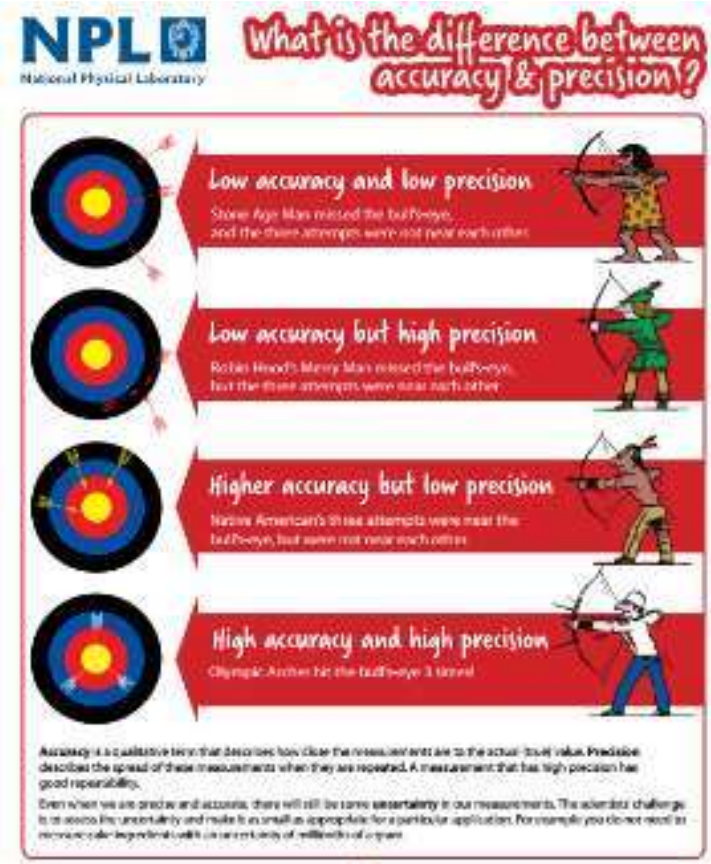
اتوماسیون

اتوماسیون می تواند به عنوان یک فن آوریی تعریف شود که به وسیله آن یک فرآیند یا یک عملکرد بدون کمک و معاونت انسان در آن انجام می شود. به عبارت دیگراتوماسیون یا کنترل اتوماتیکی استفاده از سیستمهای مختلف کنترل برای عملکرد تجهیزاتی مانند ماشین آلات ، فرآیندهای قابل انجام در کارخانه ها ، دیگهای بخاروکوره های عملیات حرارتی ، به کار انداختن شبکه های تلفن ، هدایت و پایدارنگه داشتن کشتیها ، هواپیماها و دیگر کاربردها وکامیونها با حداقل دخالت انسان .

اتوماسیون با وسایل مختلفی مانند وسایل مکانیکی ،هیدرولیکی ، نیوماتیکی ، الکتریکی ، الکترونیکی و کامپیوترو اغلب در ترکیب با هم ، قابل دستیابی است . سیستمهای پیچیده مانند کارخانه های مدرن ، هواپیماها و کشتیها ، نوعاً از ترکیبی از این تکنیکها (روشهای فنی) استفاده می کنند . امتیازاتوماسیون (خودکارکردن) شامل صرفه جویی در(استفاده از) کارگر، هزینه های انرژی الکتریکی ، صرفه جویی در هزینه موادو بهبودکیفیت ، **دقت وصحت** است.



اصطلاح اتوماسیون برگرفته ازکلمه قبلی(مرسوم) اتوماتیک ، قبل از ۱۹۴۷ به صورت گسترده استفاده نمی شد ، تا وقتی فورد اقدام به ایجاد یک بخش اتوماسیون کرد .این مصادف با زمانی بود که صنعت به سرعت درحال انطباق خود با سیستم کنترل کننده ی برگشت پذیر که در دهه ۱۹۳۰ معرفی شده بود ، بود .

مزایای اتوماسیون

کاهش زمان تولید :

با داشتن ماشینی خودکار، از آنجایی که دستگاه نیازی به فکر کردن ندارد قطعاً سرعت تولید بالا می رود و باعث ایجاد تکرار پذیری (درتولید) بهتر و کاهش خطای انسانی می شود .

افزایش صحت در تولید و قابلیت تکرارپذیری :

زمانی که یک دستگاه خودکار برای انجام متوالی (دوباره ودوباره)یک وظیفه ای ، برنامه ریزی می شود ، صحت و تکرار پذیری (انجام کار) در مقایسه با یک کارمند خیلی زیادتر است .

خطای انسانی کمتر :

هیچ کس کامل نیست و همه ما مستعد اشتباه کردنیم . به همین دلیل است که احتمال خطای یک دستگاه که بصورت تکراری کاری را انجام می دهد نسبت به یک کارمند کمتر است .

کاهش هزینه های کارمندی :

افزودن دستگاههای خودکاربه یک عملیات ، به معنی اینست که کارمندان کمتری برای انجام کار نیاز است . همچنین نشانگر مسایل ایمنی کمتر است که باعث صرفه جویی درهزینه و پس انداز مالی می شود . هزینه های متعدد دیگری نیز وجود دارند که تقلیل داده شده و کاسته می شوند مانند حقوق ، مزایا ، روزهای بیماری و غیره .

افزایش ایمنی :

داشتن دستگاههای خودکاربه معنی داشتن کارمندان کمتر است که وظایفی که می تواند خطرناک و مستعد آسیب و صدمه دیدن باشد را انجام می دهند که این می تواند محیط کاررا ایمن تر بکند .

حجم بالای تولید :

سرمایه گذاری بر روی تجهیزات خودکار(اتوماسیون) یک منبع ارزشمند برای تولید با حجم بالا به وجود می آورد که به نوبه خود باعث افزایش سودآوری خواهد شد .

معایب اتوماسیون

تطبیق پذیری کمتر :

یک دستگاه خودکارکه می تواند یک وظیفه معین را با محدودیتهایش انجام دهد نسبت به کارمندی که می تواند وظایفی را با گوناگونی و انعطاف پذیری هایش انجام دهد .

آلودگی بیشتر :

انواع مختلف دستگاهها با استفاده از موتور کار می کنند که ممکن است به منظور کار کردن نیاز به گاز یا مواد شیمیایی داشته باشند. این می تواند باعث افزایش یک آلودگی در محل کار باشد .

سرمایه گذاری اولیه زیاد :

دستگاههای خودکار می تواند یکی از پرهزینه ترین عملیات سرمایه گذاری برای یک شرکت باشد .هرجا که بخواهد اجرا شود ، بسته به نوع ودرجه اتوماسیون بین هزاران و میلیونها دلار صرف خودکار کردن دستگاهها می شود.

افزایش بیکاری :

با افزایش اندازه وحجم اتوماسیون ،تعداد کارمند کمتری لازم خواهد بود که باعث افزایش نرخ بیکاری است .

هزینه های غیر قابل پیش بینی :

هزینه های غیر قابل پیش بینی متعددی می تواند باشد که ممکن است از قیمت صرفه جویی شده توسط خود دستگاه خودکار ، فزونی یابد .برخی از این هزینه ها شامل هزینه تحقیق و توسعه در مورد خودکار کردن یک فرآیند ، هزینه های نگهداری پیشگیرانه و هزینه آموزش کارمندانی که با دستگاههای خودکار کار میکنند است .

ابزار لازم برای اتوماسیون

در حال حاضرمهندسان می توانند بر روی تمامی وسایل خودکار کنترل عددی داشته باشند .نتیجه یک بازه ی گسترش سریع کاربردها و فعالیتهای انسانی بوده است .فن آوریهای به کمک کامپیوتر (یا CAx) هم اکنون به عنوان پایه ای برای ابزارهای ریاضی و سازمانی مورد استفاده برای ایجاد سیستمهای پیچیده خدمت می کند . مثالهای قابل توجه CAx شامل طراحی به کمک کامپیوتر (نرم افزارCAD)و ساخت به کمک کامپیوتر(نرم افزارCAM) می شود .طراحی، تحلیل و ساخت محصول بهبود یافته ی امکان پذیر با CAxبرای صنعت دارای مزایایی بوده است .فنآوری اطلاعات همراه با فرآیندها و دستگاههای صنعتی می تواند در طراحی ، پیاده سازی (اجرا)و نظارت برسیستمهای کنترل کمک کند .یک مثال از یک سیستم کنترل صنعتی ، کنترل کننده ی منطقی قابل برنامه ریزی (PLC)است .PLC هاکامپیوترهای سخت افزاری ویژه ای هستند که برای هماهنگ و همگام سازی جریانی از ورودیها از سنسورها (ی فیزیکی) و وقایع با جریانی از خروجیها به عملگرها و وقایع بعدی است .ارتباط و تعامل میان انسان و دستگاه (HMI) یا بین کامپیوتر وانسان (CHI) که قبلاً به عنوان ارتباط بین بشر و دستگاه شناخته می شد ، اغلب برای ارتباط با PLC ها ودیگر کامپیوترها به کار می رود.

نیروهای استخدامی که به وسیله ی HMI ها کنترل و نظارت دارند می توانند به نامهای مختلف دیگر نامیده شوند .در فرآیند صنعتی ومحیطهای ساخت وتولید آنها به نام اپراتورها یا چیزی مشابه آن نامیده می شوند .درمحفظه های بخار و بخشهای خدمات رفاهی مرکزی آنها با نام مهندسان ایستگاهی نامیده می شوند .

انواع مختلفی از ابزارهای اتوماسیون وجود دارد :

ANN– شبکه های هوش مصنوعی

DCS– سیستمهای کنترل توزیعی

HMI– تعامل وارتباط بین انسان و دستگاه

SCADA– نظارت وکنترل و اکتساب داده ها

PLC– کنترلر های منطقی قابل برنامه ریزی

ابزار دقیق

کنترل حرکت

بازوهای مکانیکی(قابل برنامه ریزی وکنترل(رباتها))

وقتی یک کارخانه می خواهد اتوماسیون شود ، نرم افزار شبیه ساز میزبان یک نرم افزار رایج به عنوان ابزار تست مورد استفاده برای تست نرم افزارتجهیزات است .HSS برای تست عملکرد وکارآیی تجهیزات مطابق با (نسبت به) استانداردهای اتوماسیون کارخانه مورد استفاده قرار می گیرد (وقفه ها ، زمان پاسخگویی ، زمان پردازش)

مفهوم هیدرولیک

فن آوریِ تولید ، کنترل و انتقال قدرت توسط سیال تحت فشار است .

موارد کاربردی آن در صنعت

در صنایع مختلف از جمله :

کشاورزی (در تراکتورها ، خرمن‌کوبها ، کمباینها ، کلوخ شکنها ، میوه چینها ، شالی کوبها ، بذرکارها)

هوانوردی(ارابه های فرود ، شهپرها ، سکانهای عمودی و بالابرها وبالچه ها ،باز کردن درب محفظه ریختن بمب یا درب محفظه‌ی چرخهای هواپیما ، ساخت بدنه هواپیما که به صورت استرچینگ شکل دهی می شود)

خودرو سازی (فرمان و ترمز هیدرولیکی و جعبه دنده اتوماتیک ، شیشه اتوماتیک ، تنظیم نیوماتیکی صندلی خودرو ، در مراحل مختلف ساخت بدنه و شکل دهی به ورقهای بدنه خودرو)

کشتیرانی (سیستمهای کنترل و هدایت خودکار سکان انواع مختلف کشتیها ، حرکت وتنظیم دریچه ها ، ماشین آلات بنادر واسکله ها و لنگرگاهها ، شناورهای لایروبی در آبهای کم عمق)

ماشین ابزار (سیستم های حرکتی صفحه تراشها ، دستگاههای سنگ زنی ، حرکت بازوی ماشین خان کشی ، گرفتن قطعه در سه نظام ، قیدو بندها ، درقالبهای دستگاههای تزریق پلاستیک و ریخته گری آلومینیوم دایکاست ، دستگاههای برش و پرس شکل دهی با کشش عمیق ، خمکاری)

غذایی(کنسرو سازی وظروف یکبار مصرف ، عملیات پر کردن و بستن درب ظروف وبرچسب زدن ، همزنها ، فرهای پخت، تسمه نقاله ها ، خشک کنها ، دستگاههای برش ، سرندها ، الکها ، آسیابها)

معدن و حفاری (در قسمتهای مختلف ماشینهای معدن که نیاز به استفاده از قدرتهای بالا دارند ، دستگاه حفاری سریع با ناخنکهای هیدرولیکی ، سنگ شکنها ، سرندها ، بیل ، جرثقیل ، بالابر و کامیونهای بزرگ معادن)

نفت (در پالایشگاهها از لحظه استخراج نفت خام تا پالایش خطوط انتقال با شیرهای مربوطه در مسیرهای کوتاه و بلند و با فشارها و دماهای مختلف وابسته به وجود شیرهای کنترل است ، سکوهای حفاری ، انتقال دهنده های مته های حفاری)

دفاعی (در هدایت تانک و نفربرها ، چرخش برجک تانک ، هدایت و هدف گیری پدافندی زمین به هوا ، هدایت و کنترل توپهای خودکار ، موشکها)

بسته بندی (ماشینهای کارتن سازی ، پرکن شیشه های نوشابه ، ماشین چسب زنی ، درزبندها و ماشینهای آب بندی ، ماشینهای کیسه پرکنی ودستگاه کشش خودکار نوار و تسمه)

حمل و نقل و راهسازی (درگِریدرها ، لودرها و بولدوزرها و بیلهای مکانیکی ، لیفت تراکها ، در ترمز قطارها و دربهای اتوماتیک آنها ، سیستم تعلیق که تکانها و لرزشهای خط آهن را میگیرد ، عملیات نصب ریلها و تراورسها ، ماشینهایی که عملیات حمل ، تمیزکاری و ریختن «بالاست» بستر راه آهن را انجام می‌دهند)

کاغذسازی (تنظیم غلتکهایی که خمیر کاغذ از بین آنها می‌گذرد که نیاز به مهار سرعت همزمان با تنظیم درست فشار روی خمیر دارد)

فولاد (فشار زیاد برای نورد شمش فولاد و شکل دهی آن برای آهنگری غلتکی انواع پروفیلهای فولادی یا تبدیل به ورقهای نازکتر ، تخلیه کوره های ذوب فولاد)

لاستیک (ماشینهای قالبگیری ، برش ، شکلدهی ، اکستروژن ، منجیت گذاری)

پلاستیک (دستگاههای تزریق پلاستیک ، قالب گیری در خلأ ، پرس اکستروژن در تولید مقاطع گرد مانند شیلنگهای باغبانی)

نساجی (مرحله‌ی آماده سازی مواد اولیه تا تولید محصول نهایی در ماشین فشار ، عدل بند ، توپ پیچ ، شستشو ، کلاف پیچ ، کلاف بازکن)

دریایی (جابجایی بار ومحموله ها ، حرکت و تنظیم دریچه ها ، برای کنترل رودخانه‌ها ، سدها و کانالها ، به کار انداختن سوپاپها ، شیرهای پروانه ای ، بالابرهای چرخی و وینچها)

چاپ (دستگاههای چاپ جدید با سرعت و دقت بالا کار میکنند لذا تنظیم سرعت زیاد با انحرافات بس ناچیز ودقیق در طیف گسترده و با زمان پاسخ کوتاه ، حرکت آرام و شتاب دار وتوقف و تنظیم فشار غلتکها ، تنظیم کشیدگی غلتکها همراه با سفت یا شل کردن آنها)

مزایای سیستمهای هیدرولیک

سادگی طراحی

یک سیستم هیدرولیکی در مقایسه با انواع سیستمهای مکانیکی مشابه ، قطعات متحرک کمتری دارد لذا از نظر ساختمان بسیار ساده و کارآمد می باشد و با انتقال روغن توسط خطوط انتقال به هر نقطه‌ی مورد نظر می‌توان به حرکتهای خطی یا دورانی با قدرت بالا و کنترل مناسب دست یافت . در صورتی که د ر یک سیستم مکانیکی به مجموعه ای از محورها ، چرخ دنده ها ، بادامکها ، کلاچها و اهرمها و ... جهت انتقال قدرت و حرکت نیاز است .

قابلیت افزایش نیرو

در صورت نیاز به سادگی می توان نیروها را تا صدها برابر افزایش داد .

سادگی و دقت کنترل

نیروهای بزرگ با اعمال کمترین نیروی ممکن قابل کنترل می‌باشند همچنین امکان ارائه‌ی گشتاور ثابت در سرعتهای متغیر وجود دارد .

انعطاف پذیری

استفاده از شیلنگها و لوله های انعطاف پذیر به جای اجزای مکانیکی(چرخ تسمه ها ، چرخ زنجیرها ، کوپلینگها ، گاردانها ، محورها ، چرخ دنده ها) مشکلات و محدودیتهای موقعیتی را به حداقل رسانده است به گونه ای که اجزای یک سیستم هیدرولیک را می‌توان به صورت کاملاً انعطاف پذیر (از نظر موقعیت) طراحی نمود .

راندمان

دارای راندمان بالا با تلفات اصطکاکی کم است و هزینه انتقال قدرت در آن پایین می باشد . سازگاری این سیستم با اجزای کنترلی دیگر مانند اجزای برقی ، الکترونیکی و مکانیکی ، بازده اقتصادی بالایی را موجب شده است . سیستم هیدرولیک از نقطه نظر کاهش هزینه های نگهداری نیز مزایای بالایی دارد .

اطمینان

استفاده از شیرهای اطمینان و سویچهای فشاری و حرارتی سیستمهای هیدرولیک را نسبت به افزایش ناگهانی بار از قابلیت اطمینان کافی برخوردار کرده است .

سیستم هیدرولیک چگونه کار میکند ؟

یک **سیستم هیدرولیک** دارای **چهار بخش اساسی و مهم** است :

۱- تبدیل انرژی مکانیکی به قدرت سیال تحت فشار به وسیله پمپها

۲- انتقال سیال تا نقطه مورد نظر توسط لوله ها و شیلنگها

۳- کنترل فشار ، جهت و جریان سیال توسط شیرها

۴- انجام کار توسط عملگرها(سیلندرها و موتورهای هیدرولیکی)

تعریف فشار

فشار ، نشانگر چگونگی توزیع نیرو(ی عمودی) درسطح است و حاصل تقسیم نیرو بر سطح است . به عبارت دیگر اندازه نیروی (عمودی) وارده بر واحد سطح را نشان می‌دهد . بسته به واحد نیرو و واحد سطح ، فشار دارای واحدهای مختلفی می‌باشد .

اگر واحد نیرو کیلوگرم-نیرو(kgf)و واحد سطح سانتی متر مربع(cm^2) باشد واحد فشار بر حسب بار(bar) بیان می‌شود .

اگر واحد نیرو نیوتن (N) و واحد سطح ، متر مربع (m^2) باشد ، واحد فشار ، پاسکال(Pa) است .

اگر واحد نیرو پاوند- نیرو(lbf) و واحد سطح ، اینچ مربع (in^2) باشد ، واحد فشار (Psi) است .

$$1\ (bar) = 1\ \left(\frac{kgf}{cm^2}\right) = \frac{9.81\ \ N}{10^{-4}\ \ m^2} = 9.81 \times 10^4\ \ \left(\frac{N}{m^2}\right) \cong 10^5\ \ (Pa)$$

$$1\ (Psi) = 1\ \left(\frac{lbf}{in^2}\right) = \frac{4.45\ \ N}{(0.025\ \ )^2\ \ m^2} = 6897.5\ \ \left(\frac{N}{m^2}\right) \cong 69 \qquad (Pa)$$

$$1\ (Psi) = 6897.5\ \ (Pa) = 6897.5(10^{-5} bar) = 0.06897 \quad bar \cong 0.07\ bar$$
$$or \quad 1\ bar \cong 14.5\ Psi$$

واحدهای دیگر فشار نیز وجود دارد ، مانند میلی‌متر جیوه ($mmHg$) یا اتمسفر(atm) . هراتمسفرمعادل یک بار وهر بار معادل (۷۶۰ mmHg) است .

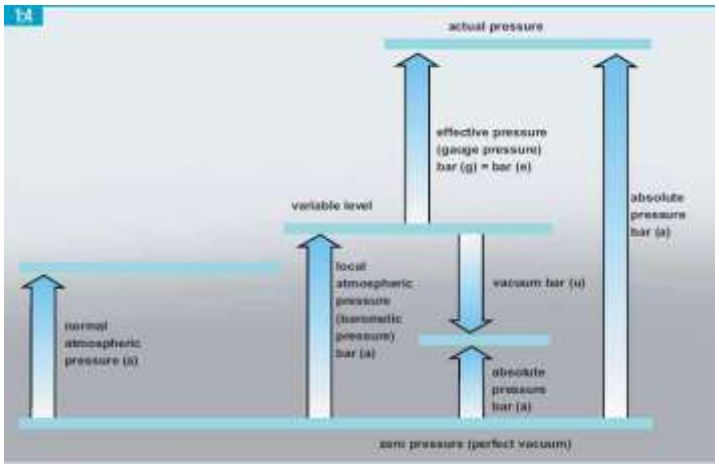
هر اتمسفر در کنار دریاهای آزاد معادل وزن ستون هوا از سطح دریا تا ارتفاع مرز اتمسفر زمین است . این ارتفاع نزدیک به ۲۰۰ مایل است . اگر مقطع ستون هوا یک سانتی متر مربع در نظر گرفته شود این نیروی وزن هوا معادل $10.13\ N$ نیوتن است و اگر بخواهیم وزن استوانه ای از هوا با مقطع یک متر مربع را تا این ارتفاع بیان کنیم ، معادل $10.13 \times 10^4 N$ خواهد بود که معادل تقریباً 10^5 پاسکال می باشد که همان یک اتمسفر یا یک بار است .(در شرایط دمای ۲۰ درجه سانتیگراد و رطوبت ۶۵ درصد)

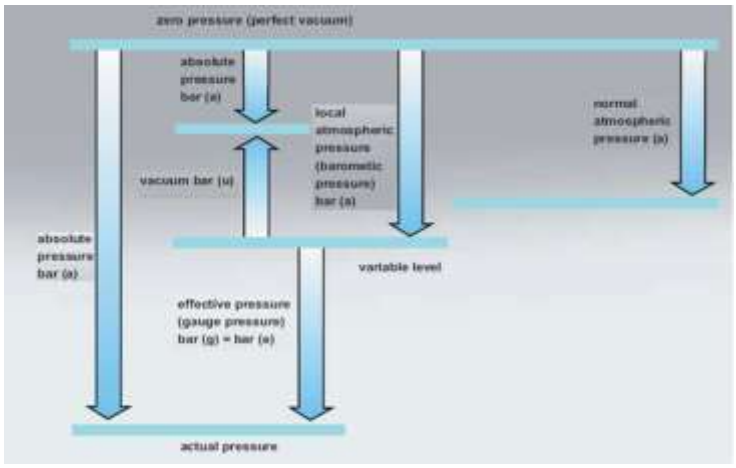
فشار مطلق ، نسبی

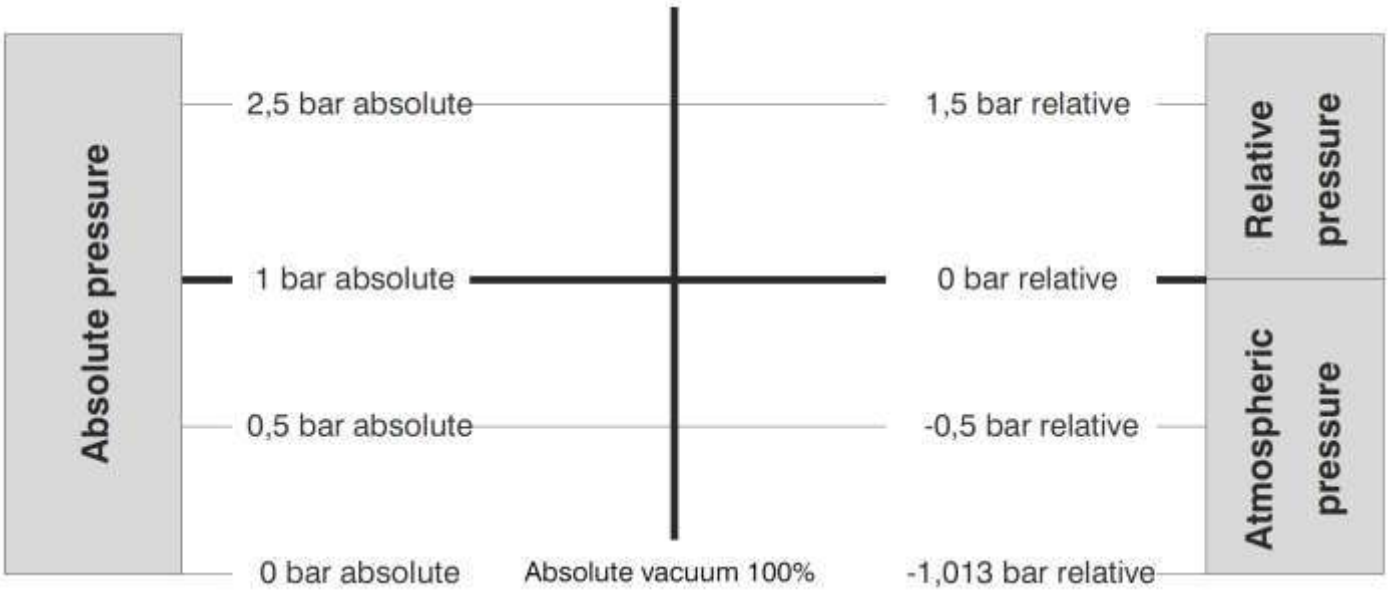
فشار مطلق ($\mathbf{P_{abs}}$(absolute)) : مقدار فشار هر محیط نسبت به فشار صفر یا خلاء مطلق .

فشار اتمسفر ($\mathbf{P_{atm}}$ (atmosphere)) : فشار موجود در سطح دریاهای آزاد نسبت به خلاء مطلق یا فشار صفر .

فشار نسبی ($\mathbf{P_g}$ (gauge) **یا** $\mathbf{P_e}$ (excedens)) : اختلاف فشار مطلق در هر نقطه از یک محیط نسبت به فشار اتمسفر را گویند .



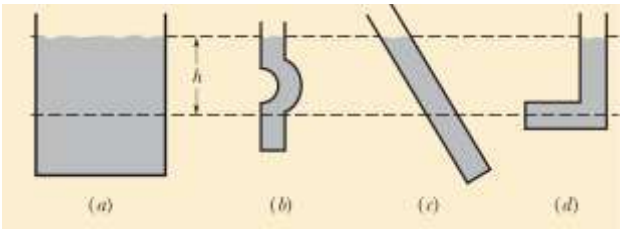




فشار استاتیکی در مایعات

فشار در یک مایع راکد متناسب با چگالی مایع (ρ) ، جاذبه گرانش کُره ای که روی آن قرار دارد(g) وعمق سیال (h) است و برابر با حاصل ضرب این سه پارامتر است .

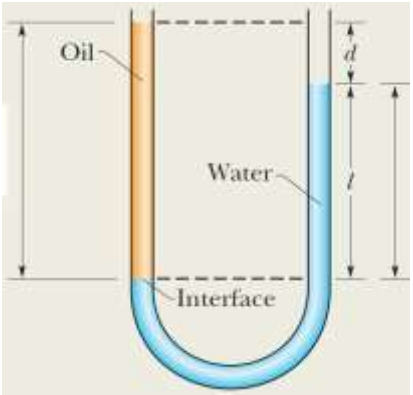
$$P = \rho g h$$



این فشار درتعادل استاتیکی یک سیال بستگی به **عمق سیال** دارد

(در نقاط هم عمق که بر روی یک خط افقی واقعند **فشار** ثابت

است) و **نه به شکل ظرف** .



مثال : لوله U شکل حاوی دو نوع مایع که در تعادل استاتیکی هستند ، است . شاخه سمت راست با آب که دارای چگالی $998\ kg/m^3$ وشاخه سمت چپ با یک روغن ناشناخته با چگالی ρ_X پر شده است . اگر l=135mm و d=12.3 mm باشد ، چگالی روغن چقدر است ؟

$$p_{int} = p_0 + \rho_x g(l + d) \quad \text{(left arm)}$$
$$p_{int} = p_0 + \rho_w g l \quad \text{(right arm)}$$

$$\rho_x = \rho_w \frac{l}{l + d} = (998\ kg/m^3) \frac{135\ mm}{135\ mm + 12.3\ mm} = 915\ kg/m^3$$

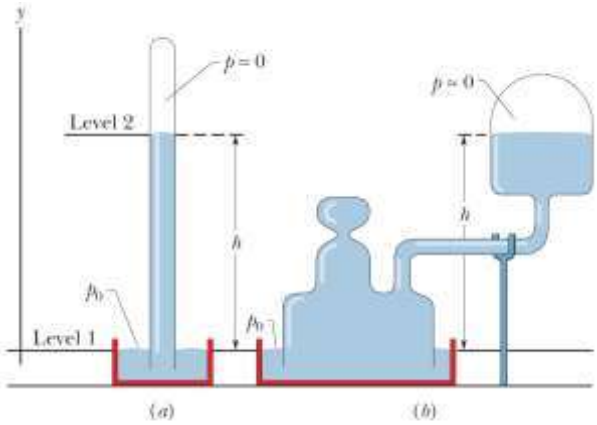


Figure 14-5 (*a*) A mercury barometer. (*b*) Another mercury barometer. The distance *h* is the same in both cases.

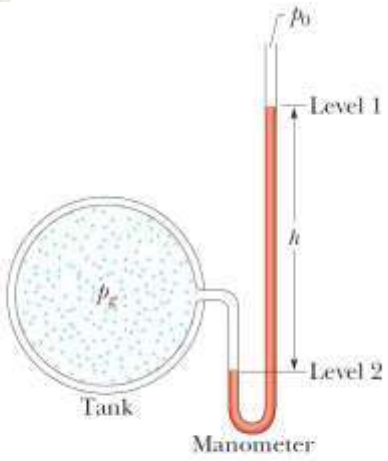
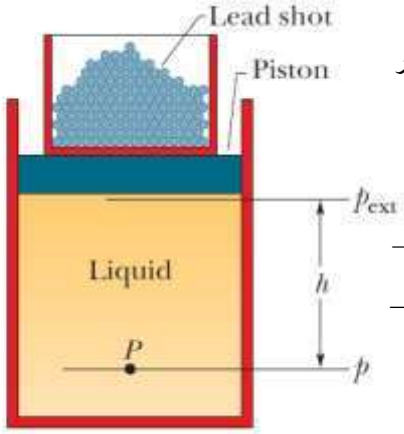


Figure 14-6 An open-tube manometer, connected to measure the gauge pressure of the gas in the tank on the left. The right arm of the U-tube is open to the atmosphere.

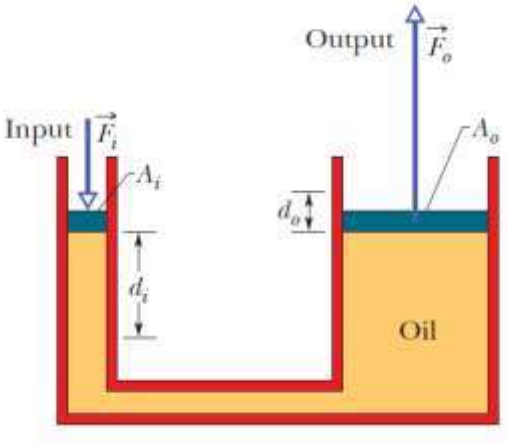
سوال : اگر در فشار سنج جیوه ای ارتفاع جیوه در لوله ۷۶۰ میلی متر باشد ، در صورت جایگزینی جیوه با آب حداقل ارتفاع لوله چقدر باید باشد ؟

قانون پاسکال : طبق قانون پاسکال فشار وارد بر سیال محدود درداخل یک ظرف، بدون کاهش به تمام اجزای سیال و دیواره های ظرف منتقل می‌شود .



با افزایــش تعداد گلوله های سرب و لذا افزایش نیــروی وزن دریک مایع تراکم ناپذیر فشار داخل سیال در عمق h ، افزوده خواهد شد (فشار هیدرواستاتیک خود مایع و فشــار ناشی از نیروی وزن گلوله های سربی) .

اگر نیروی وزن نسبت به تغییرارتفاع قابل توجه باشد وتغییر فشار مربوط به تغییرارتفاع مایع نا- چیز باشد فشار تقریباً درتمام نقاط مایع یکسان خواهد بودوآن هم ناشی از نیروی وزن گلوله- هاست .



با توجه به قانون پاسکال نیروی وارده Fi برسطح پیستون طرف چپ بر سطح Ai تقسیم و فشار ناشی از این بار به سیال واز طریق سیال به سطح پیستون سمت راست Ao منتقل و با توجه به سطح بزرگتر این پیستون نیروی بزرگتر Fo تولید می شود .

$$\frac{F_i}{A_i} = \frac{F_o}{A_o} \qquad F_o = F_i \frac{A_o}{A_i}$$

حجم جابجا شده از سیال در زیر هرکدام از پیستونها یکسان است :

$$V = A_i d_i = A_o d_o \quad , \quad d_o = d_i \frac{A_i}{A_o}$$

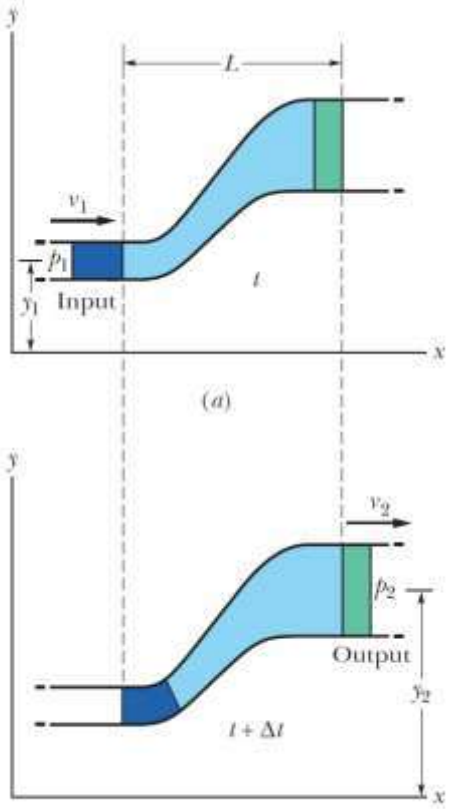
کار ورودی و خروجی برابر :

$$W = F_o d_o = F_i d_i$$

پیستون کوچکتر ، نیروی کمتر و جابجایی بیشتر و پیستون بزرگتر ، نیروی بیشتر و جابجایی کمتر .

مثال : با یک سیلندر هیدرولیک که دارای قطر ۵۰ میلی متر می باشد میخواهیم باری به وزن ۳۰۰ کیلو گرم را بلند کنیم . اگرقطر سطح مقطع سیلندر مربوط به بار ۲۰۰ میلی متر باشد ، چه نیرویی باید به بازوی متصل به سیلندر باقطر کوچکتر وارد شود؟ فشار داخل سیال در نتیجه اعمال بار فوق ا لذکر چقدر خواهد بود ؟ اگر قرار باشد بار موجود را به اندازه ۲۰ میلی متر بلند کنیم ، پیستون با مقطع کوچکتر چند میلی متر باید حرکت کند ؟

قانون برنولی : این قانون می گوید انرژی کلی یک مقدار کوچکی ازسیال در جابجایی از یک نقطه به نقطه دیگر همواره ثابت می ماند .



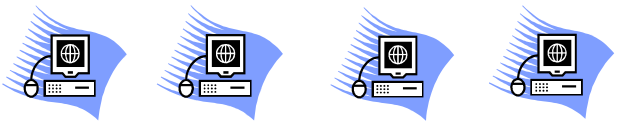
$$p_1 + \tfrac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g y_1 = p_2 + \tfrac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g y_2$$

$$p + \tfrac{1}{2}\rho v^2 + \rho g y = \text{a constant} \qquad \text{(Bernoulli's equation)}$$

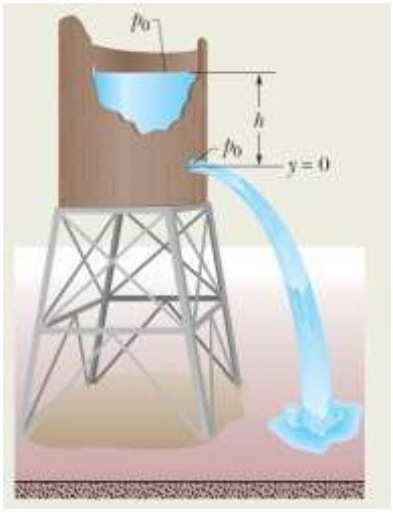
$$v_1 = v_2 = 0 \qquad p_2 = p_1 + \rho g(y_1 - y_2)$$

$$y_1 = y_2 \qquad p_1 + \tfrac{1}{2}\rho v_1^2 = p_2 + \tfrac{1}{2}\rho v_2^2$$

If the speed of a fluid element increases as the element travels along a horizontal streamline, the pressure of the fluid must decrease, and conversely.



مثال : سرعت خروج آب از سوراخ بسیار کوچک در یک مخزن آب که تا ارتفاع h آن پر شده است ، چیست ؟



$$R_V = av = Av_0$$
$$v_0 = \frac{a}{A}v.$$

Because $a \ll A$, we see that $v_0 \ll v$.

$$p_0 + \tfrac{1}{2}\rho v_0^2 + \rho g h = p_0 + \tfrac{1}{2}\rho v^2 + \rho g(0).$$

$$v = \sqrt{2gh}$$