

د . هشام جبر

أستاذ محاضر

(دبلوم مهندس . ماجستير . دكتوراه)

نظرية

الاهتزازات والأمواج

الميكانيكية



ديوان المطبوعات الجامعية

1-1-620-1

٤٥  
١-٦٢٥-١-١ د . هشام جبر  
أستاذ محاضر

(دبلوم مهندس . ماجستير . دكتوراه)

نظرية

الاهتزازات والأمواج

الميكانيكية

الطبعة 1993



ديوان المطبوعات الجامعية

الساحة المركزية - بن عكنون - الجزائر

## المحتويات

### الصفحة

1	...	...	...	...	...	...	...	...	مقدمة
2	...	...	...	...	...	...	...	...	(0) مدخل

## الفصل الاول

4	...	...	...	...	...	...	...	...	(1) الحركة التوافقية البسيطة
4	...	...	...	...	...	...	...	...	1.1 المعادلة التفاضلية للحركة التوافقية البسيطة
5	...	...	...	...	...	...	...	...	2.1 التمثيل الشعاعي للحركة التوافقية البسيطة
6	...	...	...	...	...	...	...	...	3.1 خصائص الحركة التوافقية البسيطة
8	...	...	...	...	...	...	...	...	4.1 حل المعادلة التفاضلية للحركة التوافقية البسيطة
9	...	...	...	...	...	...	...	...	5.1 جمع عدد من الحركات التوافقية المتساوية في التردد
10	...	...	...	...	...	...	...	...	6.1 محصلة دالتين توافقيتين متعامدتين
13	...	...	...	...	...	...	...	...	7.1 ظاهرة النبضات ( الضربات )

## الفصل الثاني

16	...	...	...	...	...	...	...	...	(2) الاهتزازات الحرة غير الممعدة - درجة حرية واحدة
16	...	...	...	...	...	...	...	...	1.2 اشتقاق معادلة الحركة وايجاد التواتر الطبيعي للنظام
16	...	...	...	...	...	...	...	...	1.1.2 طريقة الاشران
21	...	...	...	...	...	...	...	...	2.1.2 طريقة الطاقة
24	...	...	...	...	...	...	...	...	3.1.2 طريقة لاغرانج
26	...	...	...	...	...	...	...	...	4.1.2 طريقة رايلي
28	...	...	...	...	...	...	...	...	5.1.2 مثال محلول بطرق مختلفة
32	...	...	...	...	...	...	...	...	2.2 بصد عدم ظهور الوزن في المعادلة التفاضلية للحركة
34	...	...	...	...	...	...	...	...	3.2 ايجاد الكتلة المكافئة في النموذج المثالي المبسط
36	...	...	...	...	...	...	...	...	4.2 ايجاد النابض المكافيء في النموذج المثالي المبسط

37	1.4.2	النايض المكافيء لنواتض على التوازي وعلى التسلسل ...
39	2.4.2	النايض المكافيء لذراع مرتبط بنايضين ... ..
41	3.4.2	النايض المكافيء في نظام هيدروليكي ... ..
43	4.4.2	النايض المكافيء في نظام هوائي ... ..
47	5.2	الاستقرار وشروطه للاهتزازات الحرة غير المخمدة ... ..
48	1.5.2	الحركة في القاع ... ..
50	2.5.2	الحركة في القمة ... ..
52	6.2	مستوى الاطوار للاهتزازات الحرة غير المخمدة ... ..
54	7.2	تمارين محلولة ... ..

### الفصل الثالث

63	(3)	الاهتزازات الحرة المخمدة - درجة حرية واحدة ... ..
64	1.3	التخامد اللزوجي للاهتزازات الحرة ... ..
69	2.3	التناقص اللوغارثمي ... ..
70	3.3	الطاقة المتبددة بسبب التخامد اللزوجي ... ..
71	4.3	تخامد كولومب ... ..
76	5.3	مقارنة بين طبيعتي التخامد اللزوجي وتخامد كولومب ... ..
76	6.3	الاستقرار وشروطه للاهتزازات الحرة المخمدة ... ..
79	7.3	تمارين محلولة ... ..

### الفصل الرابع

89	(4)	الاهتزازات الحرة لنظام متعدد درجات الحرية ... ..
89	1.4	الاهتزازات الحرة لنظام ذو درجتين من الحرية ... ..
89	1.1.4	دراسة الاهتزازات الحرة لنوايين مترابطين ... ..

1.1.1.4 نواسين مترابطين على التوازي - نموذج

90 ... .. ترابط المرونة

90 ... .. أ - اشتقاق المعادلتين التفاضليتين للحركة

92 ... .. ب - ايجاد التواترين الطبيعيين

94 ... .. ج - ايجاد النمطين الاساسيين للحركة

94 ... .. د - حل معادلتين الحركة

95 ... .. هـ - تطبيق الشروط الابتدائية للحركة

2.1.1.4 نواسين مترابطين على التسلسل - نموذج

97 ... .. ترابط العطالة

98 ... .. 2.1.4 دراسة نموذج مبسط لاهتزازات سيارة في المستوى الطولي

102 ... .. 2.4 الاهتزازات الحرة لنظام ذو ثلاثة درجات من الحرية

1.2.4 دراسة حركة ثلاثة كتل مترابطة بأوتار أفقية -

102 ... .. نموذج ترابط المرونة

102 ... .. أ - اشتقاق المعادلات التفاضلية للحركة

104 ... .. ب - ايجاد التواترات الطبيعية

105 ... .. ج - ايجاد الأنماط الأساسية للحركة

107 ... .. د - حل معادلات الحركة

2.2.4 دراسة الحركة المترابطة في نواس ثلاثي مركب -

107 ... .. نموذج ترابط العطالة

112 ... .. 3.4 تمارين محلولة

الفصل الخامس

129 ... .. (5) الاهتزازات القسرية لنظام ذو درجة حرية واحدة

129 ... .. 1.5' الاهتزازات القسرية بتأثير قوة خارجية دورية

129	... ..	1.1.5	اشتقاق معادلة الحركة وحلها
132	... ..	2.1.5	مناقشة العوامل المؤثرة على سعة الاهتزاز القسري
134	... ..	3.1.5	طريقة بياني متجهات القوى لاجدادالتكامل الخاص
135	... ..	4.1.5	الاهتزازات القسرية لنظام كهربائي
137	... ..	5.1.5	ظاهرة الرنين ومعامل الجودة
139	... ..	2.5	الاهتزازات القسرية بتأثير كتلة دوارة لا متمركزة
139	... ..	1.2.5	اشتقاق معادلة الحركة وحلها
140	... ..	2.2.5	مناقشة العوامل المؤثرة على سعة الاهتزاز القسري
142	... ..	3.5	الاهتزازات القسرية بتأثير حركة المسند
142	... ..	1.3.5	اشتقاق معادلة الحركة وحلها
144	... ..	2.3.5	مناقشة العوامل المؤثرة على سعة الاهتزاز القسري
146	... ..	3.3.5	دراسة اهتزازات عربة على طريق متموج
148	... ..	4.5	القوى الديناميكية المنقولة الى المسند
150	... ..	5.5	تمارين محلولة

### الفصل السادس

159	... ..	(6)	الاهتزازات القسرية لنظام متعدد درجات الحرية
159	... ..	1.6	الاهتزازات القسرية لنظام ميكانيكي ذو درجتين من الحرية
162	... ..	2.6	الاهتزازات القسرية لنظام كهربائي ذو درجتين من الحرية
164	... ..	3.6	ممتصات الاهتزاز
166	... ..	4.6	الاهتزازات القسرية لنظام كهروميكانيكي
169	... ..	5.6	الاهتزازات القسرية المخمدة لنظام ذو درجتين من الحرية
171	... ..	6.6	الاهتزازات القسرية لنظام ذو ثلاثة درجات من الحرية
175	... ..	7.6	التكافؤ الميكانيكي الكهربائي
177	... ..	8.6	تمارين محلولة

	(7) اهتزازات لاخطية	...
191	...	...
191	1.7 اهتزازات نواس بسيط بزوايا ليست صغيرة	...
192	2.7 نظام ذو ثابت نابض متغير	...
193	3.7 اهتزازات مشاركة ذاتيا	...
193	1.3.7 الاهتزازات المشاركة بسبب تغير معامل الاحتكاك	...
195	2.3.7 اهتزازات يثيرها انسياب الموائع	...
196	4.7 ذبذبات الارتخاء	...
196	1.4.7 نموذج كهربائي - دائرة مصباح النيون	...
197	2.4.7 نموذج ميكانيكي - خزان تانتال	...

## الفصل الثامن

	(8) الامواج العرضية	...
199	...	...
199	1.8 مقدمة في الامواج	...
199	2.8 الانتشار الحر للامواج العرضية في وتر	...
200	1.2.8 اشتقاق المعادلة الموجية	...
201	2.2.8 حل المعادلة الموجية بطريقة فصل المتغيرات	...
203	3.2.8 ايجاد انماط الذبذبة لوتر مشد من نهايتيه	...
204	4.2.8 تطبيق الشروط الابتدائية	...
206	3.8 الانتشار الحر للامواج العرضية المتخامدة في وتر	...
208	4.8 الانتشار القسري للامواج العرضية في وتر	...
208	1.4.8 الانتشار القسري للامواج في وتر بتأثير قوة خارجية خطية	...
208	2.4.8 الانتشار القسري للامواج في وتر بتأثير حركة احدى نهايتيه	...
210	...	...

212 5.8 الانتشار الحر للامواج العرضية في صفحة رقيقة ... ..

215 6.8 تمارين محلولة ... ..

الفصل التاسع

219 (9) الأمواج الطولية ... ..

219 1.9 الانتشار الحر للامواج الطولية في قضيب معدني ... ..

221 2.9 الانتشار القسري للامواج الطولية في قضيب معدني ... ..

222 3.9 الانتشار الحر للامواج الطولية في مائع ... ..

224 4.9 الامواج الصوتية ... ..

227 5.9 انعكاس الأمواج الصوتية ... ..

229 6.9 تأثير (ظاهرة) دوبلر ... ..

230 7.9 تمارين محلولة ... ..

الفصل العاشر

236 (10) انتشار الامواج في نظام متماثل عديد درجات الحرية ... ..

1.10 الانتشار الحر للامواج العرضية في سلسلة من الكتل المثبتة

236 على وتر ... ..

242 2.10 الانتشار الحر للامواج الطولية في سلسلة من الكتل المترابطة ...

246 3.10 الانتشار القسري للامواج الطولية في سلسلة من الكتل المترابطة ..

248 4.10 الانتشار الحر للامواج في سلسلة من النواويس المترابطة ...

250 5.10 الانتشار القسري للامواج في سلسلة من النواويس المترابطة ..

250 1.5.10 دراسة تأثير تواتر الاشارة على حركة النظام ... ..

253 2.5.10 ايجاد الحل العام لحركة النواويس للاهتزاز القسري ...

256 6.10 تمارين محلولة ... ..

الملاحق

- الملحق (1) معجم مصطلحات الاهتزازات والامواج ... .. 261  
عربي - انجليزي - فرنسي - ألماني
- الملحق (2) جدول مصطلحات الاهتزازات والامواج ... .. 277  
( حسب الحروف الابدجية الفرنسية )
- الملحق (3) اشتقاق معادلة لاغرانج ... .. 283
- الملحق (4) الحروف الاغريقية ... .. 287

المراجع

1. المراجع بالعربية ... .. 288
2. المراجع بالانجليزية ... .. 288
3. المراجع بالفرنسية ... .. 290
4. المراجع بالألمانية ... .. 291
- جدول الرموز والوحدات المستعملة ... .. 292