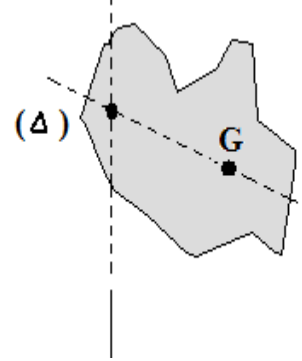


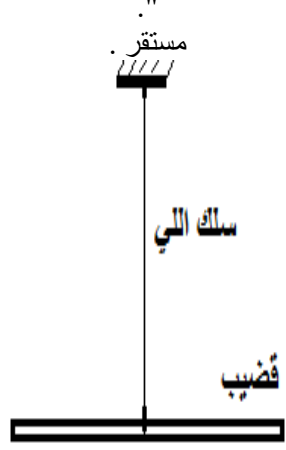


تقديم مجموعات ميكانيكية متذبذبة
présentation des systèmes mécaniques oscillants

1: تعاريف:

المجموعة الميكانيكية المتذبذبة	الحركة التذبذبية	الحركة الدورية	الحركة التذبذبية الحرة
هي مجموعة تنجز حركة دورية ، من ذهاب و إياب ، حول موضع توازنها المستقر	هي حركة تكرر ماثلة لنفسها في مدد زمنية متساوية	هي الحركة التذبذبية التي ينجزها متذبذب ميكانيكي دون أن يكتسب طاقة ما من أي مجموعة خارجية بعد إحداث حركته.	

2: المتذبذبات الميكانيكية

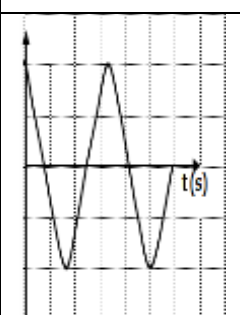
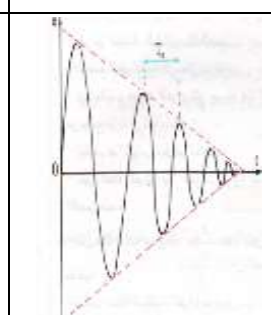
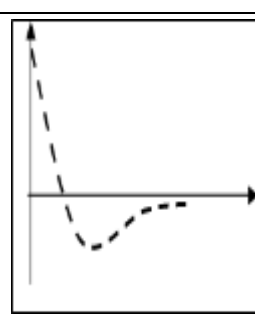
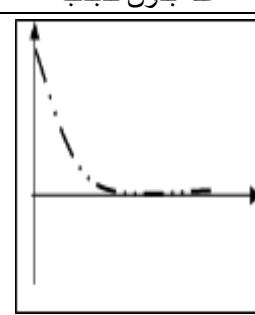
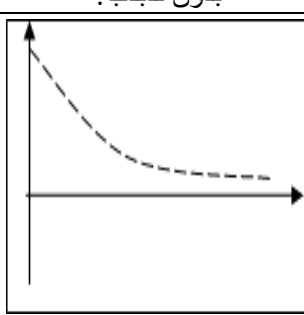
النواس الوازن	النواس البسيط	النواس المرن	نواس اللي
" هو كل مجموعة غير قابلة للتشويه يمكنها إنجاز حركة تذبذبية حول محور ثابت تحت تأثير وزنها".	هو كل نقطة مادية تتأرجح على مسافة من محور أفقي ثابت". عمليا نحقق نواسا بسيطا بتعليق جسم صغير عالي الكثافة بطرف خيط غير قابل للامتداد و ذي كتلة مهملة شذ طرفه الآخر إلى حامل ثابت.	" يتكون النواس المرن من جسم صلب مشدود بطرف نابض ذي لفات غير متصلة و كتلته مهملة. الطرف الآخر للنابض مثبت بحامل ثابت".	جهاز يتكون من سلك فلزي مثبت أحد طرفيه إلى حامل ، و الطرف الآخر إلى قضيب متجانس معلق من مركز قصوره مستقر.
			
تعلم الحركة ب: الافصول الزاوي θ	تعلم الحركة ب: الافصول الزاوي θ	تعلم الحركة ب: الافصول الخطي x	تعلم الحركة ب: الافصول الزاوي θ
تميز المجموعة عزم قصور الجسم J_{Δ} + ثابتة لي السلك C	تميز المجموعة طول الخيط l + كتلة الجسم m	تميز المجموعة صلابة النابض k + كتلة الجسم m	تميز المجموعة عزم قصور القضيب J_{Δ} + ثابتة لي السلك C

3: مميزات الحركة التذبذبية:

موضع التوازن المستقر	وسع الحركة	الدور الخاص
كل متذبذب ميكانيكي ينجز حركته التذبذبية حول موضع توازنه المستقر. - موضع التوازن المستقر هو الموضع الذي إذا زحزح عنه المتذبذب يعود إليه ليستقر فيه.	وسع الحركة لمتذبذب ميكانيكي حر و غير مخمد هو القيمة القصوى الموجبة التي يأخذها المقدار الذي يعبر عن مدى ابتعاد أو انحراف المتذبذب عن موضع توازنه المستقر".	الدور الخاص T_0 لمتذبذب ميكانيكي حر و غير مخمد ، هو المدة الزمنية التي تفصل مرورين متتاليين للمتذبذب من موضع توازنه المستقر في نفس المنحى . T_0 ب (s).

4: انظمة خمود الذبذبات الميكانيكية:

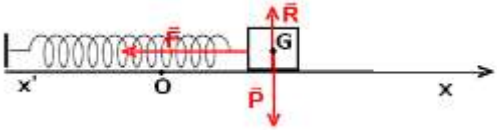
بفعل الاحتكاكات المائعة او الصلبة يتناقص وسعها تدريجيا مع الزمن ، إلى أن يتوقف عند موضع توازنه المستقر نسمي هذه الظاهرة " ظاهرة الخمود "

حالة غياب الخمود	حالة الخمود غير الحاد	حالة الخمود الحاد	حالة الخمود الحاد	حالة غياب الخمود
النظام الدوري: مثالي	النظام شبه دوري	النظام تحت الحرج	النظام الحرج	النظام فوق الحرج
يبقى وسع الذبذبات ثابت مع الزمن	يتناقص وسع الذبذبات مع الزمن إلى أن ينعدم	ينجز المتذبذب ذبذبة واحد قبل توقفه.	يعود المتذبذب إلى موضع توازنه بعد إزاحته عنه بدون تذبذب	يستغرق المتذبذب وقتا طويلا للوصول إلى موضع توازنه بدون تذبذب.
				

1- المعادلة التفاضلية:

المجموعة المدروسة:	القانون الثاني لنيوتن.	المعلم $R(o, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$ مرتبط بالأرض محوره ox أفقي	القوى المطبقة على الجسم (S)	المجموعة المدروسة:
$R-P = m \cdot a_y = 0$ $K \cdot x = m \cdot a_x = -m \frac{d^2x}{dt^2}$	$+\vec{p} + \vec{F} = m \cdot \vec{a}$ $R \cdot \vec{j} - P \cdot \vec{j} - K \cdot x \cdot \vec{i} = m \cdot \vec{a}$	$= R \cdot \vec{j} \cdot \vec{R}$ $= -P \cdot \vec{j} \cdot \vec{p}$ $= -K \cdot x \cdot \vec{i} \cdot \vec{F}$	\vec{R} تأثير السطح \vec{P} وزن الجسم \vec{F} قوة ارتداد النابض	الجسم الصلب (نابض ذو تلة مهملة)

المعادلة التفاضلية لحرارة النواس المرن : $k \cdot x = 0m \frac{d^2x}{dt^2} +$ اي $x = 0 \frac{d^2x}{dt^2} + \frac{k}{m}$

	عندما يكون النابض مطالا فإنه يطبق قوة جر حيث منحنى \vec{F} معاكس لمنحنى \vec{i} و $x > 0$ * عندما يكون النابض مطالا فإنه يطبق قوة دفع حيث منحنى \vec{F} في نفس منحنى \vec{i} و $x < 0$
---	---

2- حل المعادلة التفاضلية:

T_0	x_m	φ	$(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi)$	حلها يكتب على شكل
الدور الخاص ب s	الوسع amplitude ب(m)	الطور عند أصل التواريخ (rad) ب (t=0)	طور الذبذبات عند التاريخ t ب (rad).	$x(t) = x_m \cos(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi)$

3- تعبير الدور الخاص:

تعبير التسارع	تعبير السرعة	المعادلة الزمنية
$a_x = \ddot{x} = \frac{d^2x}{dt^2} = -x_m \cdot \left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 \cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right)$	$v_x = \dot{x} = \frac{dx}{dt} = -x_m \cdot \frac{2\pi}{T_0} \cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right)$	$x(t) = x_m \cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right)$

$T_0 = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m}{k}}$	بالمماثلة $-\left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 = -\frac{k}{m}$	لدينا $\frac{d^2x}{dt^2} = -x_m \cdot \left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 \cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right) = \left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 x(t)$ من المعادلة التفاضلية لدينا $\frac{d^2x}{dt^2} = -\frac{k}{m}$
---------------------------------------	---	--

II- الدراسة الطاقية للمجموعة {جسم صلب - نابض} في وضع أفقي:

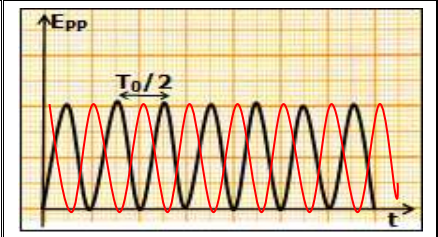
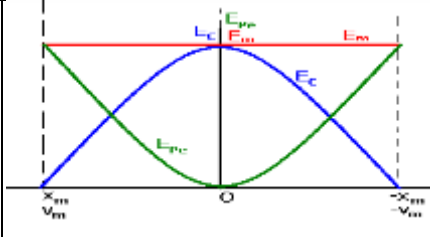
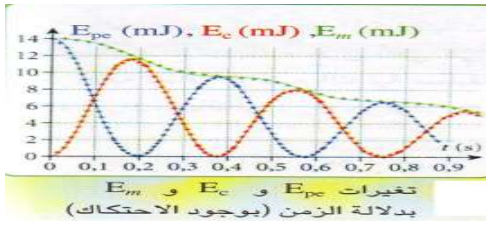
الطاقة الحركية:	طاقة الوضع المرنة:	الطاقة الميكانيكية لمجموعة هي مجموع الطاقة الحركية و طاقة الوضع في هذه اللحظة. $E_m = E_p + E_c$ * $E_c = \frac{1}{2} m \cdot v^2$: الطاقة الحركية للمجموعة . * $E_p = E_{pp} + E_{pe}$: طاقة الوضع للمجموعة . - E_{pp} : طاقة الوضع الثقالية . - E_{pe} : طاقة الوضع المرنة. نختار الحالة المرجعية لطاقة الوضع الثقالية منطبقة مع المستوى الأفقي المار من G ($E_{pp}=0$) ، نتوصل إلى $E_p = E_{pe}$ و بالتالي: " {جسم صلب - نابض} أفقي هي : $E_m = \frac{1}{2} m \cdot v^2 + \frac{1}{2} k \cdot x^2 + cte$ باختيار $E_{p,e}=0$ عند التوازن و باعتبار 0 موضع G عند التوازن نحصل على : $E_m = \frac{1}{2} m \cdot x^2 + \frac{1}{2} k \cdot x^2$
في كل لحظة : $E_c = \frac{1}{2} m \cdot v^2$ m : كتلة المتذبذب v : سرعته في اللحظة t .	طاقة الوضع المرنة لمجموعة {جسم صلب - نابض} في وضع أفقي هي الطاقة التي تختزنها هذه المجموعة من جراء تشويه النابض." $E_{p,e} = \frac{1}{2} k \cdot x^2 + cte$ و باختيار طاقة الوضع المرنة منعدمة في الموضع الموافق للأفصول ($x=0$ ، تكون $E_{p,e}=0$) ، و يعبر عن $E_{p,e}$ بالعلاقة : $E_{p,e} = \frac{1}{2} k \cdot x^2$	

احتكاكات ضعيفة غير مهمة

احتكاكات مهمة

الطاقة بدلالة السرعة او الاقصول

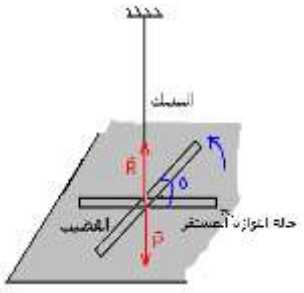
الطاقة بدلالة الزمن



نواس اللي - Le pendule de torsion

I- دراسة خذباته نواس لي:

1- المعادلة التفاضلية:

	المعادلة التفاضلية	القانون الثاني لنيوتن.	تعبير العزم	القوى المطبقة على الجسم (S)	المجموعة المدروسة:
	$\ddot{\theta} + \frac{C}{J_{\Delta}} \cdot \theta = 0$	$M(\vec{R}) + M(\vec{p}) + M_C = J_{\Delta} \cdot \ddot{\theta}$ $\cdot \ddot{\theta} - C \cdot \theta = J_{\Delta}$	$M(\vec{R}) = 0$ $M(\vec{p}) = 0$ $M_C = -C \cdot \theta$	\vec{R} تأثير المحور \vec{P} وزن القضيب مزدوجة اللي	القضيب

2- حل المعادلة التفاضلية:

T_0	θ_m	φ	$(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi)$	حلها يكتب على شكل
الدور الخاص ب s	الوسع amplitude ب (rad).	الطور عند أصل التواريخ (t=0) ب (rad)	طور الذبذبات عند التاريخ t ب (rad).	$\theta(t) = \theta_m \cos(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi)$

3- تعبير الدور الخاص:

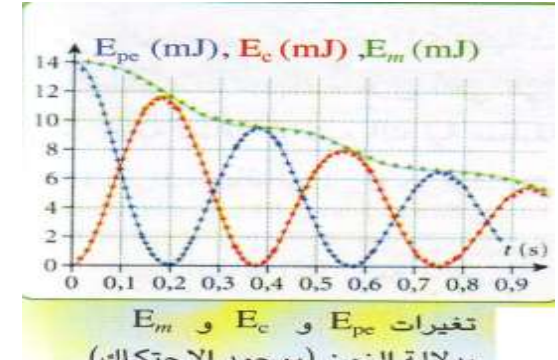
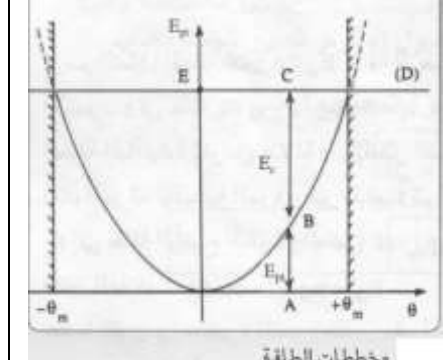
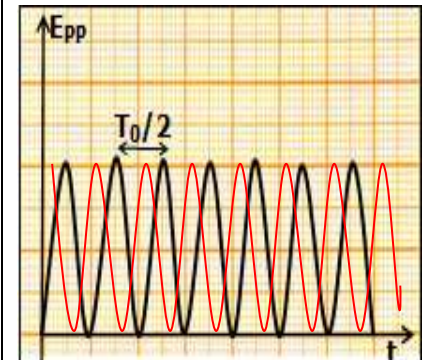
تعبير التسارع	تعبير السرعة	المعادلة الزمنية
$\ddot{\theta} = \frac{d^2\theta}{dt^2} = -\theta_m \cdot \left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 \cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right)$	$\dot{\theta} = \frac{d\theta}{dt} = -\theta_m \cdot \frac{2\pi}{T_0} \sin\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right)$	$\theta(t) = \theta_m \cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right)$

$T_0 = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{J_{\Delta}}{C}}$	بالمماثلة	$\ddot{\theta} = -\theta_m \cdot \left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 \cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right) = -\left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 \theta(t)$ من المعادلة التفاضلية لدينا
	$-\left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 = -\frac{C}{J_{\Delta}}$	$\theta \ddot{\theta} = -\frac{C}{J_{\Delta}} \theta$

II- الدراسة الطاقية للمجموعة {قضيب - سلك اللي}

الطاقة الميكانيكية لمجموعة	طاقة الوضع للي:	الطاقة الحركية:
هي مجموع الطاقة الحركية و طاقة الوضع. $E_m = E_p + E_c$ $E_m = \frac{1}{2} J_{\Delta} \dot{\theta}^2 + \frac{1}{2} C \cdot \theta^2 + Cte$	طاقة الوضع للي لمجموعة {قضيب - سلك اللي} تختزنها هذه المجموعة من جراء تشويه سلك اللي " " $E_{p,t} = \frac{1}{2} C \cdot \theta^2 + Cte$ و باختيار طاقة الوضع للي منعدمة في موضع التوازن المستقر نكتب: $E_{p,t} = \frac{1}{2} C \cdot \theta^2$	$E_c = \frac{1}{2} J_{\Delta} \cdot \dot{\theta}^2$ * J_{Δ} : عزم قصور القضيب * $\dot{\theta}$: السرعة الزاوية لدوران القضيب

مخططات الطاقة ، تغيرات E_m و E_c و E_{pe}

احتكاكات ضعيفة غير مهمة	احتكاكات مهمة	
	طاقة الوضع المرنة بدلالة الافصول	الطاقة بدلالة الزمن
 <p>تغيرات E_{pc} و E_c و E_m بدلالة الزمن (بوجود الاحتكاك)</p>	 <p>مخططات الطاقة</p>	

النواس الوازن-Le pendule pesant

I- دراسة حذبذباته نواس الوازن:

1- المعادلة التفاضلية :

	<p>القانون الثاني لنيوتن. المعادلة التفاضلية</p> $\begin{aligned} M(\vec{R}) + M(\vec{p}) &= J_{\Delta} \cdot \ddot{\theta} \\ \ddot{\theta} - P \cdot OH &= J_{\Delta} \\ \ddot{\theta} - P \cdot OG \cdot \sin\theta &= J_{\Delta} \\ \ddot{\theta} - m \cdot g \cdot OG \cdot \sin\theta &= J_{\Delta} \\ \sin\theta &\approx \theta \text{ صغيرة } \theta \\ -m \cdot g \cdot OG \cdot \theta &= J_{\Delta} \cdot \ddot{\theta} \\ \ddot{\theta} + \frac{m \cdot g \cdot OG}{J_{\Delta}} \cdot \theta &= 0 \end{aligned}$	<p>تعبير العزم</p> $\begin{aligned} M(\vec{R}) &= 0 \\ M(\vec{p}) &= -P \cdot OH \\ \text{حيث} \\ OH &= OG \cdot \sin\theta \end{aligned}$	<p>القوى المطبقة على الجسم (S)</p> <p>تأثير المحور \vec{R} وزن الجسم \vec{P}</p>	<p>المجموع ة المدرسة :</p> <p>الجسم</p>
--	---	--	--	---

2- حل المعادلة التفاضلية:

T_0	θ_m	φ	$(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi)$	<p>حلها يكتب على شكل</p> $\theta(t) = \theta_m \cos(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi)$
الدور الخاص ب s	الوسع amplitude ب (rad).	الطور عند أصل التواريخ (t=0) ب (rad)	طور الذبذبات عند التاريخ t ب (rad).	

3- تعبير الدور الخاص:

تعبير التسارع	تعبير السرعة	المعادلة الزمنية
$\ddot{\theta} = \frac{d^2\theta}{dt^2} = -\theta_m \cdot \left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 \cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right)$	$\dot{\theta} = \frac{d\theta}{dt} = -\theta_m \cdot \frac{2\pi}{T_0} \sin\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right)$	$\theta(t) = \theta_m \cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right)$

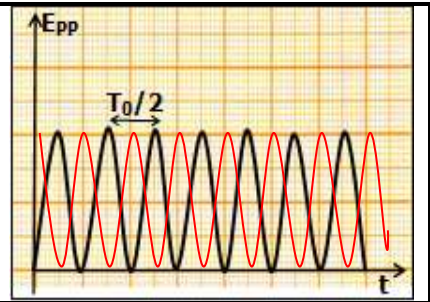
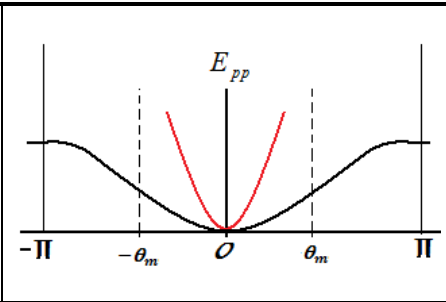
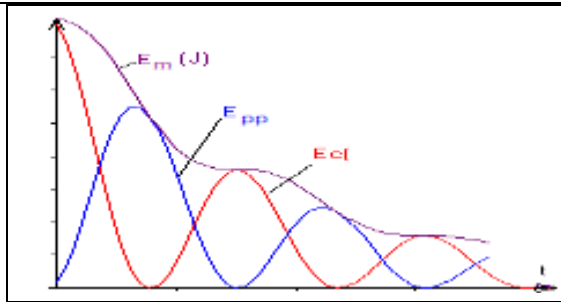
$T_0 = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{J_{\Delta}}{m \cdot g \cdot OG}}$	<p>بالمماثلة</p> $-\left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 = -\frac{m \cdot g \cdot OG}{J_{\Delta}}$	<p>لدينا $\ddot{\theta} = -\theta_m \cdot \left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 \cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right) = -\left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 \theta(t)$</p> <p>من المعادلة التفاضلية لدينا $\ddot{\theta} = -\frac{m \cdot g \cdot OG}{J_{\Delta}} \theta$</p>
---	--	---

II- الدراسة الطاقية للمجموعة {الجسم}

الطاقة الميكانيكية لمجموعة	طاقة الوضع الثقالية	الطاقة الحركية:
<p>هي مجموع الطاقة الحركية و طاقة الوضع.</p> $E_m = E_p + E_c$ $E_m = \frac{1}{2} J_{\Delta} \cdot \dot{\theta}^2 + m \cdot g \cdot d(1 - \cos\theta)$	<p><u>طاقة الوضع الثقالية</u> : $E_{pp} = m \cdot g \cdot z + Cte$</p> <p>* m : كتلة النواس الوازن . * g : شدة مجال الثقالة. * z : أنسوب مركز قصوره ، على محور رأسي موجه نحو الأعلى. * Cte : ثابتة تتعلق بالحالة المرجعية.</p> $E_{pp} = m \cdot g \cdot d(1 - \cos\theta)$ <p>صغيرة θ $\cos\theta \approx 1 - \frac{\theta^2}{2}$</p> <p>و باختيار مرجع طاقة الوضع الثقالية موضع التوازن المستقر نكتب:</p> $E_{pp} = m \cdot g \cdot d(1 - \cos\theta) = \frac{1}{2} m \cdot g \cdot d \cdot \theta^2$	$E_c = \frac{1}{2} J_{\Delta} \cdot \dot{\theta}^2$ <p>* J_{Δ} : عزم قصور الجسم. * $\dot{\theta}$: السرعة الزاوية ل دوران القضيب</p>

مخططات الطاقة ، تغيرات E_m و E_c و E_{pe}

احتكاكات ضعيفة غير مهمة	احتكاكات مهمة	
	طاقة الوضع الثقالية بدلالة الأفضول	الطاقة بدلالة الزمن



	القانون الثاني لنيوتن. المعادلة التفاضلية	تعبير العزم	القوى المطبقة على الجسم (S)	المجموعة المدرسة:
	$M(\vec{R})+M(\vec{p})+ = J_{\Delta} \cdot \ddot{\theta}$ $\cdot \ddot{\theta} - P \cdot OH = J_{\Delta}$ $\cdot \ddot{\theta} - P \cdot l \cdot \sin\theta = J_{\Delta}$ $\cdot \ddot{\theta} - m \cdot g \cdot OG \cdot \sin\theta = J_{\Delta}$ $J_{\Delta} = m \cdot l^2 \text{ و } \sin\theta \approx \theta \text{ صغيرة } \theta$ $-m \cdot g \cdot l \cdot \theta = m \cdot l^2 \cdot \ddot{\theta}$ $\ddot{\theta} + \frac{g}{l} \cdot \theta = 0$ <p>l طول النواس ب (m) و g : شدة الثقالة ب ($m \cdot s^{-2}$)</p>	$M(\vec{R})=0$ $M(\vec{p})=-P \cdot OH$ <p>حيث $OH=OG \cdot \sin\theta$</p>	\vec{T} تأثير المحور \vec{P} وزن الجسم	الجسم

2- حل المعادلة التفاضلية:

T_0	θ_m	φ	$(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi)$	حلها يكتب على شكل
الدور الخاص ب s	الوسع amplitude ب (rad)	الطور عند أصل التواريخ (rad) ب (t=0)	طور الذبذبات عند التاريخ t ب (rad)	$\theta(t) = \theta_m \cos(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi)$

3- تعبير الدور الخاص:

تعبير التسارع	تعبير السرعة	المعادلة الزمنية
$\ddot{\theta} = \frac{d^2\theta}{dt^2} = -\theta_m \cdot \left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 \cos(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi)$	$\dot{\theta} = \frac{d\theta}{dt} = -\theta_m \cdot \frac{2\pi}{T_0} \cos(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi)$	$\theta(t) = \theta_m \cos(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi)$

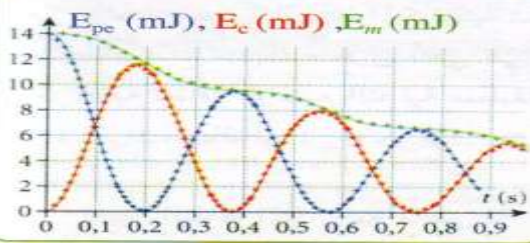
$T_0 = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{l}{g}}$	بالمماثلة $-\left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 = -\frac{g}{l}$	لدينا $\ddot{\theta} = -\theta_m \cdot \left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 \cos(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi) = -\left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 \theta(t)$ من المعادلة التفاضلية لدينا $\theta \ddot{\theta} = -\frac{g}{l}$
---------------------------------------	--	---

II- الدراسة الطاقية للمجموعة {الجسم}

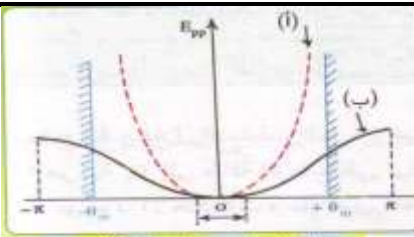
الطاقة الميكانيكية لمجموعة	طاقة الوضع الثقالية	الطاقة الحركية:
هي مجموع الطاقة الحركية و طاقة الوضع. $E_m = E_p + E_c$ $E_m = \frac{1}{2} J_{\Delta} \cdot \dot{\theta}^2 + m \cdot g \cdot d(1 - \cos\theta)$	طاقة الوضع الثقالية : $E_{pp} = m \cdot g \cdot z + Cte$ * كتلة النواس الوزن . * g : شدة مجال الثقالة. * z : أنسوب مركز قصوره ، على محور رأسي موجه نحو الأعلى * Cte : ثابتة تتعلق بالحالة المرجعية. $E_{pp} = m \cdot g \cdot d(1 - \cos\theta)$ حيث $d=l$ * θ صغيرة $\cos\theta \approx 1 - \frac{\theta^2}{2}$ و باختيار مرجع طاقة الوضع الثقالية موضع التوازن المستقر نكتب: $E_{pp} = m \cdot g \cdot d(1 - \cos\theta) = \frac{1}{2} m \cdot g \cdot d \cdot \theta^2$	$E_c = \frac{1}{2} J_{\Delta} \cdot \dot{\theta}^2$ * J_{Δ} : عزم قصور الجسم. * θ : السرعة الزاوية لدوران او $E_c = \frac{1}{2} m \cdot v^2$

مخططات الطاقة ، تغيرات E_m و E_c و E_{pe}

احتكاكات ضعيفة غير مهمة	احتكاكات مهمة	
	طاقة الوضع الثقالية بدلالة الأفضول	الطاقة بدلالة الزمن



تغيرات E_m و E_c و E_{pc} بدلالة الزمن (بوجود الاحتكاك)



تمثيل تغيرات E_{pp} بدلالة θ صغيرة (أ) غير صغيرة (ب)

