IRFU : Institut de recherche sur les lois fondamentales de l'univers

Saclay

DPhP

ÉTUDE DE LA PROPULSION SPATIALE À ANTIMATIÈRE

Spécialité Physique corpusculaire des accélérateurs

Niveau d'étude Bac+3

Formation Master 1

Unité d'accueil DPhP

Candidature avant le 26/10/2019

Durée 6 mois

Poursuite possible en thèse non

Contact TUCHMING Boris
+33 1 69 08 97 78
boris.tuchming@cea.fr

Autre lien
http://irfu.cea.fr/Phocea/file.php?class=pisp&reload=1537975059&file=boris.tuchming/files/123/antimatter_propulsion_english.pdf

Résumé

Il s'agira d'étudier avec une simulation un système de propulsion spatial basé sur l'utilisation d'antimatière. L'étude portera sur le système "beamed-core" qui repose sur une tuyère magnétique canalysant les produits d'annhilation proton-antiproton.

Sujet détaillé

Le CEA-IRFU et le CNES ont débuté une collaboration pour établir les principes de base d'un système de propulsion utilisant de l'antimatière, dans la perspective de voyages spatiaux lointains. Cette collaboration s'appuie sur l'expérience Gbar (Gravitationnal Behavior of Antihydrogen at Rest) qui a pour but de produire un grand nombre d'atomes d'antihydrogène, pour en mesurer l'accélération dans le champ gravitationnel terrestre et tester le principe d'équivalence d'Einstein.

Plusieurs schéma de principes ont déjà été proposé dans la littérature pour utiliser les propriétés des antiprotons ou de l'antihydrogène. D'une part la haute densité énergétique, typiquement 1000 fois plus grande que pour la fission nucléaire, en fait un réservoir énergétique indépassable. En outre, comparés à son pendant nucléaire, un système thermique à antimatière solutionne la plupart des problèmes de sûreté nucléaire associés aux combustibles et déchets radioactifs. Mais ce sont surtout ses propriétés d'annihilation avec la matière qui sont les plus prometteuses. D'une part on pourrait induire sur de très petites échelles spatiales des réactions de fission nucléaire, permettant de catalyser et contrôler des mini ou micro-réactions de fusion nucléaire. D'autre part les produits d'annihilation, par exemple ceux d'un antiproton sur de l'hydrogène, ont des vitesses relativistes. Un réacteur dit beamed-core, éjectant directement ces produits, à l'aide d'un système magnétique, permettrait à un véhicule spatiale d'atteindre des vitesses proche de la lumière, condition nécessaire pour voyager au-delà du système solaire.
Si les plus gros verrous technologiques à l'exploitation de l'antimatière sont sa production et son stockage, il est

néanmoins intéressant d'étudier en détail son exploitation dans une tuyère à antimatière.

L'étude de la propulsion spatiale abordera succinctement les deux premiers aspects, production et stockage, pour ensuite se concentrer sur la production de poussée.
L'objectif du stage est de s'appuyer sur des logiciels de simulation (Geant) afin d'étudier et d'optimiser une tuyère beamed-core. Les paramètres à examiner, sont entre autres, la géométrie de la tuyère, les champs magnétiques, ainsi que les boucliers antiradiations et les dissipateurs thermiques.

Mots clés

propulsion spatiale, antimatière, physique des particules, Geant4

Compétences

Simulation d'annihilation proton-antiproton avec Geant4

Logiciels

Geant4, C++, linux or mac, scripts (python, shell)

STUDY OF SPACE PROPULSION BASED ON ANTIMATTER

Summary

The goal is to study space propulsion based on antimatter. The study will simulate a "beamed-core" system which consists of a magnetic nozzle directing the flux of particles arising from proton-antiproton annihilations.

Full description

CEA-IRFU and CNES (French National Space Agency) have started a collaborative work to establish the ground of a space propulsion system based on antimatter. This collaboration relies on the Gbar experiment whose purpose is the production of a large number of antihydrogen atoms and the measurement of their free fall in the Earth's gravitational field.

Several schemes of space propulsion have been proposed in the literature, that exploit the properties of antiprotons or antihydrogen atoms. Firstly the high energetic density, 1000 times as high as for nuclear fission, makes antimatter an unsurpassable energetic tank. Compared to a fission reactor, an antimatter reactor would also solve most of the issues related to safety and transport of radioactive matter. Before all, the annihilation properties of antimatter are the most interesting. On one hand antimatter can be used to induce nuclear reaction on very small spatial scale, that would catalyse and control mini or micro nuclear fusion reaction. On the other hand, the product of annihilation of antiprotons onto protons have relativistic velocities. A so called « beamed-core » spaceship ejecting directly annihilation products using a magnetic nozzle could reach a fraction of the speed of light, which is necessary to be capable of traveling beyond the solar system.
The main technological lock to the use of antimatter are its production and storage. It is nevertheless interesting to study and design an antimatter nozzle.

The study of space propulsion will briefly be dedicated to the question of production and storage before focusing on the production of thrust.
The main goal of the internship is to use simulation software (Geant) to study and optimise a beamed-core nozzle. The parameters to examine will be, the overall geometry, the magnetic system, the radiation shields and the heat sinks.

Keywords

space propulsion, antimatter, physique des particules, Geant4

Skills

Geant4 simulation to study proton-antiproton annhilation

Softwares

Geant4, C++, linux or mac, scripts (python, shell)