

# Sülfür Olmayan Minerallerin Flotasyonu

Yazan : A.M. GAUDIN(\*)

Çeviren : Falih ERGUNALP (\*\*)

Bu makalenin mevzuunu daraltmak maksadile, "sülfür olmayan mineraller" tabirini oksijen ve halojen ihtiva eden mineraller için kullanmakla, manayı tahdid etmiş oldum. Aslında, sülfür olmayan mineraller natif metal ve gayri metalleri ve hidrokarbonları da ihtiva eder, fakat bu minerallerin vasıflan oksijen ve halojen taşıyan minerallerinkinden esas itibariyle o kadar farklıdır ki bunların hepsini bir münakaşada gözden geçirmek yanlış bir iş olur. Aralarında bazı müşterek vasıflar gösteren oksijenli ve halojenli sülfür olmayan mineraller, flotasyon kimyakeri için geniş bir spekülasyon ve etüd sahası teşkil eder.

## Sülfür Olmayan Satırların Su İçindeki Vasıfları

Her ne kadar bütün oksijen ve halojenli mineraller aynı flotasyon vasıflarını haiz değillerse de, satırlarının ionlardan müteşekkil oluşu, ve bu ionların daimî olarak mineralin kendisi tarafından veya satırlarının hidrolizi sayesinde temin edilişi müşterek bir vasıftır. Bütün bu minerallerin daimi olarak mevcut kalan ionik satırlara malik oluşları, oksijenli ve halojenli minerallerin flotasyondaki hareket tarzlarına büyük mikyasda tesir eder. Bu yazıda görülen kristallerin tasnifi, (Tablo -1) 1944 Şubatında American Institute of Mining Engineers'in

(\*) Massachusetts Institute of Technology'de cevher hazırlama profesörü.

(\*\*) M. T.A. Enstitüsünde, flotasyon eksperii Yük. Maden Müh.

NOT: Şekiller yazının sonundadır.

bir toplantısında müzakere edilmişti ve bu tasnif kırılma satırlarının tabiat ve vasıflarını bahis mevzuu ediyordu. Oksijenli ve halojenli sülfür olmayan mineraller 3 ve 4 üncü sınıflara dahildirler ve ekseri spesiler de 4a, 4c ve 4d sınıflarında bulunur.

Bu muhtelif sınıflara ait olan tipik mineraller şunlardır: Fluori, sınıf 3. Moskovit, sınıf 4c. Kalsit, sınıf 4a. Kuartz, sınıf 4d.

Sınıf 3 ve 4a'daki mineraller birkaç istikamette, takriben müsavi olan "cleavage" yarıma plânları boyunca kırılırlar. Neticede taneler birçok düz yüzleri havidir ve kabataslak müsavi kenarlıdır. Herbir kırılış satırı muntazam bir ion şebekesinden müteşekkildir.

Sınıf 4c deki oksijenli mineraller, yalnız bir yarıma plânı boyunca kolayca kırılırlar, fakat diğer istikametlerde ya zorlukla kırılırlar veya hiç kırılmazlar. Binaenaleyh, her tane sınıf 3 ve 4a-da olduğu gibi, kristalin kendisinden gelen ionlardan, yahut sınıf 4d mineralerinde olduğu gibi hidrolizin meydana getirdiği ionlardan müteşekkil büyük mesahalı düz satırlara maliktir.

Kuartz (sınıf 4d), silis ve oksijen atomlarının teşkil ettiği bir şebekeden ibarettir. Bu şebekede herbir silis atomunun etrafında dört oksijen atomu bulunur ve her Oksijen atomunun da iki silis atomu komşusudur. Bu üç buutlu şebeke iki buutlu olarak Şekil-1 de gösterilmiştir.

**TABLO - 1**  
**KRİSTALLERİN TASNIFI**

<b>TİP — 1. Müşterek elektronu olmayan,</b>	
<b>şarjsız tek atomlar</b> .....	<b>Atomik kristaller</b>
<b>TİP — 2. Gruplar arasında değil fakat grup</b>	
<b>dahilinde müşterek elektronları</b>	
<b>bulunan, şarjsız atom grupları :</b>	
<b>(a) Bütün buutları muayyen gruplar</b> .....	<b>Moleküler kristaller</b>
<b>(b) Bir buudu namütenahi gruplar</b> .....	<b>Büyük tel kristaller</b>
<b>(c) İki buudu namütenahi gruplar</b> .....	<b>Büyük tabaka kristaller</b>
<b>(d) Bütün buutları namütenahi gruplar</b> .....	<b>Elmas kristalleri</b>
<b>TİP — 3. Müşterek elektronu olmayan, şarjlı</b>	
<b>tek atomlar</b> .....	<b>Basit iyonik kristaller</b>
<b>TİP — 4. Gruplar arasında değil, fakat aynı grup</b>	
<b>dahilinde müşterek elektronu olan,</b>	
<b>şarjlı atom grupları, muhtelif</b>	
<b>aranjmanlara göre :</b>	
<b>(a) Buutsuz strüktürler meydana gelirse</b> .....	<b>Kompleks iyonik kristaller</b>
<b>(b) Hat strüktürleri meydana gelirse</b> .....	<b>Elyaflı kristalleri</b>
<b>(c) Plân strüktürleri meydana gelirse</b> .....	<b>Tabaka kristaller</b>
<b>(d) Blok strükütürleri meydana gelirse</b> .....	<b>Çerçevesel kristaller</b>
<b>TİP — 5. İçlerine bir elektron gazı nüfuz etmiş</b>	
<b>olan müspet şarjlı atomlar</b> .....	<b>Metal kristalleri</b>

Kopmuş bir Si-O bağı teşekkül eder etmez, bu kopmadan doğan parçaların had derecede reaktivitesi OH-veyahut H<sup>+</sup> ionlarını zaptetmek suretiyle kendini gösterir. Netice bütün sathın tamamıyla hidrolizidir. Sınıf 4d mineralleri umumiyetle yarıma arzetmezler ; kırılma sathları girintili çıkıntılı veya pürüzlüdür.

Şu halde geniş bir görüşle denebilir ki, sınıf 3 ve 4 deki minarellerin müşterek vasfı şudur: sathları, ya değişmeden kristalden gelen ionlar veyahut satha ilâve olan hidrojen veya hidroksil ionlariyle hemen hemen tamamıyla kaplıdır. Bu minerallerin arasındaki fark yarıma tarzlarındadır; bazıları ağırlıklarına nisbeten daha fazla düz sath verirler (sınıf 4c), bazıları az düz sath verirler (sınıf 3 ve 4a), bazıları da daha az düz sath verirler (sınıf 4d).

Yukarda izah edildiği gibi, oksijen ve halojenli minerallerin kırılma sathları "suya yapışan" cinstendir, zira bu gibi sathlardaki ionların geniş ölçüde hidrate olduğu malûmdur. Sathları saf oldukça bu minerallerin hiçbiri tabii olarak flote edilemez.

İyonik sathların statik olmadığı göz önünde tutulmalıdır. Bütün bilgimizin belirttiğine göre sath ionları durmadan solüsyona geçerler, ve aksi istikamette de solüsyon mütemadiyen satha ion bırakır. Eğer muvazene mevcutsa, her ikiprosede aynı süratle vukubulur; aksi takdirde ikisinden biri daha baskın çıkar.

### Sathların İon Terkibi

Birçok mineraller su içinde aynı zamanda mevcut ise, mineral sathlarına yapışmak üzere birbirleriyle yarış eden

çeşitli ionlar mevcut olabilir. Binaenaleyh, muhtelif tiplerde satırlar meydana gelebilir. Meselâ, su, siderit ve fluorit'ten müteşekkil bir pülp'ün şu kationları ihtiva etmesi icabeder: fero, hidrojen ve kalsium; ve şu anionları ihtiva etmesi icabeder: karbonat, bikarbonat, fluorid, ve hidroksil. Aynı zamanda (fero kationunun oksidasyonundan) ferik ionun ve demir ve fluor kompleks ionlarının mevcut olması muhtemeldir.

Böyle bir pülp' de herbir tanenin satırı, mevcut bulunan sekiz veya daha fazla iondan müteşekkil olmalıdır. Mamafih, iki mineralin satırlarındaki muhtelif ion nisbetlerinin aynı olmaması çok muhtemeldir, bunun sebebidir yalnız alt tabakanın değişik oluşu değil, fakat aynı zamanda muvazene şartlarının ekşik oluşudur.

Ekseri hallerde cevherler yalnız iki mineral değil, fakat ehemmiyetli rnikarlar da beş ilâ on mineral ihtiva ederler. Meselâ bir manganez cevheri, ihmal edilemeyecek miktarlarda, manganit, pirolüzit, götit kaolin, kuartz ve kalsit ihtiva edebilir. Burada ionik mayi yukarda tasavvur edilenden daha kompleksdir. Bundan mada, muvazenenin ancak yavaş yavaş elde edilmesinden dolayı; ve bir de bazı ionik prosedeler reversibl değilse, bir cevher pülp'ü uzun zamanda devamlı olarak değiştirmekte olabilir. Pratik bakımdan reversibl olmayan bu gibi reaksiyonlar şunlardır: fero ionun ferik oluşu, sülfür ionunun oksidasyonla tiosülfat veya sülfid oluşu, havadan karbon dioksit adsorpsiyonu veya karbon dioksidin intişarı. Bu devamlı değişme ve düzelmeler bir cevher pülp'ünü adeta yaşayan bir hale getirir. Böylece, meselâ, kuartz satırındaki ionların vasatı terkibi, mevcut olan diğer minerallerde bir değişiklikle, bu diğer minerallerin satırlarının az veya çok olmasıyla, ion muvazenesine yaklaşılmakla, ve ionlu satırların

terkibini kasden değiştirmek üzere ilâve edilen ionların kesafetile değişir.

Mevcut kationlar yalnız kalsiyum ve hidrojen ise sathın kationlu kısmının anî terkibi, Ca<sup>++</sup> ve H<sup>+</sup> ionlarının kesafetlerinin ve meydana gelme yahut satırlara konma hususunda nisbî temayüllerinin tesiri altında kalır. Aynı pülp'de bulunan bir kalsit satırı için de aynı prensipler tatbik edilir, fakat meydana gelme ve satırlara konma hususunda nisbî temayüller değişik olur. Binaenaleyh, mineral sathının terkibi keyfiyet itibarile aynı fakat kemiyet itibarile değişik olur.

### **Tavsiye Edilen Etüd Sahaları**

Satırlara çok yakın noktalarda ion kesafetindeki değişiklikler pek büyük olabilir, ve bundan da mineraller arasında kemiyet itibarile daha fazla farklar doğar. Herhalde şurası muhakkaktır ki, meselâ, kalsiti kuartzdan ayırmak üzere yapılan bir selektif flotasyonun muvaffak olabilmesi için satır terkibinin azami yayılışını sağlayacak şartların seçilmesi icabeder.

Flotasyon pülp'lerinde mineral satırlarındaki ion kesafetini şimdiye kadar kimse tayin etmemiştir; binaenaleyh, yukardaki izahta tasavvur olunan durum farazîdir. Mamafih hem ilmî hem de pratik bakımdan cazip bir araştırma sahasına yol açmaktadır. Belki radyo aktiviteli. atomlar kullanarak, belki de polrograf ve spektrograf'dan istifade ederek ion kesafetlerini tayin etmek mümkün olacaktır. Böyle bir çalışma, flotasyon nazariyesindeki ilk tecrübelerle kıyasen had derecede hassasiyet icap ettirecek ve bu alanda çalışanların çok kabiliyetli fizikçiler ve fiziki kimyakerler olması lâzım gelecektir.

### **Oksid Minerallerin Hava Habbeciklerine Yapışması**

Mevcut ionların hepsi gayri uzvî

oldukça, mineral sathındaki ionlar ne olursa olsun, mineral, suya-yapışan ve yüzdürülemeyen durumda kalır. Flotasyon imkânı ancak, suya yapışan hassalı minerali sudan tecrid edecek miktarda bir hidrokarbon "boyası" ile mineralin kaplı olmasile doğar. Hidrokarbon zincirli ionlarla rastgele bir kaplamanın tabii hiçbir pratik kıymeti yoktur. Aktif ionların kesafeti, bazı tip kristallerin kâfi derecede hidrokarbon kaplı, ve diğerlerinin de gayri kâfi derecede kaplı olmasını ve neticede, minerallerin hareket tarzında farklar meydana gelmesini sağlayacak kadar olunca flotasyon için şayanı arzu şartlar temin edilmiş olur.

### **Yağ Asidlerinin Yapısı**

Yağ asidleri, flotasyon tevlid eden cinste ionları veren reaktifleri temsil eder. Yağ asidleri ve sabun kristalleri haricen mikaların kristallerine benzeyen enteresan yapılar arzeder (Şekil-2 ve 3 ü mukayese edin). Her ne kadar bu, iki cins kristal tabaka yapısı arzederse de, yağ asidleri çok mühim bir cihetten farklıdır.

Mika kristalleri, tabaka tabaka tanzim edilmiş ion veya atomlardan müteşekkildir. Bu tabakaların içinde nispeten zayıf bağlar da mevcuttur, fakat yağ asidleri kristalindeki hidrokarbonların bir uçtan tamamile bağısız oluşu ile kıyas edilemez. Aradaki farkı basit bir müşabehetle şöyle izah edebiliriz:

Mika kristalleri, her iki tarafına da tereyağ sürülmüş ve üst üste konmuş ekme dilimlerinin meydana getirdiği yığına benzer. Yağ asidleri kristalleri ise, arası tereyağ dolu iki dilimden müteşekkil sandviçlerin üst üste gelmesile meydana gelen yığına benzer. Bu vaziyet, kristallerde moleküllerin uçlarından hidrokarbon olmayan gruplara bağlı olmasından doğar. Kristaller, zayıf min-

taka olan hidrokarbon zincirlerinin bittiği yerlerden yarılırlar (cleave).

Bu yağ asidleri kristallerinden biri veya tabaka yapılı herhangi bir organik kristal yarılnca, harice hidrokarbon uçlarından müteşekkil muntazam bir dizi arzeder. Bu gibi satıhları havaya tercihen suyun ıslatmadığı iyice bilinen bir hakikattir. Yani bu gibi satıhlar suya değil fakat tercihen havaya yapışırlar. Meselâ temas zaviyesi (su içinde ölçülünce) ekseriya 90 dereceden fazladır. Meselâ, uzun zincirli parafin hidrokarbonları kristallerinde bu zaviye 105° dir. Şekil - 4 de 105°, 90°, 60° ve 0° temas zaviyelerinin hava-su-solid teması gösterilmiştir. Bunlardan ilk üçü flote olur, dördüncüsü olamaz.

### **İonların Rekabeti**

Gayri uzvî ionlar hakkında yukarda verilen izahtaki gibi, hidrokarbon ionları da pülp'ün içinde solid satıhlarına yapışmak için birbirleriyle rekabet halindedirler, ve neticede solid satıhlarının tarzı hareketi hidrokarbon ionlarının artmasıyla değişir. Şekil-5, böyle bir sathın vasıflarının tedricen değiştiğini ve bu değişikliğin yalnız hidrokarbon ion kesafetine değil, fakat aynı zamanda diğer kritik ionların kesafetine tâbi olduğunu göstermektedir.

Mineral sathındaki ion kalabalığının kontrolü bakımından, ionların satıhta yapışık kaldıkları müddet, ion kesafeti kadar haizi ehmiyettir. İonun bir satıhta yapışık kalması herhalde şu gibi âmillerintesiri altındadır: İon mas'ının elektrik hamulesine nisbeti, ionun mutlak elektrik hamulesi, ionlar arasındaki mesafeler, ve satıh altında elektrik hamuleleri.

### **Mineral Satıh Kafesinin Tesiri**

Mineral satıhlarının ionlarla kaplanması tetkik edilirken, göz önünde

tutulması icap eden durum, ionların satıhta tutunabilecekleri noktaların hendeşi olarak tesbit edilmiş bir kafes teşkil etmeleridir. Adsorbe olan ionlar satıh altındaki tabakanın da kafesine uygun olarak dizilebilseler tam kaplama kâfi derecede ion kesafeti ile sağlanır Fakat adsorbe olan ionlar bu şekilde dizilemezlerse boş yerler kalır ve satıh bütün bir filmle kaplanmış olmaz. Veyahut, ionlar daha ehemmiyetsiz bir kafese göre dizilenirler ve böylece satıhta tutunabilme müddetleri kısılır. Binaenaleyh, mühim minerallerin kristal kafeslerinin flotasyon kolektor ionlarının cesametile olan münasebetlerini etüd etmek herhalde faydalı neticeler verebilir.

Misâl olarak fluorit ve lorik asid'i alalım. Şekil - 6, fluoritin mutad yarılma (cleavage) yüzü olan oktahedral bir yüzde kalsiyum ionlarının dizilişini göstermektedir. Burada, meselenin basitleşmesi için (cleavage)'ın kalsiyum ionlarından müteşekkil bir plânı fluorid ionlarından müteşekkil bir plândan ayırdığı farzedilmiştir. Hakikatte bu şekilde bir bölünmenin vuku bulacağı çok az muhtemeldir, zira bu gibi plânların yüksek potansiyel enerjisi buna mâni olur. Daha ziyade, kalsiyum fluorid mahlülü ile muvazene tesis ettikten sonra satıhta müsavi miktarda fluorid ve kalsiyum ionlarına malik olur. Şekil-6 da her mütenavib kalsiyum kation dizisi hafzedilirse, yahut eksik olan kalsiyum ionları başka türlü dizilirse, veyahut, Ca<sup>++</sup> ionları görüldüğü gibi kalır ve herbiri yalnız bir hidrosil veya fluorid ionu ile kaplı olursa yukarda zikredilen hâl vukubulur.

### İonlar Kafese Uymalıdır

Fakat, kalsiyumların hepsinin satıhta bulunduğunu farzederek her kalsiyum ionunun kapladığı saha  $3.854 \times 3.34 =$

$12.97 \text{ \AA}^2$  olur. Halbuki lorat ionunun kesit mesahası  $4.98 \times 4.10 = 20.8 \text{ \AA}^2$  dir. (Şekil - 7). Binaenaleyh, satıhtaki mevcut kalsiyum yerleri adedinde lorat ionu satha sığdırılmaz, ve ancak iki kalsiyuma bir lorat ionu düşer. Bu durum da ionlar arasındaki açıklıklar ve elektrostatik stokiometri meselelerini ortaya atar. Kalsiyum dizilerinin arası  $3.34 \text{ \AA}$  dur. Sıkışık lorat veya diğer yağ asitleri ionları  $4.10 \text{ \AA}$  aralıkla dizilidir. Şu halde dizilerin birbirine yaklaşması için her dizi boyunca o an açıklık artmalıdır, Şekil-8,  $2 \times 3.854 = 7.708 \text{ \AA}$  açıklıkla karboksil ionlarının sığdırıldığını ve boş yer de arttığını göstermektedir

Mamafih, kalsiyum ionlarının hekzagonal dizilişi, ya kalsiyum oksijen bağlanışının bir hayli gayri mütenazır olmasını, ya adsorbe olmuş ionların çok gayri muntazam aralıklı olmalarını veya Şekil - 8 de gösterildiği gibi, mütenavib dizilerde değişik, bir bağlanış olmasını icabettirir.

Elektrostatik stokiometri bakımından Şekil-8 deki aranjman, şarj müsavatını gösterir, ve bu sebepten dolayı da bu tarz dizilme, gayri mütenazır bağlanış veya gayri muntazam aralık olan dizilmelerden daha muhtemel görünmektedir. Mütenavib kalsiyum yeri dizilerinin boş olduğu, muvazeneli tipte satıhlarda, n kalsiyum yeri için n/2 karboksil iyonu adsorbe oldu ise, elektrostatik muvazenenin temini için adsorbe olması icap eden divalan kationların adedi  $1/2 \times n/2$  dir. Binaenaleyh satıh tabakasındaki kalsiyum ionlarının mecmuu  $n/2 \times n/4$  dür, ki bu da Şekil 8 deki aranjmanın icabettirdiği adettir. Mütenavib tip kalsiyumlu satıhların tanzimindeki başkalık endişeyi mucip olmamalıdır, zira üç buutlu kristaller için de yukarıdakine müşabih neticelere varılmıştır.

Bu mevzu da ilmî ve teknolojik bakımdan daha derin etüde değer. M. I. T. cevher hazırlama laboratuvarında kullanılan bir usulde, adsorbe olan iyonların vaziyetini temsil eden kalıplar, kristalin sath iyonlarını temsil eden noktalardan müteşekkil bir kafese uydurulur. Tabîî, bu şekilde bulunan dizinin mümkün dizilerden ancak biri olduğu anlaşılmış olur.

Şeki-8 de yağ asidi iyonları sathta azamî derecede sıkışık vaziyettedir. Umumiyetle bu hâl böyle olmaz, ve adsorbe olan madde daha az kristalize olmuş vaziyette olur ve satırı tabakasında daha fazla değişiklikler görülür.

Şekil - 9, diziler arasındaki boşluğun artırılması şartıyla sıkışık bir alt tabaka kafesiyle daha cesim bir üst dizinin birbirine nasıl uydurulduğunu göstermektedir. Burada vahit ion, "loril amin hidroklorid" in "alkil amonyum" ionudur.

Bir pülp'de iki mineral mevcut olduğunu ve her ikisinin de mayiden kolektör - ion toplayabildiklerini farzedelim. Eğer minerallerden biri daha hassas ise (belki kendi sath kafesinin, adsorbe olan maddenin kafesine daha uygun olması dolayısıyla), ve şayet adsorbe olan maddenin miktarı mahdut ise, kolektör iyonları daha uygun kafesi olan minerali tercih ederek tevzi olmaları muhtemel değil midir?

Meselâ, fluorit ve kuartzın, bir pülp'de beraberce bulduklarını farzedelim. Şu halde mayi kalsiyum, hidrojen, florid, silikat, hidrosilkat ve fluosilikat iyonlarını havidir. Bu durumda kuartz sathındaki hidrojenlerin hiç değilse bir kısmının kalsiyumlara yerini bırakması, ve binaenaleyh her iki sathın da karboksil iyonlarını zaptedebilmeleri icabeder. Buna rağmen. kalsiyumların fluorit'de daha muntazam dizili olması

ve buna karşılık kuartz'da kalsiyumların gayri muntazam dağılışı dolayısıyla karboksil iyonları fluorit sathını tercih ederler.

Bu görüş tarzı ile "ion çukurları" mefhumuna gelmiş oluruz. Her sistemde, muayyen cins iyonların tercihan buldukları veya biriktikleri mıntakalara "ion çukurları" denir. Bu ion çukuru, mayi faz, bir sath, yahut teressüb etmiş bir solid olabilir. Hesaplı miktarda reaktifler kullanmak, pH kontrolü, şlam ayırma, su tasfiyesi, havalandırma ve karıştırma sayesinde bu ion çukurları kontrol edilebilir ve böylece tercih edilen minerali ayırmak mümkün olur.

### Sath Yayımı

Yukarda bahis mevzuu edilen fiziko-şimik kontrole ilâveten, bütün cevherlerin flotasyonunda, ve bilhassa okside veya gayrisülfür cevherlerin flotasyonunda haizi ehemmiyet olan iki fizikî hâdise, sathın yayımı ve pürüzlülüğüdür. Johns Hopkins Üniversitesi'nde Emmett ve arkadaşları tarafından tekâmül ettirilen fizikî adsorpsiyon usulü. M.I.T. 'de Bowdish, Hukki ve Yavaşca tarafından mineral sathlarını ölçmede kullanılmıştır.

% yüz nakis 65 -meş ufalanmış kuartz gram başına 3000 sm<sup>2</sup> sath arzeder. % 10 sülfür ihtiva eden, kuartzlı bir bakır sülfürü cevherinde, sülfür sathı beher gramda 300 ilâ 600 sm<sup>2</sup> dir. Bunun aksine, şlamı alınmış iri kum halinde Florida fosfatı, beraberce mevcut olan kuartzdan okadar fazla sath arzeder ki, heyeti mecmuanın beher gramının arzettiği sath 20000 ilâ 50000 sm<sup>2</sup> yi bulur. Bu sathın % 99 u fosfata ve % 1 i de cevherin yarısını teşkil eden kuartz aittir.

65-meş elekten geçmiş bir siyah oksit mangan cevherinin beher gramında 155000 sm<sup>2</sup> sath vardır; bunu

% 34 ü manganez minerallerine aittir. Flotasyona hazırlanmış bir boksitin gramda 395000 sm<sup>2</sup> sahası olduğu ve bunun 200000 sm<sup>2</sup> sinin alümin üzerinde olduğu tesbit edilmiştir.

Tabii, bütün gayri sülfür mineraller bu kadar geniş reaktif yiyici satıhlara malik değildirler. Meselâ, apatit, rodokrosit ve korundum, daha ziyade sülfürlerinki gibi satıh arzederler, ve sülfürlere benzer bir tarzda flote ederler. Bu mukayeseden maksat, bu mevzuda çok eksik olan malûmatın meydana çıkarılmasıdır, ve bu da bir değil fakat bir çok cevherler hususunda ve bunların flotasyon mahsulleri hususunda yapılmalıdır.

### **Sathın Pürüzlülüğü**

Şimdiye kadar ihmal edilmiş bir faktör olan satıh pürüzlülüğü de etüd edilmeye değer bir mevzudur. Diğer tabiat hâdiselerinde de flotasyondaki hâdiselere benzerlik vardır. Nebat ve hayvanların ıslanma veya ıslanmaması hususunda bir âmil olan nebat ve hayvan tüylerinin gelişmesi herhalde uzviyetin kendi su muhteviyatını kontrol edebilmesine müsait bir strüktür ihtiyacından ileri gelmiştir. Bazı satıhlar suyu geri itecek strüktürlü, bazıları da suyu tamamıyla absorbe edecek vasıflı olurlar. Arzu edilen netice, derm ve epiderm terkiplerini, mevcut kimyevî terkipten azami istifadeyi temin edecek bir strüktür halinde karıştırmak suretiyle elde edilir.

Şekil-10 da tüylü bir satıhda temas zaviyesinin değişmesinin sathın ıslanmasındaki tesiri şematik olarak gösterilmiştir: tüyler arasındaki açıklıklar satıh kuvvetlerinin tesirli olabileceği kadar küçüktür.

Bütün mineraller aynı tip satıh arz etmezler, fakat bundan maada, kristal cesametinin de farklar doğurduğu hatır-

da tutulmalıdır. Meselâ, izometrik ve kaba kristalen olan pirit, ortorombik ve ince kristalen olan ve gayri muntazam kırılma sathı arzeden markasit'ten daha çabuk, daha tam, ve daha az reaktifle, flote eder. Böylece, bu iki minerali ince bir diseminasyon halinde ihtiva eden bir cevherde, serbest, pirit, pirit-markasit mürekkep taneleri, ve serbest markasit taneleri birbirinden kolayca ayrılmıştır.

Şekil-11 aynı hâdiseyi göstermektedir. Bir hidrokarbon yağı kullanmakla bakır elek sathı o kadar değişir ki neticede pürüzsüz bir satıh gibi hareket eder ve temas zaviyesi artar. Kanaatimce, hidrokarbon yağlarının flotasyonda yaptıkları iş pürüzlü satıhları pürüzsüzleştirme hâdisesi ile ilgilidir. Mamafih hidrokarbon yağlarının iki diğer tesiri de olduğu kuvvetle muhtemeldir: (1) mineral sathını pülp'den tecrid etmek, (2) yağ ile tutunan kümeleri (oleogreg) teşekkülünü temin etmek.

Florida fosfatı gibi çok mesamatlı minerallerde çok yayımlı olan dahilî satıh, fazla miktarda kolektör - reaktif harcar. Klektör anionlar, diğer anionları yerlerinden oynattıkları için, bu gibi anionların solüsyondaki kesafeti arzu edilmeyecek derecede artar. Fakat, kolektör - reaktifle bir hidrokarbon yağı kullanmak suretiyle, kolektörü yağda münhal ederek, yahut kolektör ile yağ emülsifiye ederek fazla ion sarfiyatını önleyecek şekilde mesamatı kapatmak ve ionların yalnız sathın en dışarı noktalarına konmasını sağlamak mümkündür. Koyu pülp'lerde ve nispeten kesif kolektör solüsyonlarında, hariç ile her tanenin nüvesi arasındaki anion mübadelesini arttıracak şekilde, bu reaksiyon daha hızlandırılabilir.

Yağın üçüncü fonksiyonu olan «oleogreg» ler meydana getirişine, Küba'da bir manganez oksidi cevheri gü-

zel bir misal teşkil etmektedir. Bu cevherin konsantrasyonu safhasındaki şartlar altında pülp dispersiyon halinde bulunur. Yağ asidi ve yağ ilâvesiyle manganez minerallerinden müteşekkil seçkin "oleogreg" ler meydana getirmek mümkündür. Bilâhare bunlar çöktürülür, ve bundan sonra flotasyona geçilir. Cevherin vasatî tenörü %20 Mn dir.

Hidrokarbonlu yağın kimyevî struktürünün, yukarıda izah edilen uç rolde kısmen âmil olduğuna kaniim, fakat bu alanda yapılmış rüsbet bir araştırmanın mevcudiyetinden haberdar değilim. Esasen, polifaz sistemlerde, oleogreg, pnömogreg, oleo-pnömogreg, ve tanelerin bundan başka tazlarda salkım halinde toplanmaları, hem pratik hemde ilmî bakımdan enteresan etüd sahalarıdır.

### **Tane Cesameti**

Çok iri ve çok ufak tanelerin flotasyon sistemlerinde arzu edilmedikleri malûmdur. Çok iri taneler istenmeyen mineralleri de ihtiva edebilir ve köpükten ayrılıp düşecek kadar ağır olabilirler; çok ufak tanelerin de hava habbecikleri ile temas etme ihtimali çok azdır. İri

parçalar öğütme suretiyle daha ufalanır fakat şlam haline gelmiş bir mineral halli müşkül bir mesele teşkil eder. Halen buna karşı mevcut yegâne çare hidrokarbonlu yağ kullanmaktır.

### **Hülâsa**

Gayri sülfür minerallerin flotasyonu evvel emirde şunlara bağlıdır:

(a) Aynı zamanda suda bulunan birçok minerallerin sathlarının ionik hassaları;

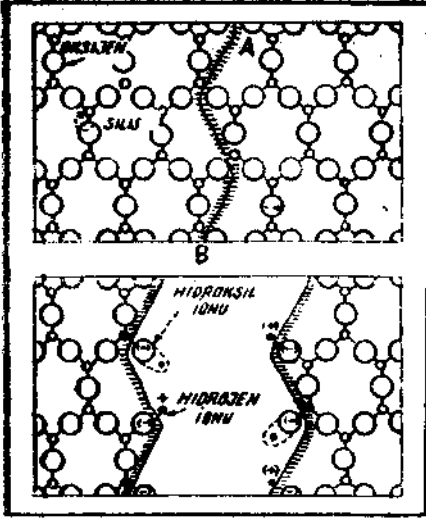
(b) Satırlarca tercihan hidrokarbon ionlarının mübadele suretiyle adsorpsiyonu;

(c) Muhtelif minerallerde sath yayımı;

(d) Muhtelif minerallerdeki sathların nisbî pürüzlülüğü;

(e) Tanelerin cesameti.

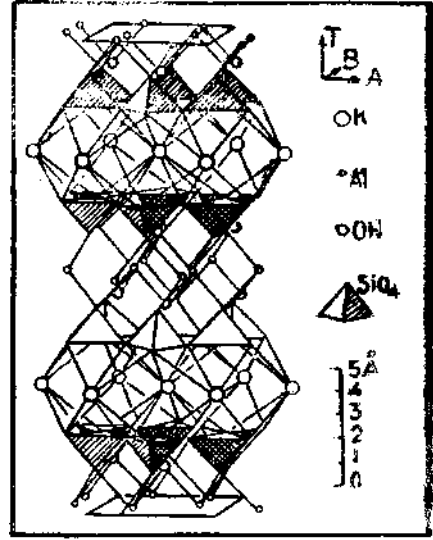
Bu şekilde yapılan kontrolün mühim bir kısmı kimyevîdir, reaktif ilâvesi veya münhal yabancı maddelerin ayrılması gibi. Fakat kimyevî olmayan kontrol da mümkündür; meselâ tane cesametinin uygun olarak hazırlanması, şlam ayırma, mürekkep tanelerin tekrar öğütülmesi, ve en uygun flotasyon selülünün seçilmesi gibi.



Res. № 1063/1

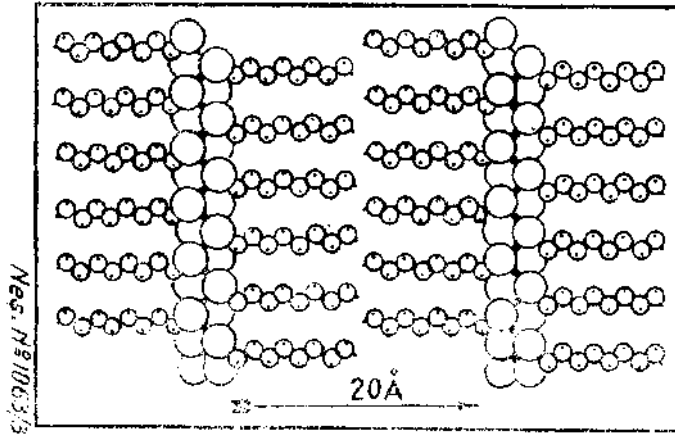
Şekil-1. Kuartz'da silis - Oksijen bağının ve bu bağ su içinde kopunca vukubulan H<sup>+</sup> ve OH<sup>-</sup> ionlarının absorpsiyonunun şematik resmi.

Silis - oksijen bağları bir plânda gösterildiği için, silisin dört valânsından ancak üçü bu resimde görülmektedir.

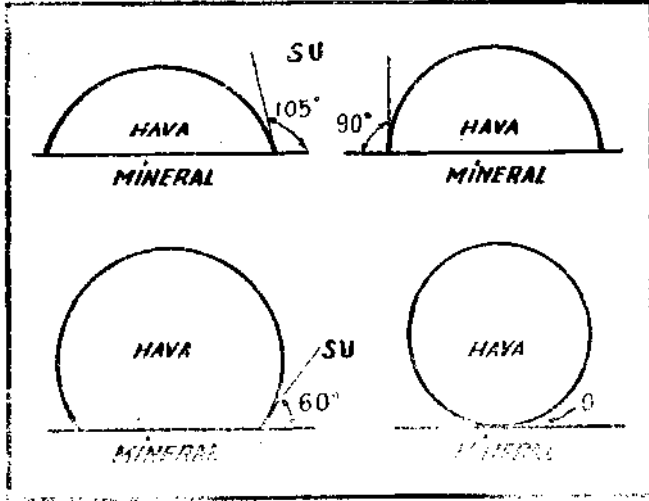


Res. № 1063/2

Şekil-2. Moskovit kristallerinde tabaka. aranjmanı, tabakalar arasında zayıf bağlara sebep olur. Strukturbeicht, II. sayfa 143.



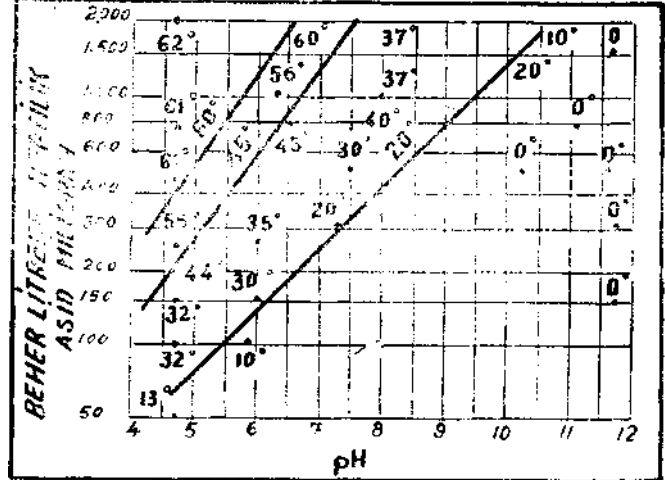
Şekil-3. Yağ asidi kristallerinin (burada görülen kaprilik asiddir) mikâlardan farkı, muayyen fasılalarda muayyen açıklıklara malik oluşlarıdır. Burada görülen büyük yuvarlaklar oksijen, küçükler hidrojen, ve orta boydakiler de karbondur.



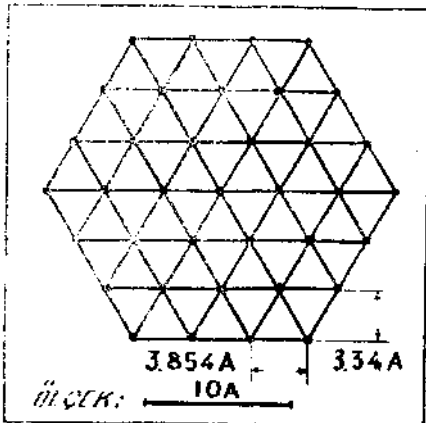
Nes. N°1063/4

Şekil-4. Hava - su - solid temas zaviyesi yüzünün vasıflarına göre değişir. Sıfır derece zaviyeli mineral flote olamaz; diğerleri muhtelif derecelerde flotasyona müsaittirler.

Şekil-5. pH değişmesi ve hidrokarbon iyonu kesafetinin, sinterit yüzünün temas zaviyesine tesiri. Yüzün vasfının değişmesi, yağ asidi ve hidroksil iyonlarının sathı yapışma mücadelesine bağlıdır.

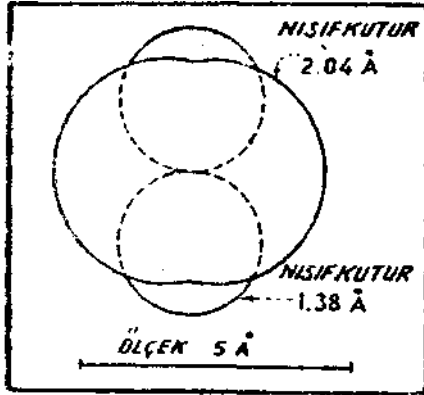


Nes. N°1063/5



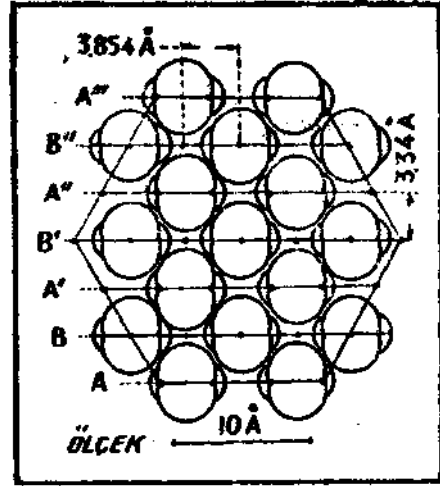
Nes. N°1063/6

Şekil-6. Fluorit'in bir oktahedral "cleavage" yüzünde kalsiyum iyonlarının mevkii. Münakaşayı basitleştirmek amacıyla, "cleavage" in bir kalsiyum iyonları plânını bir florid iyonları plânından ayırdığı farzedilmiştir.



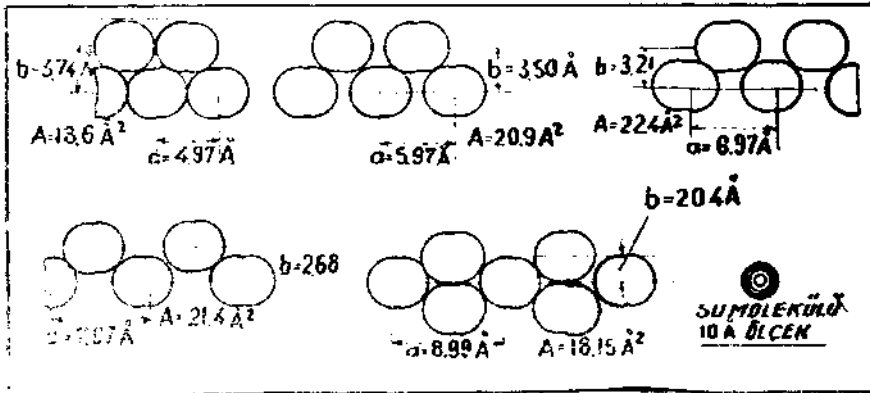
Res. № 1063/7

Şekil-7. Bir lorat ionunun kesiti. Bunun mesahası ( $20.8 \text{ Å}^2$ ), fluorit "cleavage" yüzündeki kalsiyumlara ion - iona raptolamayacak kadar büyüktür.



Res. № 1063/8

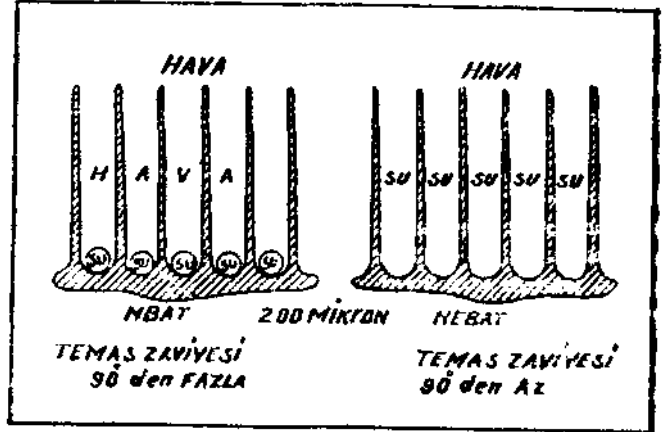
Şekil- 8. Lorat ionlarının fluorit üzerinde burada görüldüğü şekildeki tanzimi ile büyük ionlar güzelce sığdırılmış olur, ve elektostatik hamule müsavâtı da temin edilmiş olur, mameh mütenavib dizilerde ionlar arasındaki bağlar değişiktir.



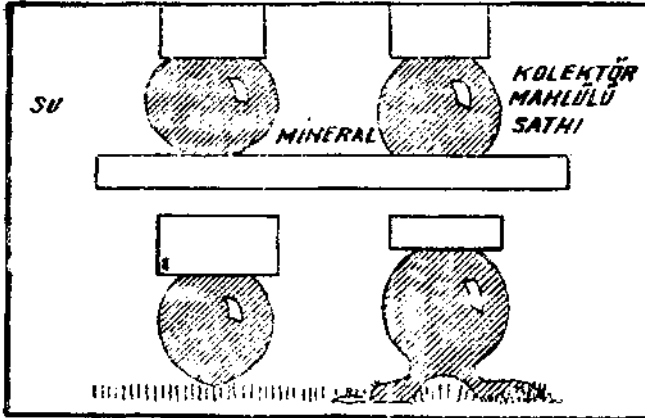
Res. № 1063/9

Şekil- 9. Alt tabakadaki sıkışık daha küçük ionlara bağlanabilmek için, hidrokarbon ionları burada görülen muhtelif tarzlarda tanzim edilebilir.

Şekil-10. Tüylü bir sathta, soldaki resimde olduğu gibi büyük temas zaviyesi yalnız tüylerin dibinde su damlacıklarına sebebiyet verir; sathın hidrokarbonla kaplanması bu neticeyi doğurur. Temas zaviyesinin küçük olması sathın tamamen ıslanmasına nihayet verir. Sağdaki resimde olduğu gibi.



Nes. №1063/10



Nes. №1063/11

Şekil-11. Üstteki Resimler habbeciğin flote olamayan ve flote olabilen düz sathlarda tesis ettiği temas zaviyesini gösterir. (Wark'a göre). Alt resimler, amil ksantat mahlülü ile ıslatılmış 2000-meş bakır elek ile hava habbeciğinin temasını gösterir. Hidrokarbon yağı ilavesiyle temas fazlaşır.