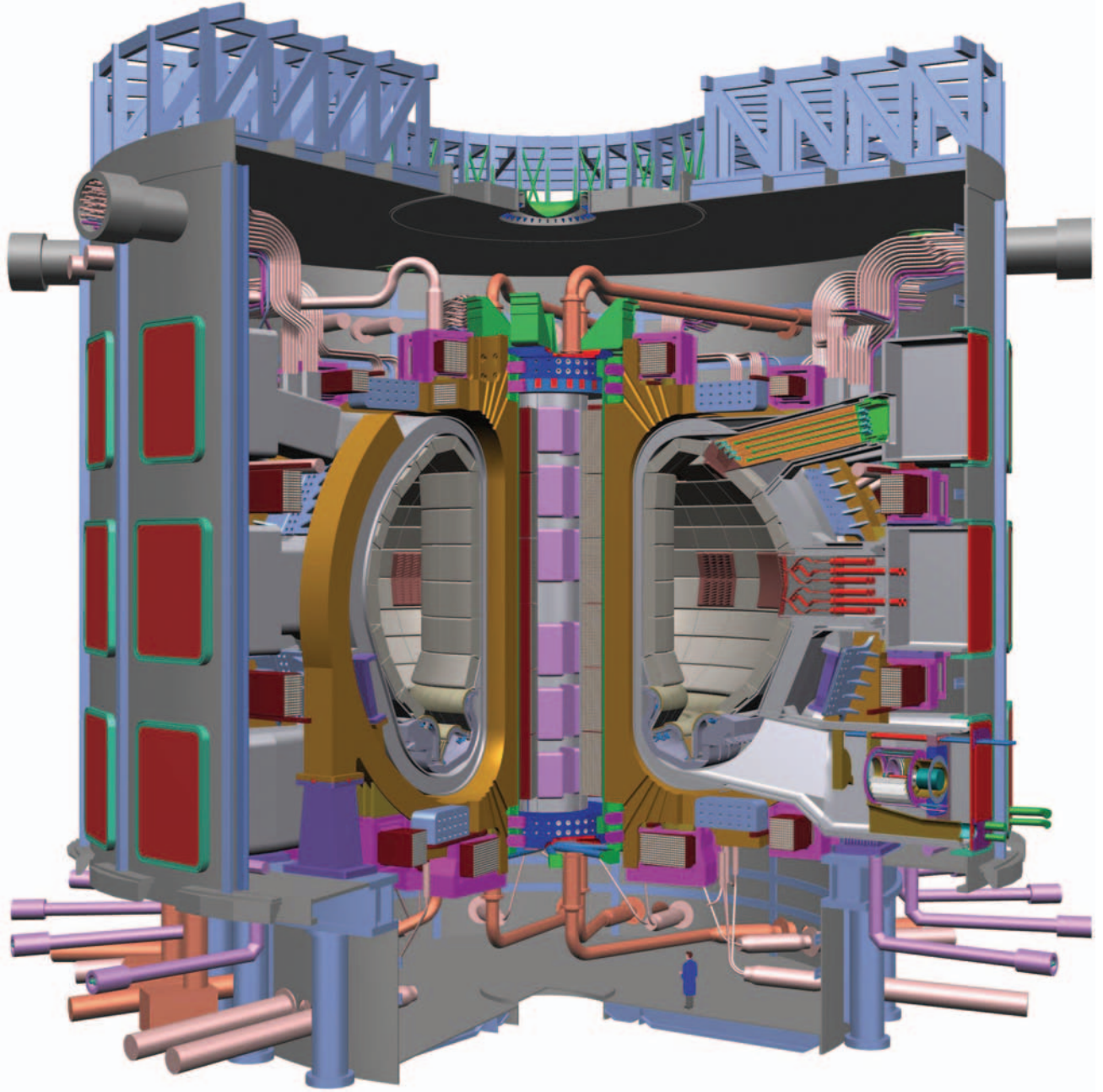


FÜZYON SAVAŞINDA ZAFER FRANSA'NIN

KOCA SUS PAYI DA JAPONYA'NIN



Yıldızlara enerjilerini sağlayan tepkimeleri yeryüzünde gerçekleştirerek sınırsız ucuz ve temiz enerji elde etmek 40 yıldır biliminsanlarının düşünüyüşünü süslüyor. Ama bu alandaki çalışmaların deneysel planda kalması

ve büyük parasal ve teknolojik darboğazların aşılamamış olması, fizik dünyasında ünlü bir deyişe yol açmış bulunuyor: "Füzyon enerjisi yalnızca 40 yıl ötemizde; ve hep öyle kalacak!.."

Ancak bu alanda en büyük uluslararası girişim olan ITER projesi için yer kavgasının nihayet uzlaşmayla sonuçlanması, düşün gerçekleşmesi için geçecek 40 yılın artık sonuncusu olabileceğinin işareti. ITER'e evsa-



hipliği için sürdürülen yoğun rekabette, kazanan Fransa oldu. Japonya ise geri çekilmenin karşılığında öteki ortakların payına düşenin çok ötesinde tavizler kopardı. Fransa'nın yoğun bir nükleer araştırma altyapısına sahip Cadarache kasabası ile Japonya'nın böyle bir altyapıdan yoksun Rokkasho kenti arasındaki çekişme, ITER için yürütülen uluslararası görüşmelerin 2003 Aralık ayında kilitlenmesine yol açmıştı. ITER'in ortakları arasına yeniden katılma kararı alan ABD, Kore ile birlikte Japonya'nın adaylığını desteklerken Rusya ve Çin, Avrupa Birliği'yle birlikte Fransa'nın evsahipliğini savunuyorlardı.

Varılan uzlaşma uyarınca Avrupa Birliği, ITER'in 5,5 milyar dolarlık inşaat maliyetinin yarısını karşılayacak ve bu payın büyük bölümünü evsahipliği karşılığı Fransa üstlenecek. Öteki 5 üyenin her biri ise çoğu ekipman ve projenin parçaları olmak üzere %10 oranında katkı yapacak. Ancak Japonya, %10 proje payına karşılık reaktörün yapımı için yapılacak malzeme siparişlerinden %20 oranında pay alacak ve ITER'de görev yapacak araştırmacıların %20'si Japon olacak. Avrupa Birliği ayrıca

ITER'in ilk direktörünün bir Japon bilim insanı olmasını da destekleyecek.

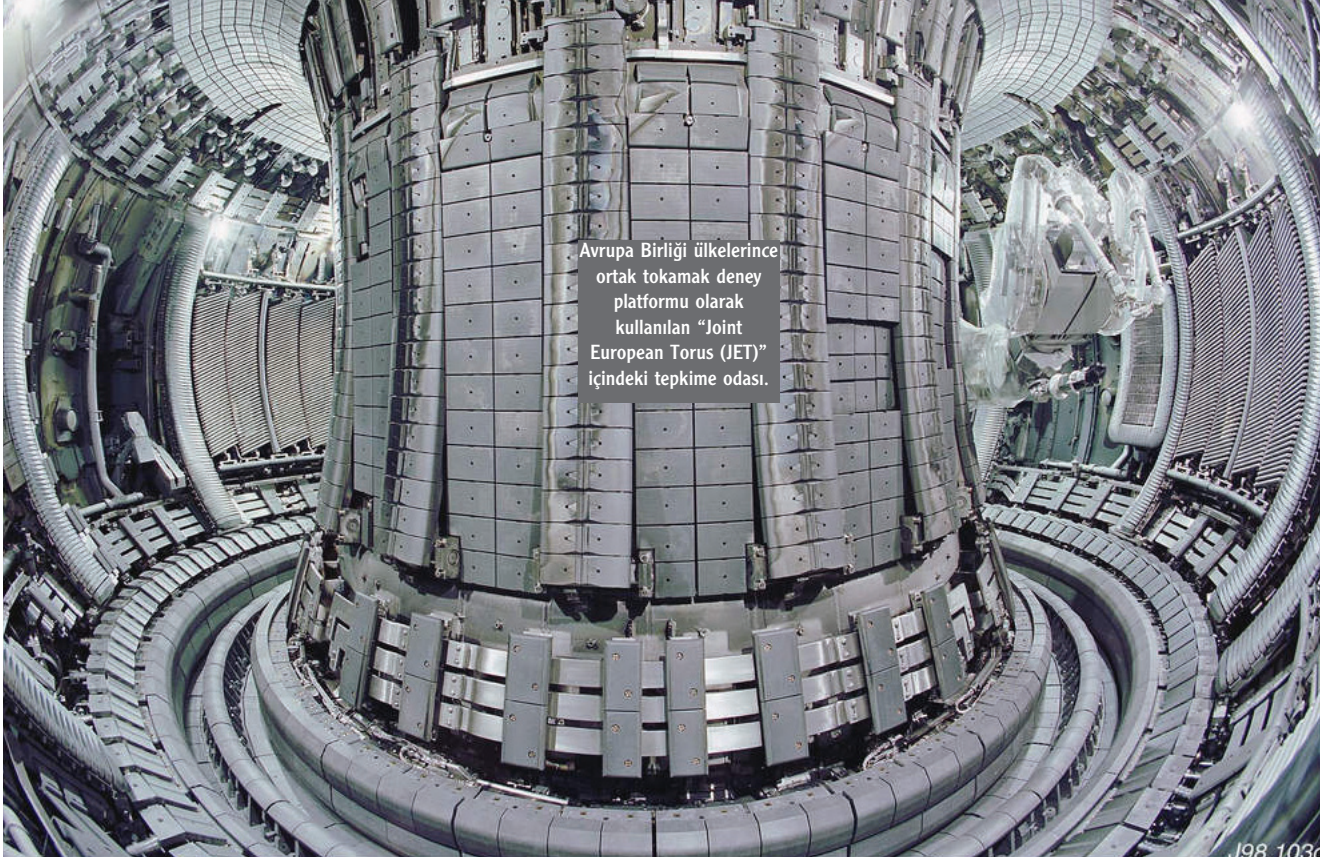
Yine uzlaşma gereğince ITER'in kuruluş maliyetinin %8'i, "ortak tesislere" harcanacak ve bunlar da Japonya'da kurulacak. "Ortak tesis" adayları olarak teknolojisi yenilenecek olan JT-60 ile, bir süperbilgisayar merkezi ve bir malzeme deney tesisi düşünülüyor. Yine de geleceğin enerjisine kapıyı açma onurundan yoksun kalmaktan hoşnut olmayan Japon bilim insanlarından bazıları Rokkasho gibi ıssız bir yerin Cadarache gibi bir nükleer araştırma merkezine rakip çıkarılmasının isabetsizliğine işaret ederken, bazıları da Başbakan Junichiro Koizumi'nin "karizma yoksunluğunu" suçluyorlar. Bir Japon bilim insanı şöyle diyor: "Fransa Cumhurbaşkanı Jacques Chirac herhangi bir hazırlık yapmadan ITER'in değeri ve gelecek için taşıdığı önem konusunda hiç sıkıntısız yarım saat konuşabilir. Koizumi ise dese dese şunu diyebilir: 'Biz bu ITER'i gerçekten çok istiyoruz!'"

Son yıllarda özellikle tokamak düzenekleriyle sürdürülen deneylerde epey mesafe alınmış bulunuyor.

Bunlardan en büyükleri Avrupa Ortak Torusu (Joint European Torus-JET) adlı füzyon deney makinesiyle, Japonya'da bulunan JT-60 adlı tokamak. Bunlarda, çok kısa sürelerle oluşturulabilen füzyon tepkimelerinde elde edilen enerji, girdi olarak kullanılan enerji düzeylerine yaklaşabilmiş durumda. Üretilen füzyon enerjisinde şimdilik rekor 16 megawatt ile JET'in elinde bulunuyor.

Plazma halkasının çapı 12 metre olarak tasarlanan ITER'inse, 400-700 megawatt düzeyinde güç üretmesi bekleniyor.

Eğer ITER deneylerinde başarılı sonuçlar alınır, bir sonraki adım DEMO adlı bir prototip füzyon enerji santrali olacak. DEMO'ya hazırlık olarak ITER'le birlikte Japonya'da çalışmaya başlayacak yan tesislerden olumlu sonuçlar alınması halinde DEMO'nun 2030 yılında devreye girebileceği belirtiliyor. Japonya'da "ortak tesisler" kapsamında kurulacak malzeme deney merkezinde, DEMO için kullanılacak sürekli füzyon sıcaklıklarına dayanabilecek malzemelerin üretilmesi bekleniyor.



Avrupa Birliği ülkelerince ortak tokamak deney platformu olarak kullanılan "Joint European Torus (JET)" içindeki tepkime odası.

Füzyon Yöntemleri

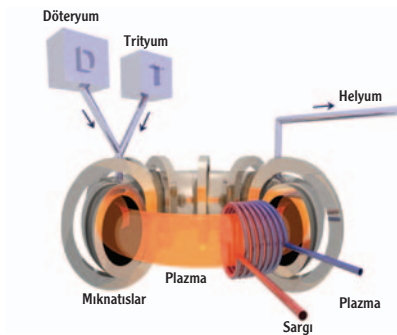
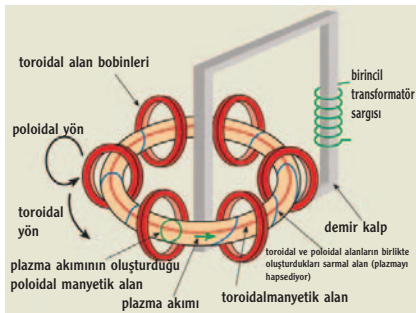
Füzyon, ağır atomların çekirdeklerinin parçalanmasıyla enerji açığa çıkaran "fisyon" tepkimelerinin tersine, hafif çekirdekleri birleştirerek enerji açığa çıkaran tepkimelere verilen ad. Güneş'in merkezinde hidrojen çekirdekleri muazzam basınç ve 15 milyon derece sıcaklık altında birleşerek helyum çekirdeklerini oluşturuyor ve açığa çıkan enerji, yıldızın dev kütlelerinin basıncını

dengeleyerek milyarlarca yıl kararlı biçimde ışımasını sağlıyor.

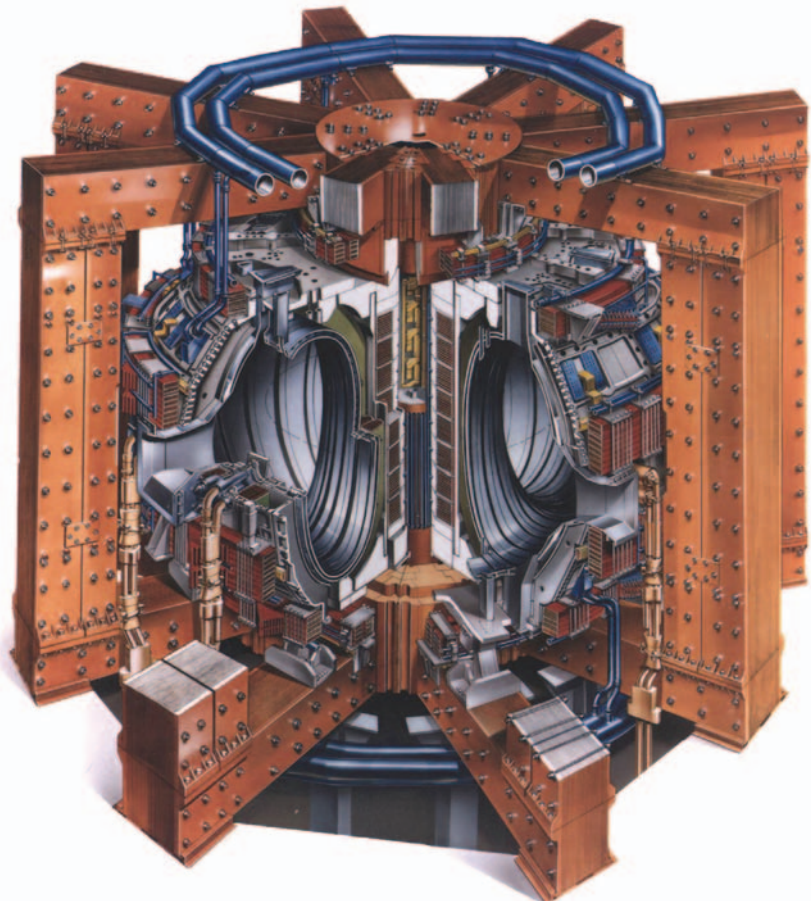
Dünyamızın laboratuvar koşullarında böylesine muazzam bir basınç söz konusu olamayacağından, ağır hidrojen izotopları yaklaşık 150 milyon dereceye kadar ısıtılıp artı yüklü protonların birbirlerini itme kuvveti yenilerek, birleşmeleri sağlanabiliyor. Füzyon deneylerinde yakıt olarak ağır hidrojen izotopları olan döteryum (normal hidrojen çekirdeği olan tek bir protona ek olarak

bir de nötron içerir) ve tepkime sürecinde ortaya çıkan trityum (bir proton, iki nötron) kullanılıyor.

Deneysel çalışmalarda füzyon tepkimelerini sağlamak için birkaç yöntem uygulanıyor. Bunlardan birinde "tokamak" denen pasta kalıbı biçimli tepkime odaları kullanılıyor. Burada, ısınp plazma haline gelen (çekirdekler ve onlardan kopmuş serbest elektronların bir arada bulunduğu) yakıt güçlü mıknatıslarla tepkime odasının duvarlarına



Tokamak içinde sarmal manyetik alanlarca hapsedilen plazmanın temsili görüntüsü.





LAZER FÜZYONU NASIL ÇALIŞIR

→ Sürücü demet

→ Yansıma

→ İçeriye aktarılan termal enerji

Her lazer atımında serbest kalan füzyon enerjisi 15 kg kömürün yakılmasıyla elde edilen enerjiye eşittir.



Hedefin ısınması

Bir radyasyon atımı (ışık, x-ışınları ya da iyonlar) bezelye büyüklüğündeki bir yakıt kapsülünü hızla ısıtır.



Sıkışma

Yakıt yüzeydeki sıcak malzemenin bir roket tepkisi gibi dışarı kaçmasının yarattığı karşı tepkiyle hızla sıkışır



Ateşlenme

Yakıt kalbi kurşun yoğunluğunun 20 katına erişince 100 milyon °C'de ateşlenir.

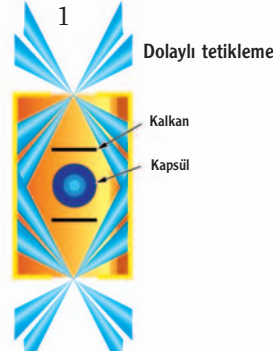


Yanma

Termonükleer yanma sıkışmış yakıt içinde hızla yayılarak girdi enerjinin birçok katı kadar enerji üretir.

Atıl tutulum yöntemi

Atıl tutulum yönteminde füzyon tepkimeleri döteryum-trityum (DT) içeren küçük bir yakıt kapsülünün içinde gerçekleşir. Bunun için çeşitli tetikleme yöntemleri vardır. "Dolaylı tetikleme" hedef kapsülünde lazer ya da iyon demetleri hedef kapsülüne doğrudan vurmazlar; metal silindire girerek füzyon kapsülünün yüzeyini ısıtan termal x-ışınları oluştururlar. Doğrudan tetikleme yönteminde, demetler doğrudan hedef kapsülün üzerine odaklanılır.



0,35 µm'lik lazer demetleri iki konik dizge halinde yakıt kapsülünün iki ucuna odaklanıyor.

2

Doğrudan tetikleme



Her yönden gelen lazer demetleri

Katı hal lazer hedefleri

Dolaylı hedefte (1) altın ya da kurşundan yapılmış metal silindirin içinde 3 mm çaplı, katı bir yakıt katmanında hapsedilmiş küçük bir miktar DT içeren bir plastik füzyon kapsülü bulunur.

Lazer ışınları silindirin içine iki konik dizge halinde girer. Doğrudan tetiklemedeyse (2), her yönden gelen lazer demetleri doğrudan hedef üzerine odaklanılır.

değdirmeden (soğumaması için) simit biçimli (torus) bir bulut gibi boşlukta asılı tutuluyor. Plazma, biri tepkime kabının ortasındaki boşlukta düşey olarak konumlandırılmış, diğeri de kabı çepeçevre saran iki güçlü mıknatısın oluşturduğu sarmal (heliks) biçimli manyetik alanlarca simit biçimli bulutta "hapis" tutuluyor. "Uluslararası Termonükleer Deney Reaktörü" sözcüklerinin İngilizce karşılıklarının baş harflerinden oluşan ITER de şimdiye kadar tasarlanmış en büyük tokamak düzeneği.

Özellikle Amerikalıların üzerinde durdukları ve "atıl tutulum" denen bir başka yöntemse şu: Döteryum ve trityum içeren küçük kapsüller, küre biçimli bir odada çeşitli yönlerden simetrik uygulanan güçlü lazer darbeleriyle çökertilerek, sıkışan ve ısınan yakıt içindeki çekirdekler birleştiriliyor. Nihayet yine ABD'de denen ve "z-sıkıştırması" denen bir başka yöntemse, çok güçlü akım geçirilen ince tungsten tellerin plazma haline gelerek X-ışınları yayması ve bu X-ışınlarının da döteryum trityum içeren yakıt kapsülünü çökerterek füzyona yol açmasına dayanıyor.

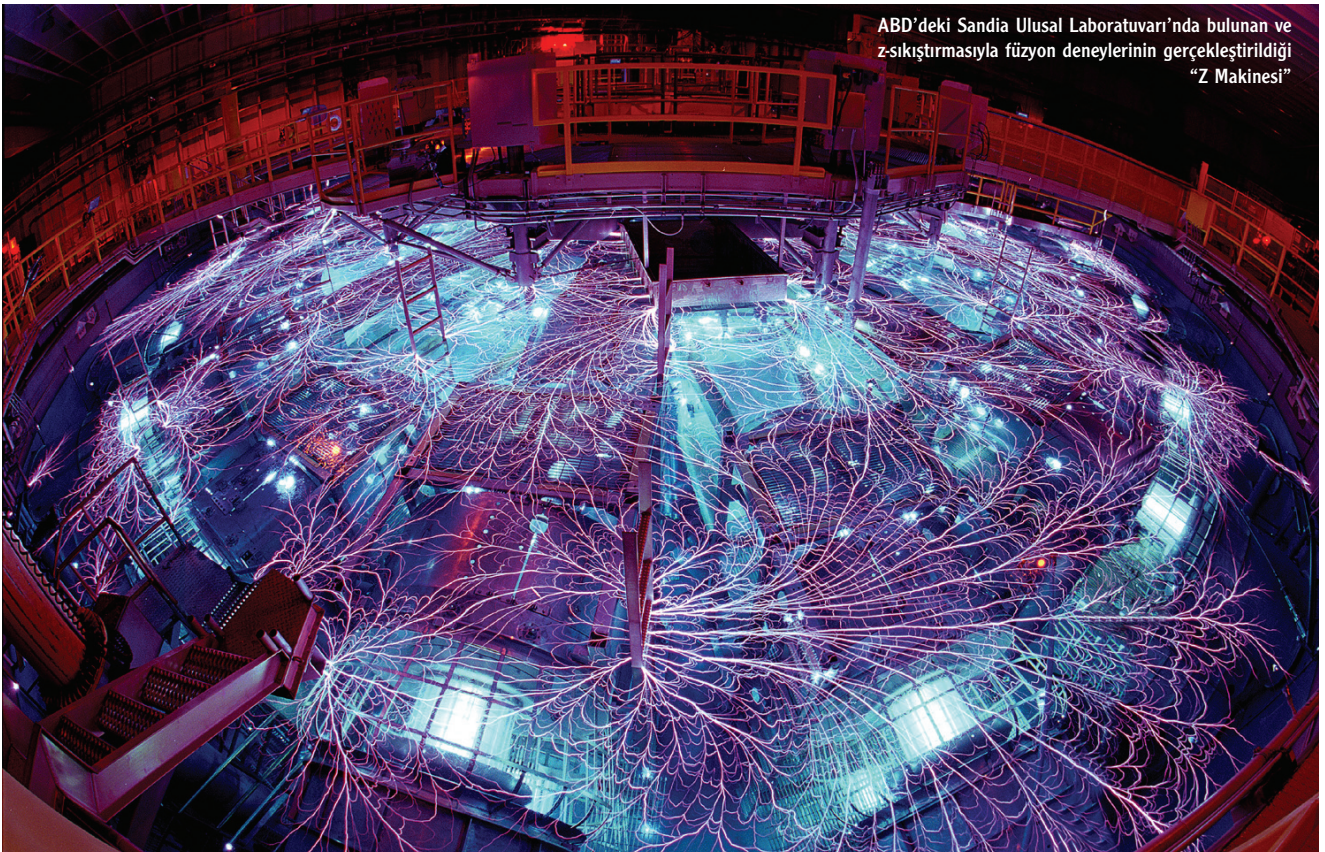
Raşit Gürdilek

Kaynaklar

Nature, 30 Haziran 2005

<http://lasers.llnl.gov/lasers/education/ed.html>

<http://zpinch.sandia.gov/>



ABD'deki Sandia Ulusal Laboratuvarı'nda bulunan ve z-sıkıştırmasıyla füzyon deneylerinin gerçekleştirildiği "Z Makinesi"