پیشنهاد (پروپوزال) انجام طرح پژوهشی

الف) کلیات طرح

۱ـ عنوان طرح:

به فارسی : بررسی آزمایشگاهی اثر نانومواد هیبریدی بر رفتار رئولوژیک روغن موتور در دماهای مختلف

به انگلیسی :

Experimental investigation of the effects of hybrid nano-materials on the rheological behavior of engine oil at different temperatures

۲ـ مجری مسئول طرح:

دانشکده مستقر: فنی و مهندسی

نام و نام خانوادگی : افشین احمدی ندوشن

مرتبه علمی و سمت : استادیار پایه ۶

۳ـ اعتبار کل طرح: ۳۵۰۰۰۰۰۰ (سی و پنج میلیون)ریال اعتبار معادل طرح (حق التحقیق، هزینه پرسنلی و مسافرت): ۲۰۰۰۰۰۰۰ (بیست میلیون) ریال

۴ـ زمان اجرای طرح به ماه: ۶ ماه شروع: ۹۶/۱/۱ خاتمه: ۱۳۹۶/۶/۳۱

۵ـ محل اجرای طرح : دانشگاه شهرکرد – دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد

۶ـ منابع تأمین کننده بودجه: دانشگاه شهرکرد (گرنت پژوهشی)

۷ـ مؤسساتی که با طرح همکاری خواهند داشت (نحوه همکاری) :

از آزمایشگاه نانو دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد استفاده می شود.

۸ـ خلاصه طرح (حداکثر ۵ سطر) :

در این پژوهش اثر نانومواد هیبریدی بر رفتار رئولوژیک روغن موتور در دماهای مختلف به صورت آزمایشگاهی بررسی می شود. محدوده دمایی از دمای محیط تا ۵۰ درجه سانتیگراد است. برای این منظور ابتدا نمونه های نانوسیال با درصدهای حجمی مختلف از نانومواد ساخته می شوند. سپس با استفاده از لزجت سنج لزجت نانوسیال در نرخ برش ها و دماهای مختلف اندازه گیری می شود تا مشخص شود که رفتار سیال نیوتنی است یا غیر نیوتنی. در انتها با استفاده از نتایج آزمایشگاهی مدلی جهت پیش بینی لزجت دینامیکی نانوسیال ارائه می شود. همچنین شبیه سازی به کمک شبکه عصبی انجام خواهد شد.

ب) مشخصات مجری و همکاران طرح:

۱ـ مجری مسئول طرح:

الف) نام و نام خانوادگی :افشین احمدی ندوشن مرتبه علمی : استادیار نوع استخدام : پیمانی تاریخ استخدام : ۹۰/۱۱/۱۵

محل خدمت : دانشکاه شهرکرد تلفن محل کار : ۰۳۸۴۴۲۴۴۳۸

ب) نشانی منزل: اصفهان- خیابان شیخ صدوق شمالی- کوچه ۵۵ – پلاک ۳۴

ج) به طور متوسط، چند ساعت در هفته به این پروژه اختصاص می دهید؟ ۸ ساعت

د) سایر طرح های در دست اجرا:

ه) مدارج تحصیلی و تخصصی (در حد کارشناسی و بالاتر) :

	درجه تحصیلی/ تخصصی	رشته تحصیلی / تخصصی	مؤسسه ـ کشور	سال دریافت
	کارشناسی ارشد	مهندسی مکانیک	دانشگاه صنعتی شریف	۱۳۷۶
	دکتری	مهندسی مکانیک	دانشگاه صنعتی اصفهان	۱۳۸۵

و ـ فعالیت‌های تحقیقاتی، پایان یافته، در حال اجرا و تألیفات در ارتباط با موضوع طرح:

۲- سایر مجریان طرح:

	نام و نام خانوادگی	درجه تحصیلی	رشته تحصیلی	مرتبه علمی	محل کار	میـــزان مشـــارکت مالی
اول						

۲ـ همکاران:

	نام و نام خانوادگی	درجه تحصیلی	رشته تحصیلی	مرتبه علمی	محل کار	نوع همکاری	میزان همکاری (ساعت)
اول	مسعود افرند	دکتری	مهندسی مکانیک	استادیار	دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد	همکاری در آنجام آزمایش های مربوطه	۴۰ ساعت
دوم	محمد همت اسفه	دکتری	مهندسی مکانیک	استادیار	دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد	همکاری در آنجام آزمایش های مربوطه	۴۰ ساعت

ج) اطلاعات تفصیلی طرح

۱ـ عنوان و نوع طرح پژوهشی

عنوان به فارسی: بررسی آزمایشگاهی اثر نانومواد هیبریدی بر رفتار رئولوژیک روغن موتور در دماهای مختلف

به انگلیسی :

Experimental investigation of the effects of hybrid nano-materials on the rheological behavior of engine oil at different temperatures

نوع طرح : ☐بنیادی (گسترش مرزهای دانش) ☑ کاربردی (در چارچوب اولویت های پژوهشی/حل مسئله)

۲ـ تشریح جزئیات طرح:

تعریف مسئله:

روغن موتور نوعی روان کننده و خنک کننده محسوب می شود. که در موتورهای احتراق داخلی از قبیل: ژنراتور ها / ماشین های چمن زنی/ ماشین هیبریدی و بسیاری دیگر از ماشین ها مورد استفاده قرار می گیرد. در این نوع موتور ها قسمت های متعددی وجود دارد که برخلاف یک دیگر عمل می کنند. اصطکاک بین قسمت های متحرک بازده را از طریق تغییر انرزی جنبشی به گرما کاهش می دهد و وظیفه ی اصلی روغن موتور کاهش این اصطکاک در اجزای متحرک می باشد. روغن موتور هم چنین مانع از خوردگی و سایش می شود و باعث بهبود درزگیری و آب بندی و همچنین پاک سازی موتور می شود. یکی از نقش های مهم روغن موتور خنک سازی قسمت های متحرک می باشد بنابراین استفاده از روغن موتور مناسب منجر به افزایش بازده، کاهش مصرف سوخت و طول عمر بیشتر برای موتور می شود.

لزجت و هدایت حرارتی روغن موتور ۲ پارامتر بسیار مهم در روان سازی و خنک سازی موتور محسوب می شوند. لزجت پایین باعث پمپاژ سریع روغن به سمت میل لنگ می شود، در حالی که لزجت بالا منجر به افزایش ظرفیت تحمل فشار می شود. بنابراین روغن موتور با لزجت بالا می تواند فشار بیشتری را در میل لنگ تحمل کند و این امر منجر به افزایش طول عمر و پایداری موتور می شود. به عبارت دیگر روغن موتور با افزایش هدایت حرارتی می تواند درجه ی انتقال گرما را بهبود بخشد که این امر به خودی خود عمر موتور و مصرف سوخت را بهبود می بخشد. بنابراین مهندسان همیشه در جست و جوی روش های برای افزایش ضریب هدایت حرارتی می باشند. یکی از این راه کار ها استفاده از نانوذرات در سیال های رایج از قبیل آب / اتیلن گلیکول و روغن می باشد که به آن ها نانوسیال می گوییم. بسیاری از محققان نشان داده اند که با افزودن نانوذرات به سیال پایه به طور قابل توجهی هدایت حرارتی افزایش می یابد [۱].

در این پژوهش اثر نانومواد هیبریدی بر رفتار رئولوژیک روغن موتور در دماهای مختلف به صورت آزمایشگاهی بررسی می شود. محدوده دمایی از دمای محیط تا ۵۰ درجه سانتیگراد است. برای این منظور ابتدا نمونه های نانوسیال با درصدهای حجمی مختلف از نانومواد ساخته می شوند. سپس با استفاده از لزجت سنج لزجت نانوسیال در نرخ برش ها و دماهای مختلف اندازه گیری می شود تا مشخص شود که رفتار سیال نیوتنی است یا غیر نیوتنی. در انتها با استفاده از نتایج آمایشگاهی مدلی جهت پیش بینی لزجت دینامیکی نانوسیال ارائه می شود. همچنین شبیه سازی به کمک شبکه عصبی انجام خواهد شد.

فرضیات:

- از روش های مختلف مکانیکی و شیمیایی به منظور تعلیق نانوذرات استفاده می شود.
- نانوسیال به صورت کاملا پایدارمی باشد.
- مدت قرار گرفتن در معرض امواج فراصوت، متفاوت و بسته به نوع نانوسیال می باشد.
- ترکیب نانولوله کربنی و اکسید فلزی به منظور ساخت نانوذرات ترکیبی، با استفاده از روش مکانیکی انجام می شود.
- ذرات جامد در کل سیال پایه به صورت یکنواخت پراکنده شده است.(فرض اساسی)
- دو نوع ذره، به صورت ترکیبی در کل ظرف موجود می باشد.
- کسرهای حجمی به صورت کامل و دقیق محاسبه می شود.

اهداف اصلی:

اهداف علمی: از نتایج این تحقیق و در راستای تحقیقات سایر محققین می توان در جهت پیشنهاد یا تایید مدل ها و فرض های پیشنهادی موجود و رسیدن به روابط نظری در تحلیل لزجت دینامیکی نانوسیالات، استفاده نمود. از سوی دیگر تمرکز بر روی نانوذرات ترکیبی می تواند، چشم اندازی جدید در تعاریف و روابط مربوط به نانوسیال ایجاد کند.

اهداف کاربردی: این تحقیق در کنار تحقیقات سایر محققین می تواند گامی در راستای بهره گیری از نانوسیالات در صنایع مختلف مرتبط باشد. ضمن آنکه استفاده از نانوذرات پرکاربرد و فراوان در این تحقیق، می تواند به عنوان عاملی به منظور صنعتی کردن نانوسیالات ترکیبی مورد توجه قرار گیرد. از سوی دیگر استفاده از نانوذرات ترکیبی و درک خواص آنها، می تواند دریچه ای مطمئن به منظور ارائه نانوسیال مقرون به صرفه با خواص مطلوب حرارتی ایجاد کند.

روش و تکنیک‌های اجرایی:

این تحقیق از نوع آزمایشگاهی–تحلیلی بوده و با استفاده از تجهیزات آزمایشگاهی جهت انجام آزمایشات نانوسیال و روشهای تجربی سعی می گردد تغییرات ایجاد شده در لزجت دینامیکی با تغییرات دما و کسر حجمی نانوذرات، بررسی شود. نتایج حاصل نیز در قالب نمودارها و جداول مطلوب در هر بخش، ارائه خواهد شد.

نتایج ارائه‌شده در تحقیق با مقالات مرتبط ISI و نیز سایر تحقیقات انجام شده در قالب پایان‌نامه، کتاب و پروژه‌های آزمایشگاهی موجود در منابع و پایگاه‌های داده، بررسی می‌شود.

بررسی‌ها می‌تواند منجر به استفاده از این نانو سیال جدید برای استفاده در صنعت گردد. استفاده از نانو سیال‌ها می تواند باعث کمک به بهبود در مصرف انرژی، زمان و هزینه در مورد انتقال حرارت گردد. ضمن آنکه ملاحظات اقتصادی صاحبان صنایع و مهندسان طراح را نیز تأمین می‌کند. همچنین در این پژوهش از دستگاه دستگاه لزجت سنج مدل CAP۲۰۰۰ برای اندازه گیری لزجت، هم زن مغناطیسی جهت هم زدن و آماده سازی اولیه نانو سیال، هم زن التراسونیک که از کلوخه شدن نانوذرات در سیال پایه جلوگیری می‌کند و ترازو دیجیتال جهت وزن کردن مقدار جرم نانوذرات جهت مخلوط کردن با سیال پایه استفاده می‌شود.

منابع:

[۱] Choi, S. U. S. "Enhancing thermal conductivity of fluids with nanoparticles." In Proceedings of the ۱۹۹۵ ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition San Francisco, CA, USA.۲۳۱(۱۹۹۵):۹۹-۱۰۵.

[۲] J, L. K. Tseng. "Rheology and Colloidal Structure of Aqueous Tio۲ Nanoparticle Suspensions." Material Science and Engineering, (۲۰۰۳): ۱۸٦-۱۹۲.

[۳] D. D. Kulkarni DP, C. G. "Temperature dependent rheological property of copper oxide nanoparticles suspension (nanofluid)." Journal of Nanoscience and Nanotechnology ٦(۲۰۰٦): ۱۱۵۰-۱۱٥٤ .

[٤] F. D. C.T. Nguyen, G. R., N. Galanis, T. Mare, S. Boucher, H. Angue and Mintsa "Temperature and particle-size dependent viscosity data for water based nanofluids -hysteresis phenomenon." Heat Fluid Flow ۲۸(۲۰۰۷): ۱٤۹۲-۱٥۰٦.

[٥] D. P. K. a. Praveen K. Namburu a, D. M. b., Debendra K. and S. K. Das, Choi, S. U.S., Yu, W., Pradeep, T "Viscosity of copper oxide nanoparticles dispersed in ethylene glycol and water mixture." ThermoFluid Sci ۳۲(۲۰۰۷): ۳۹۷-٤۰۲.

[٦] S. Murshed, K. Leong, C. Yang, "Investigations of thermal conductivity and viscosity of nanofluids," Therm. Sci ٤۷(۲۰۰۸): ٥٦۰–٥٦۸.

[۷] K.B. Anoop, S. Kabelac, T. Sundararajan, S.K. Das, "Rheological and flow characteristics of nanofluids: influence of electroviscous effects and particle agglomeration," Appl. Phys۱۰٦(۲۰۰۹): ۹۰۳-۹۳٤.

[۸] Duangthongsuk, S. W. W. "Measurement of temperature-dependent thermal conductivity and viscosity of TiO۲–water nanofluids." Exp. Therm. Fluid Sci ۳۳(۲۰۰۹): ۷۰٦-۷۱٤..

[۹] M. T. Rea U, H. L., Buongiorno J "Laminar convective heat transfer and viscous pressure loss of alumina–water and zirconia–water nanofluids." International Journal of Heat and Mass Transfer ٥۲(۲۰۰۹): ۲۰٤۲-۲۰٤۸.

[۱۰] S. Q. Zhou, R. Ni, D. Funfschilling, "Effects of shear rate and temperature on viscosity of alumina polyalphaolefins nanofluids," Journal of Applied physics ۱۰۷(۲۰۱۰).

[۱۱] R. B. Godson L, Lal DM, Wongwises S. "Experimental Investigation on the Thermal Conductivity and Viscosity of Silver-Deionized Water Nanofluid." Experimental Heat Transfer ۲۳, (۲۰۱۰): ۳۱۷-۳۳۲.

[۱۲] Mvol, D. T. K. "Viscosity of alumina nanoparticles dispersed in car engin coolant." Experimental Thermal and Fluid Science ۳٤(۲۰۱۰): ٦۷۷-٦۸۳.

[۱۳] Udbhav Ojha, S. D. a. S. C. "Stability, pH and Viscosity Relationships in Zinc Oxide Based Nanofluids Subject to Heating and Cooling Cycles." Journal of Materials Science and Engineering ٤(۲۰۱۰): ۲٤-۲۹.

[۱٤] Marziehsadat Hosseini, S. G. "A model for temperature and particle volume fraction effect on nanofluid viscosity." Journal of Molecular Liquids ۱٥۳(۲۰۱۰): ۱۳۹-۱٤٥.

[۱٥] K, V. K. A. K. "A critical synthesis of thermophysical characteristics of nanofluids." Heat Mass Transfer ٥٤(۲۰۱۱): ٤٤۱۰-٤٤۲۸.

[۱٦] M, D. T. K. "Effect of aggregation on the viscosity of copper oxide–gear oil nanofluids." International Journal of Thermal Sciences ٥۰(۲۰۱۱): ۱۷٤۱-۱۷٤۷.

[۱۷] X. H. Yu W, L. Y., Chen L "Experimental investigation on thermal conductivity and viscosity of aluminum nitride nanofluid." Particuology ۹(۲۰۱۱): ۱۸۷-۱۹۱.

[۱۸] G, D. A. Vakili-Nezhaad. "Effect of Single-Walled Carbon Nanotube on the Viscosity of Lubricants." Energy Procedia ۱٤, (۲۰۱۲): ٥۱۲-٥۱۷.

[۱۹] RS, D. D. Vajjha. "A Review and Analysis on Influence of Temperature and Concentration of Nanofluids on Thermophysical Properties, Heat Transfer and Pumping Power." Heat and Mass Transfer ٥٥, (۲۰۱۲): ٤۰٦۳-٤۰۷۸.

[۲۰] O. M. T. Yiamsawas, A. Selim Dalkilic, S. Kaewnai, S. Wongwises. "Experimental Studies on the Viscosity of Tio۲ and Al۲o۳ Nanoparticles Suspended in a Mixture of Ethylene Glycol and Water for High Temperature Applications." Appl. Energy ۱۱۱, (۲۰۱۳): ٤۰-٤٥.

[۲۱] M.B. Moghaddam, E.K. Goharshadi, M.H. Entezari, P. Nancarrow, Preparation, characterization and rheological properties of grapheme–glycerol nanofluids, Chem. Eng. J. ۲۳۱ (۲۰۱۳): ۳٦٥–۳۷۲.

[۲۲] G, D. A. V.-N. "Effect of single-walled carbon nanotube on the viscosity of lubricants." Energy Procedia ۱٤(۲۰۱۲): ٥۱۲-٥۱۷.

[۲۳] RS, D. D. V. "A review and analysis on influence of temperature and concentration of nanofluids on thermophysical properties, heat transfer and pumping power." International Journal of Heat and Mass Transfer ٥٥(۲۰۱۲): ٤۰٦۳-٤۰۷۸.

[۲٤] Mohammad Hemmat Esfe, S. S., Omid Mahian , Somchai Wongwises "Heat transfer characteristics and pressure drop of COOH-functionalized DWCNTs/water nanofluid in turbulent flow at low concentrations." International Journal of Heat and Mass Transfer ۷۳(۲۰۱٤): ۱۸٦–۱۹٤.

[۲٥] Mohammad Hemmat Esfe , S. S., Mostafa Mahmoodi "Experimental studies on theconvective heat transfer performanceand thermophysical properties of MgO–water nanofluid under turbulent flow." Experimental Thermal and Fluid Science ٥٥(۲۰۱٤): ٦۸-۷۸.

[۲٦] L. SyamSundar. Venkata Ramana , M. S., Antonio C.M. Sousa "Thermal conductivity and viscosity of stabilized ethylene glycol and watermixture Al۲O۳ nanofluids for heat transfer applications: Anexperimental study." International Communications in Heat and Mass Transfer ٥٦(۲۰۱٤): ۸٦-۹٥.

[۲۷] M.Hemmat, S. S. "An experimental investigation and new correlation of viscositybof ZnO–EG nanofluid at various temperatures and different solid volume fractions." Thermal and Fluid science ٥٥(۲۰۱٤). ۱-٥.

[۲۸] Eshgarf H, Afrand M. An experimental study on rheological behavior of non-Newtonian hybrid nano-coolant for application in cooling and heating systems. Experimental Thermal and Fluid Science. ۲۰۱٦ Sep ۳۰;۷٦:۲۲۱-۷.

[۲۹] Afrand M, Najafabadi KN, Akbari M. Effects of temperature and solid volume fraction on viscosity of SiO ۲-MWCNTs/SAE٤۰ hybrid nanofluid as a coolant and lubricant in heat engines. Applied Thermal Engineering. ۲۰۱٦ Jun ٥;۱۰۲:٤٥-٥٤.

۳ـ کلمات کلیدی:

بررسی آزمایشگاهی، رفتار رئولوژیک، نانو روانکار، نانمواد هیبریدی، شبکه عصبی

توضیحات:

ـ طرح بنیادی، پژوهشی است که عمدتاً در جهت گسترش مرزهای دانش بدون در نظر گرفتن استفاده عملی خاص برای کاربرد آن انجام می‌گیرد. اگرچه ممکن است این کاربرد در آینده تعریف شود.

ـ طرح کاربردی، پژوهشی است که استفاده عملی خاص برای نتایج حاصل از آن در نظر گرفته می‌شود و غالباً جنبه تجربی دارد.

۴ـ سایر توضیحات لازم:

۱ـ۴ـ دلایل ضرورت و توجیه انجام طرح

استفاده صحیح از روشهای طراحی آزمایش‌های آماری می‌توانـد باعث سهولت در مراحل طراحی و تولیـد محصولات جدید و بهبود محصولات موجود گـردد. همانطور که گفته شد ذرات جامد باعث افزایش ضریب هدایت حرارتی سیالات می شوند .از آنجا که یکی از وظایف مهم روغن خنک کاری است، با هدف افزایش ضریب هدایت حرارتی روغن می توان نانو ذرات را به آن اضافه کرد. از طرفی با افزودن ذرات جامد به روغن سایر خواص آن از جمله لزجت دینامیکی تحت تاثیر قرار می گیرد و از آنجایی که لزجت در اعداد بی بعد مهمی نظیر رایلی ،رینولدر و پرانتل نقش دارد،اندازه گیری تغییرات آن بسیار حائز اهمیت است . با توجه به تشریح فوق، اهمیت تحقیق را می توان به صورت ذیل خلاصه نمود:

۱–درک رفتار رئولوژیکی این نوع خاص از نانوسیالات

۲–بررسی تجربی تغییرات ویسکوزیته دینامیکی بر مبنای تغییرات دما

۳–بررسی آزمایشگاهی ویسکوزیته دینامیکی بر حسب غلظت

۴–ارائه مدل جدید بر مبنای یافته های آزمایشگاهی به منظور تحقیق و تخمین ویسکوزیته دینامیکی این نوع از نانوسیالات

۲ـ ۴ـ نتایج طرح پاسخگوی کدامیک از نیازهای علمی ـ صنعتی جامعه می‌باشد؟

این طرح می تواند در راستای بهبود مصرف انرژی که به طور مستقیم بر پاکسازی محیط زیست تاثیر دارد مورد استفاده قرار گیرد.

۳ـ ۴ـ چه مؤسساتی می‌توانند از نتایج طرح استفاده نمایند؟ (در صورت نیاز توضیح دهید)

استفاده از نانو سیال جدید در صنایع مختلف کشور از جمله صنعت پتروشیمی و تولید روغن های موتور

۴ـ۴ـ سابقه علمی طرح و پژوهشهای انجام شده با ذکر مأخذ به ویژه در ایران

در یک کار آزمایشگاهی در سال ۲۰۰۳، رفتار جریانی نانوسیال آب– اکسید تیتانیوم با کسر حجمی بین ۰/۵ تا ۱/۲ درصـد توسـط تسـنگ و لـین [۲] مـورد بررسی قرار گرفت. هنگامی که کسرحجمی بیشتر از ۰/۱۴۶ می‌شد، به دلیل وجود توده‌های نانوذرات در محلول رفتار نانوسیال شبه پلاستیک (کاهش لزجت با افزایش نرخ برش) مشاهده شد. در کسر حجمی بیشتر از ۰/۱ خواص نانوسیال تیکسوتروپیک بود. مقدار بعد شکست که وابسته به کسر حجمـی و تـنش تسلیم بود بین ۱/۴۶ تا ۱/۷۸ دیده شد. شاید ساختار محلول به خاطر پخش خوشه‌های نانوذرات که ناشی از جذب قوی پتانسیل درون ذره‌ای اسـت، مغلـوب شده است.

در یک کار تحقیقاتی در سال ۲۰۰۶، کولکارنی و همکاران [۳] با آزمایش روی نانو سیال آب دیونیزه– اکسید مس رابطه‌ای تجربی برای لزجت دینامیکی نانو سیال در شرایط دمایی ۵ تا ۵۰ درجه سانتیگراد بدست آوردند. نانو ذرات با قطر ۲۹نانومتر و در کسر حجمی ۵ تا ۱۵ درصد در سیال پایه پراکنده‌شده، پـس از اندازه‌گیری لزجت دینامیکی در شرایط ذکر شده اثر دما و کسر حجمی بررسی شد. لزجت دینامیکی نانو سیال به شدت تابع دما و کسر حجمی است.

در یک کار آزمایشگاهی در سال ۲۰۰۷، اثرات دما و اندازه نانو ذرات بر لزجت دینامیکی نانو سیال آب و مخلوط نانو ذرات اکسید آلومینیوم بـا قطـر ۳۶ و ۴۷ نانومتر و اکسید مس با قطر ۲۷ نانومتر توسط نگوین وهمکاران [۴] در محدوده دمایی محیط تا ۷۵ درجه سـانتیگراد و کسـر حجمـی ۱ تـا ۱۲ درصـد مـورد بررسی قرار گرفت. روابط استخراج شده از آزمایش آنها مشخص کرد که لزجت نانو سیال به دو عامل کسر حجمی و اندازه نانو ذرات بسـتگی دارد، بطوریکـه لزجت دینامیکی با افزایش کسر حجمی در یک دمای ثابت زیاد شده و با افزایش دما در یک کسر حجمی ثابت کاهش می‌یابد.

در یک پژوهش آزمایشگاهی خواص جریانی نانو سیال آب و اتیلن گلیکول که با نسبت وزنی ۴۰:۶۰ معلق هسـتند، توسـط نـامبورا و همکـاران [۵] در سـال ۲۰۰۷ مورد بررسی قرار گرفت. در این آزمایش رابطه لزجت دینامیکی برای کسر حجمی نانو ذرات تا ۶/۱۲ ٪ و محدوده دمایی (۳۵–) تا ۵۰ درجه سـانتیگراد بیان شد. تحلیل‌ها نشان می‌داد که لزجت دینامیکی به‌صورت نمایی با افزایش دما کاهش یافته و افزایش غلظت نـانو ذرات افـزایش لزجـت دینـامیکی را در برداشت.

در یک کار آزمایشگاهی در سال ۲۰۰۸ لیونگ و همکاران [۶] به بررسی لزجت نانوسیالات حاوی نانوذرات اکسید فلـزی از قبیـل اکسـید تیتـانیوم و اکسـید آلومینیوم در سیال پایه آب و اتیلن گلیکول و نانوسیالات حاوی ذرات فلزی آلومینیوم در سیال پایه روغن موتور و اتیلن گلیکـول پرداختنـد. آنهـا بـرای تهیـه نانوسیالات پایدار از امواج اولتراسونیک و افزودن ماده معلق کننده ستیل تری متیل آمونیوم برماید استفاده کردند. محدوده کسرحجمی نانوسیال ۱ تا ۵ درصد وزنی بود. لزجت نانوسیالات نیز با استفاده از یک رئومتر با سرعت کنترل شده بدست آمد. نتایج حاصل از این مطالعات نشـان داد لزجـت نانوسـیالات خیلـی

بیشتر از سیال پایه است. علاوه بر این در بررسی اثر کسر حجمی و دما روی لزجت این نانوسیالات مشاهده شد که وابستگی شدیدی بین این پارامترها وجود دارد.

در یک کار آزمایشگاهی در سال ۲۰۰۹، رفتار نانوسیالات اکسیدمس/اتیلن گلیکول، اکسیدآلومینیوم/اتیلن گلیکول و اکسید آلومینیوم/آب توسط آنوپ و همکاران [۷] مورد بررسی قرار گرفت. آن ها تغییر لزجت در محدوده دمای ۲۰ تا ۵۰ درجه سانتیگراد با غلظت ۰/۵، ۱، ۴ و ۶ درصد حجمی را بررسی و مشاهده کردند که با افزایش غلظت ذره، لزجت افزایش می یابد.

رسانایی گرمایی و لزجت دینامیکی نانو سیال آب- دی‌اکسید تیتانیوم در کسر حجمی ۰/۲ تا ۲ درصد و در محدوده دمای ۱۵ تا ۳۵ درجه سانتیگراد توسط دانگ تونگ سوک و ونگوایزز [۸] در سال ۲۰۰۹ در یک آزمایشگاه مورد بررسی قرار گرفت. مقادیر حاصل از روابط استخراج شده در این آزمایش‌ها نشان دادند که سازگاری خوبی با روابط دیگر محققین ندارند. همچنین آنها دلیل مشخص و روشنی برای این عدم سازگاری مشخص نکردند و احتمال دادند که شاید پارامترهایی مانند اندازه ذرات، آماده‌سازی ذرات، روش اندازه‌گیری و یا حتی منابع تأمین نانو ذرات دلیل این ناسازگاری باشد. روابط پیشنهاد شده توسط این دو محقق مطابقت خوبی با نتایج آزمایش داشتند.

در یک کار آزمایشگاهی در سال ۲۰۰۹، لزجت دینامیکی و رسانایی گرمایی نانو سیال‌های آب- زیرکونیا و آب – آلومینا در یک جریان آرام توسط رئا و همکاران [۹] در محدوده دمای۲۰ تا۸۰ درجه سانتیگراد و در کسرهای حجمی ۳٪ و ۶٪ مورد بررسی قرار گرفت. آنها در این پژوهش دریافتند که نرخ افزایش انتقال حرارت نانو سیال آب- آلومینا در مقایسه با آب خالص بیشتر است. درحالی‌که این مقدار افزایش برای نانو سیال آب-زیرکونیا خیلی کم است. همچنین آنها طبق رابطه استخراج شده از آزمایش‌ها نشان دادند که لزجت دینامیکی نانو سیال‌ها تابعی از دما و کسر حجمی است.

به منظور بررسی اثر دما و شدت برش روی لزجت نانوسیالات، سوو و همکاران [۱۰] در یک کار آزمایشگاهی در سال ۲۰۱۰، به بررسی این عوامل در نانوسیال حاوی نانوذرات آلومینا در سیال پایه پلی آلفا اولفین پرداختند. در این بررسی از نانوذرات با دو شکل کروی و میله ای استفاده شد. ضمن این بررسی ها مشخص شد سیال پایه خالص، رفتار نیوتنی از خود نشان می دهد. علاوه براین مشاهده شد که نانوسیالات حاوی نانوذرات کروی با غلظت ۱٪ و ۳٪ حجمی و نانوسیالات حاوی نانوذرات میله ای با غلظت ۱٪ رفتار نیوتنی از خود نشان دادند. زیرا در این نانوسیالات لزجت وابستگی خیلی کمی به شدت برش داشت. ولی با افزایش غلظت نانوذرات رفتار نانوسیالات غیرنیوتنی بود. علاوه بر این در این بررسی ها مشخص شد که لزجت نانوسیالات با افزایش دما کاهش می یابد. با محاسبه لزجت نسبی این نانوسیالات مشاهده شد که در غلظت های پایین، افزایش دما اثری روی لزجت ندارد ولی با افزایش غلظت این وابستگی نیز افزایش می یابد.

در یک کار آزمایشگاهی در سال ۲۰۱۰، لزجت و رسانایی گرمایی نانوسیال آب دیونیزه- نقره در کسرهای ۰/۰۶/۳ و ۰/۹ درصد توسط گادسون و همکاران [۱۱] مورد بررسی قرار گرفت. لزجت و رسانایی گرمایی نانوسیال در دمای ۵۰ تا ۹۰ درجه سانتی‌گراد با نانوذرات به قطر ۶۰ نانومتر آزمایش شد. در این آزمایش مشخص شد رسانایی گرمایی رابطه مستقیم با دما و کسر حجمی دارد. رابطه ارائه شده توسط این محققین سازگاری خوبی با نتایج آزمایش دارد.

در یک کار آزمایشگاهی در سال ۲۰۱۰، لزجت دینامیکی نانو سیال آب- پروپیلن گلیکول با نانو ذرات آلومینا توسط کول و دی [۱۲] در محدوده دمای۱۰ تا۵۰ درجه سانتیگراد و در کسر حجمی ۰/۱ تا ۱/۵ درصد مورد بررسی قرار گرفت. در این آزمایش به‌منظور پایداری نانو ذرات در نانو سیال از اسید اولیک به‌عنوان سورفکتانت استفاده شد. نتایج تحقیقات آنها حاکی از این مطلب است که لزجت دینامیکی با دما رابطه عکس و با کسر حجمی رابطه مستقیم دارد. همچنین آنها طبق رابطه استخراج شده از آزمایش‌ها نشان دادند که لزجت دینامیکی نانو سیال‌ها تابعی از دما و کسر حجمی است.

در سال ۲۰۱۰ در یک کار آزمایشگاهی لزجت دینامیکی نانو سیال اکسید روی – آب بدون اضافه کردن سورفکتانت به نانو سیال، توسط اوجها و همکاران [۱۳] مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاکی از آزمایش آنها نشان می‌دهد که هیچ تغییری در لزجت دینامیکی نانو سیال بدون سورفکتانت نسبت به نانو سیال همراه با سورفکتانت به وجود نیامده است.

در سال ۲۰۱۰، یک مدل ترکیبی مبتنی بر لزجت دینامیکی در تمام گستره کسر حجمی توسط حسینی و قادر [۹]ارائه شد. نتایج نشان می‌دهد که لزجت دینامیکی تابعی از دما بوده و در مدل پیشنهادی لزجت دینامیکی نانو سیال نسبت به مدل انیشتین و بریکمن، بهتر است.

خنافر و وفایی [۱۵] در سال ۲۰۱۱ با توجه به اینکه نتایج آزمایشگاهی و تئوری محققین در مورد خواص نانو سیال‌ها دارای تناقض با یکدیگر بودند، در یک کار آزمایشگاهی خواص نانو سیال آب- آلومینا، از قبیل چگالی، لزجت دینامیکی، رسانایی گرمایی، کشش سطحی، گرمای ویژه و جوشش استخری مورد بررسی قراردادند. آنها با آزمایش بر روی نانو سیال آب- آلومینا رابطه‌ای را برای لزجت دینامیکی ارائه دادند که تابعی از قطر نانو ذرات، دما و کسر حجمی بود. نتایج نشان دادند که لزجت دینامیکی با کسر حجمی رابطه مستقیم و با دما رابطه عکس دارد. همچنین آنها رابطه استخراج شده از این آزمایش را با دیگر روابط تجربی مقایسه کردند و در قالب نمودار نشان دادند که سازگاری خوبی بین آنها برقرار است، بطوریکه بین روابط دیگر محققین اختلاف زیادی وجود دارد.

کول و دی [۱۶] در سال ۲۰۱۱ در یک کار تجربی با استفاده از نانو سیال روغن دنده- اکسید مس، اثر نانو ذرات با قطر۴۰ نانومتر را مورد بررسی قراردادند. در این پژوهش نانو ذرات در محدوده دمای ۱۰ تا۸۰ درجه سانتیگراد با کسر حجمی بین ۰/۵ تا ۲/۵ درصد و به کمک اسید الیک (به‌عنوان فعال کننده سطح) در سیال پایه معلق شدند. نتایج نشان می‌دهد که با افزایش کسر حجمی نانو ذرات در نانو سیال، لزجت دینامیکی تا ۳ برابر نسبت به سیال پایه افزایش

می‌یابد، بطوریکه با افزایش کسر حجمی رفتار نانو سیال غیر نیوتنی می‌شود. نتایج آزمایشگاهی آن‌ها برای دو نانو سیال به‌صورت یک رابطه که به کسر حجمی نانو ذرات وابسته بود، بیان شد.

یو و همکاران [۱۷] در سال ۲۰۱۱ در یک کار آزمایشگاهی لزجت دینامیکی نانو ذرات نیترید آلومینیوم را بررسی کردند. در این پژوهش نانو ذرات نیترید آلومینیوم در کسر حجمی۱ تا۱۰ درصد در سیال‌های پایه اتیلن گلیکول و اتیلن پروپیلن معلق شدند. لزجت دینامیکی در محدوده دمای ۶۰ تا۱۰ درجه ساتیگراد اندازه‌گیری شد. مطالعه خواص‌جریانی نانو سیال‌ها نشان می‌دهد که در کسر حجمی بالای ۵ درصد رفتار نانو سیال‌ها غیر نیوتنی بوده و در کسر حجمی زیر ۵ درصد رفتار نانو سیال‌ها نیوتنی است. به همین علت کسر حجمی ۵ درصد به‌عنوان نقطه بحرانی رفتار جریانی نانو سیال‌ها معرفی شد. آن‌ها نتیجه گرفتند رفتار نانو سیال به‌شدت تحت تأثیر نوع، شکل نانو ذرات، کسر حجمی و دما است.

روابطی برای لزجت دینامیکی نانو ذرات لوله کربنی تک جداره معلق در روغن برای کسر وزنی ۰/۰۱ تا ۰/۲ درصد و در محدوده دمای ۲۵ تا ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد توسط وکیل نژاد و درانی [۱۸] در سال ۲۰۱۲ در یک آزمایشگاه به دست آمد. در این آزمایش قطر نانو ذرات برابر ۲ نانومتر و طول آن‌ها ۱۰ تا ۱۵ میکرومتر بود. آن‌ها با بیان دو رابطه برای لزجت دینامیکی، اظهار داشتند که لزجت دینامیکی با دما رابطه عکس و با کسر حجمی رابطه مستقیم دارد. همچنین حداکثر افزایش لزجت دینامیکی نانو سیال نسبت به سیال پایه ۳۲/۹۴ عنوان شد.

واژا و داس [۱۹] در سال ۲۰۱۲ در یک آزمایشگاه خواص ترموفیزیکی دو نانو سیال با نانو ذرات فلزی و یک نانو سیال با نانو ذرات غیرفلزی دی‌اکسید سیلیکون را بررسی کردند. در این پژوهش نانو ذرات فلزی آلومینا تا کسر حجمی ۱۰ درصد، اکسید مس تا کسر حجمی ۶ درصد و نانو ذرات دی‌اکسید سیلیکون تا کسر حجمی ۱۰ درصد در سیال پایه آب– اتیلن گلیکول (۶۰:۴۰) معلق شدند. برای سه نانو سیال ذکر شده یک رابطه مشترک بیان شد که در دمای صفر تا ۹۰ درجه سانتی‌گراد قابل استفاده است. آن‌ها لزجت نانو سیال را متأثر از لزجت سیال پایه، کسر حجمی، اندازه نانو ذرات و دما بیان کردند. همچنین مقدار افزایش لزجت برای نانو سیال حاوی آلومینا با کسر حجمی ۶ درصد و در دمای اتاق، ۹۱٪ بیشتر در مقایسه با سیال پایه بود.

یامساوا و همکاران [۲۰] در سال ۲۰۱۳ در یک تحقیق تجربی به بررسی لزجت دینامیکی نانو ذرات آلومینا و دی‌اکسید تیتانیوم معلق در اتیلن گلیکول و آب (۸۰:۲۰) پرداختند. آن‌ها این تحقیق را در محدوده دمایی ۱۵ تا ۶۰ درجه سانتی‌گراد با کسر حجمی تا ۴٪ انجام دادند. قطر نانو ذرات آلومینا و دی‌اکسید تیتانیوم به ترتیب ۱۲۰ و ۲۱ نانومتر بود. پس از انجام آزمایش، رابطه استخراج شده از نتایج آزمایش با روابط نظری دیگر محققین مورد مقایسه قرار گرفت و مشخص گردید که روابط نظری جهت محاسبه لزجت نانو سیال‌ها مناسب نیستند. رابطه پیشنهاد شده تابعی از لزجت سیال پایه، دما و کسر حجمی نانو ذرات بود. همچنین آن‌ها پیشنهاد کردند که در آزمایش‌های آتی بهتر است عوامل مختلف دیگر نظیر شکل و اندازه نانو ذرات، اندازه مولکول‌های سیال پایه، دما و πH برای تخمین دقیق‌تر لزجت نانو سیال در نظر گرفته شود.

در سال ۲۰۱۳ در یک کار آزمایشگاهی، مقدم و همکاران [۲۱] خصوصیات رئولوژیک نانوسیالات گرافن–گلیسرول را در کسر جرمی‌های متفاوت (۰/۰۲– ۰/۰۰۲۵) و دماهای مختلف (۶۰–۲۰ درجه سانتی‌گراد) اندازه‌گیری کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که لزجت نانوسیالات با افزایش کسر جرمی، افزایش و با افزایش دما، کاهش می‌یابد. آن‌ها همچنین مشاهده کردند که رفتار نانوسیال غیرنیوتنی است.

روابطی برای لزجت دینامیکی نانو ذرات لوله کربنی تک جداره معلق در روغن برای کسر وزنی ۰/۰۱ تا ۰/۲ درصد و در محدوده دمای ۲۵ تا ۱۰۰ درجه سانتیگراد توسط وکیل نژاد و درانی[۲۲] در سال ۲۰۱۴ در یک آزمایشگاه بدست آمد. در این آزمایش قطر نانو ذرات برابر۲ نانومتر و طول آن‌ها ۱۰تا ۱۵ میکرومتر بود. آنها با بیان دو رابطه برای لزجت دینامیکی، اظهار داشتند که لزجت دینامیکی با دما رابطه عکس و با کسر حجمی رابطه مستقیم دارد. همچنین حداکثر افزایش لزجت دینامیکی نانو سیال نسبت به سیال پایه ۳۲/۹۴ عنوان شد.

واژا و داس[۲۳] در سال ۲۰۱۲ در یک آزمایشگاه خواص ترموفیزیکی دو نانو سیال با نانو ذرات فلزی و یک نانو سیال با نانو ذرات غیرفلزی دی‌اکسید سیلیکون را بررسی کردند. در این پژوهش نانو ذرات فلزی آلومینا تا کسر حجمی۱۰ درصد، اکسید مس تا کسر حجمی ۶ درصد و نانو ذرات دی‌اکسید سیلیکون تا کسر حجمی ۱۰ درصد در سیال پایه آب– اتیلن گلیکول (۶۰:۴۰) معلق شدند. برای سه نانو سیال ذکر شده یک رابطه مشترک بیان شد که در دمای صفر تا۹۰ درجه سانتیگراد قابل استفاده است. آن‌ها لزجت نانو سیال را متأثر از لزجت سیال پایه، کسر حجمی، اندازه نانو ذرات و دما بیان کردند. همچنین مقدار افزایش لزجت برای نانو سیال حاوی آلومینا با کسر حجمی ۶ درصد و دردمای اتاق، ۹۱ ٪ بیشتر در مقایسه با سیال پایه بود.

همت و همکاران [۲۴] در سال ۲۰۱۴ به بررسی تأثیر استفاده از نانولوله‌های کربنی دوجداره معلق در آب، به منظور استفاده در مبدل‌های لوله‌ای پرداختند. آنها ضمن بررسی خواص ترموفیزیکی به‌صورت آزمایشگاهی و ارائه روابط تجربی جدید بر مبنای یافته‌های خود، نشان دادند که نانولوله‌های کربنی در کسرهای حجمی بسیار پایین (در حدود ۰.۴ درصد) قادر به افزایش ضریب انتقال حرارت جابجایی تا ۳۲٪ هستند. افت فشار ناشی از استفاده از این نوع نانو سیالات حداکثر تا ۲۰٪ گزارش شده است.

همت و سعدالدین [۲۵] در سال ۲۰۱۴ در یک کار آزمایشگاهی خواص ترموفیزیکی و انتقال حرارت نانو سیال آب– اکسید منیزیم را در یک جریان مغشوش بررسی کردند. نتایج کار آنها نشان داد که، با کاهش کسر حجمی نانو ذرات انتقال حرارت افزایش‌یافته و همچنین با افزایش درجه حرارت، ضریب هدایت حرارتی افزایش می‌یابد.

در یک کار آزمایشگاهی در سال ۲۰۱۴، لزجت دینامیکی نانو سیال اکسید آلومینیوم ($A\lambda_2\ O_3$) در مخلوط آب مقطر و اتیلن گلیکول توسط ساندر و همکاران [۲۶] مورد بررسی قرار گرفت. آنها این تحقیق را در محدوده دمایی ۲۰ تا ۶۰ درجه سانتیگراد با نسبت‌های وزنی ۴۰:۶۰،۶۰:۴۰،۸۰:۲۰ در کسر

حجمی ۱/۵ تا ۰/۳ درصد انجام دادند. نتایج کار آنها نشان داد که با افزایش کسر حجمی، لزجت دینامیکی افزایش‌یافته و همچنین لزجت دینامیکی با دما رابطه معکوس دارد.

همت و سعدالدین [۲۷] در سال ۲۰۱۴ در یک کار تجربی به بررسی اثرات دما و کسر حجمی بر لزجت دینامیکی نانو سیال اتیلن گلیکول- اکسیدروی پرداختند. آنها این تحقیق بر روی نانو سیالی به قطر ۱۸نانومتر و کسر حجمی ۰/۲۵ تا ۵ درصد انجام دادند و دمای نانو سیال در آزمایش‌های مختلف از دمای محیط تا ۵۰ درجه سانتیگراد تغییر دادند. پس از اتمام آن‌ها با مقایسه‌ای که بین اعداد بدست آمده و مدل‌های پیشنهادی انجام دادند، دریافتند که سازگاری خوبی بین اعداد اندازه‌گیری شده و مدل‌های پیشنهادی وجود دارد. همچنین نتایج آن‌ها نشان داد که لزجت دینامیکی نسبی به‌صورت غیرخطی با افزایش کسر حجمی افزایش‌یافته و بیشترین مقدار لزجت متعلق به بیشترین کسر حجمی نانو ذرات است. به علاوه آن‌ها نشان دادند که در کسر حجمی ثابت با افزایش دما، لزجت نانو سیال تغییر مشخصی ندارد.

اشگرف و افرند [۲۸] در سال ۲۰۱۶ در یک کار تجربی اثر دما و کسر حجمی نانوذرات بر لزجت نانوسیال هیبریدی، که حاوی مخلوطی از آب و اتیلن گلیکول به عنوان سیال پایه و ترکیبی از نانولوله‌های کربنی چند جداره و دی‌اکسید سیلیسیوم به عنوان ذرات اضافه شده است، به طور تجربی بررسی شد. اندازه‌گیری‌ها در بازه دمایی ۲۷.۵ تا ۵۰ درجه سانتیگراد و با استفاده از لزجت سنج استوانه‌ای در نرخ برش‌های مختلف انجام شد. نمونه‌های همگن و پایدار با کسر حجمی جامد ۰.۰۶۲۵٪، ۰.۲۵٪، ۰.۵٪، ۰.۷۵٪، ۱٪، ۱.۵٪ و ۲٪ با تعلیق ترکیب حجمی مساوی از نانولوله‌های کربنی و دی‌اکسید سیلیسیوم در مخلوط ۵۰٪-۵۰٪ حجمی آب اتیلن گلیکول تهیه شدند. نتایج اندازه گیری در نرخ برش‌های مختلف نشان داد که سیال پایه (مخلوط آب و اتیلن گلیکول) از خود رفتار نیوتنی دارد، درحالی‌که همه نمونه‌های نانوسیال رفتار غیرنیوتنی مشابه مدل قاعده توانی (سدو پلاستیک) و با شاخص توان کمتر از یک نشان دادند. برای همه نمونه‌های نانوسیال و همه دماها ضرایب مدل پاورلا از طریق برازش منحنی با دقت بالایی محاسبه شدند. نتایج همچنین نشان دادند که به‌طورکلی لزجت ظاهری با افزایش کسرحجمی، افزایش و با افزایش دما، کاهش می‌یابد.

افرند و همکاران [۲۹] در سال ۲۰۱۶ به روش تجربی- آزمایشگاهی، اثر دما و کسر حجمی نانوذرات را برروی لزجت نانوسیال هیبریدی SiO_2-MWCNT/SAE۴۰ بررسی می‌شود. آزمایش از کسر حجمی صفر تا یک درصد و از دمای ۲۵ تا ۶۰ انجام شد.اندازه‌گیری لزجت نشان دادکه نانوسیال هیبریدی درهمه‌کسر حجمی‌هاو همه دماها رفتار نیوتنی دارد. همچنین افزایش کسر حجمی نانوذرات سبب افزایش لزجت نانوسیال و بالعکس افزایش دما موجب کاهش لزجت می‌شود. براساس داده‌های آزمایشگاهی‌و محاسبات لزجت نسبی، بیشترین افزایش لزجت نانوسیال هیبریدی روغن موتور/نانو لوله کربنی چندجداره- دی‌اکسید سیلیسیوم برابر ۳۷/۴درصد مشاهده شد.

۵ـ۴ـ آیا پیشنهاد طرح پژوهشی حاضر ارتباطی با پایان نامه های تحصیلات تکمیلی کارشناسی ارشد/دکتری که با راهنمایی جنابعالی انجام پذیرفته / در حال انجام است دارد؟ بلی ☐ خیر ☑

در صورت مثبت بودن پاسخ، ضمن ذکر عنوان پایان نامه های مربوطه لطفاً میزان انطباق را مشخص فرمائید.

۵ـ زمان بندی

مدت زمان لازم برای اجرای طرح (به ماه): ۶ ماه تاریخ شروع: ۱۳۹۶/۱/۱ تاریخ خاتمه: ۱۳۹۶/۶/۳۱ مدت زمان: ۶ ماه

جدول مراحل اجرای پروژه و پیش بینی زمان هر مرحله:

	شرح مختصر مراحل	جدول زمانی به ماه																																ملاحظات*									
		۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰	۲۱	۲۲	۲۳	۲۴	۲۵	۲۶	۲۷	۲۸	۲۹	۳۰	۳۱	۳۲	۳۳	۳۴	۳۵	۳۶
۱	تحقیق و سازماندهی مقدمه پیرامون نانوسیالات، مروری بر پژوهش های پیشین	* *																																									
۲	تهیه نانومواد و نمونه‌های نانوروانکار، انجام بیش از ۲۰۰ آزمایش		* *	* *																																						
۳	تحلیل نتایج آزمایش‌ها با جدول و نمودار				* *																																					
۴	تهیه و تنظیم مقالات مستخرج از طرح					* *	* *																																			
	جمع																																									

توضیحات:

* ـ برای شرایط خاص دلایل توجیهی باید ذکر شود.

۶ـ برای این طرح از سازمانهای دیگر نیز درخواست اعتبار شده است؟ ☐ بلی ☐ خیر
در صورت مثبت بودن جواب لطفاً نام سازمان، نوع و میزان همکاری را مرقوم فرمایند؟

۷ـ هزینه پرسنلی پیش بینی شده با ذکر مشخصات کامل، میزان اشتغال و حق‌الزحمه:

نوع مسئولیت	میزان ساعت کار	حق‌التحقیق* و حق‌الزحمه به ساعت	جمع کل
مجری مسئول (افشین احمدی ندوشن)	۱۲۰	۱۰۰۰۰۰ ریال	۱۲۰۰۰۰۰۰ریال
سایر همکاران (مسعود افرند)	۴۰	۱۰۰۰۰۰ ریال	۴۰۰۰۰۰۰ ریال
سایر همکاران (محمد همت اسفه)	۴۰	۱۰۰۰۰۰ ریال	۴۰۰۰۰۰۰ ریال
جمع			۲۰۰۰۰۰۰۰ریال

توضیحات:

*ـ بر اساس حداکثر تا میزان مقرر در آئین نامه مصوب هیأت وزیران مورد عمل در دانشگاه و مؤسسات آموزش عالی محاسبه وپرداخت خواهد شد.

۸ـ فهرست وسائل و مواد مورد نیاز طرح که می‌باید از اعتبار طرح از داخل یا خارج کشور خریداری شود:

نام دستگاه/ مواد	شرکت دارنده و یا فروشنده	کشور سازنده	مصرفی یا غیر مصرفی	آیا در ایران موجود است	تعداد/مقدار	قیمت ریال یا ارز	قیمت کل ریال یا ارز	در چه مرحله از طرح مورد نیاز است؟
نانومواد و نمونه‌های نانوروانکار		ایران	مصرفی	بلی		**۱۵۰۰۰۰۰۰ ریال**	**۱۵۰۰۰۰۰۰ ریال**	۱ ماه پس از شروع طرح
جمع هزینه‌های وسایل و مواد		۱۵۰۰۰۰۰۰			به ریال			
جمع هزینه‌های وسایل و مواد					به دلار			

توضیحات:

ـ در صورتیکه این مواد و یا دستگاه در ایران موجود باشد دلایل انتخاب نوع خارجی را ذکر نمایید.

ـ در صورتی که مواد و یا دستگاهها در دانشکده ها و یا مراکز تحقیقاتی دانشگاه جهت بهره‌گیری در دسترس باشد، دلایل خرید آنرا مشخص کنید.

۱۰ـ پیش بینی هزینه مسافرت داخل (در صورت لزوم)

مقصد	تعداد مسافرت در مدت اجرای طرح و منظور آن	نوع وسیله نقلیه	تعداد افراد	هزینه به ریال
جمع هزینه‌های مسافرت				

۱۱ـ هزینه‌های دیگر مربوط به طرح

۱ـ ۱۱ـ هزینه‌های چاپ و تکثیر ریال

۲ ـ۱۱ـ هزینه‌های تهیه نشریات و کتب لازم ریال

۳ ـ۱۱ـ سایر هزینه‌ها (لطفاً نام ببرید) پیش بینی نشده ریال

جمع هزینه‌های دیگر ریال

۱۲ـ کل اعتبار طرح

جمع هزینه‌ها	ریال	ارز
جمع هزینه‌های پرسنلی	۲۰۰۰۰۰۰۰	
جمع هزینه‌های وسایل و مواد	۱۵۰۰۰۰۰۰	
جمع هزینه‌های مسافرت		
جمع هزینه‌های دیگر		
جمع هزینه‌های سالانه		
جمع کل هزینه‌های طرح		دلار
ریال	۳۵۰۰۰۰۰۰	ریال

مبلغی که از منابع دیگر کمک خواهد شد و نحوه مصرف آن:

نام و امضاء مجری مسئول طرح: افشین احمدی ندوشن امضاء تاریخ: ۹۵/۱۲/۱۰

نام و امضاء همکار طرح: مسعود افرند امضاء تاریخ: ۹۵/۱۲/۱۰

نام و امضاء همکار طرح: محمد همت اسفه امضاء تاریخ: ۹۵/۱۲/۱۰