هوالعلیم

Dynamics &Thermodynamics of Fluids : Diffrences
By : Farzaneh Samsami

تفاوتهای دینامیک و ترمودینامیک سیالات
نویسنده : فرزانه صمصامی

پوانگاره می گوید دینامیک با ترمودینامیک در تناقض است. اما آیا واقعاً چنین است؟ تفاوت دینامیک بعنوان علم حرکت، با ترمودینامیک که از نظر لغوی ترکیب ترمو به معنی حرارت بعلاوۀ دینامیک می باشد، در چیست؟ آیا ترمودینامیک همان دینامیک است که اثرات حرارت را در بر می گیرد یا نه، ترمودینامیک با دینامیک در تناقض است و یا هیچکدام! ایندو هریک علمی هستند جدا برای خود که به دیگری هیچگونه ارتباطی ندارند؟ شاید ابتدا بهتر باشد به تعریف ایندو علم بپردازیم.

گاهی راجع به علم فیزیک، علم دینامیک یا علم ترمودینامیک حرف می زنیم و گاهی راجع به قبل از آن و مقدمات آن علم، یعنی راجع به وجود ماده صحبت می کنیم و صحبت کردن از این مقدمات متفاوت از علم فیزیک است. تفاوت می کند که در کدام حوزه صحبت می کنیم، در حوزۀ علم یا در حوزۀ مقدمات آن. بحث تاریخی ریشه ای این مطلب آنست که ماده هست، وجود دارد یا نه؟

یک پاسخ اینست که آنچه که می بینیم تغییر است و بین ماده و حرکت و تغییر، هیچ مرزی کشیده نمی شود؛ یعنی ماده هرچیزی است که الآن هست و یک لحظه بعد نیست و چیز دیگری شده است. آنچه که بعنوان یک مفهوم مادی می بینیم، چیزی است که دارای حرکت و تغییر است و ما هیچ چیز ثابتی نداریم. اگر به درون ریز ساختار ماده سفر کنیم، می بینیم که واقعاً تغییر در آنجا وجود دارد مثل آرایش الکترونها، تغییر مکان الکترونها و . . . که باعث می شود تا همه چیز دائماً در حال تغییر باشد. اکنون اگر همه چیز را تغییر ببینیم، این سؤال پیش می آید که یک مفهوم مادی را چگونه باید شرح داد؟

ما انسانها عادت کرده ایم که یک سری مشخصه هایی برای شناسائی چیزهای مختلف در نظر بگیریم، مثلاً دنبال یک سری مشخصه هایی می گردیم که بتوانیم افراد را شناسائی کنیم. با ماده هم همینگونه رفتار می کنیم، یعنی به ماده هم عیناً مشخصه هایی می دهیم که با تغییر ماده، این مشخصه ها نیز تغییر می کنند و بیانگر تغییرات این لحظه با لحظه های قبل هستند. دراولین گام از تعریف این مشخصه ها عاجز می شویم، سپس می پرسیم : ما به کمک چند تا پارامتر می خواهیم این مواد را از مواد دیگر تمیز دهیم؟ خیلی از اوقات، بر اساس تعداد این پارامترهایی که ما می خواهیم به کمک آنها ماده را شرح دهیم، علوم مختلف بوجود می آید. با این نوع نگرش، می بینیم که تفاوت بین علم دینامیک و ترمودینامیک صرفاً یک تفاوت در نامگذاری است و خود مفهوم عوض نمی شود، بلکه تنها

www.fluid.persianblog.com ○
اولین وبلاگ تخصصی در مکانیک سیالات
آزمایشگاه هیدرودینامیک کاربردی دانشگاه علم وصنعت ایران

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

تأثیر یکی از این ابعاد در مسئله کم و ناچیز بوده که از آن صرفنظر می شود. اما گاهی هم در مسئله ای این بعد اهمیت می یابد و دیگر نمی توان از آن صرفنظر کرد که در اینصورت سراغ علم دیگری می رویم. علمی که می توان در آن بیشترین تعداد پارامترها را مورد بررسی قرار داد، علم ترمودینامیک است. خیلی از مفاهیم حرکت را باید در ترمودینامیک بررسی کرد، مثلاً دما را با توجه به حرکت تعریف می کنند و می گویند وقتی که به سمت صفر مطلق می رویم، داریم حرکت را از ماده سلب می کنیم.

عملاً کاری که ما در علوم ترمودینامیک و دینامیک انجام می دهیم، اینست که پارامترهای مؤثر را شناسایی کرده و بعد با آنها معادلاتی می نویسیم و در این میان عبارتهای نامؤثر را در نظر نمی گیریم. سپس این معادلات را حل کرده و با مسئله واقعی مقایسه می کنیم. هر جا پاسخ این معادلات شبیه رفتارهایی که در واقعیت مشاهده می کنیم نبود، آنگاه پارامترهای مؤثر بیشتری را در نظر می گیریم.

در شناسایی پارامترهای مؤثر باید بسیار دقت کرده و هدف خود را مد نظر قرار دهیم. گاهی اوقات ما در دنیای ذهنی خود که ساخته و پرداخته ما است، یک سری معادلاتی استخراج می کنیم که ضرورتاً با دنیای اطراف ما مرتبط و متناظر نیست. این معادلات ساخته شده در دنیای ذهنی ما در صورتی با واقعیت تناظر دارد و واقعی است که با واقعیت اطرافمان بخواند و بتواند واقعیتهای اطراف ما را توضیح دهد. لذا برای اینکه قانونمندیهای حاکم بر ذهن ما واقعی باشد، نیازمند آنیم که برای دنیای ذهن خود تأئیدات و شواهد تجربی جمع کنیم. آرزوی دیرینه بشر این بوده است که بتواند روزی تطابق قانونمندیهای حاکم بر ذهن خود با قوانین حاکم بر دنیا و هستی را به چشم مشاهده کندو همیشه هم سعی کرده به سمت آن حرکت کند. همانگونه که اشاره شد، در کنار این دنیای ذهنی ما یک دنیای واقعی هم وجود دارد که ویژگی آن حرکت و تغییر و ماده و تحول و . . . است و بشر به سمتی حرکت می کند که تطابق قانونمندیهای دنیای ذهنی خود را بر این حرکت و تغییر و تحول مشاهده کند.

فاصلهٔ بین دنیای درون و دنیای بیرون را به دو روش می توان طی کرد: یا از دنیای بیرون به دنیای درون می رسیم و یا اینکه از دنیای درون به دنیای بیرون می رسیم. در روش اول از ماده یا همان دنیای واقعی بیرونی به دنیای ریاضی که دنیایی ساخته و پرداخته ذهن ما است می رسیم. این روش، معمولاً روشی است که در سیستم آموزشی و پژوهشی آمریکا متداول است. آنها ابتدا یک دوچرخه طراحی می کنند، سپس وقتی در دنیای واقعی به یک چرخ اضافی نیاز بود، آن یک چرخ را اضافه می کنند و سه چرخه می سازند و به همین ترتیب، هرگاه نیازی به اضافه کردن چرخ در جهان خارج مشاهده شد، آنرا می سازند اما در روش دوم که معمولاً روش فرانسویها و آلمانیهاست، واقعیت خارجی مهم نیست، فرد ابتدا یک n چرخه طراحی می کند که ارتباطی به دنیای خارج ندارد و در ذهن اوست و سپس برای طراحی دوچرخه، n را مساوی دو قرار می دهد و برای طراحی سه چرخه، n را مساوی سه قرار می دهد و به همین ترتیب. . .! !

این دو روش متفاوت در پیمودن فاصلهٔ میان دنیاهای درون و بیرون فقط در دنیای فیزیک مشاهده نمی شود. اصولاً در هرعلمی این تفاوت در نگرش وجود دارد. مثلاً هندسه را در نظر بگیرید. هندسه

www.fluid.persianblog.com
اولین وبلاگ تخصصی در مکانیک سیالات
آزمایشگاه هیدرودینامیک کاربردی دانشگاه علم وصنعت ایران

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

اقلیدسی و هیئت بطلمیوسی، ساخته و پرداخته ذهن است بدون توجه به دنیای خارج و سپس به دنبال تأئید آن در دنیای خارج رفته اند اما در مقابل آن یک هندسه دیگری نیز وجود دارد که هندسه فیزیکی است. اولین سؤالی که در هندسه فیزیکی مطرح می شود اینست که آیا در طبیعت مثلث وجود دارد که من بخواهم آنرا بسازم یا نه؟

حال سؤال دیگری مطرح می شود و آن اینست که آیا از این دو روش نتایج کاملاً متفاوتی گرفته می شود یا اینکه نتیجه آنها یکی است و یا اینکه حالت سومی وجود دارد؟ پاسخ این سؤال ساده است. اگر در ذهن من استدلالاتی باشد که بر آنها یک قانونمندیی حاکم باشد که همین قوانین بر هستی نیز حاکم است، آنگاه ایندو روش مشترک بوده و نتیجه یکسانی بدست خواهند داد.

صحبت از قانونمندیهای حاکم بر استدلالات ذهنی بشر شد. قانونمندیهای موجود در ذهن بشر یا از جنس قطعیت است و یا از جنس ابهام. مثلاً در مورد یک دایره ای که روی صفحه تخت در هندسه اقلیدسی کشیده شده بطور قطع می توان گفت که کجا داخل آن است و کجا خارج آن اما در مورد شیئی که در فضا قرار دارد نظیر یک خودکار، نمی توان بطور قطع گفت که کجا این خودکار تمام می شود.

گفته می شود استدلالات بشری آمیخته با ابهام است و لذا بشر توانائی تعریف بسیاری از چیزها را ندارد. در نتیجه اینکه دائماً پارامترهایی را به مدل خود اضافه کنیم و ادعا کنیم که آنرا کاملتر کرده ایم هیچ کمکی نمی کند؛ هر میزان هم که پارامترهای بیشتری را اضافه کنیم، بازهم استدلالهای ما آمیخته با ابهام می باشد و نمی توان از کامل تر شدن صحبت کرد، به شرطی مدل کاملتر شده است که بتواند وقایع مرتبط را بهتر توجیه و پیش بینی کند، لذا گاهی دینامیک، با اینکه پارامترهای کمتری نسبت به ترمودینامیک دارد، کاملترین علم برای توجیه حرکتی خاص می باشد.

اکنون با این نگاه مروری می کنیم بر مفاهیمی که در دروس پایه مهندسی مکانیک آموخته ایم و سعی می کنیم جایگاه هریک از این مفاهیم را و تفاوت آنها را با یکدیگر بیابیم.

دینامیک محیط پیوسته

- دینامیک جسم صلب : برای جسم صلب شش درجه آزادی در نظر می گیریم. با استفاده از معادلات کلاسیک و غیر کلاسیک، معادله حرکت جسم صلب در این شش درجه آزادی را بدست می آوریم.
- دینامیک ذره : در اینجا هر ذره یک جسم صلب است که می توان برای آن شش درجه آزادی در نظر گرفت. معادلات حرکت هر ذره همانند دینامیک جسم صلب و بصورت زیر استخراج می شود :
  - معادلات حرکت ذره ای با ۶ درجه آزادی
    - غیر کلاسیک
    - کلاسیک
      - معادلات نیوتن
      - +
      - معادلات سینماتیک
- دینامیک سیالات

www.fluid.persianblog.com
اولین وبلاگ تخصصی در مکانیک سیالات
آزمایشگاه هیدرودینامیک کاربردی دانشگاه علم وصنعت ایران

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

*دینامیک سیالات
- تراکم ناپذیر
- تراکم پذیر
- دارای جریان لمینار
- دارای جریان توربولان

تعریف دینامیک سیالات : دینامیک محیط پیوسته دارای تغییر فرم.

تنها نیروی ناپایستار در دینامیک سیالات، لزجت است

در دینامیک سیالات علاقمند به تعیین سرعت خطی، سرعت زاویه ای و کرنش می باشیم.

برای استخراج و حل معادلات حاکم بر دینامیک سیالات از المان فرضی سیال استفاده می کنیم که هر چند وجود خارجی ندارد اما در تعیین کران بالا و کران پائین آن، یعنی بزرگی و کوچکی آن محدودیت داریم.

معادلات حاکم بر دینامیک سیالات : می توان سیال را به بینهایت المان سیال تبدیل کرد و برای هر المان شش درجه آزادی درنظر گرفت. در این حالت سیال n درجه آزادی خواهد داشت(n<m). برای حل معادله حرکت سیستمی با n درجه آزادی، به n معادله نیاز داریم. ۶معادله از معادلات نیوتن که معادلات کلاسیک هستند حاصل می شوند. ۱ معادله هم که معادله بقای جرم است اما برای تعیین حرکت به (n-۷) معادله دیگر نیاز داریم که ناگزیر باید برابر این تعداد از معادلات ساختاری و معادله های سینماتیکی استفاده کنیم. این همان مفهوم دنیای ذهنی است، مشاهده می کنید که می توان تعداد پارامترها را بیشتر کرد اما نه تنها از ابهام و پیچیدگی مسئله نمی کاهد، بلکه ما را دچار مشکلات بیشتری هم می کند و این در حالیست که در اکثر موارد با همان معادلات ساده ناویر استوکس و فرض سیال نیوتنی می توان با دقت خوبی رفتار سیال را پیش بینی کرد.

ترمودینامیک ≡ ترمو + دینامیک ≡ حرارت + دینامیک (حرکت)

مشاهده می کنید که در ترمودینامیک، یک پارامتر دیگر که همان حرارت است به پارامترهای مطرح در دینامیک اضافه می شود. برای تعیین این پارامتر جدید نیاز به یک معادله جدید داریم که معادله انرژی می باشد و استفاده از این معادله به ما امکان می دهد که بتوانیم میدان دما را در یک شرایط معین تعیین کنیم.

علاوه براین قانون دوم ترمودینامیک بحث دیگری را در ترمودینامیک مطرح می کند. هرچند با قانون دوم یک قانون به معادلات ما اضافه می شود اما این قانون در تعیین پارامترها مؤثر نبوده و تنها خودش را به شکل قید روی ثابتهای مواد نشان می دهد. مثلاً در معادله انتقال حرارت فوریه، همیشه می گوئیم که جهت انتقال حرارت از دمای بیشتر به دمای کمتر است و این تأثیر قانون دوم ترمودینامیک بوده، تمامی معادلات مواد باید با قانون دوم سازگار باشند.

www.fluid.persianblog.com
اولین وبلاگ تخصصی در مکانیک سیالات
آزمایشگاه هیدرودینامیک کاربردی دانشگاه علم و صنعت ایران

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

پارامترهای مورد بررسی:
- در دینامیک : مکان، سرعت، شتاب و زمان
- در ترمودینامیک : مکان، سرعت، شتاب، زمان، لزجت، فشار، دما، انتروپی، حجم، چگالی، آنتالپی، انرژی گیبس و . . .

یادآوری این نکته خالی از لطف نمی باشد که استاتیک، علم بررسی نیروها بدون در نظر گرفتن پارامتر زمان و دینامیک،بررسی نیروها با در نظر گرفتن زمان می باشد که نتیجه اش همان حرکت می باشد. لذا در مواردی که زمان نقش کلیدی در مسئله ایفا نکند، مسئله از نوع استاتیک می باشد و در هنگامیکه اثر زمان بصورت جدی ظاهر می شود، مسئله از نوع دینامیک است.
در مسائل دینامیک، معادلات را برای ذره یا المان سیال استخراج می کردیم اما در ترمودینامیک، سیستم این نقش را ایفا می کند و معادلات را برای سیستم می نویسیم.

www.fluid.persianblog.com ○
اولین وبلاگ تخصصی در مکانیک سیالات
آزمایشگاه هیدرودینامیک کاربردی دانشگاه علم و صنعت ایران

ترمودینامیک:
- در شرایط غیر تعادلی : این شاخه از ترمودینامیک تحت عنوان ترمودینامیک آماری شناخته شده می باشد. پارامتر تعیین کنندهٔ شرایط تعادلی و غیر تعادلی، انتروپی میباشد، بدین معنا که در شرایط غیر تعادلی هم تولید انتروپی و هم انتقال انتروپی داریم اما در شرایط تعادلی، فقط انتقال انتروپی داریم و تولید انتروپی در این شرایط صفر می باشد.
- در شرایط تعادلی:
  - ترمودینامیک برگشت پذیر = ترمواستاتیک؛ در این شرایط گذر زمان اثری بر روی مسئله ندارد و شرایط پایا (steady) حاکم است. این همان چیزی است که در رشته های مهندسی تحت عنوان ترمودینامیک تدریس می شود. برای تحلیل این شرایط از سطح و حجم کنترل بهره گرفته می شود.
    - ترمواستاتیک آماری: این همان چیزی است که در سیلابس های درسی ما با عنوان ترمودینامیک آماری تدریس شده، از دید میکروسکوپیک به وقایع می نگرد.
    - ترمواستاتیک کلاسیک که با نام ترمودینامیک کلاسیک درس داده شده و نگاهی ماکروسکوپیک به قضایا دارد.
  - *ترمودینامیک محیط پیوسته برگشت ناپذیر

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

*ترمودینامیک محیط پیوسته برگشت ناپذیر : منظور از این ترمودینامیک واقعاً ترمودینامیک است. در اینجا زمان و مشتقات زمانی وارد معادلات می شوند و مسائلی نظیر انتقال حرارت و انتقال جرم و یا اثرات جریان الکتریسیته پیش می آید. و دانشمندانی سعی کرده اند تا معادلات حاکم بر این ترمودینامیک را استخراج و حل کنند. این معادلات هم به روشهای کلاسیک و هم به روشهای غیر کلاسیک حل شده اند.

معادلات ترمودینامیک محیط پیوسته برگشت ناپذیر
- کلاسیک : اونزاگر
- غیر کلاسیک
  - راسیونل
  - ماکسنر

درانتها برای تکمیل بحث به چند نکته اشاره می شود:

- معادلات حاکم بر دینامیک، معادلات نیوتن هستند و معادلات سینماتیک. معادلات حاکم بر ترمودینامیک، سه قانون صفرم ،اول و دوم و سوم ترمودینامیک می باشند که ما عملاً با سه قانون اول کار می کنیم و از قانون آخر استفاده چندانی نمی کنیم. در معادلات راسیونل، به این چهار قانون اصل عینیت مادی هم اضافه می شود که از اصول راسیونل بوده و معادلات آن از جنس هندسه می باشند.
- در ترمواستاتیک برای سیال دو درجه آزادی قائل می شویم و لذا با صرفنظر از سایر پارامترها و تنها با داشتن دو پارامتر می توانیم برای یک سیستم ساده معادله حالت را نوشته و وضعیت آنرا مشخص کنیم. پس ملاحظه می کنید که جداول خواص ترمودینامیکی مواد که مورد مطالعه قرار می گیرد، همان معادلات مواد هستند که بصورت ترمواستاتیک استخراج شده اند.
- در ترمودینامیک تعداد درجات آزادی را تعریف می کنیم و کمترین تعداد درجات آزادی ۴ است که شامل سه پارامتر سرعت و یک پارامتر فشار می باشد.
- توجه داشته باشید که در هریک از علومی که در بالا مطرح شد، اثر یکی از پارامترها در نظر گرفته شده یا نادیده گرفته شده است و هریک از این علوم در یک جائی کاربرد داشته و در همانجا بهترین جواب را به دست می دهند.

www.fluid.persianblog.com ○
اولین وبلاگ تخصصی در مکانیک سیالات
آزمایشگاه هیدرودینامیک کاربردی دانشگاه علم وصنعت ایران

منابع و مراجع :

[۱] جلسه آزمایشگاه هیدرودینامیک، مورخ ۱۳۸۳/۱۰/۱۵ و ۱۳۸۳/۱۰/۲۲

*****با تشکر از آقایان : مهندس امین موسائی و دکتر نوروز محمد نوری**

***** بازنشر الکترونیکی مطلب فوق با ذکر نام وبلاگ بلامانع است.**
***** بازنشر مکتوب مطالب منوط به اجازه از مدیر وبلاگ می باشد.**

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com