



Сагоревање

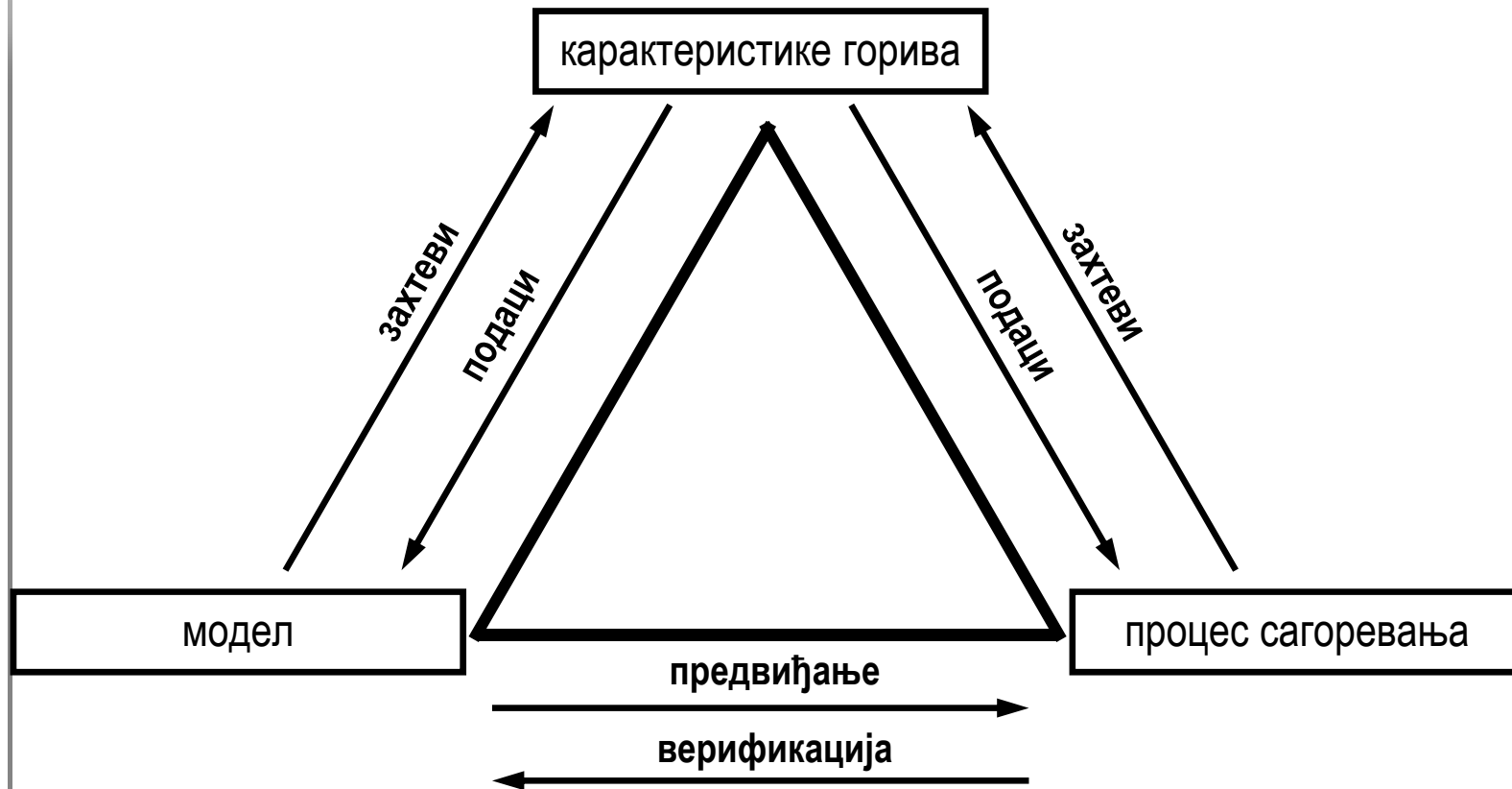
Сагоревање - дефиниције

- Сагоревањем се добија највећи део енергије у свету.
- Постоје различите дефиниције процеса сагоревања:
 - Сагоревање представља сложен физичко-хемијски процес оксидације горива праћен интензивним ослобађањем топлоте.
 - Сагоревање је физичко-хемијски процес при чему молекули различитих супстанција међусобно размењују електроне (из спољне љуске) уз укупни (изразито) позитивни топлотни ефекат.
 - Сагоревање представља процес брзе оксидације праћен ослобађањем топлоте или топлотом и пламеном или спори процес оксидације праћен релативно малом количином ослобођене топлоте и без пламена.
- Сагоревањем се хемијска енергија везана у гориву трансформише у топлотну енергију, односно механичку енергију.

Сагоревање – примери примене

- пећи и котлови (чврста, течна и гасовита горива)
- мотори са унутрашњим сагоревањем
- гасне турбине и млазни мотори
- ракетни мотори
- оружје и експлозиви
- синтеза материјала пламеном (наноматеријали)
- хемијски процеси
- обликовање материјала
- пожари и противпожарна заштита.

Сагоревање



Сагоревање – услови за започињање и одвијање

- Одговарајући састав гориве смеше – одговарајући однос горива и ваздуха у смеши.
- Довољно висока температура гориве смеше да се иницира и успостави стабилан процес сагоревања.

Сагоревање

- Комплексан процес који обухвата:
 - Физичке процесе
 - динамика флуида, пренос топлоте и супстанције
 - Хемијске процесе
 - термодинамика и хемијска кинетика
- Практична примена сагоревања обухвата познавање и карактеристика горива и одређених области машинства.

Сагоревање

- Термодинамика
 - стехиометрија
 - карактеристике гасова и смеша гасова
 - топлота формирања
 - топлотни ефекат хемијских реакција
 - равнотежа (термодинамика изучава системе у равнотежи или када су одступања од равнотеже мала, што је у условима сагоревања најчешће задовољено)
 - калориметарска температура сагоревања.

Сагоревање

- Пренос топлоте
 - кондукција
 - конвекција
 - радијација
- Пренос супстанције
 - дифузија
 - адсорпција
- Динамика флуида
 - ламинарно струјање
 - турбулентно струјање
 - вискозност
 - аеродинамика сагоревања
- Хемијска кинетика
 - брзина хемијских реакција
 - хемијска равнотежа.

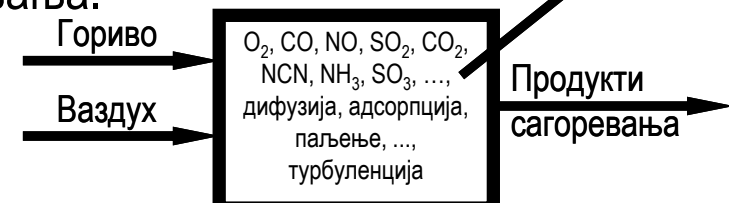
Сагоревање

- Сагоревање представља сложен физичко-хемијски процес оксидације горива праћен интензивним ослобађањем топлоте.
- У процесу сагоревања добијају се продукти који се могу одредити помоћу једноставних хемијских једначина
- Процес сагоревања може да се проучава кроз:

- статистику сагоревања – третирају се само крајњи продукти настали у процесу сагоревања



- динамику сагоревања – третирају се физичко-хемијски процеси који се одвијају током сагоревања.



Сагоревање - закони

- Закон о одржању маса
при хемијским и физичким променама
количина масе (материје) се не мења.
- Закон о одржању енергије (I закон
термодинамике)
енергија се не може уништити нити
добити, енергија прелази из једног у
друго стање.

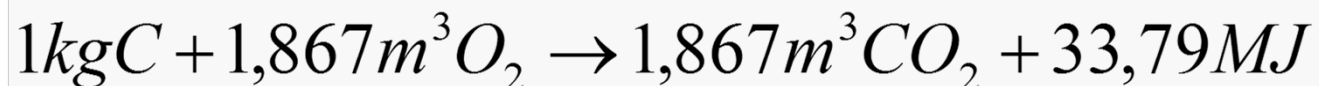
Сагоревање - закони

- Hess-ов закон

количина топлоте која се ослободи при некој хемијској реакцији не зависи од међупроцеса кроз које реакција пролази, већ зависи само од почетног и крајњег стања

- Закон простих пропорција

масени односи у којима се елементи једине се не мељају. Два елемента се једине по законима валентности: један атом једног елемента једини се са једним или више атома другог елемента. Како сваки елемент има своју масу, сједињавање два елемента је у одређеним и сталним масеним односима.



Сагоревање - закони

- Закон умножених пропорција

ако се два елемента могу јединити у различитим односима (један атом једног елемента може се спајати са једним, два или више атома другог елемента), онда се једна иста количина једног елемента може јединити са истом или два или више пута већом количином другог елемента (пример CH_4 , $\text{C}_2\text{H}_6, \dots$).

Сагоревање - закони

- Gay-Lussac-ов закон (закон о понашању идеалних гасова)

елементи у гасовитом стању једине се у простим запреминским односима. Запремина новонасталог гаса стоји у простом односу према запремини гасова од којих је нови гас настао.

Сагоревање - закони

- Avogadro-ов закон

једнаке запремине идеалних гасова на истој температури, под истим притиском садрже исти број молекула

1 mol гаса → 22,4 dm³ гаса → 6,022×10²³ молекула гаса

Сагоревање - закони

- Dalton-ов закон

укупни притисак смеше гасова једнак је збиру парцијалних притисака компоненти смеше.

- Amagat-ов закон

укупна запремина смеше гасова једнака је збиру запремина које би заузимала свака компонента смеше под истим условима притиска и температуре који владају у смеши.

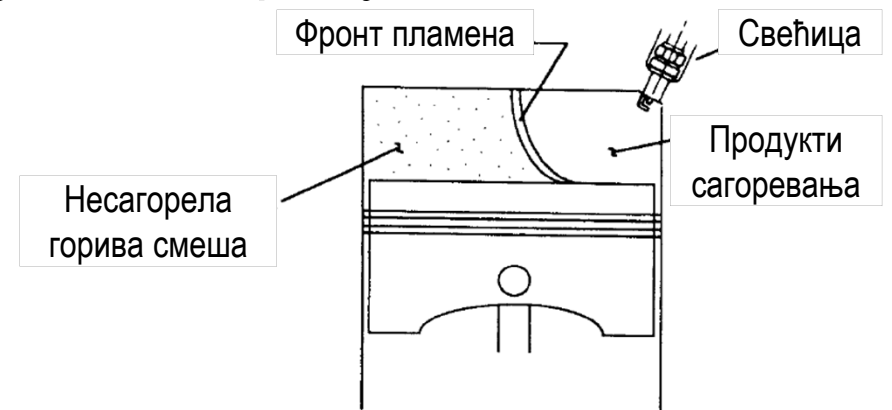
Сагоревање - закони

- Lavoize-Laplace-ов закон

енергија коју је потребно довести да би се молекули разградили на атоме, једнака је енергији која се добије када се исти атоми поново вежу у исти молекул.

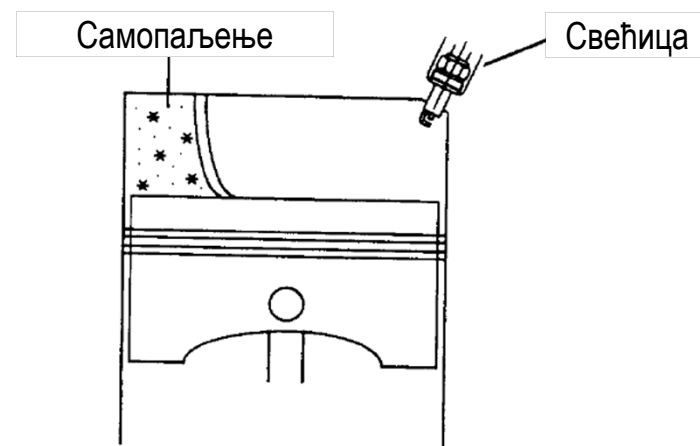
Сагоревање

- Пламено сагоревање – фронт пламена - уска зона у којој се одвијају интензивне хемијске реакције сагоревања, креће се кроз несагорелу гориву смешу.
- Иза фронта пламена остају топли продукти сагоревања.
- Како се фронт пламена креће кроз комору за сагоревање, притисак и температура гориве смеше расту.



Сагоревање

- Безпламено сагоревање – у неким условима брзи процес сагоревања се одвија на више места у несагорелој горивој смеши, што доводи до веома брзог сагоревања по запремини. Ова појава се назива самопаљење.



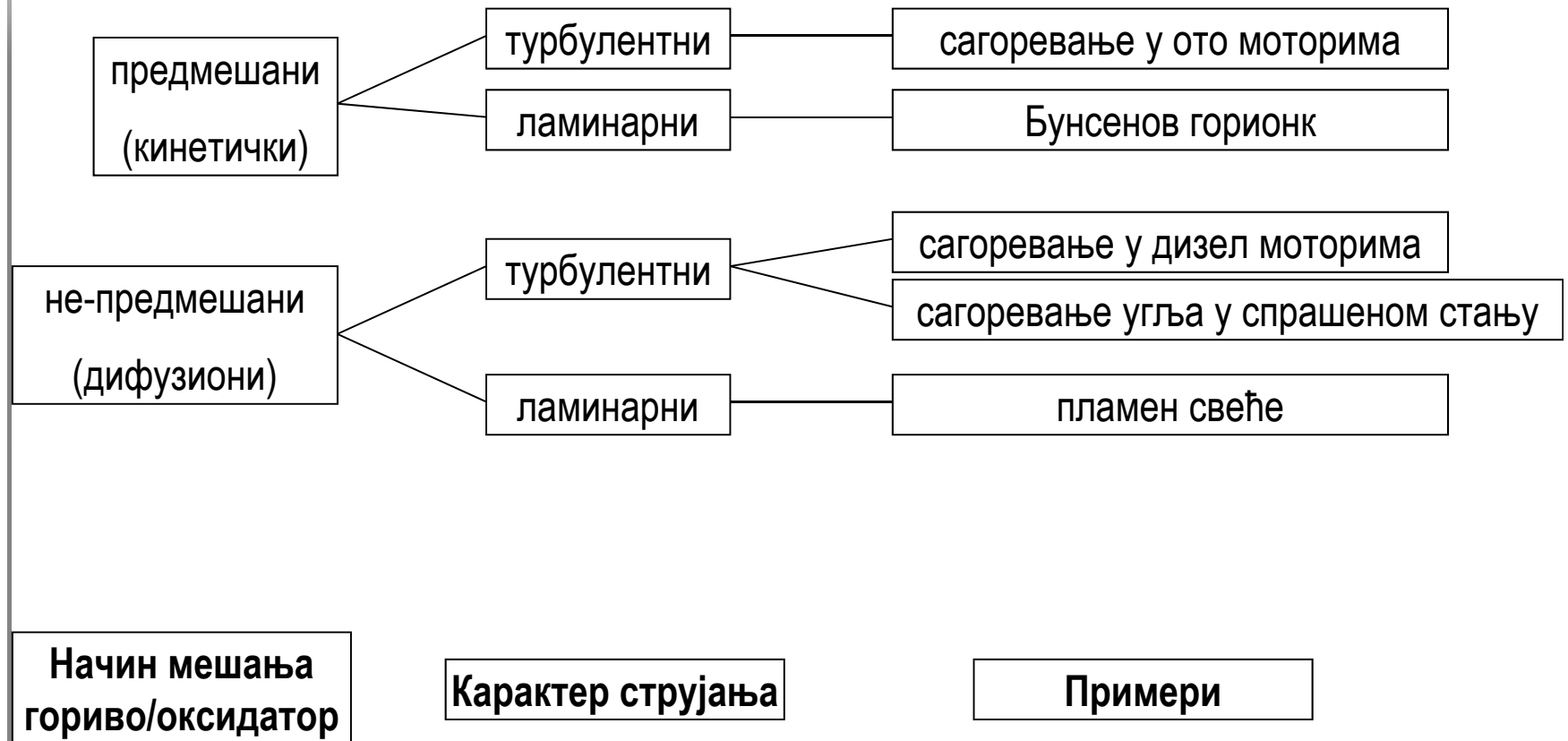
Сагоревање

- У зависности од места мешања горива и оксидатора, пламен може бити:
 - дифузиони (не-предмешани) пламен
 - кинетички (предмешани) пламен
 - делимично предмешани пламен.
- У зависности од карактера струјања (Re број):
 - ламинарни
 - турбулентни.

Сагоревање

- У зависности од агрегатног стања, пламен може бити:
 - хомогени (гориво и оксидатор су истог агрегатног стања)
 - гасовито гориво
 - течно гориво (распршено у велики број финих капи)
 - чврсто гориво (сагоревање волатила)
 - хетерогени
 - чврсто гориво (сагоревање коксног остатка).

Системи сагоревања



Термодинамички основи процеса сагоревања

- Екстензивне величине стања (зависе од масе или количине супстанције у систему)
 - V
 - U
- Интензивне величине стања (не зависе од масе или количине супстанције у систему)
 - p
 - T .

Термодинамички основи процеса сагоревања

- 1 kmol садржи $6,023 \cdot 10^{23}$ молекула (Avogadro-ов број)

- Број молова

$$n_i = \frac{m_i}{M_i}$$

- Молски удео

$$r_i = \frac{n_i}{\sum_1^n n_i} = \frac{V_i}{\sum_1^n V_i}$$

- Масени удео

$$g_i = \frac{m_i}{\sum_1^n m_i}$$

Термодинамички основи процеса сагоревања

- Густина

$$\rho = \frac{m}{V} \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$$

- Концентрација

$$c_i = \frac{n_i}{V} \left[\frac{\text{kmol}}{\text{m}^3} \right]$$

Термодинамички основи процеса сагоревања

- Једначина стања идеалног гаса

$$pV = nRT$$

- где је
 - p - притисак
 - T - температура
 - R – универзална гасна константа ($R=8,314 \text{ J/molK}$).

Термодинамички основи процеса сагоревања

- I закон термодинамике

$$\delta Q = dU + pdV$$

$$\delta Q = dH - Vdp$$

- У системима где се одвијају хемијске реакције, унутрашња енергија има шире значење.
- Унутрашња енергија материје дефинише се као збир кинетичке (транслаторна, ротациона и енергија осцилација) и потенцијалне енергије молекула.

Дисоцијација продуката сагоревања

Хемијске реакције

- Хемијске реакције се могу поделити на:
 - егзотермне – одавање топлоте
 - ендотермне – везивање (трошење) топлоте.

Продукти сагоревања

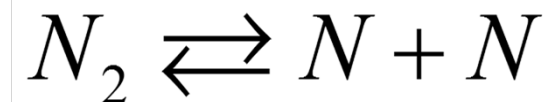
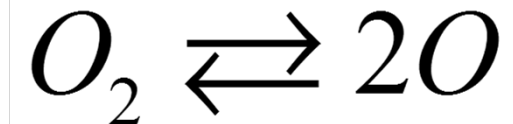
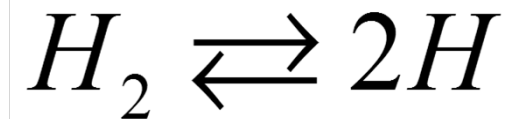
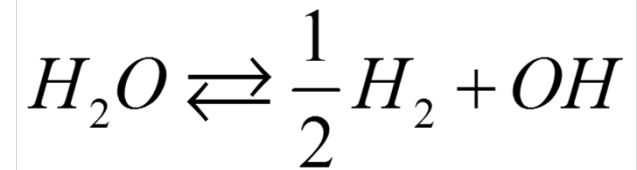
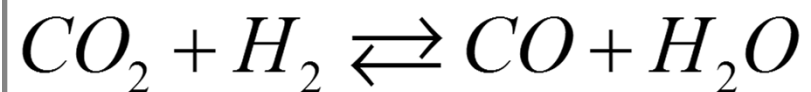
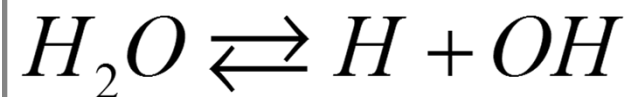
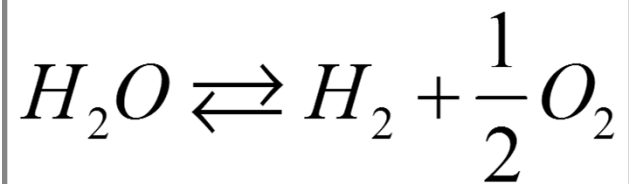
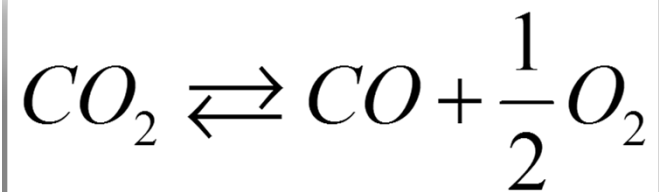
- Топлотна енергија продуката сагоревања састоји се из:
 - хемијске енергије горивих елемената (CO , H_2 , C_mH_n) или компонената које међусобно могу реаговати
 - енталпије продуката сагоревања.

$$H_d + h_g + h_v = H_{PS} + H_{gk}$$

Дисоцијација продуката сагоревања

- Током процеса сагоревања, на високим температурама, долази до разлагања продуката потпуног сагоревања – дисоцијација продуката сагоревања.
- У току дисоцијације процеса сагоревања троши се одређена количина енергије.
- Појава дисоцијације уочава се већ на температурама од 1500 К и нагло расте са порастом температуре.
- За техничку примену, дисоцијација продуката сагоревања може да се занемари у случајевима када су температуре сагоревања у опсегу од 1973 до 2073 К.

Реакције дисоцијације продуката сагоревања



Дисоцијација продуката сагоревања

- Дисоцијација се објашњава појавом по којој сложени молекули на повишеним температурама се термички распадају због слабљења међумолекуларних сила.
- На вишим температурама (преко 2200 K) за реакције сагоревања водоника и угљен монооксида уочава се и појава одвијања повратне хемијске реакције, па се у том случају формирају продукти дисоцијације.

Дисоцијација продуката сагоревања

- Услед високих температура, неки молекули дисоцирају у атоме.
- Као последица дисоцијације јављају се следећи продукти: CO_2 , CO , H_2O , H_2 , O_2 , OH , H , O , N .

Продукти сагоревања

$$H_d + h_g + h_v = H_{PS} - Q_{dis}$$

CO, H₂, OH

Дисоцијација продуката сагоревања

