

KARADENİZ ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FİZİK ANA BİLİM DALI
FİZİK YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

TEZ NUMARASI

Genel :
Anabilim Dalı :
Program :

YÜKSEK FREKANSLI ELEKTRİK ALANI İLE
MİKRO FOSİLLERİN DİELEKTRİKSEL AYRILMASI

Fahrettin ÖVEÇ

Yönetici : Y.Doç.Dr. Taner OSKAY

TRABZON-Eylül 1983

İ Ç İ N D E K İ L E R

ÖNSÖZ

GİRİŞ	5
1. YÜKSEK FREKANSLI ELEKTRİK ALANININ DİELEKTRİK MADDELER ÜZERİNDEKİ POLARİZASYON ETKİLERİ	7
1.1. Elektronik Polarizasyon	8
1.2. Atomik Polarizasyon	10
1.3. Durulma (relaxation) Polarizasyonu	13
2. DÜZGÜN OLMAYAN ALAN ETKİLERİ	16
2.1. Dielectrophoresis ve Özellikleri	16
2.2. Electrophoresis ve özellikleri	17
2.3. Dielectrophoretic kuvvet	18
3. DİELEKTRİKSEL AYIRICI	22
3.1. Sürucu ve Çıkış Katı	22
3.2. Yüksek Voltaj ve ± 15 V Besleme Katı	22
3.3. Osilatör Katı	23
3.4. Ayırma Kabı	25
4. MİKROFOSİL VE MİNERAL SEÇME	26
5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA	28
6. EK'ler	42
6.1. Düzgün Olmayan Bir \vec{E} Alanının Dipol Momenti Üzerindeki Etkisi	42
6.2. Etkin Polarizasyonun Hesaplanması	43

6.3. Bir Dielektrik Kürenin İçindeki Elektrik Alanı ..	44
6.4. Laplace'nin Silindirik Koordinatlarda Çözümü	47
6.5. Farklı İki Dielektrik Ortamda Elektrik Alanı	49
6.6. Ortamın Çeşitli Dielektrik Sabitleri için Hesaplanmış Oranlar	51
6.7. Dielektrik Sıvılar	52
6.8. Dielektriksel Ayrıcının Önden Görünüşü	53
6.9. Sürücü ve Çıkış Katı Devresi.....	54
7. REFERANSLAR.....	55

Ö N S Ö Z

Bilimsel araştırmanın ve geliştirmenin doğal bir sonucu olarak insan yaşantısı daha iyiye, daha güzele doğru gitmektedir. Bu konuda bilim adamları olanakları ölçüsünde üzerine düşeni yapmak zorundadır. Hiç olmazsa yeni nesillere zemin hazırlamalıdır.

Dielektriksel mikro fosil ve mineral ayırıcılar günümüze kadar birçok bilim adamı tarafından işlenerek uygulama alanına sokulmuştur. Yapılan her çalışma bir yenisi için kaynak oluşturmuştur.

Bu alışma ile prensipte diğerleri ile aynı, fakat tamamen yeni bir tasarım olan böyle bir ayırıcı geliştirilmeye çalışıldı.

Bana bu konuda büyük destek sağlayan sayın hocam Y.Doç.Dr. Taner OSKAY'a, projeyi bize sunarak böyle bir çalışmanın ortaya çıkmasına yardımcı olan ve projenin yönlenmesinde emeği geçen sayın Prof.Dr. İsmet GEDİK ile diğer emeği geçenlere sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Fahrettin ve

G İ R İ Ő

Mineral ve fosillerin dielektriksel ayrılması ilk olarak 1924 de Hatfield tarafından denendi. A.C. (alternatif akım) dielektriksel ayırıcı modelini yapan da kendisidir. Rosenholtz ve Smith, 1936 da 60 Hz ve 220 V ile elektrik alanını kuvvetlendirerek 160 farklı minerali ayırdı. H. Ackland POHL 1958 de, Schwal ile 1960 da, yine Plymale ile 1960 da, zirco rutile karışımından birbirini ayırdı. 1964 de Ershova ve Shcherbak A.C. dielektrik ayırıcıların geliştirilmesinde ve dielektrik sabiti ölçümlerinde çalıştı. 1970'li yıllarda bunlar yaygın olarak kullanılmaya başlandı.

A.C. dielektrik ayırıcıları $\epsilon > 20$ yi aşan mineralerde ve maddelerde çalışmazlar, $\epsilon > 81$ civarındaki metalik mineraller elektrodlar arasında kısa devre oluşturduklarından kısmen zorluklar doğurur. Bu problemleri çözmek için araştırmacılar; 1965, 1970 ve 1973 de ve hemen arkasından 1974 de dört tip mineral ayırıcı geliştirdiler. Uygulanan tek elektrod yüksek frekanslı elektromoğnetik ışımayla elektrik alanı doğurur. Kullanılan frekanslar 6MHz, 1MHz, 250KHz ve 30KHz civarındaydı. 1965 de Wang Yu Xian 20KHz'li MF-1 ayıracını yapmıştır. 18 Mayıs 1979 da 30 KHz'li GJF-1'ri geliştirmiştir.

Çalışmalara Wang Yu-Xian'nın "Mikrofosilleri yüksek frekansla dielektriksel ayırma" isimli makalesi temel alınarak başlandı. Bu çalışmasını konu alan makalede GJF-1 cihazı ile alınan sonuçlar sunulmaktadır. Cihaz hakkında resminden ve çalıştığı frekans bandından başka hiç bir bilgi içermeyen bu makalede; yazar dışı topraklanmış, içinde belirli bir dielektrik sabitine karakterize edilmiş sıvı bulunan bir silindirik kap alıyor. İçine atılan parçacıkları bir anot halkaya çektirip sıvıya daldırılan küçük bir kap içinde dışarı çıkartıyor.

Dielektrik sabiti;

$$\epsilon_{ab} = \frac{a \epsilon_a + b \epsilon_b}{a+b}$$

şeklinde karakterize edilen ortamda toplanan parçacıklara etkiyen "Dielectrophoretic" kuvvet;

$$\vec{F} = - 4\pi r_o^3 \epsilon_1 \frac{\epsilon_2 - \epsilon_1}{\epsilon_2 + 2\epsilon_1} \frac{V^2}{r^3 |\ln (r_1/r_2)|^2} \hat{r}$$

olarak tanımlanmaktadır.

Her iki ifadede kullanılan semboller;

- ϵ_1, ϵ_2 : Sırayla dielektrik sıvı ortamı ve dielektrik katının dielektrik sabiti
 ϵ_{ab} : ϵ_a ve ϵ_b dielektrik sabitlerinden oluşan ortamın dielektrik sabiti,
a : ϵ_a dielektrik sabitli sıvının hacmi,
b : ϵ_b dielektrik sabitli sıvının hacmi
r : Silindir ekseninden parçacığa olan uzaklık,
 r_1 : V potansiyelli silindirin iç yarıçapı,
 r_2 : Silindirin dış yarıçapı,
 r_o : parçacığın yarıçapı olarak tanımlanır ve (-) işareti hareketin eksene yönelik olduğunu gösterir. Şekil 2.1

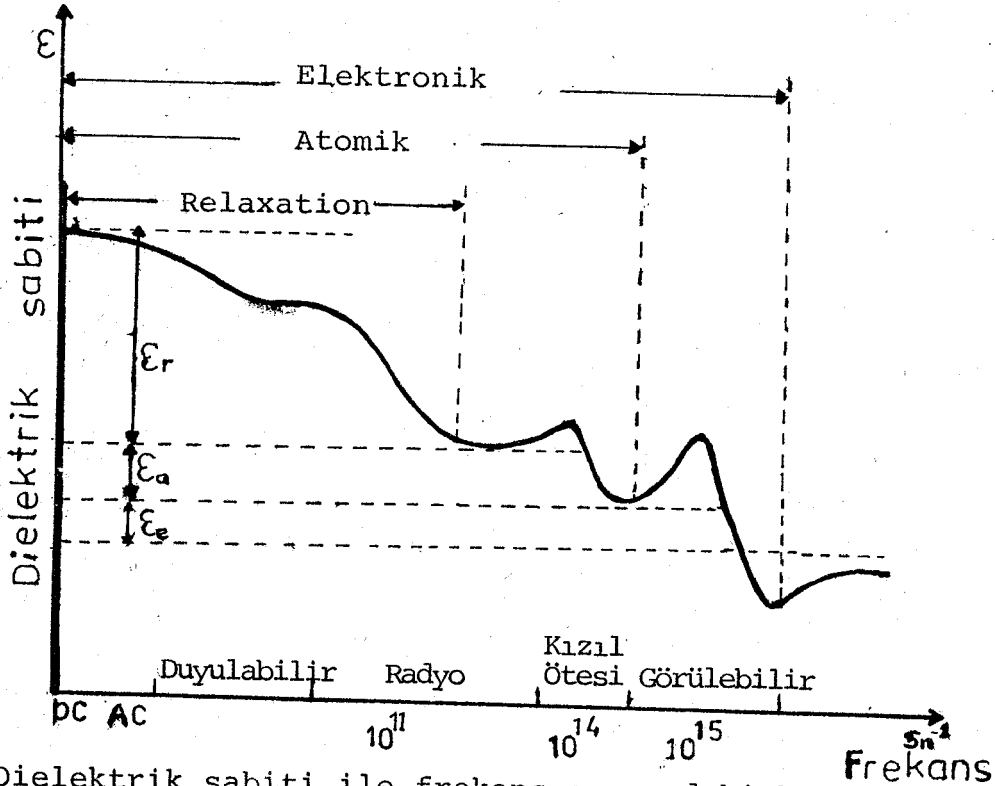
Dielektriksel ayırma yönteminde ortamın dielektriğini oluşturan sıvıların dielektrik sabitleri arasındaki fark önemlidir. Bu fark ne kadar büyük olursa o kadar büyük dielektrik sabiti aralığı oluşturulabilir. Wang Yu-Xian deneylerinde $\epsilon_1 = 2,24$ olan karbon tetraklorür (CCl_4) ve $\epsilon_2 = 26,8$ olan Etilalkol (C_2H_5OH) kullanarak, çeşitli dielektrik sabitleri oluşturmuş, çeşitli mikrofosil seçimleri yapmıştır.

Prensipde aynı olan bu çalışma sunulurken okuyucunun

konuya hakim olabilmesi amacı ile bazı ara işlemler EK'ler kısmında sunulmuş, yararlanılan referansların numaraları () şeklinde verilmiştir.

1. YÜKSEK FREKANSLI ELEKTRİK ALANININ DIELEKTRİK MADDELER ÜZERİNDEKİ POLARİZASYON ETKİSİ

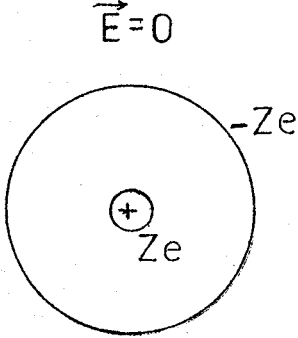
Yüksek frekanslı bir elektrik alanı içine konan dielektrik maddeler değişik radyo frekans bandlarında genelde üç tip polarizasyona uğrarlar. Bunlar sırası ile elektronik, atomik veya iyonik, relaxation (durulma) polarizasyonlarıdır. Bunlardan elektronik ve relaxation polarizasyonu her türlü atomik ve moleküler yapıli dielektrik maddelerde meydana gelir. Moleküler yapıli dielektriklerde atomik, iyonik yapıli dielektriklerde iyonik polarizasyon diğer tip polarizasyonlarla birlikte meydana gelir. Oluşan polarizasyonlara göre dielektrik sabitinin değişimi aşağıdaki şekilde görüldüğü gibidir.



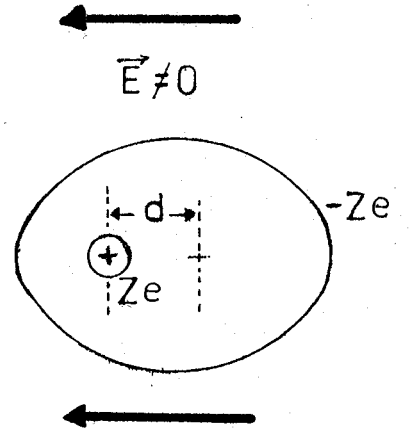
Dielektrik sabiti ile frekans arasındaki bağıntı.

1.1. ELEKTRONİK POLARİZASYON

Maddeleri ve molekülleri oluşturan atomlar , iç kısımda pozitif yüklü bir çekirdek, dış kısımda negatif yüklü bir elektron bulutu olarak düşünülebilir. Üzerine bir dış elektrik alan uygulandığında elektron bulutu, çekirdeğe göre, yerdeğiştirir. İndirgenmiş dipol momentlerinin sebep olduğu bu polarizasyona "Elektronik Polarizasyon" adı verilir. Polar olmayan moleküllerin bileşiminden oluşan moleküler kristaller ve bileşikler yalnızca bu tip polarizasyona uğrarlar.+Ze çekirdek yüklü ve - Ze elektron yüküne sahip herhangi bir atom, elektrik alanı uygulanmadığında Şekil: 1.1. deki gibi küresel simetriye sahiptir. Elektrik alanı uygulandığında elektron bulutu, alana zıt yönde, çekirdeğe göre bir yığılma gösterir. Şekil 1.2.



Şekil: 1.1. Simetrik yapı



Şekil: 1.2. Elektrik alanının etkisi altında

Elektron bulutu, çekirdekten ortalama d mesafesi kadar uzakta, çekirdek ile kulomb (coulomb) çekim ve elektrik alanından doğan elektrik alan kuvvetlerinin tesiri altında dengede olur.

$$\vec{F}_e = Ze\vec{E} \quad (1)$$

$$\vec{F}_c = \frac{(Ze)^2 \vec{d}}{4\pi\epsilon R^3} \quad (2)$$

Elektrik alan kuvveti eşitliği (1) ile kulomb çekim kuvvet eşitliği (2), d mesafesinde dengede olduğundan;

$$Ze\vec{E} = \frac{(Ze)^2 \vec{d}}{4\pi\epsilon R^3}$$

olur. Buradan \vec{P} polarizasyonu;

$$\vec{P} = Ze\vec{d} \quad (3)$$

olduğuna göre;

$$\vec{P} = 4\pi\epsilon R^3\vec{E} \quad (4)$$

bulunur. (4) eşitliğinde elektronik polarizebilite (polarlanma yatkınlığı) α_e ;

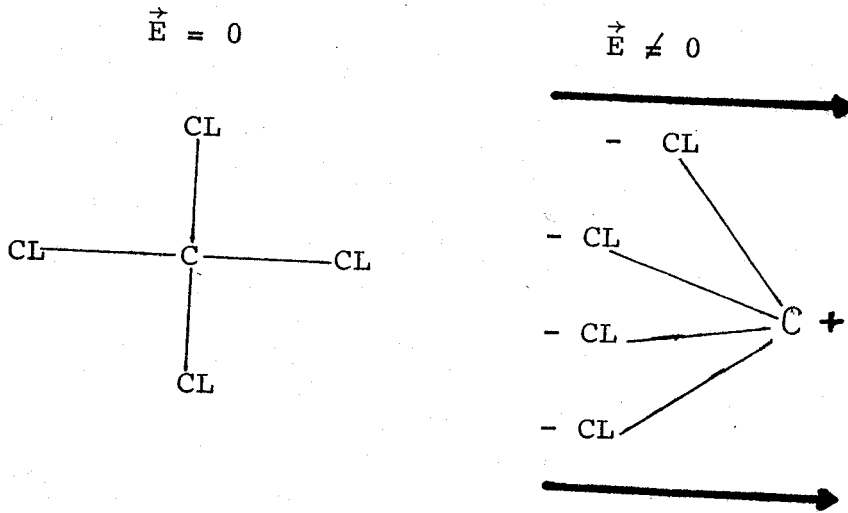
$$\alpha_e = 4\pi\epsilon R^3 \quad (5)$$

olarak tanımlanır. Burada R atomik yarıçaptır. ϵ ise R yarıçaplı atomların oluşturduğu maddenin veya molekülün frekansa bağlı dielektrik sabitidir.

Elektronik polarizasyonun denge konumuna dönmesi için 10^{-15} Sn mertebesinde bir zamana ihtiyaç vardır. Buda ultraviyole optik frekans bandına karşılık gelir. (1)

1.2. ATOMİK POLARİZASYON

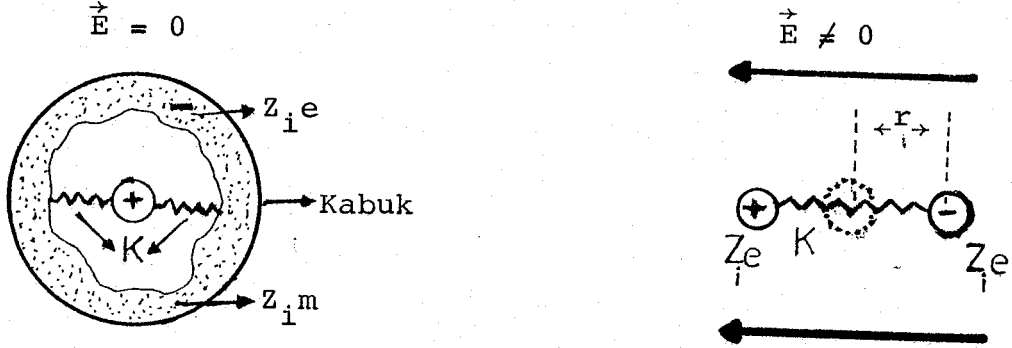
Atomik polarizasyon iyonik yük dağılımının bozukluğundan ve molekül içindeki atomların görece yer değiştirmesinden meydana gelir. Moleküllerdeki atomların farklı dizilişleri elektron simetrisi oluşturmayabilirler. Bu moleküllerden meydana gelen dielektrik maddelerdeki atomlar, elektron bulutu simetrik ve kuvvetli bağlarla bağlanan atomlara göre yer değiştirirler. Böylece birbirine göre net zıt polarite de olan atomlar üzerine dışardan elektrik alanı uygulandığında, denge pozisyonundan ayrılmak zorunda kalacaktır. Alan kaldırıldığında denge durumuna dönmek için geçen zaman 10^{-13} - 10^{-14} sn kadardır. Ve bu kızıl ötesi (Infrared) optik frekans bandına girer. Daha çok moleküler yapı maddelerinde görülen bu tip polarizasyon Şekil 1.3. deki gibi resimlenebilir.



Şekil 1.3. CCl_4 a) \vec{E} uygulanmadığında b) \vec{E} uygulandığında

CCl_4 molekülü alan mevcut olmadığında simetrik bir yapıya sahip. Ancak farklı atomlar farklı polarlanmaya uğradığından uygulanan bir dış elektrik alanı ile bu yapı bozulmaktadır. Bu şekildeki molekül kısmen negatif ve pozitif yüklü iyonlar

olarak düşünülebilir. Şekil 1.4.



Şekil 1.4. a) Elektrik alan yokluğunda b) Elektrik alan varlığında

İyon;

$$K = Z_i m \omega_0^2 \quad (6)$$

ile çekirdeğe bağlanmış bir kabuk olarak düşünülürse

$$\vec{r} = R_e (\vec{r}_0 e^{i\omega t}) \quad (7)$$

kabuğun denge durumundan sapma miktarı olmak üzere hareket denklemleri,

$$\vec{F} = m\vec{a} = -K\vec{r} - (q\vec{E}) \quad (8)$$

dir. veya

$$Z_i m \vec{F} = -K\vec{r} - Z_i e \vec{E} \text{ dış} \quad (9)$$

olarak yazılabilir.

Yay ve elektrik alanının uyguladığı kuvvet kabuğun hareket yönüne zittir.

$$\vec{E} \text{ dış} = \vec{E}_0 e^{i\omega t} \quad (10)$$

olarak tanımlanırsa, (7) eşitliği de kullanılarak $t=0$ durumundan

$$m\ddot{\vec{r}} = -w_0^2 \vec{r} - R_e (\vec{E}_0 e^{-i\omega t}) \quad (11)$$

$$\ddot{\vec{r}} = w_0^2 R_e (\vec{r}_0 e^{-i\omega t}) \quad (12)$$

eşitlikleri bulunur. Buradan da

$$\vec{r}_0 = \frac{e \vec{E}}{(w_0^2 - w^2) m} \quad (13)$$

denge konumu eşitliği bulunur. İndirgenmiş dipol momenti;

$$\vec{\mu} = -z_i e \vec{r} \quad (14)$$

olduğuna göre,

$$\vec{\mu} = R_e (\vec{\mu}_0 e^{-i\omega t}) \quad (15)$$

olur. Eşitlik (13)'ün ve (14)'dün yardımı ile (15) eşitliği;

$$\vec{\mu} = R_e \left(\frac{z_i e^2}{m (w_0^2 - w^2)} \cdot \vec{E}_0 \right) \quad (16)$$

olur. Polarizasyon birim hacim başına düşen dipol moment sayısı olarak tanımlandığına göre, bu aynı zamanda polarizasyonu ifade eder.

$$\vec{P} = R_e \left(\frac{z_i e^2 \vec{E}_0}{m (w_0^2 - w^2)} \right) \quad (17)$$

Bu eşitlikten atomik polarizebilite;

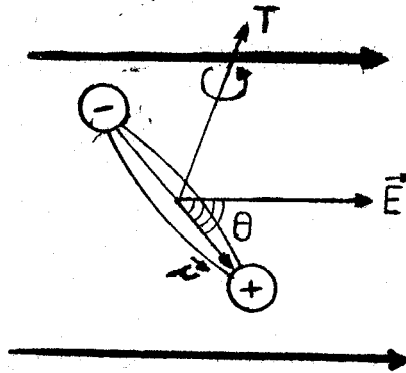
$$\alpha_a(\omega) = \frac{z_i e^2}{m(w_0^2 - w^2)} \quad (18)$$

olarak tanımlanır.

Genelde atomik polarizasyon elektronik polarizasyona göre çok küçüktür. Örnek olarak karbon tetraklorür (CCl_4) için atomik polarizasyon $8 \times 10^{-25} \text{ mol}^{-1}$ olmasına karşılık, elektronik polarizasyon $105 \times 10^{-25} \text{ mol}^{-1}$ kadardır. (2)

1.3. RELAXATION (DURULMA) POLARİZASYONU

Bir molekülün simetrik olmayan yük dağılımı, bir dış elektrik alanının olmadığı durumda, sürekli dipol momenti oluşturur. Elektrik alanı uygulandığında dipol momenti üzerinde bir tork (döndürme kuvveti) meydana getirir. Bu kuvvet dipol momentini veya momentlerini alan yönünde yönlendirmeye çalışır. Meydana gelen bu yönelmeden dolayı veya durulmadan dolayı bir relaxation polarizasyonu oluşur. Alan kaldırıldığında başlangıç konumuna dönmesi için geçen zaman 10^{-11} - 10^{-12} Sn arasındadır ve geçen zaman mikrodalga veya radyo optik frekans bandına karşılıktır. Polar moleküller çok büyük olduğunda, ortamın viskozitesinin büyük olduğunda, alternatif alanının frekansı büyük olduğunda moleküllerin başlangıç konumuna dönmeleri yeteri kadar çabuk değildir. Relaxation polarizasyonunun resimlenmesi Şekil 1.5 deki gibi yapılabilir.



Şekil 1.5. Relaxation polarizasyonu

Elektrik alanına göre değişik yönlerdeki dipol momentlerinin toplamı bir ortalama dipol momentini tanımlar. $\langle \vec{\mu} \rangle$, $\vec{\mu}$ dipol momentlerinin, fiziksel olarak, sonsuz küçük uzay üzerinden ortalaması olursa polarizasyon ifadesi

$$\vec{P} = N \langle \vec{\mu} \rangle \quad (19)$$

olur. $\vec{\mu}$ dipol momentini ile elektrik alanı arasındaki açı θ ise, ortalama dipol momentini

$$\langle \vec{\mu} \rangle = \langle \mu \cos \theta \rangle \quad (20)$$

olur. veya

$$\langle \vec{\mu} \rangle = \mu \langle \cos \theta \rangle \hat{E} \quad (21)$$

olur. Böylece polarizasyon ifadesi, (19) ve (20) eşitliklerinden;

$$\vec{P} = N \mu \langle \cos \theta \rangle \hat{E} \quad (22)$$

olur.

Boltzman faktörü $e^{\mu E \cos \theta / kT}$ yardımı ile;

$$\langle \cos \theta \rangle = \frac{\int_0^\pi 2\pi \sin \theta \cos \theta e^{\frac{\mu E \cos \theta}{kT}} d\theta}{\int_0^\pi 2\pi \sin \theta e^{\frac{\mu E \cos \theta}{kT}} d\theta}$$

dan, $\cos \theta \ll 1$ ve $\mu E \ll kT$ (adi sıcaklıkta ve zayıf alanda) yaklaşımlarını kullanarak, polarizasyon ifadesi;

$$\vec{P} = N \mu^2 \frac{\hat{E}}{3kT} \quad (23)$$

bulunur.

(23) eşitliğinde ortalama dipol momentini;

$$\langle \vec{\mu} \rangle = \frac{\mu^2 \vec{E}}{3kT}$$

ve relaxation polarizebilitesi;

$$\alpha_r = \frac{\mu^2}{3kT}$$

olarak tanımlanır. (3)

2. DÜZGÜN OLMAYAN ELEKTRİK ALAN ETKİLERİ

Nonüniform elektrik alanları genellikle maddeler üzerinde, hatta nötr maddeler üzerinde şaşırtıcı etkiler doğurur. Bunlardan faydalanılarak, böyle bir alan ile mineraleri ayırmak ve sınıflamak, sıvıları veya tozları püskürtmek, pompalamak mümkündür. Ayrıca kopya çıkarmada, süspansiyon ayırmada, laboratuvarında (g) yer çekimini sıfırlamada, ölü ve canlı hücreleri ayırmada, normal ve anormal hücre çalışmalarının yapıldığı biyofizik ve fizyolojide uygulanmaktadır.

Kolloidal biliminde yeni teknik olarak yüzey özelliklerinin çözümüne yardım eder. Moleküler seviyede düzgün olmayan elektrik alanları, moleküler polarizabiliterin hesaplanmasında, maser ve laser kontrolünde kullanılır.

2.1. DIELECTROPHORESIS (dielektroforesis) VE ÖZELLİKLERİ

Dielektroforesis: Nonüniform (düzgün olmayan) bir elektrik alanında polarize olmuş maddelerin hareketidir. En çok polarlanmış madde elektrik alan yoğunluğunun maksimum olduğu yere doğru hareket eder. Dielectrophoretic kuvvet elektrik alanıyla aynı doğrultuda polarize olan maddeye etkir. Elektrik alanı içinde dielektrik madde yük yoğunluğu P olan sınırlı bir kutuplamaya uğrayacak, düzgün olmayan alan etkisi ile her iki kutupda farklı kuvvetler doğacaktır. Uygulanan net kuvvet maddeyi büyük kuvvet doğrultusunda, yani alanın yoğun olduğu bölgeye doğru çekecektir. Maddenin hareketi alan yönünden bağımsızdır.

ÖZELLİKLERİ:

- a) Alan kuvvetinin en yüksek olduğu bölgedeki maddenin hareketinin ve polarize olma yatkınlığının artmasına sebep olur.
- b) D.C veya A.C. voltaj uygulandığında, hareket yönünün alan yönünden bağımsız olduğu parçacıkların hareketini oluşturur.
- c) Nispeten kaba süspansiyonlarda çok kolay görülebilir. (parçacık yarıçapı $\geq 2\mu$).
- d) Yüksek frekanslı ve kuvvetli alanlar gerektirir. örnek $a = 5$ Cm için 10.000 V.
- e) Viskositesi düşük sıvılarda ve gazlarda çok açık görülür.
- f) Çözen ve çözünen madde arasındaki dielektriksel fark yaklaşık 2-100 arasında olmalıdır.

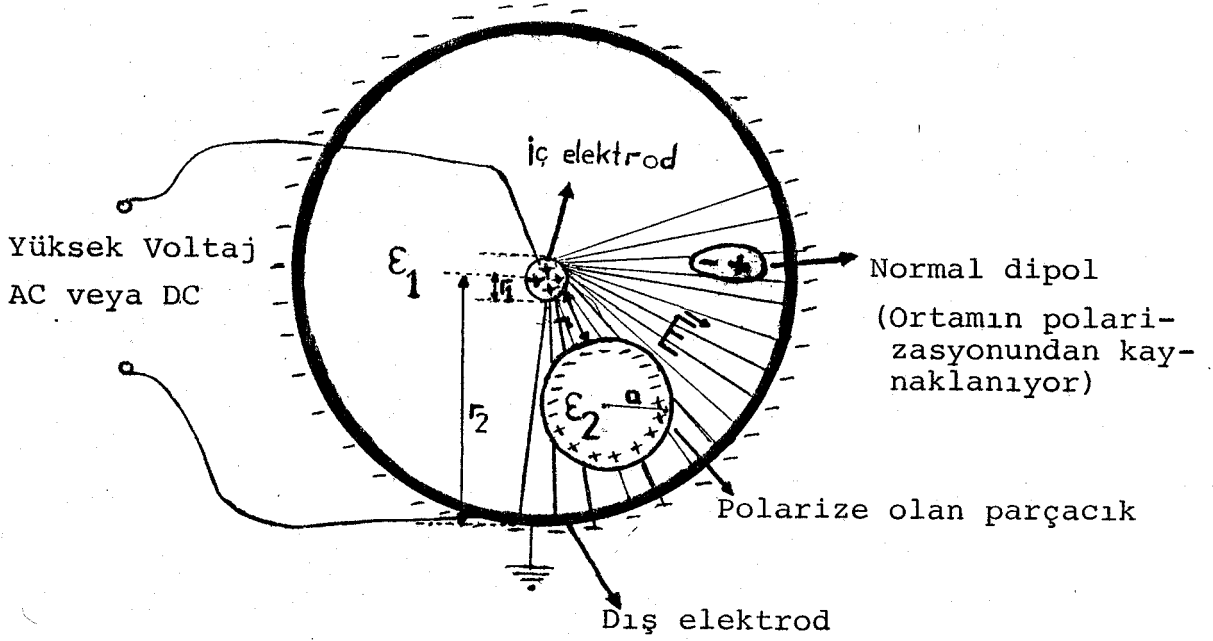
2.2. ELEKTROPHORESİS (elektroforesis) VE ÖZELLİKLERİ

Elektrophoresis: Yüklenmiş parçacıkların yüklenmiş elektrodlar arasındaki hareketidir. Parçacıkların hareket yönü alan yönünden bağımsız değildir.

ÖZELLİKLERİ:

- a) Elektrophoresis moleküler yapıları parçacıklar ile görülebilir.
- b) Elektrophoresis muhtelif elektrik alanlarda gözükür.
- c) Elektrophoresis genellikle düşük voltaj ister.
- d) Elektrophoresis parçacıkların birim hacimi başına genellikle küçük yükler olmasını gerektirir.

2.3. DIELECTROPHORETIC (dielektroforetik) KUVVET



Şekil 2.1. Dipollerin ve süspansiyon içinde indüklenmiş dipollerin üzerinde etkin olan kuvvetin şekli.

Şekil 2.1. deki gibi silindiriksel simetriye karakterize edilerek oluşturulan düzgün olmayan bir \vec{E} elektrik alanının, bir $\vec{\mu}$ dipolü üzerine uyguladığı kuvvet;

$$\vec{F} = (\vec{\mu} \cdot \nabla) \vec{E} \quad (1)$$

dir. (EK-1)

Dielektrik ortam içine yerleştirilen küresel parçacığın dipol momenti;

$$V = \frac{4}{3} \pi a^3 \quad (2)$$

parçacığın hacmi olmak üzere ve

P: Birim hacimdeki dipol moment sayısı veya polarizasyon ise:

$$\mu = \nu p = \frac{4}{3} \pi a^3 p \quad (3)$$

olur. Etkin değer "e" indisiyle tanımlanırsa;

$$\vec{\mu}_e = \frac{4}{3} \pi a^3 \vec{P}_e \quad (4)$$

şeklinde bir ifade elde edilir.

Ek- 2 den P_e ifadesi

$$\vec{P}_e = \vec{E}_{i\dot{c}} (\epsilon_2 - \epsilon_1) \quad (5)$$

olarak verilir.

EK - 5 deki (9) denkleminde

$$\vec{E}_{i\dot{c}} = \frac{3\epsilon_1}{2\epsilon_1 + \epsilon_2} \vec{E}_2 \quad \text{olduğu gözönüne alınırsa}$$

(5) denkleminde verilen polarizasyon ifadesi;

$$\vec{P}_e = \frac{3\epsilon_1}{2\epsilon_1 + \epsilon_2} (\epsilon_2 - \epsilon_1) \vec{E}_{dış}$$

bulunur.

Burada $\epsilon_2 > \epsilon_1$ olarak alınmıştır.

Böylece dipol momentini;

$$\vec{\mu}_e = \frac{4}{3} \pi a^3 \vec{P}_e \quad (5)$$

den,

$$\vec{\mu}_e = \frac{4}{3} \pi a^3 3\epsilon_1 \frac{\epsilon_2 - \epsilon_1}{2\epsilon_1 + \epsilon_2} \vec{E}_{dış} \quad (6)$$

bulunur. (6) eşitliği, (1) eşitliğinde yerine konursa;

$$\vec{F}_e = 4\pi a^3 \epsilon_1 \frac{\epsilon_2 - \epsilon_1}{2\epsilon_1 + \epsilon_2} \vec{E}_{dış} \left(\vec{\nabla} \cdot \vec{E}_{dış} \right) \quad (7)$$

elde edilir.

$$\vec{E}_{dış} \left(\vec{\nabla} \cdot \vec{E}_{dış} \right) = \frac{1}{2} \vec{\nabla} \cdot \vec{E}_{dış}^2 \quad (8)$$

olduğu gözönüne alınırsa;

$$\vec{F}_e = 2\pi a^3 \epsilon_1 \frac{\epsilon_2 - \epsilon_1}{2\epsilon_1 + \epsilon_2} \vec{\nabla} \cdot \vec{E}_{dış}^2 \quad (9)$$

şekline gelir.

Bu ifadeden görüldüğü gibi kuvvet; çevrelenen ortamın ve parçacığın dielektrik farkları ile, alan kuvvetinin gradyentinin karesi ile, yarıçapın büyüklüğü ile orantılıdır. Bu ifade, ayrıca alan yönünün değişmesinin parçacıkların hareket yönünü değiştirmedeğini gösterir.

Silindiriksel simetriye karakterize edilen tek elektrod sisteminde r_2 topraklanmış dış silindirin yarı çapı, r_1 V_1 potansiyeli iç silindirin yarı çapı, r silindir eksenine dik herhangi bir doğrultu üzerindeki noktanın silindir eksenine olan uzaklığı ise, bu noktadaki potansiyel; $\nabla^2 V = -\rho/\epsilon$ "poisson" denkleminin, $\rho = 0$ için silindirik

koordinatlardaki ifadesi çözüldüğünde;

$$V = \frac{V_1}{\ln(r_1/r_2)} \cdot \ln(r/r_2) \quad (10)$$

bulunur. (EK-4)

(16) eşitliği elektrik alanına bağlanırsa;

$$\vec{E} = - \vec{\nabla} V \quad (11)$$

den,

$$\vec{E} = - \frac{\partial V}{\partial r} \hat{r}_0 = - \frac{V_1}{\ln(r_1/r_2)} \cdot \frac{d}{dr} (\ln r - \ln r_2) \hat{r}_0 \quad (12)$$

veya;

$$\vec{E} = - \frac{V_1}{\ln(r_1/r_2)} \cdot \frac{1}{r} \hat{r}_0 \quad (13)$$

bulunur. Burada \hat{r}_0 yarıçap vektörüdür.

$$\nabla E^2 = \frac{\partial}{\partial r} E^2 \text{ den}$$

$$\nabla E^2 = \frac{\partial}{\partial r} \left| \frac{V_1^2}{|\ln(r_1/r_2)|^2} \cdot \frac{1}{r^2} \right| \text{ ve}$$

$$\nabla E^2 = - \frac{2 V_1^2}{r^3 |\ln(r_1/r_2)|^2} \quad (14)$$

olur. Son olarak;

Dielektrophoretic kuvvet ifadesinde bunları yerine konursa;

$$\vec{F}_e = - 4 \pi a^3 \epsilon_1 \frac{\epsilon_2 - \epsilon_1}{2\epsilon_1 + \epsilon_2} \frac{V_1^2}{r^3 |\ln(r_1/r_2)|^2} \hat{r}_0 \quad (15)$$

bulunur.

3. DIELEKTRİKSEL AYIRICI

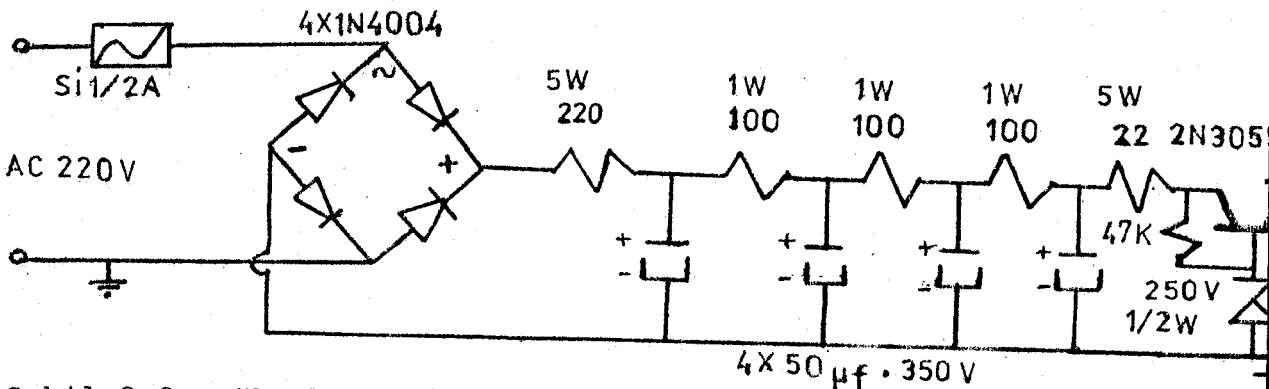
Geliştirilen alet 30 KHz frekanslı, 800-1200 Voltluk sinyal üretmekte, sistemin çektiği toplam akım 15-20 mA arasındadır. Harcanan toplam güç ise 5-5 Watt dır. Sistemde temel olarak biri ± 15 V luk osilatör ve sürücü katı besleme kaynağı, diğeri 250 V'luk çıkış katı besleme kaynağı olmak üzere iki besleme kaynağı devresi, bir osilatör, bir sürücü katı ve bir silindirik kondansatör şeklinde ayırma kabı bulunmaktadır. Sistemin frekans karakteristiğini belirleyen çıkış katındaki ferit trafodur. Çıkış sinyalinin genliği genlik kontrol potansiyo metresiyle ayarlanabilmektedir.

3.1. SÜRÜCÜ VE ÇIKIŞ KATI

Sürücü devresi EK - 9 da şematik olarak verilmiştir. Giriş voltajını yükselteç içinden akan akıma dönüştürme bu katta olur. Çıkış katından akan akım ise R_q ile ayarlanır. Devrenin kazanç faktörü R_6 ve R_7 emiter dirençleri ile sağlanır. Bu dirençler R_8 ile paralel bağlanarak kazanç arttırılır. Sinyal girişi T2'nin G ayağıdır.

3.2. YÜKSEK VOLTAJ VE ± 15 V. BESLEME KAYNAĞI

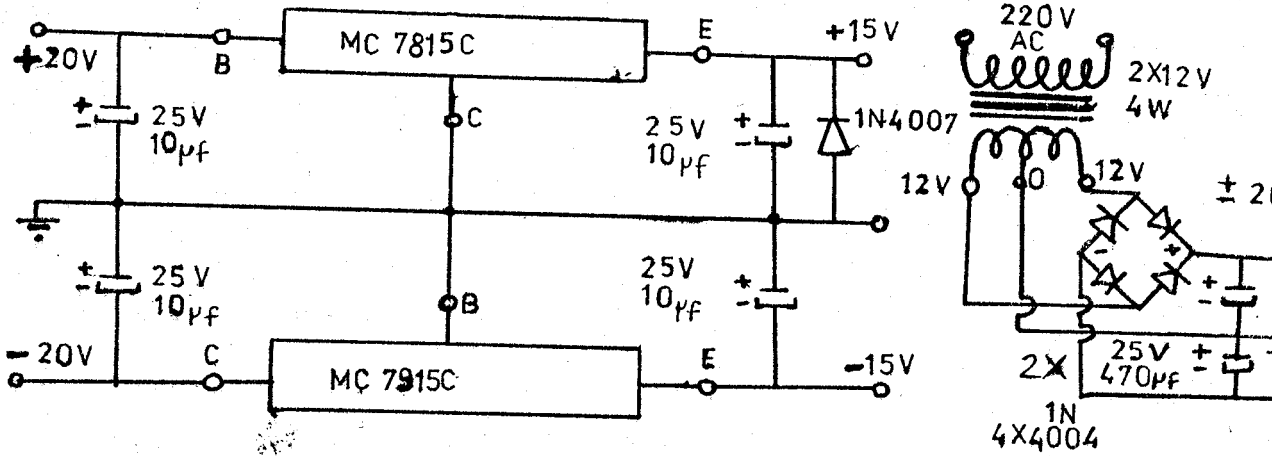
a) DC YÜKSEK VOLTAJ BESLEME KAYNAĞI



Şekil 3.2. Yüksek Voltaj Kaynağı devre şeması.

Bu besleme kaynağı ile çıkış katındaki T6 ve T7 transistörlerinin beslemeleri yapılır. Sistemde besleme kaynağındaki küçük değişmelerin herhangi bir olumsuz etki yaratmayacağı göz önüne alınarak, devre modellemesinde pek ayrıntıya gidilmemiştir. Devredeki 5W, 220 Ω ve 1W, 100 Ω 'luk dirençler, sığası ufak olan paralel bağlı kondansatörlerin ilk dolması sırasında fazla akım çekmemesi için konulmuştur.

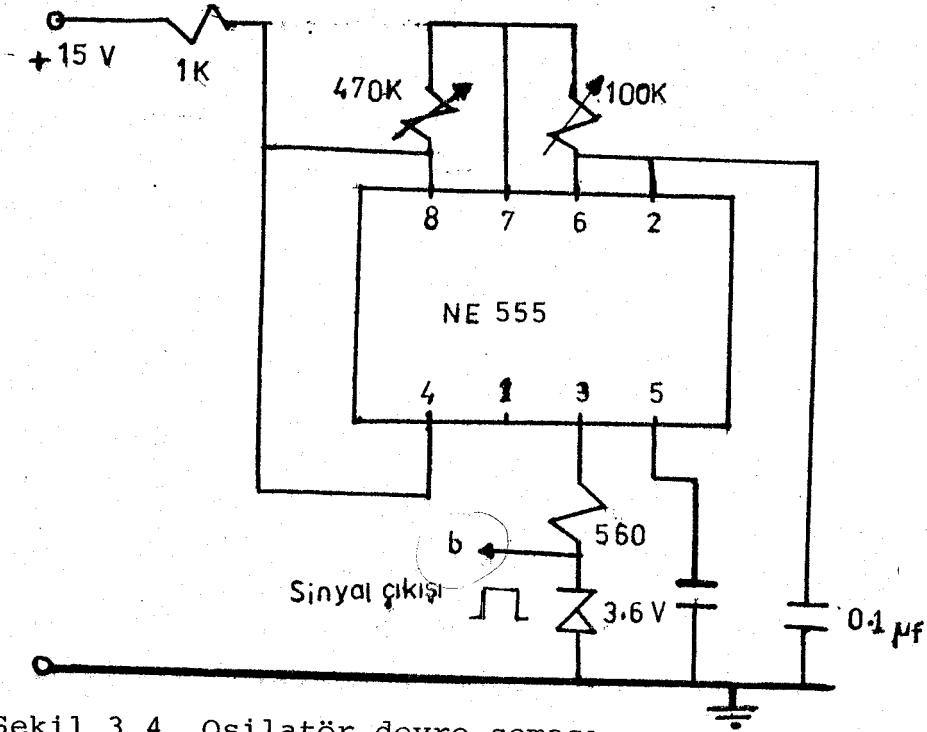
b) ± 15 V BESLEME KAYNAĞI



Şekil 3.3. Pozitif ve negatif 15 V. besleme kaynağı devresi.

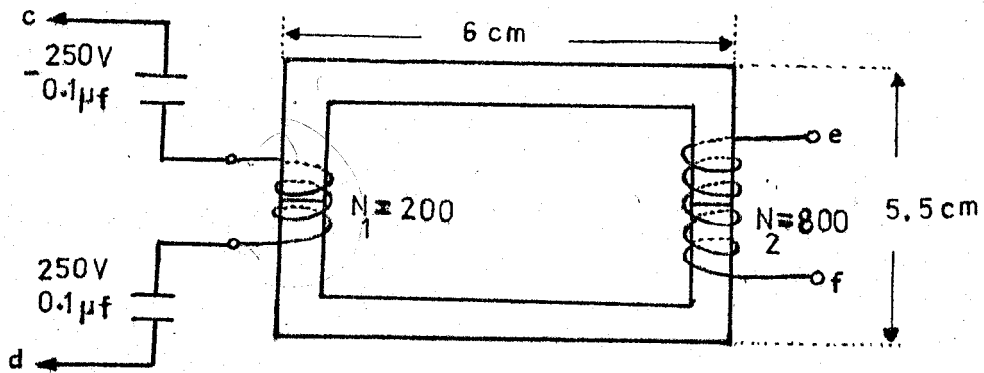
3.3. OSİLATÖR KATI

Osilatör olarak NE555 integre devresinden faydalanılmıştır. Bu tip devrenin kullanılmasında; yüksek frekans bandlarına çıkılabilmesi, besleme katındaki değişmelerin sinyali etkilememesi, kararlı bir sinyal üretmesi gözönüne alınmıştır.



Şekil 3.4. Osilatör devre şeması.

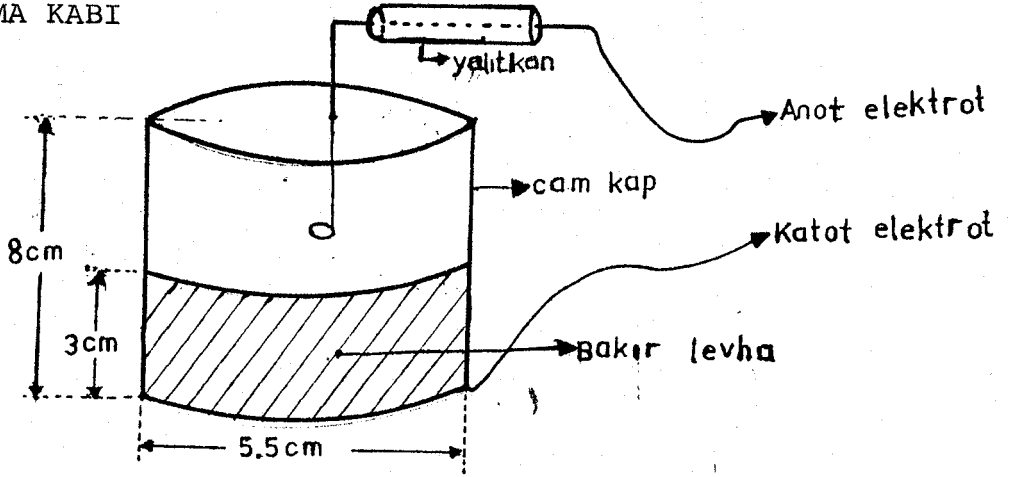
Çıkış sinyalinin "b" ucu sürücü katındaki T2'nin G'tine bağlanır. Bu şekilde sürücü kattan geçen sinyal çıkış katında 250 V. genliğe yükseltilir. Genliği yükseltilen sinyal şekil 3.5 deki ferit çekirdekli trafo ile üçüncü defa 800-1500 V genliğe ulaştırılır. Burada genliği 30 KHz de sınırlayan, ferit çekirdekli trafonun doyuma ulaşmasıdır.



Şekil 3.5 Ferit çekirdekli trafo devresi

Ferit çekirdekli trafo devresindeki c ve d uçları çıkış katındaki T6 ve T7 nin kollektörlerine bağlanır. e ve f çıkışları ise silindirik kondansatör şeklindeki ayırma kabının anot ve katoduna bağlanır.

3.4. AYIRMA KABI



Şekil 3.6. Silindirik kondansatör şeklindeki ayırma kabı.

Anot (halka) elektrod:

0,5 mm çelik telden oluşmuş ve tutulan kısım bir yalıtkan ile korunmuştur. Ucunda yarı çapı ayarlanabilir bir halka oluşturulmuştur.*

Katod elektrod:

Cam kabın etrafına ince bakır levha sarılarak üzeri izole bandla kaplanmıştır.

* Bölüm 5 de sunulan sonuçlar alınırken halka yarıçapı 0.25 Cm olarak ayarlandı.

4. MIKROFOSİL VE MİNERAL SEÇME

Ayırma kabı içine dielektrik sabiti $\epsilon_a = 2.28$ olan Benzolden ve dielektrik sabiti $\epsilon_b = 21.4$ olan Asetondan istenilen veya herhangi bir dielektrik sabitini oluşturacak oranda karıştırılarak konur. Çalışmaya hazır hale getirilen ayırma cihazı ile ayırma kabına yüksek frekanslı sinyal verilir.

Hazırlanan dielektrik sıvı ortam içine karışım halindeki fosil veya mineral parçacıkları atılır. Ortama daldırılarak gezdirilen halka anot elektrod ile ortamın dielektrik sabitinden büyük dielektrik sabitli parçacıklar çekilerek toplanırken, küçükleri ortamda bırakılır. Bu şekilde toplanan büyük dielektrik sabitli parçacıklar, ortama daldırılan küçük bir kap içine alınarak dışarı çıkartılır. Böylece sıvı ortama atılan parçacıklar önce ikiye ayrılmış olur. Daha sonra ortam seçilen parçacıklara göre yeniden ayarlanıp işleme ikili ayırma şeklinde devam edilir. Öyle bir dielektrik sabiti aralığına gelinirki artık bundan sonra hiç bir ayırım gözlenmez. Parçacıkların hepsi anot tarafından ya çekilir, ya da itilir.

Bu durum iki sebepten dolayı meydana gelir.

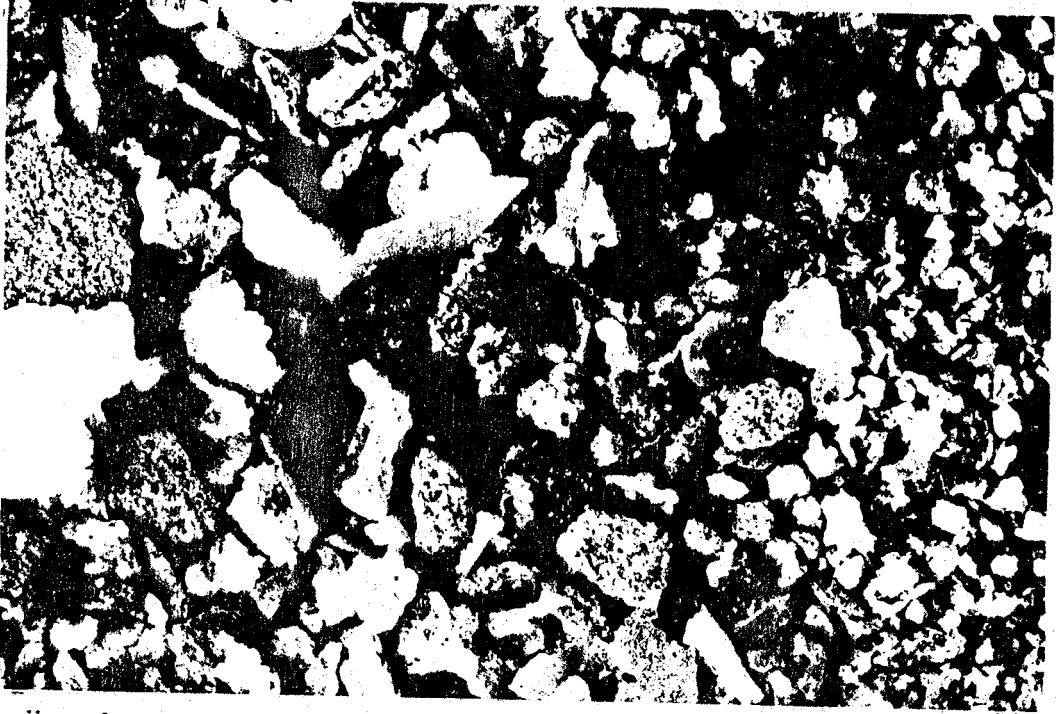
Birinci olarak ortama atılan parçacıkların (madde-lerin) dielektrik sabitleri ortamın dielektrik sabitinden ya büyüktür ya da küçüktür,

İkinci olarak; parçacıkların boyut mertebeleri; hareketlerine mani olacak derecede büyüktür. Bu durumda uygulanan elektrik alanı parçacıkları sıvı ortam içinde sürüklemeye yetmemektedir.

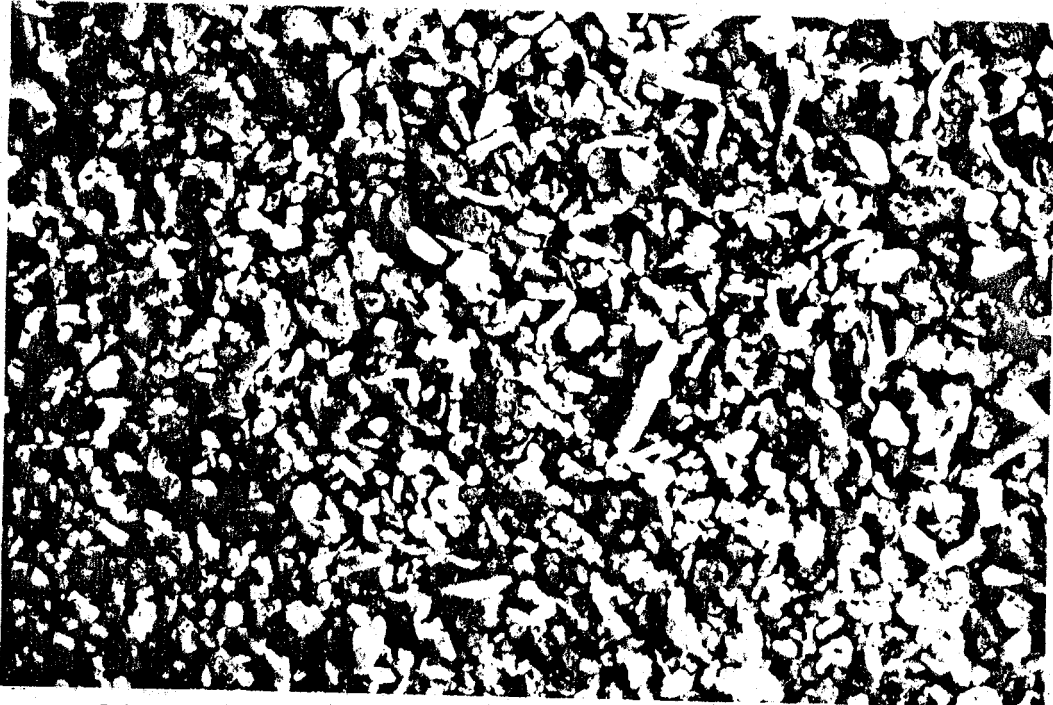
Sağlıklı bir ayırma yapabilmek için parçacık boyutları maksimum 1 mm olmalı ve dielektrik sabiti farkları

en az iki olan farklı iki ortamda ayırma yapılmalıdır. Şayet her iki ortamda parçacıkların tümü ya çekiliyor, ya da itiliyorsa bunların dielektrik sabitleri bir birine çok yakın demektir. Bu durumda kesin bir ayırma beklenemez. İyi bir dielektriksel ayırma yapabilmenin diğer şartları da, ayrılacak parçacık veya mikrofosillerin dielek sabitleri farkı en az iki olmalı ve genlik ayarı maksimumda olmalıdır.

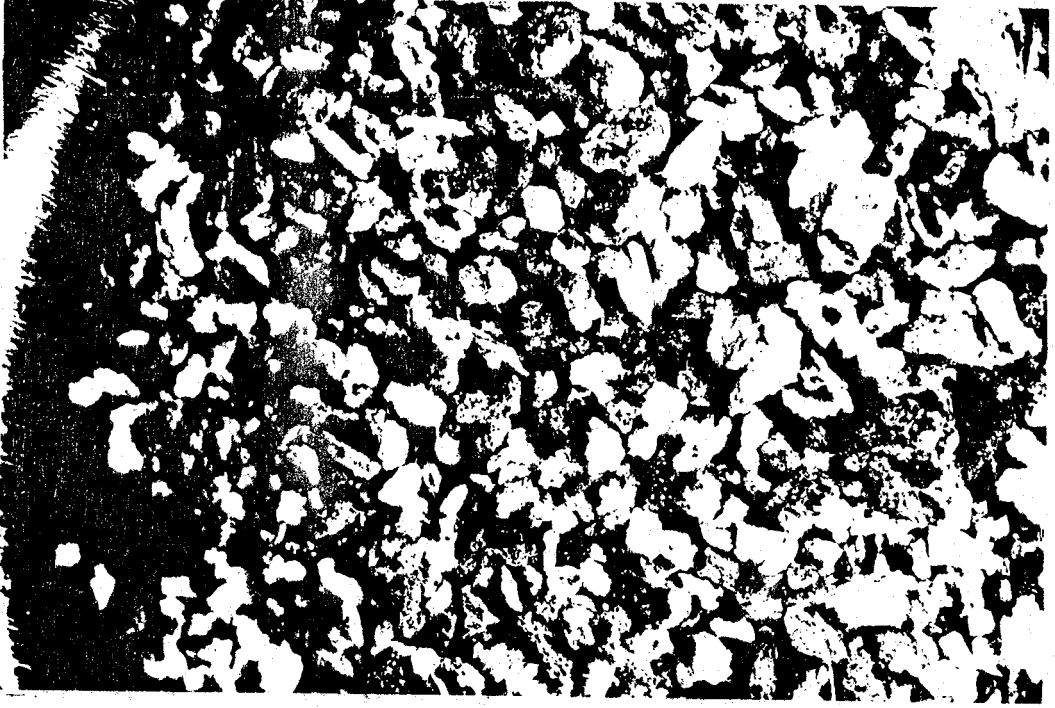
NI Numunesi



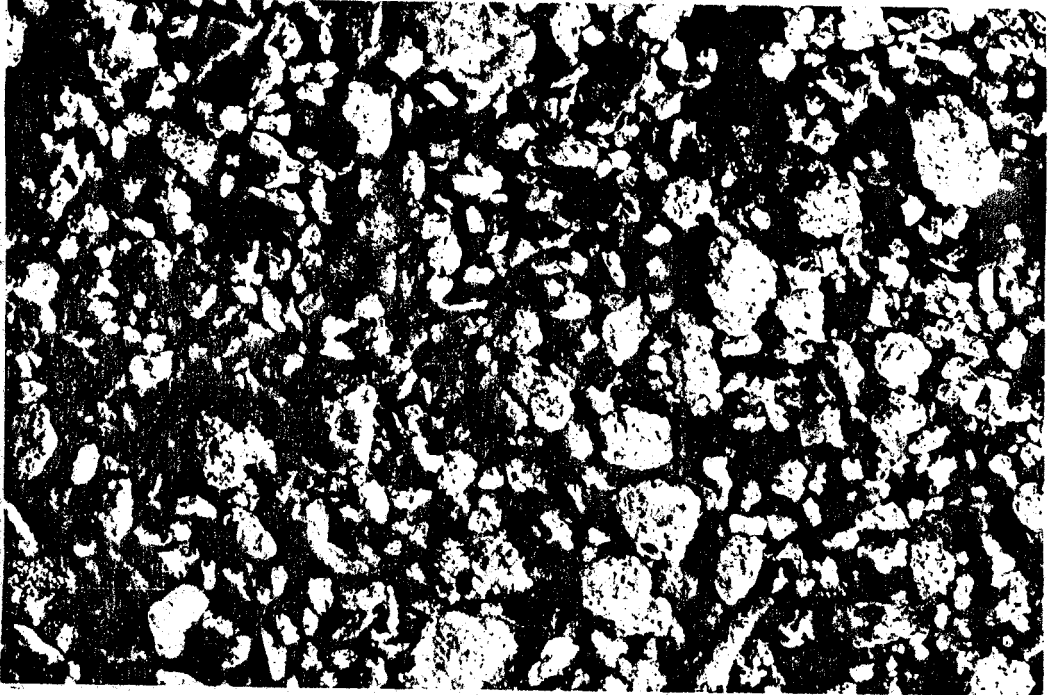
1. Örnek: Yeşil glökonik fosiller, killi, kireçli, fosfatlı bileşikler ve çeşitli oksitler içermektedir.



2. $\epsilon = 14$ için 28 ml. Aseton ve 17 ml. Benzol karıştırılarak, $\epsilon > 14$ dielektrik sabitli glökonikleşmiş fosiller seçildi.



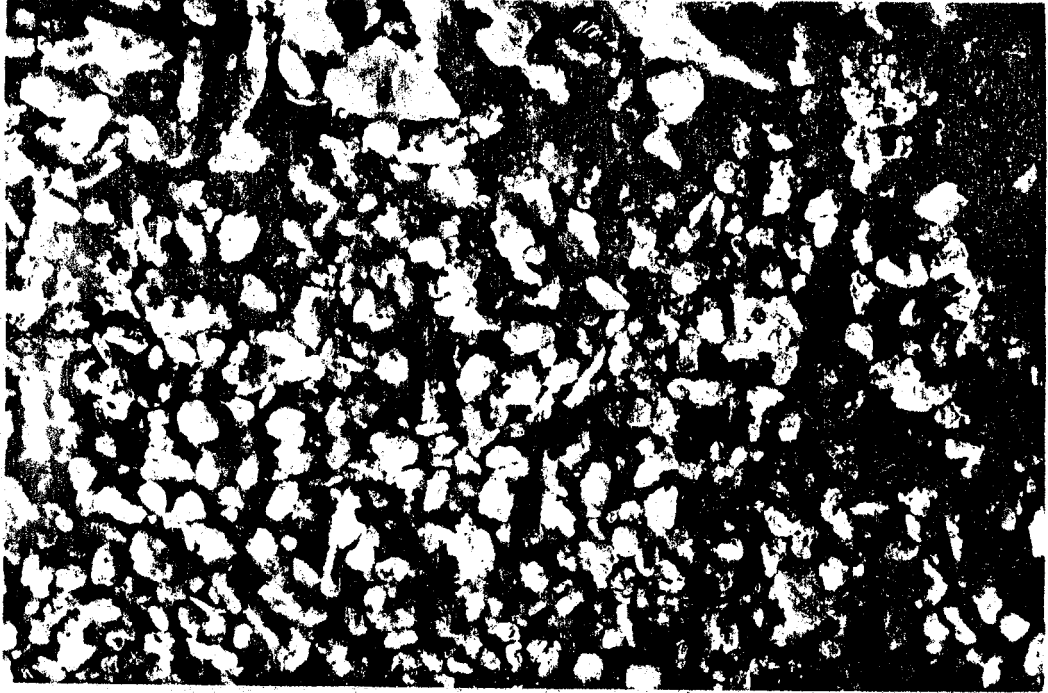
3. $\epsilon = 11$ için 21 ml Aseton ve 24 ml Benzol karıştırılarak $\epsilon > 11$ olan oksitli bileşikler seçildi.



4. $\epsilon = 9$ için 29 ml Benzol ve 16 ml Aseton karıştırılarak $\epsilon > 9$ olan mika ve killi bileşikler seçildi.



5. $\epsilon=7$ için 34 ml Benzol ve 11 ml Aseton karıştırılarak $\epsilon>7$ olan fosfatlı, bileşik ve organik kökenli bileşikler seçildi.

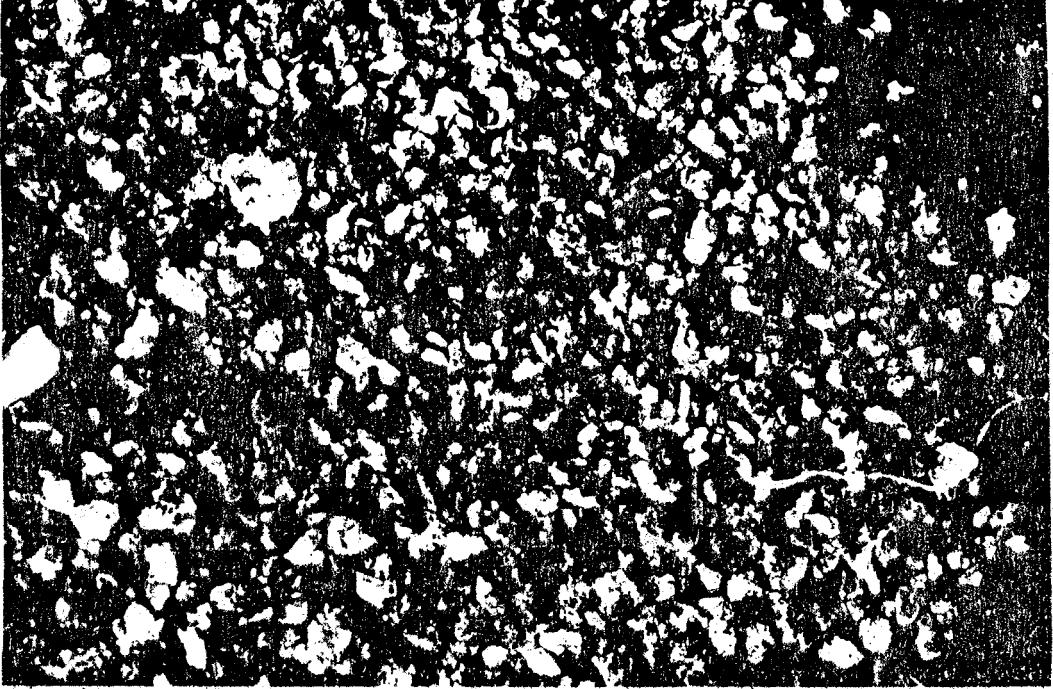


6. $\epsilon<7$ olan kireçli bileşikler en son kalan kısmı oluşturmaktadır.

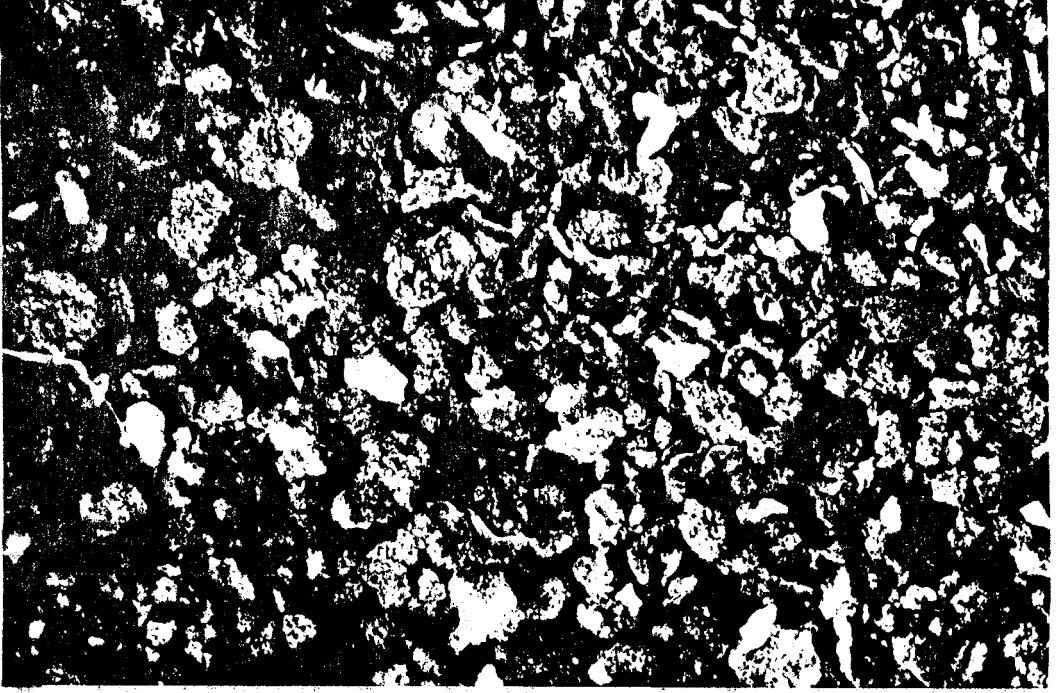
NIII Numunesi



1. Örnek: Oksit bileşikler, glökonik veya kloritler ve kalsit içermektedir.

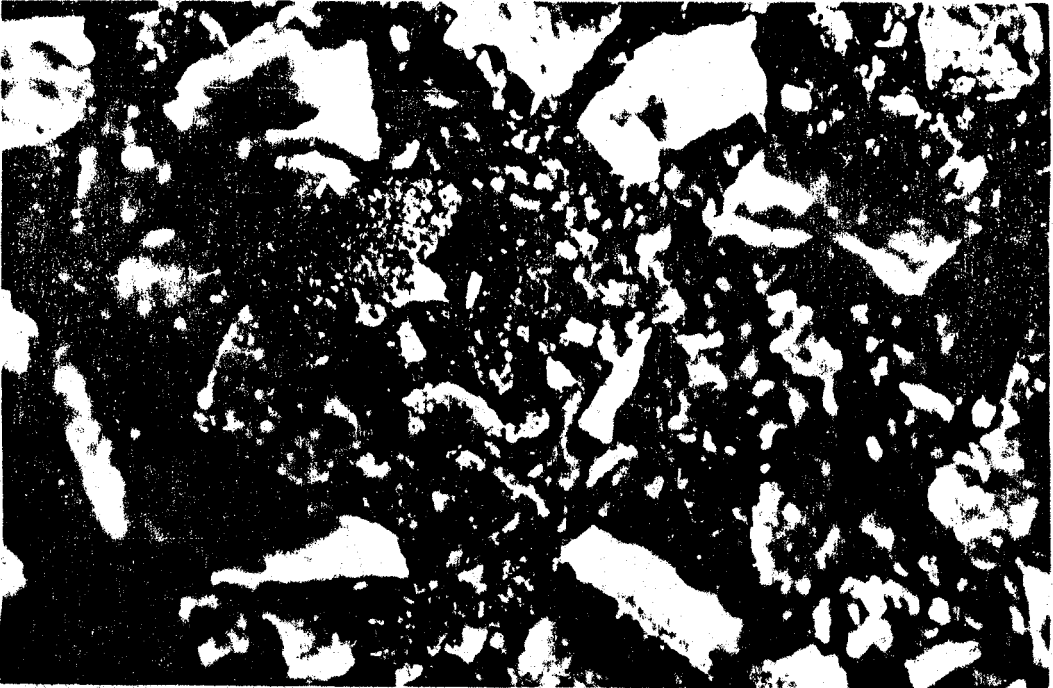


2. $\epsilon = 10$ için 27 ml benzol ve 18 ml aseton karıştırılarak, $\epsilon > 10$ olan yeşil glökonik bileşikler seçildi.

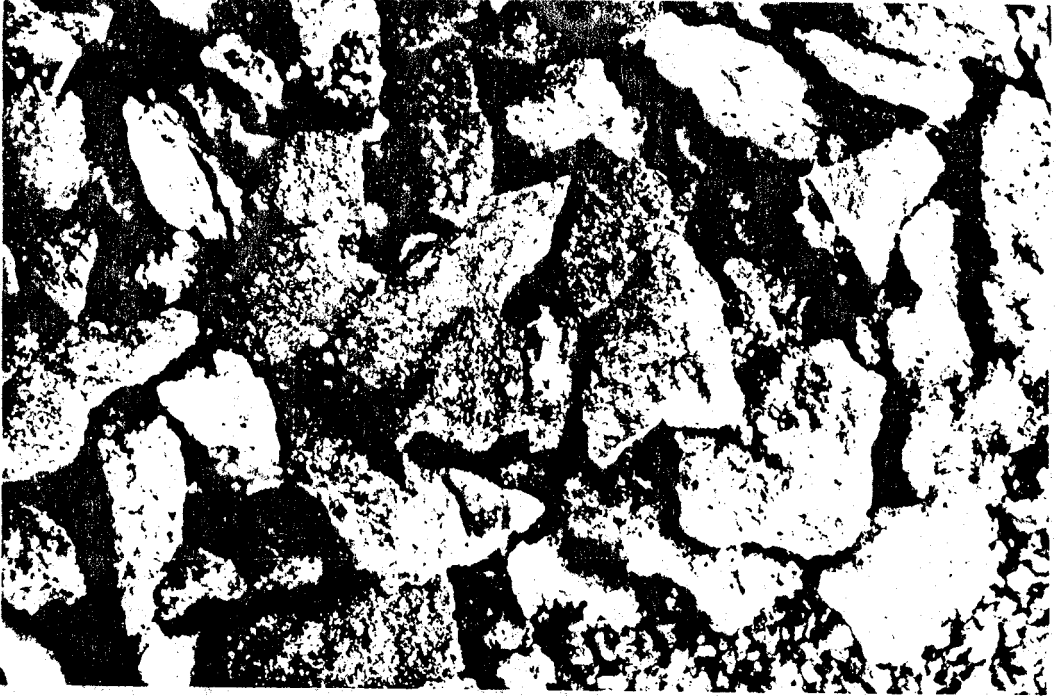


3. $\epsilon = 6$ için 36 ml benzol ve 9 ml aseton karıştırılarak, $\epsilon > 7$ olan oksitli bileşikler seçildi. Kalan kısımda ise kireç ve kalsitler bulunmaktadır.

NVII Numunesi



1. Örnek: Metamorfik kayaç kırıntıları fosil ve organizma kavrıkları içermektedir.

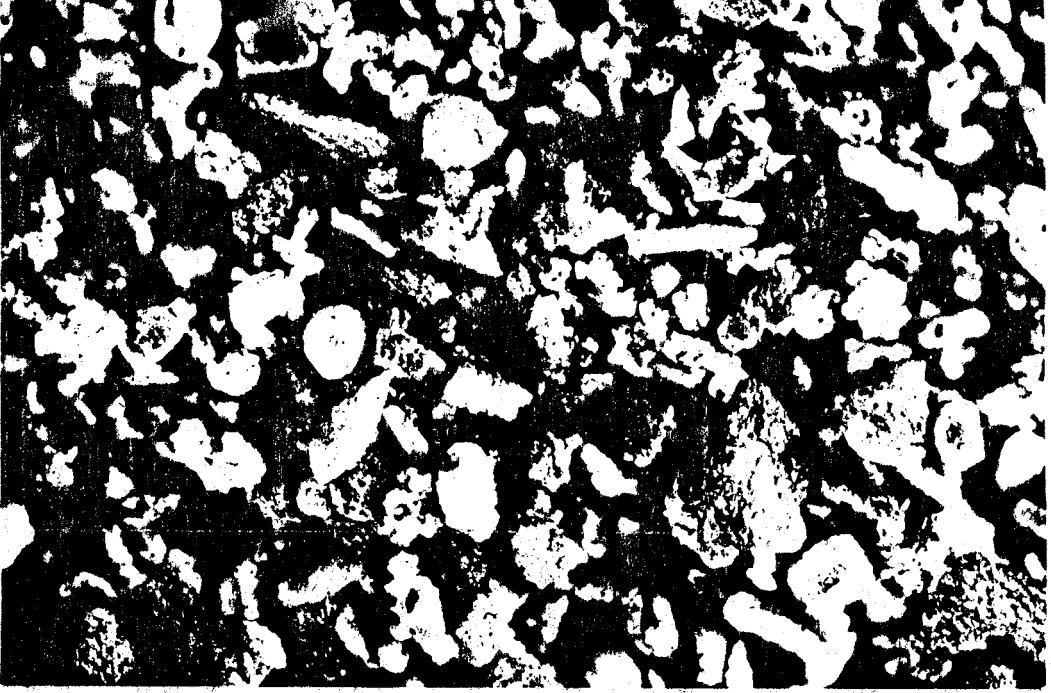


2. $\epsilon = 4$ için 40 ml benzol ve 5 ml aseton karıştırılarak, $\epsilon > 4$ olan kireçli fosil kavkuları seçildi.

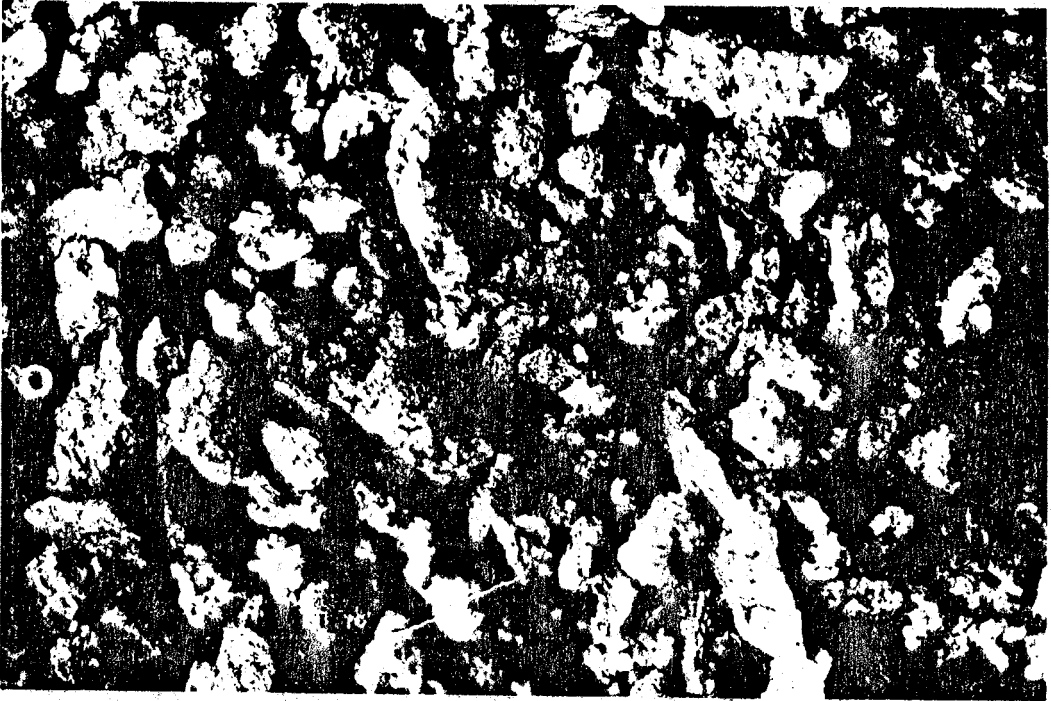


3. $\epsilon < 4$ olan organizma kavkuları ayrıldı.

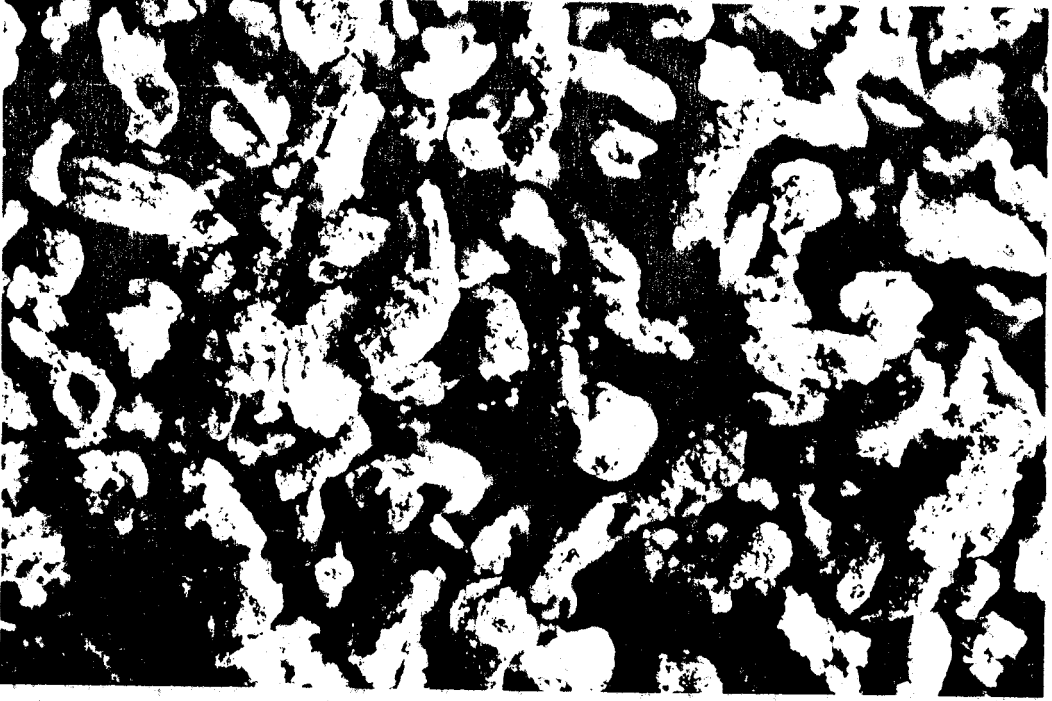
NVI Numunesi



1. Örnek: Oksitler, killer ve organik (Aglutine kavkılı) fosiller içermektedir.

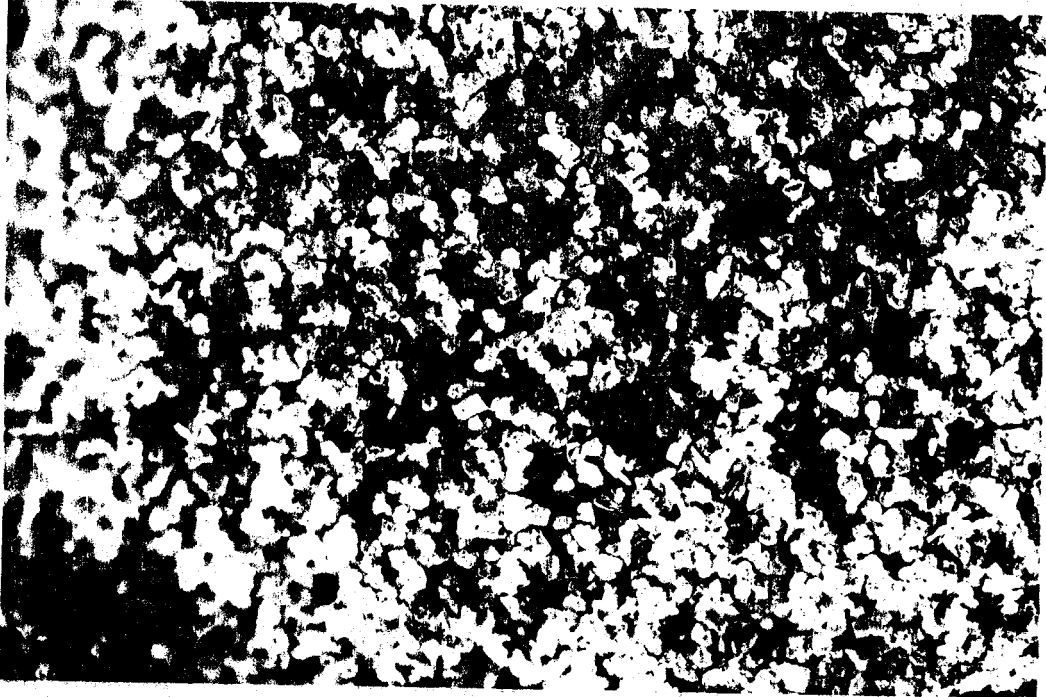


2. $\epsilon = 4$ için 40 ml benzol ve 5 ml aseton karıştırılarak, $\epsilon > 4$ olan oksitler ve killer seçildi.

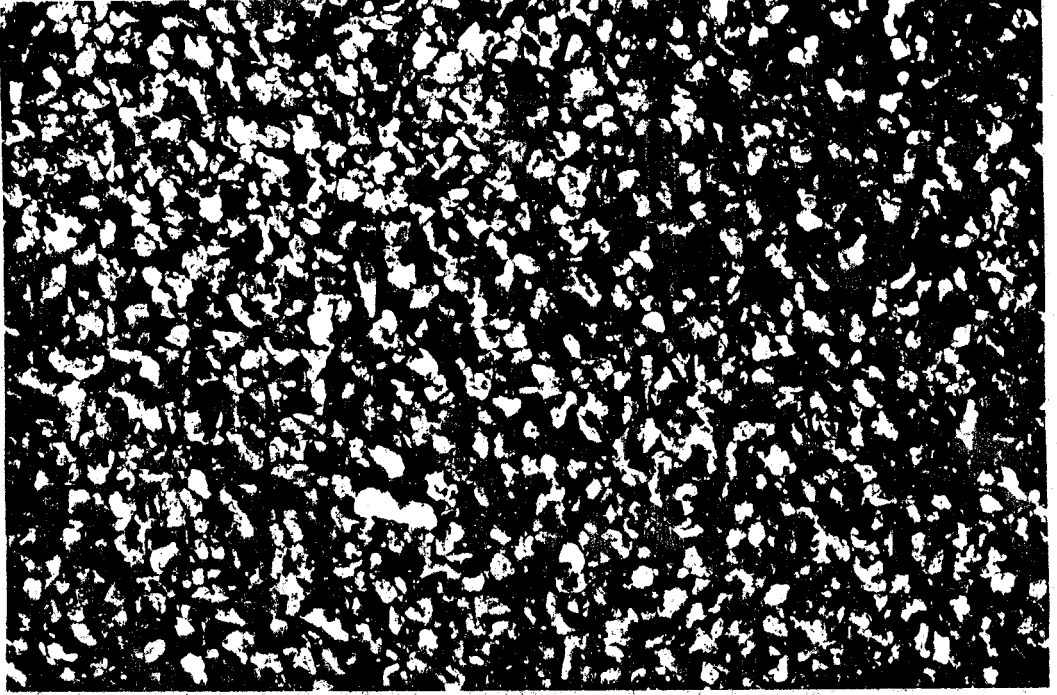


3. $\epsilon < 4$ olan organik (killi-kireçli) (Aglutine kavkılı) fosiller ayrıldı.

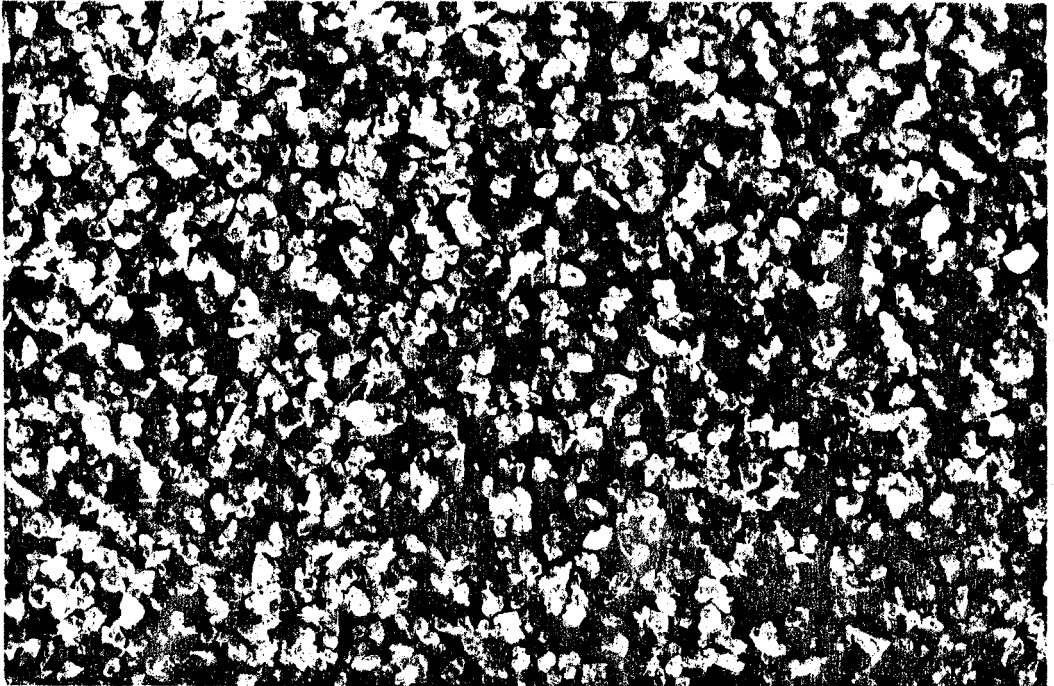
N ∇ Numunesi



1. Örnek: Kuartz ve klorit içermektedir.

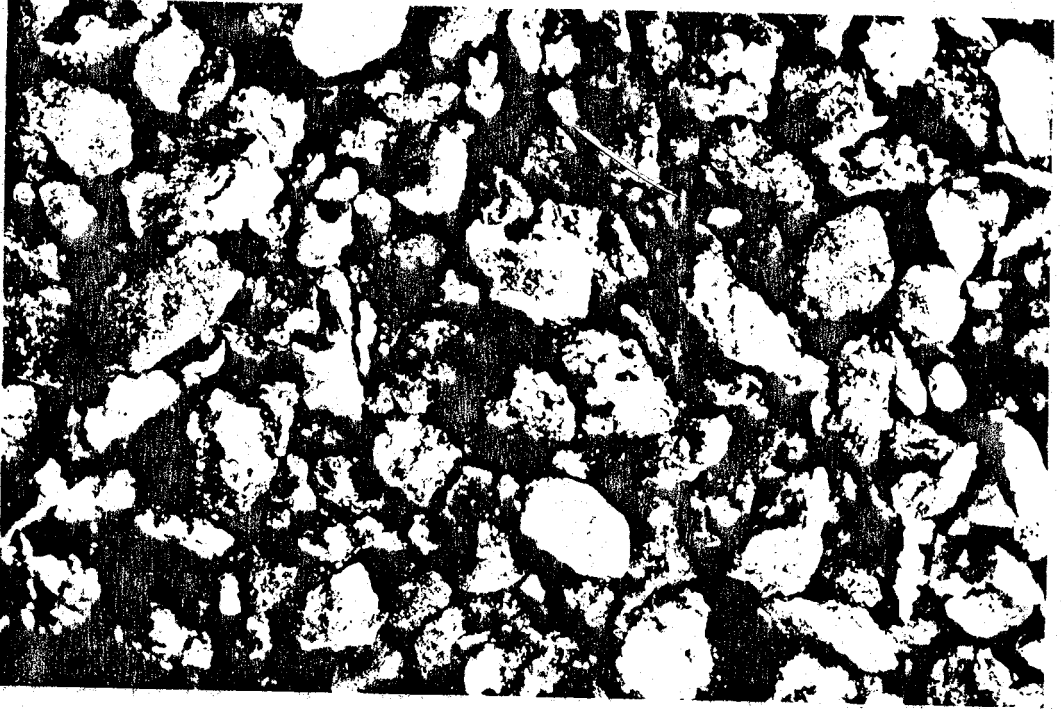


2. $\epsilon = 8$ için 36ml benzol ve 9ml aseton karıştırılarak $\epsilon > 8$ olan yeşil mineraller (kloritler) seçildi.

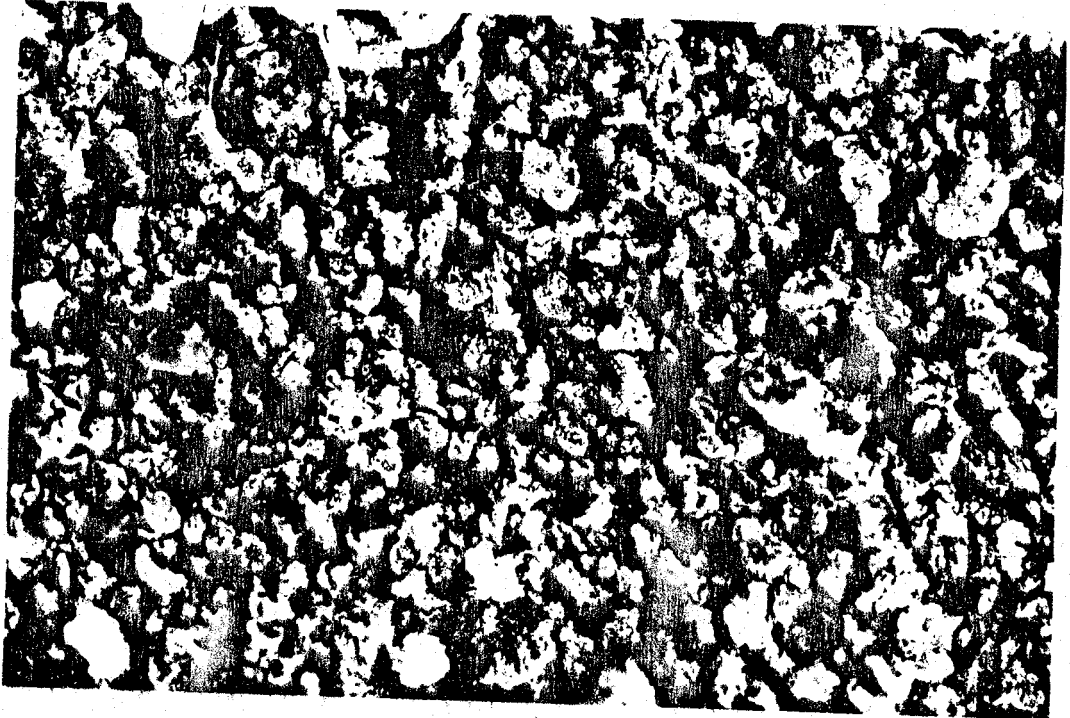


3. $\epsilon < 8$ Kuartz mineralleri ayrıldı.

NVIII Numunesi



1. $\epsilon = 8$ için 32ml benzol ve 13ml aseton karıştırılarak oksitli ve killi-kireçli bileşikler içeren örnekten $\epsilon > 8$ olan oksitler seçildi.



2. $\epsilon < 8$ olan killi-kireçli mineral ve fosiller ayrıldı.

T A R T I Ő M A

Yüksek frekanslı dielektriksel ayırıcılar çok miktarda ve kısa zamanda parçacık (mineral ve mikrofosil) ayırmak için büyük kolaylıklar sağlar. Bununla beraber dielektriksel ayırmayı etkileyen birçok faktör mevcuttur.

Uygulanan alanın büyüklüğü, silindirik ayırma kabının ve halka (anot) elektrodun yarıçaplarının oranı, parçacıkların ve sıvının dielektrik farkları, parçacıkların büyüklüğü, dielektrik sıvının viskozitesi etken faktörlerdir.

Bu çalışmanın ilk aşamasında Wang Yu-Xian'ın "Mikro fosillerin yüksek frekansla dielektriksel ayrılması" makalesine paralel olarak, A.C. (alternatif Current) 30 KHz, 1500V luk sinyalin üretildiği cihaz ile karbontetraklorür (CCl_4) ve Etilalkol (C_2H_5OH) karışımı kullanıldı. EK-7. Ancak bu iki dielektrik sıvının biribiri ile her oranda homojen bir karışım oluşturmamasından dolayı geniş bir dielektrik sabiti aralığı elde edilemedi. Homojen bir karışımın elde edildiği birkaç dielektrik sabitli ortamda yapılan seçme işlemi sırasında ise, toplanan parçacıkların halka elektrodun ortamdaki hareketi sırasında döküldüğü gözlemlendi. Her iki dielektrik sıvının viskozitelerinin (etilalkol için; 1.19, karbon tetraklorür için; 0,97) yüksek olması bunun başlıca sebebi olduğu düşünülerek, dielektrik sıvı ortam için viskozitesi; 0,65 olan Benzol ile viskozitesi; 0,32 olan Aseton kullanıldı. EK-7. Her iki sıvının her oranda homojen bir karışım oluşturarak, geniş bir dielektrik sabiti aralığı meydana getirmesi, çok sayıda seçme yapılmasına olanak sağladı.

Hakkında fazla bilgiye sahip olunamayan Wang Yu-Xian'ın ayırma cihazıyla maksimum 0,3 mm lik parçacıklar ayrılırken, bu çalışmada geliştirilen cihaz ile 1.3 mm büyüklü-

ğündeki parçacıklar seçilebilmektedir. (NI numunesi 5, siyah balık dişi 1,3 mm).

Seçme işlemi sırasında seçilecek parçacıklar (mineraller ve mikrofosiller) ile dielektrik sıvı ortamın dielektrik sabitleri arasındaki fark ne kadar büyükse o kadar saf parçacıklar seçilir. Ortamın dielektrik sabiti ile seçilecek parçacığın dielektrik sabitinin yakın olması ayırma hızını, saflık derecesini ve parçacık büyüklüğünü olumsuz yönde etkiler. Ayrıca saflık derecesini etkileyen bir diğer faktörde kullanılan sıvıların bir süre sonra buharlaşarak ortamın dielektrik sabitinin bozulmasıdır. Çalışmalar sırasında bu sürenin ortalama 20-30 dakika olduğu gözlemlendi.

6. EKLER

EK-1. DÜZGÜN OLMAYAN BİR E ALANININ DİPOL MOMENTİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Bir elektrik alanındaki q yüküne etkiyen kuvvet;

$\vec{F} = q\vec{E}$ olarak verilir. Aynı şekilde bir \vec{P} dipolüne etkiyen kuvvet;

$\vec{F} = q \Delta\vec{E}$ dir. $\Delta\vec{E}$ düzgün olmayan alandaki değişme miktarıdır.

$\vec{E} = E_x\vec{i} + E_y\vec{j} + E_z\vec{k}$ ise buradaki değişmeyi

$$\Delta\vec{E} = \frac{\partial\vec{E}}{\partial x} \Delta x + \frac{\partial\vec{E}}{\partial y} \Delta y + \frac{\partial\vec{E}}{\partial z} \Delta z \text{ veya}$$

$$\Delta\vec{E} = \left(\frac{\partial}{\partial x} \cdot \Delta x + \frac{\partial}{\partial y} \cdot \Delta y + \frac{\partial}{\partial z} \cdot \Delta z \right) \cdot \vec{E} \text{ olarak tanımlayabil-$$

diğimize göre;

$$\vec{\nabla} = \left(\frac{\partial}{\partial x} \vec{i} + \frac{\partial}{\partial y} \vec{j} + \frac{\partial}{\partial z} \vec{k} \right) \text{ ve}$$

$$\vec{I} = \Delta x\vec{i} + \Delta y\vec{j} + \Delta z\vec{k} \text{ den}$$

$\Delta\vec{E} = (\vec{I}\vec{\nabla}) \vec{E}$ olur. Bunu kuvvet ifadesinde yerine koyarsak;

$$\vec{F} = q \Delta\vec{E} = (q\vec{I}\vec{\nabla}) \vec{E} \text{ olur.}$$

$q \vec{I} = \vec{\mu}$ dipol momenti tanımı olduğundan;

$$\vec{F} = (\vec{\mu}\vec{\nabla}) \vec{E} \text{ bulunur.}$$

EK-2. ETKİN POLARİZASYONUN HESAPLANMASI

Paralel iki kondansatör levhası üzerindeki yük yoğunluğu D ise bu yük yoğunluğu araya dielektrik materyal konulduğunda D/ϵ na düşer. Düşüş miktarı D' ise;

$$D' = D - D/\epsilon \text{ veya}$$

$D' = D (1 - \frac{1}{\epsilon})$ olur. Bu ifade polarizasyona uğrayan materyaldeki P polarize yük yoğunluğunun nötürleştirdiği kayıptır. O halde

$$P = D (1 - \frac{1}{\epsilon}) \text{ yazabilir.}$$

$D = \epsilon(D-P)$ olur. (2) Burada, $D-P$, ifadesi E boyutundadır. Böylecede;

$\vec{P} = (\epsilon-1) \vec{E}$ olur. Buradan hareketle şekil 2-1 de molekülün dış yüzeyindeki polarizasyon P_1

$$\vec{P}_1 = \vec{E}_{i\check{c}} (\epsilon_1-1) \text{ dir.}$$

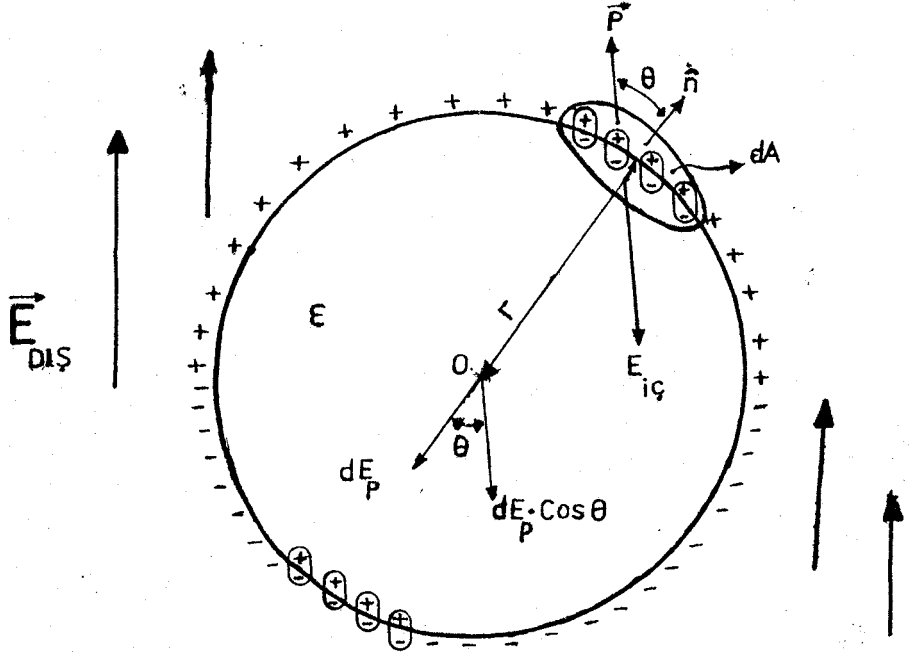
Molekülün iç yüzeyindeki polarizasyon

$$\vec{P}_2 = \vec{E}_{i\check{c}} (\epsilon_2-1) \text{ dir.}$$

$\epsilon_2 > \epsilon_1$ ise etkin polarizasyon;

$$\vec{P}_e = \vec{P}_2 - \vec{P}_1 = \vec{E}_{i\check{c}} (\epsilon_2 - \epsilon_1) \text{ olur.}$$

EK-3. BİR DİELEKTRİK KÜRENİN İÇİNDEKİ ELEKTRİK ALANI



\hat{n} : yüzey birim vektörü, dA yüzey elemanı ise;

$dS = \hat{n} \cdot dA$ olur.

$dQ = d\vec{S} \cdot \vec{P}_n$ ise ds yüzeyi üzerindeki yükür. ds yüzeyi üzerindeki polenizasyonun;

$\vec{P}_n = P \cos \theta \hat{n}$ olduğu açıktır. Böylece

$dQ = P \cos \theta dA$ olur. Meydana getirdiği alan

$$dE_P = \frac{1}{4\pi\epsilon} \frac{dQ}{r^2} \text{ olur. Veya}$$

$dE_P = \frac{1}{4\pi\epsilon_r 2} P \cdot \cos \theta dA$ olur. (5) Sistem küresel olduğuna göre dA yüzeyini gören $d\Omega = 2\pi \sin \theta r^2 d\theta$ katı açısını alırsak, $0 \leq \theta \leq \pi$ simetrik polarize yükten,

$$dE_P = - \frac{1}{2\epsilon} \cdot P \cdot \cos \theta \cdot \sin \theta d\theta \text{ olur, ve}$$

$$d\vec{E}_{iç} = d\vec{E}_P \cos \theta \text{ dan,}$$

$$E_{i\zeta} = -\frac{P}{2\epsilon} \int_0^{\pi} \cos^2\theta \sin\theta d\theta \text{ olur.}$$

$$S = \int_0^{\pi} \cos^2\theta \sin\theta d\theta \text{ olarak tanımlarsak;}$$

$$\cos^2\theta = 1 - \sin^2\theta \text{ özdeşliğinden faydalanarak,}$$

$$S = \int_0^{\pi} \sin\theta d\theta - \int_0^{\pi} \sin^3\theta d\theta \text{ olur.}$$

$$\sin^2\theta = \left(\frac{1}{2} - \cos 2\theta\right) \text{ özdeşliğini kullanarak,}$$

$$S = -\cos\theta \Big|_0^{\pi} - \frac{1}{2} \int_0^{\pi} (\cos 2\theta - \cos 2\theta \cdot \sin\theta) d\theta \text{ bulunur.}$$

$$\cos 2\theta = u \text{ ve } dv = \sin\theta d\theta \text{ dönüşümlerinden}$$

$$-2 \sin 2\theta d\theta = du \text{ ve } v = -\cos\theta \text{ elde edilerek}$$

$$S = 2 - \frac{1}{2} \int_0^{\pi} \sin\theta d\theta + \frac{1}{2} \int_0^{\pi} \cos 2\theta \cdot \sin\theta d\theta \text{ olur. Yukarı-}$$

da dönüşümleri tekrar yaparsak,

$$S = 2 + \frac{1}{2} \cos \Big|_0^{\pi} + \frac{1}{2} \left[-\cos 2\theta \cos\theta \Big|_0^{\pi} - \int_0^{\pi} (-2) \sin 2\theta \right].$$

$$(-\cos\theta) d\theta \text{ buradan;}$$

$$S = 1 + \frac{1}{2} (2 - 2 \int_0^{\pi} \sin 2\theta \cos\theta d\theta) \text{ olduğu görülür.}$$

$$\sin 2\theta = 2 \sin\theta \cos\theta \text{ özdeşliğinden;}$$

$$S = 2 - 2 \int_0^{\pi} \cos^2\theta \sin\theta d\theta \text{ olur ki böylece;}$$

$$S = 2 - 2 S \text{ veya}$$

$$S = \frac{2}{3} \text{ çıkar.}$$

O halde;

$$E_{i\zeta} = - \frac{P}{2\epsilon} \int_0^{\pi} \cos^2\theta \sin\theta d\theta \quad \text{ifadesi}$$

$$\int_0^{\pi} \cos^2\theta \sin\theta d\theta = \frac{2}{3} \quad \text{den,}$$

$$\vec{E}_{i\zeta} = - \frac{\vec{P}}{3\epsilon} \text{ olur.}$$

\vec{P} etkin ise

$$\vec{E}_e = - \frac{\vec{P}_e}{3\epsilon} \text{ olur.}$$

EK-4. LAPLACE DENKLEMİNİN SİLİNDİRİK KOORDİNATLARDA ÇÖZÜMÜ

$$\nabla^2 V = -\rho/\epsilon \quad \text{da} \quad \rho = 0 \text{ ise;}$$

$$\nabla^2 V = 0 \text{ dır. Silindirik koordinatlarda}$$

$$\frac{\partial^2 V}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial V}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial V}{\partial \theta^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial z^2} = 0 \text{ dır.}$$

Eşitliğimiz $r_1 \leq r \leq r_2$ bölgesinde θ ve z 'den bağımsızdır. Bu durumda ifademiz,

$$\frac{d^2 V}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{dV}{dr} = 0 \text{ olur}$$

$$\frac{dV}{dr} = M \text{ dersek eşitliğimiz;}$$

$$\frac{dM}{dr} + \frac{1}{r} \cdot M = 0 \text{ haline gelir.}$$

Bu eşitliği çözersek;

$$\frac{dM}{M} = -\frac{dr}{r}; \text{ her iki tarafı inteğre edersek}$$

$$\ln M = -\ln r + B \text{ olur. Veya}$$

$$M = \frac{B}{r} \text{ dir. Aynı zamanda;}$$

$$M = \frac{dV}{dr} \text{ olarak tanımlanmıştı. O halde}$$

$$\frac{dV}{dr} = \frac{B}{r} \text{ ve}$$

$$V = B \ln r + A \text{ olur.}$$

Sınır Şartlarından;

a) $r = r_2$ de, $V = 0$, (Silindirin dışı topraklı)

$$B \ln r_2 + A = 0 \text{ dan}$$

$$A = - B \ln r_2 \text{ olur. Böylece,}$$

$$V = B (\ln r - \ln r_2)$$

$$V = B \ln (r/r_2) \text{ olur}$$

b) $r = r_1$ de, $V = V_1$, olduğundan

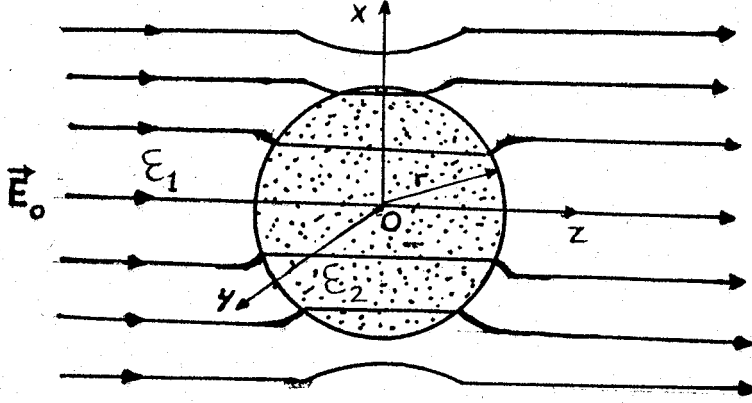
$$V_1 = B \ln (r_1/r_2) \text{ veya;}$$

$$B = \frac{V_1}{\ln (r_1/r_2)} \text{ bulunur. Bunu potansiyelde yerine}$$

koyarsak;

$$V = \frac{V_1}{\ln (r_1/r_2)} \ln (r/r_2) \text{ bulunur.}$$

EK-5 FARKLI İKİ DİELEKTRİK ORTAMDA ELEKTRİK ALANI



Şekil: Düzgün bir \vec{E}_0 dış elektrik alanı etkisindeki (ϵ_1) dielektrik ortamda $r=a$ yarı çaplı dielektrik küre (ϵ_2)

Dielektriklerin izotropik, homojen ve lineer olduğu kabul edilsin. Bu durumda düzgün bir elektrik alanı etkisindeki her iki ortamda potansiyel ifadesi;

$\nabla^2 V(r, \theta, \phi) = 0$ denkleminin çözümü ile verilir. z eksenini etrafındaki simetriden dolayı ϕ açısı sabit kabul edilerek denklem;

$\nabla^2 V(r, \theta) = 0$ olarak alınabilir. Bunun çözümleri ise

$$V(r, \theta) = \sum_{n=0}^{\infty} (A_n r^n + B_n r^{-(n+1)}) P_n(\cos\theta) \quad (1)$$

dır.

Dielektrik küre dışındaki potansiyel $V_1(r, \theta)$, içindeki potansiyel $V_2(r, \theta)$ olarak tanımlanırsa; bunlar bütün sınır

şartlarını sağlayan (1) denkleminin endüşük mertebili iki harmoniği ile verilebilir. (15)

Böylece

$$V_1(r, \theta) = A_1 r \cos \theta + C_1 r^{-2} \cos \theta \quad (2)$$

$$V_2(r, \theta) = A_2 r \cos \theta + C_2 r^{-2} \cos \theta \quad (3)$$

olur.

Küre dışında; $r \rightarrow \infty$ iken alan düzgünlüğünü koruduğundan, $A_1 = -E_0$ dir. Küre içinde; $r \rightarrow 0$ iken potansiyel sonlu olması gerektiğinden $C_2 = 0$ dır. Bu durumda (2) ve (3) denklemleri;

$$V_1(r, \theta) = -E_0 r \cos \theta + C_1 r^{-2} \cos \theta \quad (4)$$

$$V_2(r, \theta) = A_2 r \cos \theta \quad (5)$$

olur.

1) $r = a$ da, $V_1 = V_2$ olduğundan

$$-E_0 + C_1 a^{-3} = A_2 \quad \text{elde edilir.} \quad (6)$$

2) Küre yüzeyinde elektrik alan yönündeki yerdeğiştirme vektörleri D_1 ve D_2 sürekli geçer. $D_1 = D_2$ veya

$$\epsilon_1 E_1 = \epsilon_2 E_2 \quad \text{dir.}$$

$$E_1 - \frac{\epsilon_2}{\epsilon_1} E_2 = 0 \quad \text{denklemini;} \quad (7)$$

$$E_1 = - \frac{\partial V_1(r, \theta)}{\partial r}, \quad E_2 = - \frac{\partial V_2(r, \theta)}{\partial r} \quad \text{değerlerini yerine}$$

koyarak yazarsak;

$$E_0 + 2C_1 a^{-3} = -KA_2 \quad (8)$$

bulunur. Burada $K = \epsilon_2 / \epsilon_1$ dir. (6) ve (8) denklemlerinden

$$A_2 = - \frac{3}{K+2} E_0 \quad \text{bulunur.} \quad (9)$$

A_2 , (5) denkleminde $-\vec{E}_2$ ye karşılıktır. Aynı zamanda \vec{E}_2 ; iç alan, \vec{E}_0 ; dış alan olduğuna göre (9) denklemini

$$\vec{E}_{iç} = \frac{3\epsilon_1}{2\epsilon_1 + \epsilon_2} \vec{E}_{dış} \quad \text{şeklinde yazılabilir.}$$

EK-6. ORTAMIN ÇEŞİTLİ DIELEKTRİK SABİTLERİ İÇİN ORANLAR

$$\epsilon_a = 2,28$$

$$\epsilon_b = 21,4$$

$$a = \epsilon_a \text{ 'nin hacmi}$$

$$b = \epsilon_b \text{ 'nin hacmi}$$

$$\epsilon_{ab} = \frac{a \epsilon_a + b \epsilon_b}{a + b} \quad \text{ortamın dielektrik sabiti}$$

ϵ_{ab}	a / b	a-ml	b-ml
3	25.5	43*	2*
4	10.11	41	4
5	6.02	39	6
6	4.13	36	9
7	3.05	34	11
8	2.34	32	13
9	1.84	29	16
10	1.47	27	18
11	1.19	24	21
12	0.96	22	23
13	0.78	20	25
14	0.63	17	28
15	0.50	15	30
16	0.39	13	32
17	0.29	10	35
18	0.21	8	37
19	0.14	6	39

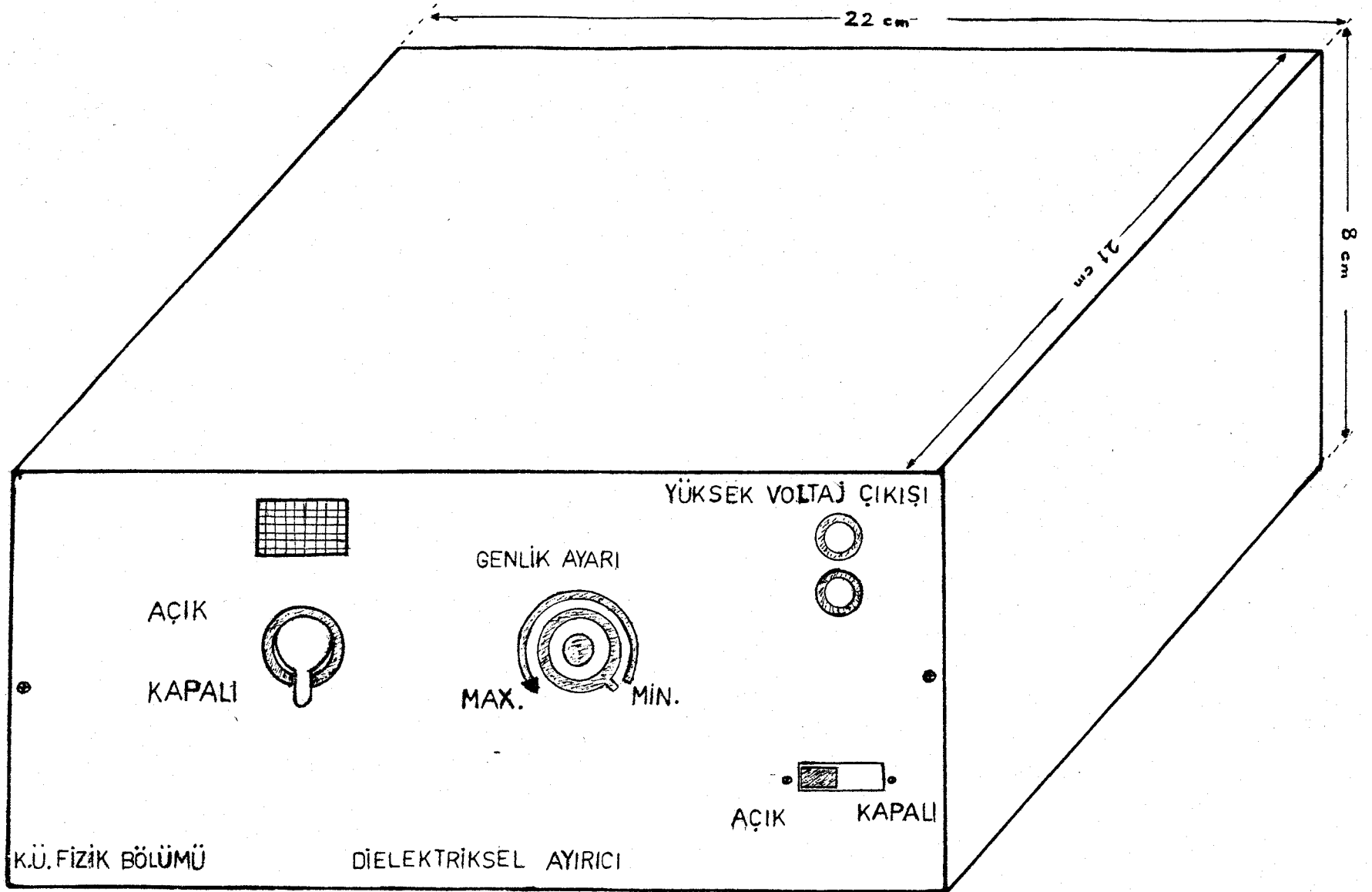
* Toplam 45 ml için oranlar hesaplanırken ondalık sayılar en yakın sayıya tamamlanmış veya indirilmiştir.

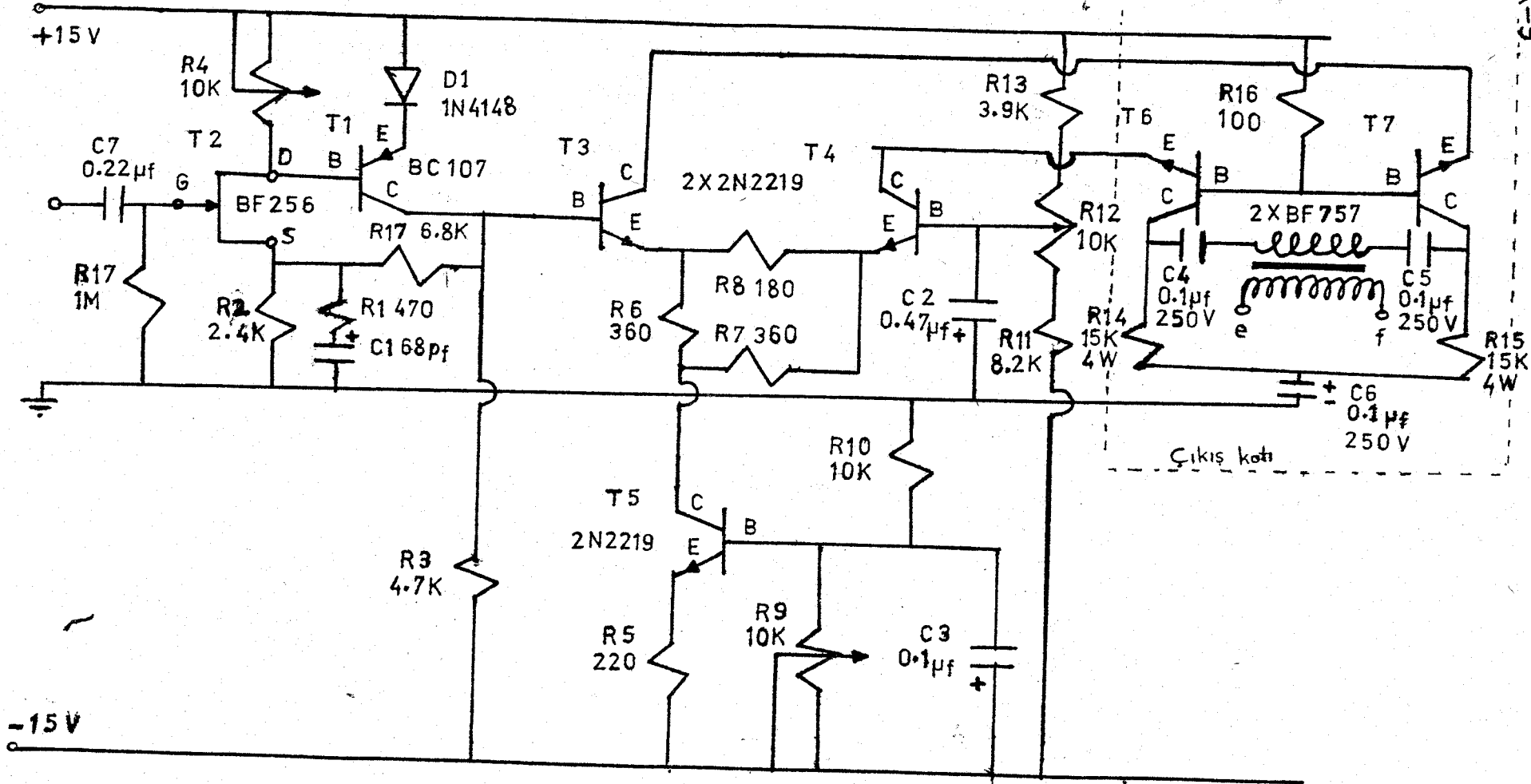
EK-7. DIELEKTRİK SIVILAR (*)

Madde	Formülü	Dielektrik sabiti (cgsu)	Viskozitesi (cp) (2)	Yoğunluğu (gr/cm ³)
Carbon tetra- chloride	CCl ₄	2,24	0,97	1,59
Ethul alcohol	C ₂ H ₅ OH	26,8	1,19	0,79
Ethul acetate	C ₄ H ₈ O ₂	6,4	0,449	0,90
Benzene	C ₆ H ₆	2,38	0,65	0,87
Chloro benzene	C ₆ H ₅ Cl	5,94	0,80	1,10
Chloroform	CHCl ₃	5,05	0,57	1,49
Toluene		2,38	0,586	
Su	H ₂ O	81	1,0019	1,00
Acetone	C ₃ H ₆ O	21,4	0,322	0,79
Methyl alcohol	CH ₄ O	33,7	0,584	0,79
Methyl acetate	C ₃ H ₆ O ₂	7,3	0,366	1,26

(*) Tablodaki değerler "American Institute of Physics Hanbook" dan alınmıştır.

(2) 1 poise = dynes.ces/cm², 10⁻² poise = 1 centipoise (cp)





Sürücü ve Çıkış Katı Devresi

R E F E R A N S L A R

Referans
No

1. Charles A. Wert
Robb M. Thomson : Physics of Solids: Mc Graw Hill Comp. Taru
- 2 Davidson : Statistikal Mechanics: Mc Graw Hill Comp.
- 3 Kubo and Nagamiya : Solid State Physics: Mc Graw Hill Comp.
- 4 Pohl.H.A. : 1958 Some effects of nonuniform fields on dielectrics J.Appl. Phys. 29.1182-1188 August 1958.
- 5 Condon and Odishaw : Handbook of Physics: Mc Graw Hill. comp. Chapter 7. Volume 4.
- 6 A.D.Moore : Electrostatics and it's applica- tions: John Wiley. and Sons pub.
- 7 Frederick C.Brown : The Physics of Solids: W.A. Benjamin Chapter 7 Inc.
- 8 Daniel Rosenthal : Indroduction to proper ties of materials: D.Von Nostrand Compy.
- 9 Simon Ramo
Johs R.Whnnery
Theodore Von Duzer : Fields and Waves in Communications Electronics: J.Wiley Compy.
- 10 Smyth : Dielectrics Behaviar and Structure: Mc Graw Hill Compy.
- 11 K.Lark-Horovitz
Vivian A.Johnson : Experimantal Physics Volume 6, Part B.: Academic Press.

12. Charles Kittel : Introduction to Solid state
Physics Chapter 7: J.Wiley
and sons Inc.
13. American Institute of Physics handbook.
14. International Critical Tables: Mc. Graw Hill Compy.
Volume VI.
15. Jonh R. R.Reitz
Frederick J.Milford: Foundations of Electromagnetic
Theory Addison-Wesley P. Comp.
16. Wang Yu-xian : High-frequency dielectrical separa-
tion of microfossils
LETHAIA. 261-268. OSLO