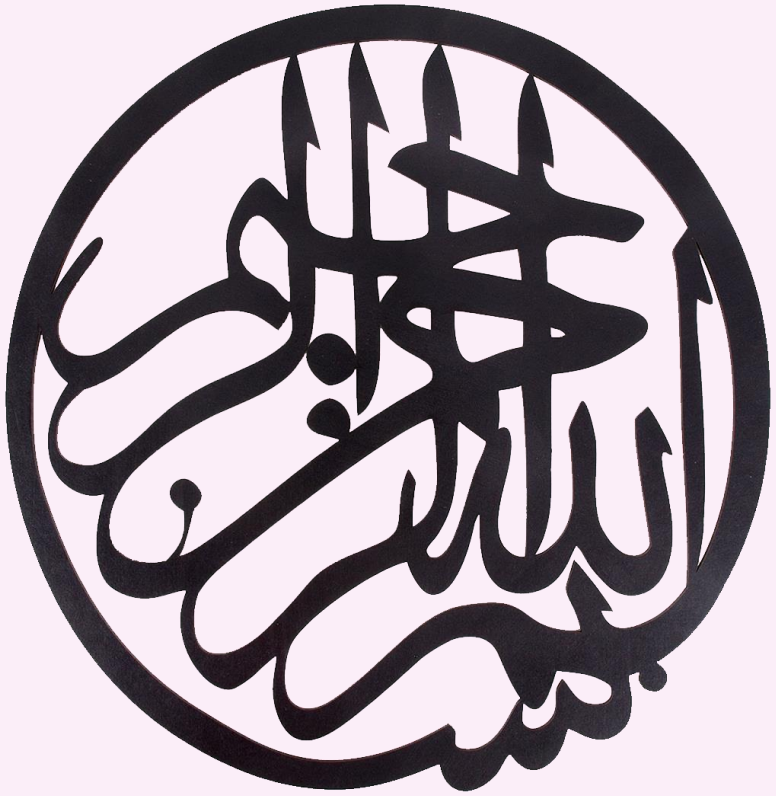

بسم الله الرحمن الرحيم

روش های اندازه گیری دانسیته

آزمایشگاه شیمی

استاد: دکتر محمد صادق عسگری

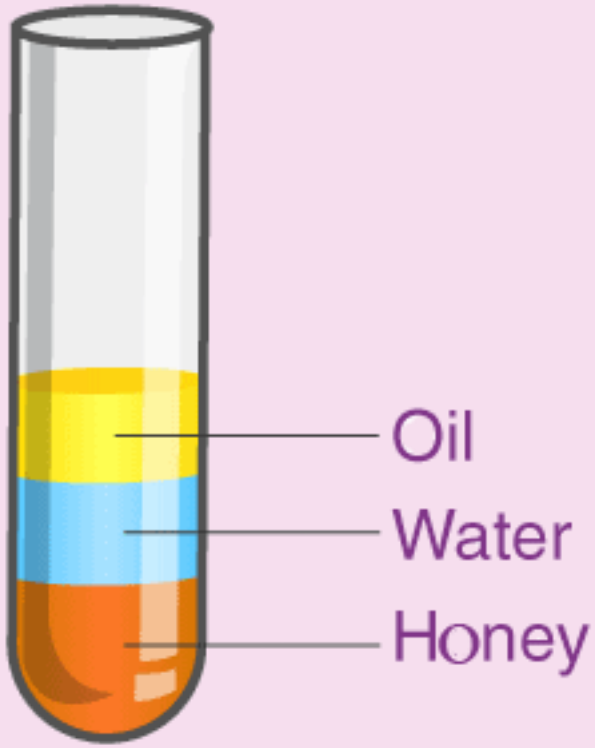
محقق: حامد مهرور اصیل

دانشکده مواد و متالورژی

99532393

اردیبهشت 1400

مختصری از عناوین ارایه:



1. دانسیته چیست؟

- تعریف دانسیته
- فاکتورهای موثر بر دانسیته
- واحدهای دانسیته وانواع ان

2. اندازه گیری دانسیته

- تاریخچه
- معرفی روش های اندازه گیری(کلی)
- معرفی روش های اندازه گیری(جزیی)

3. اطمینان از درستی اندازه گیری

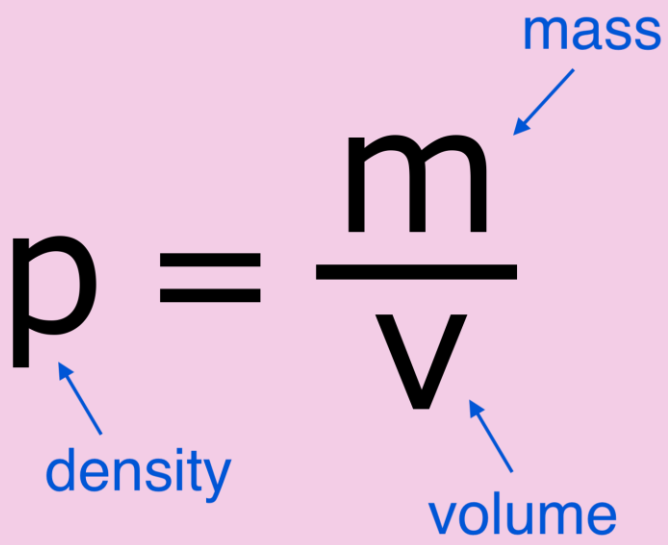
4. منابع

دانسیته چیست؟

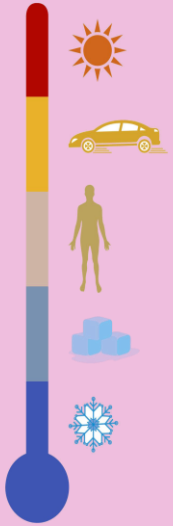
ρ

دانسیته یا همان چگالی، پارامتری فیزیکی است، که اندازه گیری آن اطلاعاتی مهم از مواد را،
از جمله غلظت، خلوص و ...را به ما می دهد.

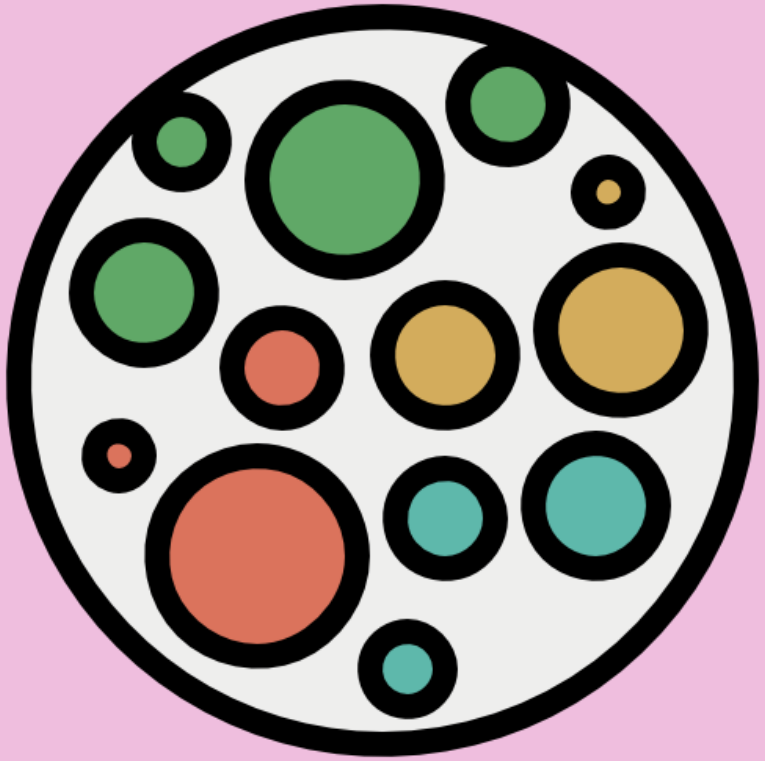
دانسیته را با نماد لاتین "d" و با نماد یونانی "ρ" نشان می دهند که هر دو درست می باشند.
دانسیته (دانسیته حقیقی) از نسبت جرم به حجم ماده مورد نظر بدست می آید.
این درحالی است که جرم به نیروی شناوری هوا، جاذبه و گرانروی (viscosity) وابسته نیست.
دانسیته پارامتری ثابت است و با افزایش یا کاهش مقدار ماده تغییر نکرده و تنها، مقدار دانسیته با تغییر دما، فشار و ویسکوزیته تغییرمی کند.

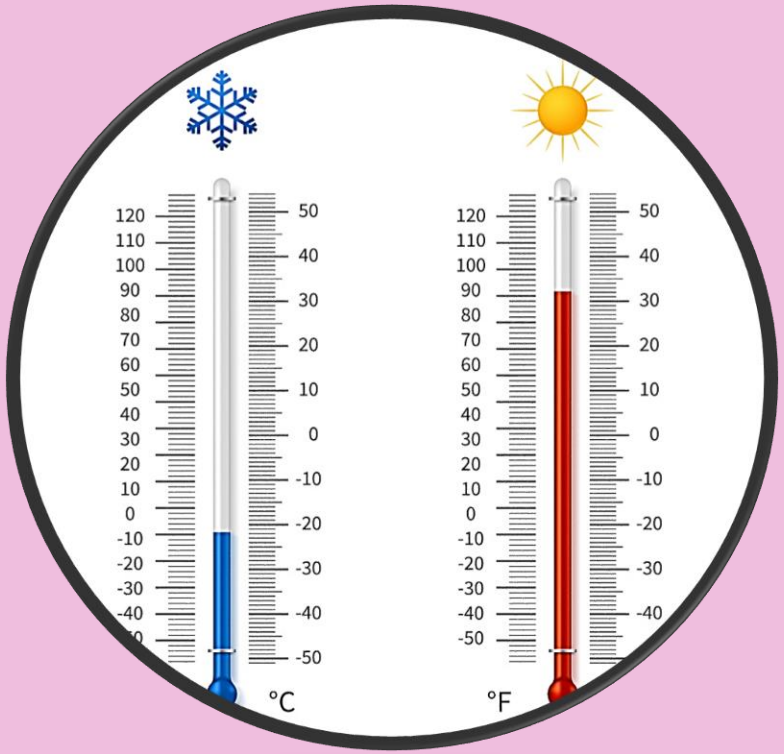


عوامل موثر بر مقدار دانسیته

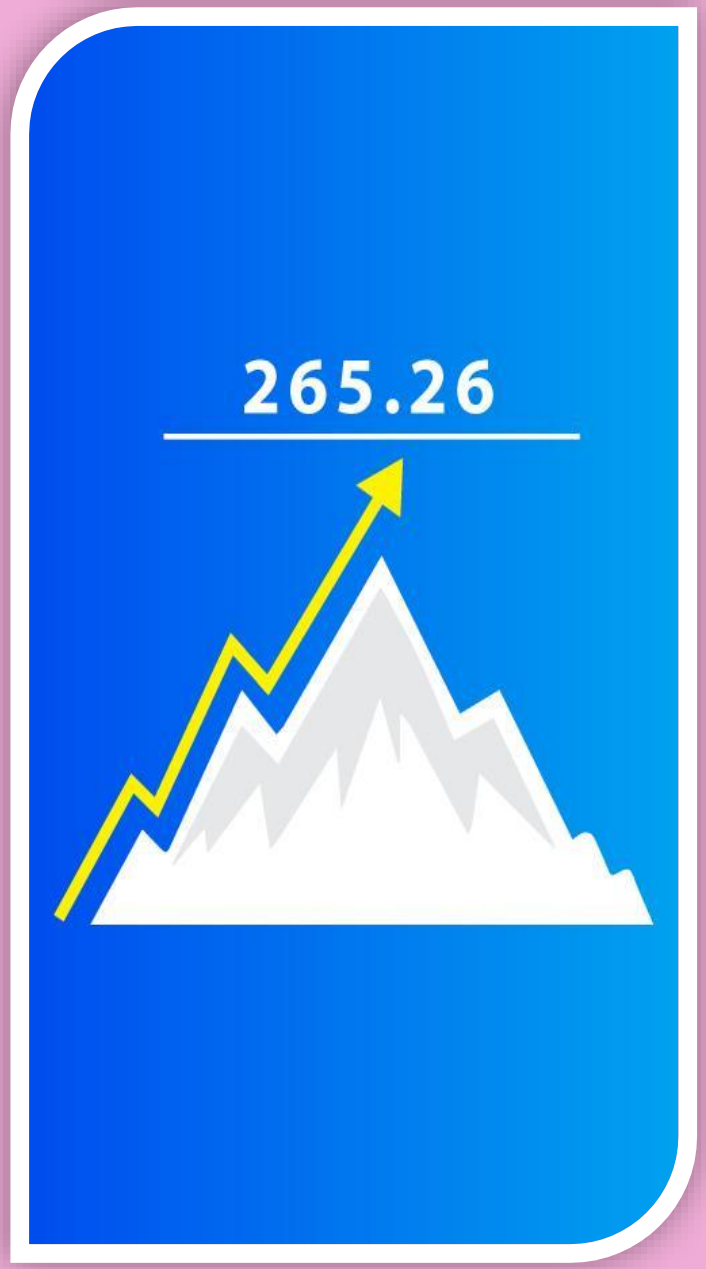


1. دما: با افزایش دما، مقدار جنبش مولکول های ماده افزایش می یابد و مقدار فضای بیشتری را برای حرکت اشغال می کنند(حجم افزایش می یابد)؛ در حالی که جرم ثابت می باشد، که این در مقدار نسبت جرم به حجم (دانسیته) تغییر ایجاد می کند. طوری که 0.1 °C تفاوت در دما به 0.0001 g/cm^3خطا در مقدار دانسیته منجر می شود .

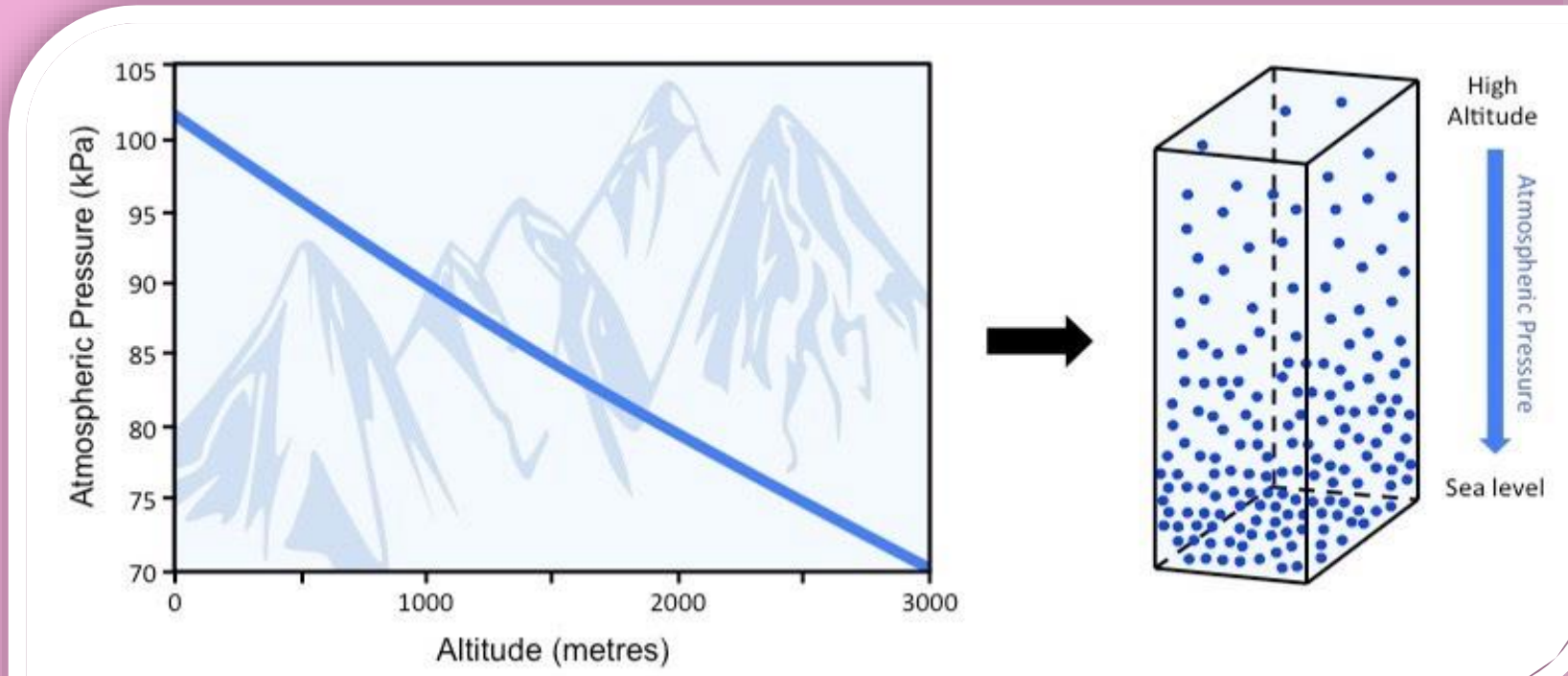




عوامل موثر بر مقدار دانسیته



2. ارتفاع: فشار وارد بر ماده باعث می شود که فضای حرکت مولکول های ماده محدود تر شده که نهایتا باعث کاهش حجم ماده می شود. و از آنجایی که تغییر ارتفاع باعث تغییر فشار هوا می شود، ارتفاع هوا، پارامتری موثر می باشد که باید در نظر گرفته شود.



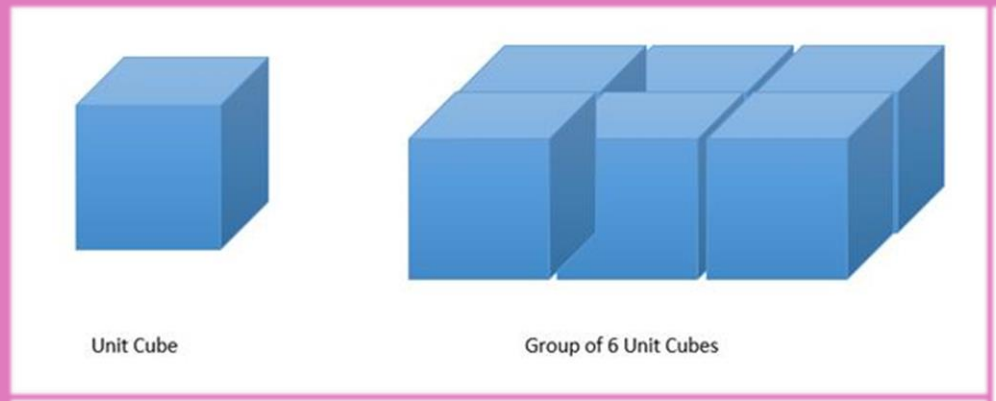
عوامل موثر بر مقدار دانسیته

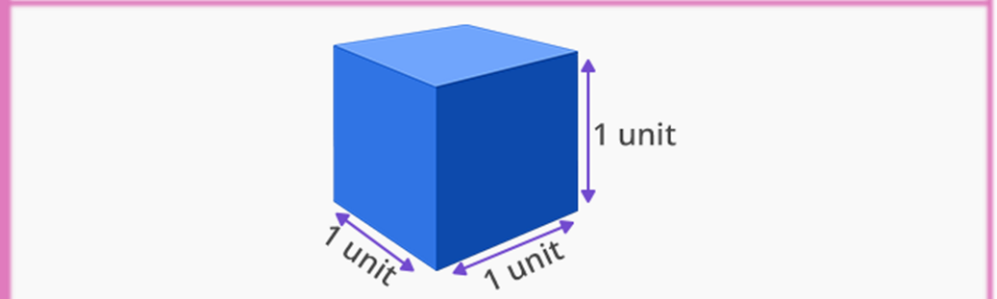
3. ویسکوزیته: این مورد مربوط به روش اندازه گیری دیجیتال دانسیته می باشد که از طریق نوسان و فرکانس انجام می شود و بالا بودن ویسکوزیته ماده از حد معمول باعث بیشترنشان داده شدن دانسیته می شود.

گزارش مقدار دانسیته

با توجه به رابطه دانسیته، هرواحدی که نسبت جرم به حجم را نشان دهد می تواند واحد مورد نظر باشد، اما رایج ترین واحد های دانسیته شامل موارد زیر میشوند:

1. gram per cubic centimeter (g/cm³)
2. kilogram per cubic meter (kg/m³),
3. kilogram per liter (kg/L)
4. gram per liter (g/L)
5. ...



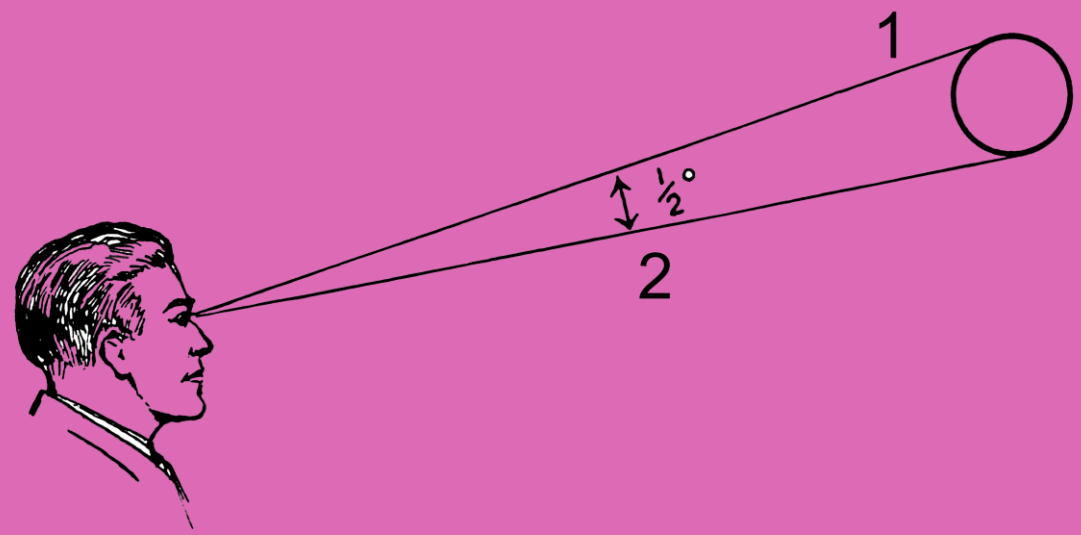


دانسیته حقیقی و دانسیته ظاهری

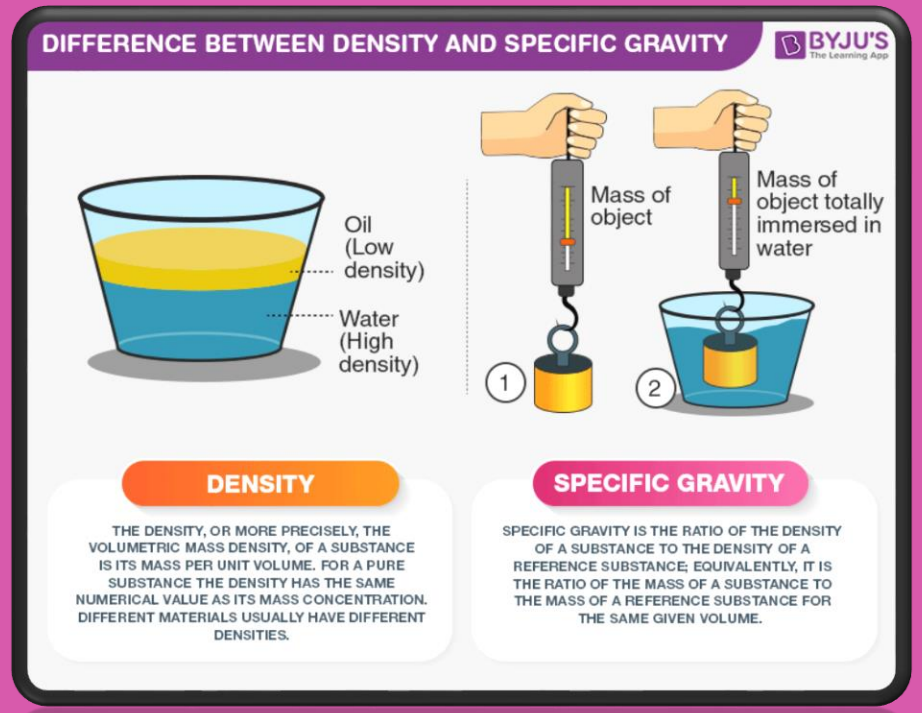
APPARENT AND TRUE DENSITY

$$\rho_{app} = \frac{\rho_{true} - \rho_{air}}{1 - \frac{\rho_{air}}{\rho_{steel\ or\ brass}}}$$

دانسیته ظاهری برخی، اوقات با دانسیته حقیقی اشتباه می شود.
در حالی که دانسیته ظاهری نسبت وزن ماده درهوا به حجم آن است.
برای مثال دانسیته حقیقی هوا در دمای 20 °C، 0.0012 g/cm³ و
دانسیته ظاهری آن در همین دما 0.0000 g/cm³ می باشد.
دانسیته ظاهری، از درنظرگرفتن نیروی شناوری ماده ای درهوا به
عنوان نمونه هم بدست می آید که درحال حاضر از فولاد و برنج به
عنوان نمونه استفاده می شود.



وزن مخصوص (دانسیته نسبی)
SPRCIAL GRAVITY



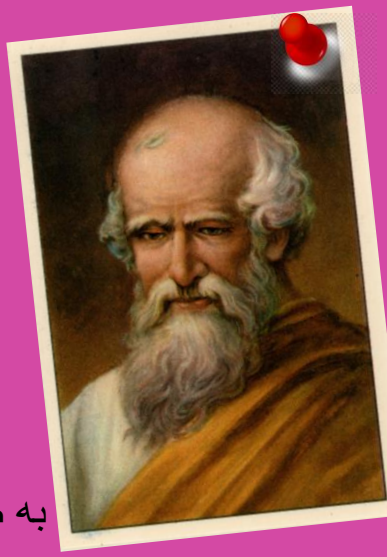
$$SG = \frac{\rho_{true}}{\rho_W}$$

- یکی دیگر از روش های گزارش دانسیته، وزن مخصوص یا دانسیته نسبی (چرا که با توجه به دانسیته آب گزارش می شود) آن ماده است.
- وزن مخصوص نسبت دانسیته حقیقی ماده با دانسیته آب می باشد.
- $SG_{20/4}$ یعنی دانسیته نمونه در دمای 20 °C بر روی دانسیته آب در دمای 4 °C و $SG_{20/20}$ یعنی دانسیته ماده در دمای 20 °C بر روی دانسیته آب در دمای 20 °C.
- مقایسه حاصل دو وزن مخصوص بالا تفاوتی را نشان می دهد که به علت وجود اختلاف در دانسیته آب، در دماهای مختلف است.
- وزن مخصوص بدون واحد می باشد.

Sample	Air at T = 20 °C, p = 1013 mbar	Water at T = 20 °C
True Density ρ [g/cm³]	0.00120	0.99820
Specific gravity $SG^{20}/_{20}$	0.00120	1
Specific gravity $SG^{20}/_{4}$	0.00120	0.99823
Apparent specific gravity $SG_{app}{}^{20}/_{20}$	0	1

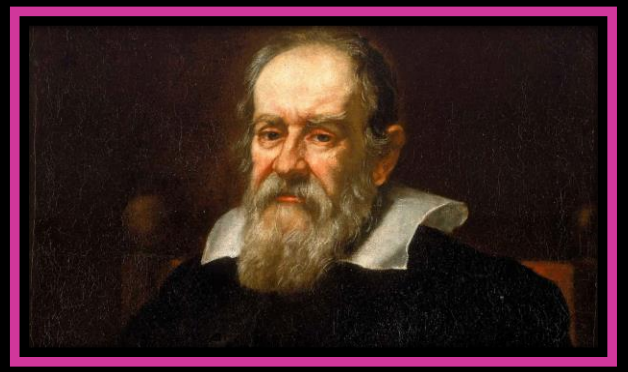
Table 2: Comparison of air and water density units at 20 °C

تاریخچه دانسیته



دانسیته به تواریخ قدیم برمی گردد.
در واقع به 2200 سال پیش به زمان king hieron II .
به صورت خلاصه، شاه، دستور ساخت تاجی از جنس طلا را داد که بعد از ساخت ان، سازنده را به اضافه کردن نقره در تاج متهم شد.
ارشمیدس، ریاضیدان، مهندس، مخترع و ستاره شناس مسئول تایید یا رد این اتهام بود .
ارشمیدس به خانه رفت و خسته از تفکر در مورد حل این مسئله، وان را برای حمام کردن آماده کرد.
زمانی که در اب وان وارد شد، سطح آب به بالا صعود کرد.
و او متوجه شد که مقدار آبی که بالا می آید متناسب با حجم جسمی است که وارد آب می شود.
او برهنه دور شهر دوید و فریاد می زد:یافتم... یافتم... یافتم... .
ارشمیدس برای حل مشکل پادشاه، تاج و یک شمش طلا به همان وزن را برداشت و هر دو را وارد آب کرد .
زمانی که هر دو به صورت کامل وارد آب شدند، متوجه شد مقدار آبی که تاج جابه جا کرد بیشتر از شمش طلا است.
این به آن معناس که حجم تاج بیشتر از شمش است و درنتیجه دانسیته تاج کمتر از دانسیته یک شمش طلای خالص به همان وزن می باشد،
که از این اطلاعات دانسیته، دانست تاج ترکیبی از طلا و نقره می باشد.
این آزمایش به ارشمیدس کمک کرد تا رابطه جرم و حجم را بدست اورد که بعدها در روش های دیگر از قانون ارشمیدس استفاده شد.

تاریخچه دانسیته



- در زمان گالیله وزن کردن فلز های قیمتی در هوا و اب روش رایجی بود میان جواهرفروشان اروپا که وی –زیاضیدان، ستاره شناس و فیزیکدان معروف ایتالیایی- در قرن شانزدهم میلادی دستگاهی اختراع کرد که همچنان برای اندازه گیری دقیق دانسیته استفاده می شود: دستگاه تعادل هیدرواستاتیکی
- نمونه وارد اب می شود اما این بار متصل به یک ترازوی بسیار حساس.

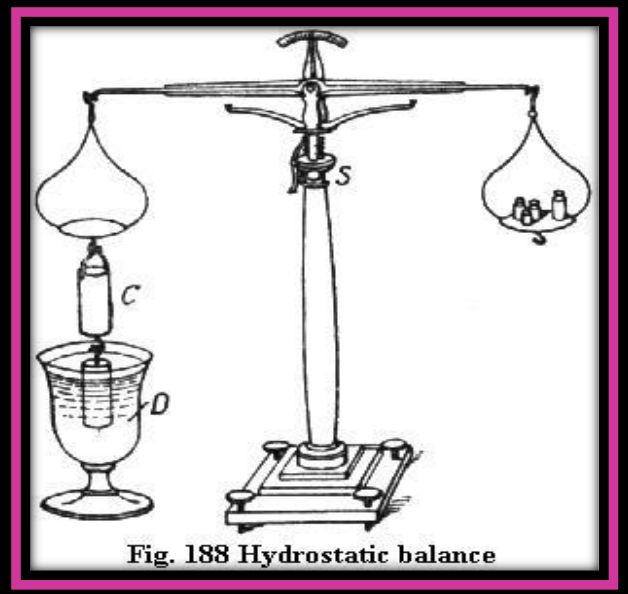
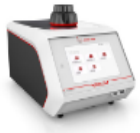


Fig. 188 Hydrostatic balance

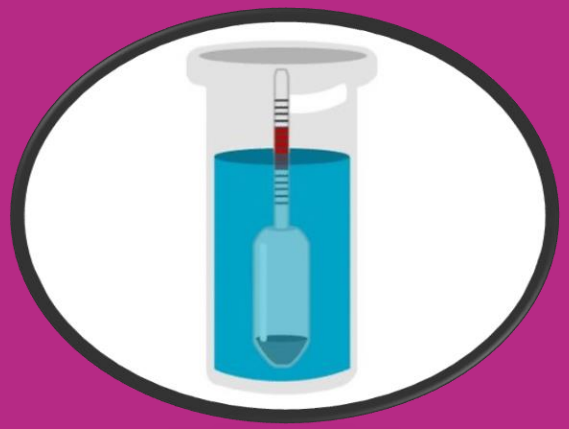
- و در حال حاضر دانسیته توسط- وسایل متریک دیجیتالی اندازه گیری می شود.

روش های اندازه گیری دانسیته در یک نگاه

Measurement device	Can be used for	Advantages	Disadvantages
Hydrostatic balances	• Liquids • Powder • Granules • Solids	• Highly accurate	• Large size • Highly sensitive to temperature (requires air-conditioned room) • Time-consuming to operate • Requires skilled operator
Digital density meters (benchtop)	• Liquids	• Highly accurate • Easy to operate • Small size • Low sample required • Low solvent volume required for cleaning • Easy to clean • Possible to automate sample filling • Data transfer and storage • Filling checks and alerts given	-
Digital density meters (portable) [26]	• Liquids	• Highly accurate • Easy to operate • Portable • Small size • Low sample required • Low solvent volume required for cleaning • Easy to clean • Data transfer and storage	Cell may break if dropped accidently

Measurement device	Can be used for	Advantages	Disadvantages
Hydrometers	• Liquids	• Low cost • Small size	• Easily broken • Requires relatively high sample volume • Requires high solvent volume for cleaning • Tedious cleaning routine • Errors reading off the result
Pycnometers	• Liquids	• Low cost • Small size	• Easily broken • Requires relatively high sample volume • Requires high solvent volume for cleaning • Tedious cleaning routine • Errors reading off the result
 Gas pycnometers	• Solids	• Accurate • Robust • Small size	• Requires regular calibration

روش های اندازه گیری دانسیته:
هیدرومتر(hydrometers)

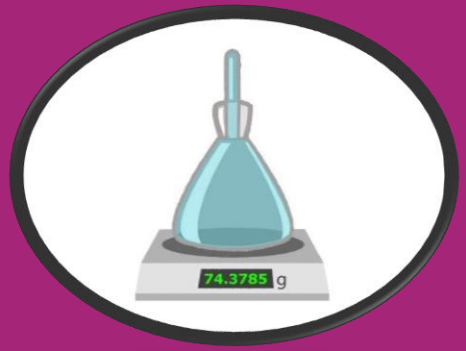


- هیدرومتر یک محفظه شیشه ای معلق می باشد که دارای حبابی محتوی وزنه ای فلزی و لوله ای مدرج می باشد.

- برای اندازه گیری دانسیته باید این وسیله را وارد ظرف محتوی ماده مورد نظر کرده و عددی را که نشان می دهد به عنوان مقدار دانسیته ماده در نظر گرفت.
هر چقدر این وسیله بیشتر در ماده فرو رود، ماده دانسیته کمتری دارد.
برای مثال هیدرومتر در آب بیشتر فرو می رود تا در شربت.

- این روش بر مبنای قانون ارشمیدس است.

- هیدرومترها به قطع، ساده ترین و ارزان ترین وسیله برای اندازه گیری دانسیته می باشند اما، این روش به کنترل دمایی بسیار دقیق نیازمند است؛ چرا که به علت ظریف بودن اندازه گیری به راحتی مقدار به دست آمده می تواند اشتباه خوانده شود.

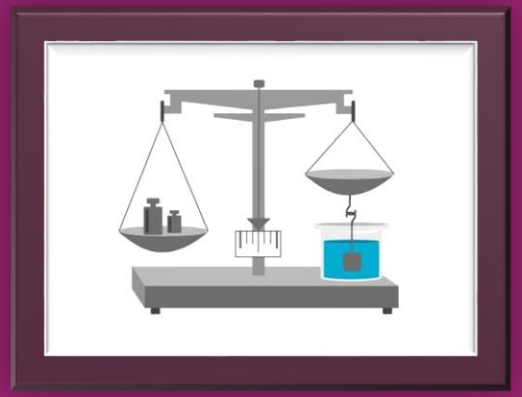


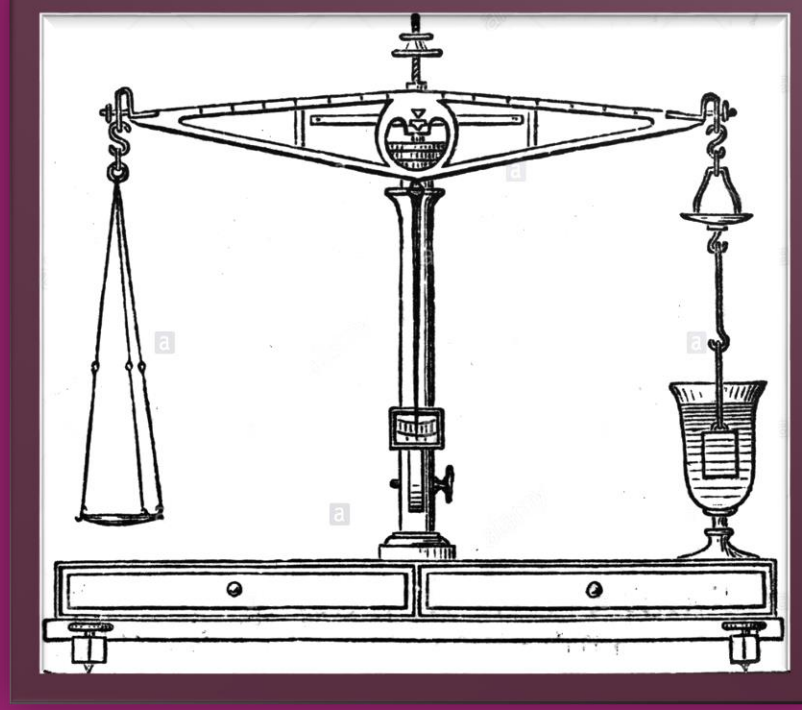
روش های اندازه گیری دانسیته:
پیکنامتر(Pycnometers)

- دستگاه پیکنامت، شامل یک فلاسک شیشه ای با حجم معین و یک درپوش محکم می باشد.
- فلاسک را از ماده مورد نظر پر کرده و وزن آن را با استفاده از ترازو می خوانیم.
  و درنیتجه حجم و جرم ماده مورد نظر را در اختیار داریم.
- این وسیله می تواند مطمئن و دقیق باشد؛ اگر کنترل دمای بسیار دقیقی ر روی آن اعمال شود.
  این وسیله بسیار مقرون به صرفه اما شکننده می باشد.

این روش بسیار زمان بر و کند می باشد و همچنین نیازمند یک فرد مجرب برای اندازه گیری می باشد.
از دیگر معایب این دستگاه این است که ماده زیادی برای اندازه گیری می برد؛ ≈100ml

روش های اندازه گیری دانسیته:
ترازوی هیدرواستاتیکی
(Hydrostatic balances)





- ترازوی هیدرواستاتیک بر اساس قانون ارشمیدس کار می کند.

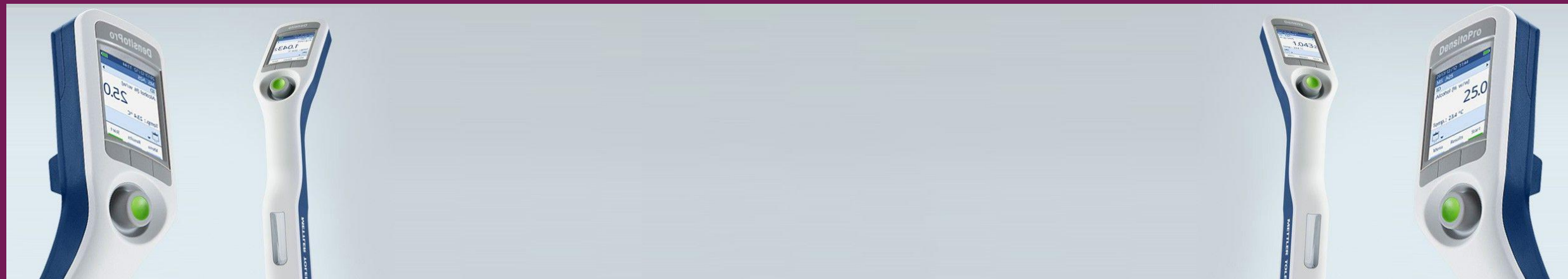
- این وسیله شامل یک ترازوی بسیار دقیق و یک غرق شونده(sinker) با حجم معین متصل به یک کفه تاازو می باشد.
غرق شونده وارد ظرف محتوی ماده مورد نظر می شود و وزن ظاهری غرق شونده با وزن کردن توسط ترازو بدست می اید.
وزن ظاهری غرق شونده برابر با وزن مایع جابه جا شده در ظرف ماده مورد نظر می باشد، درنتیجه حجم و وزن مقدار مایع جابه جا شده مشخص می شود.

- این وسیله بسیار دقیق و مطمئن می باشد، اما از طرفی بسیار گران و زمان بر می باشد.
از دیگر نکات منفی این دستگاه سختی نصب و قرار دهی ان می باشد.
ترازوی هیدرواستاتک هم مانند دیگر دستگاه های معرفی شده به کنترل دمایی دقیقی نیازمند است.

روش های اندازه گیری دانسیته:
دیجیتالی و مدرن
(Digital density meters)

- دستگاه های اندازه گیری دیجیتال بر مبنای نوسان لوله ای -U شکل- کار می کند.
زمانی که لوله -U شکل- برانگیخته می شود و شروع به نوسان در محدوده فرکانسی خاصی با توجه به ماده ای که درون لوله ریخته شده است، می کند، دانسیته ماده مورد نظر قابل اندازه گیری می باشد.
تکنولوژی اندازه گیری دانسته مواد، از این طریق به محدودیت های خود رسیده است؛ از سال 2018 روشی به نام قانون لوله -U شکل- که بر اساس روش برانگیختگی پالس می باشد، معرفی شد.

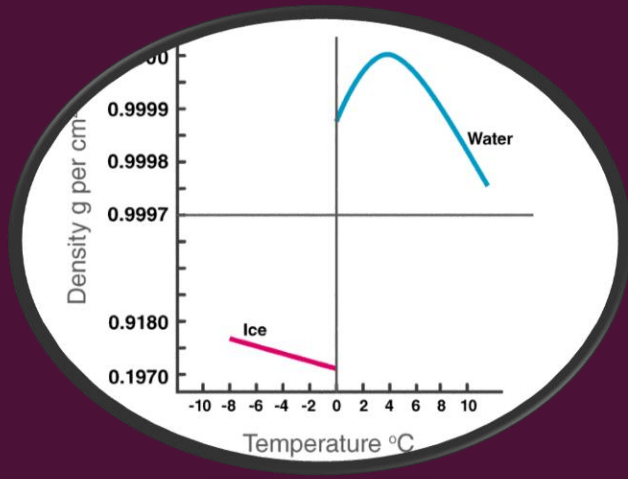
- این دستگاه، بسیار دقیق و سریع می باشد.
از مزیت های بزرگ این دستگاه ها قابلیت اندازه گیری ماده در محدوده گسترده ی دمایی و فشاری است؛ چرا که با محاسبات تعمیم داده می شود.
از مزایای دیگر این دستگاه این است که خوراک کمی از ماده را نیاز دارد تا نتیجه را تحویل دهد و با مقدار کمی از ماده می تواند دانسیته را بدست آورد و هدر رفت را به حداقل رساند .



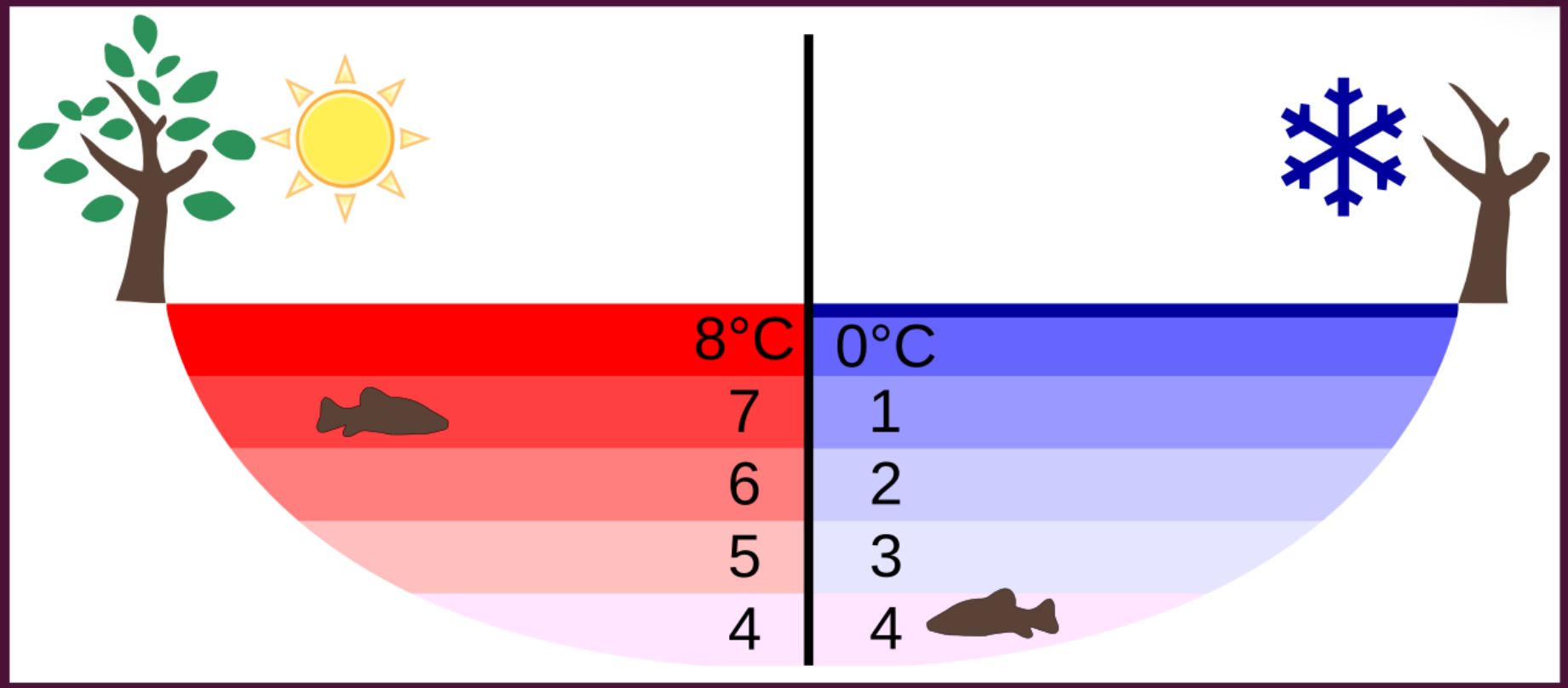
برای اطلاعات بیشتر و آگاهی از چگونگی کار کرد دانسیته مترهای دیجیتال به لینک زیر مراجعه فرمایید:

https://wiki.anton-paar.com/en/density-and-density-measurement/#indepth-measuring-density-with-a-digital-density-meter

عجایب علم: دانسیته و آب



آب مایعی بی همتا است که در دمای 3.98 °C به دانسیته حداکثری خود می رسد.
این مایع در دماهای بالای 3.98 °C شروع به افزایش حجم و کاهش دانسیته می کند.
این رفتار عجیب آب باعث شده است که دریاچه ها از بالا به پایین یخ بزنند و موجودات زنده به حیات خود ادامه دهند .



چگونه اندازه گیری دقیق تری داشته باشیم ؟

WATER CHECK

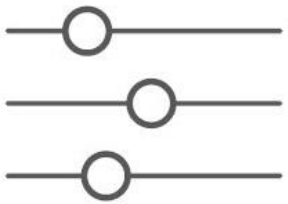
Perform a water check every day prior to your measurements.

1

ADJUSTMENT

If the water check fails and cleaning does not help, perform an air/water adjustment.

2



3

SAMPLE PREPARATION

To get reproducible results prepare your samples with care and the same way every time.

4

SAMPLE FILLING

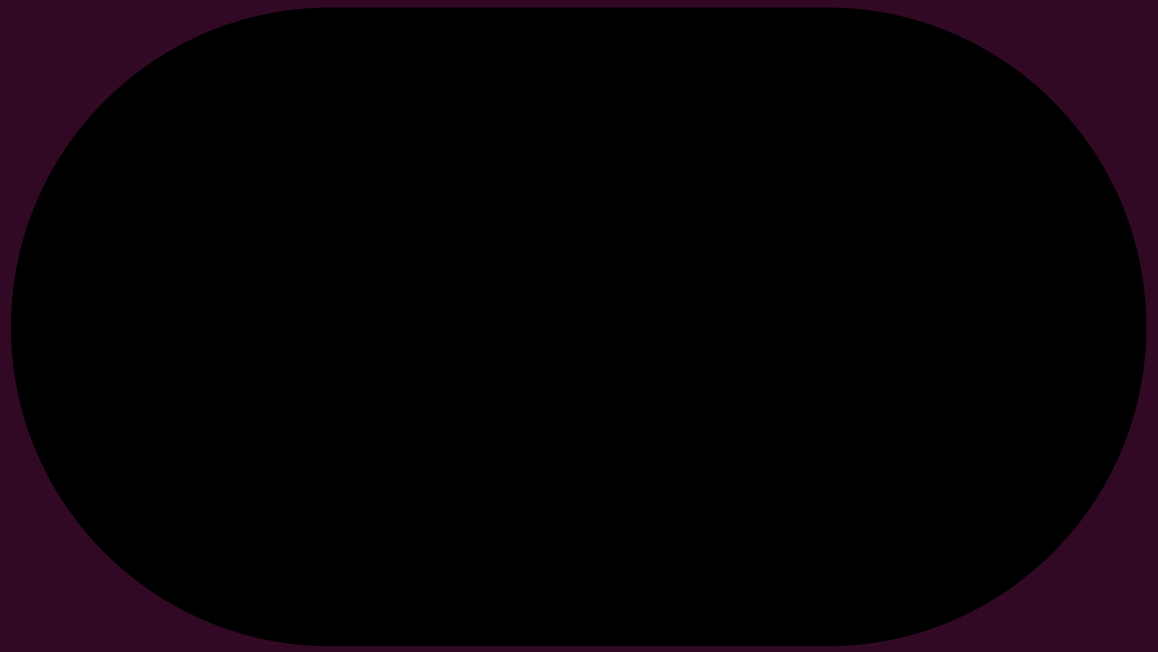
Fill the measuring cell carefully and without bubbles.

5

CLEANING

Remove the sample from the measuring cell right after the measurement, and clean your instrument regularly.

Video:
Manual to Digital Density Measurement



Video:
How to Measure the Density of Gold

منابع

1. https://www.npl.co.uk/products-services/force-pressure-mass-density/density-measurement
2. https://www.mt.com/de/en/home/applications/Application_Browse_Laboratory_Analytics/Density/density-measurement.html?smartRedirectEvent=true
3. https://www.mt.com/de/en/home/applications/Application_Browse_Laboratory_Analytics/Density/density-measurement.html?smartRedirectEvent=true#measurement
4. https://www.biolinscientific.com/measurements/density
5. https://wiki.anton-paar.com/en/density-and-density-measurement/
6. https://www.anton-paar.com/us-en/density-redefined/?utm_source=brochure&utm_medium=print&utm_campaign=hq_gc.density.2019
7. https://wiki.anton-paar.com/en/density-and-density-measurement/good-density-measurement/
8. https://www.anton-paar.com/us-en/density-redefined/?utm_source=brochure&utm_medium=print&utm_campaign=hq_gc.density.2019
9. https://www.truedyne.com/density-measurement-basics-part-1/?lang=en

Thank You
For Your Atten