



Българска академия на науките  
Институт по физика на твърдото тяло  
"Академик Георги Наджакков"



Ганка Стоева Камишева

**РАННИ ПРОУЧВАНИЯ ПО  
ФИЗИКА НА КОНДЕНЗИРАНАТА  
МАТЕРИЯ В БЪЛГАРИЯ  
(1889 – 1945)**

**АВТОРЕФЕРАТ**

на дисертация за присъждане на образователната и научна степен  
"Доктор"

**Специалност: Електрични, магнитни и оптични свойства на кондензираната материя**

**Рецензенти:**

*Проф. дфн И. Лалов*

*Проф. дин А. Костов*

Дисертацията се състои от 162 страници, 7 фигури, 1 таблици и 844 цитирани литературни източника. Дисертационният труд е обсъдан и насочен за защита от разширен институтски научен семинар на Института по физика на твърдото тяло “Акад. Георги Наджаков” – БАН, състоял се на 15 януари 2015 година (<http://www.issp.bas.bg>).

ISSP-BAS-2015-PhD0016

Защитата на дисертационния труд ще се състои на 20 май 2015 г. от 11 часа в зала 300 на Институт по Физика на Твърдото Тяло “Акад. Г. Наджаков” – БАН, бул. “Цариградско шосе” 72, пред научно жури в състав:

*Вътрешни членове:*

1. акад. Александър Георгиев Петров
2. доц. д-р Мариана Кънчева Кънева

*Резервен член:* доц. д-р Румяна Антонова Пеева

*Външни членове:*

1. проф. дфн Иван Йотов Лалов – Физически факултет, СУ
2. проф. дин Александър Григоров Костов – Институт по балканистика, БАН
3. проф. дфн Ренна Бориславова Дюлгерова – пенсионер

*Резервен член:* проф. дфн Никола Петков Балабанов – Пловдивски университет

## УВОД

Най-рано познатите подредени структури са кристалите. Те са предмет на минералогията от 17 до последната четвърт на 19 век. Физиката на кристалите става самостоятелна област след откриването на пиезоелектричеството (1880) и закона за връзката между симетрията на кристалната решетка и физическите им свойства. Структурата на кристалите е потвърдена експериментално чрез рентгеноструктурен анализ през 1912 година. Изучаването на полупроводници като германия (Ge) и силиция (Si) обособяват физиката на твърдото тяло в самостоятелен раздел през 30-те години на 20 век (1928–1931). Когато през втората половина на 20 век течните кристали, които изграждат меката материя, стават обект на изследване във физиката на твърдото тяло тя се превръща във физика на кондензираната материя. Понятието физика на кондензираната материя е въведено в Кавендишката лаборатория на Кеймбриджския университет (1967). В България физиката на твърдото тяло възниква институционално през втората половина на 20 век.

Настоящата работа представлява документално проучване върху историята на физиката на кондензираното състояние на материята в България. Писмените паметници върху камък, папирус, кожа или хартия са вид извори. Носителите на информация с научно, учебно и популярно съдържание от отминали епохи също са извори. Една от задачите на историка на физиката е да разграничи научните от учебните и популярни доказателства (извори). Експерименталните проучвания на българските университетски преподаватели в областта на физическите науки са обект на изследване в настоящия труд.

Документално е изследван периодът от 1889 до 1945 година. Долната историческа граница е избрана, защото до 1889 година в България институционално не съществуват условия за научен физически експеримент. Едва когато Висшето училище в София открива Физико-математическо отделение и оборудва първата университетска изследователска физическа лаборатория са създадени условия за експериментални научни изследвания в областта на физическите науки. Изборът на горната граница е свързан с това, че през 1946 година започва изграждането на втори експериментален научен център в областта на физическите науки към Българската академия на науките.

През разглеждания период в Софийския университет са положени основите на шест физически катедри, два института (по физика и астрономия) и една специалност физика с магистърска и докторска научни степени. Пет от катедрите са експериментални: по опитна физика (1889), астрономия (1892), метеорология (1918), атомна физика (1919) и техническа физика (1927). Поради отсъствието на теоретична физическа катедра първоначално е създадена обща специалност по математика и физика. След като през 1921 година е поставено началото на катедрата по теоретична физика специалностите физика и математика са разделени с приемането на учебна програма за специалността физика. До края на Втората световна война всички експериментални физически катедри са обединени във Физически институт, който осигурява лабораторната база за тяхната експериментална дейност [M5]. Предмет на настоящото изследване е класифицирането на научните постижения на български учени в областта на експерименталната физика.

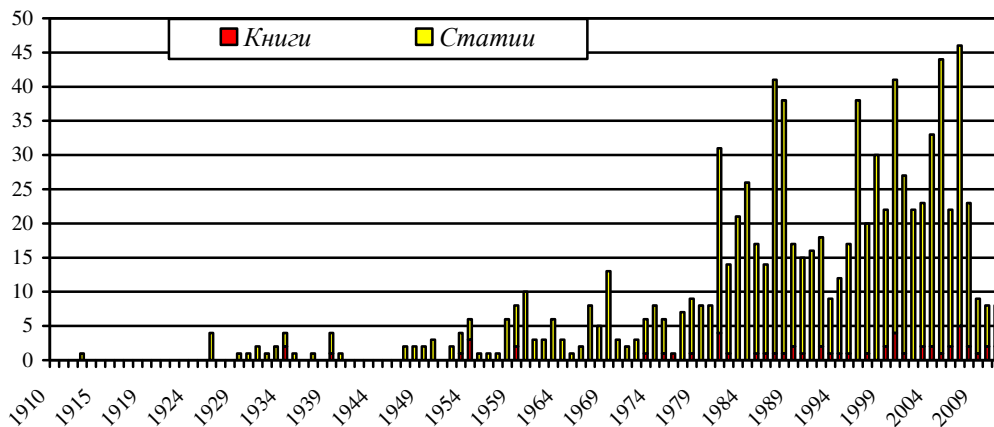
Българската академия на науките чества 145 годишнина (1869), а Физико-математическият факултет при Софийския университет “Св. Климент Охридски” 125 години от създаването си (1889). Това са единствените учреждения за научни

изследвания по физика на кондензираната материя в България до 1945 година. Значимостта на тяхната история прави актуално настоящото изследване.

Уводната първа глава очертава теоретичната рамка на настоящото разглеждане върху основата на чужди публикации за историята на физиката на кондензираната материя в България. Посочени са целите, задачите и организацията на дисертацията. Втората глава разглежда историческите методи, приложени върху обекти от областта на физиката. За извори са използвани документи и публикации, които носят информация за физиката в България през разглеждания период. В третата глава са описани създадените от българските физици апарати и методи. Четвъртата глава разглежда регистрираните от тях нови физически явления и ефекти. Петата глава представя новите термини, въведени от Георги Наджаков за откритото и създадено от него перманентно фотоелектретно състояние на материята. Дисертацията завършва с приносите на автора.

Получените резултати по темата на дисертацията са изнесени в 10 доклада [Д1–Д10] и са отпечатани в 6 статии в сборници [М1–М6], 8 статии в списания [М7–М14] и един исторически филм на български [Ф1] и английски [Ф11] език.

Към историята на физиката проявяват интерес много физици в България. Първоначално публикациите по история на физиката са библиографски и институционални изследвания. Броят им нараства значително след 1989 година (фиг. 1). До 1989 година в България са отпечатани 24 книги и 395 статии по история на физиката, а от 1989 до 2012 година броят на отпечатаните книги е 31, а на статиите 477. Единствената промяна, която се наблюдава е в оценката за научните приноси на Георги Манев [М13]. За историята на физиката в света на български език са отпечатани множество публикации. До голяма степен тези работи популяризират физиката и нейната история и нямат документален характер. В по-голямата си част те са преводни.



Фиг. 1.

Част от историческите публикации за физиката в България са дело на физици, които са работили съвместно и познават добре приносите на своите колеги. Техните работи съдържат точна научна оценка, но слаба историческа аргументация. Работите на Милко Борисов [28], Александър Ваврек и Пенка Лазарова [8] са изключение от това правило. В тях е използван голям обем документален материал. Той обаче не е цитиран, тъй като изворите събрани от Пенка Лазарова в Националния политехнически музей в София не са обработени. Друга група оценки са дело на физици, специализирали в история на науката и философията. Такива са работите на д-р Ц. Софрониева и д-р Н. Сретенова [9]. В тях липсва дълбочина при оценка на научните приноси за сметка на добрата историческа аргументация. Публикациите на

журналистите акцентират предимно върху историческите моменти. Такива са документалните проучвания на Петко Мангачев [23], Искрен Азманов и Митре Стаменов.

Научните изследвания, проведени в България през първата половина на 20 век са добре известни. Поотделно всеки научен резултат е оценен от гледна точка на значението му в тясната област, в която той е получен. Публикациите по физика на кондензираната материя, създадени от български физици през периода от 1889 до 1945 година са разделени по хора и по тематики в съществуващата литература по история на физиката.

**Цел на настоящото изследване** е да предложи и обоснове метод за историческа класификация на ранните проучвания по физика на кондензираната материя в България (1889–1945). За постигането на тази цел е поставен въпросът за критериите, по които научните резултати получени в различни областта на физика на кондензираната материя през разглеждания исторически период могат да бъдат сравнени. Нито един от познатите исторически методи не може да отговори на поставения въпрос.

Хронологията в развитието на едно експериментално откритие във физиката дава няколко основни моменти, които са залегнали в основата на предложената историческа класификация. Първият най-важен момент в историята на научното откритие е умението на учения не само да наблюдава и регистрира, а да осъзнае, че наблюдава или регистрира ново и неизвестно физическо явление или ефект. Поради това в предложената класификация на първо място е поставено 1. регистриране на нов научен факт (първа регистрация на ново научно откритие). Вторият важен момент в историята на научното откритие е свързан с въвеждането на нов термин за обозначаването на неизвестно явление, ефект или състояние, защото той го отделя и разграничава от всичко известно до момента давайки му самостоятелен живот. Поради това в предложената класификация вторият етап се свързва с 2. въвеждане на ново понятие (даване име на научното откритие). Третият важен момент в историята на научното откритие е неговото количествено изследване и описание. Това е може би най-важният и неизменен етап в съвременните експериментални изследвания по физика. Поради това за изясняване същността на научното откритие е необходимо 3. количествено описване (създаване на теория). Последният четвърти изключително значим не само за науката, но и за обществото момент е създаването на приложни продукти. Поради това в предложената историческа класификация хронологически на последно място е 4. приложение на откритието за създаване на нов апарат, материал или метод [M14].

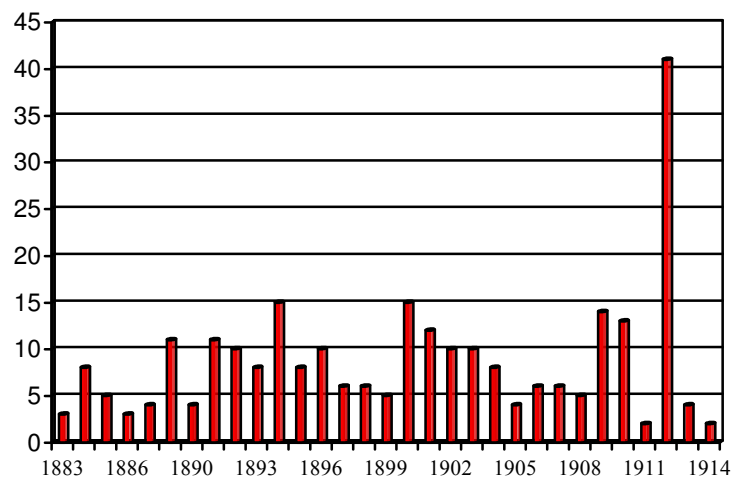
## **СЪЗДАДЕНИ МЕТОДИ И АПАРАТИ**

**Нови методи и апарати** създават през първата половина на 20 век П. Бахметъев, П. Пенчев, Е. Кара-Михайлова, Г. Наджаков и техните асистенти.

### **Термодвойките на Бахметъев**

Порфирий Иванович Бахметъев (26.02.1860–14.10.1913) изследва термодвойките. От съществуващите негови библиографии [И82]; [И121]; [1] е определен броят на публикациите му (272), чието разпределение по години е показано на фиг. 2. Сред тях има 5 книги и 267 статии. В 97,8% от тях Бахметъев е единствен автор. Едва 2,2% (6) от статиите са написани в съавторство с 6 негови студенти. 51,3% (137) от публикациите на Бахметъев са отпечатани на руски език, 35,9% (96) на немски език, 14,2% (38) на български език и 0,4 (1) на сръбски език.

Изследванията на Порфири Бахметъев са в три области: а) термоелектричество и магнетизъм, б) земни електрични токове и в) анабиоза [М7]. Статиите му по термоелектричество и магнетизъм са разгледани в трета глава. Бахметъев започва работа по тази тематика през 1883 година и продължава да пише по нея до 1906 година. В това направление са излезли 81 негови научни публикации. От тях 54,3% (44) са на руски език, 12,3% (10) на немски език и 2,4% (2) на български език. Всички те са отпечатани в 9 списания: 4 немски (*Трудовете на Виенската академия на науките; Zeitschrift fur physikalische Chemie; Annalen der Physik und Chemie; Exners Repertorium der Physik*), 4 руски (*Журнал руского физико-химического общества; Вестник опитна физика и елементарна математика; Електричество, Естесвознание и география*); и 1 българско списание (*Трудове на Българското природоизпитателно дружество*). Изследванията на Бахметъев са предимно самостоятелни 92,6% (75). Колективните работи са 7,4% (6) с четирима студенти (Я. Въжаров, П. Пенчев, Г. Стамболиев и П. Васков).



Фиг. 2. Брой на публикациите на Бахметъев по години

Порфири Бахметъев [М3] поставят начало на физиката на кондензираната материя във физическата лаборатория на Висшето училище в София през 1890 година с изследвания върху термодвойките [М2]. Статиите му имат всички елементи на научно изследване. В тях е изяснен предмета на изследването. Има зададени изследователски въпроси. Посочени са методите и апаратите, с които са извършени измерванията. Резултатите са анализирани, дискутирани и представени в обобщен вид. Всички статии са с цитирана литература.

Общото за експерименталните изследвания на Порфири Бахметъев е, че те изследват физическите процеси качествено. Апаратите, с които са извършени измерванията са самоделно направени. Поради това няма мерни единици на величините, които са измерени с тях. Най-често това са температура (измервана в Целзиеви градуси), ток (даден в скални деления на галванометъра), магнитен момент (определен чрез ъгъла на отклонение на магнитната стрелка) и дължина (в милиметри). Някой от термините, които Бахметъев използва не са конкретни, а общи. Понякога става въпрос за магнитен момент, а друг път за сила на магнитното поле, но и в двата случая е използван терминът “магнетизъм”. Друга особеност на изследванията на Бахметъев по термоелектричество и магнетизъм е, че те съдържат частични резултати от незавършени изследвания. Въпреки всички недостатъци Порфири Бахметъев е опитен и прецизен експериментатор. Забележителното в

неговата експериментална практика е това, че повтаря многократно своите опити и дори говори за грешка при измерванията.

Предмет на изследванията на Бахметьев са термодвойките. Той познава и прилага ефекта на Зеебек, при който ако две части на един проводник имат различна температура между тях протича електричен ток. Отделните части на термодвойката, направени от един и същ метал, са подлагани на механични въздействия (опън или натиск), магнитни въздействия (различна степен на намагнитване), термични и електрични въздействия. Новото, което Бахметьев внася при изследване на термодвойките е използването на проводници от различни метали. Той показва, че магнетизмът и термоелектричеството имат една и съща природа. Бахметьев обяснява магнитното съпротивление с възникването на обратни токове. С помощта на термодвойки са изследвани топлинните, звуковите и деформационните явления при намагнитване.

Апаратите, с които работи Бахметьев са галванометър на Видеман, галванометър на Розентал, реостат, Румкорфова спирала или индукционна бобина (електромагнит), магнитометър и елементи на Даниел (акумулаторни батерии). Бахметьев използва чисти вещества (желязо, никел, платина, сребро) и техни смеси с живака (амалгами).

Преди да се установи в България през 7 годишния период когато учи и работи в Цюрих (1883–1889) Бахметьев публикува 37 статии само на руски език. В 4 от тях са разгледани създадените от него нови методи и апарати. От останалите 33 статии изследванията му по две теми (върху заряда на газовете [И34] и магнитното звучене [И15]; [И38]) са извършени само в Цюрих.

**I.** Единствената статия, която не е свързана с по-нататъшна изследователска работа на Бахметьев е за **влияние на електрическата искра върху заряда на газовете**. В нея се предполага съществуването на втора алотропна форма на кислорода, нарича антиозон. Опитите му във въздух, CO<sub>2</sub>, водород, кислород и светилен газ са неуспешни [И34].

**II.** Втората тема, на която Бахметьев посвещава в Цюрих три статии е върху **звуковите явления при намагнитване**. Магнитното звучене е открито през 1838 година от Г. Е. Паж. То представлява възникване на звук при намагнитване на пръчка от феромагнитен материал с електрически ток, който се прекъсва със звукова честота [М2]. Бахметьев смята, че звуковите явления при намагнитване се дължат на промяна в размерите на тялото [И2]. Той сравнява магнитното звучене при железни и никелови пръчки, подложени на механично разтягане или свиване [И15, И38].

Преди да дойде в България Бахметьев няма научна публикация в Европейско списание. Първите му 4 статии на немски език излизат през 1890 година. У нас той продължава започнатите в Цюрих изследвания върху термодвойките. Първата му статия е изпратена още през есента на 1890 година, а на следващата 1891 година излизат 9 негови научни съобщения – 4 на руски език в Списанието на руското физико-химическо дружество и 5 на немски език.

Порфири Бахметьев разширява изследванията върху термодвойките, започнати в Цюрих. Във физическата лаборатория на Висшето училище в София той отпечатва нови (46) статии върху техните (№ III) магнитни, (№ IV) топлинни, (№ V) термоелектрични, (№ VI) механични и (№ VII – IX) други свойства.

**III. Магнетизмът** е най-важната тема, по която се смята че Бахметьев има принос. Тя е разглеждана в 8 публикации. В статията **магнитен момент на железни проводящи снопове** [И1] Бахметьев доказва, че снопове от железни жици с еднаква

дължина и маса, намагнитени в едно и също магнитно поле, придобиват по-голям магнитен момент, когато са съставени от по-тънки жици. В статията *магнетизъм на железни проводници, затворени частично в намагнитващата спирала* Бахметъев свързва понятието “магнитна проводимост” със “съпротивлението, което предизвикват молекулните сили на въртене на частиците около тяхната точка на равновесие” [И5].

Първата научна статия, създадена във Физическа лаборатория на Висшето училище от Бахметъев през месец октомври 1890 година е върху *Някои явления на остатъчен магнетизъм* [И47]. Тя е публикувана и на руски език през 1883 година [ИЗ]. Той изследва изменението на температурата на някои феромагнитни материали при намагнитване спрямо удължението на образците и описва нов метод за намаляване или пълно компенсирание на остатъчния магнетизъм чрез индукционни токове. Направен е извода, че остатъчният магнетизъм не е напълно еднакъв при линейни и пръстеновидни електромагнити.

Бахметъев дава отговор на въпроса *променя ли магнетизма структурата на телата* през 1892 година [И55]. Статията е продължение на започнато в Цюрих изследване [И17]. Той смята, че намагнитването не променя структурата на телата и изказва две хипотези. Според първата “ядрата на молекулните магнити се намират в тялото неподвижни и при намагнитване се завърта само соленоида на амперовите токове обвиващ ядрото на молекулярния магнит”. Втората хипотеза допуска че “се въртят и ядрата, но тогава те имат еднакви три измерения” [И55].

**IV. Топлинните явления на магнетизма** [И4] Бахметъев започва да изследва в Цюрих. Първоначално проучва зависимостта на нагриването при прекъснато намагнитване от силата на намагнитващия ток. Опитите са извършени с растягане и свиване на проводници от твърдо желязо.

В статията *Зависимост между диамагнетизма и топлината на топене на телата* Бахметъев изучава магнитните свойства на някои химични елементи. Установено е, че има обратно пропорционална зависимост между диамагнитните свойства и специфична топлина на топене при химическите елементи Bi, Sb, Zn, Sn, Cd, Pb, Ag, Cu, Au, Ur, Ir, W. Изводът е, че “температурата” влияе различно върху свойствата на изследваните елементи [И9].

Статията за *магнитната топлина на разтегнати железни и никелови проводници* е изпратена през октомври 1891 от името на Физическата лаборатория на Висшето училище в София. В нея Бахметъев обяснява различните свойства “на намагнитеното желязо и никел” “с изменение размерите на проводника при намагнитване”. За да отговори на въпроса не се ли дължи и магнитната топлина на промяната в размерите на телата при прекъснато намагнитване Бахметъев използва разтегнато желязо и никел. “Заклучението е, че при опитите с железни проводници топлината в желязото при прекъснато намагнитване не може цялата да се дължи на изменение размера при намагнитване” [И54].

Първото студентско научно изследване във Висшето училище в София е озаглавена *калориметрични изследвания на колоидно сребро*. Резултатите от него са изпратени за печат в края на февруари 1893 година. В статията П. Бахметъев и П. Пенчев изследват една от алотропните форма на среброто, открита през 1889. Тя има цвета на златото, но го загубва след известно време. За да отговорят на въпроса дали това са колоидни или кристални разтвори на среброто авторите допускат, че среброто образува молекулни комплекси с различен брой молекули. Материалите с които са правени изследванията не са чисти. Авторите не са наясно с химическия състав на



примесите в изследваното сребро, което сами са си приготвили. Съдейки по електропроводността на среброто с жълт цвят, те не успяват да отговорят категорично на въпроса дали среброто е алотропна модификация или колоид [И65].

**V. Термоелектричеството** е разгледано в 19 статии. Бахметьев представя **термоелектричеството като функция на молекулната структура**. Той смята, че опити с термодвойка от два различни метала не са правени, поради което запоява крайщата на два различни метала (например мед и желязо), а мястото на спойката нагрива. Още по-силен ток се получава според него когато към двата края на един от проводниците бъдат запоени различни метали и едната спойка бъде загрята, а другата охладена. Използвано е желязо, кобалт, никел, цинк, мед, калай и олово. Бахметьев свежда изменението на посоката на тока до механично въздействие в резултат на промяна в молекулния обем. Влиянието на магнетизма върху термоелектродвижещата сила също е сведено до механично влияние. Според Бахметьев *“термоелектрическите явления са в същност и явления магнитни”* [И20].

В статията **термоелектрически изследвания** Бахметьев изучава влиянието на разтягането и свиването върху магнитните свойства и установява, че *“магнетизмът”* на желязото при свиване намалява, а при разтягане се увеличава до определена степен след което започва да намалява. В тази статия Бахметьев изказва предположението, че съществуват обратни токове [И35]. Изследването не е доведено до край, тъй като при направените опити с 22 термодвойки в два от случаите (FePb и CuNi) е наблюдавано изключение от правилото. Въпреки това Бахметьев публикува резултатите за сведение.

**Причина за влиянието на намагнитването върху термоелектричните свойства на желязото и никела** е статия, написана в София през март 1891 година. В нея Бахметьев дава отговор на въпроса има ли обща причина между посоката на тока при ненамагнитени и надлъжно намагнитени проводници и посоката на тока в двойка, състояща се от неразтегнати и разтегнати проводници. Според Бахметьев при желязото и никела влиянието на разтягането е аналогично на намагнитването. Той смята, че вероятната причина е *“изменението на разстоянието между молекулите”*. Допуска, че влиянието на намагнитването върху термоелектрическите свойства може да бъде отслабено и сведено до нула [И45].

**Влияние на намагнитването върху термоелектричните свойства на желязото и никела** е статия, изпратена през април 1891 година от името на Физическа лаборатория на Висшето училище и отпечатана на немски език [И50]. Неправилно се смята, че тя е първата статия с името на Физическата лаборатория на Висшето училище.

В статията **термоелектрични свойства на паладия** [И68] Бахметьев дава отговор на възраженията срещу опитите му да обобщи термоелектричните явления чрез периодичната система на химическите елементи [2].

Бахметьев започва в България нова тема върху амалгамите през периода от февруари до юли 1891 година. В статията **термоелектрични свойства на амалгамите** той си поставя за цел да докаже че различието в термоелектричните свойства зависи от степента на раздалечаване на молекулите му. И в тази работа Бахметьев бърза да публикува частично получените до момента резултати, защото се сблъсква със странични ефекти, които не успява да изучи или чието изучаване не е ясно кога ще завърши. Той разделя амалгамите на нормални (които в термоелектричния ред се намират между живака и съответния метал) и такива, които не се подчиняват на това правило. Към първата група са отнесени цинковата,

калаената, оловната, кадмиевата и медната амалгами, а към втората група талиевата, магнезиевата, натриевата и бисмутовата амалгами [И48].

Друго студентско изследване на тема **термометрични изследвания на амалгами** е изпратено за печат през април 1893 година от Бахметъев и Янаки Въжаров. Амалгамите представляват разтвор на метал в живак. Разтворът може да е химическо съединение (меркурит) или механична сплав (твърда или течна). Твърдата амалгама се състои от различни кристални модификации, които са временни. Тяхното присъствие обяснява промяната в електропроводността на амалгамите с течение на времето. Авторите разделят амалгамите на 2 категории: с правилен ход на охлаждане (магнезиева, цинкова и оловна) и с неправилен ход на охлаждане (калциева и натриева). Резултатите показват, че с изключение на натриевата и кадмиевата амалгама при всички други амалгами кривата на охлаждане не показва рязка точка на втвърдяване [И67].

През 1906 година Бахметъев се връща към темата за **термоелектричеството и периодичната система на химическите елементи**. В нея той доказва че знакът на термоелектродвижещото напрежение между жици от два елемента от един ред на периодичната система периодично се сменя с увеличение на разстоянието между елементите в таблицата на Менделеев [И180].

**VI. Механичните влияния** са разгледани в 4 публикации. В статията **Влияние на линейното свиване върху магнетизма на железни, стоманени и никелови пръчки** Бахметъев изследва намагнитването на пръчки от желязо и никел. Той установява, че при едностранно свиване или разтягане промяната на намагнитването е значителна като при желязото и никела е с противоположен знак [И8].

**Влияние на линейното напрежение на проводниците върху термоелектрическите им свойства** е статия изпратена от Бахметъев от Физическата лаборатория на Висшето училище през март 1891 година. Бахметъев установява, че в две железни или никелови жици намагнитването на едната създава термоелектрическо напрежение със същия знак както и разтягането ѝ [И46].

Бахметъев изпраща статията **влияние на линейното свиване на проводниците върху техните термоелектрически свойства** през юли 1891 година. В нея е показано, че влиянието на свиването върху термоелектрическия ток при изследваните метали е много слабо с изключение на никела, където токът е около 40 пъти по-силен отколкото при среброто [И49].

Бахметъев изследва **специфичната топлина на топене на амалгамите** от декември 1892 до март 1893 година заедно с Янаки Въжаров. Авторите изследват бисмутови и магнезиеви амалгами. Те обясняват аномалиите в специфичната им топлина на топене с наличието на химически съединения. Допускат съществуването на химическото съединение  $MgHg_4$  в магнезиевата амалгама и  $BiHg_{38}$  в бисмутовата амалгама [И64].

**VII.** През април 1893 година Бахметъев изпраща за печат статия, озаглавена **специфично тегло на бисмутови и магнезиеви амалгами**. В нея той пише, че бисмутовите и магнезиевите амалгами притежават изключителни свойства, които се дължат на тяхната химическа природа. Те трябва да се разглеждат като химически съединения с определена формула [И66].

През януари 1894 година Бахметъев изпраща за печат статията **физически свойства на кадмиевите амалгами**. В нея той твърди, че кадмиевите амалгами имат по-малък обем от обема на съставните им части. Установява, че относителното тегло на кадмиевите амалгами с различна концентрация при температура над  $55^{\circ}$  е по-

малко от изчисления сбор на съставните части. Смята се, че в сместта има две съединения на кадмия с живака [И78].

**VIII.** От април до септември 1893 година Бахметъев изследва *някои физически свойства на медния сулфат*. Той установява, че при някои амалгами зависимостта на термоелектровъзбудителната сила от концентрацията е правилна, а при други амалгами тази зависимост е неправилна, което авторът обяснява с наличието на химическо съединение с живака. Авторът си задава въпроса дали меркурита е смес от химическо съединение и живак  $MgHg_x + Hg_{4-x}$ . Той изучава свойствата на кристализационната вода в медния сулфид за да отговори на въпроса дали кристализационната вода има различни физически свойства в сравнение с обикновената вода [И69].

**IX.** През 1895 година Бахметъев и студента Г. Стамболиев публикуват две статии, първата от които е върху *електрични токове, получени при нагряване на еднородни метални проводници*. В нея е разгледано съществуването на електрически токове на нагряване при еднородни метални проводници, които не могат да бъдат обяснени с термоелектрични токове в тесния смисъл на думата. Според авторите токът на нагряване е сума от различни токове: “*деформационни, термомагнитни, токове на последствие*” [И84]. Бахметъев свързва токовете на нагряване с електрическата поляризация. Той съобщава, че някои специалисти в Европа са изказали възражения срещу статията. Едно от най-важните възражения е направено от Е. Ринке от Гьотинген в частно писмо от 30 януари 1895 година. В своя отговор на критиките [3] Бахметъев признава известно влияние на намагнитването на магнитни материали върху големината на токовете на нагряване.

*Електрически токове, получени в резултат на охлаждане на разтопени метали* е втората тема, по която работи студента Г. Стамболиев от януари до април 1895 година под ръководството на Бахметъев. В нея е показано, че съществуват токове на кристализация и агрегатни токове. Направен е изводът, че при охлаждане на разтопения метал се появяват токове, които зависят от агрегатното състояние на метала. Авторите наричат токовете при втвърдяване на метала агрегатни токове. Те смятат, че има ток на охлаждане на твърдия метал и ток на охлаждане на течния метал. Направен е изводът, че токът на охлаждане се причинява от промяната в обема на метала [И85].

Порфири Бахметъев описва в 12 статии (4 създадени в Цюрих и 8 в София) нови демонстрационни опити и апарати. Сред тях са телефотографът, прибор за автоматично запалване и гасене на газови фенери (патентован в Германия, Австрия, Русия, Белгия, Англия, Италия, Франция и Америка), саморегулиращ се кондензатор, “*нов каплярен галваноскоп*” [И57], “*прибор за демонстриране на Джаулова топлина*” [И60], “*електрически ареометър*” [И61] и “*прибор за обяснение действието на електрическата машина*” [И62].

Направил ли е Бахметъев научно откритие? Той ли е откривателят на магнитното съпротивление. Отговорът не може да бъде положителен като се има предвид, че в нито една от публикациите на Бахметъев няма дори и намек за такова твърдение.

## **Радиометричните апарати и методи на Пенчев**

Петър Бенев Пенчев (18.01.1873–1956) завършва специалност физика и химия във Физико-математическия отдел на Висшето училище в София през 1894 година, специализира във Виена (3 месеца) в областта на земния магнетизъм (1896), в Гьотинген (3 семестъра) върху електрически явления в газове (1904–1905 и 1905–

1906) и в Сорбоната в Париж (1 семестър) по радиоактивност (1905–1906). В България Петър Пенчев разработва методи и създава апарати, с които определя радиоактивността на минералните извори. Резултатите му са отпечатани през 1914 година в Списанието на БАН. С тази статия [из307] Петър Пенчев е избран за доцент. Той е първия университетски преподавател по атомна физика в България. В края на 1923 година след като отпечатва втора статия върху методите за количественото определяне на радия [из308] Петър Пенчев е избран за извънреден професор като заема тази длъжност до пенсионирането си през октомври 1938 година.

Петър Пенчев създава нов метод за приготвяне на еманация и изработва квадрантен електрометър и батерия за него. Те служат за бързо и прецизно изследване радиоактивността на термални води по заряда на предизвиканата йонизация. Пенчев създава йонизационна камера, която свързва с електрометър. За да определи йонизацията, която радиацията причинява той построява два типа високо чувствителни леки преносими електрометри с кварцова нишка с известен коефициент на еластичност. Подвижната им система се отличава с висока стабилност към сътресения, което поставя електрометрите му сред най-добрите апарати по това време. П. Пенчев изследва влиянието на температурата върху чувствителността на своите електрометри и температурния коефициент на модула на еластичност на кварцовата нишка. Той създава дозъор за градуиране на електрометъра и прецизен метод за определяне капацитета на метални сачми, с които дозира електричеството. Дозъорът придавал точно определено количество електричество. През 1923 година Петър Пенчев описва подобренията и допълненията в своите апарати. Той сравнява йонизиращото действие на лъчите от изследвания радиоактивен източник с еталон или по интензитета на лъчите определя количеството му. В първия случай използва твърд или течен еталон, а във втория си служи с апарат за мерене силата на йонизационния ток. Той изработва уранитова камерка за еталониране. С нея сравнява показанията с пробен еталон от нормален радиев разтвор. Друг предложен от Петър Пенчев метод е извличането на радиевата еманация от течности [4].

### **Сравнителният метод на Кара-Михайлова**

Д-р Елисавета Кара-Михайлова (03.09.1897–22.04.1968) е сред първите 23 жени ядрени физички, изследвали радиоактивността през първата половина на 20 век [5]. Има основание да се смята, че с разработения от нея метод тя първа регистрира нова ядрена частица (неутрон), която е описана и идентифицирана от Чадуик. Изворите за изследването, посветено на Елисавета Кара-Михайлова бяха намерени в архивите на Българската академия на науките [6], Националния политехнически музей в София [7], Държавния архив в София и Архива на Виенската академия на науките.

**Биография:** В настоящата работа името на Кара-Михайлова е изписано както тя сама го е писала през разглеждания исторически период. Елисавета Кара-Михайлова изписва името си по два различни начина преди и след Втората световна война Кара-Михайлова и Карамихайлова. Приятелите ѝ я наричат Кара. Трите страници ръкопис с автобиографията на Елисавета Кара-Михайлова [7] отпечатани на български [8] и английски език [9] не ни казват защо е избрала физиката за своя професия. Тя е родена във Виена [10]. Била е силно емоционална личност. Имала нисък ръст и силен писклив глас. Тя била свидетел на експлозия в стая с радиоактивните препарати [11] и изпитвала истеричен страх от радиация и гърмежи [12].

**Обучение:** Елисавета Кара-Михайлова е сред най-образованите жени през първата половина на 20 век. Тя има докторска степен по физика от Университета във

Виена (1917–1922) и е магистър на изкуствата от Кеймбриджския университет (1935–22.06.1938).

Елисавета Кара-Михайлова започва експериментални изследвания в лабораторията по радиоактивност на Института за радиоеви изследвания [13, Chapter 4, p. 87] от летния семестър на 1920 година. Резултатите ѝ са публикувани [из10] и стават основа на докторската ѝ дисертация (1920–1922). Кара-Михайлова защитава тезата си *“Електрически фигури върху различни материали и специално върху кристали”* [из11] на 23 февруари 1922 година [14, p. 20]. Тя отпечатва следващата си статия с Пшибрам в две части (1922–1923) [из12]. Д-р Елисавета Кара-Михайлова участва в проект за инструментални изследвания на Ханс Петерсон (26.08.1888–25.01.1966).

**Научни изследвания:** Три научни центъра за изследване на радиация си съперничат в Европа през 1920-те години. Мария Кюри ръководи френския изследователски център в Париж. Ръдърфорд оглавява английския атомен център в Кавендишката лаборатория в Кеймбридж. Стефан Майер (27.04.1872–29.12.1949) е ръководител на третия център в Австрия, чието построяване през 1910 година е финансирано изцяло с частни средства [15]. Елисавета Кара-Михайлова работи в два от тези световно известни научни лаборатории в продължение на 18 години (1920–1938). По-късно тя създава в София две лаборатории за радиоактивни изследвания в Софийския университет и в Българската академия на науките.

**Институт за радиоеви изследвания във Виена:** Австрийската академия на науките е създадена като кралска академия с Императорски указ на 14 май 1847 година и узаконена с федерален закон по време на Първата Австрийска република (1921). Д-р Карл Купелвезер дарява на Академията фонд за създаване на Институт за радиоеви изследвания през 1908 година, а самият институт е открит на 28 октомври 1910 година. В този институт са извършени над 743 изследвания през следващите 74 години (1911 – 1985) [14, p. 2]. Двайсет и една от статиите са създадени от или с участието на българската физичка Елисавета Кара-Михайлова.

Елисавета Кара-Михайлова получава по 200 шилинга месечно [16] за приготвяне на радиоактивни еталони (1925–1928) [13, Chapter 4, p. 96]. Тя е назначена официално на пълно работно време като помощник изследовател само за 4 години и половина (1928–1933) [17]. През 1932 година нейната заплата е 289.5 шилинга [13, Chapter 4, p. 91]. Със заповед 8473/І-1 от 31 март 1933 година договорът ѝ е прекратен [18]. Според характеристиката на Стефан Майер, дадена на 26 септември 1933 година тя е *“изключително самокритичен изследовател”* [19].

Във Виена Елисавета Кара-Михайлова изследва радиолуминисценцията с Карл Пшибрам (1922–1923), създава метод за сравняване относителната яркост на сцинтилациите от два източника с Ханс Петерсон (през периода 1923–1928), изследва неутрона с Мариета Блау (29.04.1894–27.01.1970) и Берта Карлик (24.01.1904–04.02.1990) (през периода 1928–1933 година) и изкуствената радиоактивност с Елизабет Рона и Ернст Фьон (през периода 1933–1935 година). Фондът, създаден от шведските дарители Джером и Маргатет Стонбороут и Рокфелеровата фондация финансира част от нейните изследвания.

**В Университета в Кеймбридж (1935–1938)** Елисавета Кара-Михайлова отива с изследователска стипендия на името на Алфред Яроу и работи в Колежа Гиртън (1935–1938). Тя изучава нов метод в ядрената спектроскопия, ръководи изследователската работа на докторанта Дъглас Лее и се подготвя за своята научно-изследователска дейност в България. В Лондон тя обсъжда с професор Патрик Блакет (18.11.1897–13.07.1974) своите планове за бъдещи изследвания в областта на

космичните лъчи. Кара-Михайлова отхвърля поканата на австрийския физик-теоретик Адолф Смекал (12.09.1895–07.03.1959) да работи в Института по физика на Университета в Хале очаквайки да получи преподавателско място в София [20].

Университетското обучение по атомна физика заляга в закона за Софийския университет през 1904 година. Първият конкурс за доцент по радиоактивност е проведен неуспешно през 1909 година. След Първата световна война за доцент е избран Петър Пенчев на 1 февруари 1919 година. Той въвежда два нови курса по *“Физически единици и измерителни методи”* (1919/20–1937/8) и *“Йонизация на газове и радиоактивност”* от пролетта на 1928 (1927/8–1938/9). Петър Пенчев се пенсионира през 1938 година.

**Софийски университет (1939–1955):** Елисавета Кара-Михайлова участва в три конкурса в Софийския университет, два от които за доцентско място по техническа физика (1927 и 1938). Първият път Факултетът отказва да разгледа ръкописния хабилитационен труд на Кара-Михайлова, защото тя няма печатна хабилитационна работа на български език. В рецензията на професор Наджаков за участието ѝ във втория конкурс е посочено, че нито един от елементите за хабилитация *“метод, експериментални резултати и самостоятелна идея”* не са в полза на кандидатката.

Третият успешен за д-р Кара-Михайлова конкурс е по атомна физика [7, № 5770/8]. Тя се премества да живее в България след като Софийският университет я избира за доцент в катедрата по атомна физика и остава на тази позиция от 12 декември 1939 до 11 февруари 1955 година. Д-р Кара-Михайлова изнася своята академична лекция на 8 декември 1939 година на тема *“космични лъчи”* в голямата университетска аудитория 14. По това време тя говори много добре немски, английски, средно шведски и слабо френски, руски, латински и старогръцки.

Като доцент д-р Елисавета Кара-Михайлова прави редица подобрения в Софийския университет. Тя чете курса по *“Експериментална атомистика с радиоактивност”* (1940–1955). Студентите Милко Борисов и Тодор Куртев събират и отпечатват лекциите ѝ в университетски учебник по *“Експериментална атомистика с радиоактивност”* през 1943 [из33]. Книгата има 172 страници и две части, озаглавени *“Проводимост и йонизация на газове”* (с 11 глави) и *“Радиоактивност”*. Второто издание на този учебник излиза през 1950 година [из34]. Доцент д-р Елисавета Кара-Михайлова въвежда нови курсове по *“Спектрален анализ”* (1941–1952), *“Луминесценция и проводимост”* (1942–1943), *“Електрически явления в газове”* (1954–1955) и *“Атомна физика и космични лъчи”* (1949–1955) с упражнения. Тя е научен ръководител на кандидатската дисертация върху космичните лъчи на Леон Митрани.

Леон Израел Митрани (06.07.1921–03.10.2001) е български евреин. Законът забранява на евреите да учат в Софийския университет по време на Втората световна война. Той се записва за студент по физика през есента на 1944 година. В разрушената от бомбардировки столица Митрани няма пари и подслон. Професор Г. Наджаков му дава работа в Университетската печатница. След като се дипломира през 1948 година Митрани става асистент в катедрата по атомна физика (1948–1954). Той е докторант на Кара-Михайлова от 1948 до 1952 година. Леон Митрани защитава своята кандидатска дисертация на тема *“Разпределение по зенитен ъгъл на компонента, която произвежда тесни меки порои в космичното лъчение”* през 1952 година [21].

**В Българската академия на науките (1955–1968)** д-р Елисавета Кара-Михайлова израства професионално. Политическите ѝ възгледи не са проучени.

Някои автори твърдят, че тя е следена от комунистическия режим в България [22-23]. Има основания да се смята, че това не е съвсем вярно. Комунистическото правителство гледа на нея благосклонно. Тя има успешна научна кариера в Българската академия на науките и дори се ползва с привилегии. Въпреки национализацията Кара-Михайлова живее в собствения си дом. Не трябва да се забравя, че много от колегите ѝ във Виена са евреи (М. Блау, Е. Рона, К. Пшибрам, С. Майер), а сред познатите ѝ с комунистически идеи са Патрик Блакет и Георги Наджаков.

Ролята на Георги Наджаков за развитието на атомната физика в България е огромна. Неговите интереси в тази област се появяват по времето, когато той е асистент в лабораторията по радиоактивност на Петър Пенчев. По време на специализацията на Г. Наджаков в Париж той посещава лабораторията на Мария Кюри, слуша лекции и става близък приятел с Фредерик Жулио Кюри. След Втората световна война Г. Наджаков създава програма за развитие на атомната физика в България и привлича Елисавета Кара-Михайлова в осъществяването ѝ. Като директор на Физическия институт и заместник председател на Българската академия на науките Георги Наджаков инициира и реализира българската ядрена програма. Практическият опит и знания на д-р Елисавета Кара-Михайлова имат ключова роля за осъществяването ѝ от 1955 до 1960 година. Тъй като мисията е секретна ние не знаем почти нищо за нейното участие, с изключение на това, че ѝ е било разрешено да работи със секретни материали по нейната специалност.

Случайно или не името на доцент д-р Елисавета Кара-Михайлова е въввлечено в скандал. Съществуват документи с негативно съдържание. Катя Дойчинова пише, че Кара-Михайлова никога не е пътувала в чужбина и контактите ѝ със Западна Европа са спрени [22]. Според личните записки на Кара-Михайлова в Женева е имало конференция през юни 1955 година [7, № 5715]. Някои писма и записки в архива на Националния политехнически музей в София показват, че след 1960 година д-р Кара-Михайлова е пътувала до Германия за един месец (27 април 1963–24 май 1963). По време на това пътуване тя посещава Лайпциг, Дрезден и Берлин и прекарва много време в научните им библиотеки [7, № 5701, л. 58].

Твърде вероятно е Леон Митрани да е автор на злонамерения донос срещу доцент д-р Елисавета Кара-Михайлова (1954). Изглежда обаче почти невъзможно това да е негова солова акция. Доносът дава повод държавна сигурност да следи Елисавета Кара-Михайлова. Наблюдението върху нея е прекратено след построяването на експерименталния ядрен реактор (1961). След това Леон Митрани е изгонен от София. В архива на Българската академия на науките се пази документ, в който Георги Наджаков дава обяснения по всички обвинения повдигнати в анонимния донос. На 12 юли 1954 година Наджаков изпраща 12 страници обяснение до председателя на БАН Тодор Павлов и до секретаря на Централния комитет на Българската комунистическа партия Димитър Ганев относно назначените от него служители във Физическия институт на БАН. Научният съвет на Физическия институт с одобрението на партийния комитет решава през 1953 година да бъдат създадени три лаборатории в областта на атомната физика: по радиоактивност, по космични лъчи и по ядрена физика [24]. На конкурса пръв е избран Леон Митран за ръководител на лабораторията по космични лъчи (1954–1957). Кара-Михайлова участва в конкурса на БАН на 30 октомври 1954 година. Тя е назначена за ръководител на лабораторията по радиоактивност (11 февруари 1955–1963), а по-

късно и на секцията по “*Радиоактивност и ядрена спектроскопия*” (1963–1966) във Физическия институт на БАН.

За създаването на третата лаборатория българското правителство закупува експериментален ядрен реактор за научни цели от СССР. На 14 юни 1955 година в Москва е подписан договор за научно и техническо сътрудничество в областта на атомната физика. Построяването на първия ядрен реактор у нас фокусира усилията на Българската академия на науките (1955–1960). След като реакторът е пуснат в действие на 18 септември 1961 година [25] Елисавета Карамихайлова е избрана за професор (1962). Била е член на научния съвет на Физическия институт до пенсионирането си (1966).

**Част от научните резултати** на Елисавета Кара-Михайлова остават непризнати. Тя е талантлив учен с оригинални идеи. Има 34 научни публикации (18 на немски, 3 на английски и 13 на български език). В 16 от статиите е първи автор, а в 10 публикации е единствен автор. Девет са темите, по които тя работи. Пет от тях са написани във Виена (лихтенбергови фигури, радиолуминесценция, сцинтилационен метод, силно проникваща радиация (неутрон) и изкуствена радиоактивност), две от проучванията са направени в Кеймбридж (ядрена спектроскопия и йонизация при високо налягане) и две в България (космични лъчи и естествена радиоактивност на природни обекти).

**Метод за измерване относителната яркост на сцинтилациите от два източника:** Елисавета Кара-Михайлова инициира създаването на нов метод за сравняване относителната яркост на сцинтилациите от два различни източника (1923–1928). Той е използван за определяне дали частиците, които предизвикват сцинтилациите са еднакви или различни. От 1924 до 1929 година тя отпечатва девет статии по тази тема. Две от тях са самостоятелни. Тя е първи автор (дал идеята) в шест от останалите статии. Елисавета Кара-Михайлова докладва своите резултати два пъти на семинар (8 май 1924 и 5 май 1927). Първият ѝ доклад е посветен на новия метод, който Кара-Михайлова създава работейки по проекта на Ханс Петерсон. Методът може да идентифицира протони (наречени по това време Н-частици) чрез сравняване сцинтилациите по енергия и яркост. Идеята на Кара-Михайлова е много проста. Двата източника се наблюдават едновременно през сравнителен окулар. С помощта на абсорбери наблюдателят изравнява яркостта на сцинтилациите от двата източника. Частиците са еднакви ако интензитетът на сцинтилациите остава еднакъв с поставянето на повече абсорбиращи плочки. Ако интензитетът на сцинтилациите от двата източника не се запази еднакъв при добавянето на нови абсорбатори тогава сцинтилациите се дължат на два различни вида частици [10]. Апаратът, създаден от Елисавета Кара-Михайлова и Ханс Петерсон се състои от два микроскопа с два обектива, окуляр за сравняване изображенията от двата микроскопа, сцинтилационен екран и абсорбери [13, Chapter 4, 89-90; Chapter 5, p. 39]. Елисавета Кара-Михайлова повишава яркостта на сцинтилации с помощта на рубидиев фотогел. Методът е внедрен в Стетеровия маспектрограф през 1926 година. Стетер замества фотографските плаки със сцинтилационния брояч, създаден от Петерсон и Кара-Михайлова [13, Chapter 4, 89-90; Chapter 5, p. 63].

**Радиоактивност на природни обекти:** Петър Пенчев и Елисавета Кара-Михайлова са основоположници на радиоекологията в България. През втората половина на 20 век Кара-Михайлова продължава дейността на Петър Пенчев, като измерва редовно радиоактивността на минерални извори, скали и кал. От записките ѝ за направените от лабораторията измервания се вижда че екипът ѝ обикаля страна и



следа радиоактивността на минералните извори в селищата: Несебър [7, № 5701], Хисар, Стрелча, Клисурса, Панагюрище, Поморие, Бургас [7, № 5704]; Карлово; Витоша [7, № 5705]; Велинград, Градешница, мина Славянка [7, № 5707]; Карнобат, Пловдив, Преслав, Костинброд [7, № 5710]; Зографски манастир, Нареченски бани, Момин проход, Белово, София [7, № 5711]; Ботунец, Лесново [7, № 5712]; Чипровци, Михайловград, Бистрица [7, № 5714]; Копривщица, Солни бани, Балчик [7, № 5716] и Враца [7, № 5719].

Лабораторията на Кара-Михайлова следи изкуствената радиоактивност на атмосферните аерозоли и утайки след построяването на атомния реактор в София. Тя инициира нов метод и апарат за измерване на ниски активности в радиоактивни аерозоли с ниска концентрация [7, № 5708]. Елисавета Кара-Михайлова няма отпечатани публикации през периода от 1940 до 1959 година. Тя публикува над 8 статии след построяването на реактора.

**Космични лъчи:** Три метода за регистриране на радиоактивност са използвани в България през първата половина на 20 век. Първият метод регистрира йонизацията на въздуха чрез електрометър. Вторият метод се състои в преброяване на частиците и интензитета на светенето, което всяка частичка предизвиква върху цинково сулфиден екран в тъмна стая. Методът на дебелослойните фотографски плаки показва следите, оставени от частиците, които се наблюдават под микроскоп. Петър Пенчев и Георги Наджаков изработват инструменти за радиоактивни измервания (електрометри). Елисавета Кара-Михайлова използва третия метод за изследване на космичните лъчи. У нас тя първа използва дебелослойни фотографски плаки за регистриране на космични лъчи на Мусала (2924 m), Черни връх (2275 m), Алеко (1600 m), Варна (50 m) и в мазето и на терасата на Централния метеорологически институт в София (550 m). В архива на Националния политехнически музей се пазят осветени дебелослойни плаки и две лабораторни тетрадки със записки за извършените изследвания с изчисления, рисунки и бележки на български и немски език [7, № 5722].

В запазените дневници част от записките са направени от членовете на екипа, с който тя работи. Това означава, че в измерванията на Елисавета Кара-Михайлова върху космични лъчи са участвали както професорите Петър Пенчев и Георги Наджаков, така и асистентите Никола Карабашев, Хубенов, Асен Азманов, Христо Христов, Асен Дацев и Саздо Иванов. Дневниците съдържат измервания, направени през периода от 7 февруари 1940 до 29 септември 1942 година. В тях е посочена не само датата, но и часът на измерването. Записани са измерванията от 147 дати. Прерисувани са 516 звезни (разпадания) от 89 плаки. Първият дневник съдържа 57 страници [7, № 5722/2]. Вторият дневник има 88 изписани страници [7, № 5722/1]. Записките на д-р Елисавета Кара-Михайлова са на немски език. Карабашев и Пенчев са водили записки на български език. Използвани са фотоплаки с 4 дебелини на фотоемулсията (40  $\mu$ , 70  $\mu$ , 100  $\mu$ , 300  $\mu$ ), които са отбелязани за всяко наблюдение.

### **Теоретичната електрометрия на Наджаков**

Електрометрията е научна област, в която Георги Наджаков работи в продължение на десет години (1927–1937) [M4]. За този период той отпечатва 13 научни статии. Работите му в това направление са предимно самостоятелни. Има 2 изследвания в съавторство със съпругата му Вера Постомпирова, 1 изследване с докторанта Разум Андрейчин и 10 самостоятелни публикации.

Георги Наджаков използва стандартни и калибрирани физическите апарати. Това са пиезо-електричен кварц на Кюри, няколко нормални Weson'ови елемента, акумулаторна батерия, волтметър, галванометър, електромагнит, монохроматични филтри, кварцов спектрограф, биметална пластинка, Майкелсонов актинометър,

кварцов спектрограф на Fery, въздушен променлив кондензатор с капацитет от 0,001  $\mu\text{F}$ , въздушен кондензатор на Келвин с постоянен капацитет от 0,0024  $\mu\text{F}$ . Физическият институт е разполагал с два квадрантни електрометъра единият на Кюри-Дебиерн с иглена система, произведен в Париж, а другият на Долецалек, произведен в Чемнитц. Двата бинантни електрометъра на Долецалек били направени в Гьотинген. Първият е закупен от Физическия институт през 1909, а вторият подарен от фирмата по молба на Г. Наджакон през 1930 [ИЗ52]. Георги Наджакон еталонира електрометрите при всяко ново измерване [ИЗ48]. Той предлага метод за приготвяне на воден електрод, поставен в месингов пръстен с височина 4 мм и диаметър 40 мм [ИЗ49].

Част от публикациите на Георги Наджакон в областта на електрометрията от периода 1927–1937 година са преимуществено теоретични. Той работи върху теорията на торзионните електрометри. Те служат за измерване на потенциални разлики, слаби електрични токове и малки количества електричество. Г. Наджакон предлага два теоретични метода за точно определяне на константите и капацитета на електрометъра. Той доказва, че една и съща група формули е в сила и при двата метода за трите торзионни електрометъра (квадрантен, бинантен и дуантен) [ИЗ52]. Първият метод е извънредно бърз и прост. За определяне чувствителността на електрометъра, когато системата е изолирана във веригата се добавя само кондензатор с познат индукционен коефициент [ИЗ54]. Чувствителността на този метод не е еднаква при различните електрометри. Причината е в това, че с поставянето на помощния потенциал нулевото положение на иглата се отмества различно при различните азимутни положения на системата на окачване. Същевременно чувствителността, която е свързана с електричните дирекционни сили не е еднаква при различните азимутни положения като отклоненията не са от еднакъв порядък при различните електрометри. Вторият метод дава по-точни резултати при добра изолация, ако се отстранят зарядите върху контактните повърхнини на електромагнитния ключ [ИЗ52].

Наджакон и Постомпирова определят абсолютната стойност на коефициентите на електричните дирекционни сили едновременно за квадрантно и иглено окачване. Измерванията са направени с квадрантен електрометър на Кюри Дебиерн. Системата е видоизменена така че да позволява различен наклон на плоскостта на квадрантите спрямо произволна хоризонтална ос като иглата запазва централното си положение. С описаната система на окачване иглата на квадрантния електрометър може да се премества странично от централното ѝ положение чрез две ротации и две трансляции. Системата позволява чувствителността на електрометъра да се променя в широки граници при една и съща нишка [ИЗ53]; [ИЗ58].

Изследването върху капацитетните величини на квадрантния електрометър на Долецалек са извършени с апарат предоставен от фирмата G. Bartels от Гьотинген [ИЗ62]. И. Н. Странски в рецензията си за тази работа пише: *“Тези изследвания представляват и за това по-особен интерес, че всички данни, особено в немската литература, се отнасят до този електрометър ... Наджакон показва за пръв път с неговите методи истинския капацитет на електрометъра без всякакви съединителни проводници при квадрантно скачване (16,7 см) и иглено скачване (13,4 см) с точност до 1/10 см”* [27, л. 11 гр.-12].

Последната работа от серията теоретични изследвания върху методите за изчисляване на основните електрометрични величини разглежда теорията на трите торзионни електрометри. Наджакон констатира, че квадрантния и бинантния

електрометри могат да се разглеждат като съставени от две най-прости дуантни системи [из68]. И. Н. Странски пише: “Извън директния интерес, който представлява само по себе си едно такова видимо теоретично третиране, тия изследвания на г. Наджаков позволяват още едно непосредствено съпоставяне на чувствителностите в потенциал на трите електрометри при еднакво дозирани електрометрични системи. Това правилно съпоставяне го довежда и до установяването на една грешка, допусната още от Blondlot и Curie” [27, л. 12- 12 гр].

И. Н. Странски дава следната обща оценка за работите на Г. Наджаков в областта на електростатичната електрометрия на 12 октомври 1937 година: “В тези свои работи г. Наджаков се занимава с различните типове торзионни електрометри, които са основно средство за редица важни физически изследвания ... Аз съм с впечатление, че със систематичните опитни и теоретични изследвания на г. Наджаков в тази област и с предложените от него нови методи се дават за пръв път сигурни данни за редица електрометрични величини, за които в литературата съществуваха несигурни и дори погрешни резултати. Въз основа на дадените от г. Наджаков данни е възможно със съвсем малко предварителни измервания да се предскаже ходът на чувствителността в потенциал и товар и да се намерят оптималните условия за работа с тези типове електрометри” [27, л. 12 гр].

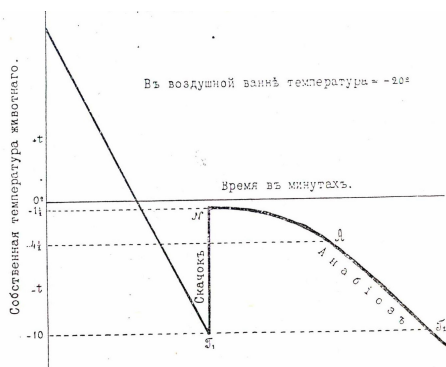
Разум Андрейчин създава под ръководството на Георги Наджаков чувствителен диференциален магнитометричен метод за вътрешно астезиране на магнитна иглена система, която намира приложение в иглените галванометри. Предложеният метод премахва въздействието на външни хомогенни магнитни полета върху измерителната система [из65].

Резултатите в трета глава са представени в един непубликуван доклад, приет за печат [Д9] и пет статии [М1, М2, М3, М4, М7].

## ОТКРИТИ ФИЗИЧЕСКИ ЯВЛЕНИЯ И ЕФЕКТИ

В четвърта глава са разгледани експерименталните научни резултати, получени от българските университетски преподаватели. Те имат за цел да дадат отговор на въпроса има ли регистрирани от български учени нови физически явления, ефекти или материали през разглеждания исторически период. За постигането на поставената цел са разгледани публикациите и запазените архивни документи, в които са дадени оценки за научните им приноси.

### Анабиоза



За изясняване откритото от Порфири Бахметъев [М2-М3] неизвестно до тогава анабиотично състояние на пеперудите и отношението на академичната общност в България към него бяха проучени документите във фонд 994к на Софийския университет, съхранявани от Държавния архив в София. Прегледани са протоколите на съвета на преподавателите и на академичния съвет от опис 2 и протоколите от факултетните съвети на Физико-математическия факултет от опис 13, както и двете

лични досиета на Порфири Бахметъев, свързани с водените срещу него административни и юридически дела.

Под влияние на възникналото в Англия научно направление в ентомологията, наречено биометрика, което изследва промените на насекомите под влияние на различни фактори, Порфири Бахметъев започва задълбочени и системни изследвания

на телесната температура на пеперуди на 16 април 1898 година. Той използва чувствителна термодвойка от никел и магнезий. След прикрепване на миниатюрния термометър пеперудата е поставена в кутия и засипана от всякъде с лед.

Бахметъев установява, че температурата на живата пеперуда, поставена в охладена до  $-20^{\circ}\text{C}$  метална тръба отначало сравнително бързо спада до около  $-10^{\circ}\text{C}$ , след което със скок се покачва до  $-1,5^{\circ}\text{C}$  (в резултат на прехода на телесните течности в течни кристали) и след това продължава бавно да спада до температурата на криостата. Всички проверки показват, че този ход на телесната температура на пеперудата при охлаждане е реално биофизично явление. То се състои в следното. Ако след скока охлаждането спре при температура не по-ниска от  $-10^{\circ}\text{C}$  и пеперудата бъде извадена от криостата след като се затопли тя се съживява. Ако при охлаждането тази “граница на смъртта” бъде преминала, при следващо повишаване на температурата жизнените функции на пеперудата не се възстановяват. По този начин П. Бахметъев доказва експериментално, че съществува температурен интервал (при пеперудите – между  $-1,5^{\circ}\text{C}$  и  $-10^{\circ}\text{C}$ ), в който те се намират между живота и смъртта. Това състояние П. Бахметъев нарича “анабиотично състояние ... мнима смърт” [И123]. Той предполага, че наблюдаваното състояние е свързано с фазови преходи на “телесните сокове” на насекомите. Състоянието на пеперудата, когато органичните ѝ течности са в течно кристално състояние Бахметъев нарича анабиоза. Течните кристали, открити от Леман обясняват анабиозата на пеперудите при ниски температури [И184].

П. Бахметъев описва резултатите от биофизичните си изследвания в редица статии и две монографии на немски език. Първият том, озаглавен “Експериментални ентомологични изследвания от физикохимична гледна точка” [И147] има 160 страници с подзаглавие “Температурни отношения при насекомите”. Вторият том, който е издаден също на немски език с лични средства на П. Бахметъев не е разпространен [И188]. Той има около 1000 страници и в него са цитирани 1273 заглавия. След смъртта на П. Бахметъев отпечатаният тираж е унищожен почти напълно и сега томът е библиографска рядкост [28]. През 1912 г. П. Бахметъев прави неуспешни опити да изследва анабиозата при топлокръвни животни (прилепи) [29].

### Ефект на Кръстев

Доказателства не бяха намерени в България в подкрепа на твърдението, че Кръстю Кръстев е направил откритие на 12 август 1932 година, наречено електромагнитна пулсация или ефект на Кръстев. Фактите, изнесени във весникарските съобщения не са потвърдени документално. Някои документи в Българския държавен архив доказват частично биографията на Кръстю Кръстев без каквълто и да е намек за същността на неговото откритие. Фонд 354к съдържа 216 архивни единици с документи, създадени през периода от 1916 до 1943 година. Те са събрани от полицията след конфискуване на имуществото на семейство Кръстев и са предадени от Министерството на вътрешните работи в Държавния архив през 1956 година. На 29 април 1945 година Десети състав на Народния съд осъжда инженер Кръстю Кръстев (по това време в неизвестност) като собственик на кожарска фабрика “Аляска” за противозаконна имотна облага на 15 години строг тъмничен затвор, 1 милион лева глоба в полза на държавното съкровище и конфискуване на цялото му движимо и недвижимо имущество.

От запазените документи се вижда че Кръстю Иванов Кръстев (25.07.1900–16.09.1969) завършва реалната мъжка гимназия в родния си град Силистра със

зрелостно свидетелство 840 от 22 септември 1917 година. Същата година се записва за студент по медицина в I курс на новосъздадения Медицински факултет на Софийския университет. На негово име има издадена студентска книжка през учебната 1917–1918 година. Година по-късно (1919) Кръстю Кръстев заминава за Берлин, където учи минно инженерство в Техническия университет. На 29 януари 1920 година Министерството на търговията, промишлеността и труда му издава удостоверение за отпускане на държавна стипендия за да следва минно инженерство в Германия. На негово име има издаден пътен билет № 27 като държавен стипендиант за пътуване до Германия и обратно на 29 юни 1921 година [30] и билет за многократно отиване и връщане до Берлин през 1922 година [31]. Запазена е студентската книжка на Кр. Кръстев от Техническия университет в Берлин през учебната 1922–1923 година в специалност минно инженерство [32]. Като студент в Техническия университет в Берлин Кръстю Кръстев изучава висша математика, физика и химия. Запазени са записките му по тези предмети от 1922 година [31].

През 1927 година К. Кръстев се дипломира като инженер геолог. На 2 юни 1925 година той взема успешно преддипломния си изпит в Техническия университет в Берлин [33]. А година по-късно (на 15 септември 1926 година моли декана на Минно-геоложкия факултет да удължи срока за предаване на курсовата му работа поради заболяване [34]. Запазена е дипломната работа на Кръстев на тема *“Електрифициране на каменовъглена мина Перник, България”* за присъждане на званието минен инженер. Тя е написана на немски език. Отпечатана е в Берлин през 1927 година и има обем 55 листа [35]. Кръстев е получил диплома за висше техническо образование на 30 април 1927 година. Тя е легализирана в българското министерство на народната просвета през 1928 година [36].

Кръстю Кръстев събира материал за докторската си дисертация в България. Запазена е справка за определяне и класифициране на минералите, събрани от него в Искърското дефиле при Своге през 1927 година [37]. Писмата на професор В. Готан, ръководител на Палеоботаническия институт при Пруския геоложки институт в Берлин подкрепят проучването на Кръстев върху карбона при Своге във връзка с дисертацията му. Писмата са писани в Берлин през периода 9 декември 1927 – 26 август 1928 година [38]. Друга група писма са изпратени до Кръстев от професор д-р А. Борн, директор на геолого-палеонтологичния институт при Техническия университет в Берлин. В тях е изразено мнение за значимостта на изследванията за установяване възрастта на карбона при Своге. Те са датирани от 16 декември 1927 до 10 март 1928 година [39]. Запазена е и самата докторска дисертация на Кръстев на тема *“За карбонът в Искърския пролом и неговата възраст”* и писмо на К. Кръстев за платена такса за докторска защита на 22 март 1929 година [40]. Тя е оригинално изследване на немски език [41]. Докторската дисертация на инж. К. Кръстев е преведена на български и е отпечатана в Известния и стопански архив на Министерството на търговията, промишлеността и труда през 1930 година [и280]. Тя е забележително научно съчинение с обем 44 страници. Карбонът е исторически период, който обхваща 360 000 000 до 295 000 000 година пр.н.е.

**Патенти:** Кръстев има няколко патента, регистрирани в Германия. Той е направил първото си изобретение – изкуствен хинин, което е продадено в Германия. Друго негово изобретение се отнася до модернизирани телефонни съобщения. Следващото му изобретение е на тема *“Система за въздействие върху влака по време на движение с цел предотвратяване на катастрофите”*. К. Кръстев регистрира в Германия патент за подобрене точността при артилерийска стрелба. През 1933

година военното министерство го награждава със златен медал за неговото изобретение осигуряващо точна артилерийска стрелба. Последният му патент през този период е за топло авиаторско облекло за пилотите на самолети с ограничени вътрешни пространства (25 юни 1943 година).

Запазени са писма (10 август 1932–27 юни 1933) на д-р инж. Кръстю Кръстев и полковник Първан Драганов военен аташе в Берлин [42]. Единственият документ, в който К. Кръстев сам говори за своите изобретения, открития и връзки е с обем 7 страници. Това е доклад на инж. К. Кръстев, писан в София от 25 октомври 1934 година. В него четем: *“Строго-поверително! Доклад до Господина инспектора на Артилерията от д-р инж. Кр. Ив. Кръстев. Господин Генерал! ... със съдействието на Германското военно министерство аз можах да направя няколкократно изпитания с едно мое изобретение на артилерийския плац в Ютерборг. Това мое изобретение аз през 1932–1933 година отстъпих на Германското военно министерство, като срещу него получих оная звукомерна апаратура, която миналата година предадох на нашата Артилерийска инспекция. По-късно аз съобщих на Германското военно министерство едно мое откритие, което в настоящия момент е предмет на 3 военни дисертации и което в моя чест нарекоха ефект на Кръстев. ... Естествено е, прочее, че през цялото това време на контакт с Германското военно министерство мене благодарение на привилегированото положение, в което бях и съм поставен и на създадените през това време лични връзки ми беше възможно да видя, чуя и разбера редица подробности и тайни, както в пряко интересуващата ме област на звукоизмерването така и в други военни области, свързани повече или по-малко със звукомерението, да вникна, следователно, в подробности и тайни, които иначе в никой случай не са посочвани или поверявани на чужденец ... самият писмен договор, който аз сключих с Германското военно министерство при предаването на моето изобретение и който задължава Германското военно министерство за едно сътрудничество с нашето такова в областта на звукоизмервателната служба”* [42, л. 3–л. 6]. Това е единственият документ, в който се говори твърде неясно за откритието.

Година по-късно (04.10.1935) от Артилерийската инспекция на Военното министерство изпраща доклад до полковник Драганов, военен аташе в Берлин. В него се предлага д-р инж. Кръстев да *“бъде назначен чрез министерството на външните работи на длъжност в легацията ни в Германия”* [42, л. 1–л. 2].

Същата година (1937) българското военно министерство закупува звукоизмервателна апаратура за над 2 милиона лева от немска фирма. Сделката е реализирана от кантората на К. Кръстев, на която са преведени 650 000 лв. През март 1937 година в едно *“строго поверително”* писмо четем: *“Известяваме Ви, че спазарителният протокол и договора сключен между Министерството на войната и представляваната от Вас фирма по доставка на звукоизмервателна апаратура е утвърден от г-н министъра на войната на 6 март 1937 година и одобрен с I постановление на Министерския съвет от 16 март 1937 година протокол № 41”* [43, л. 65]. Фирмата Хасе и Вреде (Carl Hasse und Wrede), чийто представител в България е инж. К. Кръстев, веднага започва производството и 7 месеца по-късно апаратурата е доставена в България. В протокола от приемането ѝ четем: *“Цялото имущество беше в 41 съндъка, 2 моторни коли система Бюсинг – три осна, тип 31:2, 2 ремаркета заедно с 2 агрегата поотделно в тях ... при пристигането на тази стока на митницата при гара София на 9 октомври 1937 година. Същата стока биде доставена в щаба на Пограничната стража на 11 октомври 1937 година.*

*Количественото приемане на тежкия полски кабел 1000 м, навит на 100 фабрични дървени макари по 1000 м се прие според фабричната бележка към всяка макара, навивана автоматично от специална машина”* [43, л. 156].

## Неутрони

Петнайсет години след създаването си Института за радиови изследвания изпада във финансови затруднения и зависимост от Международния борд по образованието (International Education Board). Създаден през 1923 година бордът на Рокфелеровата фондация по образование дал предпочитанията си за радиоактивните изследвания в Париж и Кеймбридж [16]. Въпреки това съществува допускане, че Елисавета Кара-Михайлова е регистрирала нова неидентифицирана частица със своя апарат през 1927 година, но откритието ѝ не е официално признато.

Имаме основание да предполагаме, че Елисавета Кара-Михайлова е докладвала за новия вид силно проникваща радиация (по-късно идентифицирана като неутрони) на 5 май 1927 в Института за Радиови изследвания във Виена. След този доклад вместо научна публикация са проведени три неофициални посещения до края на 1927 година. Първото посещение е на Петерсон, който отива при Ръдърфорд на 16 май 1927 година. След това през лятото Dr. F. L. Bates един от настойниците на Ръдърфордовата лаборатория, пристига съвсем неочаквано във Виена [13, Chapter 5, p. 68]. Третата визита е договорена при посещението на Петерсон в Лондон и във връзка с реализирането ѝ във Виена пристига Чадуик, който се среща с Кара-Михайлова на 12 декември 1927 година. Защо Петерсон отива в Лондон и защо Чадуик пристига във Виена. Може би има открит важен научен факт, който може да бъде видян със сравнителния апарат на Кара-Михайлова.

## Фотоволтаичен ефект

Откриването на контактно потенциалния фотоволтаичен ефект е свързано с името на Георги Наджаков и на докторанта му Разум Андрейчин. Разум Екимов Андрейчин (09.04.1911–26.09.1997) е роден в Габрово с кръщелно свидетелство от Соколския манастир № 26 вр.5199 от 31.07.1911. Баща му Еким Стоянов Андрейчин (29.02.1876–29.07.1947) и майка му Евгения Кандева Станчева (13.10.1880–12.03.1944) са учители. Подобно на баща си Разум Андрейчин също е вегетарианец. Той учи в Дряново и в Априловската гимназия в Габрово, която завършва със зрелостно свидетелство № 2442 от 12.07.1929. В Софийския университет изучава специалност физика като стипендиант на Министерството на народното просвещение (1929–1933). Записва докторантура по физика (1933) [M10].

Дисертацията на Разум Екимов Андрейчин е на тема *“Върху произхода на електровдижещата сила при фотоволтаичните ефекти”* [И480]. Отпечатана е в София през 1940 година. Защитена е пред Физико-математическия факултет на СУ “Св. Климент Охридски”. Докладчик е професор Г. Наджаков. Допълнителната тема е зададена от професор д-р Никола Бонев върху *“Съвременното състояние на въпроса за еволюцията на звездите”*. Изпитната комисия се състои от председател: професор д-р Д. Иванов, декан на Физико-математическия факултет, професор Г. Наджаков и членове професор д-р Н. Бонев и доцент д-р Е. Кара-Михайлова. Изпитът е проведен на 5 юли 1940 година [И480]. Дисертацията има 86 страници. Тя започва с посвещение *“На моите родители”* и благодарност *“Настоящата дисертация е изработена във Физическия институт на Университета. Дължа да изкажа моята дълбока и искрена признателност на моя уважаем учител професор Георги Наджаков по чийто почин и под чието неуморно ръководство бе извършена настоящата работа”* [И480]. В нея са включени 3 части: *“Увод”* (12 страници), *“Опитна част”* (34 страници)

и *“Теоретична част”* (40 страници). Дисертацията завършва с резюме на български (3 страници) и английски (7 страници), литература (7 страници) и съдържание (1 страница) [И480]. Литературата обхваща 212 заглавия. Включени са 20 заглавия на кирилица и 192 заглавия на латиница. Пет от цитираните заглавия принадлежат на Г. Наджаков. Дисертацията се основава само на една публикация в съавторство с Г. Наджаков [И366], която е отпечатана в Годишника на СУ и има обем 24 страници [И480].

Фотоволтаичен ефект в изолатор (сяра) е наблюдаван за пръв път от Наджаков през 1926 година като при промяна на светлината на снабдена с горен воден електрод сярна плочка се появява отклонение на електрометъра в една или в друга посока в зависимост от това дали се спират или пускат ултравиолетовите лъчи. Ефектът е наречен от Наджаков през 1926 година *“специална форма на ефекта на Бекерел”*. През 1932 Волмер и Мол [44] наблюдават типичен Бекерелов ефект върху платинени електроди, покрити с микроскопични капчици сяра, получени чрез кондензация на серни пари.

Като докторант Разум Андрейчин е имал за цел да изучи фотоволтаичния ефект при сярата и да провери опитно допускането на Г. Наджаков, че фотоволтаичната потенциална разлика е контактно потенциална. Наджаков и Андрейчин създават фотоклетка, която се състои от две кварцови плочи, покрити от вътрешната страна с полупрозрачен електрод от платина чрез катодно разпрашване. Полупрозрачният електрод пропуска 80% от падащата светлина. Фотоелементът се получава между двете кварцови плочи чрез разтапяне и кристализиране на тънък слой от сяра (0.1 мм). Ефектът има спектрална чувствителност. При поставяне на филтър, който пропуска само видимите и спира ултравиолетовите лъчи с дължина по-малка от 4 000 ангстрьома, фотопотенциалната разлика намалява. Това е т.н. прав или нормален ефект. Ако същият този елемент се обърне и се освети от другата страна, се получава ефект с обратна посока, при който обаче при спиране на ултравиолетовата светлина потенциалната разлика се увеличава [И479].

Кръстев твърди, че е регистрирал нов ефект на 12 август 1932 година. Събитията около Кара-Михайлова ни дават основание да предполагаме, че тя е наблюдавала за пръв път нова частица през 1927 година. И за двете събития не са намерени извори, което не омаловажава тяхното значение. За разлика от тях анабиозата, открита от Бахметьев и контактно-потенциалният фотоволтаичен ефект, изучен от Наджаков и Андрейчин, са признати от научната общност. Общото между четирите открития е, че са направени от български учени и имат по-нататъшно развитие и приложение.

Резултатите в четвърта глава са представени в два доклада [Д9-Д10] и пет статии [М2, М3, М4, М7, М9].

## **ВЪВЕДЕНИ ФИЗИЧЕСКИ ТЕРМИНИ**

Експерименталните проучвания на Георги Наджаков в областта на фотоелектретите до края на Втората световна война са предмет на последната пета глава. Нашата задача е да разгледаме научните приноси на Георги Наджаков, получени през историческия период 1889 – 1945 година от гледна точка на предложената класификация. Георги Стефанов Наджаков (26.12.1896–24.02.1981) има забележителна научната кариера. Тя е резултат от проявения кураж, силен характер и прозорливост. Академичният съвет на Физико-математическия факултет на Софийския университет избира Георги Наджаков за доцент (21.06.1927), извънреден професор (28.03.1932) и редовен професор (1937) по експериментална физика.



## Научната продуктивност на Георги Наджаков има равномерен ритъм. Той

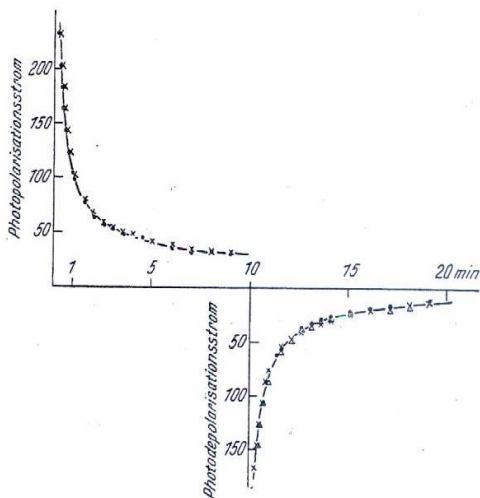
създава 119 статии в продължение на 55 години (1926–1981), т.е. по около 2 статии на година. Сред тях самостоятелните му публикации са 52% (62). Колективните му изследвания са 48% (57). В тях той има 22-ма съавтори. Наджаков е автор на 10 университетски и гимназиални учебника. Изнесъл е около 350 доклади, интервюта, радио изказвания у нас и в чужбина за мира, дружбата със Съветския съюз и между народите, видни политици и учени (1948–1958). На латиница името му се среща по различен начини: Georges Nadjacoff (1925), Georges



Nadjakoff, Georgi Nadjakoff (1937), Georgi Nadjakov, George Nadjakov. Първите три варианта са от първата половина на 20 век.

## Изследвания на Георги Наджаков върху фотоелектретите

Фотоелектрети са научната област, в която Георги Наджаков има успешно реализирани плодотворни идеи. Откриването на фотоелектретното състояние е най-голямото му научно постижение. То е признато официално в България няколко месеца след смъртта му. Фотоелектретното състояние на веществото е записано в Българския държавен регистър на откритията през септември 1981 година. Фотоелектретите са открити от Наджаков с помощта на чувствителна техника, но водеща е била идеята му.



Г. Наджаков описва фотоелектретните явления в сярата в 4 статии [из367, из372, из377-из378]. Той повтаря описанията от Мототаро Егучи [45] метод за поляризиране на диелектрик под действието на електрично поле и топлина. Японският физик Мототару Егучи (1920) разтопява смес от равни части карнаубски восък и колофон с малко пчелен восък и оставя сместа да се втвърди в силно електрично поле. Георги Наджаков установява, че постоянно поляризирано състояние може да се получи чрез поляризиране на диелектрика под действие на топлина и електрично поле при висока температура (без да е стопен) като се остави да изстине под действието на полето до

стайна температура [46].

Поляризираното състояние, създадено при формирането на диелектрика със светлина Г. Наджаков *“наименува фотоперманентно поляризирано състояние, а самият диелектрик така формиран – фотоелектрет, за разлика от предложението от Eguchi случай, който наименува термоелектрет”* [из367]. Изследванията са направени с квадрантен електрометър на Дебиерн (Debierne), пригоден за измерване на ток чрез метода на постоянното отклонение. Съобщените резултати в тази работа са направени с диелектрик чиста сярата, приготвен под формата на пластинка от 1,7 мм дебелина с действаща повърхност около 10 см<sup>2</sup>. Диелектричната пластинка е снабдена с прозрачен воден електрод и метален електрод по метода на Рентген [из367]. Токът е измерван по метода на постоянното отклонение чрез йонизиран с радиоактивно вещество газ. Такова йонно съпротивление известно под името Вронсон-ово [47]

представлява плосък кондензатор долната пластинка на който е покрита с равномерен пласт радиоактивно вещество. Наджаков видоизменя съпротивлението. Вместо плосък кондензатор той използва цилиндричен. В него е създаден йонен поток чрез помпа. По този начин йонизиращата причина е поставена извън кондензатора. За йонизацията вместо радиоактивно вещество Наджаков използва пламък, нагорещена жица или Рентгенови лъчи. Чрез регулиране силата на йонизиращата причина (скоростта на газовия поток) съпротивлението може да се променя в широки граници [из367]. Наджаков използва за да определи подвижността на йоните опитна постановка, описана в учебника по експериментална физика на Швейдлер [48] за определяне на йонното съпротивление [из367]. Горният електрод е прозрачен воден, а долният е метален. За приготвянето им е използван методът на Рентген [49].

Резултатите в тази глава са представени в един исторически филм на български език “*Фотоелектретно състояние на материята*” (2010) (4:34) <http://youtu.be/0mkAaIdblvU> [Ф1] и на английски език [Ф11] и в пет статии [М4, М6, М12, М13, М14].

## ОБЩИ ИЗВОДИ

Предложеният в настоящата работа исторически метод за класификация позволява сравняването на научните постижения на българските учени в областта на експерименталната физика на кондензираната материя, получени през периода 1889–1945 година. Класификацията включва: 1) регистриране на ново физическо явление или ефект, 2) даване на име или въвеждане на ново понятие, 3) количествено описание (създаване на теория) за изясняване на същността и връзка със съществуващото знание, 4) практическо приложение за създаването на нов апарат, материал или метод.

Четири са регистрираните от български учени нови явления и ефекти. Това са контактно потенциалният фотоволтаичен ефект (1937), ефектът на Кръстев (1932), откритата нова частица от Елисавета Кара-Михайлова (1927) и откритото анабиотично състояние на пеперудите (1898). Контактното-потенциалният фотоволтаичен ефект е регистриран от Георги Наджаков (1926) и е изучен от докторанта му Разум Андрейчин в съвместна публикация през 1937 година. Анабиозата и контактно-потенциалният фотоволтаичен ефект са единствените признати научни резултати в този раздел. За ефекта на Кръстев се твърди, че е регистриран на 12 август 1932 година и е използван за създаването на звукоизмервателна апаратура. Неговият откривател е минен инженер, за чието откритие не са намерени извори в България. Към тази група е отнесено регистрирането на нова частица (неутрон) от Кара-Михайлова през 1927 година. Доказателствата за това твърдение са косвени, защото също няма излязла публикация, а за сега не са намерени и документи.

Втората група в предложената класификация включва въвеждането от Г. Наджаков на новите термини “*фотоелектрети*” и “*термoeлектрети*” (1937) във връзка с откритото и създаденото от него стабилно фотоелектретно състояние.

Третата група в предложената класификация включва изясняване същността на ново явление чрез количествено описание и намиране на връзките му със старото знание. Пример за постижение на български учен в този раздел на класификацията е теорията на Манев (1924), която не е предмет на настоящото изследване.

Към четвъртата група приложни резултати са отнесени проучванията на Порфири Бахметьев върху термодвойките, създадените апарати от Петър Пенчев и Георги Наджаков и компенсационния метод на Кара-Михайлова.

## ПРИНОСИ

Историческото изследване във физиката преминава през три етапа. През първия (фактологичен) етап се събират, проверяват и систематизират историческите факти. Едно от най-пълните фактологически съчинения по история на физиката принадлежи на Фердинанд Розенбергер. Неговият многотомен труд е разпространен в България както в оригинал на немски език, така и в превод на руския език. През втория (аналитичен) етап се изучават връзките между фактите и се изясняват техните причини. Съществуват опити за анализ на фактите, насочени към вътрешната логика на физиката. Пример за такъв опит са съчиненията на Кунц. През третия (синтетичен) етап се обобщават резултатите и се откриват основните закономерности. Настоящата работа представлява опит за общение и е последен етап на извършеното историческо изследване. Основният принос на автора е в направление история на физиката. Предложен е и е аргументиран метод за историческа класификация. Той дава възможност за сравняване на научните резултати от различни области на физиката.

## ПУБЛИКАЦИИ ПО ЕКСПЕРИМЕНТАЛНА ФИЗИКА

- И1 (1883) *Бахметьев, П.* Магнитный момент железных проволочных пучков. – ЖРФХО (15) 142-146.
- И2 (1883) *Бахметьев, П.* Заметка о двойных звучащих трубах. – ЖРФХО (15) 166-168.
- И3 (1883) *Бахметьев, П.* Некоторые явления остаточного магнетизма. – ЖРФХО (15) 173-200.
- И4 (1884) *Бахметьев, П.* Тепловые явления магнетизма. – ЖРФХО (16) 81-135.
- И5 (1884) *Бахметьев, П.* Магнетизм железной проволоки, заключенной не всей своей длиной в намагничивающую спираль. – ЖРФХО (16) 213-221.
- И8 (1884) *Бахметьев, П.* Влияние линейного сжатия на магнетизм железных, стальных и никелевых стержней. – ЖРФХО (16) 427-451.
- И9 (1884) *Бахметьев, П.* Зависимост между диамагнитностью и теплотой плавления. – ЖРФХО (16) 521-523.
- И15 (1885) *Бахметьев, П.* Причина тона издаваемого стержнями из магнитных металлов при их прерывчатом намагничивании. – ЖРФХО (17) 65-76.
- И17 (1885) *Бахметьев, П.* Природа взаимодействия молекулярных магнитов друг на друга. – Электричество (18).
- И20 (1886) *Бахметьев, П.* Термоэлектричество как функция молекулярной структуры. – Электричество 1(6) 60-64; (7) 69-73; (8-9) 84-90; (10) 103-106.
- И34 (1889) *Бахметьев, П.* Влияние электрических искр на разряжение в газах. – ЖРФХО (21) 207-215.
- И35 (1889) *Бахметьев, П.* Термоэлектрические изследования. – ЖРФХО (21) 264-287. (май 1889)
- И38 (1890) *Bachmetjew, P.* Entstehungsursache des Tones, welcher unter dem Einflusse der intermittierenden Magnetisierung in magnetischen Metallen erzeugt wird. – Exners Repertorium der Physik (26) 137-145.
- И45 (1891) *Бахметьев, П.* Влияния линейного сжатия проволок на их термоэлектрические свойства. – ЖРФХО (23) с. 430-436.
- И46 (1891) *Bachmetjew, P.* Über den Magnetismus und Atomgewicht (Antwort an Herrn L. Errera). – Chemische Berichte (24) s. 88.
- И47 (1891) *Bachmetjew, P.* Einige Erscheinungen des remanenten Magnetismus. – Exners Repertorium der Physik (27) 147-175. (София, октомври 1890, Физическа лаборатория на Висшето училище).
- И48 (1891) *Bachmetjew, P.* Magneto-thermoelektrische Untersuchungen. – Exners Repertorium der Physik (27) 607-624.
- И49 (1891) *Bachmetjew, P.* Über den Einfluss des linearen Spannungs der Drähte auf die thermoelektrischen Eigenschaften derselben. – Exners Repertorium der Physik (27) 442-447. (март 1891)
- И50 (1891) *Bachmetjew, P.* Über den Einfluss der Magnetisierung auf die thermoelektrischen Eigenschaften des Eisens und Nickels. – Annalen der Physik und Chemie (43) 723-747 (1891). (София, април 1891, Физическа лаборатория на Висшето училище).

- И54 (1892) *Бахметьев, П.* Магнитная теплота растянутых железных и никелевых проволок. – ЖРФХО (24) 1-8.
- И55 (1892) *Бахметьев, П.* Изменяет ли магнетизм структуру тел. – Электричество (11-12) 146-147.
- И57 (1892) *Бахметьев, П.* Новы капиларны галваноскоп. – Вестник опитной физики и элементарной математики (137) с. 101.
- И60 (1892) *Бахметьев, П.* Прибор для демонстрирования Джаулевой теплоты. – Вестник опитной физики и элементарной математики (146) с. 34.
- И61 (1892) *Бахметьев, П.* Электрический ареометр. – Вестник опитной физики и элементарной математики (146) с. 35.
- И62 (1892) *Бахметьев, П.* Прибор для объяснения действия электрической машины. – Вестник опитной физики и элементарной математики (146) с. 35.
- И65 (1893) *Бахметьев, П. П. Пенчев.* Калориметрические исследования колоидального серебра. – ЖРФХО (25) 138-155.
- И66 (1893) *Бахметьев, П.* Удельный вес висмутовых и магниевых амалгам. – ЖРФХО (25) 219-224.
- И67 (1893) *Бахметьев, П. Я. Въжаров.* Термометрические исследования амалгам. – ЖРФХО (25) 237-255.
- И68 (1893) *Бахметьев, П.* Термоэлектрические свойства палладия. – ЖРФХО (25) 256-263.
- И69 (1893) *Бахметьев, П.* Некоторые физические свойства меднаго купороса. – ЖРФХО (25) 265-284.
- И78 (1894) *Бахметьев, П.* Физические свойства кадмиевых амалгам. – ЖРФХО (26) 266-288.
- И82 (1894) *Бахметев, П.* Списък на научните статии, Научен архив, БАН.
- И84 (1894) *Vachmetjew, P.* Hauptresultate der Untersuchungen über die elektrischen Erdströme in Bulgaria. – Göttingen Wissenschaft Nachrichten (4).
- И85 (1894) *Vachmetjew, P.* Hauptresultate der untersuchungen über die elektrischen Erdsrome in Bulgarien. – Aus den Nachrichten der K. Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen. Mathem.-phys. Kl. (4).
- И119 (1899) *Vachmetjew, P.* Der Kritische Punkt und die normale Erstarrungs – Temperatur der Insekensäfte. – Societas Entomologica, Zürich, 14(1) 1-2.
- И121 (1900) *Бахметьев, П.* Списък на научните оригинални статии на Порфирий Иванович Бахметьев (1860–1900), София, Придворна печатница, 11 с.
- И123 (1900) *Бахметьев, П.* Върху температурата на насекомите в България.– Сборник НУНК (16-17) 82-159.
- И147 (1901) *Vachmetjew, P.* **Experimentelle entomologische Studien vom physikalisch-chemischen Standpunkt aus: Bd. I. Temperaturverhältnisse bei Insekten**, Leipzig (W. Engelmann) 170 s.
- И180 (1906) *Бахметьев, П.* Термоелектричество и периодическата система на химическите елементи. – Трудове на Българското природоизпитателно дружество (3) 26-32.
- И184 (1906) *Леман, О. (прев. П. Бахметьев).* Жидкие кристаллы. – Естесвознание и география 11(4) 31-33 (1906).
- И188 (1907) *Vachmetjew, P.* **Experimentalle entomologische Studien, Bd. II. Einfluss der äusseren Faktoren auf Insekten**, Sofia, 944 стр.
- И280 (1930) *Кръстев, К.* Карбонът в искърския пролом и неговата възраст. – Известия и стопански архив на Министерството на търговията, промишлеността и труда, г. 9 (бр. 11-12) 425-455 (1930).
- И307 (1914) *Пенчев, П.* Принос към методите за количествено определяне на радия и радиоактивност на някои изворни води в България. – Списание на БАН 9(1) 1-47 (1914).
- И308 (1923) *Пенчев, П.* Втори принос към методите за количественото определяне на радия. – Годишник на СУ, ФМФ, 19(2) 405-456.
- И310 (1920) *Przibram, K., E. Kara-Michailova.* Orientierte Gleitbüschel auf Kristallflächen. – Zeitschrift für Physik (2) 297-298.
- И311 (1922) *Kara-Michailova, E.* Elektrische Figuren auf verschiedenen Materialien, insbesondere auf Krystallen. – Sitzungsberichten der Akademie der Wissenschaften in Wien, Mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse, Iia, 131(3) 155-169.

- ИЗ12 (1923) *Przibram, K., E. Kara-Michailova.* Über Radiolumineszenz und Radio-Photolumineszenz, I-II. – Sitzungsberichte Akademie der Wissenschaften in Wien, Mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse, IIa, **131**(8) 511-530 (1922); **132**(7-8) 285-298.
- ИЗ33 (1943) **Курс по опитна атомистика с радиоактивност**, по лекциите на проф. д-р Е. Карамихайлова, София, Студентско академическо физическо дружество, 1 изд.
- ИЗ34 (1950) *Карамихайлова, Е.* **Записки по атомна физика**, София, изд. НИ.
- ИЗ48 (1926) *Наджаков, Г.* Фотоелектрична проводимост в твърди диелектрици и външен фотоелектричен ефект, ч. 1. Опитна постановка, инструменти и методи. Външен фотоелектричен ефект. – Годишник на СУ, ФМФ, **22**(1) 61-103.
- ИЗ49 (1927) *Наджаков, Г.* Фотоелектрична проводимост в твърди диелектрици и външен фотоелектричен ефект, ч. 2. Фотопроводимост на сярата, парафин и шеллак. Поляризационни свойства на фотопроводимостта. Върху ефекта на Бекерел. Върху закона на Ом и суперпозиционния принцип. – Годишник на СУ, ФМФ, **23**(1) 49-81.
- ИЗ52 (1931) *Наджаков, Г.* Към методите за определяне константите и капацитета на един торзионен електрометър. – Годишник на СУ, ФМФ, **27**(1) 235–292 (1930-1931).
- ИЗ54 (1931) *Nadjakoff, G.* Sur la capacité de l'électromètre á quadrants. – Comptes Rendus de l'Academie des Sciences, Paris (193) p. 355-356.
- ИЗ65 (1937) *Наджаков, Г., Р. Андрейчин.* Върху един метод за високо астезиране на най-малки магнитни иглени системи. – Годишник на СУ, ФМФ, **33**(1) 283-312.
- ИЗ66 (1937) *Наджаков, Г., Р. Андрейчин.* Върху един фотоволтаичен ефект при диелектрици. – Годишник на СУ, ФМФ, **33**(1) 313-337.
- ИЗ67 (1937) *Наджаков, Г.* Върху един нов начин на перманентна поляризация при диелектриците, Един нов тип електрети: фотоелектрети. – Годишник на СУ, ФМФ, **33**(1) 409-420.
- ИЗ68 (1937) *Наджаков, Г.* Върху теорията на трите торзионни електрометри квадрантен, бинантен и дуантен. – Годишник на СУ, ФМФ, **33**(1) 421-431.
- ИЗ72 (1937) *Nadjakoff, G.* Sur une nouvelle espèce de polarisation permanente des diélectriques. – Comptes Rendus, Paris (204) 1865-1866.
- ИЗ77 (1938) *Nadjakoff, G.* Über eine neue art von elektreten: photoelektreten. – Physikalische Zeitschrift, **39**(6) 226-227.
- ИЗ78 (1939) *Наджаков, Г.* Върху поляризираното състояние при диелектриците, Термоелектрети и фотоелектрети. – Юбилеен сборник на ФМД в София по случай 40 му юбилей, 125-130.
- И479 (1939) *Андрейчин, Р.* Фотоволтаични явления. – Юбилеен сборник на ФМД в София, 152-159.
- И480 (1940) *Андрейчин, Р.* **Върху произхода на електродвижещата сила при фотоволтаичните ефекти**, Дисертация (научен ръководител Г. Наджаков), СУ.
- И570 (1939) *Христов, А.* Апарат за измерване топлинното действие на слънчевия образ. – Юбилеен сборник на ФМД в София по случай 40 му юбилей, 110-114.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Буреш, И.* Библиографски очерк върху научно-писателската творба на физика–биолог професор Порфирий Бахметев. – Годишник на ББИ за 1945–1946 (1) 68-96 (1948).
2. *Шпачинский.* – ЖРФХО (22) с. 163 (1890); Lum. électr. (39) s. 313 (1891).
3. *Ettingshausen, A., W. Nernst.* – Wied. Ann. 29, p. 343 (1886).
4. *Желев, Ж., П. Лазарова.* Петър Бенев Пенчев. – Бележити български физици, София, НП (1981) 35-41.
5. *Tsoneva-Mathewson, S., M. F. Rayner-Canham, G. F. Rayner-Canham.* Elizaveta Karamihailova Bulgarian Pioneer of Radioactivity. – A Devotion to Their Science: Pioneer Women of Radioactivity, McGill-Queen's Univ. Press (1997) 205-208.
6. БАН НА, ф. 1с, оп. 11, а.е. 20.
7. НПТМ НА, ф. Елисавета Карамихайлова, № 05722–№ 05781
8. *Лазарова, П.* Животописание на проф. д-р Елисавета Карамихайлова. – Бюлетин на ДФБ (4) 45-47 (1987).
9. *Sretenova, N.* Elizaveta Karamihailova's Life in Science, Bulgarian pioneer Elizaveta Karamihailova (1897–1968) the first woman physicist, who managed to cross the “safery-curtain” of Sofia University. – A Devotion to Their Science: Pioneer Women of Radioactivity, (Eds. Rayner-Canham), McGill-Queen's University Press (1997) 209-225.
10. *Лазарова, П., Н. Балабанов.* Професор д-р Елисавета Карамихайлова – първият български ядрен физик, София (2013).

11. *Halpern, L.* Marietta Blau Discoverer of the Cosmic Ray “Stars”. – A Devotion to Their Science: Pioneer Women of Radioactivity, Eds. Rayner-Canham, McGill-Queen’s University Press, Montreal (1997) 196-204.
12. *Rayner-Canham M., G. Rayner-Canham.* Elisabeth Róna the polonium women. – A Devotion to Their Science: Pioneer Women of Radioactivity, McGill-Queen’s University Press, Montreal (1997) 209-216
13. *Rentetzi, M.* Trafficking Materials and Gendered Experimental Practices Radium Research in Early 20<sup>th</sup> century Vienna, Cambridge University Press (2007) Chapter 4, p. 89-90; Chapter 5, p. 39.
14. *Sienell, S.* Bibliographie der Mitteilungen der Radium-Kommission und der Mitteilungen des Instituts für Radiumforschung (2005).
15. *Кулев, И.* Изследванията върху радия от началото на 20-ти век във Виена. – Химия, 17(5) 392-402 (2005).
16. *Rentetzi, M.* Women in Physics in the Institute for Radium Research in Vienna 1920–1938 A statistical report, PCnews-81, 14-16 (II.2003).
17. Archive, Austrian Academy of Sciences, Vienna, Archivbehelf, Institut für Radiumforschung, Karton 14, Fiche 70
18. Archive, Austrian Academy of Sciences, Vienna, Karton 1, Fiche 14, s. 105
19. Archive, Austrian Academy of Sciences, Vienna, Karton 14, Fiche 232, s. 171
20. *Христов, Хр. Я.* Елисавета Иванова Карамихайлова. – Бележити български физици, София, НП (1981) 103-112.
21. *Митрани, Л.* Разпределение по зенитен ъгъл на компонента, която произвежда тесни меки порои в космичното лъчение, Дисертация, Софийски университет (1952).
22. *Дойчинова, К.* Спомени за човека и учения Елисавета Карамихайлова. – Светът на физиката (1) 61-63 (1998).
23. *Мангачев, П.* Проф. Елисавета Карамихайлова живот и дело (1897–1968), София (2012).
24. БАН НА, ф. 1с, оп. 11, а.е. 20, л. 28-33 гр.
25. *Крежов, К.* Реактор ИРТ 2000, 40 години ИЯИЯЕ, БАН, София (2012) 59-68.
26. 100 години от рождението на проф. д-р Елисавета Карамихайлова. – Списание на БАН (1–2) с. 75 (1998).
27. ДА, София, ф. 994к, оп. 13, а.е. 34.
28. *Борисов, М., Х. Стойчева, П. Лазарова.* Порфирий Иванович Бахметиев (1860–1913). – Бележити български физици, София, НП (1981) 11-34.
29. *Буреш, И.* На границата между живота и смъртта. Изследвания на софийския професор Порфирий И. Бахметиев върху проблемите на анабиозата. – Природа (1) 40-55; (2) 42-55 (1952).
30. ЦДА, ф. 354к, оп. 1, а.е. 6.
31. ЦДА, ф. 354к, оп. 1, а.е. 9.
32. ЦДА, ф. 354к, оп. 1, а.е. 10.
33. ЦДА, ф. 354к, оп. 1, а.е. 13.
34. ЦДА, ф. 354к, оп. 1, а.е. 14.
35. ЦДА, ф. 354к, оп. 1, а.е. 45.
36. ЦДА, ф. 354к, оп. 1, а.е. 16.
37. ЦДА, ф. 354к, оп. 1, а.е. 47.
38. ЦДА, ф. 354к, оп. 1, а.е. 49.
39. ЦДА, ф. 354к, оп. 1, а.е. 54.
40. ЦДА, ф. 354к, оп. 1, а.е. 171.
41. ЦДА, ф. 354к, оп. 1, а.е. 61.
42. ЦДА, ф. 354к, оп. 1, а.е. 172.
43. ЦДА, ф. 354к, оп. 1, а.е. 117
44. *Volmer, M., W. Moll.* Über den Becquerel-Effekt an Selenelektroden. – Zeitschrift für Physikalische Chemie (161) 401-410 (1932).
45. *Eguchi, M.* On the permanent Electret. – Philosophical Magazine (49) p. 178 (1925).
46. *Джаков, Е.* Академик Георги Наджаков и неговата научна дейност. – Акад. Г. Наджаков юбилеен сборник научна дейност, БАН, София (1959) 5-16.
47. *Bronson, H.* – Philosophical Magazine (11) p. 143 (1906).
48. *Schweidler, E.* Die Ionenleitung in Gasen. – Handbuch der Experimentalphysik, Wien-Harms, 13(1) s. 55 (1929).
49. *Röntgen, W.* – Annalen der Physik, Bd. 64, 1 (1921).

## СПИСЪК

### Статии на автора по темата на дисертацията, отпечатани в сборници

- M1. *Borissov, M., A. Vavrek, G. Kamisheva.* Survey of the history of education in physics in Bulgaria. – Proceedings of the 1<sup>st</sup> General conference of the BPU (1) 21-23 (1991).
- M2. *Борисов, М., А. Ваврек, Г. Камешева.* Физически науки. – Из историята на Българското книжовно дружество 1869–1911, АИ “Проф. М. Дринов”, София (1994) 115-133.
- M3. *Kamisheva, G.* Porphyry Bachmetjew 1860–1913. – European Physicists Biographies, Edited by Sir Arnold Wolfendale, EPS, v. 1 (2000) p. 10.
- M4. *Kamisheva, G.* Georges Nadjakoff 1896–1981. – European Physicists Biographies, Edited by Sir Arnold Wolfendale, EPS, v. 3 (2000).
- M5. *Камешева, Г.* Някои особености в историята на физическите науки в България. – Светът на физиката (2) 152-159 (2002); От кварките до вселената, СФБ (2005) 217-227.
- M6. *Камешева, Г.* Основоположници на експерименталната физика в Българската академия на науките. – Balkan Conference of Young Scientists, СУБ, Пловдив т. 5 (2005) 382-388.

### Статии на автора по темата на дисертацията, отпечатани в списания

- M7. *Камешева, Г., М. Борисов, А. Ваврек.* Някои документи около конфликта на Порфирий Иванович Бахметьев със Софийския университет. – ФМС (1–2) 3-15 (1991).
- M8. *Камешева, Г.* Как се стига до създаване на самостоятелна специалност физика в Софийския университет. – Светът на физиката (2) 104-109 (1992).
- M9. *Ваврек, А., Г. Камешева.* Присъждане на докторска научна степен по физика в Софийския университет до 1950 г. – Светът на физиката (2) 130-134 (1999).
- M10. *Kamisheva, G., A. Vavrek.* Milestones in the development of physics in the Sofia University (1889 – 1945). – Bulgarian Journal of Physics, 27(4) 55-58 (2000).
- M11. *Камешева, Г., А. Г. Петров.* Тридесет години Институт по физика на твърдото тяло при БАН – исторически корени и настояще. – Списание на БАН (1) 80-86 (2003).
- M12. *Камешева, Г.* Постиженията на физическите науки в БАН. – Светът на физиката (3) 314-323 (2005).
- M13. *Kamisheva, G.* History of Science and Technology in Bulgaria. – Newsletter for the History of Science in Southeastern Europe (17) 15-20 (December 2012).
- M14. *Камешева, Г.* Кабинетът на Георги Наджаков – исторически обект на Европейското физическо дружество. – Светът на физиката (2) 197-213 (2014).

### Доклади на автора по темата на дисертацията

- D1. *Borissov, M., A. Vavrek, G. Kamisheva.* Survey of the History of Education in Physics in Bulgaria. – 1st General Conference of the Balkan Physical Union (BPU1), Tesseloniki, Greece, 26–28 September 1991 (G. Kamisheva, Report).
- D2. *Vavrek, A., G. Kamisheva.* The PhDs in Physics in Bulgaria (1842–1950). – 3rd General Conference of the Balkan Physical Union (BPU3), Cluj Napoca, Romania, 2–5 September 1997 (Poster).
- D3. *Kamisheva, G., A. Vavrek.* Milestones in the development of Physics in the Sofia University (1889–1945). – 4th General Conference of the BPU, Tarnovo, Bulgaria (2000) (Report).
- D4. *Камешева, Г.* Някои особености в историята на физическите науки в България. – Институтски семинар, ИФТТ–БАН, 2002 (доклад).
- D5. *Камешева, Г.* Основоположници на експерименталната физика в Българската академия на науките. – Международната конференция на младите учени, Пловдив 16–18 юни 2005 (доклад).
- D6. *Камешева, Г.* Моменти от развитието на физиката в България. – Ученическа сесия “Някои съвременни направления в развитието на физиката”, 6 ноември 2006, ИФТТ, София (доклад).
- D7. *Камешева, Г.* Моменти от историята на физическите науки в България. – Зимен семинар на младите учени и докторанти, Витоша, 14 декември 2006 (доклад).
- D8. *Kamisheva, G.* History of Science and Technology in Bulgaria. – History of Science and Technology in Southeastern Europe, National Hellenic Research Foundation, Athens, Greece, 4 February 2012 (Invited Report).
- D9. *Kamisheva, G.* Professor Elisabeth Kara-Michailova. – 100 Years of Cosmic Rays, Second international conference on the European History of Physics of the series: The Roots of Physics in Europe, In the first European Centre for the History of Physics: Echophysics, Schloss 1, Poellau Castle, 8225 Poellau, Austria, 4–5 May 2012 (Report).
- D10. *Kamisheva, G.* First experimental physics results in Bulgaria. – International Conference on the History of Physics, Trinity College Cambridge, UK, 4-5 September 2014 (Poster).

### Филм на автора по темата на дисертацията

- Ф1. *Камешева, Г.* Фотоелектретно състояние на материята (2010) (4:34). – <http://www.youtube.com/v/0mkAaIdblvU&hl=en&fs=1>.
- Ф11. *Kamisheva, G.* Photoelectret State of Matter (2008) (4:33). – <http://www.youtube.com/v/iqmOa3rOjTk?fs=1>.