



# Горива и индустријска вода

предавања, школска 2022/23

др Владимир Јовановић, ван. проф.



# Основне информације

## ■ Бодови

– 4 теста	4x10	40
– 3 колоквијума	4+3+3	10
– 1 задатак	1x5	5
– похађање наставе		5

## ■ Термини

– T1	16.03.2023.
– T2	13.04.2023.
– T3	04.05.2023.
– T4	25.05.2023.
– поправни T1/4	према договору



# Основне информације

---

- Услов за полагање усменог испита је **30 поена** стечених за извршавање предиспитних обавеза без посебних услова у погледу начина стицања поена (за коју од предиспитних обавеза).
- Усмени испит вреди **40 поена** и коначна оцена се утврђује на основу броја поена стечених за извршавање предиспитних обавеза и броја поена стечених на усменом испиту.



# Основне информације

## ■ Информације

<https://nastava.mas.bg.ac.rs/nastava/viewforum.php?f=21>

## ■ Консултације

– четвртак                      12-13 h                      каб./лаб. 147/151

## ■ Литература

- Радовановић М.: Горива
- Радовановић М.: Индустијска вода
- Јовановић В.: Приручник за лабораторијске вежбе из Погонских материјала
- **Помоћна литература** су ИЗВОДИ са предавања и вежби и они су доступни на званичном сајту Машинског факултета Универзитета у Београду, на адреси:

<https://nastava.mas.bg.ac.rs/nastava/viewforum.php?f=21>



# Гориво – шта је то?

- **Материја које сагоревањем (бурним сједињавањем са кисеоником), поред материјалних продуката процеса (продуката сагоревања), ослобађа одређену количину топлоте.**



# Сагоревање – шта је то?

- **Сагоревање** представља сложен физичко-хемијски процес бурне реакције горива и оксидатора праћен интензивним ослобађањем топлоте.
- **За сагоревање је неопходно направити гориву смешу** – мешавину горива и оксидатора.



# Шта може да буде гориво?

- Да процесом сагоревања производи знатну количину топлоте у кратком временском периоду
- Да се у природи налази у довољним количинама
- Да је експлоатација релативно лака и економична
- Да је производни процес технички остварљив и рентабилан
- Да у себи не садржи велику количину негоривих материја
- Да не мења битно свој састав при складиштењу, транспорту и руковању
- ...



# Врсте горива

Према агрегатном стању	Према степену прераде	
	Природна	Прерађена
Чврсто	Дрво, тресет, угаљ, гориви шкриљци, биомаса	Дрвени угаљ, брикети, пелети, полукокс, кокс
Течно	Нафта	Бензин, петролеј, дизел, уља за ложење
Гасовито	Природни (земни) гас	Рафинеријски, дестилациони, генераторски, биогаз





# Горива

## Фосилна горива

## Обновљива горива

### Природна

### Произведена

### Природна

### Произведена

Чврста

тресет

угаљ

гориви шкриљци

брикети

кокс

Чврста

дрвна биомаса

пољопривредна  
биомаса

алге

Чврста

дрвени угаљ

брикети

пелети

торификовани  
пелети/брикети

Чврста

Течна

нафта

моторни бензин

дизел гориво

уља за ложење

петролеј

керозин

Течна

Течна

биометанол

биоетанол

биодизел

биотечности

Течна

Гасовита

барски гас

јамски гас

природни земни  
гас

дестилациони гас

рафинеријски гас

течни нафтни гас

генераторски гас

Гасовита

Гасовита

биогаз

водоник

9

Гасовита



# Различите поделе горива

- **Према постојаности на топлоту**
  - тоplotно постојана
  - тоplotно непостојана
- **Према карактеру коришћења**
  - енергетска
  - технолошка
- **Према запаљивости**
  - самозапаљива,
  - несамозапаљива
- **Према примени**
  - уља за ложење
  - угаљ за коксовање...



# Од горива до продуката сагоревања...





# Састав горива

- Гориви елементи:
  - C, H, S
- Баласт
  - унутрашњи: O, N
  - спољашњи: A, W

$$g_C + g_H + g_S + g_O + g_N + g_A + g_W = 1$$
$$C + H + S + O + N + A + W = 100 \% m / m$$

$g_i$  - масени удели  
 $C, H, S...$  - масени проценти



# Главни састојци горива

---

- угљеник (C)
- водоник (H)
- сумпор (S)
- кисеоник (O)
- азот (N)
- минералне материје (пепео) (MM или A)
- влага (W)



# Угљеник

- Најважнија компонента горива – има га највише и његовим сагоревањем настаје највећи део количине топлоте коју гориво ослобађа.
- Налази се у следећим облицима:
  - слободан
  - везан у сложеним органским једињењима (везан са водоником, кисеоником, азотом и сумпором).
- Сагоревањем 1 kg настаје количина топлоте од 33,829 MJ
- Максимална температура сагоревања угљеника износи 2240 °C.



# Водоник

- Друга компонента по важности
- Налази се у следећим облицима:
  - чист - код чврстих, течних и гасовитих горива
  - везан - мешавина са другим горивим компонентама (код гасовитих горива).
- Сагоревањем 1 kg настаје количина топлоте од 142,014 MJ (4,2 пута више у односу на угљеник)
- Максимална температура сагоревања водоника износи 2235 °C.



# Сумпор

- Јавља се у виду горивог и негоривог
- Негориви или сулфатни (у облику сулфата гвожђа, калцијума и др.), током сагоревања прелази у пепео.
- Гориви се јавља као:
  - органски (у облику сложених органских једињења) и
  - пиритни (сједињен са гвожђем –  $\text{FeS}_2$ ).
- Сагоревањем 1 kg настаје количина топлоте од 9,295 MJ, али је непожељан јер делује кородивно и утиче на загађење животне средине.





# Кисеоник

- Није гориви елемент, али помаже и омогућава сагоревање.
- Налази се у следећим облицима:
  - везан са другим елементима
  - слободан - у гасовитим горивима у мањим количинама.
- Смањује потребну количину кисеоника за сагоревање.



# Азот

- Јавља се у виду сложених органских једињења
- У чврстим и течним горивима има га мало (0-2 %), а код гасовитих горива (нарочито произведених) може га бити знатно више.
- У процесу сагоревања највећим делом се понаша као инертан, а један део се везује са кисеоником образујући азотне оксиде ( $\text{NO}_x$ ).



# Минералне материје

- Смањују удео горивих компоненти, па на тај начин и количину топлоте која се добија сагоревањем горива.
- Отежавају сагоревање.
- Повећавају трошкове одржавања постројења и смањују његов век трајања.
- Повећавају трошкове транспорта и складиштења.
- Садржај се мења у широким границама (биомаса 1-2 (9) %, угљеви – до 30 %).



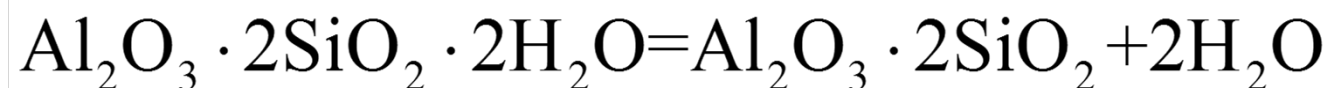
# Пепео

- Смеша оксида минералних материја, који остају после процеса потпуног сагоревања свих горивих материја из горива и после завршетка свих трансформација минералних материја, које се дешавају на повишеним температурама.

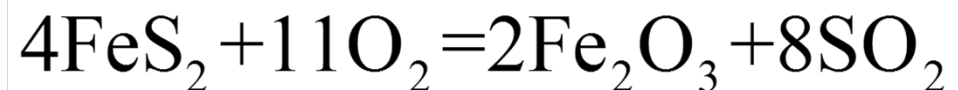


# Трансформације минералних материја

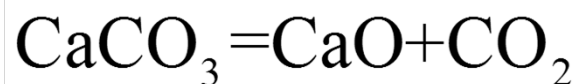
- Алуминосиликати губе кристалну воду



- Пирит сагорева



- Карбонати се разлажу





# Влага

- Смањује количину топлоте која се ослобађа при сагоревању горива, јер се део топлоте троши на њено испаравање.
- Снижава температуру продукта сагоревања.
- Повећава трошкове складиштења и транспорта.
- Јавља се у три вида:
  - Груба  $W_G$  – спољашња, површинска, слободна
  - Хигроскопска  $W_h$  – унутрашња, капиларна
  - Конституциона (декомпозициона и хидратна или кристализациона)
    - хемијски везана.



# Различите анализе

- Елементарна – састав, колико ког хемијског елемента има у гориву + садржај баласта.

$$C + H + O + N + S + A + W = 100 \% m / m$$

- Техничка (особине важне за примену)



# Елементарна анализа

- Садржај појединих хемијских елемената (C, H, O, N, S)
- Садржај баласта:
  - минералне материје/пепео (A)
  - влага (W)



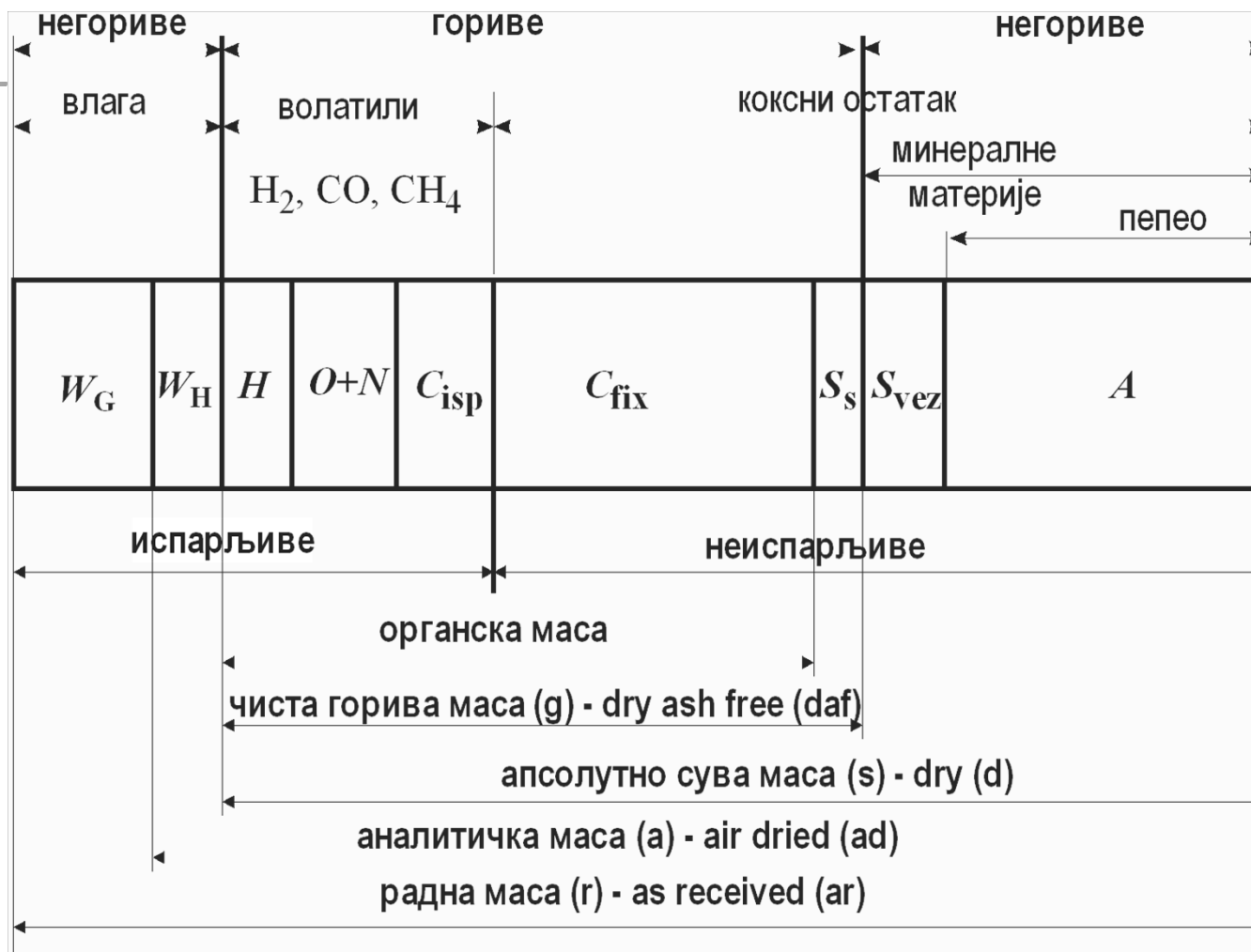


# Техничка анализа

- Заснива се на **термичком разлагању** масе горива по два критеријума:
  - критеријуму **испарљивости** и
  - критеријуму **горивости**.



# Техничка анализа





# Подаци техничке анализе су:

- **Садржај негоривих испарљивих материја – садржај влаге**
- **Садржај горивих испарљивих материја – садржај волатила**
- **Садржај негоривих неиспарљивих материја – садржај пепела (минералних материја)**
- **Садржај горивих и негоривих неиспарљивих материја – садржај коксног остатка.**