



# Погонски материјали 2

лабораторијске вежбе



# Шта је топлотна моћ

- једна од најважнијих карактеристика свих горива;
- представља **количину топлоте која се добије потпуним сагоревањем** јединичне количине горива;
- у зависности од тога у односу на коју количину се даје разликују се: **масена** ( $\text{kJ/kg}$ ), **запреминска** ( $\text{kJ/m}_N^3$ ) и **моларна** ( $\text{kJ/kmol}$ ) топлотна моћ.



# Нормални услови

---

- притисак: 101,3 kPa
- температура: 273 K (0 °C)



# Подела топлотних моћи

## ■ два критеријума:

- топлотни ниво продуката сагоревања (заправо **температура прод. саг.**) и
- услови под којима се процес сагоревања одвија (**да ли је  $p=\text{const}$  или  $V=\text{const}$** ).



# Врсте топлотних моћи

(на основу топлотног нивоа продукта сагоревања)

- горња топлотна моћ (топлота сагоревања),
- доња топлотна моћ (топлотна вредност).



# Дефиниција горње топлотне моћи



- Количина топлоте која се добије потпуним сагоревањем јединичне количине горива при чему треба да су задовољени следећи услови:
  1. Угљеник и сумпор из горива су сагорели у своје диоксиде, а при томе није дошло до сагоревања азота.
  2. Продукти сагоревања су охлађени на температуру на којој се гориво налазило пре сагоревања.
  3. Вода из продуката сагоревања је преведена из гасовитог у течно стање (кондензована).



# Дефиниција доње топлотне моћи



- Количина топлоте која се добије потпуним сагоревањем јединичне количине горива при чему треба да су задовољени следећи услови:
  1. Угљеник и сумпор из горива су сагорели у своје диоксиде, а при томе није дошло до сагоревања азота.
  2. Продукти сагоревања су охлађени на температуру на којој се гориво налазило пре сагоревања.
  3. Вода из продуката сагоревања је остала у парном стању.



# Разлика између горње и доње топлотне моћи



- Количина топлоте која се добије кондензовањем (превођењем из гасовитог у течно стање) воде из продукта сагоревања.
- Вода у продуктима сагоревање потиче од: сагорелог водоника, влаге из горива и влаге из ваздуха за сагоревање.
- Математички израз за ову разлику је:

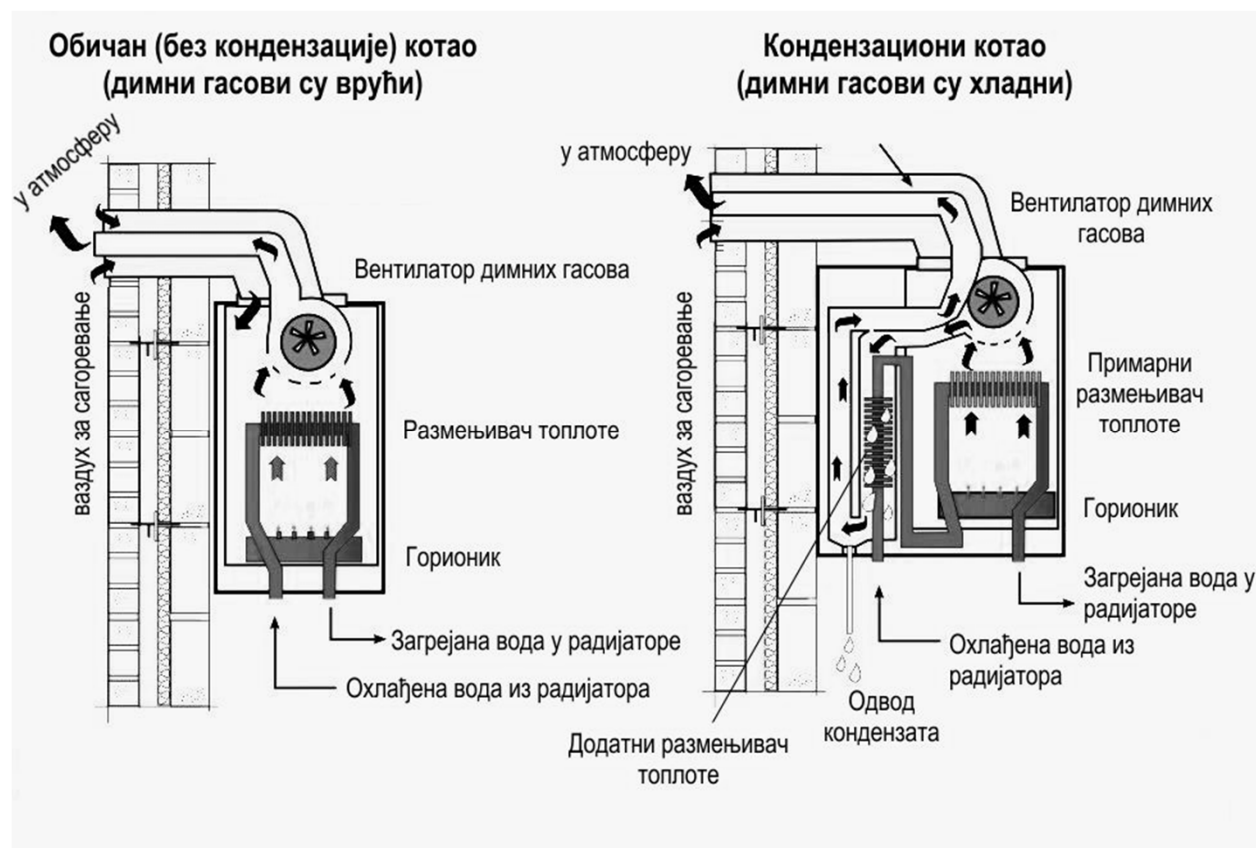
$$H_g = H_d + 25 \cdot (9 \cdot H + W) \quad (\text{kJ/kg})$$

$$H_g = H_d + 2500 \cdot (9 \cdot g_H + g_W) \quad (\text{kJ/kg})$$





# Разлика између горње и доње топлотне моћи – пример из праксе





# Како се одређује топлотна моћ?

---

- експериментално (SRPS ISO 1928),
- рачунски.



# Експериментално одређивање горње топлотне моћи



- помоћу калориметра са бомбом,
- за чврста и течна горива,
- при константној запремини,
- у адијабатским условима.



# Калориметар са бомбом (пресек)

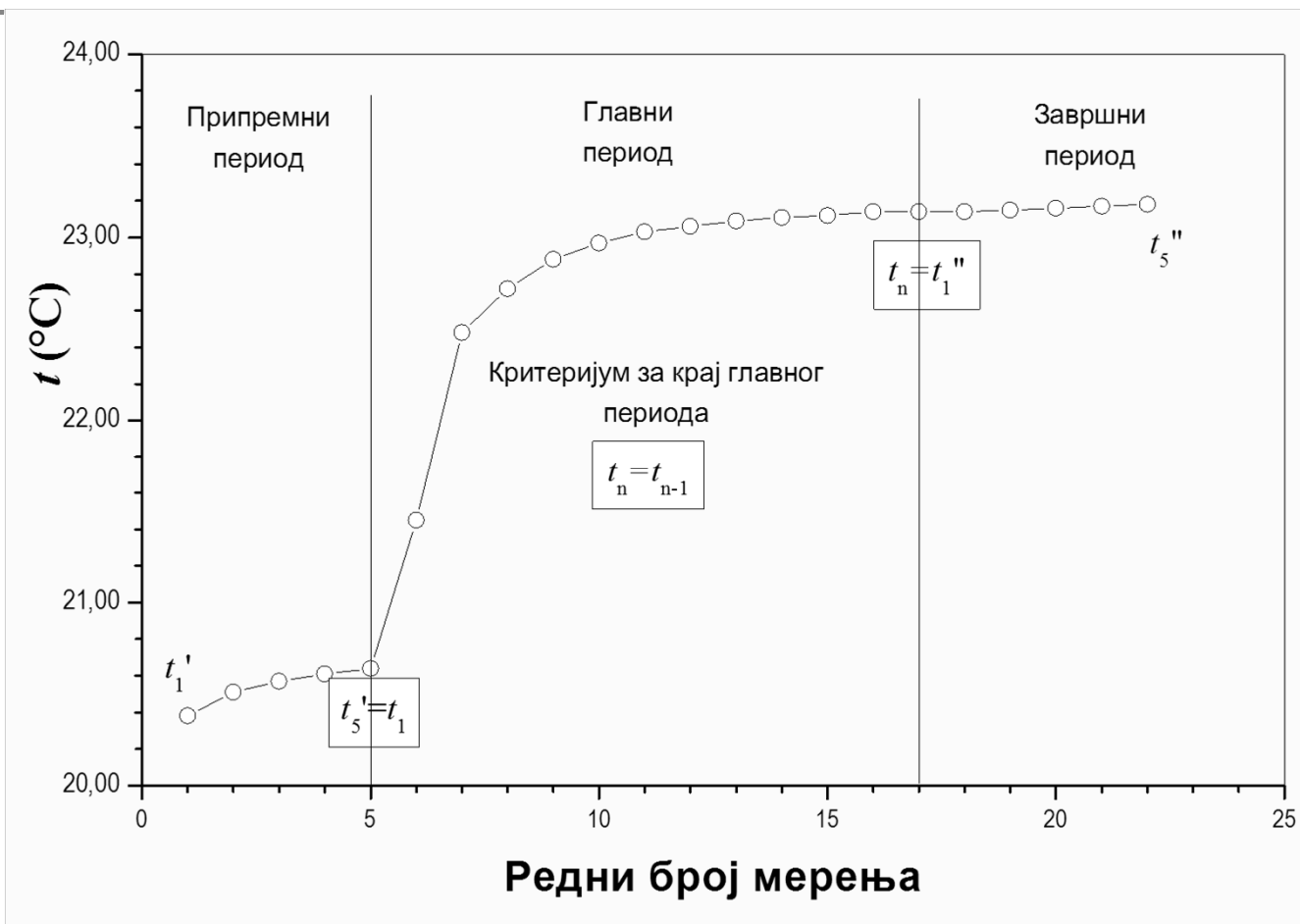


Погонски материјали 2, школска 2023/24 година,  
2. лаб. вежба



# Калориметар са бомбом

## (графички приказ резултата)





# Калориметар са бомбом (подаци)

- маса празне посуде за гориво:  $m_{g1}$
- маса посуде за гориво са узорком:  $m_{g2}$
- маса празне калориметарске посуде:  $m_{k1}$
- маса калориметарске посуде са водом:  $m_{k2}$
- маса горива:  $m_g = m_{g2} - m_{g1}$
- маса воде у калориметру:  $m_k = m_{k2} - m_{k1}$
- маса дестиловане воде:  $m_{wB} = 5 \text{ g}$
- водени еквивалент калориметра:  $m_w = 408 \text{ g}$
- топлота сагореле жице за паљење:  $q_z = 105 \text{ J}$



# Калориметар са бомбом (формуле)

- корекције температуре

$$\Delta t' = \frac{t_1' - t_5'}{5} ; \quad \Delta t'' = \frac{t_1'' - t_5''}{5}$$

- горња топлотна моћ

$$\Delta t = (n - 1)\Delta t'' + \frac{\Delta t' + \Delta t''}{2}$$

$$H_g = \frac{(m_{wb} + m_w + m_k)[(t_n - t_1) + \Delta t]c_{pw} - q_z}{m_g} \quad \left( \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right)$$

$$c_{pw} = 4,186 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}$$

специфични топлотни капацитет воде

- доња топлотна моћ

$$H_d = H_g - 25 \cdot (9H + W) \quad \left( \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right)$$



# Резултати мерења

Ред. бр.	Припремни период (I)	Главни период (II)	Завршни период (III)
1	20,38	20,64	23,14
2	20,51	21,45	23,15
3	20,57	22,48	23,16
4	20,61	22,72	23,17
5	20,64	22,88	23,18
6		22,97	
7		23,03	
8		23,06	
9		23,09	
10		23,11	
11		23,12	
12		23,14	
13		23,14	

Измерене масе:

$$m_{g1}=6,1150 \text{ g}$$

$$m_{g2}=7,0611 \text{ g}$$

$$m_{k1}=611 \text{ g}$$

$$m_{k2}=2462 \text{ g}$$

Подаци елементарне и  
техничке анализе (за  
израчунавање  $H_d$ :

$$H=1,95 \% \text{m/m}$$

$$W=23,22 \% \text{m/m}$$





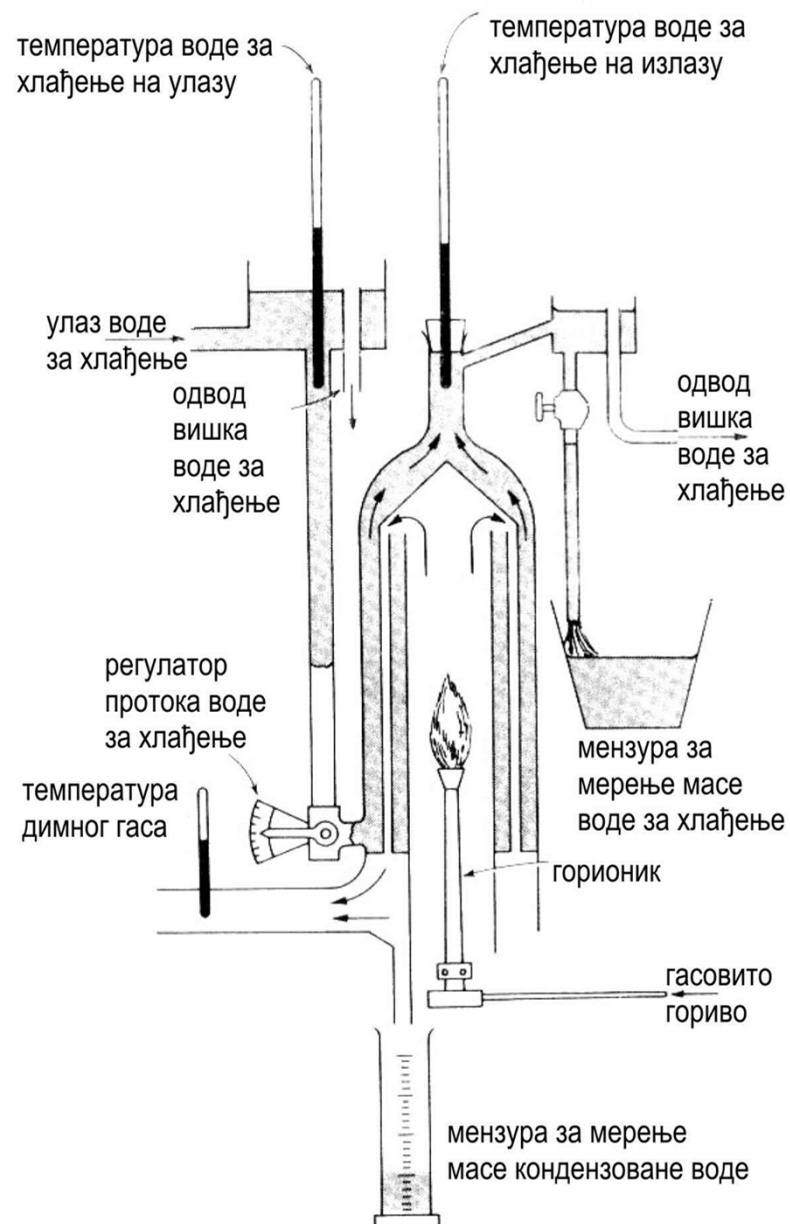
# Експериментално одређивање горње и доње топлотне моћи ✓

---

- помоћу Јункерсовог калориметра,
- за течна и гасовита горива,
- при константном притиску.



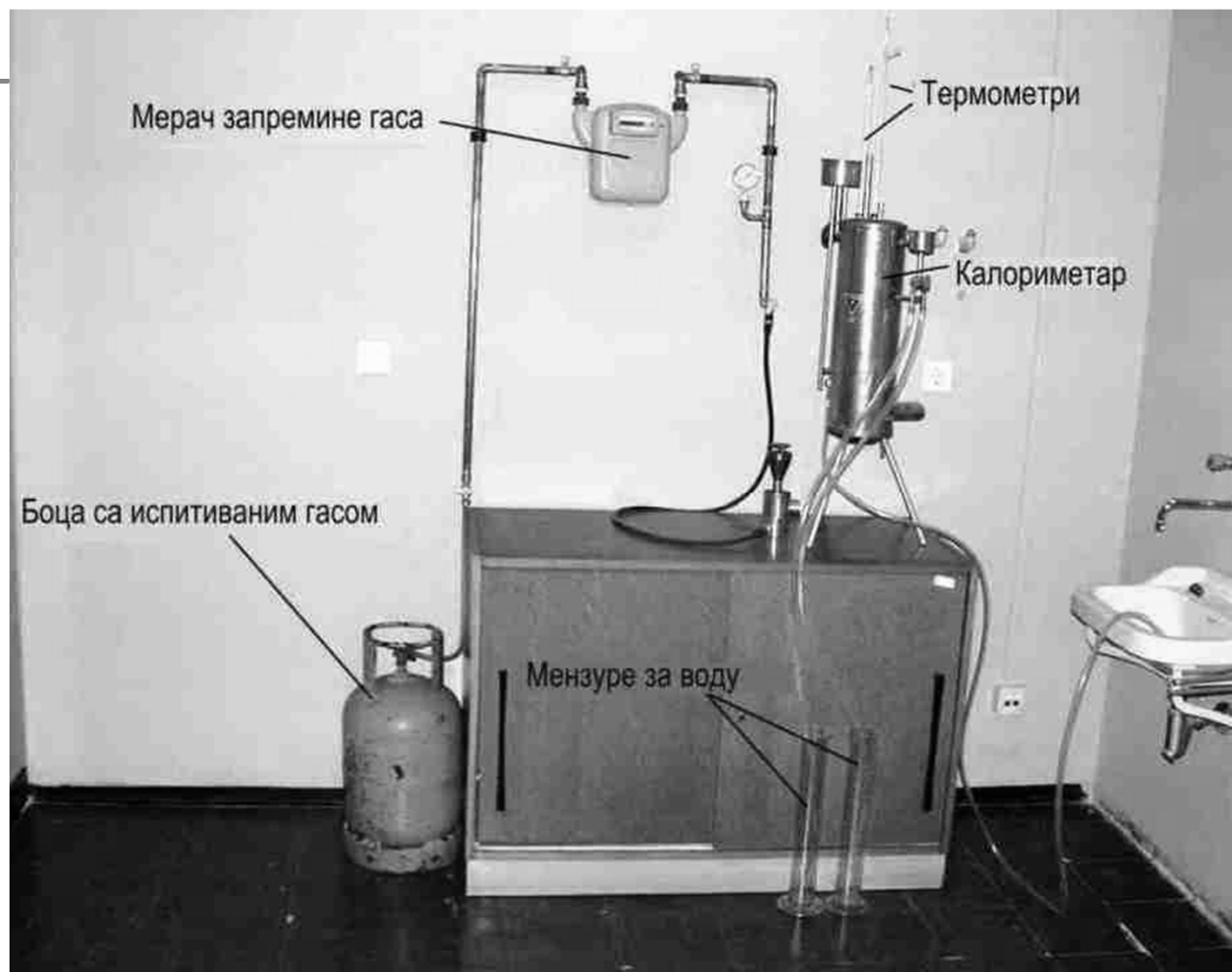
# Схематски приказ Јункерсовог калориметра



Погонски материјали 2, школска 2023/24 година,  
2. лаб. вежба



# Инсталација



Погонски материјали 2, школска 2023/24 година,  
2. лаб. вежба



# Принцип одређивања

---

- Билансирање количине топлоте - предају је продукти сагоревања, прима вода за хлађење.



# Изрази за одређивање

- Израз за одређивање горње топлотне моћи:

$$H_g = \frac{m_w \cdot c_{pw} \cdot (\bar{t}_{iz} - \bar{t}_{ul})}{V_{gas}} \left( \frac{\text{kJ}}{\text{m}^3} \right)$$

- Израз за одређивање доње топлотне моћи:

$$H_d = H_g - \frac{2450 \cdot m'_w}{V_{gas}} \left( \frac{\text{kJ}}{\text{m}^3} \right)$$



# Значење ознака

- $m_w$  - маса воде потрошене за хлађење продукта сагоревања,
- $c_{pw}$  - специфични топлотни капацитет воде,
- $t_{wz}$  - средња температура воде за хлађење на излазу,
- $t_{wl}$  - средња температура воде за хлађење на улазу,
- $V_{gas}$  - запремина сагорелог гаса (на нормалним условима),
- $m'_w$  - маса воде кондезоване из продукта сагоревања.



# Корекција запремине гаса

$$V_{\text{gas}} = V_{\text{izm}} \cdot \frac{\bar{p}}{p} \cdot \frac{T}{\bar{T}} \quad (\text{m}^3)$$

- $V_{\text{izm}}$  - запремина сагорелог гаса (на условима  $\bar{p}, \bar{T}$  )
- средња вредност притиска гаса за време испитивања (у kPa),
  - средња вредност температуре гаса за време испитивања (у K),



# Резултати мерења

Ред.бр.	$p_m$ (mmH <sub>2</sub> O)	$t_{\text{gas}}$ (°C)	$t_{\text{ul}}$ (°C)	$t_{\text{iz}}$ (°C)	$t_{\text{ps}}$ (°C)
1	262	20,1	15,2	26,0	19,5
2	262	20,1	15,1	26,2	19,5
3	262	20,2	15,5	26,1	19,6
4	261	20,2	15,5	26,2	19,6
5	261	20,1	15,4	26,3	19,5
6	261	20,2	15,4	26,3	19,5
7	262	20,1	15,6	26,4	19,5
8	262	20,2	15,6	26,4	19,6
9	262	20,2	15,5	26,4	19,5
Ср.вред.	$\overline{p_m}$	$\overline{t}$	$\overline{t_{\text{ul}}}$	$\overline{t_{\text{iz}}}$	





# Стање гаса и остале измерене вредности

Стање гаса:

$$\bar{p} = p_b + \bar{p}_m \quad (\text{Pa})$$

$$\bar{T} = \bar{t} + 273 \quad (\text{K})$$

Остале измерене вредности:

$$p_b = 755 \text{ mmHg}$$

$$V_{\text{izm}} = 5,8 \text{ dm}^3$$

$$m_w = 4,2 \text{ kg}$$

$$m'_w = 8 \text{ g}$$