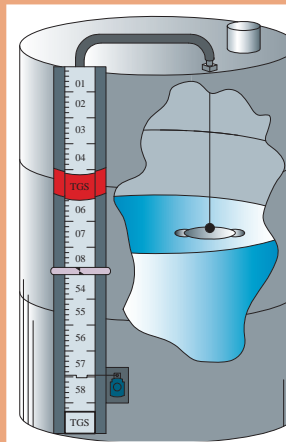


## پودمان ۵

### اندازه‌گیری، ثبت و کنترل ارتفاع سطح مواد



اندازه‌گیری ارتفاع سطح مایع و جامد یکی از مهم‌ترین اندازه‌گیری‌ها در صنایع شیمیایی می‌باشد. اندازه‌گیری دقیق و مداوم ارتفاع سطح مواد موجود در سیلوهای گندم، مخازن صادراتی نفتی، کشتی‌ها و ... بسیار اهمیت دارد. بدین منظور سطح سنج‌ها با دقت‌های مختلف طراحی شده‌اند.

## واحد یادگیری ۵

### اندازه‌گیری، ثبت و کنترل ارتفاع سطح مواد

#### مقدمه

اندازه‌گیری ارتفاع سطح مواد و کنترل آن یکی از مهم‌ترین اندازه‌گیری‌ها در صنایع شیمیایی نظیر نفت، پتروشیمی و ... می‌باشد. مواد می‌توانند به صورت جامد، مایع و یا چند مایع با چگالی‌های مختلف باشند. با اندازه‌گیری ارتفاع سطح مواد در مخازن و برخی از دستگاه‌های فرایندی، علاوه بر اطلاع از وجود مواد در ارتفاع خاص، کنترل جداسازی فازهای مواد، واکنش‌های شیمیایی، تأمین ایمنی فرایند و جلوگیری از سرریز شدن یا تخلیهٔ مواد صورت می‌پذیرد. انتخاب سطح‌سنج‌ها بر اساس عواملی نظیر نوع ماده، شرایط دما و فشار و محدودهٔ تغییرات ارتفاع، صورت می‌گیرد.

#### استاندارد عملکرد

به کارگیری محاسبات و اندازه‌گیری ارتفاع سطح سیال و کنترل آن مطابق دستور کار

#### شایستگی‌های غیر فنی

- ۱ اخلاق حرفه‌ای: حضور منظم و وقت‌شناسی - انجام وظایف و کارهای محوله - پیروی از قوانین
- ۲ مدیریت منابع: شروع به کار به موقع - مدیریت مؤثر زمان - استفاده از مواد و تجهیزات
- ۳ کار گروهی: حضوری فعال در فعالیت‌های گروهی - انجام کارها و وظایف محوله
- ۴ مستندسازی: گزارش‌نویسی فعالیت‌های کارگاهی
- ۵ محاسبه و کار بست ریاضی: انجام مثال‌ها و تمرین‌ها با کمک فرمول و محاسبات ریاضی

#### پس از اتمام این واحد یادگیری هنر جویان قادر خواهند بود:

- ۱ مفاهیم و محاسبات در اندازه‌گیری ارتفاع سطح مواد را به کار گیرند.
- ۲ ارتفاع سطح مواد را اندازه‌گیری نمایند.
- ۳ ارتفاع سطح یک مخزن را کنترل نمایند.

## اندازه‌گیری ارتفاع سطح مواد

بحث‌گروهی



آیا تاکنون عمق آب یک مخزن یا استخر را اندازه گرفته‌اید؟ با چه روش‌هایی این کار را انجام می‌دهید؟

معمولاً در بیشتر صنایع، از تجهیزات ابزار دقیق برای اندازه‌گیری چهار متغیر دما، فشار، دبی جریان و ارتفاع سطح مواد موجود در مخازن استفاده می‌شود. به طور کلی سامانه کنترل و ابزار دقیق به عنوان مغز متفکر یک صنعت، متضمن ایمنی و کنترل بهینه فرایند است. اندازه‌گیری ارتفاع سطح مایع و جامد یکی از مهم‌ترین اندازه‌گیری‌ها در صنایع مختلف می‌باشد. اندازه‌گیری ارتفاع سطح مایع یکی از مواردی است که هم در زندگی روزمره و هم در صنعت اهمیت زیادی دارد. اگر مخازن، شیشه‌ای باشند، سطح سیال موجود در آنها قابل دید بوده و ارتفاع آن به راحتی اندازه‌گیری می‌شود. ولی در صنعت، بیشتر تجهیزات و مخازن، مات و فلزی هستند که به منظور اندازه‌گیری ارتفاع سطح سیال درون آن از وسیله‌ای به نام سطح‌سنج<sup>۱</sup> استفاده می‌گردد.

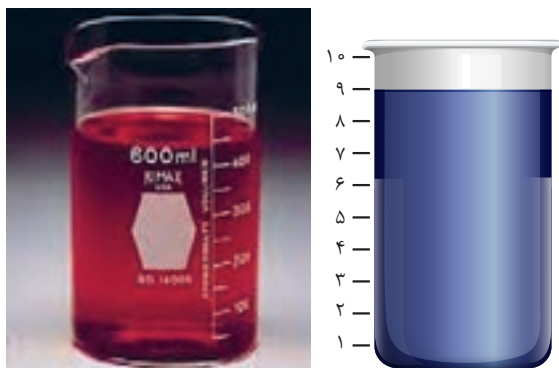


شکل ۱- نمایی از یک سطح‌سنج برای سنجش ارتفاع سطح آب

یکی از نمونه‌های بارز اهمیت سطح‌سنج در صنعت، کاربرد آن در ظروف دو فازي جداساز نفت و گاز است. در این جداسازها، وجود سامانه کنترل ارتفاع سطح نفت ضروری است، زیرا در غیر این صورت ممکن است دو مشکل به وجود آید: ۱- افزایش سطح نفت و خروج نفت به همراه گاز از بالای ظرف جداساز. ۲- کاهش سطح نفت و خروج گاز به همراه نفت از پایین ظرف، که این دو مسئله، جداسازی نامناسب نفت و گاز و تولید محصول بی کیفیت را به همراه دارد.

## مفهوم سطح مواد

منظور از سطح مواد، ارتفاع یا عمق مواد از کف مخزن تا راستای سطح آزاد آن می‌باشد. سطح آزاد، سطحی است که مواد در آنجا با هوای بیرون در تماس هستند. برای بیان سطح مواد درون مخزن معمولاً از یک درجه‌بندی که متناسب با اندازه و شکل مخزن است، استفاده می‌گردد (شکل ۲). سطح‌سنج در هر لحظه، درصدی از مخزن را که توسط مواد اشغال شده است، نشان می‌دهد. در مواقعی، به جای نشان دادن ارتفاع سطح مواد از حجم مواد استفاده می‌شود.



شکل ۲- درجه‌بندی ارتفاع سطح سیال

نمونه‌هایی از سطح‌سنج و کنترل سطح مایعات را در زندگی روزمره نام ببرید.

پرسش



آیا می‌دانید عمیق‌ترین اقیانوس چه نام دارد؟ فکر می‌کنید عمق اقیانوس‌ها را چگونه اندازه‌گیری می‌کنند؟

تحقیق کنید



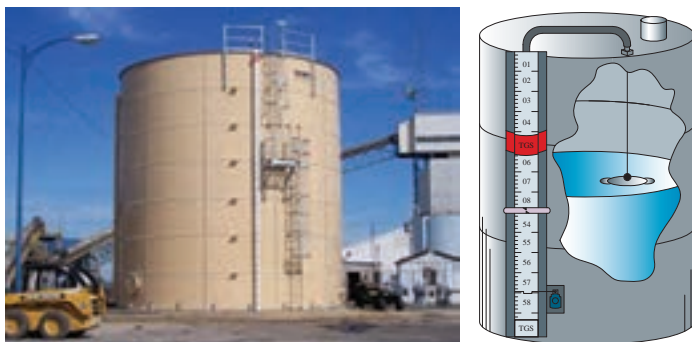
## سطح‌سنج

به چه دلایلی از سطح‌سنج استفاده می‌گردد؟

بحث گروهی



استفاده از سطح‌سنج برای تعیین مقدار دقیق و مداوم حجم یا وزن مواد موجود در مخازن ذخیره، یکی از مهم‌ترین روش‌ها است. در شکل ۳ نمایشگر سطح به موازات تانک نصب شده و به صورت مدرج سطح مواد را نشان می‌دهد. مخازن نگهداری مواد هر چند از روش‌های کنترلی دیگری نیز در صنایع استفاده می‌گردد، ولی این روش قابل اعتمادتر بوده و از دقت بالایی برخوردار است. اندازه‌گیری مقدار دقیق و مداوم ارتفاع سطح مواد موجود در مخازن ذخیره، مخازن صادراتی واقع در پایانه‌های صادرات مواد نفتی، کشتی‌ها و همچنین مخازن موجود در پالایشگاه‌ها، نیروگاه‌ها و واحدهای پتروشیمی، با توجه به ارزش بالای این گونه مواد، بسیار اهمیت دارد. در این شرایط، درون مخزن هیچ‌گونه واکنش شیمیایی انجام نمی‌گیرد و مواد به صورت دوره‌ای یا پیوسته به مخزن وارد و یا از آن خارج می‌گردد و همچنین همان‌طور که ذکر شد این روش اندازه‌گیری از دقت بالایی برخوردار می‌باشد.



شکل ۳- اندازه‌گیری ارتفاع سطح سیال با استفاده از سطح‌سنج در تانک ذخیره

پرسش

به نظر شما در چه صنایعی اندازه‌گیری ارتفاع سطح مواد انجام می‌گیرد؟



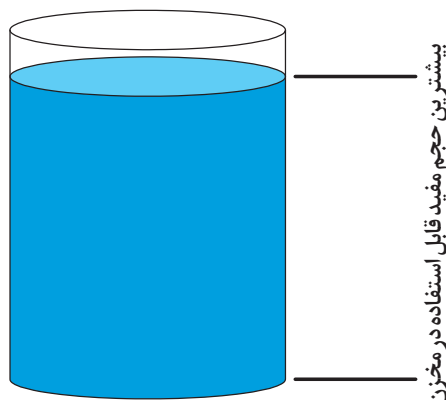
دلایل استفاده از سطح‌سنج‌ها را می‌توان به صورت زیر بیان کرد:

### ۱- انتقال مواد

در انتقال موادی مانند نفت خام، که از طریق خط لوله به مخزن نفت کش‌ها انتقال می‌یابد، توسط سطح‌سنج مقدار ماده موجود در مخزن مشخص می‌شود. با توجه به مقدار زیاد ماده جابه‌جا شده، این روش اندازه‌گیری، خطای ناچیزی دارد.

### ۲- استفاده از بیشترین حجم مفید مخازن

با تعیین ارتفاع سطح مایع داخل مخزن (تانک) توسط سطح‌سنج و مشخص بودن سطح مقطع مخزن ذخیره، حجم مایع داخل مخزن محاسبه می‌گردد. بر اساس نوع ماده ذخیره شده در مخازن از بیشترین حجم مفید آنها برای ذخیره‌سازی مواد استفاده می‌گردد. همان‌طور که در شکل ۴ نشان داده شده با قرار دادن سطح‌سنج در مخزن، این حجم مفید نشان داده می‌شود. لذا برای ذخیره‌سازی مواد، بیشترین حجم بهینه مشخص شده و بدین ترتیب دیگر نیازی به خرید تجهیز و مخازن اضافه نمی‌باشد.



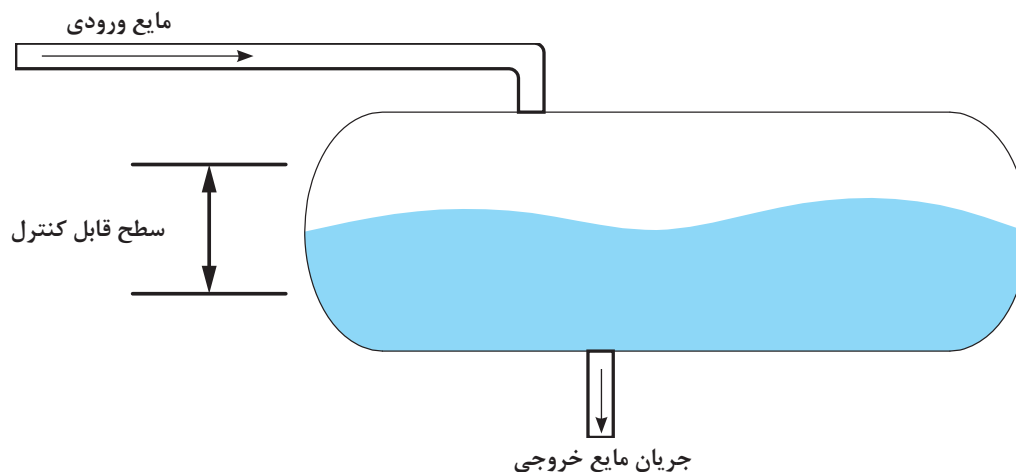
شکل ۴- استفاده از بیشترین حجم مفید مخزن با کمک سطح‌سنج

### ۳- ایمنی

زمانی که مخازن بیشتر از ظرفیت خود پر شوند، امکان سرریز شدن آنها وجود دارد و در صورتی که این مواد، بازی، اسیدی، آتش گیر و همراه با حرارت باشند، خطرات جبران ناپذیری به همراه خواهند داشت. همین طور اگر سطح مواد درون مخزن، از حد لازم پایین تر بیاید، کاهش سطح مایع ممکن است تخلیه کامل مخزن را به همراه داشته باشد و به هنگام نیاز، موجودی آن قدر کم باشد که تولید را متوقف نماید. همچنین کاهش سطح ممکن است به تجهیزات اطراف خود (نظیر وسیله انتقال دهنده مواد) صدمه برساند. بنابراین استفاده از سطح سنج، اطمینان از نگهداری مواد در سطح مناسب را به همراه دارد. جهت پی بردن به اهمیت تضمین ایمنی توسط سطح سنج‌ها، به حادثه سال ۱۹۷۹ میلادی در نیروگاه اتمی واقع در ایالت پنسیلوانیای آمریکا اشاره می‌گردد. در یکی از راکتورهای آن نیروگاه، سطح سنج مقدار آب داخل راکتور را نزدیک به بالاترین سطح در راکتور و آماده برای سرریز شدن نشان داد. به دلیل مسائل ایمنی و مخاطرات آب موجود در داخل راکتور، ساکنین نزدیک نیروگاه مجبور به ترک منازل و خروج از منطقه مسکونی شدند. در پایان مشخص شد که فعال شدن سطح سنج نصب شده در بالای مخزن، به دلیل پر شدن مخزن نبوده، بلکه بر عکس، مقدار کم آب درون مخزن، موجب پرش و برخورد ذرات جوشان آب به حسگر اندازه گیری ارتفاع سطح مایع و فعال شدن اشتباه آن شده است. این مثال اهمیت به کارگیری و انتخاب مناسب سطح سنج را نشان می‌دهد.

### ۴- ثابت نگاه داشتن مقدار ماده داخل مخزن<sup>۱</sup>

در فرایندهایی که نگهداری ثابت مقدار ماده موجود در مخزن مد نظر است، میزان ورودی و خروجی مواد به مخزن از طریق سطح سنج قابل کنترل می‌باشد. به طور مثال می‌توان به ظروف نگهداری مواد که در میان واحدهای فرایندی هستند، اشاره کرد. در صنعت می‌توان به کاربرد ظروفی که تلاطم سیال<sup>۲</sup> را کنترل می‌کنند تا فازهای سیال فرصت جدا شدن را پیدا نمایند، اشاره نمود. این مخازن می‌بایستی در مدت زمان مشخصی سیال را در خود نگه دارند (شکل ۵).



شکل ۵- ثابت نگاه داشتن مایع داخل مخزن از طریق کنترل ارتفاع آن

۱- Consistent Supply

۲- Surge Drum

## عوامل تأثیرگذار در انتخاب نوع سطح‌سنج

اولین نکته در انتخاب سطح‌سنج، آن است که آیا امکان تماس آن با مواد داخل مخزن وجود دارد یا خیر. در این شرایط بسته به نوع ماده از نظر حالت گاز، مایع و جامد بودن، باید قرار گرفتن سطح‌سنج در داخل مخزن بررسی شود. به عنوان مثال در شرایطی که وجود ذرات جامد یا گل‌ولای همراه با مواد است، در صورتی که سطح‌سنج در داخل مخزن نصب شود، لازم است آسیب‌های وارده به آن به دلیل تماس و آلودگی با مواد، بررسی گردد. همچنین در مخزنی که سطح‌سنج در آن قرار گرفته است، در صورت نیاز به تعمیرات مخزن، وجود سطح‌سنج نباید مانع از تعمیرات گردد. میزان تلاطم سطح مایعی که در بالاترین ارتفاع سطح مخزن قرار می‌گیرد نیز، قبل از تعیین و انتخاب نوع سطح‌سنج باید مورد بررسی قرار گیرد. همچنین میزان کمینه و بیشینه فشار، دمای واقعی مخزن، محدوده اندازه‌گیری و دقت سطح مورد نظر نیز در انتخاب سطح‌سنج تأثیرگذار است.

**برای انتخاب نوع سطح‌سنج، عوامل زیر باید در نظر گرفته شوند:**

- محدوده تغییرات ارتفاع سطح مایع
- خصوصیات فیزیکی مواد مانند چگالی
- تمیز یا کثیف بودن مایع
- میزان بخارات یا ذرات جامد موجود در مواد
- خوردگی مواد
- تمایل مایع به رسوب‌دهی بر روی دیواره ظرف یا وسیله اندازه‌گیری
- دما و فشار فرایند
- ترکیب شیمیایی مواد
- قوانین زیست‌محیطی
- وجود رطوبت

به عنوان مثال تعداد دستگاه‌هایی که برای اندازه‌گیری ارتفاع سطح مایعات تمیز و با گرانش پایینی می‌توان انتخاب نمود، بیشتر از دستگاه‌هایی است که می‌توان برای محلول‌های دوغابی با گرانش بالا انتخاب کرد. علاوه بر شرایطی که ذکر شد، ساختار مخزن و نوع واکنش‌هایی که در آن انجام می‌گردد نیز در انتخاب نوع سطح‌سنج مؤثر است.

**مخازن از نظر ساختاری به دو دسته کلی تقسیم‌بندی می‌گردند:**

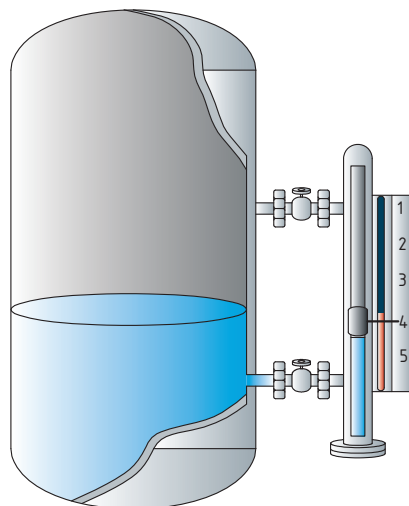
### - مخازن با تجهیزات داخلی

مانند مخلوط‌کن‌ها، برج‌های جذب، دفع، تقطیر و راکتورهای شیمیایی که در آنها واکنش شیمیایی رخ داده و نوع سطح‌سنج با در نظر گرفتن این شرایط انتخاب می‌گردد.

### - مخازن بدون تجهیزات داخلی

مانند تانک‌های ذخیره و ظروف جداسازی که در این نوع تانک‌ها، معمولاً سیال در حال سکون بوده و فقط تحت تأثیر دما و فشار است (شکل ۶).

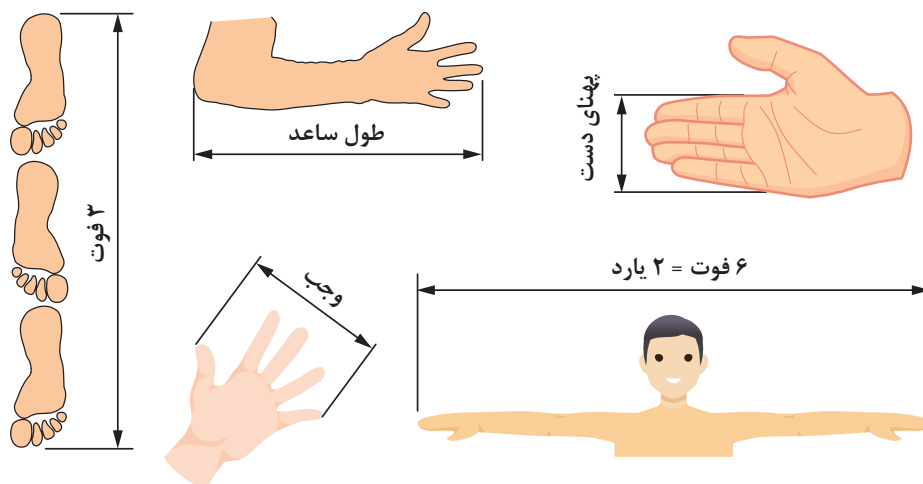
در این ظروف زمان اقامت سیال، بیش از چند دقیقه به طول نمی‌انجامد و هر جا که شرایط مخزن بر عملکرد حسگر سطح‌سنج تأثیرگذار باشد، این شرایط نیز باید در نظر گرفته شود.



شکل ۶ - اندازه‌گیری ارتفاع سطح مایع داخل مخزن بدون تجهیزات داخلی

## یکاهای ارتفاع سطح مواد و تبدیل آنها به یکدیگر

از دیرباز بشر برای اندازه‌گیری طول، عرض و ارتفاع از ابزارهای قابل دسترس خود استفاده می‌نموده، که طبیعتاً این ابزار می‌توانست اعضای بدن مثل دست و پا باشد. با گذشت زمان و توسعه جامعه بشری و تغییر نیازهای داد و ستد، این نوع ابزارها کفایت نمی‌کردند. از طرفی اندازه دست و پای افراد با یکدیگر متفاوت بود. به همین دلیل برای اندازه‌گیری کمیته‌ی مانند ارتفاع مشکلات فراوانی ایجاد می‌شد. لذا وجود یک استاندارد معین برای اندازه‌گیری ضروری به نظر می‌رسید (شکل ۷).



شکل ۷ - نمونه‌هایی از شاخص‌های اندازه‌گیری طول



یودمان پنجم - اندازه‌گیری، ثبت و کنترل ارتفاع سطح مواد

در جدول ۱ تبدیل یكاهای مختلف ارتفاع سطح مواد نشان داده شده است.

جدول ۱- تبدیل یكاهای مختلف ارتفاع سطح مواد

۱۰۰۰ میلی‌متر	۱ متر
۱۰۰ سانتی‌متر	۱ متر
۰/۳۳۳ یارد	۱ فوت
۱۲ اینچ	۱ فوت
۰/۳۰۵ متر	۱ فوت
۲/۵۴ سانتی‌متر	۱ اینچ

### مثال

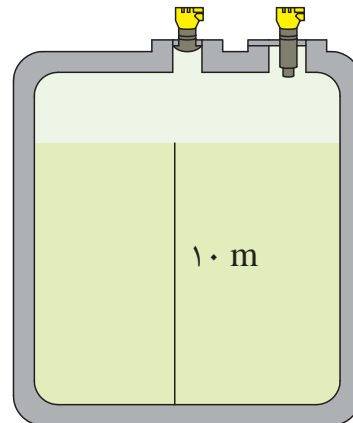
ارتفاع سیال حاوی برش‌های سنگین نفتی در مخزن ذخیره‌ای مشابه شکل زیر، به ۱۰ متر می‌رسد. این مقدار معادل چند سانتی‌متر، چند فوت و چند اینچ می‌باشد؟

ارتفاع سیال = h

$$h(\text{cm}) = 10 \text{ m} \times \frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}} = 1000 \text{ cm}$$

$$h(\text{ft}) = 10 \text{ m} \times \frac{1 \text{ ft}}{0.305 \text{ m}} = 32.8 \text{ ft}$$

$$h(\text{in}) = 10 \text{ m} \times \frac{1 \text{ ft}}{0.305 \text{ m}} \times \frac{12 \text{ in}}{1 \text{ ft}} = 393 \text{ in}$$



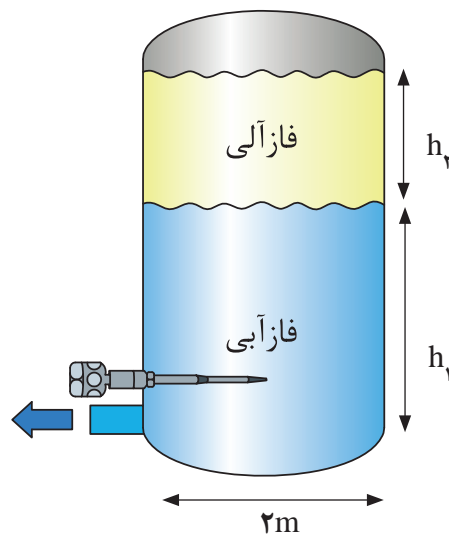
- ۱ عمق آب دریای خزر در قسمت شمالی آن به طور میانگین به ۵ متر می‌رسد، این عمق در سامانه انگلیسی معادل چند فوت است؟
- ۲ حجم آب داخل استخری ۷۵۰۰ مترمکعب است. طول این استخر ۵۰ متر و عرض آن ۲۵ متر است. عمق آب داخل استخر را بر حسب یکاهای متر و اینچ محاسبه نمایید؟



- ۳ در یک ظرف جداساز سیالات دو فاز (شکل زیر)، حجم فاز آبی موجود در مخزن ۱۳ متر مکعب و فاز آلی ۵ مترمکعب است. قطر مخزن ۲ متر می‌باشد. ارتفاع سیال‌های آلی و آبی در این مخزن چند متر و چند سانتی‌متر می‌باشد؟

ارتفاع سطح فاز آبی =  $h_1$

ارتفاع سطح فاز آلی =  $h_2$



## روش‌های اندازه‌گیری ارتفاع سطح مواد

سطح‌سنج‌های مورد استفاده در صنعت، به سه روش، اندازه‌گیری ارتفاع سطح مواد را انجام می‌دهند:

- سطح‌سنج‌هایی که جهت نمایش فیزیکی ارتفاع سطح مواد به کار می‌روند که به آنها نمایشگرهای سطح<sup>۱</sup> گفته می‌شوند. با کمک این نمایشگرها، سطح واقعی مواد از طریق مشاهده یا به کمک مشخصات فیزیکی مواد اندازه‌گیری می‌شود و تغییرات دما و چگالی مواد بر اندازه‌گیری سطح تأثیرگذار نمی‌باشد.
- سطح‌سنج‌هایی که سطح مواد درون مخزن را به طور پیوسته اندازه‌گیری می‌کنند و بر سطح مواد به طور پیوسته نظارت شده و هر گونه تغییری ثبت می‌گردد. این سطح‌سنج‌ها را ترانس‌میتور سطح<sup>۲</sup> می‌گویند. وظیفه ترانس‌میتور، ثبت و انتقال ارتفاع سطح مواد به اتاق فرمان برای مخازن دربسته است.
- سطح‌سنج‌های نقطه‌ای که ارتفاع سطح مواد را در یک نقطه از پیش تعیین شده بررسی می‌کنند و به این ترتیب از سرریزی و یا پایین آمدن مواد جلوگیری می‌شود.

مخزنی توسط پمپ در حال پر شدن است. سطح‌سنج به کار رفته از نوع نقطه‌ای است یا پیوسته؟

پرسش



نکته

در مدارک مهندسی و ابزار دقیق چنانچه حرف L در ابتدا ذکر گردد، نشانگر سطح است. برای معرفی نمایشگر محلی سطح از LG، برای سطح نقطه‌ای از LS و برای ترانس‌میتور سطح از LT استفاده می‌گردد.



## دستگاه‌های اندازه‌گیری ارتفاع سطح مواد

در سه روش اندازه‌گیری ارتفاع سطح مواد که پیش‌تر توضیح داده شد، ساختار دستگاه‌های سطح‌سنجی بر حسب نوع کاربرد آنها، ساده تا پیچیده می‌باشد. در نوع ساده آنها، ساختار و عملکرد دستگاه به صورت دستی - مکانیکی است، هیچ خروجی الکترونیکی برای آن تعبیه نشده و کاربر برای مشخص شدن ارتفاع سطح مواد از تجهیزات دیداری استفاده می‌نماید. این تجهیزات خودکار (اتوماتیک) نبوده و قیمت پایینی دارند.

ساختار و عملکرد گروه دیگری از این دستگاه‌ها به شکل الکترومکانیکی است و شامل بخش مکانیکی با تعدادی اجزای متحرک برای تولید یک خروجی الکترونیکی برای کنترل سطح می‌باشد و به همین دلیل به صورت خودکار از راه دور قابل کنترل هستند. بخش متحرک سطح‌سنج‌ها نیاز به نگهداری و تعمیرات مناسب دارد. بخش مکانیکی سطح‌سنج در صورتی که در تماس با روغن و یا مواد خورنده باشد، بایستی برای دوری از رسوب‌گذاری مواد روی آن، در فاصله زمانی کوتاه‌تری تمیز شوند.

در ادامه انواع دستگاه‌های مورد استفاده در سه روش نمایشگرهای سطح، سطح‌سنج‌های پیوسته و نقطه‌ای توضیح داده شده و عملکرد، مزایا و معایب تعدادی از آنها بررسی می‌شود. دسته‌بندی روش‌ها و دستگاه‌های اندازه‌گیری مطابق شکل ۸ می‌باشد.

## روش ها و دستگاه های اندازه گیری ارتفاع سطح

اندازه گیری ارتفاع سطح به صورت نقطه ای					اندازه گیری ارتفاع سطح به صورت پیوسته					نمایش فیزیکی ارتفاع سطح			
سطح سنج نوری	سطح سنج پره متحرک	سطح سنج ارتعاشی	سطح سنج خازنی	سطح سنج شناوری	سطح سنج راداری	سطح سنج راديو اکتیو	سطح سنج فراصوت	سطح سنج اختلاف فشاری	سطح سنج تغییر مکانی	سطح سنج شناوری	نمایشگر با شناور مغناطیسی	نمایشگر انعکاسی	نمایشگر شیشه ای

شکل ۸- دسته بندی روش ها و دستگاه های اندازه گیری ارتفاع سطح مواد

## نمایشگر های فیزیکی سطح

این نمایشگرها به شیشه های مدرج قابل دید (نشانه شیشه ای) و شناورهایی که به صورت مکانیکی یا الکتریکی به یک نشانگر یا وسیله هشداردهنده وصل شده تقسیم بندی می گردند. در این روش، محفظه سطح سنج به صورت موازی با مخزن نصب می گردد و از پایین با مایع درون مخزن مرتبط است و محفظه نیز تحت تأثیر فشاری برابر با فشار وارده بر سطح مایع درون مخزن است. طرح ساده این نمایشگرها در شکل ۶ آورده شده است. در ادامه توضیحات هر کدام به طور جداگانه آمده است.

### نمایشگر های شیشه ای سطح<sup>۱</sup>

ساختار این دستگاه و عملکرد آن به شکل دستی - مکانیکی است. نمایشگر سطح، لوله شیشه ای یا پلاستیکی شفاف است که به صورت ظروف مرتبطه به مخزن نصب می شود و از این رو مایع درونش با مایع درون مخزن هم ارتفاع است. با توجه به شفافیت شیشه، ارتفاع سطح مایع درون مخزن از پشت شیشه قابل مشاهده می باشد. نمایشگرها ممکن است مدرج باشند یا در کنار خود، نوار مدرجی داشته باشند (شکل ۹).



شکل ۹- نمونه ای از نمایشگر شیشه ای



شکل ۱۰- نمایشگر انعکاسی

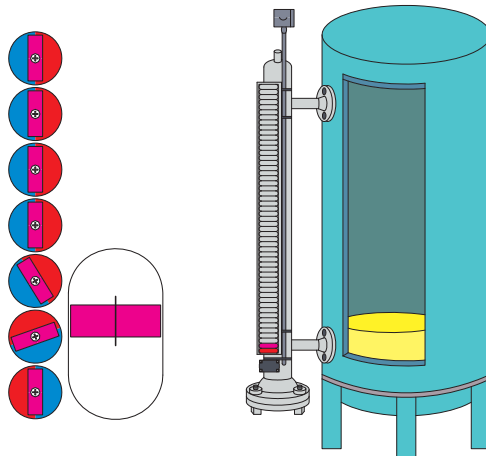
### نمایشگرهای انعکاسی<sup>۱</sup>

محفظه این نمایشگرها از شیشه‌هایی با قسمت‌های رنگی ساخته شده است. نور در بخشی که سیال وجود ندارد، شکسته شده و این قسمت روشن دیده می‌شود. در بخشی که مایع حضور دارد، نور جذب می‌شود و آن قسمت به صورت تیره است. این نمایشگرها نسبت به نمایشگرهای شیشه‌ای استحکام بیشتری دارند و محفظه آنها دارای شیشه مقاوم‌تری است (شکل ۱۰).

در نمایشگرهای شیشه‌ای و انعکاسی، مایع وارد محفظه شده و امکان شکستن محفظه و سرریز شدن آن وجود دارد، لذا از این نوع نمایشگرها در دما و فشار محدودی استفاده می‌شود. نوع اول تا فشار حدود ۱۵ psi و نوع دوم به دلیل محفظه مقاوم‌تر، تا فشار حدود ۳۵psi نیز کاربرد دارد.

### نمایشگرهای با شناورهای مغناطیسی<sup>۲</sup>

در این نوع نمایشگرها از خاصیت شناور بودن اجسام در سطح مایع استفاده می‌شود. شیوه کار به این صورت است که یک آهن‌ربا توسط شناوری در محفظه سطح‌سنج بالا و پایین می‌رود. یک ستون از آهن‌رباها در طول مسیر حرکت وجود دارد که روی هم چیده شده‌اند و یک طرف هر آهن‌ربا سفید و طرف دیگر، رنگی می‌باشد. هرگاه آهن‌ربای متصل به شناور از مقابل آنها عبور کند، بر اثر جذب و دفع قطب‌های مغناطیسی، هرکدام از این آهن‌رباها چرخیده و ارتفاع سطح مایع را نمایش می‌دهند (شکل ۱۱). سطح‌سنج مغناطیسی در مخازن آب، اسید، سوخت، دیگ‌های آب گرم و بخار و صنایع نفت، گاز و پتروشیمی کاربرد دارد.



شکل ۱۱- نمایشگر با شناور مغناطیسی

۱- Reflex Level Gauge

۲- Magnetic Float Level Gauge

## انواع سطح سنج با عملکرد پیوسته

در بررسی پیوسته سطح سنج، ارتفاع سطح ماده درون مخزن دائماً اندازه‌گیری می‌شود. انواع دستگاه‌های مورد استفاده با عملکرد پیوسته مطابق شکل ۸ شامل سطح سنج شناوری<sup>۱</sup>، تغییر مکانی، اختلاف فشاری، فراصوت (اولتراسونیک<sup>۲</sup>)، راداری، رادیواکتیو و سروموتوری<sup>۳</sup> می‌باشد که در ادامه چند نوع از آنها توضیح داده شده است:

### سطح سنج شناوری

خاصیت شناوری در اندازه‌گیری ارتفاع سطح ماده به طور پیوسته قابل استفاده است. در اندازه‌گیری پیوسته می‌توان به کمک سازوکارهایی موقعیت شناور را در هر نقطه از داخل مخزن اندازه‌گیری و به اتاق فرمان ارسال کرد. در سطح سنج‌های شناوری می‌توان از وزنه و کابل یا زنجیر استفاده نمود. در این نوع از سطح سنج‌ها یک وزنه به وسیله کابل به شناوری که درون مخزن است، متصل می‌شود.

این وزنه تعادل، هم‌زمان با بالا و پایین رفتن شناور در اثر تغییر ارتفاع مایع درون مخزن، جابه‌جا شده و ارتفاع سطح ماده را بر روی درجه‌بندی که در بیرون از مخزن نصب شده است، نمایش می‌دهد (شکل ۱۲). این سطح سنج‌ها دقیق می‌باشند ولی از معایب مکانیکی آنها، می‌توان به اصطکاک میان کابل و چرخ‌دنده اشاره کرد.



شکل ۱۲- سطح سنج شناوری

### نمایش فیلم: سطح سنج شناوری

در خصوص نصب و کاربرد سطح سنج شناوری چه الزاماتی بایستی رعایت گردد؟



تحقیق کنید



### سطح سنج اختلاف فشاری<sup>۴</sup>

همان‌طور که می‌دانیم فشار را می‌توان براساس شیوه عملکرد مانومترها و با محاسبه فشار ستونی از مایع اندازه‌گیری کرد. در سطح سنج‌هایی که براساس محاسبه فشار کار می‌کنند، می‌توان طبق رابطه زیر با اندازه‌گیری فشار و معلوم بودن مقدار چگالی مایع (d)، ارتفاع ستون مایع (h) درون مخزن را به دست آورد:

$$P_{abs} = P_1 + dgh \quad (1)$$

در این رابطه،  $P_1$  فشار گاز و بخار بالای مخزن و  $P_{abs}$  فشار مطلق است که در مخازن بدون سقف با فشار جو در منطقه برابر می‌باشد. جهت محاسبه ارتفاع مایع درون یک مخزن با این روش، نیاز است که فشار ستون

۱- Float Level Switch

۲- Ultrasonic Level Meter

۳- Servo Level Transmitter

۴- Differential Pressure Level Transmitters

مایع و فشار بالای مخزن اندازه‌گیری شوند. به این منظور انتقال‌دهنده‌های (ترانسمیترهای) اختلاف فشاری ساخته شده‌اند که با محاسبهٔ اختلاف فشار مخزن، موجی متناسب با ارتفاع سیال درون آن ارسال می‌کنند. فشاری که در این حالت اندازه‌گیری می‌شود، فشار استاتیک<sup>۱</sup> مایعی می‌باشد که در حالت سکون درون مخزن قرار دارد. لذا به این روش اندازه‌گیری هیدرواستاتیک<sup>۲</sup> سطح نیز گفته می‌شود. اندازه‌گیری سطح با این روش پیچیدگی خاصی ندارد و استفاده از این نوع سطح‌سنج به دلیل سادگی و قیمت پایین بسیار فراگیر شده است (شکل ۱۳).



شکل ۱۳- سطح‌سنج اختلاف فشاری

### نمایش فیلم: سطح‌سنج اختلاف فشاری



### سطح‌سنج فراصوت

در سطح‌سنج فراصوت از اصل انعکاس امواج استفاده می‌شود، به این صورت که ترانسمیتر امواج فراصوت را تولید و به سطح مواد ارسال می‌کند. این امواج پس از برخورد با سطح مواد برگشت داده می‌شوند و یک گیرنده، امواج برگشتی از سطح مواد را دریافت می‌کند. ترانسمیتر با محاسبهٔ زمان رفت و برگشت امواج، ارتفاع سطح مواد را اندازه‌گیری می‌کند (شکل ۱۴). حسگرهای فراصوت معمولاً در بالای مخزن نصب می‌شوند و بدون تماس با مواد، ارتفاع را اندازه‌گیری می‌کنند و با توجه به این ویژگی برای سیالات خورنده مناسب می‌باشد. این سطح‌سنج‌ها مناسب محیط‌هایی که کف و بخار دارند، نمی‌باشد زیرا امواج توسط کف و بخار بالای مخزن جذب شده و اندازه‌گیری ارتفاع سطح انجام نمی‌گیرد.



شکل ۱۴- سطح‌سنج فراصوت (اولتراسونیک)

۱- Static Pressure

۲- Hydrostatic



چرا به این سطح سنج فراصوت می گویند؟



نمایش فیلم: سطح سنج فراصوت

### سطح سنج راداری

امواج راداری می تواند برای تشخیص مسافت استفاده شود. فرکانس کاری این امواج در محدوده ۳ تا ۳۰ گیگاهرتز می باشد. این محدوده فرکانسی کاملاً ایمن می باشد. سطح سنج های راداری با ارسال امواج به سطح سیال، فضای خالی مخزن را اندازه گیری می کنند و با کسر مقدار اندازه گیری شده از ارتفاع واقعی مخزن که به عنوان مقدار اولیه به ترانس میتر داده شده است، ارتفاع مایع درون مخزن را محاسبه می کنند (شکل ۱۵).



شکل ۱۵- سطح سنج راداری

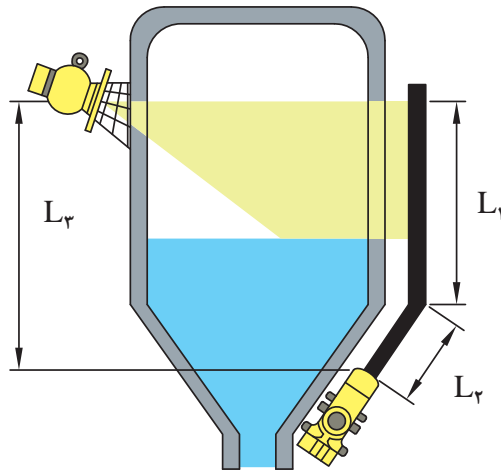
امواج راداری در اواخر دهه ۱۹۳۰ میلادی در صنایع نظامی جهت تخمین مسافت های هوایی ارائه شد. از آن زمان به بعد رادار علاوه بر کاربردهای نظامی در حوزه هایی از جمله سامانه ناوبری کشتی و هواپیما، هواشناسی، وسایل خانگی و ... به کار گرفته شد. در حدود ۵۰ سال است که با ساخت حسگرهای راداری، از این امواج جهت اندازه گیری ارتفاع سطح درون مخزن استفاده می شود.



### سطح سنج راديو اکتیو

نوع دیگری از حسگرهای اندازه گیری سطح، از ارسال و دریافت امواج راديو اکتیو استفاده می کنند. این حسگرها مطابق شکل ۱۶ بیرون از مخزن نصب شده و یک منبع راديو اکتیو، امواج را به درون مخزن می فرستند، امواج ارسالی توسط گیرنده راديو اکتیو که در سمت دیگر مخزن نصب شده است، دریافت و به موج الکتریکی متناسب با سامانه کنترل تبدیل می شوند. این سطح سنج به دلیل آنکه در بیرون مخزن نصب می شود، تحت تأثیر خوردگی سیال و بخارات آن قرار نمی گیرد و به خوبی در مخازن تحت فشار با ضخامت بالا پاسخگو می باشد. این سطح سنج ها گران قیمت بوده و طول عمر بالا و هزینه نگهداری پایینی دارند.





شکل ۱۶- سطح‌سنج راداری

امواج رادیواکتیو برای انسان در محدوده خطرناک قرار دارند، لذا منبع ارسال امواج رادیواکتیو باید به گونه‌ای طراحی شود که امواج هیچ‌گونه خطری برای افراد شاغل در واحد صنعتی نداشته باشد. این منبع، مجموعه‌ای از امواج رادیواکتیو را به صورت موازی با مخزن ارسال و از انتشار امواج در جهت‌های دیگر جلوگیری می‌کند. نیرو و انرژی امواج ارسالی وابسته به ضخامت مخزن، فاصله بین منبع رادیواکتیو و گیرنده امواج و چگالی سیال درون مخزن می‌باشد.

نکات ایمنی



## انواع سطح‌سنج نقطه‌ای

هدف از سنجش نقطه‌ای، تعیین رسیدن یا نرسیدن سطح ماده در مخزن به یک مقدار مشخص می‌باشد، که به این کار، سویچ کردن<sup>۱</sup> می‌گویند. انواع دستگاه‌های مورد استفاده با عملکرد نقطه‌ای مطابق شکل ۸ شامل سطح‌سنج شناوری، خازنی و رسانایی، ارتعاشی، پره متحرک و نوری می‌باشند که در ادامه، تعدادی از آنها توضیح داده شده است:

**سطح‌سنج شناوری:** همان‌گونه که در اندازه‌گیری پیوسته ارتفاع سطح از خاصیت شناوری سیالات استفاده می‌گردد، در اندازه‌گیری نقطه‌ای نیز از این سازوکار استفاده می‌شود. با توجه به قانون ارشمیدس، بر هر جسم شناور در سطح سیال، یک نیروی رو به بالا وارد می‌شود، که با به‌کارگیری این نیرو در حسگرهای شناوری می‌توان ارتفاع سطح سیال را اندازه‌گیری کرد (شکل ۱۷).

۱- Switch



شکل ۱۷- سطح سنج شناوری

این نیروی روبه بالا، منجر به جابه‌جایی شناور در سطح مواد شده که با تعیین محل شناور می‌توان سطح مواد را اندازه‌گیری کرد. شناور به یک اهرم متصل است و با حرکت آن در سطح مواد جابه‌جا می‌گردد.

در رابطه با مزایا و معایب سطح‌سنج شناوری بحث کنید.

بحث کلاسی



**سطح‌سنج با پره متحرک!** این حسگرها از پره‌هایی تشکیل شده‌اند که به کمک یک موتور الکتریکی و با دور کم به چرخش در می‌آیند. وقتی که سطح مواد داخل مخزن بالا می‌آید و با این پره‌ها برخورد کرده، مانع چرخش پره‌ها می‌شود، در این زمان کلید عمل کرده و ارتفاع سطح مواد را نشان می‌دهد. این حسگرها بیشتر در اندازه‌گیری ارتفاع سطح پودرها و جامدات به کار می‌روند و بسیار ساده، ارزان و قابل اطمینان هستند. تغییرات دما و چگالی بر شیوه عملکرد این حسگرها تأثیرگذار نیست. چنانچه این حسگرها برای اندازه‌گیری سطح مایعات به کار گرفته شوند، باید به این مسئله توجه داشت که چسبندگی سیال، از میزان طراحي شده برای حسگر بیشتر نباشد (شکل ۱۸). این حسگرها نسبت به شوک و لرزه در سامانه حساس است و نباید در محلی که لرزش زیادی وجود دارد، نصب شود.



شکل ۱۸- سطح‌سنج با پره متحرک

بودمان پنجم - اندازه‌گیری، ثبت و کنترل ارتفاع سطح مواد

یکی از روش‌های اندازه‌گیری وزن و یا حجم مواد موجود در سیلوهای گندم یا سیمان، اندازه‌گیری ارتفاع مواد موجود در آن می‌باشد که پس از آن می‌توان به محاسبه حجم و وزن مواد موجود در مخزن پرداخت. بررسی کنید سطح سنج داخل سیلو بایستی از نظر نوع و مکان نصب چه ویژگی‌هایی داشته باشد؟

بحث‌گروهی



**سطح‌سنج‌های نوری!** سطح‌سنج‌های نوری از یک فرستنده و گیرنده نوری ساخته شده‌اند و براساس بازتابش نور از سطح اجسام و یا عبور نور از درون مواد عمل می‌کنند (شکل ۱۹).



شکل ۱۹- سطح‌سنج‌های نوری

برای نمایش و انتقال اطلاعات مربوط به میزان عمق آب درون چاه‌های عمیق و یا مخازن آب، از چه دستگاه‌هایی استفاده می‌شود؟

تحقیق کنید



**نمایش فیلم:** اندازه‌گیری ارتفاع سطح سیال در مخازن



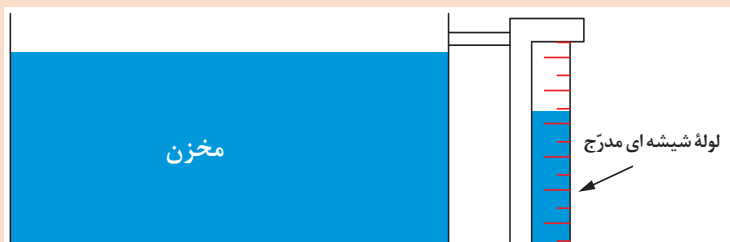
## اندازه‌گیری ارتفاع سطح مایع در کارگاه

## وسایل مورد نیاز:

یک مخزن ۴ لیتری  
لوله پلاستیکی یا شیشه‌ای

## روش کار:

مطابق شکل ۲۰، مخزن ۴ لیتری یا بزرگ‌تر فلزی را از کنار آن سوراخ کنید. یک لوله فلزی خروجی، در قسمت پایین مخزن بر بدنه آن نصب نمایید. به قسمت فلزی خروجی یک لوله پلاستیکی یا شیشه‌ای وصل کنید. این لوله می‌تواند مدرج باشد و یا برای مدرج کردن آن از یک خط‌کش کاغذی استفاده نمایید که به کنار لوله چسبانده شود. قسمت بالایی مخزن نیز سوراخ و انتهای لوله مدرج توسط لوله فلزی به قسمت سوراخ شده متصل شود.



شکل ۲۰- طرح ساده‌ای از فعالیت عملی اندازه‌گیری ارتفاع سطح مایع در کارگاه

به ترتیب زیر فعالیت کارگاهی را ادامه دهید.

- ۱ حجم مشخصی از آب ( $V_0$ ) را داخل مخزن بریزید.
  - ۲ ارتفاع آب درون مخزن را، از روی لوله شیشه‌ای مدرج بخوانید.
  - ۳ سطح مقطع مخزن را محاسبه کنید.
  - ۴ با داشتن سطح مقطع مخزن و ارتفاع آب خوانده شده، حجم آب موجود در مخزن محاسبه شود ( $V$ ).
  - ۵ این حجم با حجم آب ریخته شده در مخزن مقایسه و تفاوت یادداشت گردد.
  - ۶ آزمایش را دو بار دیگر تکرار کنید.
- چه نتیجه‌ای از این فعالیت می‌گیرید؟

## کنترل سطح

### مهندسان ایرانی نخستین مخترعان سامانه‌های کنترل جریان

احمد بن موسی، دانشمند قرن نهم هجری است، که بدون شک در گشایش دروازه‌های علم و صنعت به روی دنیای اسلام، ایفاگر نقشی مهم و کارساز بوده است. در کتاب ابتکارات خارق‌العاده مکانیکی این دانشمند، طراح و ساخت حدود ۱۰۰ دستگاه مکانیکی تشریح شده است که برخی از آنان جز شاهکارهای مهندسی کنترل و مکانیک در زمان خود بوده است.

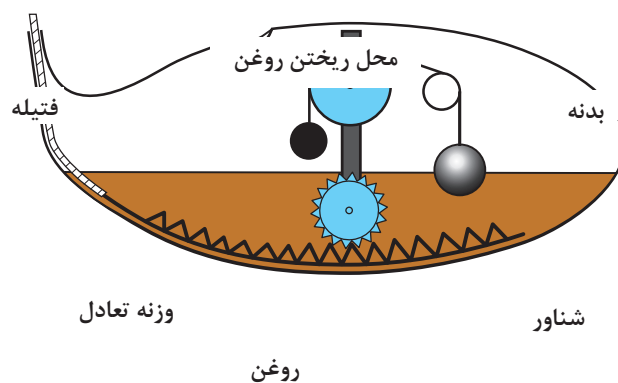
می‌توان به چراغ‌های روغنی که ارتفاع روغن در مخزن آنها ثابت نگه داشته می‌شود و یا چراغ روغنی که فتیله آن به طور خودکار تنظیم می‌شود، اشاره کرد. چراغ روغنی بنوموسی با فتیله خود تنظیم شونده می‌توانست برای مدت طولانی روشن بماند.



شکل ۲۱- نمونه‌های ساخته شده از چراغ روغنی بنوموسی

با توجه به شکل زیر، عملکرد چراغ روغنی بنوموسی با فتیله خود تنظیم شونده را توضیح دهید.

پرسش



شکل ۲۲- چراغ روغنی با فتیله خود تنظیم شونده



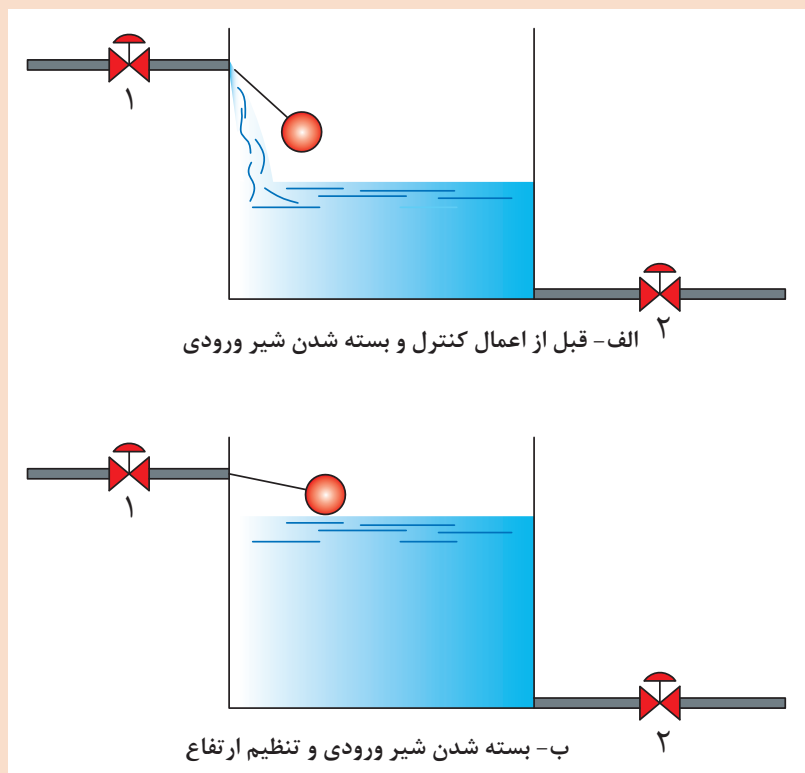
## کنترل ارتفاع سطح مایع در کارگاه

### وسایل مورد نیاز:

یک مخزن مجهز به شناور

### روش کار:

مخزن ساخته شده در فعالیت ۱ را به یک شناور مجهز کنید تا دستگاهی همانند شکل زیر آماده شود. شناور مخزن را بر روی ارتفاعی مشخص تنظیم نمایید. سپس شیر آب ورودی به مخزن را باز کنید تا جریان آب به داخل آن برقرار گردد. خواهید دید که پس از رسیدن سطح آب به ارتفاع تنظیم شده توسط شناور، به طور خودکار شیر آب ورودی قطع می‌گردد و سطح آب درون مخزن ثابت می‌شود. حال شیر خروجی مخزن را باز کنید، تا جریان خروجی آب ایجاد شود (پس از یک دقیقه شیر خروجی را ببندید). خواهید دید که شناور مخزن، دستور باز شدن دوباره شیر ورودی را تا رسیدن آب به ارتفاع تنظیم شده اولیه، می‌دهد. به این ترتیب، ارتفاع سطح آب مخزن در مقدار تنظیم شده اولیه، کنترل می‌گردد. این کار را با تغییر دادن میزان آب خروجی از مخزن تکرار کنید و هر بار، مدت زمانی را که شیر آب ورودی باز می‌ماند، یادداشت کنید.



شکل ۲۱- طرح ساده‌ای از فعالیت عملی کنترل ارتفاع سطح مایع در کارگاه

## ارزشیابی شایستگی اندازه‌گیری، ثبت و کنترل ارتفاع سطح مواد

### شرح کار:

چگونگی استفاده از تجهیزات کارگاهی را بدانند و کار داده شده را با دقت انجام دهد. هنگام کار مراقب باشد که دستگاه صدمه نبیند. پس از انجام کار وسایل را تمیز و سالم در حالت اولیه قرار دهد.

### استاندارد عملکرد:

به‌کارگیری محاسبات و اندازه‌گیری ارتفاع سطح مواد و کنترل آن مطابق دستور کار

### شاخص‌ها:

- رعایت مسائل ایمنی هنگام کار
- انجام کار طبق دستور کار

### شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:

- شرایط مکان: کارگاه
- شرایط دستگاه: آماده به کار
- زمان: یک جلسه آموزشی
- ابزار و تجهیزات: تجهیزات کارگاهی مورد نیاز و وسایل ایمنی شخصی

### معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	کمترین نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	به‌کارگیری مفاهیم و محاسبات در اندازه‌گیری ارتفاع سطح مواد	۱	
۲	اندازه‌گیری ارتفاع سطح مواد	۲	
۴	انجام کنترل ارتفاع سطح یک مخزن	۱	
	شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش: ۱- ایمنی: انجام کار کارگاهی با رعایت موارد ایمنی و استفاده از وسایل ایمنی شخصی ۲- نگرش: صرفه‌جویی در مواد مصرفی ۳- توجهات زیست‌محیطی: جلوگیری از صدمه زدن به محیط زیست از طریق انجام کار با کمترین ضایعات ۴- شایستگی‌های غیر فنی: الف) اخلاق حرفه‌ای ب) مدیریت منابع ج) محاسبه و کاربست ریاضی ۵- مستندسازی: گزارش‌نویسی	۲	
میانگین نمرات			*

\* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می‌باشد.

- ۱- سند استاندارد ارزشیابی صنایع شیمیایی، ۱۳۹۳، سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کار دانش
- ۲- سند استاندارد شایستگی حرفه صنایع شیمیایی، ۱۳۹۲، سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کار دانش
- ۳- برنامه‌درسی درس کنترل فرایندهای شیمیایی، ۱۳۹۴، سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کار دانش
- ۴- پورعطا، رحمت‌ا...، سید دراجی، میرسعید (۱۳۸۷)، جزوه گرافیک و نقشه‌خوانی، دانشگاه زنجان
- ۵- توللی، حسین و دیگران (۱۳۹۵)، سیلندرهای گاز تحت فشار: اصول ایمنی در آزمایشگاه و در صنعت (چاپ اول)، قم، انتشارات منگان.
- ۶- حکیمی سبینی، معصومه (۱۳۹۳)، کلید مهندسی نقشه‌کشی و نقشه‌خوانی P & ID، انتشارات سها دانش
- ۷- رازی فر، مهدی (۱۳۹۲)، آشنایی با نقشه‌خوانی و ترسیم نقشه‌های فرایندی ESD، UFD، P & ID، PFD، BFD، انتشارات اندیشه سرا، چاپ دوم
- ۸- رحمتی، مصطفی، رحمانی، حسین (۱۳۹۳)، کنترل دما (فرایند) به صورت تشریحی و مفهومی، انتشارات قدیس
- ۹- عابدینی، محمد (۱۳۸۷)، اندازه‌گیری و کالیبراسیون دما، انتشارات صفار اشرافی
- ۱۰- قنبری، عبدالله (۱۳۸۴)، اصول اندازه‌گیری دما و کالیبراسیون دماسنج‌ها، انتشارات مرکز آموزش و تحقیقات صنعتی ایران
- ۱۱- محسنی هماگرانی، مرتضی؛ رزم‌آرا، مهرداد؛ سپهری‌نیا، محمد (۱۳۹۱)، مرجع کامل طراحی تجهیزات ابزار دقیق و کنترل نفت - گاز - پتروشیمی. تهران: نشر اتحاد
- ۱۲- توفیقی، سیدپندار، صدراپی، ساسان (۱۳۹۵)، عملیات دستگاهی در صنایع شیمیایی، سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی
- ۱۳- توفیقی، سیدپندار، ۱۳۹۵، عملیات دستگاهی در صنایع شیمیایی، سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی
- ۱۴- صدراپی، ساسان، ۱۳۹۵، فرایندهای شیمیایی، سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی



- 
- ۱۵\_ Alan S.Morris., & Reza Langari.(2011). **Measurement and Instrumentation: Theory and Application** : Academic Press
- ۱۶\_ Eugen Gaßmann.,& Anna Gries. (2009) **Electronic Pressure Measurement Basics, applications and instrument selection**. Germany (Munich): Süddeutscher Verlag on pact GmbH,
- ۱۷\_ Alan S. Morris(2001). **Measurement and Instrumentation Principles**.3nd ed. UK: Butterworth-Heinemann
- ۱۸\_ Bahner, Martin. 2001. **A Practical Overview of Level Measurement Technologies**.  
WWW. [gilsonengineering.net/reference/Levelpap.pdf](http://gilsonengineering.net/reference/Levelpap.pdf)
- ۱۹\_ Marshall Cavendish Benchmark,“ **Temperature**”, , 2007, Navin Sullivan, ISBN-13:978-0-7614-2322-5



### بسمه تعالی

سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی جهت ایفای نقش خطیر خود در اجرای سند تحول بنیادین در آموزش و پرورش و برنامه درسی ملی جمهوری اسلامی ایران، مشارکت معلمان را به‌عنوان یک سیاست اجرایی مهم دنبال می‌کند. برای تحقق این امر در اقدامی نوآورانه سامانه تعاملی بر خط اعتبارسنجی کتاب‌های درسی راه‌اندازی شد تا با دریافت نظرات معلمان درباره کتاب‌های درسی نونگاشت، کتاب‌های درسی را در اولین سال چاپ، با کمترین اشکال به دانش‌آموزان و معلمان ارجمند تقدیم نماید. در انجام مطلوب این فرایند، همکاران گروه تحلیل محتوای آموزشی و پرورشی استان‌ها، گروه‌های آموزشی و دبیرخانه راهبری دروس و مدیریت محترم پروژه آقای محسن باهو نقش سازنده‌ای را بر عهده داشتند. ضمن ارج نهادن به تلاش تمامی این همکاران، اسامی دبیران و هنرآموزانی که تلاش مضاعفی را در این زمینه داشته و با ارائه نظرات خود سازمان را در بهبود محتوای این کتاب یاری کرده‌اند به شرح زیر اعلام می‌شود.

### کتاب کنترل فرایندهای شیمیایی - کد ۲۱۱۵۲۰

ردیف	نام و نام خانوادگی	استان محل خدمت	ردیف	نام و نام خانوادگی	استان محل خدمت
۱	حسن بشیریان	همدان	۱۳	مسعود آری	گیلان
۲	گوهر دیلمی‌راد	فارس	۱۴	محمدرضا انجم شاع	کرمان
۳	الهه وهابی نژاد	خراسان رضوی	۱۵	شکراله شمسی	مرکزی
۴	سمیه باقری وانانی	چهارمحال و بختیاری	۱۶	اسدالله امیدی بیرگانی	خوزستان
۵	نعیمه سیف الدینی	کرمان	۱۷	محمدرضا شاهسون	شهرستان‌های تهران
۶	فرشید مجاهدی	هرمزگان	۱۸	مهناز مجاهد	یزد
۷	زینب باقری تبار	قم	۱۹	احمد مرسلی	زنجان
۸	ژاکلین راه حق	کردستان	۲۰	محمد ایرندگان	سیستان و بلوچستان
۹	زهرا سادات	اصفهان	۲۱	فرشته آزادی	یزد
۱۰	سلیمه یزدانمهر	خراسان شمالی	۲۲	حسین نیروزاده	ایلام
۱۱	نادر مولوی	آذربایجان شرقی	۲۳	نادر عباسی نوا	آذربایجان غربی
۱۲	محمد صالح صدیقی	قزوین			