بررسی سینتیک و مدل های ایزوتر می جذب رنگ های آلی به وسیله نانوذرات مغناطیسی سجاد شیخعلی'، معصومه عمادی* و نیما کر اچی

چکیدہ

در این مقاله نانوذرات مغناطیسی اکسید آهن باروش همرسوبی سنتز شده و سطح آن به وسیله مولکول ۲- آمینو ۵- مرکاپتو۱، ۳، ٤-تیا دیازول اصلاح شد و برای حذف رنگ آلی آبی نیل از آب های آلوده مورد بررسی قرارگرفت. نانوذرات به کمک روشهای دستگاهی FT-IR، XRD، TEM و آنالیز عنصری شناسایی شدند. مکانیسم و فاکتورهای موثر بر فرایند جذب مانند اثر زمان، pH و غلظت جاذب مؤثر بر جذب به روش فرایند مورد بررسی قرار گرفت. بهترین شرایط موجود برای حذف رنگ آلی آبی نیل بدست آمد. نتایج نشان دادند که نانوذره آهن اکسید عامل دار شده دارای ظرفیت جذب۸/۱۶۲میلی گرم به ازای هر گرم از جاذب برای حذف رنگ این میاه میباشد که بیانگر عملکرد بسیار خوب این نانو جاذب می اسد. ایزوترم مؤثر بر جذب و سینتیک واکنش به ترتیب مدل لانگمویر و سینتیک شبه درجه دوم می اشد. بازیابی

واژه های کلیدی: نانوذرات مغناطیسی، مگنتیت،آبی نیل، جذب سطحی، ایزوترم، سینتیک.

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد- گروه شیمی- واحد مرودشت -دانشگاه آزاد اسلامی -

مرودشت– ایران. ۲– استادیار بخش شیمی، گروه شیمی– واحد مرودشت– دانشگاه آزاد اسلامی – مرودشت–

ايـران. ايـران.

۳- استادیار بخش شیمی، گروه شیمی- واحد مرودشت- دانشگاه آزاد اسلامی - مرودشت-

ايـران.

^{*-} نویسنده مسئول مقاله: M_emadi۹۰@yahoo.com

بحررسی سینتیک و مدلهای ایزوترمی جذب رنگهایآلی به وسیله نانوذرات مغناطيسى آلایـنده از ایـن آبهای مصرف شده ييشگفتار خیلی ضروری بوده و کارهای فناورى نانو به عنوان خطمشى پـژوهشی زیادی بـرای حذف ایـن قوی برای فناوریهای قرن ۲۱ می آلاینده ازآب در سال های اخیر تواند از راه محافظت و اصلاح گزارش شده است[ه، ۲]. محيط اطراف باعث افزايش كيفيت آبی نیل رنگ فلورسانس است. محيط زيست شود. بويژه استفاده آبى با فرمول نيل از فناوری نانوذرات مغناطیسی مـولـکولـی(C_۲.H_۲.ClN_۳O) جرم و برای حل مسایل زیست محیطی در مولکولی،۸٤/۳۰۳ رنگی سنتزی است سالهای اخیر مورد توجه قابل که در صنعت نساجی برای رنگ ملاحظهای قرار گرفته است که این کردن پارچه از این رنگ استفاده امر به سبب اندازه و خواص می شود. ساختار این رنگ در شکل فیزیکی بینظیر این مواد میباشد ۱ نـشان داده شده است[۷]. این مواد در زمینههای گوناگون علوم از قبیل بیوتکنولوژی، مهندسی، بیوپزشکی، محیط زیست و علم مواد کاربردهای فراوانی پیدا کرده اند. نانوذرات آهن اکسید کاربردهای زیادی در H₂N N(CH₂CH₃)₂ ذخیره سازی مغناطیسی داده ها، فناوری فرو شاره ها، ذخیرهی انرژی، سرد کردن مغناطیسی و پزشکی پیدا کردہ است کہ از شکل۱- ساختار مولکولی آبی نیل جمله آنها داروسازی هدفمند، بتازگى مطالعات زيادي مبنى درمان موضعی و تولید عوامل بر استفاده از نانوذرات آهن اكسيد براي حذف آلودگيهاي آلي تصویر در تصویربرداری وضوح ام.ار.آی[۱] میباشد. جداسازی و معدني از آبهاي آلوده انجام مغناطیسی به وسیله نانوذرات گردیده است. برای مثال در سال آهن اکسید راه حلی امید بخش را ۲۰۰۵ نانوذرات اصلاح نشده Fe_rO_r ارایه میدهند چرا که با -ن آن Cr (VI) برای حذف استفاده از یک آهنربا نانوذرات های آلوده بکار گرفته شدند به سادگی از محلول جدا میشوند. [۸]. در سال ۲۰۰۱ جذب آرسنیک از سوی دیگر، امکان اصلاح و به وسيله نانوذرات مغناطيسى عامل دار کردن این نانوذرات به مـگنتیت اصلاح شده بـا اولـئیکّ کمک ترکیباتی که به گونه اسید گزارش شد [۹، ۹]. حذف انتخابی گونه مورد نظر را از مؤثر کادمیم به وسیله نانوذرات محيط جذب مىكنند، ابزارى مغناطیسی اصلاح شدہ با دکانوئیک تـوانـمند را جهت جداسازی اسید به وسیله گروه پژوهشی های آلاینده ها فراهم آورده است [۲– گزارش شد [۱]. اتصال کیتوزان، .[٤ هیومیک اسید، کیتوزان اصلاح شده رنگهای آلی بویژه آبی نیل ` با کتوگلوترآلدهید اسید و دی در آبهای استفاده شده در صنایع اسيد بر مے کے لیے تو سا کے سنے ک شیمیایی از جمله در صنایع نانوذرات مغناطیسی آنها را به نساجی، رنگ و... یافت میشوند. جاذبهای مؤثری برای حذف فلزات این آلاینده بر سلامتی انسان و سنگین و رنگها تبدیل کرده است دیگر موجودهای زنده تأثیر می . [\ 7 9 \ 0] گذارد. در نتیجه حذف این نانوذرات مغناطيسي آهن اكسيد به عنوان یک جاذب مورد توجه بوده زیرا: ۱) تولید آن ساده `-Nile blue

www.SID.ir

است، ۲) انتظار میرود با توجه به سطح بالا و جايگاههاي فعال سطحى بالا ظرفيت جذب بالايى نشان دهند، ۳) جداسازي نانوجاذبهاي مغناطیسی پس از جذب به کمک یک ميدان مغناطيسي خارجي صورت مي-گیرد [۲۳] و ٤) نانو ذرات قابليت بازيابي و استفاده را خواهند داشت. هم-دوباره چنین، میتوان سطح نانوذرات را بمنظور افزایش ظرفیت جذب و انتخابي كردن جذب آلودگيها به وسيله تركيبات آلي مانند یلیمرها یوشاند[۲۲]. در چنین مواردی مییایست توجه کرد که پيوند به سطح کووالانسي بوده و هم چنين، پايداري پوشاننده مهم مےبا شد .

مواد و دستگاههای بکار رفته

مواد شیمیایی استفاده شده در ایــن پــژوهش همگـی از درجـه خلوص بالایی بر خوردار بوده و بدون خمالص سےازی بےپشتےر مےورد استفاده قرار گرفتند. ملکول ۲-آمینو ٥-مرکایتو ٤,٣,١-تیادیازول⁽ (AMT*)* با خملوص ۹۹٫۹ درصد از شرکت مرک خریداری و در آزم__ایش اس__تفاده ش__د. جه__ت انـــدازهگیــریpH از pH متــر متـروهم٬ مـدل ۲۲۰سـاخت شـرکت مترُاهم ّ استفادهشد.pHمتر با دو بافر·// pH=و ·/٤=hHتنظيم مــي-گردد. برای تعیین غلظت رنگ جذب شده به وسیله نانو ذره مگنتیت از دستگاه اسیکتروفتومتر جذبی دو پرتــــویـی فرابـنفـش/مـرئــــی ہ ŁAMDA س_اخت ش_رکت پ__رکین المر'استفاده گردید. حمام فرا

صوت[°] ساخت شرکت تکنو-گاز مدل D-ASTRA با قدرت ۳۰۰ وات برای هم زدن محلولها استفاده شد. آهان ربای نئودیمیوم - آهان-اهان ربای نئودیمیوم - آهان-(Nd-Fe-B) با قادرت مغناطیسیی ۲/۱ تسالا و اندازه مغناطیسیی ۲/۱ تسالا و اندازه منازوذرات مغناطیسی استفاده شد. خصوصیاتنانوذرات سنتز شده آنالیز عنصری بررسی شد.

مواد و روشها

سنتز نانوذرات آمن اکسید برای تهیه نانوذرات از میان

روش هـای گـونـاگـون روش مـازارت [۱۷،۱٦] انتخاب شد. بر اساس ایــــن روش Fe(Cl)۲.٤H۲O و Fe(Cl)₇.٦H₇Oبه نسبت مصولی۲:۱ در ۳۸ میلیلیتر HClه/۰ مولار که از قـبل بـه واسطه عبور گـاز آرگون اکسیژنزدایی شده بود، حلل شد. محلول حاصل به سرعت به ۳۷۰ میلی لیتر آمونیاک۷/۰ مولار هوا زدایــی شـده در دمـای اتـاق در حمام فرا صوت تحت تاثير امواج فرا صوت اضافه شد. با افزودن دو محلول به یکدیگر به سرعت جا مد سیاه رنگی مشاهده شد. مخلوط بد ست آمده به مدت ۳۰ دقیقه درون حمام فرا صوت مورد ارتـعاش قـرار گـرفـت. پـس از ايـن مدت نانو ذرات مغناطیسی حاصل به وسیله آهنربای دایےم Nd-Fe-B از درون محلول جدا شدند. برای حذف ناخالصی های جاذب شاده روی سطح نانو ذرات مغناطيسى سنتز شده، نانوذرات به ۲۰ میلی لیتر اتانول اضافه شده و به مدت ه دقیدقه در حمام فرا صوت قرار گرفت. عمال شستشو باه وسیله اتانول دوبار تکرار شد. سیس نانو ذرات سنتز شده به وسیله

- °-Ultrasonic Bath
- ¹-Neodymium Iron Boron

^{&#}x27;-Amino ∘-mercapto \, ٣, ٤-tiadiazole

[°]- Metrohm

^r-Metrohm

⁴-Perking Elmer

المتررسی سینتیک و مدلهای ایزوترمی جذب رنگهایآلی به وسیله نانوذرات مغناطيسى آهنربا جدا شـده و در گـرمـکن $q_e = (Co-Ce)(V/W)$ ()) خلا خشک شدنـد. در ایــن معادلــه، qeظرفیــت تعادلی جذب گونه بر روی سطح تثبیت مولکول AMT بر روی نانو جاذب' V ، mg g محلول بر حسب ذرات ليترCe _e Co به ترتيب غلظت اوليه در ایــن بـخــش پــس از ســنتز و غلظــــة تعــادلی برحســب نانوذرات آهن اکسـید (مگنتیـت) mg L⁻ و Wوزن جاذب بر حسب گرم نانوذرات در گرمکن خلا خمشک شد. است. ه/۰ گرم از نانو ذرات مگنتیت به ۱۰ میلی لیتر محلول ۳۷ میلی بررسـی مـدل هـا و پارامترهای مـولارAMTاضافـه شده و بـه مــدت ۱ سينتيكي جذب ساعت درون تـکان دهـنده٬ بـه هم بمنظور یک برآورد نسبی از زده و درنهایت، نانو ذرات بدست سینتیک و در نتیجه، تا حدودی آمده به کمک آهنربا جدا شـدند. س_از و ک_ار ج_ذب، م_دل ه_ای بمنظور حـذف مولكـولهـاى متصـل گوناگون سینتیکی برر سی شدند. نـشده بـر سطح، نـانـو ذرات دوبـار معادله شبه درجه اول عموماً به بــه تـرتـيــب بــا افــزودن آب و ص__ورت معادل___ه ۲ ب___ان م___ی اتانول به نانو ذرات جدا شده شود [۱۸]: از محلـــول و قــرار دادن $\text{Log}(q_e - q_t) = \log q_e - k_1 / \tau$, $\tau \cdot \tau t$ سوسپانسیون درون حمام فرا صوت (٢) شسته شده و برای استفاده در دراین معادلهk، ثابت سرعت جذب مراحل بعد خشک گردید. شبه درجه اول (min^{-۱})، q_t و q_t به نانوذرات سنتز شده به کمک ترتیب مقدار گونه جذب شده به روشهای FT.IR,XRD,TEM و آنـالیز وسيله جاذب بر حسب وزن خشک عنصر مورد بررسی قرار گرفتند. نانو جاذب (mgg^{-۱}) درلحظه تعادل و در زمان t میباشند. بررسی مقدار جذب رنگ آبی نیل معادله سرعت سينتيكى شبه درجه با استفاده از نانودرات دو به صورت معادله ۳ می-در بررسیهای انجام شـده از باشد[١٩]: روش غیر پیوسـته (ییمانـهای)^۳ $t/q_t = 1/k_{\tau}q_e^{\tau} + t/q_e$ (٣) استفاده شد. دراین حالت، ۰۱/۰۱ کـه در آنk_۲ ثابـت سـرعت جـذب گرم جاذب بــه ۱۰ میلـیلیتـر از بر حسد('g mg''min') است. جذب شونده با غلظت ۲۰ میلیگرم ب_ر لیت_ر (ب_ه اس_تثنای م_ورد بررسی ایزوترم های جذب برر سی غلظت) اضافه گردیده و برای یافتن بیشترین ظرفیت این تعلیق تا زمان تعادل در جذب که یکی از مهمترین پارامترها در طراحی و بررسی حمام فراصوت مورد ارتعاش قرار سامانه جذبی میباشد، ایزوترم-های تعادلی جذب مورد بررسی

گرف ته (تنها در مورد بررسی اثر زمان و تشخیص زمان تعادل در زمانهای مشخص مقداری از نمونیه برداشته شیده) و سیپس اندازه باقیمانده رنگ آبی نیپل تعیین و با استفاده از معادله ۱ اندازه رنگ جذب شده روی جاذب مشخص گردید.

قرار گرفتند. در ابتدا رابطه

بین غلظت تعادلی رنگ آبی نیل

پس از جذب و اندازه جذب بر سطح جاذب بررسی شد. سپس با استفاده

از داده های تجربی و معادله

ایزوترم های لانگمویر ٔ

^{&#}x27;-Oven

^{*}- Shaker

^r-Batch Method

⁴- Lungmuir Isotherm

خ__وانی خ__وبی ب__ا طی_ف Fe_rO₂ استاندارد داشت. مشاهده پِیکهاي

موجبود در ۲۵ براببر بنا ۲۰/۶،

۲۲/۸° ۵۷/۳° ، ۲۳/۳° و ۲۲/۸°

طیف دلیل بر تـشکیل مـگنتیت بـا

فرمول مولکولی FeFe_rO_٤در یک فاز

خالص مییاشد.

فرندلیچ' نمودارهای مربوطه رسم و بیشترین ظرفیت جذب محاسبه شد. داده های تعادلی بر اساس معادله خطی لانگمویر که به صورت معادله ۶ نشان داه شده است، تحليل شدند[٢٠].

 $C_e/q_e = \gamma/K_L q_{max} + \gamma/q_{max}C_e$ (٤) در ایــن معادلــه:q_e انــدازه جذب در واحد سطح جاذب در زمان تعادل ((mg g⁻⁾)، Ce. غلظـت تعـادلى نـهایـی ماده جذب شونـده پـس از برقراری تعادلqmax: ظرفیت جندب بیشینه (⁻mg g) به صورت تک لایه در سطح جاذب و KL: ثابت تعادلی جذب لانـگمویـربـرحسب (Lmg⁻¹) مـے،-باشند.

مدل فرندلیچ نیز مورد بررسی قـرار گـرفـت. در ایـن مـدل فـرض بـر ایـن است کـه جـایـگاههـای جذبـی گوناگون با کارمایه متفاوت (برای جذب) وجود دارند. معادله خطی جذب فرندلیچ به صورت معادله ه می باشد[۲۰]:

 $\log q_e = \log K_F + \frac{1}{n_F} \log C_e$ (0)

فرندلیچ یا ترم انرژی می باشد که تابعی از سطح پو شیده شده است.n: کمیت وابسته به گرمـا و یا شدت جـذب اسـت و *۱/*۱ مقـدار انحراف از جـذب خطـی اسـت کـه معیــاری از نــاهمگنی ســطح

بررســـى خصوصــيات نــانوذرات

بمنظور بررسى خملوص فاز طيف (XRD) نانو جاذب گرفتـه شـده (شکل ۲) و با طیف مرجع مگنتیت کارت شماره (۱۹–۱۲۹) از کمیته مشـترک اسـتانـدارد هـای پـراش یودری (JCPDS) مقایساه گردیاد. طیفXRD نانو جاذب سنتز شدہ ھے

[\]- Freundlich Isotherm

در ایــن معادلــه K_F ثابــت

مےبا شد .

نتايج و بحث

مغناطيسى

www.SID.ir



شکل ۲- طیف XRDاز نانوذرات آهن اکسید

دسـتگاه مـيـانـگي	لا میں سی	جاذب مغا	نانو	تصوير	
۲۰nm تعیین شد.	و سيـلـه	شده بـه	سنتز	هن اکـسید	Ĩ
	و بــر	(شــکل ۳)	شــــد (TENبررسيی	Λ
	افزار	بات نرم	، مـحـا س	ساس نتيجه	1

دسـتگاه میـانـگین انـدازه ذرات ۲۰nm تعیین شد.



بج۳ررسی سینتیک و مدلهای ایزوترمی جذب رنگهایآلی به وسیله نانوذرات مغناطیسی

شکل۳-تصویر TEM از نانو ذرات مگنتیت

تــا۳۰۰۰ مربـوط بــه ارتعاشـات پیونـدهای C-H موجـود در حلقـه هتروسیکل با کمـی جابـهجـایی و کاهش در شدت آنها در طیف مربوط به FerOչ/AMT نیز دیده میشوند. طیفFT-IR نانوجاذب گرفته شده که در(شکل٤) رسم شده است. نوار جذبی قوی مشاهده شده در ناحیه'-۲۸۰ cm و'-٤١٠cm مگنتیت متعلق به پیوندهای Fe-O مگنتیت است پیکهای مربوط به مولکول AMT (شکل٤) در ناحیه'-۲۵۰۰cm Archive of SID

۳٥



شکل ٤- طیفFT-IRنانو ذرات مگنتیت ، نانو ذرات Fe_vO_٤/AMT و مولکول خالص

این پیک در مگنتیت اصلاح شده نیز به صورت پیک ضعیفی مشاهده میشود. حضور گروههای،NH و SH آزاد نشان میدهد [۱۰] که بین نصانوذرات مغناطیسی و مولکول نمرار مMT پیوند کووالانسی برقررار نشده و مول کول آلی به صورت فیزیکی با پیوندهای هیدروژنی به سطح نانوذرات متصل شده اند. مولکول AMT بر سطح مگنتیت و ممچنین، تعیین مقدار AMT تثبیت شده بر سطح از روش آنالیز شده رکربن، هیدروژن، نیتروژن پیکهای موجود در ناحیه حدود `Diricmو ۱٤٩۰ که در طیف نانوذرات اصلاح شده با مقداری جمابهجایی نسبت به طیف مولکول مربوط به پیکهای ارتعاشی مربوط به پیکهای ارتعاشی پیوندهایN-N و C=N موجود در حلقهی تیادیازول میباشند. پیک حلقهی تیادیازول میباشند. پیک مفور NH_۲ در سطح نانوذرات میپ باشد[۲۰و۱]. پیک ضعیف در ناحیه ۲۵۶۷ تا

مولکول خمالص AMT نشان میده.

نانوذرات مغناطیسی	ه وسيله	رنگھاىآلى با	جذب	ايزوترمى	های	و مدل	نتيك	ررسی سی	٢
				. نـتايـج	شد.	تفاده	` ا سـ	گوگرد)	و

این آنالیز در جدول ۱ ارایه شده است.

جدول ۱- آنالیز عنصری (FerO≰/AMT-MNP)						
С	Н	Ν	S	عناصر		
٥,٨	۰,۸۸	۸,۸۳	١٤,١١	مقدار تجربی		
۰,۳۲	٠, • ٤	۰, ۳٤	۰, ٥	انـحر اف		
				استاندارد		

ابّررسی سینتیک و مدلهای ایزوترمی جذب رنگهایآلی به وسیله نانوذرات مغناطیسی

تاثیر عوامل گوناگون بر جذب رنگ آلی آبی نیل به وسیله نانو ذرات مغناطیسی Fe_rO_s/AMT

برای بدست آوردن جذب بهینه و عوامل موثر بر جذب رنگ آلی آبی نیل روی نانو ذرات مغناطیسی آهن اکسید عوامل زیر بررسی شد.

اثر PH روی کارآیی حذف رنگ آبی نیل در گستره ۹-ه بررسی شد (نمودادر شکل ۵) بر اساس نتایج بد ست آمده مشخص گردید که با افـزایش از PHبرابـر ه تـاpH برابر ۷ آبی نیل به دلیل وجود گروه های پروتـون بـر روی سطح دارای بار مثبت و و با توجه به تمایل نانو جاذب اصلاح شده به جذب بار مثبت مقدار جذب افزایش

بررسی اثرPH



pН

شكل ٥- اثر pH بر روی كارایی حذف رنگ آبی نیل pH بهینیه برای ادامیه كار محیطهای اسیدی به دلیل وجود⁺H این پروتون با آبی نیل وجود⁺H کرده و از مقدار جذب آبی نیل رقا بت کرده و از مقدار جذب آبی نیل <mark>اثر غلظت رنگ آبی نیل بر مقدار</mark> بر روی نانوجاذب كاسته می شود. جذف این رنگ به و سیله نانو با توجه به نتایج pHبه عنوان

برای این منظور، شش محلول در غلظتهای گوناگون از ه تا ۶۰

بر حسـب ppm از رنــگ آبــی نـیـل ساخته شد. یک میـلی لـیـتر از

محلـول را بـه عنـوان شـاهد

برداشته و سیس به ۱۰ میلی لیتر

از محلول با غلظتهای مشخص از

رنگ ۰/۰۱ گـرم نـانـو ذره عامـل دارشـده بـا تـيـازول را اضـافـه

کرده و پس از جداسازی نانو ذره

به وسیله آهنربا مقدار جذب با

اسپکتروفتومتر اندازهگیری شد. عموماً در بیشتر موارد جنب روی سطح جاذب با افرزایش غلظت افزایش مییابد تا جایی که سطح نانو جاذب اشباع شود که در این حالت با افزایش غلظت تغییری در مقدار جذب مشاهده نمیشود. این مقدار جذب مشاهده نمیشود . این مقدام جایگاههای جذب در جاذب به تمام جایگاههای جذب در جاذب به وسیله جاذب اشغال میشود که گفته میشود جاذب اشباع شده است (شکل ۲).



اثر زمان بر فرایند جذب اثر زمان روی کارایی حذف رنگ آلی آبی نیل در گستره ۱۰۰– ۱ دقیقه بررسی شد (نمودار۷) بر اساس نتایج بدست آمده ملاحظه شد که تا زمان ۳۰ دقیقه بیشترین

مقدار جذب رنگ آلی آبی نیل از آب بوده است. در منحنی جذب آبی نیل روی جاذب جدید سه مرحله وجود دارد که هر مرحله بیانگر یك فرایند است.



t (min)

شکل ۷- اثر زمان روی کارایی حذف

حالت نصّان میدهد که جذب به تعادل رسیدهاست.

بررسـی مـدل هـا و پارامترهـای سینتیک جذب

شکل ۸ نـتایج بـدست آمـه از مطالـعه پارامتر های سینتیک را به صورت نمودارهای از – Log (qe بر مسب t برای زمان تماس از صفر تا ۲۰ دقیقه نـشان می ۸ دهد. همان گونه که در شکل ۸ دیده می شود، جذب رنگ آبی نیل در سـطح نـانوذرات بـه صـورت محتمـلتـر با توجـه بـه ضریب رگرسـیون (۹۹۹/۹=۲) بـه وسیله مدل سینتیک شبه درجه دو توضیح داده می شود. پارامترهای سینتیک بـدست آمده از شکل ۸ و معادله های سینتیک در جدول۲ آورده شده

8

نخستین بخش خطی (سریع ترین مرحله جذب) به مرحله نفوذ رنگ بـه سطح جاذب و دومين بخش خطی به نفوذ درون ذرهای و سومین مرحله به نفوذ رنگ در منافذ کوچكتر جاذب در زمان برقراری نـسبت داده مـی شود[۲۱]. تعادل حداکثر حذف رنگ در ۱۰ دقیقه نخست برای غلظت ۱۱ میلی گرم بر ليتر انجام مىگيرد يا به بيان دیگر، بیشتر از ۸۰ درصد به وسيله جاذب جذب شده است، اما در زمانهای بالاتر بین ۱۰تا ۳۰ دقیقه سرعت جذب کندتر گردیده و به آرامی به سمت یکنواخت شدن پيش مـىرود. در زمانهاي بالاتـر از ۳۰ دقیقه جذب در مقدار بیشینه خود بوده و دیگر به زمان تماس وابسته نميباشد. اين



www.SID.ir

شکل ۸-نمودار مدلسینتیک شبه درجه اول(a) و مدل درجه دوم (b)

دوم	رجه اول، شبه درجه	ارامترهای سینتیکی شبه د	جدول ۲- پا
مقادير	پارامترها	مـعـا د لــه	مدل سینتیکی
•, ٢٦٤	$k_1(\min^{-1})$	$\log(q_e - q_t) = \log(q_e) -$	
71	q _e (calc) (mg g ⁻)	k_{ν}/τ , τ · τt log(q _e -q _t)=- · ,)) o $t+$), τ τ 9	ســینتیک شــبه درجه اول
•,977	Rř		
۰,۰۰۱	$k_{\tau} (g mg^{-1} min^{-1})$		
۱۳,۹۲	q_e (calc)(mg g ⁻)		· · · · · ·
۰,۹۹۹	R۲	$(t/a_1) = 1/a_1(t) + 1/(k_2a_1^{\gamma})$	ســينديد ســبه درجه دهم
)	$h = k_{r} q_{e}^{r}$ $(mgg^{-} min^{-})$	$t/q_t = \cdot, \cdot \forall \land \lambda t + \cdot, \land \xi \land \lambda$	r3

جدول ۳ مشخص میکنند کـه رفتـار جذبی رنگ آبی نیل بر سطح جاذب بهترین توافق را با مدلایزوترمی لانگمویر داراست. که بیشینه جذب ۸/۱٤۲میلی گرم از رنگ آبی نیل بر سطح هر گرم از نانو جاذب است.

مقایسـه عملکـرد نانوجـاذب بـا دیگر جاذبها

بمنظور تعیین کارایی این نانوجاذب در حذف رنگ آبی نیل کارایی آن را با دیگر جاذب ها مقایسه مـی کنیم نتایج ایـن مقایسه در جدول۶ آمده است.

داده شــدهانــد. پـارامـترهـای و مقـایـسه ضریـب رگـرسیون نـشان داده شده در

بررسى اثر غلظت اوليه رنگ

اثر غلظت اولیه رنگ آبی

آبی نیل و بررسی ایزوترمهای

نیل بر جذب در شکل ۲ نشان دادهً

شـده اسـت . همـان گونـه کـه مـشاهده می گردد، مقدار جذب با

افزایش غلظت زیاد می شود که

امریست طبیعی، اما در غلظت های

بالا، به دلیل اشباع شدن مکان

های جذب، تغییری در مقدار جذب

بد ست آ مده و در جدول ۳ نـشان

منحنیی لانگمیویر در شکل ۹

جدول ۳- مقادیر ثابت های ایزوترم های لانگمویر، فرندلیچ

ايزوترم مقدارپارامتر مقدارپارامتر	مقدارپارامتر
-----------------------------------	--------------

جذب

مـشا هده نـشد.

حمت طيس	كك		
	187,10	$Q_m (mg/g)$	لانـگمويـر:
	•,170	$K_a (L/mg)$	$C_e/q_e = \gamma/K_Lq_{max} + \gamma/q_{max}C_e$
	•,99V	R۲	
	۰,٦٧٣	۱/n	فرندليچ:
			$Logg_e = logK_F + 1/n logC_e$
	۱,۳٥	$Log K_{f} (L/mg)$	
	•,92•	R۲	

بررسی سینتیک و مدلهای ایزوترمی جذب رنگهایآلی به وسیله نانوذرا**ت**ه مغناطیسی

جدول٤- مقایسه عملکرد نانو جاذب با دیگر جاذبها

منابع	زمان بهینه (min)	<u>mg</u> ظرفیت جذب <mark>ع</mark>	جاذب
7 7	N.R	۲ ٥	Natural clay
۲۳	٣.	٦.	Alumina
۲٤	١.	<u>۱</u> ۷	dimethyl terephthalate
ایـن مقـالـه	١٥	١٤٢/٨	Fe ₇ O ₅ /AMT

0.09 0.08 0.07 0.06 0.05 0.04 0.03 0.02 0.01

0

ŝ

شکل ۹- نمودار ایزوترمی لانگمویر (a) و فرندلیج (d)

نتيجه گيري

نانو ذرات مغناطیسی امروزه از نظر فناوری و علمی دارای اهمیتی قابل توجه میباشند. در بسیاری از کاربردها از میان نانو ذرات مغناطیسی مگنتیت به دلیل سمیت کم، ارزان بودن و خصوصیات مغناطیسی بهتری که نسبت به سایر اکسیدهای آهن دارد ترجیح داده میشود.

در این پژوهش از نانو ذرات مگنتیت به عنوان یک جاذب مطلوب برای جذب رنگ آلی معرفی شد. کارکرد این نانو جاذب به pH و زمان تماس بستگی دارد. با توجه نادرای خصو صیت سوپرپارامغناطیس بوده و به راحتی به وسیله میدان مغناطیسی خارجی از محلول جدا میگردد، میتوان از این نانو ذرات در جداسازی رنگ آبی نیل استفاده کرد.

نوین، شماره ۱، ۳۰–۶۵، پاییز ۱۳۹۲.

•- H. Yoon, S. Ko, J. Jang, and C. Chem., "Nitrogen-Doped Magnetic Carbon Nanoparticles as Catalyst Supports for Efficient Recovery and Recycling rr, $1 \in 1 \land -1 \in Y \land r \land Y$.

 τ - C.Z. Huang, and Hu B.,J.Sep.Sci. "Speciation of Inorganic Tellurium from Seawater by ICP- MS Following magnetic SPE Separation and Preconcentration", $\tau \uparrow . \forall \tau \cdot - \forall \forall \forall, \tau \cdot \cdot \land$.

 \wedge - J. Chen, Lo I., Hu, "Removal and Recovery of Cr (VI) from Wastewater by Maghemite Nanoparticles", Water Res. rq, $\xi \circ \gamma \wedge \xi \circ \tau \gamma$, $\gamma \cdot \cdot o$.

مطالعات سینتیکی نشان مــی-دهد که جذب رنگ در مراحل اولیه سريع و با نزديک شدن به لحظه تعادل کاهش مــیابـد و از مـدل سینتیکی شبه در جه دوم پـیروی میکند و مدل ایزوترمی مؤثر بـر جذب مدل جذب ایزوترمی لانگمویر با بیشینه جذب ۱٤۲/۸ میلی گرم به ازای هر گرم جاذب مـیباشـد. یکی دیگر از مزایای استفاده از این نانو جاذب زمان سریع جدا کردن جاذب از محلول میباشد. در این حالت کیمتر از یک دقیقیه نانو ذرات به وسیله آهن ربا از محلول جدا می شود. برای بازسازی فرایند، از اتانول برای شستشو استفاده شد.

سیاسگزاری

بر خود لازم می دانیم از دانشـگاه آزاد اسـلامی واحــد مرود شت، به دلیل حمایت های مـالی از ایـن طـرح پژوهشـی سپاسگزار باشیم.

References

Y- C. E. Diebel, R. Proksch; C. R. Green, P. Neilson, and M. M. Walker,"Magnetite Defines a Vertebrate Magnetoreceptor", Nature $\xi \cdot \tau$, $\tau q q$, $\tau \cdot \cdot \cdot$.

Y- W. GuH, L. HoP, K.W.T. Tsang, L. Wang, and UB.," Using Biofunctional Magnetic Nanoparticles to Capture Vancomycin-Resistant Enterococci and Other Gram-Positive Bacteria at Ultralow Concentration",J.Am.Chem.Soc., Y Y o,

108.7-8, 2....

۳- م.ح. زارع، م. عمادی، م.
ایرانپور، ر. بازرگانی لاری،
"حذف رنگ متیلن بلو به وسیله
کا کل ذرت"، نشریه مواد نوین،
شماره ٤، ٨١-٩٩، تابستان ١٣٩٣.
٤- ص. و فاخواه، م. بحرالعلوم،
ز. بازرگانی لاری، "جذب یون مس

بررسی سینتیک و مدلهای ایزوترمی جذب رنگهایآلی به وسیله نانوذرالآ مغناطیسی

q- C. T.Yavuz, J. T. Mayo, W. W. Yu, A.Prakash, J. C. Falkner, S. Yean, L. Cong,H. J. Shipley, A. Kan, M. Tomson, D.Natelson, and V. L. Colvin, "Low-fieldMagnetic Separation of Monodisperse Fe_rO_{ξ} Nanocrystals", Science $r \in r \in r \in r$ $q \notin \xi, r \mapsto \tau$.

Y+- B. Hai, J. Wu, X. Chen, J. D. Protasiewicz, and D. A. Scherson, "Metal-Ion Adsorption on Carboxyl-Bearing Self-Assembled Monolayers Covalently Bound to Magnetic Nanoparticles", Langmuir r, r') + ξ -r') + o, r' + o.

Y)- Y. C. Chang, and D. H.Chen, "Preparation and Adsorption Properties of monodisperse Chitosan-Bound Fe_rO_{ξ} Magnetic Nanoparticles for Removal of Cu(II) ionsJ. Colloid Interface Sci. YAT, $\xi \xi z - \xi \circ y, z \cdot \cdot \circ$.

Y- J.f. Liu, Z.s. Zhao, and G.B. Jiang, "Coating $\operatorname{Fe}_r O_{\varepsilon}$ Magnetic Nanoparticles with Humic Acid for High Efficient Removal of Heavy Metals in Water", Environ. Sci.Technol, $\xi \gamma \cdot 7 q \xi q - 7 q \circ \xi$, $\gamma \cdot \cdot A$.

 γ - Zhou Y. T., C., Nie H. L., Zhu L. M., "Adsorption Mechanism of Cu γ + from Aqueous Solution by Chitosan-Coated Magnetic Nanoparticles Modified with Alpha-Ketoglutaric Acid.", Colloids Surf, B: Biointerfaces $\gamma \xi$, $\gamma \xi \xi - \gamma \circ \gamma$, $\gamma \cdot \cdot \gamma$.

 1ξ - Zhou Y.T, Nie H.L., Branford-White C., He Z.-Y., Zhu L.M.," Removal of Cu⁺ from Aqueous Solution by Chitosan-Coated Magnetic Nanoparticles Modified with Alpha-Ketoglutaric Acid",J. Colloid Interface Sci. $\pi\pi$, χq - $\pi\gamma$, $\chi \cdot \cdot q$.

 $\land \circ$ - Ren Y., Wei X., Zhang M., " Adsorption Character for Removal Cu(II) by Magnetic Cu(II) Ion Imprinted Composite Adsorbent", J. Hazard. Mater. $\land \circ \land$, $\land \xi \circ \Upsilon$, $\Upsilon \cdot \cdot \land$.

NT- Massart, R. " Preparation of Aqueous Magnetic Liquids in Alkaline and Acidic Media", IEEE Trans. Magn, VV, VYEV-VYEA, V9AV.

 γ - Massart, R.; Cabuil, V. J. Chim. Phys., $\lambda \xi$, $\gamma \in \gamma \in \gamma \in \gamma$.

 \wedge - A. Dehghan Monfareda, A. M.H. Ghazanfaria, Jamialahmadib, M. A. Helalizadeh" Adsorption of silica nanoparticles onto Calcite: Equilibrium, Thermodynamic Kinetic, and DLVO analysis" Chem. Engine. J. TAN, TTE-722.7.10.

19- A. Karaa, , E. Demirbela, , N. Tekinb, Osmana, , Magnetic Vinylphenyl Boronic acid Microparticles for Cr(VI) Adsorption: Kinetic, Isotherm and Thermodynamic Studies J. Hazard. Mater 111-117, 111-117, 111-117, 111-117, 111-117,

Y -- Revin, S. B.; John, S. A. " Electropolbymerization of π -amino-omercapto- χ, ξ -triazole on glassy Carbonelectrode and its Electrocatalytic Activity Towards Uric Acid Electrochim. Acta, $\sigma \chi, \Lambda q \pi \xi, \chi \cdot \chi \chi$.

Y) I.A.W. Tan, B.H. Hameed, , A.L. Ahmad "Equilibrium and Kinetic Studies on Basic Dye Adsorption by Oil Palm Fibre Activated Carbon" Chem Engin J, $YY, Y \cdots Y, YY = YY$

YY- T. B. İyim, G. Güçlü, "Removal of Basic Dyes from Aqueous Solutions Using Natural Clay Desalination, YE9, YYY- $YYY9, Y \cdot \cdot 9$.

۲۳- M. Saleem, M. Afzal, F.Mahmood, A.Hameed,"Thermodynamics of

Adsorption of Sulphate on Alumina from Aqueous Solutions" Journal. Chem-Soc. 17, 17-17, 1995.

 $\gamma \xi$ - G.Guclu," Removal of Basic Dyes from Aqueous Solutions by Dimethyl Terephthalate Distillation Residue", Desalination, $\gamma \circ \gamma$, $\circ \gamma$ - $\circ \Lambda$, $\gamma \cdot \gamma \cdot$.