

Kızgın Gazlar Ve Plâzma

Prof. Dr. W. BRAUNBEK

Uzun zamandanberi kızgın gazlar tek-
nikte önemli bir rol oynamıştır: İlk
önce buhar makinasında, sonra iç yakımlı
motorlarda ve zamanımızda jet ve roket
motorlarında. Son gelişimin amacı ise
plazmadır, bu çok yüksek sıcaklıkta bir
gaz içerisinde maddenin almış olduğu ga-
rip durumdur. Gazdan plazma nasıl olur?
Onun ne gibi özellikleri vardır? Pratikte
ne işe yarar ve bütün bunlardan daha
önemli olarak evrende onun ne gibi bir
rolü vardır?

Buhar makinasının bulunuşundanberi
teknik büyük ölçüde kızgın gazlardan fay-
dalanmaktadır. Su buharı bir gazdır,
100°C ve 1 atmosfer basınçta, kızgın buhar
durumunda ise bugün suyun kritik sıcak-
lığı olan 374°C üzerine bile çıkmıştır.
Bundan sonra gaz motoru ortaya çıkmış-
tır. Fakat bütün bu iç yakımlı motorlar
akar yakıtla —benzin motoru, dizel moto-
ru gibi— çalışmalarına rağmen, aslında
gaz motorlarıdır, zira akaryakıttan hava ile
birleşerek yanıcı bir gaz karışımı meydana
gelir. Bundan sonraki gelişme gaz türbü-
nü —tabii bundan çok önce buhar türbünü
geliyordu— uçakların jet motorları ve ro-
ketlerin ateş fişkıran motorlarıdır ki bun-
lar da kızgın gazlardan başka birşey de-
ğildir. Acaba gaza bu muazzam ölçüdeki güç-
leri veren ve onsuz modern tekniğin tasar-
lanamayacağı bu nitelikler nelerdir? Her-
şeyden önce bütün gazların (çok az birkaç

istisnası hariç) basınçları sabit tutulduğu
takdirde, yükselen sıcaklıklarıyla beraber
hacimleri doğrusal bir şekilde artar. Şekil-
de bunun nasıl büyüdüğü görülmektedir,
böyle 0°C den 1000°C ye ısıtılan bir gazın
hacmi, ilk hacminin hemen hemen 5 katı-
nı bulur.

Gazın hacminin büyümesine mâni olu-
nur veya buna çok küçük bir oranda mü-
saade edilirse, o zamanda sıcaklığı yük-
selen gazın uygun şekilde basıncı artar.
Pratikte ısıtmak suretiyle, ilk önce gaz
hiç genişlemeden veya ılımlı bir genişle-
me ile yüksek bir gaz basıncı elde edilir,
bundan sonra gaz yüksek basınçla daha
fazla genişlerse, iş yapmış olur. Isıtma
ya dışarıdan verilen ısı (buhar kazanı,
kızgın hava motoru) veya yanıcı bir ka-
rışımın yakılması suretiyle (bütün iç ya-
kımlı motorları ta roket kadar) sağlanır.

Bununla beraber sert ve değişmez bir
fizik kanunu vardır ki, buna göre her ısı
gücü makinası kendisine verilen ısı ener-
jisinin yalnız ufak bir kısmını mekanik-
sel işe dönüştürür. Maksimal olarak el-
de edilebilecek bu kısım, makine ne
kadar yüksek sıcaklık farklarında çalışır-
sa o kadar yüksek olur. Fakat bir maki-
nanın alt sıcaklık sınırını (soğutmak su-
retiyle) fazla düşürmeye imkân olmadığı
için, üst sınırını yükselme yönüne gidil-
meye çalışılmıştır. Böylece gerçekten
gittikçe daha kızgın gazlardan faydalan-

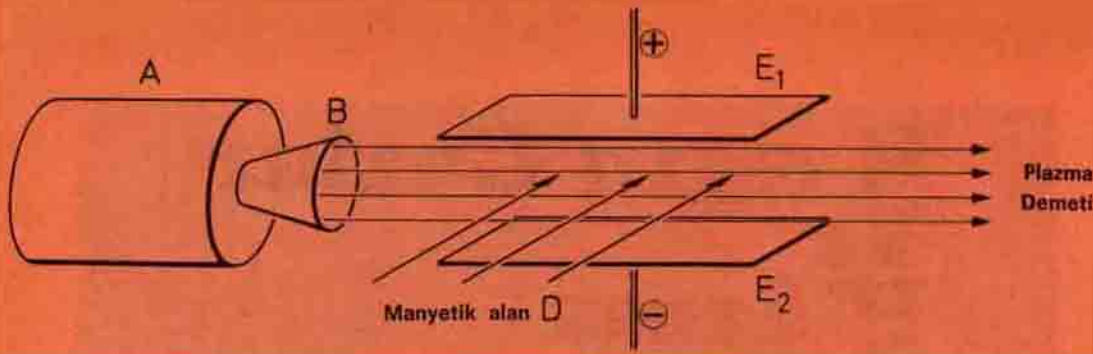
KAPAKTAKİ RESİMLER :

ÜST RESİM :

Bir plazma demetinin bir karbondioksit laserinin ışığındaki «Interferogramı».

ALT RESİM :

Bir yüksek akım şeraresinin plazma sütunu. Resimler Garsching Plazma Fizikî Enstitüsünde çekilmiştir.



Bir MHD - jeneratörünün çalışma tarzı

mak suretiyle ısı gücü makinalarının verimini oldukça yükseltmek kabil olmuştur ve bugün bu % 40'a kadar yükseltilebilmiştir.

Tabii, gaz sıcaklığının arttırılması ortaya muazzam teknolojik güçlükler çıkarmakta ve bunlar da ancak adım adım bertaraf edilebilmektedir.

Herşeyden önce bir gaz fazlasıyla ısıtıldığı takdirde âdi bir gaz olmaktan çıkıyor ve plazmaya dönüşüyor.

Kimyasal bileşimini değiştirmeyen her katı madde, yüksek sıcaklıkta sıvı ve sonunda gaz şeklini alır. Hattâ ısıya en çok dayanan Wolfram (erime noktası 1380°C) bile yaklaşık olarak 6000°C de buharlaşır. Maddenin dört halinin değişmesi, maddenin atomik yapı taşlarının gittikçe daha fazla kuvvetlenen düzensiz ısı hareketine bağlıdır ve nihayet —gazda— artık hiçbir içsel bağlantıya müsaade etmez ve gaz genişleme ihtiyacını kazanır. Böylece bir nihaî durumun elde edildiği düşünülebilir, bir gaz daha fazla ısıtıldığı halde artık daha fazla esaslı bir değişiklik gösteremez. Bu yanlış bir düşüncedir.

Çok yüksek sıcaklıkta esas moleküller artık tek tek atomlara çözülmektedir. Kuvvetli çarpışmalar yüzünden atomların moleküllerin içindeki karşılıklı bağları «havaya» uçurulmuştur. Bununla beraber böylece gazın karakteri tamamiyle esastan değişmez, çünkü tek tek atomlar hâlâ elektriksel tarafsız, nötr, yapı taşlarıdır.

Fakat atomlar son birim değildirlir ki, onlarda pozitif elektriksel çekirdekle, negatif elektronlardan birer kılıftan meydana gelirler. Gittikçe artan sıcaklıkla atomlar arasındaki çarpışma daha da şiddetlenir, atomlar orada burada elektronlarını kaybetmeğe başlar ve bunlar da kendi kendine oraya buraya dağılırlar ve ana atomlarını pozitif yüklü olarak, iyonlar halinde, geri bırakırlar. Sıcaklık ne kadar

artarsa, o kadar fazla pozitif iyon ve serbest elektron da daha durumunu muhafaza eden nötr atomların yanında acele ile koşuşup dururlar. Gaz plazmaya dönüşür.

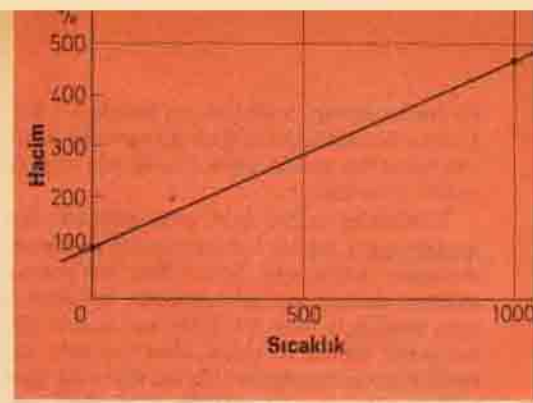
Eğer hepsi veya başlangıçta nötr olan atomların hemen hemen hepsi pozitif iyonlar ve serbest elektronlara ayrıldıkları takdirde, tamamiyle iyonize bir plazma'dan söz edilir. Bu durum tabii yavaş yavaş elde edilir, oldukça büyük bir sıcaklık ayrımında gazın plazmaya dönüşmesi ise, hemen hemen 3000°C de fark edilmeğe başlar. Elektrik şeresinin gaz sütununda, özellikle yüksek akım şeresinde, 10000°C den 20000°C ye kadar oldukça iyonize edilmiş bir plazma meydana gelir.

Şiddetli ısıtma yolunun dışında da başka etkenler sayesinde plazmalar meydana gelebilir. Röntgen ışınları, ve daha başka iyonize edici ışınlar da nötr atomlardan serbest elektronlar ayırabilirler ve böylece —gerçi genellikle çok zayıf iyonize edilmiş— bir plazma oluşturulabilir.

Çok az bir yoğunlukta, yıldızların atmosferinde olduğu, aynı zamanda yıldızlar arası uzayda da bulunduğu gibi gaz halinde plazmalar çok düşük sıcaklıklarda bile bulunabilir. Hattâ âdi bir metalin normal durumunu bile âdi sıcaklıkta plazma hali olarak kabul etmek mümkündür, çünkü onun içinde elektronlar az veya çok serbest olarak pozitif atom kalıntıları arasında dolaşıp dururlar.

Plazmanın bütün pratik uygulamaları çok kızgın plazmaların işidir. Burada da onlardan söz edeceğiz.

Plazma ile normal bir gaz arasındaki en önemli fark, tamamiyle elektrik bakımından nötr olmasına rağmen, serbest hareket eden pozitif ve negatif parçacıkları sayesinde, onun elektriğin iyi bir iletkeni görevini görmesidir.



Bu yüzden herşeyden önce akım halinde bir plazma ile bir dış (fakat belki plazma tarafından değiştirilmiş) magnet alanı arasında çok kuvvetli karşılıklı etkiler meydana gelir. Bu karşılıklı etkiler pratik uygulamalarda çok faydalanılan şeylerdir.

Bugün özellikle ümit verici bir gelişme safhasında bulunan magnetohidrodinamik jeneratör (MDH jeneratör) vardır. Çalışma tarzı şekil'de gösterilmiştir. Sıcak oda A'dan bir püskürücü D aracılığıyla bir plazma demeti C çıkar. Buradaki plazma yüksek sıcaklıkla elde edilmiştir, oluşumu özellikle gazla, kolayca iyonize olan maddeler, örneğin Alkali metallerin buharları, ilâve edilerek kolaylaştırılır. Böylece plazmanın pozitif parçacıkları yukarıya, negatif parçacıkları da aşağıya yollar ve karşılıklarını yüklerini bıraktıkları E, ve E₂ levhaları çıkar. Bu iki levha böylece bir elektrik jeneratörünün kutupları olur ve bunlardan elektrik enerjisi alınabilir. Makine çok yüksek sıcaklıklarda çalıştığı için, MHD jeneratöründen çok yüksek bir verim beklenmektedir.

Bundan başka çok daha sıcak plazmaların yardımıyla atom çekirdeğinin suni füzyonu (eritilmesi) üzerinde çalışılmaktadır ki, bu sayede gelecek kuşaklar için pratik bakımdan bitmeyecek bir enerji kaynağı ele geçmiş olacaktır. Burada tabii 10000° C yeterli değildir. Teorik hesapların gösterdiğine göre, özel atomlardan plazmalara ihtiyaç vardır, özellikle süper ağır hidrojen atomlarına ve en aşağı 100 milyon derece sıcaklığa. Ancak bu kadar yüksek bir sıcaklıkta atom çekirdeklerinin, çarpışmaları sırasında eriyebilecek ve enerjiyi serbest bırakabilecek kâfi derecede kuvvetli bir ısı hareketi meydana gelebilir.

Buradaki esas problem, yeter derecede yoğun ve yüksek sıcaklıkta bir plazmayı yeter derecede uzun bir süre (yaklaşık olarak bir saniye, bu kâfi gelecekti) dar bir yerde tutabilmektir. Burada da plazmanın yeter derecede şekillenmiş magnet alanlarıyla olan karşılıklı tepkisinden faydalanılır. Yalnız 20 yıldanberi gece gündüz çalışılmasına rağmen bu problem daha çözülmüş değildir.

Bundan daha önemli olan birşey de plazmanın kendi durumunun araştırılmasıdır ki, bu büyük deneysel güçlüklerle karşılaşmaktadır. Batı Almanya da en mükemmel plazma araştırma merkezlerinden

biri de Münih dolaylarındaki Garsching'deki Plazma Fizik Enstitüsüdür. Burada kızgın plazmaların magnetik sarılmasında yakınlarda büyük başarılar elde edilmiştir. Kapaktaki renkli fotoğraflar bu enstitünün çalışmalarına aittir. Alttaki şekil bir yüksek akım ışık şeraresinin parlayan plazmasını göstermektedir. Sağdaki beyaz benek şerarenin katoda değdiği noktadır. İkinci resim plazma ışınlarının çok karışık bir araştırma yöntemine aittir. O bir plazma ışınının Interferogramı denilen şeydir ve bir karbondioksit laser'in mavi yeşil ışığıyla alınmıştır. Bu gibi fotoğraflar sayesinde plazma ışınındaki yoğunluk dağılımı meydana çıkmaktadır ki, sayısal incelemeler için buna ihtiyaç vardır. Plazma araştırmaları fiziğin devamlı gelişim halinde bulunan bir alanıdır. Bu konuda ancak son zamanlarda maddenin bu garip, fakat son zamanlara kadar kimse'nin ilgi göstermediği durumu deneysel yollardan incelenmeğe başlamıştır.

Fakat insan, laboratuvarın başını kaldırarak uzaya bakmadan, plazmadan söz edemez. Plazma durumu dünyada, ne kadar rastlanmayan bir istisna durumu ise, uzayda ise o kadar geneldir.

Evreni dolduran milyarlarca kere milyarlarca güneşler, duragan yıldızların içleri, yüksek basınç altında ve çok yüksek sıcaklıkta maddeleri kapsar. Bu madde son derecede iyonize edilmiş bir durumdur, yani dolu bir plazmadır, ki bu laboratuvarlarda üretilen plazmalardan, yalnız çok yüksek basınç yüzünden çok yüksek yoğunluklara sahip olması ile ayrılır («beyaz kücelerde» ve özellikle pulsar'larda bu, tasarlanamayacak bir yoğunluk kazanır). Duragan yıldızlar evrende mevcut bütün kütle'nin en büyük hissesine sahip olduklarından, demek bunun en büyük kısmı plazma durumundadır. Güneşimizin dışın-

da başka duragan yıldızların belirli bir kısmında bulunabilen soğuk gezegenler plazma olmayan maddesiyle küçük bir azınlık teşkil etmektedir.

Gözlemlerimizle pek erişilemeyen, hepsiniyle büyük bir emniyetle saptanan duragan yıldızların içleri bize evrendeki plazma durumunu göstermekle kalmıyor, aynı zamanda hâlâ bir iyonizasyon için daha yeter derecede sıcak alan bu uzay cisimlerinin atmosferleri de bu durumu gösteriyor. Bizim güneşimizin atmosferi, gerek bize gelen bütün ışığın kaynağı olan fotosfer, gerek yalnız güneş tutulmasında görülen güneş koronası (güneşin etrafındaki beyaz ışınlar hâlesi) iyice incelenebilir.

Son zamanlarda bütün uydular tarafından incelenen bir plazma örneği de güneş

rüzgârıdır, o bir taraftan dünyanın magnet alanıyla karşılıklı etki sayesinde, bunu deforme eder, öte yandan da kendisi onun tarafından kuvvetle yolundan saptırılır.

Duragan yıldızların arası bile boş değildir, çok ince yıldızlar arası bile madde ile doludur ve bu da daha fazla plazma durumunda bulunmaktadır.

Plazmanın bu dünya çapında yayılması plazma araştırmasının yalnız, MHD - jeneratörü, atom füzyonu ve daha başkaları gibi pratik sonuçlardan başka amaçlara da yöretilmesini gerektirmiştir, yıldızlarda ve bütün evren de cereyan eden olaylar daha iyi anlaşılmağa başlamıştır ve bu sayede gelecekte çok daha da iyi anlaşılacaktır.

KOSMOS'tan

Geleceğin Enerjisi Plazma

ERNST von KHUON

Hepimiz cisimlerin katı, sıvı ve gaz olmak üzere üç halde bulunduğunu biliriz. Fakat dördüncü bir hal daha vardır ki buna da, Yunanca'da «kalıplanmış - şekillenmiş» anlamına gelen «Plazma» denilmektedir. Bir fizikçiye göre bu; kabaca 5000°C veya daha fazla ısıtılmış bir gazdır. Bu yüksek sıcaklıkta atomun çekirdeği ile kabuğu arasındaki bağ kırılmakta ve çıplak çekirdekle serbest elektronlar bir kovandaki arılar gibi etrafta dolaşmağa başlamaktadırlar. Günlük hayatımızda plazma ile temasımız yoktur. Yalnız fizikçiler bu sıcak ve iyonize gazların, elektroteknoloji ve karışık aparatlar vasıtası ile elde edebilmektedirler. Bununla beraber, plazma evrende normal ve tabii bir olaydır: bütün kozmik nebulalar ve güneşler hidrojen plazmasından meydana gelmiştir.

Güneşin iç tabakalarında 12 milyon derece civarındaki sıcaklıkların mevcut olduğu hesaplanmıştır. Bu yüksek sıcaklık, hidrojen çekirdeğinin eriyip helyum'a dönüşmesine ve bu suretle büyük miktarda enerjinin açığa çıkmasına sebep olmaktadır. Güneş radyasyon suretiyle, bünyesinden devamlı kayba uğramaktadır, ki bu bir dakikalık kayıp Mısır'daki Gizeh piramitinin 40 katına eşittir, fakat onun muazzam kütlesi yanında bu kayıp çok önemsiz kalır, çünkü o dünyamız büyüklüğünde bir milyonun üçte biri kadar gezegeni meydana getirmeğe yeterlidir. Öyle ki, güneşin yüzeyinde posta pulu büyüklüğündeki her benek 50 beygir gücünde sabit bir enerji kaynağı olmaktadır.

İnsanoğlunun en büyük emellerinden biri, güneşin bu tükenmez gücünü, bir me-