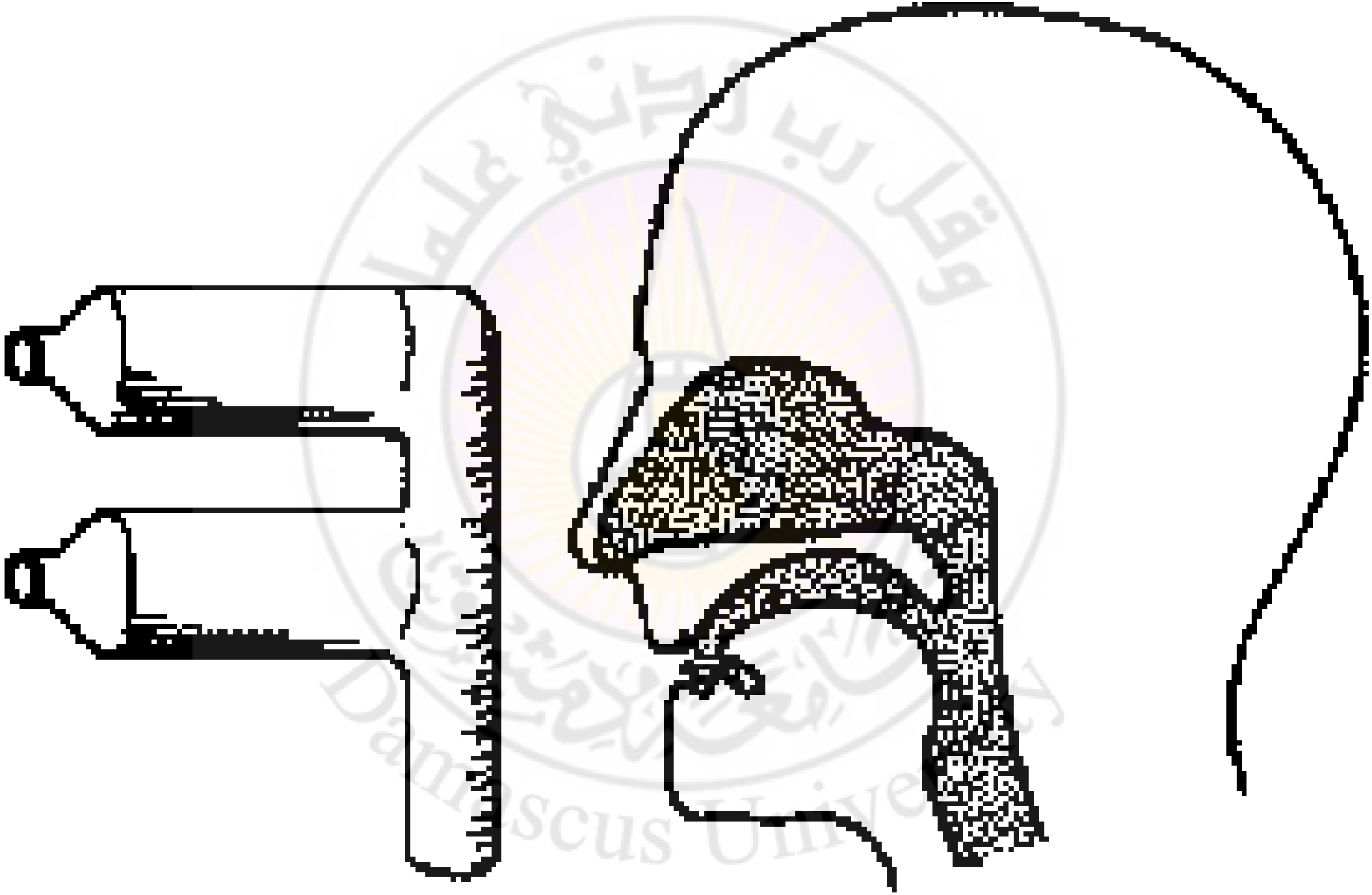
علم الصوت النفسي

Professor Yaser Natour, Ph.D. CCC-SLP
Department of Hearing and Speech Sciences
The University of Jordan

PHONATION
التصويت

- The Source-Filter Theory of Vowel Production
- نظرية المصدر-الفلتر لإنتاج الصوائت
- A widely accepted theory
- مقبولة عالميا
- States that vocal folds are the sound source
- الأوتار الصوتية مصدر الصوت
- States that the vocal tract is filter (raw sound is shaped by the configuration and shape of the articulators (tongue, mandible, lips, etc.)

- الممر الصوتي هو الفلتر
- The oral, nasal, and pharyngeal cavities are a series of linked tubes
- القنوات التنفسية العليا هي انابيب متصلة تتفاعل مع بعضها



- Two kinds of sustained motion: /a:/ /s/.
- نوعان من الأصوات المستمرة

1- /a:/ a periodic sustained sound .

أصوات مستمرة منتظمة

2- /s/ aperiodic sustained sound.

أصوات مستمرة غير منتظمة

- Periodicity: repetition.
- الانتظام هو تكرار الموجة نفسها عبر الزمن

- Crest:>condensation.
- قمة: تضاغط
- Trough >rarefaction:
- قاع: تخلخل
- an area in a wave between compressions where the conducting medium is reduced in pressure
- منطقة بين القمم يقل الضغط فيها

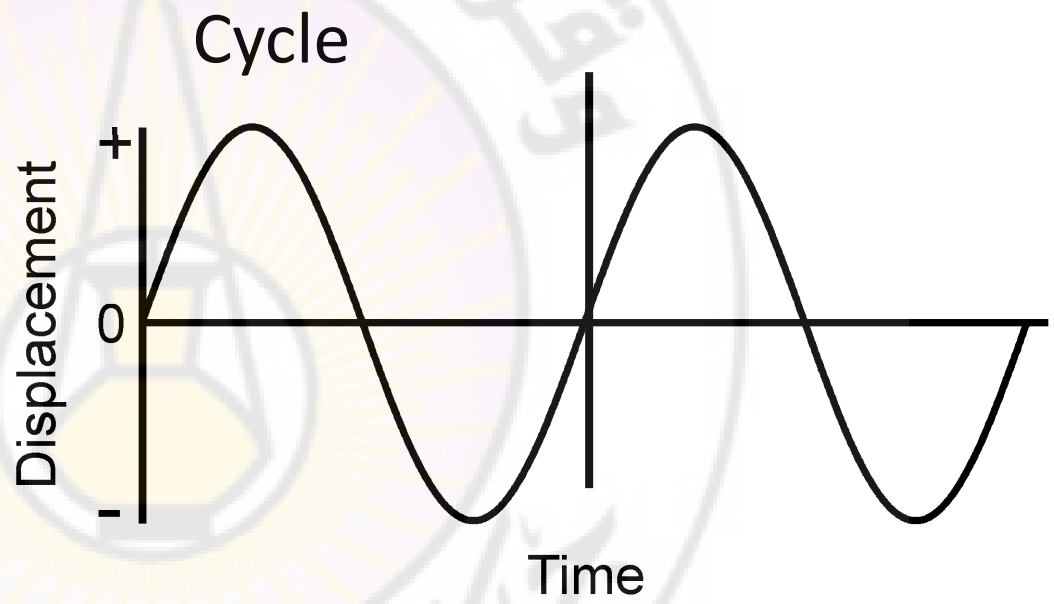
- Repetition in periodic waves is defined in terms of :
- يتحدد التردد بالآتي
- معدل التكرار
- كمية الحركة (المسافة) أو السعة

1-Rate of repetition .

2- Amount of movement (distance) amplitude .

Simple harmonic motion

- A waveform is a plot of change in amplitude of displacement over time
- تمثيل الموجة بصريا حسب السعة مقارنة بالوقت



Damascus University

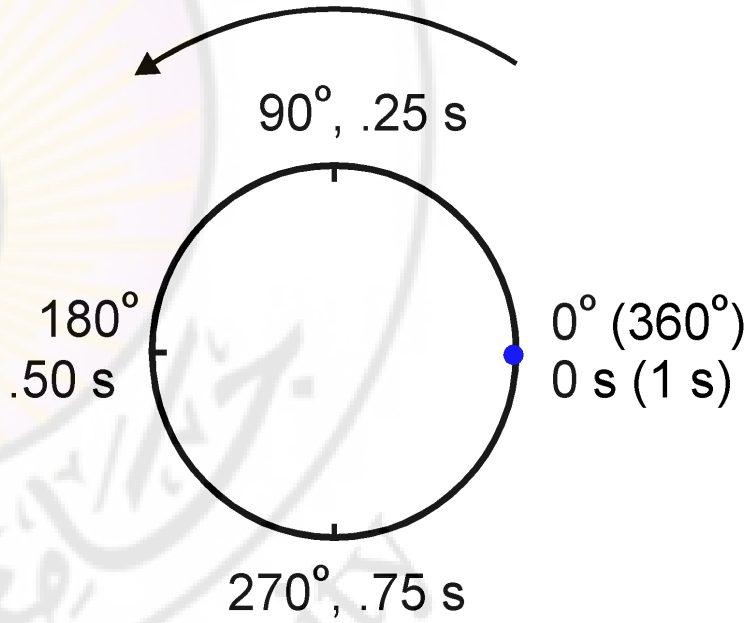
- The display is called the time-domain waveform, or waveform
- موجة ممثلة زمنيا
- Air does not actually undergo this form of excursion: the waveform is a representation
- هذا طبعا تمثيل للحقيقة

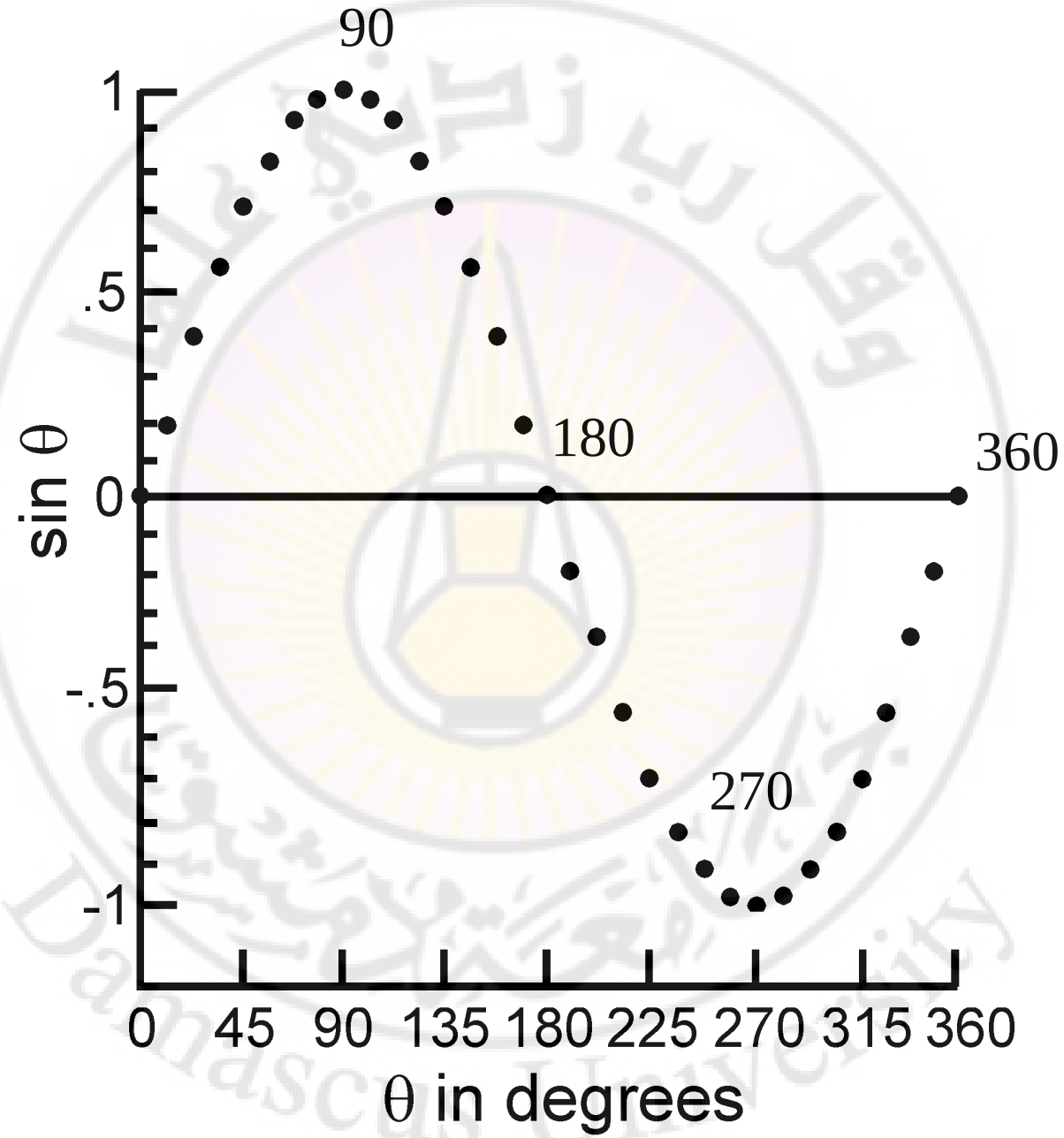
Simple Harmonic Motion

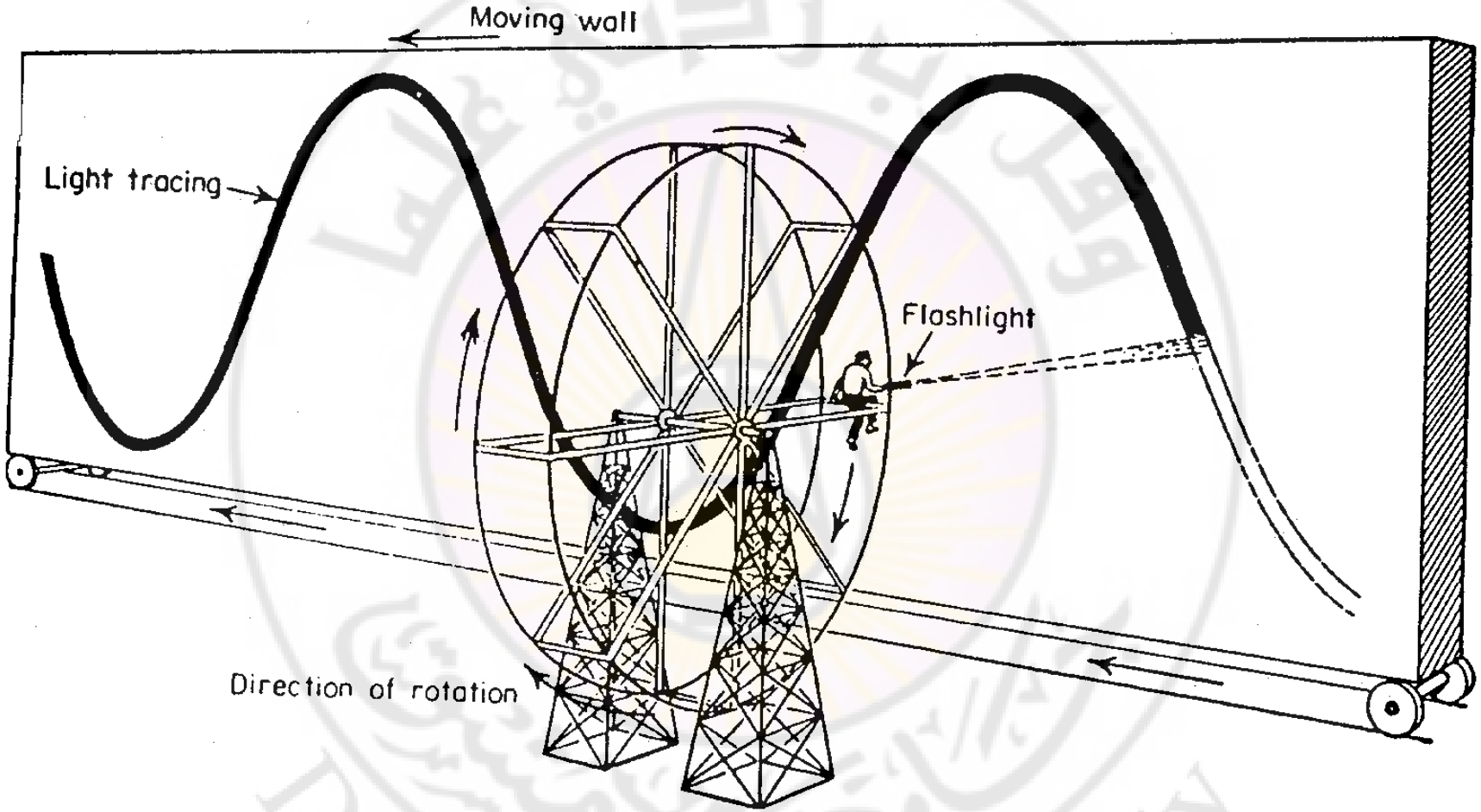
- Function : basic building block of sound (pure tone)
- النغمة الصافية هي لبنة الأساس للصوت
- A sound wave which repeats itself exactly over time.
- هي موجة تعيد نفسها بالضبط عبر الزمن
- Low frequency go farther.
- الترددات المنخفضة تصل لمسافة أبعد التردد الشدة، الطبقة والعلو

Damascus University

- One cycle equals how many degrees?
  ☑ 360°
- الموجة الكاملة = 360 درجة

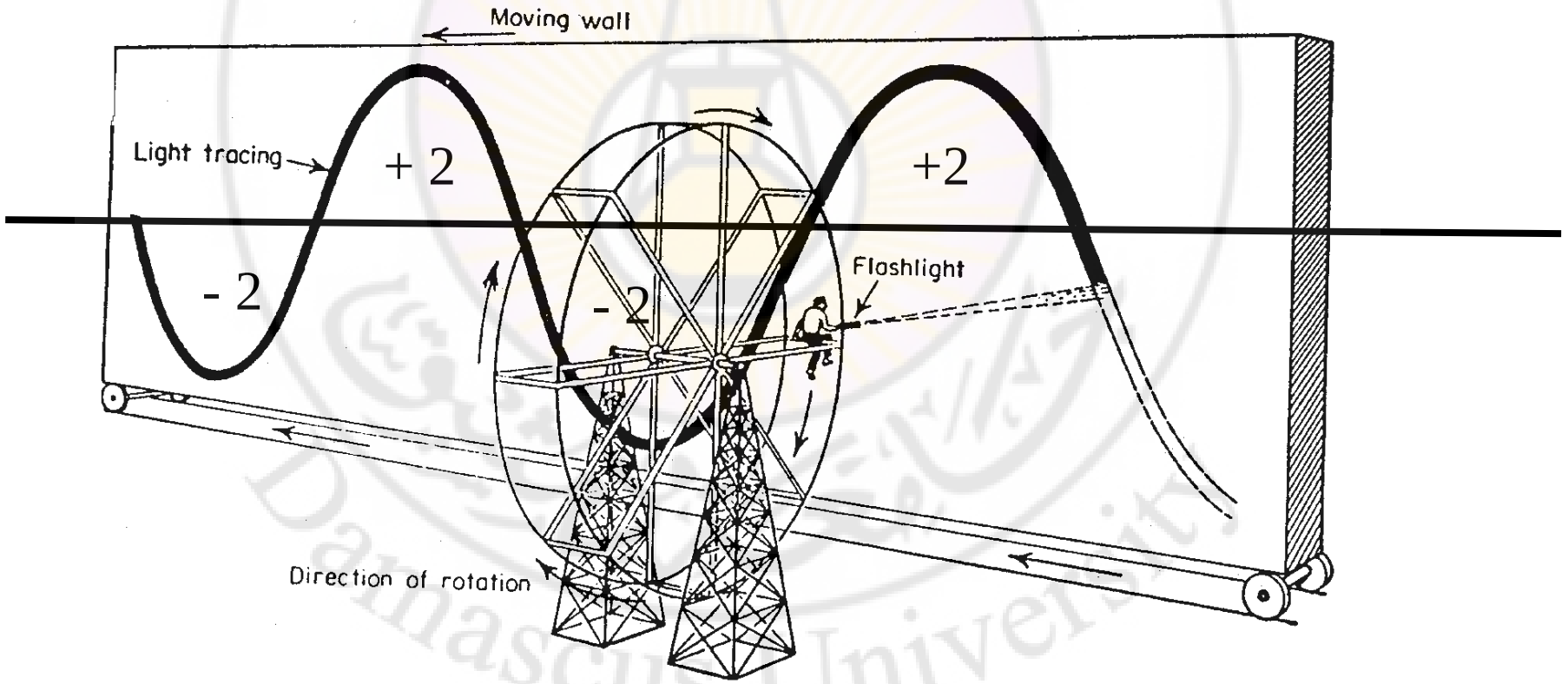



90
1
.5
sin θ
0
180
360
-.5
270
-1
0 45 90 135 180 225 270 315 360
θ in degrees



Damascus University

هناك نقاط سالبة ونقاط موجبة



DIMENSIONS OF THE SINE WAVE

- Five dimensions of sine waves
- ابعاد الموجة الكلامية
  - ♦ Amplitude

السعة

  - ♦ Frequency

التردد

Damascus University

- Period

الوقت الذي تستغرقه الدورة

- Phase

التطابق: العلاقة بين الموجات الصوتية من حيث تطابق زواياها (القمم والوديان)

- Wavelength

طول الموجة من حيث التردد بالقياس لسرعة انتقال الصوت في الهواء

Amplitude
السعة

- The amount of pressure in a wave
- مقدار الضغط في الموجة
- Intensity: a measure of electrical energy
- يقابله الشدة وهي مقياس للطاقة الكهربائية في الموجة
- measured in watts
- تقاس بالواط
- Loudness: we do not measure, we perceive
- أما العلو فهو ما نسمع وندرك

Damascus University

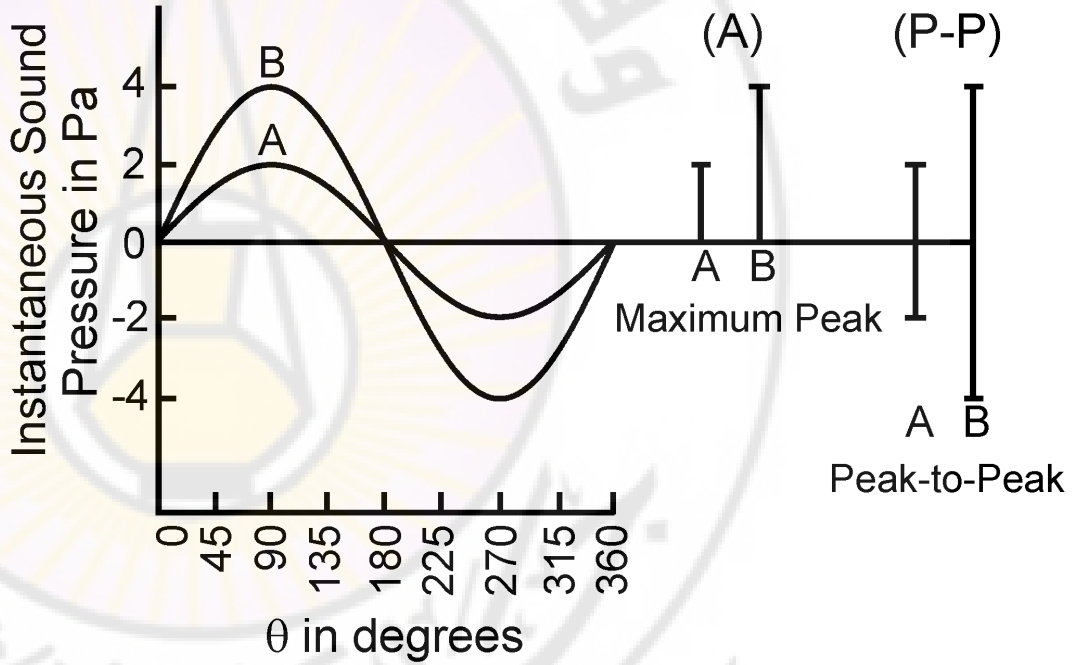
Amplitude

a. Instantaneous Amplitude (a)

السعة اللحظية

b. Maximum Amplitude (A)

السعة القصوى



c. Peak-to-Peak Amplitude

السعة من قمة لقمة

d. Root-Mean- Square Amplitude (rms)

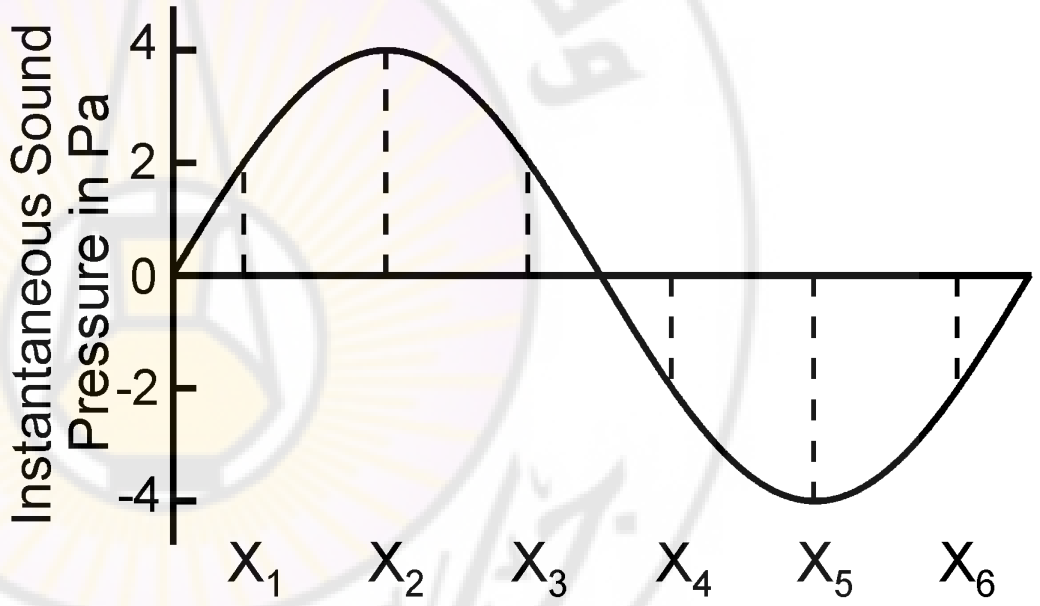
السعة المطلقة

- السعة بحساب متوسط القيم وانحرافاتها المعيارية تربع كل قيمة كل انحراف معياري تجمعها ثم تقسمها على عددها لاستخراج قيمة متوسطها ثم تضع القيمة تحت الجذر
- وذلك لتحييد القيم السالبة

Damascus University

Concept of rms

- Sampling the waveform: $X_1 \ldots X_6$
- تجمع المتوسطات
- Compute standard deviation, σ
- تحسب الانحرافات المعيارية لمتوسط كل قيمة ثم تربّعها
- rms is standard deviation of all instantaneous amplitudes
- تضعها تحث الجذر
- rms: the square root (r) of the mean (m) of the squared (s) deviations of instantaneous values



Damascus University

Frequency (f)
التردد

- The rate, in Hz, at which a sinusoid repeats itself (number of cycles per second)

معدل تكرار الموجة البسيطة لذاتها عبر الزمن (عدد الدورات في الثانية الواحدة)

Damascus University

Period (T)
وقت الدورة

- The time required to complete one cycle

الوقت المطلوب لإتمام دورة واحدة

- **f = 1/ T; T = 1/ f**
- **علاقة عكسية**
- rt period has a high frequency.

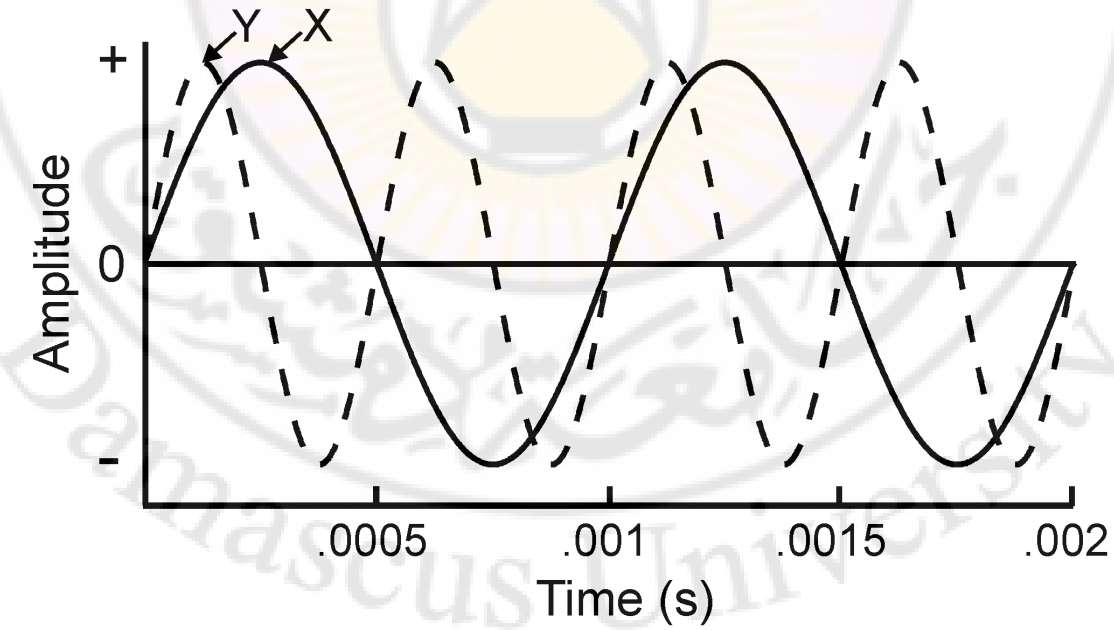
Damascus University

- مثال: اذا كان وقت الدورة الكاملة يستغرق 1 ثانية، التردد=1 / ثانية
- لكن أذا كان وقت الدورة الكاملة يستغرق نصف ثانية، فإن التردد = 1/ نصف ثانية = 2 / ثانية
- أي أن الموجة التي تستغرق وقتا طويلا تنتج ترددات منخفضة بينما تنتج الموجة ذات الوقت القصير ترددات مرتفعة

Damascus University

Relation Between Frequency and Period
العلاقة بين التردد والوقت

- T of X = .001 s: f = ?
  ☑ f = 1000 Hz
- T of Y = .0005 s: f = ?
  ☑ f = 2000 Hz



Units of Measure For Frequency and Period

- Frequency (f)
  - ♦ Hz to kHz: Divide by 1,000 من هيرتز لكيلو هيرتز نقسم على 1000
  - ♦ kHz to Hz: Multiply by 1,000 من كيلو هيرتز لهيرتز نضرب في 1000
- Period (T)
  - ♦ s to ms: Multiply by 1,000

من ثانية لملثانية نضرب

  - ♦ ms to s: Divide by 1,000

من ملثانية لثانية نقسم

- f = 1/T and T = 1/f

Determinants of Frequency
ما الذي يتحكم بالتردد؟

- Frequency depends on properties of the source of sound
- سمات مصدر الصوت
- Spring-mass system: mass (m) and stiffness (s) of system
- الكتلة والمرونة

Damascus University

Natural Frequency (f_{nat})
التردد الطبيعي

- The frequency with which a system oscillates freely (f_{nat})
- التردد الذي يستمر إلى الأبد إن لم يكن هنالك معاوقة

Damascus University

- If you sum two sine waves with the same frequency and amplitude over time → the amplitude is increased (but not the frequency!)
- If the two sine waves are cosines (opposites) the cancel each other = 0 because molecules cannot execute two exact motions at the same time→ OUT OF PHASE
- إذا جمعت موجتين بسيطتين لهما التردد ذاته والسعة ذاتها عبر الوقت، ستضاعف السعة (وليس التردد)
- إذا جمعت موجتين بسيطتين لهما عكس التردد ذاته وعكس السعة ذاتها عبر الوقت، ستلغيان بعضهما
- العلاقة بين الموجات الصوتية من حيث تطابق زواياها (القمم والوديان) عكس بعضهما

Damascus University

Phase
التطابق

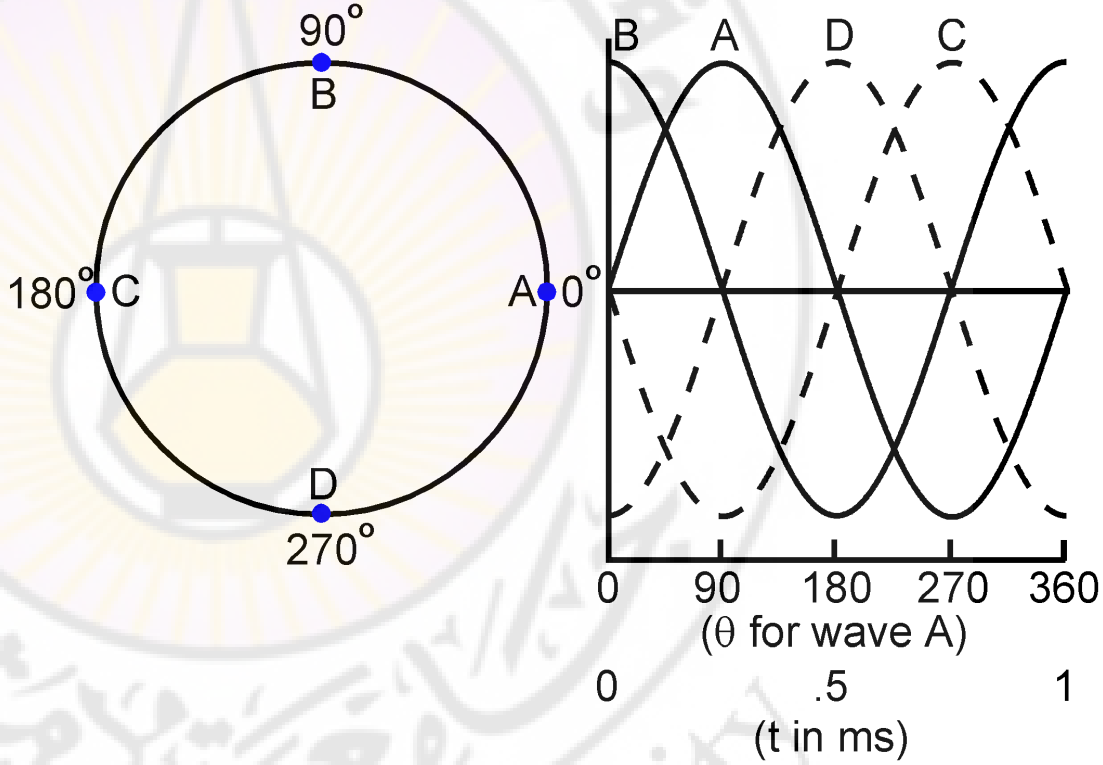
- Phase: the relationship of sine waves together in terms of how their degrees of arch (crests and troughs) match up.
- التطابق: العلاقة بين الموجات الصوتية من حيث تطابق زواياها (القمم والوديان) عكس بعضهما
- That means that sometimes acoustic energy cancels itself
- أي أن الطاقة الكلامية الفيزيائية تلغي بعضها احيانا

Damascus University

Phase

- Four reference points: A, B, C, & D

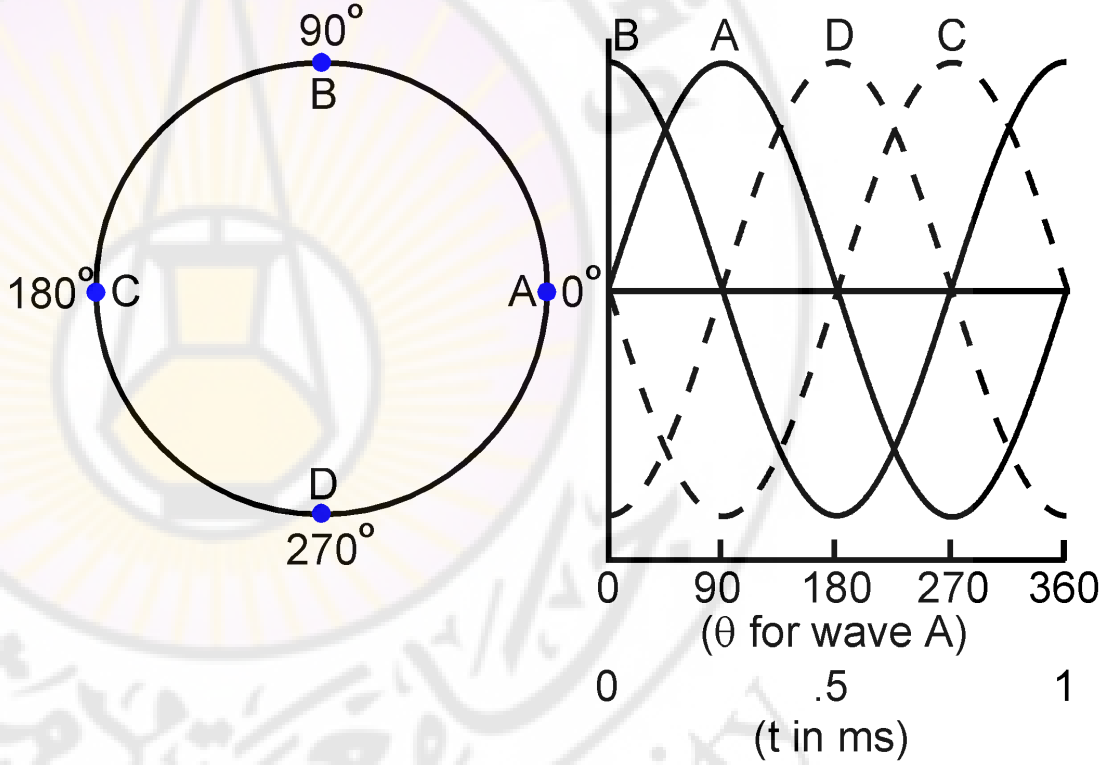
عاين النقاط



Damascus University

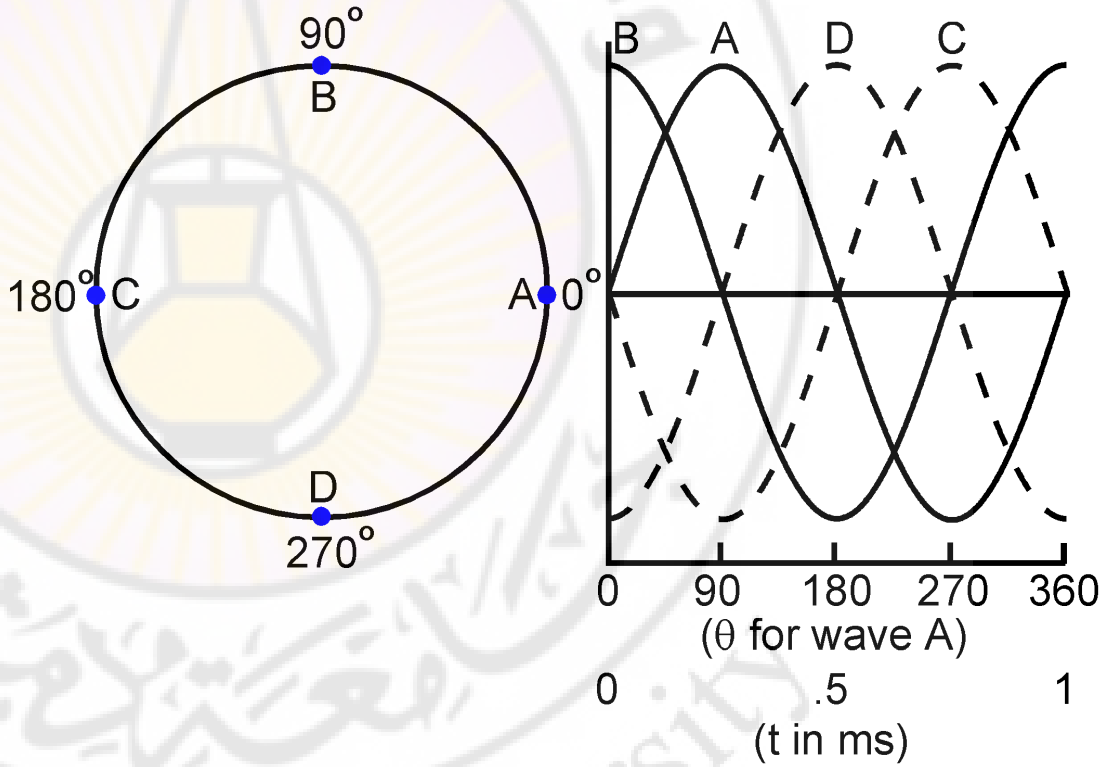
Phase

- At moment rotation begins, what is displacement in degrees for each of four points?
- عاين الزوايا
  - ☑ A = 0
  - ☑ B = 90
  - ☑ C = 180
  - ☑ D = 270



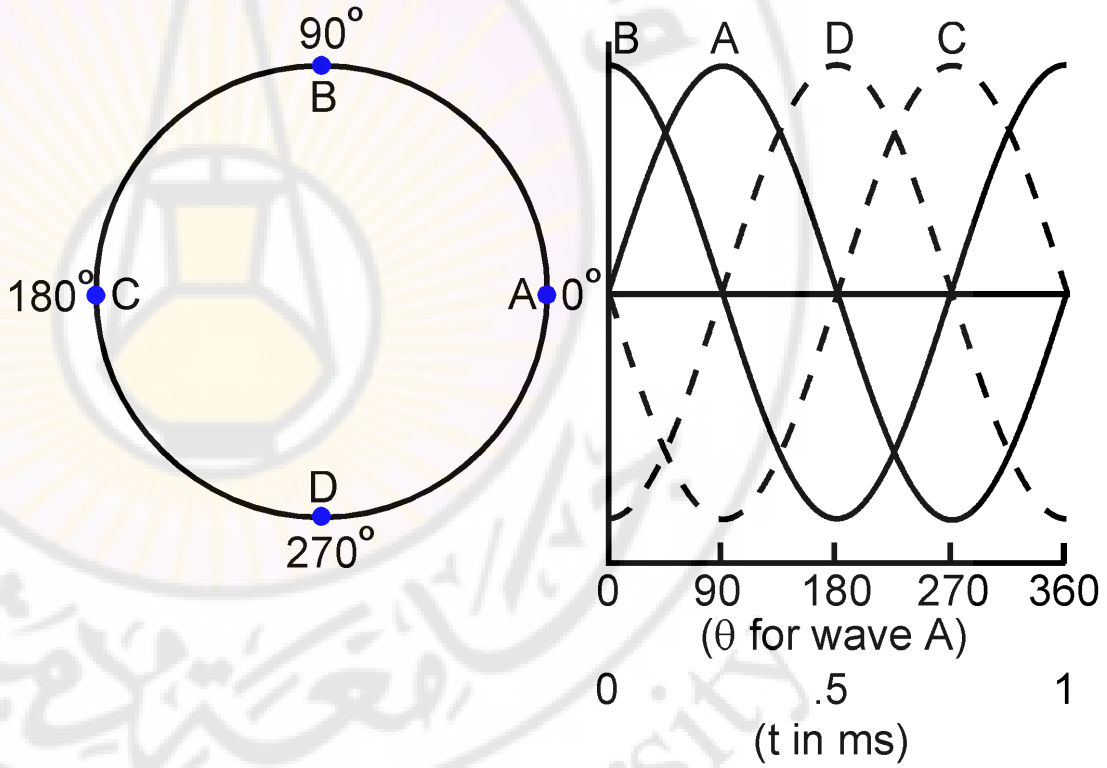
Starting Phase
تطابق البداية

- That defines the starting phase is the angle, in degrees, at the moment rotation begins
- أنظر الزوايا



Starting Phase

- Starting phase relations
  - B leads تسبق A by?
    ☑ 90°
  - C leads B by?
    ☑ 90°
  - C leads A by?
    ☑ 180°
  - D leads B by?
    ☑ 180°
  - B lags تتأخر عن C by?
    ☑ 90°



Instantaneous Phase

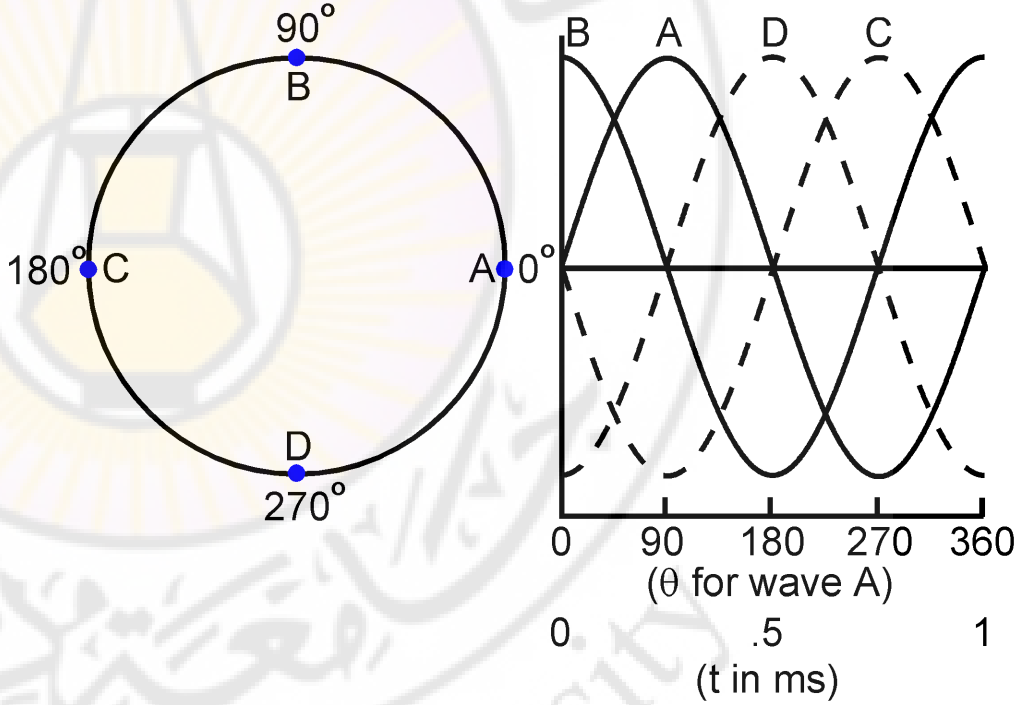
- What are phase angles at t = .5 ms?
- ما هي الزوايا في لحظة = نصف ملثانية؟

☑ A = 180^o

☑ B = 270^o

☑ C = 0^o, 360^o

☑ D = 90^o



Damascus University

Wavelength(λ)
طول الموجة

- Two quantities are measured with respect to time
- تقاس بالبعدين الآتيين
  - Frequency (f)

التردد

  - Speed of sound (s)

سرعة الصوت

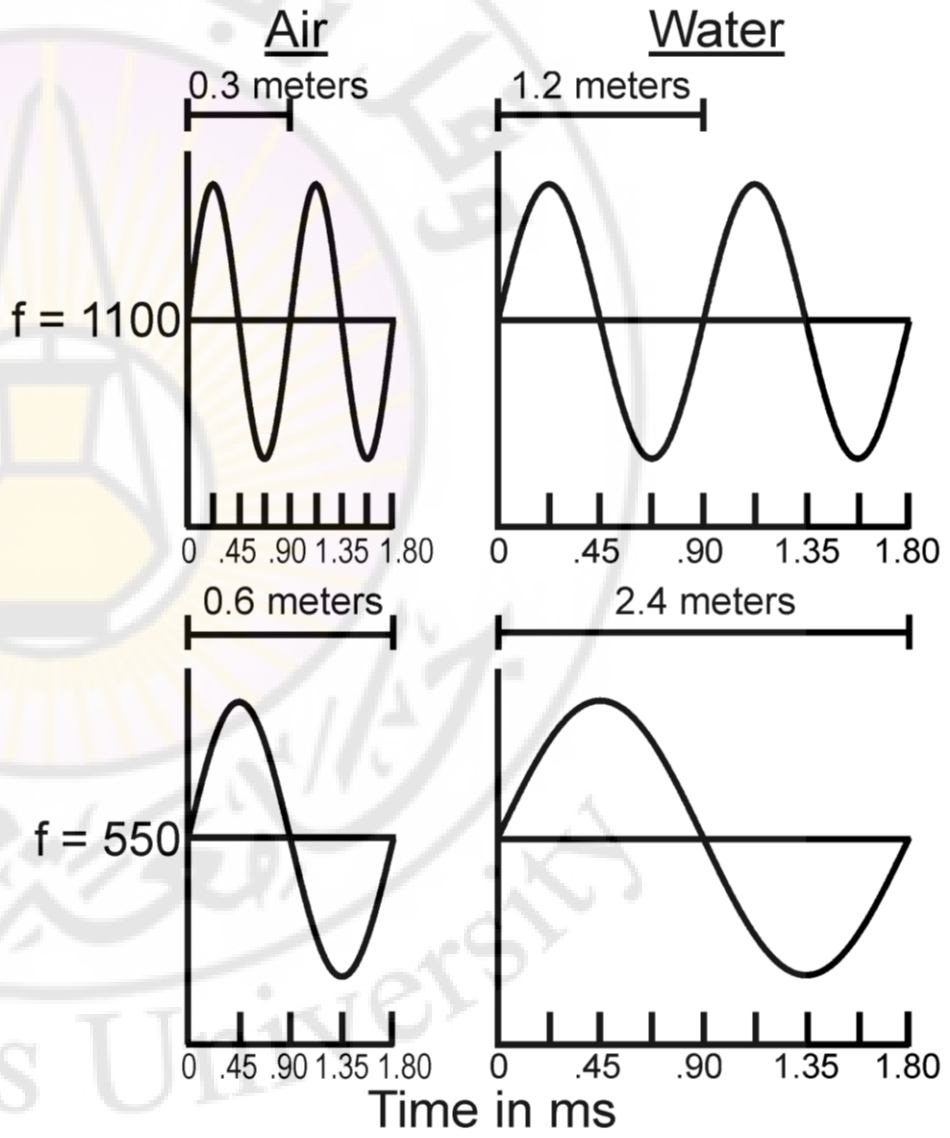
Damascus University

- Wavelength (λ) relates frequency and speed of sound
- λ = distance traveled during one period
- المسافة التي قطعتها الموجة مقارنة بسرعة الصوت في ناقل ما

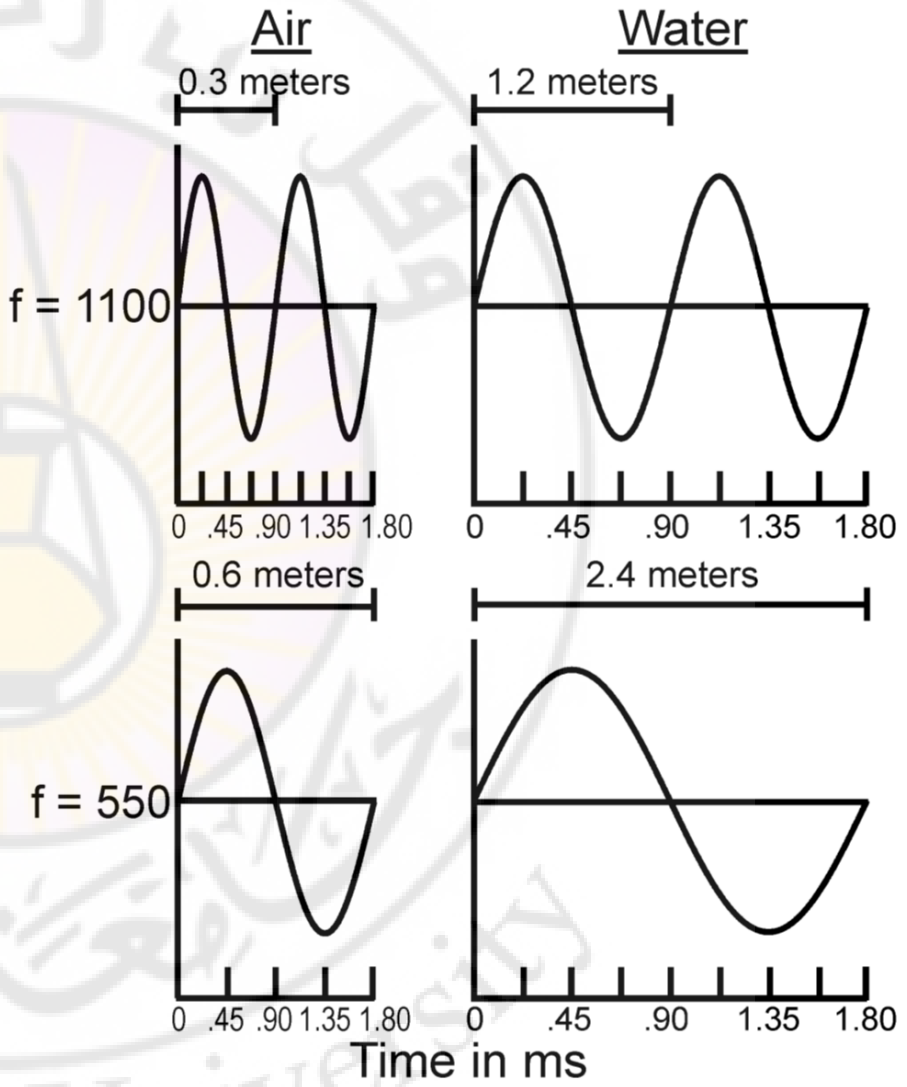
$\lambda = s / f$

- What are the proportional relations of λ with s and f?
  ☑ $\lambda \propto s$ (proportional)

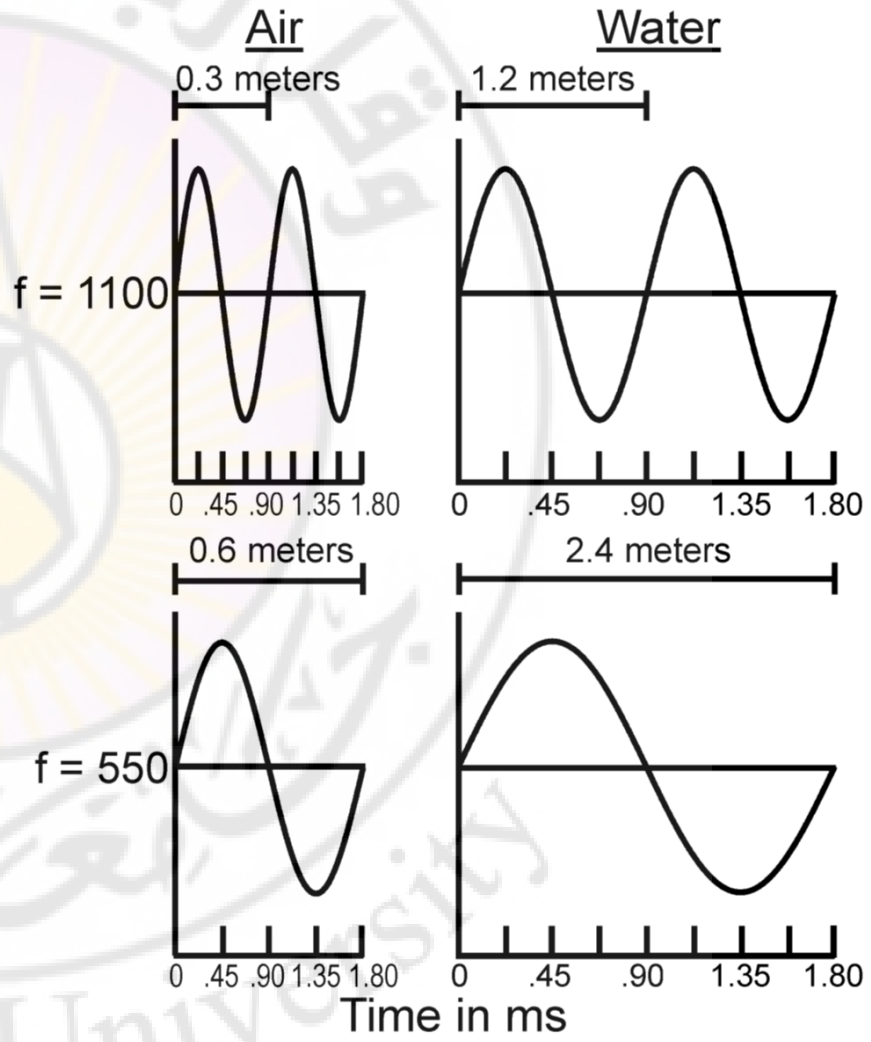
  ☑ $\lambda \propto 1/f$ (inverse)



- Examples
  - ♦ In air: f = 1100 Hz, s = 340 m / s; λ = ?
    - ☑ λ = 340 / 1100 = .3 m
  - ♦ In air: f = 550 Hz, s = 340 m / s; λ = ?
    - ☑ λ = 340 / 550 = .6 m



- In water: f = 1100 Hz,
  s = 1360 m / s; λ = ?
  ☑ λ = 1360 / 1100 = 1.2 m
- In water: f = 550 Hz,
  s = 1360 m / s; λ = ?
  ☑ λ = 1360 / 550 = 2.4 m



DAMPING
الاضمحلال

- Oscillating systems encounter opposition to motion: friction, or frictional resistance
- الاحتكاك الذي يواجهه أي جسم يتذبذب
- Friction limits velocity
- يحد الاحتكلك من السرعة

Damascus University

تأثير الاحتكاك على الاجسام المهتزة

- Friction limits velocity
- يحد السرعة
- Amplitude of vibration diminishes over time
- تضمحل السعة
- Vibrations are damped
- As velocity increases, kinetic energy is transformed to thermal energy: system is damped
- مع زيادة السرعة تتحول الطاقة إلى حرارة

Damascus University

Magnitude of Damping

حجم الاضمحلال

- **Panel A: lossless system**

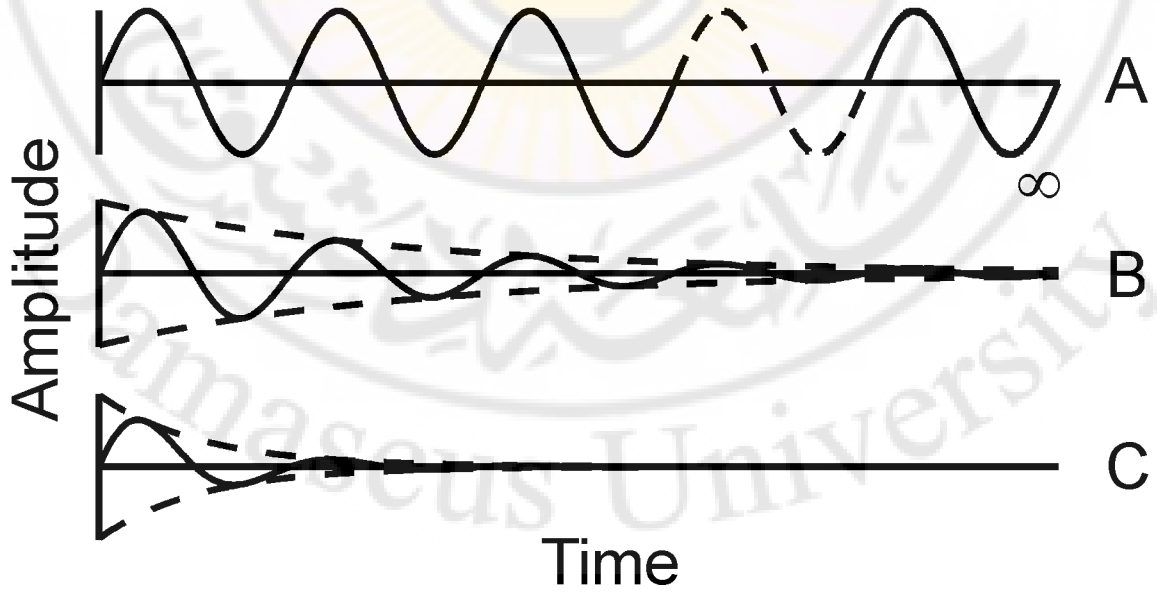
جسم يتذبذب بحرية

- **Panel B: low-damped system**

جسم قليل الاضمحلال

- **Panel C: high-damped system**

جسم ذو اضمحلال عال



Examples of Damped Systems
السيارات كمثال

- Shock absorbers (nearly critically damped)
- What would happen if they were nearly undamped?

  ☑ Excessive oscillation

Damascus University

ACOUSTIC IMPEDANCE
Z المعاوقة

- System engages in SHM: it vibrates freely at its natural frequency (f_{nat})
- لا معاوقة = لا تعطيل للموجة
- Forces exist that oppose, or impede, motion: Impedance (Z)
- لكن هذا غير واقعي

Damascus University

Total impedance has two components:

للمعاوقة بعدان

- resistance R

المقاومة

- reactance X

التفاعل

>> mass reactance X_m

التفاعل مع الكتلة

>> compliant reactance X_c

التفاعل مع المرونة

Resistance (R)
المقاومة

- Friction, or frictional resistance, occurs: kinetic energy is transformed to thermal energy
- تتحول إلى طاقة حرارية
- Resistance measured in ohms (Ω)
- Resistance is independent of frequency!
- لا علاقة لها بالتردد

Damascus University

Reactance (X)
التفاعل

- Forces that oppose motion in a frequency selective way: frequency dependent
- تعتمد على التردد
- With R, energy is dissipated
- المقاومة تبدد الطاقة
- With X, energy is stored
- التفاعل يخزن الطاقة

Damascus University

Two Components of Impedance
مكونات المعاوقة

- 1. Energy-dissipating: What is it?
- تبدد الطاقة

  ☑ Resistance (R), which is independent of frequency المقاومة

- 2. Energy-storage: What is it?
- تخزن الطاقة

  ☑ Reactance (X), which is dependent on frequencyالتفاعل

- Impedance: Complex sum of R & X

Damascus University

Reactance

- Reactance depends on mass and compliance of the system
- يعتمد التفاعل على مرونة الاجسام المهتزة
- Both mass and compliance oppose, or impede, motion
- تعيق الكتلة والمرونة الأجسام المهتزة ولكن عكس بعضهما
  - ♦ But in opposite ways

Damascus University

Two Components of X: X_m and X_c

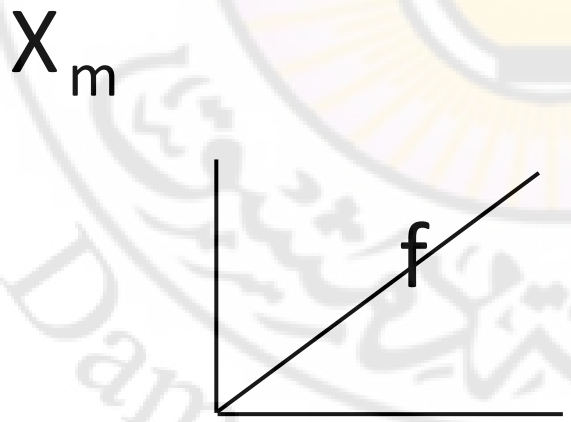
- When one reactance component stores energy, the other gives up energy
- هما يلغيان بعضهما
- They act in opposition to one another

Damascus University

Mass Reactance: X_m

تفاعل الكتلة

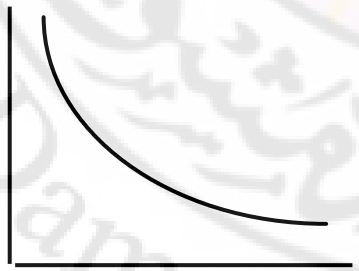
- Also measured in ohms (Ω)
- X_m is directly proportional to frequency
- تزداد بارتفاع التردد، تنخفض السعة
- Negligible at low frequencies
- لا قيمة لها تقريبا في الترددات المنخفضة، تزداد السعة



Damascus University

Compliant Reactance: X_c

- Also measured in ohms (Ω)
- X_c is <u>inversely proportional</u> to frequency
- تزداد بانخفاض التردد
- Large at low frequencies
- تقل السعة



Mass Reactance (X_m) and Compliant Reactance (X_c)

- What if $X_m = X_c$?
  - If $X_m = X_c$, X = 0
  - Z = R

المعاوقة = الاحتكاك فقط

  - Impedance is minimal
  - Amplitude of vibration is largest
  - f_{nat} التردد الطبيعي أو الأمثل