

جلسه ۱۳:

## لخته سازی (۱)

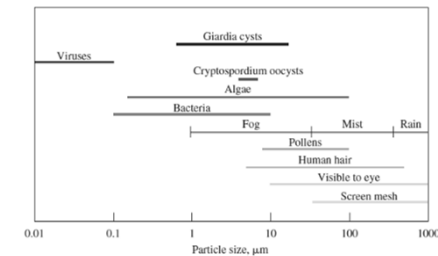
درس: مهندسی تصفیه آب و فاضلاب

دکتر علی رضا بازارگان

[info@environ.ir](mailto:info@environ.ir)

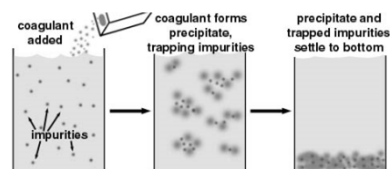
## مواد معلق

آب ورودی کارخانه ممکن است ذرات معلق و کولوئیدی داشته باشد. اندازه ذرات معلق حدودا مابین 0.1UM و 100UM بوده و کولوئیدها مابین مواد محلول و 0.1UM هستند (حدودی).



## لخته سازی

- ذرات معلق در آب معمولا بار سطحی منفی دارند و بار سطحی ذرات از پیوستن آن ها به یکدیگر و ته نشینی جلوگیری میکند
- لخته ساز خوب، چگالی بار زیادی دارد، سمی نیست، کمپلکس تشکیل می دهد، و پس از ایجاد لخته نامحلول است

Dr. Alireza Bazargan [info@environ.ir](mailto:info@environ.ir)

## تعاریف

**Coagulation:** the addition of chemicals to condition (destabilize) small particles for subsequent flocculation.

**Flocculation:** the process of aggregation of the destabilized particles into flocs and their precipitation and/or suspension.

Dr. Alireza Bazargan [info@environ.ir](mailto:info@environ.ir)

## لخته سازهای (توسط مواد معدنی)

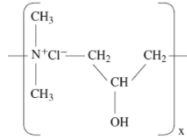
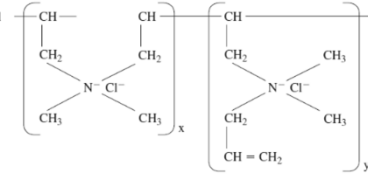
### Frequently used inorganic coagulants

Coagulant	Chemical formula	Molecular weight, g/mole	Remarks
Aluminum sulfate	$Al_2(SO_4)_3 \cdot 14H_2O$	594	Hg contamination may be of concern
Sodium aluminate	$Na_2Al_2O_4$	164	Provides alkalinity and pH control
Aluminum chloride	$AlCl_3$	133.5	Used in blends with polymers
Polyaluminum chloride	$Al_n(OH)_x(Cl)_y(SO_4)_z$	Variable	"PACl" used when Hg contamination is a concern
Polyaluminum sulfate	$Al_n(OH)_x(Cl)_y(SO_4)_z$	Variable	"PAS" used when Hg contamination is a concern
Polyiron chloride	$Fe_n(OH)_x(Cl)_y(SO_4)_z$	Variable	
Ferric chloride	$FeCl_3$	162.5	
Ferric sulfate	$Fe_2(SO_4)_3$	400	

Dr. Alireza Bazargan [info@environ.ir](mailto:info@environ.ir)

## لخته سازهای (توسط مواد آلی)

### Frequently used cationic organic coagulants

Coagulant	Chemical formula
Epichlorohydrin dimethylamine (epi-DMA)	
Polydiallyl dimethyl ammonium chloride (poly-DADMAC)	

Dr. Alireza Bazargan [info@environ.ir](mailto:info@environ.ir)

## Coagulation & Flocculation



Dr. Alireza Bazargan [info@environ.ir](mailto:info@environ.ir)

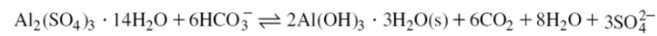
## مکانیزم ها

- فشردگی Double Layer را افزایش می دهد و لذا اجازه می دهد ذرات به حدی نزدیک شوند که نیروی جاذبه وندروالس بر دافعه غلبه کند
- جذب و خنثی کردن بار سطحی کولوئیدها
- جذب و ایجاد پُل میان کولوئیدها (مخصوصا پلیمرها)
- ایجاد شبکه ای که کولوئیدها را در خود محصور کرده و رسوب میکند

Dr. Alireza Bazargan [info@environ.ir](mailto:info@environ.ir)

## آلوم (سولفات آلومینیوم)

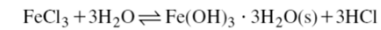
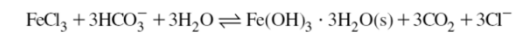
- می تواند به صورت خشک یا مایع خریداری شود
- خشک گران تر است، ولی خلوص مایع کمتر از ۵۰٪ است (خلوص بالاتر کریستال ناخواسته تشکیل می دهد)
- وقتی آلوم به آب اضافه می شود، به کمپلکس های بزرگ تبدیل می شود که کولوئیدها را در بر می گیرد
- اگر قلیابیت کافی در آب نباشد، آب اسیدی خواهد شد



Dr. Alireza Bazargan [info@environ.ir](mailto:info@environ.ir)

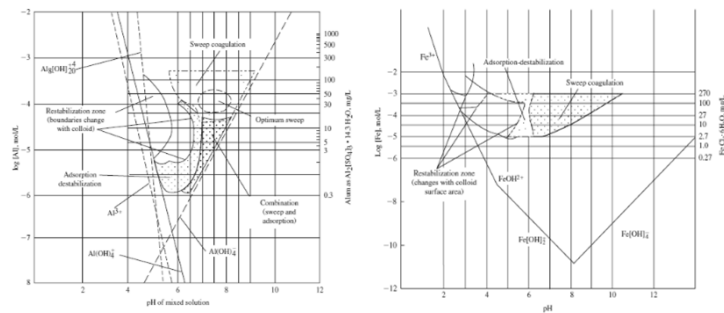
## آهن

- هم سولفات و هم کلرید آن استفاده می شود (خشک و مایع)
- مانند آلوم، کمپلکس های حجیم با مولکول های آب تشکیل می دهد که ذرات کولوئیدی را حذف می کند
- اگر قلیابیت کافی در آب موجود نباشد، اسید هیدروکلوریک تولید کرده، که pH را کاهش می دهد



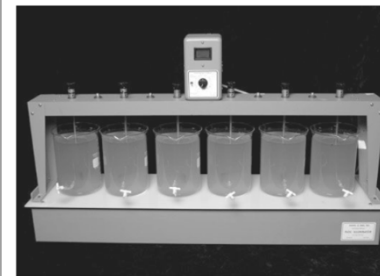
Dr. Alireza Bazargan [info@environ.ir](mailto:info@environ.ir)

## دو فاکتور مهم Dose and pH



Dr. Alireza Bazargan [info@environ.ir](mailto:info@environ.ir)

## Jar Test



- چون واکنش ها بسیار پیچیده اند، بهترین راه این است که میزان ماده مورد نیاز را از طریق آزمایش به دست آوریم
- این آزمایش می تواند با تغییر کیفیت آب ورودی، دوباره انجام شده، و میزان ماده افزوده شده، تغییر یابد

Dr. Alireza Bazargan [info@environ.ir](mailto:info@environ.ir)

## مثال

شش ظرف توسط همزن موازی به صورت یکسان هم زده میشوند (gang stirrer). اول یک مقدار ثابت آلوم به هر یک از ظروف اضافه میشود و pH هر ظرف تغییر داده میشود. پس از یافتن pH مطلوب، آزمایش را تکرار کرده و در بار دوم، میزان آلوم اضافه شده به هر ظرف را تغییر میدهیم.

نتایج یک "چار تست" برای آب با کدورت 15 NTU و قلیابیت 50 mg/L as CaCO<sub>3</sub> مشخص گشته است (اسلاید بعد).  
✓ غلظت و pH بهینه را مشخص کنید. در حالت بهینه، قلیابیت چه مقدار کاهش مییابد؟

Dr. Alireza Bazargan [info@environ.ir](mailto:info@environ.ir)

## مثال (ادامه)

### Jar test I

	Jar numbers					
	1	2	3	4	5	6
pH	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5
Alum dose (mg/L)	10	10	10	10	10	10
Turbidity (NTU)	11	7	5.5	5.7	8	13

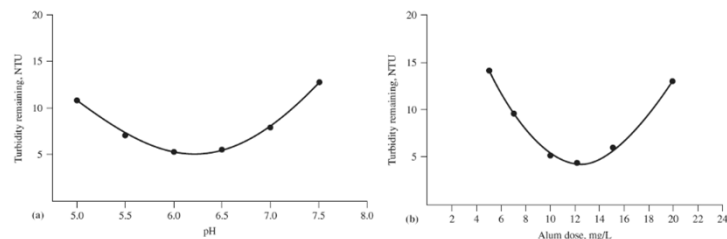
### Jar test II

	Jar numbers					
	1	2	3	4	5	6
pH	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
Alum dose (mg/L)	5	7	10	12	15	20
Turbidity (NTU)	14	9.5	5	4.5	6	13

Dr. Alireza Bazargan [info@environ.ir](mailto:info@environ.ir)

## پاسخ

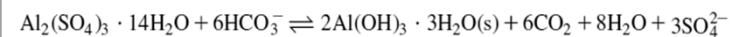
پس از رسم نمودن نتایج، مشخص می شود که pH بهینه حدود 6 و غلظت بهینه حدود 12.5 mg/L است



Dr. Alireza Bazargan [info@environ.ir](mailto:info@environ.ir)

## پاسخ (ادامه)

برای مشخص نمودن میزان کاهش قلیابیت، می بایست از واکنش آلوم با یون بی کربنات استفاده کنیم



پس شش مول بی کربنات توسط یک مول آلوم خنثی می شود.

وزن مولی آلوم 594 است، پس خواهیم داشت:

$$\frac{12.5 \times 10^{-3} \text{ g/L}}{594 \text{ g/mole}} = 2.1 \times 10^{-5} \text{ moles/L}$$

which will consume

$$6(2.1 \times 10^{-5} \text{ moles/L}) = 1.26 \times 10^{-4} \text{ moles/L HCO}_3^-$$

Dr. Alireza Bazargan [info@environ.ir](mailto:info@environ.ir)

## پاسخ (ادامه)

وزن مولی بی کربنات 61 g/mol است پس این مقدار مصرف میشود:

$$(1.26 \times 10^{-4} \text{ moles/L})(61 \text{ g/mole})(10^3 \text{ mg/g}) = 7.7 \text{ mg/L HCO}_3^-$$

حال میبایست این عدد به معادل  $\text{CaCO}_3$  تبدیل شود

$$\frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{ as } \text{CaCO}_3 = \left( \frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{ as } A \right) \left( \frac{\text{molar mass of } \text{CaCO}_3}{\text{molar mass of } A} \right) \left| \frac{\text{valency of } A}{\text{valency of } \text{Ca}} \right|$$

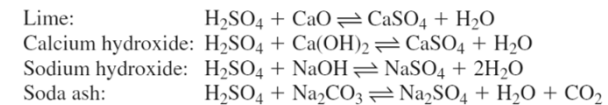
$$\left( 7.7 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{HCO}_3^- \right) \left( \frac{100}{61} \right) \left| \frac{-1}{2} \right| = 6.31 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{ as } \text{CaCO}_3$$

Dr. Alireza Bazargan [info@environ.ir](mailto:info@environ.ir)

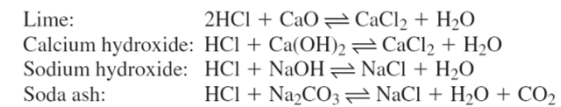
## تنظیم pH

اگر pH به زیر مقدار قابل قبول کاهش یابد، می بایست از بازها برای خنثی کردن اسیدها استفاده شود

### To neutralize sulfuric acid with



### To neutralize hydrochloric acid with



## مثال

- اگر 100mg/L آلوم به آبی که هیچ قلیابیت ندارد اضافه کنیم، میزان pH چه خواهد بود؟
- چه میزان NaOH برای بازگرداندن pH به 7 نیاز خواهد بود؟

Dr. Alireza Bazargan [info@environ.ir](mailto:info@environ.ir)

## پاسخ

اول محاسبه میکنیم که 100mg/L معادل چند mol/L است

$$\frac{100 \text{ mg/L of alum}}{\text{GMW of alum}} = \frac{100 \text{ mg/L}}{(594 \text{ g/mole})(10^3 \text{ mg/g})} = 1.68 \times 10^{-4} \text{ moles/L}$$

سپس، به دلیل نبودن قلیابیت، آلوم شروع به تجزیه خواهد کرد



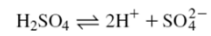
تعداد مول اسید سولفوریک:

$$3(1.68 \times 10^{-4} \text{ moles/L}) = 5.04 \times 10^{-4} \text{ moles/L}$$

Dr. Alireza Bazargan [info@environ.ir](mailto:info@environ.ir)

## پاسخ (ادامه)

هر مول اسید سولفوریک دو مول  $H^+$  تولید می کند پس:



$$2(5.04 \times 10^{-4} \text{ moles/L}) = 1.01 \times 10^{-3} \text{ moles/L}$$

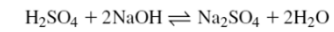
با توجه به تعریف pH

$$pH = -\log [H^+] = -\log [1.01 \times 10^{-3} \text{ moles/L}] = 3.00$$

با توجه به نمودار مشخص است که این pH خارج از محدوده تشکیل لخته است، پس حتما باید تعدیل شود

## پاسخ (ادامه)

با توجه به واکنش سود با اسید سولفوریک، دو برابر مول سود نیاز داریم:



$$2(5.04 \times 10^{-4} \text{ moles/L}) = 1.01 \times 10^{-3} \text{ moles/L}$$

محاسبه غلظت وزنی این مقدار سود:

$$(1.01 \times 10^{-3} \text{ moles/L})(40 \text{ g/mole})(10^3 \text{ mg/g}) = 40.4 \text{ mg/L}$$