

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE		KATEDRA FYZIKY	
LABORATORNÍ CVIČENÍ Z FYZIKY			
Jméno Tobiáš Vacek		Datum měření 18. 3. 2025	
Stud. rok 2025	Ročník První	Datum odevzdání 22. 4. 2025	
Stud. skupina 1101L	Lab. skupina 9	Klasifikace	
Číslo úlohy 9.	Název úlohy Měření charakteristik palivového článku		

# 1 Úkol měření

1. Změřte voltampérovou charakteristiku PEM elektrolyzéru, sestrojte graf a extrapolací určete rozkladné napětí elektrolyzéru.
2. Změřte voltampérovou charakteristiku PEM palivového článku, sestrojte graf a odhadněte maximální výkon, který lze z článku odebírat.

## 2 Postup měření

### 2.1 Příprava před měřením

Elektrolyzér byl při našem příchodu zapojen a naplněn vodou, proto jsme tyto úkony nemuseli dělat. Začali jsme, proto kontrolou zda není palivový článek zkratován a odpojením všech zatěžovacích rezistorů. Před zapnutím napájecího zdroje jsme nastavili výstupní napětí a omezovač proudu na nulu. Zapnuli jsme napájecí zdroj a nastavili na něm napětí 5 V a omezovač proudu jsme nastavili tak, aby elektrolyzérem protékal maximální proud 2 A. Povolili jsme všechna škrtky na vstupu a výstupu palivového článku a minutu čekali, než se ustálí napětí na elektrolyzéru.

### 2.2 Měření voltampérové charakteristiky elektrolyzéru

Omezovačem proudu jsme postupně snižovali proud procházející elektrolyzérem, po každé změně bylo nutné minutu počkat, než se ustálí napětí na elektrolyzéru. Po ustálení jsme si zaznamenali hodnoty napětí a proudu z měřících přístrojů.

### 2.3 Měření voltampérové charakteristiky palivového článku

Nastavili jsme proud elektrolyzérem opět na maximální povolenou hodnotu 2 A. Pro zajištění stabilních provozních podmínek jsme palivový článek na dobu pěti minut zatížili odporem 2  $\Omega$ . Po pěti minutách jsme zátěž odpojili a změřili napětí na prázdko. Nasledně jsme článek postupně zatěžovali různými kombinacemi odporů. Kombinace jsme měnili sestupně.

## 3 Seznam použitých přístrojů

Počet	Pomůcka	číslo	Přesnost	Rozsah
3	ampérmetr	MY-65	$\pm 2\%$ ( $\pm 5$ digitů)	10 A
2	voltmetr	MY-65	$\pm 0,5\%$ ( $\pm 1$ digit)	20 V
1	voltmetr	MY-65	$\pm 0,5\%$ ( $\pm 1$ digit)	2 V
2	Zatěžovací rezistor	—		10 $\Omega$ , 20 $\Omega$

## 4 Naměřené hodnoty a výpočet

### 4.1 Voltampérová charakteristika elektrolyzéry

<b>Proud [A]</b>	2.003	1.816	1.519	1.300	1.086	0.888	0.554	0.460	0.328	0.176	0.050
<b>Napětí [V]</b>	3.798	3.404	3.130	2.941	2.791	2.650	2.430	2.375	2.253	2.102	1.805

### 4.2 Voltampérová charakteristika palivového článku

<b>Odpor [<math>\Omega</math>]</b>	na prázdno	40	30	20	15	10	8	6	4	3	2
<b>Proud [A]</b>	0	0.020	0.025	0.037	0.048	0.068	0.080	0.096	0.124	0.171	0.163
<b>Napětí [V]</b>	0.918	0.804	0.784	0.755	0.731	0.686	0.656	0.608	0.516	0.436	0.333
<b>Odpor [<math>\Omega</math>]</b>	1.5	1	0.5	0.333							
<b>Proud [A]</b>	0.181	0.191	0.21	0.217							
<b>Napětí [V]</b>	0.270	0.197	0.111	0.079							

Aritmetický průměr naměřených hodnot:

$$\bar{d} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i \doteq 19,96 \text{ mm} ; \bar{h} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n h_i \doteq 15,89 \text{ mm}$$

Výpočet nejpravděpodobnější hodnoty objemu válce:

$$\bar{V} = \frac{1}{4} \pi \bar{d}^2 \bar{h} \doteq 4972,78 \text{ mm}^3$$

Výpočet standardní nejistoty aritmetického průměru měřených hodnot metodou typu A:

$$u_A(\bar{d}) = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (d_i - \bar{d})^2} \doteq 0,00163299 \text{ mm}$$

$$u_A(\bar{h}) = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (h_i - \bar{h})^2} \doteq 0,01266667 \text{ mm}$$

Výpočet standardní nejistoty naměřených hodnot metodou typu B:

$$\Delta_d = 10 \mu\text{m} = 0,01 \text{ mm} ; \Delta_h = 20 \mu\text{m} = 0,02 \text{ mm}$$

$$u_B(\Delta_d) = \frac{\Delta_d}{\sqrt{12}} \doteq 0,00288675 \text{ mm} ; u_B(\Delta_h) = \frac{\Delta_h}{\sqrt{12}} = 0,00577350 \text{ mm}$$

Výpočet kombinované standardní nejistoty:

$$u_c(\bar{d}) = \sqrt{u_{Ad}^2 + u_{Bd}^2} \doteq 0,00329988 \text{ mm}$$

$$u_c(\bar{h}) = \sqrt{u_{Ah}^2 + u_{Bh}^2} \doteq 0,01392041 \text{ mm}$$

Výpočet kombinované standardní nejistoty objemu celého válce:

$$u_c(\bar{V}) = \sqrt{\frac{\pi^2 \bar{d}^2}{16} u_c^2(\bar{h}) + \frac{\pi^2 \bar{d}^2 \bar{h}^2}{4} u_c^2(\bar{d})} \doteq 1,62 \text{ mm}^3$$

## 5 Závěr

Měřením válce bylo zjištěno, že jeho objem je  $(4972,78 \pm 1,62) [\text{mm}^3]$ .