

Antimadde İtkili Roketler

Yıldızlara gitme düşüncesi çok eskiye dayanır. Eski Roma şairlerinden 20. yüzyıl popüler müziğine değin sayısız kültür ürünlerinde kendini göstermiştir. Romancılar ve şairler bu kavramı erişilemeyen şeylerin simgesi haline getirmişlerdir.

Yıldızlararası yolculuk aslında geleceğe yönelik bir düşüştür. Buna karşın bilim adamları ve mühendislerden oluşan küçük bir grup, Güneş Sistemi'nin dışına yapılacak yolculuklar için gereken çok hızlı uzay araçlarının teknolojisi üzerindeki araştırmalarını sürdürüyor. Nükleer füzyona (birleşme) dayanan bir itki, insanları binlerce astronomi birimi (150 milyon km; yani Güneş ile Dünya arası uzaklık) ötedeki en uzak gezegenlere taşıyabilecek. Kuşkusuz bunlar ancak gelecek on yıllarda yapılabilecek. Nükleer güçten daha büyük güçler, madde ve antimaddenin birbirini yok etmesiyle sağlanacak. Bu sayede yakın yıldızlara, örneğin 270 000 astronomi birimi uzaklıktaki Proxima Centauri yıldızına gidilebilecek.

Bu türden olağandışı itkilerin peşinde koşulmasının nedeni, maddenin enerjiye çevrilmesiyle çok büyük bir enerji elde edilmesidir. Örneğin füzyon tipi nükleer tepkimelerde, yakıtın kilosu başına 100 trilyon joule enerji oluşur; yani kimyasal yakıt bulunan roketlerin 10 milyon katı bir enerji. Madde, antimadde tepkimelerindeyse yakıtın kilosu başına 20 katrilyon joule gibi akılları durduran bir enerji elde edilir. Bu, bütün dünyanın 26 dakikalık enerji gereksinimine karşılıktır.

Nükleer füzyon tepkimelerinde hafif atomlar, yüksek sıcaklık ve basınçta yeterince uzun zaman bir arada tutularak daha ağır atomlara dönüştürülür. Bu sırada madde yitimi olur ve yiten madde Einstein'ın ünlü $E = mc^2$

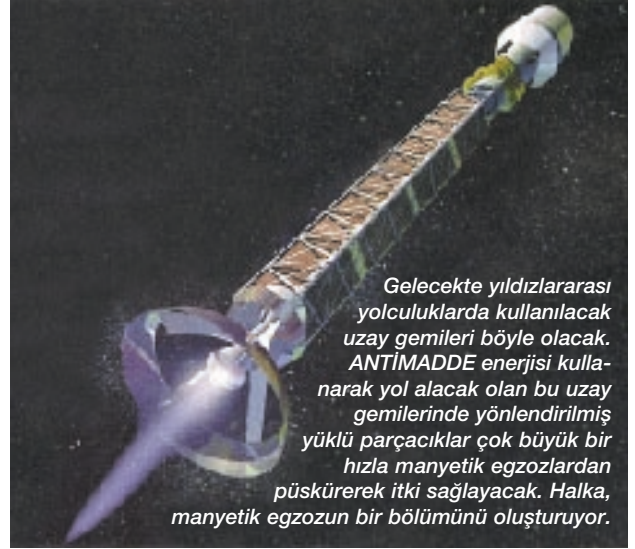
(E = enerji, m = kütle, c = ışık hızı) formülüne göre enerjiye dönüşür.

Kontrollü nükleer füzyonun, antimadde kadar olmasa da büyük zorlukları vardır. İster roket itkisi, ister elektrik enerjisi elde etmek için kullanılsın, füzyon tekniği, içinde füzyonun oluştuğu çok sıcak ve elektrik yüklü gazı, yani plazmayı hapsedme yöntemine göre, iki çeşittir: 1) Manyetik hapsedme: Plazma güçlü bir manyetik alan içinde tutulur. 2) Işımlarla hapsedme: Lazer ya da iyon demetleri, füzyon yakıtından ibaret küçük bir topağı ısıtır ve sıkıştırır.

Araştırmacılar, 1997 yılının Kasım ayında manyetik hapsedme yöntemiyle verimi yüksek bir füzyon reaksiyonunu oluşturdular. Bu dönüm noktası, İngiltere'de Birleşik Avrupa Torus'unda meydana geldi; burada bir tokamak kullanılmıştı (içinde plazmanın manyetik olarak hapsedildiği simit biçiminde bir kap). Elektrik üretecek füzyon reaktörleri, füzyonu başlatmak ve sürdürmek için gerekli enerjiden çok daha fazla enerji oluşturacaklar.

Dünya'da ticari füzyon reaktörleri gerçekleştirilse bile, füzyon roketleri yapmada insanlığı birçok zorluk bekliyor. Temel zorluk, füzyon sırasında oluşan enerji yüklü parçacıkları itki oluşturacak biçimde yönlendirmektir. Diğer güçlükler, yeteri kadar füzyon yakıtı elde etme, bu yakıtı depolama ve uzay gemisinin kütesine oranla maksimum itki elde edebilmektir.

Geç 1950'lerde, düzinelerce füzyon roketi kavramı oluşturuldu. Manyetik hapsedmeye dayanan füzyon ro-



Gelecekte yıldızlararası yolculuklarda kullanılacak uzay gemileri böyle olacak. ANTIMADDE enerjisi kullanarak yol alacak olan bu uzay gemilerinde yönlendirilmiş yüklü parçacıklar çok büyük bir hızla manyetik egzozlardan püskürerek itki sağlayacak. Halka, manyetik egzozun bir bölümünü oluşturuyor.

ketlerinde, oluşturulan plazmanın bir bölümünün kaçmasına izin verilerek itki yaratılır. Plazma dokunduğu her maddeyi tahrip edeceğinden, ancak kuvvetli manyetik alanlarda hiçbir yüzeye değmeden tutulabilir. Plazma, roketin arkasındaki manyetik egzoz borularından uzaya verilir; plazma içindeki yüksek enerjili parçacıklar itkiyi sağlar.

Plazmayı ışınla hapsedmeye dayanan sistemlerde, çok güçlü lazer ya da iyon demetleri, saniyede 30 kez olmak üzere küçük bir füzyon yakıt kapsülünü ateşler. Bunlarda da manyetik egzozlar kullanılır.

Füzyon tepkimelerinde oluşan parçacıklar, kullanılan yakıtla bağlıdır. Başlatması en kolay tepkime döteryum ve trityumla olanıdır; hidrojenin bu ağır izotopları bir protona ek olarak döteryumda bir nötron ve trityumda iki nötron içerir. Tepkimenin sonunda helyum çekirdekleri (alfa parçacıkları) ve nötronlar elde edilir. İtki için alfa parçacıkları kullanılır, nötronlar kullanılamaz; çünkü nötronlar elektrik yükü taşımadıklarından yönlendirilemez. Nötronların kinetik enerjisi ancak dolaylı olarak itki yaratabilir. Bu nedenle nötronlar madde içinde durdurulur ve bu sırada oluşan enerjiden yararlanır. Ayrıca nötron radyasyonu, uzay gemisindeki insanlar için tehlikelidir. Bunun için

gemide çok miktarda radyasyon tutucu zırha gerek vardır.

Değinen bu nedenlerle daha uygun yakıtlar arandı. En uygun yakıtlar döteryum ve helyum 3 izotopudur (2 proton ve 1 nötron). Bu çekirdeklerin füzyonu, bir alfa parçacığıyla bir proton yaratır; bu iki parçacık da elektrik yükü taşıdığı için itki yapacak biçimde yönlendirilebilir.

Burada da güçlükler vardır. Helyum 3, dünyada çok azdır (buna karşılık Ay'da çok boldur). Ayrıca döteryum-helyum 3 tepkimesini ateşlemek, döteryum-trityum tepkimesine göre çok daha zordur. Fakat kullanılan yakıt ne olursa olsun, insanları Güneş Sistemi'nin sınırlarına ya da yıldızlararası uzayın derinliklerine götürecektir bir uzay gemisi, çoğu yakıt olmak üzere binlerce ton ağırlığında olmak zorunda (karşılaştırma için belirtelim ki Uluslararası Uzay İstasyonu 500 ton ağırlığında olacak).

Füzyonla itki için birçok zorluklar var. Bunlar şöyle sıralanabilir: kontrolü füzyondan daha fazla enerji elde etme, plazmayı etkin bir biçimde hapsedme, manyetik egzozlar yapma ve yeterli yakıt bulma. Bu güçlüklerin her birinin gelecekte yenilebileceğine ilişkin de belirtiler var.

Bir defa şu var ki geleceğin füzyon reaktörleri kullandıklarından çok daha fazla enerji üretebilecekler. ABD'de, ışıkla hapsedme konusu, büyük parasal destek buluyor; çünkü araştırmacılar, termonükleer silahların (hidrojen bombası) gücünün ve güvenilirliğinin patlatma yapılmadan denenmesi üzerinde çalışıyorlar. Bu araştırmalar Lawrence Livermore Ulusal Laboratuvarı içinde yapılmakta olan Ulusal Ateşleme Tesisleri'nde yoğunlaşacak. Tesis 2001'de hizmete açılacak ve 2003 yılında saniyenin dört milyarda birinde 1,8 milyon joule güçte lazer enerjisi üretebilecek. Bu güç, füzyonu başlatmak için gerekli enerjinin 10 katıdır.

Manyetik hapsedme araştırmalarının temeli olan tokamağın da küçültülerek roket itkisinde kullanılması düşünülüyor. 1996 yılında ABD Enerji Bakanlığı Füzyon Enerji Bilimleri Danışma Komitesi umut verici manyetik hapsedme yöntemleri (örneğin ters alanlı tokamak, küresel tokamak vb.) üzerindeki araştırmalara

yeşil ışık yaktı. Öte yandan NASA, Ohio Eyalet Üniversitesi ve Los Alamos Ulusal Laboratuvarı, manyetik egzozlar üzerinde çalışıyor. Bu üç kuruluştaki son derece güçlü elektrik akımlarıyla plazma oluşturuluyor ve bu plazmanın manyetik alanlarla etkileşimi inceleniyor.

Füzyon yakıtı olarak Ay'daki ve Jüpiter atmosferindeki helyum 3'ten yararlanmak planlanıyor. Ayrıca Dünya'da bulunan bor gibi elementlerin füzyon tepkimelerinde kullanılması düşünülüyor.

Gelelim maddyle antimaddenin, birbirini yokederken verdiği büyük enerjiye. Bu tepkime, tepkimeye giren maddelerin kütle birimi başına çok yüksek bir enerji verir. Roket itkisi için proton ve antiprotonların birbirini yoketmesi kullanılacaktır.



Gelecekte insanlarca kullanılacak yıldızlararası uzay gemilerinin önünde dönen bir bölüm bulunacak; bu bölüm dört kompartmanda kütleçekimi taklit edecek.

Bu yoketme, bir dizi tepkimeye yol açar. Bunlardan ilki pionların oluşmasıdır. Bu kısa ömürlü parçacıklar, ışık hızına yakın bir hızla giderler ve manyetik alanlarla yönlendirilerek itki sağlayabilirler.

Burada da zorluk yakıt bulmaktır. Yüksek enerjili parçacık ivmendiricilerinde (akseleratör) dünyada her yıl ancak 10-20 nanogram antiproton elde edilebiliyor. Oysa bize en yakın yıldız Proxima Centauri'ye gitmek için bile tonlarca antiproton gereklidir. Antiprotonları yakalamak, depolamak ve kullanmak da çok zordur; çünkü antiprotonlar hiçbir kapta saklanamaz; kabin çeperlerine değdikleri anda protonlarla birleşerek yok olurlar.

Bütün bu zorluklara karşın madde-antimadde enerjisinden, sınırlı bir biçimde yararlanmak olası gözük-

mekte; çok daha az antiproton gerektiren bir yöntem bulundu. Gelecek on yılda bu yöntemin uygulanmasına olanak sağlayacak kadar antiproton elde edilebilecek. Bu yöntemde antiprotonlar, lazerle hapsedme tipi füzyon tepkimelerini tetiklemek için kullanılacak. Antiprotonlar, ağır atomların çekirdeklerine nüfuz edecek ve orada protonlarla birleşip enerjiye dönüşürken ağır çekirdeği ikiye bölecek. Ağır çekirdeğin ikiye bölünmesi (filyon ya da yarıma) küçük çapta bir atom bombası patlamasına eşdeğerdir. Hidrojen bombasında da bombanın içinde önce küçük bir atom bombası patlatılır ve bunun sağladığı yüksek sıcaklık sayesinde dört hidrojen atomu bir helyum oluşturacak şekilde Güneş'tekine benzer çok yüksek enerjili bir tepkime (füzyon ya da birleşme) başlatır.

Demek ki hem roketlerde, hem hidrojen bombasında önce ağır atomlar ikiye bölünerek belli bir enerji sağlıyor (filyon enerjisi); sonra hafif atomlar (döteryum, trityum, helyum 3) bu enerji sayesinde birleşerek çok daha büyük bir enerji (füzyon enerjisi) oluşturuyor. Roketlerde füzyon enerjisi proton-antiprotonun birbirini yok etmesini ve bu sırada füzyona göre çok daha büyük bir enerji vermesini sağlıyor. Bu tip bir enerjinin roketlerde kullanılması NASA tarafından araştırılıyor. Pennsylvania Eyalet Üniversitesi'nde de antiprotonları yakalayıp hapsedecek ve nakledecek bir yöntem geliştirilmiş bulunuyor.

Bugün için bırakın antimadde itkisine dayanan roketler yapılmasını, füzyon itkisini sağlamak bile aşılması gözükmez güçlüklerle dolu. Ne var ki insan denen bu üstün zekâli yaratık, geçmişte de olanaksız gözükmez işleri başardı. Geçmişte Apollo programında ve Manhattan projesinde gördük ki insan zekâsının ve çabalarının yoğunlaşması ve bol para bir araya gelince istenen hedeflere ulaşılabilir. Füzyon ve antimadde roketlerinde de durum daha farklı olmayacak. İnsanlık bir gün mutlaka yıldızlararası uzaya açılacak; bunu yapabilmek için de füzyon ve antimadde enerjisiyle çalışan roketler yapmak zorunda.

Stephanie D. Leifer, Scientific American, Şubat 1999
Çeviri: Selçuk Alsan