

Становище

върху дисертацията на проф. д-р Румен Цветанов Цеков на тема „Класическо и квантово Брауново движение“, представена за получаване на научната степен „Доктор на науките“ в професионално направление 4.2 Химически науки (Физикохимия)
от проф. дхн Борис Симеонов Гълъбов

Дисертацията на проф. Румен Цеков е обобщение на негови научни изследвания, публикувани в общо 35 научни статии. Значителна част от публикациите са в престижни международни научни списания като *Journal of Chemical Physics* (5 статии), *Journal of Physics A* (2 статии), *Journal of Physical Chemistry* (2 статии), *Physica Scripta*, *Journal of Chemical Society Faraday Transactions*, и редица други.

В поредица от статии /ст. 2-6/ се третира теоретично динамиката на механична подсистема в твърдо тяло. Твърдото тяло е моделирано като баня от взаимодействащи си хармонични осцилатори. Изведено е уравнение, свързващо статичното взаимодействие с твърдото тяло чрез дисипативни и флукуационни сили, като се използват както методи на класическата механика, така и на стохастичната динамика. Като пример на приложение е разгледана стохастичната динамика на молекула въглеродород в твърдо тяло. Направено е сравнение на теоретичните предсказания с дифузията на n-парафини в зеолит Т. Получено е добро съответствие на теоретичните оценки с експерименталните данни. Аналогичен подход е използван и за обяснение на разликите в дифузионните коефициенти между димери и единични рениеви атоми върху волфрамова повърхност. В продължение на изследванията по тази тема е описана теоретично динамиката на механична подсистема в аморфно твърдо тяло. Приложени са също така уравненията на Ланжвен за описание на двудименционално Брауново движение на единични атоми и димери върху твърда повърхност. Зависимостите на дифузията на алкани върху повърхността на зеолити (*J. Phys. Chem.* 1998, 2003) е описана чрез формализма на стохастични уравнения. Показана е периодична зависимост на стойността на дифузионния коефициент от дължината на веригата на алканите. Изведена е формула за пресмятане на дифузионния коефициент за движението на единична частица в поле на периодичен

потенциал (*Adv. Col. Interf. Sci.* 2005). Изследванията по тази проблематика са публикувани в авторитетни научни списания (*J. Chem. Phys.*, *J. Phys. Chem.*), което подчертава тяхната значимост. Авторът демонстрира убедителни възможности за приложение на сложния математически апарат за теоретични проучвания в областта на физикохимичното описание на Брауновото движение и дифузията.

В серия от статии авторът разглежда теорията на Брауновото движение в системи, в които квантовите ефекти са съществени. Като основополагаща в това направление е първата статия на автора върху квантовото Брауново движение (*Chem. Phys. Lett.*, 1992), в която се извеждат уравнения, основани на разглеждане на еволюцията на плътността на вероятността. Подходът позволява да се оцени дисперсията на квантовата Браунова частица в хармоничен външен потенциал. В следващи публикации по тази тематика авторът извежда уравнения, описващи поведението на квантова Браунова частица в поле от хармонични осцилатори. Все пак следва да се подчертае, че изводите се отнасят до идеализирана система – единична частица в термична баня от хармонични осцилатори. По-нататък Р. Цеков въвежда специален оператор на температурата при извода на квантови уравнения, чрез които се отчита ефекта на квантовите осцилатори в термична баня върху Брауновото движение. Следва да се подчертае обаче, че валидността на изведените уравнения не е възможно да се провери чрез експерименти, тъй като се отнасят за извънредно опростена, идеализирана система. Този недостатък е преодолян, обаче, в последващите научни изследвания за да се стигне до най-новата публикация от 2021 г., където формализмът на Марковските процеси е доразвит за произволна система от N взаимодействащи си квантови частици.

Интересно е проучването на Цеков върху движението на отделни живи клетки в условия, моделиращи средата на живи организми. Като се използва аналогичен подход, вече развит за движението на единична Браунова частица в термична баня, се извеждат съответните уравнения на Клайн-Краммерс и Смолуховски за движението на живата клетка. Температурата, като основен фактор за движението на Браунова частица, е заменена с т. н. „темперамент“ на живата клетка, отчитащ склонността ѝ към движение. Все пак, освен темперамента в тези условия би следвало и температурата да е фактор, който да се отчита.

Друга важна насока в изследванията на Р. Цеков са проучванията върху взаимовръзката между квантовата механика и Брауновото движение. Тези проучвания са основани на аналозите между вероятностния характер на параболичната форма на уравнението на Шрьодингер и уравненията на дифузията. Без да влизам в подробности на изводите, които са предмет на теоретичната физика следва да се отбележи, че един от най-важните резултати от изведените уравнения засяга едно от фундаменталните понятия в квантовата механика, а именно дуалистичния характер на квантовите частици. Изведените уравнения могат да се интерпретират като показващи, че квантовите частици, например електрона, са точкови частици, а вълновият характер на движението произлиза от паралелното наличие на виртуални частици, които са вълни в координатното подпространство. Всъщност модерното разбиране за електроните е, че са точкови частици с определена маса, чието движение обаче има вълнов характер.

Р. Цеков провежда редица проучвания илюстриращи връзката между уравненията на квантовата механика и теорията на дифузията. Така например е изведено стохастично уравнение на Лоренц, описващо Брауново-подобно поведение на точковите частици в квантовата механика. Показано е, че уравнението на Шрьодингер наподобява уравненията на дифузия при наличие на имагинерен дифузионен коефициент. Отново се използва идеята за виртуални квантови частици, като имагинерният дифузионен коефициент описва Брауновото движение на реална частица в море от виртуални частици. Проучено е и Брауново движение на класическа частица в квантова околност. Изведени са съответните уравнения на Смолуховски чрез въвеждане на квантови оператори за температурата и триенето. В публикувана напоследък статия Р. Цеков предлага алтернативна интерпретация на квантовата механика, в която частиците остават през цялото време, както в класическата механика. Въвеждат се т.н. носители на сила (*force carriers*), които пренасят фундаменталните взаимодействия между частиците. Силовите носители са квантови частици, вълни в координатното пространство.

Може да се каже, че редица от идеите в трудовете на Р. Цеков, третиращи връзките между уравненията на Брауновото движение и дифузията с уравненията на квантовата механика имат характер на хипотези. Те обаче са защитени по един убедителен начин чрез изведените многобройни уравнения.

Дисертацията на Румен Цеков представя важни за науката резултати по теорията на Брауновото движение и дифузията и връзката между класическите уравнения за Брауновото движение и дифузията и уравненията на квантовата механика. Авторът предлага поредица от смели идеи, които са защитени с помощта на изведените уравнения. Научните резултати са представени в публикации в редица престижни международни научни списания. Предлагам убедено на уважаемото Научно жури да присъди научната степен „доктор на науките“ в областта на химическите науки на професор Румен Цветанов Цеков.

Подпис:

(проф. дхн Борис Гълъбов)