تم تحميل هذا الملف من موقع Talamidi.com

الوحدة 5 : تقديم مجموعات ميكانيكية متذبذبة Présentation de systhèmes mécaniques oscillants

1. تقديم

1. 1. تعريف

نلاحظ من حولنا عددا كبيرا 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 الميكانيكية المتذبذبة هي مجموعة تنجز حركة دورية ، من ذهاب 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.

معلاق السيارة suspension d'une voiture.

دوران الأرض حول نفسها في المعلم المركزي الأرض.

حركة مكبس piston أسطوانة محرك ذى انفجار moteur à explosion .

اهتزاز الأرض بفعل مرور قطار.

1. 2. أمثلة

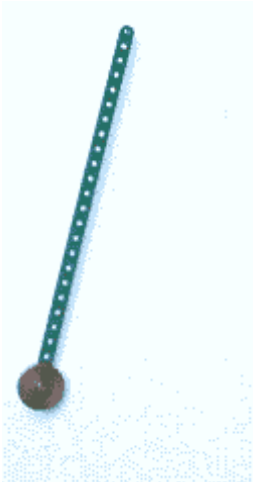
أ – متذبذب أولي : النواس الوازن

النواس الوازن هو كل جسم صلب متحرك حول محور أفقي ثابت (Δ) و لا يمر بمركز قصوره G. عندما نزيح النواس عن موضع توازنه المستقر ونحرره، بدون سرعة بدئية نلاحظ أنه ينجز حركة تذبذبية حول هذا الموضع تحت تأثير وزنه.

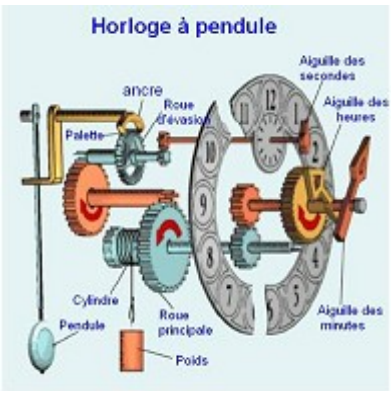
أول ساعة حائطية ظهرت في القرن العاشر ميلادي ، وقد تصور غاليلي في سنة 1638 استعمال مميزات النواس البسيط لتطوير ميكانيزمات تنظيم الساعات.

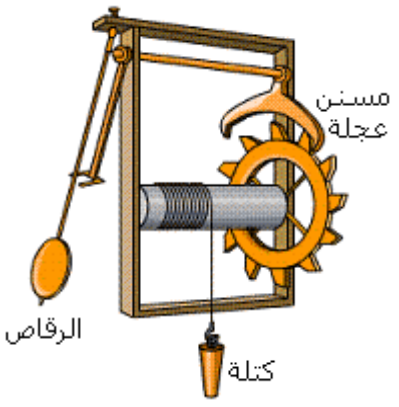
الساعة ذات رقاص Horloge à balancier طورها هيكنز Huyghens.

يسمى رقاص الساعة في الفيزياء بالنواس الوازن. 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 يتقاطع مع المحور (Δ)، بينما القوة $\vec{P}$ لها مفعول على الحركة التذبذبية للرقاص.



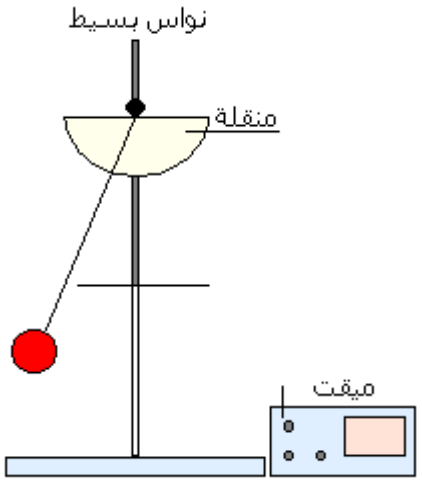
النواس الوازن





تم تحميل هذا الملف من موقع Talamidi.com

ب – النواس البسيط



النواس البسيط هو كل نقطة مادية تتأرجح على مسافة ثابتة من محور أفقي ثابت.

عمليا نحقق نواسا بسيطا بتعليق جسم صغير عالي الكثافة بطرف خيط غير قابل للامتداد وذي كتلة مهملة شد طرفه الثاني إلى حامل ثابت.

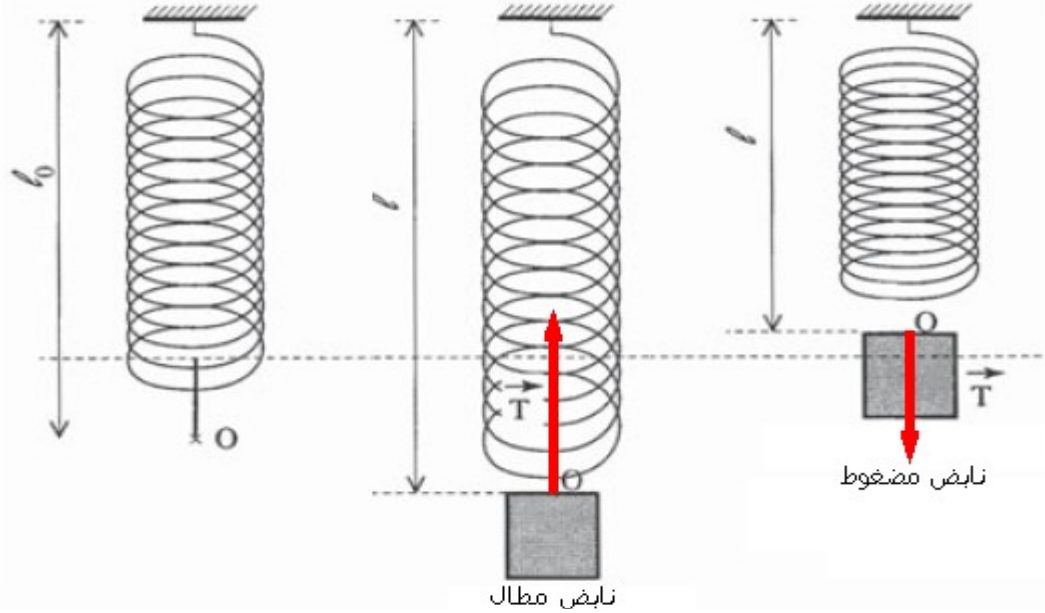
يخضع الجسم المعلق أثناء حركته إلى القوة $\vec{F}$ التي يطبقها الخيط والتي ليس لها مفعول على الدوران وإلى وزنه $\vec{P}$ الذي له مفعول على حركة النواس.

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 : جسم 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 مطالا 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 متجانس معلق من مركز قصوره 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، وبالتلي تسبب في الحركة التذبذبية للقضيب حول موضع توازنه المستقر.

تم تحميل هذا الملف من موقع Talamidi.com

2. الحركة التذبذبية ومميزاتها

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 التذبذبية

أ – موضع التوازن المستقر

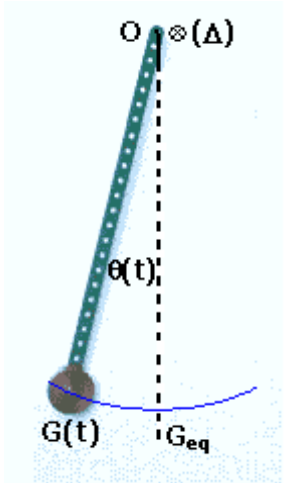
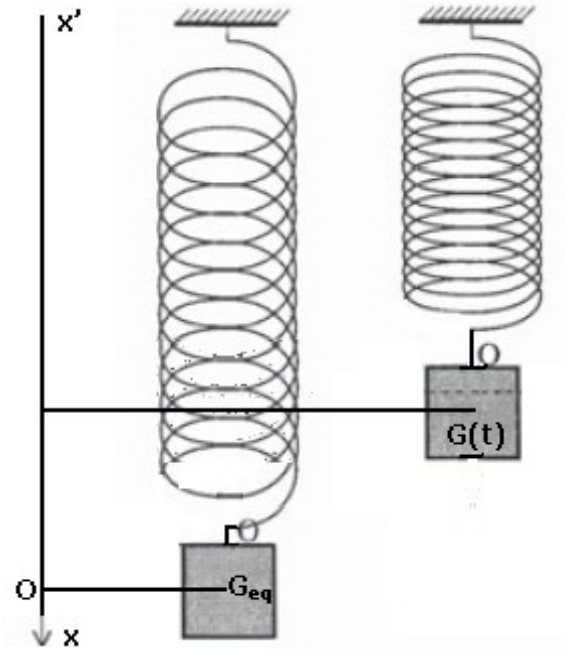
كل متذبذب ميكانيكي حر ينجز حركته التذبذبية حول موضع معين يشكل موضع توازنه المستقر. وموضع التوازن المستقر لمتذبذب ميكانيكي هو الموضع الذي إذا أزيح عنه المتذبذب يعود إليه ليستقر فيه.

إن ذبذبات مجموعات ميكانيكية لا يمكنها أن تحدث إلا حول موضع التوازن المستقر لهذه المجموعة.

ب – وسع الحركة

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

مثال :

النواس الوازن	النواس المرن
نستعمل الأفصول الزاوي θ  $\theta(t)=(\overrightarrow{OG_{(eq)}},\overrightarrow{OG_{(t)}})$ أثناء الحركة، يأخذ الأفصول الزاوي θ قيما موجبة وقيما 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 المخمد.	نستعمل الأفصول x  $\overrightarrow{G_{eqG}}=x\,\vec{i}$ أثناء الحركة الحرة و غير المخمدة، يأخذ الأفصول x قيما موجبة وقيما سالبة، يتغير x بين قيمة قصوى (x_m) وقيمة دنيا $(-x_m)$ ، وتسمى القيمة المطلقة لهاتين القيمتين وسع الحركة للنواس المرن.

تم تحميل هذا الملف من موقع Talamidi.com

ج – الدور الخاص

الدور الخاص T_0 لمتذبذب ميكانيكي و غير مخمد هو المدة الزمنية التي تفصل مرورين متتاليين للمتذبذب من موضع توازنه المستقر في نفس المنحى، وحدته في النظام العالمي للوحدات هي الثانية (s).

مثال النواس البسيط

نعتبر نواسا بسيطا يتكون من كرية ذات كتلة m معلقة بخيط غير قابل للإمتداد و كتلته مهملة.

نزيح الكتلة بزاوية θ عن موضع توازنها، ثم نحررها بدون سرعة بدئية في لحظة t.

أثناء الحركةالتذبذبية ، تخضع الكرية إلى القوى التالية :

$\vec{P}$ وزنها.

$\vec{F}$ القوة المطبقة من طرف الخيط (اتجاهها هو اتجاه الخيط لإن كتلته مهملة).

$\vec{f}$ قوى الإحتكاك المطبقة من طرف الهواء على الكرية عندما تكون في حركة.

في مرجع أرضي والذي نعتبره غاليليا، نطبق القانون الثاني لنيوتن على مركز قصور الكرية :

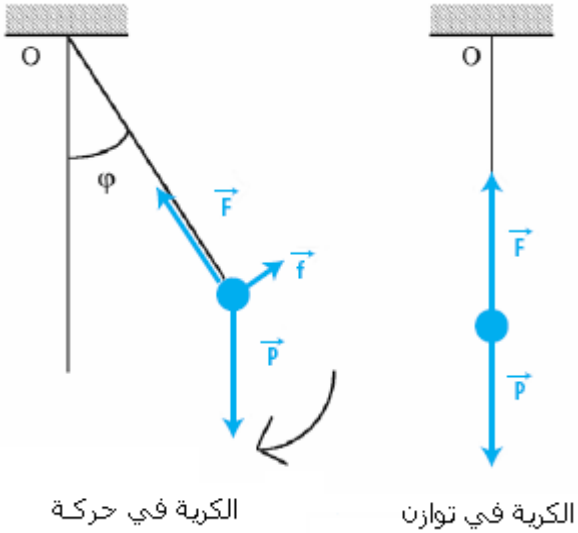
$$\sum \vec{F}_{ext} = m.\vec{a}_G \Leftrightarrow \vec{P}+\vec{F}+\vec{f} = m.\vec{a}_G$$

عندما تكون الكرية في توازن فإن :

$$\vec{a}_G = \vec{0} \text{ و } \vec{f} = \vec{0}$$

وبالتالي :

$$\vec{P}+\vec{F} = \vec{0}$$



العدة التجريبية :

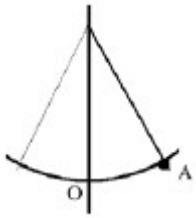
نواس بسيط مكون من خيط غير مرن كتلته مهملة وطوله معروف، ومن كتلة معلمة، منقلة مثبتة إلى حامل وميقت.

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

1 – نشغل الميقت عندما تمر الكرية من النقطة O و نوقف القياس بعد ذبذبة واحدة عندما تمر مرة ثانية من O ؟

2 – نشغل الميقت عندما تمر الكرية من النقطة O ونوقف القياس عندما تمر مرة أخرى من O بعد عشر ذبذبات؛ يجب فقط قسمة المدة الزمنية على عشرة ؟

3 - شغل الميقت عندما ترجع الكرية إلى النقطة A ونوقف القياس عندما تمر مرة أخرى من A بعد ذبذبة واحدة ؟



تأثير طول الخيط :

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

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

1 – أرسم المنحنى T بدلالة l؛ هل نحصل على مستقيم ؟

2 – أحسب $\sqrt{l}$ لكل قيم الجدول ؟

3 – أرسم المنحنى T بدلالة $\sqrt{l}$ ؛ هل نحصل على مستقيم ؟

4 – من بين المنحيين الممثلين ما هو المنحنى الذي يعطي علاقة مبسطة تجمع بين الدور T والطول l ؟

اعط تعبير هذه العلاقة ؟

تم تحميل هذا الملف من موقع Talamidi.com

حصيلة : نستنتج أن الدور T يتناسب مع $\sqrt{l}$ فنكتب : $T = k\,.\sqrt{l}$

تأثير كتلة الكرية على الدور

بالنسبة لكتل مختلفة m للكرية نقوم بقياس الدور T لنواس بسيط طول الخيط 50cm :

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

هل كتلة الكرية لها تأثير على دور النواس البسيط ؟

حصيلة : نستنتج أن دور النواس البسيط مستق عن كتلة الكرية.

تأثير وسع التذبذبات على الدور

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

40	30	20	15	10	8	θ (°)
1,12	1,09	1,06	1,05	1,04	1,04	T(s)

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

حصيلة : بالنسبة لزوايا صغيرة الدور الخاص لذبذبات النواس البسيط مستقل عن الزاوية البدئية $\theta \leqslant 10°$ التي تزاح بها كتلة الكرية عن موضع توازنها المستقر.

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

بالنسبة لذبذبات ذات وسع صغير، الدور الخاص لا يتعلق بقيمة الزاوية البدئية التي تزاح بها الكرية عن موضع توازنها المستقر؛ و نعرف الدور T بالعلاقة :

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

في التجربة أعلاه :

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

2 – ماذا يمثل المعامل الموجه في العلاقة $T = 2\Pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ ؟ استنتج قيمة g ؟

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

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

3. خمود الذبذبات الميكانيكية

3. 1. ظاهرة الخمود

عمليا لا يمكن عزل المتذبذب من أي تأثير خارجي مثل الهواء و بعض الأجسام الصلبة التي تكون في تماس معه، حيث نلاحظ أن وسع التذبذبات المنجزة تنقص مع الزمن إلى أن يتوقف المتذبذب. نقول أن حركة المتذبذب تخمد.

هناك نوعان من الخمود الناتج عن الاحتكاكات :

✳ *خمود باحتكاكات مائعة* : amortissement par frottement fluide : عندما يكون المتذبذب في تماس مع جسم غازي أو سائل مثل : الهواء – الماء ...

تم تحميل هذا الملف من موقع Talamidi.com

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

* خمود باحتكاكات صلبة : amortissement par frottement solide : عندما يتم احتكاك المتذبذب بمحور الدوران أو بجسم صلب آخر.

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

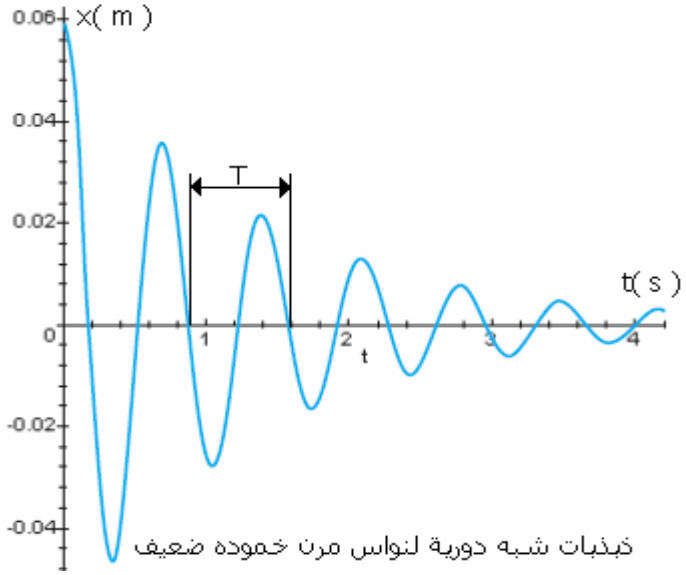
نقول في كلتا الحالتين أن هناك ضياع للطاقة الميكانيكية للمتذبذب خلال كل دور بحيث لن يبقى المتذبذب متوافقيا وبالتالي حركته لن تبقى جيبية. الطاقة الضائعة، تتحول تدريجيا إلى حرارة، تتوزع بين المتذبذب والوسط الخارجي.

وحسب أهمية الاحتكاكات نحصل على نظامين للخمود.

3. 2. أنظمة خمود الذبذبات الميكانيكية

أ – حالة الخمود الضعيف : النظام شبه الدوري

في هذه الحالة ينجز المتذبذب الميكانيكي ذبذبات يتناقص وسعها تدريجيا 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 (عموما $T > T_0$). نسمي T شبه الدور.

ب – حالة الخمود الحاد : النظام اللادوري

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

النظام تحت الحرج	النظام الحرج	النظام فوق الحرج