

Высокий уровень сформированности компетенций (для каждой компетенции) предполагает самостоятельность и творчество, полное и качественное выполнение выданных студенту заданий.

Средний уровень сформированности компетенции предполагает полное и в целом качественное выполнение заданий, но при наличии некоторых замечаний к выполнению заданий.

Низкий уровень сформированности компетенции предполагает недостаточно полное и качественное выполнение заданий, затруднение самостоятельно выполнять задание по данной компетенции.

Если выполнению каждого задания, соответствующего определенной компетенции, поставить в соответствие количество баллов для высокого, среднего и низкого уровня, то можно оценить количественно (в баллах) сформированность компетенций (студентам до практики выдают каждому информационные листки с информацией о критериях оценивания студентов в аспекте сформированности компетенций).

Преподаватель-методист, кроме текстового отчета по практике студентов заполняет приложение к отчету, где указывает уровень сформированности по каждой компетенции для каждого из подопечных студентов. Факультетский руководитель практики, кроме текстового отчета, заполняет таблицу, где указывает в процентах число студентов, обладающих высоким, средним и низким уровнем сформированности компетенций. Интервал в баллах для высокого уровня 100-80, среднего – 79-59, низкого – 58-38 баллов.

Список использованных источников:

1. ФГОС Высшего профессионального образования по направлению подготовки 050100 Педагогическое образование (квалификация (степень) «бакалавр»). Утвержден приказом Министерства образования и науки РФ от 17 января 2011, № 46.

2. Положение о порядке проведения практики студентов образовательных учреждений высшего профессионального образования. Утверждено Приказом Минобрнауки России от 23.03.2003 г. № 1154.
3. Педагог-физик XXI века. Основы формирования профессиональной компетентности / П.С. Атаманчук, К.Г. Никифоров, А.А. Губанова, Н.Л. Мыслинская. – Калуга – Каменец-Подольский : Издательство КГУ им. К.Э.Циолковского, 2014. – 278 с.

Н. Л. Мыслинская

Калужский державний університет К. Е. Циолковського ФОРМУВАННЯ ПРОФЕСІЙНИХ КОМПЕТЕНЦІЙ МАЙБУТЬОГО ВЧИТЕЛЯ ФІЗИКИ В ПРОЦЕСІ ПЕДАГОГІЧНОЇ ПРАКТИКИ

У статті розглядається модель формування професійних компетенцій майбутнього вчителя фізики у процесі педагогічної практики. Модель включає зміст компетенцій; завдання студентам, які сприятимуть розвитку і формуванню відповідних компетенцій; форми контролю виконання завдань; критерії сформованості компетенцій.

Ключові слова: вчитель фізики, педагогічна практика, компетенція, завдання до практики, форма контролю, модель.

N. L. Myslinskaya

Kaluga Tsiolkovsky State University

FORMING OF PROFESSIONAL COMPETENCES OF THE FUTURE PHYSICS TEACHER IN PROCESS OF PEDAGOGICAL PRACTICE

The model of formation professional competences of the future teacher of physics during pedagogical practice is considered. Model includes the contents of competences, student tasks for competence development and formation, forms of the task performance control, criteria of competence formation.

Key words: physics teacher, pedagogical practice, competence, practice task, control form, model.

Отримано: 12.07.2014

УДК:[61:53(07)+577.3(07)]:37.026

Н. В. Остапович

Національний медичний університет імені О. О. Богомольця
e-mail: nataost@windowslive.com

ДИДАКТИЧНІ ІГРИ ЯК ЗАСІБ АКТИВІЗАЦІЇ НАВЧАННЯ ПРИРОДНИЧО-НАУКОВИХ ДИСЦИПЛІН У МЕДИЧНОМУ КОЛЕДЖІ

Стаття присвячена проблемі розроблення дидактичних ділових та інтелектуальних ігор та їх використання для навчання майбутніх медичних працівників природничо-наукових дисциплін. На основі аналізу теоретичних джерел обґрунтовано доцільність використання даного типу освітніх технологій саме у підготовці майбутніх медичних працівників на рівні коледжу в процесі навчання фізики, основ біофізики та медичної апаратури. На прикладі впровадження у власну викладацьку практику автора сценаріїв дидактичних ігор «Пентагон» та «Помиленіум», а також проекту з використанням ділової гри при вивченні шумових та електромагнітних явищ, продемонстровано ефективність поєднання їх навчальної, розвивальної та виховної функцій та активізації пізнавальної діяльності студентів вищих медичних навчальних закладів I-II рівнів акредитації.

Ключові слова: дидактична гра; інтелектуальна гра; ділова гра; природничо-наукові дисципліни.

Постановка проблеми. Особливості вивчення природничо-математичних наук у вищих медичних закладах I-II рівня акредитації пов'язані з тим, що знання, здобуті при їх вивченні, служать довго, з плином часу вони доповнюються, обростають міжпредметними зв'язками, постійно зростають за прикладним значенням.

Зокрема наукове знання фізики та математики може й повинно бути ефективно задіяним в організації всього спектру загально- та вузькопрофільних дисциплін. Базою для підготовки майбутніх фахівців медичної галузі нерідко є знання, які, на перший погляд, не пов'язані з фаховою діяльністю, проте вони допомагають зрозуміти важливі аспекти явищ та процесів, що складають основу професійної діяльності.

Однією з умов підвищення результативності вивчення теоретичних дисциплін медичних вищих навчальних закладах I-II рівня акредитації є добір методів навчання, адекватних дидактичній меті. Організація навчального процесу на основі використання традиційних технологій не завжди дозволяє створити сприятливі умови для самореалізації студента, що виражається у природному прагненні до оволодіння новими знаннями, спілкування, взаємодопомоги, співробітництва, тобто намагання стати значущим, активним суб'єктом цього процесу.

Актуальність нашого дослідження обумовлена потребою активізації пізнавальної діяльності студентів вищих медичних навчальних закладів I-II рівнів акредитації при вивченні природничо-наукових дисциплін (фізики, основ біофізики та медіапаратури).

Об'єктом нашого дослідження є процес навчання природничо-наукових дисциплін майбутніх медичних працівників з використанням дидактичних ігор.

Метою нашого дослідження є розроблення дидактичних ігор, що використовуються для навчання майбутніх медичних працівників природничо-наукових дисциплін.

Аналіз дослідження проблеми. У різних наукових школах трактування поняття «традиційні технології навчання» є схожими. Їм притаманні такі риси: одночасне заняття із цілою групою, пояснення викладачем нового матеріалу, його відтворення студентами та оцінювання результатів. Репродуктивний характер навчання та авторитарні уявлення викладачів про стиль викладання стримують пізнавальну активність, незалежність мислення та творчість студентів.

Як вітчизняні, так і зарубіжні науковці ведуть пошуки шляхів подолання надмірної жорсткості технологічного,

репродуктивного підходу, звертаючись до альтернативних моделей навчальної діяльності [11]. Це можна реалізувати, використовуючи так званий «діяльнісний підхід», який був започаткований понад сто років тому Джоном Дьюї і набув особливої популярності в останні роки. Такий підхід базується на тезі: «Знання неможливо надати, ними студент може оволодіти самостійно, виконуючи певні види діяльності» [8].

Пошуки оновлення методів навчання ведуться в різних напрямках, але одним з найбільш ефективних вважається використання ігор та ігрових елементів у навчальних процесі. Зокрема, ігрові методики розглядають у своїх працях І. В. Авдєєва, М. В. Кларіна, О. Пометун, Л. Пироженко, О. Пехота, Н. Побірченко, Г. Селевко, В.М. Нагаєв, С. Сисоева, Ю. Сидоренко, П. Щербань та багато інших. Зокрема, І. Куліш та І. Молоцька вивчали формування професійних умінь та навичок засобами дидактичних ігор; Н. Дівінської П. Щербань зосередили свою увагу на навчально-педагогічних іграх. Л. Ананьєва, Л. Волкова, Т. Воровка, Н. Захарченко, Ю. Друзь, І. Коротяєва, Л. Нечепоренко, О. Парубок досліджували використання ділових ігор у підготовці фахівців різного профілю [1; 13].

Виклад основного матеріалу. Розвиток особистісних якостей, набуття певних компетентностей особистості студента є найбільш ефективними, якщо в навчально-виховному процесі використовуються **інтерактивні** форми і методи.

Характеристиками інтерактивної освіти є:

- максимальне залучення студентів до організації навчально-виховного процесу;
- спільна діяльність у режимі рівноправного спілкування;
- суб'єктивне переживання успіху кожним учасником педагогічної взаємодії;
- обов'язкова рефлексія процесу навчання і виховання;
- поглиблена робота з особистим суб'єктивним досвідом учасників навчально-виховного процесу [14].

Одним з інтерактивних методів, що широко використовується, є метод проектів. Для інтеграції фундаментальних та прикладних професійно орієнтованих дисциплін ми використовуємо його у поєднанні з діловою грою при вивченні теми «Дія механічних та електромагнітних хвиль на живу природу. Захист живих організмів від шкідливого впливу шуму та електромагнітного випромінювання». Ділова клінічна гра – одна з провідних форм активного навчання у медичному вузі, яка дозволяє формувати у спеціаліста не тільки професійні, але й комунікативні навички [4].

Даний проект відноситься до інформаційних проектів, які спрямовані на збір інформації про певний об'єкт, явище, на ознайомлення учасників проекту з цією інформацією, її аналіз та узагальнення фактів. Його результатом була презентація з використанням відеофільму, доповіді, графіків і таблиць. Особистий інтерес того, хто навчається, в даній діяльності був необхідною умовою успішної роботи. Студентам було запропоновано в проекті об'єднати дві теми – «Звукові хвилі, гучність звуку і висота тону. Екологічні проблеми акустики» та «Дія електромагнітних хвиль на живу природу. Захист живих організмів від шкідливого впливу електромагнітного випромінювання» (тут і далі – ЕМВ). Всі студенти бачать себе в майбутньому медиками, тому результати проекту були представлені у формі «консиліуму», де в якості хворого пропонувався сам підліток. В процесі підготовки академічна група нами була поділена на три основні підгрупи: 1-а – студенти, які збирали відомості безпосередньо про рівень шуму і ЕМВ в оточенні хворого, 2-а – студенти, які збирали відомості про допустимі значення дії шуму і ЕМВ на людський організм, 3-я – студенти, які збирали інформацію про види захисту від шкідливих чинників. Кожна основна група ділилася на декілька менших, які мали вужчі завдання:

1. Взяти напрокат у місцевій санітарно-епідеміологічній службі віброшумомір «ІШВ-1», ознайомитись із інструкцією до нього та методикою вимірювання шуму.
2. Скласти список найбільш типових приміщень, де буває підліток, і приладів, які є джерелами шуму та ЕМВ.
3. Заміряти рівень шуму в цих приміщеннях та знайти дані про рівень ЕМВ від побутових приладів.

4. Знайти інформацію про вплив шуму та ЕМВ на біологічні системи.
5. Знайти інформацію про захист людини від біологічної дії шуму та ЕМВ.
6. Візуалізація зібраних даних (зняти відеофільм про рівень шуму в різних кабінетах, майстернях, спортзалі, коридорі, на вулиці біля проїжджої частини та в парку), скласти таблиці та діаграми. Підготувати доповіді.

У вступному слові викладач ставить завдання проаналізувати вплив шуму та ЕМВ на організм людини, а також розробити рекомендації стосовно зменшення їх негативного впливу на наш організм, *тобто провести екологічний консиліум.*

Оцінювання роботи студентів на всіх етапах виконання проекту здійснювалось за такою схемою:

Питання	Завжди	Іноді	Рідко	Ніколи
Як добре працював у групі	3 бали			
Чи ретельно працював над завданням		2 бали		
Чи вносив конструктивні пропозиції			1 бал	
Чи брав участь у всіх етапах дослідження				0 балів

Максимально можна було набрати 12 балів.

На наш погляд, обраний нами метод проектів можна вважати достатньо ефективним, як у дидактичному, так і у інформативному сенсі, тому що в ході його використання:

- охоплюється багато інших інтерактивних методів навчання;
- в студентів формується наукове мислення, впевненість в собі;
- навчання є емоційно забарвленим та динамічним;
- воно формує позитивні мотиви самозростання через отримання позитивного результату, сприяє особистісному успіху;
- розвивається нестандартне, креативне мислення;
- виконання проекту спонукає до використання та набуття фундаментальних теоретичних знань;
- формується готовність до міждисциплінарної інтеграції;
- практичні навички, отримані в ході виконання роботи підвищують авторитетність студентів в колективі, посилюють їх конкурентоспроможність, в тому числі, і як майбутніх абітурієнтів.

Крім ділової гри, в навчальному процесі ми застосовуємо велике розмаїття ігрових моментів, поєднуючи їх з іншими методами навчання. Гра стимулює у студента пізнавальний інтерес – інтерес до глибокого, усвідомленого пізнання. Він може виступати як зовнішній стимул процесу засвоєння знань, як засіб активізації навчання, як мотив пізнання.

Гра – це передусім захоплююче заняття. У ній всі рівні, винахідливість, швидкість, кмітливість і дотепність тут виявляються часом важливішими від обсягу предметних знань з окремої навчальної дисципліни. Почуття рівності, атмосфера захопленості та радості, відчуття посильності завдань – все це дає можливість подолати сором'язливість, страх перед невдачею та активізує пізнавальну діяльність студентів. Видатний педагог К.Д. Ушинський вважав, що: «Викладання будь-якого предмету повинне йти таким шляхом, щоб на долю вихованця припадало стільки праці, скільки можуть здолати його молоді сили» [10].

«Дидактична гра» – це гра з чітко поставленою метою навчання та досягненням відповідного їй педагогічного результату, спрямована на формування потреби в знаннях, активного інтересу до того, що може стати їх новим джерелом, удосконалення пізнавальних умінь і навичок.

Розглянемо деякі з видів дидактичних інтелектуальних ігор, які нами розроблені та апробовані у процесі навчання майбутніх медичних працівників при вивченні теми «Поверхневий натяг рідин».

Для актуалізації опорних знань та вмінь студентів на початку заняття пропонуємо гру в «Пентагон». П'ять тверджень (підказок) про якусь фізичну величину, подію чи людину поступово надаються ведучим. Якщо після прочитаного твердження гравець знає, про що йдеться, то записує відповідь на

аркуші і мовчки піднімає його вгору, це дає можливість іншим учасникам прослухати решту підказок і отримати бали, хоч і меншу кількість. Чим з меншої кількості підказок студент дасть правильну відповідь тим більше балів він отримає. Якщо ж студент відповів неправильно, то бали віднімаються від загальної кількості балів за заняття.

Наприклад, завдання формулюється так: **Назвіть фізичну величину.** П'ять підказок, за якими це потрібно зробити, подаються послідовно одна за одною.

1. Незначні зміни цієї фізичної величини на поверхні клітини і на поверхні субклітинних структур впливають на процеси амебоїдного руху, поділу клітин, проникності клітинних мембран, м'язового скорочення (5 балів).

2. Ця фізична величина дає змогу пояснити той факт, що легенький вітерець піднімає у повітря хмари важкого піску і не може підняти стільки ж водяних бризок, хоч вода значно легша за пісок (4 бали).

3. Ця фізична величина пояснює, чому мокру рукавичку важко зняти з руки (3 бали).

4. Краплі дощу за відсутності сили тяжіння мали б кулясту форму. Краплі ртуті мають форму, близьку до кулястої, навіть при наявності сили тяжіння. Саме ця фізична величина дає змогу зрозуміти, чому так відбувається (2 бали).

5. Ця фізична величина може бути визначена через силу поверхневого натягу, яка діє на кожну одиницю довжини контуру, що обмежує вільну поверхню рідини (1 бал).

Це – коефіцієнт поверхневого натягу.

Для гри «Пентагон» питання готуються так, щоб найбільше очок могли набрати студенти, які глибоко розуміють зміст теми або мають добре розвинене логічне мислення, кмітливість і не бояться ризикувати.

Для узагальнення матеріалу та підведення підсумків заняття автор використовує гру «Помилленіум». Студентам читаються чи роздаються тексти з фізичними помилками, які гравцям слід виправити [3].

Гра «Помилленіум»

21 грудня 2012 року Клава–Роззява не пішла до університету. «А навіщо?» – подумала вона. «Сьогодні і так «кінець світу», ще свій останній день на науку витратити. Бр-р-р!» Але скоро Клаві стало нудно і вона вирішила зробити експеримент. Адже всі її одногрупники в цей час виконували лабораторну роботу на тему «Вивчення поверхневого натягу рідин». Набрала в скляну пробірку олії і опустила туди скляний капіляр. Олія піднялась по капіляру на 4 поділки вище рівня в пробірці. Швидко втрапивши інтерес до експерименту, Клава вирішила поїсти. Вона підігріла і налила в тарілку смачного наваристого борщу, який напередодні передала мама. На дні тарілки з'явилися красиві квадратні плями жиру. Милуючись ними, Клава не помітила, як забруднила светрик, який нещодавно приніс Святий Миколай. «Халепа!» – крикнула Клава, – «треба рятувати светрик!» Вона знала, що це можна зробити за допомогою бензину. Клава змочила ватку бензином і почала витирати пляму зсередини до країв. Ситуація ставала ще гіршою, Клава сіла і розплакалась, їй було так сумно, що вона прогавила «кінець світу». Допоможіть Клаві, виправивши її помилки.

В цій історії зашифровані декілька фізичних помилок (олія не піднімається по скляному капіляру, а опускається; плями жиру круглої форми і на поверхні борщу; пляму потрібно витирати з країв до середини, тоді за рахунок поверхневого натягу вона стане зменшуватись), які студенти з задіянням виправляють. Кількість помилок, які студент зміг виправити, залежить від того, наскільки глибоко він засвоїв матеріал, як вміє логічно мислити та творчо переосмислювати за допомогою аналізу вивчені факти, явища, поняття. Крім фізичних помилок, студенти вказують ще й на те, що прогулювати заняття не можна в жодному разі, навіть за такої «важливості» причини як «кінець світу». Тобто ми бачимо, що гра носить ще й виховний характер.

Висновки. Майбутнім медикам фізика часто здається сухою, формальною, важкою у сприйнятті. На наш погляд, одним з ефективних засобів подолання подібного стану ре-

чей яказ і є дидактична гра, яка поєднує навчальну, розвивальну та виховну функції. Поряд із ігровим задумом, основним структурним компонентом гри є пізнавальний зміст. Головним завданням дидактичних ігор на заняттях з фізики можна вважати залучення студентів до активної пошуково-творчої діяльності, інтеграцію знань з теоретичних дисциплін зі знаннями з інших дисциплін, формування цілісної системи знань, а інтеграція фундаментальної і фахової підготовки майбутніх медсестер та фармацевтів у процесі вивчення фізико-математичних дисциплін стане ефективним засобом вдосконалення природничо-наукової складової системи медичної освіти, сприятиме опануванню фахово-зорієнтованих навчальних дисциплін на якісно вищому рівні, цілеспрямовано готуватиме студентів до майбутньої професійної діяльності та конкурентоспроможності.

Список використаних джерел:

1. Куліш І.М. Чи потрібно студенту гратися? / І.М. Куліш // Гуманітарні науки. – 2001. – № 2. – С. 112-116.
2. Лопушанський Я.Й. Збірник задач і запитань з медичної і біологічної фізики : навчальний посібник / Я.Й. Лопушанський. – 3-є вид., доп. та випр. – Вінниця : Нова книга, 2010. – 584 с.
3. Макаров В.І. Нетрадиційні форми виховної роботи з студентською молоддю / В.І. Макаров. – К. : Навчально-методичний центр УКОО Освіта, 2005. – 112 с.
4. Манолова С.П. Ділова клінічна гра як спосіб активного засвоєння навичок професійної діяльності майбутнього лікаря / С.П. Манолова, І.Б. Єршова, М.В. Воронов // Український медичний альманах. – 2004. – Т. 7. – № 3. – С. 84-85.
5. Остапович Н.В. Ігрова діяльність як дидактична технологія у навчанні медичної та біологічної фізики / Н.В. Остапович // Актуальні проблеми сучасної медицини : вісник Української медичної стоматологічної академії. – Полтава, 2012. – Вип. 3 (39). – Т.12. – С. 189-192.
6. Остапович Н.В. Використання дидактичних інтелектуальних ігор у навчанні медичної та біологічної фізики / Н.В. Остапович // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна. – Кам'янець-Подільський, 2012. – Вип. 18. – С. 176-179.
7. Пометун О.І. Сучасний урок. Інтерактивні технології навчання / О.І. Пометун, Л.В. Пироженок. – К., 2003. – 192 с.
8. Стучинська Н.В. Вивчення дисципліни фізико-математичного циклу у медичних університетах: відбір змісту та структурування навчального матеріалу / Н.В. Стучинська // Молодь і ринок. – 2006. – № 4(19). – С. 38-45.
9. Стучинська Н.В. Методика використання рольової гри у курсі медичної та біологічної фізики / Н.В. Стучинська, Н.В. Остапович // Наукові записки. – Серія: Педагогічні науки. – Кіровоград : РВВ КДПУ ім. Винниченка. – 2012. – Вип. 108. – Ч. 2. – 288 с. – С. 124-129.
10. Ушинский К.Д. Собрание сочинений : в 6 т. / К.Д. Ушинский. – М., 1969. – Т. 5. – С. 27.
11. Химинець В.В. Інноваційна освітня діяльність / В.В. Химинець. – Тернопіль: Мандрівець, 2009. – 360 с.
12. Чалий О.В. Медична і біологічна фізика / Чалий О.В., Агапов Б.Т., Цехмістер Я.В. та ін.. – К. : Книга плюс, 2005. – 760 с.
13. Щербань П.І. Навчально-педагогічні ігри та їх роль у підготовці майбутніх вчителів / П.І. Щербань. – К. : Рад. шк., 1986. – 178 с.
14. Ягоднікова В.В. Інтерактивні форми і методи навчання / В.В. Ягоднікова // Інтерактивні вправи та ігри. – Х. : Основа, 2010. – С. 85-142.

Н. В. Остапович

Національний медичний університет імені А. А. Богомольця

ДИДАКТИЧЕСКИЕ ИГРЫ КАК СРЕДСТВО АКТИВИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНЫХ ДИСЦИПЛИН В МЕДИЦИНСКОМ КОЛЛЕДЖЕ

Стаття посвящена проблеме разработки дидактических деловых и интеллектуальных игр и их использования для обучения будущих медицинских работников естественно-научным дисциплинам. На основе анализа теоретических источников обоснована целесообразность использования данного типа образовательных технологий именно в подготовке будущих медицинских работников на уровне кол-

леджа в процесі об'єкту фізики, основам біофізики і медичної апаратури. На прикладі впровадження в освітню педагогічну практику автора сценаріїв дидактичних ігор «Пентагон» і «Помиллюм», а також проекту з використанням делової гри при вивченні шумових і електромагнітних явищ, продемонстрована ефективність поєднання їх навчальної, розвиваючої і виховної функцій і активізації пізнавальної діяльності студентів вищих медичних навчальних закладів I-II рівня акредитації.

Ключевые слова: дидактическая игра; интеллектуальная игра; деловая игра; естественно-научные дисциплины.

N. V. Ostapovych

National Medical O. O. Bohomolets University

DIDACTIC GAMES AS MEANS OF ACTIVATION IN STUDY OF NATURAL SCIENCES AT THE MEDICAL COLLEGE

The article deals with the problem of elaboration of didactic business and intellectual games and their use for teaching

of the future medical workers in natural sciences. Based on the analysis of theoretical sources the demand for the use of this kind of educational technologies exactly in training of the future medical workers on the level of the college in course of study of physics, foundations of biophysics and medical devices has been proved. Based on the example of the introduction into the own pedagogical practice of the author of the scenarios of didactic games «Pentagon» and «Mistakes Millennium», as well as of the project with the use of the business game by studying the noise and electromagnetic phenomena, the efficiency of combination of their teaching, developing and educational functions and activation of the cognitive activity of students at the institutions of higher education with the 1st-2nd accreditation level has been demonstrated.

Key words: didactic game; intellectual game; business game; natural sciences.

Отримано: 2.10.2014

УДК 543.424

Р. А. Поведа

Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка
e-mail: povedar@gmail.com

ЗАСТОСУВАННЯ ЕМПІРИЧНИХ ТА СИНТЕТИЧНИХ СПОСОБІВ ДОСЛІДЖЕНЬ МОЛЕКУЛЯРНИХ СПЕКТРІВ

У статті експериментальні результати вимірювань спектрів скорельовано з неімперичними синтетичними спектрами комбінаційного розсіяння світла в кристалах β -ZnP₂. Спектр в області сильного поглинання доповнено розрахунками за допомогою сучасного програмного забезпечення. Високочастотна ділянка спектру в кристалах β -ZnP₂ зумовлена коливаннями ділянок спіралей з атомів Р – структурних елементів ґратки β -ZnP₂, що за коливальними властивостями дуже подібні нескінченним спіралям з атомів Р в кристалах α -ZnP₂.

Ключові слова: комбінаційного розсіяння світла, незвідні представлення, комп'ютерне моделювання.

В даній роботі експериментальні результати вимірювань спектрів скорельовано з неімперичними синтетичними спектрами комбінаційного розсіяння (КР) світла в кристалах β -ZnP₂. Спектри нерезонансного комбінаційного розсіяння збуджувалися випромінюванням неперервним титано-сапфірового лазера з довжиною хвилі 8527 ангстрем. Приймачем розсіяного випромінювання виступала охолоджена до 70 К малозашумлена матриця приладів з зарядовим зв'язком (ПЗЗ). Спектр реєструвався за допомогою спектрометра Ramanog (Mole 1000) з півшириною апаратної функції менше 0,5 см⁻¹. Напрямок збуджуючого випромінювання був завжди перпендикулярним до напрямку реєстрації [6].

Двовісні кристали «чорної» структурної модифікації дифосфіду цинку, β -ZnP₂, широко досліджуються як прямозонні напівпровідники, що мають дуже чітко визначені з розділеною тонкою структурою полісеріальні лінійчаті спектри поглинання та люмінесценції вільних екситонів Ваньє-Мотта [1-3], які до того ж, зв'язуються при порівнянні низьких рівнях збудження в біекситонні молекули [4, 5] з подальшою тенденцією до їх конденсації. До даного часу, на жаль, в цих кристалах недостатньо досліджено енергетичний спектр фононних станів, що значною мірою впливають на процеси екситонного поглинання світла та екситонної рекомбінації. Інформацію про ці стани можна отримати перш за все із дослідження спектрів інфрачервоного (ІЧ) поглинання та спектрів нерезонансного або резонансного комбінаційного розсіяння (КР) світла. Наявність інверсії як елемента симетрії кристалічної ґратки призводить до альтернативної заборони, в зв'язку з якою парні за симетрією фониони можна спостерігати лише в спектрах КР світла.

Технічним ускладненням для дослідження, наприклад, нерезонансного КР світла на фонах в кристалах β -ZnP₂ є мала величина забороненої зони, що при температурі 1,6 К становить лише 1,60263 еВ. Це потребує застосування інфрачервоного лазера для збудження нерезонансного КР світла та різко утруднює реєстрацію його спектрів при отриманні експериментальних результатів. Тому в даній роботі було спробоване доповнити експериментальні дані синтетичними спектрами, розрахованими з застосуванням сучасних програм квантово-механічних розрахунків коливних станів молекулярних структур.

Симетрія кристалічної ґратки кристалів β -ZnP₂, що відносяться до моноклінних системи та сингонії, описується просторовою групою P1₂/c1 або скорочено P₂/c (C_{2h}⁵), а кристалічного класу – 2/m (C_{2h}). Елементарна комірка містить 24 атоми, що належать 8 формульним одиницям сполуки β -ZnP₂. Як легко бачити з *табл. 1*, де наведено незвідні представлення точкової групи 2/m та правила відбору для двох орієнтацій кристалографічної осі c₂ (для кристалів β -ZnP₂ прийнято використовувати традиційну для моноклінних кристалів кристалографічну установку з c₂||y), 72 фундаментальні коливальні моди (моди центра зони Брилюена – точки Γ) розподіляються за незвідними представленнями групи 2/m таким чином:

$$\Gamma_{\text{vib}} = 18\Gamma_1^+ + 18\Gamma_1^- + 18\Gamma_2^+ + 18\Gamma_2^-$$

З них виділяються 3 акустичні:

$$\Gamma_{\text{ac}} = \Gamma_1^- + 2\Gamma_2^-$$

та 69 оптичних:

$$\Gamma_{\text{opt}} = 18\Gamma_1^+ + 17\Gamma_1^- + 18\Gamma_2^+ + 16\Gamma_2^-$$

33 непарні оптичні моди активні в спектрах інфрачервоного поглинання – це моди 17 Γ_1^- та 16 Γ_2^- і 36 парних оптичних мод активні в спектрах КР – моди 18 Γ_1^+ і 18 Γ_2^+ .

Таблиця 1

Незвідні представлення точкової групи 2/m, правила відбору та класифікація фундаментальних коливань кристалу β -ZnP₂

2/m (C _{2h})	e	c ₂	i	σ_h	$n_{\text{vib}} n_{\text{ac}}$ n_{opt}	c ₂ z	c ₂ y
Γ_1^+	1	1	1	1	18 0 18	$\alpha_{zz}, \alpha_{xx}, \alpha_{yy}, \alpha_{xy}; ia$	$\alpha_{zz}, \alpha_{xx}, \alpha_{yy}, \alpha_{xy}; ia$
Γ_1^-	1	1	-1	-1	18 1 17	$\mu_z; \nu$	$\mu_y; \nu$
Γ_2^-	1	-1	1	-1	18 0 18	$\alpha_{zx}, \alpha_{zy}; ia$	$\alpha_{zx}, \alpha_{xy}; ia$
Γ_2^+	1	-1	-1	1	18 2 16	$\mu_x, \mu_y; \nu$	$\mu_z, \mu_y; \nu$
$\chi\Gamma_{\text{vib}}$	72	0	0	0			
$\chi\Gamma_{\text{ac}}$	3	-1	-3	1			

На *рис. 1, 2* [6] наведені експериментально одержані спектри нерезонансного КР світла, що зареєстровані при температурі кристалу 293 К в поляризаціях z(xy)x та z(x(z+y))x, відповідно.

Важливо відзначити, що спектральні інтервали частот спектрів КР світла в кристалах β -ZnP₂ і α -ZnP₂ співпада-