جدول ۵ــ۱ــ 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. به‌عنوان مثال، چگالی برخی از مواد در جدول (۵ــ۱) آمده است.

واحد چگالی در دستگاه C.G.S به صورت گرم بر سانتی‌متر مکعب می‌باشد.

مثال ۵ ــ۱ــ جرم گلوله‌ای از آلومینیم ۲۷ گرم و حجم آن ۱۰ سانتی‌متر مکعب است چگالی آن را حساب کنید.

فرضیات: $m = ۲۷g$

$V = ۱۰cm^۳$

حل: $\rho = \frac{m}{V} = \frac{۲۷g}{۱۰cm^۳} = ۲/۷g/cm^۳$

مثال ۵ ــ۲ــ یک قطعه فلز به جرم ۷۲ گرم و به حجم $۹cm^۳$ در اختیار داریم. چگالی فلز را برحسب $g/cm^۳$ و $kg/m^۳$ به‌دست آورید.

حل: $\rho = \frac{m}{V} = \frac{۷۲g}{۹cm^۳} = ۸g/cm^۳$

برای قسمت دوم از روش نردبانی استفاده می‌کنیم.

$$\frac{۸g}{cm^۳} \left| \frac{۱kg}{۱۰۰۰g} \right| \frac{(۱۰۰)^۳cm^۳}{۱m^۳} = ۸۰۰۰kg/m^۳$$

۵ــ۳ــ 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.

$$\text{چگالی نسبی} = d = \frac{\rho_2}{\rho_1} \quad \text{معادله (۵ــ۴)}$$

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

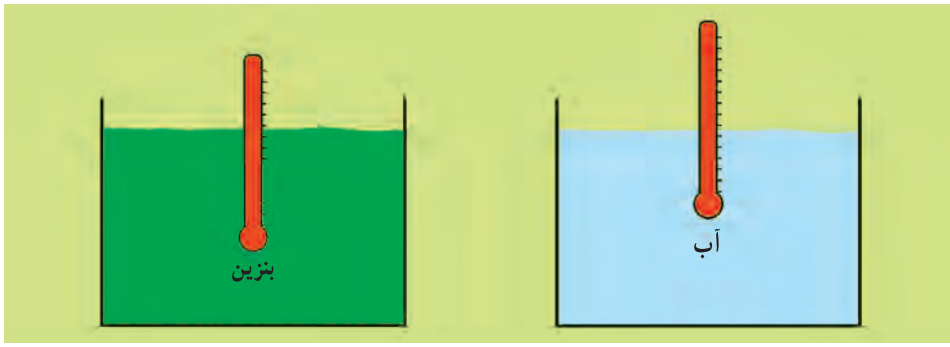
مثال ۵ــ۳ــ چگالی نسبی جیوه نسبت به آلومینیم تقریباً ۵ است. اگر چگالی آلومینیم $۲/۷ g/cm^3$ باشد چگالی جیوه چه‌قدر خواهد بود؟

حل:

$$d = \frac{\rho_2}{\rho_1} \Rightarrow ۵ = \frac{\rho_2}{۲/۷} \Rightarrow \rho_2 = ۱۳/۵ g/cm^3$$

۵ــ۴ــ چگالی سنج

چگالی سنج دستگاه بسیار ساده‌ای دارد که بر مبنای قانون ارشمیدس ساخته شده است و برای اندازه‌گیری چگالی مایعات به‌کار 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 ۵ــ۲ شرح داد.



شکل ۵ــ۲ــ 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

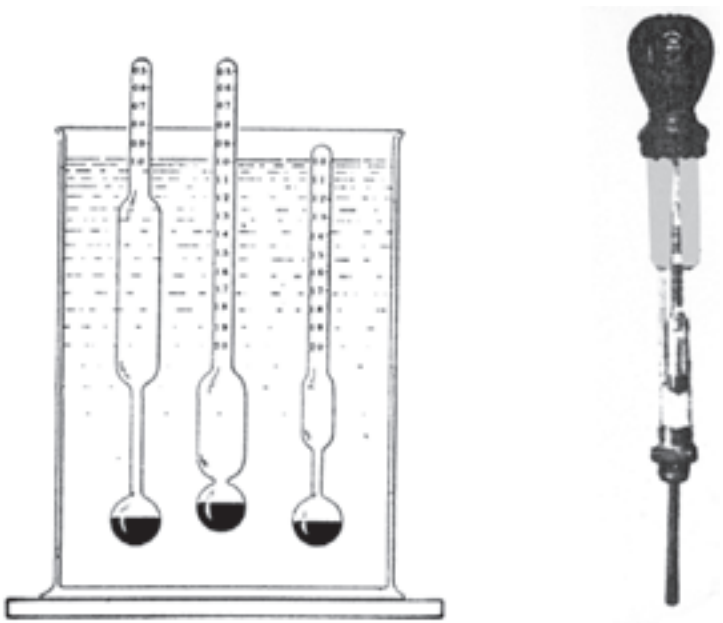
۱ــ Specific Gravity, Relative Density, Gas Gravity

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 ازلوله 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 چگالی‌سنج کمک می‌کند تا این ابزار هنگام شناوری به‌طور قائم بایستد. معمولاً لوله چگالی‌سنج را خیلی باریک درنظر می‌گیرند تا به حساسیت آن افزوده شود و با کوچک‌ترین تغییری در چگالی مایع، تفاوت قابل مشاهده‌ای در ارتفاع چگالی‌سنج 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 چگالی‌سنج قدرت باتری را معین نمود. چگالی نسبی اسید یک باطری کاملاً شارژ شده، ۱/۲۸ است و وقتی باتری کاملاً خالی یا دشارژ شود، چگالی نسبی اسید آن تا ۱/۱۵ کاهش می‌یابد.

هم‌چنین می‌توان چگالی‌سنج 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 ــ۳ چند نمونه چگالی‌سنج نمایش داده شده است.



شکل ۵ ــ۳ــ چند نمونه چگالی سنج

خودآزمایی

۱ــ ثابت کنید :

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

ب) چرا چگالی نسبی واحد ندارد؟

۲ــ اگر چگالی چوب $0/5\,g/cm^3$ باشد جرم $2\,cm^3$ و $10\,cm^3$ آن چند گرم است؟

۳ــ جرم یک بطری خالی $70\,g$ و جرم بطری پر از آب $90\,g$ است هنگام پر بودن از مایع دیگری جرم $94\,g$ می‌شود. چگالی مایع دوم چه‌قدر است؟

۴ــ چگالی طلا $19\,g/cm^3$ است حجم ۹۵ گرم طلا چه‌قدر است؟

۵ ــ جرم شخصی در کره زمین $82\,kg$ است در کره ماه چه وزنی دارد؟ چه جرمی دارد؟

شتاب جاذبه زمین $= 9/8\,m/s^2$

شتاب جاذبه ماه $= 1/6\,m/s^2$

فصل ششم

پمپ‌ها

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

۱ــ پمپ را تعریف کند.

۲ــ انواع پمپ و کاربردهایشان را توضیح دهد.

۳ــ طرز کار پمپ‌ها را توضیح دهد.

۶ــ۱ــ تعریف پمپ

به‌طور 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 سیّال به یک ارتفاع معین و یا حرکت سیّال سیستم‌های لوله‌کشی و به‌طور کلی انتقال سیال از یک نقطه به نقطه دیگر استفاده می‌شود.

میزان افزایش فشاری را که پمپ به سیال می‌دهد، «هِد[1] پمپ» می‌گویند.

۶ــ۲ــ انتخاب انواع پمپ

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

۶ــ۳ــ تقسیم‌بندی پمپ‌ها

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

۱ــ پمپ‌های دینامیکی[2]: پمپ‌هایی که انتقال انرژی از آن‌ها به سیّال به‌طور دائمی انجام

۱ــ Head ۲ــ Dynamic pump

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

۲ــ پمپ‌های جابه‌جایی[۱]: پمپ‌هایی که انتقال انرژی از آن‌ها به سیّال به‌صورت متناوب صورت می‌گیرد را پمپ‌های جابه‌جایی می‌نامند. پمپ‌های پیستونی (رفت و برگشتی) از انواع پمپ‌های جابه‌جایی هستند.

جدول ۶ــ۱ تقسیم‌بندی پمپ‌ها را به‌طور کلی انجام داده است.

۶ــ۴ــ 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 :

۱ــ لوله ورودی یا قسمت مکش[۳]

۲ــ لوله خروجی یا قسمت رانش[۴](تخلیه)

۳ــ پوسته پمپ

۴ــ چرخ یا پروانه پمپ[۵]

شکل ۶ــ۱ ساختمان داخلی یک پمپ گریز از مرکز را نمایش می‌دهد.

۶ــ۵ــ تقسیم‌بندی پمپ‌های گریز از مرکز

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

۱ــ پمپ‌های گریز از مرکز با جریان شعاعی[۶]

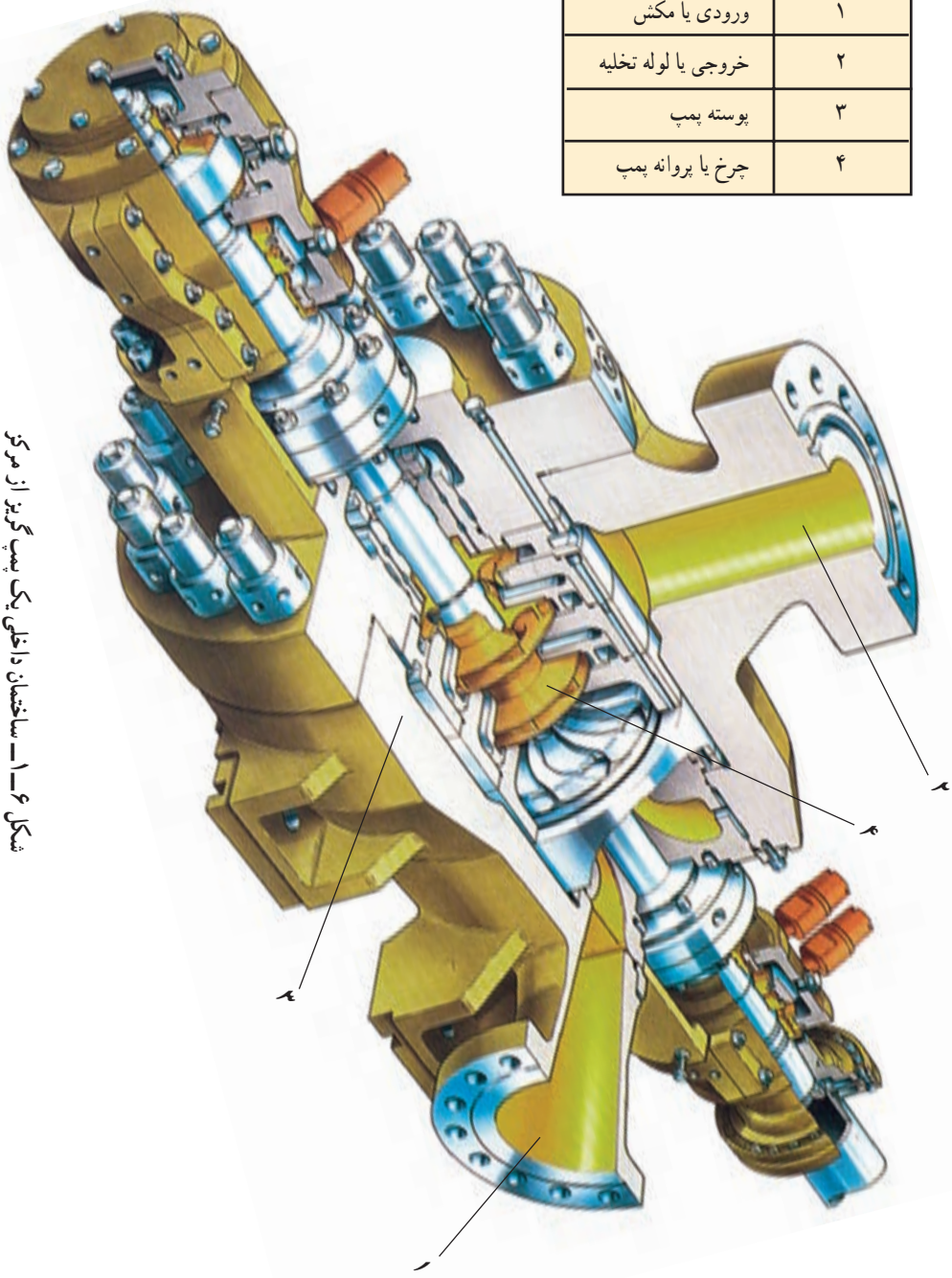
۲ــ پمپ‌های گریز از مرکز با جریان محوری[۷]

۳ــ پمپ‌های گریز از مرکز با جریان مختلط[۸]

در نوع اول، سیّال 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.

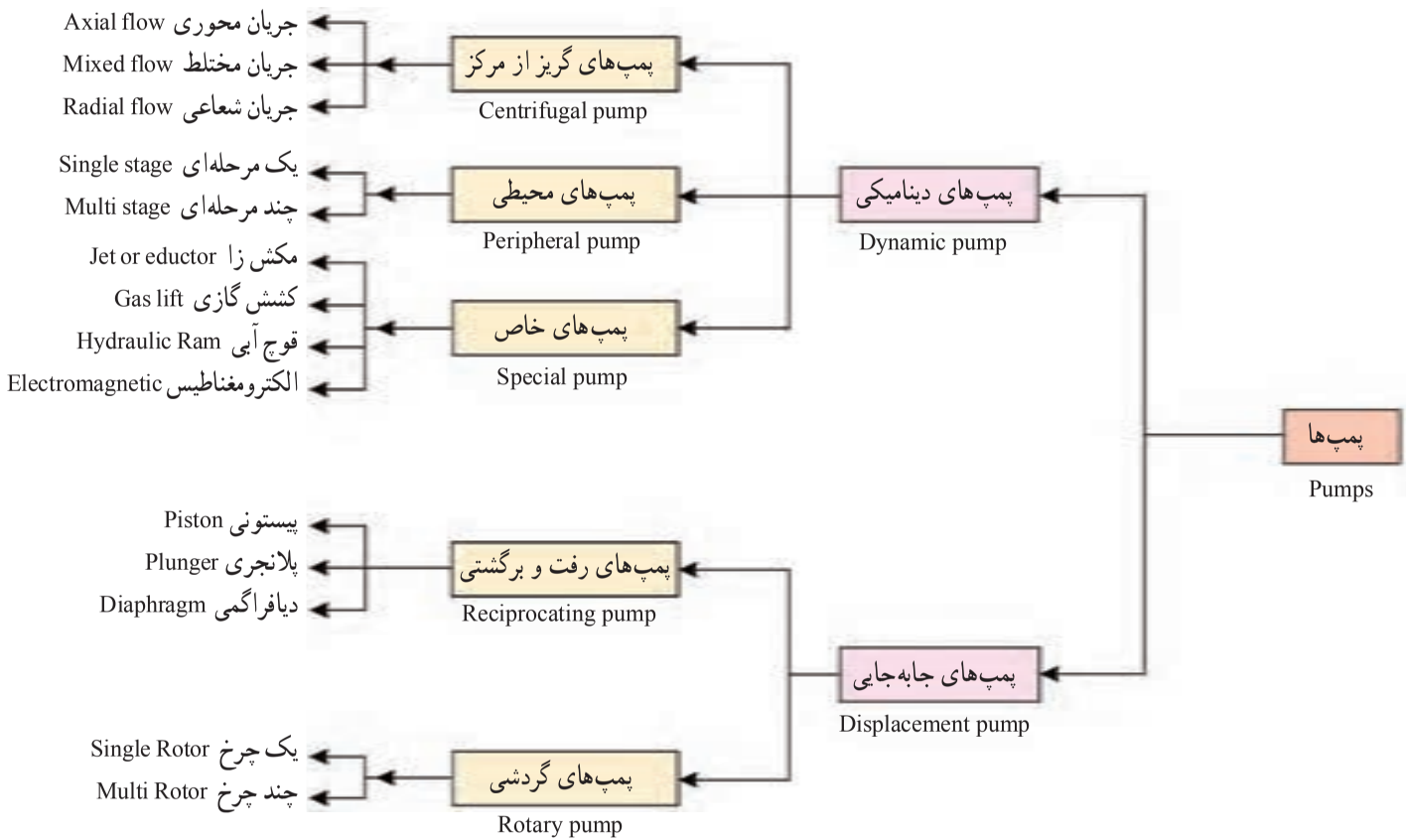
۱ــ Displacement pump
۲ــ Centrifugal pump
۳ــ Suction
۴ــ Discharge
۵ــ Impeller
۶ــ Radial flow
۷ــ Axial flow
۸ــ Mixed flow

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



شکل ۶ــ۱ــ ساختمان داخلی یک پمپ گریز از مرکز

جدول ۶ــ۱ــ تقسیم‌بندی پمپ‌ها



در نوع دوم سیّال موازی با محور وارد پروانه شده و موازی با آن نیز خارج می‌شود. از این نوع پمپ برای تولید دبی‌های زیاد و ارتفاع‌های کم[1] استفاده می‌شود.

در نوع سوم سیّال 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 (۶ــ۲) انواع پروانه‌های (چرخ‌های) پمپ‌های گریز از مرکز نمایش داده شده‌اند.

شکل ۶ــ۲ــ انواع پروانه‌های پمپ گریز از مرکز

۶ــ۶ــ مشخصات اصلی پمپ‌های گریز از مرکز

ــ قیمت ارزان واحد پمپ نسبت به یک کیلووات قدرت مفید تولیدی.

ــ جریان سیّال به‌طور یک‌نواخت و دائم می‌باشد.

ــ فضای کم‌تری را متناسب با قدرت تولیدی اشغال می‌کنند.

ــ هزینه نگهداری نسبتاً کمی دارند.

ــ راندمان بالایی در فرآیندها دارند.

ــ 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.

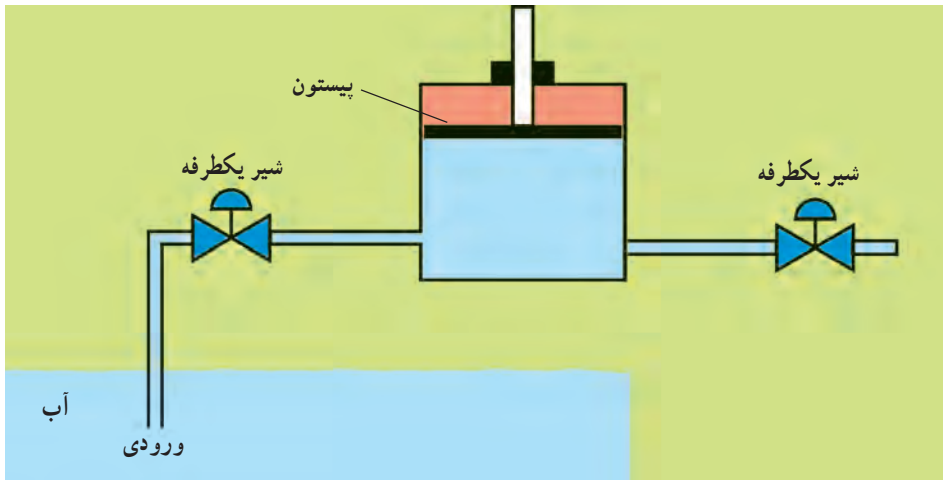
۱ــ ارتفاعی که پمپ به سیال می‌دهد Head

ـ حداکثر گرانروی سیّال بسته به نوع پمپ از حدود ۵۲۰ تا ۷۶۰ سانتی‌استوک[1] نمی‌تواند تجاوز نماید. برای بیش از این حدود و سیالات با گرانروی بالا از پمپ‌های جابه‌جایی استفاده می‌شود.

۶ـ۷ـ پمپ‌های رفت و برگشتی[2]

از قدیمی‌ترین انواع پمپ‌ها که هنوز هم در صنعت استفاده می‌شود پمپ رفت و برگشتی می‌باشد. در این پمپ‌ها حرکت چرخشی میل‌لنگ به حرکت رفت و برگشتی پیستون در یک سیلندر تبدیل می‌شود.

با عقب رفتن پیستون در سیلندر مکش ایجاد و مایع از طریق شیر ورودی وارد محفظه سیلندر می‌شود. با حرکت پیستون به سمت جلو دریچه ورود بسته و مایع از طریق شیر خروجی خارج می‌شود. شیرهای ورودی، خروجی یک‌طرفه بوده و طوری ساخته شده‌اند که در مراحل رفت و آمد پیستون، از ورود مایع داخل سیلندر به قسمت فشار کم و بالعکس جلوگیری شود شکل ۶ـ۳ یک پمپ رفت و برگشتی را نمایش می‌دهد.



شکل ۶ـ۳ـ شماتیک ساده یک پمپ پیستونی

۶ـ۸ـ مشخصات اصلی پمپ‌های رفت و برگشتی

ـ فشار خروجی بسیار بالا
ـ سرعت کم
ـ ظرفیت کم تا متوسط (حداکثر ۲۰۰ مترمکعب در ساعت)
ـ جریان غیر یک‌نواخت

۱ـ Centistock ۲ـ Reciprocating pumps

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

۶ـ۹ـ 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 ۱۰۰ درجه سلسیوس برابر یک اتمسفر است و در ۲۰ درجه سلسیوس ۰/۲ 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 به‌وجود 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 ازجمله 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 یا درجه حرارت بالا باشد پدیده کاویتاسیون حتی در یک زمان کوتاه می‌تواند ضایعات شدیدی را موجب شود.

خودآزمایی

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

۱ـ Cavitation