

---

# Spis treści

---

|                                                                                            |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Wstęp</b>                                                                               | 8  |
| <b>1. Trochę teorii i historii</b>                                                         | 11 |
| 1.1. Historia ogniw galwanicznych                                                          | 11 |
| 1.1.1. Wszystko zaczęło się już w czasach starożytnych                                     | 11 |
| 1.1.2. Aleksander Volta – ojciec współczesnych baterii                                     | 13 |
| 1.1.3. Większość obecnie popularnych ogniw powstało już w XIX w.                           | 16 |
| <b>2. Czy wszystkie baterie są takie same? Trochę informacji ogólnych dla użytkowników</b> | 22 |
| 2.1. Podziały ogniw galwanicznych                                                          | 22 |
| 2.2. Co przeszkadza w pracy ogniwa?                                                        | 26 |
| 2.3. Jak obliczamy energię zmagazynowaną w ogniwie?                                        | 28 |
| 2.4. Jak łączyć ogniwa, aby otrzymać nowe baterie?                                         | 31 |
| 2.5. Zasady eksploatacji ogniw galwanicznych                                               | 32 |
| <b>3. Ogniwa pierwotne</b>                                                                 | 34 |
| 3.1. Ogniwa cynkowo-manganowe                                                              | 35 |
| 3.1.1. Ogniwa Leclanchégo często nazywane ogniwami cynkowo-węglowymi                       | 35 |
| 3.1.2. Praca ogniwa zależy od jakości użytych materiałów elektrodowych                     | 36 |
| 3.1.3. „Pasożytnicze” reakcje zachodzące nie tylko podczas pracy ogniwa                    | 40 |
| 3.2. Co zrobiono, aby polepszyć pracę ogniwa?                                              | 44 |
| 3.2.1. Chlorkowe ogniwa cynkowo-węglowe, kolejna modyfikacja ogniwa Leclanchégo            | 46 |
| 3.2.2. Alkaliczne baterie cynkowo-manganowe                                                | 46 |
| 3.2.3. O czym powinien pamiętać użytkownik baterii?                                        | 50 |
| 3.3. Dalsze modyfikacje ogniwa Leclanchégo                                                 | 51 |
| 3.3.1. Ogniwa cynk-tlenek rtęci (ogniwa rtęciowe)                                          | 51 |
| 3.3.2. Bateria cynk-tlenek srebra(I)                                                       | 54 |

|           |                                                                                                      |            |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 3.3.3.    | Ogniwa metal-powietrze . . . . .                                                                     | 56         |
| 3.4.      | Czy w bateriach tylko cynk może być anodą? Czyli o innych<br>rodzajach baterii pierwotnych . . . . . | 62         |
| 3.5.      | Ogniwa litowe – rewolucja w dziedzinie baterii . . . . .                                             | 63         |
| 3.5.1.    | Ogniwa litowe z nierozpuszczalnymi katodami . . . . .                                                | 70         |
| 3.5.2.    | Ogniwa litowe z rozpuszczalnymi katodami . . . . .                                                   | 78         |
| 3.5.3.    | Ogniwa litowe z ciekłymi katodami . . . . .                                                          | 82         |
| 3.6.      | Podsumowanie . . . . .                                                                               | 85         |
| <b>4.</b> | <b>Ogniwa II rodzaju (odwracalne)</b> . . . . .                                                      | <b>86</b>  |
| 4.1.      | Przemysł motoryzacyjny – zapotrzebowanie na ogniwa . . . . .                                         | 89         |
| 4.2.      | Akumulatory ołowiowe (kwasowo-ołowiowe) . . . . .                                                    | 96         |
| 4.3.      | Akumulatory niklowo-kadmowe . . . . .                                                                | 114        |
| 4.3.1.    | Podsumowanie – czyli co powinniśmy pamiętać o akumulatorach<br>niklowo-kadmowych . . . . .           | 124        |
| 4.4.      | Akumulatory z anodą żelazową . . . . .                                                               | 125        |
| 4.4.1.    | Akumulatory żelazowo-kadmowe . . . . .                                                               | 125        |
| 4.4.2.    | Ogniwa srebrowo-żelazowe . . . . .                                                                   | 127        |
| 4.5.      | Ogniwa wodorkowe (Ni-MH) . . . . .                                                                   | 127        |
| 4.6.      | Baterie litowe drugiego rodzaju . . . . .                                                            | 133        |
| 4.6.1.    | Ogniwa ze stałą anodą litową, stałą katodą i ciekłym elektrolitem . . . . .                          | 134        |
| 4.6.2.    | Ogniwa z interkalowanym litem i jego jonami w stałych elektrodach . . . . .                          | 137        |
| 4.6.3.    | Ogniwa ze stałym elektrolitem polimerowym . . . . .                                                  | 141        |
| 4.6.4.    | Ogniwa z polimerową elektrodą dodatnią (katodą) . . . . .                                            | 142        |
| 4.6.5.    | Podsumowanie ogniw litowych . . . . .                                                                | 142        |
| 4.7.      | Ogniwa wysokotemperaturowe . . . . .                                                                 | 143        |
| 4.7.1.    | Ogniwa ze stałym elektrolitem . . . . .                                                              | 144        |
| 4.7.2.    | Podsumowanie . . . . .                                                                               | 147        |
| 4.8.      | Podsumowanie rozdziału o akumulatorach . . . . .                                                     | 148        |
| <b>5.</b> | <b>Ogniwa paliwowe</b> . . . . .                                                                     | <b>152</b> |
| 5.1.      | Wstęp . . . . .                                                                                      | 152        |
| 5.2.      | Ogniwa paliwowe z elektrolitem polimerowym (PEMFC) . . . . .                                         | 156        |
| 5.3.      | Ogniwa paliwowe wysokotemperaturowe . . . . .                                                        | 159        |
| 5.4.      | Ogniwa paliwowe alkaliczne . . . . .                                                                 | 160        |
| 5.5.      | Jak magazynować paliwo? . . . . .                                                                    | 162        |
| 5.6.      | Ogniwa paliwowe alkoholowe (DAFC) . . . . .                                                          | 165        |
| 5.6.1.    | Ogniwa paliwowe metanolowe (DMFC) . . . . .                                                          | 165        |
| 5.7.      | Podsumowanie . . . . .                                                                               | 168        |
| <b>6.</b> | <b>Ogniwa hybrydowe – coś pośredniego pomiędzy<br/>akumulatorami i ogniwami paliwowymi</b> . . . . . | <b>170</b> |
| 6.1.      | Odwracalne ogniwa cynkowo-powietrzne . . . . .                                                       | 170        |
| 6.2.      | Akumulatory żelazowo-powietrzne . . . . .                                                            | 172        |

|            |                                                                                                |     |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>7.</b>  | <b>Czy są jeszcze inne ogniwa?</b> . . . . .                                                   | 174 |
| <b>8.</b>  | <b>Superkondensatory – czyli w jaki sposób można magazynować ładunek elektryczny</b> . . . . . | 175 |
| <b>9.</b>  | <b>Prawo UE i RP dotyczące akumulatorów i baterii</b> . . . . .                                | 177 |
| <b>10.</b> | <b>Uzupełnienie</b> . . . . .                                                                  | 181 |
| 10.1.      | Jak działają ogniwa? . . . . .                                                                 | 181 |
| 10.2.      | Co to jest siła elektromotoryczna? . . . . .                                                   | 184 |
|            | <b>Bibliografia</b> . . . . .                                                                  | 186 |