

## РЕЦЕНЗИЯ

по конкурс за доцент по физикохимия (шифър No 01.05.05),  
за нуждите на секция "Повърхности и колоиди" към ИФХ-БАН,  
обявен в Държавен вестник, бр. 32 (24.04.2012),

**с кандидат** гл.ас. д-р Любомир Николов Николов от Институт по физикохимия  
„Акад. Р. Каишев” при БАН.

**Рецензент** доц. д-р Лидия Боянова Александрова от Институт по физикохимия  
„Акад. Р. Каишев” при БАН.

### 1. Общи положения и кратки биографични данни за кандидата

Д-р Любомир Николов Николов е роден през 1961 г. в София. Завършва Националната математическа гимназия с профил Физика в София през 1979 г., а през 1986 г. – специалност „Физика на твърдото тяло и микроелектроника” във Физическия Факултет на Соф. Унив. “Св. Кл. Охридски”. През периода 1986-1991 е работил като асистент в катедра „Физика на твърдото тяло и микроелектроника” на Физически Факултет на Соф. Унив. “Св. Кл. Охридски”. Д-р Николов е ръководил упражнения по “Физика на твърдото тяло и микроелектроника” на студенти от ФзФ, участвал е в създаването на нови оригинални упражнения за магистри в Практикума по “Физика на твърдото тяло и микроелектроника” към едноименната катедра на ФзФ, СУ. Бил е съорганизатор на седмичен Колоквиум и Семинар към катедрата по “Физика на твърдото тяло и микроелектроника”. Бил е научен консултант на трима магистранти.

В периода 1991-1993 година е работил като научен сътрудник II ст.в ЦЛО- БАН. От август 1993 г. Любомир Николов е на работа в ИФХ-БАН, секция “Повърхности и колоиди” като научен сътрудник, където продължава да работи и до днес. Последователно е заемал следните длъжности: научен сътрудник II ст. (1993-1999), научен сътрудник I ст. (1999-2011), гл. асистент (2011- досега). От 2006 г. е системен администратор на компютърната мрежа в Института по физикохимия „Акад. Р. Каишев” при БАН. Д-р Николов е член на Организационния комитет на 27-мата Конференция на Европейското общество по повърхности и колоиди, която ще се проведе в София през 2013 г.

През периода 1995-1998 г. Любомир Николов е бил докторант на самостоятелна подготовка в Института по физикохимия на БАН и през 1998 г. успешно защитава дисертационен труд на тема „Динамични взаимодействия на твърди частици с граничен слой”, с което придобива образователната и научна степен „доктор” по специалността „Физикохимия” –шифър 01.05.05.

### 2. Описание на представените материали

Д-р Николов се представя в конкурса със списък, съдържащ 30 заглавия на научни трудове. В тях са включени: 27 публикации в международни научни списания и сборници от международни конференции (20 от тях са публикувани в специализирани научни издания с импакт фактор и 7 в сборници от международни конференции); 2 публикации в български списания и един автореферат на дисертация за образователната и научна степен „доктор”.

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

Основната част от научната дейност на д-р Николов попада пряко в тематиката на обявения конкурс. Впечатляващо е, че в конкурса той участва с 21 научни публикации, които не са ползвани при защитата на неговата дисертация за образователната и научната степен „доктор”.

Д-р Николов се явява в публикациите си като първи автор - 13 пъти, като втори – 9, като трети – 5 пъти и четвърти 2 пъти. В 1 от публикациите с импакт фактор е единствен автор

(самостоятелна обзорна статия в Comp. Rend. Acad. Bulg. Sci.), в 15 публикации авторският колектив се състои от 2 души, в 5 – от трима, а в 7 – от четирима.

Д-р Николов има много добри постижения и утвърдени научни и научно-приложни приноси, израз на което е цитирането на по-голямата част от неговите трудове.

Върху трудовете са забелязани до момента общо 50 цитата като трудове 1,2,3,4 са цитирани 8 пъти, а трудове 8,9; 18,19; 12,13,14; 15,16,17; и 20 съответно три, четири, пет, седем и двадесет и един пъти. Резултатите от изследванията са докладвани на 17 международни научни конференции под формата на 9 устни и 8 постерни доклада; както и на 6 национални научни форума. Извън обсега на дисертацията на д-р Николов са 21 научни труда, разпределени в различните тематики, отнасящи се до цялостната му дейност до момента.

Д-р Николов е пряк участник в редица договори и проекти. Заслужава да се отбележи серията договори: по Пета Рамкова Програма на ЕК „METASEP“ (2001-2004); по Шеста Рамкова Програма на ЕК „NANOPHEN“ (2005-2008); по Седма Рамкова Програма на ЕК COST-Action D43 (2006-2011) и COST-Action MP1106 (2012-2015).

Д-р Николов използва в научните си изследвания модерните постижения на изчислителната математика и информатика на професионално ниво, като програмиране на Delphi, C++, Pascal, Fortran, Php etc.; прилагане на числени методи за решаване на научно-изследователски задачи; използване на специализиран софтуер-графичен, офис, математически, системен и др., свързан с операционните системи MS DFOS, MS Windows, Linux, Unix; създаване и поддръжка на софтуер и хардуер; автоматизирано натрупване на данни и статистическата им обработка.

Трябва да се подчертае, че той не само висококвалифицирано използва и модифицира сложни програми за числено пресмятане, а и самостоятелно е разработил два оригинални пакета от програми за числено моделиране на хидродинамиката в комплексни течни среди; един програмен пакет за числено решаване на интегрални уравнения, които възникват при математическото моделиране на изтичане на микроскопични филми с подвижни фазови граници (емулсионни и пенни); един комплекс от програми за цялостно моделиране на хидродинамиката на захващане и разслояване на фини фракции при обтичане на мехурче и на твърда стена.

Основна особеност на научно-изследователската дейност на д-р Николов е съчетанието на предварителен физичен анализ на научния проблем и създаване на оригинални собствени пакети от компютърни програми за решаване на специфични изследователски задачи във връзка с конкретни експериментални и теоретични проблеми. В този смисъл искам да отбележа напр. създаването на пакета от програми за числено моделиране на такъв сложен в теоретично отношение проблем като изследване на взаимодействията фини частици и мехурчета в системи от флотационната, сепарационна практики и за пречистване на промишлени и отпадни води [публикации 1,5,24,31].

Наукометричните показатели на д-р Николов напълно покриват, а по някои показатели и надхвърлят препоръчителните показатели за избор на „доцент“ в Правилника на ИФХ-БАН за придобиване на научни степени и заемане на академични длъжности (чл. 11, т. 1).

#### **4. Основни научни и научно-приложни приноси**

Научните изследвания на д-р Николов могат да се разделят условно на две групи:

- а) теоретично и числено моделиране на нови твърдотелни материали и
- б) теоретично и числено моделиране на комплексни течни системи.

**а) В хронологичен план по важните научни задачи включени в първата част от изследванията му са следните:**

- Изследване на дефекти в обемната структура на полупроводникови материали, причиняващи дълбоки нива в забранената зона [трудовете 20, 29, 27].
- Модифициране на метода за измерване на повърхностно фотоелектродвижещо напрежение в полупроводникови структури [трудовете 13, 19].
- Автоматизация на експеримента за охарактеризиране на полупроводникови материали и структури (Si, GaAs) [трудовете 13, 18, 19].

- Теоретично моделиране на примесни и собствени дефекти ( $\text{Cr}^{2+}$ , EL2) в обема на полупроводникови материали (GaAs), причиняващи дълбоки нива в забранената зона [22]. Като принос може да се посочи факта, че за първи път са измерени спектри на фотопроводимост на полуизолирани GaAs, обемно легиран с Cr (SI GaAs:Cr) при стайна (293K) и ниска (77K) температури. В ниско- и високоенергетичните области на спектрите са открити за първи път две характерни структури, които са интерпретирани съответно като дълбокото (в забранената зона на полупроводника) акцепторно ниво, свързано с  $\text{Cr}^{2+}$  и дълбокото донорно ниво, означавано в литературата като EL2. Определени са оптичните енергии на йонизация (спрямо зоната на проводимост) на двете дълбоки нива и параметъра на Франк-Кондон за  $\text{Cr}^{2+}$  нивото [трудове 20, 29]. Измерени са фотолуминисцентни спектри на образци от обемна GaAs:Sn. От данните за насищането на дълбокото ниво PL като функция на интензитета на лазерната светлина е направен извод за концентрацията на дълбокото ниво в различни образци [27].

Класическият метод на Келвин за измерване на контактна потенциална разлика е усъвършенстван в две направления. Първо, като вибриращ електрод е използвана биморфна пиезоелектрична пластина със закрепен на единия ѝ край платинен електрод във формата на сфера с размер около 0.5mm. На електрода се подава плавно стъпаловидно напрежение с минимална стъпка до 0.001mV. Второ, осъществено е автоматизирано събиране на данните, което дава възможност за статистически анализ в реално време. По този начин точността на метода е повишена с около порядък.

Получените резултати са от важно значение и биха могли да намерят приложения за производството на слънчеви батерии, фотодетектори, окачествяване на материали за микроелектрониката.

Охарактеризирани са полупроводникови материали и структури от Si и GaAs чрез електрични и фотоелектрични методи. За целта е разработена оригинална установка за автоматизирано управление на физическия експеримент и автоматично и/или статистическа обработка на данните. Хардуерно и софтуерно осигуряване са разработени на основата на международния протокол IEEE-488. Апаратурата включва комерсиално закупени прибори HP 4140B pA meter/DC voltage source, lock-in amplifier EG&G Brookdeal PARC 5206, мултиметър, както и блокове за управление на стъпков двигател за автоматична промяна на дължината на вълната на монохроматор SPEX, цифрово-аналогови и аналогово-цифрови преобразуватели и др. Установката допуска управление до 32 отделни прибора. С нейна помощ са измерени с висока точност и надежност спектри на повърхностно фотоелектродвижещо напрежение в GaAs, както и дифузионни дължини на неосновните носители на заряд в n-CaAs, p-Si/SiO<sub>2</sub> структури и аморфен силиций.

Теоретичното моделиране на примесни и собствени дефекти ( $\text{Cr}^{2+}$ , EL2) в обема на полупроводникови материали (GaAs) е постигнато ,чрез създаване на оригинална програма за числено пресмятане на заряда върху повърхността на кристални полупроводникови материали. Програмата е приложена за определяне на повърхностната проводимост в полуизолиращ GaAs легиран с Cr в присъствие в обема на дълбокото акцепторно  $\text{Cr}^{2+}$  и донорно EL2 ниво. Изследвани са случаите на присъствие на тези нива поотделно и заедно в обема на образеца. Показано е, че за формирането на повърхностния заряд на полупроводника основно влияние играе съотношението на концентрациите на нивата на двата дефекта.

#### **б) Изследванията в областта на теоретичното моделиране на комплексни течни системи могат да се разделят условно на три групи:**

- Теоретични изследвания на хидродинамиката на емулсионни системи.
- Изследвания в областта на пенни системи, суспензии и флотационни системи.
- Междумолекулни взаимодействия в биологични мембрани.

По важните научни резултати от изследванията на д-р Николов в посочената област са следните:

Предложена е универсална процедура за теоретично моделиране на съвместното действие на масопреноса и осиметрични флуидни течения в емулсионни системи в присъствие на

разтворим сърфактант [17, 26]. Изведени са аналитични изрази за локалните полета (на скорости и налягане) и интегралните характеристики (съпротивителна сила) на взаимодействията при ниски и високи вискозитети на средата. Установено е, че тангенциалната подвижност на междуфазовата граница играе основна роля за свойствата на емулсионните системи в случая на разтворим сърфактант. Изчислена е скоростта на коалесценция в подобни системи.

Моделирано е и течението между две капки в течна среда в случая на много нисък вискозитет на течността в капките. Предложен е работещ модел, който отчита тангенциалната подвижност на границите, анизодиаметрията на системата и взаимното влияние на теченията в съседните фази. Получени са асимптотични уравнения за течението на тънкия филм между капките, които са подходящи при висока тангенциална подвижност. Пресметнати са силата на съпротивление и скоростта на коалесценция в такива емулсионни системи, в отсъствие на сърфактант [2].

Доразвита е теорията на Brenner и Leal за коефициента на повърхностна дифузия ( $D_s$ ) на браунова частица в случая на наличие на разтворим сърфактант в системата [14,16]. С помощта на метода на хидродинамичните потенциали е изведена нова формула за  $D_s$ . Полученият израз е много удобен за експериментална проверка и показва, че намаляването на подвижността на частицата води до намаляване на  $D_s$ .

Особен интерес представлява фактът, че за първи път е моделирано динамичното взаимодействие на фини хидрофилни частици с течение на хидродинамичен граничен слой в близост до напълно спряна (пластина) и напълно свободна (изплуващо в течност мехурче) фазови граници [5-12, 15]. Предложена е последователна процедура за анализ на полето на смущение, което една твърда сфера внася във външното течение на граничния слой. По отношение типа на пертурбационното поле на частиците е установено, че те се разделят на три групи: малки, средноголеми и големи. Малките създават чисто вискозно поле, средноголемите - инерчно-вискозно, а най-големите – изцяло инерчно. За малките и средноголеми частици са получени аналитични изрази за компонентите на скоростите и налягането в пертурбираната система. Основният резултат е, че малките и средноголеми обекти се задържат в граничнослойната област. Малките частици се задържат по-ефективно от граничния слой край мехур, докато средноголемите – от граничния слой край пластина. Най-големите частици се изхвърлят навън от граничния слой – и това води до гранулометрична сепарация.

За първи път са пресметнати числено траекториите на фини хидрофилни частици с микронови размери в граничен слой край изплуващи мехурчета [5,6]. С помощта на числени експерименти е показано, че граничният слой край по-големите мехури спомага за изхвърлянето на частиците вън от слоя. При по-малките мехурчета обаче, се създават такива условия в граничния слой, които способстват за залавяне на частиците [5,6]. Установено е, че присъствието на една частица в граничния слой води до намаляване на интензитета на външното поле. Ако втора частица попадне във вече смутеното от първата частица поле, тя допълнително се забавя. Тенденцията за нейното задържане в граничния слой е още по-голяма. За всяка следваща частица ефектът на задържане е все по-силен. По този начин индивидуалното взаимодействие на отделните частици с външното течение води до възникване на съществен колективен ефект. От флотационна гледна точка може да се каже, че забавената в граничнослойното течение частица след нейното излизане от граничния слой на едно мехурче вече е изнесена на определено ниво в сепарационната клетка и може да се прихване от друго мехурче, което идва отдолу. По този начин в рамките на цялата сепарационна клетка, се наблюдава постоянно увеличаване концентрацията на най-фините фракции в горните слоеве на клетката, както и тяхното преимуществено извличане в пенния продукт. Този процес води до ефективно разделяне на фините фракции от по-едрите. Подобни динамични ефекти имат важно значение за извличането на фини фракции от надробени материали и влияят върху резултатите от конвенционалната флотация. Взаимодействието на фините частици с външното граничнослойно течение и допълнителното забавяне в близост до повърхността на мехурчетата, поради взаимното влияние на

граничнослойното течение и смущението, дължащо се на крайния размер на частицата, позволяват да се извличат фини хидрофилни фракции с определен оптимален размер. Този процес на “динамично извличане” представлява неотменен етап от общия флотационен процес.

В случая на фини частици и полидисперсни мехурчета най-малките фракции се захващат преимуществено. Пресметнато е времето на престой на фини хидрофилни частици в околност на изплуващи мехурчета. Установени са области от размери на частиците и мехурчетата, за които задържането на частиците в близост до мехурчетата е оптимално. Количествено са дефинирани понятията: (i) ефективност на захващане на частица с определен размер от различни по големина мехури; (ii) ефективност на захващане на частици с различен размер от мехур с фиксиран радиус. Пресметнатите теоретични зависимости описват много добре редица данни от флотационни и сепарационни експерименти. По този начин опитните резултати от разпенване на суспензии за първи път намират своето теоретично обяснение [1,5,6,24,31].

Предложената теоретична схема е развита с отчитане на теглото на частиците. Установено е, че за микронови и суб-микронови частици има оптимален интервал от плътности, в който едновременното действие на хидродинамичните взаимодействия и гравитационните ефекти води до повишаване на ефективността на захващане на частиците от изплуващи мехури [1,31]. Получените резултати са от много важно значение за изясняване механизма на елементарния акт при флотационните и сепарационните процеси. Друга потенциална област на приложение те биха намерили и в индустрията, при извличане на фини фракции от природни суровини, при пречистване на природни и отпадни води от фини примеси, които трудно се премахват чрез други методи.

Трудове (1,5-12,15,24,31) правят впечатление и представляват интерес от гледна точка на изясняване механизма на сепарационните процеси и са сериозен принос към теорията на елементарния акт на флотация. Те позволиха за първи път да се даде обяснение на експерименталните данни на Шелудко ( A.Scheludko et al., Bulg. Patent 22,148, 1975) за извличане на фини, хидрофилни частици по метода на разпенване на суспензии.

Изследванията в областта на междумолекулните взаимодействия в биологични мембрани са представени от работите върху бислоини липидни мембрани (БЛМ), модел на биологичните мембрани, от основния им фосфолипиден компонент DPPC, образувани по метода на порестата пластинка [4,25]. От експеримента са получени зависимостите за вероятност за образуване и време на живот на БЛМ от фосфолипидната концентрация. Определена е критичната концентрация на образуване на бислоя. Установен е концентрационен интервал, в който формираните бислоеве са метастабилни, за разлика от черните пенни филми от DPPC, при които зависимостта е изключително стръмна. Експериментално определените времена на живот на БЛМ в този концентрационен интервал позволяват интерпретиране на резултатите с теорията на Ексерова и Кашчиев [D.Kashchiev, D.Exerowa, Biochem. Biophys. Acta 732, 133-145, 1983; D.Kashchiev, D.Exerowa, J. Coll. Interface Sci., 203, 146-152, 1998] за стабилността и пропускливостта на амфибилни бислоеве. Благодарение на доброто съгласие на експеримента с теорията е било възможно да бъдат определени трите физични константи: предекспоненциалния кинетичен фактор А, параметърът В, свързан със специфичната линейна енергия на дупката и равновесната концентрация  $C_e$ . На тази база, за първи път е направена оценка за случая на БЛМ, на енергията на свързване и линейна енергия на дупка, характеризиращи близкодействащите междумолекулни взаимодействия между първи съседи в бислоя. Получените стойности за БЛМ са по-ниски, в сравнение с тези за черните пенни филми от DPPC, което определя съществуването на метастабилни БЛМ от DPPC. Тези резултати са важни за разбирането процеса на “сливане” на биологичните мембрани - наличието на метастабилни и термодинамично стабилни състояния.

Направен е теоретичен анализ на експериментално наблюдаваното влияние на типа на тънкия течен филм (обикновен, обикновен черен и нютонов черен) върху скоростта на изтичане на пенни системи, съставени от тези филми [3,30]. Предложен е теоретичен модел, който за пръв път отчита влиянието на преходна зона между филмите и каналите на Плато.

Анализирана е ролята на тази зона върху процесите на изтичане на пенни системи, съставени от различни по тип пенни филми. Резултатите показват че, при пенните системи, изградени с обикновени черни филми, в преходната зона филм/канал се блокира част от течността и тя не участва в изтичането. Направен е изводът, че това явление води до по-бърз синерезис в сравнение с пените, изградени от нютонови филми, при които преходната зона е с пренебрежими размери и не влияе на скоростта на синерезис. Особено внимание в моделирането е отделено на параметрите, които обясняват зависимостта на синерезиса, както от типа на филма, така и от контактния ъгъл между филма и преходната зона. Теорията дава възможност за свързване на свойствата на филмите с промените в течното съдържание на пенни системи и тяхната стабилност. По-нататъшното развитие на моделните изследвания в това направление ще позволи количествено охарактеризиране на пените и тяхната стабилност в различни случаи от приложно значение в хранителната, флотационната и обогатителна индустрия [3,30].

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

Трудовете на д-р Николов са получили ясно изразена положителна оценка и признание от научната общност в чужбина, показател за което е положителното и широкото им цитиране в специализираната научна литература. Представена е справка за забелязани, до предаването на конкурсните материали, на общо 50 цитати на 29 публикации, като почти всичките (с изключение само на 2 цитата) са от чуждестранни автори в международни списания, една книга ( Ed.T.Tadros, WILEY-VCH VerlagGmbH&Co, 2006) , две енциклопедии (Encyclopedia of Surface & Colloid Science, M.Dekker 3149, 2002; Encyclopedia of Surface & Colloid Science, M.Dekker3149, 33535, 2006) . Така, и по показателя „цитирания от чуждестранни автори“, кандидатът надхвърля препоръчителните изисквания (20 цитати) на чл. 11(1) от Правилника на ИФХ-БАН за придобиване на научни степени и заемане на академични длъжности.

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

Нямам критични бележки към трудовете на кандидата. Те са публикувани основно в най-реномираните научни списания.

## **7. Лични впечатления на рецензента за кандидата**

Познавам д-р Николов от неговото постъпване в ЦЛО-БАН. Присъствала съм на докладите му на конференции и пред “Колоквиума по Физикохимия на повърхностите и дисперсните системи”, към които е проявяван голям интерес.

През последните години д-р Николов изнесе и няколко доклада пред Колоквиума на секция “Повърхности и колоиди”, които го представят като успешен специалист с много добра научна подготовка, висока квалификация и сериозни научни постижения в своята област.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Считам, че цялостното научното творчество и научни резултати, специфичните умения и способности, преподавателската, допълнителните дейности от общообщоинститутско значение, както и личните впечатления от кандидата, ми дават основание убедено да препоръчам на Уважаемото научно жури по конкурса на ИФХ-БАН да присъди на д-р Любомир Николов академичната длъжност „доцент по физикохимия“.

21.09.2012

РЕЦЕНЗЕНТ:

/доцент д-р Лидия Александрова/