

**WDROŻENIA MIETODY ANALOGII DO OKREŚLENIA
PARAMETRÓW STRUKTUR PERIODYCZNYCH. DYFRAKCJA
ŚWIATŁA JAKO MODEL OBSERWACJI ODBIÓRU
ROENTGENOGRAM**



A. Gubanova

*Dr.doc
Kamieniec-Podolski
Uniwersytet Narodowy
imienia Ivana Ogijenki
(m. Kamieniec-Podolski,
Ukraina)*

Niniejszy artykuł poświęcony jest badaniu metod badawczych parametrów przestrzennych struktur periodycznych. Do tego celu stosowano analogii. Oryginalny obiekt jest analiza rentgenowska. Jako przedmiot-analogowy oglądany dyfrakcji światła widzialnego, jakie przechodzi przez dwóch siatek dyfrakcyjnych. W ten sposób struktura przestrzenna jest analogiczna do dwuwymiarowej siatki dyfrakcyjnej. Wykazano, że badania dyfrakcji rentgenowskiej jest na podobnych praw fizycznych i pozwala badać strukturę krystalicznych brył i skomplikowanych obiektów biologicznych, takich jak cząsteczki DNA.

Słowa kluczowe: roentgenogram, metoda rentgenowskie analogie warunkują Wulff-Bragga, dyfrakcja światła, siatkę dyfrakcyjną, długość fali, interferencji, sieci krystaliczny.

**INTRODUCTION OF METHOD OF ANALOGY IS FOR DETERMINATION OF PARAMETERS
OF PERIODIC STRUCTURES. DIFFRACTION IS LIGHT AS MODEL OF SUPERVISION OF
PROCESS OF RECEIPT OF SCIAGRAMS**

This article describes the application of the technique of using analogies to explain the formation of diffraction patterns, which determine the parameters of periodic structures. The process of obtaining a diffraction pattern of light from a point source in the visible spectrum is demonstrated. And its successive passage through two diffraction gratings are describes During the rotation of one grating with respect to an axis perpendicular to the planes of both arrays, there is a diffraction pattern which resembles the form of radiographs, obtained by the method of Laue. Provide methodological development of laboratory work, which used the method of analogies. Laboratory work designed for students.

Keywords: X-ray diffraction; A method similar to the condition for Bragg; The diffraction of light; diffraction grating; wavelength; interference; diffraction order maximum.

**ВПРОВАДЖЕННЯ МЕТОДУ АНАЛОГІЇ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ПЕРІОДИЧНИХ
СТРУКТУР. ДИФРАКЦІЯ СВІТЛА ЯК МОДЕЛЬ СПОСТЕРЕЖЕННЯ ПРОЦЕСУ
ОДЕРЖАННЯ РЕНТГЕНОГРАМ**

Дана стаття присвячена вивченню методів дослідження параметрів просторових періодичних структур. Для цього пропонується використання аналогій. Об'єктом-оригіналом є рентгеноструктурний аналіз. В якості об'єкта-аналога розглядається дифракція видимого світла при його проходженні через дві дифракційні ґратки. Таким чином, аналогом просторової структури є двохвимірна дифракційна ґратка. Запропонована лабораторна робота, під час виконання якої студенти визначають параметри двохвимірної дифракційної ґратки. Показано, що дослідження дифракції рентгенівських променів відбувається за аналогічними фізичними законами та дозволяє досліджувати будову кристалічних тіл та складних біологічних об'єктів, наприклад, молекул ДНК.

Ключові слова: рентгенограма, метод аналогій умова Вульфа-Брегга, дифракція світла, дифракційна ґратка, довжина хвилі, інтерференція, кристалічна ґратка.

Застосування методу аналогії в науці має велике значення для розвитку евристичного мислення. В [1; 2, с. 105 - 107] описаний розвиток фахової компетенції майбутніх спеціалістів-фізиків у процесі виконання самостійних робіт, зокрема в лабораторіях фізичного практикуму. В даній статті застосовується метод аналогій. Об'єктом-оригіналом є кристалічна структура твердих тіл та інших періодичних об'єктів і метод визначення їх параметрів, за допомогою рентгенограм, а об'єктом-аналогом є об'єднання двох дифракційних ґраток, які слугують аналогом двохвимірної дифракційної ґратки. Приводиться метод визначення їх сталих при спостереженні дифракції світла. Відомим знанням є процес утворення інтерференційної картини при проходженні паралельного пучка променів крізь дифракційну ґратку. Висновок, зроблений за методом аналогії, стосується об'єкта-аналога. На основі подібностей об'єкта-оригінала та об'єкта-аналога (які, на перший погляд, не піддаються порівнянню) виникають інтуїтивні передбачення щодо способів розв'язування проблеми [3].

Під час виконання лабораторних робіт студенти набувають нові знання, навички постановки наукового експерименту, навички роботи з фізичними приладами, навички одержання конкретних значень фізичних параметрів досліджених об'єктів.

Одним із блискучих відкриттів науки у ХХ столітті було одержання структури ДНК (дезоксирибонуклеїнової кислоти). До висновку про подвійну спіраль, що утворює молекула ДНК, учені дійшли, використавши знання з різних наук: біології, стереохімії, теоретичної та експериментальної фізики. Основним методом експериментальної фізики був рентгеноструктурний аналіз.

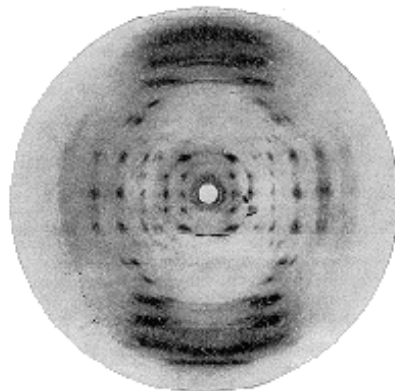


Рис.1. Рентгенограма кристалічної А –форми ДНК

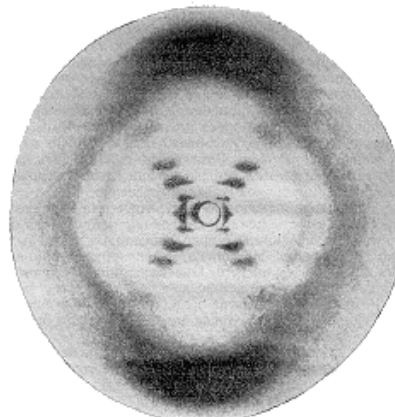


Рис. 2. Рентгенограма В – форми ДНК, отримана Розалінд Френклін у кінці 1952 р.

На рис. 1 приведена рентгенограма кристалічної А – форми ДНК, одержана у 1952 р. Розаліндою Френклін [4]. За розташуванням темних плям (рефлексів рентгенограми) розраховуються параметри просторової структури – відстані між площинами відбивання рентгенівських променів (для найбільш простих рентгенограм). Змінюючи кількість молекул води, що обов'язково присутні в молекулах ДНК, Розалінд Френклін наприкінці 1952 року отримала рентгенограму В - форми ДНК (рис. 2). Наведена рентгенограма дає основу для висновку про наявність структури подвійної спіралі [4].

Більш легким для інтерпретації слугують рентгенограми кристалів неорганічних матеріалів, які мають більш просту структуру, наприклад кубічну (рис.3).

Структура кристала - це визначене розташування частинок у просторі.

Просторова ґратка - це спосіб подання періодичного повторення в просторі окремих матеріальних частинок або групи частинок.

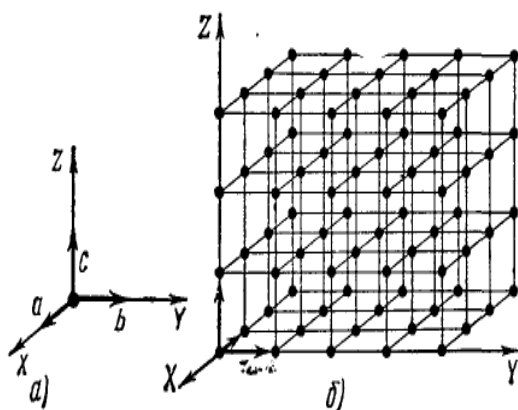


Рис. 3 | Просторова ґратка. Кристал кубічної структури

Коли кристал зростає, частинки вишиковуються в закономірні і симетричні ряди, сітки, ґратки. Грані кристалічних багатокутників відповідають площинам, які складаються з матеріальних частинок, ребра кристалу - лініям перетину цих площин, тобто ланцюгам матеріальних частинок.

Закономірність і симетрія структури кристалу є наслідком динамічної рівноваги багатьох сил або процесів. Зовнішня дія, як наприклад електричне або магнітне поле, механічні зусилля або введення сторонніх атомів у кристал, можуть змінити цю динамічну рівновагу та властивості кристалу.

Таким чином, симетрія, періодичність та закономірності розташування атомів визначають кристалічну структуру, тобто кристалічний стан речовини. Встановлення симетрії структури, визначення відстаней між атомами, їх зв'язок із зовнішнім виглядом кристала вивчає кристалографія. На рис. 3 приведена схема розташування атомів у кристалі, який має кубічну структуру, осі координат обрані вздовж ребер куба (рис. 3, а).

При утворенні кристалу виконується принцип неперервності - простір заповнюється атомами без проміжків між елементами структури, які називаються елементарними комірками кристалу. Якщо кристал складається з декількох різних атомів, наприклад кухонна сіль NaCl, то елементарна комірка повинна включати в себе цілу кількість формульних одиниць, тобто кількість атомів натрію повинна бути рівною кількості атомів Хлору.

Більшість твердих тіл є прозорими для рентгенівського випромінювання. Електромагнітні хвилі цього діапазону лежать в межах $5 \cdot 10^{-3} < \lambda > 10\text{нм}$, а міжатомні відстані менші за один нанометр. Таке співвідношення між довжиною хвилі та розміром перешкоди входить в умову спостереження явища дифракції рентгенівських хвиль, а рентенограма (рис.4) дозволяє розраховувати відстані між атомними площинами, які показані на рис. 3, б).

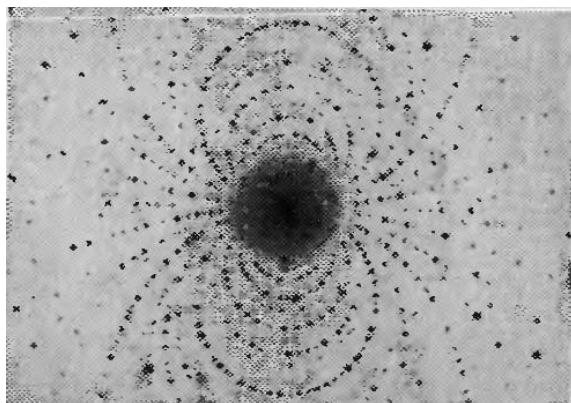


Рис. 4. Рентгенограма кристала

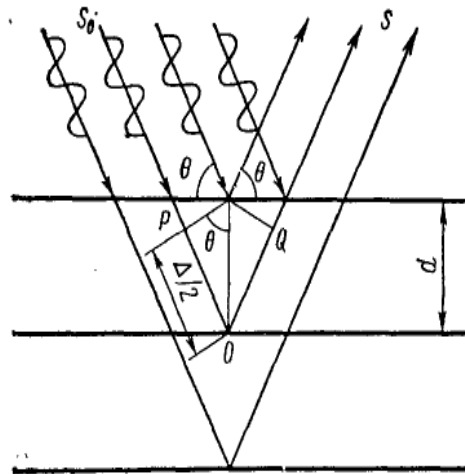


Рис. 5 Умова Вульфа-Брегга[5]

Рентгенограми можна отримувати як в прохідному, так і в відбитому пучку рентгенівських хвиль. При освітленні кристалу рентгенівськими променями S_i , показаними на рис. 5, які падають на кристал в площинах, паралельних (ZOY) (рис. 3), а площини розташування атомів паралельні (ХОУ), від кожної площини атомів буде спостерігатися часткове відбивання рентгенівських хвиль. На рис. 5 показана схема відбивання рентгенівських хвиль від трьох паралельних площин, відстань між якими рівна ребру куба d . Між відбитими променями S , при однаковому куті падіння променів S_i виникає оптична різниця ходу. При подальшому потраплянні цих променів у певні точки простору при їх накладанні буде спостерігатися їх інтерференція. Умови одержання максимумів та мінімумів інтерференції залежать від кута падіння промінів S_i . Для утворення максимумів інтерференції відбитих променів необхідне виконання умови Вульфа-Брегга (рівняння (1)) [5]:

$$2d \sin \theta = n\lambda \quad (n = 1, 2, 3 \dots) \quad (1)$$

При заданому θ умові максимуму відповідає конкретне значення d . За розташуванням

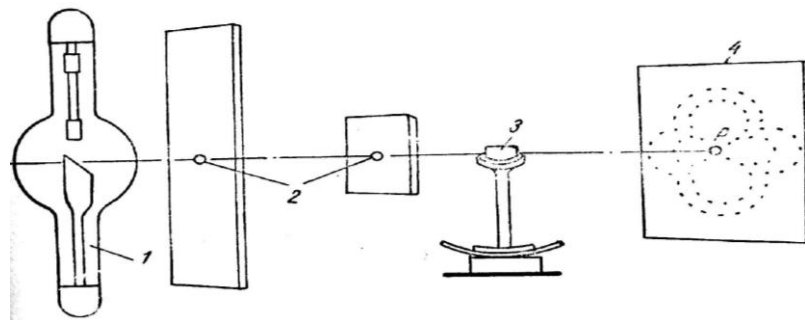


Рис. 6. Принципова схема одержання рентгенограми. 1 – джерело рентгенівського випромінювання, 2 – коліматор, 3 – зразок 4 – фото чутлива пластинка

інтерференційних максимумів, показаних на рис. 4 [5], визначаються відстані між атомними площинами в кожному напрямку, а по них визначаються параметри кристалографічної структури дослідженого зразка.

Принципова схема одержання рентгенограм показана на рис. 6 [5].

Дифракція – зміна напрямку поширення хвилі при наявності перешкод, розміри яких одного порядку з довжиною хвилі.

На досліді в лабораторії немає можливості побачити інтерференцію рентгенівських променів, але є можливість отримати аналогічну картину для дифракції променів, довжини хвиль яких лежать у видимому діапазоні.

Отже метод застосування аналогій дає можливість провести дослід, що сприяє розумінню процесу, який спостерігати безпосередньо в лабораторії неможливо. В лабораторії виконуємо дослід по спостереженню інтерференції світлових променів, які проходять крізь дві дифракційні ґратки Він є основою методичної розробки лабораторної роботи.

Основними питаннями, що вивчаються при виконанні лабораторної роботи є:

- ознайомлення з рентгенографічним методом визначення параметрів впорядкованих структур;

- вивчення явища дифракції електромагнітних хвиль;

- отримання інтерференційної картини, утвореної світловими променями, які проходять крізь схрещені дифракційні ґратки (двохвимірні ґратки);

- визначення сталих двох дифракційних ґраток;

- спостереження зміни інтерференційної картини при обертанні однієї з ґраток навколо оптичної осі системи.

Мета лабораторної роботи: ознайомлення з методами визначення параметрів упорядкованих структур, шляхом використання їх моделі.

Обладнання: джерело світла з довжиною хвилі у діапазоні $380 < \lambda > 780$ нм., набір дифракційних ґраток (50 - 100 штрихів на міліметр), екран з міліметровою шкалою, вимірювальна лінійка, щілина.

Найпростіша дифракційна ґратка - це скляна пластинка, на яку за допомогою точної ділільної машини нанесені паралельно одна одній непрозорі рисочки між якими залишені вузькі непошкоджені смужки. Непрозорі рисочки - аналогічні до проєкцій площин, в яких розташовані атоми кристалічної ґратки, вузькі непошкоджені смужки - проміжки між атомними площинами. Періодом ґратки або сталою ґратки d , називають суму розмірів прозорої a і непрозорої b ділянок: $d = a + b$ (2).

Якщо освітити дифракційну ґратку R пучком когерентних паралельних променів (рис. 7), які падають перпендикулярно до поверхні ґратки, то спостерігається явище дифракції. Промені відхиляються під різними кутами. На рис. 7 показано відхилення променів для одного кута дифракції φ .

Оскільки кожену щілину дифракційної ґратки можна вважати самостійним джерелом когерентних хвиль, то на екрані E в фокальній площині лінзи L_2 – будуть накладатись багато чисельні пучки променів. Зсув фаз між променями залежить від положення точки на екрані, довжини падаючого світла, сталої кристалічної ґратки, яка визначена рівнянням (2). На рис. 7 вказано точку k , де збираються промені, які йдуть під кутом φ до оптичної осі лінзи L_2 . Максимальне значення k відповідає максимальному куту відхилення променів – $\pi/2$.

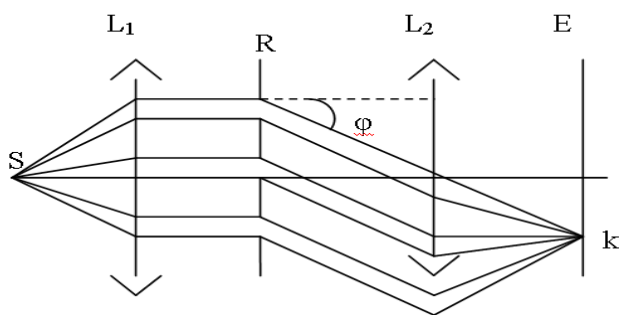


Рис.7.Схема утворення k максимуму інтерференційної картини. З дифрагованих променів обрані ті, що відхилились на кут φ

Якщо для кута φ_1 , виконується умова максимуму інтерференції, то у відповідній точці буде світла смуга.

Коли джерело світла випромінює різні довжини хвиль, то внаслідок інтерференції на екрані з'являються забарвлені зображення щілин. Якщо джерело світла дає монохроматичне випромінювання – світло однієї довжини хвилі (таке світло, можна отримати, якщо поставити на шляху променів світлофільтри), то зображення щілин на екрані (світлові максимуми) будуть забарвлені в

один колір – колір світлофільтра.

Умова виникнення максимумів світла визначається із співвідношення (3) [6]: $d \sin \varphi = \delta$ (3), де δ - різниця ходу променів. Якщо δ кратна цілому числу хвиль, тобто $\delta = k\lambda$, то одержимо максимуми першого порядку для $k = 1$. Відхилення променів відбувається в дві сторони від оптичної осі, тому одержується два максимуми першого порядку, для всіх значень k також спостерігаються по два максимуми.

При $k = 0$ на максимум в точці 0, буде білим, бо виконується умова максимуму для всіх довжин хвиль.

З формули (3) $d \sin \varphi = k\lambda$ отримуємо $d = k\lambda / \sin \varphi$. (4)

При наявності другої дифракційної ґратки, прозорі та непрозорі смуги якої лежать в перпендикулярному напрямку до смуг першої ґратки дифракційна картина буде аналогічна до рентгенограми, показаної на рис. 4. На рис. 8 вказані точки перетну ліній, в яких теоретично знаходяться максимуми інтерференційної картини, отриманої при дифракції променів на двохвимірній ґратки.

Для падаючих променів світла, перпендикулярних до площин ґраток, умови максимумів будуть: для першої ґратки: $d_1 \sin \varphi_1 = k_1 \lambda$; для другої ґратки - $d_2 \sin \varphi_2 = k_2 \lambda$; k_1 і k_2 – цілі числа: $k = 0, +1, -1, +2, -2$, і т.д.

На рис. 8 показана теоретична картина розподілу максимумів інтерференційної картини при дифракції електромагнітних хвиль на двохвимірній квадратній ґратці [6].

При виконанні лабораторної роботи студенти отримують та досліджують інтерференційну картину, аналогічну до приведеної на рис. 8. Метод аналогій слушно застосовувати при використанні природних явищ у якості об'єкта-оригінала [7].

Висновки. В статті обґрунтована доцільність використання методу аналогій при вивченні кристалічних структур і визначенні їх параметрів. Співставлення діапазону довжин хвиль рентгенівського випромінювання та світла демонструє їх належність до електромагнітних хвиль. У студентів виникає інтерес до вивчення джерел хвиль з різними енергіями, вивчення пропускання та поглинання електромагнітних хвиль різними матеріалами.

Отримання, під час виконання лабораторної роботи, дифракційної картини є переконливим наочним дослідом, що підтверджує теоретичні розрахунки. Визначення сталих дифракційних ґраток двох ґраток розвиває практичні навички у проведенні розрахунків фізичних величин, визначенні співвідношень між одиницями вимірювання довжин.

У методику проведення дослідів включені також питання побудови зображення в збірній лінзі та інші питання з розділу геометричної оптики. Узагальнені умови отримання інтерференційної картини, тобто повторені основні характеристики хвиль. При цьому виробляється вміння застосовувати вже відомі способи розв'язування задач у нових навчально-практичних ситуаціях.

Застосування описаного методу допомагає викладачеві досягати головної мети - домогтися розуміння студентами фізичного змісту явища. Наведений приклад встановлення структури ДНК демонструє зв'язок між різними науками, який супроводжує всі сучасні наукові відкриття.

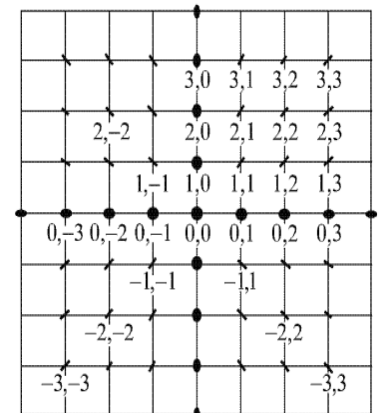


Рис.8 Схематичне зображення розподілу інтенсивності при дифракції на двохвимірній ґратці [6]

ЛІТЕРАТУРА:

1. Атаманчук П. С. Педагог-фізик XXI века. Основы формирования профессиональной компетентности / П. С. Атаманчук, К. Г. Никифоров, А. А. Губанова, Н. Л. Мыслинская. - Калуга-Каменец-Подольский : КГУ им. К. Э. Циолковского. - 2014. - 268 с.
2. Nikorich V. Students Independent Work in the Process of Laboratory Studies / V. Nikorich, P. Ketrush, O. Kulikova, A. Gubanov // Збірник наукових праць Кам'янець-

Подільського національного університету імені Івана Огієнка Серія педагогічна / [редкол. : П. С. Атаманчук (голова, наук. ред.) та ін.]. - Кам'янець-Подільський : Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2015. - Вип.21 : Дидактика фізики як концептуальна основа формування компетентнісних і світоглядних якостей майбутнього фахівця фізико-технологічного профілю. - С. 105 – 107.

3. Вовк Л. І. Роль методу аналогії при викладенні фізики у вузі / Л. І. Вовк // Наукові записки : зб. наук. праць. – Харків : ХДУ. - 1998. - С. 129 – 132.

4. Уотсон Джеймс Д. Двойная спираль. Воспоминание об открытии структуры ДНК / Джеймс Д. Уотсон. – М. : Мир. - 1969. - 74 с.

5. Шаскольская М. П. Кристаллография / М. П. Шаскольская. – М. : Высшая школа. - 1984. – 375 с.

6. Ландсберг Г. С. Оптика / Г. С. Ландсберг. – М. : Наука. - 1976. - 928 с.

7. Губанова А. Природные явления и обучение физике / А. Губанова. - STUDIA UNIVERSITATIS MOLDAVIAE., 2015. - nr. 2(82). - Seria «Stunte exacle si economice». - ISSN 1857-2073. - ISSN online 2345-1033. - P. 98 - 101.

INTRODUCTION OF METHOD OF ANALOGY IS FOR DETERMINATION OF PARAMETERS OF PERIODIC STRUCTURES. DIFFRACTION IS LIGHT AS MODEL OF SUPERVISION OF PROCESS OF RECEIPT OF SCIAGRAMS

A. GUBANOVA

Application of the method of analogy in science is of great importance for the development of heuristic thinking. In [1; 2, S. 105 - 107] described the development of professional competence of future specialists-physicists in the process of independent work, particularly in laboratories of physics laboratory. This article applies the method of analogies. By the original object is a crystal structure of solids and other periodic objects and determining their parameters with the help of radiographs, and the object-analogue is the Union of two diffraction gratings, which serve as the analogue of the two-dimensional diffraction grating. A method of determining their sustainable when observing diffraction of light. Known knowledge is the process of formation of the interference pattern when passing the parallel beam of rays through a diffraction grating. Conclusion the method of analogy concerns the object-analogue. Based on similarities of the object-source and object-analogue (which, at first glance, not at all comparable) there are intuitive predictions regarding the ways to solve the problem [3].

During laboratory work students acquire new knowledge, skills, performances of a scientific experiment, skills of work with physical devices, skills obtain specific values of physical parameters of the studied objects.

One of the brilliant discoveries of science in the twentieth century was to obtain the structure of DNA (deoxyribonucleic acid). To the conclusion about the double helix) that forms the DNA molecule, scientists have used knowledge from different Sciences: biology, stereochemistry, theoretical and experimental physics. The basic method of experimental physics was x-ray analysis.

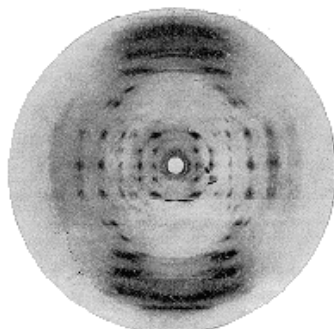


Fig.1. The x-ray crystal of A –form DNA

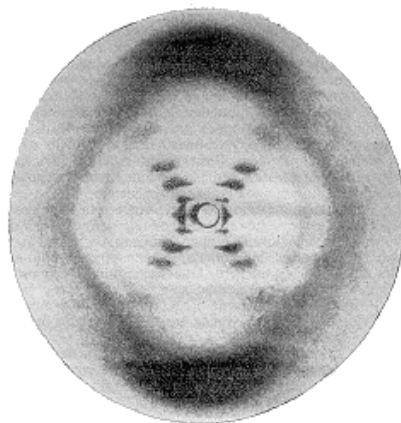


Fig. 2. Rangenormal B – form DNA obtained by Rosalind Rankin at the end of 1952.

In Fig. 1 shows the x-ray crystal of A – form DNA obtained in 1952 by Rosalind Franklin [4]. The location of dark spots (reflexes x-ray) are calculated parameters of spatial structure – the distance between the planes of reflection of x-rays (for the most simple of radiographs). Changing the number of water molecules that are always present in molecules of DNA, Rosalind Franklin late in 1952 received a radiograph of the B - form DNA (Fig. 2). Given radiograph provides a basis for a conclusion about presence of structure of the double helix [4].

Easier to interpret are x-rays of crystals of inorganic materials, which have a simple structure, such as cubic (Fig.3).

The crystal structure is the arrangement of particles in space.

The spatial lattice is a way of representing a periodic repetition in space of separate material particles or groups of particles.

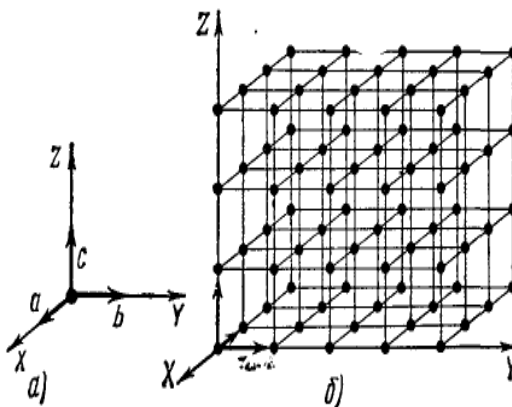


Fig. 3 Spatial lattice. Crystal cubic structure

When a crystal grows, the particles are arranged in regular and symmetrical rows, grid, grid. The faces of the polygons correspond to the crystal planes, which consist of material particles, the edges of the crystal lines of intersection of these planes, that is, the chains of material particles.

The regularity and symmetry of the crystal structure is the result of a dynamic balance of many forces or processes. External influence, such as an electric or magnetic field, mechanical stress or introduction of foreign atoms into the crystal, can change this dynamic equilibrium and the properties of the crystal.

Thus, the symmetry, the periodicity and regularity of arrangement of atoms determines the crystal structure, crystalline state of matter. The establishment of symmetric structures, the definition of distances between atoms, their connection with appearance of the crystal studies crystallography. In Fig. 3 shows the arrangement of atoms in the crystal, that has cubic structures, the coordinate axis is chosen along the edges of the cube (Fig. 3, a).

During the formation of the crystal is performed the principle of continuity - the space is filled with atoms with no spaces between elements of the structure, which are called elementary

cells of crystals. If the crystal is composed of several different atoms, for example table salt NaCl, the unit cell should include a number of formula units, i.e. the number of sodium atoms must be equal to the number of Chlorine atoms.

Most solids are transparent to x-rays. Electromagnetic waves of this range are within the $10^{-3} < \lambda < 10\text{nm}$, and interatomic distance less than one nanometer. Is the ratio between wavelength and size of obstacle is included in the condition monitoring of the phenomenon of diffraction of x-waves and x-ray diffraction (Fig.4) can calculate the distance between atomic planes is shown in Fig. 3,

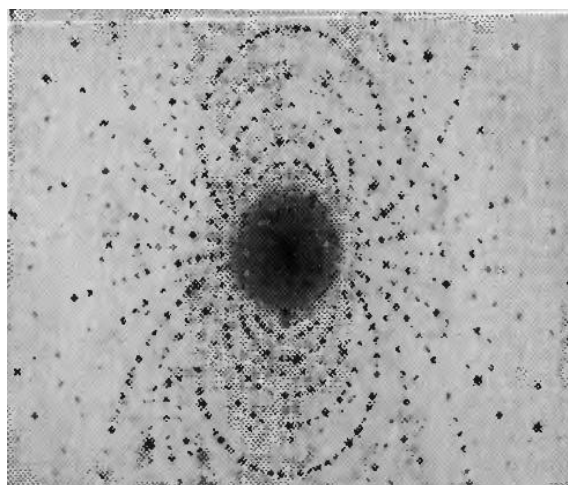


Fig. 4. The x-ray crystal

Radiographs can be obtained in the transmitted and reflected beam of x-waves. Under illumination of the crystal with x-rays of Si, shown in Fig. 5, which fall on the crystal at planes parallel (ZOY) (Fig. 3) and the plane of arrangement of the atoms parallel to (XOY), from each plane of atoms will experience partial reflection x-ray waves.

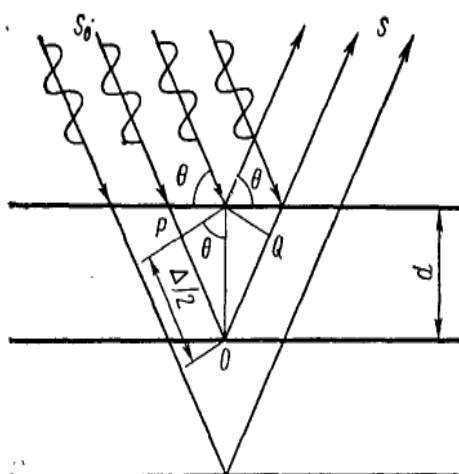


Fig. 5 Condition Bragg[5]

In Fig. 5 shows a diagram of reflection of x-waves from three parallel planes, the distance between which is equal to the edge of the cube d . Between the reflected rays S with the same angle of incidence S_i occurs the optical path difference. With the further penetration of these rays in certain points of space in their imposition will experience constructive interference. The conditions for obtaining maxima and minima of the interference depends on the angle of

incidence of the rays S_i . For the formation of maxima of the interference of the reflected beams, you need to meet the conditions of Bragg (equation (1)) [5]:

$$2d \sin \theta = n\lambda \quad (n = 1, 2, 3 \dots) \quad (1)$$

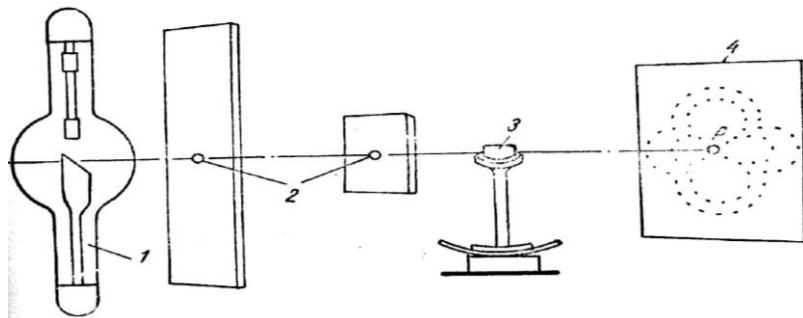


Fig. 6. The concept of obtaining radiographs. 1 –x-ray source, 2 – collimator, 3 –sample 4 –photo sensitive plate

For a given θ the maximum condition corresponds to a specific value d . Location interference peaks, shown in Fig. 4 [5], to determine the distances between atomic planes in each direction, and it defines the parameters of crystallographic structure of the investigated sample.

Schematic diagram of the receiving cavity shown in Fig. 6 [5].

Diffraction – a change in the direction of wave propagation in the presence of obstacles whose dimensions are of the same order of wavelength.

On experience in the laboratory there is no possibility to see the interference of x-rays, but it is possible to obtain a similar picture for the diffraction rays, the wavelengths of which lie in the visible range.

Therefore, the method of analogies gives the opportunity to spend experience that contributes to the understanding of the process, which is observed directly in the laboratory impossible. In a laboratory experience performed by observation of interference of light rays that pass through the two diffraction gratings It is the basis for the methodological development of laboratory work.

The main issues examined while performing laboratory work are:

- introduction to radiographic method for determination of the parameters of ordered structures;
- the study of the phenomenon of diffraction of electromagnetic waves;
- receiving an interference pattern formed by light rays that pass through the crossed diffraction grating (dovima grid);
- the constants of the two diffraction gratings;
- monitoring changes in the interference pattern when rotating one of the gratings around the optical axis of the system.

The purpose of laboratory work: familiarization with the methods of determining the parameters of the ordered structures, by using their model.

Equipment: a light source with a wavelength in the range $380 < \lambda > 780$ nm., a set of diffraction gratings (50 - 100 lines per mm), the screen with a measuring scale, a measuring stick, the gap.

The simplest diffraction grating is a glass plate, which with the help of accurate dividing machine applied parallel opaque lines between them are left intact narrow strips. Opaque risks - similar to the projections of the planes, which are the atoms of the crystal lattice, a narrow intact strips - spacing of the atomic planes. The lattice period or lattice constant d , called the sum of the sizes of a transparent and opaque sections b : $d = a + b$ (2).

If you illuminate a diffraction grating R, the beam of coherent parallel rays (Fig. 7), which fall perpendicular to the surface of the lattice, the observed phenomenon of diffraction. The rays are deflected at different angles. In Fig. 7 shows the deviation of the rays for the same angle of diffraction φ .

Since each slit of the diffraction grating can be considered an independent source of coherent waves, on the screen e in the focal plane of the lens L2 will be numerous bundles of rays. The phase shift between the beams depends on the position of the point on the screen, the length of the incident light, the constant of crystal lattice, which is defined by the equation (2). In Fig. 7 shows the point k, where the rays coming at an angle φ to the optical axis of the lens L2. The maximum value of k corresponds to the maximum value of the deflection angle of the beams is $\pi/2$.

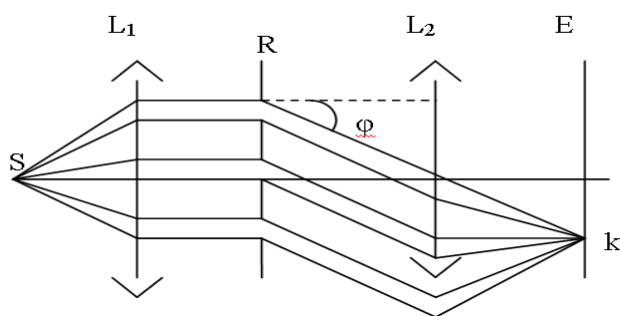


Fig.7. The scheme of formation of k the maximum of the interference pattern. Of the diffracted rays selected those that are lost the way on the angle φ

If angle Phi, the condition of maximum interference, then the corresponding pixel will be a bright band.

When the light source emits different wavelengths, the result of interference appear on the screen painted images of the cracks. If the light source provides monochromatic light is light of a single wavelength (the light you can get, if you put in the path of rays filters), the image of the slit on the screen (light highs) will be painted in one color – the color of the filter.

The condition of occurrence of the maxima of the light is determined from the relation (3) [6]: $d \sin \varphi = \delta$ (3) where δ is the path difference of rays. If δ is a multiple of a whole number of waves, i.e., $\delta = k\lambda$, we get the maxima of the first order for $k = 1$. The deviation of the rays takes place in two directions from the optical axis, so that the obtained two peaks of the first order, for all values of k are also observed for two maximum.

For $k = 0$ to a maximum at the point 0, will be white because the condition of maximum for all wavelengths.

From the formula (3) $d \sin \varphi = k\lambda$ we get $d = k\lambda / \sin \varphi$. (4)

If you have a second diffraction grating, the transparent and opaque strips which lie in the perpendicular direction of the stripes of first grating the diffraction pattern is similar to x-rays, shown in Fig. 4. In Fig. 8 shows points of the cross lines, which are theoretically the maxima of the interference pattern obtained when diffraction rays on dochviri lattice.

For the incident light rays are perpendicular to the planes of the gratings, the conditions for maxima are: for the first grid: $d_1 \sin \varphi_1 = k_1 \lambda$; for the second lattice - $d_2 \sin \varphi_2 = k_2 \lambda$; k_1 and k_2 are integers: $k = 0, +1, -1, +2, -2$, etc.

In Fig. 8 shows the theoretical distribution of maxima of the interference pattern in the diffraction of electromagnetic waves on dochviri a square lattice [6].

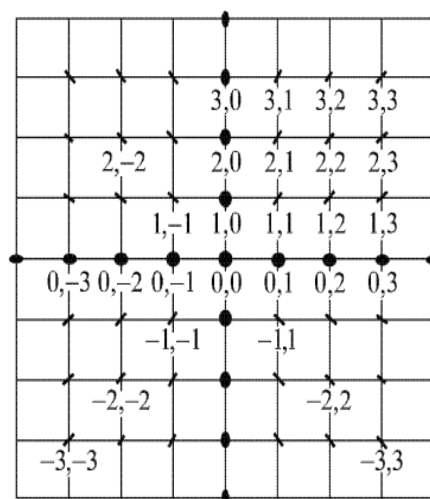


Fig.8 is a Schematic view of distribution the intensity at the diffraction on Dohrn lattice [6]

When performing laboratory work students will receive and examine an interference pattern similar to that shown in Fig. 8. The method of analogies are eligible to apply if you use natural phenomena as the object of the original [7].

Conclusions. The article substantiates the expediency of using the method of analogies in the study of crystal structures and determining their parameters. A comparison of the range of wavelengths of x-rays and light shows that they belong to electromagnetic waves. The students raises interest in the study of the sources of waves of different energies, the study of the absorption and transmission of electromagnetic waves by various materials.

Receiving, during execution of the laboratory work, diffraction pattern is a compelling visual experience that confirms theoretical calculations. Definition of permanent diffraction gratings two gratings develops practical skills in carrying out calculations of physical quantities, determining ratios between units of measurement.

In the method of conducting experience includes the issues of building a team image in the lens and other issues from the section on geometric optics. Generalized conditions for obtaining the interference pattern, that is repeated the basic characteristics of waves. This generated the ability to apply already known methods for solving problems in new training situations.

Application of the method described helps the teacher to achieve the main goal - to achieve students understanding of the physical meaning of the phenomenon. An example of establishing the structure of DNA illustrates the relation between different Sciences, which accompanies all the modern scientific discoveries.

REFERENCE:

1. Atamanchuk P. S. Pedagog-fyzyk XXI veka. Osnoviormyrovanyya professionalnoj kompetentnosty / P. S. Atamanchuk, K. G. Nykyforov, A. A. Gubanova, N. L. Mislynskaya. - Kaluga-Kamenecz-Podolskyj : KGU ym. K. E. Cyolkovskogo. - 2014. - 268 s.
2. Nikorich V. Students Independent Work in the Process of Laboratory Studies / V. Nikorich, P. Ketrush, O. Kulikova, A. Gubanova // Zbirnyk naukovyx pracz Kamyanez-Podil'skogo nacionalnogo universytetu imeni Ivana Ogijenka Seriya pedagogichna / [redkol. : P. S. Atamanchuk (golova,nauk. red.) ta in.]. - Kamyanez-Podil'skyj : Kamyanez-Podil'skyj nacionalnyj universytet imeni Ivana Ogijenka, 2015. - Vyp.21 : Dydaktyka fizyky yak konceptualna osnova formuvannya kompetentnisnyx i svitoglyadnyx yakostej majbutnogo faxivcyafizyko-texnologichnogo profilyu. - S. 105 – 107.
3. Vovk L. I. Rol metodu analogiyi pryvykladenni fizyky u vuzi / L. I. Vovk // Naukovi zapysky : zb. nauk. pracz. – Xarkiv : XDU. - 1998. - S. 129 – 132.
4. Uotson Dzhejms D. Dvojnaya spiral. Vospomynanye ob otkrytyi strukturi DNK / Dzhejms D. Uotson. – M. : Myr. - 1969. - 74 s.

5. Shaskolskaya M. P. Krystallografiya / M. P. Shaskolskaya. – M. : Visshaya shkola. - 1984. – 375 s.

6. Landsberg G. S. Optyka / G. S. Landsberg. – M. : Nauka. - 1976. - 928 s.

7. Gubanova A. Pryrodnie yavlenyya y obuchenye fyzyke / A. Gubanova. - STUDIA UNIVERSITATIS MOLDAVIAE., 2015. - nr. 2(82). - Seria «Stunte exacle si economice». - ISSN 1857-2073. - ISSN online 2345-1033. - P. 98 - 101.