



مهندسی آب و فاضلاب

www.abfaeng.ir

جلوتر از دیگران حرکت کنید

اطلاعات آموزشی

اطلاعات فنی و مهندسی

اخبار روز آب و فاضلاب

اخبار استخدامی کارفرمایان



[T.me/mohandesifazelab](https://t.me/mohandesifazelab)



[Instagram.com/abfaeng](https://www.instagram.com/abfaeng)

دستور العمل آزمایش جار



تهیه کننده: زهره اختیارزاده - دی ماه 1383

آزمایش جار¹ برای نشان دادن تاثیر مواد شیمیایی، در تصفیه خانه ها طراحی شده است. این آزمایش یک روش عمومی برای ارزیابی انعقاد²، لخته سازی³ و ته نشینی در تصفیه خانه می باشد. آزمایش جار در واقع یک مدل کوچک از واحدهای اختلاط سریع، انعقاد و ته نشینی در تصفیه خانه است که در این روش افزودن مواد شیمیایی خصوصاً موادی مثل آلوم، کلروفریک، پلیمرها که برای کاهش کدورت آب استفاده می شوند را می توان در مقیاس آزمایشگاهی ارزیابی نمود. با استفاده از آزمایش جار، راهبر می تواند میزان تزریق مواد منعقدکننده را هنگامی که مقادیر کدورت، رنگ و سایر پارامترهای شاخص کیفیت آب خام تغییر می کند، بصورت تقریبی تعیین و با توجه به نتایج بدست آمده از این آزمایش میزان تزریق مواد شیمیایی را در تصفیه خانه تنظیم نماید. البته معمولاً براساس تجارب، راهبران ممکن است چند درصدی بر مقدار تئوری بدست آمده اضافه کنند. همچنین این آزمایش ابزار مفیدی جهت بررسی منعقدکننده ها یا پلیمرهای جدید (و مقایسه آنها با همدیگر) و حتی تغییر در فرایند انعقاد و لخته سازی با استفاده از تغییر در سرعت اختلاط، تغییر در مکانیزم ته نشینی و ... می باشد.

عوامل موثر

برخی عوامل که ممکن است در تعیین نتایج بهینه آزمایش جار تداخل ایجاد کنند عبارتند از :

- 1- **تغییر دما (در طی آزمایش)** : جریانهای گرمایی در بشر که در اثر اختلاف دمای ظرف و آب داخل آن بوجود می آید ممکن است در ته نشینی ذرات مشکل ایجاد کند. این مسئله می تواند با کنترل دما حل شود. همچنین استفاده از ظروف پلاستیکی شفاف بجای ظروف شیشه ای می تواند تغییرات دمایی در هنگام آزمایش را کاهش دهد.
- 2- **آزاد شدن گاز (در طی آزمایش)** : تشکیل حباب که باعث همزدن مکانیکی، افزایش دما یا واکنش شیمیایی اتفاق می افتد موجب شناور شدن لخته هاست.
- 3- **فاصله زمانی بین نمونه برداری و آزمایش** : فعالیت بیولوژیکی یا عوامل دیگر ممکن است روی ویژگیهای انعقاد اثر بگذارد. بهمین دلیل فاصله زمانی بین نمونه برداری تا آزمایش باید حداقل شود و این فاصله نیز ثبت گردد.

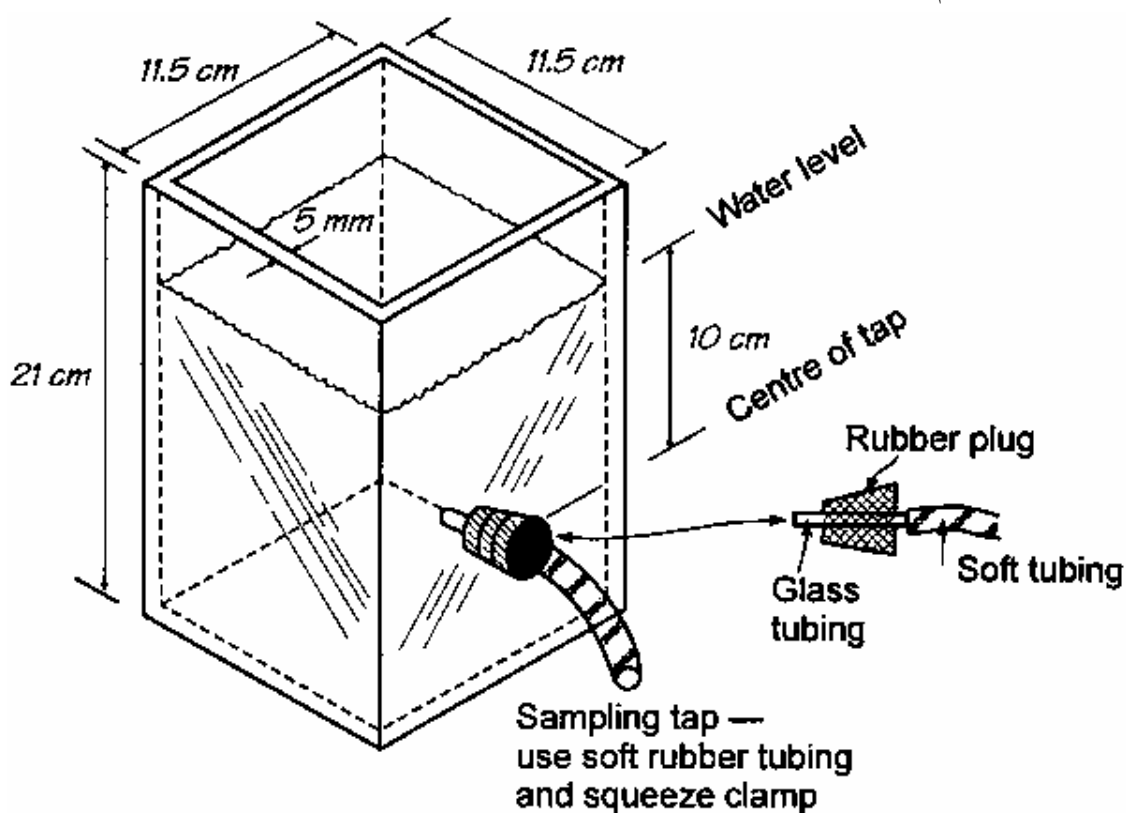
1-Jar test

2-Coagulation

3-Flocculation

وسایل مورد نیاز

- دستگاه جارتست 6 خانه با سرعت متغیر حدود 10 تا 250 rpm با پروانه های استاندارد
- 6 عدد بشر یا ظرف مکعب شکل مخصوص به حجم 1 یا 2 لیتر (شکل 1 ظرف استاندارد 2 لیتری جار را نشان می دهد)
- پیپت های 1، 5 و 10 میلی لیتری ، با دقت 0/1 میلی لیتر
- استوانه مدرج
- ترازوی آزمایشگاهی
- دستگاههای لازم برای تعیین رنگ ، کدورت ، pH و قلیائیت



شکل 1- ظرف جار دو لیتری استاندارد

مواد مورد نیاز

- منعقد کننده ها : عموماً شامل منعقد کننده هایی مثل کلرورفریک یا آلوم می باشد.
- کمک منعقد کننده ها : معمولاً شامل آهک و پلیمرهایی از نوع کاتیونی است.
- *موادی مثل خاک رس، بنتونیت، انواع کمک منعقد کننده ها باید در آزمایشگاه موجود باشد. برخی از مواد به شرح زیر می باشد:

منعقد کننده :

$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot \text{XH}_2\text{O}$	سولفات آهن III	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$	آلوم
$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	سولفات آهن II	$\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	کلرید آهن
NaAlO_2	آلومینات سدیم	$\text{MgCO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	کربنات منیزیم

کمک منعقد کننده :

سیلیس فعال	پلی الکترولیت آنیونی
پلی الکترولیت کاتیونی	پلیمر خنثی

قلیایها :

$\text{Ca}(\text{OH})_2$	آهک هیدراته	CaCO_3	کربنات کلسیم
NaOH	هیدروکسید سدیم	Na_2CO_3	کربنات سدیم

سایر مواد :

بنتونیت
کائولین

پلیمرهای مورد استفاده در انعقاد عموماً از نوع کاتیونی هستند. مقادیر کم این مواد (کمتر از 1 mg/l) می تواند مقدار تزریق منعقد کننده اصلی را کاهش دهد، یا حتی بعنوان منعقد کننده بکار می رود. پلیمرها به شکل پودر یا مایع هستند. نوع پودری با غلظت 0/1% تهیه می شود. همیشه پودر پلیمر به آب اضافه می شود و پلیمر درشانه⁴ جریان گردابی⁵ که در اثر همزدن بوجود می آید اضافه می گردد. اگر جریان گردابی تشکیل نشده باشد، پودر خشک به شکل یک جرم چسبنده روی سطح آب جمع می شود و حل کردن آن بسیار مشکل می گردد. زمان حل کردن پلیمر از چند دقیقه تا چند ساعت متغیر است. برای مرطوب کردن، حل کردن و ذخیره پلیمر از روش کار پیشنهادی سازنده استفاده گیرد. تهیه محلول از اشکال مایع راحت تر می باشد.

4-Shoulder

5-Vortex

طرز تهیه محلولها: مقدار مواد شیمیایی برای تهیه محلولهای غلیظ در صورت استفاده از بشر یک لیتری در جدول 1 آمده است:

جدول 1

مقدار تقریبی مورد نیاز	غلظت محلول غلیظ	غلظت بدست آمده با افزودن 1 ml از محلول غلیظ	حجم اضافه شده براساس مقدار تقریبی مورد نیاز
1-10 mg/l	1 g/l	1000 mg/l (0/1 %)	1-10 ml
10-50 mg/l	10g/l	10000 mg/l (1 %)	1-5 ml
50-500 mg/l	100 g/l	100000 mg/l (10%)	0/5-5 ml

۷ برای بشرهای دو لیتری محلولها با غلظت دو برابر تهیه می شود.

روش تزریق مواد: با افزودن یک میلی لیتر از محلول یک دهم درصد به یک لیتر از نمونه آب محلول 1 mg/l از منعقد کننده حاصل می شود. اگر مقدار بالاتری از منعقد کننده مورد نیاز باشد، برای بشر یک لیتری محلول یک درصد از منعقد کننده و برای بشر دو لیتری محلول 2% از منعقد کننده باید تهیه شود. در چنین شرایطی با افزودن یک میلی لیتر منعقد کننده به نمونه، 10 mg/l منعقد کننده حاصل می شود.

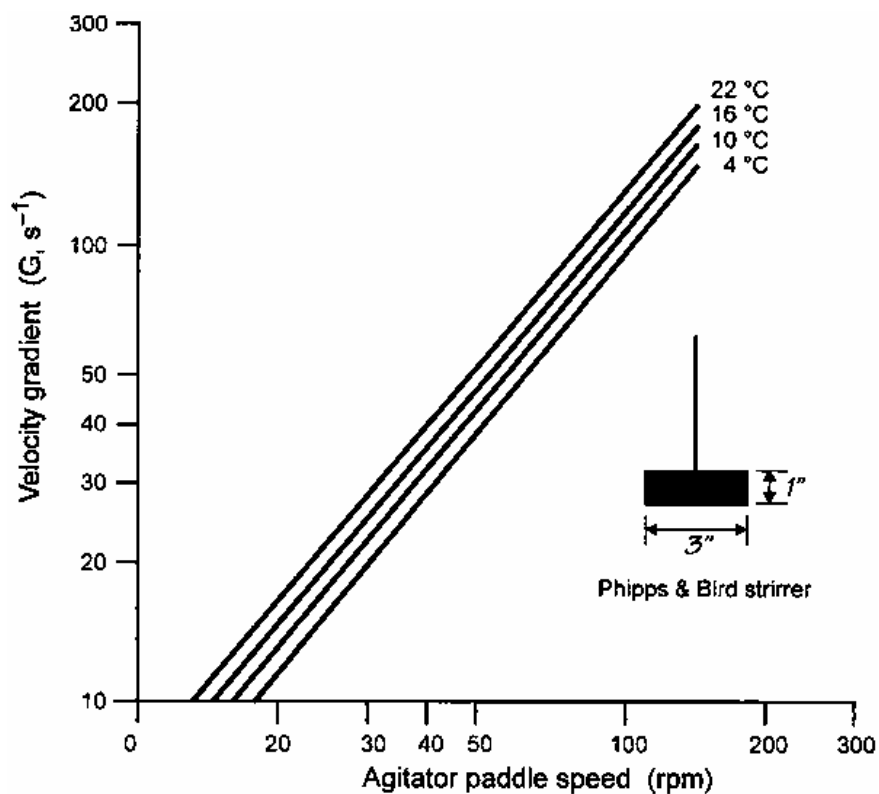
روش کار

در آزمایش جار تلاش می شود، کلیه شرایط فرایند انعقاد، ته نشینی که در تصفیه خانه اجرا می شود به صورت آزمایشگاهی شبیه سازی گردد، بهمین جهت روش استاندارد برای آزمایش وجود ندارد و در هر تصفیه خانه بسته به نوع سیستم تصفیه باید روش، بهینه شود. برخی از این موارد عبارتند از:

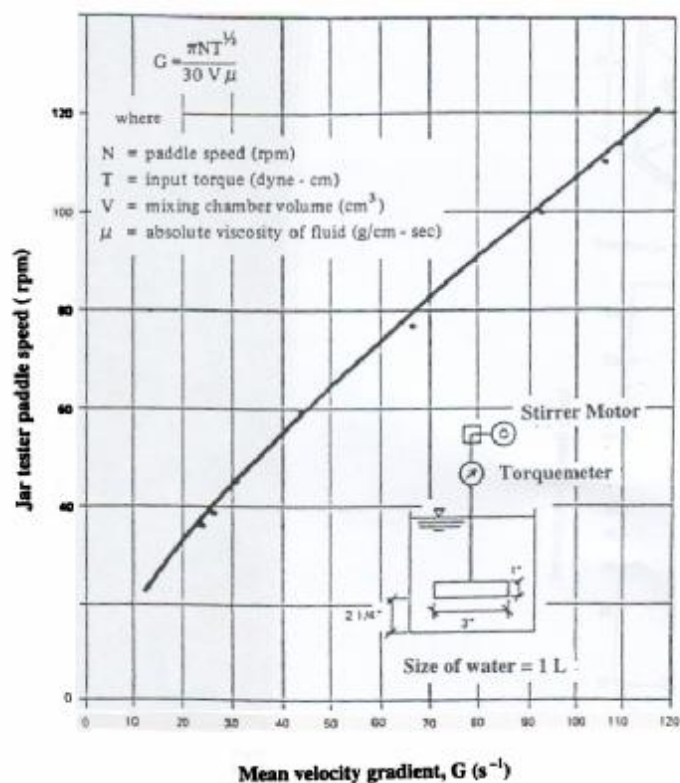
- ظروف مکعب شکل در مواردی که حوضچه های انعقاد و لخته سازی مکعب شکل هستند و یا در حوضچه های استوانه ای با فلپهای جهت ایجاد تلاطم تعبیه شده به کار می رود.
- زمان اختلاط سریع و سرعت همزن به مقدار G در تصفیه خانه بستگی داشته و بر اساس G بدست آمده، سرعت همزن از نمودار 2 تعیین می شود.

*نمودار 1 ارتباط بین مقدار G و سرعت همزن دستگاه جار را نشان می دهد.

**نمودار 2 روش محاسبه و کالیبره کردن مقدار G را نشان می دهد.



نمودار 1- رابطه و سرعت همزن استاندارد در دماهای مختلف



نمودار 2- روش محاسبه و کالیبره کردن مقدار G

روش کار به شرح زیر می باشد:

- 1- 1 یا 2 لیتر آب خام را در هر بشر بریزید (حجم انتخابی به اندازه ظرف بستگی دارد)
- 2- همزدن را با سرعت 80 تا 120rpm* شروع کنید. (این سرعت با توجه به مقدار G حوض اختلاط تعیین می شود)
- 3- با پیست مقادیر متفاوت و صعودی از محلول منعقدکننده (آلوم یا کلروفریک) با توجه به کیفیت آب خام را به سرعت به هر بشر اضافه کنید. (برای تعیین حجم مورد نیاز ماده شیمیایی به بخش مواد مورد نیاز مراجعه کنید)
- 4- پس از یک تا دو دقیقه همزدن سریع، سرعت را به 20 rpm تغییر داده و 20 دقیقه همزدن را ادامه دهید.
- 5- مشاهدات خود را در خصوص اندازه و ویژگیهای لخته ها در طی اختلاط یادداشت کنید.
- 6- همزدن را متوقف کنید و در طی 30 دقیقه ته نشینی وضعیت لخته ها را هر 10 دقیقه یکبار ثبت کنید.
- 7- برای تعیین ویژگیهای آب ته نشین شده⁶، دما، کدورت و pH آن را اندازه بگیرید.
- 8- بسته به نوع ماده شیمیایی استفاده شده باقیمانده آن باید در آب اندازه گیری شود. کلیه مشاهدات را در برگه آزمایش پیوست ثبت کنید.
- 9- برای بررسی قابلیت فیلتر شدن، پس از ته نشینی 70 ml از آب را از کاغذ صافی شماره یک (با تخلخل حدود 10 μm) بگذرانید. این تخلخل براساس بستر فیلتر شنی عادی با تخلخل 10 تا 15 μm انتخاب شده است. 20ml اول آب فیلتر شده که حاوی گرد و غبار یا ذرات ریز کاغذ صافی می باشد را دور ریخته و زمان مورد نیاز برای فیلتراسیون 50 ml از نمونه را ثبت کرده و کدورت آب فیلتر شده را اندازه بگیرید.
- 10- برای ایجاد ارتباط بهتر نتایج آزمایش جار با اجرای انعقاد و لخته سازی در تصفیه خانه بهتر است آزمایشهای زیرروی نمونه آب انجام شود:

1- قلیائیت (قبل و بعد از آزمایش جار)

2- pH (قبل و بعد از آزمایش جار)

* در مواردی که از پلیمر استفاده میشود ممکن است سرعت همزدن به 200 دور در دقیقه هم برسد.

3- کدورت آب خام

4- کدورت آب پس از ته نشینی (قبل وبعد از صاف کردن)

بعد از تعیین مقدار تزریق منعقد کننده با آزمایش جار، آزمایش را با ثابت نگه داشتن مقدار بهینه منعقد کننده و تغییر pH تکرار کنید. (برای تغییر pH معمولاً از محلول آهک استفاده می شود).

مثال برای آزمایش جار (جهت انتخاب منعقد کننده مناسب)

مقدار تزریق منعقد کننده اصلی در دو مرحله تعیین می شود. اول محدوده وسیعی از تزریق با افزودن 2/5، 5، 10، 20، 40 و 80 میلی گرم در لیتر از منعقد کننده انجام می شود. در مرحله دوم پس از انتخاب بهترین تزریق از مرحله اول در محدوده مقدار مورد نظر، تزریق ها انجام می شود. مثلاً اگر در 20 mg/l نتایج خوبی حاصل شد، بررسی در محدوده تزریق 12/5، 15، 17/5، 20، 22/5، 25 و 27/5 میلی گرم در لیتر تکرار می شود.

پیدا کردن مقدار بهینه پلیمر کاتیونی :

حداکثر مقدار پلیمر کاتیونی که می تواند تزریق شود 5 mg/l است. مقدار تزریق پیشنهادی 0/25، 0/5، 1/2 و 4 mg/l می باشد که می بایست با منعقد کننده اصلی به شکل زیر با هم تزریق شود.

منعقد کننده :	6	12	20	6	12	20	و
کمک منعقد کننده :	0/25	0/25	0/25	0/5	0/5	0/5	و

و بهمین ترتیب مقادیر دیگر نیز بررسی و بهترین ترکیب تزریق مشخص می گردد.

پیدا کردن بهترین انرژی و زمان اختلاط

به این منظور برحسب مقادیر مختلف انرژی اختلاط یعنی 15، 30، 45 و 60 s^{-1} دوره های مختلف را از نمودار سرعت همزن برحسب G بدست آورده و در زمانهای 10، 20، 30 و 40 دقیقه، با توجه به تزریق بهینه منعقد کننده که قبلاً بدست آمده و با هدف رسیدن به $G \times t_{(\text{sec})} = 5 \times 10^4$ تنظیم و اجرا نمایید.

توجه: برای برداشتن آب به دو روش می توان عمل کرد:

1- با پیپت مقدار مناسبی از آب را از نقطه ای در وسط عمق بشر بردارید. در صورت استفاده از ظروف مخصوص پس از باز کردن شیر و خروج کمی از آب، نمونه را برداشت کنید.

2- بدقت حدود 50 ml از آب هر بشر را دکانته* کنید. از ریختن کفاب یا ذرات ته نشین شده به هنگام دکانته کردن خودداری کنید.

* دکانته کردن: ریختن آب بالایی بشر که فاقد مواد ته نشین شده است.

تاریخ:

ساعت:

راهبر:

اطلاعات آب خام

توالی اختلاط

منبع

دما: °C

-1

کدورت: NTU

-2

قلیائیت: mg/l

سختی: mg/l

-3

دور در دقیقه

زمان

جار						مواد شیمیایی	
6	5	4	3	2	1	مایع	منعقد کننده
						خشک	
							1.
							2.
							3.
							4.
							5.
						بعد از اختلاط آنی	ویژگیهای لخته
						بعد از اختلاط سریع	
						بعد از 5 دقیقه اختلاط کند	
						بعد از 10 دقیقه اختلاط کند	
						بعد از 15 دقیقه اختلاط کند	
						5 دقیقه	لخته شده ته نشین
						10 دقیقه	
						20 دقیقه	
						30 دقیقه	
						کدورت	ته نشین شده کیفیت آب
						PH	
						رنگ	
						قابلیت فیلتر شدن	

توضیح:

برگه داده آزمایش جار

		تاریخ		ویژگیهای آب خام					اختلاط سریع		اختلاط سریع		
				دما °C	کدورت NTU	pH	قلیائیت کل mg/lCaCO ₃	مرحله 1	مرحله 2				
		آزمایش کننده											
		موضوع										دقیقه	
												دور بردقیقه	
آب صاف شده		آب ته نشین شده					خصوصیات لخته *		اولین لخته	مواد شیمیایی مصرفی			شماره جار
کدورت	رنگ	دما °C	قلیائیت کل mg/lCaCO ₃	کدورت TU	pH	رنگ	اندازه ، ماهیت و ...	سرعت ته نشینی	مشاهده شده				
													1
													2
													3
													4
													5
													6
نتایج :													

*توجه: عوامل مهم در ارزیابی نتایج جار که می بایست در پر کردن برگه داده ها لحاظ شود عبارتند از:

- 1-سرعت تشکیل لخته
- 2-نوع ذرات لخته
- 3-اندازه لخته ها
- 4-مقدار لخته های تشکیل شده
- 5-سرعت ته نشینی لخته ها
- 6-شفافیت آب بالای لخته های ته نشین شده

References

- 1-Susumu Kawamura ,”Integrated design and operation of water treatment facilities ”,John Wiley & Sons, 2000
- 2-Standard Practice for Coagulation- Flocculation Jar Test of water, American Standard of Test & Method, 2001
- 3- USEPA ,”Water Treatment and Operation”,1996
- 4- USEPA ,”Handbook Optimizing Water Treatment Plant Performance Using the Composite Correction Program”, 1998