فرآیند جذب سطحی پیشرفته

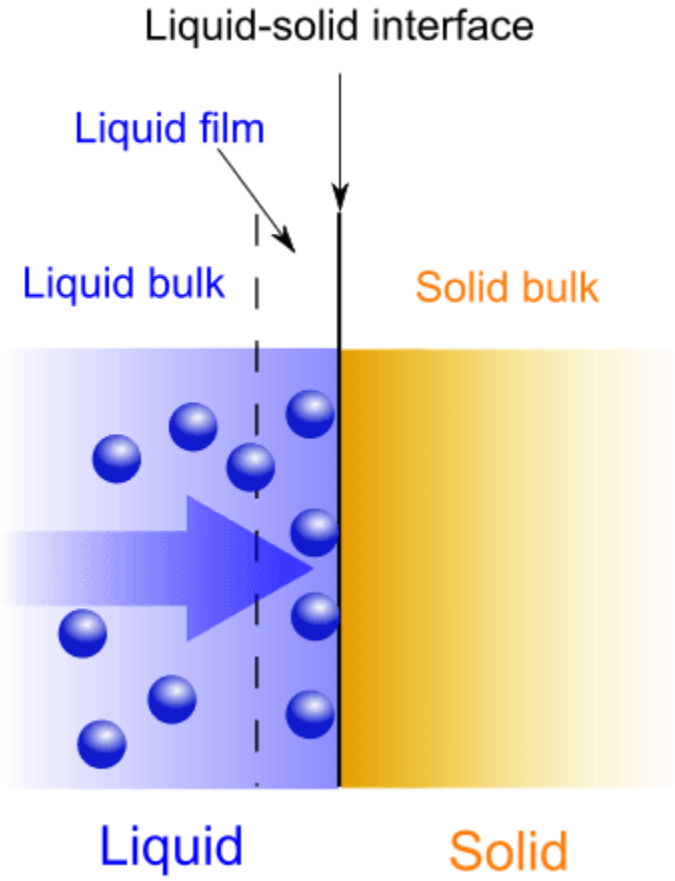
Advanced Adsorption Process

اهداف

- آشنائی با اصول حاکم بر جذب سطحی
- معرفی انواع جاذب ها و کاربرد آنها
- آشنائی با خواص فیزیکی و شیمیایی جاذب ها
- بررسی ترمودینامیک و سینتیک جذب سطحی
- طراحی فرآیندهای مبتنی بر جذب سطحی

در پایان این دوره دانشجویان علاوه بر آشنائی با اصول حاکم بر فرآیندهای جذب سطحی قادر خواهند بود جدیدترین تحقیقات و یافته های علمی در این زمینه را مورد بررسی و تحلیل قرار دهند.

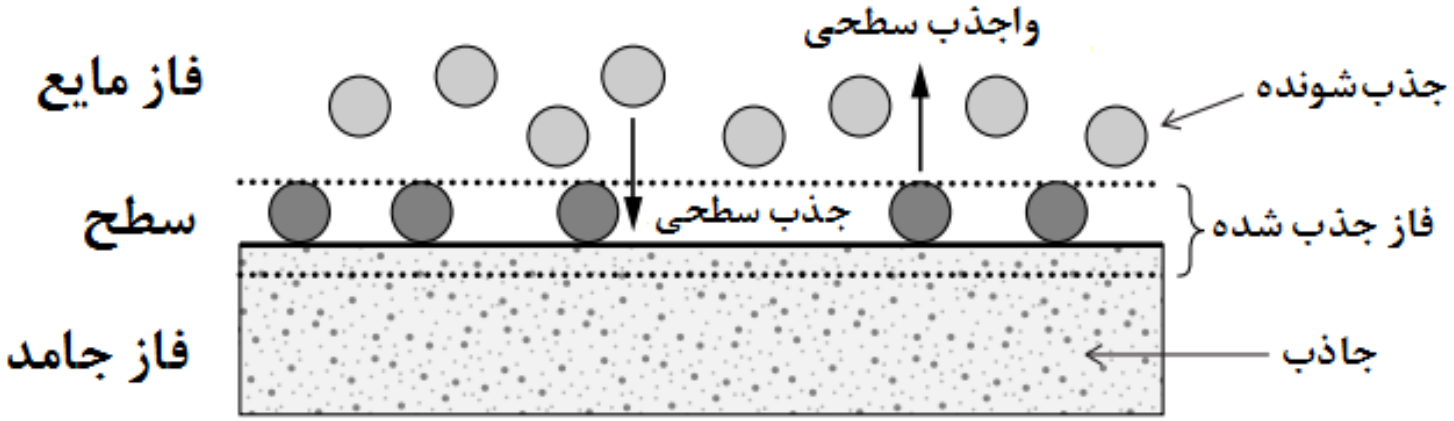
آشنائی با جذب سطحی (Adsorption)



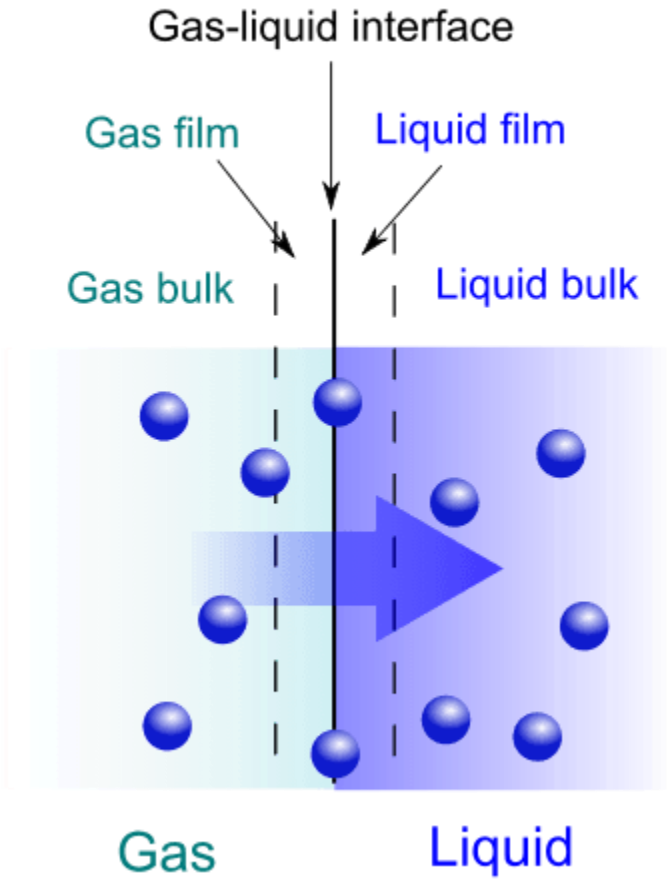
به جذب مولکول های مایع یا گاز بر روی سطح جامد جذب سطحی (adsorption) گفته می شود.

جذب سطحی به فرایندی اطلاق می‌شود که در آن اتم‌ها یا مولکول‌ها در حالت گاز یا محلول مایع روی سطح یک ماده جامد یا مایع انباشته شده و یک لایه نازک مولکولی یا اتمی تشکیل دهد. جاذب (adsorbent) ماده‌ای است که فرایند جذب روی آن انجام می‌شود و ماده جذب‌شونده (adsorbate) ماده‌ای است که روی سطح جاذب می‌نشیند.

آشنائی با جذب سطحی (Adsorption)



جذب (Absorption) و جذب سطحی (Adsorption)



فرآیند جذب به عملیاتی اطلاق می گردد که طی آن یک مخلوط گازی با یک مایع در تماس قرار می گیرد، به گونه ای یک یا چند جزء از مخلوط گازی بصورت انتخابی در مایع قابل حل باشد.

در این شرایط عملیات جذب توسط فاز مایع (حلال) انجام شده و جزء یا اجزاء مورد نظر از فاز گاز جدا می شوند.

انواع جذب سطحی

جذب فیزیکی
(or van derWaals Adsorption Physical)

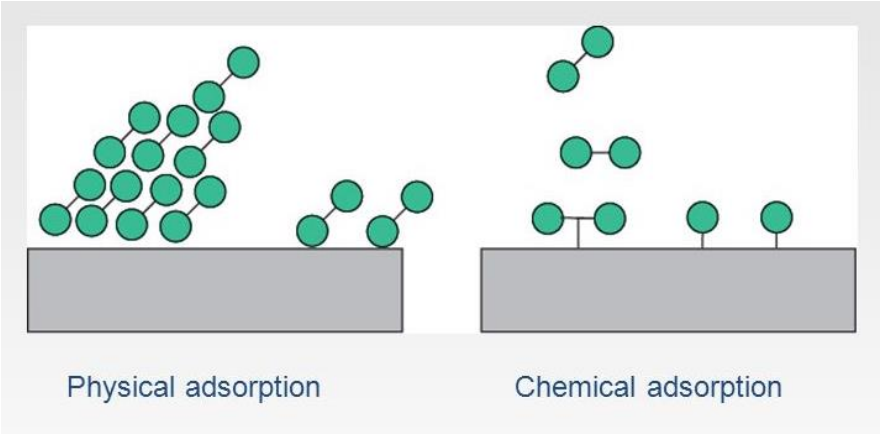
- نیروهای جاذبه بین مولکول‌های جامد و ماده جذب‌شونده از نوع واندروالس — نیروهای ضعیف - جذب چند لایه
- گرماگیر — حدود ۰/۱ Kcal/mole
- برگشت‌پذیر (عدم تبادل الکترون و عدم تشکیل پیوند شیمیایی) — عدم نفوذ و حل شدن ماده جذب شده در شبکه کریستالی جامد
  باقی ماندن در سطح

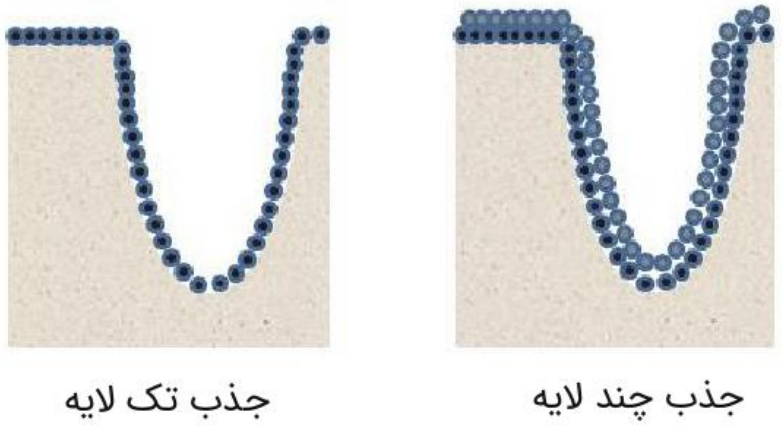
انواع جذب سطحی

جذب شیمیایی
Chemical Adsorption or)
(Chemisorption

- ایجاد پیوند شیمیایی در اثر واکنش
  - نیروهای چسبندگی و پیوند قوی (حدود ۱۰۰ برابر قوی‌تر از جذب فیزیکی) - جذب تک لایه
- گرمازا
  - حدود ۱۰ Kcal/mole
- برگشت ناپذیر
  - فعل و انفعالات شیمیایی جامد و ماده جذب‌شونده

انواع جذب سطحی





تفاوت های بین جذب سطحی شیمیایی و فیزیکی عبارتند از:

۱) در جذب سطحی فیزیکی نیروهای ضعیف واندروالس باعث جذب می شوند ولی در جذب سطحی شیمیایی، پیوندهای شیمیایی موجب انجام عمل جذب می شوند.

۲) جذب سطحی فیزیکی در پایین تر از نقطه ی جوش جذب شونده اتفاق می افتد ولی در جذب سطحی شیمیایی، جذب در دماهای بالاتر نیز می تواند اتفاق افتد.

۳) در جذب سطحی فیزیکی با افزایش فشار جسم جذب شونده مقدار جذب در واحد سطح افزایش می یابد ولی در جذب سطحی شیمیایی با افزایش فشار جسم جذب شونده، مقدار جذب در واحد سطح کاهش می یابد.

۴) جذب سطحی فیزیکی به صورت چندلایه صورت می گیرد ولی جذب سطحی شیمیایی حداکثر به یک لایه منتهی می شود.

اساس فرآیند جذب سطحی

- پدیده discontinuity
  - تفاوت خواص سطح جاذب از توده آن

- غیر اشباع بودن اتم‌های سطح
  - آزاد بودن اتم‌ها در سطح از قسمت بالا و تمایل به برقراری پیوند و رسیدن به حالت اشباع

مولفه های فرآیند جذب سطحی

فاز جاذب و ماده جذب‌شونده

مکانیسم جذب	انواع و ویژگی‌های مواد جاذب	سینتیک و ایزوترم جذب	احیای جاذب

طبقه بندی فرآیند جذب سطحی

بر اساس نوع احیای جاذب

فرایند TSA

احیای جاذب با حرارت‌دهی

فرایند PSA

احیای جاذب با کاهش فشار

طبقه بندی فرآیند جذب سطحی

بر اساس غلظت خوراک

(غلظت ماده جذب‌شونده با جذب بیشتر)

جداسازی توده‌ای

خالص‌سازی

تعریف مشخصی برای تمایز این دو حالت وجود ندارد.

جداسازی توده‌ای: معمولاً وقتی غلظت ماده جذب‌شونده ۱۰ درصد وزنی یا بیشتر باشد.

طبقه بندی فرآیند جذب سطحی

بر اساس مکانیسم جداسازی
(نفوذ در فاز جاذب)

- جداسازی (نفوذ) steric
- نفوذ سینتیکی
- جداسازی تعادلی

انواع مکانیزم جذب سطحی

اساس جداسازی به روش جذب سطحی مبتنی بر سه مکانیزم متفاوت است:

- **مکانیزم استریک**: حفرات ماده جامد متخلخل دارای ابعادی است که اجازه ورود مولکول های کوچک را به داخل حفره می دهد و از ورود مولکول های بزرگ ممانعت می کند.
- **مکانیزم تعادلی**: تمایل ماده جامد به جذب بعضی از ترکیبات بیشتر است.
- **مکانیزم سینتیکی**: سرعت نفوذ ترکیبات مختلف به درون حفرات متفاوت بوده و با کنترل زمان ماند امکان جداسازی ترکیباتی که سرعت نفوذ بالاتری دارند فراهم می شود.

انواع مکانیزم جذب سطحی

Understanding of the adsorptive capacity is within the domain of equilibria, and understanding of the diffusional resistance is within the domain of kinetics.

موفقیت یک جاذب در فرآیند جذب وابسته به عملکرد آن از منظر تعادلی و سینتیکی است.

جاذب با ظرفیت جذب بالا و مقاومت زیاد نفوذ: نیاز به زمان ماند بالا و در نتیجه جریان ورودی کم

جاذب با ظرفیت جذب پائین و مقامت کم نفوذ: نیاز به مقدار جاذب بسیاز زیاد

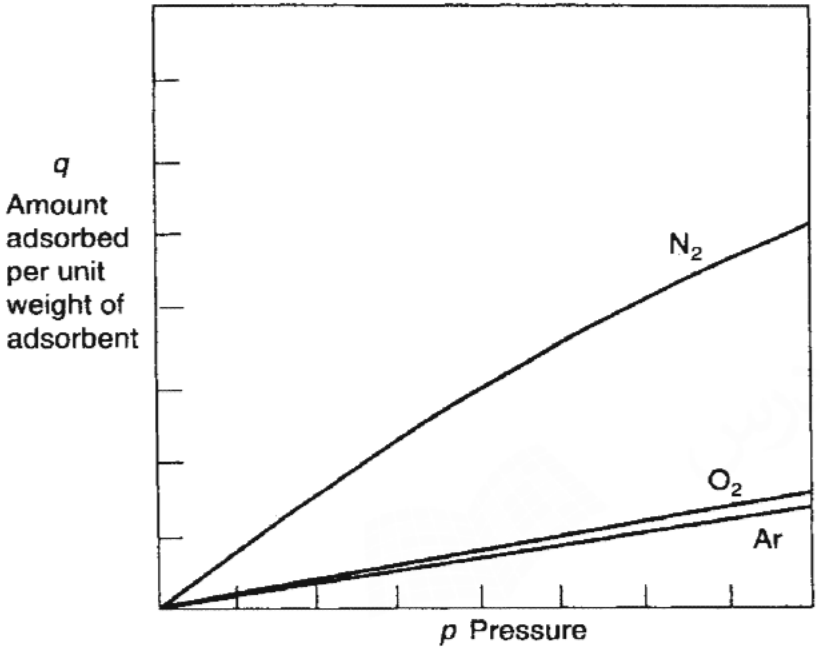
ظرفیت جذب و سینتیک خوب از مشخصه های یک جاذب مناسب است بنابراین برای دستیابی به این دو مشخصه موارد زیر باید برآورده شود:

۱- ماده جامد باید سطح و یا حجم میکروحفرات بالایی داشته باشد (نیاز به سایز حفرات کوچک و تخلخل زیاد).

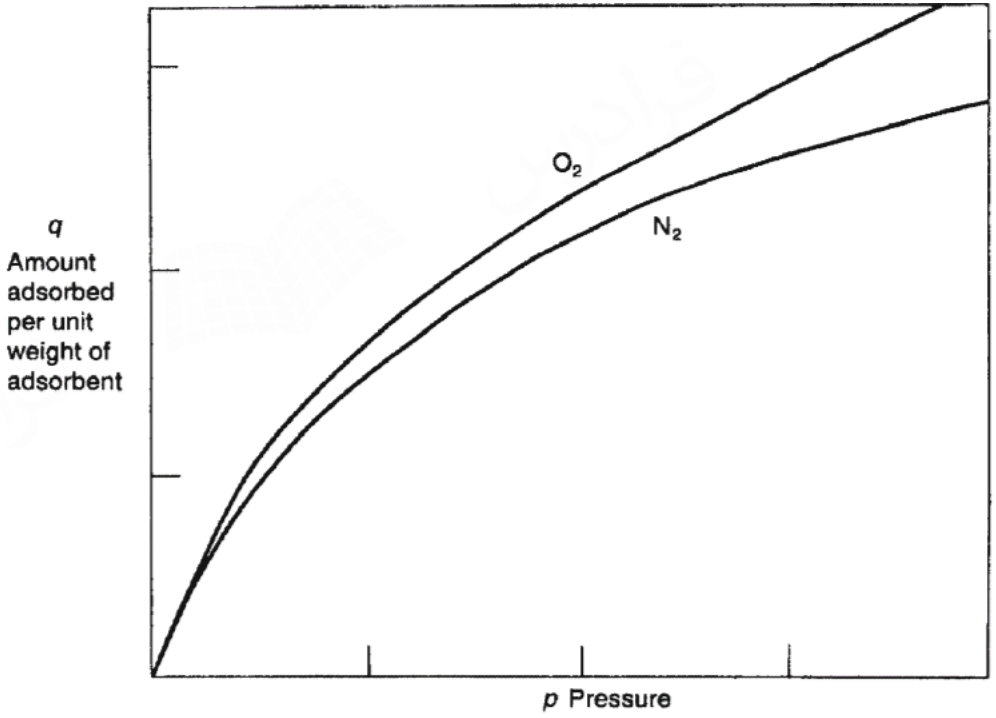
۲- ماده جامد باید دارای شبکه ای از حفرات بزرگ برای انتقال مولکول ها به داخل باشد.

A good solid must have a combination of two pore ranges: the micropore range and the macropore range.

انواع مکانیزم جذب سطحی

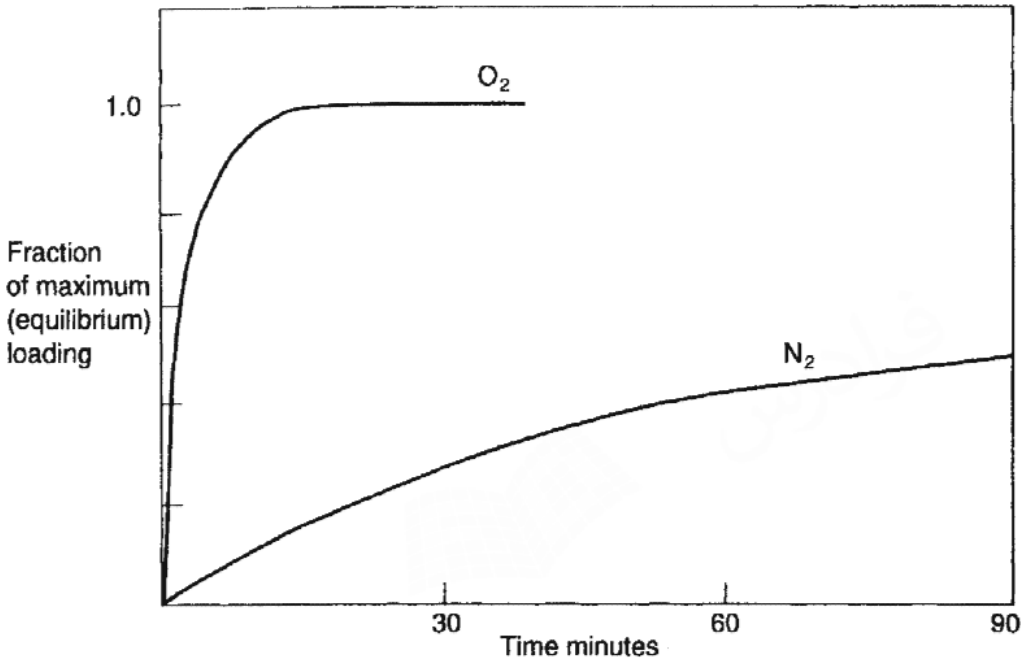


داده‌های تعادلی جذب بر روی زئولیت ۵A در ۲۰ درجه



داده‌های تعادلی جذب بر روی غربال مولکولی کربنی در ۲۰ درجه

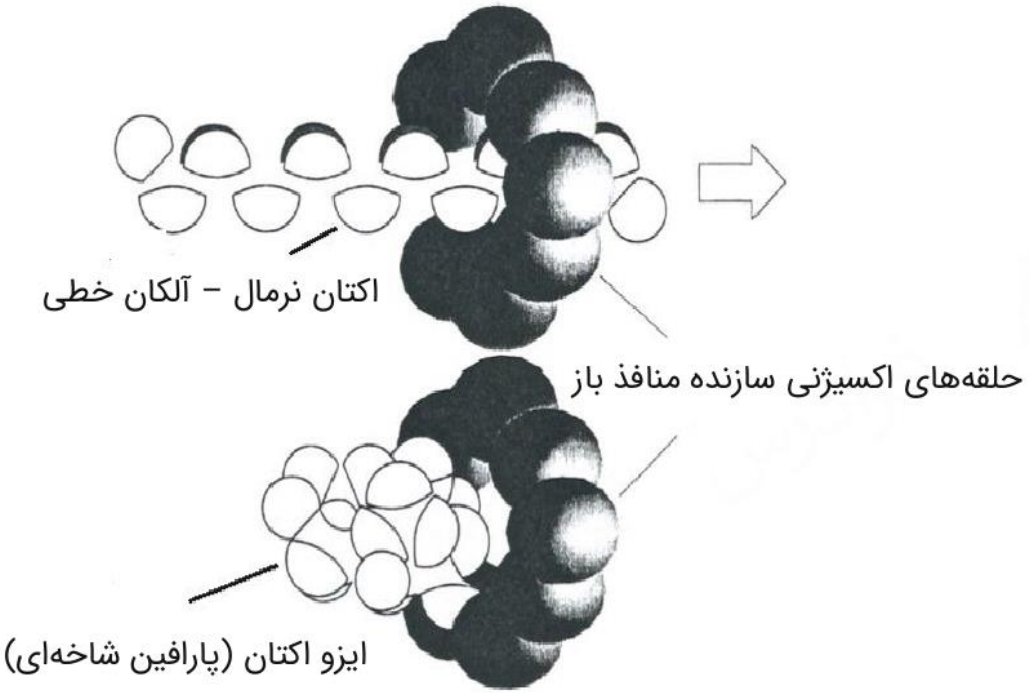
انواع مکانیزم جذب سطحی



میزان جذب اکسیژن و نیتروژن بر روی غربال مولکولی کربن

برای جداسازی حداکثری زمان جذب باید کوتاه باشد تا اثر سینتیک (سرعت نفوذ بیشتر اکسیژن نسبت به نیتروژن) بر اثر تعادلی غالب شود.

انواع مکانیزم جذب سطحی



جداسازی اکتان نرمال از ایزواکتان با زئولیت ۵A

اثر غربال مولکولی:

زئولیت ۳A جداسازی آب/اتانول

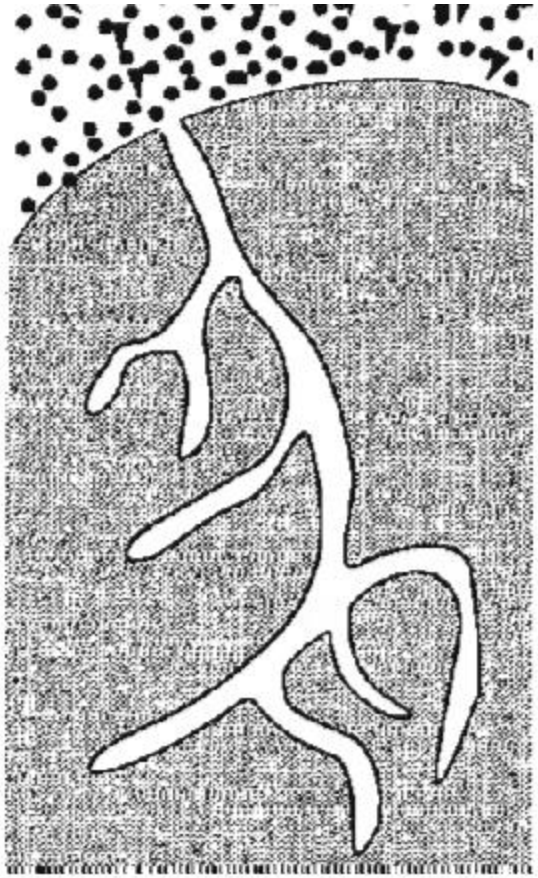
دهانه زئولیت ۳A در حدود ۰.۲۹nm

قطر مولکولی آب ۰.۲۶ nm

قطر مولکولی اتانول در حدود ۰.۴۵ nm

زئولیت ۵A در جداسازی پارافین‌های خطی از شاخه‌ای

مکانیزم نفوذ



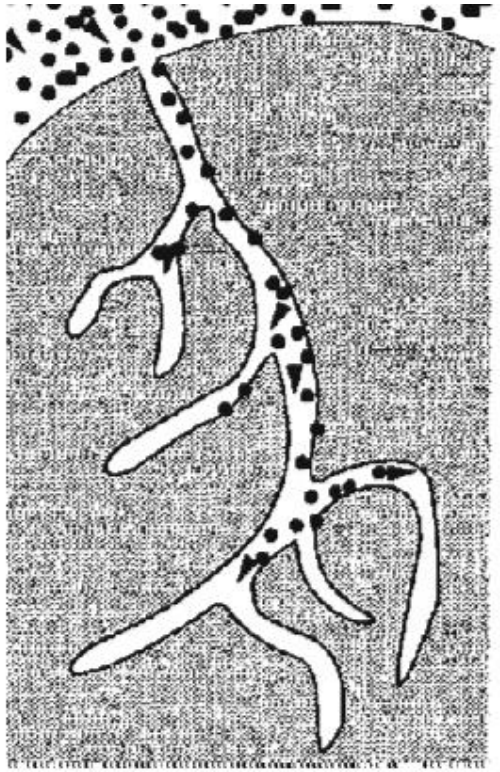
مرحله اول

۱. انتقال جرم مولکول‌های ماده حل‌شونده از توده محلول به سطح ذرات جاذب

۲. نفوذ از درون ساختار داخلی ذرات جاذب به جایگاه‌های جذب

۳. انجام سریع جذب (هیچ مقاومتی ایجاد نمی‌کند)

مکانیزم نفوذ



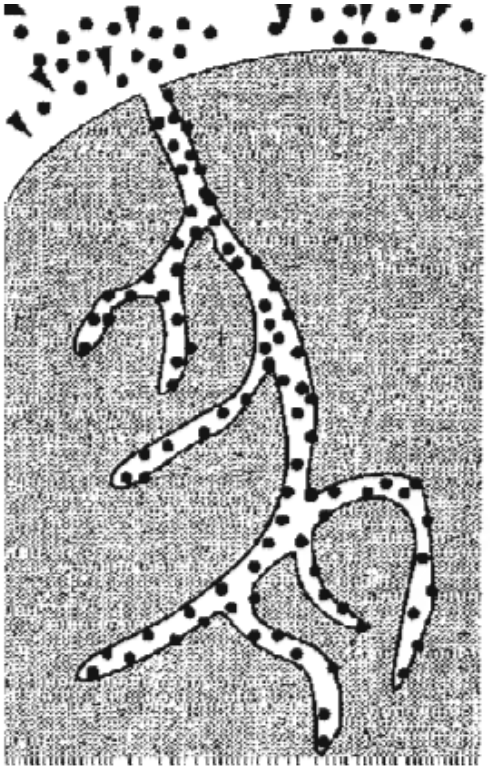
مرحله دوم

۱. انتقال جرم مولکول‌های ماده حل شونده از توده محلول به سطح ذرات جاذب

۲. نفوذ از درون ساختار داخلی ذرات جاذب به جایگاه‌های جذب

۳. انجام سریع جذب (هیچ مقاومتی ایجاد نمی‌کند)

مکانیزم نفوذ



مرحله سوم

۱. انتقال جرم مولکول‌های ماده حل‌شونده از توده محلول به سطح ذرات جاذب

۲. نفوذ از درون ساختار داخلی ذرات جاذب به جایگاه‌های جذب

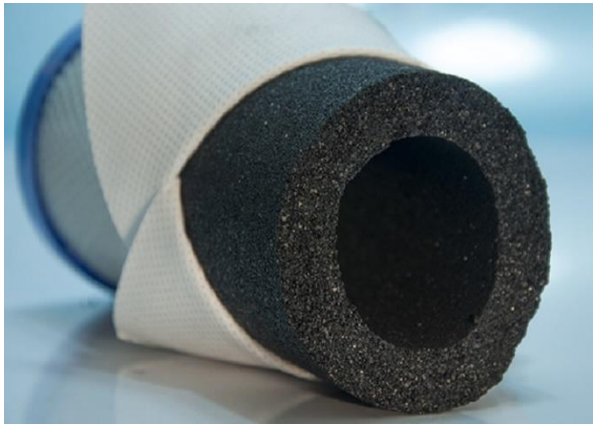
۳. انجام سریع جذب (هیچ مقاومتی ایجاد نمی‌کند)

مراحل ۱ و ۲ کنترل‌کننده فرایند جذب هستند.

کاربردهای جذب سطحی

۱) تصفیه و پالایش آب و فاضلاب

- حذف رنگ‌ها، فنول‌ها، آفت‌کش‌ها و ترکیبات آلی فرّار (VOC)
- حذف فلزات سنگین (Pb^{2+}، Hg^{2+}، Cd^{2+}، Cr^{6+})
- حذف بو، طعم نامطلوب و مواد آلی محلول
- جاذب‌های رایج: کربن فعال پودری/دانه‌ای، زئولیت‌ها، رزین‌های تبادل یونی



کاربردهای جذب سطحی

۲) تصفیه هوا و گازهای صنعتی

- حذف VOCها از جریان‌های خروجی صنایع رنگ، چاپ و پتروشیمی
- حذف SO_2، NO_x، H_2S از گازهای دودکش
- کنترل بو در تصفیه‌خانه‌ها و صنایع غذایی
- جاذب‌ها: کربن فعال، زئولیت‌ها، آلومینای فعال

کاربردهای جذب سطحی

۳) خشک‌سازی گازها و مایعات

- خشک‌کردن هوای فشرده در کمپرسورها
- حذف رطوبت از گاز طبیعی و گازهای فرآیندی
- جاذب‌ها: سیلیکاژل، آلومینای فعال، مولکولارسیو (Molecular Sieve)

کاربردهای جذب سطحی

۴) جداسازی و خالص‌سازی گازها

- تولید اکسیژن و نیتروژن از هوا
- جداسازی هیدروژن در پالایشگاه‌ها
- خالص‌سازی گازهای صنعتی
- جاذب‌ها: زئولیت‌های اختصاصی، کربن مولکولارسیو

کاربردهای جذب سطحی

۵) ذخیره‌سازی گازها

- ذخیره متان و هیدروژن در بسترهای متخلخل
- کاربرد در حمل و نقل و انرژی
- جاذب‌ها: کربن‌های متخلخل، MOFها (در حال توسعه صنعتی)

۶) کاتالیز ناهمگن

- افزایش سطح تماس واکنش‌دهنده‌ها با کاتالیست
- پالایش نفت (کراکینگ، ایزومریزاسیون)
- مبدل‌های کاتالیستی خودرو
- مواد فعال: فلزات/اکسیدها روی پایه‌های جاذب (Al_2O_3، SiO_2، زئولیت)

کاربردهای جذب سطحی

۷) صنایع غذایی و دارویی

- رنگ‌بری شکر و روغن‌های خوراکی
- تصفیه الکل‌ها و حلال‌های دارویی
- خالص‌سازی مواد مؤثره
- جاذب‌ها: کربن فعال، خاک رنگ‌بر، رزین‌ها

کاربردهای جذب سطحی

۸) صنایع شیمیایی و پتروشیمی

- بازیابی حلال‌ها
- حذف ناخالصی‌ها
- تصفیه خوراک واحدهای حساس
- جاذب‌ها: زئولیت‌ها، رزین‌ها، کربن فعال

کاربردهای جذب سطحی

۹) کاربردهای زیست‌محیطی پیشرفته

- جذب CO_2
- حذف میکروآلاینده‌ها و PFAS از آب
- جاذب‌ها: آمین-ساپورت‌ها، MOFها، کربن‌های اصلاح‌شده

ویژگی های یک ماده جاذب

مراحل جذب از محلول بر روی یک سطح متخلخل

- انتقال ماده جذب شونده از درون محلول به مرز فیلم سطحی
- انتقال ماده جذب شونده از میان فیلم سطحی به سطح خارجی جاذب

Macro-Transport

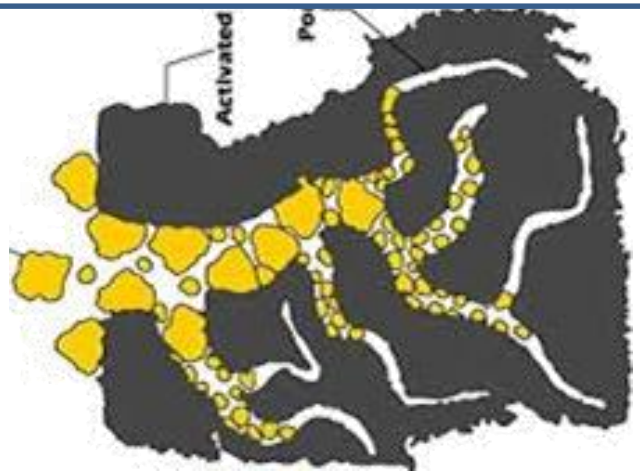
- انتقال ماده جذب شونده از فیلم سطحی به داخل منافذ جاذب ← Micro-Transport
- جذب ماده محلول در محل های فعال جذب موجود در سطوح داخلی منافذ و فضاهای موئینه

ویژگی های یک ماده جاذب

تقسیم بندی حفرات در جاذب های متخلخل (IUPAC)

Pore class	Range of pore radius
Macropores	> 25 nm
Mesopores	1 nm … 25 nm
Micropores	< 1 nm

حفرات ماکرو به مقدار خیلی کم در حدود ۵٪ در تشکیل سطوح ویژه داخلی دخالت می کنند. این حفره ها که به عنوان گذرگاه عمل می کنند موجب تسهیل در پدیده جذب در سطوح داخلی جاذب می شوند.



ویژگی های یک ماده جاذب

- اندازه منافذ ریز
  - میزان دسترسی مواد جذب‌شونده به سطح جاذب را معین می‌کند.
  - توزیع اندازه ریز منافذ پارامتر مهمی است.
- منافذ بزرگ
  - در اثر گرانوله‌کردن پودرهای ریز یا کریستال‌های ریز و تبدیل آن‌ها به صورت قرص ایجاد می‌شوند.
  - یا در بافت خود جاذب وجود دارند.
  - اندازه آن‌ها در حد میکرومتر است.
  - منافذ بزرگ در واقع مسیری هستند که مواد جذب‌شونده را از سطح بیرونی جاذب به درون منافذ ریز هدایت می‌کنند.

- قطبیت سطحی یا جاذب قطبی
  - تمایل ماده جاذب به جذب مواد قطبی مانند آب
  - جاذب قطبی به جاذب آب‌دوست معروف است.
  - زئولیت‌ها – آلومینای متخلخل - سیلیکاژل یا سیلیکل - آلومینا
- جاذب غیر قطبی
  - تمایل به جذب روغن نسبت به آب
  - جاذب غیرقطبی به جاذب آب‌گریز معروف است.
  - جاذب‌های کربنی، پلیمری و سیلیکالیت

شرایط جاذب مناسب

- **انتخاب گری**
- **سطح ویژه بالا**
- **حجم منافذ و توزیع اندازه آن**
- **خواص سینتیکی و سرعت نفوذ بالا**
- **ظرفیت جذب کافی**
- **پایداری حرارتی و مکانیکی**
- **قیمت پایین**

$$q_e = \frac{(C_0 - C_e)V}{m} \quad (1)$$

که در آن :

q_e : ظرفیت جذب(mg / g)

C_0: غلظت اولیه ماده جذب شونده در محلول (mg/l)

C_e : غلظت تعادلی نهایی ماده جذب شونده بعد از برقراری تعادل (mg/l)

V: حجم مایع در داخل راکتور (l)

m : جرم جاذب (g)

تقسیم بندی انواع جاذب ها

جاذب‌های معمولی

رزین‌های تبادل یونی

رزین‌های آلی

رزین‌های پلیمری

رزین‌های غیر متخلخل

پلیمرهای اتصال عرضی‌شده متخلخل

مواد معدنی (غیر آلی)

آلومینای فعال

سیلیکاژل

زئولیت

غربال‌های مولکولی

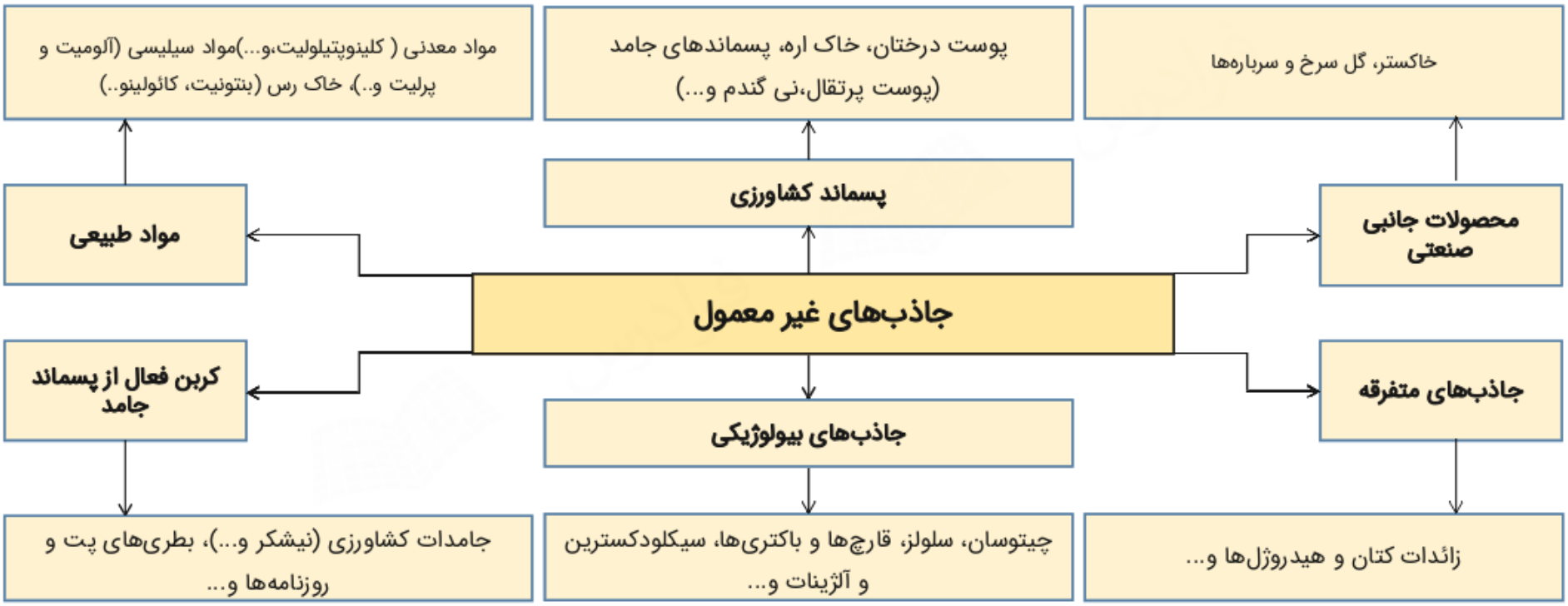
جاذب‌های کربن اکتیو تجاری

چوب

پوست نارگیل

زغال‌ها (آنتراسیت، لگنیت و...)

تقسیم بندی انواع جاذب ها



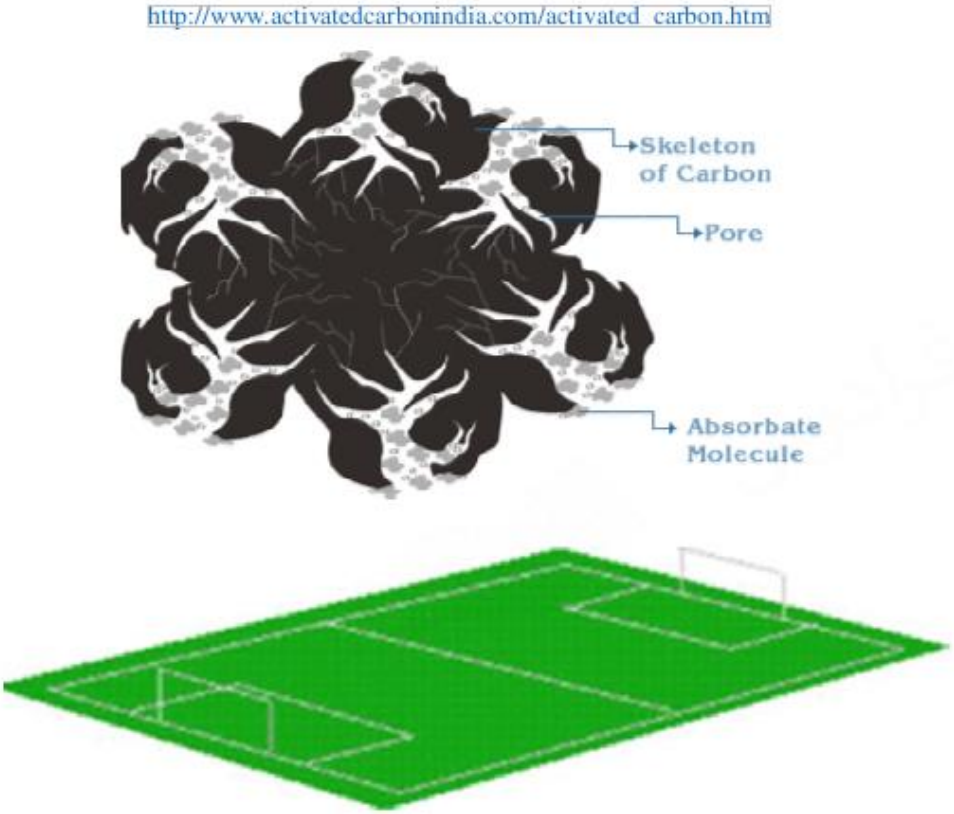
معرفی مواد جاذب

کربن فعال (Activated Carbon-AC)

- از جاذب‌های پرکاربرد
- سطح ویژه خیلی زیاد تا حدود ۱۲۰۰m^2/g

(سطح چند گرم از آن مساحتی به اندازه زمین فوتبال دارد)

- جاذب غیر قطبی (امکان ایجاد خاصیت قطبی)
- آمورف
- تمایل کمی به جذب آب
- قدرت بالا در جذب هیدروکربن‌ها



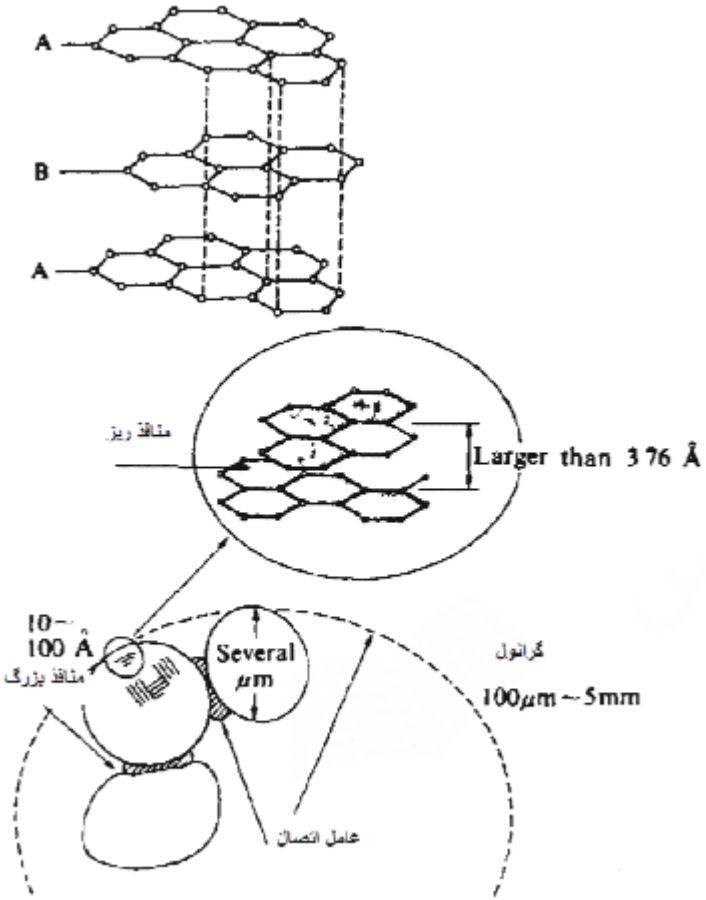
معرفی مواد جاذب

سنتز کربن فعال (Activated Carbon-AC)

- پیرولیز و کربن‌دار کردن موادی از قبیل چوب، زغال سنگ، هسته یا پوست بعضی میوه‌ها در دماهای بسیار بالا (حذف مواد فرار و با وزن مولکولی پایین)
- انجام فرایند اکتیواسیون توسط گازهای اکسیدکننده (بخار در دمای بالای ۸۰۰ درجه سانتی‌گراد یا دی‌اکسیدکربن در دماهای بالاتر) تشکیل منافذ ریز
- شامل ترکیبات اکسیژنی در سطح (موجود در مواد اولیه یا ایجاد شده در مرحله فعالسازی و بعد از آن توسط گرم کردن با هوای ۳۰۰ درجه یا مواد شیمیایی مانند نیتریک اسید و هیدروژن پراکسید)
- استفاده از کلرید زینک یا اسید فسفریک به عنوان کاتالیست (اکتیواسیون شیمیایی)

	ریز منافذ	منافذ مزو	منافذ بزرگ
قطر(nm)	<۲	۲-۵۰	>۵۰
حجم منافذ(cm^3/g)	۰.۱۵-۰.۵	۰.۰۲-۰.۱	۰.۲-۰.۵
سطح ویژه(m^2/g)	۱۰۰-۱۰۰۰	۱۰-۱۰۰	۰.۵-۲
دانسیته ذرات g/cm^3 0.6-0.9 و تخلخل 40-60%			

معرفی مواد جاذب



مشخصه‌های کربن فعال (Activated Carbon-AC)

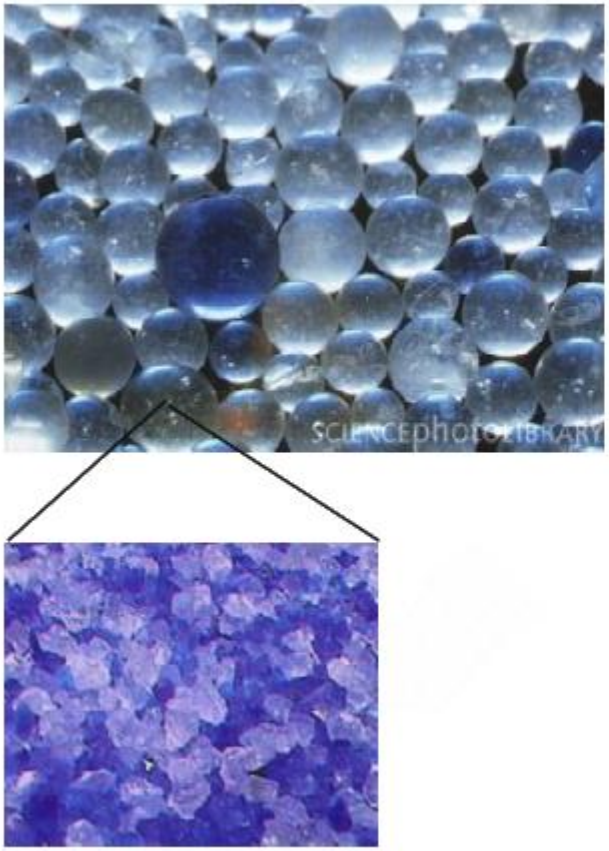
- منافذ ریز به شکل فضاهای دوبعدی بین دو صفحه گرافیت مانند
- مقادیر ۱۰تا ۱۲ درصد خاکستر
- نیاز به منافذ کوچکتر در جداسازی فاز گاز
- منافذ بزرگتر (بزرگتر از ۳ نانومتر) برای جداسازی مایعات
- اصلاح سطحی برای ایجاد قابلیت ترشوندگی در جداسازی مایعات

معرفی مواد جاذب

غربال‌های مولکولی کربنی (CMS)

- سنتز از مواد اولیه مانند پلی وینیلیدین دی کلراید و رزین‌های فنولی و مواد طبیعی مانند آنتراسیت و زغال‌های سخت
- توزیع باریک اندازه حفرات با قطرهای مؤثر ۰.۴-۰.۹ nm
- امکان اصلاح اندازه منافذ برای بهره‌گیری از مکانیسم سینتیکی
- سطح غیر قطبی (تولید نیتروژن خالص از هوا به وسیله فرایند PSA)

معرفی مواد جاذب



سیلیکاژل

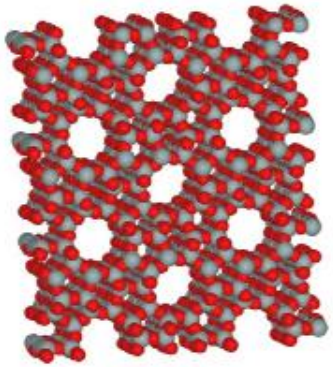
- فرم پلیمری و دی هیدراته اسید سیلیسیک کلوئیدی ($SiO_2.nH_2O$)
- آمورف (تجمعاتی از ذرات کروی با قطر ۲-۲۰ nm ، اندازه منافذ ۶-۲۵ nm)
- آب‌دوست (گروه‌های SiOH و SiOSi بر روی سطح، جذب الکل‌ها، فنول‌ها، آمین‌ها با تشکیل پیوند هیدروژنی)
- سطح ویژه m^2/g ۱۰۰-۸۵۰
- ظرفیت جذب بیشتر در دماهای پایینتر نسبت به زئولیت‌ها و آلومینا

معرفی مواد جاذب

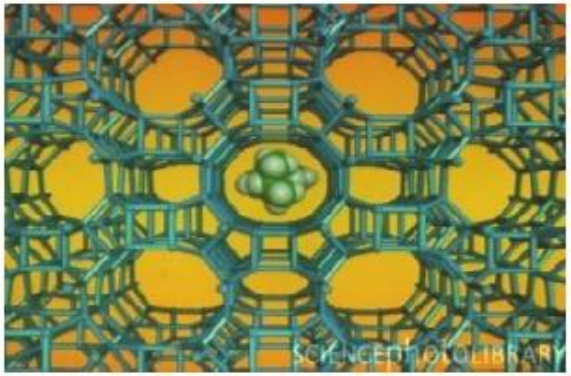
آلومینای فعال

- فرم متخلخل اکسید آلومینیوم با سطح ویژه بالا ($Al_2O_3.nH_2O$)
- قطبیت و ظرفیت جذب (آب) بیشتر نسبت به سیلیکاژل
- دارای طبیعت اسیدی - بازی (طبیعت آمفوتری آلومینیوم)
- سطح ویژه در حدود ۲۵۰-۳۵۰ m^2/g
- مناسب در جذب گازهای هلیم، هیدروژن، هیدروکربن‌های سبک(C_1-C_3)، کلر، کلرید هیدروژن، دی اکسید گوگرد،آمونیاک و فلوئوروآلکان‌ها

معرفی مواد جاذب



ZSM-5



Mordenite

زئولیت‌ها

- موادی با ساختار کریستالی (متشکل از تتراهدرون‌های SiO_4 یا AlO_4 که با اتم‌های اکسیژن بهم متصل‌اند)
- غربال مولکولی (تخلخل کاملا ساختاریافته)
- اندازه کانال‌ها وابسته به تعداد اتم‌های تشکیل‌دهنده دهانه‌ها
- آب‌دوست
- سطح ویژه $600\text{-}700 m^2/g$
- امکان تبادل (جایگزینی) کاتیون‌ها و ایجاد تغییر در منافذ (کاهش سایز با تبادل کاتیون‌های بزرگتر)

کاربرد معمول جاذب های تجاری

جاذب	کاربرد
سیلیکاژل	خشک‌کردن گازها و حلال‌های آلی، به عنوان ماده دسیکانت (رطوبت‌گیر)
آلومینای فعال	خشک کردن گازها و حلال‌های آلی، حذف HCL از هیدروژن، حذف فلوئورین و ترکیبات برم - فلوئورین از فرایند آلکیلاسیون
جاذب‌های کربنی	حذف نیتروژن از هوا، حذف هیدروژن از گاز سنتز و فرایندهای هیدروژناسیون، حذف اتن از متان و هیدروژن، حذف مونومر وینیل کلراید از هوا، حذف ترکیبات بودار از هوا، بازیابی بخارات حلال‌ها، حذف ساکس و ناکس، خالص‌سازی هلیم، پاکسازی گازهای خروجی فرایندهای هسته‌ای،رنگ‌زدایی از شربت‌ها، شکرها و ملاس چغندر، پاک‌سازی آب شامل حذف فنول‌ها، ترکیبات هالوژنه، کلر، آفت کش‌ها و کاپرولاکتام به ویژه کربن اکتیو گرانوله در تصفیه فاضلاب و پساب بسیار کاربرد دارد.
انواع خاک رس	تصفیه روغن‌های خوراکی، حذف رنگدانه‌های آلی، پالایش روغن‌های معدنی،حذف بی فنیل‌های پلی - کلرینه

کاربرد معمول جاذب های تجاری

جاذب	کاربرد
زئولیت‌ها	جداسازی اکسیژن از هوا، خشک کردن گازها، حذف آب از آزئوتروپ‌ها، شیرین‌سازی گازها و مایعات اسیدی (ترش)، خالص سازی هیدروژن، جداسازی آمونیاک و هیدورژن، بازیابی دی‌اکسیدکربن، جداسازی اکسیژن از آرگون، حذف استیلن، پروپان و بوتان از هوا، جداسازی زایلین‌ها و اتیل بنزن، جداسازی پارافین‌های نرمال از پارافین‌های شاخه‌ای، جداسازی اولفین‌ها و آروماتیک‌ها از پارافین‌ها، بازیابی مونواکسیدکربن از متان و هیدروژن، پاکسازی گازهای خروجی فرایندهای هسته‌ای، جداسازی کروزول‌ها، خشک کردن مواد سردساز و حلال‌های آلی، خالص‌سازی سیلان‌ها، کنترل آلاینده‌ها شامل حذف جیوه، ساکس و ناکس از گازها، بازیابی فروکتوز از شربت ذرت
پلیمرها	پاکسازی آب شامل حذف فنول، کلروفنول‌ها، کتون‌ها، الکل‌ها، آروماتیک‌ها، حشره‌کش‌ها و آفت‌کش‌ها، موادشوینده و رنگ‌ها، بازیابی و خالص‌سازی آمینو اسیدها و پلی پپتیدها، جداسازی اسیدهای چرب از آب و تولوئن، جداسازی ترکیبات آروماتیک از آلیفاتیک، جداسازی هیدروکینون از مونومرها، بازیابی پروتئین‌ها و آنزیم‌ها، حذف رنگ‌ها از شربت‌ها، حذف مواد آلی از هیدروژن پراکسید

مزایا و محدودیت های جاذب های تجاری

جاذب	مشخصه ها ومزایا	محدودیتها
کربن فعال (به شکل پودری(PAC)، گرانولی(GAC) و ...)	مؤثرترین جاذب مورد استفاده در صنعت (زغال فعال قدیمی‌ترین جاذب در تصفیه پساب)، سینتیک سریع، بازدهی بالا، ظرفیت جذب بالا، قابلیت ترکیب با سایر فرایندهای مانند فیلتراسیون، تبادل یونی و بیولوژیکی نوع پودری در تست‌های ناپیوسته (زمان ماند و هزینه کمتر) و نوع گرانولی در فرایندهای پیوسته، ظرفیت جذب بسیاری از مواد از قبیل ارسنیک (V، رنگ‌ها، فنول‌ها، مواد دارویی، COD، BOD و TOC)	فرایند غیر انتخابگر، هزینه بالای احیا (احیای گرانولی آسان‌تر است)، غیر مؤثر در حذف ارسنیک (III) و رنگ‌های دیسپرس، وابستگی عملکرد به نوع کربن، نیاز به عامل کمپلکس‌ساز برای بهبود حذف، مشکل در حضور مواد آب‌دوست
آلومینای فعال (بوکسیت)	ماده نسبتاض شناخته شده و در دسترس، سطح تماس بسیار بالا و توزیع بسیار خوب ریزمنافذ و منافذ بزرگ، فیلتر خوب برای حذف فلوئور، سلنیم و آرسنیک و همچنین حذف مس، روی و فسفات‌ها، عدم تأثیر ناخالصی‌ها بر عملکرد	هزینه، وابستگی عملکرد به pH، نیاز به پیش‌فراوری، پس از 4 تا 5 بار استفاده در حذف ارسنیک باید تعویض شود، امکان آلودگی باکتریایی، نیاز به استفاده از اسید یا باز قوی برای احیا
زئولیت‌ها	به آسانی در دسترس (بیش از 40 نوع طبیعی و 100 نوع سنتزی)، بسیار متخلخل با تخلخل‌های ساختار یافته، ظرفیت جذب و قابلیت احیای خوب، برای حذف فنول‌ها، کلروفنول‌ها و رنگ‌ها، خاصیت تبادل یونی	عبوردهی پایین، مکانیسم جذب پیچیده، نیاز به اصلاح شیمیایی، نامناسب برای رنگ‌های واکنش دهنده