



Not Defteri

V u r a l A l t ı n

Sera Gazları - II

Neden atmosferdeki bazı gazlar, örneğin karbondioksit, sera etkisi açısından önemli de, diğer bazıları değil?...
Fotonları 'taşıyan' elektromanyetik dalgaların bir salınım moduyla etkileşebilmesi için, salınım sırasında, molekülü oluşturan atomların üzerindeki yerel yük fazlalık veya eksikliklerinin, geçici olarak da olsa ayrılarak bir 'elektrik dipolu' oluşturması gerekir. Yerel yüklerin simetrisi bozulmazsa eğer, dipol oluşmuyor, etkileşme de olamıyor. Örneğin, atmosferin büyük kısmını oluşturan oksijen (O₂) ve nitrojen (N₂) molekülleri, çeşitli salınım modlarına sahipler. Fakat, elektrik dipolu oluşturmamış olmalarından, kızılaltı ışınlarla etkileşemez, onları soğuramazlar. Halbuki, örneğin karbondioksit, üç atomlu doğrusal bir molekül. Yandaki şekilde görülen salınım modlarına sahip. Bunlardan a ve b, 'simetrik ve asimmetrik doğrusal uzamalı', c ise 'bükülmeli' salınım modları. 'Simetrik doğrusal uzamalı salınım modu', yük simetrisini koruduğundan, dipol momenti oluşturmuyor. Dolayısıyla ışıkla etkileşemiyor. 'Optik etkinliği'nin olmadığı söylenir. Halbuki b) şikkındaki 'doğrusal asimmetrik uzamalı salınım modu', dipol momenti oluşturabilmesi nedeniyle optik etkinliğe sahip ve 4,26 µm dalgaboyundaki kızılaltı fotonları soğurabiliyor, ya da tersine geçişlerde ışıyabiliyor. 'Bükülmeli salınım modu'nun ise, 14,99 µm dalgaboyu civarında optik etkinliği var. Bunu görebilmek için, karbondioksit dolu bir odadan, Güneş'in ışınma spektrumuna sahip bir ışın demeti geçirdiğimizi varsayalım. Bu ışıktaki uygun dalgaboyları, moleküller tarafından soğurulmakta ve bir yandan da tersine geçişler sonucunda, gelişigüzel yönlere ışınmaktadır. Odada yansımalarla yol açacak toz parçaları bulunmasın. O halde, odadaki herhangi bir foton, ya kaynaktan gelen, ya da moleküllerden biri tarafından ışınmış olan bir fotondur. Eğer ışık demetine geldiği doğrultuda bakar ve bize ulaşan ışığı tayfına ayırıp, giren ışığın tayfıyla kıyaslırsak, ilgili dalgaboyları civarındaki ışık şiddetinde ciddi azalmalar olduğunu görürüz. Bu karanlık çizgiler, 'soğurma çizgileri.' Öte yandan ışığa, geldiği doğrultudan farklı bir yönde bakarsak, yakaladığımız ışığın tayfı, karbondioksitin ilgili dalgaboylarındaki ışınmalarından oluşmak zorundadır. Bu birbirinden ayrı ve görece parlak çizgiler de 'ışınma spektrumu çizgileri...'

(a) (b) (c)

Bu çizgiler tabii, tek bir frekansa ait incecik çizgiler değil. Bunun çeşitli nedenleri var. Birincisi, molekülün salınım veya dönme modlarına ait enerji düzeylerinin, yörünge elektronlarının enerji düzeylerinde de olduğu gibi, Heisenberg'in 'belirsizlik ilkesi' gereği biraz bulanık olması. Dolayısıyla çizgiler biraz yaygın olup, sivri birer tepeye benzemektedir. Buna 'spektrum çizgilerinin doğal genişlemesi' deni-

yor. Çizgileri genişleten ikinci bir etken, atom veya moleküllerin hareket halinde olması. Işıyan atom veya molekül, eğer bize doğru hareket ediyorsa, ışığı fotonun frekansı bize biraz daha yüksek, aksi halde de, yani bizden uzaklaşıyorsa, biraz daha alçak görünür. Benzer şekilde, hareket halindeki bir molekül, kendisine yaklaşan bir fotonu, fotona doğru hareket ediyorsa daha yüksek, aksi halde, yani fotondan uzaklaşıyorsa daha düşük frekanslı imiş gibi görür ve fotonu ona göre, soğurabilir veya soğuramaz. Moleküllerin hareket hızları, sıcaklığa bağlı olup, belli bir dağılıma (Maxwell-Boltzmann) sahiptir. Dolayısıyla, ışınma veya soğurma spektrumu çizgileri, dar da olsa bir frekans aralığına yayılmışlardır. Isıl kökenli bu etkiye, spektrum çizgilerinin 'Doppler genişlemesi' deniyor. Çizgileri yaygınlaştıran bir diğer etken, gazın basıncı. İki nedenle. Birincisi, ışınım veya soğurma üzere olan bir molekülün enerji düzeylerinin; yanındaki, diyelim durağan bir atom veya molekülün barındırdığı yüklerin yol açtığı elektrik alanı tarafından etkilenmesi. Dolayısıyla, ışınan veya soğurulan fotonun enerjisi, bu etkinin büyüklüğüne bağlı olarak az biraz değişebiliyor. Buna spektrum çizgilerinin 'durağan' ('quasistatic') 'basıncı genişlemesi' denmekte. İkincisi, ışınma sürecinde olan bir moleküle bir başka molekülün çarpması. Çarpışma süreci, ışınma sürecinden çok daha kısa. Sonuç olarak, ışınma süreci kesintiye uğruyor ve ışınan fotonun enerjisinde küçük bir miktar azalma oluyor. Buna da spektrum çizgilerinin 'darbe basıncı genişlemesi' denmekte.

Atmosferde sera gazı olarak karbondioksitten başka; su buharı, metan ve nitrus oksit gazları var. Hatta metan, oranı düşük olmakla beraber, mol veya birim hacim başına, karbondioksitten 23 misli daha etkin bir sera gazı. Yandaki şekilde, atmosferin geçirmezliğinin ('opaklık') dalgaboyuna göre grafiği var. Bu gazlar sayesinde ki; belli bir frekans aralığındaki Güneş ışınlarının taşıdığı enerji, at-

mosfere bir kez girdikten sonra çıkamayıp, içeride hapsolmekte. Tıpkı, bir seranın üzerini kaplayan plastik örtü veya camdan giren ışınların taşıdığı enerjinin, büyük oranda içeride kalmasına benzer şekilde. Sözkonusu gazlar, bu etki benzerliği nedeniyle, 'sera gazları' olarak anılıyor. Ama bu benzetme aslında yanlış. Çünkü, örneğin camdan yapılmış bir serada, içeri giren Güneş ışınları toprağı, toprak da havayı ısıtıyor. Isınınca yükselen hava dışarı çıkmadığından, sera ısınmış oluyor. Seranın sıcaklığını korumasını sağlayan etken, kızılaltı ışınların içeride hapsolmesinden ziyade, ısınan havanın dışarı çıkamaması, yani taşınımı ısı aktarımını engellenmiş olması. Nitekim, seranın tavanında ufak bir pencere açılması halinde, kızılaltı ışınların çoğunun hala kaçmamasına rağmen, seranın taşınımı ısı aktarımı sonucunda hızla soğuduğu görülür. Bu durumu saptamaya yönelik bir çalışmada, kızılaltı ışınları geçiren tuz kristaliyle örtülü bir hacmin de sera gibi çalıştığı belirlendi.

Sera etkisi atmosferin; gündüzleri gelen ışınlardan daha fazlasını soğurmak suretiyle daha fazla ısınmasını, geceleri de yerkabuğu ısınmasını yakalayıp soğurarak, aşırı soğuyumasını sağlamakta. Dünyamızdaki gece gündüz sıcaklıkları arasındaki fark, diğer gezegenlere oranla bu yüzden düşük. Sera etkisi gece ile gündüz arasındaki sıcaklık farklarını törpülediği gibi; yıllık ortalama sıcaklığın, şimdiki 14 °C'lik görece yüksek düzeyde seyrini de sağlıyor. Bu etki olmasaydı, ortalama sıcaklık 32 °C azalarak -18 °C'ye iner ve dünyamız buzla kaplı bir topa dönerdi. Geçmişte bu duruma yaklaşıldığı sanılıyor, 'Kartopu Dünya...' Yani sera gazlarının atmosferdeki varlığı aslında, hayatın bildiğimiz şekliyle vücut bulabilmiş olması ve benzer şekilde devamı açısından vazgeçilemez bir unsur. Ancak, etkinin gücü sera gazlarının atmosferdeki konsantrasyonlarına bağlı ve bu konsantrasyonlar değiştiğçe, iklim de değişiyor. Nasıl?...

