

EVRENDE ORGANİK MOLEKÜLLER



- Yıldızlar arasında uzanan uçsuz-bucaksız bulutlar, gerçek birer laboratuvar olup, bir yığın kimyasal tepkimeye sahne olmaktadır. Bu tepkimeler, çoğu organik olan çok sayıda molekülün doğmasına yol açarlar. Astrokimyacılar, bunlar arasında, yeryüzünde bulunmayan moleküller bile keşfetmektedirler.

Jean-Louis LAVALLARD

Madde yeryüzünde, molekül adı verilen atom bileşimleri şeklinde bulunur. Hava, su, insan vü-

cudu, ağaçlar, kayalar... hepsi de moleküllerden yapılmıştır. Buradan hemen, evrenin de moleküllerden yapılmış olduğu sonucuna varmamak gerekir. Madde, nötronlu yıldızlarda ya da kara deliklerde daha da bozulmuş bir durum almamışsa, atom çekirdeklerinden ve elektronlardan oluşmuş, biçimsiz bir karışımdan ibarettir.

Bu, sadece gezegenlerde, asteroidlerde, meteoritlerde ve kuyruklu yıldızlarda molekül bulunabileceği anlamına mı gelir? Hayır! Böyle düşünmek, yıldızlararası bulutları ve yine soğuk yıldızların atmosferlerini bilmekten kaynaklanır.

Evrendeki maddenin büyük bir bölümü, yıldızlararası bulutlar adı verilen çok geniş ve çok hafif kümeler içine serpilmiştir. Geniş bir alanı kapladığı için kütlesi çok büyük olan bu bulutlar, patlamış yıldız (Süpernova) kalıntıları olabildiği gibi, tam tersine, oluşmakta olan yıldızlar için yapı malzemesi de olabilirler. Bunların ısıları düşüktür. Bu yüzden madde, orada kimya yasalarına göre birleşmiş atomlar, yani moleküller biçimini alabilir. Bu moleküllü madde, gözle görünür boyutlarda (mikrondan milimetreye kadar) olan toz tanecikleri şeklinde veya mikroskopik biçimde; atom ve moleküllerden oluşmuş, oldukça düşük yoğunlukta (örneğin cm^3 başına birkaç yüz molekül) bir gaz halindedir.

Bilindiği gibi insanların en meraklıları olan *astronomlar* ötedenberi, uzayda da bulunabilen moleküllerin ne olduğunu bulmaya çalışmışlardır. Bunlar yeryüzündekilerle aynı mıydılar? Başkaları da var mıydı? Bütün bunlar ne anlama gelirdi? Bu soruların cevaplarını bulabilmek için uzayda şu ya da bu molekülün varlığını tanıyabilecek aygıtlar geliştirip kurdular. Bu aygıtlar, uzaydaki moleküllerden yayılan radyo-elektrik dalgalarını yakalayan radyoteleskoplardır. Bir dış etki sonucu (genellikle, bir hidrojen molekülü ile çarpışma) molekül, özgün bir elektromanyetik dalga yayar. Şu ya da bu yerde, şu ya da bu molekülün var olduğunu öğrenmek için bu elektromanyetik dalgayı almak ve tanımak yeterlidir.

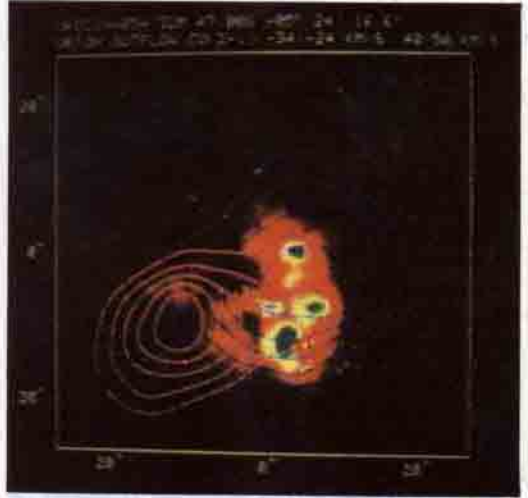
Bütün güçlük ise bu "yeterlidir" kelimesinde bulunmaktadır. Birkaç milimetre boyundaki bir elektromanyetik dalgayı almaya ve tam yerini saptamaya yarayan radyoteleskoplar oldukça pahalıya mal olmaktadır. Alınan bütün yayınlardan belli bir moleküle özgü olanları seçip ayırmak, çoğu kez önemli kuramsal hesaplar isteyen bir dedektif çalışmasıdır.

Zira, belli bir dalga boyunda bir yayınının var oluşunun, belli bir molekülün varlığına kesin kanıt olduğu maalesef doğru değildir. Bulutlar hareket halindedir. Böyle olunca, hareketler dalga boyunun kaymasına neden olur. Belli bir dalga boyunda bir radyasyonun varlığı, belli bir hız ile bir molekülün varlığına ya da bir başka hız ile başka bir molekülün varlığına işaret edebilir. Bu durumda araştırmacılar, bir molekülün varlığını, hepsi de aynı biçimde kaymış olan özgün birçok tayf çizgisinin varlığı ile saptamak zorunda kalırlar ya da daha iyi bir deyişle, bir tayf çizgisinin varlığını keşfederler. Zira bu çizginin ince yapısı, yani ortalama bir değer çevresindeki şiddet varyasyonu, belli bir moleküle özgüdür. Tayf çizgisi kaymış bile olsa, bu ince yapı aynen kalır.

Molekülleri ortaya çıkarma yöntemleri düzenli olarak gelişmektedir. Alıcılar da giderek mükemmel bir hale gelmekte ve araştırmacılar, kazanılmış deneyimlerden yararlanabilmektedirler. Araştırmacıların gökyüzünün herhangi bir yerinde, bir molekülün varlığını saptamış olduklarını varsayalım. Onlar aynı zamanda, bu yerde bulut hızının ne olduğunu da



Orion nebulasının milimetrik dalga olarak görüntüsü. Farklı renkler bulutun moleküllerinin yer değiştirme hızını göstermektedir.



Genç bir Orion yıldızına yakın bir CO moleküllü gaz dalgasının milimetrik yayın şiddeti, kırmızı ve mavi seviye eğrileriyle gösterilmiştir. Fonda görülen gökyüzünün aynı bölgesindeki enfraruj yayını, yıldızlararası tozlardan ileri gelmektedir.

öğrenmişlerdir. Bu durumda, aynı hıza sahip olduklarını düşünerek, başka moleküller arayacaklardır. Şu halde, yayınlarının nasıl kaydığını da önceden bileceklerdir.

Bu yüzden, sayıları her geçen gün artan yeni molekül keşiflerinin bildirilmesi şaşırtıcı değildir. Yirmi yıl önce deneyler başladığında, yılda bir ya da iki molekül bulunuyordu. Bugün ise, onlarcası birden keşfediliyor.

İlk keşfedilen moleküller karbonmonoksit (CO) ve amonyak (NH_3) oldu. Daha sonra nedense ço-

Ender izotoplar içeren yıldızlararası bulutlar

İzotop	Moleküller
D (Ağır hidrojen)	H ₂ , H ₂ O, HCO ⁺ , N ₂ H ⁺ , HCN, HNC, NH ₃ , H ₂ CO, CH ₃ OH, HC ₃ N, HC ₅ N
13 C	CO, CS, HCN, HNC, HCO ⁺ , OCS, H ₂ CO, HC ₃ CN, CH ₃ CN, CH ₃ OH
15 N	HCN, HNC, NH ₃ , N ₂ H ⁺
17 O	CO, HCO ⁺
18 O	CO, OH, H ₂ O, HCO ⁺ , H ₂ CO
29 Si	SiO, SiS
33 S	CS
34 S	CS, SO, SO ₂ , OCS, SiS

Başlıca elementlerin ender izotoplarını içeren çok sayıda molekül, radyo-astronomlar tarafından ortaya çıkarılmıştır. Solda, ender izotoplar (örneğin, oksijen 17 ve oksijen 18), sağda, onları içeren moleküller.

ğünüğü organik kimya ile ilgili olan birçokları bunları izledi.

Olay, felsefi açıdan oldukça merak uyandırıcıydı. Bu organik moleküller yaşam izlerini simgelemiyor larmıydı? Ya da, bundan, yaşamın kökeninin uzayda olduğu sonucu çıkamaz mıydı?

Yer ötesinde köken arama efsanesi insanı hep düşlere daldırmıştır. Gerçek ise daha katıdır. Uzayda en çok rastlanan atomlar hidrojen, karbon ve oksijendir. Şu halde, en çok rastlanan moleküller de bu atomlardan oluşacaktır. Yani, organik moleküllerin kökeninde bir yaşam biçimi olduğunu düşünmek için hiçbir neden yoktur.

Araştırmacılar şu anda öyle bir aşamaya gelmişlerdir ki, yalnızca uzayda moleküllerin varlığını ortaya çıkarmaya değil, aynı zamanda bunların bolluğunun nedenlerini de açıklamaya çalışmaktadırlar. Böylece yeni bir disiplin, astrokimya doğmuştur.

Gerçekten de, yıldızlararası bulutlarda hüküm süren fiziksel şartlar, yerküremizin yüzeyindekilerden o denli farklıdır ki, kimyasal tepkimeler orada tamamiyle aynı değildir ve bilgilerimizi bu anormal şartlara uyarlamamız gerekmektedir.

Bir kimyasal tepkime, iki atomun ya da iki molekülün önce karşılaşmasını, sonra da birleşmesini gerektirir. yeryüzünde, bir deney tüpünde molekül-

ler çok sıkışıktr ve ısıya bağlı olarak, önemli hareketler içindedir. Çok hafif ve çok soğuk olan yıldızlararası bulutlarda, moleküller birbirlerinden çok uzakta olup, hemen hemen hareketsizdirler. Buradan oldukça önemli farklar doğar.

Yeryüzünde moleküller arasında karşılaşmalar oldukça sık ve şiddetlidir. Uzayda ise enderdir ve sessizdir. Birinci fark buradan kendisini göstermektedir. Uzayda tepkime hızları çok yavaştır; çünkü, moleküllerin karşılaşma şansları çok azdır. Bulutların kimyasal evrimi bu yüzden milyonlarca yılda tamamlanır. Yeryüzünde kimyasal bir karışım çabucak tepkimeye girer dengeli biçimine ulaşır. Uzayda ise kimyasal dengeye ender olarak ulaşılır.

Yeryüzünde kimyasal tepkime, genellikle gözle görülmeyen birçok aşama halinde olur. Başlangıç ve bitiş evresinde, genellikle büyük tepkime gücüne sahip aracı moleküller oluşur. Bu moleküller, tepkiyerek o denli hızlı kaybolurlar ki, kimse onların varlığının farkına varmaz. Uzayda ise, bu aracı moleküller, aşırı derecede yalnız oldukları için, uzun bir zaman geçmeden kendileriyle tepkimeye girecek eşlere rastlamazlar. Böylece kaybolmadan önce uzun süre varlıklarını sürdürebilirler.

Bu nedenle astrofizikçiler, yeryüzünde bulunmayan çok sayıda molekül keşfetmişlerdir. Bunlar, yeniden tepkiyerek kaybolacak zamanı bulamayan, tepkime aracı moleküllerdir. C₃H₂ (iki hidrojenle üç karbon çevrimi) için durum böyledir.

Astrokimyacılar da bulutların kimyasal olarak nasıl davrandıklarını anlamaya çalıştılar ve böylece, bazı modeller kurdular. Başlangıçta, belli bir sayıda atom tipleri olduğunu varsaydılar ve bunlarla bileşiklerinin yapmaya elverişli olabilecekleri bütün tepkimeleri bir bilgisayara yüklediler. Burada, bazen binlerce tepkimeyi ve değişik ısı ve ışınım fiziksel şartları devreye sokmayı gerektiren, oldukça karmaşık programlar sözkonusudur. Bu modellerden hiçbirinin, gerçek bir yıldızlararası buluta yüzde yüz uymadığını söylemeye gerek yok. Ancak bazıları, kullanılabilecek kadar bu noktaya yaklaşmaktadır. Başlangıçtaki karbon ve oksijen atomları sayısı oranının temel önemi, işte böylelikle açığa çıkarılabilmektedir. Bu oranın değerine göre, bulutun kimyasal bileşiminin evrimi farklı olacaktır.

Peşinen beklenmeyen bazı olguların gözönüne alınması gerekmektedir. Örneğin, katalizör rolü oynayabilen yıldızlararası tozların varlığı gibi. Bazı tepkimeler, tek başına bulunan hidrojen atomlarından hareketle hidrojen moleküllerinin oluşmasındaki gibi, ancak bu elementlerin bir tozun yüzeyinde emilmesinden sonra gerçekleşebilir. En bol atomların hidrojen, karbon, oksijen, azot ve kükürt-basit bileşimlerinin tamamına yakını bugün keşfedilmiştir. Bu nedenle şimdi, bu atomlardan oluşmuş daha karmaşık moleküller ve daha ender rastlanan atomlar içeren moleküller araştırılmaktadır.

Yıldızlararası bulutlarda ve yıldız atmosferlerinde ortaya çıkarılan moleküller

HİDROJEN
H₂

Sadece karbon (C) ve hidrojen (H) içeren moleküller

CH	C = C	C = CCH	(C = C) ₂ H
CH ⁺	C = CH	(C = C) ₂ CH	H ₃ C (C = C) ₂ H
CH ₄	HC = CH	H ₃ CC = CH	$\begin{array}{c} C \\ / \quad \backslash \\ HC - CH \end{array}$
	H ₂ C = CH ₂		

Oksijen (O) içeren moleküller

OH	HCO ⁺	CH ₃ CHO	CH ₃ CO ₂ H
H ₂ O	HOC ⁺ ?	CH ₃ OH	CH ₃ OCH ₃
CO	H ₂ CO	CH ₃ CH ₂ OH	HOCO ⁺
HCO	CH ₂ CO	HCO ₂ H	C = CCO
H ₃ O ⁺ ?	(CH ₃) ₂ CO		

Azot (N) içeren moleküller

CN	H ₂ CN ⁺	CH ₃ CH ₂ CN	H (C = C) _n CN
HCN	NH ₂ CN	H ₂ C = CHCN	H (C = C) ₅ CN
HNC	CH ₂ NH	HC = CCN	C = CCN
N ₂ H ⁺	CH ₃ NH ₂	H (C = C) ₂ CN	H ₃ CC = CCN
NH ₃	CH ₃ CN	H (C = C) ₃ CN	H ₃ C (O = C) ₂ CN

Hem azot hem de oksijen içeren moleküller

NO, HNO?, HNCO, HOCN?, NH₂CHO

Diğer atomlar içeren moleküller

SO, SO⁺, SN, CS, H₂S, SO₂, OCS, HCS⁺, H₂CS
CH₃SH, HNCS, SiO, SiS, SiC₂, SiH₄, HCl, NaCl, KCl, AlCl
C₂S, C₃S, PN, AlF

Şimdiden yüze yakın molekül ya da kök ortaya çıkarıldı.

Bugün için bulunan en karmaşık organik molekül asetondur (CH₃-CO-CH₃); fakat, yakın, bir zaman içinde, daha karmaşık olan başkalarının-örneğin, glisin gibi bir amino asit-keşfedilmesi imkânsiz değildir. Hatta araştırmacılar, yakın bir zaman önce sodyum klorür (NaCl-Mutfak tuzu) ya da potasyum klorür (KCl) gibi "mineral" bileşikler, ya da yine ender bir gaz olan Argon'un yeryüzünde bilinmeyen bir bileşiği olan A₃H₃'ü ortaya çıkardılar.

Gelecek vadeden bir başka yol, bu moleküllerin izotoplar açısından araştırılmasıdır. Yeryüzünde olduğu gibi, uzayda da moleküller bir çok izotop biçimi altında bulunur. Örneğin hidrojen, bir tek protondan oluşmuş bir çekirdeğe (normal hidrojen), ya da bir proton ve bir nötronun oluşmuş bir çekirdeğe (ağır hidrojen 2 ya da döteryum) sahip olabilir. Böylece, uzaydaki atomlar çeşitli izotop türleri halinde bulunurlar. Karbon 12'nin yanında izotopu karbon 13, oksijen 16'nın yanında izotopları oksijen 17 ve 18, vb. bulunur.

Bu izotop varyantları, sadece normal atomlarla bileşecek yerde, daha ender izotoplar içerebilen uzay molekülleri ile buluşurlar. Gerçekte, ender izotoplu moleküller, normal izotoplu moleküllerden kolaylıkla ayırt edilebilir. O halde, aynı tip bir molekül için, şu ya da bu tip izotoplar içeren moleküllerin oranını karşılaştırmak ilginç olur. Gerçekten de her izotop, tamamiyle aynı kimyasal tepkime özelliğine sahip değildir ve bir bileşim farkından, fiziksel koşul farkları çıkarılabilir.

Diğer yandan, yıldızlararası bulutlar, basit birer kozmik nesne değildirler. Biçimleri düzensizdir ve hareket halindedirler. Yoğunlukları, bileşimleri, ısıları, tabii oldukları manyetik alanlar, bir noktadan diğerine değişirler. Böyle olunca, bu üç boyutlu nesnelere, onların gökkubbeye yansıyan ancak iki boyutlu görüntüleriyle tanınırlar.

Bereket versin, araştırmacılar bu görüntülerin birçoğunu ellerinde bulundurmaktadırlar Bunlardan bazıları, bulutun arında bulunan yıldızların ışığının emilmesi ile ilgilidir. Diğerleri de, çeşitli moleküllerin ve izotopların sıklık haritalarıdır. Araştırmacılar bu değişik görüntüleri, karmaşık nesnenin uzaydaki biçimini yeniden oluşturmak ve yerel özelliklerini belirlemek amacıyla biraraya getirirler.

Henüz başlangıç aşamasında bulunan bu tür bir inceleme, oldukça sürükleyici görünmektedir. Gerçekten de, yıldızlararası bulutlar kozmolojik açıdan önemli nesnelere dir. Kütleleri çoğunlukla çok büyüktür ve yıldızların oluşumu onlarla başlar.

Sciences et Avenir'den çev.: Ahmet ÖYLEK

İki günü denk olan her yönden zarardadır.