

Yolda Bırakmayan Roketlerle Yıldızlara Yolculuk

Gerard Smith son on yılının büyükçe bir kısmını, anti-madde parçacıklarını kovalayıp, içinde atom-altı ateşböcekleri gibi uçuşup durdukları manyetik şişelere doldurmakla geçirdi. Fizikçi şimdilerde, ilk anti-madde atomu olacak anti-hidrojeni elde etmenin eşiğinde olduğunu düşünüyor. Kaydettiği ilerlemelerden diğer fizikçilere söz ederken ya da kendisine parasal destek sağlayanlara işin önemini anlatırken, sürdürdüğü deneylerin parçacık fiziğinin en temel ilkelerinden birinin, anti-maddenin, maddenin kusursuz bir karşıtı olduğu düşüncesinin sınanmasını sağlayacağını belirtiyor.

SMITH, anti-hidrojen atomlarını elde ettiğinde, lazer kullanarak harekete geçirecek ve ışık yaymalarını sağlayacak. Kuram doğruysa, anti-hidrojen bilinen hidrojenle aynı renkte ışık yaymalı. Değilse, daha da iyi: O zaman Smith'in deneysel verileri daha da önem kazanacak.

Smith'in temel fizik alanındaki çalışmalarının önemi bir yana, anti-madde üzerine yoğunlaşmış olmasının ardında yatan gerçek neden, daha çok -deyim yerindeyse- pratik amaçlara yönelik. Bilim adamı, anti-maddeyi roket yakıtı olarak kullanarak, uzay gemilerini ışık hızına yaklaştıracak itici gücü elde etmeyi hedefliyor. Birçokları için bir düşten öteye gitmeyen projenin üzerinde, anti-madde roketinin nasıl yapılacağından, alacağı yakıtta, hatta uçuş personelinin yaşama birimlerinin boyutuna dek inceden inceye çalışmış. Smith'e göre, insanlar on yıl önce anti-madde parçacıklarının yakalanmasının olanaksız olduğunu düşünürlerken, bugün atom düzeyinde anti-hidrojen üretme aşamasındayız. İleride, anti-madde yakıtının olabirliğini de kanıtlayabiliriz.

Smith, yıldızların büyüüne kapılmış tek bilim adamı değil. Teknolojideki son gelişmelerin ardından, yıldızlararası yolculuğun ufukta belir-

diği iddiasında olan, bu çalışmalara kendini adanmış az sayıdaki sıradışı bilim adamından biri. Bu insanlar, savlarını desteklemek amacıyla, nükleer ya da anti-madde reaktörleriyle hareket eden insanlı roketlerden, lazer ya da parçacık ışınları yardımıyla ışık hızına yakın bir hızla yolculuk edebilen çok küçük robot uzay araçlarına dek uzanan öneriler zincirinin devamını getirmeye çalışıyorlar.

Işınla çalışan itici güç gibi fikirlerin çoğu, Yıldız Savaşları füze savunma projesine bağlı, hâlâ gizli tutulan askeri çalışmalardan esinlenmiş. Umulan, bu önerilerden birinin uzayseverler arasında yankı bulması ve kimbilir, belki de Amerikan halkı arasında hızla yayılmasına yol açacak bir kıvılcıma dönüşmesi.

O gün gelene kadar, modern Don Kışotlar çalışmalarını, çoğunlukla işten arta kalan zaman-

Güneş yelkenlisi bir ışın demetiyle yıldızlara göndermek için yapılacak ilk iş, Merkür'ün yörüngesine 1000 kadar dev güneş kolektörü koymak olacak. Bunlar, güneş ışığını güçlü lazer ışınlarına dönüştürecek.



larında ve kıt kanaat sürdürmeye çabalarırken, sürekli arkalarından gülünmesi riskini de göze almak durumundalar. Savunmaya geçtiklerinde, hemen uzayın derinliklerine yapılan uçuşların yararlarından bahsetmeye başlıyorlar. En yakın yıldız Alfa Centauri'ye bir yolculuk, astronomlara evrenin yaşı ve daha birçok kozmik sır hakkında tomarla bilgi sağlayacaktır. Yıldızlararası boşlukta, Plüton'dan 14 kez daha uzağa (80 milyar km.) gitmek, araştırmacılara Güneş'in çekim alanını dev bir büyüteç gibi kullanarak Samanyolu'nun kalbini görüntüleme olanağı tanır. İkinci bir Hubble teleskobunu Plüton kadar yakına yerleştirmek bile, kozmik uzaklıkları ölçmede astronomlara yardımcı olacak stereoskopik görüşü elde etmek için yeterlidir.

Öte yandan, yıldızlararası yolculuğu savunmaları, orada bulacaklarından çok, gidilecek ye-

Merkür'den gelen 1000 lazer ışını, silindirik şekle sahip dev kolimatörde tek bir düzenli ışına çevrilir ve alet, ışını Satürn'ün yörüngesinde bulunan dev merceğe gönderir.



re ulaşmayı sağlayacak mühendislik harikasını gerçekleştirmek heyecanlandırıyor. Alfa Centauri, 4,3 ışık yılı, yani 38 trilyon km. ötede. Uzay mekiğine kalkış sırasında 1,7 g'lik (Dünya'ya düşen bir nesnenin karşılaştığı yerçekimi ivmesinin 1,7 katı) bir ivme kazandıran 3 kimyasal roketin, Alfa Centauri'ye 20 yılda ulaşmak için gereken ivmelenmeyi yaratabilmek için, aynı ivmeyi iki aydan uzun bir süre korumaları gerekiyor. Ancak, bu olası değil; böyle bir itici güç için gereken yakıtın ağırlığı o kadar çok olurdu ki, uzay gemisi yerinden kılmıdayamazdı.

Aslında yerçekimi, bize karşı işleyen fizik yasalarından yalnızca biri. Alfa Centauri'ye on yılda ulaşmak, ortalama olarak ışık hızının yarısına yakın bir hızda hareket ediyor olmamız anlamına geliyor. Böyle hızlardan söz etmeye başladığımızda ise, kozmik trafik polisimiz Einstein'ı hesaba katmak gerekiyor. Özel görelilik kuramı, evrende kütleli olan hiçbir şeyin ışık hızını aşamayacağıni söylemekle kalmıyor, ışık hızına yaklaşan her nesnenin kütlelerinin artacağını öngörüyor. İvmede ki her artış uzay gemisinin kütlelerinin artmasına yol açıyor. Ve her bir sonraki artış da roketlere daha da çok enerji yollanması gerektiği anlamına geliyor. Işık hızının dörtte üçüne ulaştığında, kütleli yola çıktığınızın kütlelerin bir buçuk katına ulaşmış olacağından itici gücün artması ivmelenmeye neredeyse hiç yol açmaz.

Özel göreliliğin kısıtlamaları, konunun en önemli kısmının, yıldızlararası uzay gemilerinin kütlelerinin, olabilecek en alt düzeyde tutulması olduğunu gösteriyor. Küçük bir uzay aracının bile enerji gereksinimi, günümüz ölçülerinde inanılmaz boyutlardadır. Bir astronotu taşıyacak aracın, ışık hızının üçte birine ulaşması ise daha da zordur; gerekli olan güç, dünyanın bütün enerji santrallerinin birkaç yıl boyunca hiç durmadan çalışmasıyla elde edilecek olana eşittir. İnsanlı ya da insansız bir uzay gemisini yıldızlararası uzaya yollamayı amaçlayan her ciddi tasarı, "uzay altyapısı"nın gerektirdiği çok büyük harcamalarla karşı karşıya kalır. Uzay güç santralleri, araç-gereç üretmek için fabrikalar, asteroitler üzerine kurulmuş maden ocakları, işçileri barındıran uzay istasyonları, vb. Öte yandan, yıldızlararası yolculuğun savunucuları, yeterli gerekçe olsaydı bütün bunların gerçekleşmesinin hiç de olanaksız olmadığını iddia ediyorlar.

Gerald Smith ve birçok başka uzaybilimci,

Satürn'ün ötesine ulaşan dev genişlemiş ve çapı 1000 km'ye varmıştır. Tel bir çerçeve üzerine yerleştirilmiş plastik parçalardan meydana gelen bir merceğe, ışını artık çok uzaklarda olan yelkenliye odaklar.



bu sınırlamaların farkında oldukları için, uzayın derinliklerine düzenlenecek uçuşlarda kimyasal roketler kullanma fikrini daha başından saf dışı bırakıyor. Nükleer kaynaklı elektriğin itici gücü kilo başına 10 milyon kez daha fazla güç sağlayacak olmasına rağmen, günümüz nükleer teknolojileri uzay uçuşları için uygun değil. Fisyonun özel bir reaktörün içinde gerçekleşmesi gerekiyor; itici güç için gerekli yüksek sıcaklıkta ise bu reaktör eriyecektir. Ayrıca fisyonunda ortaya çıkan ağır ve yavaş hareket eden iyonlar, hızlı ivmelenme için uygun değil. Kuramsal olarak, füzyon daha iyi bir seçim. Lazer ışınlarının harekete geçirdiği bir yakıt topu, yanma odasında füzyon patlamasına yol açarak, roketin yüksek hızlara sıçramasını sağlayacak yüksek enerjiyi ortaya çıkaracaktır. Öte yandan güvenilir bir füzyon reaktörü için on yıllarca beklemek gerekli. Bazı mühendisler, böyle bir reaktörün yapılabileceğinden bile şüpheli.

Smith, anti-maddenin aranan çözüm olabileceğine inanıyor. Bilim kurgu çağrışımını yapsa da, aslında anti-madde, yüksek enerji fizikçilerine hiç de yabancı değil. Anti-proton ve anti-elektron (ya da bir diğer adıyla pozitron) gibi anti-madde parçacıkları, karşıt elektrik yüküne sahip olmanın dışında, kuramsal olarak, bilinen madde karşılıklarının neredeyse aynısıdır. Anti-madde parçacıkları da, madde karşılıklarıyla bir araya geldiğinde bir enerji patlamasıyla ortadan yok olurlar. Roket tasarımcılarının bu olaya ilgi duymasının nedeni, gama ışınları, p-mezonlar ya da pionlar biçiminde yaydığı çok büyük enerjidir. Kuramsal olarak, bir kilo anti-madde yakıtı, bir kilo fisyon ya da füzyon yakıtının yüz katı daha fazla enerji ortaya çıkarabilir. Projelerden birine göre bunun anlamı, bir anti-madde roketinin, bir tonluk yükü ışık hızının onda birine kabaca 9 kg'lık anti-madde yakıtıyla ulaştırabileceğidir.

Böyle bir yolculuğun ilk önemli aşaması, yeterli kadar anti-maddeyi biriktirebilmektir ki bu hiç de kolay değil. Öncelikle, anti-madde parçacıklarını yakalamak güç bir iş. Smith'in çalıştığı Cenevre'deki CERN parçacık laboratuvarında on dakikada bir, bir milyar anti-proton, daire şeklindeki hızlandırıcıda ışık hızının onda birine ulaşıyor. Parçacıklar öyle hızlı ve enerji yüklü ki, önlerine konulan hemen herşeyin içinden geçiyorlar. Smith, yollarına metal folyo ve gaz tabakaları koyarak onları yavaşlatı-

Alfa Centauri'ye yaklaştığında mürettebat, yelkenin bulunan en dış halkayı açar ve gelen ışını, yelkenin ortasına yansıtarak şekil de ayarlar. Böylece uzay gemisi yavaşlar. Benzer bir manevra geminin dönüşü için de kullanılacaktır.



Anti-madde uzay gemisi, bir balmede (yeşil) bulunan uranyum kaplı küçük bir füzyon yakıtı topunun anti-protonlarca bombardıman edilmesiyle başlayan patlamaların ortaya çıkardığı enerjiyle yol alıyor.

yor. Anti-protonlar folyodaki elektronlarla çarpışarak enerji kaybediyor. Ardından, karşıt maddeleri olan protonlarla karşılaşarak yok olmadan önce, manyetik şişenin içine girmeleri gerekiyor. Herşey yolunda giderse, bir milyon kadar anti-protonun kinetik enerjisi, şişeye girmelerini sağlayacak kadar çok, öbür tarafından çıkıp gitmelerini engelleyecek kadar da az kalması oluyor.

Bir milyon anti-proton, hiç kuşkusuz ümit verici bir başlangıç, ama roket yakıtı için yeterli değil. Bir gram elde edebilmek için bile, çok daha fazlasına -neredeyse milyar kere milyar katına- gereksinim var. Penning Kapanı adı verilen manyetik şişede zikzaklar, sarmallar çizerek hareket eden parçacıkların sonsuza kadar orada kalabileceğinden yola çıkarak, Smith'in işlemi tekrarlayarak daha çok anti-proton biriktirebileceği düşünülebilir. Ancak hâlâ çözüme kavuşturulması gereken iki önemli sorun var. Birincisi, Penning Kapanı'nın yüz milyar anti-protondan sonra taşmaya başlayacağı. Parçacıklar, birbirlerini iten elektrik yükleri taşıdığından, kapanın ortasında daha büyük bir yoğunlukta yığılıyor olmaları, onları birarada tutacak manyetik alanın da daha güçlü olmasını gerektirecek. Şu an dünyanın en büyük kapanı olan Smith'inkinden daha büyük bir kapan yapmak için, çok güçlü ve pahalı üstün-iletken miknatıslar gerekiyor.

Daha iyi bir yöntem anti-protonları, anti-hidrojen atomları oluşturacak biçimde pozitronlarla birleştirmek olabilir. Bir proton ve yörüngesindeki bir elektrondan oluşan bilinen hidrojen atomları gibi, anti-hidrojeninkiler de, pozitronun yükü anti-protonunkini etkisiz kıldığı için yüksüzdür. Atomları manyetik kapanın dışına kaçırmaktan alıkoyacak olan, kendi etrafında dönen anti-proton ve pozitronların yarattığı manyetik alandır. Bu manyetik moment, şişenin manyetik alanının yönüne ters olduğunda, atomların dışarı doğru fırlamalarına neden olmaksızın kapanın merkezine doğru toplanmalarına yetecek bir güç sağlar.

Smith, anti-hidrojen atomlarını bu yılın sonuna doğru elde etmeyi deneyecek. Önce kapanın içine bir parça gümüş folyo koyup, ardından folyoya çarpıp elektronların açığa çıkmasını sağlayacak pozitronları, ortama bırakacak. Elektron ve pozitronlar, çiftler halinde bir araya gelerek parçacıklar birbirlerini yok etmeden önce kısa bir süre için var olan ve pozitronyum adı verilen bir madde oluştururlar. Bu kısa süre



Parçacık ışını kaynağını, asteroide gömülü bir hızlandırıcıdan alıyor. Gücü bir füzyon reaktörü sağlamaktadır.

inde, pozitron yavaşlar. Bu sayede bir pozitronyum ile bir anti-proton çarpıştığında, anti-protonun yörüngesindeki yerini alacak pozitronun enerjisi yeterince azalmış olur ve anti-hidrojen atomu oluşur. Arta kalan elektronlar, fazla enerjiyle beraber kapanın dışına fırlarlar.

Smith, söz konusu işlemin fiziksel mekanizmasının bütünüyle çözümlenmiş olduğunu ve kurama gerek olmadığını belirtiyor. Sorun olabilecek tek durum, yeterli pozitronyumun elde edilememesi ya da manyetik alanın etkileri tutamaması. Öte yandan, bu da sadece teknolojiye ilişkin bir sorun. Smith'e göre sözü edilen işlem, anti-hidrojenin büyük miktarlarda üretilmesini amaçlayan endüstrilemiş bir işlemin öncüsü. Son aşamada anti-hidrojen sıvı damlacıkları şeklini alabilir ya da çok küçük buz kristallerine dönüşüp son derece düşük sıcaklıklarda saklanabilir. Bu sayede Penning Kapanı'ndan daha verimli ve boyutça daha uygun depolama odaları elde edilebilir. Anti-hidrojen depolama sorununa çözüm getirilmiş olsa bile, yakıt yapımı için gereken anti-maddeyi üretmek için gereken süre çok uzun. Smith'in kendi yöntemini daha verimli kılabilmek amacıyla öngördüğü gelişmeler gerçekleşse, hatta anti-madde fabrikaları kurulsa dahi bir gram anti-maddeyi bile biriktirmek, uygulamaya yönelik olarak düşünüldüğünde olanaksız. Smith'e göre, 2000'li yılların başında anti-proton üretiminin yılda bir mikrogram (bir gramın milyonda biri) olacağı öngörülebiliyor. Yani 9 kg'lık yakıt için 9 milyar yıl beklemek gerekecektir.

Öyleyse, anti-madde bizi, bırakın insan soyunu, yıldızların sonu gelmeden onlara nasıl ulaştıracak? Galiba anti-maddeyi yakıt olarak kullanma fikrini şimdilik unutmamız gerekiyor. Smith'in önerisi, anti-maddenin hidrojen bombalarında kullanılan biçimiyle, bilinen füzyon-füzyon tepkimesinde katalizör olarak kullanılabilirdi. Bunun için öncelikle bir parça uranyum gerekli. Parça, nötronlarla bombardıman edilince döteryum ve trityum (hidrojenin ağır biçimleri) kapsülünün ısınmasına yol açacak füzyon tepkimesi başlar, böylece bir füzyon tepkimesi başlamış olur.

Uzay yolculuğu açısından söz konusu sakınca, etkilemelerin yanma odasında tutulması zor ve çok büyük patlamalar (milyonlarca ton

TNT'ye eşit) ortaya çıkıyor olmasından kaynaklanıyor. Smith, ilk baştaki füzyon tepkimesini parçalara ayırarak patlamaların küçültülmesi önerisini getiriyor. Çok az döteryum ve trityum bulunan uranyum kapsülüne anti-protonlar salıveriliyor. Bir anti-proton, bir uranyum atomuna çarptığında, kendisini çekirdekteki bir protonla beraber yok eder. Ortaya çıkan birkaç pion, çekirdeğin geri kalanına isabet eder ve onu paramparça ederken de normal bir füzyon tepkimesinin altı katı kadar nötron açığa çıkarır. Oluşan füzyon zincir tepkimesi çok hızlı meydana gelirken, döteryum-trityum kütlelerinde bir füzyon tepkimesi başlatacak kadar ısı ve basınca yol açar. Anti-protonları kullanarak füzyon tepkimesini hızlandırmak, füzyon tepkimesini küçük bir uranyum topuyla başlatabilme olanağını verir. Sonuç, Smith'in hesaplamalarına göre, yaklaşık 15 ton TNT'lik bir mikro-patlamadır. Birkaç gün süreyle, bu patlamaları her saniye tekrarlamak, bir insanlı gemiyi Plüton'a üç yılda ulaştıracak ivmelenmeyi sağlayabilir.

Öte yandan "yıldızlararasılar"dan bazılarının Smith'in projesi hakkında ciddi şüpheleri var. NASA için anti-madde roketlerin yapılabilirliğini inceleyen Bob Forward'a göre, yakıtla çalışan her yıldızlararası roketin temel sorunu, yol alabilmek için kuyruğundan arkaya doğru bir "tepkime kütle" taşımak zorunda olması. Bu tepkime kütlelerinin yükünün de gemiyle beraber taşınması gerekiyor. Üstelik kuyruktan çıktığında da inanılmaz derecede sıcak. Öyle ki, şimdiye kadar kimse bu koşullarda erimeyen kalabilecek bir roket geliştiremedi.

Smith'in bir anlamda eriyerek yoluna devam eden roket tasarımı benzer eleştirilerle karşılaştı. Anti-maddeli füzyon tepkimesi enerjisi proton ve gama ışını şeklinde ortaya çıkarır. Girmeye gücü ışınların yanma odasından dışarı, her yöne doğru dağılmasına engel olmak için Smith, bazı ışınları X-ışınlarına dönüşmelerine yol açan kurşun filtrelerden geçiriyor. Daha sonra, X-ışınları bir titanyum "itici güç plaka" sına çarparak ince bir tabaka metalin buharlaşmasına yol açıyor. Geminin arkasından çıkmak zorunda kalan metal buharı itmeyi sağlıyor. Tepkime kütleleri rolünü üstlenen titanyum, yolculuk boyunca yavaş yavaş tüketilir. Yine de Smith'in yanıtı bırakıldığı bir soru, roketin en arkasındaki çıkış yerinin erimeden nasıl kalacağıdır.

Forward'ın yıldızlararası yolculuğa yaklaşımı, daha başında Smith'inkinden farklılaşıyor. İtici güç olarak nükleer enerji kullanımına karşı

çıkılmayı neredeyse bir felsefe olarak benimsemiş bir grubun başını çeken Forward'a göre, özel göreliliğin belirlediği sınırlar, bir roket motoru ve yakıt gibi hantallaştırıcı yükleri taşımayı baştan olanaksız kılıyor. Onun yerine önerileri, daha çarpıcı bir çözüm olan ışın itici gücü.

1960'ların başında Forward, güneş yelkenlisi fikrini kendisine araştırma konusu olarak seçmişti. Güneş'ten sürekli yayılan yüklü parçacıkları yakalayacak ve bu yolla Güneş Sistemi'nin dışına doğru yol alacak dev bir alüminyum folyo yelkenlisidi bu. "Bedava yolculuk" fikrinin çekiciliğine kapılan Forward'un, yelkenin yıldızlararası uzaya işe yarayacağını farkına varması uzun sürmedi. Çünkü uzay gemisi, güneş rüzgarlarının söntüp gittiği Güneş Sistemi'nin dışında başka esintilerle karşılaşacaktı. Sonraları okuduğu bir makale, Forward'a yelkenlisini lazer ışınıyla doldurma fikrini çağrıştırdı. Buna göre lazerin fotonları yelkene çarparak enerjilerini momentum biçiminde aktaracak ve yelkenlinin giderek hızlanmasını sağlayacaktı.

İtici güç açısından lazerin ilginç özelliği ışının hemen hiç dağılmasıdır. Bu da, gücünü yitirmeden önce çok büyük uzaklıkları katedebileceği anlamına geliyor. Ayrıca güç kaynağı arkada, Güneş Sistemi'nde bırakıldığından bakım yapılabilir, hatta gerekirse değiştirilebilir. Ama en önemlisi, motorsuz ve yakıtsız uzay gemisinin hafifleyecek ve dolayısıyla daha az güç kullanarak ışık hızına yaklaşabilecek olması.

Bir uzay gemisinin Alfa Centauri'ye erişmesi için, lazer ışını yelkeni bir yıl kadar iterek ışık hızının üçte birine ulaşmasını sağlar. Bu noktada ışın kapatılır ve gemi kendi seyirine bırakılır. Forward'ın buluşunun en kayda değer noktalarından biri işte bu aşamada devreye girer. Gemi Alfa Centauri'ye yaklaştığında mürettebat içiçe geçmiş üç dairesel parçadan oluşan yelkenin dış çemberini ayırır ve geminin önüne doğru iter. Güneş Sistemi'nde yeniden devreye giren lazer, dev ışık hızını gemiye doğru yollamaya başlar. Ayrılmış olan parçadan yansıyan ışık, yelkenin geminin gittiği yöndeki kısmının ortasına düşer ve uzay gemisine fren yaptırmış olur.

Lazer doğal olarak, yelkenin ortasını hâlâ Güneş Sistemi'nden dışarı doğru itmektedir; ancak dış çemberin kapladığı alan diğer ikisinin dokuz katı olduğundan, yavaşlatıcı güç daha baskın çıkacaktır. Mürettebat geri dönmeye hazır olduğunda, ikinci çemberi ayırır ve yansıyan ışın bu kez gemiyi, geriye Güneş Sistemi'ne doğru harekete geçirir; en azından Forward'ın iddiası bu. Ne yazık ki, geminin motorlarını geride bırakmış olmanın sağladığı güç kazanımı, başka bir verimlilik sorunu yüzünden sıfırlanır. Lazer ışığı, en iyi yelkene bile

pek fazla itici güç sağlayamaz. İtici güç, yelkenin içinde hızla hareket eden yüklü parçacıklara öne doğru bir güç uygulayan manyetik alandan kaynaklanır, ancak bu güç çok küçüktür. Sonuçta, uzay gemisini hareket ettirmek için çok güçlü bir lazer ışını gerekir. 1980'lerde Yıldız Savaşları araştırmacıları, bir kolimatör (ışınları paralel hale getiren alet) yardımıyla birçok lazer ışını birleştirerek dev bir ışın yaratmanın yolunu bulunca, Forward için de ufukta bir umut belirmiş oldu. Buna göre dev lazer yerine, Güneş'ten güç alan 1000 kadar küçük lazer kullanılabilir. Merkür çevresinde yörüngeye oturtulmuş lazerler, güçlü güneş ışığı lazere dönüştürür ve onları toplayarak olağanüstü güçlü bir ışına çevirecek olan dev kolimatöre yönlendirir. Öte yandan, her bir "mini-lazer" in bugüne kadar geliştirilmiş güneş lazerlerinden yüz milyar kat daha güçlü olması gerektiğini belirtmekte yarar var.

Aslında, lazerler ve kolimatör Forward'ın projesinin görece alçakgönüllü kısımları. Uzay gemisinin telden ve alüminyum folyodan yapılmış yelkeni, lazer ışınının momentumunu yakalayacak kadar büyük, yani yaklaşık 1000 km. çapında olmalı. Daha küçük olursa Forward'a göre yelken bir işe yaramaz.

En cesaret kırıcı olanı ise lazeri yapabilmek gibi gözüküyor. Lazer ışını bile, uzun mesafelerde dağılma eğilimi gösterdiğinden Forward, Satürn ve Neptün arasına, ışını yeniden odaklayacak ve gücünü koruyacak bir mercekle koymayı düşünüyor. Mercek Güneş'in çekim gücü ile lazerin itme gücü arasındaki denge sayesinde konumunu koruyacak. Çelik bir çerçeve üzerinde, boşluklarda değişimli olarak yer alan plastik çemberlerden oluşan merceğin, ağırlığının 50.000 ton civarında olması gerekiyor. Forward'a göre, merceğin fiyat-verim oranının uygunluğu, asteroitleri maden yatağı olarak kullanmamız uzay altyapısına sahip olmamıza bağlı.

Forward'ın projesi, itici ışın gücünü savunan arkadaşları tarafından bile yaşama geçmesi olanaksız olduğu gerekçesiyle eleştiriliyor. Alfa Centauri'ye insanlı bir gemi yerine bir tonluk bir robot yollamaya kalkışsak dahi yelkenin ve merceğin çapı 100 km.'yi bulmak zorunda.

Bazı araştırmacılara göre sorun, zayıf momentum aktarımına sahip lazerin itici güç amaçlı kullanılmasında başlıyor. Oysa parçacık ışınları yıldızlara ulaşmanın en iyi yolunu sunuyor olabilir. Bu ışınlar, ışık hızının biraz altında seyreden, öte yandan kütleleri olduğu için momentum aktarmakta kütesiz fo-

tondan daha iyi sonuç verecek proton gibi parçacıklardan oluşur.

Parçacık ışınından yararlanmayı amaçlayan bir proje de uzay ve havacılık mühendisleri Bob Zubrin ve Dana Andrews'e ait. Bu kez uzay gemisinin yelkeni, simit şeklinde bir manyetik alan yaratan, üstün-iletken telden yapılmış dev bir halkadır. Işını oluşturan yüklü parçacıklar manyetik alana çarptığında, güneş rüzgarlarının Dünya'nın manyetik alanında yön değiştirmesine benzer bir biçimde yön değiştirirler. Ancak, bu sırada momentumlarını yelkene aktarırlar. Parçacık ışını bir asteroidin üzerinde yer alan ve gazları çok yüksek sıcaklıklara kadar ısıtan bir füzyon reaktörü tarafından üretiliyor olabilir. Ardından bu sıcak gaz ya da plazma, 750 m.uzunluğunda bir tüpün içine yönlendirilir. Parçacıklar tüpün içinde ilerledikçe, yanlardan yansıtılırlar. Böylece çıkışta hepsi az çok aynı yönde hareket ediyor olur.

Parçacık ışınının zayıf yönü, hızlı bir biçimde dağılma eğilimi göstermesidir. Parçacıklar, yol boyunca birbirleriyle çarpışıp durmaları yüzünden özgün yönlerini yitirirler ve ışın genişlemeye başlar. Bu yüzden parçacık ışını ancak kısa mesafeler için geçerli olabilir. Neyse ki, parçacık ışını, lazerden daha güçlü bir ivmelenendirici olduğundan uzay gemisine o kadar uzun bir süre etkimek zorunda değildir. Andrews'a göre parçacık ışını, insanlı bir uzay gemisini, ışık hızının üçte birine, Forward'ın lazerinin altıda biri kadar enerji kullanarak ulaştırır. Öte yandan, mürettebatın 1000 kg'lık bir ivmelenmeyle karşı karşıya kalacak olması sorun yaratacaktır.

Kim bu ezici ivmelenme sonrasında sağ kalabilir? Andrews semenderleri örnek veriyor: Bir deneye konu olan hayvanlar, birkaç kuşaktır çok yüksek ivmelenmelerde hastalık belirtisi göstermeksizin yaşıyorlar. İnsan iskeletinin kendi yükü altında ezilmesini önlemek için astronotların, semenderlerde olduğu gibi, kendilerini bir çeşit sıvının içine sokmaları gerekebilir. Bu sırada da araştırmaların gösterdiği gibi yüksek oksijene sahip su ya da floro-

karbon benzeri sıvıları çok zorlanmadan soluyabilirler.

Projenin, insan açısından önemli bir başka olumsuz yönü parçacık ışınının yıldızlara dek güç taşıyamıyor olması. Başka bir deyişle, floro-karbon banyolarında Alfa Centauri'ye kadar giden mürettebatın Güneş Sistemi'ne dönmesi olanaklı değil.

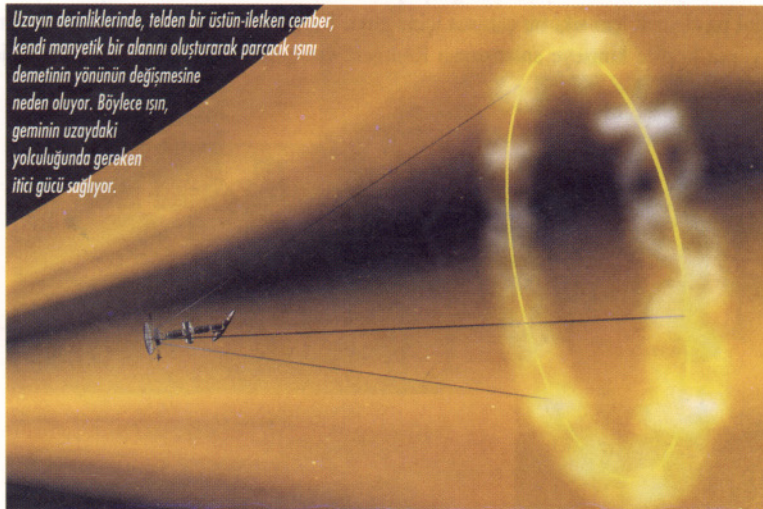
Bir başka olasılık da, parçacık ışını itici gücüyle hareket eden robot uzay araçları. Nanoteknoloji harikası, topluluğuna başı büyüklüğünde bir uzay gemisi sorunu çözebilir mi? Bir gram ağırlığındaki bir araç, kütlesi inanılmaz boyutlara varmadan, ışık hızının dörtte üçüne ulaşabilir. Öte yandan, araştırmacılar o kadar küçüğünü yapmış olsalar dahi- ki henüz olası değil- başka engeller yollarına çıkardı. Örneğin, bir iğnebaşını Alfa Centauri'de nasıl takip edebiliriz? Lazerle aydınlatıp Keck Teleskobu'yla yansımaları yakalayabilir miydik? İğnebaşı kadar bir radyo çanak anteni yapmak olası olmadığına göre, uzay gemisi bize nasıl bilgi ulaştıracak?

Ayakları yere sağlam basan herhangi biri, bu noktada pes ederdi. Oysa gerçek "uzayseverler" asıl burada heyecana kapılıyor. Onlar yeni bir teknolojinin ya da fiziğin çıkıp bütün sorunları halledeceğine ilişkin sonu olmayan bir umut taşıyorlar. Örneğin solucan delikleri: Fizikçi Kip Thorne tarafından ortaya atılan bu uzay-zaman tünelleri, kozmik kestirmelerin, özel göreliliğin can sıkıcı sınırlamalarını kuramsal olarak hiçe saymasını sağlayabilir. Bir uzay gemisinin geçebileceği büyüklükte bir solucan deliği yapılabilirse, astronotlar evrenin her yerine uyku sırasında yolculuk edebilirler. Bir başkası, Miguel Alcubierre, uzay gemilerinin uzay-zamanı bükerek ışıktan daha hızlı yol alabileceklerini kuramsal olarak kanıtladı.

Ne var ki bu kuramlar, sadece benzeri yolculukların aslında olanaksız olmadıklarını kanıtlarken, nasıl uygulamaya konacakları konusunda ipucu vermekten uzaklar. Ed Belbruno'ya göre, bildiğimiz kadarıyla bugünkü fizik yasaları bize, ışıktan hızlı yolculuk etmenin yollarının var olduğunu söylüyor. Öte yandan

bunun için öncelikle çekim gücünü anlamamız şart; oysa henüz anlamış değiliz. Ayrıca evrenin kütesinin yüzde 99'unun ne olduğunu da bilmiyoruz. Kısacası, aslında şu anda hiçbir şey bilmiyoruz demek hiç de yanlış olmaz.

Fred Gutler
Discover, Ekim 1995.
Çeviri: Kuyas Örs



Uzayın derinliklerinde, telden bir üstün-iletken çember, kendi manyetik bir alanını oluşturarak parçacık ışını demetinin yönünün değişmesine neden oluyor. Böylece ışın, geminin uzaydaki yolculuğunda gereken itici gücü sağlıyor.