

CREATIVETIME

doktorant.com.pl



11

ZAGADNIENIA  
AKTUALNIE  
PORUSZANE  
PRZEZ  
MŁODYCH  
NAUKOWCÓW

**Redaktorzy Wydania:** Marcin Kuczera, Krzysztof Piech

**Skład tekstów i projekt graficzny okładki:** Marcin Kuczera

**Korekty:** Krzysztof Piech

Opracowanie pt. ZAGADNIENIA AKTUALNIE PORUSZANE PRZEZ MŁODYCH NAUKOWCÓW zawiera recenzowane prace naukowe Młodych Naukowców współpracujących z CreativeTime, którzy wzięli udział w Konferencji Młodych Naukowców nt. DOKONANIA NAUKOWE DOKTORANTÓW – V edycja - 9.04.2017 Warszawa oraz 22.04.2017 Kraków. Skład opracowania wykonano na podstawie dostarczonych przez autorów tekstów. Wszystkie artykuły zostały opublikowane na odpowiedzialność ich autorów. Za treść odpowiadają autorzy poszczególnych tekstów.

ISBN: 978-83-63058-72-2

### **Opracowanie**

Niniejsza książka elektroniczna DVD ma służyć młodym naukowcom. Propagujemy podejmowane działania wśród młodych naukowców, wiedzę, innowacyjne badania oraz rozwój nauki. Nauka musi charakteryzować się ciągłym rozwojem. Dzisiejsi naukowcy korzystają z coraz to nowocześniejszych metod badawczych, prowadzą różnego rodzaju projekty, których efekty w nieodległej przyszłości mają służyć całej społeczności i otaczającemu nas środowisku. Niniejsze opracowanie zawiera zbiór zagadnień prezentujących zainteresowania naukowe młodych adeptów nauki.

### **Młody naukowiec**

Absolwenci studiów drugiego stopnia coraz częściej podejmują decyzję o rozpoczęciu studiów doktoranckich. Decyzja ta często podyktowana jest chęcią pozostania na uczelni w charakterze naukowca i wykładowcy. Niestety po otrzymaniu dyplomu doktora nauk tylko część młodych naukowców pozostanie na uczelni macierzystej. Część młodych doktorów zasili inne uczelnie i jednostki naukowe, a zdecydowana większość rozpocznie kolejny etap swojego życia w instytucjach państwowych i firmach prywatnych. Dlatego też obok realizacji własnych badań naukowych i pisania pracy, doktoranci powinni podjąć wszelkie możliwe działania zmierzające do nawiązania współpracy z firmami prywatnymi, aby realizować dalszą karierę zawodową. Włączanie się doktorantów w różnego rodzaju projekty międzyuczelniane, współpracę w modelu naukowiec-firma, udział we wszelkich konferencjach i szkoleniach o charakterze biznesowo-naukowym zwiększa szanse doktorantów na rozwój naukowy i zawodowy, a przede wszystkim może przynieść upragnioną satysfakcję.

Młodzi naukowcy, którzy pozostali na uczelni wyższej w charakterze często asystenta, adiunkta mają również wiele możliwości nawiązania współpracy ze stale rozwijającym się polskim biznesem. Należy zastanowić się, w jaki sposób przenieść własne dokonania i pomysły naukowe do realizacji w biznesie.

### **Biznes**

Niewątpliwie szansą dla biznesu są innowacje, które niosą ze sobą między innymi młodzi naukowcy. Każdy dobry biznesmen powinien zdać sobie sprawę, że nie ma innowacji bez nowych pomysłów i badań naukowych.

Sami spróbujmy zachęcić właścicieli polskich firm, osoby decyzyjne, menedżerów do nawiązywania współpracy z nami - Młodymi Naukowcami.

### **Wydawca:**

CREATIVETIME

biuro@creativetime.pl

Nakład 85 egzemplarzy

**Wydanie ISBN**

# ZAGADNIENIA AKTUALNIE PORUSZANE PRZEZ MŁODYCH NAUKOWCÓW 11

Wydawca: CREATIVETIME

Kraków 2017



## SPIS TREŚCI

## BIOLOGIA / BIOCHEMIA / FIZYKA / MEDYCYNĄ

<b>IZOTRETYNOINA W LECZENIU BRODAWEK PŁASKICH</b>	12
<i>Agnieszka Bialecka, Urszula Adamska, Kaja Męcińska-Jundziłł, Rafał Czajkowski</i>	
<b>IZOTRETYNOINA W LECZENIU TRĄDZIKU POSPOLITEGO</b>	13
<i>Agnieszka Bialecka, Urszula Adamska, Kaja Męcińska-Jundziłł, Rafał Czajkowski</i>	
<b>TRĄDZIK ODWRÓCONY ACNE INVERSA – TRUDNE WYZWANIE TERAPEUTYCZNE W DERMATOLOGII</b>	15
<i>Agnieszka Bialecka, Urszula Adamska, Kaja Męcińska-Jundziłł, Rafał Czajkowski</i>	
<b>PĘCZERZYCA PARANEOPLASTYCZNA W PRAKTYCE DERMATOLOGICZNEJ</b>	17
<i>Agnieszka Bialecka, Urszula Adamska, Kaja Męcińska-Jundziłł, Rafał Czajkowski</i>	
<b>TWORZENIE AMIN BIOGENNYCH PRZEZ BROCHOTHRIX THERMOSPACTA</b>	18
<i>Angelika Kunikowska</i>	
<b>ROLA GLIKOKONIUGATÓW POWIERZCHNIOWYCH W DIAGNOSTYCE NOWOTWORÓW ZŁOŚLIWYCH SKÓRY</b>	24
<i>Anna Sobiepanek</i>	
<b>CHARAKTERYSTYKA ZJAWISKA FENOTYPOWEGO PRZEŁĄCZANIA GATUNKU CANDIDA ALBICANS</b>	29
<i>Justyna Karkowska-Kuleta</i>	
<b>POKRZYWKA PRZEWLEKŁA JAKO WYZWANIE TERAPEUTYCZNE W DERMATOLOGII</b>	34
<i>Kaja Męcińska-Jundziłł, Urszula Adamska, Agnieszka Bialecka, Rafał Czajkowski</i>	
<b>RUMIEŃ GUZOWATY W PRAKTYCE DERMATOLOGICZNEJ</b>	36
<i>Kaja Męcińska-Jundziłł, Urszula Adamska, Agnieszka Bialecka, Rafał Czajkowski</i>	
<b>TWARDZINA OGRANICZONA – OPCJE TERAPEUTYCZNE</b>	38
<i>Kaja Męcińska-Jundziłł, Urszula Adamska, Agnieszka Bialecka, Rafał Czajkowski</i>	
<b>POKRZYWKA PRZEWLEKŁA JAKO TRUDNY PROBLEM DIAGNOSTYCZNY</b>	40
<i>Kaja Męcińska-Jundziłł, Urszula Adamska, Agnieszka Bialecka, Rafał Czajkowski</i>	
<b>PRAWO WEBERA FECHNERA W OCENIE CZASU TRWANIA KRÓTKICH IMPULSÓW DŹWIĘKOWYCH PRZEZ NARZĄD SŁUCHU</b>	42
<i>Karolina Martinson, Marcin Majka, Magdalena Senderecka, Piotr Zieliński</i>	
<b>DZIAŁANIA NIEPOŻĄDANE INHIBITORÓW KINAZ TYROZYNOWYCH ORAZ INHIBITORÓW SZLAKU mTOR STOSOWANYCH W II LINII LECZENIA CHORYCH Z ROZSIANYM RAKIEM JASNOKOMÓRKOWYM NERKI</b>	47
<i>Maciej Kawecki, Anna M. Czarnecka</i>	
<b>WYKORZYSTANIE OPROGRAMOWANIA MATLAB DO BUDOWY MODELU DRZEWA TĘTNICZEGO</b>	50
<i>Marcin Majka</i>	
<b>THE MODELLING OF THE BLOOD FLOW PERTURBATIONS CAUSED BY THE TRANSPORT OF EMBOLUS IN ARTERIES</b>	54
<i>Marcin Majka, Giacomo Gadda, Angelo Taibi, Piotr Zieliński</i>	
<b>NAJNOWSZE METODY ANALITYCZNE STOSOWANE W DIAGNOSTYCE LABORATORYJNEJ</b>	60
<i>Mateusz FIC</i>	
<b>KRÓLEWSKA CHOROBA - HEMOFILIA</b>	62
<i>Olga Jarnecka</i>	
<b>METOTREKSAT W LECZENIU ŁUSZCZYCY</b>	63
<i>Urszula Adamska, Agnieszka Bialecka, Kaja Męcińska-Jundziłł, Małgorzata Andrzejewska, Rafał Czajkowski</i>	
<b>MANIFESTACJA SKÓRNA CHORÓB TARCZYCY</b>	66
<i>Urszula Adamska, Agnieszka Bialecka, Kaja Męcińska-Jundziłł, Małgorzata Andrzejewska, Rafał Czajkowski</i>	
<b>LEUKOCYTOKLASTYCZNE ZAPALENIE NACZYŃ - OPIS PRZYPADKU</b>	68
<i>Urszula Adamska, Agnieszka Bialecka, Kaja Męcińska-Jundziłł, Małgorzata Andrzejewska, Rafał Czajkowski</i>	
<b>ROLA LEKÓW MIEJSCOWYCH W LECZENIU ŁUSZCZYCY</b>	71
<i>Urszula Adamska, Agnieszka Bialecka, Kaja Męcińska-Jundziłł, Małgorzata Andrzejewska, Rafał Czajkowski</i>	

**CHEMIA / EKOLOGIA / ENERGETYKA / GEOGRAFIA  
GEOLOGIA / ROLNICTWO / ŚRODOWISKO**

<b>POLIMETYLOWODOROSILOKSAN OTRZYMYWANY W EMULSJACH - BADANIE PROCESU SYNTEZY I WŁAŚCIWOŚCI FIZYKOCHEMICZNYCH</b>	76
<i>Aleksandra Chechelska</i>	
<b>OCENA WPLYWU GOSPODAROWANIA EKOLOGICZNEGO I KONWENCJONALNEGO NA ZAWARTOŚĆ ZWIĄZKÓW BIOLOGICZNIE CZYNNYCH W OWOCACH WYBRANYCH ODMIAN MALIN</b>	82
<i>Alicja Ponder, Ewelina Hallmann</i>	
<b>POTENCJAŁ WÓD GEOTERMALNYCH – WYKORZYSTANIE TURYSTYCZNE I REKREACYJNE NA PRZYKŁADZIE UNIEJOWA</b>	85
<i>Anna Jaśkiewicz</i>	
<b>OTRZYMYWANIE POROWATYCH I NIEPOROWATYCH SIECI POLISILOKSANOWO -SILAZANOWYCH</b>	89
<i>Justyna Olejarka</i>	
<b>ANALIZA NATEŻENIA PRĄDU KRYTYCZNEGO <math>I_c</math> W WYSOKOTEMPERATUROWYCH TAŚMACH NADPRZEWODNIKOWYCH PIERWSZEJ GENERACJI</b>	94
<i>Krzysztof Habelok, Mariusz Stępień</i>	
<b>OGRANICZENIE ILOŚCI ODPROWADZANYCH WÓD OPADOWYCH POPURZEC ZWIĘKSZENIE RETENCYJNOŚCI ZLEWNI ZURBANIZOWANEJ</b>	97
<i>Magdalena Tutro</i>	
<b>GENERACJE UTWORÓW ŻYŁOWYCH W STREFIE PÓŁNOCNEGO KONTAKTU GRANITOIDÓW KARKONOSZY, BLOK KARKONOSKO-IZERSKI</b>	102
<i>Marcin Rzepecki</i>	
<b>ZJAWISKA GEOLOGICZNE GÓR IZERSKICH NA PRZYKŁADZIE ‘SKAŁEK TEŚCIOWEJ’ W PAŚMIE ŁUPKOWYM SZKLARSKIEJ PORĘBY</b>	107
<i>Marcin Rzepecki</i>	
<b>PROBLEMY ZWIĄZANE Z UTYLIZACJĄ BIOGAZU SKŁADOWISKOWEGO ZANIECZYSZCZONEGO ZWIĄZKAMI KRZEMOWYMI</b>	111
<i>Mirosława Kaszubska, Małgorzata Wzorek</i>	
<b>KRZEMOORGANICZNE ZWIĄKI CHEMICZNE – CHARAKTERYSTYKA, ZAGROŻENIA I METODY OZNACZANIA</b>	114
<i>Mirosława Kaszubska, Małgorzata Wzorek</i>	
<b>GLIKOKONIUGATY POCHODNE 8-HYDROKSYCHINOLINY – OTRZYMYWANIE I WŁAŚCIWOŚCI BIOLOGICZNE</b>	117
<i>Monika Krawczyk, Gabriela Pastuch-Gawolek</i>	
<b>STAN BIEŻĄCY I SZANSE ROZWOJU FOTOWOLTAIKI W POLSCE</b>	123
<i>Paweł Matuszczyk</i>	
<b>MODELOWANIE PROCESU REDUKCJI NO<sub>x</sub> PRACUJĄCEGO W UKŁADZIE DUOBLOKU 500 MW</b>	126
<i>Paweł Pilarz</i>	
<b>WPLYW LINII KOLEJOWEJ PRZEBIEGAJĄCEJ PRZEZ TERENY LEŚNE NA OBECNOŚĆ I ROZMIESZCZENIE SSAKÓW W JEJ SĄSIEDZTWIE</b>	132
<i>Piotr Kowal, Karolina Jasińska, Dagny Krauze-Gryz, Bartosz Zwoliński</i>	
<b>ARCHITEKTURA / BUDOWNICTWO / MATERIAŁY</b>	
<b>WŁAŚCIWOŚCI POLIKRYSTALICZNEGO GRAFENU</b>	138
<i>Angelika Kunikowska</i>	
<b>POWŁOKI OTRZYMYWANE W KĄPIELI Zn-AI O SKŁADZIE EUTEKTOIDALNYM METODĄ PODWÓJNEGO ZANURZANIA</b>	144
<i>Anna Skupińska, Henryk Kania</i>	
<b>FINITE ELEMENT ANALYSIS OF ALUMINUM FLOOR JOIST</b>	147
<i>Barbara Kozub</i>	
<b>PROBLEM ZATRUVANIA ZWIĄZKAMI SIARKI W TLENKOWYCH OGNIWACH PALIWOWYCH – WYZWANIA I PERSPEKTYWY</b>	152
<i>Krzysztof Hope, Beata Bochentyn</i>	
<b>PRAKTYCZNE ZASTOSOWANIE STOPU MIĘDZYMETALICZNEGO Fe40Al W PRZEMYSŁE MOTORYZACYJNYM</b>	156
<i>Dorota Pasek</i>	

<b>THERMAL ANALYSIS OF LOW-ALLOY STEEL WITH SILICON CARBIDE ADDITION</b> <i>Helena Dębecka</i>	159
<b>ZASTOSOWANIE METODY ŻELOWEGO ODLEWANIA ODŚRODKOWEGO DO OTRZYMYWANIA KOMPOZYTÓW CERAMIKA-METAL Z GRADIENTEM CZĄSTEK METALICZNYCH</b> <i>Justyna Zygmuntowicz, Aleksandra Miazga, Katarzyna Konopka, Mikołaj Szafran, Waldemar Kaszuwara</i>	164
<b>ANALIZA PORÓWNAWCZA NOŚNOŚCI PRZEKROJÓW STALOWYCH I DREWNIANYCH</b> <i>Kamil Kmiecik</i>	168
<b>OGRODY ŚRÓDBLOKOWE – POSZUKIWANIE ZIELENI W CENTRUM MIASTA</b> <i>Karolina Latusek</i>	174
<b>OMÓWIENIE WYBRANYCH WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNYCH KOMPOZYTÓW SANDWICHW ZALEŻNOŚCI OD ICH BUDOWY</b> <i>Katarzyna Greń</i>	180
<b>CHARAKTERYSTYKA PŁYNIĘCIA NA GORĄCO STOPU Ti-6Al-4V W OPARCIU O TESTY SPĘCZANIA NA SYMULATORZE BÄHR</b> <i>Krzysztof Zyguła</i>	185
<b>SPECYFIKA MIEJSKICH REZERWATÓW PRZYRODY - ZAGROŻENIA I MOŻLIWOŚCI ZAGOSPODAROWANIA</b> <i>Maciej Wasilewski</i>	191
<b>PRESJA URBANIZACYJNA NA TERENACH SĄSIADUJĄCYCH Z WARSZAWSKIMI REZERWATAMI PRZYRODY</b> <i>Maciej Wasilewski</i>	197
<b>ANALIZA ROZMIARU ZIARNA OSNOWY CERAMICZNEJ W KOMPOZYTACH Z UKŁADU ZrO<sub>2</sub> – Ti</b> <i>Paula Łada, Aleksandra Miazga, Katarzyna Konopka</i>	203

## AUTOMATYKA / ELEKTROENERGETYKA / INFORMATYKA / TECHNOLOGIA / TRANSPORT

<b>OPTIMALIZACJA WIELOKRYTERIALNA W ZASTOSOWANIACH PRAKTYCZNYCH</b> <i>Beata Siemińska</i>	208
<b>WYBRANE ZAGADNIENIA BUDOWY I ANALIZY ZAGADNIEŃ OPTIMALIZACJI WIELOKRYTERIALNEJ</b> <i>Beata Siemińska</i>	214
<b>DZIAŁANIE AGENTÓW AUTONOMICZNYCH W SIECI TYPU ICN W OBECNOŚCI SYSTEMU REPUTACYJNEGO</b> <i>Jakub Grochowski</i>	218
<b>ANALIZA MODELI STATYSTYCZNYCH CIĄGÓW CZASOWYCH</b> <i>Natalia Kashpruk</i>	224
<b>SYSTEM RADIOLINE</b> <i>Paweł Matuszczyk</i>	226
<b>KONCEPCJA MODELU DOBORU MULTIMODALNYCH TECHNOLOGII TRANSPORTU PRODUKTÓW SZYBKO PSUJĄCYCH SIĘ</b> <i>Paweł Lelen</i>	229
<b>PROJEKT PROTOTYPU SAMOLOTU KLASY HALE, PRZEZNACZONEGO DO WYKONYWANIA ZADAŃ ANALOGICZNYCH DLA SZTUCZNYCH SATELITÓW ZIEMSKICH</b> <i>Piotr Chmielewski</i>	231
<b>ANALIZA, PROJEKT ORAZ BUDOWA BEZZAŁOGOWEGO STATKU POWIETRZNEGO PRZEZNACZONEGO DO RYWALIZACJI W ZAWODACH SAE AERO DESIGN</b> <i>Piotr Chmielewski</i>	235
<b>WYMAGANIE DOTYCZĄCE METOD BADAŃ I BUDOWY SYMULATORA POJAZDU OSOBOWEGO</b> <i>Piotr Jaskowski</i>	240
<b>ZASTOSOWANIE SYMULATORA DO OCENY DYSTRAKCJI KIERUJĄCEGO POJAZDEM OSOBOWYM</b> <i>Piotr Jaskowski</i>	243
<b>POSZUKIWANIE OPTIMALNYCH NASTAW PRZESUWNIKÓW FAZOWYCH PRZY ZASTOSOWANIU ALGORYTMU ROJOWEGO</b> <i>Robert Owczarek, Roman Korab, Marcin Połomski</i>	246

<b>OPTIMALIZACJA SYSTEMU ELEKTROENERGETYCZNEGO PRZY UŻYCIU ALGORYTMÓW ROJOWYCH</b>	248
<i>Robert Owczarek, Roman Korab, Marcin Połomski</i>	
<b>ZASTOSOWANIE ALGORYTMU INTELIGENCJI OBLICZENIOWEJ DO OPTIMALIZACJI SYSTEMU ELEKTROENERGETYCZNEGO</b>	250
<i>Robert Owczarek, Roman Korab, Marcin Połomski</i>	
<b>EKONOMIA / MARKETING / ZARZĄDZANIE</b>	
<b>KONCEPCJA NOWEGO PRODUKTU NA TLE MARKETINGU 1.0, 2.0, 3.0 I 4.0</b>	254
<i>Agnieszka Firgolska</i>	
<b>PERSONALIZACJA NOWEGO PRODUKTU NA PRZYKŁADZIE PRODUKTU KOSMETYCZNEGO</b>	255
<i>Agnieszka Firgolska</i>	
<b>ZMIANY NA RYNKU BANKOWYM</b>	257
<i>Dorota Smoleńska</i>	
<b>ELEMENTY STRATEGII SPOŁECZNEJ ODPOWIEDZIALNOŚCI BIZNESU W DZIAŁANIACH FIRM TRANSPORTOWYCH – DOBRE PRAKTYKI CSR</b>	262
<i>Katarzyna Turoń, Piotr Czech</i>	
<b>OSZCZĘDNOŚCI I ZOBOWIĄZANIA GOSPODARSTW DOMOWYCH, A FAZY CYKLU ICH ŻYCIA W ŚWIETLE BADAŃ WŁASNYCH</b>	264
<i>Magdalena Licznarska, Grażyna Browarczyk-Matusiak</i>	
<b>OBCIĄŻENIE PODATKIEM DOCHODOWYM GOSPODARSTW DOMOWYCH W WYBRANYCH KRAJACH UNII EUROPEJSKIEJ W LATACH 2010-2015</b>	269
<i>Magdalena Licznarska, Grażyna Browarczyk-Matusiak</i>	
<b>KONKURENCYJNOŚĆ CENOWA PRODUKTÓW MAREK WŁASNYCH SIECI SKLEPÓW SPOŻYWCZYCH NA PRZYKŁADZIE KOSZYKA PODSTAWOWYCH PRODUKTÓW ŻYWNOŚCIOWYCH</b>	275
<i>Maksymilian Czczotko, Hanna Górską- Warsewicz</i>	
<b>RYNEK USŁUG HOSTELOWYCH NA PRZYKŁADZIE HOSTELU CYNAMON W ŁODZI</b>	279
<i>Paulina Gościński</i>	
<b>NAUKI SPOŁECZNE</b>	
<b>DZIENNIK (DAILY DIARY) JAKO PERSPEKTYWICZNA METODA BADANIA ŻYCIA CODZIENNEGO</b>	284
<i>Agnieszka Bożek</i>	
<b>PERSPEKTYWY ROZWOJU WSPÓŁPRACY POLSKO- ROSYJSKIEJ NA POZIOMIE LOKALNYM</b>	289
<i>Julia Dunaj</i>	
<b>FUNKCJONOWANIE WSPÓŁPRACY LOKALNEJ NA PRZYKŁADZIE WYMIAN SZKOLENIOWYCH NA TERENACH SĄSIEDZKICH POLSKI I OBWODU KALININGRADZKIEGO</b>	291
<i>Julia Dunaj</i>	
<b>WARTOŚĆ POZNAWCZA METOD BIOARCHEOLOGICZNYCH W STUDIACH NAD SZKIELETEM LUDZKIM</b>	293
<i>Katarzyna Harabas</i>	
<b>NASILENIE ORIENTACJI KONSUMPCYJNEJ MŁODZIEŻY PONADGIMNAZJALNEJ – BADANIA PILOTAŻOWE</b>	298
<i>Konrad Pasikowski</i>	
<b>POZIOM KOMPETENCJI MORALNYCH MŁODZIEŻY PONADGIMNAZJALNEJ – BADANIA PILOTAŻOWE</b>	304
<i>Konrad Pasikowski</i>	
<b>RODZINA DOTKNIĘTA PROBLEMEM ALKOHOLOWYM</b>	310
<i>Łukasz Burliga</i>	
<b>PRZECIWDZIAŁANIE NARKOMANI W POLSKICH WARUNKACH PRAWNYCH</b>	315
<i>Łukasz Burliga</i>	
<b>STATUS PRAWNY NAUCZYCIELA</b>	320
<i>Łukasz Burliga</i>	



<b>DZIECI A CYFROWE NARZĘDZIA PRACY NAUCZYCIELA</b>	325
<i>Magdalena Słowik</i>	
<b>NAUCZYCIEL A CYFROWE MEDIA W PRACY Z DZIEĆMI – TAKŻE O SPECJALNYCH POTRZEBACH EDUKACYJNYCH</b>	331
<i>Magdalena Słowik</i>	
<b>NOWY WYMIAR JEDZENIA I BIESIADOWANIA NA PRZYKŁADZIE WARSZAWSKICH INICJATYW SPOŁECZNYCH</b>	337
<i>Marcin Szostakowski</i>	
<b>SAMOWYCHOWANIE WŚRÓD MŁODZIEŻY AKADEMICKIEJ – BADANIE PILOTAŻOWE</b>	342
<i>Marta Trusewicz-Pasikowska</i>	



**Dziękujemy wszystkim wymienionym poniżej recenzentom artykułów zamieszczonych w niniejszym opracowaniu za poświęcenie swojego cennego czasu i wystawienie pozytywnych recenzji:**

Prof. dr hab. Aleksandra Tokarz / Prof. dr hab. Arkadiusz Marciniak / Prof. dr hab. Elżbieta Wałajtys-Rode /  
Prof. dr hab. inż. Irena Kulszewicz-Bajer / Prof. dr hab. inż. Maciej Sitarz / Prof. dr hab. inż. Marian Gwóźdź /  
Prof. dr hab. inż. Piotr Liberski / Prof. dr hab. Maria Rapała-Kozik / Prof. dr hab. Tadeusz Pustelny /  
Dr hab. inż. Dariusz Kuc / Dr hab. inż. arch Jadwiga Środulska-Wielgus / Dr hab. inż. Jerzy Konorski /  
Dr hab. inż. Mariusz Wasiak, prof. PW / Dr hab. inż. Piotr Tomczuk / Dr hab. inż. Rafał Stanisławski /  
Dr hab. inż. Tadeusz Nowicki / Dr hab. inż. Tomasz Śleboda / Dr hab. inż. Wojciech Jagusiak, prof. UR /  
Dr hab. Janusz Jaglarz / Dr hab. Joanna Werka, prof. SGGW / Dr hab. Małgorzata Rosicka-Gębska /  
Dr hab. Marek Kowalewicz / Dr hab. Marzenna Nowicka, prof. UWM / Dr hab. n. med. Renata Duchnowska /  
Dr hab. Renata Kazimierczak / Dr hab. Valentyń Kornewec, prof. BFU /  
Dr hab. Wojciech Wyrzykowski, prof. PG / Dr inż. Adam Mańka / Dr inż. Andrzej Mączałowski /  
Dr inż. Anna Jędrzejczak / Dr inż. Bartosz Michalski / Dr inż. Emilia Wróblewska / Dr inż. Jakub Adamek /  
Dr inż. Jakub Karczewski / Dr inż. Janusz Flasza / Dr inż. Małgorzata Płaczek / Dr inż. Marek Hebda /  
Dr inż. Marek Krasnowski / Dr inż. Marek Nykiel / Dr inż. Marta Bożym / Dr inż. Mateusz Brzęczek /  
Dr inż. Paweł Kubek / Dr inż. Piotr Szatkowski / Dr inż. Wiesław Wróblewski / Dr Agata Cieszewska /  
Dr n. med. Arkadiusz Jundziłł / Dr Edyta Gołąb-Andrzejek / Dr Jerzy Zdański / Dr Jolanta Latosińska /  
Dr Katarzyna Kołaczyńska / Dr Krzysztof Gaidzik / Dr Marta Krasuska-Betiuk /  
Dr Paweł Sobieszczyk / Dr n. med. Piotr Adamski

**Dziękujemy za pracę w Komitecie Naukowym Konferencji  
nt. *Dokowania Nukowe Doktorantów* – V edycja:**

dr Anna Kołbus  
dr inż. Beata Bochentyn  
dr inż. Dariusz Kulus  
dr inż. Elżbieta Romanik  
dr Ewa Ropelewska  
dr inż. Gabriela Kamińska  
dr Justyna Karkowska-Kuleta  
dr inż. Justyna Miszczyk  
dr inż. Kornelia Lewandowska  
dr Maciej Andrzejewski  
dr inż. Marcin Kuczera  
dr inż. Marcin Pietras  
dr inż. Michał Łach  
dr Natalia Moch

**Szczególne podziękowania za pomoc przy organizacji oraz prowadzeniu obrad w Warszawie i Krakowie  
w trakcie Konferencji *Dokowania Nukowe Doktorantów* dla:**

dr inż. Beata Bochentyn  
mgr Diana Wierzbicka  
dr Ewa Ropelewska  
mgr inż. Justyna Zuziak  
dr Justyna Karkowska-Kuleta  
mgr inż. Katarzyna Wilkosz  
mgr inż. Magdalena Górka

## PROBLEM ZATRUVANIA ZWIĄZKAMI SIARKI W TLENKOWYCH OGNIWACH PALIWOWYCH – WYZWANIA I PERSPEKTYWY

Krzysztof Hope, Beata Bochentyn

**Streszczenie:** Paliwa stanowiące alternatywę dla wodoru, używane do zasilania tlenkowych ogniwi paliwowych, często zanieczyszczone są związkami siarki. Nawet niewielka ich ilość może doprowadzić do degradacji anody, a w konsekwencji całego ogniwa. Mechanizmy zatrufania można podzielić na adsorpcję i tworzenie się siarczków. W zależności od występującego mechanizmu zatrufanie siarką może być odwracalne lub nie. Dąży się, zatem do otrzymania nowych materiałów anodowych o niskiej podatności na szkodliwe działanie siarki oraz umożliwiających pracę w jak najniższej temperaturze przy spełnieniu wszystkich wymagań stawianych przed materiałem anodowym. Wyróżnić można kilka grup rozwijanych materiałów, lecz najbardziej obiecującymi wydają się materiały na bazie związków o strukturze fluorytu wykorzystane w anodzie hybrydowej.

**Słowa kluczowe:** SOFCs, ogniwa paliwowe, zatrufanie siarką, tlenek ceru

### 1. Wstęp

Tlenkowe ogniwa paliwowe (ang. SOFCs – Solid Oxide Fuel Cells) są jednym z rodzajów ogniwi paliwowych, które to umożliwiają pozyskiwanie energii elektrycznej na drodze reakcji elektrochemicznych (utlenianie paliwa, redukcja tlenu) [Bochentyn 2012]. Dzięki swoim zaletom, takim jak wysoka sprawność, brak ruchomych części mechanicznych czy niska emisja zanieczyszczeń są wyjątkowo obiecującym urządzeniem służącym do konwersji energii (przetwarzania oraz magazynowania). Nieliczne ograniczenia SOFC, takie jak stosunkowo wysoka temperatura pracy, konieczność dopasowania do siebie materiałów poszczególnych elementów pod względem współczynników rozszerzalności termicznej czy wrażliwość na zanieczyszczenie węglem czy siarką [Wang i in. 2013], są coraz lepiej kontrolowane i od lat regularnie przełamywane.

Obecnie dąży się do zastosowania nowych materiałów anodowych, które przy niskiej podatności na działanie siarki, będą mogły działać w jak najniższych temperaturach z wykorzystaniem paliwa innego niż wodór. Ostatnio najbardziej rozwijane są IT-SOFC (ang. Intermediate Temperature Solid Oxide Fuel Cells) działające w temperaturach 600-800°C. Najkorzystniejszym kierunkiem walki z zatrufaniem ogniwi siarką jest zastosowanie materiału anodowego o odpowiedniej odporności z jednoczesnym zachowaniem parametrów stawianych przed anodą (przewodnictwo mieszane, porowatość, współczynnik rozszerzalności cieplnej zgodny z innymi elementami ogniwa itd.).

### 2. Opis zagadnienia

#### Zatrufanie anody siarką

Zanieczyszczenia występujące w paliwach, takich jak biopaliwa, gaz ziemny czy paliwawęglowodorowe, to głównie związki węgla i siarki. Nawet niewielkie ilości siarki, (występującej w postaci COS, tioli, disiarczków, siarczków, tetrahydrotiofenów) obniżają zdolności katalityczne metali stosowanych w anodach [Wang i in. 2013].

W warunkach pracy ogniwa wyżej wymienione związki ulegają przekształceniu w H<sub>2</sub>S, dlatego dla uproszczenia przyjmuje się za dopuszczalne użycie siarkowodoru jako reprezentacji zanieczyszczeń siarką. Zastosowanie czystego związku siarki do badań jest również wygodne z powodu braku zagrożenia osadzania się węgla w ogniwie, które dodatkowo skomplikowałoby badanie skupiające się na zanieczyszczeniach siarką [Wang i in. 2013]. Ponadto, stężenia równowagowe związków innych niż H<sub>2</sub>S, są z termodynamicznego punktu widzenia, możliwe do zaniedbania [Zha i in. 2007]. Można obliczyć odpowiednie wartości reaktywności zanieczyszczeń z materiałami anody i przedstawić je na odpowiednich diagramach równowagowych (C-H-O-Ni-X; Ni-H-O-X) [Sasaki i in. 2011].

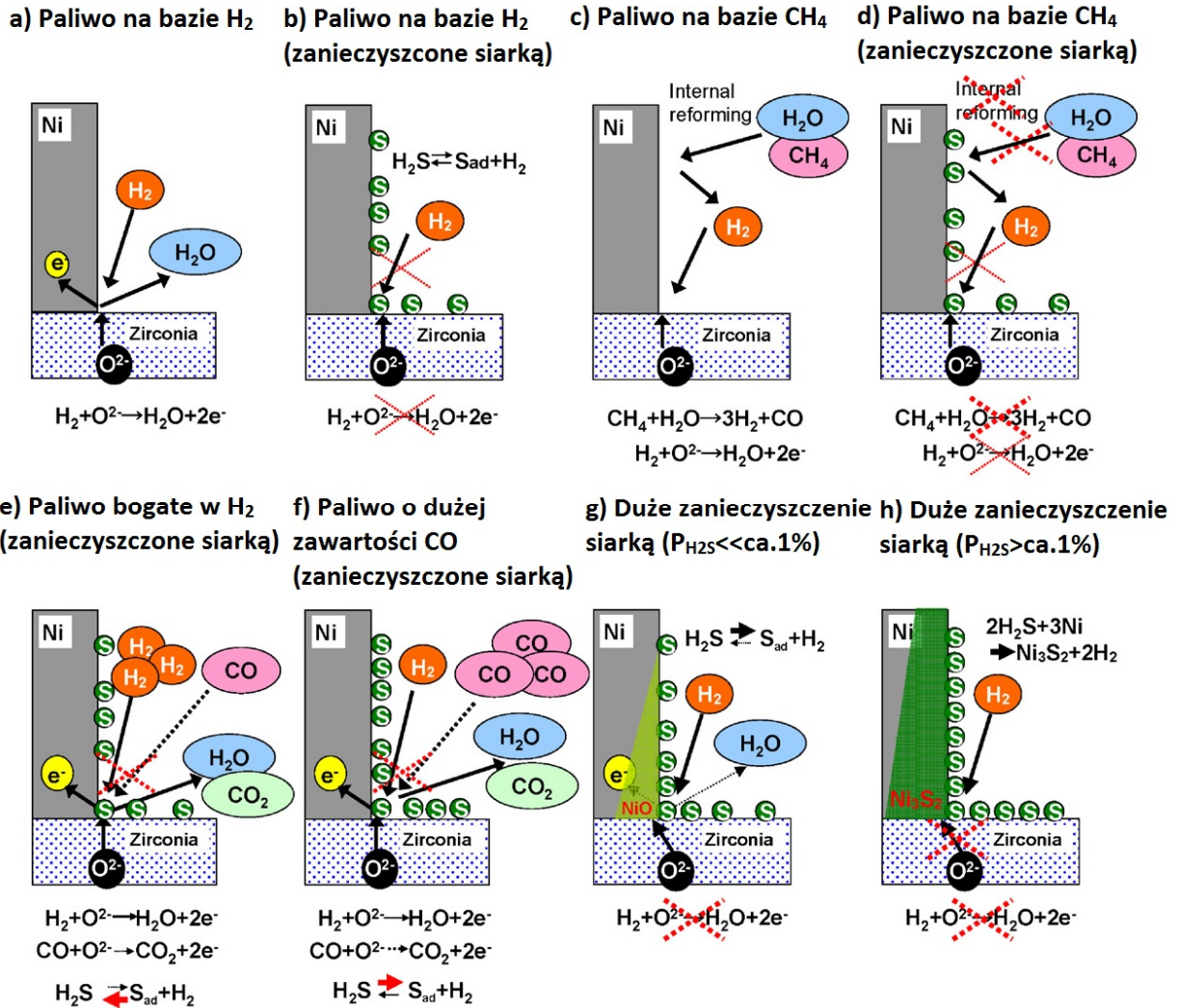
Krytyczna zawartość siarki, powodująca inicjalizację degradacji ogniwa, rośnie wraz ze wzrostem temperatury pracy ogniwa. Natomiast spadek sprawności następuje w zakresie średnich temperatur już przy zawartości siarki rzędu 0,2-20ppm. Im wyższa temperatura, tym prawdopodobieństwo nieodwracalnego zatrufania jest mniejsze [Wang i in. 2013].

Mechanizmy zatrufania na przykładzie anody Ni-YSZ można podzielić na:

- Adsorpcję siarki,
- Tworzenie się siarczków niklu.

Adsorpcja polega na pokrywaniu siarką ziaren fazy metalicznej w materiale anody i blokowaniu miejsc zachodzenia reakcji będących istotą działania ogniwa. Jest to zjawisko najpowszechniej występujące przy niskich zawartościach siarki w paliwie. W przypadku anody niklowo cermetowej (Ni-YSZ), siarka osadzająca się na powierzchni Ni blokuje adsorpcję, dysocjację, utlenianie i dyfuzję H<sub>2</sub> [Zha i in. 2007], poprzez zablokowanie tzw. granicy trzech faz (ang. TPB - Triple Phase Boundary), która tworzy się pomiędzy elektrolitem, anodą i atmosferą gazową [Bochentyn 2012]. Może doprowadzić to do całkowitego zahamowania reakcji. W konsekwencji dochodzi do wzrostu oporu polaryzacyjnego anody i dalej spadku sprawności ogniwa.

Oba mechanizmy, dla paliw o różnym składzie, przedstawiono schematycznie na Rysunku 1 wraz z zachodzącymi reakcjami.



Ryc.1. Mechanizmy zatrucia siarką strony anodowej ogniwa (na podstawie [Sasaki i in. 2011])

Na Ryc. 1a pokazany został przypadek modelowy zachodzenia reakcji elektrochemicznej na anodzie. Użycie paliwa wodorowego zanieczyszczonego siarką skutkuje jej adsorpcją na powierzchni niklu oraz elektrolitu (zatykanie TPB). Przy relatywnie niskiej zawartości siarki (Ryc. 1b) występuje adsorpcja siarki z jednoczesną jej desorpcją. Reakcje wraz ze schematem dla CH<sub>4</sub> jako paliwa przedstawiono na Rycinie 1c. Zachodzi tutaj reforming wewnętrzny, w którym nikiel jest katalizatorem, a powstający wodór wykorzystywany jest w reakcji właściwej. Jeśli paliwo to jest zanieczyszczone siarką (Ryc. 1d), wewnętrzny reforming jest hamowany osadzaniem się siarki na TPB, przez co ani reforming ani reakcja właściwa nie mogą zajść. Dla paliwa zawierającego CO, ale które nadal jest bogate w wodór, możliwa jest reakcja desorpcji siarki do H<sub>2</sub>S, co umożliwia zachodzenie reakcji właściwej (Ryc. 1e). Zachodzi tutaj ten sam mechanizm, co w przypadku oczyszczania zanieczyszczonego ogniwa czystym wodorem. W przypadku, gdy w składzie paliwa tlenek węgla występuje w znacznej ilości, reakcją dominującą jest osadzanie się siarki (Ryc. 1f), a w konsekwencji blokowanie TPB i spadek napięcia ogniwa. Adsorpcja jest reakcją egzotermiczną, co zmniejsza szansę na odwracalność zatrucia anody. 25% mol siarki na powierzchni może zmniejszyć ilość atomów wodoru możliwych do zaadsorbowania o połowę.

Wysokie stężenie H<sub>2</sub>S (>1000ppm siarki), w szczególności w niskich temperaturach pracy, powoduje nieodwracalną degradację anody. Gdy stężenie H<sub>2</sub>S jest mniejsze niż 1% (Ryc. 1g) dochodzi do sytuacji, w której tlen dostarczany do anody reaguje z niklem, gdyż TPB jest pokryta siarką. Dochodzi do utleniania niklu i wytworzenia warstwy tlenku niklu, która powoduje zanik kontaktu elektronowego i jonowego pomiędzy katalizatorem na YSZ. Natomiast stężenie H<sub>2</sub>S większe niż 1% (Ryc. 1h) powoduje tworzenie się siarczków niklu, co jest główną przyczyną znacznego obniżenia sprawności ogniwa, gdyż zatrucie takie jest permanentne

Możliwa jest regeneracja ogniwa, lecz należy pamiętać, że w zależności od warunków może być ona tylko częściowa. Zależy to głównie od temperatury pracy ogniwa, czasu wystawienia ogniwa na działanie siarkowodoru

oraz innych zanieczyszczeń obecnych w paliwie. Im krótszy czas poddania ogniwa działaniu siarki oraz im wyższa temperatura pracy, tym większa szansa na regenerację ogniwa. Warto zwrócić uwagę, że w przypadku zmian strukturalnych w materiale anody całkowita regeneracja jest niemożliwa.

### Proponowane materiały zwiększające odporność anody na zanieczyszczenia siarką

Ze względu na opisane wyżej skutki elektrochemiczne oraz ze względu na kwestie ekonomiczne, poszukuje się materiałów, które zwiększyłyby tolerancję elektrody paliwowej na zatrucie siarką. Materiały najintensywniej obecnie rozwijane można podzielić na trzy grupy:

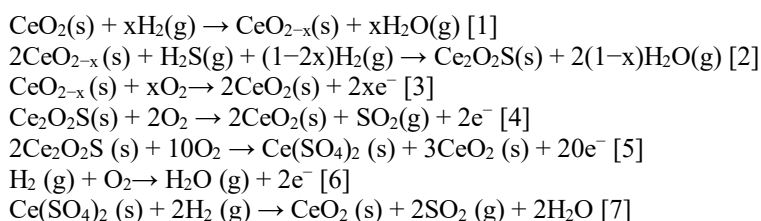
- Materiały perowskitowe,
- Modyfikowane cermety niklowe,
- Materiały na bazie związków o strukturze fluorytu.

Jednym z przykładów obiecujących kierunków rozwoju może być propozycja pokrywania anody warstwą zaporową oddzielającą ją od anody. Warstwą taką może być tlenek ceru ( $\text{CeO}_2$ ) domieszkowany gadolinem (ang. skrót GDC). Użyty w anodzie hybrydowej składającej się z tlenku cyrkonu (IV) oraz katalizatora w postaci niklu, oddziela oba te elementy od siebie.

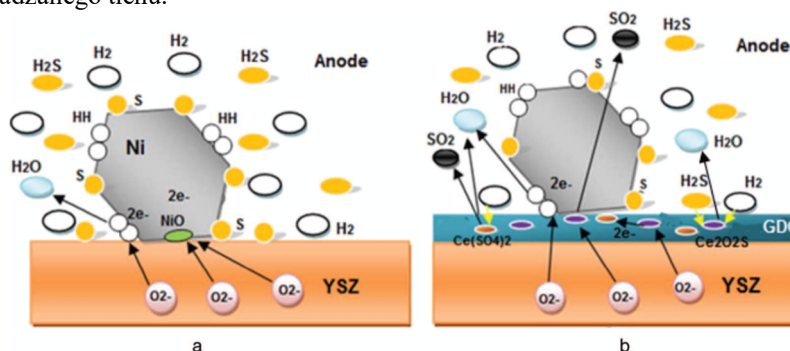
Sam  $\text{CeO}_2$  wykazuje wysokie przewodnictwo jonowe w temperaturze pokojowej, a mieszane przewodnictwo jonowo-elektronowe w temperaturach 600-1300°C. Struktura tlenku ceru wykazuje znaczną tolerancję na redukcję bez zmiany fazy [Mogensen i in. 2000]. Jednocześnie brak dyfuzji pomiędzy  $\text{CeO}_2$  i YSZ w temperaturach do 1000°C, czyni tlenek ceru odpowiednim kandydatem na materiał anodowy [Mogensen i in. 2000]. Zwiększenie przewodności elektronowej następuje poprzez wzrost ilości defektów np. w drodze domieszkowania [Xu i in. 2011], które są kompensowane przez wakanse tlenowe [Mogensen i in. 2000].

W badaniach przeprowadzonych przez Xu i innych [Xu i in. 2011], użyto dwóch reprezentatywnych składów:  $\text{Gd}_{0.1}\text{Ce}_{0.9}\text{O}_2$  oraz  $\text{Gd}_{0.2}\text{Ce}_{0.8}\text{O}_2$ . Przeprowadzono pomiary działania przez 400h układów ogniwa z zastosowaniem warstwy o grubości  $\sim 5\mu\text{m}$  i z użyciem paliwa (symulującego zanieczyszczony siarką gaz syntezowy) zawierającego wodór, tlenek węgla, dwutlenek węgla oraz  $\text{H}_2\text{O}$ . Zawartość siarki wynosiła 100ppm. Po wykluczeniu zanieczyszczenia siarką z paliwa opór polaryzacji (polarization resistance) wrócił do wartości początkowej, zatem nastąpiła prawie całkowita regeneracja anody. Badania pokazały, że anoda pokryta barierą z GDC wykazuje znacznie wyższą tolerancję na zanieczyszczenie siarką niż anoda z tego samego materiału, ale bez warstwy katalitycznej. Nawet w przypadku zastosowania warstwy katalitycznej, początkowy, gwałtowny spadek wartości napięcia ogniwa jest nieunikniony. Pozwala za to ustabilizować napięcie ogniwa przy stałym poziomie zanieczyszczenia siarką, powstrzymując ciągły spadek sprawności ogniwa.

Warstwę zaporową przedstawiono schematycznie na Ryc. 2. W przypadku klasycznej anody Ni-YSZ, nikiel jest utleniany przez  $\text{O}^{2-}$  na granicy trzech faz (Ryc. 2a). W przypadku obecności warstwy zaporowej GDC (Ryc. 2b), powstawanie tlenku niklu jest niemożliwe, gdyż nie dochodzi do bezpośredniego kontaktu niklu z tlenem. Transport tlenu do aktywnych centrów niklu jest hamowany poprzez jego częściowe wykorzystanie w procesie powstawania  $\text{CeO}_{2-x}$  w warunkach redukcji. Następnie reaguje on z siarkowodorem tworząc  $\text{Ce}_2\text{O}_2\text{S}$ , który dalej może reagować z tlenem tworząc  $\text{SO}_2$  (g) i kolejno  $\text{Ce}(\text{SO}_4)_2$ . Mechanizmy te najlepiej obrazują reakcje chemiczne:



Warto wspomnieć, że stosunek ilości obecnego w układzie  $\text{Ce}_2\text{O}_2\text{S}$  do  $\text{Ce}(\text{SO}_4)_2$  zależy od ciśnienia parcjalnego wprowadzanego tlenu.



Ryc. 2. Schematyczne przedstawienie sytuacji po stronie anody dla klasycznego Ni-YSZ (a) oraz z warstwą GDC [Xu i in. 2011].

Obecność siarki na anodzie, zbadana post-mortem, wykazała jej obecność w formach wskazujących na niepowstawanie siarczków niklu, co pozwala przypuszczać, że ten kierunek rozwoju pozwoli uniknąć najpoważniejszego skutku zatrucia siarką.

Tlenek ceru jest sam w sobie katalizatorem, więc gadolin można zastąpić innymi pierwiastkami (Sm, Nd, Pr, Co, Cu), które mają potencjał pod kątem zwiększania odporności ogniwa na osadzanie węgla i istnieje prawdopodobieństwo, że mogą one również zwiększać odporność ogniwa na zatrucie siarką. Część z nich była już badana pod kątem wykorzystania jako elektrolit w ogniwach, co daje nadzieję na ich możliwe wykorzystanie w anodzie. Największe nadzieje pokłada się w CeO<sub>2</sub> domieszkowanym samarem.

### 3. Podsumowanie

Zatrucie anody siarką jest jednym z poważniejszych ograniczeń wykorzystania paliw ogólnie dostępnych, tj. paliw kopalnych do zasilania SOFCs. Dobre zrozumienie tego mechanizmu, jego przyczyn i skutków, niewątpliwie okaże się niezmiernie pomocne w dalszych badaniach nad zwalczaniem tego problemu. Wśród kilku możliwych metod uniknięcia zatrucia części anodowej ogniwa, poszukiwanie możliwych modyfikacji znanych materiałów jest obiecującym kierunkiem badań. Zastosowanie warstwy zaporowej w anodzie hybrydowej Ni-GDC jest przykładem możliwości jakie daje modyfikacja dobrze już znanej anody Ni-YSZ. Jednocześnie działanie takie wydaje się rozsądne ekonomicznie. Jednak możliwości wszystkich trzech wymienionych powyżej kierunków rozwoju zapobiegania zanieczyszczenia związkami siarki, dają nadzieję na rychłe pokonanie tego ograniczenia IT-SOFCs i dalszy ich rozwój wraz z upowszechnieniem ich użycia.

### 4. Literatura

- Bochentyn B.** 2012. Właściwości strukturalne i transportowe kompozytów tytanianu strontu z tlenkami przewodzącymi jonowo. Rozprawa doktorska, Politechnika Gdańska.
- Wang W., Su C., Wu Y., Ran R., Shao Z.** 2013. Progress in Solid Oxide Fuel Cells with Nickel-Based Anodes Operating on Methane and Related Fuels. *Chemical Reviews*, 113(10): 8104-8151.
- Zha S., Cheng Z., Liu M.** 2007. Sulfur Poisoning and Regeneration of Ni-Based Anodes in Solid Oxide Fuel Cells. *Journal of The Electrochemical Society* 154 (2): B201-B206.
- Sasaki, K., Haga, K., Yoshizumi, T., Minematsu, D., Yuki, E., Liu, R. R., Uryu, C., Oshima, T., Ogura, T., Shiratori, Y., Ito, K., Koyama, M., Yokomoto, K.** 2011. Chemical durability of Solid Oxide Fuel Cells: Influence of impurities on long-term performance. *Journal of Power Sources* 196: 9130-9140.
- Xu C. C., Gansor P., Zondlo J. W., Sabolsky K., Sabolsky E. M.** 2011. An H<sub>2</sub>S-Tolerant Ni-GDC Anode with a GDC Barrier Layer. *Journal of The Electrochemical Society* 158 (11): B1405-B1416.
- Mogensen M., Sammes N. M., Tompsett G. A.** 2000. Physical, chemical and electrochemical properties of pure and doped ceria. *Solid State Ionics* 129: 63-94.
- Venkataramana K., Madhuri C., Suresh Reddy Y., Bhikshamaiah G., Vishnuvardhan Reddy C.** 2017. Structural, electrical and thermal expansion studies of tri-doped ceria electrolyte materials for IT-SOFCs. *Journal of Alloys and Compounds* (<https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2017.05.022>).

**Nazwa instytucji:** Politechnika Gdańska, Wydział Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej, Katedra Fizyki Ciała Stałego

**Dr inż. Beata Bochentyn**

**Adres do korespondencji:** [bbochentyn@mif.pg.gda.pl](mailto:bbochentyn@mif.pg.gda.pl)