

بررسی هسته‌زایی و زمان القای نانوذرات کلسترویل و پایداری نانوذرات

سجاد مظفری

ا کارشناس ارشد مهندسی بیو تکنولوژی

چکیده

این پژوهش در نظر دارد که طی آزمایشاتی به تولید نانوذرات کلسترویل با استفاده از ضدحلال پرداخته و به بررسی هسته‌زایی و تعیین پایداری نانوذرات کلسترویل در حضور مواد فعال سطحی بپردازد. بدین صورت که با استفاده از کریستالیزاسیون القایی، زمان القا جهت هسته‌زایی در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و فوق اشباع‌های مختلف محلول کلسترویل و متانول در اثر افزودن یک نمونه سورفکتانت به نام سیتیل تری متیل آمونیم برمید (CTAB) اندازه‌گیری نموده و حجم مصرفی آب مقطر مورد بررسی قرار گرفت. همچنین با استفاده از میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM) از نمونه عکس‌برداری شد، که اندازه نانوذرات حاصله نشانگر تولید نانوذره بود. نتایج حاکی از آن بود که در حضور آب مقطر زمان القا زیر یک ثانیه، به طوری که با برخورد آب مقطر به سطح محلول بلافاصله کدری مشاهده شد. در حضور افزودنی CTAB با افزایش میزان فوق اشباع زمان القا کاهش می‌یابد. در فوق اشباع ثابت با افزایش غلظت CTAB زمان القا افزایش یافته است. همچنین پایداری نانوذرات ساخته شده به همراه پایدار کننده CTAB در غلظت‌های برابر در مقایسه با پایه (بدون افزودنی) پایداری بیشتری دارد و مکانیسم هسته‌زایی ثانویه است. نهایتاً پیشنهاد گردید در تحقیقات آتی اثر دماها و PH‌های مختلف برای زمان القا و هسته‌زایی نیز مورد بررسی قرار گیرد.

تکنیک دینامیک سیالات محاسباتی CFD مورد مطالعه قرار گیرد. در این راستا از نانوذره ی TiO_2 با کسر حجمی ۰/۱، ۰/۳ و ۰/۵ با سیال پایه ی آب جهت بهبود انتقال حرارت در میکروکانال شش ضلعی منتظم با مدل اغتشاش K-E بررسی شده و در نهایت براساس داده های حاصل از شبیه سازی فرمولی تجربی در هر حالت برای عدد ناسلت ارائه شده است.

کلمات کلیدی: بهبود انتقال حرارت، میکروکانال، نانوسیال، شبیه سازی CFD

مقدمه

مواد در مقیاس نانو برای مدت طولانی مورد توجه شیمیدانان علوم مواد و مهندسين این علم قرار گرفته است. در چند سال گذشته، تمرکز محققین به تحقیقات بر روی نانوذرات قابل توجه بوده و کاربرد نانوذرات در علوم مختلف افزایش یافته و چنانکه پایگاه‌های تحقیقاتی، پژوهشکده‌ها و نیز بودجه دولت‌ها به سرمایه‌گذاری در این زمینه افزایش چشم‌گیری داشته است. کلیه مواد رایج همچون فلزات، نیمه هادی‌ها، شیشه، سرامیک و پلیمرها توانایی رسیدن به ابعاد نانو را دارا می‌باشند. نانوذرات، ذراتی به ابعاد ۱-۱۰۰ نانومتر هستند و نسبت به میکروذرات یا ذرات با اندازه بزرگتر، خواص متفاوتی دارند. با کاهش اندازه ذرات به مقیاس نانو و در نتیجه افزایش نسبت سطح به حجم، خواص مختلف مانند دسترس‌پذیری زیستی، انحلال‌پذیری در آب، پایداری کلوئیدی و شفافیت محلول‌های حاوی نانوذرات افزایش می‌یابد [۴].

در واقع هنگامی که یک ماده در مقیاس نانو تهیه می‌شود، خواص فیزیکی آن تغییر می‌کند. این خواص، را بسته به اندازه نانو ساختارهای مختلف فوق‌العاده ارزشمند است. نانو مواد طیف گسترده‌ای از مواد را در بر می‌گیرند که عبارتند از مواد آلی و معدنی، ذرات بلوری یا بی شکل، پودر یا ذرات یخس شده در یک ماتریکس، به صورت ذرات منفرد و جدا از هم یا به صورت کلوخه ای، کلوئیدی، سوسپانسیون و محلول‌های امولسیون و ... [۷] روش‌های متعددی برای آماده‌سازی نانوذرات وجود دارد. بسیاری از روش‌های آماده‌سازی به دلیل برخی از عوامل مانند هزینه‌های بالای مواد خام و پیچیده بودن روش، اندازه ذرات و خلوص پایین مانع از استفاده و توسعه نانوذرات شده و با صرفه نمی‌باشند. اخیراً نوع خاصی از تولید به نام تولید پایین به

بالا مورد استفاده فراوان قرار می‌گیرد. در این روش به جای اینکه ماده مورد نظر را با کوچک کردن ماده توده‌ای بدست آورند، آن را از ذرات و مولکول‌های تشکیل دهنده‌اش می‌سازند. این روش با روش معمولی بسیار متفاوت است زیرا در تولید معمولی حجم بسیار زیادی از مواد زائد حاصل از تراش دور ریخته می‌شود ولی در تولید پایین به بالا علاوه بر اینکه چنین مشکلی وجود ندارد استحکام ماده تولیدی نیز به علت پیوند قوی‌تر بین ذرات تشکیل دهنده بالا می‌رود [۱۲].

در این پژوهش در نظر دارد طی آزمایشات به تولید نانوذرات و تعیین و بررسی هسته‌زایی و زمان القای نانوذرات کلسترول و پایداری نانوذرات حاصل در اثر مواد افزودنی آلی و معدنی بپردازد. در همین خصوص، ابتدا به بیان سوالات و فرضیات و اهداف تحقیق خواهیم پرداخت، سپس مروری خواهیم داشت بر مفاهیم نظری و تئوری. در فصل دوم مروری بر مطالعات پیشین خواهیم پرداخت. فصل سوم به روش‌شناسی اختصاص دارد. نتایج در فصل چهارم آمده و در فصل پنجم به نتیجه‌گیری از مطالعه حاضر خواهیم پرداخت. تجهیزات انتقال حرارت به تغییرات فلاکس حرارتی ایجاد شده در آنها بستگی دارد. سیالات حامل انرژی همچون آب، مایعات معدنی - روغن‌ها و اتیلن گلیکول نقش حیاتی در بسیاری از فرآیندهای صنعتی همچون تولید نیرو، فرآیندهای شیمیایی، فرآیندهای گرمایشی و سرمایشی و دیگر کاربردها در مقیاس میکرومتری است. خواص پایین انتقال حرارت این سیالات اولین مانع تاثیر گذار در بهبود راندمان مبدل‌های حرارتی به شمار می‌رود به همین دلیل تمرکز روی بهبود این خواص ضروری به نظر می‌رسید. در این حین با توجه به اینکه مبدل حرارتی به عنوان یکی از اساسی‌ترین وسایلی هستند که جریانی از انرژی حرارتی را

بین دو یا چند سیال در دماهای مختلف برقرار کنند و وظیفه تبادل حرارت را به عهده دارند در صنایع تولید برق، صنایع فرآیندی، صنایع شیمیایی و غذایی، تجهیزات الکترونیکی، صنایع

<https://science-journals.ir>

تولیدی، تهویه مطبوع، سرمایش و کاربرد های فضایی استفاده می شوند[۳]. در این میان با بهره گیری از علم نانوتکنولوژی که مربوط به استفاده از نانوذرات با خواص حرارتی بسیار بالا در سیالات پایه دارای خواص حرارتی پایین تر، که محصول آن نیز سوسپانسیون با خواص حرارتی بالاتر از سیال اولیه است می توان به راهی مناسب جهت غلبه بر مشکل راندمان پایین تجهیزات انتقال حرارت ناشی از خواص حرارتی پایین سیالات پایه خالص حامل انرژی دست یافت[۴]. تحقیقات تئوری و تجربی بسیاری در این زمینه نیز صورت گرفته است که با بهره برداری از هدایت بسیار بالای ذرات جامد حدودا ده برابر بیشتر از سیالات رایج در انتقال حرارت نانو سیال ها بسیار بهتر از سیال پایه می باشد به علاوه اینکه افت فشار نیز در نانو سیالات وجود ندارد یا بسیار ناچیز است. مهم ترین دلایل بهبود انتقال حرارت در نانو سیالات، نانوذرات معلق هدایت حرارتی سیال را افزایش می دهندف حرکت های بسیار زیاد نانوذرات باعث افزایش آشفستگی سیال و در نتیجه افزایش تبادل حرارتی می شود[۵، ۶].

بیان مسئله

هدف از طراحی روش کریستالیزاسیون تولید اشکال، توزیع اندازه، خلوص و محصول مورد نظر است که با ایجاد فوق اشباعیت مورد نظر که در آن نرخ هسته‌زایی مناسب است بدست می‌آید. کنترل تعداد و سایز هسته‌های ایجاد شده و اثر مواد فعال سطحی بر هسته‌زایی، سرعت تولید و پایداری هسته‌ها موضوع مورد تمرکز در دنیای نانوتکنولوژی می‌باشد. ولی هنوز هیچ مدل جامعی برای پیش‌بینی آن ارائه شده نشده. این تحقیق برای روشن کردن اثر CTAB بر پایداری نانوذرات کلسترول گامی موثر در روشن کردن تعامل فوق‌الذکر محسوب می‌شود.

افزایش انتقال حرارت همیشه یکی از مسئله مهم و مورد بحث در صنعت بوده است. این افزایش انتقال حرارت در اکثر کاربرد های سرمایشی و گرمایشی، مخصوصا در ابعاد کوچک، اخیرا پر

اهمیت و ضرورت تحقیق

تبدیل فاز کلسترول از حالت محلول به جامد نه تنها از دید صنعتی بلکه از نظر علوم پزشکی نیز دارای اهمیت است. این ماده به عنوان عامل انسداد عروق، مدت‌هاست شناخته شده و تبدیل فاز و هسته‌زایی کلسترول، اولین مرحله در بروز این پدیده خطرناک در بدن محسوب می‌شود. از سوی دیگر اگر بتوان ذرات کلسترول را بصورت نانومتری در خون معلق نگه داشت، تا حد زیادی از خطر رسوب‌گذاری آن در عروق اجتناب می‌شود. در این تحقیق به عنوان گام اول اثر حلال، ضدحلال، و پایدار سازنده‌ها بر روی هسته‌زایی و تغییر فاز و پایداری نانوذرات کلسترول بررسی می‌شود.

نتایج

نتایج حاصل از شبیه سازی عبارت اند از دمای میانگین دیواره، دمای بالک، ضریب انتقال حرارت جابه جایی که با محاسبه ی ضریب انتقال حرارت رسانش نانوسیال و طبق روابط حاکم بر انتقال حرارت میتوان عدد بی بعد ناسلت را محاسبه کرد. در جداول ۳-۵ این نتایج ذکر شده است. همچنین ناسلت حاصل از شبیه سازی با ناسلت نتایج آزمایشگاهی مقایسه شده که میزان خطای کمتر از ۵ درصد صحت شبیه سازی را نتیجه می دهد.

۱-۳- مقدار یک درصد وزنی TiO_2

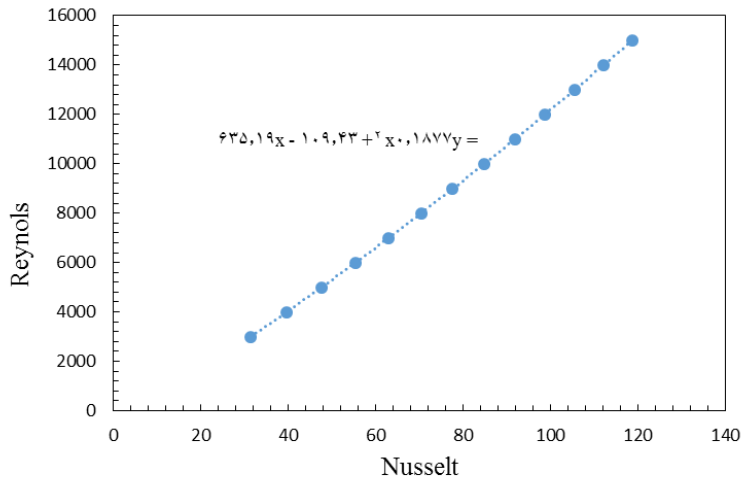
نشریه تحقیقات کاربردی در شیمی

سال ۱، شماره ۴ (مسلسل: ۴)، زمستان ۱۳۹۹

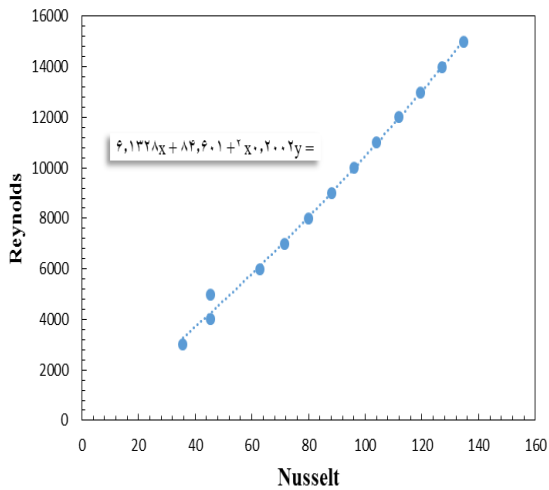
<https://science-journals.ir>

جدول ۳: نتایج حاصل از شبیه سازی نانو سیال ۱٪ وزنی و بررسی خطا

Re	Tw	Tb	H	Nu _{simulation}	Nu _{exp}	% error
۳۰۰۰	۳۰۰/۳۷۵۱	۳۰۰/۰۸۲۶	۱۷۰۹۴/۰۲	۳۱/۳۸۴۹۲	۳۱/۱۴۹۳۸	۰/۰۷۵۶۲
۴۰۰۰	۳۰۰/۲۹۳	۳۰۰/۰۶۱۹	۲۱۶۳۵/۶۶	۳۹/۷۳۳۴۴	۳۹/۲۱۰۳۲	۰/۰۱۳۰۸۷
۵۰۰۰	۳۰۰/۲۴۲۱	۳۰۰/۰۴۹۵	۲۵۹۶۰/۵۴	۴۷/۶۶۴۰۱	۴۶/۸۷۳۶	۰/۰۱۶۸۶۲
۶۰۰۰	۳۰۰/۲۰۶۸	۳۰۰/۰۴۱۳	۳۰۲۱۱/۴۸	۵۵/۴۶۸۸۱	۵۴/۲۳۴۲۱	۰/۰۲۲۷۶۴
۷۰۰۰	۳۰۰/۱۸۱۱	۳۰۰/۰۳۵۴	۳۴۳۱۷/۰۹	۶۳/۰۰۶۷۸	۶۱/۳۵۲۲۹	۰/۰۲۶۹۶۷
۸۰۰۰	۳۰۰/۱۶۱۴	۳۰۰/۰۳۱	۳۸۳۴۳/۵۶	۷۰/۳۹۹۴۵	۶۸/۲۶۹۱۲	۰/۰۳۱۲۰۵
۹۰۰۰	۳۰۰/۱۴۵۸	۳۰۰/۰۲۷۵	۴۲۲۶۵/۴۲	۷۷/۶۰۰۰۷	۷۵/۰۱۴۷	۰/۰۳۴۴۶۵
۱۰۰۰۰	۳۰۰/۱۳۳۱	۳۰۰/۰۲۴۸	۴۶۱۶۸/۰۵	۸۴/۷۶۵۳۵	۸۱/۶۱۱۶۸	۰/۰۳۸۶۴۲
۱۱۰۰۰	۳۰۰/۱۲۲۵	۳۰۰/۰۲۲۵	۵۰۰۰۰	۹۱/۸۰۰۸۸	۸۸/۰۷۷۸۱	۰/۰۴۲۲۷
۱۲۰۰۰	۳۰۰/۱۱۳۶	۳۰۰/۰۲۰۷	۵۳۸۲۱/۳۱	۹۸/۸۱۶۸۸	۹۴/۴۲۷۲۵	۰/۰۴۶۶۸۷
۱۳۰۰۰	۳۰۰/۱۰۶۱	۳۰۰/۰۱۹۱	۵۷۴۷۱/۲۶	۱۰۵/۵۱۸۳	۱۰۰/۶۷۱۶	۰/۰۴۸۱۴۳
۱۴۰۰۰	۳۰۰/۰۹۹۶	۳۰۰/۰۱۷۷	۶۱۰۵۰/۰۶	۱۱۲/۰۸۹	۱۰۶/۸۲۰۵	۰/۰۴۹۳۲۱
۱۵۰۰۰	۳۰۰/۰۹۳۸	۳۰۰/۰۱۶۵	۶۴۶۸۳/۰۵	۱۱۸/۷۵۹۲	۱۱۲/۸۸۲۲	۰/۰۵۲۰۶۴



شکل ۲: نمودار Reynolds-Nusselt در نانوسیال ۱٪ وزنی

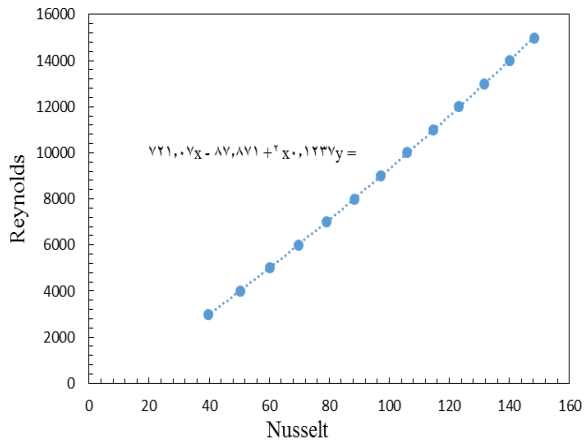


شکل ۳: نمودار Reynolds-Nusselt در نانوسیال ۳٪ وزنی

۳-۳- مقدار پنج درصد وزنی TiO_2

جدول ۵: نتایج حاصل از شبیه سازی نانو سیال ۵٪ وزنی و بررسی خطا

Re	Tw	Tb	h	Nu simulation	Nu exp	% error
۳۰۰	۳۰۰/۲۹۲۳	۳۰۰/۰۸۲۱	۲۳۷۸۶/۸۷	۳۹/۶۹۹۸۳	۳۴/۹۴۸۲	۰/۱۳۵۹۶۲
۴۰۰	۳۰۰/۲۲۸۴	۳۰۰/۰۶۲۶	۳۰۱۵۶/۸۲	۵۰/۳۳۱۱۵	۴۳/۹۹۲۲۱	۰/۱۴۴۰۹۲
۵۰۰	۳۰۰/۱۸۸۵	۳۰۰/۰۵۰۱	۳۶۱۲۷/۱۷	۶۰/۲۹۵۵۶	۵۲/۵۹۰۰۸	۰/۱۴۶۵۲
۶۰۰	۳۰۰/۱۶۱۲	۳۰۰/۰۴۱۷	۴۱۸۴۱	۶۹/۸۳۱۸۴	۶۰/۸۴۸۳۵	۰/۱۴۷۶۳۷
۷۰۰	۳۰۰/۱۴۱۲	۳۰۰/۰۳۵۸	۴۷۴۳۸/۳۳	۷۹/۱۷۳۶۷	۶۸/۸۳۴۵۲	۰/۱۵۰۲۰۳
۸۰۰	۳۰۰/۱۲۵۸	۳۰۰/۰۳۱۳	۵۲۹۱۰/۰۵	۸۸/۳۰۵۸۷	۷۶/۵۹۴۹	۰/۱۵۲۸۹۵
۹۰۰	۳۰۰/۱۱۳۶	۳۰۰/۰۲۷۸	۵۸۲۷۵/۰۶	۹۷/۲۵۹۹۶	۸۴/۱۶۳۱۲	۰/۱۵۵۶۱۳
۱۰۰۰	۳۰۰/۱۰۳۸	۳۰۰/۰۲۵	۶۳۴۵۱/۷۸	۱۰۵/۸۹۹۸	۹۱/۵۶۴۶۵	۰/۱۵۶۵۵۸
۱۱۰۰	۳۰۰/۰۹۵۵	۳۰۰/۰۲۲۸	۶۸۷۷۵/۷۹	۱۱۴/۷۸۵۵	۹۸/۸۱۹۳۵	۰/۱۶۱۵۶۹
۱۲۰۰	۳۰۰/۰۸۸۶	۳۰۰/۰۲۰۹	۷۳۸۵۵/۲۴	۱۲۳/۲۶۳	۱۰۵/۹۴۳۱	۰/۱۶۳۴۸۳
۱۳۰۰	۳۰۰/۰۸۲۷	۳۰۰/۰۱۹۳	۷۸۸۶۴/۳۵	۱۳۱/۶۳۳۱	۱۱۲/۹۴۹	۰/۱۶۵۳۳۲
۱۴۰۰	۳۰۰/۰۷۷۵	۳۰۰/۰۱۷۹	۸۳۸۹۲/۶۲	۱۴۰/۰۱۵۲	۱۱۹/۸۴۷۹	۰/۱۶۸۲۷۴
۱۵۰۰	۳۰۰/۰۷۳	۳۰۰/۰۱۶۷	۸۸۸۰۹/۹۵	۱۴۸/۲۲۲۱	۱۲۶/۶۴۸۷	۰/۱۷۰۳۴



شکل ۴: نمودار Reynolds-Nusselt در نانوسیال ۵٪ وزنی

نتیجه گیری

با توجه به اهمیت مبدل های حرارتی لوله ای در صنایع با فشار نسبتا بالا متاسفانه به دلیل پایین بودن نرخ انتقال حرارت در مبدل های لوله ای استفاده از این مبدل ها را علی رغم

ساختمان ساده و هم چنین تعمیر و نگهداری راحت تر و قابلیت تعویض و افزایش و یا کاهش ظرفیت با محدودیت موج نموده است لذا در این پروژه تا راهکاری جت افزایش انتقال حرارت با استفاده از نانوسیال مذکور برای این نوع مبدل حرارتی بررسی گردد به همین منظور نتایج بر حسب به دست آوردن عدد ناسلت مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان داده است که اضافه کردن نانو سیال به میزان و از هر نوعی سبب بهبود انتقال حرارت در مقایسه با آب

خالص شده است اما با افزایش میزان نانو ذره در سیال پایه نیز این انتقال حرارت به التبه افزایش می یابد. در کل قطر متوسط ذره و ضریب انتقال حرارت هدایتی آن تاثیر گذاری

چشم گیری در انتقال حرارت دارد یعنی هرچه قطر متوسط نانو ذره بیشتر و ضریب هدایتی آن بیشتر باشد در نتیجه انتقال حرارت نیز بیشتر خواهد شد.

منابع و مآخذ

- [۱] Ciloglu, D. and A. Bolukbasi, *The quenching behavior of aqueous nanofluids around rods with high temperature*. Nuclear Engineering and Design, ۲۰۱۱. ۲۴۱(۷): p. ۲۵۱۹-۲۵۲۷
- [۲] Sasmito, A.P., J.C. Kurnia, and A.S. Mujumdar, Numerical evaluation of laminar heat transfer enhancement in nanofluid flow in coiled square tubes. Nanoscale research letters, ۲۰۱۱. ۶(۱): p. ۱-۱۴
- [۳] Ding, M., C. Liu, and Z. Rao, *Experimental investigation on heat transfer characteristic of TiO₂-H₂O nanofluid in microchannel for thermal energy storage*. Applied Thermal Engineering, ۲۰۱۹. ۱۶۰: p. ۱۱۴۰۲۴.

<https://science-journals.ir>

- [۴] Eiamsa-Ard, S., K. Kiatkittipong, and W. Jedsadaratanachai, *Heat transfer enhancement of TiO₂/water nanofluid in a heat exchanger tube equipped with overlapped dual twisted-tapes*. Engineering Science and Technology, an International Journal, ۲۰۱۵. ۱۸(۳): p. ۳۳۶-۳۵۰.
- [۵] Ardekani, A.M., V. Kalantar, and M. Heyhat, *Experimental study on heat transfer enhancement of nanofluid flow through helical tubes*. Advanced Powder Technology, ۲۰۱۹. ۳۰(۹): p. ۱۸۱۵-۱۸۲۲.
- [۶] Ajeel, R.K., W.-I. Salim, and K. Hasnan, *Design characteristics of symmetrical semicircle-corrugated channel on heat transfer enhancement with nanofluid*. International Journal of Mechanical Sciences, ۲۰۱۹. ۱۵۱: p. ۲۳۶-۲۵۰.
- [۷] Xuan, Y. and Q. Li, *Heat transfer enhancement of nanofluids*. International Journal of heat and fluid flow, ۲۰۰۰. ۲۱(۱): p. ۵۸-۶۴.
- [۸] Xia, G., et al., *The characteristics of convective heat transfer in microchannel heat sinks using Al₂O₃ and TiO₂ nanofluids*. International Communications in Heat and Mass Transfer, ۲۰۱۶. ۷۶: p. ۲۵۶-۲۶۴.
- [۹] YILMAZ, U.B. and O. TURGUT, *A Comparison of Circular Duct and Real Hexagonal Duct Results Using Hydraulic Diameter*. Politeknik Dergisi: p. ۱-۱.
- [۱۰] Emami, S., et al., *Evaluation of Nusselt number and pressure drop in hexagonal and rectangular micro-channels in the presence of nano-fluids*. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part E: Journal of Process Mechanical Engineering, ۲۰۲۰. ۲۳۴(۶): p. ۶۶۵-۶۷۲.
- [۱۱] Martínez, V.A., et al., *Numerical study of TiO₂-based nanofluids flow in microchannel heat sinks: Effect of the*

نشریه تحقیقات کاربردی در شیمی

سال ۱، شماره ۴ (مسلسل: ۴)، زمستان ۱۳۹۹

<https://science-journals.ir>

Reynolds number and the microchannel height. Applied
Thermal Engineering, ۲۰۱۹, ۱۶۱: p. ۱۱۴۱۳۰