بسم الله الرحمن الرحيم

الفصل الأول

الاهتزازات والحركة التوافقية البسيطة

من أنواع الحركة

الحركة الدورية هي الحركة التي تتكرر بكيفية واحدة في فترات زمنية متساوية

ومن أمثلة الحركة الدورية ← **الحركة الاهتزازية**

الحركة الاهتزازية هي حركة دورية يهتز فيها الجسم إلى جانبي موضع استقراره بالتناوب بحيث يكون زمن الحركة إلى أحد الجانبين مساويا زمن الحركة إلى الجانب الآخر

من أنواع الحركة الاهتزازية

وجه المقارنة	البندول البسيط	حركة جسم تحت تأثير نابض
التركيب	ثقل أو كرة مرتبطة بخيط مهمل الوزن وغير قابل للتمدد والكرة قابلة للاهتزاز	كتلة (جسم) مثبتة بأحد طرفي نابض والطرف الآخر للنابض مثبت بدعامة
الرسم		
الجسم في موضع الاستقرار	عندما تكون كرة البندول في وضع الاستقرار ساكنة تكون محصلة القوى المؤثرة عليها = صفرا حيث أن قوة شد الخيط إلى أعلى تساوي وزن الكرة إلى اسفل وبما أن القوتان متساويتان في المقدار ومتضادتان في الاتجاه وخط عملهما على استقامة واحدة إذا المحصلة = صفرا	بما أن الجسم موضوع على سطح أفقي أملس إذا قوى الاحتكاك مهملة وعندما يكون الجسم في موضع الاستقرار يكون الوزن إلى أسفل = رد الفعل إلى أعلى بشرط أن يكون النابض غير منضغط أو مشدود

موقع الاتزان : هو الموقع الذي يهتز حوله الجسم وتكون فيه قوة الإرجاع تساوى صفرا

• دراسة حركة كرة البندول في مراحلها المختلفة :

- لابعاد كرة البندول عن موقع الاتزان يلزم إعطاؤها طاقة حركة
إذا نرفع الكرة إلى أعلى جهة اليمين ثم نتركها تتحرك بحرية

الملاحظة

تتحرك الكرة من A ⟷ O ⟷ B

دورة كـــــــــــــــاملة

١ـ الكرة عند A

تؤثر على الكرة * قوة شد الخيط إلى أعلى
وزن الكرة إلى أسفل

بما أن الوزن يحلل إلى مركبتين ------ $w \cos \theta$
$w \sin \theta$ .....

بما أن قوى الاحتكاك مهملة ومركبة $w \cos \theta$ تتعادل مع قوة الشد T

إذا الكرة تتحرك بتأثير المركبة $w \sin \theta$ التي تسمى

قوة الإرجاع

هي القوة المحصلة التي تعمل على ارجاع الجسم المهتز الى موقع اتزانه عندما ينزاح عن ذلك الموقع

٢ـ الحركة من A ⟵ B :

- تبدأ الكرة حركتها من السكون تحت تأثير المركبة $w \sin \theta$
- بما أن اتجاه القوة في نفس اتجاه الحركة إذا القوة ، العجلة موجبة
- تتحرك الكرة بسرعة متزايدة حتى تصل الكرة إلى O

٣ـ المرور بموقع الاتزان :

- عند موقع الاتزان تتوازن القوتان w ; T وتصبح قوة الإرجاع منعدمة
- تكون السرعة عظمى (ثبات لحظي) إذا العجلة = صفرا
- رغم أن القوة منعدمة إلا أن الكرة تستمر في الحركة بسبب القصور الذاتي

٤ـ الحركة من O ⟵ B :

- بما أن اتجاه الحركة عكس اتجاه القوة إذا القوة ، العجلة سالبة
- تتحرك الكرة بسرعة متناقصة إلى أن تصل B

٥ـ الكرة عند B :

- تكون سرعة الكرة = صفر
- قوة الإرجاع عظمى والعجلة عظمى

٦ـ الحركة من B ⟵ O :

- ينعكس اتجاه حركة الكرة ويكون اتجاه القوة في نفس اتجاه الحركة
- تتحرك الكرة بسرعة متزايدة إلى أن تصل إلى موقع الاتزان O بسرعة عظمى

٧- المرور بموقع الاتزان :

- القوة منعدمة والعجلة منعدمة
- السرعة عظمى

٨ – الحركة من O ⟵ A :

- اتجاه الحركة في عكس اتجاه القوة
- تتحرك الكرة بسرعة متناقصة إلى أن تصل إلى A

مصطلحات الحركة الاهتزازية

١ – الاهتزازة الكاملة :[1] هي الحركة التي يعملها الجسم المهتز ليمر بنقطة معينة في مسار حركته مرتين متتاليتين في الاتجاه نفسه

٢ – الإزاحة Y : * هي البعد بين الجسم وموضع الاستقرار في أي لحظة أثناء الاهتزاز (كمية متجهة)

٣ – السعة A : * أكبر بعد للجسم المهتز عن موقع والاتزان (كمية عددية موجبة)

المدى الكلي للحركة : المسافة بين قمة المسار وقاع المسار (النابض) أو المسافة بين أقصى إزاحة يمين وأقصى إزاحة يسار (البندول) وتساوي ضعف السعة

المسافة المقطوعة خلال اهتزازة كاملة [2]: ضعف المدى الكلي للحركة = 4 A

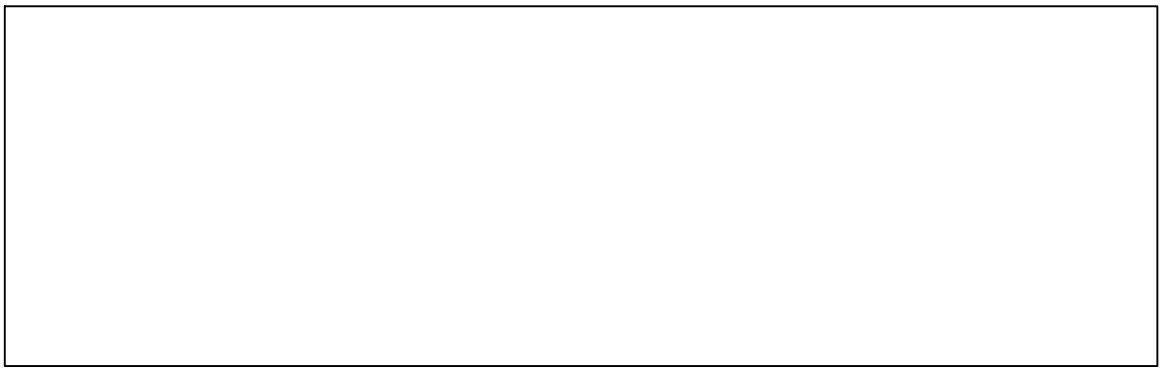
٤- الزمن الدوري : هو الزمن اللازم لعمل ذبذبة كاملة ويقدر الثانية s T=t /n

٥ – التردد f : عدد الذبذبات الكاملة التي يعملها الجسم المهتز في الثانية ويقدر بالهيرتز Hz أو اهتزازة / ثانية

التردد = عدد الذبذبات / الزمن بالثواني f = n / t

العلاقة بين التردد والزمن الدوري [3] : التردد = مقلوب الزمن الدوري f= 1 /T

الجسم المهتز تحت تأثير نابض



الجسم عند A	الجسم عند O	الجسم عند B
القوة : عظمى	القوة : منعدمة	القوة : عظمى
العجلة : عظمى	العجلة : منعدمة	العجلة : عظمى
السرعة : منعدمة	السرعة : عظمى	السرعة : منعدمة
طاقة الحركة : منعدمة	طاقة الحركة : عظمى	طاقة الحركة : منعدمة
طاقة الوضع : عظمى	طاقة الوضع : منعدمة	طاقة الوضع : عظمى
الإزاحة : عظمى	الإزاحة : منعدمة	الإزاحة : عظمى

[1] عرف الاهتزازة الكاملة

* عرف الإزاحة

* عرف السعة ؟ ما الفرق بين الإزاحة والسعة ؟

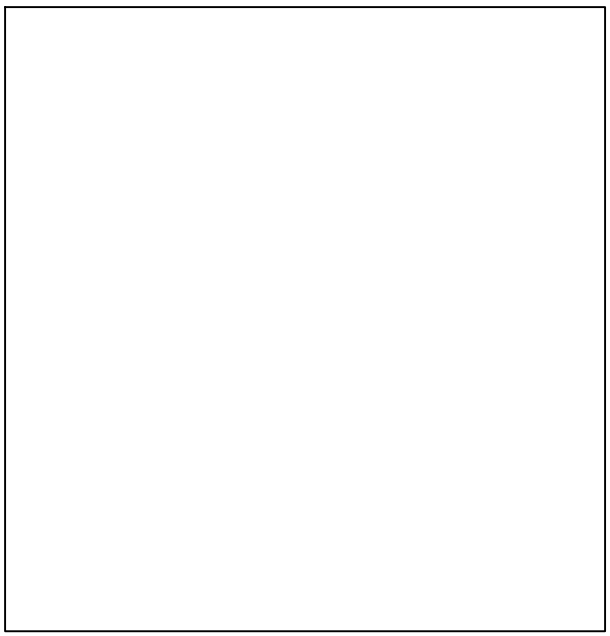
[2] جسم كتلته 1 Kg يتذبذب إلى أعلى والى أسفل في خط مستقيم طوله 20 Cm في حركة توافقية بسيطة ، سعة الاهتزازة = --------- بينما المدى الكلي للحركة = - والمسافة المقطوعة خلال اهتزازة كاملة = ----------

[3] أكمل حاصل ضرب التردد في الزمن الدوري = ------- (بندول بسيط يعمل ١٢٠ ذبذبة في الدقيقة الواحدة احسب زمنه الدوري وتردده)

الحركة التوافقية البسيطة

الحركة التوافقية البسيطة

حركة[4] اهتزازية تكون فيها قوة الارجاع متناسبة طرديا مع الازاحة الحادثة للجسم المهتز وفي اتجاه معاكس لها



الإثبات[5] :

$$\because F = -w\sin\theta = -mg\sin\theta$$

$$\because \sin\theta = \frac{x}{l}$$

$$\therefore F = -mg\frac{x}{l}$$

$$^{6}\therefore F = -\frac{mg}{l}x$$

$$\because m, g, l \Rightarrow cons\tan t = K$$

$$\therefore F = -Kx$$

$$\therefore F \propto -x$$

لحساب العجلة التى يتحرك بها الجسم

من قانون نيوتن الثاني

$$\because F = ma = -\frac{mgx}{l}$$

$$\because \omega^2 = g/l$$

$$\therefore a = -\omega^2 x$$

في حالة البندول البسيط[7]

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

الزمن الدوري في حالة النابض[8] $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{K}}$

الزمن الدوري T $T = \frac{2\pi}{\omega}$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$$

أمثلة للحركة التوافقية البسيطة[9] :

- **اهتزاز الجزيئات في المواد الصلبة**
- **اهتزاز الشوكة الرنانة**
- **التيار الكهربائي المتناوب**

---

[4] سؤال من امتحان ٩٨ / ٩٩ أكمل (١) قوة الإرجاع في الحركة التوافقية البسيطة ، دائما في اتجاه معاكس لاتجاه --------- من امتحان الدور الثاني ٩٨ / ٩٩ السؤال الثالث – أ – ما المقصود بكل من الحركة التوافقية البسيطة ، الزمن الدوري

[5] اثبت أن F=-KX

[6] إذا كان قياس الزاوية بالدرجات يؤول إلى الصفر فان جيبها = ظلها = قياسها بالتقدير الدائري

[7] بندول بسيط طول خيطه واحد متر وزمنه الدوري ٢ ثانية لكي يبقى زمنه الدوري ثابتا على سطح القمر يجب أن (جاذبية القمر سدس جاذبية الأرض) أ) يزداد طول خيطه ٦ مرات ب) يقل طول خيطه إلى سدس طوله ج) يبقى طول خيطه ثابتا د) يزداد طول خيطه ٤ مرات

[8] كتلة m تهتز تحت تأثير نابض ثابت هوك له K عند استبدال النابض بآخر ثابت هوك له 2K فان أ) الزمن الدوري يقل والتردد يزداد ب) الزمن الدوري يقل والتردد يقل ج) الزمن الدوري يزداد والتردد ثابت د) الزمن الدوري يزداد والتردد ثابت

[9] علل ليست كل حركة دورية حركة توافقية بسيطة ؟

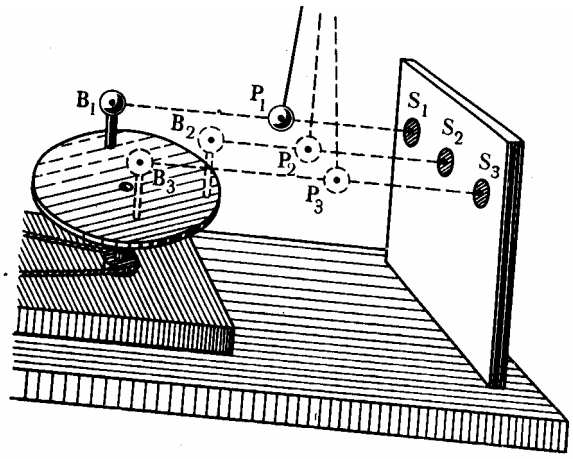
الإزاحة في الحركة التوافقية البسيطة[10] :

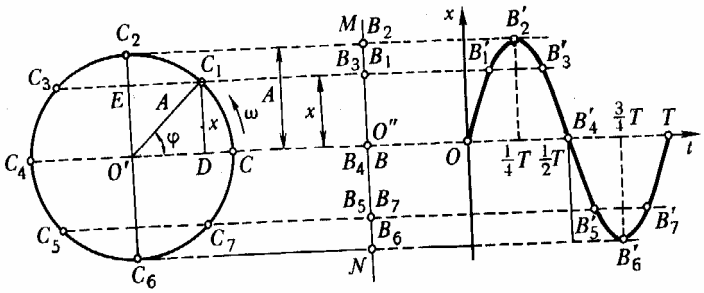
تمثل إزاحة جسم يتحرك حركة توافقية بسيطة بدالة جيب إذا بدء الجسم حركته من موضع الاتزان

تمثل ازاحة جسم يتحرك حركة توافقية بسيطة بدالة جيب تمام اذا بدأ الجسم حركته من أقص ازاحة

معادلات الحركة التوافقية البسيطة :

علاقة الحركة الدائرية المنتظمة بالإزاحة في الحركة التوافقية البسيطة :



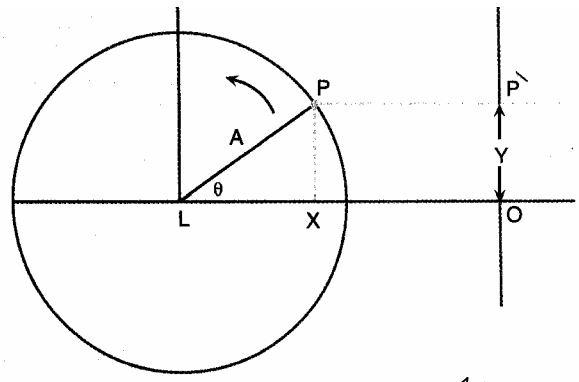


[10] اكمل : إزاحة جسيم يتحرك حركة توافقية بسيطة تمثل بدالة ---------- إذا بدء الجسم حركته من --------- وتمثل بدالة ---- اذا بدء الجسم الحركة من قمة المسار

استنتج العلاقة $Y = A \sin(\omega t)$

في المثلث l p x

$$\sin\theta = \frac{Y}{A}$$
$$\therefore Y = A \sin\theta$$
$$\because \theta = (\omega t)$$
$$\therefore Y = A \sin(\omega t)$$
$$\therefore Y = A \sin(2\pi f t)$$



انتبـــــــــه

وحدة قياس السرعة الزاوية = وحدة زاوية / وحدة زمن
زاوية نصف قطرية / ثانية

$$\therefore \omega \Rightarrow \frac{rad}{s} = rads^{-1}$$

إذا عند حل المسائل :

- يكون نظام الحاسبة RAD
- أو التحويل من زاوية نصف قطرية ← درجة بضرب قياس الزاوية × $\frac{180}{\pi}$

******مسائل******

يهتز جسيم بحركة توافقية بسيطة بحيث تتغير ازاحته حسب العلاقة $Y = 5\sin(2t)$ حيث السعة بالcm والزمن بالثانية احسب (أ) الزمن الدوري ، السعة (ب) ازاحة الجسيم عند زمن t =3 s

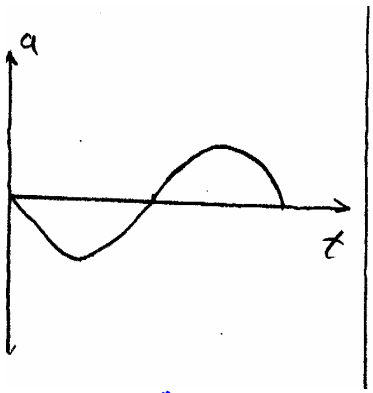
الحل

بمقارنة المعادلتين $Y = A \sin(\omega t)$ و $Y = 5 \sin(2t)$ نجد أن السعة A= 5 cm

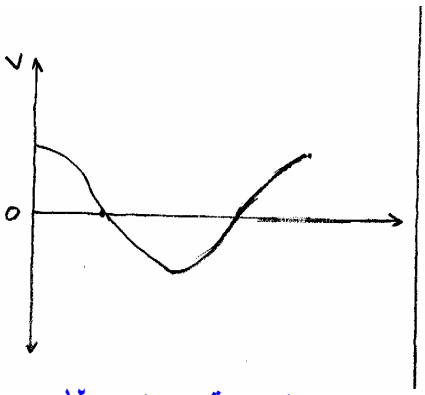
$$\varpi = 2\,\frac{rad}{s}$$

$$\because \quad \omega = 2\pi f$$
$$\therefore \quad f = \frac{2}{2\pi} = \frac{1}{\pi}\ Hz$$
$$\because \quad T = \frac{1}{f} = \frac{1}{1/\pi} = \pi$$
$$Y = 5 \sin(2 \times 3)$$
$$Y = 5 \sin 6$$
$$Y = 5 \times -0.28$$
$$Y = -1.397$$

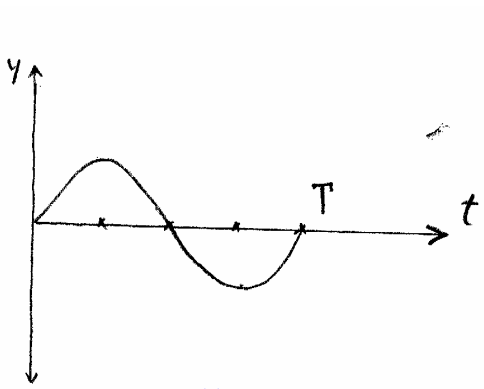
منحنيات الإزاحة والسرعة والعجلة في الحركة التوافقية البسيطة :



منحنى العجلة مع الزمن



منحنى السرعة مع الزمن[12] :



منحنى الإزاحة مع الزمن[11] :

[13] :

$$Y = A\sin(\omega t) \qquad v = \omega A\cos(\omega t) \qquad a = -\omega^2 A\sin(\omega t)$$

حفظ الطاقة في الحركة التوافقية البسيطة

- عدد شروط الاهتزاز الحر ؟

١ـ الطاقة الكلية للنظام المهتز ثابتة

٢ـ تتغير من طاقة وضع إلى طاقة حركة

٣ـ مجموع طاقتي الوضع والحركة (الطاقة الكلية للنظام) عند أي موقع من الحركة يبقى ثابتا

* البندول البسيط :

طاقة الحركة K E	طاقة الوضع P E	الطاقة الكلية E T
$KE = \frac{1}{2}mv^2$ $\because V^2 = \omega^2(A^2 - Y^2)$ $\therefore KE = \frac{1}{2}m\omega^2(A^2 - Y^2)$	$PE = \frac{1}{2}m\ \omega^2 Y^2$	$\because ET = KE + PE$ $\therefore ET = \frac{1}{2}m\omega^2(A^2 - Y^2) + \frac{1}{2}m\omega^2 Y^2$ $\therefore ET = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2$

- في النابض :

طاقة الحركة K E	طاقة الوضع P E	الطاقة الكلية E T
$KE = \frac{1}{2}K(A^2 - Y^2)$ $\because \omega^2 = \frac{K}{m}$ $\therefore K = \omega^2 m$	$PE = \frac{1}{2}KY^2$	$ET = \frac{1}{2}KA^2$ $: m\omega^2 = K$

---

[11] سؤال من الامتحان التجريبي ٩٨ / ٩٩ *** ارسم المنحنى البياني الذي يوضح العلاقة بين الإزاحة والزمن ؟

[12] ارسم المنحنى البياني الذي يوضح العلاقة بين الإزاحة مع الزمن

[13] ارسم المنحنى البياني الذي يوضح العلاقة بين العجلة والزمن ؟