

# Облікова картка дисертації

## I. Загальні відомості

**Державний обліковий номер:** 0418U001583

**Особливі позначки:** відкрита

**Дата реєстрації:** 03-05-2018

**Статус:** Захищена

**Реквізити наказу МОН / наказу закладу:**



## II. Відомості про здобувача

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Плутенко Дмитро Олександрович

2. Plutenko Dmytro

**Кваліфікація:**

**Ідентифікатор ORCID ID:** Не застосовується

**Вид дисертації:** кандидат наук

**Аспірантура/Докторантура:** так

**Освітньо-наукова програма зі спеціальності:** Не застосовується

**Дата захисту:** 26-04-2018

**Спеціальність за освітою:** Прикладные математика и физика

**Місце роботи здобувача:** Інститут фізики НАН України

**Код за ЄДРПОУ:** 05417302

**Місцезнаходження:** проспект Науки, 46, Київ, Київська обл., 03028, Україна

**Форма власності:**

**Сфера управління:** Національна академія наук України

**Ідентифікатор ROR:** Не застосовується

### **III. Відомості про організацію, де відбувся захист**

**Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради):** Д 26.159.01

**Повне найменування юридичної особи:** Інститут фізики НАН України

**Код за ЄДРПОУ:** 05417302

**Місцезнаходження:** проспект Науки, 46, Київ, Київська обл., 03028, Україна

**Форма власності:**

**Сфера управління:** Національна академія наук України

**Ідентифікатор ROR:** Не застосовується

### **IV. Відомості про підприємство, установу, організацію, в якій було виконано дисертацію**

**Повне найменування юридичної особи:** Інститут фізики НАН України

**Код за ЄДРПОУ:** 05417302

**Місцезнаходження:** проспект Науки, 46, Київ, Київська обл., 03028, Україна

**Форма власності:**

**Сфера управління:** Національна академія наук України

**Ідентифікатор ROR:** Не застосовується

### **V. Відомості про дисертацію**

**Мова дисертації:**

**Коди тематичних рубрик:**

**Тема дисертації:**

1. Ефекти, пов'язані з розсіянням електромагнітної хвилі на сферичних частинках: розподіл поля, оптичні сили та їх симетрії.
2. Effects associated with scattering of electromagnetic waves on spherical particles: field distribution, optical forces and their symmetry.

**Реферат:**

1. Дисертаційна робота присвячена вивченню дифракції лазерних пучків на ізотропних однорідних сферичних частинках у так званому режимі Мі, коли розмір розсіювача такого ж порядку, що й довжина хвилі. Показана можливість формування фотонних наноструменів (ФНС) при дифракції мод Лагерра-Гаусса (LG) на кульках з матеріалу Веселаго та металевих мікрокульках. Представлені результати експерименту з наноструктурування полімерної поверхні, де використані ФНС, що формуються при дифракції фемтосекундного лазерного пучка на захопленій в оптичну пастку діелектричній мікрокульці. В роботі досліджена стабільність захоплення розсіювача та положення точки рівноваги в оптичній пастці, що сформована різними LG модами. Показано, що для певних мод LG внутрішні резонанси Мі є стабілізуючим фактором. Досліджено вплив симетрій падаючого поля на динаміку руху в оптичній пастці. Проаналізовано вплив симетрій хвилі на просторовий спектр та зсув фази розсіяної хвилі в дальній зоні при трансляції

розсіювача. Базуючись на цьому аналізі, запропоновано новий принцип детектування одиничних розсіювачів, якому виористано вимірювання різниці фаз електричного поля в дальній зоні між обраними напрямками розсіяння. Запропоновано метод демпфування руху частинки, захопленої в оптичну пастку у вакуумі. Метод базується на модуляції потужності пучка, що створює оптичну пастку.

2. The dissertation is devoted to the study of the diffraction of laser beams on isotropic homogeneous spherical particles in the so-called Mie regime, when the size of the scatterer is of the same order as the wavelength. In particular, the diffraction of the Laguerre-Gaussian beam on microbeads of various materials (dielectric, metal, metamaterial) was considered, and the generation of optical nanojets and the structure of phase singularities of the electrical component of the electromagnetic field were investigated. The Laguerre-Gaussian (LG) modes with a nonzero azimuthal number represent optical vortices having a spirale-shaped wavefront with an indefinite phase on the beam axis (so-called phase-singularity points). In the literature optical nanojets or photonic nanojets (PNJ) are called the distribution of a field that has the shape of thin high-intensity beams generated by diffraction on microscopic particles in the shadow area of the scatterer. The transverse size of such structures may be less than half of the wavelength. Optical nanojet is one of the tools to overcome the diffraction limit and is of great interest to the microscopy and surface nanostructuring of various materials. There are many works of optical nanojets generation nowadays, however, the formation of PNJ by diffraction on metal particles and particles of Veselago metamaterials was not previously considered. Besides, optical vortices were not previously considered for the generation of optical nanojets. It is shown that the PNJ generation is impossible by diffraction of the Laguerre-Gauss mode with azimuth number greater than 2. It is shown that the PNJ can be generated beside a microbead of Veselago material with the illumination of the LG mode with azimuth number 2, and the formed nanojet differs from the classical one. It is formed not in the shadow area, but from the illuminated side of the scatterer. In addition, its polarization does not depend on the polarization of the incident beam, but only on the sign of the azimuthal number of the mode. The work shows the possibility of formation a PNJ by the diffraction of LG modes with azimuthal number 1 on metal microbeads, in which the polarization of such a nanojet is longitudinal. The formation of the PNJ by the diffraction of a radially polarized mode is investigated. Besides, the results of the experiment of nanostructuring of a polymeric surface using PNJs, which are formed by the diffraction of the femtosecond laser beam on the dielectric microsphere trapped by an optical tweezer, are presented in the dissertation. In the experimental setup, only one laser beam was used both for capturing the microbead and for the formation of the PNJ. The problem of capturing spherical particles with strongly focused LG beams is also considered. The technique for particle capturing with a focused beam is known in the literature as an optical tweezer. Nowadays this technology is widely used for contactless manipulation of microparticles in various fields of physics and biology. For example, optical tweezer is an instrument for investigating the mechanical properties of single molecule, in this case the optically trapped microbead is used, to which the molecule being investigated is attached. The stability of the capturing of spherical particles and the position of the equilibrium point in the optical trap generated by various LG modes are investigated. The influence of the internal Mie resonances on the capturing parameters is inspected, it was shown that for certain LG modes the internal Mie resonances can be considered as a stabilizing factor. The influence of the symmetries of the incident beam on the dynamics of motion in the optical trap is investigated. Another related problem with the capturing and positioning of particles is the problem of detecting the location of micro- and nanoparticles. Nowadays among the methods of particle coordinates detection, one can select a class of optical high-speed and high-sensitivity methods. However, they have the same disadvantages: the nonlinear discriminatory curve and the scale of coordinates in relative units. Therefore, it is necessary to adjust detectors for each individual scatterer. The development of new high-speed optical methods without such disadvantages is an actual problem of the present. An analysis of the influence of symmetries of the wave on the spatial spectrum and the phase shift of the scattered wave in the far-field during the scatterer translation is carried out in present work. On the basis of this analysis, a new principle for the detection of single scatterer was proposed, based on the measurement of the phase difference of the electric component of the far field between the selected scattering directions. The interferometric scheme is proposed for the principle of detection implementation described above. This detector does not have the following disadvantages, which are typically for

other high-speed high-sensitivity optical m

**Державний реєстраційний номер ДіР:**

**Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки:**

**Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності:**

**Підсумки дослідження:**

**Публікації:**

**Наукова (науково-технічна) продукція:**

**Соціально-економічна спрямованість:**

**Охоронні документи на ОПІВ:**

**Впровадження результатів дисертації:**

**Зв'язок з науковими темами:**

## **VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)**

## **VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів**

**Офіційні опоненти**

**Рецензенти**

## **VIII. Заключні відомості**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові  
голови ради**

Яценко Леонід Петрович

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові  
головуючого на засіданні**

Яценко Леонід Петрович

**Відповідальний за підготовку  
облікових документів**

**Реєстратор**

**Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є  
відповідальним за реєстрацію наукової  
діяльності**



Юрченко Т.А.