

РЕЦЕНЗИЯ

по конкурс за заемане на академична длъжност “доцент”
професионално направление 4.2. химически науки (Физикохимия)

обявен в Държавен вестник, брой 33 от 08.05.2015 г.

с кандидат: **ас. д-р Георги Вячеславович Авдеев**

Член на научно жури: проф. д-р Радостина Константинова Стоянова (Институт по обща и неорганична химия – БАН)

1. Общи положения и кратки биографични данни за кандидата

Ас. д-р Георги Авдеев е единствен кандидат в обявения от ИФХ-БАН конкурс за „доцент” по химически науки (физикохимия). Обучението на д-р Авдеев протича в Химикотехнологичен и металургичен университет (София), където се дипломира през 2005 г. като химик – инженер. През 2007 г. завършва магистратура по специалността „Полупроводникови материали и технологии” в същия университет. Научното развитие на д-р Авдеев започва през 2001 г. в Института по обща и неорганична химия под ръководството на проф. К. Петров. Научно-изследователската дейност попада в областта на кристалохимията, и по-специално върху рентгеноструктурен анализ на неорганични съединения със структура тип шпинел и перовскит. Придобитите широки познания в тази област му помагат да защити успешно през 2013 г. дисертационен труд на тема „Синтез, структура, термична стабилност и електрохимични свойства на катионно заместени шпинели $\text{LiMn}_{2-y-z}\text{M}_y\text{M}'_z\text{O}_4$ ($\text{M}=\text{Li}$, $\text{M}'=\text{Al}$, Co , Cr , Fe , Ni , Ti)” в Института по обща и неорганична химия на БАН. Доброто образование и съответната научна подготовка на д-р Авдеев са в основата на успешната му реализация в Института по физикохимия, където постъпва през 2007 г. като химик. Израз на това е участието на д-р Авдеев в успешно изпълнения проект на тема „Високотехнологична лаборатория за специализирани рентгенови методи и томография за развитие на еко и енергоспестяващи технологии и технологии свързани със здравето” по ОП “Развитие на конкурентоспособността на българската икономика” 2007-2013 г.

2. Описание на представените материали

В конкурса за доцент по физикохимия д-р Авдеев участва с 51 научни труда, посветени на изследване на физикохимичните свойства на материали с приложение в различни области като електроника, оптика, опазване на околната среда и енергетика. От тях, 38 са отпечатани в специализирани международни списания с импакт фактор, 4 - в български списания с импакт фактор, и 9 - в материали на конференции и списания

без импакт фактор. Специално внимание заслужава да се отдели, че 35 научни труда от общо 51 са публикувани в периода 2010-2015 г. Публикациите на кандидата са в съавторство с научни колективи от България (предимно от институти на БАН, ХФХ-СУ, ФзФ-СУ и ХТМУ-София) и чужбина (предимно от Русия и Испания). Подготовката и публикуването на научни статии с широк кръг от учени е в съзвучие със световната тенденция в конкурентната научна област „физикохимия на материали“. Анализът на представените документи показва, че кандидатът участва активно в изпълнението на конкретните научни задачи свързани със структурното изследване на материалите, както и в оформянето на научните статии в тази им част. Кандидатът има една публикация без съавтори в българското списание *Bulgarian Chemical Communications*. По-същество тази публикация представлява обобщение на изследванията на кандидата, включени в дисертационния му труд.

Развитието на научно-изследователската дейност на кандидата е тясно свързана с участието му в проекти с различни източници на финансиране: общо 3 с външно и 4 с национално финансиране за периода 2004-2015 г. Част от получените резултати са представени като устни и постерни доклади (общо 20) на международни и национални научни форуми. Тази справка разкрива, че научната продукция на ас. д-р Авдеев е по тематиката на конкурса и напълно изпълнява изискванията на правилника на Института по физикохимия за избор на доценти.

3. Обща характеристика на научно-изследователската и научно-приложната дейност на кандидата.

Изследването на структурата на съединенията представлява първата стъпка в интегралния подход за изучаване на физикохимичните свойства на материалите. В наши дни различни дифракционни методи се предлагат, развиват и усъвършенстват, но поради комплексния характер на материалите изучаването на структурните им особености все още е предизвикателна научна задача. В тази съвременна област на химическите науки могат да се причислят изследванията на д-р Авдеев, а именно приложение на праховата рентгенова дифракция за структурен и микроструктурен анализ на съвременни материали. Подходът на изследване включва четири етапа: полуколичествен и количествен фазов анализ, структурен анализ, определяне на размера на кристалитите и текстурен анализ. Всеки от тези етапи има различна тежест в зависимост от вида на изследвания материал.

4. Основни научни и научно-приложни приноси

Научните приноси могат да се обособят в три групи, в зависимост от вида на изследваните материали и тяхното приложение: а) материали за оптоелектрониката; б)

материали с каталитични свойства, и в) силикатни материали, стъкла и стъклокерамика. В този ред ще бъдат описани по-подробно приносите от изследванията на кандидата.

А. Материали за оптоелектрониката:

В основата на тези изследвания е приложението на метода на Ритвелд на прахообразни образци за извършване на детайлен рентгеноструктурен анализ. По този метод са определени и уточнени структурите на няколко класа съединения. Предложен е нов структурен модел за описание на структурата на съединения със състав $\text{Bi}_{36}\text{MgP}_2\text{O}_{60-\delta}$, което се характеризира с добри фотоотражателни свойства. Установено е, че $\text{Bi}_{36}\text{MgP}_2\text{O}_{60-\delta}$ кристализира в структура тип силенит, където Bi, Mg и P атоми заемат тетраедричните кристалографски позиции. Напреженията в решетката породени от включването на фосфора се компенсират чрез създаване на ваканции в анионната и катионната подрешетки и чрез деформации на мрежата от Bi-O връзки.

Оксидите с перовскито-производна структура са огромен клас от съединения, проявяващи разнообразие от електрични и магнитни свойства. Изучена е структурата на двойни перовскити с обща формула $\text{RBaCo}_2\text{O}_{5+x}$ ($R = \text{La, Nd, Gd, Y}$ и Ho) и е показано, че в зависимост от вида на лантаноидния йон те кристализират в различни симетрии. Информацията от структурните изследвания е в основата на интерпретиране на Рамановите спектри на двойните перовскити. Изследвано е подреждане на кислородните ваканции в перовскитната структура, което до-голяма степен определя фероелектричните и диелектрични свойства на сложните оксиди. Уточнени са структурните особености на смесени кобалтово-манганови перовскити $\text{La}_2\text{CoMnO}_6$ и на дотирани с олово състави. Комбинацията от структурни и електрични изследвания позволяват да се опише с голяма степен на достоверност структурата на $\text{La}_2\text{CoMnO}_6$ чрез подреждане на Co^{2+} и Mn^{4+} йони, докато Mn^{3+} заместващи Co^{2+} йоните са разпределени статистически. Определени и уточнени са структурните параметри на бисмутово-манганов оксид $\text{Bi}_2\text{Mn}_4\text{O}_{10}$ със структура тип DyMn_2O_5 , който проявява фероелектрични свойства благодарение на локализираните Mn^{3+} - Mn^{4+} състояния.

Определена е структурата на нови съединения със състав BaBiVO_4 и $\text{CaBi}_2\text{B}_2\text{O}_7$, характеризиращи се с нелинейни оптични свойства. Въз основа на изяснената структура на оксидите (симетрия и пространствена група) са интерпретирани вибрационните им спектри.

Нов етап в развитието на научните изследвания на кандидата представлява изучаването на фазовия състав и микроструктурните характеристики на тънки филми. Тези изследвания са илюстрирани най-добре при материали за твърдотелни лазери като YVO_4 дотиран с Nd, Er^{3+} и кодотиран с Er^{3+} , Yb^{3+} . Чрез лазерна аблация са отложени тънки филми от дотиран YVO_4 върху подложки от аморфен SiO_2 и MgO/Si . Експериментално са установени условията, при които кристалността на филма се

подобрява, което е от значение за оптичните му свойства. При образуване на многослойни наноструктури на Ag върху ZnO, е показано, че размерът на сребърните частици определят повърхностната плазмонна емисия. При израстване на наноструктури от ZnO върху подложка от Si покрита предварително с тънък метален слой е установено, че ориентацията на наноструктурите зависи от вида на предварително отложения метал Au или Ag.

Б. Материали с каталитични свойства

Тези изследвания могат да се обособят в два раздела: използване на полу- и количествен фазов рентгено-дифракционен анализ за изясняване на механизма на синтез на специфични катализатори, както и извършване на пълен размерен и текстурен анализ за установяване на нови взаимовръзки между микроструктурата и свойствата на катализаторите.

Процесите на термично разлагане на γ - $\text{MnC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ са изучени чрез количествена оценка на новообразуващите се продукти. Показано е, че основният продукт на разлагане е Mn_3O_4 , който при изо- и неизо-термични условия е съпътстван от метастабилните фази Mn_5O_8 и Mn_2O_3 в различни съотношения.

Фазов и количествен фазов анализи на тънки филми са приложени оригинално при изследване на процесите на образуване и деградация на антикорозионни покрития, на електроотлагане на сплави на Ni и Cu, на сплавяване и кристализация от преситени разтвори в сплави и техни покрития. Въз основа на фазовия състав на сплави от системата Al-Fe-V-Si е предложен нов механизъм на изменение на микроструктурата в процеса на отгряване на сплавите.

Разработена е методика за определяне с висока точност на размера на кристалитите на метали и оксиди. Въз основа на тази методика са изведени нови зависимости между размерните ефекти и каталитичните свойства на нанесени златни и смесени паладиево-златни катализатори върху различни оксидни носители като CeO_2 , $\text{CeO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ и $\text{CeO}_2\text{-Fe}_2\text{O}_3$. Чрез рентгено-дифракционни изследвания са проследени измененията в структурата на златните наночастици в резултат на взаимодействието им с оксида от носителя.

TiO_2 и ZnO са едни от най-важните съвременни материали с фотокаталитични свойства. Влиянието на ThO_2 върху структурата на TiO_2 , размера на кристалитите и фазовия състав при микрокомпозити от системата $\text{ThO}_2\text{-TiO}_2$ и $\text{ThO}_2\text{-Ce}$ -дотиран TiO_2 е изследвано чрез рентгенова дифракция. Показано е, че фотокаталитичните свойства на титановия оксид зависят от начина на разпределение на ThO_2 в микрокомпозитите, което от своя страна може ефективно да се контролира чрез метода на синтез. Въз основа на обстойни текстурни изследвания на ZnO е показано влиянието на механохимично активиране върху средния размер на кристалитите и

микронапреженията в решетката на ZnO, което е от значение за подобряване на фотокаталитичните му свойства.

Двуметални катализатори на основата платина-мед нанесени върху въглеродни носители показват добра каталитична активност за окисление на CO и метанол, което определя приложението им в горивни клетки. С помощта на рентгено-фазов анализ е установено частично сплавяне на Pt и Cu, както и формиране на слоеве от CuO и Cu₂O по повърхността на металната мед, използвана като прекурсор за получаване на катализатора.

Важна част от изследванията са насочени към изучаване на влиянието на размера на частиците върху каталитичните свойства на покрития от електроотложен Ni-W с включения от нестехиометричен TiO_x върху въглеродни влакна. Установено е, че Ni и W се сплавяват с образуване на стеноцентрирана кубична структура. Предварителното оксидиране на въглеродните влакна оказва влияние върху структурата на никел-волфрамовите сплави, което е тясно свързано с каталитичната им активност.

В. Силикатни материали, стъкла и стъклокерамика

Рентгено-дифракционните изследвания по тази тема са носечени към изучаване на етапите на синтез на силикатни керамики и стъклокерамики и на кристализационни процеси в силикатни и бор-силикатни стъкла. За тази цел е разработен е специфичен метод за определяне на точни количествени съотношения между присъстващите фази и едновременно с това степен на кристалност. Усвоената методика включва вътрешен стандарт и позволява получаването на данни с грешка до 1%.

Най-значим е приносът на д-р Авдеев при изучаване на структурата на стъклокерамични материали на основата на кристобалит. Показано е, че β-модификацията на кристобалита се стабилизира чрез двойно заместване с алуминий и калций, като алуминиевите атоми заемат позициите на силициевите в структурата на кристобалита, а калциевите попадат в пръстените образувани от Si-O тетраедри. Чрез използване на високотемпературна рентгенова дифракция е проследен процесът на преход между двете модификации на кристобалита.

5. Отражение на научните публикации на кандидата в българската и чуждестранната литература

Върху научните трудове, с които д-р Авдеев участва в конкурса, са забелязани до сега 205 положителни цитата, основно в международната литература. Заслужава да се подчертае, че 49 от забелязаните цитати са върху трудове отпечатани след 2010 г. Общият *h*-фактор на цялостната научна продукция на д-р Авдеев е 9.

6. Критични бележки и препоръки към научните трудове на кандидата.

Изследванията на д-р Авдеев върху структурата и микроструктурата на различни класове от материали имат пряко отношение към изграждането и утвърждаването на новата високотехнологична лаборатория към Института по физикохимия. В този смисъл, обособяването на рентгеноструктурните изследвания на тънки филми и многослойни хетероструктури като самостоятелна научна тема безспорно ще допринесе както за развитието на кандидата, така и за обогатяване на тематика на института.

7. Лични впечатления на рецензента за кандидата

Познанията ми върху дейността на д-р Авдеев датират от постъпването му като химик в Института по обща и неорганична химия. Отличителна черта в неговото научно развитие е огромното му желание да усвоява нови методики и да ги прилага бързо при решаване на конкретни задачи. Това негово качество го прави търсен партньор при изграждане на колективи за разработване на мултидисциплинарни проекти.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Въз основа на цялостната научно-изследователската дейност предлагам убедено на Научното жури да гласува „ЗА“ заемане на академична длъжност „доцент“ по физикохимия на ас. д-р Георги Авдеев.

28.09.2015 г., София

Pa

