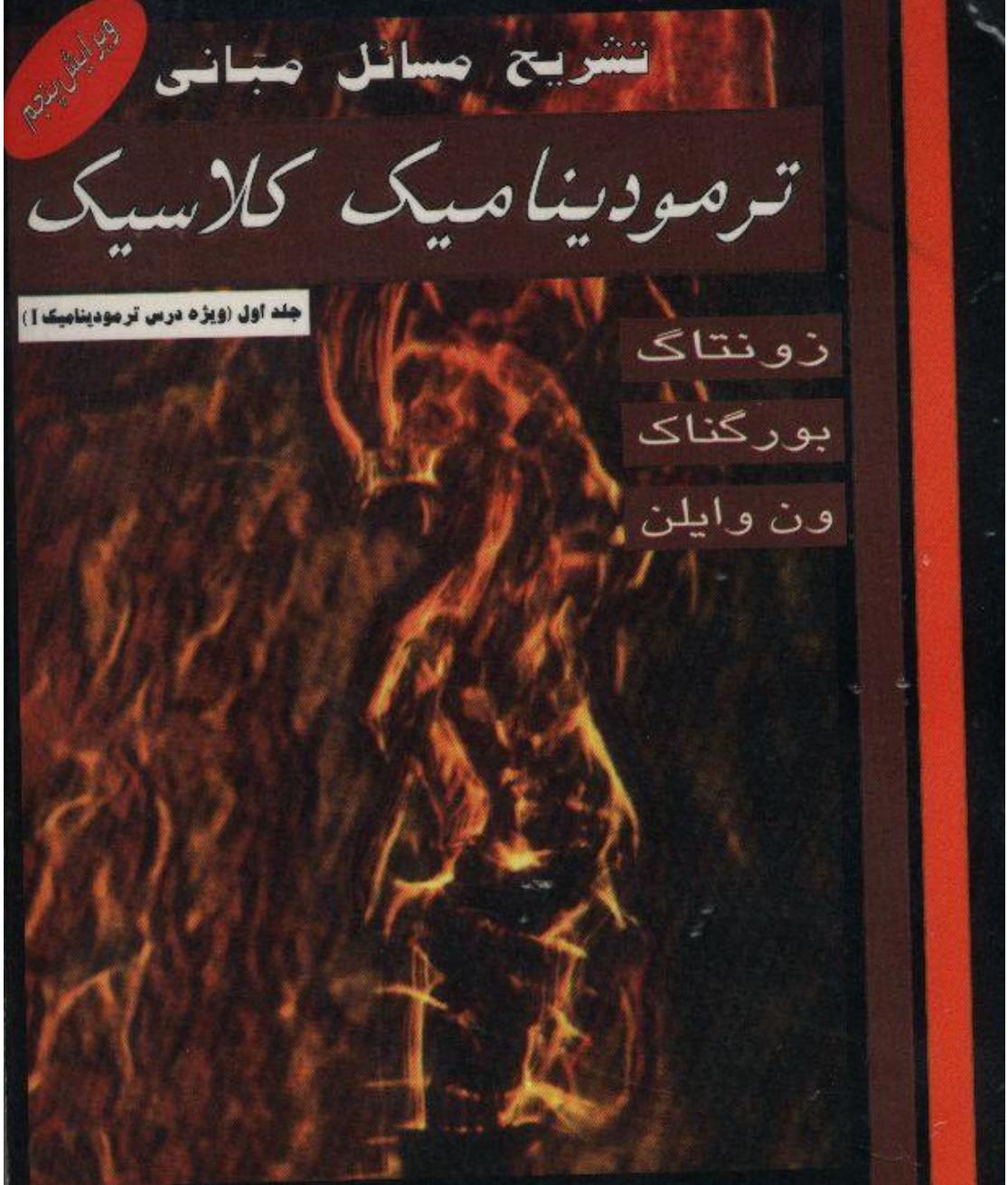
ویرایش پنجم

تشریح مسائل مبانی ترمودینامیک کلاسیک

جلد اول (ویژه درس ترمودینامیک I)

زونتاگ
بورگناک
ون وایلن



سیستم SI

مجمع علمی - پژوهشی دانشجویان مهندسی مکانیک دانشگاه تبریز

Prepared Pdf By Rester

۲

برخی ازمفاهیم وتعریفها

۲-۱ تحت شتاب گرانش استاندارد $9.80665\,m/s^2$ چه مقدارنیرو برای ساکن نگه داشتن یک جرم $2kg$ لازم است ؟بانیروی $1N$ چه مقدارجرم رامی‌توان (ساکن)نگه داشت؟

حل: $a=g=9.80665m/s^2$ قانون دوم نیوتن : $F=ma$

$$m=2kg \qquad F=2\times 9.80665=19.6N$$

$$F'-m'g=m'\times 0 \Rightarrow m'=\frac{F'}{g}=0.101972kg$$

۲-۶ یک صفحه فولادی $950kg$ از حالت سکون به مدت $10s$ با شتاب $3m/s^2$ به حرکت در می آید مقدار نیروی لازم و سرعت نهایی چقدراست ؟

$$F=m.a \Rightarrow F=950\times 3=2850 \quad (N)$$

$$V=at+V_0 \Rightarrow V=3\times 10=30\ (m/s)$$

/ چون حرکت از حال سکون داریم پس $V_0=0$ /

۲-۱۰ در سطح ماه شتاب گرانشی حدوداً یک ششم سطح زمین می‌باشدیک جرم 5کیلوگرمی بوسیله ترازوی شاهین داری درسطح ماه‌وزن می‌شود.انتظاردارید‌چه عددی خوانده‌شود ؟ اگر این جرم بایک ترازوی فنری که بر طبق گرانش استانداردروی زمین درجه‌بندی شده است وزن می شدچه عددی را می خواند؟

الف: چون ترازوی شاهین داربراساس مقایسه جرم‌باجرم درجه بندی شده عدد خوانده شده‌بوسیله

این تراز و معادل جرم × 9.80665 می باشد یعنی

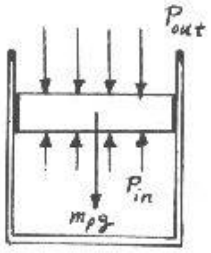
$$5\times 9.80665 = 49.0325(N)$$

ب: چون ترازوی فنرداربراساس تغییرطول‌فنر ودر نتیجه نیروی وارده درجه بندی شده نیرورا می‌خواند:

$$\text{عددخوانده‌شده} = 5\times\frac{9.80665}{6} = 8.17213\,(N)$$

۲-۱۴ یک سیلندر هیدرولیک عمودی دارای پیستونی به قطر $125mm$ بوده ودرونش مایع هیدرولیک وجود دارد.فشارمحیط $1bar$ است .با فرض شتاب گرانش استاندارد وزن پیستون را طوری حساب کنیدکه فشاردر داخل برابر $1500kPa$شود.

حل :



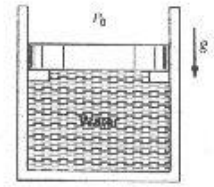
$$1bar \cong 100kPa$$

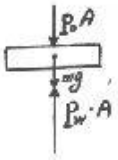
$$P_{in} = p_{out} + \frac{m_p g}{A_p}$$

$$1500 = 100 + \frac{m_p \times 9.80665}{(\frac{\pi\times 0.125^2}{4})}\times\frac{1kPa}{1000Pa}$$

$$\Rightarrow m_p = 1752\,kg$$

۲-۱۸ یک سلیندر پیستون با سطح مقطع $0.01\,m^2$ پیستونی دارد به جرم $100kg$ که بر روی زبانه هادر حال سکون است . (شکل ۲-۱۸) بافشار اتمسفریک بیرون برابر $100\ kPa$، مقدار فشار آب چقدر بایدباشدتاپیستون بلندشود .





دیاگرام آزاد

حل:

معادله تعادل استاتیک $\Sigma F_y = 0$

$$\Rightarrow P_w A = P_0 A + mg$$

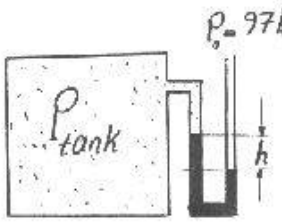
$$\Rightarrow P_w = p_0 + \frac{mg}{A} =$$

$$= 100\times 1000 + \frac{100\times 9.81}{0.01} = 198100(Pa)$$

$$\Rightarrow P_w = 198.1(kPa)$$

۲-۲۱ فشار مطلق در یک تانک $85kPa$ وفشار مطلق محیط محل آزمایش $97kPa$است . اگرلوله U شکل محتوی جیوه با جرم حجمی $13550\frac{kg}{m^3}$ برای اندازه گیری خلا به تانک وصل گرددچه اختلاف ارتفاع ستون مایعی رانشان خواهدداد؟

حل : $P_B = P_C = P_0$ $\quad P_A = P_{tank}$ $\quad P_0 = 97kPa$



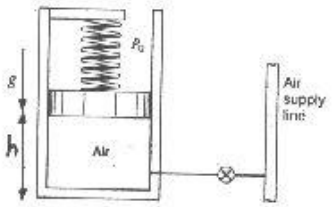
$$\Rightarrow P_0 = P_C = P_A - \rho_{Hg}\ g h = P_{tank} + \rho_{Hg} g h$$

$$\Rightarrow h = \frac{P_0 - P_{tank}}{\rho_{Hg} g} = \frac{(97-85)\times 1000\,(N/m^2)}{13550\times 9.81\ \ (N/m^2)}$$

$$\Rightarrow h = 0.09028m = 90.28\,mm$$

/در اندازه گیری نسبی فشار، فشارهای کوچکتر از فشار مبنا خلاء محسوب می شوند./

۲-۲۲ پیستون $5kg$ در یک سیلندر با قطر $100mm$ توسط یک فنر خطی و فشار اتمسفر یک $100kPa$ بارگذاری شده است. وقتی پیستون در ته سیلندر است فنر هیچ نیرویی وارد نمی کند. در حالت نشان داده شده فشار داخلی $400kPa$ و حجم $0.4L$ است. شیر باز می شود و ورود هوا باعث می شود پیستون $2cm$ بالا برود، فشار جدید را بیابید.



حل:

$$V_1 = 0.4\,L = 0.4\times 10^{-3}\ \ m^3$$

$$V = A_p \times h \qquad A_p = \frac{\pi\times(0.1)^2}{4} = 0.008\,m^2$$

$$0.4\times 10^{-3} = 0.008\times h_1 \Rightarrow h_1 = 0.051m$$

$$P_1 = P_{atm} + \frac{m_p g}{A_p} + \frac{k h_1}{A_p} \ \Rightarrow\ 400 = 100 + \left(\frac{5\times 9.8}{0.008} + \frac{k\times 0.051}{0.008}\right)\times \frac{1kPa}{1000Pa}$$

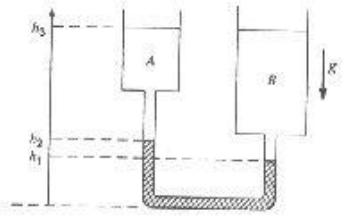
$$\Rightarrow k = 46098 \quad N/m$$

$$h_2 = h_1 + 0.02 = 0.071\,m$$

$$P_2 = P_{atm} + \frac{m_p g}{A_p} + \frac{k h_2}{A_p} \ \Rightarrow\ P_2 = 100 + \left(\frac{5\times 9.8}{0.008} + \frac{46098\times 0.071}{0.008}\right)\times \frac{1kPa}{1000Pa}$$

$$\Rightarrow P_2 = 515.24\ kPa$$

۲-۲۵ دو مخزن A,B که به اتمسفر راه دارند، با یک مانومتر جیوه به هم متصل می شوند. مخزن A بالا و پائین برده می شود تا اینکه دو سطح بالایی در h_3 قرار بگیرند. (شکل ۲-۲۵ P) با فرض اینکه ρ_{Hg}, ρ_A معلوم بوده و ارتفاعهای h_3, h_2, h_1 را اندازه



می‌گیرید، چگالی ρ_B را پیدا کنید.

حل: با توجه به شکل داریم.

$$\rho_A(h_3-h_2)+\rho_{Hg}(h_2-h_1)=\rho_B(h_3-h_1)\Rightarrow\rho_B=\rho_A\frac{h_3-h_2}{h_3-h_1}+\rho_{Hg}\frac{h_2-h_1}{h_3-h_1}$$

۲-۲۷ تغییر جرم حجمی جیوه با دما تقریباً خطی و بصورت $\rho_{Hg}=13595-2.5T(\frac{kg}{m^3})$ است که در آن T برحسب درجه سلسیوس می باشد. بطوریکه اختلاف فشار یکسان در دماهای مختلف باعث خواندن اعداد مختلف برای ارتفاع ستون جیوه می گردد. اگر اختلاف فشاری معادل $100kPa$ در تابستان با درجه حرارت $35^\circ C$ و در زمستان با درجه حرارت $15^\circ C$ - اندازه گرفته شود اختلاف ارتفاع ستون جیوه در این دو اندازه گیری چقدر خواهد بود؟

حل:

$$T=35^\circ C\ \Rightarrow\rho_{Hg})_{35}=13595-2.5\times35=13508\,(kg/m^3)$$

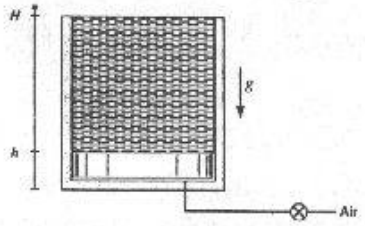
$$\Delta P=\rho gh\Rightarrow h=\frac{100\times10^3}{9.81\times13508}=0.75467(m)$$

$$T=-15^\circ C\ \Rightarrow\ \rho_{Hg})_{-15}=13595-2.5\times(-15)=13633(kg/m^3)$$

$$\Delta P=\rho gh'\Rightarrow h'=\frac{100\times10^3}{9.81\times13633}=0.74775(m)$$

$$\Rightarrow\Delta h=h-h'=0.00692m=6.92mm$$

۲-۲۸ آب مایع با چگالی ρ روی پیستون نازکی درسیلندری با سطح مقطع A وارتفاع کل H قراردارد. هوا از زیر پیستون وارد شده و در اثر بالا آمدن پیستون آب از لبه ها بیرون می ریزد. فرمولی برای فشار هوا به عنوان تابعی از ارتفاع پیستون از کف، h بدست آورید.



حل:

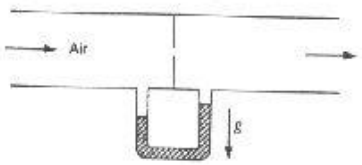
با صرف نظر از ضخامت و وزن پیستون نازک

$$P_{Air}=P_{atm}+\frac{m_{H_2O}g}{A}$$

$$m_{H_2O}=\rho\times A(H-h)\Rightarrow P_{Air}=P_{atm}+\frac{\rho A(H-h)g}{A}\Rightarrow P_{Air}=P_{atm}+\rho(H-h)g$$

۲-۳۰ یک قطعه از دستگاه آزمایشی در محلی که $g=9.5m/s^2$ و درجه حرارت $5^\circ C$ است، قرار دارد. جریان هوای داخل دستگاه با اندازه گیری افت فشار در یک اریفیس بوسیله

مانومترجیوه‌ای که اختلاف ارتفاع $200mm$ رانشان می دهد،اندازه گیری می شود. (چگالی را از مسئله ۲۷-۲بدست آورید.)افت فشاربرحسب kPaچقدراست ؟



حل:ازمسئله ۲۷-۲داریم:

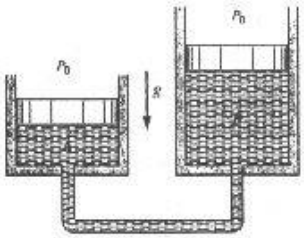
$$\rho_{Hg}=13595-2.5T(\frac{kg}{m^3})$$

که T برحسب درجه سیلسیوس است .

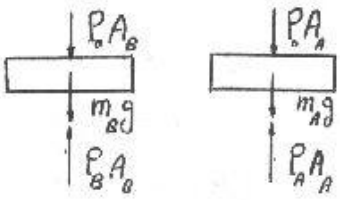
$$\Delta P=\rho_{Hg}.g.\Delta h=(13595-2.5\times5)\times9.5\times0.2\Rightarrow\Delta P=25806.75(Pa)\cong25.8(kPa)$$

۲-۳۲ در دوترکیب سیلندر/پیستون B,A اتاقکهای گازبایک لوله به هم متصل شده‌اند، شکل(۲-۳۲ P). سطح مقطع دوسیلندر بترتیب$A_B=25(cm^2)$ ،$A_A=75(cm^2)$ وجرم‌پیستون $m_A=25kg$ می‌باشد. بافرض فشار محیط برابر$P_0=100(kPa)$ وشتاب گرانش استاندارد، جرم m_B راطوری بیابیدکه هیچ یک ازپیستونهابه کف سیلندربرخوردنکند.

حل:



باتوجه‌شکل برای‌اینکه‌هیچ‌کدام از پیستونهابه کف سیلندربرخوردنکندلازم‌است که هیچ یک حرکت شتابداررویه پایین نداشته باشند و چون سیال موجود گاز می‌باشد فشار با تغییرارتفاع تغییرنکرده ودرهردواتاقک ثابت وبرابرمی باشد.



$$\Rightarrow P_A=P_B=p$$

معادله تعادل استاتیک $\Sigma F_y=0$

$$\Rightarrow\begin{cases}P_oA_A+m_Ag=P_AA_A=PA_A\\P_oA_B+m_Bg=P_BA_B=PA_B\end{cases}$$

$$\Rightarrow\begin{cases}P_0+m_A\dfrac{g}{A_A}=P\\P_0+m_B\dfrac{g}{A_B}=P\end{cases}\Rightarrow g(\frac{m_A}{A_A}-\frac{m_B}{A_B})=0\Rightarrow m_B=\frac{A_B}{A_A}m_A\Rightarrow m_B=8.33\,kg$$

۲-۳۴ فشاراتمسفری در ساحل $1025mbar$ است .شما $15m$ در اقیانوس شیرجه رفته بعداز تپه‌ای به‌ارتفاع $250m$ بالا می‌روید.چگالی آب را تقریبا $1000kg/m^3$ و چگالی هوا را تقریبا $1.18kg/m^3$ فرض کنید.در هر مورد چه فشاری احساس می کنید.

حل:

$$P_{atm}=1.025bar=102.5\ kPa$$

$$\Delta P_1=\rho gh$$

$$\Delta P_1=1000\times9.8\times15=147000\ \ Pa=147kPa$$

$$P_1=P_{atm}+\Delta P_1=249.5\ kPa$$

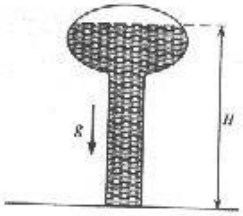
هنگام بالارفتن از تپه :

$$\Delta P_2=\rho g\Delta h$$

$$\Delta P_2=1.18\times9.8\times250=2891\ \ Pa=2.891\ kPa$$

$$P_2=P_{atm}-\Delta P_2=102.5-2.891=99.109\ \ kPa$$

۲-۳۵ در برج آب شهرآب تا ارتفاع $25m$ بالاتراز سطح زمین در یک مخزن تحت فشار بافشارهوای $125\ kPa$ بالای سطح آب ،پمپ می شود.(شکل ۳۵-P۲) فرض کنید چگالی آب $1000kg/m^3$ و شتاب گرانش استاندارد است ،فشار لازم برای اینکه آب بیشتری از سطح زمین پمپ شود را پیداکنید.



حل:

$$P_1=P_{Water}+P_{Air}$$

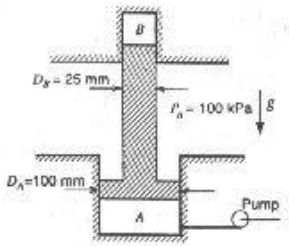
$$\Rightarrow P_1=+\rho_{Water}g.H+P_{Air}$$

$$=1000\times9.81\times25+125\times1000$$

$$P_1=370250\,(Pa)=370.25\ (kPa)$$

۲-۳۶ دوسیلندر B,A بایک پیستون به هم متصل شده اند،مطابق شکل P۲-۳۶.سیلندر A به عنوان یک بالابرهیدرولیکی استفاده شده وتافشار $500\ kPa$ توسط یک پمپ تغذیه می گردد. جرم پیستون $25kg$ وشتاب گرانش استانداردمی باشد.فشار گاز در سیلندر B چقدر است؟

حل:

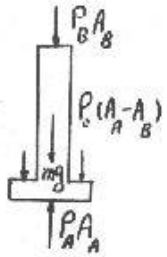


داریم: $A_B=\frac{\pi D_B^2}{4}=4.91\times10^{-4}(m^2)$

$A_A=\frac{\pi D_A^2}{4}=7.854\times10^{-3}(m^2)$

$A_0=A_A-A_B=7.36\times10^{-3}(m^2)$

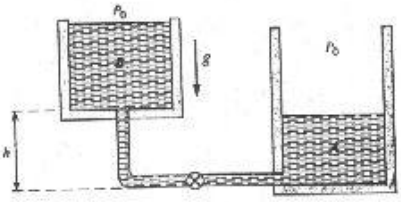
معادله تعادل استاتیک: $\Sigma F_y=0$



$$\Rightarrow P_B A_B+P_0 A_0+mg=P_A A_A$$

$$\Rightarrow P_B=\frac{P_A A_A-mg-P_0 A_0}{A_B}=6\ MPa$$

۳۷-۲ دو سیلندر از آب مایع $\rho=1000kg/m^3$ پرشده و بایک خط لوله باشیربسته به هم وصل شده‌اند. A، $100kg$، B، $500kg$ آب داردو سطح مقطع آنها عبارت است از $A_A=0.1m^2$، $A_B=0.25m^2$، وارتفاع h برابر $1m$ است. فشار رادر هرطرف شیر پیداکنید. شیربازشده وآب جریان می‌یابدتابه حالت تعادل برسد. فشارنهایی در محل شیررا بیابید.



حل:الف:

$$m_A=\rho V_A \Rightarrow 100=1000\times0.1\times h_A \Rightarrow h_A=1m$$

$$m_B=\rho V_B \Rightarrow 500=1000\times0.25\times h_B$$

$h_B=2m \qquad h'_B=h_B+h=2+1=3m$

P_A طرف $=P_0+\rho g h_A=P_0+1000\times9.8\times1=P_0+9800 \ \ (Pa)$

P_B طرف $= P_A+\rho g h'_B=P_0+1000\times9.8\times3=P_0+29400 \ \ (Pa)$

ب : بعداز رسیدن به تعادل : P_A طرف $=P_B$ طرف $\Rightarrow \rho g h'_B=\rho g h_A \Rightarrow h'_B=h_A$

باصرفنظرکردن ازحجم آب درون لوله ها:

$$m_A+m_B=600kg \Rightarrow \begin{cases} 1000\times(0.1h_A+0.25h_B)=600 \\ h_B+1=h_A \ (h'_B=h_A) \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} h_A=2.43m \\ h_B=1.43m \end{cases}$$

$\Rightarrow P_A$ طرف $=P_B$ طرف $=P_0+\rho g h_A=P_0+1000\times9.81\times2.43$

$\Rightarrow P_A$ طرف $=P_0+23814(Pa)$