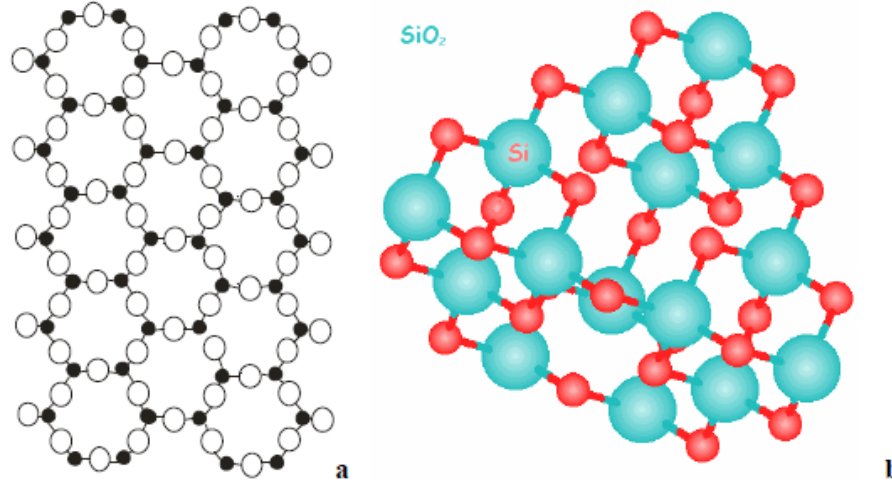


# Cam Teknolojisi

(Oksit Camları)

# Teknik olarak cam nedir?

Cam yüksek sıcaklıkta eriyik hâlden hızlı bir biçimde oda sıcaklığına soğutulan ve bu esnada kristalleşme göstermeyen amorf (yarı düzenli yapıda ) bir malzemedir.



SiO<sub>2</sub>'nin kristal ( a ) ve amorf ( b ) yapısı

# Teknik olarak cam nedir?

Madde	Ergime Noktası(°C)	Viskozite (pois)
Su	0	0.02
LiCl	613	0.02
CdBr <sub>2</sub>	567	0.03
Na	98	0.01
Zn	420	0.03
Fe	1535	0.07
As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	309	10 <sup>6</sup>
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	450	10 <sup>5</sup>
GeO <sub>2</sub>	1115	10 <sup>7</sup>
SiO <sub>2</sub>	1710	10 <sup>7</sup>
BeF <sub>2</sub>	540	10 <sup>6</sup>

Çizelge.3.1.Çeşitli Sıvıların Ergime Noktasındaki Viskoziteleri  
(Rawson 1967,s.3)

# Cam Üretimi

Cam; malzemesi, teknolojisi, enerjisi, özel araç gereciyle ağır bir endüstridir.

Cam endüstrisinde ham madde başlangıç malzemesi olarak alınır ve işlenip dışarı bitmiş halde çıkar.

Üretim sırasında çoğunlukla bir defada kesin biçim verilir.

Yoğun bilgi ve teknoloji birikimi gerektirir.

Rekabete dayanabilmesi, ekonomiklik arz etmesi zorunludur.

# Camı tanıyalım

Cam, fiziksel bakımdan bir katı olup belirli bir erime noktası olmayan, aşırı soğutulmuş bir sıvı durumundadır ve kristalleşmesine mani olacak kadar yüksek bir viskoziteye (10<sup>13</sup> poise'den daha büyük) sahiptir; kimyasal bakımdan ise kumun, alkali ve toprak alkali bileşiklerinin ve diğer cam yapıcı maddelerin bozundurulmaları ve eritilmeleri ile oluşan uçucu olmayan inorganik oksitlerin meydana getirdikleri, genellikle alkali ve toprak alkali silikatlardan ibaret kompleks bir üründür.

Cam, tamamı ile camlaşmış bir saydam ürün olabildiği gibi, birçok hallerde, oldukça az miktarda camlaşmayan maddenin çok miktardaki camlaşmış ürün ile olan süspansiyonu halinde de olabilir.

# Camı tanıyalım...

Su Camı: Toprak alkali iyonlarını da içeren camlar yeterli miktarda silikalı oldukları zaman suda çözünmez fakat sadece alkali metallerle yapılan camlar su etkisiyle normal sıcaklıklarda bile hidrolize uğrar ve bu nedenle cam olarak pratikçe işe yaramaz.

Buna göre kullanılabilen cam yapımı için, soğutulduklarında suda hidrolize uğramayan karışımlar hazırlanır ki bu hususta özellikle adi cama ait olan SiO<sub>2</sub>.CaO.Na<sub>2</sub>O üçlü sistemini söylemek gerekir.

Metal cinslerini veya oranlarını değiştirmek suretiyle Bohemya, billur, Jena vb. camları gibi çeşitli ürünler elde edilebilirse de bütün bu camlar ve özellikle %60'dan az silika içerenler, kaynar suda yavaş yavaş hidrolize uğrar.

# Camı tanıyalım...

Camların adi sıcaklıktaki viskoziteleri o kadar yüksektir ki, kristallerin oluşması için gerekli atom hareketleri imkansızlaşır fakat uygun bir sıcaklığa kadar ısıtılmakla kristallenebilir(yani cam halinden çıkabilir.). Bilindiği gibi camlar, termodinamik olarak, stabil şekil olan kristal haline gelmeye çalışmakla beraber viskoziteleri yüzünden buna imkan bulamayan, stabil olmayan maddeler olarak düşünülebilir. Camlar, ayrıca, nispeten sınırlı sıcaklık aralıklarında yani bir değişim bölgesinde, gerek viskozite, gerek spesifik ısı veya genleşme bakımından önemli değişikliklere uğrar. Bu hususta özellikle viskozite değişikliği önem taşır; camın viskozitesi katı halde iken  $10^{13}$  poise olup hamurlaşmamış halde 107 poise'a düşer.

# Cam yapısını oluşturan maddeler

- Kum ( $\text{SiO}_2$ )
- Dolomit (Kalsiyum ve magnezyumlu karbonat birleşiminde bir mineral,  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ )
- Soda (Sodyum karbonat ile hidrat moleküllerinden oluşan karışım (Ör:  $\text{Na}_2[\text{CO}_3].10\text{H}_2\text{O}$ ))
- Feldspat (Sodyum, potasyum, kalsiyum, lityum zaman zaman baryum ve sezyum içeren alümina silikatlarıdır,

Ortoklaz:  $\text{KAlSi}_3\text{O}_8(\text{K}_2\text{OAl}_2\text{O}_3.6\text{SiO}_2)$

Albit:  $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8(\text{Na}_2\text{O}.\text{Al}_2\text{O}_3.6\text{SiO}_2)$

Anortit:  $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8(\text{CaO}.\text{Al}_2\text{O}_3.2\text{SiO}_2)$

- Kalker ( $\text{CaCO}_3$ )



# Cam yapısını oluşturan yardımcı maddeler

- **Sodyum Sülfat:** İstenilen ergime hızının oluşmasına yardımcı olur.
- **Seryum Konsantre:** Renksizleştirme işleminin kimyasal aşamasında kullanılır. Demir iyonlarının dengesini sağlar. Mavi/mor renk verir.
- **Çinko Selenit ve Kobalt Oksit:** Renksizleştirmede maskeleyme amacıyla kullanılır. Fiziksel aşama için gerekir. Selen, pembe renk verir. Sodyum sülfat, seryum konsantre, çinko selenit ve kobalt oksit renksizleştirme işleminde kullanılır.
- **Cam kırığı**

# Cam yapısını oluşturan yardımcı maddeler

- **Cam kırığı**

Cam üretiminde kullanılan en önemli ham maddelerden biridir.

- Teknolojik olarak cam kırığı ilavesi, ergimeye yardım eder.
- Fırına ilk yol verilmesi anında fırın cam kırığı ile doldurulur.
- Iskarta camların değerlendirilmesini sağlar.

Cam kırığında istenmeyen madde olarak;

- Demir parçaları (çivi, soğutma teli, kapak),
- Organik maddeler (İçerdikleri karbon dolayısıyla istenmez),
- Alüminyum kapsüller (Küçük siyah silikon taşına sebep olur.) sayılabilir.

# Camı oluşturan oksitler

Camların pek çoğunda birden fazla oksit bulunmaktadır. Cam yapısında yer alan oksitleri üç grupta sıralayabiliriz:

- 1. Cam İskeletini ( Ağ, Şebeke ) Oluşturan Oksitler**
- 2. Cam Oluşumunu Kolaylaştıran Oksitler**
- 3. Bunlar Arasında Kalan oksitler (Şartlı Cam Yapıcılar)**

# Camı oluşturan oksitler

## Cam İskeletini ( Ağ, şebeke ) Oluşturan Oksitler

Herhangi bir camın temel yapısını oluşturan maddelere *cam yapıcılar* denir. Bir camın temel bileşeni cam yapıcı maddedir. Cam yapıcı maddeler soğuma esnasında düzensiz atomik ağ yapı oluşturma kabiliyetine sahiptirler

Çoğunlukla bilinen cam yapıcı, silisyum dioksit ( $\text{SiO}_2$ ) ya da silistir.

Diğer bilinen bir cam yapıcı madde bor metalinin oksididir (bor oksit –  $\text{B}_2\text{O}_3$ ). Bor oksit,  $\text{B}_2\text{O}_3$ , nadiren tek başına kullanılır. Silisyum oksitle birlikte kullanılırsa, camın ışığı kırma özelliğini ve genleşmeyi azaltır, kimyasal etkenlere karşı olan direncini artırır.

Fosfor oksitleri, arsenik ve germanyum oksitleri de cam yapıcı madde sınıfına girerler. Fakat bunlar, büyük hacimlerde üretilen ticari camların yapımında yaygın olarak kullanılmazlar.

# Camı oluşturan oksitler

## Cam Oluşumunu Kolaylaştıran Oksitler

Silise, sodanın (sodyum oksit- $\text{Na}_2\text{O}$ ) ilavesi iki madde arasında kimyasal bir reaksiyona neden olur. Soda ve silis karışımı, silisin ergime noktasından çok daha düşük bir sıcaklıkta reaksiyon verir. Gerçekte, soda-silis karışımının sıvı faza geçtiği sıcaklık soda miktarının artırılması ile  $1000\text{ }^\circ\text{C}$ 'nin altına düşürülebilir. Soğutulduğunda, soda-silis karışımı da silis gibi bir cam oluşturur.

Sodanın başlıca özelliği bir ergitici olmasıdır ve ergime sıcaklığını düşürücü rol oynar. Diğer taraftan soda; daha kolay ergiyen bir ürün oluşturmak suretiyle, silisin daha düşük bir sıcaklıkta akıcı hâle gelmesini sağlar.

# Camı oluşturan oksitler

## Cam Oluşumunu Kolaylaştıran Oksitler

Soda-silis camındaki soda miktarı artırıldığında; camın, su tarafından kimyasal olarak etkilenmesi de artar. Bu nedenle, kolay ergitilebilen ve kolaylıkla Őekillendirilebilen kullanışlı bir cam üretmek için, cam kompozisyonunda bazı ilaveler ile düzeltmeler yapmak gerekir.

Yaygın kullanılan bir başka cam oluşumunu kolaylaştırıcı oksit kireçtir (CaO). Kireç ilavesi camın kimyasal etkilere dayanıklılığını artırır. Cama bozulmazlık kazandıran değiştirici bir madde özelliğindedir.

MgO de camın dayanıklılığını artırır. Fakat kireç kadar etkili değildir.

Diğer özellik değiştiriciler,  $K_2O$ ,  $Li_2O$  ve  $ZnO$ 'dir. Bunlardan  $K_2O$  ve  $Li_2O$ ;  $Na_2O$ 'e benzer bir yolla ergitici özelliğe sahip olan ve  $Na_2O$  yerine ilave edilebilen oksitlerdir.  $ZnO$ ;  $CaO$  ve  $MgO$ 'e benzer Şekilde hareket ederek cama kararlılık kazandıran maddedir.

# Camı oluşturan oksitler

## şartlı Cam Yapıcılar veya Aracılar

Bu maddeler kısmen bir cam yapıcı ve kısmen de bir düzenleyici gibi hareket ederler. Camın daha kolay işlenebilir hâle getirilmesi, camın devitrifikasyon (kristallenme) eğilimini azaltılması, sağlamlığının artırılması gibi cama belirli uygulama alanları için gerekli görülen niteliklerin kazandırılması için ilave edilirler.

Alümina (Alüminyum oksit –  $Al_2O_3$ ) aracı maddeye bir örnektir.

Kurşun oksit, aracı gibi hareket eden diğer bir maddedir.

Aracılar, cam yapıcı ve ağ yapısını düzenleyici maddelerin rolünü birlikte oynayarak, cam özelliklerini etkiledikleri gibi aynı zamanda atomik ağ yapısını zenginleştirirler.

# Camı oluşturan oksitler

- Oksit formunda olabilirler.
- Karbonatlar, sülfatlar gibi başka bir kimyasal formda olabilirler.
- Cama birden fazla cam oksidi verebilirler.

Ham madde kaynakları:

- Yer kabuğunda tabii olarak bulunan ham maddeler, örneğin; kum-silika( $\text{SiO}_2$ ) verir, kireçtaşı-kalsiyum oksit ( $\text{CaO}$ ) verir.
- Direkt olarak üretilenler, örneğin; soda Solvay metodu ile tuz ( $\text{NaCl}$ ), karbondioksit ( $\text{CO}_2$ ) ve amonyaktan ( $\text{NH}_3$ ) üretilir.
- Bir başka prosesin yan ürünü olarak (yüksek fırın cürufu gibi) elde edilen maddelerdir.



# Camı oluşturan oksitler

## 1. Silisyum Dioksit

Silika en yaygın olarak kullanılan cam yapıcı oksittir. Cama mukavemet ve kimyasal dayanıklılık kazandırır. 1700 0C'nin üzerinde ergir. Bu ergime derecesinin düşürmek üzere diğer oksitlerin ilavesi camın mukavemet ve kimyasal dayanıklılığının azalmasına neden olur.

Silika yer kabuğunda en çok bulunan maddelerden biridir. Kum ve kumtaşı, cam yapımında en yaygın kullanılan silika kaynağıdır ve en önemli cam yapıcı oksittir.

Cama silisyum dioksit veren ( $\text{SiO}_2$ ) veren 3 ham madde kaynağı silis kumu, feldspat ve yüksek fırın cürufudur.

# Camı oluşturan oksitler

## 1. Silisyum Dioksit...

Türkiye'de cam fabrikalarında kullanılan silis kumu üç sınıfta toplanmaktadır.

- Pencere camı ve empirme cam imalatında kullanılan silis kumu
- Sınaî kap üretiminde kullanılan silis kumu
- Züccaciye üretiminde kullanılan silis kumu

Maden ocaklarından üretilen silis kumu (brüt kum), fiziksel ve kimyasal özellikleri bakımından kullanıma uygun değildir. Cam harmanında kullanılabilen hâle getirmek için tesislerde zenginleştirme işlemlere tabi tutulur.

# Camı oluşturan oksitler

## 1. Silisyum Dioksit...

### a) Maden ocaklarından silis kumu üretim şekilleri ve eldesi

- Su içerisinde taraklama yöntemi ile üretim,
- Taş ocağı şeklinde üretim,
- Kum üzerindeki toprağı kaldırmak suretiyle yapılan üretim,
- Toprağı taşıma suretiyle veya tizerini dozerle kesme ve itmekle üretim,
- Patlayıcı madde ile atım yapmak suretiyle üretim,
- Makine ile kazmak suretiyle üretim,
- Bütün bu metotlarla üretimden sonra kırma ve işleme tesisleri

b) **Tane kontrolü:** Kumu tane ebadı bakımından istenen üst ve alt sınırlar arasında tutmak için uygulanır.

- Boyut küçültme
  - Bilye etkisiyle
  - Kırma
  - Kaba öğütme
  - İnce öğütme
  - Eleme
  - Kontrol prosesi

c) **İstenmeyen maddelerin uzaklaştırılması işlemleri:** Kum tanesinin gerek yüzeyinde ve gerekse kum içerisindeki serbest mineralleri ayırmak için uygulanır.

- Su içerisinde tane ebadını tasnif (Hydrosizing)
- Yüksek katı yoğunluğunda tanelerin oluşturulması (Scrubb)
- Yüzdürme (Flotation)
- Manyetik- elektrostatik ayırma
- Spiral gravite ayırması
- Asit liçi (Asit yıkaması)
- Su ile yıkama
- Filtrasyon
- Siklon ile ayırma ve tasnif

Silis kumu üretimi için dünyada genel olarak uygulanan ocak üretim ve zenginleştirme metotları

# Camı oluşturan oksitler

## 1. Silisyum Dioksit...

Cam yapımında silisyum dioksit kullanılmasının nedenlerini özetleyecek olursak;

- Camın ana ham maddesidir.
- Ergitilmiş hâldeki camın akışkanlığını azaltır. (Viskozitesini artırır)
- Camın termik şoka, yani ani ısı farklılıklarına karşı dayanıklılığını artırır. Camın sıcaktan dolayı genişmesini azaltır.
- Asitlerin etkisine karşı camın direncini artırır.
- Camın çalışma sıcaklığını artırır.
- Camın mekanik mukavemetini artırır.
- Soğumuş cama camsı özelliğini verir.

# Camı oluşturan oksitler

## 2. Alüminyum Oksit

Alümina pek çok camda küçük miktarlarda kullanılır. Aracı oksitlerden biridir. Cam türleri ana kompozisyonunda en yüksek alümina miktarı % 4 civarındadır.

- Ergime sıcaklığını yükseltir
- Camın çalışma aralığını genişletir
- Kimyasal dayanıklılığı artırır
- Devitrifikasyon olayını engeller.

# Camı oluşturan oksitler

## 2. Alüminyum Oksit... (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) –

Cam yapımında alüminyum oksit kullanılmasının nedenleri;

- CaO veya SiO<sub>2</sub> yerine düşük oranlarda kullanıldığında ergimeyi kolaylaştırır.
- Karışımda doğrudan kullanıldığında viskoziteyi artırır.
- Kristallenmeyi önleyici etkiye sahiptir.
- Isı ve mekanik şokları ile suyun etkilerine karşı cama dayanıklılık verir.
- Camın kimyasal dayanımını artırır.
- Camın sağlamlığını artırır.
- Camın çalışma aralığını genişletir.
- Fırın içerisinde akışkanlığı artırdığı için afinasyona yardımcı olur.
- Camın refrakter malzemedeki (fırın içi tuğlaları) aşındırıcı etkisini azaltır.

# Camı oluşturan oksitler

## 3. Sodyum Oksit

Ergime derecesini dűřürmek amacı ile en sık kullanılan değiştirici oksittir. Sahip olduğu akışkanlık kazandırma özelliğine özel bir terim olarak “flaks oluşturucu” (ergitici) denilir. Bu nedenle soda ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) bir “flaks” maddesi olarak anılır. Ergime derecesini dűřürmenin yanı sıra soda, camın kimyasal dayanıklılığını azaltır, ısıl genleşme katsayısını artırır.

**Sodyum oksidi sağlayan temel ham madde sodyum karbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )** veya genellikle söylendiği şekli ile sodadır. Bu ham madde soda-kireç-silis camlarının ana ham maddelerinden biridir. Üretilen ton başına cam içinde en pahalı olan ham maddedir.

Doğal veya sentetik kaynaklı olarak elde edilebilir. Ülkemizin tek sentetik soda üretim fabrikası şişecam bünyesinde Mersin’de faaliyet gösteren Soda Sanayii Ař’dır.

# Camı oluşturan oksitler

## 4. Kalsiyum Oksit

Değiştirici bir oksittir. Genellikle camın devitrifikasyon eğilimini yukseltir. Cama kalsiyum oksit vermek üzere kullanılan temel ham madde kireç taşıdır ( $\text{CaCO}_3$ ).

- Ergime sıcaklığını yukseltir.
- Çalışma aralığını daraltır.
- Kimyasal dayanıklılığı artırır.
- Suya karşı dayanıklılığını artırır.
- Camın mekanik dayanıklılığını artırdığı gibi makineyle şekillendirmede olumlu etki yapar.



# Camı oluşturan oksitler

## **4. Kalsiyum Oksit...**

Kireçtaşından kalsiyum oksit eldesi zor ve pahalı olduğu için çok tercih edilmez. Kalsiyum oksit temini için daha çok dolomit (mermer) kullanılır. Dolomit kalsiyum oksidin yanı sıra magnezyum oksit temini içinde kullanılır.

Dolomit cam harmanında önemli girdilerden biri olup, kalsiyum ve magnezyum karbonattan ( $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ ) oluşmuştur.

# Camı oluşturan oksitler

## 5. Potasyum Oksit

Sodaya benzer biçimde değiştirici bir oksittir, soda kadar olmasa da flaks oluşturucu etkisi vardır.

Camın viskozitesini artırır ve genellikle PbO ile birlikte veya tek başına kristal camların yapımında kullanılır.

Potasyum iyonunun çapı, sodyum iyon çapına göre daha büyük olduğu için cam içindeki hareketliliği de azaltır. Bu nedenle potasyumlu camların çalışma aralığı daha geniş, elektrik iletkenliği düşüktür. Sodyum oksit yerine tamamen potasyum oksit kullanıldığında camın ergitilmesi güçleşir. En iyi sonuç sodyum oksit ve potasyum oksidin bir arada bulunduğu şartlarda elde edilmiştir.

# Camı oluşturan oksitler

## 5. Potasyum Oksit...

Potasyum oksit, sodyum oksitte olduğu gibi karbonat formunda yani potasyum karbonat ( $K_2CO_3$ ) olarak harmana girer. Cama, oksidasyon maddeleri olarak kullanılan bikarbonat ( $KHCO_3$ ) ve potasyum nitrat ( $KNO_3$ ) hâlinde de verilebilir.

Potasyum oksidin en büyük ham madde kaynağı potasyum karbonattır. Bir miktar potasyum oksit, potasyumlu feldspattan ( $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$ ) da gelmektedir.

# Camı oluşturan oksitler

## 6. Kurşun Oksit

Aracı oksitlerden biridir.

Kurşun oksit, optik camlarda, elektrik endüstrisi camlarında ve mutfak gereçlerinde yaygın olarak kullanılır. Kurşun oksit, camın kırılma indisini yükseltir. Bu kristal camının pırıltılı olmasının bir nedenidir. Aynı zamanda camın elle şekillendirilmesini daha kolay hâle getirir, ergime sıcaklığını düşürür, çalışma aralığını genişletir ve kesme, parlatma işlemleri için daha yumuşak bir cam oluşturur. Bunun sonucunda; kristal cam adı verilen ve ışığı çok iyi yansıtan parlak cam elde edilir.

# Camı oluşturan oksitler

## 6. Kurşun Oksit...

- Genellikle kırmızı kurşun ( $\text{Pb}_3\text{O}_4$ ) formunda temin edilir. Fakat litarj ve kurşun silikatlar da kullanılır. Kırmızı kurşun ( $\text{Pb}_3\text{O}_4$ ),  $\text{PbO}$  formuna kıyasla daha fazla oksit içermektedir ve bu, cam yapımında elverişli bir durumdur.
- Litarj kurşunu sarı renkli ve  $\text{PbO}$  formül yapısına sahip oksijen bileşiğidir

# Camı oluşturan oksitler

## 7. Bor Oksit

$B_2O_3$  ikinci en önemli cam yapıcı oksittir.

Bor oksit, ısı genleşme katsayısının düşük olması istenen camlarda kullanılır. Bu durum fırın kaplarında ve diğer pek çok özel cam türünde istenen bir özelliktir. Bor, işlem sırasında ergimeyi ve camlaşmayı kolaylaştırdığı gibi katılaşmış camda rengi de kararlı kılar.

Parlaklığı, yansımaya ve çizilmeye karşı dayanımı artırır. Camı asitlere karşı duyarsız hâle getirir.

Soda kireç camlarına az miktarda bor oksit ilavesi camın ergitilmesi ve işlenebilirliğine önemli katkıda bulunur.

Cam yünü bileşimine bor oksit ilavesi; ergime sıcaklığını düşürür, kristalleşme eğilimini azaltır, daha uzun yün boyu eldesi sağlar ve suya dayanımı iyileştirir.

# Camı oluşturan oksitler

## 7. Bor Oksit...

Bor oksit temin etmek amacı ile kullanılan iki ham madde anhidrit boraks (sodyum borat –  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ ) ve borik asit ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ )'tir. Sadece boroksit miktarının değiştirilmesi istendiği durumda, miktarı değiştirilecek madde borik asittir. Sodyum borat, boraks anhidrit ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ ) veya boraks ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ) hâlinde iki formda bulunur. Kolemanit (kalsiyum borat –  $\text{Ca}_3\text{B}_6\text{O}_{11} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) gibi tabii hâlde bulunan mineraller cam elyaf üretiminde kullanılır.

# Camı oluşturan oksitler

## 7. Bor Oksit...

Borosilikat camların yapımında kullanılan bor oksidin ana kaynağı borik asittir. Yüksek miktarlarda sodyum oksitin kullanımı tolere edilebilirse bu durumda bor oksit kaynağı borakstur. Cam laboratuvar eşyası veya ısıya dayanaklı ev eşyası yapımında kullanılan borosilikat camlar için bor oksit ve sodyum oksidi doğru oranlarda elde etmek üzere borik asit ve boraks karışımı kullanılır. Bir diğer bor oksit kaynağı ise kolemanittir.

Kolemanit minerali kalsiyum borattır ( $\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11.5}\text{H}_2\text{O}$ ). Bor oksidin yanı sıra yüksek oranda kalsiyum içermesi gereken cam elyaf üretiminde kullanılır.



# Camı oluşturan oksitler

## 8. Magnezyum Oksit

Magnezyum oksit ( $MgO$ ) yüksek sıcaklıkta ( $2800\text{ }^{\circ}C$ ) ergiyen bir oksittir. Suda hafifçe, asitlerde tamamen çözünür.

$MgO$ , magnezyum karbonat ( $MgCO_3$ ), magnezyum sülfat ( $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ ), dolomit ( $MgCO_3 \cdot CaCO_3$ ), talk ( $3MgO \cdot 4SiO_2 \cdot H_2O$ ) ve deniz suyundan elde edilir.

Cam üretiminde  $MgO$  çoğunlukla dolomitten temin edilmektedir.

$MgO$  cama kalsiyum oksit gibi etki eder, ancak kalsiyum oksitte olduğu gibi devitrifikasyon eğilimi yoktur. Fakat camın viskozitesini  $CaO$ 'e nazaran daha fazla artırır, buna bağlı olarak çabuk katılaşma özelliği kazandırır.

# Camı oluşturan oksitler

## 8. Magnezyum Oksit...

Düz cam imalatında camın kristallenme eğilimine karşı bileşime belli oranda MgO ilave edilir. MgO camın sıvılaşma sıcaklığını bir miktar düşürürken kristal büyüme hızını büyük oranda yavaşlatır. Aynı zamanda camın atmosferik etkilere karşı direncini artırır.

Şişe üretiminde çabuk katılaşan MgO'li camlar kullanılır.

MgO harmanının ergime sıcaklığını düşürür ve ürüne parlaklık kazandırır.

Magnezyum oksit (MgO) harmana genellikle dolomit ( $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ ) olarak verilir. Dolomit cama MgO verirken aynı zamanda CaO'de sağlar.

# Camı oluşturan oksitler

## 9. Baryum Oksit

BaO camın yoğunluğunu, kırılma indisini artırır. BaO cama parlaklık verir. Genleşme kat sayısı kurşun oksitle aynıdır, elektrik iletkenliği yakındır. Özellikleri yönünden daha çok kurşun okside benzer.

Alkaliler dışında, kurşun oksit hariç akışkanlaştırıcı özellik gösteren tek ucuz bazik asittir.

Camın kimyasal dayanımını artırmada aynı grupta bulunan CaO kadar etkili değildir. Cam bileşiminde alkalilerin yerine BaO girdiğinde camın kimyasal dayanımı yükselir. Kurşunlu camlara göre baryumlu camların sertliği daha fazladır.

# Camı oluşturan oksitler

## 9. Baryum Oksit...

Baryum oksit ( $\text{BaO}$ ), baryum karbonat ( $\text{BaCO}_3$ ), baryum sülfat veya barit ( $\text{BaSO}_4$ ), ve baryum silikattan ( $\text{BaO.SiO}_2$ ) alınır.

Baryum oksit daha çok pres camların, parfümeri ve optik camların eldesinde kullanılır.

# Camı oluşturan oksitler

## **10. Demir Oksit...**

Cam ham maddelerinde demir oksit miktarının mümkün olan en düşük seviyede bulunması istenir; çünkü demir oksit, demir iyonu miktarına bağlı olarak camın sarıdan yeşile, maviye kadar farklı renklerde renklenmesine sebep olur.

# Camı oluşturan oksitler

## 11. Diğer Oksitler

- Antimuan pentaoksit ( $Sb_2O_5$ )

Cam bileşiminde yer almaz fakat belli amaçlar için çok az miktarda reçeteye ilave edilir. Özellikle soda –kireç camlarında saydamlık, renk giderme gibi görevler üstlenir ve % 1 civarında kullanılır. Arsenik oksit saf halde bulunur. Reçeteye sonradan ilave edilir, renk verici ve saflaştırıcıdır.

- Çinko oksit ( $ZnO$ )

Çinko oksit ( $ZnO$ ) saf halde bulunduğu gibi bileşikler şeklinde de bulunabilir. Cam yapımında çinko karbonat ( $ZnCO_3$ ) kullanılır. Çinko oksit daha çok ısıya dayanıklı camların bileşimine girer. Camın suya karşı dayanıklılığını artırır. Özellikle borosilikat camlarının habbelerden ( kabarcıklardan ) arındırılmasında kullanılır. Isıl genleşme kat sayısını düşürmesi sonucu ısıl şoklara dirençli cam ürünler elde edilir. Fosfor pentaoksit saf halde kullanılır. Soda-kireç camlarında opaklaştırıcı rol oynar.

# Camı oluşturan oksitler

## 11. Diğer Oksitler

- Lityum oksit ( $\text{Li}_2\text{O}$ )

Cam bileşiminde lityum karbonat ( $\text{Li}_2\text{CO}_3$ ) ilavesi, lityum oksit sağlar. Lityum oksit akışkanlaştırıcıdır. Bilhassa özel camların üretiminde tercih edilir.  $\text{Na}_2\text{O}$  yerine kullanıldığı zaman Camın ergitilmesi güçleşir. En iyi sonuç ikisinin birlikte bulunmasıyla sağlanır. Cam elyaf üretiminde ise viskoziteyi düşürerek elyaf üretiminin sürekliliğini geliştirir. Emniyet camlarının dayanımını artırır. Özel şişe üretiminde; şekillendirme kolaylığı, daha iyi ürün görüntüsü ve dayanım sağlamak için cam bileşimine ilave edilir.

- Zirkonyum oksit ( $\text{ZrO}_2$ )

Zirkondan (  $\text{ZrO}_2 \cdot \text{SiO}_2$  ) alınır. Camda viskoziteyi artırıcı rol oynar, kimyasal dayanımı iyileştirir.

- Titan oksit ( $\text{TiO}_2$ )

Titan oksit, camlarda yüksek kırınım indisi sağlar. Bu yönüyle özellikle optik camlarda kullanılır.

# Camı oluşturan oksitler

## 11. Diğer Oksitler

- Arsenik trioksit ( $As_2O_3$ )
- Fosfor penta oksit ( $P_2O_5$ )

Soda-kireç camlarında opaklaştırıcı rol oynar.

- Kalay oksit ( $SnO_2$ )
- Stronsiyum karbonat ( $SrCO_3$ )

BaO gibi etkisi vardır. Özellikle, yüksek voltajlı renkli TV tüplerinde X ışınını emici etkisi nedeniyle kullanılmaktadır.



# Yardımcı Hammaddeler ve Görevleri

Camın kimyasal bileşimine katılan yardımcı ham maddelerin en büyük görevleri:

- Afinasyona yardımcı olmak
- Ergimeye yardımcı olmak
- Camı renklendirmek
- Fırın içerisinde camın ergimesi esnasında ortamın oksidasyon seviyesini ayarlamak ve kararlı hâle getirmek,
- Ergitme esnasında ortama su molekülleri sağlamak, tozumu engellemek

# Yardımcı Hammaddeler ve Görevleri

## CAM RENKLENDİRİCİ OKİSTLER

Bunlar isminden de anlaşılacağı gibi cama renk vermek amacıyla harmana ilave edilen ham maddelerdir. Temel renklendirici oksitler, bir sıvıda çözüldüğünde kendi karakteristik rengini veren belli bir grup metalin bileşikleridir. Bu maddeler soda-kireçsilis camı ile karıştırıldıklarında cama belirli renkleri verirler. Bu maddeler başka bir cam türüne farklı renk verebilir.

METAL	VERDİĞİ RENK
Demir ( $Fe^{+2}$ )	Mavimsi yeşil
Demir ( $Fe^{+3}$ )	Sarımsı yeşil
Bakır	Yeşilimsi mavi
Nikel	Dumanlı gri
Krom	Yeşil
Manganez	Mor
Kobalt	Mavi / menekşe

# Camı oluşturan oksitler

Cam Yapıcılar	Aradakiler	Düzenleyiciler
$B_2O_3$	$Al_2O_3$	$MgO$
$SiO_3$	$Sb_2O_3$	$Li_2O$
$GeO_2$	$ZrO_2$	$BaO$
$P_2O_5$	$TiO_2$	$CaO$
$V_2O_5$	$PbO$	$SrO$
$As_2O_3$	$BeO$	$Na_2O$
	$ZnO$	$K_2O$

# CAM TÜRLERİ, ÖZELLİKLERİ VE KULLANIM YERLERİ

Cam türlerinin özelliklerini kavrayabilmek için, bu cam türlerinin kullanımındaki çeşitli alanları ve bunların, farklı camların etkin nitelikleriyle bağlantısını incelemek gerekir.

Camların genel olarak bileşimleri benzer olmakla birlikte, onlara belirli özellikler katan başlıca faktörün düzenleyici (tadil edici) oksitler olduğu unutulmamalıdır.

# CAM TÜRLERİ, ÖZELLİKLERİ VE KULLANIM YERLERİ...

Farklı kullanımdaki optik camları inceleyecek olursak;

Cam; aynalarda, mikroskoplarda, teleskoplarda, fotoğraf makinelerinde, prizmalarda, gözlüklerde, ışık filtrelerinde, dekoratif ve renkli cam eşyalarında, radyasyondan korunma duvarlarında, pencere ve birçok yerlerde kullanılır. Camın kullanıldığı bu alanlar; saydam olma, ışığı geçirebilme, ışığı kırma ve emme özelliklerine ihtiyaç gösterir.

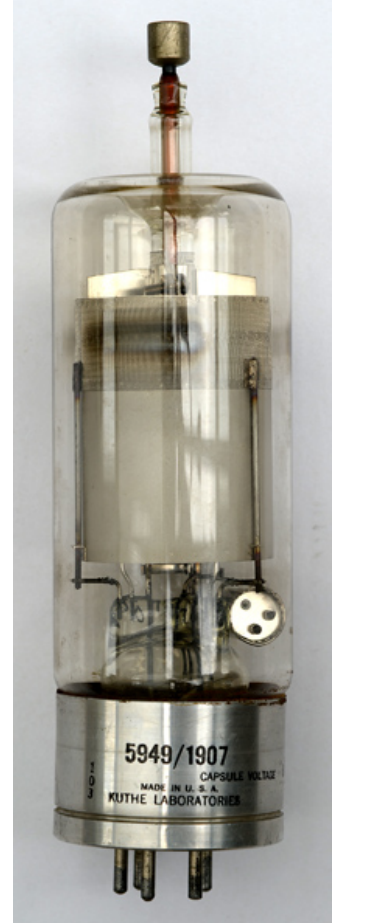
Cam kapılar, belirli tipte pencereler, kurşungeçirmez camlar, otomobillerdeki ve uçaklardaki pencere camları sağlam olmalıdır. Sağlamlık, camın mekanik bir özelliğidir.

Camın termik şoklara dayanıklılığını sağlamak amacıyla termal genişmesi düşük camlar yapılabilir. Bunlar arasında fırında yemek pişirmekte kullanılan tabaklar ve ısıya dayanıklı kaplar sayılabilir.

# CAM TÜRLERİ, ÖZELLİKLERİ VE KULLANIM YERLERİ...

Kimyasal etkilere ve atmosfer şartlarına maruz olan ticari camların çoğu kimyasal açıdan dayanıklıdır. Kompozisyona bağlı bu dayanıklılık, özellikle şişe ve kavanozlarda, fırın camlarında, pencere camlarında, cam elyafta, laboratuvar aletlerinde ve kimya tesislerinde önemlidir.

Son olarak, elektrik aydınlatma ampullerinin mühürlerinde ya da [radar valflarında](#) olduğu gibi güç kaybının azaltılması amacı ile elektriğe yüksek direnç gösteren camlar üretilebilir.



# CAM TÜRLERİ, ÖZELLİKLERİ VE KULLANIM YERLERİ...

Başlıca yaygın olarak üretilen ve kullanılan üç tip cam vardır:

- Soda-kireç-silis camı
- Borosilikat camı
- Kurşun camı

Bu cam türlerinin kullanım yerlerini, kimyasal kompozisyonlarını ve özelliklerini inceleyelim.

# CAM TÜRLERİ, ÖZELLİKLERİ VE KULLANIM YERLERİ...

## Soda – Kireç – Silis Camı

Üretilen camların en az %95'i bu temel kompozisyona sahiptir.

- Soda-kireç-silis camının kullanım yerleri:
  - Bütün cam kap çeşitleri
  - Düz cam
  - Sofra eşyası
  - Bazı elyaf camları
  - Bazı elektriksel camlar, örneğin ampul camı

Soda-kireç-silis camının temel bileşenleri ve kompozisyondaki yüzdeleri ise şöyledir:

- Sodyum oksit ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) : % 14
- Kalsiyum oksit ( $\text{CaO}$ ) : % 11
- Silisyum dioksit ( $\text{SiO}_2$ ) : % 72

Soda-kireç-silis camı için verilen bu oranlar, camın kullanım alanına bağlı olarak çok az miktarlarda da olsa değişiklik gösterebilir ve istenilen özelliklere göre diğer oksitlerin ilaveleri de yapılabilir.



# CAM TÜRLERİ, ÖZELLİKLERİ VE KULLANIM YERLERİ...

## Soda – Kireç – Silis Camı...

### Soda-kireç-silis camlarında bileşen oranlarının farklılığının etkileri

- Silis miktarındaki artışın, camın ergime sıcaklığını yükseltici, sağlamlığını artırıcı ve genişmesini düşürücü etkisi olur.
- Soda (sodyum oksit –  $\text{Na}_2\text{O}$ ) miktarının artırılması, silisin yükseltici etkisinin aksine, camın ergime sıcaklığını düşürür, sağlamlığını azaltır ve camın ısı genişmesini artırır.
- Kalsiyum oksit miktarı artırılırsa, kimyasal dayanıklılığı daha yüksek ve daha süratle sertleşen bir cam üretilir. Kalsiyum oksit ilavesinin tabii ki camın işlenebilirliği üzerinde de etkisi olur ve yüksek seviyelerdeki kalsiyum oksit devitrifikasyon problemine yol açar. Bu yüzden, kalsiyum oksit seviyesinin yükseltildiği kompozisyonların takibinde çok dikkatli olunması gerekir.
- Alüminyum oksit ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) miktarının artırılması, camın sertleşmesini yavaşlatır. Aynı zamanda ergime sıcaklığını ve sağlamlığını da artırtır.

# CAM TÜRLERİ, ÖZELLİKLERİ VE KULLANIM YERLERİ...

## Borosilikat Camı...

- Borosilikat camları:
  - Isıya dayanıklı camlarda,
  - Düşük çözünürlüğü olan camlarda, örneğin; kimyasal madde ve ilaç muhafazasında,
  - Bazı özel optik camlarda,
  - Radar valfları gibi, elektriksel güç kaybını düşüren camlarda,
  - Laboratuvar kapları için kimyasal dayanıklılığı olan camlarda kullanılır.
- Borosilikat camının temel bileşenleri ve kompozisyondaki yüzdeleri ise şöyledir:

• Sodyum oksit ( $\text{Na}_2\text{O}$ )	: % 4
• Boroksit ( $\text{B}_2\text{O}_3$ )	: % 12
• Silisyum dioksit ( $\text{SiO}_2$ )	: % 81

# CAM TÜRLERİ, ÖZELLİKLERİ VE KULLANIM YERLERİ...

## **Borosilikat Camı...**

Borosilikat camı için yukarıda verilen oranlar, camın kullanım alanına bağlı olarak çok az miktarlarda da olsa değişiklik gösterebilir ve istenilen özelliklere göre diğer oksitlerin ilaveleri de yapılabilir.

Borosilikat camlarında bileşen oranlarının farklılığını özetleyecek olursak:

- Borosilikat camında; silisin, sodanın ve alüminyum oksidin artırılmasının etkisi, soda-kireç-silis camı için geçerli olan etkiye benzer şekilde olur.
- Borosilikat camlarında ana bileşen olan bor oksitteki artış, genleşmenin düşmesini, kimyasal dayanıklılığın artmasını sağlar. Bor oksit miktarının artırılması için her ne kadar bir limit var ise de, cama ilave edildiği zaman genleşmede olumlu yönde değişimler meydana gelir.

# CAM TÜRLERİ, ÖZELLİKLERİ VE KULLANIM YERLERİ...

## Kurşunlu Cam...

Kurşunlu cam:

- Yüksek kaliteli sofrada eşyasında
- Optik camlarda
- Yüksek elektriksel direnç göstermesi istenen camlarda (örneğin; aydınlatma ampulünün iç kısmında kullanılan sızdırmazlık mührü)
- Radyasyondan korunma panolarında kullanılır.

Kurşunlu camın temel bileşenleri ve kompozisyonundaki yüzdeleri ise şöyledir:

- Kurşun oksit ( $PbO$ ) : % 32
- Potasyum oksit ( $K_2O$ ) : % 11
- Silisyum dioksit ( $SiO_2$ ) : % 56

Kurşunlu cam için verilen bu oranlar da diğer cam türlerinde olduğu gibi camın kullanım alanına bağlı olarak çok az miktarlarda da olsa değişiklik gösterebilir ve istenilen özelliklere göre diğer oksitlerin ilaveleri de yapılabilir.

# CAM TÜRLERİ, ÖZELLİKLERİ VE KULLANIM YERLERİ...

## Kurşunlu Cam...

Kurşun camında bileşen oranlarının farklılığını şöyle özetleyebiliriz:

Kurşun oksit miktarı artırılırsa, camın yoğunluğu ve aynı zamanda ışık kırıcılığı artar. Işık kırıcılığındaki yükselme, optik camlarla (yüksek kırılma vermesi) birlikte kurşunlu kristal sofraya eşyası (içten yansıma nedeniyle yüksek ışıltı vermesi) için de önemlidir. Camın daha çok ışık kırıcılığı, daha büyük miktarda kurşun oksit ilave edilmesinden kaynaklanır.

Soda – kireç – silis camı, Borosilikat camı ve Kurşun camı için, oksit miktarlarındaki değişiminin etkilerini bir tablo hâlinde özetleyecek olursak Tablo-1'i elde ederiz.

# CAM TÜRLERİ, ÖZELLİKLERİ VE KULLANIM YERLERİ...

**Tablo-1:** Üç farklı cam türü için bileşenlerin artmasına bağlı olarak özellik değişimi

<b>Soda-kireç-silis camları</b>		
Miktarı artan bileşen	Silis	Ergime sıcaklığı ve kimyasal dayanıklılık artar.
	Soda	Ergime sıcaklığı düşer.
		Sağlamlık azalır.
		Genleşme artar.
	Kireç	Sağlamlık artar.
		Üretim esnasında, sertleşme hızı artar.
Alüminyum oksit	Sertleşme hızı düşer	
	Ergime sıcaklığı ve sağlamlık artar.	
<b>Borosilikat camları</b>		
Miktarı artan bileşen	Silis	Soda-kireç-silis camında geçerli olan etkiler meydana gelir.
	Soda	
	Alüminyum oksit	
	Bor oksit	Genleşme düşer.
		Kimyasal dayanıklılık artar.
<b>Kurşun camları</b>		
Miktarı artan bileşen	Kurşun oksit	Yoğunluk artar.
		Işık kırıcılığı artar.

# CAM TÜRLERİ, ÖZELLİKLERİ VE KULLANIM YERLERİ...

Her tip camın bileşenlerinin yüzdelerini tam olarak hatırlamak yerine, her bir camın ne tipte olduğunu ve uygun kullanım alanlarının ne olduğunu bilmek daha uygundur.

Her tip camın ana bileşenleri genelde en yüksek oranlardadır. Örneğin; ısıya dayanıklı borosilikat camında, silis ve bor oksit, toplam kompozisyonun yaklaşık % 92,5' ini oluşturur. Dekoratif sofraya eşyası için kullanılan camda, kurşunlu kristal cam, silis, kurşun oksit ve potasyum oksidin, toplam kompozisyondaki oranı % 99'dur. Soda, kireç ve silisin toplam miktarlarının % 98'e vardığı, şişe ve kavanoz camında da aynı durum vardır. Diğer oksitler ise çok küçük yüzdelerde yer almışlardır.

# CAM TÜRLERİ, ÖZELLİKLERİ VE KULLANIM YERLERİ...

**Tablo-2:** Soda – kireç – silis camı, Borosilikat camı ve Kurşun camı için bileşen yüzdeleri

<u>SODA – KİREÇ – SİLİS, ŞİŞE CAMI</u>	<u>ISIYA DAYANIKLI BOROSİLİKAT CAMI</u>	<u>KURŞUNLU KRİSTAL CAM</u>
SiO <sub>2</sub> (Silisyum dioksit) : % 71,7	SiO <sub>2</sub> (Silisyum dioksit) : % 80	SiO <sub>2</sub> (Silisyum dioksit) : % 56
Na <sub>2</sub> O (Sodyum oksit) : % 13	Na <sub>2</sub> O (Sodyum oksit) : % 4	PbO (Kurşun oksit) : % 32
CaO (Kalsiyum oksit) : % 11	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Bor oksit) : % 12,5	K <sub>2</sub> O (Potasyum oksit) : % 11,5
MgO (Magnezyum oksit) : % 2,8	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Alüminyum oksit) : % 2,5	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Bor oksit) : % 0,5
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Alüminyum oksit) : % 1,5	Diğerleri % 1'den az	



# CAM TÜRLERİ, ÖZELLİKLERİ VE KULLANIM YERLERİ...

## Bazı Özel Cam Türleri

### E-camı

E-camında özellikle soda düşüktür, alüminyum oksit ve kalsiyum oksit yüksektir. Bu durum, işleme esnasında çabuk sertleşen ve kimyasal açıdan çok dayanıklı bir cam elde edilmesini sağlar. Bu nedenle cam, çabuk uzayabilir ve elyaf üretimi için uygundur. E-cam elyafı örneğin elektrik kablolarının izolasyonunda kullanılır. Yüksek sağlamlıkta bir camdır.

E-camının kompozisyonunda yer alan bileşenler ve oranları şöyledir:

- $\text{SiO}_2$  (Silisyum dioksit) : % 54,5
- $\text{Na}_2\text{O}$  (Sodyum oksit) : % 0,5
- $\text{CaO}$  (Kalsiyum oksit) : % 17,5
- $\text{MgO}$  (Magnezyum oksit) : % 4,5
- $\text{Al}_2\text{O}_3$  (Alüminyum oksit) : % 14,5
- $\text{B}_2\text{O}_3$  (Bor oksit) : % 8,5

# CAM TÜRLERİ, ÖZELLİKLERİ VE KULLANIM YERLERİ...

## Bazı Özel Cam Türleri...

### Tungsten (Sızdırmazlık) Camı

Tungsten (sızdırmazlık) camı, ampullerdeki tungsten metalini tespit etmek için kullanılır. Camın, tungstenin genleşmesi ile uyumlu olması gerekir. Bu camın karışımında bor oksit miktarı çok yüksektir ve bor oksit genleşmeyi düşürücü bir özelliğe sahiptir.

Tungsten (sızdırmazlık) camının kompozisyonunda yer alan bileşenler ve oranları şöyledir:

- $\text{SiO}_2$  (Silisyum dioksit) : % 75,5
- $\text{Na}_2\text{O}$  (Sodyum oksit) : % 4,0
- $\text{K}_2\text{O}$  (Potasyum oksit) : % 1,5
- $\text{Al}_2\text{O}_3$  (Alüminyum oksit) : % 2,0
- $\text{B}_2\text{O}_3$  (Bor oksit) : % 17,0

# CAM TÜRLERİ, ÖZELLİKLERİ VE KULLANIM YERLERİ...

## Bazı Özel Cam Türleri...

### Sodyum – Direnç Camı

Sodyum-direnç camı ender rastlanan bir cam kompozisyonuna sahiptir. Silis miktarı sadece % 8'dir. Aynı zamanda alüminyum oksit ve bor oksit miktarı aşırı yüksektir. Sodyum-direnç camı ticari olarak üretilen borosilikat camları arasında en yüksek oranda bor oksit içeren camdır. Sodyum-direnç camı, sodyum buharlı lambaların içindeki sodyum metalinin buharına dayanır fakat suda çözünür.

Sodyum-direnç camının kompozisyonunda yer alan bileşenler ve oranları şöyledir:

- $\text{SiO}_2$  (Silisyum dioksit): % 8,0
- $\text{Na}_2\text{O}$  (Sodyum oksit) : % 14,0
- $\text{CaO}$  (Kalsiyum oksit) : % 6,0
- $\text{Al}_2\text{O}_3$  (Aluminyum oksit) : % 24,0
- $\text{B}_2\text{O}_3$  (Bor oksit) : % 48,0

# Gruplar İçin Konular...

- Güvenlik (security, not safety) camları
  - Temperlenmiş camlar
    - Kimyasal olarak
    - Fiziksel olarak
  - Lamine camlar
  - Tel ile desteklenmiş olanlar
- Kaplamalı camlar
  - Güneş ve ısı kontrolü için
  - Antibakteriyel zellik için
- Biyocamlar
- Cam Fiberler
  - E-Camı
  - S-Camı
  - Isı ve ses yalıtımı için cam yn