

چرخش لایه آزاد نانو سیال دی اکسید تیتانیوم در میدان الکتریکی خارجی

سلیمانی تبار، مهسا؛ رسولی، رضا؛ شیرسوار، رضا؛ ملایی، سعید؛

گروه فیزیک، دانشگاه زنجان، زنجان

چکیده

در این مقاله اثر نانوذرات دی اکسید تیتانیوم بر پاسخ لایه آزاد سیال به میدان الکتریکی خارجی بررسی شده است. اعمال میدان الکتریکی خارجی به لایه سیال حامل جریان موجب چرخش لایه می شود که ناشی از پاسخ بار سطحی لایه به میدان الکتریکی است. به منظور بررسی اثر بار الکتریکی بر چرخش نانوسیال دی اکسید تیتانیوم در غلظت های مختلف مطالعه شد. نتایج نشان داد حضور نانوذرات در سیال موجب حدوداً دو برابر شدن سرعت چرخش آن می شود. همچنین اثر تابش فرابنفش بر سرعت چرخش سیال بررسی شد و مشخص گردید که تاثیر چندانی بر سرعت چرخش ندارد. در نهایت زمان لازم برای رسیدن به حداکثر سرعت چرخش لایه های نانوسیال اندازه گیری و مقایسه گردید.

کلمات کلیدی: اکسید گرافین، نانوذرات اکسید تیتانیوم، لایه نازک سیال

Rotation of the free layer of titanium dioxide nano-fluid in an external electric field

Soleimani Tabar, Mahsa; Rasuli, Reza; Shirsavar, Reza; Mollaei, Saeid;

Department of Physics, University of Zanjan, Zanjan

Abstract

In this paper, the effect of nanoparticles of titanium dioxide on the response of the freely suspended nano-fluid in an external electric field is investigated. Carrying electric current by nano-fluid in external electric field rotates it due to its surface charge. To study the effect of surface charge on nano-fluid rotation, we have performed the experiments at various concentrations. The results show that the presence of nanoparticles in the fluid increases the angular velocity to about twice latest. The effect of ultraviolet radiation on the angular velocity of the fluid was examined and it was found that no significant impact on the speed of rotation. Finally the time to reach the maximum angular speed of the nanofluids layers were determined and compared.

Keywords: graphene oxide, TiO₂ nanoparticles, liquid film

PAC number: 68, 81, 80

مقدمه

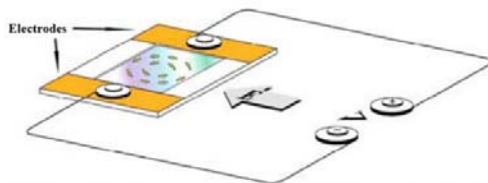
در دهه‌های اخیر لایه‌های نازک به طور گسترده‌ای مورد توجه بوده است [۱]. در این میان لایه‌های نازک سیال به دلیل خواص جالب توجه اخیراً مورد مطالعه قرار گرفته است [۲]. مشاهده شده است که لایه نازک شاره‌های قطبی مانند آب پاسخهای مختلفی به میدان الکتریکی خارجی از خود نشان می‌دهد [۲, ۳]. همچنین گزارش شده است که با گذراندن چگالی جریان الکتریکی (J) از درون لایه آزاد سیال و اعمال میدان الکتریکی (E) عمود بر آن، چرخشی در لایه در جهت $E \times J$ مشاهده می‌شود [۲, ۳]. این موضوع در سیالهای مختلف بررسی شده و مشخص شده است که در صورت کافی بودن شدت جریان و میدان الکتریکی، همه سیالهای قطبی و غیر قطبی در این شرایط شروع به چرخش می‌کنند [۳]. از طرفی نانو سیالها تاکنون به صورت گسترده‌ای مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. افزودن نانوذرات به یک سیال می‌تواند خواص الکتریکی، گرمایی، اپتیکی، مغناطیسی و وشکسانی آن را دستخوش تغییر کند [۴-۶]. در این صورت پاسخ سیال به میدان الکتریکی خارجی نیز، متأثر از نانوذرات خواهد بود. هنگامیکه نانوذرات اکسید تیتانیم در درون آب قرار می‌گیرد مولکولهای آب در اثر برهمکنش با پیوندهای آویزان اتمهای سطح نانوذرات با آن چسبیده و موجب ایجاد لایه هیدرودینامیک در اطراف آن می‌شوند. بسته به اسیدیته مایع و جنس نانوذره، ذرات می‌توانند بار منفی یا مثبت به خود بگیرند [۷, ۸]. نانوذرات در درون سیال می‌توانند با ایجاد تغییراتی در خاصیت آن مانند وشکسانی، رسانندگی الکتریکی، زبری سطح و ... در نحوه پاسخ سیال به میدان خارجی تاثیر گذار باشند [۹]. آزمایشهای اندازه‌گیری پتانسیل زتا نشان داده است که نانو ساختار اکسید تیتانیم در آب می‌تواند تا حدود ۲۵ mV باردار شوند و هدایت الکتریکی را تا حدود ۸۰ میکرو زیمنس افزایش دهند [۸]. بنابراین با توجه به اینکه نانوذرات محلول در سیال می‌توانند تحت شرایطی باردار شوند نحوه پاسخ لایه سیال حامل جریان در حضور میدان الکتریکی خارجی متفاوت خواهد بود. درک ساز و کار چرخش سیال در اثر میدان الکتریکی از چالشهای حاضر پژوهشگران است [۱۰]. به عنوان مثال نصیری و همکارانش نشان داده‌اند که این چرخش سیال ناشی از پاسخ بار سطحی سیال به میدان الکتریکی خارجی است [۱۰]. در پژوهشی دیگر شیروا و همکارانش به بررسی تئوری چرخش شاره الکترو هیدرودینامیکی پرداخته‌اند [۱۱]. تغییر بار سیال با حضور نانو ذرات باردار می‌تواند در فهم ساز و کار مربوط به پاسخ سیال مفید واقع شود.

در این مقاله اثر نانوذرات دی اکسید تیتانیم بر چرخش لایه آزاد سیال حامل جریان در میدان الکتریکی خارجی بررسی شده است. بدین منظور اثر پارامترهای غلظت و تابش اشعه فرابنفش بر نانو سیال بررسی گردید. نتایج نشان داد حضور نانوذرات در سیال موجب افزایش سرعت چرخش می‌شود و تقریباً مستقل از غلظت نانو ذرات است. همچنین اثر تابش فرابنفش بر سرعت چرخش سیال بررسی شد و مشخص گردید که تاثیر چندانی بر سرعت چرخش ندارد. در نهایت زمان لازم برای رسیدن به حداکثر سرعت چرخش لایه‌های نانو سیال اندازه‌گیری و مقایسه گردید.

مواد و روش آزمایش

برای تشکیل لایه آزاد از قابی عایق استفاده گردید که سطح آن با مس لایه نشانی شده است و به منظور انجام آزمایش قاب دایره‌ای شکل با قطر ۵ میلی‌متر مورد استفاده قرار گرفت. لایه‌های آزاد سیال با کشیدن میله آغشته به نانو سیال مورد نظر بر روی روزنه‌ی موجود در قاب تهیه شد. سپس جهت ایجاد جریان، بر لایه آماده شده اختلاف پتانسیل ۲۵ ولت اعمال شد. لایه حامل جریان در یک میدان الکتریکی با شدت ۱/۶ kV/cm موازی با سطح لایه مطابق شکل ۱ قرار گرفت. نانو سیال مورد مطالعه از پراکنده کردن نانوذرات دی اکسید تیتانیم با اندازه ذرات ۲۰-۶۰ نانومتر در آب دی یونیزه با غلظت‌های جرمی ۰/۰۰۸، ۰/۰۱۶، ۰/۰۲۵، ۰/۰۳۳ گرم بر لیتر تهیه شد. جهت پخش یکنواخت نانوذرات در سیال، نمونه‌ها به مدت ۱۵ دقیقه تحت امواج اولتراسونیک قرار گرفت و با اضافه نمودن مقدار ثابتی از سورفکتانت جهت تشکیل لایه آزاد آماده گردید. در تمام آزمایشها، از چرخش لایه حامل جریان در میدان الکتریکی ۱/۶ kV/cm، توسط دوربینی با سرعت ۳۰ فریم بر ثانیه فیلمبرداری شد. با استفاده از

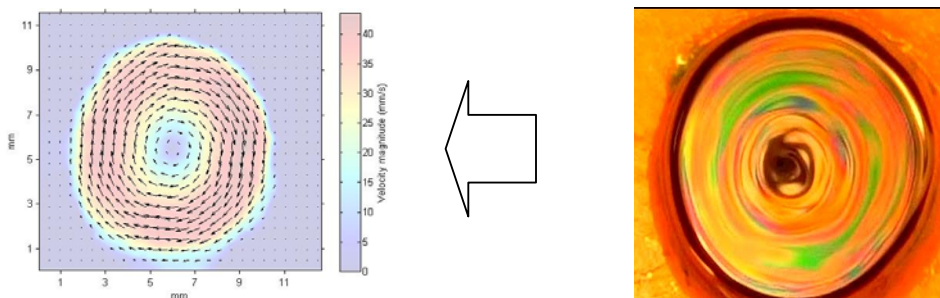
برنامه PIV¹ سرعت چرخش سیال در نقاط مختلف لایه محاسبه گردید. جهت بررسی تاثیر تابش فرابنفش بر چرخش لایه آزاد، نمونه ها به مدت ۲۰ دقیقه در معرض تابش پرتو فرابنفش قرار گرفتند.



شکل ۱: شماتیک چیدمان مورد استفاده جهت چرخش نانوسیال

بحث و نتایج

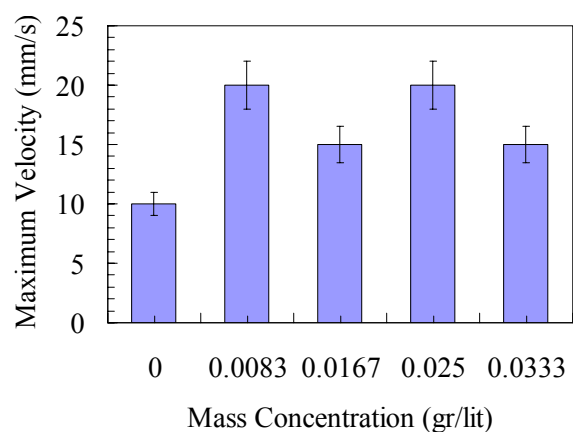
شکل ۲ سمت راست تصویری از چرخش لایه آزاد حامل جریان در میدان الکتریکی را نشان می دهد. همانگونه که ملاحظه می شود ضخامتهای مختلف لایه منجر به رنگهای متفاوتی می شوند. جابجایی این رنگها می تواند در اندازه گیری سرعت چرخش لایه مورد استفاده قرار گیرد [۳]. فیلمهای گرفته شده از فرایند آزمایش ابتدا به عکس تبدیل شد و سپس سرعت چرخش در نقاط مختلف محاسبه گردید که در شکل ۲ سمت چپ نشان داده شده است. همانگونه که ملاحظه می شود سرعت چرخش سیال در وسط و لبه ها کمتر از بقیه جاها است. همچنین ماکزیمم سرعت چرخش حدود ۴۰ میلیمتر بر ثانیه است.



شکل ۲: (راست) عکس چرخش لایه آزاد حامل جریان در میدان الکتریکی ۱/۶ kV/cm، (چپ) نمودار سرعت سنجی نانوسیال دی اکسید تیتانیوم

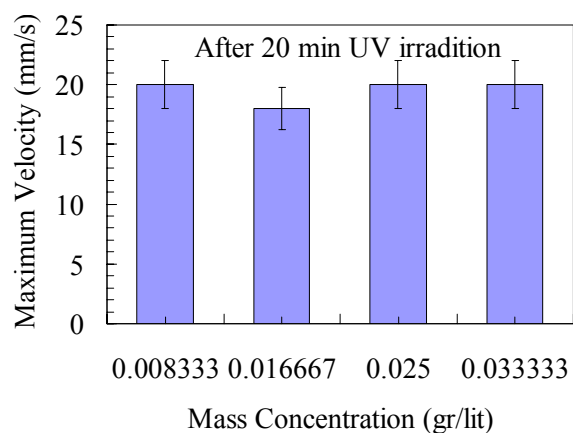
با استفاده از عکس حاصل از فیلمبرداری سرعت بیشینه برای نانو سیال در غلظتهای مختلف محاسبه گردید. شکل ۳ بیشینه سرعت خطی چرخش سیال را به همراه خطای آماری تکرار آزمایش در غلظتهای مختلف نانوذره دی اکسید تیتانیوم نشان می دهد. **سرعت چرخش بیشینه، بلافاصله بعد از رسیدن حالت پایا اندازه گیری شده است.** همانگونه که ملاحظه می گردد سرعت چرخش در غلظت های مختلف تفاوت چندانی ندارد و بنابراین می توان نتیجه گیری کرد که پارامتر غلظت نانوذرات تاثیر قابل ملاحظه ای بر بیشینه سرعت چرخش ندارد. اما مقایسه سرعت بیشینه چرخش نانوسیال با سیال بدون نانوذره افزایش حدود دو برابری سرعت بیشینه را نشان می دهد.

¹ Particle Image Velocimetry



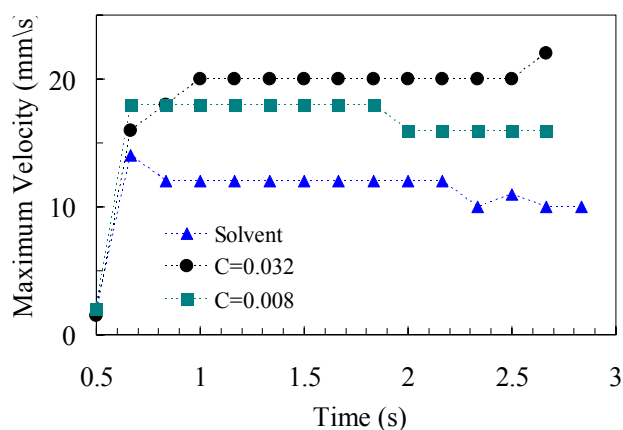
شکل ۳: بیشینه سرعت چرخش نانوسیال دی اکسید تیتانیوم بر حسب غلظت نانوذرات

گزارش شده است که وقتی سیال حاوی نانوذرات دی اکسید تیتانیوم تحت تابش پرتو فرابنفش قرار می گیرد، خاصیت فوتوکاتالیستی موجب تولید زوج الکترون حفره می گردد [۱۲]. این امر موجب فوق آبدوست شدن نانوذرات دی اکسید تیتانیوم می شود و می تواند ویسکوزیته سیال را تغییر دهد [۹]. از آنجا که وشکسانی سیال از عوامل مهم در چرخش آن است اثر تابش فرابنفش روی چرخش نانوسیال آماده شده بررسی شد. شکل ۴ بیشینه سرعت چرخش را پس از تابش اشعه فرابنفش نشان می دهد. همانگونه که ملاحظه می گردد که تابش فرابنفش تاثیر چشمگیری بر سرعت چرخش لایه ندارد. بنابراین وشکسانی سیال و نیز تولید الکترون و حفره در آن تاثیر زیادی بر سرعت چرخش ندارد.



شکل ۴: بیشینه سرعت چرخش نانوسیال بر حسب غلظت برای نانو سیال دی اکسید تیتانیوم بعد از ۲۰ دقیقه تابش فرابنفش

همچنین مدت زمان لازم برای رسیدن به سرعت نهایی چرخش اندازه گیری شد. با استفاده از فیلم گرفته شده تغییرات زمانی سرعت بیشینه نانو سیال دی اکسید تیتانیوم در غلظت ۰/۰۰۸ تا ۰/۰۳۳ گرم بر لیتر محاسبه گردید. همانگونه که شکل ۵ نشان می دهد زمان لازم برای رسیدن به حداکثر سرعت در محدوده دقت اندازه گیری در نمونه های مورد بررسی تقریباً یکسان است.



شکل ۵: نمودار سرعت بیشینه چرخش نانوسیال بر حسب زمان

نتیجه گیری

نمودارهای سرعت سنجی به دست آمده از آزمایش ها، نشان داد بیشینه سرعت چرخش لایه های نانوسیال دی اکسید تیتانیوم، مستقل از غلظت است. همچنین تابش فرابنفش بر نانوسیال در سرعت چرخش موثر نیست و سرعت چرخش نانوسیال نسبت به سیال خالص بیشتر است و نانوذرات دی اکسید تیتانیوم موجب افزایش سرعت چرخش تا حدود دو برابر نسبت به سیال خالص می شوند. علاوه بر این زمان لازم برای رسیدن سیال به سرعت بیشینه برای نمونه های مختلف تقریباً یکسان است.

مراجع

- [۱] A. Oron, S.H. Davis, S.G. Bankoff, Rev. Mod. Phys. 69(3) (1997) 931.
- [۲] A. Amjadi, R. Shirsavar, N.H. Radja, M.R. Ejtehad, Microfluid. Nanofluid. 6(5) (2009) 711.
- [۳] R. Shirsavar, A. Amjadi, A. Tonddast-Navaei, M.R. Ejtehad, Exp. Fluids 50(2) (2011)419.
- [۴] R. Prasher, D. Song, J. Wang, P. Phelan, App. Phys. Lett. 89(13) (2006) 133108.
- [۵] A. Tongkratoke, A. Pramuanjaroenkij, A. Chaengbamrung, S. Kakac, Computl Therm Sci 6(1) (2014) 1.
- [۶] M. Sheikholeslami, D.D. Ganji, M.Y. Javed, R. Ellahi, J. Magn. Magn. Mater. 374 (2015) 36.
- [۷] W. Yu, H. Xie, J Nanomat 2012 (2012) 1.
- [۸] I.S. Grover, S. Singh, B. Pal, Appl Surf Sci 280 (2013) 366.
- [۹] S. Sen, V. Govindarajan, C.J. Pelliccione, J. Wang, D.J. Miller, E.V. Timofeeva, ACS Appl. Mater. Interfaces 7 (37) (2015) 20538.
- [۱۰] M. Nasiri, R. Shirsavar, T. Saghaei, A. Ramos, Microfluid. Nanofluid. 19(1) (2015) 133.
- [۱۱] E.V. Shiryeva, V.A. Vladimirov, M.Y. Zhukov, Phys Rev E 80(4) (2009) 041603.
- [۱۲] F.M. Pesci, G. Wang, D.R. Klug, Y. Li, A.J. Cowan, J Phys Chem C 117(48) (2013) 25837.