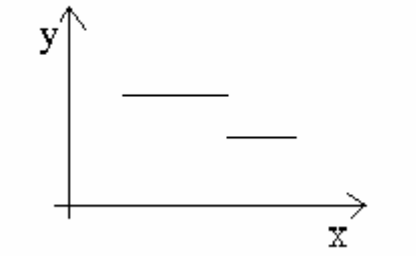
عنوان : مفهوم پیوستگی در تحلیل سیالات

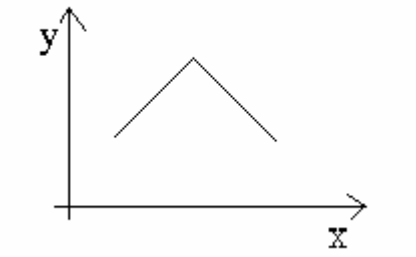
نویسنده : مجید برومندزاده

سؤال : فرض نمایید که قصد مطالعه یا بررسی محیطی را دارید . اصولاً مفهوم پیوستگی محیط چیست؟ آیا می‌توانید محیط مورد نظر را پیوسته فرض نمایید؟ در این صورت نوع تحلیل و روش آن، با حالتی که محیط پیوسته نیست چه تفاوتی می‌کند؟ و بالاخره اینکه با چه شرطی یا چه نوع نگاهی می‌توان محیط را پیوسته فرض کرد؟

پاسخ : پیوستگی یا ناپیوستگی یک تابع در دو حالت قابل بیان می‌باشد. حالتی که ناپیوستگی در مقدار تابع وجود داشته باشد و حالت دوم حالتی است که درمرتبه های مختلف مشتق تابع ناپیوستگی مشاهده شود شکلهای زیر بیانگر این موضوع هستند.

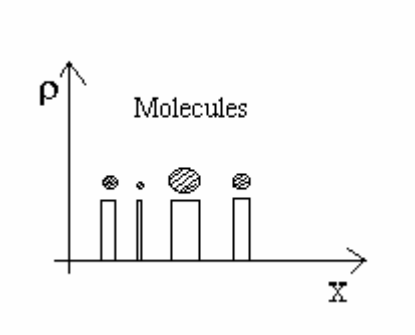


ناپیوستگی در مقدار تابع



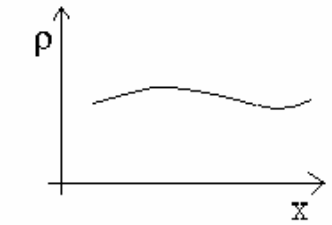
ناپیوستگی در مشتق اول تابع

بعنوان مثال اگر به یک محیط با دید میکروسکوپی نگاه شود، نمودار دانسیته (چگالی) محیط در راستای یک طول مشخص (محور افقی X) به صورت زیر قابل رسم است .



همانطور که مشاهده می‌شود چگالی بر حسب مکان ناپیوسته است و این ناپیوستگی از نوع ناپیوستگی در مقدار چگالی می‌باشد. این ناپیوستگی علاوه بر مکان در زمان نیز می‌تواند مشاهده گردد. در این صورت محیط مورد نظر در زمان و مکان ناپیوسته خواهد بود و نمی‌توان از مشتق و دیفرانسیل برای آن بهره گرفت بلکه تنها علم آمار و حساب در تحلیل چنین محیط ناپیوسته ای کارآمد می‌باشد.

اکنون اگر نوع نگاه به محیط از حالت میکروسکوپیک به حالت ماکرسکوپیک تغییر داده شود، دیگر آنچه ملاحظه می‌شود مولکولها جدای از هم نخواهند بود، بلکه مجموعه ای ملاحظه می‌شود که اثر متوسط مولکولها در هر ناحیه دیده شده است وبطور مثال نمودار چگالی بر حسب مکان در این نگاه جدید به صورت زیر مشاهده می‌گردد .

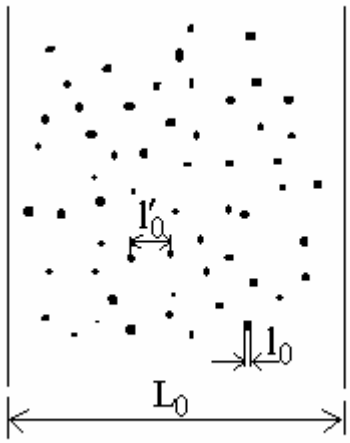


تحت این شرایط می‌توان چگالی را بصورت تابع پیوسته ای از زمان و مکان نوشت .

$$X = f(x, y, z)$$
$$\rho = f(X, t)$$

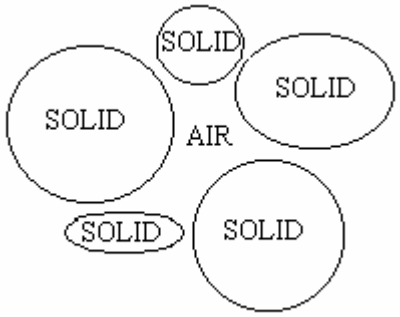
بنابراین درمثال فوق با نگاه اول،که نگاهی میکروسکوپیک بود تابع چگالی، تابعی ناپیوسته بود و در چنین نگرشی تنهامی‌توان معادلات جبری را نوشت، در حالیکه در نگاه دوم که چگالی تابعی پیوسته می‌باشد، می‌توان از معادلات دیفرانسیل نیز استفاده نمود. اکنون که تفاوتهای ناشی از پیوستگی و ناپیوستگی یک کمیت فیزیکی شناخته شد، این سوال مطرح

می‌گردد که چه زمانی و تحت چه شرایطی محیط مورد تحلیل پیوسته و یا ناپیوسته فرض می‌گردد؟برای پاسخ به این سوال مثال زیر بررسی می‌شود. دودکشی مطابق شکل زیر در نظر گرفته می‌گردد که در هوای خروجی از آن ذرات جامد معلق باشند .ابعاد l_0, l'_0, L_0 به ترتیب بیانگر طول مشخصه دودکش(مثلاً قطر آن)، MFP (Mean Free Path) و قطر ذرات جامد موجود در دودکش می‌باشد.



در این حالت اگر رابطه $\frac{L_0}{l_0}, \frac{L_0}{l'_0} \to \infty$ برقرار باشد فرض محیط پیوسته معتبر است .در این حالت سیالی جدید (ترکیبی از هوا و ذرات جامد دوده درون آن) با ویژگیهای منحصر به خود (چگالی، .....) در دود کش جریان دارد که خواص آن با ویژگیهای هر دو مادهٔ هوا و ذرات دوده متفاوت است و جریان تک فاز در نظر گرفته می‌شود .

در نگاهی دیگر سیال درون دودکش را می‌توان مطابق شکل زیر مشاهده نمود .



در چنین حالتی دیگر رابطه $\frac{L_0}{l_0}, \frac{L_0}{l'_0} \to \infty$ برقرار نیست، در نتیجه نمی‌توان سیال را پیوسته در نظر گرفت و شرایط به گونه ای دیگر خواهد بود و لازم است در این بررسی یک جریان دو فاز با دو فاز مجزای گاز و جامد لحاظ شود .

نتیجه گیری : در اکثر مسایل سیالات تحلیل ها و محاسبات به طور پیش فرض بر این اساس قرار گرفته اند که محیط مورد تحلیل محیطی پیوسته است و رابطهٔ $\frac{L_0}{l_0}, \frac{L_0}{l'_0} \to \infty$ برای آن ها صادق می‌باشد اما باید توجه داشت که تحلیل معتبر، تحلیلی است که قبل از شروع آن، پیوستگی محیط با توجه به نوع نگاه حاکم بر مساله و شرایط محیط بررسی شده باشد .

پایان

مراجع :

۱- جزوه درس مباحث منتخب در سیالات _ دکتر نوروز محمد نوری

۲- مباحث مطرح شده در سلسله جلسات مباحث بنیادی – کاربردی در مکانیک سیالات _ آزمایشگاه هیدرودینامیک کاربردی _ مرداد ۸۳