***1.sz. Melléklet***

*Ajánlott minta: „Tantárgyleírás, tantárgyi tematika és teljesítési követelmények”*

# Tantárgyi tematika és teljesítési követelmények 2022/2023 1. félév

|  |  |
| --- | --- |
| Cím | Tüzelőanyag-cellák felépítése és tesztelése |
| **Tárgykód** | IVS020MLTC |
| **Heti óraszám: ea/gy/lab** | **2ea, 1gy** |
| **Kreditpont** | **5** |
| **Szak(ok)/ típus** |  |
| **Tagozat** | **Tüzelőanyag-cella és hidrogéntechnológiai szakmérnök képzés** |
| **Követelmény** | **vizsga** |
| **Meghirdetés féléve** | **2022/2023 2.félév** |
| **Előzetes követelmény(ek)** | **-** |
| **Oktató tanszék(ek)** | **Villamos Hálózatok Tanszék** |
| **Tárgyfelelős** | **Bakk Teodóra Diána és Csordás Antal** |
| **Oktatók** | **Bakk Teodóra Diána és Csordás Antal** |
|  |  |

# Tárgyleírás

PEM típusú tüzelőanyag-cellák felépítése, főbb elemei. Cellaköteg (stack) tervezése, gyakorlati problémák. Stack építése, szivárgás tesztelés, élesztés a gyakorlatban. Cella működési paraméterei, kondicionálási technikák, élettartam, áramsűrűség (teljesítménysűrűség), befolyásoló tényezők (gáznyomás, préserő, hőeloszlás, membrán nedvességtartalom stb.). Tesztelőállomások felépítése, működési paraméterek mérése, befolyásoló tényezők hatásának mérése, impedanciamérés, degradációs folyamatok (visszafordítható, visszafordíthatatlan), élettartam, diagnosztika, MEA-élesztés stb.

# Tárgytematika

*(Neptunban: Oktatás/Tárgyak/Tárgy adatok/Tárgytematika ablak)*

## **Az oktatás célja**

*Célkitűzések és a tantárgy teljesítésével elérhető tanulási eredmények megfogalmazása.*

*(Neptunban: Oktatás/Tárgyak/Tárgy adatok/Tárgytematika/Oktatás célja rovat)*

Tüzelőanyag-cellák működésének és felépítésének elsajátítása, magabiztos alkalmazása a mérnöki gyakorlatban.

## **A tantárgy tartalma**

*(Neptunban: Oktatás/Tárgyak/Tárgy adatok/Tárgytematika/Tantárgy tartalma rovat)*

|  |  |
| --- | --- |
|  | Témakörök |
| Előadás | 1. A PEM-típusú cellák felépítése, működése. 2. A cellában zajló folyamatok. Összefüggés a terhelőáram és a hidrogénfogyasztás között. 3. Az elektrokémiai cella fogalma. Elektród, anód/katód, elektrolit. Redoxi reakció, elektródpotenciál. 4. Elemek, akkumulátorok, TC-k. Elektrokatalitikus vizsgálatok (CV, CO stripping, ORR). 5. A tüzelőanyag-cella kötegek (stackek) felépítése, alkotórészei. 6. A komponensekkel kapcsolatos kérdések: MEA, BPP, GDL, CCP, véglap. 7. A cella teljesítményét befolyásoló tényezők (gázparaméterek, membrán nedvességtartalom, préserő). Önnedvesítő MEA, sztöchiometriai szám. 8. Tüzelőanyag-cella tesztelő berendezés felépítése. Tüzelőanyag-cellás mérések (aktiválás, polarizációs görbe, NEDC, FC-DLC). 9. MEA, CCM – gyártás, tulajdonságok, CO tolerancia, katalizátor mérgezés, karbon korrózió. MEA-formázás. Degradációs folyamatok, élettartam diagnosztika, CVM mérés, impedancia-mérés. 10. Degradációs folyamatok, élettartam diagnosztika, CVM mérés, impedancia-mérés. 11. Kitekintés: más cellatípusok felépítése, működése. 12. A gyakorlati problémák, hátrányok és előnyök összehasonlítása. |
| gyakorlat | 1. Ismerkedés a Heliocentris oktatómodullal. UI-karakterisztika felvétele az oktatómodulon, fogyasztásmérés. 2. A PEM cellák hatásfokának mérése, a befolyásoló tényezők feltárása. 3. Gyakorlati problémák a stackek összeszerelésénél (szivárgás, optimális préserő, uniformitás). Saját stack összeszerelése, szivárgásellenőrzése. 4. Ismerkedés a Bio-Logic FCT-150 tesztelőberendezésével. 5. A gázparaméterek beállítása, hatása a cella teljesítményére. Cella-kondícionálási technikák (kipufogás, éheztetés, impulzus terhelés). 6. Piaci TC cellánkénti feszültségmérése és impedanciamérése, a belőlük levonható következtetések. |
|  |  |

### **Részletes tantárgyi program és a követelmények ütemezése**

*Jelezzük az oktatási szüneteket is!*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| ELŐADÁS | | | | |
| Okta-tási hét | **Téma** | **Kötelező irodalom hivatkozás, oldalszám (-tól-ig)** | **Teljesítendő feladat (beadandó, zárthelyi, stb.)** | **Teljesítés ideje, határideje** |
| 5. | Az elektrokémiai cella. Elemek, akkumulátorok, TC-k. Elektrokatalitikus vizsgálatok.  PEM típusú tüzelőanyag-cellák felépítése, működése, cellában zajló folyamatok. | [6] 887-883. o.  [1] 1.1-1.3 fejezet és 3.fejezet |  |  |
| 7. | A cella teljesítményét befolyásoló tényezők (gázparaméterek, membrán nedvességtartalom, préserő). Önnedvesítő MEA, sztöchiometriai szám.  Tüzelőanyag-cella tesztelő berendezés felépítése. Tüzelőanyag-cellás mérések.  MEA, CCM – gyártás, tulajdonságok, CO tolerancia, katalizátor mérgezés, karbon korrózió. MEA-formázás. Degradációs folyamatok, élettartam diagnosztika, CVM mérés, impedancia-mérés. | [5] 5.4-5.5 fejezet  [2] 4.4-4.5 és 4.7 fejezet  [2] 4.2-4.3 fejezet  [4] |  |  |
| 15. | A tüzelőanyag-cella kötegek (stackek) felépítése, alkotórészei. A komponensekkel kapcsolatos kérdések.  Kitekintés: más cellatípusok felépítése, működése. A gyakorlati problémák, hátrányok és előnyök összehasonlítása. | [2] 4.6 és 5-7. fejezet |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Gyakorlat/Laborgyakorlat | | | | |
| Okta-tási hét | **Téma** | **Kötelező irodalom,  oldalszám (-tól-ig)** | **Teljesítendő feladat (beadandó, zárthelyi, stb.)** | **Teljesítés ideje, határideje** |
| 5. | Ismerkedés a Heliocentris oktatómodullal. UI-karakterisztika felvétele az oktatómodulon, fogyasztásmérés. | Évközben kiadott mérési útmutató | Jegyzőkönyv | 3.oktatási hét pénteki nap |
| 7. | A PEM cellák hatásfokának mérése, a befolyásoló tényezők feltárása.  Gyakorlati problémák a stackek összeszerelésénél (szivárgás, optimális préserő, uniformitás). Saját stack összeszerelése, szivárgásellenőrzése.  Ismerkedés a Bio-Logic FCT-150 tesztelőberendezésével. | Évközben kiadott mérési útmutató |  |  |
| 15. | A gázparaméterek beállítása, hatása a cella teljesítményére. Cella-kondícionálási technikák.  Piaci TC cellánkénti feszültségmérése és impedanciamérése, a belőlük levonható következtetések. | Évközben kiadott mérési útmutató |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |

## **Számonkérési és értékelési rendszer**

*(Neptunban: Oktatás/Tárgyak/Tárgy adatok/Tárgytematika/Számonkérési és értékelési rendszere rovat)*

##### **Jelenléti és részvételi követelmények**

A *PTE TVSz* 45.§ (2) és *9. számú melléklet 3§ szabályozása szerint a hallgató számára az adott tárgyból érdemjegy, illetve minősítés szerzése csak abban az esetben tagadható meg hiányzás miatt, ha nappali tagozaton egy tantárgy esetén a tantárgyi tematikában előirányzott foglalkozások több mint 30%-áról hiányzott.*

***A jelenlét ellenőrzésének módja*** *(pl.: jelenléti ív / online teszt/ jegyzőkönyv, stb.)*

Jelenléti ív

##### **Számonkérések**

*A tantárgy követelménytípusának megfelelő rovatok töltendők ki (félévközi jeggyel, vagy vizsgával záruló tantárgyak). A másik típus rovatai törölhetők.*

Vizsgával záruló tantárgy

**Félévközi ellenőrzések, teljesítményértékelések és részarányuk a vizsgára bocsájtás feltételének minősítésben**

(A táblázat példái törlendők.)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Típus | Értékelés | Részarány a vizsgára bocsájtás feltételének minősítésben |
| 1. *Jegyzőkönyv* | *Max. 10pont* | *100%* |

**Az aláírás megszerzésének feltétele**

(Pl.: 40%-os évközi minősítés.)

40%-os évközi minősítés és 65%-os jelenlét

**Pótlási lehetőségek az aláírás megszerzéséhez** (PTE TVSz 50§(2))

*A javításra, ismétlésre és pótlásra vonatkozó különös szabályokat a TVSZ általános szabályaival együttesen kell értelmezni és alkalmazni:*

*Minden ZH és a beadandó jegyzőkönyvek, …, a szorgalmi időszakban legalább egy-egy alkalommal pótolhatók/javíthatók, továbbá a vizsgaidőszak első két hetében legalább egy alkalommal lehetséges a ZH-k, a beadandók, …, javítása/pótlása az aláírás megszerzése érekében.*

***Vizsga típusa*** *(írásbeli, szóbeli): írásbeli*

***A vizsga minimum 40 %-os teljesítés esetén sikeres.*** *(A min. 40 %-nál nem lehet több.)*

**Az érdemjegy kialakítása** (TVSz 47§ (3))

***0*** %-ban az évközi teljesítmény,  ***100***  %-ban a vizsgán nyújtott teljesítmény alapján történik.

**Az érdemjegy megállapítása az összesített teljesítmény alapján %-os bontásban**

|  |  |
| --- | --- |
| **Érdemjegy** | **Teljesítmény %-ban kifejezve** |
| jeles (5) | 85 % … |
| jó (4) | 70 % ... 85 % |
| közepes (3) | 55 % ... 70 % |
| elégséges (2) | 40 % ... 55 % |
| elégtelen (1) | 40 % alatt |

Az egyes érdemjegyeknél megadott alsó határérték már az adott érdemjegyhez tartozik.

## **Irodalom**

*Felsorolás fontossági sorrendben. (Neptunban: Oktatás/Tárgyak/Tárgy adatok/Tárgytematika/Irodalom rovat)*

##### **Kötelező irodalom és elérhetősége**

[1.] Fuel Cell Handbook (Seventh Edition)- EG and G Technical Services, Inc. (online letölthető)

[2.] Fuel Cell Systems Explained (Second Edition) – James Larminie, Andrew Dicks (online letölthető)

##### **Ajánlott irodalom és elérhetősége**

[3.] Bipolar plates for PEM fuel cells: A review September 2005 [International Journal of Hydrogen Energy](https://www.researchgate.net/journal/International-Journal-of-Hydrogen-Energy-0360-3199) 30(12):1297-1302

www.researchgate.net

[4.] What is Electrochemical Impedance Spectroscopy? – BioLogic Learning center (https://www.biologic.net/topics/what-is-eis/)

[5.] Hidrogén és metanol gazdaság - Mayer Zoltán, Kriston Ákos

[6] A fizikai kémia alapjai – Zrínyi Miklós