تجهیزات آموزشی

آزمایشگاه

خواص سنگ های مخزن

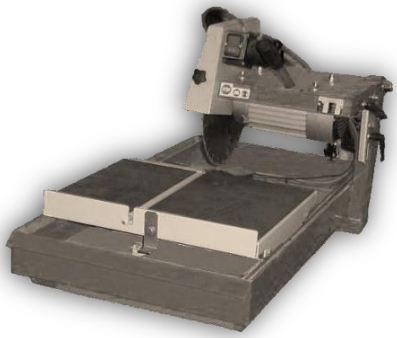
- دستگاه های آماده سازی مغزه
- تخلخل سنج هلیوم
- شستشو و تعیین اشباع
- دستگاه اندازه گیری ترشوندگی سطح به روش زاویه تماس
- اندازه‌گیری نفوذپذیری با استفاده از گاز
- دستگاه اشباع کننده
- دستگاه اندازه‌گیری خواص الکتریکی مغزه
- دستگاه اندازه گیری نفوذپذیری با استفاده از مایعات

۱. دستگاه های آماده‌سازی مغزه

سیستم آماده سازی مغزه شامل چهار دستگاه به شرح زیر می باشد:

- **دستگاه برش سنگ (Core Cutting Saw)**

در این دستگاه سنگ و یا مغزه کامل برای استفاده بعدی در پلاگ ساز به قطعات کوچک‌تر بریده می‌شود.



مشخصات دستگاه:

- ✓ قطر تیغه-اره: ۳۵۰ میلی متر
- ✓ ماکسیمم طول مغزه قابل برش: ۳۰۰ میلی متر
- ✓ دارای خنک کننده با استفاده از آب یا روغن
- ✓ استفاده از برق ۲۲۰ ولت
- ✓ حداکثر وزن ۹۰ کیلوگرم

- **دستگاه پلاگ ساز (Plugging Machine)**

پس برش مغزه یا سنگ در دستگاه برش، با استفاده از این دستگاه میتوان پلاگ هایی با قطر ۱ و ۱/۵ اینچ و طول ۴ را برش داد.

مشخصات دستگاه:

- ✓ قطر داخلی مته: ۱ و ۱/۵ اینچ
- ✓ طول مته ۴ تا ۵ اینچ
- ✓ گردش مته (RPM): ۳۶۰ تا ۵۷۵۰
- ✓ استفاده از برق ۲۲۰ ولت
- ✓ حداکثر وزن ۱۵۰ کیلوگرم
- ✓

Helium Porosimeter
(Boyle's Two Cell Apparatus)

۲. تخلخل سنج هلیوم

یکی از روش های پرکاربرد برای اندازه گیری تخلخل تکنیک هلیومی می باشد که با کارگیری قانون بویل حجم موثر خلل و فرج موجود در سنگ مخزن را اندازه گیری می کند. برای این اندازه گیری از دستگاهی با نام helium Porosimeter استفاده می شود.

حجم موثر خلل و فرج (V_p) را می توان با انبساط حجم مشخصی از گاز در یک فشار مشخص درون خلل و فرج سنگ بدست آورد. اگر حجم مرجع V_{Re} را در فشار مرجع P_{Re} به صورت همدما به حجم V در فشار P منبسط شود با استفاده از قانون بویل و رابطه زیر V_p بدست می آید:

$$V = \frac{P_{Re}V_{Re}}{P}$$

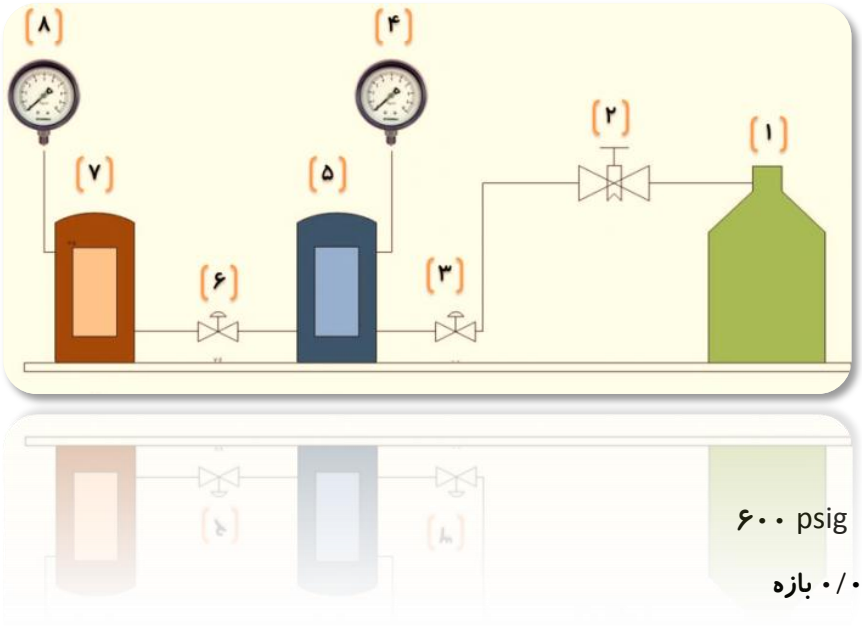
$$V = V_{Re} + V_{dead\ volume} + V_p$$

در این رابطه Vdead volume حجم باقیمانده سیستم اعم از حجم لوله ها و اتصالات می باشد.

اجزای دستگاه:

۱. محفظه پرفشار گاز هلیوم
۲. شیر تنظیم فشار (Regulator)
۳. شیر ورودی برای محفظه مرجع
۴. محفظه مرجع (Reference Cell)
۵. فشارسنج جهت اندازه گیری فشار مرجع (Refernce Pressure) و فشار تعادلی
۶. شیر رابط بین محفظه مرجع و محفظه مغزه
۷. محظه مغزه (Core Cell)
۸. فشار سنج جهت اندازه گیری فشار اولیه محفظه مغزه و فشار تعادلی

Helium Porosimeter
(Boyle's Two Cell Apparatus)



مشخصات دستگاه

فشار سنج ها:

بازه اندازه گیری: ۰ تا ۶۰۰ psig

دقت اندازه گیری: ۰/۰۵٪ بازه

محفظه ها:

حجم: ۱۲۵-۱۳۰ سی‌سی

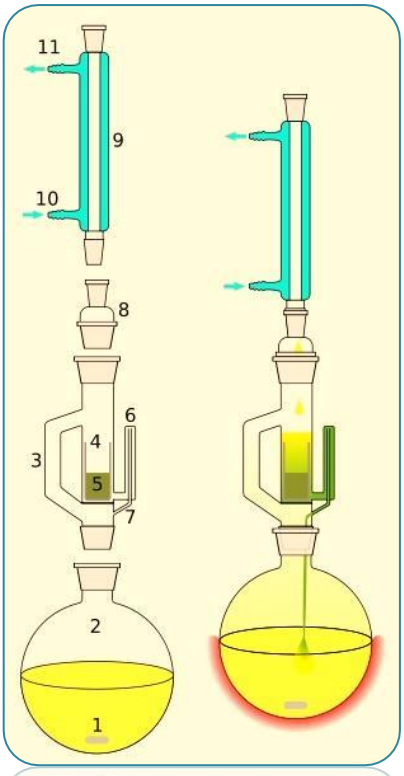
تحمل فشار: ۶۰۰ psig تا ۱۰۰۰ psig

استفاده از مغزه با قطر ۱/۵ و ۱ اینچ

۳. شستشوی مغزه و تعیین اشباع

- شستشوی مغزه با روش Soxhlet Extraction

قبل از اندازه‌گیری تخلخل و تراوایی مغزه باید از سیالات باقیمانده پاک شده و سپس خشک شود. شستشوی مغزه جزیی از اندازه گیری اشباع سیالات مغزه محسوب می‌شود. یکی از روش های مرسوم استفاده از روش استخراج ساکسلت (Soxhlet Extraction) می باشد که برای شستشو و تعیین اشباع در آزمایشگاه ها استفاده می‌گیرد. در این روش تولوئن جوشیده و بخار آن به طرف بالا و مغزه حرکت می‌کند و مغزه را در دمای حدود ۱۱۰ سانتی‌گراد در بر می‌گیرد. آب درون مغزه نیز تبخیر شده و همراه با تولون به درون مبرد رفته و به صورت مایع به اطراف مغزه ریخته و تولوئن مایع با نفت درون مغزه تماس پیدا می‌کند. وقتی سطح مایع به بالای لوله سیفون می‌رسد این مایع ناگهان خالی می‌شود و این سیکل دوباره تکرار می‌شود.

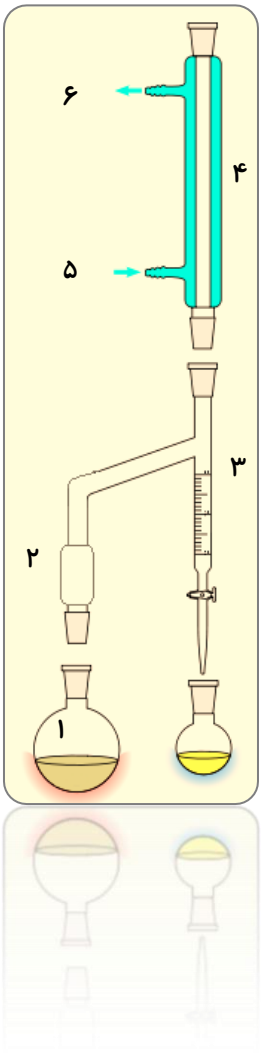


اجزای دستگاه:

۱. میله هم زن
۲. بالن
۳. مسیر تقطیر
۴. محفظه مغزه
۵. مغزه
۶. ورودی سیفون
۷. خروجی سیفون
۸. مبدل (در بعضی موارد استفاده نمیگردد)
۹. مبرد
۱۰. ورودی آب سرد
۱۱. خروجی آب سرد

- **تعیین اشباع با استفاده از روش Dean Stark**

یکی از روش های مرسوم در آزمایشگاه های آنالیز مغزه برای شستشو و تعیین اشباع سیالات درون سنگ مخزن استفاده از مجموعه Dean Stark می باشد. روش استفاده از این دستگاه بدین گونه است که آب و حلال که تولوئن یا مخلوطی از استون و کلروفرم است تبخیر می‌شود و پس از عبور از مبرد و میعان به درون کلکتور مدرج برمی‌گردد. پس از پر شدن کلکتور حلال به روی مغزه می‌ریزد و نفت را به بالن باز می‌گرداند. مقدار نفت از محاسبه اختلاف وزن آب جمع شده و وزن کاسته شده پس از استخراج و خشک شدن بدست می‌آید.



اجزای دستگاه:

۱. بالن حاوی آب و حلال
۲. استخراج کننده
۳. جمع کننده آب و حلال (collector)
۴. مبرد
۵. وردی آب سرد
۶. خروجی آب سرد

قابلیت های دستگاه مجموعه:

- استفاده از مغزه با قطر ۱/۵ و طول ۴ اینچ
- حجم استخراج کننده: ۲۵۰ میلی لیتر
- حداکثر دمای عملیاتی: ۴۵۰ درجه سانتی‌گراد
- ورود و خروج آب سرد از ۰/۵ تا ۳ لیتر بر دقیقه

Soxhlet & Dean-Stark Extraction (Cleaning and saturation Determination)

مشخصات اجزای اصلی مجموعه شستشوی مغزه:

مبرد:

اندازه اتصالات تحتانی
۴۵/۵۰

استخراج کننده:

حجم	اندازه اتصالات تحتانی
۸۵ سی سی	۴۵/۵۰

بالون:

اندازه	حجم
متوسط	۲۵۰ سی سی

جمع کننده:

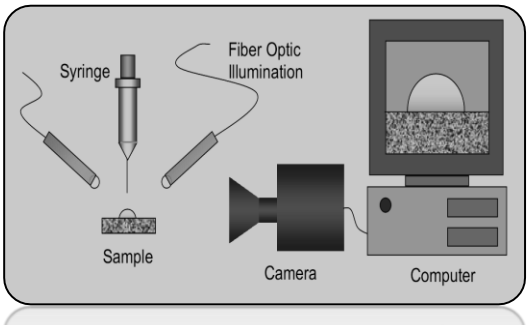
حجم (دقت)	اندازه اتصالات تحتانی
۱۰ سی سی(۰/۱ سی‌سی)	۴۵/۵۰

Wettability Measurement
(Contact Angle Apparatus)

۴. دستگاه اندازه گیری ترشوندگی سطح به روش زاویه تماس

یکی از روش های اندازه گیری ترشوندگی سطوح اندازه گیری زاویه تماس سیالات با سطح است.در بحث سطح‌شناسی، چسبندگی فیزیکی، زاویه تماس و در نتیجه آن ترشوندگی را تعیین می‌کند. هنگامیکه دو فاز (مانند جامد و مایع) با هم در تماس باشند، هرچه چسبندگی بین آن دو بیشتر باشد، زاویه تماس کمتر و ترشوندگی بیشتر خواهد بود. برعکس، هرچه همدوسی بیشتر باشد، ماده تمایل به تماس بیشتر با خود خواهد بود و ازین‌رو چسبندگی و ترشوندگی کمتر و زاویه تماس بیشتر می‌شود. در این روش بسته به زاویه تشکیل دهنده سیال با سطح،ترشوندگی سطح نسبت به سیال تعیین میگردد.

اجزای دستگاه:



۱. دوربین CCD با رزولوشن بالای تصاویر
۲. منبع نور
۳. ابزار دقیق قرار دادن قطره بر روی سطح
۴. نرم افزار پردازش اطلاعات
۵. سطوح با تر شوندگی معلوم

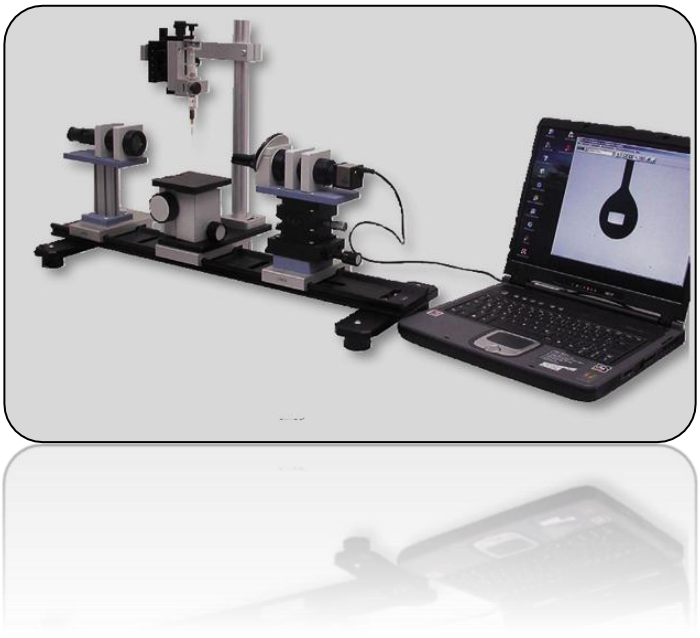
نرم افزار پردازش اطلاعات

- پردازش خودکار اطلاعات تصاویر و ارائه زاویه تماس
- نمایش آنلاین تصاویر قطره در حین آزمایش
- طراحی آسان که کاربر با هر سطح آشنایی با کامپیوتر میتواند با آن کار کند.
- قابلیت ذخیره اطلاعات پس از گرفتن مسیر و همچنین ذخیره خودکار اطلاعات
- قابلیت اجرای نرم افزار مربوطه بر روی رایانه شخصی و پردازش اطلاعات
- بررسی وابستگی زاویه تماس با زمان و ارائه گراف زاویه تماس بر اساس زمان

Wettability Measurement
(Contact Angle Apparatus)

ویژگی های دستگاه :

- نرم افزار قدرتمند جهت پردازش اطلاعات
- رزولوشن بالای تصاویر
- قابلیت ارتقای دستگاه جهت اندازه گبری IFT
- بررسی اثر Aging در اندازه گیری ترشوندگی
- قابلیت پردازش اطلاعات در جا و ارائه آنلاین نتایج
- ابعاد بهینه و قابلیت حمل و نقل آسان دستگاه
- قابلیت فیلم برداری در طول آزمایش
- قابلیت اندازه گیری دقیق زاویه تماس با دقت ۰.۵ درجه
- قابلیت نصب نرم افزار مربوطه بر روی رایانه شخصی و پردازش اطلاعات



۵. اندازه‌گیری نفوذپذیری با استفاده از گاز

این دستگاه برای اندازه گیری نفوذپذیری سنگ با استفاده از گاز در آزمایشگاه و تحت شرایط پایا (Steady State) می باشد. بر طبق معادله دارسی با داشتن سطح مقطع سنگ، طول سنگ، ویسکوزیته گاز ، دبی جریان و فشار گاز ورودی می توان میزان نفوذپذیری گاز در سنگ را به دست آورد:

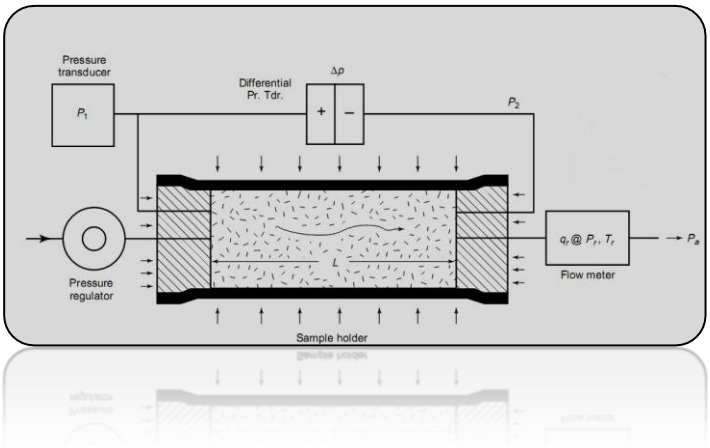
$$q = \frac{KA}{\mu} \times \frac{(P_{in}^{۲} - P_{out}^{۲})}{۲P_{atm} \times L}.$$

برای بدست آوردن میزان نفوذپذیری مایع در سنگ از معادله کلینکنبرگ استفاده می نماییم.بر طبق این معادله با اندازه گیری K_g در چندین فشار و رسم نمودار K_g بر حسب $\frac{۱}{P_m}$ می توان میزان نفوذپذیری مایع در سنگ را نیز به دست آورد.

$$P_m = \frac{(P_{in} + P_{out})}{۲}$$

$$P_m \times Q_m = P_۲ \times Q_۲$$

$$K_g = K_l \times \left(۱ + \frac{b}{P_m}\right)$$



Permeability Measurement (Steady State Gas Permeameter)

اجزای دستگاه:

۱. سیستم جمع آوری اطلاعات data acquisition
۲. فشار سنج از نوع اختلاف فشار
۳. دبی سنج
۴. شیر کنترل کننده جریان
۵. مخزن ذخیره گاز هلیم یا نیتروژن

خصوصیات دستگاه:

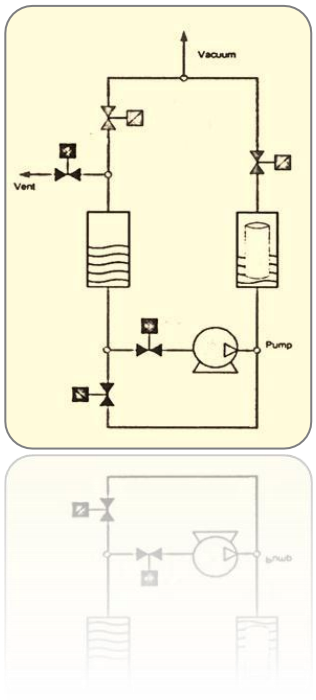
۱. سیستم کامپیوتری برای کنترل دستی تجهیزات
۲. اندازه گیری نفوذپذیری مطلق در حالت پایا
۳. دسترسی راحت به تجهیزات
۴. جابجایی راحت و آسان مغزه در دستگاه نگهدارنده مغزه (core holder)
۵. بازه اندازه گیری نفوذپذیری : ۰/۱ میلی دارسی – ۱۰ دارسی
۶. جنس مواد: استیل ۳۱۶
۷. قطر مغزه: ۱/۵ اینچ استاندارد
۸. طول مغزه: ۰ – ۴ اینچ استاندارد
۹. فشار های جانبی: ۰ – ۲۰۰۰Psi
۱۰. جریان برق: ۲۴۰VAC –۲۰۰

۶. دستگاه اشباع کننده

پیش از استفاده از مغزه در هر آزمایشی مخصوصاً در آزمایش های سیلاب زنی نیاز است تا مغزه به طور کامل با آب یا آب نمک اشباع شود. این کار با دستگاه اشباع کننده انجام می‌پذیرد. در این دستگاه ابتدا آب نمک و نمونه تحت پمپ خلا قرار گرفته و سپس با پمپ نمودن آب نمک به صورت پی در پی ،نمونه اشباع می شود.

اجزای دستگاه:

۱. پمپ خلا
۲. سیلندر نمونه (core cell)
۳. پمپ مایع فشار بالا *(۲,۰۰۰ psi output)*
۴. مخزن آب نمک



خصوصیات دستگاه:

- حداکثر فشار ۲۰۰۰ psi
- قطر محفظه: ۶۰ میلی متر
- طول محفظه ۳۰۰ میلی متر
- جنس قطعات: استیل ۳۱۶

زمان های پیش فرض برای دستگاه :

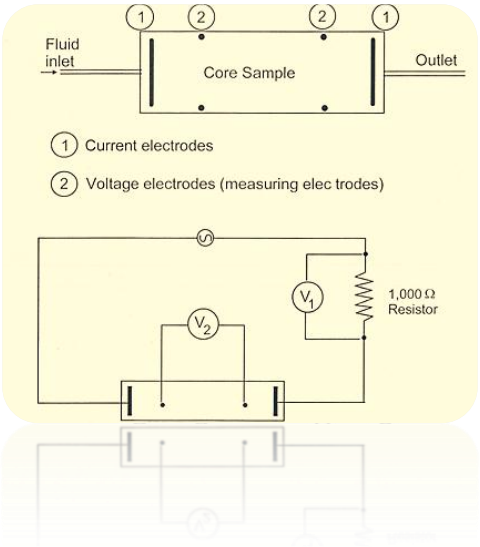
- ۳۰ دقیقه پمپ خلا برای نمونه و آب نمک
- ۶۰ دقیقه پمپ خلا برای نمونه
- ۱۲۰ دقیقه برای اشباع نمونه

۷. دستگاه اندازه‌گیری خواص الکتریکی مغزه

یک محیط متخلخل شامل ذرات و دانه های جامد و فضای خالی است.از آنجایی که جنس ذرات جامد مواد معدنی است هادی جریان برق نمی باشند. بنابراین خواص الکتریکی محیط متخلخل بستگی به هندسه فضای خالی و سیالی که درون آن قرار می گیرد دارد.از میان سیالات موجود در مخزن فقط آب (به علت حل شدن نمک در آن) هادی جریان الکتریسیته می باشد. در بحث خواص الکتریکی محیط متخلخل پارامتر های مختلفی مطرح می شود. Formation factor **و** resistivity index **دو پارامتری می باشند که با توجه به اندازه گیری** R_w **(مقاومت ویژه آب)،** R_O**(مقاومت ویژه یک پلاگ وقتی که به صورت کامل از آب اشباع شده باشد) و** R_t **(مقاومت ویژه یک پلاگ وقتی که به صورت کامل از آب اشباع نشده باشد) که توسط دستگاه انجام می شود محاسبه می شوند.**

$F = \frac{R_O}{R_W}$ Formation factor $I = \frac{R_t}{R_o} = S_w^{-n}$ Resistivity index

شماتیک دستگاه:



حلقه جریان اصلی دستگاه به صورت زیر می باشد. این نکته قابل ذکر می باشد که میزان مقاومت را در شرایط اتمسفری به دیت می آوریم.

Electrical Properties (Resistivity & Formation Factor)

اجزای دستگاه:

۱. **نگه دارنده الکتریکی پلاگ در شرایط اتمسفری** (Atmospheric Electrical Core Holder)

۲. **مخزن اندازه گیری مقاومت آب نمک**

۳. LCR meter

۴. RFL meter

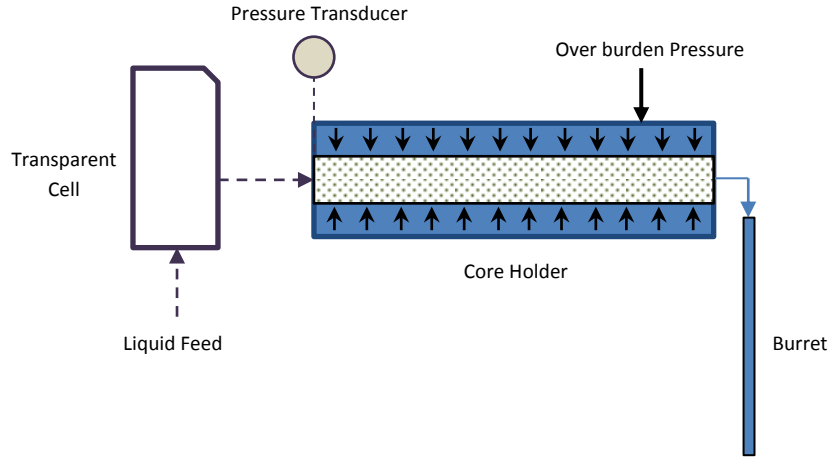
خصوصیات دستگاه:

- **سیستم آموزشی ساده برای فهم بیشتر موضوع**
- **تعیین مقاومت ویژه آب و پلاگ اشباع در شرایط اتمسفری**
- **تعیین فاکتور سازند**

۸. دستگاه اندازه گیری نفوذپذیری سنگ با استفاده از مایعات

این دستگاه برای اندازه گیری نفوذپذیری سنگ با استفاده از آب در آزمایشگاه و تحت شرایط پایا (Steady State) می باشد. بر طبق معادله دارسی با داشتن سطح مقطع سنگ، طول سنگ، ویسکوزیته آب ، دبی جریان و فشار آب ورودی می توان میزان نفوذپذیری گاز در سنگ را به دست آورد:

$$q = \frac{KA}{\mu} \times \frac{(P_{inj})}{L}.$$



اجزای دستگاه:

۱. مغزه نگهدار
۲. محفظه شیشه ای مایعات
۳. فشار سنج با دقت بالا
۴. چندین بورت برای بازه های نفوذپذیری متفاوت
۵. زمان سنج جهت اندازه گیری دبی
۶. منبع تغذیه الکتریکی

Permeability Measurement (Liquid Permeameter)

خصوصیات دستگاه:

- **اندازه گیری نفوذپذیری: از ۰/۱ میلی دارسی تا ۵ دارسی**
- **حداکثر فشار جریان: ۱۰۰ psi**
- **حداکثر فشار overburden : ۴۰۰ psi**
- **دما: محیطی**
- **دقت فشار سنج: ۰/۲۵ در بازه**
- **جریان برق: ۲۲۰ ولت**