

1. تقديم

1.1. تعريف

نلاحظ من حولنا عدداً كبيراً من الظواهر التي تتكرر في الزمن، منها ما هي طبيعية كتعاقب الليل والنهار، دوران الأرض حول نفسها وحول الشمس، دقات القلب، وأخرى فيزيائية كدوران عجلة، تذبذب نواس ... نجد من بين هذه الظواهر من تتكرر في مدد زمنية منتظمة : نقول إنها دورية.

المجموعة الميكانية المتذبذبة هي مجموعة تدبرة دورية ، من ذهب وإياب، حول موضع توازنها المستقر. و الحركة الدورية هي حركة تتكرر مماثلة لنفسها في مدد زمنية متساوية.

نشاط 1 :

عين من بين الظواهر الآتية التي هي دورية ؟ أو التي هي متذبذبة ؟
حركة دوران منتظم لمحرك.

معلق السيارة suspension d'une voiture
دوران الأرض حول نفسها في المعلم المركزي الأرض.
حركة مكبس piston أسطوانة محرك ذي انفجار moteur à explosion
اهتزاز الأرض بفعل مرور قطار.

1.2. أمثلة

أ - متذبذب أولي : النواس الوزن



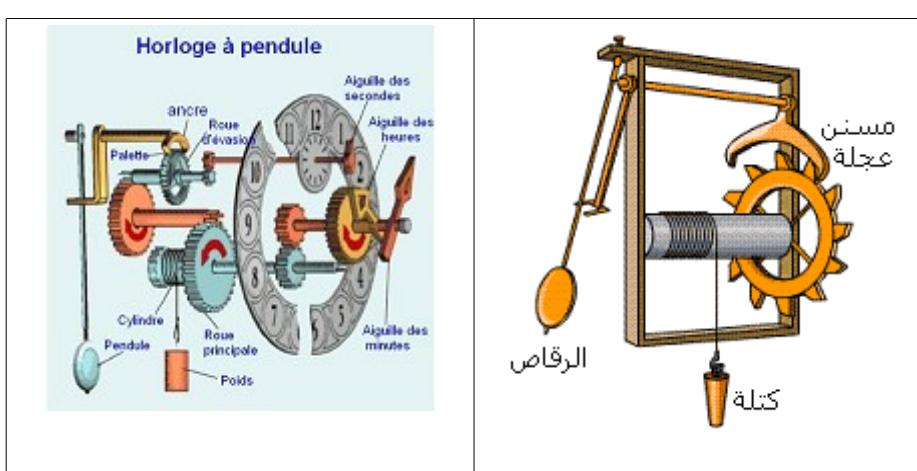
النواس الوزن

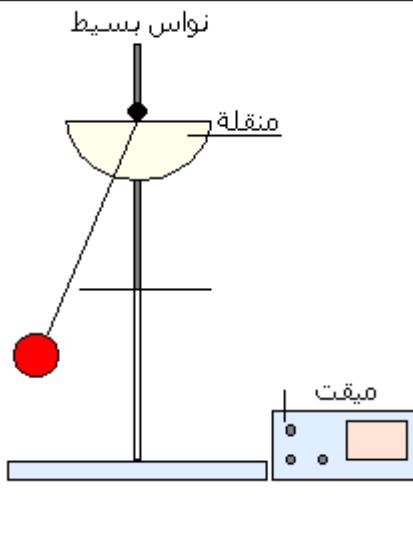
النواس الوزن هو كل جسم صلب متتحرك حول محور ثابت (Δ) ولا يمر بمركز قصورة G. عندما تزاح النواس عن موضع توازنه المستقر وتحرره، بدون سرعة بدئية. نلاحظ أنه ينجذب حركة متذبذبة حول هذا الموضع تحت تأثير وزنه.

أول ساعة حائطية ظهرت في القرن العاشر ميلادي، وقد تصور غاليلي في سنة 1638 استعمال ممیزان النواس البسيط لتطوير ميكانيزمات تنظيم الساعات.

الساعة ذات رقاص Horloge à balancier طورها هيكنز Huyghens.

يسمى رقاص الساعة في الفيزياء بالنواس الوزن. أثناء حركته يخضع لوزنه \vec{P} وللقوة \vec{R} التي يطبقها محور الدوران (Δ). القوة \vec{R} ليس لها مفعول على حركة الرقاص لأن خط تأثيرها يتقطع مع المحور (Δ), بينما القوة \vec{P} لها مفعول على الحركة المتذبذبة للرقاص.

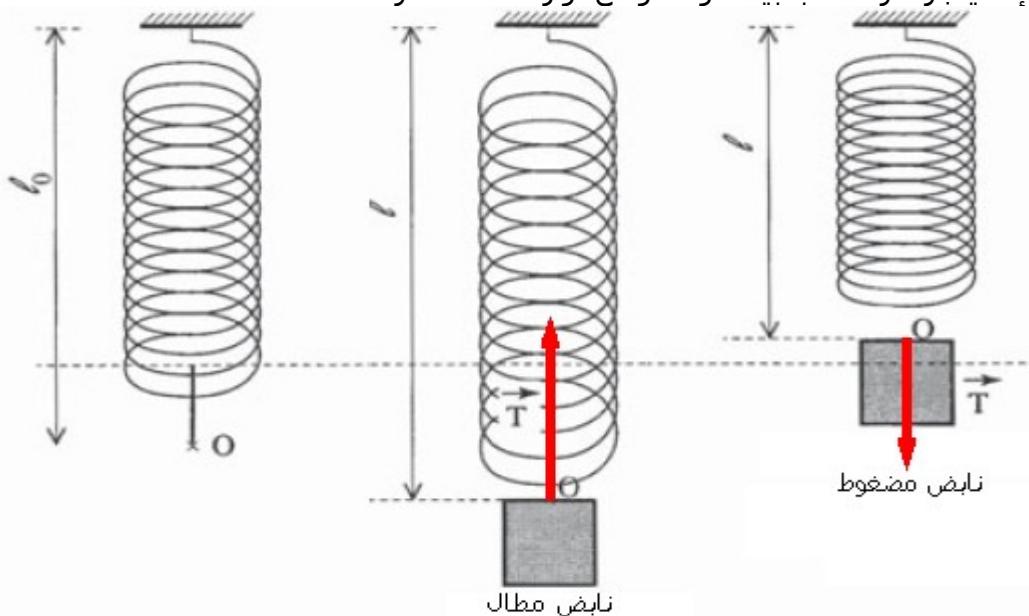




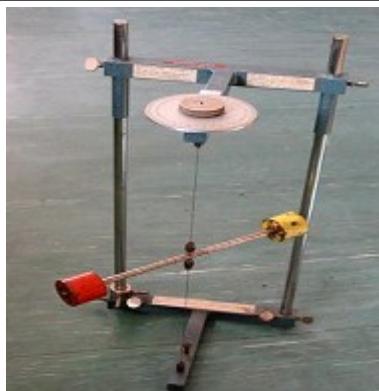
النواس البسيط هو كل نقطة مادية تتأرجح على مسافة ثابتة من محور أفقى ثابت.
عمليا نحقق نواسا بسيطا بتعليق جسم صغير عالي الكثافة بطرف خيط غير قابل للامتداد وذى كتلة مهملة شد طرفه الثانى إلى حامل ثابت. يخضع الجسم المعلق أثناء حركته إلى القوة \vec{F} التي يطبقها الخيط والتي ليس لها مفعول على الدوران وإلى وزنه \vec{P} الذي له مفعول على حركة النواس.
ملحوظة : إذا كانت أبعاد الجسم جد صغيرة أمام طول الخيط، وإذا كانت كتلة أكبر بكثير من كتلة الخيط، آنذاك يمكن اعتبار الجسم نقطيا، وبذلك يشكل النواس البسيط متذبذبا ميكانيكيا مثاليا.

ج - النواس المرن أو المجموعة : حسم صلب - نابض

يتكون النواس المرن من جسم صلب مشدود بطرف نابض ذي لفات غير متصلة وكتلة مهملة. الطرف الآخر للنابض مثبت بحامل ثابت.
تعزى الحركة التذبذبية للنواس المرن إلى القوة التي يطبقها النابض على الجسم، والتي تتعلق بحالة النابض إذا كان مطلا أو مضغوطا، إذ تقاوم هذه القوة تشوه النابض، ولذلك تسمى قوة ارتداد. عند إزاحة الجسم رأسيا نحو الأسفل وتحريره، فإنه ينجز حركة تذبذبية حول موضع توازنه المستقر.



د - نواس اللي



نواس اللي جهاز يتكون من سلك فلزي ثبت أحد طرفيه إلى حامل، ومن قضيب متجلنس معلق من مركز قصورة بالطرف الثاني للسلك.
عندما ندير القضيب أفقيا بزاوية θ حول المحور (Δ) المجسم للسلك، فإن السلك يلتوي، فيسعى للعودة إلى حالته البدئية، بحيث يمارس على القضيب تأثيرا يحدث مزدوجة تسمى مزدوجة اللي، وهي مزدوجة ارتداد تقاوم التواء السلك، وبالتالي تسبب في الحركة التذبذبية للقضيب حول موضع توازنه المستقر.

2.1. تعريف

الحركة التذبذبية هي حركة ذهاب وإياب حول موضع معين، وهي حركة تميز المتذبذبات الميكانيكية. والحركة التذبذبية الحرة هي الحركة التذبذبية التي ينجزها متذبذب ميكانيكي دون أن يكتسب طاقة ما من أي مجموعة خارجية بعد إحداث حركته.

2.2. مميزات الحركة التذبذبة

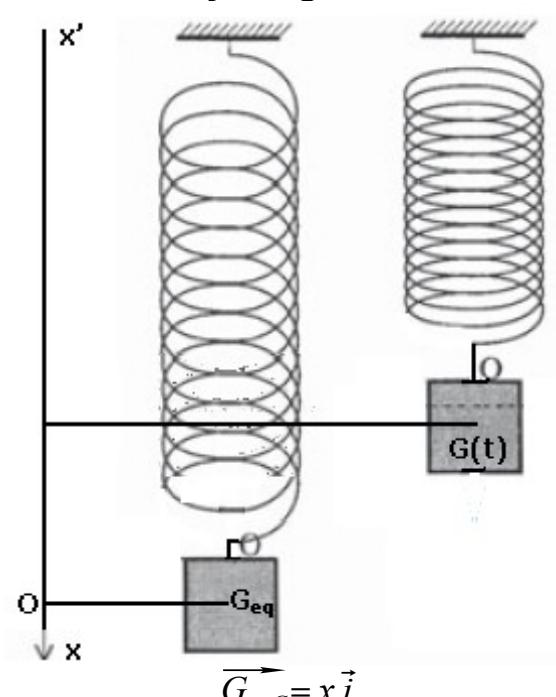
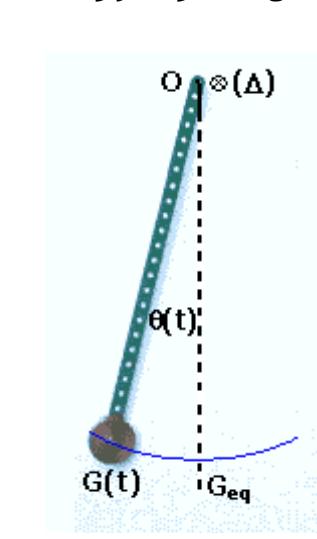
أ - موضع التوازن المستقر

كل متذبذب ميكانيكي حر ينجز حركته التذبذبية حول موضع معين يشكل موضع توازنه المستقر. وموضع التوازن المستقر لمتذبذب ميكانيكي هو الموضع الذي إذا أزدح عنه المتذبذب يعود إليه ليستقر فيه. إن ذبذبات مجموعات ميكانيكية لا يمكنها أن تحدث إلا حول موضع التوازن المستقر لهذه المجموعة.

ب - وسع الحركة

وسع الحركة لمتذبذب ميكانيكي حر وغير ملحوظ هو القيمة القصوى الموجبة التي يأخذها المقدار الذي يعبر عن مدى ابتعاد أو انحراف المتذبذب عن موضع توازنه المستقر.

مثال :

النواس المرن	النواس الوازن
<p>نستعمل الأوصول x</p>  $\vec{G}_{eqG} = x \hat{i}$ <p>أثناء الحركة الحرة وغير المحمدة، يأخذ الأوصول x قيمًا موجبة وقيمًا سالبة، يتغير x بين قيمة قصوى x_m (قيمة دنيا $-x_m$)، وتسمى القيمة المطلقة لهاتين القيمتين وسع الحركة للنواس المرن.</p>	<p>نستعمل الأوصول الزاوي θ</p>  $\theta(t) = (\vec{OG}_{(eq)}, \vec{OG}_{(t)})$ <p>أثناء الحركة، يأخذ الأوصول الزاوي θ قيمًا موجبة وقيمًا سالبة. وبإهمال الخمود بالنسبة للذبذبات، يتغير θ بين قيمة قصوى (θ_m) وقيمة دنيا $(-\theta_m)$، وتسمى القيمة المطلقة لهاتين القيمتين وسع الحركة للنواس الوازن الحر وغير المحمد.</p>

الدور الخاص T لمتذبذب ميكانيكي و غير محمد هو المدة الزمنية التي تفصل مرورين متتاليين للمتذبذب من توازنه المستقر في نفس المنحني، وحدته في النظام العالمي للوحدات هي الثانية (s) .

مثال التوابس البسيط

نعتبر نواسا بسيطا يتكون من كرية ذات كتلة m معلقة بخيط غير قابل للإمتداد و كتلته مهملة. نزيح الكتلة بزاوية θ عن موضع توازتها، ثم نحررها بدون سرعة بدئية في لحظة t .

<p>الكرة في حركة</p>	<p>الكرة في توازن</p>	<p>أثناء الحركة التذبذبية ، تخضع الكرية إلى القوى التالية :</p> <p>\vec{P} وزنها.</p> <p>\vec{F} القوة المطبقة من طرف الخيط (اتجاهها هو اتجاه الخيط لأن كتلته مهملة).</p> <p>\vec{f} قوى الإحتكاك المطبقة من طرف الهواء على الكرية عندما تكون في حركة.</p> <p>في مرجع أرضي والذي نعتبره غاليليا، نطبق القانون الثاني لنيوتون على مركز قصور الكرية :</p> $\sum \vec{F}_{ext} = m \cdot \vec{a}_G \Leftrightarrow \vec{P} + \vec{F} + \vec{f} = m \cdot \vec{a}_G$ <p>عندما تكون الكرية في توازن فإن :</p> $\vec{a}_G = \vec{0} \text{ و } \vec{f} = \vec{0}$ $\vec{P} + \vec{F} = \vec{0}$ <p>وبالتالي :</p>
----------------------	-----------------------	--

العدة التجريبية :

نواس بسيط مكون من خيط غير مرن كتلته مهملة وطوله معروف، ومن كتلة معلمة، منقلة مثبتة إلى حامل وميقت.

نزيح الكتلة المعلمة بزاوية θ ثم نحررها من موضع A؛ من بين الطرق الثلاث المقترحة عين منها الأكثر دقة لقياس الدور، علل جوابك ؟

	<p>1 - نشغل الميقت عندما تمر الكرية من النقطة O ونوقف القياس بعد ذبذبة واحدة عندما تمرمرة ثانية من O ؟</p> <p>2 - نشغل الميقت عندما تمر الكرية من النقطة O ونوقف القياس عندما تمرمرة أخرى من O بعد عشر ذبذبات؛ يجب فقط قسمة المدة الزمنية على عشرة ؟</p> <p>3 - شغل الميقت عندما ترجع الكرية إلى النقطة A ونوقف القياس عندما تمرمرة أخرى من A بعد ذبذبة واحدة ؟</p>
--	---

تأثير طول الخيط :

غير طول الخيط للنواس ونقوم بقياس الدور الموافق فنحصل على النتائج التالية :

طول الخيط (1 m)	T(s)
0,60	0,50
0,40	0,30
0,30	0,20
0,20	0,10
0,10	
3,82	3,49
3,12	2,70
2,21	1,56

- أرسم المنحنى T بدلالة I؛ هل نحصل على مستقيم ؟
 - أحسب \sqrt{I} لكل قيم الجدول ؟
 - أرسم المنحنى T بدلالة \sqrt{I} ؛ هل نحصل على مستقيم ؟
 - من بين المنحنيين الممثلين ما هو المنحنى الذي يعطي علاقة مبسطة تجمع بين الدور T والطول I ؟
- اعط تعبير هذه العلاقة ؟

هذا الملف تم تحميله من موقع Talamid.ma

حصيلة : نستنتج أن الدور T يتناسب مع \sqrt{l} فنكتب :

تأثير كتلة الكريمة على الدور

بالنسبة لكتل مختلفة m للكريمة نقوم بقياس الدور T لنواص بسيط طول الخيط 50cm :

$T(s)$	$m(g)$
1,42	50
1,43	100
1,42	150

هل كتلة الكريمة لها تأثير على دور النواص البسيط ؟

حصيلة : نستنتج أن دور النواص البسيط مستق عن كتلة الكريمة.

تأثير وسع التذبذبات على الدور

نعتبر النواص البسيط المكون من كريمة كتلتها $m = 50g$ وخيط طوله $l = 27cm$ ، نغير وسع التذبذبات θ في كل مرة ونقيس الدور.

40	30	20	15	10	8	$\theta (^\circ)$
$T(s)$						
1,12	1,09	1,06	1,05	1,04	1,04	

ما قيمة θ القصوى التي يكون فيها الدور مستقل عن وسع الحركة ؟

حصيلة : بالنسبة لزوايا صغيرة الدور الخاص لذبذبات النواص البسيط مستقل عن الزاوية البدئية $\theta \leq 10^\circ$ التي تزاح بها كتلة الكريمة عن موضع توازنها المستقر.

خلاصة : المؤثرات الوحيدة التي تغير من قيمة الدور الخاص لذذبذبات النواص هي طول الخيط l وقيمة شدة مجال الثقالة لأن الحركة تتم تحت تأثير وزن الكريمة.

بالنسبة لذذبذبات ذات وسع صغير، الدور الخاص لا ينبع بقيمة الزاوية البدئية التي تزاح بها الكريمة عن موضع توازنها المستقر؛ ونعرف الدور T بالعلاقة :

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

في التجربة أعلاه :

1 - حدد المعامل الموجي للمستقيم المحصل عليه عند رسم المنحنى $T = f(\sqrt{l})$

2 - ماذا يمثل المعامل الموجي في العلاقة $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$ ؟ استنتاج قيمة g ؟

3 - هل تم القيام بهذه التجربة في الأرض أو في القمر ؟

(نعطي $g_T = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$ و $g_L = 1,62 \text{ m.s}^{-2}$)

3. خمود الذذبذبات الميكانيكية

3.1. ظاهرة الخمود

عمليا لا يمكن عزل المتذبذب من أي تأثير خارجي مثل الهواء وبعض الأجسام الصلبة التي تكون في تماس معه، حيث نلاحظ أن وسع التذذبذبات المنجزة تنقص مع الزمن إلى أن يتوقف المتذبذب. نقول أن حركة المتذبذب تخمد. هناك نوعان من الخمود الناتج عن الاحتکاكات :

* خمود باحتکاكات مازعة : عندما يكون المتذبذب في تماس بجسم غازي أو سائل مثل : الهواء - الماء ...

في هذه الحالة إذا كانت الاحتكاكات ضعيفة فإن تناقص الوسع يكون أسيًا. وتكون التذبذبات شبه دورية حيث الدور T يكون $T_0 > T$.

* **خmod بـ احتكاكات صلبة** : عندما يتم احتكاك المتذبذب بمحور الدوران أو بجسم صلب آخر.

في هذه الحالة إذا كانت الاحتكاكات ضعيفة فإن تناقص الوسع يكون خطياً. وتكون التذبذبات شبه دورية حيث الدور T يكون $T_0 \approx T$.

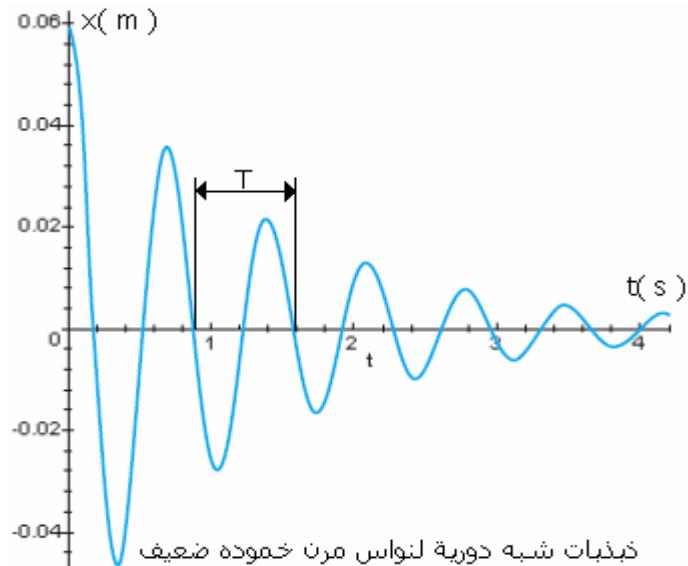
نقول في كلتا الحالتين أن هناك ضياع للطاقة الميكانيكية للمتذبذب خلال كل دور بحيث لن يبقى المتذبذب تواافقيا وبالتالي حركته لن تبقى جيدة. الطاقة الضائعة، تحول تدريجياً إلى حرارة، تتوزع بين المتذبذب والوسط الخارجي.

وبحسب أهمية الاحتكاكات نحصل على نظامين للخmod.

3. أنظمة خmod للذبذبات الميكانيكية

أ - حالة الخmod الضعيف : النظام شبه الدوري

في هذه الحالة ينجز المتذبذب الميكانيكي ذبذبات يتناقص وسعها تدريجياً إلى أن يستقر المتذبذب عند موضع توازنه المستقر.



ذبذبات شبه دورية لنواس مرن خموده ضعيف

حركة المتذبذب ليست دورية : نقول إنها شبه دورية، ودورها T يقارب الدور الخاص T_0 للمتذبذب (عموماً $T_0 < T$). نسمى T شبه الدور.

ب - حالة الخmod الحاد : النظام اللادوري

يحدث في حالة الاحتكاك القوي، فيحصل خmod للذبذبات تنتج عنه ثلاثة أنظمة :

<u>النظام فوق الحرج</u>	<u>النظام الحرج</u>	<u>النظام تحت الحرج</u>