

GENERALIDADES SOBRE LA PROPULSIÓN IÓNICA PARA SISTEMAS ESPACIALES

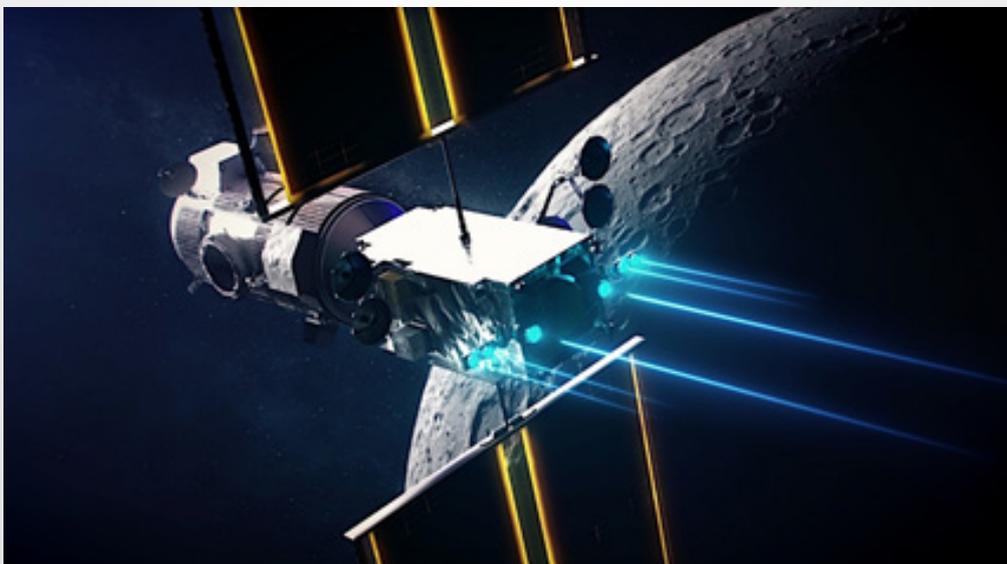
Introducción

La exploración espacial ha sido una de las metas más ambiciosas de la humanidad desde hace décadas. La posibilidad de viajar a otros planetas y explorar el universo ha sido una de las principales razones por las que se ha desarrollado la tecnología aeroespacial. Sin embargo, la propulsión de naves espaciales sigue siendo uno de los mayores desafíos. A lo largo de los años, los sistemas de propulsión química han sido los más utilizados, sin embargo en las últimas décadas la propulsión iónica se consolida como una alternativa viable y efectiva. Actualmente, cientos de impulsores iónicos operan con éxito en múltiples satélites para ajustar su órbita, e inclusive se utiliza con mayor frecuencia como fuente de propulsión primaria para misiones de espacio profundo.

En este artículo, se explorarán las nociones básicas sobre la propulsión iónica y su aplicación en las naves espaciales. Se describirá el funcionamiento de estos sistemas de propulsión, las tecnologías involucradas y las ventajas y desventajas de su uso. También se verán los últimos avances y desarrollos en el campo de la propulsión iónica.

1. ¿Qué es la propulsión iónica?

Es un tipo de propulsión que utiliza electricidad para ionizar y acelerar un gas. La propulsión iónica utiliza una fuente de energía eléctrica, tales como paneles solares, para ionizar átomos de gas. Los iones resultantes son acelerados por un campo eléctrico y expulsados a través de un propulsor, proporcionando una fuerza de empuje. Existen tipos diferentes de propulsores iónicos, incluyendo los de iones de helio, de xenón (los de uso más difundido) y de argón.



Representación hipotética de nave espacial impulsada por propulsores iónicos

2. Principios de funcionamiento

Un motor de propulsión iónica funciona de una forma relativamente simple. El propulsor consiste en una cámara de ionización, una rejilla de aceleración y un dispositivo de expulsión. El gas propulsor, que suele ser un gas noble, se introduce en la cámara de ionización, donde se ioniza mediante la aplicación de una corriente eléctrica. Los iones resultantes son entonces acelerados a través de la rejilla de aceleración, que se carga eléctricamente, proporcionando una fuerza de empuje. Los iones acelerados salen del propulsor a una velocidad muy alta, proporcionando una propulsión suave y constante. El proceso de ionización y aceleración es muy eficiente, lo que significa que la propulsión iónica requiere mucha menos energía que los motores convencionales.

Aunque algunos materiales como el Cesio y el Mercurio se han investigado en el pasado, el Xenón es el propelente preferido para los impulsores iónicos ya que, a pesar de su alto costo, tiene propiedades que lo hacen superior. El Xenón es un gas noble, esto hace que no interaccione químicamente con los materiales del impulsor y por lo tanto no los degrade. Además, no es peligroso de manejar, no se condensa en los componentes de la nave, su gran masa atómica genera mayor empuje para una potencia de entrada dada y su relativa alta densidad hace que requiera menor volumen de almacenamiento. El Xenón además, requiere menos energía de ionización.

3. Tipos de impulsores iónicos

Los utilizados son el impulsor de iones a través de rejillas y el impulsor de efecto Hall.

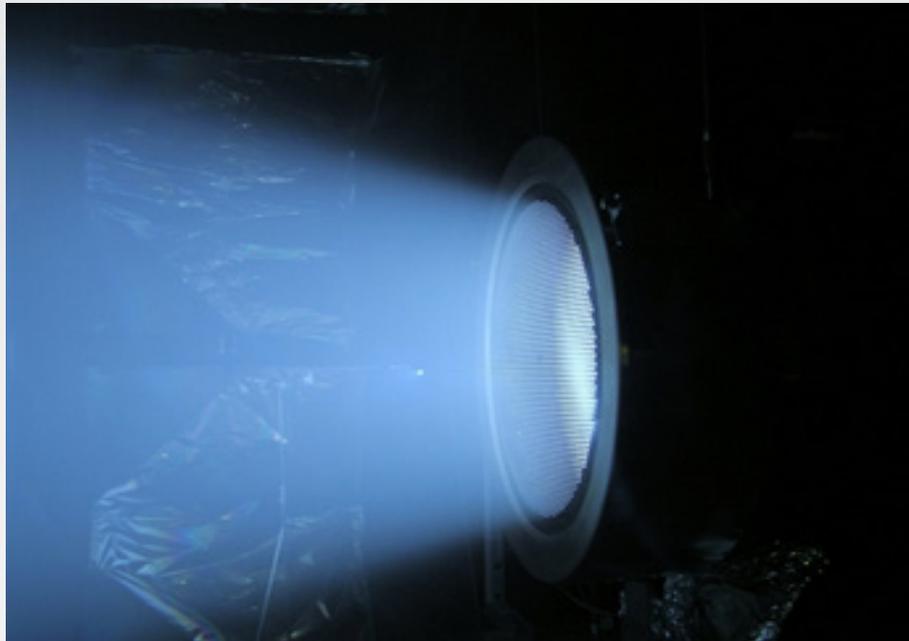
3.1. Impulsor de iones a través de rejillas o de extracción electrostática

Inyectan propelente a una cámara en donde éste se ioniza a partir de los choques que reciben sus átomos por electrones lanzados por un cañón de electrones. Los iones positivos son acelerados por un par de rejillas cargadas eléctricamente colocadas a la salida de la cámara y salen a gran velocidad a través de sus orificios. Una vez que los iones han salido del impulsor, un cátodo emite electrones para neutralizar a las partículas cargadas, evitando que la nave adquiera carga eléctrica y los iones se regresen.



Diagrama esquemático de un impulsor iónico de rejillas

Fotografía de un impulsor iónico de rejillas en operación.



3.2. Impulsores por efecto Hall

Utilizan campos eléctricos y magnéticos para crear un plasma y expulsar los iones a alta velocidad para generar empuje. Funcionan con un principio similar al impulsor de extracción electrostática de iones. Sin embargo, en lugar de usar rejillas cargadas eléctricamente para acelerar los iones, un campo magnético captura electrones que emanan de un cátodo externo a la cámara de ionización. En los impulsores por efecto Hall, los electrones salen del cátodo externo y son atraídos por el ánodo con carga positiva en la base de la cámara de ionización. Antes de alcanzar el ánodo, los electrones se encuentran con un campo magnético radial a la cámara, perpendicular al campo eléctrico, lo que provoca que desvíen su trayectoria de acuerdo a un fenómeno conocido como el Efecto Hall y que hace que formen una nube que gira alrededor del centro de la salida de la cámara. Esta nube de electrones sirve para ionizar a los átomos de propelente y una vez cargados eléctricamente son expulsados por efecto del campo eléctrico que existe en la cámara.

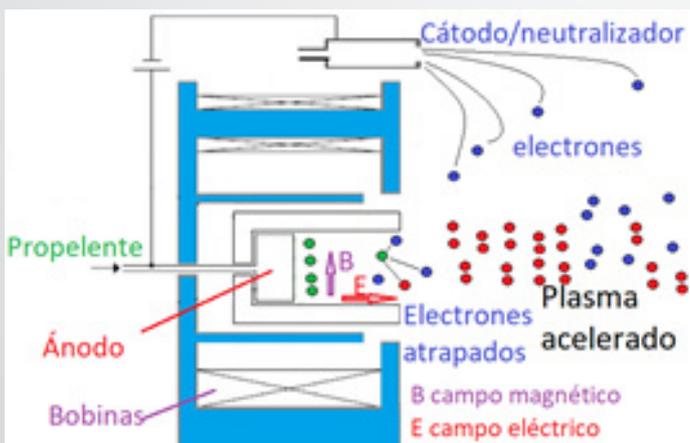


Diagrama esquemático de un impulsor por efecto Hall

Los impulsores Hall son dispositivos relativamente sencillos, sin embargo su funcionamiento depende de una física mucho más complicada que la de los impulsores de iones para producir empuje.

La eficiencia y el impulso específico de los impulsores por efecto Hall son típicamente menores que las que se pueden lograr en los impulsores de extracción electrostática, pero la relación empuje-potencia es más alta y el dispositivo requiere menos fuentes de alimentación para operar. La vida útil de los impulsores por efecto Hall suele ser más corta que los impulsores de extracción electrostática (en el orden de 10,000 horas), pero su eficiencia es generalmente más alta que éstos últimos.



Fotografía de un impulsor de efecto Hall en operación.

4.- Ventajas y desventajas de la propulsión iónica

4.1. Ventajas

Para comprender las ventajas de la propulsión iónica, consideremos la propulsión química. En esta, la máxima velocidad de expulsión del propelente está limitada por la energía interna que se libera en la reacción química en donde se combinan el combustible y el oxidante. Por ello, la velocidad máxima que puede alcanzar el propelente es del orden de 4.5 km/seg. Así, es deseable encontrar un tipo de propulsión en la que no exista esta limitación y que permita inyectar energía externa al propelente para que alcance velocidades de expulsión mayores. La propulsión iónica tiene varias ventajas sobre los motores convencionales, algunas de estas ventajas son:

Eficiencia energética: La propulsión iónica utiliza mucha menos energía que los motores de combustión interna. Esto se debe a que los iones producidos en la cámara de ionización tienen una masa mucho menor que las partículas producidas en la combustión de combustibles convencionales. Por lo tanto, la cantidad de energía requerida para acelerar los iones es mucho menor que la energía necesaria para acelerar los gases producidos en los motores de combustión interna. Esto resulta en un mayor rendimiento y eficiencia energética.

Velocidad: La propulsión iónica es capaz de proporcionar una velocidad constante a lo largo del tiempo, en contraposición a la propulsión convencional que requiere aceleraciones y frenadas frecuentes. Esto significa que, aunque la velocidad inicial puede ser menor, la velocidad final de la nave espacial puede ser mucho mayor en misiones de larga duración.

Vida útil: Los motores de propulsión iónica tienen una vida útil mucho más larga que los motores de combustión interna. Los motores de combustión interna se desgastan rápidamente debido al calor y la fricción, mientras que los motores de propulsión iónica no tienen este problema.

Ahorro de combustible: La propulsión iónica utiliza una cantidad muy pequeña de combustible, lo que significa que una nave espacial puede transportar más carga útil y tener un mayor alcance.

4.2. Desventajas

Los impulsores iónicos más recientes pueden proporcionar sólo 0.5 newtons (unos 48 gramos fuerza) de empuje, equivalente a la fuerza que se siente al sostener una barra de chocolate. Estos impulsores se deben usar en el vacío para operar a los niveles de potencia disponibles y no se pueden usar para colocar una nave espacial en el espacio porque se necesitan grandes cantidades de empuje para escapar de la gravedad y la atmósfera de la Tierra. A manera de síntesis mencionamos lo siguiente:

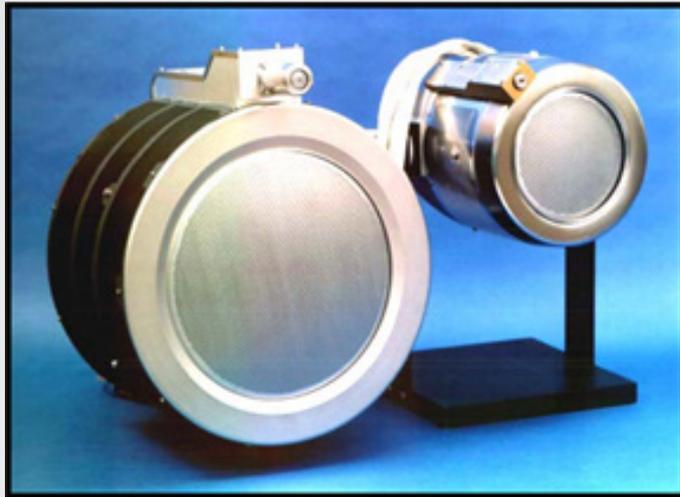
Fuerza de empuje limitada: La fuerza de empuje producida por los motores de propulsión iónica es muy baja en comparación con los motores de combustión interna. Esto significa que la nave espacial tardará más tiempo en alcanzar su destino y que el motor no es adecuado para maniobras de alta precisión.

Velocidad máxima limitada: La velocidad máxima de una nave espacial equipada con un motor de propulsión iónica es limitada en comparación con los motores de combustión interna.

Requerimientos de energía: La propulsión iónica requiere una gran cantidad de energía eléctrica para funcionar. Esto significa que se necesitan grandes paneles solares o baterías para proporcionar la energía necesaria.

5.- Últimos avances en la propulsión iónica

Actualmente hay más de 200 satélites geoestacionarios que utilizan impulsores iónicos con propulsión iónica para mantener la órbita. Un ejemplo de estos impulsores es el XIPS (Xenón Ion Propulsion System).



Impulsores iónicos XIPS

Los últimos avances en la tecnología están mejorando la eficiencia y la capacidad de empuje de estos motores. Una de las últimas tecnologías en el campo de la propulsión iónica es el motor de iones de alta potencia, que utiliza un sistema de iones de alta energía para mejorar la eficiencia y la velocidad de la nave espacial.

Otro avance importante es el motor de plasma, este utiliza un gas ionizado como fuente de propulsión. A medida que el gas se ioniza, se produce una gran cantidad de energía, lo que permite que la nave espacial alcance velocidades mucho mayores que las alcanzadas con la propulsión iónica convencional. La NASA ha estado trabajando en un motor de plasma experimental llamado VASIMR (Variable Specific Impulse Magnetoplasma Rocket) que utiliza un gas ionizado de helio o hidrógeno como propulsor. El motor VASIMR es capaz de generar empujes muy altos y alcanzar velocidades mucho mayores que los motores de iónicos actuales.

El 24 de noviembre de 2021 fue lanzada la sonda DART de la NASA, destinada a probar un método de defensa planetaria. De manera deliberada, la sonda espacial se estrelló contra el asteroide binario 65803 Didymos, para probar si la energía cinética del impacto de una nave espacial podría desviar con éxito un asteroide en curso de colisión con la Tierra. La sonda hizo uso de un motor iónico NEXT-C (NASA Evolutionary Xenon Thruster-Commercial). Es la primera vez que se usa este motor avanzado, con empuje variable de entre 25 y 235 milinewton.



Representación de la sonda DART de la NASA

A medida que avanza la tecnología, la propulsión iónica aumentará como propulsión primaria en aplicaciones científicas en el espacio profundo. Muchos lanzamientos planificados de misiones científicas utilizarán impulsores de iones y por efecto Hall, en los próximos años veremos una mayor utilización de la propulsión iónica en el espacio.

6.- Conclusiones

La propulsión iónica es una tecnología de propulsión avanzada que ofrece una serie de ventajas sobre los motores utilizados en las naves espaciales convencionales. Aunque la propulsión iónica tiene algunas limitaciones, la investigación y el desarrollo en esta área han llevado a avances significativos en los últimos años.

La propulsión iónica ha demostrado ser particularmente útil en misiones de larga duración, donde la eficiencia energética y la vida útil del motor son factores críticos. Además, los últimos avances en tecnología, como los motores de iones de alta potencia y los motores de plasma, están mejorando la eficiencia y la capacidad de empuje de estos motores.

A medida que la exploración espacial continúa evolucionando, es probable que la propulsión iónica desempeñe un papel cada vez más importante en las misiones espaciales futuras. Con la investigación y el desarrollo continuos, la propulsión iónica podría proporcionar una alternativa viable y eficiente a los motores convencionales utilizados actualmente en las naves espaciales.

7.- Bibliografía

- Marín D., Lanzamiento de la sonda DART: nace la era de la defensa planetaria. Consultado el 15/04/2023, disponible en: <https://danielmarin.naukas.com/2021/11/24/lanzamiento-de-la-sonda-dart-nace-la-era-de-la-defensa-planetaria/>
- Blog Small is more., Motores Iónicos: La Revolución que nos llevará por el Sistema Solar... Consultado el 15/04/2023, disponible en <https://www.rankia.com/blog/small-is-more/5176325-motores-ionicos-revolucion-que-llevara-por-sistema-solar>
- Duarte C., Propulsión iónica para naves espaciales. Consultado el 15/04/2023, disponible en <https://haciaespacio.aem.gob.mx/revistadigital/articul.php?interior=828>
- Martínez M., ¿Sabías que existen los motores de iones? Consultado el 15/04/2023, disponible en <https://www.bloglenovo.es/motores-de-iones-que-son/>
- López A., Ad Astra se perfila como único desarrollador del motor de plasma. Consultado el 15/04/2023, disponible en <https://www.avionrevue.com/espacio/ad-astra-sortea-crisis-por-pandemia-y-se-perfila-como-unico-desarrollador-del-motor-de-plasma/>

Autor : Ing. Jesús Aragonéz - Director Adjunto

Edición : Lic. Dara Carrion Contreras, Responsable de Marketing e Imagen Corporativa

¡Contáctanos!

Celular : 998368833

Correo : citeenergia@citeenergia.com.pe

Dirección : Mz. G Lote 2 y 3 Parque Industrial Ancón

CITE energía

Lima / Silicon Technology



PERÚ

Ministerio
de la Producción

