
Moleküller ve Katılar

Yazar

Yrd.Doç. Dr. Sabiha AKSAY

ÜNİTE

5

Amaçlar

Bu üniteyi çalıştıktan sonra;

- Moleküllerin bağlanma yöntemlerini,
- Katıları oluşturmak üzere moleküllerin nasıl bir araya geldiklerini,
- Fermi-Dirac dağılım fonksiyonunu,
- Fermi enerjisini,
- Moleküler enerjilerin spekturumdaki yerini öğrenmiş olacaksınız.

İçindekiler

- Giriş 77
 - Moleküler Bağlar 77
 - Moleküllerin Enerji ve Spektrumları 79
 - Katılarda Bağlanma 81
 - Katılarda Bant Teorisi 82
 - Metallerin Serbest Elektron Teorisi 84
 - Özet
-

• Değerlendirme Soruları	86
• Yararlanılan ve Başvurulabilecek Kaynaklar	87

Çalıřma Önerileri

- Bu üniteyi okurken Ünite 4'ü incelemek yararlı olacaktır.
- Daha geniş bilgi için ünite sonundaki kaynaklara bařvurabilirsiniz.

1. Giriş

Aynı ya da farklı cins atomların aralarında bir bağ kurarak oluşturdukları yapıya "molekül" denir. Oluşturulan molekülün kararlı olabilmesi için, atomların birbirine çekici bir kuvvetle bağlanması gerekir. Moleküller, içerdikleri atom sayılarına göre "iki atomlu", "üç atomlu", "çok atomlu" moleküller şeklinde adlandırılırlar. Molekülü oluşturan atomların cinsine göre de moleküllere "aynı atomlu" veya "farklı atomlu" moleküller de denir.

Bu ünite de moleküler yapılar ve kimyasal bağlar incelendikten sonra moleküler enerjilerin elektromagnetik spektreundaki yerleri tartışılmıştır.

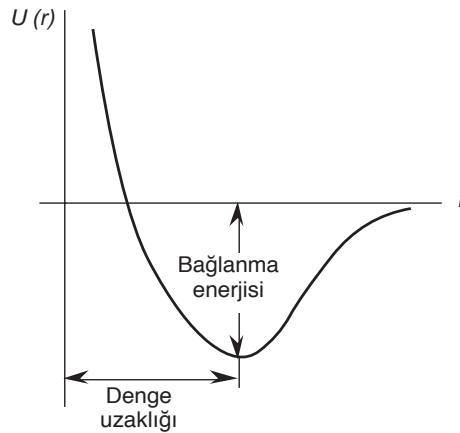
2. Moleküler Bağlar

Bir moleküldeki bağlanma öncelikle atomlar (veya iyonlar) arasındaki elektrostatik etkileşme kuvvetlerine dayanır. İki atom arasındaki uzaklık sonsuzsa, aralarındaki kuvvet ve sistemin elektrostatik potansiyel enerjisi sıfırdır. Atomlar birbirine yaklaştığında, çekici ve itici kuvvetlerin her ikisi de etkili olur. Atomlar arasındaki uzaklığa bağlı olarak, sistemin potansiyel enerjisi pozitif veya negatif olabilir.

Sistemin toplam enerjisi;

$$U = -\frac{A}{r^n} + \frac{B}{r^m} \quad (5.1)$$

eşitliği ile verilir. Burada r çekirdekler arası uzaklık, A ve B çekici ve itici kuvvetler ile ilgili sabitler, n ve m küçük tamsayılar. Toplam potansiyel enerjinin çekirdekler arası uzaklığa göre değişimini (Şekil 5.1) incelersek, uzaklık büyükse, potansiyel enerji negatif olur ve bu durum net bir çekici kuvvete karşı gelir. Denge uzaklığında, çekici ve itici kuvvetler dengeder, potansiyel enerji minimum değerdedir.



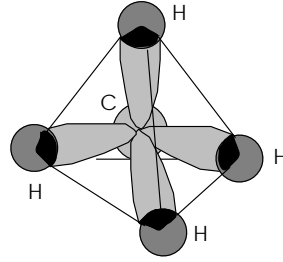
Şekil 5.1: Toplam Potansiyel Enerji

Moleküler bağların oluşumunda dört çeşit moleküler bağ vardır. Bunlar; iyonik bağ, kovalent bağ, Van der Waals bağı ve metalik bağıdır.

İyonik Bağ: İyonik bağlar, zıt yüklü iyonlar arasındaki çekici Coulomb etkileşiminden dolayı meydana gelir. En belirgin örnek sofrata tuzu olarak bilinen $NaCl$ (Sodyum klorür) dür. Sodyum atomundan Na^+ iyonu oluşturmak için gerekli olan enerji 5,1 eV tur. Klor için **elektron ilgisi** 3,6 eV tur. Bu yüzden, yüksüz (nötr) Na ve Cl atomlarını sonsuz uzakta Na^+ ve Cl^- iyonlarına dönüştürmek için $5,1 - 3,6 = 1,5$ eV enerji verilmelidir.

Elektron ilgisi: Bir atomun elektron ilgisi o atoma bir elektron katılmasıyla açığa çıkan enerjidir.

Kovalent Bağ: Bir veya daha çok elektron çiftinin iki atom tarafından ortaklaşa kullanılmasıdır. H_2 , N_2 ve SiC gibi moleküller ya da kristaller kovalent bağ ile bağlanırlar. H_2O , CO_2 ve CH_4 gibi karmaşık, kararlı moleküllerde kovalent bağlarla oluşur. Metan (CH_4), tipik bir organik molekül olup dört kovalent bağın uzaysal elektron dağılımı ile Şekil 5.2'de görülmektedir. Dört hidrojen çekirdeği düzgün dört yüzünün köşelerinde ve karbon çekirdeği merkezdedir.



Şekil 5.2: CH_4 Molekülünde Dört Kovalent Bağı Oluşu

Viskozite: Sıvı tabakaları arasında meydana gelen iç sürtünmedir.

Adhezyon: İki ayrı cins molekülün birbirini çekmesidir.

Kohezyon: Aynı cins moleküllerin birbirini çekmesidir.

Van der Waals Bağı: Van der Waals tipi bağlanma, dışarıya karşı nötr olan gaz ortamlarda görülür. Bütün atomlar ve moleküller helyum ve argon gibi asal gaz atomları Van der Waals kuvvetlerinden dolayı birbirini zayıf, kısa -mesafe çekimlerle etkilerler. Bu kuvvetler iyonik, kovalent veya metalik bağlanma mekanizmaları olmadan gazların sıvılara dönüşümü ve sıvıların donarak katılaşmalarından sorumludur. Sürtünme, yüzey gerilimi, **viskozite**, **adhezyon** ve **kohezyon** Van der Waals kuvvetlerinden doğar. Van der Waals kuvvetleri, iyonik ve kovalent bağlarda bulunan kuvvetlerden çok daha zayıftırlar ve bunun sonucunda moleküler kristaller genellikle düşük ergime ve kaynama noktalarına sahiptirler.

Metalik Bağ: Metal atomları metal içinde birbirine çok yakın olduğundan, herhangi bir metal atomunun elektronu, komşu atom çekirdeğinin de etkisinde kalır. Metal atomlarında valans elektronları atomun çekirdeğine çok zayıf bağlı olduğundan, komşu çekirdeğin de etkisinde kalan valans elektronları metal içinde belirli sürelerde hangi atoma bağlı olduklarını bilemezler. Bu durumda metal içinde bir "serbest elektron denizi" oluşur. Metale küçük bir gerilim uygulandığında bu elektronlar kolaylıkla etkili kuvvetin yönünde hareket eder ve bu sebepten metallere iyi iletkenler denir. Metal atomları arasında valans elektronlarının paylaşımı da metallere özgü bir bağ türünü oluşturur ve bu da metalik bağ olarak adlandırılır.

3. Moleküllerin Enerji ve Spektrumları

Moleküler enerji spektrumları bir çok yönden atomik enerji spektrumlarından daha karmaşıktır. Moleküler enerji genel olarak dört grupta toplanabilir.

- 1) Elektronik enerji
- 2) Öteleme enerjisi
- 3) Dönme enerjisi
- 4) Titreşim enerjisi

Molekülün toplam enerjisi, enerjilerin toplamı olarak

$$E = E_{el} + E_{öt} + E_{dön} + E_{tit} \quad (5.2)$$

şeklinde yazılır.

Tablo 5.1 de moleküllerde $E_r < E_v < E_e$ ilişkisi ortaya çıkmaktadır.

Tablo 5.1: Moleküller Hareket Çeşitleri ve Enerji Mertebeleri

Hareket Çeşiti	Enerji Mertebesi (eV)
Dönme (Rotasyon) Hareketi	$E_r \sim 10^{-4}$
Titreşim (Vibrasyon) Hareketi	$E_v \sim 10^{-1}$
Uyarılma (Eksitasyon) Hareketi	$E_e \sim (1-10)$

Molekülün dönme hareketi incelendiğinde;

$$E_r = \frac{H^2}{2I} j(j+1) \quad j = 0,1,2... \quad (5.3)$$

elde edilir. Burada I eylemsizlik momenti, j dönme kuantum sayısını gösterir. Molekülün dönme enerjisinin kesikli ve molekülün eylemsizlik momentine bağlı olduğu görülür. Diğer enerjiler arasında olduğu gibi dönme enerjileri arasındaki geçişler için belirli kısıtlamalar vardır. Uzak kırmızı altı ve mikrodalga bölgesine düşen geçişler için seçim kuralları;

$$\Delta j = \pm 1 \quad (5.4)$$

olarak yazılır.

Molekülü uyarmanın diğer bir modu, molekülün titreşimsel hareketidir. Uyarılma durumunda molekül titreşebilir ve titreşimsel enerji kazanabilir. Bu titreşim hareketi ve buna karşılık gelen titreşim enerjisi, molekül belirli frekansta ışın salar ise değişebilir. Titreşim enerjisi infrared bölgesinde yer alır. Titreşim frekansı;

$$v = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{\mu}} \quad (5.5)$$

ile verilir. Burada k ; kuvvet sabitini μ ; indirgenmiş kütle gösterir. İki atomlu bir molekülün titreşim izinli enerjileri;

$$E_v = \left(v + \frac{1}{2}\right) h v \quad v = 0, 1, 2, \dots \quad (5.6)$$

olarak verilir ve v tam sayısı titreşim kuantum sayısı adını alır. $v = 0$ 'a karşılık gelen en düşük titreşim durumunda, enerji $1/2 h v$ dir. Bu durum "sıfır-nokta enerjisi" olarak bilinir. Molekül uyarılmamış olsa da sıfır-nokta hareketine eşlik eden titreşim her zaman vardır. Birinci uyarılmış durum $v = 1$ dir ve enerji $1/2 h v$ dir.

Eşitlik (5.5) i eşitlik (5.6) da yerine yazarsak, titreşim enerjisi için

$$E_v = \left(v + \frac{1}{2}\right) \frac{h}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{\mu}} \quad v = 0, 1, 2, \dots \quad (5.7)$$

elde ederiz. İzinli titreşimli geçişler için $\Delta v = \pm 1$ ile verilir. Eşitlik (5.7) herhangi iki ardışık titreşim seviyesi arasındaki enerji farkına eşittir ve

$$\Delta E_v = \frac{h}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{\mu}} = h v \quad (5.8)$$

olarak bulunur.

ÖRNEK 5.1 : CO (karbon monoksit) için temel titreşim bandı $6,42 \cdot 10^{13}$ Hz frekansında meydana gelir. Bu molekül için etkin kuvvet sabitini bulunuz?

ÇÖZÜM: Bu geçiş, elektronun $v=0$ dan $v=1$ titreşim seviyesine karşılık gelir. Eşitlik (5.8)'i kullanırsak

$$\frac{h}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{\mu}} = h v$$

$$\begin{aligned} \text{CO için } \mu &= 1,14 \cdot 10^{-26} \text{ kg olduğundan} \\ k &= 4\pi^2 \mu v^2 = 4\pi^2 (1,14 \cdot 10^{-26}) (6,42 \cdot 10^{13})^2 \\ k &= 1,85 \cdot 10^3 \text{ N/m} \end{aligned}$$

bulunur.

Elektronik enerji, çok sayıda yüklü parçacık arasındaki etkileşmeyi içerdiğinden çok karmaşıktır. Bunun için çok sayıda metod vardır ve atomlar arasındaki uzaklığın sıfır ve sonsuz olması, uç durumlardan hareketle hesaplanır.

Genellikle, uyarılan moleküller hem dönecekler ve hem de titreşeceklerdir. Bu hareketler bağımsızdır. Toplam enerji eşitlik (5.3) ve (5.7) nin toplamı olarak

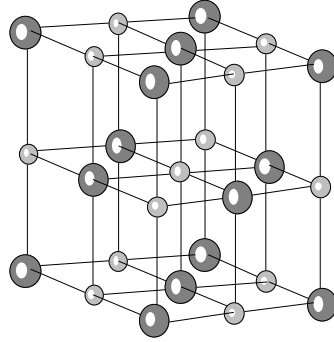
$$E = \frac{H^2}{2I} [j(j+1)] + \left(v + \frac{1}{2}\right) h v \quad (5.9)$$

ile verilir. Titreşim kuantum sayısı v 'nin her izinli diğeri için $j = 0, 1, 2, \dots$ değerlerine karşılık gelen dönme seviyelerinin tam bir takımı vardır. Herhangi iki enerji seviyesi arasındaki izinli geçişler $\Delta j = \pm 1$ ve $\Delta v = \pm 1$ seçim kurallarına uymak zorundadır.

4. Katılarda Bağlanma

Bir kristal katı, periyodik yapıyı oluşturan ve düzgün sıralar halinde yerleşmiş çok sayıda atomu içerir. Moleküllerin bağlanma biçimleri, katılardaki bağların açıklanmasında da uygundur. *NaCl* kristalindeki iyonlar, iyonik bağlanma türüne uygunken, elmas yapısındaki karbon atomları kovalent bağ kurarlar. Bakır, gümüş ve diğer metallerin bağ kurması metalik bağa örnektir.

İyonik Katılar: Birçok kristal iyonik bağlanma yoluyla meydana gelir. Buradaki baskın etkileşme, iyonlar arasındaki Coulomb etkileşmesidir. *NaCl* kristalini (Şekil 5.3) incelersek, her Na^+ iyonu altı en yakın komşu Cl^- iyonuna sahiptir ve yine Cl^- iyonu da altı en yakın komşu Na^+ iyonuna sahiptir.

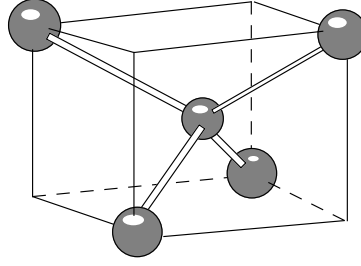


Şekil 5.3: *NaCl*'un Kristal Yapısı

Her Na^+ iyonu, altı Cl^- iyonuna doğru çekilir. Buradaki çekici potansiyel enerji $-6 ke^2/r$ ile verilir, r iki iyon aralığını gösterir. İyonik kristaller beş genel özelliğe sahiptir.

- Kararlı ve sert kristaller oluştururlar.
- Yüksek buharlaşma sıcaklıklarına sahiptirler.
- Serbest elektronların yokluğu nedeniyle zayıf elektriksel iletkenlerdir.
- Infrared bölgesinde kuvvetli soğurucu (absorplayıcı) fakat görünür ışınımına karşı geçirgendir.
- Su gibi polar sıvılarda tamamen çözünürler.

Kovalent Kristaller: Kovalent bağ çok kuvvetli bir bağ çeşididir. Katı karbon elmas biçiminde iken atomları kovalent bağlı bir kristaldir. Elmas yapıda Şekil 5.4'teki gibi her atom kübün dört köşesine yerleşmiş, dört karbon atomu ile kovalent bağlanmıştır.



Şekil 5.4: Elmasta Kovalent Bağ Oluşumu

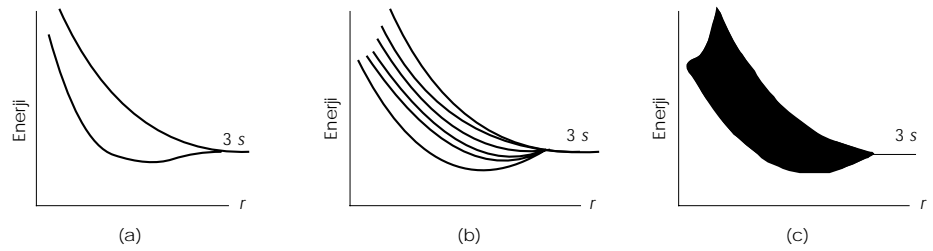
Bağ enerjisi: Bir kimyasal bağın kopması ve bir nötral atom ile molekülün geri kalan kısmına ayrılabilmesi için gereken enerjidir.

Böyle bir bağ düzeni kurmak için her atom, 4 eV enerji gerektiren $1s^2 2s 2p^3$ düzenine yükseltilmelidir. Bazı kovalent katıların bağ enerjileri *Si* 4,63 ; *ZnS* 5,32 ve *CuCl* 8,24 eV dur. Genellikle kovalent bağlı katılar çok sert, büyük bağ enerjilerine ve yüksek erime noktalarına sahip, iyi yalıtkan ve görünür ışığı karşı geçirgendir.

Metalik Katılar: Metalik bağlar, iyonik ve kovalent bağlardan daha zayıftır. Metallerdeki elektronlar, metalin her yerinde hareket edecek şekilde serbesttirler. Bir metalde çok sayıda hareketli elektron vardır. Metaller 1-3eV aralığında **bağ enerjilerine** sahiptirler. Bu değer iyonik veya kovalent katıların bağlanma enerjilerinden daha küçüktür.

5. Katıların Bant Teorisi

İki özdeş atom çok büyük uzaklıkta iseler etkileşmezler ve elektronik enerji seviyeleri yalıtılmış atomları gibi düşünülebilir. Sodyum atomunu ele alırsak, iki sodyum atomu birbiri yakınına getirildiğinde, dalga fonksiyonları üst üste gelmeye başlar. İki atom arasındaki etkileşme yeterince kuvvetli olduğunda iki farklı 3s seviyesi meydana gelir (Şekil 5.5 a).



Şekil 5.5: İki Sodyum Atomunun Etkileşmesi

Katıyı oluşturmak üzere çok sayıda atom bir araya geldiğinde benzer durum ortaya çıkar. Atomlar birbiri yakınına geldikçe atomik enerji seviyeleri yarılmaya başlar (Şekil 5.5b). Bu durumda üstüste örtüşen dalga fonksiyonu oluşur. Bu enerji bandının genişliği katıdaki atomların sayısından bağımsız olduğundan, altı atomlu durumda enerji seviyeleri, iki atomlu durumdakinden daha yakın aralıklarla yerleşirler. Çok sayıdaki atomlar için genişletilirse Şekil 5.5c'deki gibi enerji seviyelerinin sürekli bandı kabul edilen çok sayıda seviye oldukça yakın aralıklı olur. Genel ola-

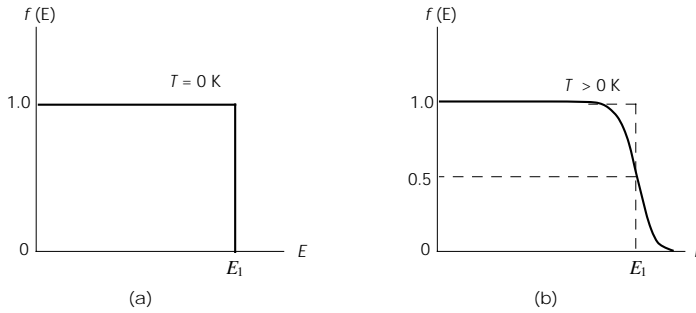
rak, bir kristal katı, farklı atomik enerji seviyelerinden ileri gelen çok sayıda izinli enerji bantlarına sahiptir.

6. Metallerin Serbest Elektron Teorisi

Bu teoride, metaldeki valans elektronlarının, her atoma sıkı bir şekilde bağlandığını, tersine metalin içinde serbestçe hareket ettikleri düşünülür. Elektronlar için sistemin her bir durumunun yalnızca bir elektron tarafından doldurulma şartı vardır. Her seviye kuantum sayılarının bir takımı ile belirlenir. **Fermiyon** olarak adlandırılan, spinli bütün parçacıklar, Pauli dışarlama ilkesine uymak zorundadır. Elektronun belirli bir E enerjili durumda bulunma olasılığı, Fermi-Dirac dağılım fonksiyonu ile;

$$f(E) = \frac{1}{e^{(E - E_F) / KT} + 1} \quad (5.10)$$

verilir. Burada E_F Fermi enerjisidir. $f(E)$ 'nin E 'ye göre $T = 0K$ 'deki grafiği Şekil 5.6'daki gibidir.



Şekil 5.6. Fermi-Dirac Dağılım Fonksiyonu

a) $T = 0K$ b) $T > 0K$

Bu durumda $T = 0K$ 'de enerjisi Fermi enerjisinin altında bulunan bütün durumlar dolu iken, Fermi enerjisinden daha büyük enerjili bütün durumlar boştur. $T > 0K$ iken $f(E)$ 'nin E 'ye karşı çizimi Şekil 5.6b'de gösterilmiştir. $E = E_F$ 'de Fermi-Dirac dağılım fonksiyonu 1/2 değerine sahiptir. Fermi enerjisi;

$$E_F = \frac{h^2}{2m} \left(\frac{3n}{8\pi} \right)^{2/3} \quad (5.11)$$

ile verilir. Bu sonuçtan, elektron konsantrasyonunun artmasıyla E_F 'nin de arttığı görülür. Bu beklenen bir sonuçtur, çünkü elektronlar mevcut olan enerji seviyeleri ni, Pauli dışarlama ilkesine uyararak, Fermi enerji seviyesine kadar doldururlar. Metallerin Fermi enerjisinin büyüklük mertebesi 5 eV 'dur. Fermi seviyesindeki elektron hızı ve Fermi sıcaklığı

$$E_F = \frac{1}{2} m v_F^2 \quad T_F = \frac{E_F}{k} \quad (5.12)$$

eşitlikleri ile verilir.

Sonuç olarak bir metal, valans elektronları çok büyük sayıda enerji seviyeleri olan bir sistem olarak düşünülebilir. Bu seviyeler $E = 0$ 'dan E_F 'de son bulacak şekilde Pauli dışarlama ilkesine uyarak doldurulur. $T = 0K$ 'de Fermi enerjisinin altındaki bütün seviyeler dolu, Fermi seviyesinin üstündeki bütün seviyeler boştur. Seviyeler kesikli olmalarına rağmen, yakınlıklarından dolayı, elektronlar hemen hemen sürekli enerji dağılımına sahip olurlar.

ÖRNEK 5.2: Her altın atomu, metale bir serbest elektronla katkıda bulunur. Altın için, a) Fermi enerjisini b) Fermi hızını c) Fermi sıcaklığını hesaplayınız.

ÇÖZÜM : a) Altın için $n = 5,9 \cdot 10^{28} \text{ m}^{-3}$ 'tür.
Eşitlik 5.11 'i kullanırsak

$$\begin{aligned} E_F &= \frac{h^2}{2m} \left(\frac{3n}{8\pi} \right)^{2/3} \\ &= \frac{(6,626 \cdot 10^{-34} \text{ j.s})^2}{2,9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}} \left(\frac{3,5,9 \cdot 10^{28} \text{ m}^{-3}}{8\pi} \right)^{2/3} \\ &= 8,85 \cdot 10^{-19} \text{ J} \end{aligned}$$

Bu sonucu eV cinsinden yazarsak;

$$E_F = \frac{8,85 \cdot 10^{-19}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 5,53 \text{ eV}$$

elde edilir.

b) ve c) için 5.12 eşitliğinden

$$v_F = \left(\frac{2E_F}{m} \right)^{1/2} = \left(\frac{2,8,85 \cdot 10^{-19} \text{ J}}{9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}} \right)^{1/2} = 1,39 \cdot 10^6 \text{ m/s}$$

$$T_F = \frac{E_F}{k} = \frac{8,85 \cdot 10^{-19} \text{ J}}{1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}} = 6,41 \cdot 10^4 \text{ K}$$

olarak bulunur.



Bakır atomu için aynı problemi tekrar ediniz. $n = 8,49 \cdot 10^{28} \text{ m}^{-3}$ alınınız.

Özet

iki ya da daha çok atom, aralarında mevcut olan çekici kuvvetler etkisiyle molekülleri oluşturmak üzere bir araya gelirler. Moleküller bağların oluşumunda dört çeşit mekanizma rol oynar. Bunlar;

- **İyonik bağ:** Ters işaretli yüklü iyonlar arasındaki Coulomb etkileşmesinden dolayı iyonik bağ oluşur. Sofra tuzu olarak bilinen NaCl iyonik bağa iyi bir örnektir.
- **Kovalent bağ:** Moleküldeki kovalent bağ, atomların valans elektronlarını ortaklaşa kullanmaları sonucu oluşur. H₂O, CO₂ ve CH₄ molekülleri kovalent bağ yapar.
- **Van der Waals bağ:** iyonik ya da kovalent bağlanma mekanizmaları olmadan, gazların sıvılara dönüşümü ve sıvıların donarak katılaşmasından sorumludur. Sürtünme, viskozite ve adhezyon Van der Waals kuvvetlerinden meydana gelir.
- **Metalik bağ:** Metal iyi bir iletken olduğundan, uygulanan küçük bir gerilimde elektronlar kuvvet yönünde hareket ederler ve metal atomları arasında valans elektronlarının paylaşımı metale özgü bir bağ türünü, metalik bağı oluşturur.

Molekül enerjisi; elektronik enerji, öteleme enerji, dönme ve titreşim enerjilerinden gelen katkılardan meydana gelir. Bir molekülün dönme enerjisinin izinli değerleri;

$$E_r = \frac{h^2}{2I} j(j+1) \quad j = 0, 1, 2, \dots \quad (5.3)$$

ile verilir. Dönme seviyeleri uzak-kırmızı altı ve mikrodalga bölgesine düşen geçişler için seçim kuralları $\Delta j = \pm 1$ değeri ile verilir. Titreşim enerjisinin izinli değerleri

$$E_v = \left(v + \frac{1}{2}\right) \frac{h}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{\mu}} \quad v = 0, 1, 2, \dots \quad (5.7)$$

ile verilir. Titreşimli geçişler için seçim kuralları $\Delta v = \pm 1$ dir. Titreşim seviyeleri infra-red bölgesinde yer alır.

Moleküllerin bağlanma biçimleri, katıların bağlanma mekanizmalarında da uygunluk sağlar. Pek çok kristal iyonlar arasındaki Coulomb etkileşmesinden dolayı iyonik bağlanma yolu ile oluşur. Kovalent bağlı katılar çok sert, yüksek erime noktasına sahip, iyi yalıtkan ve görünür ışığa karşı geçirgendir. İyonik ve kovalent bağlardan daha zayıf olan bağ metalik bağdır. Metalik bağlanma mekanizması pozitif iyon ile korların hareketli valans elektronlar arasındaki net çekici kuvvettir.

Bir kristal katıdaki, enerji düzeyleri, çok sayıda enerji bantlarına sahiptir. Elektronların yalnız belli bantları işgal etmesine izin verilir. Fermi-Dirac dağılım fonksiyonu;

$$f(E) = \frac{1}{e^{(E - E_F) / kT} + 1} \quad (5.10)$$

ile verilir. T = 0K'de metalin Fermi enerjisi;

$$E_F = \frac{h^2}{2m} \left(\frac{3n}{8\pi}\right)^{2/3} \quad (5.11)$$

değerine sahiptir. Bu eşitlikten elektron konsantrasyonunun artmasıyla E_F'ninde artacağı görülmektedir. 0K sıcaklıkta Fermi enerjisinin altındaki bütün seviyeler dolu, Fermi enerjisinin üstündeki bütün seviyeler boştur.

Değerlendirme Soruları

Aşağıdaki soruların yanıtlarını verilen seçenekler arasından bulunuz.

1. Aşağıdakilerden hangisi kuvvetli bir bağ türüdür?
 - A. Metalik
 - B. Kovalent
 - C. İyonik
 - D. Elektronik
 - E. Van der Waals
2. Titreşim enerjisi hangi spektrum bölgesine düşer?
 - A. Uzak-kırmızı altı
 - B. Mor
 - C. İnfrared
 - D. Görünür
 - E. Mor ötesi
3. Dönme enerjileri arasındaki geçişler için seçim kuralı aşağıdakilerden hangisine eşittir?
 - A. $\Delta j = \pm 1$
 - B. $1 < j$
 - C. $j > 1$
 - D. $j = 0$
 - E. $j \geq 1$
4. En düşük titreşim seviyesinde, enerji hangi değere karşılık gelir?
 - A. $h \nu$
 - B. $\frac{1}{2} h \nu$
 - C. $\frac{2}{3} h \nu$
 - D. $2 h \nu$
 - E. $3 h \nu$
5. Kovalent kristaller için aşağıdakilerden hangisi doğrudur?
 - A. Yüksek buharlaşma sıcaklıklarına sahiptir.
 - B. İnfrared bölgesinde kuvvetli soğurucudur.
 - C. Yüksek erime noktasına sahiptir.
 - D. Küçük bağ enerjilerine sahiptir.
 - E. Kuvvetli elektriksel iletkenliğe sahiptir.

6. $E = E_F$ durumunda Fermi-Dirac dağılım fonksiyonunun değeri nedir?
A. $2/3$
B. $+1$
C. -1
D. 0
E. $1/2$
7. $E < E_F$ durumunda Fermi-Dirac dağılımının değeri nedir?
A. 1
B. -1
C. $1/2$
D. $2/3$
E. 0

Yararlanılan ve Başvurulabilecek Kaynaklar

Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Fakültesi, Lisans Tamamlama Programı; **Atom ve Çekirdek Fiziği**, ETAM Ofset, Eskişehir: 1991.

Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Fakültesi, Lisans Tamamlama Programı; **Modern Fizik**, ETAM Ofset, Eskişehir: 1991.

Aygün, Erol ve D. Mehmet Zengin; **Kuantum Fiziği**, Bilim Yayınevi, Ankara: 1994.

Aygün, Erol ve D. Mehmet Zengin; **Atom ve Molekül Fiziği**, Yüksek Matbaası, Ankara: 1995.

Beiser, Arthur; **Çağdaş Fiziğin Kavramları**, Diyarbakır Üniversitesi Basımevi: 1982.

Brandsden, B. H. ve Joachain, C. J.; **Atom ve Molekül Fiziği**, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Yayınları, Samsun: 1989.

Serway, Raymond A.; **Fen ve Mühendislik İçin Fizik**, Palme Yayıncılık, Ankara: 1996.

Değerlendirme Sorularının Yanıtları

1. B 2. C 3. A 4. B 5. C 6. E 7. A