

یک روش سریع جهت ارزشیابی مناسب بودن زغال فعال برای تصفیه فاضلاب ها\*

دکتر محمد شریعت پناهی  
استادیار دانشکده داروسازی - دانشگاه تهران

### چکیده

امروزه زغال فعال را برای تصفیه فاضلاب های شهری و صنعتی مورد استفاده قرار می دهند. مناسب بودن زغال فعال برای تصفیه فاضلاب های صنعتی را می توان سریعاً از خصوصیات فاضلاب مورد نظر پیشبینی نمود. از نتایج این مقاله می توان، به عنوان اولین گام برای تشخیص و اظهار نظر در مورد مناسب بودن زغال فعال جهت تصفیه فاضلاب ها یا پساب های خروجی تصفیه خانه ها که ترکیبات آلی حاوی گروه های اصلی کربوکسیل<sup>۱</sup>، هیدروکسیل<sup>۲</sup>، و آمین<sup>۳</sup> دارند و در رابطه با خاصیت عطری، اندازه مولکول، و P<sup>H</sup> استفاده نمود.

قابلیت جذب<sup>۴</sup> نسبی گروه های عطری<sup>۵</sup> بدون بار الکتریکی جانشین شونده، به زغال فعال به ترتیب: اسیدها < آنیلین < فنل\*\*\*، و برای ترکیبات خطی بدون بار الکتریکی به ترتیب اسیدها < آلکل ها < آمین ها بود. چون وزن مولکولی این گروه از ترکیبات خطی و عطری تفاوت چندانی با هم ندارند، می توان قابلیت جذب نسبی آن ها را در حالت بدون بار الکتریکی بدین ترتیب نوشت: اسیدهای عطری < الکل ها و اسیدهای خطی < آنیلین < آمین های خطی < فنل. درجه جذب، به حلالیت مواد آلی و ضریب یونیزاسیون اسید بستگی داشته است. قابلیت جذب، با کاهش حلالیت و در شرایطی که ترکیب آلی بدون بار الکتریکی بود افزایش یافت. ازدیاد طول زنجیر کربنی، حلالیت ترکیب آلی را کاهش داده و از تاثیر گروه اصلی در

---

\* این بررسی در آزمایشگاه گروه علوم بهداشت محیط دانشکده بهداشت دانشگاه تولن در ایالت لوئیزیانای امریکا انجام شده است.

1- Carboxyl Functional Group

2- Hydroxyl Functional Group

3- Amine Functional Group

4- Adsorbability

5- Aromatic Groups

6- Aliphatic

\*\*\* قابلیت جذب نسبی اسیدها به زغال فعال بیشتر از آنیلین، و آنیلین بیشتر از فنل بود.

جذب کاسته است. اهمیت تاثیر تعداد گروه های اصلی مولکول، در حلالیت ترکیبات آلی و همچنین ازدیاد قابلیت جذب آن ها به وسیله زغال فعال، توسط بررسی پلیمر اسیدی (اسید پلی متیل آکریلیک) و پلیمر آمینی (پلی اتیلن ایمین) نشان داده شده است.

مواد آلی حاوی گروه های کربوکسیل، در صورت نبودن بار الکتریکی (معمولا در محلول های اسیدی) بهتر جذب زغال فعال شده اند. جذب مواد آلی بررسی شده به وسیله زغال فعال در محیط های اسیدی و قلیائی به ترتیب ارجحیت زیر صورت گرفته است: اسید بنزوئیک  $(H^+)$  < اسید والریک  $(H^+)$  < اسید پلی متیل آکریلیک  $(H^+)$  < اسید پروپیونیک  $(H^+)$  < اسید والریک  $(OH^-)$  < اسید بنزوئیک  $(OH^-)$  < اسید پروپیونیک  $(OH^-)$  < اسید پلی متیل آکریلیک  $(OH^-)$ .

جذب مواد آلی حاوی گروه های هیدروکسیل جانشین شونده، در PH های مختلف (باستثناء پنتانول) اندکی تغییر کرده است. قابلیت جذب زغال فعال برای این دسته ترکیبات به ترتیب زیر بوده است: پنتانول  $(H^+)$  < فنل  $(H^+ و OH^-)$  < پنتانول  $(OH^-)$  < پروپانول  $(H^+ و OH^-)$ .

مواد آلی دارای گروه های آمین جانشین شونده بدون بار الکتریکی، اگر PH محلول بالاتر از  $Pka$  ی آن مواد بوده، (معمولا در محلول قلیائی) بهتر جذب زغال فعال شده اند. قابلیت جذب این ترکیبات در محیط های قلیائی و اسیدی به ترتیب زیر بوده است: آنیلین  $(OH^-)$  < پلی اتیلن ایمین  $(OH^-)$  < پنتیل آمین  $(OH^-)$  < نونیل آمین  $(H^+)$  < هپتیل آمین  $(H^+)$  < پیریدین  $(OH^-)$  < آنیلین  $(H^+)$  < پلی اتیلن ایمین  $(H^+)$  < پیریدین  $(H^+)$ .

بر اساس نتایج حاصل از این تجربه، مطالعه چهار خصوصیت فاضلاب به منظور پیشبینی مناسب بودن زغال فعال برای تصفیه فاضلاب، توصیه می گردد. این خصوصیات عبارتند از: اندازه گیری کربن آلی کل، اسیدیته، ازت آلی، و مواد عطری. کاربرد این خصوصیات آلی فاضلاب می تواند کمک به پیشبینی مناسب بودن زغال فعال برای تصفیه فاضلاب نموده و به بسیاری از سئوالات در مورد طرح تصفیه خانه پاسخ دهد.

### ۱- پیشگفتار

در سال ۱۸۶۳، لیبسکومب برای اولین بار کربن فعال را برای تصفیه فاضلاب مورد توجه و استفاده قرار داد (۱). در سال ۱۹۲۹، فلپز و پیتز<sup>۲</sup> مشاهده کردند که جذب اسیدهای چرب سبک و آمین های خفی ساده به PH محلول و تفکیک یونی اسیدها و بازها بستگی دارد و نتیجه گرفتند که: الف - جذب، فقط با مولکول های تفکیک نشده انجام می گیرد.

ب - در هر PH، جذب اسید و باز به تناسب غلظت اسید یا باز آزاد افزایش می یابد.

پ - جذب گازها مشابه یکدیگراند (۲).  
دراوائل سال ۱۹۴۵، چلدلین و ویلیامز<sup>۳</sup> بدو نتیجه مهم دست یافتند:

الف - جذب سی و سه آمینو اسید و جذب ویتامین ها و اجسام و ترکیبات وابسته آنها به وسیله کربن فعال، با جذب ایزوترم های فروبندیش<sup>۴</sup> تطبیق می کرده است.

ب- وجود و موقعیت گروه های قطبی و عدم وجود هسته عطری عوامل مهمی در جذب ترکیبات آلی به وسیله زغال فعال می باشند (۳). گیوستی، کانوی و لاسان<sup>۵</sup> جذب ۹۳ ترکیب نفتی را به وسیله زغال فعال مطالعه کرده اند. نتایج این مطالعات نشان داده اند که افزایش جذب با ازدیاد وزن مولکولی، کاهش پولاریته مولکول، حلالیت و درجه انشعابی هیدروکربور متناسب می باشد. زغال فعال دارای حداکثر ظرفیت جذب ترکیبات عطری (به علت حلالیت کم و اتصال به سطوح عطری) می باشد. گروه های اصلی مولکول، به علت تاثیر بر حلالیت و پولاریته مولکول، بر جذب ترکیبات آلی اثر می گذارند. جذب کربن های زنجیره ای مستقیم ترکیبات نفتی به وسیله زغال فعال به ترتیب زیر صورت می گیرد:

اسیدهای آلی تفکیک نشده < آلدهیدها < استرها < ستون ها < الکل ها < گلیکول ها \* . بعلاوه، ازدیاد اسیدیته کل سطح زغال فعال، جذب ترکیبات آلی را کاهش داده و مواد آلی

1- Lipscombe

2- Phelps and Peters

3- Cheldelin and Williams

4- Freundlich Adsorption Isotherms

5- Giusti Canway and Lawson

\* جذب الکل هایی که بیش از چهار کربن دارند، از استرها بیشتر است.

زغال فعال نشان می دهد .

## ۲- روش کسار

– محلول ذخیره ۶ هزار میلی گرم در لیتر ترکیبات مورد بررسی تهیه، و غلظت اولیه آن ها دقیقاً " به وسیله ماشین TOC اندازه گیری شد و مولاریته آن ها تعیین گردید .  
PKa ی هر یک از ترکیبات آزمایشی از منابع مورد استفاده استخراج و PKa ی آن ها محاسبه گردید ( جدول ۱ ) .  
PH محلول های ذخیره با دستگاه PH سنج اندازه گیری و با PH محاسبه شده در PKa ی نرمال مقایسه شد PH محاسبه شده به PH اندازه گیری شده در آزمایشگاه، بسیار نزدیک بود ( با حداکثر اختلاف ۰/۵ ) . برای کاهش PH محلول های ذخیره از اسید کلریدریک، و برای افزایش آن ها از هیدروکسید سدیم استاندارد استفاده گردید ( جدول ۲ ) .  
– در یک رشته ارلن میر ۲۵۰ میلی لیتری بترتیب مقادیر ۵، ۲۵، ۳۵، ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۷۰، ۸۰، ۹۰، ۱۰۰، ۱۱۰، ۱۲۰، ۱۳۰، ۱۴۰، ۱۵۰، ۱۶۰، ۱۷۰، ۱۸۰، ۱۹۰ و ۲۰۰ میلی گرم زغال فعال از نوع وست ویکونوچر<sup>۲</sup> اضافه گردید .

– مقدار ۱۰۰ میلی لیتر از محلول ذخیره ترکیب مورد نظر به هر ارلن میر اضافه شد .  
– ارلن میرها در دستگاه تکان دهنده گذاشته و مدت ۴۸ ساعت بخوبی تکان داده شدند .  
– بعد از ۴۸ ساعت محلول ارلن میرها سانتریفوز شده و زغال فعال آنها جدا گردید .

– کربن آلی کل محلول صاف شده با دستگاه TOC اندازه گیری گردید .

– ظرفیت جذب زغال فعال به وسیله فرمول فرویندلش محاسبه گردید ( ۸، ۹، ۱۰ ) .

$$\frac{X}{M} = K_c 1/n$$

X = وزن ماده مجذوب بر حسب گرم

M = وزن زغال فعال بر حسب گرم

C = وزن ماده آلی در محلول صاف شده بر حسب گرم

K, n =

ضرایب ثابت

ترکیبی ظرفیت جذب زغال فعال را افزایش می دهند ( ۴ ) .  
مطالعات فوق نشان می دهند که در جذب ترکیبات آلی فاضلاب توسط زغال فعال، عوامل چندی اثر می گذارند که عبارتند از: ساختمان مولکولی، حلالیت و درجه یونیزاسیون مواد آلی . عوامل مختلفی که بر روی ساختمان مولکولی تاثیر می گذارند عبارتند از: خاصیت عطری مواد آلی ( معمولاً ترکیبات عطری بهتر از ترکیبات زنجیری جذب زغال فعال می شوند )، درجه انشعاب در مولکول آلی ( ازدیاد انشعابات در مولکول آلی جذب را افزایش می دهد ) و اشهر گروه های جانشین شونده بر روی حلقه های عطری ( مواضع اورتو، پارا و متا و همچنین نوع گروه آلکیل از قبیل نیترو، هیدروکسیل و غیره به طور موثری جذب را تغییر می دهند ) .  
به طور کلی از دیداد حلالیت مواد آلی در آب باعث کاهش جذب آن ها می شود . درجه یونیزاسیون مواد آلی هم در جذب آن ها به زغال فعال، دارای اثر مهمی می باشد .  
با کاهش PH، به طور کلی، اسیدهای آلی کمتر یونیزه شده و بهتر جذب زغال فعال می گردند و در مورد بازهای آلی عکس حالت فوق صدق می کند ( ۵، ۶، ۷ ) .

هدف اصلی و اساسی از این مطالعه، عبارتست از تشخیص قابلیت جذب نسبی مواد آلی فاضلاب، به وسیله زغال فعال با مرتبط ساختن خواص فاضلاب به خصوصیات فیزیکی – شیمیائی ترکیبات آلی . ترکیبات آلی مورد استفاده در این مطالعه عبارتند از:

الف- اسیدهای آلی ( اسید پروپونیک و اسیدان- والریک ) .

ب- الکل ها ( الکل پروپانول و پنتانول ) .

پ- آمین ها ( پروپیل آمین، پنتیل آمین، هگزیل آمین و نونیل آمین ) .

ت- عطری ها ( فنل و اسید بنزوئیک ) .

ث- ترکیبات نیتروژنی حلقوی غیر اشباع ( آنیلین و پیریدین ) .

ج- پلیمرهای اسیدی ( اسید پلی میتل آکریلیک ) .

چ- پلیمر بازیک ( پلی اتیلن ) .

نتایج به دست آمده تاثیر عوامل گوناگون نظیر یونیزاسیون گروه های اصلی مختلف، خاصیت عطری و اندازه مولکول ترکیبات آلی را ( طول زنجیر کربنی ) بر ظرفیت جذب

جدول ۱-  $Pka, Ka$  و همچنین حلالیت و مولاریته ترکیبات بررسی شده

مولاریته محلول ذخیسه (غلظت ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر)	حلالیت (گرم درصدگرم آب)	حلالیت $Pka$	$Ka$	ترکیب
۰/۰۱۳۵	-	۴/۸۷	$1/3 \times 10^{-5}$	اسید ان - پروپیونیک
۰/۰۰۹۸	۳/۳	۴/۸	$1/6 \times 10^{-5}$	اسید ان - والریک
۰/۰۰۸۲	۰/۳	۴/۱۷	$6/8 \times 10^{-5}$	اسید بنزویک
			$\begin{array}{c} \text{CH}_2=\text{C} - \text{C} \begin{array}{l} \text{=O} \\ \text{OH} \end{array} \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	اسید پلی متیل اکریلیک
۰/۰۱۶۶	-	۱۸	$10^{-18}$	ان - پروپانول
۰/۰۱۱۴	۲/۵	۱۸	$10^{-18}$	ان - پنتانول
۰/۰۱۰۶	۹/۳	۹/۹	$1/3 \times 10^{-10}$	فنل
۰/۰۱۱۵	-	۱۰/۷۸	$1/7 \times 10^{-11}$	پنتیل آمین
۰/۰۰۸۷	خیلی کم محلول	۱۰/۶۶	$2/2 \times 10^{-11}$	هپتیل آمین
۰/۰۰۷۰	-	۱۰/۶۴	$2/3 \times 10^{-11}$	نونیل آمین
۰/۰۱۰۷	۳/۴	۴	$10^{-4}$	آنیلین
۰/۰۱۲۶	-	۵/۲۳	$5/9 \times 10^{-5}$	پیریدین
	-	۸	$\text{CH}_2 = \text{NH}$	پلی اتیلن ایمین

جدول ۲- مشخصات دستگاههای تهیه شده جهت ارزیابی ایزوترمها

غلظت برحسب میلی گرم در لیتر	TOC برحسب میلی گرم در لیتر	PH تنظیم شده	ترکیب
۹۰۶	۴۴۰	۱/۵	اسید ان - پروپیونیک
۸۸۲	۴۳۵	۵/۰	
۸۸۸	۵۲۲	۱/۵	اسید ان - والریک
۸۸۸	۵۲۲	۵/۵	
۹۶۴	۶۶۳	۱/۰	اسید بنزوئیک
۹۵۸	۶۵۹	۵/۰	
۷۵۲	۵۰۸	۱/۷	اسید پلی متیل آکریلیک
۷۹۲	۵۳۵	۶/۰	
۹۰۱	۵۴۰	۳/۰	ان - پروپانول
۹۸۳	۵۸۹	۱۰/۰	
۱۰۰۰۸	۶۸۷	۳/۰	ان - پنتانول
۱۱۵۴	۷۸۷	۱۰/۰	
۱۲۱۷	۹۳۲	۳/۰	فنل
۱۲۲۰	۹۳۴	۹/۰	
۹۹۳	۶۸۵	۹/۰	ان - پنتیل آمین
۹۰۳	۶۲۳	۱۲/۵	
۱۰۴۰	۷۶۰	۸/۶	ان - هپتیل آمین
۳۰۸	۲۲۵	۱۲/۶	
۱۰۴۰	۱۰۵۰	۸/۶	ان - نونیل آمین
۲۴۰	۱۸۰	۱۲/۶	
۹۰۶	۷۰۱	۵/۰	آنیلین
۹۰۶	۷۰۱	۱۰/۰	
۹۲۱	۶۹۹	۵/۵	پیریدین
۹۲۸	۷۰۴	۱۰/۰	
۸۵۴	۴۷۷	۷/۰	پلی اتیلن امین
۸۳۴	۴۶۶	۱۲/۰	

گردید. برای تفسیر و مقایسه ظرفیت جذب زغال فعال از جدول ۳ استفاده گردید (۹).

آزمایش های فوق برای هر یک از ترکیبات بررسی شده دوبار انجام گرفت، میانگین نتایج حاصل بر روی کاغذ لگاریتمی رسم شده و ثابت های  $K, n$  هر منحنی محاسبه

جدول ۳- رابطه میان جذب زغال فعال و ثابت های  $n$  و  $K$  ایزوترم فرویندلش

ظرفیت جذب زغال فعال	n	K
از دیاد پیچیدگی زیاد فاضلاب	کم	کم
جذب زیاد در غلظت های بررسی شده	زیاد	زیاد
جذب کم در غلظت های بررسی شده	زیاد	کم
جذب زیاد و قتیکه غلظت ماده زیاد بوده و جذب کم هنگامی که غلظت جسم کم می باشد.	کم	-

گرفت. بدین ترتیب یک رشته آزمایشهای جذب ایزوترم هم در وضعیت بدون بار الکتریکی و هم در حالت دارا بودن بار الکتریکی انجام گرفت. از پلیمرهای اسیدی و بازی هم استفاده گردید تا اهمیت PH را بر جذب نشان دهد. ترکیبات بررسی شده و حلالیت آن ها در آب ۲۰ درجه سانتیگراد در جدول ۱ نشان داده شده است.

#### ۴- نتایج و بحث

۴-۱- مقایسه اثر گروه های اصلی مختلف بر جذب برای جذب نسبی ترکیبات عطری که گروه های اصلی آن ها دارای بار و بدون بار الکتریکی بودند نتایج زیر بدست آمدند:

$K (X 10^{-4})$	n	
۷۰۱/۵	۵/۱۲۸	اسیدبنزواتیک ( $H^+$ )
۵۰/۹	۱/۷۷۹	فنل ( $OH^-$ )
۳۷۷	۳/۳۰۲	آنیلین ( $OH^-$ )

همانطوری که مشاهده می شود، مقادیر زیاد  $K$  و  $n$  معرف ظرفیت جذب خوب زغال فعال است. بنابراین ظرفیت جذب نسبی ترکیبات فوق بترتیب زیر می باشد: اسیدهای عطری آنیلین فنل. از مقایسه ترکیبات خطی حاوی ۵ کربن نتیجه زیر حاصل گردید:

#### ۳- انتخاب ترکیبات آلی جهت بررسی

برای نشان دادن اثر عوامل مختلف بر جذب مواد به وسیله زغال فعال نکات زیر مورد توجه قرار گرفت:

#### ۳-۱- تاثیر گروه های اصلی مولکول بر قابلیت جذب

از این دسته ترکیبات، گروه های کربوکسیل که در حالت یونی دارای خاصیت اسیدی بودند، هیدروکسیل که کمی یونیزه شده و می توانست به عنوان اسید یا باز درواکنش عمل نماید و آمین بازهای قوی در محلول آبی انتخاب گردیدند. از آنجا که هیدروکربورهای زنجیری طولیتر به علت نامحلول بودن مانع تشخیص و تعیین اثر گروه های اصلی بر جذب می شوند، هیدروکربورهای زنجیری خطی ۳ و ۵ کربنی، که حاوی گروه های فوق می باشند، مورد بررسی قرار گرفتند.

#### ۳-۲- تاثیر اندازه مولکول ها

برای تعیین این تاثیر، حلقه های عطری که حاوی گروه های اصلی اسیدی، هیدروکسیل و آمین می باشند مورد استفاده واقع گردیدند. تجربه نشان داده است که مولکول عطری جذب را افزایش می دهد.

#### ۳-۳- تاثیر PH

جذب هر یک از ترکیبات فوق، در دو PH بالا و پایین تر از PH محاسبه شده به کمک  $Pka$  ی ترکیب مربوطه، انجام

بدون بار الکتریکی، بر اتصال از نوع  $\pi$  حلقه عطری نشان می‌دهد. جذب ترکیبات پلیمریک، همچنین به طور موثری تحت تاثیر PH قرار می‌گیرند. جذب زغال فعال، (K)، برای ترکیبات پلیمریک بدون بار الکتریکی تقریباً هزار مرتبه افزایش یافت. همچنین مقادیر زیاد n که معرف جذب خوب ترکیبات پلیمریک بدون بار الکتریکی در غلظت های بررسی شده است، مشاهده گردید. این موضوع اهمیت تعداد گروه های کربوکسیل را نسبت به مقدار کل کربن های آلی ثابت می‌نماید. بنابراین یک ترکیب آلی با وزن مولکولی زیاد و تعداد زیاد گروه های کربوکسیل می‌تواند به مقدار کمی جذب زغال فعال گردد.

#### ۳-۴- گروه اصلی هیدروکسیل

همانطور که انتظار می‌رود و در جدول ۴ و شکل ۲ نشان داده شده است، پروپانول خیلی محلول بسیار کم جذب زغال فعال گردید. ظرفیت جذب زغال فعال برای پروپانول با تغییر PH از ۳ به ۱۰ (کاهش حلالیت پروپانول) تقریباً ۲۰ مرتبه افزایش یافت که اهمیت اثر PH را بر جذب ثابت می‌نماید. مقادیر کم n معرف جذب خوب پروپانول در غلظت بررسی شده است. فقط تغییر مختصری در جذب فنل مشاهده گردید. مقادیر کم K و زیاد n (ظرفیت جذب کم در غلظت های بررسی شده) برای ترکیبات عطری اندازه گیری گردید که ممکن است قسمتی بعلت بزرگی مولکول عطری نسبت به اندازه گروه کربوکسیل که باعث کاهش اثر گروه اصلی در جذب می‌شود باشد. از مطالعات گذشته این نتیجه حاصل شده که گروه هیدروکسیل ترکیباتی که کمی یونیزه می‌شود معمولاً "بخوبی جذب زغال فعال نمی‌گردد".

#### ۴-۴- گروه اصلی امین

نتایج جذب این دسته ترکیبات، در جدول ۴ و شکل ۳ نشان داده شده است. زغال فعال در محیط قلیائی (نسبت به PH محاسبه شده به کمک PKa ی ترکیب مربوطه) دارای ظرفیت جذب بیشتری برای آنیلین بود. آنیلین در وضعیت یونی، بسیار کم جذب زغال فعال گردید. همین پدیده، در مورد پیریدین هم صدق میکند با این تفاوت که ظرفیت جذب زغال فعال (K) و مقدار جذب در غلظت های

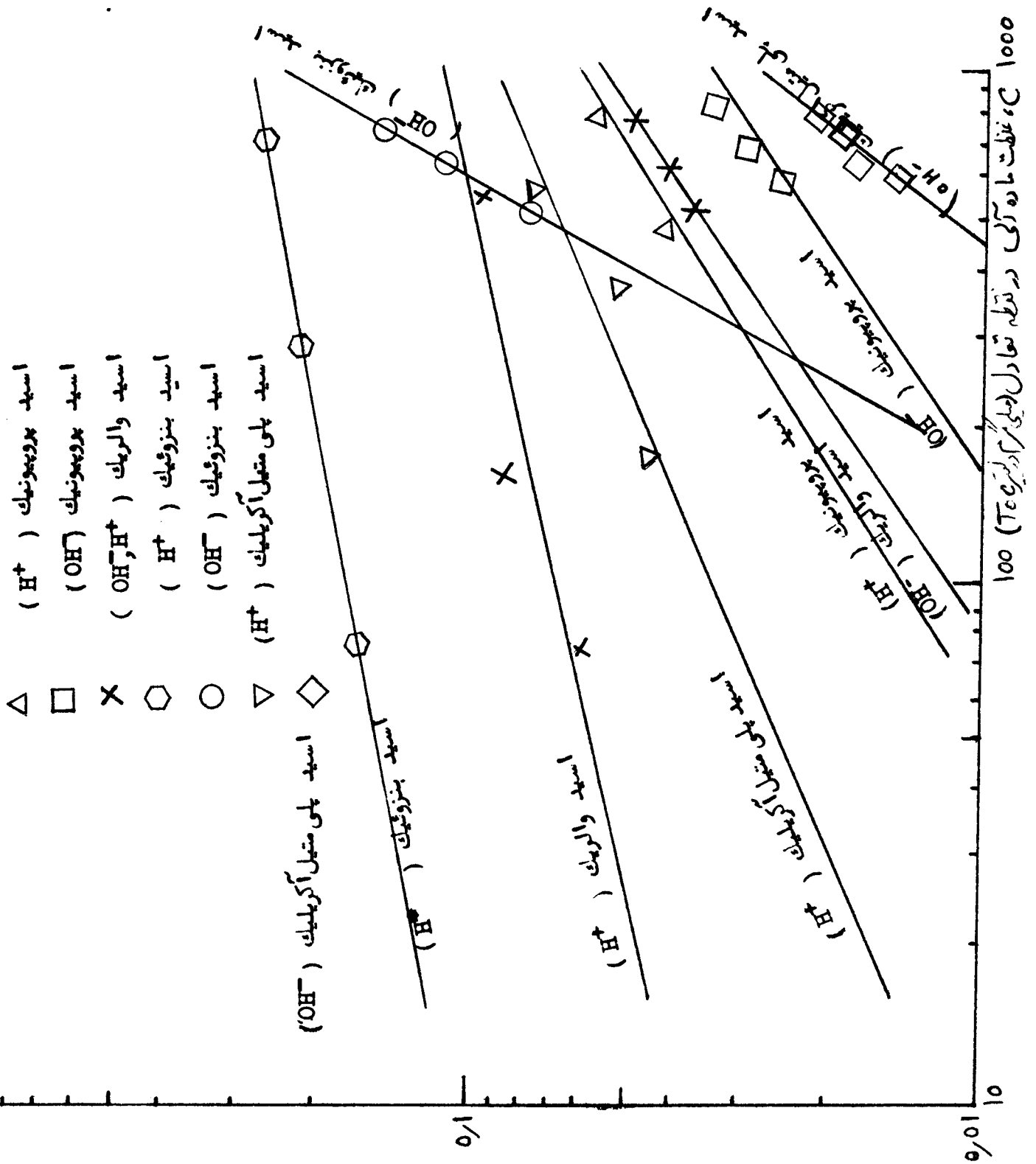
$K(X 10^{-4})$	n	
۲۴۳	۴/۵۴۵	(H <sup>+</sup> ) اسید والریک
۲۶۱	۴/۴۴۴	(H <sup>+</sup> ) پنتانول
۸۵	۲/۸	(OH <sup>-</sup> ) پنتیل آمین

نتایج فوق نشان می‌دهد که ظرفیت جذب نسبی ترکیبات فوق چنین است: اسیدها = الکل ها < آمین ها. نتایج حاصل نشان می‌دهد که جذب ترکیبات آلی خطی و عطری که دارای وزن مولکولی تقریباً مساوی اند متفاوت می‌باشد. به طور کلی، مطالعات گذشته نشان می‌دهد که زغال فعال، ترکیبات عطری را بهتر جذب می‌نماید. اما نتایج حاصل از این مطالعه نشان می‌دهد که جذب ترکیبات آلی خطی و عطری به گروه اصلی ترکیبات خطی یا گروه جانشین شونده ترکیبات عطری بستگی دارد. در شرایطی که گروه های اصلی ترکیبات خطی و عطری مشابه اند، جذب ترکیبات عطری همیشه بهتر از جذب ترکیبات خطی نیست. جذب ترکیبات آلی بدون بار الکتریکی در زیر نشان داده می‌شود:

اسیدهای عطری < الکل ها و اسیدهای خطی < آنیلین < خطی ها < آمین ها < فنل .

#### ۲-۴- گروه اصلی کربوکسیل

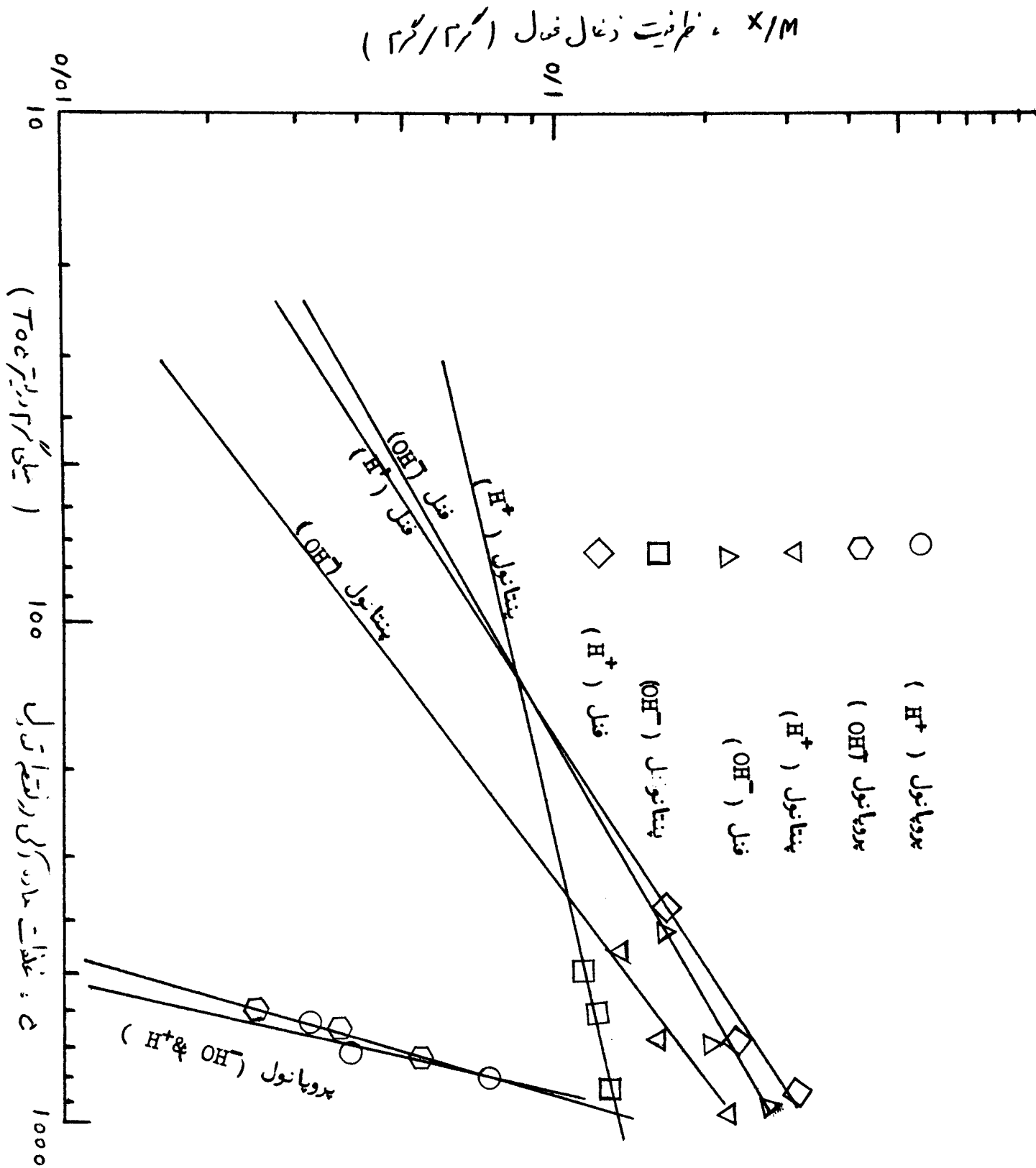
شکل ۱ جذب اسیدهای پروپیونیک، والریمک، بنزوئیک و پلی متیل آکرلیک را به وسیله زغال فعال نشان می‌دهد. n و K محاسبه شده از شکل فوق، برای هر یک از ترکیبات، در جدول ۴ نشان داده شده است. مقدار n و K ی هر ترکیب حاکی از دیاد جذب در غلظت های بررسی شده است. قابلیت جذب ترکیبات فوق با کاهش PH (یونیزاسیون کم) افزایش یافته و ترکیبات با قابلیت انحلال کم، دارای اثر زیادی بر جذب بودند. اسید پروپیونیک که دارای حداکثر حلالیت در این گروه می‌باشد، کمترین تغییرات جذب را در PH های بررسی شده نشان داد. اسید بنزوئیک به علت بزرگی مولکول و اتصالی از نوع  $\pi$  به سطح زغال فعال، حداکثر قابلیت جذب را نسبت به سایر ترکیبات بررسی شده دارا بود. برعکس، اسید بنزوئیک یونیزه، کمترین قابلیت جذب را داشت که معرف اهمیت اثر PH بر جذب است و اثر گروه کربوکسیل با بار الکتریکی را، در مقایسه با گروه کربوکسیل



( لبر / لبر ) :  $\frac{C}{Fe}$  نسبت وزنی

شکل ۱ - جذب ایزوترم های فروپند لیش ترکیبات کربوکسیل





شکل ۲- جذب ایزوترم های فرویندلیش ترکیبات هیدروکسیل

بررسی شده (n) دارای اختلاف بیشتری بودند. نتیجه مشابهی، برای ترکیبات پلیمریک و پلیمرهای کربوکسیسل مشاهده گردید و حتی اثر فوق در مورد پلیمرهای آمین دار خیلی بیشتر نمایان بود. این نتیجه نشان میدهد، که نه تنها وزن ملکولی در جذب اهمیت دارد، بلکه تعداد گروه‌های اصلی آمین در ملکول آلی هم عامل مهم در جذب می‌باشد. نتایج حاصل از این مطالعه نشان می‌دهد، که از خصوصیات فاضلاب جهت پیشبینی مناسب بودن زغال فعال برای تصفیه فاضلاب، می‌توان استفاده کرد. براساس این تجربه، مطالعه چهار خصوصیت فاضلاب، برای نیل به منظور فوق، توصیه می‌گردد. این خصوصیات عبارتند از:

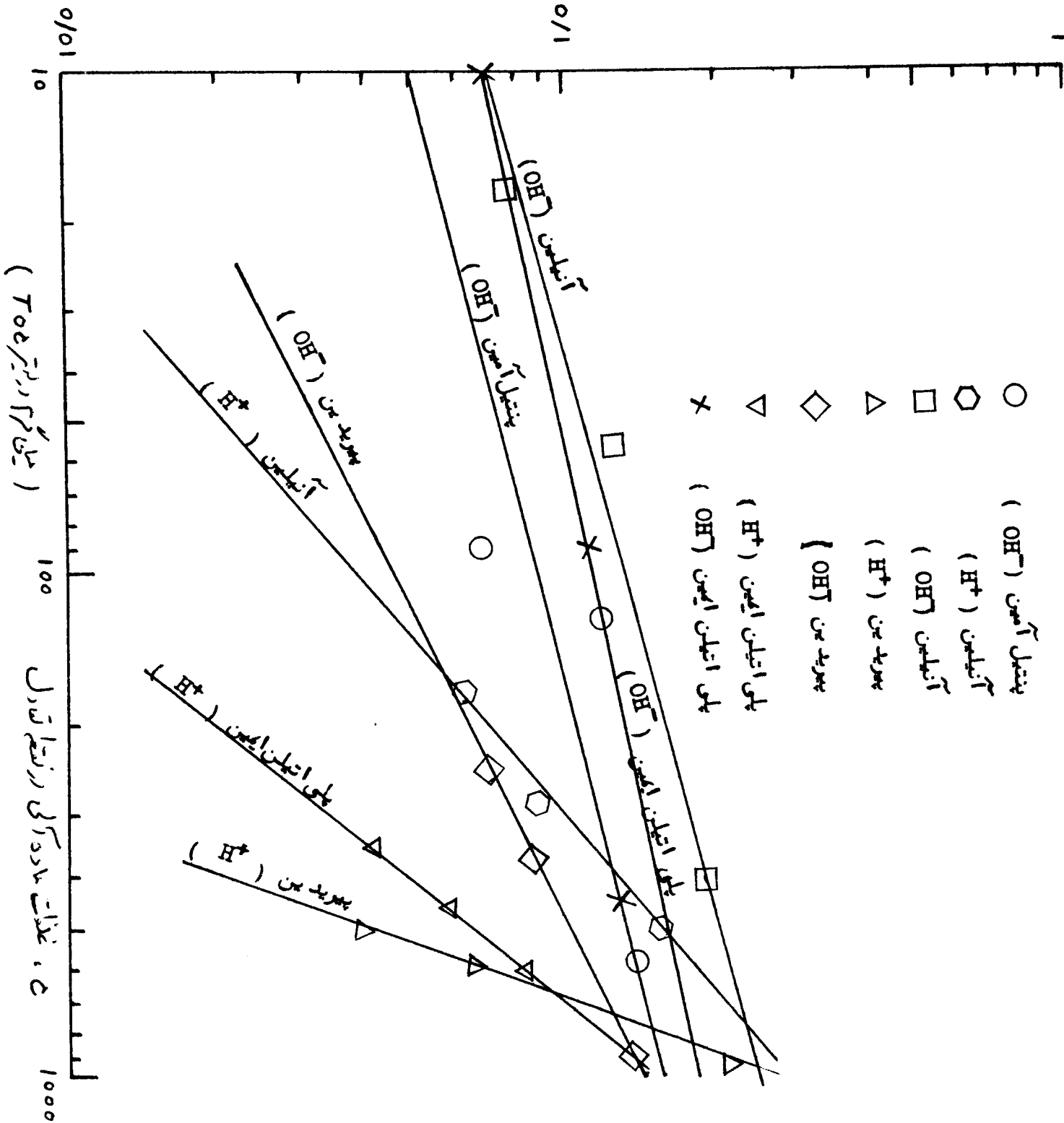
۱- اندازه گیری کربن آلی کل، که مقدار مواد آلی فاضلاب را معین می‌کند.

۲- تعیین اسیدیته، که مقدار گروه‌های کربوکسیسل فاضلاب را که بر قابلیت جذب زغال فعال تاثیر می‌نمایند، معین می‌کند.

۳- اندازه گیری ازت آلی، که مقدار گروه آمین را که بر قابلیت جذب مواد آلی به زغال فعال اثر می‌گذارد، معین می‌کند.

۴- اندازه گیری ترکیبات عطری، که دارای قابلیت جذب نسبتاً زیادی به زغال فعال می‌باشند. کاربرد این خصوصیات آلی فاضلاب، می‌تواند کمک به پیشبینی مناسب بودن زغال فعال برای تصفیه فاضلاب نموده، و به بسیاری از سئوالات در مورد طرح تصفیه‌خانه پاسخ دهد.

$x/m$  ، ظرفیت زغال فعال (گرم/گرم)



شکل ۳- جذب ایزوترم های فرویندلیش ترکیبات آمین

جدول ۴- ایزوترم های فروپندایش برای ترکیبات آلی حاوی گروه کربوکسیل ، هیدروکسیل یا آمین

ترکیبات آلی حاوی گروه آمین			ترکیبات آلی حاوی گروه هیدروکسیل			ترکیبات آلی حاوی گروه کربوکسیل		
n	$K$ ( $\times 10^{-4}$ )	ترکیب	n	$K$ ( $\times 10^{-4}$ )	ترکیب	n	$K$ ( $\times 10^{-4}$ )	ترکیب
۲/۸	۸۵	پنتیل آمین (OH <sup>-</sup> )	۰/۲۸۳	۳/۵ × ۱۰ <sup>-۸</sup>	پروپانول (H <sup>+</sup> )	۱/۵۶۳	۷/۵	اسید پروپوئینیک (H <sup>+</sup> )
۱/۱۸۸	۷/۷	آنیلین (H <sup>+</sup> )	۰/۲۹۹	۱/۲ × ۱۰ <sup>-۷</sup>	پروپانول (OH <sup>-</sup> )	۱/۴۷۷	۲/۹	اسید پروپوئینیک (OH <sup>-</sup> )
۳/۳۰۲	۳۷۷	آنیلین (OH <sup>-</sup> )	۴/۴۴۴	۲۶۱	پنتانول (H <sup>+</sup> )	۴/۵۴۵	۲۴۳	اسید والریک (H <sup>+</sup> )
۰/۳۷۹	۲/۸ × ۱۰ <sup>-۵</sup>	پیریدین (H <sup>+</sup> )	۱/۳۶۲	۱۳/۲	پنتانول (OH <sup>-</sup> )	۱/۳۸۹	۴/۰	اسید والریک (OH <sup>-</sup> )
۲/۰۸۸	۴۷/۳	پیریدین (OH <sup>-</sup> )	۱/۵۶۷	۳۴/۶	فنل (H <sup>+</sup> )	۵/۱۲۸	۷۰۱/۵	اسید بنزویک (H <sup>+</sup> )
۰/۸۱۷	۰/۳	پلی اتیلن آمین (H <sup>+</sup> )	۱/۷۷۹	۵۰/۹	فنل (OH <sup>-</sup> )	۰/۵۳۶	۰/۰۰۶۵	اسید بنزویک (OH <sup>-</sup> )
۵/۹۱۷	۴۶۳/۴	پلی اتیلن آمین (OH <sup>-</sup> )				۲/۳۱۵	۴۵/۶	اسید پلی متیل اکریلیک (H <sup>+</sup> )
۰/۲۲	۳۶۰	نوزیل آمین (H <sup>+</sup> )				۰/۸۱۹	۰/۰۰۵۹	اسید پلی متیل اکریلیک (OH <sup>-</sup> )
۰/۲۱	۱۹۸	هیتیل آمین (H <sup>+</sup> )						

## فهرست منابع

- 1- Lipscombe, F., British Patent 2887 (1862).
- 2- Phelps, H.J., and Peters, R.A., "The Adsorption of Organic Substances by Activated Charcoal", Proc. Reg. Soc. A124, 554-568 (1929).
- 3- Cheldelin, V.H., and Williams, R.J., "Adsorption of Organic Compounds. Adsorption of Ampholytes on an Activated Charcoal", Journal of American Chemical Society, 64, 1313-1516 (1942).
- 4- Giusti, D.M., Conway, R.A., and Lawson, C.T., "Activated Carbon Adsorption of Petrochemicals", Journal of Water Pollution Control Federation, Vol. 46, No. 5, pp. 947-965 (May, 1974).
- 5- Getzen, F.W., and Ward, T.M., "A Model for Adsorption of Weak Electrolytes on Solids as a Function of PH, 1. Carboxylic Acid-Charcoal Systems", Journal of Colloid and Interface Science, Vol. 31, No. 4, pp. 441-453 (December, 1969).
- 6- Ward, T.M., and Getzen, F.W., "Influence of PH on the Adsorption of Aromatic Acids on Activated Carbon", Environmental Science and Technology, Vol. 4, No. 1, pp. 64-67 (January, 1970).
- 7- DeWalle, F.B., and Chain, E.S.K., "Removal of Organic Matter by Activated Carbon Columns", Journal of the Environmental Engineering Division, ASCE, Vol. 100, No. EES, pp. 1089-1104, (October) 1974).
- 8- Weber, W.J., and Morris, J.C., "Kinetics of Adsorption on Carbon from Solution", Journal of the Sanitary Engineering Division, ASCE, Vol. 89, No. SA2 Proc. paper 3483, April, 1963 pp. 31-59 (April, 1963).
- 9- Weber, W.J., "Adsorption", in Physicochemical Processes for Water Quality Control, Edited by Weber, John Wiley and Sons, Inc., New York, pp. 206-211 (1972).
- 10- Eckenfelder, W.W. and Ford, D.L., Water Pollution Control Experimental Procedures for Process Design, The Pemberton Press, Jenkins Publishing Company, pp. 201-212 (1970).

