

РЕЦЕНЗИЯ

по конкурс за заемане на академичната длъжност „доцент“ в научната специалност „Химия на твърдото тяло, наноразмерни материали и минерали“ по професионално направление 4.2. „Химически науки“ за нуждите на направление „Структурна кристалография и материалознание“ при Институт по минералогия и кристалография „Акад. Ив. Костов“ (ИМК) – БАН, обявен в „Държавен вестник“ брой 106/15.12.2020 г.

Рецензент: проф. д-р инж. Вилма Петкова Стоянова, ИМК-БАН, член на научното жури по Заповед №28РД-09/12.02.2021 г.

В конкурса за заемане на академичната длъжност (АД) „доцент“ в научната специалност „Химия на твърдото тяло, наноразмерни материали и минерали“ по професионално направление 4.2. „Химически науки“ („Държавен вестник“ брой 106/15.12.2020 г.) участва един кандидат - главен асистент д-р Катерина Любомирова Захаријева от лабораторията „Съвременни окислителни процеси“ при Институт по катализ, БАН.

1. Кратки биографични данни за кандидата

Гл. ас. д-р Катерина Л. Захаријева се е дипломирала през 2002 г. в Химически факултет на Софийски университет „Св. Климент Охридски“ (Диплома Серия А-2002 СУ, № 160590) като „магистър“ по специалността „Химия“ с професионална квалификация „химик“. През 2010 г. получава образователната и научна степен (ОНС) „доктор“ по научната специалност 01.05.18 „Химия на твърдото тяло“ (Диплома № 34582/06.12.2010 г.) след успешна защита на дисертационен труд на тема: „Физикохимично охарактеризиране на плазмохимично синтезирани нанодисперсни неорганични прахове“ като задочен докторант в Институт по катализ БАН. От 2002 г. до 2008 г. работи в МГУ „Св. Иван Рилски“, последователно като младши експерт, а след 2004 г. като старши експерт. От 2008 г. е назначена на длъжността „химик“ в Институт по катализ при БАН. През 2011 г. покрива предвидените в закона условия и е назначена на длъжността – главен асистент към лабораторията „Съвременни окислителни процеси“ в ИК-БАН, която заема до настоящия момент.

2. Съответствие на представените документи за заемане на академичната длъжност „доцент“

С Протокол №110НО-05-06/16.02.2021 г. Комисията за разглеждане на документите на кандидатката за участие в конкурса удостоверява редовността и съответствието на документите.

1. Гл. ас. К. Захаријева е предоставила всички изискуеми документи за заемане на академичната длъжност „доцент“ в съответствие с чл. 19, т.1-7 от Закона за развитието на академичния състав в Република България (ЗРАСРБ) (в сила от 05.05.2018 г.) и с чл. 53, ал. 1 от Правилника за неговото приложение (ППЗРАС) (в сила от 06.07.2018 г.).
2. Гл. ас. К. Захаријева е вписана в НАЦИД (<https://ras.nacid.bg/dissertation-preview/37705>), с призната образователна и научна степен „доктор“ на основание Диплома № 34582/06.12.2010 г., издадена от ВАК.

3. Според представеното Удостоверение №1/04.01.2021 г., издадено от ИК-БАН, кандидатката е заемала академичната длъжност „главен асистент“ в продължение на 9 години и почти 6 месеца в професионално направление „Химически науки“, с което се удовлетворява изискването за повече от 2 години стаж на академичната длъжност „главен асистент“.
4. Представените за конкурса публикации не се дублират с публикациите за придобиване на ОНС „доктор“ и за заемане на АД „главен асистент“.
5. Няма данни за плагиатство в научните трудове на д-р Захариева за участие в настоящия конкурс.
6. Кандидатката е приложила справка за изпълнение на минималните национални изисквания по чл. 2б, ал. 2 и 3 от ЗРАСРБ, както и на повишените критерии по чл. 11 ал. 6 в ППЗРАСРБ на БАН (в сила от 29.10.2018 г.) във връзка с чл. 2б, ал. 5 от ЗРАСРБ и по чл. 18, ал. 2 на ППЗРАС (в сила от 26.11.2019 г.) на Института по минералогия и кристалография, БАН.
7. Анализът на предоставените данни показва, че д-р Захариева покрива, а по някои показатели надвишава националните изисквания (ЗРАСРБ*), както и завишените критерии на Българската академия на науките и на Института по минералогия и кристалография (БАН/ИМК**) за заемане на АД „доцент“ в професионално направление 4.2. Химически науки. Изпълнението на показателите по точки се представя в следващата таблица.

Група по групи	Показатели	Изискуеми точки за АД „доцент“ по групи		Точки на кандидатката
		ЗРАСРБ*	БАН/ИМК**	БАН/ИМК**
А	1. Дисертационен труд за присъждане на образователна и научна степен доктор	50	50	50
В	3. Хабилизационен труд - научни публикации в издания, които са реферирани и индексирани в WoS и Scopus	100	100	162
Г	7. Научни публикации в издания, които са реферирани и индексирани в WoS и Scopus, извън хабилизационния труд	200	220	277***
Д	11. Цитирания в научни издания, монографии, колективни томове и патенти, реферирани и индексирани в WoS и Scopus	50	60	168
Общо		400	430	657***

* Закона за развитието на академичния състав в Република България

** Правилник за условията и реда за придобиване на научни степени и за заемане на академични длъжности в Българска Академия на Науките / Правилник за условията и реда за придобиване на научни степени и за заемане на академични длъжности в ИМК-БАН

***Редуцирана стойност (т.4.2)

3. Описание и анализ на представените материали

Общият брой на публикациите на гл. ас. К. Захариева е 69 според пълния списък с публикации. За участие в конкурса за АД „доцент“ тя е представила 54 от тях.

Детайлната наукометрична справка показва, че 11 (20%) от статиите са в международни списания, 43 (80%) в национални списания. Съгласно списъка с публикации гл. ас. д-р Захариева е съавтор на 32 (59%) научни труда, видими в световните бази данни WoS и Scopus с научна информация, от тях 29 (54%) статии са в списания с импакт фактор, 3 (5%) - в списания с импакт ранг и 22 (41%) - в пълен текст в сборници от конференции и в списания без импакт фактор. Съответно, за покриване на минималните изисквания на чл. 2б, ал. 2 от ЗРАСРБ и допълнителните изисквания на БАН и ИМК-БАН за заемане на АД „доцент“ са използвани само статиите, откриваеми в WoS и Scopus. Разпределението на статиите по квартали на списанията по WoS и Scopus, в които са публикациите, е както следва: 3 статии са в списания с Q1; 5 - в списания с Q2; 3 - в списания с Q3 и 18 - в списания с Q4. Сред списанията от висок ранг са *Ceramics International (Q1)*, *Materials Letters (Q1)*, *Materials Chemistry and Physics (Q2)*, *American Mineralogist (Q2)*, *Archives of Pharmacal Research (Q2)* и *Comptes rendus de l'Académie bulgare des Sciences (Q2)*. Списанието, в което са публикувани най-голям брой от научните публикации на кандидатката е *Bulgarian Chemical Communications (Q4)* – 18 публикации.

Всички публикации на гл. ас. д-р К. Захариева са в съавторство с участие на 54 съавтора. В 25 от публикациите кандидатката е първи автор, в 24 – втори, в 1 – трети, в 2 – четвърти и в 2 – пети автор. В 21 от публикациите д-р Захариева е кореспондиращ автор, а 2 статии са обзорни. През 2015 г. и 2018 г. кандидатката развива най-активна публикационна дейност, като през 2015 г. тя публикува 16 статии, а през 2018 г. - 8, след което настъпва рязък спад в публикационната ѝ дейност.

Броят на забелязаните цитати върху публикациите на д-р Захариева, представени в отделен списък, е 95. От тях 84 от тях са в научни издания, реферирани и индексирани в световноизвестни бази данни с научна информация Scopus и WoS и 11 са цитирания в други издания, книги и дисертации. Индексът на Хирш (h) според Scopus е 5, като за публикациите по конкурса, той също е 5. Общият брой точки от цитирания в научни издания реферирани и индексирани в световноизвестни бази данни с научна информация Scopus и WoS, представен в Справката за изпълнение на минималните критерии, е 168. Този резултат надвишава изискуемите 60 т.

Научните резултати от изследванията на д-р Захариева, получени след придобиване на академичната длъжност „главен асистент“, са широко популяризирани чрез участия в 102 научни форуми, от които 45 в международни научни форуми с 41 постерни и 4 устни участия, 39 - в национални конференции с 36 постерни и 3 устни участия и 13 участия в други симпозиуми, конгреси и др.

Д-р Захариева участва активно в 13 научни проекта, като е ръководител на един договор, финансиран от бюджетната субсидия на БАН на тема: „Синтез на оксидни материали с приложение във фотокатализа“ през периода 2018-2020 г. Участник е в работните екипи на други 9 договора, финансирани от ФНИ, в 2 - с финансиране от МГУ „Св. Иван Рилски“ и в договор BG051PO001-3.3.06-0050 „Създаване на висококвалифицирани специалисти по съвременни материали за опазване на околната среда: от дизайн до иновации“, финансиран от Европейския социален фонд, по оперативна програма „Развитие на човешките ресурси“ 2007 – 2013. В комплекта с документите кандидатката не представя доказателства за участието ѝ в проектите, а само списък с имената на проектите.

4. Основни научни и/или научно-приложни приноси

Приносният характер на публикациите, с които кандидатката участва в конкурса, е разгледан в двете основни категории материали според изискванията по чл. 2б, ал. 2 и 3 от ЗРАСРБ и по чл. 18, ал. 2 на ППЗРАС на ИМК-БАН: категория „В“ - *Хабилитационна авторска справка за приносния характер на публикациите, които са включени в Хабилитационния труд, (т. 4) и категория „Г“ - Авторска справка за приносния характер на публикациите по показател, (т. 7).*

4.1 Хабилитационната справка по показателите в категория „В“ обобщават приносите от 11 публикации (В.4.1-В.4.11, съответно №№18-20, 22, 30,33, 37, 38, 45, 47, 49 от списъка с публикации). Към тази група публикации са добавени още осем публикации (№№8, 9, 11-13, 15, 16, 26, 34), които са тематично и методологично обвързани с публикациите в Хабилитационната справка. Добавените публикации не отговарят на изискванията на ЗРАСРБ и ППЗРАС на ИМК-БАН по конкурса и това ги прави неприложими. Представените публикации в тази група показатели имат принос от 162 т. при необходими за защитаване – 100. По статиите от тази група са забелязани 57 цитата в световните бази данни WoS и Scopus, като публикация № В.4.1 събира най-голям брой цитирания - 36.

Основна научна област на публикациите в Хабилитационната справка на д-р Захариева са синтез и изследване на оксидни наноразмерни материали (смесени оксиди, оксиди, композитни материали на основата на оксиди с представители:

- Алуминати с шпинелни структури в системата Mg-A-O, (В.4.3);
- Медни феритни материали $Cu_xFe_{3-x}O_4$, ($0 < x < 1$), (В.4.1);
- Кобалт-медни феритни материали ($Co_{0.25}Cu_{0.25}Fe_{2.5}O_4$, $Co_{0.4}Cu_{0.1}Fe_{2.5}O_4$, $Co_{0.5}Cu_{0.5}Fe_2O_4$), (В.4.2)
- Никелсъдържащи феритни материали $Ni_xFe_{3-x}O_4$ ($x = 0.25, 0.5, 1$), (В.4.5);
- Цинкови и манганови феритни материали - $Zn_xFe_{3-x}O_4$, $x=0.5, 1$ и $Mn_xFe_{3-x}O_4$, ($x=0.25, 0.50, 1.00$), (В.4.4 и №15);
- Наноразмерни заместени магнетитов тип материали, нанесени върху активен въглен (АС) от костилки на праскова ($Cu_{0.5}Fe_{2.5}O_4/AC$, $Mn_{0.5}Fe_{2.5}O_4/AC$, $Co_{0.5}Fe_{2.5}O_4/AC$ и $Ni_{0.25}Fe_{2.75}O_4/AC$, $Ni_{0.5}Fe_{2.5}O_4/AC$, $NiFe_2O_4/AC$), (В.4.6);
- Наноразмерен цинков оксид (ZnO) (В.4.10);
- Дотиран с 5 тегловни % сребро Al_2O_3 (В.4.9);
- Образец $NiMnO_3/Mn_2O_3$ (В.4.8);
- Образци $NiMnO_3/Mn_2O_3$, $NiMn_2O_4/NiMnO_3/Mn_2O_3$ и $Ni_6MnO_8/NiMnO_3/Mn_2O_3$ (В.4.7);
- Нанокмозитен прах от TiO_2-CeO_2-ZnO при смесване на TiO_2 , CeO_2 и ZnO в масово съотношение 1:1:1, (В.4.11);

Като подходи за синтез са използвани химично съутаяване в комбинация с механохимична активация и/или термична обработка или механохимична активация в комбинация с микровълнова обработка. Експериментите са проведени при вариране на условията на провеждане на механохимичната активация: скорост на смилане от 200 грт до 500 грт, тегловно съотношение проба:топки= от 1:6 до 1:46 в зависимост от вида на материала, време на смилане в широк интервал от 15 минути до 330 минути,

температурни режими – в изотермични и динамични условия за нагряване в инертна или окислителна газова среда.

Модифициране условията на твърдофазен синтез с комбиниране на различни подходи е методологично развитие на синтезните методи и в частност на конкретно използваните техники като механохимична и термична активация. Варирането на условията позволява съществено подобряване на условията и оптимизиране на ресурси, материали и време за провеждане на експериментите. Познанието в използваните подходи се прилага към различни системи, широко представени в разработките на д-р Захариева.

Акцент в разработките на кандидатката са:

- Изследване на ефекта на условията на получаване върху физикохимичните свойства на синтезираните материали
- Проследяване влиянието на концентрацията на изследваните метали върху от степента на внедряване на металните йони в структура на синтезираните материали в зависимост от използваните методи и условия за получаване;
- Установяване на корелации от вида, състава и структурата на изследваните материали, използване и внедряване на различни химични елементи като допанти за синтез на оксидни наноматериали с модифицирани свойства
- Установяване на влияние на методите на активация и техното комбинирано въздействие върху фазообразуването на получените нанокompозити, дисперсността и дефектността на структурата в изследване на техния ефект върху реактивоспособността и свойствата на получените нови материали.

За целите на изследванията са използвани множество структурни методи за характеризирание състава и свойствата на получените композитни материали, като рентгенофазов анализ, инфрачервена спектроскопия, термичен анализ, мьосбауерова спектроскопия, определяне на текстурните характеристики в сътрудничество с изследователи от ИК-БАН, Университета на Саламанка, ИП-БАН, ИЕЕС-БАН, ИМК-БАН.

Основните научни приноси от проведените изследвания са:

- синтезиране на наноразмерни композити при по-ниски температури поради високата реактивност и контактна повърхност на изходните материали и установяване влиянието на метода на синтез върху структурата и морфологията на материали, суперпарамагнитно поведение на синтезираните феритни материали;
- получаване на състави с различната степен на внедряване на металните йони в магнетитовия тип структура с високата дисперсност, по-голяма специфична повърхност, и по-добра фотокаталитична активност към разграждането на Малахитово зелено, Реактивно черно 5, Метиленово синьо, Метил оранж във водни разтвори под действието на УВ светлина в сравнение с материали, които не са механохимично обработени;
- доказване на възможността за получаване на фотокаталитично активни материали - нанокompозити - $\text{TiO}_2\text{-CeO}_2\text{-ZnO}$, $\text{TiO}_2\text{-ZnO}$ и $\text{TiO}_2\text{-CeO}_2$ чрез приложение на механохимичната активация като подходящ метод

Личният принос на кандидатката в публикациите, включени в Хабилизационната авторска справка, е свързан с провеждането на синтезите на материалите чрез прилагане на различните техники, обработка на получените резултати, определяне

важни характеристики на материалите, като среден размер на кристалитите, параметър на елементарната клетка и степен на дефектност, участие в интерпретирането на фотокаталитичните резултати, съставителство на публикациите и участие в процеса на тяхното издаване като кореспондиращ автор. Получените резултати представят изследваните материали с потенциал за приложение в екологията като фотокатализатори за разграждане на органични замърсители в околната среда.

4.2. Авторската справка за приносния характер на публикациите на гл. ас. д-р Захариева извън хабилитационния труд по показателите в категория „Г“ обобщава приносите от 21 публикации (с №№ 1 (Г.7.21), 3 (Г.7.15), 6 (Г.7.9), 17 (Г.7.16), 21 (Г.7.17), 31 (Г.7.14), 32 (Г.7.11), 35 (Г.7.10), 39 (Г.7.18), 40 (Г.7.19), 41 (Г.7.7), 42 (Г.7.12), 43 (Г.7.13), 44 (Г.7.20), 46 (Г.7.6), 48 (Г.7.8), 50 (Г.7.2), 51 (Г.7.5), 52 (Г.7.1), 53 (Г.7.3), 54 (Г.7.4), съгласно номерацията им в списъка на научните публикации. Към тази група публикации също са добавени допълнителни публикации (№№2, 4, 5, 10 и 14), които въпреки че са тематично и методологично обвързани с публикациите в Авторската справка, не отговарят на изискванията ЗРАСРБ и ППЗРАС на ИМК-БАН по конкурса. От справката от НАЦИД за гл. ас. д-р Захариева (<https://ras.nacid.bg/dissertation-preview/37705>) е видно, че две от статиите, с които д-р Захариева защитава минимални изисквания за ОНС „доктор“ също са включени в статиите по категория „Г“. Това статии Г7.16 (№17) и Г.7.20 (№44), с които се защитават 15 т. и 12 т. Тези статии няма да разглеждам. Представените публикации в категория „Г“ имат принос от 304 т. според Авторската справка. След редуциране с 27 т., ще се получат 277 т. при задължителни за защитаване – 220.

По статиите от тази група са забелязани 25 цитата в световните бази данни WoS и Scopus.

Публикациите в Авторската справка извън хабилитационния труд са разделени в 4 тематични направления:

1. Фотокаталитични изследвания на $\text{NiO}_{0.8}\text{ZnO}_{0.2}/\text{ZnO}$, калциев титанат, дотиран с фосфор TiO_2 , абиотичен, биогенен материал, лепидокрокит и хибридни нанокompозити (полибензимидазол-ZnO, полидифенилацетилен-ZnO в полистиренова матрица и ZnO/полистирен) – обхваща публикации публикации №№42, 43, 46, 50-54;

2. Механохимична активация на цинков оксид без и дотиран с Ag, Ni или Co, калциев титанат и материали от магнетитов тип (публикации №№32, 35, 51);

3. Изследвания свързани с фазовия състав и/или структурата на фотокатализатори и други материали (публикации №№39, 40);

4. Синтез на феритни каталитични наноматериали, наноразмерни железни оксидхидроксиди и композитни фотокатализатори на основата на никелов оксид и цинков оксид (публикации №№3, 6, 21, 31, 41-43, 46, 48).

Към изследванията, представени в тази група публикации, е приложен същият методологичен подход – синтез чрез утаяване, съутаяване, комбинирани с термична обработка, механично/термично активиране на материали и последващо структурно и фотокаталитично охарактеризиране на получените или модифицирани оксидни материали и композити с приложение като фотокатализатори. За изследване на структурните свойства са използвани същите аналитични методи, описани в Хабилитационната справка на д-р Захариева, а именно - рентгенофазовия анализ,

инфрочервена спектроскопия, термогравиметричен анализ, фотокаталитичните тестове.

Научните приноси в публикациите от Авторската справка могат да се обобщят в следните направления:

При изследване фотокаталитичната активност в голяма част от публикациите се разглеждат различни оксидни и композитни материали - $\text{NiO}_{0.8}\text{ZnO}_{0.2}/\text{ZnO}$, калциев титанат, дотиран с фосфор TiO_2 , лепидокрокит, абиотичен и биогенен материал, хибридни нанокompозити от $m\text{-PBI}/\text{ZnO}$ (полибензимидазол- ZnO , полидифенилацетилен- ZnO нанокompозити без и в полистиренова матрична форма и $\text{ZnO}/\text{полистирен}$), и се доказва по-висока степен на фотокаталитично разграждане на Малахитово зелено, Метиленово синьо и Метил оранжж във воден разтвор под действието на УВ светлина в зависимост от подходите при синтезирането им, температурите на термична обработка, влияние на прекурсорите върху получаваните материали. Детайлно са анализирани характеристични параметри на фотокатализата - адсорбционни капацитети, скоростни константи на реакциите и степен на разграждане.

Установено е влиянието на параметрите на механохимична активация в т.ч. обороти на въртене, тегловно съотношение на образца към смилещите тела, продължителност на активацията и др върху фотокаталитичната активност при редица материали, като цинков оксид без и дотиран с Ag , Ni или Co (ZnO , Ag/ZnO , Ni/ZnO , Co/ZnO), калциев титанат и Ni заместени материали от магнетитов тип - $\text{Ni}^{2+}_{0.5}\text{Fe}^{2+}_{0.5}\text{Fe}^{3+}_2\text{O}_4$. Като резултат от приложеното въздействие се доказва намаляване средния размер на кристалитите, подобряване на фотокаталитичната активност с потенциал за приложение като хетерогенни катализатори за пречистване на води от органични замърсители.

Изследван е фазовият състав на материали от ZnO и дотиран с 1.5 тегл. % лантан ZnO , термично третиран при 350°C , 450°C и 500°C , а също така и на ZnO , дотиран с 1.5 тегл. % Ag , накален при 500°C , а също и $\text{CoO}/\text{Al}_2\text{O}_3$, $\text{CuO}/\text{Al}_2\text{O}_3$, $\text{NiO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ фотокатализатори, използвани за разграждане на Малахитово Зелено багрило под действието на УВ светлина. Доказано е фазообразуването с идентификация на La/ZrO , $\text{Zn}_5(\text{NO}_3)_2(\text{OH})_8 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ and $\text{Zn}_5(\text{OH})_8\text{Cl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ в зависимост от използваните прекурсори и висока фотодеградация на азобагрила с киселинно импрегнирана PbO/ZnO .

Получени са серии от феритни каталитични наноматериали $\text{Ni}_x\text{Fe}_{3-x}\text{O}_4$, $\text{Mg}_x\text{Fe}_{3-x}\text{O}_4$ и $\text{Co}_x\text{Fe}_{3-x}\text{O}_4$ ($x=0.25, 0.5, 1.0$), ферит/активен въглен композитни фотокатализатори - $\text{M}_x\text{Fe}_{3-x}\text{O}_4/\text{активен въглен}$, $\text{M}=\text{Mn}, \text{Cu}, \text{Co}$, $x=0.5$ чрез съутаяване последвано от наляване. Установен е ефектът на различните метални йони върху фотокаталитичната активност на композитите.

Личният принос на кандидатката в публикациите, включени в Авторската справка извън хабилитационния труд, отново е свързан с провеждането на синтезите на материалите чрез прилагане на различните техники, планиране и провеждане на механохимичната активация при различни условия, обработка на получените резултати, интерпретацията на резултатите относно влиянието на механохимичната активация върху фотокаталитичната способност, инфрочервената спектроскопия, съставителство на публикациите.

5. Критични бележки и препоръки

След запознаване с материалите на гл. ас. д-р К. Захариева бих могла да направя някои бележки към кандидатката. За участие конкурса тя представя голям брой публикации, които разпределя в категория „В“ и „Г“. За мен остана неясно по какъв начин е направено разпределението, тъй като взаимно свързани публикации са разделени в двете категории, използваната номерация е непоследователна и объркваща. В някои статии се забелязва дублиране на едни и същи резултати, (напр. публикации №15 и №21). Прави впечатление, че работите на кандидатката са публикувани основно в списания с нисък импакт фактор. Независимо, че те обхващат голям по обем работа, акцентът в тях са оксидни материали с фотокаталитична активност. Моята препоръка към д-р Захариева е в бъдещите си изследвания да насочи усилия в прецизиране и обобщаване на резултатите от проведените изследвания и да ориентира тематиката си към профила на ИМК-БАН.

6. Заключение

Представената от гл. ас. д-р Катерина Любомирова Захариева документация за участие в конкурса покрива изискванията на ЗРАСРБ и ППЗРАС на ИМК-БАН по конкурса и съответства на темата на обявения конкурс за АД „доцент“. Доказателственият материал отговаря на 657 точки и надвишава минималните изисквания по нормативните документи.

Оценявам положително представените в конкурса материали и препоръчвам на Научното жури да предложи на Научния съвет на ИМК-БАН кандидатката гл. ас. Катерина Любомирова Захариева да бъде избрана на академичната длъжност „доцент“ в ИМК-БАН по професионално направление 4.2. Химически науки (Химия на твърдото тяло, наноразмерни материали и минерали) за нуждите на направление „Структурна кристалография и материалознание“ в ИМК-БАН.

гр. София

22.04.2021 г.

Рецензент: (п)

(проф. д-р В. Петкова)