مکانیک سیالات

مکانیک ماشین های کشاورزی

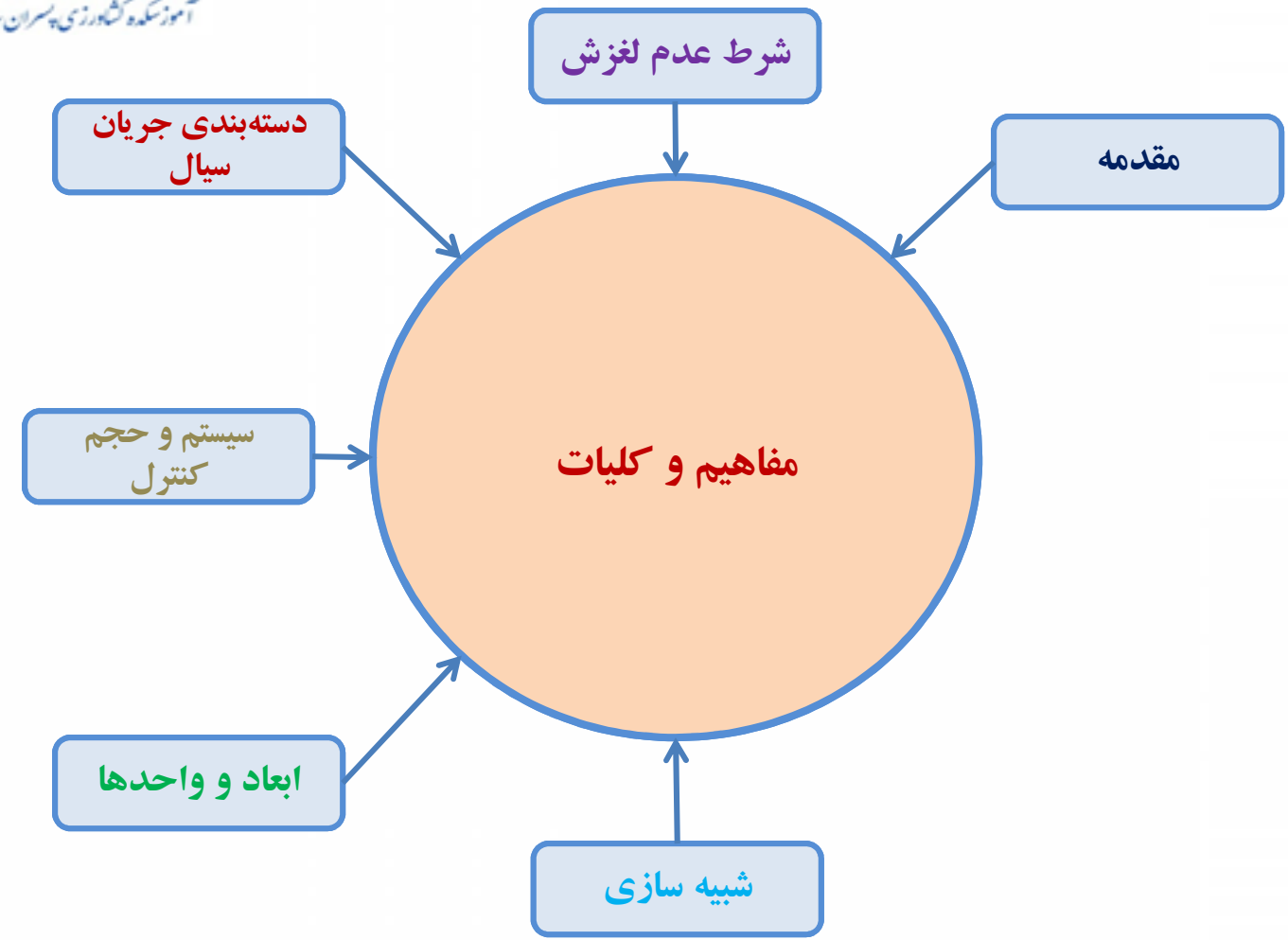
فصل اول: مفاهیم و کلیات

مدرس: رسول لقمانپور زرینی

عضو هیات علمی دانشگاه فنی و حرفه‌ای – آموزشکده کشاورزی ساری

مفاهیم و کلیات

- در این فصل خواهید آموخت:
  - ✓تعریف سیال
  - ✓کاربردهای علم مکانیک سیالات
  - ✓تاریخچهٔ علم مکانیک سیالات
  - ✓شرط عدم لغزش در سیال
  - ✓دسته‌بندی جریانات سیال
  - ✓تعریف حجم کنترل و سیستم
  - ✓اهمیت ابعاد و واحدها


شرط عدم لغزش
دسته‌بندی جریان سیال
مقدمه
سیستم و حجم کنترل
مفاهیم و کلیات
ابعاد و واحدها
شبیه سازی

مفاهیم و کلیات

۱- مقدمه

•مکانیک یکی از قدیمی ترین شاخه های علم است به بررسی اجسام ثابت و متحرک تحت اثر نیرو می پردازد.

- استاتیک
- دینامیک

مکانیک سیالات، علم بررسی رفتار سیال ساکن و متحرک و اثر آن بر اجسام جامد و یا سایر سیال ها می باشد.

مقدمه
شرط عدم لغزش
دسته بندی جریان سیال
سیستم و حجم کنترل
ابعاد و واحدها

مفاهیم و کلیات

۱ – مقدمه

- مکانیک سیالات به زیرشاخه های زیادی تقسیم می شود، از قبیل:
  - هیدرودینامیک: علم بررسی سیال های تراکم ناپذیر
  - هیدرولیک: بررسی سیال درون لوله ها و کانال ها
  - دینامیک گازها: بررسی گازها در فرآیندهایی که دچار تغییرات زیاد چگالی می شوند.
  - آیرودینامیک: جریان گاز (هوا) اطراف هواپیما، خودرو و سایر اجسام در سرعت های کم.
  - اقیانوس شناسی، هواشناسی، هیدرولوژی و ....

مقدمه
شرط عدم لغزش
دسته بندی جریان سیال
سیستم و حجم کنترل
ابعاد و واحدها

مفاهیم و کلیات

۱ – مقدمه

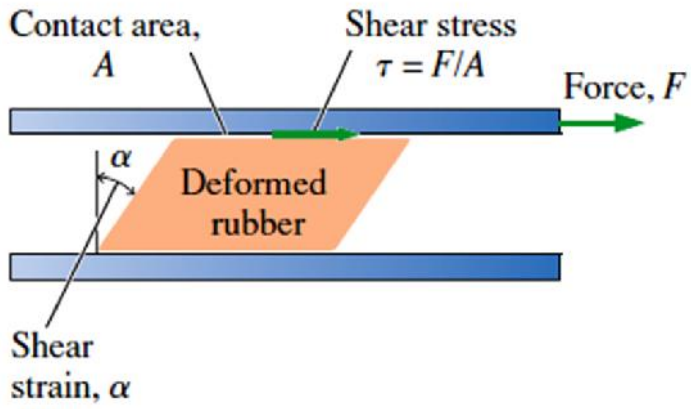
•تعریف سیال:

•از علم فیزیک به یاد داریم که مواد می توانند به سه شکل وجود داشته باشند: جامد، مایع و گاز

•به دو شکل مایع و گاز آن، سیال می گویند.

•تفاوت اصلی جسم جامد و سیال در مقاومت آنها در برابر تنش برشی می باشد.

سیال در برابر تنش برشی، بصورت پیوسته تغییر شکل می دهد.



در جامدات، تنش با کرنش متناسب است و در سیالات با نرخ کرنش!!!!!

مفاهیم و کلیات

۱ – مقدمه

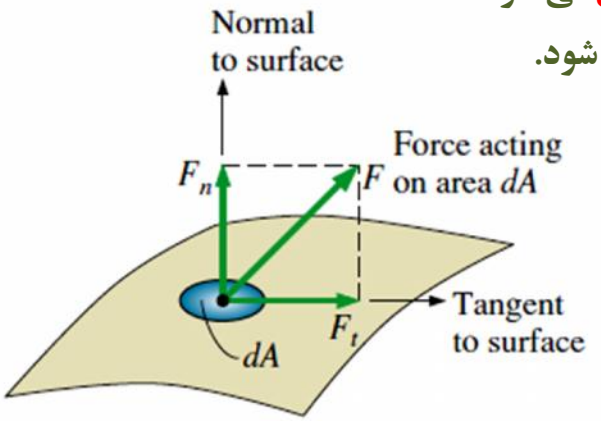
•بنابراین در یک جسم جامد، در صورت اعمال نیرو، در زاویهٔ مشخصی کرنش جسم متوقف می گردد. اما در سیال، تغییر شکل با یک نرخ کرنش ثابت ادامه پیدا می کند.

•یادآوری:

•تنش (Stress) همان نیروی اعمال شده در واحد سطح است.

•نیروی عمود بر المان سطح، باعث ایجاد تنش نرمال می گردد.

•مؤلفهٔ مماسی نیرو نیز منجر به ایجاد تنش برشی می شود.



$$\text{Normal stress: } \sigma = \frac{F_n}{dA}$$

$$\text{Shear stress: } \tau = \frac{F_t}{dA}$$

مفاهیم و کلیات

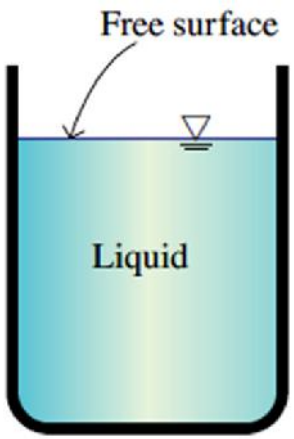
۱- مقدمه

- در سیال بدون حرکت، به تنش نرمال، **فشار** می گویند.
- بنابراین، در سیال ساکن هیچگونه تنش برشی وجود ندارد. (چرا؟)
- هنگامی که دیواره برداشته شود، تنش برشی ایجاد شده در سیال باعث حرکت آن شده و این حرکت تا رسیدن سیال به یک سطح آزاد افقی جدید ادامه دارد.

مقدمه
شرط عدم لغزش
دسته بندی جریان سیال
سیستم و حجم کنترل
ابعاد و واحدها

۱- مقدمه

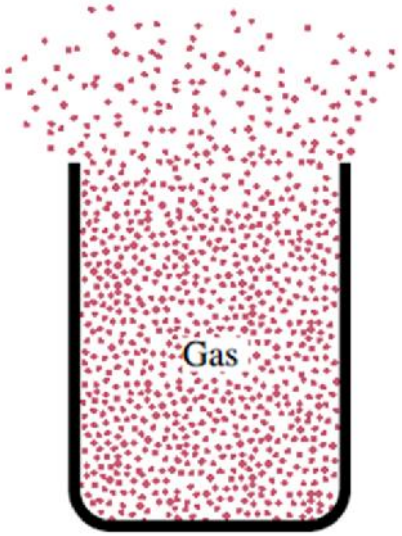
- در مایعات:
  - مولکول ها می توانند آزادانه حرکت کنند، در حالی که جاذبهٔ نسبتاً شدید مولکولی باعث می شود حجم آنها ثابت باقی بماند.
  - اگر حجم ظرف بیشتر شود، جاذبه باعث می شود تا سیال شکل جدیدی به خود بگیرد.



مفاهیم و کلیات

۱- مقدمه

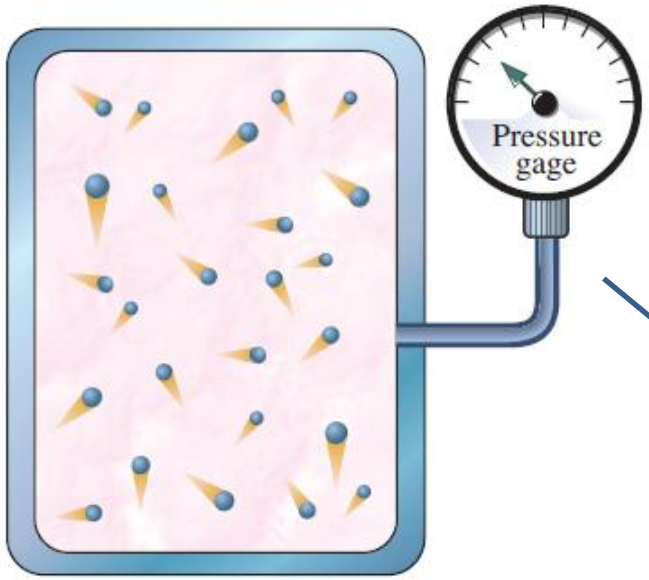
- در گازها:
  - نیروی جاذبهٔ بین مولکولی بسیار کم است و گاز از همه طرف منبسط شده تا به دیواره های ظرف برسد.
  - بنابراین گازها نمی توانند مانند مایعات تشکیل سطح آزاد دهند.



مفاهیم و کلیات

۱ – مقدمه

- در گازها:
  - مولکول های گاز از هم فاصلهٔ بسیار زیادی دارند.
  - برخورد بین آنها و همچنین برخورد مولکول ها و دیوارهٔ ظرف باعث انتقال انرژی می گردد.
  - این انرژی در دیدگاه ماکروسکوپی بصورت فشار قابل مشاهده است.



گاز ها به نسبت مایعات و مواد جامد دارای سطح انرژی بیشتری هستند.

مفاهیم و کلیات

۱- مقدمه

- کاربردهای علم مکانیک سیالات:

تحلیل پدیده های طبیعت

قایق ها و کشتی ها

هواپیماها

مفاهیم و کلیات

۱- مقدمه

•کاربردهای علم مکانیک سیالات:

نیروگاه ها

پزشکی

خودروها

مفاهیم و کلیات

۱- مقدمه

- کاربردهای علم مکانیک سیالات:

توربین های بادی

سیستم های لوله کشی

کاربردهای صنعتی

مفاهیم و کلیات

۱ – مقدمه

•تاریخچهٔ مختصری از علم مکانیک سیالات:

•نشانه هایی از انتقال آب در شهرهای بسیار قدیمی توسط لوله های سفالی وجود دارد.

•اولین تئوریسین ثبت شده علم مکانیک سیالات در تاریخ، ارشمیدس بوده است. (۲۸۵ تا ۲۱۲ قبل از میلاد)

•از قرن پانزدهم میلادی دانشمندان زیادی در اروپا دست به توسعهٔ علم مکانیک سیالات زدند.

•نیوتن علاوه بر اعمال قوانین حرکت بر اجسام جامد، مفاهیم اینرسی، مقاومت و گرانروی را توسعه داد.

•بر همین اساس، برنولی و اویلر، معادلات مومنتم و انرژی را برای سیال ارائه دادند.

•قرن نوزدهم میلادی زمان شکوفایی این علم بود.

•دانشمندانی نظیر ناویر و استوکس، معادلات عمومی حرکت سیال را توسعه دادند.

•رینولدز جریان های آرام و آشفته را با ارائهٔ عدد بی بعدی که به نام خودش نامگذاری شد از هم تشخیص داد.

•فرود نیز اساس انجام تست مدل در آزمایشگاه را ارائه نمود.

مقدمه
شرط عدم لغزش
دسته بندی جریان سیال
سیستم و حجم کنترل
ابعاد و واحدها

۱ – مقدمه

•تاریخچهٔ مختصری از علم مکانیک سیالات (ادامه):

•علاوه بر این دانشمندان، رایلی و کلوین نیز خدمات ارزشمندی را در این حوزه انجام داده اند که در طی این درس و درس های مرتبط با مکانیک سیالات با آنها آشنا خواهید شد.

ارشمیدس:
شیفتهٔ هندسه بود.
او اثبات کرد که حجم یک کره دو سوم استوانه ای است که آن را احاطه کرده است. او تقاضا کرده بود که این دستاورد علمی را بر سنگ قبرش بنویسند.
در استاتیک سیالات با قانون ارشمیدس آشنا خواهید شد.

لئوناردو داوینچی:
همه او را بعنوان یک معمار می شناسند.
اما او اولین کسی بود که قانون پیوستگی را برای سیالات کشف نمود.
این قانون اساسی ترین اصل حرکت یک سیال است.

مفاهیم و کلیات

۱ – مقدمه

•تاریخچهٔ مختصری از علم مکانیک سیالات (ادامه):

اوانجلیستا توریچلی:
به مدت چند ماه دستیار داوینچی بود.
او یک ریاضی دان بود و توانست با استفاده از آزمایشی، فشار هوا را به ارتفاع سیال درون یک لوله ارتباط دهد.
همین کشف منجر به تولید بارومتر شد.

بلز پاسکال:
پدرش یک ریاضی دان بود و تربیت او را به عهده گرفت.
بر اساس آزمایش کشف کرد که فشار هوا با افزایش ارتفاع کاهش می یابد.
واحد اندازه گیری فشار هوا به افتخار او نامگذاری شده است.

مقدمه
شرط عدم لغزش
دسته بندی جریان سیال
سیستم و حجم کنترل
ابعاد و واحدها

۱ – مقدمه

•تاریخچهٔ مختصری از علم مکانیک سیالات (ادامه):

سر ایزاک نیوتن:
تخصص اصلی او فیزیک و نجوم بود.
فرمول بندی ریاضی پدیده ها در سیالات از نوآوری های اوست.
همچنین او اولین کسی است که لزجت و اصطکاک را در سیالات کشف نمود.
در پایان عمر، او یک شغل دولتی با حقوق بالا را انتخاب نمود.

دانیل برنولی:
در سال ۱۷۳۸ کتابی را با عنوان هیدرودینامیک منتشر نمود.
او اولین کسی بود که مطالعات جامعی را بر روی ارتباط فشار و سرعت سیال انجام داد.
در این درس معادله ای را به نام برنولی می شناسیم که در حقیقت توسط لاگرانژ ارائه شده است.

مقدمه
شرط عدم لغزش
دسته بندی جریان سیال
سیستم و حجم کنترل
ابعاد و واحدها

۱ – مقدمه

•تاریخچهٔ مختصری از علم مکانیک سیالات (ادامه):

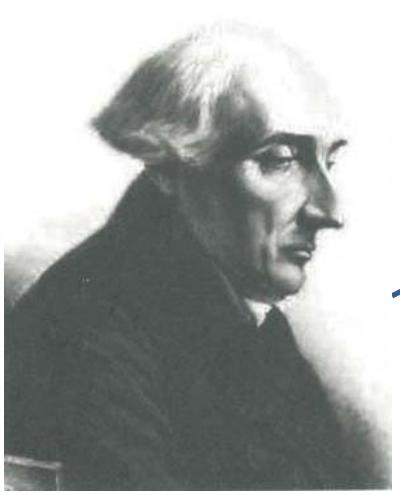
لئونهارت اویلر:
پدرش یک روحانی در کلیسا بود، اما او به هندسه علاقمند شد.
او ۱۳ فرزند داشت که تنها ۵ تن از آنها زنده ماندند. او پس از ۳۰ سالگی تقریباً تمامی بینایی خود را از دست داده بود. حتی تا ۵۰ سال پس از مرگ او انتشار آثارش ادامه داشت.
او ارائه دهندهٔ مفهوم ذرهٔ سیال در مکانیک سیالات است.
معادلهٔ حرکت سیال تراکم پذیر غیر لزج معادلهٔ اویلر نام دارد.

ژان لورون دالامبر:
از پیشگامان معادلات دیفرانسیل بود.
تمام عمر خود را در پاریس گذراند و کتابی با نام رفتار دینامیکی منتشر نمود.
او نتایج بدست آمده از تحلیل های خود را در مکانیک سیالات نیز بکار گرفت. معرفی نقاط سکون از دستاوردهای اوست.

مقدمه
شرط عدم لغزش
دسته بندی جریان سیال
سیستم و حجم کنترل
ابعاد و واحدها

۱ – مقدمه

•تاریخچهٔ مختصری از علم مکانیک سیالات (ادامه):



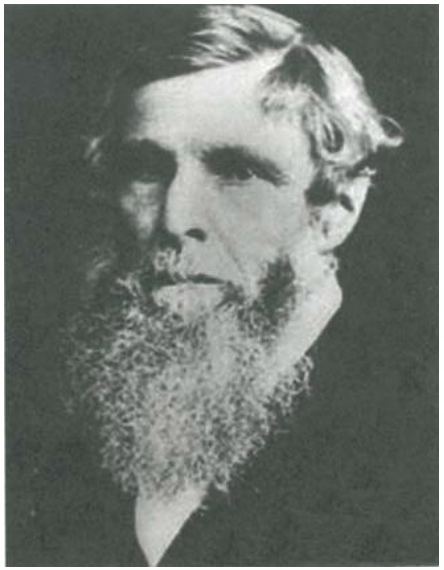
ژوزف لوئی لاگرانژ:
علاقهٔ اصلی او ریاضیات بود. هدف او ارائهٔ یک فرمول بندی جامع برای حل مسائل مکانیک بود.
او با انتگرال گیری از معادلات حرکت اویلر، توانست رابطه ای برای جریان سیال غیرچرخشی تراکم پذیر ارائه دهد.
تخصص اصلی او ارائهٔ سیستم توصیف حرکت سیال است.
با دیدگاه های اویلری و لاگرانژی در این درس آشنا می شوید.

کلود لوئی ماری ناویر:
او اولین کسی بود که یک تئوری برای ساخت پل های معلق ارائه نمود.
او در یک مقاله، معادلات کامل و سه بعدی حرکت برای یک سیال لزج تراکم پذیر را ارائه نمود.

۱ – مقدمه

•تاریخچهٔ مختصری از علم مکانیک سیالات (ادامه):

ژان ل. م. پوازی:
او یک پزشک بود و به مطالعهٔ جریان خون در مویرگها پرداخت.
به همین دلیل، او آزمایش هایی را بر روی جریان سیال در لوله های باریک انجام داد.
آزمایش های او منجر به ارائه رابطه ای برای توصیف جریان سیال در این لوله ها گردید.



ویلیام فرود:
او در سال ۱۸۷۱ برای نیروی دریایی بریتانیا یک حوضچهٔ تست مدل ساخت و مدل هایی از کشتیها را در آنجا آزمایش نمود.
وی برای اولین بار قانون تشابه را ارائه کرد که در این درس به آن می پردازیم.

مقدمه
شرط عدم لغزش
دسته بندی جریان سیال
سیستم و حجم کنترل
ابعاد و واحدها

۱- مقدمه

•تاریخچهٔ مختصری از علم مکانیک سیالات (ادامه):

جرج گابریل استوکس:
استوکس یک ریاضی دان بوده که مقالاتی را در زمینهٔ اصطکاک سیالات در حرکت ارائه نموده است.
او را برای ارائهٔ قانون پسای یک کره در سیال و همکاری در استخراج معادلات ناویر-استوکس در سیالات می شناسند.

ارنست ماخ:
از بنیانگذاران آیرودینامیک مافوق صوت بود.
او اولین کسی بود که نشان داد اثرات تراکم پذیری در گازها به سرعت آنها بستگی ندارد، بلکه به نسبت سرعت آنها به سرعت صوت بستگی دارد.
با عدد ماخ در این درس آشنا می شوید.

مفاهیم و کلیات

۱ – مقدمه

•تاریخچهٔ مختصری از علم مکانیک سیالات (ادامه):

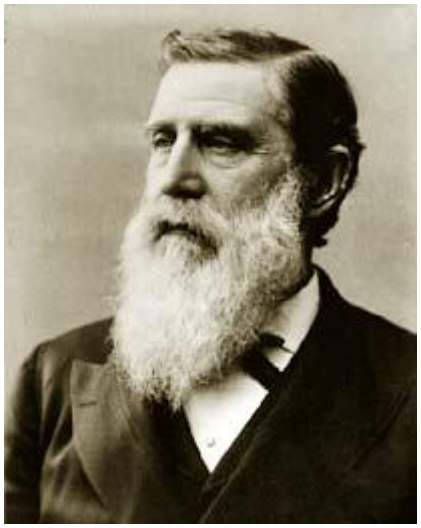
آزبرن رینولدز:
کارهای نخستین او در زمینهٔ مغناطیس و الکتریسیته بود، اما بعداً به هیدرولیک و هیدرودینامیک نیز علاقمند شد.
وی برای نخستین بار تفاوت های جریان آرام و آشفته را تشریح نمود.
با عدد رینولدز و اساس آزمایش های او در این درس آشنا خواهید شد.

لودویگ پرانتل:
دانشمند آلمانی و متولد مونیخ. در سال ۱۹۰۴ پدیدهٔ جدایش و لایهٔ مرزی را کشف نمود.
او آزمایش های زیادی را بر روی ایرفویل ها انجام داد و فرمول بندی تئوری بال را ارئه نمود.
او در طول زندگی خود، استاد راهنمای بیش ار ۸۰ رسالهٔ دکترا بود.

مقدمه
شرط عدم لغزش
دسته بندی جریان سیال
سیستم و حجم کنترل
ابعاد و واحدها

۱ – مقدمه

•تاریخچهٔ مختصری از علم مکانیک سیالات (ادامه):



لوئیس فری مودی:
تخصص اصلی او هیدرولیک بود و توانست در دانشگاه پنسیلوانیا به درجهٔ استادی این رشته دست پیدا کند.
به علت تخصص زیاد در این زمینه از استادی دانشگاه استعفا داده و در کمپانی موریس به طراحی توربین و تجهیزات هیدرولیکی پرداخت. در این درس با روابط و نمودارهای او برای تخمین افت جریان سیال در لوله ها آشنا خواهید شد.

تئودور فون کارمن:
او نابغه ای در ریاضی بود. پدرش از ترس اینکه او یک انسان غیر عادی شود، وی را به مهندسی علاقمند کرد.
با دیدن هواپیما، وی به علم هوانوردی و کاربرد ریاضیات در آن علاقمند شد. او بنیانگذار مؤسسهٔ علوم هوانوردی ایالات متحده بود و تحقیقات زیادی بر روی مکانیک سیالات و تئوری های آشفتگی انجام داد.

مقدمه
شرط عدم لغزش
دسته بندی جریان سیال
سیستم و حجم کنترل
ابعاد و واحدها

۲- شرط عدم لغزش

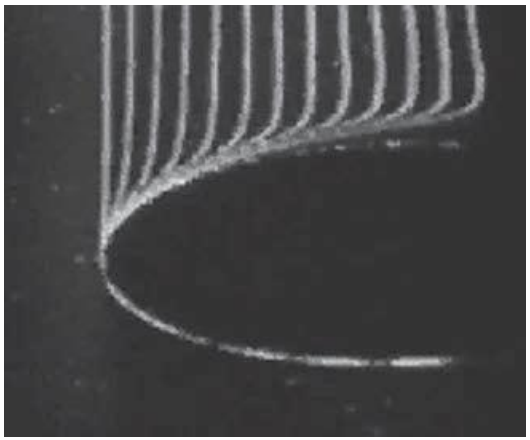
•تعریف:

•می دانیم که در جریان آب در یک رودخانه، هنگام عبور آب از روی یک جسم غیر متخلخل نظیر سنگ، مؤلفهٔ در راستای عمود بر سطح سنگ برای سرعت آب وجود ندارد.

•از طرفی، آزمایش ها نشان داده است که با نزدیک شدن به سطح جامد مجاور سیال در حال حرکت، سرعت ذرات سیال و جسم جامد یکسان می گردد.

•به این حالت، شرط عدم لغزش (No-slip condition) می گویند.

•چگونگی این تغییرات سرعت به گرانروی (Viscosity) بستگی دارد که در همین فصل به آن پرداخته می شود.

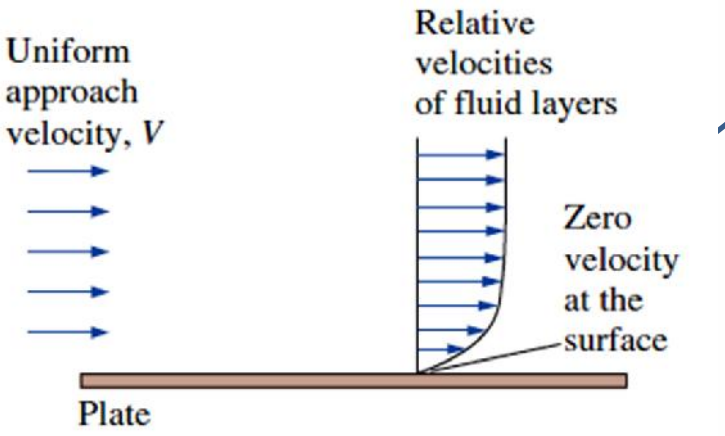


پروفیل سرعت آب اطراف یک جسم:
سرعت سیال در نقاط نزدیک به جسم تقدیباً صفر است. با پیشرفت سیال در راستای طول، ارتفاع منطقه ای که تحت تأثیر جسم قرار می گیرد بیشتر می شود.

مقدمه
شرط عدم لغزش
دسته بندی جریان سیال
سیستم و حجم کنترل
ابعاد و واحدها

۲- شرط عدم لغزش

- لایهٔ مرزی (Boundary layer):
  - به منطقه ای که تحت تأثیر مرز جامد، در آن گرادیان سرعت در راستای عمود بر سطح جامد وجود دارد، لایهٔ مرزی می گویند.



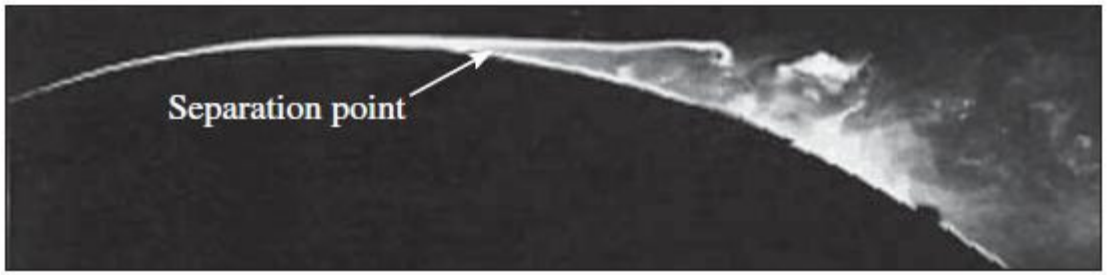
وجود ویکوزیته باعث بروز این رفتار از سیال می گردد:
نیروی درگ (پسا) سطحی نیز ناشی از وجود ویسکوزیته می باشد.

مقدمه
شرط عدم لغزش
دسته بندی جریان سیال
سیستم و حجم کنترل
ابعاد و واحدها

۲- شرط عدم لغزش

- پدیدهٔ جدایش (Flow separation):
- در جریان اطراف اجسام منحنی، افزایش ارتفاع لایهٔ مرزی تا جایی ادامه پیدا می کند و پس از آن تغییرات فشار باعث تغییر جهت سرعت سیال و به تبع آن جدایش جریان می گردد.

جدایش جریان سیال حول اجسام دارای سطوح منحنی.



مقدمه
شرط عدم لغزش
دسته بندی جریان سیال
سیستم و حجم کنترل
ابعاد و واحدها

۳- دسته بندی جریان های سیال

•در این درس با جریان هایی از سیال آشنا می شویم که برای داشتن درک بهتر از آنها باید تعاریفی را برای هر یک ارائه دهیم. دسته بندی جریان های سیال را می توان با دیدگاه های مختلفی انجام داد:

Viscous versus Inviscid Regions of Flow

•الف- سیال لزج و غیر لزج:

•نیروهای بین مولکولی در سیال باعث می شود تا لایه های سیال در مقابل لغزش کنار همدیگر مقاومت کنند. این نیروها را در آینده بعنوان لزجت (Viscosity) تعریف می کنیم.

•هیچ سیالی با ویسکوزیتهٔ صفر وجود ندارد.

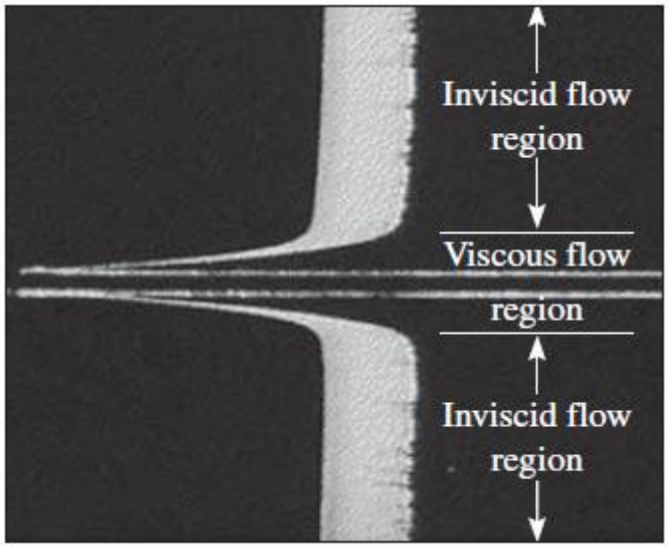
•به جریان هایی که اثرات ویسکوزیته قابل توجه باشد، جریان لزج می گویند.

•در جریانهایی که غالباً دورتر از مرزهای جامد وجود دارند، اثرات لزجت قابل صرفنظر کردن است. به چنین جریان هایی غیر لزج می گویند.

مقدمه
شرط عدم لغزش
دسته بندی جریان سیال
سیستم و حجم کنترل
ابعاد و واحدها

۳- دسته بندی جریان های سیال

- الف- سیال لزج و غیر لزج (ادامه):
- جریان سیال اطراف یک ورق تخت.



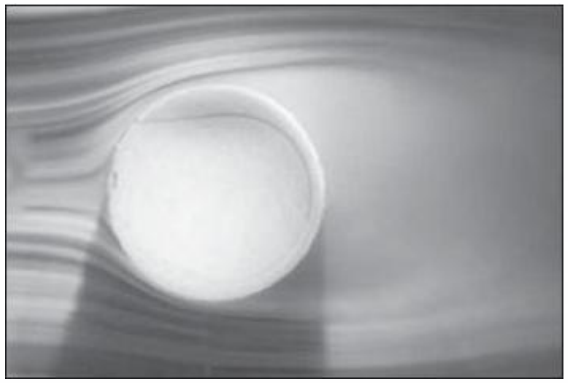
نواحی مجاور سطح ورق تحت تأثیر ویسکوزیته سیال بوده و تغییرات زیادی در راستای محور عمودی را بوجود می آورند. در این نواحی نمی توان از لزجت سیال صرفنظر نمود.

مقدمه
شرط عدم لغزش
دسته بندی جریان سیال
سیستم و حجم کنترل
ابعاد و واحدها

۳- دسته بندی جریان های سیال

Internal versus External Flow

- ب- جریان های داخلی و خارجی:
  - بسته به اینکه جریان سیال داخل یک محیط بسته باشد و یا حول یک جسم، به آن جریان داخلی یا خارجی می‌گویند.
  - جریان اطراف یک لوله، ورق و یا یک سیم، نمونه‌هایی از جریان‌های خارجی هستند.
  - جریان درون لوله‌ها و داکت‌ها نیز مثال‌هایی از جریان داخلی می‌باشند.
  - جریان‌های درون داکت‌ها که دارای سطح آزاد باشند را جریان کانال باز می‌گویند که در درس سیالات ۲ با آنها آشنا خواهید شد.



جریان سیال اطراف توپ تنیس، نمونه‌ای از جریان خارجی است.

مقدمه
شرط عدم لغزش
دسته بندی جریان سیال
سیستم و حجم کنترل
ابعاد و واحدها

۳- دسته بندی جریان های سیال

Compressible versus Incompressible Flow

- ج- جریان‌های تراکم‌پذیر و تراکم‌ناپذیر:

- معیار تراکم‌پذیر بودن یا نبودن سیال در یک جریان به مقدار تغییرات چگالی آن بستگی دارد.
- در جریان تراکم‌ناپذیر، چگالی سیال در طول فرآیند تقریباً ثابت باقی می‌ماند.
- معمولاً در بسیاری از جریانات سیال، مایعات را می‌توان با تقریب قابل قبولی تراکم‌ناپذیر فرض نمود.
- بعنوان مثال، تغییر فشار از یک به ۲۱۰ اتمسفر تنها باعث تغییر یک درصدی چگالی آب می‌شود.
- در سوی مقابل، گازها به شدت تراکم‌پذیرند. تغییر ۰/۰۱ اتمسفری در فشار می‌تواند باعث تغییر یک درصدی چگالی هوا گردد.
- عدد ماخ بعنوان یک معیار برای سنجش تراکم‌پذیری جریان سیال استفاده می‌شود.

$$\mathrm{Ma} = \frac{V}{c} = \frac{\text{Speed of flow}}{\text{Speed of sound}}$$

- در حالی که سرعت صوت در هوا، ۳٤٦ متر بر ثانیه می‌باشد.
- اگر عدد ماخ در جریان سیال کمتر از یک باشد به آن جریان زیرصوت و اگر عدد ماخ بزرگ‌تر از یک باشد به آن جریان فراصوت می‌گویند.

مقدمه
شرط عدم لغزش
دسته بندی جریان سیال
سیستم و حجم کنترل
ابعاد و واحدها

۳- دسته بندی جریان های سیال

- ج- جریان‌های تراکم‌پذیر و تراکم‌ناپذیر (ادامه):
  - جریان سیال گاز را در صورتی می‌توان تراکم‌ناپذیر فرض نمود که تغییرات چگالی آن در طی فرآیند کمتر از ۵ درصد باشد.
  - چنین شرایطی معمولاً هنگامی رخ می‌دهد که عدد ماخ در آن جریان کمتر از ۰/۳ باشد.
  - یعنی برای هوا در دمای اتاق می‌توان برای جریان‌هایی که سرعتی کمتر از ۱۰۰ متر بر ثانیه دارند، آن را تراکم‌ناپذیر فرض نمود.

مقدمه
شرط عدم لغزش
دسته بندی جریان سیال
سیستم و حجم کنترل
ابعاد و واحدها

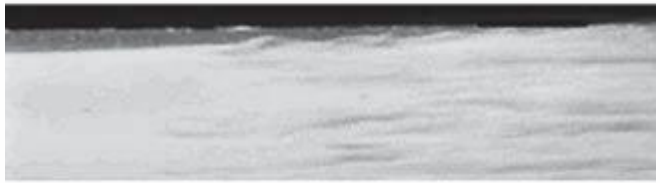
۳- دسته بندی جریان های سیال

Laminar versus Turbulent Flow

•د- جریان‌های آرام و مغشوش:

•آرام و مغشوش بودن جریان‌های سیال بسته به منظم بودن و یا بی‌نظمی لایه‌های جریان سیال تعریف می‌گردد.

جریان آرام بر روی یک صفحهٔ تخت. (حرکت لایه‌ای روغن با سرعت کم بر روی صفحه، نمونه‌ای از جریان آرام است.)



جریان در حالت گذرا (تغییر حالت آرام به مغشوش ناگهانی رخ نمی‌دهد و همواره یک وضعیت گذرا بوجود می‌آید.)

جریان مغشوش (در این حالت، مولکول‌های سیال علاوه بر یک سرعت متوسط، دارای ترم‌های نوسانی می‌باشند.)

مقدمه
شرط عدم لغزش
دسته بندی جریان سیال
سیستم و حجم کنترل
ابعاد و واحدها

۳- دسته بندی جریان های سیال

Natural (or Unforced) versus Forced Flow

- ۵- جریان‌های طبیعی و اجباری:
  - در یک جریان اجباری، شروع حرکت سیال توسط یک عامل خارجی نظیر پمپ انجام می‌گردد.
  - از سوی دیگر، در جریان طبیعی (غیر اجباری)، حرکت سیال در اثر عوامل طبیعی مانند اثرات شناوری است.

مقدمه
شرط عدم لغزش
دسته بندی جریان سیال
سیستم و حجم کنترل
ابعاد و واحدها

۳- دسته بندی جریان های سیال

Steady versus Unsteady Flow

۵- جریان‌های دائم و غیر دائم:

- اصطلاح دائم نشان‌دهندهٔ عدم تغییر در یک نقطه با زمان است.
- از طرفی، اصطلاح یکنواخت نشان‌دهندهٔ عدم تغییر با مکان در یک ناحیهٔ خاص است.
- در مکانیک سیالات، اصطلاح غیرِدائم برای هر جریانی که دائم نباشد استفاده می‌شود. اما عبارت گذرا به جریان‌های در حال توسعه گفته می‌شود.
- همچنین در صورتی که جریان سیال، حول یک متوسط دائم نوسان کند، به آن جریان پریودیک می‌گویند.
- بسیاری از تجهیزات هیدرولیکی نظیر پمپ‌ها و توربین‌ها در زمرهٔ دستگاه‌های جریان دائم طبقه‌بندی می‌گردند.

مقدمه
شرط عدم لغزش
دسته بندی جریان سیال
سیستم و حجم کنترل
ابعاد و واحدها

۳- دسته بندی جریان های سیال

۵- جریان‌های دائم و غیر دائم (ادامه):

- از دیدگاه لحظه‌ای، یک جریان می‌تواند غیردائم باشد، در حالی که در بلندمدت، همین مسأله می‌تواند دائم به نظر برسد.

تشخیص امکان داشتن چنین تبدیلی به عهدهٔ مهندس طراح است.

مقدمه
شرط عدم لغزش
دسته بندی جریان سیال
سیستم و حجم کنترل
ابعاد و واحدها

۳- دسته بندی جریان های سیال

One-, Two-, and Three-Dimensional Flows

•و- جریان‌های یک، دو و سه‌بُعدی:

•معمولاً در مکانیک سیالات میدان جریان سیال را با توزیع سرعت بیان می کنند.

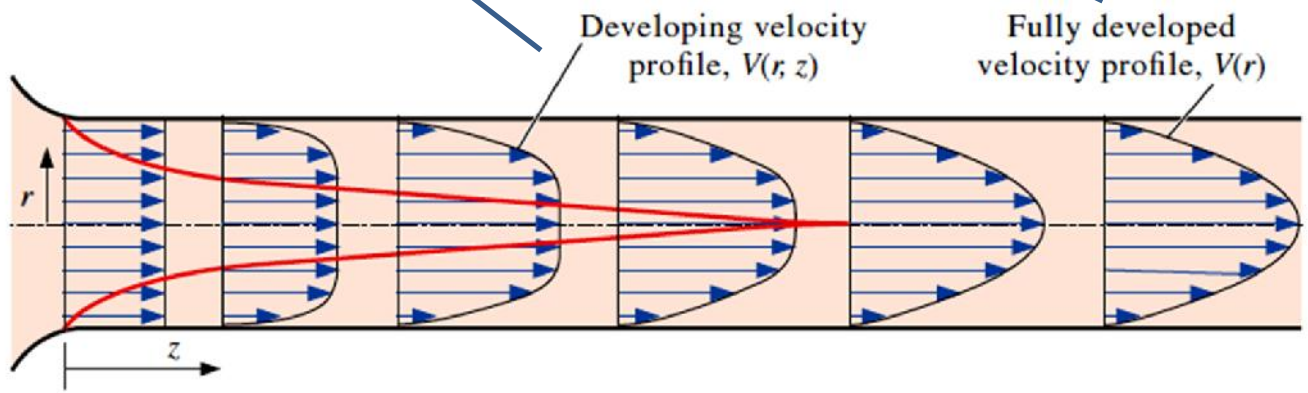
•اگر سرعت سیال در یک، دو یا سه بُعد تغییر کند، به آن جریان یک، دو و سه بُعدی می گویند.

•جریان دائم سیال در یک لولهٔ متصل به یک مخزن بزرگ را در نظر بگیرید:

•در ناحیهٔ کاملاً توسعه یافته، می‌توان جریان را یک‌بُعدی فرض نمود. (تغییرات تنها در جهت r)

ناحیهٔ کاملاً توسعه یافته (پروفیل سرعت در راستای طول تغییر نمی‌کند.)

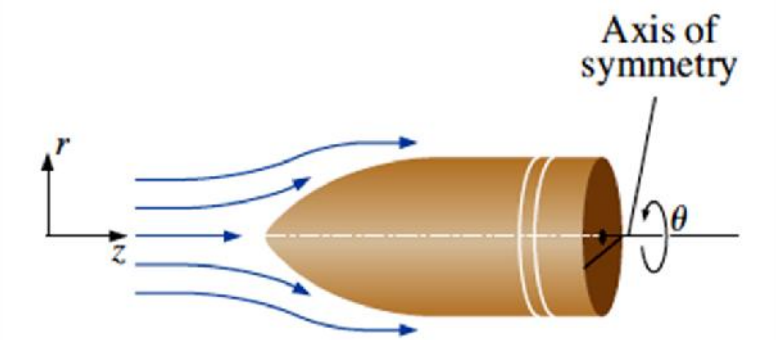
ناحیهٔ در حال توسعه (پروفیل سرعت در راستای طول تغییر می‌کند.)



مقدمه
شرط عدم لغزش
دسته بندی جریان سیال
سیستم و حجم کنترل
ابعاد و واحدها

۳- دسته بندی جریان های سیال

- و- جریان‌های یک، دو و سه‌بُعدی (ادامه):
  - انتخاب درست محورهای مختصات می‌تواند ابعاد جریان سیال را کاهش دهد.
  - به‌عنوان مثالی دیگر، جریان هوای اطراف یک گلولهٔ اسلحه را در نظر بگیرید.
  - این گلوله دارای تقارن محوری است. (جریان را می‌توان دوبُعدی فرض نمود.)



مقدمه
شرط عدم لغزش
دسته بندی جریان سیال
سیستم و حجم کنترل
ابعاد و واحدها

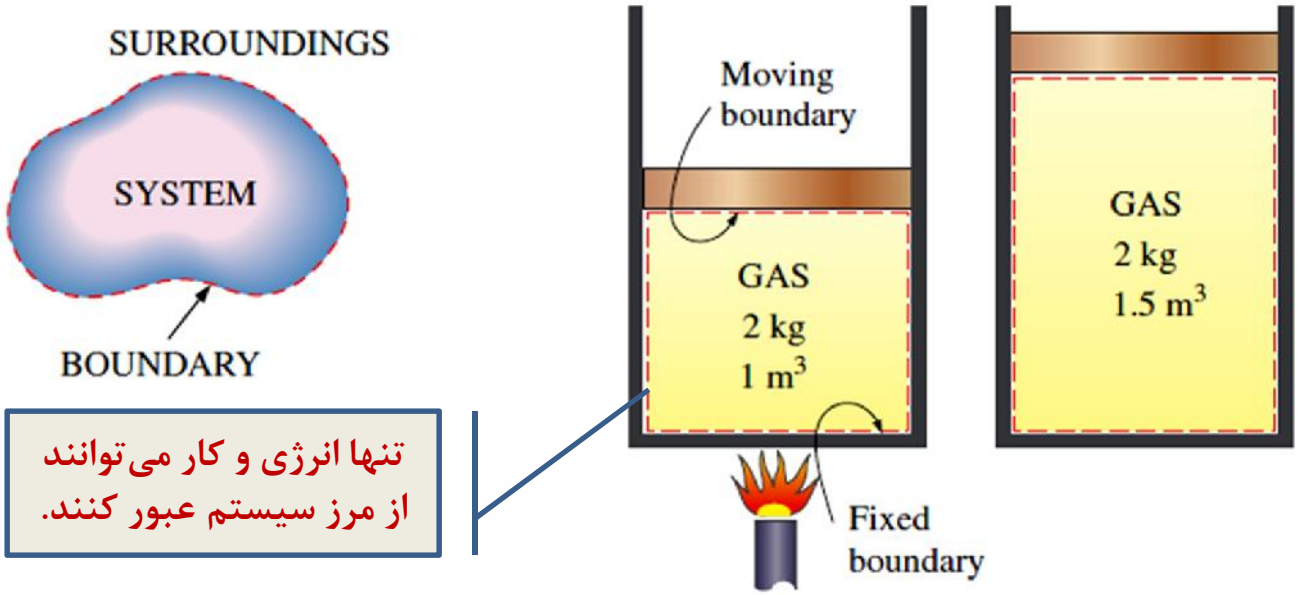
٤- سیستم و حجم کنترل

•تعریف:

•سیستم مقداری از ماده یا ناحیه‌ای از فضاست که برای مطالعه انتخاب می‌شود.

•جرم یا ناحیهٔ خارج از سیستم، محیط نامیده می‌شود.

•سطوح واقعی یا مجازی که سیستم را از محیط جدا می‌کند، مرز نامیده می‌شود.

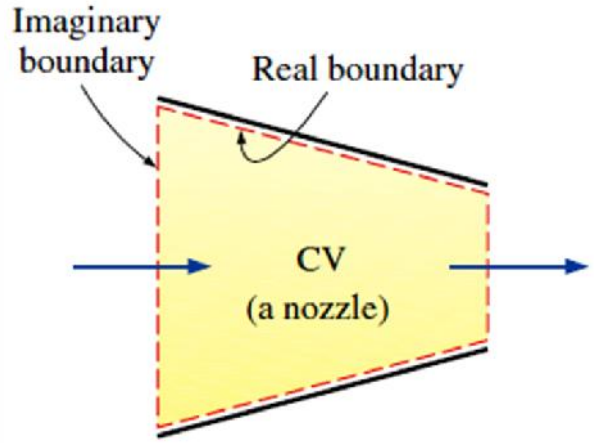


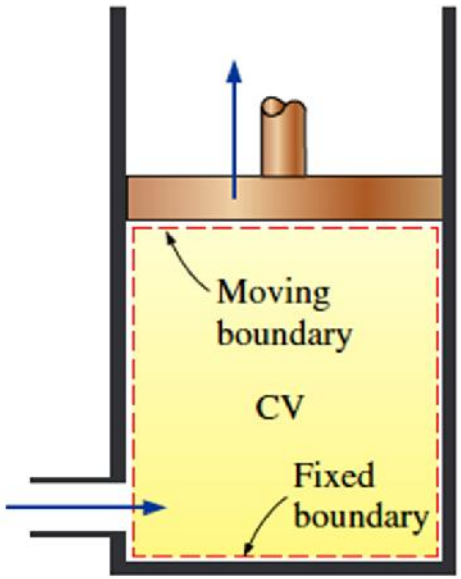
تنها انرژی و کار می‌توانند از مرز سیستم عبور کنند.

مقدمه
شرط عدم لغزش
دسته بندی جریان سیال
سیستم و حجم کنترل
ابعاد و واحدها

٤- سیستم و حجم کنترل

- در صنعت، بسیاری از تجهیزات در معرض جریان ثابت سیال هستند.
- در اینجا قسمتی از فضا بعنوان حجم کنترل در نظر گرفته می‌شود.





جرم و انرژی می‌توانند از مرز حجم کنترل عبور کنند.

مفاهیم و کلیات

۵- ابعاد و واحدها

- هر کمیت فیزیکی به‌وسیلهٔ ابعاد مشخص می‌شود.
- مقادیر نسبت داده شده به ابعاد، واحد نامیده می‌شود.
- در جهان از دو مجموعهٔ واحدها استفاده می‌شود: سیستم انگلیسی و سیستم SI
- هفت کمیت اصلی و واحدهای آنها در سیستم متریک عبارتند از:

Dimension	Unit
Length	meter (m)
Mass	kilogram (kg)
Time	second (s)
Temperature	kelvin (K)
Electric current	ampere (A)
Amount of light	candela (cd)
Amount of matter	mole (mol)

۵- ابعاد و واحدها

- سیستم SI:
- پیشوندهای استاندارد در سیستم SI:

Multiple	Prefix
10^{24}	yotta, Y
10^{21}	zetta, Z
10^{18}	exa, E
10^{15}	peta, P
10^{12}	tera, T
10^{9}	giga, G
10^{6}	mega, M
10^{3}	kilo, k
10^{2}	hecto, h
10^{1}	deka, da
10^{-1}	deci, d
10^{-2}	centi, c
10^{-3}	milli, m
10^{-6}	micro, μ
10^{-9}	nano, n
10^{-12}	pico, p
10^{-15}	femto, f
10^{-18}	atto, a
10^{-21}	zepto, z
10^{-24}	yocto, y

مقدمه
شرط عدم لغزش
دسته بندی جریان سیال
سیستم و حجم کنترل
ابعاد و واحدها

مقدمه
شرط عدم لغزش
دسته بندی جریان سیال
سیستم و حجم کنترل
ابعاد و واحدها

۵- ابعاد و واحدها

- برخی از واحدهای SI و سیستم انگلیسی:
- به این نکته اشاره شد که واحد جرم، طول و زمان، به ترتیب کیلوگرم، متر و ثانیه است.
- واحدهای معادل در سیستم انگلیسی پوند-جرم (lbm)، فوت (ft) و ثانیه (s) است.
- جرم و طول در این دو سیستم به وسیلهٔ روابط زیر به هم تبدیل می‌شوند:

$$1\ \text{lbm} = 0.45359\ \text{kg}$$

$$1\ \text{ft} = 0.3048\ \text{m}$$

- می‌دانیم که نیرو حاصلظرب جرم است در شتاب.

$$1\ \text{N} = 1\ \text{kg}\cdot\text{m/s}^2$$

$$1\ \text{lbf} = 32.174\ \text{lbm}\cdot\text{ft/s}^2$$

یک نیوتن نیروی لازم برای شتاب دادن جرم یک کیلوگرمی به میزان ۱ متر بر مجذور ثانیه است.

- یک کیلوگرم-نیرو (kgf) وزن یک کیلوگرم جرم در سطح دریاست. (1 kgf=9.807 N)
- واحد وزن (W) نیرو است. (نباید آن را با جرم اشتباه گرفت.) W=mg
- وزن مخصوص (γ) وزن واحد حجم یک ماده است.

$$\gamma = \rho g$$

مقدمه
شرط عدم لغزش
دسته بندی جریان سیال
سیستم و حجم کنترل
ابعاد و واحدها

۵- ابعاد و واحدها

- **همگنی ابعادی (Dimensional Homogeneity):**
  - در مهندسی، همهٔ معادلات باید از نظر ابعادی هماهنگ باشند.
  - یعنی، همهٔ عبارات در یک معادله باید دارای واحدهای یکسان باشند.
- **نسبت‌های تبدیل واحد:**
  - واحدهای غیر اصلی می‌توانند از ترکیب واحدهای اولیه تشکیل گردند.
  - مثلاً واحدهای نیرو به صورت زیر بیان می‌شوند:

$$\mathrm{N} = \mathrm{kg}\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} \quad \text{and} \quad \mathrm{lbf} = 32.174\ \mathrm{lbm}\,\frac{\mathrm{ft}}{\mathrm{s}^2}$$

- این دو واحد را می‌توان بصورت راحت‌تر، توسط نسبت‌های تبدیل واحد بیان کرد:

$$\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{kg{\cdot}m/s^2}} = 1 \quad \text{and} \quad \frac{\mathrm{lbf}}{32.174\ \mathrm{lbm{\cdot}ft/s^2}} = 1$$

از توجه شما متشکرم

رسول لقمانپور زرینی – عضو هیات علمی دانشگاه فنی و حرفه‌ای

منبع: جزوه مکانیک سیالات دکتر مهدی یوسفی فرد –دانشگاه نوشیروانی بابل