

# AEROGEL



Ayşenur Güngör

# Samuel Stephan

## Kistler

Samuel S. Kistler bir sorudan yola çıkarak araştırmaya başlamıştır :

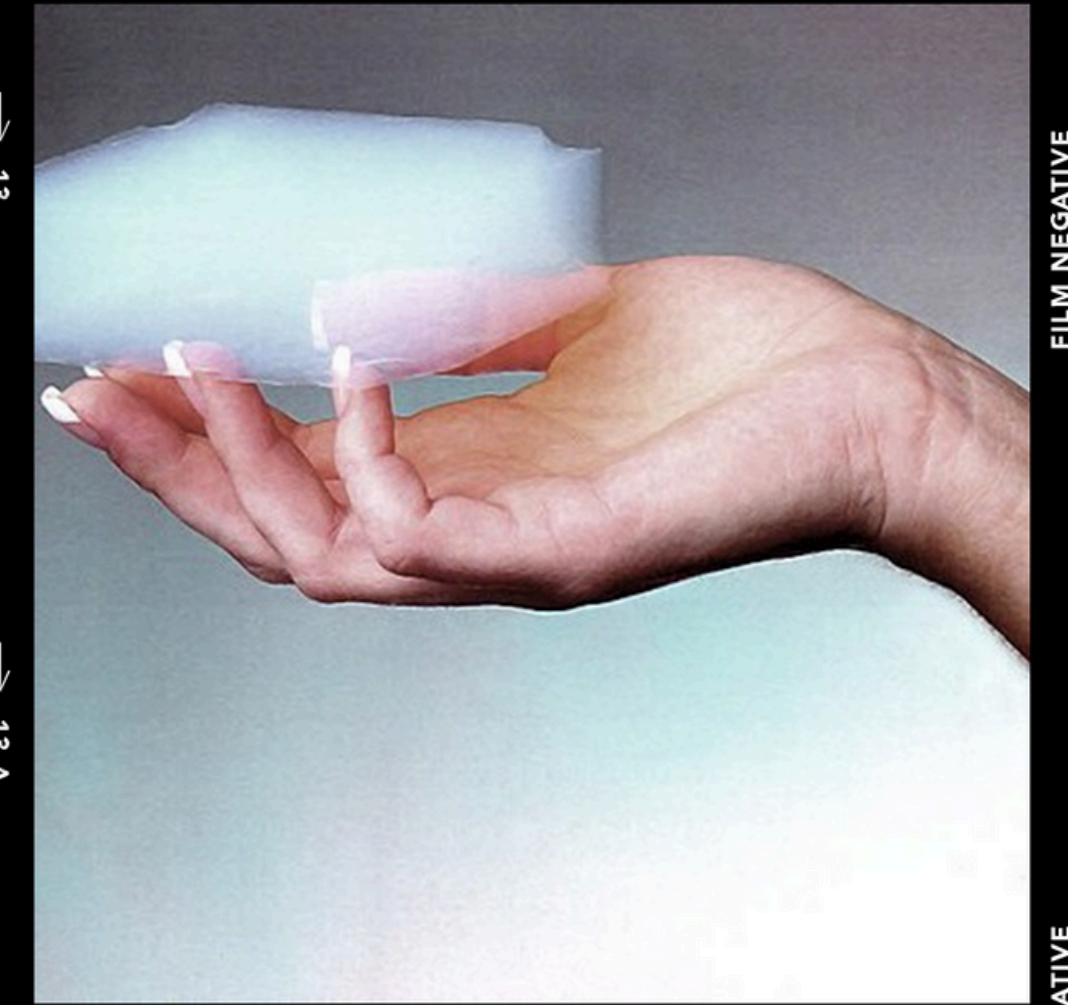
- Yumuşak bir madde olan jöle katı mı yoksa sıvı mıdır?
- 1930 yılında hem kimya mühendisi hem de akademisyen olan Samuel S. Kistler da bu soruyu sormuş ve anlamak için araştırmaya koyulmuştur. Kistler jölenin yapısını incelemek için çıktığı bu bilimsel yolculukta “en hafif katı” olarak kabul edilen arojeli bulmuş ve 1931 senesinde araştırmalarını “Bağdaşık Genleştirilmiş Arojeller ve Jöleler (Coherent Expanded Aerogels and Jellies)” adlı makalesinde yayımlamıştır. Bu sayede de keşfini tüm bilim camiasına duyurmuştur.



# AEROGEL NEDİR?

Ultra hafif ve yüksek derecede gözenekli bir malzeme olup, genellikle bir sıvının özel bir yöntemle katı bir matrise dönüştürülmesiyle elde edilir. İlk olarak 1930'larda keşfedilen aerogel, yapısı nedeniyle "donmuş duman" veya "katı duman" olarak da anılır.

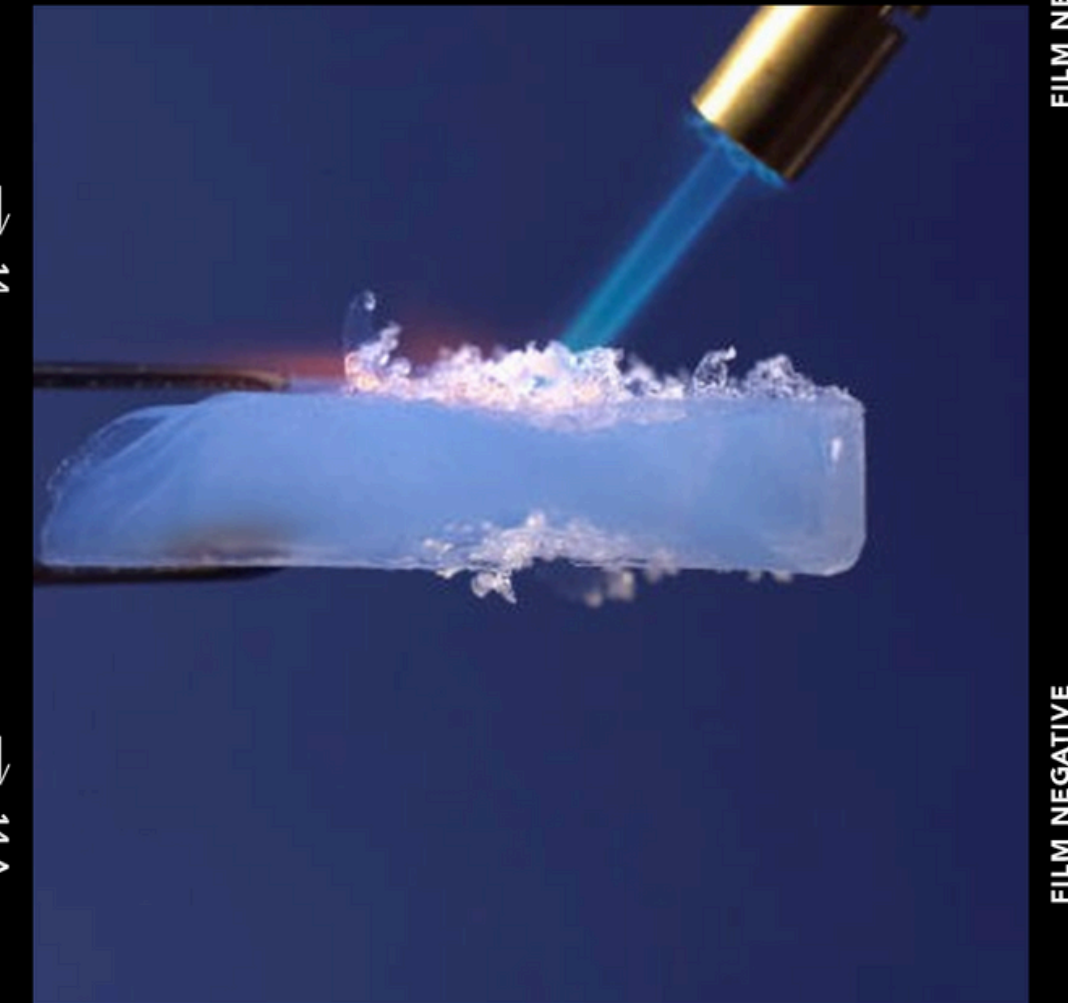
→ 13



FILM NEGATIVE

→ 13 A

→ 14



FILM NEGATIVE

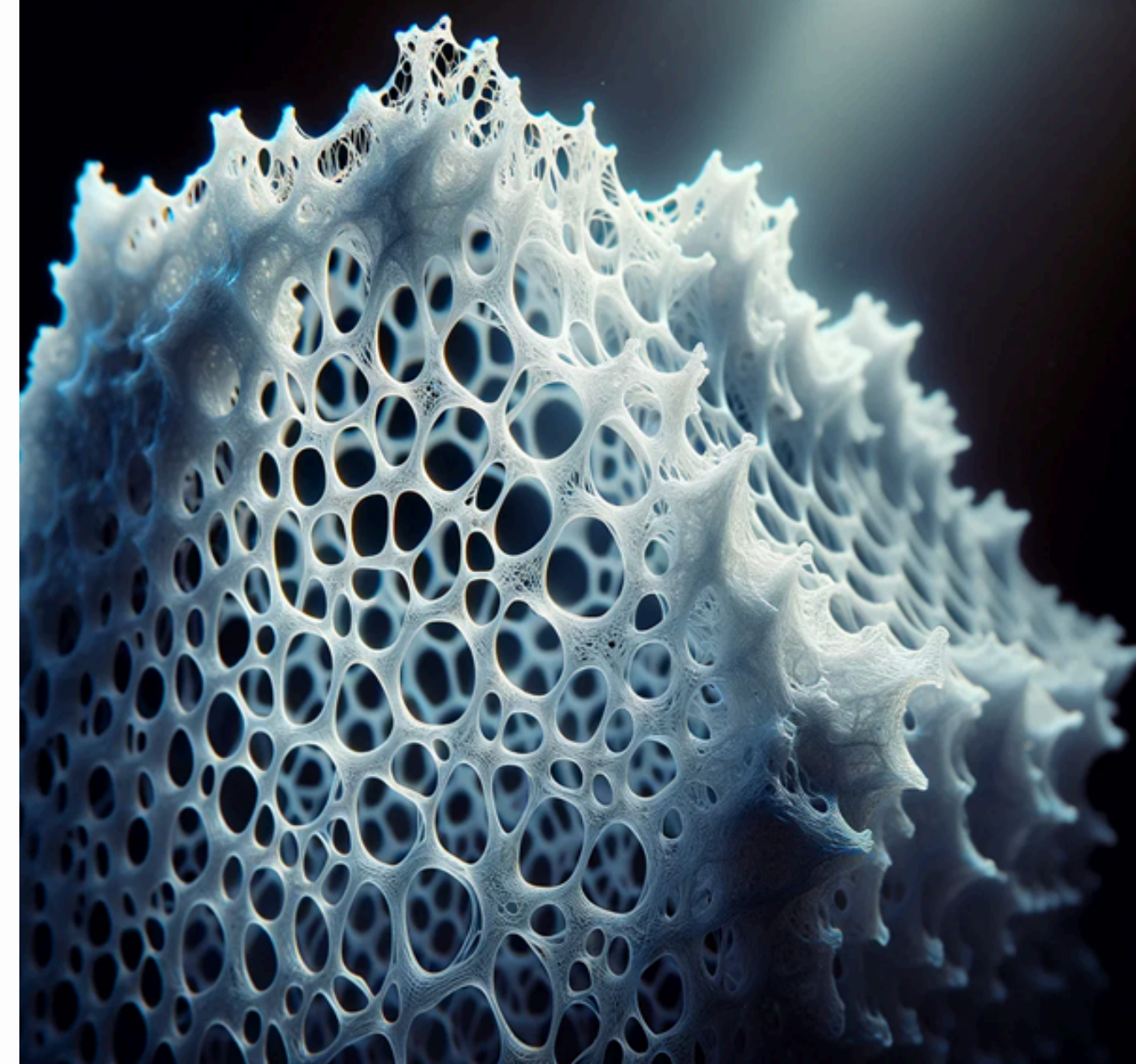
→ 14 A

FILM NEGATIVE



# KULLANIM ALANLARI

- 1.Uzay ve havacılık:** Nasa, aerogeli uzay araçlarında ısı yalıtımı için kullanır.
  - 2.Bina yalıtımı:** Düşük termal iletkenliği nedeniyle duvar ve pencere yalıtımında kullanılır.
  - 3.Elektronik:** Yalıtkan malzeme olarak veya bataryalarda kullanılır.
  - 4.Sağlık:** İlaç taşıma ve doku mühendisliğinde potansiyel uygulamaları bulunmaktadır.
  - 5.Çevre:** Su arıtımı ve petrol sızıntılarının temizlenmesinde kullanılır.
- Avantajları ve dezavantajları:
- Avantajlar:** Yüksek yalıtkanlık, düşük yoğunluk, kimyasal dayanıklılık.
- Dezavantajlar:** Kırılganlık, üretim maliyetlerinin yüksekliği



# AEROGEL MALZEMESİNİN ÖZELLİKLERİ

- **1.Ultra hafif:** Aerogel, %95-99 oranında hava içerir, bu da onu inanılmaz derecede hafif yapar.
- **2.Isı yalıtımı:** Aerogel, mükemmel bir ısı yalıtkanıdır. Bu yüzden uzay teknolojilerinde ve bina yalıtımlarında sıkça kullanılır.
- **3.Yüksek gözeneklilik:** Mikroskobik gözenekli yapısı sayesinde yoğunluğu düşüktür ve yüksek yüzey alanına sahiptir.
- **4.Dayanıklılık:** Hafif olmasına rağmen basınca karşı dayanıklıdır. Ancak kırılabilir.
- **5.Şeffaflık:** Bazı aerogel türleri ışığı geçirir, bu da optik uygulamalar için uygun hale getirir.

Aerogel üretimi, genellikle bir jelin sıvı içeriğinin çıkarılıp yerine bir gaz konulmasıyla gerçekleşir. Bu süreç, aerogelin son derece hafif, gözenekli ve düşük yoğunluklu bir malzeme olmasını sağlar. İşte aerogel üretiminin genel adımları:

## **1. Jel oluşumu**

Aerogel üretimi için ilk adım, bir jelin hazırlanmasıdır.

-Silika aerogel: Genellikle silika aerogeller için silisik asit çözeltileri kullanılır.

-Diğer türler: Karbon aerogeller, metaloksit aerogeller gibi farklı aerogel türleri için farklı çözeltiler tercih edilir.

Jel, sıvı içinde bir ağ yapısı oluşturan bir katı faz içerir.

## **2. Sol-jel süreci**

-Çözeltiye bir katalizör eklenir (asitveya baz).

-Bu işlem, sıvının içinde katı bir yapı oluşturur.

-Katı yapı, jelatinimsi bir doku kazanır.

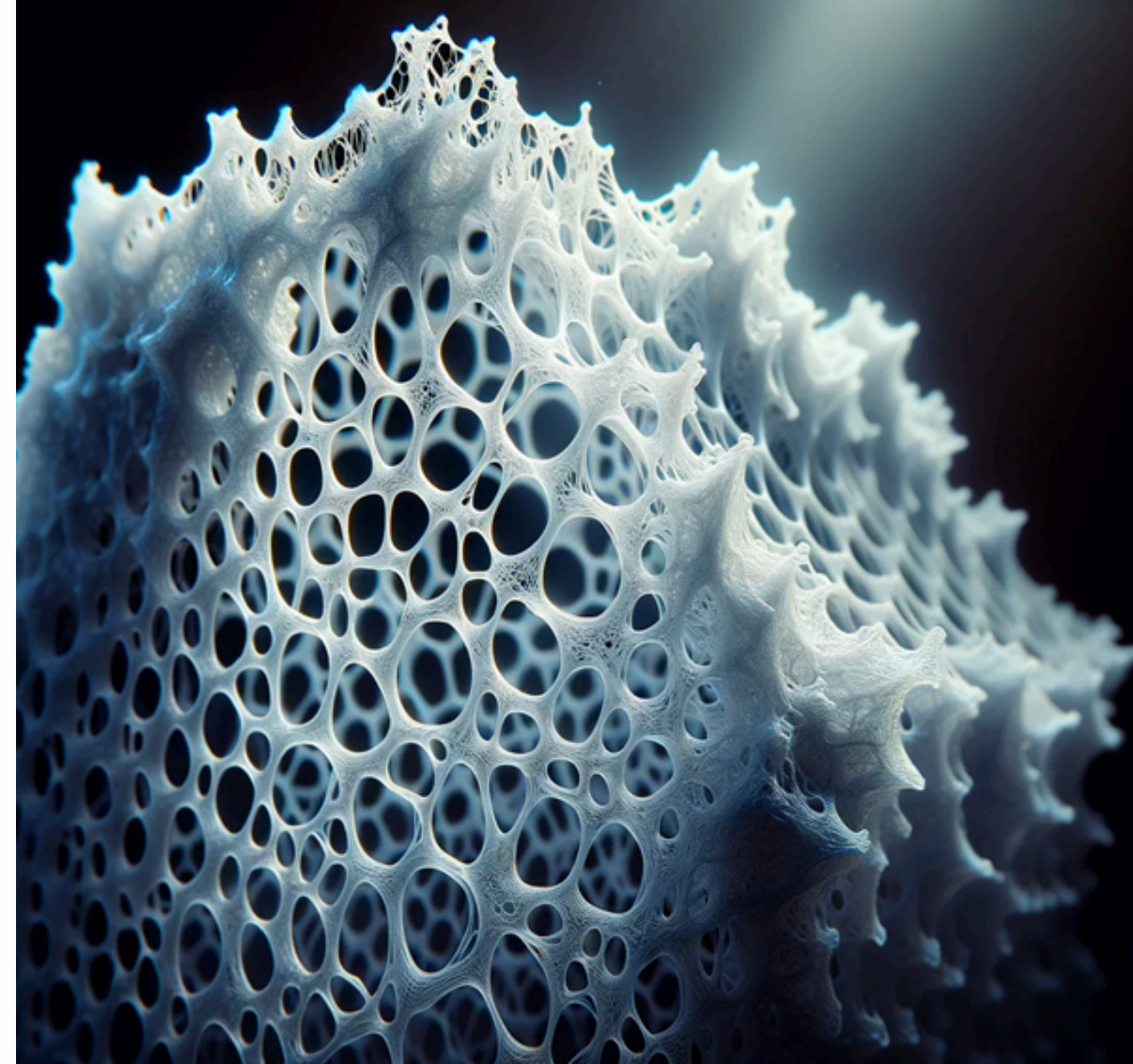


### 3.Sıvının Çıkarılması (Süperkritik Kurutma)

Bu adım, aerogelin üretimindeki en kritik aşamadır.

- Jelin sıvı içeriği, süperkritik kurutma yöntemiyle çıkarılır.
- Bu süreçte sıvı faz, süperkritik bir duruma geçirilerek gaz fazına dönüşür.
- Bu sayede gözenekli yapı korunur ve çökme önlenir.

Alternatif olarak, düşük maliyetli yöntemlerde sıvı faz dondurularak süblimasyon yoluyla çıkarılabilir (freeze-drying). Ancak bu yöntem, süperkritik kurutmaya kıyasla daha az etkili olabilir.



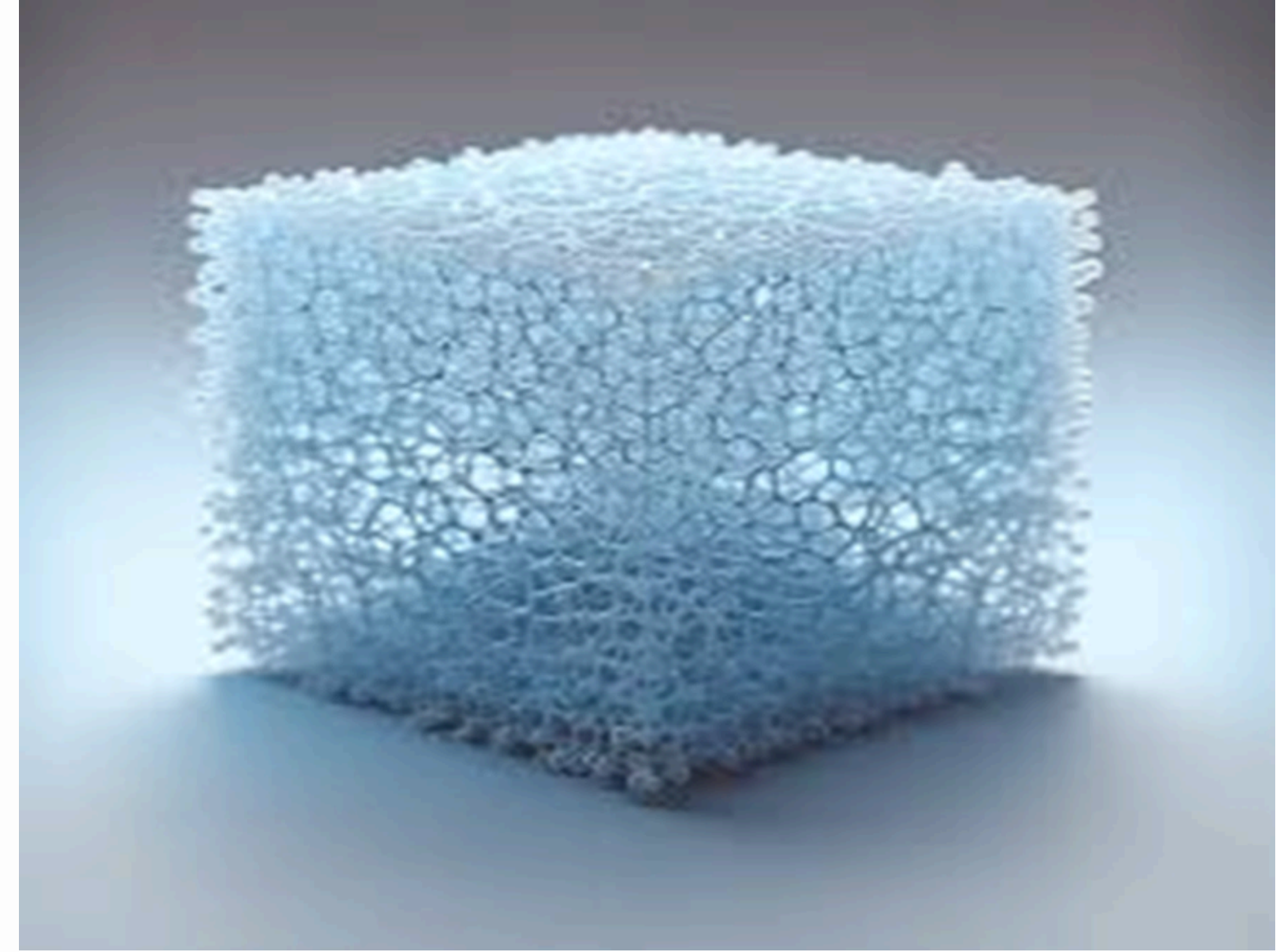
#### 4.Gözenekli Yapının Stabilize Edilmesi

Kurutma işlemi tamamlandıktan sonra geriye son derece hafif, gözenekli ve dayanıklı bir katı yapı kalır. Bu yapı, aerogelin temel özelliklerini oluşturur.

Kullanılan Malzemeler ve Çeşitler

- Silika Aerogeller: En yaygın olanı, genellikle ısı yalıtımı ve uzay teknolojilerinde kullanılır.
- Karbon Aerogeller: Elektriksel iletkenlikleri nedeniyle batarya ve enerji uygulamalarında tercih edilir.
- Metal Oksit Aerogeller: Katalizör veya yüksek sıcaklık uygulamalarında kullanılır.

Not:\* Aerogel üretimi, laboratuvar ortamında hassas ekipman gerektiren bir süreçtir ve genellikle endüstriyel ölçekte yapılır. En büyük zorluk, süperkritik kurutmanın karmaşıklığı ve maliyetidir.

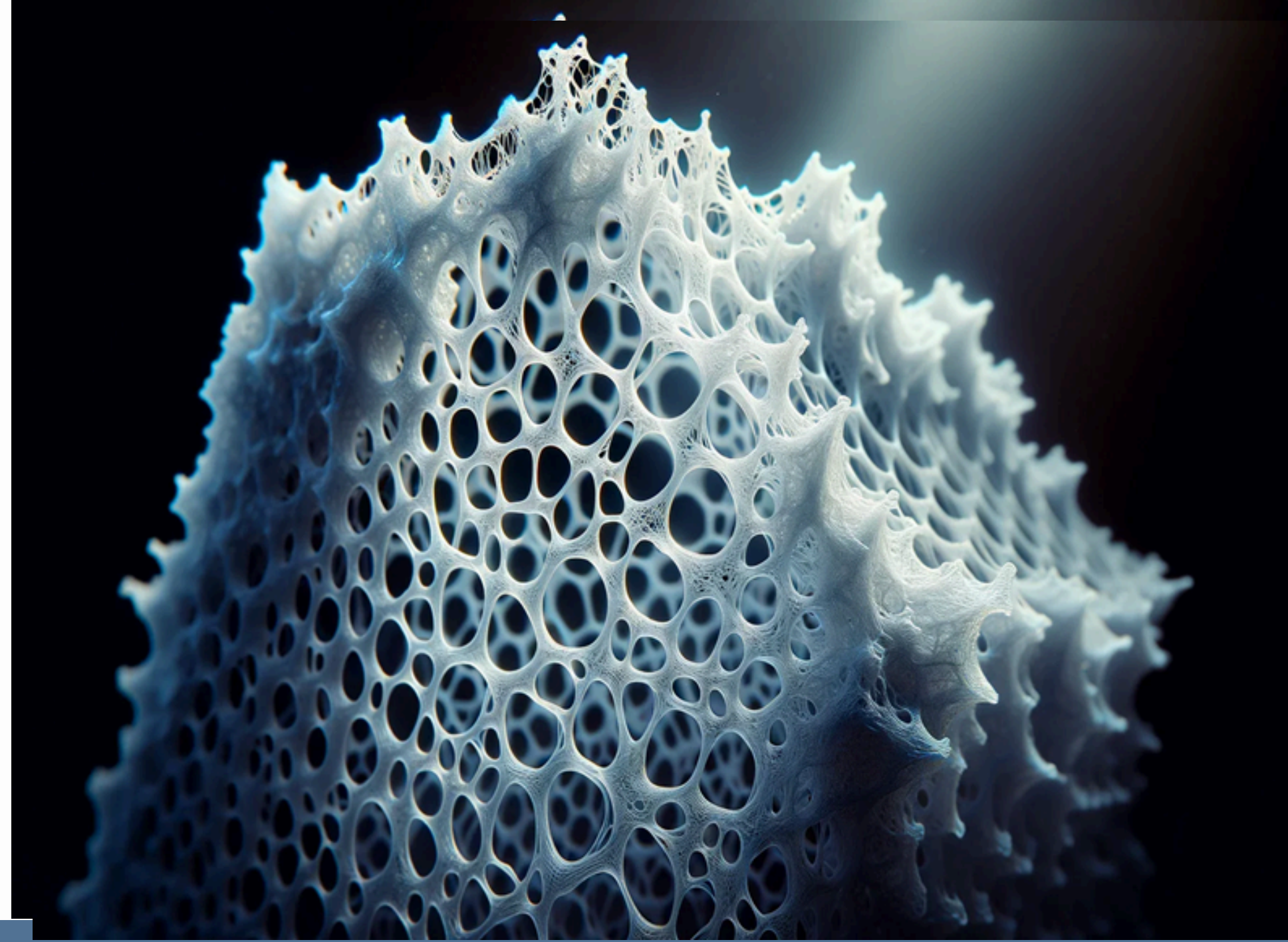




## AEROGEL ÇEŞİTLERİ :

En yaygın üç aerogel türü vardır

- Silika Aerogeller
- Karbon Aerogeller
- Metal oksit Aerogeller



# Silika Aerogeller

Silika Aerojel (SA): Silika aerojel, yüksek gözenekli, açık hücreli ve düşük yoğunluklu, yüksek spesifik yüzey alanı, yüksek termal yalıtım değeri, çok düşük dielektrik sabiti ve düşük kırılma katsayısı gibi sıra dışı özelliklere sahiptir. Yüksek gözeneklilik ve düşük yoğunluk özellikleri sayesinde silika aerogeller katalizör, sensör ve adsorbant olarak kullanılmaktadır. Yüksek spesifik yüzey alanı ve büyük gözenek hacmi ile silika aerojel; kurutma yolu ile yağ kili kullanılarak sentezlenebilmektedir. Silika aerojel düşük yoğunluğu, sürekli gözenekli yapısı, yüksek spesifik yüzey alanı, düşük termal iletkenlik gibi arzu edilen özellikleri ile mezo-gözenekli malzemedir. Bu üstün özellikleri nedeniyle silika aerogeller; termonükleer füzyon reaksiyonları için iç hapsedme füzyonu, solar enerji sistemleri için verimli termal yalıtım, uzay, inşaat ve havacılık uygulamaları gibi bilimsel ve teknolojik alanda potansiyel malzemelerdir.





# Karbon Aerojel(KA):

Karbon aerojeller, organik aerojellerin pirolizinden elde edilen yüksek gözenekli (%50'nin üzerinde), düşük yoğunluğa (0,1 g/cm<sup>3</sup>), 100 nm'den daha az gözenek çapına ve yüksek yüzey alanına sahip malzemelerdir. Karbon aerojeller, sol-jel prosesi ile resorsinol-formaldehit (RF), fenol-furfural (PF), melamin-formaldehit (MF), poliüretan ve poliüreden sentezlenebilmektedir. sol-jel teknolojisi ile sentezlenmiş silindirik monolit, öğütülmüş toz şeklindeki KA görüntüleri mevcuttur. Karbon aerojel kontrollü gözenekli yapısı, yüksek yüzey alanı ve farklı yüzey kimyası ile tipik gözenekli karbon esaslı malzeme değildir. Son zamanlarda gözenekli karbon aerojelin yeni bir formu ortaya çıkmıştır. Yeni bir adsorpsiyon malzemesi olarak aerojel reaktif boya atık işleme uygulamalarında da kullanılmaktadır. Karbon aerojelin mikro ve mezo gözenekli yapısı adsorpsiyon kapasitesine önemli katkı sağlamaktadır.



- **Metal oksit arojeller**, daha yaygın silika arojellerin inorganik kuzenleridir; her türün kendine özgü özellikleri vardır. Bu arojeller, çeşitli kimyasal dönüşümler için katalizör, patlayıcılar için matris, diğer malzemeler için öncü (karbon nanotüp katalizörleri gibi) olarak hareket edebildikleri, manyetik olabildikleri ve genellikle oldukça renkli oldukları için önemlidir.1990'lara kadar, metal oksit arojelleri tarihsel olarak silika arojellerinden sentezlenmesi çok daha zordu, bunun başlıca nedeni metal oksit jelleri yapmak için iyi sentetik yolların olmamasıydı.



- Silika aerogeller ve karbon aerogeller benzer üretim süreçlerine sahip olmalarına rağmen, yapı malzemeleri ve özellikleri açısından belirgin farklar taşırlar. İşte bu iki aerogel türü arasındaki temel farklar : Silika aerogeller, düşük yoğunluk ve mükemmel ısı yalıtım özellikleriyle tanınırken, elektriksel iletkenlik gerektirmeyen uygulamalarda tercih edilir. Örneğin, uzay araçlarında veya bina yalıtımında kullanılır. Karbon aerogeller, elektriksel iletkenlik ve yüksek yüzey alanı gerektiren enerji uygulamalarında (örneğin, süperkapasitörler ve bataryalar) kullanılır. Her iki aerogel türü de hafiflik ve gözenekli yapı gibi genel aerogel avantajlarını paylaşsa da farklı uygulama alanlarına hitap eder.

<b>ÖZELLİK</b>	<b>SİLİKA AEROGEL</b>	<b>KARBON AEROGEL</b>
Temel Malzeme	Silikon dioksit	Karbon bazlı malzemeler
Yoğunluk	Çok düşük	Biraz daha yüksek
Isı yalıtımı	Üstün ısı yalıtımı sağlar	Isı yalıtımı daha sınırlıdır
Elektiriksel İletkenlik	Yalıtıcıdır	Elektiriksel olarak iletken
Görünüm	Genellikle opak ve şeffaf mavi renk tonlarında	Siyah veya koyu renkli



<b>ÖZELLİK</b>	<b>SİLİKA AEROGEL</b>	<b>KARBON AEROGEL</b>
Kimyasal Dayanıklılık	Yüksek kimyasal stabilite	Kimyasal stabilitesi yüksek ancak oksitlenmeye duyarlı
Kullanım Alanları	ısı yalıtımı , optik malzemeler , uzay teknolojileri	Enerji depolama, elektrot malzemeleri , çevre temizliği
Gözenek Yapısı	Mikro gözenekli	Mikro ve mezo gözenekl
Üretim Maliyeti	Göreceli olarak daha düşük maliyetlidir	Daha yüksek maliyetlidir

# AEROGEL MALZEMESİ ÜRETİMİ HANGİ ÜLKELEERDE YAPILMAKTADIR ?

## 1. Amerika birleşik devletleri

- Dünyanın önde gelen aerogel üreticileri abd'de bulunmaktadır.
- Aspen aerogels ve aerogel technologies gibi şirketler, özellikle enerji sektörü, inşaat ve uzay araştırmaları için aerogel üretimi yapmaktadır.
- Nasa, uzay araştırmalarında aerogeli yalıtım ve toz toplama malzemesi olarak kullanmaktadır.

## 2. Çin

- Çin, aerogel üretiminde giderek büyüyen bir pazara sahiptir.
- Gelişmiş sanayisi ve düşük üretim maliyetleri sayesinde aerogel üretiminde büyük bir rol oynamaktadır.
- Özellikle enerji verimliliği projelerinde ve bina yalıtımında kullanılmak üzere aerogel üretimine ağırlık vermektedir.

### **3. Avrupa (almanya ve isviçre)**

- Almanya ve isviçre, aerogel üretiminde önde gelen avrupa ülkeleridir.
- Basf ve empa (swiss federal laboratories for materials science and technology) gibi kuruluşlar, inovatif aerogel ürünleri geliştirmektedir.
- Özellikle otomotiv, inşaat ve enerji sektörlerinde kullanıma odaklanılmıştır.
- 

### **4. Japonya**

- Japonya, aerogeli nano teknolojiler ve elektronik cihazlarda kullanım için geliştiren ülkeler arasındadır.
- Özellikle hafif ve yüksek performanslı aerogel ürünleri üzerinde çalışmaktadır.



## 5. Hindistan

- hindistan, son yıllarda aerogel üretimine yönelik yatırımlar yapmaktadır.
- Özellikle enerji sektöründe yalıtım ve güneş panellerinde kullanım amacıyla üretim gerçekleştirmektedir.

## 6. Güney kore

- Güney kore, aerogelin elektronik ve batarya yalıtımında kullanımını konusunda yenilikçi çalışmalar yürütmektedir.
- Nano teknolojiye dayalı aerogel üretimi yaygınlaşmaktadır

## 7. Rusya

- Rusya, petrol ve gaz sektöründe kullanılmak üzere aerogel üretiminde faaliyet göstermektedir.

## 8. Türkiye

- Türkiye'de de son yıllarda aerogel üretimine yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Yerli girişimciler ve ar-ge merkezleri, bu alanda yatırımlar gerçekleştirmeye başlamış ve özellikle yalıtım malzemesi üretimine odaklanmıştır. Ancak endüstriyel ölçekte üretim henüz sınırlıdır.

Aerogel üretimi, bu ülkelerde genellikle enerji verimliliği, uzay teknolojileri, bina yalıtımı, otomotiv ve askeri uygulamalarda yoğunlaşmaktadır

# AEROGEL MALZEMESİNİN HER ÜLKEDE ÜRETİLMEMESİNİN BAŞLICA NEDENLERİ ŞUNLARDIR :

1. ÜRETİM SÜRECİNİN KARMAŞIKLIĞI
2. Ar-Ge ve BİLGİ GEREKSİNİMİ
3. TALEP ve PAZAR YETERSİZLİĞİ
4. YÜKSEK MALİYETLER
5. TEKNOLOJİ TRANSFERİ ve PATENTLER
6. ÇEVRESEL ve ENERJİ KONULARI
7. ÜRETİM UZMANLIĞI ve EKOSİSTEMİN OLMAMASI

- Aerogel, çok özel bir malzeme olduğu için üretimi, sadece güçlü sanayi altyapısına, yüksek teknolojiye, büyük sermayeye ve yeterli pazara sahip ülkelerde yapılabilir. Gelişmekte olan ülkeler ise genellikle aerogel ihtiyacını ithalat yoluyla karşılamaktadır. Ancak, bu durum değişebilir; çünkü aerogelin kullanım alanları arttıkça ve üretim maliyetleri düştükçe, daha fazla ülke bu alana yatırım yapabilir



# KAYNAKÇALAR

<https://www.nasa.gov/aeronautics/aerogels-thinner-lighter-stronger/>

<https://study.com//academy/lesson/what-is-aerogel-structure-composition-facts.html>

<https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=6499>

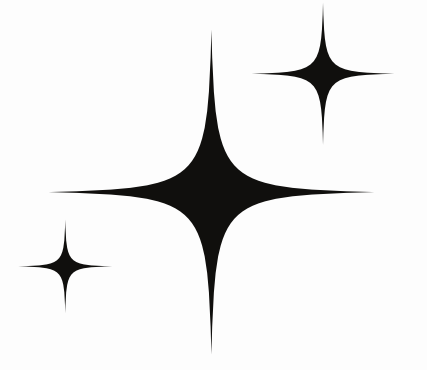
<https://www-aerogel-org.translate.goog/?>

[p=3&\\_x\\_tr\\_sl=en&\\_x\\_tr\\_tl=tr&\\_x\\_tr\\_hl=tr&\\_x\\_tr\\_pto=tc&\\_x\\_tr\\_sch=http](https://www-aerogel-org.translate.goog/?p=3&_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=tr&_x_tr_hl=tr&_x_tr_pto=tc&_x_tr_sch=http)

<http://amaaerogel.com/aerogel-nedir/>

<https://www.amazon.com/Karbon-aerogel-%C3%BCretimi-geli%C5%9Ftirilmesi-Turkish/dp/3330017406>

[https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=RMFXAnh-\\_LXaK3\\_ZwgFc1w&no=gG5IReSbD6niRWpVxxW4uw](https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=RMFXAnh-_LXaK3_ZwgFc1w&no=gG5IReSbD6niRWpVxxW4uw)



BENİ DİNLEDİĞİNİZ İÇİN

*teşekkürler*