



نام درس: روش‌های اندازه‌گیری پیشرفته – ابزارهای اندازه‌گیری سطح

جلسه ششم

نام استاد: علی چائی بخش لنگرودی



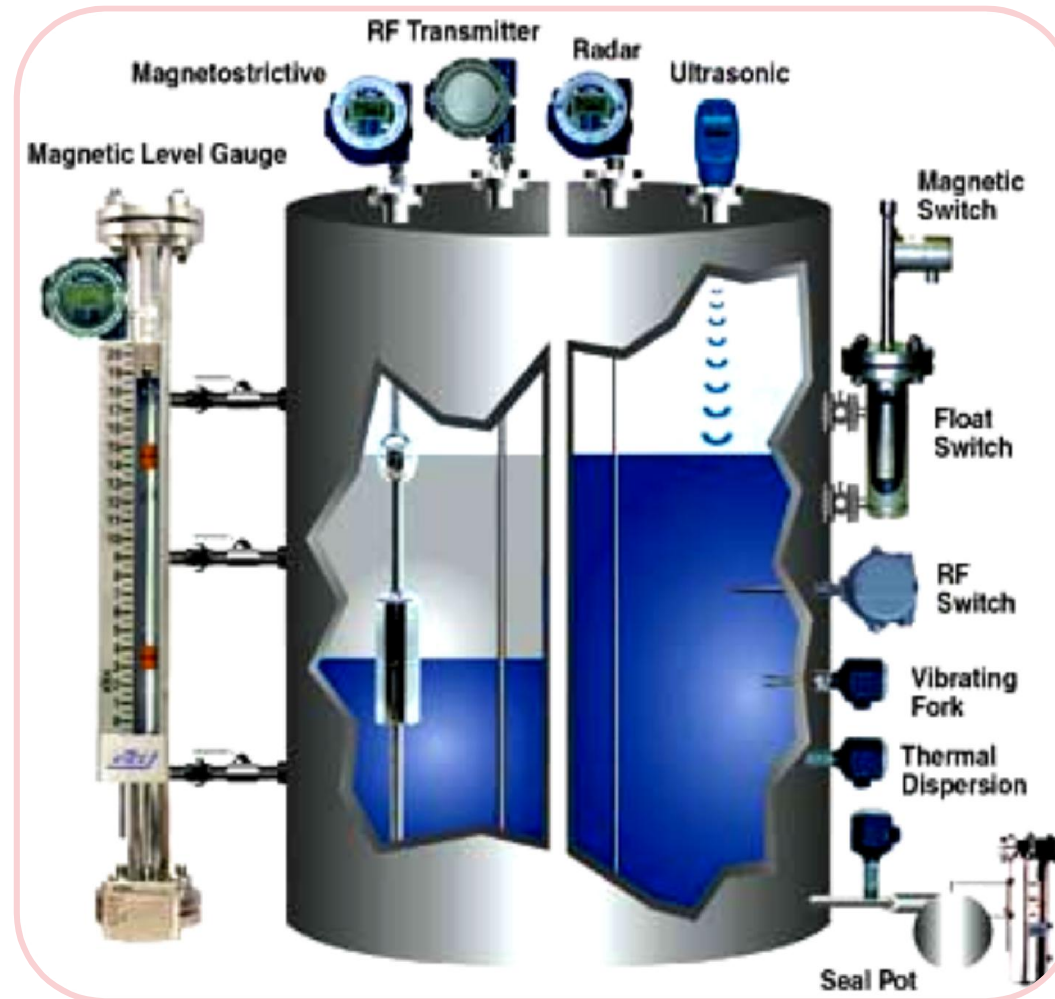


ابزارهای اندازه‌گیری سطح

○ در کاربردهای بسیار زیادی از اندازه‌گیری سطح مواد جامد به شکل پودر یا ذرات ریز تا مایعات مورد نیاز می‌باشند.

○ در حالی که در بعضی کاربردها، اندازه‌گیری سطح، نیازمند دقت بسیار بالا است، در کاربردهای دیگر تنها تعیین تقریبی سطح کفایت می‌کند.

انواع سنسورهای اندازه‌گیری سطح

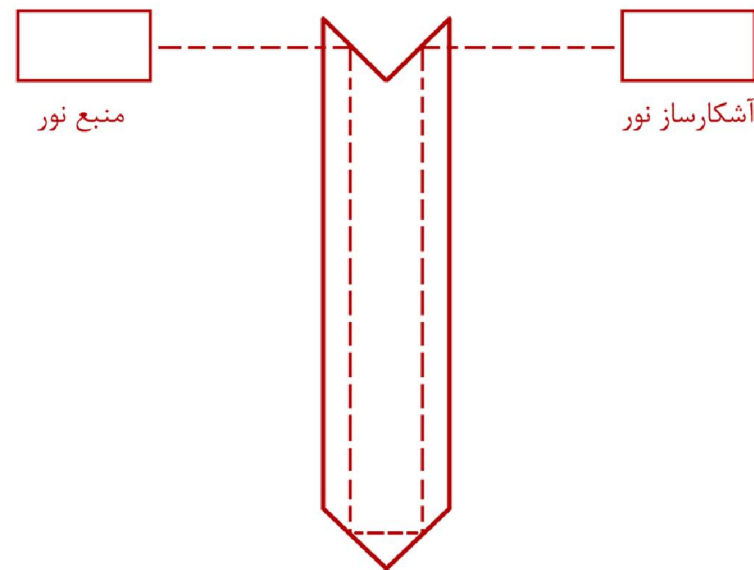


عمق سنج

✚ عمق سنج ساده‌ترین راه اندازه‌گیری ارتفاع تقریبی سطح مایعات است.

← میله عمق سنج معمولی

← عمق سنج نوری



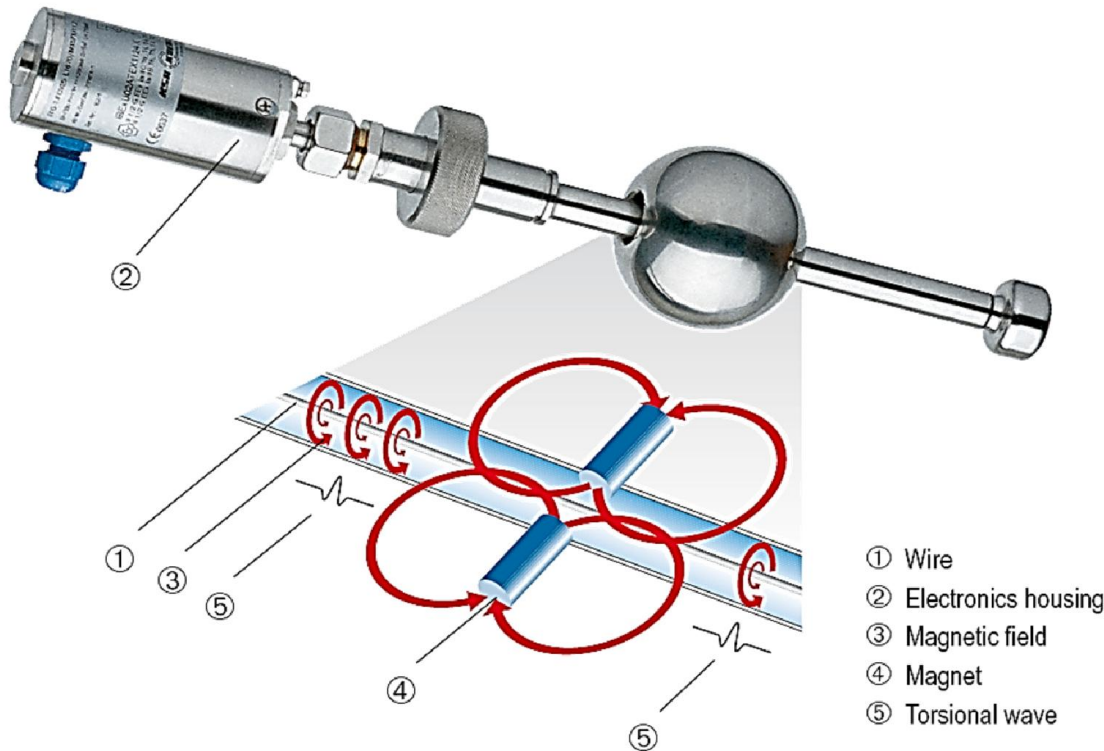
(ب)

(الف)

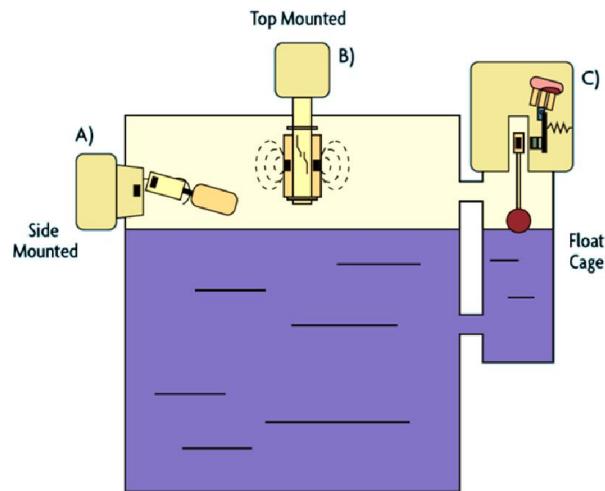
سیستم‌های شناوری

شامل یک شناور بوده که موقعیت آن بر روی سطح مایع توسط یک ترانسدیوسر مناسب اندازه‌گیری می‌شود.

این ابزارها معمولاً دارای عدم صحتی در حدود ± 1 درصد می‌باشند.



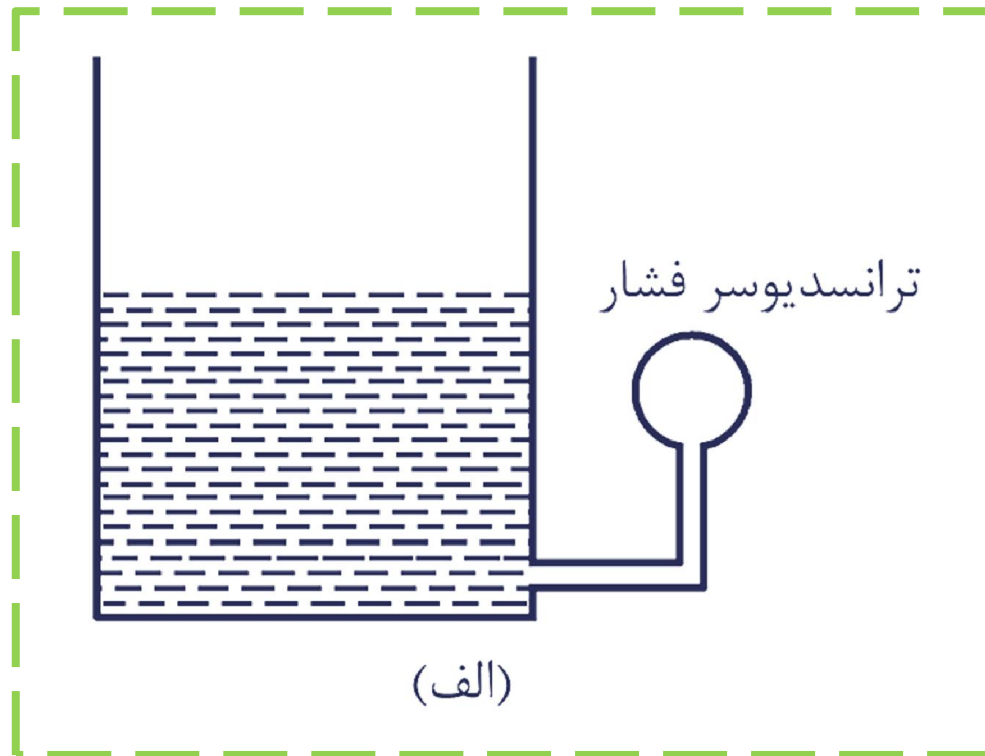
سویچ سطح



سیستم‌های هیدرواستاتیکی

🌸 فشار هیدرواستاتیک یک سیال به صورت مستقیم متناسب با عمق آن بوده، لذا از این قانون می‌توان برای تعیین سطح آن استفاده نمود.

🌸 برای مخازن باز، نسبت سطح مایع، h ، به فشار اندازه‌گیری شده، P ، بر اساس رابطه $h = P / \rho \cdot g$ می‌باشد که در آن ρ چگالی سیال و g شتاب جاذبه است

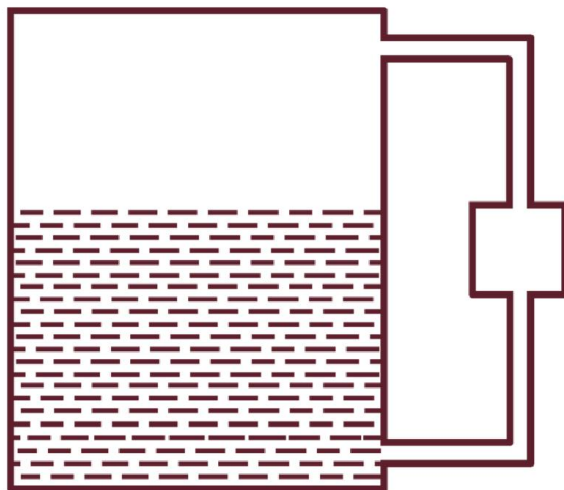


سیستم‌های هیدرواستاتیکی

در صورتی که مخزن حامل مایع کاملاً درزگیری شده باشد، سطح سیال با اندازه‌گیری اختلاف فشار بین بالا و پایین مخزن محاسبه می‌شود.

ترانسدیوسر فشار تفاضلی مورد استفاده برای این منظور، معمولاً از نوع دیافراگمی استاندارد است.

بر طبق رابطه $h = \delta p / \rho g$ ، سطح مایع متناسب با اختلاف فشار اندازه‌گیری شده، می‌باشد.



ترانسدیوسر
فشار تفاضلی

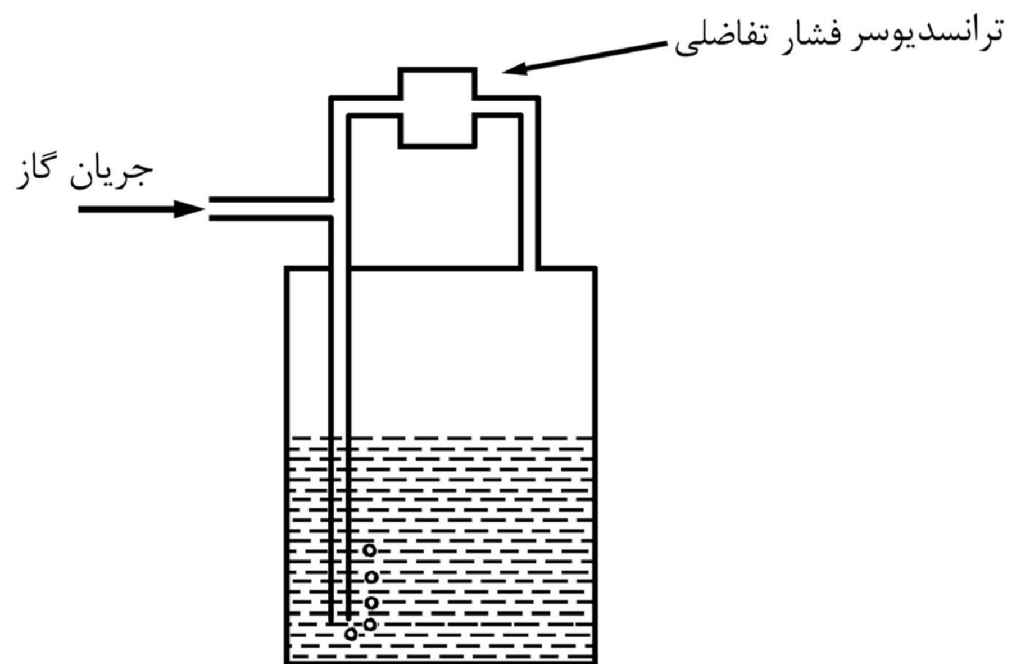
(ب)

سیستم‌های هیدرواستاتیکی

سیستم اندازه‌گیری سطح بر اساس فشار، واحد حباب‌ساز بوده شامل یک لوله غوطه‌ور در عمق کف مخزن بوده که توسط جریان یکنواخت گاز از سیال تخلیه می‌شود.

نرخ جریان گاز تا زمان ظاهر شدن حباب‌های گاز در انتهای لوله تنظیم می‌شود.

فشار داخل لوله توسط یک مبدل فشار اندازه‌گیری شده، که در این حالت این فشار برابر با فشار انتهای مخزن می‌باشد

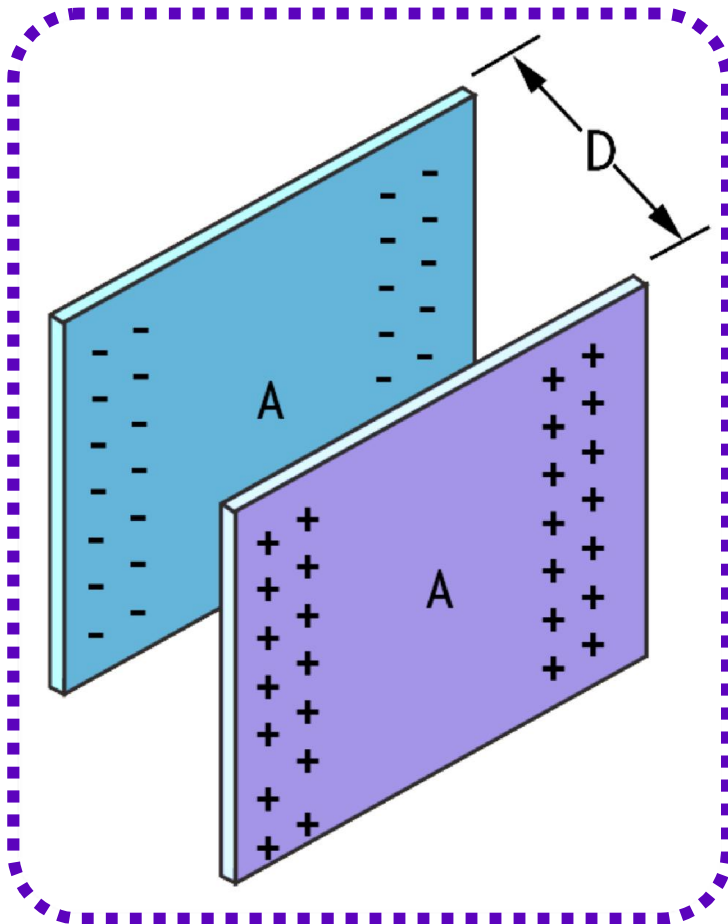


(ج)

سیستم های هیدرواستاتیکی



تجهیزات خازنی



▶ برای اندازه‌گیری سطوح مایعات و جامدات به شکل پودر و گرانول بکار گرفته می‌شوند.

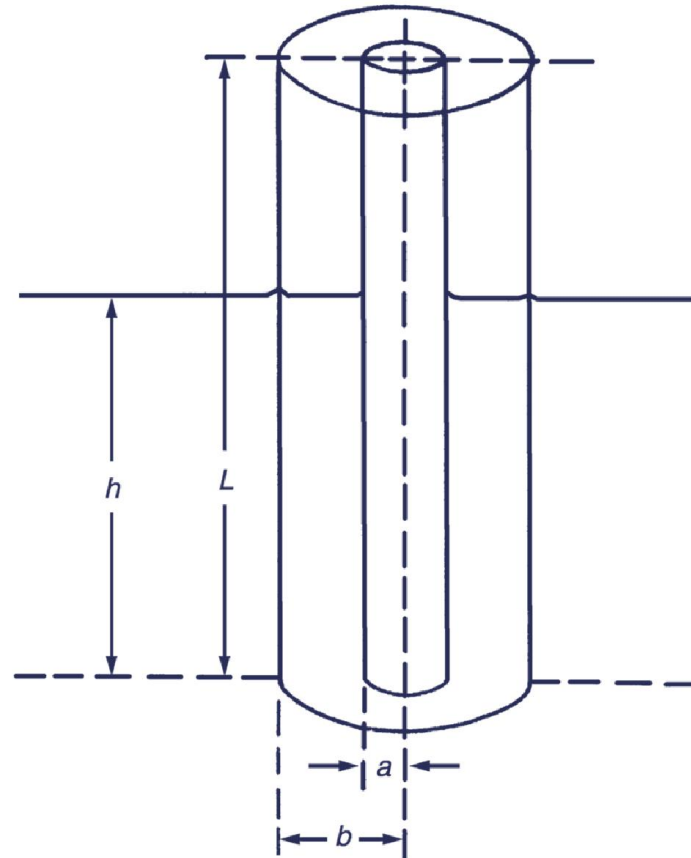
▶ برای شرایط اندازه‌گیری سخت مانند فلزات مایع (دماهای بالا)، گازهای مایع (دماهای پایین)، مایعات خورنده (اسیدها و ...) و فرآیندهای فشار بالا، مناسب هستند.

▶ بر اساس نارسانا و یا رسانا بودن مواد مورد اندازه‌گیری، دو ویرایش متفاوت از آن وجود دارد.

تجهیزات خازنی

✿ برای مواد نارسانا (با رسانایی کمتر از $1/0 \mu mho/cm^3$)، دو صفحه خازنی فلزی بدون پوشش به صورت

سیلندره‌ای هم مرکز، در جسم غوطه ور می‌شوند.



$$h = \frac{C \log_e \left(\frac{b}{a} \right) - 2\pi\epsilon_0}{2\pi\epsilon_0(\epsilon - 1)}$$

تجهیزات خازنی

✿ برای مواد رسانا، روش اندازه‌گیری مشابه‌ای بکار گرفته شده، با این تفاوت که صفحات خازن توسط مواد عایق پوشش داده می‌شود.

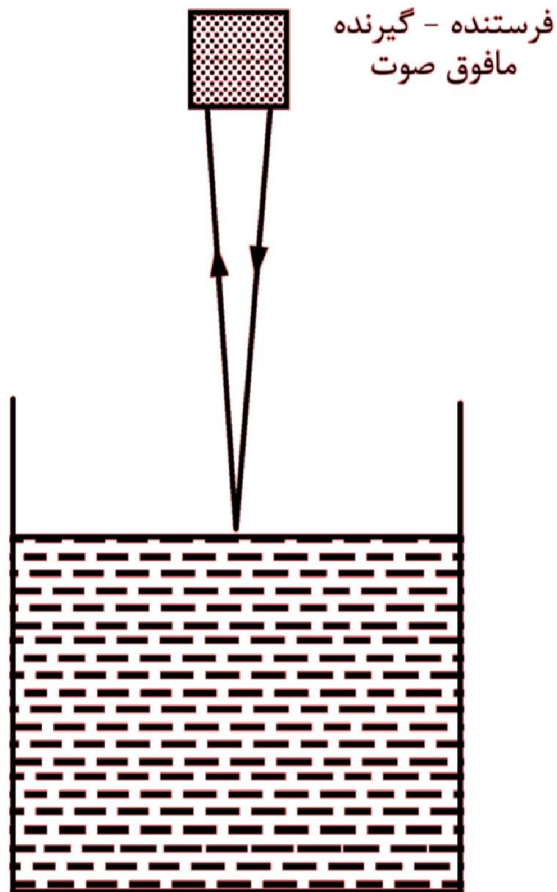
✿ میزان نامعینی اندازه‌گیری به طور معمول حدود ۱ تا ۲ درصد است.



گیج‌های سطح التراسونیک

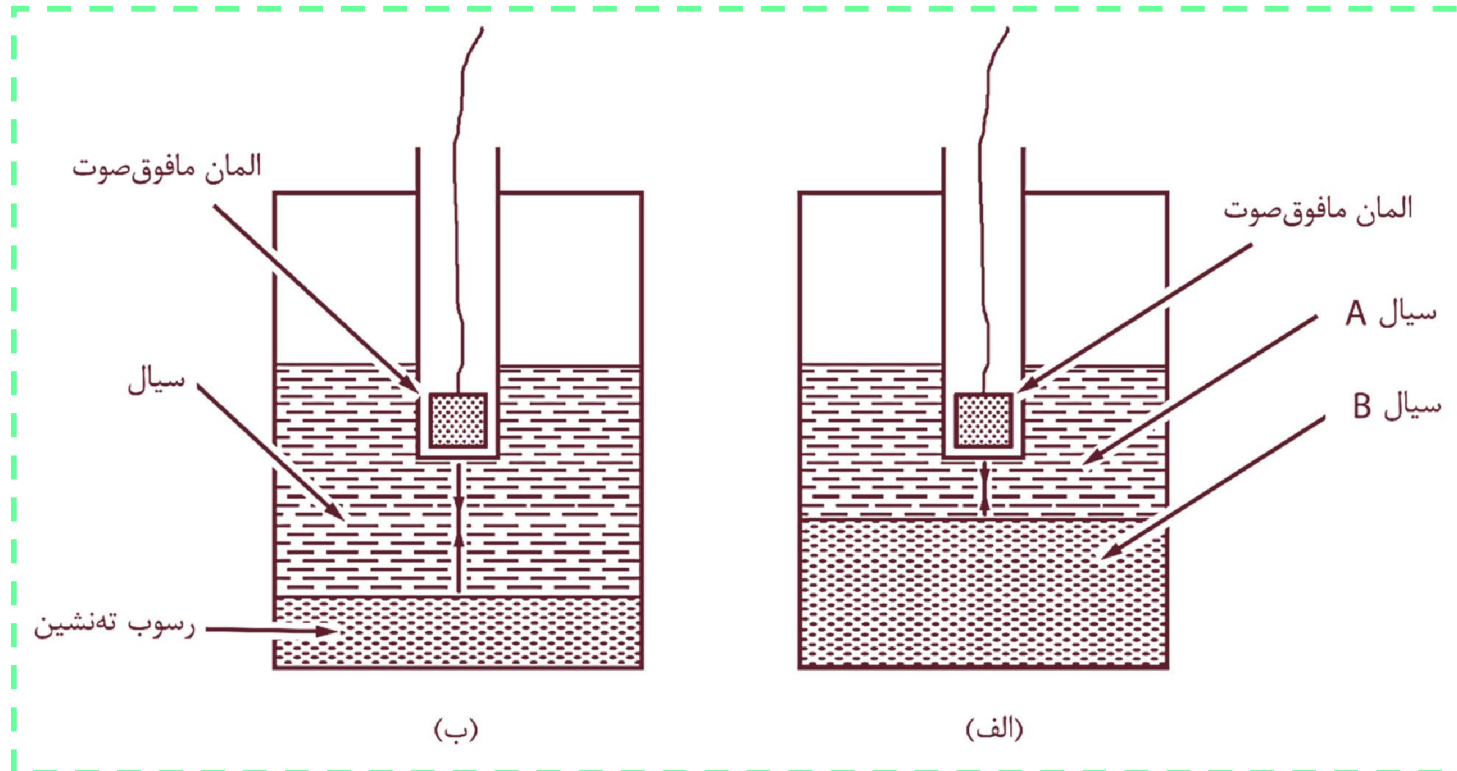
← اندازه‌گیری سطح التراسونیک (فراصوتی) یکی از روش‌های غیرتماسی موجود است.

← این روش بیشتر برای اندازه‌گیری سطح مواد مایع بسیار ویسکوز یا جامد (پودر یا گرانول) مورد استفاده قرار می‌گیرد.



گیج‌های سطح التراسونیک

- روش‌های التراسونیک به ویژه برای اندازه‌گیری موقعیت سطح جدایش دو مایع مخلوط نشدنی در یک مخزن یا اندازه‌گیری سطح لجن یا رسوب ته‌نشین شده در کف مخازن حامل مایعات، بسیار مفید است.

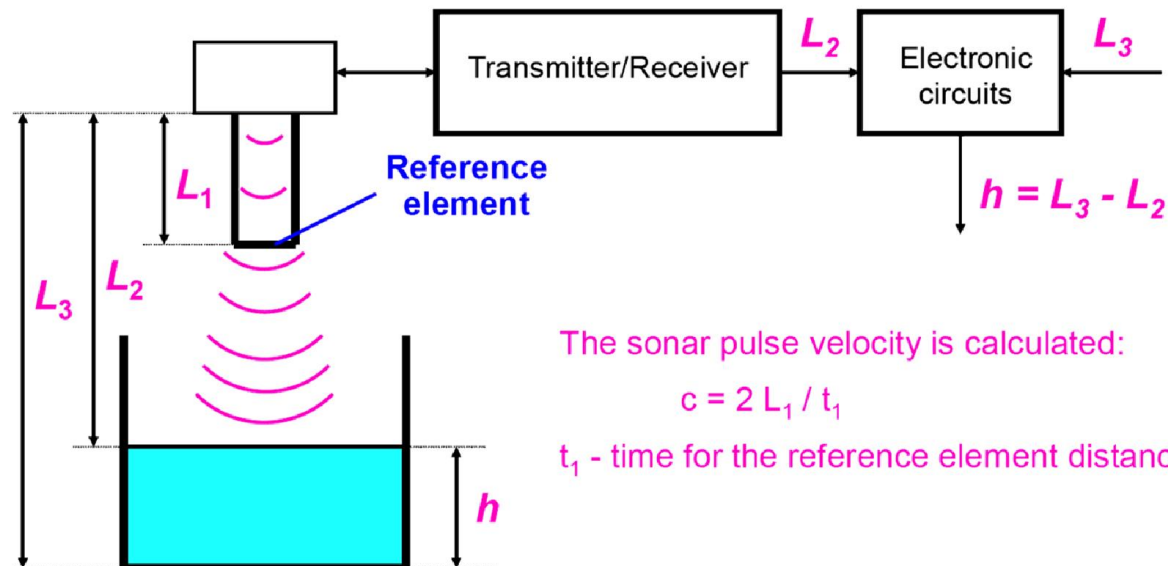


گیج‌های سطح التراسونیک

○ فرکانس التراسونیک

10~100 kHz ?

○ عدم صحت: $\pm 1\%$



سنسورهای رادار (مایکروویو)

یکی دیگر از روش‌های اندازه‌گیری غیرتماسی سطح می‌باشند

این ابزارها قادر به اندازه‌گیری دقیق سطح در کاربردهایی بوده که برای سایر تجهیزات بسیار دشوار است.

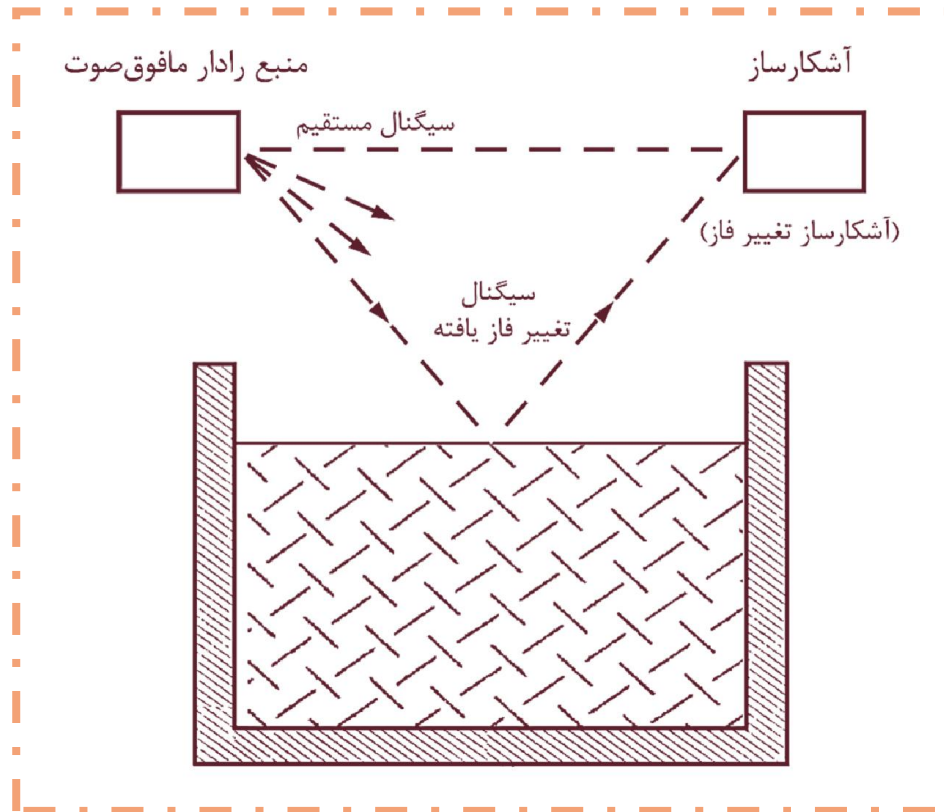
مخزن بسته با سطح مایع متلاطم بوده

در شرایط وجود مانع

بخار چگالیده در مخزن



سنسورهای رادار (مایکروویو)



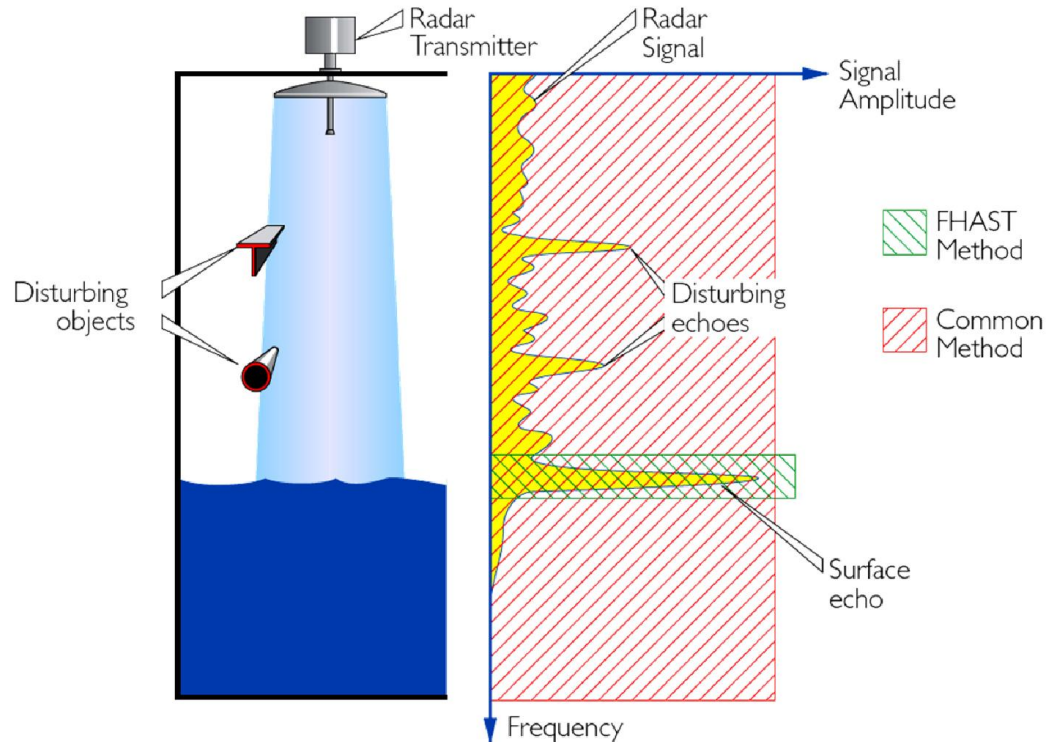
● زمان انتقال رادار از میان هوا به هیچ وجه تحت تاثیر دما و نوسانات فشار نیست.

● از آنجایی که فرکانس مایکروویو در پهنای ارتباط رادیویی است، محدودیت شدیدی بر روی دامنه سطح مورد استفاده وجود دارد.

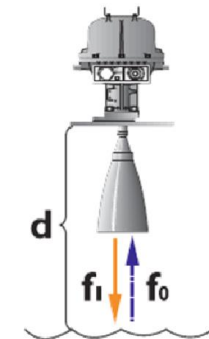
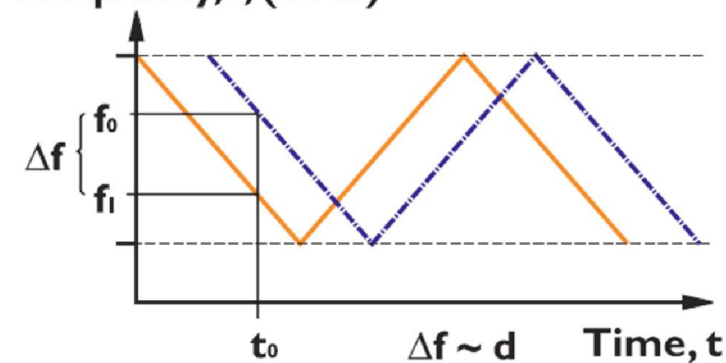
سنسورهای رادار (مایکروویو)

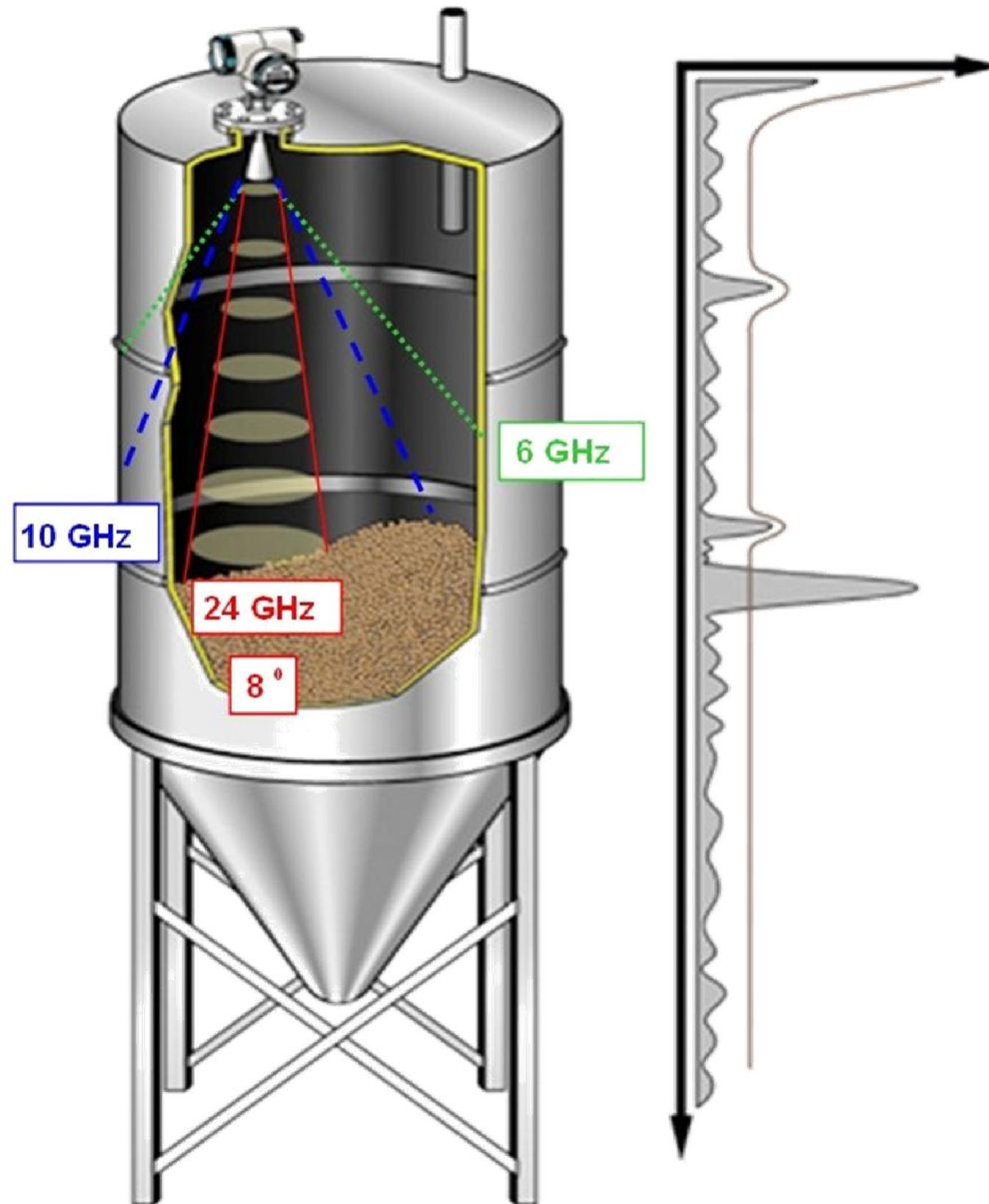
فرکانس رادار

10 ~ 100 GHz

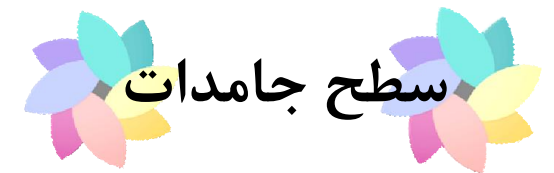


Frequency, f , (GHz)





سنسورهای رادار (مایکروویو)



سنسورهای اتمی (رادایومتریک)

◀ سنسورهای اتمی که گاهی سنسورهای رادایومتریک نیز نامیده می شوند، از جمله تجهیزات نسبتاً گرانقیمت هستند

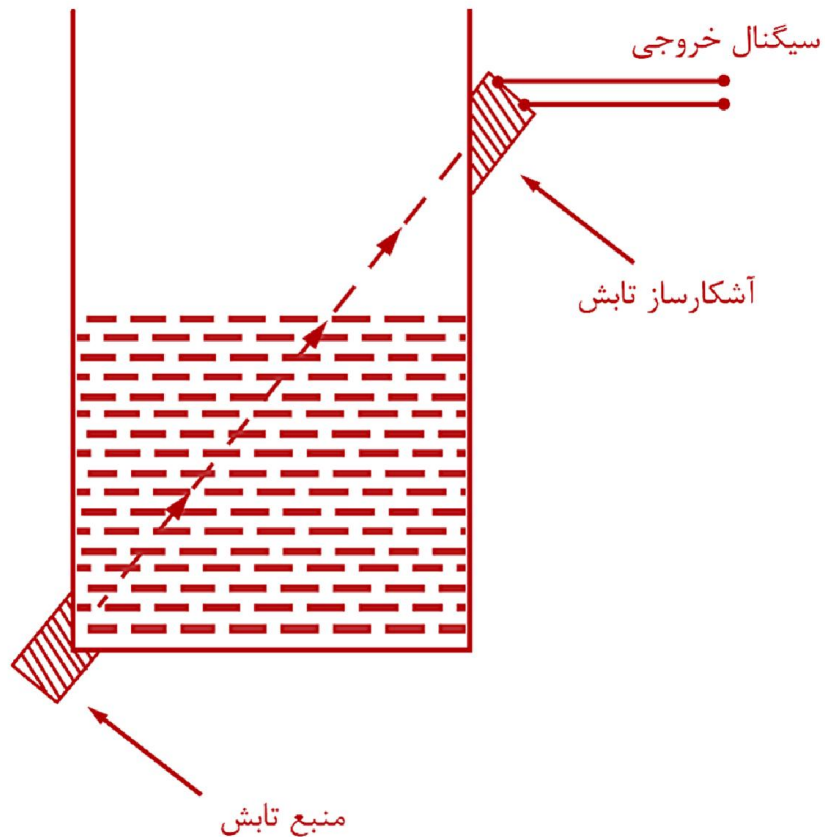
◀ این نوع سیستم شامل یک منبع تابش رادیواکتیو و سیستم آشکارساز در خارج از یک مخزن می باشد.

◀ طبیعت غیرتهاجمی (Non-invasive) این روش در استفاده از یک منبع و سیستم آشکارساز خارج از مخزن، از مزایای مورد توجه این روش است.

سنسورهای اتمی (رادایومتریک)

جذب هر دو اشعه بتا (β) و گاما (γ) با میزان مایع بین منبع و آشکارساز تغییر کرده، میزان آن به صورت تابعی از سطح مایع در مخزن است.

معمولاً، سزیم-۱۳۷ به عنوان منبع اشعه گاما مورد استفاده قرار می گیرد



سنسورهای اتمی (رادایومتریک)

← مقدار سطح تابش اندازه گیری شده توسط

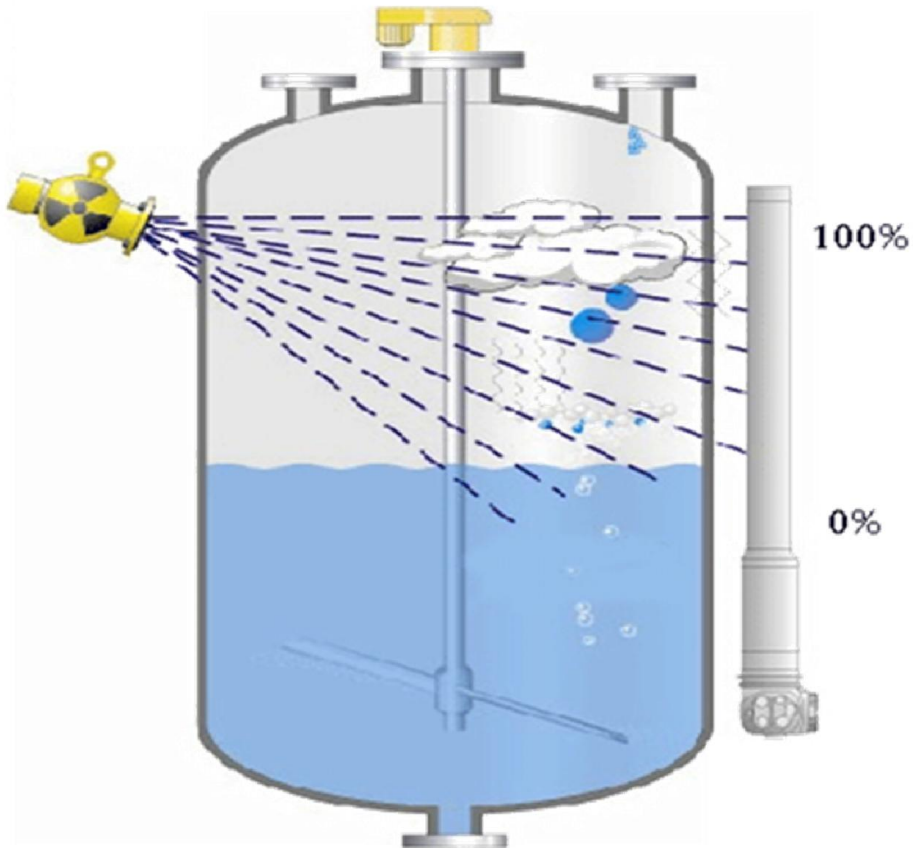
آشکارساز، I

$$I = I_0 \exp(-\mu \rho x), \quad \leftarrow$$

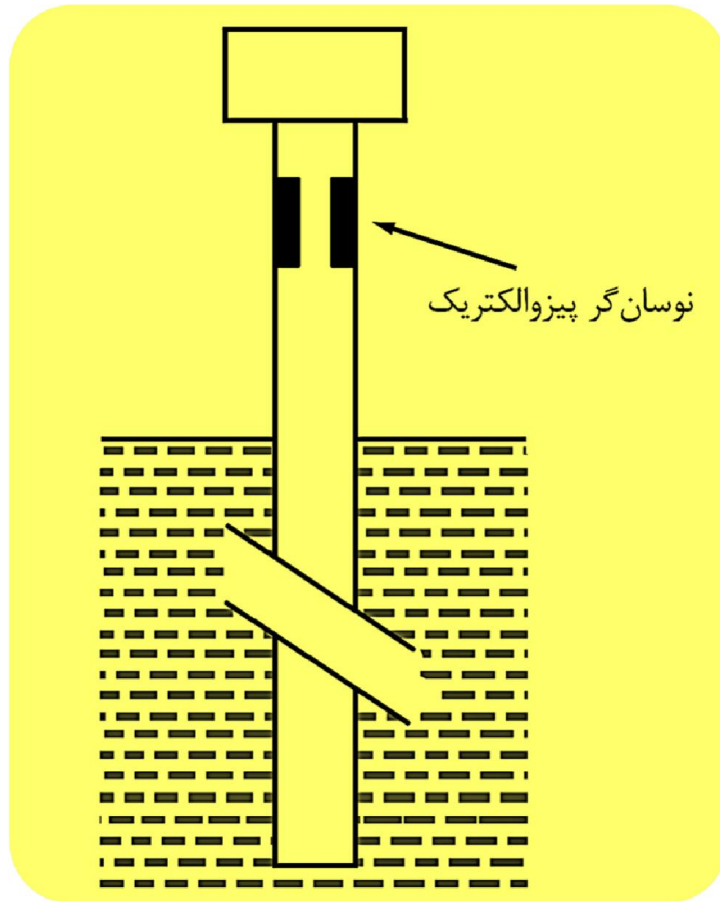
← که در آن I_0 شدت تابش دریافتی توسط آشکارساز

در غیاب هر نوع ماده، μ ضریب جذب جرم برای

ماده اندازه گیری و ρ چگالی ماده اندازه گیری است.



سنسور سطح ارتعاشی

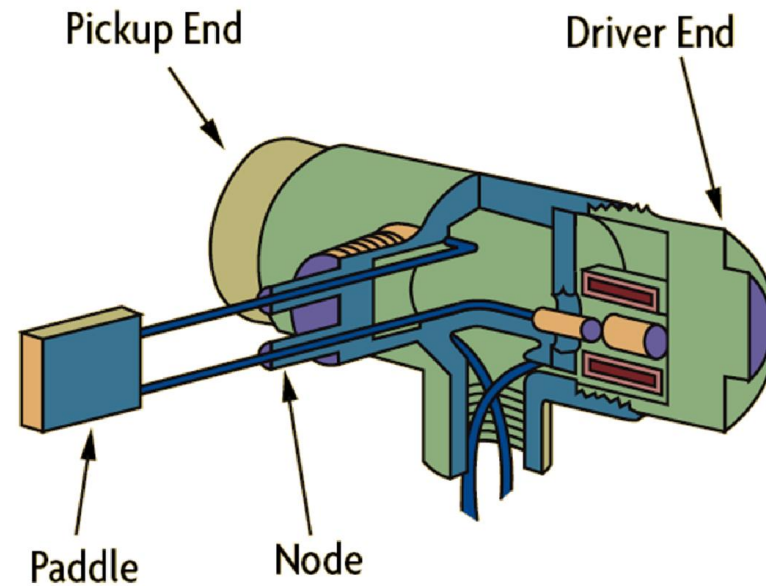


○ این ابزار شامل دو نوسان گر پیزوالکتریک بوده، که در درون یک لوله توخالی قرار گرفته اند.

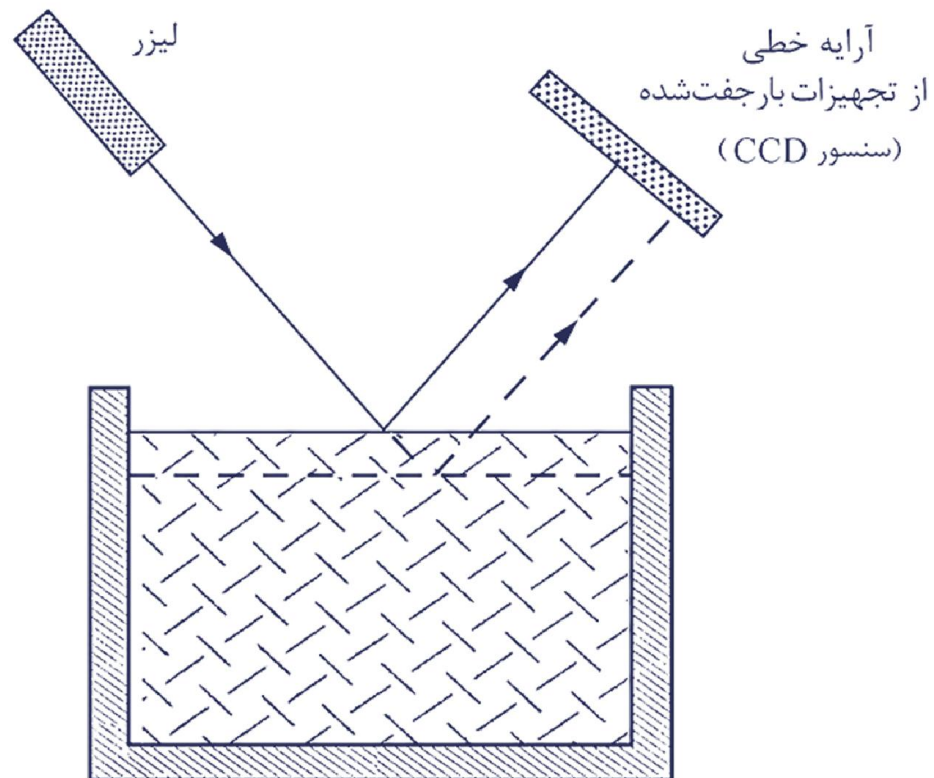
○ این دو نوسان گر می توانند سبب ایجاد ارتعاشات خمشی لوله در فرکانس تشدید (رزونانس) آن شوند.

○ فرکانس تشدید لوله با توجه به عمق شناوری آن در مایع تغییر می کند..

سنسور سطح ارتعاشی



روش لیزری



— یکی از روش های اندازه گیری بر پایه لیزر، سنسور سطح انعکاسی است.

— این سنسور، با استفاده از نور یک منبع لیزری که از سطح مایع اندازه گیری به داخل یک آرایه خطی از تجهیزات بارجفت شده یا CCD منعکس می شود، میزان سطح را اندازه گیری می کند.

— با توجه به میزان سطح سیال، تنها یکی از سنسورهای CCD نور را دریافت خواهد کرد.

روش لیزری

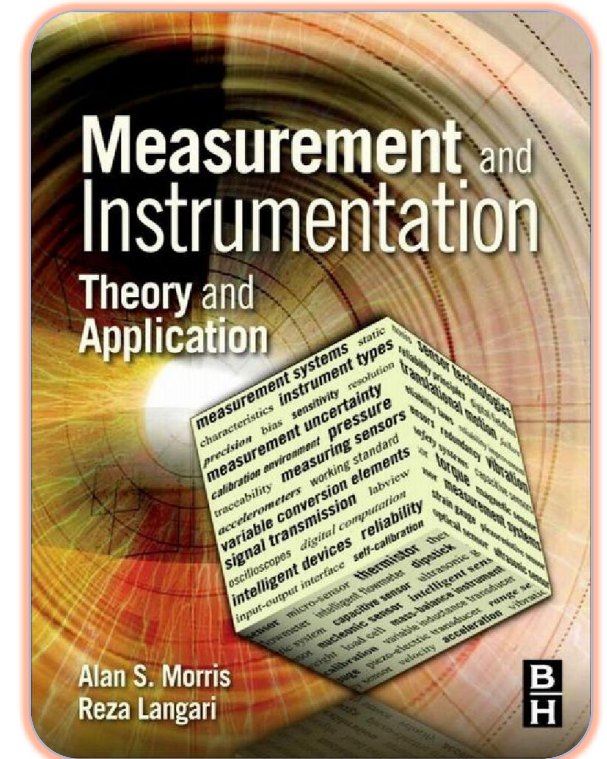
یکی دیگر از روش های لیزری، بر اساس قواعد عمومی برای روش رادار که پیشتر توضیح داده شد، عمل کرده، با این تفاوت که پالس های لیزر تولید شده از لامپ مادون قرمز بر روی سطح تابیده می شود.



این روش در برابر شرایط محیطی مصون بوده، می تواند برای مخازن آب بند شده که دارای پنجره شیشه ای در بالای ظرف هستند، مورد استفاده قرار گیرد.

منابع

- Measurement and Instrumentation: Theory and Application, A. S. Morris, R. Langari, 2013
- Measurement and Instrumentation Principles, 3rd Edition, Butterworth-Heinemann, (Alan S. Morris),
- Condensed Handbook of Measurement and Control (3rd Edition), ISA publication, (N. E. Battikha)
- Measurement Systems : Application and Design, McGraw-Hill, (E. Doebelin)





پایان جلسه ششم