كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية
جامعة دمشق
قسم التصميم الميكانيكي

المادة : ديناميك الآلات الاهتزازات
الفصل : (الثاني) 2016/2015
السنة : الرابعة تصميم ميكانيكي

أ- أجب بكلمة صح أو خطأ على العبارات التالية وفي حال كون الإجابة خطأ. اذكر العبارة الصحيحة أو علل ذلك:

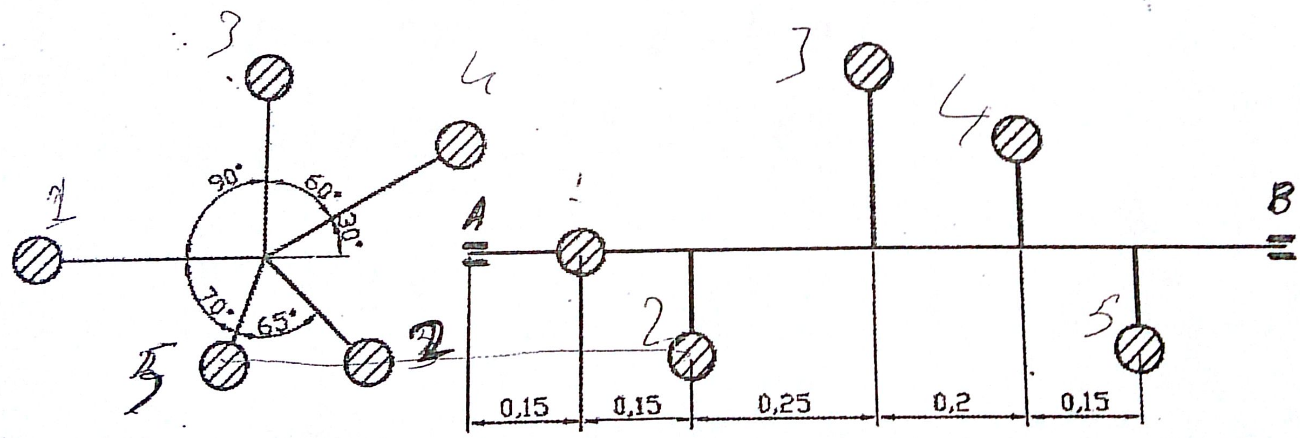
1- تتعين درجة الحرية للميكانيزمات المستوية بالعلاقة $W= 3n-2p1-p2$.

2 – تكون الأسطوانة الدوارة في حالة توازن كلي إذا انطبق مركز ثقلها مع محور دورانها.
3 - يتعلق الطول المكافئ لعمود متدرج بأطوال وأقطار أجزائه المتباينة فقط.
4 - تكون المجموعة الميكانيكية ذات درجتي حرية في وضع توازن مستقر إذا كان المشتق الثاني للطاقة الحركية والطاقة الكامنة أصغر من الصفر.
5 - لتعين تردد الاهتزازات في مجموعة ذات درجة حرية واحدة فإنه من الضروري حل المعادلة التفاضلية للحركة.
6 - يتعلق التناقص اللوغاريتمي لمجموعة ذات تخامد لزج بالشروط الابتدائية للحركة.
7 - تكون الأعمدة المرنة الدوارة في حالة توازن ذاتي إذا كان المشتق الثاني للطاقة الكامنة أكبر من الصفر.
8 - إن استبدال النوابض الحلزونية بنوابض مخروطية في مجموعة اهتزازية ما يجعل المجموعة لاخطية.
9 - إن مكان عقد الاهتزازات يشير إلى النقطة التي يفضل أن تطبق فيها القوى الخارجية.
10- يمكن التحقق من استقرار المجموعات البارمترية باستخدام معادلة لاغرانج من الدرجة الثانية أو باستخدام قانون نيوتن الثاني.

ب- أجب على أحد السؤالين التالين (20).

1 - إستخرج العلاقات العامة التي تستخدم لدراسة توازن اسطوانة دوارة بالنسبة للمحاور (x,y,z).

2- أوجد القوى الموازنة لمجموعة الكتل الدوارة المبينة بالرسم :



علما أن : $AB = 110$ cm $r_1= 30$ cm $r_2= 20$ cm $r_3= 25$ cm
$r_4= 30$ cm $r_5= 15$ cm $m_1= 0.15$ Kg $m_2= 0.2$
$m_3= 0.01$ Kg $m_4= 0.2$ Kg $m_5= 0.3$ Kg.

- حلول ومقترحات أسئلة ميكانيك الآلات والاهتزازات

السؤال الثاني (درجة)

1- صح . 2- خطأ. تحدث هذه الحالة وضع التوازن المستقر . 3- خطأ ويتم تحقق الشرط أيضاً

4- خطأ. المعرفة الذاتية والمحركات الحرة المتعلقة من مسائل الصلابة يجب أن تحقق الشروط الحدية

5- خطأ. يحسب تردد الاهتزازات مباشرة من المعادلة التفاضلية أو من علاقة توازن الطاقة

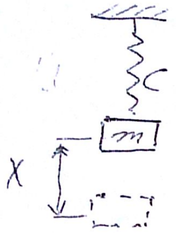
6- خطأ. لا يتعلق بالشروط الابتدائية للحركة. بل بالخصائص الذاتية للمجموعة $\tilde{c} = hT$

7- خطأ. تحدث في حالة توازن ذاتي إذا كان $(\omega) \gg \rho$. 8- صح

9- خطأ. يشير إلى المكان التي تنعدم فيه الاهتزازات حيث يتجنب وضع أجهزة الحماية.

10- خطأ. تطبيق معادلة لاغرانج على مخطط آلية ستريت.

السؤال الثالث (20 علامة)



المجموعة الخطية.

$$E = \frac{1}{2} m \dot{X}^2 \qquad U = \frac{1}{2} c X^2$$

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial E}{\partial \dot{X}}\right) - \frac{\partial E}{\partial X} = -\frac{\partial U}{\partial X}$$

$$\frac{\partial U}{\partial X} = cX \qquad \frac{\partial E}{\partial X} = 0$$

$$\frac{\partial E}{\partial \dot{X}} = m\dot{X} \qquad \frac{d}{dt}\left(\frac{\partial E}{\partial \dot{X}}\right) = m\ddot{X}$$

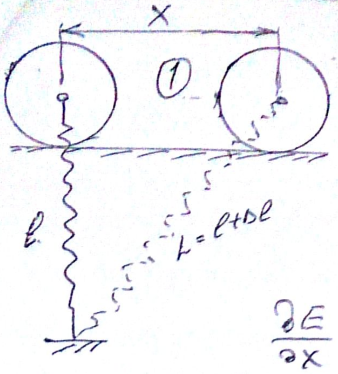
$$m\ddot{X} + cX = 0$$

$$\ddot{X} + \rho^2 X = 0$$

$$\rho = \sqrt{\frac{c}{m}}.$$

إن تردد الاهتزازات في المحركات الخطية يتعلق بالخصائص الذاتية للمجموعة وهو ميزة ثابتة.

(يمكن أن نفترض أي مجموعة خطية أخرى كما يمكن استخراج المعادلة التفاضلية بطريقة أخرى)



المجموعة اللاخطية

$(1)\quad E = \frac{1}{2} m \dot{x}^2 + \frac{1}{2} J \dot{\varphi}^2$

$E = \frac{1}{2} m \dot{x}^2 + \frac{1}{2} \frac{mR^2}{2} \frac{\dot{x}^2}{R^2}, \quad E = \frac{3}{4} m \dot{x}^2 \quad (\frac{1}{2})$

$\frac{\partial E}{\partial x} = 0 \qquad \frac{\partial E}{\partial \dot{x}} = \frac{3}{2} m \dot{x} \qquad \frac{d}{dt}\left(\frac{\partial E}{\partial \dot{x}}\right) = \frac{3}{2} m \ddot{x}$

$(1)\quad U = \frac{1}{2} c \Delta \ell^2 = \frac{1}{2} c \left[\sqrt{x^2+\ell^2} - \ell\right]^2$

$\sqrt{x^2+\ell^2} = \ell \sqrt{1+\frac{x^2}{\ell^2}} \simeq \ell\left(1+\frac{x^2}{2\ell^2}\right) = \ell + \frac{x^2}{2\ell}$

$U = \frac{1}{2} c \left[\ell + \frac{x^2}{2\ell} - \ell\right]^2 = \frac{1}{2} c \frac{x^4}{4\ell^2} \quad (\frac{1}{2}), \qquad \frac{\partial U}{\partial x} = \frac{c x^3}{2\ell^2}$

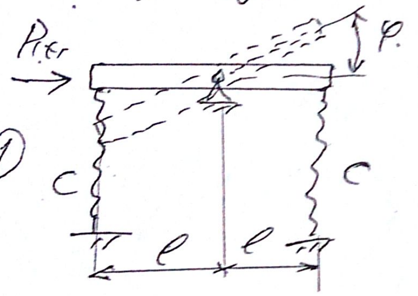
$\frac{3}{2} m \ddot{x} + \frac{c x^3}{2\ell^2} = 0 \qquad \ddot{x} + \frac{c}{3m\ell^2} x^3 = 0 \quad (1) \quad \ddot{x} + \alpha x^3 = 0.$

$(\frac{1}{2})\quad \beta_*^2 = \frac{3}{4} \alpha H^2$

$(\frac{1}{2})$ إن تردد الاهتزازات في المجموعات اللاخطية يتعلق بسعة الاهتزازات إضافة إلى الخصائص الذاتية

(يمكن أن نأخذ أي مجموعة لاخطية أخرى كما يمكن استخراج المعادلة التفاضلية بطريقة أخرى...)

المجموعة البارامترية:



(1)

$J\ddot{\varphi} = -\sum M \quad (1)$

$\sum M = [2c\ell - P_{(t)}]\,\ell\cdot\varphi \quad (1)$

$J\ddot{\varphi} = -[2c\ell - P_{(t)}]\,\varphi\,\ell$

$(1)\quad \ddot{\varphi} + \frac{2c\ell - P_{(t)}}{J}\,\ell\,\varphi = 0$

$(1)\quad \ddot{\varphi} + \Psi_{(t)}\,\varphi = 0$

$(\frac{1}{2})\quad \Psi_{(t)} = \frac{2c\ell - P_{(t)}}{J}\,\ell$

$(\frac{1}{2})$ إن تردد الاهتزازات في المجموعات البارامترية يتعلق بالزمن إضافة إلى الخصائص الذاتية للمجموعة

(يمكن أن نأخذ أي مجموعة بارامترية أخرى كما يمكن استخراج المعادلة التفاضلية بطريقة أخرى...).

(1)

(2) $dP_{ix} = \omega^2 \rho \cos\alpha \, dm - \varepsilon \rho \sin\alpha \, dm$

(2) $dP_{iy} = \omega^2 \rho \sin\alpha \, dm + \varepsilon \rho \cos\alpha \, dm$

(1) $dP_{iz} = 0$

$$P_{ix} = \int dP_{ix} = \omega^2 \int X \cdot dm - \varepsilon \int y \cdot dm$$

(1) $X = \rho \cdot \cos\alpha \qquad y = \rho \cdot \sin\alpha$

$\int X \cdot dm = X_s \cdot m \quad , \quad \int y \cdot dm = y_s \cdot m$

(2) $P_{ix} = \omega^2 X_s m - \varepsilon y_s m$

$P_{iy} = \int dP_{iy} = \omega^2 \int y \, dm + \varepsilon \int X \, dm$

(2) $P_{iy} = \omega^2 y_s \cdot m + \varepsilon X_s m$

(1) $P_{iz} = 0$

(2) $P_i = \sqrt{P_{ix}^2 + P_{iy}^2} = m \sqrt{X_s^2 + y_s^2} \sqrt{\omega^4 + \varepsilon^2} = m \rho_s \sqrt{\omega^4 + \varepsilon^2}$

$dM_{ix} = dP_{iy} z$

$dM_{iy} = dP_{ix} \cdot z$

$dM_{iz} = dP_{ix} y - dP_{iy} X$

(1) $M_{ix} = \int dM_{ix} = \omega^2 \int y z \, dm + \varepsilon \int z X \, dm$

(1) $M_{iy} = \int dM_{iy} = -\omega^2 \int z X \cdot dm + \varepsilon \int z y \cdot dm$

(1) $M_{iz} = \int dM_{iz} = -\varepsilon \int y^2 dm - \varepsilon \int X^2 dm = -\varepsilon \int \rho^2 \cdot dm$

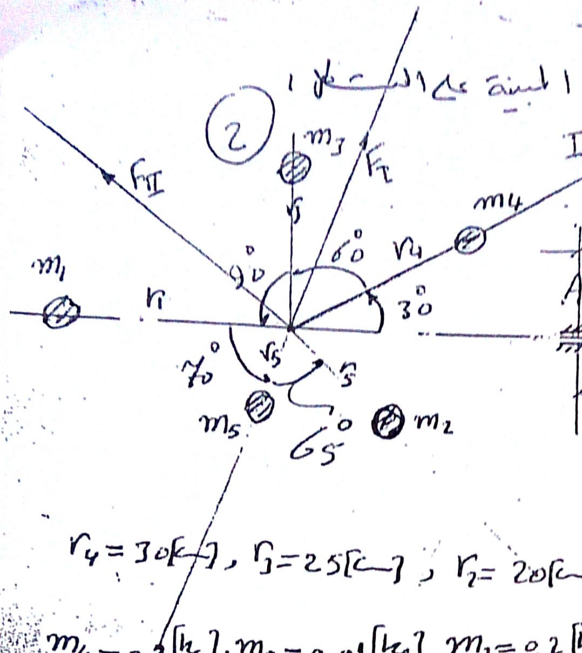
2) تكون الاسطوانة متوازنة ستاتيكياً وديناميكياً إذا كان $P_i = 0$ أي إذا كان مركز الثقل

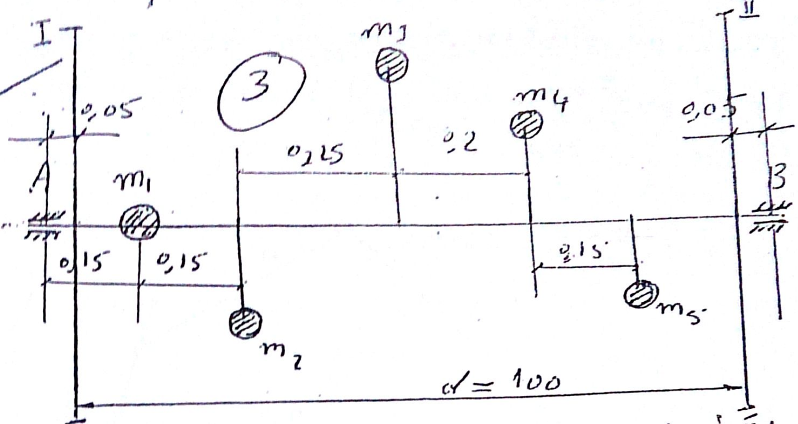
يقع على محور الدوران وكذلك إذا كان $M_{ix} = 0$ و $M_{iy} = 0$ أي $\int X z \, dm = 0$ و $\int y z \, dm = 0$

∴ أن محور الدوران عبارة عن محور العطالة المركزي الرئيسي

بينما يتوازن العزم M_{iz} مع العزوم الخارجية المطبقة على الأسطوانة.

- أوجد أثقال الموازنة لمجموعة الكتل الدوارة المبينة على الشكل ١





علماً أن: $\overline{AB} = 110$ [cm] ، $r_1 = 30$ [cm] و $r_2 = 20$ [cm] و $r_3 = 25$ [cm] ، $r_4 = 30$ [cm]

$r_5 = 15$ [cm]

$m_1 = 0{,}15$ [kg] و $m_2 = 0{,}2$ [kg] $m_3 = 0{,}01$ [kg] ، $m_4 = 0{,}2$ [kg]

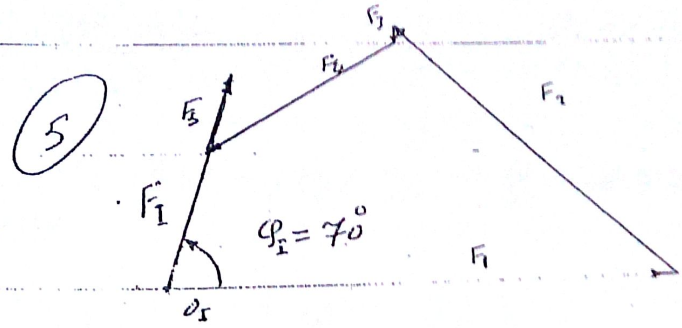
$m_5 = 0{,}3$ [kg]

4

المستوي	الكتلة m_i	نصف القطر r_i	القوة منسوبة للجذر $m_i \cdot r_i$	البعد عن I, a_i	البعد عن II, b_i	القوة في المستوي I $m_i \cdot r_i \, b_i/d$	القوة في المستوي II $m_i \cdot r_i \cdot a_i/d$
1	0,15	0,3	0,045	0,1	0,9	-0,0405	-0,0045
2	0,2	0,2	0,04	0,25	0,75	-0,03	-0,01
3	0,01	0,25	0,0025	0,5	0,5	-0,00125	-0,00125
4	0,2	0,3	0,06	0,7	0,3	-0,018	-0,042
5	0,3	0,15	0,045	0,85	0,15	-0,00675	-0,03825

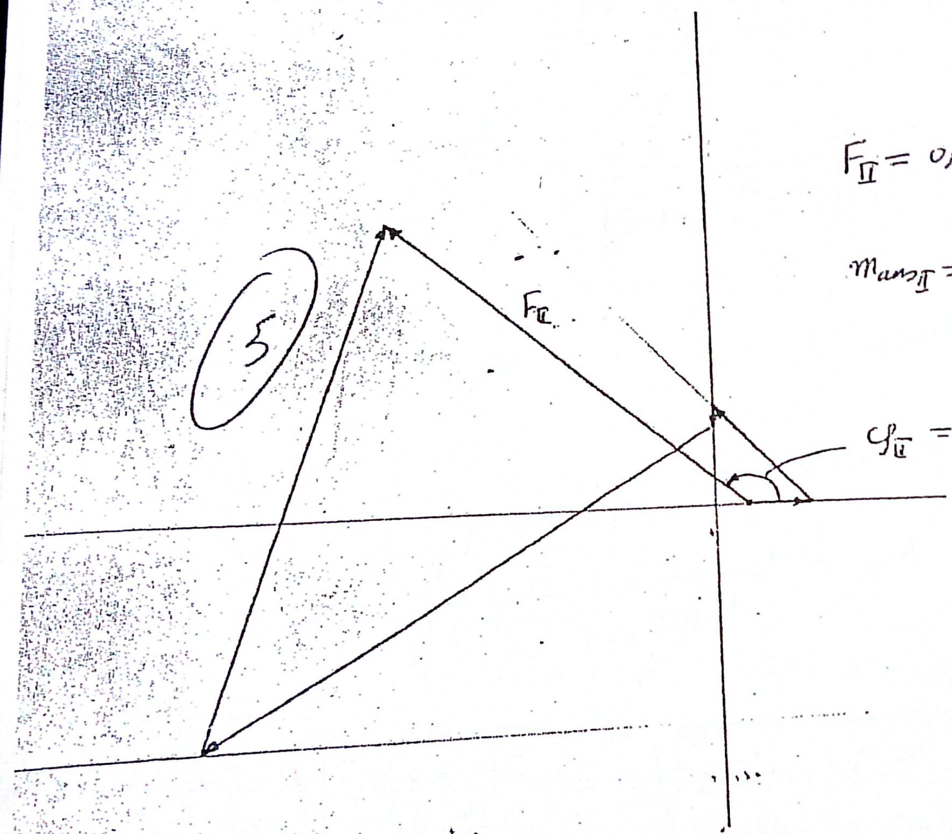
$F_{I} = 0,01875$ [kg·m]

$m_{ausI} = \dfrac{0,01875}{0,25} = 0,075$ [kg]



$F_{II} = 0,0335$ [kg·m]

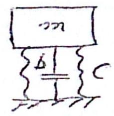
$m_{ausII} = \dfrac{0,0335}{0,25} = 0,135$ [kg]



حل المسألة (السؤال الفقرة) 20 علامة

سعة الاهتزازات:

$$X_{st} = H = \frac{P_0}{C\sqrt{\left(1-\frac{\omega^2}{\beta^2}\right)^2+\left(\frac{2h\omega}{\beta^2}\right)^2}}$$



$P(t) = P_0 \sin\omega t$

(1) $$\omega = \frac{\pi n}{30} = \frac{\pi \cdot 2800}{30} = 293{,}2\ \frac{1}{sec} \qquad \omega^2 = 85975{,}22\ \frac{1}{sec}$$

(1) $$\beta^2 = \frac{c}{m} = \frac{600\cdot 10^3}{1000}\cdot 9{,}81 = 5886\ \frac{1}{sec^2} \qquad \beta = 76{,}72\ \frac{1}{sec}$$

$$\frac{\omega}{\beta} = \frac{293{,}2}{76{,}72} = 3{,}82 \qquad \frac{\omega^2}{\beta^2} = 14{,}6$$

(1) $$X_{st} = H = \frac{300}{600\cdot 10^3\sqrt{\left[1-\left(\frac{293{,}2}{76{,}72}\right)^2\right]^2+(0{,}1)^2\cdot\left(\frac{293{,}2}{76{,}72}\right)^2}} \qquad 0{,}5\cdot 10^{-3}\cdot 0{,}0735$$

$$X_{st} = H = 0{,}5\cdot 10^{-3}\cdot\frac{1}{\sqrt{[1-14{,}6]^2+(0{,}146)}} = 0{,}5\cdot 10^{-3}\cdot\frac{1}{\sqrt{(-13{,}6)^2+(0{,}146)}}$$

(2) $$X_{st} = 0{,}03675\,mm$$

الانتقال الشاقولي الأعظمي.

معامل عزل الاهتزازات يعين بالعلاقة:

(2) $$\mu_T = \frac{\sqrt{1+\left(\frac{2h\omega}{\beta^2}\right)^2}}{\sqrt{\left(1-\frac{\omega^2}{\beta^2}\right)^2+\left(\frac{2h\omega}{\beta^2}\right)^2}} = \mu\cdot\sqrt{1+\left(\frac{2h\omega}{\beta^2}\right)^2}$$

$$\sqrt{1+\left(\frac{2h\omega}{\beta^2}\right)^2} = \sqrt{1+(0{,}1)^2\cdot 14{,}6} = \sqrt{1{,}146} = 1{,}0705$$

(2) $$\mu_T = 1{,}0705\cdot\frac{1}{13{,}6057} = 0{,}07868$$ معامل عزل الاهتزازات

-٨-

القدرة المنقولة إلى القواعد عبر النوابض والمخمدات!

(2) $$R_0 = \mu_x \cdot P_0$$

(1) $$R_0 = 0{,}0786 \cdot 300 = 23{,}6 \quad \text{نيوتن}$$

إذا فرضنا أن عدد الدورات انخفض إلى النصف فما هو تأثير ذلك على سعة الاهتزازات

(1) $$\omega' = \frac{\pi n}{2 \cdot 30} = \frac{\pi \cdot 2800}{2 \cdot 30} = 146{,}6$$

$$\omega'^2 = 21493{,}8$$

$$\frac{\omega'}{\rho} = \frac{146{,}6}{76{,}72} = 1{,}91 \quad , \quad \frac{\omega'^2}{\rho^2} = 3{,}65$$

(1) $$H' = 0{,}5 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{1}{\sqrt{\left[1-(1{,}91)^2\right]^2 + (0{,}1)^2 \cdot (1{,}91)^2}} = \frac{1}{\sqrt{2{,}648 + 0{,}0364}}$$

(2) $$H' = 0{,}5 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{1}{2{,}6568} = 0{,}188 \text{ mm}$$

نسبة تغير سعة الاهتزازات

(2) $$\frac{H'}{H} = \frac{0{,}188}{0{,}0367} = 5{,}128$$

إذاً عند خفض عدد الدورات إلى النصف فإن سعة الاهتزازات تزداد بمقدار 5,128 مرة. حيث يتجه المنحني إلى منطقة الطنين.