نشریه علمی-تخصصی تبدیل انرژی(JEED)
J. Energy Conversion
Volume: 13, Issue:3, 2026: 31-47
دوره ۱۳، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۵، ص: ۴۷-۳۱

حل عددی تأثیر چیدمان منابع گرمازا و سرمازا بر انتقال حرارت درون محفظه حاوی نانوسیال

محمدرضا مسلمان یزدی[1*]، منصور خادم‌زاده[2]

۱- استادیار، گروه مکانیک، واحد میبد، دانشگاه آزاد اسلامی، میبد، ایران، mos1109@iau.ac.ir
۲- دانشجوی دکتری، گروه مکانیک، واحد یزد، دانشگاه آزاد اسلامی، یزد، ایران

دریافت: ۱۴۰۵/۶/۱۰، بازنگری: ۱۴۰۵/۷/۱۳، پذیرش:۱۴۰۵/۷/۲۶

چکیده

سیالاتی از قبیل آب و اتیلن گلیکول یا پروپیلن گلیکول به‌عنوان سیال عامل انتقال حرارت نقش مهمی در بسیاری از کاربردهای صنعتی ایفا می‌کنند. مشکل عمده این نوع سیالات، رسانش حرارتی کم آن‌ها می‌باشد که منجر به پایین ماندن نرخ انتقال حرارت آن‌ها می‌گردد. یکی از روش‌های جدید برای افزایش رسانش حرارتی این قبیل سیالات، افزودن ذرات فلزی در سایز نانو به سیال است. استفاده از نانوذرات فلزی به همراه هدایت حرارتی بالا، هدایت حرارتی مؤثر این دسته از سیالات را به‌طور قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌دهد. در سال‌های اخیر نانوسیالات توجه زیادی را در زمینه خنک‌سازی در کاربردهای صنعتی گوناگون به خود جلب کرده است. دو نوع نانوسیال متفاوت آب-آلومینا و آب-اکسید مس، مورد تحقیق واقع شده‌اند. اندازه نانوذرات ۳۳ نانومتر و بررسی‌ها در دمای محیط انجام می‌گیرد. در این‌جا هدف بررسی چهار موقعیت می‌باشد. موقعیت اول قسمت فوقانی محفظه در دمای ثابت و منبع گرمازا در وسط محفظه قرار داشته است. موقعیت دوم قسمت دیواره راست محفظه در دمای ثابت و منبع گرمازا در وسط محفظه قرار داشته است. موقعیت سوم قسمت دیواره پایین محفظه در دمای ثابت و منبع گرمازا در وسط محفظه قرار داشته است. موقعیت چهارم قسمت دیواره چپ محفظه در دمای ثابت و منبع گرمازا در وسط محفظه قرار داشته است. طول و عرض چشمه حرارتی برابر ۰/۲ طول و عرض محفظه می‌باشد. پارامترهای مورد بررسی توان تولیدی یا شار حرارتی (عدد رایلی ($10^3 \leq Ra \leq 10^5$)) و غلظت نانوسیال ($0 \leq \Phi \geq 0/05$) می‌باشد. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد، افزایش کسر حجمی نانوذرات سبب افزایش ناسلت جریان شده است.

کلمات کلیدی: انتقال حرات، نانوسیال، جابه‌جایی طبیعی، محفظه بسته، بررسی عددی.

* **عهده‌دار مکاتبات:** mos1109@iau.ac.ir

نحوه استناد به این مقاله: محمدرضا مسلمان یزدی، منصور خادم‌زاده، حل عددی تأثیر چیدمان منابع گرمازا و سرمازا بر انتقال حرارت درون محفظه حاوی نانوسیال. **مهندسی مکانیک تبدیل انرژی. ۱۴۰۵؛ ۱۳ (۳): ۴۷-۳۱.**

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-06]

۱- مقدمه

در طی سال‌ها، از سیالات متداولی نظیر آب یا روغن به‌عنوان سیال عامل انتقال حرارت، در سیستم‌های صنعتی استفاده می‌شد. مشکل عمده این نوع سیالات، رسانش حرارتی کم آن‌ها می‌باشد که منجر به پایین ماندن نرخ انتقال حرارت آن‌ها می‌گردد و همین امر هدف نهایی از کاربرد این سیالات در صنعت را به چالش می‌کشد. یکی از روش‌های جدیدی که امروزه برای افزایش رسانش حرارتی این قبیل سیالات و در نتیجه آن، افزایش نرخ انتقال حرارت مورد استفاده قرار می‌گیرد، افزودن ذرات در سایز نانو به سیال است، به‌طوری که انتقال حرارت نانوسیال در درون محفظه‌ها و تأثیر خصوصیات ترموفیزیکی آن‌ها از قبیل رسانش حرارتی، لزجت دینامیکی و ضریب انبساط حرارتی آن‌ها مورد بحث و بررسی زیادی قرار گرفته است. بسیاری از پژوهشگران، وجوه مختلفی از خواص نانوسیال را در کاربردهای مختلف، مورد بررسی و توجه قرار داده‌اند. در سالیان اخیر با توجه به ضرورت استفاده از نانو سیالات بالاخص در زمینه بهبود انتقال حرارت، استفاده از نانوسیالات درون محفظه‌ها نیز رایج گردیده و تأثیرات درصدهای حجمی نانوسیال در میزان انتقال حرارت و تغییر در خطوط جریان و دما، به‌عنوان یکی از پارامترهای مهم مورد مطالعه قرار گرفته است. هوانگ و همکاران [۱] به مطالعه انتقال حرارت در یک محفظه مستطیلی پر شده از نانوسیال آب-اکسیدآلومینیوم به‌صورت عددی پرداختند. آن‌ها از مدل‌های مختلفی برای ارزیابی ویسکوزیته و ضریب هدایت حرارتی نانوسیال استفاده کردند. ون و دینگ [۲] بحث و بررسی خود را به بهبود انتقال حرارت در یک محفظه پر شده از نانوسیال اکسید تیتانیوم معطوف نمودند. مطالعه عددی دیگری بر روی جابه‌جایی طبیعی در یک محفظه دوبعدی پر شده از نانوسیال آب- مس توسط خانافر و همکاران [۳] انجام شده است. سمت چپ و راست محفظه به ترتیب دارای دمای کم و زیاد بوده و سطح فوقانی و زیرین آن عایق فرض شد. نتایج آن‌ها نشان می‌دهد که در یک گراشف معین، نرخ انتقال حرارت با افزایش کسر حجمی نانوذرات افزایش می‌یابد.

جو و تزنگ [۴] با مطالعه عددی جابه‌جایی آزاد نانوسیال در محفظه‌های مستطیل شکل، نشان دادند که افزایش نیروی شناوری و کسر حجمی نانوذرات، هر دو بر افزایش نرخ انتقال گرما درون محفظه کمک می‌کنند.

سانترا و همکاران [۵] مسئله جابه‌جایی آزاد در یک حفره حاوی نانوسیال را با فرض رفتار غیر نیوتنی نانوسیال به روش عددی مورد مطالعه قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان می‌داد که در برخی اعداد رایلی خاص، با افزایش کسر حجمی نانوذرات، نرخ انتقال گرما کاهش می‌یابد و در محدوده دیگری از اعداد رایلی، با افزایش کسر حجمی نانوذرات، نرخ انتقال گرما افزایش می‌یابد. ازتاپ و ابوندا [۶] با انجام شبیه‌سازی عددی، جریان سیال و انتقال گرمای جابه‌جایی آزاد در محفظه‌های مستطیلی حاوی نانوسیال را مورد بررسی قرار دادند. محفظه‌های بررسی شده توسط آن‌ها دارای یک دیواره عمودی سرد و یک جزء سرد قرار گرفته روی دیواره عمودی مقابل بود در حالی که سایر دیواره‌ها عایق بودند. آن‌ها اثر نوع نانوسیال، عدد رایلی، اندازه و موقعیت جزء گرم و نسبت ابعاد محفظه را مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان دهنده افزایش عدد ناسلت با افزایش کسر حجمی نانوذرات و افزایش اندازه جزء سرد در تمام محدوده اعداد رایلی بود. اوگوت [۷] به بررسی این مسئله در یک حفره با دیواره عمودی سرد دما ثابت و یک جزء سرد شار ثابت روی دیواره عمودی مقابل پرداخت. وی نشان داد که اندازه جزء سرد و زاویه محفظه، پارامترهای کنترل کننده نرخ انتقال گرما هستند. ابوندا و ازتاپ [۸] اثر تغییر زاویه بر نرخ انتقال گرما در یک حفره حاوی نانوسیال را به‌صورت عددی مورد مطالعه قرار دادند و نشان دادند که اثر غلظت نانوذرات بر عدد ناسلت، در مقادیر پایین کسر حجمی بیش‌تر از مقادیر بالای کسر حجمی است. به علاوه نتایج آن‌ها نشان داد با افزایش عدد رایلی، درصد افزایش انتقال گرما با استفاده از نانوسیال، کاهش می‌یابد.

جابه‌جایی آزاد نانوسیال در یک محفظه مربعی سردشونده متقارن از طرفین و با وجود یک جزء سرد روی دیواره تحتانی آن، توسط امین الساداتی و قاسمی [۹] به‌صورت عددی مطالعه شده است. آن‌ها اثرات عدد رایلی، اندازه و محل قرارگیری جزء سرد، نوع نانوسیال

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-06]

و کسر حجمی نانوذرات را بررسی کردند و نشان دادند که افزودن نانوذرات باعث بهبود بازده سرمایی به‌خصوص در اعداد رایلی پایین می‌شود. به علاوه نتایج آن‌ها نشان می‌داد که نوع نانوسیال و طول و اندازه جزء سرد به‌شدت بر دمای بیشینه سطح جزء سرد تأثیرگذار است. در تحقیق دیگری توسط آن‌ها [۱۰] مسئله جابه‌جایی آزاد در یک محفظه مربعی با دیواره‌های افقی عایق، دیواره چپ سرد و یک المان گرمایی با شار نوسانی رو ی دیواره راست را به روش عددی بررسی کردند. آن‌ها ضمن مشاهده میدان جریان و دمای نوسانی درون محفظه، دریافتند که مکان بهینه المان گرمایی، تابعی از عدد رایلی است. شیخ‌زاده و همکاران [۱۱] جابه‌جایی طبیعی نانوسیال آب-اکسید مس را در محفظه مربعی با وجود منبع گرم و سرد روی دیواره‌های عمودی به‌صورت عددی بررسی کردند و گزارش کردند که انتقال گرما با افزایش کسر حجمی نانوذرات افزایش می‌یابد. در تحقیق دیگری شیخ‌زاده و محمودی [۱۲] جابه‌جایی طبیعی به وجود آمده از دو و سه جفت جزء سرد و گرم قرار گرفته بر روی دیواره‌های محفظه مربعی پر شده از نانوسیال آب-نقره را بررسی کردند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که انتقال گرما با تعداد گردابه‌های درون محفظه، افزایش می‌یابد و تأثیر استفاده از نانوسیال بر افزایش انتقال گرما، بیش‌تر از تأثیر چند سلولی بودن ساختار جریان است. پوترا و همکاران [۱۳] جابه‌جایی طبیعی دو نانوسیال آب-اکسید آلومینیوم و آب-اکسید مس در یک استوانه افقی را به‌صورت گرمای تجربی مورد مطالعه قرار دادند. آن‌ها دریافتند که عدد ناسلت در این نانوسیال‌ها با افزایش کسر حجمی نانوذرات، کاهش می‌یابد. هو و همکاران [۱۴] به بررسی تجربی جابه‌جایی آزاد نانوسیال آب-اکسید آلومنیوم در سه نوع محفظه مربع شکل با ابعاد مختلف به همراه اندازه‌گیری تجربی کلیه خواص ترموفیزیکی نانوسیال پرداختند و اظهار داشتند که افزایش یا کاهش غیر عادی انتقال گرما را تنها با خواص ترموفیزیکی نانوسیال به‌طور ساده نمی‌توان توضیح داد. آن‌ها دلایل ممکن برای این رفتار غیرعادی را مورد بحث و بررسی قرار دادند و توضیح دادند که اثر کسر حجمی متغیر که بر اثر انتقال نانوذرات به وجود می‌آید و در جابه‌جایی طبیعی نانوسیال می‌تواند مهم باشد. محمودی و همکارانش [۱۵] حل عددی مربوط به جابه‌جایی طبیعی در محفظه را بررسی کردند. این جریان توسط شار حرارتی که چشمه حرارتی تولید می‌کند ایجاد می‌شود. با فرض این‌که ذرات مس دارای قطر یکنواخت و برابر ۱۰۰ nmباشد، معادلات بقا با تقریب بوزینسک حل شده است. طبق مشاهدات صورت گرفته، ابعاد منبع حرارتی یک پارامتر مهم در ایجاد الگوی جریان و دما است. با افزایش طول منبع حرارتی، ناسلت متوسط کاهش یافته و هم‌چنین در یک رایلی مشخص و یک هندسه معین برای منبع حرارتی با افزایش غلظت مخلوط سیال، انتقال حرارت بهبود می‌یابد. مرور مفصلی در مورد خصوصیات انتقال حرارت در نانوسیالات توسط آلگن و همکارانش [۱۶] و ازتپا و همکارش [۱۷] صورت پذیرفته است. جابه‌جایی ترکیبی نوعی از انتقال حرارت جابه‌جایی است که از ترکیب جابه‌جایی طبیعی و جابه‌جایی اجباری پدید می‌آید. در جابه‌جایی ترکیبی عدد ریچاردسون، معرف میزان تأثیرگذاری جابه‌جایی طبیعی به جابه‌جایی اجباری است. انتقال حرارت جابه‌جایی ترکیبی در محفظه‌ها دارای کاربردهای مختلفی از قبیل تهویه مکان‌های مختلف، تجهیزات خنک کننده الکترونیکی، کلکتورهای خورشیدی و غیره می‌باشد. این نوع انتقال حرارت به‌دلیل وابستگی بین نیروی برشی ناشی از حرکت دیواره‌ها و نیروی شناوری ایجاد شده توسط اختلاف دما، دارای پیچیدگی‌های بسیاری است. علاوه بر آن ضریب هدایت حرارتی پایین خنک کننده‌های معمولی نظیر آب و روغن، مانعی بر سر راه انتقال حرارت در کاربردهای فوق است. بنابراین برای بهبود انتقال حرارت در کاربردهای یاد شده می‌توان از نانوسیال استفاده نمود. نتایج یک مطالعه عددی در مورد جابه‌جایی ترکیبی در یک محفظه مربعی شیب‌دار که با نانوسیال آب-اکسید آلومینیوم پر شده بود، توسط ابوندا و چامخا [۱۸] گزارش داده شد. آن‌ها مشاهده کردند که در حضور نانوذرات انتقال حرارت درون محفظه به‌صورت چشم‌گیری بهبود می‌یابد.

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-06]

در مطالعات پژوهشی دیگر[۱۹،۲۲-۲۵] به بررسی عددی جابه‌جایی ترکیبی درون یک محفظه مربعی پر شده از نانوسیال با دیواره‌های متحرک پرداختند. نتایج این تحقیقات نشان داد انتقال حرارت درون محفظه با افزایش کسر حجمی در عدد رینولدز ثابت، افزایش می‌یابد. هم‌چنین در کسر حجمی ثابت، افزایش عدد ریچاردسون و عدد رینولدز باعث ارتقای عملکرد حرارتی محفظه می‌گردد. شاهی و همکاران [۲۰] به بررسی جابه‌جایی ترکیبی نانوسیال در محفظه مورد تهویه که یک چشمه حرارتی بر روی دیوار افقی پایین نصب شده است، پرداخته‌اند. آن‌ها بهبود انتقال حرارت در اثر استفاده از نانوسیال در محفظه را برای اعداد گراشف متفاوت گزارش کردند. سعدالدین و همکاران [۲۱] در یک شبیه‌سازی عددی و استفاده از فرمولاسیون خواص متغیر برای نانو سیالات، جریان و انتقال حرارت جابه‌جایی ترکیبی درون رادیاتور اتومبیل پر شده از نانوسیال را مورد بررسی قرار داده‌اند. نتایج این بررسی نشان می‌دهد با افزایش کسر حجمی نانوذرات و کاهش عدد ریچاردسون، انتقال حرارت درون محفظه افزایش می‌یابد. در این تحقیق، جریان و انتقال حرارت نانوسیال درون محفظه مورد تهویه که در آن، یک جسم داخلی تولید حرارت می‌کند، به‌صورت عددی بررسی شده است. معادلات بقا و خواص نانوسیالات توسط روش حجم محدود حل گردیده و تأثیر مکان جسم داخلی و عدد رینولدز و نرخ تولید حرارت بر اعداد ناسلت موضعی و متوسط، ارائه شده است هم‌چنین تحلیل مربوط به نانوسیال از طریق روش تک فاز انجام شده است. از جمله نتایج این بررسی، افزایش رینولدز و گراشف، تأثیراتی قابل پیش‌بینی بر ناسلت سیال روی چشمه حرارتی ندارد و مقدار افزایش و یا کاهش ناسلت به موقعیت منبع حرارتی در محفظه وابسته است. هم‌چنین در صورت قرار دادن منبع حرارتی در قطر ورود-خروج محفظه، به ازای تمامی مقادیر عدد رینولدز وگراشف، افزایش غلظت نانوسیال موجب افزایش انتقال حرارت و عدد ناسلت چشمه حرارتی می‌گردد.

۲- شرح مسأله

در این تحقیق به بررسی عددی جریان وانتقال حرارت جابه‌جایی طبیعی نانوسیال در یک محفظه حاوی چشمه حرارتی با استفاده از نرم‌افزار فلوئنت پرداخته می‌شود. بررسی اثرات ناشی از تغییر پارامترهای مؤثر بر میدان جریان و میزان انتقال حرارت به‌صورت تجربی، در اغلب موارد کاری هزینه بر و دشوار بوده لذا استفاده از روش‌های عددی به‌عنوان جایگزین مناسب برای شبیه‌سازی این‌گونه مسائل مطرح است. انتقال حرارت جابه‌جایی در نانوسیالات را می‌توان با دو روش تک فاز و دوفاز مدل نمود. در مدل تک فاز، ذرات و فاز سیال در یک تعادل حرارتی در نظر گرفته می‌شوند که دارای سرعت یکسان می‌باشند. از مزایای این روش، کاهش قابل توجه زمان محاسبات در آن است. با توجه به برقراری فرضیه پیوستگی، معادلات حاکم در این روش، همان معادلات ناویر–استوکس برای جریان تک فاز است.

دو نوع نانو سیال متفاوت آب-آلومینا و آب-اکسید مس، در تحقیق مورد استفاده قرار گرفته‌اند. اندازه نانوذرات ۳۳ نانومتر و بررسی‌ها در دمای محیط انجام می‌گیرد. جدول (۱)، خواص ترموفیزیکی آب خالص و نانوذرات به‌کار رفته در تحقیق را نشان می‌دهد.

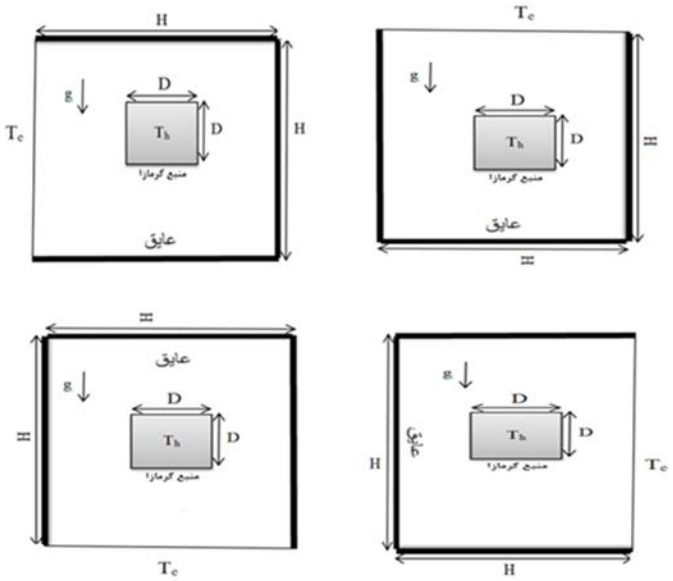
جدول ۱: خواص ترموفیزیکی آب خالص و نانوذرات

نوع ماده	C_p (J/Kg. K)	ρ (kg/m³)	K (W/m.K)	$\beta\times10^5$ (1/k)
آب	۴۱۷۹	۹۹۷/۱	۰/۶۱۳	۲۱
آلومینا (Al_2O_3)	۷۶۵	۳۹۷۰	۴۰	۰/۸۵
اکسید مس (CuO)	۵۳۱/۸	۶۳۲۰	۷۶/۵	۱/۸

در این تحقیق، چهار موقعیت مورد بررسی قرار می‌گیرد (شکل ۱). موقعیت اول، قسمت فوقانی محفظه در دمای ثابت و منبع گرمازا در وسط محفظه قرار دارد. موقعیت دوم، قسمت دیواره راست محفظه در دمای ثابت و منبع گرمازا در وسط محفظه قرار دارد. موقعیت سوم، قسمت دیواره پایین محفظه در دمای ثابت و منبع گرمازا در وسط محفظه قرار دارد. موقعیت چهارم، قسمت دیواره

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-06]

چپ محفظه در دمای ثابت و منبع گرمازا در وسط محفظه قرار دارد. طول و عرض چشمه حرارتی، به نسبت ۰/۲ طول و عرض محفظه می‌باشد.



شکل ۱: هندسه و موقعیت چشمه حرارتی و محفظه

پارامترهای مورد بررسی شامل اثرات توان تولیدی یا شار حرارتی (عدد رایلی ($10^3 \leq Ra \leq 10^5$)) و غلظت نانوسیال ($0 \leq \Phi \leq 0.05$) می‌باشند. هنگامی‌که ذرات با سرعتی برابر سرعت سیال حرکت می‌کند، می‌توان آن را به‌عنوان جریان تک فاز مدل کرد که در آن خواص مایع با خواص موثر نانوسیال جایگزین می‌شود. به‌دلیل سادگی و پایین بودن حجم محاسباتی روش تک فاز، در بیش‌تر مطالعات عددی مربوط به نانوسیالات از این روش استفاده شده است. در روش تحلیل تک فازی، توزیع ذرات یکنواخت فرض می‌شود.

۳- اعتبارسنجی [۲۲]

در این قسمت دو مورد اعتبارسنجی متفاوت جهت تأیید روند اجرای کار انجام شده که به شرح زیر می‌باشد.

۳-۱- مقایسه با دی وال دیویس

دیویس با بررسی انتقال حرارت جابه‌جایی طبیعی در یک محفظه مربعی شکل ساده که دیواره سمت راست در دمای سرد و دیواره سمت چپ آن در دمای گرم و دیواره‌های بالا و پایین عایق فرض شده است. جدول (۲) مقایسه داده‌های تحقیق حاضر را با داده‌های دیویس نشان می‌دهد. نتایج ارائه شده تطابق بسیار خوبی با نتایج دیویس دارد.

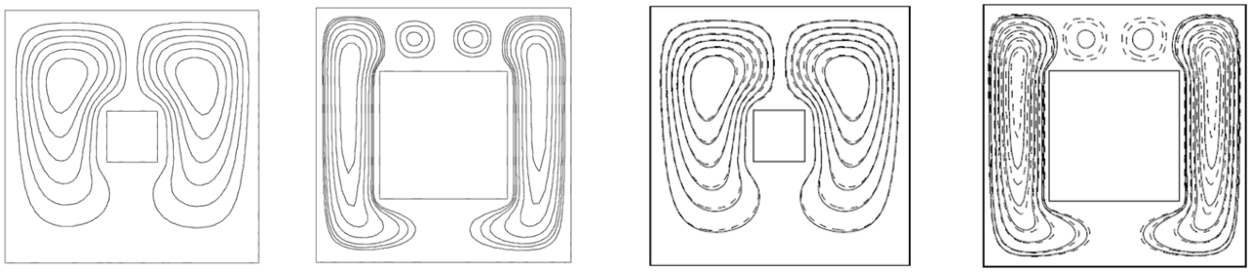
جدول ۲: مقایسه ناسلت متوسط تحقیق حاضر با نتایج دیویس

	$Ra = 10^3$	$Ra = 10^4$	$Ra = 10^5$	$Ra = 10^6$
کار حاضر	۱/۱۱۸	۲/۲۴۸	۴/۶۰۴	۹/۰۸۸
دیویس	۱/۱۱۸	۲/۲۴۳	۴/۵۱۹	۸/۷۹۹
خطا	۰ ٪	۰/٪.۲۲	۱/٪.۸۸	۳/٪.۲۸

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-06]

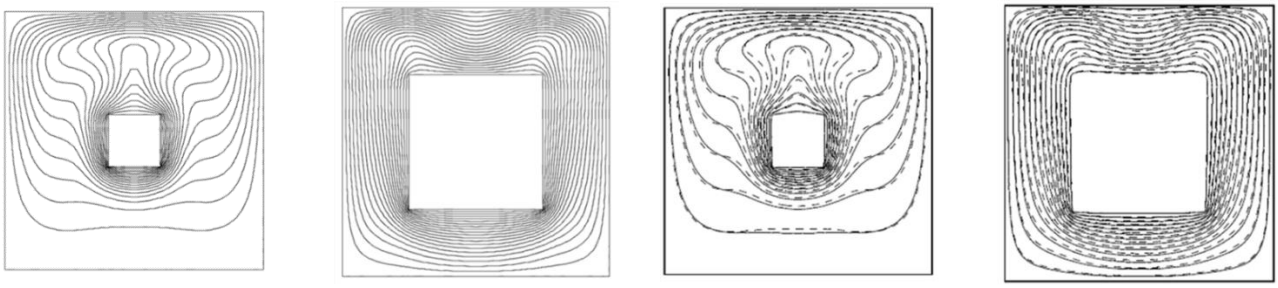
۳-۲- مقایسه با شیخزاده [۱۲]

شیخزاده [۱۲] به بررسی عددی جابه‌جایی طبیعی نانوسیال‌های مختلف داخل یک محفظه‌ی مربعی با منبع حرارتی مرکزی در نسبت‌های ابعادی مختلف پرداخته است. در شکل‌های (۲) و (۳) نتایج کار تحقیق حاضر در نسبت ابعادی ۰/۲ و ۰/۵ در رایلی 10^5 برای حالت آب خالص بار کار شیخزاده و همکاران مقایسه شده است.همان گونه که مشاهده می شود، در هر دو مورد تطابق بسیار خوبی بین نتایج حاضر و نتایج مرجع وجود دارد. لازم به‌ذکر است شکل‌های بالایی مربوط به کار شیخزاده و همکاران بوده وخطوط به‌صورت خط چین مربوط به آب است. خطوط پررنگ مربوط به نانوسیال است.



الف: نتایج تحقیق شیخزاده ب: نتایج تحقیق حاضر

شکل ۲: مقایسه خطوط جریان آب تحقیق حاضر با نتایج تحقیق شیخزاده برای آب خالص ($Ra = 10^5$)



الف: نتایج تحقیق شیخزاده ب: نتایج تحقیق حاضر

شکل ۳: مقایسه خطوط هم‌دما تحقیق حاضر با نتایج تحقیق شیخزاده برای آب خالص ($Ra = 10^5$)

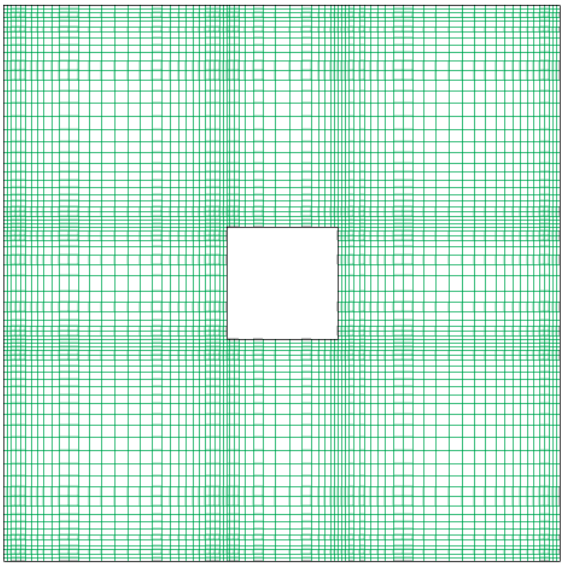
۴- حل مستقل از شبکه

برای به دست آوردن یک حل مستقل از شبکه، مسئله برای شبکه‌هایی با تعداد سلول‌های متفاوت حل شد. به‌منظور دست‌یابی به شبکه‌بندی مناسب و مطمئن و نیز یافتن حل مستقل از شبکه، نتایج مربوط به ناسلت جریان برای چند نمونه شبکه‌بندی مختلف با هم مقایسه شده‌اند. برای شبکه بندی، هر ناحیه به‌صورت غیریکنواخت گره‌گذاری گردیده است. روش متداول این است که تعداد گره‌های شبکه را افزایش داده و تأثیر آن را بر متغیرهای وابسته‌ای هم‌چون سرعت، دما و ناسلت جریان در نظر گرفته می‌شود. میزان تغییرات در این متغیرها در اثر افزایش تعداد گره‌ها از مرحله‌ای به بعد ناچیز می‌شود به‌طوری‌که می‌توان عنوان داشت که نتایج حل به شبکه‌بندی وابسته نیست. برای بررسی از نانوسیال آب-آلومینا در رایلی 10^5 و درصد غلظت حجمی ۰/۰۵ استفاده شده است و هم‌چنین دیواره بالایی محفظه در دمای ثابت قرار دارد. در شکل (۴) نمایی از شبکه حل نشان داده شده است. با توجه به بررسی‌های انجام شده و نتایج موجود در جدول (۳) بهترین گزینه برای رسیدن به حل مستقل از شبکه و در عین حال کم‌ترین زمان محاسبات، شبکه ۷۵×۷۵ انتخاب شد.

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-06]

جدول۳: ارزیابی استقلال از شبکه

Nu_m	شبکه مورد استفاده
۶/۸۵۵	۶۴×۶۴
۶/۸۶۶	۷۵×۷۵
۶/۸۶۸	۹۴×۹۴



شکل ۴: نمایی از شبکه حل

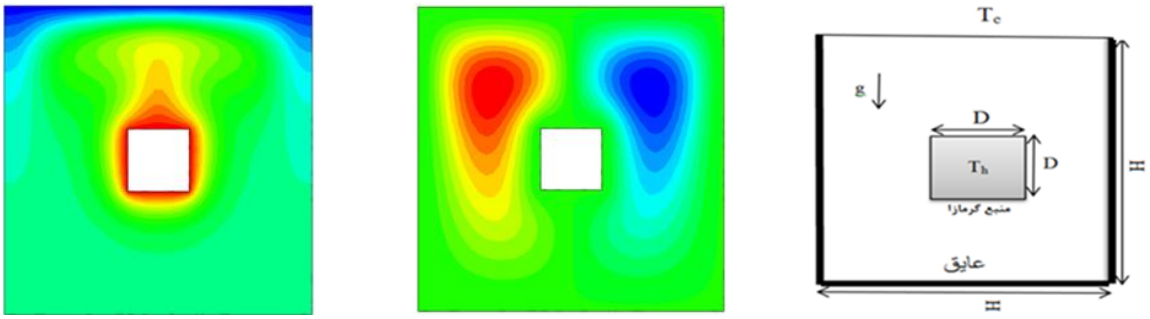
۵- بررسی نتایج

در این تحقیق، نتایج حاصل از تغییر موقعیت منبع گرمازا و دیواره با دمای ثابت در داخل محفظه همراه با تغییر عدد رایلی و غلظت حجمی ۰/۰۳ نانوسیال آلومینا، مورد بررسی و ارزیابی قرار می‌گیرند.

۵-۱- موقعیت اول: قسمت فوقانی محفظه در دمای ثابت و منبع گرمازا در وسط محفظه قرار دارد

همان‌گونه که در شکل (۵-الف) مشاهده می‌شود قسمت فوقانی محفظه در دمای ثابت و منبع گرمازا در وسط محفظه قرار داشته است. با توجه به کانتورهای جریان در شکل (۵-ب)، مشاهده می‌شود خطوط جریان به‌صورت مشابه در دو طرف منبع حرارتی ایجاد شده است. به‌گونه‌ای که بیش‌ترین مقدار این کانتور در سمت چپ محفظه رخ داده است. شکل (۵-پ) مربوط به بررسی خطوط دما ثابت در رایلی 10^5 می‌باشد. در این شکل مشاهده می‌شود خطوط دمایی در اطراف منبع گرمازا بیشینه بوده و هرچه به سمت بالای محفظه رفته شود مقادیر خطوط دما کاهش می‌یابد.

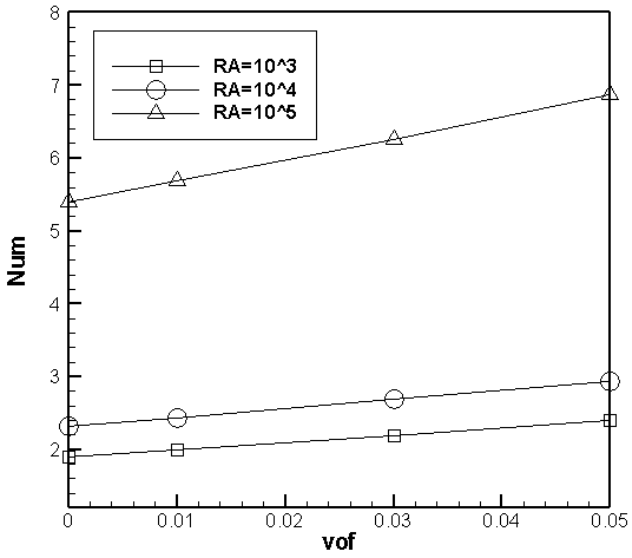
[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-06]



الف: هندسه و موقعیت اول ب: خطوط جریان پ: خطوط دما ثابت

شکل ۵: خطوط جریان و خطوط دما در محفظه با موقعیت اول

شکل (۶) تغییرات ناسلت متوسط چشمه حرارتی را نشان می‌دهد. براساس این شکل، روند صعودی ناسلت متوسط به ازای افزایش غلظت حجمی نانوذرات قابل مشاهده است. به‌عبارت دیگر، به ازای افزایش عدد رایلی، ناسلت متوسط افزایش داشته است. در رایلی $۱۰^{۳}$ در حالت آب خالص، ناسلت متوسط برابر ۱/۸۹ و در غلظت ۰/۰۳ به عدد ۲/۱۹ رسیده است (یعنی معادل ۱۵/۸۷٪ افزایش) هم‌چنین در رایلی $۱۰^{۵}$ و در غلظت ۰/۰۵ ناسلت برابر ۶/۸۷ بوده که نشانگر افزایش ناسلت به ازای افزایش رایلی می‌باشد. در حقیقت گردابه‌ها مانعی برای انتقال حرارت از چشمه می‌باشند. افزایش رایلی سبب افزایش جابه‌جایی طبیعی در محفظه شده که این افزایش سبب تضعیف جابه‌جایی مخلوط شده و مقدار آن را روی چشمه حرارتی کاهش می‌دهد.



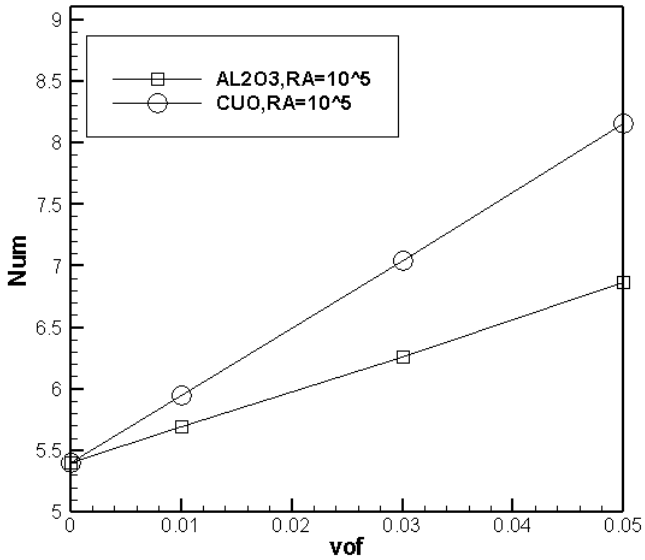
شکل ۶: تغییرات ناسلت متوسط چشمه

۱-۱-۵- تاثیرات نوع نانوسیال

در این قسمت دو نوع نانوسیال متفاوت مورد بررسی قرار گرفته است. اگر چه هر دوی این نانوسیالات در بهبود انتقال حرارت محفظه نقش مؤثری دارند ولی تفاوت قابل توجهی در میزان افزایش انتقال حرارت وجود دارد. شکل (۷) ناسلت متوسط چشمه گرمایی را برای دو نانو سیال آب– اکسید مس و آب– آلومینا در رایلی‌های $۱۰^{۵}$ نشان می‌دهد. مقادیر ناسلت متوسط نانوسیال آب– اکسید مس دارای مقادیر بیش‌تری نسبت به آب- آلومینا دارد. به‌عنوان مثال، ناسلت متوسط آب خالص در رایلی $۱۰^{۵}$ برابر ۵/۴ و در حالت

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-06]

آب– اکسید مس در غلظت ۰/۰۵ برابر ۸/۱۶ که معادل ۵۱/۱۱٪ افزایش ناسلت قابل مشاهده است. در حالی‌که برای نانوسیال آب– آلومینا در غلظت ۰/۰۵ برابر ۶/۸۷ که معادل ۲۷/۲۲٪ افزایش ناسلت قابل مشاهده است. با توجه به خواص ارائه شده در جدول (۱)، ضریب هدایت حرارتی اکسید مس تقریباً معادل ۱/۹ برابر آلومینا است. از آن‌جاکه یکی از راه‌های افزایش ضریب هدایت حرارتی مخلوط نانوسیال بالا بودن ضریب هدایت حرارتی نانوذرات می‌باشد، با توجه به بالا بودن ضریب هدایت حرارتی نانو ذره اکسید مس، در نتیجه بهبود انتقال حرارتی بیش‌تری نسبت به آلومینا دارد.

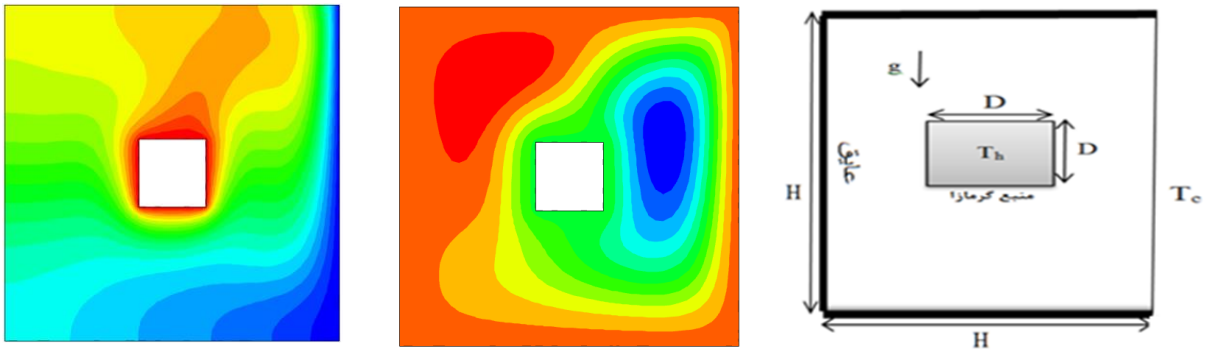


شکل ۷: مقایسه ناسلت متوسط چشمه برای نانوسیالات آب-آلومینا و آب-اکسید مس در رایلی 10^5

۲-۵- موقعیت دوم: قسمت راست محفظه در دمای ثابت و منبع گرمازا در وسط محفظه قرار دارد

شکل (۸-الف) هندسه محفظه را نشان می‌دهد که در آن قسمت راست محفظه در دمای ثابت و منبع گرمازا در وسط محفظه قرار داشته است. همان‌گونه که از خطوط جریان (شکل ۸-ب) مشاهده می‌شود گردابه‌های بزرگی در قسمت بالا و چپ محفظه وجود دارد. با توجه به شکل خطوط جریان نسبت به موقعی که دمای قسمت بالای محفظه تحت دمای ثابت بوده به کلی تغییر کرده است هم‌چنین گردابه‌های ایجاد شده در قسمت چپ محفظه، دارای مقدار بیش‌تری نسبت به گردابه‌های ایجادی در قسمت راست منبع گرمایی می‌باشد. شکل (۸-پ) مربوط به بررسی خطوط دما ثابت در رایلی 10^5 می‌باشد. در این شکل مشاهده می‌شود مقادیر خطوط دمایی اطراف منبع گرمایی دارای مقادیر بیشینه بوده و هرچه به سمت دیواره سمت راست برویم از مقادیر این خطوط دما کاهش می‌یابد.

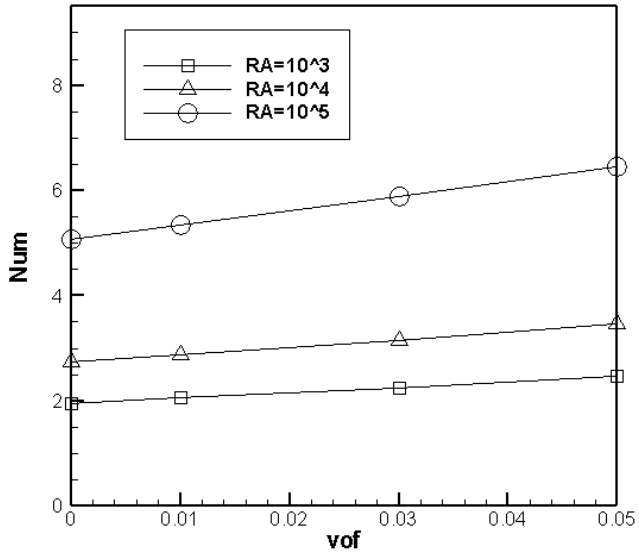
[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-06]



الف: هندسه و موقعیت دوم ب: خطوط جریان ج: خطوط دما ثابت

شکل ۸: خطوط جریان و خطوط دما در محفظه با موقعیت دوم

شکل (۹) تغییرات ناسلت متوسط چشمه حرارتی را نشان می‌دهد. در این شکل، روند صعودی ناسلت متوسط به ازای افزایش غلظت حجمی نانوذرات قابل مشاهده است. به‌عبارت دیگر، به ازای افزایش عدد رایلی ناسلت متوسط افزایش داشته است. در رایلی 10^4در حالت آب خالص، ناسلت متوسط برابر ۲/۷۳ و در غلظت ۰/۰۳ به عدد ۳/۱۵رسیده است (یعنی معادل ۱۵/۳۸٪ افزایش) هم‌چنین در رایلی 10^5 و در غلظت ۰/۰۵ ناسلت برابر ۶/۴۵ بوده که نشان‌گر افزایش ناسلت به ازای افزایش رایلی می‌باشد.

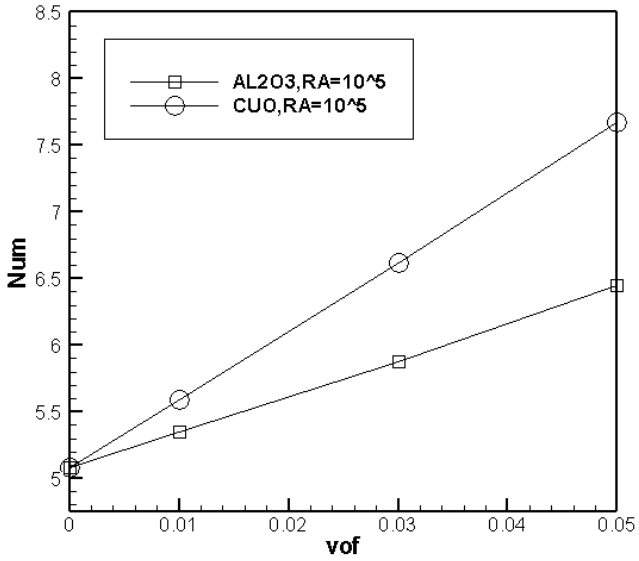


شکل ۹: تغییرات ناسلت متوسط چشمه

۱-۲-۵- تأثیرات نوع نانوسیال

شکل (۱۰) ناسلت متوسط چشمه گرمایی را برای دو نانو سیال آب–اکسید مس و آب–آلومینا در رایلی‌های 10^5 نشان می‌دهد. مقادیر ناسلت متوسط نانوسیال آب–اکسید مس دارای مقادیر بیش‌تری نسبت به آب-آلومینا دارد. به‌عنوان مثال ناسلت متوسط آب خالص در رایلی 10^5برابر ۵/۰۸ و در حالت آب–اکسید مس در غلظت ۰/۰۵ برابر ۷/۶۷ که معادل ۵۰/۹۸٪ افزایش ناسلت قابل مشاهده است. در حالی که برای نانوسیال آب–آلومینا در غلظت ۰/۰۵برابر ۶/۴۵ که معادل ۲۶/۹۶٪ افزایش ناسلت قابل مشاهده است.

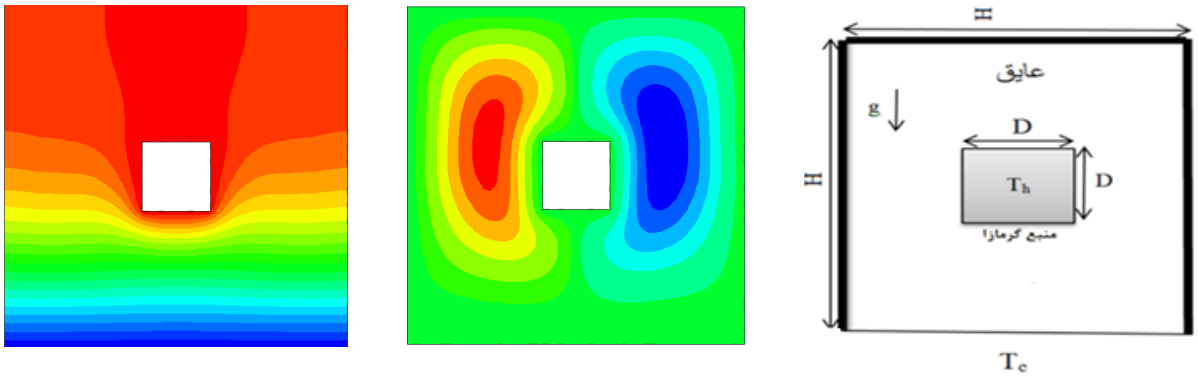
[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-06]



شکل ۱۰: مقایسه ناسلت متوسط چشمه برای نانوسیالات آب-آلومینا و آب-اکسید مس در رایلی 10^5

۳-۵- موقعیت سوم: قسمت پایین محفظه در دمای ثابت و منبع گرمازا در وسط محفظه قرار دارد.

شکل (۱۱-الف) هندسه محفظه را نشان می‌دهد که در آن قسمت پایین محفظه در دمای ثابت و منبع گرمازا در وسط محفظه قرار داشته است. همان‌گونه که از خطوط جریان (شکل ۱۱-ب) مشاهده می‌شود، خطوط جریان به‌صورت مشابه در دو طرف منبع گرمایی ایجاد شده و مقادیر خطوط جریانی ایجادی در سمت راست منبع گرمایی دارای کم‌ترین مقدار و مقادیر خطوط جریان در سمت چپ منبع گرمایی دارای بیش‌ترین مقدار می‌باشد. شکل (۱۱-پ) مربوط به بررسی خطوط دما ثابت در رایلی 10^5 می‌باشد. در این شکل مشاهده می‌شود مقادیر خطوط دمایی اطراف منبع گرمایی دارای مقادیر بیشینه بوده و هر چه به قسمت پایین محفظه تزدیک می‌شویم، مقادیر این خطوط افزایش می‌یابد. لذا خطوط دمایی بالای محفظه نسبت به پایین محفظه دارای مقدار بیش‌تر می‌باشد.



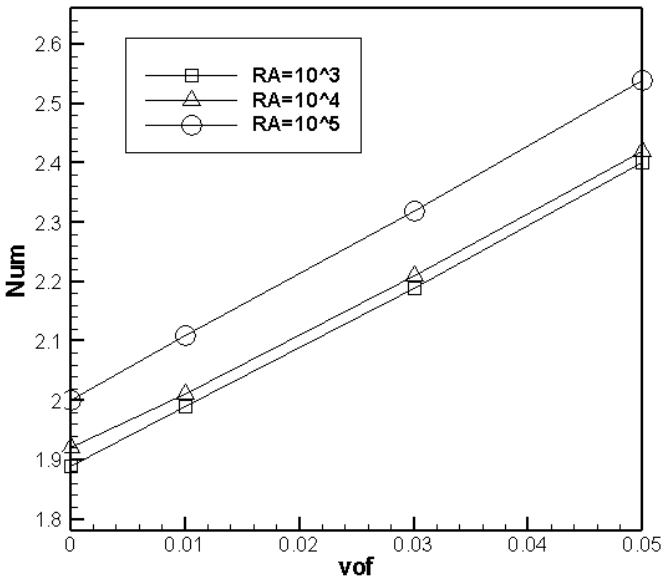
الف: هندسه و موقعیت سوم ب: خطوط جریان ج: خطوط دما ثابت

شکل ۱۱: خطوط جریان و خطوط دما در محفظه با موقعیت سوم

شکل (۱۲) تغییرات ناسلت متوسط چشمه حرارتی را نشان می‌دهد. در این شکل، روند صعودی ناسلت متوسط به ازای افزایش غلظت حجمی نانوذرات قابل مشاهده است. به‌عبارت دیگر، به ازای افزایش عدد رایلی، ناسلت متوسط افزایش داشته است. در رایلی 10^3 در

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-06]

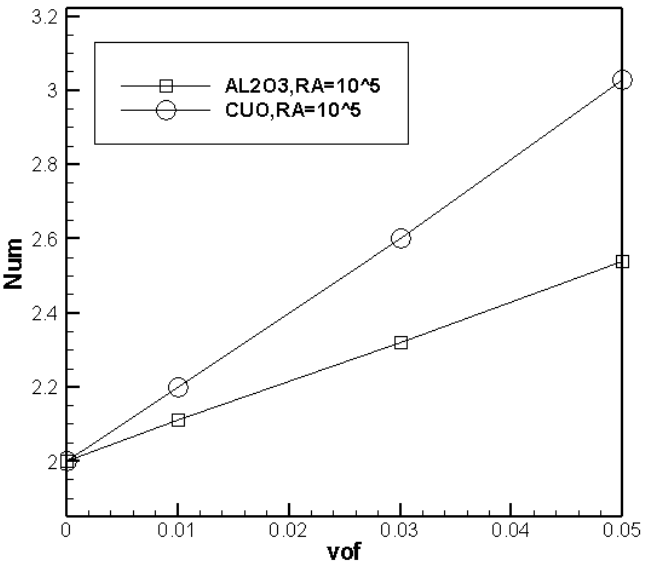
حالت آب خالص ناسلت متوسط برابر ۱/۸۹ و در غلظت ۰/۰۳ به عدد ۲/۱۹رسیده است (یعنی معادل ۱۵/۸۷٪ افزایش) هم‌چنین در رایلی 10^5 و در غلظت ۰/۰۵ ناسلت برابر ۲/۵۴ بوده که نشان‌گر افزایش ناسلت به ازای افزایش رایلی می‌باشد.



شکل ۱۲: تغییرات ناسلت متوسط چشمه

۱-۳-۵- تأثیرات نوع نانوسیال

شکل (۱۳) ناسلت متوسط چشمه گرمایی را برای دو نانو سیال آب–اکسید مس و آب–آلومینا در رایلی‌های 10^5 نشان می‌دهد. مقادیر ناسلت متوسط نانوسیال آب–اکسید مس دارای مقادیر بیش‌تری نسبت به آب-آلومینا دارد. به‌عنوان مثال ناسلت متوسط آب خالص در رایلی 10^5 برابر ۲ و در حالت نانوسیال آب–اکسید مس در غلظت ۰/۰۵ برابر ۳/۰۳ که معادل ۵۱/۵٪ افزایش ناسلت قابل مشاهده است. درحالی‌که برای نانوسیال آب–آلومینا در غلظت ۰/۰۵ برابر ۲/۵۴ که معادل ۲۷٪ افزایش ناسلت قابل مشاهده است.

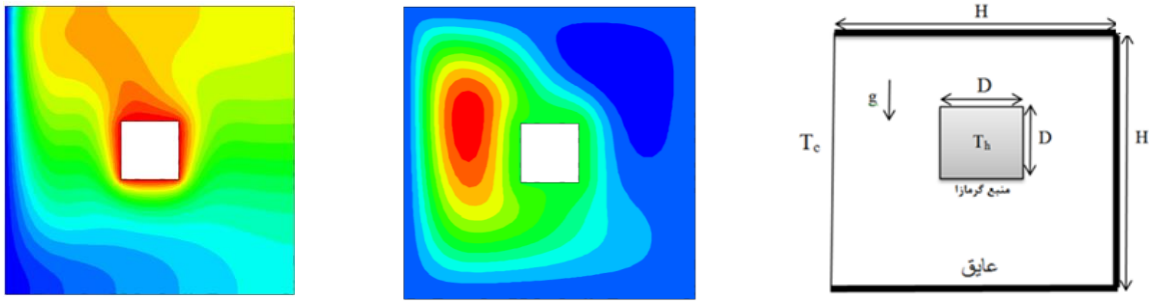


شکل ۱۳: مقایسه ناسلت متوسط چشمه برای نانوسیالات آب-آلومینا و آب-اکسید مس در رایلی 10^5

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-06]

۴-۵- موقعیت چهارم: قسمت چپ محفظه در دمای ثابت و منبع گرمازا در وسط محفظه قرار دارد

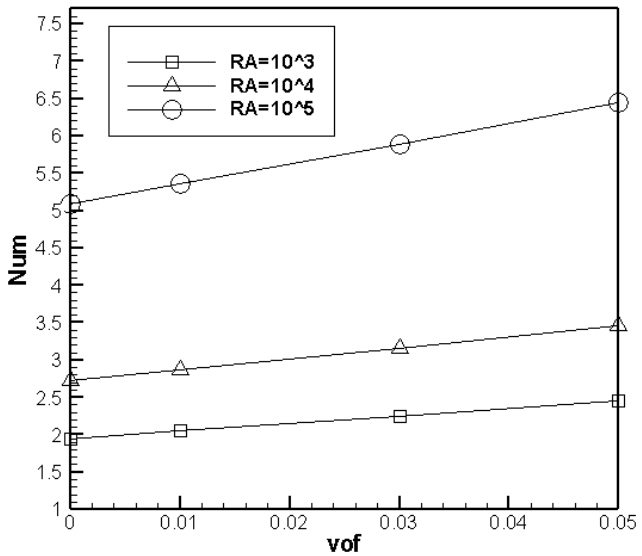
شکل (۱۴-الف) هندسه محفظه را نشان می‌دهد که در آن قسمت چپ محفظه در دمای ثابت و منبع گرمازا در وسط محفظه قرار داشته است. همان‌گونه که از خطوط جریان (شکل ۱۴-ب) مشاهده می‌شود، گردابه‌های بزرگی در گوشه بالا ایجاد شده است. با توجه به شکل، مقادیر خطوط جریان که در سمت چپ محفظه ایجاد شده دارای مقدار بیش‌تری نسبت به گردابه‌های ایجاد شده در قسمت بالای محفظه می‌باشد. شکل (۱۴-پ) مربوط به بررسی خطوط دما ثابت در رایلی 10^5 می‌باشد. در این شکل مشاهده می‌شود، خطوط دمایی اطراف منبع گرمایی دارای بیش‌ترین مقدار بوده و هر چه به قسمت چپ محفظه تزدیک می‌شویم، مقادیر این خطوط کاهش می‌یابد.



الف: هندسه و موقعیت چهارم ب: خطوط جریان ج: خطوط دما ثابت

شکل ۱۴: خطوط جریان و خطوط دما در محفظه با موقعیت چهارم

شکل (۱۵) تغییرات ناسلت متوسط چشمه حرارتی را نشان می‌دهد. در این شکل، روند صعودی ناسلت متوسط به ازای افزایش غلظت حجمی نانوذرات قابل مشاهده است. به‌عبارت دیگر، به ازای افزایش عدد رایلی، ناسلت متوسط افزایش داشته است. در رایلی 10^3در حالت آب خالص، ناسلت متوسط برابر ۱/۹۵ و در غلظت ۰/۰۳ به عدد ۲/۲۵رسیده است (یعنی معادل ۱۵/۸۷٪ افزایش) هم‌چنین در رایلی 10^5 و در غلظت ۰/۰۵ ناسلت برابر ۶/۴۵ بوده که نشانگر افزایش ناسلت به ازای افزایش رایلی می‌باشد.

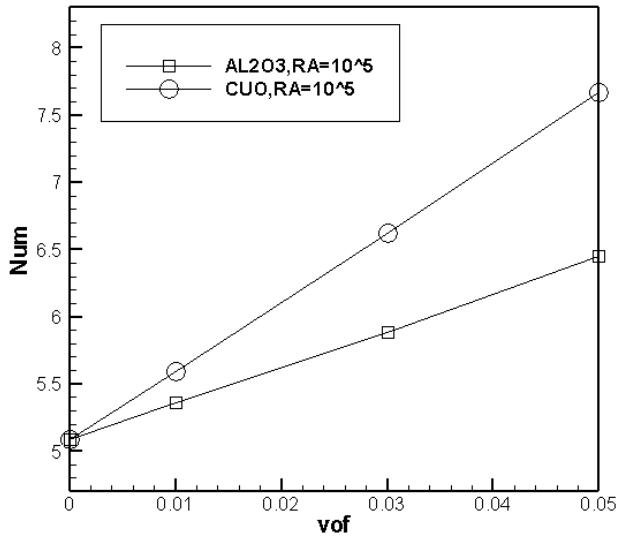


شکل ۱۵: تغییرات ناسلت متوسط چشمه

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-06]

۱-۴-۵- تأثیرات نوع نانوسیال

شکل (۱۶) ناسلت متوسط چشمه گرمایی را برای دو نانو سیال آب–اکسید مس و آب–آلومینا در رایلی‌های 10^5 نشان می‌دهد. مقادیر ناسلت متوسط نانوسیال آب–اکسید مس دارای مقادیر بیش‌تری نسبت به آب-آلومینا دارد. به‌عنوان مثال ناسلت متوسط آب خالص در رایلی 10^5 برابر ۵/۰۹ و در حالت آب–اکسید مس در غلظت ۰/۰۵ برابر ۷/۶۷ که معادل ۵۰/۶۹٪ افزایش ناسلت قابل مشاهده است. در حالی‌که برای نانوسیال آب–آلومینا در غلظت ۰/۰۵برابر ۶/۴۵ که معادل ۲۶/۷۲٪ افزایش ناسلت قابل مشاهده است.



شکل ۱۶: مقایسه ناسلت متوسط چشمه برای نانوسیالات آب-آلومینا و آب-اکسید مس در رایلی 10^5

۶- نتیجه‌گیری

با توجه به تحقیق انجام شده و مطالعات و برر سی‌های صورت گرفته بر روی چهار موقعیت مختلف در محفظه حاوی منبع گرمازا، م شاهده گردید که در رایلی 10^5 و در غلظت ۰/۰۵ در موقعیت اول نا سلت متو سط برابر ۶/۸۷، در موقعیت دوم ۶/۴۵، در موقعیت سوم ۲/۵۴ و در موقعیت چهارم ۶/۴۵ می‌باشد. در رایلی 10^4 و در غلظت ۰/۰۳ ناسلت متوسط موقعیت اول ۲/۶۹، در موقعیت دوم ۳/۱۵، در موقعیت سوم ۲/۲۱ و در موقعیت چهارم ۳/۱۵ می‌باشد. در رایلی 10^3 و در غلظت ۰/۰۱ ناسلت متوسط موقعیت اول ۱/۹۹، در موقعیت دوم ۲/۰۵، در موقعیت سوم ۱/۹۹ و در موقعیت چهارم ۲/۰۵ می‌باشد. همان‌گونه که قابل مشاهده است در اعداد رایلی پایین انتقال حرارت هدایتی نسبت به انتقال حرارت جابه‌جایی طبیعی غالب بوده ولی با افزایش عدد رایلی انتقال حرارت جابه‌جایی طبیعی غالب بر انتقال حرارت هدایتی می شود. همان‌گونه که از نتایج ا شاره شده قابل م شاهده ا ست، برای موقعیت اول در رایلی 10^3، ناسلت متوسط چشمه نسبت به موقعیت‌های دیگر کم‌تر می‌باشد ولی در رایلی 10^5، موقعیت اول نسبت به موقعیت‌های دیگر بهینه می‌باشد.

۷- مراجع

[1] Hwang K.S., Lee J.H., Jang S.P. "Buoyancy-driven heat transfer of water-based Al_2O_3 nanofluids in a rectangular cavity", International Journal of Heat and Mass Transfer, 50 (2007), 4003-4010.
[2] Wen D., Ding Y. "Natural convective heat transfer of suspensions of titanium dioxide nanoparticles (nanofluids) ", IEEE Transport Nanotechnology, 5 (2022), 220–227.
[3] Khanafer K., Vafai K., Lightstone M. "Buoyancy-driven heat transfer enhancement in a twodimensional enclosure utilizing nanofluids", International Journal of Heat and Mass Transfer, 46 (2013), 3639–3653.

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-06]

[4] Jou R.Y., Tzeng S.C., "Numerical Research of Nature Convective Heat Transfer Enhancement Filled With Nanofluids in Rectangular Enclosures", Int. Commun. Heat Mass Transfer, 33(2018), 727-736.
[5] Santra A.K., Sen S., Chakraborty N. "Study of Heat Transfer Augmentation in a Differentially Heated Square Cavity Using Copper-Water Nanofluid", Int. J. Thermal Sciences, 47 (2019), 1113-1122.
[6]Oztop H.F., Abu-Nada, E., "Numerical Study of Natural Convection in Partially Heated Rectangular Enclosures Filled With Nanofluids", Int. J. Heat and Fluid Flow, 29(2008), 1326–1336.
[7] Ogut E.B., "Natural Convection of Water-Based Nanofluids in an Inclined Cavity With a Heat Source", Int. J. Thermal Sciences, 48(2009), 2063-2073.
[8] Abu-Nada E., Oztop, H.F. "Effects of Inclination Angle on Natural Convection in Enclosures Filled with Cu–Water Nanofluid", Int. J. Heat and Fluid Flow, 30(2009), 669–678.
[9] Aminossadati S.M., Ghasemi B. "Natural Convection Cooling of a Localized Heat Source at the Bottom of a Nanofluid-Filled Cavity", European Journal of Mechanic B/Fluids, 28(2019), 630–640.
[10] Ghasemi B., Aminossadati S.M. "Periodic Natural Convection in a Nanofluid-Filled Cavity with Oscillating Heat Flux", Int. J. Thermal Sci., 49(2010), 1–9.
[11] Sheikhzadeh G.A., Arefmanesh A., Kheirkhah M.H., Abdollahi R., "Natural Convection of Cu–Water Nanofluid in a Cavity with Partially Active Side Walls", European Journal of Mechanics B/Fluids, 30(2011), 166–176.
[۱۲] شیخ‌زاده، ق.ع. و محمودی، م.،" مطالعه عددی جابه‌جایی آزاد نانو سیال در یک محفظه مربعی با وجود اجزای سرد و گرم روی دیواره‌های عمودی آن"، نشریه استقلال، شماره ۳۰، ص ۷۹ -۹۶، ۱۳۹۰.
[13] Putra N., Roetzel W., Das S.K., "Natural Convection of Nano-Fluids", Heat and Mass Transfer, 39(2003), 775-784.
[14] Ho C.J., Liu W.K., Chang Y.S., Lin C.C. "Natural Convection Heat Transfer of Alumina- Water Nanofluid in Vertical Square Enclosures: An Experimental Study", International Journal of Thermal Sciences, 49(2010), 1345-1353.
[15] Mahmoudi H., Shahi M., Honarbakhsh Raouf A., Ghasemian A. "Numerical Study of Natural Convection Cooling of Horizontal Heat Source Mounted in a Square Cavity Filled with Nanofluid", International Communications in Heat and Mass Transfer, 37(2019), 1135–114.
[16] Algehyne E.A. "Comparative analysis of entropy generation and heat transfer in a tilted partially heated square enclosure using the finite difference method", International Journal of Numerical Methods for Heat & Fluid Flow, 34(4) (2024), 1752–1779.
[17] Oztopa H.F., Abu-Nada A. "Modeling and numerical simulation for thermal transport in an irregular enclosure: impact of multiple heated sources", International Journal of Heat and Fluid Flow, 29 (5)(2018), 1326–1336.
[18] Abu–Nada E., Chamkha A.J. "Mixed convection flow in a lid driven square enclosure filled with a nanofluid", European Journal of Mechanics - B/Fluids, 29(2010), 472–482.
[19] Fereidoon A., Saedodin S., Hemmat Esfe M., Noroozi M.J. "Evaluation of mixed convection in inclined square lid driven cavity filled with Al_2O_3/water nanofluid", Engineering Applications of Computational Fluid Mechanics, 7(2013), 55–65.
[20] Shahi M., Mahmoudi A.H., Talebi F. "Numerical Study of Mixed Convective Cooling in a Square Cavity Ventilated and Partially Heated From the Below Utilizing Nanofluid", *International* Communications in Heat and Mass Transfer, 37(2009), 201–213.
[21] Sadodin S., Hemmat Esfe M., Noroozi M.J. "Numerical simulation of mixed convection of fluid flow and heat transfer within car radiator with an inside obstacle filled with nanofluid", Journal of Modeling in Engineering, 9(25)(2011), 33-46.
[22] Vahl Davis G. "Natural convection of air in a square cavity, a benchmark numerical solution ", International Journal of Numerical Methodology Fluids 3, 8(18)(1983), 249-264.
[23] Seyam N. M. "Impacts of conduction and radiation modes on freezing within an enclosure utilizing hybrid nanoparticles by means of mathematical modeling", Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, 149(23)(2024), 14083-14093.

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-06]

[24] Algehyne, E.A. "Comparative analysis of entropy generation and heat transfer in a tilted partially heated square enclosure using the finite difference method", International Journal of Numerical Methods for Heat & Fluid Flow, 34(4)(2024), 1752-1779.

[25] Ali, R., Imtiaz, R., Badshah, Z., Ali, A., Hendy, A.S. "Finite element analysis of natural convection and entropy generation under the influence of magnetic field in a wavy enclosure", Physics of Fluids, 37(8), 2025.

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-06]

Numerical solution of the effect of laying heat and Frosty sources on the heat transfer inside the nanofluid enclosure

Mohamadreza Mosalman Yazdi[1*], **Mansour Khademzadeh**[2]

1- Department of Mechanical Engineering, May.C., Islamic Azad University, Maybod, Iran
2- Department of Mechanical Engineering, Ya.C., Islamic Azad University, Yazd, Iran

Received: Summer 2026 Accepted: Autumn 2026

Abstract

Heat transfer fluids such as water, ethylene glycol or propylene glycol play important roles in many industrial applications, but low thermal conductivity is a primary limitation in the development of energy-efficient heat transfer fluids. Therefore a new class of heat transfer fluids can be designed by suspending metallic nanoparticles in conventional heat transfer fluids. Use of metallic nanoparticles with high thermal conductivity will increase the effective thermal conductivity of these types of fluid remarkably. In recent years, nanofluids have attracted more attention for cooling in various industrial applications. Two different types of nano-fluid alumina-water-copper oxide have been investigated. The nanoparticle size is 33 nm and the tests are carried out at ambient temperature. The purpose here is to examine four situations. The first position of the upper part of the chamber is at a constant temperature and heat source in the middle of the chamber. The second position is the right wall of the compartment at constant temperature and the heat source in the middle of the enclosure The third position is the bottom wall of the compartment at a constant temperature and the heat source in the middle of the enclosure. The fourth position of the left wall portion of the compartment is at constant temperature and the heat source in the middle of the enclosure. The length and width of the thermal spring were 0.2 times the width of the compartment. The parameters studied are the effects of power generation or thermal flux ($103 \geq Ra \geq 105$), nanofluid concentration ($0.05 \geq \Phi \geq 0$). The results of this study show that an increase in nanoparticle fractions increases Nusselt flux. The results of this study show that an increase in nanoparticle fractions increasesNusseltflux.

Keywords: Heat transfer, Nano fluids, Natural convection, Closed chamber, Numerical study.

*corresponding author: mos1109@iau.ac.ir

Cite this article as: Mohamadreza Mosalman Yazdi, Mansour Khademzadeh, Numerical solution of the effect of laying heat and Frosty sources on the heat transfer inside the nanofluid enclosure. **Journal of Energy Conversion, 2026, 13(3), 31-47.**

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-06]