بسم الله الرحمن الرحيم

الملخص العربى

تتميز الموائع المغناطيسية بأنها مكونة من جسيمات مغناطيسية متناهية في الصغر(١٠٠ أنجشتروم ، أو ١٠$^{-٦}$ سنتيمتر) ، حيث تشكل تلك الجسيمات منظومة مستقرة بواسطة غطاء رقيق سمكه ٢٥ أنجشتروم ، بحيث يمنع التصاقها مع بعضها البعض في وجود مجال مغناطيسي . وللموائع المغناطيسية تطبيقات عديدة في مجالات شتى ، حيث أنها تستخدم في المجالات البيولوجية مثل مجال تشخيص الأمراض ومجال التكنولوجيا الحيوية. وتعتبر الموائع المغناطيسية من الموضوعات ذات الاهتمام الأصيل في مجالي الرياضيات والفيزياء، حيث تمتلك العديد من التطبيقات في مجالات العلوم البينية وعرض المعلومات و الطباعة، الفيزياء النووية مثل المفاعلات النووية ، تجارب التحكم النووي و اندماج أشعة الليزر، علم الفلك مثل الاستفادة من الأقمار الصناعية في الملاحة ، الأرصاد الجوية ، واستقرار بواطن الكواكب والأجرام السماوية ، الجيولوجيا مثل استخراج البترول من تحت مياه البحر والاستفادة من المياه الجوفية في استصلاح الأراضي القريبة منها.

تتناول هذه الرسالة دراسة الاستقرار الخطي وغير الخطي لموائع مغناطيسية تحت تأثير مجالات مغناطيسية متنوعة . ويعتبر الهدف الرئيسي لهذه الرسالة هو دراسة حركة الموائع اللزجة و غير اللزجة ، حيث أنه قد تم صياغة معادلات الحركة للنظام وتطبيق الشروط الحدية المناسبة وذلك باستخدام نظرية الاضطرابات غير الخطية وقد استخدمت طريقة التدرج المتضاعف (The multiple scales method) للحصول على شروط الاستقرار.

وتتكون هذه الرسالة من أربعة أبواب :

الباب الأول : يحتوى على مقدمة تاريخية تتضمن عرضاً لأهم الدراسات السابقة لعلم الموائع المغناطيسية وتطبيقاته المختلفة ، وكذلك المعادلات التي تصف حركة الموائع والمجال المغناطيسي والشروط الحدية المناسبة لها . ولقد ناقشنا مفاهيم استقرار الاتزان الهيدروديناميكي ، مع شرح الخطوط العريضة لإحدى طرق نظرية

الاضطراب حيث أُختِيرَت طريقة التدرج المتضاعف والتي تستخدم كثيراً في حل المعادلات التفاضلية غير الخطية . ثم قدمنا عرضاً لعدم استقرار نموذج كلفن-هيلمهولتز (Kelvin-Helmholtz) . وفي الفقرة الأخيرة ناقشنا شروط الاستقرار لمعادلة ماثيو التفاضلية (Mathieu's equation) .

الباب الثاني : يتناول دراسة الاستقرار الخطى للموائع المغناطيسية التي تنساب في بعدين في وجود غشاء رقيق فاصل مع انتقال لكل من الكتلة و الحرارة عبر هذا الغشاء ، آخذين في الاعتبار تأثير مجال مغناطيسي مائل ودوري.

ولقد تناولت الدراسة مناقشة تأثير المجال المغناطيسي في حالات عديدة تحليليا وبيانياً. وقد وجد أن تأثير المجال المائل الثابت يعتمد بقوة على زوايا الميل : فأحياناً يكون له تأثير استقراري وأحياناً أخرى يكون له تأثير غير استقراري ، بينما الغشاء الفاصل له تأثير غير استقراري دائماً. وفى حالة عدم وجود سرعات الانسياب وجد أن انتقال الكتلة والحرارة ليس له أي تأثير.

في حالة المجال المعتمد على الزمن فإن تذبذب المجال محكوم بمعادلة تفاضلية خطية من الرتبة الثانية ذات معاملات متغيرة ومركبة. وفى الحالة الخاصة أمكننا الحصول على معادلة ماثيو التفاضلية والتي نوقشت في وجود انتقال كلٍ من الكتلة والحرارة وسرعات الانسياب واتجاه المجال ، حيث تم تحديد مناطق الاستقرار وعدم الاستقرار.

الباب الثالث : ويتعلق بدراسة تأثير المجال المغناطيسي المائل على الاستقرار الخطي للسطح الفاصل بين مائعين مغناطيسيين لزجين محدودي السمك وغير قابلين للانضغاط ، وينسابان بسرعتين منتظمتين أفقيتين مختلفتين ، مع الأخذ في الاعتبار كلاً من : التوتر السطحي والجاذبية الأرضية ، بالإضافة إلى تأثير اللزوجة المرنة . ونظراً لتعقيد المسألة ، إعتبرنا تأثير اللزوجة واللزوجة المرنة على السطح الفاصل فقط وذلك من خلال الشروط الحدية . ولهذا تم حل معادلات الحركة في غياب اللزوجة واللزوجة المرنة . وباستخدام نظرية الاضطراب حصلنا على علاقة التشتت في صورة

كثيرة حدود من الدرجة الثانية في التردد الزاوي ، معاملاتها أعداد حقيقية (لنموذج ريلي-تيلور Rayleigh-Taylor) أو أعداد مركبة (لنموذج كلفن-هيلمهولتز Kelvin-Helmholtz). وقمنا بدراسة كل نموذج على حدة ، وأمكننا الحصول على الشروط اللازمة و الكافية لحدوث الاستقرار للنموذجين ، ونوقشت هذه الشروط نظرياً وعددياً ، ومن ثم رسم المنحنيات الانتقالية لمناطق الاستقرار وعدم الاستقرار. واتضح أن هذه الشروط تعتمد على سمك المائع ، اتجاه المجال المغناطيسي ، النفاذية المغناطيسية ، الكثافة ، التوتر السطحي ، الجاذبية الأرضية ، العدد الموجي ، بالإضافة إلى معاملات اللزوجة واللزوجة المرنة وسرعات الانسياب . وأظهرت الدراسة النظرية والعددية أن معامل التوتر السطحي له تأثير استقراري بينما سرعات الانسياب لها تأثير غير استقراري . كما تبين لنا أن معامل اللزوجة المرنة له تأثير غير استقراري ، ويعد تأثيره أقوى من تأثير معامل اللزوجة . ويلاحظ أن التأثير القوي لمعامل اللزوجة المرنة يكون عند القيم الصغرى للعدد الموجي أما بالنسبة للمجال المغناطيسي فإن المجال المماسي يحدث دوراً استقرارياً بعكس المجال العمودي ، الأمر الذي يتفق مع العديد من الدراسات السابقة التي تمت في النظرية الخطية للاستقرار ، بينما المجال المائل فإنه يعتمد على زاويتي الميل وسمك المائعين ، وبذلك يكون للمجال المائل دوراً مزدوجاً (مستقر أحياناً وغير مستقر أحياناً أخرى) .

<u>الباب الرابع</u> : وفيه قمنا بدراسة الاستقرار الخطي وغير الخطي لمائعين مغناطيسيين مختلفين يتدفقان بسرعتين مختلفتين خلال وسطين ذوي طبيعة مسامية مختلفة ويتعرضان لتأثير مجال مغناطيسي عمودي على السطح الفاصل بينهما ، مع الأخذ في الاعتبار وجود الجاذبية الأرضية والتوتر السطحي . وهذا النظام يعد من الناحية الرياضية شديد التعقيد بل يكون مستحيل في حالة وجود موائع ذات لزوجة عالية . وهذا يرجع إلي عدم إمكانية تطبيق الشروط الحدية الخاصة باتصال مركبة السرعة الأفقية. لذلك فقد اعتبرنا تأثير اللزوجة في الشروط الحدية فقط (كما في الباب الثالث) مما يتيح فرصة لاستبعاد بعض الثوابت الاختيارية والتي معها يقل عدد الشروط الحدية المطلوبة . وتتضح فكرة الاستقرار غير الخطي بحل معادلات الحركة في وجود

الشروط الحدية المناسبة . وباستخدام مفكوك ماكلورين وطريقة التدرج المتضاعف لفك كميات الاضطراب المختلفة ، وحلول المعادلات التي تحكمها سواء كانت خطية أو غير خطية ، حصلنا في الحالة الخطية على علاقة التشتت ومنها تمت دراسة عدد من الحالات الخاصة بالإضافة إلي الحالة العامة . وقد أظهرت المنحنيات الانتقالية التأثير غير الاستقراري للمجال المغناطيسي العمودي ، بينما سرعات التدفق تعمل على تقليل هذا التأثير غير الاستقراري.

وفى الحالة غير الخطية توصلنا إلى معادلتين تفاضليتين جزئيتين ، ومنهما حصلنا على معادلة الانتشار غير الخطية (Nonlinear diffusion equation) والتي تصف سلوك النظام. وقد استخدمت هذه المعادلة لمناقشة شروط الاستقرار غير الخطي للنظام تحليلياً وعددياً ، حيث وجد أن سرعتي التدفق وسمك المائعين لهم تأثير مزدوج على استقرار النظام .

وفي الحالة الخاصة عندما يكون المائعان نصف لانهائيين ، وجدنا أن منحنى الرنين الثاني ينطبق على منحنى معدل تغير سرعة المجموعة ، وبالتالي تم تخفيض شروط الاستقرار . ولقد اتضح أن تأثير المجال المغناطيسي على شكل الاستقرار في النظرية غير الخطية تسبب في وجود مناطق جديدة مستقرة وغير مستقرة تبعاً لاختلاف معاملات دارسي (Darcy) .