

Geleceğin İtici Sistemleri 1: Elektrostatik İyon İtici

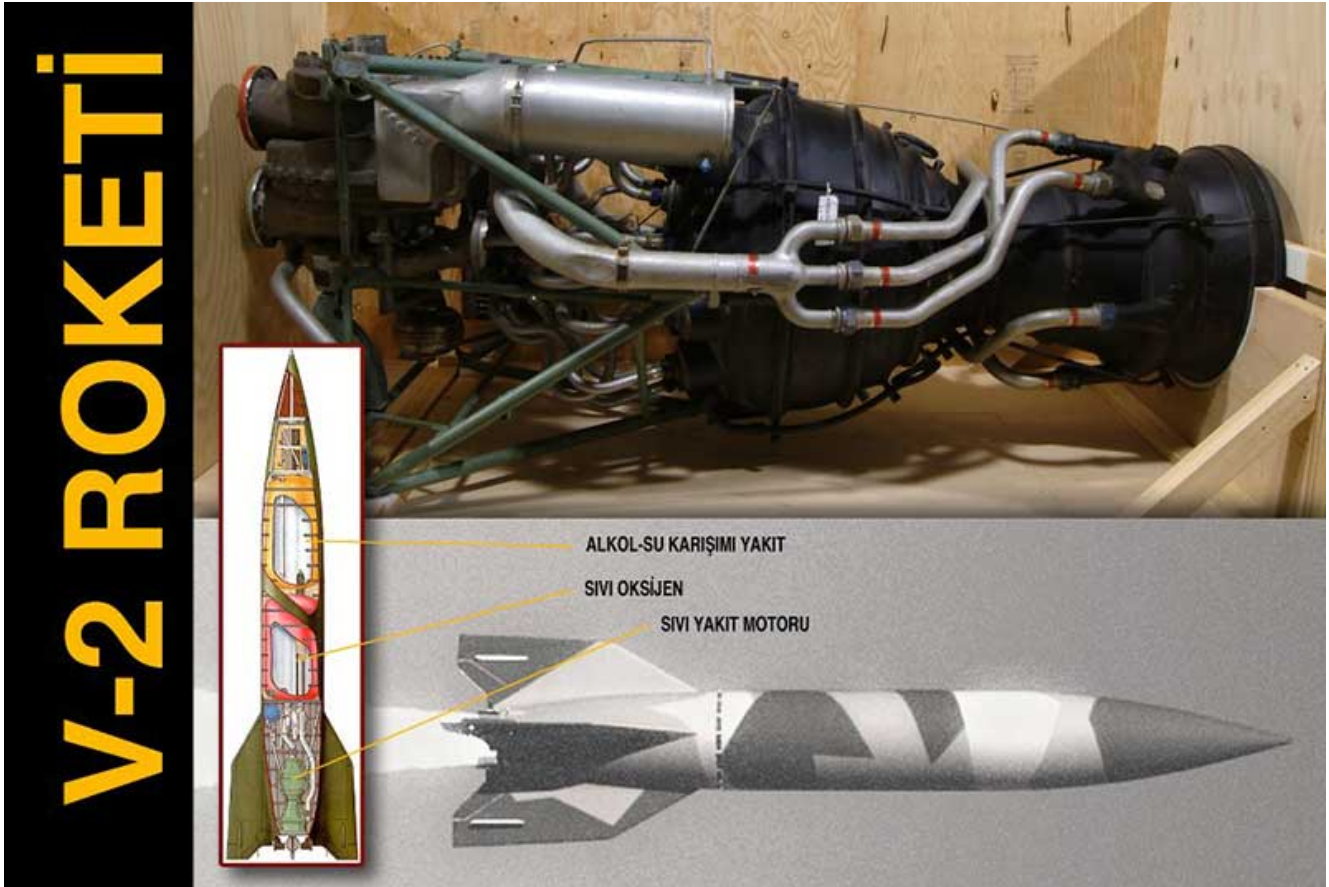
Aulus Gellius isimli Romalı yazar eserlerinde, milattan önce 400 yıllarında, Yunanlı bilim insanı Archytas'ın bir icadından bahseder. Bu icat, bir tel hatta bağlı olduğu düşünülen ve buhar yardımıyla kendi başına 200 metre uçan kuş şeklinde bir modeldir. Bu model insanlık tarihinde, kendi itki sistemiyle "uçtuğu" söylenen ilk yapay cihazdır. 2.400 yıl sonra günümüzde; her an gökyüzünde 10.000'den fazla uçak uçarken, uzaya çoğu başarılı yüze yakın sivil amaçlı roket fırlatıldı.

Bir zamanlar buharlı sistemler teknolojinin doruk noktasını temsil ederken 20. yüzyılda kimyasal roketler bizi uzaya çıkardı. 21. yüzyılın ilk yıllarında ise derin uzay keşif görevleri için ilk kez iyon iticisi denen, kimyasal tepkimesi olmayan elektrikli itki sistemleri geliştirildi. Nedir peki bu iyon iticileri? Nasıl çalışırlar? ve geleneksel roketlerden hangi alanlarda daha iyiler?

Konumuzla ilgili detaylara inmeden önce roketlerle ilgili biraz bilgi paylaşalım.

Roket nedir?

Roketler, yakıcı ve yanıcı maddelerden oluşan yakıtlarını yanlarında taşıyan jet motorlarıdır. Uçaklardaki jet motorları uçakta taşınan yakıt ile dışarıdan alınan havadaki oksijeni, yakıcı olarak karıştırma prensibi ile çalışırken, roketler hem yakıtı hem de yakıcı olan oksijeni yanlarında taşır ve bu sayede uzayda da çalışabilirler.



İlk başarılı sıvı yakıtlı roket olan Alman V2 füzesi.

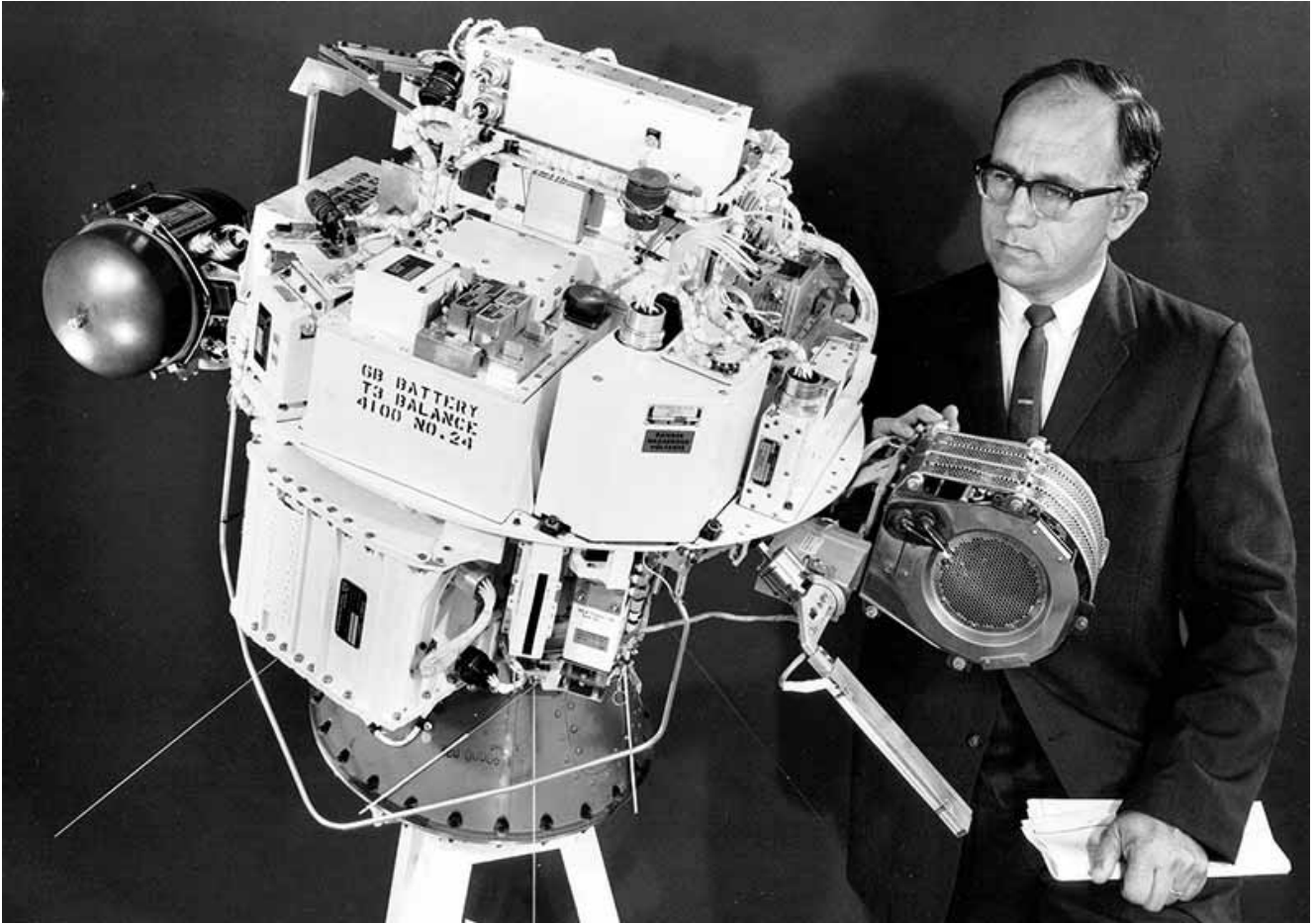
Roketlerin birçok farklı çeşidi bulunur;

Günümüzde kullanılan kimyasal roketlerde, yakıt tipi katı veya sıvı olarak ikiye ayrılır. Özellikle 2. Dünya savaşının V-2 roketleri, kullanılan sıvı yakıt ile uzay çalışmalarını için öncü olmuşlardır. V-2 ile ilgili detaylı bilgileri ilgili yazımızda bulabilirsiniz.

Kimyasal roketler, kullanılan yakıtın sıvı-katı durumu dışında tek, çift yada üç tip yakıt kullanan ve dışarıdan alınan hava ile verimliliği artırılan roketler gibi alt çeşitlere ayrılır. Kimyasal roketler dışında, elektrikli iticiler, termal roketler, Güneş ışığı ile desteklenen termal roketler, lazer ve mikrodalga destekli roketler, nükleer enerjiyle ısıtılan veya nükleer enerjinin itici olarak kullanıldığı roket

çeşitleri de kağıt üzerinde ve/veya pratik kullanımda mevcuttur.

Bu yazımızın konusu elektrostatik iyon motorları, çok geniş bir yelpazesi bulunan elektrikli itki sistemlerinin bir parçasıdır. Elektrikli itki sistemleri konusunda ilk fikirler 20.yüzyılın başlarında ortaya çıkmıştır. Denenen ilk elektrik motorları, 1964 ve 1970 yıllarında fırlatılan SERT-I ve SERT-II uydularına yerleştirilmiş iticilerdir. Yapılan testlerde SERT-I'deki iki iticiden biri arızalanıp diğeri 31 dakika boyunca çalışırken, SERT-II'nin iticileri sırayla 2.011 saat ve 3.781 saat çalışarak rekor kırmışlardır.



SERT-I uzay aracı ve geliştirici ekibin yöneticisi Raymond J. Rulis.

Bu araçlarda denenen elektrikli itkiyi bugün bu kadar cazip kılan şey, yakıt verimliliklerinin çok yüksek olmasıdır. Örneğin iyon motorlu bir uzay aracının yapabileceği çeşitli görevleri, kimyasal roket kullanan bir aracın yapması için çok daha fazla miktarda yakıt gerekir. Böylece kimyasal roket yerine iyon iticisi kullanan uzay araçları çok daha ucuza mal olup daha uzun süre dayanırlar ve birden çok gök cismine seyahat edebilmektedirler.

Elektrikli İtki Sistemleri

Yazımızın konusu olan elektrikli iticilerin çeşitli modelleri şu anda 200 üzerinde uzay aracında bulunuyor. Bunların çoğu yörünge koruma ve yörünge düzeltme manevralarında kullanılmaktadır. Bu iticiler kendi içlerinde Elektrostatik, Elektrotermal ve Elektromanyetik olarak üçe ayrılır. Her birini kısaca özetleyecek olursak;

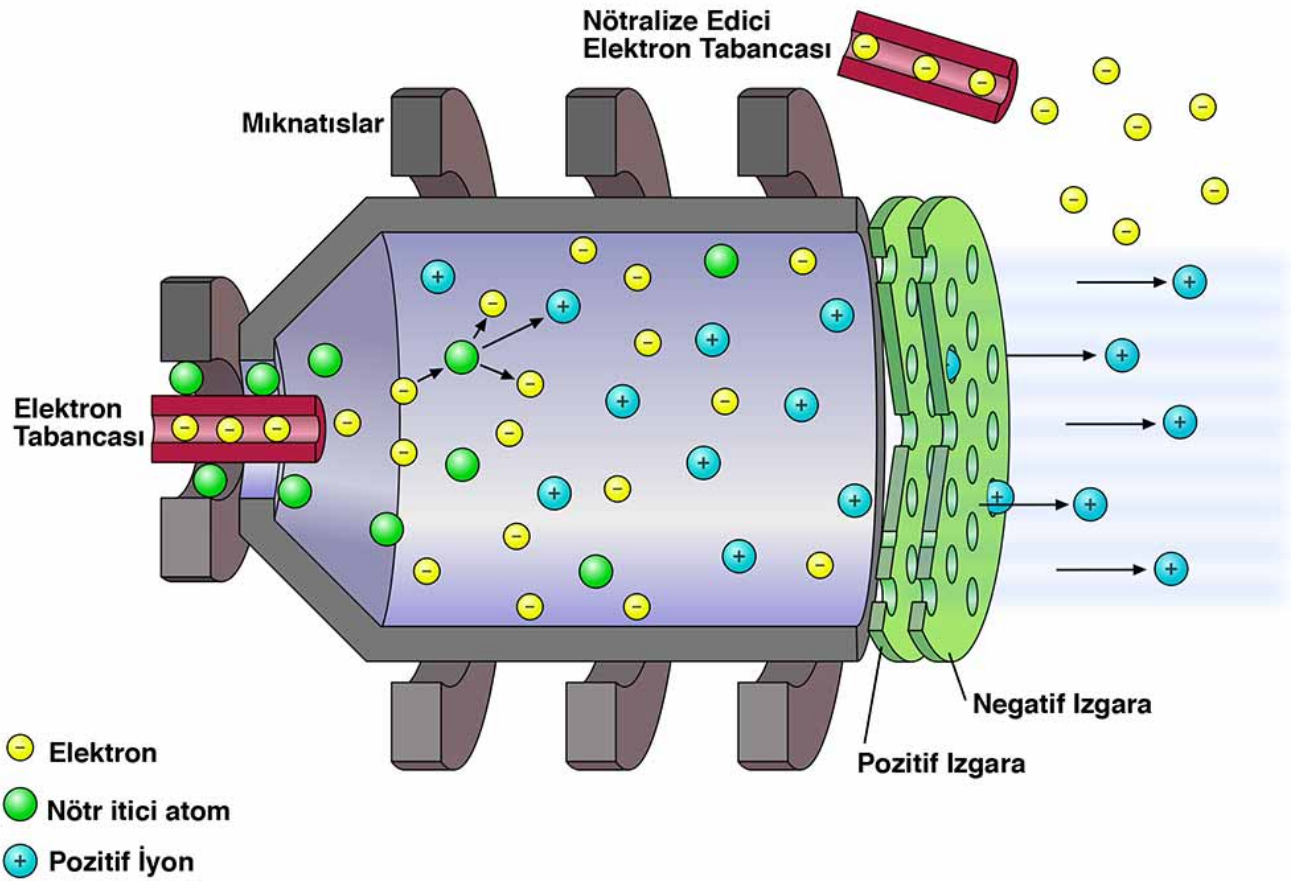
Elektrostatik iticiler, yazı konumuz elektrostatik iyon motorlarını da içlerinde barındırır. “*Coulomb etkisi*” ile itki yönüne doğru statik elektrik yüklü alan oluşturularak, iyonların (*elektrik yüklü atom*) hızlandırılması ile itki elde ederler.

Elektrotermal iticiler plazma ile yakıtı ısıtır, ısınan yakıtın enerjisi bir püskürtücüde kinetik enerjiye dönüştürülerek itki sağlar. Resistojet denen alt modelleri alçak dünya yörüngesinde ki uydularda kullanılmaktadır.

Elektromanyetik iticiler ise elektriğin aksine, yakıtı elektromanyetik alanlar tarafından hızlandırmaktadır. Bu türde iticilerin henüz AR-GE aşamasında olan MPD ve VASIMR modelleri insanlı uzay yolculukları için çok büyük umut vaat etmektedirler.

Elektrostatik İyon İticileri

Elektrostatik iyon iticileri kendi aralarında farklı modellere ayrılır. Temelde bütün modeller elektrik yükü ile iyonları hızlandırıp momentumun korunumu yasası ile itki elde eden yüksek verimlilikli iticilerdir. Aynı görevi yapacak kimyasal bir roketten kat kat daha az yakıt kullanırlar. Motor modeline göre Xenon, Bismuth, Sıvı-Sezyum ve Kripton yakıt olarak kullanılır. Özellikle Xenon, iyonize olmasının kolaylığı ve yüksek atom numarası ile tercih edilse de, oldukça pahalı, nadir bir gazdır. Güç kaynağı olarak da Güneş panellerinden gelen elektrik tercih edilir. Ancak Güneş'ten uzak görevlerde Güneş panelleri etkinliklerini yitireceğinden, yerlerini nükleer enerjinin alması gerekecektir.



Elektrostatik iyon iticilerin çalışma sistemi. Basitçe, elektron tabancası tarafından fırlatılan elektronlarca yüklenen atomlar, mıknatıslar yoluyla hızlandırılarak dışarı fırlatılır. Bu yüksek hızla dışarı fırlayan atomlar, araca ters yönde bir itki yaratırlar ve araç hareket eder.

Sayılarla elektrostatik iyon iticileri

Güç girdileri 1-7 kilowatt olan, egzoz çıkış hızı saniyede 20-50 kilometre olan ve itki gücü 20-250 milinewton aralıklarında değişen, verimlilikleri 60-80% aralığında olan iticilerdir. Az miktardaki yakıtı haftalar hatta aylar boyunca aralıksız hızlandırıp, çok yüksek süratler elde ederler.

Yakın zamanda tamamlanan NEXT (NASA Evolutionary Xenon Thruster) projesinde 48.000 saat aralıksız çalıştırılan (5.5 yıl) itici, 870 kilogram yakıt tüketmiştir. Bu süre boyunca itici tek bir arıza çıkarmamış olup, sağladığı toplam itki 10.000 kilogram kimyasal roket yakıtının sağlayacağı itki ile aynıdır.

Avantajları ve dezavantajları nelerdir?

Bütün elektrikli iticiler gibi, iyon iticileri çok yüksek özgül itici kuvvet (*specific impulse*) üretirler, yani birim yakıttan alınan verim çok yüksektir. Bununla

beraber, ürettikleri itki (*thrust*) çok düşüktür. Kimyasal roketler ise tam tersidir, çok yüksek itki üretirler ancak birim yakıttan alınan verim çok düşüktür. Kaba bir örnekle anlatmaya çalışıp, aynı yakıt miktarına sahip bir iyon iticisi ve bir kimyasal roket olduğunu düşünelim:

İyon iticisi bir roket gibi dünyadan yükselecek itiş gücünü üretmez. Ama sürtünmesiz ortamda bir aracı saatte 0'dan 60 kilometreye iki-dört gün arasında çıkartır. Farkettiğiniz üzere, bu hızlanma günlük hayatta kullandığımız araçlara göre çok yavaştır. Bir kimyasal roket ise bunu saniyeler içinde yapar ve bütün yakıtını bir kaç dakika içinde tükettiğinde sürati saatte binlerce hatta on binlerce kilometre üzerine çıkmıştır. Ancak iyon iticisi çalışmaya devam edip aracı yavaş ama istikrarlı biçimde hızlandırır. Bir kimyasal roketle yakıtı tüketmesi yıllar sürebilir ve yakın tükendiğinde aracın hızı saatte yüz binlerce kilometreye ulaşmış olabilir. Bu denli yüksek hıza kimyasal bir roketle ulaşmak neredeyse imkansızdır.

Yani iyon iticileri uzaya roket fırlatacak güce sahip değildir. Ancak uzun vaade, uzay boşluğunda çalıştırıldığında çok daha yüksek hızlar elde edebilir. İşte bu sayede hem görece ucuz hem de kapsamlı derin uzay görevleri ile yörüngede uzun süreler dayanan uydular mümkün olmuştur.

Elektrostatik İyon İticilerini kullanan sondalar

Şu anda iyon iticilerinin verimliliğinin güncel kanıtı olan dört önemli araç şunlardır:

Deep Space 1: İyon iticisi dahil birçok yeni teknolojinin testi amacıyla fırlatılmış, *9969 Braille* asteroidine uğramış ve görev uzatılması ile *Borrelly Kuyruklu Yıldızı*'na da gitmiştir. Ana ve ikincil görevleri 2001'de bittiğinden beri Güneş çevresindeki yörüngesinde emekliye ayrılmıştır, ancak gelecekte ihtiyaç halinde hala kullanılabilecek durumdadır.



Görevini tamamladıktan sonra Avustralya düzlüklerine iniş gerçekleştiren Hayabusa uzay aracı, Japon uzmanlarca alındı ve topladığı örnekler incelendi. Bu sayede kuyruklu yıldızlar hakkında oldukça önemli bilgilere ulaşıldı.

Hayabusa: Japon Uzay Ajansı'nın 2003'te fırlattığı ve 4 iyon iticisi kullanan Hayabusa, 25143 Itokawa asteroidine uğramış ve toz paçacıkları toplayarak Dünya'ya geri dönmeyi başarmıştır. Hayabusa görev sırasında motorlarında ve iletişim sistemlerinde ciddi sorunlar yaşamıştır. Özellikle asteroidten örnek alma işlemi, [Philae](#) sondasının kuyruklu yıldız 67P'ye inişi gibi sorunlu gerçekleşmiştir. Örnek alma sistemi amaçlanan şekilde kullanılamamış, sadece dışına yapışan tozlar örnek olarak alınabilmıştır. Ancak yine gerek kullanılan teknolojiler, gerekse görev kontrol ekibi ve teknisyenlerin büyük emekleriyle araç aldığı az miktarda örnek ile Dünya'ya dönmeyi başarmıştır.

Smart-1: 2003-2006 yılları arasında ESA'nın Ay yörüngesine gönderdiği bu araç, gözlemler gerçekleştirdikten sonra Ay yüzeyine düşürülmüştür. Yarattığı patlama Dünya'dan da gözlemlenebilmiş ve Ay yüzeyinin altıyla ilgili gözlem verileri toplanmasına yaramıştır. Aracın Ay yüzeyine düşürülmesi tartışmalara konu olsa da bu tartışmalar, aracı oluşturan bütün elementlerin Ay'da doğal olarak var olması ve aracın enkazının Ayda kirlenmeye neden olmayacağı sebebiyle bitmiştir.



Dawn uzay aracı, Astreoid Kuşağı'nın ikinci büyük gökçismi olan Vesta'nın yörüngesine girerek önemli inceleme ve keşiflere imza attı. Araç şu anda Cüce gezegen Ceres'in yörüngesinde araştırmalarını sürdürüyor.

Dawn: İyon itki sisteminin en güncel örneği olan Dawn, 3 adet iyon motoru taşımaktadır. Tek bir motorun devamlı itkisi ile 4 günde saatte 95 kilometre hıza çıkabilen Dawn, bu uzun ömürlü itki sistemi sayesinde, 2007 Eylülünde fırlatılmasını takiben, 2009 Şubatında Mars yörüngesinde yerçekimsel sapan manevrası yaptı. Bu manevra Dawn'u Temmuz 2011'de Güneş Sistemi'nin ikinci büyük asteroidi Vesta ile buluşacağı rotaya soktu.

Temmuz 2011 ve Eylül 2012 arasında Vesta'da çok önemli araştırmalar ve gözlemler yapan Dawn, Vesta'yı terk edip Ceres ile 2015'in Mart ayında buluşmak için yola çıktı. Şu anda Ceres çevresinde kutupsal bir yörüngeye oturmuş ve gözlemler yapıyor.

Planlanan görevler:

Bunca başarılı ve ilham verici göreve imzasını atan iyon iticileri daha birçok görevde kullanılacak. Bunlar arasında şimdiden en dikkat çekenler 2015 Eylülünde fırlatılacak *LISA Pathfinder* ve ESA'nın 2016 da Merkür'e göndereceği *BepiColombo*. BepiColombo'nun görev tanımları arasında Merkürün iç yapısını, jeolojik özelliklerini ve manyetosferini incelemek var ayrıca genel görelelik

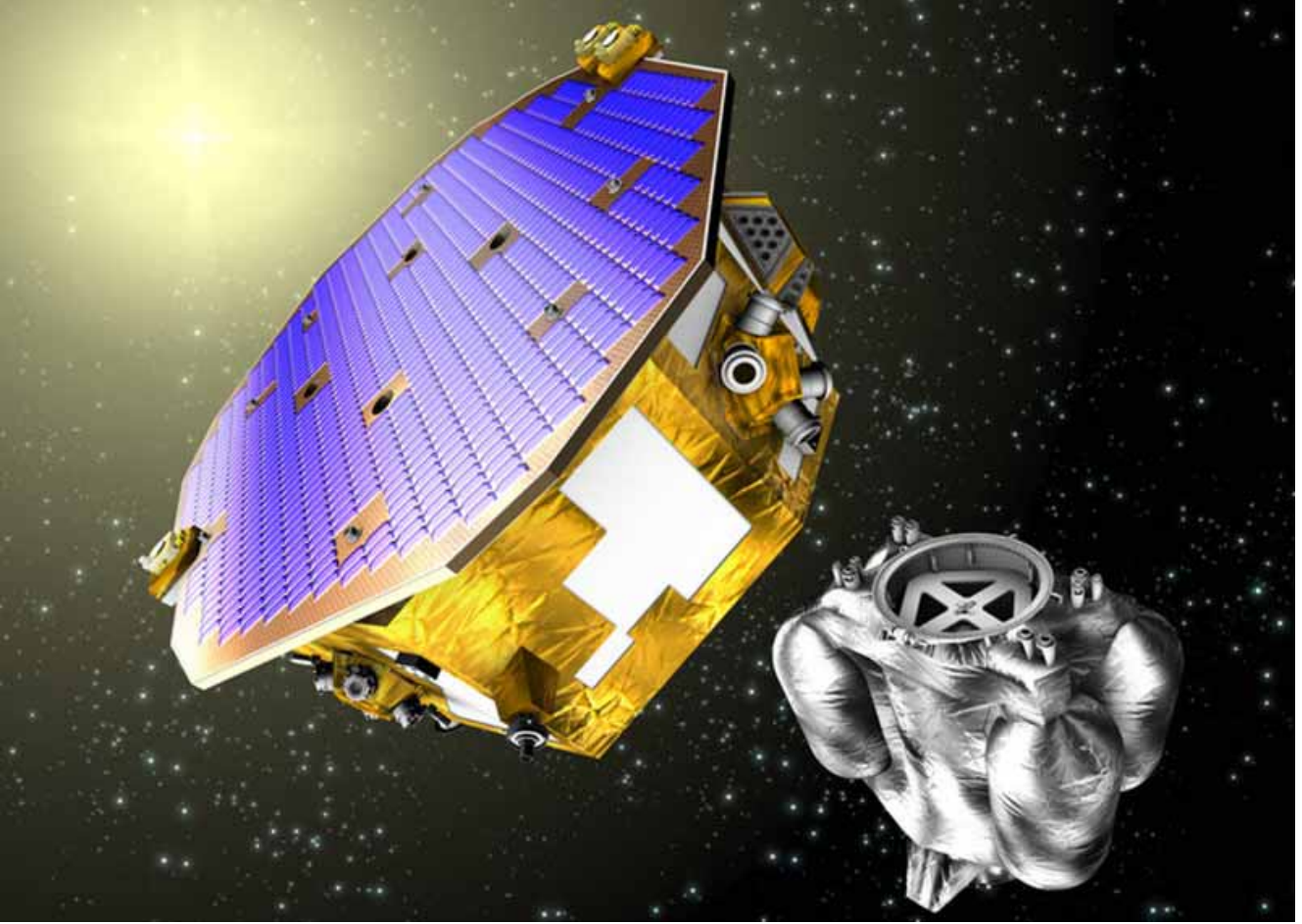
kuramını kanıtlayacak deneyler yapılmasında planlanıyor.



2017'de Merkür'e gönderilecek olan BepiColombo uzay aracının yörünge modülü.

"*LISA Pathfinder*" adlı teknoloji test aracı ise şahsen çok daha heyecan verici bir amaç taşıyor. 2034'te fırlatılması planlanan LISA gözlemevi, (*Laser Interferometer Space Antenna*) uzay-zamanda ki kütle çekim dalgalarını (*gravitational waves*) gözlemleyebilecek. LISA Patfinder bu gözlemevi için gereken teknolojilerin test yatağı olacak.

Bunlar dışında Uluslararası Uzay İstasyonunda kullanılacak olan bir iyon motoru ve daha önce bahsettiğimiz yeni nesil NEXT iyon motorunu test amaçlı taşıyacak bir NASA uydusu da planlanıyor.



2015'te fırlatılacak olan LISA Pathfinder uzay aracının bir demonstrasyonu.

Şu anda kullanımda ve/veya geliştirilmekte olan elektrostatik iyon motorları, küçük boylu sondalar için oldukça çeşitli görev imkanları sunuyor. Kimyasal roketler ile tek bir aracın yapması ekonomik olarak mümkün olmayan, farklı yörüngelerdeki birden çok gökcismine yapılabilecek insansız görevler için elektrostatik iyon motorları biçilmiş kaftan. Ama derin uzaya yapılacak daha kapsamlı robotik görevlerde ya da insanlı derin uzay ve Mars görevleri için şu anki elektrostatik iyon motorları yetersiz kalıyor.

Daha güçlü ve hızlı motorlara ihtiyacımız var. Özellikle insanlı görevlerde kullanılması için planlanan iticiler, yazımızda anlatılan elektrostatik iyon iticiler aksine, elektromanyetik iticiler olacaklardır.

Yazı dizimizin bir sonraki bölümünde sizlere plazma itkili motorlar olarak da bilinen elektromanyetik iyon iticilerinden ve umut vaad eden HET (*Hall Effect Thruster*), MPD (*Magnetoplasma dynamic*) ve VASIMR (*Variable Specific Impulse Magnetoplasma Rocket*) modellerinden bahsederek, elektrik itki sistemlerinin üst sınırlarını anlatacağız.

Hazırlayan: Berkan Alptekin



Amacınıza en uygun ve en kaliteli teleskop ya da dürbünü, en uygun fiyata sadece Gökbilim Dükkanı'nda bulabilir, satın alma ve kullanım sürecinde her zaman bize danışabilirsiniz.

[GÖKBİLİM DÜKKANI'NA GİT](#)