

# РЕЦЕНЗИЯ

по дисертация за присъждане на образователната и научна степен “доктор” в област на висше образование 4. Природни науки, математика и информатика, професионално направление 4. 1. Физически науки, научна специалност 01.03.25 “Структура, механични и термични свойства на кондензираната материя” написана от Николай Николаев Зографов, катедра “Физика на твърдото тяло и микроелектроника”, Физически факултет на СУ “Св. Климент Охридски”

Рецензент: проф. дмн Николай К. Витанов, Институт по механика – БАН

## 1. Актуалност и състояние на изследванията, свързани с темата на дисертацията. Цели на дисертацията

Дисертацията е посветена на разработка на метод за възбуждане на резонансни трептения на висяща течна капка и на използването на тези трептения за определяне на параметри на капката и за изследване на свойствата на интерфейса течност – въздух на капката. Научните въпроси, свързани с определяне (и променяне) на свойствата на интерфейса между течност и газ са силно актуални в съвременните изследвания в областта на механиката на флуидите и физическата химия, тъй като капките и техните повърхности, както и взаимодействия на капки с околната среда възникват при анализа и проектирането на различни технически системи от голямо значение както за бизнеса, така и за удобствата на съвременния живот на хората. Изследванията в дисертацията класифицирам като експериментални и едно много добро описание на текущото състояние в съответната област (възбуждане на резонансни трептения на висяща капка и тензиометрията на основата на висяща капка), са описани в параграфи 1.3 и 1.4 на дисертацията.

Целите на дисертацията са 4 и са дефинирани в параграф 5 на глава 1 на дисертацията както следва:

- Да се разработи резонансна тензиометрична методика с електрично възбуждане на динамичните и статичните свойства на интерфейса течност – въздух.
- Да се изследват възможностите за получаване на информация за еластичните и вискозни свойства на течността чрез измерване на  $Q$  – фактора на резонансната крива.
- Да се изследва възможността резонансните осцилации да се използват, от една страна, като сензор на повърхнинно напрежение и от друга страна, като средство за манипулиране свойствата на интерфейса течност – газ.
- Да се реализират конкретни приложения на разработената резонансна тензиометрична методика.

## 2. Обща методика на извършените изследвания

Предложената дисертация е на основата на експериментални изследвания и се състои сумарно от 111 страници (без заглавната страница и страницата, съдържаща благодарност към научния ръководител). Приложената методика в извършените изследвания е разработване на експериментална установка за възбуждане на резонансни трептения на висяща капка посредством променливо електрично поле и използване на тази установка за извършване на експериментални изследвания по определяне на параметри на капки и изследване на интерфейса течност – газ. На основата на експерименталните изследвания са направени и теоретични разглеждания, като например статистическо изследване на точността на тензиометричния резонансен метод за полусферична капка и развитие на

теоретичен модел за оценка на парциалното налягане на динамиката на парите.

### **3. Съдържание на дисертацията и научни приноси**

Добро впечатление прави фактът, че дисертацията е ясно написана. Поради това читателят може да се ориентира добре за приносите на кандидата. Дисертацията се състои от увод (въведение), пет глави, глава, съдържаща основните приноси на дисертацията, литература и описание на публикации, цитирания и друга информация, свързана с автора на дисертацията. Няма заключение, но поне аз не се нуждая от такова, за да напиша заключителната част на тази рецензия.

В уводната глава са дадени кратки (но достатъчни за разбирането на материала на дисертацията) сведения за свойствата на интерфейса течност – въздух (като например е обяснена капилярната дължина и числото на Бонд), разказано е за резонансните честоти на сферична течна капка, за методите за възбуждане на резонансни трептения на висяща капка и за тензиометричните методи, базирани на висяща капка, като особено внимание е обърнато на метода на Майер и неговите недостатъци, които вероятно са един от факторите за разработване на експерименталния метод, описан в дисертацията. Интересен е параграф 5 на глава 1, където е дадена информация за целите и актуалността на дисертацията и е описано съдържанието на дисертацията по глави. Човек очаква да намери такова описание в началото на дисертацията, но пък наличието му в края на първа глава е полезно от гледна точка на това, че читателят по-лесно помни, какво го очаква в следващите глави на дисертацията.

Във втора глава на дисертацията са описани принципите на експерименталната установка, с която е изследвана осцилираща висяща сферична капка. Изложението в тази глава е написано разбираемо и читателят бързо схваща как се възбуждат трептенията на капката с нееднородното, но симетрично електрично поле, показано на фиг. 2.1 в дисертацията. Следва описанието на експерименталната установка и оптичната система за регистрация на трептенията на капката, като добре е обосновано какви са предимствата на регистрационна система с използване на широк (по-широк от диаметъра на капката) лазерен сноп. Описани са начини за определяне на резонансната честота на висяща капка. В трета глава на дисертацията са описани начини за възбуждане на основен и ротационен резонансен мод на висяща капка чрез електрично поле и започват да се разглеждат приложенията на разработената методика за възбуждане на резонансни трептения за изследване на свойствата и параметрите на интерфейса течност – газ на трептящите капки. Отбелязвам, че разработеният метод предлага някои доста интересни възможности за изследвания, каквато е например изследването на воден разтвор на електролити. Един такъв разтвор на електролит е изследван и е показано, че при определени условия (понижаване на температурата и действие на електрично поле), свойствата на интерфейса на капките от такъв разтвор се променят (по-конкретно при намаляване на температурата се наблюдава повишаване на резонансната честота, съответстваща на нарастване на повърхностното напрежение), тъй като е налице адсорбция на йони в интерфейса и при това анионите се адсорбират по-лесно от катионите. В параграф 4 на трета глава е описано пресмятане на повърхнинното напрежение на висяща капка чрез разработения резонансен метод за измерване на резонансната честота на основния резонансен мод на капки от воден разтвор на етанол и оценяване на повърхностния заряд чрез опростен модел. Така, от формулата на Рейли при измерване на честотата на основния резонансен мод, веднага може да бъде определено повърхнинното напрежение за съответната капка.

В четвъртата глава на дисертацията се измерва Q-факторът, свързан с резонансната честота на висяща квазисферична капка. Този фактор се свързва с еластичните и вискозни параметри на капката чрез модел, описан на страници 59 и 60 от дисертацията. Q-факторът може да бъде измерен чрез разработената от дисертанта методология и същевременно може да се изследва зависимостта на този фактор от температурата, което води и до определяне на зависимостта на еластичните свойства на капката (еластичният коефициент от ф-ла (4.4)) и на вискозитета на веществото на капката от температурата. Резултатът за водни

капки е, че с намаляване на температурата и елестичният коефициент и вискозитетът нарастват, като нарастването на елестичния коефициент е по-бързо от нарастването на вискозитета. В допълнение са изследвани концентрационната зависимост на вискозитета и коефициента на еластичност на капки от воден разтвор на глицерол. Оказва се, че коефициента на еластичност расте твърде бързо при увеличаване на концентрацията на глицерол в разтвора (както се вижда от фиг. 4.5 нарастването е около 14 пъти при увеличаване на концентрацията на глицерол във водния разтвор от 30% на 80 %). Последната част на главата е посветена на изследване на вискоеластичните свойства на капки, съдържащи натриев додецилсулфат с добавен електролит (калиев хлорид). Отчита се нарастване на Q-фактора при нарастване на концентрацията на калиевия хлорид, което се свързва с увеличаване на елестичността на разтвора под влияние на йоните на електролита, които съдействат за засилване на междумолекулните връзки на повърхнината на капката.

Глава 5 е посветена на резонансните осцилации на полусферична капка. Сферичната капка, използвана в предишните глави, тук е заменена от полусферична, за да се направи разработваният в дисертацията метод по-универсален. По този начин се избягва наличието на корекционен параметър, зависещ от граничните условия (отчитащи влиянието на контактната повърхност върху резонансната честота във формулата на Рейли, която е строго валидна за идеално сферична капка и трябва да се коригира за реалните висящи капки, които не са идеално сферични вследствие на нуждата си да висят на нещо, което има контактна повърхност с капката). Ефектът на контактната повърхност върху резонансната честота на сферична капка е подробно разгледан в параграф 2 на глава 5 на дисертацията. Подобрената експериментална установка за работа с полусферична капка е показана на фиг. 5.3 в параграф 3 на глава 5 на дисертацията. Подобренията са в електродите, които позволяват формиране на полусферична капка, в системата за формиране и контрол на капката и в софтуера, чрез който се измерва геометрията на капката. Всеки един от двата развити метода за измерване (на основата на сферична капка и на основата на полусферична капка) има своите предимства и недостатъци, които се обсъждат в параграф 4 на глава 5 на дисертацията. Сумарният резултат от това обсъждане е, че методът на основата на сферична капка е по-подходящ за измерване на Q-фактора, а методът на основата на полусферична капка – за измерване на резонансната честота и оттук за определяне на повърхностното напрежение на капката.

Шестата глава на дисертацията е посветена на различни аспекти и приложения на експерименталната методология, развита на основата на резонансните колебания на полусферична капка. Обсъжда се грешката при определяне на повърхностното напрежение и се получава резултат, че тази грешка не следва да надвишава 2% (което е много добро постижение, като се има наум, че в механиката на флуидите, човек се радва, ако може да сведе грешката до 10%). Такава грешка от 10% (за повечето течности) се получава при определяне на ширината на резонансната крива. Така, разработеният метод дава възможност за измерване на повърхностно напрежение в реално време и грешка до 2%. В параграф 2 на глава 6 на дисертацията се описва експериментална установка за изследване на адсорбция на газове в интерфейса вода-въздух. Тази установка е съпроводена от теоретичен модел за оценка на динамиката на парциалното налягане на изпаряваща се в затворен съд капка, описан на страници 86 – 88 от дисертацията. Основните елементи на този модел са формули (6.7), (6.8) и (6.13), чрез които могат да се оценят приносите на парциалното налягане и адсорбцията за промяната на повърхностното напрежение на капката. Методологията е приложена към интерфейс вода - пари на ацетон или пари на хлороформ. Освен адсорбцията е показано и наличие на десорбция от интерфейса и то по два механизма – чрез изпарение и чрез дифузия в обема на течността при голяма концентрация на адсорбираните газови молекули. Накрая на главата са дадени и резултати за промяна на повърхностното напрежение на водна капка под влияние на цигарен дим.

#### **4. Постигнати ли са целите на дисертацията. Критични бележки**

На основата на изложеното в предишната точка 3, констатирам, че целите на

дисертацията, изброени в точка 1 на рецензията, са постигнати. Приемам за приноси на дисертацията приносите, изложени на стр. 97 – 99 на дисертацията. Обикновено в рецензиите се излагат и критични бележки, доста от които са свързани с правописа на дисертацията. Тъй като и аз съм имал доста правописни грешки по моите дисертации, за които са ми писали критични бележки, че и списъци на грешките, аз обикновено не обръщам внимание на такива грешки. Дисертацията е написана добре. Което ми се видя странно е липсата на заключение и това, че описанието на дисертацията е в края на първа глава. Но това не е попречило на кандидата да напише качествена дисертация.

#### **5. Преценка на публикациите по дисертационния труд. Общ и персонален импакт фактор. Забелязани цитирания. Лични впечатления от докторанта**

Публикациите на дисертанта, свързани с дисертацията са 7, като 6 от тях са статии в реферирани научни списания и 1 е публикация в сборник на международна конференция, проведена се в чужбина. 4 от статите са публикувани в чужбина, а останалите в България. Трите списания, в които са публикувани тези 4 статии, са с импакт фактор. Така кандидатът покрива изискванията за получаване на степента на Физически факултет на СУ „Св. Климент Охридски“, а именно – има повече от изискваните 3 публикации, всичките статии, публикувани в чужбина са в реномирани списания и в една от тях кандидатът е първи автор. Налице са и 4 цитирания на публикациите. Авторефератът отговаря на съдържанието на дисертацията. Смятам, че публикационната активност на кандидата е достатъчна за подкрепа на положително решение по присъждането на образователната и научна степен доктор.

Лични впечатления от докторанта и неговата работа нямам, тъй като никога не съм се срещал с докторанта.

#### **6. Заключение**

И така, в заключение ще отбележа, че изследванията в рецензираната дисертация на Николай Зографов са посветени на актуални въпроси от областта на механиката на флуидите, свързани с конкретни задачи за изследване на параметрите и поведението на интерфейса течност – въздух във висящи капки. Освен значение за науката тези експериментални изследвания имат и значение за практиката, тъй като системи с капки и системи с разнообразни интерфейси са доста разпространени при производствата на продукти на химическата промишленост. Кандидатът е подготвен да решава експериментални задачи, свързани с капки и интерфейси и моето впечатление е, че се е справил много добре с експерименталната задача за изследване на интерфейсни явления във висящи капки на основата на възбуждане на резонансни трептения чрез променливо електрично поле. Мнението ми е, че кандидатът притежава задълбочени знания в областта на експерименталните изследвания на интерфейсни явления и достатъчно разбиране, за да осъществява успешна самостоятелна изследователска дейност в бъдеще. Поради гореизложеното поставям положителна оценка на представения ми за рецензиране дисертационен труд и подкрепям присъждането на образователната и научна степен „Доктор“ на кандидата Николай Николаев Зографов.

София  
10 декември 2016 г.

Рецензент:  
/проф. дмн Николай К. Витанов/