



Ústav fyzikální elektroniky PŘF MU

# Fyzikální praktikum pro nefyzikální obory

Pracovní list

## Úloha 9: Energie ze Slunce, fotovoltaické a palivové články

Jméno:

Naměřeno:

Skupina:

Otestováno:

### Studium vlastností solárního článku

1. **Určení optimálního pracovního bodu, měření VA charakteristiky článku** Měňte odpor  $R$  reostatu, pomocí systému Vernier naměřte proud  $I$  a napětí  $U$ . Data přeneste do programu QtiPlot, v něm spočítejte výkon  $P$  a odpor  $R$  pro každou dvojici hodnot proudu a napětí. V programu QtiPlot vykreslete voltampérovou charakteristiku solárního článku a závislost výkonu na odporu a grafy nalepte do pracovního listu.

Nalepte voltampérovou (VA) charakteristiku solárního článku (závislost proudu na napětí)

Nalepte graf závislosti výkonu na odporu pro solární článek.

Optimální pracovní bod:

Maximální výkon solárního článku:  $P_S =$                       mW,  
příslušný optimální odpor zátěže:  $R_{P_S} =$                        $\Omega$ ,  
příslušná hodnota napětí:  $U_{P_S} =$                       V,  
příslušná hodnota proudu:  $I_{P_S} =$                       mA.

Jakým způsobem byl určen optimální pracovní bod (hodnota výkonu a zátěže)?  
hodnota byla naměřena přímo při nastavení určité hodnoty odporu na reostatu  
hodnotu jsem získal(a) aproximací z grafu závislosti výkonu na odporu, a to takto:

jiným způsobem, a to takto:

Jakým způsobem byl určen proud a napětí na zátěži odpovídající optimálnímu pracovnímu bodu?  
hodnoty byly naměřeny přímo při nastavení určité hodnoty odporu na reostatu  
hodnotu jsem získal(a) aproximací z voltampérové charakteristiky, a to takto:

jiným způsobem, a to takto:

Při tomto měření dochází k systematické chybě měření výkonu, skutečný výkon článku je větší menší než výkon naměřený, protože

Tato chyba je významná zanedbatelná, protože

Poznámky k experimentu:

## 2. Odhad energetické účinnosti solárního článku při osvětlení žárovkou

Nominální výkon použité žárovky je  $P_0 =$  W,

vzdálenost solárního článku od žárovky je  $r =$  m,

rozměry článku jsou  $a =$  m,  $b =$  m, tedy plocha  $S =$  m<sup>2</sup>.

Zářivý výkon žárovky dopadající na solární článek určený dle vztahu  $P = P_0 \cdot \frac{S}{4\pi r^2}$  :  $P =$  W.

Výkon solárního článku při daném osvětlení, měřený v pracovním bodě, je:  $P_S =$  W.

Účinnost solárního článku pak spočítáme jako  $\eta_S = \frac{P_S}{P} =$  .

Poznámky k experimentu:

## 3. Spektrální účinnost fotovoltaického článku

Výsledky měření proudu v zapojení fotovoltaického článku do zkratu:

(a) před halogenovou žárovkou je pouze:

červený filtr  $I_r =$  mA komentář

zelený filtr  $I_g =$  mA komentář

modrý filtr  $I_b =$  mA komentář

(b) před halogenovou žárovkou je IR-cut filter + barevné filtry:

IR-cut++červený filtr  $I_r =$  mA komentář

IR-cut++zelený filtr  $I_g =$  mA komentář

IR-cut++modrý filtr  $I_b =$  mA komentář

(c) před halogenovou žárovkou jsou všechny tři filtry (červený, modrý, zelený):

červený+zelený+modrý filtr  $I =$  mA komentář

(d) před halogenovou žárovkou je IR-cut filter a navíc všechny tři filtry (červený, modrý, zelený):

IR-cut+červený+zelený+modrý filtr  $I =$  mA komentář

Jaký je příspěvek ultrafialového záření k celkové energii při předchozích měřeních?

Poznámky k experimentu:

## Studium vlastností elektrolyzáru a palivového článku

---

### 1. Měření voltampérové charakteristiky elektrolyzáru

Naměřené hodnoty pro voltampérovou charakteristiku (nevyplňujte v případě, že měříte pomocí systému Vernier a data přenášíte rovnou do počítače):

$U[V]$						
$I[mA]$						
$U[V]$						
$I[mA]$						

Z naměřených hodnot sestavte pomocí programu QtiPlot graf, který přidáte k pracovnímu listu.

Hodnota rozkladného napětí je  $U_R =$  V.

Schéma zapojení a poznámky k experimentu:

Nalepte graf voltampérové (VA) charakteristiky elektrolyzéro (závislost proudu na napětí).

## 2. Měření účinnosti elektrolyzéro

Výhřevnost  $H$  je pro vodík rovna  $H = 10,8 \cdot 10^6 \text{ Jm}^{-3}$ ,  
objem vodíku vzniklý při elektrolýze je roven  $V =$    $\text{m}^3$ .

Na elektrolyzéro je napětí  $U =$   V, teče jím proud  $I =$   mA,

a to po čas  $t =$   s.

Účinnost elektrolyzéro určená podle vztahu  $\vartheta_e = \frac{V_{\text{H}_2} \cdot H}{U \cdot I \cdot t} =$  .

Proč je objem vodíku vzniklého při elektrolýze dvojnásobný než objem vzniklého kyslíku?

Poznámky k experimentu:

## 3. Měření účinnosti palivového článku

Výhřevnost  $H$  je pro vodík rovna  $H = 10,8 \cdot 10^6 \text{ Jm}^{-3}$ ,  
objem vodíku proteklého palivovým článkem je  $V =$    $\text{m}^3$ .

Na zátěži palivového článku s odporem  byly v časových intervalech  $\Delta t$  okamžité hodnoty

napětí  $U_i$  a proudu  $I_i$  (tabulku nevyplňujte v případě, že měříte pomocí systému Vernier a data přenášíte přímo do počítače):

$t_i[s]$						
$U_i[V]$						
$I_i[mA]$						
$t_i[s]$						
$U_i[V]$						
$I_i[mA]$						

Pomocí systému QtiPlot určete energie vyrobené palivovým článkem v jednotlivých časových intervalech  $\Delta t$  a celkovou vyrobenou energii za dobu měření.

Účinnost palivového článku určená podle vztahu  $\vartheta_p = \frac{\sum_{i=1}^n U_i \cdot I_i \cdot \Delta t}{V_{H_2} \cdot H} =$  .

Poznámky k experimentu:

## Měření na fotovoltaickém článku, na který dopadá sluneční záření

### 1. Krátkodobá měření na fotovoltaickém článku

Naměřená hodnota napětí naprázdno je , což se shoduje neshoduje s hodnotou udávanou výrobcem 21,96 V.

Schéma a poznámky k nastavení systému Tecomat Foxtrot pro měření naprázdno:

Naměřená hodnota proudu nakrátko je , což se shoduje neshoduje s hodnotou udávanou výrobcem 0,32 A.

Schéma a poznámky k nastavení systému Tecomat Foxtrot pro měření nakrátko:

Při odporové zátěži \_\_\_\_\_ je hodnota napětí \_\_\_\_\_ a hodnota proudu \_\_\_\_\_  
Schéma a poznámky k nastavení systému Tecomat Foxtrot pro měření se zátěží:

Porovnání hodnot s napětím naprázdno a proudem nakrátko:

## 2. Vliv zastínění na činnost fotovoltaického článku:

Způsob zakrytí:    napětí nakrátko [V]    proud naprázdno [mA]



## 3. Určení maximálního a průměrného výkonu fotovoltaického článku za předchozí kalendářní den (případně delší období):

zde nalepte graf závislosti výkonu na čase vytvořený ze stažených hodnot proudu a napětí  
v programu QtiPlot

Maximální výkon: \_\_\_\_\_ . Průměrný výkon: \_\_\_\_\_ .

Výpočty, vztahy, způsob určení uvedených veličin a poznámky k experimentu:

## Orientační měření účinnosti celého procesu získávání energie ze Slunce a její akumulace ve vodíku

---

1. **Určení optimálního pracovního bodu, měření VA charakteristiky článku** Měřte odpor  $R$  reostatu, pomocí systému Vernier naměřte proud  $I$  a napětí  $U$ . Data přeneste do programu QtiPlot, v něm spočítejte výkon  $P$  a odpor  $R$  pro každou dvojici hodnot proudu a napětí. V programu QtiPlot vykreslete voltampérovou charakteristiku solárního článku a závislost výkonu na odporu a grafy nalepte do pracovního listu.

Nalepte voltampérovou (VA) charakteristiku solárního článku (závislost proudu na napětí)

Optimální pracovní bod:

Maximální výkon solárního článku:  $P_S =$  mW,  
příslušný optimální odpor zátěže:  $R_{P_S} =$   $\Omega$ ,  
příslušná hodnota napětí:  $U_{P_S} =$  V,  
příslušná hodnota proudu:  $I_{P_S} =$  mA.



Jakým způsobem byl určen optimální pracovní bod (hodnota výkonu a zátěže)?  
hodnota byla naměřena přímo při nastavení určité hodnoty odporu na reostatu  
hodnotu jsem získal(a) aproximací z grafu závislosti výkonu na odporu, a to takto:

jiným způsobem, a to takto:

Nalepte graf závislosti výkonu na odporu pro solární článek.

Jakým způsobem byl určen proud a napětí na zátěži odpovídající optimálnímu pracovnímu bodu?  
hodnoty byly naměřeny přímo při nastavení určité hodnoty odporu na reostatu  
hodnotu jsem získal(a) aproximací z voltampérové charakteristiky, a to takto:

jiným způsobem, a to takto:

Při tomto měření dochází k systematické chybě měření výkonu, skutečný výkon článku je  
větší                      menší než výkon naměřený, protože

Tato chyba je významná zanedbatelná, protože

Poznámky k experimentu:

## 2. Měření účinnosti elektrolyzéro

Výhřevnost  $H$  je pro vodík rovna  $H = 10,8 \cdot 10^6 \text{ Jm}^{-3}$ ,

objem vodíku vzniklý při elektrolýze je roven  $V =$  m<sup>3</sup>.

Na elektrolyzéro je napětí  $U =$  V, teče jím proud  $I =$  mA,

a to po čas  $t =$  s.

Účinnost elektrolyzéro určená podle vztahu  $\vartheta_e = \frac{V_{\text{H}_2} \cdot H}{U \cdot I \cdot t} =$  .

Proč je objem vodíku vzniklého při elektrolýze dvojnásobný než objem vzniklého kyslíku?

Poznámky k experimentu:

## 3. Měření účinnosti palivového článku

Výhřevnost  $H$  je pro vodík rovna  $H = 10,8 \cdot 10^6 \text{ Jm}^{-3}$ ,

objem vodíku proteklého palivovým článkem je  $V =$  m<sup>3</sup>.

Na zátěži palivového článku s odporem byly v časových intervalech  $\Delta t$  okamžité hodnoty napětí  $U_i$  a proudu  $I_i$  (tabulku nevyplňujte v případě, že měříte pomocí systému Vernier a data přenášíte přímo do počítače):

$t_i$ [s]						
$U_i$ [V]						
$I_i$ [mA]						
$t_i$ [s]						
$U_i$ [V]						
$I_i$ [mA]						

Pomocí systému QtiPlot určete energie vyrobené palivovým článkem v jednotlivých časových intervalech a celkovou vyrobenou energii za dobu měření.

Účinnost palivového článku určená podle vztahu  $\vartheta_p = \frac{\sum_{i=1}^n U_i \cdot I_i \cdot \Delta t}{V_{H_2} \cdot H} =$  .

Poznámky k experimentu:

4. Celková účinnost solárně vodíkového procesu výroby a akumulace energie je vyjádřitelná jako součin tří dílčích účinností, a to solárního článku, elektrolyzéry a palivového článku:

$$\vartheta = \vartheta_s \cdot \vartheta_e \cdot \vartheta_p = \quad \cdot \quad \cdot \quad = \quad \cdot$$

5. Řešte následující příklad:

Vyrábíme elektřinu pomocí solárních článků a akumulujeme ji ve vodíku. Jakou plochu by musely mít solární články, aby energie akumulovaná z roční výroby solárních článků byla rovna roční produkci JE Temelín? Temelínská elektrárna má elektrický výkon 2GW a pracuje asi 85% doby v roce. Na 1m<sup>2</sup> povrchu země v ČR dopadá za rok asi 1000kWh energie slunečního záření.

## Náměty, komentáře a nápady

---

týkající se této úlohy (není součástí pracovního listu, bude sloužit k dalším inovacím úlohy).