

Iyonize edici radyasyon

Gözlemin neden olduğu bir sistemin pertürbasyonu, atomik olayların görsel bir tanımının mümkün olduğu sınırları belirlemede önemli bir faktördür.

Werner Heisenberg: Belirsizlik ilkesinin açıklış beyanı

Genel olarak, radyasyon, fotonların uzayda hareket etmesini ifade eder, fakat terim ayrıca, radyoaktif nüklitler tarafından yayılan veya makineler tarafından üretilen atom altı parçacıkları anlamına da kullanılır. Bu parçacıklar ve fotonlar genellikle izleri boyunca molekülleri veya atomları iyonize eder ve iyonlaştırıcı radyasyon olarak adlandırılır. Kızılötesi, mikrodalga, uzun radyo dalgası ve yolunda atomları veya molekülleri iyonize etmeyen görünür ışık gibi radyasyon iyonlaşmayan radyasyon olarak adlandırılır..

İyonlaştırıcı radyasyon α , β , proton, X-ışınları, kozmik ışınlar ve gama ışınlarını içerir. Bu bölümde, materyallerle olan etkileşimlerini tartışacağız. Etkileşimleri, ölçümleri için dedektörler ve sayaçlar oluşturmamızı sağlar. Atomik veya atom altı seviyedeki etkileşimin ayrıntıları özellikle ilginçtir.

Kesin olarak, nötronlar iyonlaşmaya neden olmaz. Bununla birlikte, radyoaktivite indükler ve sonunda iyonizasyona yol açarlar. Yine de, özel dikkati hak ediyorlar.

Heisenberg, gözlemlerin belirsizlik ilkesinin açıklanması sırasında gözlemlenen sistemi rahatsız ettiğini belirtti. Gözlenmeyen özellikler bir ölçüm sırasında etkilenir. Aslında, etkileşimler gözlemciyi gözlemlenenlere bağlar.

İyonlaştırıcı radyasyon her yerdedir. Günlük yaşamımızda karşılaşıyoruz. Yaşlanma, hastalık, çevresel hasar, cilt kanseri ve bağışıklık tepkilerinin yok edilmesi için iyonize radyasyon suçlanmıştır. Hiç kuşkusuz, iyonlaştırıcı radyasyon, biri radikallerin oluşması olan özel kimyasal fenomenlere neden olur. Başlangıç polimerizasyon reaksiyonları önemli endüstriyel uygulamalardan biridir.

Biyolojide radyasyon etkileri, sağlık ve güvenlik kaygıları nedeniyle incelenmiştir. Tıbbi açıdan bakıldığında, radyasyon kanser gibi belirli hastalık türlerini indükleyebilir. Öte yandan, hastalıklı hücreler üzerinde özel bir etkisi olabilir. Radyasyon, gelecek nesillere etki eden kromozom ve DNA dizisi değişikliklerine neden olur.

Yüksek Enerjili Işınım

İyonlaştırıcı radyasyon, yüksek enerjili parçacıklar ve yüksek enerjili fotonlardan oluşur. Yüksek enerjili radyasyon, atomlar (X-ışınları), çekirdekler (protonlar, α , β ve γ ışınları) veya hızlandırıcılar (atom çekirdeği ve diğerleri) tarafından yayılabilir.

Yüksek enerjili parçacıklar çok yüksek hızda hareket ediyor. Atomlar veya moleküller tarafından geçerken, bir veya daha fazla elektronu nakavt ederek pozitif iyonlar ve elektronlar üretirler. Bir pozitif iyon ve bir elektron, bir iyon çifti yapar, örneğin, $O^+ + e^-$ veya $O^{2+} + 2e^-$.

İyonizasyona ek olarak, enerjik parçacıkların enerjisi boşalttığı başka mekanizmalar da vardır. İyonlaştırıcı radyasyon ve malzeme arasındaki etkileşimlerin değerlendirilmesi için, parçacıklar aşağıdaki kategorilere ayrılır.

- **Protonlar, α parçacıkları, enerjik çekirdekler, mezonlar ve hadronlar gibi ağır yüklü parçacıklar.**
- **elektronlar, pozitronlar ve diğer leptonlar gibi hafif yüklü parçacıklar.**
- **X-ışınları ve ışınları formunda elektromanyetik radyasyon, ve**
- **nötronlar gibi nötr parçacıklar.**

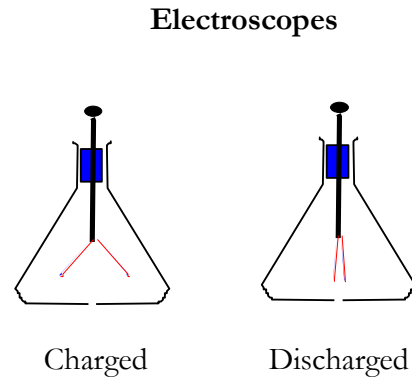
İyonizasyonun Radyasyonla Keşfi

X-ışınları ve radyoaktivite yüklü bir elektroskopi boşalttı, radyoaktivite ile çalışırken Curie, Rutherford ve diğerlerini gözlemledi.

- Elektroskopun boşalmasına neden olan nedir?
- X-ışınları ve radyoaktivite yüklü bir elektroskopi nasıl tahliye eder?
- İyonlaştırıcı radyasyon dedektörü olarak elektroskoplar kullanılabilir?

Bir elektroskop, bir cam kavanozda metalik bir iletkenin asılı iki altın yaprakından oluşur. Cam ve hava izolatörleridir. İletkeni elektrik yüklerine dokunmak, yüklerin birbirini itmesi gibi, yaprakların şarjlı durumda ayrı kalmasını sağlar. Suçlamaların uzaklaştırılması ya da tersi suçlamaların nötrale edilmesi, yaprakların boşalmış bir duruma düşmesine neden olur.

Bir şarj elektronu X ışınlarına veya radyoaktiviteye maruz kaldığında, elektroskop taburcu olur. Curie ve Rutherford gibi erken araştırmacılar, radyasyonun iyonlaşmasından dolayı taburcu yorumladı. Radyasyonla üretilen iyon çiftleri, bir iletken iletir. Karşılıklı ücretler cezbeden yaprakları çeker.



Moleküller ile ilişkili enerjiler, çevirim, titreşim ve dönme ve elektronik enerji durumlarıyla ilişkili enerjilerin kinetik enerjilerine bölünebilir. Küçük miktarlarda enerjiler, elektronik hallerini veya dönme, titreşim ve çeviri (sıcaklık değişimi) kinetik enerjilerini değiştirerek molekülleri harekete geçirir. Büyük miktarda enerji, kimyasal bağları ve elektronları parçalara ayırır. Bir veya daha fazla elektron kırıldığında, moleküller veya atomlar iyonize edilir. Bu şekilde oluşturulan iyonlar, bir veya daha fazla ünite (elektronun yükü) pozitif yükler taşırlar.

Bir dış elektronun atomlardan veya moleküllerden uzaklaştırılması için gereken minimum enerji iyonizasyon enerjisi olarak adlandırılır. Bazı ortak maddelerin iyonlaşma enerjileri ve iyonlaşma süreçleri burada bir kutuda gösterilmiştir. Kutuda bulunan denklemler iyonizasyon işlemi için gerekli olan enerji miktarını gösterir. Örneğin, 14 eV oksijen diatomik molekülünden bir elektron çıkartacaktır. Elektronlar bir atomu veya molekülü asgari enerjiyle sıyrıldı, kinetik enerji yoktu. Elektronu daha fazla enerji aktarırsa, bir kinetik enerji ile bir atom veya bir molekül bırakacaktır. İyonlaştırıcı radyasyon elektronları uzaklaştırır ve genellikle onları bazı kinetik enerjiyle bırakır. Elektronun kinetik enerjisi dağılmadıkça elektronun iyon ile rekombinasyonu gerçekleşmez. Çarpışmalar, elektronların kinetik enerjisinin diğer moleküllere dağılmasına neden olur. Düşük enerjili elektronlar atomlar ve iyonlar tarafından alınır.

Bir iç kabuk elektronunu veya bir iyondan kurtulmak için daha fazla enerji gerekir. Radyasyonla iyonlaşma, iç ve dış kabukların elektronlarını ve bazen de elektronları bağlar. Bir iyon çiftini radyasyon ile üretmek için gereken ortalama enerji, birinci iyonizasyon enerjisinden daha yüksektir. Örneğin, bazı tanıdık medyalarda iyon çifti üretimi için ortalama ortalama enerjiler listelenir.

Yukarıdaki tabloda, Ge kristalleri dışındaki tüm maddeler gazlardır. Böylece, aynı iyonlaştırıcı radyasyon için, üretilen iyon çiftlerinin sayısı malzemeye bağlıdır. Bir yarı iletken olan bir Ge kristalinde bir iyon çifti üretmek için çok düşük enerjiye ihtiyaç duyulduğunu unutmayın. Germanyum (Ge) ve diğer yarı iletken kristaller, çok düşük iyonizasyon enerjisi nedeniyle büyük sinyaller verdikleri için çok hassas iyonize radyasyon detektörleridir.

Yüksek enerjili bir parçacığın yolunda iyon çiftlerinin üretimi, burada bir şemada tasvir edilmiştir. Atomlardan ve moleküllerden radyasyonla çıkan elektronlar, birincil elektronlar olarak adlandırılır. Bu elektronların bazıları çok yüksek kinetik enerji taşırlar ve γ ışınları gibi, daha fazla iyonlaşmaya neden olurlar. Primer elektronlar tarafından kesilen elektronlar ikincil elektronlardır.

İyonlaştırıcı radyasyon, yolunda birim uzunluk başına birçok atomla etkileşir. 273 K ve 1.0 atm'de bir gaz litre başına $2.7 \cdot 10^{22}$ molekülü veya ml başına $2.7 \cdot 10^{19}$ molekülü içerir (= cm^3). Ortalama gaz molekülleri çarpışmalar arasında kısa bir mesafe ($2 \cdot 10^{-7}$ m veya 0.2 mikrometre) hareket eder. Bu mesafeye ortalama serbest yol denir. Bir litre su, bir gazdan 1.200 kez daha yoğun olan $3.3 \cdot 10^{25}$ molekülü içerir. Katılarda atomik yoğunluklar benzerdir. Yoğunluklar elektronlar, iyonlar ve moleküllerin hareketlerini etkiler. Bununla birlikte, fazla enerjiden dolayı, iyon çiftlerinin rekombinasyonu bir dengeye ulaşır ve bir süre boyunca iyon çiftlerinin sayısı sabit kalır.

Yüklü Ağır Parçacıklar

Alfa parçacıkları, protonlar, parçacık hızlandırıcılarından atom çekirdeği ve baryonlar ağır yüklü parçacıklardır. Ortamda çoğunlukla iyonlaşma yoluyla enerji kaybederler .

- Yüksek enerjili ağır parçacıklar ne kadar hızlı hareket eder?

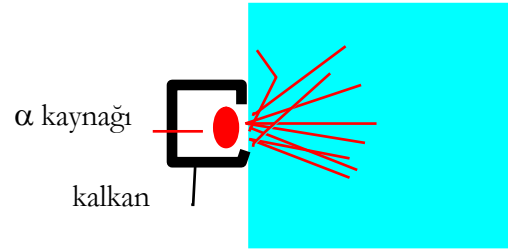
Bir ortamda parçacıkların enerji kaybını etkileyen faktörler nelerdir?

Ağır parçacıklar bir ortamda ne kadar uzaklaşır?

Alfa parçacıkları ve ağır iyonlar, Coulomb çekim gücü aracılığıyla elektronlarla etkileşime girer. Bununla birlikte, bu parçacıklar ortamları boyunca yüksek hızda hareket etmektedir. Aşağıda gösterilen hızı hesaplamak için klasik bir yaklaşım yaklaşık hızı verir. Örneğin, bir α parçacığının kinetik enerjisi 1 MeV ise, hızı $4 \times 1.66 \times 10^{-27}$ kg'lık bir kütle kullanılarak hesaplanabilir.,

$$\begin{aligned} 1 \text{ MeV} &= 1.60 \times 10^{-13} \text{ J} \\ &= \left(\frac{1}{2}\right) (4 \times 1.66 \times 10^{-27} \text{ kg}) v^2 \\ v^2 &= 4.82 \times 10^{13} \text{ (m/s)}^2 \\ v &= 6.9 \times 10^6 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Bu hız, ışık hızının sadece bir kısmı olduğundan (3×10^8 m / s), sonuç makul olarak doğrudur.



Elektronlar, yüksek hareket hızlarına rağmen pozitif parçacıklar tarafından çekilir. Bir atomun yarıçapı bir çekirdeğin 100000 katı olduğundan, ağır parçacıklar bazen bir çekirdek ile çarpışır ve çoğu zaman elektronlarla etkileşime girerek neredeyse düz çizgilerle hareket ederler. Yollarında, α parçacıkları ve iyonları elektronları atomik veya moleküler orbitallerinden koparırlar ve sıklıkla çoklu iyonizasyona yol açarlar. İyonlaşma süreci, yollarında serbest elektronlar ve pozitif iyonlar veya iyon çiftleri üretir.

Elektronların atomlardan uzaklaştırılmadığı durumlar olabilir, ancak elektronlar parçacıktan bir miktar enerji alırlar. Böyle bir süreç bir molekülü harekete geçirir. İyonlaşma ve elektronların uyarılması kimyasal bağları koparır ve serbest radikaller oluşturur. Serbest radikaller reaktif türlerdir ve daha fazla kimyasal reaksiyona neden olurlar.

Bir ortamın durma gücü, yol boyunca birim mesafe başına enerji kaybı oranıdır. Born ve Bethe, bir ortamın durma gücünün, kütle M ile ve ortamdaki atomların atom numarası olan Z^2 'nin karesiyle orantılı olduğunu göstermiştir.