دراسة نظرية لتفاعلات ليزرات اليتروات ليزر مع البلازما

إبتسام محمد الزهراني

د. أسامه بن محمد السيد يس

مستخلص

في هذه الرسالة تمت دراسة نظرية لموضوع تفاعل التيراوات ليزر مع المادة لإنتاج البلازما ومع البلازما لإنتاج مجالات كهربية عالية الشدة يمكن استخدامها في عملية تعجيل الإلكترونات بل والبروتونات والأيونات أيضاً، وقد قمنا باختيار مسألتين هامتين من مسائل تفاعل الليزر عالي الشدة مع البلازما وهما: ١.مسألة التأين النفقي لغاز الهليوم باستخدام التيراوات ليزر لإنتاج البلازما. ٢.مسألة إنتاج المجالات الكهربية المقتفية خلف نبضة الليزر عالي الشدة عند اختراقها للبلازما. حيث بدأت هذه الدراسة بالتعرف على الأسس الفيزيائية التي يقوم عليها عملية توليد ذبذبات الليزر عالية الشدة وبالغة القصر، والأسس النظرية لسلوك الذرات في المجالات الكهربية القوية، وآليات تأين المواد المختلفة، وكيف يتغير سلوك الذرة خلال التأين مع شدة المجالات الكهربية المؤثرة على المادة، كذلك تناولنا كيف تسلك الإلكترونات في البلازما تحت وطأة المجالات الكهربية الشديدة، وتم التعرف بعد ذلك على عملية تكون البلازما من تفاعل التيراوات ليزر مع المادة، والفرق بين طبيعة البلازما المتكونة من نبضة ليزر طويلة وأخرى قصيرة، والخواص الأساسية للبلازما عامة، ثم استعراضنا أسس انتشار الموجات الكهرومغناطيسية (موجات الليزر) في البلازما من حيث اختراقها للبلازما وشروط انعكاس هذه الموجات عند الكثافة الحرجة، وشكل انتشار الموجات وارتدادها وكيف تقترن هذه الموجات مع البلازما والشروط الواجب توافرها لهذا الاقتران، وتناولنا آليات امتصاص طاقة موجات شعاع الليزر داخل البلازما، كما تم التعرف على أنواع المعجلات المختلفة التي تقوم نظرية عملها على فيزياء تفاعلات الليزر مع البلازما . ومن ثم تم وصف برنامج المحاكاة (OOPIC) المستخدم في حل المسألتين قيد البحث. أشارت نتائج هذه الدراسة التي توضح فيزياء انتشار الليزر داخل غاز الهليوم المتعادل، وآليات التأين النفقي الذي يظهر عند شدة ليزر في مدى التيراوات وكيف يقوم هذا النوع من الليزرات بتأيين كامل للغاز المستخدم وتكوين البلازما. وفي المسألة الثانية تم قذف ليزر التيراوات عالي الشدة إلى بلازما موجودة مسبقاً بكثافة معلومة واتضح من النتائج كيفية تكون المجال المقتفي خلف نبضة التيراوات ليزر، وكيفية تأثر إلكترونات البلازما بهذه المجالات.

theorical study of the lnteactions of terawatt lasers with plasma

ebtsam mohammed al. zahrani

dr.osama mohmmed aseied yassin

Abstract

A theoretical study was conducted of the interactions of Terawatt Lasers with matter to produce plasma, and with plasma to produce high electric fields that can be used in the process of accelerating electrons, protons and ions as well. Two important issues of the interaction of high-intensity laser with the plasma were selected: 1. The tunnelling ionization of helium using Terawatt Lasers to produce plasma. 2.The production of Wakefield behind the high-intensity laser pulse when penetrating the plasma. This study began with identifying some underlying physical principles of the process of generating intense laser pulses that are high and very short . The thesis investigated the behaviour of atoms in intense electric fields, the different mechanisms for substances ionization, and how the behaviour of the atom changes during the ionization with the high intensity of electric fields affecting the substance. In this study, we included how electrons in the plasma behave when exposed to high electric fields, and identified then the process of plasma formation from the interaction of Terawatt Lasers with the matter. We also mentioned the difference between the nature of the plasma formed by long and short pulse lasers and demonstrated the fundamental properties of the plasma in general. Then , the foundations of propagation of electromagnetic waves (laser waves) in the plasma in terms of penetration of the plasma and the conditions of the reflection of such waves when the density is critical, the shape and reflection of waves propagation, how such waves coupled with the plasma and the required conditions for this coupling were reviewed. Moreover, we have dealt with the absorption mechanisms of the waves energy of the laser beam inside the plasma. The theory of different types of laser-plasma accelerators was also discussed. The simulation program (OOPIC) used in solving the issues under discussion was described in brief. The results of this study, which describes the physics of the propagation of laser in neutral helium, and the tunnelling ionization mechanisms that appears when the intensity of the laser is over the terawatt and how these types of lasers can fully ionize the gas used in the composition of the plasma. In the second issue, the high-intensity terawatt laser interacts with the already known-density pre-existing plasma and the results showed how the Wakefield was formed behind the terawatt laser pulse, and how the plasma electrons affected by these fields.