



Сагоревање М

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 (kJ/kg), запреминска (kJ/m_N^3) и моларна (kJ/kmol) топлотна моћ.



Нормални услови

- притисак: 101,3 kPa
- температура: 273 K (0 °C)
- Англосаксонска литература ове услове назива STP (Standard Temperature Pressure) и обележава се са @STP



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

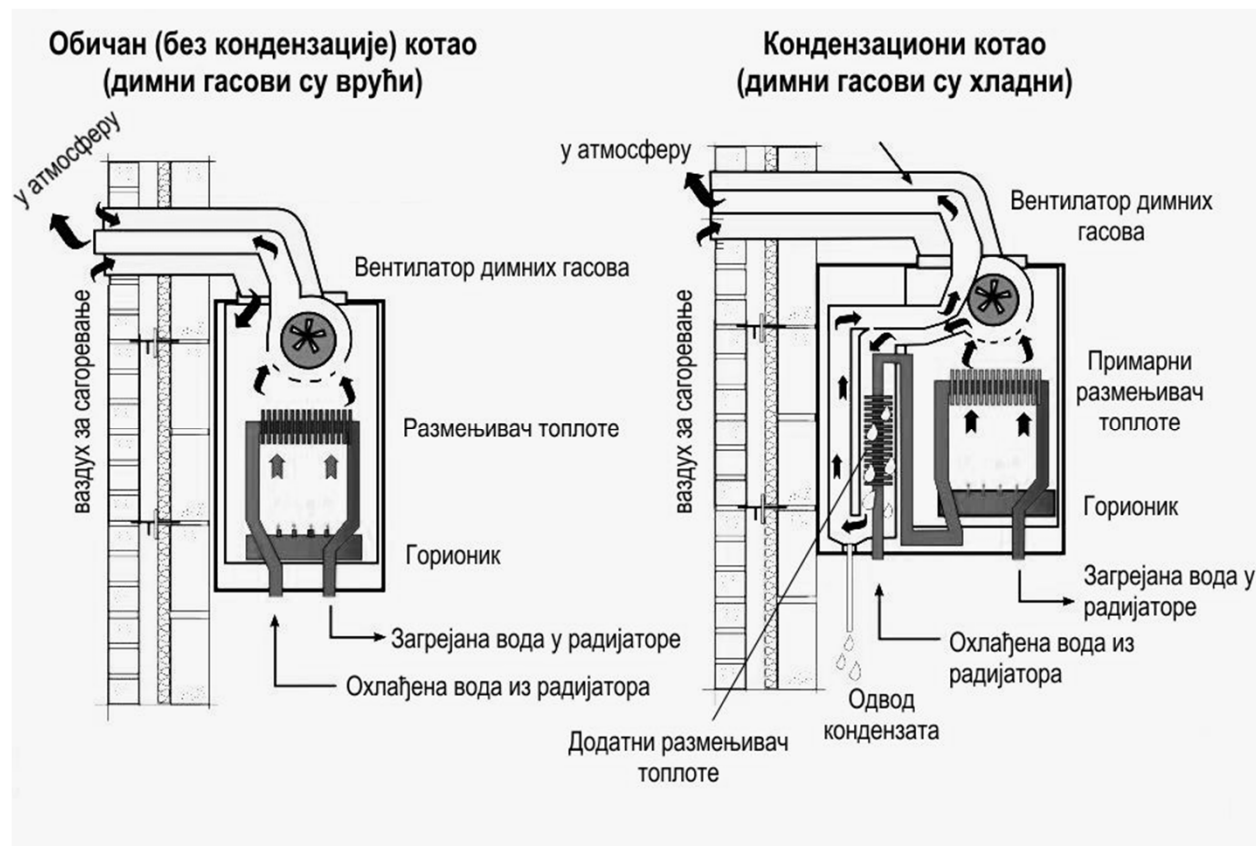
- Количина топлоте која се добије кондензовањем (превођењем из гасовитог у течно стање) воде из продукта сагоревања.
- Вода у продуктима сагоревања потиче од: сагорелог водоника, влаге из горива и влаге из ваздуха за сагоревање.
- Математички израз за ову разлику је:

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

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



Разлика између горње и доње топлотне моћи – пример из праксе





Како се одређује топлотна моћ?



- експериментално (SRPS ISO 1928),
- рачунски.

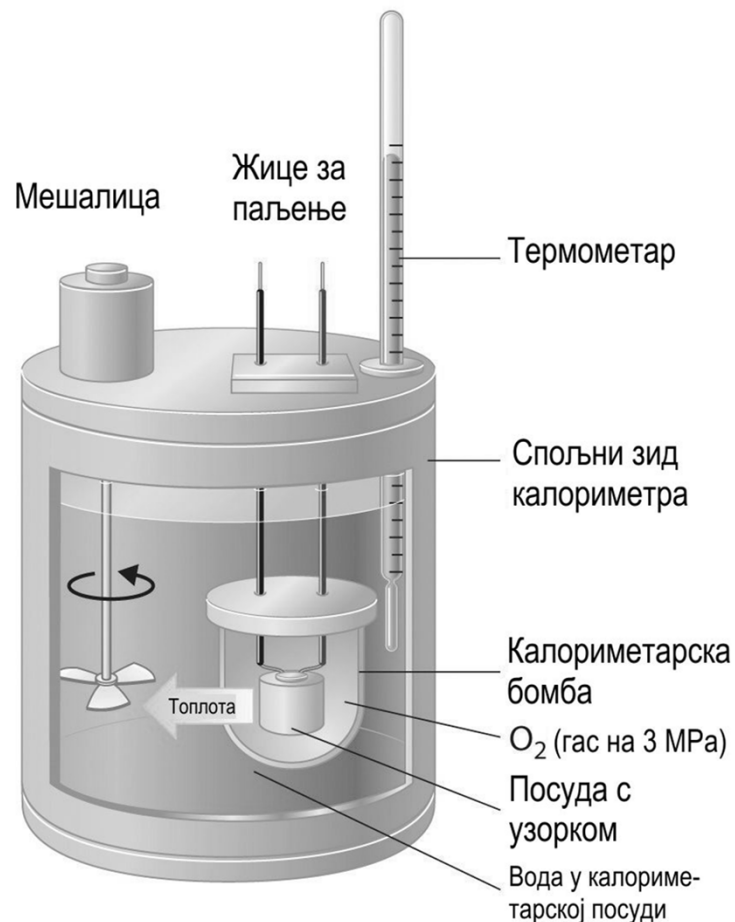


Експериментално одређивање горње топлотне моћи (SRPS ISO 1928) ✓

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



Калориметар са бомбом (пресек)



Сагоревање М, школска 2025/2026 година,
Уводна лаб. вежба



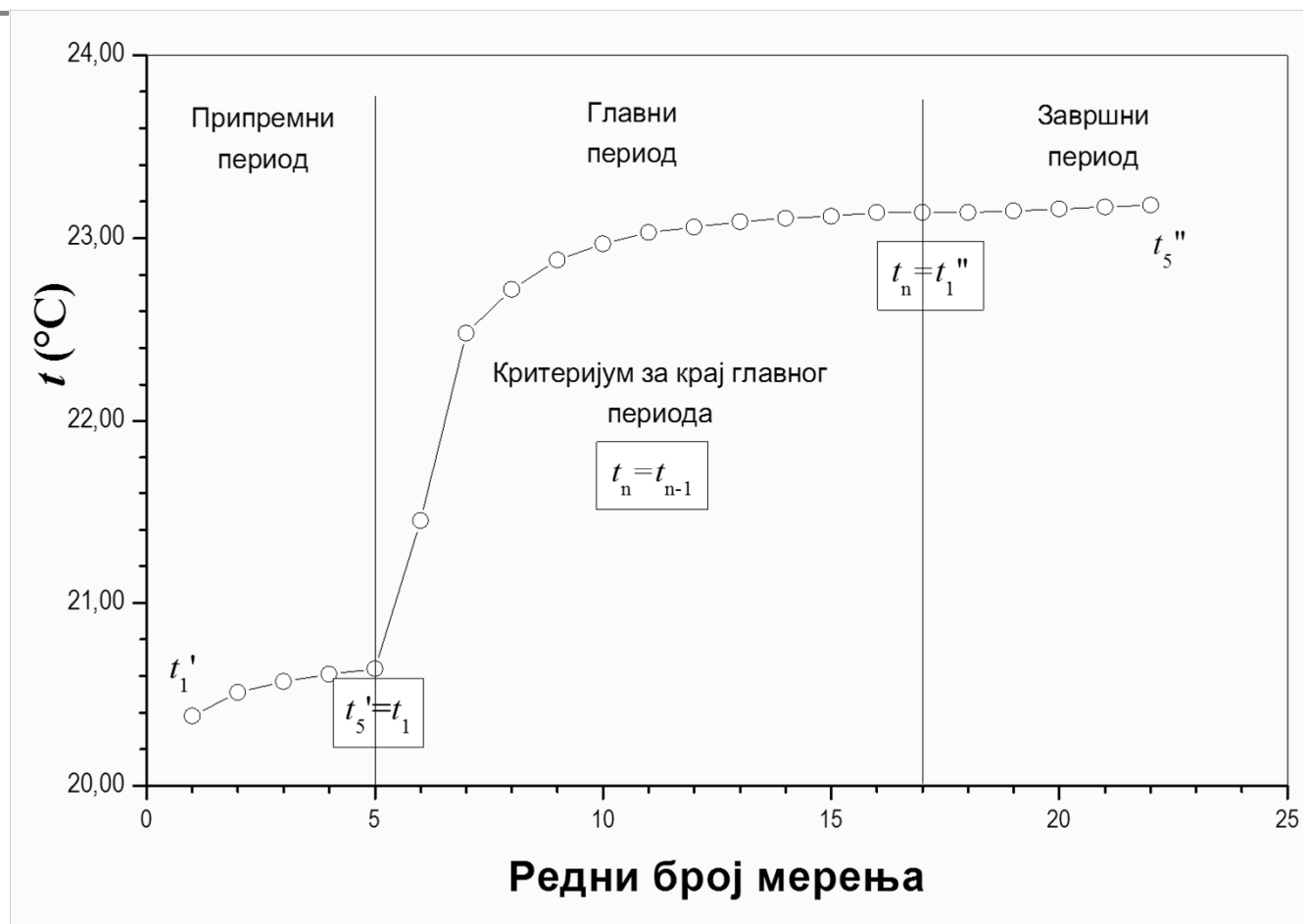
Калориметар са бомбом (ИКА С200 са опремом)





Калориметар са бомбом

(графички приказ резултата)



Сагоревање М, школска 2025/2026 година,
Уводна лаб. вежба



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: $q_z = 105 \text{ J}$



Водени еквивалент калориметра



- Замишљена маса воде (не налази се у калориметру) која, помножена са променом температуре воде у калориметарској посуди и спец.топлотним капацитетом воде, даје количину топлоте која се размени с деловима калориметра који су у додиру с водом.
- Карактеристика сваког калориметра посебно.

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:

$$m_{g1} = 6,1221 \text{ g}$$

$$m_{g2} = 7,0722 \text{ g}$$

$$m_{k1} = 610 \text{ g}$$

$$m_{k2} = 2460 \text{ g}$$

Подаци елементарне и техничке анализе (за израчунавање H_d):

$$H = 1,32 \text{ \%}(m/m)$$

$$W = 15,22 \text{ \%}(m/m)$$

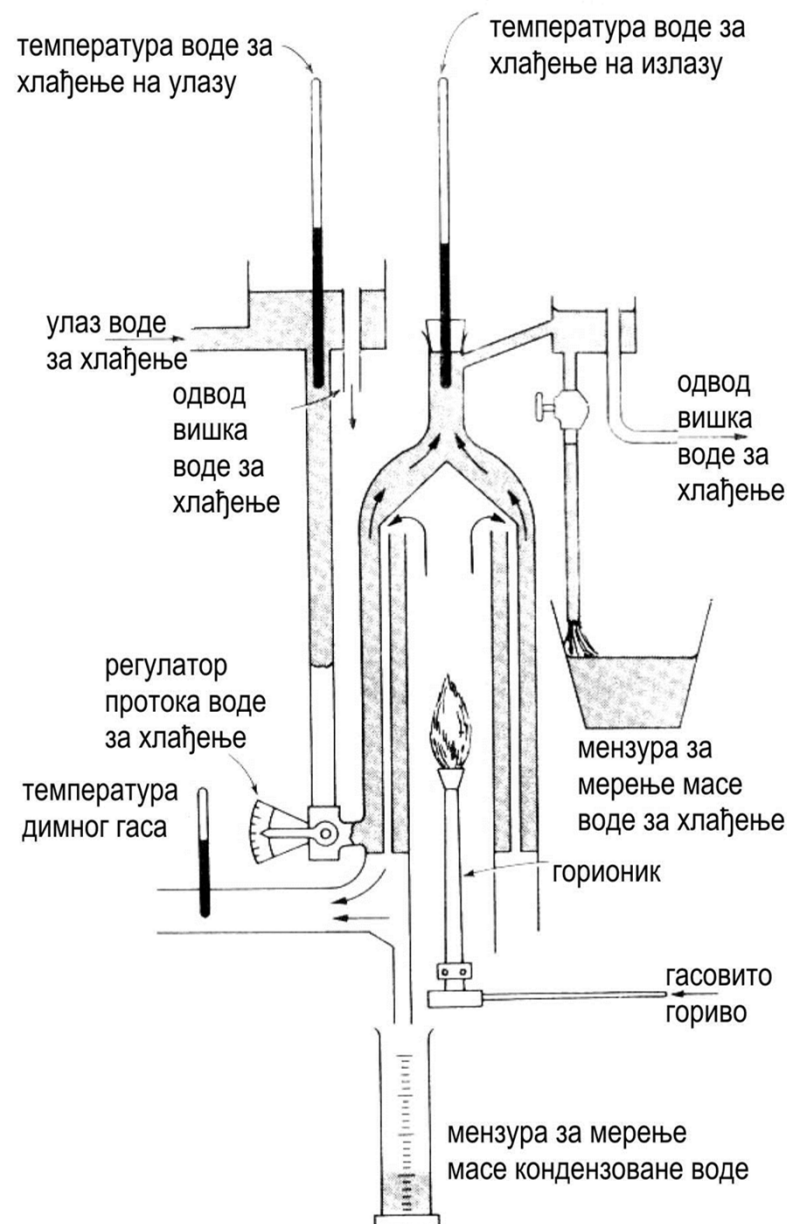


Експериментално одређивање горње и доње топлотне моћи ✓

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

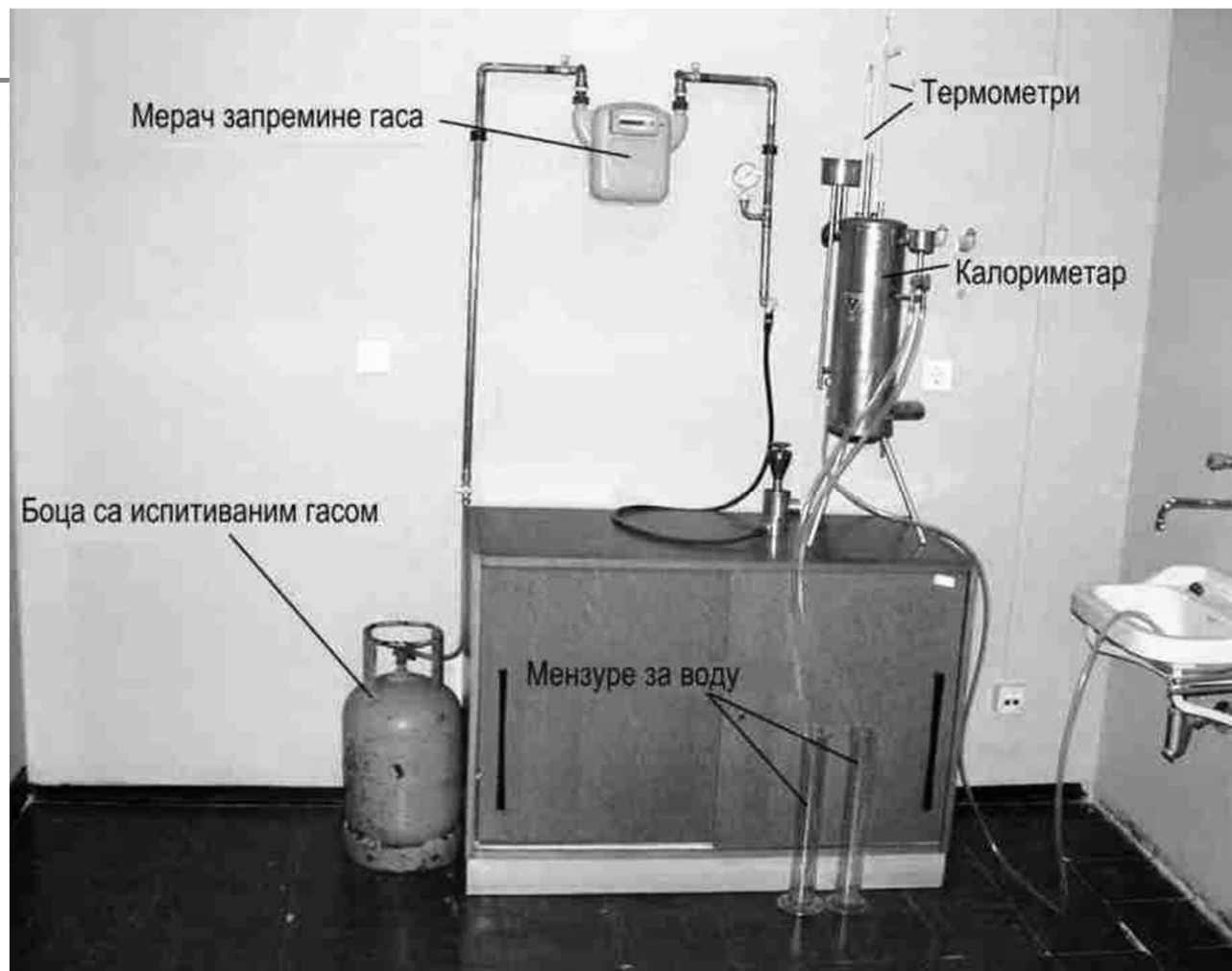


Схематски приказ Јункерсовог калориметра





Инсталација



Сагоревање М, школска 2025/2026 година,
Уводна 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,
 - средња температура воде за хлађење на излазу,
 - 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_{izm} - запремина сагорелог гаса (на условима \bar{p}, \bar{T}),

\bar{p} - средња вредност притиска гаса за време испитивања (у kPa),

\bar{T} - средња вредност температуре гаса за време испитивања (у K),



Резултати мерења

Ред.бр.	p_m (mmH ₂ O)	t_{gas} (°C)	t_{ul} (°C)	t_{iz} (°C)	t_{ps} (°C)
1	102	20,1	15,2	26,0	19,5
2	102	20,1	15,1	26,2	19,5
3	102	20,2	15,5	26,1	19,6
4	101	20,2	15,5	26,2	19,6
5	101	20,1	15,4	26,3	19,5
6	101	20,2	15,4	26,3	19,5
7	102	20,1	15,6	26,4	19,5
8	102	20,2	15,6	26,4	19,6
9	102	20,2	15,5	26,4	19,5
Ср.вред.					



Стање гаса и остале измерене вредности

Стање гаса:

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

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

Остале измерене вредности:

$$p_b = 758 \text{ mmHg}$$

$$V_{\text{izm}} = 4,3 \text{ dm}^3$$

$$m_w = 10,0 \text{ kg}$$

$$m'_w = 10,0 \text{ g}$$