

РЕЦЕНЗИЯ

от д-р Даниела Богданова Карашанова, професор в Институт по оптически материали и технологии „акад. Йордан Малиновски“ – БАН

върху материалите, представени за участие в конкурс за заемане на академичната длъжност „доцент“, Професионално направление 4.2. Химически науки (Химия на твърдото тяло), обявен във Факултет по химия и фармация, СУ „Св. Кл. Охридски“.

I. Общо представяне

Със заповед № РД-38-132 от 24.03.2023 г. на Ректора на СУ „Св. Кл. Охридски“ проф. дфн Анастас Герджиков съм определена за член на научното жури на конкурс за заемане на академичната длъжност „доцент“ във Факултет по химия и фармация, СУ „Св. Кл. Охридски“.

В конкурса за „доцент“, обявен в Държавен вестник, бр. 24 от 17.03.2023 г., като единствен кандидат се е явил гл. ас. д-р Любен Михайлов от катедра „Приложна неорганична химия“ на същия факултет.

II. Кратки биографични данни на кандидата

Главен асистент д-р Любен Михайлов завършва средното си образование в Техникум по електротехника в гр. Гоце Делчев, а висшето си образование - в Миннотехнологичния факултет на Минно-геоложки университет „Св. Иван Рилски“, София като минен инженер през 2006 г. Получава и магистърска степен по химия от Факултет по химия и фармация на СУ „Св. Кл. Охридски“ през 2009 г. след обучение в Междууниверситетския център по микроелектроника (ИМЕС), Белгия. Докторската си дисертация върху електрокаталитичната активност на аморфни и нанокристални сплави за отделяне на водород, изготвя и защитава в периода 2010 – 2013 г. във Факултет по химия и фармация, където след това последователно е назначен като главен специалист по химически науки (2015 г.) и като главен асистент (2021 г.).

Основните области от научно – изследователски интерес на гл. ас. д-р Любен Михайлов се отнасят до електрохимията, охарактеризиране на микроструктурата, морфологията и химичния състав на материалите с трансмисионна и сканираща електронна микроскопия и енергийно-дисперсивна спектроскопия. Той провежда курсове за студенти във Факултет по химия и фармация по „Приложна електрохимия“, „Процеси и апарати“ и „Неорганични химични технологии“.

III. Научно-изследователска дейност

Резултатите от научно-изследователската дейност на гл. ас. д-р Любен Михайлов, с които той участва в обявения конкурс за заемане на академичната длъжност „доцент“ са разработени в рамките на 10 научни проекта, от които 2 са финансирани по 7^{-ма} рамкова програма и РП „Хоризонт 2020“ на Европейската комисия, 2 са за изграждане на центрове за върхови постижения и по компетентност, 2 са за изграждане на център за нови материали и националната пътна карта и 3 са с национално финансиране. Обобщени и описани са в 17 научни публикации, 16 от които са в списания с ISI „импакт фактор“, а 1 е само с „импакт-ранг“. Между тях са реномираните в областта на катализа, опазването на околната среда и материалознанието: Applied Catalysis B: Environmental (IF 2020: 19.11), Applied Materials&Interfaces (IF 2016: 7.80), Acta Materialia (IF 2016: 5.74), The Journal of Physical Chemistry (IF 2017: 4.69) и др., като общият „импакт-фактор“ на списанията е 79.819, а 13 от тях попадат в квартал Q1.

Избраните за конкурса публикации, цитати, участия в конференции, проекти и други дейности на гл. ас д-р Любен Михайлов осигуряват необходимите точки, съответстващи на минималните национални изисквания, отразени в Правилника за прилагане на

ЗРАСРБ, както и в Правилника на Софийски университет и на Факултет по химия и фармация, като в някои от показателите ги надвишават многократно – напр. по отношение на показателите в група Д (цитати) минималният праг е 70 т., а са представени 790 т., а в група Ж при минимум 70 т. са представени 258 т.

Част от научно-изследователската дейност на д-р Михайлов, публикувана в 6 от научните статии в списания, реферирани и индексирани в световните бази данни с научна информация, съгласно чл. 24, ал. 1, т. 3 от ЗРАСРБ е основа на **Хабилитационния труд**, чиято тема е посветена на поръозните материали с приложение в електрокатализа и йонните батерии. Несъмнено тази тема е изключително актуална в изследователското пространство, поради връзката ѝ с приоритетните за Европейския съюз, а и в световен мащаб области като екология и опазване на околната среда, нови енергийни източници, кръгова икономика. Тя има и важна практическа насоченост и е свързана с подобряване качеството на живот.

Приносите на кандидата по тази тема са свързани от една страна със синтеза на материалите, а също така и с тяхното цялостно морфологично и микроструктурно охарактеризиране и определяне на техния химичен състав и някои физикохимични свойства. Както и сам отбелязва в Авторската справка, „той е участвал активно в получаването на сплави, в електрохимичните анализи, пробоподготовката, анализите с ТЕМ, STEM – EDX, SEM и в интерпретирането на резултатите, обсъждането и оформянето на публикациите“.

В тематично отношение, представените в конкурса публикации най-общо биха могли да се разделят в следните 3 направления, където се оформят и съответните приноси с фундаментален и приложен характер на кандидата, както самият той ги представя в справката за авторските си приноси:

А. Синтез, морфологично и микроструктурно охарактеризиране на поръозни материали с приложение в електрокатализата и йонните батерии.

Публикациите, включени в тази тема са основа и на Хабилитационния труд на кандидата.

Експерименталната работа в това направление започва със синтеза на сплави с различен състав и микроструктура, които са подлагани на различни процедури с цел превръщането им в порести материали. Така например в публикация [1], са получени аморфни сплави на основата на Zr (Zr–Cu–Ni–Al), които са подложени на температурна обработка. Част от образците са загрявани при температура над точката на застъкляване T_g , а друга част - при температура над тази на кристализация T_x с цел промяна на микроструктурата им, а оттам и процеса на последващото разтваряне. Установена е връзката между температурата на обработка, степента на разтваряне и качеството на образуваната в следствие пореста структура. Наблюдавано е също, че електрохимичният потенциал не влияе съществено на поръозността. Образците са изследвани с помощта на ТЕМ и чрез дифракционните методи (SAED, HRTEM) и енергийно-дисперсивния анализ (EDX-STEM) е показано, че по-малко благородните метали, като Al и Zr образуват неразтворими съединения (ZrF_4 , Na_3AlF_6 и Na_3ZrF_6), които се утаяват в електролита и по повърхността на електрода.

Селективно химично разтваряне на две аморфни сплави на основата на Zr ($Zr_{65}Ni_{30}Pd_5$ и $Zr_{55}Ni_{30}Al_{10}Pd_5$) в 0.01M HF за получаване на нанопорести метални материали е приложеният подход в статия [3]. Установено е, че лигаментите, образувани по време на разтварянето, са съставени главно от Pd и ZrNi нанокристали с размери 3 - 5 nm. Разкрита е и ролята на Al, който е компонента в едната сплав. Поради по-бързото си разтваряне води до образуване на по-големи свободни обеми в разтваряния електрод, необходими за улеснена реорганизация на останалите по-благородни метални атоми (Ni, Pd), образуващи нанокристалните връзки. По този начин е доказано, че наличието на метал

или метали, които се разтварят много по-лесно от останалите съставлящи сплавта, оказва значително въздействие върху динамиката на процесите на атомен транспорт и кристализация и директно влияе върху крайната микроструктура на порестия материал.

Аморфна сплав на основата на Au ($\text{Au}_{40}\text{Cu}_{28}\text{Ag}_7\text{Pd}_5\text{Si}_{20}$) е послужила за създаване на нанопорьозен златен материал с потенциал за приложение в катализа (публикация [2]). Потопянето на сплавта в електролит е довело до проникването му през дефекти в естествения повърхностен оксиден слой, като е послужило за разсплавянето ѝ и образуването на междинен слой с дебелина около 50 nm, формиран от лигаменти с ширина около 10 nm, кухини и остатъци от аморфната фаза, в която има включени Au нанокристали. Установено е, че и тук температурата е ключов фактор за израстване на лигаментите. Те от своя страна се образуват чрез сблъскването на Au нанокристали, зараждащи се на границата с аморфната фаза, което осигурява и наличие на пори и кухини между лигаментите.

Нанопорести метални структури са получени [4] чрез химично и електрохимично селективно разтваряне на по-малко благородните елементи от първоначалните аморфни прекурсори – сплави на Pd-Ni-Si в различни съотношения. Определен е средният размер на порите и неговата зависимост от състава на сплавта и метода на селективно разтваряне. Най-малкият размер на порите от около 45 nm е получен при състав $\text{Pd}_{30}\text{Ni}_{50}\text{Si}_{20}$, което осигурява по-развитата повърхност на тази сплав и съответно по-висока каталитична активност към окислението на етанол.

Опитът на кандидата в процедурите на синтез на различни по състав и свойства сплави и най-вече по охарактеризирането на тяхната морфология и микроструктура с помощта на трансмисионна и сканираща електронна микроскопия, са приложени и в изследванията по създаването на иновативни материали за електрод в Li- и Na-йонните батерии (статии [5] и [6]). За целта микрокристална $\text{Cu}_{60}\text{Ag}_{30}\text{Al}_{10}$ сплав, получена чрез бързо закаляване от стопилка е подложена на допълнително разсплавяване чрез електрохимично селективно разтваряне до постигане на триизмерна нанопореста метална структура. Постигнато е почти пълно извличане на Cu от $\text{Cu}_{60}\text{Ag}_{30}\text{Al}_{10}$ след 120 минути потенциостатично третиране при 350 mV (спрямо SHE) в 0,1 M воден разтвор на HClO_4 . Разсплавената проба показва добре дефинирана и хомогенна порьозност по цялата повърхност с размер на лигаментите между 100 nm и 200 nm и размери на порите и каналите от 100 nm до 2000 nm. Така създадената пореста структура е използвана като носител и е импрегнирана с активни съединения за интеркалация на Li^+ , особено LiMnPO_4 [5] и с разтвор на S в толуен (C_7H_6) [6]. В първият случай последваща термична обработка при 500°C дава фаза на LiMnPO_4 със структура от оливинов тип, която наследява морфологията и микроструктурата на металната матрица. Добрата адхезия между фосфооливина и металната сплав е постигната при плътност на отлагане до 0,009 g/cm². Постигнатият електрохимичен капацитет е от около 120 mAhg⁻¹ и остава стабилен по време на циклиране. Депозираният LiMnPO_4 филм показва малко по-нисък специфичен капацитет и по-добра циклична стабилност в сравнение с прахообразния му аналог, използван при конвенционалните електроди заедно с въглеродни и свързващи добавки. След продължително зареждане и разреждане цялостта на електрода остава непроменена, което е негово голямо предимство. Освен това частиците оливин, включени в металните пори, остават устойчиви на напрежения и деформации, предизвикани по време на повтаряща се интеркалация и деинтеркалация на Li^+ . Във вторият случай след импрегнирането и термична обработка при 200°C се получава електрохимично-активното покритие $\text{Ag}_2\text{S}-\text{Cu}_x\text{S}$, в което при работата на електрода среброто и медта могат да се заместят от Li^+ , образувайки серия от междинни съединения Li_2S_n , предотвратяващи разпрашването на електрода. Това осигурява обратим специфичен капацитет от ~230 mAhg⁻¹ при плътност на тока от 0,4 $\mu\text{A cm}^{-2}$ и стабилна работа за 1000 цикъла при плътност на тока 1 и 2 Ag⁻¹. Така предложеният 3D порест

колектор позволява да се избегне използването на излишък от Li, осигурява висока плътност на тока, като намалява локалната му плътност и образуването на Li дендрити.

Б. Изследване на морфологията и структурата на оксиди и фосфати като иновативни електродни материали за литиево/натриево-йонни батерии

Серия от Ni-Mn оксиди, съдържащи променливо количество Na ($\text{Na}_x\text{Ni}_{0.5}\text{Mn}_{0.5}\text{O}_2$), както и такива, съдържащи и кобалт ($\text{Na}_x\text{Co}_{1/3}\text{Ni}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}_2$, $0.38 \leq x \leq 0.75$) са синтезирани, подробно изучени, с цел приложението им като нови, евтини електродни материали в съвременните Li/Na-йонни батерии. Резултатите са описани в публикации [7,9,10 и 11]. Поради слоестата си структура тези оксиди могат да интеркалират Li и Na йони, като интеркалационната им способност зависи от тяхната кристална структура и подредбата на слоевете в определен тип решетка. Затова ТЕМ анализите на морфологията, микроструктурата и фазовия състав на образците, както свежо получени, така и след цикли на интеркалация, са важна част от тяхното охарактеризиране.

ТЕМ изображенията в [7] показват, че след електрохимичната реакция Ni-Mn оксид се състои от тънки плоски частици с размери, вариращи в широк диапазон от 20 до 160 nm. В сравнение с първичния оксид, размерът на частиците и разпределението на размера им остават непроменени. Разпределенията на никел и манган в частиците, определени с помощта на EDS анализа и STEM изображенията са равномерни. Резултатите от дифракционния анализ показват, че P3-тип структурата се запазва по време на обратима интеркалация на Na^+ . При частици с размери, по-големи от 100 nm се наблюдава тригонална суперструктура, както е в случая при изходния състав. Това откритие подкрепя стабилността на подреждането на суперструктурата след електрохимичната реакция. ТЕМ експериментите не дават доказателства за образуването на структури от тип P2 или O3 по време на електрохимичната реакция на Na^+ с P3- $\text{Na}_x\text{Ni}_{0.5}\text{Mn}_{0.5}\text{O}_2$.

Проведено е и подробно структурно изследване на кобалт-никел-манганови оксиди ($\text{Na}_x\text{Co}_{1/3}\text{Ni}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}_2$) с дефицит на натрий [9], получени чрез термично разлагане на смесени ацетатно - оксалатни прекурсори, последвано от термично отгряване между 700 и 800°C. Стабилността на слоестата структура по време на циклиране е доказана, чрез ex-situ ТЕМ анализи. Първичният напълно литиран $\text{Na}_{0.67}\text{Co}_{1/3}\text{Ni}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}_2$ оксид се състои от добре оформени тънки частици с размери между 20 и 100 nm, които остават непроменени след електрохимичната реакция, извършена както с богати на Na, така и с бедни Na оксиди. Поликристалната електронна дифракционна картина на първични и циклирани оксиди показва смес между слоести и NiO-подобни фази. Разликата между първичните и оксидите след циклиране произлиза от параметрите на решетката на слоестата фаза: параметрите на решетката за първичния P3- $\text{Na}_{0.67}\text{Co}_{1/3}\text{Ni}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}_2$ оксид са $a=2,837 \text{ \AA}$ и $c=16,735 \text{ \AA}$, а след електрохимичния заряд/разряд, те стават $a=2,84 \text{ \AA}$ и $c=14,44 \text{ \AA}$. Наблюдаваното намаление на параметъра c разкрива силно свиване на слоя (т.е. от 5,7 до 4,8 Å), докато малката вариация на a -параметъра е свързана с лека промяна на разстоянието между металните йони вътре в слоевете. За разлика от слоестата, NiO-подобната фаза има непроменени параметри на решетката, с което се доказва, че само слоестата участва в електрохимичната реакция, докато NiO-подобната фаза е електрохимично инертна.

Дизайна и конструкцията на нов тип хибридна натриево-литиево-йонна клетка, чрез използване на уникална комбинация от електроди (Li₄Ti₅O₁₂ шпинел като отрицателен електрод и отложен Na_{3/4}Co_{1/3}Ni_{1/3}Mn_{1/3}O₂ оксид като положителен електрод) в конвенционален литиев електролит (LiPF₆ сол, разтворена в EC/DMC) е обект на изследванията, представени в [10]. Съвместното съществуване на две интеркалационни фази на литий и натрий се доказва и чрез ex situ ТЕМ анализ. Циклираният оксид се състои от добре оформени частици с размери от около 500 - 700 nm. Параметърът на решетката, оценен от SAED по направление [011], е $a = 8,43 \text{ \AA}$, което съвпада с този,

определен от *ex situ* XRD анализ на Na интеркалиран в $\text{Li}_{4/3}\text{Ti}_{5/3}\text{O}_4$ оксид ($a = 8,4359 \text{ \AA}$). HRTEM изображенията на избрани частици показват наличието на тясно свързани помежду си нанодомени с различни параметри на решетката. Въз основа на изчисленията по направление [011] са разграничени локални области с най-малко четири различни параметъра на решетката и да са идентифицирани фазите: първичния $\text{Li}_{4/3}\text{Ti}_{5/3}\text{O}_4$ и чистата натриева фаза $\text{Na}_{6/3}\text{Li}_{1/3}\text{Ti}_{5/3}\text{O}_4$. Този резултат е ясно доказателство за образуването както на литиево-, така и на натриево-интеркалационни фази по време на продължително циклиране. Предполага се, че и двата типа фази участват в реакциите на заряд-разряд.

ТЕМ анализите предоставят допълнителни доказателства за интеркалиране на Na^+ и Li^+ в оксида на положителния електрод. Направени са STEM-EDS изображения и спектри и съответната поликристална електронна дифракция на оксида, циклиран 10 пъти между 1,0 и 3,5 V. Доказано е, че дифракционният модел се състои от смес от две слоеви фази. Първата фаза може да бъде причислена към пространствената група $R\bar{3}m$ с параметри на решетката $a = 0.284 \text{ nm}$ и $c = 1.44 \text{ nm}$ и междуплоскостно разстояние от 0.48 nm . За сравнение, литиевият аналог $\text{LiCo}_{1/3}\text{Ni}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}_2$ се характеризира със същия ОЗ-тип структура, но с малко по-различни параметри на решетката: $a = 2,8541 \text{ \AA}$ и $c = 14.2130 \text{ \AA}$. Това доказва още веднъж трансформацията на първичната РЗ- в ОЗ-фаза по време на литиевата интеркалация. Втората фаза също има слоева структура, но показва по-голямо пространство между слоевете. Най-същественният резултат се получава от HRTEM анализите. Изображенията показват променливи междуплоскостни разстояния, където могат да се разграничат най-малко три различни такива - $0.48, 0.52$ и 0.88 nm . Въпреки, че първите две стойности са свързани с междуплоскостните разстояния на Li- и Na-съдържащите фази, последната е значително по-висока (с повече от 50%) и не може да бъде обяснена въз основа на електростатичното отблъскване между заредените метални слоеве. Докладвано е голямо разширяване на междинното пространство само когато H_2O молекули се вмъкнат в междинното пространство на оксиди на преходни метали с дефицит на натрий, което води до образуването на хидратни фази с общ състав $\text{Na}_x\text{MO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$.

Манганов оксид Mn_5O_8 също със слоева структура е приложен за първи път за интеркалация на Li^+ и Mg^{2+} в неводни електролити [12]. ТЕМ изображенията показват продълговати частици със средна дължина около 40 nm и напречно сечение до 10 nm . Дифракционните анализи разкриват съответствие на тези частици със слоевата структура на Mn_5O_8 фаза и че те остават постоянни по отношение на формата и размера след циклиране (зареждане и разреждане) както в литиев, така и в магнезиев електролит. Интерпретацията на HRTEM изображенията разкриват, че слоевата структура на Mn_5O_8 е напълно трансформирана в структура от тип шпинел след циклиране.

Предоставени са нови данни за обратимата интеркалация на литиеви и натриеви йони в натриево-манганов фосфооливин NaMnPO_4 , когато се използва като катод в съвременните литиево-йонни батерии [8]. Резултатите от ТЕМ потвърждават стабилността на структурата от оливинов тип след смилане в топкова мелница. Важното откритие е, че частиците от оливин са покрити с въглеродни добавки (свързващи вещества). Дебелината на покритието варира между 2 и 10 nm . Освен това се забелязват и някои отделни въглеродни частици с размери около 20 nm . Изследването от ТЕМ доказва, че топковото смилане и последващото отгряване при 400°C е ефективен начин за осигуряване на добър междуфазов контакт между частиците оливин и въглеродните добавки. Разпределението на елементите Na, Mn, P, O и C, определени с помощта на STEM-EDX изображения и спектри ясно доказват, че наночастиците са със състав NaMnPO_4 , който е хомогенно покрит с въглерод. ТЕМ анализът позволява да се получи представа за структурната стабилност на фосфо-оливините по време на работа на

клетката. След цикъла на интеркалация/деинтеркалация, морфологията на NMP/C се запазва.

Монометални и биметални Rh-Ni катализатори, нанесени върху γ -алуминиев оксид (Al) и модифициран с итрий алуминиев оксид (Y-Al) са обект на изследванията в [13]. Структурата на наночастици върху повърхността на редуциран RhNi/Al катализатор е изследвана с ТЕМ. Изображенията с висока разделителна способност показват, че частиците са кристални и за редуциран RhNi/Al катализатор съответстват на Ni (111) и Rh (111). От ТЕМ изображенията е определен и средният размер на частиците на избрани редуцирани и отработени Ni/Al, Ni/Y-Al и RhNi/Al катализатори. Открито е по-хомогенно разпределение на металните наночастици върху повърхността на редуцирани Ni/Y-Al и RhNi/Al катализатори по отношение на това, наблюдавано за Ni катализатор върху чист двуалуминиев триоксид. При всички катализатори след работа се наблюдава агломерация на частиците, която е по-изразена при отработения Ni/Al. Катализаторът Ni/Al показва най-голям среден размер от 5,95 nm и по-хетерогенно разпределение на частици с големина до 18 nm. Въпреки това, отработеният Ni катализатор, поддържан върху Y-модифициран двуалуминиев триоксид, показва по-малки частици и по-хомогенно разпределение на размера им, тъй като доминират тези под 5 nm, последвани от биметалния RhNi катализатор. Отработеният RhNi/Al катализатор се характеризира с увеличаване на размера на металните частици от 3.62 nm до 4.99 nm, както и с откриване на следи от въглеродни влакна, които се получават при катализата на въглеводороди.

В. Характеризиране на морфологията и структурата на златни наночастици получени по различни методики

Тази тема обединява изследването на морфологията и микроструктурата на синтезирани по различни методи метални наночастици. Три от публикациите ([14, 15,16]) третираат синтеза и охарактеризирането на златни наночастици, а последната ([17]) се отнася до получаването на нанокapsули от Pt(II) и прилагането им върху два вида ракови клетки.

С помощта на ТЕМ са определени формата и големините на синтезираните Au наночастици, като са установени зависимостите на средните им размери и интервалите на разпределение на диаметрите им от съответните експериментални условия, типа на редуциращите агенти и др. С помощта на режима на високо разделяне са визуализирани междуплоскостните разстояния в кристалната решетка на наночастиците и е потвърден фазовия им състав. Установено е, че в повечето случаи те са със сферична форма. В изследването в [14] е показано, че наночастиците са изградени от множество домени близнаци.

С помощта на EDS-STEM е проследено разпределението на платината в различни видове ракови клетки и са визуализирани зоните на нейното натрупване. Установена е връзка между проявената цитотоксичност на изследваните платинови агенти и техните структурни характеристики, важни за клетъчното им усвояване.

IV. Критични бележки и препоръки

Като цяло **нямат критични бележки** по представените материали. Единствено бих могла да отбележа, че в списъка от цитати се забелязват някои цитати от съавтори на кандидата в техни публикации, извън обсега на конкурса. Това би трябвало да ги извади от списъка на независимите цитати (напр. “Kalapsazova, M. L., Zhecheva, E. N., Tyuliev, G. T., Nihtianova, D. D., Mihaylov, L., & Stoyanova, R. K. (2017). Effects of the particle size distribution and of the electrolyte salt on the intercalation properties of P3-Na₂/3Ni₁/2Mn₁/2O₂. *Journal of Physical Chemistry C*, 121(11), 5931-5940. doi:10.1021/acs.jpcc.6b12887” се цитира в „ Kalapsazova, M., Kostov, K., Zhecheva, E., & Stoyanova, R. (2020). Hybrid Li/Na ion batteries: Temperature-induced reactivity of three-

layered oxide (P3-Na2/3Ni1/3Mg1/6Mn1/2O2) toward lithium ionic liquid electrolytes. *Frontiers in Chemistry*, 8 doi:10.3389/fchem.2020.600140“ и т.н.). Поради огромния брой на представените от кандидата цитати, тази констатация в никакъв случай не променя факта, че и по група показатели Д кандидатът отговаря на минималните изисквания на ЗРАСРБ и действащите правилници за неговото прилагане.

В тема **В. Характеризиране на морфологията и структурата на златни наночастици получени по различни методики** е представена една публикация ([17]), която се отнася до Pt наночастици и би трябвало това да бъде отразено във формулировката на темата.

V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представените от кандидата в конкурса, гл. ас. д-р Любен Михайлов документи и материали отговарят напълно на изискванията в Закона за развитие на академичния състав в Република България, Правилника за прилагането му и съответния Правилник на Факултета по химия и фармация на СУ „Св. Кл. Охридски“ и темата на обявения конкурс за заемане на академичната длъжност „доцент“. Включените в конкурса резултати са оригинални, с голям обем и значимост и в актуални тематични области.

Ето защо напълно убедено давам положителна оценка на представените в конкурса трудове и дейности и препоръчвам на почитаемите членове на Научното жури да гласуват положително за това Факултетният съвет на Факултет по химия и фармация да избере гл. ас. Любен Михайлов за академичната длъжност „доцент“ във ФХФ, СУ „Св. Кл. Охридски“ в област на висше образование 4.2. Химически науки, Научно направление Химия на твърдото тяло.

26.06.2023

Изготвил рецензията:

проф. д-р Даниела Карашанова