

جدول ۵-۱- جرم واحد حجم اجسام

نام ماده	جرم
چوب پنبه	۲۴۰mg
چوب بلوط	۵۶۰mg
یخ	۹۲۰mg
شیشه	۲/۶g
سرب	۱۱g

با ترازو اندازه می‌گیرند. در واقع با این کار جرم واحد حجم را اندازه گرفته‌اند که همان مفهوم چگالی می‌باشد. به عنوان مثال، چگالی برخی از مواد در جدول (۵-۱) آمده است. واحد چگالی در دستگاه C.G.S به صورت گرم بر سانتی متر مکعب می‌باشد.

مثال ۵-۱- جرم گلوله‌ای از آلومینیم ۲۷ گرم و حجم آن ۱۰ سانتی متر مکعب است چگالی آن را حساب کنید.

$$m = 27g$$

$$V = 10 \text{ cm}^3$$

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{27g}{10 \text{ cm}^3} = 2.7 \text{ g/cm}^3 \quad \text{حل:}$$

مثال ۵-۲- یک قطعه فلز به جرم ۷۲ گرم و به حجم ۹ cm^۳ در اختیار داریم. چگالی فلز را بر حسب g/cm^۳ و kg/m^۳ به دست آورید.

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{72g}{9 \text{ cm}^3} = 8 \text{ g/cm}^3 \quad \text{حل:}$$

برای قسمت دوم از روش نردبانی استفاده می‌کنیم.

$$\frac{8g}{\text{cm}^3} \left| \frac{1kg}{1000g} \right| \frac{(100)^3 \text{ cm}^3}{1 \text{ m}^3} = 8000 \text{ kg/m}^3$$

۵-۳- چگالی نسبی^۱

نسبت چگالی یک جسم را به چگالی جسم دیگر چگالی نسبی می‌گویند. معمولاً چگالی جامدات و مایعات را نسبت به آب و چگالی گازها را نسبت به هوا می‌سنجند.

$$\text{معادله (۵-۴)} \quad d = \frac{\rho_2}{\rho_1} = \text{چگالی نسبی}$$

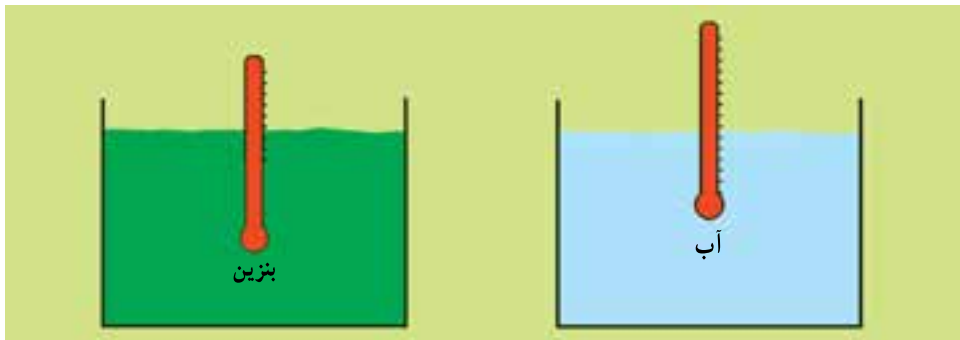
به عنوان مثال، وقتی می‌گوییم چگالی جیوه نسبت به آب ۱۳/۶ است، یعنی چگالی جیوه ۱۳/۶ برابر چگالی آب است.

مثال ۵-۳- چگالی نسبی جیوه نسبت به آلومینیم تقریباً ۵ است. اگر چگالی آلومینیم 2.7 g/cm^3 باشد چگالی جیوه چه قدر خواهد بود؟

$$\text{حل:} \quad d = \frac{\rho_2}{\rho_1} \Rightarrow 5 = \frac{\rho_2}{2.7/V} \Rightarrow \rho_2 = 13.5 \text{ g/cm}^3$$

۵-۴- چگالی سنج

چگالی سنج دستگاه بسیار ساده‌ای دارد که بر مبنای قانون ارشمیدس ساخته شده است و برای اندازه‌گیری چگالی مایعات به کار می‌رود. دقت این ابزار و روش آن به اندازه روش‌های دیگر نیست ولی کار با آن سریع‌تر و با صرفه‌تر است. طرز کار چگالی سنج را می‌توان به کمک شکل ۵-۲ شرح داد.

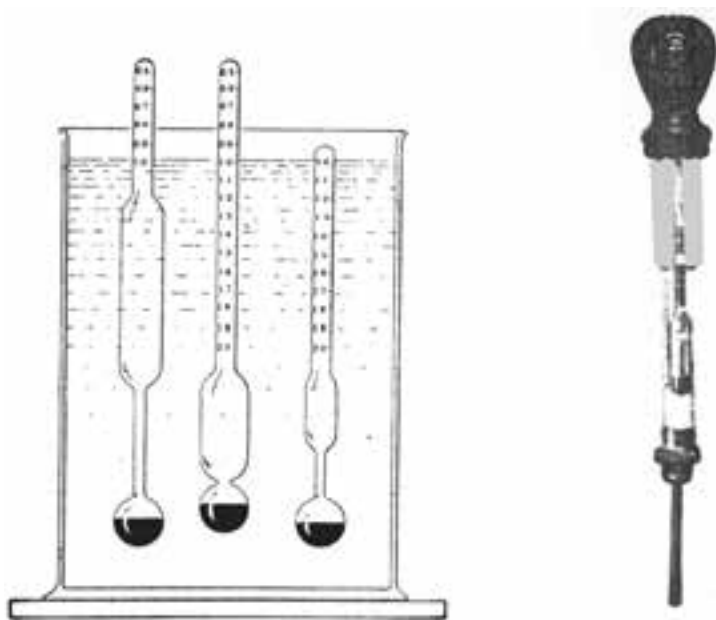


شکل ۵-۲- طرز کار چگالی سنج

در شکل فوق دو ظرف نمایش داده شده است که در یکی بنزین و در دیگری آب است. دو لوله به‌طور مجزا در این دو ظرف شناور هستند. هرچه مایع چگالی بالاتری داشته باشد حجم کم‌تری از

^۱ Specific Gravity, Relative Density, Gas Gravity

لوله در مایع غوطه‌ور می‌شود و با همین حجم کم‌تر، نیروی شناوری لازم برای شناور شدن لوله فراهم می‌شود. بدیهی است که در این حالت طول بیشتری از لوله در بالای سطح مایع دیده خواهد شد. بنابراین، لوله در مایع با چگالی بیشتر مثل آب بالاتر از بنزین قرار می‌گیرد. گلوله‌های کوچک سرب موجود در ته حباب چگالی سنج کمک می‌کند تا این ابزار هنگام شناوری به‌طور قائم بایستد. معمولاً لوله چگالی سنج را خیلی باریک در نظر می‌گیرند تا به حساسیت آن افزوده شود و با کوچک‌ترین تغییری در چگالی مایع، تفاوت قابل مشاهده‌ای در ارتفاع چگالی سنج و میزان شناوری آن ایجاد می‌شود. در نتیجه فاصله درجات روی صفحه مدرج بیشتر و به روشنی قابل رؤیت خواهد بود. از آنجایی که میزان قدرت باتری اتومبیل به چگالی اسید آن بستگی دارد می‌توان به وسیله چگالی سنج قدرت باتری را معین نمود. چگالی نسبی اسید یک باطری کاملاً شارژ شده، $1/28$ است و وقتی باتری کاملاً خالی یا دشارژ شود، چگالی نسبی اسید آن تا $1/15$ کاهش می‌یابد. هم‌چنین می‌توان چگالی سنج را برای تعیین دمای انجماد محلول ضدیخ که در سیستم خنک کاری اتومبیل (رادیاتور) وجود دارد به‌کار برد و در نتیجه این امکان فراهم می‌شود که نسبت ضدیخ موجود در آن را مشخص نمود. در شکل ۵-۳ چند نمونه چگالی سنج نمایش داده شده است.



شکل ۵-۳- چند نمونه چگالی سنج

خودآزمایی

۱- ثابت کنید :

الف) اگر حجم دو جسم یکسان باشد نسبت جرم دو جسم، چگالی نسبی آنهاست؟

ب) چرا چگالی نسبی واحد ندارد؟

۲- اگر چگالی چوب 0.5 g/cm^3 باشد جرم 2 cm^3 و 1 cm^3 آن چند گرم است؟

۳- جرم یک بطری خالی 70 g و جرم بطری پر از آب 90 g است هنگام پر بودن از مایع

دیگری جرم 94 g می شود. چگالی مایع دوم چه قدر است؟

۴- چگالی طلا 19 g/cm^3 است حجم 95 گرم طلا چه قدر است؟

۵- جرم شخصی در کره زمین 82 kg است در کره ماه چه وزنی دارد؟ چه جرمی دارد؟

$$9.8 \text{ m/s}^2 = \text{شتاب جاذبه زمین}$$

$$1.6 \text{ m/s}^2 = \text{شتاب جاذبه ماه}$$

پمپ‌ها

هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود بتواند:

- ۱- پمپ را تعریف کند.
- ۲- انواع پمپ و کاربردهایشان را توضیح دهد.
- ۳- طرز کار پمپ‌ها را توضیح دهد.

۶-۱- تعریف پمپ

به طور کلی پمپ به دستگاهی گفته می‌شود که انرژی مکانیکی را از یک منبع خارجی می‌گیرد و به سیالی که از آن عبور می‌کند انتقال می‌دهد. در نتیجه انرژی سیال بعد از خروج از پمپ افزایش می‌یابد. از این وسیله برای انتقال سیال به یک ارتفاع معین و یا حرکت سیال سیستم‌های لوله‌کشی و به طور کلی انتقال سیال از یک نقطه به نقطه دیگر استفاده می‌شود.

میزان افزایش فشاری را که پمپ به سیال می‌دهد، «هد^۱ پمپ» می‌گویند.

۶-۲- انتخاب انواع پمپ

در انتخاب نوع پمپ و طراحی آن، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی سیال نظیر گرانش، وزن مخصوص، درجه حرارت، خوردندگی و همچنین وجود اجسام ناخالص و گازهای همراه با سیال و سرانجام مقدار حجم عبوری سیال از پمپ در واحد زمان، هد پمپ و بازده پمپ مدنظر قرار می‌گیرد.

۶-۳- تقسیم‌بندی پمپ‌ها

متداول‌ترین نحوه تقسیم‌بندی پمپ‌ها بر مبنای نحوه انتقال انرژی به سیال است. در این روش پمپ‌ها به دو دسته اصلی تقسیم می‌شوند.

۱- پمپ‌های دینامیکی^۲: پمپ‌هایی که انتقال انرژی از آن‌ها به سیال به طور دائمی انجام

^۱ - Head

^۲ - Dynamic pump

می‌شود را پمپ‌های دینامیکی می‌گویند. پمپ‌های گریز از مرکز از انواع پمپ‌های دینامیکی می‌باشند.

۲- پمپ‌های جابه‌جایی^۱: پمپ‌هایی که انتقال انرژی از آن‌ها به سیال به صورت متناوب صورت می‌گیرد را پمپ‌های جابه‌جایی می‌نامند. پمپ‌های پیستونی (رفت و برگشتی) از انواع پمپ‌های جابه‌جایی هستند.

جدول ۶-۱ تقسیم‌بندی پمپ‌ها را به طور کلی انجام داده است.

۶-۴- پمپ‌های گریز از مرکز^۲

متداول‌ترین نوع پمپ‌ها در صنعت نوع گریز از مرکز است زیرا: پمپ‌های گریز از مرکز در بین انواع پمپ‌ها شکل ساختمانی ساده‌ای دارند. هر پمپ گریز از مرکز دارای بخش‌های زیر می‌باشد:

۱- لوله ورودی یا قسمت مکش^۳

۲- لوله خروجی یا قسمت رانش^۴ (تخلیه)

۳- پوسته پمپ

۴- چرخ یا پروانه پمپ^۵

شکل ۶-۱ ساختمان داخلی یک پمپ گریز از مرکز را نمایش می‌دهد.

۶-۵- تقسیم‌بندی پمپ‌های گریز از مرکز

متداول‌ترین روش تقسیم‌بندی از دیدگاه طراحی و علمی، تقسیم‌بندی بر اساس مسیر حرکت سیال در پروانه است. از این نظر پمپ‌های گریز از مرکز به سه دسته اصلی تقسیم می‌شوند:

۱- پمپ‌های گریز از مرکز با جریان شعاعی^۶

۲- پمپ‌های گریز از مرکز با جریان محوری^۷

۳- پمپ‌های گریز از مرکز با جریان مختلط^۸

در نوع اول، سیال موازی محور وارد پروانه پمپ و عمود بر آن از پروانه خارج می‌شود از این نوع پمپ‌ها برای ایجاد فشارهای بالا در دبی‌های کم استفاده می‌شود.

۱- Displacement pump

۲- Centrifugal pump

۳- Suction

۴- Discharge

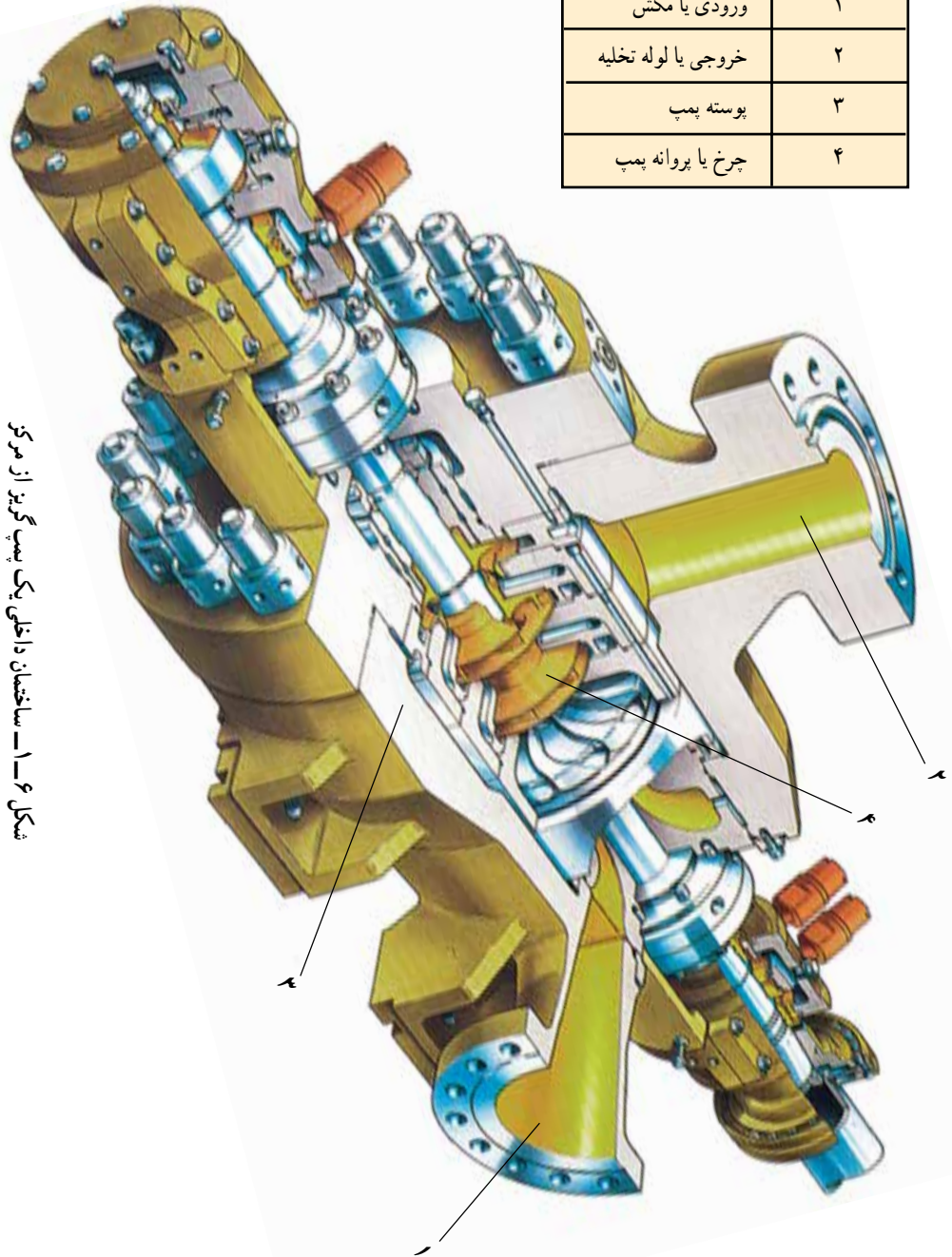
۵- Impeller

۶- Radial flow

۷- Axial flow

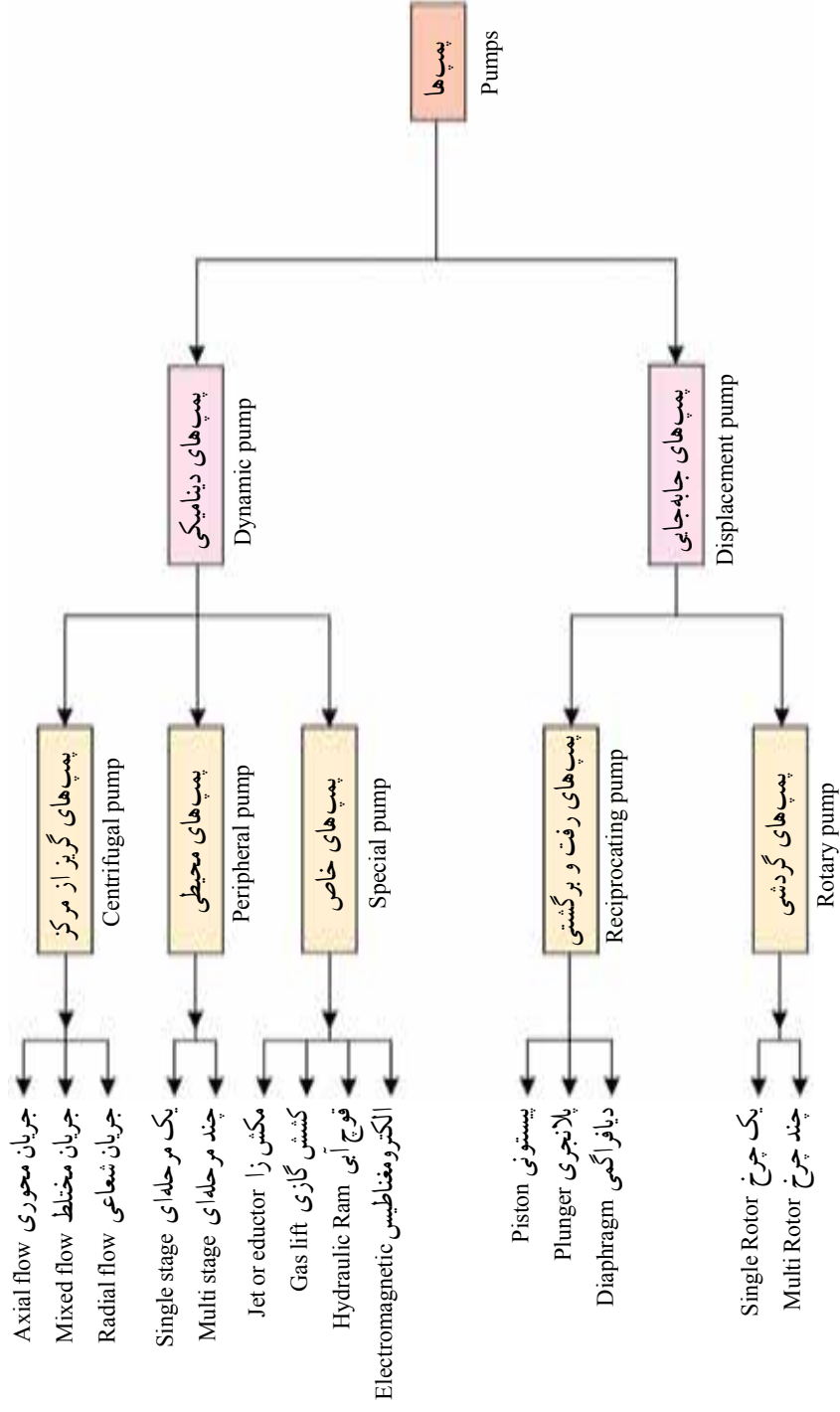
۸- Mixed flow

شماره قطعه	شرح
۱	ورودی یا مکش
۲	خروجی یا لوله تخلیه
۳	پوسته پمپ
۴	چرخ یا پروانه پمپ



شکل ۶-۱- ساختمان داخلی یک پمپ گریز از مرکز

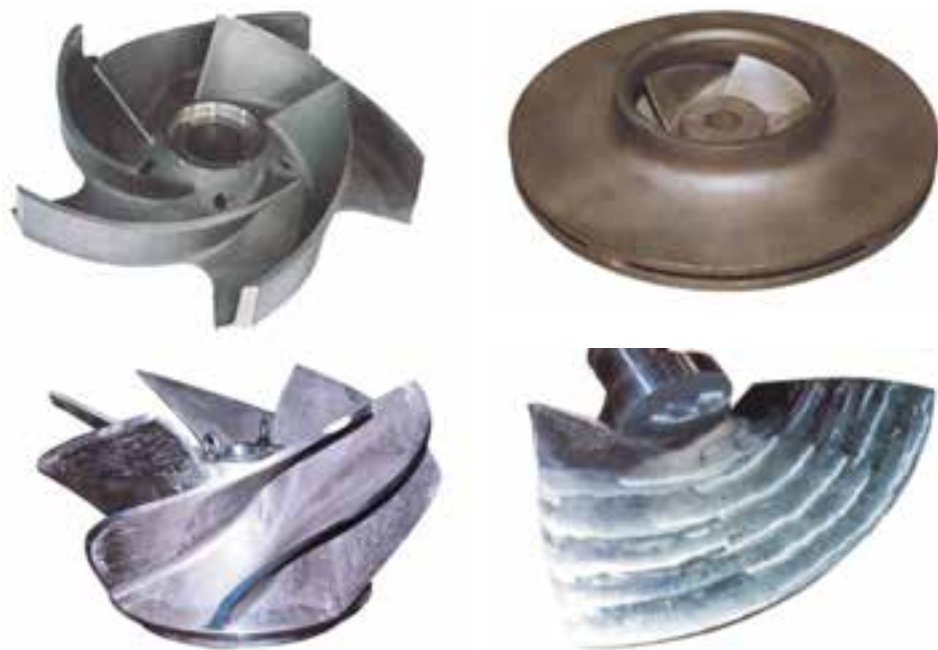
جدول ۱-۶ - تقسیم بندی پمپ ها



در نوع دوم سیال موازی با محور وارد پروانه شده و موازی با آن نیز خارج می‌شود. از این نوع پمپ برای تولید دبی‌های زیاد و ارتفاع‌های کم^۱ استفاده می‌شود.

در نوع سوم سیال موازی محور وارد پروانه و به‌طور مایل نسبت به محور از پروانه خارج می‌شود. از این پمپ‌ها برای فشارها و دبی‌های متوسط استفاده می‌شود.

در شکل (۶-۲) انواع پروانه‌های (چرخ‌های) پمپ‌های گریز از مرکز نمایش داده شده‌اند.



شکل ۶-۲- انواع پروانه‌های پمپ گریز از مرکز

۶-۶- مشخصات اصلی پمپ‌های گریز از مرکز

- قیمت ارزان واحد پمپ نسبت به یک کیلووات قدرت مفید تولیدی.
- جریان سیال به‌طور یک‌نواخت و دائم می‌باشد.
- فضای کم‌تری را متناسب با قدرت تولیدی اشغال می‌کنند.
- هزینه نگهداری نسبتاً کمی دارند.
- راندمان بالایی در فرآیندها دارند.
- چون این نوع پمپ‌ها از نظر دبی و ارتفاع تولیدی گستره وسیعی دارد، دامنه کاربرد آن‌ها در پروژه‌های صنعتی، کشاورزی و آبرسانی فوق‌العاده بالا است.

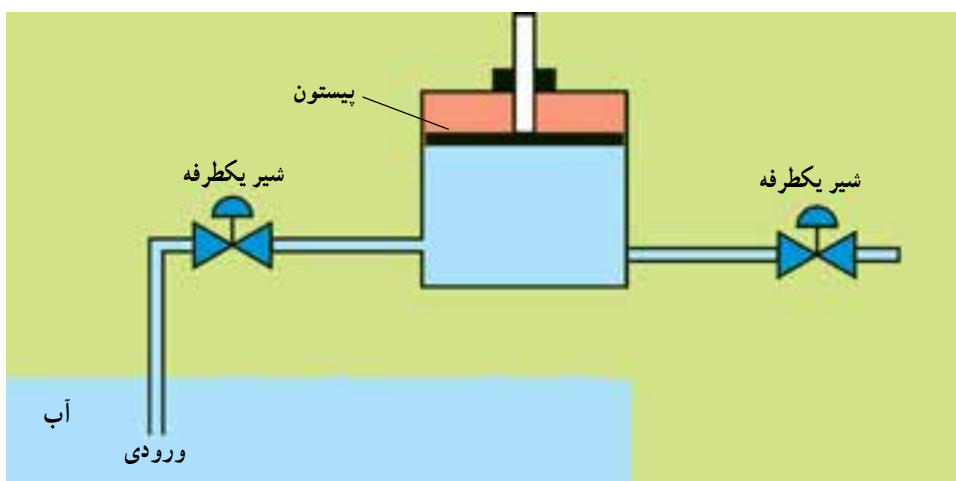
^۱- ارتفاعی که پمپ به سیال می‌دهد Head

– حداکثر گرانروی سیال بسته به نوع پمپ از حدود ۵۲۰ تا ۷۶۰ سانتی استوک^۱ نمی تواند تجاوز نماید. برای بیش از این حدود و سیالات با گرانروی بالا از پمپ های جابه جایی استفاده می شود.

۶-۷- پمپ های رفت و برگشتی^۲

از قدیمی ترین انواع پمپ ها که هنوز هم در صنعت استفاده می شود پمپ رفت و برگشتی می باشد. در این پمپ ها حرکت چرخشی میل لنگ به حرکت رفت و برگشتی پیستون در یک سیلندر تبدیل می شود.

با عقب رفتن پیستون در سیلندر مکش ایجاد و مایع از طریق شیر ورودی وارد محفظه سیلندر می شود. با حرکت پیستون به سمت جلو دریچه ورود بسته و مایع از طریق شیر خروجی خارج می شود. شیرهای ورودی، خروجی یک طرفه بوده و طوری ساخته شده اند که در مراحل رفت و آمد پیستون، از ورود مایع داخل سیلندر به قسمت فشار کم و بالعکس جلوگیری شود شکل ۶-۳ یک پمپ رفت و برگشتی را نمایش می دهد.



شکل ۶-۳- شماتیک ساده یک پمپ پیستونی

۶-۸- مشخصات اصلی پمپ های رفت و برگشتی

- فشار خروجی بسیار بالا
- سرعت کم
- ظرفیت کم تا متوسط (حداکثر ۲۰۰ مترمکعب در ساعت)
- جریان غیر یک نواخت

^۱ Centistock

^۲ Reciprocating pumps

- راندمان بالا در صورت سرویس مرتب
- گران بودن نسبت به پمپ‌های گریز از مرکز

۹-۶- کاویتاسیون^۱ (حفره‌زایی)

آب یا هر مایع دیگر، در هر درجه حرارتی دارای فشار بخار مشخصی است به عنوان مثال فشار بخار آب در کنار دریا در 10°C درجه سلسیوس برابر یک اتمسفر است و در 20°C درجه سلسیوس $2/0$ اتمسفر است.

هر گاه در حین جریان مایع در داخل یک پمپ، فشار در نقطه‌ای از فشار بخار مایع در درجه حرارت مربوطه کم‌تر شود، حباب‌های بخاری به وجود می‌آید که به همراه مایع به نقطه‌ای دیگر با فشار بالاتر حرکت می‌نمایند. اگر در محل جدید فشار مایع به اندازه کافی زیاد باشد حباب‌های بخار در این محل می‌ترکند و در نتیجه ذراتی از مایع از مسیر اصلی خود منحرف می‌شوند و با سرعت‌های فوق‌العاده زیاد به اطراف و از جمله پروانه برخورد می‌نمایند. در چنین مکانی، بسته به شدت برخورد، سطح پروانه خورده و متخلخل می‌شود. این پدیده را کاویتاسیون می‌نامند. کاویتاسیون همواره با صداهای منقطع شروع می‌شود و سپس در صورت تداوم کاهش فشار دهانه ورودی پمپ، بر شدت این صداها افزوده می‌شود.

صداهای کاویتاسیون مخصوص و مشخص می‌باشد و شبیه به برخورد گلوله‌هایی به یک سطح فلزی است. همزمان با تولید این صدا پمپ نیز به ارتعاش درمی‌آید. در نهایت این صداهای منقطع به صداهایی شدید و دائمی مبدل می‌شود و دبی ورودی پمپ به شدت کاهش می‌یابد یا قطع می‌شود. در پمپ‌هایی که در آن‌ها سرعت دورانی یا دبی تولیدی با درجه حرارت بالا باشد پدیده کاویتاسیون حتی در یک زمان کوتاه می‌تواند ضایعات شدیدی را موجب شود.

خودآزمایی

- ۱- در انتخاب نوع پمپ چه مشخصاتی مدنظر قرار می‌گیرند؟
- ۲- پمپ‌ها به چند دسته تقسیم می‌شوند برای هر کدام دو نمونه نام ببرید.
- ۳- اجزای پمپ گریز از مرکز کدامند؟
- ۴- پمپ‌های گریز از مرکز به چند دسته تقسیم می‌شوند؟
- ۵- مشخصات پمپ گریز از مرکز و رفت و برگشتی را بنویسید هر کدام سه مورد.