



# Погонски материјали 2

лабораторијске вежбе



# Вискозност течних горива

## ■ Појам вискозности:

- мера унутрашњег отпора који се јавља при релативном кретању слојева флуида,
- овај отпор се јавља услед међумолекуларних сила у флуиду и између флуида и чврсте површине.

## ■ Проучавамо ламинарна струјања њутновских флуида.



# Значај вискозности код течних горива



## ■ Дизел горива:

- утиче на квалитет распршивања,
- утиче на хабање делова пумпе високог притиска.

## ■ Уља за ложење:

- утиче на квалитет распршивања, а тиме непосредно на квалитет сагоревања (мање CO, мање чађи).



# Врсте вискозности

## ■ Динамичка вискозност:

- карактеристика сваког флуида,
- произилази из Њутновог закона трења:

$$\eta = \frac{\tau}{\frac{dv}{dy}}$$

## ■ Кинематска вискозност:

- карактеристика сваког флуида,
- произилази из динамичке вискозности

$$\nu = \frac{\eta}{\rho}$$



# Јединице мере за Вискозност

## ■ Динамичка Вискозност

- CGS: P (Поаз)
- SI: Pa·s (Паскал секунда)

## ■ Кинематска Вискозност

- CGS: St (Стокс)
- SI: m<sup>2</sup>/s (метар квадратни у секунди)



# Старе јединице мере за ВИСКОЗНОСТ

- Условне (само за динамичку вискозност)
  - °E (степен Енглера)
  - Redwood seconds (секунде Редвуда)
  - Saybolt Universal Seconds (SUS или SSU секунде Сејболта)
- Не постоји аналитичка веза између старих и нових јединица за вискозност!



# Утицај температуре и притиска на ВИСКОЗНОСТ



## ■ температура

- са порастом температуре вискозност течности нагло опада и обрнуто.

## ■ притисак

- са порастом притиска вискозност се не мења битно до притиска од неколико десетина МРа, а даље се мења према:

$$\eta_p = \eta_{\text{atm}} \cdot e^{k \cdot p}$$



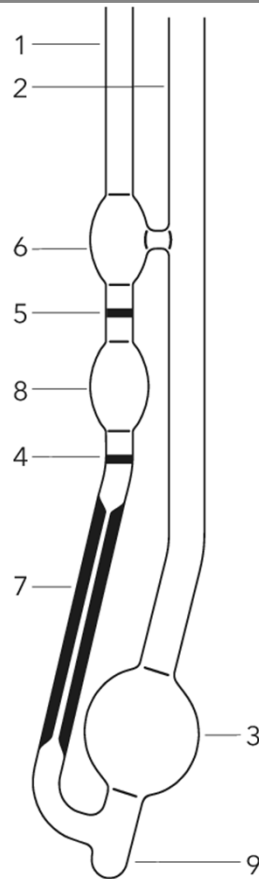
# Методе за одређивање ВИСКОЗНОСТИ



1. Мерење **времена протицања** одређене количине течности кроз капилару или отвор кратке цеви.
2. Мерење **времена продирања тела** одређеног облика и тежине кроз посматрану течност.
3. Мерење **обртног момента** потребног за обртање цилиндра или диска у испитиваној течности при сталној брзини.
4. Мерење **времена пригушења осцилација** неког тела у испитиваном флуиду.



# Одређивање кинематске вискозности методом Cannon Fenske рутинског вискозиметра (SRPS EN ISO 3104 )



- 1 – цев са капиларом
- 2 – вентилациона цев
- 3 – резервоар
- 4 – горња прстенаста ознака  $M_2$
- 5 – горња прстенаста ознака  $M_1$
- 6 – сфера
- 7 – капилара
- 8 – мерни балон
- 9 – продужетак цеви



# Cannon Fenske капиларе



рутински



за непрозирне течности



# Одређивање динамичке вискозности методом Hörppler-a SRPS EN ISO 12058-1 (DIN 53015)

---

- мери се време продирања куглице (стаклене или челичне) кроз испитивану течност,
- време за које тело продре помножено са константом и разликом густина куглице и течности даје динамичку вискозност.



# Одређивање динамичке вискозности методом Нөррлер-а



Погонски материјали 2, школска 2025/26 година,  
4. лаб. вежба



# Одређивање основних својстава мазивих масти

- Најважнија својства:
  - пенетрација,
  - температура капања,
  - отпорност на утицај воде,
  - стабилност подношења оптерећења.



# Пенетрација мазивих масти

- **Пенетрација је мера за тврдоћу, конзистенцију мазиве масти.**
- Дефинише се дубином, израженом у  $1/10$  mm, до које конус стандардних димензија и тежине продре слободним падом у испитивану маст у току 5 s при  $t=25$  °C.
- **Врсте пенетрације:**
  - нерадна – на узорку директно из паковања,
  - радна – узорак претходно изложен гњечењу,
  - блок – за тврде масти.



# Одређивање пенетрације мазивих масти пенетрометром

- Мерењем се добија пенетрација у тзв. Пенетрационим бројевима (1/10 mm).
- На основу пенетрационог броја одређује се NLGI број (укупно 7, од 0 до 6) који служи за класификацију масти (мека, средње тврда,...).





# Индустријска вода

Вода се користи као:

- расхладни флуид,
- радни флуид,
- непосредни носилац енергије.

За индустријске потребе се користе природне воде. Оне нису ни механички ни хемијски чисте, тако да се пречишћавањем оспособљавају за индустријску примену.



# Подела према пореклу

- атмосферску (киша, снег, град), садржи мање од **50 mg/kg соли**,
- површинску (реке, језера, мора), садржи **500-600 mg/kg (речна) до 35 g/kg (морска)**,
- подземну (изворска, бунарска, артерска), садржи око **200 mg/kg**.



# Примесе у води

---

- механичке (груби дисперсоиди),
- колоидне (колоидни дисперсоиди),
- растворене (молекуларни дисперсоиди).



# Механичке примесе у води

---

- **честице димензија већих од  $10^{-7}$  m,**
- **ако је концентрација ових честица мања од 5 mg/kg природна вода се сматра прозирном.**



# Колоидне примесе у води

- честице димензија  $(1-100) \cdot 10^{-9}$  m,
- пролазе кроз папирни филтер,
- у овом стању налазе се једињења: Si, Al, Fe и органске материје настале распадањем биљних и животињских организама.



# Растворене примесе у води

---

- то су молекули растворених соли, киселина и база,
- димензија мањих од  $1 \cdot 10^{-9}$  m.



# Уклањање примесе из воде

---

- механичке – таложењем и филтрирањем,
- растворене – другим поступцима.



# Тврдоћа воде

- Соли растворене у води могу се поделити у две групе:
  - оне које воду чине тврдом (Ca, Mg),
  - остале соли (Na, Fe, Mn).
- Присуство растворених соли калцијума и магнезијума (ређе баријума и стронцијума) чини воду тврдом.



# Врсте тврдоће воде

- карбонатна – привремена ( $T_k$ ),
- некарбонатна – стална ( $T_n$ ),
- укупна – општа ( $T_u$ ).



# Карбонатна – привремена тврдоћа воде



- чине је бикарбонати магнезијума и калцијума растворени у води,
- релативно лако се одстрањује термичким поступком (загревањем):





# Некарбонатна – стална тврдоћа ✓ воде

- чине је све остале соли калцијума и магнезијума растворене у води ( $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{MgCl}_2$  итд.),
- не може се одстранити термичким поступком.



# Укупна – општа тврдоћа воде

---

- чине је све соли магнезијума и калцијума растворене у води,
- једнака је збиру претходне две.



# Јединице за тврдоћу воде

- $\text{mval/dm}^3$ ,  $\text{mmol/dm}^3$
- $\text{ppm}$
- степени тврдоће:
  - немачки ( $^{\circ}\text{d}$ ),
  - француски ( $^{\circ}\text{f}$ ),
  - енглески ( $^{\circ}\text{e}$ ),
  - амерички ( $^{\circ}\text{a}$ ).



# Односи између јединица за тврдоћу воде

- $1 \text{ mmol/dm}^3$   $56 \text{ mg CaO/dm}^3$ ,
- $1 \text{ val/dm}^3$   $28 \text{ mg CaO/dm}^3$ ,
- $1^\circ\text{d}$   $10 \text{ mg CaO/dm}^3$ ,
- $1^\circ\text{f}$   $10 \text{ mg CaCO}_3/\text{dm}^3 = 5,6 \text{ mg CaO/dm}^3$ ,
- $1 \text{ ppm CaCO}_3$   $1 \text{ mg CaCO}_3/\text{dm}^3 = 0,56 \text{ mg CaO/dm}^3$ .
  
- $1 \text{ mmol/dm}^3 = 2 \text{ mval/dm}^3$  – за двовалентне катјоне
- $1 \text{ mmol/dm}^3 = 1 \text{ mval/dm}^3$  – за једновалентне катјоне
- $1 \text{ mval/dm}^3 = 2,8^\circ\text{d} = 5^\circ\text{f} = 50 \text{ ppm CaCO}_3$



# Подела воде према укупној тврдоћи израженој у $^{\circ}\text{d}$

- врло мека (0-4)  $^{\circ}\text{d}$ ,
- мека (4-8)  $^{\circ}\text{d}$ ,
- средње тврдоће (8-16)  $^{\circ}\text{d}$ ,
- тврда (16-30)  $^{\circ}\text{d}$ ,
- врло тврда  $>30$   $^{\circ}\text{d}$ .



# Одређивање тврдоће воде

- одређивање укупне тврдоће воде,
- одређивање привремене тврдоће воде,
- стална се одређује као разлика претходне две.



# Киселост воде

- **Последица присуства растворених јона водоника у води.**
- Зависно од количине катјона (+) и анјона (-) у води активна реакција воде може бити:
  - кисела,
  - неутрална,
  - базна.
- **Вода је неутрална ако се у њој налазе једнаке количине катјона ( $\text{H}^+$ ) и анјона ( $\text{OH}^-$ ).**

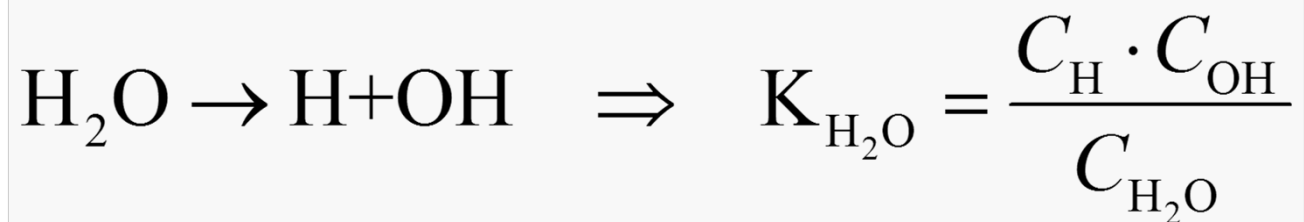


# pH вредност

- мера киселости воде,
- **неименован број – степен концентрације водоникових јона у води,**
- име потиче од енглеских ознака:
  - р прво слово речи power (степен),
  - Н ознака водоника.



# pH вредност



Температура (°C)	$K_{\text{H}_2\text{O}}$
0	$0,13 \cdot 10^{-14}$
25	$1 \cdot 10^{-14}$
250	$557 \cdot 10^{-14}$



# pH вредност

$$\begin{aligned} [\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-] &= 10^{-14} \quad \Leftrightarrow \quad C_{\text{H}} \cdot C_{\text{OH}} = 10^{-14} / \log \\ (-\log C_{\text{H}}) + (-\log C_{\text{OH}}) &= 14 \end{aligned}$$

за  $\text{pH}=7$  биће  $C_{\text{H}}=C_{\text{OH}}$ , тј. вода је неутрална,

за  $\text{pH}>7$  биће  $C_{\text{H}}<C_{\text{OH}}$ , тј. вода је базна,

за  $\text{pH}<7$  биће  $C_{\text{H}}>C_{\text{OH}}$ , тј. вода је кисела.

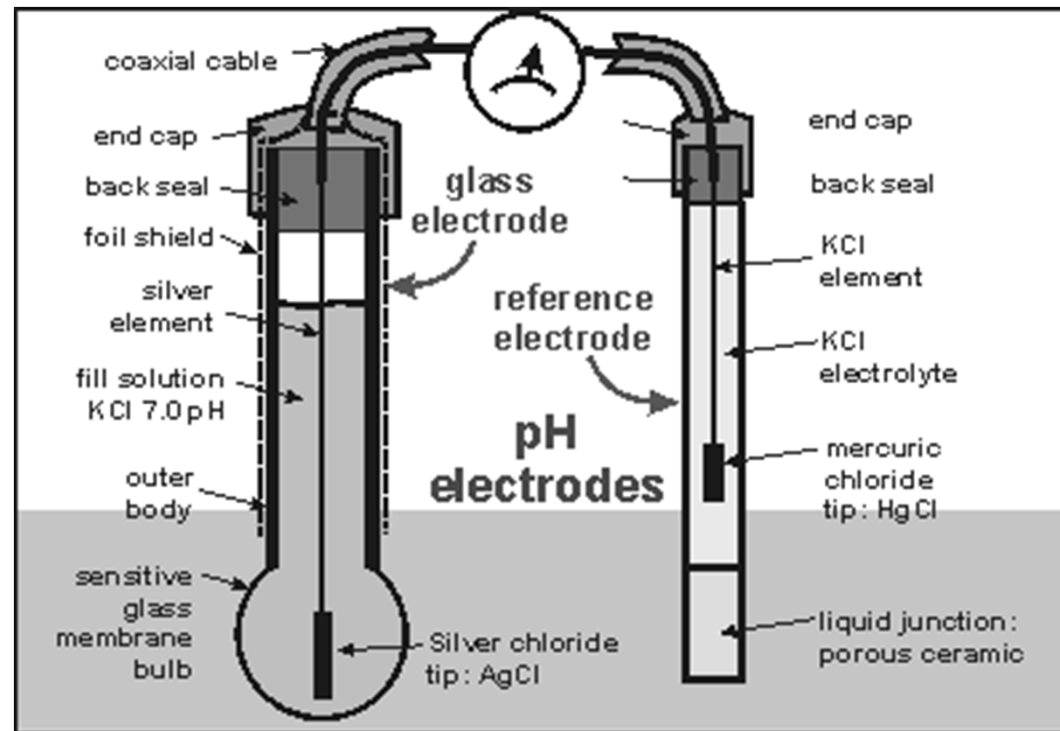


# Одређивање рН вредности

- квалитативно (колориметријска метода помоћу индикаторских трака – лакмус папир),
- квантитативно (помоћу инструмента – рН метра).



# Одређивање рН вредности помоћу рН метра





# Примери рН метара





# Пример рН индикаторских трака

