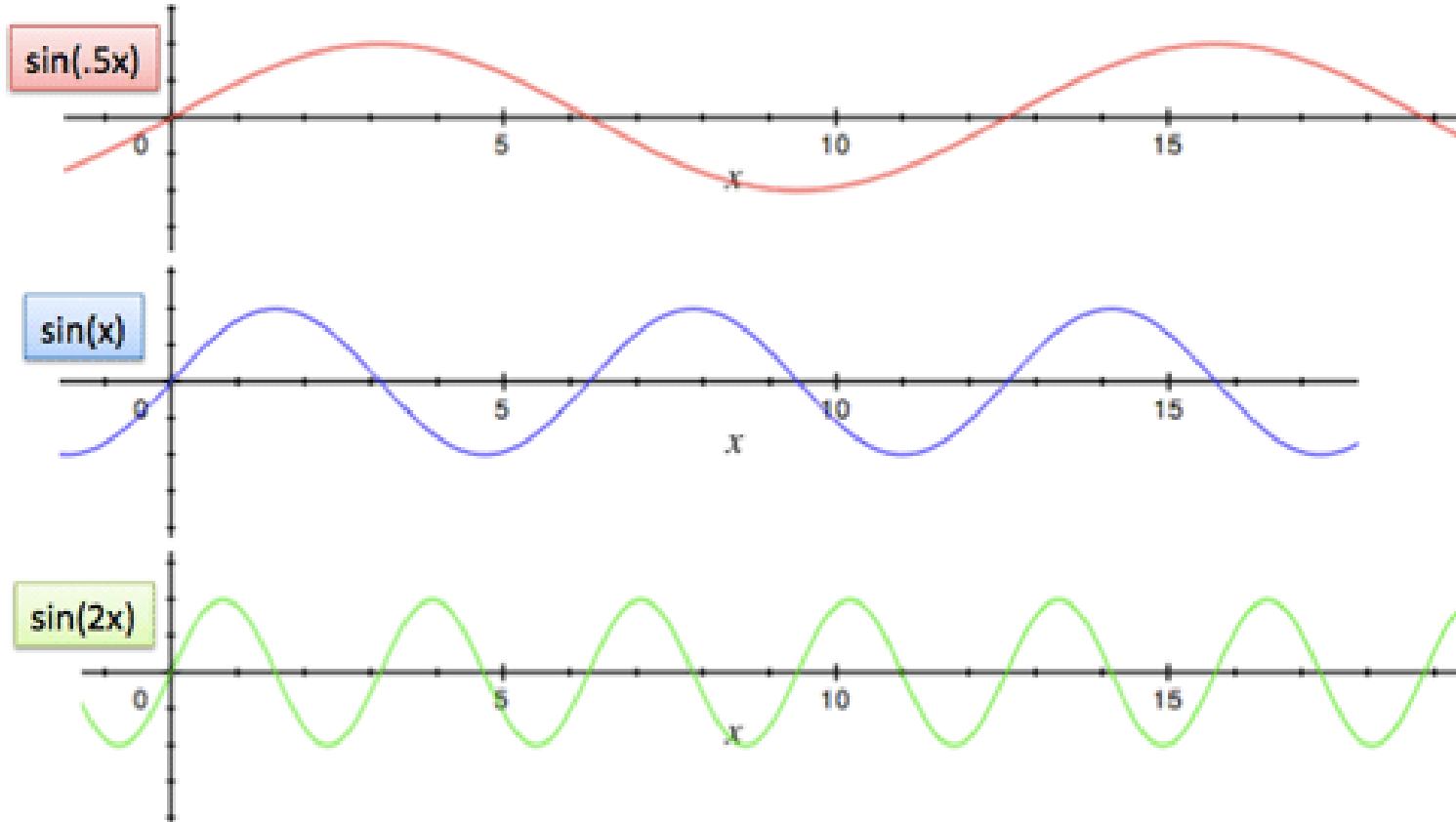
Membrane Pressure



Membrane Pressure

**“Loudness”**

**Units: 1 decibel (dB)**

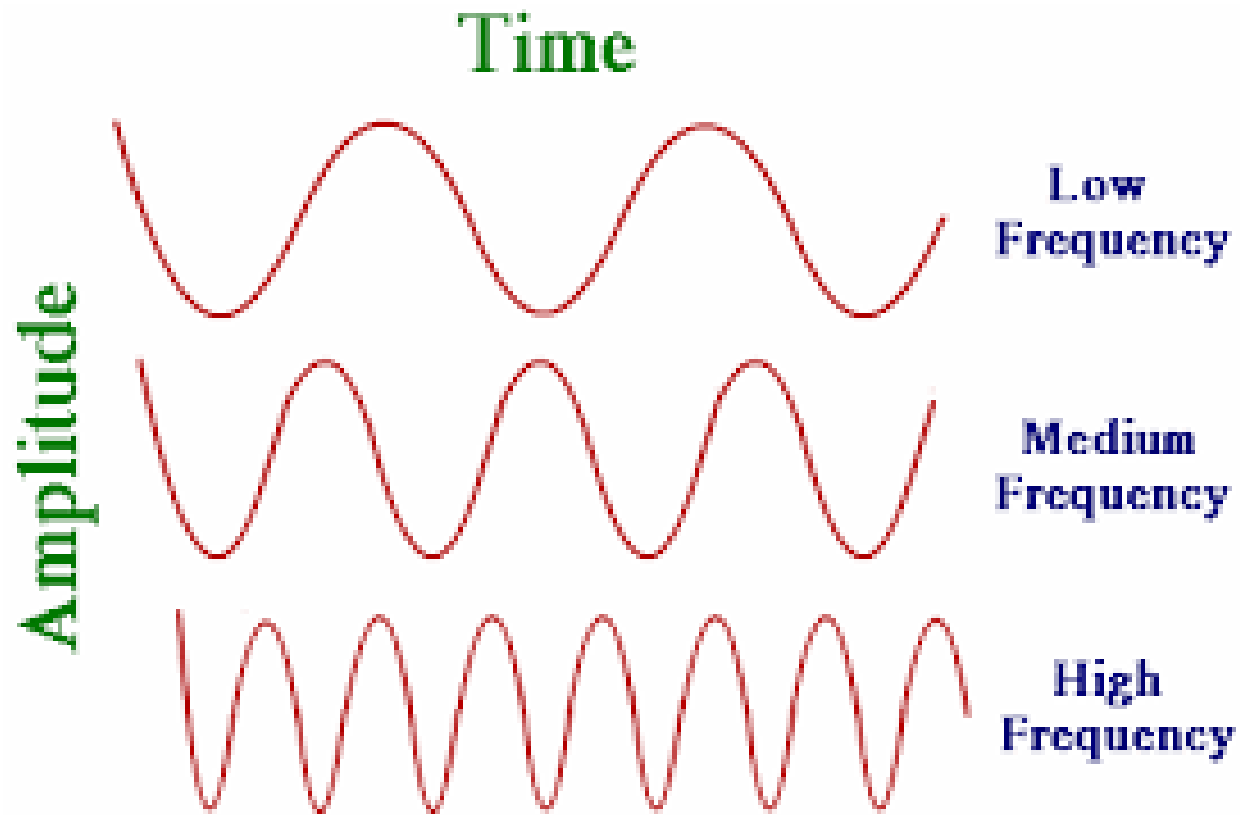


Sign Wave موجة الجيب البسيطة

## التردد Frequency

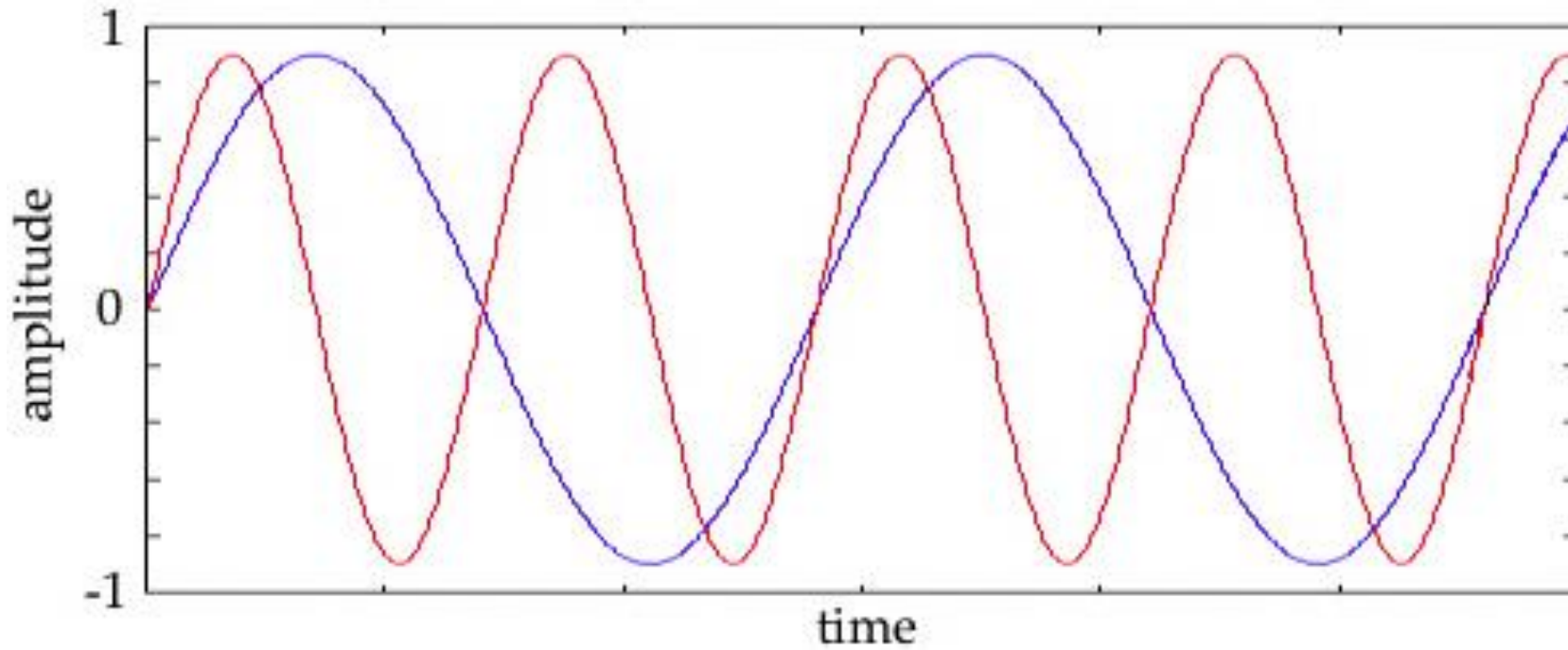
- عدد الترددات (الدورات الكاملة) في الثانية
- وحدة القياس: عدد الدورات/الثانية (هيرتز Hz)
- الإدراك الحسي: حدة الصوت (Pitch)

## Frequency التردد



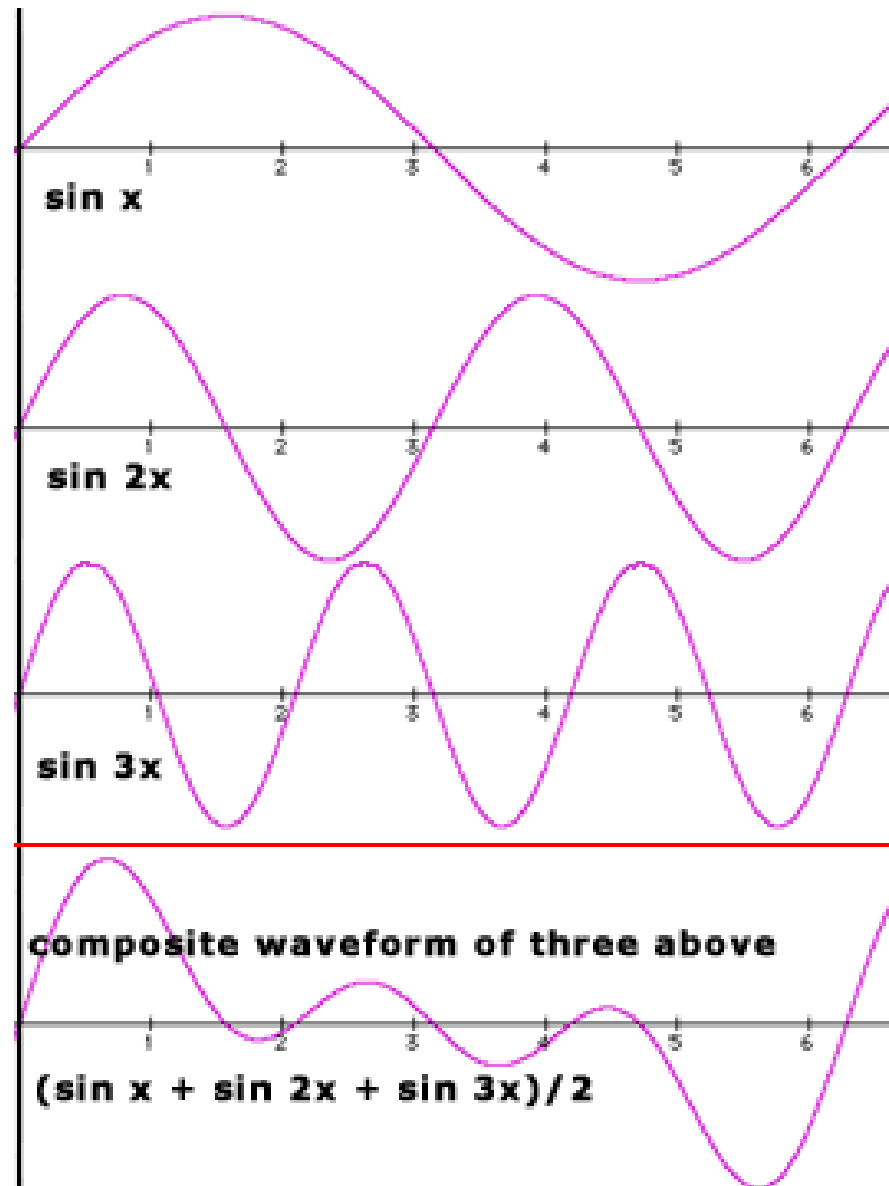
Sign Wave موجة الجيب البسيطة

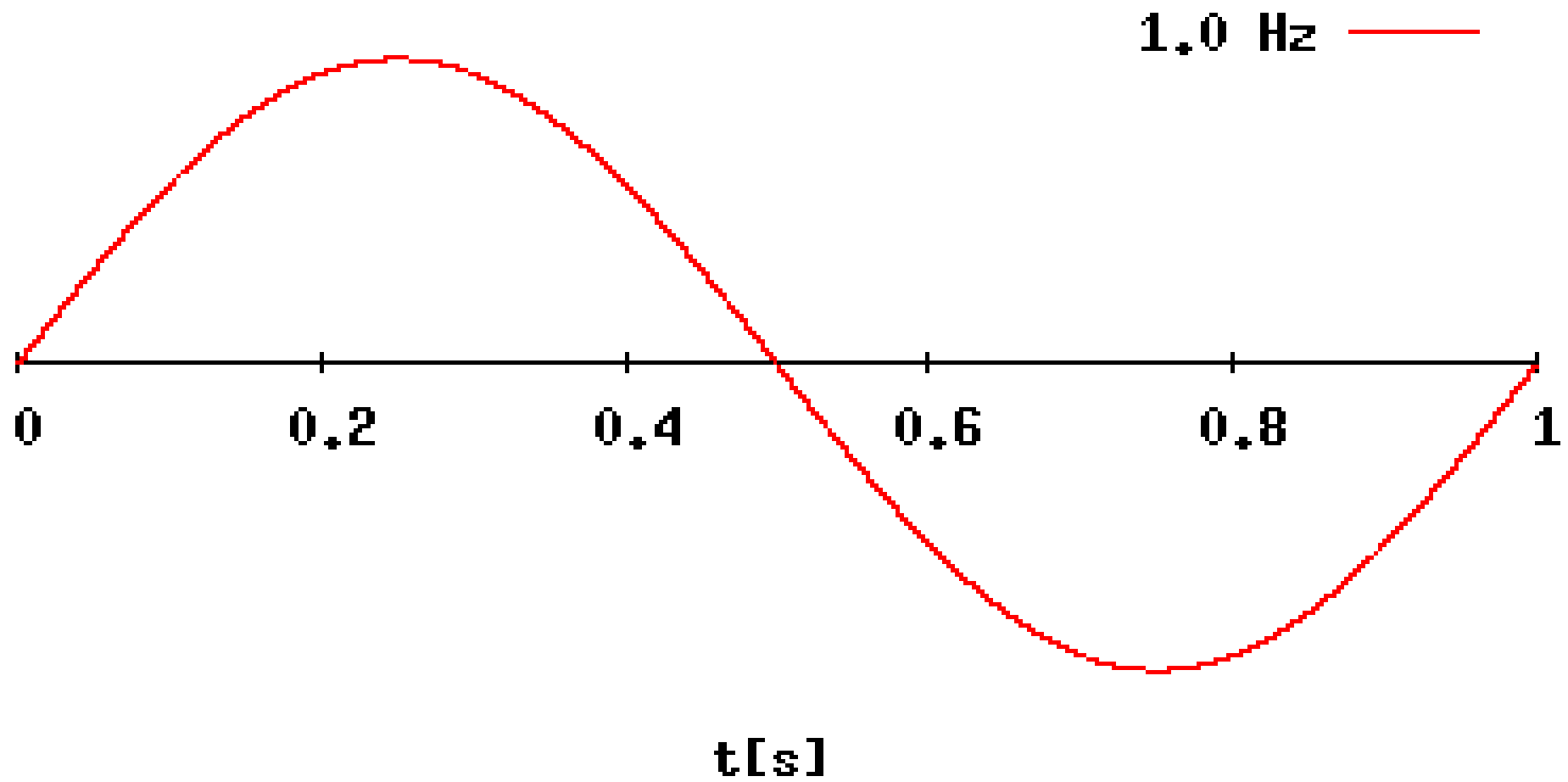
## التردد Frequency



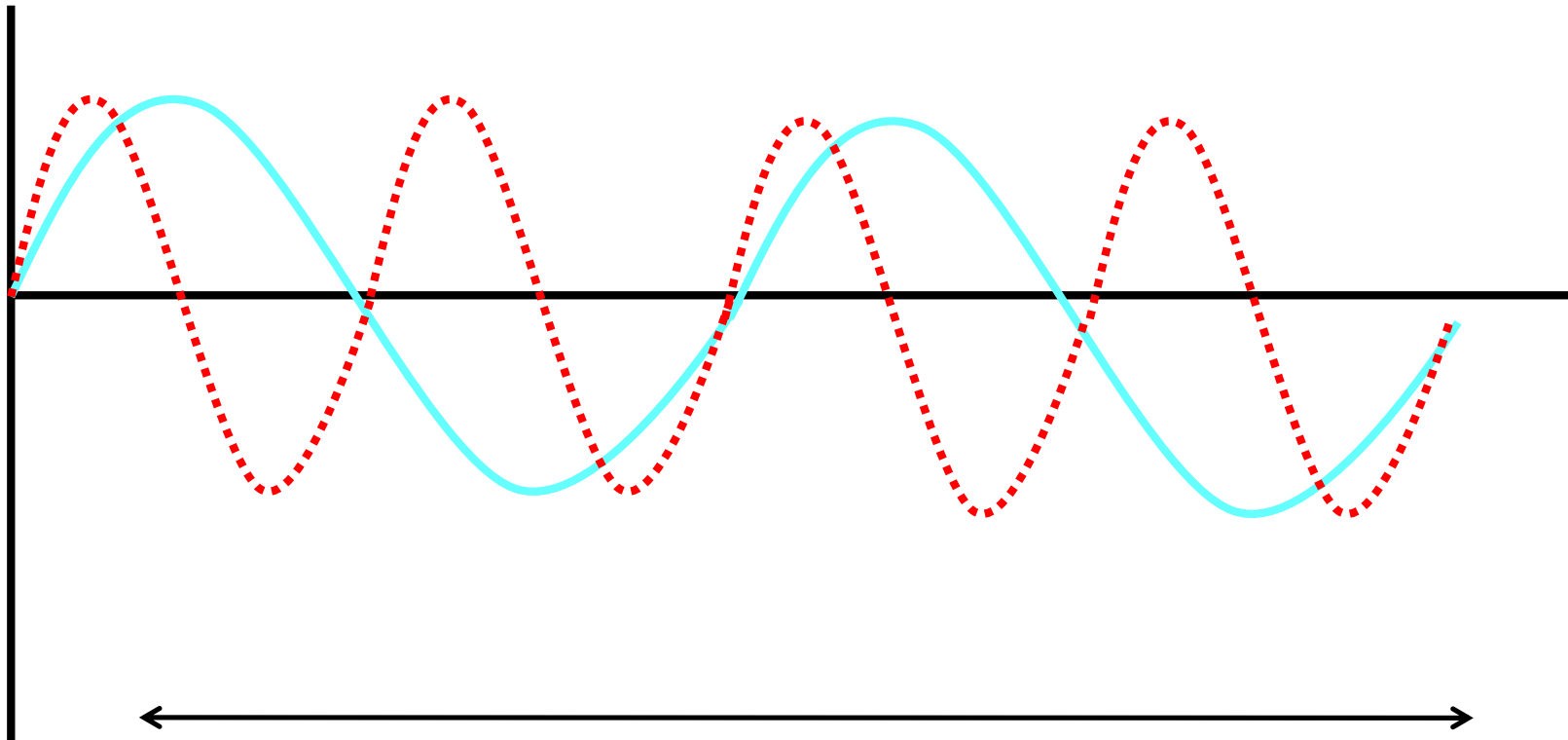
Sign Wave موجة الجيب البسيطة

## Frequency التردد



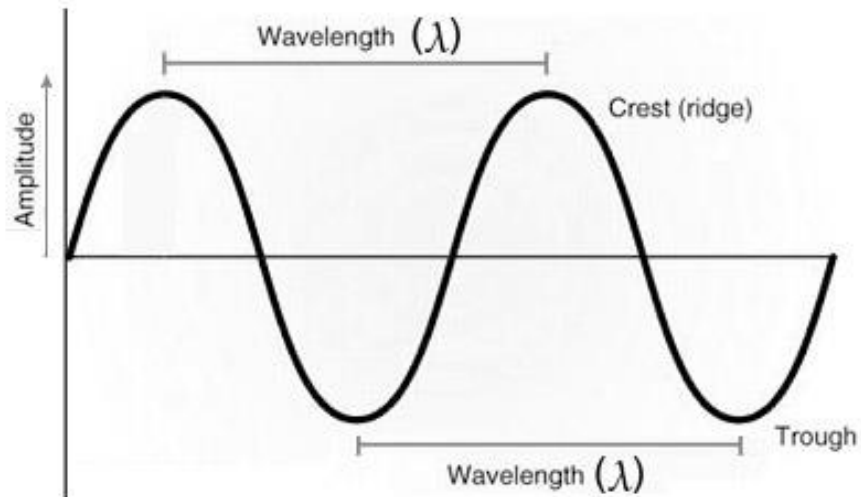
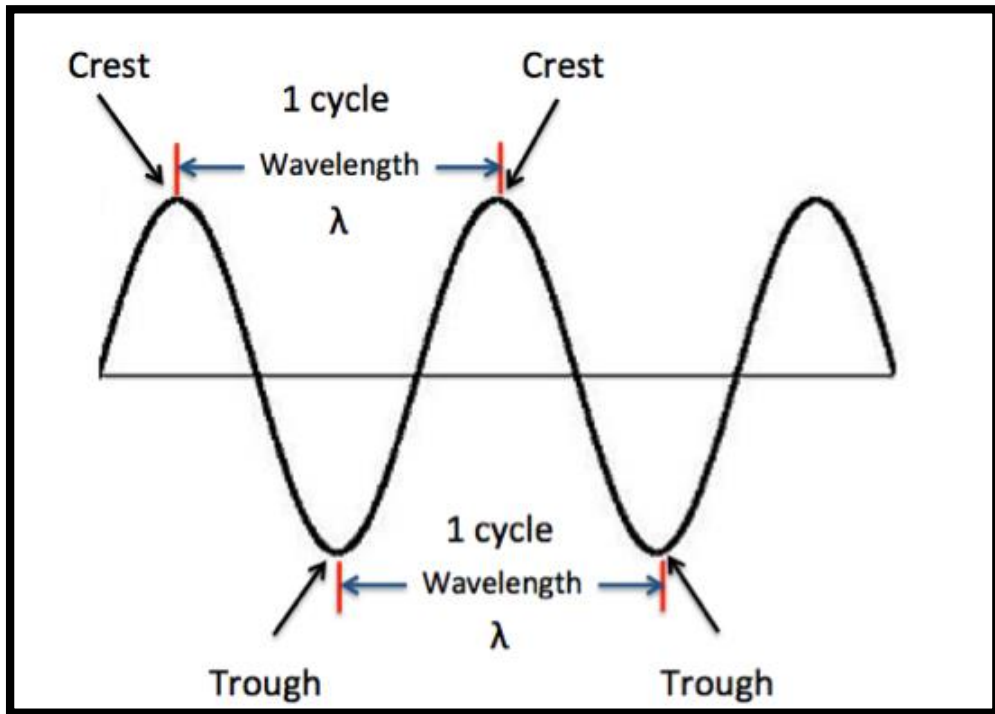


ما هو مقدار التردد؟



1 second

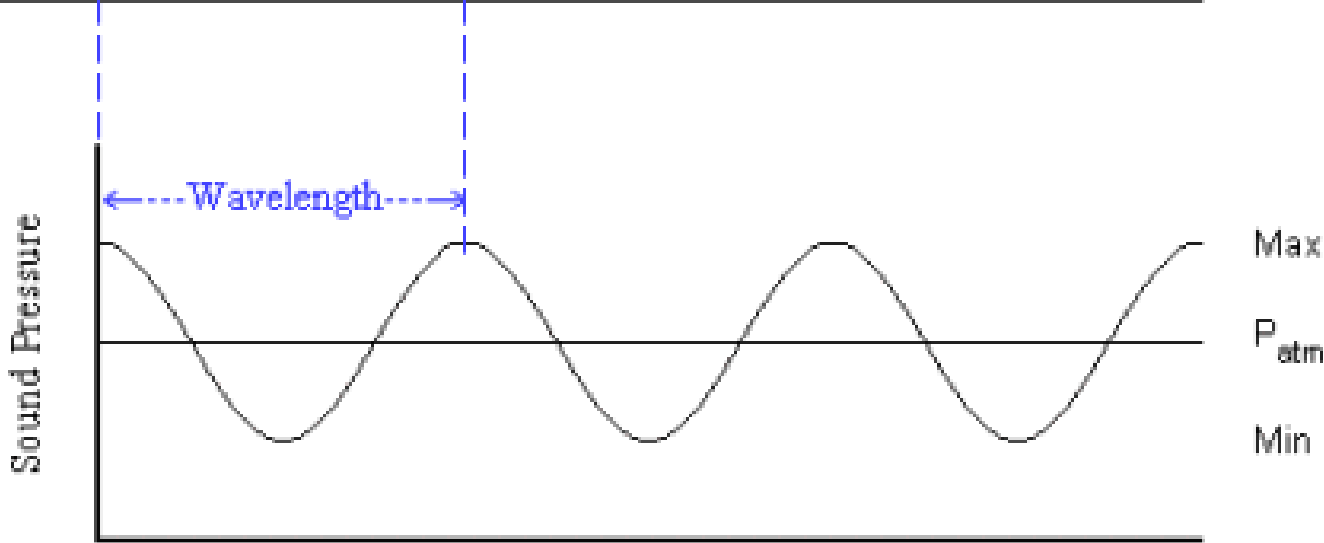
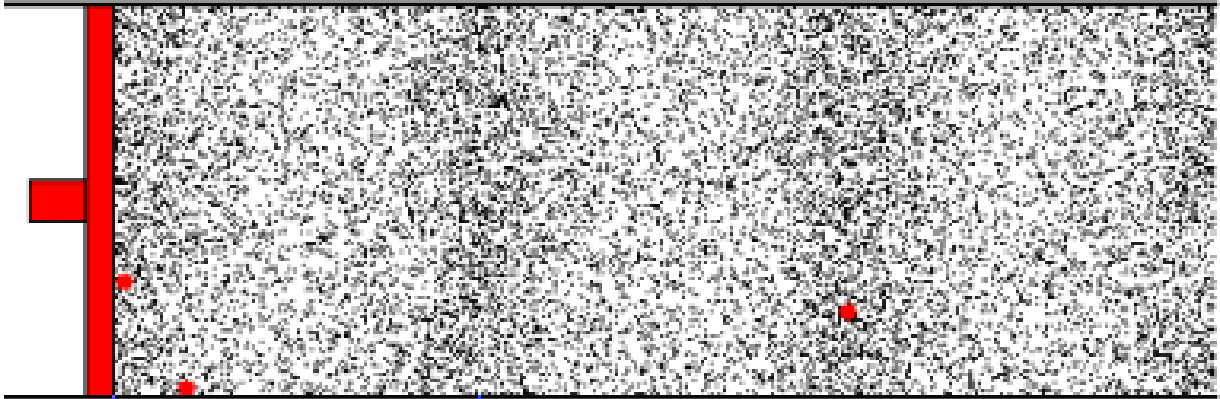


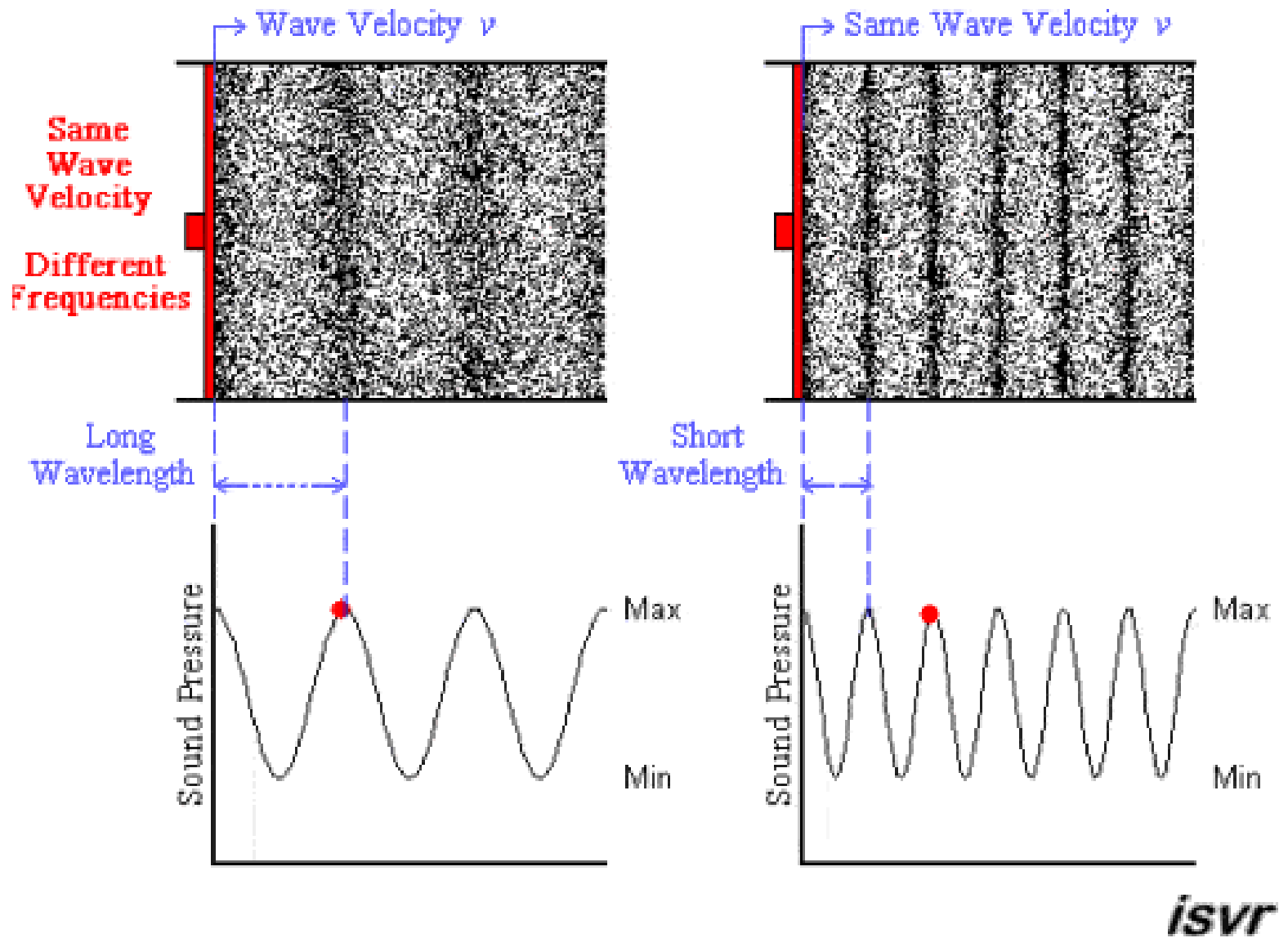


## Wavelength طول الموجة

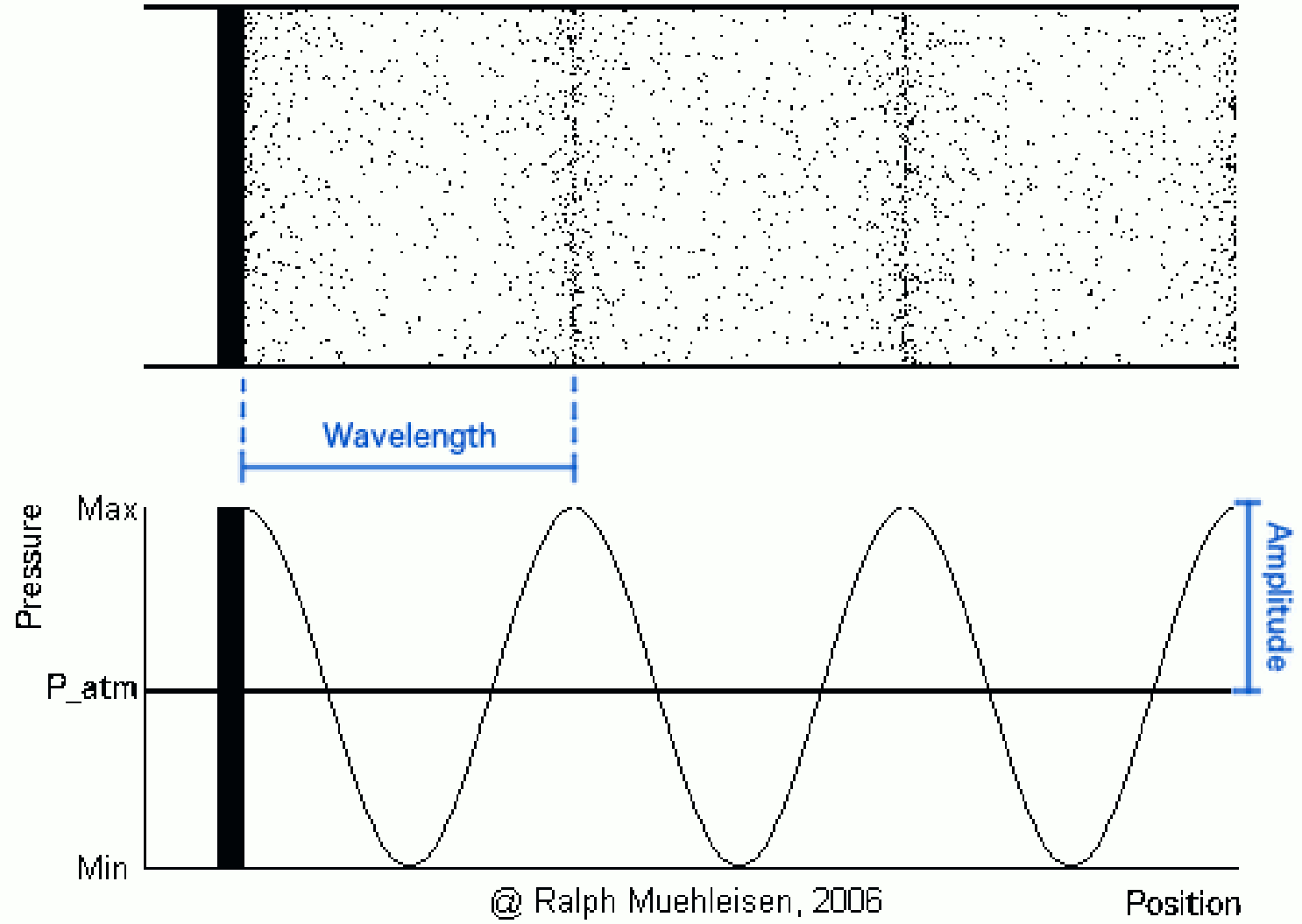
- المسافة ما بين قمتين متتاليتين أو قاعين متتاليتين

# Acoustic Longitudinal Wave

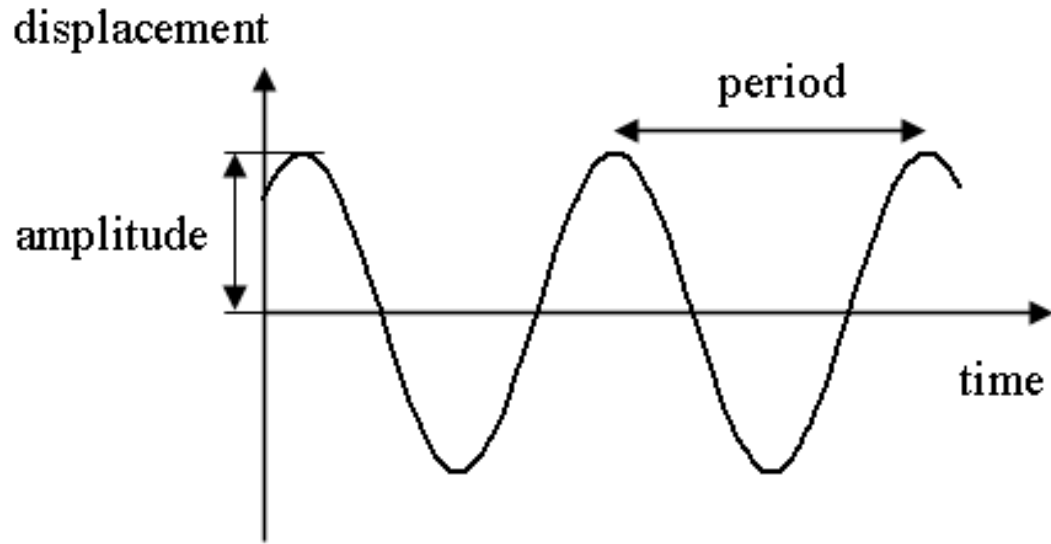




# Traveling Plane Wave

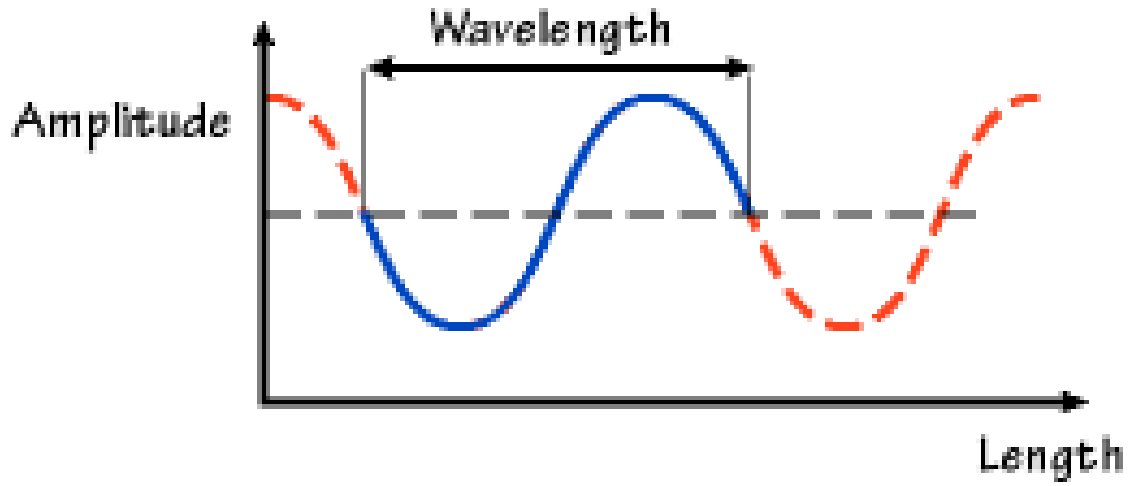


## الفترة Period

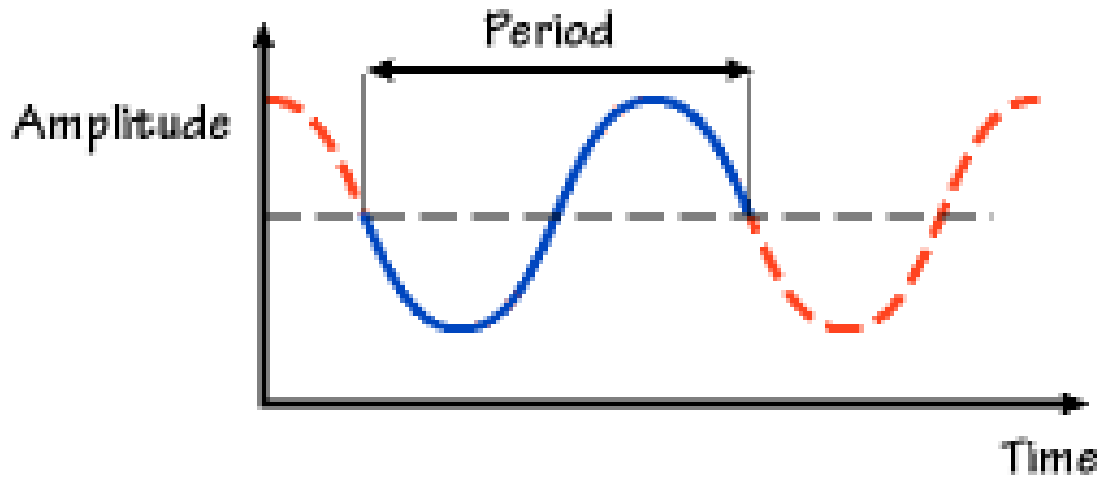


Sign Wave موجة الجيب البسيطة

- الوقت اللازم لإكمال دورة واحدة

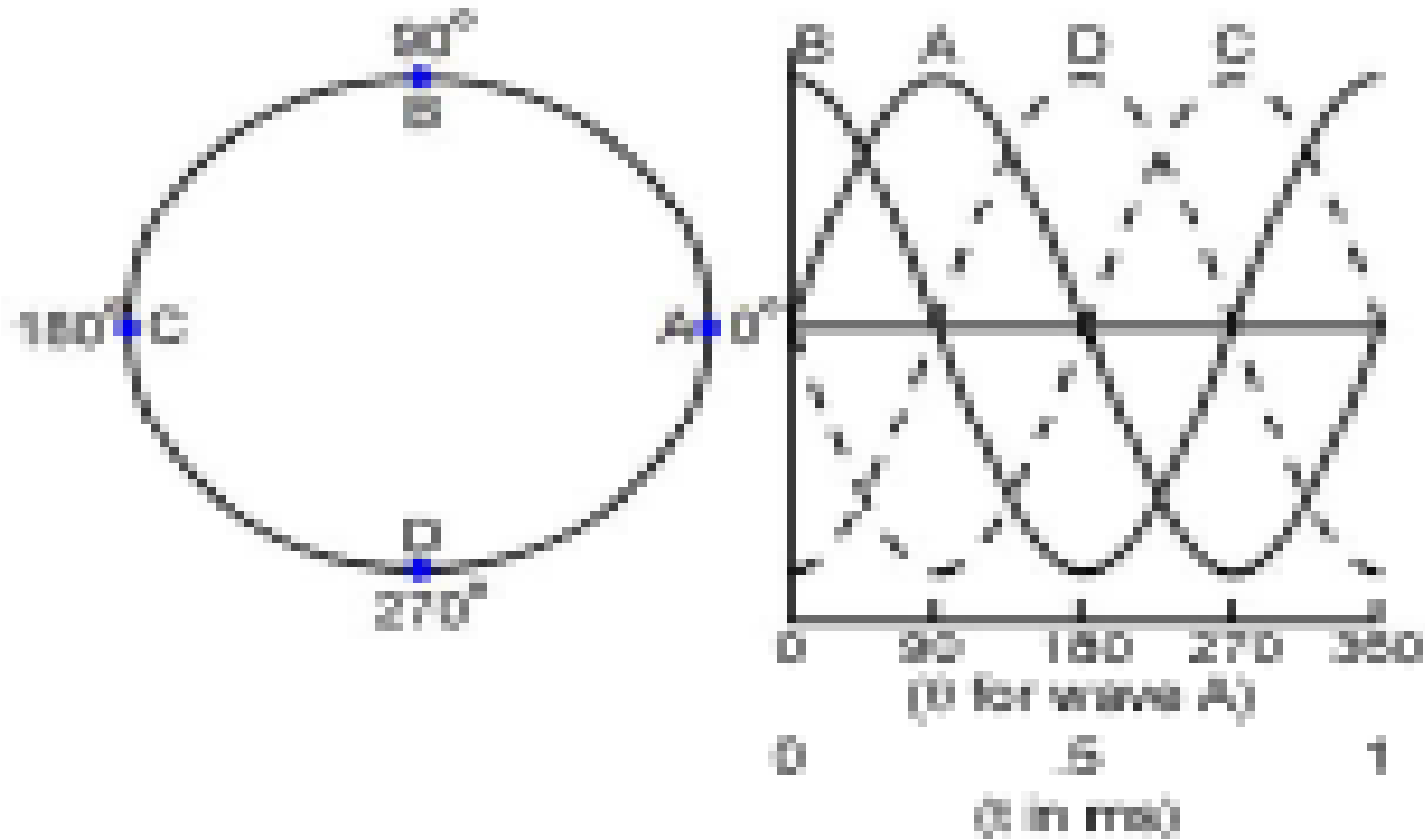


Period **الفترة**



Sign Wave **موجة الجيب البسيطة**

## Phase المرحلة

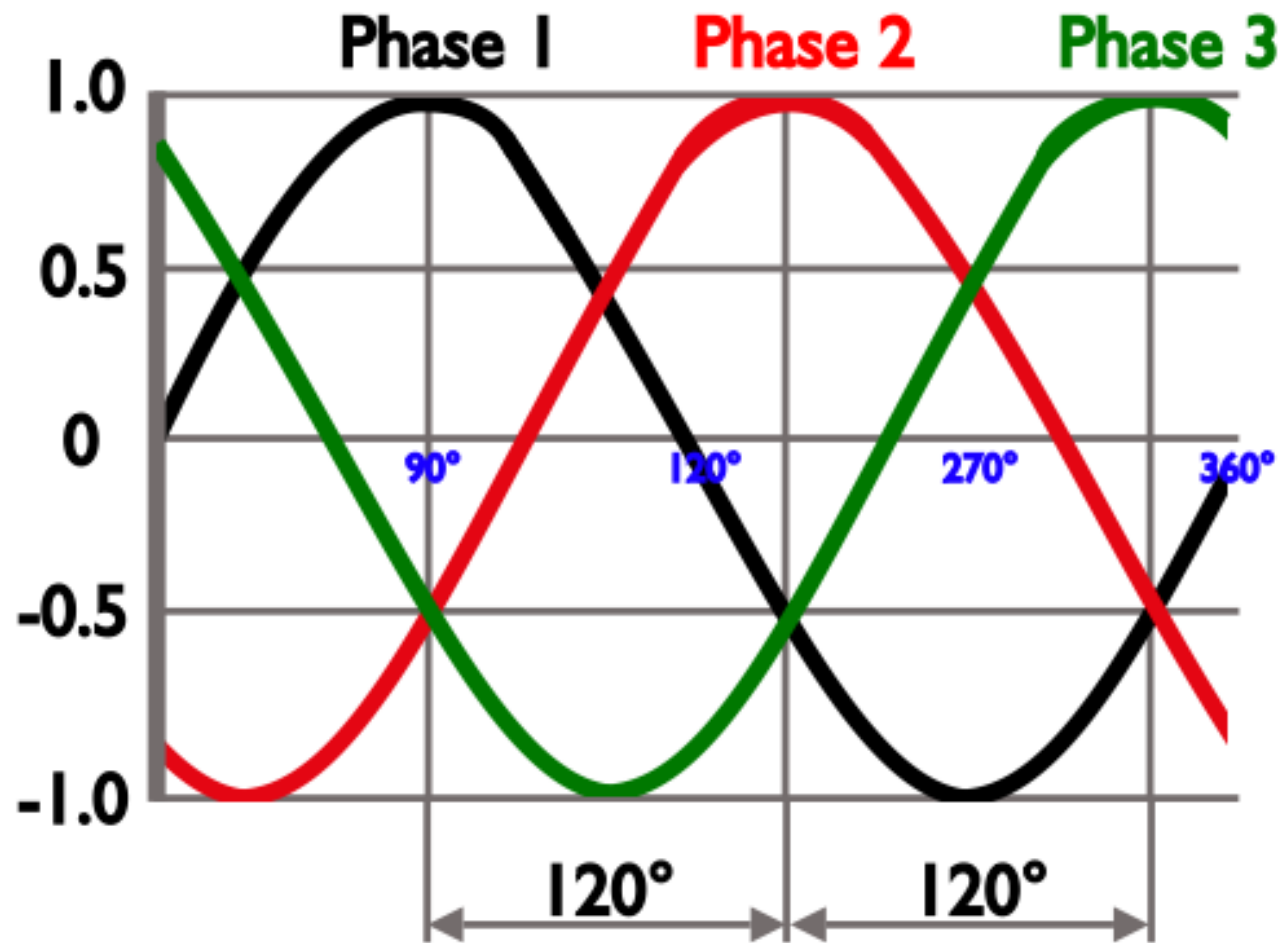


- زاوية بدء الدورة
- جزء من دورة الموجة التي
- انقضت بالنسبة إلى الأصل
- وحدة القياس: درجة أو
- زاوية نصف قطرية



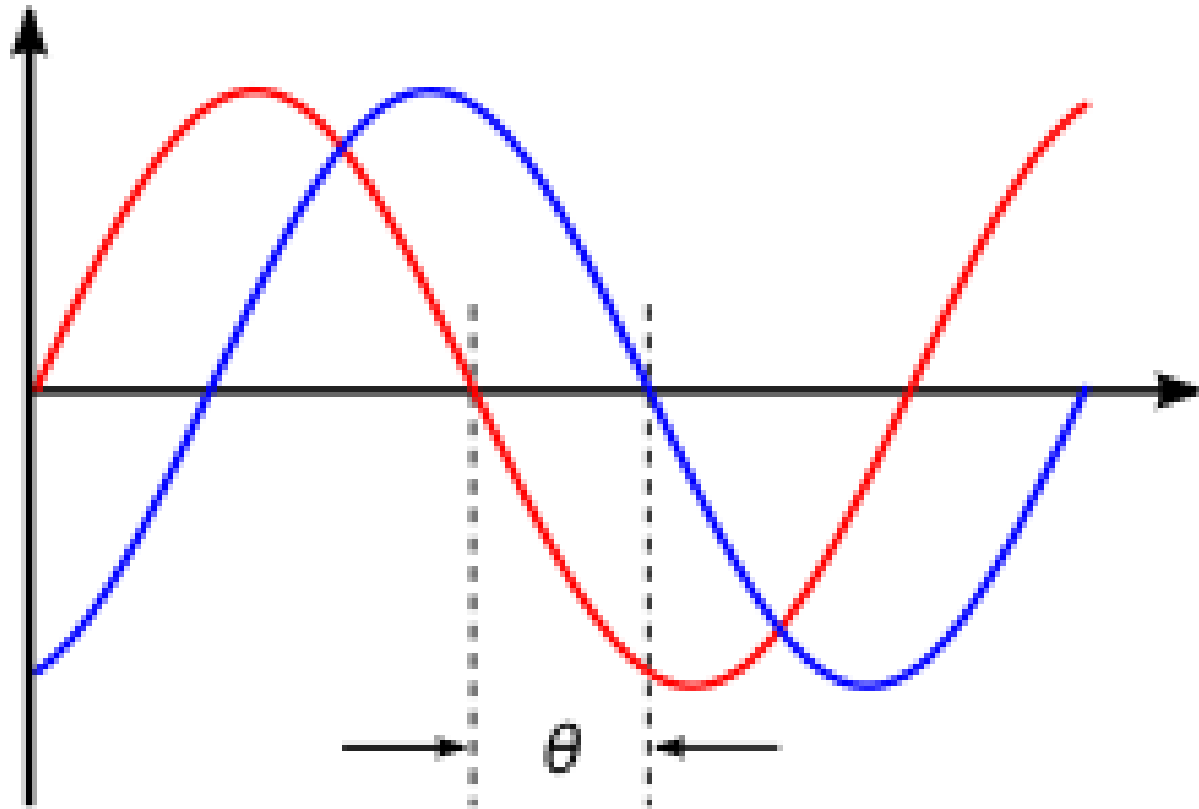
## Phase المرحلة



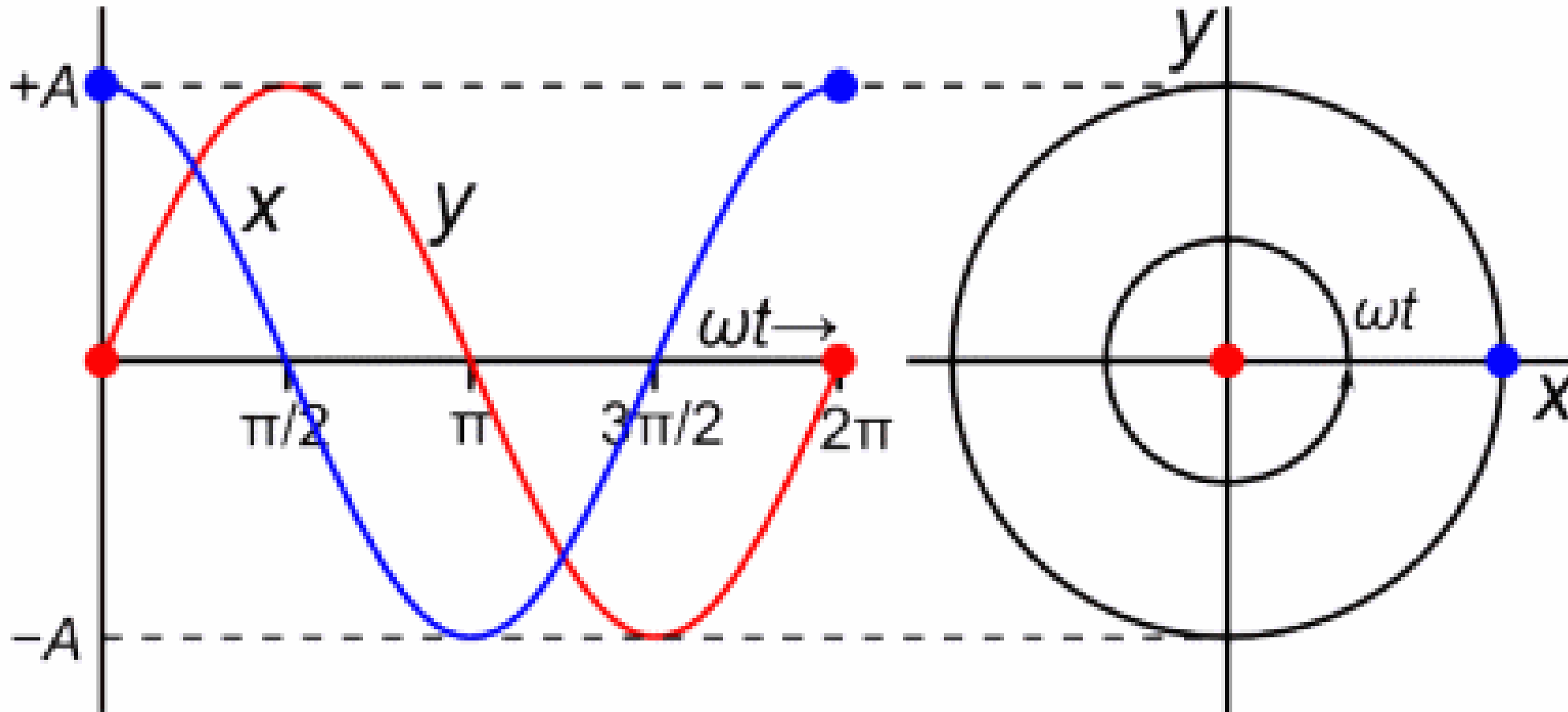


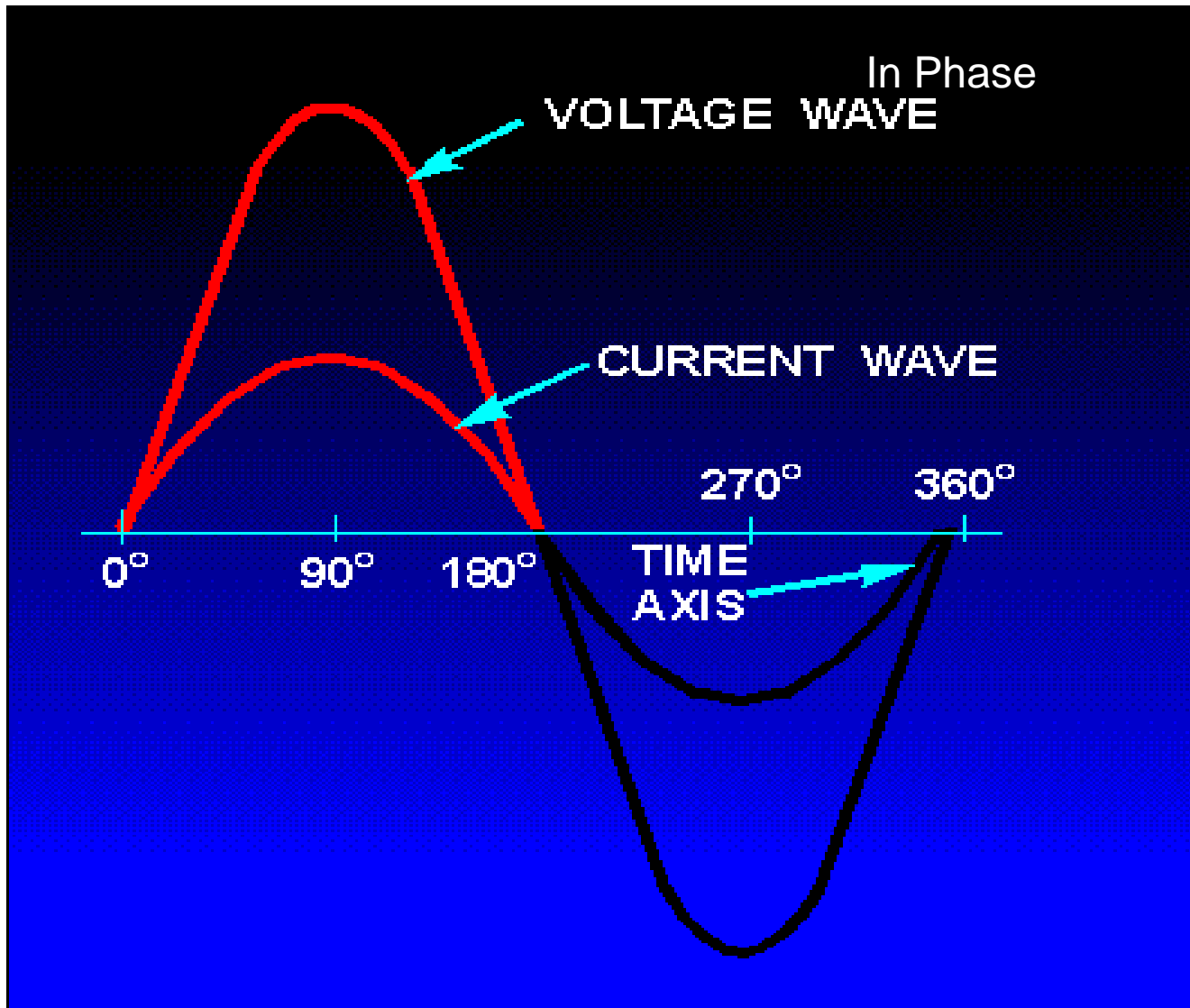
## Phase المرحلة

## Phase المرحلة



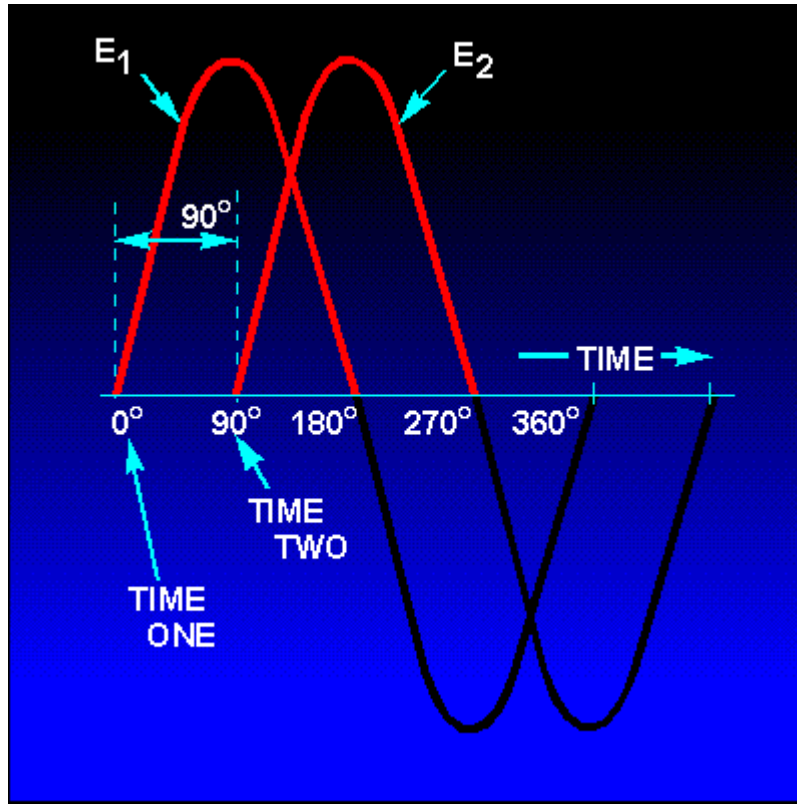
# الدورة (Cycle)





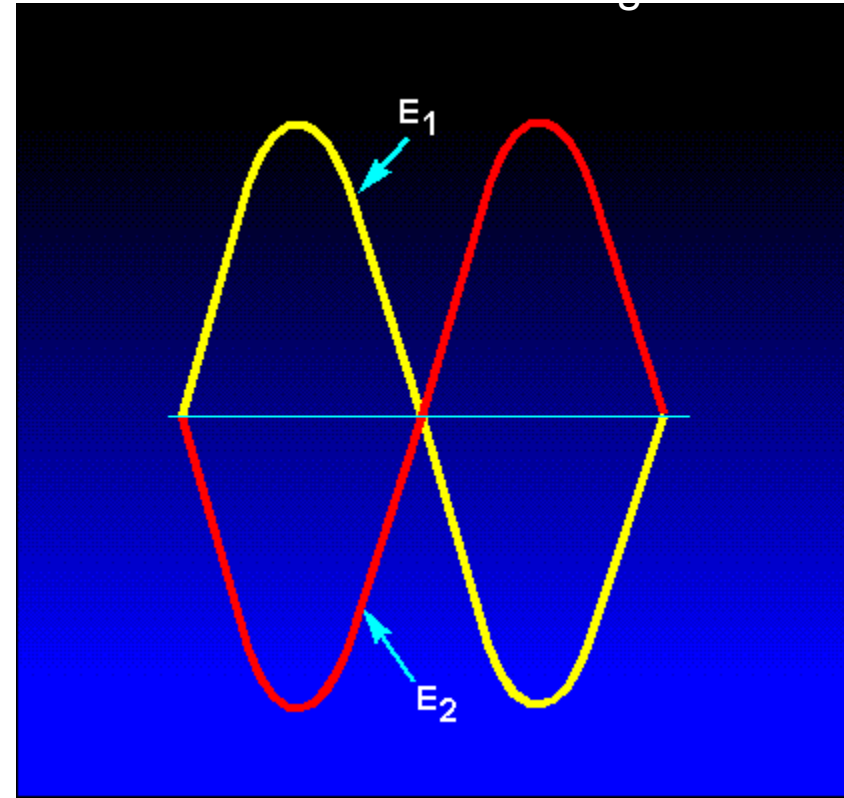
موجتان لهما نفس المرحلة  
In phase

In of Phase – 0 degree

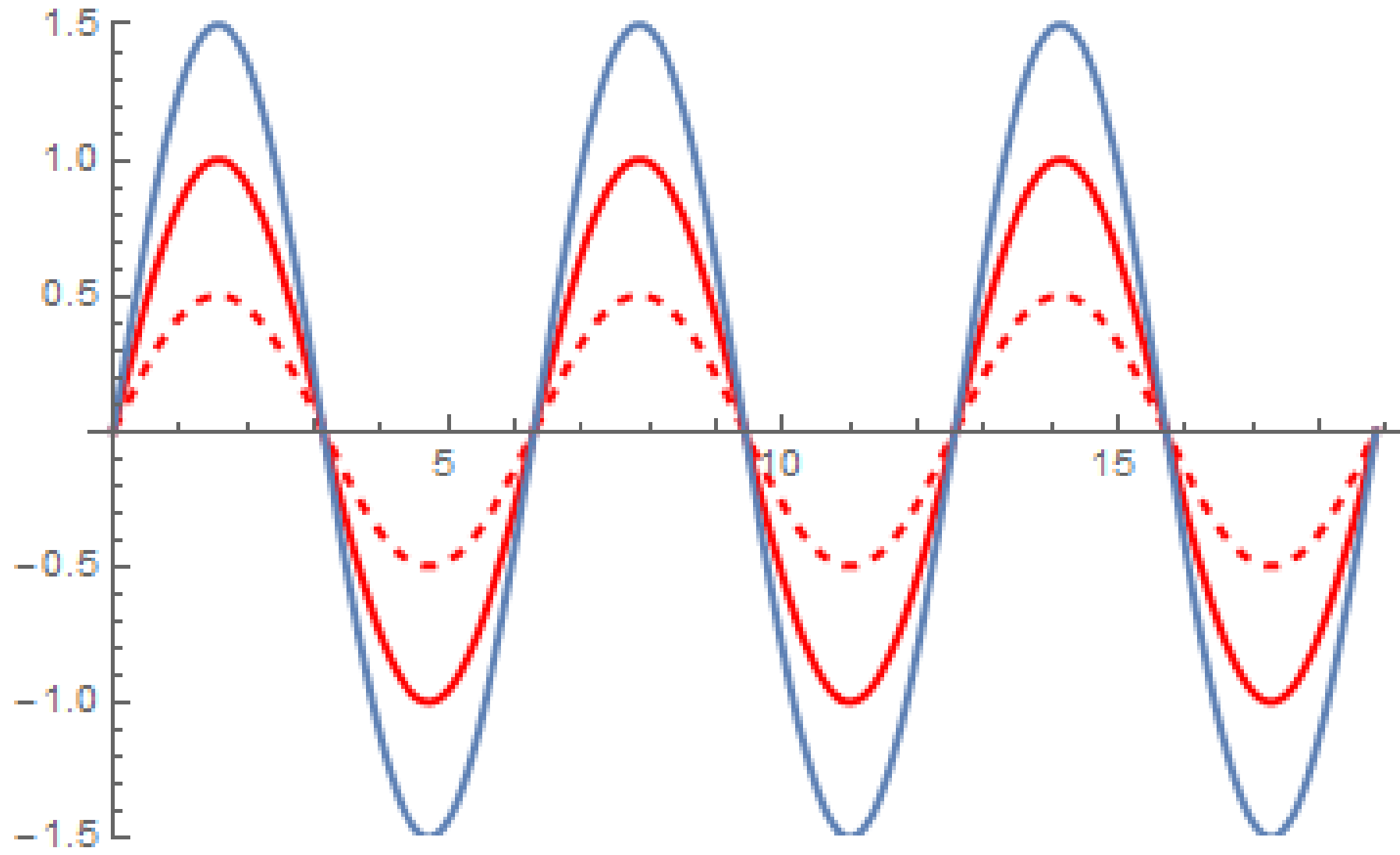


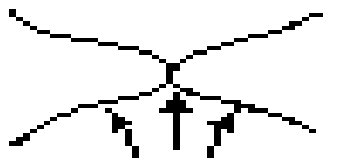
Out of Phase – 90 degree

موجتان ليس لهما نفس المرحلة  
Out of phase

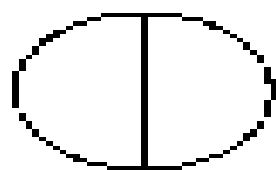


Out of Phase – 180 degree

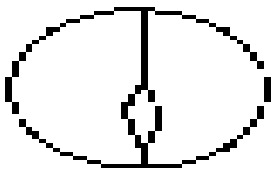




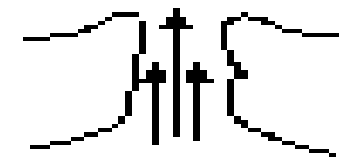
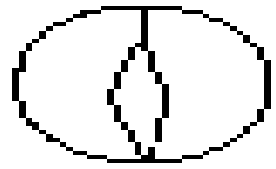
8



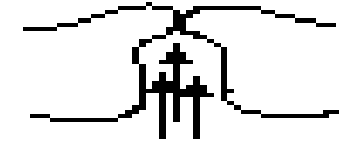
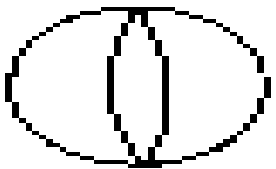
7



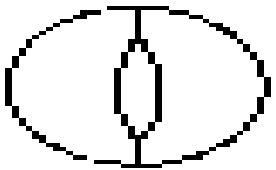
5



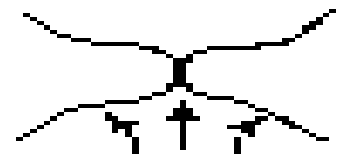
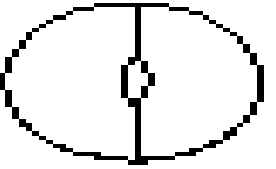
4



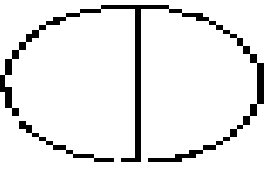
3

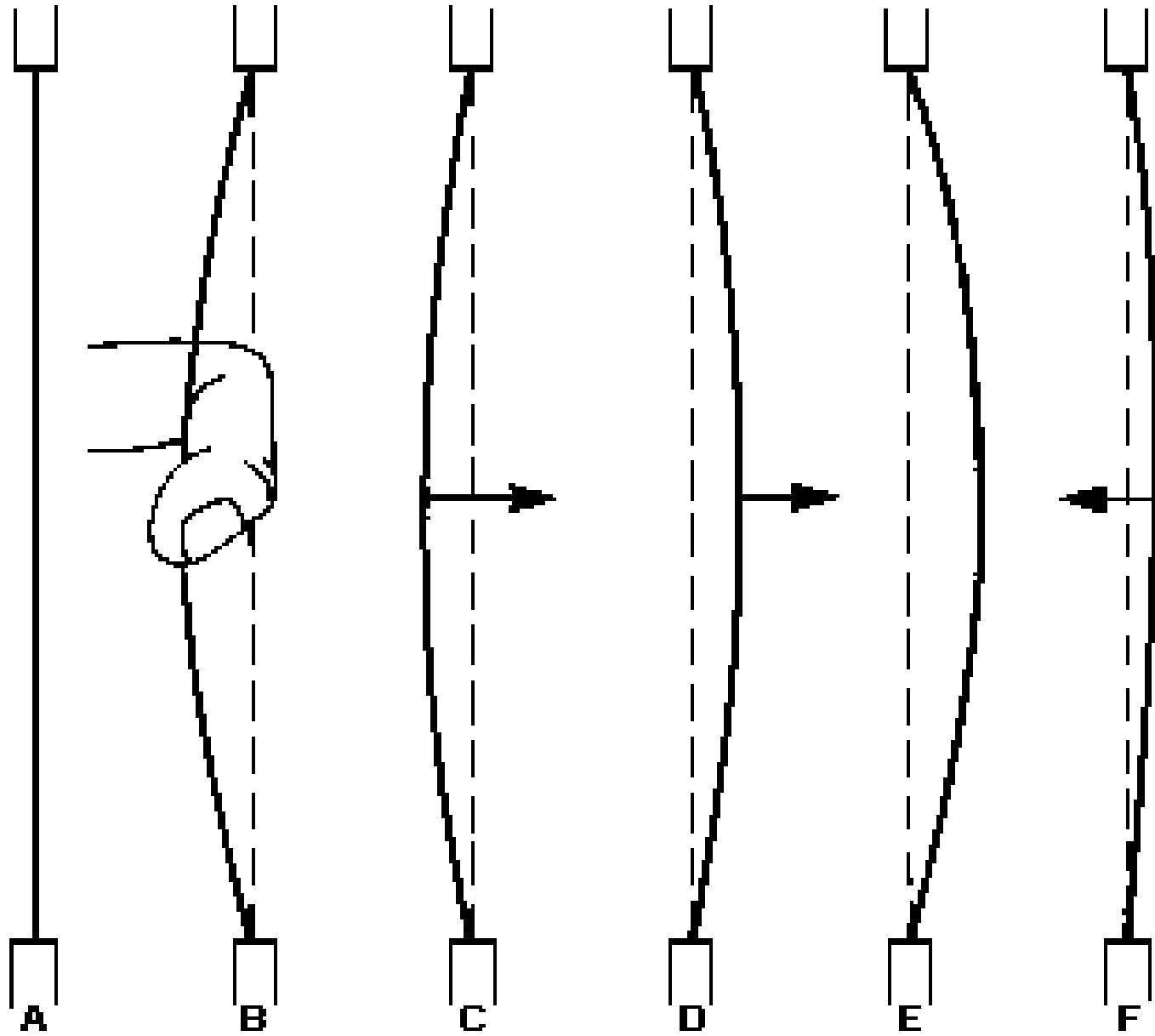


3



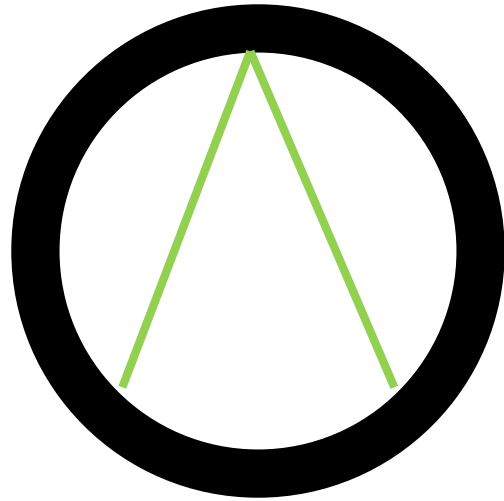
1



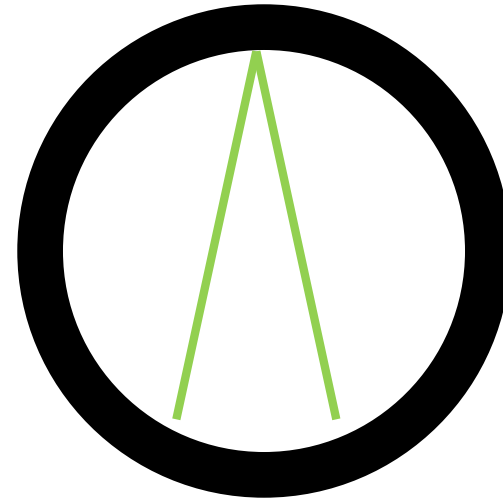




# الأحبال الصوتية

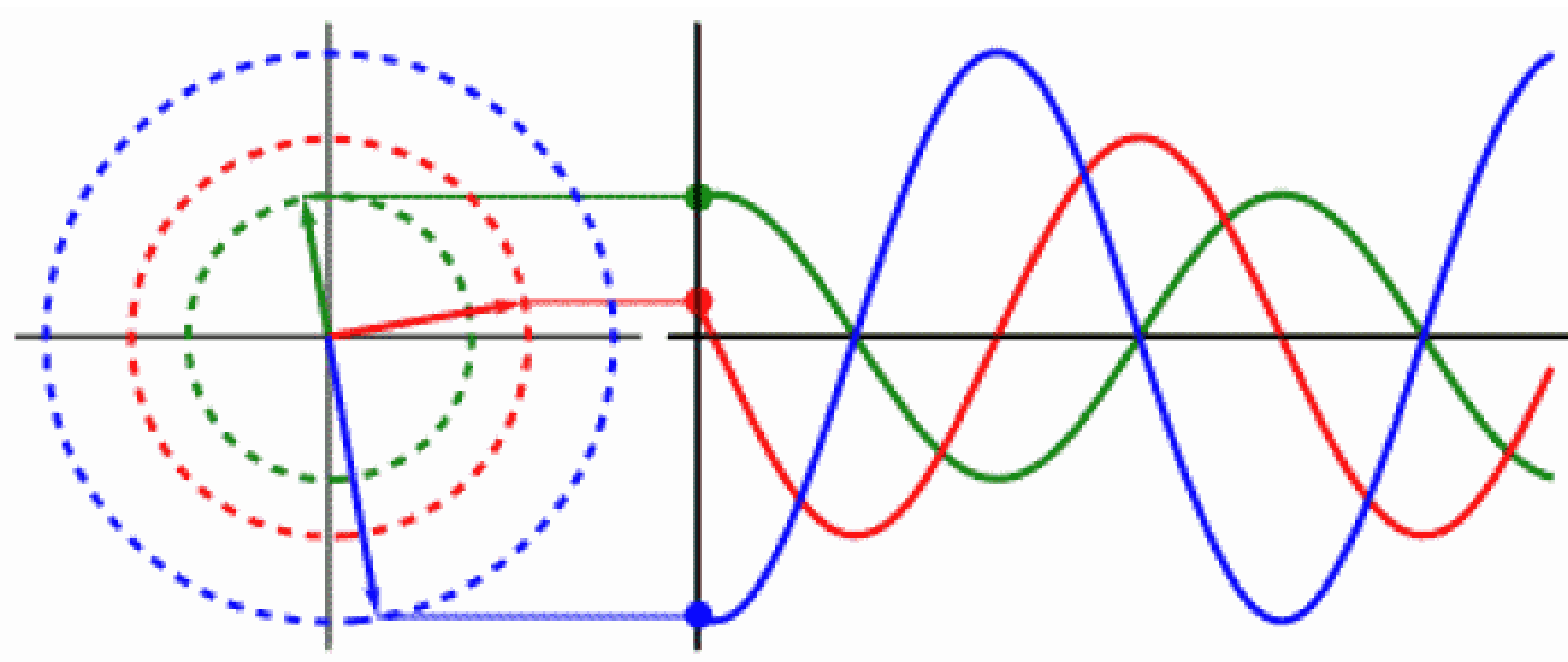


مقدار إزاحة أكبر

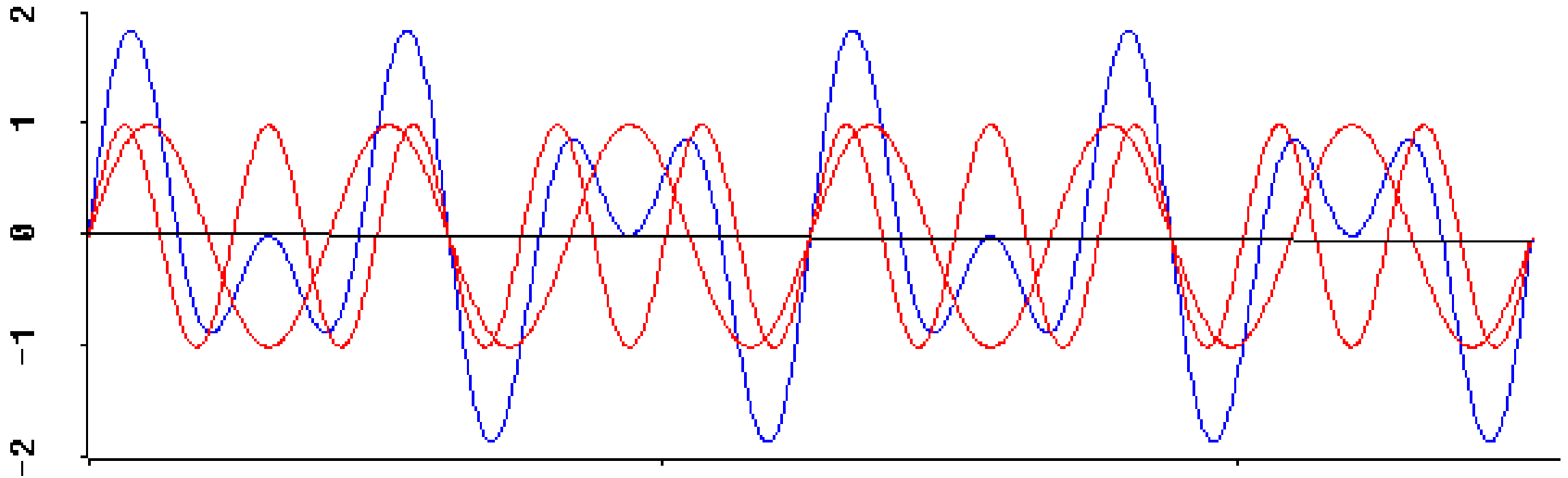


مقدار إزاحة أقل

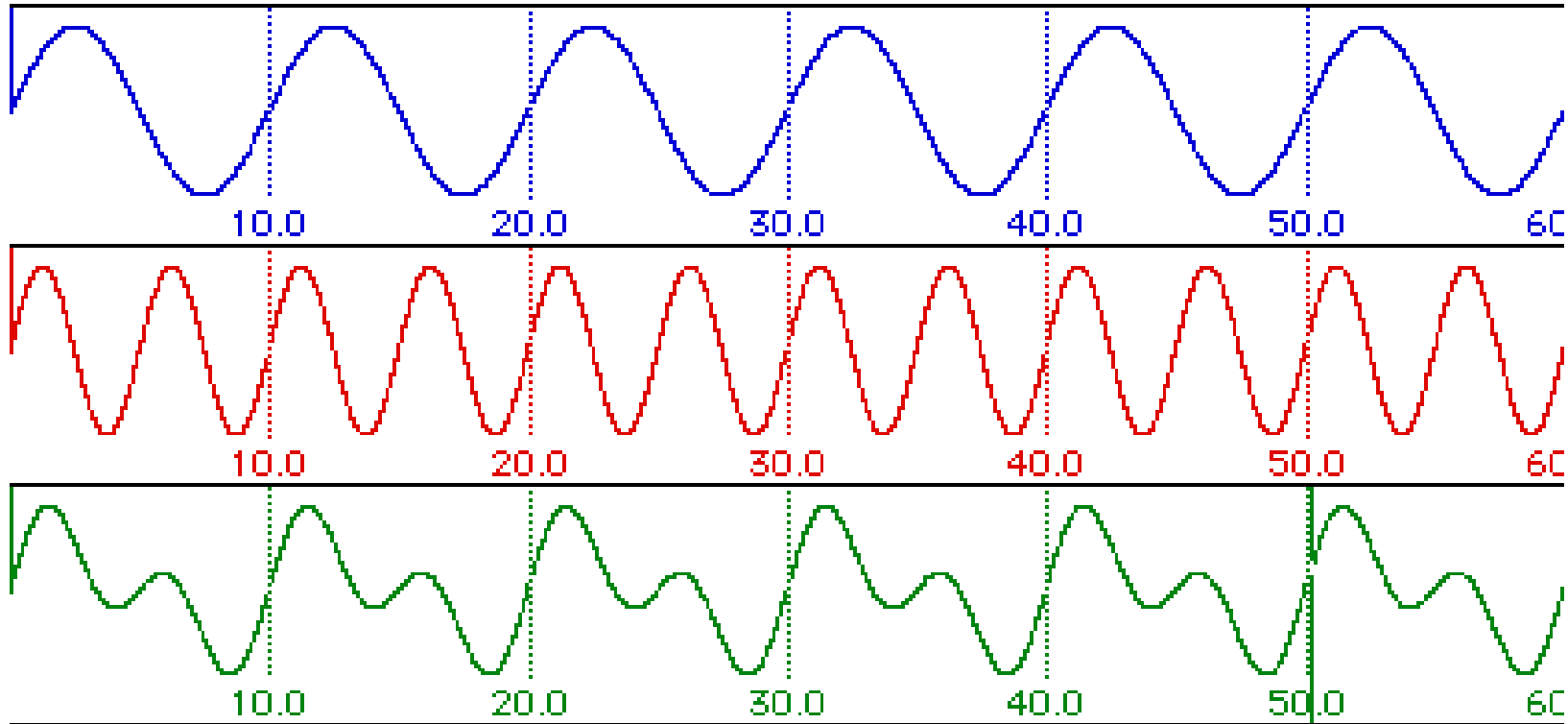
موجات معقدة (مركبة) Complex waves



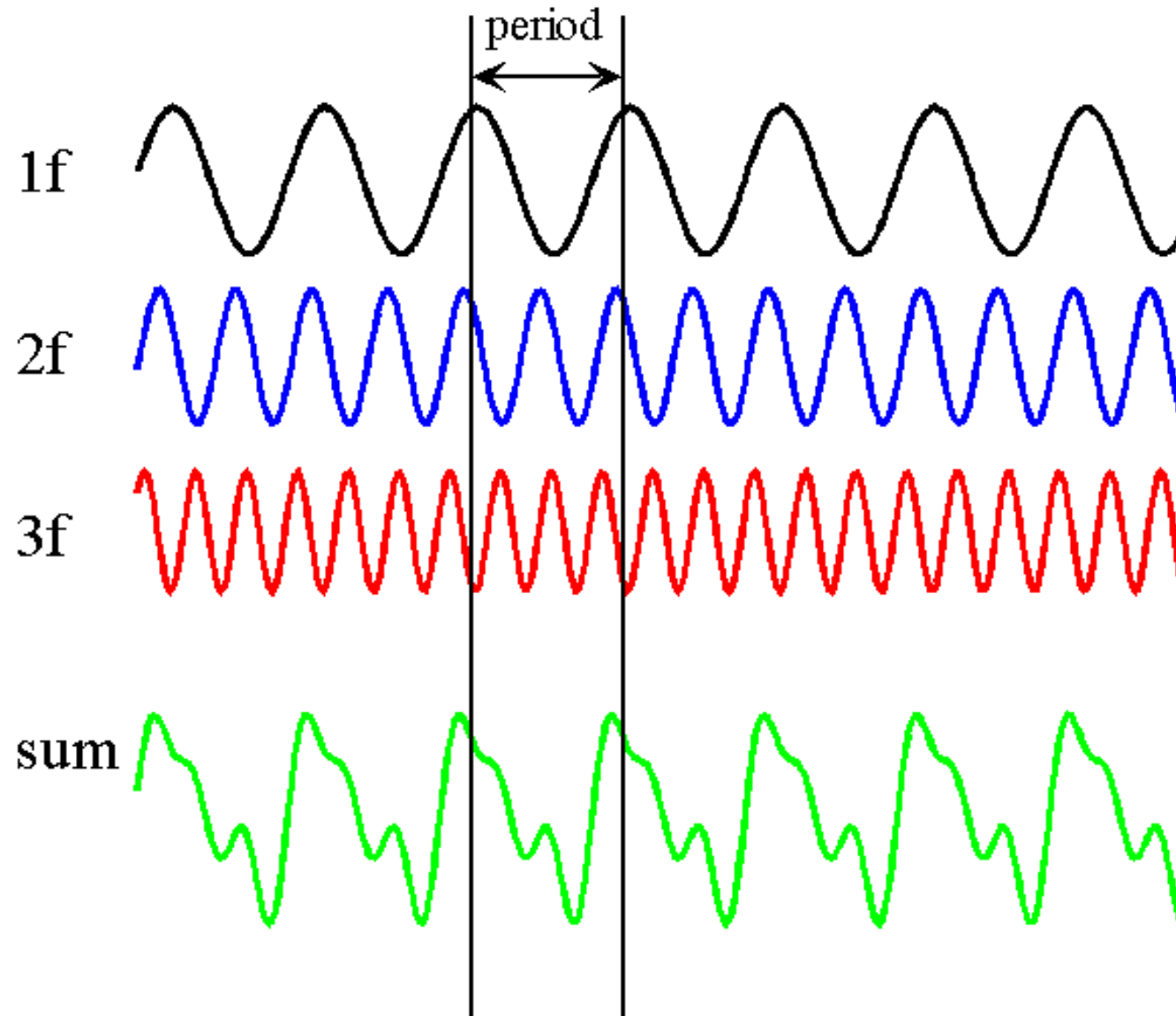
موجات معقدة (مركبة) Complex waves



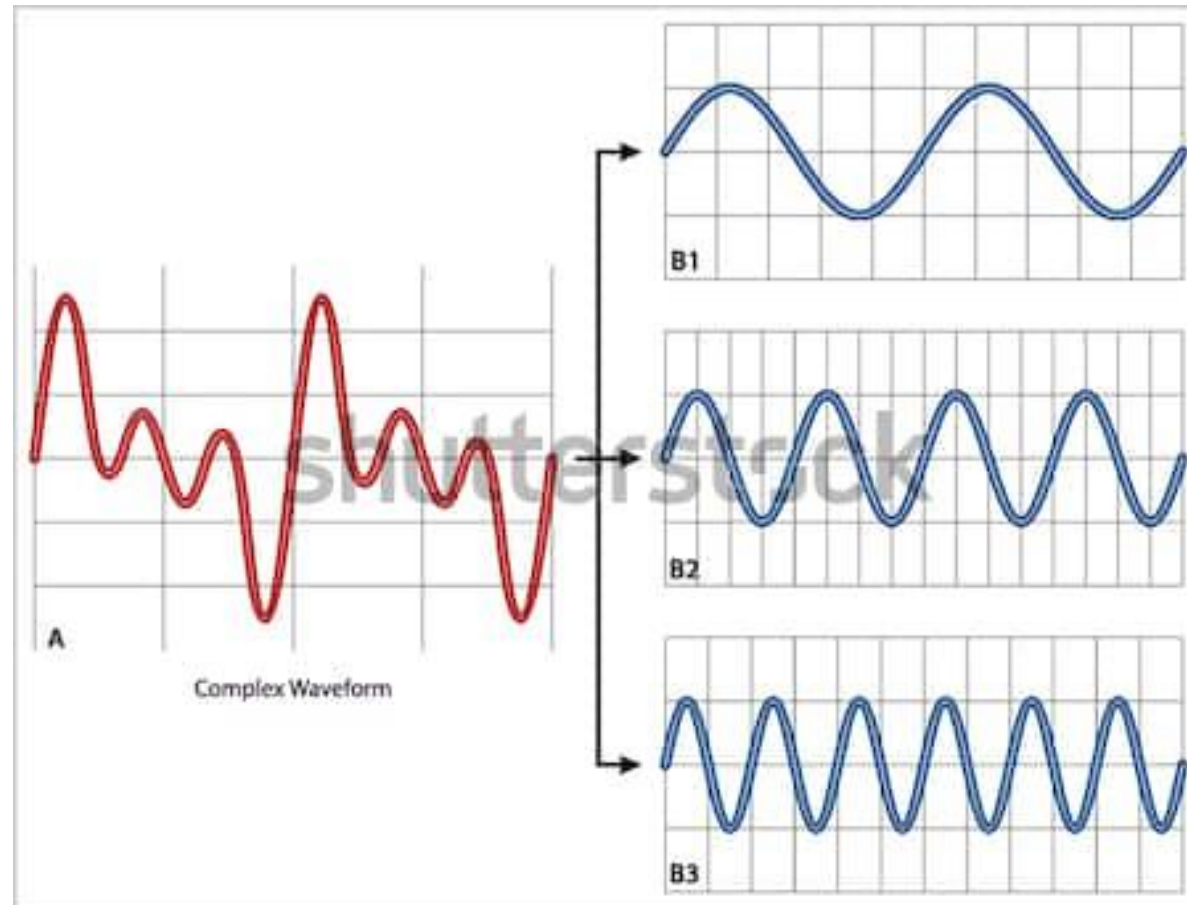
# موجات معقدة (مركبة) Complex waves



موجات معقدة (مركبة) Complex waves



# موجات معقدة (مركبة) Complex waves



www.shutterstock.com • 774467374

## التردد الأساسي و درجة الصوت

- لأي موجة معقدة دورية تردد أساسي وعدد من النغمات التوافقية (Harmonics)
- التوافق عبارة عن عدد صحيح مضاعف للتردد الأساسي
- يرتبط التردد بدرجة أو حدة الصوت Pitch
- وحدة قياس التردد هي "الهيرتز" Hz
- وحدة قياس درجة الصوت هي "المل" Mel



6th harmonic

$$\text{frequency} = 6 \times N$$



5th harmonic

$$\text{frequency} = 5 \times N$$



4th harmonic

$$\text{frequency} = 4 \times N$$



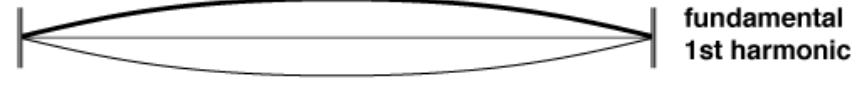
3rd harmonic

$$\text{frequency} = 3 \times N$$



2nd harmonic

$$\text{frequency} = 2 \times N$$

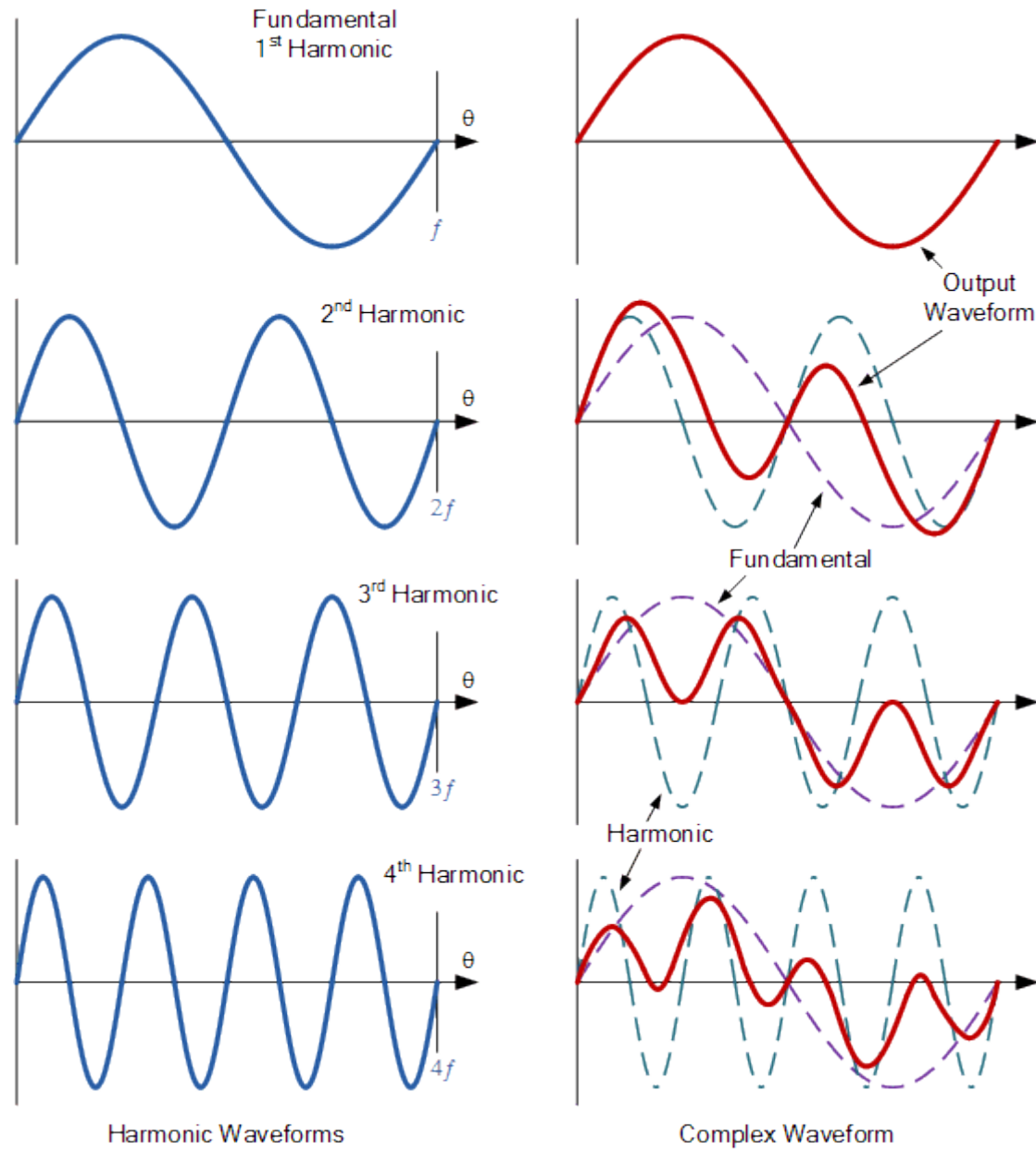


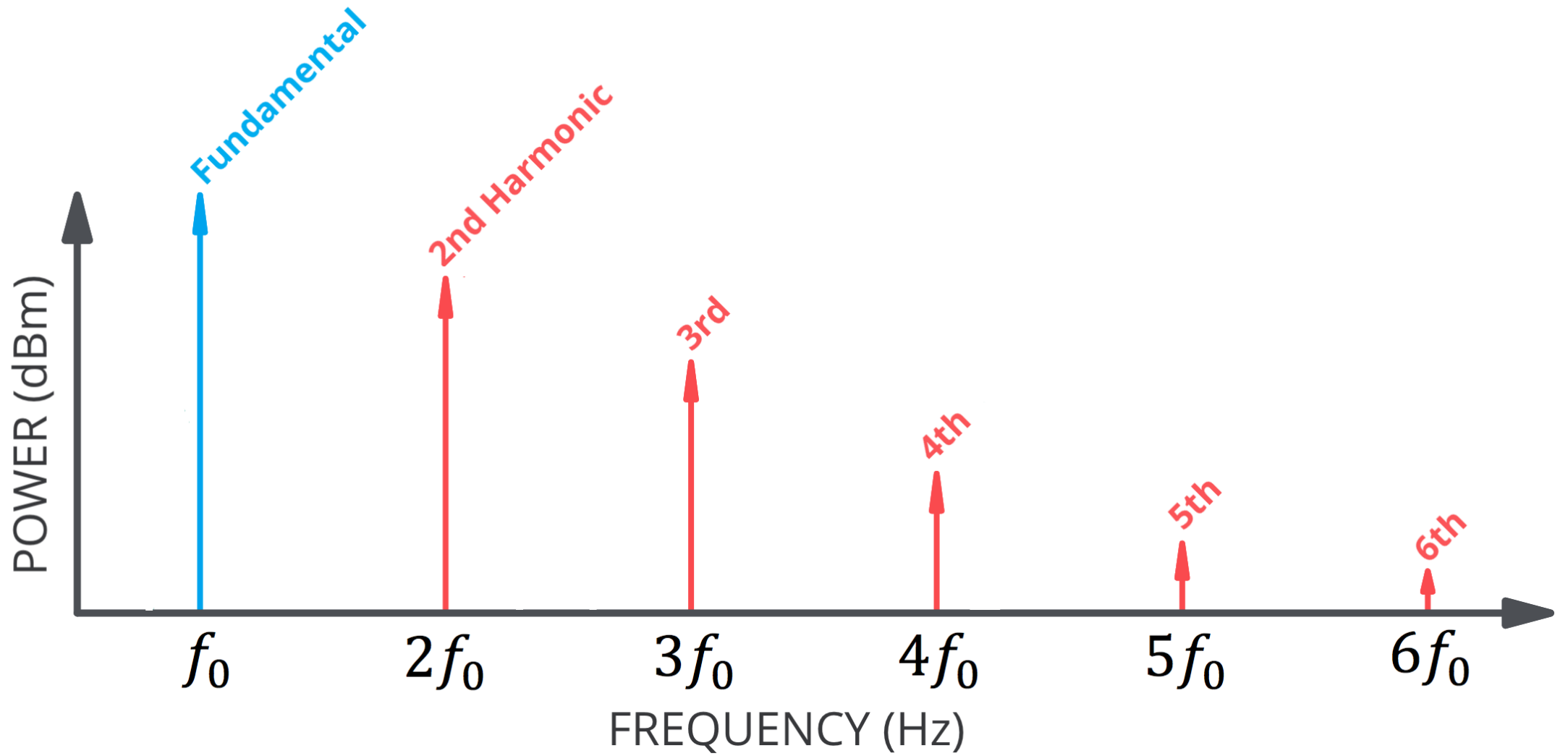
fundamental  
1st harmonic

$$\text{frequency} = N$$

**wave image of the harmonic series**





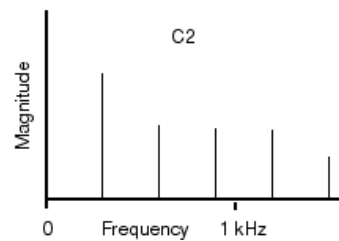
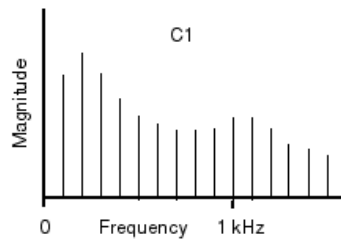
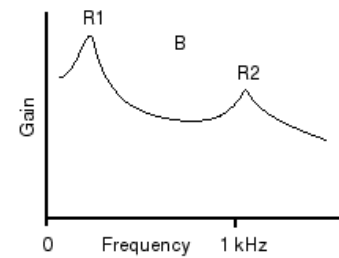
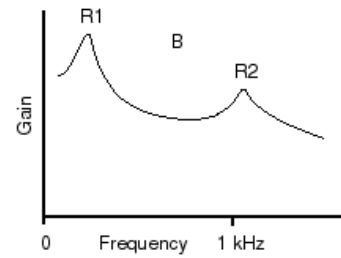
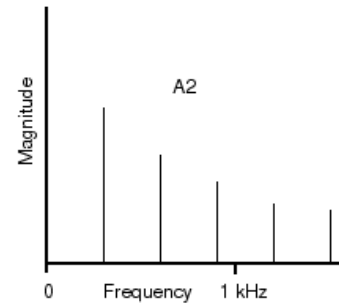
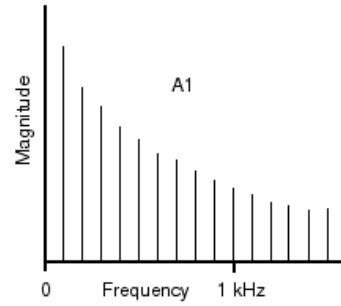
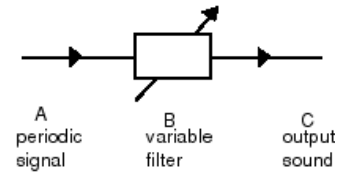
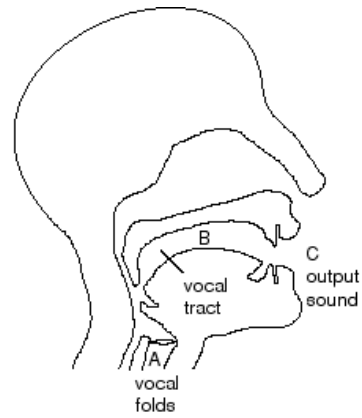


# شدة الصوت وعلو الصوت

- العلو يرتبط ارتباط وثيق بالسعة والتردد
- شدة الصوت نظير لعلو الصوت
- تقاس شدة الصوت بالديسيبل dB

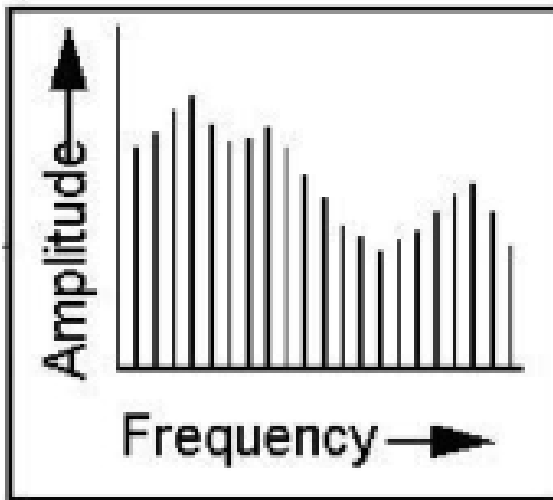
## الشكل الطيفي للرنين Formants

- التشكيل الطيفي (spectral shaping) الناتج عن الرنين الصوتي للموجة الوتية عند مرورها في الجهاز الصوتي (الممرات الهوائية)
- Formants هي مكونات تردد مميزة للموجة الصوتية الناتجة عن الكلام
- هي تركيز الطاقة الصوتية حول تردد معين في الموجة الصوتية في الكلام
- هناك العديد من التشكيلات (formants)، كل على تردد مختلف



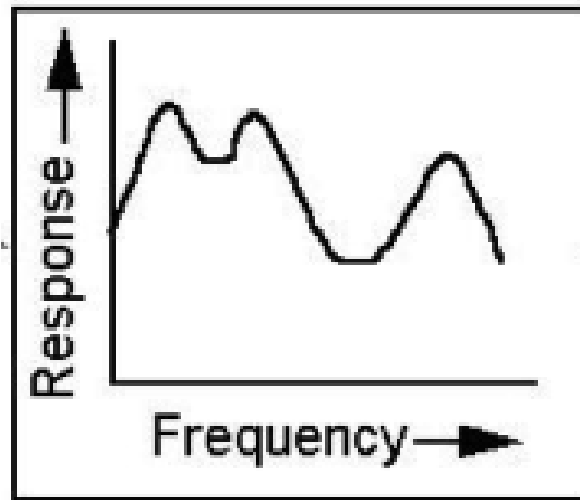
الناتج  
(الخارج من الشفتين)

Output  
(form lips)



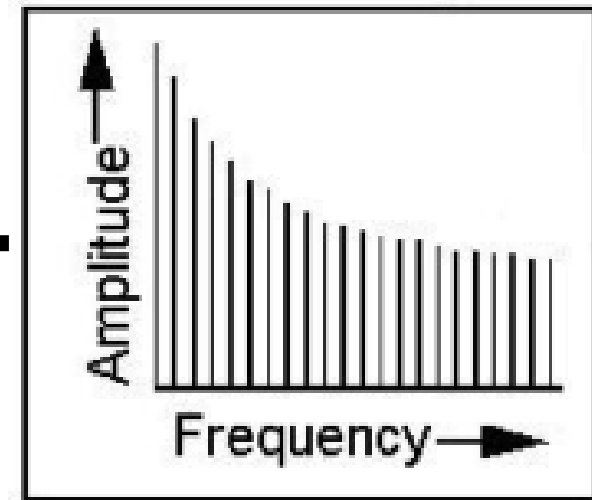
معدل الصوت  
(الممرات الصوتية)

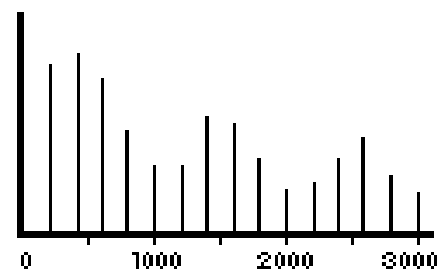
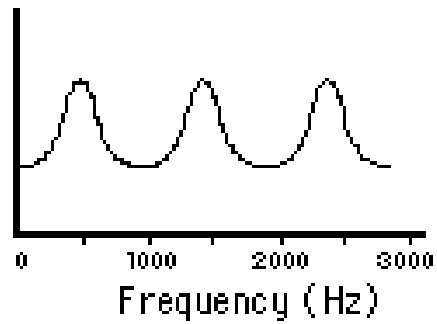
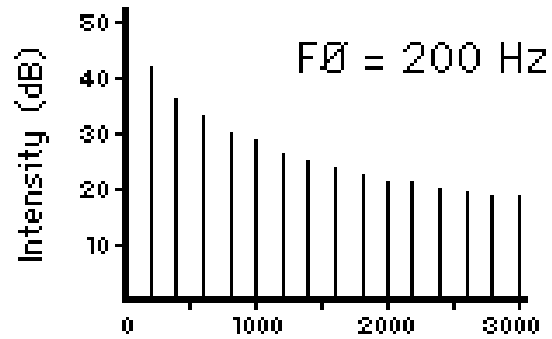
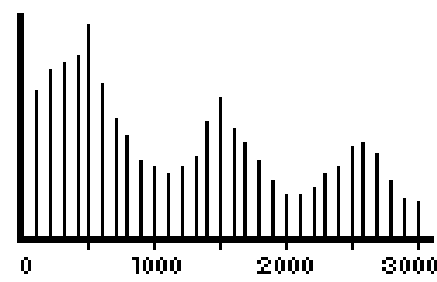
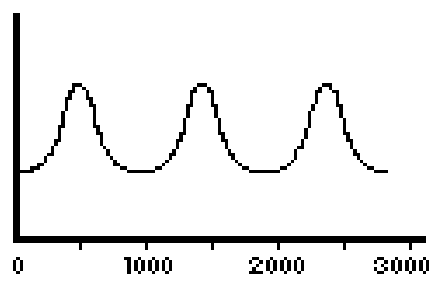
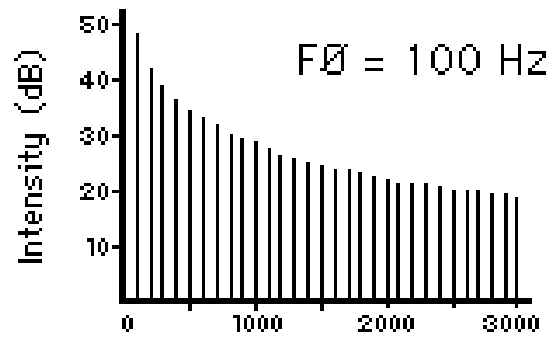
Sound modifiers  
(vocal tract response)



مصدر الصوت  
(الأحبال الصوتية)

Sound source  
(vocal fold vibration)





**SOURCE SPECTRUM**

**FILTER FUNCTION**

**OUTPUT ENERGY SPECTRUM**



